



T.C.  
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ANKARA ÇAYI'NA AİT ESKİ ALÜVYONLARIN JEOKİMYASAL VE İZOTOPIK  
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa Kemal GÜMÜŞ

TEMMUZ 2016  
GÜMÜŞHANE



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

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ANKARA ÇAYI'NA AİT ESKİ ALÜVYONLARIN JEOKİMYASAL VE İZOTOPIK  
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mustafa Kemal GÜMÜŞ**

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

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20.06.2016**

**Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 21.07.2016**

**TEMMUZ 2016**



## KABUL VE ONAY



Doç. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER danışmanlığında **Mustafa Kemal GÜMÜŞ** tarafından hazırlanan “**ANKARA ÇAYI'NA AİT ESKİ ALÜVYONLARIN JEOKİMYASAL VE İZOTOPIK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**” isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği** Anabilim Dalı' nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.


Başkan

:   
Doç. Dr. Abdurrahman DOKUZ

Üye (Danışman)

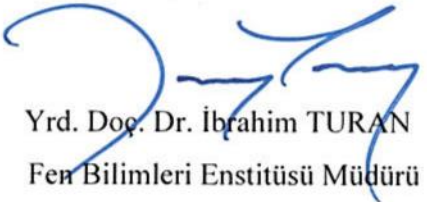
:   
Doç. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER

Üye

:   
Yrd. Doç. Dr. Fatma HOŞ ÇEBİ

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'na ait Eski Alüvyonların Jeokimyasal ve İzotopik Özelliklerinin İncelenmesi**" isimli tez çalışmasında; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.  
20/06/2016



**Mustafa Kemal GÜMÜŞ**

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# ANKARA ÇAYI'NA AİT ESKİ ALÜVYONLARIN JEOKİMYASAL VE İZOTOPIK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Mustafa Kemal GÜMÜŞ

Gümüşhane Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER

2016, 72 sayfa

Bu çalışmanın amacı, Ankara Çayı'na ait eski alüvyonlarının jeokimyasal ve izotopik özelliklerinin araştırılmasıdır.

Ankara Çayı'na ait eski alüvyon çökellerinin ana, iz ve nadir toprak element (N.T.E) içeriği belirlenmiş ve jeokimyasal anlamda litarenit olarak sınıflandırılmıştır.

Eski alüvyon çökellerinin ortalama kimyasal alterasyon indeksi (CIA), plajiolaz alterasyon indeksi (PIA) ve bileşimsel değişim indeksi (ICV) değerleri sırasıyla 58.6, 58.7 ve 1.58 olarak belirlenmiştir ve CIA ile  $\delta^{18}\text{O}$  izotop değerleri arasında pozitif korelasyon söz konusudur. Eski alüvyal çökellerde basit sedimanter döngü tarihi mevcuttur ve dolayısıyla çökelin jeokimyasal bileşimi kaynak alanındaki materyal bileşimi tarafından kontrolündedir.

Analiz edilen örneklerin  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop değerleri üst kıtasal kabuğa göre tükenmiş iken,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  izotop ve negatif  $\epsilon\text{Nd}(0)$  değerleri kıtasal kabuk değerleri ile benzerlik göstermektedir.

Eski alüvyon kelleri Ni ve As gibi ağır metal içeriği bakımından önemli oranda, Pb, Cu, Zn, Co, Hg, Sb ve Bi gibi ağır metal içeriği bakımından ise az miktarda kirlenmiştir ve bu ağır metallerin, endüstriyel kökenli olduğu dşnlmektedir.

Sonuç olarak; çalışma alanında muhtemelen yarı kurak-kurak iklim, zayıf-orta kimyasal ayrışma, zaman zaman yüksek tektonik aktivite ve yüksek erozyon olduğu, eski alüvyal çökellerin ortaç-felsik bileşimli kaynaktan malzeme aldığı ve kimyasal olarak olgun olmadığı, ayrıca söz konusu çökellerin endüstriyel kaynaklı olarak kirlendiği ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Alüvyal keller, Ankara ayı, İzotop, Jeokimya, Sedimanter döngü, Zenginleşme faktörü

**ABSTRACT**

**MS THESIS**

**INVESTIGATION OF GEOCHEMICAL AND ISOTOPIC CHARACTERISTICS  
OF OLD ALLUVIUM OF ANKARA STREAM (ANKARA)**

Mustafa Kemal GÜMÜŞ

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER

2016, 72 pages

The purpose of this study is investigate geochemical and isotopic characteristics of the old alluvial deposits of Ankara Stream

Major, trace and rare earth elements (N.T.E) contents of the old alluvial deposits of Ankara Stream are determined and, geochemically are classified as lithic arenites.

Average chemical index of alteration (CIA), plagioclase index of alteration (PIA) and index of compositional variability (ICV) values of the old alluvial deposits are determined as 58.6, 58.7 and 1.58, respectively, and CIA exhibits a positive correlation with  $\delta^{18}\text{O}$  isotope values. Ancient alluvial deposits are exposed to the simple sedimentary cycling history, which indicates that geochemical compositions of sediments were controlled by the composition of source materials.



$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  isotope values of analyzed samples are depleted to upper continental crust, whereas  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  isotope and negative  $\epsilon\text{Nd}(0)$  values are similar to upper continental crust.

The studied sediments were significantly polluted by Ni, As and a lesser by Pb, Cu, Zn, Co, Hg, Sb, Bi and these heavy metals are industrial origin.

As a result; likely low-to-moderate degrees of chemical weathering of these deposits show an increase tectonic activity and erosion and semiarid to arid conditions in the studied area. Old alluvial deposits are derived from particle to intermediate – to felsic sources and the deposits are chemically immature. Additionally, these sediments were contaminated by materials from industrial sources.

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

## TEŞEKKÜR

Ankara Çayı'na ait eski alüvyonların jeokimyasal ve izotopik özelliklerinin incelenmesini amaçlayan bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında, Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

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

Gümüşhane Üniversitesinde görev yapan hocalarım Doç. Dr. Ferkan SİPAHİ, Yrd. Doç. Dr. Enver AKARYALI, Yrd. Doç. Dr. Selçuk ALEMDAĞ, Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ, Yrd. Doç. Dr. Serhat DAĞ, Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali GÜCER, Yrd. Doç. Dr. Emre AYDINÇAKIR, Doç. Dr. Abdurrahman DOKUZ ve tez çalışmam boyunca arazi ve tez çalışmalarında bana yardımını esirgemeyen arkadaşım Jeoloji Mühendisi Özay ÖZKAN, yine tez çalışmalarımda fikirlerine başvurduğum arkadaşım Jeoloji Mühendisi Mustafa Volkan YÜCELEN'e teşekkür ederim.

Tez ve arazi çalışmalarım boyunca hep yanımda olup beni destekleyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Mustafa Kemal GÜMÜŞ  
Gümüşhane 2016

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

### Sayfa No

|  |      |
|--|------|
| ÖZET .....                             | IV   |
| ABSTRACT .....                         | VI   |
| TEŞEKKÜR .....                         | VIII |
| İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....                | IX   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                  | XI   |
| TABLolar DİZİNİ.....                   | XIII |
| SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....  | XIV  |
| 1. GENEL BİLGİLER.....                 | 1    |
| 1.1. Giriş ve Amaç.....                | 1    |
| 1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı ..... | 1    |
| 1.3. Coğrafi Bilgiler.....             | 1    |
| 1.3.1. Coğrafi Konum.....              | 1    |
| 1.3.2. Topoğrafya .....                | 2    |
| 1.3.3. İklim ve Bitki Örtüsü.....      | 2    |
| 1.3.4. Ulaşım ve Yerleşim .....        | 3    |
| 1.4. Bölgesel Jeoloji .....            | 3    |
| 1.5. Önceki Çalışmalar .....           | 5    |
| 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....            | 10   |
| 2.1. Materyal ve Yöntemler.....        | 10   |
| 2.1.1. Arazi Çalışmaları.....          | 10   |
| 2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları .....   | 10   |
| 2.1.2.1. Örneklerin Hazırlanması ..... | 10   |
| 2.1.3. Analitik Yöntemler.....         | 10   |
| 2.1.3.1. ICP-MS Analizleri.....        | 10   |
| 2.1.3.2. Sr-Nd İzotop Yöntemi .....    | 11   |
| 2.1.3.3. Pb İzotop Yöntemi.....        | 12   |
| 2.1.3.4. Oksijen İzotop Yöntemi .....  | 12   |
| 2.1.4. Büro Çalışmaları.....           | 12   |
| 3. BULGULAR .....                      | 14   |
| 3.1. Stratigrafi.....                  | 14   |
| 3.1.1. Karakaya Formasyonu.....        | 14   |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 3.1.2.  | Bilecik Kireçtaşları.....   | 14 |
| 3.1.3.  | Abdüsselamdağ Volkanit Karmaşığı.....   | 16 |
| 3.1.4.  | Tekke Volkanitleri.....   | 16 |
| 3.1.5.  | Alıcı Formasyonu.....   | 16 |
| 3.1.6.  | Kumartaş Formasyonu .....   | 17 |
| 3.1.7.  | Hançılı 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).....   | 29 |
| 3.2.4.  | Ağır Metal Konsantrasyonu ve Organik Karbon İçeriği.....  | 33 |
| 3.2.5.  | Sr-Nd-Pb-O İzotop Jeokimyası .....  | 36 |
| 4.      | TARTIŞMA.....   | 38 |
| 4.1.    | Ayrışım.....  | 38 |
| 4.2.    | Sedimanter Boylanma ve Döngü.....   | 40 |
| 4.3.    | Kaynak Alan.....  | 44 |
| 4.4.    | Ağır Metallerin Olası Kaynakları.....   | 52 |
| 4.5.    | Eski alüvyal çökellerinin Element Bolluğunun WRAS, WRAC, SSWR, Çoruh Nehri ve Ankara Çayı Dere Yatağı Çökelleri ile Kıyaslanması..... | 56 |
| 5.      | SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....  | 59 |
| 6.      | KAYNAKLAR.....  | 61 |
|         | ÖZGEÇMİŞ  |    |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| 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 jeolojik haritası (Akyürek vd., 1997; Bilgin vd., 2009).....   | 20 |
| Şekil 3.3.  | Eski alüvyon örneklerinin % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> içeriği ile diğer ana oksitler arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram.....                     | 23 |
| Şekil 3.4.  | İncelenen çökellerin Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ve SiO <sub>2</sub> konsantrasyonu.....  | 24 |
| Şekil 3.5.  | Ankara Çayı eski alüvyonlarının jeokimyasal sınıflaması.....   | 24 |
| Şekil 3.6.  | Eski alüvyon örneklerinin (CaO+MgO)+SiO <sub>2</sub> /10+(Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O) diyagramı kullanılarak sınıflandırılması.....              | 25 |
| Şekil 3.7.  | Eski alüvyon örneklerinin çökellerinin ÜKK'ya göre ana element değişimi.....   | 25 |
| Şekil 3.8.  | Alüvyon örneklerinin % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ve iz element içeriği arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram.....                                   | 28 |
| Şekil 3.9.  | İncelenen örneklerin iz element ve Au örümcek diyagramı.....   | 29 |
| Şekil 3.10. | Eski alüvyal örneklerin kondirit ile normalleştirilmiş N.T.E ve ÜKK Örümcek diyagramı.....   | 31 |
| Şekil 3.11. | Eski alüvyon örneklerinin ÜKK' a normalleştirilmiş örümcek diyagram.....   | 31 |
| Şekil 3.12. | İncelenen örneklerin N.T.E ile seçilmiş bazı element içeriği arasındaki ilişki.....  | 32 |
| Şekil 3.13. | Eski alüvyon çökellerinin TOK içeriği 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..... | 35 |
| Şekil 4.1.  | İncelenen örneklerin kimyasal ayrışma değişimini gösteren jeokimyasal diyagramlar.....   | 40 |
| Şekil 4.2.  | Eski alüvyon örneklerinin sedimanter döngü ile değişimini gösteren jeokimyasal diyagramlar.....  | 44 |
| Şekil 4.3.  | İncelenen örneklerin kaynak bileşenini gösteren jeokimyasal diyagramlar.....   | 46 |
| Şekil 4.4.  | İncelenen örneklerin a) Zr/Sm – Nb/Ta ve b) Ce – Ce/Pb diyagramları c) Nd/Hf – Hf/Sm diyagramı.....  | 48 |
| Şekil 4.5.  | İncelenen örneklerin <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr - δ <sup>18</sup> O diyagramındaki dağılımı.....   | 49 |
| Şekil 4.6.  | Analiz edilen örneklerin a) <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr – <sup>143</sup> Nd/ <sup>144</sup> Nd (εSr - εNd) izotop korelasyon diyagramı.....       | 50 |

|  |    |
|--|----|
| Şekil 4.7. İncelenen örneklerin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ izotop değerlerinin $\text{SiO}_2$ ve $\text{MgO}$ içerikleri arasındaki değişimi gösteren diyagram .....  | 50 |
| Şekil 4.8. Analiz edilen örneklerin $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - ^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ değerleri değişim diyagramları.....  | 51 |
| Şekil 4.9. İncelenen örneklerin kurşun izotop oran diyagramları.....   | 52 |
| Şekil 4.10. Çalışılan örneklerin ağır metal içeriği ve ortalama zenginleşme faktör diyagramı .....   | 55 |
| 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, c) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ diyagramı ..... | 56 |
| Şekil 4.12. a) İncelenen örneklerin bazı ana, iz element ve N.T.E ortalamasının ÜKK ile normalleştirilmiş örümcek diyagramı.....   | 58 |



## TABLULAR DİZİNİ

### Sayfa No

|  |    |
|--|----|
| Tablo 3.1. Eski alüvyon örneklerinin ana element ve hesaplanmış ortalama değerleri.....  | 22 |
| Tablo 3.2. İncelenen Örneklerin iz element (ppm), Au (ppb) içeriği ve hesaplanmış ortalama değerleri .....   | 27 |
| Tablo 3.3. Analiz edilen örneklerin nadir toprak element (N.T.E) içeriği ve hesaplanmış ortalama değerleri .....   | 30 |
| Tablo 3.4. Analiz edilen örneklerin bazı ağır metal, TOK, içeriği, hesaplanmış ortalama değerleri ve ortalama ÜKK değerleri .....  | 34 |
| Tablo 3.5. Analiz edilen alüvyon örneklerinin Nd, Sr, O ve Pb izotopik verileri .....  | 37 |
| Tablo 4.1. İncelenen örneklerin element oranları ve CIA, PIA ve ICV değerleri .....  | 42 |
| Tablo 4.2. Eski alüvyal çökellerinin ve granit, andezit, ofiyolit, bazik ve asidik kumtaşları, ÜKK (Üst kıtasal kabuk), AKK (Alt kıtasal kabuk) OK (Okyanusal kabuk)'un element oranları ..... | 46 |
| 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 <sub>N</sub> | : | 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             | : | Plajoklaz 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 Kil         |
| WRAS            | : | Dünya Nehirleri Dere Yatağı Silt        |
| VSMOW           | : | Vienna Standart Ortalama Okyanus Suyuna |
| Yb <sub>N</sub> | : | Normalleştirilmiş İterbiyum             |



## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1. Giriş ve Amaç**

Türkiye’de dere yatağı sedimanları ve eski alüvyonları konu alan çok sınırlı sayıda çalışma varken, Ankara Çayı’na ait eski alüvyal çökellerin jeokimyasını konu alan bir çalışma henüz yapılmamıştır. Ankara 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. Bu çaya ait eski alüvyonlarda çaya paralellik sunarak yaklaşık 140 km’ lik hat boyunca yayılım göstermektedir.

### **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 eski alüvyal çökellerini konu alan bir çalışma yapılmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada “Ankara Çayı’na ait eski alüvyonlarının jeokimyasal ve izotopik özelliklerinin incelenmesi” amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak söz konusu çökellerden 35 adet örnek jeokimyasal ve izotopik analizleri için laboratuarlara gönderilmiştir. Tez kapsamında, derlenen verilerden hareketle, çökellerin kaynak alanları, kaynak alanındaki kimyasal ayrışma durumu, çökellerin ağır metal içeriği ve kökenlerini konu alan bu tez çalışması oluşturulmuştur.

### **1.3. Coğrafi Bilgiler**

#### **1.3.1. Coğrafi Konum**

İnceleme bölgesinin güneyinde Polatlı ve Ayaş kuzeyinde ise Sincan yer almaktadır (Şekil 1.1).



(Akçura,1971). Nispi neminen düşük ölçüldüğü aylar Temmuz ve Ağustos ayları, en yüksek ölçüldüğü aylar ise Kasım'dan Şubat ayına kadar geçen 4 aylık dönemi kapsamaktadır. Son 55 yılın nispi nem ortalaması %60'dır. Buharlaştırma miktarındaki ortalama 28 yıllık dönemde Aralık ayında en düşük, Temmuz-Ağustos aylarında en yüksektir. Çalışma alanı çevarı bitki örtüsü yönünden de fakir bir görüntü sunmaktadır (Demirtaş ve Adil, 2010).

#### **1.3.4. Ulaşım ve Yerleşim**

İnceleme alanına ulaşım karayolu ve demiryolu ile sağlanmakta olup inceleme alanın bulunduğu Temelli beldesi ve Polatlı ilçesi arası yaklaşık 35 km dir. Çalışma alanın bulunduğu Temelli batısında bulunan Sivrihisar ilçesine yaklaşık 100 km, kuzeyde bulunan Ayaş ilçe merkezine yaklaşık 70 km, güney-doğusunda bulunan Haymana ilçe merkezine yaklaşık 55 km ve doğusunda bulunan Ankara il merkezine yaklaşık 50 km uzaklıktadır. Ayrıca Ankara-Eskişehir arasında 170 km lik demiryolu, Ankara-Polatlı arasında da 88 km lik demiryolu bulunmaktadır (Şekil 1.2).

#### **1.4. Bölgesel Jeoloji**

Bölge Anatolit tektonik kuşağı içerisinde Kuzey Anadolu Fayının (K.A.F) güneyinde bulunmaktadır. Bölgede Ankara Grubunu oluşturan kaya türlerinde Paleotetis okyanusunun izlerine, Eldivan ofiyolit topluluğunda ise Neotetis okyanusunun izleri görülmektedir. Ankara bölgesinde oluşan tektonik hareketler üç bölüme ayrılır, “Alp Öncesi Hareketler”, “Alpin Hareketler” ve “Epirojenik Hareketler” şeklinde ele alınmıştır (Kasapoğlu, 2000). Alp öncesinde oluşan hareketlerin ilki Kaledoniyen, kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu kıvrımları meydana getirmiş ve bölgenin kuzeyinde bulunan Aydos Dağında mostra şeklinde gözlemlenen şistleri etkilemiştir. Kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu metagrovak ve grovaklar Permo-Triyas yaşlı kireçtaşı blokları içerisinde yer almakla beraber Hersiniyen hareketlerinin sonucudur. Bölge, Lias'tan Kretase ortalarına kadar Genç Kimmeriyen hareketlerinden etkilenerek sürekli olarak alçalmıştır (Erol, 1961). Laramiyen hareketi ile Lütisiyen'e kadar Üst Kretase'de yükselmiş olan bölge yeniden sular altında kalmıştır ve Eosen sonunda Ankara Bölgesi, Pirene Fazı'nda son defa su üstüne çıkmıştır (Erol, 1961).



Şekil 1.2. Ankara Çayı ve çevresinden fotoğraflar

Alpin kıvrımlanmasını izleyen ve gittikçe zayıflayan hareketler Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner boyunca süregelen Epirojenik hareketlerdir. Ankara ve çevresindeki orta Pliyosen düzlüklerinin oluşumu bu hareketlere bağlanabilir. Üst Pliyosen sonrasında, toptan yükselme zamanının başlangıcı, Vallakiyen hareketleri ile bağlantılı olduğundan buna bağlanabilir. Kuvaterner'deki iklim değişikliklerinin ve hem de düşey yükselmenin ortak noktası Ankara yöresindeki Pleistosen akarsu sekileri olduğu düşünülmektedir (Erol, 1961).

Çalışma alanı ve çevresinde değişik zamanlarda oluşmuş jeolojik birimler yer almakla beraber bu zaman dilimi Triyas'dan Kuvaterner'e kadar uzanmaktadır. Çalışma alanı ve çevresinde kumtaşı ve çamurtaşından oluşan Orta-Üst Triyas yaşlı kaya türleri en altta yer alır. Bunun üzerine Jura birimleri uyumlu olarak gelen birimler Jura yaşlı birimlerdir. Dogger; Ammonitli sarımsı beyaz kireçtaşı, Lias; kırmızımsı konglomera ve

Malm ise pelajik kireçtaşı litofasiyesi ve kırmızı marndan meydana gelmektedir (Chaput 1931; Erol 1968; Erentoz 1975; Gökten vd., 1988). Bu serinin üzerine tektonik dokanakla yer alan ofiyolitik melanj şeklinde oluşmuş, olistostrom, split, serpantin, diyabaz, radyolarit, bazalt, kireçtaşı, kumtaşı, çamur taşı, marn ve gabro oluşan ve onun da üstüne ofiyolitik melanj şeklinde oluşan uyumsuzlukla gelen kumtaşı, silttaşı, marn içeren fliš serisi (Bailey ve McCallien 1950; Egeran ve Lahn 1951; Erol 1961; Capan ve Buket 1975; Erentoz 1975; Kasapoğlu 1980) bölgedeki Alt ve Üst Kretase birimlerini oluşturmaktadırlar. Çok değişken boyutlarda bloklar halinde Malm kireçtaşlarının melanj içinde yer aldığı görülmektedir (Gökten vd., 1988). Ankara'da Oligosen lagüner ve evaporitik çökelleri, Eosen ise bol fosilli kumlu kireçtaşları ile temsil edilmektedir (Leuchs 1940; Erol 1961; Norman 1972; Çalgın vd. 1973; Çapan ve Buket 1975; Erentöz 1975; Kasapoğlu 1980). Aglomeralar tüflerle yanal geçişli veya andezitik lavlarla ardışıklı veya kesilmiş olup ara katkılı göl kireçtaşları ise Alt Miyosen beyaz renkli konglomera-kumtaşı silis birimlerini içermektedir (Erol vd. 1980). Gölsel kireçtaşı ile tüfitler Üst Miyosen birimleri; yeşilimsi beyaz renkli çakıtaşı-kumtaşı ara katkılı yeşil kil ve marndan oluşmuştur (Erol vd. 1980). Ankara yerleşim alanında Pliyosen çökelleri genellikle kırmızı kahverenkli killi siltli birimler içerisinde çakıl ve kum mercekleri halinde bulunurken, kırmızımsı killer yanında gri, bej renkli daha ziyade homojen yapı gösteren killi-siltli birimler Sincan civarında oluşmaktadır (Kılıç 1990). Kuvaterner yaşlı alüvyonlar alttaki birimlerle uyumsuz olup, çakıl, kum, silt ve killerden oluşmakta olup Ankara çayı ve ona bağlanan kolları boyunca görülür.

### **1.5. Önceki Çalışmalar**

İnceleme alanı içerisinde yer alan Ankara Çayı ve civarının jeolojisi pek çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Bölgeye ait çok sayıda jeoloji haritası MTA tarafından hazırlanmıştır. Çalışma alanı ve civarları ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalar aşağıda sıralanmıştır.

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

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

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

Bilgin (1980), Orta Sakarya platolarını kapsayan alan ile ilgili yapı, satıh ve drenaj özelliklerini araştırmıştır. Çok sayıda harita, kesit ve profil içeren çalışması ile çeşitli konularda tartışmalar açarak ayrıntılı bilgiler vermiştir.

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

Kiper (1984), Ankara ile Etimesgut – Batıkent havzaları arasını incelemiş, Jura yaşlı kireçtaşları ve Miyosen yaşlı volkanitlerinden oluşan bir paleo sırtın varlığını ortaya koymuştur. Ayrıca Pliyosen ve Holosen zamanlı toprak zeminlerin kalınlık değişimini, havza tabanlarının morfolojisini incelenmiştir.

Tunçdilek, (1985), Çalışmasında Neojen havzalarını içeren bilgilere yer vermiştir. Ayrıca Türkiye'nin jeomorfolojik açıdan karakteristik olan kısımlarını ve bunlardan nasıl yararlanılabileceğini belirtmiştir.

Gökten vd. (1988), Ankara'nın kuzeybatısında kalan Bağlum-Kazan arasındaki Geç Kretase-Pliyosen yaşlı istiflerin stratigrafisi ve tektoniğini incelemişlerdir. Çalışmalarında inceleme alanının yay önü havza şeklinde Üst Kretase'den Orta Miyosen'e kadar geliştiğini belirtmişlerdir.

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 dile getirmişlerdir.

Bozkurt (1990), Yaptığı çalışmada Ankara'nın güneybatısında yer alan Karakaya napı içerisindeki yeni bir Permiyen ve Karbonifer bulgusu ortaya koymuştur. Alt Karakaya napı, bir yitim kuşağı prizmasının yeşil şist fasiyesi şartlarında 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 içyapı ve dizilim sunan metamorfitle temsil edildiğini açıklamışlardır.

Koçyiğit (1991), Ankara ve çevresinde bindirme fayları tespit ederek, Pliyosen'den itibaren sıkışmalı tektonik rejimin varlığını ortaya koymuştur.

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

Seyitoğlu vd. (1997), Ankara ve civarında arazi gözlemleri yaparak, normal fayların varlığına dayanarak, Miyosen ve sonrasında genişlemeli tektonik rejimin olduğunu saptamıştır.

