

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



**KEBAN ve KARAKAYA BARAJI ARASI FIRAT NEHRİ
SEDİMENT VE SU JEOKİMYASI İNCELEMELERİ**

Gamze AYTİMUR

Yüksek Lisans Tezi

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Doç. Dr. Leyla KALENDER**

Nisan, 2016

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KEBAN ve KARAKAYA BARAJI ARASI FIRAT NEHRİ
SEDİMENT VE SU JEOKİMYASI İNCELEMELERİ

GAMZE AYTİMUR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(122112106)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15.03.2016
Tezin Savunulduğu Tarih : 08.04.2016

Tez Danışmanı :

Doç. Dr. Leyla KALENDER (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri :

Yrd. Doç. Dr. Muharrem AKGÜL (F.Ü)

Yrd. Doç. Dr. Özlem ERDEM (T.Ü)

NİSAN-2016

ÖNSÖZ

“Keban ve Karakaya Barajı Arası Fırat Nehri Sediment ve Su Jeokimyası İncelemeleri” başlıklı bu çalışma; Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Maden Yatakları-Jeokimya Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Fırat Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından MF.14.26 no’lu proje ile desteklenmiştir. Araştırmayı maddi açıdan destekleyen Fırat Üniversitesi Rektörlüğü’ne ve Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (FÜBAP)’ ne teşekkür ederim.

Bu tezin hazırlanması sırasında arazi, büro ve laboratuvar çalışmalarımı yakından izleyip, değerli katkı ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Leyla KALENDER’ e içtenlikle teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında farklı aşamalarda yardımını gördüğüm Jeofizik Mühendisi Veysel KAYA’ya, Jeoloji Mühendisi Cahit ÖZEN'e ve bölüm teknisyeni Fuat İSTEK’e teşekkür ederim.

Ayrıca tüm çalışmalarım sırasında manevi desteklerini esirgemeyen aileme içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Gamze AYTİMUR
ELAZIĞ-2016

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÖZET	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	IX
TABLolar LİSTESİ.....	X
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Konusu	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Çalışma Yöntemleri	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	2
3. COĞRAFİK DURUM.....	7
4. GENEL JEOLojİ.....	8
4.1 Bölgesel Jeoloji.....	8
4.2 Keban Metamorfitleri	9
4.2.1 Tanım.....	9
4.2.2 Dağılım ve konumu	10
4.2.3 Litoloji	10
4.2.4 Yaş	10
4.2.5 Oluşum ortamı.....	10
4.3 Elazığ Magmatitleri.....	11
4.3.1 Tanım.....	11
4.3.2 Dağılım ve konumu	11
4.3.3 Litoloji	11
4.3.4 Yaş	12
4.3.3. Oluşum ortamı.....	12
4.4 Seske Formasyonu.....	13
4.4.1 Tanım.....	13
4.4.2 Dağılım	13
4.4.3 Litoloji	13
4.4.4 Yaş	14

4.4.5	Oluşum ortamı.....	14
4.5	Maden Karmaşığı.....	14
4.5.1	Tanım.....	14
4.5.2	Dağılım ve konumu.....	14
4.5.3	Litoloji.....	15
4.5.4	Yaş	15
4.5.5	Oluşum ortamı.....	15
4.6	Kırkgeçit Formasyonu.....	16
4.6.1	Tanım.....	16
4.6.2	Dağılım ve konumu.....	16
4.6.3	Litoloji.....	16
4.6.4	Yaş	17
4.6.5	Oluşum ortamı.....	17
4.7	Alibonca Formasyonu.....	17
4.7.1	Tanım.....	17
4.7.2	Dağılım ve konumu.....	17
4.7.3	Litoloji.....	17
4.7.4	Yaş	18
4.7.5	Oluşum ortamı.....	18
4.8	Karabakır Formasyonu.....	18
4.8.1	Tanım.....	18
4.8.2	Dağılım ve konumu.....	19
4.8.3.	Litoloji.....	19
4.8.4.	Yaş	19
4.8.5.	Oluşum ortamı.....	19
4.9	Alüvyal Malzeme.....	20
5.	ANALİTİK YÖNTEMLER.....	21
5.1	Nehir sediment örneklerinin element analiz yöntemleri.....	21
5.2.	İzotop analiz yöntemleri.....	21
5.3.	Su örneklerinin element analiz yöntemleri.....	22
6.	JEOKİMYA.....	24
6.1.	Analitik Bulgular.....	24
6.1.1.	Fırat Nehri sedimentlerinin element içerikleri ve dağılımları.....	24

6.1.2.	Ana element jeokimyasal analiz bulguları.....	24
6.1.3.	İz element jeokimyasal analiz bulguları.....	25
6.1.4.	Nd-Sr izotop bileşimlerine ait analitik bulgular.....	28
6.1.5.	Nehir sediment örneklerindeki bazı metaller ve arseniğin anomali alanları ve sediment kalite standart değerlendirmesi	30
6.1.6.	Su örneklerine ait analitik bulgular	33
6.1.7.	Nehir suyu örneklerindeki bazı metal ve arseniğin anomali alanları.....	38
6.1.8.	Sedimet-su etkileşimi ve element dağılım ilişkisi.....	40
7.	TARTIŞMA	43
8.	SONUÇLAR	48
	KAYNAKLAR	50
	ÖZGEÇMİŞ.....	60

ÖZET

Bu çalışma, Fırat Nehri kıyı sediment ve su örneklerinde ana, iz element ve sedimentlerin Sr-Nd izotopik bileşimlerini kapsamaktadır. Elde edilen bulgular, Fırat nehir sediment ve sularının kimyasal bileşimi üzerinde bölgesel litolojik birimlerin daha çok kimyasal ayrışma ve az oranda mekanik taşınmanın, önemli olduğunu göstermektedir. Nehir sedimentlerinde, hesaplanan eşik değerlerin Ag, Pb, Mn, Hg, Cu, Ba, Au, Mo, As ve Zn içeriği üzerinde, terk edilmiş Keban maden yatağı eski imalat pasalarının, fiziksel erozyon ve kimyasal ayrışma nedeniyle, etkili olduğunu göstermektedir. Neodimyum ve stronsiyum izotop bileşimleri, sırasıyla ‰ 0,7057– 0,7048 ve ‰ 0,512836–0,512654 değerleri aralığındadır. Nd izotop bileşimleri, neodiyumun, granodiyoritik kaynak kayalardan türediğini göstermektedir. Düşük Sr izotop bileşimleri karbonatça zengin meta-sedimenter kayaların ayrışması esnasında kaynak kayalardan Sr'nin kaynaklandığını göstermektedir. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve Ca/Sr oranları, bölgenin subtropikal iklim koşullarında, evaporitik oluşumların geliştiğini düşündürmektedir. Düşük iyonik potansiyelli katyonlar (Ca, Na, Cd, Zn vb.) ince daneli fraksiyonlar ($<75\mu\text{m}$) üzerinde adsorbsiyon yolu ile zenginleşmiş olmalıdır. Bu nedenle, sözkonusu metaller ve As'in, hidromorfik taşınma yolu ile hem nehir sedimentleri hem de suların kimyasal bileşimlerini değiştirdiği düşünülmektedir. Nehir sedimentlerindeki ağır metal konsantrasyonları (Au, Ba, Cr, Hf ve Zr), mekanik taşınma nedeniyle yüksektir. Bu çalışmada, nehir suyu ve sedimentlerin ortalama metal içeriği karşılaştırılmış ve bazı stabil (refrakter, sert ve yoğun) ağır metallerin (Ba, Cr, Hf ve Zr), nehir sularındaki içeriğinin, çalışılan nehir sediment içeriğinden, aşırı stabil olmaları yüzünden, daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Fırat Nehri, jeokimya, izotoplar, sediment, su

SUMMARY

Firat River Sediment and Water Geochemistry

The study includes that the shore sediments and waters of the Euphrates River have been analyzed for major and trace elements, and also Sr-Nd isotopic compositions of the sediments. The obtained results show that the characterize more chemical weathering and less mechanic transport of the regional lithologic units are important factor on the studied river sediments and waters chemical composition. The calculated threshold values in the river sediments indicate that Ag, As, Pb, Mn, Hg, Cu, Ba, Au, Mo, Hg and Zn content are attributed to physical erosion and chemical weathering due to abandoned mining waste such as Keban mining area. Neodymium and stronsium isotope compositions are range 0,512654 to 0,512836 ‰, and 0.7048 to 0.7057‰, respectively. The moderate Nd isotopic compositions show Nd from granodioritic source rocks. The lower Sr isotopic compositions indicate Sr from source rocks during weathering carbonate-rich meta sedimentary rocks. Comparison of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio and Ca/Sr ratio suggest evaporitic formations due to subtropical conditions. The cations (Ca, Na, Cd, Zn, As etc.) of lower ionic potential may be riched by adsorbing on fine size fractions (<75 μm). Thus, these metals and As may be considered to both sediment and water chemical compositions by hydromorphic transportation. The heavy metal concentrations (Au, Ba, Cr, Hf and Zr) in the river sediments are higher in the river sediments due to mechanic transporting. Comparition of average content of metals in the river water and river sediments indicate that the some heavy metals (Ba, Cr, Hf and Zr) are extremely stable (refractory, hard and dense) that the element concentrations in the river waters are lower than the studied river sediments because of their extremly stable.

Key words: Euphrates River, geochemistry, isotopes, sediment, water

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1.	İnceleme alanının yer bulduru haritası	7
Şekil 4.1.	İnceleme alanı ve çevresinin jeoloji haritası.....	9
Şekil 5.1.	Örnek alımı ve laboratuvar çalışmaları.	21
Şekil 5.2.	Su ve sediment örnek alım noktaları	23
Şekil 6.1.	Nehir sediment örnklerindeki ana element içeriklerinin Fırat Nehri akım yönü boyunca dağılımı.	25
Şekil 6.2.	a) U,Th, Sr, Rb dağılımı; b) Mo,Cu,Zn,Cd,As,Pb,Mn dağılımı, c) Cs, Hf, Nb, Sn, Zr ve Y dağılımı	27
Şekil 6.3.	Nehir sediment örneklerindeki Ag, Au ve Hg içeriklerinin Fırat Nehri akım yönü boyunca dağılımı.....	28
Şekil 6.4.	Fırat Nehri akım yönü boyunca Nd ve Sr dağılımı.	29
Şekil 6.5.	Fırat Nehri akım yönü boyunca dere sedimenti örneklerinden elde edilen verilerin hesaplanmış log eşik değerlerine göre çizilen anomali haritaları.....	32
Şekil 6.6.	Nehir suyu örnklerindeki element içeriklerinin Fırat Nehri akım yönü boyunca dağılımı.....	37
Şekil 6.7.	Fırat Nehri akım yönü boyunca su örneklerinden elde edilen verilerin hesaplanmış log eşik değerlerine göre çizilen anomali haritaları	39
Şekil 6.8.	Sediment-su element dağılımlarının karşılaştırılması.	40
Şekil 6.9.	a ve b, Bazı ağır metallerin (Ba, Cr, Zr) ve B'un su ve sediment içerisindeki dağılım grafiği.....	41
Şekil 6.10.	a ve b; Bazı metal ve NTE'nin sediment ve su içerisindeki dağılımı.....	42
Şekil 7.1.	a) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$: 0,704-0,711-Ca/Sr oranı: 100-250 evaporitik çözeltiler; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$: 0,730-0,750-Ca/Sr oranı: 100-250 silisyumca zengin çözeltiler (Diyagram Gaillardet vd., 1997'den alınmıştır), b) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$: Fırat Nehir sedimentleri $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ aralığı: 0,7048-0,757 -Sr: 100 mg/Kg $\pm$ 58	45
Şekil 7.2.	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $\epsilon\text{Nd}(0)=[(143\text{Nd}/144\text{Nd}(\text{measured})/0.512636)-1]*10^4$ değerlerinin Rolland vd. (2005) ile karşılaştırılması.....	45
Şekil 7.3.	a) Batı Amazon sedimentlerindeki $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - ϵNd diagramı. b) Mesezoik ve Neojen volkanik kayalara ve Central Depression, Altiplano, Oriental Cordillera, Subandean Zone ait veriler.....	46
Şekil 7.4.	Naomi bölgesinden alınan kaya ve sedimentlerin, Nd ve Sr izotop şeması.	47

TABLÖLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 6.1. Ana element içeriklerine ait özet istatistik değerler ve yer kabuğu ortalama değerleri	24
Tablo 6.2. Fırat Nehir sedimentlerinin izelement içerikleri (mg/Kg) yer kabuğu ortalaması Vinogradov,.....	26
Tablo 6.3. Fırat Nehir sedimentlerindeki metal içerikleri ($\mu\text{g/Kg}$) ve yer kabuğu ortalaması	28
Tablo 6.4. Fırat Nehir sediment örneklerinde Sr ve Nd izotop oranları ve hesaplanmış ϵNd ve 1000/Sr değerleri	29
Tablo 6.5. Dere kumlarındaki bazı metallerin, ortalama değerleri ile, sediment kalite kriterleri değerleri olan, Eşik etki değeri (TEL), olası etki seviyesi (PEL), en düşük etki değeri (LEL), minimal etki eşik değeri (MET), düşük etki aralığı (ERL), eşik etki konsantrasyonu (TEC) ve olası etki konsantrasyonu (PEC) arasındaki karşılaştırma	33
Tablo 6.6. Fırat Nehir suyu kimyasal analiz sonuçlarına ait özet istatistik değerleri.	34
Tablo 6.7. Bazı metallerin Gediz Nehri ve TSE (1988) ve EPA (1999) ile karşılaştırılması.....	34

1. GİRİŞ

“Keban ve Karakaya Barajı Arası Fırat Nehri Sediment ve Su Jeokimyası İncelemeleri” başlıklı bu çalışma; 2012-2016 yılları arasında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Maden Yatakları-Jeokimya Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

1.1. Çalışmanın Konusu

Keban ve Karakaya Barajı Arası Fırat Nehri Sediment ve Su Jeokimyası İncelemeleri konulu bu çalışma kapsamında, Keban ilçe merkezinin kuzey doğusundan başlayıp Karakaya Baraj gölüne kadar uzanan Fırat Nehri ve civarında jeokimyasal prospeksiyon çalışmaları yapılmıştır.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Çalışma Yöntemleri

Bu çalışma, Fırat Nehri Keban-Karakaya Baraj arası kıyı sediment ve nehir suyunun iz element derişimini belirlemek ve sediment ile su içerisindeki element dağılımlarının etkileşimini ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Ayrıca 3 farklı bölgeden alınan sediment örneklerinde Nd/Sr izotop oranları ile sediment kaynak kayacı belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu amaç doğrultusunda, çalışma yöntemleri aşağıdaki şekilde planlanmıştır.

a) Literatür tarama

b) Arazi çalışması (bölgesel ve yerel jeolojiyi yerinde gözlemleme)

c) Sediment örnek alımı

d) Su örnek alımı

e) Laboratuvar çalışmaları (Sediment ve su örneklerinin analize hazırlanması; -2000 mesh tane boyunda elenmesi ve homojen hale getirilmesi), su örneklerinin 50 ml'lik polietilen şişelerde hazırlanması.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma alanı ve yakın çevresinde genel jeolojik, petrografik ve maden yataklarına yönelik birçok çalışma bulunmaktadır.

Yılmaz vd. (1992), Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı'ndaki metamorfik masiflerin tümünün aynı tektonik konumda yer aldıklarından ve Erken Paleozoyik'ten Geç Kretase'ye kadar uzanan yaş aralığında oluşmuş birimlerden oluşan benzer bir stratigrafik istif sunduklarından bahseder.

Özgül ve Turşucu (1984), Keban Metamorfitlerinin ilksel kayaçlarının Permiyen-Geç Kretase aralığında çökeldiğini kabul ederler. Senoniyen yaşlı Elazığ Mağmatitleri'nin Keban Metamorfitleri'ni kesmesi ve bölgede Jura, Kretase yaşlı başka birimlerin bulunmayışı gibi nedenler dikkate alınarak, Keban Metamorfitleri için Permiyen-Triyas yaşı bu çalışmada benimsenmiştir. Oluşumunu izleyen dönemlerdeki tektonik hareketlerle ilk oluşum yerinden farklı bir yerde bulunduğundan, allokton konumlu bir birimdir.

Özgül (1976), tarafından Permiyen-Triyas yaşlı olarak kabul edilen birim, sintektonik olarak gelişen yeşil şist fasiyesinde metamorfizmaya uğramıştır.

Yazgan (1984) ve Aksoy (1993), bu metamorfizma, Geç Kretase'de Elazığ Mağmatitlerinin oluşumunu sağlayan kuzeye eğimli bir dalma-batma ile ilişkili tektonik olaylara bağlı olarak oluştuğunu dile getirmiştir.

Yılmaz (1993) ve Yılmaz vd. (1993), Toros Orojenik Kuşağı'nın doğu bölümündeki tüm ofiyolitlerin Arabistan Platformu ile Bitlis- Pütürge- Keban- Malatya Masifleri arasında Geç Triyas'tan itibaren açılmaya başlayan ve Geç Kretase'den itibaren kuzeye doğru dalarak Erken Miyosen'deki kıta-kıta çarpışması ile kapsamını tamamlayan bir okyanusun jeolojik evrimiyle ilişkili olduğunu belirtirler. Aynı araştırmacılar Üst Kretase yaşlı mağmatitlerin de, okyanusal litosferin kuzeye, Bitlis- Pütürge- Keban-Malatya Masifleri altına dalmasıyla oluştuğundan bahsederler.

Çalışma alanında çok geniş yer kapsayan Elazığ Magmatitleri başlıca derinlik, damar ve yüzey kayaçları ile temsil edilmiştir. Doğu Anadolu genelinde Yüksekova Karmaşığı olarak isimlendirilen birim ilk defa Turan vd. (1993), tarafından Elazığ Magmatitleri olarak adlandırılmıştır.

Bingöl (1982-1984), Elazığ- Pertek-Kovancılar çevresinde yaptığı çalışmalarda, bölgenin genel stratigrafisini verdikten sonra, Yüksekova Karmaşığı adını verdiği birimi tabandan tavana doğru dört farklı birime ayırmıştır. Bunlar; Pertek Karmaşığı, Granitoyid birimi,

Gabro-Diyabaz birimi ve Volkanik birimdir. Elazığ Volkanitleri bunlardan Gabro-Diyabaz birimi ve Volkanik birimi kapsamakta ve birimin Üst Kretase sonu tektonik hareketlerle Keban Metamorfitleri tarafından üzerlendiğini belirtmiştir.

Hempton (1985)'e göre Elazığ Volkanitleri kenar havzası kayaçlarıdır ve jeokimyasal ve petrografik verileri bu karmaşığın kuzeye doğru Keban Metamorfitlerinin altına dalan bir dalma- batma zonunun ürünü olduğunu göstermektedir. Herece vd. (1992), Baskil Magmatitleri, kıtasal kabukta yay magmatizması olarak gelişmiştir. Hem derinlik hem de yüzey kayaçlarını kapsamaktadır ve birim Elazığ çevresinde geniş alanlarda yüzeylemektedir.

İnceöz (1994), Harput (Elazığ) kuzeyi ve doğusunda yapmış olduğu incelemeler sonucunda Yüksekova Karmaşığı olarak isimlendirdiği birimin İç Torid Okyanusunun kuzeye doğru, Keban levhası altına dalması sırasında kısmen okyanusal kısmen de kıtasal kabuk üzerinde oluşmuş ada yayı ürünleri olduğunu belirtmiştir.

Bingöl (1988), Bingöl ve Beyarslan (1996), Elazığ Magmatitleri'nin jeokimyasını ve petrolojisini incelemişlerdir. Birimin, diyorit, monzodiyorit kuvars diyorit ve tonalitten oluşan derinlik kayaçları, bazaltik yastık lavlar, lav akıntıları, andezitik lavlar, andezitik piroklastiklerden oluşan yüzey kayaçları ile tüm bunları kesen granit bileşimli derinlik kayaçları, dasidik bileşimli yüzey kayaçları ile volkano-sedimanter birimlerden oluştuğunu belirtmişlerdir.

Dumanlılar (1998, 2002), Akgül ve Bingöl (1997), Malatya civarında yaptıkları çalışmalarında, magmatizmanın bazik evre ile başladığını ve sonrasında asidik bileşime geçildiğini belirtmektedirler. Baskil Magmatitlerinde ilk olarak diyorit, gabro ve bunların volkanik eşdeğerleri görülmektedir, asidik evreye ait kayaçlar ise tonalitik bileşimlidir. Kömürhan Ofiyoliti ile Baskil Magmatitleri arasında güneyde tektonik ilişki izlenmektedir.

Akgül vd. (2003), Elazığ, Malatya ve Tunceli illerinde plütonik, volkanik, yarı derinlik ve piroklastik ürünlerle yüzeylemeler sunan Elazığ Magmatitleri'ni önceki çeşitli araştırmacılara da dayandırarak kuzeyden güneye bir yitimin etkisiyle oluşmuş yay magmatizması ürünleri olarak kabul ederler.

Bingöl ve Beyarslan (1996), Elazığ Magmatitleri'nin petrografisini ve jeokimyasını incelemişlerdir. Araştırmacılar, arazi ve jeokimyasal verilere dayanarak, Elazığ Magmatitleri'ni oluşturan kayaçların Üst Triyas'tan itibaren açılmaya başlayan Neotetis'in güney kolunun Üst Kretase'den kuzeye doğru dalımı ve buna bağlı olarak üstteki levhada meydana gelen supra-subduction zonu ofiyolitleri (Kömürhan Ofiyoliti) üzerinde gelişen kalkalkalen seriye ait ve ada yayı magmatizması ürünleri olduğunu belirtmişlerdir.

Parlak vd. (2004), Göksun (Kahramanmaraş) çevresinde yaptıkları çalışmada, bölgedeki magmatitler ile Baskil dolaylarındaki magmatitleri birlikte düşünmüşler ve bölgede dalma-batma zonunun geliştiğini; bunların Malatya-Keban Metamorfikleri altına daldım ve neticesinde Baskil yayının oluştuğunu belirtmişlerdir.

Dumanlılar vd. (2005), bölgedeki Üst Kretase yaşlı kayaçların oluşumlarının tartışmalı olduğunu ve Baskil çevresinde yaptıkları petrografik ve jeokimyasal incelemeler sonucunda, Baskil güneyindeki magmatitlerin farklı iki evrede oluştuğu belirlenmiştir. Birinci evrede oluşan Baskil Magmatitleri yitim sonucu oluşmuş I tipinde kalkalkalin bir magmatizmasın ürünü olduğu; ikinci evre olarak ayırt edilen Bilaser Tepe magmatitleri ise yarı derinlik ve yüzey kayaçlarından oluşmuştur. Baskil Magmatitleri ile intrüzif ilişkili olan bu kayaçların çarpışma sonrası kalkalkalen bir magmanın ürünleri olabileceği belirtmişlerdir.

Genellikle masif yapılı olan Seske Formasyonu'na ait kireçtaşları, bazen yanal olarak incelenip kalınlaşan tabakalı seviyelere geçiş gösterirler (Akgül, 1987; Olgun, 1987).

Türkmen vd. (2001), Elazığ yöresinin Eosen stratigrafisi ile ilgili yapmış oldukları çalışmada gerek arazi verileri ve gerekse paleontolojik veriler ışığı altında daha önceki bütün çalışmalarda belirtilenin aksine Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Seske Formasyonu ile Orta Eosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu arasındaki dokanağın uyumlu olduğunu ifade etmişlerdir.

Yazgan (1972), Pütürge Metamorfikleri ile üzerindeki Maden volkano-sedimanter birimlerinin petrografik- jeokimyasal özelliklerini incelemiştir. Araştırmacı; masifin yeşil şist ve amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramış allokton bir birim, Maden Karmaşığı'na ait volkanitlerin ise kalkalkalen eğimli toleyitik bir volkanizmanın ürünü olduğunu açıklamıştır.

Elazığ çevresinde gözlenen Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı önemli bir yere sahiptir. Bazalt, spilitik bazalt, andezit, bazaltik yastık lavlar ile kumtaşı çamurtaşı, gri-pembe kireçtaşları, volkanosedimanter kayaçlar ve volkanik breşlerden oluşmuşlardır. İlk defa Rigo de Righi ve Cortesini (1964), tarafından Maden Birimi olarak adlandırılan bu birim Maden Karmaşığı olarak ilk defa Perinçek (1979), tarafından adlandırılmıştır.

Yazgan (1981, 1983, 1984), Elazığ-Malatya çevresinde yaptığı çalışmalarda Kretase yaşlı Yüksekova Karmaşığı ve Eosen yaşlı Maden Karmaşığı'nın genç ve kalın olmayan bir kıta kabuğu üzerine yerleşmiş kıta kenarı ürünleri olduğunu vurgulamıştır.

Erdoğan (1982), Ergani-Maden yöresindeki Güneydoğu Anadolu ofiyolit kuşağının jeolojisi ve volkanik kayaçları adlı çalışmasında, Maden Karmaşığı ve Guleman Grubu kayaçların jeolojisi ve bunların metamorfizma koşulları ile jeokimyasal özelliklerini incelemiş, Guleman Grubu bazaltlarının okyanus ortası sırtı bazaltlarına benzediğini ve ayrıca yeşil şist fasiyesinde başkalaşıma uğradığını belirtmiştir.

