



T.C
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ANKARA ÇAYI DERE YATAĞI ÇÖKELLERİNİN JEOKİMYASAL, İZOTOPIK
ÖZELLİKLERİ VE AĞIR METAL İÇERİĞİ

Yüksek Lisans Tezi

Özay ÖZKAN

TEMMUZ 2016

GÜMÜŞHANE

T.C
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA ÇAYI DERE YATAĞI ÇÖKELLERİNİN JEOKİMYASAL, İZOTOPİK
ÖZELLİKLERİ VE AĞIR METAL İÇERİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özay ÖZKAN

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

Tezin Enstitüye Verildiği Tarihi : 20.06.2016
Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 21.07.2016

TEMMUZ 2016



KABUL VE ONAY



Doç. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER danışmanlığında **Özay ÖZKAN** tarafından hazırlanan **“ANKARA ÇAYI DERE YATAĞI ÇÖKELLERİNİN JEOKİMYASAL, İZOTOPIK ÖZELLİKLERİ VE AĞIR METAL İÇERİĞİ”** isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi **Jeoloji Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Başkan

:

Prof. Dr. Reyhan KARA GÜLBAY

Üye (Danışman)

:

Doç. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER

Üye

:

Yrd. Doç. Dr. Enver AKARYALI

ONAY

Bu tez 27.07/2016 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

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

Bu çalışma TÜBİTAK projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Proje No: 114Y803

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum **“Ankara Çayı Dere Yatağı Çökellerinin Jeokimyasal, İzotopik Özellikleri ve Ağır Metal İçeriği”** isimli tez çalışmasında; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

20/06/2016


Özyay ÖZKAN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA ÇAYI DERE YATAĞI ÇÖKELLERİNİN JEOKİMYASAL, İZOTOPIK ÖZELLİKLERİ VE AĞIR METAL İÇERİĞİ

Özay ÖZKAN

Gümüşhane Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER

2016, 74 sayfa

Bu çalışmada, Ankara Çayı'nın dere yatağı sedimanlarının jeokimyasal ve izotopik özellikleri incelenerek, ağır metal içeriği ortaya konmuştur.

Ankara Çayı dere yatağı çökelleri, jeokimyasal anlamda litarenit olarak sınıflandırılmıştır. İncelenen örneklerin ortalama kimyasal alterasyon indeksi (CIA), plajioklaz alterasyon indeksi (PIA) ve bileşimsel değişim indeksi (ICV) değerleri sırasıyla 57.6, 57.3 ve 1.67 olarak hesaplanmıştır ve CIA ile $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerleri arasında herhangi bir korelasyon ilişkisi yoktur. Söz konusu çökellerde basit sedimanter döngü tarihi mevcuttur ve dolayısıyla dere yatağı çökellerinin jeokimyasal bileşeni kaynak alanındaki materyal bileşeninin hakimiyetindedir.

İncelenen örneklerin $\delta^{18}\text{O}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotop ve negatif $\epsilon\text{Nd}_{(0)}$ değerleri kıtasal kabukla benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Buna rağmen dere havzasında karbonatlı kayaların baskın olması, üst kıtasal kabuğa göre tükenmiş $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop değerlerine neden olduğunu akla getirmektedir.

Dere yatağı çökelleri Ni, As, Pb, Cu, Zn, Co, Hg, Sb, Cd ve Bi gibi ağır metal içeriği bakımından zenginleşmiştir. Çalışılan çökelleri kirleten bu ağır metallerin, endüstriyel kökenli olduğu düşünülmektedir.

Elde edilen veriler yorumlandığında; çalışma alanında yarı kurak-kurak iklim, zayıf-orta kimyasal ayrışma, zaman zaman yüksek tektonik aktivite ve yüksek erozyon olduğu, Ankara Çayı'nın aşındırmış olduğu kaynak kayaların muhtemelen ortaç-felsik bileşimde olduğu ve adı geçen çökellerin kimyasal olarak olgun olmadığı, ayrıca her geçen gün Ankara Çayı'nın endüstriyel kaynaklı olarak kirlendiği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ankara Çayı, Dere yatağı çökelleri, Jeokimya, İzotop, sedimanter döngü, Zenginleşme faktörü

ABSTRACT
MS THESIS

**GEOCHEMICAL, ISOTOPIC CHARACTERISTICS AND HEAVY METAL
CONTENT OF ANKARA STREAM (ANKARA) BED SEDIMENTS**

Özay Özkan

Gümüşhane University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER
2016, 74 pages

In this study, Geochemical and isotopic characteristics of the river bed sediments of Ankara Stream were studied and It demonstrated the heavy metal content of the sediments.

Ankara Stream bed sediments are geochemically classified as lithic arenites. Average chemical index of alteration (CIA), plagioclase index of alteration (PIA) and index of compositional variability (ICV) values are measured for studied samples as 57.6, 57.3 and 1.67, respectively and there is no correlation between CIA and $\delta^{18}\text{O}$ isotope values. Studied deposits were exposed to the simple sedimentary cycling history, which indicates that geochemical compositions of the sediments were dominated by the composition of source materials.

$\delta^{18}\text{O}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ isotope and negative $\epsilon\text{Nd}_{(0)}$ values of analyzed samples are similar to upper continental crust whereas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotope values are depleted to upper continental crust. This is because of the widespread carbonate rocks can be observed in the river basin.

Heavy metal, such as Ni, As, Pb, Cu, Zn, Co, Hg, Sb, Cd and Bi, contents of river bed sediments are enrichment. It is understood that these heavy metals polluted studied sediments are industrial origin.

When the data obtained reviewed likely low-to-moderate degrees of chemical weathering of these sediments indicate increased tectonic activity, increased erosion and semiarid to arid conditions in the studied area from a few hundred years to present. Ankara Stream bed deposits are derived from particle to intermedia – felsic sources and the sediments are chemically immature. Thus, these sediments are exposed to contamination from industrial sources day by day.

Keywords: Ankara Stream, Bed sediments, Geochemistry, Isotope, Sedimentary cycling, Enrichment factor

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın her safhasında değerli görüş ve bilimsel katkılarını esirgemeyen, tezin tamamlanmasında maddi ve manevi destek olan danışman sayın hocam Doç. Dr. Çiğdem Saydam EKER'e çok teşekkürlerimi arz ederim. Daima maddi, manevi desteklerini esirgemeyen çok kıymetli, çok saygıdeğer hocam Prof. Yalçın YANAR'a sonsuz teşekkürler. Tez yazımında katkı sağlayan sevgilim, nişanlım Sümeyra EVGEN'e, sınıf arkadaşım Jeoloji Mühendisi Mustafa Kemal GÜMÜŞ'e, Gümüşhane Üniversitesi'nde görev yapan özellikle Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali GÜCER, Yrd. Doç. Dr. Emre AYDINÇAKIR ve diğer hocalarıma, desteklerini esirgemeyen aileme ve katkısı olan herkese teşekkür ediyorum.

Özay ÖZKAN

Gümüşhane, 2016

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	1
1.3. Coğrafi Bilgiler	2
1.3.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Topoğrafyası	2
1.3.2. İklim ve Bitki Örtüsü	3
1.3.3. Ulaşım ve Yerleşim.....	3
1.4. Bölgesel Jeoloji.....	4
1.5. Önceki Çalışmalar.....	6
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	11
2.1. Materyal ve Yöntem	11
2.1.1. Arazi Çalışması.....	11
2.1.2. Laboratuvar Çalışması	11
2.1.2.1. Örneklerin Hazırlanması	11
2.1.2.2. Analitik Yöntemler	11
2.1.2.2.1. Tüm Kayaç Analizleri.....	11
2.1.2.2.2. Sr-Nd İzotop Analizleri.....	12
2.1.2.2.3. Pb İzotop Analizleri	13
2.1.2.2.4. Oksijen İzotop Analizleri	13
2.1.3. Büro çalışması.....	13
3. BULGULAR.....	14
3.1. Stratigrafi	14
3.1.1. Karakaya Formasyonu	14
3.1.2. Bilecik Kireçtaşları	14

3.1.3.	Alıcı Formasyonu.....	16
3.1.4.	Abdüsselamdağ Volkanit Karmaşığı (Teab).....	16
3.1.5.	Tekke Volkanitleri	16
3.1.6.	Hançılı Formasyonu.....	17
3.1.7.	Kumartaş Formasyonu	17
3.1.8.	Alagöz Formasyonu	18
3.1.9.	Karaahmet Formasyonu	18
3.1.10.	Yamaç Molozu – Alüvyon.....	19
3.2.	Jeokimyasal Değerlendirmeler.....	21
3.2.1.	Ana Elementler	21
3.2.2.	İz Elementler ve Au	26
3.2.3.	Nadir Toprak Elementler (N.T.Es)	30
3.4.	Ağır Metal Konsantrasyonu ve Organik Karbon İçeriği.....	35
3.4.1.	Sr-Nd-Pb-O İzotop Jeokimyası.....	37
4.	TARTIŞMA	40
4.1.	Ayrışma.....	40
4.2.	Sedimanter Boylanma ve Döngü	42
4.3.	Kaynak Alan	45
4.4.	Ağır Metallerin Olası Kaynakları	52
4.5.	Ankara Çayı Dere Yatağı Çökellerinin Element Bolluğunun, Ankara Çayı Eski Alüvyal, Çoruh Nehri Dere Yatağı Çökelleri, WRAS, WRAC ve SSWR ile Kıyaslanması	57
5.	SONUÇLAR	60
6.	KAYNAKLAR	62
	ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası	2
Şekil 1.2. Ankara Çayı ve çevresinden fotoğraflar	4
Şekil 3.1. Çalışma alanını kapsayan bölgenin stratigrafik dikme kesiti	15
Şekil 3.2. Çalışma alanını kapsayan bölgenin 1/100 000 ölçekli jeoloji haritası	20
Şekil 3.3. İncelenen örneklerin % Al_2O_3 içeriği ile diğer ana oksitler arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram	23
Şekil 3.4. İncelenen örneklerin Al_2O_3 ve SiO_2 konsantrasyonu	24
Şekil 3.5. Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin jeokimyasal sınıflaması	25
Şekil 3.6. İncelenen örneklerin $(CaO+MgO)+SiO_2/10+(Na_2O+K_2O)$ diyagramı kullanılarak sınıflandırılması	25
Şekil 3.7. Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin ana element değişimi	26
Şekil 3.8. İncelenen örneklerin % Al_2O_3 ve iz element arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram	29
Şekil 3.9. İncelenen örneklerin iz element ve Au içeriği değişimi	32
Şekil 3.10. İncelenen örneklerin Kondirit ile normalleştirilmiş N.T.E ve ÜKK elementleri referans olarak verilmiştir	32
Şekil 3.11. İncelenen örneklerin nadir toprak element değişimi	33
Şekil 3.12. İncelenen örneklerin N.T.E ve seçilmiş bazı element içeriği arasındaki ilişki	34
Şekil 3.13. İncelenen örneklerin TOK ile (a) Pb, (b) Cu, (c) Mo, (d) Sb, (e)Ni, (f) Zn, (g) Ba, (h) As, (i) Bi, (j) Hg, (k) Cd içerikleri değişimi	37
Şekil 4.1. İncelenen örneklerin kimyasal ayrışma değişimini gösteren jeokimyasal diyagramlar	42
Şekil 4.2. İncelenen örneklerin sedimanter döngü ile değişimini gösteren jeokimyasal diyagramlar	45
Şekil 4.3. İncelenen örneklerin kaynak bileşenini gösteren jeokimyasal diyagramlar a) $Al_2O_3 - Ti_2O_3$ diyagramı	47
Şekil 4.4. İncelenen örneklerin a) Zr/Sm – Nb/Ta ve b) Ce – Ce/Pb diyagramları	48
Şekil 4.5. İncelenen örneklerin $^{87}Sr/^{86}Sr - \delta^{18}O$ diyagramındaki dağılımı (Rollinson, 1993)	50
Şekil 4.6. Analiz edilen örneklerin a) $^{87}Sr/^{86}Sr - ^{143}Nd/^{144}Nd$ ($^{\epsilon}Sr - ^{\epsilon}Nd$) izotop korelasyon diyagramı	51
Şekil 4.7. İncelenen örneklerin $^{87}Sr/^{86}Sr$ izotop değerlerinin SiO_2 ve MgO içerikleri arasındaki değişimi gösteren diyagram	51

Şekil 4.8. Analiz edilen örneklerin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - ^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ değerleri değişim diyagramları	52
Şekil 4.9. İncelenen örneklerin kurşun izotop oran diyagramları	55
Şekil 4.10. Çalışılan örneklerin ağır metal içeriği ve ortalama zenginleşme faktör diyagramı	56
Şekil 4.11. İncelenen örneklerin a) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ oranları arasındaki ilişki b) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ diyagramı endüstriyel Pb çizgisi $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ diyagramı	57
Şekil 4.12. a) İncelenen örneklerin bazı ana, iz element ve N.T.E ortalamasının ÜKK ile normalleştirilmiş örümcek diyagramı.....	59

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 3.1.	İncelenen örneklerin ana element ve hesaplanmış ortalama değerleri.....	22
Tablo 3.2.	İncelenen örneklerin iz element (ppm), Au (ppb) içeriği ve hesaplanmış ortalama değerleri.....	28
Tablo 3.3.	Analiz edilen örneklerin nadir toprak element (N.T.E) içeriği ve hesaplanmış ortalama değerleri.....	31
Tablo 3.4.	İncelenen örneklerin bazı ağır metal, TOK, içeriği, hesaplanmış ortalama değerleri ve ortalama ÜKK değerleri.....	36
Tablo 3.5.	İncelenen örneklerin Nd, Sr, O ve Pb izotopik verileri.....	39
Tablo 4.1.	İncelenen örneklerin element oranları ve CIA, PIA ve ICV değerleri.....	44
Tablo 4.2.	Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin ve granit, andezit, ofiyolit, bazik ve asidik kumtaşları, ÜKK (Üst kıtasal kabuk), AKK (Alt kıtasal kabuk) OK (Okyanusal kabuk)'un element oranları.....	47
Tablo 4.3.	İncelenen örneklerin ağır metal içeriğinin hesaplanmış zenginleşme faktör değerleri.....	54

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ACME	:	Vancouver, Kanada
AKK	:	Alt Kıtasal Kabuk
A.N.T.E	:	Ağır Nadir Toprak Elementi
CIA	:	Kimyasal Alterasyon İndeksi
EF	:	Zenginleştirme Faktörü
Eu*	:	$(Sm_N + Gd_N) / 2$
g	:	Gram
Gd _N	:	Normalleştirilmiş Gadolinyum
H.N.T.E	:	Hafif Nadir Toprak Elementi
ICP-MS	:	Kütle Spektrometresi
ICV	:	Bileşimsel Değişim İndeksi
K.A.F	:	Kuzey Anadolu Fayı
N.T.E	:	Nadir Toprak Elementi
OK	:	Okyanusal Kabuk
PAAS	:	Post Archean Australian Şeyl
PIA	:	Plajiolaz Alterasyon İndeksi
ppb	:	Milyarda Bir Birim
ppm	:	Milyonda Bir Birim
SSWR	:	Dünya Nehirleri Süspansiyonu
TOK	:	Toplam Organik Karbon
ÜKK	:	Üst Kıtasal Kabuk
WRAC	:	Dünya Nehirleri Dere Yatağı Kıl
WRAS	:	Dünya Nehirleri Dere Yatağı Silt
VSMOW	:	Vienna Standart Ortalama Okyanus Suyuna
Yb _N	:	Normalleştirilmiş İterbiyum

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Akarsular, yüksek kesimlerden getirdikleri malzemeleri enerjilerinin bittiği yerde biriktirerek dere yatağı sedimanlarını oluştururlar. Dolayısıyla bu çökeller genel olarak kaynak alanındaki kayaçların jeolojik özelliklerini yansıtır. Ancak, yağış miktarı, yüzey morfolojisi, iklim, erozyon, tanelerin hidrolik boylanması, tektonik ortam, taşınma prosesleri, kaynak kayanın ayrışma derecesi gibi faktörler dere yatağı çökellerinin mineralojik ve jeokimyasal özelliklerini etkilemektedir. Bunun yanı sıra son yıllarda yapılan araştırmalar, dere yatağı çökellerinin inorganik metallerle önemli derecede kirlendiği ortaya konulmuştur. Bu kirliliği oluşturan başlıca etkenler arasında jeolojik kaynaklar, hızlı şehirleşme, endüstriyel ve tarımsal aktiviteleri sayabiliriz. Dere yatağı sedimanlarında biriken bu kirleticiler, fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlevlerin bir sonucu olarak besin zincirlerinde veya serbest kalarak sediman üzerindeki su tabakasına geçiş yaparak, bütün canlılar için potansiyel toksik maddeleri oluştururlar.

Türkiye’de dere sedimanları üzerine çok sınırlı sayıda çalışma varken, Ankara Çayı sedimanlarının jeokimyasını konu alan bir çalışma henüz yapılmamıştır. Söz konusu Çay, 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.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

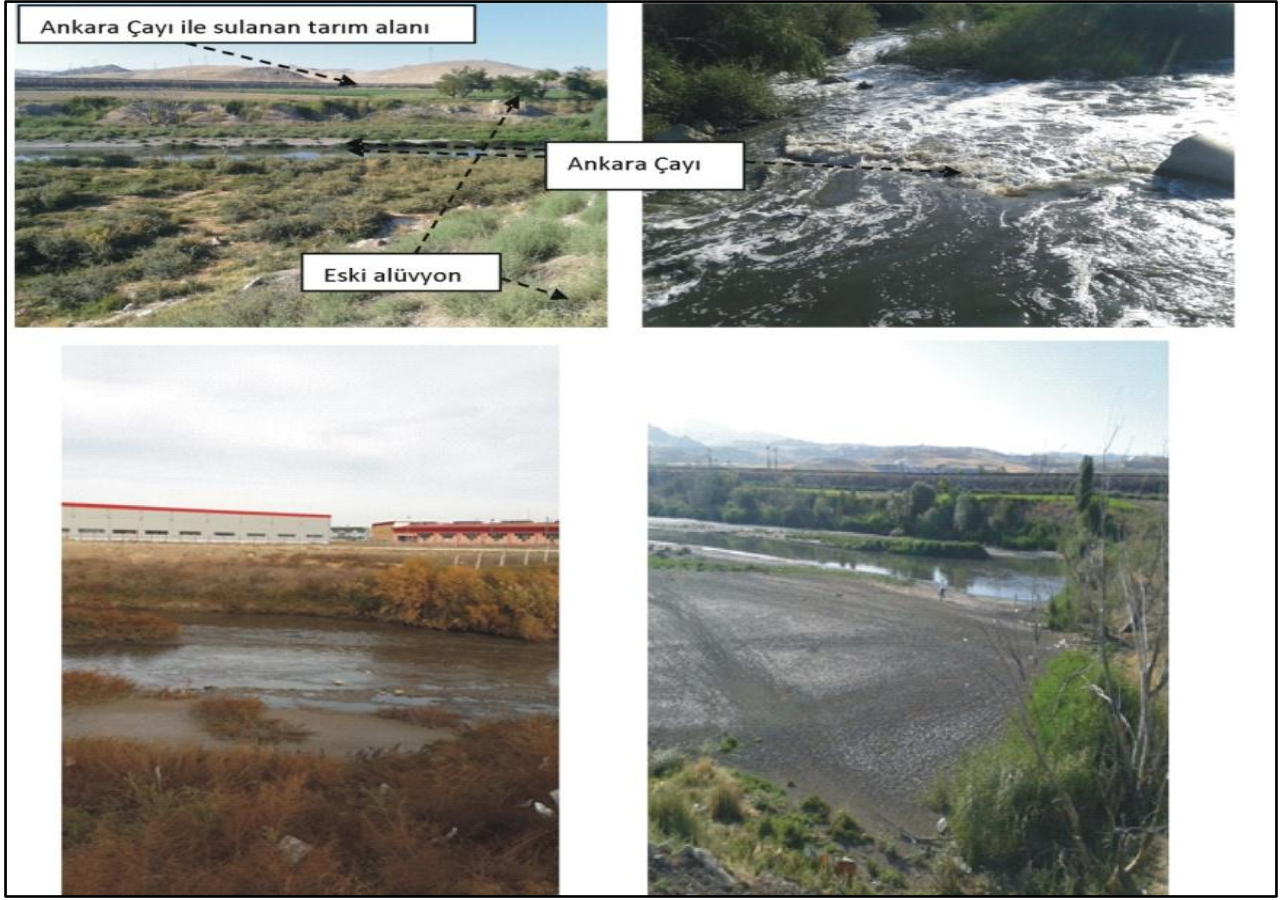
İnceleme alanı ve civarında bugüne kadar yapılan çalışmalar genel jeoloji ağırlıklı olup Ankara’yı boydan boya kat eden Ankara Çayı dere sedimanlarını konu alan bir çalışma yapılmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada “Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin jeokimyasal ve izotopik özelliklerinin” incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak dere yatağı çökellerinden 35 adet örnek jeokimyasal ve izotop analizleri için laboratuarlara gönderilmiştir. Bu kapsamda, çökellerin jeokimyasal özelliklerine dayanarak, nehre malzeme sağlayan kaynak alanları, kaynak alanındaki kimyasal ayrışma dereceleri, çökellerin ağır metal içeriği ve kökenlerini konu alan bu tez çalışması oluşturulmuştur.

1.3.2. İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanı ve yakın çevresinde, İç Anadolu Bölgesi iklim şartları hakim olup, yazlar sıcak ve kurak; kışlar soğuk ve yağışlıdır. Yağışlar genellikle kış ve ilkbahar aylarında olup, yılda ortalama 340 mm'dir (Akçura,1971). En çok yağış alan ay Mayıs (50 mm), en az yağış alan ay ise Ağustos'tur (8 mm). Yıllık ısı ortalaması 11.7°C dir. En sıcak ay 23.3°C ile Ağustos; en soğuk ay ise, -0.10°C ile Ocak'tır. (D.S.İ 1975). En çok buharlaşma 229.7 mm ile Ağustos; en az buharlaşma ise 23.3 mm ile Ocak ayındadır. Nispi nemin en fazla olduğu Kasım, Aralık, Ocak, Şubat 4 aylık dönemine karşılık en düşük değerler Temmuz ve Ağustos aylarında kaydedilmiştir. Son 55 yılın nispi nem ortalaması %60'dır. 28 yıllık toplam buharlaşma miktarının ortalaması 1353.6 mm'dir. Bu değer Aralık aylarında en düşük, Temmuz-Ağustos aylarında en yüksektir. Karasal iklim şartları hüküm süren çalışma alanı, bitki örtüsü yönünden oldukça fakirdir (Demirtaş ve Adil, 2010).

1.3.3. Ulaşım ve Yerleşim

İnceleme alanında Polatlı İlçe ve Temelli belde merkezine ulaşım karayolu ve demiryolu ile sağlanmaktadır. Temelli kuzey doğu istikametinde 46 km yolla Ankara İl Merkezine, batı istikametinde 95 km yolla Sivrihisar İlçesine bağlanmaktadır. Kuzeyde bulunan Ayaş İlçesine uzaklık 71 km, güney doğuda bulunan Haymana ilçesine uzaklık 51 km ve güneyde bulunan Yunak İlçesine uzaklık 172 km dir. Ankara-Polatlı arasında 87 km lik demiryolu, Ankara-Eskişehir arasında ise 168 km lik demiryolu vardır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Ankara Çayı ve çevresinden fotoğraflar

1.4. Bölgesel Jeoloji

Bölge Kuzey Anadolu Fayı (K.A.F) güneyinde Anatolit tektonik kuşağı içerisinde yer alır. Tektonik yapısını Alpin orojenik evresi ile kazanmıştır. Bölgede Paleotetis okyanusunun izlerine Ankara Grubunu oluşturan kaya türlerinde, Neotetis okyanusunun izlerine ise Eldivan ofiyolit topluluğunda rastlanır. Ankara bölgesinde etkin olan tektonik hareketler, “Alp Öncesi Hareketler”, “Alpin Hareketler” ve “Epirojenik Hareketler” olmak üzere üç bölümde ele almak mümkündür (Kasapoğlu, 2000). Alp öncesi hareketlerin ilki olan Kaledoniyen hareketleri, bölgenin kuzeyindeki Aydos Dağında mostra veren şistleri etkilemiş ve kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu kıvrımları oluşturmuştur. Permo-Triyas yaşlı kireçtaşı blokları içeren grovak ve metagrovakların kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu kıvrımları ise, Hersiniyen hareketleri sonucudur. Bölge, Geç Kimmeriye hareketlerinden etkilenerek Liyas’tan Kretase ortalarına kadar sürekli olarak alçalmıştır (Erol, 1961). Sab-

hersiniyen hareketlerine bağlı olarak, Üst Kretase'de ofiyolitli melajın yerleşmesi ile bölgesel yükselme başlamıştır (Çapan ve Buket, 1975). Üst Kretase'de yükselmiş olan bölge muhtemelen Laramiyen hareketi ile Lütəsiyen'e kadar yeniden sular altında kalmıştır ve Ankara Bölgesi, Eosen sonunda Pirene Fazı'nda son kez su yüzüne çıkmıştır (Erol, 1961). Oligosen'de kara haline gelmiş olan bölgede yer yer oluşan lagüner ve evaporitik ortamlarda, jips ve bazı karasal çökellerin oluşumu gerçekleşmiştir (Leuches, 1940). Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner boyunca süregelen Epirojenik hareketler, Alpin kıvrımlanmasını izleyen ve gittikçe zayıflayan hareketlerdir. Attik Fazı hareketleri, Miyosen ile Pliyosen arasındaki uyumsuzluğu meydana getirmiştir. Alt Pliosen ile Üst Pliyosen arasındaki uyumsuzluğu oluşturan hareketler ise, Radonik fazı hareketleridir. Bu hareketler, Ankara ve çevresindeki orta Pliyosen düzlüklerini oluşturmuştur. Üst Pliyosen'den sonra, bölgedeki toptan yükselme döneminin başlangıcı, Vallakiyen hareketlerine bağlanabilir. Ankara yöresindeki Pleistosen akarsu sekileri, hem bu düşey yükselmenin hem de Kuvaterner'deki iklim değişimlerinin ortak ürünü olduğu düşünülmektedir (Erol, 1961).

İnceleme alanı ve civarında Triyas'dan Kuvaterner'e kadar değişik zamanlarda oluşmuş jeolojik birimler yer almaktadır. İnceleme alanı ve civarlarında en altta Orta-Üst Triyas yaşlı kumtaşı ve çamurtaşından oluşan kaya türleri yer alır. Bu serinin üzerine Jura birimleri uyumlu olarak gelmektedir. Lias; kırmızımsı konglomera, Dogger; Ammonitli sarımsı beyaz kireçtaşı ve Malm ise kırmızı marn ve pelajik kireçtaşı litofasiyesinden oluşmaktadır (Chaput, 1931; Erol, 1968; Erentoz, 1975; Gökten vd., 1988). Bu serinin üzerinde tektonik dokanakla yer alan serpantin, radyolarit, spilit, bazalt, diyabaz, kireçtaşı, kumtaşı, çamurtaşı, marn, gablo ve olistostromlardan oluşan ofiyolitik melanj ve onun da üstüne uyumsuzlukla gelen kumtaşı, silttaşı, marn içeren fliš serisi bölgedeki Alt ve Üst Kretase birimlerini oluşturmaktadırlar (Bailey ve McCallien, 1950; Egeran ve Lahn, 1951; Erol 1961; Çapan ve Buket, 1975; Erentoz, 1975; Kasapoęlu, 1980). Malm kireçtaşlarının çok değişken boyutlarda bloklar halinde melanj içinde yer aldığı görölmektedir (Gökten vd.,1988). Ankara'da Eosen bol fosilli kumlu kireçtaşları; Oligosen ise lagüner ve evaporitik çökeller ile temsil edilmektedir (Leuchs, 1940; Erol, 1961; Norman, 1972; Çalgın vd., 1973; Çapan ve Buket, 1975; Erentöz, 1975; Kasapoęlu, 1980). Miyosen ise gölsel kökenli olup; yeşilimsi ve grimsi kil, marn, silisli marn, kireçtaşı ve konglomera ile temsil edilmektedir. Alt Miyosen beyaz renkli konglomera-kumtaşı silis ara katkılı göl kireçtaşlarını içermekte olup, tuf ve aglomeralarla yanal geçişli veya andezitik lavlarla

ardışıklı veya kesilmişlerdir (Erol vd. 1980). Üst Miyosen birimleri; yeşilimsi beyaz renkli çakıltası-kumtaşı ara katkılı yeşil kil, marn ve gölsel kireçtaşı ile tüfitlerden oluşmuştur (Erol vd., 1980). Pliyosen çökelleri Ankara yerleşim alanında genellikle kırmızı kahverenkli-siltli killi birimler içerisinde kum ve çakıl mercekleri şeklinde gözlenirken, Sincan bölgesinde kırmızımsı killi yanardağ gri, bej renkli daha ziyade homojen yapı gösteren killi-siltli birimlerden oluşmaktadır (Kılıç, 1990). Ankara Çayı ve ona katılan kolları boyunca yer alan Kuvaterner yaşlı alüvyonlar alttaki birimlerle uyumsuz olup, çakıl, kum, silt ve killerden oluşmaktadır.

1.5. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı içerisinde yer alan Ankara Çayı ve civarının jeolojisi pek çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Bölgeyle ilgili MTA tarafından hazırlanmış ve farklı araştırmacılar tarafından yapılan çok sayıda jeoloji haritaları mevcuttur. Bölge civarı ile ilgili yapılmış önceki çalışmaları şu şekilde sıralayabiliriz:

Chaput (1931), Bölgenin ilk kez 1/135000 ölçekli jeoloji haritasını yapmış ve incelediği birimlerin jeomorfolojik özelliklerini tespit etmiştir.

Salomon-Calvi (1940), Ankara çevresindeki litostratigrafik seriler olan: Dikmen grovak serisi, Çaldağ kalkerleri, Yakacık Liası, Kayağdı dağı flişleri ve Ayaş dağı Neojeninden oluştuklarını belirlemiştir.

Bailey ve McCallien (1950), Ankara çevresindeki ofiyolitlerin jeolojisi ve tektoniğini inceleyerek, ilk kez “Ankara melanjı” tanımlamasını yapmıştır.

Weingart, W (1954), Ankara ve Sivrihisar civarının 1/100 000 ölçekli jeolojik haritalarını hazırlamıştır. Çalışmasında çok sayıda kesitte ekleyerek bölgenin stratigrafisi hakkında geniş bilgiler vermiştir.

Ardel (1955), Yukarı Sakarya Bölümü’nün jeolojik ve jeomorfolojik incelemesini yapmış, Neojen havzaları hakkında kapsamlı bilgiler vermiş, Sakarya’nın bu havzaya epijenetik olarak gömüldüğünü tespit etmiştir.

Erol (1954, 1961, 1968), Ankara civarının yaklaşık 8500 km²’lik alanın 1/100 000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamıştır. Detaylı olarak stratigrafik, tektonik ve jeomorfolojik çalışmalarda bulunmuştur.

Meer ve Mohri (1956), Sakarya masifi ve Beypazarı güneyinin stratigrafik ve litolojik özelliklerini tespit etmiştir.

Canik (1973), Ankara-Ayaş içmecelerinin jeolojik özelliklerini saptamak için yöredeki genç tektonik hareketlerin Neojen formasyonlarında deformasyonlara neden olduğunu tespit etmiştir.

Ürgün (1974), Ankara'nın Ayaş kazası ile Sincan köyü arasında kalan bölgeyi jeolojik ve jeotermik enerji yönünden araştırmıştır.

Ünlü (1974), Kazan ve Peçenek (Ankara) alanının jeotermal amaçlı çalışmasında, volkanitleri alt ve ara lav olarak sıralamış, alt lavların Eosen, ara lavların Miyosen yaşlı olduklarını tespit etmiştir.

