

Ankara Çayı'na ait Pleistosen Yaşlı Teras Çökellerinin Jeokimyasal Özellikleri

Çiğdem SAYDAM EKER*¹, Mustafa Kemal GÜMÜŞ²

¹Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane

²Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği ABD, Gümüşhane

(Alınış / Received: 14.02.2017, Kabul / Accepted: 22.08.2017, Online Yayınlanma / Published Online: 13.10.2017)

Anahtar Kelimeler

Ankara Çayı,
Teras çökeli,
Jeokimya,
Kimyasal ayrışma
indeksi,
Sedimanter döngü

Özet: Bu çalışmada, Ankara Çayı'na ait Pleistosen yaşlı teras çökellerinin jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve buna bağlı olarak kaynak alanındaki ayrışma derecesi, sedimanter döngü tarihçesi ve kaynak kayaların belirlenmesi amaçlanmıştır. İncelenen çökellerin CIA, PIA ve ICV değerleri sırasıyla 58.6, 58.7 ve 1.58 olarak belirlenmiştir. Söz konusu çökellerin genel olarak basit sedimanter döngüye maruz kaldığı ve kaynak alanından çok uzaklara taşınmadığı için çökellerin kimyasal bileşimlerinin çoğunlukla kaynak kaya bileşiminin kontrolü altında olduğu saptanmıştır. İncelen örneklerin Al_2O_3/TiO_2 , La/Sc, Co/Th ve Th/Sc oranlarının sırasıyla 8-21, 2.52-4.4, 1.50-2.19 ve 0.70-1.03 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca, çökeller negatif Eu anomalisi ve yüksek HNT/ANTE oranları içermektedir. Bu veriler doğrultusunda, çalışma alanında muhtemelen, zayıf-orta kimyasal ayrışma, zaman zaman yüksek tektonik aktivite ve yüksek erozyon olduğu, teras çökellerin ortaçağ veya felsik-mafik bileşimli kaynaktan malzeme aldığı ve kimyasal olarak olgun olmadığı kanısına varılmıştır.

Geochemical Properties of Pleistocene-aged Terrace Deposit of the Ankara Stream

Keywords

Ankara Stream,
Terrace deposit,
Geochemistry,
Chemical weathering
index,
Sedimentary-cycle

Abstract: The study aims to investigate geochemical properties, chemical weathering, sedimentary-cycle history and sediment provenance of the Ankara Stream Pleistocene-aged terrace deposit. The CIA, PIA and ICV values of the examined samples have been determined as 58.6, 58.7 and 1.58, respectively. The terrace deposits are exposed to the simple sedimentary cycling history, which indicates that geochemical compositions of sediments were controlled by the composition of source materials. The Al_2O_3/TiO_2 , La/Sc, Co/Th and Th/Sc ratios of the investigated samples range from 8-21, 2.52-4.4, 1.50-2.19 and 0.70-1.03, respectively. Thus, the deposits have negative Eu anomaly and high LREE/HREE ratios. Finally, likely low-to-moderate degrees of chemical weathering of these deposits show an increase tectonic activity and erosion in the studied area. Terrace deposits are derived from particle to intermediate or felsic-mafic sources and the deposits are chemically immature.

1. Giriş

Nehir sedimanlarını konu alan çalışmalar, bu sedimanların kimyasal bileşimlerinin genellikle drenaj havzasında yüzeyleme veren kayaların kimyasal bileşimini yansıttığını göstermiştir. Ancak yağış miktarı, iklim, erozyon, tektonik ortam, taşınma prosesleri, hidrolik boylanma, kaynak kayaların kimyasal ayrışma dereceleri akarsu sedimanlarının mineralojik ve kimyasal bileşimleri üzerinde büyük rol oynadıkları bilinen bir gerçektir. Fakat, nadir toprak element (NTE), Zr, Hf, Y, Nb, Th ve Sc gibi elementler sedimanter işlevlerden fazla etkilenmediklerinden ([1,2,3,4,5] sedimanların

türediği kaynak kayaların belirlenmesi için yaygınca kullanılmaktadırlar.

Türkiye'de nehir sedimanlarının jeokimyasını konu alan sınırlı sayıda çalışma vardır ve onlardan bazıları şunlardır; Büyükmelen Nehri, Düzce [6], Dicle Nehri, Batman [7], Fırat Nehri, Elazığ [8], Deliçay ve Tarsus Çayları [9], Çoruh Nehri, Bayburt [10], Ankara Çayı dere yatağı sedimanları [11].

Ankara Çayı, Sakarya Nehri havzası içinde yer almaktadır. Çubuk Çayı ve Hatip Çayı'nın, İncesu Deresi ile Akköprü civarlarında birleşmesi ile oluşan Ankara Çayı yaklaşık 140 km yol alarak Sakarya Nehrine dökülmektedir. Bu çaya ait Pleistosen yaşlı

*İlgili yazar: csaydam@gumushane.edu.tr

teras çökelleri çaya paralellik sunarak yaklaşık 140 km'lik hat boyunca yayılım göstermektedir. Bu çalışmada, Ankara Çayı'na ait Pleistosen yaşlı teras çökellerinin jeokimyasal özellikleri incelenerek, kaynak alanları, kaynak alanındaki kimyasal ayrışma durumu ve söz konusu çökellerin sedimanter döngü tarihçesi ortaya konmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Arazi çalışması

Çalışma sahasının mevcut jeolojik haritaları kullanılarak, önemli yağışların olmadığı Mart ayında (Örnek alım esnasında ve 3 hafta öncesine kadar çalışma alanına önemli miktarda yağış düşmemiştir) Ankara Çayı'na ait teras çökellerinden belirli aralıklarla ve 35-45 cm kazılarak toplam 35 adet pekişmemiş örnek toplanmıştır.

2.2. Laboratuvar çalışmaları

2.2.1. Örneklerin hazırlanması

Teras örnekleri öncelikle Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeokimya laboratuvarında açık hava sıcaklığı ile kurutulmuştur. Kurutulan örnekler 200 numaralı eleklerden geçirilerek (kil-silt boyutlu malzeme) jeokimyasal analizler için hazır hale getirilmiştir.

2.2.2. Tüm kayaç analizi

Ana, iz ve nadir toprak element (NTE) analizleri için elenen toplam 35 adet örnekten yaklaşık 15 g ağırlığındaki miktar poşetlenerek, ACME (Vancouver, Kanada) analitik laboratuvarına gönderilmiştir. Örnekler adı geçen laboratuvarda tane büyüklüğü 200 mesh'den daha küçük olacak biçimde agat bir havan içinde öğütülmüştür. Ana ve iz element içerikleri, 0.2 g toz kayaç örneğinin 1.5 g LiBO_2 ile çözündürülmesi ve daha sonra 100 ml %5 HNO_3 'de çözülmesinden sonra ICP-MS ile ölçülmüştür. NTE içerikleri 0.25 g toz kayaç örneğinin dört farklı asit içerisinde çözündürülmesinden sonra ICP-MS ile analiz edilmiştir.

Ateşte kayıp (A.K.), örnekler 1000 °C'de yakıldıktan sonra ağırlık farkından hesaplanmıştır. Toplam Fe içeriği, Fe_2O_3 cinsinden ifade edilmiştir. Dedeksiyon limitleri, ana oksitler için % ağırlık olarak 0.002 - 0.04, iz elementler için 0.1 - 8 ppm ve NTE için 0.01 - 0.3 ppm arasında değişmektedir, Au için ise 0.5 ppb dir.

3. Bulgular

3.1. Bölgesel jeoloji

Çalışma alanı, temelini Karbonifer yaşlı yüksek-dereceli metamorfik kayaçların oluşturduğu Sakarya

Zonu içinde yer almaktadır [12-16] (Şekil 1, [17]). Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi bu kristalin temeli tektonik olarak örtmektedir [18]. Jura yaşlı kırıntılı kayaçlar ve kireçtaşları Karakaya Kompleksini Ankara bölgesinde uyumlu olarak üzerlerken, Erken Kretase granitoidleri ve Paleosen-Eosen volkanik, volkanoklastik ve karbonat kayaçları uyumsuz olarak gelmektedir [19-23,16]. Oligosen-Miyosen evaporitleri, klastik kayaçları, Miyosen-Pliyosen kırıntılı kayaçları ve volkanikleri alttaki bütün birimleri uyumsuzlukla örtmektedir.

