



T.C.  
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**ÇORUH NEHRİ (BAYBURT) DERE YATAĞI ÇÖKELLERİNİN  
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE AĞIR METAL İÇERİĞİNİN  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Esen DEMİRKOL KILIÇ**

**MAYIS 2015**

**GÜMÜŞHANE**



**T.C.  
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇORUH NEHRİ (BAYBURT) DERE YATAĞI ÇÖKELLERİNİN  
JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE AĞIR METAL İÇERİĞİNİN  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Esen DEMİRKOL KILIÇ**

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
“Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı”  
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07.04.2015**

**Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 07.05.2015**

**MAYIS 2015**

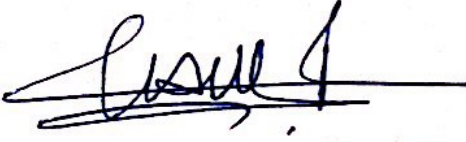


KABUL ve ONAY



Doç. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER danışmanlığında Esen DEMİRKOL KILIÇ tarafından hazırlanan “ ÇORUH NEHRİ (BAYBURT) DERE YATAĞI ÇÖKELLERİNİN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE AĞIR METAL İÇERİĞİNİN İNCELENMESİ” isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’ nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

Başkan


: 

Doç. Dr. Reyhan KARA GÜLBAY

Üye (Danışman)

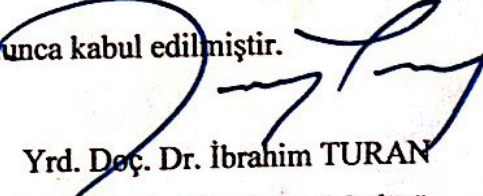
:   
Doç. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER

Üye

:   
Yrd. Doç. Dr. Enver AKARYALI

ONAY

Bu tez 10.16.2015 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

  
Yrd. Doç. Dr. İbrahim TURAN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu çalışma Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında desteklenmiştir. Proje No: 15.F5114.02.02.

## TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum "**Çoruh Nehri (Bayburt) Dere Yatağı Çökellerinin Jeokimyasal Özellikleri ve Ağır Metal İçeriğinin İncelenmesi**" isimli tez çalışmasında; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 07/04/2015

  
Esen DEMİRKOL KILIÇ

**ABSTRACT**

**MS THESIS**

**INVESTIGATION OF GEOCHEMICAL FEATURES AND HEAVY METAL  
CONTENT OF ÇORUH RIVER (BAYBURT) STREAM BED SEDİMENTS**

Esen DEMİRKOL KILIÇ

Gümüşhane University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER

2015, 65 pages

The subject of the thesis is composed of the river bed sediments of Çoruh River. In this context, based on the geochemical characteristics of deposits is to obtain information about source areas providing material to the river, chemical weathering of source areas and heavy metal content and origins.

Along the Çoruh River have made working in an area about 40 km. This distance is named BM ( between Bayburt centers and Gezköy, intensive residential), GK (between Gezköy and Gezhanları, sparse residential) and ZT (between Gezhanları and Ziyarettepe sırtı, rural) codes have been evaluated as three parts. There are positive correlations between  $Al_2O_3$  and  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $TiO_2$ ,  $P_2O_5$ ,  $CaO$  content of this samples. The  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,

K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO elements are generally depleted relative to Upper Continental Crust (UCC), the other main element are enriched.

There are positive correlations between Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Rb, Sr, Ba, Th, Hf, Y, Nb, Zr, V, Pb, U, Cu content of the investigated samples. When the trace element components of the samples are compared with UCC, Rb, Sr, Ba, Th, U, Zr, Hf, Y, Nb and Pb are generally depleted, Co, Ni, Cu, Sc and V are generally enriched, Au is from time to time depleted and enriched. The ratios of (Gd/Yb)<sub>N</sub> are >1, (La/Yb)<sub>N</sub> are between 6.92 – 8.71 and Eu/Eu\* are between 0.75 and 0.89. The light rare earth elements (LREE) and the heavy rare earth elements (HREE) showed positive correlation with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Zr, Th, Y.

There are minor enrichment of Zn, Sn and Sc contents of analyzed samples, minor–moderate enrichment of Cu, severe enrichment of As and extremely enrichment of Ni. Copper content of the stream bed sediments is partially geological, partially antropogenic, As is entirely antropogenic, Ni is fully geological origin.

As a result, the stream bed sediments are derived from participle – mafic/ultramafic sources. Poor to moderate degrees of chemical weathering of this sediments indicates time to time increased tectonic activity, increased erosion and rapid sedimentation in semi arid-arid conditions in the sources region. Thus, the sediments are immature chemically. These sediments are exposed both lithogenic and antropogenic contamination.

**Keywords:** Heavy metal, Bayburt, Çoruh River, Stream bed sediments, Geochemical of deposit

## TEŞEKKÜR

Çoruh Nehri (Bayburt) dere yatağı çökellerinin jeokimyasal özellikleri ve ağır metal içeriğinin incelenmesini amaçlayan bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında, Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmamın her aşamasında yardımını ve desteğini esirgemeyen tez hocam Doç. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER' e içtenlikle teşekkür ederim.

Gümüşhane Üniversitesinde görev yapan hocalarım Doç. Dr. Ferkan Sipahi, Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ ve Doç. Dr. Abdurrahman DOKUZ'a, Yrd. Doç. Dr. Serhat DAĞ ve tez çalışmam boyunca bana yardımcı olan Jeoloji Yüksek Mühendisi Gökhan ÇAKMAK'a, İnşaat Teknikeri Zehra DORUK'a teşekkür ederim.

Tez ve arazi çalışmalarım boyunca bana yardımcı olan değerli eşim ve mesai arkadaşım Jeofizik Mühendisi Fatih KILIÇ'a ve manevi olarak bana destek olan babam Şamil DEMİRKOL'a, biricik kızım Nehir Sare KILIÇ'a ve aileme sonsuz teşekkür ederim.

Esen DEMİRKOL KILIÇ  
Gümüşhane, 2015

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

ÖZET .....	IV
ABSTRACT .....	VI
TEŞEKKÜR .....	VIII
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
EKLER DİZİNİ .....	XIV
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	XV
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş ve Amaç .....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	1
1.3. Coğrafi Bilgiler .....	1
1.3.1. Coğrafi Konum .....	1
1.3.2. Topoğrafya .....	2
1.3.3. İklim ve Bitki Örtüsü .....	2
1.3.4. Ulaşım ve Yerleşim.....	3
1.4. Bölgesel Jeoloji .....	4
1.5. Önceki Çalışmalar .....	6
1.6. Stratigrafi .....	13
1.6.1. Pulur Metamorfizmaları .....	14
1.6.2. Çamdere Kireçtaşı.....	14
1.6.3. Hamurkesen Formasyonu .....	14
1.6.4. Hozbirikyayla Formasyonu .....	15
1.6.5. Çatıksu Formasyonu .....	15
1.6.6. Arduç Volkanitleri .....	15
1.6.7. Otlukbeli Melanjı .....	15
1.6.8. Kapıkaya Formasyonu .....	15
1.6.9. Tepetarla Formasyonu .....	16
1.6.10. Sığırcı Formasyonu .....	16
1.6.11. Sırataşlar Formasyonu .....	16

1.6.12.	Yazyurdu Formasyonu.....	16
1.6.13.	Rize Plütönu.....	16
1.6.14.	Göller Formasyonu .....	17
1.6.15.	Karaçayır Formasyonu.....	17
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	20
2.1.	Materyal ve Yöntemler .....	20
2.1.1.	Arazi Çalışmaları .....	20
2.1.2.	Laboratuvar Çalışmaları.....	20
2.1.2.1.	Örneklerin Hazırlanması .....	20
2.1.2.2.	Kimyasal Analiz İçin Örnek Hazırlanması .....	20
2.1.3.	Büro Çalışmaları .....	21
3.	BULGULAR.....	22
3.1.	Ana Elementler .....	22
3.2.	İz elementler ve Au .....	27
3.3.	Nadir Toprak Elementler (NTE).....	34
3.4.	Ağır Metal Konsantrasyonu, Organik Karbon (TOK) ve Kükürt (S) içeriği.....	38
4.	İRDELEME .....	42
4.1.	Giriş.....	42
4.2.	Ayrışma .....	42
4.3.	Provenans .....	47
4.4.	Ağır Metallerin Olası Kaynakları .....	49
4.4.1.	Zenginleşme Faktörü (ZF) .....	49
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	53
6.	KAYNAKLAR .....	56
7.	EKLER.....	66
	ÖZGEÇMİŞ	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1.1.	İnceleme alanından genel görünüm.....	3
Şekil 1.2.	İnceleme alanının yer bulduru haritası .....	4
Şekil 1.3.	Çoruh Nehri (Bayburt) dere yatağı çökelleri.....	17
Şekil 1.4.	Bayburt ve dolayının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti .....	18
Şekil 1.5.	Çalışma alanının jeolojik haritası .....	19
Şekil 3.1.	İncelenen örneklerin % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> içeriği ile diğer ana oksitler arasındaki ilişkisi gösteren diyagram.....	25
Şekil 3.2.	Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin jeokimyasal sınıflaması .....	26
Şekil 3.3.	İncelenen örneklerin (CaO+MgO)/SiO <sub>2</sub> +(Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O) diyagramı kullanılarak sınıflandırılması.....	26
Şekil 3.4.	İncelenen örneklerin ana element değişimi .....	27
Şekil 3.5.	İncelenen örneklerin % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> içeriği ile (a) Rb, (b) Sr, (c) Ba, (d) Th, (e) U (f) Zr, (g) Sc, (h) Hf, (i) Y, (j) Nb, (k) Co, (l) Ni, (m) Cu, (n) V ve (o) Pb içeriği arasındaki ilişki gösteren diyagram. ....	31
Şekil 3.6.	İncelenen örneklerin iz element ve Au içeriği değişimi.....	32
Şekil 3.7.	İncelenen örneklerin Kondirit ile normalleştirilmiş NTE elementleri, ÜKK elementleri referans olarak verilmiştir. ....	37
Şekil 3.8.	İncelenen örneklerin nadir toprak element değişimi .....	38
Şekil 3.9.	İncelenen örneklerin TOK içeriği ile (a) Pb, (b) Cu, (c) Mo, (d) Sb, (e) Ni, (f) Zn, (g) Ba, (h) As, (i) Sc (j) S içeriği arasındaki ilişki gösteren diyagram. ....	41
Şekil 4.1.	İncelenen örneklerin (a) Eu/Eu* ile CIW (Kimyasal ayrışma indeksi) korelasyonu (b) Eu/Eu* ile CIA (Kimyasal alterasyon indeksi) korelasyonu.....	44
Şekil 4.2.	İncelenen dere yatağı çökellerinin Al/Na oranı ile CIA arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram ve söz konusu diyagram da ÜKK'nin yeri .....	44
Şekil 4.3.	İncelenen örneklerin Rb/Sr ve K/Na oranlarının bir birine göre değişimini gösteren diyagram ve aynı diyagramda ÜKK'nin yeri .....	45
Şekil 4.4.	SiO <sub>2</sub> ile Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O değerleri kullanılarak paleoiklimin belirlenmesi .....	46

Şekil 4.5.	İncelenen örneklerin $Al_2O_3 - (CaO^{*+} Na_2O) - K_2O / A-CN-K$ diyagramı.....	46
Şekil 4.6.	Dere yatağı çökellerinin Th ile Sc diyagramı. Th/Sc oranı yaklaşık 1 olması ÜKK kaynağı, Th/Sc yaklaşık 0.6 olması ise daha mafik kaynağı göstermektedir .....	47
Şekil 4.7.	İncelenen örneklerin Th/Sc ile Zr/Sc oranlarının değişimini gösteren diyagram.....	49
Şekil 4.8.	İncelenen örneklerin ağır metal zenginleşmesini gösteren diyagram .....	52

## TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin ana element ve hesaplanmış ortalama değerleri .....	23
Tablo 3.2. İncelenen Örneklerin iz element (ppm), Au (ppb) içeriği ve hesaplanmış ortalama değerleri.....	29
Tablo 3.3. İncelenen örneklerin jeokimyasal verilerinin kullanılarak elde edilen korelasyon matrisinin korelasyon katsayısı (r) (n=32) ve CIA (Kimyasal alterasyon indeksi).....	33
Tablo 3.4. Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin nadir toprak element içeriği ve hesaplanmış ortalama değerleri (ppm) .....	35
Tablo 3.5. Analiz edilen örneklerin element oranları ve CIA, CIW, PIA değerleri.....	36
Tablo 3.6. İncelenen dere yatağı çökellerinin bazı ağır metal, TOK, S içeriği ve hesaplanmış ortalama, ortalama ZF ve ÜKK değerleri.....	40
Tablo 4.1. Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin ve granit, andezit, ofiyolit, bazik ve asidik kumtaşları,ÜKK (Üst kıtasal kabuk),AKK (Alt kıtasal kabuk) OK (Okyanusal kabuk)'un element oranları .....	48
Tablo 4.2. Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin ağır metal içeriğinin diğer kayalara göre değişimi .....	51

## EKLER DİZİNİ

### Sayfa No

Ek Tablo 1. Dere yatağı örneklerinin ana, iz, nadir toprak element analiz sonuçları.....	66
Ek Şekil 1. Trabzon-H44-c1 Paftasının Jeolojik Haritası.....	71
Ek Şekil 2. Trabzon-H44-c2 Paftasının Jeolojik Haritası.....	72

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AKK	: Alt Kıtasal Kabuk
A.K.	: Ateşte Kayıp
BM	: Bayburt (Merkez) – Gezköy
CAR	: Callcare Ammonitico Rosso
CIA	: Kimyasal Alterasyon İndeksi
CIW	: Kimyasal Ayrışma İndeksi
Eu*	: $(Sm_N + Gd_N) / 2$
Gd <sub>N</sub>	: Normalleştirilmiş Gd
GK	: Gezköy – Gezhanları
GÜBAP	: Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
HREE	: Ağır Nadir Toprak Element
LREE	: Hafif Nadir Toprak Element
La <sub>N</sub>	: Normalleştirilmiş La
NTE	: Nadir Toprak Element
OK	: Okyanusal Kabuk
PIA	: Plajiolaz Alterasyon İndeksi
r	: Korelasyon katsayısı
Sm <sub>N</sub>	: Normalleştirilmiş Sm
TOK	: Organik Karbon
ÜKK	: Üst Kıtasal Kabuk
Yb <sub>N</sub>	: Normalleştirilmiş Yb
Y.Ka.	: Yüksek kalsiyum
ZF	: Zenginleşme Faktörü
ZT	: Gezhanları – Ziyaret sırtı

## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1. Giriş ve Amaç**

İnceleme alanı Türkiye'nin kuzeydoğusunda, Alp-Himalaya Dağ kuşağı üzerinde olan Doğu Karadeniz Dağları'nın güney kesiminde yer almaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesinde yüzeylenen kayalar orojenik dönemler açısından değerlendirildiğinde, Alp-Himalaya Orojenik Kuşağının magmatik ve tortul kayaları ile hemen hemen eksiksiz bir şekilde temsil edildiği görülür. Bayburt ili, içerdiği tektonik konumu ve genel jeolojisi yönünden pek çok araştırmacı (Ketin, 1950, 1951; İlker, 1965; Tokel,1972; Açar, 1975; Burşuk, 1975; Norman, 1976; Özer, 1984; Musaoğlu, 1987; Akdeniz, 1988; Keskin vd., 1990, 1991; Gürsoy vd., 1993; Yılmaz, 1993; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz, 2002; Arslan vd., 2005; Yalçınalp vd., 2008) tarafından incelenmiştir.

### **1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

İnceleme alanı ve civarında bugüne kadar yapılan çalışmalar genel jeoloji ağırlıklı olup Bayburt İl sınırı içerisinde geçmekte olan Çoruh Nehri (Bayburt) dere yatağı çökelleri ile ilgili herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada 'Çoruh Nehri (Bayburt) Dere Yatağı Çökellerinin Jeokimyasal Özellikleri ve Ağır Metal İçeriğinin İncelenmesi' amaçlanmıştır.

Bu amaca yönelik olarak dere yatağı çökellerinden 40 adet örnek toplanmıştır. Seçilen 32 adet örnek jeokimyasal analizler için laboratuvara gönderilmiştir. Bu kapsamda çökellerin jeokimyasal özelliklerine dayanarak, nehre malzeme sağlayan kaynak alanları, kaynak alanındaki kimyasal ayrışma dereceleri, çökellerin ağır metal içeriği ve kökenlerini konu alan bu tez oluşturulmuştur.

### **1.3. Coğrafik Bilgiler**

#### **1.3.1. Coğrafi Konum**

Çalışma alanı, 1/ 25.000 ölçekli Trabzon-H44-c1 paftasında yer almaktadır. Çalışma alanı Bayburt il merkezinin güneydoğusunda Bayburt - Erzurum karayolunda il merkezine yaklaşık 6 km uzaklıkta bir alandan başlamaktadır (Şekil 1.1).

### **1.3.2. Topoğrafya**

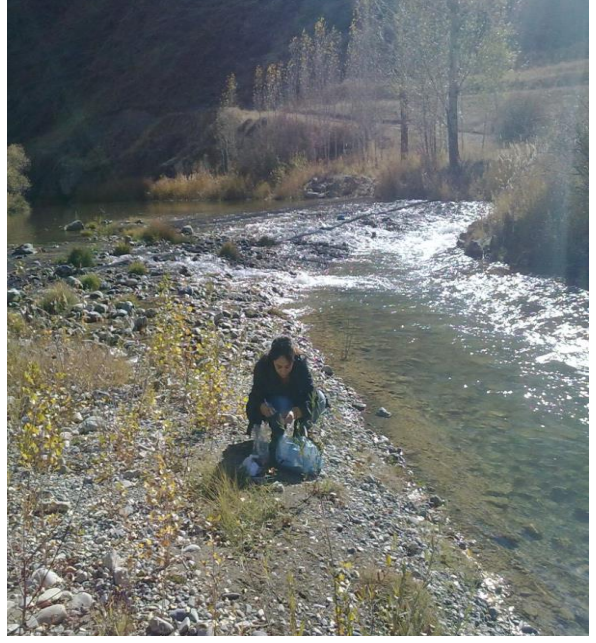
İnceleme alanı ve civarının en önemli yükseltileri Kuzdağı Tepe (2067 m), Armutlu Tepe, Çamlıklı Tepe (2095,5 m), Ayabakan Tepe (2238 m) ve Ballıkaya Tepe (2003 m) dir. Tez konusunu da oluşturan Çoruh nehri, kaynağını Mescit Dağlarından almakta olup sırasıyla Bayburt, Artvin illerinden geçerek Batum'un güneybatısında Karadeniz'e dökülmektedir. Çoruh nehrinin geçtiği yatak oldukça dar olup derindir. Yamaçlar ve vadiler gittikçe dikleşir ve nehir yatağı dar bir durum alır. Bu sebeple, Çoruh nehrinin akıntısı çok hızlıdır. Çoruh nehri genellikle ilkbahar aylarında kabarıp ve yaz aylarında alçalır.

### **1.3.3. İklim ve Bitki Örtüsü**

Bayburt İli, Doğu Karadeniz iklim kuşağı ile kurak Doğu Anadolu iklim kuşağı arasında kalmaktadır. İlde Karadeniz ikliminden ziyade Doğu Anadolu ikliminin etkisi daha fazladır. Bu nedenle yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. Ancak, gerek ortalama yüksekliğin düşüklüğü, gerekse vadiler sisteminin oluşturduğu "Mikroklima" sayesinde Doğu Anadolu'ya göre iklim daha yumuşaktır. Yaz günleri, genellikle Mayıs–Eylül ayları arasında kendini göstermektedir.

Bayburt yöresi bitki örtüsü bakımından fakirdir. Bitki örtüsü olarak yükseltilerin fazla olmadığı kesimlerde çayırliklar ve ormanliklar gözlenmektedir. Çalışma alanında Çoruh Nehri boyunca yer yer kavak ağaçları bulunmaktadır.

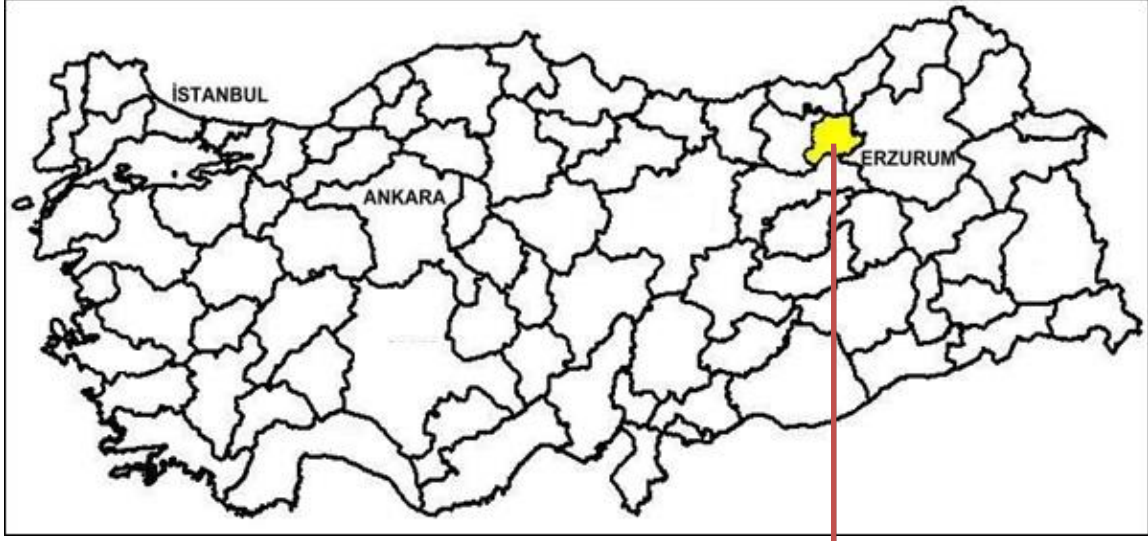
Yöre halkının geçim kaynağını esas olarak hayvancılık ve arıcılık oluşturmaktadır.



Şekil 1.1. İnceleme alanından genel görünüm

#### **1.3.4. Ulaşım ve Yerleşim**

İnceleme alanına ulaşım Erzurum-Bayburt karayoluyla sağlanmaktadır. Çalışma alanının Bayburt iline en yakın yeri Gümüşsu köyü olup şehir merkezine 6 km uzaklıktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. İnceleme alanının yer bulduru haritası

#### 1.4. Bölgesel Jeoloji

Türkiye'nin tektonik birliklerinin sınıflanması konusundaki yayınlar 1850 yıllarında başlamıştır. Ketin (1966), Türkiye'nin orojenik gelişimini esas alarak, kuzeyden güneye doğru Pontidler (Karadeniz Bölgesi), Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları Kuşağı olarak dört ana tektonik birliğe ayrılmıştır. Bu tektonik birlikleri Ketin ve Canitez (1972) yeniden düzenleyerek, Karadeniz Bölgesi'ni "Doğu Pontidler" ve "Batı Pontidler" olmak

üzere ikiye ayırmışlardır. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Geç Kretase yaşlı kayaçlar, kuzey ve güney bölgelerinde farklılıklar gösterdikleri için güney (iç) ve kuzey (dış) bölümlere ayrılmıştır (Akin, 1978; Gedikoğlu vd., 1979; Özsayar vd., 1981). Bektaş (1986), Doğu Karadeniz magmatik yayını farklı magmatik, tektonik ve sedimantolojik evrim aşamalarına göre, kuzeyden güneye doğru kuzey zon, güney zon ve eksen zonu olmak üzere üç alt zona ayırmıştır. Şengör ve Yılmaz (1981), de ilk defa "levha tektoniği" esaslı bir sınıflama yapmıştır. Türkiye tektonik birliklerinin son sınıflaması Okay ve Tüysüz (1999) tarafından yapılmıştır. Bu son sınıflamada, Ketin'in Pontidler olarak ayırdığı kuzeydeki tektonik birliğin içinde kalan bölge, batıdan doğuya ve güneye doğru Rodop-İstranca Zonu, Trakya Havzası, İstanbul Zonu ve Sakarya Zonu olmak üzere dört adet tektonik birliğe ayrılmıştır.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde temel kayaçlar Paleozoyik yaşlı, kristalen şistler ve granitlerden oluşmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Güney Zonu'nda Gümüşhane yöresinde ve Gümüşhane-Köse arasında büyük plütonik kütleler halinde görülen (Zankl, 1961, 1962; Tokel, 1972; Çoğulu, 1975; Açar, 1977; Gedikoğlu, 1978; Özdoğan, 1992) bu kayaçlar, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Kuzey Zonu'nda küçük mostralara halinde sadece Giresun güneyinde metamorfik kayaçlarla birlikte görülmektedir (Schultz-Wetsrum, 1961). Doğu Karadeniz Bölgesi Kuzey Zonu'nda Paleozoyik yaşlı granitlerin varlığı, ilk olarak Kaygusuz vd. (2012) tarafından ortaya konulmuş ve bu Paleozoyik yaşlı kayaçların Tonya güneyi (Derinoba, Kayadibi, Şahmetlik ve Kızılağaç), Maçka güneyi (Soğuksu) ve Özdil yöresinde yüzeyleme verdiği belirtilmiştir. Bu taban kayaçları, Erken-Orta Jura yaşlı volkano-tortul kayaçlar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Görür vd., 1983; Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz, 2002; Dokuz ve Tanyolu, 2006). Çok geniş alanlarda yüzeyleme veren, kısa mesafelerde kalınlık ve fasiyes değişimleri gösteren birim andezit, diyabaz, bazalt, aglomera, tüf ve tüfitlerden oluşan volkanit ara seviyeler içeren yersel çakıltası, dereceli kumtaşı, marn, kiltaşı ve kumlu kireçtaşlarından oluşmakta olup yer yer 3-30 m kalınlığında kriptokristalin, mikrokristalin kuvars ve megakuvars özellikli çört ara katkısı (Saydam Eker vd. 2012) ve yer yer kömür seviyeleri (Mann vd., 1998; Hoş Çebi vd., 2009) içermektedir. İstif değişik araştırmacılar tarafından farklı adlarla anılmıştır (Karatepe Formasyonu, Seymen, 1975; Telme Yayla Formasyonu, Turan, 1978; Hacıören Formasyonu, Pelin, 1977; Hamurkesen Formasyonu, Açar, 1977; Balkaynak Formasyonu, Kesgin, 1983; Zimonköy Formasyonu, Eren, 1983; Şenköy Formasyonu, Yılmaz ve Kandemir, 2003). Orta Jura'da Paleotetis'in kapanmasıyla (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz ve Ayaz, 1997; Dokuz vd., 2010) Geç Jura'dan Erken Kretase sonuna kadar

çökelen karbonatlar Pelin (1977) tarafından Berdiga Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Adı geçen birim yer yer masif ve tabaka kalınlığı güneye doğru azalmakta olan kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarından oluşmaktadır (Taslı, 1990). Geç Kretase dönemi sarı renkli kumlu kireçtaşı, kırmızı renkli kireçtaşı ve türbiditler olmak üzere üç üyeye ayrılmaktadır (Tokel, 1972). Türbiditik istif genellikle ince-kalın tabakalı kumtaşları ile ince, orta tabakalı marn ardalanmasından oluşmaktadır (Saydam, 2002; Saydam Eker ve Korkmaz, 2011). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Geç Kretase-Paleosen geçişi yer yer gözlenebilmektedir. Şarman(1975), Tirebolu'nun güneydoğusunda Geç Kretase kireçtaşlarının devamı olarak Paleosen yaşlı birimleri tespit etmiştir. Hopa-Cankurtaran yöresinde volkano-tortul seri, Geç Kretase'den Eosen'e kesintisiz geçmektedir (Özsayar vd. 1981). Kale (Gümüşhane) yöresinde Geç Kretase yaşlı istif, uyumsuz olarak konglomera ve mikritik kireçtaşlarından oluşan Paleosen yaşlı Kale Formasyonu'na geçmekte ve Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu ile örtülmektedir (Aliyazıcıoğlu, 1999). Üst Paleosen-Alt Eosen döneminde adakitik bileşimli magmatik kayalar oluşmaya başlamıştır (Topuz vd., 2005, 2011; Karlı vd., 2010; Eyüboğlu vd., 2011). Bölgenin stratigrafisi, Kuvaterner yaşlı olan ve oluşumlarını hala devam ettiren traverten ve alüvyonlarla son bulmaktadır.

### **1.5. Önceki Çalışmalar**

Çalışma alanları ve yakın yörelerinde yapılmış yüksek lisans ve doktora çalışmaları yanı sıra, çok sayıda bireysel ve çok yazarlı araştırma nitelikli çalışmalar da bulunmaktadır. İncelenen alanlar ve yakın yörelerinde yapılan önceki çalışmalar kısaca aşağıdaki şekilde özetlenmiştir

Ketin (1950), "Bayburt Yöresinin Jeolojisi" başlıklı çalışmasında Maden Tetkik Arama Enstitüsü adına yörenin 1/ 100 000 ölçekli haritasını yapmış olup bu çalışmada, Geç Kretase yaşlı oluşukların ofiyolit serisi üzerine transgresif olarak geldiğini ve bu serinin tabanında kalınlığı 800 metreye varan Molluska faunasının bulunduğunu belirtmiştir. Eosen'in ise fliş fasiyesinde gelişmiş olup, alt kısmı 1600 m kalınlıkta konglemara ve kilttaşlarından, orta ve üst kısmı 350-400 m kalınlıkta kiltası-kumtaşı-kireçtaşı ardışımından oluştuğunu belirtmiştir. Yörenin Miyosen süreci çökellerinin, alt kısımlarının denizel ortamda oluşmuş kireçtaşları, orta ve üst kısımlarının ise karasal fasiyeste gelişmiş kil, marn, jips, kiltası ve gölsel kireçtaşlarından oluşturduğunu vurgulamıştır. Alttaki

kireçtaşları Burdigaliyen ve Helvesiyen’i temsil ederken, üstteki kumlu ve killi tabakalarda linyit yataklarının varlığını tespit etmiştir. Yine aynı çalışmada yörenin tektoniğini irdelemiş ve Bayburt yöresi, Kale civarındaki Liyas yaşlı kireçtaşlarının, Geç Kretase yaşlı flişler üzerine itildiğini belirlemiştir.