Şahinci (1975), Ayaş çevresinin hidrojeolojisini incelemiş, yörenin tektonik gelişimi ve Neojen sonrası mağmatik faaliyetleri hakkında incelemeler yapmış, Post-Pliyosen hareketlerle yükseldiğini ifade etmiştir.

Tatlı (1975), Çubuk-Melikşah bölgesinin jeolojisini araştırmış ve jeotermal enerji olanaklarını çalışmıştır. Hazne kayacın Triyas yaşlı kireçtaşları ile Paleozoyik içindeki kristalize kireçtaşların, örtü kayacın ise Pliyosen yaşlı Sinop formasyonu olduğunu tespit etmiştir.

Erişen ve Ünlü (1980), Ankara çevresinde daha önce jeotermal amaçlı yapılan çalışmaları derlemiş ve bölgenin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamışlardır.

Erol vd. (1980), Ankara ili yerleşim alanının arazi kullanımı amacıyla harita hazırlamışlardır. Hazırlanan haritada jeoloji, mühendislik jeolojisi, hidroloji, jeomorfoloji, toprak, eğim ve yapı gereçleri şeklinde alt bölümlere ayırmıştır.

Ergün ve Sarı (1982), Ankara-Polatlı bölgesinin Gravite ve manyetik veri-işlem yöntemleri ile yorumunu yapmışlardır. Yaptıkları araştırmalar sonucunda yapısal uzanımların KD - GB doğrultulu olduğunu ve bölgenin güneyinde ise daha derin KB-GD doğrultulu uzanımların olduğunu tespit etmişlerdir.

Akyürek vd. (1984), Elmadağ-Kalecik çevresinin jeolojisini incelemiş, formasyonları ve bölgenin jeolojik değişimi hakkında geniş bilgiler vermiştir.

Kiper (1984), Ankara ile Etimesgut-Batıkent havzaları arasını incelemiş, Jura kireçtaşları ve Miyosen volkanitlerinden oluşan bir paleo sırtın varlığını tespit etmiştir. Ek olarak Pliyosen ve Holosen yaşlı toprak zeminlerin kalınlık değişimini bir izopak haritası, havza tabanlarının morfolojisini ise yapı-kontur haritası üzerinde incelenmiştir.

Tunçdilek(1985), Çalışmasında Neojen havzaları hakkında bilgilere yer vermiştir. Ayrıca Türkiye'nin jeomorfolojik açıdan karakteristik olan kısımlarını ve bunlardan nasıl yararlanılabileceğini belirtmiş, rölief şekilleri arasındaki ilişkilere değinmiştir.

Gökten vd. (1988), Ankara'nın kuzeybatısında kalan Bağlum-Kazan arasındaki Geç Kretase-Pliyosen serilerinin stratigrafisi ve tektoniğini araştırmışlardır. Çalışmalarında inceleme alanının yay önü havza şeklinde Üst Kretase'den Orta Miyosen'e kadar geliştiğinden bahsetmişlerdir.

Çayırılı (1988), Ankara İli çevresindeki Neojen yaşlı gölssel volkano-sedimanter çökellerini ekonomik olarak araştırmış ve zeolit yataklarında incelemeler yapmıştır.

Kazancı ve Gökten (1988), Ankara kuzeyinde yaptıkları araştırmalarda, D-B uzanımlı Paleosen yaşlı örgülü ve menderesli akarsu tortullarının bulunduğunu ve depolanmanın da Paleosen boyunca etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Bozkurt (1990), Çalışmasında Ankara'nın güneybatısında yer alan Karakaya napı içerisindeki yeni bir Permian ve Karbonifer bulgusu ortaya koymuştur. Alt Karakaya napı, bir yitim kuşağı prizmasının yeşil şist fasiyesi koşullarında başkalaşım geçirmesiyle oluşmuş kaya topluluğu (meta-melanj) ile temsil edildiğini, Üst Karakaya napı ise, yeşil şist fasiyesi ve de yüksek basınç-düşük sıcaklık koşullarında başkalaşım geçirmiş ve daha düzenli bir iç yapı ve dizilim sunan metamorfitle temsil edildiğini açıklamışlardır.

Koçyiğit (1991), Ankara ve çevresinde bindirme fayları tespit ettiği çalışmasında, Pliyosen'den itibaren sıkışmalı tektonik rejimin varlığından bahsetmiştir.

Baran (1996), Ankara'nın batısında sismotektonik araştırmalar yapmıştır. Ankara batısında K.A.F (Kuzey Anadolu Fay Hattı) etkisi ile çekmeye bağlı gelişmiş KD-GB doğrultulu normal fayların bulunduğunu tespit etmiştir.

Akyürek vd. (1996), Ankara çevresinin jeolojisi ve doğal kaynakları ile ilgili araştırmalar yapmışlar. Ankara ve çevresinin stratigrafisini detaylı olarak tespit etmişlerdir.

Akyürek vd. (1997), Ankara F15 paftasının 1/100000 ölçekli açınsama nitelikli jeoloji haritasını hazırlayarak, formasyonları tanımlamışlardır.

Seyitoğlu vd. (1997), Ankara ve civarında arazi gözlemleri yaparak, normal fayların varlığı ile Miyosen ve sonrasında genişlemeli tektonik rejimin olduğunu tespit etmişlerdir.

Ocakoğlu (1998), Ankara kuzeyi Orhaniye bölgesindeki Üst Kretase-Eosen istifinin kil stratigrafisini inceleyerek bu bölgedeki eski ortamsal ve iklimsel koşullar hakkında yorumlar yapmıştır.

Seyitoğlu vd. (2000), Çankırı baseninde normal faylanmalara bağlı kaya heyelanlarını incelemişler. Neotektonik kökenli olduklarını belirtmişlerdir.

Esat (2001), Ankara çevresinde Orta Anadolu'nun neotektoniğini ve depremselliğini ortaya koymuştur. Ankara'nın batısında yer alan Kazan ve Polatlı arasında yaklaşık KD-

GB uzanımlı 100 km'lik bir hat boyunca sıkışma yapıları, tektonik kama yapısı ve yüzeyde gözlenen ya da gömülü olan bindirme-ters faylar olarak tespit etmiştir.

Fortelius vd. (2003), Ankara'nın kuzeybatısında Kazan ilçesi civarındaki memeli fauna alanı fosil tiplerini incelemiş ve bu alanda mostra veren Sinop formasyonunun yaşını memeli fauna topluluklarına dayanarak Miyosen olduğunu belirtmişlerdir.

Karaca (2004), Kazan Havzası'nın kuzeybatısındaki çalışma alanında Miyosen sonrasında KB-GD ve K-G sıkışma ve Pliyosen döneminin başlamasıyla bölgesel bir açılma olduğunu göstermiştir.

Demirbağ (2005), Polatlı Çiledağ bölgesinin tektoniği çalışılmış. Erken-Orta Miyosen yaşlı açılmalı bir tektonik rejimin olduğu ve daha sonra bölgede ilk olarak D-B/KB-GD sıkışması, ikincisi ise K-G sıkışması olan iki farklı tektonik faz olduğunu ortaya koymuştur.

Toori (2006), Orhaniye ile Güvenç köyleri arasında Mesozoyik yay önu havza çökelleri üzerinde gelişen Neojen-Kuvaterner birimlerinin stratigrafisini yapmış ve tektoniğini incelemiştir.

Seyitoğlu vd. (2006), Ankara, Yuvaköy kuzeyinde Üst Kretaseofiyolitikmelanj ile Neojen birimler arasındaki tektonik sınırın niteliği hakkında jeolojik ve jeofizik veriler elde etmişlerdir. Yuvaköy civarında kuzeye eğimli bindirme düzlemleri boyunca Üst Kretase ofiyolitik melanjın Neojen yaşlı sedimanter birimler üzerinde yer aldığına ilişkin gözlemler yapmışlardır. İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağının oluşumu ile ilgili kıtalararası yakınlaşmanın Pliyosen'e kadar devam ettiğini savunan "Ankara Orojenik Fazı" görüşünün dayanaklarından biri olmuştur. Bunların sonucunda, söz konusu tektonik sınırın güneye eğimli normal fay karakterinde olduğu ve bölgede K-G yönünde sıkışmayı kanıtlayacak bir verinin bulunmadığı sonucuna varmışlardır.

Ulamış (2007), Ankara yerleşim alanı batısında yer alan Etimesgut, Sincan, Cuğlu, Avdan ve Kazan yerleşim alanları ve civarındaki, Ankara Çayı ile Ova Çayı tarafından depolanan Kuvaterner yaşlı alüvyon zeminlerin jeoteknik özellikleri ve olası bir deprem sırasındaki davranışlarının önceden belirlemek üzere yapılaşmanın yoğun olmadığı, alüvyon zeminlerin bulunabileceği pilot alanlarda jeolojik, sismik ve jeoteknik çalışmalardan elde edilen verileri değerlendirmiştir.

Kutluay (2007), Ankara'nın kuzeybatısında yer alan Kazan havzasının batı kenarının tektonik özelliklerini incelemiş, bölgedeki sıkışmalı rejimin varlığını ortaya koymuştur.

Bağırhan (2007), Ankara ili Çubuk ilçesinde Erken-Orta Miyosen yaşlı Hançılı formasyonunun sedimantolojisi ve kil minerallerini araştırmıştır.

Gökten vd. (2009), Ankara çayı yatağında depolanmış olan Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ile gölsel Üst Pliyosen çökellerin jeotektonik özelliklerini inceleyerek bölgenin depremselliğini tanımlamışlar ve zeminlerin dinamik davranışlarını ortaya koymuşlardır.

Demirtaş ve Adil (2010), Ankara İli, Polatlı İlçesi, Temelli Beldesi, İ28-b1 ve İ28b4 paftaları içinde kalan alanın 1/25000 ölçekli arazi kullanımına esas jeolojik etüt raporu hazırlamışlardır. Bölgenin stratigrafisini ayrıntılı incelemişler ve jeolojik haritasını kapsamlı olarak hazırlamışlardır.

Koçkar ve Akgün (2013), Yaptıkları çalışmaların sonucunda, çalışma alanında yer tepkisini etkileyen üç ana etken belirlemişlerdir; bunlar: sedimanların yaşı, genç sedimanların kalınlıkları ve zemin karakterleri ile üniform olmayan yeraltı konfigürasyonlarıdır. Özellikle, sediman kalınlıklarının, basen topoğrafyasının ve zayıf zemin karakterlerinin, spektral oran yönteminden (H/V) elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında uyumlu olduğunu görmüşlerdir. Ankara ve çevresi gibi küçük ve orta büyüklükte sismik aktivite gösteren alanlardaki yerel zemin koşullarının yer sarsıntısı karakteristiğini nasıl ve ne ölçüde değiştirdiği üzerine değerlendirmeler yapılmış ve ne tür önlemler alınabileceği hakkında öneriler vermişlerdir.

Felek (2015), Ankara ve çevresinde yer alan Plio-Kuvaterner zeminlerin sismik karakterizasyonunun ve sismik tehlike değerlendirmelerinin jeofiziksel yöntemlerle belirlenerek, bu zeminlerin kayma dalga (S) hızlarını, yer salınım periyotlarını, zemin büyütme oranlarını tespit etmiştir.

Sevin vd. (2015), Ankara dolaylarında yaptıkları çalışma ile ilk kez Sakarya Zonu içinde Geç Paleozoik yaşlı neritik ve pelajik karbonatlardan oluşan otokton bir istifin olduğunu ortaya koymuşlardır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Yöntem

Bu tez kapsamında, Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin jeokimyasal özellikleri, ağır metal içerikleri, kimyasal ayrışma dereceleri ve elementlerin kökenlerini araştırmak için, söz konusu çökelden örnekler toplanarak çeşitli jeokimyasal analizlere tabii tutulmuş ve elde edilen bulgular değerlendirilerek yorumlanmıştır. Bu amaçla yapılan çalışmalar, başlıca arazi, laboratuvar ve büro olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.1.1. Arazi Çalışması

Bu kapsamda çalışma sahasının mevcut jeolojik haritalarından yararlanarak, önemli yağışların olmadığı Mart ayında (Örnek alım esnasında ve 3 hafta öncesine kadar çalışma alanına önemli miktarda yağış düşmemiştir.) belirli aralıklarla Ankara Çayı dere yatağından (suyunun geçtiği kanaldan) pekişmemiş örnekler alınmıştır.

2.1.2. Laboratuvar Çalışması

2.1.2.1. Örneklerin Hazırlanması

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

2.1.2.2. Analitik Yöntemler

2.1.2.2.1. Tüm Kayaç Analizleri

Ana, iz ve nadir toprak element (N.T.E) analizleri için elenen toplam 35 adet örnekten yaklaşık 15 g ağırlığındaki miktarı poşetlenerek, ACME (Vancouver, Kanada) analitik laboratuvarına gönderilmiştir. Söz konusu laboratuvarda seçilen örnekler, 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 LiBO₂ ile çözdürülmesi ve daha sonra 100 ml %5 HNO₃'de çözülmesinden sonra Tüm Kayaç Analizleri ile ölçülmüştür. N.T.E içerikleri 0.25 g toz kayaç örneğinin dört farklı asit içerisinde çözdürülmesinden sonra Tüm Kayaç Analizleri ile analiz edilmiştir. Ayrıca örneklerin TOK içeriği LECO analizatörü ile gerçekleştirilmiştir.

Ateşte kayıp (A.K.), örnekler 1000 °C'de yakıldıktan sonra ağırlık farkından hesaplanmıştır. Toplam Fe içeriği, Fe₂O₃ cinsinden ifade edilmiştir. Dedeksiyon limitleri, ana oksitler için % ağırlık olarak 0.002 - 0.04, iz elementler için 0.1 - 8 ppm ve N.T.E için 0.01 - 0.3 ppm arasında değişmektedir, Au için ise 0.5 ppb dir.

2.1.2.2.2. Sr-Nd İzotop Analizleri

Toplam 7 adet tüm kayaç Sr ve Nd izotop analizleri Mexico State Üniversitesi (Amerika) İzotop Laboratuvarı'nda yaptırılmıştır. Analiz edilen bütün örnekler, katot taneler (tek filaman için) ya da üçlü filament düzeneğinin kenar filamanı (renyum filaman) üzerine yüklenmiştir. Stronsiyum (Sr) numuneleri %5 nitrik asiti içinde eritilmiş ve TaO₂ çözeltisinden 3 damla ve % 5 fosforik asitten 1 damla ile katot taneleri üzerine yüklenmiştir. Rubidyum (Rb) numuneleri %5 nitrik asiti içinde eritilerek katot taneleri üzerine doğrudan yüklenmiştir. Hem Sr hem de Rb numuneleri VG Sektör 30 üzerinde analiz edilmiştir. Rb örnekleri, minimum 5x10⁻¹² amperde Rb'un kütlesi 85 ya da 87'nin yoğunluğu ile çalıştırılmıştır. Örneklerin çoğu 1 veya 3x10⁻¹¹ amperde bu piklerden birinin yoğunlukları ile çalıştırılmıştır. Pikler ya tek toplayıcı veya çok toplayıcı çalışır kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçların bazılarındaki tutarsızlıklar, 1x10⁻¹¹ amperin minimum yoğunluğu kullanılarak minimuma indirilmiştir. Tüm Sr numuneleri bir VG Sektör30 kütle spektrometresi kullanılarak analiz edilmiştir. Sr numunelerinin yoğunluğu 3x10⁻¹¹ amperde minimum yoğunlukta Sr kütlesi 88 ile analiz edilmiştir. Neodimyum (Nd) ve samaryum (Sm) örnekleri üçlü filament düzeneğinin yalnızca tek bir kenarı üzerine örnek ile birlikte üçlü filamanlar kullanılarak analiz edilmiştir. Örnekler %5 HNO₃ kullanılarak yüklenmiştir. Nd ve Sm örneklerinin analizleri birbirine kalibre edilmiş beş toplayıcı kullanılarak yapılmıştır. Numuneler, 5x10⁻¹² amperde aynı zamanda Sm kütle 149 ve 5x10⁻¹² amperin minimumunda Nd kütle 144 ile analiz edilmiştir. Numuneler, aynı zamanda, bir VG Sektör 30 üzerinde çalışılmıştır. ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr ve ¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd'u N.T.E tekrarlanabilirliği % 0.3 ve ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ve ⁴³Nd/¹⁴⁴Nd oranları sırasıyla ± 0.000012 ve ±

0.00007 içindedir. NBS987 (Jndi-1/NBS981 standart analizler, 0.710303 (18), 0.710300 (10), 0.710291 (8), 0.512086 (5), 0.512089 (5), 0.512096 (8), 0.512094 (7), 0.512103 (8) değerlerini vermiştir.

2.1.2.2.3. Pb İzotop Analizleri

Toplam 10 adet örneğin tüm kayaç Pb izotop analizleri ACME (Vancouver, Kanada) analitik laboratuvarında yaptırılmıştır. Hazırlanan örnek, HCl, HNO₃ ve DIH₂O eşit şekilde konstre edilerek değiştirilmiş Aqua Regia solüsyonu ile ısıtılmış blok veya sıcak su banyosunda bir saat süre ile parçalanmıştır. Örnek seyreltik HCl ile belirli hacimde ayarlanarak 0.5 g, 15 g veya 30 g şeklinde bölünmüş olan örnek analiz edilmiştir. İzotop değerleri hem konsantrasyon hem de yoğunluk şeklinde rapor edilmiştir. Örnek 0.5 g, 15 g veya 30 g ağırlığında bölünerek analiz edilmiştir.

2.1.2.2.4. Oksijen İzotop Analizleri

Dere yatağı çökellerinden 7 örneğin Oksijen izotop analizi Queen's Üniversitesi (Kanada) İzotop Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Analiz esnasında öncelikle Clayton ve Mayeda (1963)'nın geleneksel BrF₅ yöntemine göre, 5 mg örneklerden 550-600°C'de oksijen elde edilmiştir ve Thermo-Finnigan Delta Plus XP Continuous-Flow izotop oran Kütle Spektrometresi (ICP-MS) kullanılarak izotop analizi gerçekleştirilmiştir. $\delta^{18}\text{O}$ değerleri, uluslararası standartta olan Vienna Standart Ortalama Okyanus Suyuna (VSMOW) göre verilmiştir. VSMOW standardına göre hesaplanan izotop ölçümlerinin ölçüm hassasiyet sınırı tekrarlanan analizlere göre ‰ 0.1'dir.

2.1.3. Büro Çalışması

Arazi ve laboratuvar araştırmalarında elde edilen veriler büro çalışmaları esnasında değerlendirilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında kullanılan harita bilgisayarda çizim programlarıyla çizilmiştir. Jeokimyasal ve izotop analiz sonuçları çeşitli paket programlar kullanılarak grafikler ve tablolar halinde değerlendirilmiştir. Sonuçta elde edilen tüm veriler değerlendirilmiş ve tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Stratigrafi

İnceleme alanında ayırtlanan tüm birimlerin stratigrafik konumları genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesitinde verilmiştir (Şekil 3.1). Çalışma alanındaki birimler için bölgede daha önceki araştırmacılar tarafından verilen isimler ve yaşlar aynen benimsenmiş ve kullanılmıştır.

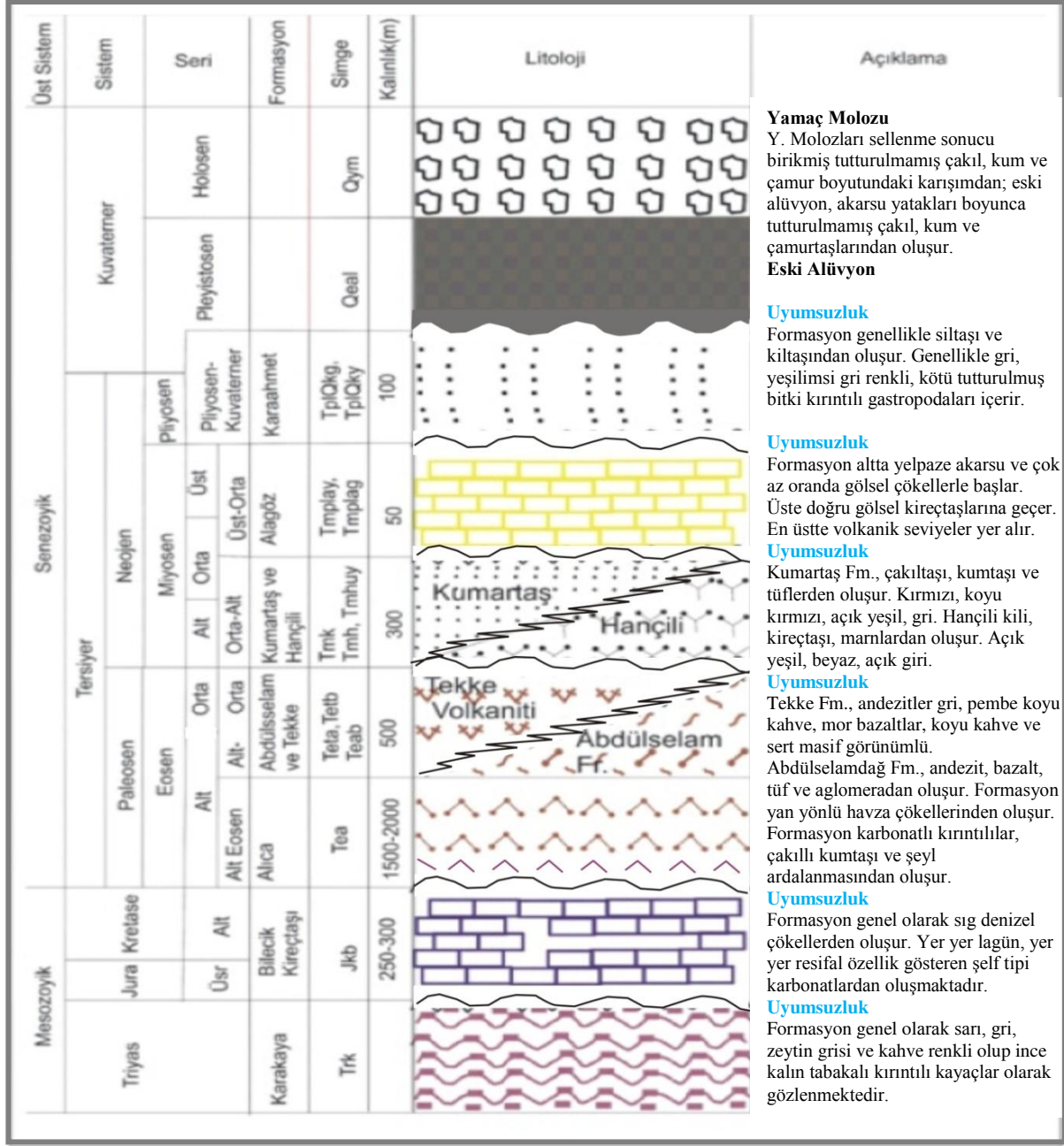
3.1.1. Karakaya Formasyonu

Birim Ada Tepe ve güneyi, Alagöz köyü güneyi ve Türkşerefli köyü civarında da yüzeylemektedir. Formasyon genel olarak sarı, gri, koyu gri, zeytini gri ve kahve renkli olup, ince ve kalın tabakalı olarak gözlenmektedir. Bölgede formasyonun tabanı gözlenmemektedir. Çokören ve Şerefli Türk köyleri civarında Bayırköy Formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir. Oltan ve Sinanlı köyleri civarında Bilecik Kireçtaşları ve Soğukçam Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Formasyonun alt metamorfik kesiminin kalınlığının 100 m ve üst seviyelerinin görünür kalınlığının 100 m olduğu tahmin edilmektedir. İçerdiği fosillere göre formasyonun yaşı Erken-Orta-Geç Triyas olarak saptanmıştır. Formasyonun alt bölümleri şelf-yamaç ortamında çökelmiş ince ve orta taneli kırıntılı çökellerden oluşur. Bu çökelime eşzamanlı olarak volkanizma eşlik etmiştir. Üst bölümler türbiditik seviyeler olarak gelişmiştir (Demirtaş ve Adil, 2010).

3.1.2. Bilecik Kireçtaşları

Neritik kireçtaşlarından oluşan birim ilk olarak Granit ve Titant (1960) tarafından adlandırılmıştır. Bölgede Sarıoba, Sinanlı ve Oltan köylerinin güney kesimlerinde geniş bir alanda yayılım gösterir. Birim alt seviyelerde dolomitik olup, yer yer çört yumruları içerir. Sonra ince-orta katmanlı seviyeler halinde devam eder, üstüne katmanlanmanın izlenmediği alg mercanlı masif bir seviye gelir ve en üst ise oolitli, klastlı kireçtaşları ile sonlanır. İnceleme alanının yer aldığı bölgede Karakaya formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Üzerine geçişli olarak Soğukçam kireçtaşları bulunmaktadır. Bilecik civarında formasyonun kalınlığı 250-300 m iken, bölgede 100 m civarında gözlenmektedir.

İçerdiği fosillere göre formasyonun yaşı Kimmericiyen-Berriasiyen olarak saptanmıştır (Demirtaş ve Adil, 2010) (Şekil 3.1, 3.2).



Şekil 3.1. Çalışma alanını kapsayan bölgenin stratigrafik dikme kesiti

3.1.3. Alıcı Formasyonu

Formasyon ilk olarak Koçyiğit (1987) ve Lünel (1987) tarafından adlandırılmıştır. Alıcı ve Türkobası köyleri civarında geniş yüzlekler verir. Birim volkanitlerden türemiş kırıntılardan oluşur ve üst seviyelerde aglomeralara seviyeler olarak izlenir. Formasyon yayönü havza çökellerinde oluşmakta olup, karbonatlı kırıntılılar, çakıllı kumtaşı ve şeyl ar dalanması içermektedir. Birim içerisinde eş yaşı volkanizma ürünleri de görölmektedir. Formasyon, altta Kapıkaya kireçtaşları üzerine uyumsuz olarak gelir. Birim Kumartaş, Hançili, Tekke volkanitleri ve Alagöz formasyonları tarafından örtölür. Fosil içeriğine göre, formasyonun yaşı Erken Eosen-Lütesiyen olarak saptanmıştır (Demirtaş ve Adil, 2010) (Şekil 3.1, 3.2).

3.1.4. Abdüsselamdağ Volkanit Karmaşığı

Abdüsselam Dağı yükselimi boyunca yüzeyleyen andezit, bazalt, tuf ve aglomeralardan oluşan ve içerisinde Karakaya formasyonu ve Bilecik kireçtaşlarına ait blokların yer aldığı birim ilk defa Bilgin vd.(2009) tarafından adlandırılmıştır. Birim Erkeksu Çiftliği-Aktaş Deresi boyunca, Erkeksu Çiftliği-Ayaş yolu ve Gökler Köyü-Abdüsselamdağı güneyi boyunca yüzeyler. Birim ilksel ilişkileri gözlenemeyen andezit, bazalt, tuf ve aglomeralardan oluşur. Andezitler, gri, şarabi ve kirli beyaz renkli, bazaltlar kırmızı, kiremit, yeşil, şarabi ve gri renkli olarak gözlenir. Tüfler yeşilimsi gri olarak izlenmektedir. Formasyonun alt dokanağı görölmemektedir. Üzerine Kumartaş formasyonu, Hançili formasyonu ve Tekke volkanitleri uyumsuz olarak gelmektedir. Birim bölgede etkin olan sıkışma sürecinde gelişen volkanizmanın sonucunda volkanizma-tektonik süreçlerin etkisiyle oluşmuştur. Stratigrafik konumu ve fosil içeriğine göre, formasyonun yaşı Lütesiyen olarak belirlenmiştir (Demirtaş ve Adil, 2010) (Şekil 3.1, 3.2).

3.1.5. Tekke Volkanitleri

Başlıca andezit, bazalt, tuf ve aglomeralardan oluşan birim ilk defa Akyürek vd. (1982) tarafından adlandırılmıştır. Tekke volkanitleri, tuf-aglomara üyesi, andezit üyesi (Teta) ve bazalt üyesi (Tetb) olarak 3 üyeye ayrılmıştır. Andezitler gri, pembe, şarabi, kahve, koyu kahve ve mor renkli, bazaltlar ise siyah, koyu gri, koyu kahve renkli ve sert-

masif görünümlüdür. Birim Orta Eosen'de karasal ortam koşullarında, çarpışma sonrasında yoğun sıkışma kuvvetlerinin etkisi altında gelişen ve yitimin kalıntılarını da içeren litosferik manto kaynağından türemiştir. Formasyonun yaşı Lütesiyen olarak kabul edilmiştir. (Demirtaş ve Adil, 2010). Tekke volkaniti, Mamak ve Hançılı formasyonu ile yanal yönde geçişli olarak izlenir (Bağırhan, 2007) (Şekil 3.1, 3.2).

3.1.6. Hançılı Formasyonu

Formasyon ilk kez Akyürek (1980) tarafından adlandırılmıştır. Birim egemen olarak killi kireçtaşı ve marnlardan oluşur. Bunların yanı sıra silttaşı, kumtaşı, çakıltası, az miktarda tuf, jips ve kömürlerden oluşur. Formasyon içerisinde bazalt, kireçtaşı (Tmh) ve yelpaze çökelleri (Tmhhy) olmak üzere üç üye ayırt edilmiştir. Formasyon Polatlı-Ayaş yolu, Polatlı-Temelli-Ankara Çayı hattıboyunca geniş alanlarda yüzeylemektedir. Birim, açık yeşil, beyaz, yeşilimsi beyaz, sarımsı beyaz, açık gri renkli, ince-orta katmanlı, killi kireçtaşı, marn, silttaşı, kiltası, kumtaşı, çört ve tüflerin ardalanmasından oluşur. Ara seviyeler olarak kömür düzeyleri yer alır. Yersel olarak jipsler izlenmektedir. Formasyon Kumartaşı formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Kumartaşı formasyonu dışında, alttaki formasyonları uyumsuz olarak örtmektedir. Üstte ise Alagöz ve Karaahmet formasyonları tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Fosil içeriğine göre, birimin yaşı Alt-Orta Miyosen olarak saptanmıştır (Demirtaş ve Adil, 2010) (Şekil 3.1, 3.2).

3.1.7. Kumartaşı Formasyonu

İlk olarak Akyürek (1980) tarafından adlandırılmıştır. Birim çakıltası, kumtaşı, silttaşı, kiltası, tuf ve çok az killi kireçtaşından oluşur. Genellikle kırmızı, koyu kırmızı, açık yeşil ve açık gri renklidir. Birim Gökler köyü, Tekke köyü ve Çile Dağı güneyinde geniş yayılım gösterir. Birim Poyraz köyü kuzeyinde Kırçılar deresi, Kapaklı deresi ve Deli Çorak Tepe civarında tipik olarak izlenir. Formasyon alttaki birimler üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. Abdüsselamdağı civarında Abdüsselam volkanitleri üzerine; Gökler köyü-Küçükler Mahallesi-Tüllüce Tepe civarında Tekke volkanitleri üzerine uyumsuz olarak gelir. Çile Dağı civarında Alıcı Formasyonunu aşıl uyumsuz olarak örter. Birim Hançili Formasyonu ile yanal ve dikey geçişlidir. Formasyonun Poyraz köyü civarında 300 m kalınlıkta olduğu gözlenmiştir. Formasyon Hançili Formasyonun

oluştugu büyük gölü çevreleyen akarsu ve yelpaze ortamında depolanmıştır. Fosil içeriğine göre, formasyonun yaşı Erken-Orta Miyosen olarak belirlenmiştir (Demirtaş ve Adil, 2010) (Şekil 1.3, 1.4).