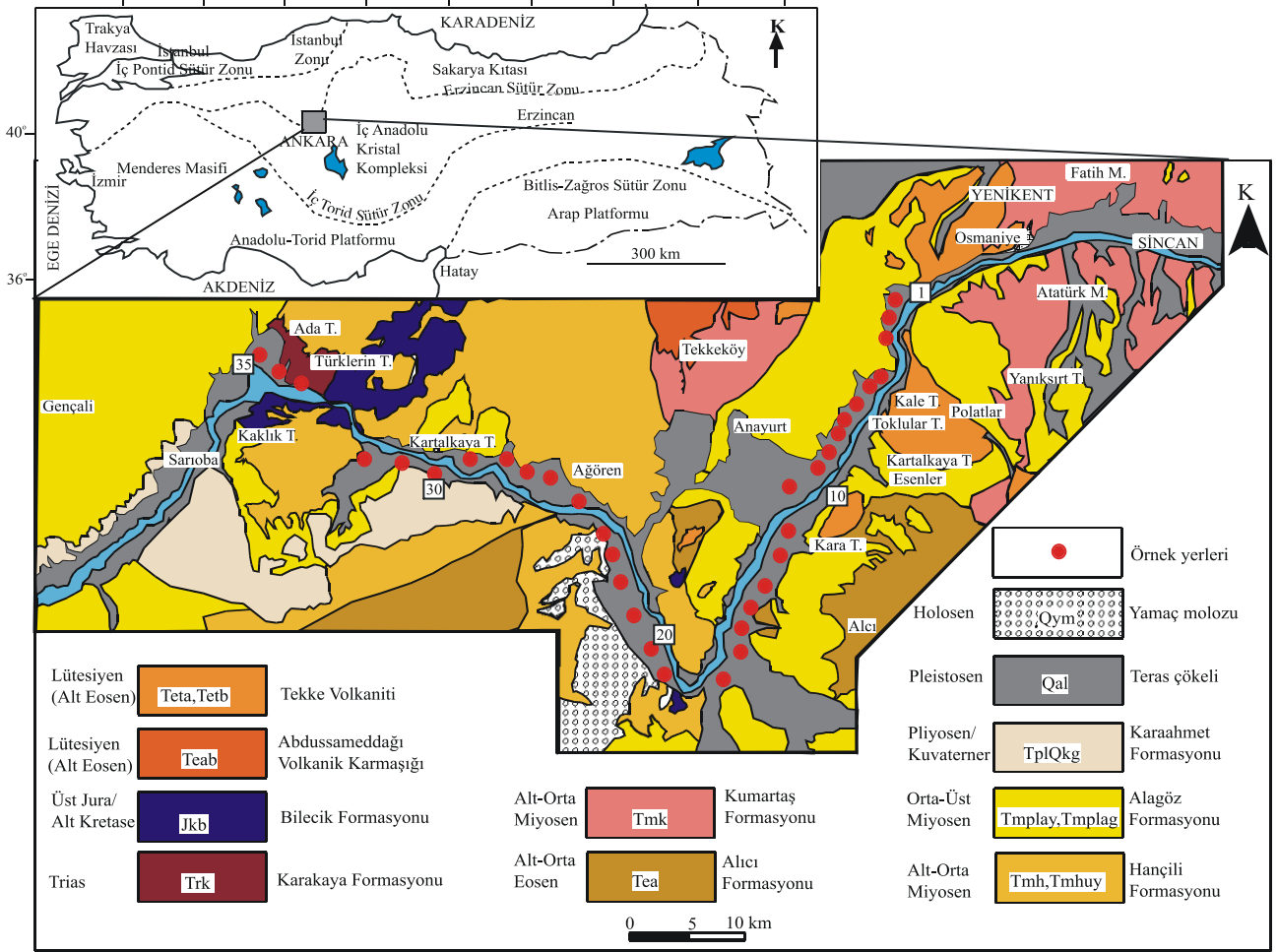
3.1.1. Stratigrafi

Ankara Çayı havzasında en yaşlı kayacı Triyas yaşlı çakıltı, kumtaşı, çamurtaşı ve kireçtaşı özellikli Karakaya Formasyonu (TRk) oluşturmaktadır. Bunun üzerine uyumsuz olarak Geç Jura-Erken Kretase yaşlı neritik kireçtaşı karakterli Bilecik Kireçtaşları (JKb) gelmektedir. Bilecik Kireçtaşları, Erken Eosen yaşlı, andezit, bazalt, tuf, aglomera ve Triyas, Jura-Kretase yaşlı kireçtaşı blokları içeren Abdüsemmeddağı Volkanit karmaşığı (Teab) ve aynı yaşlı, andezit bazalt, tuf ve aglomeradan oluşan Tekke Volkanitleri (Teta, Tetb) ile uyumsuz olarak örtülmektedir. Bunların üzerine uyumsuz olarak Erken-Orta Eosen yaşlı kireçtaşı olistoliti içeren volkano-tortul seriden oluşan Alıcı Formasyonu (Tea) gelmektedir. Bu formasyonun üzerine uyumsuz olarak Erken-Orta Miyosen yaşlı, çakıltı, kumtaşı, silttaşından oluşan Kumartaş Formasyonu (Tmk), ve altta bazalt ile başlayıp yukarıya doğru kireçtaşı, silttaşı, çamurtaşı, çakıltı, killi kireçtaşı, marn, kumtaşı ve çört ardalanmasından oluşan Hançili Formasyonu (Tmh, Tmhuy) gelmektedir. Kumartaş ve Hançili Formasyonları üzerine Orta-Geç Miyosen yaşlı, çakıltı, kumtaşı, çamurtaşı, gölsel kireçtaşı ve volkanitlerden oluşan Alagöz Formasyonu (Tmplay, Tmplug) uyumsuzlukla oturmaktadır. Bunun üzerine çakıltı, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı ardalanmasından oluşan ve Pleistosen-Kuvaterner yaşlı Karaahmet Formasyonu (TplQkg, TplQky) gelmektedir. İnceleme alanında en genç birimi Pleistosen yaşlı teras çökelleri ve Holosen yaşlı yamaç molozları oluşturmaktadır ve alttaki bütün birimleri uyumsuzlukla örtmektedirler [24-26] (Şekil 1).

3.2. Jeokimyasal özellikler

3.2.1. Ana ve iz element

Ankara Çayı'na ait Pleistosen yaşlı teras çökellerinin ana element içerikleri ve hesaplanmış ortalama değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Çalışılan çökellerin ana element içerikleri üst kıtasal kabuğun ana element içerikleri ile karşılaştırılmıştır (ÜKK; [1]). Söz konusu çökellerin CaO , TiO_2 , P_2O_5 ve MgO içerikleri ÜKK'nın aynı elementlerine göre genel olarak zenginleşmiş, Na_2O , K_2O ve MnO içeriği tükenmiştir. SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve Cr_2O_3 içerikleri ÜKK ile yaklaşık benzerdir (Şekil 2).



Şekil 1. Çalışma alanını kapsayan bölgenin 1/100 000 ölçekli jeolojik haritası ([23,24]den sadeleştirilerek), örnekleme lokasyonları ve Türkiye'nin bazı tektonik birliklerini gösteren harita [17]

İncelenen örneklerin iz element içerikleri ve hesaplanmış ortama değerleri tablo 2'de listelenmiştir. Ankara Çayı'na ait Pleistosen yaşlı teras çökellerinin Ni, Au, Sr, Co, Cu, Sc ve V içerikleri ÜKK'nın aynı elementlerine göre zenginleşmiş, Rb, Ba, Nd, Th, Zr, Hf, Y ve U elementleri ise tükenmiştir (Şekil 3). Analiz edilen örneklerde Zr, Hf, Y ve Nb gibi felsik kayaç kaynağını gösteren elementlerin [27] ÜKK'ya kıyasla hafif tükenip, Co, Ni, Cu, Sc ve V gibi geçiş elementlerinin hafif zenginleşmiş olması, bu çökellerin ortaç yada felsik-mafik karışımı kaynaktan malzeme aldığını işaret etmektedir. Söz konusu çökellerin Al/Si oranı Zr ve Hf ile güçlü pozitif korelasyon göstermektedir (Şekil 4). Buna bağlı olarak Zr ve Hf bolluğunun tane boyu ile kontrol edildiği söylenebilir.