Seyitoğlu vd. (2000), Çankırı baseninde normal faylara bağlı kaya heyelanlarının neotektonik kökenli olduklarını belirtmişlerdir.

Besbelli ve Varol (2002), Ankara-Çubuk bölgesinde yer alan Tekke volkanitlerindeki kil mineralleşmelerini incelemiş ve farklı tipteki kil mineralleri ile alterasyon zonları arasında bağlantı kurmaya çalışmışlardır.

Fortelius vd. (2003), Ankara'nın kuzeybatısında Kazan ilçesi civarındaki memeli fauna alanı fosil tiplerini incelemiş ve bu alanda mostra veren Sinap 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 ifade etmişlerdir.

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 çıkarmışlardır.

Özsayın vd. (2005), Ankara'nın kuzeybatısındaki Yuva ve Yakacık köyleri civarında ofiyolitik melanjın Miyosen birimlerine bindirdiğini belirleyerek, bunun sonucunda Miyosen ve sonrasında bölgedeki tektonik fazın sıkışma rejiminde geliştiğini vurgulamışlardır.

Toori ve Dirik (2006), Ankara civarında Orhaniye çevresinde yaptıkları stratigrafik ve tektonik çalışmalarda bölgede Neojen döneminde egemen olmuş dört farklı tektonik faz belirlemişlerdir. Çalışma alanında Geç Miyosen ve öncesinde K-G sıkışması, Orta Miyosen'de açılma, sonrasında ise KB-GD ve KD-GB sıkışması saptanmıştır.

Seyitoğlu vd. (2006), Ankara, Yuvaköy kuzeyinde Üst Kretase ofiyolitik melanj 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 yeraldığına 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 olduğunu belirlemişlerdir.

Ulamış (2007), Ankara'nın 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 çalışmalara dayalı veriler elde etmiştir.

Kutluay (2007), Etimesgut formasyonu olarak isimlendirilen Geç Pliyosen-Pleistosen yaşlı birimlerde deformasyonun olmamasına dayanarak bölgedeki sıkışma rejiminin Geç Pliyosen öncesinde sonlandığını belirtilmiştir.

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

Demirtaş ve Adil (2010), Ankara İli, Polatlı İlçesi, Temelli Beldesi ve civarında Triyas'dan Kuvaterner'e kadar değişik zamanlarda oluşmuş jeolojik birimlerin yüzeylendiği alanda, Erken Miyosen yaşlı kireçtaşlarının varlığını dile getirmişlerdir.

Esat (2011), Ankara çevresinde Orta Anadolu'nun neotektoniğini ve deprenselliğini 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 ve ters faylarınolduğunu tespit etmiştir.

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. 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 getirmişlerdir.



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 civarlarında yaptıkları çalışma ile Sakarya Zonu içinde Geç Paleozoik yaşlı neritik ve pelajik karbonatlardan oluşan otokton bir istifin olduğunu ilk kez ortaya koymuşlardır.



## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Materyal ve Yöntemler**

Bu tez çalışması kapsamında, Ankara Çayı eski alüvyonlarının jeokimyasal özellikleri, kimyasal ayrışma dereceleri ve elementlerin kökenlerini araştırmak için, söz konusu alüvyonlardan örnekler toplanarak çeşitli jeokimyasal analizlere tabii tutulmuş ve elde edilen veriler değerlendirilerek yorumlanmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar, başlıca arazi, laboratuvar ve büro olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

#### **2.1.1. Arazi Çalışmaları**

Bu çalışmada inceleme sahasının mevcut jeolojik haritalarından yararlanarak, belirli aralıklarla Ankara Çayı'na ait eski alüvyonlarından yaklaşık 35-45 cm kazılarak pekişmemiş örnekler alınmıştır. Örnek alım esnasında eski alüvyonlarda çok belirgin tabakalanma veya bantlanma gözlenmemiş, ancak yer yer aşağıdan yukarıya doğru tane boyutunda incelmanın olduğu ve tanelerin iyi yuvarlaklaştığı gözlenmiştir.

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

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

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

#### **2.1.3. Analitik Yöntemler**

##### **2.1.3.1. Tüm Kayaç Analizleri**

Ana, iz ve nadir toprak element (N.T.E) analizleri için elenen toplam 35 adet örnekten yaklaşık 15 g ağırlığındaki miktar poşetlenerek, ACME (Vancouver, Kanada)

analitik laboratuvarına gönderilmiştir. Örnekler adı geçen laboratuvarında tane büyüklüğü 200 mesh'den daha küçük olacak biçimde agat bir havan içinde öğütülmüştür. Ana ve iz element içerikleri, 0.2 g toz kayaç örneğinin 1.5 g LiBO<sub>2</sub> ile çözdürülmesi ve daha sonra 100 ml %5 HNO<sub>3</sub>'de çözülmesinden sonra ICP-MS ile ölçülmüştür. N.T.E içerikleri 0.25 g toz kayaç örneğinin dört farklı asit içerisinde çözdürülmesinden sonra ICP-MS ile analiz edilmiştir.

Ateşte kayıp (A.K.), örnekler 1000 °C'de yakıldıktan sonra ağırlık farkından hesaplanmıştır. Toplam Fe içeriği, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cinsinden ifade edilmiştir. Dedeksiyon limitleri, ana oksitler için % ağırlık olarak 0.002 - 0.04, iz elementler için 0.1 - 8 ppm ve N.T.E için 0.01 - 0.3 ppm arasında değişmektedir, Au için ise 0.5 ppb dir.

### **2.1.3.2. Sr-Nd İzotop Analizleri**

Toplam 7 adet örneğin tüm kayaç Sr ve Nd izotop analizleri Mexico State Üniversitesi (Amerika) İzotop Laboratuvarı'nda yaptırılmıştır. Analiz edilen bütün örnekler, katot taneler (tek filaman için) yada üçlü filament düzeneğinin kenar filamanı (renyum filaman) üzerine yüklenmiştir. Stronsiyum (Sr) numuneleri % 5 nitrik asit içinde eritilmiş ve TaO<sub>2</sub> çözeltisinden 3 damla ve % 5 fosforik asitten 1 damla ile katot taneleri üzerine yüklenmiştir. Rubidyum (Rb) numuneleri % 5 nitrik asit içinde eritilerek katot taneleri üzerine doğrudan yüklenmiştir. Hem Sr hem de Rb numuneleri VG Sektör 30 üzerinde analiz edilmiştir. Rb örnekleri, minimum 5 x 10<sup>-12</sup> amperde Rb'un kütlesi 85 ya da 87'nin yoğunluğu ile çalıştırılmıştır. Örneklerin çoğu 1 veya 3x10<sup>-11</sup> amperde bu piklerden birinin yoğunlukları ile çalıştırılmıştır. Pikler ya tek toplayıcı veya çok-toplayıcı çalışır kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçların bazılarındaki tutarsızlıklar, 1x10<sup>-11</sup> amperin minimum yoğunluğu kullanılarak minimuma indirilmiştir. Tüm Sr numuneleri bir VG Sektör 30 kütle spektrometresi kullanılarak analiz edilmiştir. Sr numunelerinin yoğunluğu 3 x 10<sup>-11</sup> 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 HNO<sub>3</sub> kullanılarak yüklenmiştir. Nd ve Sm örneklerinin analizleri birbirine kalibre edilmiş beş toplayıcı kullanılarak yapılmıştır. Numuneler, 5 x 10<sup>-12</sup> amperde aynı zamanda Sm kütle 149 ve 5x10<sup>-12</sup> amperin minimumunda Nd kütle 144 ile analiz edilmiştir. Numuneler, aynı zamanda, bir VG Sektör 30 üzerinde çalışılmıştır. <sup>87</sup>Rb/<sup>86</sup>Sr ve

$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 'un tekrarlanabilirliği % 0.3 ve  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ve  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  oranları sırasıyla  $\pm 0.000012$  ve  $\pm 0.00007$  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.

### **2.1.3.3. Pb İzotop Analizleri**

Toplam 10 adet örneğin tüm kayaç Pb izotop analizleri ACME (Vancouver, Kanada) analitik laboratuvarında yaptırılmıştır. Hazırlanan örnek, HCl, HNO<sub>3</sub> ve DIH<sub>2</sub>O 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.

### **2.1.3.4. Oksijen İzotop Analizleri**

Eski alüvyonlardan seçilen 7 adet örneğin Oksijen izotop analizi Queen's Üniversitesi (Kanada) İzotop Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Analiz esnasında öncelikle Clayton ve Mayeda (1963)'nın geleneksel BrF<sub>5</sub> yöntemine göre, 5 mg örneklerden 550-600°C'de oksijen elde edildi ve Thermo-Finnigan Delta Plus XP Continuous-Flow izotop oran Kütle Spektrometresi (KS) 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 ‰ olarak ölçülmüştür.

### **2.1.4. Büro Çalışmaları**

Arazi ve laboratuvar çalışmalarında elde edilen bulgular büro çalışmaları esnasında değerlendirilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında kullanılan harita bilgisayarda çizim programlarıyla çizilmiştir. Jeokimyasal ve izotop analiz sonuçları çeşitli paket programlar

kullanılarak ile çizilerek grafikleri ve tabloları halinde değerlendirilmiştir. Sonuçta elde edilen tüm veriler değerlendirilmiş ve tez yazımı gerçekleştirilmiştir.



### **3. BULGULAR**

#### **3.1. Stratigrafi**

İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Şekil 3.1) verilmiş olup çalışma alanlarında yapılan önceki araştırmalar, veriler, isimler ve yaşlar dahil olmak üzere aynen kullanılmıştır.

##### **3.1.1. Karakaya Formasyonu**

Formasyon Türkşerefli, Ada Tepe ve Alagöz köyü civarında görülmektedir. Formasyon genel olarak sarı, gri, koyu gri, zeytini gri ve kahve renkli olup, ince ve kalın tabakalı olarak gözlenmektedir. Bölgede formasyonun tabanı gözlenmemektedir. Bayırköy formasyonu Şerefli Türk ve Çokören köyleri civarında uyumsuz olarak örtülmektedir. Bilecik Kireçtaşları ve Soğukçam formasyonu Oltan ve Sinanlı köyleri civarında uyumsuz olarak örtülmektedir. Formasyonun görünür kalınlığının 100 m olduğu tahmin edilmektedir. Formasyonun yaşı içerdiği fosillere göre Erken-Orta-Geç Triyas olarak saptanmıştır (Demirtaş ve Adil, 2010).

##### **3.1.2. Bilecik Kireçtaşları**

Birim ilk olarak Granit ve Titant (1960) tarafından adlandırılmıştır. Neritik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Civarda Sinanlı Sarıoba ve Oltan köylerinin güney kesimlerine doğru geniş bir alanda yayılım göstermektedir. Bilecik civarında formasyonun kalınlığı 250-300 m iken, bölgede 100 m civarındadır. Çalışma alanının bulunduğu bölgede Karakaya formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Soğukçam kireçtaşları üzerine geçişli olarak gelmektedir. Birim alt yer yer çört yumruları içermekle beraber dolomitik seviyelerde görülmektedir. Sonra seviyeleri ince-orta katmanlı seviyeler izler, üstüne katmanlanmanın izlenmediği alg mercanlı masif bir seviye gelir ve en üst kısımlarda ise oolitle klastlı kireçtaşları ile sonlanır. İçerdiği fosillere göre formasyonun yaşı Kimmericiyen-Berriasiyen olarak saptanmıştır (Demirtaş ve Adil, 2010) (Şekil 3.1, 3.2).



### **3.1.3. Alıcı Formasyonu**

İlk Koçyiğit ve Lünel (1987) tarafından adlandırılmıştır. Alıcı ve Türkobası köylerinin bulunduğu kısımlarda geniş bir alanda görülür. Volkanitlerden türemiş kırıntılardan oluşur ve ayrıca üst kısımlarda aglomeralar ara seviyeler olarak görülür. Karbonatlı kırıntılılar, şeyl ve çakıllı kumtaşı aralanmasını içermektedir. Birim Tekke volkanitleri, Kumartaş, Hançili, ve Alagöz formasyonları tarafından örtülür. İçerdiği fosil içeriğine göre, formasyonun yaşı Erken Eosen-Lütesiyen olarak saptanmıştır. Birimde eş yaşlı volkanizma ürünlerindeki görülmek mümkün. Formasyon, altta bulunan Kapıkaya kireçtaşları üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. (Demirtaş ve Adil, 2010) (Şekil 3.1, 3.2).

### **3.1.4. Abdüsselamdağ Volkanit Karmaşığı**

Birim Erkeksu Çiftliği-Ayaş yolu, Aktaş Deresi ve Gökler Köyü-Abdüsselamdağı güneyi boyunca yüzeylemektedir. Bazaltlar; kırmızı, kiremit, andezitler; gri ve kirli beyaz renkli, yeşil, şarabi ve gri renkli olarak gözlenir. Birim ilksel ilişkileri gözlenemeyen bazalt, tuf ve aglomeralardan meydana gelmiştir. Tüfler yeşilimsi gri olarak izlenmektedir. Formasyonun alt dokanağı görülmemektedir. Hançili formasyonu ve Tekke volkanitlerinin üzerine Kumartaş formasyonu oturmaktadır. Formasyonun yaşı Lütesiyen olarak belirlenmiştir. (Demirtaş ve Adil, 2010). Bilecik kireçtaşlarına ve Karakaya formasyonuna ait blokların yer aldığı birim ilk defa Bilgin vd.(2009) tarafından adlandırılmıştır. Ve bunlar Abdüsselam Dağı yükselimi boyunca yüzeyleyen tuf, andezit, bazalt, ve aglomeralardan oluşan birimler içerisinde yer almaktadır (Şekil 3.1, 3.2).

### **3.1.5. Tekke Volkanitleri**

Hançili ve Mamak formasyonu Tekke volkaniti ile yanal yönde geçişli olarak görülür (Bağırhan, 2007). Başlıca andezit, bazalt, tuf ve aglomeralardan oluşan birim ilk defa Akyürek vd. (1982, 1984) tarafından adlandırılmıştır. Üç üyeye ayrılan Tekke Volkanitleri andezit üyesi (Teta), bazalt üyesi (Tetb) ve tuf-aglomara üyelerinden oluşmaktadır. Bazaltlar koyu gri, siyah, koyu kahve renkli ve sert-masif görünümlü andezitler ise koyu kahve ve mor renkli, pembe, gri, şarabi, kahve, görünümlüdür. Karasal ortamda Orta Eosen'de, çarpışma sonrasında yoğun sıkışma etkisi altında gelişen litosferik manto



kaynağından türemiştir. Bu formasyonun yaşı Lütesiyen olarak kabul edilmiştir (Demirtaş ve Adil, 2010) (Şekil 3.1, 3.2).

### **3.1.6. Hançılı Formasyonu**

Formasyon ilk kez Akyürek (1980) tarafından adlandırılmıştır. Formasyon yoğun olarak marn ve killi kireçtaşlarından oluşmaktadır. Ayrıca bunun yanı sıra çakıltaşı, silttaşı, kumtaşı, çok az miktarda tuf, jips ve kömürlerden oluşur. Formasyon içerisinde kireçtaşı, yelpaze çökelleri ve bazalt olmak üzere üç üye ayırt edilmiştir. Formasyon Polatlı-Temelli-Ankara Çayı hattı boyunca geniş bölgelerde ve Polatlı-Ayaş yolu civarında yüzeylenmektedir. Birim ince-orta katmanlı, killi silttaşı, kiltası, kireçtaşı, marn, kumtaşı, çört ve tüflerin araldanmasından oluşur. Formasyon yeşilimsi beyaz, açık yeşil, beyaz, açık gri renkli olarak gözlemlenmiştir. Ara seviyeler olarak kömür düzeyleri yer alır. Kumartası formasyonu üzerine formasyon uyumlu olarak gelmektedir. Kumartası formasyonu dışında, alttaki birimleri uyumsuz olarak örtmektedir. Alagöz ve Karaahmet formasyonları ise üst kısımlarda uyumsuz olarak örtülmektedir. Formasyonun yaşı fosil içeriğine göre Alt-Orta Miyosen olarak saptanmıştır (Demirtaş ve Adil, 2010) (Şekil 3.1, 3.2).

### **3.1.7. Kumartas Formasyonu**

Formasyon ilk olarak Akyürek (1980) tarafından adlandırılmıştır. Birim çok az killi kireçtaşları, silttaşı, kiltası, kumtaşı, çakıltaşı ve tüften oluşur. Genellikle , açık yeşil, koyu kırmızı ve açık gri renklidir. Birim genel olarak Tekke köyü, Gökler köyü ve Çile Dağı güneyinde geniş yayılım gösterdiği görülmektedir. Tipik olarak Deli Çorak Tepe, Poyraz köyü kuzeyinde Kırçıklar deresi, Kapaklı deresi ve civarında gözlenir. Alttaki birimler üzerinde uyumsuz olarak gelmektedir. Abdüsselamdağı volkanitleri üzerine; Küçükler Mahallesi, Gökler köyü ve Tüllüce Tepe civarında Tekke volkanitleri üzerine uyumsuz olarak gelir. Alıcı formasyonunu Çile Dağı civarında açısız uyumsuzla örter. Poyraz köyü civarında formasyonun kalınlığı 300 m olduğu gözlenmiştir. Formasyonun yaşı fosil içeriğine göre Erken-Orta Miyosen olarak belirlenmiştir (Demirtaş ve Adil, 2010) (Şekil 3.1, 3.2).

### 3.1.8. Alagöz Formasyonu

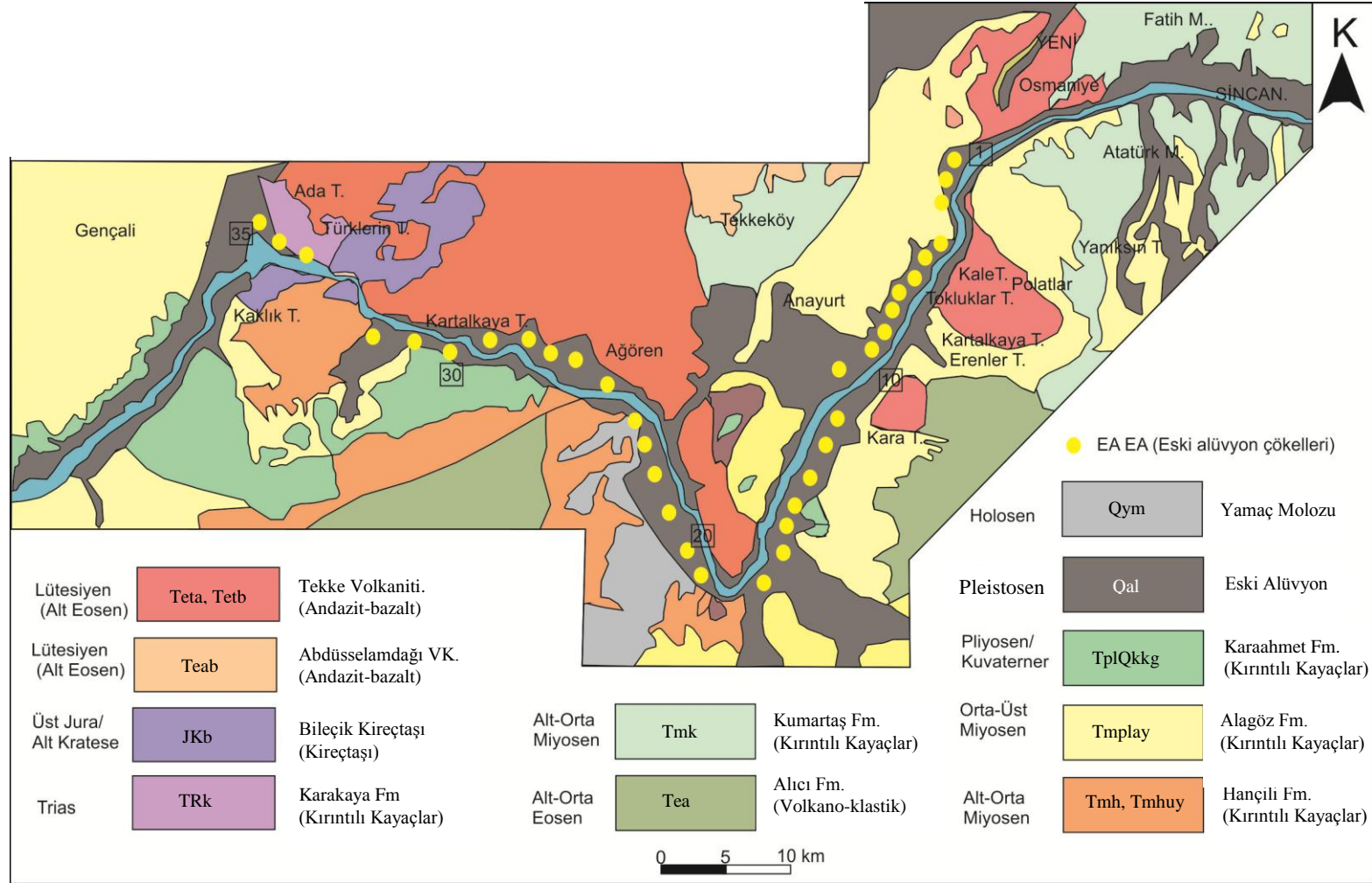
İlk defa Bilgin vd. (2009) tarafından isimlendirilmiştir. Formasyon alt kısımda yelpaze-akarsu ve az oranda gösel çökellerle şeklinde görülüp, üste doğru gösel kireçtaşlarına geçer. En üst kısımlarda ise volkanik seviyeler bulunur. Formasyon üç üyeden oluşmaktadır bunlar; gösel kireçtaşı üyesi, Yelpaze-akarsu üyesi ve volkanit üyesi şeklindedir. Yelpaze-akarsu çökelleri bölgenin doğu ve güneyinde oldukça geniş bir yaygın göstermektedir. Gösel kireçtaşları bu çökellerin üzerinde görülür. Yine bölgede aynı zaman diliminde oluşmuş volkanik birimler bulunmaktadır. Yelpaze-akarsu üyesi (Tmplay) genel olarak kumtaşı, marn, çakıltaşı ve çamurtaşlarından oluşmaktadır. Gösel kireçtaşı üyesi (Tmplag), bej renkli, sarımsı beyaz ve genelde masif görünümlü olarak kalın orta kalın şeklinde gözlemlenmektedir. Nadir olarak çört yumruları şeklinde görülür. Kireçtaşları Yelpaze-akarsu üyesi birimler üzerine uyumluluk gösterirken, alttaki daha yaşlı birimleri açısız uyumsuzlukla örter. Volkanit üyesi birimler ise üzerine uyumlu olarak gelir. Kalınlığı yaklaşık 50 metreye kadar ulaştığı görülmüştür. Fosil içeriği ve stratigrafik konumuna göre yaşlı 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, çamurtaşı, kumtaşı, kıltaşı ve çakıltaşlarından meydana gelmiştir. Birim batıda Karaahmet köyü civarında; doğuda Ankara Çayı ile Hızırşih köyü arasında yüzeylenir. Formasyon yelpaze ve göl üyesi olmak üzere 2 üyeye ayrılır. Göl üyesi (TplQkg), kıltaşı ve silttaşından ve oluşmuştur. Genellikle yeşilimsi gri renkli, kötü tutturulmuş, bitki kırıntılı, silttaşı tabakalarından meydana gelmiştir. Yelpaze üyesi ise (TplQky) çamurtaşı ve çakıl taşlarından oluşan bu üye de çakıl taşları gri, koyu gri renkli, iri-orta-ince kum, iri-ortasilt çakıl, ve mil boyutunda malzemelerden oluşur. Altındaki Alagöz ve Sarioba formasyonları ile üzerine uyumsuzluk gösterir. Üstte ise Kuvaterner yaşlı alüvyal çökeller ile uyumsuz olarak örtülür. Yaşı İçerdiği fosillere göre Geç Pliyosen-Erken Pleistosen'dir (Demirtaş ve Adil, 2010) (Şekil 3.1, 3.2).

### 3.1.10. Yamaç Molozu

Bu birimler yamaçların eteklerinde tutturulmamış veya az tutturulmuş kum, çakıl ve çamur şeklinde eski alüvyal birimler durumunda görülür. Bunlar kısa süreli akarsuların sellenmeleri sonucunda oluşmuştur ve Ankara Çayı'nın kot olarak daha yüksek topografyada kademeler halinde depoladığı yüksek seviyelerde kalmış Kuvaterner yaşlı taraça çökelleri mevcuttur. Ankara Çayı'nın hem güneyinde hem de kuzeyinde akarsuyun hem güncel alüvyal yatağının dışında hem de daha üst seviyelerde görülmektedir. Başlıca Ankara Çayına kuzeyden ve güneyden katılan derelerin vadi tabanları boyunca güncel alüvyal çökeller yer alır. Bunlarda tutturulmamış çakıl, kum ve çamurlardan oluşmaktadır. Yaşı Geç Pleistosen olarak kabul edilmiştir (Demirtaş ve Adil, 2010) (Şekil 3.1, 3.2).