3.1.8. Alagöz Formasyonu

Birim ilk defa Bilgin vd. (2009) tarafından adlandırılmıştır. Formasyon altta yelpaze-akarsu ve çok az oranda gölsel çökellerle başlar, üste doğru gölsel kireçtaşlarına geçer. En üstte ise volkanik seviyeler yer alır. Formasyon, Yelpaze-akarsu üyesi, gölsel kireçtaşı üyesi ve volkanit üyesi olmak üzere 3 üyeye ayırt edilmiştir. Bölgenin doğu ve güneyinde yelpaze-akarsu çökelleri oldukça yaygın olarak gözlenir. Bu çökellerin üzerinde gölsel kireçtaşları yer alır. Yine bölgede eş zamanlı volkanik birimler bulunmaktadır. Yelpaze-akarsu üyesi (Tmplay) genel olarak çakıltası, kumtaşı, marn ve çamurtaşlarından oluşmaktadır. Gölsel kireçtaşı üyesi (Tmplag), sarımsı beyaz, bej renkli, genelde masif görünümlü, yer yer kalın-çok kalın katmanlıdır. Bazen kil oranı artmakta ve killi kireçtaşı görünümünü almaktadır. Nadir olarak çört yumruları içerir. Kireçtaşları yelpaze-akarsu üyesi birimler üzerine uyumlu olarak gelirken, alttaki daha yaşlı birimleri açısız uyumsuzlukla örter. Üzerine volkanit üyesi uyumlu olarak gelir. Yaklaşık kalınlığı 50 metreye kadar ulaşır. Stratigrafik konumu ve fosil içeriğine göre yaşı Geç Miyosen-Pliyosen olarak saptanmıştır (Demirtaş ve Adil, 2010) (Şekil 3.1, 3.2).

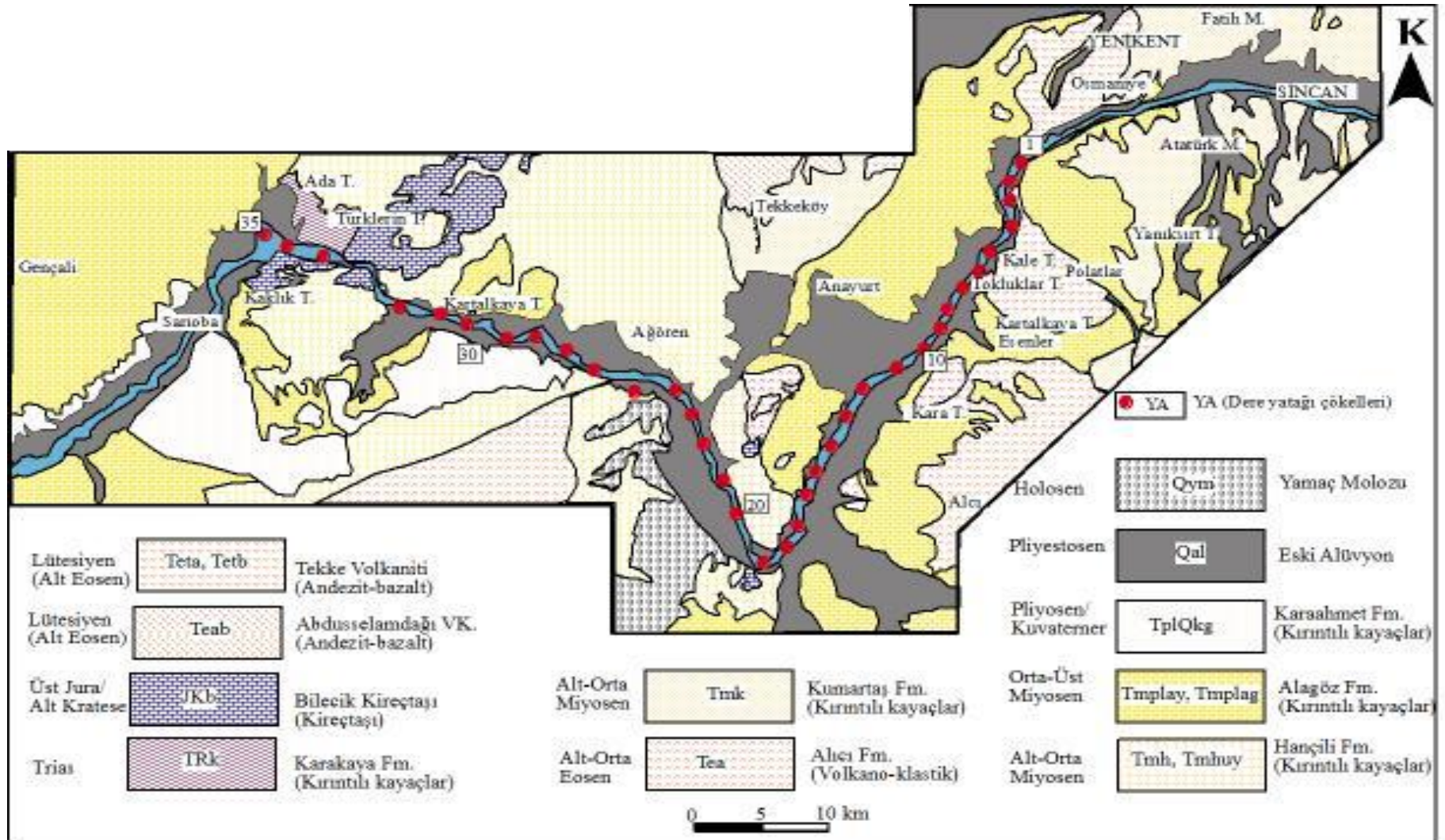
3.1.9. Karaahmet Formasyonu

Birim ilk defa Bilgin vd. (2009) tarafından adlandırılmıştır. Formasyon silttaşı, kiltası, çamurtaşı, kumtaşı ve çakıltaşlarından oluşur. Birim doğuda Hızırşih köyü ile Ankara Çayı arasında; batıda Karaahmet köyü civarında yüzeyler. Formasyon göl ve yelpaze üyesi olmak üzere 2 üyeye ayrılır. Göl üyesi (TplQkg), genel olarak silttaşı ve kiltasından oluşur. Genellikle gri, yeşilimsi gri renkli, kötü tutturulmuş, bitki kırıntılı, yer yer küçük tatlı su gastropodları içeren silttaşı tabakalarından oluşur. Yelpaze üyesi (TplQky) genel olarak çakıltası ve çamurtaşlarından oluşur. Çakıl taşları koyu gri renkli, iri-orta-ince çakıl, iri-orta-ince kum, silt ve mil boyutunda malzemelerden oluşur. Formasyon alttaki Alagöz ve Sarıoba formasyonları üzerine uyumsuz olarak gelir. Üstte ise Kuvaterner yaşlı alüvyal çökeller tarafından uyumsuz olarak örtülür. İçerdiği fosillere göre

yaşı Geç Pliyosen-Erken Pleistosen olarak kabul edilmiştir (Demirtaş ve Adil, 2010) (Şekil 3.1, 3.2).

3.1.10. Yamaç Molozu – Alüvyon

Yamaçların etek kesimlerinde tutturulmamış ya da az tutturulmuş çakıl, kum ve çamur şeklinde eski alüvyal çökeller yer alır. Bunların bir kısmı yamaçlardaki kısa süreli akarsu ve sellenme sonucu oluşmuştur ve yaşı Geç Pleistosen olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, Ankara Çayı'nın daha yüksek topografik kotlarda yatağını kazarken kademeler halinde depoladığı yüksek seviyelerde kalmış Kuvaterner yaşlı taraça çökelleri mevcuttur. Başlıca 2-20 cm çaplarda polijenik çakıllı yarı-çimentolanmış 1-5 m kalınlıklar arasındaki yatay ve çok hafif Ankara Çayı'na doğru eğimli konglomera ve bunlarla ardalı kumtaşı seviyeleri halindedir. Ankara Çayı'nın hem kuzeyinde hem de güneyinde akarsuyun güncel alüvyal yatağının dışında ve üzerindeki seviyelerde yüzeylemişlerdir. Başlıca Ankara Çayı ile ona kuzeyden ve güneyden katılan derelerin vadi tabanlarıboyunca güncel alüvyal çökeller yer alır. Birim, tutturulmamış çakıl, kum ve çamurlardan oluşmaktadır (Demirtaş ve Adil, 2010) (Şekil 3.1, 3.2).



Şekil 3.2 Çalışma alanını kapsayan bölgenin 1/100 000 ölçekli jeoloji haritası (Akyürek vd., 1997; Bilgin vd., 2009'den sadeleştirilerek)

3.2. Jeokimyasal Değerlendirmeler

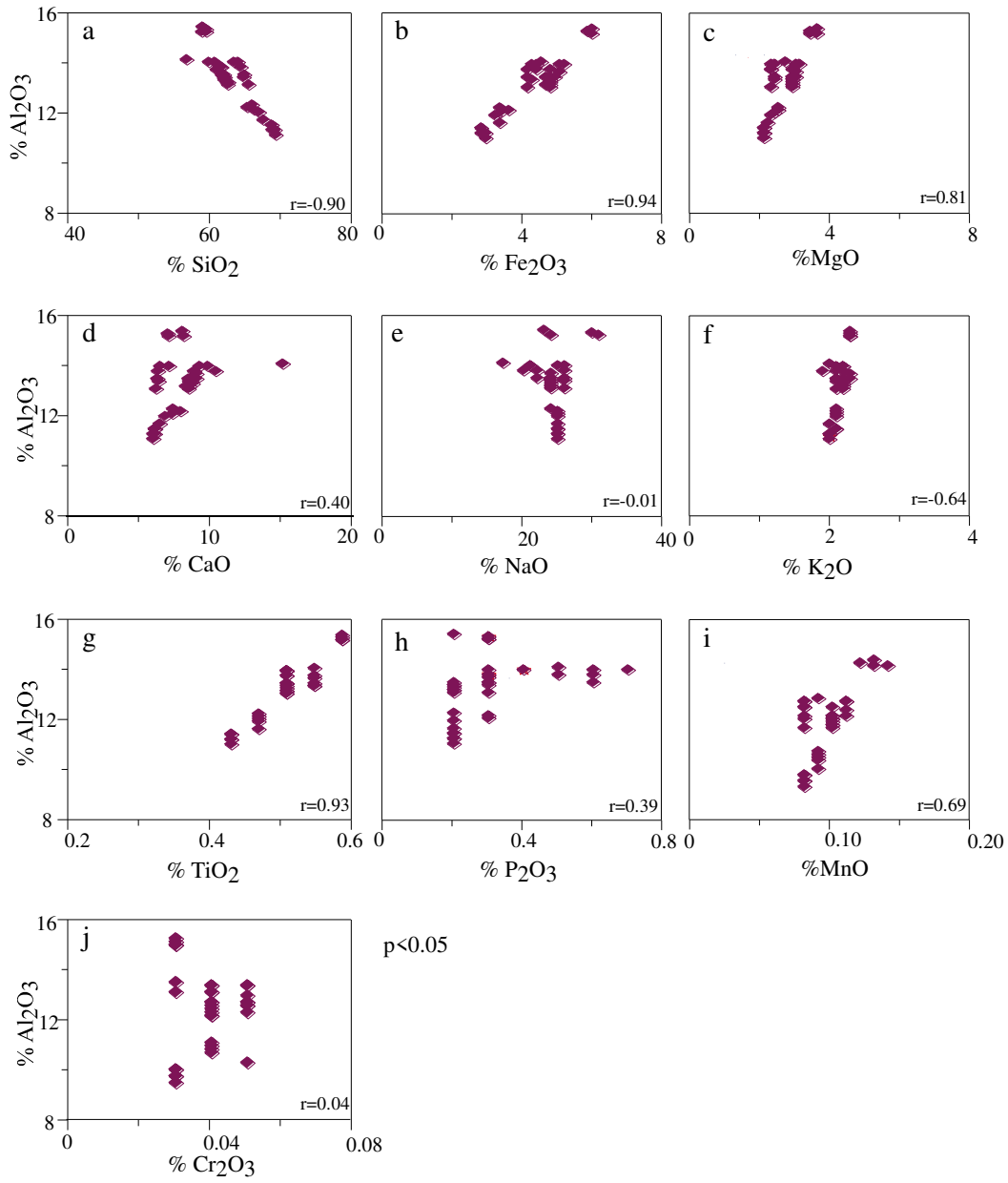
3.2.1. Ana Elementler

Klastik sedimentlerde ana element jeokimyasını üç faktör etkilemektedir: 1) Havzadaki farklı litolojilerin oranı, 2) Ayrışma rejimi ve 3) Mekanik boyanmanın etkisi (Kamber, 2005). Ankara Çayı'na ait dere yatağı çökellerinden 35 örneğin ana element analizi yapılmış, sonuçları ve hesaplanan ortalama değerleri Tablo 3.1 de verilmiştir. Dere yatağı çökellerin (YA) SiO_2 içeriği %56.9 – 69.7 (ortalama %63.7), Al_2O_3 içeriği %11.3 – 15.6 (ortalama %13.4), Fe_2O_3 içeriği % 4.1 – 6.5 (ortalama %5.3), MgO içeriği % 2.1 -3.6 (ortalama %2.7), CaO içeriği %7.4 – 15.5 (ortalama % 9.1), Na_2O içeriği % 1.7 – 3 ve K_2O içeriği % 1.9 – 2.3 (ortalama % 2.2) arasında değişmektedir. Söz konusu çökellerin TiO_2 , P_2O_5 , MnO ve Cr_2O_3 içeriği oldukça düşük olup sırasıyla % 0.6 – 1 (ortalama %0.8), % 0.2- 0.7 (ortalama % 0.3), % 0.08 – 0.14 (ortalama % 0.1) ve % 0.03 – 0.05 (ortalama % 0.04) arasında değişiklik göstermektedir.

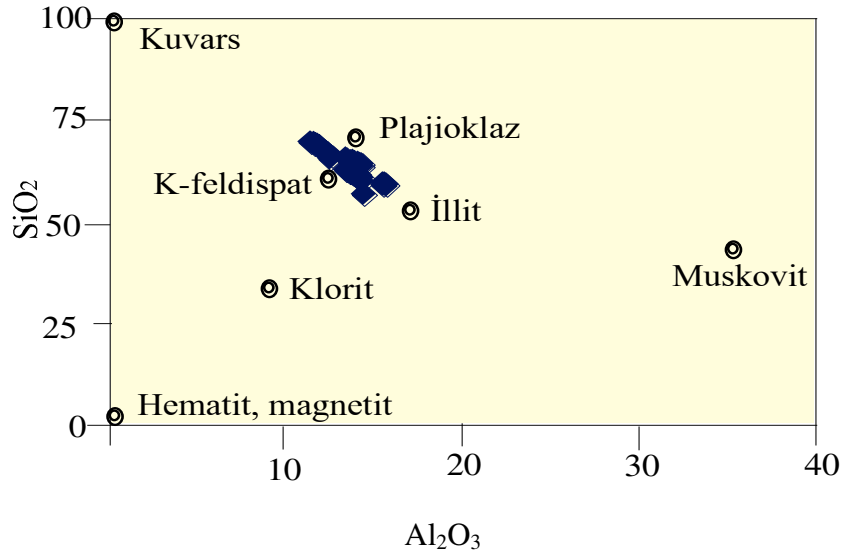
Dere yatağı çökellerinin Al_2O_3 içeriği ile SiO_2 içeriği arasında çok kuvvetli negatif korelasyon ($r=-0.90$, $p<0.05$, Şekil 3.3a), Fe_2O_3 , TiO_2 içerikleri ile arasında çok kuvvetli pozitif korelasyon (sırasıyla $r=0.94$, 0.93 , Şekil 3.3b, g), MgO , K_2O , MnO içerikleri ile arasında kuvvetli pozitif korelasyon (sırasıyla $r=0.81$, 0.64 , 0.69 , Şekil 3.3c, f, i), CaO , P_2O_5 içerikleri ile arasında zayıf pozitif korelasyon (sırasıyla $r= 0.40$, 0.39 , Şekil 3.3d, h) gözlenmektedir. Al_2O_3 ile NaO ve Cr_2O_3 arasında herhangi bir ilişki gözlenmemektedir (Şekil 3.3e,j). Bu korelasyon değerleri, Fe_2O_3 , MgO , K_2O , TiO_2 , MnO , P_2O_3 elementlerinin dağılımını, kil minerallerinin (kaolonit, montmorillonit, illit), K. Feldispat ve plajiolazın kontrol ettiğini gösterir ve SiO_2 - Al_2O_3 diyagramı (Cullers ve Podkovyrov, 2002) da bunu destekler niteliktedir (Şekil 3.2). Söz konusu diyagramda incelenen örneklerinin kuvars içeriğinin düşük, kil mineralleri ve feldispat içeriğinin yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 3.1. 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
	%										
YA1	61.9	14.1	5.1	2.3	11.3	2.0	1.9	0.8	0.5	0.08	0.03
YA2	56.9	14.3	5.4	2.7	15.5	1.7	2	0.9	0.5	0.09	0.03
YA3	62	13.7	5.5	2.9	10.1	2.2	2.1	0.8	0.6	0.1	0.04
YA4	61.7	14.0	5.6	2.9	9.95	2.2	2.2	0.8	0.6	0.1	0.04
YA5	60.1	14.2	5.9	3.1	10.8	2.1	2.2	0.8	0.7	0.11	0.05
YA6	60.9	14.2	5.8	3.0	10.3	2.1	2.1	0.8	0.6	0.11	0.04
YA7	65.8	13.3	5.1	2.3	7.57	2.6	2.1	0.8	0.3	0.08	0.04
YA8	64.3	14.2	5.2	2.3	7.83	2.6	2.2	0.8	0.3	0.08	0.05
YA9	65.2	13.7	5.1	2.4	7.66	2.6	2.1	0.8	0.3	0.08	0.05
YA10	64.7	14.0	5.3	2.3	7.69	2.6	2.1	0.9	0.3	0.08	0.04
YA11	65.1	13.6	5.2	2.4	7.74	2.6	2.1	0.8	0.3	0.08	0.04
YA12	63.7	14.2	5.3	2.4	8.39	2.5	2.2	0.8	0.4	0.08	0.04
YA13	59.7	15.4	6.3	3.4	8.37	3.1	2.3	1.0	0.3	0.13	0.03
YA14	59.7	15.5	6.4	3.4	8.31	3.0	2.3	1.0	0.3	0.12	0.03
YA15	59.1	15.4	6.5	3.6	9.31	2.4	2.3	1.0	0.3	0.14	0.03
YA16	59.2	15.6	6.5	3.6	9.22	2.3	2.3	1.0	0.2	0.13	0.03
YA17	62.3	13.7	5.6	2.9	9.61	2.4	2.2	0.8	0.2	0.10	0.04
YA18	61.9	13.7	5.7	3.0	9.76	2.4	2.3	0.9	0.3	0.11	0.05
YA19	62.2	13.6	5.6	2.9	9.8	2.4	2.2	0.9	0.2	0.10	0.05
YA20	62.8	13.3	5.6	2.9	9.62	2.4	2.2	0.8	0.2	0.10	0.04
YA21	62.4	13.6	5.6	2.9	9.65	2.4	2.2	0.9	0.2	0.10	0.05
YA22	61.2	13.9	5.8	3.0	10.1	2.4	2.3	0.9	0.3	0.11	0.05
YA23	62.3	13.5	5.6	2.9	9.86	2.4	2.2	0.8	0.2	0.10	0.04
YA24	62.9	13.4	5.5	2.9	9.45	2.4	2.2	0.8	0.2	0.10	0.04
YA25	62.6	13.4	5.6	2.9	9.67	2.4	2.2	0.8	0.2	0.10	0.05
YA26	69.1	11.7	4.1	2.1	7.52	2.5	2.1	0.6	0.2	0.08	0.03
YA27	66.6	12.3	4.5	2.4	8.61	2.5	2.1	0.7	0.3	0.09	0.04
YA28	69.2	11.5	4.2	2.1	7.51	2.5	2.0	0.6	0.2	0.08	0.03
YA29	69.7	11.3	4.2	2.1	7.41	2.5	2.0	0.6	0.2	0.08	0.03
YA30	69.1	11.7	4.1	2.1	7.49	2.5	2.1	0.6	0.2	0.08	0.03
YA31	65.6	12.4	4.7	2.5	9.11	2.5	2.1	0.7	0.3	0.09	0.04
YA32	67.9	11.9	4.5	2.2	7.8	2.5	2.0	0.7	0.2	0.09	0.05
YA33	67.3	12.2	4.4	2.3	8.15	2.5	2.1	0.7	0.2	0.09	0.04
YA34	69.6	11.5	4.1	2.1	7.41	2.5	2.0	0.6	0.2	0.08	0.03
YA35	66.3	12.5	4.5	2.5	8.63	2.4	2.1	0.7	0.2	0.09	0.04
ORT.	63.7	13.4	5.3	2.7	9.1	2.4	2.1	0.8	0.3	0.10	0.03



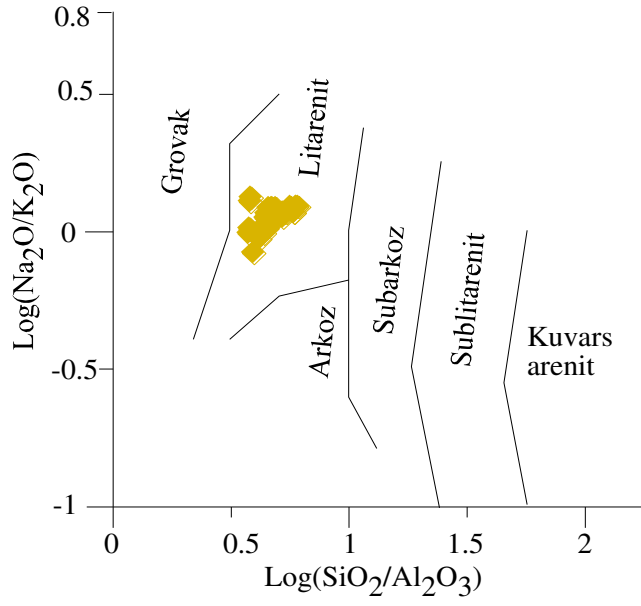
Şekil 3.3. İncelenen örneklerin % Al_2O_3 içeriği ile diğer ana oksitler arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram



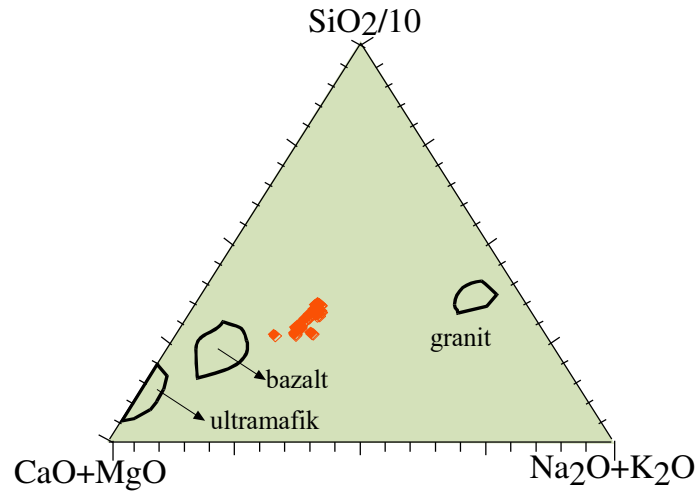
Şekil 3.4. İncelenen örneklerin Al₂O₃ ve SiO₂ konsantrasyonu (Kuvars, plajiolaz, K-feldispat, illit, muskovit, klorit ve hematit, magnetitin diyagramdaki konumları (Cullers ve Podkovyrov, 2002'den alınmıştır.)

Örneklerin jeokimyasal sınıflandırmalarını yapmak için Log (SiO₂/Al₂O₃) ve (K₂O/Na₂O) diyagramı (Pettijohn vd. 1972) kullanılmıştır. Bu diyagrama göre dere yatağı çökel örnekleri litarenit olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 3.5). İncelenen örneklerin bileşenlerinin türediği kaynak kayayı belirlemek amacıyla (CaO+MgO) - SiO₂/10 - (Na₂O+K₂O) diyagramı (Taylor ve McLennan 1985) kullanılmıştır. Söz konusu diyagramda örneklerin tamamı granit ve bazalt arasında, fakat bazaltlara daha yakın alanda kümelenmişlerdir (Şekil 3.6).

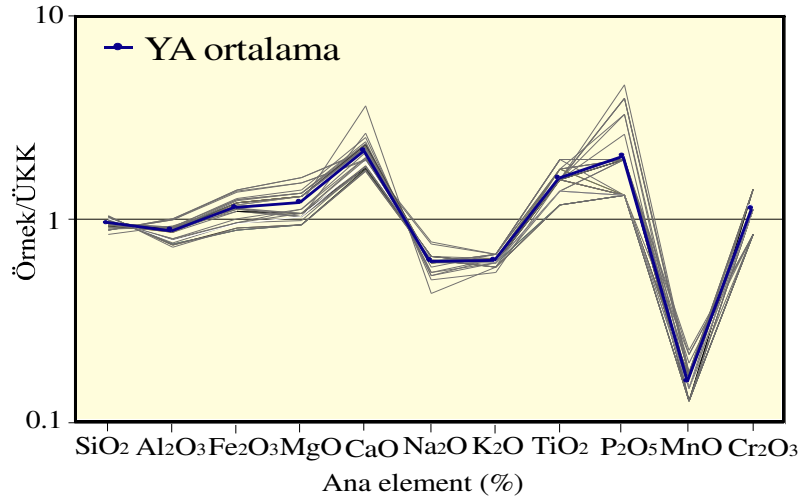
Ankara Çayı dere yatağı ana element bileşenleri ile Üst Kıtasal Kabuk (ÜKK) ana element bileşenleri (Taylor ve McLennan, 1985) mukayese edilmiş (Şekil 3.7) ve çökellerin SiO₂ içeriği ÜKK ile benzer, Al₂O₃ içeriği ÜKK'ya göre çok hafif, Na₂O, K₂O içeriği hafif MnO içeriği ise fazla tükenmiştir. Dere yatağı çökellerinin Fe₂O₃, MgO, Cr₂O₃ içerikleri ÜKK'ya göre çok hafif, CaO, TiO₂ ve P₂O₅ içerikleri ise orta derecede zenginleşmiştir.



Şekil 3.5. Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin jeokimyasal sınıflaması



Şekil 3.6. İncelenen örneklerin $(CaO+MgO)+SiO_2/10+(Na_2O+K_2O)$ diyagramı kullanılarak sınıflandırılması



Şekil 3.7 Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin ÜKK'ya göre ana element değişimi

3.2.2. İz Elementler ve Au

Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin iz element ve Au içeriği ile hesaplanmış ortalama değerleri Tablo 3.2 de listelenmiştir. Dere yatağı çökellerinde en fazla bollukta olan element Ba olup 467–541 ppm (ortalama 502 ppm) arasında değişmektedir. Bunu 433.7 ppm ortalama ile Sr, 155.6 ppm ortalama ile Zr, 95.7 ppm ortalama ile V, 67.9 ppm ortalama ile Ni, 61.1 ppm ortalama ile Rb ve 32.2 ppm ortalama ile Cu takip etmektedir. Söz konusu çökellerin Th, U, Hf, Y, Nb, Co ve Sc ortalamaları sırasıyla 8.5, 2.4, 3.7, 15.9, 14.8, 16.1 ve 9.6 ppm olarak hesaplanmıştır. Dere yatağı çökellerinde Au 114 ppb (YA6 nolu örnek) ile 1 ppb (YA13) arasında genişbir dağılım sunmakta olup, ortalama 23 ppb olarak hesaplanmıştır.

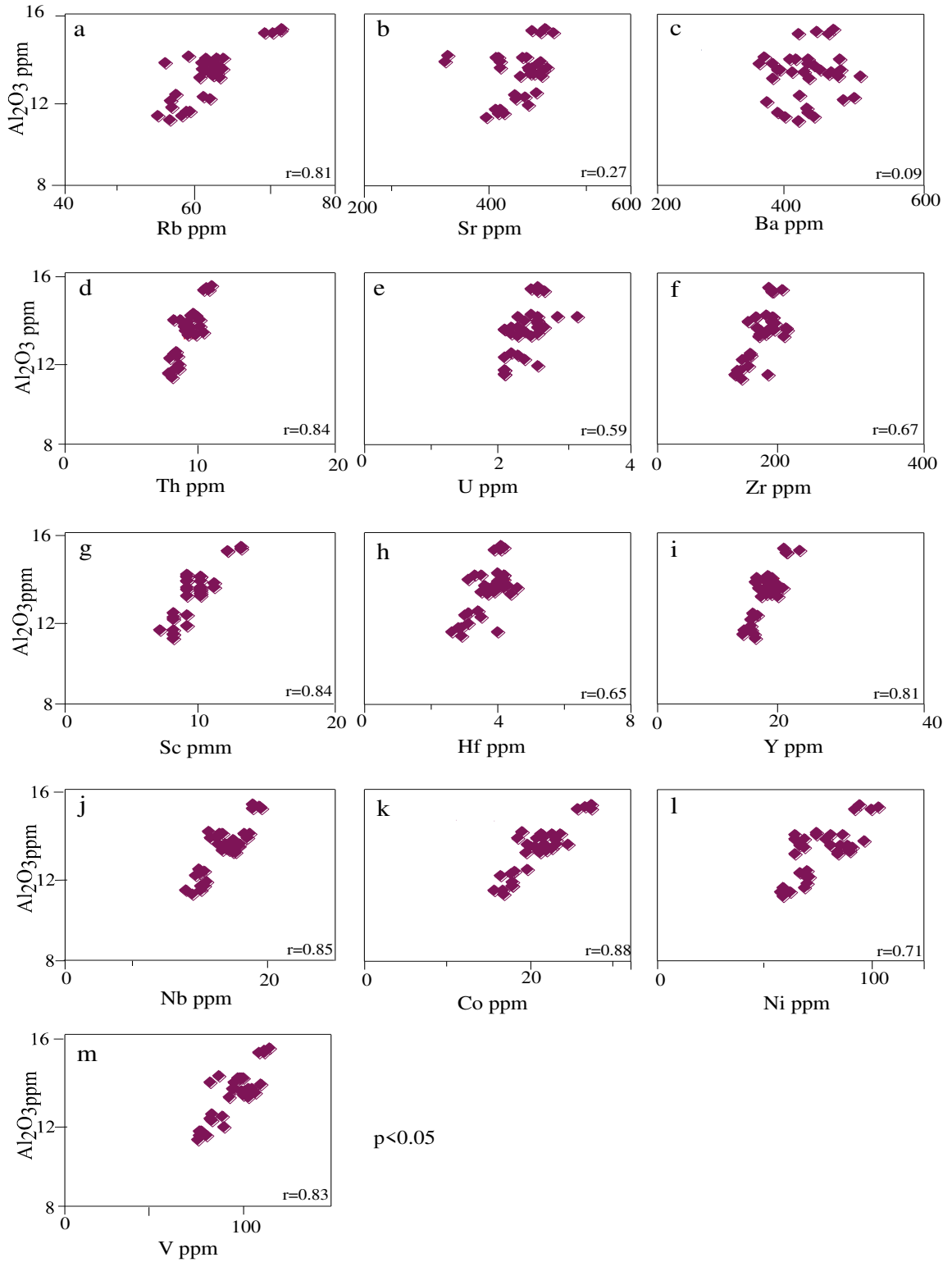
Dere yatağı çökel örneklerinin Al_2O_3 içeriği ile Co ve Nb arasında çok kuvvetli pozitif korelasyon (sırasıyla $r=0.88$, 0.85 , $p<0.05$, Şekil 3.8k, j), Rb, Th, Zr, Sc, Hf, Y, Ni ve V arasında kuvvetli pozitif korelasyon (sırasıyla $r=0.81$, 0.84 , 0.67 , 0.84 , 0.65 , 0.81 , 0.71 ve 0.83 , Şekil 3.8a, d, f, g, h, i, l ve m) mevcuttur. İncelenen örnekleri Al_2O_3 içeriği ile U arasında zayıf pozitif korelasyon ($r=0.59$, Şekil 3.8e) varken, Sr ve Ba arasında herhangi bir korelasyon ilişkisi gözlenmemiştir (Şekil 3.8b, c).

Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin iz element bileşenleri ve Au içeriği ÜKK'nın iz element bileşenleri ve Au içeriği (Taylor ve McLennan, 1985) ile mukayese edilmiştir (Şekil 3.9 a, b). Dere yatağı çökellerinde Rb, Ba, Th, Zr, Hf, Y ve Nb ÜKK'ya göre hafif tükenmişken, U ÜKK ile benzerlik göstermektedir. Sr, Co, Sc, V ÜKK'ya göre hafif, Ni ve

Cu orta derecede zenginleşmişken, Au çok fazla zenginleşmiştir (Ortalama Au içeriği 12.7*ÜKK) (Şekil 3.9). İncelenen örneklerde Zr, Hf, Y ve Nb gibi felsik kayaç kaynağını gösteren elementlerin (Bauluz vd., 2000) 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 daha fazla malzeme aldığını göstermektedir.

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

Örnek No	Rb	Sr	Ba	Th	U	Zr	Hf	Y	Nb	Co	Ni	Cu	Sc	V	Au
YA1	54.6	322.5	474	7.4	2.6	169.9	4.2	14.7	13.6	14.2	56	54.2	9	82	26
YA2	58.1	326.5	467	8.9	2.5	161.3	4	16.3	13.4	14.6	65	57.9	9	87	35
YA3	60.4	405.3	480	8.6	2.7	147.2	3.6	14.9	14.3	16.7	71	52.6	9	95	102
YA4	60.1	405.2	463	7.9	2.6	133.6	3.1	14.4	14.2	16.6	69	55.5	10	96	83
YA5	63.3	399.2	488	8.7	3.2	145.2	3.5	16	14.4	17.4	76	67.2	10	98	106
YA6	62.3	402.8	503	9.1	2.9	145.8	3.3	14.6	14.7	18.2	71	61.0	10	101	114
YA7	59.8	435.7	474	8.5	2.5	188.4	4.4	15.3	15.9	15	56	28.9	9	93	20
YA8	60.7	445	493	8.8	2.6	171.9	4.2	16.6	17.2	16.4	56	27.3	9	100	20
YA9	60.2	447.7	478	8.2	2.6	191.3	4.3	15.9	15	15.1	58	28.9	10	96	17
YA10	61.3	465.7	503	9.4	2.4	169.8	4.1	16.3	17	16	60	25.9	9	96	9.6
YA11	60.6	449.2	490	8.5	2.1	193.5	4.6	15.8	16.1	15.4	60	31.2	9	100	18
YA12	62.3	438.9	529	9.1	2.3	170.6	4.2	16.9	16.7	16.4	65	33.8	9	99	22
YA13	69.5	466	495	10.1	2.6	171.6	3.9	19.1	18.3	19.8	81	31.3	12	110	1
YA14	71.9	452.8	510	9.9	2.5	185.5	4.2	21.1	18.1	20.5	91	31.8	13	113	3.4
YA15	70.7	485.1	520	9.7	2.7	169.9	4.1	19.2	17.5	21.1	88	32.5	12	113	5.6
YA16	72	472.7	524	10.3	2.6	164.9	4.1	18.7	17.5	21.1	83	31.6	13	116	1.1
YA17	62.2	453	513	8.3	2.3	167.6	3.9	16.4	15.4	17.8	75	27.0	10	104	14
YA18	63.2	475.7	530	9.4	2.2	170.4	4	18.6	16.3	18.9	78	29.3	11	106	13
YA19	62.4	470.2	522	8.6	2.1	151.4	3.7	16.8	16.2	15.8	78	30.6	10	102	13
YA20	62.8	467.9	504	9.1	2.3	150	3.7	17.8	15.7	16.3	74	27.1	10	104	11
YA21	61.6	449.5	500	8.4	2.1	173.3	4.2	16.3	14.9	16.7	80	28.2	10	104	12
YA22	62.3	462.2	508	8.5	2.6	174.9	4	17.6	15.7	17.8	85	31.1	11	111	13
YA23	62.4	467.2	520	8.3	2.4	163.4	3.9	17.5	15	17.4	79	29.8	10	108	13
YA24	61.8	451.4	528	9.7	2.6	151.5	3.5	16.1	15.3	16.9	79	29.1	10	101	12
YA25	61.8	455.9	546	8.7	2.2	160.2	3.9	16.8	14.7	16.2	74	31.2	10	104	16
YA26	58.3	405.2	478	7.5	2.1	117.2	2.8	13.8	13	13.7	51	21.5	7	76	7.8
YA27	61.3	442.5	532	7.7	2.1	131.5	3	14.1	12.6	13.6	60	27.2	8	82	8
YA28	57.1	402.5	508	7	2.1	113.3	2.6	12.5	12.7	12.8	50	20.4	8	76	13
YA29	55.3	384.6	495	7.3	2	123.5	2.9	14.4	11.9	12.9	51	18.4	8	75	7.9
YA30	57.8	398.2	503	7.8	2.1	122.1	2.9	12.7	12.7	13.7	60	17.2	8	77	6.2
YA31	60.3	427.3	541	7.4	2.3	137.8	3.1	14.7	13	13.9	58	25.5	9	89	16
YA32	55.6	447.4	502	7.8	2.6	133.9	3.1	13.7	13.2	13.7	61	19.2	9	90	6.9
YA33	55.4	429	469	7.1	2.4	124.6	3.5	13.7	12.2	12.6	62	19.9	8	83	10
YA34	53.5	411.2	484	7.1	2.1	163.8	4	14.2	11.3	12	54	18.8	8	80	8.7
YA35	56.2	459.4	496	7.6	2.2	136.7	3.4	14	12.5	15.1	61	23.4	8	83	16
ORT.	61.1	433.73	502	8.469	2.41	155.64	3.71	15.9	14.8	16.1	67.9	32.2	9.6	95.7	23



Şekil 3.8. İncelenen örneklerin % Al_2O_3 içeriği ile (a) Rb, (b) Sr, (c) Ba, (d) Th, (e) U, (f) Zr, (g) Sc, (h) Hf, (i) Y, (j) Nb, (k) Co, (l) Ni, ve (m) V içeriği arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram

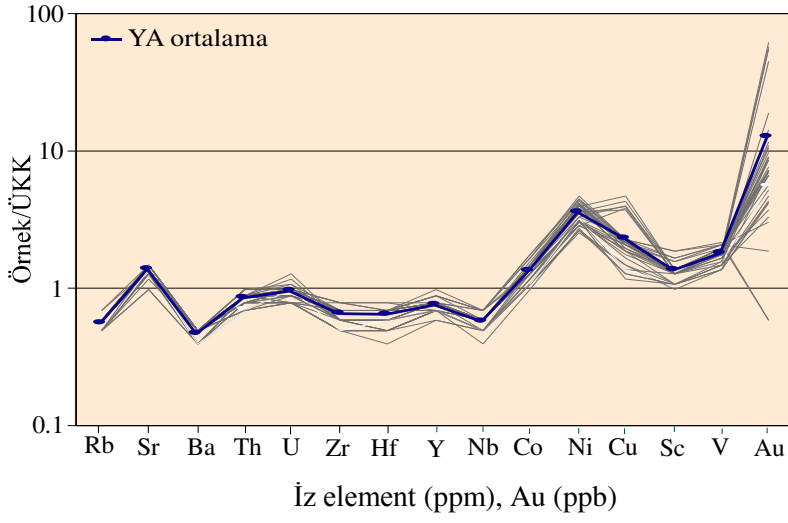
3.2.3. Nadir Toprak Elementler (N.T.Es)

Ankara Çayı dere yatağı çökellerine ait örneklerin nadir toprak element (N.T.E) dağılımları ve hesaplanan ortalama değerleri Tablo 3.3 de verilmiştir. Dere yatağı çökellerinin Σ N.T.E içeriği 110.8 – 150.1 arasında değişmektedir. $(La/Yb)_N$ oranı oldukça yüksek olup 10.5 -14.3 arasında, $(La/Sm)_N$ oranı 4.1 – 5.8, $(Gd/Yb)_N$ oranı ise 1.6 -2.1 arasında değişiklik göstermektedir (Tablo 3.3). Bu değerlere göre örneklerin hafif nadir toprak element (H.N.T.E) içeriğinin ağır nadir toprak element (A.N.T.E) içeriğine göre daha yüksek olduğu görülmektedir ve Şekil 3.10'de H.N.T.E'nin eğimli, A.N.T.E'nin ise düz olması bunu destekler niteliktedir. Bu dere yatağı çökelleri için sürpriz değil, çünkü şeyl ve toprak fazların H.N.T.E içeriği daha yüksektir (Haskin vd., 1966) ve sedimentlerin H.N.T.E / A.N.T.E oranı kil, kumtaşı ve karbonat sırasına göre azalmaktadır (Henderson, 1984; Caccia ve Millero, 2007). İncelenen örneklerin Σ N.T.E dağılımları ÜKK ile mukayese edilmiş çökellerin benzer bir dağılım sergiledikleri görülmüştür. Dere yatağı çökellerinde, Ho, Yb, Lu ÜKK'ya benzer, La, Sm çok hafif, Ce, Pr, Nd, Dy, Er, Tm hafif tükenmiş, Eu, Gd ve Tb hafif zenginleşmiştir (Şekil 3.11a). Dere yatağı çökellerinde Eu/Eu* oranı 0.73 -0.89 (YA34 nolu örnekte Eu/Eu*=0.93), arasında değişmektedir (ÜKK Eu/Eu* = 0.70 Taylor ve McLennan 1985). Bu değerlere göre incelenen örneklerin büyük çoğunluğunda negatif Eu/Eu* anomalisi gözlenmektedir (Eu/Eu*<0.95, Taylor ve McLennan 1985). Dere yatağı çökellerinin Σ N.T.E içeriği ile Al₂O₃, TiO₂, Zr ile kuvvetli pozitif (Şekil 3.12 a, c, e), CIA ile çok zayıf pozitif korelasyon (Şekil 3.12f) gösterirken P₂O₃ ve K₂O ile arasında hiçbir korelasyon ilişkisi yoktur (Şekil 3.12b, d). H.N.T.E ile Y arasında çok kuvvetli (Şekil 3.12h), Th ve Y ile kuvvetli pozitif korelasyon (Şekil 3.12g, i) gözlenmiştir.

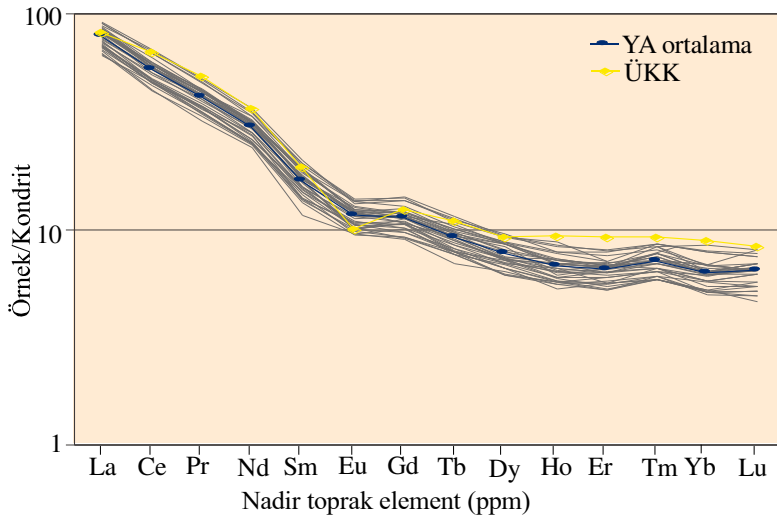
A.N.T.E, Th ve Y ile çok kuvvetli (Şekil 3.12j, k), Zr ile kuvvetli pozitif korelasyon (Şekil 3.12 l) göstermektedir. $(La/Yb)_N$ ile CIA arasında çok zayıf negatif korelasyon söz konusudur (Şekil 3.12 m).Bu korelasyon değerlerine göre N.T.E dağılımını fillosilikatlar, ağır mineraller, zirkon, opak fazların etkilediği ve dolayısıyla detrital kökenli olduğu söylenebilir.

Tablo 3.3. Analiz edilen örneklerin nadir toprak element (N.T.E) içeriği ve hesaplanmış ortalama değerleri

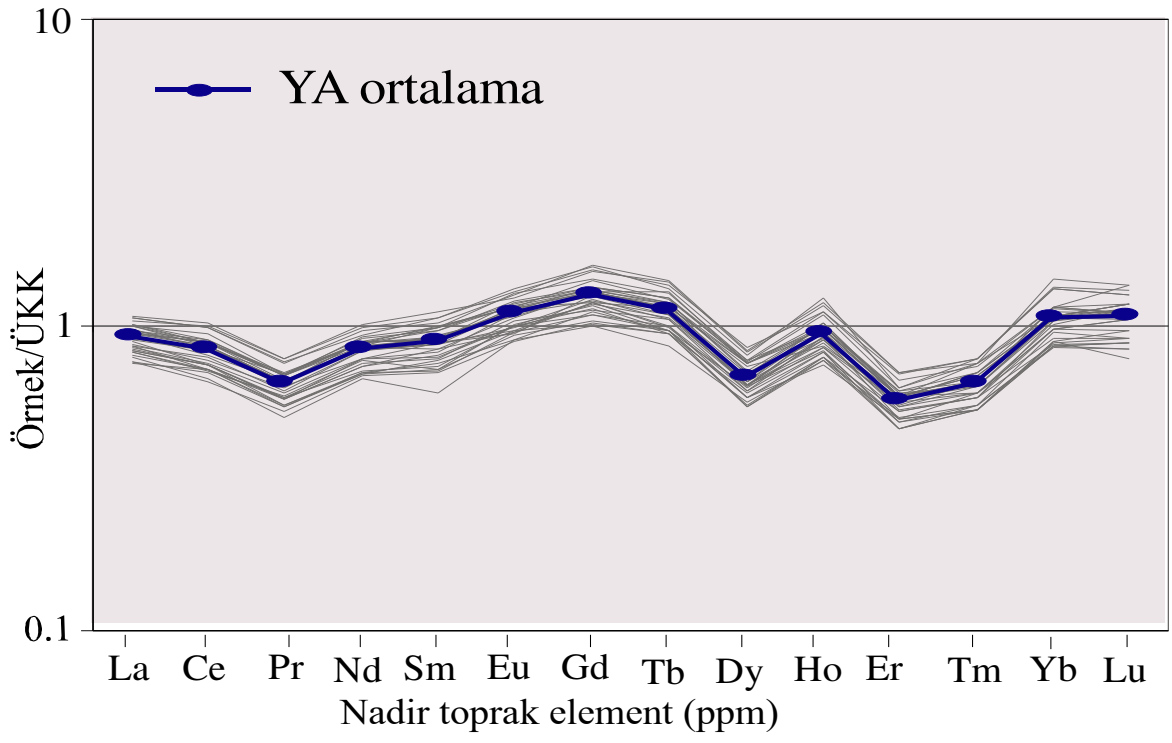
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
	ppm													
YA1	24.0	47.1	5.06	18.9	3.73	0.89	3.30	0.48	2.71	0.55	1.55	0.23	1.55	0.26
YA2	26.2	48.3	5.03	20.3	3.93	0.88	3.49	0.53	2.78	0.60	1.67	0.28	1.61	0.27
YA3	28.4	53.6	5.60	20.3	3.66	1.02	3.37	0.52	2.81	0.52	1.61	0.24	1.46	0.24
YA4	27.6	50.3	5.56	21.2	3.92	0.90	3.31	0.47	2.68	0.52	1.52	0.23	1.45	0.22
YA5	26.8	48.8	5.35	20.2	3.57	0.94	3.39	0.50	2.70	0.57	1.58	0.24	1.52	0.26
YA6	27.2	51.6	5.44	21.3	3.86	0.92	3.27	0.51	2.87	0.63	1.72	0.24	1.46	0.24
YA7	31.7	55.0	5.82	22.1	4.02	1.05	3.48	0.52	2.80	0.54	1.58	0.25	1.57	0.24
YA8	31.8	56.6	6.02	22.7	4.10	1.06	3.57	0.55	3.21	0.53	1.68	0.26	1.59	0.25
YA9	29.8	52.0	5.81	22.8	3.98	1.07	3.32	0.54	2.85	0.55	1.65	0.25	1.54	0.25
YA10	31.7	60.9	6.13	22.5	4.14	1.04	3.59	0.54	3.03	0.62	1.70	0.26	1.66	0.25
YA11	30.8	56.6	5.84	21.8	3.73	0.99	3.58	0.54	2.81	0.59	1.72	0.26	1.73	0.25
YA12	32.4	57.6	6.08	22.5	4.34	1.09	3.63	0.56	2.88	0.60	1.69	0.28	1.60	0.27
YA13	33.5	64.0	6.67	25.0	4.59	1.18	4.39	0.67	3.60	0.73	2.02	0.30	2.12	0.31
YA14	32.9	65.1	6.92	25.5	4.73	1.23	4.36	0.63	3.54	0.76	1.79	0.31	1.99	0.30
YA15	34.2	66.6	6.95	26.3	4.93	1.16	4.21	0.66	3.55	0.72	2.04	0.31	1.98	0.29
YA16	33.6	63.6	6.76	24.1	4.76	1.21	4.25	0.65	3.71	0.68	1.99	0.31	1.98	0.29
YA17	30.4	56.7	6.02	24.0	4.42	1.10	3.73	0.59	3.37	0.60	1.78	0.26	1.73	0.25
YA18	30.7	57.6	6.16	22.9	4.39	1.19	3.98	0.61	3.40	0.68	1.92	0.29	1.72	0.31
YA19	32.2	56.4	6.27	22.7	4.52	1.08	3.59	0.62	3.31	0.63	1.71	0.27	1.56	0.25
YA20	28.8	53.6	5.77	22.9	4.00	1.11	3.65	0.57	3.11	0.62	1.76	0.28	1.70	0.25
YA21	29.2	54.3	5.76	22.0	4.09	1.05	3.50	0.55	3.30	0.59	1.59	0.26	1.60	0.26
YA22	31.1	54.1	6.12	23.3	4.30	1.13	3.71	0.59	3.31	0.60	1.70	0.30	1.71	0.27
YA23	30.1	56.9	6.03	22.1	4.43	1.07	3.89	0.58	3.35	0.67	1.79	0.30	1.61	0.27
YA24	30.2	55.1	5.81	21.7	4.17	1.01	3.56	0.56	3.32	0.62	1.74	0.25	1.60	0.25
YA25	30.4	55.3	5.78	21.7	3.88	1.05	3.74	0.57	3.08	0.56	1.71	0.27	1.58	0.26
YA26	24.3	45.3	4.81	18.2	3.18	0.89	3.01	0.46	2.39	0.48	1.46	0.22	1.28	0.20
YA27	26.2	48.3	5.11	18.9	3.60	0.93	3.01	0.48	2.55	0.49	1.40	0.22	1.43	0.21
YA28	25.5	47.0	4.79	18.0	3.47	0.90	2.84	0.45	2.39	0.49	1.33	0.22	1.26	0.19
YA29	24.4	42.3	4.67	17.7	3.13	0.83	2.86	0.45	2.40	0.49	1.51	0.23	1.29	0.20
YA30	26.6	47.8	4.90	18.0	3.24	0.87	2.87	0.46	2.54	0.50	1.34	0.21	1.32	0.18
YA31	28.0	48.2	5.17	19.6	3.49	0.97	3.14	0.50	2.82	0.57	1.43	0.24	1.36	0.21
YA32	26.0	46.6	5.15	18.5	3.27	0.93	3.16	0.45	2.65	0.50	1.43	0.21	1.32	0.22
YA33	27.1	46.6	4.91	18.3	3.39	0.84	3.11	0.46	2.56	0.46	1.43	0.21	1.28	0.19
YA34	25.2	43.3	4.43	17.3	2.72	0.84	2.80	0.41	2.47	0.48	1.33	0.21	1.30	0.21
YA35	26.0	46.4	5.22	19.9	3.24	0.95	3.26	0.46	2.79	0.51	1.38	0.21	1.28	0.20
Ort	29	53.13	5.65	21.3	3.91	1.01	3.48	0.534	2.96	0.579	1.64	0.25	1.564	0.24



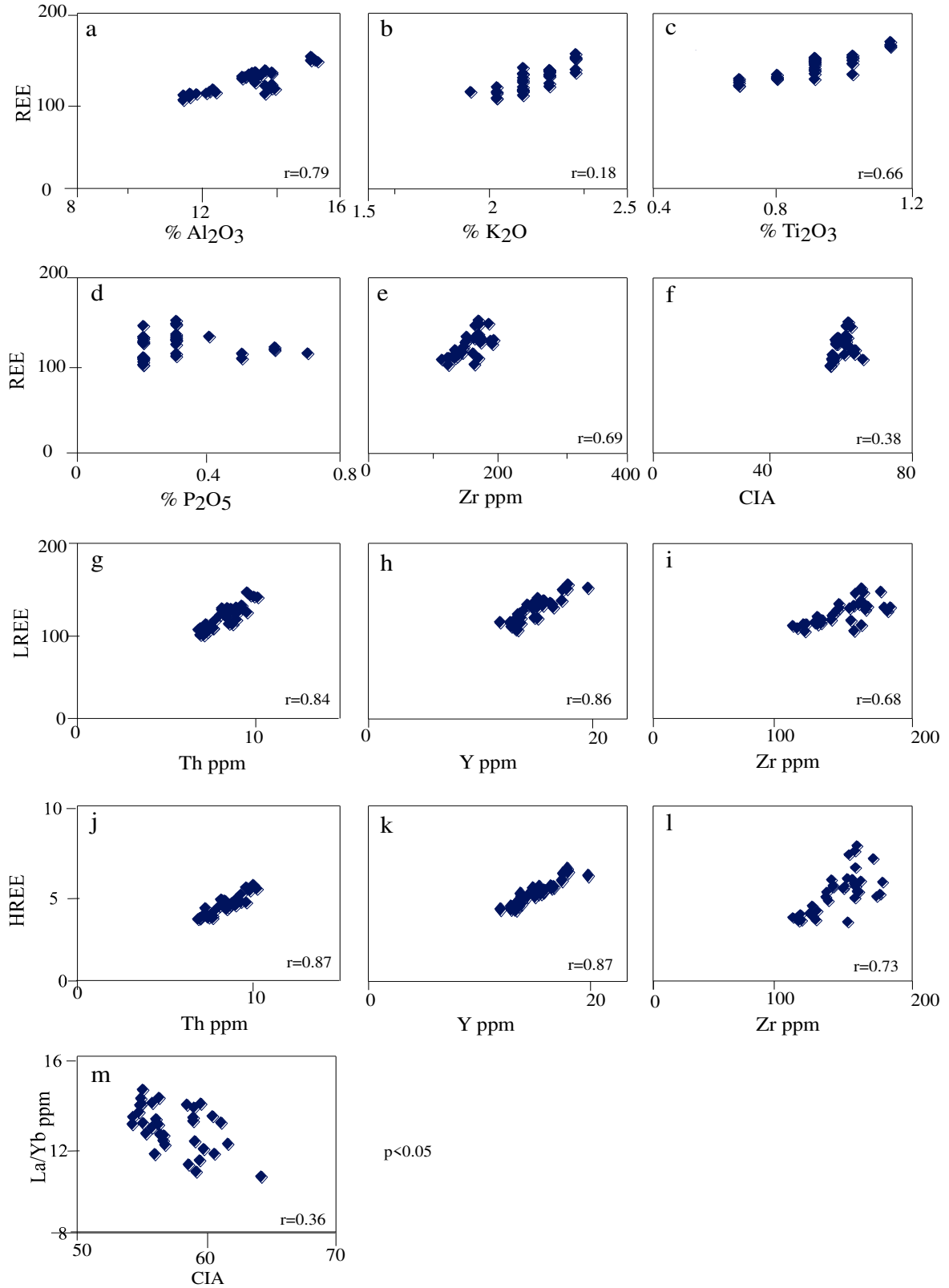
Şekil 3.9. İncelenen örneklerin iz element ve Au içeriği değişimi



Şekil 3.10. İncelenen örneklerin Kondrit ile normalleştirilmiş N.T.E ve ÜKK elementleri referans olarak verilmiştir



Şekil 3.11. İncelenen örneklerin nadir toprak element değişimi



Şekil 3.12. İncelenen örneklerin N.T.E içeriği ile (a) Al_2O_3 , (b) K_2O , (c) Ti_2O_3 , (d) P_2O_5 , (e) Zr, (f) CIA, H.N.T.E içeriği ile (g) Th, (h) Y, (i) Zr, A.N.T.E içeriği ile (j) Th, (k) Y, (l) Zr ve La/Yb içeriği ile (m) CIA içeriği arasındaki ilişki

3.4. Ağır Metal Konsantrasyonu ve Organik Karbon İçeriği

Başta jeolojik ve tektonik yapı olmak üzere, yağmur suları, sızıntı suları, erozyon, metal madenciliği, evsel ve endüstriyel atıklar, nehir suları ve çökellerin de ağır metal birikmesine sebep olan etkenlerdir. As, Hg, Cu, Pb, Zn, Ni, Sb, Bi, Cd ve diğer ağır metaller düşük konsantrasyonlarda olsalar bile canlılar için toksiktir.

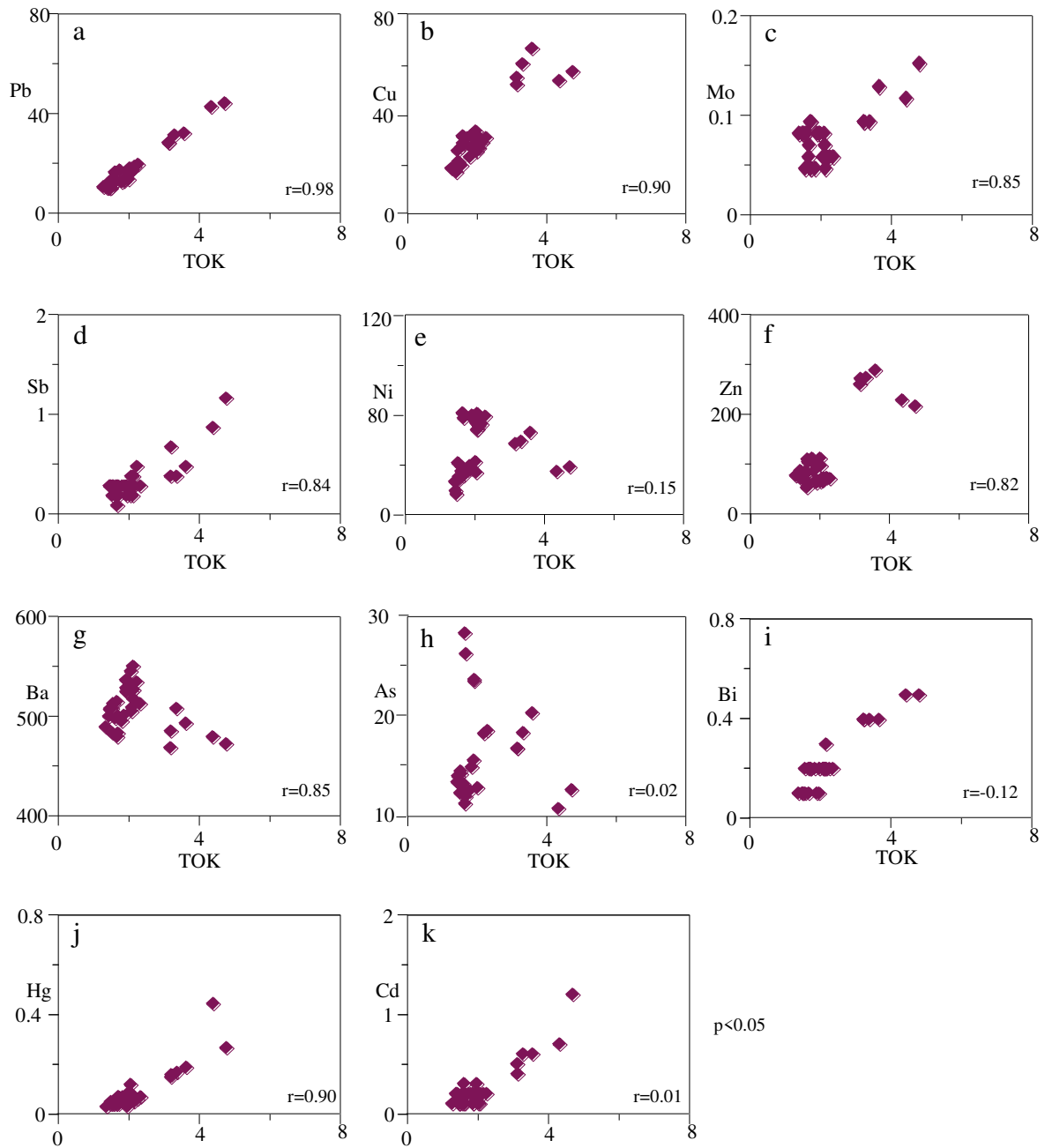
Doğal sularda, çözülmemiş askıda bulunan organik maddeler ile metaller arasında güçlü bir etkileşim vardır. Söz konusu ortamlarda organik maddeler metaller için toplayıcı görevi yaparak dip sedimanlarında birikmelerine neden olurlar. Bu bağlamda sedimentlerdeki organik madde içeriği sedimentin kirlilik derecesini belirleme de önemli rol oynamaktadır (Lin ve Chen, 1997).

Ankara Çayı dere yatağı çökellerine ait bazı ağır metal konsantrasyonları, toplam organik karbon (TOK) içerikleri ile hesaplanmış ortalama değerleri ile aynı metallerin Üst Kıtasal Kabuk (ÜKK) değerleri Tablo 3.4’de verilmiştir. Dere yatağı çökellerinde, ortalama Pb, Ba, ve Sc değerleri <ÜKK olup, sırasıyla 17.6, 502 ve 10 ppm olarak hesaplanmıştır. Ortalama Cu, Zn, Ni, As, Hg, Sb, Cd, Bi ve Co değerleri >ÜKK olup sırasıyla 32, 111, 65.7, 16.4, 0.09, 0.4, 0.2, 0.21 ve 16.1 ppm olarak hesaplanmıştır. Dere yatağı çökellerinin Pb, Cu, Sb, Zn, Ba ve Hg elementleri ile TOK içeriği arasında pozitif korelasyon varken (Şekil 3.13 a, b, d, f, g ve j), Co, Ni, As, Bi ve Cd arasında herhangi bir ilişki yoktur (Şekil 3.13 c, e, h, i ve k).

