



**DADAĞI (GÜLŞEHİR-NEVŞEHİR)
ÇEVRESİNDE URANYUM İÇİN JEOKİMYASAL
ARAMA ÇALIŞMALARI**

Yük. Müh. Ömer Nedim ALÇİÇEK

Doktora Tezi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Leyla KALENDER

NİSAN-2016

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

**DADAĞI (GÜLŞEHİR-NEVŞEHİR) ÇEVRESİNDE URANYUM İÇİN
JEOKİMYASAL ARAMA ÇALIŞMALARI**

DOKTORA TEZİ

Yük. Müh. Ömer Nedim ALÇİÇEK

(112116201)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15 Mart 2016

Tezin Savunulduğu Tarih : 08 Nisan 2016

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Leyla KALENDER (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ahmet ŞAŞMAZ (F.Ü)

Yrd.Doç. Dr. Muharrem AKGÜL (F.Ü)

Doç. Dr. Tolga DEPCİ (İ.Ü)

Yrd. Doç. Dr. Özlem ERDEM (T.Ü)

NİSAN 2016

ÖNSÖZ

“Dadağı (Gülşehir-Nevşehir) Çevresinde Uranyum için Jeokimyasal Arama Çalışmaları” isimli bu çalışma, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Maden Yatakları-Jeokimya programında Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın hazırlanmasının tüm aşamalarında yardım ve desteğini gördüğüm tez danışmanı hocam Doç. Dr. Leyla KALENDER'e ve dere sediment jeokimyası bölümüne yapıcı katkılarından dolayı, Prof. Dr. Ahmet SAĞIROĞLU, Doç. Dr. Muharrem AKGÜL ve Yrd. Doç. Dr. Özlem ERDEM'e, tez izleme komitesinde bulunan ve tezi başından beri takip eden Prof. Dr. Ahmet ŞAŞMAZ'a teşekkür ederim.

SEM görüntüleri, XRD analizleri ve petrografik kesitlerin yorumlanmasında yaptığı katkılar için Yrd. Doç. Dr. İbrahim GÜNDOĞAN ve Doç. Dr. Tolga Depçi'ye teşekkür ederim.

MTA Radyoaktif Hammaddeler biriminde birlikte görev yaptığım, Birim Yöneticisi Jeo. Müh. Mustafa AKSOY ile Jeo.Yük. Müh. Oğuz İsmail ABİZ'e, önceki Fosil ve Katı Yakıtlar Koordinatörü emekli Jeo.Yük. Müh. Süleyman DÜMENCI'ye ve şimdiki Fosil ve Katı Yakıtlar Koordinatörü Jeo.Yük. Müh. Yılmaz BULUT'a teşekkür ederim.

Bu tez çalışması boyunca desteklerinden dolayı Uzm. Dr. Safiye KAFADAR ve Yrd.Doç.Dr. Hüseyin KAFADAR'a teşekkür ederim.

Çalışmayı FÜBAP-MF 14.05 no'lu proje ile destekleyen Fırat Üniversitesi Araştırma Projeleri Birimi (FÜBAP)'ne teşekkür ederim.

Ömer Nedim ALÇİÇEK
ELAZIĞ – 2016

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ	IX
TABLolar LİSTESİ	XIV
SEMBOLLER LİSTESİ	XVI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	4
1.2. Çalışma Yöntem ve Teknikleri.....	5
1.3. Önceki Çalışmalar.....	6
1.4. Coğrafi Durum	10
2. GENEL JEOLojİ.....	11
2.1. Bölgesel Jeoloji.....	11
2.1.1. Metamorfik Kayaçlar.....	11
2.1.2. Mafik-Ortaç Bileşimdeki Kayaçlar.....	12
2.1.3. Paleosen-Eosen Sedimanter Kayaçlar.....	13
2.1.4. Eosen-Oligosen Sedimanter Kayaçlar.....	13
2.1.5. Oligosen-Miyosen Sedimanter Kayaçlar.....	14
2.2. İnceleme Alanının Jeolojisi	14
2.2.1. Temel Birimler.....	18
2.2.1.1. Metamorfikler.....	18
2.2.1.2. Sokulum Kayaçları.....	18
2.2.2. Sedimanter Örtü	19
2.2.2.1. Karahıdır Volkanitleri	19
2.2.2.2. Siyah Kilaşları	19

2.2.2.3. Saytepe Üyesi-Mor Renkli Konglomera	20
2.2.2.4. Kubaca Üyesi.....	20
2.2.2.5. İlceek Üyesi.....	22
2.2.2.5. Lalelik Üyesi	23
3. İNCELEME ALANININ JEOTEKTONİK EVRİMİ VE AKIŞKAN AKIMI ÜZERİNE ETKİLERİ.....	24
4. ALTERASYONLAR.....	28
4.1. Roll Yapılarının Oluşumu ve Etki Eden Faktörler.....	33
5. MİNERALojİ.....	41
6. KAYAÇ JEOKİMYASI.....	48
6.1. Bulgular ve Tartışma.....	48
7. DERE SEDİMENT JEOKİMYASI.....	65
7.1. Dere Kumu Örneklerinin Alımı ve Kimyasal Analize Hazırlanması.....	66
7.2. Dere Sediment Örneklerine ait Bulgular.....	67
7.3. İstatiksel Analizler.....	70
7.4. Dere Sedimentleri Analitik Bulgularını Tartışma.....	75
7.5. Dere Sedimentlerinin Kökeni.....	102
8. SONUÇLAR.....	111
KAYNAKLAR.....	113
ÖZGEÇMİŞ.....	128

ÖZET

Bu çalışma kapsamında, Nevşehir ili, Gülşehir İlçesi, Dadağı-Ayhan köyleri civarındaki uranyum cevherleşmelerinin jeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, kayaç ve dere sedimenti çalışmaları yapılmıştır. Çalışma her ne kadar kimyasal analiz sonuçlarının yorumlanmasına dayansa da radyometrik ölçümler ve kimyasal veriler birlikte değerlendirilerek uranyumun kaynağı için yorumlamalara gidilmiştir. Silisifiye kireçtaşları ile silttaşları içerisindeki uranyum konsantrasyonları karşılaştırıldığında, silttaşları içerisindeki uranyum konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Silttaşları içerisinde aynı zamanda, iz element (U, Th, Ba, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, V, Zr, W, Y, Mo, Cu, Zn, Ni, As, Sb, Bi, Ag, Au, Hg ve Tl) dağılımları, silisifiye kireçtaşları içerisinde olduğundan daha yüksek değerler sunmaktadır. Bunlara ilaveten, U ile V, W, Zr ve Y arasındaki pozitif ilişki, uranyumun, inceleme alanının güneyinde yer alan granitoidler ile aynı kaynaktan olduğunu göstermektedir. U ve Ba, Cu, Zn, As, Sb, Bi, Ag, Au arasında ise aynı kökenli hidrotermal akışkanlar nedeniyle yüksek pozitif korelasyon katsayı değeri hesaplanmıştır. Ağır NTE'lerin (Eu-Lu) konsantrasyonları her iki çalışılmış litolojik birim (silttaşları ve silisifiye kireçtaşları) içerisinde yüksektir (>1). Mineralojik çalışmalar, fay zonları ile ilişkili alkali ortamlardaki silisifiye kireçtaşları içerisindeki kırıkları dolduran kalsit içerisinde uranyum karbonat minerallerinin zenginleşmiş olduğunu göstermektedir.

Çalışılmış kayaçlardaki denge durumunun belirlenmesi amacıyla kullanılmış olan D- faktör değerleri ortama uranyum katkısını/eklentisini karakterize eden dengesizlik halini yansıtmaktadır. zira; D- faktör değerleri, kimyasal olarak analiz edilmiş uranyumun, radyometrik olarak ölçülmüş uranyumdan daha büyük olduğunu göstermektedir.

Uranyum cevherleşmelerinin kökeni esas olarak, uranyumun daha sonradan diğer formlar içerisinde yeniden depolanmalarını sağlayan okside olmuş/yükseltgenmiş akışkanların hareketi sonucunda birincil minerallerin altere olmasıyla ilişkilidir. Meteorik kökenli hidrotermal suların sirkülasyonu ve yeraltı sularıyla karışmaları uranyumun çökelim mekanizması üzerinde, önemli rol oynamış olmalıdır. Göl sedimentleri içerisinde kırık/fay zonları ile kilce zengin seviyeler, uranyum kaynaklarının araştırılmasında yararlı olabilir. Kayaç jeokimyası bulguları, litolojik ve mineralojik veriler ile değerlendirildiğinde, ortamdaki karbonat kaynağı, Kubaca (a) üyesi içerisinde bulunan silisifiye kireçtaşları, Fe'in kaynağı, Kubaca (b) üyesinde yeralan, silttaşı ara seviyeleri

içerisindeki saçınımlı piritler; fosforun kaynağı, granitoyidlerin ayrışması sonucu taşınan apatitler, ortamın pH ve Eh koşullarına bağlı olarak, uranyumun farklı formlarda zenginleşmesine olanak sağlamaktadır. Dere sedimentlerinin kuvvetli ve zayıf asitlerle çözdürülmesi sonucu elde edilen urayum konsantrasyonları, çökelme havzalarında, uranyum zenginleşmelerinin fosfat, vanadat, karbonat ve arsenat mineralleri şeklinde mekanik olarak taşınmanın, hidromorfik taşınmadan daha etkili olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Jeokimya, Nevşehir, Dadağı, Uranyum



SUMMARY

Geochemical Exploration Studies for Uranium in Dadağı (Gölşehir-Nevşehir) Vicinity

Rock geochemistry and stream sediment geochemistry studies was performed in this study near the villages of Dadağı and Ayhan in Nevşehir province. These geochemistry studies have been conducted to determine the geochemical characteristics of uranium mineralization. The study, although based on the interpretation of results in chemical analysis, was performed both chemical analysis and radiometric measurement. When compared with uranium concentrations in the silicified limestones and siltstones, it is understood that the uranium concentration was higher in the siltstones. Distribution of trace elements (U, Th, Ba, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, V, Zr, W, Y, Mo, Cu, Zn, Ni, As, Sb, Bi, Ag, Au, Hg and Tl) in the siltstones offers greater value from silicified limestone. In addition to between U and V, W, Zr and Y relationships were high positive due to granitoides which located south of the study area. This indicates that uranium and granitoides from the same origin. In addition to between U and Ba, Cu, Zn, As, Sb, Bi, Ag, Au, high positive correlation coefficients were calculated due to the same origin of hydrothermal fluids. The heavy REEs (Eu-Lu) concentrations were high (>1) in both studied lithological units (siltstones and silicified limestone). The mineralogical studies indicated that the uranium carbonate minerals were enriched in calcite filling fracture in the silicious limestone in alkaline environment as linking to fault zone.

The used of D-factor determination of equilibrium state of the studied rocks were chemically analyzed uranium greater than the radiometrically determined uranium reflecting a disequilibrium state characterized by addition of uranium.

The origin of uranium mineralization was mainly related to alteration of primary minerals by the action of oxidizing/reducing fluids, then redeposition in other forms. Redistribution by circulating origin of meteoric hydrothermal waters might have taken important role. The utilization of fault/fracture zones and clay-rich horizons in lake sediments may prove useful in the search for U resources.

Rock geochemistry findings are evaluated together with lithological and mineralogical data. Consequently, source of carbonate in the environment is siliceous limestones in Kubaca (a) member; source of Fe in the environment is disseminated pyrites

in the siltstones; the source of phosphorus in the environment is apatites which has moved as a result of the decomposition of granitoids. These results depending on pH and Eh conditions in environment indicate that the enrichment of uranium in different forms. Uranium concentrations obtained by dissolving with strong acids and weak acids from stream sediments in the sedimentation basin. Uranium enrichments in compounds such as phosphate, vanadate, carbonate, arsenate indicate that mechanical transport is more effective than hydromorphic transport.

Key Words: Geochemistry, Nevşehir, Dadağı, Uranium

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

- Şekil 1.1.** İnceleme alanının yer bulduru haritası. a: Türkiye haritası, b: Çalışma alanı (dikdörtgen içerisinde).....10
- Şekil 2.1.** (a) Türkiye’deki orojenik sistemler içerisinde Orta Anadolu Kristalen Kompleksinin (OAKK) konumu, (b) Orta Anadolu Kristalen Kompleksinin basitleştirilmiş jeoloji haritası. Siyah dikdörtgen çalışma alanı ve yakın çevresini göstermektedir, (c) açıklamalar (Advokaat vd., 2014’ten değiştirilerek). 12
- Şekil 2.2.** Basitleştirilmiş jeoloji haritası (Advokaat, 2011’den değiştirilerek). Çalışma alanı batıda Hırkadağ bloğu tarafından, doğuda İdişdağı bloğu tarafından, güneyde volkanitler ve kuzeyde Oligo-Miyosen havzalar tarafından çevrelenmiştir. 13
- Şekil 2.3.** Dadağı-Ayhan Çevresinin 1/25 000 Ölçekli Jeoloji Haritası (Atabey vd., 1988 ve Advokaat, 2011’den değiştirilerek). Alan 1:Tansiyonel alanları, Alan 2: Kompresyonel alanları ifade etmektedir..... 16
- Şekil 2.4.** Dadağı-Ayhan dolayının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti. (Atabey vd., 1988 ve Advokaat, 2011’den değiştirilerek)..... 17
- Şekil 2.5.** Alan1 (açılmalı alan), inceleme alanının jeoloji haritası (Advokaat, 2011’ den faydalanılarak). 22
- Şekil 3.1.** Kubaca üyesi içerisindeki uranyum zenginleşmelerini gösteren GB-KD doğrultulu jeolojik enine kesit. 25
- Şekil 3.2.** Alan 2, Ayhan havzasının orta bölümü (sıkışmalı alan) ve Ayhan havzasının doğu bölümü (genişlemeli alan). 26
- Şekil 3.3.** B-B’ kesiti. 27
- Şekil 3.4.** C-C’ kesiti.. 27
- Şekil 4. 1.** Sarı renkli kumtaşlarından oluşan akarsu çökelleri ve alttan sınırlayan ince taneli silttaşı seviyesi (geçirimsiz seviye)..... 28
- Şekil 4.2.** Oksidize olmuş kırmızı renkli kumtaşları ile oksidize olmuş sarı renkli kumtaşları arasındaki dokanak. Bakış Yönü: Kuzey..... 29
- Şekil 4.3.** Oksidize olmuş kırmızı renkli kumtaşları ile oksidize olmuş sarı renkli kumtaşları arasındaki dokanak. Bakış Yönü: Kuzey..... 30

Şekil 4.4.	Sarı renkli limonitize olmuş cevherli (ortalama 750 ppm U), siyah renkli indirgen-miş cevherli seviye (ortalama 2000 ppm U) görülmektedir. Bakış Yönü: Batı.....	31
Şekil 4.5.	Oksidize olmuş seviyeden bleaching/beyazlaşmış zona geçiş. Bakış Yönü: Batı	31
Şekil 4.6.	Bleaching zonun yakından görünümü. Bakış Yönü: Batı.....	32
Şekil 4.7.	Bleaching zon ve siyah renkli silttaşları arasındaki geçiş. Bakış Yönü: Doğu. 32	
Şekil 4.8.	Litolojik birimler ile ilişkili uranyum zenginleşme modeli.	33
Şekil 4.9.	Kubaca sırtı civarında akiferin idealize edilmiş dikey kesiti.	34
Şekil 4.10.	Kubaca sırtı civarında oksidize olmuş limonitik seviye ile, indirgenmiş siyah-koyu gri seviyeler arasındaki geçiş.	35
Şekil 4.11.	Oksidize olmuş limonitik seviye, bleaching zon ve indirgenmiş siyah- koyu gri seviyeler arasındaki geçiş.	36
Şekil 4.12.	Kubaca sırtı civarında akarsu çökelleri (Kubaca (a) içerisinde oksidize olmuş dilin gelişimine ait idealize edilmiş görünüm.....	37
Şekil 4.13.	Silttaşları içerisinde damarcık şeklinde (a) ve yer yer saçınımlı pirit (b).	38
Şekil 4.14.	Kubaca Üyesi içerisinde görülen üç ayrı seviyedeki (çatı, roll, taban) cevherleşmeler.	39
Şekil 4.15.	Karbonatca zengin oksidize olmuş kumtaşlarında GF-spectrum ile yapılan ölçüm sonucu 305,6 ppm U radyoaktif anomali değeri görülmektedir.	40
Şekil 5. 1.	Silisifiye kireçtaşları içerisindeki opak mineraller, opq: uranyum mineralleri, c: sparry kalsit. Kireçtaşları içerisindeki sparry kalsitler poligonal, anhedral kristaller şeklindedir. Sparry kalsitler, sparry kalsit içerisinde gözlenmiş opak minerallerdeki kalsitin neomorfizması sırasında gelişen diyajenez esnasında bir çimento şeklinde oluşmuşlardır	41
Şekil 5.3.	Silisifiye kireçtaşı örneğine ait SEM görüntüleri (a, b).; c, Kireçtaşları içerisinde rutherfordin (UO_2CO_3), neomorfik mikrit ve kalsit; d, silttaşları içerisindeki kil mineralleri ve biosparit (EDs Spot 3).	43
Şekil 5. 4.	Bazı silisifiye kireçtaşlarına ait EDS spectra diyagramları. a (Şekil 5.3a'daki görüntü alanı): seçili alan 1, b: EDS Spot 1, c: seçili alan 2; d (Şekil 5.3d'deki görüntü alanı): EDS Spot 1, e: EDS spot 2, f: EDS Spot 3.	44
Şekil 5. 5.	Çalışılmış GDK-2 no'lu kayaç örneğine ait XRD deseni.	45

Şekil 5. 6. Çalışılmış GDK-1 no'lu kayaç örneğine ait XRD deseni.	46
Şekil 6.1. Çalışılmış silisifiye kireçtaşları ve silttaşlarına ait SiO_2 - U arasındaki diyagram.	50
Şekil 6.2. Çalışılmış örneklerle ait Th-U dağılımları.	50
Şekil 6. 3. Silttaşları ve silisifiye kireçtaşları içerisinde U, Mo, Ni ve As'in dağılımları. .	51
Şekil 6.4. a: NTE/ Kuzey Amerika şeyleri, b: NTE/ Kumtaşı ortalamaları; c: NTE/ Karbonat kayaçlar ortalamaları d: NTE/ Kil ve şeyl ortalamaları. Tüm ortalama değerler Parker (1967)'den alınmıştır.	55
Şekil 6.5. Ayhan havzasının oluşumunu gösteren şematik blok diyagram (Advokaat, 2011). (A) tansiyonel faylanma sonrası durum, "Alan 1" cevherleşmelerinin gelişimi (B) Lütisiyen sonrası bindirmeler esnasındaki durum, "Alan 2" cevherleşmelerinin gelişimi (C) günümüz.	57
Şekil 6.6. Alan 1'e ait çalışılmış örneklerle ait eU-K%, eU-eTh, eTh/eU-eU, eTh/eU-eTh diyagramları.	60
Şekil 6. 7. Alan 2'ye ait çalışılmış örneklerle ait eU-K%, eU-eTh, eTh/eU-eU, eTh/eU-eTh diyagramları.	61
Şekil 6. 8. Çalışma alanının güneyindeki granitoidlerden alınmış örneklerle ait eU-K%, eU-eTh, eTh/eU-eU, eTh/eU-eTh diyagramları.	62
Şekil 6. 9. Alexandre vd., (2015)'den alınan diyagram üzerine çalışma alanından elde edilen verilerin eklenmesiyle diyagram yeniden düzenlenmiştir.	64
Şekil 7. 1. U, Mo, As ve Mn değerlerine ait histogramlarda iki ayrı dağılım izlenmektedir.	71
Şekil 7. 2. V, Cu, Cd değerlerine ait histogramlarda histogramlarda iki ayrı dağılım izlenmektedir.	72
Şekil 7. 3. a) U - Fe ile Th- Fe arasındaki ilişki. b) U - Bi ile Th-Bi arasındaki ilişki c) U-Zr ile Th-Zr arasındaki ilişki.	82
Şekil 7. 4. a) Th - As ile U- As arasındaki ilişki. b) U - Cd ile Th- Cd arasındaki ilişki c) U- Mo ile Th- Mo arasındaki ilişki.	83
Şekil 7. 5 . a) U - V ile Th- V arasındaki ilişki b) U - Ag ile Th- Ag arasındaki ilişki c) U- Sr ile Th- Sr arasındaki ilişki.	84
Şekil 7. 6. a) U - Mn ile Th- Mn arasındaki ilişki b) U - Co ile Th- Co arasındaki ilişki c) U - Sb ile Th- Sb arasındaki ilişki.	85

Şekil 7. 7. Th, Cd, Mo, U elementlerine ait AQ (a) ve LH (b) çözündürme yöntemleri sonuçları. Mo (LH) sonuçları dedeksiyon limitleri altındadır.	86
Şekil 7. 8. Mn, Fe, As, elementlerine ait AQ (a) ve LH (b) çözündürme yöntemleri sonuçları.	87
Şekil 7. 9. NTE/ Karbonatlı kayaçlar ortalamaları. Tüm ortalama değerler Parker (1967)'den alınmıştır.	88
Şekil 7. 10. NTE/ Kil ve Şeyl ortalamaları. Tüm ortalama değerler Parker (1967)'den alınmıştır.	89
Şekil 7. 11. Çalışılmış örnekler/ kil ve şeyl ortalamaları. Tüm ortalama değerler Parker (1967)'den alınmıştır.	90
Şekil 7. 12. Dere kumlarının AQ çözündürme yöntemiyle elde edilmiş “U” ppm analiz sonuçlarının dağılımı.	92
Şekil 7. 13. Dere kumlarının AQ “Fe” % analiz sonuçlarının dağılımı.	93
Şekil 7. 14. Dere kumlarının AQ çözündürme yöntemiyle elde edilmiş “Cu” ppm analiz sonuçlarının dağılımı.	94
Şekil 7. 15. Dere kumlarının AQ “Mo” ppm analiz sonuçlarının dağılımı.	95
Şekil 7. 16. Dere kumlarının AQ “V” ppm analiz sonuçlarının dağılımı.	96
Şekil 7. 17. Dere kumlarının AQ “Cd” ppm analiz sonuçlarının dağılımı.	97
Şekil 7. 18. Dere kumlarının AQ “Th” ppm analiz sonuçlarının dağılımı.	98
Şekil 7. 19. Fe-S-O sistemi içerisindeki minerallerin duraylılık sınırlarını siyah çizgiler göstermektedir. Sülfür türlerinin duraylılık sınırları mavi kesik çizgilerdir. 0,01 ppm çözülmüş uranyum için uraninitin duraylılık sınırları sarı olarak, 1 ppm için pembe olarak gösterilmiştir (Skirrow vd., 2009).	99
Şekil 7. 20. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramı (Patterson, 1956).). Bu diyagram üzerinde, çalışılmış dere sediment örneklerinin konumları (◇ mavi renkli).	105
Şekil 7. 21. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramı (Hofmann, 2001). Bu diyagram üzerinde, çalışılmış dere sediment örneklerinin konumları (◇ mavi renkli).	105
Şekil 7. 22. Kabuğa ait kurşun izotop bileşim hesaplamaları diyagramı: N: Newsom vd., (1986), D: Davies (1984), Z: Zartman ve Doe (1981), R: Rudnick ve Goldstein (1990). Bu diyagram üzerinde, çalışılmış dere sediment örneklerinin konumları (◇ mavi renkli).	106

Şekil 7. 23 Karasal depolanma alanında Pb izotop oranları (Chunjiang, 2015) ile çalışma alanındaki dere sediment örneklerinin karşılaştırılması (◊ mavi renkli).	106
Şekil 7. 24. Peru'daki Fanerazoyik yaşlı Pb yatakları alanlarını gösteren $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramı (Gunnesch vd., 1990; Kontak vd., 1990; güncel Pb ortalamaları Rollinson, 1993'den alınmıştır). Bu diyagram üzerinde, çalışılmış dere sediment örneklerinin konumları (◊ mavi renkli).	107
Şekil 7. 25. De vivo vd., (2001)'den alınan diyagram üzerinde Volturno nehri sondaj ve dere sediment örnekleri ile çalışılmış dere sediment örneklerinin $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ izotop bileşim oranları karşılaştırılması (◊ mavi renkli).	108
Şekil 7. 26. Nd-Th-U üçgen diyagramı (Dill vd., 2011). Bu diyagram üzerinde, çalışılmış dere sediment örneklerinin konumları (◊ mavi renkli).	109
Şekil 7. 27. Nd-Th-U üçgen diyagramı (Dill vd., 2011). Bu diyagram üzerinde, çalışılmış dere sediment örneklerinin konumları (◊ mavi renkli).	110

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 5. 1. Bazı kayaç örneklerine ait XRD sonuçları.	47
Tablo 6. 1. Tüm kayaç örneklerinin ağırlıkça % olarak ana oksit bileşimleri.	48
Tablo 6.2. Tüm kayaç örneklerinin ppm olarak iz element bileşimleri. Koyu değerler dedeksiyon limitlerinin altındadır. Bütün iz element konsantrasyonları ppm olarak verilmiştir.	49
Tablo 6. 3. İz elementler ve U-Th arasındaki Pearson korelasyon katsayıları	52
Tablo 6.4. Tüm kayaç örneklerinin NTE bileşimleri. NTE'lerin konsantrasyonları ppm olarak verilmiştir.	53
Tablo 6. 5. U-Th ve NTE'ler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları.	54
Tablo 6.6. U ve Th 'un hem kimyasal hem de radyometrik değerleri. U ve Th içerikleri ppm olarak	59
Tablo 7. 1. AQ ile çözdürülen dere sediment (-80 mesh) örneklerine ait analiz sonuçları. ppm *: %	67
Tablo 7. 2. LH ile çözdürülen dere sediment örneklerine (-200 mesh) ait analiz sonuçları. ppb değerleri *: ppm değerleri (n= 17).	69
Tablo 7. 3. Dere kumu (AQ)-80 mesh boyutu elementlere ait temel istatistiksel değerleri (ppm) n= 17.	73
Tablo 7. 4. Dere sediment (AQ) -80 mesh boyutundaki elementlerin bazı temel istatistiksel değerleri (ppm, *=ppb).	74
Tablo 7. 5. Dere kumlarındaki bazı metallerin, ortalama değerleri ile, sediment kalite kriterleri değerleri olan, Eşik etki değeri (TEL), olası etki seviyesi (PEL), en düşük etki değeri (LEL), minimal etki eşik değeri (MET), düşük etki aralığı (ERL), eşik etki konsantrasyonu (TEC) ve olası etki konsantrasyonu (PEC) arasındaki karşılaştırma.	75
Tablo7. 6. Dere sediment örneklerindeki bazı elementlerin AQ çözdürme yöntemiyle elde edilen içeriklerine ait, Pearson korelasyon değerleri	78
Tablo7. 7. Dere sediment örneklerindeki bazı elementlerin AQ çözdürme yöntemiyle elde edilen içeriklerine ait, Pearson korelasyon değerleri	80

Tablo7.8. Dere kumu örneklerinin NTE içeriklerine ait, istatistiksel element konsantrasyonları.	88
Tablo7. 9. Dere sedimentlerine ait, Pb izotop bileşim değerleri. Tüm değerler ppm olarak verilmiştir.	103
Tablo 7.10. Dere sediment örneklerine ait Pb izotop oranları sonuçları, özet istatistik değerleri ve diğer çevre örneklerine (Doğal kaynaklar cevher yatakları v.b.) ait oranlarla karşılaştırılması. B) Hoernle vd., (1991); (C) Stacey ve Kramers (1975); (D) Rollinson (1993).	104



SEMBOLLER LİSTESİ

KISALTMALAR

OAKK	: Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı
AQ	: Aqua regia digestion
SEM	: Scanning Electron Microscope
HREE	: Ağır Nadir Toprak Elementler
LILE	: Büyük İyon Yarıçaplı Litofil Elementler
LREE	: Hafif Nadir Toprak Elementler
NTE	: Nadir Toprak Elementleri
U	: Uranyum
Py	: Pirit
Ru	: Rutherfordin
Th	: Toryum
Hm	: Hematit
Mn	: Manyetit
nGy/hr	: NanoGray/hour; 1 Gy = 1,000,000,000 nGy
Uc	: Kimyasal olarak analiz edilmiş uranyum değeri
eU	: Radyometrik olarak belirlenmiş uranyum değeri
D-faktör	: Kimyasal olarak elde edilmiş uranyum değeri ile radyometrik olarak ölçülmüş uranyum değeri arasındaki oran $D-faktör = U_c/eU$
IAEA	: International Atom Energy Agency (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı)

1. GİRİŞ

Ülkemizde uranyum yatağı bulunmasına yönelik ilk araştırmalar 1953 yılında MTA Genel Müdürlüğü'nde başlanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nin Atom Enerji Komisyonu (AEC)'nden gelen bir heyet ile MTA arasında yapılan görüşmeler sonunda, heyette bulunan iki jeologun katılımı ile ülkemizin çeşitli bölgelerinde üç ay süreyle uranyum araştırma gezileri yapılmış ve ölçümlerde geiger ile scintillometre cihazları kullanılmıştır. 1958 yılında başlayan havadan prospeksiyonlar için Kara Kuvvetleri Komutanlığı'nın keşif uçaklarından yararlanılmıştır. 1953 yılında araştırma gezileriyle başlayan uranyum aramaları, hava-oto-yaya prospeksiyonları, gerekli görülen yerlerden kimyasal, jeokimyasal numune alımı, yarma açılması, istikşaf ve rezerv sondajları şeklinde bugüne kadar sürdürülmüştür. Çalışmalar özellikle Menderes, Kırşehir, Bitlis Masifleri ile bu masiflerin çevrelerinde yer alan sedimanter birimlerde; Trakya, Güney Marmara ve Kuzeydoğu Anadolu'da ağırlık kazanmıştır. Türkiye'de uranyum aranmaya başlanmasından 1999 yılının sonuna kadar toplam 317620 km² havadan prospeksiyon yapılmıştır. Bunun büyük bir bölümü 1960'lı yılların başında gerçekleştirilmiştir. Ancak, 1987 ve 1988 yıllarında yapılan havadan radyometrik prospeksiyon dışında diğerlerinin güvenilirliği çok azdır. Türkiye'de yerden yapılan uranyum arama çalışmalarına gelince, toplam 139 456 km² yaya prospeksiyon, 81 026 km oto prospeksiyon, 36 204 adet jeokimyasal numune alımı gerçekleştirilmiştir. Sondaj çalışmalarına bakıldığında, ülke genelinde toplam 337 733 m ilerleme kaydedilen sondaj yapılmıştır (Atalay, 1990).

Aramalar sonunda Salihli-Köprübaşı, Uşak-Fakılı, Aydın-Küçükçavdar ve Demirtepe ile Yozgat-Sorgun sahalarında ekonomik olabilecek toplam 9129 ton uranyum ve diğer bölgelerde çok sayıda uranyum anomalisi bulunmuştur. Bulunan uranyum yataklarının tenör ve rezervleri şöyledir:

Köprübaşı : % 0,04 - % 0,05 U₃O₈ ortalama tenörlü, 2852 ton görünür rezervi vardır. Cevher Neojen yaşlı sedimanlar içinde yer almaktadır.

Fakılı : % 0,05 U₃O₈ ortalama tenörlü, 490 ton görünür rezervi vardır. Cevher Neojen yaşlı sedimanlar içindedir.

Küçükçavdar : % 0,04 U₃O₈ ortalama tenörlü, 208 ton görünür rezervi vardır. Cevher Neojen yaşlı sedimanlar içindedir.

Demirtepe : % 0,08 U₃O₈ ortalama tenörlü, 1729 ton görünür rezervi vardır. Cevher Paleozoyik yaşlı şistlerdeki fay zonlarındadır.

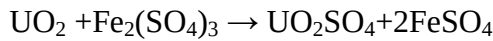
Sorgun : % 0,1 U₃O₈ ortalama tenörlü, 3850 ton görünür rezerve sahiptir. Cevher Eosen yaşlı sedimanlar içindedir (Uçakcıoğlu, 1990; Atalay, 1990; Kalender, 2015).

Son yıllarda ise, MTA Genel Müdürlüğü, Radyoaktif Hammaddeler Servisi iki alana yoğunlaşmıştır. Bunlardan ilki, Manisa- Köprübaşı bölgesinde yapılan sondajlı arama faaliyetleri olup, Rağıklar köyü kuzeyindedir. Buradaki cevherleşmeler Menderes masifine ait gnays ve şistler üzerindeki Permien yaşlı kireçtaşları içerisinde yer almaktadır. İki birim breşik bir zonla ayrılmaktadır. Diğeri ise, bu tez çalışmasına da konu olan, Ayhan havzası (Nevşehir -Gülşehir) içerisindeki uranyum cevherleşmelerine yönelik çalışmalardır. Bu çalışma alanını kapsayan MTA'ya ait ruhsat sahalarında, sondaj çalışmaları 2012 yılı sonundan itibaren sürdürülmektedir (Kalender, 2015). Tüm bu çalışmalara ait sonuçlar, MTA yıllık proje bilgilendirme toplantıları kapsamında sunulmaktadır.

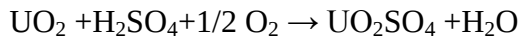
Uranyum yerkabuğunda yaygın dağılıma sahiptir ve hesaplamalar, uranyumun yer kabuğundaki bolluğunun 2 ve 4 ppm arasında değiştiğini göstermektedir (Fleischer, 1953; Merritt, 1971). Uranyum +3, +4, +5 ve +6 oksidasyon durumlarında bulunmaktadır (Hanchar, 1999). +4 ve +6 valans durumlarındakiler yer kabuğundaki pH ve Eh şartları gibi gerekli termokimyasal karakteristiklere sahiptirler ve yerkabuğunda bu valans durumlarından biri ya da diğeri formunda duraylıdır (Hanchar, 1999).

Uranyum litofil bir elementtir ve bundan dolayı silikatlarla bileşik oluşturma eğilimine sahip olup, işletilebilecek yatakların meydana gelmesi için uranyumun remobilizasyonunu sağlayacak mekanizmalara ihtiyaç vardır. Uranyum, asidik ya da alkalin hidrotermal akışkanların oksitlenmesiyle taşınır (Romberger, 1984).

Tetravalent uranyumun Fe⁺³ tarafından oksitlenmesi;



Tetravalent uranyumun oksijen tarafından çözünmesi;



Ortamın pH ve Eh şartları altında neredeyse çözünemeyen tetravalent türlerin, mobilize olmalarını sağlayacak olan heksavalent formu oluşturabilmeleri için oksidize olmaları gerekir. Bu da, mobilizasyonun sağlanması, uranyumun taşınması ve çöktürülmesinin oksidasyon zonlarının varlığı ile kontrol edildiğini göstermektedir. Hidrotermal akışkanlardan ayrılarak uranyumun yataklanması, değişik ortamlar

(magmatik, metamorfik, metasomatik ve sedimanter) içerisinde sözkonusu zonlarda ortaya çıkmaktadır (Cuney ve Kyser, 2009; Fayek ve Kyser, 1997; Romberger, 1984; Skirrow vd., 2009). Düşük sıcaklıklardaki sulu sistemler içerisindeki uranyumun jeokimyasal özellikleri, geniş bir aralıkta yapılmış olan deneysel çalışmalar nedeniyle, görece olarak iyi bilinmektedir (Kyser ve Cuney, 2009). 100°C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda uranyumun dağılım özelliği, deneysel verilerle iyi belirlenmemekle birlikte, teorik hesaplamalar (Örneğin; Helgeson-Kirkham-Flowers durum denkleminden elde edilmiş veriler) yolu ile belirlenebilmektedir (Shock vd.,1997).