Ketin (1951), Bölge jeolojisini ele alan bu çalışmada, bölgenin en eski kayaçlarının metamorfitletlerden oluştuğu ve bunların da granit, siyenit ve andezitlerle kesilmiş olduğunu belirtmiştir. Çalışmasında, ilk defa bu yörede 1500 m kalınlığında Permo-Karbonifer yaşlı çökellerin tanımlanmış ve bunların üzerine Liyas yaşlı çökellerin transgresif olarak geldiğini, ayrıca bölgede Triyas oluşuklarının bulunmadığını söylemiştir. Çalışma sahasında geniş yüzlekler şeklinde yaklaşık 2000 m kalınlığında Liyas yaşlı çökellerin bulunduğunu ve bunların taban seviyelerine yakın kesimlerinde 5-30 cm kalınlıklarda kömür damarları içerdiğini belirtmiştir. Liyas yaşlı birimlerin üzerine transgresif olarak Malm yaşlı çökellerin geldiğini belirtmiş olup ayrıca, bütün bu birimlerin geçirmiş oldukları tektonik fazları dile getirmiştir.

Yılmaz (1972), Yöredeki Liyas yaşlı çökelleri alttan üste doğru Reksene-Venk, Şehittepe ve Gökçepınar olmak üzere üç formasyon olarak ayırmıştır. Reksene-Venk Formasyonu genellikle arkoz nitelikli kumtaşları ile çakıltaşı ara katkılarında oluştuğunu ve formasyon içersinde tane boyunun üste doğru belirgin bir incelme gösterdiğini vurgulamış, bu formasyonun Sinemuriyen’ den daha yaşlı ve olasılıkla bir akarsu veya plaj çökeli olabileceğini belirtmiştir. Şehittepe Formasyonu’ nun altta silttaşı-subgrovak ardışımından, üstte ise kırmızı kireçtaşlarından ibaret olduğunu ve kısmen karasal (bataklık) koşullarda gelişmiş Sinemuriyen yaşlı olduğunu ileri sürmüştür, Şehittepe Formasyonu’ nun üst kesimlerinde yer alan bol ammonit, foraminifer, bryozoa, belemnit ve krinoid fosilleri içeren kırmızı kireçtaşlarının sığ denizel ortamda gelişmiş olduğunu yaşının da Sinemuriyen-Toarsiyen olduğunu belirtmiştir. Öte yandan yazara göre Gökçepınar Formasyonu Geç Liyas yaşlı olup, kalın çakıltaşı ve aglomeralardan oluşmaktadır ve bu üç formasyonun sınırları birbiri ile uyumludur.

Burşuk (1975), “Bayburt Yöresinin Mikropaleontolojik ve Stratigrafik İrdelemesi” adlı doktora tezinde Mesozoyik yaşlı çökellerden aldığı ölçülü stratigrafik kesitlerdeki kayaçlarda mikro paleontolojik çalışmalar yapmıştır. Çalışma sahasında mikrofauna ile ilk defa Dogger’in varlığını ortaya koymuştur. Ayrıca çalışma sahasında Jura yaşlı çökeller içerisinde 2 yeni Ammonit türü bulunmuş ve Liyas-Malm’deki biyozonlar Ammonoidea ile ayırtılarak diğer ülkelerle korelasyon tablosu oluşturulmuştur.

Ağar (1977), “Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi” konulu araştırmasında 450 km<sup>2</sup> lik bir alanın 1/25000 ölçekli jeolojik haritası yapılarak Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı magmatik, tortul ve metamorfik kayaçları ayırt etmiştir. Volkanik ve magmatik kayaçları oluşturan, yöreyi kıvrımlandıran çeşitli fazları ortaya koyan araştırmacı Permo-Karbonifer’de bitki kırıntılı seviyeler tespit ederek ilk kez Triyas’ın varlığından bahsetmiştir. Geç Jura-Erken Kretase yaşlı pelintrasparit, oosparit ve marn ara seviyeli, *Berriasella* ve *Calpionelle*’li killi biyomikritten oluşan çökellerin başlangıçta sakin-çalkantılı, değişken ortamlı ve daha sonra orta soğuklukta ve gittikçe derinleşen bir derin deniz ortamında oluştuğunu belirtmiştir. Araştırmacı, Tersiyer mostralarnı Geç Paleosen - Erken Eosen yaşlı iki formasyonun (Sırataslar ve Kızılyar Formasyonları) oluşturduğunu saptamıştır. Alttta konglemeralarla başlayan, üstte *Nummulites* ve *Echinodermata*’lı kirectaslarından olusan Sırataslar Formasyonu’na içerdiği organizmalara dayanarak İpresiyen–Erken Lutesiyen yaşını vermiş ve birimin sığ deniz ortamında çökeldiğini belirtmiştir. Tüf, kumlu tüf, aglomera ve tüflü arenitten oluşan bol *Nummulites*, *Lamellibranchiata* ve *Gastropoda* içeren Kızılyar Formasyonu’nun ise sığ deniz ortamında çökeldiğini belirterek birime Geç Lütseyen yaşını vermiştir.

Kesgin (1983), Bayburt-Akşar Köyü ve güneybatısındaki birimleri kaya stratigrafi birimi esasına göre incelenerek genel özelliklerini tanımlanmıştır. Gümüşhane Graniti üzerine uyumsuz olarak gelen Liyas yaşlı çökelleri Balkaynak Formasyonu olarak adlandırmış ve birimi birbiriyle yanal geçişli Daskabanboğazı tortul volkanik ve Akşar tortul volkanik üyesi olmak üzere iki farklı üye olarak incelenmiştir. Yapılan çalışmada bölgeye Liyas’da yerleşen denizin zaman zaman karayla ilişkili olduğu ve Dogger’ de bölgeye ilk defa kalıcı bir denizin yerleştiğini belirtilmiştir.

Korkmaz ve Baki (1984), inceleme alanında yer alan metamorfiteeri “ Pulur Masifi” olarak adlandırmış ve bu metamorfiteeri kesen meta-andezit, diyorit, gabro ve olivinli gabro gibi litolojileri içerdiğini vurgulamışlardır. Bu metamorfiteerin güneyde kalınlığı yersel olarak 130 metreye kadar ulaşan kömür mercekleri içeren taban konglemerası tarafından örtüldüğünü belirtmiş ve bu taban konglomerasını “Ağgi Formasyonu” olarak adlandırmış ve yaşının birim içerisindeki kömürlerden yapılan palinolojik inceleme sonucunda Dogger olduğunu saptamışlardır. Bu çalışmada ayrıca Ağar (1977)’ın Triyas yaşını vermiş olduğu Karakaya Formasyonunun Triyas olmayacağını, Permokarbonifer yaşlı çökellerle yanal geçişli olduğunu ve Permo-Karbonifer’e dahil olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Özer (1984), “Bayburt (Gümüşhane) Yöresinin Jeolojisi” başlıklı çalışmasında yörede Paleozoyik, Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı kayaçların yüzelediğini ve bölgedeki en yaşlı kayaçların “Permo-Karbonifer öncesi” yaşlı, düşük metamorfizmalı şistler olduğunu belirtmiştir. Mesozoyik yaşlı kayaçların Liyas yaşlı volkano-tortul seri ile başladığını, üzerine Dogger-Malm yaşlı, kalın tabakalı, tabanda yer yer kumlu yer yer dolomitik ve çörtlü kireçtaşlarından oluşan serinin geldiğini kaydetmiştir. Alt Kretase dönemi kireçtaşı-kumtaşı-marn ardışımı ile tipik olduğunu dile getirmiştir. Özer (1984), Geç Kretase ve Paleosen yaşlı birimlerin Paleosen sonundaki bir fazla aşındırıldıkları görüşüne vararak, Eosen istifini birbirleri ile yanal geçişli taban konglomerası ve kumlu kireçtaşları ile başlayan volkano-tortul kayaçlardan oluşan bir istif olarak tanımlamış ve yörenin bu dönem sonunda denizden kurtulduğunu belirtmiştir.

Bektaş vd. (1984), Erken Jura yaşlı havzaları Paleotetis Okyanus’unun kapanması ile oluşmuş Pontid yayının güneyindeki yay-ardı havzalar olarak yorumlamışlardır. Bu yayardı havzaların çekme gerilmesi altında tüm Doğu Pontid Güney Zonunda doğu-batı doğrultusunda birbirine paralel rift havzaları şeklinde geliştiğini ve bu rift havzalarının (graben) birbirinden eski temele ait yüksekliklerle (horst) ayrıldığını belirtmişlerdir.

Keskin vd. (1990), “Bayburt ve Dolayının Jeolojisi” adlı raporlarında yörede yer alan birimlerin birbirleriyle olan ilişkilerini ortaya koyarak jeolojik evrime katkıda bulunmuşlardır. Çalışma alanında Liyas başına kadar bir aşınma evresinin bulunduğunu ve Triyas sürecin karasal döneme karşılık geldiğini, Liyas başında güneyden gelen yeni bir transgresyonla Hamurkesen Formasyonu çökeldiğini, başlangıçta yörede sığ bir denizin hakim olduğunu vurgulamışlardır. Liyas başında kuzeyde gelişen sığ denizin daha güneye gelindiğinde derinleşmeye başladığını belirtmişlerdir. İnceleme alanında çökelen kırmızı renkli bol ammonit ve krinoidli, lamelli fosilli ve yumrulu kireçtaşlarının, riftleşme olayı ile ilgili olarak denizin sığ kesimlerde geliştiğini, denizin daha derin kesimlerinde volkano-tortul karakterli kayaçlar ile aralanmalı türbitik özellik gösteren çökellerin oluştuğunu vurgulamışlardır. Liyas sonuna doğru ortamın tekrar sığ denizden lagüner ortama dönüşmesi ile yer yer kömür ara seviyeleri içeren kumtaşı ve kumlu kireçtaşlarının çökeldiğini vurgulamışlardır.

Taşlı (1990), “Gümüşhane ve Bayburt Yöresindeki Üst Jura-Alt Kretase Karbonat İstiflerinin Stratigrafik, Paleocoğrafik ve Mikropaleontolojik İncelenmesi” adlı doktora çalışması, Doğu Gümüşhane ve Bayburt yörelerindeki Üst Jura-Alt Kretase platform tipi karbonat istiflerinin (Berdiga Formasyonu) stratigrafik, paleocoğrafik ve

mikropaleontolojik incelenmesi içermektedir. Araştırmacı, litostratigrafik incelemeler sonucu, ortak mikrofasiyes ve litolojik özellikleri ile tanımlanan dokuz litofasiyes ayırt ederek her litofasiyesin mikrofosil içeriğini listelemiş ve çökelme ortamını yorumlayarak, yanal ve düşey yöndeki ilişkilerini ortaya koymuştur. Yazar çalışmasında bentik foraminiferlere dayalı olarak dördü yeni olmak üzere yedi adet yerel biyozon ayırt etmiş ve inceleme alanında yer alan karbonat platformunun evriminin Karbonifer ? transgresyonu ile başladığını, yerel süreksizlik ve uyumsuzluklar içeren gelişimin yaklaşık Alt Kretase sonunda bölge ölçeğinde etkili olan bir aşınma dönemi ile son bulduğunu tespit etmiştir.

Yılmaz (1993) “Doğu Pontid Güney Zonunun Stratigrafik Deneşirmesi ve Paleocoğrafik Evrimi” adlı çalışmasında Doğu Pontid güney zonunda kalın istif ve yaygın yüzeylemeler sunan çökel kayaçların farklı fasiyes koşullarında biriktiğini ve bu çökellerin başlıca, Liyas sürecinde riftleşme ve Dogger-Orta Kretase-Alt Eosen transgresyonlarıyla oluştuğunu belirtmiştir. Bu istiflerin şekil ve konumlarını Orta Kretase, Alt Kretase ve Alt Miyosen’de gelişen orojenik devinimlerle kazandıklarını vurgulamıştır. Doğu Pontid güney zonu genelinde Üst Kretase sürecinde farklı karakterlerde gelişen istiflerin duraysız bir ortamın verileri olduğunu belirtmiştir. Bu kayaçların Bayburt il merkezi ve yakın yöresi, Köse-Demirözü ve Kelkit civarları ve güneyinde bilinmemesi bu alanların Üst Kretase sürecinde kara olduğunu dile getirmiştir. Kelkit’ten batıya doğru Şiran, Alucra, Köse’den kuzeye doğru Gümüşhane ve Bayburt’a, doğu ve kuzeydoğuya doğru Olur yöresinde Geç Kretase yaşlı istif kalınlıklarının giderek artması ve yer yer 1500 m kalınlıklara erişmesi, bu alanların Üst Kretase denizine kırıntı veren paleo-yükselti alanları olduğunu belirtmiştir.

Saydam (1995), “Maden (Bayburt) Yöresi Eosen Kumtaşlarının Sedimanter Petrografik Özellikleri ve Çökelme Ortamı” adlı yüksek lisans tez çalışmasında; Eosen yaşlı istifin türbidit akıntılarla taşınıp çökeldiğini belirleyerek, söz konusu istifin kalınlığının 379.5–741 m arasında değiştiğini vurgulamıştır. İstifi oluşturan kumtaşlarını litik vake olarak sınıflandırmıştır. Bu kumtaşlarının mineralojik ve dokusal olarak olgunlaşmadığına dikkat çekmiştir.

Gedik vd., (1995), “Doğu Pontidlerin jeolojik gelişimi” başlıklı çalışmalarında Everekhanları formasyonu içindeki lösitli bazaltların ve Otukbeli Melanjı’nı üstleyen trakiandezitlerin, Değirmendere Grubu içindeki volkanik kayaçlardan daha yüksek “K” içeriği olduğunu saptayarak yitimin kuzeyden güneye doğru olduğunu işaret etmişlerdir.

Yılmaz (1995), “Gümüşhane-Bayburt yöresindeki Alt Jura (Liyas) çökellerinin fasiyes ve ortamsal nitelikleri” başlıklı çalışmada bu çökellerin doku, yapı, kalınlık, yayılım/dağılım ve birikim koşullarını incelemiştir. Liyas çökellerini üç ana fasiyese ayırmıştır. Bunlar; kondanse pelajik çökeller, normal ve taşınmış/tekrar çökelmiş çökeller, silisleşmiş kireçtaşı ve silisli breş fasiyesleridir.

Yılmaz ve Ayaz, (1997), “Maden Resifal kireçtaşının birikim koşulları ve Geç Kretase paleocoğrafyasındaki konumu” başlıklı çalışmada Mesozoyik sürecindeki gelişimi dört ayrı olayla şekillendirmiştir. Bunlar ilk riftleşme fazı (Liyas), tektonik sakinlik dönemi (Dogger-Malm), ikinci riftleşme fazı (Alt- Kretase) ve sıkışma dönemi (Üst Kretase)’dir. Üst Kretase’de sıkışma tektoniğine bağlı olarak Maden resifal kireçtaşının biriktiğini belirtmişlerdir.

Robinson vd. (1995), “Doğu Pontidlerin yapısal ve stratigrafik gelişimi” başlıklı çalışmalarında Üst Paleosen’in olmadığını bu nedenle riftleşmenin muhtemelen Karadeniz’de olduğunu, Tetis okyanusunun kapanması ile birlikte Pontidleri Eosen’den Pliyosen’e kadar büyük sıkışmaların etkilediğini ve bu nedenle Oligosen ve daha genç kayaçların denizel olmadıklarını işaret etmişlerdir.

Eyüboğlu vd., (2006), Tokat ve Pulur masifleri içerisine sokulum yapmış flogopit ve hornblend gibi sulu mineraller içeren mafik-ultramafik kümülatların petrolojisi, jeotektonik ortamı ve yerleşim zamanlarını ortaya koymayı amaçlayan çalışmada, kayaçların yüksek çekim alanlı elementler ve ağır nadir toprak elementler bakımından tüketilmiş olduklarını ve negatif Nb,Ti ve P anomalileri gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu jeokimyasal özelliklere dayanarak mafik-ultramafik kümülatların yitimle ilişkili bir bazaltik ana magmadan türeyen mafik ve ultramafitler olduklarını ortaya koymuştur.

Kılıç (2009), Gümüşhane ve Bayburt yakın yörelerinde geniş alanlarda yüzlek veren Kretase-Tersiyer geçişinin foraminifer ve sedimantoloji kayıtlarını araştırdığı doktora çalışmada Üst Kretase ve Eosen yaşlı kayaçların sedimantolojik ve paleontolojik kayıtlarını incelemiştir. Önceki çalışmalarda genellikle Santoniyen-Maastrichtiyen olarak belirtilen Kermutdere Formasyonunun yaşı, bu çalışma sırasında elde edilen paleontolojik (Globotruncanid türü plantik foraminiferler) ve fasiyes bulgularına göre birimin yaşı Santoniyen-Orta Kampaniyen olarak belirlemiştir. Aynı şekilde Alibaba Formasyonunun Lütesiyen olarak belirtilen yaşına karşın, bu çalışmada elde edilen paleontolojik (*Nummulites* ve *Assilina* foraminiferleri) ve fasiyes bulgularına göre birimin yaşının

Gümüşhane yöresinde Alt-Orta Lütesiye, Bayburt yöresinde ise Orta-Üst Lütesiye olduğunu dile getirmiştir.

Eyubođlu vd. (2010) “Structure and geochemistry of an Alaskan-type ultramafic–mafic complex in the Eastern Pontides, NE Turkey” adlı çalışmasında Pulur metamorfik masifini plajioklaz peridotit, metagabronit, bantlı gabro ve anortosit (Faz-I), gabro pegmatit daykları (Faz-II) metamorfize olmamış bandlı gabro (Faz-III), kümülatif olivin gabronorit (Faz-IV) ve non-kümülat gabroik dayklar ve stoklar (Faz-V) olmak üzere beş faza ayırmıştır.

Akdoğan (2011), “Erken-Orta Jura yaşlı kumtaşı ve şeylerin (Gümüşhane, Bayburt) Jeokimyasal Özellikleri” konulu Yüksek Lisans tez çalışmasında, kırıntılı kayaçlarda felsik bileşenlerin oranını temsil eden Th ve U gibi iz elementler ile mafik bileşenlerin oranını temsil eden Sc ve Cr gibi iz elementlerin geniş aralıklar sunduğunu belirtmiş ve bu durumu, kayaçların kaynak alanlarında felsik kayaçların yanı sıra önemli oranda mafik kayaçların da bulunması gerektiğine bağlamıştır. Kayaçlardan elde ettiği tüm kayaç jeokimyasının ada yayı, aktif kıtasal kenar ve pasif kıtasal kenar gibi farklı tektonik ortamları tanımladığını ve çökme ortamının hem aktif volkanik yaydan hem de kıtasal kenardan malzeme alabilecek konumda olan yay gerisi havzalar olduklarını saptamıştır.

Tunçdemir (2012), “Demirözü (Bayburt) Permo-Karboniferi: Kırıntılı Tortul Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal İncelemesi” adlı yüksek lisans tezinde; Çatalçeşme kumtaşlarının ana ve iz element jeokimyası tipik bir şekilde tortuların yeniden döngülenmesi ve olgunlaşması ile karakteristik olan pasif kenar ortamına işaret ettiğini belirtilmektedir. Hardişi formasyonuna ait kayaçlar ise aktif kıtasal kenar ve ada yayı gibi yitimle ilişkili tektonik ortamlara işaret ettiği ve diğer taraftan, Çamdere ofiyolitik karışığına ait kırıntılı kayaçların çok geniş bir tektonik ortam aralığı sunuyor gibi görünseler de, kumtaşlarının Çatalçeşme kumtaşları ile, sleytlerin ise Hardişi formasyonu kayaçları ile benzer tektonik ortamlarda yer aldığını vurgulanmaktadır.

Saydam Eker (2012), “Petrography and Geochemistry of Eocene sandstones from eastern Pontides (NE TURKEY): Implications for source area weathering, provenance and tectonic setting” adlı çalışmasında, kumtaşlarının mineralojik bileşenlerini başlıca kuvars, feldispat, kayaç parçası, opak ve tali mineral, matriks ve çimentodan oluştuğunu söyleyerek, bileşenlerin kayaç içersindeki değişen oranlarına göre kumtaşları arkozik arenit – litik arenit ve feldispatik grovak–litik grovak olarak sınıflandırmıştır. Bölgede zayıf – orta derecede kimyasal ayrışma ve buna bağlı olarak da kuru iklim, zaman zaman yüksek

tektonik aktivite, yüksek erozyon ve hızlı sedimantasyon olduğunu belirtmiştir. Gümüşhane ve Bayburt yörelerinde Eosen yaşlı kumtaşlarının bazik ve asidik nitelikli iki farklı kaynaktan beslenmiş olabileceğini vurgulamıştır. Plaka tektoniğine göre Eosen yaşlı kumtaşlarının magmatik yaydan türemiş ve yay gerisi havzalarda çökelmiş olduğuna dikkat çekmiştir.

Saydam Eker (2013), “Organic geochemical characteristics and depositional environments of Eocene deposits in Black Sea Region, NE Turkey” adlı çalışmasında Bayburt yöresindeki Eosen yaşlı kırıntılı kayaçların petrol açısından düşük potansiyel ve hidrojen indeksine sahip olduklarını, çoğunlukla Tip III kerojen içerdiklerini vurgulayarak söz konusu kayaçların petrol oluşturacak potansiyelde olmadıklarını belirlemiştir.

Çakmak (2013), “Pelitli (Bayburt) Granitoyidi’nin Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin incelenmesi” adlı yüksek lisans çalışmasında granitoyidin petrolojik özelliklerini incelemiş, yapılan incelemede granitoyidin gelişiminde özellikle fraksiyonel kristallenmenin etkili olduğu ve az oranda da magma karışımının ve asimilasyonun rol oynadığını belirtilmiştir. Jeokimyasal veriler sonucunda granitoyidin meta-magmatik (amfibolitik) kayaçlarının kısmi ergimesi ile türediği kanısına varmıştır.

Eyüboğlu vd. (2013), “Petrogenesis and U–Pb zircon chronology of adakitic porphyries within the Kop ultramafic massif (Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey)” başlıklı çalışmasında, incelediği örneklerin, adakitlerin bütün jeokimyasal özelliklerini yansıttığını vurgulamıştır. Kayacın zirkon U-Pb yaş izotoplarına dayanarak 52-59 my arasında oluştuklarını belirtmiştir.

## **1.6. Stratigrafi**

Çalışma alanında ayırtılan tüm birimler stratigrafik konumları genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesitinde sunulmuştur (Şekil 1.4). İnceleme alanındaki birimler için bölgede daha önceki çalışmacılar tarafından verilen isimler ve yaşlar aynen benimsenmiş ve kullanılmıştır.

Bayburt ili ve yakın çevresi Doğu Pontid Güney zonunda bulunmaktadır. Bölgede Paleozoik, Mesozoik ve Senozoik yaşlı kayaçlar yüzeylenmektedir. En yaşlı kayaçlar Permo-Karbonifer öncesi yaşlı, düşük metamorfizmalı şistlerdir. Mesozoik yaşlı kayaçlar, Liyasta volkanik ara katkılı kırıntılı kayaçlarla başlar. Dogger ve Malm’da kalın tabakalı, tabanda yer yer kumlu yer yer dolomitik ve çörtlü kireçtaşları ile gelişen bu seri, Alt

Kretase başlangıcında kireçtaşı–kumtaşı–marn ardışımıyla karakteristiktir. Erken Kretase yaşlı kayaçlar derin denizde gelişmiş mikritik kireçtaşları ile belirlenir. Birbirleriyle yanal geçişli olan, konglomera ve kumlu kireçtaşlarıyla başlayan ve türbidit karakterli kayaçlarla süren istifin yaşı Eosen olarak tespit edilmiştir. Kuvaterner dönemi ise Traverten, taraça ve alüvyonlarla temsil edilmektedir (Şekil 1. 4 ve 1.5).

### **1.6.1. Pulur Metamorfitleri**

Gümüşhane ve Bayburt yörelerinde geniş alanlarda yüzeyleyen ve temel kayaçlarını oluşturan Pulur Metamorfitleri ilk olarak Ketin (1951) tarafından adlandırılmıştır. Pulur Metamorfitleri yeşilsit, mermer, metadiyorit, metagabro içermekte olup yer yer asidik dayk ve siller tarafından kesilmiştir. Söz konusu birim Çamdere Kireçtaşları tarafından uyumsuz olarak üstlenmektedir.

### **1.6.2. Çamdere Kireçtaşı**

Çamdere Kireçtaşı, gri, koyu gri, sarımsı gri renkli kireçtaşlarından ibaret olup, yer yer dolomit, kuvarsit, kumtaşı, çakıltaşı ara seviyeleri içermektedir. İstifin kalınlığı yaklaşık olarak 150 m ve yaşı Geç Karbonifer–Erken Permiyen (Gjeliyen-Asseliyen) olarak belirlenmiştir (Keskin vd. 1990). Birim Hamurkesen Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

### **1.6.3. Hamurkesen Formasyonu**

Birim gri, kırmızımsı, kahverengi çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, şeyl, marn, tuf, tüfit araldanmasından oluşup, yer yer kırmızı renkli bol fosilli kireçtaşı band ve mercikleri ile asidik-bazik kayaç, dayk ve silleri içermektedir. Birim, ilk defa Açar (1975) tarafından Hamurkesen Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Daha sonra Formasyonu Akçakuzu Kireçtaşı ve Danzut Volkanit Üyesi olarak inceleyen Keskin vd. (1990), birime Liyas yaşını vermiş, kalınlığını da 1500-1800 m olarak belirlemiştir. İstifi, Hozbirikyayla Formasyonu uyumlu olarak üstlenmektedir.

#### **1.6.4. Hozbirikyayla Formasyonu**

Hozbirikyayala Formasyonu (Ağar 1975), gri, sarımsı beyaz, açık gri, boz renkte oolitlik kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, kireçtaşı ile kumlu- silttaşı ara katkılı, çört bandı ve nodüllerinden oluşmaktadır. Birim, Dogger-Malm-Erken Kretase yaşlıdır ve kalınlığı 800–1000 m arasında değişmektedir (Keskin vd., 1990). İstif, Çatıksu Formasyonu ve Otlukbeli Melanjı tarafından açısal uyumsuzlukla üstlenmektedir.

#### **1.6.5. Çatıksu Formasyonu**

Kampaniyen-Erken Maastrichtiyen yaşlı, Kahverengi, sarımsı renkte kumtaşı, kırmızı renkli pelajik kireçtaşı, çamurtaşı, kiltası aralanmasından oluşan istif Çatıksu Formasyonu olarak bilinmektedir (Keskin vd. 1990).

#### **1.6.6. Arduç Volkanitleri**

Birim andezit, bazalt, andezitik-bazaltik aglomera, tuf, tüfit aralanmalarından oluşmaktadır. Adı geçen Üst Kretase volkanitler, Rize plütunu tarafından kesilmektedir. Çatıksu formasyonu ile geçişli olduğu için, birim Senoniyen yaşlı kabul edilmiştir. (Keskin vd. 1990).

#### **1.6.7. Otlukbeli Melanjı**

Birim en iyi yüzeylenme verdiği Demirözü'nün güneyinde Otlukbeli yöresine izafeten Otlukbeli Melanjı olarak isimlendirilmiştir (Korkmaz ve Baki, 1984). Birim kumtaşı, marn, radyolarit, çört, serpantin, gabro, bazalt, kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır. Melanjı, Geç Kretase yaşlı Kapıkaya Formasyonu uyumsuz olarak üstler.

#### **1.6.8. Kapıkaya Formasyonu**

Birim sarımsı beyaz, gri renkli kısmen rekristalize, bol mercanlı, Rudist, Ostrea'lı resifal kireçtaşlarından oluşur. Kretase yaşlı kabul edilen Otlukbeli olistostromu üzerinde açısal uyumsuzlukla yer almaktadır ve yaşı Maastrichtiyen olarak belirlenmiştir (Keskin vd.1990). Birimi Tepetralla Formasyonu uyumsuz olarak örtmektedir.

### **1.6.9. Tepetarla Formasyonu**

İlk olarak Keskin vd. (1990) tarafından adlandırılan birim gri, boz renkli, ince-orta tabakalı pelajik kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, marndan oluşmaktadır ve yaşı Erken-Orta Paleosen olarak belirlenmiştir (Keskin vd.1990).

### **1.6.10. Sığircı Formasyonu**

Sığircı Formasyonu (Keskin vd.,(1990), sarımsı, açık kahverenkli, gri, açık gri renkli tabanda döküntü akması bir konglomera ve üste doğru kumtaşı, marn araldanmasından oluşan türbiditik istifle son bulmaktadır (Saydam, 1995). Formasyonun yaşı Eosen (Lütesiyen) olarak belirlenmiştir (Keskin vd.,1990)

### **1.6.11. Sırataşlar Formasyonu**

İlk olarak Ağar (1975) tarafından adlandırılan birim gri, bej, sarı, kirli sarı, açık yeşil, renkli, orta-kalın tabakalı, bazı seviyeleri *Nummulites*? li kireçtaşı, kumtaşı, yer yer marn ve kumlu kireçtaşı seviyelerinden meydana gelmektedir. İstif Keskin vd. (1990) tarafından Erken-Orta Eosen olarak yaşlandırılmıştır.

### **1.6.12. Yazyurdu Formasyonu**

Kumtaşı, silttaşı, kireçtaşı ve marn araldanmalı andezit, aglomera, tuf, dasitik tuf ve dasitlerden oluşan volkano-tortul karakterli istif Yazyurdu Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Keskin vd.1990). Keskin vd.(1990) formasyonun altında ve içerisinde ara seviye olarak yer alan kireçtaşı seviyelerinden aldıkları örneklerin içerdiği faunaya göre yaşını Erken?- Orta Eosen olarak belirlemişlerdir.

### **1.6.13. Rize Plütönu**

Bayburt yöresi kuzey kesiminde KD-GB istikametinde uzanan magmatitler Çoğulu (1970) tarafından adlandırılmıştır. Plütön sokulumları ile Arduç formasyonu (Üst Kretase) ve Yazyurdu Formasyonunu keserek dokanak metamorfizmasına uğratmıştır (Keskin vd.1990). Adı geçen birim, Göller Formasyonu tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir.

#### **1.6.14. Gller Formasyonu**

Bölgede, konglomera, kumtaşı, marn ar dalanması şeklinde görülen Gller Formasyonuna, Miyosen yaşı verilmiştir (Keskin, 1990). Karaçayır Formasyonu tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir.

