



Keban ve Karakaya Barajları arası Fırat Nehri'nin kıyı sedimentleri ve su jeokimyası özellikleri

Leyla Kalender^{ID*}, Gamze Aytimur^{ID}

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23119, Elazığ, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Fırat Nehri su ve sedimentlerinin iz element dağılım ilişkisi
- Neodimium ve stronsyum izotopik bileşim oranları
- Fırat Nehir sedimentlerinin kaynak kayaların belirlenmesi

Makale Bilgileri

Geliş: 09.08.2016

Kabul: 27.10.2016

DOI:

10.17341/gazimmfd.369673

Anahtar Kelimeler:

Fırat Nehri,
sediman ve su jeokimyası,
Nd-Sr izotopları

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Fırat Nehri kıyı sediman ve su örneklerinde ana element, iz element konsantrasyonları ve bazı sediman örneklerinde ise Sr-Nd izotopik bileşim oranlarını kullanarak, element dağılımları üzerinde, kaynak kayaç etkisinin belirlenmesidir. Nehir sedimanlarındaki yüksek Ag, Pb, Mn, Hg, Cu, Ba, Au, Mo, As, Hg ve Zn derişimlerinin, terk edilmiş Keban maden yatağı eski imalat pasalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışmada, nehir suyu ve sedimentlerin ortalama metal içeriği karşılaştırılmış ve bazı stabil ağır metallerin (Ba, Cr, Hf ve Zr), nehir suyundaki içeriğinin, diğer metaller göre daha düşük olduğu, bu metallerin yüksek yoğunlukları nedeniyle, stabil oksit ve hidroksitlerini oluşturmuş olabileceği düşünülmektedir. Fırat Nehir sedimanlarında, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ve $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop bileşim oranları, sırasıyla 0,7057– 0,7048 ve 0,512836–0,512654 değerleri aralığındadır. Nd ve Sr izotop bileşim oranları, neodimyumun, granodiyoritlerden, stronsyumun ise karbonatça zengin meta-sedimanlardan kaynaklandığını göstermektedir. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve Ca/Sr oranları, subtropikal iklim koşullarında, evaporitik oluşumların geliştiğini düşündürmektedir. Elde edilen bulgular, Fırat Nehir sediman ve sularının kimyasal bileşimlerinde, hidromorfik dağılımın, mekanik dağılımdan daha etkili olduğunu göstermektedir.

Geochemical characterization of shore sediments and water of the Euphrates River between Keban and Karakaya Dams

H I G H L I G H T S

- Trace element distribution relation of the Euphrates River water and sediments
- Neodymium and strontium isotopic composition ratios
- Determination of source rocks of Euphrates River sediments

Article Info

Received: 09.08.2016

Accepted: 27.10.2016

DOI:

10.17341/gazimmfd.369673

Keywords:

Euphrates River,
sediment and water
geochemistry,
Nd-Sr isotopes

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the effects of the source rocks on distribution of major and trace element concentrations in the sediment and water samples from the Euphrates River, and Sr-Nd isotopic composition ratios in some of the sediments. The high concentration of Ag, As, Pb, Mn, Hg, Cu, Ba, Au, Mo, Hg and Zn in the river sediments may be considered to be sourced from wastes from the abandoned Keban mine deposit. In the study, the mean content of metals in the river water and river sediments were compared, and element concentrations in the river waters of some stable heavy metals (Ba, Cr, Hf and Zr) are lower than the other metal concentrations in studied river sediments and so they may be formed stable oxides and/or hydroxides, and thus are considered insoluble due to high density. The $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic compositions 0,7057– 0,7048 and 0,512836–0,512654, respectively show that the source rocks for Nd and Sr are granodioritic and carbonate-rich meta-sedimentary rocks, respectively. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio and Ca/Sr ratio indicate evaporite formations due to subtropical conditions. The obtained results show that hydromorphic distribution is a more effective factor on the studied river sediments than mechanical distribution.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: leylakalender@firat.edu.tr / Tel: +90 542 575 8872

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Çalışma alanı ve yakın çevresinde genel jeolojik, petrografik ve maden yataklarına yönelik birçok çalışma bulunmaktadır. Keban Metamorfitlerinin Permo- Triyas aralığında çökeldiğini ve Senoniyen yaşlı, Elazığ Mağmatitleri'nin, Keban Metamorfitleri'ni yer yer tektonik ve intrüsf olarak kestiği belirtilmiştir [1, 2]. Üst Kretase yaşlı Elazığ Magmatitleri ile Keban Metamorfitlerinin tektonik dokanağında yapılan çalışmalar daha çok düşük açılı bindirme zonlarına dikkat çekilmektedir [3, 4]. Elazığ Magmatitlerine ait derinlik, yarı derinlik ve yüzey kayaların, Üst Kretase sonu tektonik hareketlerle Keban Metamorfitleri tarafından üzerlendiği belirtilmiştir [5, 6]. Elazığ Magmatitleri'nin jeokimyasal ve petrolojik incelemeleri sonucu, birimin, diyorit, monzodiyorit kuvars - diyorit ve tonalitten oluşan derinlik kayaları, bazalt, andezit ve andezitik piroklastitler gibi yüzey kayalarından oluştuğunu belirtilmiştir [7, 8]. Keban yöresinde bazaltik ve andezitik birimler görülmektedir [9]. Fırat Nehri akım yönü boyunca, Malatya civarında yapılan jeolojik çalışmalar, bölgedeki magmatizmanın bazik evre ile başladığını ve sonrasında asidik bileşime geçildiğini göstermektedir [10]. Kömürhan Ofiyoliti ile Baskil Magmatitleri arasında güneyde tektonik ilişki izlenmektedir [11, 12]. Çalışma alanı içerisinde yapılan sedimentolojik çalışmalar; Eosen stratigrafisinin, daha önceki bütün çalışmalarda belirtilenin aksine Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Seske Formasyonu ile Orta Eosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu arasındaki dokanağın uyumlu olduğunu göstermektedir [13]. Literatür kapsamında maden atıkları ve nehir sedimanlarına etkileri üzerine birçok çalışma bulunmaktadır [14, 15].