Dünya çapında, uranyum mineralizasyonları üzerine yapılan çalışmalar, bunların magmatik, hidrotermal ve sedimanter ortamlar içerisinde oluştuğunu göstermektedir. Bu nedenle uranyum cevher yataklarının sınıflandırılmaları başlıca, anakayaç tipi ve cevher kütlesi morfolojisi gibi mineralizasyonun tanımlayıcı özelliklerinin vurgulandığı ya da metalojenik görüşlerin üzerinde durulduğu farklı görüşler nedeniyle bir çok çalışmada tartışılmıştır (Cuney, 2009; Dahlkamp, 1978, 1989, 1993, 2009; Heinrich, 1958; McKay ve Miezeitis, 2001; Nash vd., 1981; Petrov vd., 1995; Ruzicka, 1971; Skirrow vd., 2009; Stoikov ve Bojkov, 1991). IAEA (2009) yılı raporunda daha önceki yaklaşımlarla 15 adet uranyum yatak tipi ayırtlanmış ve yine IAEA tarafından yaygın şekilde kullanılan sınıflandırma tablosu "OECD/NEA-IAEA, 2012" de ortaya konmuştur (McKay ve Miezeitis, 2001). Bu yatak tiplerinden her birinin sınıflandırılmaları jeolojik ortam anakayaç topluluğu, tektonik ortam, yapısal ilişki, zonlanma, alterasyon, uranyum mineral fazları ve uranyum mineralizasyonun kendi yaşıyla anakayacın yaşının karşılaştırılmasını içeren kriterlere göre yapılmıştır. Dünyadaki, yaklaşık ekonomik önem sıralarına göre, IAEA (2009) tarafından sınıflandırılmış 15 adet yatak tipi şu şekilde sıralanmıştır. 1. Uyumsuzlukla ilişkili, 2. Kumtaşı, 3. Breş kompleksi, 4. Kuvarsit çakıllı konglomera, 5. Damar (granitle ilişkili), 6. İntrüsif, 7. Volkanitlerle ve kalderalarla ilişkili, 8. Matasomatit, 9. Yüzeysel, 10. Çökmüş breş bacası, 11. Fosforit, 12. Metamorfik, 13. Kireçtaşı ve Paleokarst, 14. Kömür içinde uranyum ve 15. Siyah şeyller.

Cuney (2009)'da ise, kökensel bir sınıflandırma modeli önerilmektedir. Bu model, jeolojik döngü esnasında uranyum yatağı oluşturan şartlar üzerine temellendirilmiştir. Bu jeolojik döngüleri ve oluşturduğu uranyum yataklarını şu şekilde sıralamıştır; 1. Yüzeysel prosesler tarafından oluşturulan yataklar. 2. Sinsedimenter yataklar 3. Hidrotermal prosesler ile ilişkili yataklar 4. Kısmi ergime ve kristal fraksiyonlaşması ile ilişkili yataklar. Buna benzer bir sınıflandırma modeli, Skirrow vd., (2009) tarafından önerilmiştir. Bu

sınıflandırma modelinde, değişik uranyum yatak tiplerini oluşturan prosesler arasındaki benzerlikler daha çok vurgulanmaktadır. Böylece, bundan önceki tüm sınıflandırma şemalarının basitleştirilmiş bir şekilde içerisinde gösterilebileceği “mineral sistemleri” yaklaşımı olarak adlandırılan model ortaya konulmuştur. Bu yaklaşım modeli, uranyum mineralizasyon sistemlerini üç son üye arasında tanımlayan bir anahtar şemayı ortaya koymuştur. Bunlar;

1. Magmatik ilişkili
2. Metamorfik ilişkili
3. Havza ve yüzey ilişkili, uranyum mineralizasyon sistemleri şeklindedir.

Yukarıda detaylı literatür çalışmaları kapsamında verilen bilgiler ışığında, bu tez çalışması, Dadağı-Ayhan (Gülşehir-Nevşehir) civarındaki uranyum cevherleşmelerinin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinden yola çıkarak, cevherleşmenin oluşum modelini ortaya koymayı hedeflemektedir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Uranyumun kolaylıkla oksitlenebilme ve kompleks bileşik oluşturabilme özelliğinin bir sonucu olarak yüzeysel ortamlarda hareketliliği diğer nadir toprak elementlerinin hemen hepsinden fazladır (Romberger, 1984). Bu nedenle kaynak alanlarının jeolojik ve jeokimyasal yönden uygun olan bir havza ile ilişkisini kurabilmek, uranyum araştırmalarında ideal bir yöntemdir. Bu kaynak yüzeyde yeterli büyüklükte fakat düşük konsantrasyonda uranyum içerebilir. Ancak yakınında veya bağlantısı olan havzada ekonomik olarak önemli sayılabilecek bir konsantrasyona ulaşması olasıdır (Nakoman, 1979).

Bu tez çalışması kapsamında ilk adım, uranyum cevherleşmesi için potansiyel kaynak kayacı ortaya koymaktır. İkinci aşamada ise bu potansiyel alan etrafında erozyon ürünlerinin yer değiştirmesi ile uranyum çökmesi ve konsantrasyonu için jeokimyasal olarak uygun olabilecek potansiyel mineralizasyon alanlarını tespit etmek ve eldeki bulgular ışığında model oluşturmaktır.

Bunun sonucu olarak, bölgede uranyumu içinde barındırabilecek uygun jeokimyasal ortam olarak Ayhan havzası çalışmaların merkezine oturtulmuştur. Uranyumun, Ayhan havzasını oluşturan çökeller içerisine taşınma modelini desteklemek amacıyla, kayaç jeokimyası ve dere sedimenti jeokimyası çalışmaları yapılmıştır.

1.2. Çalışma Yöntem ve Teknikleri

Çalışma alanı, Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı içerisinde yer alan Nevşehir, Gülşehir Dadağı bölgesindeki uranyum zenginleşmelerinin jeokimyasal özellikleridir. Çalışma alanı X1: 4295000 X2: 4302000 enlemleri ve Y1: 0642000-Y2: 0656000 boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1.1 ve Şekil 2.3). Bu alandaki çalışmalar 2013-2015 yılları arasında arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere birbirini takip eden üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmaları 2013 yılı Mayıs ayında yapılmıştır. Bu çalışmalar sırasında Brunton tipi jeolog pusulası, jeolog çekici, lup, GPS, sintillometre, gamma ray spektrometre kullanılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında sistematik olarak petrografik ve jeokimyasal örnekler alınmış, gerekli görülen yerlerde ölçeksiz jeolojik enine kesitler çıkarılmıştır. Çalışma alanında yüzeyleyen jeolojik birimlerin karakteristik özellikleri resimlenmiştir.

İnceleme alanından 30 adet tüm kayaç, 18 adet - 80 mesh ve 18 adet -200 mesh tane boyutunda dere sedimenti örneği alınmıştır (Şekil 2.3).

İnceleme alanındaki kayaçların petrografik özelliklerini belirlemek amacı ile F.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarında 20 adet ince kesit yapılarak polarizan mikroskopta incelenmiştir. Gerekli görülenlerden fotoğraflar çekilmiştir. 12 adet tüm kayaç örneği MTA Laboratuvarlarında taramalı elektron mikroskopunda incelenerek SEM görüntüleri-EDX analiz ve 12 adet kayaç örneğinin ise XRD analiz sonuçları elde edilmiştir. Kayaç örneklerinin (GDK-1'den GDK-18'e kadar toplam 18 adet kayaç örnekleme) anaoksitler, iz elementler ve nadir toprak elementleri içeriğinin belirlenmesi amacıyla, bu örnekler 200 mesh boyutunda 250 gr olacak şekilde kırılıp öğütülerek AQ ($1\text{HNO}_3:1\text{HCl}:1\text{HF}$) yöntemi ile çözündürülmüş ve ACME Analytical Labs'da ICP-MS (ultra trace by inductively coupled plasma) ve XRF ile analiz edilmiştir. Mineralojik ve kimyasal özellikleri ortaya çıkarmak amacıyla, X-ray Difraktometre (XRD), yarı kantitatif EDX kimyasal analizi için Philips XL 30 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılmıştır.

İncelenen örneklerden U, Th ve K radyometrik ölçümleri γ -ray spektrometre kullanılarak arazi çalışmalarından elde edilmiştir. Uranyumun zenginleşme alanlarını belirlemek amacıyla radyometrik ölçümler tüm kayaç örnekleri alınmadan önce Gamma-ray spektrometre ve syntillometre cihazları kullanılarak yapılmıştır. Uranyumun litoloji içerisindeki dağılımının sinjenetik yada epijenetik mi olduğunu anlamının en iyi

yollarından biri olan radyometrik olarak ölçülen uranyum (eU) ve kimyasal olarak ölçülen uranyum (Uc) verilerinin birbirleriyle karşılaştırılmasıdır. Kimyasal olarak ölçülmüş uranyum ve radyometrik olarak ölçülmüş olan uranyum değerleri arasındaki oran D-faktör = Uc/eU olarak tanımlanmaktadır (Hansink, 1976). Bu çalışmada, kayaçlardan elde edilen radyoaktif ölçüm değerleri ile D faktör değerleri hesaplanmış ve uranyum dağılımı yorumlanmıştır.

Dere sedimenti örnekleri hem -80 mesh tane boyutunda AQ ($1HNO_3:1HCl: 1HF$) çözdürme yöntemiyle hem de -200 mesh tane boyunda elendikten sonra zayıf asitle (LH102 kodlu 1 M ammonium acetate) çözdürülmüş ve iz element analizleri yapılmıştır.

Kurşun izotop analizleri 18 adet dere sedimenti örneği üzerinde yapılmıştır. İzotop çalışmaları ile; a) Kaynak kayaçların değişimine etki faktörleri b) kimyasal ayrışma durumları, c) sediment özellikleri, d) nehir yatağının tarihsel evrimi ya da paleo-çevresel özellikleri gibi, sedimentlerin jeokimyasal özellikleri belirlenecektir. Bu amaçla 130 mg ve $<70 \mu m$ tane boyutundaki sediment örneği 4 ml HF, 1 ml HNO_3 , 15 M HNO_3 bitinceye kadar, 7 gün boyunca $140^\circ C$ 'de sıcak levhada çözülen sediment örnekleri, Pb AG-MP1-M değişim yöntemi ile hidrobromik asit içerisinde saflaştırılmıştır. Statik moddaki Faraday beheri içerisinde Thermo TRITON kütle spektrometreyle silika jel tekniği kullanarak, Pb-Re çubuklar üzerine toplanarak, pirometrelerin kontrol ettiği $1200^\circ C$ 'de ölçülmüştür. Pb izotop oranları SRM981 standartının Todt vd., (1996)' dan standart değerler kullanılarak cihazın doğruluğu % 0,07 olarak saptanmıştır. Tekrar eden analizlerde kesinlik değerleri, % 0,08 $^{206}Pb/^{204}Pb$, % 0,12 $^{207}Pb/^{204}Pb$ ve % 0,16 $^{208}Pb/^{204}Pb$ olarak belirlenmiştir.

Tüm analizler ACME Analitik Laboratuvarlarında (Acme Analytical Laboratories Ltd., Kanada) ICP-OES (Inductively Couple Plasma-Optic Emission Spectrometre) yaptırılmıştır. Kesinlik değeri, tekrar edilen (GDK-3)'e ait QC verisi, toplam bileşimin $\pm 0,05$ 'ine karşılık gelmektedir.

1.3. Önceki Çalışmalar

Yasak (1958), Yozgat-Niğde-Nevşehir-Kırşehir-Kırıkkale Paftalarının uçakla havadan prospeksiyonunu yapmıştır.

Çetintürk (1961), Arafa-Göynük-Alacaşar (Nevşehir) bölgesinin radyometrik etütlerini gerçekleştirmiştir.

Uçakcioğlu (1988), Hacibektaş-Akçataş (Topayın) Köyü yakınında mostra veren granodiyoritler içinde fay zonunda görünür uranyum mineralizasyonu (otonit-torbernit) ve

15.000 cps'yi aşan radyoaktivite anomalileri belirlemiştir ve yüzeyde görülen mineralizasyonun derine doğru ekonomik bir yatak oluşturup oluşturmadığını belirlemek için 1987 yılında toplam ilerlemeleri 884.90 m olan 6 adet karotlu sondaj yapılmıştır. Sondajların sonucunda, yüzeydeki mineralizasyonun derine doğru cevher niteliğine dönüşmediği ve tamamen yüzeysel kaldığını raporlamıştır.

Çetintürk (1992), "Birleşmiş Milletler Atom Enerjisi Ajansı" ile ortaklaşa yapılan projenin ilk uygulama alanı olarak Ayhan havzasının güneyini kaplayan volkanitler ve granitler olarak belirlemişler ve bu proje kapsamında elde 73 adet anomaliye (50 tanesi granit-siyenit türü, 23 tanesi ise volkanik kayalarda) yoğunlaşarak çalışmışlardır..

Atabey vd., (1988), "Şereflikoçhisar, Panlı (Ankara)-Acıpınar (Niğde) yöresinin jeolojisi" adı altında yaptıkları araştırmada bölgede daha önceden yapılmış olan çalışmaların revize edilmesi, 1/25000 ölçekli jeoloji haritalarının yapılması, birimlerin kaya türü özellikleri, dokanak ilişkileri, yaşlandırılması, yörenin tektonik etkinliğinin ortaya çıkarılması ve ekonomik potansiyellerinin araştırılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Göncüoğlu vd., (1991, 1993), Orta Anadolu Kristalen kompleksini oluşturan Kırşehir masifi, Niğde masifi ve Akdağ masifini çalışmış ve bu üç masifi "Orta Anadolu Kristalen Kompleksi" adı altında tanımlamışlardır.

Akıman vd., (1993), Orta Anadolu Kristalin Kompleksi içerisinde yer alan granatoyidlerin jeokimyasını incelemiş ve tektonik değerlendirmesini gerçekleştirmiştir.

Erdoğan vd., (1996), "Çankırı havzasının gelişimi ve Yozgat bölgesinin jeolojisi" adlı çalışmalarında, sözü geçen havza ve bölge stratigrafilerini çalışarak korelasyonlar yapmışlardır.

Whitney ve Dilek (2001), "Hırkadağ Bloğunun Metamorfik ve Tektonik Evrimi, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi" isimli çalışmalarında, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi içerisindeki öteki masiflerde de gözleendiği gibi, Hırkadağ Bloğunun da çarpışma sonrası gelişen mağmatizma ile yakından ilişkili olduğu ortaya konmuştur.

Lefebvre (2011), "Orta Anadolu Kristalen Kompleksinin tektoniği: Yapısal, metamorfik ve paleomanyetik bir çalışma" isimli çalışmasında, OAKK'nin Geç Kretasede KKD-GGB uzanımlı dar ve dom (kubbe) yapısına sahip antiformal bir yapı olduğunu ortaya koymuştur (~500 x 150 km). Plaka tektoniği ölçeğinde ise D-B bir hat boyunca kuzeye, Pontidlerin altına olan dalma-batma sistemi ile ve KKD-GGB yönelimli olup doğuya OAKK'nin altına olan eşzamanlı dalma-batma zonu Hendek -Hendek - Hendek

(HHH) tipi üçlü kesişim noktası oluşturduğunu tespit etmiştir. Son aşamada, KKD-GGB uzanımlı bu antiformal yapının Pontidlerle çarpışması, OAKK'nin parçalanarak üç ayrı bloğa bölünmesine ve Paleojen döneminde, bugünkü üçgen yapısına ulaşmasına neden olduğunu belirlemiştir.

Advokaat (2011), Ayhan havzasının tektono-stratigrafik evrimi konulu çalışmasında, havzanın Geç Kretase-Erken Eosen aralığında gelişmiş bir supra-detachment havza olduğunu tespit edip, Hırkadağ bloğunun düşük açılı normal bir fayla yüzlek verdiğini, ortaya koymuşlardır.

Alçıçek vd., (2013), M.T.A. 2013 yılı proje sunumları kapsamında, AR-201100174 no'lu ruhsat sahasında Ayhan formasyonuna ait Kubaca alt üyesi içerisindeki uranyum cevherleşmesinin, kumtaşları ve bu kumtaşları içerisinde gözlenen kireçtaşı arabantları ile bitümlü siltaşı-kiltaşı seviyeleri içerisinde gözlendiğini belirtmişlerdir. Sondajlı arama faaliyetlerine geçilmiş ve 6060,20 m ilerleme gerçekleştirilmiştir.

Aksoy vd., (2013), AR-201100174 no'lu Nevşehir-Avanos uranyum ruhsat sahasında uranyum etüt, araştırma sondajları, Jeofizik Gamma-Ray, Jeofizik log ölçüm çalışmaları ve alınan numunelerin analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

Advokaat vd., (2014)'de, Ayhan-Büyükkişla havzasında Geç Kretase açılmasına ait ve Orta Eosen sonrasında gelişen sıkışmalı döneme ait kanıtlar tespit etmişlerdir.

Alçıçek vd., (2014), M.T.A. 2014 yılı proje sunumları kapsamında, AR-201100174 no'lu ruhsat sahasında, rezerv tespiti amacıyla 11585,00 m sondaj çalışması gerçekleştirildiğini belirtmişlerdir.

Alçıçek vd., (2015), M.T.A. 2015 yılı proje sunumları kapsamında, AR-201100174 no'lu ruhsat sahasında, rezerv tespiti amacıyla 4999,00 m sondaj çalışması gerçekleştirildiği ve bu sondaj çalışmalarının genellikle, Ayhan havzasının doğu kesimlerini kapsadığı belirtilmiştir. SEM görüntüleri üzerinde uraninit minerali tespit edildiği belirtilmiştir.

Alçıçek ve Kalender (2015), Ayhan Havzası içerisindeki akarsu ortamı çökellerinin, üstten ve alttan geçirimsiz seviyeler tarafından sınırlandırılarak, içerisinde uranyum cevherleşmelerinin olduğu "roll front" yapılarına ev sahipliği yaptığı belirtilmektedir. Akarsu fasiyesi içerisinde silisifiye kireçtaşları içerisinde ise tabular şekilde gelişmiş uranyum cevherleşmeleri yer almaktadır. Akarsu çökellerinde gelişmiş indirgen ortam içerisinde uraninit minerali tespit edilmiş, yine bu çökeller içerisindeki kireçtaşı arabantlarında alkalinitenin artması nedeniyle kapanlanmış uranyum karbonat

minerali olan rutherfordin tespit edilmiştir. Akarsu çökelleri üzerine gelen gölsel ortama ait kilaşları içerisinde ise göldeki fosfat oluşumlarına bağlı olarak, flor-apatit kristal strüktüründe uranyum cevherleşmeleri izlendiği belirtilmektedir. Uranyum mineralizasyonlarının kökeninin esas olarak, oksitleyici ve indirgeyici akışkanların hareketi sonucunda birincil minerallerin alterasyonu ile ilişkili olduğu belirtilmektedir. Minerolojik gözlemlerle, fay zonlarıyla bağlantılı alkali ortamlar içerisinde silisifiye kireçtaşları içerisindeki kalsit dolgulu kırıklar içerisinde uranyum karbonat minerallerinin geliştiği belirtilmiştir.

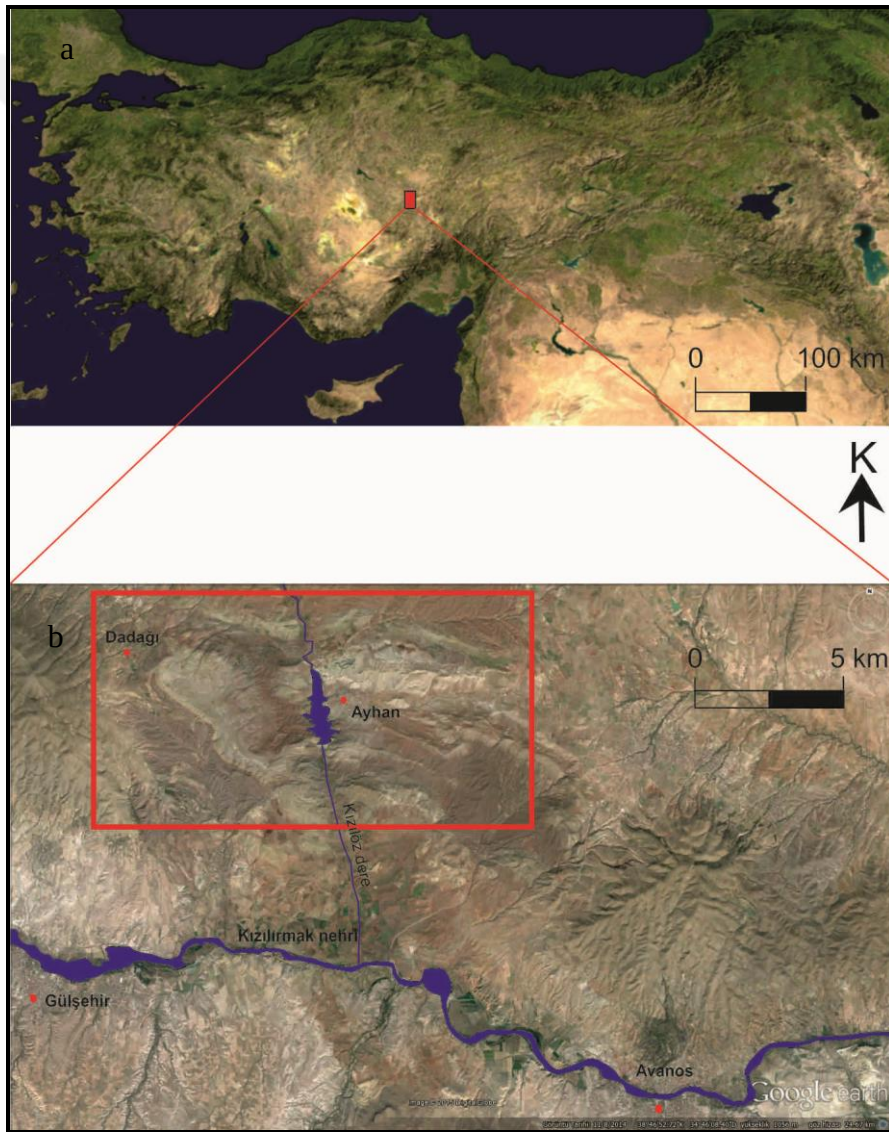
Lefebvre v.d., (2015), Hırkadağ masifinin ve OAKK'nın restorasyonu ve yine bunların Geç Kretase konfigürasyonlarını yaparak, yüksek basınç düşük sıcaklık metamorfizmasının, magmatizmanın ve açılma yapılarının, aktif bir dalma-batma zonunun üzerinde bölgesel ölçekli D-B doğrultulu bir açılma ile oluşmuş K-G doğrultulu bir magmatik yayın yüzlek vermesi ve gelişiminin bir sonucu olarak oluştuğunu göstermişlerdir.

Ünal (2015), Atabey vd., (1988)'de Kubaca Üyesi çökellerinin tümünün gölsel ortam olarak ortaya konduğu şekliyle ele alınarak petrografik ve mineralojik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Petrografik incelemelerde organik malzeme, stilolit gelişimi ve çökme yapısı belirlenmiştir.

Alçıçek vd., (2016), MTA 2016 yılı proje sunumları kapsamında, AR-201100174 no'lu ruhsat sahasında, rezerv tespiti amacıyla 3858,00 m ve Ayhan köyü doğusundaki alanda ise 1141,00 m istikşaf sondajı gerçekleştirildiği belirtilmiştir.

1.4. Coğrafi Durum

Çalışma alanı, Nevşehir İli'nin Gülşehir İlçe'sinin yaklaşık 10 km kuzey doğusunda yer almaktadır (Şekil 1.1). Höyüktepe (1273 m), Saytepe (1247 m), Kubaca Tepe (1327 m), Asaf Tepe (1243 m), Karamıklı Tepe (1191 m), Değirmen Tepe (1087 m), önemli yükseltilerdir. Boğaz Deresi, Değirmendere, Kütük Deresi, Gürlekçayı Deresi, Şat Deresi, Kızılöz Dere önemli dereleridir. Ayrıca inceleme alanının hemen güneyinden Kızılırmak Nehri geçmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlı geçen tipik karasal iklim özelliğine sahip olup yağışlar kış aylarında genellikle kar özelliğindedir.



Şekil 1. 1 İnceleme alanının yer bulduru haritası. a: Türkiye haritası, b: Çalışma alanı (dikdörtgen içerisinde).

2. GENEL JEOLojİ

Bu bölüm, bölgesel jeoloji ve inceleme alanının jeolojisi şeklinde iki alt bölüm halinde ele alınmıştır.

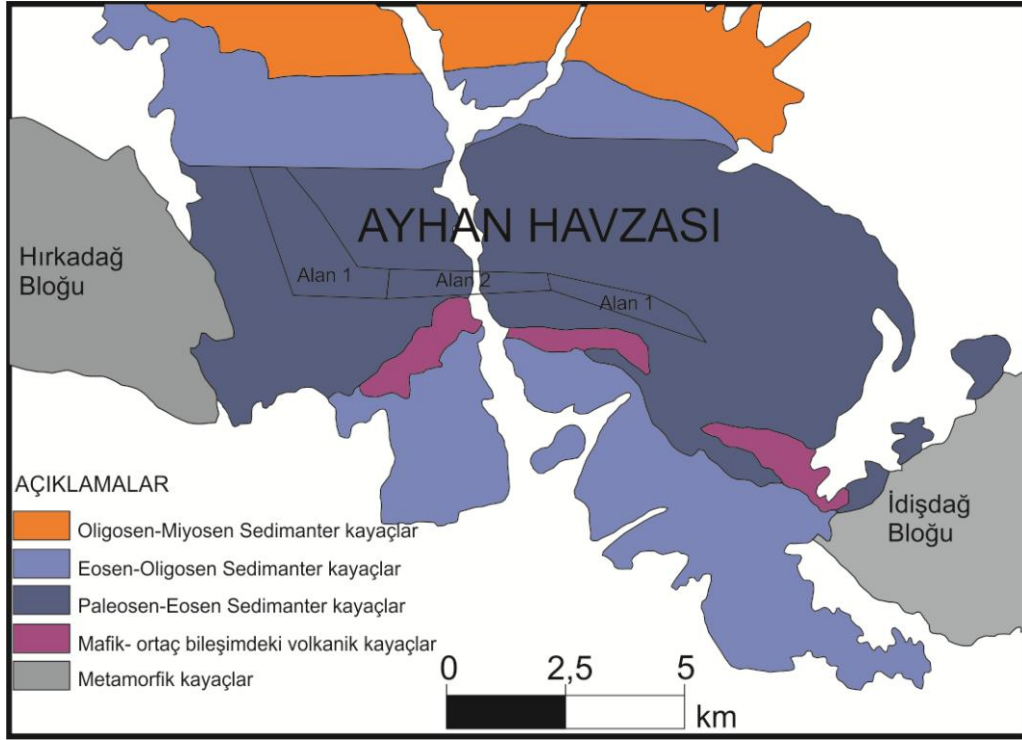
2.1. Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanı ve çevresindeki birimler birçok çalışmacı tarafından farklı isimlerle adlandırılmışlardır. Bu tez kapsamı içerisinde, bu türden bir karışıklığı gidermek amacıyla Şekil 2.2.'de görüldüğü üzere bu birimlerin tümünü kapsayacak şekilde beş ana bölüme ayrılarak tanıtılmıştır. Bunlar; metamorfik kayalar, mafik- ortaç bileşimdeki volkanik kayalar, Paleosen-Eosen sedimanter kayalar, Eosen-Oligosen sedimanter kayalar, Oligosen-Miyosen sedimanter kayalardır.

2.1.1. Metamorfik Kayalar

Metamorfik kayalar, Niğde masifi (Göncüoğlu, 1977), Akdağ masifi (Vache, 1963), Kırşehir masifi (Seymen, 1982), gibi değişik adlandırmalar altında çalışılmıştır. Nevşehir'in KD'sunda Akdağ masifi, güneyinde Niğde masifi ve KB'sında Kırşehir masifi şeklinde üç alt masiften oluşan üçgen şekilli bu metamorfik kompleks, Göncüoğlu vd., (1991)'de litoloji ve metamorfizma karakterlerindeki benzerlikler dikkate alınarak, "Orta Anadolu Kristalen Kompleksi" adı altında isimlendirilmiştir (Şekil 2.1. a ve b). Çalışma alanı ve çevresi Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK) içerisinde yer alan alt masiflerden biri olan Kırşehir masifi içerisinde konumlanmıştır.

OAKK'nin geniş yüzeylemeler oluşturan diğer kristalen kayalarını granitoidler oluşturur. Bunlar metamorfitle sokulmuş şekildedirler. Birbirleri ile zamansal ve mekânsal olarak yakın ilişkide olan bu granitoidler bir çok çalışmanın konusu olmuştur (Akıman vd., 1993; Güleç, 1994; Erler ve Göncüoğlu, 1995; Whitney ve Dilek, 2001; Köksal vd., 2004). Çalışma alanındaki Hırkadağı metamorfik bloğu, granitoidler ve İdiş dağı metamorfik bloğu ise İdişdağı siyenitoidleri tarafından sokuluma uğratılmışlardır.



Şekil 2.2. Ayhan havzası ve yakın civarının basitleştirilmiş jeoloji haritası (Advokaat, 2011). Çalışma alanı batıda Hırkadağ bloğu tarafından, doğuda İdişdağı bloğu tarafından, güneyde volkanitler ve kuzeyde Oligo-Miyosen havzalar tarafından çevrelenmiştir.

2.1.3. Paleosen –Eosen Sedimanter Kayaçlar

Bu Kayaçlar bir çok çalışmacı tarafından farklı isimlerle adlandırılmış ve ayırtlanmışlardır (Atabey vd., 1988; Köksal ve Göncüoğlu, 1997; Advokaat, 2011; Advokaat vd., 2014).

Orta Anadolu granitoidleri Tersiyer yaşlı birimler tarafından açılı uyumsuzlukla üzerlenmektedir. Çalışma sahasında OAKK üzerine açılı uyumsuzlukla gelen ilk Tersiyer oluşuk alüvyal yelpaze, kıyı ovası, sığ göl kenarı düzlüğü, göl ve akarsu çökellerinden oluşan, stratigrafik konumuna göre, Lütésiye öncesi yaşlı kabul edilen Ayhan Formasyonu'dur (Atabey vd., 1988). Ayhan Formasyonu, Advokaat vd., (2014) çalışmasında Yeşilöz Formasyonu içerisinde Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6 ve Y7 şeklinde alt üyelere ayrılarak tanımlanmıştır. Bu tez kapsamında, Atabey vd., (1988)'deki isimlendirmeye bağlı kalınarak Ayhan Formasyonu ismi kullanılmıştır.

2.1.4. Eosen–Oliogosen Sedimanter Kayaçlar

Ayhan Formasyonu üzerine uyumlu olarak genelde filiş karakterli kaya birimlerinden oluşan Lütésiye yaşlı Altıpınar Formasyonu gelir (Atabey vd., 1988). Aynı birim Advokaat vd., (2014)'te Mucur Formasyonu olarak isimlendirilmiştir.

Lütesiyeen yaşlı bu birim (Altıpınar Formasyonu veya Mucur Formasyonu) üzerine, uyumsuz olarak çakıltası, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşından oluşan Oligosen yaşlı Kızılöz Formasyonu gelir (Atabey vd., 1988). Aynı birim Advokaat vd., (2014)'te Büyükkışla Formasyonuna ait B1 ve B2 alt üyelerine karşılık gelmektedir. Birim kırmızı-şarabi renkli, teknesel çapraz katmanlı, kanal dolgulu, çakıltası, tabakalı kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşından oluşmaktadır (Atabey vd., 1988). Birim içerisinde 5-50 cm aralığında linyitli seviyeler yer almaktadır. Örgülü ırmak ve alüvyon yelpazesi çökelleridir. Bu birimde tabandan tavana doğru tane boyu kabalaşması izlenir. Alt düzeylerde örgülü akarsu ve yaygı akması çökelleri izlenirken, üstlerde moloz akması dolguları egemendir. Birimin ortalama kalınlığı ~800 m kadardır (Atabey vd., 1988).

2.1.5. Oligosen –Miyosen Sedimanter Kayaçlar

Eosen-Oligosen sedimanter kayaçlar: Atabey vd., 1988'de "Kızılöz Formasyonu", Advokaat vd., 2014'te ise "Büyükkışla Formasyonu" olarak adlandırılmıştır. Bu sedimanter birim üzerine ise, göl ortamı çökellerinden oluşan ve Oligosen-Miyosen sedimanter kayaçları oluşturan Atabey vd., (1988) tarafından, Üst Miyosen-Pliyosen olarak yaşlandırılmış ve Yüksekli Formasyonu olarak isimlendirilmiş birim gelmektedir. Aynı birim Advokaat vd., (2014) çalışmasında, Büyükkışla Formasyonu'na ait B3 alt üyesi içerisinde gösterilmektedir (Şekil 2.2).

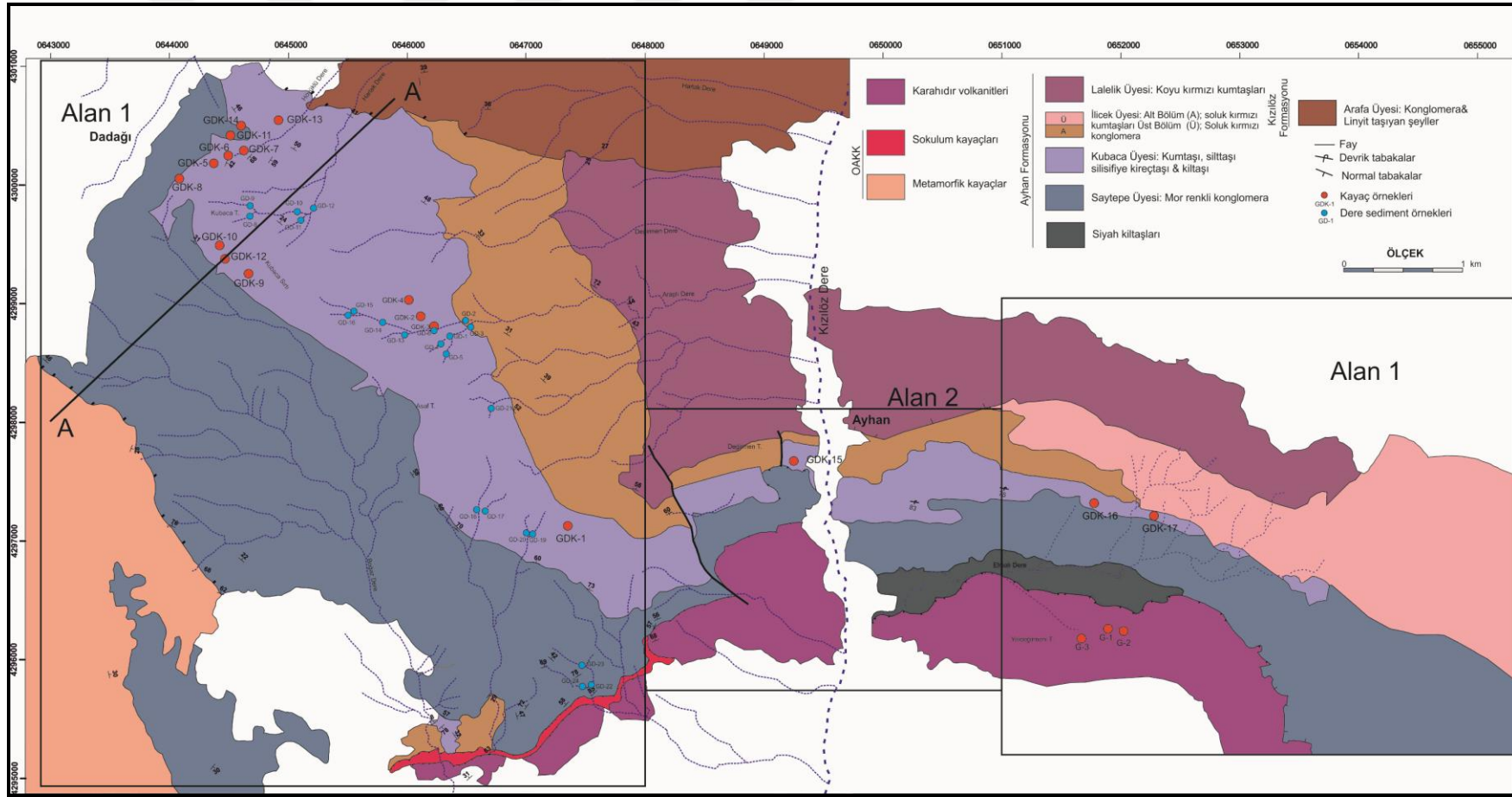
Bu birimler, beyaz-gri renkli, orta-ince kum tane boyutlu, teknesel çapraz tabakalı kumtaşı, çakıllı kumlu tüfitler, miltaşı ve kiltası ile kaba kumtaşı ve çakıltılarından oluşmaktadır (Atabey vd., 1988). Çapraz tabakalı, çakıltası kumtaşları akarsu ortamı olarak; marn, kiltası ve ince tabakalı kireçtaşları ise göl ortamı olarak yorumlanmıştır (Atabey vd., 1988). Stratigrafik ilişkiye dayanarak birimin yaşı Üst Miyosen sonrası, Pliyosen yaşlı olarak kabul edilmektedir (Atabey vd., 1988).