3.2.2. Nadir toprak element (NTE)

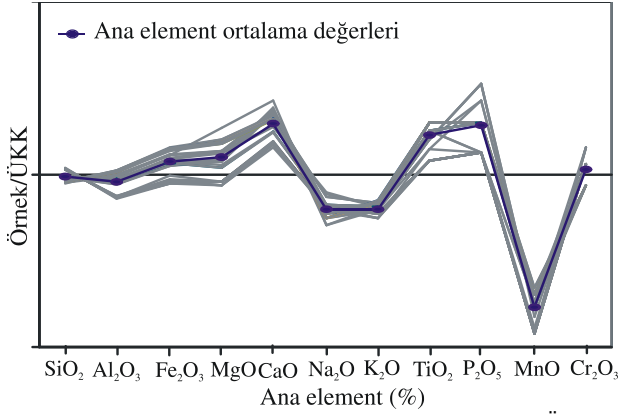
Ankara Çayı Pleistosen teras çökellerinin NTE içerikleri ve hesaplanmış ortalama değerleri tablo 3'te verilmiştir. İncelenen örneklerde hafif nadir toprak element (HNTE) içeriği ağır nadir toprak element (ANTE) içeriğinden daha yüksektir ve Eu/Eu* oranları <0.95 dir (E35 nolu örnek hariç) (Tablo 4). İncelenen örneklerin Ce, Nd ve Sm elementleri ÜKK'nın aynı elementlerine göre hafif tükenmiş, Gd hafif zenginleşmiş, La, Eu, Tb, Ho, Yb ve

Lu ise yaklaşık benzerlik göstermektedir (Şekil 5a ve b). Al/Si oranları ΣNTE, HNTE ve ANTE ile güçlü pozitif korelasyon göstermektedir (sırasıyla $r = 0.89$, 0.89 , and 0.97). Bu bağlamda tane boyu incelildikçe NTE bolluğunun arttığı söylenebilir.

3.3. Ayrışma

Sedimanter kayaların kaynak bileşeni ve ayrışma karakterlerini tanımlamak için en çok kullanılan parametreler; PIA (Plajiyoklaz Alterasyon İndeksi $[(Al_2O_3 - K_2O) / (Al_2O_3 - K_2O) + (CaO^* + Na_2O)] * 100$, [28], CIA (Kimyasal Alterasyon İndeksi= $[Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O)] * 100$, [29], CaO^* silikat minerallerindeki CaO) ve ICV (Bileşimsel değişim indeksi= $Fe_2O_3 + K_2O + Na_2O + CaO^* + MgO + TiO_2 / Al_2O_3$, [30] dir. Düşük CIA (52-54) ve PIA (52-56) değerleri kaynak alanında düşük derecede ayrışma olması ve kaynaktan türeyen sedimanların ise bileşimsel olarak olgun olamaması ile ilişkilidir. Teras çökellerinin hesaplanan ortalama CIA, PIA ve ICV değerleri sırasıyla 58.6, 58.7 ve 1.58 dir (Tablo 4), [26]. Ayrışmamış kayaçların PIA değerleri 50, kil minerallerin ise 100'e yakındır [29]. Bunun yanı sıra CIA < 65 değerleri genelde tektonik olarak aktif ortamları [31] ve yüksek mekanik erozyonu göstermektedir [32]. Bununla birlikte düşük ICV değerleri (<1) çökellerin yüksek yüzdeli kil mineralli

ve olgun sedimentlerden türemiş olabileceğini, oysaki yüksek ICV değerleri ilk döngü çökellerini temsil etmektedir [33]. Söz konusu çökellerin CIA ve PIA ortalama değerlerinin düşük olması (<60) bu çökellerin kaynak kayalarlarının yoğun olarak ayrışmadığının belirtisidir. Ayrıca ICV değerlerinin yüksek olması, bunların mineralojik olarak olgun olmayan materyalden türediğini göstermektedir (Şekil 6) [26,29].

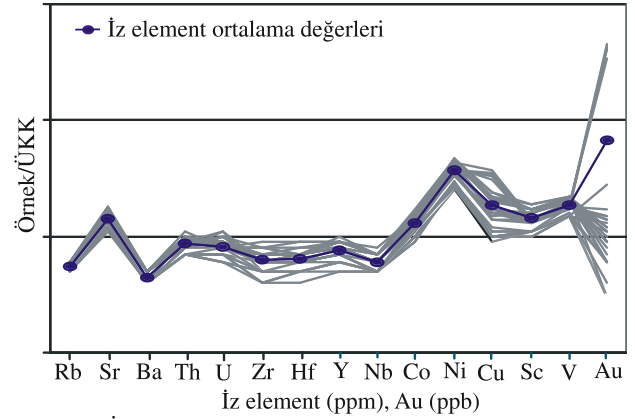


Şekil 2. Pleistosen yaşlı teras çökel örneklerinin ÜKK'ya göre ana element değişimi

Tablo 1. İncelenen örneklerin ana element ve hesaplanmış ortalama değerleri (Oksitlerin değerleri % 100 olacak şekilde yeniden hesaplanmıştır)

Örnek no	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃
EA1	58.5	14.7	5.9	4.1	11.2	2.0	2.2	0.9	0.3	0.12	0.04
EA2	62.2	14.2	5.6	2.6	9.81	2.0	2.1	0.8	0.4	0.11	0.03
EA3	63.9	13.2	5.1	2.6	9.43	2.3	2.1	0.7	0.4	0.10	0.04
EA4	63.5	13.4	5.1	2.7	9.51	2.3	2.1	0.8	0.5	0.10	0.03
EA5	62.5	13.6	5.3	2.7	10.2	2.2	2.1	0.8	0.5	0.09	0.04
EA6	63.5	13.2	5.2	2.7	9.83	2.2	2.1	0.8	0.5	0.10	0.04
EA7	64.9	14	5.3	2.4	7.43	2.6	2.2	0.9	0.3	0.10	0.04
EA8	64.8	14	5.3	2.4	7.34	2.6	2.2	0.9	0.3	0.10	0.04
EA9	64.8	13.9	5.4	2.5	7.46	2.6	2.2	0.9	0.3	0.10	0.05
EA10	60.3	15.1	6.0	3.0	9.46	2.5	2.2	1.0	0.3	0.11	0.04
EA11	60.4	14.8	6.0	2.9	9.73	2.6	2.1	1.0	0.3	0.11	0.04
EA12	60.1	14.9	5.9	3.0	9.87	2.6	2.1	1.0	0.3	0.11	0.04
EA13	62.8	14.1	5.7	3.0	7.98	3.0	2.2	0.9	0.2	0.11	0.04
EA14	62.5	14.5	5.6	2.9	7.89	3.1	2.2	0.9	0.2	0.11	0.04
EA15	58.3	15.9	6.6	3.5	9.11	2.9	2.3	1.0	0.3	0.13	0.03
EA16	58.7	15.5	6.4	3.5	9.24	2.9	2.3	1.0	0.3	0.13	0.03
EA17	59.5	15.7	6.5	3.4	8.86	2.2	2.4	1.0	0.3	0.12	0.03
EA18	59.2	16.0	6.5	3.4	8.81	2.2	2.4	1.0	0.3	0.11	0.03
EA19	59.7	15.8	6.4	3.3	8.69	2.3	2.3	1.0	0.3	0.12	0.03
EA20	59.7	15.7	6.4	3.4	8.79	2.2	2.3	1.0	0.3	0.12	0.03
EA21	59.7	15.7	6.4	3.3	8.74	2.3	2.3	1.0	0.3	0.12	0.03
EA22	59.4	15.9	6.5	3.4	8.83	2.2	2.3	1.0	0.3	0.12	0.03
EA23	59.6	15.8	6.5	3.4	8.73	2.3	2.3	1.0	0.3	0.12	0.03
EA24	59.6	15.8	6.4	3.4	8.75	2.3	2.3	1.0	0.3	0.11	0.03
EA25	59.8	15.7	6.2	3.3	8.83	2.4	2.3	1.0	0.3	0.12	0.03
EA26	70.3	11.3	4.5	2.0	6.57	2.5	1.9	0.7	0.2	0.07	0.04
EA27	71.1	11.3	4.0	2.0	6.28	2.5	2.0	0.6	0.2	0.08	0.04
EA28	70.8	11.3	4.1	2.0	6.46	2.5	2.0	0.6	0.2	0.07	0.04
EA29	71.8	10.9	4.0	1.9	6.05	2.5	2.0	0.6	0.2	0.07	0.05
EA30	70.4	11.4	4.3	2.0	6.5	2.4	2.0	0.6	0.2	0.07	0.04
EA31	71.2	11.1	4.2	1.9	6.27	2.5	2.0	0.6	0.2	0.07	0.04
EA32	70.8	11.4	4.1	1.9	6.39	2.5	2.0	0.6	0.2	0.07	0.04
EA33	71.3	11.2	4.0	2.0	6.3	2.4	1.9	0.6	0.2	0.07	0.04
EA34	71	11.1	4.2	2.0	6.38	2.5	1.9	0.6	0.2	0.07	0.05
EA35	70.7	11.3	4.2	2.0	6.38	2.5	2.0	0.6	0.2	0.07	0.05
Ort.	63.9	13.8	5.4	2.8	8.2	2.4	2.2	0.8	0.3	0.10	0.04