Bu çalışmalar pasaların yüzeysel işlevler ile ayrışmaları yolu ile jeokimyasal dağılıma neden olmaktadır [16,17]. Fırat Nehir sedimanlarındaki nadir toprak element (NTE) dağılımlarının daha çok üst kıtasal kabuğa yakın olduğu, tektonik zonların etkisiyle yüksek oranda altere magmatik kayaç etkisi görülmektedir [18]. Fırat Nehri'nin bir kolu olan, Geli Dere sediman ve su jeokimyası ilk kez Kalender ve Çiçek Uçar [19] tarafından çalışılmış ve terkedilmiş

Keban Polimetalik maden yatağının Fırat Nehri akım yönü boyunca etkisinin belirlenmesi gereği ortaya çıkmıştır. Literatür kapsamında, aluviyal ve fluviyal sistemler içerisinde, sedimanların kaynak kayaçlarının belirlenmesi için Neodimium izotop bileşim oranlarının kullanılması üzerine birçok çalışma bulunmaktadır [20, 21]. Buna ilaveten göl sedimanlarında neodimium izotop verileri, kaynak kayaç araştırmalarına katkı sağlamıştır [22]. Ayrıca denizel sedimanlarda stronsyum izotop çalışmaları ile elde edilen bulgular granodiyoritlerin izotop bileşim oranları ile karşılaştırılarak kaynak kayaçı belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmıştır [23, 24]. Bu çalışma ile, Keban Karakaya barajları arasında Fırat Nehir sediman ve su kimyası verileri, jeokimyasal bir bakış açısıyla değerlendirilerek aynı zamanda, Nd-Sr izotop bileşimleri yardımıyla kaynak kayaç kökeni yorumlanabilecektir.

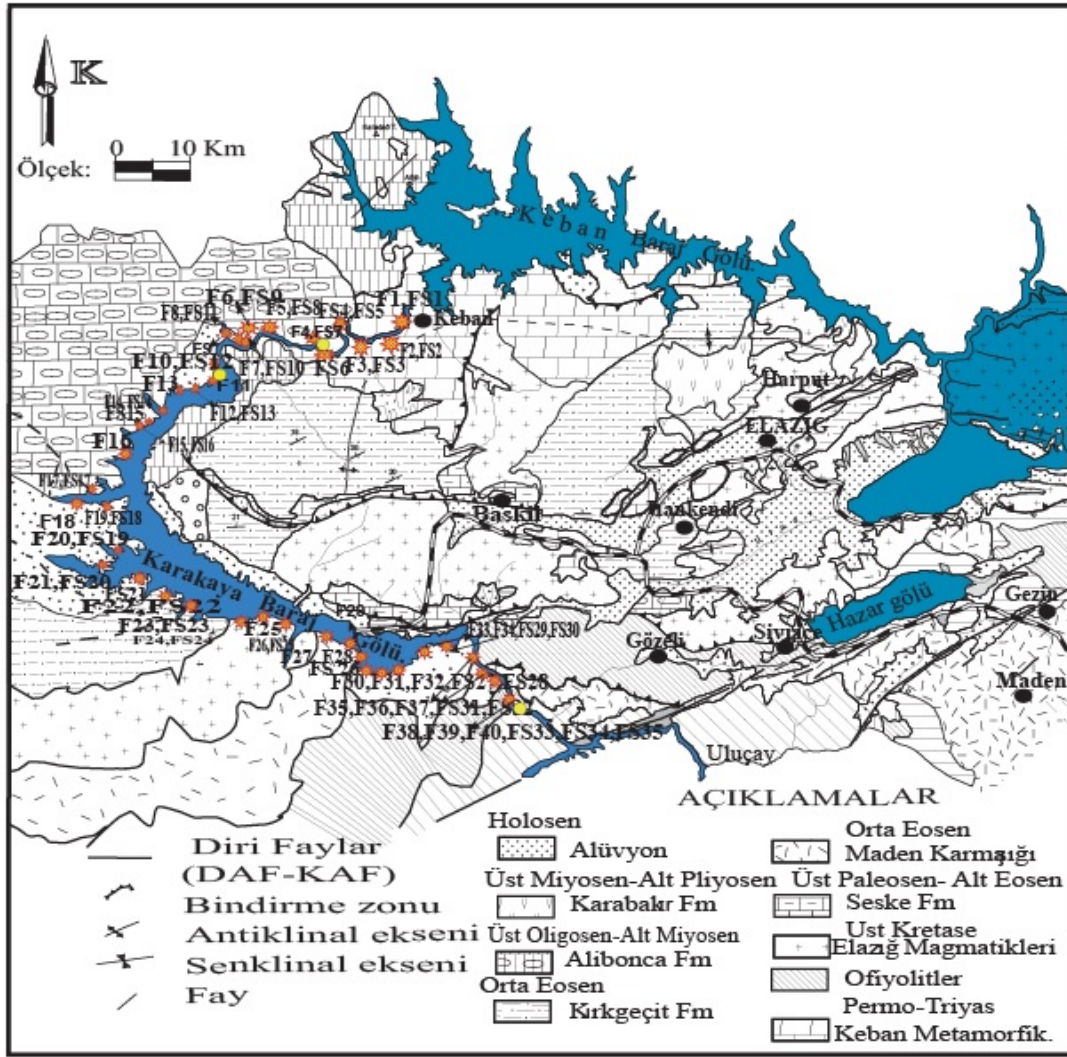
2. JEOLJİ (GEOLOGY)

Çalışma alanı, Keban ve Karakaya Barajı, 38°41'32.48"K - 38°14'24.10"K enlem ve 39°56'4.59" D 39°8'13.41"D boylamları ve Malatya K41 a3 ve K41 a4 paftaları içinde yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme alanının yer buldur haritası
(Location map of the study area)

Çalışma alanı ve yakın çevresinde yaşlıdan gence doğru Keban Metamorfitleri (Permo Triyas), Elazığ Plütonitleri (Üst Kretase), Elazığ Volkanitleri (Üst Kretase), Seske Formasyonu (Üst Paleosen-Alt Eosen), Maden Karmaşığı (Orta Eosen), Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen), Alibonca Formasyonu (Üst Oligosen-Alt Miyosen) Karabakır Formasyonu (Üst Miyosen- Alt Pliyosen), ve alüvyal malzeme (Kuvaterner) yüzelemektedir (Şekil 2). İnceleme alanı ve yakın civarında gözlenen Üst Kretase yaşlı tektono-magmatik birimlerin (Baskil Magmatitleri ve Elazığ Magmatitleri) oluştuğu jeodinamik ortamın, And tipi aktif kıta kenarı ürünleri olduğu ve Baskil Magmatitlerinin eşlenikleri olduğu bildirilmektedir [25]. Aynı zamanda, Elazığ Magmatitlerinin, Kömürhan Ofiyoliti üzerinde dalma-batmanın geç evrede geliştiği düşünülmektedir [26, 27]. Yukarıda belirtilen tüm birimleri, Keban Barajından, Karakaya Barajına kadar Fırat Nehri akım yönü boyunca görmek mümkündür. Bu nedenle, nehir sediman ve su kimyası üzerinde etkili litolojiyi belirlemek, bu çalışmanın odağında yer almaktadır.