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

## 3.2. Jeokimyasal Değerlendirmeler

### 3.2.1. Ana Elementler

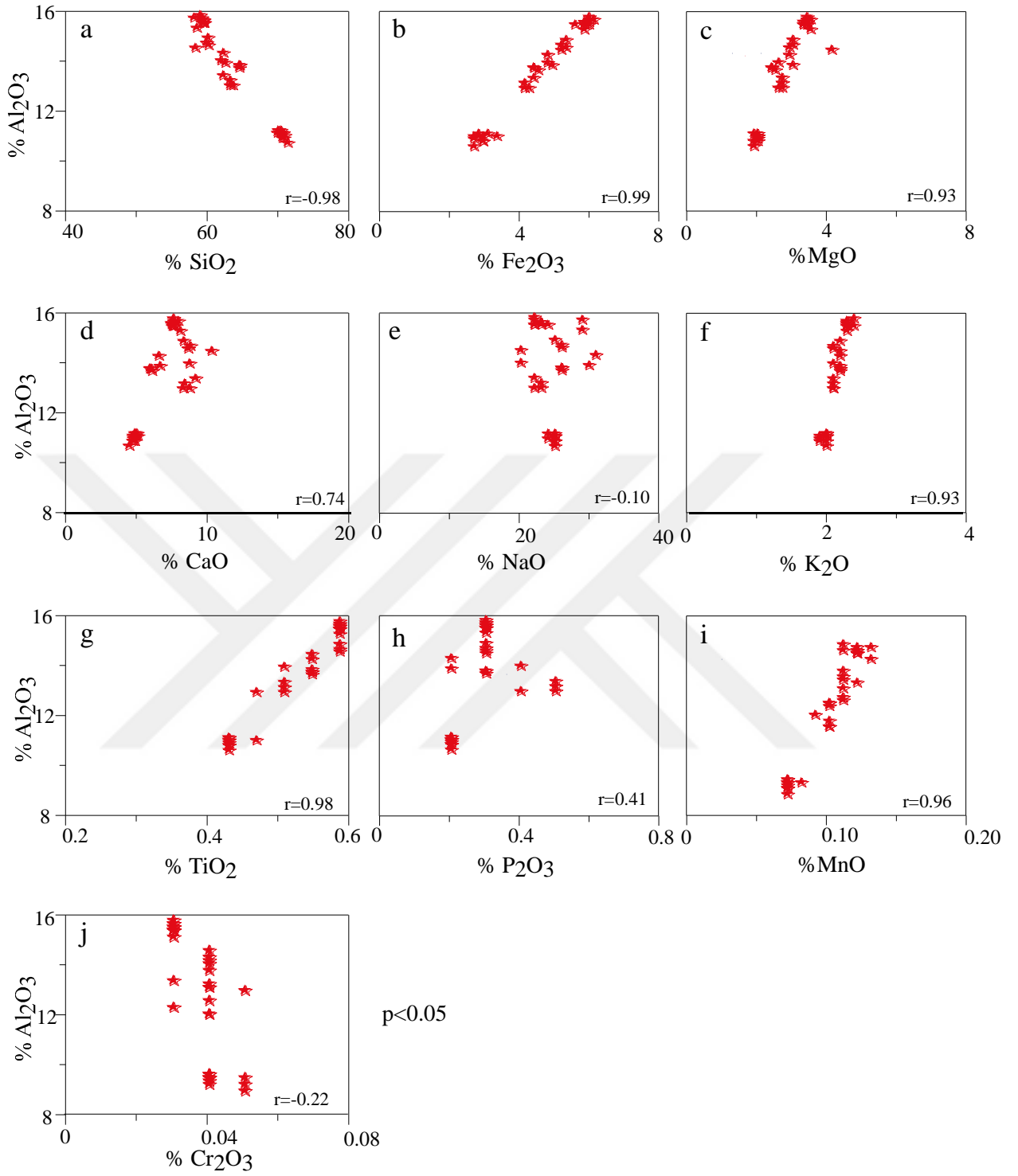
Kırıntılı çökellerde ana element jeokimyası üç faktör tarafından etkilenmektedir. Bunlar, 1) Beslenme havzasındaki mevcut litolojilerin oranı, 2) ayrışma derecesi ve 3) fiziksel boylanmanın etkisi (Kamber, 2005). Eski alüvyon çökellerinden 35 örneğin ana element analizi yapılmış, sonuçları ve hesaplanan ortalama değerleri Tablo 3.1 de verilmiştir. Ankara Çayı'na ait eski alüvyonların  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  ve  $\text{K}_2\text{O}$  içerikleri sırasıyla % 58.3 – 71.8 (ortalama % 63.9), % 10.9 – 16 (ortalama % 13.8), % 4 – 6.6 (ortalama 5.4), % 1.9 – 4.1 (ortalama % 2.8), % 6.1 – 11.2 (ortalama % 8.2), % 2 – 3.1 (ortalama % 0.8) ve % 1.9 – 2.4 (ortalama % 2.2) arasında değişmektedir. Eski alüvyonların  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MnO}$  ve  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  içerikleri ise sırasıyla % 0.6 – 1 (ortalama % 0.8), % 0.2 - 0.5 (ortalama % 0.3), % 0.07 - 0.13 (ortalama % 0.1) ve % 0.03 – 0.05 (ortalama % 0.04) arasında değişiklik göstermektedir.

Eski alüvyal çökellerinin  $\text{Al}_2\text{O}_3$  içeriği ile  $\text{SiO}_2$  içeriği arasında çok kuvvetli negatif korelasyon ( $r = -0.98$ ,  $p < 0.05$ , Şekil 3.1a),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$  içerikleri arasında kuvvetli pozitif korelasyonlar (sırasıyla  $r = 0.99$ , 0.93, 0.93, 0.98, 0.96, Şekil 3.3a, b, c, f),  $\text{P}_2\text{O}_5$  içeriği ile arasında zayıf pozitif korelasyon ( $r = 0.41$ , Şekil 3.3h) gözlenmektedir.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ile  $\text{NaO}$  ve  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  arasında herhangi bir korelasyon yoktur (Şekil 3.3e, j). Bu korelasyon değerleri,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  elementlerinin dağılımını, kil mineralleri ve feldispatların kontrol ettiğini gösterir ve  $\text{SiO}_2$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  diyagramında (Cullers ve Podkovyrov, 2002) incelenen örneklerinin kuvars içeriğinin düşük, kil mineralleri ve feldispat içeriğinin yüksek olması yukarıdaki cümleyi desteklemektedir (Şekil 3.4).

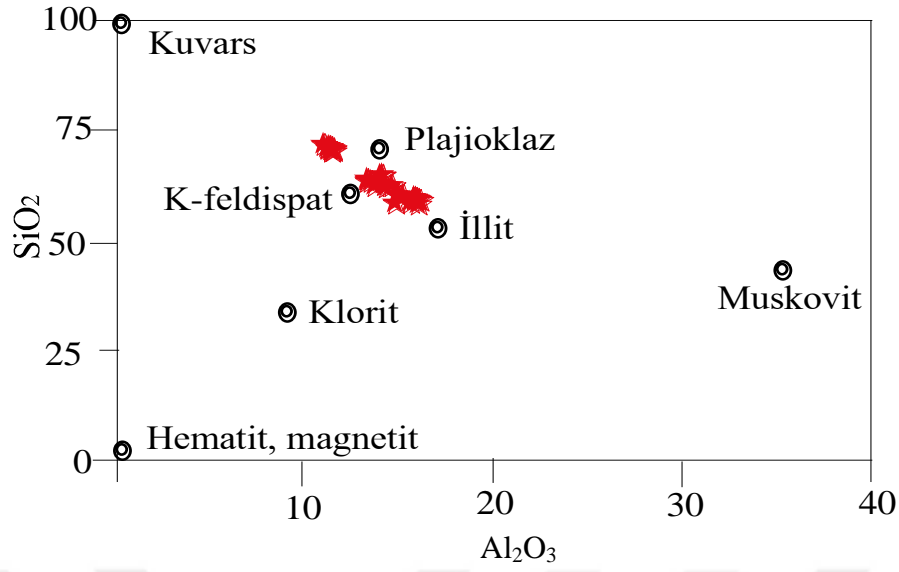
$\text{Log} (\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$  ve  $(\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O})$  diyagramı (Pettijohn vd. 1972) kullanılarak örneklerin jeokimyasal sınıflandırılması yapılmıştır. Bahsi geçen diyagrama göre eski alüvyal çökel örnekleri litarenit olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 3.5). İncelenen örneklerin bileşenlerinin türediği kaynak kayayı belirlemek amacıyla  $(\text{CaO}+\text{MgO}) - \text{SiO}_2/10 - (\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  diyagramı (Taylor ve McLennan 1985) kullanılmıştır. Söz konusu diyagramda örneklerin tamamı granit ve bazalt arasında kümelenmişlerdir (Şekil 3.6).

Tablo 3.1. Eski alüvyon örneklerinin ana element ve hesaplanmış ortalama değerleri (Oksitlerin değerleri % 100 olacak şekilde yeniden hesaplanmıştır)

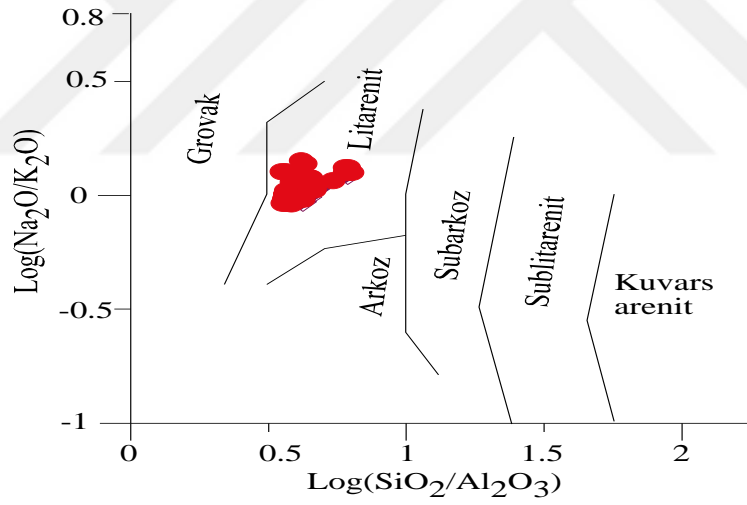
| Örnek no    | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO        | CaO        | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | TiO <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | MnO         | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|-------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|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



Şekil 3.3. Eski alüvyon örneklerinin % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği ile diğer ana oksitler arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram

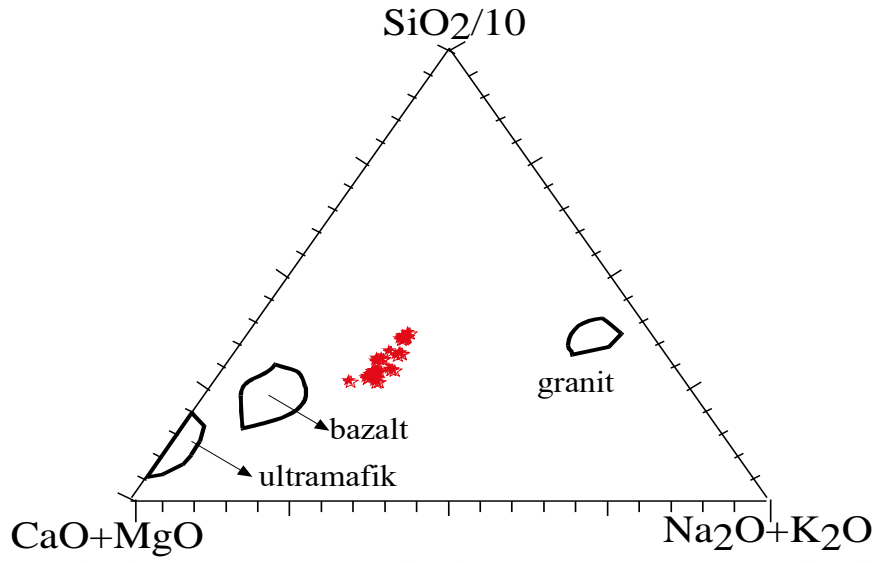


Şekil 3.4. İncelenen çökellerin  $Al_2O_3$  ve  $SiO_2$  konsantrasyonu (Kuvars, plajiolaz, K-feldispat, illit, muskovit, klorit ve hematit, magnetit) diyagramdaki konumları Cullers ve Podkovyrov, 2002'den alınmıştır.)



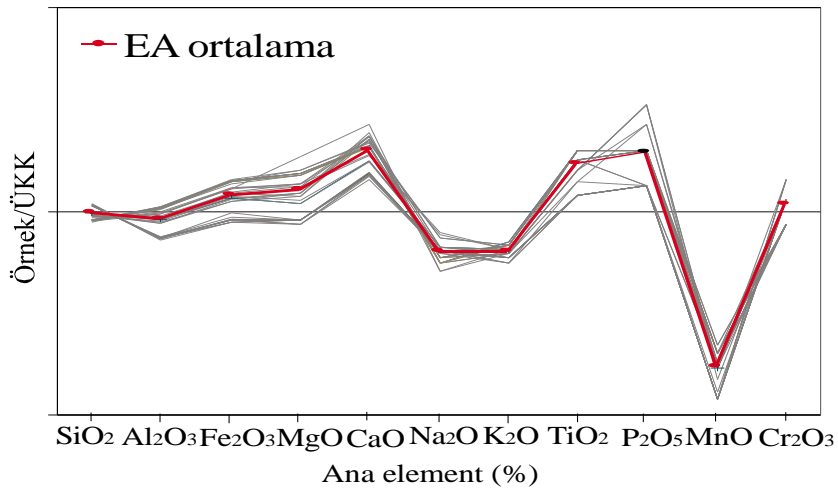
Şekil 3.5. Ankara Çayı eski alüvyonlarının jeokimyasal sınıflaması





Şekil 3.6. Eski alüvyon örneklerinin  $(CaO+MgO)+SiO_2/10+(Na_2O+K_2O)$  diyagramı kullanılarak sınıflandırılması

Ankara Çayı eski alüvyon çökellerinin ana element bileşenleri ile Üst Kıtasal Kabuk (ÜKK) ana element bileşenleri (Taylor ve McLennan, 1985) ile kıyaslanmıştır (Şekil 3.5) ve çökellerin  $SiO_2$  içeriği ÜKK ile benzer,  $Al_2O_3$  içeriği ÜKK'ya göre çok hafif,  $Na_2O$ ,  $K_2O$  içeriği hafif  $MnO$  içeriği ise fazla tükenmiştir. İncelenen örneklerin  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $Cr_2O_3$  içerikleri ÜKK'ya göre çok hafif,  $CaO$ ,  $TiO_2$  ve  $P_2O_5$  içerikleri ise orta derecede zenginleşmiştir.



Şekil 3.7. Eski alüvyon örneklerinin çökellerinin ÜKK'ya göre ana element değişimi

### 3.2.2. İz Elementler ve Au

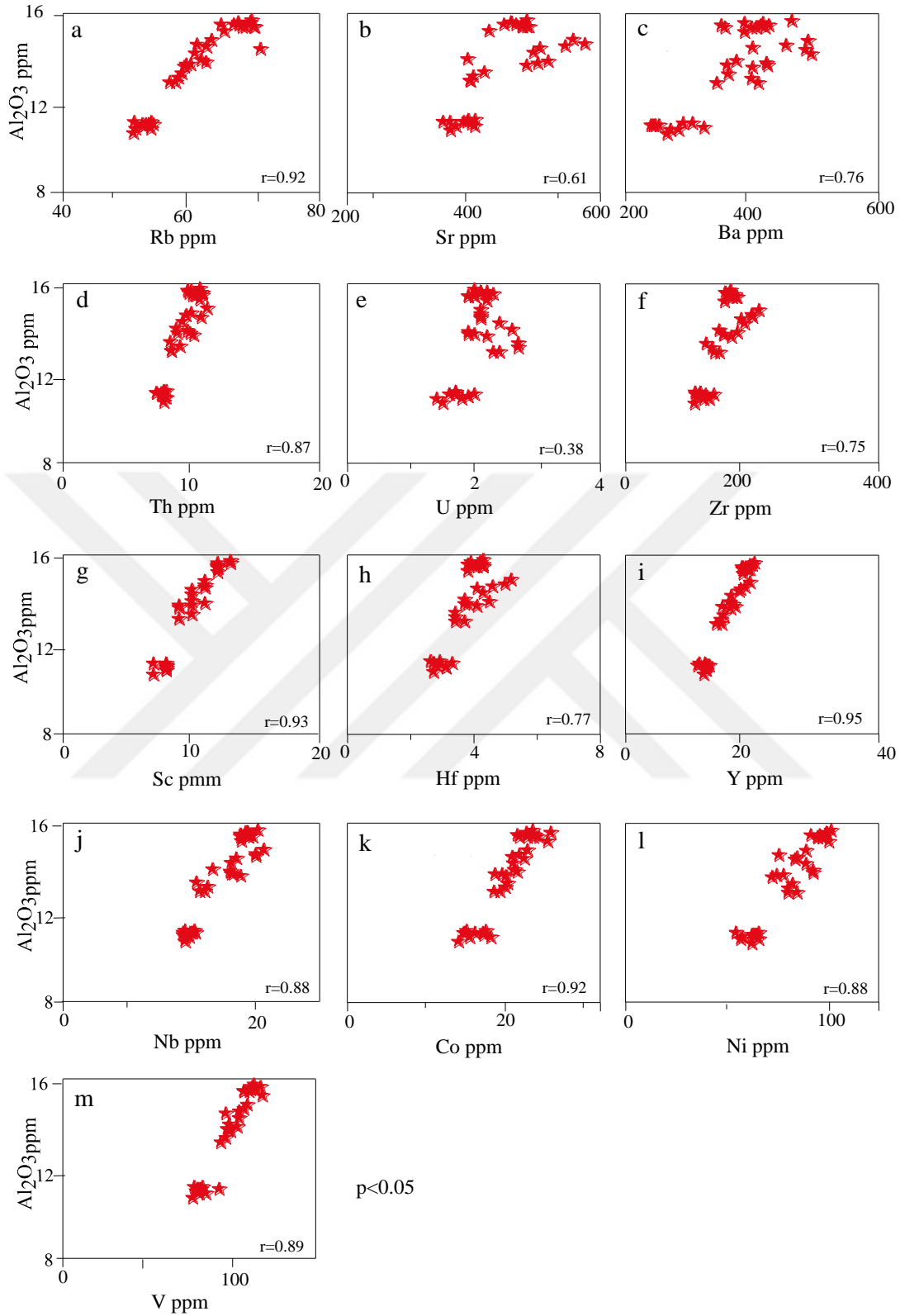
Ankara Çayı eski alüvyon çökellerinin iz element ve Au içeriği ile hesaplanmış ortalama değerleri Tablo 3.2 de verilmiştir.

Eski alüvyon çökellerinde en fazla bolluğa 472.6 ppm ortalama ile Ba sahip olup bunu 446.8 ppm ortalama ile Sr, 150.9 ppm ortalama ile Zr, 98.8 ppm ortalama ile V, 71 ppm ortalama ile Ni, 60.4 ppm ortalama ile Rb ve 6.1 ppm ortalama ile Cu takip etmektedir. Th, U, Hf, Y, Nb, Co ve Sc ortalamaları sırasıyla 8.7, 2.0, 3.74, 16, 15.7, 15.6 ve 10 olarak hesaplanmıştır. Eski alüvyonların Au içeriği 81 ppb (EA3) ile 0.5 ppb (EA16, EA31, EA32, EA33) arasında değişmekte olup, ortalama 12 ppb olarak hesaplanmıştır. Eski alüvyon çökellerinin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği ile Rb, Th, Sc, Y, Nb, Co, Ni ve V arasında çok kuvvetli pozitif korelasyon ( $r= 0.92, 0.87, 0.93, 0.95, 0.88, 0.92, 0.88$  ve  $0.89$ , Şekil 3.8a, d, g, i, j, k, l ve m), Sr, Ba, Zr, Hf arasında kuvvetli pozitif korelasyon ( $r= 0.61, 0.76, 0.75, 0.77$ , Şekil 3.8b, c, f, h) ve U ile arasında zayıf pozitif korelasyon ( $r= 0.38$ , Şekil 3.8e) vardır. Ayrıca incelenen örneklerde Rb, Sr, Y, Nb, Co, Ni, Sc ve V ile K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, Zr, Th, Y ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> arasında pozitif ilişki olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla bu elementlerin bolluğunu kil minerallerinin yanı sıra muhtemelen K feldispat, ağır mineraller ve opak fazlar kontrol etmektedir. Bunun yanısıra Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile pozitif korelasyon elementlerin kırıntılı kökenli olduğunu da göstermektedir.

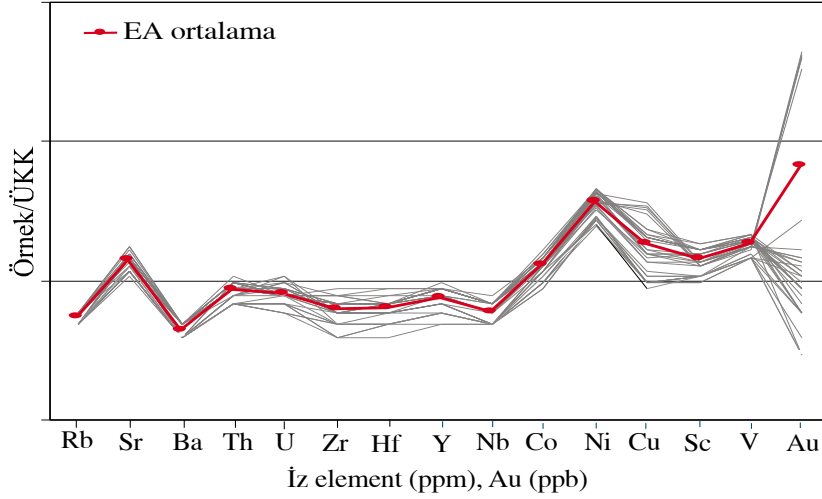
Eski alüvyonların iz element bileşenleri ve Au içeriği ÜKK'nın iz element bileşenleri ve Au içeriği (Taylor ve McLennan, 1985) ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3.9). Eski alüvyonlarda Rb, Ba, Th, U, Zr, Hf, Y ve Nb ÜKK'ya kıyasla tükenmiş, Sr, Co, Cu, Sc, V ÜKK'ya göre hafif, Ni orta ve Au fazla (ortalama Au içeriği  $6.7 \cdot \text{ÜKK}$ ) zenginleşmiştir (Şekil 3.9). Analiz edilen 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 malzeme aldığını işaret etmektedir.