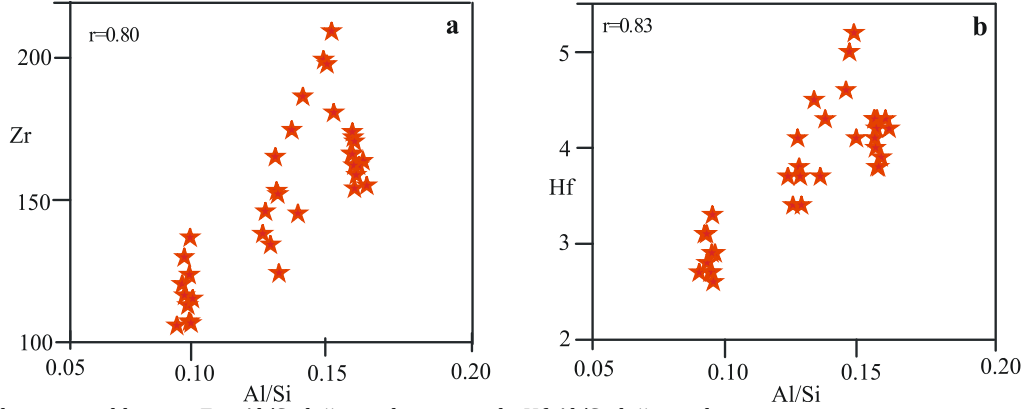
Bu bulgulara dayanarak inceleme alanında muhtemelen zayıf-orta kimyasal ayrışma, zaman zaman yüksek tektonik aktivite ve yüksek erozyon olduğu tahmin edilebilir.



Şekil 3. İncelenen örneklerin iz element ve Au örümcek diyagramı

Tablo 2. İncelenen Örneklerin iz element (ppm), Au (ppb) içeriği ve hesaplanmış ortalama değerleri

Örnek no	Rb	Sr	Ba	Th	U	Zr	Hf	Y	Nb	Co	Ni	Cu	Sc	V	Au
EA1	70.7	505.8	535	10.2	2.1	180.7	4.1	17.7	17	17.3	73	23.5	10	97	2.7
EA2	61.4	391.5	475	8.2	2.6	145.2	3.7	16.1	14.7	16.3	81	51.6	10	99	61
EA3	57.3	395	494	7.8	2.3	138.1	3.4	14	13.9	14.9	74	43.8	9	94	81
EA4	57.8	400.4	488	8.5	2.7	134.2	3.4	14.7	14.2	15.4	70	45.9	9	94	74
EA5	58.3	417.5	468	7.7	2.7	124.3	3.4	15.2	13.1	15.5	72	46.9	10	97	74
EA6	56.4	396	458	7.8	2.4	145.9	3.7	14.9	13.4	14.3	70	48.5	9	92	78
EA7	59.7	502.3	502	9.3	1.9	153.1	3.8	17	16.5	15.1	68	20.0	9	98	3.1
EA8	59	473.5	467	8.3	2	152	3.7	15	16.7	14.4	65	20.2	10	98	2.7
EA9	58.7	484.7	489	9.6	2.2	165.1	4.1	16.3	17.4	15.5	63	21.8	9	100	2.5
EA10	63	558	537	10.7	2.1	209.2	5.2	19.4	19.7	17.6	78	24.4	11	110	1.1
EA11	62.2	545.7	489	9	2.1	199.3	4.6	17.9	18.9	16.1	74	22.2	11	105	1
EA12	60.7	576.7	518	9.4	2.1	197.6	5	18.6	18.9	16.8	66	20.5	11	108	1.8
EA13	62.1	518.7	501	9.1	1.9	174.5	4.5	16.7	16.4	16.6	81	22.3	11	104	1.6
EA14	60.4	495.8	540	8.7	2.4	186.3	4.3	16.4	16.5	16.2	78	22.1	10	105	1.4
EA15	69.1	459.8	498	9.1	2.2	155	4.2	19.4	18.1	19.9	87	33.1	13	118	1
EA16	65	425.1	482	10.1	2.2	154	3.8	18.3	17.5	19.6	88	33.9	12	119	0.5
EA17	68.3	476.9	488	9.5	1.9	171.9	4	19.1	17.4	17.6	85	30.6	12	111	1.7
EA18	69.3	484.8	523	10.1	2	163.6	4.3	20.1	19.1	18.1	89	30.7	13	114	1.2
EA19	64.5	477	503	9.2	2.3	170.5	4.3	18.2	18.3	18.3	80	29.9	12	112	1.9
EA20	69.6	484.6	465	9.8	1.9	166.3	4.3	19.4	18.1	18.7	85	28.5	12	108	1.7
EA21	67.8	488.4	492	10.3	2	173.8	4.3	18.8	18.6	18.2	83	29.2	12	108	1.7
EA22	67.2	460.7	482	9.4	2.1	162.1	3.9	19.8	17.9	17.5	87	29.6	12	113	2.1
EA23	67.3	467.5	462	10.3	2.1	162.1	4.2	18.7	17.4	16.6	84	29.3	12	115	2.1
EA24	66.5	448.9	496	10.3	2.2	158.7	3.8	18.1	18.2	17.6	87	30.0	12	112	1.7
EA25	69.8	478.2	500	9.7	2	166	4.1	18.2	18.2	16.8	83	28.8	12	108	2
EA26	52.1	385	405	7	1.7	136.7	3.3	12.6	12.5	12.4	55	17.4	8	93	2.5
EA27	53.1	363.5	408	6.6	1.6	112.9	2.7	12.9	12.7	11.3	56	15.7	8	80	2.4
EA28	53.8	352.6	401	6.6	1.7	107.3	2.7	11	11.8	11.4	55	15.2	8	82	5
EA29	50.7	364.1	415	7.2	1.5	105.8	2.7	12	12	10.8	54	14.6	7	77	2
EA30	53.5	403.1	437	7.4	1.7	115.2	2.9	12.2	12.9	13.5	57	14.6	8	83	1.1
EA31	51	372.7	418	7.3	1.4	120.4	3.1	12.4	12.4	11.9	57	13.3	8	85	0.5
EA32	50.8	392.4	429	7.2	1.7	106.6	2.6	11.3	12	11.6	47	14.3	7	78	0.5
EA33	52.2	397.4	447	7	1.9	116.4	2.8	12.2	11.8	13.3	50	13.0	8	79	0.5
EA34	53.4	402.3	425	7.4	1.8	129.8	3.1	12.3	12	14	49	14.2	8	81	0.7
EA35	52.6	390.4	403	7.2	2	123.6	2.9	12.4	13	13.2	54	13.9	8	81	1
Ort.	60.44	446.77	472.6	8.657	2.04	150.98	3.74	16	15.7	15.6	71	26.1	10	98.8	12

**Şekil 4.** İncelenen örneklerin a: Zr - Al/Si değişim diyagramı, b: Hf-Al/Si değişim diyagramı

3.4. Sedimanter boylanma ve döngü

Zirkon gibi ağır mineraller, sedimanter döngü boyunca korundukları için, fazlaca sedimanter döngüye maruz kalan çökeller söz konusu minerallerce zenginleşirler ve dolayısıyla yüksek Gd_N/Yb_N ve Zr/Sc oranları ve zirkon konsantrasyonuna sahip olurlar [34]. Aksine Th/Sc oranı sedimanter döngü boyunca fazla değişikliğe uğramaz ve sedimanter kaynağı belirlemek için idealdir [35]. Teras çökellerinin Gd_N/Yb_N , Th/Sc ve Zr/Sc oranları sırasıyla 1.6-2, 0.7-1.1 ve 11.9-19

arasında değişiklik göstermektedir (Tablo 4, [26]). Bu oranlara göre söz konusu çökellerde ağır mineral bakımından önemli bir zenginleşme olmamıştır. İncelenen örneklerin Th/Sc oranının Zr/Sc oranı ile pozitif korelasyon göstermesi (Şekil 7, [36]), jeokimyasal değişimin kaynak alanındaki materyal bileşeninin hakimiyetinde olduğunu işaret etmekte ve sedimanter döngüye bağlı olarak zirkon zenginleşmesinin söz konusu olmadığını göstermektedir. Ayrıca Yüksek Rb/Sr oranları güçlü ayrışmanın ve sedimanter döngünün göstergesidir [37], çünkü ayrışma ve diyajenetik olaylar Rb/Sr

oranında artışa neden olabilmektedir. İncelenen örneklerin Rb/Sr oranının <1 olması (Tablo 4) basit sedimanter döngü tarihini desteklemektedir [26].