2.2. İnceleme Alanının Jeolojisi

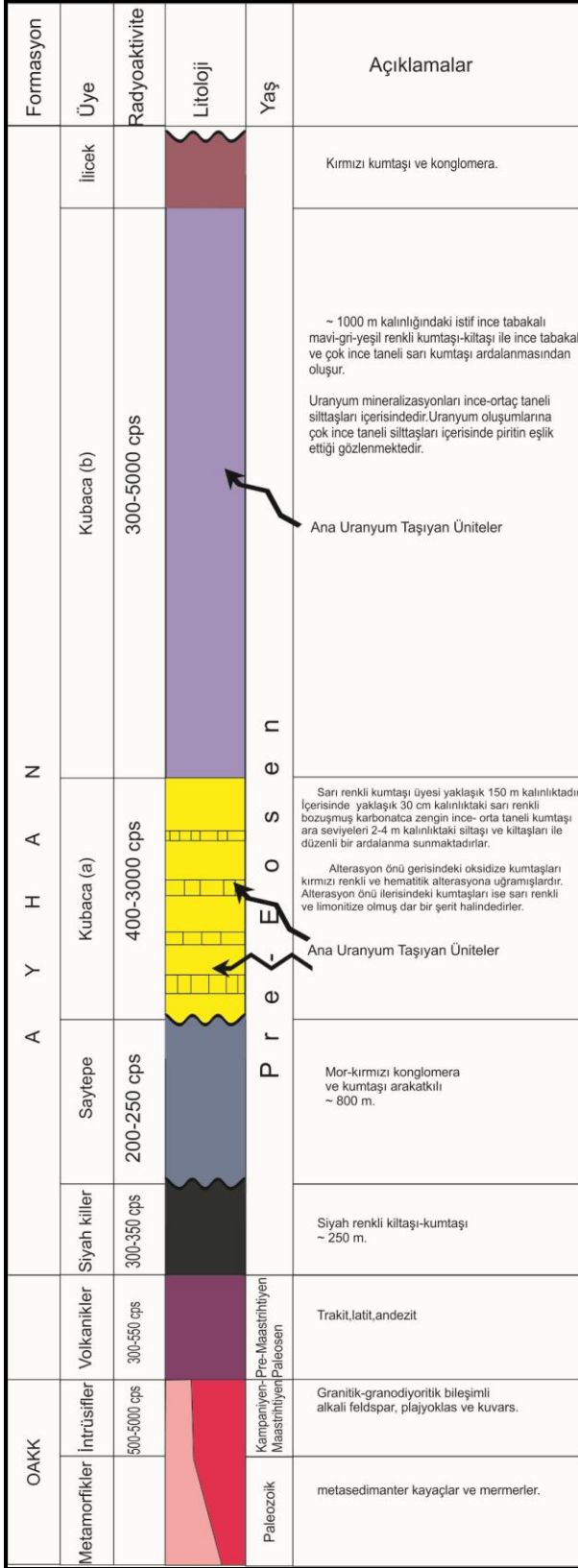
İnceleme alanı yapısal özelliklerine göre, iki alana ayrılmıştır (Alan 1 ve Alan 2). Alan 1 genişlemeli bölgeyi, Alan 2 ise sıkışmalı bölgeyi ifade etmektedir (Şekil 2.3).

Alan 1 olarak tanımlanan bölge, tansiyonel alanları ifade etmektedir. Bunlar Ayhan havzasının batı bölümünü normal faylarla Hırkadağ bloğuna bağlarken harita alanı içerisinde (Şekil 2.3) görüldüğü üzere doğu bölümünde volkanitler ve Ayhan havzası çökelleri arasında ~55° ile K'e eğimlenen normal fayla sınırlanmaktadır (Advokaat, 2011).

Ayhan Havzasının batı bölümünü oluşturan genişlemeli alan, Whitney ve Dilek (2001)'de belirtildiği gibi, havzayı Hırkadağ metamorfik bloğuna bağlayan KD'ya dikçe eğimli bir normal fayla sınırlanmıştır (Şekil 2.3). Alan 2 olarak tanımlanan havzanın orta bölümü, Lütəsiyen sonrası gerçekleşen K'e doğru itilme nedeniyle kompresyonel bir alan (Advokaat, 2011) olarak ortaya çıkmaktadır. Ayhan havzasının harita alanı dışındaki doğu sınırı ise, Köksal ve Göncüoğlu (1997) ve Köksal vd., (2001)'de belirtildiği gibi, GD'ya dikçe eğimli bindirme faylıdır (Şekil 2.3). Böylece bu fayla, İdişdağı bloğu ve Ayhan havzası yan yana gelmektedir. Ayhan havzası güneybatıda volkanitler ve granitoidler tarafından sınırlanmaktadır (Şekil 2.3). Havzanın kuzey sınırı ise Oligosen-Miyosen yaşlı kayalar tarafından oluşturulup, bir çok çalışmacı tarafından farklı isimlendirmeler altında çalışılmıştır (Atabey, 1989; Mues-Schumacher ve Schumacher, 1996; Viereck-Goette vd., 2010, Advokaat, 2011; Advokaat vd., 2014).



Şekil 2.3. Dadağı-Ayhan Çevresinin 1/25 000 Ölçekli Jeoloji Haritası (Advokaat, 2011'den değiştirilerek). Alan 1: Tansiyonel alanları, Alan 2: Kompresiyonel alanları ifade etmektedir.



Şekil 2.4. Dadağı-Ayhan dolayının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti. (Atabey vd., 1988 ve Advokaat, 2011'den değiştirilerek)

2.2.1.Temel Birimler

2.2.1.1. Metamorfitler

Çalışmaların konusu olan, Ayhan havzasına ait sedimanter kayaçlar, magmatik ve metamorfik temel birimler tarafından çevrelenmektedirler ve Ayhan havzası, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'nin (OAKK) merkezinde konumludur (Şekil 2.1).

Ayhan havzası, Maastrichtiyen yaşlı granitik ve siyenitoyidik kayaçlar tarafından sokuluma uğratılmış olan, doğuda İdişdağı, batıda Hırkadağı metamorfik bloklarıyla sınırlanmıştır (Şekil 2.2).

Hırkadağ bloğunun metamorfik kayaçları yüksek dereceli amfibolit fasiyesine ait mermerler, kuvarsitler ve metapelitlerden oluşmuştur (Teklehimanot, 1993; Wehrens, 2008). İdişdağı metamorfik bloğuna ait kayaçlar ortaç-yüksek dereceli amfibolit fasiyesine ait mermerler, amfibolitler ve amfibolit şistlerden oluşmuştur (Köksal ve Göncüoğlu, 1997).

2.2.1.2. Sokulum Kayaçları

Metamorfik kayaçlardan oluşan ve amfibolit fasiyesindeki kayaçları içeren Hırkadağ ve İdişdağı blokları Maastrichtiyen yaşlı kabul edilen siyenitoyid ve granitoyidler tarafından sokuluma uğratılmışlardır (Teklehimanot,1993; Göncüoğlu, 1993; Köksal ve Göncüoğlu, 1997; Köksal vd., 2001).

Hırkadağ bloğundaki sokulum kayaçlarının bileşimi granitikten granodiyoritğe kadar oldukları belirlenmiştir (Teklehimanot, 1993, Whitney ve Dilek, 2001), kayaçların ana bileşenleri alkali feldispatlar, plajyoklaslar ve kuvarstan, daha az oranda ise amfibollerden oluşmaktadır (Teklehimanot, 1993).

İdişdağı plutonu feldspatca zengin, kuvarşça fakir olmaları nedeniyle siyenitoyit olarak tanımlanmıştır. İdiş dağı siyenitoyidi genelde yeşilimsi pembe renkli, iri (>3cm), tabular alkali feldspat taneli, kuvars, plajiyoklas ve biyotitlidir. Kayaçlar genellikle ileri derecede alterasyon gösterir (Köksal ve Göncüoğlu, 1997).

Bu birim üzerinde radyoaktivite ölçer cihazlarla (syntillometre ve gama spektrometre) yaptığımız ölçümlerde radyoaktivitenin ortalama 500-5000 cps aralığında değiştiği gözlenmiştir. Bununla birlikte, bu birim içerisinde genellikle kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda gelişen silisifiye dayklar boyunca yaptığımız ölçümlerde, noktasal anomaliler şeklinde olmak üzere, 10000 cps'ye kadar değerler gözlenmiştir.

Elmalı Derenin güneyinde silisifiye dayklarla aynı doğrultuda gözlenen yüksek radyoaktivite anomali zonlarında, malahit-azurit gibi ikincil bakır mineralleri ve bunlara eşlik eden yoğun saçınımlı pirit içerikli zonlar izlenmiştir.

2.2.2.Sedimanter Örtü

Ayhan havzası hem doğudan hem de batıdan metamorfik kayalarla sedimanter kayaları yan yana getiren yüksek açılı faylarla sınırlanmış olup, Ayhan havzasının güneyi ise çalışma alanında volkanitler tarafından sınırlanmışlardır (Şekil 2.3). Sedimanter birimlerin temelini volkanitler oluşturmaktadır.

2.2.2.1.Karahıdır Volkanitleri

Temel birimler trakitik, latitik ve andezitik bileşimdeki volkanik kayalar tarafından üzerlenmektedir (Köksal vd., 2001). İdişdağı siyenitoyitleri ile eş oluşumlu olan ve Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'nin bazı yerlerinde metamorfik blokları üzerleyen bu volkanitler Karahıdır Volkanitleri olarak tanımlanmışlardır (Gökten ve Floyd, 1987; Kara ve Dönmez, 1990; Şenel, 2002). Karahıdır Volkanitleri Pre-Maastrichtiyen-Paleosen yaşlı olarak kabul edilmektedirler (Göncüoğlu vd., 1993). Volkanitler andezitik bileşime sahiptirler.

Sedimanter birimlerin temelini bu volkanitler oluşturmaktadır. Ayhan Havzasının güney bölümünde Ayhan Formasyonu'na ait Saytepe Üyesi üzerine bindirdiği gözlenmektedir. Kızılöz derenin batısında Saytepe Üyesi ile volkanitler içiçedir. Volkanitlerin Pre-Maastrichtiyen-Paleosen yaşlı oldukları kabul edilmektedir (Göncüoğlu vd., 1993).

Karahıdır volkanitleri ve siyenitoyitlerden elde edilmiş olan petrografik ve jeokimyasal veriler bunların çarpışma sonrası oluşumlu A-tipi magmatik kayalar olduklarını göstermektedir (Köksal vd., 2001).

Bu birim üzerinde radyoaktivite ölçer cihazlarla (syntillometre ve gama spektrometre) yaptığımız ölçümlerde radyoaktivitenin ortalama 300-550 cps aralığında değiştiği gözlenmiştir.

2.2.2.2.Siyah Kilaşları

Birim, Advokaat (2011), tarafından tanımlanmış ve haritalanmıştır. Sedimanter istifin temelini oluşturan birim, koyu renkli killeri ve kumtaşı aralanmasından oluşan en fazla kalınlığı 250 m kadar olan siyah renkli killerden oluşmaktadır. Birimin kalınlığı havzanın batı bölümünde yaklaşık 1-3 m, havzanın orta bölümünde ise yaklaşık 250 m

kadardır (Advokaat, 2011). İstif makaslamalı ve volkanitlerle yan yanadır. Genel olarak tabakaların kalınlıkları 10-20 cm arasında değişmektedir. İstif akarsu ortamında gelişmiş olarak yorumlanmaktadır (Advokaat, 2011).

Bu birim üzerinde radyoaktivite ölçer cihazlarla (sintillometre ve gama spektrometre) yaptığımız ölçümlerde radyoaktivitenin ortalama 300-350 cps aralığında değiştiği gözlenmiştir. Ancak bu birim içerisindeki karbonatca zengin kumtaşı arabantlarında (özellikle Elmalı Dere boyunca) bu değerlerin 2000 cps'ye kadar çıktığı gözlenmiştir.

2.2.2.3.Saytepe Üyesi-Mor Renkli Konglomera

Birim, Advokaat (2011) tarafından “mor renkli konglomera” olarak, Atabey vd., (1988) tarafından Ayhan Formasyonu'nun ilk üyesi olan Saytepe Üyesi olarak tanımlanmıştır. Birim, mor ve kırmızı renkli konglomeralar ve bunlarla arakatlı kumtaşlarından oluşmaktadır. Havzanın güney ve güney-batı ile güney-doğu bölümlerinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.3). Güney-doğu bölümünde ortalama kalınlığı 600 m güney-batı bölümünde ise 825 m'den fazladır (Advokaat, 2011). Kızılöz derenin batı ve doğu bölümlerinde Saytepe Üyesi'ni altlayan Karahıdır volkanitleri ile iç içedir. İki tip litolojiden oluşmaktadır. İlki tane destekli konglomeratik tabakalardan oluşan 10-50 cm aralığında değişen yarı köşeli volkanik parçacıklı seviyedir. İkincisi matriks destekli kumlu-volkanik granüllü tabakalardan oluşan çoğunluğu 20-30 cm kalınlığındaki seviyedir (Advokaat, 2011).

Birimin üst kısımlarına doğru, kumlu ve konglomeratik düzeyler arasındaki, çakılların tane boyu farklılıkları gittikçe azalmakta olup, çakılların camsı volkanik bileşiminin ise gittikçe daha çok arttığı izlenmektedir. Birim yukarıya doğru ince taneli olmaya eğilimlidir. Alüvyal yelpaze karakterindeki bu istif, yukarıya doğru volkanik granüllü, matriks destekli kumlu tabakalara ve ince taneli silttaşlarına geçer. Atabey vd., (1988)'de bu ince taneli silttaşı bölümü Esefin üyesi olarak ayrı bir üye olarak belirtilmiştir. Bu seviye “roll front” tipi cevherleşmeleri içinde barındıran kumtaşı tipi uranyum yataklarında alttan sınırlayan geçirimsiz seviyedir.

2.2.2.4.Kubaca Üyesi

Saytepe Üyesi (mor renkli konglomera) uyumsuz olarak, 1185 m kalınlığındaki kumtaşı ve mavi killerden oluşan Kubaca üyesi tarafından üzerlenmektedir (Şekil 2.5). Saytepe Üyesi ile arasındaki açı 15-25° arasında değişmektedir. İstif batıdan doğuya

doğru incelmekte ve doğuda küçük lensler halinde sona ermektedir. Kumtaşı seviyesi akarsu ortamı olarak mavi-yeşil renkli kilaşları gölsel ortam olarak yorumlanmışlardır (Advokaat, 2011; Lefebvre, 2011; Advokaat vd, 2014; Lefebvre vd., 2015).

Kubaca Üyesinin alt bölümünü, içerisinde Akarsu çökellerine ait sarı renkli limonitize olmuş karbonatça zengin kumtaşı seviyesi ile silttaşı ve kireçtaşı arabantlardan oluşan heterojen akarsu fasiyesi çökelleri oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında bu fasiyes Kubaca (a) olarak isimlendirilecektir. Bu seviye alttan sınırlayan geçirimsiz seviyenin üzerinde bulunan akarsu fasiyesidir ve roll front tipi cevherleşmelere ev sahipliği yapmaktadır (Şekil 2.4 ve Şekil 2.6).

Kubaca Üyesinin üst bölümünü, mavi-yeşil renkli kilaşı-silttaşı-ardalanmasından oluşan gölsel çökeller oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında bu fasiyes Kubaca (b) olarak isimlendirilecektir. Bu seviye Akarsu fasiyesinin üzerinde yer alıp, roll front tipi cevherleşmeleri içinde barındıran kumtaşı tipi uranyum yataklarında üstten sınırlayan geçirimsiz seviyeyi oluşturmaktadır (Şekil 2.4 ve Şekil 2.6).

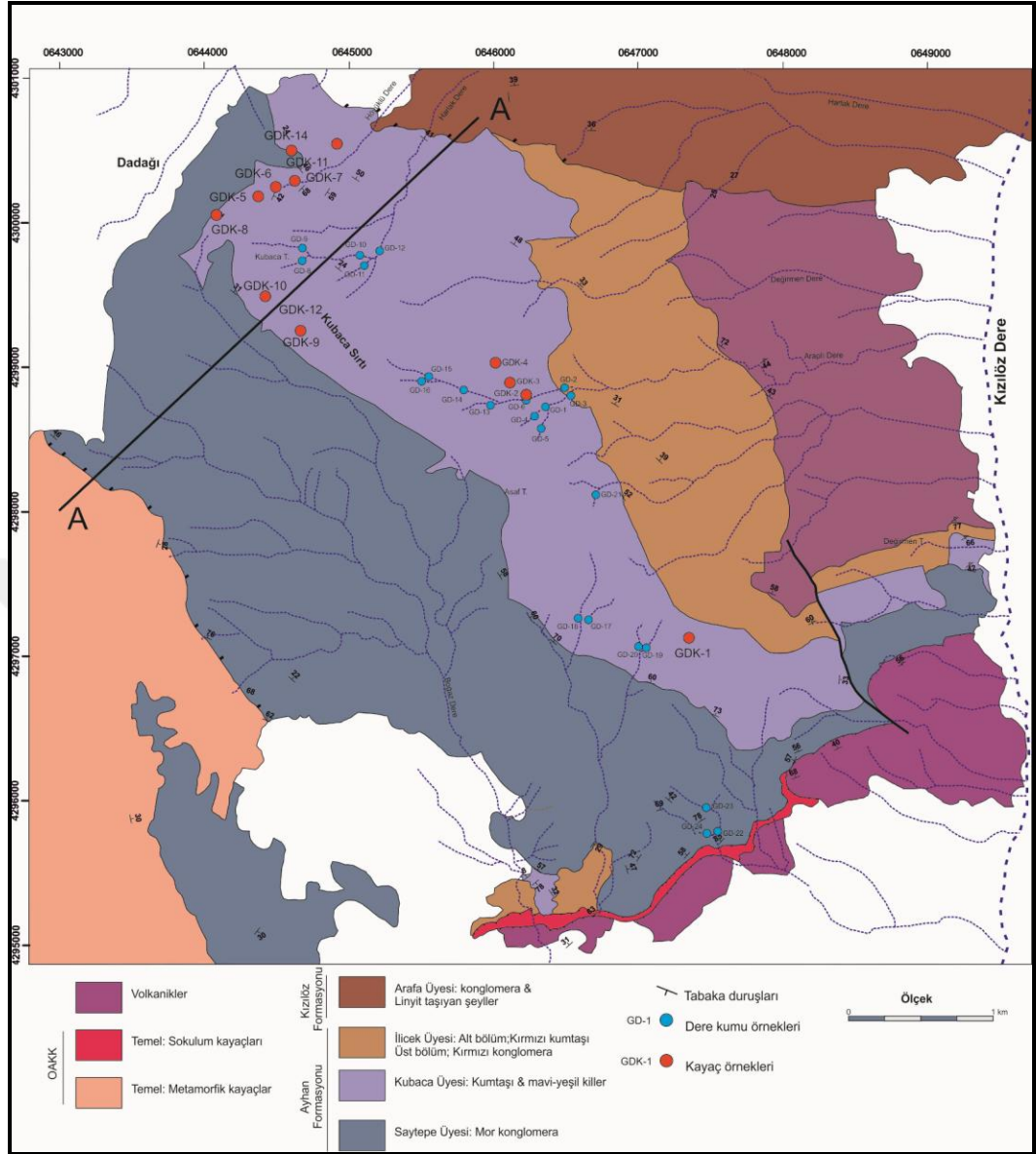
Akarsu çökelleri üzerine gelen mavi-yeşil renkli kilaşı-silttaşı-ardalanmasından oluşan gölsel çökeller içerisinde ise göldeki fosfat oluşumlarına bağlı olarak, flor-apatit kristal strüktüründe (Ca^{+2} ile U^{+4} 'ün iyonik yarıçap benzerliği nedeniyle) uranyum cevherleşmeleri izlenmektedir (Alçıçek ve Kalender, 2015). Bu seviye çatı cevherleşmeleri olarak ifade edilmiştir (Şekil 2.6).

Bu akarsu çökelleri (Kubaca (a)), üstten ve alttan geçirimsiz seviyeler tarafından sınırlanmış olup, içerisinde uranyum cevherleşmelerinin olduğu “roll front” yapılarına ev sahipliği yapmaktadır.

Akarsu ortamına ait çökeller homojen kumtaşı birimlerinden oluşmamaktadır. Akarsu çökelleri içerisinde kireçtaşları arabantları içerisinde ise, alkalinitenin artması nedeniyle kapanlanmış uranyum karbonat minerali olan rutherfordin tespit edilmiştir (Alçıçek ve Kalender, 2015). Bu seviye taban cevherleşmeleri olarak ifade edilmiştir (Şekil 2.4 ve Şekil 2.6).

Kubaca (a) birimini oluşturan çökellerde, radyoaktivite ölçer cihazlarla (syntillometre ve gama spektrometre) yaptığımız ölçümlerde, radyoaktivitenin 400-3000 cps aralığında değiştiği gözlenmiştir.

Kubaca (b) birimini oluşturan çökellerde, radyoaktivite ölçer cihazlarla (sintillometre ve gama ray spektrometre) yaptığımız ölçümlerde, radyoaktivitenin 500-5000 cps aralığında değiştiği gözlenmiştir.



Şekil 2.5. Alan1 (açılmalı alan) olarak tanımlanmış bölgenin jeoloji haritası (Advokaat, 2011' den faydalanılarak).

2.2.2.5. İlice Üyesi

Birim, Atabey vd., (1988)'de İlice Üyesi olarak isimlendirilmiştir (Şekil 2.3 ve Şekil 2.5). İlice Üyesi, Advokaat (2011)'de alt bölüm ve üst bölüm şeklinde ayrılmıştır. Alt bölüm, Soluk kırmızı renkli kumtaşlarından, Üst bölüm ise soluk kırmızı renkli konglomeralardan oluşmuştur.

İstif akarsu ortamı olarak yorumlanmıştır. Konglomeratik tabakalar örgülü nehir çökelleri olarak, siltli tabakalarla sunulan seviye ise, kanal dolguları olarak yorumlanmıştır (Advokaat, 2011).

2.2.2.6. Lalelik Üyesi

Birim, Atabey vd., (1988)'de Lalelik Üyesi olarak isimlendirilmiştir (Şekil 2.3 ve Şekil 2.5). Aynı birimi, Advokaat (2011)'de, koyu kırmızı kumtaşları, kireçtaşı ve sarı kumtaşları olarak üç bölüm altında incelemiştir.

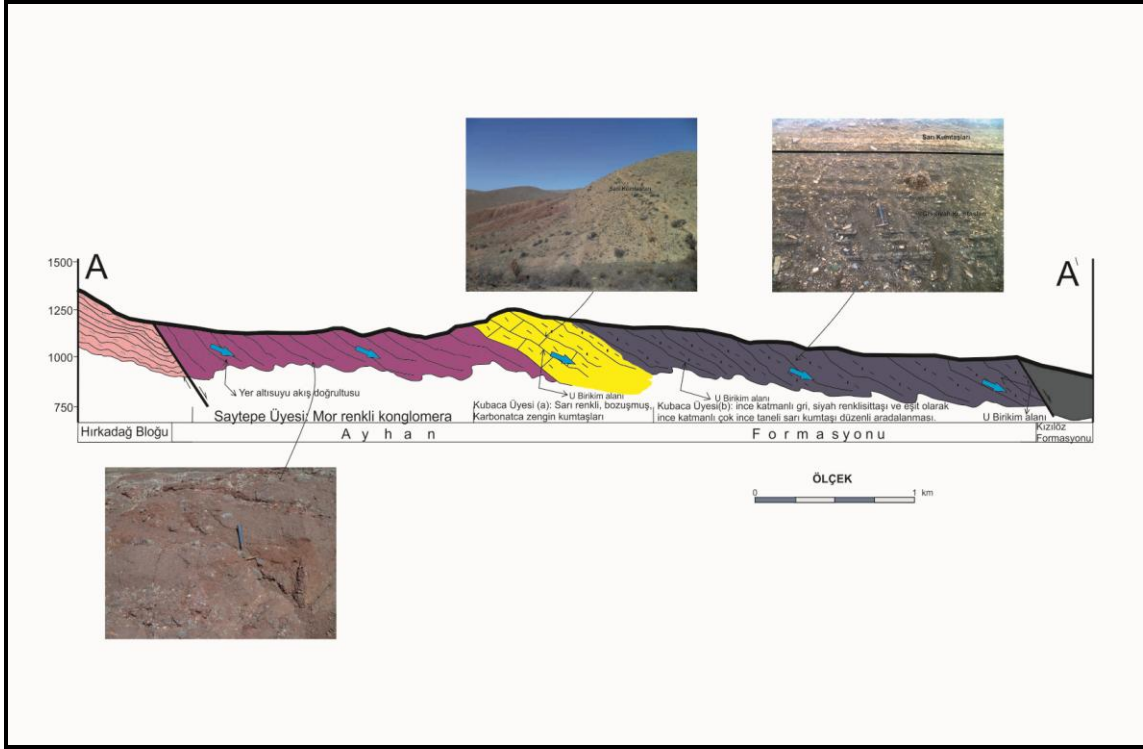
Kumtaşı, marn ve çörtlü kireçtaşından ibarettir. Orta-kalın tabakalı bol çört içeren kireçtaşları, orta-ince tabakalı kumlu marn ve laminalı şeyllerden oluşmaktadır. Kireçtaşları 90⁰' lik dik tabakalar halinde km'lerce uzanmaktadır. Ortalama kalınlığı 300 m kadardır.

Koyu kırmızı kumtaşları seviyesi akarsu ortamından göl ortamına geçiş zonu olarak, kireçtaşı seviyesi göl ortamı olarak, sarı kumtaşları ise akarsu ortamı olarak yorumlanmıştır (Advokaat, 2011).

3. İNCELEME ALANININ JEOTEKTONİK EVRİMİ VE AKIŞKAN AKIMI ÜZERİNE ETKİLERİ

Akışkan akımı hidrolik gradyanın oluşumundan sorumludur. Kavramsal model ve hesaplamalar, heterojen basınç varyanslarının bir sonucu olarak açılma ve sıkışma deformasyonlarının sırasıyla, aşağıya doğru ve yukarıya doğru akıma kılavuzluk ettiğini göstermektedirler. Bu gibi akışkan akımlarının çalışma mekanizmasının daha iyi anlaşılması için, farklı gerilme oranlarına sahip tektonik deformasyonların oluşumu esnasında, farklı stratigrafik birimler içerisindeki basınç evrimini belirleyebilmek amacıyla, çeşitli deneysel çalışmalar ortaya konmuştur (Oliver vd., 2006). Tektonik deformasyonun, çeşitli jeolojik yapılar içerisindeki mineralize akışkanların göçü için etkili bir itici güç olduğu düşünülmüştür (Cox vd., 2005; Sibson, 2001) ve tektonik deformasyon ile akışkan akımının etkileşimini araştırmak için bir seri nümerik çalışma gerçekleştirilmiştir (Ord ve Oliver, 1997b; McLellan vd., 2004; Zhang vd., 2008; Feltrin vd., 2009). Bunlardan en dikkat çeken Oliver vd., (2006)'da, nümerik modellemelerden yola çıkarak havza-ilişkili cevherleşmelerin oluşumu esnasında temel-örtü arayüzü arasındaki akışkan akımına açılmalı deformasyonun neden olabileceği ortaya konulmuştur. Bunun yanında bu çalışmalardan, çoğu simülasyonlarda göz ardı edilmiş olan, gerilmenin etkisi ve geçirimsizlikteki değişimler konularında yeni görüşler elde edilmiştir.

Ayhan havzasının batı kesimlerinde, havzayı Hırkadağı bloğuna bağlayan normal faylar nedeniyle, genişlemeli bir deformasyon hakimdir. Pre-Eosen yaşlı Ayhan havzasının genişleyerek açılmaya başlaması esnasında, akışkanların göçü yüksek permeabiliteyi Saytepe Üyesi'nden daha düşük permeabiliteye sahip olması nedeniyle, daha hızlı bir akışkan basınç azalımı gösterdiğinden, Kubaca Üyesi'ne doğru olmaktadır. Ayrıca akışkan göçü özellikle geçirimsizliği yüksek fay zonları boyunca, düşük permeabiliteyi olması nedeniyle, akışkan basıncının daha az olduğu Kubaca Üyesi'ne doğru olmaktadır. Böylece akışkan göçü özellikle geçirimsizliği yüksek fay zonları boyunca basıncın daha az olduğu (Saytepe Üyesi'ne nazaran) Kubaca Üyesi içerisine doğru olmaktadır. Kubaca Üyesi kayaçlarının düşük permeabilitesi nedeniyle onun altında bulunan yüksek permeabiliteyi Saytepe Üyesi'ne ait alüvyal yelpaze çökellerinden daha hızlı bir akışkan basınç azalımı göstermektedir (Şekil 2.5; Şekil 3.1).



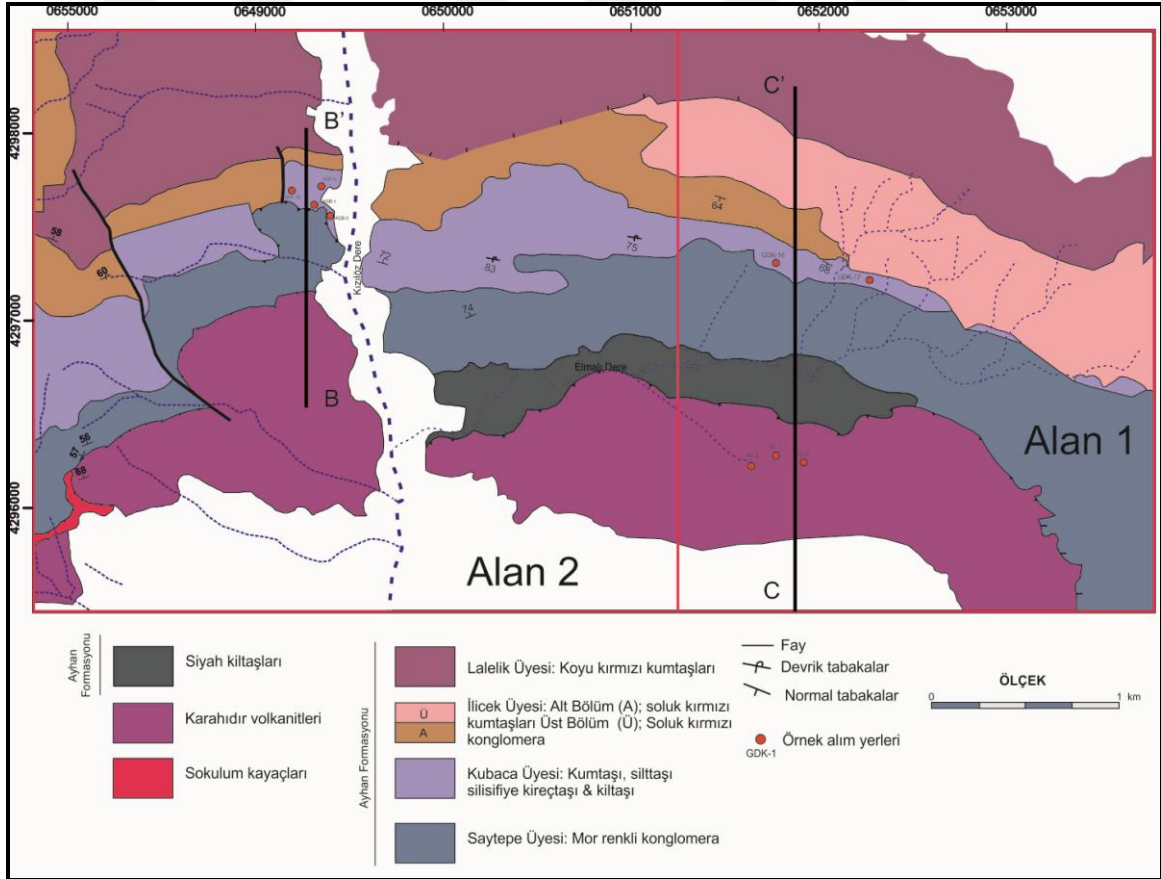
Şekil 3. 1. Kubaca üyesi içerisindeki uranyum zenginleşmelerini gösteren GB-KD doğrultulu jeolojik enine kesit.

Gerilme oranı arttığında basınç azalımı daha önemli olur. Buna tezat olarak sıkışma tüm sistem içerisinde basınç artımına neden olur (Oliver vd., 2006). Geçirimliliği düşük Kubaca Üyesi, kaba kırıntılardan oluşan havza dolgusuna (Saytepe üyesi) nazaran gittikçe artan bir basınca maruz kalır. Böylece Kubaca Üyesi ve Saytepe Üyesi arasında bir hidrolik yük gradyanı gelişecektir.

Ayrı sekanslar içerisindeki basınç gradyanları, farklı birimler arasındaki gerilme oranlarının yanı sıra, permeabilite ve porozitenin dağılımına göre de değişir (Oliver vd., 2006). Yüksek permeabiliteli kaba kırıntılı birimin (Saytepe Üyesi) basınç gradyanı hala hidrostatik basınç altındadır ama düşük permeabiliteli birimler için bu durum farklıdır. Gerçek gözenek basıncı ve hidrostatik basınç arasındaki fark gerilme oranı arttıkça yükselir. Bunun bir sonucu olarak fay zonu, faylanma esnasında, farklı hidrolik yüklere sahip depolanma alanlarını birbirine bağlayan bir akışkan kanalı olarak davranabilir (Oliver vd., 2006).

Eğer başlangıçta aşırı basınç altındaki bir temel hesaba katılırsa fay zonu içerisindeki akışkan akım hızının gerilmeli deformasyon alanlarında azalmış olması ve sıkışmalı deformasyon alanlarında artmış olması gerekir (Oliver vd., 2006).

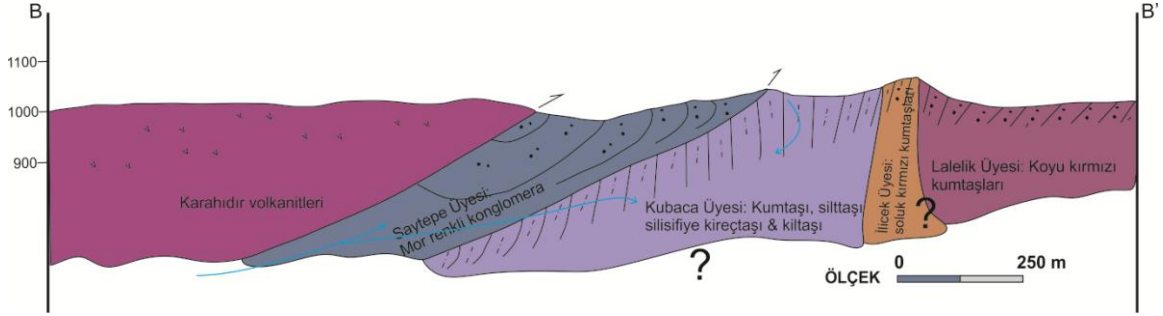
Ayhan havzasının orta kesimi, Lütésiyen sonrası oluşan kompresyonel dönemde, G'den K'ye doğru gerçekleşen itilme nedeniyle sıkışmalı bir alan olarak ortaya çıkmaktadır. Bu alanda sedimanter istifin temelini koyu renkli kilitaşı, şeyl ve kumtaşı ardalanmasından oluşan ve en fazla kalınlığı 250 m kadar olan siyah şeyller oluşturmaktadır (Şekil 3.2). Birimin kalınlığı havzanın batı bölümünde yaklaşık 1-3 m, havzanın orta bölümünde ise yaklaşık 250 m kadardır. İstif makaslamalı, ince taneli ve geçirimsizliği oldukça düşüktür. İstif volkanitlerle yan yana ve onları üzerlemektedir. Genel olarak tabakaların kalınlıkları 10-20 cm arasında değişmektedir. Bu birim üzerine uyumsuzlukla Saytepe Üyesine ait mor renkli konglomeralar gelmektedir.



Şekil 3. 2. Ayhan havzasının orta ve doğu bölümleri (Advokaat, 2011'den değiştirilerek). Alan 2 olarak tanımlanmış bölge, Ayhan havzasının orta bölümü (sıkışmalı alan) ve Alan 1 olarak tanımlanmış bölge, Ayhan havzasının doğu bölümü (genişlemeli alan).