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        |
|-------------|--------------|---------------|--------------|--------------|-------------|---------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| EA1         | 70.7         | 505.8         | 535          | 10.2         | 2.1         | 180.7         | 4.1         | 17.7      | 17          | 17.3        | 73        | 23.5        | 10        | 97          | 2.7       |
| EA2         | 61.4         | 391.5         | 475          | 8.2          | 2.6         | 145.2         | 3.7         | 16.1      | 14.7        | 16.3        | 81        | 51.6        | 10        | 99          | 61        |
| EA3         | 57.3         | 395           | 494          | 7.8          | 2.3         | 138.1         | 3.4         | 14        | 13.9        | 14.9        | 74        | 43.8        | 9         | 94          | 81        |
| EA4         | 57.8         | 400.4         | 488          | 8.5          | 2.7         | 134.2         | 3.4         | 14.7      | 14.2        | 15.4        | 70        | 45.9        | 9         | 94          | 74        |
| EA5         | 58.3         | 417.5         | 468          | 7.7          | 2.7         | 124.3         | 3.4         | 15.2      | 13.1        | 15.5        | 72        | 46.9        | 10        | 97          | 74        |
| EA6         | 56.4         | 396           | 458          | 7.8          | 2.4         | 145.9         | 3.7         | 14.9      | 13.4        | 14.3        | 70        | 48.5        | 9         | 92          | 78        |
| EA7         | 59.7         | 502.3         | 502          | 9.3          | 1.9         | 153.1         | 3.8         | 17        | 16.5        | 15.1        | 68        | 20.0        | 9         | 98          | 3.1       |
| EA8         | 59           | 473.5         | 467          | 8.3          | 2           | 152           | 3.7         | 15        | 16.7        | 14.4        | 65        | 20.2        | 10        | 98          | 2.7       |
| EA9         | 58.7         | 484.7         | 489          | 9.6          | 2.2         | 165.1         | 4.1         | 16.3      | 17.4        | 15.5        | 63        | 21.8        | 9         | 100         | 2.5       |
| EA10        | 63           | 558           | 537          | 10.7         | 2.1         | 209.2         | 5.2         | 19.4      | 19.7        | 17.6        | 78        | 24.4        | 11        | 110         | 1.1       |
| EA11        | 62.2         | 545.7         | 489          | 9            | 2.1         | 199.3         | 4.6         | 17.9      | 18.9        | 16.1        | 74        | 22.2        | 11        | 105         | 1         |
| EA12        | 60.7         | 576.7         | 518          | 9.4          | 2.1         | 197.6         | 5           | 18.6      | 18.9        | 16.8        | 66        | 20.5        | 11        | 108         | 1.8       |
| EA13        | 62.1         | 518.7         | 501          | 9.1          | 1.9         | 174.5         | 4.5         | 16.7      | 16.4        | 16.6        | 81        | 22.3        | 11        | 104         | 1.6       |
| EA14        | 60.4         | 495.8         | 540          | 8.7          | 2.4         | 186.3         | 4.3         | 16.4      | 16.5        | 16.2        | 78        | 22.1        | 10        | 105         | 1.4       |
| EA15        | 69.1         | 459.8         | 498          | 9.1          | 2.2         | 155           | 4.2         | 19.4      | 18.1        | 19.9        | 87        | 33.1        | 13        | 118         | 1         |
| EA16        | 65           | 425.1         | 482          | 10.1         | 2.2         | 154           | 3.8         | 18.3      | 17.5        | 19.6        | 88        | 33.9        | 12        | 119         | 0.5       |
| EA17        | 68.3         | 476.9         | 488          | 9.5          | 1.9         | 171.9         | 4           | 19.1      | 17.4        | 17.6        | 85        | 30.6        | 12        | 111         | 1.7       |
| EA18        | 69.3         | 484.8         | 523          | 10.1         | 2           | 163.6         | 4.3         | 20.1      | 19.1        | 18.1        | 89        | 30.7        | 13        | 114         | 1.2       |
| EA19        | 64.5         | 477           | 503          | 9.2          | 2.3         | 170.5         | 4.3         | 18.2      | 18.3        | 18.3        | 80        | 29.9        | 12        | 112         | 1.9       |
| EA20        | 69.6         | 484.6         | 465          | 9.8          | 1.9         | 166.3         | 4.3         | 19.4      | 18.1        | 18.7        | 85        | 28.5        | 12        | 108         | 1.7       |
| EA21        | 67.8         | 488.4         | 492          | 10.3         | 2           | 173.8         | 4.3         | 18.8      | 18.6        | 18.2        | 83        | 29.2        | 12        | 108         | 1.7       |
| EA22        | 67.2         | 460.7         | 482          | 9.4          | 2.1         | 162.1         | 3.9         | 19.8      | 17.9        | 17.5        | 87        | 29.6        | 12        | 113         | 2.1       |
| EA23        | 67.3         | 467.5         | 462          | 10.3         | 2.1         | 162.1         | 4.2         | 18.7      | 17.4        | 16.6        | 84        | 29.3        | 12        | 115         | 2.1       |
| EA24        | 66.5         | 448.9         | 496          | 10.3         | 2.2         | 158.7         | 3.8         | 18.1      | 18.2        | 17.6        | 87        | 30.0        | 12        | 112         | 1.7       |
| EA25        | 69.8         | 478.2         | 500          | 9.7          | 2           | 166           | 4.1         | 18.2      | 18.2        | 16.8        | 83        | 28.8        | 12        | 108         | 2         |
| EA26        | 52.1         | 385           | 405          | 7            | 1.7         | 136.7         | 3.3         | 12.6      | 12.5        | 12.4        | 55        | 17.4        | 8         | 93          | 2.5       |
| EA27        | 53.1         | 363.5         | 408          | 6.6          | 1.6         | 112.9         | 2.7         | 12.9      | 12.7        | 11.3        | 56        | 15.7        | 8         | 80          | 2.4       |
| EA28        | 53.8         | 352.6         | 401          | 6.6          | 1.7         | 107.3         | 2.7         | 11        | 11.8        | 11.4        | 55        | 15.2        | 8         | 82          | 5         |
| EA29        | 50.7         | 364.1         | 415          | 7.2          | 1.5         | 105.8         | 2.7         | 12        | 12          | 10.8        | 54        | 14.6        | 7         | 77          | 2         |
| EA30        | 53.5         | 403.1         | 437          | 7.4          | 1.7         | 115.2         | 2.9         | 12.2      | 12.9        | 13.5        | 57        | 14.6        | 8         | 83          | 1.1       |
| EA31        | 51           | 372.7         | 418          | 7.3          | 1.4         | 120.4         | 3.1         | 12.4      | 12.4        | 11.9        | 57        | 13.3        | 8         | 85          | 0.5       |
| EA32        | 50.8         | 392.4         | 429          | 7.2          | 1.7         | 106.6         | 2.6         | 11.3      | 12          | 11.6        | 47        | 14.3        | 7         | 78          | 0.5       |
| EA33        | 52.2         | 397.4         | 447          | 7            | 1.9         | 116.4         | 2.8         | 12.2      | 11.8        | 13.3        | 50        | 13.0        | 8         | 79          | 0.5       |
| EA34        | 53.4         | 402.3         | 425          | 7.4          | 1.8         | 129.8         | 3.1         | 12.3      | 12          | 14          | 49        | 14.2        | 8         | 81          | 0.7       |
| EA35        | 52.6         | 390.4         | 403          | 7.2          | 2           | 123.6         | 2.9         | 12.4      | 13          | 13.2        | 54        | 13.9        | 8         | 81          | 1         |
| <b>ORT.</b> | <b>60.44</b> | <b>446.77</b> | <b>472.6</b> | <b>8.657</b> | <b>2.04</b> | <b>150.98</b> | <b>3.74</b> | <b>16</b> | <b>15.7</b> | <b>15.6</b> | <b>71</b> | <b>26.1</b> | <b>10</b> | <b>98.8</b> | <b>12</b> |



Şekil 3.8. Alüvyon örneklerinin %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  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



Şekil 3.9. İncelenen örneklerin iz element ve Au örümcek diyagramı

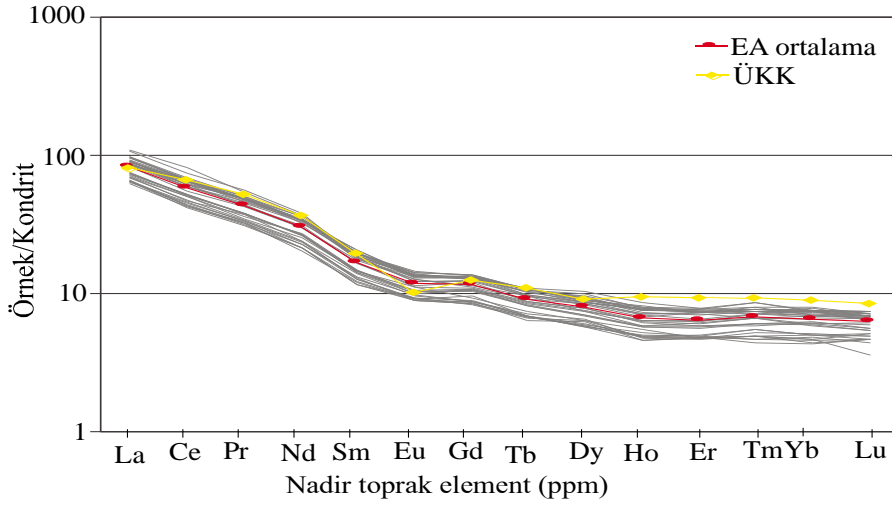
### 3.2.3. Nadir Toprak Elementler (N.T.Es)

Ankara Çayı eski alüvyonlarına ait örneklerin nadir toprak element (N.T.E) dağılımları ve hesaplanan ortalama değerleri Tablo 3.3 de listelenmiştir. Eski alüvyonların  $\Sigma$ N.T.E içerikleri oldukça geniş aralıkta dağılım göstermekte olup 96.6 – 174.4 arasında değişmektedir. Söz konusu çökellerin  $(La/Yb)_N$  oranı 11.5 – 15.3,  $(La/Sm)_N$  oranı 4.4 – 5.9,  $(Gd/Yb)_N$  oranı ise 1.6 – 2 arasında değişiklik sunmaktadır. Bu değerlere göre örneklerin hafif nadir toprak element (H.N.T.E) içeriğinin ağır nadir toprak element (ANE) 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 desteklemektedir. Bu ince taneli malzemeler için beklenen bir durumdur, 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 karbonat, kumtaşı ve kil sırasına göre artmaktadır (Balashov vd., 1964; Henderson, 1984; Caccia ve Millero, 2007).

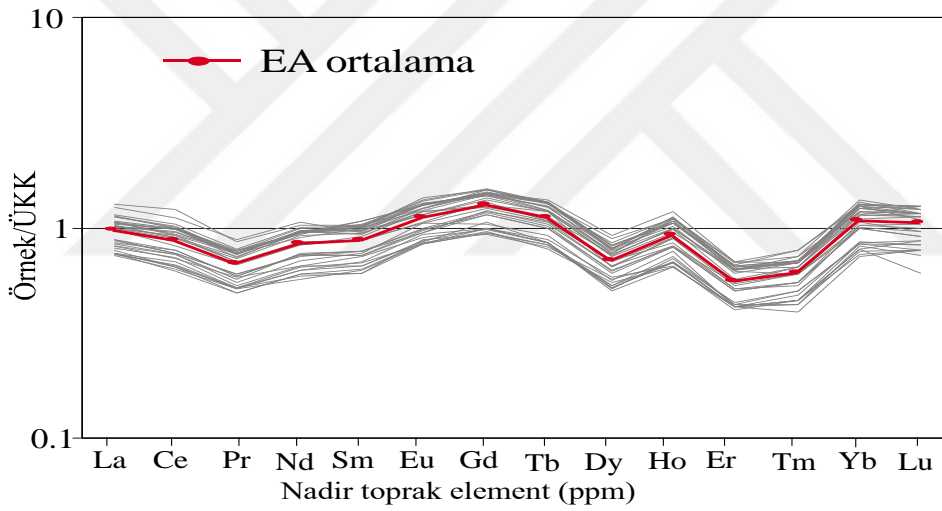
Çalışılan örneklerin  $\Sigma$ N.T.E dağılımları ÜKK ile mukayese edildiğinde; eski alüvyonlarda La, Yb, Lu ÜKK'ya benzer, Ce, Nd, Sm, Ho çok hafif, Pr, Dy, hafif, Er, Tm orta derecede tükenmiş, Eu, Gd ve Tb hafif zenginleşmiştir (Şekil 3.11). Söz konusu örneklerin  $Eu/Eu^*$  oranı 0.81 – 0.91 arasında değişmektedir (EA28 ve EA35 nolu örneklerde sırasıyla  $Eu/Eu^* = 0.95, 0.96$  dır) (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).

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

| Örnek no    | La ppm        | Ce           | Pr          | Nd          | Sm          | Eu          | Gd          | Tb           | Dy          | Ho           | Er          | Tm          | Yb          | Lu          |
|-------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| EA1         | 32.7          | 62.6         | 6.67        | 25.2        | 4.36        | 1.09        | 3.90        | 0.57         | 3.27        | 0.62         | 1.81        | 0.24        | 1.73        | 0.29        |
| EA2         | 28.0          | 51.0         | 5.28        | 19.5        | 3.45        | 0.93        | 3.34        | 0.51         | 2.91        | 0.55         | 1.53        | 0.24        | 1.54        | 0.24        |
| EA3         | 28.1          | 49.6         | 5.35        | 19.0        | 3.48        | 0.92        | 3.23        | 0.48         | 2.75        | 0.50         | 1.44        | 0.22        | 1.60        | 0.22        |
| EA4         | 27.9          | 49.6         | 5.35        | 19.2        | 3.34        | 0.89        | 3.38        | 0.50         | 2.89        | 0.51         | 1.57        | 0.24        | 1.48        | 0.21        |
| EA5         | 27.2          | 50.6         | 5.25        | 19.4        | 3.34        | 0.91        | 3.29        | 0.49         | 2.74        | 0.51         | 1.47        | 0.22        | 1.52        | 0.22        |
| EA6         | 26.9          | 48.7         | 5.06        | 19.8        | 3.46        | 0.89        | 3.26        | 0.48         | 2.70        | 0.50         | 1.45        | 0.22        | 1.49        | 0.21        |
| EA7         | 32.0          | 59.7         | 6.10        | 22.4        | 3.91        | 1.00        | 3.73        | 0.52         | 3.05        | 0.56         | 1.62        | 0.24        | 1.65        | 0.26        |
| EA8         | 31.3          | 53.5         | 5.97        | 21.5        | 3.95        | 0.99        | 3.44        | 0.52         | 3.06        | 0.53         | 1.49        | 0.21        | 1.55        | 0.23        |
| EA9         | 40.0          | 71.9         | 7.85        | 27.5        | 4.28        | 1.09        | 3.79        | 0.57         | 2.86        | 0.56         | 1.60        | 0.26        | 1.77        | 0.26        |
| EA10        | 41.4          | 79.4         | 7.61        | 26.7        | 4.63        | 1.27        | 4.27        | 0.64         | 3.46        | 0.70         | 1.85        | 0.28        | 1.92        | 0.29        |
| EA11        | 36.6          | 64.9         | 6.76        | 25.0        | 4.66        | 1.23        | 3.97        | 0.58         | 3.40        | 0.62         | 1.85        | 0.26        | 1.86        | 0.27        |
| EA12        | 37.0          | 67.4         | 7.02        | 26.2        | 4.60        | 1.22        | 4.06        | 0.63         | 3.61        | 0.65         | 1.95        | 0.31        | 1.89        | 0.28        |
| EA13        | 31.8          | 57.7         | 6.29        | 23.9        | 4.23        | 1.13        | 3.58        | 0.57         | 3.22        | 0.59         | 1.86        | 0.27        | 1.74        | 0.26        |
| EA14        | 32.6          | 58.4         | 6.14        | 21.7        | 4.11        | 1.13        | 3.50        | 0.54         | 3.29        | 0.61         | 1.66        | 0.26        | 1.71        | 0.27        |
| EA15        | 33.5          | 64.0         | 6.70        | 25.0        | 4.65        | 1.17        | 4.09        | 0.65         | 4.05        | 0.74         | 2.00        | 0.31        | 1.93        | 0.29        |
| EA16        | 32.2          | 64.1         | 6.45        | 24.9        | 4.20        | 1.17        | 4.23        | 0.63         | 3.51        | 0.67         | 1.88        | 0.27        | 1.80        | 0.27        |
| EA17        | 33.3          | 64.3         | 6.79        | 25.1        | 4.55        | 1.30        | 4.23        | 0.62         | 3.90        | 0.68         | 1.96        | 0.29        | 2.02        | 0.28        |
| EA18        | 34.6          | 64.8         | 6.96        | 24.6        | 4.58        | 1.26        | 4.25        | 0.64         | 3.64        | 0.65         | 1.91        | 0.28        | 1.93        | 0.28        |
| EA19        | 36.1          | 65.4         | 6.80        | 24.6        | 4.41        | 1.20        | 4.13        | 0.63         | 3.54        | 0.63         | 1.78        | 0.27        | 1.89        | 0.25        |
| EA20        | 32.5          | 61.8         | 6.84        | 24.8        | 4.85        | 1.20        | 3.98        | 0.61         | 3.34        | 0.68         | 1.88        | 0.27        | 1.86        | 0.29        |
| EA21        | 33.8          | 64.0         | 6.89        | 24.3        | 4.84        | 1.20        | 4.12        | 0.64         | 3.60        | 0.67         | 1.84        | 0.27        | 1.99        | 0.27        |
| EA22        | 34.1          | 60.1         | 6.72        | 23.3        | 4.44        | 1.21        | 4.04        | 0.61         | 3.72        | 0.69         | 2.01        | 0.27        | 1.84        | 0.27        |
| EA23        | 33.0          | 58.5         | 6.54        | 24.4        | 4.55        | 1.14        | 4.03        | 0.63         | 3.43        | 0.65         | 1.87        | 0.28        | 1.93        | 0.29        |
| EA24        | 36.0          | 66.4         | 6.76        | 24.6        | 4.30        | 1.22        | 4.11        | 0.58         | 3.34        | 0.67         | 1.84        | 0.29        | 1.78        | 0.27        |
| EA25        | 33.9          | 60.2         | 6.86        | 25.9        | 4.38        | 1.17        | 4.05        | 0.60         | 3.49        | 0.69         | 1.90        | 0.28        | 1.89        | 0.27        |
| EA26        | 25.7          | 46.6         | 4.71        | 17.2        | 2.98        | 0.81        | 2.99        | 0.41         | 2.28        | 0.42         | 1.21        | 0.18        | 1.19        | 0.20        |
| EA27        | 24.8          | 42.0         | 4.59        | 15.4        | 2.76        | 0.79        | 2.66        | 0.40         | 2.27        | 0.43         | 1.22        | 0.18        | 1.12        | 0.18        |
| EA28        | 24.3          | 40.6         | 4.32        | 15.5        | 2.75        | 0.83        | 2.59        | 0.39         | 2.49        | 0.42         | 1.22        | 0.16        | 1.09        | 0.18        |
| EA29        | 24.3          | 42.4         | 4.39        | 15.5        | 2.88        | 0.80        | 2.70        | 0.38         | 2.42        | 0.40         | 1.21        | 0.18        | 1.18        | 0.14        |
| EA30        | 26.2          | 45.9         | 5.19        | 17.2        | 3.29        | 0.85        | 2.73        | 0.41         | 2.34        | 0.43         | 1.28        | 0.20        | 1.26        | 0.19        |
| EA31        | 23.6          | 41.5         | 4.51        | 14.7        | 2.85        | 0.79        | 2.63        | 0.40         | 2.31        | 0.45         | 1.26        | 0.20        | 1.26        | 0.18        |
| EA32        | 24.2          | 45.0         | 4.67        | 17.0        | 3.04        | 0.79        | 2.76        | 0.41         | 2.21        | 0.40         | 1.22        | 0.17        | 1.23        | 0.17        |
| EA33        | 24.2          | 42.9         | 4.52        | 16.3        | 2.97        | 0.82        | 2.80        | 0.41         | 2.23        | 0.44         | 1.26        | 0.17        | 1.16        | 0.18        |
| EA34        | 24.1          | 43.7         | 4.64        | 16.5        | 3.12        | 0.87        | 2.76        | 0.42         | 2.53        | 0.41         | 1.18        | 0.18        | 1.27        | 0.20        |
| EA35        | 26.3          | 48.6         | 4.86        | 18.3        | 3.42        | 0.99        | 2.90        | 0.44         | 2.48        | 0.48         | 1.21        | 0.19        | 1.29        | 0.19        |
| <b>ORT.</b> | <b>30.691</b> | <b>55.94</b> | <b>5.93</b> | <b>21.5</b> | <b>3.87</b> | <b>1.04</b> | <b>3.53</b> | <b>0.529</b> | <b>3.04</b> | <b>0.563</b> | <b>1.61</b> | <b>0.24</b> | <b>1.61</b> | <b>0.24</b> |



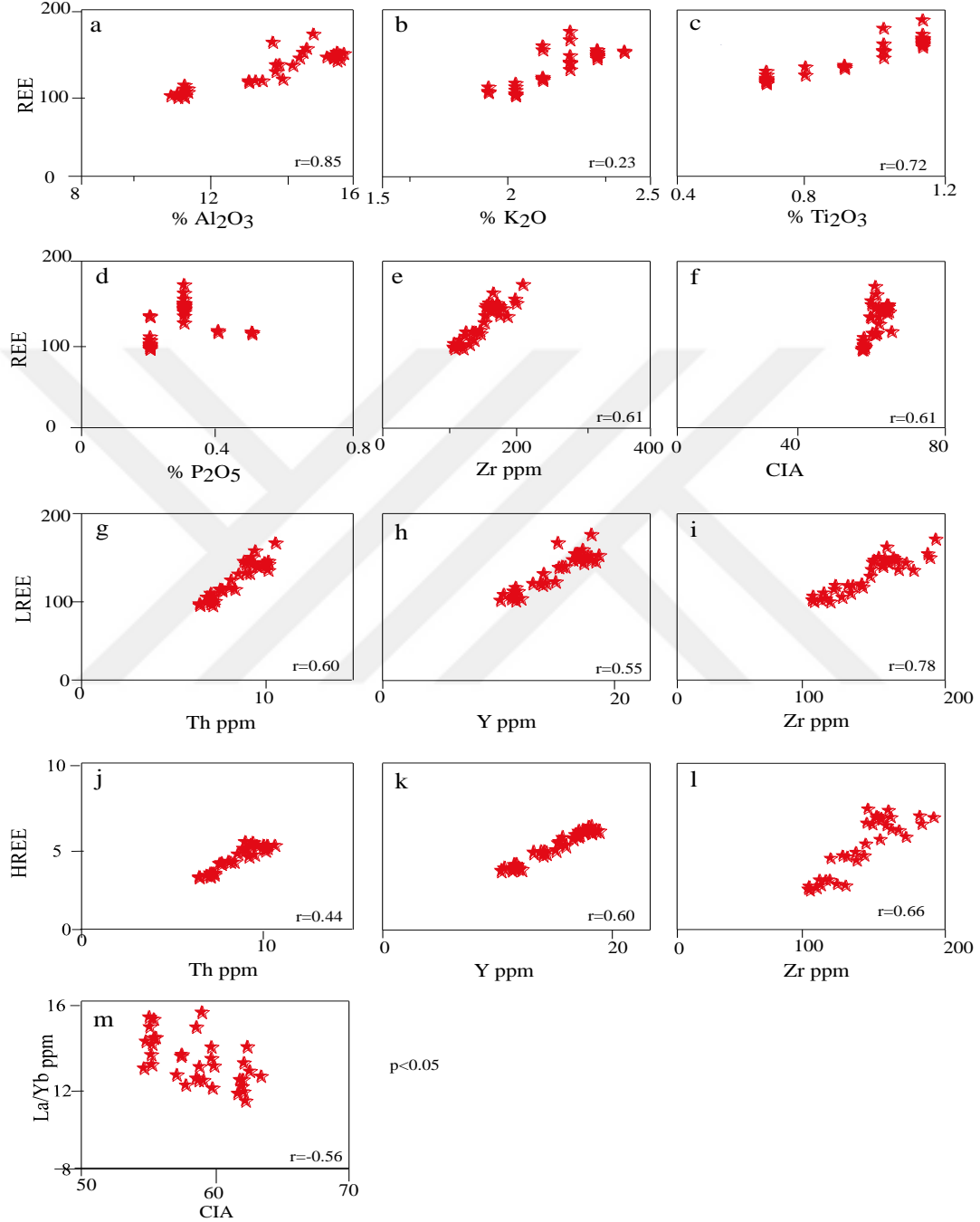
Şekil 3.10. Eski alüvyal örneklerin kondirit ile normalleştirilmiş N.T.E ve ÜKK Örümcek diyagramı



Şekil 3.11. Eski alüvyon örneklerinin ÜKK' a normalleştirilmiş örümcek diyagram

Eski alüvyonların  $\Sigma$ N.T.E içeriği  $\text{Al}_2\text{O}_3$  arasında çok kuvvetli (Şekil 3.12a),  $\text{TiO}_2$ , Zr ve CIA arasında kuvvetli pozitif ilişki görülmektedir (Şekil 3.12 c, e ve f).  $\Sigma$ N.T.E,  $\text{P}_2\text{O}_3$  ve  $\text{K}_2\text{O}$  ile herhangi bir korelasyon ilişkisi göstermemektedir (Şekil 3.12b, d). H.N.T.E ile Th ve Zr arasında kuvvetli pozitif (Şekil 3.10g, i), Y ile zayıf pozitif korelasyon söz konusudur (Şekil 3.12h). A.N.T.E, Y ve Zr ile kuvvetli pozitif koreslasyon (Şekil 3.12k, l) gösterirken, Th ile zayıf pozitif korelasyon göstermektedir (Şekil 3.12j).  $(\text{La}/\text{Yb})_N$  ile CIA arasında zayıf negatif korelasyon söz konusudur (Şekil 3.12m). Bu korelasyon değerlerine

göre N.T.E dağılımını fillosilikatlar, ağır mineraller, zirkon, opak fazların etkilediği ve dolayısıyla kırıntılı kökenli olduğu düşünülebilir.



Şekil 3.12. İncelenen örneklerin N.T.E içeriği ile (a) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, (b) K<sub>2</sub>O, (c) Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, (d) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, (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



### 3.2.4. 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 çökellerin de ağır metal birikmesine neden olan etkenlerdir. Doğal sularda, çözülmemiş askıda bulunan organik maddeler metaller için toplayıcı görevi yaparak dip sedimanlarında birikmelerine sebep olurlar. Bu bağlamda sedimentlerdeki organik madde içeriği sedimentin kirlilik derecesini belirleme de önemli faktör sayılmaktadır (Lin ve Chen, 1997).