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (MTA [28]'den değiştirilerek alınmıştır) * : sediman ve su örnek alım noktaları
 ● : İzotop analizleri için örnek alım noktaları

(Geologic map of the study area, (modified from MTA [28]) * : sediment and water sample sites ● : Sediment sample sites for isotope analysis

3. ANALİTİK YÖNTEMLER (ANALYTICAL METHODS)

3.1. Nehir Sediman Örneklerinin Kimyasal Analiz Yöntemleri

(Chemical Analysis Methods of River Sediment Samples)

Bu çalışmada, önceki çalışmalar ışığında [19, 29], 40 adet kıyı sediman örneği (F1'den F40'a kadar) alınmıştır (Şekil 2). Alınan yaklaşık 2 Kg ağırlığındaki nehir sediman örnekleri naylon torbalara konularak her biri numaralandırılmış ve oda sıcaklığında kurutulmuşlardır. Kurutulduktan sonra, 75 µm, (-200 mesh) elek boyutlarına elenmiştir. Eleme işleminde yaklaşık 15 g örnek tartılarak poşetlere bırakılmış ve numaralandırılmıştır. Analiz edilecek örnekler 0,5 g olarak alınmış ve yaş kimyasal yöntem kapsamında, 90 mL HCl-HNO₃-HF asit ile 1 saat çözdürülmüş ve 150 mL'ye saf su ile dilute edilmiştir. Daha sonra, element içerikleri saptanmak üzere ACME Analitik Laboratuvarlarında (Acme Analytical Laboratories Ltd., Kanada) ICP-OES (Inductively Couple

Plasma-Optic Emission Spectrometre) ile analiz edilmiştir. Analiz cihazı, Chen ve Ma [30]'da belirtilen, EPA (Environmental Protection Agency) STD-DS5 ile, STD PD1, STD2, STDGS311-1, STD GS910 STDSO-18 ve STD DS 9 standartları kullanılarak kalibre edilmiştir. Analitik veri kalitesi, söz konusu standart kullanımı ile yapılan kalibrasyonlar ile analizlerin doğruluğu ve her on örnekte bir örneğin analizinin tekrarlanması ile Eş. 1 ile kesinlik değeri ± 0,05 olarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ kesinlik} = \frac{\text{Standart sapma}}{\text{Xortx}} \times 100 \quad (1)$$

3.2. Sediman Örneklerinin İzotop Analiz Yöntemleri (Isotope Analysis Methods of Sediment Samples)

Nehir sediman örnekleri kimyasal analizler için Fırat Nehri akım yönü boyunca Keban- Karakaya Barajı arasında 40 farklı noktadan alınmıştır. Sr/Nd izotop analiz örnekleri ise, ilk 10 sediman arasından bir örnek olmak üzere, toplam üç

örnek (F7), (F12) ve (F40) örnek noktalarından alınmış stronsiyum ve neodmiyum izotop jeokimya analizleri ODTÜ Jeokimya Laboratuvarlarında yapılmıştır (Şekil 2). ODTÜ Merkez Laboratuvarı (Ar-Ge Eğitim ve Ölçme Merkezi, Radyojenik İzotop Laboratuvarı)nda Köksal ve Göncüoğlu [31], detayları ve koşulları verilen metodlardan uyarlanmış olan TLM-ARG-RIL-01 (Sr İzotop Oranı Analizi Deney Talimatı) ve TLM-ARG-RIL-02 (Nd İzotop Oranı Analizi Deney Talimatı) uygulanarak yapılmıştır. Her bir kayac pudrası örneğinden yaklaşık 80 mg tartılarak PFA şişelere aktarılmıştır. Örnekler, 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. Örnekler daha sonra tekrar ısıtıcı tabla üzerinde buharlaştırılıp kurutulurak 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) kullanılmıştır. 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) kullanılmıştır. Stronsiyum ve Nd izotop oranı ölçüm sonuçları üzerinde herhangi bir düzeltme yapılmamıştır. Ölçümler, Triton Termal İyonizasyon Kütle Spektrometresi (Thermo-Fisher) kullanılarak çoklu-toplama ile yapılmıştır. Analitik belirsizlikler 2 sigma düzeyindedir.

3.3. Su Örneklerinin Kimyasal Analiz Yöntemleri (Chemical Analysis Methods of Water Samples)

Nehir suyu örnekleri (FS1'den FS 35'e kadar), sediman örnek lokasyonlarının hemen yakınından alınmıştır (Şekil 2). 2 m

uzunluğunda, portatif sap monte edilmiş 1,5 L'lik geniş ağızlı polietilen şişeler ile alınan örnekler, nehir kıyısında 500 mL'lik polietilen şişelere 0,5 µm membran filtre kağıdı (4,5 cm çapında) ile süzülerek aktarılmıştır. Örnekler, analiz edilmeye kadar, metallerin çökmemesi için her bir örneğe %65'lik 10 mL HNO₃ ilave edilerek, pH'ı yaklaşık 3'e düşürülmüştür. Tüm su örnekleri analiz edilmeye kadar +4 ° C'de laboratuvarında muhafaza edilmiştir. 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 (Şekil 2). Daha sonra, elde edilen analiz sonuçları farklı istatistik programları kullanılarak sayısal verilerden kurtarılıp, literatür kapsamında yorumlanarak sunulacaktır. Bu amaçla Word, Excel, Adobe Illustrator programlarından yararlanılmıştır.