#### **1.6.15. Karaçayır Formasyonu**

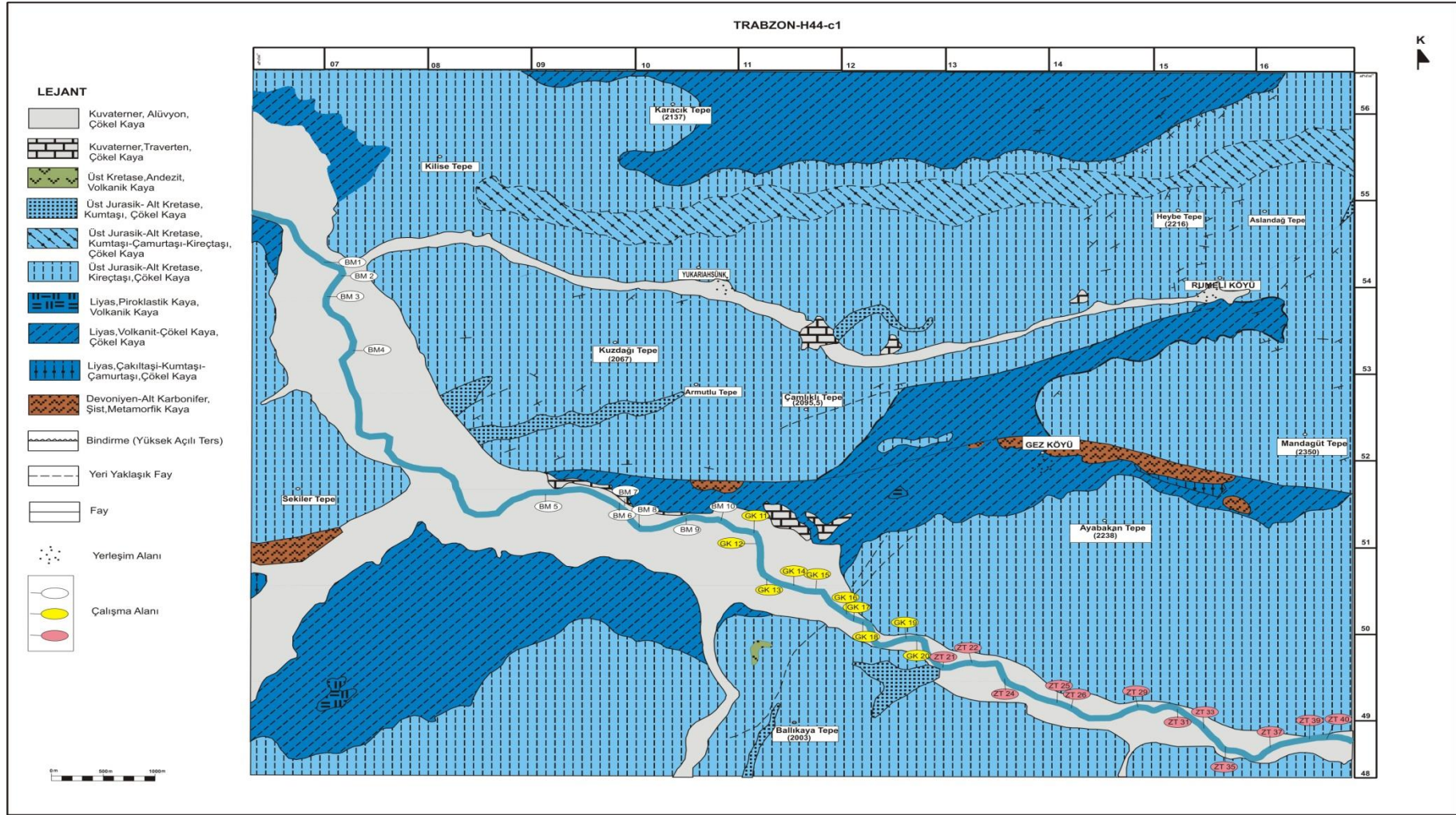
Bölgede çeşitli boyutlarda ve türde blok ve çakıllardan ve yer yer kum boyutundaki malzemeden oluşan istif ilk olarak Ağar (1975) tarafından adlandırılmıştır. Formasyon içinde herhangi bir fosile rastlanmamış ancak konum itibariyle Miyosen yaşı olduğu dşnlmştir (Keskin vd. 1990). Bu formasyon Kuvaterner oluşukları (taraçalar, alüvyonlar ve yamaç molozları) tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.



şekil 1.3. Çoruh Nehri (Bayburt) dere yatağı kelleri

Üst Sistem	Sistem	Seri	Formasyon	Kalınlık(m)	Kaya Türü	Açıklamalar
Senozoyik	Kuvaterner			30-50		Alüvyon: Tutturulmamış çakıl,kum,mil.
				30		Yamaç Molozu: Çakıllardan meydana gelmiş tutturulmamış malzeme
				25-100		Traverten
	Miyosen		Karaçayır	50	Konglomera, kumtaşı, çeşitliboyutta ve türde çakıllardan oluşmaktadır	
				100-150	Konglomera,kumtaşı,karbonatlı kumtaşı silttaşı, marn, kireçtaşı,jips	
	Tersiyer	Eosen (İpresiyen-Lütesiyen)	Rize graniti	800-1000	Rize Graniti: Granodiyorit,kuvars diyorit, kuvars monzo diyorit	
				250-300	Yazyurdu Formasyonu:Andezitik,dasit,andezitik dasitik aglomera,tüf,tüfit,kumtaş marn ara katkılı	
				750	Sırataşlar Formasyonu:Gri, kirli sarı,yeşilimsi renkli orta kalın tabakalı nummulitesli kireçtaşı,kumtaşı, kumlu kireçtaşı	
	Paleosen		Tepetarla	250	Sığircı Formasyonu:Konglomera, çok kaba kumtaşı, kumtaşı, bitki kalıntılı kumtaşı,silttaşı,kiltaşı ar dalanması	
				200-250	Yanık Konglomera Üyesi:Konglomera,çok kaba kumtaşı	
Mesozoyik	Kretase	Üst Kretase	Arduç	200-250	Pelajik kireçtaşı,kumlukireçtaşı,marn	
				350	Kapıkaya Formasyonu: sarımsı-beyaz, gri renkli kireçtaşı	
				600-800	Otlukbeli Olistrostromu: Diyabaz,lösiltili kırmızı renkli pelajik kireçtaşı,kristalize kireçtaşı,çakıltaşı,kumtaşı, radyolarit çört,tüfit,kireçtaşı olistolitli serpantin	
	Jura	Dogger-Malm-Alt Kretase	Hozbirkıyayla	800-1000	Arduç Volkanitleri:Andezit,bazalt lavları,Andezitik ve bazaltik aglomera,tüf,tüfit,marn ara katkılı	
				800-1000	Kop ofiyolitleri:Peleridotit,gabro,serpantinit	
		Liyas	Hamurkesen	1500-1800	Çatıksu Formasyonu:İnce-orta tabakalı sarımsı, yeşil renkli kumtaşı,silttaşı ar dalanımı Kırmızı pelajik kireçtaşı ara seviyeli; sarımsı,beyaz gri renkli resifal özellikte kireçtaşı	
Paleozoyik	Devoniyen	Pulur Metamorfiteri	Çamdere	150	Tektonik doka nak	
				600-800	Sarımsı gri renkli ince orta tabakalı bitki kalıntılı,yer yer kömürlü kumtaşı,oolitik kireçtaşı,killi kireçtaşı,dolomitik kireçtaşıüst kesimler ince orta tabakalı mikritik kireçtaşı, çört band ve nodüllü.Kumtaşı,karbonatlı kumtaşı ara seviyeli	
						Siyahımsı, koyu gri renkli kumtaşı,silttaşı,şeyl ar dalanması aglomera tüf,tüfit,andezit,bazalt,sil ve dayklı,diyabaz, Metamorfik kayaç,kuvars,kireçtaşı çakılılkonglomera.
						Uyumsuzluk
						Siyahımsı,koyu gri, sarımsı renkte orta-kalın tabakalı, kalsit damarlı,sert kireçtaşı, kumlu kireçtaşı,kuvarsit ara seviyeli
						Uyumsuzluk
						Yeşil şistler, mermer araseviyeli,meta diyorit, meta gabro,asidik dayk ve siller

Şekil 1.4. Bayburt ve dolayının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti (Keskin vd.1990'dan sadeleştirerek)



Şekil 1.5. Çalışma alanının jeolojik haritası (MTA, 2002)

## **2.YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Materyal ve Yöntemler**

Bu çalışma Çoruh Nehri (Bayburt) dere yatağı çökellerinin jeokimyasal özelliklerini ve ağır metal içeriğini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Tez kapsamında yürütülen çalışmalar arazi, laboratuvar ve büro olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

#### **2.1.1. Arazi Çalışmaları**

Çalışma alanında dere yatağı çökellerinden (Şekil 1.3) Ekim ayında sistematik olarak 40 adet örnek toplanmıştır. Özellikle yan kayaç litolojisinin değiştiği ve yan kolların Çoruh Nehrin'e ulaştığı yerlerden örnek alım aralığı sıklaştırılmıştır. Örnek alımları nehir suyunun geçtiği tabandan plastik kürekler yardımıyla yaklaşık 1 kg miktarında alınmıştır.

#### **2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları**

##### **2.1.2.1. Örneklerin Hazırlanması**

Dere yatağından alınan örnekler öncelikle açık havada kurutulmuştur. Kurutulan örnekler 35 meshlik eleklerden geçirilerek kil-kum (karışık) boyutlu malzeme elde edilmiştir.

##### **2.1.2.2. Kimyasal Analiz İçin Örnek Hazırlanması**

Ana, iz ve nadir toprak element (NTE) analizleri için elenen örneklerden yaklaşık 15 gr ağırlığında poşetlenerek, ACME (Vancouver, Kanada) analitik laboratuvarına gönderilmiştir. Seçilen örnekler, tane büyüklüğü 200 mesh'den daha küçük olacak biçimde agat bir havan içinde öğütülmüştür. Ana ve iz element içerikleri, 0.2 gr toz kayaç örneğinin 1.5 gr LiBO<sub>2</sub> ile çözdürülmesi ve daha sonra 100 ml %5 HNO<sub>3</sub>'de çözülmesinden sonra ICP-MS ile ölçülmüştür. NTE içerikleri 0.25 gr toz kayaç örneğinin dört farklı asit içerisinde çözdürülmesinden sonra ICP-MS ile analiz edilmiştir.

Ateşte kayıp (A.K.), örnekler 1000 °C'de yakıldıktan sonra ağırlık farkından hesaplanmıştır. Toplam Fe içeriği, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cinsinden ifade edilmiştir. Dedeksiyon limitleri,

ana oksitler için % ağırlık olarak 0.002 - 0.04, iz elementler için 0.1 - 8 ppm ve NTE için 0.01 - 0.3 ppm arasında değişmektedir, Au için ise 0.5 ppb dir .

### **2.1.3. Büro Çalışmaları**

Büro çalışmalarında, tez çalışmasının konusu ile ilgili literatür araştırılmış, arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen veriler birlikte değerlendirilmiştir. Tüm harita ve kesitler bilgisayara aktarılarak, çizim programları kullanılarak hazırlanmıştır. Kimyasal analiz sonuçları çeşitli paket programlar yardımı ile değerlendirilmiş, grafik ve tablolar hazırlanmıştır. Elde edilen veriler birleştirilerek yorumlanmış ve Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uyularak tezin yazımı gerçekleştirilmiştir.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Ana Elementler

Ana elementler yerkabuğunun % 95 lik kısmını oluşturan ve yüzde (%) olarak bulunan Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti ve P gibi elementlerdir. Bu çalışmada, Çoruh Nehri boyunca yaklaşık 40 km'lik alanda dere yatağı sedimanları toplanmıştır ve 40 km'lik alan üç bölüme ayrılarak incelenmiştir. Yerleşim yerinin en yoğun olduğu kısımdan (Bayburt Merkez- Gezköy arası) alınan örneklere BM, yerleşim alanının daha az olduğu kısımlardan (Gezköy- Gezhanları arası) alınan örneklere GK ve yerleşim alanı dışında kalan kısımdan (Gezhanları- Ziyaret sırtı mevki) alınan örneklere de ZT kodu verilmiştir. Toplanan örneklerden 32 tanesine ana element analizi uygulanmış ve analiz sonuçları Tablo 3.1, Ek Tablo 1 de verilmiştir. Bu sonuçları değerlendirerek dere yatağı çökellerinin ana element içeriği, nispi değişimleri ve bunlara bağlı olarak da muhtemel kaynak kayası ve ayrışma derecesi belirlenmiştir.

BM kodlu (Bayburt merkez-Gezköy arası) örneklerde  $\text{SiO}_2$  içeriği % 48.25 - % 59.97 (ortalama % 53.67), GK kodlu (Gezköy- Gezhanları arası) örneklerde  $\text{SiO}_2$  içeriği % 47.48 - % 53.49 (ortalama % 51.36) ve ZT kodlu (Gezhanları- Ziyaret sırtı mevki arası) örneklerde  $\text{SiO}_2$  içeriği % 50.02 – % 53.57 (ortalama % 51.88) arasında değişmektedir. BM, GK ve ZT kodlu dere yatağı çökel örneklerinin  $\text{Al}_2\text{O}_3$  içeriği sırasıyla % 7.1 – 10.3 (ortalama % 8.93), % 5.65 – % 10.2 (ortalama % 7.72) ve % 4.93 - % 8.2 (ortalama % 6.83) arasında değişmektedir ve BM'den ZT'ye doğru azalma kaydedilmiştir. İncelenen örneklerde en düşük ve en yüksek %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  BM kodlu örneklerde gözlenmiştir (sırasıyla BM2 ve BM5), fakat BM'den ZT'ye doğru ortalama  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  içeriğinde az da olsa artış söz konusudur. BM, GK ve ZT kodlu örneklerin ortalama MgO içeriği sırasıyla % 11.69, % 17.92 ve % 21.81 dır ve bu değerler göz önüne alındığında BM'den ZT'ye doğru MgO içeriğinde belirgin artış gözlenmektedir. Oysaki, incelenen örneklerin CaO,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  ve  $\text{TiO}_2$  içeriklerinde BM'den, ZT'ye doğru azalma gözlenmektedir. Söz konusu örneklerin MnO ve  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  dağılımları oldukça benzerlik göstermektedir (Tablo 3.1).

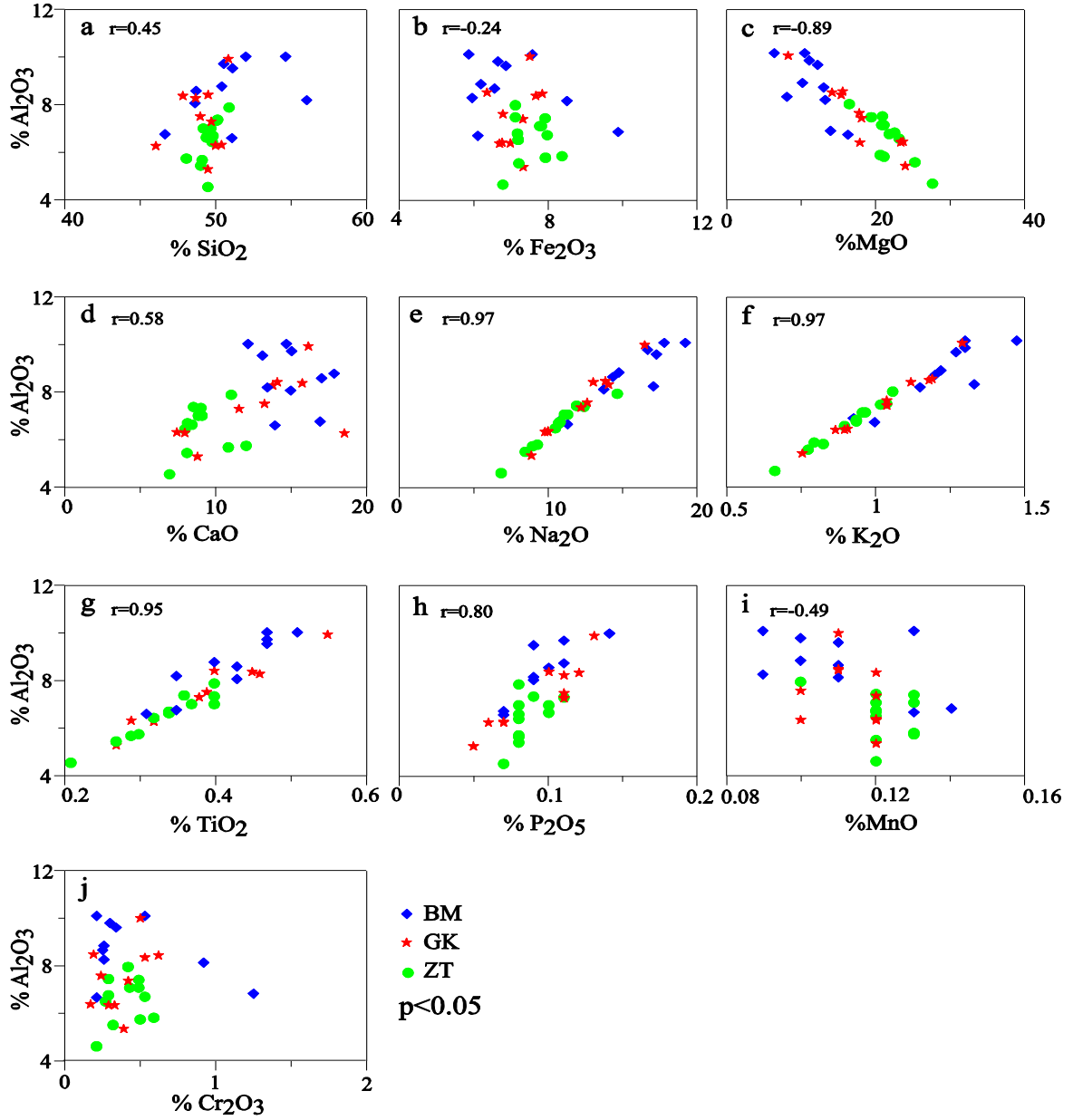
Tablo 3.1. Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin ana element ve hesaplanmış ortalama değerleri (Oksitlerin değerleri % 100 olacak şekilde yeniden hesaplanmıştır)

Örnek No	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O %	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
BM1	59.97	8.5	5.96	8.34	13.4	1.7	1.33	0.35	0.09	0.09	0.27
BM2	58.23	10.3	5.87	6.65	14.65	1.91	1.47	0.47	0.14	0.09	0.22
BM3	54.94	10.3	7.55	10.7	12.12	1.77	1.3	0.51	0.14	0.13	0.54
BM4	52.95	9.07	6.19	10.4	17.82	1.47	1.22	0.4	0.11	0.1	0.27
BM5	48.25	7.1	9.83	14.1	16.89	1.08	0.93	0.35	0.07	0.14	1.26
BM6	50.73	8.38	8.47	13.4	14.94	1.37	1.15	0.43	0.09	0.11	0.93
BM7	53.79	6.94	6.11	16.4	13.9	1.13	1	0.31	0.07	0.13	0.22
BM8	53.85	9.82	6.85	12.4	13.07	1.72	1.27	0.47	0.09	0.11	0.35
BM9	50.83	8.89	6.55	13.2	17	1.43	1.2	0.43	0.1	0.11	0.26
BM10	53.11	10	6.64	11.3	15	1.66	1.3	0.47	0.11	0.1	0.31
Ortalama	53.67	8.93	7.00	11.69	14.88	1.52	1.22	0.42	0.10	0.11	0.46
GK11	52.07	7.62	7.3	18.2	11.51	1.22	1.04	0.38	0.11	0.12	0.43
GK12	53.49	10.2	7.48	8.49	16.11	1.64	1.29	0.55	0.13	0.11	0.51
GK13	47.48	6.62	6.68	18	18.5	1	0.87	0.32	0.07	0.12	0.34
GK14	50.78	8.58	7.64	15.5	13.75	1.4	1.12	0.46	0.11	0.12	0.54
GK15	51.8	8.72	6.35	15.7	14.05	1.38	1.19	0.4	0.1	0.11	0.2
GK16	52.42	6.63	6.97	23.4	7.92	0.98	0.9	0.32	0.06	0.1	0.3
GK17	52.92	6.66	6.75	23.7	7.4	1	0.91	0.29	0.07	0.12	0.18
GK18	51.79	5.65	7.31	24	8.76	0.89	0.76	0.27	0.05	0.12	0.4
GK19	51.15	7.83	6.77	17.9	13.2	1.26	1.04	0.39	0.11	0.1	0.25
GK20	49.73	8.67	7.81	14.3	15.7	1.3	1.18	0.45	0.12	0.11	0.63
Ortalama	51.36	7.72	7.11	17.92	12.69	1.21	1.03	0.38	0.09	0.11	0.48
ZT21	53.57	8.2	7.1	16.6	11	1.46	1.06	0.4	0.08	0.1	0.43
ZT22	52.16	6.78	7.18	23.2	7.93	1.05	0.9	0.32	0.08	0.12	0.28
ZT24	51.43	7.34	7.79	21.2	9.07	1.13	0.97	0.37	0.08	0.12	0.5
ZT25	52.55	7.66	7.89	19.5	9	1.24	1.02	0.4	0.11	0.13	0.5
ZT26	50.02	6.1	8.34	20.7	12	0.93	0.8	0.3	0.08	0.13	0.6
ZT29	51.68	6.97	7.95	21.9	8.41	1.07	0.94	0.34	0.08	0.12	0.54
ZT31	52.22	7.03	7.16	22.6	8.11	1.08	0.94	0.34	0.1	0.12	0.3
ZT33	51.2	5.81	7.19	25.3	8.07	0.85	0.78	0.27	0.08	0.12	0.33
ZT35	52.05	7.34	7.75	20.9	8.82	1.11	0.96	0.4	0.1	0.13	0.44
ZT37	52.6	7.7	7.1	21	8.5	1.19	1.04	0.36	0.09	0.12	0.3
ZT39	51.32	6.04	7.9	21.2	10.8	0.9	0.83	0.29	0.08	0.13	0.51
ZT40	51.8	4.93	6.77	27.6	6.92	0.69	0.67	0.21	0.07	0.12	0.22
Ortalama	51.88	6.83	7.51	21.81	9.05	1.06	0.91	0.33	0.09	0.12	0.41

Analiz edilen dere çökellerinin  $Al_2O_3$  içeriği ile  $Na_2O$ ,  $K_2O$  ve  $TiO_2$  içeriği arasında çok kuvvetli pozitif korelasyon (sırasıyla  $r= 0.97$ ,  $r= 0.97$  ve  $r= 0.95$ ,  $p<0.05$ ),  $P_2O_5$  içeriği ile kuvvetli pozitif korelasyon ( $r= 0.80$ ) ve  $CaO$  içeriği ile orta pozitif korelasyon ( $r= 0.58$ ) göstermektedir. Bu korelasyon değerlerine göre söz konusu elementlerin dağılımı, kil mineralleri (Kaolonit, montmorillonit, illit), K. feldispat, plajioklaz ve ağır minerallerce kontrol edilmiş olabilir.  $Al_2O_3$  ile  $MgO$  arasında çok kuvvetli negatif korelasyon ( $r= -0.89$ ),  $MnO$  ile çok zayıf negatif korelasyon ( $r= -0.49$ ),  $Fe_2O_3$  ve  $Cr_2O_3$  arasında korelasyon ilişkisi gözlenmemiştir (Şekil 3.1).

Dere çökel örneklerinin tamamında  $K_2O/Na_2O <1$  dir.  $\log (SiO_2/Al_2O_3)$  ve  $(K_2O/Na_2O)$  değerleri kullanılarak örneklerin jeokimyasal sınıflandırma diyagramı yapılmıştır (Pettijohn vd. 1972), söz konusu diyagrama göre incelenen örnekler litarenit bölgesinde toplanmıştır (Şekil 3.2). İncelenen örneklerin bileşenlerinin türediği kaynak kayayı tespit etmek için  $(CaO+MgO) - SiO_2/10 - (Na_2O+K_2O)$  diyagramı kullanılmıştır (Taylor ve McLennan 1985). ZT kodlu örneklerin tamamına yakını ultramafik alanda, diğer örnekler ise ultramafik - bazalt alanlarında kümelenmiştir (Şekil 3.3).

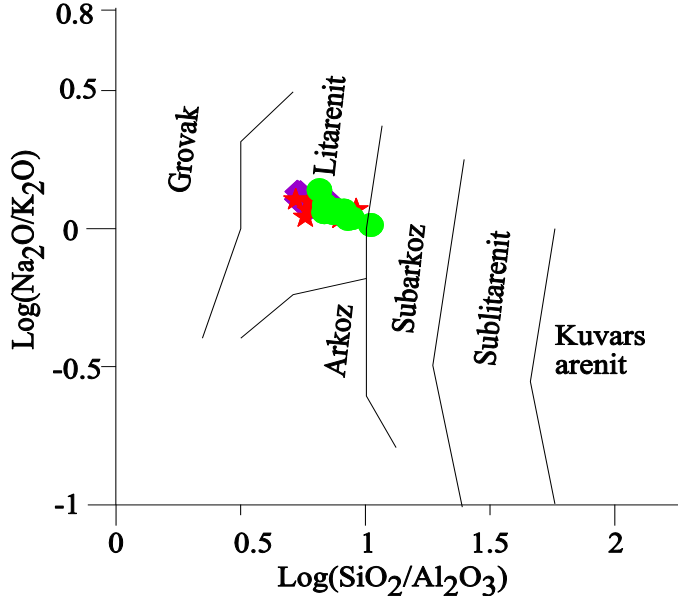
Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin ana element bileşenleri ile Üst Kıtasal Kabuk (ÜKK) ana element bileşenleri (Taylor ve McLennan 1985) mukayese edildiğinde genel olarak benzer dağılım gözlenmektedir (Şekil 3.4 a, b, c). BM kodlu örneklerde  $SiO_2$ ,  $TiO_2$  ve  $P_2O_5$  yaklaşık olarak ÜKK'ya benzer ya da hafif tükenmiştir.  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$  ve  $K_2O$ 'de de orta düzeyde tükenme söz konusudur.  $Fe_2O_3$  hafif zenginleşme,  $CaO$  da orta derecede zenginleşme ( $3.57*ÜKK$ ) vardır.  $MgO$  da en düşük zenginleşme  $3.2*ÜKK$  değeri ile BM2 örneğinde, en yüksek zenginleşme ise  $7.45*ÜKK$  değeriyle BM7 örneğinde kaydedilmiştir ve diğer örneklerin zenginleşmesi bu iki değer arasındadır.  $Cr_2O_3$ 'de genel olarak yüksek zenginleşme görülmektedir, en yüksek zenginleşme  $36*ÜKK$  değeri ile BM5 örneğinde, en düşük zenginleşme ise  $7.43*ÜKK$  ile BM9 örneğinde kaydedilmiştir. GK kodlu örnekler ÜKK' ya göre,  $SiO_2$  çok hafif ( $0.75*ÜKK$ ),  $TiO_2$  ve  $P_2O_5$  benzer ve hafif,  $Al_2O_3$  hafif tükenme göstermektedir.  $Na_2O$  ve  $K_2O$  de orta düzeyde tükenme gözlenmektedir.  $Fe_2O_3$  hafif zenginleşme ( $0.71*ÜKK$ ),  $CaO$  hafif-orta zenginleşme ( $1.76-4.4*ÜKK$ ),  $MgO$ 'da fazla zenginleşme (KG12'de  $3.86*ÜKK$ , diğer örnekler  $6.5-10.9*ÜKK$ ) mevcuttur. En fazla zenginleşme ise  $Cr_2O_3$ 'de gözlenmektedir.



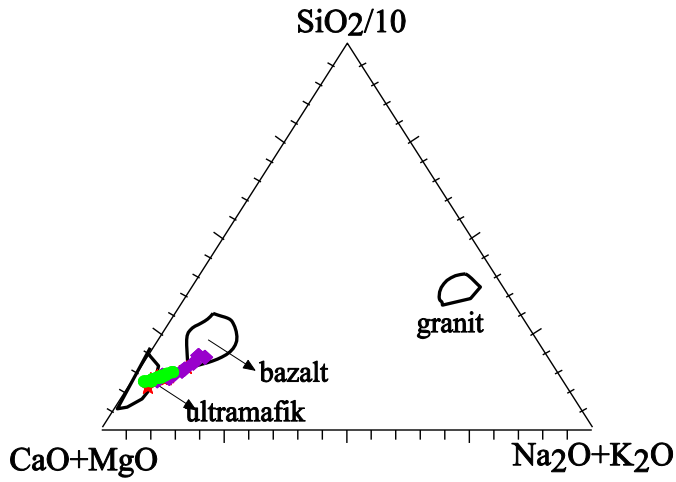
Şekil 3.1. İncelenen örneklerin % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği ile diğer ana oksitler arasındaki ilişkisi gösteren diyagram

değer GK 17'de 5.14\*ÜKK, en yüksek değer GK20'de 18\*ÜKK). ZT kodlu örneklerde SiO<sub>2</sub> de çok hafif (0.78\*ÜKK), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de hafif, Na<sub>2</sub>O ve K<sub>2</sub>O'de orta düzeyde tükenme gözlenmektedir. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de hafif zenginleşme (1.48\*ÜKK), CaO'da hafif-orta zenginleşme (ZT40 örneğinde 1.65\*ÜKK, ZT26 örneğinde 2.86\*ÜKK, diğer örnekler ise bu iki değer arasında dağılmaktadır) göstermektedir. MgO elementinde yüksek zenginleşme olmakla beraber (ZT21'de 8.86\*ÜKK ZT40'da 12.5\*ÜKK), en yüksek zenginleşme değeri yine Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'de kaydedilmiştir (ZT40'da 6.3\*ÜKK, ZT26'da

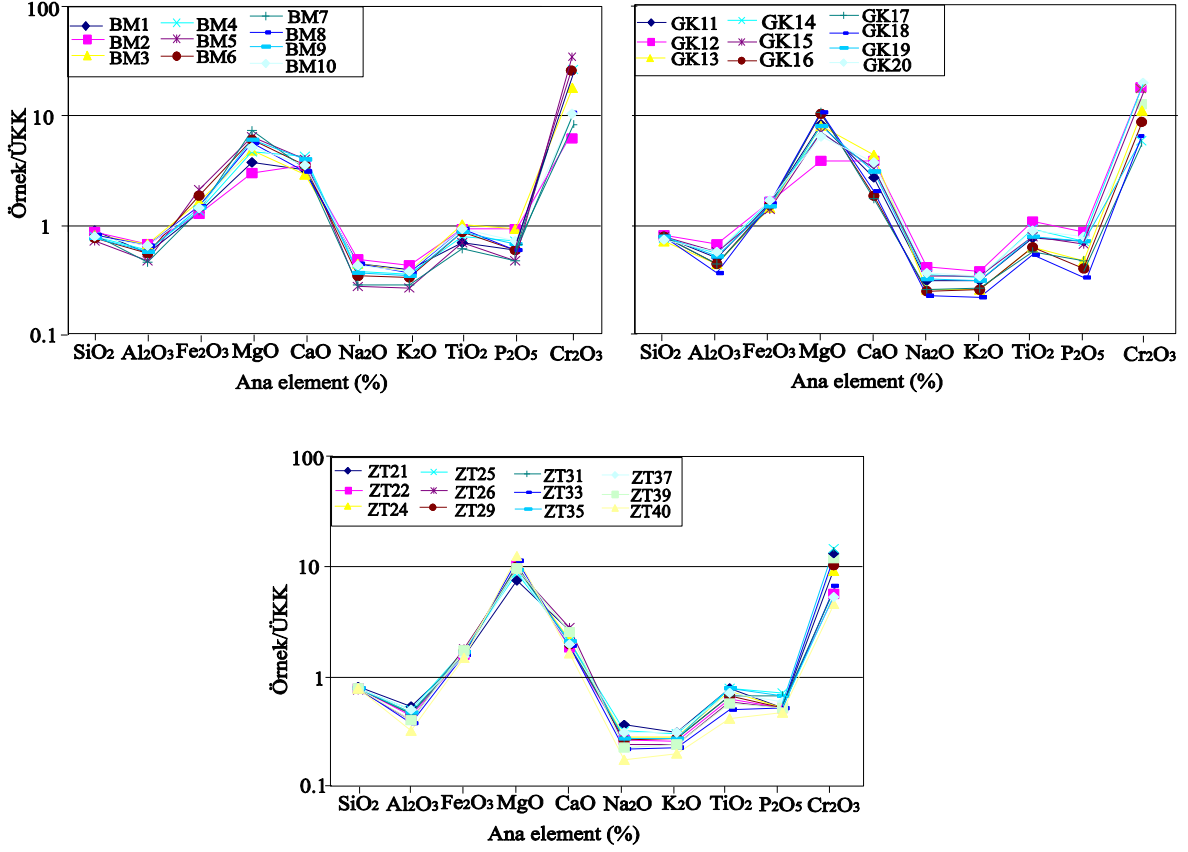
17.1\*ÜKK, diğer örnekler bu iki değer arasındadır). Yüksek MgO değerleri ofiyolitik kütleler ve/veya ultramafik kayalarla ilişkilidir ve yüksek MgO içeriği Cr ve Ni bolluğunu da etkilemektedir (Dinelli vd. 2005).