3.5. Kaynak alan

Kayaçların ayrışması, taşınması, çökmesi ve diyajenezi boyunca Al_2O_3/TiO_2 oranları, fazla değişikliğe uğramamaktadır [1,38,39,40]. Bundan dolayı Al_2O_3/TiO_2 oranı sedimentlerin kaynak kaya bileşeninin tespitinde yaygınca kullanılmaktadır (Al_2O_3/TiO_2 oranı, felsik magmatik kayaçlarda 21 - 70, ortaç magmatik kayaçlarda 8 - 21 ve mafik magmatik kayaçlarda 3 - 8 arasında değişmektedir, [38]). İncelenen örneklerin Al_2O_3/TiO_2 oranları 14.8-19 arasında değişmektedir ve $Al_2O_3 - TiO_2$ diyagramında [40], felsik - ortaç kaynak çizgisi boyunca dağılım göstermektedirler (Şekil 8a). Aynı şekilde K ve Rb elementleri sedimanter döngü işlevlerine karşı hassas oldukları için iyi kaynak bileşen göstergesi olarak bilinirler [41,42]. Çalışılan örnekler nispeten yüksek K_2O ve Rb değerleri

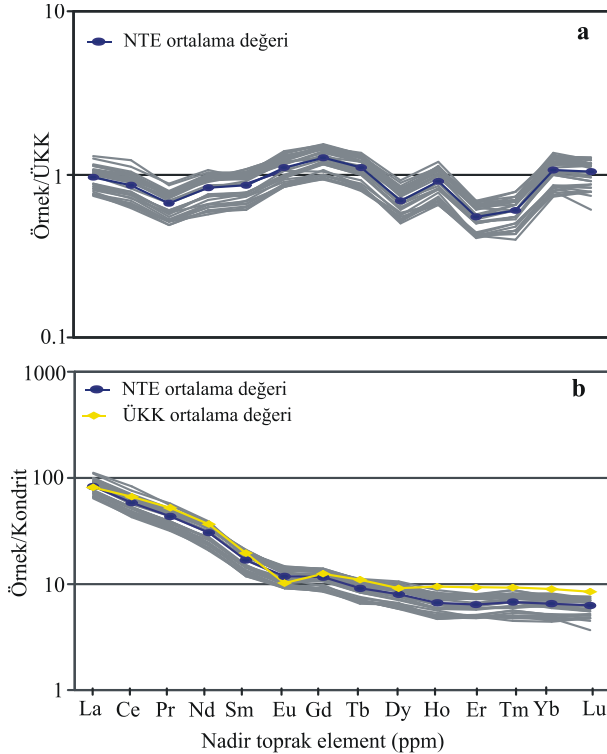
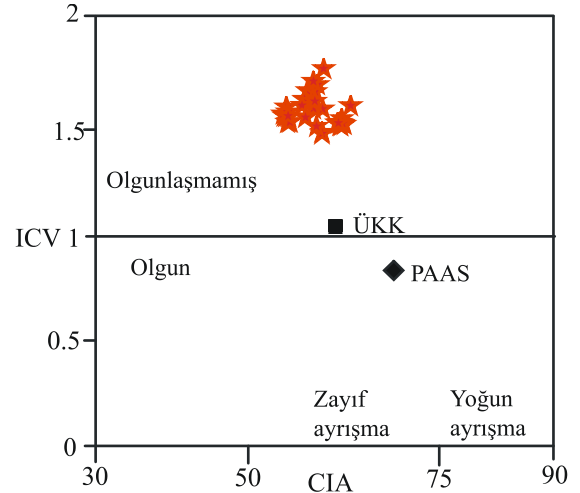
içererek kaynak kayanın asit-ortaç magmatik kayaç olduğuna işaret etmektedirler (Şekil 8b). Ayrıca Hf-La/Th diyagramında birkaç örnek asidik ark bölgesinde yer alırken, diğer örnekler karışık felsik veya bazik kaynak alanına yerleşmişlerdir (Şekil 8c, [43]). Örneklerin La/Sc ve Co/Th oranları ÜKK'dan daha yüksek, Th/Sc oranları ÜKK'dan daha düşüktür (Tablo 4, Şekil 8d). Mafik kayaçlar düşük HNTE/ANTE oranı ve anomali göstermeyen Eu değerine sahiptir, oysaki felsik kayaçlar, genellikle yüksek HNTE/ANTE oranı ve negatif Eu anomalisi gösterirler [44,27]. İncelenen örnekler yüksek $(La/Yb)_N$, $(Gd/Yb)_N$ ve hafif negatif anomali gösteren Eu/Eu^* oranları içermektedir (Tablo 4). Ancak, tane boyutu şeyl ve toprak fazlarda ŞNTE bolluğunu etkilediğini ve HNTE içeriğini zenginleştirdiğini [45] göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Bu kimyasal veriler ışığında çalışılan çökellerin muhtemelen kimyasal bileşim olarak ortaç yada felsik-mafik karışımı kaynak kayalardan türediğini söylemek mümkündür.

Tablo 3. Analiz edilen örneklerin nadir toprak element (NTE) içeriği ve hesaplanmış ortalama değerleri

Örnek No	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
	ppm													
EA1	32.7	62.6	6.67	25.2	4.36	1.09	3.90	0.57	3.27	0.62	1.81	0.24	1.73	0.29
EA2	28.0	51.0	5.28	19.5	3.45	0.93	3.34	0.51	2.91	0.55	1.53	0.24	1.54	0.24
EA3	28.1	49.6	5.35	19.0	3.48	0.92	3.23	0.48	2.75	0.50	1.44	0.22	1.60	0.22
EA4	27.9	49.6	5.35	19.2	3.34	0.89	3.38	0.50	2.89	0.51	1.57	0.24	1.48	0.21
EA5	27.2	50.6	5.25	19.4	3.34	0.91	3.29	0.49	2.74	0.51	1.47	0.22	1.52	0.22
EA6	26.9	48.7	5.06	19.8	3.46	0.89	3.26	0.48	2.70	0.50	1.45	0.22	1.49	0.21
EA7	32.0	59.7	6.10	22.4	3.91	1.00	3.73	0.52	3.05	0.56	1.62	0.24	1.65	0.26
EA8	31.3	53.5	5.97	21.5	3.95	0.99	3.44	0.52	3.06	0.53	1.49	0.21	1.55	0.23
EA9	40.0	71.9	7.85	27.5	4.28	1.09	3.79	0.57	2.86	0.56	1.60	0.26	1.77	0.26
EA10	41.4	79.4	7.61	26.7	4.63	1.27	4.27	0.64	3.46	0.70	1.85	0.28	1.92	0.29
EA11	36.6	64.9	6.76	25.0	4.66	1.23	3.97	0.58	3.40	0.62	1.85	0.26	1.86	0.27
EA12	37.0	67.4	7.02	26.2	4.60	1.22	4.06	0.63	3.61	0.65	1.95	0.31	1.89	0.28
EA13	31.8	57.7	6.29	23.9	4.23	1.13	3.58	0.57	3.22	0.59	1.86	0.27	1.74	0.26
EA14	32.6	58.4	6.14	21.7	4.11	1.13	3.50	0.54	3.29	0.61	1.66	0.26	1.71	0.27
EA15	33.5	64.0	6.70	25.0	4.65	1.17	4.09	0.65	4.05	0.74	2.00	0.31	1.93	0.29
EA16	32.2	64.1	6.45	24.9	4.20	1.17	4.23	0.63	3.51	0.67	1.88	0.27	1.80	0.27
EA17	33.3	64.3	6.79	25.1	4.55	1.30	4.23	0.62	3.90	0.68	1.96	0.29	2.02	0.28
EA18	34.6	64.8	6.96	24.6	4.58	1.26	4.25	0.64	3.64	0.65	1.91	0.28	1.93	0.28
EA19	36.1	65.4	6.80	24.6	4.41	1.20	4.13	0.63	3.54	0.63	1.78	0.27	1.89	0.25
EA20	32.5	61.8	6.84	24.8	4.85	1.20	3.98	0.61	3.34	0.68	1.88	0.27	1.86	0.29
EA21	33.8	64.0	6.89	24.3	4.84	1.20	4.12	0.64	3.60	0.67	1.84	0.27	1.99	0.27
EA22	34.1	60.1	6.72	23.3	4.44	1.21	4.04	0.61	3.72	0.69	2.01	0.27	1.84	0.27
EA23	33.0	58.5	6.54	24.4	4.55	1.14	4.03	0.63	3.43	0.65	1.87	0.28	1.93	0.29
EA24	36.0	66.4	6.76	24.6	4.30	1.22	4.11	0.58	3.34	0.67	1.84	0.29	1.78	0.27
EA25	33.9	60.2	6.86	25.9	4.38	1.17	4.05	0.60	3.49	0.69	1.90	0.28	1.89	0.27
EA26	25.7	46.6	4.71	17.2	2.98	0.81	2.99	0.41	2.28	0.42	1.21	0.18	1.19	0.20
EA27	24.8	42.0	4.59	15.4	2.76	0.79	2.66	0.40	2.27	0.43	1.22	0.18	1.12	0.18
EA28	24.3	40.6	4.32	15.5	2.75	0.83	2.59	0.39	2.49	0.42	1.22	0.16	1.09	0.18
EA29	24.3	42.4	4.39	15.5	2.88	0.80	2.70	0.38	2.42	0.40	1.21	0.18	1.18	0.14
EA30	26.2	45.9	5.19	17.2	3.29	0.85	2.73	0.41	2.34	0.43	1.28	0.20	1.26	0.19
EA31	23.6	41.5	4.51	14.7	2.85	0.79	2.63	0.40	2.31	0.45	1.26	0.20	1.26	0.18
EA32	24.2	45.0	4.67	17.0	3.04	0.79	2.76	0.41	2.21	0.40	1.22	0.17	1.23	0.17
EA33	24.2	42.9	4.52	16.3	2.97	0.82	2.80	0.41	2.23	0.44	1.26	0.17	1.16	0.18
EA34	24.1	43.7	4.64	16.5	3.12	0.87	2.76	0.42	2.53	0.41	1.18	0.18	1.27	0.20
EA35	26.3	48.6	4.86	18.3	3.42	0.99	2.90	0.44	2.48	0.48	1.21	0.19	1.29	0.19
Ort.	30.7	55.9	5.9	21.5	3.9	1.0	3.5	0.50	3.0	0.56	1.61	0.24	1.61	0.24