4. JEOKİMYA (GEOCHEMISTRY)

4.1. Bulgular (Results)

4.1.1. Fırat Nehri sedimanlarının element içerikleri ve dağılımları

(Element contents in the Euphrates River sediments and their distributios)

Bu bölümde, elde edilen bulgular, özet istatistiksel veriler ile birlikte tablolar halinde verilmiştir. Tablo 1'de çalışılan sediman örneklerine ait ana element özet istatistik değerler ve yer kabuğu ortalamaları verilmiştir [32]. Çokluk sıralamasına göre sedimanlar içerisinde Fe>Ca>Al>Mg>Ti>S>K>P ve Na bulunmaktadır. Keban-Karakaya Barajı arası tüm örnek noktalarında, Fe, Ca, Al ve Mg değerlerinin >1 olduğu görülmektedir. Ti, K, P ve Na içerikleri sırasıyla <1 olan değerlerdir ve ilk dört örnekte (F1, F2, F3 ve F4) S içeriği artarken, diğer örnekte en düşük ana elementi 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 2'de Fırat Nehir sedimanlarına ait 40 örneğin iz element konsantrasyonuna ait özet istatistik değerler ve Vinogradov, [32]'dan alınan yer kabuğu ortalamaları verilmiştir. Çokluk sırasına göre Sr> Rb>Th>U şeklinde dağılım

Tablo 1. Ana element içeriklerine ait özet istatistik değerler ve yer kabuğu ortalama değerleri
(Summary of statistical values of the major element content and the average earth crust values)

%	Ortalama	S.Sapma	Ortanca	Maksimum	Minimum	Yer kabuğu ort. [32]
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	0,01
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	0,05

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 atmaktadır. Bu noktaların yakın çevresinde, litolojik olarak Elazığ Magmatitleri'nin granitoyitleri ile Kömürhan Ofiyolitleri'nin yüzeylediği gözlenmektedir. Bolluk sırasına göre $Mn > Zn > Cu > As > Pb > 1$; Y ve Zr > 1 sediman örneklerinde diğer iz element konsantrasyonlarının üzerinde zenginleşme göstermektedir. Sediman 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 3'de Fırat Nehir sedimanlarındaki Au, Ag, Hg ve Pd ortalama değerleri, Vinogradov, [32]'dan alınan yer kabuğu ortalama değerlerinin altında kalmaktadır.

Ancak Keban eski maden alanı yakın çevresindeki Fırat Nehir sedimanlarından 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. Hg ve Ag değerlerinin Au oranla daha fazla zenginleştiğini söylemek mümkündür.

Tablo 2. Fırat Nehir sedimanlarının iz element içerikleri (mg/Kg), yer kabuğu ortalama değerleri
(Contents of trace elements in the Euphrates River sediments (mg/Kg) with average of the earth crust values)

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

Tablo 3. Fırat Nehir sedimanlarındaki metal içerikleri ($\mu\text{g/Kg}$) ve yer kabuğu ortalama değerleri
(Contents of trace elements in the Euphrates River sediments (mg/Kg) with average of the earth crust values)

	Ortalama	S. Sapma	Ortanca	Maksimum	Minimum	Yer kabuğu ortalama değ. [32]
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	-

4.1.2. Nd-Sr izotope jeokimyası analiz bulguları (Nd-Sr isotope geochemistry analysis results)

Bu çalışma kapsamında üç örnekte (F7, F12 ve F40) Sr ve Nd izotop bileşim oranları; nehir sedimanlarının farklı üç lokasyondaki orijinini belirleyebilmek amacıyla kullanılmıştır. Goldstein ve Jacobsen [20], sedimanlardaki 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, sedimanların taşınma proseslerinin anlaşılabilirliğini belirtmektedir. Tablo 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 ile, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ değerinin ise sırasıyla 0,7053; 0,7048 ve 0,7057 ve Eş. 1'e göre hesaplanan $\text{ENd}(0)$ değerleri ise, sırasıyla 0,35 , 3,90 ve 2,70 olarak belirlenmiştir.

$\text{ENd}(0) = \frac{^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} (\text{Ölçülen/Measured})}{0,512636 - 1} \times 10^4$
Hensel vd. ve McDonough vd. [33, 34]. Martin vd. [35] göre hesaplanmış 1000/Sr değerleri 16,11, 13,74 ve 13,17 olarak belirlenmiştir. Bu değerlerin, Hensel vd. [33]'den alınan, bazaltik toprak, meta-sedimanter toprak, meta-grovak ve ortalama sedimanlardan yüksek olduğu görülmektedir. Fırat

Nehri akım yönü boyunca 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) sediman kimyası üzerindeki etkisini göstermektedir.

4.1.3. Nehir sediman örneklerindeki bazı metaller ve arseniğin sediman kalite standart değerlendirilmesi

(Evaluation of sediment quality standards for some metals and arsenic in the river sediment samples)

Tablo 5'de Fırat Nehri sedimanları içerisindeki bazı metaller ve As için Eş. 2'de hesaplanan eşik değer ile literatür kapsamında belirlenen, 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) değerleri ile karşılaştırılmıştır [36, 37]. Tablo 5'e göre, eşik etki bileşim değerleri ve sediman kalite değerlendirme kriterleri bakımından, As, Cd, Cu, Ni, Hg ve Ag değerlerinin eşik etki bileşim değerlerinin üzerinde kaldığı anlaşılmaktadır.

$$\text{Eşik Değer} = X(\text{aritmetik ortalama}) + 2\sigma(\text{standart sapma}) \quad (2)$$

Tablo 4. Fırat Nehir sediman örneklerinde Sr ve Nd izotop bileşim oranları ile ENd ve 1000/Sr değerleri *: Hensel vd. [33] (Sr and Nd isotope composition ratio of the Euphrates sediment samples ENd and 1000/Sr values *: Hensel et al [33])

Örnek Kodları	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\text{ENd}(0)$	1000/Sr
F7	0,512654	0,7053	0,35	16,11
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
Sedimanlar*	0,512805	0,704583	3,26	4,0

Tablo 5. Fırat Nehir sedimanlarındaki bazı metallerin, ortalama ve eşik değerleri ile çeşitli etki değeri (The average and threshold values of some metals in the Euphrates River sediments and the various effect levels)