Şekil 3.2. Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin jeokimyasal sınıflaması (Pettijohn d.,1972)



Şekil 3.3. İncelenen örneklerin  $(CaO+MgO)/SiO_2+(Na_2O+K_2O)$  diyagramı kullanılarak sınıflandırılması (Taylor ve McLenan 1985).



Şekil 3.4. İncelenen örneklerin ana element değişimi. Veriler ÜKK'ya göre normalleştirilmiştir (Taylor ve McLennan, 1985).

### 3.2. İz elementler ve Au

Yeryüzündeki kayalarda miktar olarak % 0.01-2 arasında bulunan elementler ikincil (Ti, Mn, P, Sr, Ba, Zr, V, Cr gibi), % 0.01'den az bulunan elementlere ise iz element (Cu, Co, Pb, Zn, ni, As, Cd gibi) olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada Ti, Mn, P, Cr ana element, diğerleri iz element adı altında incelenmiştir.

Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin iz element ve Au konsantrasyonları tablo 3.2 de verilmiştir. Dere yatağı çökellerinin Sr, Rb, Ba ve Th dağılımı benzerlik göstermektedir. BM kodlu örneklerde Rb içeriği, 24.8 (BM5) – 36.9 (BM2) (ortalama 30.4) ppm, Sr içeriği, 212.5 (BM5) – 315.7 (BM2) (ortalama 266) ppm, Ba içeriği, 201 (BM5) – 370 (BM2) (ortalama 301.1) ppm, Th içeriği, 2.6 (BM5) – 3.9 (BM2) (ortalama 3.8) ppm, arasında değişmektedir. GK kodlu örneklerde Rb içeriği 20.1 (GK18) – 31.2 (GK 12) (ortalama 25.4) ppm, Sr içeriği 148.6 (GK18) – 305.8 (GK12) (ortalama 211.1) ppm, Ba içeriği, 184 (GK18) – 486 (GK12) (ortalama 258.4) ppm, Th içeriği, 2.2 (GK 18) – 3.8 (GK12) (ortalama 2.9) ppm arasında değişiklik göstermektedir. ZT kodlu örneklerde Rb

içeriği 17.7 (ZT40) – 26.6 (ZT 21) (ortalama 23.3) ppm, Sr içeriği, 114.3 (ZT40) – 215 (ZT21) (ortalama 171.2) ppm, Ba içeriği 138 (ZT40) – 250 (ZT21) (ortalama 201.9) ppm, Th içeriği, 1.8 (ZT40) – 2.9 (ZT21) (ortalama 2.7) ppm arasında değişmektedir. Rb, Sr, Ba ve Th en yüksek ve en düşük değerleri aynı örneklerde kaydedilmiştir. Ayrıca, dört element de yerleşim alanından uzaklaştıkça azalma göstermektedir. Dere çökellerinin ortalama U, Zr, Hf, Y, Nb, V ve Pb konsantrasyonu sırasıyla 1.3, 72.1, 1.9, 11.2, 5, 78.7 ve 6.25 ppm (BM kodlu örneklerde), 1.2, 67.5 1.7, 9.0, 4.1, 66.7 ve 5.9 ppm (GK kodlu örneklerde), 1.1, 51.3, 1.4, 8.0, 3.5, 59.5 ve 5.4 ppm (ZT kodlu örneklerde) olarak hesaplanmıştır. Söz konusu elementlerin miktarları, yerleşim alanından uzaklaştıkça azalmaktadır. Ortalama Co ve Ni değerleri sırasıyla 30.7 ve 439.5 ppm (BM), 42.9 ve 738.3 ppm (GK), 50.8 ve 956.8 ppm (ZT) olarak hesaplanmıştır. Ortalama değerler göz önünde bulundurulduğunda yerleşim alanından uzaklaştıkça artış görülmektedir. Örneklerin Cu içeriği geniş aralıklarda dağılım göstermektedir. BM kodlu örneklerde 32.7 (BM1) – 99.2 (BM10) (ortalama 53.3) ppm, GK kodlu örneklerde 32.8 (GK 17) – 178.6 (GK20) (ortalama 68.9) ppm ve ZT kodlu örneklerde 23.7 (ZT40) – 62.1 (ZT21) (ortalama 59.5) ppm arasında değişmektedir.

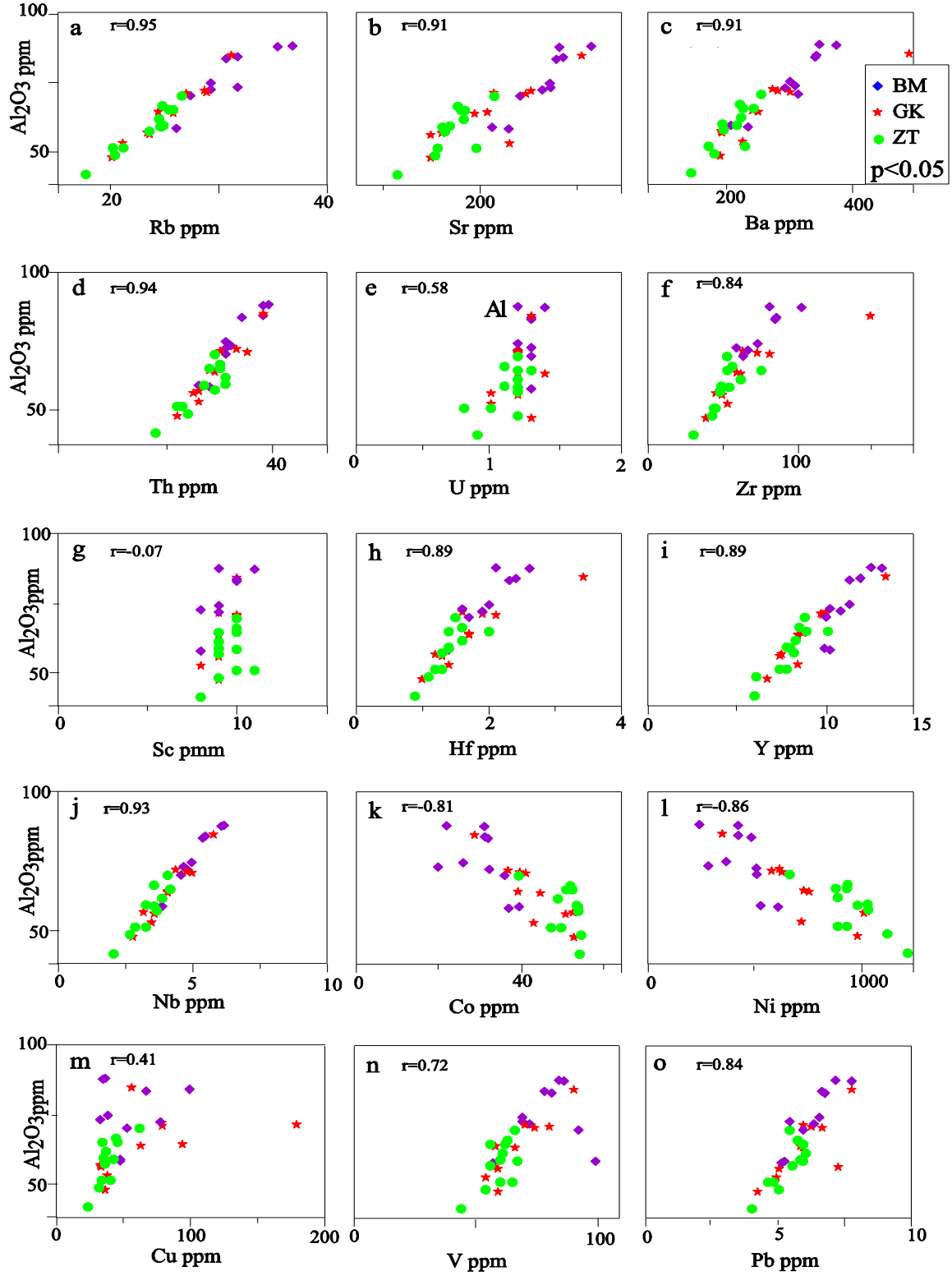
Tablo 3.2. İncelenen Örneklerin iz element (ppm), Au (ppb) içeriği ve hesaplanmış ortalama değerleri

Örnek No	Rb	Sr	Ba	Th	U	Zr	Hf	Y	Nb	Co	Ni	Cu	Sc	V	Pb	Au
BM1	31.8	273.6	304	3.2	1.3	59.3	1.6	10.2	4.7	19.9	286	32.7	8	69	5.4	2.7
BM2	36.9	315.7	370	3.9	1.2	81.4	2.1	12.5	6.2	22.0	244	36.4	9	84	7.1	16.5
BM3	35.5	282.6	343	3.8	1.4	102.8	2.6	13.1	6.1	31.1	425	34.8	11	86	7.7	3.6
BM4	29.3	272.7	296	3.1	1.2	73.3	2.0	11.3	5.0	26.0	369	38.4	9	69	6.5	2.4
BM5	24.8	212.5	201	2.6	1.2	53.3	1.4	9.9	3.9	39.5	529	47.5	9	99	5.2	1.0
BM6	27.4	242.0	309	3.1	1.3	63.7	1.7	10.0	4.6	36.0	511	52.5	10	92	5.9	1.2
BM7	26.1	230.0	229	2.8	1.3	49.5	1.4	10.2	3.8	37.0	610	47.5	8	57	5.1	1.0
BM8	30.7	279.5	336	3.4	1.3	85.0	2.3	11.3	5.4	32.0	486	66.9	10	81	6.7	3.2
BM9	29.3	265.1	288	3.1	1.2	66.8	1.9	10.8	4.8	32.3	509	77.4	9	72	6.3	1.5
BM10	31.8	286.6	338	3.8	1.3	86.0	2.4	11.9	5.5	31.2	426	99.2	10	78	6.6	0.5
Ortalama	30.4	266	301.4	3.8	1.3	72.1	1.9	11.2	5	30.7	439.5	53.3	9.3	78.7	6.25	3.36
GK11	25.8	194.3	245	2.9	1.4	61.9	1.7	8.4	4.1	44.6	754	62.8	9	66	5.9	7.1
GK12	31.2	305.8	486	3.8	1.3	148.7	3.4	13.3	5.8	28.7	350	55.9	10	90	7.7	0.5
GK13	21.1	230.6	220	2.6	1.0	53.2	1.4	8.4	3.5	43.0	718	38.0	8	54	4.9	0.8
GK14	27.0	247.6	296	3.5	1.2	81.4	2.1	9.8	5.0	41.1	627	78.8	10	74	6.6	1.9
GK15	28.7	253.0	268	3.3	1.2	63.4	1.6	10.0	4.4	36.8	616	78.5	9	70	5.9	1.3
GK16	23.6	148.7	187	2.5	1.2	49.5	1.3	7.4	3.6	50.7	1009	33.3	9	59	5.0	3.1
GK17	23.4	160.3	186	2.6	1.0	45.3	1.2	7.5	3.2	52.5	1020	32.8	9	57	7.2	0.5
GK18	20.1	148.6	184	2.2	1.3	38.8	1.0	6.7	2.8	52.7	979	36.3	9	59	4.2	0.9
GK19	24.4	207.5	236	2.8	1.2	59.4	1.7	8.7	4.1	39.2	730	93.7	9	58	5.8	0.8
GK20	28.9	214.3	276	3.0	1.2	73.0	1.9	9.7	4.8	39.6	580	178.6	10	80	6.2	2.5
Ortalama	25.4	211.1	258.4	2.9	1.2	67.5	1.7	9.0	4.1	42.9	738.3	68.9	9.2	66.7	5.9	1.9
ZT21	26.6	215.0	250	2.9	1.2	53.0	1.5	8.8	4.1	39.4	665	62.1	10	66	5.4	1.2
ZT22	23.6	163.7	190	2.9	1.2	48.3	1.3	8.2	3.7	53.8	1030	36.3	9	56	5.5	1.8
ZT24	24.5	183.2	218	3.1	1.2	62.2	1.6	8.3	3.9	48.9	888	37.1	9	61	6.0	1.3
ZT25	25.4	184.5	238	3.0	1.2	75.9	2.0	10.1	4.2	52.4	879	45.7	10	62	5.9	4.5
ZT26	20.2	196.4	224	2.3	1.0	45.4	1.3	7.8	3.3	49.7	888	40.4	10	65	4.6	0.5
ZT29	24.6	161.0	211	2.7	1.2	54.6	1.4	8.0	3.6	53.7	980	42.7	10	67	5.9	1.3
ZT31	24.9	168.9	188	3.1	1.1	49.2	1.4	7.8	3.3	53.4	1026	35.3	9	60	5.8	4.3
ZT33	20.4	153.5	175	2.4	1.2	43.0	1.1	6.1	2.7	54.5	1118	31.8	9	54	5.0	0.5
ZT35	24.8	176.9	216	3.0	1.1	56.4	1.6	8.5	3.6	51.9	934	44.5	10	63	5.7	1.4
ZT37	25.8	180.6	221	2.8	1.3	53.1	1.4	8.9	4.2	50.9	930	34.4	9	56	5.9	3.8
ZT39	21.2	156.1	166	2.2	0.8	44.2	1.2	7.4	2.9	47.2	931	34.0	11	60	4.8	1.6
ZT40	17.7	114.3	138	1.8	0.9	30.5	0.9	6.0	2.1	54.1	1213	23.7	8	44	4.0	28.0
Ortalama	23.3	171.2	202.9	2.7	1.1	51.3	1.4	8.0	3.5	50.8	956.8	39	9.5	59.5	5.4	4.2

Dere çökeli örneklerinin Sc içeriklerine bakıldığında çok değişkenlik göstermemekte olup, 8-11 ppm arasında değişmektedir (ortalama BM, GK, ZT değerleri sırasıyla 9.3, 9.2, 9.5 ppm). Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin Au konsantrasyonu geniş aralıkta dağılım göstermekte olup BM kodlu örneklerde 0.5 (BM10) – 16.5 (BM2) (ortalama 3.36) ppb, GK kodlu örneklerde 0.5 (GK12, GK17) – 7.1 (GK11) (ortalama 1.9) ppb, ZT kodlu örneklerde 0.5 (ZT26, ZT33) – 28 (KT40) (ortalama 4.2) ppb olarak kaydedilmiştir.

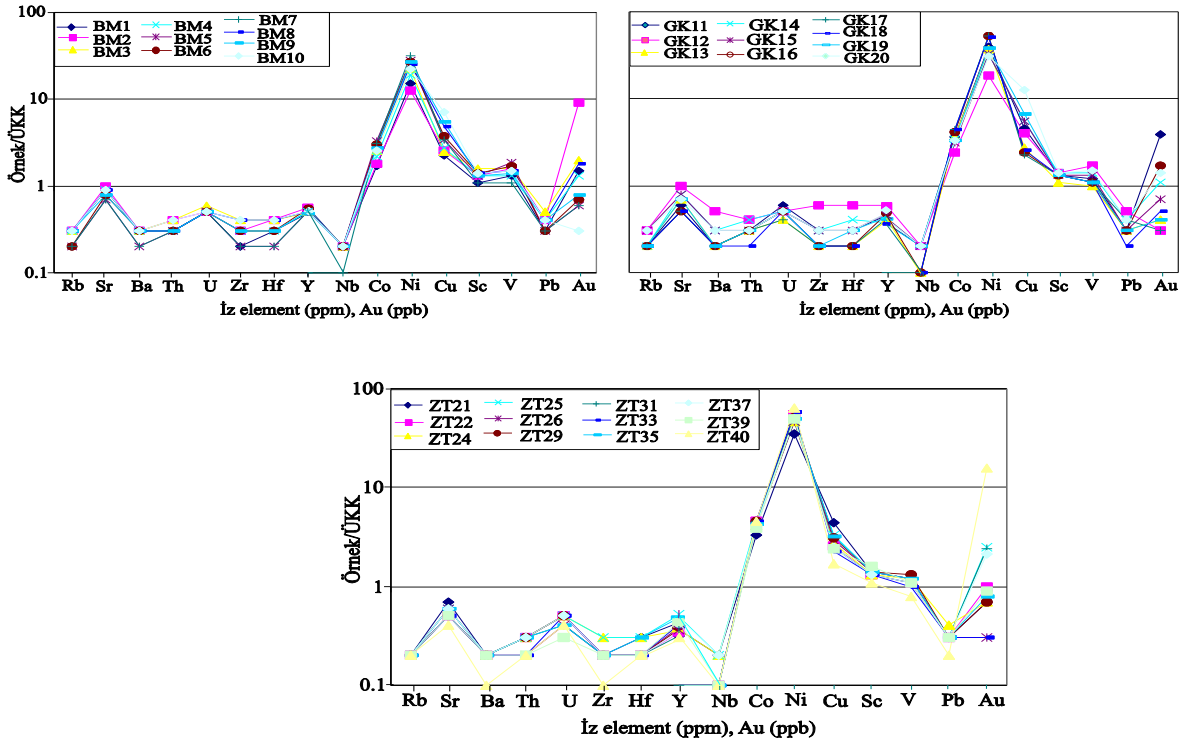
İncelenen dere çökeli örneklerinin  $Al_2O_3$  içeriği ile Rb, Sr, Ba, Th, Hf, Y ve Nb arasında çok kuvvetli pozitif korelasyon ( sırasıyla  $r= 0.95, 0.91, 0.91, 0.94, 0.89, 0.89$  ve  $0.93, p<0.05$ ), Zr, V ve Pb arasında kuvvetli pozitif korelasyon (sırasıyla  $r= 0.84, 0.72$  ve  $0.84$ ), U ile orta pozitif korelasyon ( $r= 0.58$ ) ve Cu ile zayıf pozitif korelasyon ( $r=0.41$ ) gözlenmektedir. Bu korelasyonlar, element dağılımlarının başlıca kil mineralleri ile kontrol edildiğini göstermektedir (Wronkiewicz ve Condie, 1989).  $Al_2O_3$ , Ni ile çok kuvvetli negatif korelasyon ( $r= -0.86$ ), Co ile kuvvetli negatif korelasyon ( $r= -0.81$ ) göstermektedir.  $Al_2O_3$  ile Sc arasında herhangi bir ilişki gözlenmemektedir (Şekil 3.5). Ayrıca Rb, Cs, Ba, U, Sr, Sc ve V ile  $K_2O$ ,  $TiO_2$ , Zr, Th, Y ve  $P_2O_5$  arasında pozitif ilişki gözlenmektedir (Tablo 3.3). Doayısıyla bu elementlerin dağılımını kil minerallerinin yanı sıra muhtemelen K feldispat, ağır mineraller, hornblend, zirkon ve opak fazlar kontrol etmektedir.

Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin iz element bileşenleri ve Au içeriği ÜKK iz element bileşenleri ve Au içeriği (Taylor ve McLennan, 1985) ile mukayese edilmiş ve üç grup (BM, GK ve ZT) örneklerinde yaklaşık olarak benzer dağılım gösterdikleri görülmüştür (Şekil 3.6a, b, c). Rb, Ba, Th, U, Zr, Hf, Y, Nb, Pb elementleri ÜKK ile benzer dağılım göstermekte olup hafif, orta derecede tükenmiştir (Nb BM7, GK16, GK18, ZT39, ZT40 nolu örneklerde  $0.1*ÜKK$ , Ba ve Zr de ZT40 nolu örnekte  $0.1*ÜKK$  dir). Zr, Hf, Y, Nb elementleri mafik kayalardan ziyade felsik kayalarda daha zengindir (Bauluz vd., 2000), dolayısıyla dere yatağı çökelleri nispeten daha mafik kayaktan beslenmiştir. Stronsiyum, BM ve GK kodlu örneklerde ÜKK'a benzer ve hafif tükenmiş, ZT kodlu örneklerde ise hafif tükenmiştir. V ve Sc her üç grup örneklerde de ÜKK'a benzer ve çok hafif zenginleşme (ZT40 hariç  $0.6*ÜKK$ ) göstermektedir. Co BM kodlu örneklerde  $2.6*ÜKK$  (BM10) –  $3.3*ÜKK$  (BM5), GK kodlu örneklerde  $2.4*ÜKK$ (GK12) –  $4.2*ÜKK$  (GK18), ZT kodlu örneklerde  $3.3*ÜKK$  (ZT21) –  $4.5*ÜKK$  (ZT40), Cu BM kodlu örneklerde  $2.1*ÜKK$  (BM1) –  $7.1*ÜKK$  (BM10), GK kodlu örneklerde  $2.3*ÜKK$



Şekil 3.5. İncelenen örneklerin %  $Al_2O_3$  içeriği ile (a) Rb, (b) Sr, (c) Ba, (d) Th, (e) U (f) Zr, (g) Sc, (h) Hf, (i) Y, (j) Nb, (k) Co, (l) Ni, (m) Cu, (n) V ve (o) Pb içeriği arasındaki ilişki gösteren diyagram.

(GK17), 12.8\*ÜKK (GK20), ZT kodlu örneklerde 1.7\*ÜKK (ZT40) – 4.4\*ÜKK (ZT21), Ni, BM kodlu örneklerde 12.8\*ÜKK (BM2) – 32.1\*ÜKK (BM7), GK kodlu örneklerde 18.4\*ÜKK (GK12), 51.5\*ÜKK (GK18), ZT kodlu örneklerde 49\*ÜKK (ZT21) – 63.8\*ÜKK (ZT40) arasında zenginleşme göstermektedir. İncelenen çökellerin Co, Ni, Cu, Sc ve V gibi geçiş elementlerinin ÜKK'ya kıyasla zenginleşmiş olması, bu çökellerin mafik ve ultramafik kaynaktan geldiğini işaret etmektedir. Dere yatağı çökellerinin Au içeriği bazı örneklerde ÜKK'a göre zenginleşme bazı örneklerde ise tükenme sergilemektedir. BM kodlu örneklerde BM1, BM2, BM3, BM4 nolu örneklerde zenginleşme (1.3\*ÜKK BM4 – 9.2\*ÜKK BM2), diğer örneklerde ise tükenme göstermektedir. GK kodlu örneklerde GK11, GK14, GK16, GK20 nolu örneklerde zenginleşmiş (1.1\*ÜKK GK14 – 3.9\*ÜKK GK11), diğer örneklerde tükenmiştir. ZT kodlu örneklerde ZT25, ZT31, ZT37, ZT40 nolu örneklerde zenginleşme (2.1\*ÜKK ZT37 – 15.6\*ÜKK ZT40), ZT22 nolu örnekte ÜKK'a benzer ve diğer örneklerde tükenme tespit edilmiştir. Au elementinin ÜKK'ya göre yer yer zenginleşme göstermesi çok beklenen bir durum değildir.



Şekil 3.6. İncelenen örneklerin iz element ve Au içeriği değişimi. Veriler ÜKK'ya göre normalleştirilmiştir (Taylor ve McLennan, 1985)

Tablo 3.3. İncelenen örneklerin jeokimyasal verilerinin kullanılarak elde edilen korelasyon matriksinin korelasyon katsayısı (r) (n=32) ve CIA (Kimyasal alterasyon indeksi)

Elementler	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Zr	Th	Y	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CIA
SiO <sub>2</sub>	0.45	0.57	0.25	0.28	0.47	0.20	0.35	0.33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	0.97	0.95	0.84	0.94	0.89	0.80	-0.07
Rb	0.95	0.98	0.85	0.74	0.92	0.78	0.77	-0.02
Cs	0.72	0.68	0.77	0.62	0.77	0.67	0.70	0.12
Th	0.94	0.91	0.91	0.82	1	0.85	0.79	0.05
Ba	0.91	0.87	0.90	0.94	0.85	0.94	0.74	-0.15
U	0.58	0.57	0.56	0.48	0.58	0.50	0.76	0.12
Sr	0.91	0.91	0.81	0.76	0.84	0.80	0.66	-0.39
Sc	0.35	0.21	0.50	0.43	0.30	0.44	0.40	0.22
V	0.72	0.68	0.75	0.67	0.64	0.67	0.52	-0.27
Ni	-0.86	-0.89	-0.76	-0.68	-0.75	-0.73	-0.89	0.45
Co	-0.81	-0.87	-0.67	-0.61	-0.69	-0.66	-0.56	0.44
Hf	0.89	0.80	0.93	0.99	0.85	1	0.80	-0.02
Yb	0.95	0.92	0.90	0.86	0.89	0.90	0.78	-0.20
LREE	0.97	0.93	0.93	0.89	0.94	0.93	0.80	-0.08
HREE	0.92	0.91	0.88	0.85	0.85	0.87	0.71	-0.19
(La/Yb) <sub>N</sub>	-0.31	-0.31	-0.26	-0.22	-0.18	-0.27	-0.28	0.31
(Gd/Yb) <sub>N</sub>	-0.40	-0.39	-0.37	-0.33	-0.28	-0.39	-0.28	0.14
La/Sc	0.86	0.90	0.73	0.72	0.85	0.76	0.64	-0.21

### 3.3. Nadir Toprak Elementler (NTE)

Nadir toprak elementlerin (NTE) yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonları 150-200 ppm arasında değişmektedir. NTE grubu elementler, atom numaralarına göre iki gruba ayrılmaktadır. Lantanyumdan (La, atom no: 57), Disprosyum (Dy, atom no: 66) kadar olan elementlere hafif nadir toprak elementleri (LREE), Holmiyumdan (Ho, atom no: 67), Lutecyuma (Lu, atom no: 71) kadar olan elementlere de ağır nadir toprak elementler (HREE) denir. Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin NTE analiz sonuçları ve hesaplanan ortalama değerleri Tablo 3.4'te verilmiştir. BM kodlu örnekler ortalama 57.97 ile en yüksek  $\sum$ NTE içeriğine sahiptir. Bunu 50.5 ile GK ve en düşük ortalama  $\sum$ NTE değeri olan 45.14 ile ZT kodlu örnekler takip etmektedir. Örneklerin (La/Sm)<sub>N</sub> değerleri BM, GK ve ZT kodlu örneklerde sırasıyla (3.39 – 4.06), (3.58 – 4.11) ve (3.54 – 4.21) arasında değişmektedir ve şekil 3.7' de de görüldüğü gibi LREE eğimlidir. (Gd/Yb)<sub>N</sub> değerleri sırasıyla (1.4 – 1.64), (1.48 – 1.76) ve (1.5 – 1.76) arasında değişmektedir ve şekil 3.7'de HREE yaklaşık düzdür. (La/Yb)<sub>N</sub> oranları oldukça yüksek olup, sırasıyla (6.92 – 8.59), (7.74 – 8.57) ve (7.35 – 8.71) arasında değişmektedir (Tablo 3.5). Bu değerler göz önünde bulundurulduğunda incelenen örneklerin LREE içeriğinin HREE'ye kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu da beklenen bir durumdur, çünkü şeyl ve toprak fazların LREE içeriği daha yüksektir (Haskin vd., 1966) ve sedimentlerin LREE/HREE oranı kil, kumtaşı ve karbonat sırasına göre azalmaktadır (Balashov vd., 1964; Henderson, 1984; Caccia ve Millero, 2007). Genel olarak bakıldığında dere yatağı çökellerinin NTE içeriği ÜKK'ya göre tükenmiş (En fazla tükenme ZT kodlu örneklerde görülmektedir) olmakla beraber genel dağılımları benzerdir. BM, GK ve ZT kodlu örneklerin hesaplanan ortalama Eu/Eu\* değerleri sırasıyla 0.81, 0.82 ve 0.81 dir. Eu/Eu\* oranı (<0.95 Taylor ve McLennan 1985) ve Şekil 3.8, incelenen örneklerin NTE bileşenlerinin ÜKK'ya kıyasla tükenmiş olduğunu teyit eder niteliktedir.