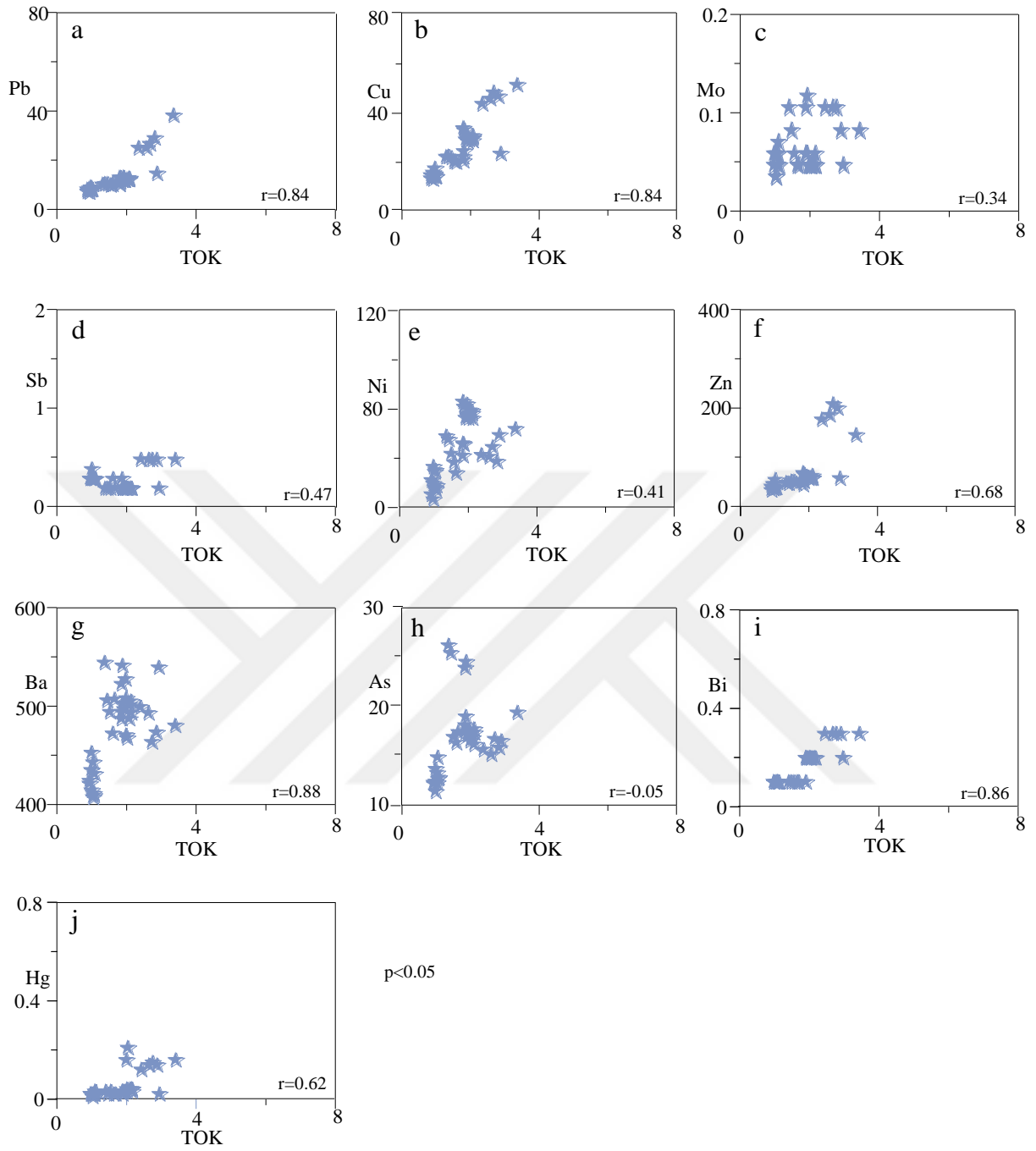
Eski alüvyon çökellerine ait bazı ağır metal konsantrasyonları, toplam organik karbon (TOK) içerikleri ile hesaplanmış ortalama değerleri ile aynı metallerin Üst Kıtasal Kabuk (ÜKK) değerleri Tablo 3.4'de verilmiştir. Eski alüvyon çökellerinin ortalama Pb, Zn, Ba ve Sc değerleri ÜKK' ya göre tükenmiş olup sırasıyla, 12.9, 70.5, 472,6 ve 10 olarak hesaplanmıştır. Söz konusu çökellerin ortalama Cu, Ni, As, Hg, Sb ve Bi değerleri sırasıyla 26.1, 64.2, 16.8, 0.05, 0.28,0.16 ve 15.6 ppm olarak hesaplanmıştır ve ÜKK' ya göre zenginleşmiştir. Eski alüvyon çökellerinin Cd içeriği 9 örnekte 0.1- 0.5 ppm arasında değişen değerlerde kaydedilirken, diğer örneklerde ise limitin altında kaldığı için ölçülememiştir (<0.1).

Analiz edilen çökellerinin TOK içeriği Pb, Cu, Co, Sb, Ni, Zn, Ba, Bi ve Hg elementleri ile pozitif korelasyon gösterirken (Şekil 3.13 a, b, c, d, e, f, g, i ve j), As ile herhangi bir ilişki söz konusu değildir (Şekil 3.13 h). Dolayısıyla çökellerde As hariç, yukarda adı geçen bütün elementlerin dağılımı TOK bolluğu ile kontrol edilmiştir.

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

| Örnek no    | Ba                     | Cu                    | Pb                    | Zn                    | Ni                    | As                     | Hg                      | Sb                     | Sc                    | Cd                       | Bi                       | Co                    | TOK %       |
|-------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------|
| EA1         | 535                    | 23.5                  | 14.4                  | 58                    | 69.2                  | 16.6                   | 0.02                    | 0.2                    | 10                    | 0.1                      | 0.2                      | 17.3                  | 2.91        |
| EA2         | 475                    | 51.6                  | 37.8                  | 146                   | 71.7                  | 19.5                   | 0.16                    | 0.5                    | 10                    | 0.5                      | 0.3                      | 16.3                  | 3.38        |
| EA3         | 494                    | 43.8                  | 24.7                  | 178                   | 61.0                  | 15.7                   | 0.12                    | 0.5                    | 9                     | 0.3                      | 0.3                      | 14.9                  | 2.38        |
| EA4         | 488                    | 45.9                  | 24.6                  | 187                   | 60.2                  | 15.2                   | 0.14                    | 0.5                    | 9                     | 0.4                      | 0.3                      | 15.4                  | 2.61        |
| EA5         | 468                    | 46.9                  | 28.7                  | 201                   | 58.3                  | 15.9                   | 0.14                    | 0.5                    | 10                    | 0.4                      | 0.3                      | 15.5                  | 2.84        |
| EA6         | 458                    | 48.5                  | 26.3                  | 209                   | 64.3                  | 16.8                   | 0.15                    | 0.5                    | 9                     | 0.5                      | 0.3                      | 14.3                  | 2.71        |
| EA7         | 502                    | 20.0                  | 10.0                  | 48                    | 53.6                  | 17.5                   | 0.02                    | 0.2                    | 9                     | <0.1                     | 0.1                      | 15.1                  | 1.63        |
| EA8         | 467                    | 20.2                  | 9.7                   | 52                    | 58.0                  | 16.4                   | 0.02                    | 0.3                    | 10                    | 0.1                      | 0.1                      | 14.4                  | 1.57        |
| EA9         | 489                    | 21.8                  | 10.2                  | 52                    | 61.5                  | 17.0                   | 0.03                    | 0.2                    | 9                     | 0.2                      | 0.1                      | 15.5                  | 1.49        |
| EA10        | 537                    | 24.4                  | 11.1                  | 52                    | 65.4                  | 19.1                   | 0.03                    | 0.2                    | 11                    | 0.1                      | 0.2                      | 17.6                  | 1.85        |
| EA11        | 489                    | 22.2                  | 10.4                  | 54                    | 65.8                  | 18.2                   | 0.02                    | 0.2                    | 11                    | <0.1                     | 0.1                      | 16.1                  | 1.83        |
| EA12        | 518                    | 20.5                  | 10.0                  | 45                    | 60.7                  | 17.5                   | 0.03                    | 0.2                    | 11                    | <0.1                     | 0.2                      | 16.8                  | 1.83        |
| EA13        | 501                    | 22.3                  | 10.1                  | 48                    | 67.3                  | 25.6                   | 0.02                    | 0.2                    | 11                    | <0.1                     | 0.1                      | 16.6                  | 1.41        |
| EA14        | 540                    | 22.1                  | 9.9                   | 49                    | 68.7                  | 26.4                   | 0.03                    | 0.2                    | 10                    | <0.1                     | 0.1                      | 16.2                  | 1.34        |
| EA15        | 498                    | 33.1                  | 12.7                  | 66                    | 80.8                  | 24.7                   | 0.03                    | 0.2                    | 13                    | <0.1                     | 0.2                      | 19.9                  | 1.86        |
| EA16        | 482                    | 33.9                  | 12.6                  | 69                    | 82.9                  | 24.1                   | 0.03                    | 0.3                    | 12                    | 0.2                      | 0.2                      | 19.6                  | 1.83        |
| EA17        | 488                    | 30.6                  | 12.5                  | 59                    | 76.1                  | 17.4                   | 0.03                    | 0.2                    | 12                    | <0.1                     | 0.2                      | 17.6                  | 2.11        |
| EA18        | 523                    | 30.7                  | 12.8                  | 61                    | 81.9                  | 17.7                   | 0.16                    | 0.2                    | 13                    | 0.1                      | 0.2                      | 18.1                  | 1.95        |
| EA19        | 503                    | 29.9                  | 12.2                  | 60                    | 77.1                  | 17.5                   | 0.03                    | 0.2                    | 12                    | <0.1                     | 0.2                      | 18.3                  | 1.96        |
| EA20        | 465                    | 28.5                  | 11.7                  | 60                    | 77.9                  | 17.4                   | 0.04                    | 0.2                    | 12                    | <0.1                     | 0.2                      | 18.7                  | 1.96        |
| EA21        | 492                    | 29.2                  | 11.6                  | 62                    | 76.3                  | 17.2                   | 0.03                    | 0.2                    | 12                    | <0.1                     | 0.2                      | 18.2                  | 1.91        |
| EA22        | 482                    | 29.6                  | 12.0                  | 58                    | 79.3                  | 16.9                   | 0.04                    | 0.2                    | 12                    | 0.1                      | 0.2                      | 17.5                  | 2.05        |
| EA23        | 462                    | 29.3                  | 11.7                  | 58                    | 76.2                  | 16.6                   | 0.21                    | 0.2                    | 12                    | <0.1                     | 0.2                      | 16.6                  | 1.99        |
| EA24        | 496                    | 30.0                  | 12.0                  | 58                    | 78.9                  | 16.2                   | 0.04                    | 0.2                    | 12                    | <0.1                     | 0.2                      | 17.6                  | 2.10        |
| EA25        | 500                    | 28.8                  | 11.9                  | 63                    | 78.0                  | 17.8                   | 0.04                    | 0.2                    | 12                    | 0.1                      | 0.2                      | 16.8                  | 2.10        |
| EA26        | 405                    | 17.4                  | 8.5                   | 55                    | 54.7                  | 14.9                   | 0.02                    | 0.3                    | 8                     | <0.1                     | 0.1                      | 12.4                  | 1.02        |
| EA27        | 408                    | 15.7                  | 8.2                   | 46                    | 56.2                  | 13.7                   | 0.02                    | 0.3                    | 8                     | <0.1                     | 0.1                      | 11.3                  | 0.96        |
| EA28        | 401                    | 15.2                  | 8.8                   | 46                    | 54.1                  | 13.3                   | 0.02                    | 0.3                    | 8                     | <0.1                     | 0.1                      | 11.4                  | 1.00        |
| EA29        | 415                    | 14.6                  | 7.9                   | 41                    | 50.7                  | 12.2                   | 0.02                    | 0.3                    | 7                     | <0.1                     | 0.1                      | 10.8                  | 0.90        |
| EA30        | 437                    | 14.6                  | 7.8                   | 38                    | 47.6                  | 12.3                   | 0.02                    | 0.3                    | 8                     | <0.1                     | 0.1                      | 13.5                  | 1.01        |
| EA31        | 418                    | 13.3                  | 7.1                   | 34                    | 44.9                  | 12.3                   | 0.02                    | 0.3                    | 8                     | <0.1                     | 0.1                      | 11.9                  | 0.90        |
| EA32        | 429                    | 14.3                  | 7.7                   | 38                    | 49.3                  | 12.4                   | 0.01                    | 0.4                    | 7                     | <0.1                     | <0.1                     | 11.6                  | 0.95        |
| EA33        | 447                    | 13.0                  | 6.9                   | 37                    | 42.9                  | 11.4                   | 0.02                    | 0.3                    | 8                     | <0.1                     | <0.1                     | 13.3                  | 0.96        |
| EA34        | 425                    | 14.2                  | 8.0                   | 39                    | 48.5                  | 12.8                   | 0.03                    | 0.3                    | 8                     | <0.1                     | 0.1                      | 14.0                  | 1.05        |
| EA35        | 403                    | 13.9                  | 8.0                   | 39                    | 47.0                  | 12.7                   | 0.03                    | 0.3                    | 8                     | <0.1                     | 0.1                      | 13.2                  | 1.03        |
| <b>ORT.</b> | <b>472.6</b>           | <b>26.1</b>           | <b>12.9</b>           | <b>70.5</b>           | <b>64.2</b>           | <b>16.83</b>           | <b>0.05</b>             | <b>0.28</b>            | <b>10</b>             | <b>0.1</b>               | <b>0.16</b>              | <b>15.6</b>           | <b>1.75</b> |
| <b>ÜKK</b>  | <b>550<sup>a</sup></b> | <b>25<sup>a</sup></b> | <b>20<sup>a</sup></b> | <b>71<sup>a</sup></b> | <b>20<sup>a</sup></b> | <b>1.5<sup>a</sup></b> | <b>0.04<sup>b</sup></b> | <b>0.2<sup>a</sup></b> | <b>11<sup>a</sup></b> | <b>0.098<sup>a</sup></b> | <b>0.127<sup>a</sup></b> | <b>10<sup>a</sup></b> |             |

<sup>a</sup>Taylor ve McLennan (1985), <sup>b</sup> Wedepohl, (1995)



Şekil 3.13. Eski alüvyon çökelerinin TOK içeriği 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.

### 3.2.5. Sr-Nd-Pb-O İzotop Jeokimyası

Ankara Çayına ait eski alüvyal çökellerinin Sr-Nd-Pb, O izotopik bileşimleri ve hesaplanan  $\epsilon\text{Sr}(0)$ ,  $\epsilon\text{Nd}(0)$  değerleri Tablo 3.5’de verilmiştir. Eski alüvyonların  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotopik ve  $\epsilon\text{Sr}(0)$  değerleri sırasıyla 0.705962 ile 0.706395 ve 17.2 ile 23.3,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  ve  $\epsilon\text{Nd}(0)$  değerleri sırasıyla 0.51529 ile 0.512561 ve -2.1 ile -1.5 arasında değişmektedir. Adı geçen çökellerin  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  ve  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  izotopik oranları sırasıyla 17.4 – 19.3, 15.3 – 16.5 ve 36 – 40.2 arasında değişiklik göstermektedir. Eski alüvyal çökellerin  $\delta^{18}\text{O}$  izotopik değerleri 13.7 ile 14.9 arasında bir dağılım sergilemektedir. CHUR’un bugünkü  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  değeri 0.70475,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  değeri 0.512638 varsayılarak 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. Analiz edilen alüvyon örneklerinin Nd, Sr, O ve Pb izotopik verileri

| Örnek no    | $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ | $\epsilon\text{Sr}(0)$ | $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ | $\epsilon\text{Nd}(0)$ | $\delta^{18}\text{O}$ | $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ | $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ | $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ |
|-------------|---------------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| EA-2        | -                               | -                      | -                                 | -                      | -                     | 17.36                             | 15.46                             | 37.09                             | 2.14                              | 1.122                             | 2.3984                            |
| EA-3        | -                               | -                      | -                                 | -                      | -                     | 17.52                             | 15.68                             | 37.56                             | 2.14                              | 1.117                             | 2.3954                            |
| EA-4        | 0.706254                        | 21.3                   | 0.512532                          | -2.1                   | 14.3                  | 18.38                             | 15.88                             | 37.81                             | 2.06                              | 1.157                             | 2.3808                            |
| EA-5        | -                               | -                      | -                                 | -                      | -                     | 17.8                              | 15.25                             | 36.91                             | 2.07                              | 1.167                             | 2.4203                            |
| EA-10       | 0.705962                        | 21.3                   | 0.512548                          | -1.8                   | 14                    | 18.92                             | 15.77                             | 39.08                             | 2.07                              | 1.2                               | 2.478                             |
| EA-17       | 0.706395                        | 17.2                   | 0.512529                          | -2.1                   | 14                    | 19.29                             | 16.5                              | 39.93                             | 2.07                              | 1.169                             | 2.4199                            |
| EA-21       | 0.706341                        | 23.3                   | 0.512553                          | -1.7                   | 14.1                  | 17.86                             | 15.29                             | 36                                | 2.02                              | 1.168                             | 2.3551                            |
| EA-25       | 0.706263                        | 22.6                   | 0.512538                          | -1.9                   | 14.9                  | 18.38                             | 15.92                             | 38.77                             | 2.11                              | 1.155                             | 2.4348                            |
| EA-30       | 0.705965                        | 21.5                   | 0.512543                          | -1.9                   | 13.9                  | 18.21                             | 15.64                             | 38.07                             | 2.09                              | 1.164                             | 2.4338                            |
| EA-35       | 0.706032                        | 17.2                   | 0.512561                          | -1.5                   | 13.7                  | 19                                | 16.54                             | 40.23                             | 2.12                              | 1.149                             | 2.4326                            |
| <b>ORT.</b> | <b>0.7061731</b>                | <b>20.6</b>            | <b>0.5125434</b>                  | <b>-1.8</b>            | <b>14.1</b>           | <b>15.79</b>                      | <b>38.14</b>                      | <b>2.09</b>                       | <b>1.16</b>                       | <b>2.42</b>                       | <b>14.13</b>                      |

## 4. TARTIŞMA

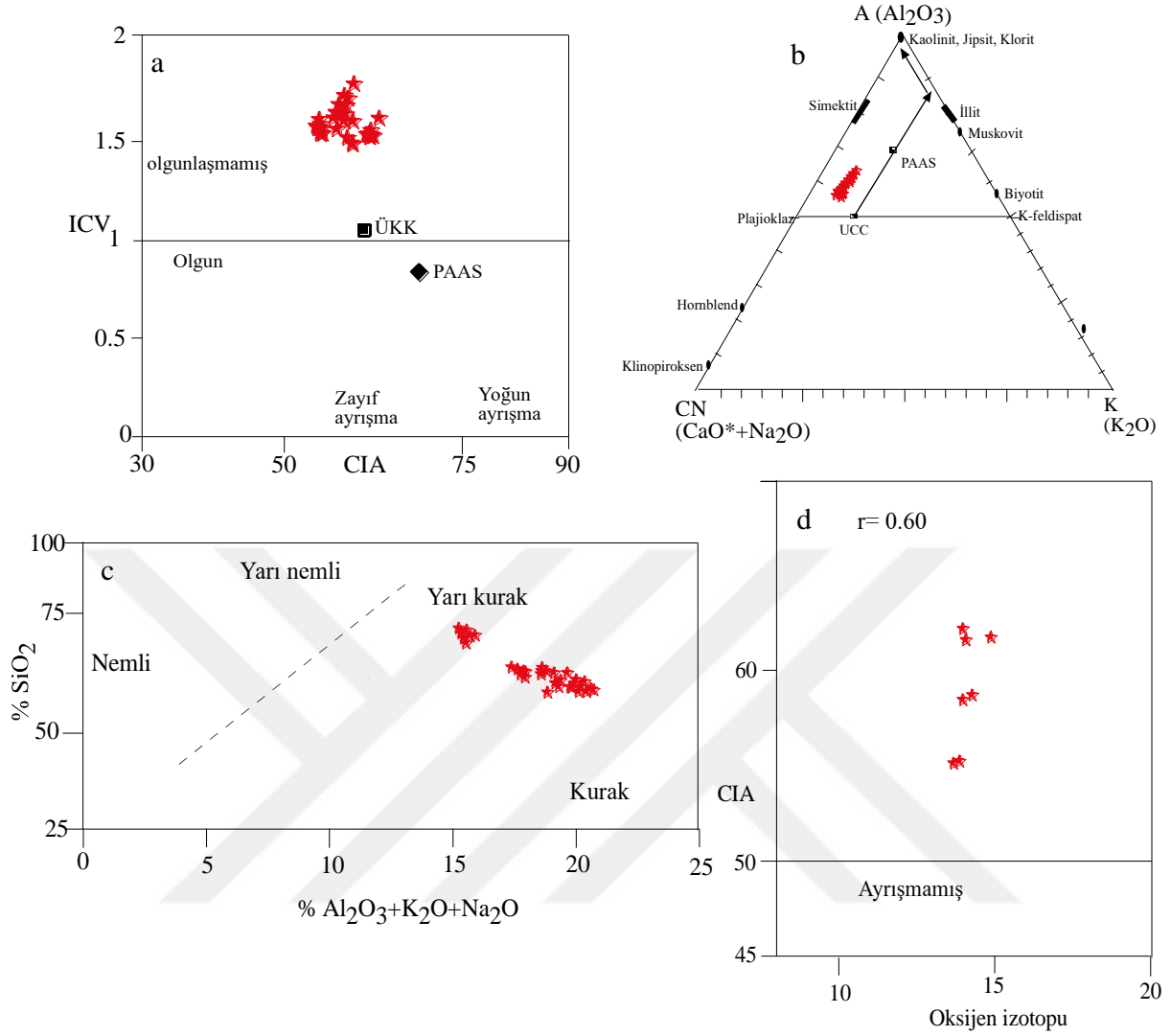
### 4.1. Ayrışma

İklim, kaynak bölgenin tektonik olarak yükselmesi, erozyonu, kaynak kayanın bileşimi kaynak kayanın kimyasal ayrışmasını kontrol eden faktörlerdir. (Wronkiewicz ve Condie, 1987). Sedimanter kayaların kaynak bileşeni ve ayrışma karakterlerini tanımlamak için en çok kullanılan parametreler; 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) dir. Düşük CIA (52-54) ve PIA (52-56) değerleri kaynak alanında düşük derecede ayrışma olması ve kaynaktan türeyen sedimanların ise bileşimsel olarak olgun olamaması ile bağlantılıdır. Böylece düşük CIA ve PIA değerine sahip olan sedimanlar alüminyumca zengin mineral içerikleri düşük olmaktadır (Fedo, vd., 1995; Wang vd., 2014a).

Eski alüvyon çökellerinin hesaplanan CIA, PIA ve ICV değerleri sırasıyla 54.5-63.4 (ortalama=58.6), 54.7-64 (ortalama 58.7) ve 1.48-1.79 (ortalama= 1.58) arasında değişmektedir (Tablo 4.1). Ayrışmamış kayaçların PIA değerleri 50, kil minerallerin ise 100'e yakındır (Fedo vd., 1995). Bunun yanı sıra CIA<65 değerleri genelde tektonik olarak aktif ortamları (Blatt vd., 1980) ve yüksek mekanik erozyonu göstermektedir (Linn ve DePaolo, 1993). Bununla birlikte düşük ICV değerleri (<1) çökellerin yüksek yüzdeli kil mineralli ve olgun sedimentlerden türemiş olabileceğini, oysaki yüksek ICV değerleri ilk döngü çökellerini temsil etmektedir (Kamp ve Leake, 1985). Söz konusu çökellerin CIA ve PIA ortalama değerlerinin düşük olması (<60) bu çökellerin kaynak kayaçlarının yoğun olarak ayrışmadığınının belirtisidir. Ayrıca ICV değerlerinin yüksek olması, bunların mineralojik olarak olgun olmayan materyalden türediğini göstermektedir (Şekil 4.1a). Çalışılan çökellere materyal sağlayan kaynak alanında ÜKK'ya göre biraz fazla, PAAS (Post Archean Australian Şeyl)'e göre ise daha az ayrışma olduğu görülmektedir (Şekil 4.1b, Sharma vd., 2013). Kimyasal ayrışma oranını etkileyen bir diğer faktör de iklimdir. Nemli iklim kimyasal ayrışma oranını arttırmakta, kuru iklim ise düşürmektedir.  $SiO_2 / Al_2O_3 + K_2O + Na_2O$  (Suttner ve Dutta, 1986) diyagramında örneklerin tamamı yarı kurak – kurak bölge arasında toplanmıştır (Şekil 4.1c). Ayrıca  $\delta^{18}O$  izotop değerlerini kullanarak sedimanların türediği

kaynak alanındaki ayrışma derecesini belirlemek gittikçe önem kazanmaktadır. Çünkü yüksek  $\delta^{18}\text{O}$  izotopik değeri yüksek ayrışmayı gösterir ve artan stratigrafik yaş ile de artar (Linn ve DePaolo, 1993). 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 sedimanter kayaçlar 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). Buna karşılık yüksek sıcaklıklarda kristallenen magmatik kayaçlar ise nispeten üniform  $\delta^{18}\text{O}$  izotopik değerine sahiptir (‰ +6 - +11). Eski alüvyonların ortalama  $\delta^{18}\text{O}$  izotopik değeri 14.1 olarak hesaplanmıştır. Söz konusu çökellerin  $\delta^{18}\text{O}$  izotopik değerleri CIA ile pozitif korelasyon göstermektedir ( $r=0.60$ ) (Şekil 4.1d). Buda Eski alüvyal çökellerin  $\delta^{18}\text{O}$  izotopunun ayrışma ile kontrol edildiğini işaret etmektedir.

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



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

Ağır mineraller (ör. monazit ve zirkon) sedimanter döngü boyunca korundukları için, fazlaca sedimanter döngüye maruz kalan çökeltiler söz konusu minerallerce zenginleşirler ve dolayısıyla yüksek  $Gd_N/Yb_N$  ve  $Zr/Sc$  oranları ve zirkon konsantrasyonuna sahip olurlar (McLennan, 1989). Aksine  $Th/Sc$  oranı sedimanter döngü boyunca fazla değişikliğe uğramaz ve sedimanter kaynağı belirlemek için idealdir (Cullers, 1994). Eski alüvyonların  $Gd_N/Yb_N$ ,  $Th/Sc$  ve  $Zr/Sc$  oranları sırasıyla 1.6-2, 0.7-1.1 ve 11.9-19 arasında değişiklik göstermektedir



(Tablo 4.1). Bu oranlara göre söz konusu çökellerde ağır mineral bakımından önemli bir zenginleşme olmamıştır. İncelenen örneklerin Th/Sc oranının Zr/Sc oranı ile pozitif korelasyon göstermesi (Şekil 4.2a), jeokimyasal değişimin kaynak alanındaki materyal bileşeninin hakimiyetinde olduğunu işaret etmekte ve sedimanter döngüye bağlı olarak zirkon zenginleşmesinin söz konusu olmadığını göstermektedir. Ayrıca incelenen örneklerin Zr/Nb oranlarının ÜKK'dan düşük olması, zirkon zenginleşmesinin olmadığını desteklemektedir (Klaver vd., 2015). Eski alüvyal çökellerin Zr/Nb oranları dar aralıkta yayılım göstermekte olup 8.6-11.3 arasında değişmektedir (Tablo 4.1) (ÜKK'da ortalama Zr/Nb= 15.8, Taylor ve McLennan 1985; McLennan 2001).