Element	Fırat Nehir Sedimanları		Eşik Etki Yoğunluğu (Threshold effect concentration) [36, 37]					Sediman Kalite Değerlendirme Kriterleri [36, 37]	
	Medyan	Eşik Değer= $X_{ort} + 2$ standart sapma	PEL	TEL	LEL	MET	ERL	PEC	TEC
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	-

4.1.4. Su örneklerine ait analitik bulgular (Analytical results of the water samples)

Fırat Nehri su 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'da verilmiştir. Fırat Nehir su örneklerinin ortalama ve medyan değerleri yüzey su element içerikleri ile karşılaştırıldığında, Al, Fe, P, Si ve Zn dışında diğer elementlerin ortalama değerlerinin normal sınırlar içerisinde olduğu görülmektedir. Bazı örnek noktalarındaki Al, Ca, Cd, Cu, Fe, Mg, Mn, P, Rb, Pb, Si ve Zn içeriklerinin standart yüzey suyu değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Fırat Nehir suyunun ağır metaller bakımından, Gediz Nehri metal içeriğinden [40] daha düşük değerlere sahip olduğu; EPA [41] ve TSE [42] 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.

DL: Dedeksiyon Limiti (DL: Detection Limit)

4.1.5. Fırat Nehir sedimetleri ve suları arasındaki etkileşimler

(The interactions between sediment and water in the Euphrates River)

Hem su hem de sediman örneklerinde hesaplanan eşik değerlere göre hazırlanan anomali haritaları karşılaştırıldığında, nehir sedimanları 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 değer üzerindedir. Sr, Ba, Mn ve Zn değerleri hem su hem de sediman içerisinde akım yönü boyunca birlikte aynı dağılımı göstermektedir. Cr ve Pb sedimanlar içerisinde 1 nolu örnekten başlayarak 35 nolu örneğe doğru homojen dağılım malesef suda görülmemekte ve su içerisinde sadece S7-S10; S7-S11 örneklerinde yüksek değer vermektedir. Mo ise hem nehir sedimanlarında hem de su içerisinde diğer bütün metaller göre en az taşınan metal olup sadece, 1, 2, 3 nolu nehir sedimanlarında ve 2 nolu su örneğinde yüksek değer vermiştir. Tablo 2 ve Tablo 6; B, Ba, Cr ve Zr'un hem su hemde sediman içerisindeki konsantrasyonunu

Tablo 6. Fırat Nehir suyu element içeriklerine ait özet istatistik değerler ($\mu\text{g/L}$; * mg/L)
(Summary of statistical values for concentration of elements in Euphrates River water ($\mu\text{g/L}$; * mg/L))

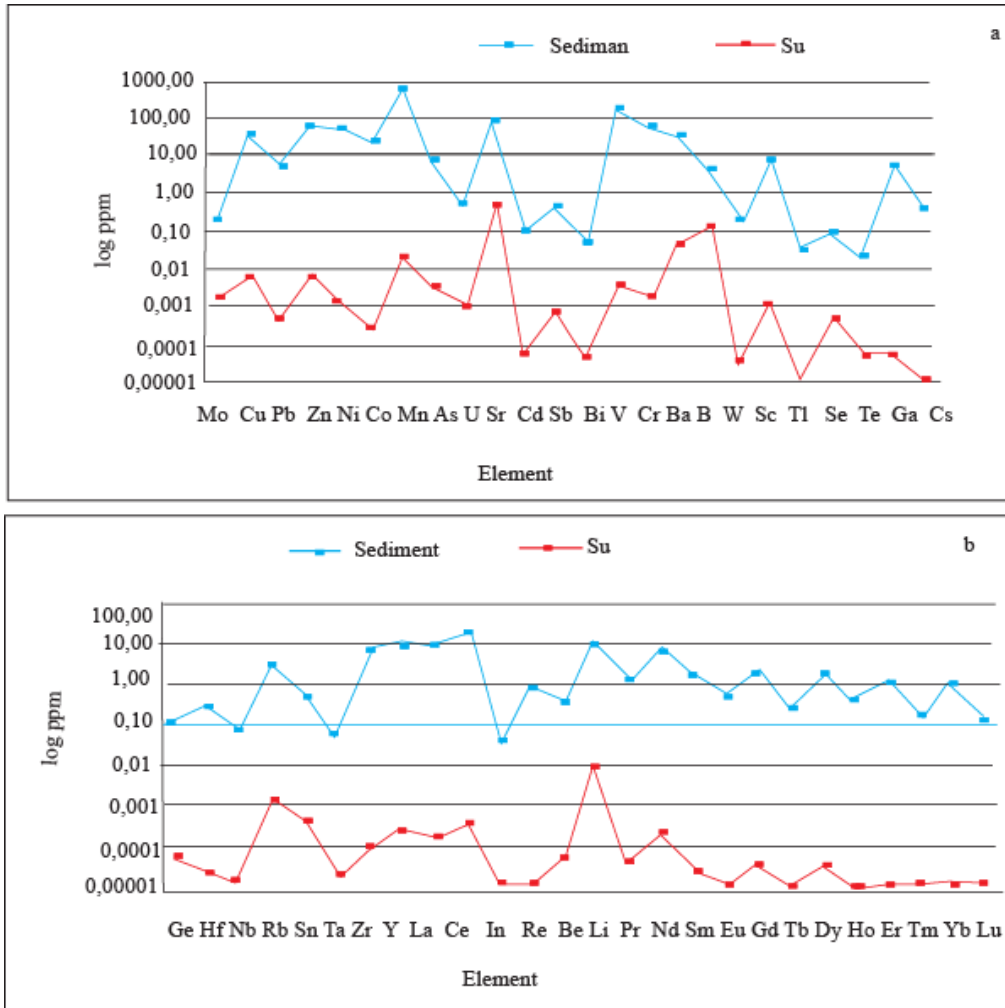
Elements	Medyan	Ortalama	Standart Sapma	Maksimum	Yeraltı Suyu Ort. [38]	Yüzey suyu 1. sınıf-4. sınıf [39]
Al	157	174,46	139	509	-	1,5-75
As	3,60	10,09	35,12	211,60	25EQ	10-360
B	118,00	131,26	30,41	236,00	200eq	-
Ba	38,23	37,71	21,07	146,99	100eq	-
Ca*	49,70	61,27	58,77	390,64	200000B	10-100
Cd	0,05	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	< DL	< DL	< DL	< DL	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
Zr	0,07	0,09	0,12	0,73	-	-