Maden ve Siirt yöresinde incelemeler yapan Aktaş ve Robertson (1984), Maden Karmaşığı'nın kuzeye doğru dalımlı bir yitim zonu üzerinde yay önü bölgede gelişen çek-ayır havzada geliştiğini belirtmişlerdir.

Çelik (2003), 'Mastar Dağı (Elazığ GD'su) çevresinin stratigrafik ve tektonik özellikleri' konulu çalışmasında inceleme alanı içerisinde yer alan Hazar Karmaşığı, Maden Karmaşığı ve Guleman Ofiyoliti'ni ayrıntılı bir şekilde incelemiştir.

Altunbey ve Sağıroğlu (1995), Elazığ çevresindeki Maden Karmaşığı içerisindeki Mn yataklarını inceleyerek, cevherleşmeleri volkano-sedimanter kayaçlarla uyumlu olanlar ve hidrotermal işlevler sonucu oluşan volkano-sedimanter yataklar olarak iki farklı şekilde bulunduğunu belirlemişlerdir.

Özkul (1988), Elazığ yöresinde geniş yayılım sunan Orta Eosen-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu'nun, inceleme alanının bir kısmını da içerisine alan Fırat nehri ile Baskil-Keban ilçeleri arasında kalan bölümlerinde yer alan derin- deniz kırıntılı fasiyes topluluklarına malzeme sağlayan eski akıntıları incelemiştir. Bu çalışmada formasyonda; iç, orta, dış yelpaze, yamaç, havza düzlüğü, karbonat şelfi ve şelf önü karbonat fasiyesleri belirlenmiştir.

Aksoy (1993), Elazığ batı ve güneyinin genel jeolojik özelliklerini incelediği çalışmada; bölgedeki bindirme faylarının, Geç Kretase sonrası ve Erken Miyosen sonrası olmak üzere iki ayrı dönemde geliştiğini belirtmiştir. Araştırmacı aynı çalışmada Kırkgeçit Formasyonu' nun oluşumundan sonraki dönemde bölgede etkili olan yaklaşık KD-GB doğrultulu basınç gerilmesiyle, KD-GB doğrultulu eksene sahip bir antiklinal oluşturacak şekilde kıvrımlandığını belirtmiştir.

Türkmen vd. (2001), Toros Orojenik Kuşağı'nın doğu kesiminde geniş yayılıma sahip Neotetis'e ait Tersiyer çökellerinin Elazığ çevresindeki yüzeylemelerinde yaptıkları çalışmada, Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı Seske Formasyonu ile Orta Eosen-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu arasındaki ilişkinin uyumsuz olduğunu belirtmişlerdir.

Avşar (1983), Elazığ yakın kuzeybatısındaki Kırkgeçit Formasyonu üzerinde yaptığı stratigrafik ve mikropaleontolojik çalışmada, formasyondan derlediği örneklerde saptadığı *Fabiania cassis*, *Nummulites perforatus*, *Nummulites aturicus*, *Nummulites millecaput* gibi fosillere dayanarak birime Üst Lütésiye-Priaboniyen (36.6-43.6) yaşını vermiştir.

Sirel vd. (1975), Palu'nun kuzeydoğusunda yaptıkları çalışmada, Kırkgeçit Formasyonu'na yaş ve litolojik açıdan çok benzeyen birimi 'Gevla Çayı Formasyonu' olarak adlandırmışlar ve bu birimde gözledikleri *Nummulites fichteli*, *Nummulites intermedius*, *Lepidocyclina ilatata*, *Halkyardia minima* fosillerine dayanarak birime Orta-Üst Oligosen yaşını vermişlerdir. Aynı zamanda yine Palu çevresinde yaptıkları çalışmada, olivinli bazalt

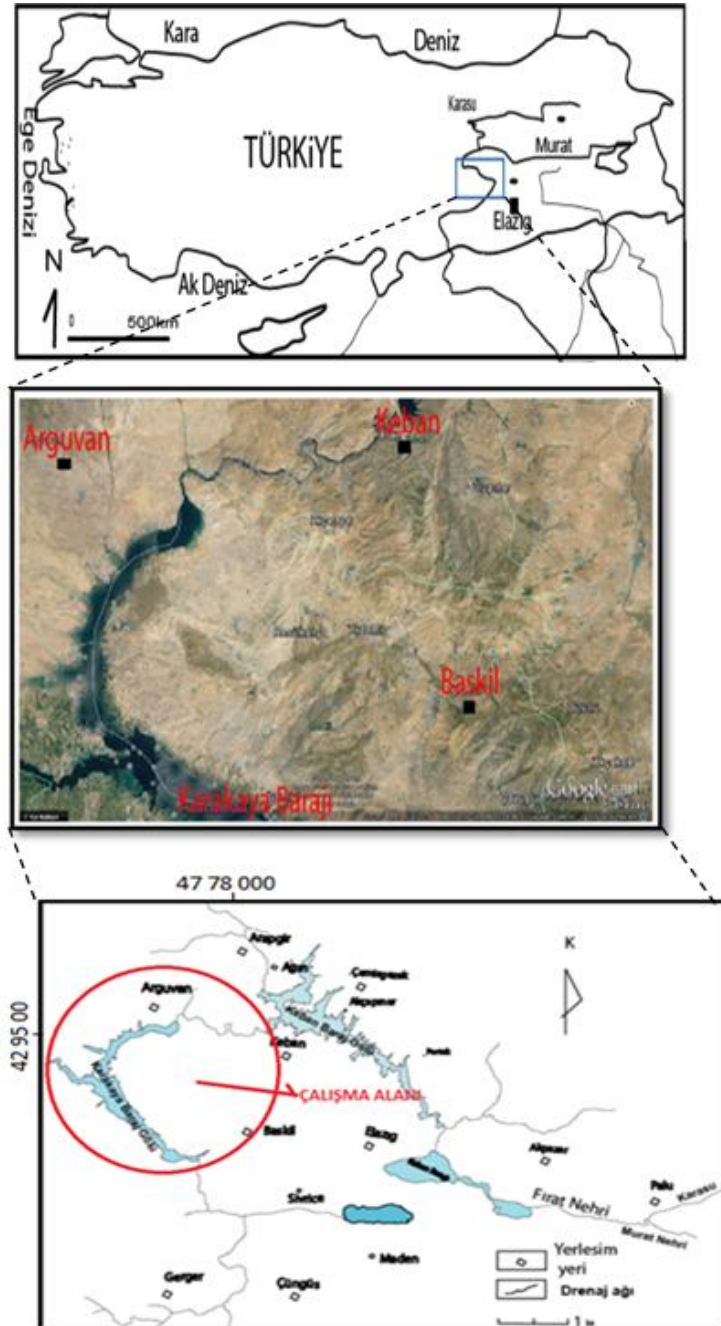
ve gölsel kireçtaşlarından oluşan Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı birimi ‘Karadağ Bazaltları’ olarak adlandırmışlardır.

Kürüm (1994), Karabakır Formasyonu'nun volkanoklastitler, lav akıntıları ve bunlarla yanal ve düşey yönde geçişler gösteren gölsel kireçtaşlarından oluştuğunu belirtir.



3. COĞRAFİK DURUM

İnceleme alanı 1/25.000 ölçekli Malatya K41 a3 ve K41 a4 paftaları içinde yer almaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.

Ulaşım, Elazığ-Malatya karayolu ile sağlanmaktadır. Çalışma alanı, bitki örtüsü bakımından fakirdir. Su bulunan arazilerde birkaç meyve bahçesi ve dereler boyunca çok az söğüt ağacı bulunmaktadır. Tipik karasal iklimin hüküm sürdüğü inceleme alanında kışlar soğuk, yazlar ise oldukça sıcak geçmektedir. Yaz aylarında derelerdeki sular kurumaya yüz tutmaktadır.

4. GENEL JEOLojİ

Bu bölümde inceleme alanında yer alan bu birimlerle ilgili kısa bilgiler verilecektir. İnceleme alanı Doğu Toros orojenik kuşağında yer almaktadır. Türkiye; Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar kıvrım kuşağı olmak üzere yaklaşık doğu- batı uzanımlı olarak yer alan, Paleo ve Neotetis okyanusal havzalarının kalıntılarının yer aldığı Alp-Himalaya sistemi içerisinde kritik bir rol oynamaktadır (Ketin, 1983).

Mesozoyik'te Doğu Toros orojenik kuşağı ilk kez plaka tektoniği olaylarına sahne olmaya başlamıştır. Neotetisin güney kolunun geç Triyas'taki riftleşmeye bağlı olarak açılmaya başladığı kabul edilmektedir. Bölgede biri İspendere-Kömürhan Ofiyoliti olmak üzere ve diğeri Pötürge Metamorfikleri'nin güneyi ile Arap platformu arasında kalan iki ofiyolitik kütle bulunmaktadır. Elazığ magmatik kayaçları K-G yönlü bir sıkışmanın ve kuzeye dalımlı bir yitim zonunun neticesinde açığa çıkan ürünlerdir. Bu yitim güneyde Tetis'e ait okyanusal kıta kabuğu ile Kuzeyde Avrasya (Küçük Anadolu Kıtası)'nın çarpışması ile ortaya çıkmaktadır. Triyas'ta başlayıp Alt Mestrihtiyen'de son bulan bu rejim esnasında okyanus kabuğu üzerinde gelişmiş bir "Ada Yayı" karmaşığı bulunmaktadır. Baskil Magmatik kayaçları Avrasya'ya ait Kıta Kabuğunu, Yay Kompleksi Magmatiklerinin ve Okyanusal Kabuğa ait birimleri kesmektedir (Dumanlılar, 2002). Orta Eosen sonunda Maden Karmaşığı alttaki metamorfik ve ofiyolitlerle faylanmış (Poyraz, 1988).

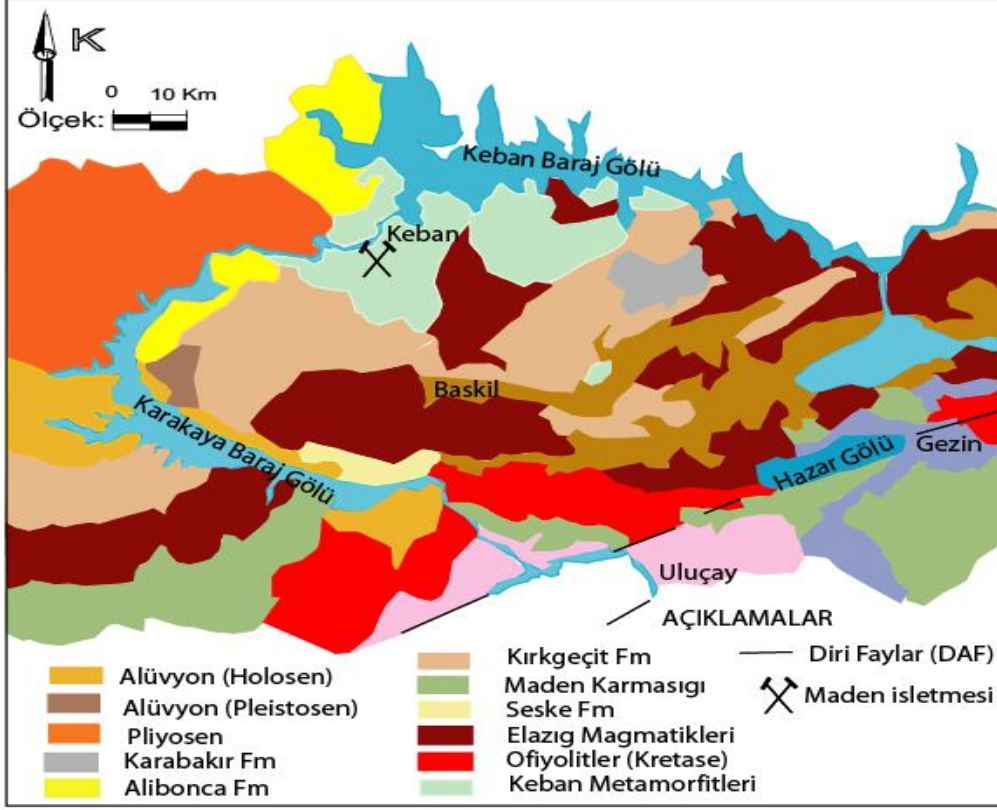
4.1 Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanı ve yakın çevresinde yaşlıdan gence doğru Keban Metamorfikleri (PermoTriyas), Elazığ Plütonitleri ve Volkanitleri (Üst Kretase), Seske Formasyonu (Üst Paleosen-Alt Eosen), Maden Karmaşığı (Orta Eosen), Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen-Üst Oligosen), Karabakır Formasyonu (Üst Miyosen-Pliyosen) ve alüvyal malzeme (Kuvaterner) yüzelemektedir (Şekil 4.1).

İnceleme alanı ve yakın civarında gözlenen Üst Kretase yaşlı tektonomagmatik birimlerin (Baskil Magmatitleri, Elazığ Magmatitleri/Yüksekova Karmaşığı) olduğu jeodinamik ortamın belirlenmesi konusu ile ilgili bazı yorumlar yapılmıştır. Birincisi Elazığ Magmatitlerinin kuzeyde Malatya-Keban platformu boyunca And tipi aktif kıta kenarı ürünleri olduğu ve Baskil Magmatitlerinin eşlenikleri olduğu; Kömürhan Ofiyolitinin ise daha güneyde Toros kenarından uzakta oluştuğudur (Yazgan ve Chessex, 1991).

İkinci görüş ise Elazığ Magmatitlerinin adayayı magmatizması ürünü olduğu ve bu adayayı ürünlerinin Kömürhan Ofiyoliti üzerinde dalma-batmanın olgun safhalarında geliştiği şeklindedir (Beyarslan ve Bingöl, 1996, 2000).

Üçüncü bir görüş ise Elazığ bölgesinde yüzeyleyen volkanik kayaların Baskil Magmatitleri ile bir ilişkisinin olmadığı ve bu ekstrüzif kayaların Üst Kretase’de bir dalma batma zonu üzerinde oluşan Yüksekova Karmaşığı’nın batıya doğru uzantısını temsil ettiği şeklindedir (Perinçek, 1979; Aktaş ve Robertson, 1984).



Şekil 4.1. İnceleme alanı ve çevresinin jeoloji haritası (MTA 2002'den değiştirilerek alınmıştır).

4.2 Keban Metamorfikleri

4.2.1 Tanım

İlk defa Özgül (1976), tarafından Keban Metamorfikleri adıyla adlandırılmış ve Batı Toroslarda görülen Alanya Birliği'ne dahil edilmiştir. Özgül ve Turşucu (1984), Ovacık yöresinde yapmış oldukları çalışmada Jura-Kretase yaşlı kireçtaşlarını da dahil ederek tüm metamorfik topluluğa Keban Birimi adını vermişlerdir (Turan ve Bingöl, 1991).

Turan ve Bingöl (1991), Kovancılar-Baskil arası bölgenin tektono-stratigrafik özellikleri ile ilgili yaptıkları çalışmada bu bölge Jura-Kretase yaşlı rekristalize kireçtaşlarının bulunmadığını tespit ederek Üst Yaş konağı Alt Triyas yaşlı birimlerle temsil edilen metamorfik kayaları Keban Metamorfikleri adıyla adlandırmışlardır (Şekil 4.1).

4.2.2 Dağılım ve konumu

Birim Elazığ çevresinde, Keban, Çemişgezek ve Pertek yörelerinde geniş yüzeylemeler sunar. Ayrıca Elazığ yakın batısındaki Keklik Tepe ve Kızıldağ ile güneybatıda Meryem Dağı'nda küçük yüzeylemelerine rastlanır (Turan ve Bingöl, 1991).

Keban Metamorfikleri, Geç Kretase sonrasındaki tektonik olaylara bağlı olarak güneye sürüklendiği için allokton konumludur (Aksoy, 1993).

4.2.3 Litoloji

Elazığ çevresinde kristalize kireçtaş- kalkşist, şist, mermer ve amfibolitlerle temsil edilir (Aksoy, 1993).

İnceleme alanında Keban Metamorfikleri açık kırmızı renkli, masif, fazlaca kırık ve çatlak içeren rekristalize kireçtaşlarıyla temsil edilmektedir (Şekil 4.1).

4.2.4 Yaş

Birimin yaşı ile ilgili değişik görüşler ileri sürülmüştür. Özgül (1976), tipik platform fasiyesine sahip olan Keban Mermerleri'nin PermiyenAlt Triyas yaşlı olduğunu belirtirken; Kipman (1981), mermerler üzerinde bulunan kalkşist seviyesindeki fosilleri esas alarak Permo-Karbonifer yaşını önermiştir (Aksoy, 1993).

4.2.5 Oluşum ortamı

Aksoy (1991), Geç Kretase sonunda gelişen fay neticesinde, Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfikleri'nin güneye, Üst Kretase yaşlı Elazığ Mağmatikleri üzerine itilmesine neden olduğu belirtilmektedir.

Geç Kretase sonrası yaşındaki bindirme fayı, Yüksekova ada yayının oluşumunu sağlayan dalma- batmayı yavaşlatan ve Geç Kretase sonunda Elazığ çevresinde Keban kıtası ile Yüksekova ada yayının çarpışmasını sağlayan yaklaşık KB-GD doğrultulu basınç gerilmesinin sonucunda oluşmuştur (Şekil 4.1). Gerek Elazığ Mağmatikleri'nin önce oluşmuş birimlerini, gerekse Keban Metamorfikleri'ni kesen granitler, bu çarpışmanın ürünüdür (Bingöl, 1988). Daha sonraki tektonik olaylarla parçalanan ve aşınmaya uğrayan Keban Metamorfikleri'nden oluşan bindirme örtüsü, Elazığ yakın batı ve güneybatısındaki tepelerde klipleri oluşturmuştur (Aksoy, 1993).

4.3 Elazığ Magmatitleri

4.3.1 Tanım

Mağmatik ve volkanosedimanter özellikteki kayalardan oluşan birim ilk defa Perinçek (1979), tarafından Yüksekova Karmaşığı olarak tanımlanmıştır, son yıllarda yapılan birçok araştırmada değişik isimler altında incelenmiştir (Şekil 4.1). Araştırmacıların büyük çoğunluğu birimi Yüksekova Karmaşığı (Yazgan, 1984; Aktürk, 1985; Poyraz, 1988; Akgül, 1993) bazı araştırmacılar Baskil Magmatitleri (Yazgan, 1983, 1984; Asutay, 1985), Baskil Granitoidi (Akgül, 1991), Elazığ Magmatitleri (Bingöl ve Aydoğdu, 1994; Bingöl ve Beyarslan, 1996) adı altında incelemiştir. Çeşitli araştırmacılar (Naz, 1979; Tuna, 1979; Perinçek ve Özkaya, 1981; Bingöl, 1982, 1984; Hempton ve Savcı, 1982; Hempton, 1984) tarafından Doğu Anadolu genelinde Yüksekova Karmaşığı, ya da Elazığ karmaşığı adıyla kullanılmıştır.

Turan vd. (1993), birimin Perinçek (1979), tarafından Yüksekova civarında tanımlanan litolojik ve yapısal özellikleri ile Elazığ çevresindeki özelliklerinin farklı olduğunu, Hakkari civarında birimin çeşitli litolojilerden oluşmuş tam bir karmaşık olduğunu, oysa Elazığ çevresinde birimin tabandan tavana doğru düzenli bir değişim gösterdiğini ve bir karmaşık özelliği göstermediğini vurgulayarak, birime Elazığ Magmatitleri adını vermişlerdir. Yaptığımız araştırmada, karmaşıktan ziyade düzenli magmasal bir istif karşışmamız, bizim de daha önce Turan vd., 1993; Bingöl ve Aydoğdu, 1994; Bingöl ve Beyarslan, 1996 tarafından verilen «Elazığ Magmatitleri» adını kullanmamıza neden olmaktadır.

4.3.2 Dağılım ve konumu

Elazığ güneyinde geniş yayılıma sahipken, Elazığ yakın batısındaki yüzeylemeler ise daha dar alanlar biçimindedir.

Elazığ Mağmatitleri, oluşumunu izleyen Geç Kretase sonrasındaki dönemde bindirme fayları boyunca güneye sürüklendiğinden, ilksel konumunu kaybetmiş ve bu nedenle allokton konumlu bir birim olarak kabul edilmiştir (Aksoy, 1993).

4.3.3 Litoloji

İnceleme alanında çok geniş yer kaplayan Elazığ Magmatitlerinin litoloji birimleri, başlıca derinlik; diyoritik, granitik kayalar ve yüzey kayaları; bazaltik yastık lavlar ile temsil edilmektedir (Şekil 4.1).

Yazgan ve Asutay (1981), Elazığ ve civarında yaptıkları incelemeler sonucu, birimin karmaşıktan çok düzenli bir istif sunduğunu belirtmişlerdir. Asutay (1985, 1988), Kömürhan-

Baskil yöresinde yapmış olduğu çalışmalarda bu magmatitlerin petrografik, petrolojik ve jeokimyasal özelliklerini, derinlik kayaçlarını incelemiştir ve en sık izlenen damar kayaçları diyabazlar olup Elazığ Magmatitleri'nin I-Tipi granitoidleri olduğunu belirtmiştir.

Bingöl ve Beyarslan (1995, 1996), Elazığ Magmatitleri'nin birbirini kesen diyorit, tonalit ve granodiyorit ile bazaltik yastık lavlar, andezitik lav akıntısı ve piroklastikler, volkanoklastikler ve Kömürhan Ofiyolitleri'ne ait gabrolar, tüm derinlik ve yüzey kayaçlarını kesen granit bileşimli derinlik kayaçları ve dasidik bileşimli yüzey kayaçları ile volkanosedimanter birimlerden oluştuğunu belirtmişlerdir (Şekil 4.1).

Turan vd. (1995) ve Dumanlılar vd. (2005)'ne göre, Gabro-diyoritik kayaçlarla temsil edilen ada yayı toleyitleri, bazaltik-andezitik kayaçlar ve volkanosedimanterleri karakterize eden ada yayı ürünleri ve çarpışma granodiyoritlerinden oluşan Elazığ Magmatitleri Geç Kretase'de kuzeye dalmasının bir sonucu olarak kısmen okyanusal kısmen de kıtasal kabuk üzerinde gelişmiş yay ürünleridir.

4.3.4 Yaş

Yazgan (1983, 1984), Baskil yöresindeki çalışmalarında ilk defa radyometrik (K:Ar) tayin yöntemini kullanarak Elazığ Mağmatitleri'nin derinlik kayaçlarının Koniasiyen-Santoniyen (82- 86 m.y.) ve volkanik kayaçların Kampaniyen (74-80 m.y.) yaşında olduğu saptanmıştır (Aksoy, 1993).

Birimin yaşı radyometrik yaş tayini ve karmaşık içerisindeki tortullardan alınan örneklerde saptanan fosillere dayanarak geniş aralıkta Senoniyen olarak verilmiştir (Turan ve Bingöl, 1991).

4.3.3. Oluşum ortamı

Doğu Toroslar'ın orta kesiminde Malatya-Elazığ arasında bulunan çalışma alanında, Alt Jura-Alt Kretase sürecinde, Bitlis-Pütürge Masifi'nin kuzeyi ile Keban Metamorfikleri'nin güneyinde okyanusal bir kabuk oluşmuştur (Yazgan, 1984; Asutay, 1985). Bu süreçteki genişleme rejimi, Alt Turoniyen'den itibaren yerini sıkışma rejimine bırakmıştır. Sıkışma sonucunda, okyanusal kabuğun kuzey kenarı önce kendi eşdeğeri olan okyanusal kabuk altına, ilerleyen aşamada ise Keban mikro kıtasının altına dalarak, yay mağmatizmasının (Elazığ Magmatitleri) oluşumu sağlanmıştır (Yazgan, 1981). Elazığ Magmatitleri, büyük bir olasılıkla Keban ve Arap platformu arasında gelişmiş bir okyanusun, kuzeye doğru yani Keban kıtacığının altına dalmasının ürünü olmalıdır (Yazgan, 1984; Asutay, 1985).

Elazığ magmatik kayalar, düzenli bir istif ve bir karmaşık olarak (Yüksekova Karmaşığı, Elazığ Karmaşığı gibi) yorumlanamaz ve bütünüyle kıta kenar magmatizması özellikleri gösteren kalkalkalen bir magmadan türemiştir (Asutay, 1986).

4.4 Seske Formasyonu

4.4.1 Tanım

Çakıldaş, kumtaşı ve üste doğru kireçtaşı ile temsil edilen birim, ilk kez Erdoğan (1975), tarafından Gölbaşı (Adıyaman) dolayında yer alan Seske köyü civarında adlandırılmış ve tanımlanmıştır. Ayrıca, Perinçek (1979); Naz (1979); Yazgan (1983); Bingöl (1984); Asutay vd. (1986); Yılmaz vd. (1992), tarafından Malatya-Elazığ dolayında yapılmış olan çalışmalarda da aynı adla kullanılmıştır.