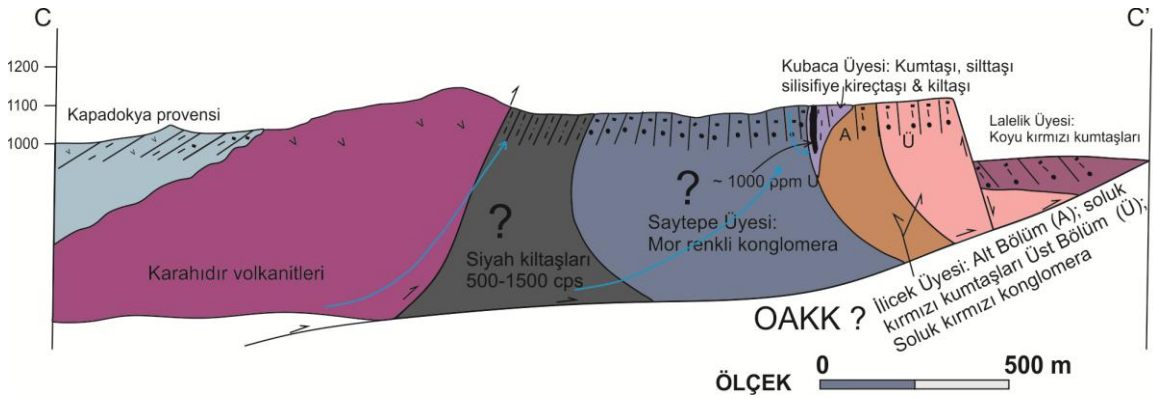
Havzanın bu kesiminde sıkışmalı bir deformasyonun hakim olması nedeniyle, havzanın temelini oluşturan birimlerde akışkan akım hızının artmış olması gerekmektedir. Düşük geçirimsizliğe sahip temel içerisinde, gözenek basıncının aşırı

artmış olması nedeniyle, sıkışmayı sağlayan bindirme fayı boyunca akışkanlar yukarıya doğru göç etmeye çalışacaklardır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. B-B' kesiti.

Siyah renkli şeyler içerisinde 500 cps'den yer yer 1500 cps'ye kadar çıkabilen genel bir anomali syntillometre cihazıyla ölçülerek belirlenmiştir (Şekil3.4). Sıkışma nedeniyle temel birimler içerisinde anormal şekilde basınç artışı meydana gelmiş olmalıdır. Siyah şeyl birimi kumtaşı-kıltaşı-şeyl ardalanmasından oluşmaktadır. Ancak aşırı basınç artışı gerçekleşmiş bu iki birim (volkanitler ve siyah şeyler) arasında bir hidrolik yük oluşacaktır ve akışkanlar siyah şeyler içerisinde yüksek geçirimsizliğe sahip kumtaşı seviyelerine doğru göç edecektir. Olasılıkla siyah şeyler içerisinde ölçülmüş anomali değerlerinin (500 cps'den, 1500cps'ye kadar) oluşma nedeni bu şekilde açıklanabilir. Siyah şeyler, bol akışkan içerikli sedimanların hızlı bir şekilde havzayı doldurmasıyla olasıyla oluşmuştur. Siyah şeylerin gözeneklerindeki akışkanlar bu hızlı gömülme esnasında kolaylıkla kaçamayacaklardır ve şeyler içerisinde aşırı artmış bir basıncın gelişmesine neden olacaklardır (Şekil 3.4).

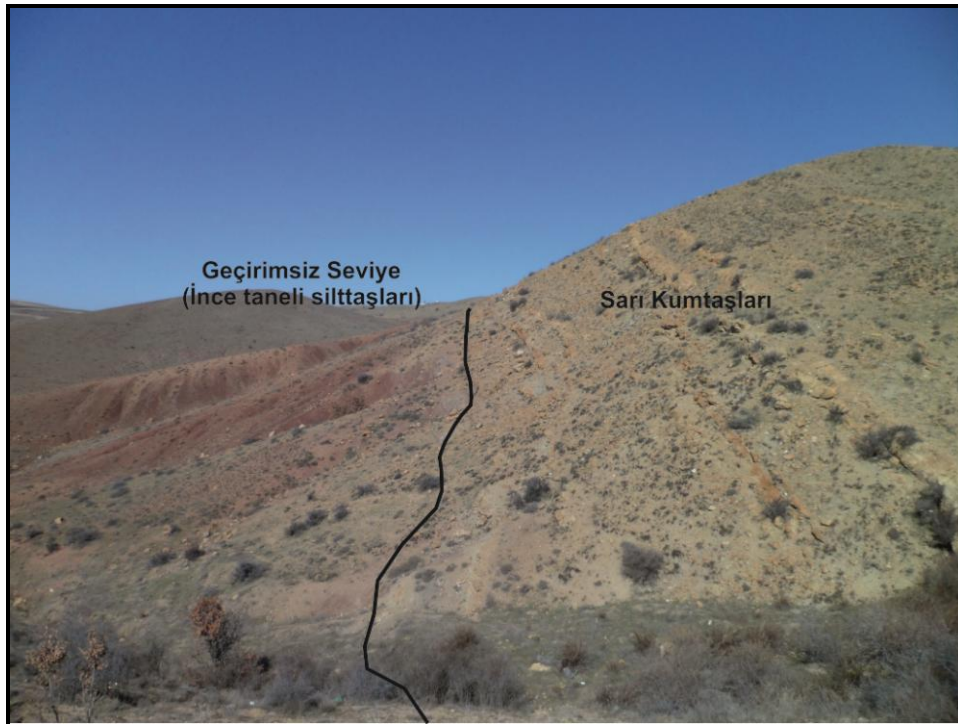


Şekil 3.4. C-C' kesiti.

4. ALTERASYONLAR

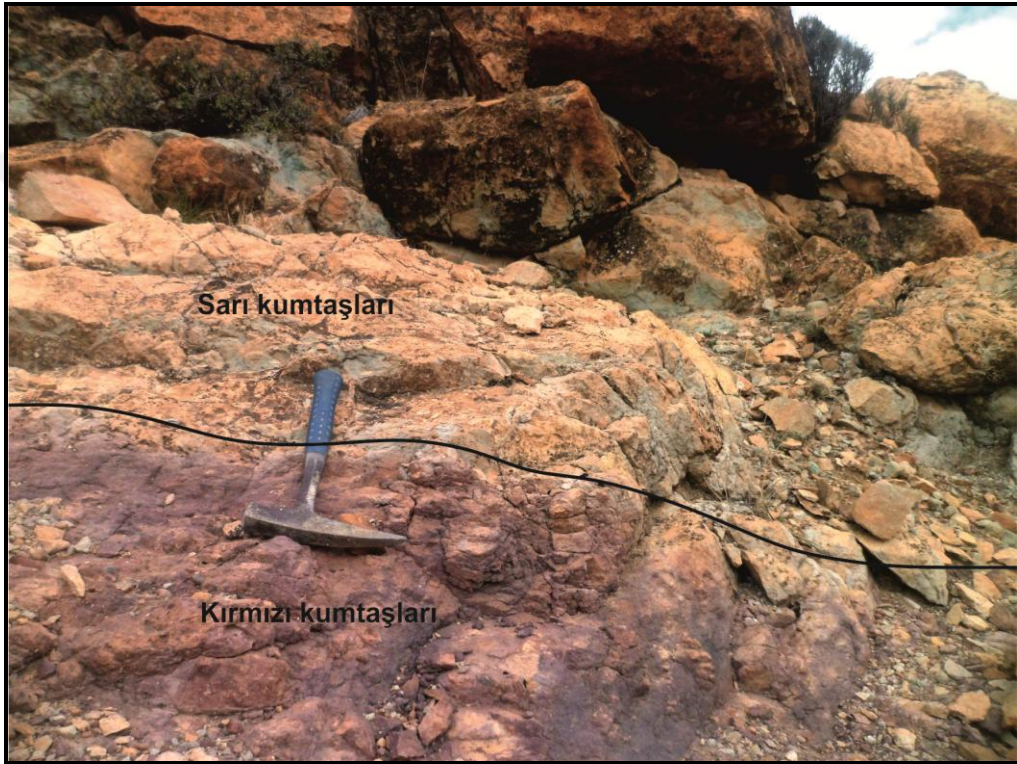
Kumtaşlarına bağlı uranyum yataklarını içerisinde barındıran jeolojik provenslerin birçoğunda bariz bir şekilde alterasyon cephesi görülmektedir (Dahlkamp, 1993). Bu alterasyon renkleri konusu, kumtaşlarına bağlı uranyum yataklarının değişik alt tiplerinin en genel paylaşılmış özelliklerinden biridir ve alterasyon cephesi, uranyum yataklanmalarının üst kısımlarında oluşan sarı, kırmızı, bej-beyaz renklerdeki oksidize olmuş seviyelerle, uranyum cevherleşmelerinin alt taraflarında oluşan gri-yeşilimsi gri renklerde görülen indirgenmiş seviyeleri birbirinden ayırır (Dahlkamp, 1993).

İnceleme alanında, uranyum mineralizasyonlarını içinde barındıran Kubaca Üyesi, bu çalışmada, oluşum ortamlarının farklı olması nedeniyle, Kubaca (a) ve Kubaca (b) olmak üzere iki alt üyeye ayrılmıştır. Kubaca (a) üyesini içeren istif, kırmızı renkli hematize olmuş karbonatça zengin arabantlardan oluşan kumtaşı-silttaşı ardalanmalı seviyeler, sarı renkli limonitize olmuş karbonatça zengin arabantlardan oluşan kumtaşı-silttaşı ardalanmalı seviyeler ve gri, koyu gri renklerde görülen kumtaşı-silttaşı ardalanmalı seviyelerden oluşmaktadır (Şekil 4.1; Şekil 4.2; Şekil 4.3; Şekil 4.10; Şekil 4.11).



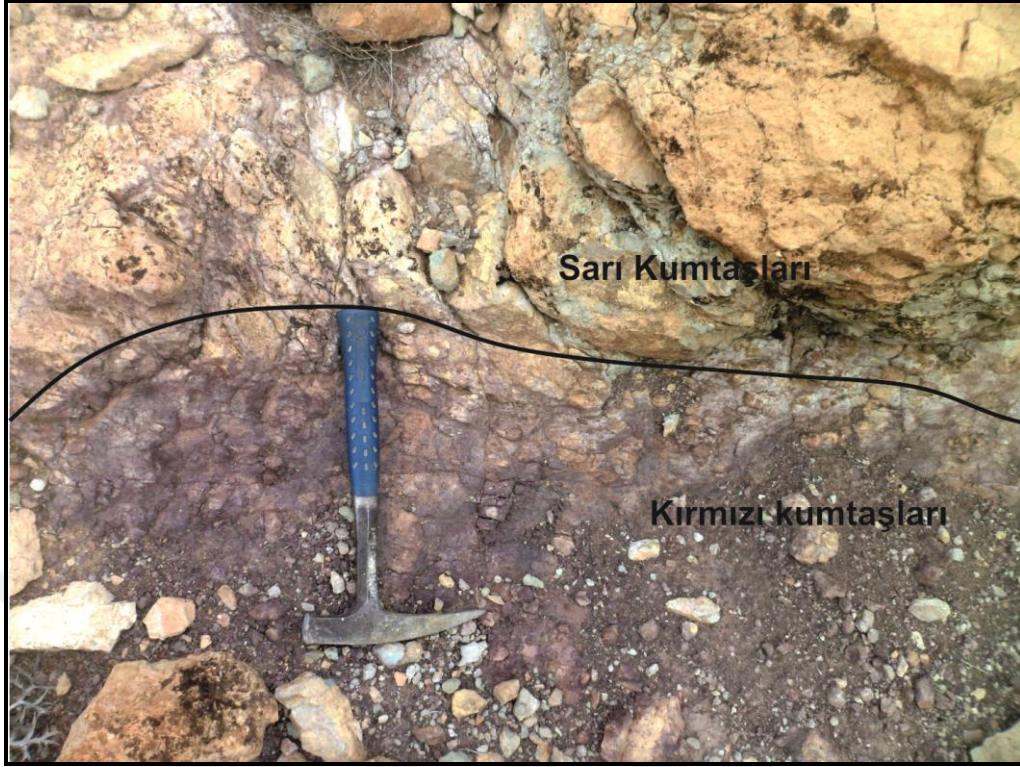
Şekil 4. 1. Sarı renkli ve taban seviyelerinde kireçtaşı arabantlarını içeren kumtaşı-silttaşı ardalanmasından oluşan akarsu çökelleri ve alttan sınırlayan ince taneli silttaşı-kiltaşı seviyesi (geçirimsiz seviye).

Kubaca (a) üyesi genel olarak bir akarsu ortamını karakterize etmektedir. Kubaca (a) üyesinin üzerine mavi-yeşilimsi mavi renklerde görülen kıltaşı-silttaşı ardalanmasından oluşan Kubaca (b) üyesi gelmektedir. Kubaca (b) üyesi gölSEL ortam çökelleri olarak yorumlanmıştır (Şekil 2.4 ve Şekil 2.5). Kubaca Üyesinin altında ise Alüvyal yelpaze karakterindeki Saytepe üyesinin, yukarıya doğru volkanik granüllü, matriks destekli kumlu tabakalara ve ince taneli silttaşlarına geçtiği üst bölümü yer almaktadır.



Şekil 4. 2. Oksidize olmuş kırmızı renkli kumtaşları ile oksidize olmuş sarı renkli kumtaşları arasındaki dokanak. Bakış Yönü: Kuzey.

Ayhan Havzasının batı bölümündeki sedimanter birimlerdeki tabakaların eğimleri KD'ya 25 ile 35⁰ arasında değişen genel bir yönelim göstermektedir. Yeraltı suyu akım vektörü de (akiferin eğimine paralel olmak zorunda olduğundan) KD'ya doğru bu genel yönelimi takip etmektedir (Şekil 3.1). İnceleme alanındaki uranyum mineralizasyonlarının konumlanmasında bölgesel redüksiyon-oksidasyon (redoks) kesişim alanı (front) çok önemli bir faktördür. Oksidasyon-redüksiyon sınırının pozisyonu uranyum cevher yatağının oluşumu esnasındaki, bölgesel yeraltı sularının akış dinamiği tarafından belirlenir.



Şekil 4. 3. Oksidize olmuş kırmızı renkli kumtaşları ile oksidize olmuş sarı renkli kumtaşları arasındaki dokanak. Bakış Yönü: Kuzey.

İnceleme alanındaki KD'ya doğru genel tabaka eğim doğrultularına koşut hareket eden yer altı suyu akış vektörü boyunca aşağıdaki alterasyon alanları gelişmiştir (Şekil 4.1; 4.2; 4.3; 4.4; 4.5; 4.6; 4.7).

(1) Alterasyon cephesinin gerisindeki oksidize olmuş akarsu ortamı çökelleri kırmızımsı, sarımsı, pembemsi, renklindedir (hematitleşmiş alan). (2) Daha sonra ise alterasyon cephesi sınırının hemen önünde bir şerit şeklinde konumlanmış olan, pas rengindeki limonitize olmuş akarsu ortamı çökelleri bulunur (Limonitize alan). (3) Bu seviyenin ardından ise, gri renkli ya da yeşilimsi renkli indirgenmiş akarsu ortamı çökelleri gelmektedir. Cevher kütleleri, limonitik zon ile indirgenmiş zon arasında bulunurlar (Şekil 4.2;4.3;4.4).

Gamma ray spektrometre cihazı kullanılarak, sarı renkli limonitize olmuş cevherli seviyelerde ortalama 750 ppm, siyah renkli indirgenmiş cevherli seviyelerde ise, ortalama 2000 ppm U değerleri ölçülmüştür (Şekil 4.4).



Şekil 4. 4. Sarı renkli limonitize olmuş seviye (ortalama 750 ppm U) ile siyah renkli indirgenmiş cevherli seviye (ortalama 2000 ppm U) görülmektedir. Bakış Yönü: Batı.



Şekil 4. 5. Oksidize olmuş seviyeden bleaching/beyazlaşmış zona geçiş. Bakış Yönü: Batı.

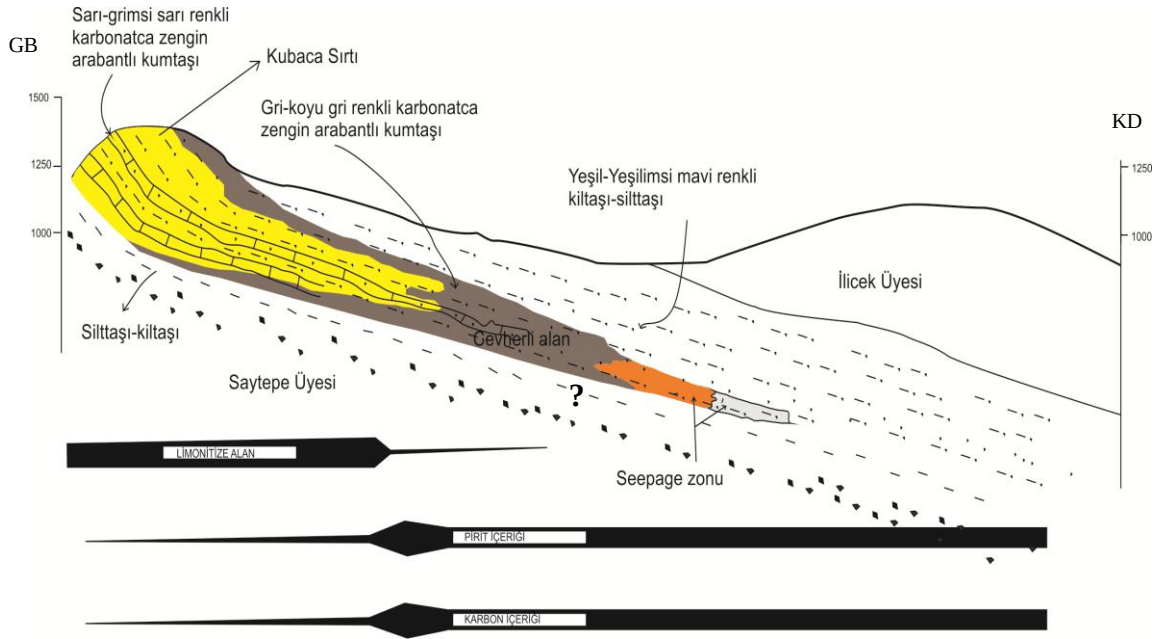


Şekil 4. 6. Bleaching/ beyazlaşmış zonun yakından görünümü. Bakış Yönü: Batı.



Şekil 4. 7. Bleaching/ beyazlaşmış zon ve siyah renkli silttaşları arasındaki geçiş.
Bakış Yönü: Doğu.

İnceleme alanında görülen uranyum cevherleşmesinin KD'ya doğru genel tabaka eğim doğrultularına koşut hareket eden yer altı suyu akış vektörü boyunca geliştiği gözlenmektedir (Şekil 4.8). Bu akış vektörü boyunca gelişen prosesler sırasında düzensiz bir dil şeklinde (C şekilli,) altere bir zon gelişmiştir. Uranyum mineralizasyonlarının bu altere olmuş kayaçlarla indirgenmiş kayaçlar arasındaki arayüz boyunca konumlandıkları görülmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4. 8. Litolojik birimler ile ilişkili uranyum zenginleşme modeli.

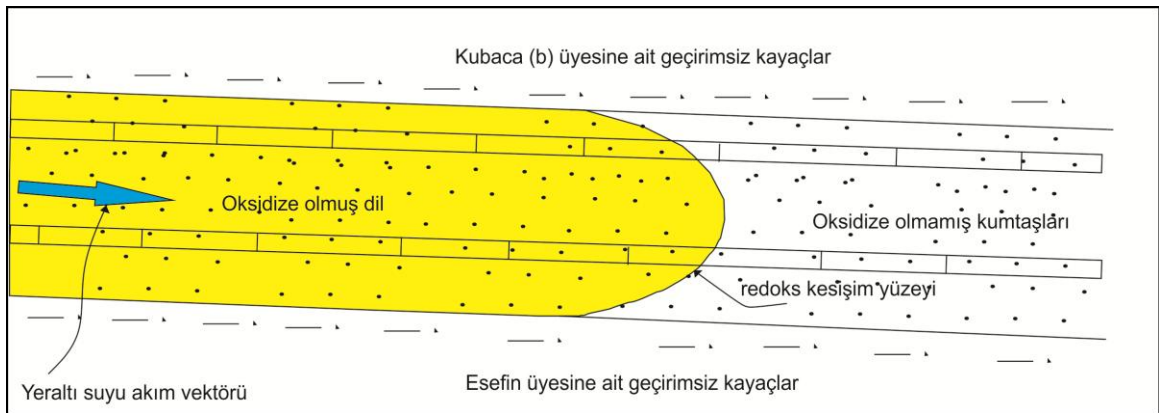
4.1. Roll yapılarının oluşumu ve etki eden faktörler

Meteorik sular atmosferdeki oksijenle denge haline gelebilir ve daha sonra su tablası seviyesine doğru sızabilirler. Oksijenle yüklü bu suların daha derinlere doğru hareketi nedeniyle, su tablasının altında yoğunlaşması mümkündür. Atmosferdeki denge halinin gittikçe kaybolmasıyla ve yer altı suyu-kayaç etkileşimi nedeniyle oksijen seviyesi gittikçe azalmaktadır. Böylece yer altı suları akım vektörü boyunca bir alterayon zonlanması gelişebilir (Warren vd., 1980). Bu zonlanma, idealize edilmiş kesitlerde “rollfront” (C şekilli, uca doğru kavisli, kavisli cephe, v.b) yapısını meydana getirir (Şekil 4.9).

Esas olarak, “Roll”ün şekli üzerine ana etkiye sahip olan değişkenler ya piritin dağılımıyla ya da oksijenin bağıl oranıyla ilgilidir (Warren vd., 1980). Eğer piritin dağılımı dengesiz ise, ilerleyen oksidasyonun arayüzü piritin bol olarak bulunduğu alanlar tarafından durdurulur. Buna karşılık, bu oksidasyon arayüzü piritin daha az olarak bulunduğu alanlara doğru çok daha hızlı bir şekilde ilerler. Oksijen, içerisinde çözülmüş halde bulunduğu yer altı suyu akış vektörü tarafından rollfront’un yanına kadar taşınır. Onun için, yer altı suları akımı oksidasyon arayüzü boyunca tüm noktalara oksijenin dağıtılmasında dominant kontrole sahiptir. Çoğu akifer içerisinde yer altı sularının akış hızları ve noktadan noktaya değişebilen oksijenin dağılımı, akarsu ortamında gelişmiş olan kumtaşlarının geçirimsizliği nedeniyle, çökel birimleri arasında ve çökel birimleri içerisinde herhangi iki nokta arasında bile düzensizdir. Bu değişiklikler oksidasyon arayüzünde önemli şişkinlikleri ve düzensizlikleri meydana getirebilir. Bir havza bütüncül olarak düşünüldüğünde yeraltısuyu akımının etkileri daha açık bir şekilde görülür. Oldukça büyük mesafeler boyunca oksidize olmuş dilin şekli ve oksijenin taşınım hızı suların hareketine oldukça bağlıdır (Warren vd., 1980).

Daha kısa mesafeler düşünüldüğü zaman, Kubaca sırtı civarındaki akiferin idealize edilmiş enine kesitinde görüldüğü gibi (Şekil 4.9), oksijen difüzyonu çok daha önemli bir hal alır.

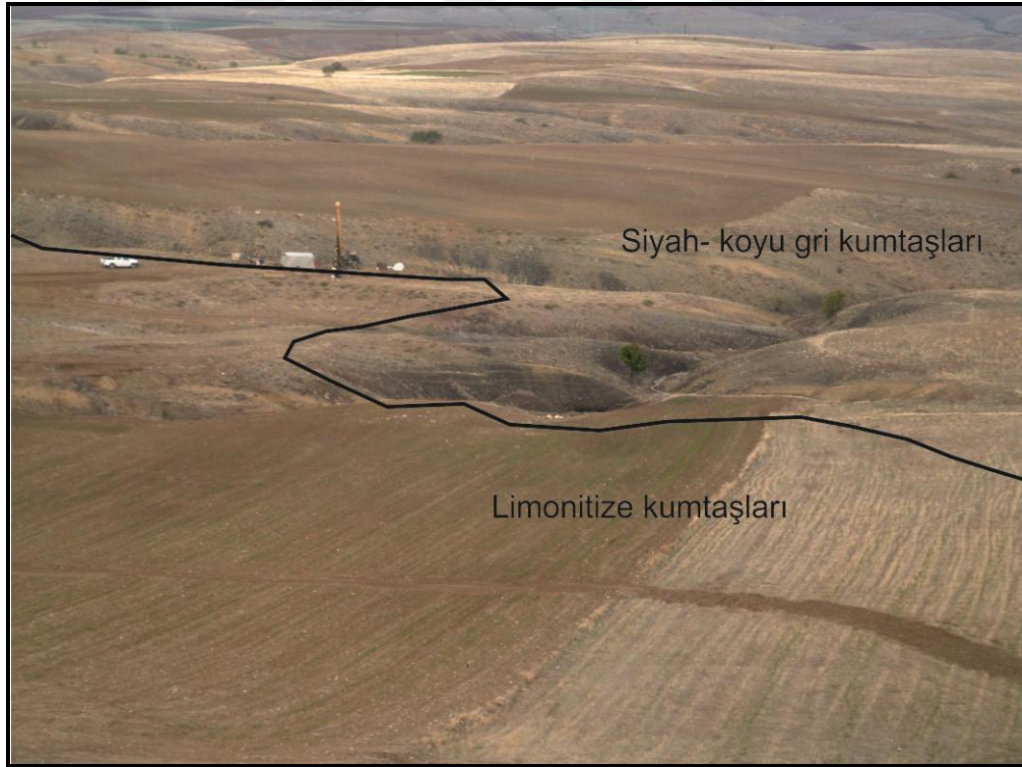
İnceleme alanında, Kubaca (a) üyesine ait karbonatça zengin kumtaşları içerisinde yer altı sularının hareketiyle oluşan “roll” şeklinin gelişmesi ve onun konumlanması, çözülmüş oksijen ve ana kayaç içerisindeki pirit arasındaki reaksiyonlara büyük oranda bağlıdır.



Şekil 4. 9. Kubaca sırtı civarında akiferin idealize edilmiş dikey kesiti.

Difüzyon evresi, oksijen dağılımı üzerine ayırtedici ve yönlendirici bir etkiye sahiptir. Oksidasyon arayüzünün alışlagelinen “roll” şekillerini şu iki durumun biri ya da ikisi yaratmış olabilir. (1) Eğer pirit konsantrasyonu çamurtaşı-silttaşı-kiltaşı sınırlarına kumtaşı biriminin merkezi kısımlarından daha yakın ise, bu durumda oksidasyon arakesişim bölgesi merkezden uca doğru, üniform bir şekilde, oksijen dağılımını kontrol edecektir;

(2) Eğer merkezdeki oksijen dağılım oranları sınırlardaki oksijen dağılım oranlarını aşarsa, o zaman oksidize olmuş arakesişim bölgesi, en uç bölgede dışa doğru bir çıkıntı yapacak ve bu alanda üniform pirit dağılımını ortaya çıkaracaktır. İkinci durum şu iki hal için gerçekleşebilir: (a) su akım hızı sınırlara yakın kısımlarda engellenmiş olabilir yada ; (b) bazı faktörler çözünmüş oksijenin sınırlarda tüketilmiş olmasına neden olabilir (Warren vd., 1980).

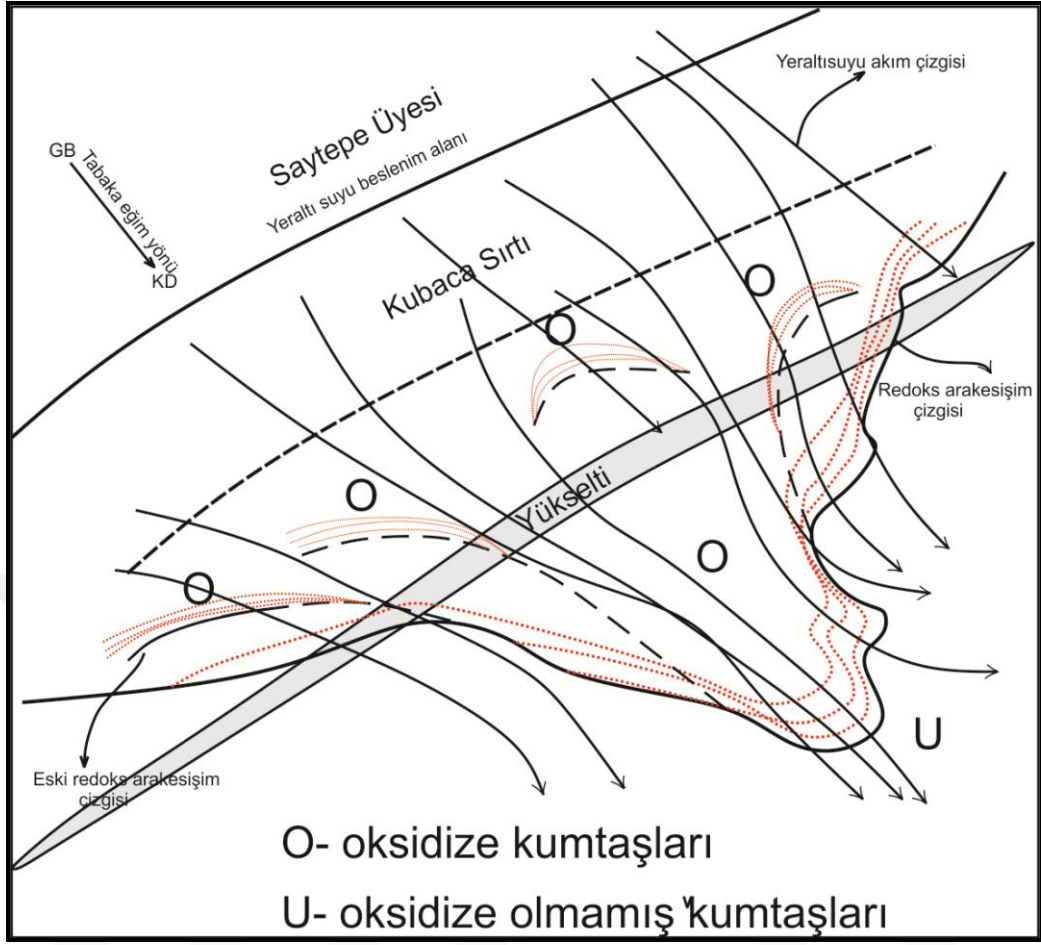


Şekil 4. 10. Kubaca sırtı civarında oksidize olmuş limonitik seviye ile indirgenmiş siyah- koyu gri seviyeler arasındaki geçiş.



Şekil 4. 11. Oksidize olmuş limonitik seviye, bleaching/ beyazlaşmış zon ve indirgenmiş siyah-koyu gri seviyeler arasındaki geçiş.

Kubaca sırtının 350 m kadar doğusunda yaklaşık 750 m kadar K-G uzanımlı bir yükselti görülmektedir (Şekil 4.12). Bu yükselti boyunca yer yer Kubaca (a) üyesi altındaki silttaşı-kiltaşı seviyesinin ortaya çıktığı görülür. Bu yükselti nedeniyle yer altı suyu içerisinde taşınan oksijenin ilerlemesi engellenmiştir. Yükseltinin önünde ve gerisinde indirgen ortamlar meydana gelmiştir (Şekil 4.12). Bu yükselti yer altı suyu akım hızını yavaşlatmış ve roll'lerin yapısını bozucu bir etkiye sebep olmuştur.



Şekil 4. 12. Kubaca sırtı civarında akarsu çökelleri (Kubaca (a) içerisinde oksidize olmuş dilin gelişimine ait idealize edilmiş görünüm.

Eğer akiferi homojen kumtaşı birimlerinden meydana gelmiş olarak varsayarsak Şekil 4.9'da görüldüğü gibi mükemmel bir kavise sahip, simetrik, C şekilli bir “roll” şekli oluşacaktı. Homojenliği bozucu katkıların azlığı, dağılımın düzenliliği nedeniyle, roll şeklini fark edilebilir şekilde bozamayacaktır. Ancak Kubaca (a) üyesi içerisinde bu homojenlilik bulunmamaktadır. Kumtaşı içerisinde karbonatca zengin yer yer silisifiye arabantlar ve silttaşı ara seviyeleri bulunmaktadır. Homojenliği bozan bu türden seviyeler sebebiyle, “roll”lerin şekilleri enine kesitlerde asla simetrik ve düzenlilik arzetmemektedir.

Kubaca Üyesi akarsu çökelleri (Kubaca (a)) ve gölsel fasiyes (Kubaca (b)) içerisindeki cevherleşmeler üç ayrı şekilde gözlenmektedir. Bunlar;

1. Silttaşları içerisindeki cevherleşmeler (çatı cevherleşmeleri):

Bu cevherleşmeler gölsel ortam olarak yorumlanmış Kubaca (b) üyesi içerisindeki kıltaşı-silttaşı seviyelerinde gözlenmektedir. Kubaca (b) üyesinin daha derin kesimlerinde

bitümlü seviyelerin arttığı gözlenmektedir. Silttaşları içerisinde yer yer damar-damarcıklı yer yer ise saçınımlı şekillerde pirit izlenmektedir (Şekil 4.13).



Şekil 4. 13. Silttaşları içerisinde damarcık şeklinde (a) ve yer yer saçınımlı pirit (b).

Gaz, buhar ya da sıvı fazda bulunan çözünmüş maddelere ait molekül, atom veya iyonların katı bir madde yüzeyinde toplanmalarına adsorpsiyon adı verilmektedir. Adsorbe eden katı madde ne kadar küçük parçalara bölünürse, yüzey alanı büyüme oranı da aynı şekilde artmaktadır, bundan dolayı adsorpsiyon yeteneğide o derecede artmaktadır. Böylece katı madde, yüzeyinde daha fazla miktarda atom, molekül ve iyonu tutacaktır. Olasılıkla, Kubaca (b) üyesi içerisindeki killtaşları ve silttaşları, yüksek adsorpsiyon kabiliyetleri nedeniyle, uranyum için doğal bir tuzak vazifesi görmüşlerdir.

2. Rollfront

Bu cevherleşmeler, Kubaca (a) üyesi içerisinde, akarsu ortamında gelişmiş kumtaşları içerisinde izlenmektedir. Bu kumtaşları, iki geçirimsiz seviye arasında kalmıştır. Bunlar, alttan sınırlayan kırmızı renkli kiltası-silttaşı seviyesi ile üstten sınırlayan kubaca (b) üyesine ait yeşil-mavimsi yeşil renkli kiltası-silttaşı ardalanmalı seviyelerdir. Bu iki seviye arasında kubaca (a) üyesine ait akarsu ortamında gelişmiş homojen olmayan (içerisinde kireçtaşı arabantları ve yer yer organik maddece zengin ince silttaşı bantları olan) kumtaşları bulunmaktadır. Bu çökeller içerisinde yer altı suyu akım vektörü boyunca alterasyon zonları gelişmiştir. Uranyum mineralizasyonlarının bu altere olmuş kayaçlarla indirgenmiş kayaçlar arasındaki arayüz boyunca konumlandıkları görülmektedir (Şekil 4.4; 4.12; 4.14).

Formasyon	Üye	Litoloji	Yaş	Açıklamalar
A Y H A N	İlcek			Kırmızı renkli kumtaşı ve konglomera
	Kubaca (b)			Geçirimsiz ~ 1000 m kalınlığındaki istif ince tabakalı mavimsi yeşil renkli kumtaşı-kiltaşı silttaşları. ince tabakalı ve çok ince taneli sarı renkli kumtaşı araseviyeli (Gölsel çökeller). Uranyum cevherleşmeleri , karbonca zengin inceden ortaca kadar tane boylu kilttaşları ve silttaşları içerisinde. Uranyum çok ince taneli silttaşları içerisinde yine piritle birlikte bulunmaktadır. Bu tabakalar kumtaşı ve şeyller içerisinde karbonca zengin seviyelerden ayrılmaz bir biçimdedir.
	Kubaca (a)			Uranyumu içinde barındıran ana üniteler (ince taneli piritize-karbonca zengin kilttaşları ve silttaşlarında gelişmiş tabular cevherleşmeler. Flor-apatit minerali "Çatı cevherleşmeleri.")
				Uranyumu içinde barındıran ana üniteler (Akarsu fasiyesi içerisinde gelişmiş roll front cevherleşmeler. Uraninit minerali)
				Uranyumu içinde barındıran ana üniteler (Akarsu fasiyesinin tabanındaki silisifiye kireçtaşları araseviyelerinde gelişmiş cevherleşmeler. Ruherfordin minerali. "taban cevherleşmeleri")
P r e - E o s e n	Saytepe			Geçirimsiz silttaşı-kitaşı-çamurtaşı ardalanmalı seviye
	Matriks destekli			Mor renkli konglomera

Şekil 4. 14. Kubaca Üyesi içerisinde görülen üç ayrı seviyedeki (çatı, roll, taban) cevherleşmeler.