Tablo 3.4. İncelenen örneklerin bazı ağır metal, TOK, içeriği, hesaplanmış ortalama değerleri ve ortalama ÜKK değerleri

Örnek	Ba	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Hg	Sb	Sc	Cd	Bi	Co	TOK
No	ppm												%
YA1	474	54.2	42.2	230	57.2	10.8	0.45	0.9	9	0.7	0.5	14.2	4.37
YA2	467	57.9	43.7	218	59.1	12.7	0.27	1.2	9	1.2	0.5	14.6	4.75
YA3	480	52.6	27.9	273	65.2	16.9	0.16	0.7	9	0.4	0.4	16.7	3.17
YA4	463	55.5	28.0	262	68.4	16.9	0.15	0.4	10	0.5	0.4	16.6	3.16
YA5	488	67.2	31.7	290	73.0	20.5	0.19	0.5	10	0.6	0.4	17.4	3.60
YA6	503	61.0	30.9	275	69.4	18.5	0.17	0.4	10	0.6	0.4	18.2	3.33
YA7	474	28.9	16.2	111	56.2	11.3	0.07	0.3	9	0.3	0.2	15.0	1.64
YA8	493	27.3	13.6	87	59.4	12.5	0.04	0.2	9	0.1	0.2	16.4	1.59
YA9	478	28.9	16.1	105	55.5	12.0	0.07	0.3	10	0.2	0.2	15.1	1.66
YA10	503	25.9	12.4	73	60.6	12.4	0.04	0.2	9	0.1	0.2	16.0	1.49
YA11	490	31.2	17.0	113	57.7	12.6	0.07	0.3	9	0.2	0.2	15.4	1.77
YA12	529	33.8	16.4	113	61.1	12.9	0.12	0.2	9	0.3	0.2	16.4	2.00
YA13	495	31.3	12.4	63	78.8	26.5	0.04	0.2	12	0.1	0.2	19.8	1.66
YA14	510	31.8	12.1	54	80.9	28.6	0.05	0.1	13	0.1	0.2	20.5	1.63
YA15	520	32.5	13.3	63	79.0	23.9	0.03	0.2	12	0.1	0.2	21.1	1.90
YA16	524	31.6	13.5	69	80.0	23.7	0.04	0.3	13	0.1	0.2	21.1	1.90
YA17	513	27.0	16.9	69	75.8	17.3	0.05	0.4	10	0.1	0.3	17.8	2.09
YA18	530	29.3	18.5	74	76.3	18.4	0.06	0.5	11	0.2	0.2	18.9	2.19
YA19	522	30.6	17.4	73	79.7	17.6	0.06	0.3	10	<0.1	0.2	15.8	2.11
YA20	504	27.1	16.5	68	74.3	16.4	0.06	0.2	10	0.2	0.2	16.3	2.07
YA21	500	28.2	17.8	71	74.0	16.5	0.06	0.3	10	0.1	0.2	16.7	2.05
YA22	508	31.1	19.3	72	79.5	18.7	0.07	0.3	11	0.2	0.2	17.8	2.29
YA23	520	29.8	16.7	69	80.6	17.5	0.06	0.3	10	0.2	0.2	17.4	2.05
YA24	528	29.1	16.4	66	76.9	17.0	0.07	0.3	10	0.2	0.2	16.9	2.02
YA25	546	31.2	17.7	71	79.9	17.8	0.07	0.3	10	0.2	0.2	16.2	2.09
YA26	478	21.5	9.8	81	53.6	14.6	0.05	0.3	7	0.1	0.1	13.7	1.50
YA27	532	27.2	12.7	99	58.2	15.7	0.08	0.3	8	0.2	0.1	13.6	1.89
YA28	508	20.4	10.0	77	55.1	14.3	0.04	0.3	8	0.1	<0.1	12.8	1.52
YA29	495	18.4	10.0	83	53.1	13.5	0.04	0.3	8	0.2	0.1	12.9	1.41
YA30	503	17.2	9.9	72	48.0	13.4	0.04	0.3	8	0.2	0.1	13.7	1.45
YA31	541	25.5	13.4	98	56.7	16.8	0.08	0.4	9	0.2	0.2	13.9	2.03
YA32	502	19.2	11.1	88	49.4	14.1	0.05	0.3	9	0.2	0.1	13.7	1.43
YA33	469	19.9	11.5	82	57.3	13.3	0.04	0.3	8	0.2	0.1	12.6	1.60
YA34	484	18.8	10.3	78	49.9	13.4	0.03	0.4	8	0.1	0.1	12.0	1.31
YA35	496	23.4	12.3	87	59.5	15.0	0.05	0.3	8	0.2	0.1	15.1	1.83
ORT.	502	32	17.6	111	65.7	16.4	0.09	0.4	10	0.2	0.21	16.1	2.1
ÜKK	550^a	25^a	20^a	71^a	20^a	1.5^a	0.04^b	0.2^a	11^a	0.098^a	0.127^a	10^a	

^aTaylor ve McLennan (1985), ^b Wedepohl, (1995)



Şekil 3.13. İncelenen örneklerin TOK ile (a) Pb, (b) Cu, (c) Mo, (d) Sb, (e) Ni, (f) Zn, (g) Ba, (h) As, (i) Bi, (j) Hg, (k) Cd içerikleri değişimi

3.4.1. Sr-Nd-Pb-O İzotop Jeokimyası

Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin Sr-Nd-Pb,O izotopik bileşimleri ve hesaplanan $\epsilon_{\text{Sr}(0)}$, $\epsilon_{\text{Nd}(0)}$ değerleri Tablo 3.5’de listelenmiştir. Dere yatağı çökellerinin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotopik değerleri 0.706212 ile 0.706455 ve $\epsilon_{\text{Sr}(0)}$ değerleri ise 20.7 ile 24.2 arasında,

$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ değerleri 0.512519 ile 0.512541 ve $\epsilon\text{Nd}_{(0)}$ değerleri ise -2.3 ile -1.9 arasında değişiklik göstermektedir. Söz konusu çökellerin $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotopik oranları sırasıyla 17.8–18.7, 15.3 – 15.97 ve 36.7 – 39.6 arasında değişmektedir. Aynı çökellerin $\delta^{18}\text{O}$ izotopik değerleri 14.4 ile 16.1 arasında değişiklik göstermektedir. CHUR'un bugünkü $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ değeri 0.70475, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ değeri 0.512638 farz edilerek hesaplanmıştır (Zhang vd., 2001).

$\epsilon\text{Sr}_{(0)}$ ve $\epsilon\text{Nd}_{(0)}$ değerleri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\epsilon\text{Sr}_{(0)} = \left[\frac{(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}) \text{ of sample}}{(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}) \text{ of CHUR}} - 1 \right] \times 10^4 \quad (3.1)$$

$$\epsilon\text{Nd}_{(0)} = \left[\frac{(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}) \text{ of sample}}{(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}) \text{ of CHUR}} - 1 \right] \times 10^4 \quad (3.2)$$

Tablo 3.5. İncelenen örneklerin Nd, Sr, O ve Pb izotopik verileri

Örnek no	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\epsilon_{\text{Sr}(0)}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon_{\text{Nd}(0)}$	$\delta^{18}\text{O}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$
YA-1	-	-	-	-	-	17.98	15.49	36.69	2.04	1.16	36.69
YA-2	-	-	-	-	-	17.96	15.98	37.92	2.11	1.12	37.92
YA-3	0.706212	20.7	0.512534	-2.0	15.2	17.82	15.43	37	2.08	1.15	37
YA-5	-	-	-	-	-	17.8	15.5	37.22	2.09	1.15	37.217
YA-9	0.706215	20.8	0.512541	-1.9	14.4	18.3	15.52	37.91	2.07	1.179	37.913
YA-15	0.706455	24.2	0.512519	-2.3	16	18.69	15.63	38.69	2.07	1.196	38.688
YA-20	0.706382	23.2	0.512537	-1.9	14.8	18.29	15.88	39.65	2.17	1.152	39.647
YA-25	0.706403	23.5	0.512526	-2.2	15.1	18.09	15.3	37.78	2.09	1.182	37.783
YA-31	0.706235	21.1	0.512528	-2.1	15.7	18.16	15.68	37.89	2.09	1.158	37.895
YA-35	0.706273	21.6	0.512540	-1.9	16.1	18.59	15.88	37.82	2.03	1.17	37.824
Ort.	0.7063107	22.1	0.5125321	-2.1	18.2	15.62	37.85	2.08	1.2	37.86	15.33

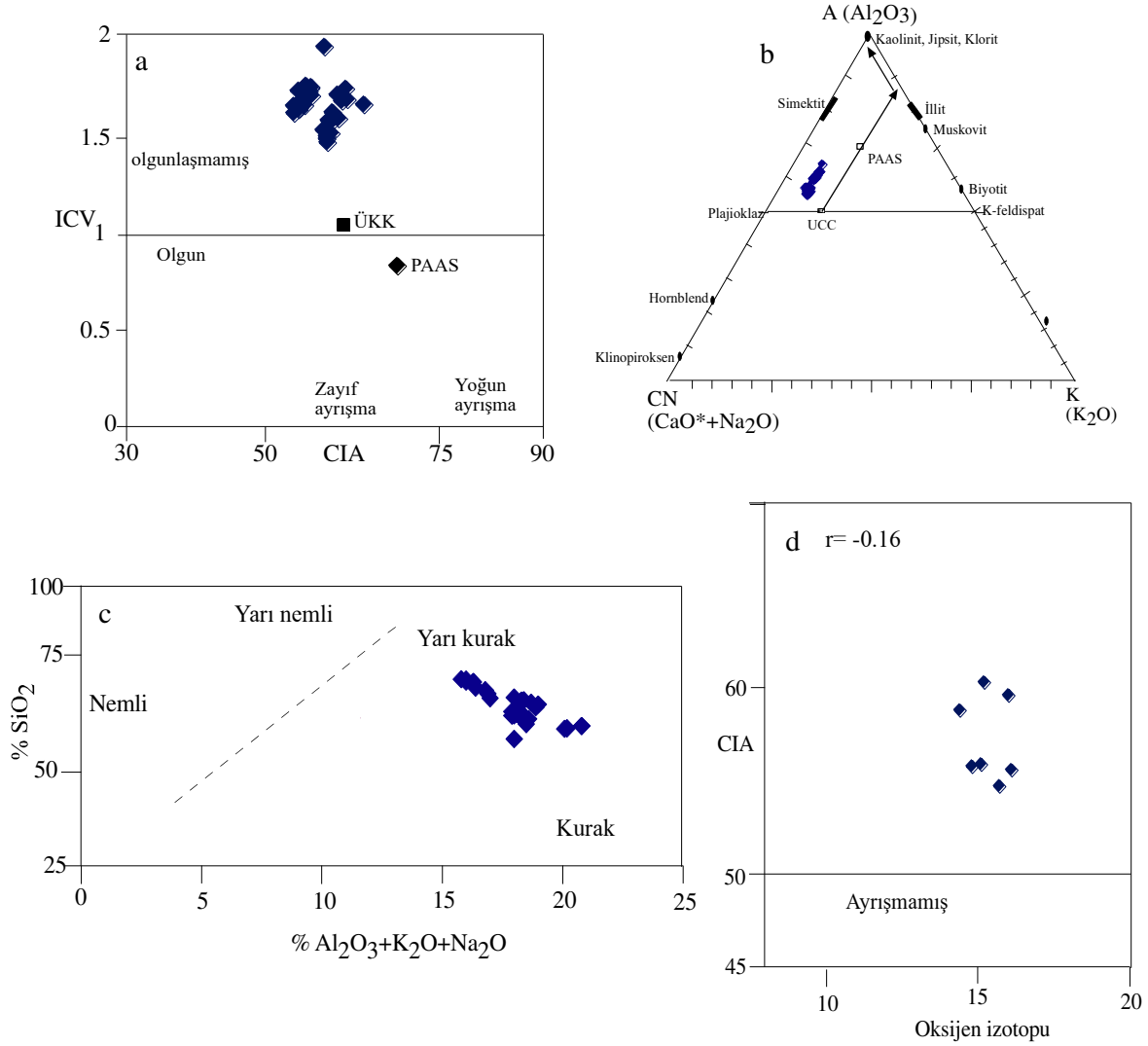
4. TARTIŞMA

4.1. Ayrışma

Kaynak kayanın kimyasal ayrışması, başlıca iklim, kaynak bölgenin tektonik olarak yükselmesi, erozyonu, kaynak kayanın bileşimi ve ayrışma derecesi ile kontrol edilmektedir. (Wronkiewicz ve Condie, 1987). PIA (Plajiolaz Alterasyon İndeksi $[(Al_2O_3 - K_2O)/(Al_2O_3 - K_2O) + (CaO^* + Na_2O)] * 100$, Fedo vd., 1995), CIA (Kimyasal Alterasyon İndeksi $= [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O)] * 100$, Nesbitt ve Young, 1982, CaO^* silikat minerallerindeki CaO) ve ICV (Bileşimsel değişim indeksi $= Fe_2O_3 + K_2O + Na_2O + CaO^* + MgO + TiO_2 / Al_2O_3$, Cullers ve Podkovyrov, 2002) sedimanter kayaların kaynak bileşeni ve ayrışma karakterlerini tanımlamak için çok sık kullanılan parametrelerdir. Düşük CIA (52-54) ve PIA (52-56) değerleri kaynak alanında yeterince ayrışma olmadığını ve kaynaktan türeyen sedimanların ise bileşimsel olarak olgunlaşmadığını ve alüminyumca zengin olan mineraller bakımından fakir olduğunu göstermektedir (Fedo, vd., 1995; Wang vd., 2014).

Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin hesaplanan CIA, PIA ve ICV değerleri sırasıyla 54.1-64.2 (ortalama=57.6), 53.9-64.3 (ortalama=57.3) ve 1.47-1.97 (ortalama= 1.67) arasında değişiklik göstermektedir. İncelenen çökellerin CIA ve PIA ortalama değerlerinin düşük olması (<60) bu çökellerin kaynak kayaçlarının yoğun olarak ayrışmadığını gösterir, çünkü taze kayaçların PIA değerleri 50, kil minerallerin ise 100' yakındır (Fedo vd., 1995). Bunun yanı sıra CIA<65 değerleri genelde tektonik olarak aktif ortamları (Blatt vd., 1980) ve buna bağlı olarak yüksek mekanik erozyonu göstermektedir (Linn ve DePaolo, 1993). Ayrıca düşük ICV değerleri (<1) çökellerin yüksek yüzdeli kil mineralli ve olgun sedimentlerden türemiş olabileceğini, oysaki yüksek ICV değerleri ilk döngü çökellerini temsil etmektedir (Kamp ve Leake, 1985). Çalışılan çökellerin ICV değerlerinin yüksek olması, bunların mineralojik olarak olgun olmayan materyalden türediğini göstermektedir (Şekil 4.1a). ACNK diyagramında (Şekil 4.1b, Sharma vd., 2013) her iki çökele materyal sağlayan kaynak alanında ÜKK'ya göre biraz fazla PAAS (Post Archean Australian Şeyl)'ye göre ise daha az ayrışma olduğu görülmektedir. Ayrıca, iklim kimyasal ayrışma oranını etkileyen önemli bir faktördür. Kuru iklim kimyasal ayrışma oranını düşürmekte, nemli iklim ise artırmaktadır. $SiO_2 / (Al_2O_3 + K_2O + Na_2O)$ (Suttner ve Dutta, 1986) diyagramına bakıldığında örneklerin tamamı yarı kurak – kurak bölge arasında toplanmıştır

(Şekil 4.1c). Son yıllarda, $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerlerini kullanarak sedimanların türediği kaynak alanındaki ayrışma derecesini belirlemek oldukça önem kazanmıştır. Çünkü yüksek $\delta^{18}\text{O}$ izotopik değeri yüksek ayrışmayı gösterir ve artan stratigrafik yaş ile de artar (Linn ve DePaolo, 1993). Örneğin kimyasal ayrışma süresince oluşan bir kil mineralinin $\delta^{18}\text{O}$ izotopik değerleri ‰ +10 -+30 arasında değişmektedir ve bu değer ana kayadan daha yüksektir (Linn ve DePaolo, 1993). Bunun yanı sıra magmatik kayalar yüksek sıcaklıklarda kristallendiği için nispeten üniform $\delta^{18}\text{O}$ izotopik değerine sahiptir (‰ +6 -+11). Oysaki sedimanter kayalar düşük sıcaklıklarda oluşmuş detrital ve otojenik mineraller içerdiği için geniş aralıklarda değişen ve yüksek $\delta^{18}\text{O}$ izotopik değerleri içerirler (‰ +10 -+40) (Hoefs, 1987). Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin ortalama $\delta^{18}\text{O}$ izotopik değeri 15.3 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, sedimanter kayaların $\delta^{18}\text{O}$ izotopik değerleri arasında yer almaktadır. Söz konusu çökeller nispeten yüksek $\delta^{18}\text{O}$ izotopik değerleri içermesine rağmen CIA ile herhangi bir korelasyon göstermemektedir ($r = -0.16$) (Şekil 4.1d). Bu da $\delta^{18}\text{O}$ izotopik değerlerinin ayrışma ile kontrol edilmediğinin işaretidir. Bu bağlamda adı geçen çökellerin yüksek $\delta^{18}\text{O}$ izotopik değerlerinin kaynağı otojenik mineral bolluğu olabilir. Bu verilere dayanarak çalışma alanında muhtemelen yarı kurak-kurak iklim, zayıf-orta kimyasal ayrışma, zaman zaman yüksek tektonik aktivite ve yüksek erozyon olduğu düşünülebilir.



Şekil 4.1. İncelenen örneklerin kimyasal ayrışma değişimini gösteren jeokimyasal diyagramlar a) CIA-ICV diyagramı (Nesbitt ve Young, 1982, 1984), ÜKK ve PAAS ortalama değerleri Taylor and McLennan (1985)' den alındı, b) A-CN-K üçgen diyagramı (Sharma vd., 2013)

4.2. Sedimanter Boylanma ve Döngü

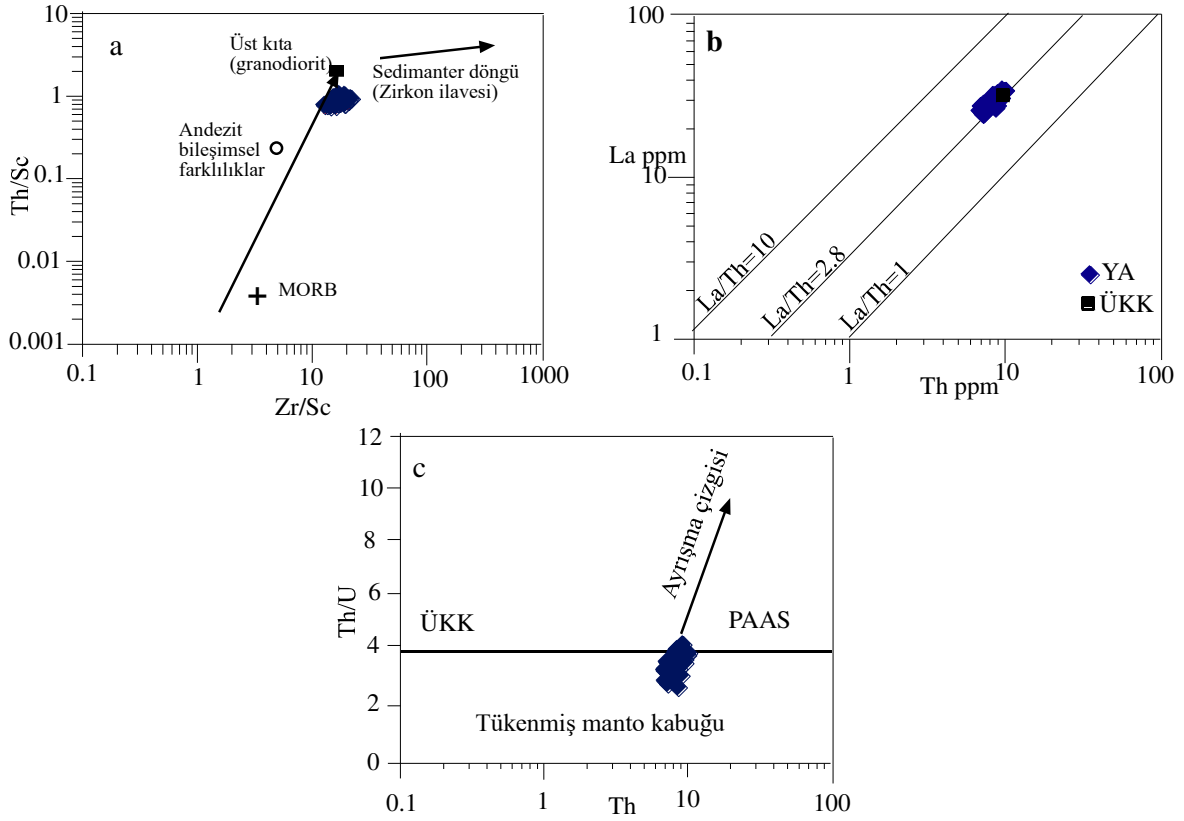
Sedimanter döngü boyunca, çökeller ağır minerallerce (Ör. Monazit ve zirkon) zenginleşirler ve dolayısıyla yüksek Gd_N/Yb_N ve Zr/Sc oranları ve zirkon konsantrasyonunda artış gözlenir (McLennan, 1989). Tersine Th/Sc oranı sedimenter döngü boyunca fazla değişikliğe uğramaz ve sedimanter kaynağı belirleme de kullanılırlar (Cullers, 1994). Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin Gd_N/Yb_N , Th/Sc ve Zr/Sc oranları sırasıyla 1.7-2, 0.8-1 ve 13.4-20.9 arasında değişmektedir. (Tablo 4.1). Bu oranlara göre söz konusu çökellerde ağır mineral bakımından önemli bir zenginleşme olmamıştır. Th/Sc –

Zr/Sc diyagramının da (Şekil 4.2a) çalışılan çökellerde de pozitif korelasyon gözlenmesi, jeokimyasal değişimin kaynak alanındaki materyal bileşeninin hakimiyetinde olduğunu göstermektedir ve sedimanter döngüye bağlı olarak zirkon zenginleşmesi söz konusu değildir.

İncelenen örneklerin Zr/Nb oranlarının ÜKK'dan düşük olması, zirkon zenginleşmesinin olmadığını desteklemektedir (Klaver vd., 2015). Dere yatağı çökellerinin Zr/Nb oranları 9.4-12.8 arasında (Sadece YA-34 nolu örnekte 14.5) (Tablo 4.1) (ÜKK'da ortalama Zr/Nb= 15.8, Taylor ve McLennan 1985; McLennan 2001). Üst Kıtasal Kabuk bileşimi belirlenirken dünyanın ince taneli sedimentlerinin değişmez La/Th oranları da (~2.8) kullanmıştır (Gallet vd., 1998). Şekil 4.2b de incelenen örneklerin tamamı 2.8 oran hattında ÜKK etrafında toplanarak söz konusu sedimentlerin, sedimanter boylanmadan az etkilendiğini vurgulamaktadır. Sedimanter döngü ve yeniden çökme Th/U oranını arttırmaktadır. Uranyum, nispeten daha kolay çözülüp sistemden uzaklaşmaktadır (Wang, vd., 2014). Dere yatağı çökellerinin Th/U oranları 2.7-4.3 arasında değişmektedir (Tablo 4.1) (Th/U oranı ÜKK'de 3.8, PASS' de 4.7, McLennan ve Taylor, 1980). Çökellerin Th/U değerleri ÜKK'ya göre biraz yüksek, fakat PAAS'ye yakındır. Bu da basit döngü tarihini göstermektedir (Şekil 4.2c). Genellikle ayrışma ve diyajenetik olaylar Rb/Sr oranında artışa neden olabildiği için yüksek Rb/Sr oranları güçlü ayrışmanın ve sedimanter döngünün göstergesi olarak yorumlanmaktadır (McLennan vd., 1993). Çalışılan örneklerin Rb/Sr oranının <1 olması (Tablo 4.1) basit döngü olduğunu desteklemektedir.

Tablo 4.1. İncelenen örneklerin element oranları ve CIA, PIA ve ICV değerleri

Örnek no	Al ₂ O ₃ /TiO ₂	Zr/Sc	Th/Sc	Zr/Nb	Th/U	Rb/Sr	Sc/Th	Co/Th	La/Th	(La/Yb) _N	(La/Sm) _N	(Gd/Yb) _N	Eu/Eu*	ΣN.T.E	H.N.T.E	A.N.T.E	CIA	PIA	ICV
YA1	17.5	18.9	0.82	12.5	2.85	0.17	1.22	1.92	3.24	10.5	4.06	1.73	0.77	110	106	4.14	64.2	64.3	1.67
YA2	15.9	17.9	0.99	12.0	3.56	0.18	1.01	1.64	2.94	11	4.2	1.76	0.73	115	111	4.43	58.5	55.9	1.97
YA3	17.1	16.4	0.96	10.3	3.19	0.15	1.05	1.94	3.3	13.1	4.9	1.87	0.89	123	119	4.07	60.4	60.3	1.72
YA4	17.5	13.4	0.79	9.4	3.04	0.15	1.27	2.10	3.49	12.9	4.42	1.85	0.76	120	116	3.94	61.1	61.5	1.69
YA5	17.8	14.5	0.87	10.1	2.72	0.16	1.15	2.0	3.08	11.9	4.71	1.81	0.82	116	112	4.17	61.6	61.7	1.75
YA6	17.8	14.6	0.91	9.9	3.14	0.15	1.1	2.0	2.99	12.6	4.44	1.82	0.79	121	117	4.29	61.8	61.7	1.70
YA7	16.6	20.9	0.94	11.9	3.4	0.14	1.06	1.76	3.73	13.6	4.96	1.80	0.86	131	126	4.18	58.4	59.0	1.54
YA8	17.8	19.1	0.98	9.9	3.38	0.14	1.02	1.86	3.61	13.5	4.9	1.83	0.85	134	130	4.31	58.9	59.4	1.47
YA9	17.1	19.1	0.82	12.8	3.15	0.13	1.22	1.84	3.63	13.1	4.72	1.74	0.90	126	122	4.24	58.9	59.4	1.51
YA10	15.6	18.9	1.04	9.9	3.92	0.13	0.96	1.70	3.37	12.9	4.83	1.75	0.83	138	134	4.49	58.9	59.2	1.49
YA11	17	21.5	0.94	12.0	4.05	0.13	1.06	1.81	3.62	12.0	5.21	1.68	0.83	131	127	4.55	59.0	59.5	1.53
YA12	17.8	18.9	1.01	10.2	3.96	0.14	0.99	1.80	3.56	13.7	4.7	1.85	0.84	136	131	4.44	59.5	59.7	1.52
YA13	15.4	14.3	0.84	9.4	3.88	0.15	1.19	1.96	3.32	10.7	4.59	1.67	0.81	149	144	5.48	59.1	59.2	1.59
YA14	15.5	14.3	0.76	10.3	3.96	0.16	1.31	2.07	3.32	11.2	4.37	1.77	0.83	150	145	5.15	59.4	59.4	1.57
YA15	15.4	14.2	0.81	9.7	3.59	0.15	1.24	2.17	3.53	11.7	4.38	1.73	0.78	154	149	5.34	59.7	59.4	1.63
YA16	15.6	12.7	0.79	9.4	3.96	0.15	1.26	2.05	3.26	11.5	4.44	1.74	0.82	148	143	5.25	60.6	60.3	1.6
YA17	17.1	16.8	0.83	10.9	3.61	0.14	1.2	2.14	3.66	11.9	4.34	1.75	0.83	135	130	4.62	56.7	56.0	1.72
YA18	15.2	15.5	0.86	10.5	4.27	0.13	1.17	2.01	3.27	12.1	4.4	1.87	0.87	136	131	4.92	56.6	56.1	1.76
YA19	15.1	15.1	0.86	9.3	4.1	0.13	1.16	1.84	3.74	13.9	4.48	1.86	0.82	135	131	4.42	56.2	55.5	1.75
YA20	16.6	15.0	0.91	9.6	3.96	0.13	1.1	1.79	3.16	11.5	4.54	1.74	0.89	128	124	4.61	55.9	55.1	1.77
YA21	15.1	17.3	0.84	11.6	4	0.14	1.19	1.99	3.48	12.4	4.49	1.77	0.85	128	124	4.3	56.3	55.5	1.74
YA22	15.4	15.9	0.77	11.1	3.27	0.13	1.29	2.09	3.66	12.3	4.56	1.75	0.87	132	128	4.58	56.6	56.1	1.76
YA23	16.9	16.3	0.83	10.9	3.46	0.13	1.2	2.09	3.63	12.6	4.27	1.96	0.79	133	128	4.64	55.7	55.0	1.76
YA24	16.8	15.2	0.97	9.9	3.73	0.14	1.03	1.74	3.11	12.8	4.55	1.79	0.80	130	125	4.46	56.2	55.7	1.74
YA25	16.8	16.0	0.87	10.9	3.95	0.14	1.15	1.86	3.49	13.0	4.93	1.92	0.85	129	126	4.38	56.0	55.5	1.76
YA26	19.5	16.7	1.07	9.0	3.57	0.14	0.93	1.83	3.24	12.8	4.8	1.91	0.88	106	103	3.64	54.9	54.8	1.62
YA27	17.6	16.4	0.96	10.4	3.67	0.14	1.04	1.77	3.4	12.4	4.58	1.71	0.86	113	109	3.75	55.2	54.8	1.69
YA28	19.2	14.2	0.88	8.9	3.33	0.14	1.14	1.83	3.64	13.7	4.63	1.83	0.87	109	105	3.49	54.9	54.5	1.64
YA29	18.8	15.4	0.91	10.4	3.65	0.14	1.1	1.77	3.34	12.8	4.93	1.79	0.85	102	99	3.72	54.4	53.9	1.66
YA30	19.5	15.3	0.98	9.6	3.71	0.15	1.03	1.76	3.41	13.6	5.18	1.76	0.87	111	107	3.55	54.8	54.7	1.61
YA31	17.7	15.3	0.82	10.6	3.22	0.14	1.22	1.88	3.78	13.9	5.05	1.88	0.89	116	112	3.81	54.8	54.1	1.74
YA32	17	14.9	0.87	10.1	3	0.12	1.15	1.76	3.33	13.3	4.99	1.94	0.89	110	107	3.68	54.7	54.3	1.66
YA33	17.4	15.6	0.89	10.2	2.96	0.13	1.13	1.77	3.82	14.3	5.02	1.98	0.79	111	107	3.57	54.9	54.5	1.65
YA34	19.2	20.5	0.89	14.5	3.38	0.13	1.13	1.69	3.55	13.1	5.82	1.75	0.93	103	99	3.53	54.2	53.9	1.63
YA35	17.9	17.1	0.95	10.9	3.45	0.12	1.05	1.99	3.42	13.7	5.06	2.07	0.89	112	108	3.58	55.7	55.0	1.67

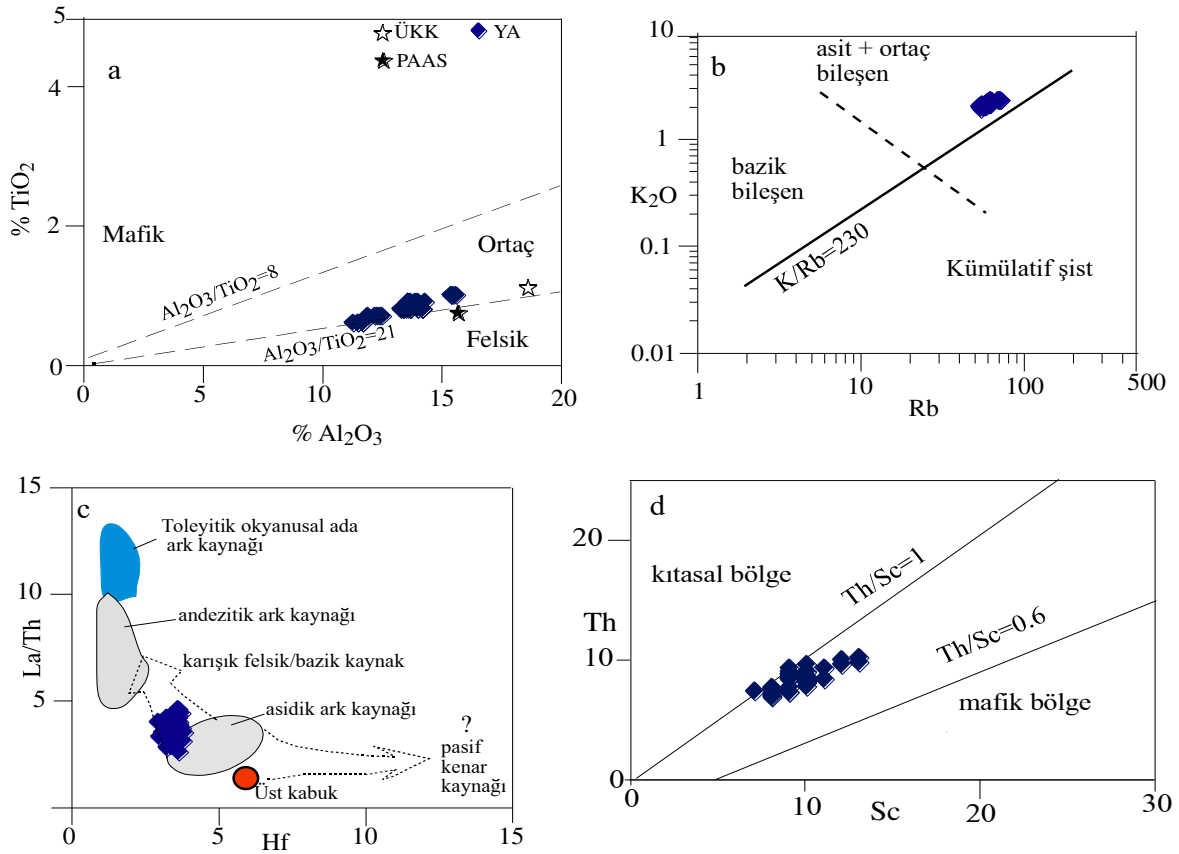


Şekil 4.2. İncelenen örneklerin sedimanter döngü ile değişimini gösteren jeokimyasal diyagramlar a) Th/Sc – Zr/Sc diyagramı (McLennan, 2003), b) Th – La diyagramı (Gallet vd., 1998), c) Th – Th/U diyagramı (McLennan vd., 1993) (MORB: Okyanus ortası sırt bazaltları).