4.4.2 Dağılım

Çalışma alanında bütünüyle kireçtaşlarıyla temsil edilen bu birim, inceleme alanının güneydoğusunda yüzeyleme vermektedir (Şekil 4.1).

Baskil ilçesi kuzeyinde Hasandağı civarında, Kömürhan köprüsünün kuzeyinde, Hırsıztaşı Tepe ve Harabekayış yakınlarında rastlanan birim Elazığ Magmatitleri' ne ait granitoidler üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (Türkmen vd., 2001).

Hırsıztaşı Tepe ve Kale Tepe civarında yüzeyleyen birim yaklaşık D-B doğrultulu, güneye doğru eğimli kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Elazığ Magmatitleri'ne ait plütonik kayaların üzerinde uyumsuz olarak bulunur (Gerçek, 2005).

4.4.3 Litoloji

Genellikle orta kalın tabakalı, açık gri, sarımsı boz renklerde masif kireçtaşlarından oluşur (Turan vd., 1995; Türkmen vd., 2001). Birimin tabanında gözlenen kırmızımsı çakıldaşları bazı araştırmacılar tarafından Seske Formasyonu'nun taban konglomerası olarak incelenmiştir. Birim yer yer tektonizmanın etkisiyle yüksek eğim açısı değerlerine sahip olarak izlenmektedir (Rızaoğlu, 2006).

Seske Formasyonu için Balçık vd. (1978), konglomera çimentosunda düşük tenörde demir ve mangan olduğunu belirtmektedir. Baskil çevresinde yüzeylenmekte ve kendisinden daha yaşlı birimlerin üzerinde, düzensiz boylanmalı kırmızımsı ve limonit sarımsı renkli konglomeralar ile birlikte, transgresif olarak bulunmaktadır (Gerçek, 2005).

4.4.4 Yaş

Yazgan (1984), birimi bölgede yer alan Harami Formasyonu ile birlikte değerlendirerek Üst Kretase-Paleosen yaşını vermiş olup Özkul (1988) ve Turan ve Bingöl (1991) ise Üst Paleosen-Alt Eosen yaşını öngörmüşlerdir. Özgen vd., (1993) ise Harami, Kuşçular ve Seske Formasyonlarını birlikte değerlendirerek Üst Maastrichtiyen-Tanesiyen yaşlı Harabekayış Formasyonu adı altında incelemiştir. Asutay (1987), Türkmen vd., (2001) çalışma alanı ve yakın çevresinden aldığı fosil topluluğu örneklerinin yaşının Üst Paleosen-Alt Eosen olarak tesbit etmişlerdir. Birimin yaşı, çoğu araştırmacı tarafından Üst Paleosen-Alt Eosen olarak benimsenmiştir.

4.4.5 Oluşum ortamı

Elazığ yöresinin Eosen stratigrafisi ile ilgili yapmış oldukları çalışmada daha önceki bütün çalışmalarda belirtilenin aksine Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Seske Formasyonu ile Orta Eosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu arasındaki dokanağın uyumlu olduğunu ifade etmişlerdir (Şekil 4.1). Tersiyer'deki ilk transgresyon ürünü olan neritik kiretaşları, Seske Formasyonu adı altında incelenmiştir (Turan vd., 1995; Türkmen vd., 2001).

4.5 Maden Karmaşığı

4.5.1 Tanım

Birim ilk kez Ketin (1983), tarafından Çermik (Diyarbakır) çevresinde Maden Serisi olarak adlandırılmış ve Koçali Karmaşığı da bu seriye dahil edilmiştir. Birim ilk defa Maden Karmaşığı adıyla Perinçek (1979), tarafından adlandırılmıştır.

Rigo De Righi ve Cortesini (1964), birimi, “Maden Birimi” olarak adlandırmışlardır. Özkaya (1974), aynı birimi " Sason-Baykan Grubu " olarak tanımlarken; Baştuğ ve Açıkbaş (1974) ile Sungurlu (1975), yaptıkları çalışmalarda birime "Baykan Karmaşığı" ismini vermişlerdir. Maden yöresinde incelemeler yapan Erdoğan (1977) ise birimi "Maden Grubu" olarak tanımlamıştır. Daha sonra birçok çalışmada (Yazgan, 1981-1984; Aktaş ve Robertson, 1984; Bingöl, 1984; Sungurlu vd., 1985), “Maden Karmaşığı” olarak tanımlanmış ve kullanılmıştır. Bu çalışmada da Maden Karmaşığı adı kullanılmıştır.

4.5.2 Dağılım ve konumu

Birimin en iyi yüzeyleme verdiği yerler, Elazığ'ın Maden ilçesi civarıyla Diyarbakır'ın Ergani ilçesi arasındadır (Perinçek, 1979). Birimin genel dağılım alanı, doğuda Palu ilçesinin doğusu ve Arıcak ilçesinin kuzey kesimlerinden başlayarak, Malatya'nın güneyi ve

Adıyaman'ın kuzey kesimlerine kadar uzanan yaklaşık KD-GB doğrultusunda ve Doğu Anadolu Fayı'na paralel bir zon kapsar (Şekil 4.1). Bu zon içerisinde Palu-Hazar gölü arasında fayın güney kesimlerinde daha geniş bir dağılım gösterirken, bu geniş yüzeylemeler Hazar Gölü' nün güneybatı kesiminden itibaren Adıyaman ilinin kuzeyine kadar, fayın ise kuzeyinde kalan alanlarda yer alır (Çelik, 2003).

4.5.3 Litoloji

Çalışma alanında yüzeyleyen birim, bazik volkanik lavlar, dayklar, piroklastik kayaçlar ve havza içi kökenli kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır (Turan vd., 1995).

Birimi inceleyen araştırmacıların bir kısmı Rigo de Righi ve Cortesini (1964), birimin Hazar Grubu üzerinde uyumlu olarak bulunduğunu belirtmektedirler. Bir kısım araştırmacı (Perinçek, 1979; Özkan, 1982) ise havza tabanının oldukça engebeli ve havza geometrisinin düzenli olmayışından kaynaklanan sebeplerden dolayı bu ilişkinin bazı yerlerde uyumlu, bazı yerlerde de uyumsuz olduğunu belirtmektedirler.

4.5.4 Yaş

İnceleme alanında yüzeyleme veren bu birim üzerine çalışma yapan birçok araştırmacı (Perinçek ve Özkaya, 1981; Özkan, 1982; Hempton, 1984, 1985; Perinçek ve Kozlu, 1984; Sungurlu vd., 1985; Özçelik, 1985; Yiğitbaş vd., 1993, Turan vd., 1993) içerdiği fosillerden birimin yaşını Orta Eosen olarak tespit etmişlerdir (Çelik, 2003).

4.5.5 Oluşum ortamı

Maden Karmaşığı'nın Hazar Grubu üzerine uyumlu olarak geldiğini ve aynı havzayı paylaştıklarını belirtmişlerdir (Rigo de Righi ve Cortesini, 1964).

Maden Karmaşığı'nın tabanındaki Bitlis-Pötürge ve Malatya Metamorfitleri ile Guleman ofiyolitleri üzerine uyumsuz olarak geldiği birçok araştırmacı tarafından kabul edilmektedir (Perinçek, 1979; Yazgan, 1981, 1984; Yazgan ve Chessex, 1991). Güneydoğu Anadolu Bindirme Kuşağı boyunca birim; Lice Formasyonu üzerinde tektonik dokanakla durmaktadır.

Birimdeki volkanik kayaçların aktif kıta kenarı yay volkanizma ürünleri olduğu belirtilmiştir (Yazgan, 1981).

4.6 Kırkgeçit Formasyonu

4.6.1 Tanım

Elazığ yöresinde geniş yayılım gösteren bu birim ilk defa TPAO jeologları tarafından Van'ın güneydoğusundaki Kırkgeçit Köyü civarında tanımlanmış ve bu adla kullanılmıştır (Perinçek 1979'dan, Türkmen ve Esen 1997).

Özkul (1988), birimi Marik ve Seherdağ üyeleri olmak üzere iki alt birime ayırarak incelemiştir (Türkmen ve Esen, 1997).

Sirel ve diğ. (1975), Palu çevresinde yaptıkları çalışmada konglomera, kumlu kireçtaşı, algli kireçtaşı ve killi kireçtaşlarından oluşan Orta-Üst Oligosen yaşlı birimi 'Gevla Çayı Formasyonu' olarak adlandırmışlardır (İnceöz, 1994).

4.6.2 Dağılım ve konumu

Elazığ yöresinde geniş bir yayılıma sahip olan formasyon, Elazığ'ın kuzey, kuzeydoğu, doğu yöreleri, Aydınlar, Hankendi, Harput bucaklarında yüzeylemektedir (Turan ve Bingöl, 1991). Elazığ yakın çevresinde Keklik Tepe ve Kızıldağ çevresi ile Miyadin, Sarıyakup ve Ballica köyleri çevresinde yüzeylemeler verir (Aksoy, 1993).

Kırkgeçit Formasyonu, oluşumunu izleyen dönemdeki tektonik hareketlere bağlı olarak, üzerinde çökeldiği Elazığ Mağmatitleri ile birlikte güneye sürüklendiğinden, yarı otokton konumlu bir birimdir (Aksoy, 1993).

4.6.3 Litoloji

Birim genellikle konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı aralanmasından oluşmuştur (Aksoy, 1993).

Birimin tabanını teşkil eden konglomeralar yanal yönde devamlılık göstermemekte olup mercekli geometrilidir. Konglomeralar yer yer düzlemsel yer yer tekneşli çapraz tabakalı bazende yatay tabakalıdır. Çoğunlukla tane destekli olan konglomeralarda, matriks kum ve çakıl boyu malzemedir. Çok kötü boylanmış konglomera merceklerin elemanları baskın olarak Elazığ Mağmatitleri'nden daha az oranda ise Keban Metamorfikleri'nden türemiştir. Türedikleri kaynak alanla ilişkili olarak, bunlardan biri baskın duruma geçmekte ve konglomera seviyesinin rengi belirleyici olmaktadır. Konglomera bloklarının boyutları 1-2 cm'den 20-25 cm'ye kadar değişir.

Kumtaşı-çamurtaşı aralanmaları çoğunlukla sarımsı bej veya boz renklidir. İstifin değişik yerlerinde tamamen çamurtaşı veya kumtaşları baskın hale gelebilmektedir. Aksoy (1991), bu durum birimin denizaltı yelpazesi şeklinde gelişmesinden kaynaklandığını belirtir. Kumtaşları

yer yer yatay yer yerde tekneimsi çapraz tabakalıdır. Kireçtaşları çoğunlukla kalkarenit bileşimli olup 'Nummulites' gibi bentik foraminiferler içerir.

4.6.4 Yaş

Kumtaşları içerisinde bol olarak bulunan başlıca Nummulites, Discocyclina ve Assilina gibi bentik foraminiferlere dayanarak birime Orta Eosen yaşı verilmiştir. Turan ve Bingöl (1991), birimin Orta Eosen-Üst Oligosen yaşlı olduğunu belirtmişlerdir.

4.6.5 Oluşum ortamı

Kırkgeçit Formasyonu sığ deniz ortamlarında derin deniz ortamlarına kadar değişen, farklı tabanlı bir tortullaşma havzasında oluşmuştur (Özkul, 1988, Turan ve Bingöl, 1991).

Kırkgeçit Formasyonu üzerinde yapılan sedimantolojik incelemelerde Kırkgeçit Formasyonu' nun çökeldiği havzanın kuzeyden güneye doğru sığ fasiyeslerden derin deniz fasiyeslerine geçtiği belirtilmiştir. Kırkgeçit Formasyonu sığ deniz, şelf, kanyon, yamaç, yamaç eteği ve havza düzlüğü fasiyesleri ile temsil edilir (Türkmen ve Esen, 1997, Özkul, 1988, Aksoy ve diğ. 1996).

4.7 Alibonca Formasyonu

4.7.1 Tanım

Formasyon ilk defa bu ad altında Soyutürk (1973), tarafından Muş İli kuzeybatısında Alibonca Köyü yöresinde tanımlanmıştır. En geniş ve en iyi yüzeylemelerini Elazığ'ın kuzeyinde kalan Keban, Ağın, Çemişgezek ve Pertek yörelerinde sunan formasyon, tabanında genellikle Keban Metamorfikleri ve yer yer de Yüksekova Karmaşığı ve Kırkgeçit Formasyonu üzerine aşıl uyumsuzlukla gelir (Şekil 4.1). Tavanında ise Karabakır (Çaybağı) ve Palu Formasyonları birimi aşıl uyumsuzlukla örter (Turan ve Bingöl, 1991).

4.7.2 Dağılım ve konumu

Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Alibonca Formasyonu Neo-Tetis denizinin son çökelleri olup Doğu Anadolu Bölgesi'nde geniş yüzeylemeler sunar. Yerel fasiyes değişiklikleri gösteren birimin sedimantolojik özelliklerine yönelik sınırlı sayıda araştırmalar yapılmıştır (Türkmen vd., 1998; Sönmez, 2004).

4.7.3 Litoloji

Tabanında sarımsı-kırmızımsı renkli ince (2-10 m) bir çakıltası ve kaba taneli çakıllı kumtaşları ile başlayan formasyon, üste doğru bol lamellibrans kavkıları içeren kumlu

kireçtaşlarına geçer ve en üstte kumtaşı-marn ardalanması ile son bulur. Kumtaşı ve kireçtaşları orta kalın tabakalanmalı, hatta kireçtaşları yer yer masif görünüşlüdür. Çakıltaşları değişik kökenli, boylanma ve olgunlaşması iyi olmayan çakıllardan meydana gelmiştir. Çakıltaşı-kumtaşı ve kumtaşı-kireçtaşı geçişi dereceli olup, kireçtaşları ile kumtaşı-marnlar keskin geçişlidir. En üstte bulunan kumtaşı-marn ardalanması içindeki kumtaşlarının tabanında türbidit akıntısı izleri gösteren tabaka alt yapıları mevcuttur (Turan ve Bingöl, 1991).

4.7.4 Yaş

Turan (1984), formasyona ait kireçtaşı örneklerinde *Miogypsinoidea* sp., *Miogypsinoidea* ssp., *Amphistegina* sp., *Operculina* sp., fosillerini, Perinçek (1979), ise değişik seviyelerde aldığı örneklerde *Heterostegina* sp., *Robulus* sp., *Amphistegina* sp., *Miogypsina* sp., *Globorotalia robulus*, *Globorotalia* cf. *nana*, *Globorotalia obesa*, *Globigerinoides tribolus*, *Globigerina praebulluoides*, *Globigerina venealena*, *Globigerina immaturus*, *Rotalia viennoti*, *Catapidiax dicsimiliz* fosillerini bularak, formasyona Alt Miyosen yaşını vermiştir.

4.7.5 Oluşum ortamı

Alibonca Formasyonu'nun çökeldiği ortam başlangıçta sığ ve hareketli bir ortamı simgelemektedir. Bu ortam giderek derin ve sakin bir ortama dönüşmüş ve bu ortamda türbiditik akıntılarla kumtaşı-marn ardalanmalı çökeller oluşmuştur (Turan, 1984).

4.8 Karabakır Formasyonu

4.8.1 Tanım

Karabakır Formasyonu ilk defa Tunceli ili, Pertek ilçesi Karabakır Köyü yakınında Naz (1979), tarafından tanımlanmıştır (İnceöz, 1994). Daha sonraki yıllarda Tunceli-Elazığ çevresinde yapılan pek çok çalışmada formasyon aynı adla incelenmiştir (Turan ve Bingöl, 1991; Aksoy, 1993; Turan ve diğ. 1993; İnceöz, 1994).

Türkmen (1988), Elazığ doğusunda Çaybağı çevresinde yaptığı çalışmada, konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, kilitaşı, marn, kireçtaşı, tüfit ve bazaltlardan oluşan ve Karabakır Formasyonu'na litolojik açıdan çok benzeyen Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı birimi 'Çaybağı Formasyonu' olarak adlandırmıştır (İnceöz, 1994).

İnceleme alanını da kapsayan çalışmada Çetindağ (1989), Pliyosen oluşuklarını çakıltaşı, silttaşı-kilitaşı-kumtaşı ve kireçtaşı olmak üzere üç bölüme ayırarak incelemiştir.

İnceöz (1994), Harput (Elazığ) yakın kuzeyi ve doğusunda yapmış olduğu jeolojik incelemelerde Karabakır Formasyonu'nu Konglomera üyesi ve Bazalt üyesi olmak üzere iki üyeye ayırarak incelemiştir.

4.8.2 Dağılım ve konumu

Karabakır Formasyonu, otokton konumlu bir birimdir (Aksoy, 1993).

4.8.3. Litoloji

Elazığ çevresinde Karabakır Formasyonu, bazalt, tuf, aglomera, kumtaşı, çamurtaşı, kıltaşı, kireçtaşı ve marnlardan oluşmuş olup kalınlığı 250-300 m'yi bulur (Sungurlu ve diğ. 1985). Çaybağı Formasyonu ise konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, kıltaşı, marn, kireçtaşı ve tüfitlerden oluşmuş olup bazalt içermektedir. Kalınlığı ise 700 m'ye kadar çıkar (Türkmen, 1991).

4.8.4. Yaş

Türkmen (1991), Elazığ doğusunda Çaybağı Formasyonu'na ait sedimanter kayalar üzerinde yaptığı çalışmada, formasyona kesin yaş verebilecek fosillere rastlamadığını, ancak litolojik ve stratigrafik konumunu dikkate alarak Üst Miyosen-Pliyosen yaşında olacağını belirtmiştir.

Turan ve Bingöl (1991), Elazığ çevresinde birimi inceleyip, birimin stratigrafik konumunu dikkate alarak Üst Miyosen-Pliyosen yaşını uygun görmüştür.

Aksoy (1993), Elazığ batı ve güneyinde yaptığı genel jeolojik amaçlı çalışmasında inceleme alanının stratigrafik konumunu dikkate alarak birimin Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı olabileceğini belirtmiştir.

İnceöz (1994), Harput (Elazığ) yakın kuzeyi ve doğusunda yapmış olduğu jeolojik incelemelerde, Karabakır Formasyonu'nun stratigrafik konumunu dikkate alarak Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşını uygun görmüştür.

4.8.5. Oluşum ortamı

Karabakır (Çaybağı) Formasyonu tümüyle karasal (göl ve nehir) ortam çökelleri ve karasal volkanizma ürünleri ile temsil edilir (Turan ve Bingöl, 1991).

Türkmen (1991), Elazığ doğusunda Çaybağı Formasyonu'na ait sedimanter kayalar üzerinde yaptığı çalışmada, formasyon içerisinde örgülü nehir, menderesli nehir ve gölsel litofasiyes toplulukları ayırt edilmiştir. Araştırmacı, örgülü nehir litofasiyes topluluklarını iri taneli zayıf çimentolu, yer yer kırmızı konglomera mercekleri içeren tekneimsi çapraz tabakalı

ve çakıllı masif kumtaşlarının oluşturduğunu; görsel litofasiyes topluluklarını ise organik maddece zengin kilaşları ve tüflü killi karbonatların oluşturduğunu belirtmiştir.

4.9 Alüvyal Malzeme

İnceleme alanında irili ufaklı birçok dere mevcut olup bu dereler boyunca bölgede yüzeyleyen metamorfik, magmatik ve sedimanter birimlerden parçalar içeren alüvyonlar gözlenmektedir. Malatya-Elazığ yol güzergâhı ile irili ufaklı birçok dere boyunca alüvyal materyal çökelimleri izlenmektedir. Çalışma alanında alüvyal malzemelerin boyutları blok ve çakıl boyutundan kum, kil ve silt boyutuna kadar oldukça geniş aralıkta tane boyu dağılımı sunmaktadır (Şekil 4.1).



5. ANALİTİK YÖNTEMLER

5.1 Nehir sediment örneklerinin element analiz yöntemleri

Bu çalışmada, örnek alım yöntemlerini geliştirmek, uygun tane boyu ve analiz yöntemlerini saptamak için yönlendirme çalışmaları önceden yapılmamıştır. Önceki çalışmalar ışığında (Kalender ve Bölücek, 2007; Kalender ve Uçar, 2013), 40 adet kıyı sediment örneği, morfolojinin elverdiği ölçüde akan su kütesine yakın kıyılardan alınmıştır (Şekil 5.1). Çok iri taneli kırıntıların bulunmaması için örnekler, yaklaşık 10 cm derinlikten alınmış ve 2mm'lik elekten geçirilmiştir. Alınan yaklaşık 2 kg ağırlığındaki nehir sediment örnekleri naylon torbalara konularak her biri numaralandırılmış ve oda sıcaklığında kurutulmuşlardır. Kurutulduktan sonra, analize uygun tane boyutu fraksiyonlarının belirlenmesi için (-200 mesh) 75 µm elek boyutlarına elenmiştir. Eleme işleminde yaklaşık 15 g örnek tartılarak poşetlere bırakılarak numaralandırılmıştır. Analiz edilecek örnekler 0,5 gr olarak alınmış ve HCl-HNO₃-HF asit ile çözündürülen örnekler element içerikleri bulunmak üzere ACME Analitik Laboratuvarlarında (Acme Analytical Laboratories Ltd., Kanada) ICP-OES (Inductively Couple Plasma-Optic Emission Spectrometre) ile nadir toprak element analizi yapılmıştır.



Şekil 5.1. Örnek alımı ve laboratuvar çalışmaları.

5.2. İzotop analiz yöntemleri

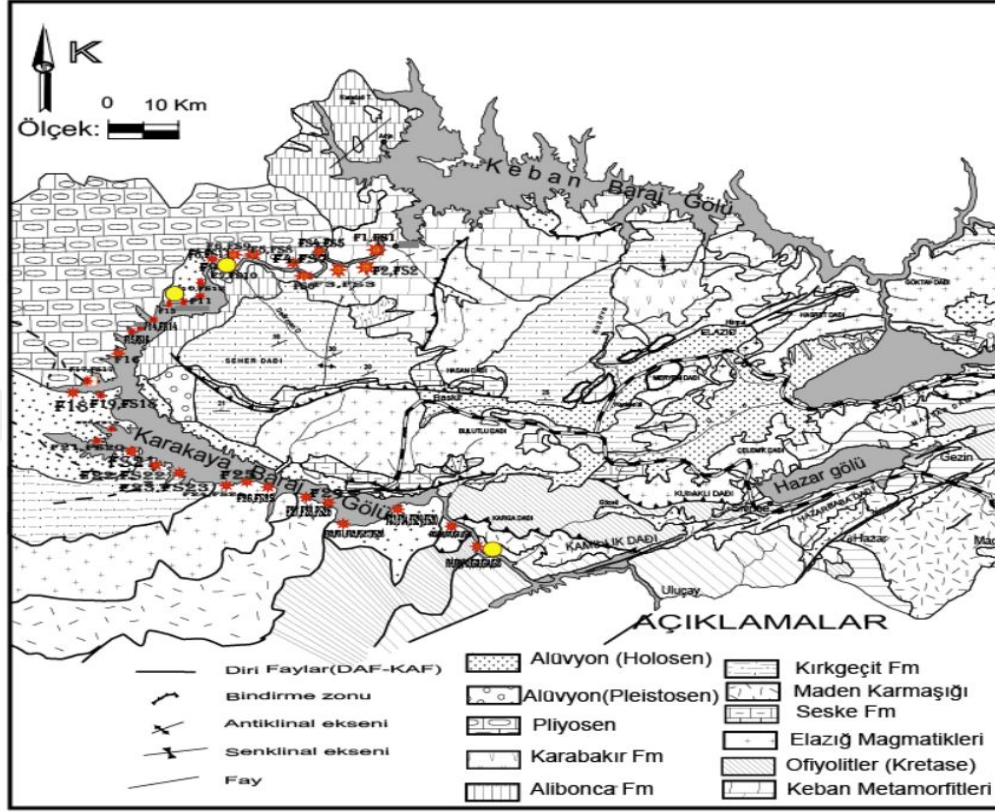
Dere sediment örnekleri kimyasal analizler için Fırat Nehri akım yönü boyunca Keban-Karakaya Barajı arasından 40 farklı noktadan alınmıştır. Sr/Nd izotop analiz örnekleri ise, ilk 10 sediment arasından bir örnek (F7), ikinci grup sediment örneği arasından bir (F12) ve

üçüncü grup sedimentler arasından bir örnek (F40) olmak üzere toplam üç örnek alınmış stronsiyum ve neodmiyum izotop jeokimyası deneyleri ve analizler ODTÜ Jeokimya Laboratuvarlarında yapılmıştır. ODTÜ Merkez Laboratuvarı (Ar-Ge Eğitim ve Ölçme Merkezi, Radyojenik İzotop Laboratuvarı)'nda Köksal ve Göncüoğlu (2008)'de detayları ve koşulları verilen metodlardan uyarlanmış olan TLM-ARG-RİL-01 (Sr İzotop Oranı Analizi Deney Talimatı) ve TLM-ARG-RİL-02 (Nd İzotop Oranı Analizi Deney Talimatı) talimatları uygulanarak yapılmıştır. Tartım, kimyasal çözme ve kromatografi işlemleri 100 temizlik standardında temiz laboratuvar koşullarında, ultrasaf su ve kimyasallar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir kayaç pudrası örneğinden yaklaşık 80 mg tartılarak PFA şişelere aktarılmıştır. Numuneler, 4 mL % 52 HF içinde 4 gün süreyle 160 °C' lik ısıtıcı tabla üzerinde bekletilerek tamamen çözülmüştür. Isıtıcı tabla üzerinde kurutulan örnekler önce 4 mL 6 N HCl içinde bir gün süreyle çözülmüştür. Numuneler daha sonra tekrar ısıtıcı table üzerinde buharlaştırılıp kurutularak 1 mL 2,5 N HCl içine alınmış ve kromatografiye hazır duruma getirilmiştir. Stronsiyum elementi, 2,5 N HCl asitle 2 mL hacimde Bio Rad AG50 W-X8, 100-200 mesh reçine kullanılarak teflon kolonlarda ayrılmıştır. Stronsiyumun toplanmasından sonra 6 N HCl ile nadir toprak elementleri fraksiyonu toplanmıştır. Stronsiyum, tek Re-filamentleri üzerine Ta-aktivatör ve 0,005 N H₃PO₄ kullanılarak yüklenmiş ve statik modda ölçülmüştür. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr verileri ⁸⁶Sr/⁸⁸Sr = 0,1194'e normalize edilmiştir. Ölçümler sırasında Sr NBS 987 standardı 0,710251±5 (n=2) olarak ölçülmüştür. Neodmiyum elementi, diğer nadir toprak elementlerinden 0.22 N HCl asit kullanılarak, teflon kolonlarda, 2 ml hacimde HDEHP (bis-ethyexyl fosfat) kaplı biobeads -Bio Rad- reçineden geçirilerek ayrılmıştır. Ayrılan Neodmiyum, 0,005 N H₃PO₄ ile birlikte Re- filamente yüklenmiş, çift filament tekniği kullanılarak statik modda ölçülmüştür. Analizler sırasında, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd verileri ¹⁴⁶Nd/¹⁴⁴Nd = 0,7219 ile normalize edilmiş, Nd LaJolla standardı ise 0,511848±5(n=2) olarak ölçülmüştür. Stronsiyum ve Nd izotop oranı ölçüm sonuçları üzerinde herhangi bir bias düzeltmesi yapılmamıştır. Ölçümler, Triton Termal İyonizasyon Kütle Spektrometresi (Thermo-Fisher) kullanılarak çoklu-toplama ile yapılmıştır. Analitik belirsizlikler 2 sigma düzeyindedir.