3. Kireçtaşı arabantları çerisindeki cevherleşmeler (taban cevherleşmeleri):

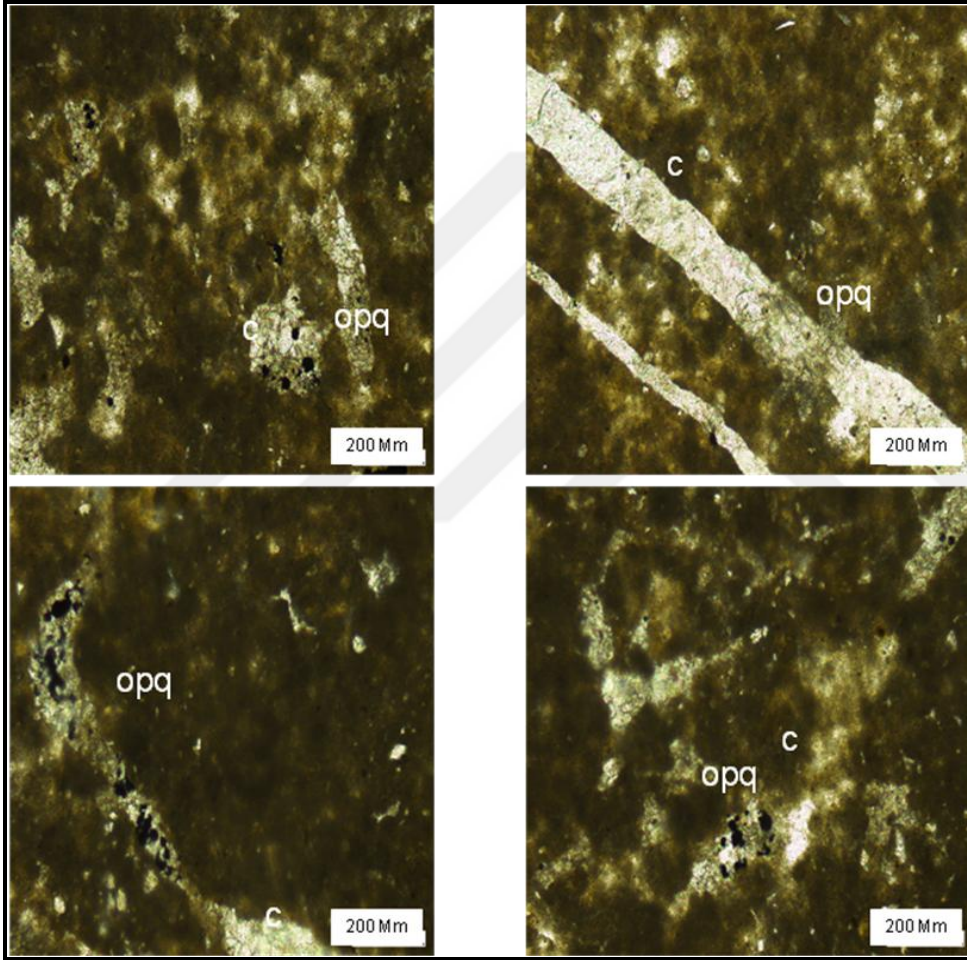
Bu cevherleşmeler, Kubaca (a) üyesinin tabanında yer almaktadır. Bu cevherleşmeler, oksidasyon zonu içerisindeki uranyumca zengin, asiditesi yüksek solüsyonlar nedeniyle oluşabilir. Asidik çözeltiler karbonat kayaçlar içerisinde ilerlerken nötralize olacaktırlar veya bu akışkanlar hafifce alkali hale dönüşeceklerdir. Alkali karbonatca zengin solüsyonlar rahatlıkla uranyumu taşırlar. Yer altı suyu akım vektörü boyunca karbonatlı kayaçlar içerisinde ilerleyen akışkanların asiditesini kaybetmesiyle, ortam daha alkali bir hal alacaktır. Böylece, uranyum, alkalinitesi artmış uranyumca zengin çözeltilerden karbonatlı kayaçlar içerisine çökelmeye başlayacaktır (Şekil 4.14; Şekil 4.15).



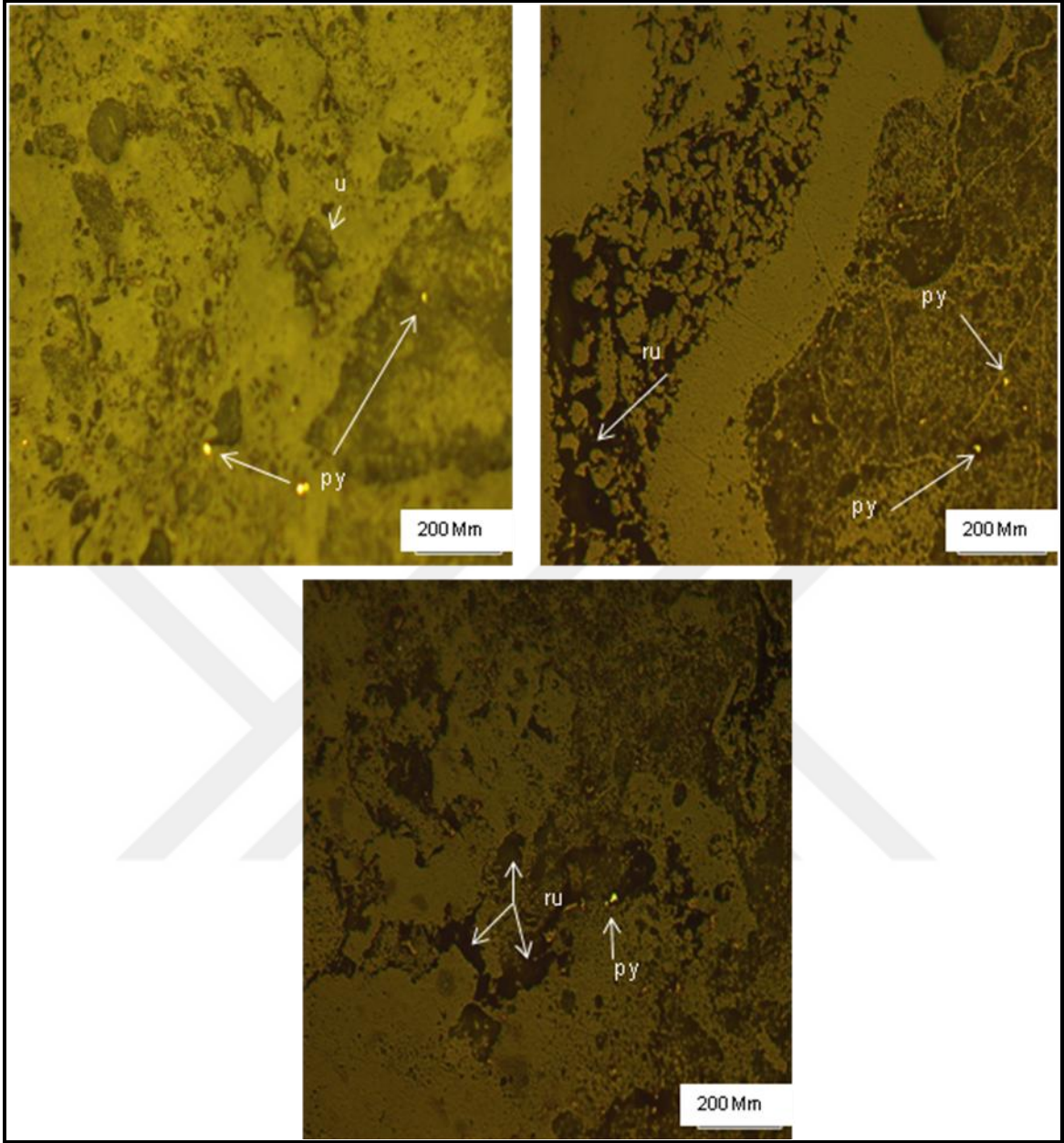
Şekil 4. 15. Kireçtaşı arabantında GF-spectrum ile yapılan ölçüm sonucu 305,6 ppm U radyoaktif anomali değeri görülmektedir.

5. MİNERALOGİ

Tüm kayaç örnekleri Dadağı ve Ayhan köyleri civarında yüzeyleyen Kubaca Üyesi içerisindeki mineralize zonlar ve yakın çevresindeki kayalardan toplanmışlardır (Şekil 2.3). Bu örneklerin ince ve parlak kesitleri ve SEM görüntüleri ile EDX kimyasal analiz sonuçları kullanılarak tanımlamaları yapılmıştır (Şekil 5.1, 5.2, 5.3, 5.4).



Şekil 5. 1. Silisifiye kireçtaşları içerisindeki opak mineraller, opq: uranyum mineralleri, c: sparry kalsit. Kireçtaşları içerisindeki sparry kalsitler poligonal, anedral kristaller şeklindedir. Sparry kalsitler, sparry kalsit içerisinde gözlenmiş opak minerallerdeki kalsitin neomorfizması sırasında gelişen diyajenez esnasında bir çimento şeklinde oluşmuşlardır.

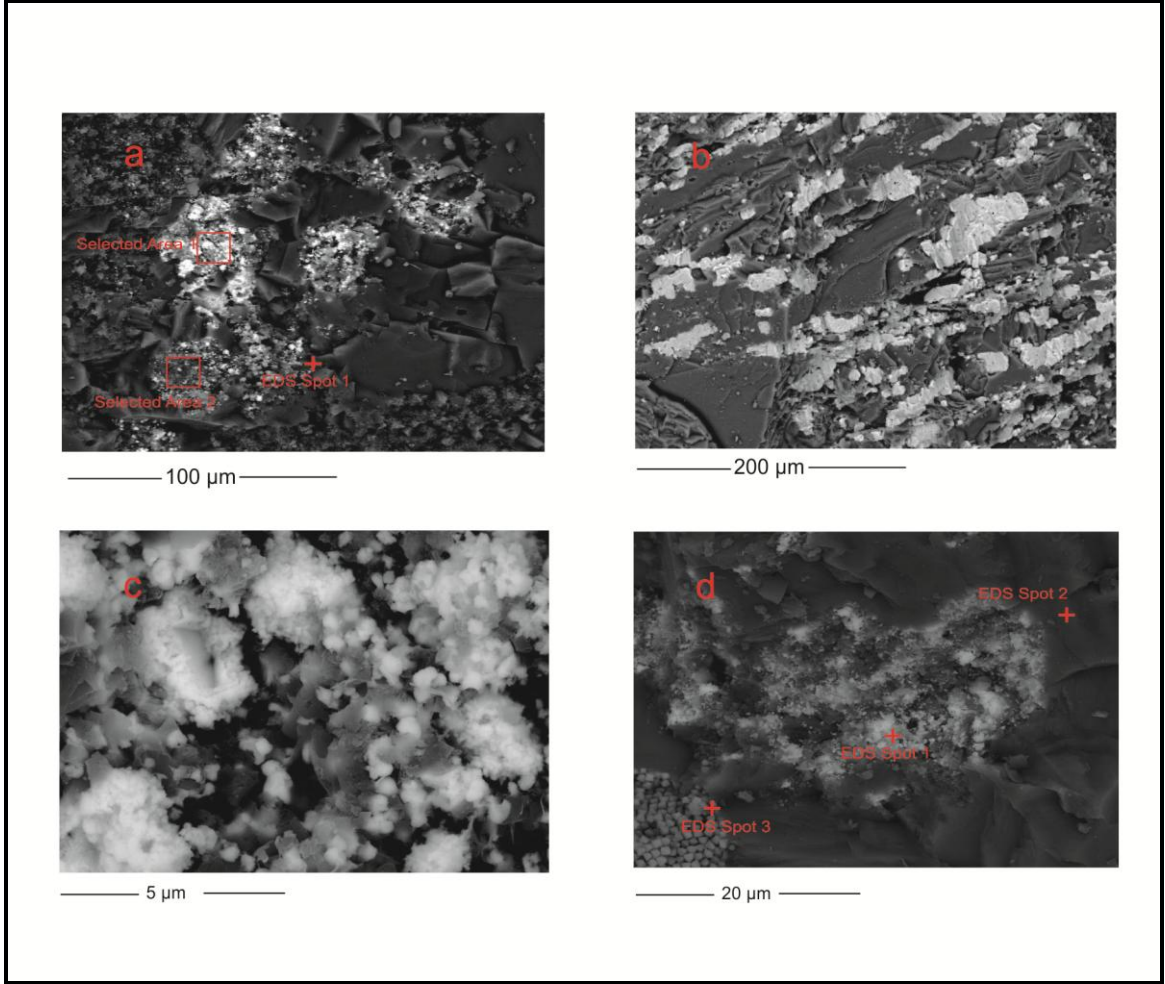


Şekil 5.2. İnce kesit görüntüleri (ru: Rutherfordin, py: pirit, u: uraninit).

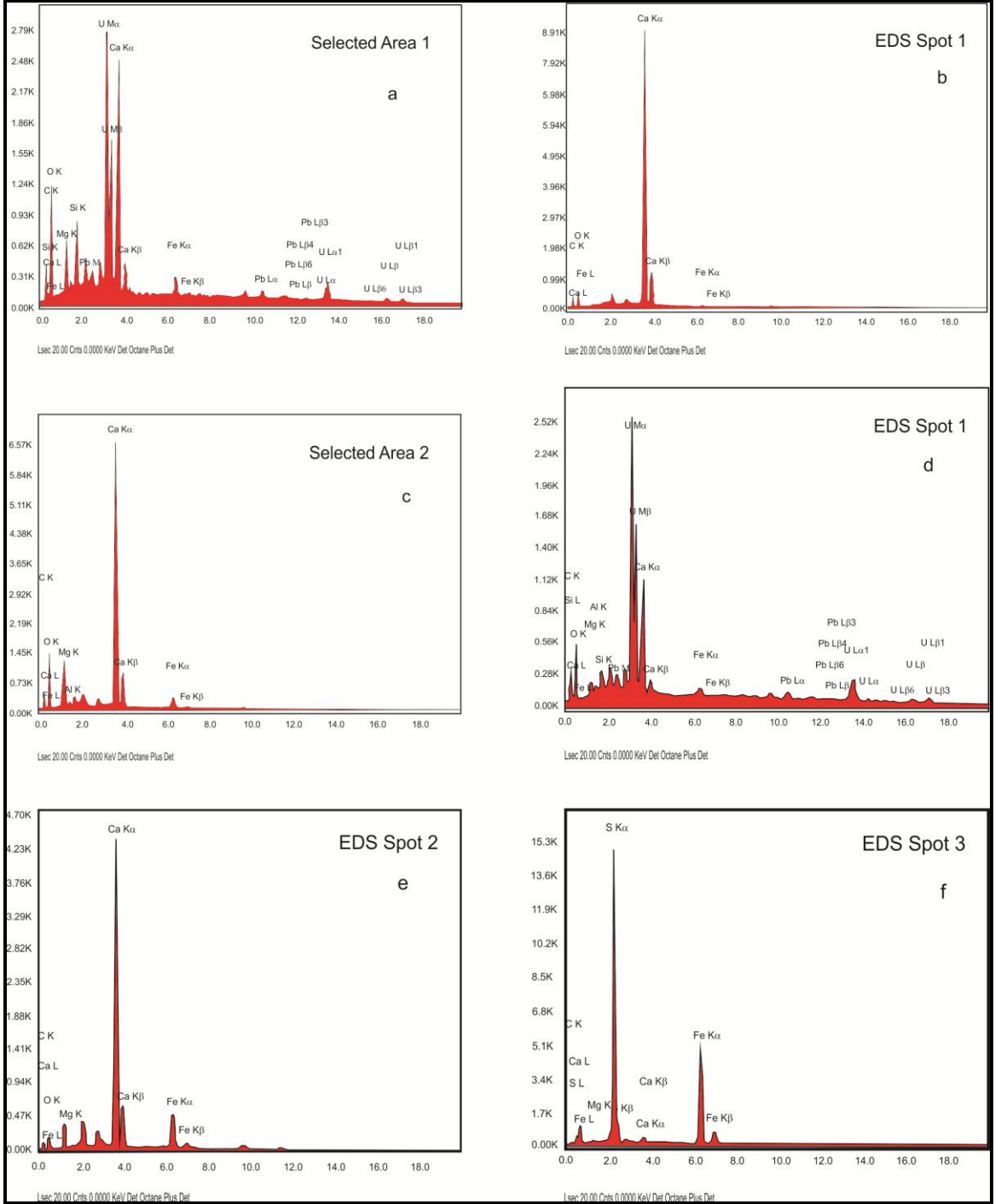
Yüksek uranyum değerleri, hem tespit edilen uranyum mineralleri (uraninit) olarak hem de Şekil 5.2’de gözlendiği gibi pirit kristalleri ile biraradalık sunan kalsit matriksi içindeki kırık dolguları içerisinde gözlenmiştir. İkincil uranyum minerali olarak tanımlanan rutherfordine (UO_2CO_3) ana uranyum taşıyan faz olan karbonatlı kırık dolguları içerisinde ikincil olarak oluşmuştur. Rutherfordin mineralinin kristalizasyonu, olasılıkla kırıklar içerisinde uranyumun yeniden dağıtılmasında ana rolü oynamıştır. Böylece uranyumca zengin kayalar içerisinde uranyumun dağılımını görece olarak sınırlandırmıştır.

Şekil 5.3 uranyum minerallerini ve içerisinde bulunduğu kayalar arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Uranyum mineralleri hem silisifiye kireçtaşları (Şekil 5.3a)

içerisinde hem de silttaşları (Şekil 5.3d) içerisinde zenginleşmiştir. Şekil 5.3c ise, ikincil karbonat minerallerini (rutherfordin) göstermektedir. Silttaşları içerisinde biosparit (EDS Spot 3) ve kil minerallerindeki uranyum minerallerine bitişik pirit oluşumları görülmektedir (EDS Spot 3) (Şekil 5.3d).



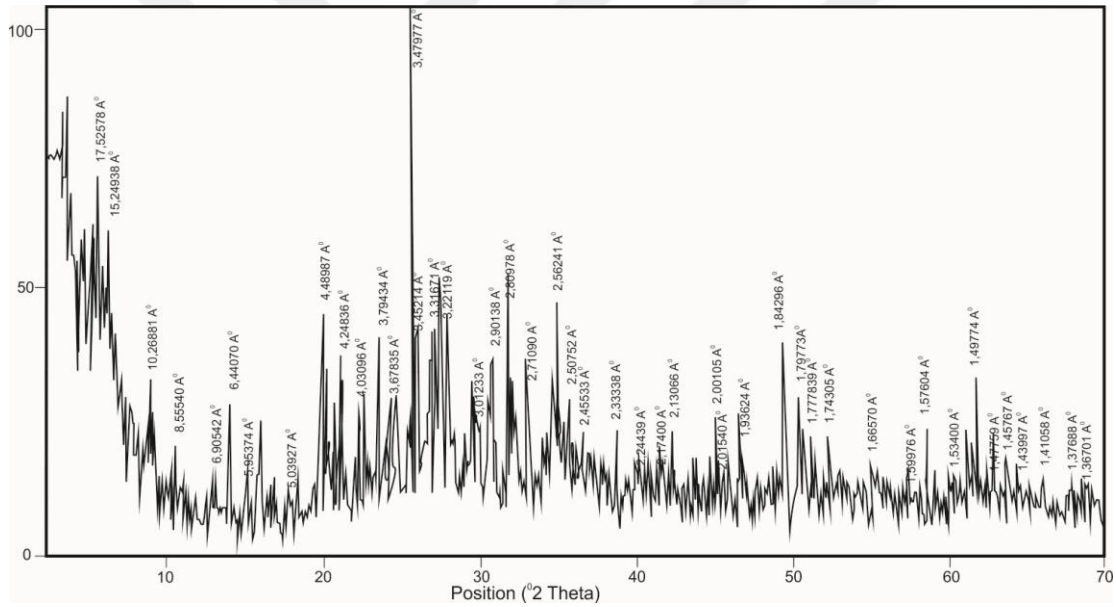
Şekil 5.3. Silisifiye kireçtaşı örneğine ait SEM görüntüleri (a, b).; c, Kireçtaşları içerisinde rutherfordin (UO_2CO_3), neomorfik mikrit ve kalsit; d, silttaşları içerisindeki kil mineralleri ve biosparit (EDS Spot 3).



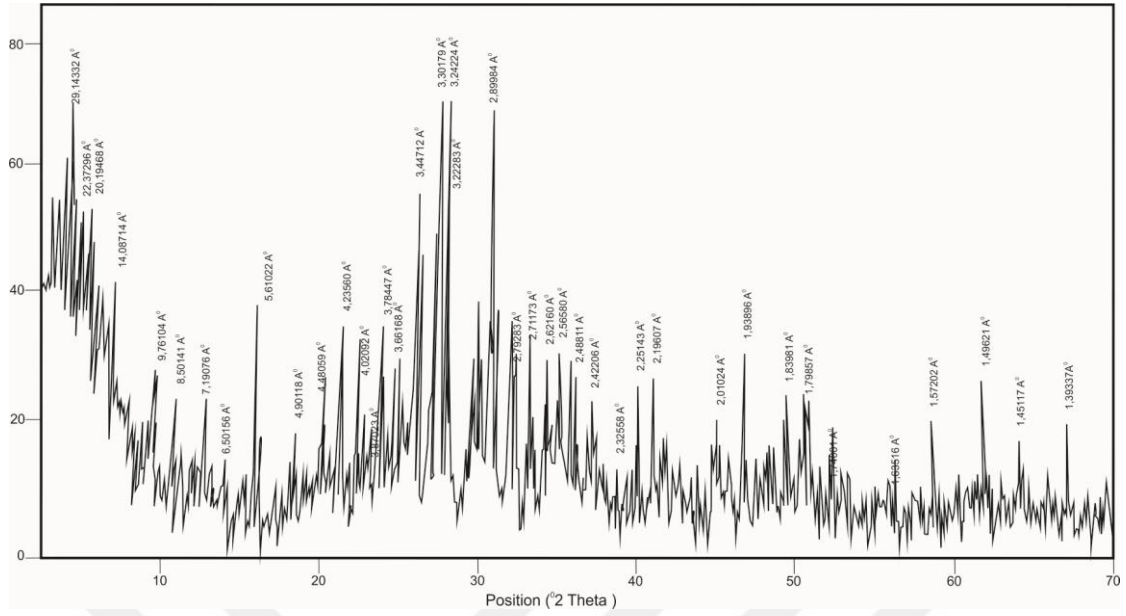
Şekil 5. 4. Bazı silisifiye kireçtaşlarına ait EDS spectra diyagramları. a (Şekil 5.3a'daki görüntü alanı): seçili alan 1, b: EDS Spot 1, c: seçili alan 2; d (Şekil 5.3d'deki görüntü alanı): EDS Spot 1, e: EDS spot 2, f: EDS Spot 3.

EDS analizleri (Şekil 5.4 a, b, c, d) sonuçlarına göre, yüksek silisyum içerikleri silisifiye kireçtaşları içindeki ikincil kuvarslara bağlanabilir. Al ve Mg içerikleri silttaşları içerisindeki kil mineralleri nedeniyle artmış olduğu gözlenmektedir. İkincil uranyum minerallerine (rutherfordin, andersonit, zeunerit) ait bulgularla ilgili bu gözlem göstermektedir ki, son evre esnasında fay zonlarıyla bağlantılı alkali ortam içerisindeki

silisifiye kireçtaşlarındaki kalsit dolgulu kırıklar içerisinde uranyum tercihli olarak zenginleşmiştir. Tüm bunlara ek olarak, erken evre esnasındaki hidrotermal çözeltiler ve yeraltısuları döngüsü yoluyla zenginleşen uranyum, ince taneli seviyelerdeki kil mineralleri tarafından adsorbe edilmiş olabilir ya da iyon değişimi yoluyla tutunabilir. Şekil 5.4f piritin neden olduğu Fe ve S piklerini göstermektedir. Silttaşları içerisinde gözlenen sülfat mineral oluşumları iki şekilde meydana gelmiş olmalıdır; ilki, derin göl sedimentleri içerisindeki ince taneli killi seviyelere adsorbsiyon ile ilgili olabilir, ikincisi, bu ortam düşük Eh koşulları altında gelişmiş olabilir. Mineralojik özellikler, göstermektedir ki, flor apatit ve hidroksil apatitler gibi, fosfat mineralleri, uranyumun ikincil minerallerini oluşturma ve çökelme mekanizması üzerinde karbonatlar kadar etkili olabilir.



Şekil 5. 5. Çalışılmış GDK-2 no'lu kayaç örneğine ait XRD deseni.



Şekil 5. 6. Çalışılmış GDK-1 no'lu kayaç örneğine ait XRD deseni.

Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da çalışılmış kayaç örneklerine ait XRD desenleri verilmiştir. Tablo 5.1'de çalışılmış kayaç örneklerinin XRD desenlerinin yorumlanmalarına ait sonuçlar görülmektedir. GDK 1, 2, 3, 4 Ayhan 1 no'lu bölgeden alınan örneklerde, feldspat grubu mineraller, dolomit, kalsit, hidroksilapatit, flourapatit, amorf madde ve simektit grubu kil minerali saptanmıştır. Ayhan 2 no'lu bölgeden alınan GDK 16 ve GDK 17 nolu örneklerde, feldspat grubu mineraller kalsit, hidroksilapatit, amorf madde, karışık tabakalı kil mineralleri, simektit grubu kil minerali ve metazinoberin varlığı tespit edilmiştir. Sondaj karot örneklerinde ise dolomit grubu minerallerden olan kutnohoritlere ($\text{CaMg,Fe,Mn}^{2+}(\text{CO}_3)_2$) sıklıkla rastlanmıştır.

Tablo 5. 1. Bazı kayaç örneklerine ait XRD sonuçları.

Örnek (Kayaç)	XRD	Örnek (Kayaç)	XRD
GDK-5 (Dadağı)	Ankerit,	GDK-1 (Dadağı)	Feldspat Grubu Mineral
	Kalsit,		Dolomit,
	Kutnohorit?,		Kalsit,
	Kuvars,		Hidroksilapatit,
	Feldspat Grubu Mineral		Amorf Madde
	Amorf Madde		Simektit Grubu Kil Minerali
	Simektit Grubu Kil Minerali		
GDK-6-7 (Dadağı)	Kuvars,	GDK-2 (Dadağı)	Feldspat Grubu Mineral
	Feldspat Grubu Mineral		Amorf Madde
	Amorf Madde		Fluorapatite,
	Kalsit,		Kalsit,
	Mika-illit		Simektit Grubu Kil Minerali
	Simektit Grubu Kil Minerali		Mika Grubu Mineral
	Kaolinit Grubu Mineral		
GDK-11-13-14 (Dadağı)	Ankerit,	GDK-16 (Ayhan)	Feldspat Grubu Mineral
	Kalsit,		Amorf Madde
	Kutnohorit?,		Simektit Grubu Kil Minerali
			Mika Grubu Mineral
GDK-9-10 (Dadağı)	Ankerit,		Karışık tabakalı kil minerali
	Kalsit,		Çok az Kalsit
	Kutnohorit?,		Metazinnobert?
GDK-4 (Dadağı)	Kalsit,	GDK-17 (AYHAN)	Kuvars,
	Ankerit,		Feldspat Grubu Mineral(Plajiolklas)
	Kutnohorit?,		Çok az Kalsit
GDK-12 (Dadağı)	Kuvars,	GDK-8 (Dadağı)	Kuvars,
	Amorf Madde		Feldspat Grubu Mineral
	Feldspat Grubu Mineral		Amorf Madde
	Kalsit,		Kalsit,
	Mika-illit		Mika-illit
			Simektit Grubu Kil Minerali
			Kaolinit Grubu Mineral

6. KAYAÇ JEOKİMYASI

Bu bölüm, ana oksit jeokimyası, iz element jeokimyası, nadir toprak elementlerin jeokimyası ve bunların birbirleriyle ve uranyum ile ilişkileri üzerinedir.

6.1. Bulgular ve Tartışma

Tablo 6.1 Tablo 6.2 ve Tablo 6.3’de ana oksitler, iz elementler ve nadir toprak elementleri (NTE) konsantrasyonları görülmektedir.

Tablo 6. 1. Tüm kayaç örneklerinin ağırlıkça % olarak ana oksit bileşimleri.

Örnekler	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	LOI	Sum
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
GDK-1	42,51	16,10	6,49	1,79	8,91	1,58	6,32	0,56	5,05	0,09	0,008	10,1	99,48
GDK-2	34,21	13,36	6,94	1,84	14,95	1,41	4,56	0,38	6,82	0,18	0,009	14,6	99,26
GDK-3	34,72	14,65	5,04	0,82	15,93	1,87	4,17	0,41	9,75	0,08	0,005	11,7	99,18
GDK-4	34,61	14,51	5,24	0,88	16,56	1,90	4,19	0,39	7,74	0,11	0,006	13,2	99,33
GDK-5	6,37	2,25	2,16	1,07	45,95	0,33	0,47	0,09	0,54	0,56	<0.002	39,9	99,73
GDK-6	3,30	1,37	2,25	0,85	48,70	0,11	0,29	0,04	0,33	0,29	<0.002	42,2	99,76
GDK-7	2,90	1,00	2,53	1,18	49,03	0,06	0,21	0,03	0,13	0,29	<0.002	42,2	99,58
GDK-8	1,31	0,48	0,56	1,06	51,95	0,05	0,11	0,01	0,07	0,15	<0.002	44,0	99,78
GDK-9	4,85	1,62	2,77	4,79	43,00	0,20	0,35	0,06	0,17	0,26	0,004	41,6	99,70
GDK-10	2,12	0,64	1,94	4,94	45,94	0,10	0,12	0,02	0,12	0,21	<0.002	43,5	99,66
GDK-11	1,54	0,42	1,61	2,54	49,92	0,06	0,07	0,02	0,12	0,33	<0.002	43,1	99,68
GDK-12	2,37	0,85	2,56	6,34	43,40	0,09	0,17	0,02	0,07	0,15	<0.002	43,5	99,54
GDK-13	2,66	1,06	3,50	9,22	38,72	0,11	0,23	0,03	0,07	0,29	<0.002	43,7	99,61
GDK-14	0,89	0,28	0,94	2,02	51,19	0,05	0,04	0,01	0,06	0,22	<0.002	44,0	99,73

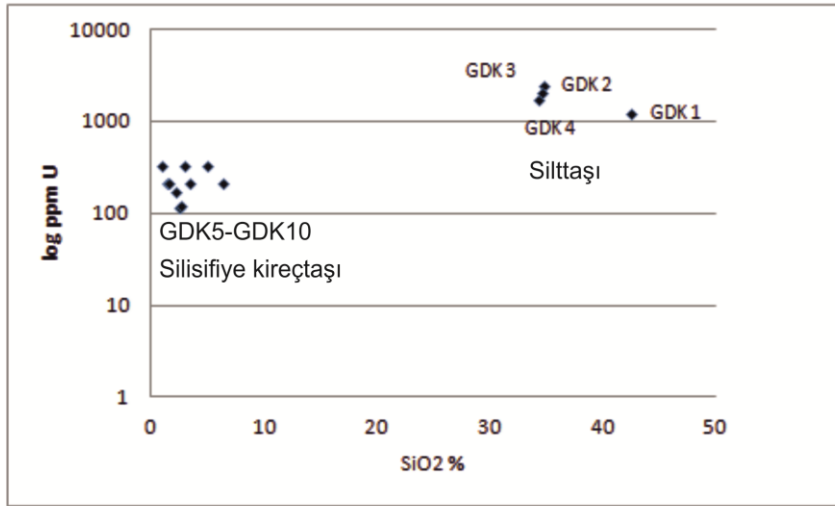
Tablo 6.2’de tüm kayaç örneklerinin ppm olarak iz element bileşimleri görülmektedir. Smirnov vd., (1983)’de, Fe taşıyan minerallerin (oksitler, sülfidler), uranyum cevher kütleleri ile bir aradalık sunduğu belirtilmektedir. Pichler ve Hendry (2001)’deki çalışmalarında, uranyum cevheri olarak işletilmiş madenlerde gözledikleri sülfid mineralleri içerisindeki atıklarda, As’nin esas olarak çift katmanlı ferrihidritler üzerinde adsorbe olduğunu göstermişlerdir. Pomie vd., (2004)’e göre, karbonatlı kırık dolguları içerisindeki ana uranyum taşıyan faz olan uranyum mineralinin kristalizasyonunun kırıklar içerisinde uranyumun yeniden dağılmasında olasılıkla ana rolü oynadığı ve görece olarak içerisinde bulunduğu istif içerisinde uranyumun dispersiyonunu sınırlandırdığı belirtilmektedir. Bu elementlerin siltaşları içerisindeki birincil sülfidlere olan yatkınlıkları, orjinal uranyum mineralizasyonu ile biraradalık sunan silisifiye kireçtaşlarından daha çok olabilir. Bu iz elementlerin uranyumla beraber eş çökelişi, bunların uranyumca zenginleşmiş hidrotermal akışkanlardan türediğini göstermektedir.

Tablo 6.2.Tüm kayaç örneklerinin ppm olarak iz element bileşimleri. Koyu değerler dedeksiyon limitlerinin altındadır.Bütün iz element konsantrasyonları ppm olarak verilmiştir.

GDK (Örnek kodu)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Silttaşı Örnekleri				Silisifiye kireçtaşları									
Th	24.6	590.5	185.5	138.5	11.7	10.3	3.6	1.3	3.5	1.8	1.4	2.6	3.1	0.7
U	1237.2	1818.8	2536.9	2103.4	221.4	221.6	336.6	217.7	336.3	175	223.4	120.4	123.3	341
Ba	721	495	537	543	437	240	186	161	271	66	72	97	129	56
Co	17.8	12	13.4	12.1	8.1	17	18.1	33.4	18.9	1.1	16.8	0.9	3.7	13.1
Cs	17.9	25.3	30.6	32.7	2.2	1.9	1.1	0.5	1.7	0.5	0.6	1	1.2	0.3
Ga	27.8	18.4	21.2	19.7	2.5	1.3	0.9	0.5	2.4	0.5	0.5	0.5	1.1	0.5
Hf	3.6	3.2	3.4	3.3	0.9	0.2	0.2	0.1	0.4	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1
Nb	16	9.9	10.2	9.8	2.2	0.8	0.8	0.4	1.5	0.5	0.4	0.6	0.9	0.2
Rb	151.2	132.6	148.7	136.7	18.2	10.7	8.9	4.4	14.8	5.6	3.7	7.9	9.5	2.7
Sr	1508	2157	2775	2148	1228	1213	2567	1237	1531	1817	1884	2642	1645	1558
V	89	98	76	82	23	38	14	8.0	20	8.0	8.0	8.0	12	8.0
W	5.2	3.6	2.9	3.1	1.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5
Zr	162.3	124.9	140.3	116.6	42.5	12.6	7.3	5.3	15.1	7.1	8.1	12.2	7.7	3.9
Y	35.5	185.9	123.4	75.3	10.9	10.3	6.9	1.3	5.4	2.2	3.7	3.1	3.4	2.1
Mo	16.5	3.5	2.6	2.1	0.4	1.3	2.2	1.1	0.4	0.3	0.8	0.5	2.1	0.8
Cu	56.3	36	41.9	39.1	6.8	11.3	7.9	1.8	7.9	2.5	1.9	3.5	5.4	1.3
Pb	73.6	78.3	68.7	61.7	25	21	47.5	10.2	142.2	6.3	14.1	8.6	22.3	8.3
Zn	113	114	117	106	31	43	34	18	104	14	38	17	37	11
Ni	63.2	16.8	19.1	15.2	2.1	5.4	4.1	11.3	15.2	0.1	3.8	1.1	2.2	4.9
As	128.1	583.1	266.8	281.9	25.1	392.5	24.1	49.6	65	17	52.2	35.4	74.3	15.3
Cd	0.2	0.4	0.3	0.3	0.2	0.4	0.4	0.1	0.7	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
Sb	2.7	7.1	3.6	3.3	0.5	1.4	0.8	0.6	0.6	0.5	0.8	0.6	1	0.5
Bi	1.3	0.9	1.1	1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Ag	0.2	0.3	0.3	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Au*	0.8	0.9	2.1	0.7	0.7	0.5	0.8	0.5	0.5	0.6	0.5	1.0	0.5	0.5
Hg	0.76	1.9	0.29	0.73	0.07	0.26	0.15	0.11	0.93	0.02	0.04	0.07	0.1	0.17
Tl	0.2	0.8	0.6	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Se	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

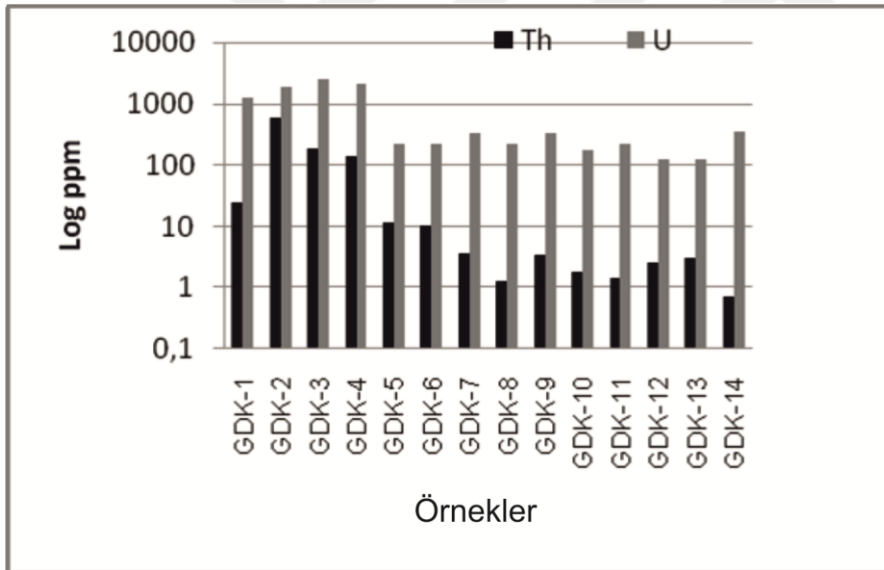
Silttaşları içerisinde U, Th, Ba, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, V, Zr, W, Y, Mo, Cu, Zn, Ni, As, Sb, Bi, Ag, Au, Hg ve Tl'ün dağılımları, silisifiye kireçtaşında olduğundan daha fazladır (Tablo 6.2).