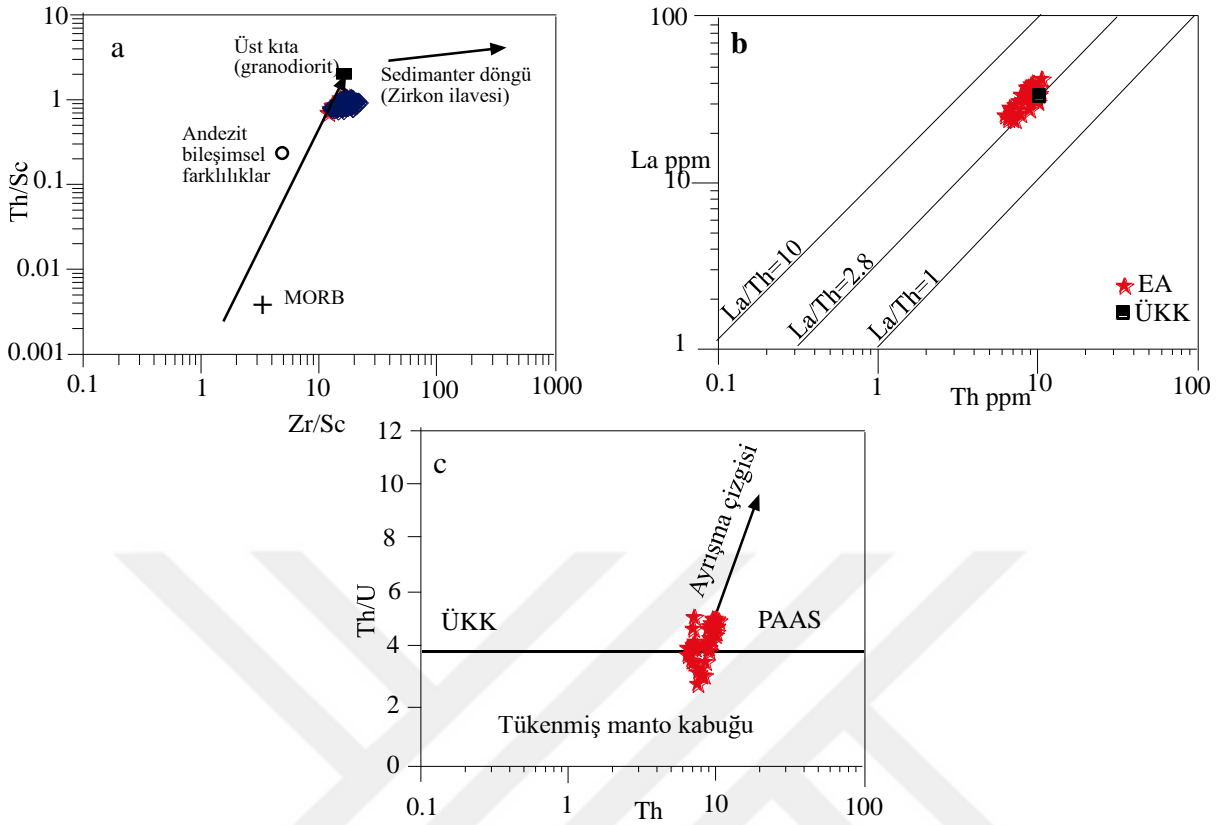
İnce taneli sedimentlerin La/Th oranlarını (~2.8) Üst Kıtasal Kabuk bileşimini belirlemek için kullanılmıştır (Gallet vd., 1998). İncelenen örneklerin tamamı (La/Th oranı=2.8 hattında) ÜKK etrafında toplanarak (Şekil 4.2b) söz konusu sedimentlerin, sedimanter boylanmadan az etkilendiğini vurgulamaktadır. Sedimanter döngü ve yeniden çökme Th/U oranını arttırmaktadır (Uranyum, nispeten daha kolay çözülüp sistemden uzaklaşmaktadır) (Wang, vd., 2014a). Eski alüvyonların 3.1-5.2 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 çok az yüksek, fakat PAAS'ye yakındır. Bu da basit sedimanter döngü olduğunu göstermektedir (Şekil 4.2c). Yüksek Rb/Sr oranları güçlü ayrışmanın ve sedimanter döngünün göstergesi olarak yorumlanmaktadır (McLennan vd., 1993), çünkü genellikle ayrışma ve diyajenetik olaylar Rb/Sr oranında artışa neden olabilmektedir. Böylece örneklerin Rb/Sr oranının <1 olması (Tablo 4.1) basit döngü tarihini desteklemektedir.

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

| Örnek no | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub> | Zr/Sc | Th/Sc | Zr/Nb | Th/U | Rb/Sr | Sc/Th | Co/Th | (La/Th)N | (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  |
|----------|--|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|---------|---------|------|------|------|
| EA1      | 16.3   | 18.1  | 1.02  | 10.6  | 4.85 | 0.14  | 0.98  | 1.7   | 3.21     | 12.8     | 4.71     | 1.82     | 0.81   | 145    | 140     | 4.69    | 59.9 | 58.8 | 1.79 |
| EA2      | 17.8   | 14.5  | 0.82  | 9.88  | 3.15 | 0.16  | 1.22  | 1.99  | 3.41     | 12.3     | 5.12     | 1.76     | 0.84   | 119    | 115     | 4.1     | 63.4 | 64   | 1.61 |
| EA3      | 18.9   | 15.3  | 0.87  | 9.94  | 3.39 | 0.15  | 1.15  | 1.91  | 3.6      | 11.9     | 5.07     | 1.64     | 0.84   | 117    | 113     | 3.98    | 57.7 | 57.2 | 1.68 |
| EA4      | 16.8   | 14.9  | 0.94  | 9.45  | 3.15 | 0.14  | 1.06  | 1.81  | 3.28     | 12.7     | 5.24     | 1.84     | 0.81   | 117    | 113     | 4.01    | 58.7 | 58.6 | 1.68 |
| EA5      | 17.0   | 12.4  | 0.77  | 9.49  | 2.85 | 0.14  | 1.3   | 2.01  | 3.53     | 12.1     | 5.11     | 1.76     | 0.84   | 117    | 113     | 3.94    | 59.1 | 58.5 | 1.71 |
| EA6      | 16.5   | 16.2  | 0.87  | 10.9  | 3.25 | 0.14  | 1.15  | 1.83  | 3.45     | 12.2     | 4.89     | 1.78     | 0.81   | 115    | 111     | 3.87    | 58.5 | 58.2 | 1.73 |
| EA7      | 15.6   | 17    | 1.03  | 9.28  | 4.89 | 0.12  | 0.97  | 1.62  | 3.44     | 13.1     | 5.16     | 1.83     | 0.8    | 137    | 132     | 4.33    | 59.7 | 60.4 | 1.49 |
| EA8      | 15.6   | 15.2  | 0.83  | 9.1   | 4.15 | 0.12  | 1.2   | 1.73  | 3.77     | 13.7     | 4.99     | 1.79     | 0.82   | 128    | 124     | 4.01    | 59.7 | 60.5 | 1.48 |
| EA9      | 15.4   | 18.3  | 1.07  | 9.49  | 4.36 | 0.12  | 0.94  | 1.61  | 4.17     | 15.3     | 5.89     | 1.74     | 0.83   | 164    | 160     | 4.45    | 58.9 | 59.6 | 1.52 |
| EA10     | 15.1   | 19    | 0.97  | 10.6  | 5.09 | 0.11  | 1.03  | 1.64  | 3.87     | 14.6     | 5.64     | 1.81     | 0.87   | 174    | 169     | 5.04    | 58.5 | 58.1 | 1.6  |
| EA11     | 14.8   | 18.1  | 0.82  | 10.5  | 4.29 | 0.11  | 1.22  | 1.79  | 4.07     | 13.3     | 4.94     | 1.73     | 0.87   | 152    | 147     | 4.86    | 57.4 | 56.7 | 1.64 |
| EA12     | 14.9   | 18    | 0.85  | 10.5  | 4.48 | 0.11  | 1.17  | 1.79  | 3.94     | 13.2     | 5.07     | 1.75     | 0.86   | 157    | 152     | 5.08    | 57.4 | 56.4 | 1.64 |
| EA13     | 15.7   | 15.9  | 0.83  | 10.6  | 4.79 | 0.12  | 1.21  | 1.82  | 3.49     | 12.3     | 4.73     | 1.67     | 0.89   | 137    | 132     | 4.72    | 57   | 57   | 1.62 |
| EA14     | 16.1   | 18.6  | 0.87  | 11.3  | 3.63 | 0.12  | 1.15  | 1.86  | 3.75     | 12.9     | 4.99     | 1.65     | 0.91   | 136    | 131     | 4.51    | 57.5 | 57.3 | 1.56 |
| EA15     | 15.9   | 11.9  | 0.7   | 8.56  | 4.16 | 0.15  | 1.43  | 2.19  | 3.68     | 11.7     | 4.54     | 1.72     | 0.82   | 149    | 144     | 5.27    | 59.7 | 59.4 | 1.6  |
| EA16     | 15.5   | 12.8  | 0.84  | 8.8   | 4.59 | 0.15  | 1.19  | 1.94  | 3.19     | 12.1     | 4.82     | 1.9      | 0.85   | 146    | 141     | 4.89    | 58.7 | 58.4 | 1.63 |
| EA17     | 15.7   | 14.3  | 0.79  | 9.88  | 5    | 0.14  | 1.26  | 1.85  | 3.51     | 11.1     | 4.61     | 1.69     | 0.9    | 149    | 144     | 5.23    | 62.2 | 62.7 | 1.55 |
| EA18     | 16.0   | 12.6  | 0.78  | 8.57  | 5.05 | 0.14  | 1.29  | 1.79  | 3.43     | 12.1     | 4.76     | 1.79     | 0.87   | 150    | 145     | 5.05    | 62   | 62.4 | 1.52 |
| EA19     | 15.8   | 14.2  | 0.77  | 9.32  | 4    | 0.14  | 1.3   | 1.99  | 3.92     | 12.9     | 5.15     | 1.77     | 0.86   | 152    | 147     | 4.82    | 62.1 | 62.4 | 1.52 |
| EA20     | 15.7   | 13.9  | 0.82  | 9.19  | 5.16 | 0.14  | 1.22  | 1.91  | 3.32     | 11.8     | 4.22     | 1.73     | 0.84   | 145    | 140     | 4.98    | 62   | 62.1 | 1.53 |
| EA21     | 15.7   | 14.5  | 0.86  | 9.34  | 5.15 | 0.14  | 1.17  | 1.77  | 3.28     | 11.5     | 4.39     | 1.68     | 0.82   | 148    | 143     | 5.04    | 61.6 | 62.1 | 1.53 |
| EA22     | 15.9   | 13.5  | 0.78  | 9.06  | 4.48 | 0.15  | 1.28  | 1.86  | 3.63     | 12.5     | 4.84     | 1.78     | 0.87   | 143    | 138     | 5.08    | 62.5 | 62.7 | 1.52 |
| EA23     | 15.8   | 13.5  | 0.86  | 9.32  | 4.90 | 0.14  | 1.17  | 1.61  | 3.2      | 11.6     | 4.56     | 1.7      | 0.81   | 141    | 136     | 5.02    | 62.1 | 62.3 | 1.53 |
| EA24     | 15.8   | 13.2  | 0.86  | 8.72  | 4.68 | 0.15  | 1.17  | 1.71  | 3.5      | 13.7     | 5.27     | 1.87     | 0.89   | 152    | 147     | 4.85    | 62.4 | 62.9 | 1.53 |

Tablo 4.1 (devamı)

| Örnek no | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub> | Zr/Sc | Th/Sc | Zr/Nb | Th/U | Rb/Sr | Sc/Th | Co/Th | (La/Th)N | (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  |
|----------|--|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|---------|---------|------|------|------|
| EA25     | 15.7   | 13.8  | 0.81  | 9.12  | 4.85 | 0.15  | 1.24  | 1.73  | 3.49     | 12.1     | 4.86     | 1.73     | 0.85   | 146    | 141     | 5.03    | 61.8 | 62.3 | 1.53 |
| EA26     | 16.1   | 17.1  | 0.88  | 10.9  | 4.12 | 0.14  | 1.14  | 1.77  | 3.67     | 14.6     | 5.43     | 2.04     | 0.83   | 107    | 104     | 3.2     | 55   | 55   | 1.61 |
| EA27     | 18.8   | 14.1  | 0.83  | 8.89  | 4.13 | 0.15  | 1.21  | 1.71  | 3.76     | 14.9     | 5.68     | 1.92     | 0.89   | 99     | 96      | 3.13    | 55.3 | 55.5 | 1.54 |
| EA28     | 18.8   | 13.4  | 0.83  | 9.09  | 3.88 | 0.15  | 1.21  | 1.73  | 3.68     | 15.1     | 5.56     | 1.92     | 0.95   | 97     | 94      | 3.07    | 54.9 | 55.3 | 1.56 |
| EA29     | 18.2   | 15.1  | 1.03  | 8.82  | 4.8  | 0.14  | 0.97  | 1.5   | 3.38     | 13.9     | 5.3      | 1.85     | 0.88   | 99     | 96      | 3.11    | 54.7 | 55   | 1.56 |
| EA30     | 19.0   | 14.4  | 0.93  | 8.93  | 4.35 | 0.13  | 1.08  | 1.82  | 3.54     | 14.1     | 5.03     | 1.76     | 0.87   | 107    | 104     | 3.36    | 55.3 | 55.4 | 1.56 |
| EA31     | 18.5   | 15.1  | 0.91  | 9.71  | 5.21 | 0.14  | 1.1   | 1.63  | 3.23     | 12.7     | 5.23     | 1.69     | 0.88   | 97     | 93      | 3.35    | 54.5 | 54.7 | 1.57 |
| EA32     | 19.0   | 15.2  | 1.03  | 8.88  | 4.24 | 0.13  | 0.97  | 1.61  | 3.36     | 13.3     | 5        | 1.82     | 0.83   | 103    | 100     | 3.19    | 55.1 | 55.3 | 1.53 |
| EA33     | 18.7   | 14.6  | 0.88  | 9.86  | 3.68 | 0.13  | 1.14  | 1.9   | 3.46     | 14.1     | 5.11     | 1.96     | 0.87   | 100    | 97      | 3.21    | 55.4 | 55.4 | 1.54 |
| EA34     | 18.5   | 16.2  | 0.93  | 10.8  | 4.11 | 0.13  | 1.08  | 1.89  | 3.26     | 12.8     | 4.86     | 1.76     | 0.91   | 102    | 99      | 3.24    | 55.1 | 55.4 | 1.58 |
| EA35     | 18.8   | 15.5  | 0.9   | 9.51  | 3.6  | 0.13  | 1.11  | 1.83  | 3.65     | 13.8     | 4.84     | 1.82     | 0.96   | 112    | 108     | 3.36    | 55.2 | 55.6 | 1.56 |

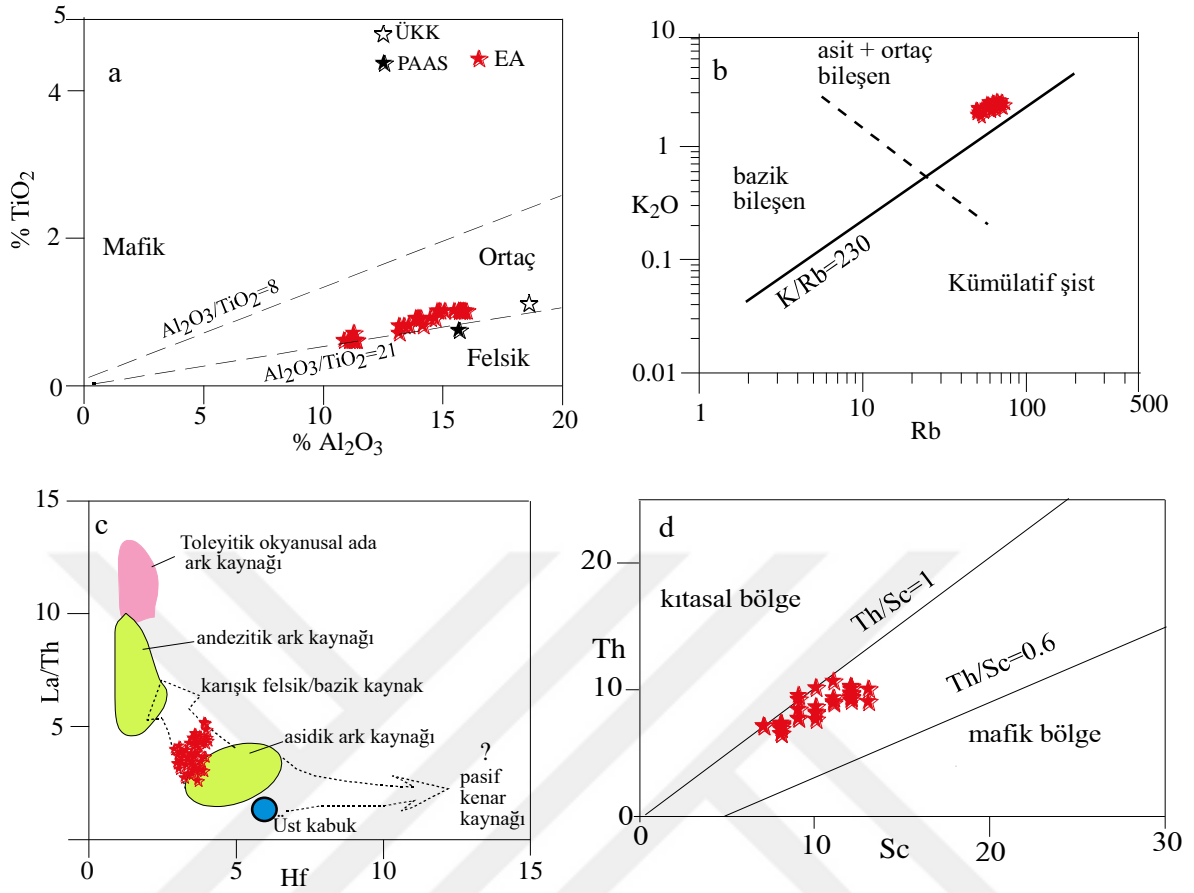


Şekil 4.2. Eski alüvyon örneklerinin sedimanter döngü ile değişimini gösteren jeokimyasal diyagramlar a) Th/Sc – Zr/Sc diyagramı (McLennan, 2003), b) Th – La diyagramı (Gallet vd., 1998), c) Th – Th/U diyagramı (McLennan vd., 1993) (MORB: Okyanus ortası sırt bazaltları).

### 4.3. Kaynak Alan

Kaynak kayaçların ayrışması, taşınması, çökmesi ve diyajenezi boyunca  $Al_2O_3/TiO_2$  oranları, çok fazla değişmezler (Taylor ve McLennan, 1985; Hayashi vd., 1997; He vd., 2010a; Huang vd., 2014). Genelde,  $Al_2O_3/TiO_2$  oranı felsik magmatik kayaçlarda 21 ile 70, ortaç magmatik kayaçlarda 8 ile 21 ve mafik magmatik kayaçlarda 3 ile 8 arasında değişiklik göstermektedir (Hayashi vd., 1997). Bu nedenle  $Al_2O_3/TiO_2$  oranı sedimentlerin kaynak kaya bileşiminin tespitinde sıklıkla kullanılmaktadır. Eski alüvyal çökellerde  $Al_2O_3/TiO_2$  oranları 14.8-19 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 önemli kaynak bileşen göstergesi olarak kullanılırlar, çünkü sedimanter döngü işlevlerine karşı oldukça hassastırlar (Floyd vd., 1989, Wang vd., 2014a). Bunun haricinde, N.T.Es, Zr, Hf, Y, Nb,

Th ve Sc sedimanter döngü esnasında önemli oranda etkilenmediklerinden (Taylor ve McLennan, 1985; Bhatia ve Crook, 1986; Wronkiewicz ve Condie, 1987, 1989, 1990) kaynak kayayı tespit etmek için son derece uygun elementlerdir. Eski alüvyon çökellerinde ise  $K_2O > 1.79\%$ ,  $Rb > 50.7$  ppm olarak ölçülmüştür. Dolayısıyla çalışılan örnekler nispeten yüksek  $K_2O$  ve Rb değerleri içererek kaynak kayanın asit-ortaç magmatik kayaç olduğuna işaret etmektedirler (Şekil 4.3b, Wang vd., 2014a). La/Th – Hf diyagramında örneklerin bir kısmı asidik yay kaynağına, büyük çoğunluğu ise karışık felsik/bazik kaynak alanında toplandılar (Şekil 4.3c, Wang vd., 2014a). Eski alüvyal çökellerinin La/Sc, Sc/Th oranları ÜKK'ya benzer, Co/Th oranları ÜKK'dan çok hafif yüksek, Eu/Eu\* oranları ise ÜKK ile AKK (Alt Kıtasal Kabuk) arasında dağılım göstermektedir (Tablo 4.2). Ayrıca Şekil 4.3d'de örneklerin tamamı asidik bölgeye yakın olmak üzere ortaç alanda toplandılar. 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). Eski alüvyal çökel örneklerinin (La/Yb)<sub>N</sub> oranları yüksek olup sırasıyla 11.5-15.3 arasında değişmektedir. Ortalama Eu/Eu\* oranları eski alüvyal çökellerinde 0.85 olarak hesaplanmıştır ve çok küçük negatif anomali göstermektedir. Çalışmaya konu olan örneklerde A.N.T.E hafif düzdür (Şekil 3.8), çünkü ortalama (Gd/Yb)<sub>N</sub> oranları 1.79 olarak hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra Nb/Ta – Zr/Sm diyagramında (Foley vd., 2002; Chakrabati vd., 2007) örneklerin büyük çoğunluğu ortalama kıtasal kabuk, 5 örnek ise okyanus ortası sırtı bazaltları (OIB) alanına yerleştiği görülmektedir (Şekil 4.4a). Ce/Pb – Ce diyagramında (Miller vd. 1994; Chakrabati vd., 2007) ise her iki çökele ait örneklerin tamamı ortalama kıtasal kabuk alanında ve küresel ark alanında (Küresel ark alanı yitim zonu volkanik ürünlerini gösterir) toplandılar (Şekil 4.4b).



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. Eski alüvyal çökellerinin ve granit, andezit, ofiyolit, bazik ve asidik kumtaşları, ÜKK (Üst kıtasal kabuk), AKK (Alt kıtasal kabuk) OK (Okyanusal kabuk)'un element oranları.