5.3. Su örneklerinin element analiz yöntemleri

Nehir suyu örnekleri, metal içeriklerinin belirlenmesi için 500 mL'lik polietilen şişeler ile alınmıştır. Örnekler, analiz edilinceye kadar, metallerin çökmemesi ve pH'ı 2 veya 3'e düşürmek için % 65'lik HNO₃ kullanılmıştır. Fırat Nehri akım yönü boyunca Keban-Karakaya Barajı arası toplam 35 adet su örneği alınmış ve Kanada ACME Laboratuvarlarında ICP-OES (Inductively Couple Plasma-Optic Emission Spectrometre) yöntemi ile analiz

edilmiştir. Daha sonra, elde edilen analiz sonuçları farklı istatistik programları kullanılarak sayısal verilerden kurtarılıp, yorumlamaya elverişli hale getirilecektir. Bu amaçla Word, Excel, Adobe Illustrator, SPSS programlarından yararlanılmıştır.



Şekil 5.2. Su ve sediment örnek lokasyon haritası (F7, F12, F40 Nd/Sr izotop örnek noktaları). ★: sediment ve su örnek alım noktaları ● : F7, F12, F40 Nd/Sr izotop örnek noktaları (Jeoloji haritası MTA 2002'den değiştirilerek alınmıştır).

6. JEOKİMYA

6.1. Analitik Bulgular

6.1.1. Fırat Nehri sedimentlerinin element içerikleri ve dağılımları

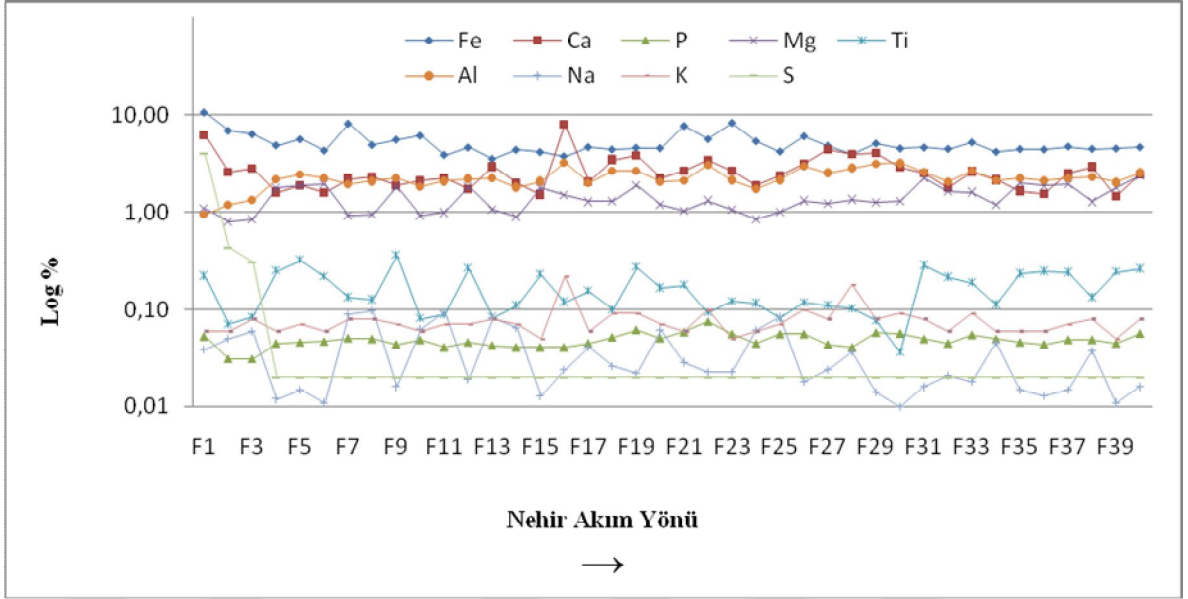
Bu bölüm üç alt başlık altında toplanmıştır. Fırat Nehri sedimentlerine ait ana element, iz element ve NTE jeokimyası aşağıda detaylı bir şekilde anlatılacaktır. Bulgular, tartışma bölümünde literatür kapsamında tartışılarak sediment kalite standartları ve çalışılmış bazı nehir sediment kimyası ile karşılaştırılacaktır.

6.1.2. Ana element jeokimyasal analiz bulguları

Tablo 6.1’de sediment örneklerine ait ana element özet istatistik değerleri verilmiştir. Çokluk sıralamasına göre sedimentler içerisinde $Fe > Ca > Al > Mg > Ti > S > K > P$ ve Na bulunmaktadır. Şekil 6.1’de Keban- Karakaya Barajı arası tüm örnek noktalarında Fe, Ca, Al ve Mg değerlerinin >1 olduğu görülmektedir. <1 olan değerler sırasıyla Ti, K, P ve Na içerikleri olup, S değerleri ilk dört örnekte (F1, F2, F3 ve F4) artarken diğer örneklerde en düşük ana element değere işaret etmektedir. Söz konusu örnek lokasyonları Keban eski maden sahası içerisinde yer almaktadır. Ana element konsantrasyonları yer kabuğu ortalama değerler ile karşılaştırıldığında ortalama sınır değerlerin altında kaldığı görülmektedir.

Tablo 6.1. Ana element içeriklerine ait özet istatistik değerler ve yer kabuğu ortalama değerleri (Vinogradov,1962’den alınmıştır).

	Ortalama	S.Sapma	Ortanca	Maksimum	Minimum	Yer kabuğu ort.
Fe	5,22	1,44	4,67	10,70	3,54	4,65
Ca	2,68	1,27	2,37	7,96	1,45	2,96
P	0,05	0,01	0,05	0,08	0,03	0,093
Mg	1,40	0,42	1,30	2,35	0,80	1,87
Ti	0,17	0,08	0,13	0,36	0,04	0,45
Al	2,22	0,49	2,16	3,17	0,94	8,05
Na	0,04	0,03	0,02	0,10	0,01	2,50
K	0,08	0,03	0,07	0,22	0,05	2,09
S	0,14	0,63	0,02	3,99	0,02	0,047



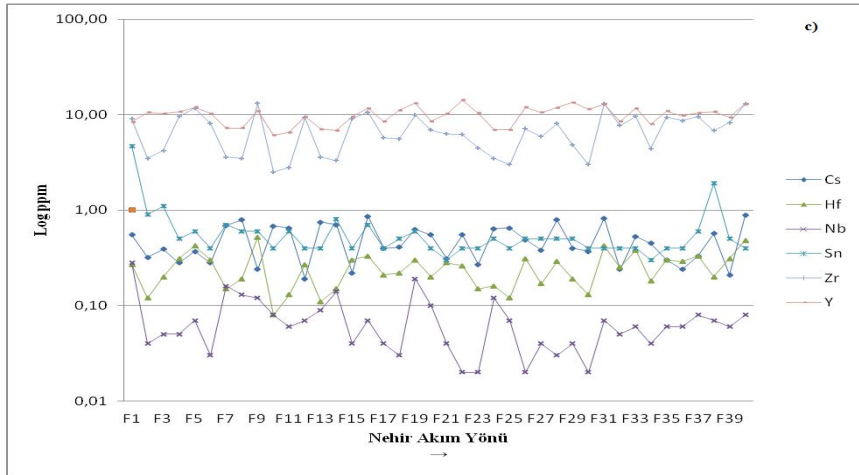
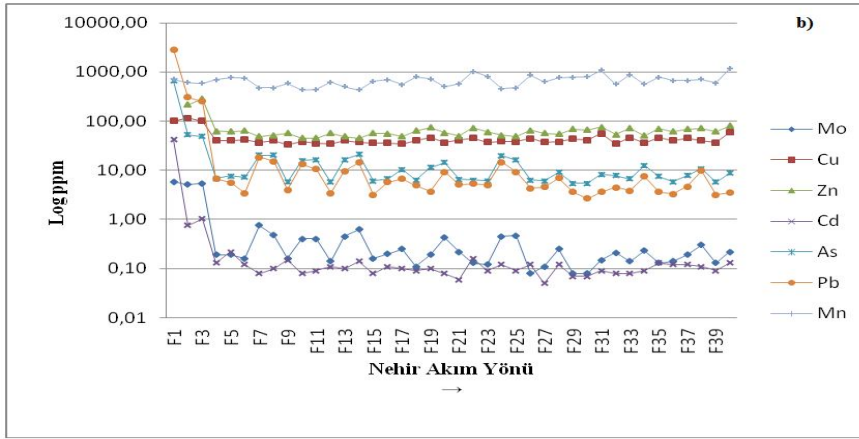
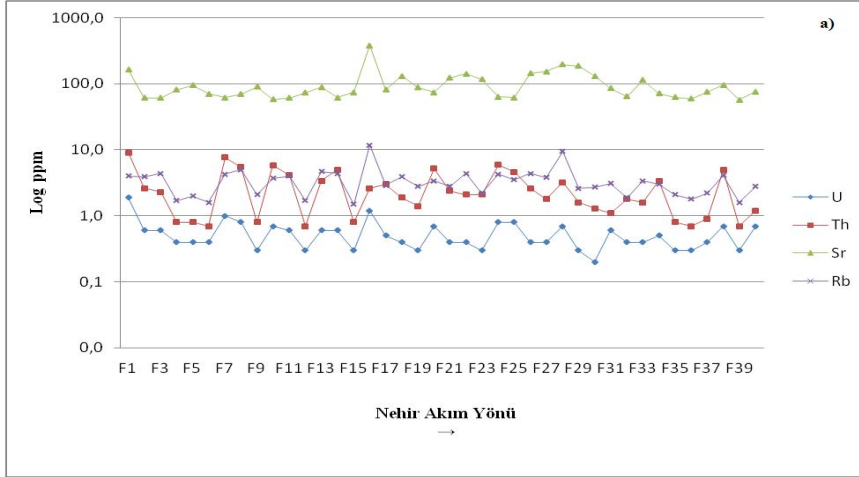
Şekil 6.1. Nehir sediment örneklerindeki ana element içeriklerinin Fırat Nehri akım yönü boyunca dağılımı.

6.1.3. İz element jeokimyasal analiz bulguları

Tablo 6.2'de Fırat Nehir sedimentlerine ait 40 örneğin iz element konsantrasyonuna ait özet istatistik değerler verilmiştir. Şekil 6.2 a'da çokluk sırasına göre $Sr > Rb > Th > U$ şeklinde dağılım gözlenmektedir. Rb hariç Sr, Th ve U değerlerini Keban eski maden alanı içerisinde birlikte artış göstermektedir (F1, F2, F3 ve F4). Söz konusu elementler ayrıca F28 ve F38 nolu örnek noktalarında birlikte artmaktadır. Bu noktaların yakın çevresinde, litolojik olarak Elazığ Magmatitleri'nin granitoyitleri ile Kömürhan Ofiyolitleri'nin yüzeylediği gözlenmektedir (Şekil 5.2). Şekil 6.2 b'de çokluk sırasına göre $Mn > Zn > Cu > As > Pb > 1$; Şekil 6.2 c'de ise; Y ve Zr > 1 sediment örneklerinde diğer iz element konsantrasyonlarının üzerinde zenginleşme göstermektedir. Sediment örneklerinde mg/Kg cinsinden miktarı belirlenen iz element içerikleri, yer kabuğu ortalama değerler ile karşılaştırıldığında, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn, As, Sr, Cd, Sb, Bi, V, Cr, W, Sc, Se, Te ve Sn bakımından 5 ila 100 kat arasında zenginleşmiş olduğu görülmektedir.

Tablo 6.2. Fırat Nehir sedimentlerinin iz element içerikleri (mg/Kg) yer kabuğu ortalaması Vinogradov, (1962)'den alınmıştır.

	Ortalama	S. Sapma	Ortanca	Maksimum	Minimum	Yer kabuğu ortalaması
Mo	0,64	1,41	0,20	5,90	0,08	1,1
Cu	45,35	18,31	40,34	114,86	33,14	47
Pb	20,78	61,82	5,12	308,43	2,68	16
Zn	69,58	44,57	60,10	285,70	45,40	83
Ni	51,87	24,12	52,65	118,00	18,40	58
Co	24,81	6,32	23,15	39,00	15,80	18
Mn	673,13	174,48	660,00	1166,00	435,00	10
As	12,07	10,40	7,80	52,90	5,40	1,7
U	0,55	0,31	0,40	1,90	0,20	2,5
Sr	100,04	58,28	78,40	378,10	57,20	340
Cd	1,20	6,68	0,10	42,38	0,05	0,13
Sb	0,85	2,52	0,46	16,27	0,05	0,5
Bi	0,25	0,48	0,05	2,19	0,02	0,009
V	190,20	91,57	170,50	456,00	99,00	90
Cr	63,50	23,76	57,25	128,50	32,70	83
Ba	44,11	23,84	35,75	147,90	23,00	650
B	4,73	1,60	4,50	8,00	1,00	12
W	3,88	7,35	0,20	20,40	0,10	1,3
Sc	8,98	2,39	8,50	15,20	4,60	10
Tl	0,05	0,09	0,03	0,59	0,02	1
Se	0,13	0,09	0,10	0,50	0,10	0,05
Te	0,03	0,04	0,02	0,25	0,02	0,001
Ga	5,90	1,09	5,45	8,40	4,50	19
Cs	0,48	0,21	0,43	0,88	0,19	3,7
Ge	0,11	0,03	0,10	0,20	0,10	1,4
Hf	0,25	0,10	0,26	0,52	0,08	1
Nb	0,07	0,05	0,06	0,28	0,02	20
Rb	3,50	1,96	3,25	11,80	1,50	150
Sn	0,65	0,71	0,50	4,70	0,30	2,5
Ta	0,05	0,00	0,05	0,05	0,05	1
Zr	6,96	3,10	6,85	13,20	2,50	170
Y	9,99	2,13	10,34	14,19	6,10	29

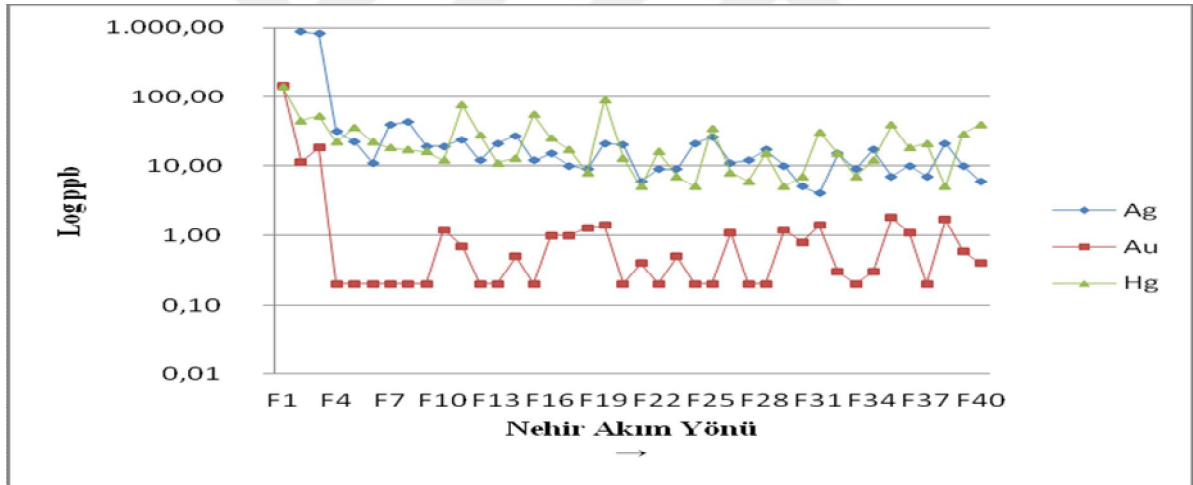


Şekil 6.2. a) U, Th, Sr, Rb dağılımı; b) Mo, Cu, Zn, Cd, As, Pb, Mn dağılımı, c) Cs, Hf, Nb, Sn, Zr ve Y dağılımı.

Tablo 6.3. Fırat Nehir sedimentlerindeki metal içerikleri ($\mu\text{g/Kg}$) ve yer kabuğu ortalaması (Vinogradov,1962'den alınmıştır).

	Ortalama	S. Sapma	Ortanca	Maksimum	Minimum	Yer kabuğu ortalaması
Ag	58,59	186,27	15,00	877,00	4,00	70
Au	7,84	29,35	1,00	147,40	0,20	4,3
Hg	26,20	27,03	17,00	142,00	5,00	83
Pd	10,00	0,00	10,00	10,00	10,00	13
Pt	2,18	0,68	2,00	5,00	2,00	-

Tablo 6.3'de Fırat Nehir sedimentlerindeki Au, Ag, Hg ve Pd ortalama değerleri yer kabuğu ortalamalarının altında kalmaktadır ancak Keban eski maden alanı yakın çevresindeki Fırat Nehir sedimentlerinden alınan örneklerde (F1, F2, F3 ve F4) maksimum değerlerin, yer kabuğu ortalama değerlerinden, Au için 34,18 kat, Ag için, 12,5 kat ve Hg için ise 1,71 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Şekil 6.3'de, bu durum açıkça görülmekle birlikte, Hg ve Ag değerlerinin Au oranla daha fazla zenginleştiğini söylemek mümkündür.



Şekil 6.3. Nehir sediment örneklerindeki Ag, Au ve Hg içeriklerinin Fırat Nehri akım yönü boyunca dağılımı

6.1.4. Nd-Sr izotop bileşimlerine ait analitik bulgular

Bu çalışma kapsamında üç örekte (F7, F12 ve F40) Sr ve Nd izotop bileşim oranları; nehir sedimentlerinin farklı üç lokasyondaki orijinini belirleyebilmek amacıyla kullanılmıştır. Goldstein ve Jacobsen (1987), sedimentlerdeki izotopik bileşimler arasındaki farklılığın mineraller arasındaki alterasyon durumlarını ortaya koymada önemli olduğunu ve ana nehir sistemleri içerisinde element ve partiküllerin taşınmasının, kimyasal ve mekanik alterasyon yoluyla olduğunu bu nedenle, sedimentlerin taşınma proseslerinin anlaşılabilceğini belirtmektedir. Tablo 6.4'de Fırat Nehri akım yönü boyunca F7, F12 ve

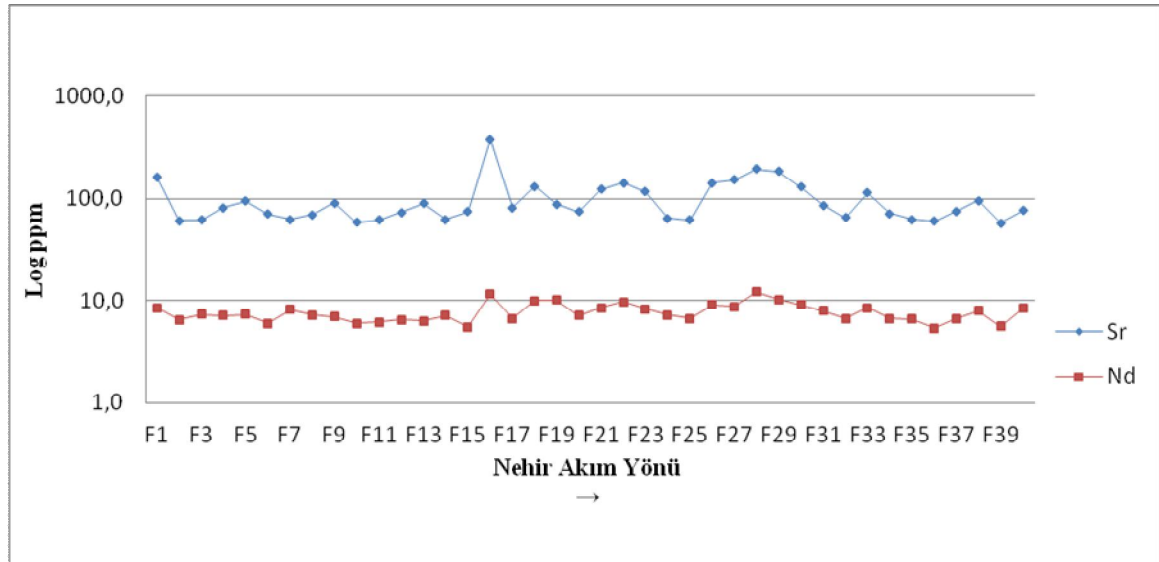
F40 kodlu örnek noktalarında $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotop bileşim değerinin 0,512654, 0,512836 ve 0,512775; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ değerinin ise sırasıyla 0,7053, 0,7048 ve 0,7057 ve formül (1)'e göre hesaplanan $\epsilon\text{Nd}(0)$ değerleri ise, sırasıyla 0,35, 3,9 ve 2,7 olarak belirlenmiştir.

(1) $\epsilon\text{Nd}(0) = \frac{^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(\text{Mesured})}{0,512636-1 \times 10^4} (\text{McDonough vd., 1985; Hensel vd., 1985})$.

Tablo 6.4. Fırat Nehir sediment örneklerinde Sr ve Nd izotop oranları ve hesaplanmış ϵNd ve 1000/Sr değerleri Martin vd, (1999) dan alınmıştır.

Örnek Kodları	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\epsilon\text{Nd}(0)$	1000/Sr
F7	0,512654	0,7053	0,35	16,1
F12	0,512836	0,7048	3,9	13,74
F40	0,512775	0,7057	2,7	13,17
Basaltic soil*	0,711783	0,705603	2,26	3,9
Metased. soil*	0,512501	0,709646	-2,67	6,57
Metagrovak*	0,512847	0,705374	4,08	2,49
Sediments*	0,512805	0,704583	3,26	4,0

Şekil 6.4’de Fırat Nehri akım yönü boyunca Nd ve Sr dağılımı görülmektedir. Dağılım grafiği, çalışma alanı içerisindeki örneklerin tamamında Nd ve Sr içeriklerinin >1 olduğu görülmektedir. Ancak her iki element içeriği yinede yer kabuğu ortalama değer aralığında kalmaktadır. Bununla birlikte, F16 nolu örnek noktasında en yüksek Sr ve Nd değerleri dikkat çekmektedir. F16 örnek noktasının litolojik özelliklerinin (granodiyoritik kayaların) sediment kimyası üzerindeki etkisini göstermektedir.