4.3. Kaynak Alan

Al_2O_3/TiO_2 oranları, kaynak kayaların ayrışması, taşınması, çökmesi ve diyajenezi süresince çok fazla değişikliğe uğramazlar (Taylor ve McLennan, 1985; Hayashi vd., 1997; Huang vd., 2014). Genel olarak, Al_2O_3/TiO_2 oranı mafik magmatik kayalarda 3 ile 8, ortaç magmatik kayalarda 8 ile 21 ve felsik magmatik kayalarda 21 ile 70 arasında değişmektedir (Hayashi vd., 1997). Bundan dolayıdır ki Al_2O_3/TiO_2 oranı sedimentlerin kaynak kaya bileşiminin tespitinde yaygınca kullanılmaktadır. Ankara Çayı dere yatağı çökellerinde Al_2O_3/TiO_2 oranları sırasıyla 15.1-19.2 arasında değişmektedir ve $Al_2O_3 - TiO_2$ diyagramında (Huang vd., 2014) incelenen örnekler, felsik – ortaç kaynak çizgisi boyunca dağılım göstermektedirler (Şekil 4.3a). Aynı şekilde K ve Rb elementleri sedimanter döngü işlevlerine karşı hassas oldukları için, önemli kaynak bileşen göstergesi olarak kullanılırlar (Floyd vd., 1989, Wang vd., 2014). Bunun yanı sıra N.T.E s, Zr, Hf, Y, Nb, Th ve Sc

sedimanter işlevlerden önemli oranda etkilenmediklerinden (Taylor ve McLennan, 1985; Bhatia ve Crook, 1986; Wronkiewicz ve Condie, 1987, 1989, 1990) kaynak kayayı tespit etmek için oldukça uygun elementlerdir. Ankara Çayı dere yatağı çökellerinde $K_2O > 1.61\%$, $Rb > 53.5$ ppm olarak ölçülmüştür. Dolayısıyla adı geçen çökellerin nispeten yüksek K_2O ve Rb değerleri içererek kaynak kayanın asit-ortaç magmatik kayaç olduğuna işaret etmektedirler. $K_2O - Rb$ diyagramı da bunu destekler niteliktedir (Şekil 4.3b, Wang vd., 2014). $La/Th - Hf$ diyagramında her iki çökele ait örneklerin bir kısmı asidik yay kaynağına, büyük çoğunluğu ise karışık felsik/bazik kaynak alanında kümelenmiştir (Şekil 4.3c, Wang vd., 2014). Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin La/Sc , Sc/Th oranları ÜKK'ya benzer, Co/Th oranları ÜKK'dan çok hafif yüksektir. Çalışılan çökellerin Eu/Eu^* oranları ÜKK ile AKK (Alt Kıtasal Kabuk) arasında dağılım göstermektedir (ÜKK'dan yüksek, AKK'dan düşüktür, Tablo 4.2). Ayrıca Şekil 4.3d'de örneklerin tamamı asidik bölgeye yakın olmak üzere ortaç alanda kümelenmişlerdir. Silisik kayaçlar genellikle yüksek $H.N.T.E/A.N.T.E$ oranları ve negatif Eu anomalisi içermelerine rağmen, bazik kayaçlar düşük $H.N.T.E/A.N.T.E$ oranları ve anomali göstermeyen Eu içerirler (Cullers ve Graf, 1983; Bauluz vd., 2000). Ankara çayı dere yatağı çökel örneklerinin $(La/Yb)_N$ oranları yüksek olup sırasıyla 10.5 -14.3 arasında değişmektedir. Ortalama Eu/Eu^* oranları dere yatağı çökellerinde 0.83 olarak hesaplanmıştır ve çok küçük negatif anomali göstermektedir. Çalışmaya konu olan örneklerde $A.N.T.E$ hafif düzdür (Şekil 3.7), çünkü ortalama $(Gd/Yb)_N$ oranları 1.81 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca örneklerin $N.T.E$ içeriği ile ÜKK mukayese edildiğinde (Şekil 3.9), çok benzer dağılım gösterdikleri görülmektedir.



Şekil 4.3. İncelenen örneklerin kaynak bileşenini gösteren jeokimyasal diyagramlar a) Al_2O_3 - Ti_2O_3 diyagramı (McLennan vd., 1993), b) Rb - K_2O diyagramı (Floyd vd., 1989), c) Hf - La/Th diyagramı (Floyd ve Leveridge, 1987), d) Sc - Th diyagramı

Tablo 4.2. Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin ve granit, andezit, ofiyolit, bazik ve asidik kumtaşları, ÜKK (Üst kıtasal kabuk), AKK (Alt kıtasal kabuk) OK (Okyanusal kabuk)'un element oranları

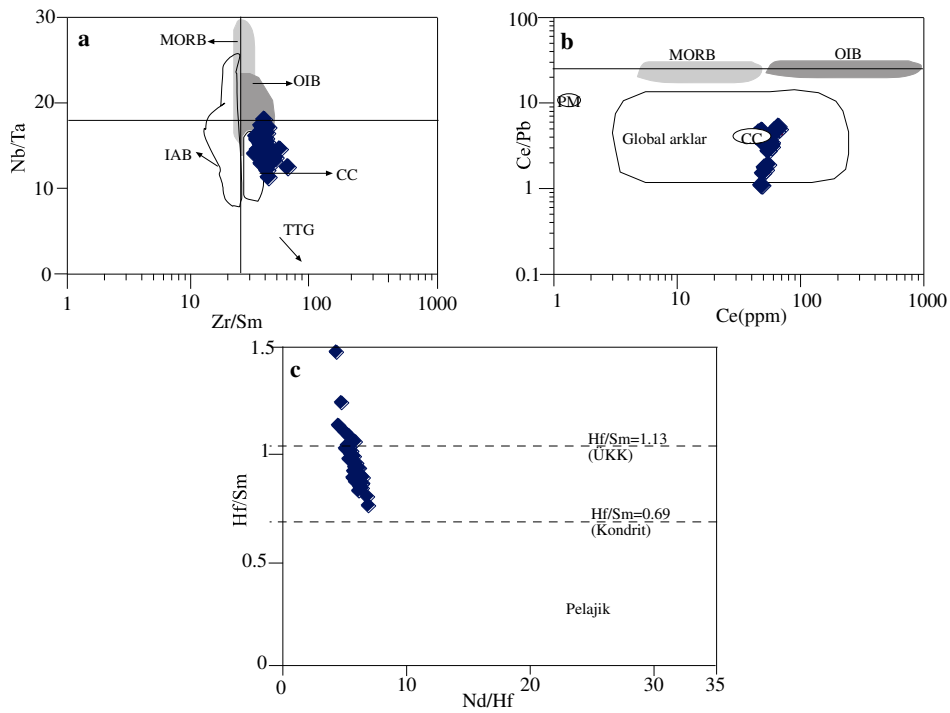
Element oranı	ÜKK ^a	AKK ^a	OK ^a	Granit ^b	Andezit ^b	Ofiyolit ^c	Bazik Kayaç Kumu ^d	Asidik Kayaç Kumu ^d	Dere yatağı çökelleri ^e
La/Sc	2.7	0.30	0.10	8.0	0.9	0.25	0.4-1.1	2.5-16	2.5-3.5
Sc/Th	1.0	34	1.73	0.28	4.65	56	20-25	0.05-1.2	0.9-1.3
Co/Th	0.9	33	214	0.17	4.65	70	7.1-8.3	0.22-1.5	1.6-2.2
Eu/Eu*	0.61	1.07	1.02	0.34	0.66	1.0	-	-	0.73-0.93

(^aTaylor ve McLennan (1985), ^bCondie (1993), ^cSpadea vd. (1980), ^dCullers (1994), Cullers vd.(1988), ^eBu çalışma)

Bunun yanı sıra Nb/Ta - Zr/Sm diyagramında (Foley vd., 2002; Chakrabati vd., 2007) dere yatağı çökellerinin yaklaşık tamamına yakını ortalama kıtasal kabuk (CC) alanına kümelenmiştir (Şekil 4.4a). Ce/Pb - Ce diyagramında (Miller vd. 1994; Chakrabati

vd., 2007) ise örneklerin tamamı ortalama kıtasal kabuk alanında ve küresel ark alanında toplanır ki Küresel ark alanı da yitim zonu volkanik ürünlerine işaret eder (Şekil 4.4b). Aynı şekilde Hf/Sm – Nd/Hf diyagramında (Gasperini vd., 2002; Wang vd., 2014) (Şekil 4.4c) örneklerin büyük çoğunluğu kıtasal kabuk alanına düştüler. Bu veriler ışığında dere yatağı çökellerinin ortaç - felsik kaynaktan türediği söylenebilir.

Nd izotopları kayaçların kaynak araştırmalarında önemlidir. Çünkü kaynak kayaların Nd izotopik bileşenleri kıtasal ayrışma ve sedimanter döngüler boyunca korunmaktadır (Linn ve DePaolo, 1993; Goldstein ve Hemming, 2003). Bayon vd. (2015) dünya nehir sedimentlerinde yaptıkları çalışmada, Nd izotopunun tane boyutuna bağlı olarak değişmediğini ancak killerin Nd izotoplarının birlikte bulunduğu siltlere göre daha radyojenik özellik gösterdikleri sonucuna varmışlardır.



Şekil 4.4. İncelenen örneklerin a) Zr/Sm – Nb/Ta ve b) Ce – Ce/Pb diyagramları (Chakrabarti vd., 2007), c) Nd/Hf – Hf/Sm diyagramı (Gasperini vd., 2002) (TTG: Tonalit-tronjemit gnays, OIB: Okyanusal ada bazaltları, MORB: Okyanus ortası sırt bazaltları, PM: Pasif kenar, CC: Kıtasal kabuk, IAB: Ada arkı bazaltları)

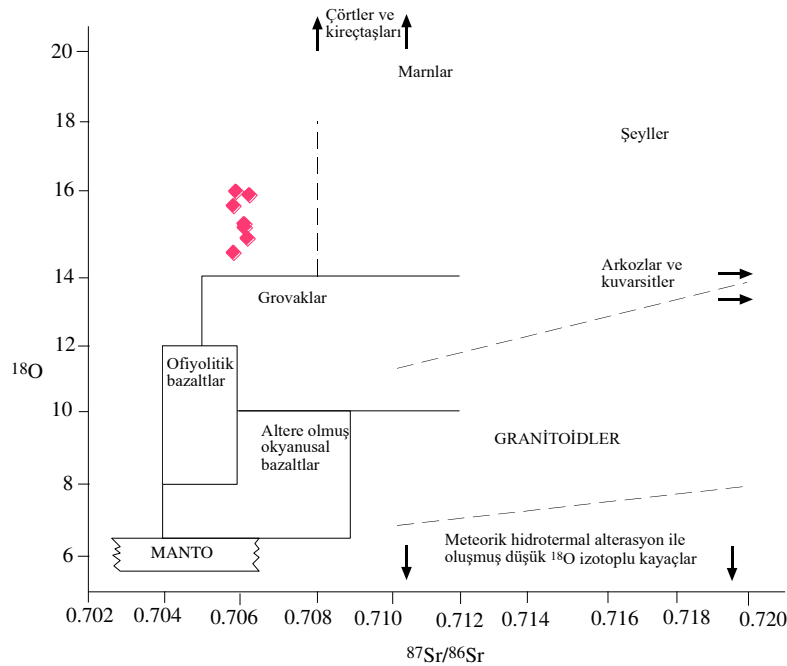
Silisiklastik kayaçların Nd izotopik bileşeninin ölçülmesi, sediment kaynak alanlarını (Frost ve Winston, 1987; Goldstein ve Jacobson, 1988; Nelson ve DePaolo, 1988; Chen

vd., 1990; McLennan vd., 1990; Linn vd., 1991; 1992), tektonik alanlarını (Miller ve O’Nions, 1984; Clarke ve Halliday, 1985), kabuk büyüme modelini ve sedimanter döngüyü yorumlamada önemlidir (Hamilton vd., 1983; O’Nions vd., 1983; Allegre ve Rousseau, 1984; Michard vd., 1985; Linn ve DePaolo, 1993). Sr ve O izotopları aşınma, taşınma ve diyajenez ile kolayca değişmelerine rağmen sedimanter kaynak tanımlamasında yine yol gösterici olarak kullanılmaktadır (Clayton vd., 1978; Spiers vd., 1984; Yeh ve Eslinger, 1986; Golstein ve Jacobson, 1988; Nelson ve DePaolo, 1988; Chen vd., 1990; Linn ve DePaolo, 1993). Özellikle Nd izotopları ile birlikte kullanıldığında birçok kaynağın elenmesine ve doğru kaynağın tespitine yardımcı olmaktadır (Heller vd., 1985). Çünkü oksijen izotopu yaştan ziyade kayaç oluşumunun birincil sıcaklık fonksiyonudur.

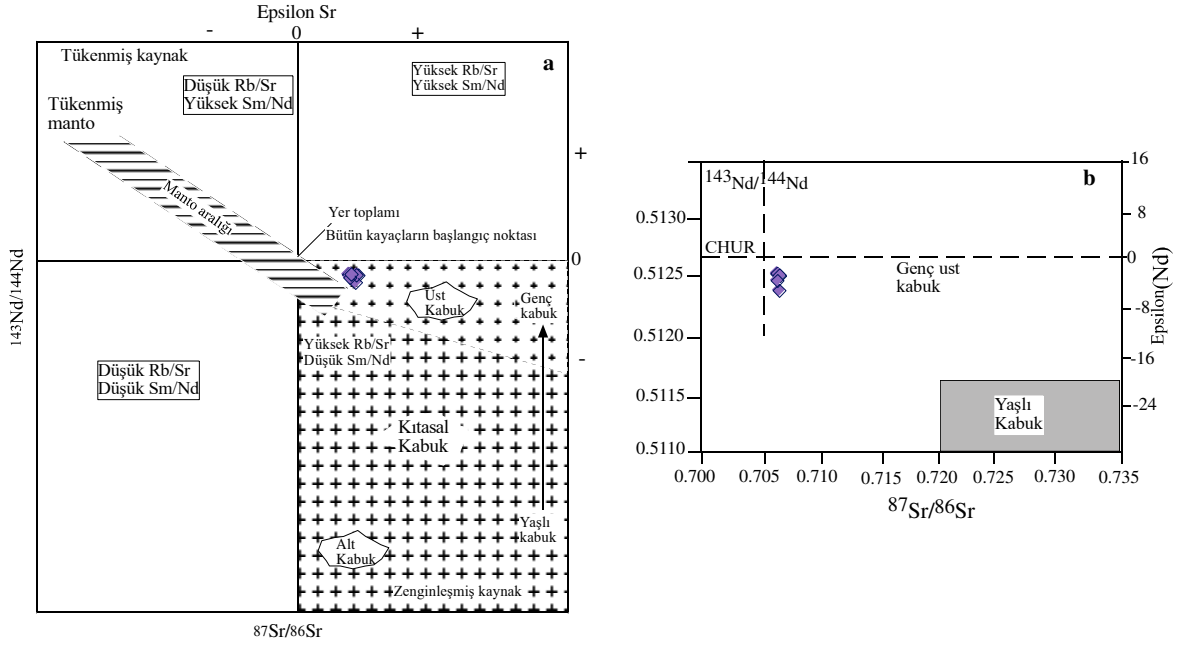
Dolayısıyla otojenik mineraller düşük sıcaklıklarda oluştukları için, magmatik orjinli detrital minerallere göre $\delta^{18}\text{O}$ ’ce zenginleşirler (Savin ve Epstein, 1970; Hoefs, 2004). Böylece manto ve kıtasal kabuktan türeyen kayaçları ayırt etmek için oldukça etkili bir yöntemdir. Genelde Kıtasal kabuk, mantoya göre $\delta^{18}\text{O}$ ’ca daha zengindir (Rollinson, 1993). Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerleri magmatik kayaç izotop değerlerinden yüksek, sedimanter kayaç izotop değerleri arasında yer almaktadır (Tablo 3.5, Şekil 4.5) ve üst kıtasal kabuk $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerleriyle benzerdir. Çalışma alanında kimyasal ayrışma değerinin zayıf-orta olduğu bilindiğine göre söz konusu çökellerin $\delta^{18}\text{O}$ ’ce zenginleşmesinin nedeni kaynak alanın kıtasal kabuk bileşimli ve otojenik mineraller içermiş olmasından kaynaklanmış olabilir.

Üst kıtasal kabuk, yüksek Rb/Sr ve yüksek $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranları ile karakteristiktir ve Nd içeriği mantonun Nd içeriğine göre düşüktür. Dolayısıyla düşük Sm/Nd oranları ve negatif $\epsilon\text{Nd}_{(0)}$ değerleri kıtasal kabuğu temsil etmektedir (Rollinson, 1993). Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ içerikleri üst kıtasal kabukla benzerlik göstermesine rağmen, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ içerikleri üst kıtasal kabuğa göre tükenmiştir ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ve $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ diyagramlarında örneklerin tamamı genç kabuk bölgesinde kümelenmişlerdir (Şekil 4.6a, b, Rollinson, 1993; Gallet vd., 1998). Sr, Rb’ye göre daha hareketlidir ve kimyasal ayrışma, deniz suyu değişimleri ve diyajenez Sr’yi plajiolazdan ve kısmen kalsiyum karbonat çimentodan uzaklaştırabilir. Oysaki ayrışma boyunca mika ve K-feldspattan çıkan Rb, kil minerallerinde bölünür (Clauer, 1982), fakat diyajenez boyunca hareketsiz kalmaya meyillidir (Perry ve Turekian, 1974; Linn ve DePaolo, 1993). Dolayısıyla taşınma işlevleri, ince taneli sedimentleri, Rb/Sr’ce zenginleştirir. Çalışılan örneklerde aşınma ve taşınmanın yoğun olmaması ve kaynak alanında karbonat kayaçların baskın olması söz konusu

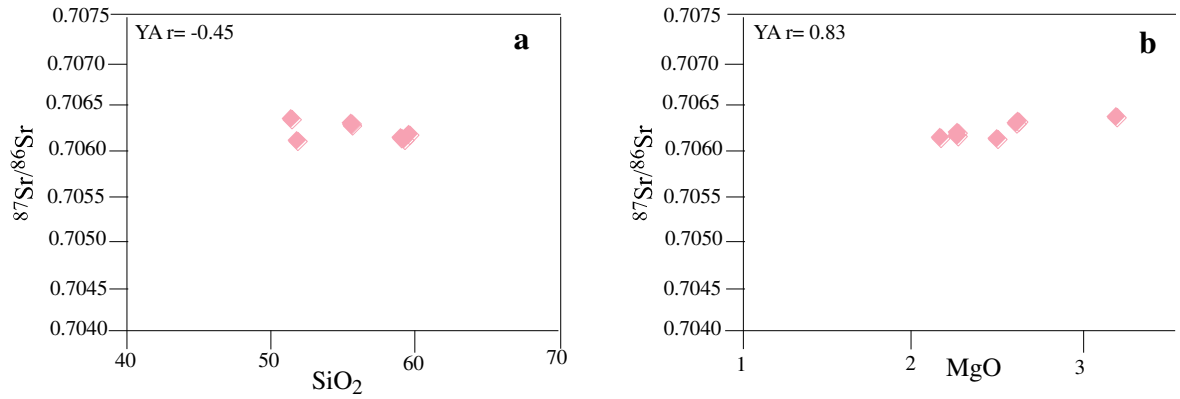
çökellerde Rb'nin Sr'ye göre tükenmesine neden olmuş olabilir. Bu durum, örneklerin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranının üst kıtasal kabuğa göre düşük olmasının sebebi olabilir. Ayrıca $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranları tüm kayaç SiO_2 içeriğinin artmasıyla, MgO içeriğinin azalmasıyla artmaya meyillidirler (Li vd., 2015). İncelenen çökellerde de tersi bir durum söz konusu olup, çalışılan örneklerin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ içeriği, SiO_2 ile negatif ve MgO ile pozitif korelasyon göstererek (Şekil 4.7a, b) yukardaki açıklamayı desteklemektedir. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ diyagramlarında örneklerin tamamına yakını EM-II (zenginleşmiş manto II) alanına düşmüşlerdir (Şekil 4.8a, Garapic vd., 2015 ve Şekil 4.8b, Zou vd., 2000; Li vd., 2015), yeniden işlenmiş kıtasal sedimentler ve üst kıtasal kabuk ile açıklanmıştır (Workman vd., 2004; Li vd., 2015). Çünkü EM-II üst kıtasal kabuk ile benzerdir (Rollinson, 1993) ve EM-II'nin orjininin yeniden işlenen deniz sedimentleri (Workman vd., 2008) ile terrijenik köken (Jakson vd., 2007) olduğu konusunda fikir birliği vardır (Garapic vd., 2015). Şekil 4.8c (Carpentier vd., 2014)' de çalışılan örnekler kumca zengin ve kilce zengin sedimentler arasında toplanarak detritik kökeni desteklemektedir.



Şekil 4.5. İncelenen örneklerin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $\delta^{18}\text{O}$ diyagramındaki dağılımı (Rollinson, 1993)



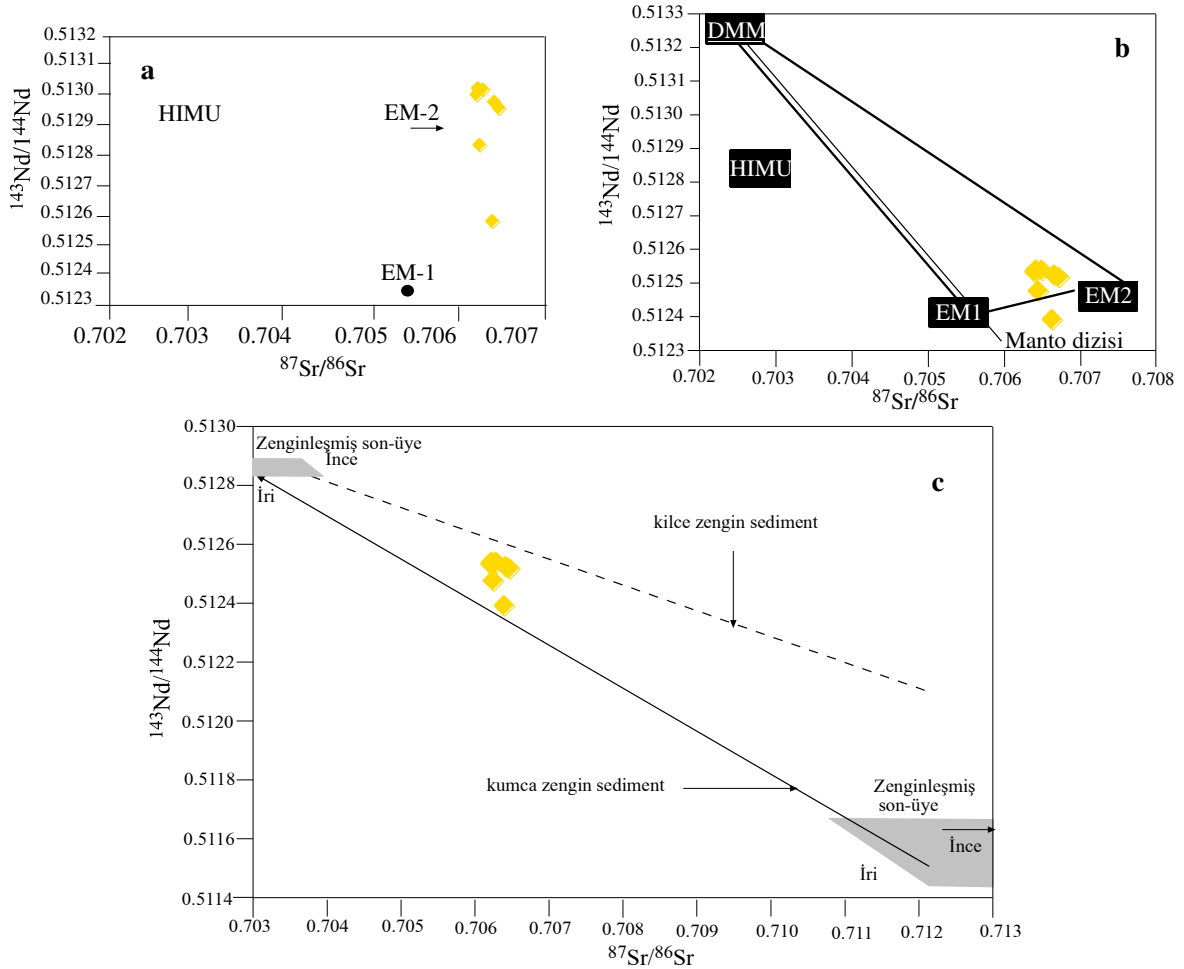
Şekil 4.6. Analiz edilen örneklerin a) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - ^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ($\epsilon\text{Sr} - \epsilon\text{Nd}$) izotop korelasyon diyagramı (Rollinson, 1993), b) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - ^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (ϵNd) diyagramı (Gallet vd., 1993) (CHUR: Kondiritikreservuar).



Şekil 4.7. İncelenen örneklerin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop değerlerinin SiO_2 ve MgO içerikleri arasındaki değişimi gösteren diyagram

Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotopik değerleri geniş aralık da dağılım göstermektedir. Çökele ait örnekler $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramında manto alanından orojen bölgesine kadar dağılırken, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramında genel olarak II. tip ve III. tip alanlarına yerleşmişlerdir (Şekil 4.8a, b, I. tip okyanusal, III. tip kıtasal grubu, II. tip de I. ve III. tipin karışımını temsil etmektedir, Stoesser ve Frost, 2006). $\text{Th}/\text{Sc} - ^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramında örnekler üç farklı

yerde kümellendiler (Şekil 4.8c). Söz konusu diyagramlara göreincelenen örneklerin Pb izotop içeriği jeolojik olarak kesin bir kaynağı gösterememiştir, muhtemelen çökellerin içerdiği kurşun çoğunlukla antropojenik kökenlidir.



Şekil 4.8. Analiz edilen örneklerin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - ^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ değerleri değişim diyagramları a) Garapić, vd. (2015), b) Liv d. (2015), c) Carpentier vd. (2014) (HIMU:Yüksek U/Pb oranına (yüksek μ değerine) sahip manto, EM-1: Zenginleşmiş manto 1, EM-2: Zenginleşmiş manto 2, DMM:Tüketilmişmanto).

4.4. Ağır Metallerin Olası Kaynakları

Ağır elementler, dere yataklarına başlıca kaynak kayaların ayrışmasından ve antropojenik kaynaklardan taşınmaktadır. Bu tür çökellerde antropojenik katkıyı değerlendirmek için “zenginleştirme faktörü” (EF=Enrichment Factor) kavramı geliştirilmiştir (Chester ve Stoner, 1973; N’guessan vd., 2009). Zenginleşme faktörü (EF)

referans alınan element ile ölçülen element arasında doğrusal ilişki olduğu varsayımına dayanan jeokimyasal bir yaklaşımdır (Sultan ve Shazili, 2010). Normalleştirme yapmak için referans element olarak alüminyum kullanılmaktadır. Çünkü Al kimyasal ayrışma süresince diğer elementlere göre daha az hareketlidir (Garrels ve Mackenzie, 1971; Nesbitt ve Wilson, 1992; Das ve Krishnaswami, 2007), ayrıca ince taneli sedimentin (kil ve ince silt) ana bileşeni olduğu için metal (Pb, Zn, Cd, TI, Hg) ve metalloid (As, Sb)'ce zengin partikülleri içermektedir (Owens vd., 2005). EF, aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$EF = [(C_{\text{Element}}/C_{\text{Aluminyum}})_{\text{Sediment örneği}}] / [(C_{\text{Element}}/C_{\text{Aluminyum}})_{\text{ÜKK}}] \quad (4.1)$$

$(C_{\text{Element}}/C_{\text{Aluminyum}})_{\text{Sediment örneği}}$, incelenen örneklerin element ve Al konsantrasyonunu ifade etmektedir, $[(C_{\text{Element}}/C_{\text{Aluminyum}})_{\text{ÜKK}}]$ değerleri, Taylor ve McLennan (1985) ve Wedepohl, (1995)'dan alınmıştır. Sutherland (2000), EF değerlerine göre dere yatağı sedimentlerindeki kirliliği 5 gruba ayırmıştır. $EF < 2$ kirliliğin çok az yada olmadığını, 2-5 orta derce de kirlilik olduğunu, 5-20 önemli oranda kirlilik olduğunu, 20-40 çok güçlü kirlilik, > 40 aşırı derecede kirlilik olduğunu göstermektedir. Ankara Çayı dere yatağı çökelleri Ba, Cu, Pb, Sc, Zn ve Co elementlerinin ortalama EF değerleri sırasıyla 1.17 (1.01-1.38), 1.64 (0.97-3.40), 1.21 (0.69-2.88), 1.10 (0.90-1.33), 2.00 (0.84-5.17) ve 2.04 (1.71-2.39) olarak hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak söz konusu çökeller Ba ve Sc elementlerince hiç kirlenmemiş, Pb, Cu, Zn ve Co elementlerince lokal olarak orta derecede kirlenmiştir ve genel olarak kirlenme şehirleşme ve endüstri alanına yakın yerlerde tespit edilmiştir. Hg, Sb, Cd, ve Bi' nin ortalama EF değerleri sırasıyla 2.76 (0.85-14.6), 2.31 (0.55-7.91), 3.30 (1.20-16.14) ve 2.16 (1.07-5.19) olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla dere yatağı çökelleri söz konusu elementlerce genel olarak orta derecede kirlenmekle beraber yer yer önemli oranda kirlilik göstermektedir. Çalışılan örneklerde Ni'in ortalama EF değeri 4.17 (3.37-5.08) olup orta derecede, As'nin ortalama EF değeri 13.85 (9.47-21.17) olup önemli oranda kirliliğe sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo4.3, Şekil 4.10). Dolayısıyla incelenen örneklerin Ba ve Sc içeriğinin EF değerlerine göre jeolojik kaynaklı, Pb, Cu, Zn ve Co jeolojik olmakla beraber, yer yer antropojenik kaynaklı, Hg, Sb, Cd, ve Bi çoğunlukla antropojenik olmak üzere yer yer jeolojik kaynaklı, Ni ve As, tamamen antropojenik kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

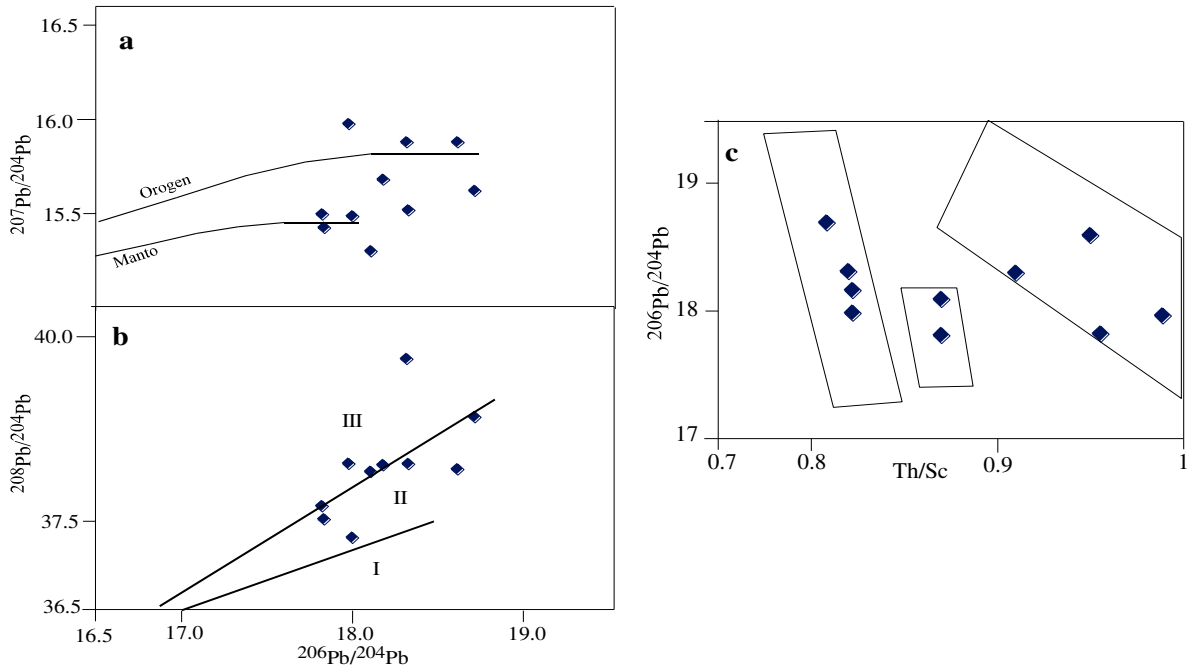
Cd, Pb, Cu, Ni, Zn ve Sb ağır metallerin en büyük kaynakları fosil yakıtlar, araç ekzosları, motor yağları, kauçuklar, plastikler, kanalizasyon çamurları, asfalt kaplama vs., (Sutherland, 2000), As ve Hg'nin başlıca kaynakları böcek ve mantar öldürücüler gibi tarımsal etkiler, endüstriyel tüketimi ve fosil yakıtları sayabiliriz (Pasternack ve Brown, 2006; Sutherland, 2000).