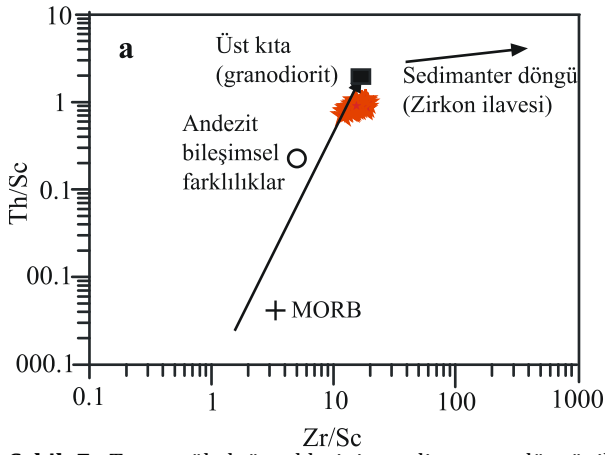
Tablo 4. İncelenen örneklerin element oranları ve CIA, PIA ve ICV değerleri

Örnek no	Al ₂ O ₃ /TiO ₂	Al/Si	Zr/Sc	Th/Sc	Rb/Sr	La/Sc	Co/Th	La/Th	(La/Yb) _N	(Gd/Yb) _N	Eu/Eu*	ΣNTE	HNTE	ANTE	CIA	PIA	ICV
EA1	16.3	0.15	18.1	1.02	0.14	3.27	1.70	3.21	12.8	1.82	0.81	145	140	4.69	59.9	58.8	1.79
EA2	17.8	0.13	14.5	0.82	0.16	2.80	1.99	3.41	12.3	1.76	0.84	119	115	4.1	63.4	64	1.61
EA3	18.9	0.12	15.3	0.87	0.15	3.12	1.91	3.6	11.9	1.64	0.84	117	113	3.98	57.7	57.2	1.68
EA4	16.8	0.12	14.9	0.94	0.14	3.10	1.81	3.28	12.7	1.84	0.81	117	113	4.01	58.7	58.6	1.68
EA5	17.0	0.13	12.4	0.77	0.14	2.72	2.01	3.53	12.1	1.76	0.84	117	113	3.94	59.1	58.5	1.71
EA6	16.5	0.12	16.2	0.87	0.14	2.99	1.83	3.45	12.2	1.78	0.81	115	111	3.87	58.5	58.2	1.73
EA7	15.6	0.13	17	1.03	0.12	3.56	1.62	3.44	13.1	1.83	0.8	137	132	4.33	59.7	60.4	1.49
EA8	15.6	0.13	15.2	0.83	0.12	3.13	1.73	3.77	13.7	1.79	0.82	128	124	4.01	59.7	60.5	1.48
EA9	15.4	0.13	18.3	1.07	0.12	4.44	1.61	4.17	15.3	1.74	0.83	164	160	4.45	58.9	59.6	1.52
EA10	15.1	0.15	19	0.97	0.11	3.76	1.64	3.87	14.6	1.81	0.87	174	169	5.04	58.5	58.1	1.6
EA11	14.8	0.14	18.1	0.82	0.11	3.33	1.79	4.07	13.3	1.73	0.87	152	147	4.86	57.4	56.7	1.64
EA12	14.9	0.15	18	0.85	0.11	3.36	1.79	3.94	13.2	1.75	0.86	157	152	5.08	57.4	56.4	1.64
EA13	15.7	0.13	15.9	0.83	0.12	2.89	1.82	3.49	12.3	1.67	0.89	137	132	4.72	57	57	1.62
EA14	16.1	0.14	18.6	0.87	0.12	3.26	1.86	3.75	12.9	1.65	0.91	136	131	4.51	57.5	57.3	1.56
EA15	15.9	0.16	11.9	0.70	0.15	2.58	2.19	3.68	11.7	1.72	0.82	149	144	5.27	59.7	59.4	1.6
EA16	15.5	0.16	12.8	0.84	0.15	2.68	1.94	3.19	12.1	1.9	0.85	146	141	4.89	58.7	58.4	1.63
EA17	15.7	0.16	14.3	0.79	0.14	2.78	1.85	3.51	11.1	1.69	0.9	149	144	5.23	62.2	62.7	1.55
EA18	16.0	0.16	12.6	0.78	0.14	2.66	1.79	3.43	12.1	1.79	0.87	150	145	5.05	62	62.4	1.52
EA19	15.8	0.16	14.2	0.77	0.14	3.01	1.99	3.92	12.9	1.77	0.86	152	147	4.82	62.1	62.4	1.52
EA20	15.7	0.16	13.9	0.82	0.14	2.71	1.91	3.32	11.8	1.73	0.84	145	140	4.98	62	62.1	1.53
EA21	15.7	0.16	14.5	0.86	0.14	2.82	1.77	3.28	11.5	1.68	0.82	148	143	5.04	61.6	62.1	1.53
EA22	15.9	0.16	13.5	0.78	0.15	2.84	1.86	3.63	12.5	1.78	0.87	143	138	5.08	62.5	62.7	1.52
EA23	15.8	0.16	13.5	0.86	0.14	2.75	1.61	3.2	11.6	1.7	0.81	141	136	5.02	62.1	62.3	1.53
EA24	15.8	0.16	13.2	0.86	0.15	3.00	1.71	3.5	13.7	1.87	0.89	152	147	4.85	62.4	62.9	1.53
EA25	15.7	0.16	13.8	0.81	0.15	2.83	1.73	3.49	12.1	1.73	0.85	146	141	5.03	61.8	62.3	1.53
EA26	16.1	0.09	17.1	0.88	0.14	3.21	1.77	3.67	14.6	2.04	0.83	107	104	3.2	55	55	1.61
EA27	18.8	0.09	14.1	0.83	0.15	3.10	1.71	3.76	14.9	1.92	0.89	99	96	3.13	55.3	55.5	1.54
EA28	18.8	0.09	13.4	0.83	0.15	3.04	1.73	3.68	15.1	1.92	0.95	97	94	3.07	54.9	55.3	1.56
EA29	18.2	0.09	15.1	1.03	0.14	3.47	1.50	3.38	13.9	1.85	0.88	99	96	3.11	54.7	55	1.56
EA30	19.0	0.10	14.4	0.93	0.13	3.28	1.82	3.54	14.1	1.76	0.87	107	104	3.36	55.3	55.4	1.56
EA31	18.5	0.09	15.1	0.91	0.14	2.95	1.63	3.23	12.7	1.69	0.88	97	93	3.35	54.5	54.7	1.57
EA32	19.0	0.09	15.2	1.03	0.13	3.46	1.61	3.36	13.3	1.82	0.83	103	100	3.19	55.1	55.3	1.53
EA33	18.7	0.09	14.6	0.88	0.13	3.03	1.90	3.46	14.1	1.96	0.87	100	97	3.21	55.4	55.4	1.54
EA34	18.5	0.09	16.2	0.93	0.13	3.01	1.89	3.26	12.8	1.76	0.91	102	99	3.24	55.1	55.4	1.58
EA35	18.8	0.09	15.5	0.90	0.13	3.29	1.83	3.65	13.8	1.82	0.96	112	108	3.36	55.2	55.6	1.56

**Şekil 5.** İncelenen örneklerin NTE içeriklerinin a: ÜKK ile normalize edilmiş, b: kondrit ile normalize edilmiş örümcek diyagramı**Şekil 6.** İncelenen örneklerin kimyasal ayrışma değişimini gösteren diyagram [29]

4. Tartışma ve Sonuç

Ankara Çayı'na ait Pleistosen yaşlı teras çökellerinin jeokimyasal özellikleri incelenmiş, kaynak alanının kimyasal ayrışma derecesi, sedimanter döngü tarihçesi ve çalışılan çökellere malzeme sağlayan kaynak alanı hakkında bilgi edinilmiştir.