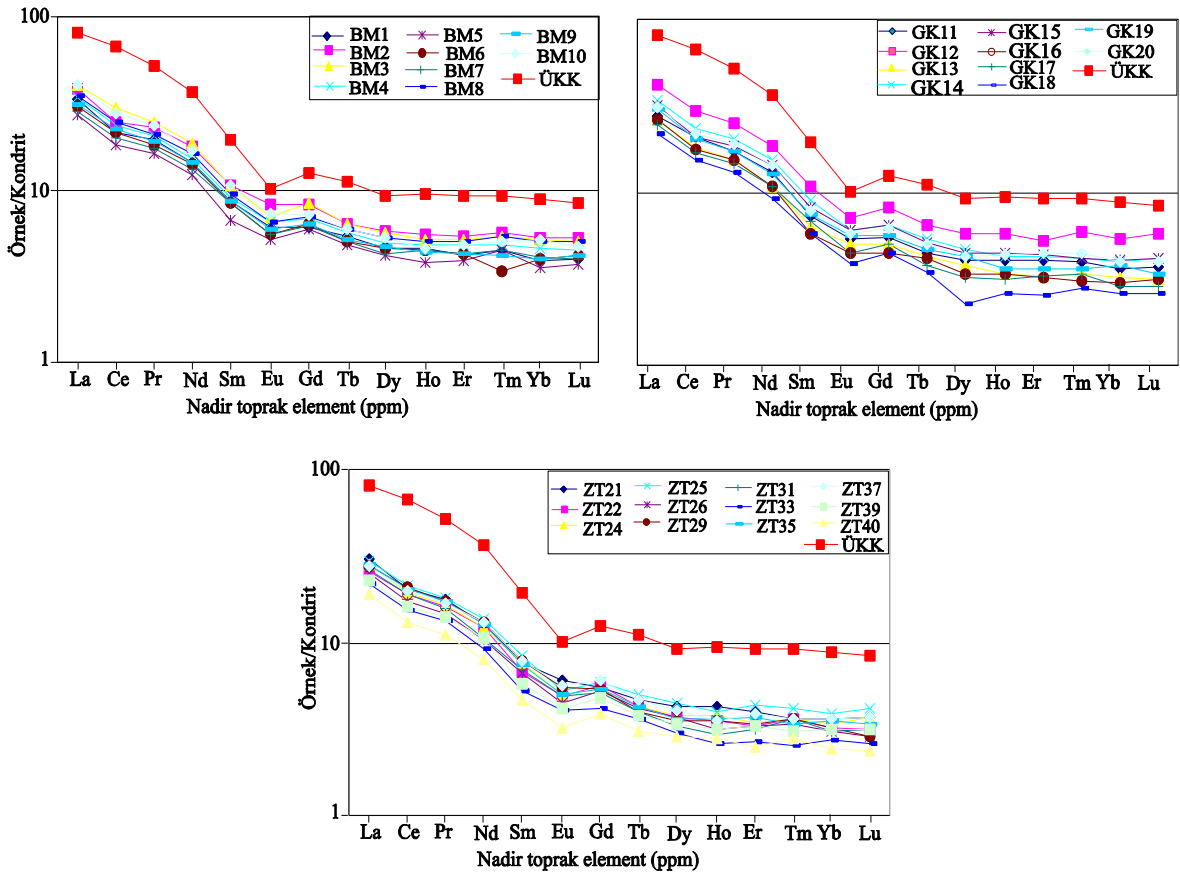
Dere yatağı çökellerinin LREE ve HREE içeriği Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, Ti<sub>2</sub>O, Zr, Th, Y ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir (Tablo 3.3). Buna bağlı olarak, NTE dağılımında fillosilikatlar, K feldispat, ağır mineraller, hornblend, zirkon, opak fazların rol oynadığı söylenebilir.

Tablo 3.4. Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin nadir toprak element içeriği ve hesaplanmış ortalama değerleri (ppm)

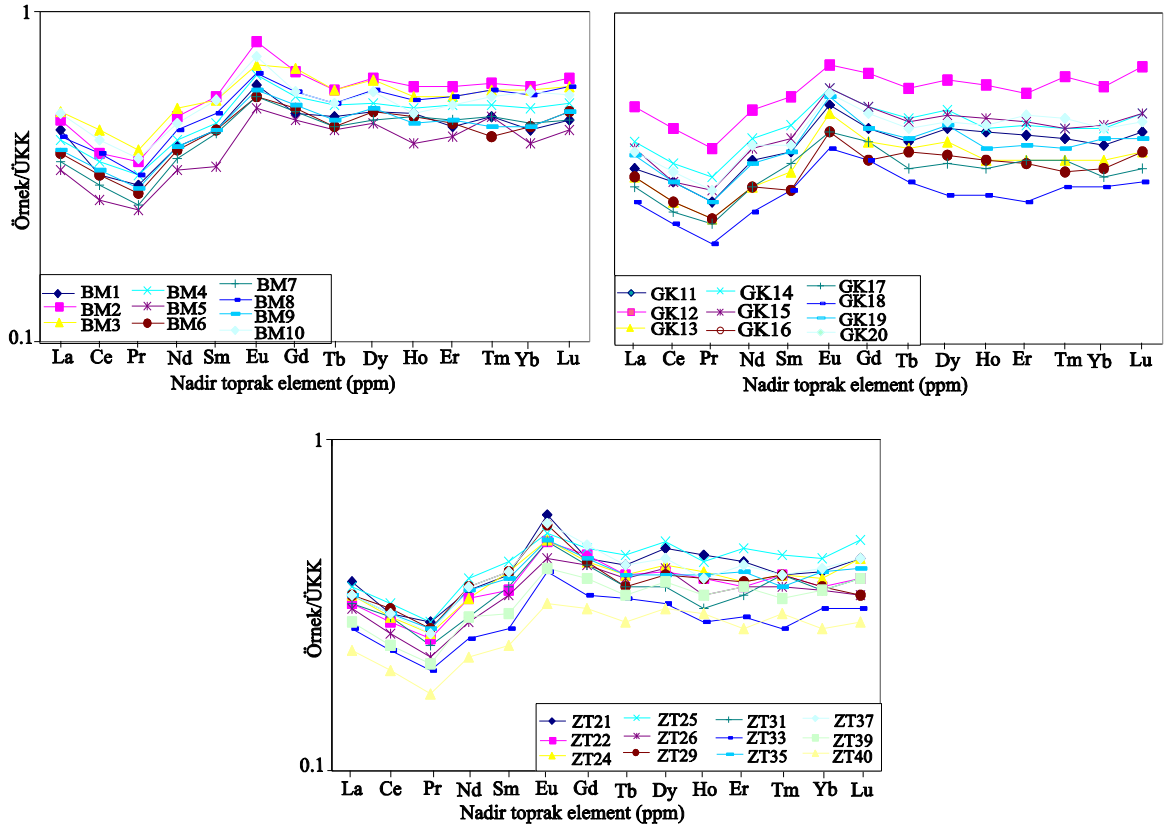
Örnek No	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	REE	LREE	HREE
BM1	12.2	20.4	2.69	10.2	1.97	0.53	1.85	0.31	1.75	0.39	1.03	0.16	0.96	0.15	54.6	51.9	2.69
BM2	14.1	23.7	3.14	12.6	2.46	0.71	2.52	0.37	2.2	0.47	1.35	0.2	1.3	0.2	65.3	61.8	3.52
BM3	14.9	28.2	3.39	13.2	2.45	0.61	2.54	0.37	2.17	0.44	1.27	0.19	1.28	0.19	71.2	67.8	3.37
BM4	12.4	22.3	2.81	10.6	2.06	0.56	2.08	0.33	1.86	0.41	1.2	0.17	1.12	0.17	58.1	55.0	3.07
BM5	10	17.5	2.19	8.7	1.55	0.45	1.79	0.28	1.6	0.32	0.97	0.16	0.87	0.14	46.5	44.1	2.46
BM6	11.1	20.4	2.51	10	1.96	0.48	1.92	0.29	1.74	0.38	1.05	0.14	0.99	0.16	53.1	50.4	2.72
BM7	10.4	19.2	2.35	9.4	1.93	0.48	1.9	0.29	1.63	0.38	1.07	0.16	1.01	0.15	50.4	47.6	2.77
BM8	12.7	23.5	2.88	11.5	2.2	0.57	2.15	0.34	2.02	0.43	1.26	0.19	1.24	0.19	61.2	57.9	3.31
BM9	11.5	21.3	2.61	10.2	1.97	0.51	1.96	0.3	1.79	0.37	1.07	0.15	0.99	0.16	54.9	52.1	2.74
BM10	14.7	26.4	3.21	12	2.43	0.64	2.17	0.34	1.98	0.39	1.19	0.18	1.26	0.18	67.1	63.9	3.20
Ortalama	12.4	22.3	2.8	10.8	2.1	0.55	2.09	0.32	1.87	0.39	1.15	0.17	1.10	0.17	57.9	55.2	2.99
GK11	10.2	19.9	2.38	9.3	1.7	0.47	1.7	0.26	1.56	0.35	1	0.14	0.89	0.14	50	47.5	2.52
GK12	15.5	28.5	3.48	13.3	2.52	0.62	2.5	0.38	2.19	0.49	1.31	0.21	1.32	0.22	72.5	69.0	3.55
GK13	9.6	17.4	2.12	7.8	1.47	0.44	1.55	0.25	1.45	0.29	0.83	0.12	0.8	0.12	44.2	42.1	2.16
GK14	12.4	22.3	2.82	10.9	2.06	0.52	1.99	0.31	1.77	0.36	1.06	0.15	0.98	0.16	57.8	55.1	2.71
GK15	11.6	20	2.55	10.1	1.89	0.52	1.97	0.3	1.7	0.38	1.09	0.15	1.01	0.16	53.4	50.6	2.79
GK16	9.6	17.1	2.11	7.8	1.32	0.39	1.37	0.24	1.28	0.29	0.81	0.11	0.75	0.12	43.3	41.2	2.08
GK17	9	16.2	2.02	7.7	1.58	0.39	1.54	0.22	1.24	0.27	0.82	0.12	0.71	0.11	41.9	39.9	2.03
GK18	8.1	14.9	1.8	6.5	1.32	0.34	1.38	0.2	0.98	0.22	0.63	0.1	0.65	0.1	37.2	35.5	1.70
GK19	11.1	19.6	2.39	9.1	1.71	0.49	1.71	0.27	1.61	0.31	0.91	0.13	0.93	0.13	50.4	48.0	2.41
GK20	11.4	21.1	2.58	10.3	1.82	0.5	1.89	0.29	1.63	0.37	1.12	0.16	0.99	0.15	54.3	51.5	2.79
Ortalama	10.9	19.7	2.43	9.28	1.74	0.45	1.76	0.27	1.54	0.33	0.96	0.14	0.90	0.14	50.5	48.0	2.5
ZT21	11.1	19.5	2.45	9.1	1.75	0.52	1.67	0.27	1.64	0.36	0.98	0.13	0.89	0.14	50.5	48.0	2.50
ZT22	9.5	18.1	2.2	8.7	1.56	0.43	1.72	0.25	1.41	0.3	0.83	0.13	0.79	0.12	46	43.9	2.17
ZT24	10.3	18.7	2.29	8.6	1.78	0.44	1.65	0.25	1.46	0.32	0.86	0.13	0.83	0.14	47.8	45.5	2.28
ZT25	10.9	20.3	2.51	9.8	1.94	0.46	1.8	0.29	1.7	0.34	1.09	0.15	0.96	0.16	52.4	49.7	2.70
ZT26	9.2	16.5	2	7.4	1.54	0.39	1.6	0.24	1.42	0.27	0.83	0.12	0.76	0.11	42.4	40.3	2.09
ZT29	10.2	20.1	2.38	9.4	1.81	0.48	1.64	0.23	1.35	0.3	0.85	0.13	0.79	0.11	49.8	47.6	2.18
ZT31	9.7	18.3	2.16	7.5	1.61	0.43	1.58	0.23	1.26	0.25	0.79	0.13	0.76	0.12	44.8	42.8	2.05
ZT33	8.1	14.9	1.82	6.6	1.21	0.35	1.28	0.21	1.13	0.22	0.67	0.09	0.68	0.1	37.4	35.6	1.76
ZT35	10.3	19.3	2.38	9.1	1.71	0.44	1.66	0.25	1.38	0.31	0.92	0.12	0.88	0.13	48.9	46.5	2.36
ZT37	10.1	19.2	2.32	9.3	1.79	0.49	1.84	0.27	1.55	0.3	0.97	0.13	0.9	0.14	49.3	46.9	2.44
ZT39	8.5	15.4	1.91	7.5	1.33	0.36	1.45	0.22	1.29	0.27	0.82	0.11	0.78	0.12	40.1	38.0	2.10
ZT40	7	12.6	1.52	5.7	1.08	0.28	1.18	0.18	1.08	0.24	0.62	0.1	0.6	0.09	32.3	30.6	1.65
Ortalama	9.6	17.7	2.16	8.2	1.6	0.4	1.6	0.2	1.4	0.3	0.9	0.1	0.8	0.1	45.1	42.9	2.19

Tablo 3.5. Analiz edilen örneklerin element oranları ve CIA, CIW, PIA değerleri

Örnek No	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Na <sub>2</sub> O	Zr/Hf	Th/U	Th/Sc	Co/Th	V/Ni	La/Sc	La/Th	Eu/Eu*	(La/Sm)N	(Gd/Yb)N	(La/Yb)N	CIA	CIW	PIA
BM1	7.1	0.8	5.0	37.1	2.5	0.4	6.2	0.2	1.5	3.8	0.85	3.9	1.56	8.59	36.5	38.7	34.8
BM2	5.7	0.8	5.4	38.8	3.3	0.43	5.4	0.3	1.6	3.6	0.87	3.6	1.57	7.33	38.8	41.1	37.5
BM3	5.3	0.7	5.8	39.5	2.7	0.35	8.2	0.2	1.4	3.9	0.75	3.8	1.61	7.87	43.0	45.7	42.1
BM4	5.8	0.8	6.2	36.7	2.6	0.34	8.4	0.2	1.4	4.0	0.83	3.8	1.5	7.48	32.5	34	30.8
BM5	6.8	0.9	6.6	38.1	2.2	0.29	15.2	0.2	1.1	3.9	0.83	4.1	1.67	7.76	28.9	30.1	27.1
BM6	6.1	0.9	6.1	37.5	2.4	0.31	11.6	0.2	1.1	3.6	0.76	3.6	1.57	7.58	34.5	36.2	32.9
BM7	7.8	0.9	6.1	35.4	2.6	0.35	13.2	0.1	1.3	3.7	0.77	3.4	1.53	6.96	32.1	33.7	30.3
BM8	5.5	0.7	5.7	36.9	2.6	0.34	9.4	0.2	1.3	3.7	0.8	3.6	1.41	6.92	40.2	42.4	39.0
BM9	5.7	0.8	6.2	35.7	2.6	0.34	10.4	0.1	1.3	3.7	0.79	3.7	1.64	7.85	33.4	34.9	31.7
BM10	5.3	0.8	6	35.8	2.9	0.38	8.2	0.2	1.5	3.9	0.85	3.8	1.4	7.88	37.9	39.8	36.6
GK11	6.8	0.9	6.2	36.4	2.1	0.32	15.4	0.1	1.1	3.5	0.84	3.8	1.55	7.74	38.7	40.9	37.4
GK12	5.2	0.8	6.2	43.7	2.9	0.38	7.6	0.3	1.6	4.1	0.76	3.9	1.54	7.94	37.3	39.1	35.9
GK13	7.2	0.9	6.6	38.0	2.6	0.33	16.5	0.1	1.2	3.7	0.89	4.1	1.57	8.1	25.9	26.8	24.1
GK14	5.9	0.8	6.1	38.8	2.9	0.35	11.7	0.1	1.2	3.5	0.79	3.8	1.65	8.55	37.9	39.9	36.7
GK15	5.9	0.9	6.3	39.6	2.6	0.37	11.2	0.1	1.3	3.5	0.82	3.9	1.58	7.77	26.7	38.6	35.2
GK16	7.9	0.9	6.2	38.1	2.1	0.28	20.3	0.1	1.1	3.8	0.89	4.6	1.48	8.7	43.3	46	42.5
GK17	7.9	0.9	6.8	37.8	2.6	0.29	20.2	0.1	1.0	3.5	0.76	3.6	1.76	8.57	44.2	47	43.5
GK18	9.2	0.9	6.7	38.8	1.7	0.24	24.0	0.1	0.9	3.7	0.77	3.9	1.72	8.42	37.4	39.4	36.0
GK19	6.5	0.8	6.3	34.9	2.3	0.31	14.0	0.1	1.2	4.0	0.88	4.1	1.49	8.07	36.6	38.4	35.1
GK20	5.7	0.9	6.2	38.4	2.5	0.3	13.2	0.1	1.1	3.8	0.82	3.9	1.55	7.78	34.5	36.2	32.9
ZT21	6.5	0.7	6.7	35.3	2.4	0.29	13.6	0.1	1.1	3.8	0.93	3.9	1.52	8.43	40.4	42.6	39.3
ZT22	7.7	0.9	5.6	37.2	2.4	0.32	18.6	0.1	1.1	3.3	0.8	3.8	1.76	8.12	44.3	47.1	43.5
ZT24	7.0	0.9	6.5	38.9	2.6	0.34	15.8	0.1	1.1	3.3	0.78	3.6	1.61	8.38	43.3	45.9	42.4
ZT25	6.9	0.8	6.2	37.9	2.5	0.3	17.5	0.1	1.1	3.7	0.75	3.5	1.52	7.67	44.5	47.3	43.8
ZT26	8.2	0.9	6.6	34.9	2.3	0.23	21.6	0.1	0.9	4.0	0.76	3.8	1.71	8.19	32.8	34.2	31.2
ZT29	7.4	0.9	6.5	39	2.2	0.27	19.9	0.1	1.0	3.8	0.85	3.5	1.68	8.71	43.9	46.7	43.1
ZT31	7.4	0.9	6.5	35.1	2.8	0.34	17.2	0.1	1.1	3.1	0.82	3.8	1.69	8.64	44.1	46.9	43.3
ZT33	8.8	0.9	6.8	39.1	2	0.27	22.7	0.1	0.9	3.4	0.86	4.2	1.53	8.05	40.8	43.1	39.6
ZT35	7.1	0.9	6.6	35.3	2.7	0.3	17.3	0.1	1.0	3.5	0.8	3.8	1.53	7.91	43.6	46.3	42.8
ZT37	6.8	0.9	6.5	37.9	2.2	0.31	18.2	0.1	1.1	3.6	0.82	3.5	1.65	7.54	45.5	48.5	44.9
ZT39	8.5	0.9	6.7	36.8	2.78	0.2	21.5	0.1	0.8	3.9	0.79	4.0	1.5	7.35	34.6	36.3	33.0
ZT40	10.5	1.0	7.1	33.9	2	0.23	30.1	0.1	0.9	3.9	0.76	4.1	1.6	7.88	40.2	42.5	38.9



Şekil 3.7. İncelenen örneklerin Kondrit ile normalleştirilmiş NTE elementleri, ÜKK elementleri referans olarak verilmiştir.



Şekil 3.8. İncelenen örneklerin nadir toprak element dağılımı. Veriler ÜKK'ya göre normalize edilmiştir (Taylor ve McLennan, 1985).

### 3.4. Ağır Metal Konsantrasyonu, Organik Karbon (TOK) ve Kükürt (S) içeriği

Jeolojik ve tektonik yapı, yağmur suları, sızıntı suları, erozyon, metal madenciliği, evsel ve endüstriyel atıklar, nehir suları ve çökellerindeki ağır metal içeriğinin potansiyel kaynaklarını oluşturmaktadır. As, Hg, Cu, Pb, Zn, Ni, Sb ve diğer ağır metaller düşük konsantrasyonlarda olsalar bile canlılar için toksiktir.

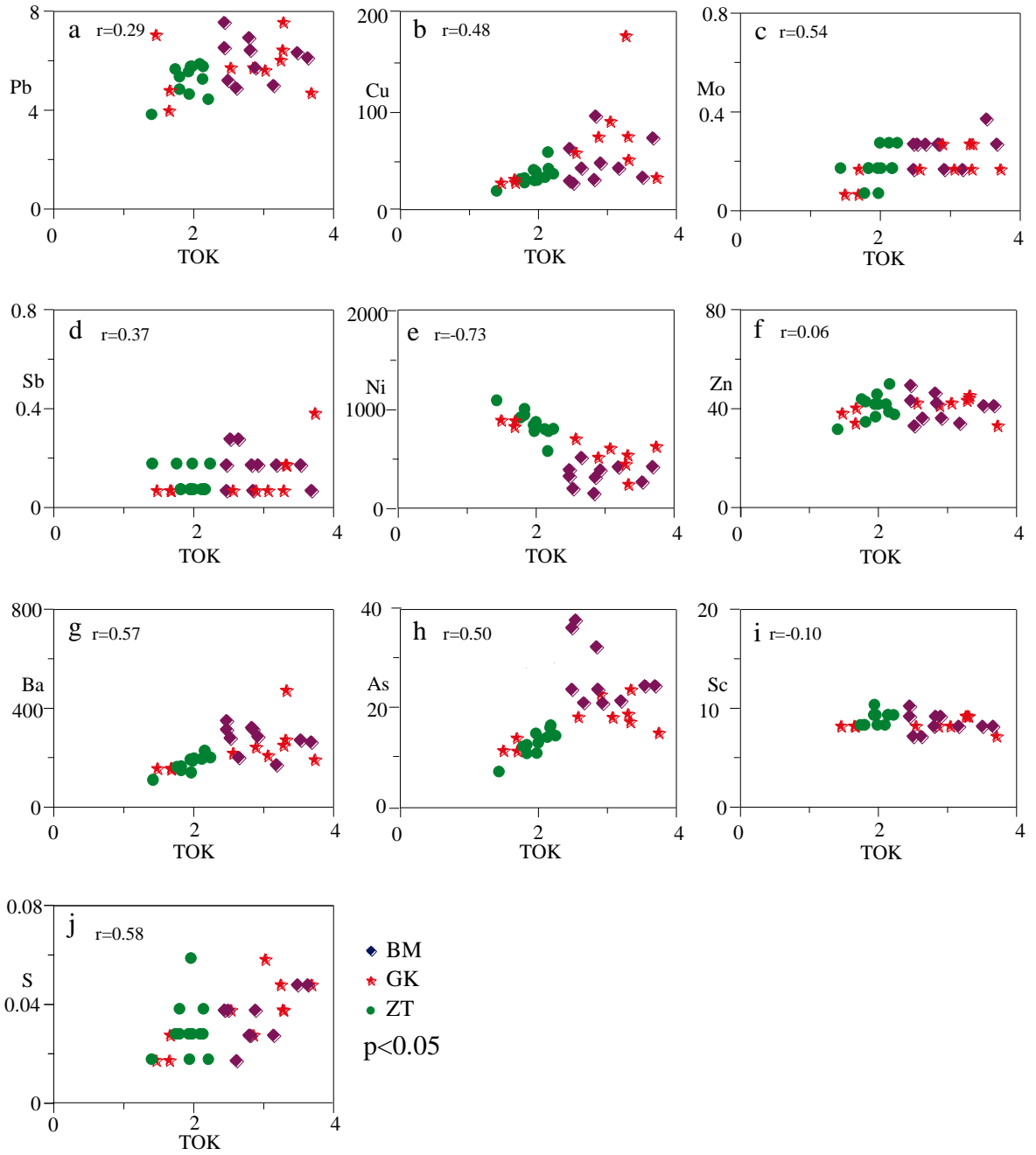
Doğal sularda organik madde ile metaller arasında güçlü bir etkileşim vardır. Çözülmemiş ve askıda bulunan organik maddeler, metaller için bir nevi toplayıcı görevi görürler ve toplanan metaller dip sedimanlarında birikirler. Böylece metallerin sedimentteki adsorblanma yeteneği artan organik madde içeriği ile artmaktadır. Bundan dolayı sedimentteki organik madde içeriği, sedimentin kirlilik derecesini belirlemede önemlidir (Lin ve Chen, 1997). Ayrıca sedimentler adsorblanma karakterine göre kalıcı veya geçici olarak madde biriktirme özelliği gösterirler. Birikmiş maddeler, fiziksel ve fizikokimyasal süreçler neticesinde suya geri salınabilirler. Buda su kalitesi ve sucul ortam için tahrip edici sonuçlar doğurur (Okumuş, 2007).

Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin bazı ağır metal konsantrasyonu, organik karbon (OK) ve kükürt (S) içerikleri ile hesaplanmış ortalama değerleri ve zenginleşme faktör (ZF) değerleri tablo 3.6'da verilmiştir. Çökellerin Mo, Pb, Zn, Ba, Sb ve Sc ortalama değerleri <ÜKK olup, BM kodlu örneklerde sırasıyla 0.28, 6.3, 42.1, 301.4, 0.19 ve 9.3 ppm, GK kodlu örneklerde sırasıyla 0.21, 5.9, 42.2, 258.4, 0.15 ve 9.2 ppm, ZT kodlu örneklerde sırasıyla 0.21, 5.4, 41.8, 202.9, 0.13 ve 9.5 ppm olarak hesaplanmıştır. Kurşun, Ba ve Sb'un ortalama değeri yerleşim merkezinden uzaklaştıkça azalmaktadır. Dere yatağı sedimanlarının Cu, Ni ve As ortalama değerleri >ÜKK olup, BM kodlu örneklerde sırasıyla 53.3, 424.2 ve 27.9 ppm, GK kodlu örneklerde sırasıyla 68.9, 700.9 ve 18.4 ppm, ZT kodlu örneklerde sırasıyla 39, 904.5 ve 14.3 ppm olarak hesaplanmıştır. Nikelin ortalama değeri, yerleşim alanından uzaklaştıkça artmakta, As'in ortalama değeri ise azalmaktadır. Ortalama organik karbon miktarı (TOK) BM, GK ve ZT kodlu örneklerde sırasıyla % 2.9, % 2.7 ve % 1.9, ortalama S miktarı sırasıyla % 0.04, % 0.04 ve % 0.03 olarak hesaplanmıştır. Ortalama TOK miktarı yerleşim yerinden uzaklaştıkça azalmaktadır.

Dere yatağı çökellerinin içermiş olduğu TOK, Mo, Ba, ve S ile orta pozitif korelasyon ( $r = 0.54, 0.57$  ve  $0.58$ , Şekil 3.9 c, g, j), Cu, Sb ve As ile zayıf pozitif korelasyon ( $r = 0.48, 0.37, 0.50$ , Şekil 3.9 b, d, h) göstermektedir. Buna bağlı olarak Mo, Ba, S, Cu, Sb ve As dağılımında organik maddenin de rolü olduğu söylenebilir. TOK ile Ni arasında kuvvetli negatif korelasyon ( $r = -0.73$ , Şekil 3.9 e) gözlenirken, Pb, Zn ve Sc arasında herhangi bir ilişki söz konusu değildir (Şekil 3.9 a, f, i).

Tablo 3.6. İncelenen dere yatağı çökellerinin bazı ağır metal, TOK, S içeriği ve hesaplanmış ortalama, ortalama ZF ve ÜKK değerleri

Örnek No	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Ba	Sb	Sc	TOK	S
	ppm										%
BM1	0.3	32.7	5.4	35	290.9	38.8	304	0.3	8	2.50	0.04
BM2	0.3	36.4	7.1	48	243.6	33.5	343	0.2	9	2.80	0.03
BM3	0.2	34.8	7.7	51	411.3	37.3	370	0.1	11	2.45	0.04
BM4	0.4	38.4	6.5	43	354.5	25.8	296	0.2	9	3.49	0.05
BM5	0.2	47.5	5.2	36	501.2	22.8	201	0.2	9	3.15	0.03
BM6	0.2	52.5	5.9	38	471.2	22.3	309	0.2	10	2.89	0.04
BM7	0.3	47.5	5.1	38	593.3	22.4	229	0.3	8	2.62	0.02
BM8	0.3	66.9	6.7	45	473.8	25.1	336	0.2	10	2.45	0.04
BM9	0.3	77.4	6.3	43	503.0	25.8	288	0.1	9	3.64	0.05
BM10	0.3	99.2	6.6	44	399.4	25.1	338	0.1	10	2.82	0.03
Ortalama	0.28	53.33	6.25	42.1	424.22	27.89	301.4	0.19	9.3	2.9	0.04
Ort. ZF	0.34	4.07	0.57	1.10	41.4	32.1	0.98	2.00	1.57	-	-
GK11	0.2	62.8	5.9	44	773.6	19.6	245	0.1	9	2.54	0.04
GK12	0.3	55.9	7.7	47	330.6	25.0	486	0.2	10	3.29	0.04
GK13	0.2	38.0	4.9	35	696.9	16.4	220	0.4	8	3.69	0.05
GK14	0.2	78.8	6.6	46	614.2	18.6	296	0.2	10	3.28	0.04
GK15	0.3	78.5	5.9	43	593.5	24.0	268	0.1	9	2.86	0.03
GK16	0.2	33.3	5.0	42	946.9	12.8	187	0.1	9	1.67	0.03
GK17	0.1	32.8	7.2	40	952.2	12.9	186	0.1	9	1.47	0.02
GK18	0.1	36.3	4.2	36	893.4	15.4	184	0.1	9	1.66	0.02
GK19	0.2	93.7	5.8	44	680.5	19.5	236	0.1	9	3.03	0.06
GK20	0.3	178.6	6.2	45	527.7	20.1	276	0.1	10	3.25	0.05
Ortalama	0.21	68.9	5.9	42.2	700.9	18.4	258.4	0.15	9.2	2.7	0.04
Ort. ZF	0.32	6.30	0.70	1.42	87.7	28.8	1.09	1.83	2.01	-	-
ZT21	0.2	62.1	5.4	40	641.7	17.2	250	0.1	10	2.16	0.03
ZT22	0.2	36.3	5.5	44	993.1	13.8	190	0.1	9	1.83	0.03
ZT24	0.3	37.1	6.0	43	855.0	15.3	218	0.1	9	2.12	0.03
ZT25	0.2	45.7	5.9	51	833.2	17.7	238	0.1	10	2.17	0.03
ZT26	0.3	40.4	4.6	39	855.9	15.6	224	0.2	10	2.24	0.04
ZT29	0.3	42.7	5.9	47	921.4	14.2	211	0.2	10	1.99	0.02
ZT31	0.1	35.3	5.8	45	967.7	13.5	188	0.2	9	1.77	0.06
ZT33	0.2	31.8	5.0	36	1051.4	12.1	175	0.1	9	1.83	0.03
ZT35	0.2	44.5	5.7	43	892.5	16.1	216	0.1	10	1.96	0.04
ZT37	0.2	34.4	5.9	43	873.5	15.0	221	0.1	9	2.01	0.03
ZT39	0.1	34.0	4.8	38	833.7	12.2	166	0.1	11	1.97	0.03
ZT40	0.2	23.7	4.0	33	1134.3	8.5	138	0.2	8	1.43	0.02
Ortalama	0.21	39	5.4	41.8	904.5	14.3	202.9	0.13	9.5	1.9	0.03
Ort. ZF	0.37	4.03	0.70	1.54	121.7	24.6	0.96	1.81	2.28	-	-
ÜKK	1.5	25	20	71	20	1.5	550	0.2	11	-	-



Şekil 3.9. İncelenen örneklerin TOK içeriği ile (a) Pb, (b) Cu, (c) Mo, (d) Sb, (e) Ni, (f) Zn, (g) Ba, (h) As, (i) Sc (j) S içeriği arasındaki ilişki gösteren diyagram.