Tablo 4.3. İncelenen örneklerin ağır metal içeriğinin hesaplanmış zenginleşme faktör değerleri

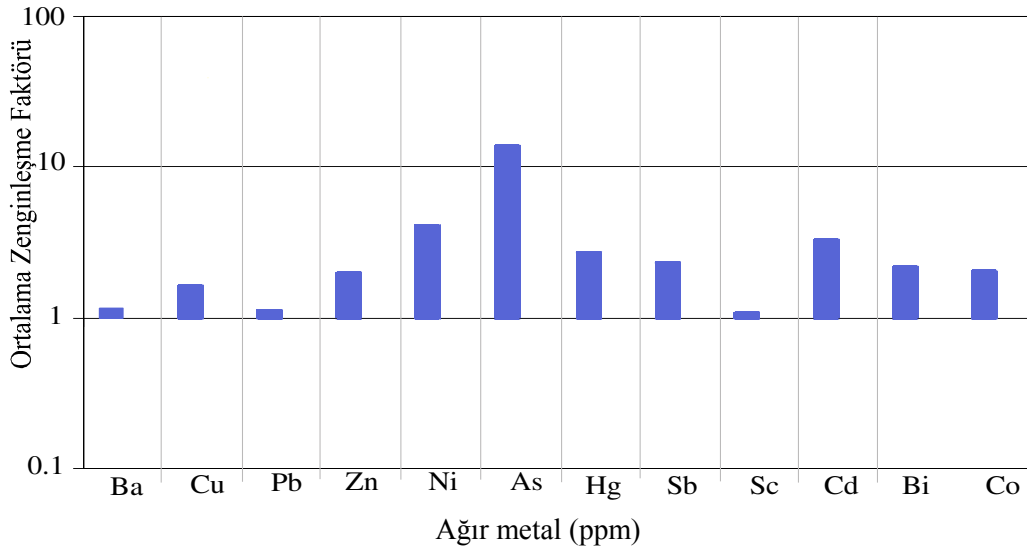
Örne k no	Ba EF	Cu EF	Pb EF	Zn EF	Ni EF	As EF	Hg EF	Sb EF	Sc EF	Cd EF	Bi EF	Co EF
YA1	1.12	2.81	2.73	1.12	3.71	9.338	14.59	5.84	1.06	9.26	5.11	1.84
YA2	1.12	3.05	2.88	1.12	3.89	11.16	8.898	7.91	1.08	16.14	5.19	1.92
YA3	1.12	2.7	1.79	1.12	4.19	14.46	5.135	4.49	1.05	5.24	4.04	2.14
YA4	1.06	2.8	1.76	1.06	4.31	14.2	4.73	2.52	1.15	6.43	3.97	2.09
YA5	1.12	3.4	2.01	1.12	4.62	17.3	6.01	3.16	1.15	7.75	3.99	2.2
YA6	1.15	3.07	1.94	1.15	4.36	15.51	5.34	2.51	1.14	7.69	3.96	2.29
YA7	1.09	1.46	1.02	1.09	3.54	9.49	2.204	1.89	1.03	3.86	1.98	1.89
YA8	1.05	1.28	0.80	1.05	3.49	9.80	1.176	1.18	0.96	1.2	1.85	1.93
YA9	1.06	1.41	0.98	1.06	3.38	9.75	2.133	1.83	1.12	2.49	1.92	1.84
YA10	1.09	1.24	0.74	1.09	3.62	9.89	1.196	1.19	0.98	1.22	1.88	1.91
YA11	1.1	1.54	1.05	1.1	3.57	10.38	2.162	1.85	1.01	2.52	1.95	1.9
YA12	1.15	1.62	0.98	1.15	3.66	10.29	3.59	1.20	0.98	3.66	1.89	1.96
YA13	1.01	1.4	0.69	1.01	4.41	19.79	1.12	1.12	1.22	1.14	1.76	2.22
YA14	1.03	1.41	0.67	1.03	4.49	21.17	1.39	0.56	1.31	1.13	1.75	2.28
YA15	1.07	1.47	0.75	1.07	4.48	18.06	0.85	1.13	1.24	1.16	1.79	2.39
YA16	1.07	1.43	0.76	1.07	4.51	17.81	1.13	1.69	1.33	1.15	1.78	2.38
YA17	1.17	1.35	1.06	1.17	4.75	14.45	1.57	2.51	1.14	1.28	2.96	2.23
YA18	1.21	1.47	1.16	1.21	4.78	15.38	1.88	3.14	1.25	2.56	1.98	2.37
YA19	1.2	1.54	1.10	1.2	5.03	14.8	1.89	1.89	1.15	1.29	1.99	1.99
YA20	1.18	1.4	1.06	1.18	4.79	14.11	1.94	1.29	1.17	2.63	2.03	2.1
YA21	1.14	1.42	1.12	1.14	4.66	13.84	1.89	1.89	1.14	1.28	1.98	2.1
YA22	1.14	1.54	1.20	1.14	4.92	15.44	2.17	1.86	1.24	2.53	1.95	2.2
YA23	1.2	1.51	1.06	1.2	5.10	14.78	1.9	1.9	1.15	2.59	1.99	2.2
YA24	1.22	1.48	1.04	1.22	4.88	14.38	2.22	1.90	1.15	2.59	1.20	2.14
YA25	1.26	1.59	1.13	1.26	5.08	15.09	2.23	1.91	1.16	2.59	2.00	2.06
YA26	1.23	1.22	0.70	1.23	3.8	13.8	1.77	2.13	0.90	1.45	1.12	1.94
YA27	1.32	1.49	0.87	1.32	3.97	14.29	2.73	2.05	0.99	2.79	1.08	1.86
YA28	1.33	1.17	0.72	1.33	3.96	13.7	1.44	2.16	1.05	1.47	1.13	1.84
YA29	1.31	1.07	0.73	1.31	3.87	13.1	1.46	2.18	1.06	2.97	1.15	1.88
YA30	1.28	0.97	0.69	1.28	3.37	12.55	1.4	2.11	1.02	2.87	1.11	1.92
YA31	1.34	1.39	0.91	1.34	3.86	15.25	2.72	2.72	1.11	2.78	2.15	1.893
YA32	1.26	1.06	0.77	1.26	3.41	12.98	1.73	2.07	1.13	2.82	1.09	1.891
YA33	1.16	1.09	0.79	1.16	3.91	12.11	1.37	2.05	0.99	2.79	1.08	1.721
YA34	1.25	1.07	0.73	1.25	3.56	12.74	1.07	2.85	1.04	1.46	1.12	1.711

YA35	1.22	1.27	0.83	1.22	4.03	13.55	1.69	2.03	0.99	2.77	1.07	2.046
Ort.	1.17	1.63	1.12	2	4.17	13.8	2.76	2.31	1.1	3.3	2.16	2.04

Çalışılan çökellerde de (As ve Ni hariç) şehirleşme yerlerine yakın alanlarda ağır metallerin antropojenik kökenli, bu alanlardan uzaklaştıkça jeolojik kökenli olduğu görülmektedir. Dere yatağı çökellerinin Cd, Pb, Cu, Ni, Zn, Co ve Sb elementlerince zenginleşmiş olması, söz konusu elementlerin genel olarak akarsu ile taşındığını göstermektedir. As ve Ni elementlerinin bolluklarında, şehirleşme bölgesinden uzaklaştıkça önemli oranda azalma görülmediği için bu elementlerin taşınmasında sudan ziyade atmosferik şartların rol oynadığı düşünülmektedir.



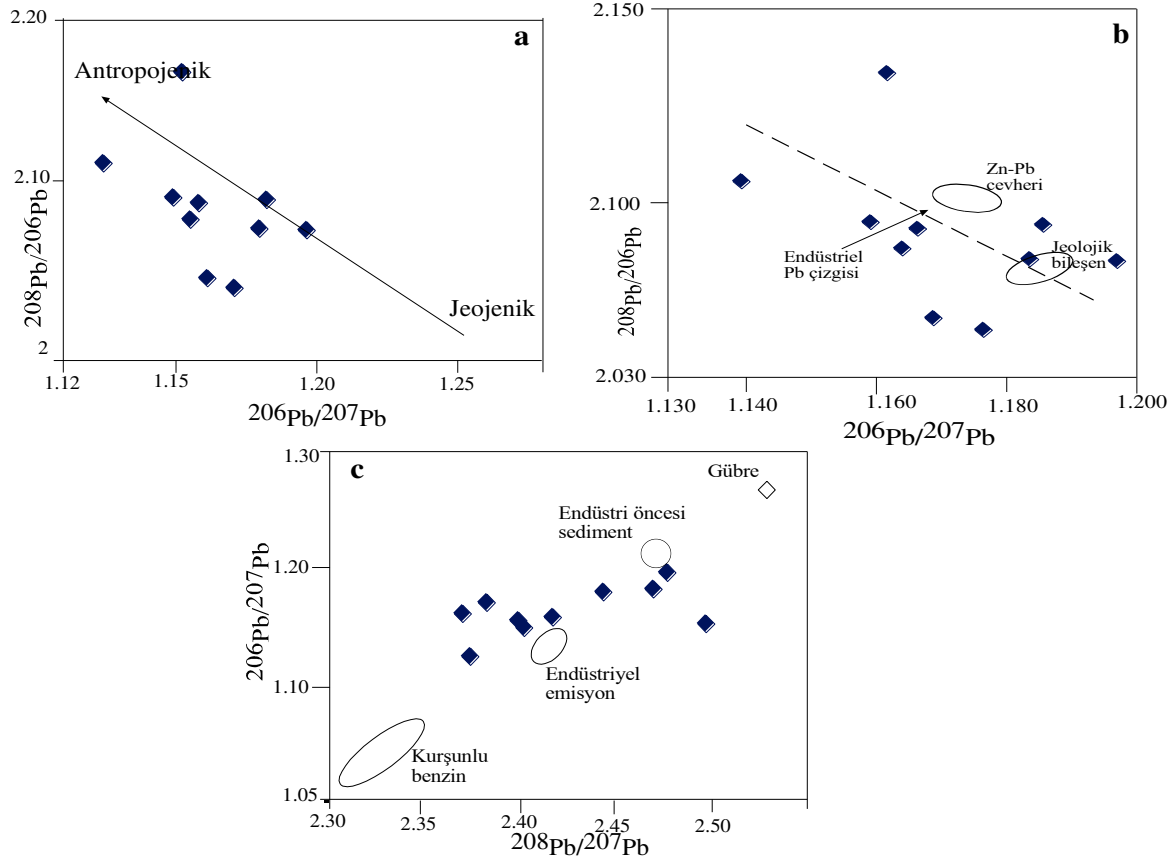
Şekil 4.9. İncelenen örneklerin kurşun izotop oran diyagramları a) $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, b) $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramları ortalama manto Zartman ve Doe (1981) ve ortalama kabuk (orogen) Stacey ve Kramers (1975) (Stoeser ve Frost 2006), c) Th/Sc - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramı (Vroon vd., 1995)



Şekil 4.10. Çalışılan örneklerin ağır metal içeriği ve ortalama zenginleşme faktör diyagramı

Bir ortamdaki kurşun izotop oranları rezervuar kaynağın yaşına ve U/Pb, Th/Pb oranlarına bağlıdır. Pb İzotop fraksiyonlaşmasını kontrol eden faktörler (atomik ağırlığında ve davranışındaki farklılıklar) kurşunun halinde önemli bir rol oynamaz (N'guessan vd., 2009). Kurşun bu özelliğinden dolayı antropojenik ve doğal kaynakları ayırt etmek için kullanılmaktadır (Chow vd., 1975; Elbaz-Poulichet vd., 1986; Monna vd., 1997; Liu vd., 2003; Roussiez vd., 2005; N'guessan vd., 2009). Bu çalışma da jeolojik ve antropojenik kaynağı tespit etmek için en yüksek Pb değerlerine sahip olan 10 adet örnek seçilerek Pb izotop analizi yapılmıştır. Bu analiz sonuçları $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ diyagramlarında değerlendirilerek, Pb'nin kaynağı tahmin edilmeye çalışılmıştır. $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ diyagramında örnekler, genel olarak antropojenik hat boyunca sıralanmışlardır (Şekil 4.11a, Gioia, 2006). Antropojenik kaynağın birçok bileşenden oluştuğu bilinmektedir (Maden atıkları, fosil yakıtlar, demir çelik fabrikalarından gelen atıklar, araç egzozlarından gelen atıklar vs). Antropojenik bileşeni yaklaşık olarak görmek için çizilen $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ diyagramında örneklerin büyük çoğunluğu endüstriyel Pb çizgisi boyunca dizilmiş, 3 örnek ise jeolojik bileşen alanına yakın düşmüştür (Şekil 4.11b, Dekov vd., 2014). $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} - ^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ diyagramı da şekil 4.11b'yi destekler niteliktedir. Çünkü söz konusu diyagramda 3 örnek endüstri öncesi sediment (kirlenmemiş sediment) bölgesinde yer alırken, diğer örnekler endüstriyel emisyon bölgesine yakın alanda toplanmışlardır (Şekil 4.11c, N'guessan, 2009). Dolayısıyla dere yatağı çökelleri Pb

açısından önemli oranda kirlenmemiş olsalar bile mevcut Pb elementinin büyük bir kısmı insansal kaynaklıdır. Çünkü Pb izotop analizi yapılan toplamda 10 örnekten 3 tanesi jeolojik, diğerleri ise antropojenik (endüstriyel) kaynağı işaret etmektedir.



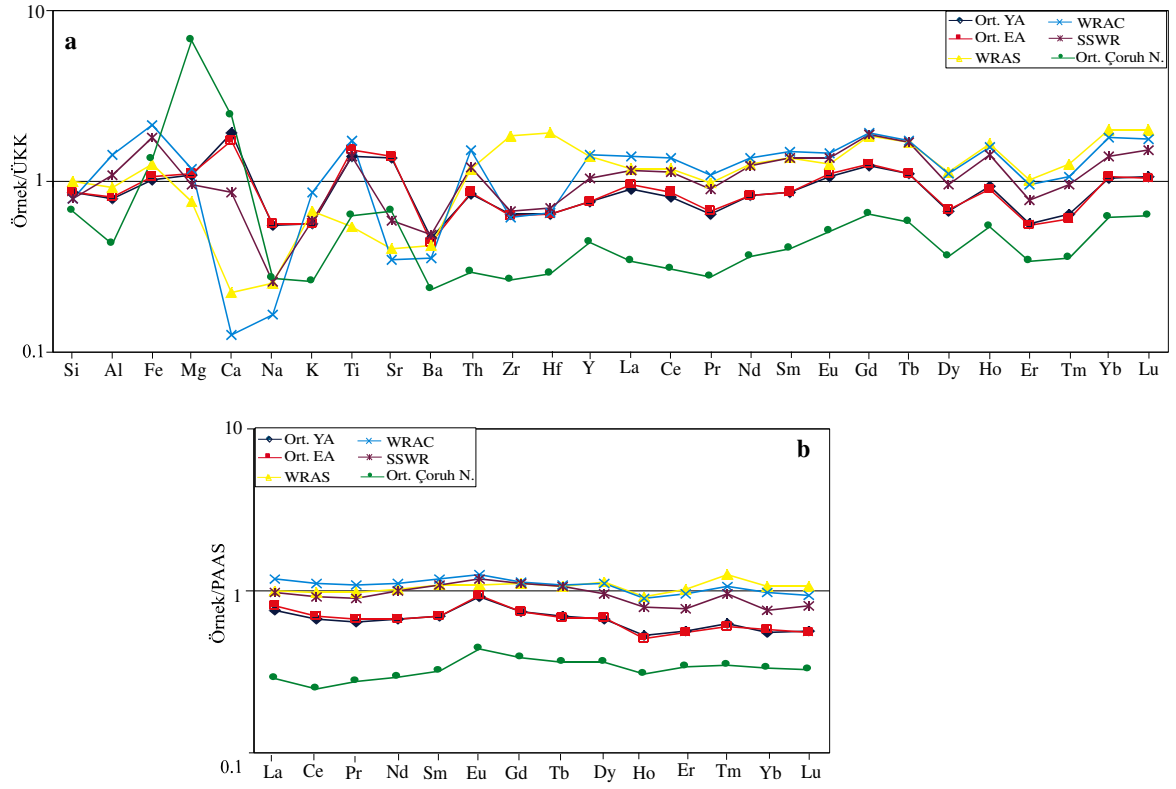
Şekil 4.11. İncelenen örneklerin a) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ oranları arasındaki ilişki (Gioia vd., 2006), b) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ diyagramında endüstriyel Pb çizgisi Haack vd. (2002), Zn-Pb hattı Dejonghe (1998)'den alınmıştır (Dekov vd., 2014), c) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ diyagramında “kurşunlu benzin” ve “endüstriyel emisyon” hattı Monna vd. (1997), “endüstri öncesi sediment” hattı Elbaz-Poulichet vd. (1986)'den alınmıştır (N'guessan vd., 2009)

4.5. Ankara Çayı Dere Yatağı Çökellerinin Element Bolluğunun, Ankara Çayı Eski Alüvyal, Çoruh Nehri Dere Yatağı Çökelleri, WRAS, WRAC ve SSWR ile Kıyaslanması

Şekil 4.12 a ve b'de Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin bazı ana, iz ve nadir toprak element ortalaması ile, Ankara Çayı eski alüvyonların (Gümüş, 2016), Çoruh Nehri dere yatağı çökellerinin (Bayburt-Türkiye, Saydam Eker ve Demirkol Kılıç), Dünya nehirleri dere yatağı kil (WRAC, Bayon vd., 2015), silt (WRAS, Bayon vd., 2015) çökellerinin ve Dünya nehirleri süspansiyon (SSWR, Vierse vd., 2009) çökellerinin bazı ana, iz ve nadir

toprak element ortalaması mukayese edilmiştir. ÜKK'ya göre normalleştirme yapıldığında incelenen örneklerin element dağılımı, eski alüvyonlarla bire bir aynı olmakla beraber elementlerin genel dağılımı WRAS, WRAC, SSWR ve Çoruh Nehri dere yatağı çökellerine de benzer oldukları görülmüştür. Ancak, WRAS, WRAC, SSWR'ye göre genel olarak yaklaşık 0.52X değerinde tükenmiş ve Çoruh Nehri dere yatağı çökellerine göre ise yaklaşık 0.57X değerinde zenginleşmiştir (Şekil 4.12 a). Ankara Çayı dere yatağı çökellerin Si, Mg, Ti, Zr ve Hf element içeriği WRAS ve WRAC ile Fe, Mg, La, Yb ve Lu içeriği ÜKK ile benzerlik göstermektedir. İncelenen örneklerin Ca, Na, Sr ve Ba içeriği WRAS, WRAC, SSWR'e göre, Na, Sr ve Ba içeriği Çoruh Nehri dere yatağı çökellerin'e göre, Ca ve Sr içeriği de ÜKK'ya göre zenginleşmiştir. Bu inceleme alanında karbonat kayaçları bolluğuyla açıklanabilir. Al, Fe ve Th elementlerince WRAS, WRAC ve SSWR'ye göre, Fe, Mg ve Ca elementlerince de Çoruh Nehri dere yatağı çökellerine göre tükenmiştir. PAAS'ye göre normalleştirmede (Şekil 4.12b) çalışılan örneklerin N.T.E dağılımı, eski alüvyal çökellerle aynıdır, bunun yanı sıra en büyük benzerliği SSWR ile göstermesine rağmen WRAC, WRAS, SSWR ve PAAS'ye göre hafif tükenmiş (0.20-0.35X arasında), Çoruh Nehri dere yatağı çökellerine göre ise hafif zenginleşmiştir (0.26-0.45X arasında). Çalışılan örneklerin tane boyutu silt-kil arasında değişiklik göstermektedir. Dolayısıyla N.T.E bolluğu bakımından WRAS ve WRAC'ye benzerlik beklenirken, SSWR'ye daha benzer (özellikle A.N.T.E) olması şaşırtıcıdır. Bunun nedeni, çalışılan örnekler fazla sedimanter döngüye maruz kalmadığı için zirkon ve diğer aksesuar minerallerce zenginleşmemiştir. SSWR'de fazla sedimanter döngüye maruz kaldığı için, su kolonu dolayısıyla süspansiyon yükü söz konusu elementlerce tükenmiştir, şeklinde açıklanabilir.

WRAC'in ortalama ϵNd -10.4, WRAS'ın -11.3 olarak hesaplanmıştır ve bu değerler ÜKK için yapılan tahminler ile de uyushmaktadır (Bayon vd., 2015). Ankara Çayı dere yatağı ve Eski alüvyon çökellerinin ortalama ϵNd değerleri sırasıyla -2.1 ve -1.8 olarak hesaplanmıştır, WRAC ve WRAS'a göre daha radyojeniktir. Bu söz konusu çökellerin kaynak alanlarındaki litolojik farklılıktan kaynaklanmış olabilir.



Şekil 4.12. a) İncelenen örneklerin bazı ana, iz element ve N.T.E ortalamasının ÜKK ile normalleştirilmiş örümcek diyagramı, WRAC ve WRAS ortalamaları Beyond vd. (2015), SSWR ortalaması Viers vd. (2009), Eski alüvyal çökel ortalamaları Gümüş (2016), Çoruh Nehri ortalaması Saydam Eker (2015)'dan alınmıştır, b) N.T.E ortalamasının PAAS ile normalleştirilmiş örümcek diyagramı

5.SONUÇLAR

Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin jeokimyasal ve izotop özelliklerini konu alan bu çalışmanın sonuçları aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

1. Ankara Çayı dere yatağı çökelleri jeokimyasal açıdan litarenit olarak sınıflandırılmıştır. Dere yatağının eğiminin düşük olduğu alanlarda söz konusu çökellerin Au bakımından zenginleşmiş olduğu tespit edilmiştir.

2. Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin ortalama CIA, PIA ve ICV değerleri sırasıyla 57.6, 57.3, 1.67 olarak hesaplanmıştır. İncelenen örneklerin CIA değerleri ile $\delta^{18}\text{O}$ izotopik değerleri arasında negatif ilişki olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla dere yatağı çökellerine malzeme sağlayan kaynak alanında yarı kurak-kurak iklim, zayıf-orta kimyasal ayrışma, zaman zaman yüksek tektonik aktivite ve yüksek mekanik erozyon olduğu düşünülmektedir.

3. Dere yatağı çökellerinin genel anlamda basit sedimanter döngüye maruz kaldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda adı geçen çökellerin kaynak alanına yakın olduğu ve çökellerin kimyasal bileşimlerinin çoğunlukla kaynak kayaların hakimiyetinde olduğu düşünülmektedir.

4. Örneklerin $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ oranlarının 8-21 arasında olması, nispeten yüksek K_2O , Rb değerleri içermesi, La/Sc, Sc/Th, Hf/Sm, Nd/Hf, Nb/Ta, Zr/Sm oranlarının yaklaşık kıtasal kabuğa benzer olması, negatif Eu anomalisi ve yüksek H.N.T.E/A.N.T.E oranları içermesi, çökellerin ÜKK bileşimine benzer olduğunu ve orta-ç-felsik kaynaktan beslendiğini göstermektedir.

5. İncelenen örneklerin $\delta^{18}\text{O}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ izotop ve negatif $\epsilon\text{Nd}_{(0)}$ değerleri kıtasal kabukla benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Buna rağmen çökellerin kaynak alanında yoğun kimyasal ayrışmanın olmaması, ayrışan malzemenin kısa mesafeler kat ederek dere yatağına gelmiş olması ve dere havzasında karbonatlı kayaçların baskın olması, üst kıtasal kabuğa göre tükenmiş $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop değerlerine neden olduğunu akla getirmektedir.

6. Dere yatağı çökellerinde hesaplanan EF değerlerine göre Ba ve Sc ağır metallerince kirlenme tespit edilmemiş, Pb, Cu, Zn ve Co'ca lokal olarak orta derecede, Hg, Sb, Cd ve Bi'ce genel olarak orta, yer yer önemli oranda, Ni'ce tamamen orta ve As'ce de tamamen önemli oranda kirlenme olduğu belirlenmiştir. Bu kirliliğin çoğunlukla endüstriyel kaynaklardan geldiği düşünülmektedir. Ayrıca muhtemelen Pb, Cu, Zn, Co,

Hg, Sb, Cd ve Bi metallerinin akarsu ile, Ni ve As'nin ise atmosferik şartlarla taşındığı saptanmıştır. İncelenen çökeller Pb ağır metallerince önemli oranda kirlenmemiş görünse de, nispeten yüksek Pb konsantrasyonunun antropojenik kaynaklı olduğu ortaya konulmuştur.

7. Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin ortalama ana, iz ve nadir toprak element içeriği ÜKK'ya göre normalleştirildiğinde, eski alüvyon örnekleri ile neredeyse aynı olduğu, Dünya nehirleri dere yatağı silt (WRAS), kil (WRAC), dünya nehirleri süspansiyon (SSWR) çökellerinin ve Çoruh (Bayburt) Nehri dere yatağı çökellerinin ortalama ana, iz ve nadir toprak element içerikleri ile de benzer dağılım sergiledikleri, ancak WRAS, WRAC, SSWR'ye göre genel olarak yaklaşık 0.48X değerinde tükenmiş ve Çoruh Nehri dere yatağı çökellerine göre ise yaklaşık 0.57X değerinde zenginleşmiş olduğu belirlenmiştir. PAAS'ye göre normalleştirme yapıldığında, çalışılan örneklerin N.T.E dağılımı, eski alüvyonların N.T.E dağılımı ile aynıdır, bunun haricinde en büyük benzerliği SSWR ile göstermiş olmakla beraber WRAC, WRAS, SSWR ve PAAS'ye göre hafif tükenmiş (0.20-0.35X arasında), Çoruh Nehri dere yatağı çökellerine göre ise hafif zenginleşmiş (0.26-0.45X arasında) olduğu tespit edilmiştir. Ankara Çayı dere yatağı çökellerinin $^{144}\text{Nd}/^{143}\text{Nd}$ izotopik değerlerinin WRAC ve WRAS'a göre daha radyojenik olması, kaynak alanındaki litolojik farklılıktan kaynaklanmış olabileceği düşüncesini akıllara getirmektedir.

8. Bu çalışmanın sonucunda endüstriyel atık su deşarjlarına maruz kalması sonucunda Ankara Çayı Pb, Cu, Zn, Co, Hg, Sb, Cd ve Bi ağır metallerince ve endüstriyel emisyon sonucunda da Ankara'nın havasının ve dolayısıyla Ankara Çayı'nın Ni ve As ağır metallerince her geçen gün biraz daha kirlendiği tespit edilmiştir. Ankara Çayı'nın korunabilmesi ve zamanla oluşacak daha fazla kirliliğin önüne geçilebilmesi için özellikle sanayi sitelerinde arıtma tesislerinin kurulması kurulan tesislerin özenli ve düzenli bir şekilde işletilmesi gerekmektedir. Atmosferik kirliliğin önüne geçilmesi için baca filtrelerinin, arıtma tesislerinin ve uygun teknolojilerin kullanılması önerilmektedir. Ayrıca yakıt ünitelerinde ısı gücü yüksek yakıtların tercih edilmesi önem taşımaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Allegre, C. J., Rousseau, D., 1984. "The growth of the continent through geological time studied by Nd isotope analysis of shales", Earth and Planetary Science Letters, 67, 19-34.
- Akçura, T., 1971, Türkiye’de Şehirleşme ve Bazı Şehir Örnekleri. Türkiye Coğrafi ve Sosyal Araştırmalar, İstanbul Üniv. Edebiyat Fak. Coğrafya Enst., Edebiyat Fak. Matbaası, İstanbul.
- Akyürek, B., Bilginer, E., Dağ, Z. ve Sunu, O., 1984. "Hacılar (K.Çubuk-Ankara bölgesinde Alt Triyas’ın varlığı", Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 22, 2.
- Akyürek, B., Bilginer, E., Dağ, Z., Soysal, Y. ve Sunu, O., 1980. Eldivan-Şabanözü (Çankırı) Hasayaz-Çandır (Kalecik-Ankara) dolayının jeolojisi: MTA Derleme No.6741 (yayınlanmamış).
- Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, N., Sunu, O., Soysal, Y., Dağ, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. ve Hakyemez, Y. 1982. Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının jeolojisi, MTA rapor no: 7298 (yayınlanmamış).
- Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y.F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S., Yaşar, T., 1996. Ankara İlinin çevre jeolojisi ve doğal kaynak projesi, Derleme no: 9961
- 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.
- Ardel, A., 1955, "Yukarı Sakarya havzası (Morfolojik Etüt)", Türk Coğrafya Dergisi, 13-14, 3-24.
- Bağır, A. 2007, Ankara ili Çubuk ilçesinde Erken-Orta Miyosen yaşlı Hançılı formasyonunun sedimantolojisi. Ankara Üniv. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Bailey, E. B., McCallien, W. J., 1950. Ankara çevresindeki ofiyolitik melanj. MTA Mecm., 40, 12-22.
- 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.
- Baran, B., 1996, Ankara Batısının Sismotektonik İncelemesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi. Ankara, 53.