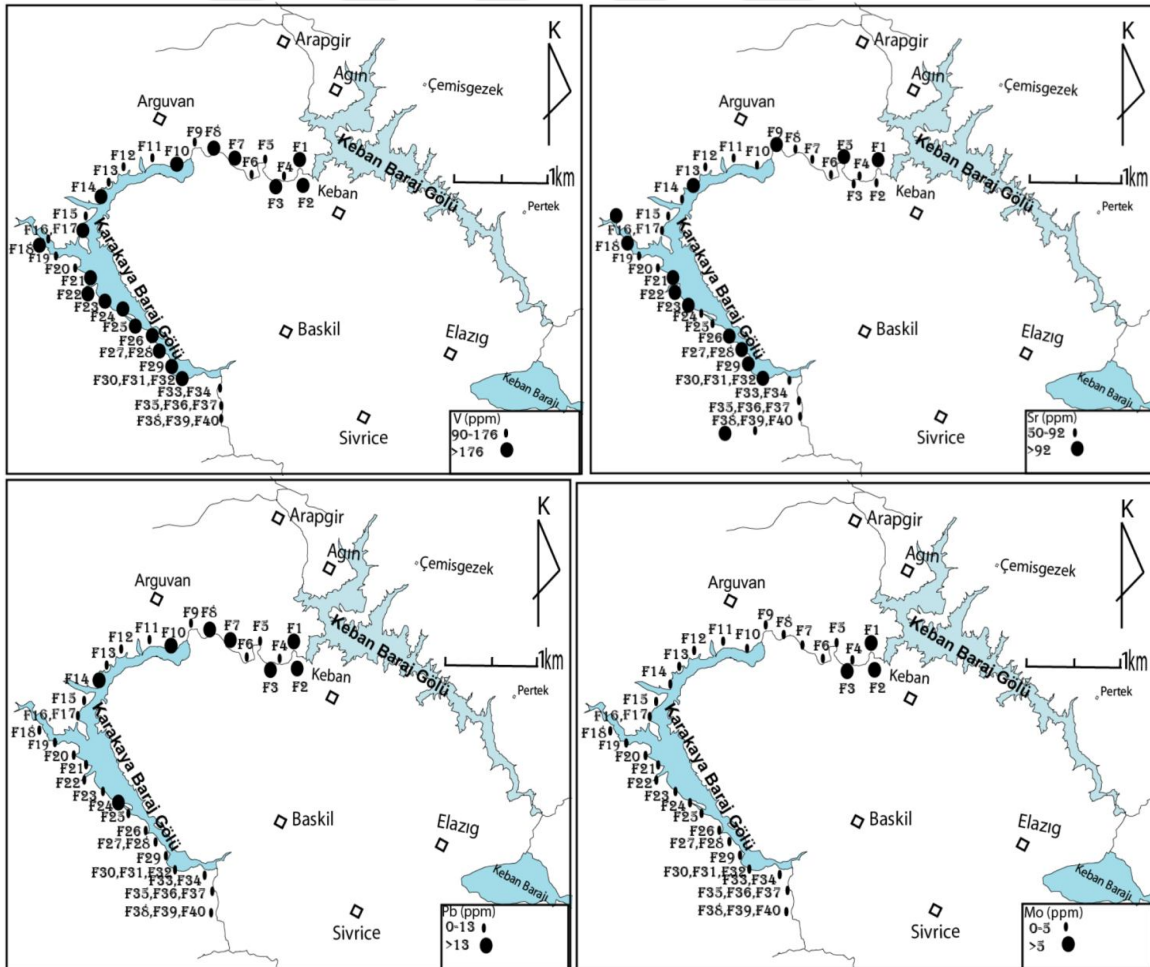
Şekil 6.4. Fırat Nehri akım yönü boyunca Nd ve Sr dağılımı.

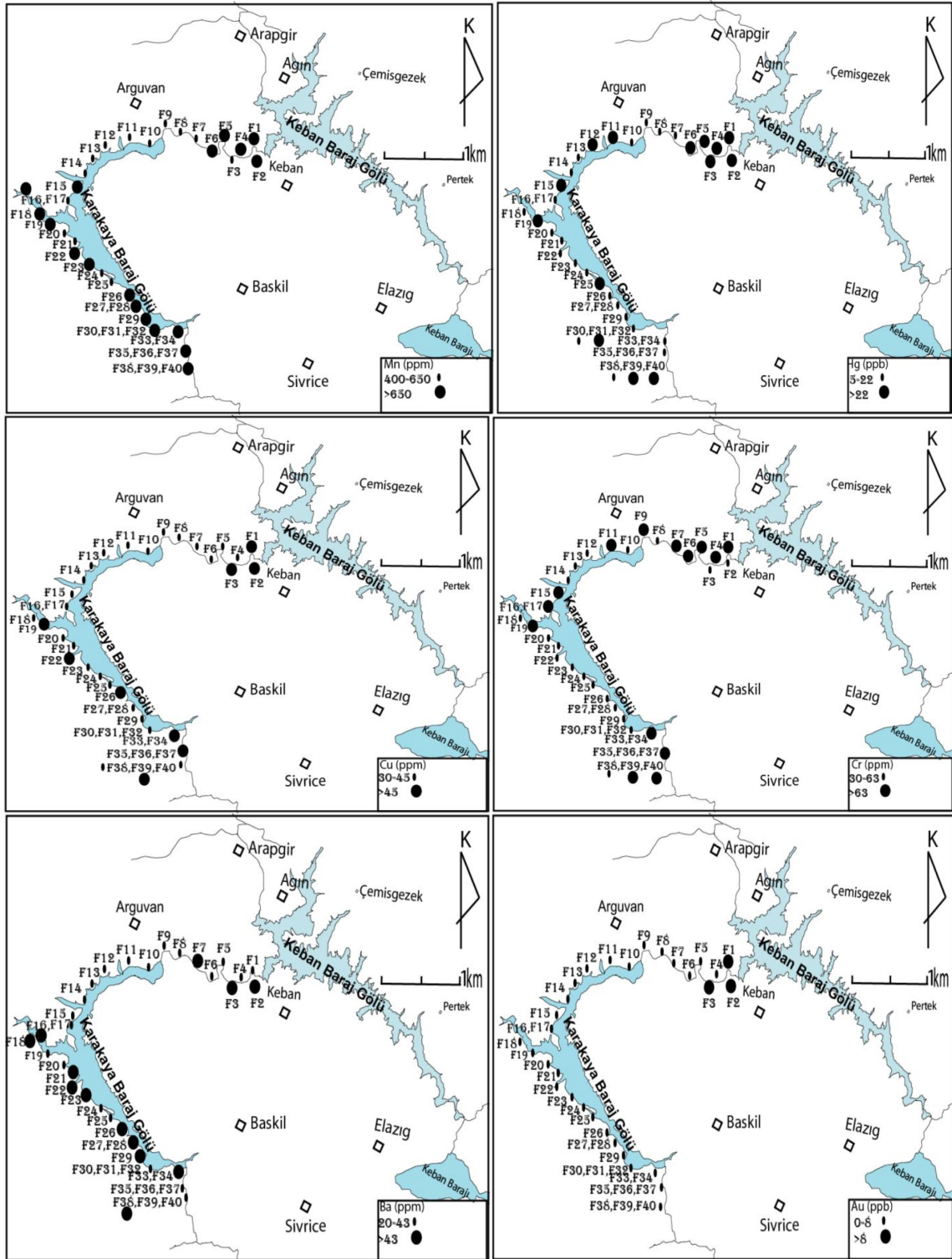
6.1.5. Nehir sediment örneklerindeki bazı metaller ve arseniğin anomali alanları ve sediment kalite standart değerlendirmesi

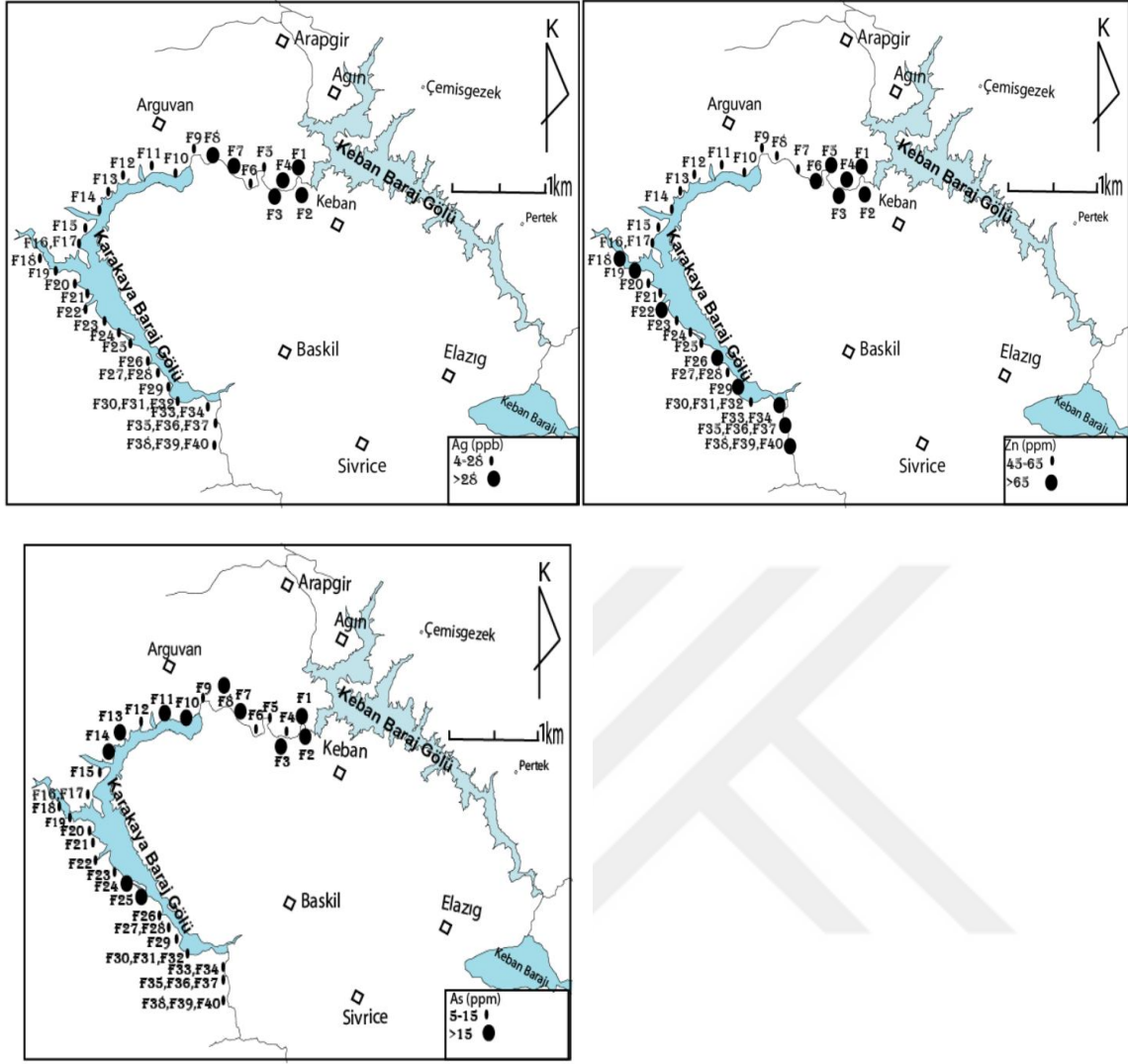
Bu bölümde, kıtasal kabuk ortalama değerlerinden oldukça yüksek olan metallerin ve arsenik için formül (2)'de hesaplanan eşik değerlere göre her bir element için belirlenen anomali alanları örnek lokasyon haritaları üzerinde gösterilmektedir (Şekil 6.5).

(2) Eşik Değer= X (aritmetik ortalama) + 2σ (standart sapma)

Şekil 6.5'de anomali alanları gruplandırıldığında, V, Sr, Mn, Hg ve Zn konsantasyonunun 1 nolu örnek noktası ile 40 nolu örnek noktası arasında eşik değer üzerinde (sırasıyla 90 mg/Kg, 30 mg/Kg, 5 µg/kg, 43 mg/Kg); F1 ile F38 arasında Pb, Ba ve As (sırasıyla 13 mg/Kg, 20 mg/Kg ve 5 mg/Kg) yüksek değerler sunarken; F1'den F40'a kadar Cu ve Cr (30 mg/Kg ve 30 mg/Kg) değerleri eşik değer üzerinde seyretmektedir. Bununla birlikte; Mo, Au ve Ag (5 mg/Kg, 8 µg/kg ve 4 µg/kg) içeriğinin ise sadece Keban eski maden yatağı bölgesinde zenginleştiği görülmektedir (F1 ve F3).







Şekil 6.5. Fırat Nehri akım yönü boyunca dere sedimenti örneklerinden elde edilen verilerin hesaplanmış log eşik değerlerine göre çizilen anomali haritaları.

Tablo 6.5’de Fırat Nehri sedimentleri içerisindeki bazı metaller ve As için hesaplanan eşik değeri ile literatür kapsamında belirlenen eşik etki bileşim değerleri ve sediment kalite değerlendirme kriterleri ile karşılaştırıldığında, As, Cd, Cu, Cr, Ni, Hg ve Ag değerlerinin eşik etki bileşim değerlerinin üzerinde kaldığı anlaşılmaktadır.

Tablo 6.5. Dere kumlarındaki bazı metallerin, ortalama değerleri ile, sediment kalite kriterleri değerleri olan, Eşik etki değeri (TEL), olası etki seviyesi (PEL), en düşük etki değeri (LEL), minimal etki eşik değeri (MET), düşük etki aralığı (ERL), eşik etki konsantrasyonu (TEC) ve olası etki konsantrasyonu (PEC) arasındaki karşılaştırma. Mac Donald vd., (2000) ve Persaud vd., (1993),’de ortaya konmuş sonuçlar kullanılmıştır.

			Eşik Etki Yoğunluğu (Threshold effect concentration)					Sediment Kalite Değerlendirme Kriterleri	
	AQ		PEL	TEL	LEL	MET	ERL	PEC	TEC
	Medyan	Eşik Değer							
As	7,8	15,75	17	5,9	6	7	33	33	9,8
Cd	0,10	6,00	3,53	0,6	0,6	0,9	5	1	5
Cr	57,25	63,07	90	37,3	26	55	80	43	110
Cu	40,34	45,28	197	35,7	16	28	70	32	150
Pb	5,12	13,62	91,3	35	31	42	35	36	130
Ni	52,65	49,01	36	18	120	35	30	23	49
Zn	60,1	65,98	315	123	0,2	150	120	120	460
Hg	17	22,87	0,486	0,174	-	0,2	0,15	1,06	0,18
Ag	15	28,83	-	-	-	-	-	1,1	2,2
Co	23,15	26,41	-	-	-	-	-	50	-

6.1.6. Su örneklerine ait analitik bulgular

Fırat Nehir suyu örnekleri, Fırat Nehri boyunca 1 nolu kum örneğinin alındığı noktadan itibaren Karakaya Baraj Gölü’ne kadar 35 farklı noktadan alınmış ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 6.6’da verilmiştir. Tabloda Fırat Nehir su örneklerinin ortalama ve medyan değerleri yüzey su element içerikleri ile karşılaştırıldığında, Al, Fe, P, Si ve Zn dışında diğer elementlerin ortama değerlerinin normal sınırlar içerisinde olduğu görülmektedir. Ancak maksimum değerlere bakıldığında; Bazı örnek noktalarındaki maksimum değerler Al, Ca, Cd, Cu, Fe, Mg, Mn, P, Rb, Pb, Si ve Zn bakımından yüzey suyu standart değerlerden yüksektir.

Tablo 6.6. Fırat Nehir suyu kimyasal analiz sonuçlarına ait özet istatistik değerleri (µg/L; *mg/L). ** Yeraltı suyu element içerikleri. NRA (1994) ve Enderlein vd., (2010).

Element	Medyan	Ort	Stand Spm	Maksimum	**Yüzey Suyu Ort.	***Yüzey suyu µg/L 1.sınıf-4. sınıf
Al	157	174,46	139	509	-	1,5-75
As	3,60	10,09	35,12	211,60	25EQ	10-360
B	118,00	131,26	30,41	236,00	200eq	-
Ba	38,23	37,71	21,07	146,99	100eq	-
Ca*	49,70	61,27	58,77	390,64	200000B	10-100
Cd	0,05	0,31	1,43	8,51	5eq	0,07-0,53
Cl*	21,00	18,69	6,29	29,00	20000eq	250000y
Co	0,25	0,35	0,39	2,18	0,1	1
Cr	2,10	2,93	2,68	11,80	30eq	1-16
Cu	5,60	19,87	42,61	180,80	30eq	2-18
Hg					1eq	0,003-2,4
Fe	178,00	251,63	387,98	2301,00	200A	300
K*	1,96	2,10	1,59	9,93	5000eq	-
La	0,11	0,21	0,43	2,63	0,2	-
Li	6,90	6,51	3,78	25,10	3	-
Mg*	20,40	24,60	20,85	140,80	50000	50 ^a
Mn	20,43	55,65	141,67	643,74	300EQS	0,05
Mo	1,60	2,02	1,17	7,60	30000	-
Na*	24,10	26,17	4,85	39,11	150000eq	20
Nd	0,15	0,15	0,10	0,38	0,08	-
P	837,00	994,46	1182,23	5352,00	20	-
Pb	0,50	2,33	3,77	14,50	3	0,1-82
Rb	1,31	2,06	4,17	25,57	1	-
S*	15,00	24,97	61,32	377,00	30000	-
Sb	0,70	1,73	2,20	8,40	16	-
Si	2292,00	4501,49	4499,87	12193,00	400	-
Zn	5,00	333,57	888,69	4294,00	100eq	45-120

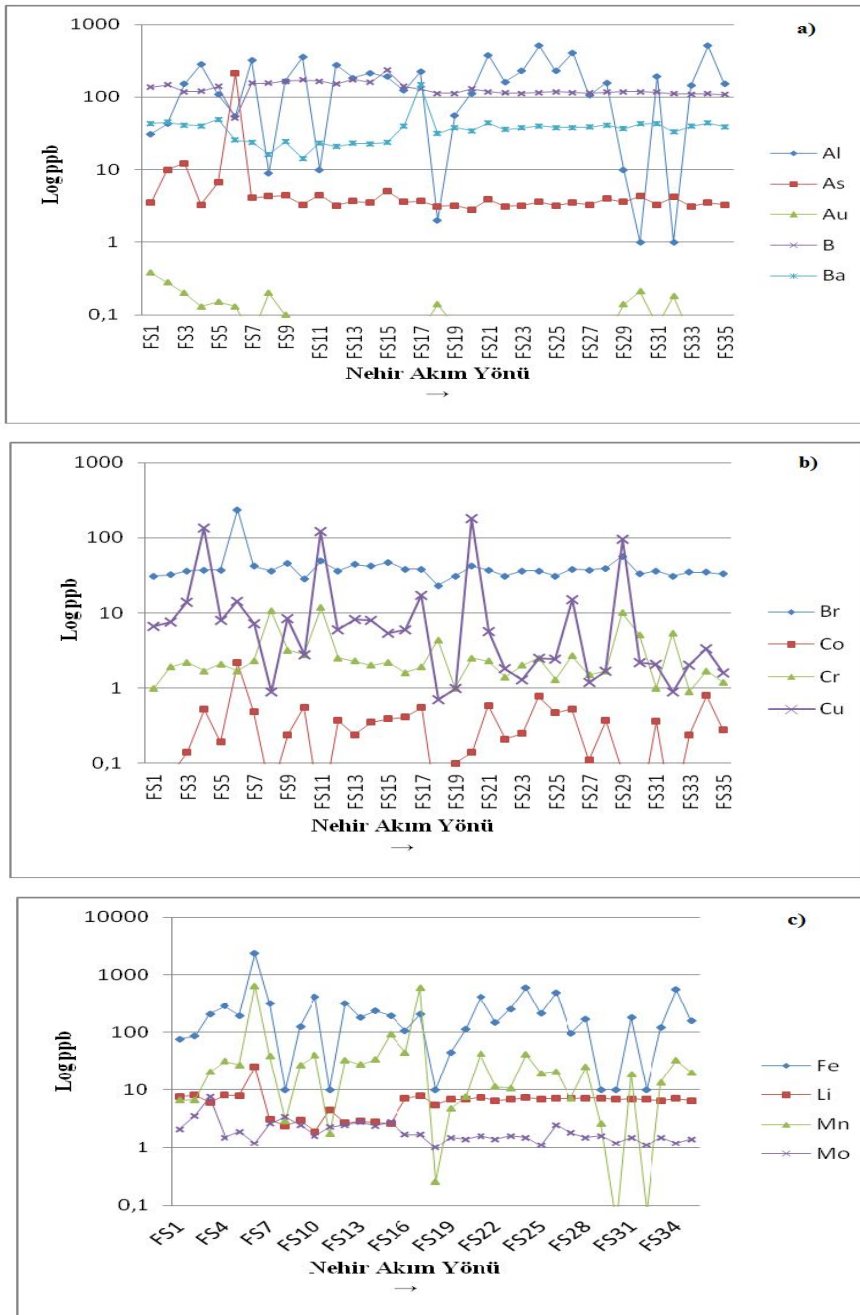
Tablo 6.7. Bazı metallerin Gediz Nehri (Bakac ve Kumru, 2001) ve TSE (1988) ve EPA (1999) ile karşılaştırılması.

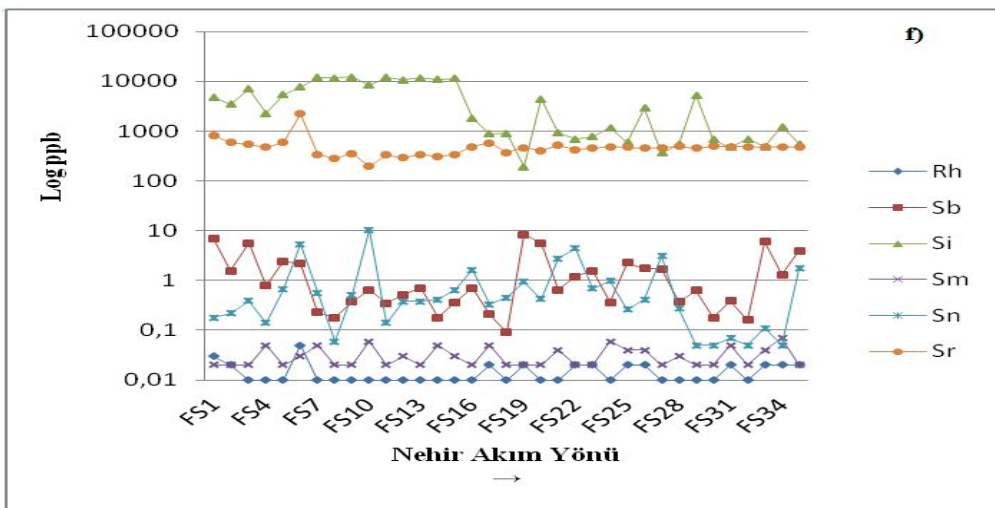
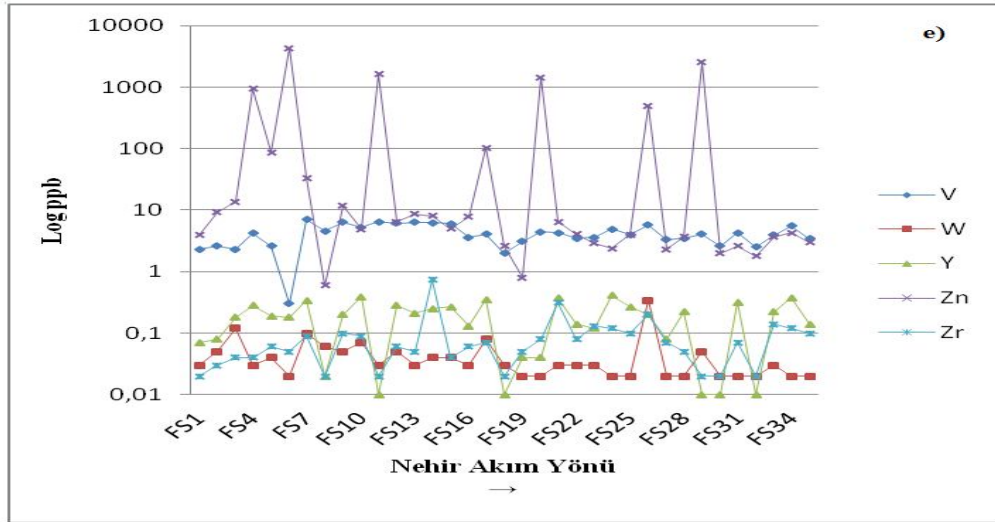
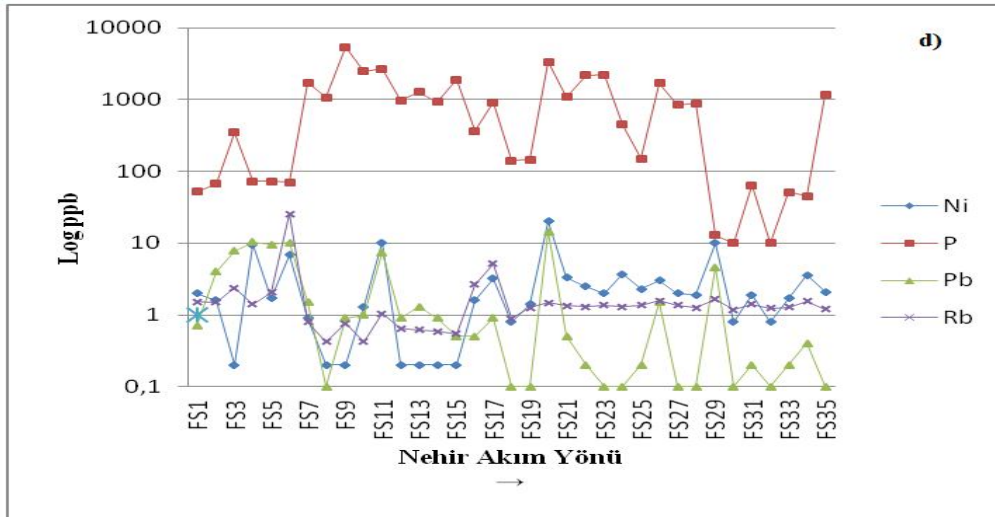
	EPA(µg/l)	TSE(µg/l)	Gediz Nehri(µg/l)	Fırat Nehri(µg/l)
Cd	2,2	3	2-8	0,05
Pb	2,5	20	10-110	0,50
Zn	120	20	3-46	5,00
Cr	11	20	1-17	2,10
Cu	9	20	4-84	5,60