Silttaşı örneklerinin (GDK-1'den GDK-4'e kadar numuneler) SiO₂ içeriği % 34,21 ile % 42,51 arasında ve silisifiye kireçtaşları örneklerinin (GDK-5'den GDK-14'e kadar) SiO₂ içeriği % 6,37 ile % 0,89 arasındadır. Şekil 6.1'de yüksek SiO₂ içeriğine sahip olan silttaşlarında uranyum zenginleşmeleri ile ilgili olan uranyum ve SiO₂ arasındaki ilişki görülmektedir. Al₂O₃, Fe₂O₃ ve P₂O₅ içerikleri silttaşı örneklerinde de yüksek olduğu görülmektedir. GDK-1, GDK-2, GDK-3 ve GDK-4 no'lu örneklerle ait P₂O₅ değerleri % 5,05 ile % 9,75 arasında değişmektedir, yine bu örneklerle ait uranyum değerleri ise 1237 ppm ve 2536 ppm arasında değişmektedir. Silttaşları içerisindeki florapatitler nedeniyle P₂O₅ değerlerinin en yüksek seviyelerine ulaştığı gözlenmektedir.



Şekil 6.1. Çalışılmış silisifiye kireçtaşları ve silttaşlarına ait SiO₂ - U arasındaki diyagram.

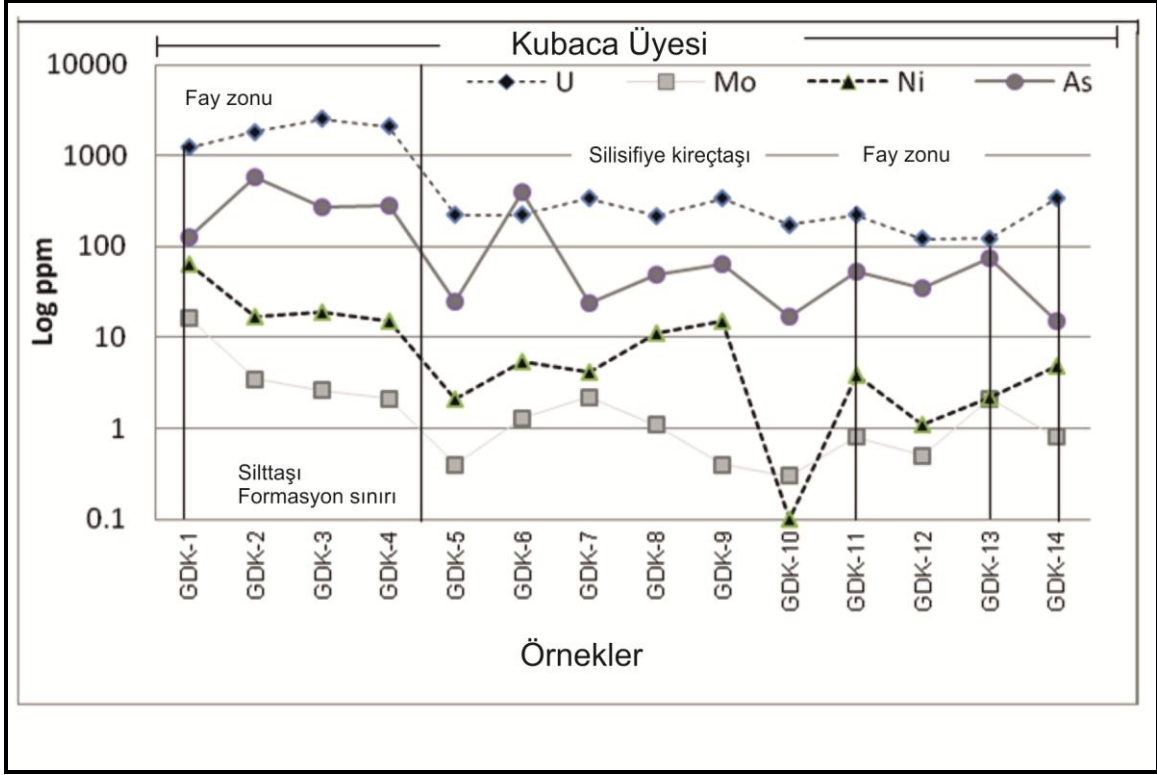
Şekil 6.2’de çalışılmış örnekler içerisindeki uranyum ve toryum konsantrasyonlarının dağılımı görülmektedir.



Şekil 6.2. Çalışılmış örneklere ait Th-U dağılımları.

Shaw vd., (2011) ile Wang vd., (2011)’de Kanada’nın kuzey Saskatchewan bölgesindeki Key Lake uranyum madeninde yapmış oldukları çalışmalardan elde ettikleri sonuçlar göstermektedir ki ferrihidritin çözünülebilirliği sulu arsen konsantrasyonları üzerinde dominant kontrole sahiptir ve aynı zamanda çözülmüş Mo ve Ni’in kontrolünde önemli bir rol oynamaktadır. Essilfie-Dughan vd., (2011)’e göre, Mo’nin Fe, Ni, Ca kompleks bileşikleri içerisinde zenginleşme eğiliminin yüksek olması; bu çalışmada elde edilen jeokimyasal analiz verileri ile uyumu ortaya koymaktadır.

Şekil 6.3’de Mo ve Ni metallerinin As yarı metalinin ve uranyumun silttaşı ve kireçtaşları içerisindeki dağılımı görülmektedir. Ba, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, V, Zr, W, Y, Cu, Zn, Bi, Ag, Au, Hg ve Tl metalleri ve Sb yarı metalide silttaşı ve kireçtaşları içerisinde Mo, Ni, As, ve U’nun dağılımına benzer bir dağılım sunmaktadır.



Şekil 6. 3. Silttaşları ve silisifiye kireçtaşları içerisinde U, Mo, Ni ve As'in dağılımları.

Tablo 6.3’de U-Th ve iz elementler arasındaki ilişki gösterilmiştir. İz elementler iki grup içerisinde gözlenmiştir. 1) U ve V ($r= 0.89$), W ($r= 0.79$), Zr (0.89), Y (0.86) ilişkisi inceleme alanının güneyinde bulunan granitik kayalar nedeniyle yüksek pozitif değerler göstermektedir. 2) Uranyum ve Ba ($r= 0.77$), Cu ($r= 0.86$), Zn ($r= 0.82$), As ($r= 0.64$), Sb ($r= 0.82$), Bi ($r= 0.90$), Ag ($r= 0.95$) ve Au ($r= 0.70$) ilişkisi hidrotermal polimetallik mineralizasyonlardan nötralizasyon yoluyla çökelişi nedeniyle yüksek pozitif değerler göstermektedir.

	Ba																										
Ba	1.00	Co																									
Co	0.13	1.00	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sr	Th	U	V	W	Zr	Y	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl
Cs	0.81	0.00	1.00																								
Ga	0.91	0.07	0.91	1.00																							
Hf	0.92	0.03	0.95	0.99	1.00																						
Nb	0.93	0.07	0.86	0.99	0.97	1.00																					
Rb	0.90	0.04	0.96	0.99	1.00	0.97	1.00																				
Sr	0.08	-0.33	0.44	0.27	0.32	0.22	0.35	1.00																			
Th	0.47	-0.05	0.67	0.55	0.64	0.53	0.63	0.34	1.00																		
U	0.77	0.05	0.99	0.88	0.93	0.83	0.94	0.48	0.67	1.00																	
V	0.90	0.07	0.92	0.95	0.96	0.94	0.96	0.23	0.72	0.89	1.00																
W	0.90	0.04	0.83	0.98	0.95	0.99	0.95	0.18	0.56	0.79	0.93	1.00															
Zr	0.93	0.03	0.91	0.99	0.99	0.99	0.99	0.28	0.60	0.89	0.95	0.97	1.00														
Y	0.64	-0.03	0.85	0.73	0.80	0.69	0.81	0.44	0.95	0.86	0.84	0.69	0.77	1.00													
Mo	0.67	0.17	0.38	0.72	0.61	0.78	0.62	-0.07	0.10	0.34	0.59	0.80	0.68	0.20	1.00												
Cu	0.93	0.08	0.89	0.99	0.97	0.99	0.98	0.26	0.53	0.86	0.96	0.97	0.98	0.70	0.74	1.00											
Pb	0.58	0.23	0.46	0.51	0.51	0.51	0.51	0.13	0.36	0.48	0.53	0.45	0.49	0.43	0.30	0.53	1.00										
Zn	0.84	0.16	0.83	0.86	0.86	0.84	0.87	0.24	0.59	0.82	0.87	0.79	0.85	0.73	0.50	0.86	0.84	1.00									
Ni	0.77	0.32	0.51	0.81	0.71	0.85	0.72	-0.08	0.17	0.48	0.68	0.84	0.76	0.30	0.94	0.82	0.50	0.67	1.00								
As	0.52	0.06	0.67	0.55	0.61	0.52	0.62	0.15	0.83	0.64	0.77	0.53	0.58	0.83	0.15	0.58	0.33	0.62	0.22	1.00							
Cd	0.27	0.25	0.19	0.13	0.16	0.12	0.16	0.05	0.26	0.21	0.27	0.06	0.13	0.26	-0.05	0.19	0.84	0.59	0.11	0.38	1.00						
Sb	0.67	0.00	0.83	0.77	0.82	0.74	0.82	0.34	0.95	0.82	0.89	0.76	0.79	0.97	0.34	0.75	0.43	0.75	0.41	0.88	0.26	1.00					
Bi	0.91	0.06	0.92	1.00	0.99	0.99	0.99	0.30	0.56	0.90	0.94	0.97	0.99	0.74	0.69	0.99	0.47	0.84	0.78	0.55							

Sistem içerisinde, oksitleyici florca zengin, nötralden alkaline kadar akışkanların varlığı, aksesuar minerallerin yüksek oranda çözünmesine etki etmektedir (Gieré, 1989). Bunlara ek olarak bazı akışkanların (havza içi tuzlu sular) oksitleyici doğası kolaylıkla zirkon içerisindeki U^{4+} ün, U^{6+} formuna dönüşümüne ve daha fazla çözünmesine neden olabilir (Grandstaff, 1976). Bu nedenle, NTE'ler, iz elementler ve uranyum; hidroksit, fosfat, karbonat, florit, klorit, sülfat, sülfür kompleksleri ve birkaç daha az önemli organik kompleksleri içinde barındıran, solüsyonlar içerisindeki çoğu inorganik kompleksler tarafından taşınabilirler (Haas vd., 1995).

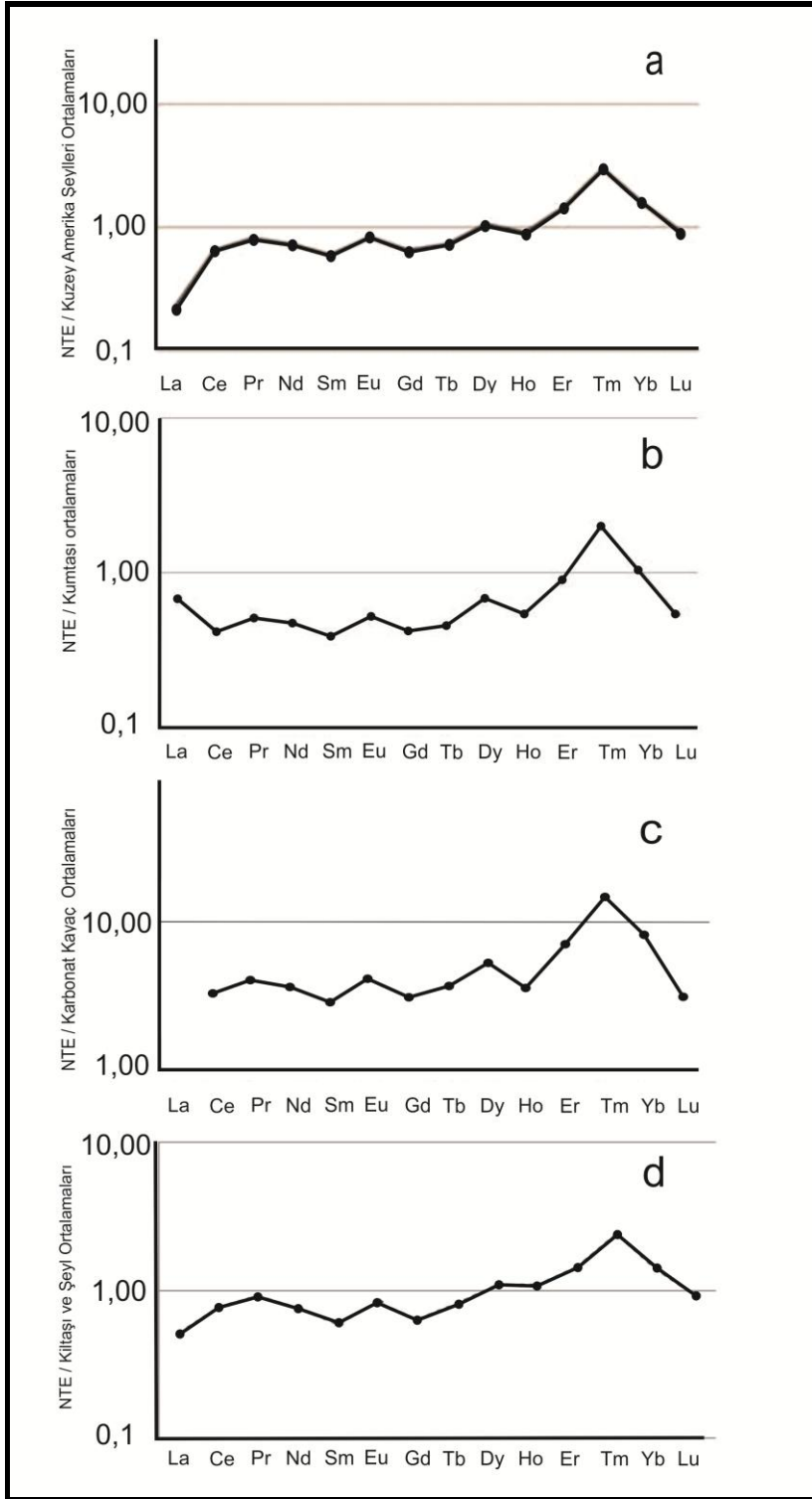
Tablo 6.4. Tüm kayaç örneklerinin NTE bileşimleri. NTE'lerin konsantrasyonları ppm olarak verilmiştir.

Örnek No	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
GDK-1	47.5	80	8.52	29.1	5.31	0.96	4.76	0.81	5.02	1.09	4.08	0.84	7.18	1.23
GDK-2	56.6	122.1	16.78	72.9	18.29	4.05	20.62	3.89	27.19	5.99	18.38	2.84	16.99	2.29
GDK-3	64.6	126.3	15.47	57.2	13.52	3.1	15.08	2.67	18.03	4.15	14.63	2.52	18.24	2.97
GDK-4	50.8	95	10.33	38	8.08	1.78	8.51	1.56	10.31	2.51	8.39	1.53	11.72	1.86
GDK-5	11.3	20.7	2.22	8.6	1.76	0.36	1.71	0.27	1.65	0.35	1.05	0.16	1.1	0.17
GDK-6	8.6	15.3	1.86	7.4	1.62	0.32	1.76	0.26	1.64	0.31	1.0	0.17	1.13	0.15
GDK-7	13.9	23.3	2.52	10.2	1.51	0.42	1.9	0.27	1.58	0.27	0.87	0.11	0.65	0.1
GDK-8	2.2	3.3	0.37	1.5	0.2	0.03	0.32	0.04	0.24	0.02	0.1	0.02	0.11	0.03
GDK-9	8.2	14.8	1.57	5.3	0.84	0.21	0.93	0.11	0.75	0.14	0.4	0.07	0.38	0.06
GDK-10	4.5	7.1	0.78	3.6	0.58	0.11	0.54	0.08	0.35	0.06	0.2	0.03	0.16	0.03
GDK-11	4.7	6.7	0.65	2.4	0.32	0.1	0.66	0.1	0.72	0.09	0.3	0.05	0.3	0.05
GDK-12	5.2	10.3	1.02	3.8	0.65	0.09	0.58	0.08	0.45	0.07	0.24	0.03	0.3	0.04
GDK-13	6.4	11.4	1.12	3.9	0.76	0.15	0.72	0.1	0.56	0.11	0.41	0.05	0.34	0.05
GDK-14	3.4	5.7	0.57	2.3	0.24	0.07	0.41	0.05	0.26	0.05	0.21	0.03	0.16	0.01

Tablo 6.4'te çalışılmış örneklerle ait NTE içerikleri ve Tablo 6.5'te uranyum ve NTE'ler arasındaki ilişki görülmektedir. Uranyum ve ortaç NTE'ler (Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho ve Er) ($r > 0.90$) ile La, Ce, Pr, Nd ($r = 0.70$ 'den 0.89 'a kadar) arasında yüksek pozitif korelasyon ($r > 0.90$) ilişkisi görülmektedir. Bundan dolayı NTE'ler ve uranyum, ksenotim, monazit, samarskit, kergusonit ve oyksenit mineralleri içerisinde zenginleşmiş olabilir. GDK-2 ve GDK-3 no'lu silttaşı örnekleri içerisinde gözlenmiş olan sülfür zenginleşmesi nedeniyle uranyum ve Ce arasında pozitif korelasyon katsayısı bulunmaktadır.

U																
U	1.00	Th														
Th	0.67	1.00	La													
La	0.70	0.97	1.00	Ce												
Ce	0.77	0.97	0.99	1.00	Pr											
Pr	0.84	0.95	0.97	0.99	1.00	Nd										
Nd	0.89	0.92	0.95	0.97	0.99	1.00	Sm									
Sm	0.92	0.89	0.91	0.95	0.98	1.00	1.00	Eu								
Eu	0.92	0.89	0.90	0.94	0.98	0.99	1.00	1.00	Gd							
Gd	0.93	0.87	0.89	0.93	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	Tb						
Tb	0.94	0.86	0.88	0.93	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	Dy					
Dy	0.95	0.85	0.87	0.92	0.96	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	Ho				
Ho	0.94	0.87	0.88	0.93	0.96	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Er			
Er	0.91	0.90	0.91	0.95	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	Tm		
Tm	0.88	0.93	0.94	0.97	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.99	1.00	1.00	Yb	
Yb	0.81	0.97	0.97	0.99	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96	0.95	0.96	0.98	0.99	1.00	Lu
Lu	0.74	0.98	0.97	0.98	0.98	0.96	0.94	0.94	0.93	0.92	0.91	0.92	0.95	0.97	0.99	1.00

Şekil 6.4’de çalışılmış kayaç örnekleri içerisindeki Tm konsantrasyonu kuzey Amerikan şeylleri ortalamalarından, kil ve şeyl ortalamalarından, kumtaşları ortalamalarından ve karbonat kayaçları ortalama değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Tm, kuvvetli asit solüsyonları içerisinde kolaylıkla çözünür (Patnaik, 2003). Bu çalışmada AQ (1HF, 1HNO₃, 1HCl) çözdürme yöntemi kullanılmıştır. Monazit, ksenotim ve oyksenit içerisindeki Tm bulunması ve çözdürme metodu nedeniyle solüsyon içerisinde Tm konsantrasyonu artmış olmalıdır. Bu durumun açıkça anlaşılması için, GDK- 1 kayaç örneği 1 mol amonyum asetat ile kısmi liçe tâbi tutulmuş ve Tm konsantrasyonunun 4 kez (0,84’den 0,24 ppm’e) azaldığı görülmüştür. Bu sonuçtan dolayı, Tulium’un, kayaç örnekleri içerisindeki monazit, ksenotim ya da oyksenit’ten kaynaklanmış olabileceği söylenebilir.



Şekil 6.4. a: NTE/ Kuzey Amerika şeyleri, b: NTE/ Kumtaşı ortalamaları; c: NTE/ Karbonat kayaçlar ortalamaları d: NTE/ Kil ve şeyl ortalamaları. Tüm ortalama değerler Parker (1967)'den alınmıştır.

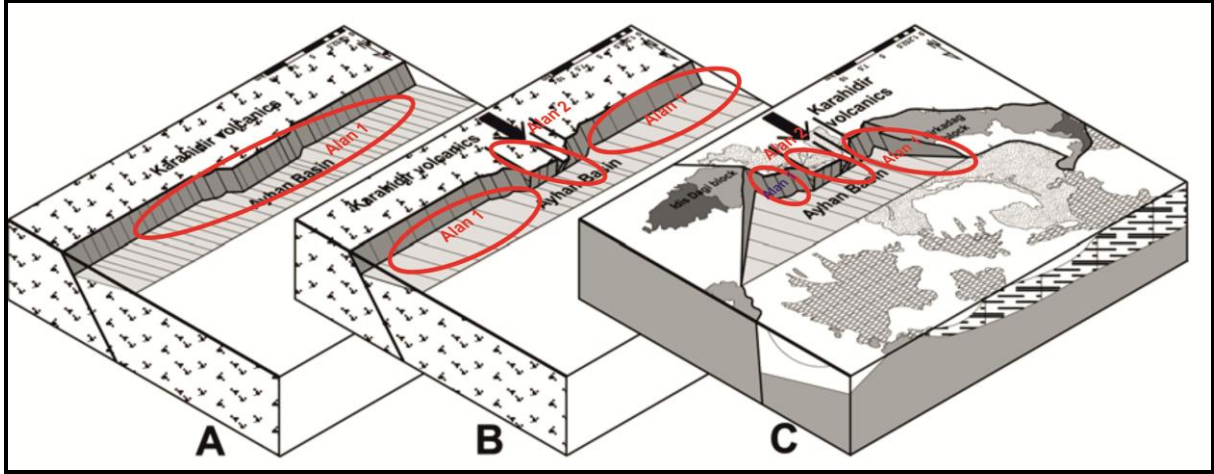
Uranyum ve toryum içerikleri, sillisifiye kireçtaşlarında 3,2 ppm ve silttaşları içerisinde ise 11 ppm'dir (Parker, 1967). Adams ve Weaver (1958)' deki çalışmalarında, sedimanter kayalarındaki Th/U oranına göre, üç tip sediment ayırtlamışlardır.

- i) Birinci tip sedimentlerdeki Th/U oranları 0,012 ila 0,81 aralığındaki değerleri içerir. Bu tip sedimentler uranyumun kaynak kayaktan uzaklaşmış olduğu ve sedimentler içerisine sürekli recharge ile karıştığı şartlar altında gelişmiştir.
- ii) İkinci tip sedimentlerdeki Th/U oranları 1,47 ila 1,49 aralığındaki değerleri içerir. Bu tip sedimentler devamlı liç yolu ve sızıntı nedeniyle zayıf bir şekilde uranyum içeriğinde meydana gelen azalma nedeniyle göreceli olarak daha yüksek Th içeriği ile karakterize edilmektedir.
- iii) Üçüncü tip sedimentlerdeki Th/U oranları 1,49 ila 5,47 aralığında değişen değerler göstermektedir. Bu tip sedimentler zayıf ayrışmayı ve kayaç detritiklerinin hızlı depolanmış olduğunu göstermektedir. Bundan dolayı genellikle, ksenotim, samarskit ve oyksenit gibi detritik radyoaktif mineraller bu tip sedimentlerde baskındır.

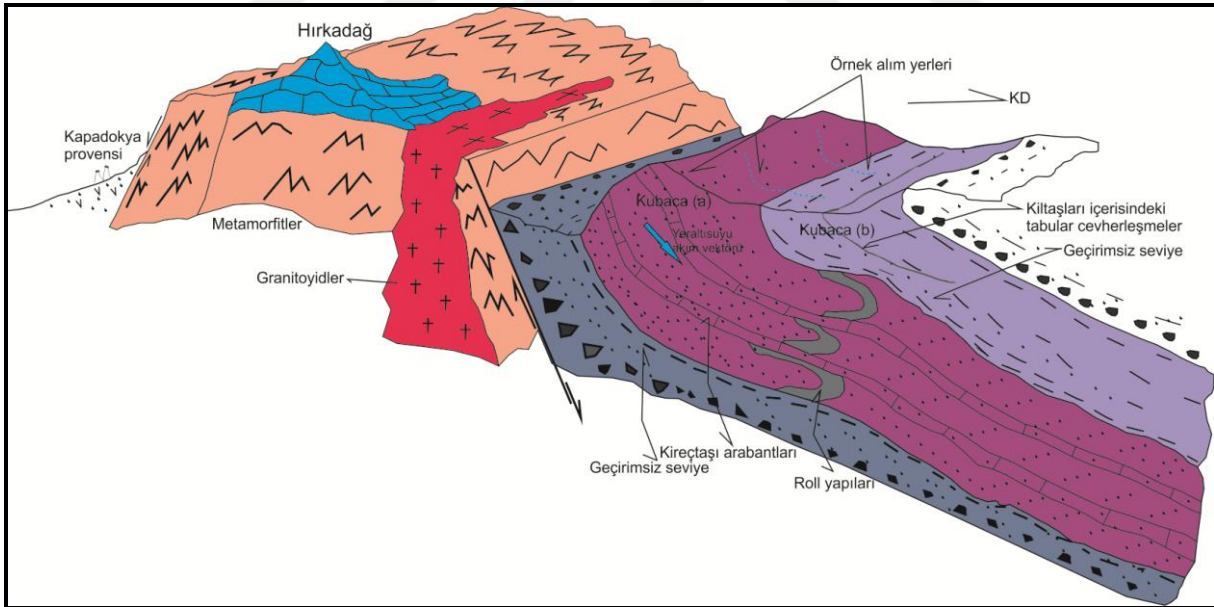
Tablo 6.6, Alan 1 olarak ifade edilen (genişlemeli alan) bölgeden alınmış kayaç örneklerine ait sonuçları içermektedir. Şekil 6.5’de Advokaat (2011)’deki çalışmalar sonucunda ortaya konmuş Ayhan havzasının paleocoğrafik evrimini açıklayan şematik blok diyagram görülmektedir. Ayhan havzasının oluşumu, başlangıçta sedimantasyonla eş yaşlı Lütisiyen öncesi açılmasıyla karakterize edilip, bu açılmayı sinsedimanter normal faylar sağlamaktadır (Advokaat, 2011). Bu açılma esnasında, hızla çöken havza kıtasal sedimentler tarafından doldurulmuştur. Alan 1 cevherleşmeleri ise, bu sedimentlerle biraradalık sunan akarsu ve gölsel sedimentler içerisinde gelişmiştir. Şekil 6.6’da, Alan 1 (açılmalı alan) içerisinde gelişmiş cevherleşmelerin konumları blok diyagram üzerinde işaretlenmiştir. Alan 1 içerisindeki çalışılmış örnekler, kimyasal olarak ölçülmüş ve Thc/Uc aralığı 0,002 ile 0,325 aralığında değişen Th/U oranları elde edilmiştir. Bu Th/U oranları, i) nolu maddede ifade edilen birinci tip sedimentlerdeki aralık (0,012 ila 0,81) içerisine düşmektedir. Bu oranlar uranyumun, Ayhan havzası çökellerine kaynaklık eden OAKK içerisine sokulmuş olan granitoyitik kayalardan taşınarak uzaklaştığını ve Kubaca üyesi içerisine, devamlı beslemek suretiyle, katılarak zenginleştiğini göstermektedir.

Şekil 3.3’de görülen B-B’ kesiti, Alan 2 (sıkışmalı alan) olarak ifade edilmiş olan bölgeden geçmektedir. Tablo 6.6, Alan 2 olarak ifade edilen (sıkışmalı alan) bölgeden alınmış kayaç örneklerine ait sonuçları içermektedir. Şekil 6.7’de, Alan 2 (sıkışmalı alan) içerisinde gelişmiş cevherleşmelerin konumları blok diyagram üzerine işaretlenmiştir. Alan 2 içerisindeki çalışılmış örnekler, kimyasal olarak ölçülmüş ve Thc/Uc aralığı 1,34 ile 3,760 aralığında değişen Th/U oranları elde edilmiştir. Bu Th/U oranları (GDK-15 hariç), iii) nolu

maddede ifade edilen üçüncü tip sedimentlerdeki aralık (1,49 ila 5,47) içerisine düşmektedir. Çalışılmış kayaç örneklerindeki Th/U oranları, bindirmelerden kaynaklanan yükselme nedeniyle, Ayhan havzasının bu bölümü (Alan 2) içerisine kayaç detritiklerinin hızlı bir şekilde depolanmış olduklarını göstermektedir.



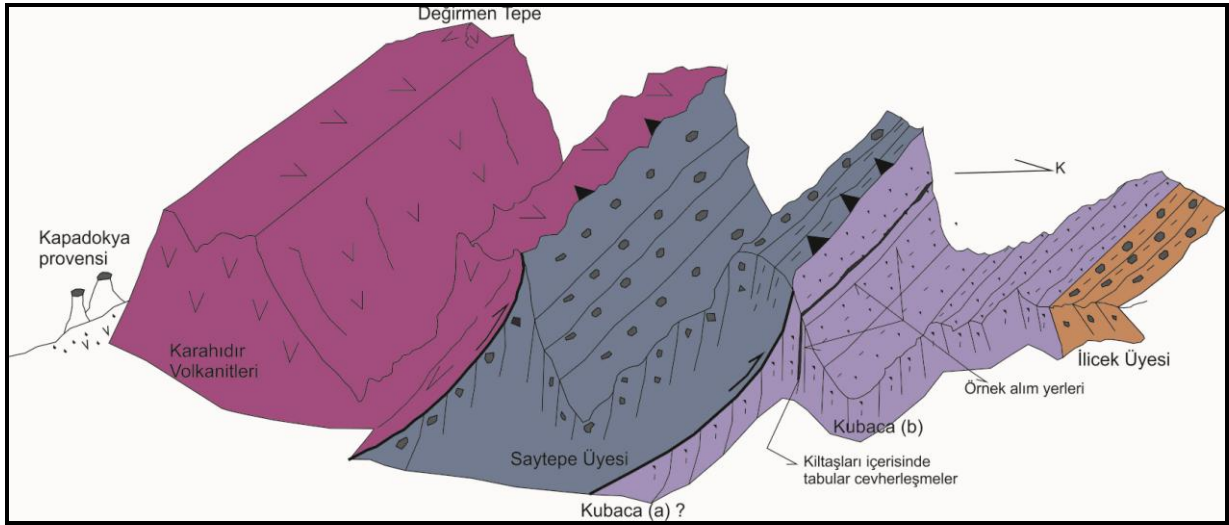
Şekil 6. 5. Ayhan havzasının oluşumunu gösteren şematik blok diyagram (Advokaat, 2011). (A) tansiyonel faylanma sonrası durum, "Alan 1" cevherleşmelerinin gelişimi (B) Lütisiyen sonrası bindirmeler esnasındaki durum, "Alan 2" cevherleşmelerinin gelişimi (C) günümüz.



Şekil 6. 6. Alan1 olarak tanımlanmış açılmalı alan içerisindeki cevherleşmelerin idealize edilmiş blok diyagram görünümü.

Denge çalışmaları Kimyasal olarak analiz edilmiş uranyum değeri (cU) ile radyometrik olarak belirlenmiş uranyum değerine ait (eU) verilerin kullanılmasıyla elde edilmiştir (Tablo 6.6). Kimyasal olarak elde edilmiş uranyum değeri ile radyometrik olarak ölçülmüş uranyum değeri arasındaki oran D-faktör= cU/eU olarak tanımlanmıştır (Hansink,

1976). Çalışılmış kayaçlardaki denge durumunun belirlenmesi amacıyla kullanılan D- faktör sonuçları Alan 1 (Şekil 6.5 ; Şekil 6.6) olarak ayırtlanmış bölgede, kimyasal olarak ölçülmüş uranyum değerlerinin radyometrik olarak ölçülmüş uranyum değerlerinden daha büyük olduğunu göstermektedir. Bu durum çalışılmış kayaç örneklerinde uranyumca zenginleşmesi lehine karakterize edilmiş bir dengesizlik durumunu yansıtmaktadır. Diğer yandan, kimyasal olarak ölçülen uranyum değerlerinin, radyometrik olarak ölçülen uranyum değerlerinden daha düşük olması durumunda ise, uranyumun ortamdan uzaklaştığı ortaya çıkmaktadır.



Şekil 6. 7. Alan 2 olarak tanımlanmış sıkışmalı alan içerisindeki cevherleşmelerin idealize edilmiş blok diyagram görünümü.

Denge durumunun belirlenmesi amacıyla kullanılan D-faktör sonuçları Alan 2 (Şekil 6.5; Şekil 6.7) olarak tanımlanmış kompresyonel alandaki bindirme zonu (Şekil 6.7) boyunca alınmış örneklerde, kimyasal olarak ölçülmüş uranyum değerlerinin radyometrik olarak ölçülmüş uranyum değerlerinden nispeten daha küçük olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda bindirme zonu boyunca toryum değerlerinde belirgin bir artış söz konusu olup kimyasal olarak ölçülmüş toryum değerlerinin, radyometrik olarak ölçülmüş toryum değerlerinden daha küçük olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.6). Takeno (2005), oksidize şartlar altında Th'un hareketsiz, buna karşın U^{+6} 'nın ise mobil olduğu belirtilmektedir. Kaynak kayaç alanının yakınındaki bindirme zonu boyunca toryum oranlarındaki bu artış, oksidize şartlar altındaki toryumun hareketsiz olmasına bağlanabilir.

Ayhan havzasının güneyindeki kaynak kayaç olarak tarif ettiğimiz granitoidlerden alınan üç adet örneğe ait sonuçlar Tablo 6.6'da görülmektedir. Çalışılmış kayaçlardaki denge durumunun belirlenmesi amacıyla kullanılan D-faktör sonuçları, kaynak kayaç olarak

tanımlanmış bu alanda, kimyasal olarak ölçülmüş uranyum değerlerinin, radyometrik olarak ölçülmüş uranyum değerlerinden daha küçük olduğunu göstermektedir (Tablo 6.6). Bu durum uranyumun, kaynak kayaç ortamından uzaklaştığını göstermektedir.