göstermektedir. Ba, Zr ve Cr gibi ağır metallerin sediman içerisinde, konsantrasyonunun, su içerisindekinden daha yüksek değerlerde olduğu, ancak B ise su içerisindeki konsantrasyonunun, sediman içerisinde daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum ağır metallerin mekanik ve B ise hidromorfik olarak taşındığını açıkça ortaya koymaktadır. Şekil 3a'da sediman ve su içerisindeki Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn, As, U, Sr, Cd, Sb, Bi, Mn, V, Sc, Tl, Se, Te, Ga ve Cs dağılımları karşılaştırılmıştır. Cr'un, sedimanlarda artarken su içerisinde azalmış olduğu, B ise sedimanlarda azalırken su içerisinde arttığı görülmektedir. Şekil 3b'de ise, Hf ve Zr gibi ağır metallerin dışında sediman içerisindeki konsantrasyon ile su içerisindeki konsantrasyon arasında uyumlu artış gözlemlenmektedir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Fırat Nehir sedimanlarında yüksek Ca/Na oranları, Ca'un kırıntılı karbonatlar içindeki yüksek konsantrasyonu ile ilgili olmalıdır. Ayrıca, Ca ve Na düşük iyonik potansiyellerinden dolayı diğer elementlere göre çözünürlükleri yüksek

olmasına rağmen partiküller üzerine adsorbe olabileme yani affiniteleri düşük elementlerdir. Dolayısı ile sedimanlar içerisindeki konsantrasyonları, oldukça çeşitli etkenlere bağlı olmalıdır, örneğin iyon değişim ve adsorbsiyon durumları gibi. Fırat Nehir sedimanları içerisindeki Al ve Mg konsantrasyonları, bölgesel litolojik birimlerin ayrışması sonucu oluşan, çeşitli bileşimli kil mineralleri ile ilgili olmalıdır. Goldstein ve Jacobsen [20], sedimanları 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, sedimanların taşınma proseslerinin anlaşılabilirliğini belirtmektedir. 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, $\text{ENd}(0)$ değerleri ise, sırasıyla 0,35-3,90 ve 2,70 olarak belirlenmiştir. Fırat Nehir sediman örneklerindeki $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Ca/Sr ve Sr bileşimleri, Gaillardet vd. [21] dikkate alındığında, subtropikal iklimin hakim olduğu Fırat Nehir yatağında evaporitik sedimanların yoğun olduğu



Şekil 3. a ve b: Bazı metal ve NTE'nin sediman ve su içerisindeki dağılımı
(a and b: Distribution of REE and some metals in sediment and water samples)

gözlenmektedir. Hesaplanmış ϵNd değerleri (sırasıyla 0,35-3,90 ve 2,70) ile Rolland vd. [22] ve Hensel vd. [33] çalışmalarında, sırasıyla Naomi bölgesinden alınan sediman ve New England Granitoidleri, metapelitik kayalar ve metagraovaklar ile karşılaştırıldığında, Fırat Nehir sedimanlarının özellikle analizi yapılan, -75 μm tane boyundaki örneklerin pozitif ϵNd değerlerinden dolayı, karbonatlı suların çökme yolu ile zenginleşmiş olabileceği düşünülmektedir. Burke vd. [23], çalışmasında, Jura-Kretase yaşlı sedimanlarda $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ değerlerinin 0,707-0,708 aralığında değiştiğini belirtmektedir. Bu izotopik veriler, sediman bileşimi üzerinde iki farklı kaynağın etkili olduğunu göstermiştir. Bussy [24] yaptığı çalışmada, Mont-Blanc graniti ile ilişkili Arve Nehir sedimanlarında $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ değerinin 0,728 olduğunu, ancak karbonatca zengin kayalarda bu oranın daha düşük olduğunu saptamıştır (yaklaşık 0,704). Bu durum, Fırat Nehir sedimanlarının sadece magmatik kayaların ayrışması ile değil aynı zamanda Keban Metamorfik kayalarındaki meta-karbonatların Fırat Nehir sediman bileşimi üzerinde etkili olduğunu düşündürmektedir. Fırat Nehir sedimanlarındaki, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ - $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ değerleri, aynı zamanda New England granitoidlerinin bileşim alanına girmektedir. Bu durumda karbonatlı meta-sedimanlar ile Elazığ Magmatitleri'nin granitik kayalarının ayrışması ile Fırat Nehir sedimanlarının bileşimi oluşmuş olmalıdır. 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. Çalışma alanı içerisindeki Fırat Nehir sedimanlarında, medyan değeri Al (%2,22) olarak belirlenmiştir. Bu oran 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 [43, 44]. Bu çalışma kapsamında düşük Ti değerleri (<%1), Ti'nin kimyasal ayrışma süreci içerisinde nispeten diğer elementlere oranla immobil olmasından kaynaklanmış olmalıdır. P değerleri, granitik veya felsik magmatik kayalardan kaynaklı apatitlerin ayrışması yolu ile sedimanlar içerisinde Ti ile birlikte zenginleşebilmektedir [45]. Major element sınıfında bulunan %S değerleri, Keban polimetalik maden sahası içerisinde yer almaktadır. Kalender [46], sülfürün kaynağının magmatik kökenli olduğu anlaşılmaktadır. Magmatik kaynaklı hidrotermal çözeltilerin, neden olduğu cevherleşmelerin ayrışması sonucu Fırat Nehir sedimanları, Fırat Nehri akım yönü boyunca bu bölgede sülfürce zenginleşmektedir. Fırat Nehir akım yönü boyunca farklı litolojik birimler içerisinde geçmesi, sedimanlarının iz element bileşiminin farklı örnek noktalarında değişim göstermesine neden olmaktadır. Demirak vd. [47], Gediz Nehri sediman, 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 SO_4 içermesi metallerin akım yönü boyunca taşınması