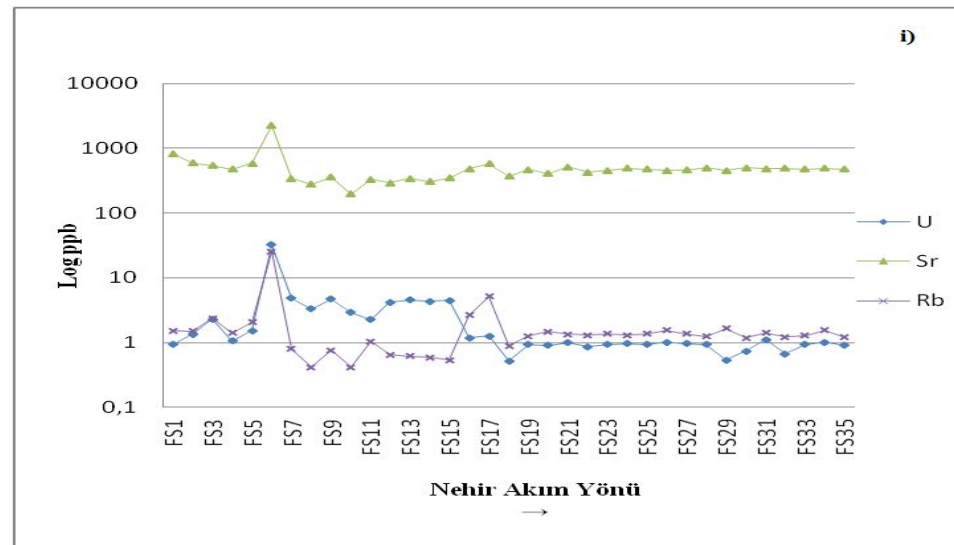
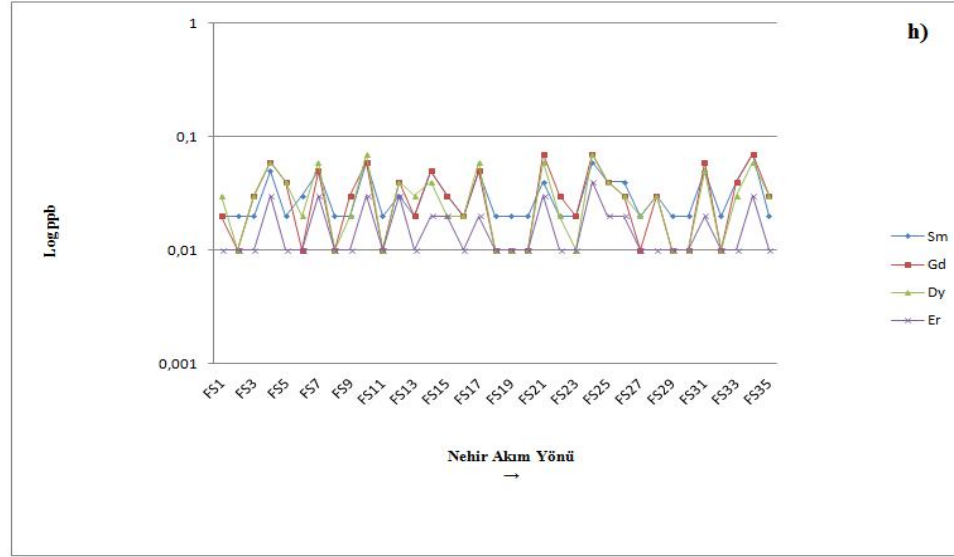
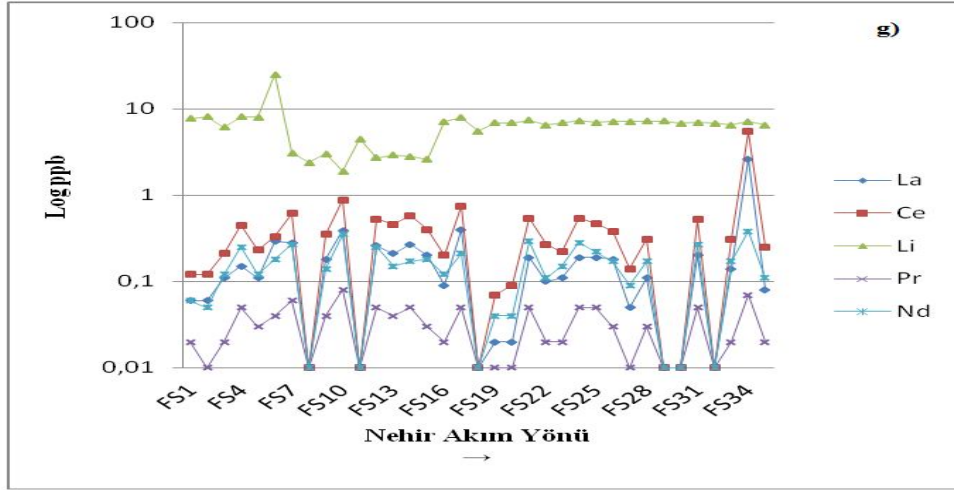
Tablo 6.7’de Fırat Nehir suyunun ağır metaller bakımından, Gediz Nehri’nden daha düşük değerlere sahip olduğu; EPA ve TSE değerleri ile karşılaştırıldığında ise; Cd’un 44,60; Pb’un 5,40; Zn’nun 24,4; Cr’un 5.2; 9,52; Cu’nun ise 1,6 ve 3.57 kat daha düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 6.6 a’da nehir suyu akım yönü boyunca Al, As, B ve Ba >1 olduğu FS17 nolu noktada Ba değerlerinde artış olduğu gözlemlenmektedir. Al içeriklerinin hemen her lokasyonda su örneklerindeki süspansiyon madde derişimine bağlı olarak artış gösterdiği

görülmektedir. As dağılımının ise, Keban bölgesinde asit maden drenaj sularının karışım noktasında yükseldiği görülmektedir. Şekil 6.6 b ve c'de Br hariç Cu, Cr, Co, Fe, Mn, Mo, değerleri akım yönü boyunca su içerisinde litolojiye bağlı artış göstermektedir. Şekil 6.6 d, yüksek P değerleri ve daha düşük oranda Ni, Pb ve Rb içeriği belirlenmiştir. Yüksek P değerleri granitoyitik kayalarındaki apatit alterasyonlarından kaynaklanmış olmalıdır. Şekil 6.6 e ve f'de ise; Si ile Sr ve Zn, V değerlerinin akım yönü boyunca oldukça yüksek değerler sunduğu görülmektedir. Şekil 6.6 g ve h, Li hariç La'dan Lu bütün NTE'nin <1 olduğu görülmektedir. Şekil 6.6 i, F5 ve F19 örnek noktalarında U ve Rb oranındaki artış bu bölgelerdeki asitik kayaç litolojisinden kaynaklanıyor olmalıdır.







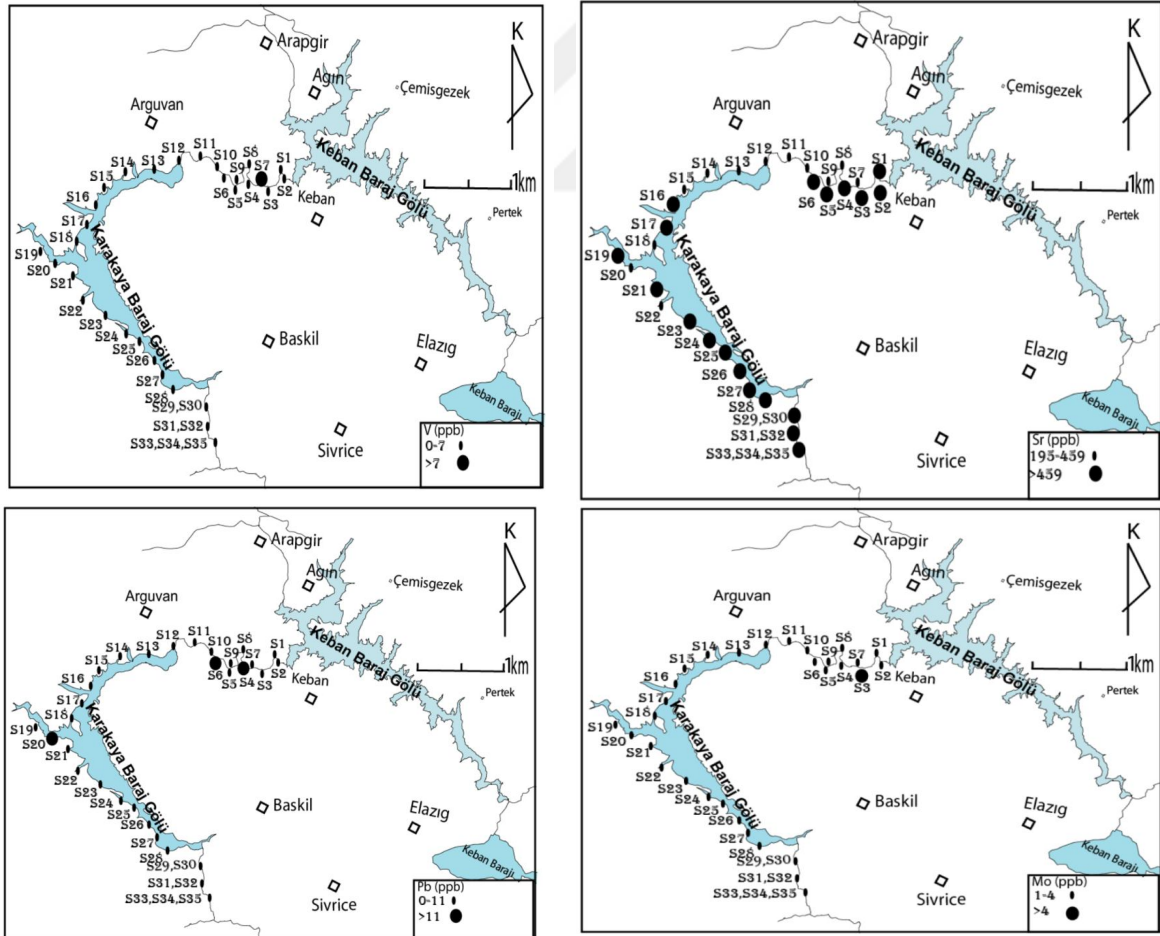
Şekil 6.6. Nehir suyu örneklerindeki element içeriklerinin Fırat Nehri akım yönü boyunca dağılımı.

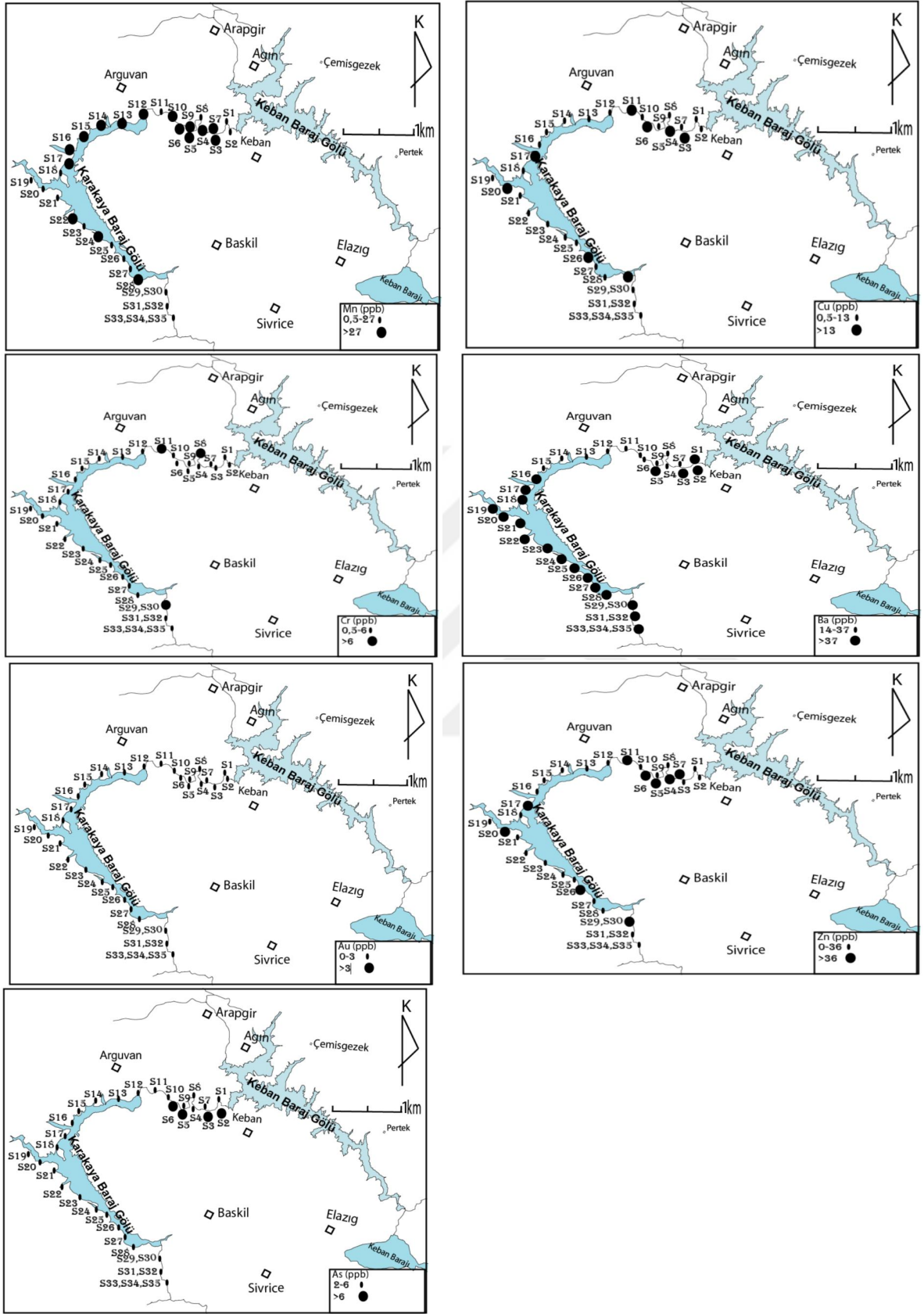
6.1.7. Nehir suyu örneklerindeki bazı metal ve arseniğin anomali alanları

Tablo 6.6'da özet istatistik değerleri verilen ve maksimum değerleri ortalama yüzey suyu içeriklerinin üzerinde kalan bazı metallerin Fırat Nehri akım yönü boyunca (2) deki eşitlikten yararlanarak anaomali alanları belirlenmiştir.

(2) Eşik Değer= X (aritmetik ortalama) + 2σ (standart sapma)

Şekil 6.7'de eşik değer üzerindeki V değerlerinin S7 nolu noktasında Keban eski maden atıklarının hemen güneyinde; Sr'un S1'den S40'a hemen bütün örnek alım noktalarında eşik değer üzerinde görülmektedir. Pb değerleri S7 ve S10 örnek noktalarında >11 $\mu\text{g/L}$ üzerinde, fakat diğer noktalarda daha düşüktür. Mo sadece S2 nolu örnek noktasında zenginleşmiştir. Mn ve Cu, S1 ve S28 ila S30 noktasında; Cr, S7 ve S11, Ba, S1 ile S35 noktaları arasında yer yer zenginleşme göstermektedir. Au 0-3 $\mu\text{g/L}$ arasında akım yönü boyunca S1'den S35'e kadar her noktada aynı değerde olup, Zn değerleri S1 ile S32 arasında; As ise, S1 ile S9 arasında anomali değerler topluluğunu göstermektedir.

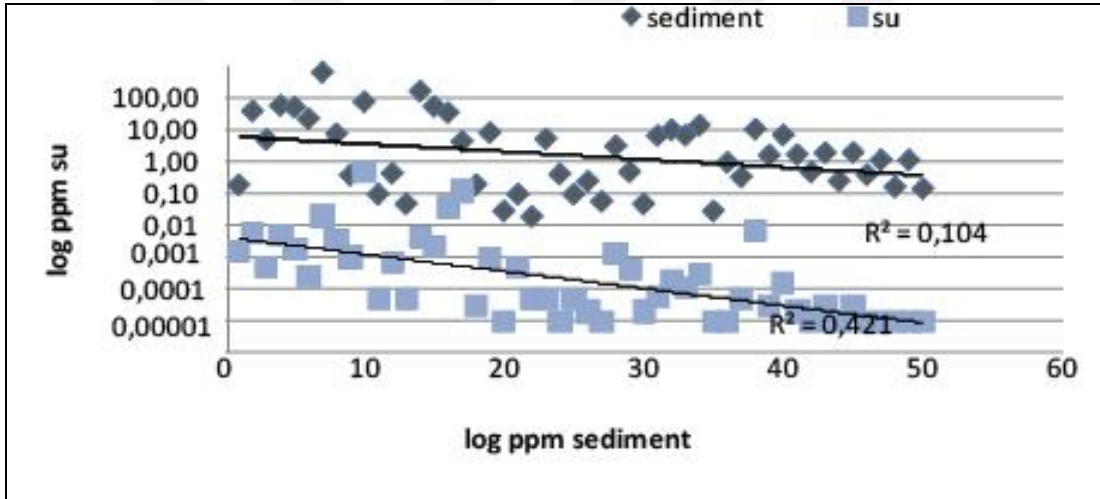




Şekil 6.7. Fırat Nehri akım yönü boyunca su örneklerinden elde edilen verilerin hesaplanmış log eşik değerlerine göre çizilen anomali haritaları.

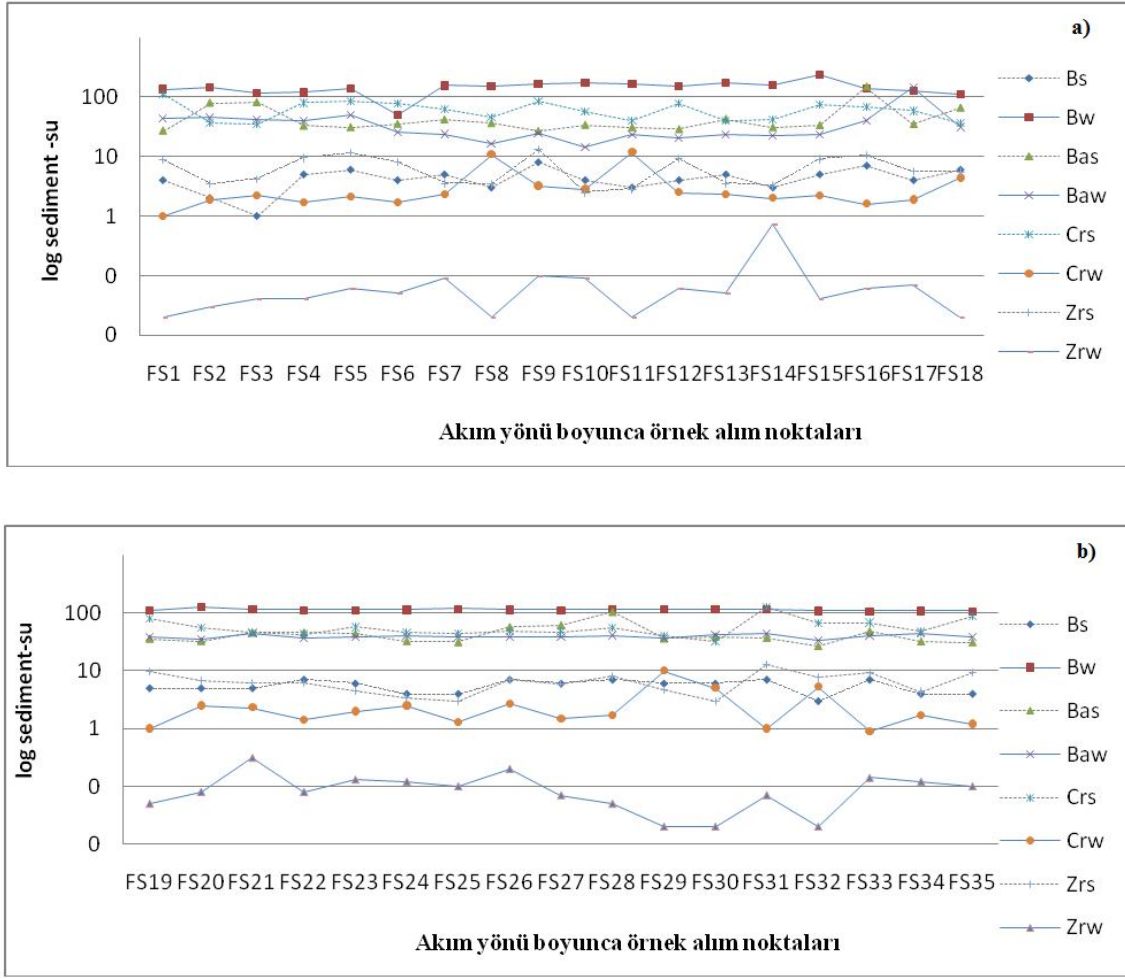
6.1.8. Sedimet-su etkileşimi ve element dağılım ilişkisi

Hem su hem de sediment örneklerinde hesaplanan eşik değerlere göre hazırlanan anomali haritaları karşılaştırıldığında, dere sedimentleri içerisindeki V derişimi 1 nolu örnek noktasından başlayarak, 33 nolu örnek noktasına kadar devam etmektedir. Oysaki su örneklerinde, V sadece 7 nolu örnek noktasında su içerisinde eşik değeri üzerindedir. Sr, Ba, Mn ve Zn değerleri hem su hem de sediment içerisinde akım yönü boyunca birlikte aynı dağılımı göstermektedir. Cr ve Pb sedimentler içerisinde 1 nolu örnekten başlayarak 35 nolu örneğe doğru homojen dağılım malesef suda görülmemekte ve su içerisinde sadece S7-S10; S7-S11 örneklerinde yüksek değeri vermektedir. Mo ise hem dere sedimentlerinde hem de su içerisinde diğeri bütün metallere göre en az taşınan metal olup sadece, 1, 2, 3 nolu dere sedimentlerinde ve 2 nolu su örneğinde yüksek değeri vermiştir.



Şekil 6.8. Sediment-su element dağılımlarının karşılaştırılması.