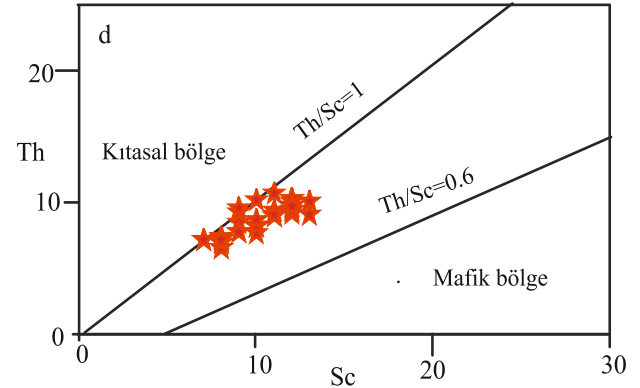
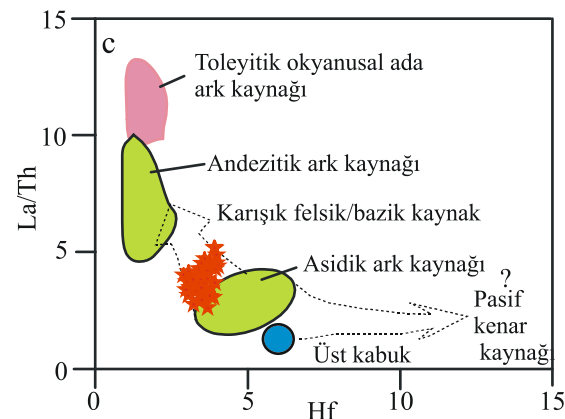
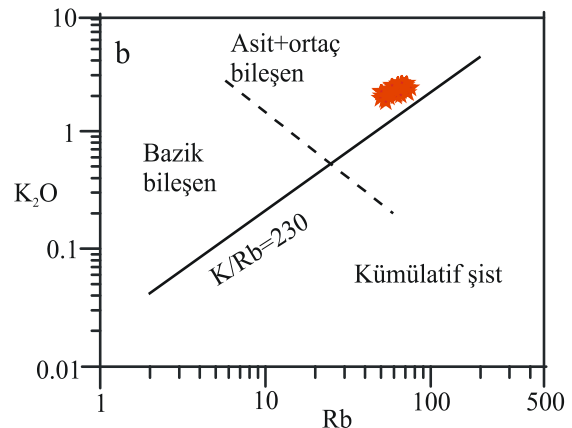
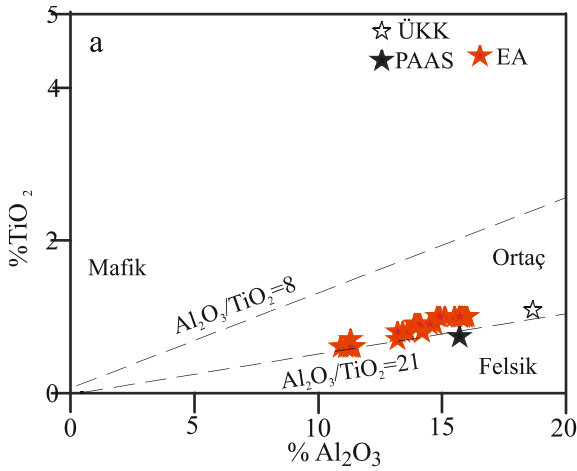
Şekil 7. Teras çökel örneklerinin sedimanter döngü ile değişimini gösteren diyagram [36]

İncelenen örneklerin, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , La, Eu, Tb, Ho, Yb ve Lu içerikleri ÜKK ile yaklaşık benzer, CaO, TiO_2 , P_2O_5 , MgO, Ni, Au, Sr, Co, Cu, Sc, V ve Gd içerikleri zenginleşmiş, Na_2O , K_2O , MnO, Rb, Ba, Nd, Th, Zr, Hf, Y, U, Ce, Nd ve Sm içerikleri ise tükenmiştir. Al/Si oranı Zr, Hf, ΣNTE , HNTE ve ANTE ile pozitif korelasyon göstermektedir. Teras çökellerinin CIA, PIA ve ICV değerleri ise sırasıyla 58.6, 58.7 ve 1.58 olarak tespit edilmiştir. Adı geçen çökelin kaynak alanında, zayıf-orta kimyasal ayrışma,

zaman zaman yüksek tektonik aktivite ve yüksek mekanik erozyon olduğu düşünülmektedir. Çalışılan çökellerinin genel olarak basit sedimanter döngüye maruz kaldığı tespit edilmiştir. Bu noktada söz konusu çökelin kaynak alanından fazla uzak olmadığı ve çökellerin kimyasal bileşimlerinin çoğunlukla kaynak kaya bileşiminin kontrolü altında olduğu ve dolayısıyla kimyasal olarak olgun olmadığı belirlenmiştir. İncelenen örneklerin $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ oranlarının 8-21 arasında olması, nispeten yüksek K_2O , Rb değerleri içermesi, La/Sc, Co/Th oranlarının ÜKK'dan yüksek, Th/Sc oranının ise düşük olması, hafif negatif Eu anomalisi ve yüksek HNTE/ANTE oranları içermesi, ortaça yada felsik-mafik kaynak karışımından beslendiğini göstermektedir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK projeleri (Proje No: 114Y803) kapsamında desteklenmiştir. Makaleye yapmış olduğu katkılarından dolayı Doç. Dr. F. Sipahi'ye teşekkür ederiz. Ayrıca makalenin inceleme ve değerlendirme aşamasında yapmış oldukları katkılardan dolayı Editör ve Hakemlere teşekkürü borç biliriz.



Şekil 8. İncelenen örneklerin kaynak bileşenini gösteren jeokimyasal diyagramlar a: Al_2O_3 - Ti_2O_3 diyagramı [37], b: Rb - K_2O diyagramı [41], c) Hf - La/Th diyagramı [43], d) Sc - Th diyagramı