üzerinde etkili olduğu belirtilmektedir. Cr ve V diğer bazı iz elementlere göre daha ağır metaller grubuna girmektedir. Sediman içerisindeki konsantrasyonları mafik yada bazik bileşimli çevre kayalarındaki Cr spinel, kromit ve manyetit veya çalışma alanının güneyinde yer alan ofiyolitlerin ayrışması ve sediman bileşimi içerisine katılması ile ilgili olmalıdır [48]. Fırat Nehri kıyı sedimanlarındaki, V/Ni (190,20/51,87=3,66) oranı vanadyum içeriğine bağlı olarak artmaktadır. Bazı araştırmalara göre, bu oran, indirgeyici koşullara bağlı olarak sedimanlar içerisinde artabilmektedir [49]. Cr, Hf ve Zr gibi ağır metaller, sedimanlar içerisinde zenginleşme gösterirken aynı elementlerin nehir suyu içerisindeki konsantrasyonlarının azalması, söz konusu elementlerin diğer elementlere göre, alkali sulara çözümlülüklerinin daha düşük yani immobil olduklarını göstermektedir. Ayrıca, bu metallerin, mekanik olarak sedimanlar içerisinde zenginleşmiş olabileceği söylenebilir. Bu çalışma kapsamında üç örnekte (F7, F12 ve F40) Sr ve Nd izotop oranları belirlenmiş ve bu sonuçlar kullanılarak; nehir sedimanların bileşimine katkı sağlayan, farklı üç noktadaki, kaynak kayacın kökenini belirleyebilmek amacıyla kullanılmıştır.

6. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

İnceleme alanı drenaj sistemi içerisinde, element derişimi üzerinde etkili olan en önemli faktörlerden biri bölgesel litolojik özelliklerdir. Jeokimyasal veriler, Fırat Nehir sedimanları içerisindeki yüksek Al ve Mg konsantrasyonlarının, bölgesel litolojik birimlerin ayrışması sonucu oluşan, çeşitli bileşimli kil minerallerinden (kaolin ve simektit) kaynaklanıyor olmalıdır. Fırat Nehri'nin, akım yönü boyunca farklı litolojik birimler içerisinde geçmesi, nehir sedimanlarının, iz element konsantrasyonlarının, 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 polimetalik mineralizasyonlardan ve terk edilmiş maden sahasındaki pasaların ayrışmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bunun yanında, Fırat Nehir sedimanlarının $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 0,512654-0,512836 aralığı, granitoidlerin bileşim alanına girmektedir. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0,7048-0,7057 aralığı ise Sr kaynağının, karbonatlı meta-sedimanter olduğunu işaret etmektedir. Bu nedenle, Fırat Nehir sediman bileşimleri üzerinde, Elazığ Magmatitleri'nin granitik kayalarının ve Keban Metamorfitleri'nin meta-karbonatlarının ayrışmasının etkili olduğunu söylemek mümkündür. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop bileşim oranı ile Ca/Sr oranlarının korelasyonu, Fırat Nehir yatağında çökelen sedimanların, subtropikal iklim koşullarında gelişen evaporitik oluşumlara işaret etmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Bilimsel Projeleri Destek Birimi (FÜBAP) tarafından MF.14.26 nolu Proje kapsamında desteklenmiştir. Yazarlar desteklerinden dolayı teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Yılmaz Y., Yiğitbaş E., Yıldırım M., Genç Ş.C., Güneydoğu metamorfik masiflerinin kökeni, Türkiye 9. Petrol Kongr. Bild., 296-306, 1992.
2. Özgül N. ve Turşucu A., Stratigraphy of the Mesozoic carbonate sequence of the Munzur Mountains (Eastern Taurus), In: Tekeli O. ve Gncüoğlu, M.C., eds., On the Geology of the Taurus Belt., Ankara, 223-228,1984.
3. Yazgan E., Geodynamic evolution of the Eastern Taurus region (Malatya- Elazığ area, Turkey), Int. Symp. On the Geology of the Taurus Belt., Ankara, proceedings, 199-208, 1984.
4. Aksoy E., Elazığ batı ve güneyinin genel jeolojik özellikleri, Türk Yerbil. Derg., 1 (1), 113-123, 1993.
5. Bingöl A.F., Elazığ-Pertek-Kovancılar arası volkanik kayaların petrolojisi, F.Ü Fen Fakültesi Dergisi, 1, 9-21, 1982.
6. Bingöl A.F., Geology of the Elazığ area in the Eastern Taurus region, Int. Symp. On the geology of the Taurus Belt, Bildiriler, 209 -216, Ankara,1984.
7. İnceöz M., Harput Elazığ yakın kuzeyi ve doğusunun jeolojik özellikleri, Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 1994.
8. Bingöl A.F., 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, 1988.
9. Bingöl A.F. ve Beyarslan M., Elazığ Magmatitleri'nin jeokimyası ve petrolojisi, 30. Yıl Sempozyumu bildirileri, KTÜ, 208-227, Trabzon, 1996.
10. Dumanlılar H., İspendere (Malatya) ve çevresindeki cevherleşmelerin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (yayımlanmamış), 1998.
11. Dumanlılar Ö., Baskil Elazığ civarındaki granitoid kayalarına bağlı cevherleşmelerin incelenmesi, Doktora Tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (yayımlanmış), 2002.
12. Akgül B. ve Bingöl A.F., Piran köyü Keban çevresindeki Magmatit kayaların petrografik ve petrojenetik özellikleri, Selçuk Üniv. Müh-Mim. Fak., 20. Yıl Jeoloji Semp. Bildirileri, 13-14, 1997.
13. Türkmen İ., Elazığ Doğusunda Çaybağı Formasyonu (Üst Miyosen- Pliyosen) Stratigrafisi ve Sedimentolojisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 34 (21), 45-53, 1991.
14. Cook J.A., Andrew S.M., Johnson, M.S., Lead, Zinc, cadmium and fluoride small mammals from contaminated grass-land established on fluorspar tailings, Water, Air Soil Poll, 51, 43-54, 1990.
15. Kalender L., Environmental impact and drainage geochemistry of the abandoned Keban Ag, Pb, Zn deposit, In: Dionisions Panagiotaras (Ed.), Working Maden Cu Deposit and Alpine Type Cr Deposit in the Eastern Anatolia, Turkey. Geochemistry. Published by In Tech, Croatia, 345-370 (www.intechopen.com), 2012.
16. Romero A., Gonzalez I., Galan E., Trace elements absorption by citrus in a heavily polluted mining site, J Geochem Explor., 113, 76-85, 2013.
17. Singh M., Ansari A.A., Muller G., Singh I.B., Heavy metals in freshly deposit sediments of Gomti river (a tributary of the Ganga river):effects of human activities, Environ. Geol, 29, 246-252, 1997.
18. Kalender L. ve Aytimur G., REE geochemistry of Euphrates River, Turkey, J Chem, 1, 1-13, 2016.
19. Kalender L. ve Çiçek Uçar S., Assessment of Metal Contamination in Sediments in The Tributaries of the Euphrates River, Using Pollution Indices and the Determination of the Pollution Source, Turkey, J Geochem Explor, 134, 73-84, 2013.
20. Goldstein S.J. ve Jacobsen S.B., The Nd and Sr Isotopic Systematics of River-Water Dissolved Material: Implications For The Sources of Nd And Sr In Seawater, Chem Geol, (Isotope Geoscience Section), 66, 245-272, 1987.
21. Gaillardet J., Dupre B., Allegre C.J., Negrel P., Chemical and physical denudation in the Amazon river basin, Chem Geol., 142, 141-173, 1997.
22. Rolland M.R., Arnurd F., Chapron E., Desmet M., Givélet N., Alibert C., McCulloch M., Sr and Nd isotopes as tracers of clastic sources in Lake Le Bourget sediment (NW Alps, France) during the Little Ice Age: Palaeohydrology implications, Chem Geol, 224, 183-200, 2005.
23. Burke W.H., Denison R.E., Hetherington E.A., Koepnick R.B., Nelson H.F., Otto J.B., Variation of seawater ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr throughout Phanerozoic time, Geology, 10, 516- 519, 1982.
24. Bussy F., Pe'trogene'se des enclaves microgrenues associe'es aux granitoides 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, 1990.
25. Yazgan E. ve Chessex R., Geology and tectonic evolution of the southeastern Taurides in the region of Malatya, TPJD Bült, 3, 1-42, 1991.
26. Beyarslan M., Kömürhan Ofiyolit Birimi'nin petrografik ve petrolojik incelenmesi, Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ (Yayımlanmamış), 1996.
27. Beyarslan M. ve Bingöl A.F., Petrology of a Supra-Subduction Zone Ophiolite (Elazığ, Turkey), Can. J. Earth Sci., 37, 1411-1424, 2000.
28. MTA Genel Müdürlüğü., Türkiye Jeoloji Haritası-İzmir, Ankara, 2002.
29. Kalender L. ve Bölücek C., Environmental Impact and Drainage Geochemistry in The Vicinity of the Harput Pb-Zn-Cu Veins, Elazığ, Se Turkey, Turk J Earth Sci, 16, 241-255, 2007.
30. Chen M. ve Ma L.Q., Comparison of EPA Digestion Methods for Metal Analysis Using Certified and Florida Soils, J Environ. Qual, 27 (6), 1294-1300, 1998.
31. Köksal S. ve Göncüoğlu M.C., Sr and Nd Isotopic Characteristics of Some S, I and A-Type Granitoids