## 4. İRDELEME

### 4.1. Giriş

Akarsular, yüksek kesimlerden ve geçtiği yerlerden getirdikleri malzemeyi enerjilerinin bittiği yerlerde biriktirirler. Biriken bu çökellerin element konsantrasyonunu, kaynak kayaçların bileşimi, tektonizma, ayrışma, taşınma, iklimsel farklılıklar ve insan etkisi gibi faktörler kontrol etmektedir. Bu bağlamda dere yatağı çökelleri, genel olarak kaynak bölgelerin jeolojik özelliklerini yansıtır. Dolayısıyla bu çökellerin element konsantrasyonları, türedikleri kaynak kayanın jeokimyasal bileşimini ve ayrışma derecesini göstermektedir (Prakongkep vd., 2008; Kurt vd., 2014). Başka bir deyişle silikat ve karbonat kayaçların ayrışma derecesi, akarsuların ve akarsu çökellerinin kimyasal bileşimini etkilemektedir (Qin vd., 2006; Ryu vd., 2007). Bundan dolayıdır ki özellikle yağışlı mevsimlerde akarsular ve akarsu çökelleri ağır metallerce zenginleşir ve bu çökellerin jeokimyasal bileşiminde değişiklikler gözlenir (Pandey vd., 1999; Pekka vd., 2004; Masson vd., 2006; Pehlivan, 2010).

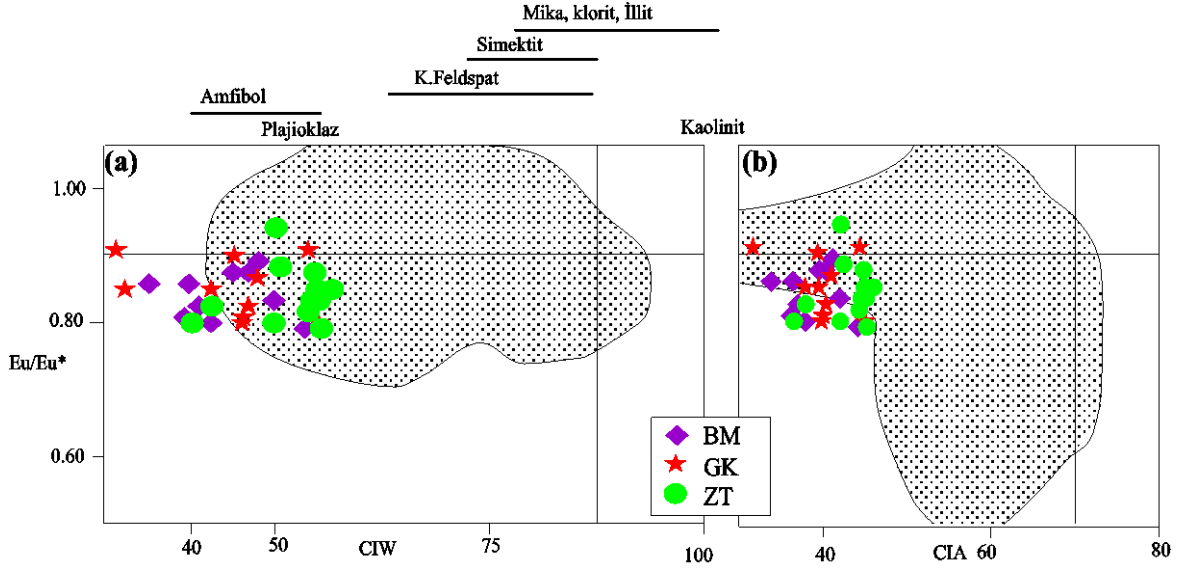
### 4.2. Ayrışma

Kaynak kayanın kimyasal ayrışması, başlıca kaynak kayanın bileşimi, ayrışma derecesi, iklim şartları ve kaynak bölgenin tektonik yükselmesi ile kontrol edilir (Wronkiewicz ve Condie, 1987). Üst kıtanın yaklaşık % 75 oranında değişmeye meyilli olan materyali feldispatlar ve volkanik camdır ve bu materyallerin kimyasal ayrışması tamamen kil oluşumu ile sonuçlanır (Nesbitt ve Young, 1984, 1989; Taylor ve McLennan, 1985; Fedo vd., 1995). Böylece kaynak alanındaki ayrışmanın artması sedimentlerin alkali ve toprak alkali elementlerince fakirleşmesine ve  $Al_2O_3$ 'ce zenginleşmesine sebep olur (Toulkeridis vd., 1999). Ayrışmanın derecesi PIA (Plajiolaz Alterasyon İndeksi  $[(Al_2O_3 - K_2O) / (Al_2O_3 - K_2O) + (CaO^* + Na_2O)] * 100$ , Fedo vd., 1995), CIW (Kimyasal Ayrışma İndeksi  $= [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O)] * 100$ , Harnison, 1988) ve CIA (Kimyasal Alterasyon İndeksi  $= [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O)] * 100$ , Nesbitt ve Young, 1982) ile hesaplanır ( $CaO^*$  silikat minerallerindeki  $CaO$  dır). CIA, kaynak alanındaki ayrışma derecesini en iyi yansıtan metottur. PIA ve CIW, kaynak alanındaki ayrışmayı ve diyajenez süresince elementlerin yeniden dağılımını değerlendirmede kullanılmaktadır.

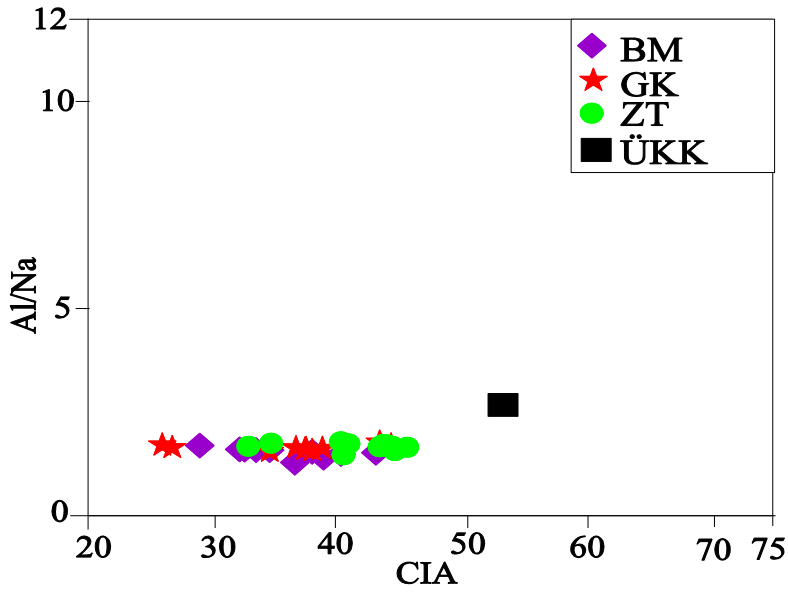
Dolayısıyla bu üç indeks kaynak kayanın kimyasal ayrışmasını, kırıntıların taşınma esnasındaki kimyasal ayrışmasını, kırıntıların çökeltme ortamındaki kimyasal ayrışmasını ve diyajenez süresince meydana gelen kimyasal ayrışmayı tanımlamaktadır. Ayrıca CIA ve CIW değerleri arasındaki farkın büyük olması, çökellerin mineralojik bileşenindeki çeşitliliği yansıtmaktadır.

Çoruh Nehri dere çökellerinin ayrışma indeksi oldukça düşüktür ( $CIA < 60$ ) (Tablo 3.5). En düşük PIA, CIA ve CIW değerlerini BM kodlu örneklerde (Ortalama PIA= 34.3, CIA= 35.5, CIW= 37.7 ve  $CIW/CIA = 1.05$ ) görmemiz mümkündür, bunu GK kodlu örnekler (Ortalama PIA= 36, CIA= 36.3, CIW= 39.2 ve  $CIW/CIA = 1.07$ ) izlemektedir ve en yüksek ayrışma değerlerini ZT kodlu örneklerde (Ortalama PIA= 40.5, CIA= 41.5, CIW= 44 ve  $CIW/CIA = 1.06$ ) görmekteyiz.  $CIW/CIA$  oranlarının yaklaşık 1 olması dere çökellerinin mineralojik bileşeninde çok çeşitlilik olmadığını gösterir. Buna bağlı olarak lokal kaynaktan türeyen malzemelerin kısa mesafelerde taşınmaya maruz kalarak (Condie vd., 1970; Gao vd Wedepohl, 1995; Toulkeridis vd., 1999), dere yatağına ulaştığı söylenebilir. İncelenen örnekler  $Eu/Eu^* - CIW$  ve  $Eu/Eu^* - CIA$  diyagramlarına yerleştirildiğinde, örneklerin çoğunluğunun Arkean grovıkları bölgesinde yer aldığı görülmektedir (Şekil 4.1 a, b; Gao ve Wedepohl, 1995; Toulkeridis vd., 1999, Saydam Eker, 2012).

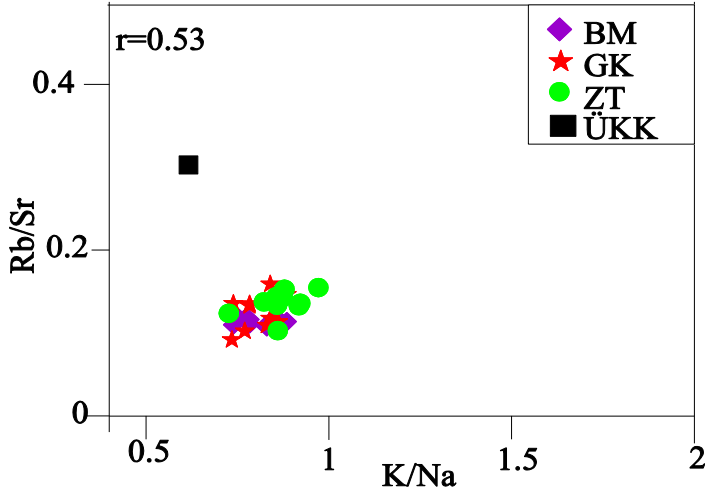
Ayrıca incelenen örneklerin  $Al_2O_3 / Na_2O$  oranının düşük olması ( $Al_2O_3 / Na_2O < 7$ , ZT40 nolu örnek hariç) söz konusu çökellerin kimyasal olarak olgun olmadığını ve nispeten ayrışmamış kaynaktan türediğini desteklemektedir (Taylor and McLennan, 1985). CIA ve  $Al/Na$  diyagramına (Şekil 4.2) göre çalışma alanındaki kimyasal ayrışma derecesi ÜKK'ya göre oldukça düşüktür. Ayrıca  $Al/Na$  oranları ile CIA değerleri arasında herhangi bir korelasyon gözlenmemiştir ( $r = -0.09$ ). Bunun yanı sıra  $K/Na$  ve  $Rb/Sr$  oranları arasında orta pozitif korelasyon gözlenmektedir (Şekil 4.3). Buna bağlı olarak kaynak alanında orta derecede silikat ayrışması olduğu söylenebilir (Yang vd., 2004). İncelenen örneklerin  $Th/U$  oranının düşük olması tortul-döngünün olmadığını belirtisidir (Wronkiewicz ve Condie 1989). Buna paralel olarak CIA, CIW ve PIA değerlerinin düşük olması bölgede yüksek erozyon ve hızlı sedimentasyona işaret etmektedir.



Şekil 4.1. İncelenen örneklerin (a) Eu/Eu\* ile CIW (Kimyasal ayrışma indeksi) korelasyonu (üstteki kayaç ve mineral sıraları Taylor ve McLennan (1985)'den alınmıştır). (b) Eu/Eu\* ile CIA (Kimyasal alterasyon indeksi korelasyonu, taranmış yerler Arkeen grovoklarını temsil etmektedir. Veriler Gaove Wedopohl (1995), Toulkeridis (1999)'dan alınmıştır.



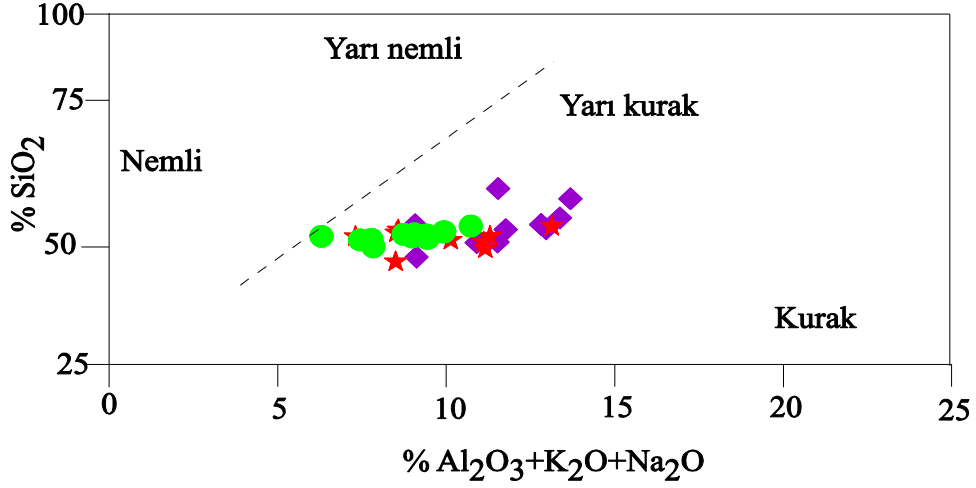
Şekil 4.2. İncelenen dere yatağı çökellerinin Al/Na oranı ile CIA arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram ve söz konusu diyagram da ÜKK'nin yeri



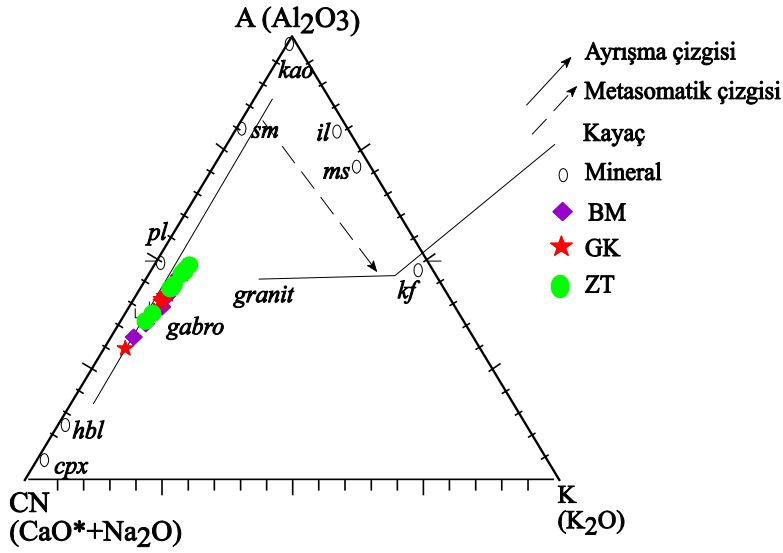
Şekil 4.3. İncelenen örneklerin Rb/Sr ve K/Na oranlarının bir birine göre değişimini gösteren diyagram ve aynı diyagramda ÜKK'nin yeri

İklim kimyasal ayrışma oranını etkileyen bir diğer faktördür. Kuru iklim kimyasal ayrışma oranını düşürmekte, nemli iklim ise arttırmaktadır.  $SiO_2 / Al_2O_3 + K_2O + Na_2O$  (Suttner ve Dutta, 1986) diyagramına bakıldığında örneklerin tamamı yarı kurak – kurak bölge arasında toplanmıştır (Şekil 4.4).

$Al_2O_3 - (CaO + Na_2O) - K_2O$  (A-CN-K) diyagramında (Şekil 4.5) (Nesbitt ve Young, 1984, 1989; Dokuz ve Tanyolu, 2006; Saydam Eker ve Korkmaz 2011) Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin tamamı A-CN kenarında mafik kayaç ayrışma çizgisi boyunca düz hat şeklinde sıralanmışlardır. Yoğunluk A-CN hattı boyunca 25-50 arasındadır, Bu verilerin ışığı altında, çalışma alanında zayıf kimyasal ayrışma, zaman zaman yüksek tektonik aktivite, yüksek erozyon ve hızlı sedimantasyondan söz edilebilir.



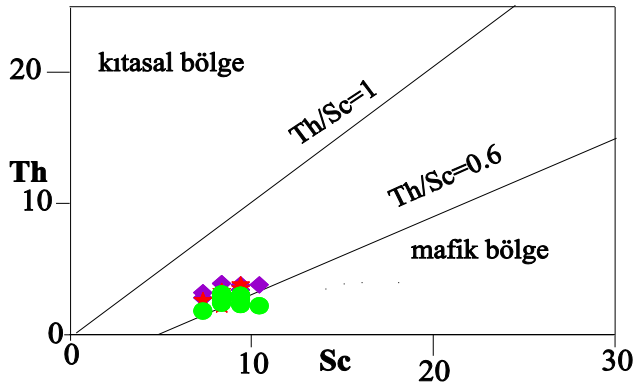
Şekil 4.4. SiO<sub>2</sub> ile Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O değerleri kullanılarak paleokliminin belirlenmesi



Şekil 4.5. İncelenen örneklerin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - (CaO\*+ Na<sub>2</sub>O) - K<sub>2</sub>O /A-CN-K) diyagramı (CaO\*, sadece silikatlardaki CaO dur). Seçilen kayaçlar, mineraller ve ayrışma çizgisi Nesbitt ve Young (1984)'den alınmıştır (kao-kaolinit, il-illit, sm-smektit, ms-muskovit, kf-alkali feldispat, pj-plajiyoklaz, hbl-hornblend, cpx-klinopiroksen)

### 4.3. Provenans

Kırıntılı bileşenleri ayrışma, taşınma süresince hidrolik boylanma, tektonik ortam, diyajenez ve metamorfizma gibi bir dizi faktörler etkilemektedir (Taylor ve McLennan, 1985; Wronkiewicz ve Condie, 1987; Cullers vd., 1988; Wronkiewicz ve Condie, 1989). Buna rağmen REEs, Zr, Hf, Y, Nb, Th ve Sc sedimanter işlevlerden ciddi şekilde etkilenmediklerinden (Taylor ve McLennan, 1985; Bhatia ve Crook, 1986; Wronkiewicz ve Condie, 1987, 1989, 1990) kırıntı kaynağını tespit etmek için oldukça uygun elementlerdir. Dere yatağı çökellerinin Th değerleri, Sc değerlerinden daha düşüktür ( $Th/Sc < 1$ ) (Tablo 3.5). Dolayısıyla söz konusu çökeller felsikten ziyade mafik kaynaktan daha fazla türemişlerdir. Ayrıca incelenen örneklerin Th/Sc, La/Sc, oranlarının ÜKK'ya göre düşük, Co/Th oranlarının ise ÜKK'ya göre çok yüksek olması daha bazik kaynağı işaret etmektedir. Bunun yanı sıra şekil 4.6 de incelenen örneklerin, tamamen mafik ve ortaç bölgede yer almış olmaları bu düşüncüyü destekler niteliktedir. Tablo 4.1 farklı kor ve sedimanter materyalin ve dere yatağı çökellerinin bazı element oranları verilmiştir. Çalışmaya konu olan dere yatağı çökellerinin element oranları, andezitlerin (Condie, 1993) element oranlarına en yakındır ve ÜKK ile AKK (Taylor ve McLennan, 1985) arasında uzanmaktadır.



Şekil 4.6. Dere yatağı çökellerinin Th ile Sc diyagramı. Th/Sc oranı yaklaşık 1 olması ÜKK kaynağı, Th/Sc yaklaşık 0.6 olması ise daha mafik kaynağı göstermektedir

Tablo 4.1. Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin ve granit, andezit, ofiyolit, bazik ve asidik kumtaşları, ÜKK (Üst kıtasal kabuk),AKK (Alt kıtasal kabuk) OK (Okyanusal kabuk)'un element oranları

Element oranı	ÜKK <sup>a</sup>	AKK <sup>a</sup>	OK <sup>a</sup>	Granit <sup>b</sup>	Andezit <sup>b</sup>	Ofiyolit <sup>c</sup>	Bazik Kayaç Kumu <sup>d</sup>	Asidik Kayaç Kumu <sup>d</sup>	Dere yatağı çökelleri <sup>e</sup>
La/Sc	2.7	0.30	0.10	8.0	0.9	0.25	0.4-1.1	2.5-16	0.77-1.55
Sc/Th	1.0	34	1.73	0.28	4.65	56	20-25	0.05-1.2	2.3-5
Co/Th	0.9	33	214	0.17	4.65	70	7.1-8.3	0.22-1.5	5.64-30.1
Eu/Eu*	0.61	1.07	1.02	0.34	0.66	1.0	-	-	0.75-0.89

<sup>a</sup>Taylor ve McLennan (1985)

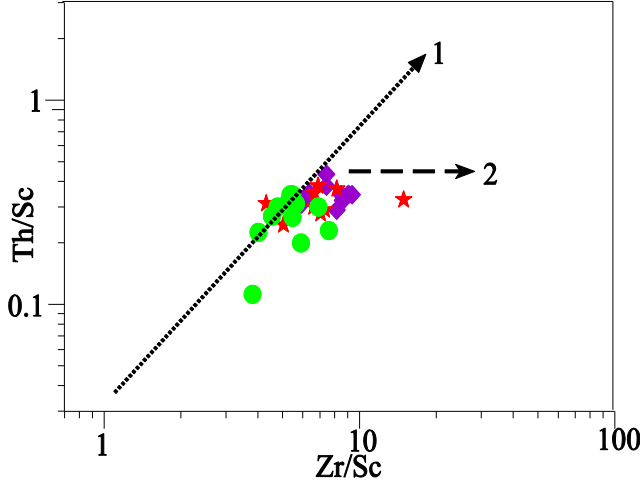
<sup>b</sup>Condie (1993)

<sup>c</sup>Spadea vd. (1980)

<sup>d</sup>Cullers (1994), Cullers vd. (1988)

<sup>e</sup>Bu çalışma

Bunun yanı sıra örneklerin Zr/Hf oranları ÜKK'ya göre daha yüksektir, oysaki yüksek Zr/Hf oranı felsik kaynağı işaret etmektedir. Bu durum sedimanter boylanma ve döngüden dolayı Zr zenginleşmesi ile açıklanabilir (Şekil 4.7). Bazik kayalar düşük LREE/HREE oranları ve anomali göstermeyen Eu içerirler. Oysaki silisik kayalar genellikle yüksek LREE/HREE oranları ve negatif Eu anomalisi içerirler (Cullers ve Graf, 1983; Bauluz vd., 2000). BM, GK ve ZT kodlu örneklerin ortalama (La/Yb)<sub>N</sub> oranları yüksek olup sırasıyla 7.6, 8.2 ve 8.1 dir. Ortalama Eu/Eu\* oranları her üç grup örnekte de benzerlik göstermekte olup sırasıyla 0.81, 0.82 ve 0.81 dir ve çok küçük negatif anomali göstermektedirler. İncelen örneklerde HREE düzdür, çünkü ortalama (Gd/Yb)<sub>N</sub> oranları BM kodlu örnekte 1.55, GK kodlu örneklerde 1.6 ve ZT kodlu örneklerde 1.6 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler ve Eu'nun küçük negatif anomalisi göz önünde bulundurulduğunda kaynak alanın ortaç silisik olduğu söylenebilir. Bunun yanı sıra şekil 3.7'de görüldüğü gibi örnekler LREE açısından zengin, HREE açısından düzdür ve Eu da çok az negatif anomali vardır. Bu durum iki ihtimali akla getirmektedir. Birinci ihtimal kaynak alanında bimodal kor kayalar olabilir (McLennan ve Taylor, 1991), ikinci ihtimal ise şeyl ve toprak fazların LREE içeriğinin daha yüksek olmasıdır (Haskin vd., 1966). Ancak örneklerin REE içeriği ile ÜKK mukayese edildiğinde (Şekil 3.8) felsik kaynaktan ziyade daha ortaç - bazik kaynağı yansıttığı ve bu da orta kabuğa daha yakınlığı göstermektedir. Böylece ikinci ihtimal daha kuvvetlenmektedir.



Şekil 4.7. İncelenen örneklerin Th/Sc ile Zr/Sc oranlarının değişimini gösteren diyagram. 1.Çizgi bileşimsel değişim (McLennan vd., 1993) sedimanter boylanma ve döngülerden en az etkilenmeyi ifade eder, 2. Çizgi sedimanter boylanma ve döngünün etkisiyle zirkon birikmesini ve Th'a göre Zr zenginleşmesini göstermektedir

#### 4.4. Ağır Metallerin Olası Kaynakları

##### 4.4.1. Zenginleşme Faktörü (ZF)

Zenginleşme faktörü (ZF) referans alınan element ile ölçülen element arasında doğrusal ilişki olduğu varsayımına dayanan jeokimyasal bir yaklaşımdır (Sultan ve Shazili, 2010). ZF, sediment bileşimindeki değişikliğin derecesini belirlemede oldukça faydalıdır. Normalleştirme yapmak için referans element olarak Alüminyum kullanılmaktadır. Çünkü Al kimyasal ayrışma süresince diğer elementlere göre daha az hareketlidir (Garrels ve Mackenzie, 1971; Nesbitt ve Wilson, 1992; Gisleson vd., 1996; Das ve Krishnaswami, 2007). Ayrıca köken çalışmalarında tane boyu etkisini en aza indirmek için de Al normalleştirilmesi yapılmaktadır (Lim vd., 2006). ZF, aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$ZF = \frac{(C_{\text{Element}}/C_{\text{Alüminyum}})_{\text{Sediment örneği}}}{[(C_{\text{Element}}/C_{\text{Alüminyum}})_{\text{ÜKK}}]} \quad (4.1)$$

$(C_{\text{Element}}/C_{\text{Alüminyum}})_{\text{Sediment örneği}}$ , İncelenen örneklerin element ve Al konsantrasyonunu ifade etmektedir,  $[(C_{\text{Element}}/C_{\text{Alüminyum}})_{\text{ÜKK}}]$  değerleri ise Taylor ve McLennan (1985)'dan alınmıştır. Dere yatağı sedimanlarının ortalama ZF değerleri Tablo 3.6 ve her bir örneğin ZF değerini gösteren histogramlar ise Şekil 5.8 de verilmiştir. Söz konusu şekle ve tabloya

göre BM, GK ve ZT kodlu örneklerde ÜKK'ya göre Pb hafif (Ortalama ZF sırasıyla 0.57, 0.70 ve 0.70), Mo orta (Ortalama ZF sırasıyla 0.34, 0.32 ve 0.37) tükenmiş, Ba ise genelde benzer (Ortalama ZF sırasıyla 0.98, 1.09 ve 0.96), Zn ise benzer ve çok hafif zenginleşmiştir (Ortalama ZF sırasıyla 1.10, 1.42 ve 1.54). Antimon ve Sc'un BM, GK ve ZT kodlu örneklerdeki ortalama ZF değerleri sırasıyla 2, 1.83, 181 ve 1.57, 2.01, 2.28 olup hafif-orta, Cu ise aynı sıraya göre 4.07, 6.30 ve 4.03 ortalama ZF değerlerine sahip olup orta seviyede zenginleşmiştir. İncelenen örneklerde ÜKK'ya göre As fazla, Ni ise çok çok fazla zenginleşmiştir. Arseniğin ortalama ZF değerleri BM, GK ve ZT kodlu örneklerde sırasıyla 32.1, 28.8 ve 24.6 olup, yerleşim merkezinden uzaklaştıkça azalmaktadır. Nikelin ortalama ZF değerleri ise sırasıyla 41.4, 87.7 ve 121.7 olup, yerleşim alanından uzaklaştıkça artmaktadır. Grousset vd. (1995), su kolonundaki  $ZF \leq 2$  ise ağır metallerin jeolojik kaynaklı olduğunu,  $ZF > 2$  ise insan aktiviteleri ile oluştuğunu belirtmiştir. Ancak Atgin vd. (2000), sedimentteki  $ZF < 5$  ise ağır metallerin litolojik kaynaklı,  $ZF > 5$  ise kirlenmenin antropojenik kaynaklı olduğunu vurgulamıştır. Chen vd. (2007),  $ZF < 1$  zenginleşme yok,  $ZF < 3$  çok az zenginleşme,  $ZF = 3-5$  düşük - orta zenginleşme,  $ZF = 5-10$  orta - yüksek zenginleşme,  $ZF = 10-25$  yüksek zenginleşme,  $ZF = 25-50$  çok ciddi zenginleşme,  $ZF > 50$  aşırı ciddi zenginleşme olduğunu belirtmiştir (Naji ve Ismail, 2011). Bu çalışmada Mo, Pb ve Ba'um ortalama ZF değeri  $< 1$ , zenginleşme yok, Zn, Sb ve Sc'un ortalama ZF değeri  $< 3$  çok az zenginleşme var. Cu'ın ortalama ZF değeri  $= 3-5$  arasında olup düşük-orta zenginleşme söz konusudur. As'ın ortalama ZF değeri  $= 25-50$  arasındadır çok ciddi zenginleşme, Ni ortalama ZF değeri genel olarak  $> 50$  dir, buna bağlı olarak da aşırı ciddi zenginleşme var. Atgin vd. (2000) sınıflamasına göre; Mo, Pb, Zn, Ba, Sb ve Sc'un ortalama ZF değerleri  $< 5$ , Cu'ın ortalama ZF değerleri BM ve ZT kodlu örneklerde  $< 5$ , GK kodlu örneklerde ise  $> 5$ , Ni ve As'ın ortalama ZF değerleri  $> 5$  dir. Bu değerlere göre Mo, Pb, Zn, Ba, Sb ve Sc jeolojik kaynaklı, Cu kısmen jeolojik, kısmen insan kaynaklı, fakat Ni ve As antropojenik kökenlidir. As miktarı yerleşim yerlerinde daha yüksek, yerleşim yerlerinden uzaklaştıkça azalmaktadır. Ayrıca Tablo 4.2'ye bakıldığında da hiçbir kayaç grubu arsenikçe bu kadar zengin değildir. Bunlar da dere yatağı çökeltilerindeki As'nin insansal (Endüstriyel tüketim, haşarat ilaçları, yabancı ot öldürücüleri, odun koruyucuları gibi tarımsal etkiler, Pasternack ve Brown, 2006) kaynaklı olduğunu doğrulamaktadır. Ayrıca As ile TOK arasında zayıf pozitif korelasyon olması (Şekil 3.9), As dağılımını kısmen de organik maddenin etkilediğini göstermektedir. Ancak, nikelin ortalama ZF değerinin yerleşim yerlerinden uzaklaştıkça artıyor olması akıllarda soru