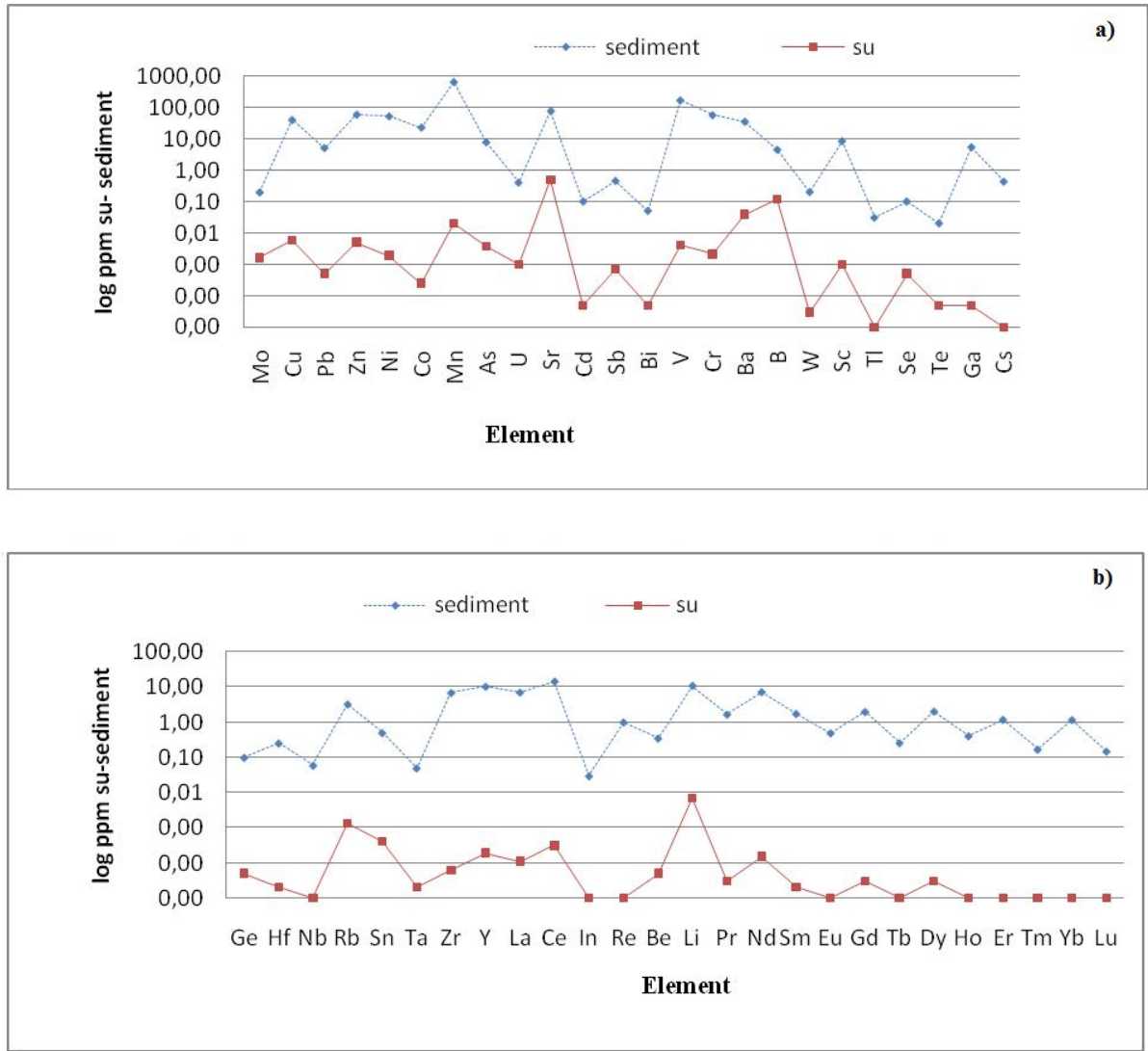
Şekil 6.8’de sediment ve su örnek element içerikleri karşılaştırıldığında, Mn, Sr, B ve Ba dışında diğeri bütün element içeriklerinin en düşük sediment element içeriğinin altında kaldığı görülmektedir. Su içerisindeki elementler arasında $R^2=0,41$ gibi orta pozitif korelasyon değeri hesaplanmış ancak sediment içerisindeki elementler arasında $R^2=0,10$ gibi çok zayıf korelasyon ilişkisi görülmektedir.



Şekil 6.9. a ve b, Bazı ağır metallerin (Ba, Cr, Zr) ve B'un su ve sediment içerisindeki dağılım grafiği.

Şekil 6.9 a ve b'de B, Ba, Cr ve Zr'un hem su hemde sediment içerisindeki dağılımı görülmektedir. Ba, Zr ve Cr gibi ağır metallerin sediment içerisinde sudan daha fazla zenginleştiği oysaki B ise su içerisindeki konsantrasyonunun sediment içerisinden daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum hangi metallerin mekanik olarak ve hangilerinin ise hidromorfik olarak taşındığını açıkça ortaya koyabilmektedir.

Lokasyonlardaki farklı dağılımlar ortancaları etkilediği için çoğu Re değeri dedeksiyon limit altında olduğu için farklıdır.



Şekil 6.10. a ve b; Bazı metal ve NTE'nin sediment ve su içerisindeki dağılımı.

Şekil 6.10 a'da Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn, As, U, Sr, Cd, Sb Bi, Mn, V, Sc, Tl, Se, Te, Ga ve Cs uyumlu dağılım sunarken, Cr, sedimentlerde artarken su içerisinde azalmış, B ise sedimentte azalırken su içerisinde arttığı görülmektedir. Şekil 6.10 b'de ise, Hf ve Zr gibi ağır metallerin dışında sediment içerisindeki konsantrasyon ile su içerisindeki konsantrasyon arasında uyumlu artış gözlemlenmektedir.

7. TARTIŞMA

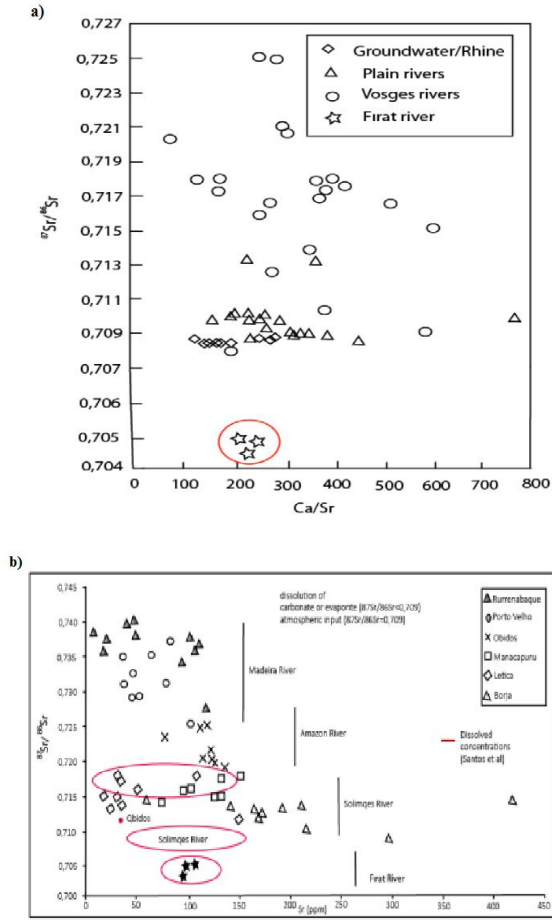
Fırat Nehir sedimentlerinde yüksek Ca/Na oranları, ya Na'un mobilitesinin Ca'dan daha fazla olması veya ötijenik ve kırıntılı karbonatların sedimentler içindeki konsantrasyonu ile ilgili olmalıdır. Ayrıca, Ca ve Na düşük iyonik potansiyellerinden dolayı diğer elementlere göre çözünürlükleri yüksek olmasına rağmen partiküller üzerine adsorbe olabilme yani affiniteleri düşük elementlerdir. Dolayısı ile sedimentler içerisindeki konsantrasyonları, oldukça çeşitli etkenlere bağlı olmalıdır, örneğin iyon değişim ve adsorbsiyon durumları gibi (Dalai vd., 2004). Fırat Nehir sedimentleri içerisindeki Al ve Mg konsantrasyonları, bölgesel litolojik birimlerin ayrışması sonucu oluşan, çeşitli bileşimli kil mineralleri ile ilgili olmalıdır. Çalışma alanı içerisindeki Fırat Nehir sedimentlerinde, medyan değeri Al (% 2,22) olarak belirlenmiştir. Bu oran McLennan (1995)'e göre, üst kıtasal kabukla karşılaştırıldığında (% 8.05), 4 katı düşük olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, nehir yatağı içerisindeki partiküllerde Al zengin kil oranının nispeten düşük olduğu anlamına gelmektedir. Bu durum, partikül boyutunun element zenginleşmesi üzerindeki etkiyi ortaya koymaktadır (Hossain vd., 2014). Bu çalışma kapsamında düşük Ti değerleri (<%1), Ti'n kimyasal ayrışma süreci içerisinde nispeten diğer elementlere oranla immobil olmasından kaynaklanmış olmalıdır. P değerleri, granitik veya felsik magmatik kayalardan kaynaklı apatitlerin ayrışması yolu ile sedimentler içerisinde Ti ile birlikte zenginleşebilmektedir (Hayashi vd., 1997). Major element sınıfında bulunan % S değerleri, Keban polimetallik maden sahası içerisinde yer almaktadır. Kalender (2011)'e göre sülfürün kaynağının magmatik kökenli olduğu anlaşılmaktadır. Magmatik kaynaklı hidrotermal çözeltilerin, neden olduğu cevherleşmelerin ayrışması sonucu Fırat Nehir sedimentleri, Fırat Nehri akım yönü boyunca bu bölgede sülfürce zenginleşmektedir.

Fırat Nehir akım yönü boyunca farklı litolojik birimler içerisinden geçmesi, sedimentlerinin iz element bileşiminin farklı örnek noktalarında değişim göstermesine neden olmaktadır. Hesaplanan logaritmik eşik değerlere göre anomali oluşturan bazı iz elementlerin (Örneğin As, Zn, Pb, Mn, Hg, Cu, Ba, Au, Mo, Hg ve Ag) konsantrasyonlarının bölgedeki polimetallik mineralizasyonlardan ve terk edilmiş maden sahasındaki pasaların ayrışmasından kaynaklandığı söylenebilir (Kalender ve Hanelçi, 2001; Kalender ve Hanelçi, 2004; Kalender, 2011). Demirak vd. (2005), Gediz Nehri sediment, su ve balık dokularında Cd, Zn, Cr, Cu ve Pb konsantrasyonlarının başlıca nedeninin nehir suyunun bu elementlerce zengin olması, diğer taraftan, asidik yeraltı suyu

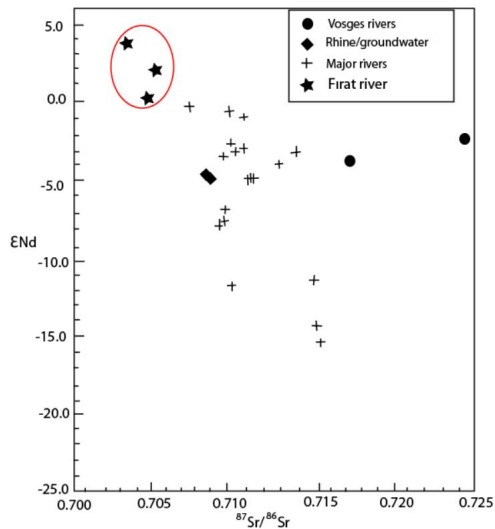
akım yönünü, bu suların düşük oranda çözülmüş oksijen ve yüksek oranda SO₄ içermesi metallerin akım yönü boyunca taşınması üzerinde etkili olduğu belirtilmektedir. Cr ve V diğer bazı iz elementlere göre daha ağır metaller grubuna girmektedir. Sediment içerisindeki konsantrasyonları mafik yada bazik bileşimli çevre kayalarındaki Cr spinel, kromit ve manyetit veya çalışma alanının güneyinde yer alan ofiyolitlerin ayrışması ve sediment bileşimi içerisine katılması ile ilgili olmalıdır (Wornkiewicz and Condie, 1987; Huntsman- Mapila et al., 2005; Nagarajan vd., 2013). Cr, Hf ve Zr gibi ağır metaller, sedimentler içerisinde zenginleşme gösterirken aynı elementlerin nehir suyu içerisindeki konsantrasyonlarının azalması, söz konusu elementlerin diğer elementlere göre, alkali sularda çözünürlüklerinin daha düşük yani immobil olduklarını göstermektedir. Ayrıca, bu metallerin, mekanik olarak sedimentler içerisinde zenginleşmiş olabileceği söylenebilir.

Bu çalışma kapsamında üç örnekte (F7, F12 ve F40) Sr ve Nd izotop oranları belirlenmiş ve bu sonuçlar kullanılarak; nehir sedimentlerinin bileşimine katkı sağlayan, farklı üç noktadaki, kaynak kayacın kökenini belirleyebilmek amacıyla kullanılmıştır. Goldstein ve Jacobsen (1987), sedimentlerdeki izotopik bileşimler arasındaki farklılığın mineraller arasındaki alterasyon durumlarını ortaya koymada önemli olduğunu ve ana nehir sistemleri içerisinde element ve partiküllerin taşınmasının, kimyasal ve mekanik alterasyon yoluyla olduğunu bu nedenle, sedimentlerin taşınma proseslerinin anlaşılabilmesini belirtmektedir.

Fırat Nehri akım yönü boyunca F7, F12 ve F40 kodlu örnek noktalarında ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd izotop bileşim değerinin 0,512654,-0,512836 ve 0,512775; ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr değerinin ise sırasıyla, 0,7053-0,7048 ve 0,7057, εNd(0) değerleri ise, sırasıyla 0,35-3,9 ve 2,7 olarak belirlenmiştir. Şekil 7.1'de Fırat Nehir sediment örneklerindeki ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr-Ca/Sr ve Sr bileşimleri diyagramda değerlendirilmiştir. Gaillardet vd., (1997) dikkate alındığında, subtropikal iklimin hakim olduğu Fırat Nehir yatağında evaporitik sedimentlerin yoğun olduğu gözlenmektedir.

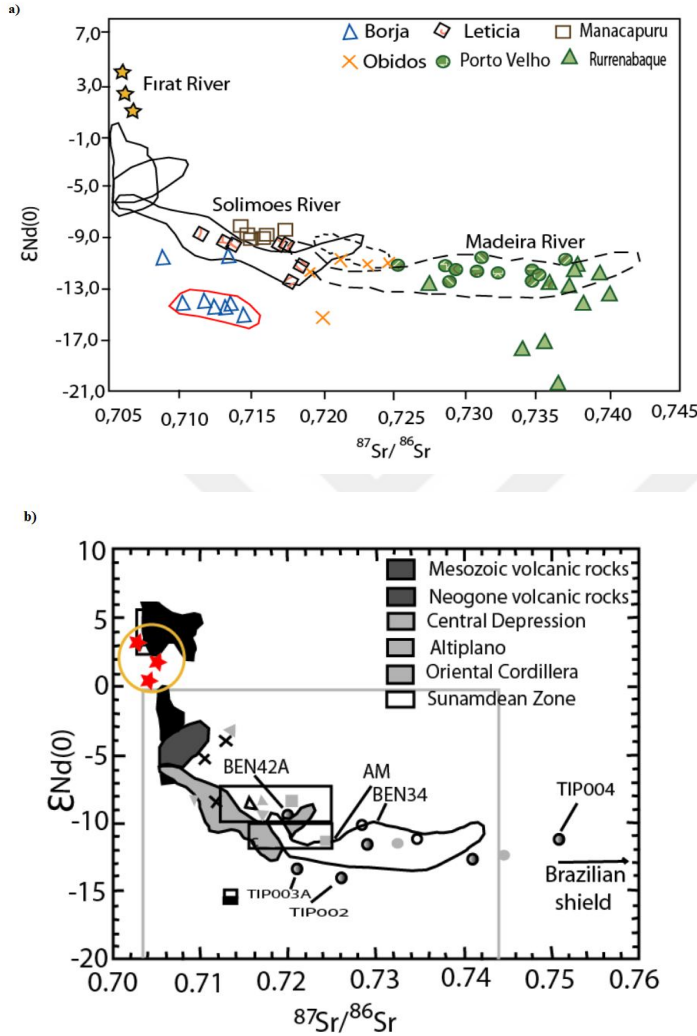


Şekil 7.1. a) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$: 0,704-0,711-Ca/Sr oranı: 100-250 evaporitik çözeltiler; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$: 0,730-0,750-Ca/Sr oranı: 100-250 silisyumca zengin çözeltiler (Diyagram Gaillardet vd., 1997'den alınmıştır), b) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$: Fırat Nehir sedimentleri $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ aralığı: 0,7048-0,757 -Sr: 100 mg/Kg ± 58 .



Şekil 7.2. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $\epsilon\text{Nd}(0)=[(143\text{Nd}/144\text{Nd}(\text{measured})/0.512636)-1]*10^4$ değerlerinin Rolland vd. (2005) ile karşılaştırılması.

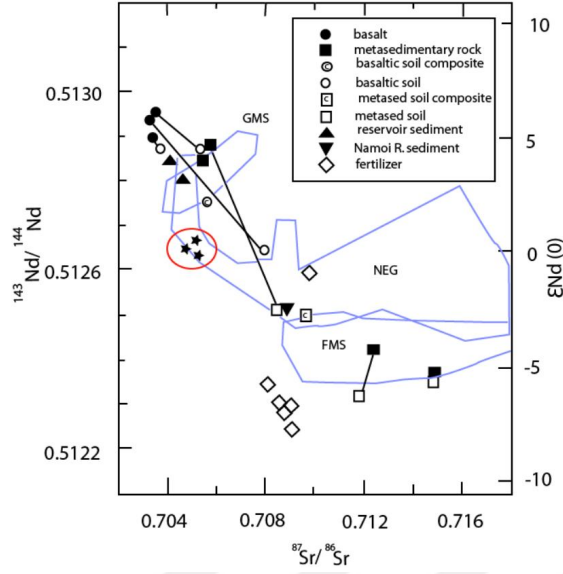
Şekil 7.2’de Rolland vd. (2005) ile karşılaştırıldığında, Fırat Nehir sedimentlerinin özellikle analizi yapılan, -75 μm tane boyundaki örneklerin pozitif ϵNd değerlerinden dolayı, karbonatlı sulardan çökeltme yolu ile zenginleşmiş olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 7.3. a) Batı Amazon sedimentlerindeki $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - ϵNd diagramı. b) Mesezoik ve Neojen volkanik kayalara ve Central Depression, Altiplano, Oriental Cordillera, Subandean Zone ait veriler, Rogers ve Hawkesworth, (1989) ile Kay vd., (1994); (Pinto, 2003). Diyagram, Roddaz vd. (2005) 'den alınmıştır.

Burke vd. (1982), çalışmasında, Jura-Kretase yaşlı sedimentlerde $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ değerlerinin 0,707-0,708 aralığında değiştiğini belirtmektedir. Bu izotopik veriler, sediment bileşimi üzerinde iki farklı kaynağın etkili olduğunu göstermiştir. Bussy (1990)'da yaptığı çalışmada, Mont-Blanc graniti ile ilişkili Arve Nehir sedimentlerinde $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ değerinin 0.728 olduğunu, ancak karbonatca zengin kayalarda bu oranın daha düşük olduğunu saptamıştır (yaklaşık 0,704). Bu durum, Fırat Nehir sedimentlerinin

sadece magmatik kayaçların ayrışması ile değil aynı zamanda Keban Metamorfik kayaçlardaki meta-karbonatların Fırat Nehir sediment bileşimi üzerinde etkili olduğunu düşündürmektedir. Şekil 7.4’de Fırat Nehir sedimentlerindeki, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ – $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ değerler, aynı zamanda New England granitoidlerinin bileşim alanına girmektedir. Bu durumda karbonatlı meta-sedimentler ile Elazığ Magmatitleri’nin granitik kayaçlarının ayrışması ile Fırat Nehir sedimentlerinin bileşimi oluşmuş olmalıdır.



Şekil 7.4. Naomi bölgesinden alınan kaya ve sedimentlerin, Nd ve Sr izotop şeması. (NEG) New England Granitoidleri, (FMS) metapelitik kayaçlar, (GMS) metagrovak (GMS), (Hensel et al., 1985).

Yüksek Ba/Rb oranı Ba derişiminin, Keban polimetalik cevherleşme alanından kaynaklı olabileceğini ve Ba’ca zengin hidrotermal çözeltilerin, Keban Metamorfitleri içerisindeki konumundan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

8. SONUÇLAR

“Keban ve Karakaya Barajı Aarsı Fırat Nehri Sediment ve Su Jeokimyası İncelemeleri” konulu tez çalışmasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. İnceleme alanı içerisinde drenaj sistemindeki element derişimi üzerinde etkili olan en önemli faktör, bölgesel litolojik özellikler olarak belirlenmiştir.
2. Fırat Nehir sedimentleri içerisindeki Al ve Mg konsantrasyonları, bölgesel litolojik birimlerin ayrışması sonucu oluşan, çeşitli bileşimli kil mineralleri (kaolin ve simektit) ile ilgili olduğu görülmektedir.
3. Fırat Nehir akım yönü boyunca farklı litolojik birimler içerisinde geçmesi, sedimentlerinin, iz element bileşiminin farklı örnek noktalarında değişim göstermesine neden olmaktadır. Hesaplanan logaritmik eşikdeğerlere göre anomali oluşturan bazı iz elementlerin (Örneğin Ag, As, Au, Ba, Cu, Hg, Mn, Mo, Pb, ve Zn) konsantrasyonlarının bölgedeki polimetallik mineralizasyonlardan ve terk edilmiş maden sahasındaki pasaların ayrışmasından kaynaklandığı söylenebilir.
4. Keban polimetallik cevherleşme alanında yüksek, Au, Ag, Ba değerleri, hidrotermal çözeltilerin Keban Metamorfileri içerisinde cevherleşmelere neden olduğunu, fakat jeolojik zaman süreci içerisinde ayrışma yolu ile Fırat Nehir sedimentleri içerisindeki iz element zenginleşmelerinde etkili olduğu söylenebilir.
5. Fırat Nehir sedimentlerinin $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ aralığı; 0,512654-0,512836 ile granitoidlerinin bileşim alanına girmektedir. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0,7048-0,7057 aralığı ise Sr kaynağının, karbonatlı meta-sedimentler olduğunu işaret etmektedir. Bu nedenle, Fırat Nehir sediment bileşimleri üzerinde, Elazığ Magmatitleri'nin granitik kayaların ve Keban Metamorfileri' nin meta-karbonatlarının ayrışması ile Fırat Nehir sedimentlerinin bileşiminin oluştuğunu göstermektedir.
6. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Ca/Sr korelasyonu, Fırat Nehir yatağında çökelen sedimentlerin, subtropikal iklim koşullarındaki, evaporitik oluşumlara işaret etmektedir.
7. Çalışma alanındaki drenaj sistemi üzerindeki ağır metallerin (Au, Ba, Cr, Hf, Zr) sedimentler içerisinde zenginleşmesi; düşük iyonik potansiyele sahip metallerin ise hem nehir suyu hem de sediment içerisinde orantılı olarak zenginleşmesi; özellikle ağır metallerin mekanik, diğerlerinin ise hidromorfik yol ile taşınarak zenginleşmiş olabileceği düşünülmektedir.
8. Fırat Nehri su örnekleri analiz sonuçları Gediz Nehri analiz sonuçları ile korele edildiğinde Fırat Nehir suyu Cd, Pb, Zn, Cr ve Cu içeriği bakımından hem Gediz Nehir

suyundan hem de EPA ve TSE değerlerinden oldukça düşük olduğu ve balık üretme çiftlikleri açısından daha elverişli olduğu görülmektedir.

9. Nehir suyu örneklerinin element içeriklerinin, nehir suyu ortalamalarıyla karşılaştırıldığında, Ba, Cr, Hf ve Zr gibi ağır metallerin su içerisindeki oldukça düşük derişimi, bu metallerin sedimentler içerisinden suya geçişinin zor olduğunu göstermektedir. Diğer metaller ise, ya süspansiyon halde ya da oksi-hidroksi bileşiklerini oluşturarak nehir suyu içerisinde zenginleşmiş olmalıdır.



KAYNAKLAR

- Akgül, M., Bölücek, C. ve Sağıroğlu, A.,** 2003. Geological Setting, Minerology and Geochemistry of Plutonic Rocks and Related Auriferous Quarts Veins in the Baskil Region (Elazığ), Eastern Turkey, Journal Geological Society of India, 62, 343-355.
- Akgül, M., Acar, B.,** 1997. Mineralogical features of Karakaş, (Baskil- Elazığ) iron mineralization. In: Temur, S. (Ed.), Proceedings of the Symposium on the 20th Anniversary of the Geology Department at Selçuk University, Konya, 25–34 (in Turkish, with English abstract).
- Akgül, B. ve Bingöl, A. F.,** 1997. Piran köyü (Keban) çevresindeki Magmatit kayaçların petrografik ve petrojenetik özellikleri. Selçuk Üniv. Müh-Mim. Fak., 20. Yıl Jeoloji Semp. Bildirileri, 13-14.
- Akgül, B.,** 1993. Piran Köyü (Keban) çevresindeki Magmatit kayaçların petrolojik özellikleri. F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, *Doktora Tezi*, Elazığ (yayınlanmamış).
- Akgül, M.,** 1991. Baskil (Elazığ) Granitoyidi'nin petrografik ve petrolojik özellikleri, Yerbilimleri (Geosound), 18, 67 -78.
- Akgül, B.,** 1987. Keban yöresi metamorfik kayaçlarının petroğrafik incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. F.Ü. Fen Bil. Enst., 60s.(yayınlanmamış).
- Aksoy, E., Turan, M., Türkmen, İ., Özkul, M.,** 1996. Elazığ havzasının Tersiyerdeki evrimi. In: Korkmaz, S., Akçay, M. (Eds.), Yıl Sempozyumu Bildirileri Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, vol. 30, pp. 293–310.
- Aksoy, E.,** 1993. Elazığ batı ve güneyinin genel jeolojik özellikleri. Türk Yerbil. Derg., 1, 1, 113-123.
- Aksoy, E.,** 1991. Van Şehri Doğu–Kuzeydoğu yöresinin stratigrafisi. In: Yetiş, C. (Ed.), Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik–Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana, pp. 1–10.
- Aksoy E., Turan, M., Türkmen, İ ve Özkul, M.,** 1995. Elazığ Havzasının Tersiyer'deki Evrimi., KTÜ Jeoloji Müh. Bölümü 30. Yıl Sempozyumu (16-20 Ekim 1995) Bildirileri, 293-310.
- Aktaş, G. ve Robertson, A. H. F,** 1984. The Maden complex, SE Turkey, evolution of a Neotethyan continental margin. In, Dixon J E, Robertson AHF (eds). The geological evolution of the eastern Mediterranean. Geological Society of London Special Publication, 17, 375–402.