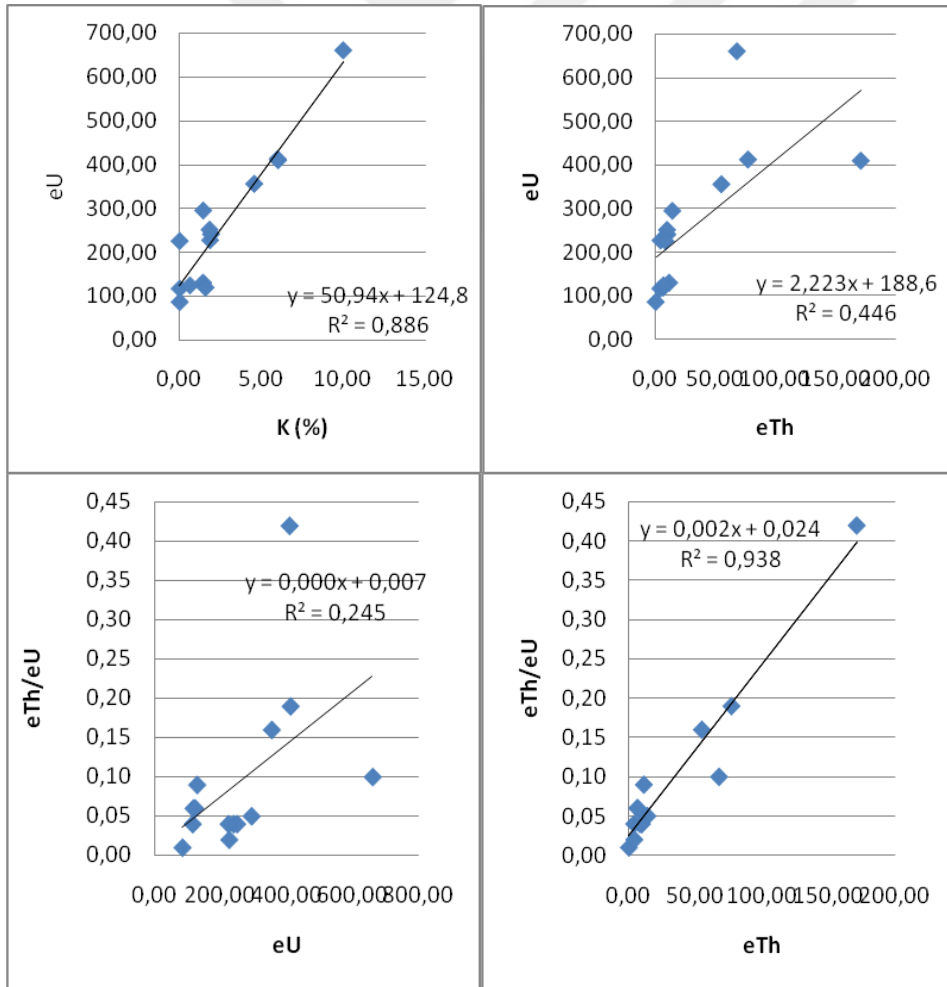
Tablo 6.6. U ve Th'un kimyasal analiz sonuçları ve radyometrik ölçüm değerleri. U ve Th içerikleri ppm olarak verilmiştir. Potasyum (K) radyometrik içeriği % olarak verilmiştir.

Alan 1'e ait örnekler										
Örnekler	%K	Uc	eU	Thc	eTh	dose rate (nGy/h)	total (cps)	cU/eU D faktör	Thc/Uc	eTh/eU
GDK-1	10,000	1237,2	660,4	24,6	68,3	4049,4	3831,1	1,87	0,020	0,10
GDK-2	6,020	1818,8	409,4	590,5	171,7	2830,5	2979,8	4,44	0,325	0,42
GDK-3	4,560	2536,9	355,4	185,5	55,4	2215,3	2679,7	7,14	0,073	0,16
GDK-4	5,990	2103,4	412,2	138,5	77,6	2611,8	2843,9	5,10	0,066	0,19
GDK-5	0,000	221,4	85,4	11,7	0,6	486,5	1434,6	2,59	0,053	0,01
GDK-6	1,430	221,6	129,5	10,3	11,8	783,7	1657,5	1,71	0,046	0,09
GDK-7	1,860	336,6	226,6	3,6	4,6	1322,4	2021,4	1,49	0,011	0,02
GDK-8	1,920	217,7	240,3	1,3	10,3	1415	2103,3	0,91	0,006	0,04
GDK-9	1,440	336,3	294,4	3,5	14,5	1726,3	2287,6	1,14	0,010	0,05
GDK-10	1,580	175	118,4	1,8	6,9	710,4	1670	1,48	0,010	0,06
GDK-11	1,830	223,4	250,6	1,4	10	1400	2098,2	0,89	0,006	0,04
GDK-12	0,000	120,4	116	2,6	4,5	670,3	1613	1,04	0,022	0,04
GDK-13	0,630	123,3	123,4	3,1	7,1	726,9	1609,9	1,00	0,025	0,06
GDK-14	0,000	341	224,7	0,7	8,8	1981,4	1297,5	1,52	0,002	0,04
Min.	0,000	120,400	85,400	0,700	0,600	486,500	1297,500	0,891	0,002	0,007
Mak.	10,000	2536,900	660,400	590,500	171,700	4049,400	3831,100	7,138	0,325	0,419
Alan 2'ye ait örnekler										
Örnekler	%K	Uc	eU	Thc	eTh	dose rate (nGy/h)	total (cps)	cU/eU D faktör	Thc/Uc	eTh/eU
GDK-15	6,11	675,7	716,60	908,9	3891,20	13971,70	11369,40	0,94	1,35	5,43
AGB-1	4,99	725,00	855,30	1750,00	4588,40	16459,00	13228,60	0,85	2,41	5,36
AGB-2	15,28	522,40	665,10	828,40	2725,00	10697,00	9000,00	0,79	1,59	4,10
AGB-3	12,30	731,25	878,40	2750,00	7327,20	23303,00	17480,00	0,83	3,76	8,34
Min.	4,99	522,40	665,10	828,40	2725,00	10697,00	9000,00	0,79	1,35	4,10
Mak.	15,28	1160,00	878,40	2750,00	7327,20	23303,00	17480,00	0,94	3,76	8,34
Granitoyidlere ait örnekler										
Örnekler	%K	Uc	eU	Thc	eTh	dose rate (nGy/h)	total (cps)	cU/eU D faktör	Thc/Uc	eTh/eU
G-1	16,1	175	625,00	378	785	5380,2	14750	0,28	2,16	1,26
G-2	12,1	73	410,00	193	648	1852,3	10126	0,18	2,64	1,58
G-3	7,4	17	97,00	39	159	723	3975	0,18	2,29	1,64
Min.	12,10	73,00	410,00	193,00	648,00	1852,30	10126,00	0,18	2,16	1,26
Mak.	16,10	175,00	625,00	378,00	785,00	5380,20	14750,00	0,28	2,64	1,64

Ayhan Formasyonu alt üyelerinden Kubaca (a ve b) üyelerine ait “Alan 1” içerisinde alınmış örneklerdeki eU, eTh, eTh/eU ve K% olarak toplam miktarları (Tc) belirlenmiştir. eU-K, eU-eTh, eTh/eU ve eU-eTh arasındaki korelasyon ilişkisi $r=0.89, 0.45, 0.25$ ve 0.94 olarak belirlenmiştir. eTh/eU oranı ve eTh içerikleri pozitif lineer dağılım göstermektedir (Şekil 6.8). Bu durum, uranyumun sedimenter birimlere eklendiğini göstermektedir.

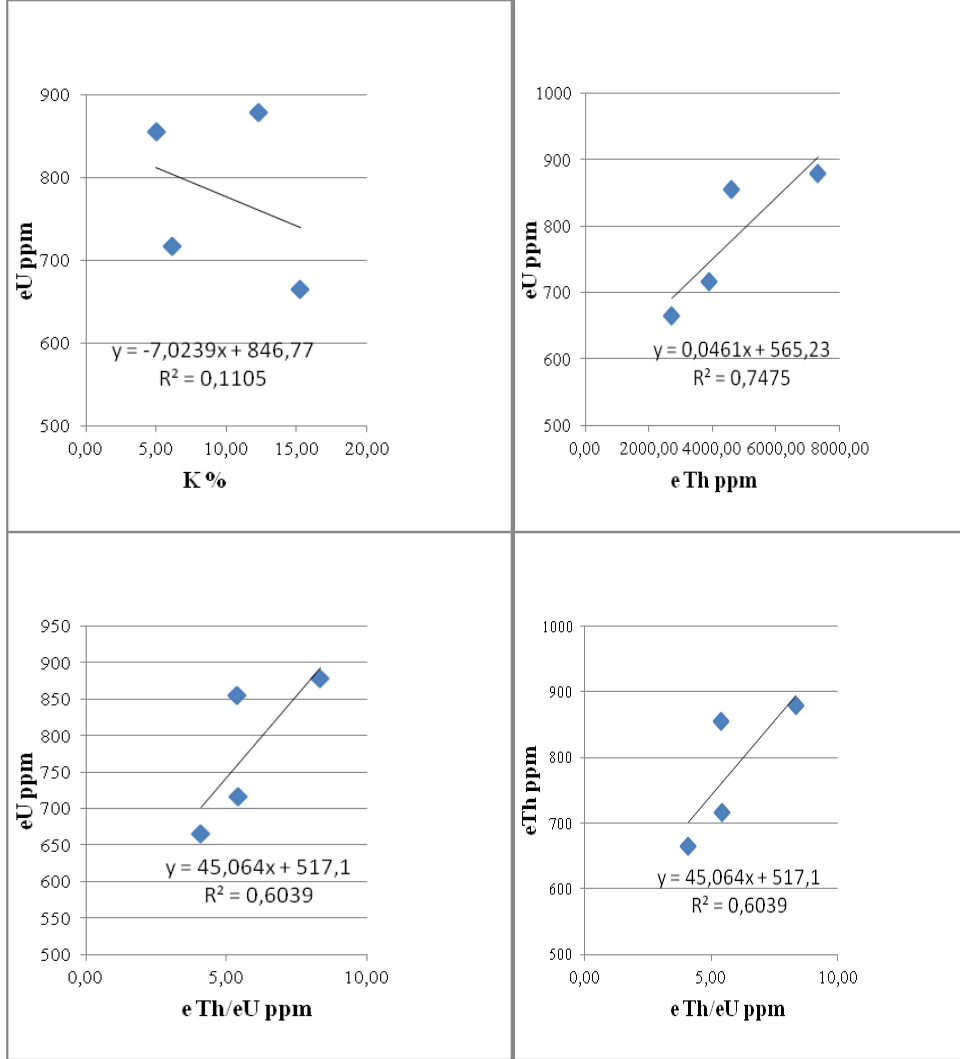
eTh ve eTh /eU ve eU ile K% arasındaki ilişki pozitif doğrusal bir ilişki gösterirken, eU ile eTh, eU ile eTh/eU içerikleri arasında, doğrudan bir ilişki görülmemektedir (Şekil 6.8). Bu durum, fay zonlarındaki ve silttaşlarındaki anomalilerde uranyum mobilizasyonu nedeniyle eTh / eU oranının artmaya eğilimli olduğu anlamına gelmektedir.

Kimyasal olarak ölçülmüş uranyum değerleri 715,21 ppm’e ulaşırken radyometrik olarak ölçülmüş uranyum değerleri 260,48 ppm değerini içermektedir. Yüksek uranyum içerikleri, demiroksitler ve kil mineralleri içerisindeki uranyum minerallerinin varlığına bağlanabilir.

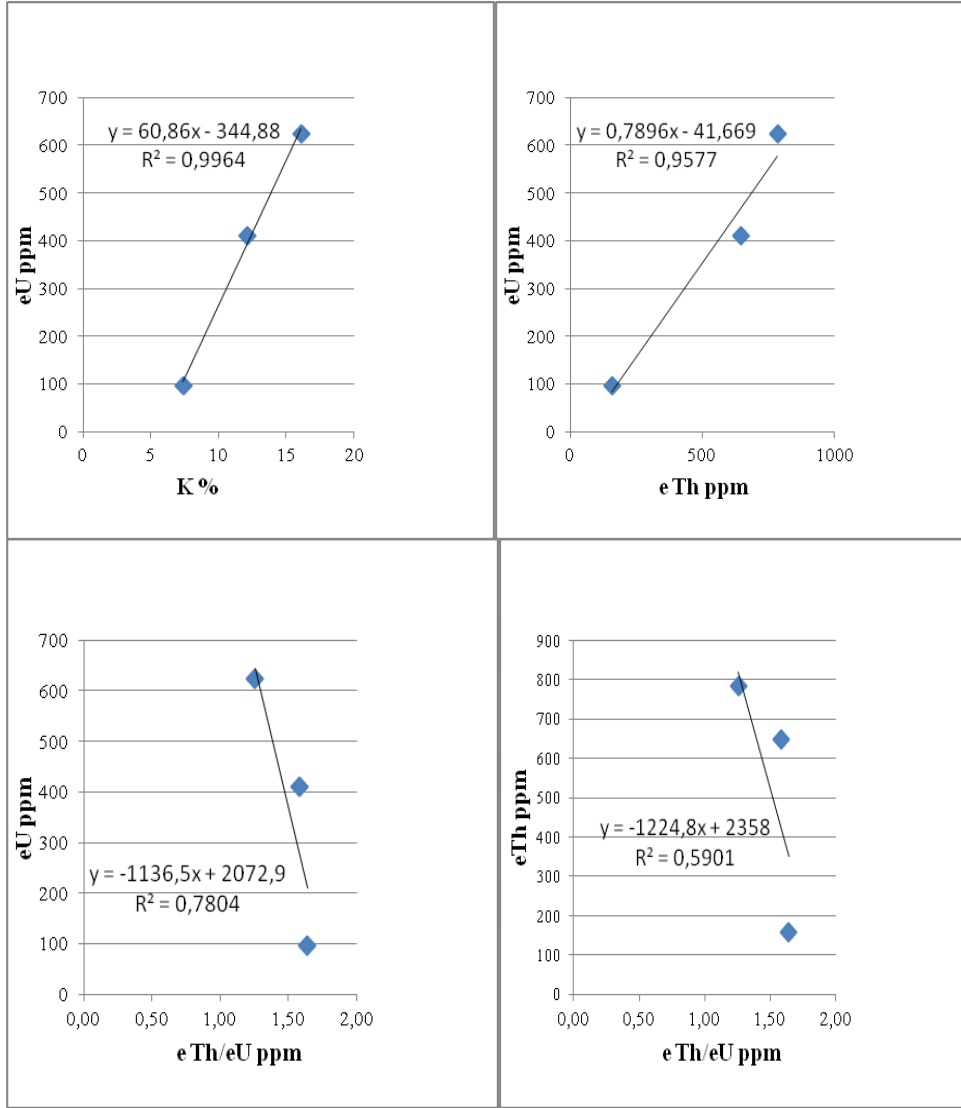


Şekil 6.8. Alan 1’e ait çalışılmış örneklere ait eU-K%, eU-eTh, eTh/eU-eU, eTh/eU-eTh diyagramları.

Ayhan Formasyonu alt üyelerinden Kubaca (b) üyesine ait “Alan 2” içerisinde alınmış örneklerdeki eU, eTh, eTh/eU ve K% olarak toplam miktarları (Tc) belirlenmiştir. eU/K, eU-eTh, eU-eTh/eU ve eTh-eTh/eU arasındaki korelasyon ilişkisi $r=0.11$, 0.74 , 0.6 ve 0.6 olarak belirlenmiştir. eTh/eU oranı ve eTh içerikleri (%K hariç) pozitif yönde doğrusal dağılım göstermektedir (Şekil 6.9).



Şekil 6. 9. Alan 2’ye ait çalışılmış örneklere ait eU-K%, eU-eTh, eTh/eU-eU, eTh/eU-eTh diyagramları.



Şekil 6. 10. Çalışma alanının güneyindeki granitoyidlerden alınmış örneklere ait eU-K%, eU-eTh, eTh/eU-eU, eTh/eU-eTh diyagramları.

Çalışma alanının güneyindeki granitoyidlerden alınmış örneklerdeki eU, eTh, eTh/eU ve K% olarak toplam miktarları (Tc) belirlenmiştir. eU/K, eU-eTh, eU-eTh/eU ve eTh-eTh/eU arasındaki korelasyon ilişkisi $r=0.99, 0.95, 0.78$ ve 0.59 olarak belirlenmiştir. eTh/eU-eTh ve eU-eTh/eU arasında negatif yönde doğrusal dağılım ve eU-K ve eU-eTh arasında ise pozitif yönde doğrusal dağılım olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.10).

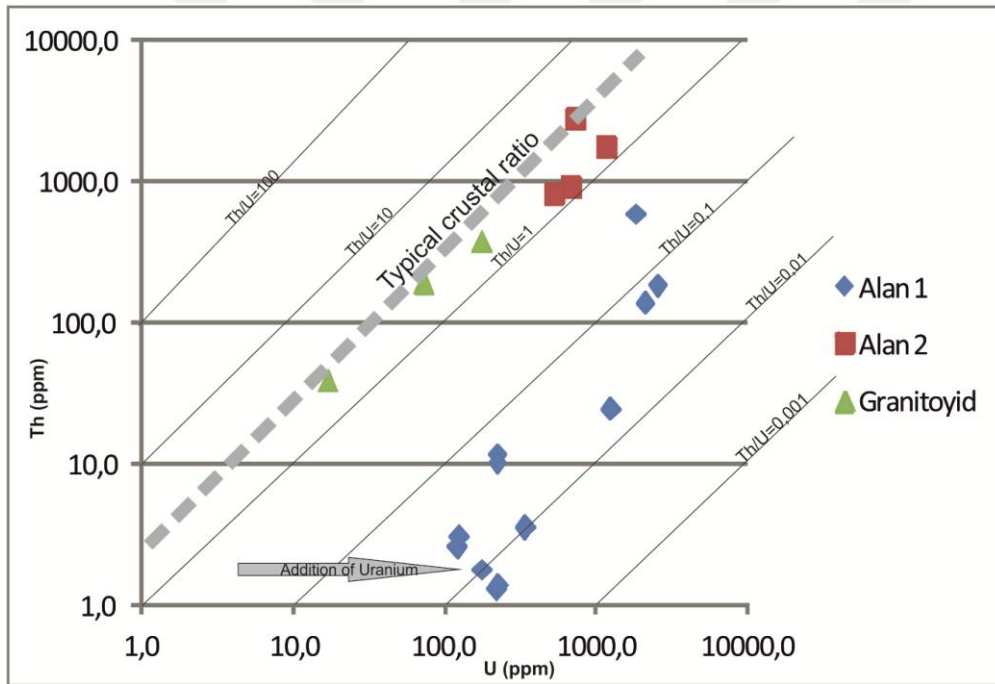
Radyometrik çalışmalar, inceleme konusunu oluşturan sedimentlerin yüksek eU değerleri ve yüksek eTh değerlerini içeren uranyum yataklanmaları için tercih edilen alanlar olarak düşünülmesini ortaya çıkartmaktadır. Uranyum mineralizasyonlarının kökeni esas olarak, uranyumu hareketlendiren ve daha sonra diğer farklı birimler içerisinde yeniden depolanmalarını sağlayan yükseltgenen–indirgenen akışkanların hareketi sonucu gelişmiş

birincil minerallerin alterasyonu ile ilişkilidir. Silttaşları ve silisifiye kireçtaşları içerisinde büyük ölçekli bölgesel uranyum anomalilerinin oluşumu, mineralize olmuş kaynak kayaçların (granitler) uranyum taşıyan fazlarından uranyumun mobilizasyonunu kapsayan bir dizi karmaşık süreçler sonucudur. Kaynak kayaçlardan dikey olarak göl sedimentleri içerisine bu taşınma, hareketli sulu fazlar olan uranil iyonları yoluyla veya uranil karbonat kompleksleri halinde gelişmektedir. Yamamoto vd., (2013)'de kırılanmış orta Japonya'daki Toki graniti içerisindeki redoks önü girişimini çalışmışlardır. Granit içerisinde yeraltısularının aşağıya doğru akımı esnasında kayaç oluşturan minerallerle reaksiyonu (özellikle de feldspar dissolüsyonu) nedeniyle yer altı sularının Eh ve pH değişiminin neden olduğu redoks reaksiyonları meydana gelmektedir. Bu gözlemlerle, kırılanmış kristalen kayaç içerisindeki redoks önü girişimi oranlarını kontrol eden prosesler hakkında önemli görüşler elde edilmiştir. Hull vd., (2004)'e göre derin vadoz zonlardaki adsorpsiyon derinlikle çözülmüş karbonat toplamının azalması nedeniyle yüzeye yakın sedimentlerde daha fazla oranda görülmektedir. El Nahas vd., (2011)'de, kimyasal elementlerin dağılımı ve makaslama zonlarındaki bazı izovalentlerin fraksiyonasyonunun büyük ölçüde erken şekillenmiş mineral fazları tarafından kontrol edildiği belirtilmektedir. Kaynak kayaç olan alkali feldspat granitlerden göç etmiş uranyum bu taşınım esnasında makaslama zonlarından geçerken bu makaslama zonları göç eden uranyum için kapan olarak davranmış olmalıdır. Bunun yanı sıra uranyum greyzenleşme ve albitizasyon esnasında maskaslama zonları içerisinde göç etmiştir. Yine uranyum kaolinleşme esnasında göç etmektedir. Eski kırık ağları arasından yakın zamanlardaki yer altı suları akışları uranyum mobilizasyonunu bize göstermektedir. Bununla birlikte, bu çalışma kapsamında, yüksek uranyum konsantrasyonları kırık dolguları içerisinde tespit edilmiştir. Kaynak kayaç/granitlerden ya da kırık dolguları içerisindeki kalsit matriksinden liç olmuş uranyum daha sonra ikincil uranyum mineralleri olarak (rutherfordin gibi) ya da hidromorfik taşınma yoluyla kil mineralleri üzerine adsorbe olmuş şekilde hızlıca kristallenmiştir. Böylece, meteorik kökenli hidrotermal suların sirküle etmesiyle yeniden taşınma, derin fay/kırık zonları içerisinde ve göl sedimentler içerisinde (adsorbsiyon ya da iyon değişimi yoluyla) birikim meydana getirmiş olmalıdır.

Uranyumun hareketliliği ve taşınımı en çok oksidize olmuş akışkanlar yoluyla gerçekleşmektedir (Romberger, 1984). Takeno (2005), oksidize şartlar altında Th'un hareketsiz, buna karşın U^{+6} 'nın ise mobil olduğu belirtilmektedir. Çalışma alanındaki kayaçlarda uranyum taşınımı oksidize olmuş akışkanlar yoluyla olur. Bu durum, Alan 1' e ait örneklerin alındığı Kubaca (a ve b) Üyesi içerisindeki kayaçlardaki düşük Th/U oranları

tarafından da yansıtılmaktadır. Alan 1'den alınmış örneklerdeki en yüksek Th/U oranı bile, ortalama kabuksal orandan daha düşüktür (Şekil 6.11). Böylece akışkan sirkülasyonu ve gerilme etkisiyle mobilize olmuş herhangi bir toryum içeriğinin “Alan 1” ortamında bulunmadığı kesin olarak söylenebilir. Şekil 6.11'de görüldüğü gibi, Alan 1'e ait çalışılmış kayaç örneklerinde yatay yönde toryuma nazaran uranyumda bir zenginleşme gözlenmektedir.

Alan 2'ye ait örneklerde ise toryum oranlarında bir artış söz konusudur (Şekil 6.11). Bindirme zonu boyunca ve kaynak kayaç alanına yakın sedimentler içerisinde alınmış bu örneklerdeki toryum artışının nedeni, oksidize şartlar altındaki toryumun hareketsizliğine bağlanabilir. Toryuma nazaran uranyumun azalışı ise, oksidize şartlar altında U^{+6} 'nın ise mobil olmasından dolayı ortamdan nispeten uzaklaşmasına bağlanabilir. Kaynak kayaç alanından alınmış örneklerde (granitoidler) ise, uranyumun toryuma nazaran oldukça düşük değerlerde olması ortamdan uzaklaştığını göstermektedir (Şekil 6.11).



Şekil 6. 11. Alexandre vd., (2015)'den alınan diyagram üzerine çalışma alanından elde edilen verilerin eklenmesiyle diyagram yeniden düzenlenmiştir.

Verilerin bu kapsamda değerlendirilmesi sonucunda, uranyumun mobilizasyonunun oksidize olmuş akışkanlar tarafından sağlanmış olduğu söylenebilir.

7. DERE SEDİMENT JEOKİMYASI

Jeokimyasal prospeksiyon, jeokimyasal verilerden yararlanılarak yapılan prospeksiyon çalışmaları olup dünyada yoğun ve başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Govett, 1985; Plant vd., 1988). Jeokimyasal prospeksiyon yöntemlerini kullanan çoğu ülkeler, yeraltı zenginliklerinin belirlenmesinde büyük ilerlemeler sağlamışlardır (Plant ve Moore, 1979; Bölviken vd., 1990). Anomali zonlarının belirlenmesinde jeokimyasal prospeksiyon çalışmalarından yararlanılmaktadır. Hedef zonların ayrımı için farklı örnekleme şekilleri kullanılmakla beraber, jeokimyasal prospeksiyon çalışmalarında dere sedimentleri genellikle ana örnekleme aracı olarak kullanılmaktadır (Fletcher, 1997). Drenaj sistemleri boyunca herhangi bir noktadaki dere sedimenti, bir ya da daha çok vadi yukarı kaynağından bozuşma ve erozyon yoluyla türemiş olan kompozit materyali temsil etmektedir (Carranza, 2009). Dere sedimentlerinin kimyasal bileşimleri mineralize zonlar, litolojik karakteristikler ve su toplama havzalarına ilişkin bilgi vermektedir (Carranza, 2010a).

Bir drenaj havzasının dere sediment jeokimyası jeomorfolojik, litolojik ve iklimsel faktörler dahil olmak üzere birçok faktör tarafından kontrol edilmektedir. Dere sediment örneklerinden elde edilmiş jeokimyasal verilerin yorumlanması, her bir numunenin etkili alanı hakkında mevcut olan tüm uzamsal bilgileri sağlar. Jeokimyasal verilerin bu anlamda değerlendirilmesiyle cevher yatağının türü, kaynak kayaç, tektonik ortam ve jeolojik birimlerin yaşı hakkında bilgiler sağlanabilir (Rantitsch, 2000; Carranza, 2010 a,b).

Drenaj ağlarında herhangi bir elementin anomali oluşturmasının değişik nedenleri vardır; Vadi tabanlarından veya yamaçlardan aşındırılmış ve yüzeysel bozunmaya karşı dirençli olan ağır mineraller; vadilerin beslenme alanından aşındırılan ikincil cevher mineralleri, bunlar yumuşak olduğundan genellikle ince taneli olarak ve kil boyutunda bulunmaktadır. Vadi suyundan kaynaklanan mineral çökelişi, Fe-Mn oksit hidroksit oluşturmaktadır. Bunun sonucu olarak oluşan Fe-Mn oksit-hidroksitler tarafından bazı metaller adsorbe edilerek zenginleşebilir. Birbirine çok yakın örnek alım noktalarında çok farklı element derişimlerinin olması yüksek konsantrasyonlu örneğin cevherleşmeye

çok yakın olduğunu ve yüksek erozyon nedeniyle çok kısa mesafede ortamdan uzaklaştığını gösterir (Çağatay, 1984).

7.1. Dere Kumu Örneklerinin Alımı ve Kimyasal Analize Hazırlanması

Bu çalışma kapsamında, inceleme alanının 1/25.000'lik jeoloji haritası yeniden düzenlenerek, önceden belirlenen drenaj ağları üzerinde (Değirmen Dere, Harlak Dere, Boğaz Dere, Elmalı Dere) örneklemeler yapılmıştır (Şekil 2.3). Farklı litolojik birimler içerisindeki dere sediment örneklerinde ana ve iz element dağılımından yola çıkarak olası uranyum cevherleşme alanlarının belirlenmesi hedeflenmektedir. Bundan sonraki aşamalarda ise, uranyum zenginleşme alanlarının detaylı olarak çalışılması planlanacaktır.

Dere sediment örnekleri 2013 yılı haziran ve temmuz ayında 24 lokasyondan elde edildi. Dere sediment örnekleri vadi tabanından yaklaşık 30 cm derine kazılarak ve yaklaşık 2 kg olmak üzere, naylon torbalara konulmak suretiyle alındı. Tüm dere sedimentleri birkaç gün oda ısısında ($<25^{\circ}$) bırakılarak kurutuldu. Her bir dere sediment örneği çeyreklendikten sonra analize uygun tane boyu fraksiyonunun belirlenmesi için farklı elek boyutlarına (35, -35+80, -80+140, -140+200, -200 mesh) ayırıştırılarak elenmiştir. Örneklerin -200 mesh ve 80 mesh aralığında olanları analize hazırlanmıştır. Eleme işleminde yaklaşık 15 g örnek tartılarak poşetlere bırakılıp numaralandırılmıştır. Bu dere sediment örnekleri hem -80 mesh tane boyutunda AQ ($1\text{HNO}_3:1\text{HCl}:1\text{HF}$) çözdürme yöntemiyle hem de -200 mesh tane boyunda elendikten sonra zayıf asitle (LH102 kodlu 1M ammonium acetate) çözdürülmüş ve iz element analizleri yapılmıştır. Tüm analizler ACME Analitik Laboratuvarlarında (Acme Analytical Laboratories Ltd., Kanada) ICP-OES (Inductively Couple Plasma-Optic Emission Spectrometre) yaptırılmıştır.

Dere sediment örneklerinin, iyon konsantrasyonunu belirlemek için kullanılan bu iki farklı çözdürme yöntemi ile elde edilen kimyasal analiz sonuçları Tablo 7.1 ve Tablo 7.2'de gösterilmiştir. Tablo 7.1 kral suyu (AQ, $1\text{HF}:1\text{HNO}_3:1\text{HCl}$) çözdürme sonucu elde edilen konsantrasyon sonuçlarını göstermektedir. Tablo 7.2 ise amonyum asetat (LH, $\text{CH}_3\text{COONH}_4$) çözdürme yönteminden sonra dere sediment iyon konsantrasyonları verilmiştir. Böylece, kuvvetli ve zayıf asitlerin iyon derişimi üzerindeki etkileri ve uranyum konsantrasyonlarının dağılımı incelenecektir.

7.2. Dere Sediment Örneklerine ait Bulgular

Tablo 7.1 de AQ ile çözdürülen dere sediment (-80 mesh) örneklerine ait analiz sonuçları görülmektedir. Tablo 7. 2'de ise LH ile çözdürülen dere sediment örneklerine (-200 mesh) ait analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 7. 1. AQ ile çözdürülen dere sediment (-80 mesh) örneklerine ait analiz sonuçları. ppm *:%

	GD1-2	GD2-2	GD3-2	GD4-2	GD5-2	GD6-2	GD7-2	GD8-2	GD9-2	GD10-2	GD12-2	GD13-2	GD14-2	GD16-2	GD17-2	GD19-2	GD20-2	GD23-2
Mo	4,05	4,45	3,20	4,60	1,05	2,68	1,33	0,23	0,13	0,20	0,19	0,27	0,18	0,11	6,94	6,39	6,64	0,41
Cu	43,39	49,84	48,80	45,82	37,50	36,72	35,74	28,41	31,58	28,18	31,46	32,11	34,40	34,85	47,14	53,69	53,01	4,16
Zn	165,2	232,4	200,6	277,7	184,2	170,4	161,8	105,4	119,5	117,1	122,5	255,7	172,3	107,2	206,8	206,4	227,2	34,1
Ag	312	299	253	258	152	256	90	24	24	29	30	56	48	30	272	203	230	11
Ni	27,0	35,1	24,7	24,9	24,2	22,5	27,3	24,1	23,9	20,3	22,0	23,4	24,3	23,4	27,7	31,6	33,1	5,6
Co	21,5	23,3	19,5	20,1	19,8	18,5	21,1	17,6	17,2	16,8	17,0	20,7	19,7	18,7	22,7	22,1	23,4	5,0
Mn	1650	1714	1404	1455	1442	1474	1560	1048	1039	1050	1082	1772	1689	1510	1600	1562	1600	425
Fe	5,46	5,44	4,64	4,94	4,37	4,34	4,35	3,41	3,51	3,48	3,57	4,04	3,95	3,88	5,91	5,52	5,55	1,63
As	519,3	411,3	299,7	325,6	261,3	335,9	193,0	124,6	148,9	136,2	152,5	218,8	195,4	148,9	298,0	298,6	299,1	22,7
U	8,55	11,28	14,85	7,54	5,07	19,79	5,06	1,41	1,50	1,45	1,47	2,58	1,83	1,78	9,56	9,58	9,75	1,94
Au-	3,6	1,7	2,6	3,3	1,9	3,5	1,7	2,7	2,6	1,6	2,2	3,0	1,9	1,1	1,8	2,9	2,5	<0,2
Th	24,0	23,1	25,9	25,5	28,7	29,1	30,9	30,4	31,1	30,8	30,3	30,6	29,9	30,2	30,8	20,3	20,9	14,6
Sr	483,1	459,4	513,5	412,6	444,7	483,4	316,8	318,6	373,6	357,2	350,8	419,9	331,6	338,5	561,0	461,0	523,9	63,2
Cd	0,80	0,90	0,65	1,33	0,64	0,64	0,40	0,24	0,28	0,29	0,36	0,93	0,70	0,34	0,73	0,85	0,99	0,07
Sb	6,64	5,35	3,68	5,02	4,67	5,49	4,11	4,29	3,34	4,00	4,28	4,17	3,35	3,33	5,32	4,90	4,66	1,47
Bi	1,34	1,19	1,10	1,23	1,25	1,18	1,12	1,10	1,11	1,13	1,12	1,24	1,19	1,17	1,34	1,17	1,20	0,23
V	81	66	53	63	62	57	62	44	42	42	46	63	62	61	85	71	76	27
Ca	5,84	5,42	5,13	6,08	5,46	5,84	4,06	5,40	5,05	5,61	5,68	6,04	6,33	5,52	4,20	4,35	4,69	2,14
P	0,035	0,034	0,039	0,039	0,045	0,061	0,043	0,043	0,046	0,047	0,048	0,046	0,046	0,048	0,033	0,032	0,027	0,031
La	33,6	25,9	24,5	34,0	41,2	34,2	44,7	45,3	44,0	43,4	43,5	47,3	49,5	50,6	44,8	26,2	26,0	23,4
Cr	24,4	25,5	23,4	26,4	28,0	23,0	30,7	24,7	28,1	25,4	25,7	28,8	31,0	30,6	29,2	29,0	29,6	8,0
*Mg	1,53	1,33	1,41	1,40	1,73	1,60	1,57	1,72	2,00	1,82	1,81	1,82	1,72	1,97	1,88	1,69	1,73	0,45
Ba	547,5	336,9	208,3	282,5	222,3	310,7	213,1	220,3	177,8	168,3	156,6	228,9	256,7	236,2	170,5	143,8	153,3	150,9
Ti	0,008	0,007	0,004	0,006	0,008	0,006	0,013	0,016	0,011	0,012	0,013	0,012	0,012	0,014	0,012	0,007	0,008	0,024
B	17	17	13	13	16	13	22	27	26	24	25	22	19	25	48	22	27	10
*Al	2,14	2,29	2,42	2,33	2,55	2,17	2,93	2,41	2,45	2,32	2,40	2,49	2,67	2,57	3,62	3,01	3,15	0,73
*Na	0,133	0,185	0,232	0,139	0,082	0,090	0,126	0,020	0,022	0,021	0,026	0,033	0,021	0,030	0,635	0,288	0,383	0,011
*K	0,22	0,22	0,19	0,22	0,25	0,22	0,32	0,41	0,38	0,37	0,35	0,30	0,30	0,34	0,39	0,26	0,30	0,21
W	0,10	0,08	0,06	0,12	0,09	0,12	0,21	0,25	0,11	0,17	0,20	0,11	0,09	0,12	<0,05	<0,05	0,05	0,56
Sc	9,4	12,0	12,6	10,0	10,2	9,9	10,9	7,9	8,5	7,9	8,3	10,6	9,6	9,2	13,2	12,0	12,8	2,2
Tl	0,45	0,46	0,42	0,39	0,37	0,40	0,42	0,24	0,20	0,21	0,24	0,30	0,36	0,36	0,45	0,51	0,51	0,10
*S	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	0,02	0,02	<0,02
Hg	266	322	276	347	180	209	102	66	73	84	79	263	148	42	161	139	186	30
Se	<0,1	<0,1	0,3	0,2	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,4	<0,1	<0,1
Te	0,09	0,08	0,09	0,14	0,13	0,12	0,10	0,11	0,07	0,11	0,14	0,08	0,12	0,08	0,09	0,12	0,07	<0,02
Ga	7,4	6,7	6,4	9,1	10,9	8,5	11,3	9,1	10,1	9,6	10,4	10,9	11,9	11,7	11,9	10,1	10,5	3,2
Cs	18,45	18,32	20,08	17,37	18,43	17,93	18,42	13,42	13,31	12,85	13,83	16,30	15,25	15,11	18,93	12,38	14,33	4,38
Ge	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Hf	0,11	0,09	0,07	0,07	0,09	0,08	0,16	0,16	0,15	0,14	0,12	0,11	0,12	0,15	0,14	0,10	0,11	0,14
Nb	0,10	0,10	0,06	0,08	0,10	0,08	0,12	0,11	0,07	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,23
Rb	22,3	21,9	19,1	22,7	27,5	24,3	36,8	38,6	35,6	34,9	33,6	30,3	33,0	41,3	50,6	26,6	32,7	15,6
Sn	1,1	0,8	1,0	1,0	1,4	1,1	1,5	1,4	1,2	1,2	1,2	1,5	1,7	2,0	1,9	1,0	1,3	1,0
Ta	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Tablo 7. 1'in devamı

	GD1-2	GD2-2	GD3-2	GD4-2	GD5-2	GD6-2	GD7-2	GD8-2	GD9-2	GD10-2	GD12-2	GD13-2	GD14-2	GD16-2	GD17-2	GD19-2	GD20-2	GD23-2
Zr	2,7	2,5	1,9	2,3	2,9	2,3	3,3	3,9	3,1	3,4	3,0	3,1	3,4	3,8	3,7	2,6	2,8	4,0
Y	22,74	25,26	22,93	25,11	21,37	21,29	19,79	17,78	17,89	18,79	18,83	21,04	21,46	19,64	25,91	23,19	24,93	8,84
Ce	75,7	59,6	54,2	72,9	89,7	77,6	100,5	96,5	93,9	93,8	97,2	110,8	109,9	109,9	96,3	62,7	60,9	52,8
In	0,06	0,08	0,08	0,04	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	<0,02
Re	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Be	2,3	2,6	2,5	2,6	3,2	3,6	2,9	1,9	2,4	3,0	2,5	2,8	2,8	3,1	3,7	2,9	2,7	1,1
Li	106,0	96,7	84,8	115,3	150,5	121,7	167,6	133,9	137,7	132,9	147,6	163,0	187,2	243,7	350,9	180,9	216,2	28,4
Pr	7,74	6,42	6,06	7,66	9,32	7,95	9,51	9,90	10,19	9,90	9,91	10,29	10,78	10,51	10,51	6,52	6,49	5,92
Nd	28,37	24,58	24,73	28,25	33,32	29,93	34,89	34,68	36,73	37,53	35,48	37,25	40,53	39,42	39,44	26,76	27,06	22,32
Sm	6,33	6,39	5,81	6,81	6,43	6,72	6,80	6,45	6,81	6,48	6,43	6,62	6,96	6,79	7,15	5,73	5,96	3,56
Eu	1,27	1,44	1,27	1,48	1,30	1,39	1,37	1,15	1,12	1,28	1,36	1,29	1,31	1,31	1,52	1,36	1,46	0,70
Gd	6,24	6,25	5,93	6,34	6,08	6,01	5,84	5,24	5,51	5,35	5,26	5,55	6,34	5,60	6,45	5,95	6,44	2,93
Tb	0,77	0,94	0,76	0,81	0,71	0,79	0,75	0,67	0,66	0,71	0,69	0,75	0,77	0,75	0,90	0,81	0,89	0,35
Dy	4,31	4,78	4,74	4,81	4,27	4,71	4,65	3,79	3,93	3,92	4,16	4,39	4,26	3,92	5,32	4,95	5,14	1,93
Ho	0,75	0,84	0,79	0,82	0,70	0,68	0,68	0,57	0,58	0,66	0,69	0,69	0,76	0,66	0,87	0,78	0,86	0,31
Er	2,34	2,43	2,37	2,27	2,19	2,15	2,16	1,76	1,76	1,86	1,87	2,08	2,02	1,94	2,71	2,29	2,41	0,77
Tm	0,26	0,27	0,28	0,29	0,24	0,25	0,22	0,20	0,19	0,17	0,22	0,25	0,25	0,24	0,26	0,31	0,28	0,08
Yb	1,90	2,11	1,78	2,00	1,74	1,70	1,61	1,32	1,34	1,40	1,27	1,75	1,80	1,82	2,19	1,93	2,19	0,64
Lu	0,23	0,22	0,23	0,23	0,22	0,24	0,20	0,15	0,15	0,16	0,16	0,21	0,20	0,19	0,25	0,25	0,23	0,08
Pd	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Pt	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	3	<2	<2	2	2	3	<2

Tablo 7. 2. LH ile çözdürülen dere sediment örneklerine (-200 mesh) ait analiz sonuçları. ppb değerleri
*:ppm değerleri (n= 17).