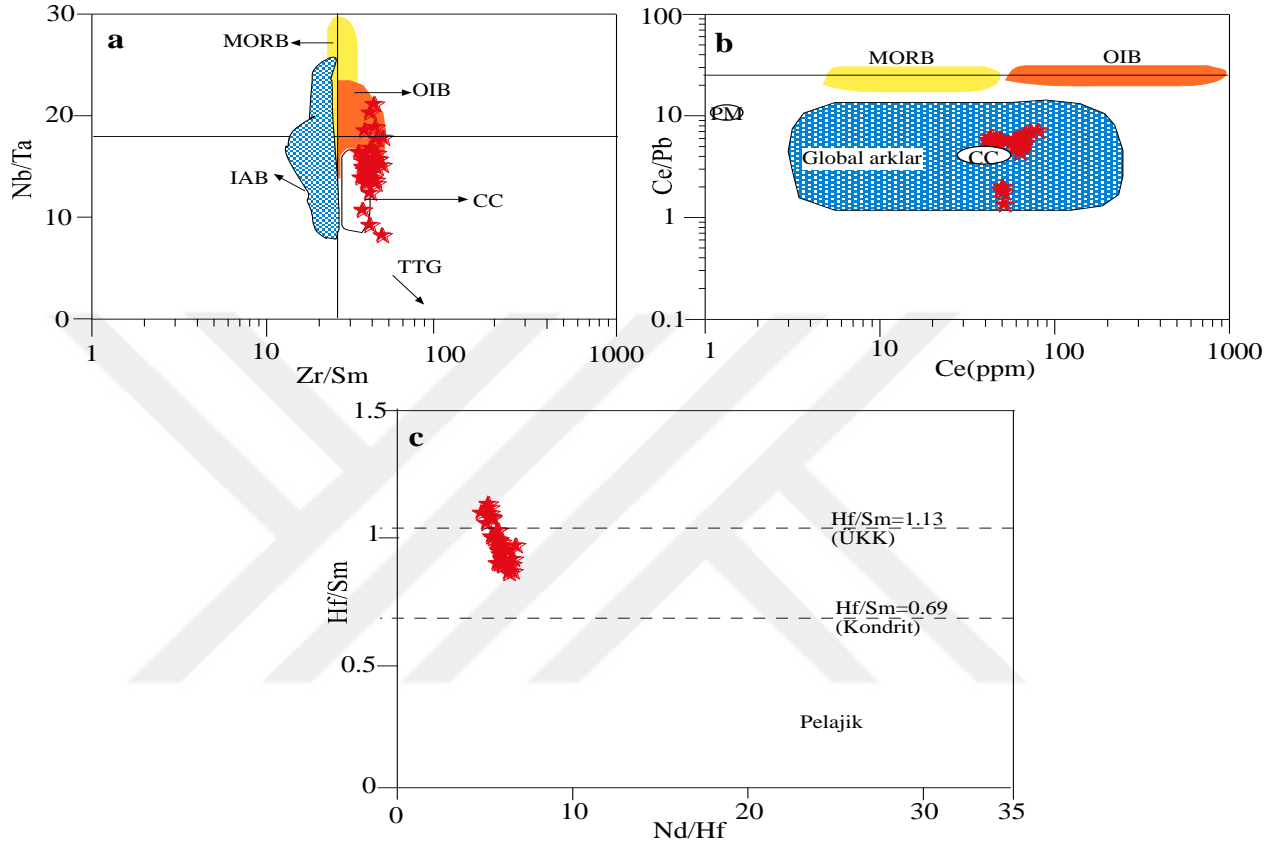
| Element oranı | ÜK <sup>a</sup> | AK <sup>a</sup> | OK <sup>a</sup> | Granit <sup>b</sup> | Andezit <sup>b</sup> | Ofiyolit <sup>c</sup> | Bazik Kayaç Kumu <sup>d</sup> | Asidik Kayaç Kumu <sup>d</sup> | Eski Alüvyal Çökeller <sup>e</sup> |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| La/Sc         | 2.7             | 0.30            | 0.10            | 8.0                 | 0.9                  | 0.25                  | 0.4-1.1                       | 2.5-16                         | 2.6-4.4                            |
| Sc/Th         | 1.0             | 34              | 1.73            | 0.28                | 4.65                 | 56                    | 20-25                         | 0.05-1.2                       | 0.9-1.4                            |
| Co/Th         | 0.9             | 33              | 214             | 0.17                | 4.65                 | 70                    | 7.1-8.3                       | 0.22-1.5                       | 1.5-2.2                            |
| Eu/Eu*        | 0.61            | 1.07            | 1.02            | 0.34                | 0.66                 | 1.0                   | -                             | -                              | 0.81-0.96                          |

(<sup>a</sup>Taylor ve McLennan (1985), <sup>b</sup>Condie (1993), <sup>c</sup>Spadea vd. (1980), <sup>d</sup>Cullers (1994), Cullers vd. (1988), <sup>e</sup>Bu çalışma)

Aynı şekilde Hf/Sm – Nd/Hf diyagramında (Gasperini vd., 2002; Wang vd., 2014b) (Şekil 4.4c) örneklerin büyük çoğunluğu kıtasal kabuk alanına düşerler. Bu veriler ışığında eski alüvyon çökellerinin muhtemelen ortaç - felsik kaynaktan türediği söylenebilir.

Kaynak kayaların Nd izotopik bileşenleri kıtasal ayrışma ve sedimanter döngüler sırasında korunduğu için kayaçların kaynak araştırmalarında oldukça önemlidir (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 gösterdiklerini dile getirmişlerdir. Kırıntılı kayaçların Nd izotopik bileşenin 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 kılavuz olarak kullanılmaktadır (Clayton vd., 1978; Spiers vd., 1984; Yeh ve Eslinger, 1986; Goldstein ve Jacobson, 1988; Nelson ve DePaolo, 1988; Chen vd., 1990; Linn ve DePaolo, 1993). Özellikle Nd izotopları ile birlikte kullanıldığında birçok kaynağın seçilmesine ve doğru kaynağın belirlenmesine 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). Bundan dolayı manto ve kıtasal kabuktan türeyen kayaçları ayırt etmek için oldukça etkili bir yöntemdir. Genel olarak kıtasal kabuk, mantoya göre  $\delta^{18}\text{O}$ 'ca daha zengindir (Rollinson, 1993). Eski alüvyon çökellerinin  $\delta^{18}\text{O}$  izotop değerleri magmatik kayaç izotop değerlerinden yüksek, sedimanter kayaç izotop değerleri ile aynı aralıkta 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 daha önce vurgulandığına göre, adı geçen 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).

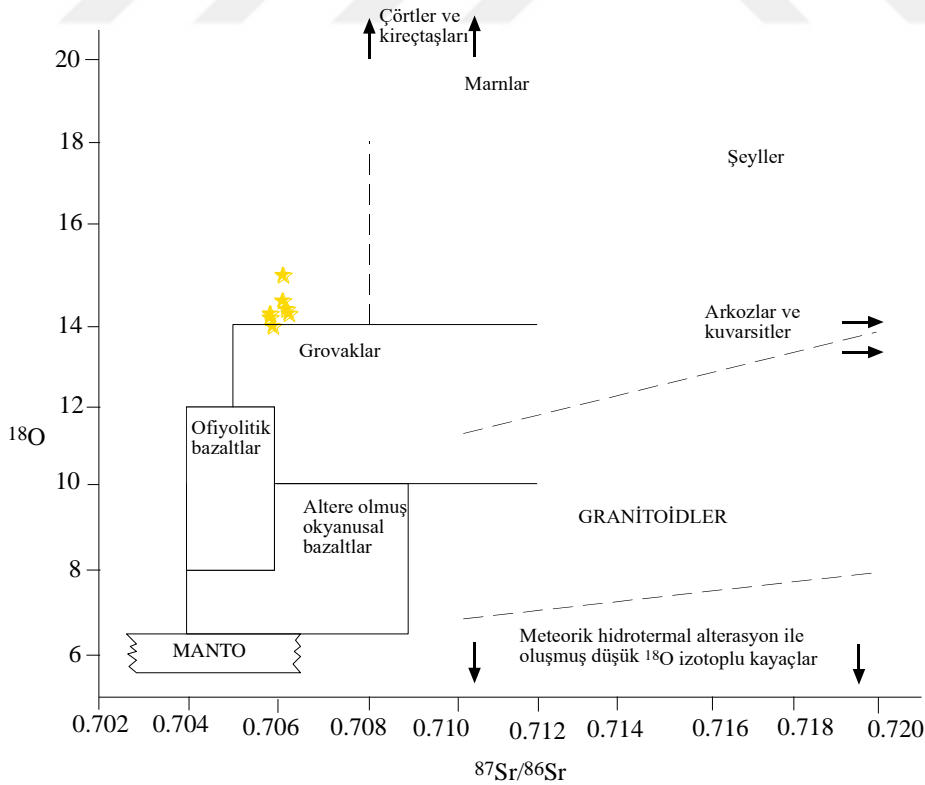


Şekil 4.4. İncelenen örneklerin a) Zr/Sm – Nb/Ta ve b) Ce – Ce/Pb diyagramları (Chakrabarti vd., 2007), c) Nd/Hf – Hf/Sm diyagramı (Gasperini vd., 2002) (TTG: Tonalit-tronjemit gnays, OIB: Okyanusal ada bazaltları, MORB: Okyanus ortası sırt bazaltları, PM: Pasif kenar, CC: Kıtasal kabuk, IAB: Ada arki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

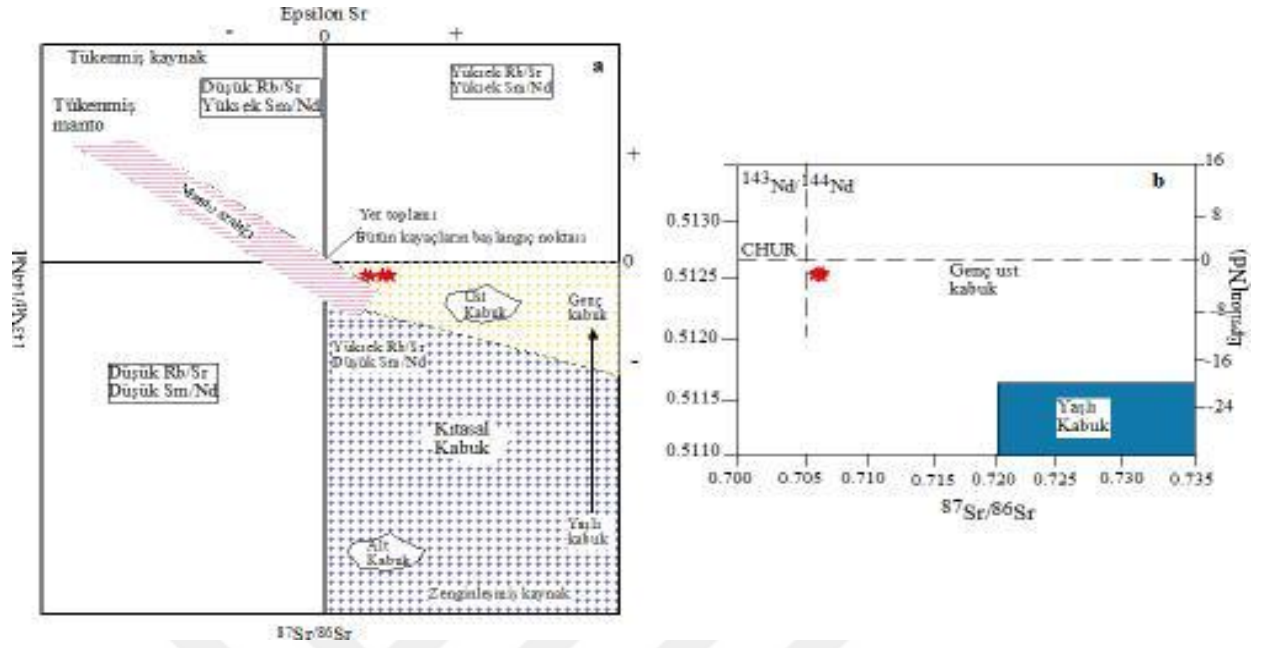
Eski alüvyal çökellerinin  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  oranları üst kıtasal kabukla benzerlik göstermesine rağmen,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  içerikleri üst kıtasal kabuğa göre tükenmiştir ve  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  ve  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  diyagramlarında örneklerin tamamı genç kabuk bölgesinde toplanmışlardır (Şekil 4.6a, b, Rollinson, 1993; Gallet vd., 1998). Sr, Rb'ye göre daha hareketlidir ve kimyasal ayrışmadan daha fazla etkilenmektedir. Oysaki ayrışma boyunca mika ve K-feldispattan çıkan Rb, kil minerallerin parçalanır (Clauer, 1982), fakat diyajenez boyunca hareketsiz kalmaya meyillidir (Perry ve Turekian, 1974; Linn ve DePaolo, 1993). Bundan dolayı taşınma işlevleri, ince taneli sedimentleri, Rb/Sr'ce zenginleştirir. Çalışılan örneklerde



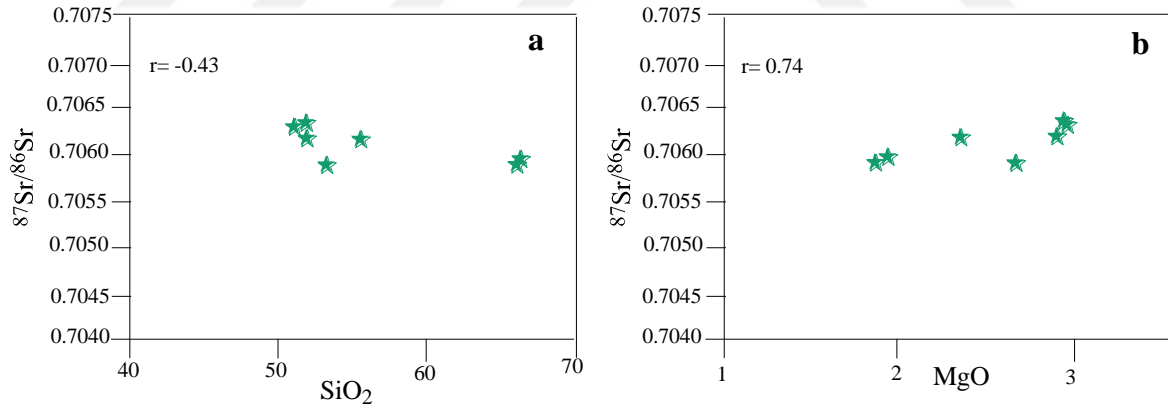
aşınma ve taşınmanın yoğun olmaması ve kaynak alanında karbonat kayaçların baskın olması söz konusu çökellerde Rb'nin Sr'ye göre tükenmesine neden olmuş olabilir. Bu durum, örneklerin  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  oranının üst kıtasal kabuğa göre tükenmesinin nedeni olabilir. Ayrıca  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  oranları tüm kayaç  $\text{SiO}_2$  içeriğinin artmasıyla, MgO içeriğinin azalmasıyla artmaya meyillidirler (Li vd., 2015). Çalışılan örneklerin  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  içeriği,  $\text{SiO}_2$  ile negatif ve MgO ile pozitif korelasyon göstererek (Şekil 4.7a, b) yukardaki öngörüyü 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), buda yeniden işlenmiş kıtasal sedimentler ve üst kıtasal kabuk ile yorumlanabilir (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 detrital köken (Jackson vd., 2007) olduğu konusunda fikir birliği vardır (Garapic vd., 2015). Şekil 4.8c (Carpentier vd., 2014)' de çalışılan örnekler kilce zengin ve kumca zengin sedimentler arasında toplanarak detritik kökeni desteklemektedir.



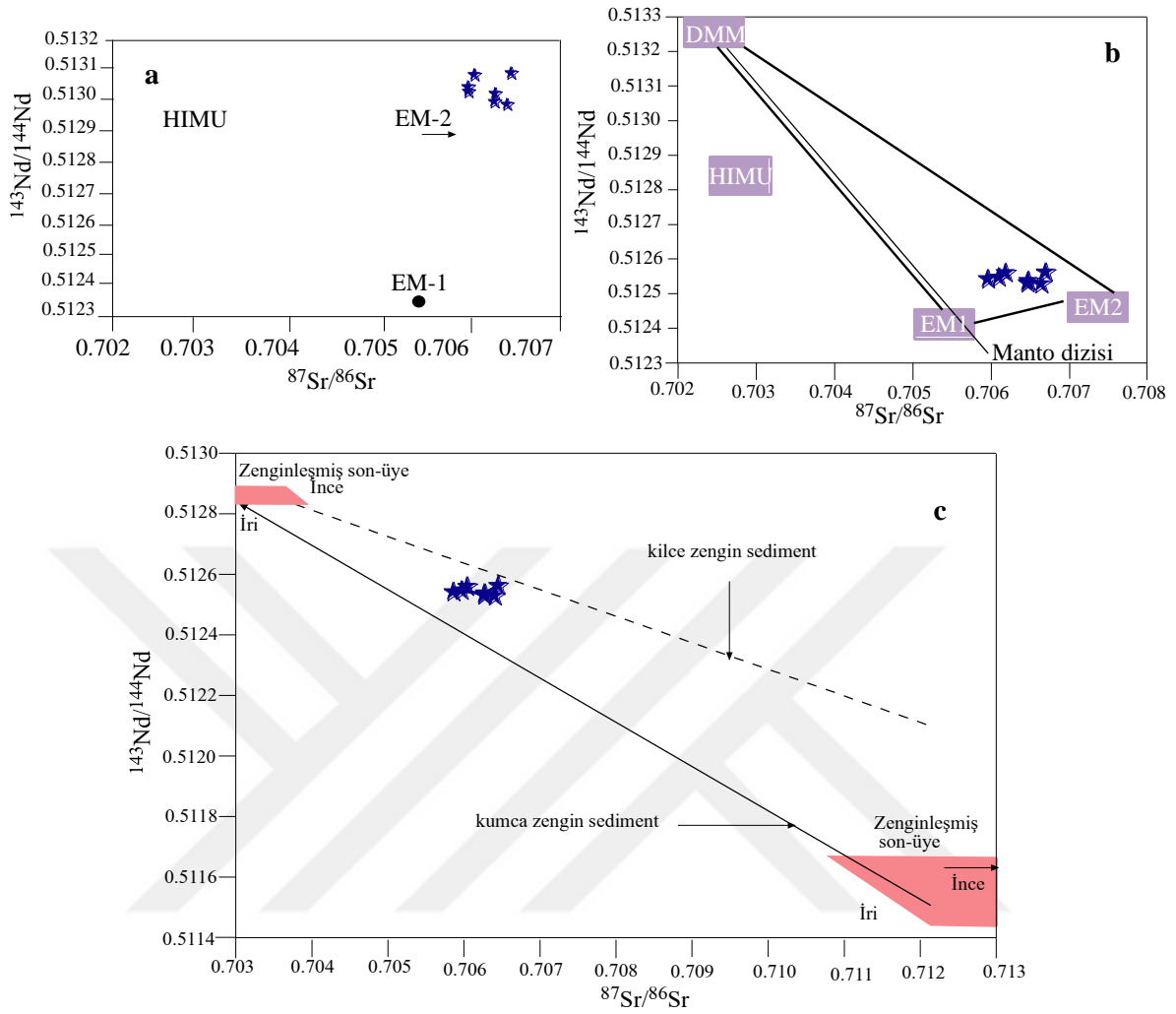
Şekil 4.5. İncelenen örneklerin  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  -  $\delta^{18}\text{O}$  diyagramındaki dağılımı (Rollinson, 1993).



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)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - ^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  ( $\epsilon\text{Nd}$ ) diyagramı (Gallet vd., 1993) (CHUR: Kondiritikreservuar).

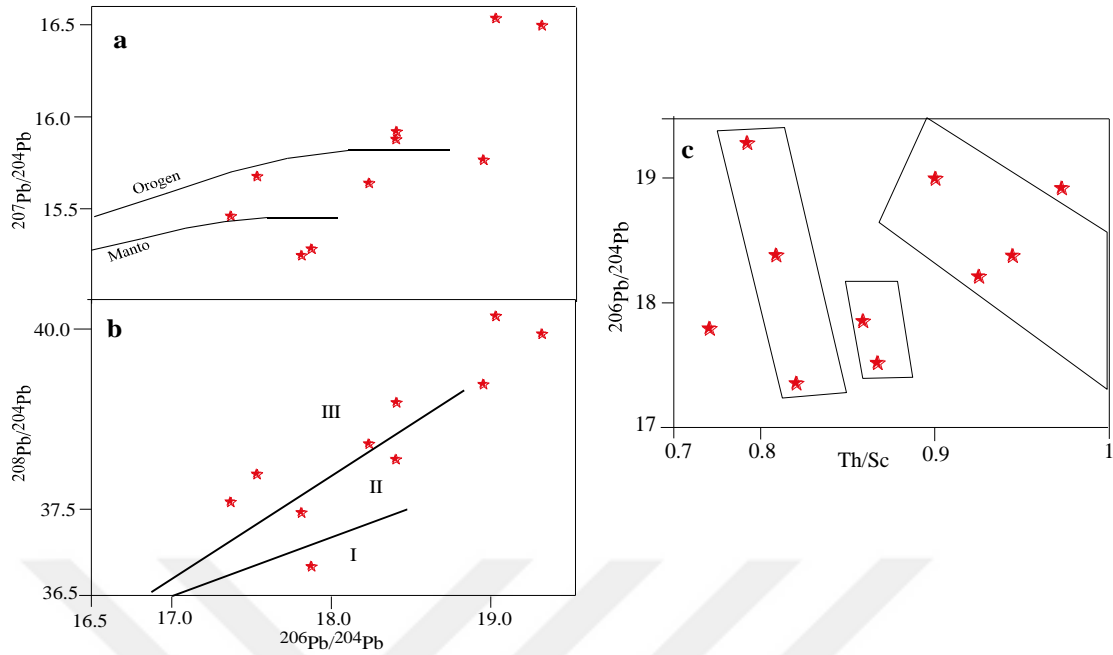


Şekil 4.7. İncelenen örneklerin  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotop değerlerinin  $\text{SiO}_2$  ve  $\text{MgO}$  içerikleri arasındaki değişimi gösteren diyagram



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) Li vd. (2015), c) Carpentier vd. (2014) (HIMU: Yüksek U/Pb oranına (yüksek  $\mu$  değerine) sahip manto, EM-1: Zenginleşmiş manto 1, EM-2: Zenginleşmiş manto 2, DMM: Tüketilmiş manto).

Eski alüvyal çökelleri  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  diyagramında manto alanından orojen bölgesine kadar dağılım gösterirken,  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  diyagramında genel olarak II. tip ve III. tip alanlarında toplanırlar (Şekil 4.9a, b, I. tip okyanusal, III. tip kıtasal grubu, II. tip de I. ve III. tipin karışımını temsil etmektedir, Stoesser ve Frost, 2006). Th/Sc -  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  diyagramında örnekler üç farklı alanda toplandı (Şekil 4.9c). Bu diyagramlara göre incelenen örneklerin Pb izotop içeriği jeolojik olarak kesin bir kaynağı göstermemiştir, muhtemelen çökellerin içerdiği kurşun çoğunlukla insansal kaynaklıdır.



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 (orojen) Stacey ve Kramers (1975) (Stoeser ve Frost 2006), c) Th/Sc -  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  diyagramı (Vroon vd., 1995)

#### 4.4. Ağır Metallerin Olası Kaynakları

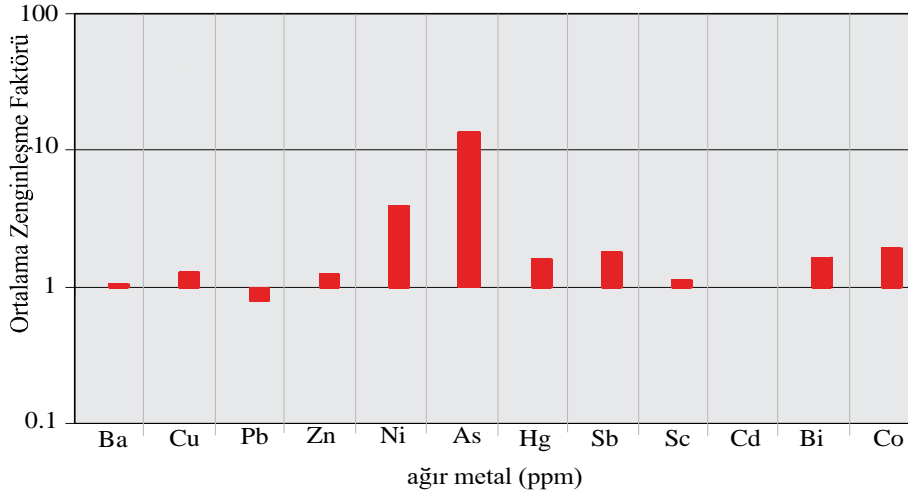
Dere çökellerinin içerdiği ağır metaller, ya dere havzasındaki kaynak kayaların ayrışmasından yada antropojenik kaynaklardan taşınmaktadır. Bu tür çökellerde antropojenik katkıyı değerlendirmek için “zenginleştirme faktörü” (EF= Enrichment Factor) kavramı geliştirilmiştir (Chester ve Stoner, 1973; N’guessan vd., 2009). Zenginleşme faktörü (ZF) 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 dayanıklıdır (Garrels ve Mackenzie, 1971; Nesbitt ve Wilson, 1992; Gisleson vd., 1996; Das ve Krishnaswami, 2007), ayrıca ince taneli sedimentin (kil ve ince silt) ana bileşeni olduğu için Pb, Zn, Cd, TI, Hg, As, Sb’ce zengin partikülleri içermektedir (Owens vd., 2005). EF, aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanmaktadır:

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

$(C_{\text{Element}}/C_{\text{Aluminyum}})_{\text{Sediment}} \text{ örneği}$ , 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.  $EF > 40$  aşırı derecede kirlilik olduğunu, 20-40 çok güçlü kirlilik, 5-20 önemli oranda kirlilik, 2-5 orta derce de kirlilik,  $< 2$  kirliliğin çok az yada olmadığını göstermektedir. Eski alüvyon çökellerinde Cd genel olarak limitin altında kaldığı için çoğu örnekte ölçülemedi. Ba, Cu, Pb, Zn, Hg, Sb, Sc, Bi ve Co'nun ortalama EF değerleri sırasıyla 1.06 (0.93-1.20), 1.28 (0.75-2.57), 0.80 (0.50-2.36), 1.24 (0.70-3.90), 1.59 (0.35-4.97), 1.78 (1.09-3.27), 1.12 (0.90-1.29), 1.63 (0.91-3.13) ve 1.91 (1.60-2.13) olarak hesaplanmıştır. Bu değerler göz önünde bulundurulduğunda adı geçen çökeller Ba ve Sc' ca kirlenmemiş Pb, Cu, Zn, Hg, Sb, Bi, Co elementlerince lokal olarak orta derecede kirlenmiştir. Eski alüvyal çökellerinde Ni ve As'nin ortalama EF değerleri sırasıyla 3.94 (3.10-4.66) ve 13.77 (10.98-20.36) olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla Söz konusu çökeller Ni'ce orta derecede, As'ce önemli oranda kirlenmiştir (Tablo 4.3, Şekil 4.10). Eski alüvyal çökellerin Ba ve Sc elementlerinin EF değerlerine göre muhtemelen jeolojik kaynaklı, Pb, Cu, Zn, Hg, Sb, Bi, Co çoğunlukla jeolojik olmakla beraber yer yer antropojenik kökenli, Ni ve As ise tamamen antropojenik kaynaklıdır. 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). Alüvyon çökellerinin Pb, Cu, Zn, Hg, Sb, Bi, Co ağır metallerince lokal olarak kirlenmesi, bu matellerin yıllarca önce akarsu ile (Ankara Çayı) taşınmış olabileceğini akla getirmektedir. Ancak söz konusu çökellerin çalışma alanı boyunca Ni ve As metallerince önemli oranda kirlenmiş olması, bu metallerin taşınmasında atmosferik şartların rol aldığını düşündürmektedir.