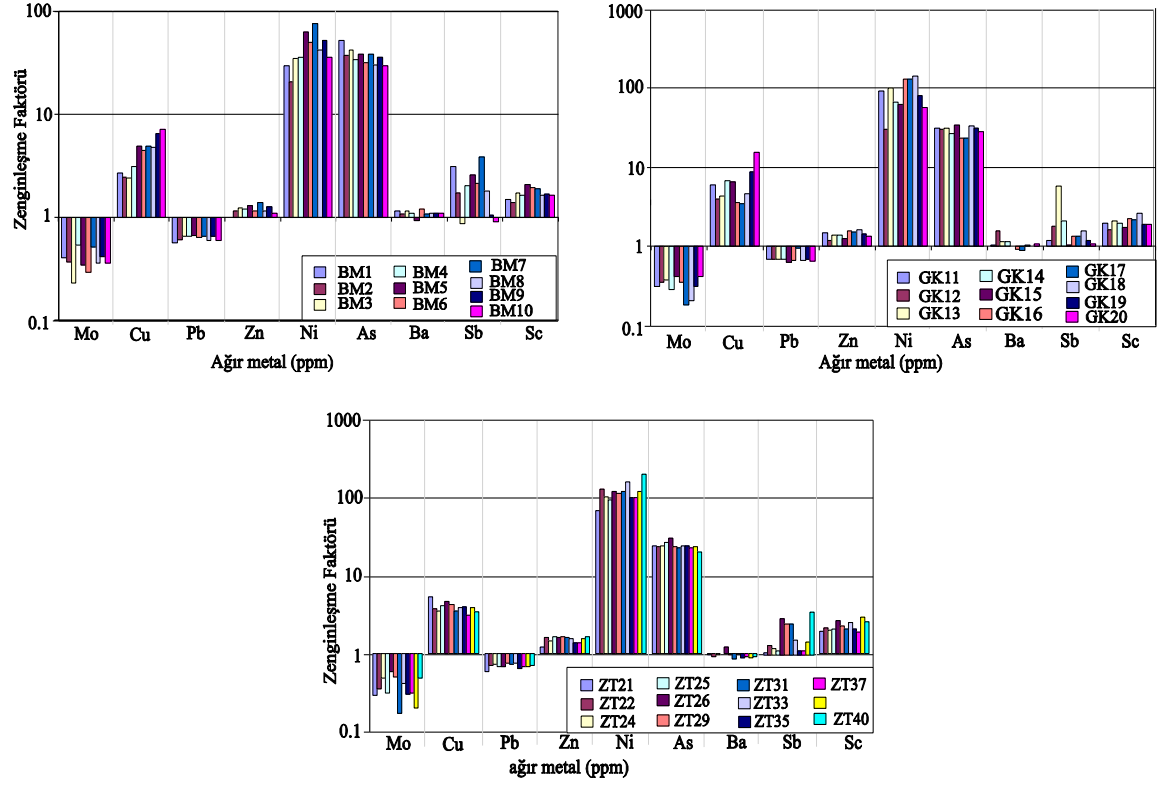
işareti olmasına sebep olmaktadır. Çünkü insan kaynaklı olsaydı, insan nüfusunun yoğun olduğu yerlerde daha yüksek değerler kaydetmesi gerekirdi. Çoruh Nehri'nin geçtiği yerlerdeki kayaç topluluğuna (Ek Şekil 1, Ek Şekil 2) bakıldığında nehir havzasında bulunan kayaçların genel olarak kırıntılı kayaç oldukları, ancak yan kolların (Alinyurt Deresi, Kop Deresi) havzalarında Geç Kretase yaşlı ofiyolitik karakterli kayaçların varlığı görülmektedir. Dere sedimanlarında Ni zenginleşmesine bu kayaçlar sebep olmuş olabilir. Çünkü ultramafik, mafik kayaçlar nikel elementice zengin kayaçlardır (Tablo 4.2). İncelenen örneklerin ağır metal içeriği genel olarak (As ve Sb hariç) mafik ve ultramafik kayaçların ağır metal içeriği ile örtüşmektedir (Tablo 4.2). Buna bağlı olarak söz konusu elementlerin mafik ve ultramafik kayaçlardan kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 4.2. Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin ağır metal içeriğinin diğer kayaçlara göre değişimi

Element	Bu çalışma			Kor Kayaçlar*			Sedimanter Kayaçlar*		
	BM	GK	ZT	Ultramafik	Mafik	Granitik kayaçlar Y. Ka.	Karbonat kayaçları	Kumtaşları	Şeyl
Mo	0.28	0.21	0.21	0.3	1.5	1	0.4	0.2	2.6
Cu	53.3	68.9	39	10	87	30	4	X	45
Pb	6.3	5.9	5.4	1	6	15	9	7	20
Zn	42.1	42.2	41.8	50	105	60	20	16	95
Ni	424.2	700.9	904.5	2000	130	15	20	2	68
As	27.9	18.4	14.3	1	2	1.9	1	1	13
Ba	301.4	258.4	202.9	0.4	330	420	10	X	580
Sb	2.7	2.2	2.4	0.1	0.2	0.2	0.2	X	1.5
Sc	9.3	9.2	9.5	15	30	14	1	1	13

\*Turekian ve Wedopohl 1961

Y. Ka: Yüksek Kalsiyumlu



Şekil 4.8. İncelenen örneklerin ağır metal zenginleşmesini gösteren diyagram

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

1- Çalışmanın amacına uygun olarak Çoruh Nehri boyunca yaklaşık 50 km'lik bir alanda dere yatağı sediman örnekleri toplanmıştır. 50 km'lik mesafe yerleşim yeri yoğunluğu baz alınarak üç bölüm halinde incelenmiştir. Yerleşim yerinin en yoğun olduğu kısım BM, yerleşim yerinin daha seyrek olduğu kısım GK ve kırsal kesim ise ZT kodu ile adlandırılmıştır. Çalışma alanından toplanan örneklerden 32 adedine ana, iz ve nadir toprak element analizleri uygulanmıştır.

2- İncelen örneklerin ana element içeriği % SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> olarak belirlenmiştir. Yerleşim alanından uzaklaştıkça Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub> elementlerinin ortalama değerlerinde azalma, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve MgO elementlerinin ortalama değerlerinden artış tespit edilmiştir. Dere yatağı çökellerinin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği ile Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve CaO içeriği arasında pozitif korelasyon, MgO ve MnO içeriği arasında negatif korelasyon, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği arasında herhangi bir ilişki olmadığı gözlenmiştir. Söz konusu örneklerin ana element bileşenlerinden SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO elementleri, genel olarak Üst kıtasal kabuk (ÜKK) ana elementlerine göre hafif - orta tükenmiş, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO ve Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> elementleri ise hafif – fazla zenginleşmiş olduğu belirlenmiştir.

3- Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin Rb, Sr, Ba, Th, U, Zr, Hf, Y, Nb, Y ve Pb elementlerinin ortalama değerlerinin yerleşimin yoğunlaştığı yerlerde daha yüksek olduğu ve kırsal alana doğru azaldığı, bunun aksine Co ve Ni elementlerinin ortalama değerlerinin ise kırsal alana doğru arttığı gözlenmiştir. İncelenen örneklerin Au konsantrasyonu geniş aralıkta dağılım göstermekte olup 0.5 ppb – 28 ppb arasında değiştiği tespit edilmiştir. İncelenen örneklerin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği ile Rb, Sr, Ba, Th, Hf, Y, Nb, Zr, V, Pb, U ve Cu elementleri arasında pozitif korelasyon, Ni ve Co elementleri arasında negatif korelasyon Sc elementi arasında da hiçbir ilişki olmadığı saptanmıştır. Ayrıca Rb, Cs, Ba, U, Sr, Sc ve V ile K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, Zr, Th, Y ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> arasında pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu örneklerin iz element içeriği ÜKK iz element içeriği ile mukayese edilmiş, Rb, Sr, Ba, Th, U, Zr, Hf, Y, Nb ve Pb de genel olarak tükenme, Co, Ni, Cu, Sc ve V de de genel olarak zenginleşme tespit edilmiştir. Au'nun ÜKK'ya göre BM1, BM2, BM3, BM4, BM8,

GK11, GK14, GK16, GK20, ZT25, ZT31, ZT37 ve ZT 40 nolu örneklerde zenginleşmiş, ZT22 ve ZT39 nolu örneklerde benzer ve diğer örneklerde tükenmiş olduğu belirlenmiştir.

4- Analiz edilen örneklerde en yüksek nadir toprak element içeriği BM kodlu örneklerde (Ortalama 57.97 ppm), en düşük NTE içeriği ise ZT kodlu örneklerde (Ortalama 45.14 ppm) elde edilmiştir. Örneklerin  $(Gd/Yb)_N$  oranları  $>1$  ve  $(La/Yb)_N$  oranları ise 6.92 - 8.71 arasında değişmektedir. Buna bağlı olarak örneklerin LREE içeriğinin HREE içeriğine kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dere yatağı çökellerinin NTE içeriği ÜKK'ya göre genel olarak tükenmiş ve  $Eu/Eu^* < 0.95$  olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin LREE ve HREE içeriğinin  $Al_2O_3$ ,  $K_2O$ ,  $TiO_2$ ,  $P_2O_5$ , Zr, Th ve Y ile pozitif korelasyon gösterdiği saptanmıştır.

5- Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin ağır metal konsantrasyonundan Mo, Pb, Zn, Ba, Sb ve Sc'un ortalama değerleri  $< ÜKK$ , Cu, Ni ve As'in ortalama değerleri  $> ÜKK$  olarak belirlenmiştir. Bunlardan Pb, Ba, Sb ve As elementlerinin ortalama değerleri yerleşimin yoğun olduğu alanda yüksek, kırsal kesime doğru azaldığı gözlenmiştir. Bunların aksine Ni'in ortalama değerlerinin kırsal kesime doğru arttığı tespit edilmiştir. İncelenen örneklerin içerdiği organik karbon (TOK) ile Mo, Ba, Cu, Sb, As ve S arasında pozitif korelasyon, Ni ile arasında negatif korelasyon ilişkisi içerisinde olduğu ve Pb, Zn ve Sc ile arasında herhangi bir ilişki olmadığı belirlenmiştir.

6- Analiz edilen örneklerin kimyasal ayrışma derecesi oldukça zayıf olup, en düşük PIA, CIA ve CIW değerlerini BM kodlu örneklerde (Ortalama PIA=34.3, CIA= 35.5, CIW= 37.7), en yüksek PIA, CIA ve CIW değerlerini ZT kodlu örneklerde (Ortalama PIA= 40.5, CIA= 41.5 ve CIW= 44) hesaplanmıştır (yerleşim alanından uzaklaştıkça kimyasal ayrışma indeksi artmıştır). Dolayısıyla dere yatağı çökellerinin türediği kaynak alanının zayıf – orta derecede kimyasal ayrışmaya maruz kaldığı, zaman zaman yüksek tektonizma, yüksek erozyon ve yarı kurak–kurak iklim şartlarında hızlı sedimentasyonun olduğu tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak adı geçen çökellerin kimyasal olarak olgun olmadığı sonucuna varılmıştır.

7- İncelenen dere yatağı sediman örneklerinin ana element bileşenlerine göre litarenit olduğu ve türediği kaynak kayaların ise ortaç–mafik/ultramafik nitelikli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca örneklerin  $Th/Sc < 1$  ve  $Th/Sc$ ,  $La/Sc$ , oranlarının ÜKK'ya göre düşük,  $Co/Th$  oranlarının ise ÜKK'ya göre çok yüksek olması daha çok bazik kaynağı işaret etmektedir.

8- Analiz edilen örneklerin ağır metal konsantrasyonundan Mo, Pb ve Ba'da zenginleşme olmadığı, Zn, Sb ve Sc'da çok az zenginleşme, Cu' da düşük-orta zenginleşme, As'de ciddi zenginleşme ve Ni'de aşırı ciddi zenginleşme olduğu tespit edilmiştir. Dere yatağı çökellerinin Cu içeriğinin kısmen jeolojik, kısmen antropojenik kaynaklı, As'nin tamamen antropojenik kaynaklı, Ni'nin ise jeolojik kaynaklı olduğu saptanmıştır.

9- Yapılan tez çalışması sonucunda, tarımsal, endüstriyel ve evsel atık su deşarjlarına maruz kalması sonucunda ve bölgenin litolojik içeriğine bağlı olarak Çoruh Nehri'nin giderek kirlendiği ortaya çıkmaktadır. Çoruh Nehri'nin korunabilmesi ve zamanla oluşacak daha fazla kirlenmenin önüne geçilebilmesi için öncelikle şu çalışmaların yapılması önerilebilir. Nehir havzasının bulunduğu alanda özellikle endüstriyel kökenli yoğun kirletici kaynağın bulunmaması ve bölgede yoğun olarak tarımsal faaliyetlerin yapılması, tarımsal kaynaklı bir ağır metal (As) kirliliği probleminin olduğunu düşündürmektedir. Ülkemizde kimyasal gübre kullanımı konusunda denetim ve uygulama çalışmalarının yetersiz kalması ne yazık ki bu tür kirlilik problemlerinin artmasına neden olmaktadır. Bunun önüne geçebilmek için tarımsal amaçlı kimyasalların kullanımı sıkı denetlenmelidir. Buna bağlı olarak bölgenin toprak özellikleri iyi belirlenmeli, toprak analizleri yapılarak toprağın ihtiyaç duyduğu gübre cinsi ve miktarı saptanarak uygun zamanda uygulanmalıdır. Yerleşim bölgelerinden gelen evsel atık sular kontrol altına alınmalı ve arıtıldıktan sonra nehre deşarj edilmelidir. Eğer varsa endüstriyel deşarjların önüne geçilmelidir. Bunun yanı sıra jeolojik kaynaklı olan Ni kirliliğini de engellemek gerekmektedir. Nehri besleyen kolların etrafında ve nehir çevresinde koruma bantları oluşturulmalıdır. Ayrıca madencilik faaliyetlerinin yapıldığı alanlarda çalışmalar bittikten sonra topoğrafya, jeolojik yapı, röliyefde olan tahribatlar giderilmeli ve gerekirse ağaçlandırılmalıdır. Madencilikten geriye kalan atıklar en kısa zamanda alandan uzaklaştırılmalıdır.

10- Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinde yer yer Au zenginleşmesi tespit edilmiştir. Örnek alım alanı genişletilerek plaser altın yatağı olup olmadığı ortaya konulmalıdır. Ayrıca yan kayaç örneklerine jeokimyasal analizler uygulanarak Au ile ilişkisi tespit edilmelidir. Özellikle kırsal alana doğru Ni konsantrasyonunda aşırı zenginleşme tespit edilmiştir. Nehrin kaynağına doğru daha çok sayıda dere yatağı örneği jeokimyasal analizlerine tabii tutularak olası plaser nikel yatağı ise gün yüzüne çıkartılmalıdır.

## 6. KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1975, Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Fak. İstanbul, 59 s.
- Ağar, U., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi. Doktora Tezi, İ.U. Fen Fakültesi, İstanbul, 56.
- Akdeniz, N., 1988, Demirözü (Bayburt) Permo-Karboniferi ve Bölgesel Yapı İçindeki Yeri; Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 31, 71-80.
- Akdoğan, R., 2011. Erken- Orta Jura yaşlı kumtaşı ve şeylerin (Gümüşhane- Bayburt) jeokimyasal özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü 115 s.
- Akın, H., 1978. Geologie, magmatismus und lagerstaetten-bildung im ostpontischen Gebirge-Türkei aus der Sicht der Plattentektonik, Geologische Rundschau, 68, 253–283.
- Aliyazıcıoğlu, İ., 1999. Kale (Gümüşhane) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 96, Trabzon.
- Arslan, M., Arslan, Z. ve Dokuz, A., 2005. Bayburt Tüflerinin Petrografik, Petro Kimyasal ve Petrolojik Özellikleri: Doğu Pontid Güney Zonu'nda Eosen Kalkalkalen Felsik Volkanizması, S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg., C.20, S.1, 49-67.
- Atgin, R.S., El-Agha, O., Zararsız, A., Kocabas, A., Parlak, H. ve Tuncel G., 2000. Investigation of the sediment pollution in İzmir Bay: Trace elements, Spectrochimca Acta, Part B, 55, 1151-1164.
- BalasoV, Y.A., Ronov, A.V., Migdisov, A.A. and Turanskaya, N.V., 1964. The effect of climate and facies environment in the fractionation of the rare earths during sedimentation, Geochemistry International, 10, 951-969.
- Bauluz B., Mayayo M. J. & Fernandez-Nieto C., 2000. Geochemistry of Precambrian and Paleozoic siliciclastic rocks from the Iberian Range (NE Spain): implications for source-area weathering, sorting, provenance, and tectonic setting, Chemical Geology, 168, 135 - 150.
- Bektaş, O., Pelin, S.ve Korkmaz, S. ,1984. Doğu Pontid Yay Gerisi Havzasında Man Yükselimi ve Polijenetik Ofiyolit Olgusu, Türkiye Jeoloji Kurumu Ketin Sempozyumu, 175- 189.
- Bektaş, O., 1986. Paleostress Trajectories and Polyphase Rifting in Arc-Backarc of Eastern Pontides, M.T.A. Bulletin, 103-104, 1-15.

- Bhatia, M.R. and Crook, K.A.W., 1986. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting Discrimination of Sedimentary Basin, Contributions to Mineralogy and Petrology, 92, 182-193.
- Burşuk, A., 1975. Bayburt Yöresinin Mikropaleontolojik ve Stratigrafik İrdelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,196.
- Caccia, V.G. ve Millero, F.J., 2007. Distribution of yttrium and rare earths in Florida Bay sediments, Marine Chemistry, 104, 171-185.
- Chen, Y. H., Del Genio A. D. ve Chen, J., 2007. The tropical atmospheric El Niño signal in satellite precipitation data and a global climate model. J. Climate, 20, 3580-3601.
- Condie, K.C., Mackie, J.E. and Reimer, T., 1970. Petrology and geochemistry of Early Precambrian greywackes from the Fig Tree Group, South Africa, Geological Society of America Bulletin, 81, 2759-2776.
- Condie, K.C., 1993. Geochemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales, Chemical Geology, 104, 1-37.
- Cullers, R.L. and Graf, J., 1983. Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust: intermediate and silicic rocks, ore petrogenesis, In: Henderson, P. (Ed), Rare-Earth Geochemistry, Elsevier, Amsterdam, pp. 275-312.
- Cullers, R.L., Basu, A. ve Suttner, L., 1988. Geochemical Signature of provenance in sand-size material in soils and stream sediments near the Tobacco Root batholith, Montana, USA, Chemical Geology, 70, 335-348.
- Cullers, R.L., 1994. The controls on the major and trace element variation of shales, siltstones of Pennsylvanian-Permian age from uplifted continental blocks in Colorado to platform sediment in Kansas, USA, Geochimica et Cosmochimica Acta 58, 4955-4972.
- Çakmak, G., 2013. Pelitli (Bayburt) Granitoyidi'nin Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çoğulu, E., 1970. Gümüşhane ve Rize Granitik Plütonlarının Mukayeseli Petrolojik ve Jeokronometrik Etüdü, Doçentlik Tezi, İ.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul,186.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar, İTÜ Yayını, No. 1034, İstanbul.
- Das, A. ve Krishnaswami, S., 2007. Elemental geochemistry of river sediments from the Deccan Traps, India: Implications to sources of elements and their mobility during basalts-water interaction, Chemical Geology, 242, 232-254.

- Dinelli, E., Cortecchi, G., Lucchini, F. ve Zantedeschi, E., 2005. Sources of major and trace elements in the stream sediments of the Arno river catchment (northern Tuscany, Italy), Geochemical Journal, 39, 531-545.
- Dokuz, A. and Tanyolu, E., 2006. Geochemical Constraintson the Provenance, Mineral Sorting and Subaerial Weathering of Lower Jurassic and Upper Cretaceous Clastic Rocks of the Eastern Pontides, Yusufeli (Artvin), NE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 15, 181-209.
- Dokuz, A., Karslı, O., Chen, B., Uysal, I., 2010. Sources and petrogenesis of Jurassic granitoids in the Yusufeli area, Northeastern Turkey: implications for pre- and post- collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, *Tectonophysics* 480, 259-279.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Eyüboğlu, Y., 2006. Doğu Pontid Magmatik Yayında Alaska- Tip Mafik- Ultramafik Kayaçların tanımı ve Jeoteknik Önemi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi 25 s., Trabzon.
- Eyüboğlu, Y., Dilek, Y., Bozkurt, E., Bektaş, O., Rojay, B. ve Şen, C., 2010. Structure and Geochemistry of an Alaskan-Type Ultramafic-Mafic Complex in the Eastern Pontides, NE Turkey. In: Santosh, M., Maruyama, S. (Eds.), A Tribute to Akiho Miyashiro: Gondwana Research, Vol. 18, Pp. 230-252.
- Eyüboğlu, Y., Chung, S.L., Santosh, M., Dudas, F.O. ve Akaryalı, E., 2011. Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the eastern Pontides, NE Turkey: Implications for slab window melting. Gondwana Research, 19, 2, 413-429.
- Eyuboglu, Y., Dudas, F., O., Santosh, M., Yi., K., Kwon, S., Akaryalı, E., 2013. Petrogenesis and U–Pb zircon chronology of adakitic porphyries within the Kopultramafic massif (Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey), Gondwana Research, 24, 742-766.
- Fedo, C. M., Nesbitt, H. W. ve G. M., 1995. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rock sand paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance, Geology, 23, 921-924.
- Gao, S., and Wedepohl, K.H., 1995. The negative Eu anomaly in Archean sedimentary rock: implications for decomposition, age and importance of their granitic sources, Earth Planet Science Letters, 133, 81-94.
- Garrels, R. M. ve Mackenzie, F., 1971. Evolution of Sedimentary Rocks. W.W. Norton, New York, p.397.
- Gedikoğlu, A., 1978. Harşit Granit Karmaşığı ve Çevre Kayaçları, (Doçentlik Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri Fakültesi, Trabzon.

- Gedikoğlu, A., Pelin, S. ve Özsayar, T., 1979. The main lines of the geotectonic evolution of the Eastern Pontides in Mesozoic era. *Geocom Abstracts*, Ankara, 68-69.
- Gedik, İ., Kırmacı, Z., Çapkinođlu, Ş., Özer, E., Eren, M., 1995, Doğu Pontidler'in Jeolojik Gelişimi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü 30. Yıl Sempozyumu Bildirileri, Cilt 1, 447s, KTÜ- Trabzon.
- Gislason, S. R., Oelker, E. H. ve Armannsson, H., 1996. Chemical weathering of basalt in southwest Iceland: effects of runoff, age of rocks and vegetative/glacial cover, *Am. J. Sci.* 296, 837-907.
- Görür, N., Şengör A.M.C, Akkök, R. ve Yılmaz, Y., 1983. Pontidlerde Neo-Tetis'in Kuzey Kolunun Açılmasına İlişkin Sedimantolojik Veriler, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26, 11-20.
- Grousset, F.E., Quetel, Q.E., Thomas, B., Donard, O.F.X., Lambert, C.E., Guillard, F., Monaco, A., 1995. Anthropogenic vs. lithogenic origins of trace elements (As,Cd, Pb, Rb, Sb, Sc, Sn, Zn) in water column particles: north-western Medierranean Sea. *Marine Chemistry*, 48, 291-310.
- Gürsoy, H., Öztürk, A. ve İnan, S., 1993. Kelkit (Gümüşhane) ve Yakın Dolayının Tektono-Stratigrafik Gelişimi, A. Suat Erk Sempozyumu Bildirileri, s. 53-64, Ankara.
- Haskin, L. A., Frey, F. A., Schmitt, R. A. ve Smith, R. H., 1966. Meteoritic, solar and terrestrial rare-earth distributions, *Physical ve Chemical Earth*, 7, 167-321.
- Harnison, L., 1988. The CIW index new chemical index of weathering, *Sedimentary Geology*, 55, 319-322.
- Henderson, P. (ed.), 1984. Rare Earth Element Geochemistry, Elsevier, Amsterdam, s. 510.
- Hos Çebi, F., Korkmaz, S. ve Akçay, M., 2009. Trace element geochemistry of Jurassic Coals from eastern Black Sea Region, NE-Turkey, *Energy Sources, Part A*, 31; 664-670.
- İlker, S., 1965. Bayburt (Gümüşhane) Bölgesinde Trabzon H 44-b4 Paftasının Detay Petrol Etüdü Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüt Dairesi Başkanlığı, Derleme No:4453, Ankara.
- Karslı, O., Dokuz, A., Uysal, I., aydın, F., Kandemir, R., Wijbrans, J., 2010. Generation of the Early Cenozoic, adacitic volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: implications for crustal thickening to delamination. *Lithos*, 114, 109-120.
- Kaygusuz, A., Arslan, M., Siebel, W., Sipahi, F. ve İlbeyli, N., 2012. Geochronological Evidence and Tectonic Significance of Carboniferous Magmatism in the Southwest Trabzon Area, Eastern Pontides, Turkey. *International Geology Review*, 54, 15, 1776-1800.

- Kesgin, Y. , 1983. Bayburt (Gümüşhane) İlçesi Akşar Köyü ve güneybatısının jeolojik incelemesi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Keskin, İ., Korkmaz, S., Gedik, İ., Ateş, M., Gök, L., Küçümen, Ö., ve Erkal, T., 1990. Bayburt Dolayının Jeolojisi, MTA Raporu, Ankara, No: 8995.
- Keskin, İ., Özbek, T., Dönmez, M. ve Küçümen, Ö. 1991. Köse-Gökçedere (Gümüşhane), Demirözü (Bayburt) Dolayının Jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüt Dairesi, Derleme No: 9450.
- Ketin, İ., 1950. Bayburt Bölgesinin Jeolojisi. MTA Enstitüsü, Derleme, Rapor No.1949, (yayımlanmamış).
- Ketin, İ., 1951. Bayburt bölgesinin jeolojisi hakkında. İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Mecmua 21,113-127.
- Ketin, İ., 1966. Türkiye'nin Tektonik birlikleri, MTA Yayını, 66s, Ankara.
- Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji, İ.T.Ü. Kütüphanesi, No: 869, İstanbul.
- Kılıç, N., 2009. Gümüşhane- Bayburt yörelerinde Kretase- Tersiyer Geçişinin Foraminifer ve sedimantoloji Kayıtları, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Kurt, M.A., Alpaslan, M., Temel, A., ve Güler, C., 2014. Deliçay ile Tarsus (Berdan)Çayı Arasındaki Bölgede Yer Alan Kuvaterner Sedimanlarının Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri, Türkiye jeoloji Bülteni, 57, 1-17.
- Korkmaz, S. ve Baki, Z., 1984. Demirözü (Bayburt) yöresinin stratigrafisi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 5, 107-115.
- Lim , D.I., Jung, H.S., Choi, J.Y., Yang, S., ve Ahn, K.S., 2006. Geochemical composition of river and shelf sediments in the Yellow Sea: Grain-size normalization and sediment provenance, Continental Shelf Research, 26, 15-24.
- Lin, J. G. ve Chen, S. Y., 1997. The Relationship Between Adsorbition of Heavy Metal and Organic Matter in River Sediments, Environment International, 24, 345-352.
- Mann, U., Korkmaz, S., Boreham, C. J., Hertle, M., Radke, M. ve Wilkes, H., 1998. Regional geology, depositional environment and maturity of organic matter of Early to Middle Jurassic coals, coly shales, shales and claystones from the eastern Pontides, NE Turkey. Int. J. Coal Geology 37, 257-286.
- Masson, M., Blanc, G. ve Schafer, J., 2006. Geochemical signals and source contributions to heavy metal /Cd, Zn, Pb, Cu) fluxes into the Gironde Estuary via its major tributaries, Science of the Total Environment, 370, 133-146.
- McLennan, S.M. and Taylor, S.R., 1991 Sedimentary Rocks and Crustal Evolution: Tectonic Setting and Secular Trends. The Journal of Geology, 99, 1-21.

- McLennan, S.M., Hemming, S., McDaniel, D.K. and Hanson, G.N., 1993. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments (Eds. M.J. Johnson and A. Basu), 21-40, Geol. Soc. Am. Spec. Pap. 284 pp.
- Musaoğlu, A., 1987. Bayburt-Maden-Kop (Gümüşhane) Yöresi Jeoloji ve Maden Prospeksiyonu Raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. Derleme no: 8642, Ankara.
- Naji, A ve Ismail, A., 2011. Assessment of Metals Contamination in Klang River Surface Sediments by using Different Indexes, EnvironmentAsia 4(1), 30-38.
- Nesbitt, H.W. and Young, G.M., 1982. Early Proteozoic climate and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. Nature 299, 715-717.
- Nesbitt, H.W. and Young, G.M., 1984. Predictions of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. Geochimica et Cosmochimica Acta 48, 1523-1534.
- Nesbitt, H.W. and Young, G.M., 1989. Formation and diagenesis of weathering profiles. Journal of Earth Science , 5, 55-61.
- Nesbitt, H. W. ve Wilson, R. E., 1992. Recent chemical weathering of basalts, Am. J. Sci., 292, 740-777.
- Norman, T., 1976. Bayburt Güneyindeki Alt Tersiyer Havzasında Paleo-Akıntı Yönleri, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, c.19, 23-30, Şubat 1976.
- Okay, A. I. ve Şahintürk, O., 1997. Geology of the Eastern Pontides, In: A. G. Robinson, (ed.), regional and Petroleum Geology of the Black Sea andsurrounding region. AAPG Mem. 68, 291- 311.
- Okay, A., Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In: A. G. Rpbinson, (Ed.), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea ve Surrounding Region. AAPG Mem, 68, 291-311.
- Okumuş, E., 2007. Küçükçekmece Gölü Sedimentinde Ağır Metal ( $Zn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ) Adsobsiyonu, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özer, E., 1984. Bayburt (Gümüşhane) yöresinin jeolojisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Dergisi, Jeoloji, 3/1-2, 77- 89
- Özdoğan, K., 1992. Karadağ (Torul- Gümüşhane) ve Yakın Çevresinin Jeolojisi- Mineralojisi- Petrografisi ve Maden Zuhurlarının Jenetik İncelenmesi, Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Özsayar, T., Pelin, S. ve Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler'de Kretase, KTÜ Yerbilimleri Dergisi, 2, 65-114.