- Aktürk, A.**, 1985. Çatak Narlı yöresinin Stratigrafisi ve tektoniği. Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Ens, Elazığ (Yayınlanmamış).
- Altunbey, M. ve Sağiroğlu A.**, 1995. Koçkale-Elazığ manganez cevherleşmelerinin özellikleri ve kökeni, MTA Dergisi, 117, 139-148.
- Asutay, H. J.**, 1988. Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojik ve petrolojik incelemesi, MTA Dergisi, 107,49-72.
- Asutay, H. J.**, 1987. Baskil (Elazığ) Çevresinin Jeolojisi ve Baskil Magmatitlerinin Petrolojisi, MTA Derg. 106, 55-61, Ankara.
- Asutay, H. J., Turan, M., Poyraz, N., Orhan, H., Tarı, E. ve Yazgan, E.**, 1986. Doğu Toroslar Keban-Baskil (Elazığ) Dolaylarının Jeolojisi. MTA Derleme Rapor No, 8007, Ankara (Yayınlanmamış).
- Asutay, H. J.**, 1986. Baskil (Elazığ) Çevresinin Jeolojisi ve Baskil Magmatitlerinin Petrolojisi. MTA Dergisi, 107, 49-73.
- Asutay, H. J.**, 1985. Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojik ve Petrografik incelemesi. *Doktora Tezi*, A.Ü. Fen Bil. Ens., 156, Ankara (Yayınlanmamış).
- Avşar, N.**, 1983. Elazığ yakın kuzeybatısında stratigrafik ve mikropaleontolojik araştırmalar. Fırat Üniv. Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi, Elazığ (Yayınlanmamış).
- Bakac, M., Kumru, M. N.**, 2001. Factor analysis in the geochemical studies along the Gediz River, Turkey. J. Radioanal. Nucl. Chem. 249 (3), 617–624.
- Balçık, A., Tüfekçi, M. Ş., Koyuncu, M. ve Ulutürk, Y.**, 1978, Keban madeni, Derebaca ve Fırat ocağı geliştirme raporu: MTA Maden Etüt ve Arama Dairesi Rap., 1581 (yayınlanmamış), Ankara.
- Baştuğ, C. ve Açıkbaz, D.**, 1974. Sason-Kozlu saryaj yöresi jeolojik raporu; TPAO arsivi. Rapor No, 795 (yayınlanmamış).
- Beyarslan, M.**, 1996. Kömürhan Ofiyolit Birimi'nin petrografik ve petrolojik incelenmesi, *Doktora Tezi*, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ (Yayınlanmamış).
- Beyarslan, M. ve Bingöl, A. F.**, 2000. Petrology of a Supra-Subduction Zone Ophiolite (Elazığ, Turkey). Can. J. Earth Sci, 37, 1411-1424.
- Bingöl, A. F.**, 1988. Petrographical and petrological features of the intrusive rocks of Yüksek Complex in the Elazığ region (Eastern Taurus- Turkey). Jour. Fırat Univ., 3(2), 1-17

- Bingöl, A. F.**, 1984. Geology of the Elazığ area in the Eastern Taurus region (Tekeli, O. and Göncüoğlu, M. C. Edt.) Int. Symp. On the geology of the Taurus Belt, Bildiriler, 209 -216, Ankara
- Bingöl, A. F.**, 1982. Elazığ-Pertek-Kovancılar arası volkanik kayaçların petrolojisi. F.Ü. Fen Fak. Dergisi, 1, 9-21.
- Bingöl, A. F. ve Aydoğdu, S.**, 1994. Dutköy (Elazığ) yöresi Magmatit kayaçlarının Petrografik ve jeokimyasal özellikleri. Ç.Ü. Mim. Fak., 15. Sempozyum tebliğleri, 199-213.
- Bingöl, A. F. ve Beyarslan, M.**, 1996. Elazığ Magmatitleri'nin jeokimyası ve petrolojisi. (Korkmaz, S., Akçay M. editörler), 30. Yıl Sempozyumu bildirileri, KTÜ, 208-227, Trabzon.
- Bingöl, A. F. Ve Beyarslan, M.**, 1995. KTÜ 30. Yıl Sempozyumu bildiri özleri, 1995.
- Burke, W.H., Denison, R. E., Hetherington, E. A., Koepnick, R. B., Nelson, H. F., Otto, J. B.**, 1982. Variation of seawater $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ throughout Phanerozoic time. Geology 10, 516– 519.
- Bussy, 1990.** Pe'trogene'se des enclaves microgrenues associe'es aux granitor'des calco-alcalins: exemple des massifs varisque du Mont-Blanc (Alpes occidentales) et mioce'ne du Monte Capanne (Ile d'Elbe, Italie). Mem. Ge'ol. Lausanne 7, 309.
- Candace, E. and Mcculloch, T. M.**, 1999. Nd-Sr isotopic and trace element geochemistry of river sediments and soils in a fertilized catchment, New South Wales, Australia Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 63, No. 2, pp. 287–305.
- Çelik, H.**, 2003. Mastar Dağı (Elazığ GD'su) çevresinin stratigrafi ve tektonik özellikleri, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, *Doktora Tezi* , Elazığ (yayımlanmamış).
- Çetindağ, B.**, 1989. Elazığ- Ören çayı havzasının hidrojeoloji incelemesi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 320 s.
- Dalai, Tarun K., Rengarajan, R. And Patel, P. P.**, 2004. Sediment Geochemistry Of The Yamuna River System In The Himalaya: Implications To Weathering And Transport. Geochemical Journal, Vol. 38, Pp. 441 To 453.
- Demirak, A., Yilmaz, F., Tuna, L., Ozdemir, N.**, 2005. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey., Chemosphere 63 (2006) 1451–1458.
- Dumanlılar, H.**, 1998. İspendere (Malatya) ve çevresindeki cevherleşmelerin incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (yayımlanmamış).

- Dumanlılar, Ö.,** 2002. Baskil (Elazığ) civarındaki granitoid kayalarına bağlı cevherleşmelerin incelenmesi, *Doktora Tezi*, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (yayımlanmış).
- Dumanlılar, Ö., Aydal D. ve Dumanlılar, H.,** 2005. Baskil (Elazığ) Güneyindeki Cevherleşmelerin Jeolojik ve Minerolojik Özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 29(1),1-21.
- Enderlein, S., Rainer, E. and W. Peter.,** 2010. Williams National Rivers Authority, England And Wales, Bristol. 2010 Surface Water Quality Standards 62-302.
- Erdoğan, B.,** 1975. VI. Bölge Gölbaşı dolayının jeolojisi. TPAO Rap. No, 229.
- Erdoğan, B.,** 1982. Ergani-Maden yöresindeki Güneydoğu Anadolu Ofiyolit Kuşağının Jeolojisi ve volkanik kayaları, *TJK Bülteni*, 25, 49-60.
- Erdoğan, B.,** 1977. Geology geochemistry and genesis of the sulphide deposits of the Ergani- Maden region SE Turkey., Ph. D. Thesis, Univ. New Brunswick.
- Gaillardet, J., Dupre, B., Allegre, C. J. and Negrel, P.,** 1997. Chemical and physical denudation in the Amazon river basin. *Chemical Geology* 142: 141-173.
- Gerçek, E.,** 2005. Yolçatı-Baskil-Kömürhan (Elazığ) arası Elazığ Mağmatitlerinden kaynaklanan suların hidrojeokimyasal prospeksiyon parametreleri, *Doktora Tezi*. F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ (yayımlanmamış).
- Goldstein, S. J. and Jacobsen, S. B.,** 1987. The Nd And Sr Isotopic Systematics Of River-Water Dissolved Material: Implications For The Sources Of Nd And Sr In Seawater. *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)*, 66 (1987) 245-272. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam - Printed In The Netherlands 245.
- Hayashi, K., Fujisawa H., Holland H. D. and Ohmoto H.,** 1997. Geochemistry of 1.9 Ga sedimentary rocks from northeastern Labrador, Canada [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. **61**, 4115–4137.
- Hempton, R. M.,** 1985. Structural and deformation history of the Bitlis suture near lake Hazar, Southestern Turkey, *Geol. Soc. Am. Bull*, 96, 233-243.
- Hempton, R. M.,** 1984, Results of detailed mapping near lake Hazar (Eastern Taurus Mountains): Tekeli, O. ve Göncüoğlu, M.C., ed., *Geology of the Taurus Belt Proceedings*, 223-228.
- Hempton, R. M. ve Savcı, G.R.,** 1982. Petrological and structural features of the Elazığ Komplex *Bull. Geol. Soc. Turkey*, 25/2, 143-150.

- Hensel, H. D., McCulloch M. T. and Chappell B. W.,** 1985. The New England Batholith: Constraints on its derivation from Nd and Sr isotopic studies of granitoids and country rocks. *Geochim. Cosmochim. Acta* **49**, 369–384.
- Herece, E., Akay, E., Küçümen, Ö. ve Sarıaslan, M.,** 1992. Elazığ-Sivrice- Palu dolaylarının jeolojisi. MTA Raporu, Rapor No, 9634 (yayımlanmamış).
- Hossain, I., Roy K. K., Biswas, P. K., Alam, M., Moniruzzaman, M. and Deebe, F.,** 2014. Geochemical characteristics of Holocene sediments from Chuadanga district, Bangladesh: Implications for weathering, climate, redox conditions, provenance and tectonic setting *Chin.J.Geochem.*(2014)33:336–350 *Sedimentary Geology*. 174, 123–148.
- Huntsman-Mapila P., Kampunzu A.B., Vink B., and Ringrose S.,** 2005. Cryptic indicators of provenance from the geochemistry of the Okavango Delta sediments, Bostwana [J].
- İnceöz, M.,** 1994. Harput (Elazığ) yakın kuzeyi ve doğusunun jeolojik özellikleri, *Doktora Tezi*, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Kalender, L., Uçar, S.,** 2013. Assessment of Metal Contamination İn Sediments İn The Tributaries Of The Euphrates River, Using Pollution Indices And The Determination Of The Pollution Source, Turkey. *Journal Of Geochemical Exploration* 134 (2013) 73–84.
- Kalender, L.,** 2011. Oxygen, Carbon And Sulphur İsoptoe Studies İn The Keban Pb–Zn Deposits, Eastern Turkey: An Approach On The Origin Of Hydrothermal Fluids. - *J. African Earth Sci.* 59: 341–348, London.
- Kalender, L., Bölücek, C.,** 2007. Environmental Impact And Drainage Geochemistry İn The Vicinity Of The Harput Pb-Zn-Cu Veins, Elazığ, Se Turkey. *Turkish Journal Of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.)*, Vol. 16, 2007, Pp. 241–255.
- Kalender, L., Hanelçi, Ş.,** 2004. General Features of Copper Mineralization in the Eastern Euphrates, Keban-Elazig Area, Turkey. *Journal Geological Society of India*, Vol. 64, Nov. 2004, pp. 655-665.
- Kalender, L., Hanelçi, Ş.,** 2001. Mineralogical and Geochemical Features of Au, Ag, Pb, Zn Mineralizations in Keban (Elazığ) Wastes. *Geological Bulletin of Turkey*, Volume 44, Number 2, August 2001.

- Kay, S., Coira, B., Viramonte, J.,** 1994. Young mafic back arc volcanic rocks as indicators of continental lithospheric delamination beneath the Argentina Puna plateau, central Andes. *J. Geophys. Res.* 99, 24323–24339.
- Ketin, İ.,** 1983. Türkiye jeolojisine genel bir bakış, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, 595, İstanbul.
- Kipman, E.,** 1981. Keban’ın Jeolojisi ve Keban Şarियajı. *İ.Ü. Yerbilimleri Dergisi.* 1-2, 75-81.
- Köksal, S., Göncüoğlu, M. C.,** 2008. Sr And Nd Isotopic Characteristics Of Some S-, I- and A-Type Granitoids From Central Anatolia. *Turkish Journal Of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.),* Vol. 17, 2008, pp.
- Kürüm, S.,** 1994. Elazığ kuzeybatısındaki genç volkanitlerin petrolojik özellikleri (Doktora Tezi), F.Ü. Fen Bilim. Enst., (yayımlanmamış).
- MacDonald, D. D., Ingersoll, C. G., Berger T. A.,** 2000. Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 39, 20–31.
- Martin, M. W., Friedrich, A. M., Bowring, S. A.,** 1999. Short-lived continental magmatic arc at Connemara, western Irish Caledonides: Implications for the age of the Grampian orogeny. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts 02139, USA.
- McDonough, W. F., McCulloch, M. T., and Sun, S. S.,** 1985. Isotopic and geochemical systematics in Tertiary-Recent basalts from southeastern Australia and implications for the evolution of the sub-continental lithosphere. *Geochim. Cosmochim. Acta* 49, 2051–2067.
- McLennan, S. M., Taylor, S. R., Scott M.,** 1995. The geochemical evolution of the continental crust. *View issue TOC Volume 33, Issue 2 May 1995 Pages 241–265.*
- MTA Genel Müdürlüğü.,** 2002. Türkiye Jeoloji Haritası-İzmir, Ankara.
- Nagarajana, R., Roy, P. D., Jonathan M. P., Lozano R., Kessler F. L. and Prasanna M. V.,** 2013. Geochemistry of Neogene sedimentary rocks from Borneo Basin, East Malaysia: Paleo-weathering, provenance and tectonic setting [J]. *Chemie Der Erde-Geochemistry.* 350Chin.J.Geochem. (2014) 33:336–350.
- Naz, H.,** 1979. Elazığ-Palu dolayının jeolojisi. TPAO rapor no, 1360, (yayımlanmamış).
- NRA,** 1994. Water Quality Objectives. Procedures Used By The National Rivers Authority

For The Purpose Of The Surface Waters (River Ecosystem) (Classification) Regulation 1994.

- Olgun, K.**, 1987. Baskil kuzeydoğusunda Munzuroğlu Köyü çevresi jeolojik incelemesi, *Yüksek Lisans Tezi*, F.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ (yayınlanmamış).
- Özçelik, M.**, 1985. Malatya güneydoğusundaki Maden magmatik kayaçlarının jeolojisi ve tektonik ortamına jeokimyasal bir yaklaşım. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni 28, 19-34.
- Özgen, N., İnan, N. ve Akyazı, M.**, 1993. Harabekayış formasyonunun (Elazığ) tanımlanması. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 8, 135-147.
- Özgül, N.**, 1976. Torosların bazı temel jeolojik özellikleri. Tür. Jeol. Kur. Bült., 19, 1, 65-78.
- Özgül, N. ve Turşucu, A.**, 1984. Stratigraphy of the Mesozoic carbonate sequence of the Munzur Mountains (Eastern Taurus). In: Tekeli O. ve Gencüoğlu, M.C., eds., *Geology of the Taurus Belt*. Ankara, 223-228.
- Özkan, Y. Z.**, 1982. Guleman (Elazığ) ofiyolitinin jeolojisi ve petrolojisi, *Yerbilimleri Dergisi*, 3-4 /6, 33-39.
- Özkaya, İ.**, 1974. Güneydoğu Anadolu Sason ve Baykan yöresi stratigrafisi: Türkiye Jeol. Ku. Bült. 17, 1, 51-71.
- Özkul, M.**, 1988. Elazığ batısında Kırkgeçit Formasyonu üzerinde sedimantolojik incelemeler. Doktora tezi (Yayınlanmamış), F.Ü. Fen Bil. Enst., 186s.
- Parlak, O., Höck, V., Kozlu, H. ve Delaloye, M.**, 2004. Oceanic crust generation in an island arc tectonic setting, SE Anatolian Orogenic Belt (Turkey). *Geological Magazine*, 141(5), 583-603
- Parlak, O., ve Rızaoğlu, T.**, 2004. Geodynamic significance of granitoid intrusions in the southeast Anatolian orogeny (Turkey). 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology. 14-20 April 2004, Thessaloniki-Greece, 157
- Perinçek, D.**, 1979. Palu-Karabegan-Elazığ-Sivrice-Malatya alanının jeolojisi ve petrol imkânları. TPAO Arşivi Rap. No 1361(yayınlanmamış), Ankara.
- Perinçek, D., ve Özkaya, İ.**, 1981. Arabistan levhası kuzey kenarı tektonik evrimi, *Yerbilimleri*, 8, 91-101.
- Perinçek, D. ve Kozlu, H.**, 1984. Stratigraphy and structural relation of the units in the Afşin-Elbistan-Doğanşehir Region. In: Tekeli, O. And Gencüoğlu, C. (eds.),

- International Symposium on the Geology of the Taurus Belt, 1983. Miner. Res. Expl. Ins., 181-198, Ankara.
- Persoud, Jean-François.**, 1993. The communication management function in five French organizations: a qualitative exploration. 1993.
- Pinto, L.**, 2003. Traçage de l'érosion Cénozoïque des Andes Centrales à l'aide de la minéralogie et de la géochimie des sédiments (Nord du Chili et Nord-Ouest de la Bolivie), PhD, University Paul Sabatier, Toulouse, France.
- Poyraz, N.**, 1988. İspendere- Kömürhan (Malatya) ofiyolitlerinin jeolojisi ve petrografisi, *Doktora Tezi*, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü (Yayınlanmamış).
- Rızaoğlu, T.**, 2006. Baskil-Sivrice (Elazığ) arasında yüzeyleyen tektonomagmatik birimlerin petrografisi ve jeokimyası, *Doktora Tezi*, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Rigo De Righi, M. ve Cortesini A.**, 1964. Gravity tectonics in Foothill structure of southeast Turkey. Amer. Assoc. Petrol Geologist Bull, 48, 1911- 1937.
- Roddaz, M., Viers, J., Filizola, N., Guyot, J. L., Sondag, F., Brunet, P., Zouiten, C., Boucayrand, C., Martin, F., Boaventura, G. R.**, 2005. Seasonal and provenance controls on Nd-Sr isotopic compositions of Amazon rivers suspended sediments and implications for Nd and Sr fluxes exported to the Atlantic Ocean. Earth and Planetary Science Letters 274 (2008) 511–523.
- Rogers, G., Hawkesworth, C.J.**, 1989. A geochemical traverse across the North Chilean Andes: evidence for crust generation from the mantle wedge. Earth Planet. Sci. Lett. 91, 271–275.
- Rolland, M. R., Arnurd, F., Chapron, E., Desmet, M., Givélet, N., Alibert, C., McCulloch, M.**, 2005. Sr and Nd isotopes as tracers of clastic sources in Lake Le Bourget sediment (NW Alps, France) during the Little Ice Age: Palaeohydrology implications. Chemical Geology, 224 (2005) 183-200.
- Sirel, E., Metin, 5. Ve Sözeri, B.**, 1975. Palu (KD Elazığ) denizci Oligosen'inin stratigrafisi ve mikropaleontolojisi. TJK.Bill., 18(2), 175-180.
- Soyutürk, N.**, 1973. Murat baseni jeolojisi ve hidrokarbon imkanları raporu, TPAO Arama Grubu Raporu, 791 (Yayınlanmamış).
- Sönmez, M.**, 2004. Arapgir (Malatya) güneybatısındaki alanın stratigrafik ve tektonik özellikleri, (Doktora Tezi) F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Sungurlu, O., Perinçek, D., Kut, G., Tuna, E., Dülger, S., Çelikdemir, E. ve Naz, H.,** 1985. Elazığ-Hazar- Palu alanının jeolojisi. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Dergisi, 29, 83-191.
- Sungurlu, O.,** 1975, Karasu bölgesinin jeoloji raporu: TPAO Rap., 908 (yayımlanmamış), Ankara.
- Tuna, E.,** 1979. Elazığ- Palu-Pertek dolayının jeolojisi. TPAO Arsiv Rapor no, 1363. (Yayımlanmamış).
- Turan, M., ve Bingöl, A.F.,** 1991. Kovancılar-Baskil (Elazığ) arası bölgenin tektono-stratigrafik özellikleri. Çukurova Üniversitesi, Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu, Tebliğler, 213-217.
- Turan, M., Aksoy, E. ve Bingöl, A. F.,** 1993. Doğu Torosların jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri. Yerbilimlerinin 25. Yılı Sempozyumu Tebliğler Kitabı. Hacettepe Üniversitesi
- Turan, M., Aksoy, E. ve Bingöl, A. F.,** 1995. Doğu Toroslar'ın jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 72, 1-23.
- Turan, M.,** 1984. Baskil-Aydınlar (Elazığ) yöresinin stratigrafisi ve tektoniği. Doktora tezi (Yayımlanmamış), F.Ü. Fen Bil. Enst. 180s,
- Turkish Environmental Guidelines (TSE),** 1988. Publications of Turkish Foundation of Environment.
- Türkmen, İ. İnceöz, M. Aksoy, E., ve Kaya, M.,** 2001. Elazığ yöresinin Eosen stratigrafisi ve paleocografyası ile ilgili yeni bulgular. H.Ü. Yerbilimleri, 24,81-95.
- Türkmen, İ., Aksoy, E., Kürüm, S., Akgül, B. ve İnceöz, M.,** 1998. Arguvan-Arapgir (Malatya) alanında Alt Miyosen volkanizması Türkmen vd. 253 ve bölgesel stratigrafi içindeki yeri. Geosound/Yerbilimleri, 32, 105-115.
- Türkmen, İ., Esen, N.,** 1997. Şelf, Kanyon Ve Havza Düzlüğü Kompleksinin Fasiyes Özellikleri: Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen-Oligosen), Elazığ Çevresi, Türkiye, Fırat Üniversitesi. Fen Ve Mühendislik Dergisi 9 (2), 107–123.
- Türkmen, İ.,** 1991. Elazığ Doğusunda Çaybağı Formasyonu (Üst Miyosen- Pliyosen) Stratigrafisi ve Sedimentolojisi. Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 34, 21, 45-53.
- Türkmen, İ.,** 1988. Palu-Çaybağı (Elazığ Doğusu) Yöresinin Sedimentolojik İncelenmesi. F. Ü. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi. 79s. Elazığ.

- US EPA**, 1999. National Recommended Water Quality Criteria Correction Office of Water, EPA 822-Z-99-001, 25 pp.
- Vinogradov, A. P.**, 1962. Average contents of chemical elements in the principal types of igneous rocks of the Earth's crust. *Geochemistry* 7: 641-664.
- Wronkiewicz, D.J. and Condie, K. C.**, 1987. Geochemistry of Archean shales from the Witwatersrand Supergroup, South Africa: Source-area weathering and provenance [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. **51**, 2401–2416.
- Yazgan, E.**, 1972. Etude geologique et petrographique du complexe ophiolitique de la region situee au Sud-Est de Malatya (Taurus oriental, Turguie). Univ. Geneve, no,4, *PhD Thesis*.
- Yazgan, E. ve Asutay, H.J.** 1981. Definition of structural units located between Arabian platform and Munzur Mountains and their significance in the geodynamic evolution of the area 35th Congr. Geol. Soc. Turkey, Abstracts, 44-45.
- Yazgan, E.**, 1981. Dogu Toroslarda etkin bir paleo-kıta kenarı etüdü (Üst Kretase-Orta Eosen), Malatya-Elazığ, Dogu Anadolu. *Yerbilimleri*, 7, 83-104.
- Yazgan, E. ve Asutay, H.J.** 1981. Definition of structural units located between Arabian platform and Munzur Mountains and their significance in the geodynamic evolution of the area 35th Congr. Geol. Soc. Turkey, Abstracts, 44-45.
- Yazgan, E.**, 1983. A geotraverse between the Arabian Platform and the Munzur Nappes. Int. Symp. on the geology of the Taurus Belt, Field Guide Book, 199-208, Ankara.
- Yazgan, E.**, 1984. Geodynamic evolution of the Eastern Taurus region (Malatya- Elazığ area, Turkey). (In Tekeli, O. and Göncüoğlu, M. C., eds.) Int. Symp. On the Geology of the Taurus Belt., proceedings, 199-208.
- Yazgan, E., ve Chessex, R.**, 1991. Geology and tectonic evolution of the southeastern Taurides in the region of Malatya. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 3, 1-42
- Yılmaz Y., Yiğitbaş E., Yıldırım, M. ve Genç, Ş.C.**, 1992. Güneydoğu metamorfik masiflerinin kökeni. *Tür. 9. Petrol Kongr. Bild.*, 296-306.
- Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E. ve Genç, Ş.C.**, 1993. Ophiolitic and metamorphic assemblages of Southeast Anatolia and their significance in the geological evolution of the orogenic belt. *Tectonics*, 12,5, 1280-1297.

ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Elazığ'da doğdum. İlköğretim ve lise eğitimimi Elazığ'da tamamladım. 2008 yılında Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünü kazandım ve 2012 yılında mezun oldum.