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

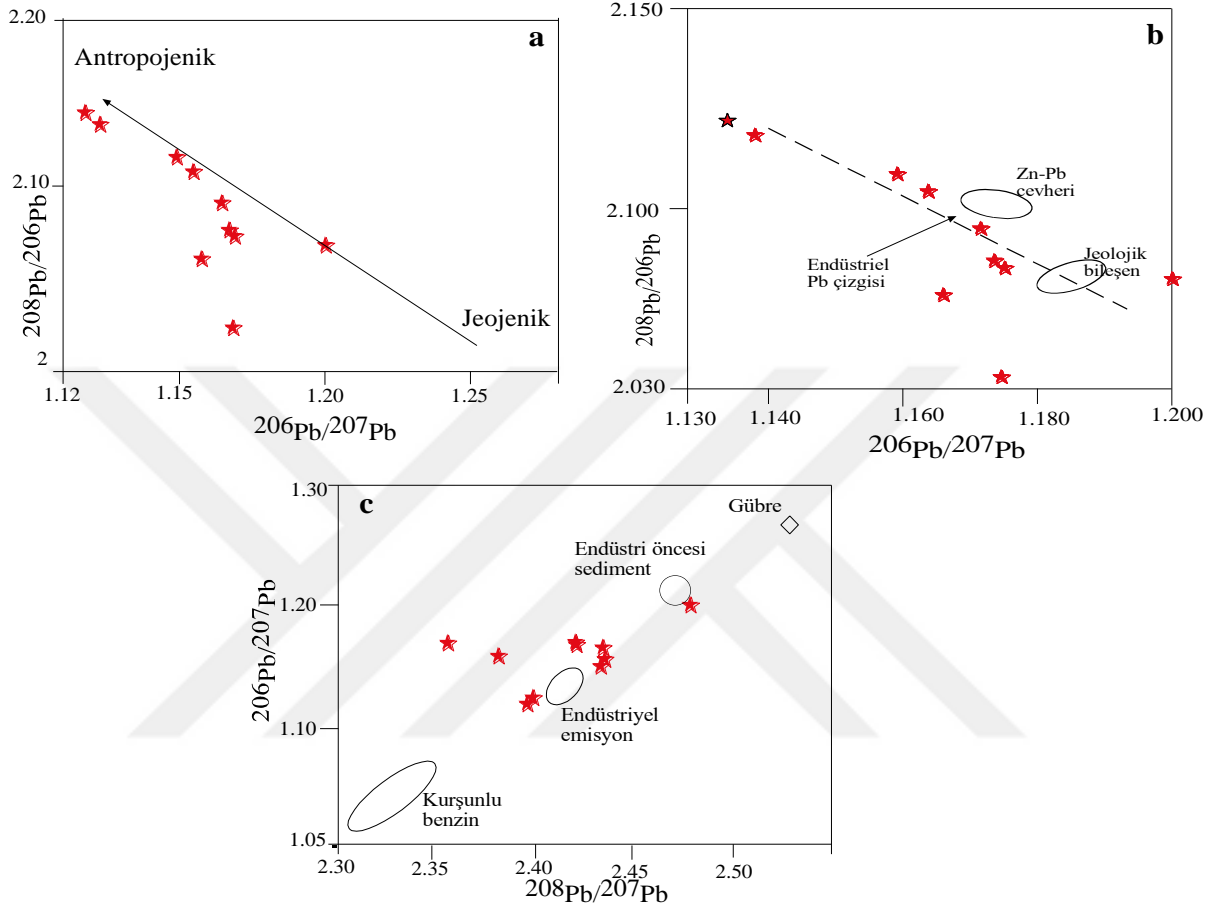
| Örnek No   | Ba<br>EF    | Cu<br>EF    | Pb<br>EF    | Zn<br>EF    | Ni<br>EF    | As<br>EF    | Hg<br>EF    | Sb<br>EF    | Sc<br>EF    | Bi<br>EF    | Co<br>EF    |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| EA1        | 1.2         | 1.16        | 0.89        | 1.01        | 4.26        | 13.6        | 0.62        | 1.23        | 1.12        | 1.94        | 2.13        |
| EA2        | 1.08        | 2.57        | 2.35        | 2.56        | 4.47        | 16.2        | 4.98        | 3.11        | 1.13        | 2.94        | 2.03        |
| EA3        | 1.17        | 2.29        | 1.61        | 3.27        | 3.98        | 13.7        | 3.92        | 3.26        | 1.07        | 3.08        | 1.95        |
| EA4        | 1.14        | 2.37        | 1.59        | 3.4         | 3.88        | 13.1        | 4.52        | 3.23        | 1.06        | 3.05        | 1.99        |
| EA5        | 1.11        | 2.44        | 1.87        | 3.68        | 3.79        | 13.8        | 4.55        | 3.25        | 1.18        | 3.07        | 2.02        |
| EA6        | 1.1         | 2.57        | 1.74        | 3.9         | 4.26        | 14.9        | 4.97        | 3.32        | 1.09        | 3.13        | 1.9         |
| EA7        | 1.09        | 0.96        | 0.6         | 0.81        | 3.21        | 14          | 0.6         | 1.2         | 0.98        | 0.94        | 1.81        |
| EA8        | 1.01        | 0.96        | 0.58        | 0.87        | 3.46        | 13          | 0.6         | 1.79        | 1.08        | 0.94        | 1.72        |
| EA9        | 1.07        | 1.05        | 0.61        | 0.88        | 3.69        | 13.6        | 0.9         | 1.2         | 0.98        | 0.94        | 1.86        |
| EA10       | 1.11        | 1.11        | 0.63        | 0.83        | 3.72        | 14.5        | 0.85        | 1.14        | 1.14        | 1.79        | 2           |
| EA11       | 1.03        | 1.03        | 0.6         | 0.88        | 3.81        | 14.1        | 0.58        | 1.16        | 1.16        | 0.91        | 1.87        |
| EA12       | 1.09        | 0.95        | 0.58        | 0.73        | 3.51        | 13.5        | 0.87        | 1.16        | 1.16        | 1.82        | 1.94        |
| EA13       | 1.08        | 1.06        | 0.6         | 0.8         | 4           | 20.3        | 0.59        | 1.19        | 1.19        | 0.94        | 1.97        |
| EA14       | 1.14        | 1.02        | 0.57        | 0.8         | 3.97        | 20.4        | 0.87        | 1.16        | 1.05        | 0.91        | 1.87        |
| EA15       | 1           | 1.46        | 0.7         | 1.03        | 4.46        | 18.2        | 0.83        | 1.1         | 1.31        | 1.74        | 2.2         |
| EA16       | 0.98        | 1.52        | 0.71        | 1.09        | 4.66        | 18          | 0.84        | 1.68        | 1.23        | 1.77        | 2.2         |
| EA17       | 1           | 1.38        | 0.7         | 0.93        | 4.28        | 13          | 0.84        | 1.12        | 1.23        | 1.77        | 1.98        |
| EA18       | 1.04        | 1.34        | 0.7         | 0.94        | 4.46        | 12.9        | 4.36        | 1.09        | 1.29        | 1.72        | 1.97        |
| EA19       | 1.01        | 1.33        | 0.68        | 0.94        | 4.28        | 12.9        | 0.83        | 1.11        | 1.21        | 1.75        | 2.03        |
| EA20       | 0.94        | 1.27        | 0.65        | 0.94        | 4.34        | 12.9        | 1.11        | 1.11        | 1.21        | 1.75        | 2.08        |
| EA21       | 0.99        | 1.3         | 0.64        | 0.97        | 4.24        | 12.7        | 0.83        | 1.11        | 1.21        | 1.75        | 2.02        |
| EA22       | 0.97        | 1.31        | 0.66        | 0.9         | 4.39        | 12.5        | 1.11        | 1.11        | 1.21        | 1.74        | 1.94        |
| EA23       | 0.93        | 1.3         | 0.65        | 0.91        | 4.23        | 12.3        | 5.83        | 1.11        | 1.21        | 1.75        | 1.84        |
| EA24       | 0.99        | 1.32        | 0.66        | 0.9         | 4.35        | 11.9        | 1.10        | 1.10        | 1.20        | 1.74        | 1.94        |
| EA25       | 1.01        | 1.28        | 0.66        | 0.98        | 4.33        | 13.2        | 1.11        | 1.11        | 1.21        | 1.75        | 1.86        |
| EA26       | 1.06        | 1.00        | 0.61        | 1.11        | 3.93        | 14.3        | 0.72        | 2.16        | 1.04        | 1.13        | 1.78        |
| EA27       | 1.07        | 0.90        | 0.59        | 0.93        | 4.04        | 13.1        | 0.72        | 2.16        | 1.05        | 1.13        | 1.63        |
| EA28       | 1.04        | 0.87        | 0.63        | 0.93        | 3.87        | 12.7        | 0.72        | 2.15        | 1.04        | 1.13        | 1.63        |
| EA29       | 1.12        | 0.86        | 0.58        | 0.85        | 3.75        | 12.0        | 0.74        | 2.22        | 0.94        | 1.17        | 1.60        |
| EA30       | 1.12        | 0.83        | 0.55        | 0.76        | 3.37        | 11.6        | 0.71        | 2.12        | 1.03        | 1.11        | 1.91        |
| EA31       | 1.11        | 0.78        | 0.52        | 0.7         | 3.27        | 12.0        | 0.73        | 2.19        | 1.06        | 1.15        | 1.73        |
| EA32       | 1.11        | 0.81        | 0.55        | 0.76        | 3.50        | 11.7        | 0.35        | 2.84        | 0.9         | 1.12        | 1.64        |
| EA33       | 1.17        | 0.75        | 0.5         | 0.75        | 3.10        | 11.0        | 0.72        | 2.17        | 1.05        | 1.14        | 1.92        |
| EA34       | 1.13        | 0.83        | 0.58        | 0.8         | 3.53        | 12.4        | 1.09        | 2.18        | 1.06        | 1.15        | 2.04        |
| EA35       | 1.05        | 0.79        | 0.57        | 0.78        | 3.35        | 12.1        | 1.07        | 2.14        | 1.04        | 1.12        | 1.88        |
| <b>ORT</b> | <b>1.20</b> | <b>1.16</b> | <b>0.89</b> | <b>1.01</b> | <b>4.26</b> | <b>13.6</b> | <b>0.62</b> | <b>1.23</b> | <b>1.12</b> | <b>1.94</b> | <b>2.13</b> |



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 (Keinonen, 1992; 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 ayırt 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 bir çok bileşenden oluştuğu bilinmektedir (Maden atıkları, fosil yakıtlar, endüstriyel 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, 1 örnek ise jeolojik bileşen alanına yakın düşmüştür (Şekil 4.11b, Dekov vd., 2014).  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} - ^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  diyagramında 1 örnek endüstri öncesi sediment (kirlenmemiş sediment) bölgesinde yer alırken, diğer örnekler endüstriyel emisyon bölgesine yakın alanda toplanmışlardır (Şekil 4.11c, N'guessan, 2009). Bu noktada incelenen örneklerin Pb açısından önemli oranda kirlenmemiş olsalar bile mevcut Pb metalinin büyük bir kısmı

insansal kaynaklıdır. Çünkü Pb izotop analizi yapılan toplamda 10 örnekten bir 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)

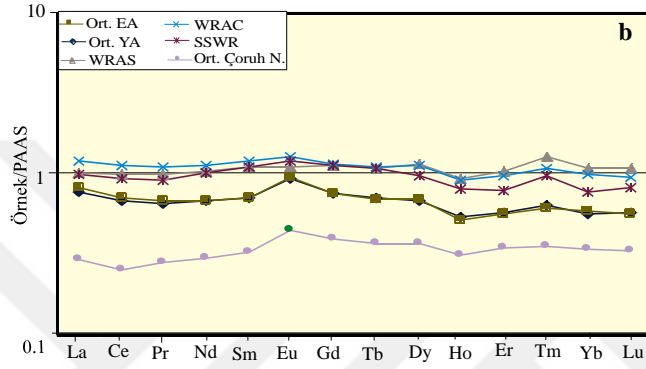
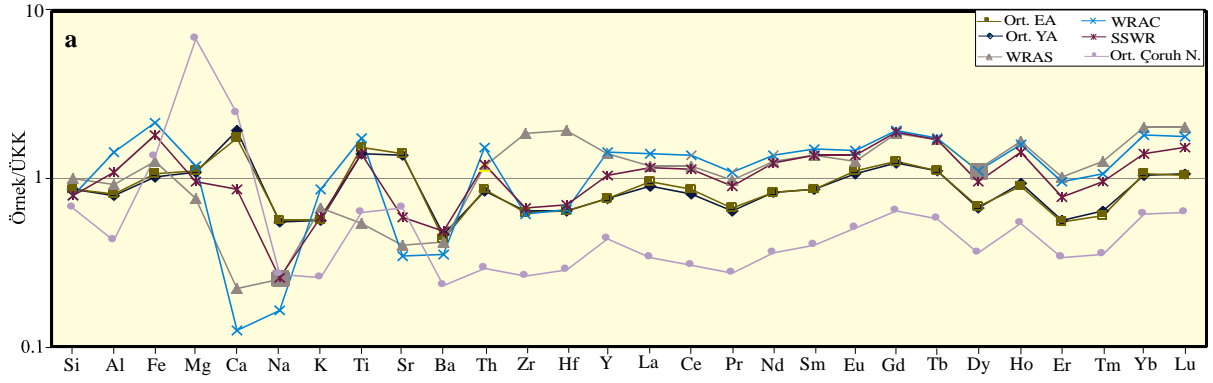
#### 4.5. Eski alüvyal çökellerinin Element Bolluğunun WRAS, WRAC, SSWR, Çoruh Nehri ve Ankara Çayı Dere Yatağı Çökelleri ile Kıyaslanması

Şekil 4.12a ve b'de Ankara Çayı Eski alüvyon (EA) çökellerinin bazı ana, iz ve nadir toprak element ortalaması ile, Ankara Çayı dere yatağı (Özkan, 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 genel dağılımı, Ankara Çayı dere yatağı çökelleri ile aynı, WRAS, WRAC, SSWR ve Çoruh Nehri dere yatağı çökellerine benzerdir. Ancak, WRAS, WRAC, SSWR'ye göre genel olarak yaklaşık 0.50X değerinde tükenmiş ve Çoruh Nehri dere yatağı çökellerine göre ise yaklaşık 0.60X değerinde zenginleşmiştir (Şekil 4.12a) Eski alüvyal 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. 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 dere yatağı çökellerin N.T.E dağılımı ile aynıdır ve bunun haricinde en büyük benzerliği SSWR ile göstermesine rağmen WRAC, WRAS, SSWR ve PAAS'ye göre hafif tükenmiş (0.19-0.34X arasında), Çoruh Nehri dere yatağı çökellerine göre ise hafif zenginleşmiştir (0.27-0.46X arasında). İncelenen örneklerin tane boyutu silt-kil arasında değişiklik göstermesine rağmen, N.T.E bolluğu bakımından SSWR'ye daha benzer özelliklerde (A.N.T.E) olması sürprizdir. Ancak, çalışılan örnekler fazla sedimanter döngüye maruz kalmadığı için zirkon ve diğer aksesuar minerallerce zenginleşmemiş, SSWR'de fazla sedimanter döngüye maruz kaldığı için, su kolonu dolayısıyla süspansiyon yükü söz konusu elementlerce tükenmiş olabilir.

WRAC'in ortalama  $\epsilon Nd$  -10.4, WRAS'ın -11.3 olarak hesaplanmıştır ve bu değerler ÜKK için yapılan tahminler ile de uyuşmaktadır (Bayon vd., 2015). Eski alüvyon (EA) ve Ankara Çayı dere yatağı (YA) çökellerinin ve ortalama  $\epsilon Nd$  değerleri sırasıyla -1.8 ve -2.1 olarak belirlenmiştir ve 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 normleştirilmiş örümcek diyagramı, WRAC ve WRAS ortalamaları Beyond vd. (2015), SSWR ortalaması Viers vd. (2009), Çoruh Nehri ortalaması Saydam Eker (2015), YA ortalaması Özkan (2016)'dan alınmıştır) N.T.E ortalamasının PAAS ile normleştirilmiş örümcek diyagramı

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ankara Çayı'na ait eski alüvyon çökellerinin jeokimyasal ve izotop özelliklerinin incelenmesini ele alan bu çalışmanın sonuçları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Eski alüvyal çökele ait örnekler jeokimyasal açıdan litarenit olarak sınıflandırılmıştır. Söz konusu çökellerde lokal olarak Au zenginleşmesi olduğu tespit edilmiştir.

2. Eski alüvyon çökellerinin CIA, PIA ve ICV değerleri ise sırasıyla 58.6, 58.7 ve 1.58 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca eski alüvyonların CIA değerleri ile  $\delta^{18}\text{O}$  izotopik değerleri arasında pozitif ilişki olduğu saptanmıştır. Adı geçen çökelin kaynak alanında yarı kurak-kurak iklim, zayıf-orta kimyasal ayrışma, zaman zaman yüksek tektonik aktivite ve yüksek mekanik erozyon olduğu düşünülmektedir.

3. Eski alüvyon çökellerinin genel olarak basit sedimanter döngüye maruz kaldığı belirlenmiştir. Bu noktada incelenen çökelin kaynak alanından fazla uzak olmadığı ve çökellerin kimyasal bileşimlerinin çoğunlukla kaynak kaya bileşiminin kontrolü altında olduğu belirlenmiştir.

4. İncelenen örneklerin  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  oranlarının 8-21 arasında olması, nispeten yüksek  $\text{K}_2\text{O}$ , 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 ortaç - felsik kaynaktan beslendiğini göstermektedir.

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

6. Eski alüvyal çökellerinin Ba ve Sc metallere kirlenmemiş, Pb, Cu, Zn, Hg, Sb, Bi, Co elementlerince lokal olarak orta derecede, Ni ağır metalince tamamen orta, As'ce de tamamen önemli oranda kirlenmiş olduğu tespit edilmiştir. Bu kirliliğin çoğunlukla endüstriyel kaynaklardan geldiği düşünülmektedir.

7. Ankara ayı'na ait eski alüvyon çökellerinin ortalama ana, iz ve nadir toprak element içeriği ÜKK'ya göre normalleştirildiğinde Ankara ayı dere yatağı çökelleri ile hemen hemen aynı olduğu, Dünya nehirleri dere yatağı silt (WRAS), kil (WRAC), dünya nehirleri süspansiyon (SSWR) ökellerinin ve oruh (Bayburt) Nehri dere yatağı çökellerinin ortalama ana, iz ve nadir toprak element içerikleri ile benzer dağılım sergiledikleri, ancak WRAS, WRAC, SSWR'ye göre genel olarak yaklaşık 0.5X değerinde tükenmiş ve oruh Nehri dere yatağı çökellerine göre ise yaklaşık 0.6X değerinde zenginleşmiş olduğu belirlenmiştir. PAAS'ye göre normalleştirme yapıldığında, çalışılan örneklerin N.T.E dağılımı dere yatağı çökelleri ile aynı olduğu ve bunun haricinde en büyük benzerliği SSWR ile göstermiş olmakla beraber WRAC, WRAS, SSWR ve PAAS'ye göre hafif tükenmiş (0.20-0.35X arasında), oruh Nehri dere yatağı çökellerine göre ise hafif zenginleşmiş (0.26-0.45X arasında) olduğu tespit edilmiştir. Ankara ayı dere yatağı ve Eski alüvyon çökellerinin  $^{144}\text{N}/^{143}\text{Nd}$  izotopik değerlerinin WRAC ve WRAS'a göre daha radyojenik olması, kaynak alanındaki farklı litolojideki kayalardan kaynaklanmış olabileceği düşünölmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- 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., Bilginer, E., Dağar, Z. ve Sunu, O. 1979. “Hacılar (K.Çubuk-Ankara bölgesinde Alt Triyas’ın varlığı”, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 22, 2.
- 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 kaynaklar 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 Açımsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Ankara-İ29 Paftası Jeoloji Etütleri Dairesi Ankara, 55.
- 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.
- Bağırhan, A. 2007, Ankara ili Çubuk ilçesinde Erken-Orta Miyosen yaşlı Hançılı formasyonunun sedimentolojisi. Ankara Üniv. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Baran, B., 1996, Ankara Batısının Sismotektonik İncelemesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi. Ankara, ss:53.
- Bailey, E. B., McCallien, W. J. 1950. “Ankara çevresindeki ofiyolitik melanj”. MTA Mecm., 40, 12-22.
- 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, n, 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.
- Besbelli, A. ve Varol, B. 2002, Ankara-Çubuk bölgesindeki Tekke volkanitlerindeki hidrotermal alterasyon ürünü olan kil mineralleşmeleri. (Çubuk, Ankara KD). MTA Dergisi, 125, 121-137, Ankara.
- 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, T., 1980, Orta Sakarya Platolarında Yapı Satırlar ve Drenaj. T.B.T.A.K. TBAG. 275 Nolu Rapor. İstanbul.
- Bilgin, Z. B., Oğuz, F., Sevin, M., Parlak O., Erdem, Y., Özden, U. A. 2009. 1/100 000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Ankara-İ28 Paftası. Ankara: Jeoloji Etütleri Dairesi, 11215.
- 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 Permiyen 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 Estitüsü 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 Uj group, southeastern Russia", Precambrian Research, 117, 157-183.
- Çalgın, R., Pehlivanoğlu, 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.
- 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.
- 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.
- Demirtaş, R. , Adil, F. 2010, Ankara İli, Polatlı İlçesi, Temelli Beldesi, jeoteknik rapor 16-31 s, Ankar

- Demirbağ, H., 2005. Çiledağ Polatlı bölgesinin tektonik evrimi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, 62 s.
- 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. 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 metropoliten arazi kullanım haritası. Ankara: MTA Enstitüsü raporu.
- 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 sand 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.
- Foley, S., Tiepolo, M., Vannucci, R. 2002. "Growth of early continental crust controlled by melting of amphibolite in subduction zones", Nature, 417, 837-840.
- 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.



- 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. Lpng-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.

- 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 Isotope Geochemistry (4.Basım). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Hoefs, J. 2004. Stable Isotope 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 uzanan paleosırt, 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., 1987, Hasanoğlan yöresinin tektonostratigrafisi: Karakaya orojenik kuşağının evrimi: 14.
- Koçyiğit, A. 1991. “Ankara ve çevresinde bindirme fayları- Pliyosen’den itibaren sıkışmalı tektonik rejimin”, TPJD Bülteni, 3, 43-55.
- Kutluay, A., 2007, Ankara’nın kuzeybatısında yer alan Kazan havzasının batı kenarının tektonik özellikleri. Hacettepe Üniv. Jeoloji Müh. Anabilin Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Leuchs, K. 1940. “Junge Geblrgsblldung und vulkanische Tätigkeit im Gebiete von Ankara”, Min. GeoL Ges. in Wien. 32 Bd, 1939, Wien.
- Lin, J. G., Chen, S. Y. 1997. “The Relationship Between Adsorbtion 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 prove nance 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, geochem ical 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. Pensilvanya: 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.
- Lünel, A.T., 1987, Geology and tectonic setting of alçı region: METU Jour. Of App. Sci.20, 1, 35-57.
- 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 Special.
- 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.
- 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 Proterozoic 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 (Gasconne 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.
- 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.
- Özkan, Ö., 2016. Ankara Çayı Dere Yatağı Çökellerinin Jeokimyasal, İzotopik Özellikleri ve Ağır Metal İçeriği, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- 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.
- 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.
- Rollinson, H. R. 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. New York: John Wiley & Sons.
- Roussiez, V., Ludwig, W, Probst J. L., Monaco, A. 2005. "Background levels of heavy metals in surficial sediments of the Gulf of Lions (NW Mediterranean): an approach based on  $^{133}\text{Cs}$  normalization and lead isotope measurements", *Environ Pollut*, 138, 167-177.
- 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. 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., Sarıfakıoğlu, E., Arıkan, S., Soycan, H. 2015. "Ankara dolayında geç Permiyen Uyumsuzluğu ve Temel kayalarda 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.
- Sutherland, A. A. 2000. "Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii", Environmental Geology, 39, 611-627.
- 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.
- Tatlı, S., 1975 Çubuk-Melikşah bölgesinin 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).
- Wang, Y., Long, X., Wilde, A. A., Xu, H., Sun, M., Xiao, W. 2014a. "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. 2014b. "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.
- 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.
- 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

Mustafa Kemal GÜMÜŞ, 1983 yılında Samsun'da doğdu. İlk, Orta ve Lise öğrenimini Osmancık' da tamamladı. 2000 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. 2002 yılında bölüm değiştirerek 2002 yılında Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne devam ederek buradan 2006 yılında mezun oldu. 2006-2007 yılları arasında askerlik vazifesini yerine getirdikten sonra aynı yılda zemin firmasında işe başladı. Daha sonra buradan ayrılarak 2008 yılında kendi bürosunu açarak 2011'in sonuna kadar mesleğini icra etti. 2013-2015 yılları arasında özel bir projede firmasında işine devam etti. 2013'te Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü' nde Yüksek Lisans eğitimine başladı. Bekar ve İzmir'de yaşamını sürdürmektedir.