Kaynakça

- [1] Taylor, S. R., McLennan, S. M. 1985. The Continental Crust: Its Composition and Evolution. Oxford: Blackwell Scientific Publishing.
- [2] Bhatia, M. R., Crook, K. A. W. 1986. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins, Contributory. - Mineral. Petrology, 92, 181-193.
- [3] Wronkiewicz, D. J., Condie, K. C. 1987. Geochemistry of Archean shales from the Witwatersrand Supergroup, South Africa: source-area weathering and provenance. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53, 1537-1549.
- [4] Wronkiewicz, D. J., Condie, K. C. 1989. Geochemistry and provenance of sediments from the Pongola Supergroup, South Africa: evidence for a 3.0 Ga-old continental craton. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53, 1537-1549.
- [5] Wronkiewicz, D. J., Condie, K. C. 1990. Geochemistry and mineralogy of sediments from the Ventersdorp and Transvaal supergroups, South Africa: cratonic evolution during the Early Proterozoic. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54, 343-354.
- [6] Pehlivan, R. 2010. The effect of the weathering in the Büyükmelen River basin on the geochemistry of suspended and bed sediments and the hydrogeochemical characteristics of river water, Duzce, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 39, 62-75.
- [7] Varol, M. 2011. Assessment of harmful element contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *J. Hazard. Mater.* 195, 355-364.
- [8] Kalender, L. ve Uçar, S. Ç. 2013. Assessment of metal contamination in sediments in the tributaries of the Euphrates River, using pollution indices and determination of the pollution source, Turkey. *J. Geochem. Explor.*, 134, 73-84.
- [9] Kurt, M. A., Alpaslan, M., Temel, A., Güler, C. 2014. Deliçay ile Tarsus (Berdan) Çayı Arasındaki Bölgede Yer Alan Kuvaterner Sedimanlarının Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri. *Türkiye jeoloji Bülteni*, 57, 1-17.
- [10] Demirkol Kılıç, E. 2015. Çoruh Nehri (Bayburt) Dere Yatağı Çökellerinin Jeokimyasal Özellikleri ve Ağır Metal İçeriğinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane
- [11] Özkan, Ö. 2016. Ankara Çayı Dere Yatağı Çökellerinin Jeokimyasal, İzotopik Özellikleri ve Ağır Metal İçeriği, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- [12] Duru, M., Pehlivan, Ş., Şentürk, Y., Yavaş, F., Kar, H., 2004. New results on the Kazdağ Massif in the Northwest Turkey, Turk, J., *Earth Sci.* 13, 177-186.
- [13] Okay, A. I., Tüysüz, O., Satır, M., Özkan-Altın, S., Altın, D., Sherlock, S., Eren, R., H. 2006. Cretaceous and Triassic subduction-accretion HP-LT metamorphism and continental growth in the Central Pontides, Turkey, *Geol. Soc. Am. Bull.* 118, 1247-1269.
- [14] Nzege, O.M., Satır, M., Siebel, W., Taubald, H., 2006. Geochemical and isotopic constraints on the genesis of the Late Paleozoic Deliktaş and Sivrikaya granites from the Kastamonu granitoid belt (Central Pontides, Turkey). *Neues Jb. Miner. Abh.* 183, 27-40.
- [15] Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W. H., Dokuz, A., Meyer, H.-P., 2007. Variscan amphibolite-facies rocks from the Kurtoğlu metamorphic complex (Gümüşhane area, Eastern Pontides, Turkey). *Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch)* 96, 861-873.
- [16] Sarifakioglu, E., Dilek, Y., Sevin, M. 2014. Jurassic-Paleogene intraoceanic magmatic evolution of the Ankara Mélange, north-central Anatolia, Turkey. *Solid Earth* 5, 77-108.
- [17] MTA, 2001. Türkiye'nin 1/500 000 ölçekli jeolojik haritası, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- [18] Tekeli, O. 1981. Subduction complex of pre-Jurassic age, Northern Anatolia, Turkey. *Geology* 9, 68-72.
- [19] Güleç, N. 1994. Rb-Sr isotope data from the Agacoren granitoid (east of Tuz Gölü): geochemical and genetical implications, *Turk. J. Earth Sci.* 3, 39-43.
- [20] Boztuğ, D. 2000. S-I-A type intrusive associations: geodynamic significance of synchronism between metamorphism and magmatism in Central Anatolia, Turkey, in: *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*. Bozkurt, E., Winchester, J.A., Piper J.D.A. ed. 2000. Geological Society of London Special Publication 173-441-458.
- [21] Kadioğlu, Y. K., Dilek, Y., Güleç, N., Foland, K. A. 2003. Tectonomagmatic evolution of bimodal plutons in the Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey. *J. Geol.* 111, 671-690.
- [22] Kadioğlu, Y. K., Dilek, Y., Foland, K. A. 2006. Slab breakoff and syncollisional origin of the Late Cretaceous magmatism in the Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey, in: *postcollisional Tectonics and Magmatism in the Mediterranean Region and Asia*. Dilek, Y., Pavlides, S. ed. 2006. *S. Geol. S. Am. S.* 409, 381-415.

- [23] Ilbeyli, N., Pearce, J.A., Thirwall, M.F., Mitchell, J.G. 2004. Petrogenesis of collision-related plutonics in Central Anatolia, Turkey. *Lithos* 72, 163-182.
- [24] Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y.F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S. Yaşar, T. 1997. 1/100 000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Ankara-İ29 Paftası Jeoloji Etütleri Dairesi Ankara, 55.
- [25] Bilgin, Z.B., Oğuz, F., Sevin, M., Parlak O., Erdem, Y., Özden U.A. 2009. 1/100 000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Ankara-İ28 Paftası. Ankara: Jeoloji Etütleri Dairesi, 11215.
- [26] Gümüş, M.K. 2016. Ankara Çayı'na Ait Eski Alüvyonlarının Jeokimyasal ve İzotopik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- [27] Bauluz B., Mayayo M. J., Fernandez-Nieto C. 2000. Geochemistry of Precambrian and Paleozoic siliciclastic rocks from the Iberian Range (NE Spain): implications for source-area weathering, sorting, provenance, and tectonic setting. *Chemical Geology* 168, 135 – 150.
- [28] Fedo, C. M., Nesbitt, H. W., Young, G. M. 1995. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rock sand paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance. *Geology*, 23, 921-924.
- [29] Nesbitt, H. W., Young, G. M. 1982. Early Proterozoic climate and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, 299, 715-717.
- [30] Cullers R. L., Podkovyrov, V. N. 2002. The source and origin of terrigenous sedimentary rocks in the Mesoproterozoic U group, southeastern Russia, *Precambrian Research*, 117, 157-183.
- [31] Blatt, H., Middleton, G., Murray, R. 1980. *Origin of sedimentary rock*. Prentice-Hall: Wiley.
- [32] Linn, A. M., DePaolo, J. 1993. Provenance controls on the Nd-Sr-O isotopic composition of Sandstones: Example from Late Mesozoic Great Valley forearc basin, California. Johnson, M. J., Basu, A. ed. 1993. *Geological Society of America Special Paper*. Pensilvanya: Elsevier.
- [33] Kamp P. C., Leake, B. E. 1985. Petrography and geochemistry of feldspathic and mafic sediments of the northeastern Pacific margin. *Transaction of the Royal Society of Edinburg, Earth Science*, 76, 411-449.
- [34] McLennan, S. M. 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks; influence of provenance and sedimentary processes, *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 21, 169-200.
- [35] Cullers, R. L. 1994. The controls on the major and trace element variation of shales, siltstones of Pennsylvanian-Permian age from uplifted continental blocks in Colorado to platform sediment in Kansas, USA, *Geochimic. Cosmochimic. Acta*, 58, 4955-4972.
- [36] McLennan, S. M. 2003. Sedimentary silica on Mars *Geology*, 31, 315-318.
- [37] McLennan, S. M., Hemming, S., Mcdaniel, D. K., Hanson, G. N. 1993. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. Johnson, M.J. and Basu, A. ed. 1993. *Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments*, 21-40. *Geol. Soc. Am. Spec. Pub.*, 284.
- [38] Hayashi, Ken-I., Fujisawa, H., Holland, H.D., Ohmoto, H. 1997. Geochemistry of 1.9 Ga sedimentary rocks from northeastern Labrador, Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61, 4115-4137.
- [39] He, B., Xu, Y. G., Zhong Y. T., Guan, J. P. 2010. The Guadalupian-Lopingian boundary mudstones at Chaotian (SW China) are clastic rocks rather than acidic tuffs: implication for temporal coincidence between the end-Guadalupian mass extinction and the Emeishan volcanism, *Lithos*, 119, 10-19.
- [40] Huang, H., Du, Y.S., Yang, J. H., Zhou, L., Hu, L. S., Huang, H. W., Huang, A. Q. 2014. Origin of Permian basalts and clastic rocks in Napo, Southwest China: Implications for the erosion and eruption of the Emeishan large igneous province, *Lithos*, 208-209, 324-338.
- [41] Floyd P. A., Winchester, J. A., Park, R. G. 1989. Geochemistry and tectonic setting of Lewisian clastic metasediments from the early Proterozoic loch maree group of Gairloch, NW Scotland, *Precambrian Research*, 45, 203-214.
- [42] Wang, Y., Long, X., Wilde, A. A., Xu, H., Sun, M., Xiao, W. 2014. Provenance of Early Paleozoic metasediments in the central Chinese Altai: Implication for tectonic affinity of the Altai-Mongolia terrane in the Central Asian Orogenic Belt, *Lithos*, 210-211, 57-68.
- [43] Floyd, P. A., Leveridge, B. E. 1987. Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: framework mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones. *Journal of the Geological Society (London)*, 144, 531-542.
- [44] Cullers, R. L., Graf, J. 1983. Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust: intermediate and silicic rocks, ore petrogenesis. Henderson, P. ed 1983. *Rare-Earth Geochemistry*. Elsevier, Amsterdam, 275-312.
- [45] Haskin, L. A., Frey, F. A., Schmitt A. A., Smith, R. H. 1966. Meteoritic, solar and terrestrial rare-earth distributions, *Phys. and Chem. Earth*, 7, 167-321.