- From Central Anatolia, Turk J Earth Sci, 17, 111-127, 2008.
32. Vinogradov A.P., Average contents of chemical elements in the principal types of igneous rocks of the Earth's crust, *Geochemistry*, 7, 641-664, 1962.
 33. Hensel H. D., McCulloch M. T., Chappell B. W., 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, 1985.
 34. McDonough W.F., McCulloch M.T., Sun S.S., 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, 1985.
 35. Martin M.W., Friedrich A.M., Bowring S.A., 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, 1999.
 36. MacDonald D.D., Ingersoll C.G., Berger T.A., Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems, *Arch Environ Contam Toxicol*, 39, 20-31, 2000.
 37. Persaud D.R., Jaagumagi R., Hayton A., Guidelines for the protection and management of aquatic sediments in Ontario, Standards Development Branch. Ontario Ministry of Environment and Energy. Toronto, Canada, 1993.
 38. NRA, Water Quality Objectives. Procedures Used by the National Rivers Authority for the Purpose of the Surface Waters (River Ecosystem) (Classification) Regulation, 1994.
 39. Enderlein S., Rainer E., Peter W., National Rivers authority, England and Wales, Bristol, Surface Water Quality Standards, 62-302, 2010.
 40. Bakac M. ve Kumru M.N., Factor analysis in the geochemical studies along the Gediz River, Turkey, *J Radioanal Nucl Chem*, 249 (3), 617-624. 2001.
 41. Turkish Environmental Guidelines (TSE)., Publications of Turkish Foundation of Environment, 1988.
 42. US EPA, National Recommended Water Quality Criteria Correction Office of Water, EPA 822-Z-99-001, 25, 1999.
 43. McLennan S.M., Taylor S.R., Scott M., The geochemical evolution of the continental crust, *Rev Geophys*, 33 (2), 241-265, 1995.
 44. Hossain I., Roy K.K., Biswas P.K., Alam M., Moniruzzaman M., Deeba F., Geochemical characteristics of Holocene sediments from Chuadanga district, Bangladesh: Implications for weathering, climate, redox conditions, provenance and tectonic setting, *Chin J Geochem*, 33, 336, 2014.
 45. Hayashi K., Fujisawa H., Holland H.D., Ohmoto H., "Geochemistry of 1.9 Ga sedimentary rocks from northeastern Labrador, Canada [J]", *Geochim Cosmochim Acta*, 61, 4115-4137, 1997.
 46. Kalender L., Oxygen, Carbon and Sulphur Isotope Studies in the Keban Pb-Zn Deposits, Eastern Turkey: An Approach on the Origin of Hydrothermal Fluids, *J African Earth Sci*, 59, 341-348, London, 2011.
 47. Demirak A., Yilmaz F., Tuna L., Ozdemir N., Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey, *Chemosphere*, 63, 1451-1458. 2005.
 48. Wronkiewicz D.J. ve Condie K.C., Geochemistry of Archean shales from the Witwatersrand Supergroup, South Africa: Source-area weathering and provenance, *Geochim Cosmochim Acta.*, 51, 2401-2416, 1987.
 49. Koca D., Sarı A., Koç Ş., Yavuz B., Koray D.B., Example for major and trace element enrichment in marine source rock from Turkey: Akkuyu Formation (Middle Taurus), *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 25 (2), 243-256, 2010.