- Pandey, S. K., Singh, A. K. ve Hasnain, S I., 1999. Weathering and Geochemical Processes Controlling Solute Acquisition in Ganga Headwater-Bhagirathi River, Garhwal Himalaya, India, Aquatic Geochemistry, 5, 357-379.
- Pasternack, G.B., Brown, K.J., 2006. Natural and anthropogenic geochemical signatures of floodplain and deltaic sedimentary strata, Sacramento-San Joaquin Delta, California, USA, Environmental Pollution, 141, 295-309.
- Pehlivan, R., 2010. The effect of the weathering in the Büyükmeden River basin on the geochemistry of suspended and bed sediments and the hydrogeochemical characteristics of river water, Duzce, Turkey, Journal of Asian Earth Sciences, 39, 62-75.
- Pekka, L., Ingri, J., Widerlund, A., Mokrotovarova, O., Riabtseva, M. ve Ohlander, B., 2004. Geochemistry of the Kola River, Northwestern Russia, Applied Geochemistry, 19, 1975-1995.
- Pelin, S., 1977. Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Yer Bilimleri Fakültesi, No:13 Trabzon.
- Pettijohn, F.J., Potter, P. E. ve Siever, R., 1972. Sand and Sandstone, Springer Verlag, New York.
- Prakongkep, N., S., Sudhiprakarn, A., Kheoruenromne, I., Smirk, M., Gilkes, R.J., 2008. The geochemistry of Thai paddy soils, Geoderma, 144, 310-324.
- Qin, J., Huh, Y., Edmond, J. M., Du, G., Ran, J., 2006. Chemical and physical weathering in the Min Jiang, a headwater tributary of the Yangtze River, Chemical Geology, 227, 53-69.
- Robinson, A. G., Banks, C: J., Rutherford, M. M., and Hirst, J.P.P., 1995. Stratigraphic and Structural Development of the Eastern Pontides, Turkey, Journal of the Geological Society, London, Vol. 152, pp. 861- 872.
- Ryu, J. S., Lee, K. S. ve Chang, H.W., 2007. Hydrochemistry and isotope geochemistry of Song Stream, a headwater tributary of the South Han River, South Korea, Geosciences Journal, 11, 157-164.
- Saydam , Ç., 1995. Maden (Bayburt) Yöresi Eosen Kumtaşlarının Sedimanter Petrografik Özellikleri ve Çökülme Ortamı, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ. Fen Bil., Trabzon.
- Saydam, Ç., 2002. Doğu Pontidler’de Geç Kretase Yaşlı Kırıntılı Çökellerin Sedimanter Petrografik Ve Organik Jeokimyasal Özellikleri, Doktora Tezi, KTÜ. Fen Bil., Trabzon.
- Saydam Eker, C., Korkmaz, S., 2011. Mineralogy and whole-rock geochemistry of Late Cretaceous sandstones from the Eastern Pontides ( NE Turkey). Neues Jahrbuch für Mineralogie- abhandlungen 188 (3), 235-256.

- Saydam Eker, C., 2012. Petrography and Geochemistry of Eocene sandstones from eastern Pontides (NE TURKEY): Implications for source area weathering, provenance and tectonic setting, Geochemistry International, 50, 8, 683-701.
- Saydam Eker, C., Sipahi, F. ve Kaygusuz, A., 2012. Trace and rare earth elements as indicators of provenance and depositional environments of Lias cherts in Gumushane, NE Turkey. Chemie der Erde/Geochemistry, 72, 2, 167-177.
- Saydam Eker C., 2013. Organic geochemical characteristics and depositional environments of Eocene deposits in the Eastern Black Sea Region, NE Turkey, *Energy Sources, Part A*, 35: 413- 425 pp.
- Schultz-Wetsrum, H.H., 1961. Kuzeydoğu Anadolu Doğu Pontid Mineral Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Yatakları ile İlgili Mütaalalar, MTA Dergisi, 57, 63-71.
- Seymen, İ., 1975. Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği, Doktora Tezi, İTÜ Maden Fakültesi Yayını, İstanbul.
- Spadea, P., Tortorici, L. ve Lanzafame, G., 1980. Ophiolites of Tyrrhenian coastal chain. In: Borlotti, V. (ed). *Vith ophiolite Field Conference, Field Excursion Guidebook, Gruppo Lavoro Ophiolite Mediterranee*, Florence, Italy, 19-27.
- Suttner, L. J. ve Dutta, P. K., 1986. Alluvial sandstone composition and paleoclimate 1. Framework mineralogy, Journal of Sedimentary Petrology, 56, 326-345.
- Sultan, K., ve Shazili, N.A., 2010. Geochemical baselines of major and trace elements in the tropical sediments of the Terengganu River basins, Malaysia, *International Journal of Sediment Research*, 25, 340-354.
- Şarman, E., 1975. İsrail ve Eseli Güneyindeki G41-b1, b2, b3, b4, G42-a1, a4 Paftalarına ait Sahanın 1/10000 Ölçekli Jeolojik Etüt Raporu, MTA Maden Etüd Rap., No:1259, Ankara.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tektonic Approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Taslı, K., 1990. Gümüşhane- Bayburt Yörelerinde Üst Jura- Alt Kretase Yaşlı Karbonat İstiflerinin Stratigrafisi ve Mikropaleontolojik İncelemesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 223.
- Taylor, S. R. and McLennan, S. M., 1985. *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Oxford, Blackwell Scientific Publishing, 312 p.
- Tokel, S., 1972. Stratigraphical and volcanic history of the Gümüşhane Area, N.E. Turkey, Ph. D. Thesis Univ. 646s, London.
- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satır, M, Dokuz, A., 2005, Post-collisional plutonism with adakite- like signatures: the Eocene Saraycık granodiorite ( Eastern Pontides, Turkey) *Contrib Mineral Petrol.*, 150: 441-455.

- Topuz, G., Okay, A.I., Altherr, R., Schwarz, W.H., Zack, T., Satir, M., Şen, C., 2011. Post-collisional adakite- like magmatism in the Ağvanis masif and implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides ( NE Turkey) *Lithos* 125, 131- 150.
- Toulkeridis, T., Clauer, N., Kröner, A., Reimer, T. and Todt, W., 1999. Characterization, provenance, and tectonic setting of Fig Tree greywackes from the Archaean Barberton Greenstone Belt, South Africa *Sedimentary Geology* 124, 113-129.
- Tunçdemir V., 2012. Demirözü (Bayburt) Permo-Karboniferi: Kıvrıntılı Tortul Kayaçların Petrografik ve Jeokimyasal İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Turan, M., 1978. Şiran doğu yöresinin jeolojisi. Yüksek Lisans Tezi KTÜ. Trabzon (yayınlanmamış).
- Turekian, K. K. ve Wedepohl, K., 1961. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust, *Geological Society of America Bulletin*, 72, 175-192.
- Wronkiewicz, D.J. and Condie, K.C., 1987. Geochemistry of Archean shales from the Witwatersrand Supergroup, South Africa: source-area weathering and provenance. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53, 1537-1549.
- Wronkiewicz, D.J. and Condie, K.C., 1989. Geochemistry and provenance of sediments from the Pongola Supergroup, South Africa: evidence for a 3.0 Ga-old continental craton. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53, 1537-1549.
- Wronkiewicz, D.J. and Condie, K.C., 1990. Geochemistry and mineralogy of sediments from the Ventersdorp and Transvaal supergroups, South Africa: cratonic evolution during the Early Proterozoic. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54, 343-354.
- Yalçınalp, B., Ersoy, H., Ersoy, A. ve Keke, C., 2008. Bahçecik (Gümüşhane) Travertenlerinin Jeolojik ve Jeoteknik Özellikleri, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 31(2) 2007 - 32 (1).
- Yang, S., Jung, H-S., Li, C., 2004. Two unique weathering regimes in the Changjiang and Huanghe drainage basins: geochemical evidence from river sediments, *Sedimentary Geology*, 164, 29-34.
- Yılmaz, Y., 1972. Petrology and structure of the Gümüşhane granite and surrounding rocks, North-Eastern Anatolia, Ph.D. Thesis, Univ. London, 260 p.
- Yılmaz, C., 1993. Accumulation Rates of Jurassic-Lower Cretaceous sediments in the Southern zone of the Eastern Pontides (NE Turkey). *Giomale di Geologia*, 55/ 2, 131- 145.

- Yılmaz, C., 1995. Gümüşhane- Bayburt Yöresindeki Alt Jura (Liyas) Çökellerinin Fasiyes ve Ortamsal Nitelikleri, KD Türkiye, Yer Bilimleri Dergisi, Aralık, Sayı 27, Ankara.
- Yılmaz, C., Ayaz, F., 1997. Sedimentological Records Cretaceous Platform Basin Transition Gümüşhane Region (NE Turkey). *Geologie Mediterrane*, 24/ 1- 2, 125-135.
- Yılmaz, C., 2002. Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Mesozoyik Havzalarının Tektono-Sedimentolojik kayıtları ve kontrol Etkenleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 45, 1, 141-165.
- Yılmaz, C. ve Kandemir, R., 2003. Şenköy Formasyonu: Yeni bir Formasyon adlanması. 3. Stratigrafi çalışmayı bildiri özleri, Ankara, 14.
- Zankl, H., 1961. Magmatismus und Bauplan des Ostpontischen Gebirges im Querprofil des Harsit-Tales, NE Anatolien, *Geol. Rdsch.*, 51, 218-239.
- Zankl, H., 1962. Magmatismus und Bauplan des Ostpontischen Gebirges im Querprofil des Harsit-Tales, Bayerische, Akademie der Wissenschaften, Abhandlungen, Neue Folge, München, Heft 109, 61-91.

## 7. EKLER

Ek Tablo 1. Dere yatağı örneklerinin ana, iz, nadir toprak element analiz sonuçları

Element	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	LOI	Sum
Ağırlık	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
<b>Limit</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.04</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.002</b>	<b>-5.1</b>	<b>0.01</b>
BM1	52.08	7.38	5.18	7.24	11.64	1.48	1.15	0.30	0.08	0.08	0.238	13.0	99.87
BM2	50.07	8.88	5.05	5.72	12.60	1.64	1.26	0.40	0.10	0.08	0.190	13.8	99.85
BM3	47.49	8.85	6.51	9.27	10.48	1.53	1.20	0.44	0.09	0.11	0.470	13.4	99.84
BM4	43.94	7.53	5.14	8.60	14.79	1.22	1.01	0.36	0.09	0.08	0.221	16.8	99.87
BM5	40.28	5.93	8.21	11.74	14.10	0.90	0.80	0.29	0.06	0.12	1.049	16.3	99.86
BM6	42.82	7.07	7.15	11.32	12.61	1.16	0.96	0.36	0.08	0.09	0.786	15.4	99.86
BM7	45.57	5.88	5.18	13.88	11.78	0.96	0.86	0.26	0.06	0.11	0.186	15.1	99.88
BM8	46.13	8.41	5.87	10.61	11.20	1.49	1.09	0.40	0.08	0.09	0.300	14.1	99.85
BM9	41.72	7.29	5.37	10.79	13.94	1.17	0.98	0.35	0.08	0.09	0.210	17.8	99.86
BM10	45.03	8.48	5.63	9.57	12.72	1.41	1.10	0.40	0.09	0.09	0.265	15.0	99.85
GK11	43.96	6.43	6.16	15.38	9.72	1.03	0.88	0.32	0.08	0.10	0.362	15.4	99.87
GK12	44.89	8.54	6.28	7.15	13.52	1.38	1.08	0.46	0.11	0.09	0.426	15.8	99.81
GK13	38.32	5.34	5.39	14.50	14.93	0.81	0.70	0.26	0.06	0.10	0.273	19.1	99.88
GK14	42.35	7.15	6.37	12.89	11.46	1.17	0.93	0.38	0.09	0.10	0.453	16.4	99.85
GK15	43.05	7.26	5.28	13.03	11.68	1.15	0.99	0.33	0.08	0.09	0.165	16.7	99.87
GK16	44.74	5.66	5.95	19.96	6.76	0.84	0.77	0.27	0.05	0.10	0.252	14.1	99.61
GK17	45.44	5.72	5.80	20.31	6.35	0.90	0.78	0.25	0.06	0.10	0.154	13.9	99.89
GK18	44.16	4.82	6.23	20.43	7.47	0.76	0.65	0.23	0.04	0.10	0.370	14.2	99.59
GK19	42.34	6.48	5.60	14.79	10.96	1.04	0.86	0.32	0.09	0.09	0.207	17.0	99.87
GK20	41.24	7.19	6.48	11.85	13.03	1.08	0.98	0.37	0.10	0.08	0.525	16.9	99.84
ZT21	46.13	7.06	6.11	14.32	9.45	1.26	0.91	0.33	0.07	0.09	0.374	13.7	99.87
ZT22	44.39	5.77	6.12	19.74	6.75	0.89	0.77	0.27	0.07	0.10	0.237	14.6	99.89
ZT24	43.57	6.22	6.60	17.92	7.68	0.96	0.82	0.31	0.07	0.10	0.469	14.8	99.63
ZT25	44.87	6.55	6.73	16.60	7.69	1.06	0.87	0.34	0.09	0.11	0.425	14.4	99.86
ZT26	42.44	5.17	7.08	17.59	10.17	0.79	0.67	0.25	0.07	0.11	0.502	14.9	99.88
ZT29	44.02	5.94	6.77	18.67	7.16	0.91	0.80	0.29	0.07	0.10	0.449	14.6	99.88
ZT31	44.41	5.98	6.09	19.26	6.90	0.92	0.80	0.28	0.07	0.10	0.240	14.7	99.89
ZT33	43.21	4.90	6.07	21.34	6.81	0.72	0.66	0.23	0.07	0.10	0.278	15.4	99.90
ZT35	44.44	6.27	6.62	17.87	7.53	0.95	0.82	0.31	0.08	0.11	0.376	14.4	99.88
ZT37	44.87	6.55	6.06	18.00	7.24	1.02	0.89	0.31	0.08	0.10	0.252	14.4	99.88
ZT39	43.91	5.17	6.76	18.11	9.27	0.77	0.71	0.25	0.07	0.11	0.435	14.2	99.90
ZT40	44.16	4.20	5.77	23.50	5.90	0.59	0.57	0.18	0.06	0.10	0.185	14.6	99.92

Ek Tablo 1'in devamı

Element	Ni	Sc	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th
Ağırlık	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Limit	20	1	1	1	0.2	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	1	0.5	0.1	0.2
BM1	286	8	304	<1	19.9	1.6	7.8	1.6	4.7	31.8	<1	273.6	0.3	3.2
BM2	244	9	343	2	22.0	1.7	9.1	2.1	6.2	36.9	<1	315.7	0.4	3.9
BM3	425	11	370	1	31.1	1.9	8.6	2.6	6.1	35.5	1	282.6	0.3	3.8
BM4	369	9	296	<1	26.0	1.8	7.0	2.0	5.0	29.3	<1	272.7	0.4	3.1
BM5	529	9	201	<1	39.5	1.5	6.1	1.4	3.9	24.8	<1	212.5	0.3	2.6
BM6	511	10	309	<1	36.0	1.7	6.4	1.7	4.6	27.4	<1	242.0	0.4	3.1
BM7	610	8	229	1	37.0	1.6	6.0	1.4	3.8	26.1	<1	230.0	0.3	2.8
BM8	486	10	336	<1	32.0	1.8	7.3	2.3	5.4	30.7	<1	279.5	0.4	3.4
BM9	509	9	288	<1	32.3	1.9	6.6	1.9	4.8	29.3	<1	265.1	0.4	3.1
BM10	426	10	338	<1	31.2	1.8	7.6	2.4	5.5	31.8	<1	286.6	0.3	3.8
GK11	754	9	245	1	44.6	1.8	5.6	1.7	4.1	25.8	<1	194.3	0.3	2.9
GK12	350	10	486	<1	28.7	1.8	7.6	3.4	5.8	31.2	<1	305.8	0.4	3.8
GK13	718	8	220	<1	43.0	1.5	4.6	1.4	3.5	21.1	<1	230.6	0.3	2.6
GK14	627	10	296	<1	41.1	1.8	6.6	2.1	5.0	27.0	<1	247.6	0.4	3.5
GK15	616	9	268	2	36.8	1.8	7.1	1.6	4.4	28.7	<1	253.0	0.3	3.3
GK16	1009	9	187	<1	50.7	1.4	4.4	1.3	3.6	23.6	<1	148.7	0.2	2.5
GK17	1020	9	186	2	52.5	1.4	4.9	1.2	3.2	23.4	<1	160.3	0.2	2.6
GK18	979	9	184	2	52.7	1.2	3.9	1.0	2.8	20.1	<1	148.6	0.2	2.2
GK19	730	9	236	<1	39.2	1.5	5.4	1.7	4.1	24.4	<1	207.5	0.3	2.8
GK20	580	10	276	<1	39.6	1.8	6.4	1.9	4.8	28.9	<1	214.3	0.3	3.0
ZT21	665	10	250	<1	39.4	1.6	6.0	1.5	4.1	26.6	<1	215.0	0.3	2.9
ZT22	1030	9	190	<1	53.8	1.7	5.0	1.3	3.7	23.6	<1	163.7	0.3	2.9
ZT24	888	9	218	<1	48.9	1.7	5.1	1.6	3.9	24.5	<1	183.2	0.3	3.1
ZT25	879	10	238	<1	52.4	1.9	5.7	2.0	4.2	25.4	<1	184.5	0.4	3.0
ZT26	888	10	224	1	49.7	1.3	4.4	1.3	3.3	20.2	<1	196.4	0.2	2.3
ZT29	980	10	211	1	53.7	1.8	5.3	1.4	3.6	24.6	<1	161.0	0.2	2.7
ZT31	1026	9	188	<1	53.4	1.7	5.5	1.4	3.3	24.9	<1	168.9	0.3	3.1
ZT33	1118	9	175	<1	54.5	1.4	4.2	1.1	2.7	20.4	<1	153.5	0.2	2.4
ZT35	934	10	216	<1	51.9	2.0	5.3	1.6	3.6	24.8	<1	176.9	0.3	3.0
ZT37	930	9	221	<1	50.9	1.6	6.1	1.4	4.2	25.8	<1	180.6	0.3	2.8
ZT39	931	11	166	<1	47.2	1.4	4.1	1.2	2.9	21.2	<1	156.1	0.2	2.2
ZT40	1213	8	138	<1	54.1	1.2	3.4	0.9	2.1	17.7	<1	114.3	0.2	1.8

Ek Tablo 1'in devamı

Element	U	V	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
Ağırlık	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
<b>Limit</b>	<b>0.1</b>	<b>8</b>	<b>0.5</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.02</b>	<b>0.3</b>	<b>0.05</b>	<b>0.02</b>	<b>0.05</b>
BM1	1.3	69	1.3	59.3	10.2	12.2	20.4	2.69	10.2	1.97	0.53	1.85
BM2	1.2	84	1.3	81.4	12.5	14.1	23.7	3.14	12.6	2.46	0.71	2.52
BM3	1.4	86	2.5	102.8	13.1	14.9	28.2	3.39	13.2	2.45	0.61	2.54
BM4	1.2	69	1.0	73.3	11.3	12.4	22.3	2.81	10.6	2.06	0.56	2.08
BM5	1.2	99	1.0	53.3	9.9	10.0	17.5	2.19	8.7	1.55	0.45	1.79
BM6	1.3	92	1.2	63.7	10.0	11.1	20.4	2.51	10.0	1.96	0.48	1.92
BM7	1.3	57	1.0	49.5	10.2	10.4	19.2	2.35	9.4	1.93	0.48	1.90
BM8	1.3	81	1.1	85.0	11.3	12.7	23.5	2.88	11.5	2.20	0.57	2.15
BM9	1.2	72	1.3	66.8	10.8	11.5	21.3	2.61	10.2	1.97	0.51	1.96
BM10	1.3	78	1.0	86.0	11.9	14.7	26.4	3.21	12.0	2.43	0.64	2.17
GK11	1.4	66	1.2	61.9	8.4	10.2	19.9	2.38	9.3	1.70	0.47	1.70
GK12	1.3	90	1.3	148.7	13.3	15.5	28.5	3.48	13.3	2.52	0.62	2.50
GK13	1.0	54	0.8	53.2	8.4	9.6	17.4	2.12	7.8	1.47	0.44	1.55
GK14	1.2	74	1.0	81.4	9.8	12.4	22.3	2.82	10.9	2.06	0.52	1.99
GK15	1.2	70	1.0	63.4	10.0	11.6	20.0	2.55	10.1	1.89	0.52	1.97
GK16	1.2	59	0.9	49.5	7.4	9.6	17.1	2.11	7.8	1.32	0.39	1.37
GK17	1.0	57	0.9	45.3	7.5	9.0	16.2	2.02	7.7	1.58	0.39	1.54
GK18	1.3	59	0.9	38.8	6.7	8.1	14.9	1.80	6.5	1.32	0.34	1.38
GK19	1.2	58	1.2	59.4	8.7	11.1	19.6	2.39	9.1	1.71	0.49	1.71
GK20	1.2	80	1.1	73.0	9.7	11.4	21.1	2.58	10.3	1.82	0.50	1.89
ZT21	1.2	66	0.9	53.0	8.8	11.1	19.5	2.45	9.1	1.75	0.52	1.67
ZT22	1.2	56	1.1	48.3	8.2	9.5	18.1	2.20	8.7	1.56	0.43	1.72
ZT24	1.2	61	1.2	62.2	8.3	10.3	18.7	2.29	8.6	1.78	0.44	1.65
ZT25	1.2	62	1.2	75.9	10.1	10.9	20.3	2.51	9.8	1.94	0.46	1.80
ZT26	1.0	65	0.9	45.4	7.8	9.2	16.5	2.00	7.4	1.54	0.39	1.60
ZT29	1.2	67	0.9	54.6	8.0	10.2	20.1	2.38	9.4	1.81	0.48	1.64
ZT31	1.1	60	1.1	49.2	7.8	9.7	18.3	2.16	7.5	1.61	0.43	1.58
ZT33	1.2	54	1.0	43.0	6.1	8.1	14.9	1.82	6.6	1.21	0.35	1.28
ZT35	1.1	63	1.8	56.4	8.5	10.3	19.3	2.38	9.1	1.71	0.44	1.66
ZT37	1.3	56	1.1	53.1	8.9	10.1	19.2	2.32	9.3	1.79	0.49	1.84
ZT39	0.8	60	0.9	44.2	7.4	8.5	15.4	1.91	7.5	1.33	0.36	1.45
ZT40	0.9	44	0.9	30.5	6.0	7.0	12.6	1.52	5.7	1.08	0.28	1.18

Ek Tablo 1'in devamı

Element	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	TOT/C	TOT/S	Mo	Cu	Pb
Ağırlık	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	ppm	ppm	ppm
<b>Limit</b>	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>
BM1	0.31	1.75	0.39	1.03	0.16	0.96	0.15	2.50	0.04	0.3	32.7	5.4
BM2	0.37	2.20	0.47	1.35	0.20	1.30	0.20	2.80	0.03	0.3	36.4	7.1
BM3	0.37	2.17	0.44	1.27	0.19	1.28	0.19	2.45	0.04	0.2	34.8	7.7
BM4	0.33	1.86	0.41	1.20	0.17	1.12	0.17	3.49	0.05	0.4	38.4	6.5
BM5	0.28	1.60	0.32	0.97	0.16	0.87	0.14	3.15	0.03	0.2	47.5	5.2
BM6	0.29	1.74	0.38	1.05	0.14	0.99	0.16	2.89	0.04	0.2	52.5	5.9
BM7	0.29	1.63	0.38	1.07	0.16	1.01	0.15	2.62	0.02	0.3	47.5	5.1
BM8	0.34	2.02	0.43	1.26	0.19	1.24	0.19	2.45	0.04	0.3	66.9	6.7
BM9	0.30	1.79	0.37	1.07	0.15	0.99	0.16	3.64	0.05	0.3	77.4	6.3
BM10	0.34	1.98	0.39	1.19	0.18	1.26	0.18	2.82	0.03	0.3	99.2	6.6
GK11	0.26	1.56	0.35	1.00	0.14	0.89	0.14	2.54	0.04	0.2	62.8	5.9
GK12	0.38	2.19	0.49	1.31	0.21	1.32	0.22	3.29	0.04	0.3	55.9	7.7
GK13	0.25	1.45	0.29	0.83	0.12	0.80	0.12	3.69	0.05	0.2	38.0	4.9
GK14	0.31	1.77	0.36	1.06	0.15	0.98	0.16	3.28	0.04	0.2	78.8	6.6
GK15	0.30	1.70	0.38	1.09	0.15	1.01	0.16	2.86	0.03	0.3	78.5	5.9
GK16	0.24	1.28	0.29	0.81	0.11	0.75	0.12	1.67	0.03	0.2	33.3	5.0
GK17	0.22	1.24	0.27	0.82	0.12	0.71	0.11	1.47	0.02	0.1	32.8	7.2
GK18	0.20	0.98	0.22	0.63	0.10	0.65	0.10	1.66	0.02	0.1	36.3	4.2
GK19	0.27	1.61	0.31	0.91	0.13	0.93	0.13	3.03	0.06	0.2	93.7	5.8
GK20	0.29	1.63	0.37	1.12	0.16	0.99	0.15	3.25	0.05	0.3	178.6	6.2
ZT21	0.27	1.64	0.36	0.98	0.13	0.89	0.14	2.16	0.03	0.2	62.1	5.4
ZT22	0.25	1.41	0.30	0.83	0.13	0.79	0.12	1.83	0.03	0.2	36.3	5.5
ZT24	0.25	1.46	0.32	0.86	0.13	0.83	0.14	2.12	0.03	0.3	37.1	6.0
ZT25	0.29	1.70	0.34	1.09	0.15	0.96	0.16	2.17	0.04	0.2	45.7	5.9
ZT26	0.24	1.42	0.27	0.83	0.12	0.76	0.11	2.24	0.02	0.3	40.4	4.6
ZT29	0.23	1.35	0.30	0.85	0.13	0.79	0.11	1.99	0.06	0.3	42.7	5.9
ZT31	0.23	1.26	0.25	0.79	0.13	0.76	0.12	1.77	0.03	0.1	35.3	5.8
ZT33	0.21	1.13	0.22	0.67	0.09	0.68	0.10	1.83	0.04	0.2	31.8	5.0
ZT35	0.25	1.38	0.31	0.92	0.12	0.88	0.13	1.96	0.03	0.2	44.5	5.7
ZT37	0.27	1.55	0.30	0.97	0.13	0.90	0.14	2.01	0.03	0.2	34.4	5.9
ZT39	0.22	1.29	0.27	0.82	0.11	0.78	0.12	1.97	0.02	0.1	34.0	4.8
ZT40	0.18	1.08	0.24	0.62	0.10	0.60	0.09	1.43	0.02	0.2	23.7	4.0

Ek Tablo 1'in devamı

Element	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se
Ağırlık	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm
Limit	1	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.01	0.1	0.5
BM1	35	290.9	38.8	0.1	0.3	<0.1	<0.1	2.7	0.05	<0.1	0.6
BM2	48	243.6	33.5	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	16.5	0.10	<0.1	0.5
BM3	51	411.3	37.3	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	3.6	0.07	<0.1	0.5
BM4	43	354.5	25.8	0.1	0.2	<0.1	<0.1	2.4	0.10	<0.1	<0.5
BM5	36	501.2	22.8	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	1.0	0.04	<0.1	<0.5
BM6	38	471.2	22.3	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	1.2	0.04	<0.1	<0.5
BM7	38	593.3	22.4	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	1.0	0.03	<0.1	<0.5
BM8	45	473.8	25.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	3.2	0.04	<0.1	0.5
BM9	43	503.0	25.8	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	1.5	0.03	<0.1	0.8
BM10	44	399.4	25.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.5	0.03	<0.1	1.1
GK11	44	773.6	19.6	0.2	0.1	<0.1	<0.1	7.1	0.05	<0.1	<0.5
GK12	47	330.6	25.0	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	0.5	0.03	<0.1	<0.5
GK13	35	696.9	16.4	<0.1	0.4	<0.1	<0.1	0.5	0.03	<0.1	<0.5
GK14	46	614.2	18.6	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	1.9	0.04	<0.1	0.7
GK15	43	593.5	24.0	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	1.3	0.04	<0.1	0.9
GK16	42	946.9	12.8	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	3.1	0.04	<0.1	0.7
GK17	40	952.2	12.9	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.5	0.02	<0.1	<0.5
GK18	36	893.4	15.4	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.9	0.02	<0.1	<0.5
GK19	44	680.5	19.5	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.8	0.04	<0.1	0.6
GK20	45	527.7	20.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	2.5	0.04	<0.1	0.7
ZT21	40	641.7	17.2	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	1.2	0.03	<0.1	<0.5
ZT22	44	993.1	13.8	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	1.8	0.03	<0.1	<0.5
ZT24	43	855.0	15.3	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	1.3	0.03	<0.1	0.6
ZT25	51	833.2	17.7	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	4.5	0.03	<0.1	<0.5
ZT26	39	855.9	15.6	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	0.5	0.03	<0.1	<0.5
ZT29	47	921.4	14.2	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	1.3	0.03	<0.1	<0.5
ZT31	45	967.7	13.5	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	4.3	0.02	<0.1	<0.5
ZT33	36	1051.4	12.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.5	0.02	<0.1	<0.5
ZT35	43	892.5	16.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	1.4	0.04	<0.1	<0.5
ZT37	43	873.5	15.0	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	3.8	0.04	0.1	<0.5
ZT39	38	833.7	12.2	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	1.6	0.03	<0.1	<0.5
ZT40	33	1134.3	8.5	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	28.0	0.03	<0.1	<0.5

Ek Şekil 1. Trabzon-H44-c1 Paftasının Jeolojik Haritası



Ek Şekil 2. Trabzon-H44-c2 Paftasının Jeolojik Haritası



## **ÖZGEÇMİŞ**

Esen DEMİRKOL KILIÇ, 1985 yılında Kars' ın Selim İlçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum' da tamamladı. 2003 yılında Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimine başlayarak 2007 yılında mezun oldu. 2008-2009 yılları arasında Finansbank A.Ş ve 2009-2010 yılları arasında T.C. Ziraat Bankası A.Ş'de görev yaptı. Temmuz 2010 da Bayburt İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğünde Jeoloji Mühendisi olarak göreve başladı ve halen görevine devam etmektedir. 2011 yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü' nde Yüksek Lisans eğitimine başladı. Evli ve İngilizce bilmektedir.