- Bayon, G., Toucanne, S., Skonieczny, C., Andre, L., Bermell, S., Cheron, S., Dennielou, B., Etoubleau, J., Freslon, N., Gauchery, T., Germian, Y., Jorry, S. J., Mènot, G., Mon, L., Ponzevera, E., Rouget, M.-L., Tachikawa, K., Barrat, J. A., 2015. "Rare earth elements and neodymium isotopes in world river sediments revisited", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 170, 17-38.
- Bhatia, M.R., Crook, K. A. W., 1986. "Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting Discrimination of Sedimentary Basin. Contributions to Mineralogy and Petrology", *Geology*, 45, 97-113.
- Bilgin, Z. B., Oğuz, F., Sevin, M., Parlak O., Erdem, Y., Özden, U. A., 2009. 1/100 000 Ölçekli Açınama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Ankara-İ28 Paftası. Ankara: Jeoloji Etütleri Dairesi, 11215.
- Blatt, H., Middleton, G., Murray, R., 1980. Origin of sedimentary rock (2.Basım). Prentice-Hall: Wiley.
- Bozkurt, E., 1990," Karakaya Napı içinde yeni bir Karbonifer ve Permian bulgusu [A new Carboniferous and Permian findings in the Karakaya Nappe]". Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) Dergisi 110, 181-188 [in Turkish with English abstract].
- Caccia, V.G., Millero, F.J., 2007. "Distribution of yttrium and rare earths in Florida Bay sediments", *Marine Chemistry*, 104, 171-185.
- Canik, B., 1973. "Ayaş ve kaplıcasının jeoloji-hidrojeoloji etüdü", MTA dergisi, 80, 137-152.
- Carpentier, M., Weis, D., Chauvel, C., 2014. "Fractionation of Sr and Hf isotopes by mineral sorting in Cascadia Basin terrigenous sediments", *Chemical Geology*, 382, 67-82.
- Chakrabarti, R., Basu, A. R., Chakrabarti, A., 2007. "Trace element and Nd-isotope evidence for sediment sources in the mid-Proterozoic Vindhyan Basin, central India", *Precambrian Research*, 159, 260-274.
- Chaput, E., 1931. "Ankara bölgesinin 1/135000 ölçekli jeoloji haritası ve jeomorfoloji. İstanbul": İstanbul Üniv. Jeoloji Enstitüsü Yayınları No:7 Sayı:3.
- Chen, C.-I.-I., Jahn, B. M., Lee, T., Chen, C. H., Comichet, J., 1990. "Sm-Nd isotopic geochemistry of sediments from Taiwan and implications for the tectonic evolution of SE China", *Chemical Geology*, 88, 317-332.
- Chester, R., Stoner, J. H., 1973. "Pb in particulates from the lower atmosphere of the eastern Atlantic", *Nature*, 245, 27-28.
- Chow, T. J., Snyder, C. B., Earl, J. L., 1975. Isotope ratios of lead as pollutant source indicators, Vienna, IAEA-SM, 95-108.

- Clarke, D. B., Halliday, A. N., 1985. "Sm/ Nd isotopic investigation of the age and origin of the Meguma Zone metasedimentary rocks", Canadian Journal of Earth Sciences, 22, 102-107.
- Clauer, N., 1982. The rubidium-strontium method applied to sediments: Certitudes and uncertainties. Numerical dating in stratigraphy. Editör: Odin, G. New York: John Wiley & Sons
- Clayton, R. N., Mayeda, T. K., 1963. "The use of bromine pentafluoride in the extraction of oxygen from oxides and silicates for isotopic analysis", Geochimica et Cosmochimica Acta, 27, 43-52.
- Clayton, R. N., Jackson, M. L., Sridhar, K., 1978. "Resistance of quartz silt to isotopic exchange under burial and intense weathering conditions", Geochimica et Cosmochimica Acta, 42, 1517-1522.
- Condie, K. C., 1993. "Geochemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales", Chemical Geology, 104, 1-37.
- Cullers, R.L., Graf, J., 1983. "Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust: intermediate and silicic rocks, ore petrogenesis. Editör: Henderson", P., Rare-Earth Geochemistry, Amsterdam: Elsevier.
- Cullers, R. L., Basu, A., Suttner, L., 1988. "Geochemical Signature of provenance in sand-size material in soils and stream sediments near the Tobacco Root batholith, Montana, USA", Chemical Geology, 70, 335-348.
- Cullers, R. L., 1994. "The controls on the major and trace element variation of shales, siltstones of Pennsylvanian-Permian age from uplifted continental blocks in Colorado to platform sediment in Kansas, USA", Geochimica et Cosmochimica Acta, 58, 4955-4972.
- Cullers, R. L., Podkovyrov, V. N., 2002. The source and origin of terrigenous sedimentary rocks in the Mesoproterozoic Uig group, southeastern Russia, Precambrian Research, 117, 157-183.
- Çalgın, R., Pehlivanoglu, H., Ercan, T., Şengün, M., 1973. Ankara civarının jeolojisi. Ankara: MTA Rapor No: 6487.
- Çapan, T. J. Z., Buket, E., 1975. "Aktepe - Gökdere bölgesinin jeolojisi ve ofiyolitli melanj", Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 18, 11-16.
- Çayırılı, H., 1988. Ankara ili çevresinde bulunan Neojen yaşlı gölsel volkanosedimanter çökelleri ekonomik önemi. Ankara: MTA Rapor No: 2665 (Yayımlanmamış).
- Das, A., Krishnaswami, S., 2007. "Elemental geochemistry of river sediments from the Deccan Traps, India: Implications to sources of elements and their mobility during basalts-water interaction", Chemical Geology, 242, 232-254.

- Demirbağ, H., 2005. Çiledağ Polatlı bölgesinin tektonik evrimi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, 62 s.
- Demirtaş, R. , Adil, F., 2010. Ankara İli, Polatlı İlçesi, Temelli Beldesi, jeoteknik rapor 16-31 s, Ankara
- Dejonghe, L., 1998. Zinc-lead deposits of Belgium, *Ore Geol. Rev.*, 12, 329-354.
- Dekov, V. M., Vanlierde, E., Billström, K., Garbe-Schönberg, C.-D., Weiss, D. J., Gatto Rotondo, G., Van Meel, K., Kuzmann, E., Fortin, D., Darchuk, L., Van Grieken, R., 2014. “Ferrihydrite precipitation in groundwater-fed river systems (Nete and Demer river basins, Belgium): Insights from a combined Fe-Zn-Sr-Nd-Pb-isotope study”, *Chemical Geology*, 386, 1-15.
- D.S.İ 1975, Teknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı Yayını, 40 s.
- Egeran, N., Lahn, E., 1951. “Note on the tectonic position of the northern and central Anatolia”, *MTA Dergisi*, 41, 23-27.
- Elbaz-Poulichet, F., “Holliger, P., Martin, J. M., Petit, D., 1986. Stable lead isotope ratios in major French rivers and estuaries”, *Sci Total Environ*, 54, 61-76.
- Erentöz, C., 1975. Explanatory Text of 1: 500 000 scale Geological Map of Turkey. Ankara: Erentöz, C. comp MTA Publ.
- Ergün, M., Sarı, C., 1982. “Gravite ve Manyetik Eri –İşlem Yöntemleri ve Ankara-Polatlı Bölgesinin Yorumu”, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 25, 137-142.
- Erol, O., 1954. Köroğlu-Işık dağları volkanik kütlelerinin orta bölümleri ile Beypazarı-Ayaş arasındaki Neojen havzasının jeolojisi hakkında rapor. MTA. Rapor No.2279 (Yayımlanmamış) Ankara, 39 s.
- Erol, O., 1961. “Ankara bölgesinin tektonik gelişmesi”, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 2, 57-85.
- Erol, O., 1968. The growth of Ankara city and the geomorphology of its site Colloque intern.de geogr. applique. Liege. 7-13, 231-245.
- Erol, O., Yurdakul, E., Algan, Ü., Gürel, N., Herece, E., Tekirli, E., Ünsal, Y., Yüksel, M., 1980. Ankara metropolitenarazi kullanım haritası. Ankara: MTA Enstitüsü raporu.
- Erişen, B. ve Ünlü, M.R. 1980. Ankara-Çubuk-Kızılcahamam-Kazan alanının jeolojisi ve jeotermal olanakları. MTA. Rapor No. 38500/1 (Yayımlanmamış) Ankara, 71.
- Esat, K., 2001, Ankara Çevresi Orta Anadolu’nun Neotektoniği ve Depremselliği Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi s.86-88.

- Fedo, C. M., Nesbitt, H. W., Young, G. M., 1995. "Unraveling the Effects of potassium metasomatism in sedimentary rock and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance", Geology, 23, 921-924.
- Felek, G., 2015, Ankara çayı havzası içerisinde yer alan bölgelerin sismik risk düzeyinin yüzey dalgaları ile analizi. 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, İzmir.
- 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.
- 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.
- Foley, S., Tiepolo, M., Vannucci, R., 2002. "Growth of early continental crust controlled by melting of amphibolite in subduction zones", Nature, 417, 837-840.
- Fortelius, M., Kappelman, J., Şen, Ş. and Bernor, R. L. 2003. Geology and paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey. Columbia University Press, 409 p.
- Frost, C. D., Winston, D., 1987. "Nd isotope systematics of coarse- and fine-grained sediments: Examples from the middle Proterozoic Belt-Purcell Supergroup", Journal of Geology, 95, 309-327.
- Gallet, S., Jahn, B., Lanoe, B. V. V., Dia, A., Rosello, E., 1998. Loess geochemistry and its implications for particle origin and composition of the upper continental crust, EPSL, 156, 157-172.
- Garapić, G., Jackson, M. G., Hauri, E. H., Hart, S. R., Farley, K. A., Blusztajn, J. S., Woodhead, J. D., 2015. A radiogenic isotopic (He-Sr-Nd-Pb-Os) study of lavas from the Pitcairn hotspot: Implications for the origin of EM-1 (enriched mantle 1), Lithos, 228-229, 1-11.
- Garrels, R. M., Mackenzie, F. 1971. Evolution of Sedimentary Rocks. New York: W.W.Norton.
- Gasparini, D., Blichert-Toft, J., Bosch, D., Del Moro, A., Macera, P., Albarède, F., 2002. "Upwelling of deep mantle material through a plate window: evidence from the geochemistry of Italian basaltic volcanics", Journal of Geophysical Research, 107, 7-19.
- Gioia, S. M. C. L., Pimentel, M. M., Tessler, M., Dantas, E. L., Campos, J. E. G., Guimarães, E. M., Maruoka M. T. S., Nascimento E. L. C., 2006. Sources of anthropogenic lead in sediments from an artificial lake in Brasília-central Brazil, Sci Total Environ, 356, 125-142.

- Goldstein, S. L Jacobsen, S. B., 1988. "Nd and Sr isotopic systematics of river water suspended material: Implications for crustal evolution", Earth and Planetary Science Letters, v 87, 249-265.
- Goldstein, S. L., Hemming, S. R., 2003. Long-lived isotopic tracers in oceanography, paleo oceanography and ice-sheet dynamics. In *Treatise on Geochemistry*. Editörler: Elderfield, H., Holland, H. D., Turekian, K. T., Oxford: Elsevier-Pergamon.
- Gökten, E., Kazancı N., Acar Ş., 1988. Ankara kuzeybatısında Bağlum ve Kazan yerleşim alanları arasında yüzeyleyen Geç Kretase-Pliyosen serilerinin stratigrafisini ve tektoniği, *MTA Dergisi*, 108, 69-81.
- Gökten, E., Başokur, A.T. ve Kılıç, R., 2009, Depremde Zemin Davranışının Kestiriminde Yeni Bir Yöntem: Ankara Kenti Batı Kesimindeki Jeolojik Birimlere Uygulanması-Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri s.11-13, 15-27.
- Granit, Y. and Tintant, H., 1960, Observation Preliminaires Sur le Jurassic de la Region de Bilecik (Turquie). *Comptes Rendus Academi Science* 251, 1801-1803, Paris.
- Gümüş, M., K., 2016. Ankara Çayı'na Ait Eski Alüvyonlarının Jeokimyasal ve İzotopik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Haack, U. K., Gutsche, F. H., Plessow, K., Heinrichs, H., 2002. "On the isotopic composition of Pb in cloudwaters in central Germany: a source discrimination study", Water Air Soil Pollut, 139, 261-288.
- Hamilton, P. J., O'Nions, R. K., Bridgwater, D., Nutman, A., 1983. "Sm-Nd studies of Archaean metasediments and metavolcanics from west greenland and their implications for the Earth's early history", Earth and Planetary Science Letters, 62, 263-272.
- Haskin, L. A., Frey, F. A., Schmitt, R. A., Smith, R. H., 1966. Meteoritic, solar and terrestrial rare-earth distributions, *Physical and Chemical Earth*, 7, 167-321.
- Hayashi, K. I., Fujisawa, H., Holland, H. D., Ohmoto, H., 1997. "Geochemistry of 1.9 Ga sedimentary rocks from northeastern Labrador, Cananada", Geochimica et Cosmochimica Acta, 61, 4115-4137.
- Heller, P. L., Petennan, Z. E., O'Neil, J. R., "Shafiquillah, M. 1985., Isotopic provenance of sandstones from the Eocene Tyee Formation, Oregon Coast Range", Geological Society of America Bulletin, 96, 770-780.
- Henderson, P., 1984. *Rare Earth Element Geochemistry*. Amsterdam: Elsevier.
- Hoefs, J., 1987. *Stable İsoptope Geochemistry* (4.Basım). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

- Hoefs, J., 2004. *Stable İsoptpe Geochemistry* (5.Basım).Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Huang, H., Du, Y. S., Yang, J. H., Zhou, L., Hu, L. S., Huang, H. W., Huang, Z. Q., 2014. Origin of Permian basalts and clastic rocks in Napo, Southerwest China: Implications for the erosion and eruption of the Emeishan large igneous province, *Lithos*, 208-209, 324-338.
- Jackson, M. G., Hart, S. R., Koppers, A. A. P., Staudigel, S., Konter, J., Blusztajn, S., Kurz, M., Russell, S., 2007, "The return of subducted continental crust in Samoan lavas", *Nature*, 448, <http://dx.doi.org/10.1038/nature06048>.
- Kamber, B. S., 2005. "A new estimate fort he composition of weathered young upper continental crust from alluvial sediments, Quesland, Australia", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69, 1041-1058.
- 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.
- Karaca, A., 2004, Post-Miocene deformation of the area between Alibey (Kızılcahamam)and Karalar (Kazan) villages, NW Ankara (Turkey). *Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi*, 100 s.
- Kasapoğlu, K. E, 1980, A multiple mode of faulting mechanism proposed for the North Anatolian fault and prediction of related earthquakes. *Proc. Int. Symp. On Earthquake Prediction in the North Anatolian Fault Zone*. Editörler: Iskira, Vogel, Soysal. Vieweg and Sohn.
- Kasapoğlu, K. E., 2000. Ankara Kenti Zeminlerinin Jeoteknik Özellikleri ve Depremselliği. Ankara: *Jeoloji Müh. Odası Yayını*, Yayın No: 54.
- Kazancı, N., Gökten, E., 1988. "Ankara kuzeyinde Lezgi-Orhaniye-Kınık köyleri civarının jeolojisi", *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 31, 81-86.
- Kılıç, R., 1990. Zemin bileşimi ile kayma dayanımı arasındaki ilişki: Üst Pliyosen çökelleri (Ankara), *Jeoloji Mühendisliği*, 36, 47 – 54
- Kiper, O.B., 1984, Pliyosen'de Ankara ile Etimesgut-Batıkent havzaları arasında uzananpaleosirt, *Jeoloji Muhendisliği*, s. 20, 35-39.
- Klaver, M., Djuly, T., Graaf, S., Sakes, A., Wijbrans, J., Davies, G., Vroon, P., 2015. "Temporal and spatial variations in provenance of Eastern Mediterranean Sea sediments: Implications for Aegean and Aeolian arc volcanism", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 153, 149-168.
- Koçkar, H., Akgün , M. K., 2013. Ankara ve çevresi gibi küçük ve orta büyüklükte sismik aktivite gösteren alanlardaki yerel zemin koşullarının yer sarsıntısı karakteristiği.

Hatay: 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Mustafa Kemal Üniv.,

- Koçyiğit, A., 1991. "Ankara ve çevresinde bindirme fayları- Pliyosen'den itibaren sıkışmalı tektonik rejimin", TPJD Bülteni, 3, 43-55.
- Koçyiğit, A., 1987, Hasanoğlan yöresinin tektonostratigrafisi: Karakaya orojenik kuşağının evrimi : 14.
- Kutluay, A., 2007, Ankara'nın kuzeybatısında yer alan Kazan havzasının batı kenarının tektonik özellikleri. Hacettepe Üniv. Jeoloji Müh. Anabilin Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Leuches, K., 1940. Junge Gebirgsbildung und vulkanische Tätigkeit im Gebiete von Ankara, Min. Geol. Ges. in Wien. 32 Bd, 1939, Wien.
- Li, Y.-Q., Ma, C.-Q., Robinson, P. T., Zhou, Q., Liu, M.-L., 2015. Recycling of oceanic crust from a stagnant slab in the mantle transition zone: Evidence from Cenozoic continental basalts in Zhejiang Province, SE China, *Lithos*, 230, 146-165.
- Lin, J. G., Chen, S. Y. 1997. "The Relationship Between Adsorption of Heavy Metal and Organic Matter in River Sediments", *Environment International*, 24, 345-352.
- Linn, A. M., DePaolo, D. J., Ingersoll, R. V., 1991. "Nd-Sr isotopic provenance analysis of Upper Cretaceous Great Valley fore-arc sandstones", *Geology*, 19, 803-806.
- Linn, A. M., DePaolo, D. J., Ingersoll, R. V., 1992. "Nd-Sr isotopic, geochemical and petrographic stratigraphy and paleotectonic analysis: Mesozoic Great Valley forearc sedimentary rocks of California", *Geological Society of America Bulletin*, 104, 1264-1279.
- 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. *Geological Society of America Special Paper*. Editörler: Johnson, M. J., Basu, A. Pennsylvania: Elsevier.
- Liu, W. X., Li X. D., Shen, Z. G., Wang, D. C., Wai, O. W. H., Li, Y. S., 2003. Multivariate statistical study of heavy metal enrichment in sediments of the Pearl River Estuary, *Environ Pollut*, 121, 377-388.
- McLennan, S. M., Taylor, S. R., 1980. "Th and U in sedimentary rocks: crustal evolution and sedimentary recycling", *Nature*, 285, 621-624.
- McLennan, S. M., 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks; influence of provenance and sedimentary processes, *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 21, 169-200.
- McLennan, S. M., Taylor, S. R., McCulloch, M. T., Maynard, J. B., 1990. "Geochemical and Nd-Sr isotopic composition of deep-sea turbidites: Crustal evolution and plate tectonic associations". *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54, 2015-2050.

- McLennan, S. M., 1993. "Weathering and global denudation", Journal of Geology, 101, 715-717. Papers, 284, 21-40.
- McLennan, S. M., Hemming, S., McDaniel, D. k., Hanson, G. N., 1993. "Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics", Geological Society of America SpeCIAI.
- McLennan, S. M., 2001. Relationship between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust, *Geochemistry, Geophysics, Geosystematic* 2.
- McLennan, S. M., 2003. "Sedimentary silica on Mars", Geology, 31, 315-318.
- Meer, R.K. ve Mohri, M., 1956, Beypazarı Bölgesinde Jeolojik ve Hidrojeolojik saha Çalışmaları Hakkında Rapor. MTA. No: 2554. Ankara.
- Michard, A., Gurriet, P., Soudant, M., Albarede, F., 1985. "Nd isotopes in French Phanerozoic shales: External vs. internal aspects of crustal evolution", Geochimica et Cosmochimica Acta, 49, 601-610.
- Miller, R. G., O'Nics, R. K., 1984. "The provenance and crustal residence ages of British sediments in relation to paleogeographic reconstructions", Earth and Planetary Science Letters, 68, 459-470.
- Miller, D. M., Goldstein, S. L., Langmuir, C. H., 1994. "Cerium/lead and lead isotope ratios in arc magmas and the enrichment of lead in the continents", Nature, 368, 514-520.
- Monna, F., Lancelot, J., Croudace I. W., Cunday, A. B., Lewis, J. T., 1997. Pb isotopic composition of airborne particulate material from France and southern United Kingdom: implication for Pb pollution sources in urban areas, *Environ Sci Technol*, 31, 2277-2286.
- Nelson, B. K., DePaolo, D. J., 1988. "Comparison of isotopic and petro graphic provenance indicators in sediments from Tertiary continental basins of New Mexico", Journal of Sedimentary Petrology, 58, 348—357.
- Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1982."Early Proteozoic climate and plate motions inferred from major element chemistry of lutites", Nature, 299, 715-717.
- Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1984. "Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamics and kinetic consideration", Geochimica et Cosmochimica Acta, 48, 1523-1534.
- Nesbitt, H. W., Wilson, R. E., 1992. "Recent chemical weathering of basalts", *Am. J. Sci.*, 292, 740-777.

- N'guessan, Y. M., Probst, J. L., Bur, T., Probst, A., 2009. "Trace elements in stream bed sediments from agricultural catchments (Gascogne region, S-W France): Where do they come from?", Science Of The Total Environment, 407, 2939-2952.
- Norman, T., 1972. "Ankara-Yahşihan bölgesinde üst KretaseAlt Tersiyer istifinin stratigrafisi", Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 15, 180-276.
- Ocakoğlu, F., 1998, "Ankara kuzeyi Orhaniye bölgesindeki Üst Kretase-Eosen istifinin kilstratigrafisi." Türkiye Jeoloji Bülteni. 41-2, 31-39.
- O'Nions, R. K., Hamilton, P. J ., Hooker, P. J., 1983. "A Nd isotopic investigation of sediments related to crustal development in the British Isles", Earth and Planetary Science Letters, 63, 229-240.
- Owens, P. N., Batalla, R. J., Collins, A. J., Gomez, B., Hicks, D. M., Horowitz, A. J., 2005. Fine-grained sediment in river systems: environmental significance and management issues, River Res. Appl., 21, 693-717.
- Pasternack, G.B., Brown, K.J., 2006. "Natural and anthropogenic geochemical signatures of floodplain and deltaic sedimentary strata, Sacramento-San Joaquin Delta, California, USA", Environmental Pollution, 141, 295-309.
- Pehlivan, R., 2010. "The Effect of the weathering in the 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.
- Perry, E. A., Turekian, K. K., 1974. "The Effect of diagenesis on the redistribution of strontium isotopes in shales", Geochimica et Cosmochimica Acta, 38, 929-935.
- Pettijohn, F.J., Potter, P. E., Siever, R., 1972. Sand and Sandstone. New York: Springer-Verlag.
- Salomon-Calvi, W., 1940, Les tremblements de terre d' Erzincan du 21. XI. et du 21. XII., Maden Tetkik ve Arama, Sene 5, Sayı 1/18, p. 27-30.
- Savin, S. M., Epstein, S., 1970. "The oxygen isotopic compositions of coarse grained sedimentary rocks and minerals", Geochimica et Cosmochimica Acta, 34, 323-329.
- Saydam Eker, Ç., Demirkol Kılıç, E., 2016. "Geochemistry of Çoruh River bed sediments in Bayburt (NE Turkey): Implications in weathering, provenance, and metal pollution", Arabian Journal of Geosciences, (İncelemede).
- Saydam Eker, Ç. 2015. "Çoruh Nehri (Bayburt) Dere Yatağı Çökellerinin Jeokimyasal Özellikleri, BAP Projesi (No: 15.F5114.02.02), Gümüşhane".

- Sevin, M., Dönmez, M., Atıcı, G., Esatoğlu Vekli, A. H., Sarıfakioğlu, E., Arıkan, S., Soycan, H., 2015. "Ankara dolayında geç Permiyen Uyumsuzluğu ve Temel kayaçlarda Yeni yaş bulguları, Ankara, Türkiye", MTA Dergisi, 151, 133-151.
- Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karakuş, K., Fodor, L., Araz, H., Karadenizli, L., 1997. "Does Continuous Compressive Tectonic Regime Exist During Late Paleojen to Late Neogene in NW Central Anatoliya, Turkey? Preliminary Observations", Turkish Journal of Earth Sciences, 6 (2), 77-83.
- Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karadenizli, L., Sen, S., Varol, B. and Karabiyikoglu, T., 2000. Rockfall avalanche deposits associated with normal faulting in the NW of Cankiri basin: implication for the post-collisional tectonic evolution of the Neo-Tethyan suture zone. *Terra Nova*, 12, 245-251.
- Seyitoğlu, G., Işık, V., Kırman, E., İleri, İ., 2006 Gölbaşı-Elmadağ güneyinin Neoteknik özellikleri. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, Proje Numarası: 20050745008 HPD, Ankara, 3,17.
- Sharma, A., Sensarma, S., Kumar, K., Khanna, P. P., Saini, N. K., 2013. "Mineralogy and geochemistry of the Mahi River sediments in tectonically active western India: Implications for Deccan large igneous province source, weathering and mobility of elements in a semi-arid climate", Geochimica et Cosmochimica Acta, 104, 63-83.
- Spadea, P., Tortorici, L., Lanzafame, G., 1980. Ophiolites of Tyrrhenian coastal chain. Vith ophiolite Field Conference, Field Excursion Guidebook, Gruppo Lavoro Ophiolite Mediterranee. Editör: Borlotti, V. Italy: Florence.
- Spiers, G. A., Dudas, M. J., Muehlenbachs, K., Turchenek, L. W., 1984. "Mineralogy and oxygen isotope geochemistry of clays from surficial deposits in the Athabasca Tar Sands area", Canadian Journal of Earth Sciences, 21, 53-60.
- Sultan, K., Shazili, N.A., 2010. "Geochemical baselines of major and trace elements in the tropical sediments of the Terengganu River basins, Malaysia", International Journal of Sediment Research, 25, 340-354.
- Suttner, L. J., Dutta, P. K., 1986. "Alluvial sandstone composition and paleoclimate 1. Framework mineralogy", Journal of Sedimentary Petrology, 56, 326-345.
- Stacey, J. S., Kramers, J. D., 1975. "Approximation of terrestrial lead evolution by a two-stage model", Earth and Planetary Science Letters, 26, 207-221.
- Stoeser, D. B., Frost, C. D., 2006. "Nd, Pb, Sr and O isotope characterization of Saudi Arabian Shield terranes", Chemical Geology, 226, 163-188.
- Şahinci, A., 1975, Karakaya (Ayaş) Ilıca Köyü çevresi jeolojisi- Hidrojeoloji etüdü, Ege Üniversitesi, İzmir.

- Tatlı, S., 1975. Çubuk-Melikşah alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. MTA.Rap. No 3280 (yayımlanmamış) Ankara.
- Taylor, S. R., McLennan, S. M., 1985. The Continental Crust: Its Composition and Evolution. Oxford: Blackwell Scientific Publishing.
- Toori, M. ve Dirik, K., 2006, Orhaniye ve Güvenç (KKB Ankara) civarındaki yapıların kinematik analizi: Ankara civarında Neojen'deki gerilim yönlerinin değişimine önemli bir kanıt. 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, 407-408.
- Ulamış, K., Kılıç, R., ve Başokur, A.T., 2007, Ankara kenti batısındaki zeminlerin jeoteknik özellikleri, Erdoğan Yüzer Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İstanbul, 263-269 s.
- Ünlü, T., 1974. Kazan (Bolu) ve Peçenek (Ankara) alanının jeotermal amaçlı incelenmesi. Ankara: MTA. Rap. No 5775 (yayımlanmamış).
- Ürgün, S., 1974. Ankara'nın 30 km. batısında Sincan köyü ile Ayaş kazası arasında kalan bölgenin jeolojik ve jeotermik açıdan incelenmesi. Ankara: MTA. Rap. No 5775 (yayımlanmamış).
- Wang, Y., Long, X., Wilde, A. A., Xu, H., Sun, M., Xiao, W., 2014. "a. 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.
- Wang, B., Chen, J., Xu, J., Wang, L., 2014. "b. Geochemical and Sr-Nd-Pb-Os isotopic composition of Miocene ultrapotassic rocks in southern Tibet: Petrogenesis and implications for the regional tectonic history", Lithos, 208-209, 237-250.
- Wedepohl, K. H., 1995. "The composition of the continental crust", Geochimica et Cosmochimica Acta, 59, 1217-1232.
- Weingart, W., 1954. 56/2, 56/4 Sivrihisar ve 57/1, 57/3 Ankara paftalarının jeoloji haritası hakkında rapor. Ankara: MTA Rap., 2248 (yayımlanmamış).
- Workman, R. K., Hart, S. R., Jakson, M., Regelous, M., Farley, K. A., Blusztajn, J., Kurz, M., Staudigel, H., 2004. Recycled metasomatised lithosphere as the origin of the enriched mantle II (EM2) end-member: evidence from the Samoan volcanic Chain, geochemistry, Geophysics, Geosystems s. <http://dx.doi.org/10.1029/2003GC00623>.
- Workman, R. K., Eiler, J. M., Hart, S. R., Jackson, M. G., 2008. Oxygen isotopes in Samoan lavas: Confirmation of continental recycling. Geology. <http://dx.doi.org/10.1130/G24558A.1>.
- 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.

- 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.
- Wronkiewicz, D. J., Condie, K.C., 1989. "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.
- Vierse, J., Dupré, Gaillardet, J. 2009. "Chemical composition of suspended sediments in World Rivers: New insights from a new database", Sci Total Environ, 407, 853-868.
- Vroon, P. Z., Van Bergen, M. J., Klaver, G. J., White, W. M., 1995. "Strontium, neodymium, and lead isotopic and trace-element signatures of the East Indonesian sediments: Provenance and implications for Banda Arc magma genesis", Geochimica et Cosmochimica Acta, 59, 2573-2598.
- Yang, S., Jung, H-S., Li, C., 2004. Two unique weathering regimes in the Changjiang and Huanghe drainage basins: geochemical evidence from river sediments, Sedimentary Geology, 164, 29-34.
- Yeh, H.-W., Eslinger, E. V., 1986. Oxygen isotopes and the extent of diagenesis of clay minerals during sedimentation and burial in the sea, Clays and Clay Minerals, 34, 403-406.
- Zartman, R. E., Doe, B. R., 1981. Plumbotectonics-the model, Tectonophysics, 75, 135-162.
- Zhang, C., Wang, L., 2001. "Multi-element geochemistry of sediments from the Pearl River system, China", Applied Geochemistry, 16, 1251-1259.
- Zou, H. B., Zindler, A., Xu, X. S., Qi, Q., 2000. "Major, trace element, and Nd, Sr and Pb isotope studies of Cenozoic basalts in SE China: mantle sources, regional variation, and tectonic significance", Chemical Geology, 171, 33-47.

ÖZGEÇMİŞ

Özay Özkan, 06.07.1983'de Artvin'de doğdu. İlk öğrenimine 4. sınıfa kadar Artvin Çoruh İlkokulunda daha sonra Mehmetçik İlkokulunda devam etti. Ardından Ankara'da İnönü ilkokulundan mezun oldu. Daha sonra eğitime Dr. Şerafettin Tombul Oğlu Lisesi'nde ortaokulu ve süper liseyi bitirdi. 2001 yılında mezun olduktan sonra 2002 yılında Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. Okul yıllarında yazdığı staj raporu nedeni ile TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası tarafından staj yarışması teşvik ödülü ile ödüllendirildi. Üniversitenin öğrenim bursunu almaya hak kazandı. Lisans eğitimi yıllarında TÜBİTAK projesinde araştırmacı öğrenci olarak çalıştı. Aynı okuldan 2007 yılında mezun oldu. Jeoloji Mühendisi olarak özel sektörde maden arama, su, jeotermal ve doğalgaz arama sondajlarında görev yaptı. Özel sektörde çalışmaya devam etmektedir.