	GD1-3	GD2-3	GD3-3	GD4-3	GD5-3	GD6-3	GD7-3	GD8-3	GD9-3	GD10-3	GD12-3	GD13-3	GD14-3	GD16-3	GD19-3	GD20-3	GD23-3
Ag	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	4	<3	<3	<3	<3	<3
Al*	57	70	72	54	71	50	70	46	54	39	48	56	27	50	109	116	59
As	1299	1028	929	635	781	823	970	964	1063	1046	1045	637	877	677	721	456	2071
Au	6	8	2	2	3	2	4	<1	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Ba	231839	175812	124372	144573	120008	143444	94851	114157	113701	94667	98204	91816	99507	96655	53482	55209	51923
Be	158	160	171	125	161	159	168	72	105	100	126	135	102	155	91	143	126
Bi	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	6	14	5	<5	7	<5	<5	<5	<5	19
Ca*	44013	41569	41670	48665	42588	46579	44669	47883	46398	52477	52579	52963	58408	51267	34895	35733	20209
Cd	333	423	367	774	337	348	189	176	192	194	244	613	444	213	325	413	49
Ce	5937	5606	5446	6278	7348	5193	7716	7064	8918	8514	8936	11459	9784	11044	5274	5464	7642
Co	512	413	470	297	638	510	388	414	532	415	492	557	267	473	516	561	316
Cs	1613	1512	2038	1169	1475	1207	1239	777	829	721	1009	1346	878	876	938	1075	223
Cu	216	229	263	138	158	134	211	238	220	130	290	266	107	181	154	167	229
Dy	992	1224	1072	1243	1032	1015	1134	906	993	961	1105	1263	1339	1290	915	1024	540
Er	631	740	627	717	605	548	594	447	578	536	629	701	746	678	463	533	294
Eu	293	294	270	275	256	236	254	182	207	205	240	311	321	281	224	244	190
Fe*	28	36	24	18	59	37	31	15	71	25	37	52	14	44	66	73	59
Ga	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	23
Gd	1486	1718	1413	1673	1337	1256	1416	1006	1061	1127	1241	1578	1707	1431	1158	1337	719
Ge	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Hf	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Hg	<5	8	<5	<5	<5	<5	6	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ho	235	265	223	269	207	194	227	173	212	194	219	263	268	247	181	194	100
In	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
K*	337	377	421	332	349	300	416	365	413	312	410	433	318	363	346	361	203
La	6701	6184	5120	7497	6894	5285	7908	6813	7254	7420	8691	11153	12771	11581	4654	4504	4881
Li	1165	1773	2041	1027	1422	1068	1857	1395	1718	1177	1515	1455	1271	2195	1430	1433	345
Lu	57	72	64	77	75	64	69	58	71	72	70	91	88	84	56	62	35
Mg*	2375	2883	3039	1974	2468	2352	2043	1576	2483	1654	1763	1818	1332	1633	2375	2592	393
Mn	161327	166432	184731	146933	202481	167268	170589	167761	252128	200925	212461	217791	156480	198853	161348	166629	235616
Mo	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Nb	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Nd	5051	4941	4353	5522	5362	4157	5620	4724	5506	5372	5931	7681	8278	7141	3800	3795	3675
Ni	1303	1301	1737	1028	1093	1018	1134	969	853	633	945	1227	1009	842	1092	1293	206
P*	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Pb	13413	3846	1954	5220	7858	5754	1752	12729	5907	4190	3479	4202	2262	1436	1273	917	2439
Pr	1012	1008	929	1233	1235	957	1329	1178	1312	1313	1562	1888	2019	1855	861	892	954
Rb	1537	1626	2303	1369	1722	1382	2145	1672	1769	1423	2005	1990	1403	1880	1846	2061	800
Re	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Sb	76	62	59	47	53	53	75	61	60	53	71	71	43	68	54	47	35
Sc	310	295	265	398	380	360	321	319	566	469	457	527	466	545	379	292	325
Se	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200
Sm	1098	1259	1166	1347	1240	1052	1329	950	1190	1157	1229	1570	1651	1463	992	1111	743
Sn	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Sr	189153	234065	254077	179212	210351	198275	225206	228482	249314	230434	221105	206856	238392	228244	200586	195855	60600
Ta	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Tb	170	219	197	224	185	188	196	146	167	163	190	228	251	216	164	184	105
Te	<20	<20	<20	23	39	26	<20	<20	29	21	<20	<20	20	<20	<20	<20	<20
Th	693	820	759	759	953	706	1005	1362	1655	1382	1260	1196	968	1302	489	524	967
Ti*	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tl	104	105	100	69	73	95	64	24	22	24	33	50	38	47	108	113	<5
Tm	64	84	68	90	75	71	82	60	74	68	76	88	96	89	63	66	39
U	1612	1939	1280	1373	927	1859	828	252	403	257	276	359	273	251	1098	1330	317
V	122	178	165	156	<50	<50	51	85	107	109	85	101	96	131	161	169	108
W	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Y	7653	8613	7091	8458	6897	6773	6994	5332	6147	6237	6730	8162	8710	8150	6099	6676	3217
Yb	498	511	452	549	477	425	483	410	523	489	531	602	544	546	355	371	232
Zn	11452	11291	9597	13064	7814	7062	5700	8759	4263	2905	9699	19347	12497	10312	11633	17783	7784
Zr	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20

7.3. İstatiksel Analizler

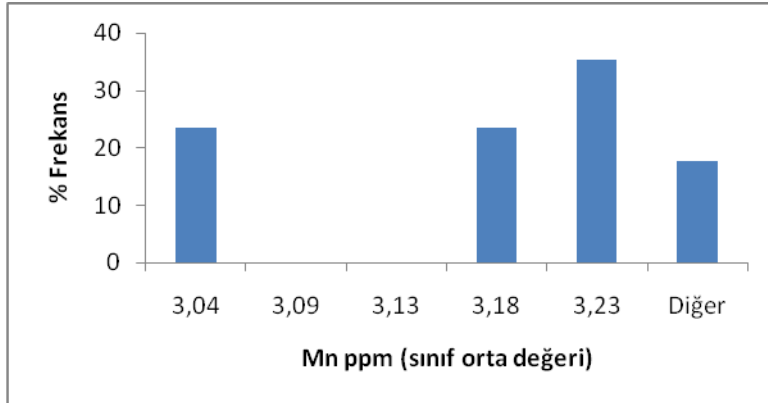
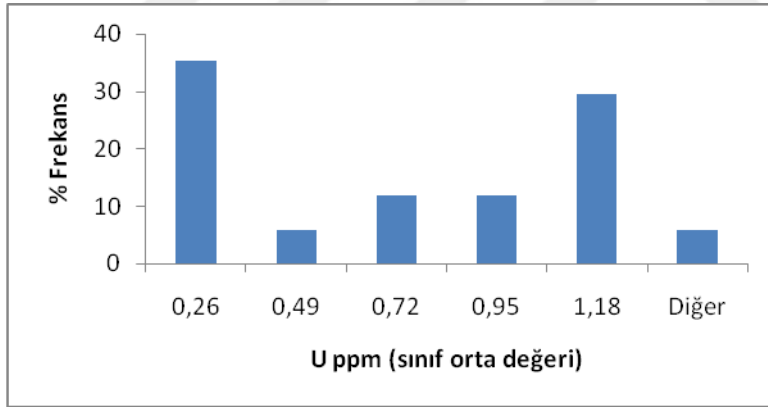
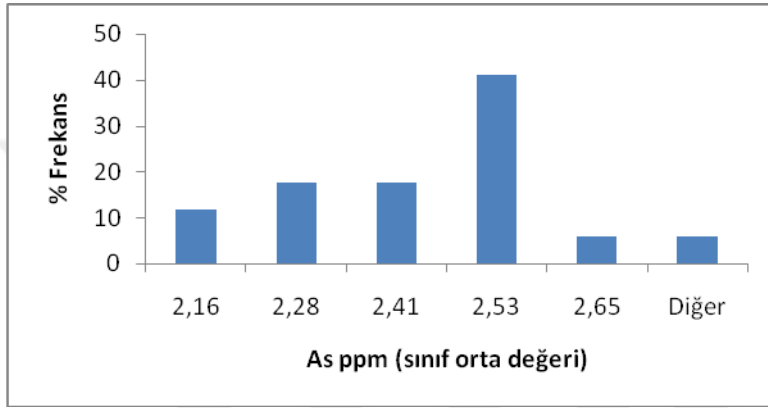
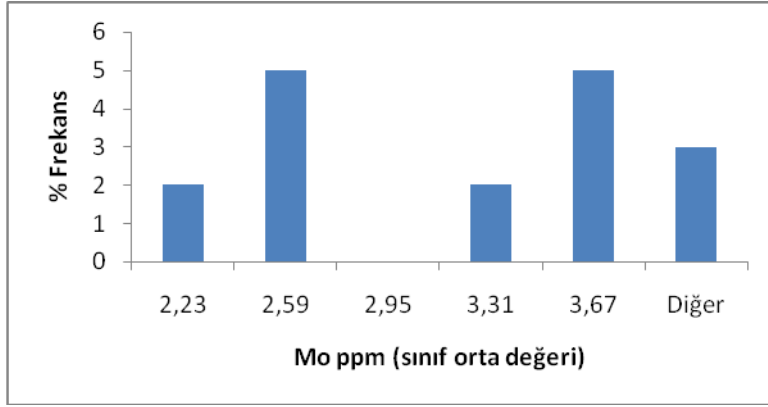
Klasik istatistiksel yöntemlerin büyük çoğunluğu girilen değerlerin normal dağılımlı olduğu varsayımına dayanmaktadır. Normal olarak dağılmamış veriler bu yöntemlerle kullanıldığında, önyargılı ve hatta hatalı sonuçlar verebileceği için çok dikkatli olunması gerekmektedir (Reimann ve Filzmoser, 2005). Jeokimyasal veriler nadiren normal bir dağılım göstermektedir (Reimann ve Filzmoser, 2000). Ahrens (1953)'te jeokimyasal verilerin lognormal bir dağılım gösterdiği öne sürülmüştür ve çoğu yazar tarafından jeokimyasal verilerin lognormalize edilmiş dağılım değerlerine yakın olduğu iddia edilmektedir (Reimann ve Filzmoser, 2000).

Reimann ve Filzmoser (2005)'teki çalışmalarında, jeokimyasal veriler içerisindeki sapmaları belirleyebilmek için farklı yöntemler gözden geçirilmiş ve test edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarında, verilerin normal bir dağılım gösterdiği durumlarda en iyi hesaplama yöntemleri olan ortalama ve standart sapma, jeokimyasal veriler ya da çevresel veriler kullanıldığında idealden oldukça uzak sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur. Jeokimya ve çevre bilimleri veri setlerindeki çarpıklıkların nedeni, örneklerin birden fazla popülasyonu/prosesi temsil etmeleri nedeniyledir. Çoğu durumda, bu tür veriler için en iyi ölçü medyandır. Yaygın bir ölçme yöntemi olarak ortanca değerden mutlak sapmanın (MAD= Median absolute deviation), verilerde sapmaların olduğu durumlara karşı savunmasız olan standart sapmanın yerine kullanılması gerekmektedir (Reimann ve Filzmoser, 2005).

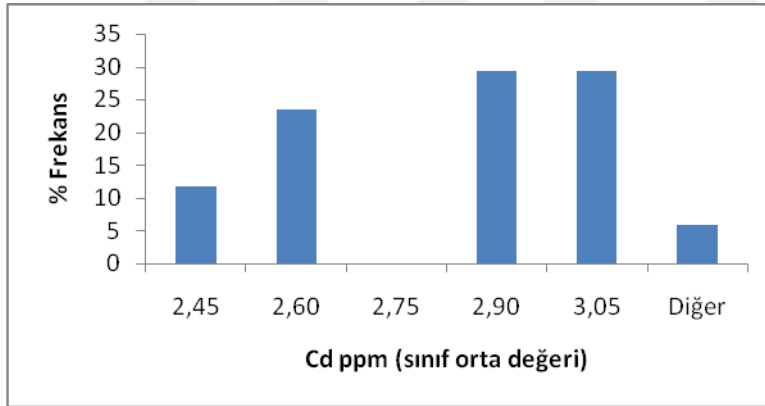
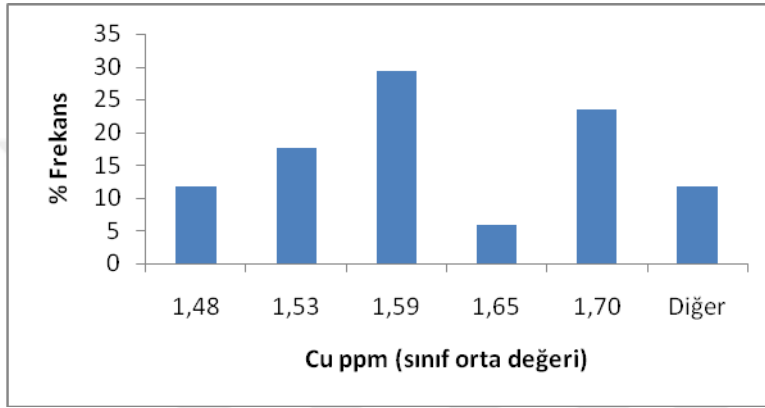
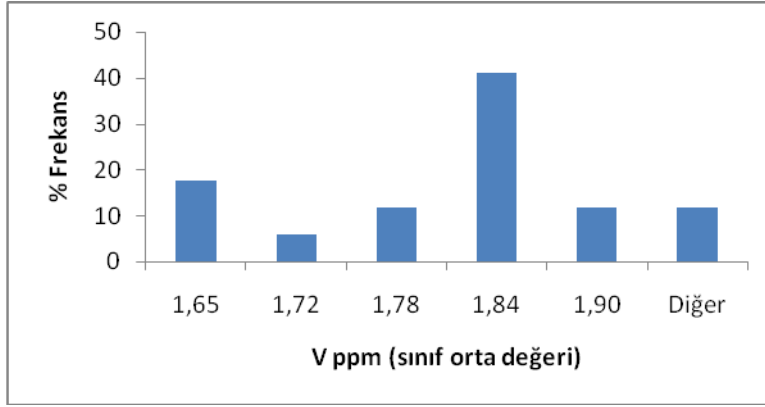
Genellikle sedimanter uranyum yataklarında uranyumla birlikte bulunmaya istekli olan Mo, As, Mn, V, Cu (Wenrich-Verbeek, 1980) elementler ve uranyum için hazırlanmış histogramlarda çoklu ve normal olmayan dağılım gözlenmiştir (Şekil 7.1 ve 7.2). Bu nedenle verilerin logaritmaları alınmış ve ardından eşik değerleri hem ortancadan mutlak sapma (MAD) ve ortanca değerler kullanılarak, hem de standart sapma (SDEV) ve ortalama değerler kullanılarak hesaplanmıştır.

Logaritmaları alınmış değerlerin, MAD yöntemiyle eşik değer hesabı; Eşik Değer (MAD)=(2*antilogortcsap)+antilogortanca formülüyle hesaplanmıştır (Tablo 7.3).

Logaritmaları alınmış değerlerin, SDEV yöntemiyle eşik değer hesabı; Eşik Değer (SDEV)=(2*antilogstdsap)+antilogort formülüyle hesaplanmıştır (Tablo 7.4).



Şekil 7. 1. U, Mo, As ve Mn değerlerine ait histogramlarda iki ayrı dağılım izlenmektedir.



Şekil 7. 2. V, Cu, Cd değerlerine ait histogramlarda histogramlarda iki ayrı dağılım izlenmektedir.

Şekil 7.1 ve Şekil 7.2'deki histogram grafiklerinde iki ayrı dağılım izlenmektedir. Bunlardan nispeten düşük değerlikli grup akarsu ortamı çökellerinden oluşan Kubaca (a) üyesine yakın yerlerden alınmış dere sediment örneklerine (GD- 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16) ait sonuçlardır. Yüksek değerlikli grup ise, koyu-siyah renkli kıltaşı-silttaşı ardalanmasından ve yer yer piritize olmuş silttaşlarının gözlemlendiği Kubaca (b) üyesi üzerinden alınmış dere sediment örneklerine (GD-1, 2, 3, 4, 5, 7, 6, 17, 19, 20) ait sonuçları içermektedir. Tablo 7.3. ve Tablo 7.4'te çalışma alanındaki sediment örneklerine ait element konsantrasyonlarına ait istatistiksel değerler sunulmuştur.

Tablo 7. 3. Dere kumu (AQ)-80 mesh boyutu elementlere ait temel istatistiksel değerleri (ppm) n= 17.

Element ppm. *ppb	Min	Mak	LogMin	LogMak	MAD Eşik Değer =(2*antilog ortcsap)+antilog ortalanca				
					logortalanca	logortc sap	Antilog ortc	Antilog ortsap	MAD eşik değer
Mo*	111,43	7037,16	2,05	3,85	3,13	0,63	1337,98	4,22	1346,42
Cu	4,16	53,69	1,45	1,73	1,56	0,08	36,72	1,21	39,14
Zn	34,10	277,70	2,02	2,44	2,24	0,11	172,30	1,28	174,86
Ag	11,00	312,00	1,38	2,49	2,18	0,41	152,00	2,55	157,10
Ni	5,60	35,10	1,31	1,55	1,39	0,05	24,30	1,12	26,55
Co	5,00	23,40	1,23	1,37	1,30	0,04	19,80	1,09	21,99
Mn	425,00	1772,00	3,02	3,25	3,18	0,06	1510,00	1,16	1512,31
Fe	16300,00	59100,00	4,53	4,77	4,64	0,07	43500,00	1,17	43502,34
As	22,70	519,30	2,10	2,72	2,42	0,16	261,30	1,43	264,16
U	1,41	19,79	0,15	1,30	0,71	0,36	5,07	2,29	9,65
Th*	14600,00	31100,00	4,31	4,49	4,48	0,05	29900,00	1,13	29902,26
Sr	63,20	561,00	2,50	2,75	2,62	0,07	419,90	1,17	422,25
Cd*	70,00	1330,00	2,38	3,12	2,81	0,19	650,00	1,54	653,09
Sb*	1470,00	6640,00	3,52	3,82	3,63	0,07	4290,00	1,17	4292,34
Bi*	230,00	1340,00	3,04	3,13	3,07	0,02	1180,00	1,05	1182,10
V	27,00	85,00	1,62	1,93	1,79	0,07	62,00	1,18	64,37
Ca	21400,00	63300,00	4,61	4,80	4,74	0,05	54600,00	1,11	54602,22
P	270,00	610,00	2,43	2,79	2,63	0,07	430,00	1,17	432,34
La*	23400,00	50600,00	4,39	4,70	4,64	0,09	43400,00	1,24	43402,49
Cr*	8000,00	31000,00	4,36	4,49	4,45	0,04	28000,00	1,09	28002,18
Mg	4500,00	20000,00	4,12	4,30	4,24	0,04	17200,00	1,10	17202,20
Ba*	143800,00	547500,00	5,16	5,74	5,34	0,11	220300,00	1,28	220302,56
Ti	40,00	240,00	1,60	2,20	2,04	0,14	110,00	1,39	112,77
B	10,00	48,00	1,11	1,68	1,34	0,11	22,00	1,30	24,59
Al	7300,00	36200,00	4,33	4,56	4,39	0,05	24500,00	1,11	24502,22
Na	110,00	6350,00	2,30	3,80	2,95	0,43	900,00	2,69	905,37
K	1900,00	4100,00	3,28	3,61	3,48	0,09	3000,00	1,23	3002,46
Sc*	2200,00	13200,00	3,90	4,12	4,00	0,06	10000,00	1,15	10002,29
Ti*	100,00	510,00	2,30	2,71	2,59	0,11	390,00	1,27	392,55
Hg*	30,00	347,00	1,62	2,54	2,21	0,22	161,00	1,67	164,34
Ga*	3200,00	11900,00	3,81	4,08	4,00	0,07	10100,00	1,16	10102,32
Cs*	4380,00	20080,00	4,09	4,30	4,21	0,06	16300,00	1,15	16302,30
Hf*	70,00	160,00	1,85	2,20	2,04	0,10	110,00	1,25	112,50
Nb*	60,00	230,00	1,78	2,08	2,00	0,06	100,00	1,15	102,29
Rb*	15600,00	50600,00	4,28	4,70	4,51	0,09	32700,00	1,24	32702,48
Sn*	800,00	2000,00	2,90	3,30	3,08	0,09	1200,00	1,22	1202,43
Zr*	1900,00	4000,00	3,28	3,59	3,48	0,07	3000,00	1,17	3002,34
Y*	8840,00	25910,00	4,25	4,41	4,33	0,04	21370,00	1,11	21372,21
Ce*	52800,00	110800,00	4,73	5,04	4,97	0,09	93800,00	1,22	93802,45
Be*	1100,00	3700,00	3,28	3,57	3,45	0,05	2800,00	1,13	2802,26
Li*	28400,00	350900,00	4,93	5,55	5,17	0,11	147600,00	1,30	147602,60
Pr*	5920,00	10780,00	3,78	4,03	3,98	0,08	9510,00	1,20	9512,40
Nd*	22320,00	40530,00	4,39	4,61	4,54	0,07	34680,00	1,16	34682,32
Sm*	3560,00	7150,00	3,76	3,85	3,81	0,02	6480,00	1,05	6482,10
Eu*	700,00	1520,00	3,05	3,18	3,12	0,03	1310,00	1,06	1312,13
Gd*	2930,00	6450,00	3,72	3,81	3,77	0,03	5950,00	1,06	5952,12
Tb*	350,00	940,00	2,82	2,97	2,88	0,03	760,00	1,08	762,16
Dy*	1930,00	5320,00	3,58	3,73	3,64	0,04	4390,00	1,09	4392,18
Ho*	310,00	870,00	2,76	2,94	2,85	0,05	700,00	1,11	702,22
Er*	770,00	2710,00	3,25	3,43	3,33	0,04	2160,00	1,10	2162,21
Tm*	80,00	310,00	2,23	2,49	2,40	0,05	250,00	1,13	252,26
Yb*	640,00	2190,00	3,10	3,34	3,25	0,06	1780,00	1,14	1782,29
Lu*	80,00	250,00	2,18	2,40	2,34	0,06	220,00	1,15	222,31

Tablo 7. 4. Dere sediment (AQ) -80 mesh boyutundaki elementlerin bazı temel istatistiksel değerleri (ppm, *=ppb).

Element ppm.*ppb	Min	Mak	LogMin	LogMak	SDEV Eşik Değer=(2*antilog std sap)+antilog ort				
					logortalama	logstd sap	Antilogort	Antilogstdsap	SDEV Eşik değer
Mo*	111,43	7037,16	2,05	3,85	3,02	0,69	1042,62	4,94	1052,50
Cu	4,16	53,69	1,45	1,73	1,59	0,09	38,70	1,24	41,18
Zn	34,10	277,70	2,02	2,44	2,23	0,13	170,83	1,36	173,55
Ag	11,00	312,00	1,38	2,49	2,00	0,45	100,53	2,79	106,12
Ni	5,60	35,10	1,31	1,55	1,41	0,06	25,58	1,16	27,90
Co	5,00	23,40	1,23	1,37	1,30	0,05	19,87	1,12	22,10
Mn	425,00	1772,00	3,02	3,25	3,15	0,08	1428,25	1,20	1430,66
Fe	16300,00	59100,00	4,53	4,77	4,65	0,08	44195,55	1,20	44197,96
As	22,70	519,30	2,10	2,72	2,37	0,18	236,74	1,52	239,78
U	1,41	19,79	0,15	1,30	0,66	0,41	4,60	2,55	9,69
Th*	14600,00	31100,00	4,31	4,49	4,44	0,06	27537,13	1,15	27539,44
Sr	63,20	561,00	2,50	2,75	2,62	0,08	413,74	1,21	416,15
Cd*	70,00	1330,00	2,38	3,12	2,76	0,22	580,77	1,67	584,10
Sb*	1470,00	6640,00	3,52	3,82	3,65	0,08	4425,66	1,21	4428,09
Bi*	230,00	1340,00	3,04	3,13	3,07	0,03	1184,90	1,06	1187,03
V	27,00	85,00	1,62	1,93	1,78	0,09	59,64	1,24	62,12
Ca	21400,00	63300,00	4,61	4,80	4,72	0,06	52929,43	1,14	52931,71
P	270,00	610,00	2,43	2,79	2,61	0,09	411,32	1,22	413,76
La*	23400,00	50600,00	4,39	4,70	4,58	0,11	37676,58	1,29	37679,15
Cr*	8000,00	31000,00	4,36	4,49	4,43	0,04	27144,14	1,10	27146,34
Mg	4500,00	20000,00	4,12	4,30	4,23	0,05	16791,27	1,13	16793,52
Ba*	143800,00	547500,00	5,16	5,74	5,35	0,15	223407,33	1,40	223410,14
Ti	40,00	240,00	1,60	2,20	1,97	0,16	93,38	1,46	96,30
B	10,00	48,00	1,11	1,68	1,32	0,15	20,92	1,40	23,71
Al	7300,00	36200,00	4,33	4,56	4,41	0,06	25587,24	1,15	25589,54
Na	110,00	6350,00	2,30	3,80	2,91	0,50	806,45	3,16	812,77
K	1900,00	4100,00	3,28	3,61	3,46	0,10	2886,08	1,27	2888,63
Sc*	2200,00	13200,00	3,90	4,12	4,01	0,07	10158,94	1,18	10161,31
Tl*	100,00	510,00	2,30	2,71	2,55	0,13	355,56	1,35	358,27
Hg*	30,00	347,00	1,62	2,54	2,17	0,27	146,82	1,86	150,55
Ga*	3200,00	11900,00	3,81	4,08	3,98	0,08	9634,81	1,21	9637,24
Cs*	4380,00	20080,00	4,09	4,30	4,20	0,07	15974,74	1,17	15977,08
Hf*	70,00	160,00	1,85	2,20	2,05	0,12	112,00	1,31	114,63
Nb*	60,00	230,00	1,78	2,08	1,98	0,08	96,22	1,20	98,62
Rb*	15600,00	50600,00	4,28	4,70	4,48	0,11	30294,91	1,30	30297,50
Sn*	800,00	2000,00	2,90	3,30	3,11	0,11	1274,72	1,28	1277,27
Zr*	1900,00	4000,00	3,28	3,59	3,47	0,09	2929,86	1,22	2932,30
Y*	8840,00	25910,00	4,25	4,41	4,33	0,05	21491,48	1,13	21493,74
Ce*	52800,00	110800,00	4,73	5,04	4,92	0,10	83911,87	1,26	83914,39
Be*	1100,00	3700,00	3,28	3,57	3,44	0,07	2759,88	1,18	2762,23
Li*	28400,00	350900,00	4,93	5,55	5,18	0,15	151257,98	1,42	151260,82
Pr*	5920,00	10780,00	3,78	4,03	3,94	0,09	8640,54	1,23	8642,99
Nd*	22320,00	40530,00	4,39	4,61	4,51	0,07	32442,88	1,19	32445,25
Sm*	3560,00	7150,00	3,76	3,85	3,81	0,03	6498,53	1,06	6500,65
Eu*	700,00	1520,00	3,05	3,18	3,12	0,04	1329,99	1,08	1332,16
Gd*	2930,00	6450,00	3,72	3,81	3,77	0,03	5890,63	1,07	5892,78
Tb*	350,00	940,00	2,82	2,97	2,89	0,04	768,64	1,11	770,85
Dy*	1930,00	5320,00	3,58	3,73	3,65	0,04	4451,60	1,11	4453,82
Ho*	310,00	870,00	2,76	2,94	2,86	0,05	722,86	1,13	725,13
Er*	770,00	2710,00	3,25	3,43	3,33	0,05	2138,35	1,13	2140,61
Tm*	80,00	310,00	2,23	2,49	2,39	0,07	243,11	1,17	245,45
Yb*	640,00	2190,00	3,10	3,34	3,24	0,08	1731,87	1,19	1734,25
Lu*	80,00	250,00	2,18	2,40	2,31	0,08	204,21	1,19	206,59

Eşik etki değeri (TEL), olası etki seviyesi (PEL), en düşük etki değeri (LEL), minimal etki eşik değeri (MET), düşük etki aralığı (ERL), eşik etki konsantrasyonu (TEC), ve olası etki konsantrasyonu (PEC) gibi sediman kalite kriterlerini tanımlayabilmek için MacDonald vd., (2000) ve Persaud vd., (1993)'de ortaya konmuş sonuçlar kullanılmıştır (Tablo 7.5).

Tablo 7. 5. Dere kumlarındaki bazı metallerin, ortalama değerleriyle sediment kalite kriterleri değerleri olan, Eşik etki değeri (TEL), olası etki seviyesi (PEL), en düşük etki değeri (LEL), minimal etki eşik değeri (MET), düşük etki aralığı (ERL), eşik etki konsantrasyonu (TEC) ve olası etki konsantrasyonu (PEC) arasındaki karşılaştırma.

	AQ ORTANCA	LH ORTANCA	Eşik etki yoğunluğu					Sediment Kalite Değerlendirme Kriterleri	
			PEL	TEL	LEL	MET	ERL	PEC	TEC
As	240,05	0,93	17	5,9	6	7	33	33	9,8
Cd	0,65	0,33	3,53	0,6	0,6	0,9	5	1	5
Cr	27,2	-	90	37,3	26	55	80	43	110
Cu	36,23	0,21	197	35,7	16	28	70	32	150
Pb	-	0,46	91,3	35	31	42	35	36	130
Ni	24,25	0,32	36	18	16	35	30	23	49
Zn	171,35	9,7	315	123	120	150	120	120	460
Hg	0,154	0,01	0,486	0,174	0,2	0,2	0,15	1,06	0,18
Ag	0,121	4	-	-	-	-	-	1,1	2,2
Co	19,75	0,47	-	-	-	-	-	50	-
Ba	216,7	99,51	-	-	-	-	-	60	60
U	5,07	0,8	-	-	-	-	-	-	-

7.4. Dere Sedimentleri Analitik Bulgularını Tartışma

Uranyumun jeokimyasal araştırmalarında en çok kullanılan örnekleme türlerinden biri de dere sedimentleridir. Jeokimyasal örnekleme uygulaması oksidasyon koşulları altında U^{+6} valans değerinde bulunan uranyumun yüksek çözünürlülüğü bilgisinden yola çıkılarak yapılmaktadır. Ortaç- yüksek eğimli bölgelerde, suların uranyum içeriği yüksek olması halinde bile, dere sedimentleri, önemli oranda uranyumun adsorbsiyonu için, yeterli fırsata sahip değildir (Wenrich-Verbeek, 1980). Boyle (1982)'e göre, uranyumun dere sedimentlerine eklenmesi, oksidize şartlar altında, şu durumlarda gelişebilir; 1.Çözülemez uranyum minerallerinin (fosfat, arsenat, ve vanadat grupları içerisindeki) çökmesi. 2. Çözülemez hidroksitler (Fe, Mn gibi) tarafından uranyumun adsorbsiyonu, 3. Organik maddelerce uranyumun çökeltmesi (indirgen ortam koşullarında).

Uranyumun hareketliliği oldukça yüksektir. Oksidize olmuş yer altı suları içerisindeki uranyumun konsantrasyonu, onu besleyen kaynak kayaç içerisindeki uranyum konsantrasyonuna yaklaşık olarak erişmek eğilimindedir. Uranyum, karbonatlar, sülfatlar ve kloritler gibi minerallerin çökelişi esnasında onlarla birlikte çökmez. Dağınık (dispers) haleler halinde yer altı suyu içerisinde çözülmüş olan uranyum çözelti

içerisinde kilometrelerce taşınabilir, duraylı kalabilir ve çözeltide kalmaya isteklidir (Szecsody vd., 2013).Tüm bunlara rağmen, uranyumun çözeltiden adsorbsiyon ve/yada çökelme yoluyla dere sedimentlerine eklenmesi, uranyum miktarına detritik minerallerin katkısı ile karşılaştırıldığında olasılıkla çoğu durum için küçük öneme sahiptir (LH analitik sonuçları bu fikri desteklemektedir).

Jeokimyasal bulgular, litolojik veriler ile değerlendirildiğinde, ortamdaki karbonat kaynağı, Kubaca (a) üyesi içinde bulunan silisifiye kireçtaşları, ortamdaki Fe'in kaynağı, Kubaca (b) üyesinde yeralan, silttaşı ara seviyeleri içerisindeki saçınımlı piritler; ortamdaki fosforun kaynağı, granitoidlerin ayrışması sonucu taşınan apatitler, ortamın pH ve Eh koşullarına bağlı olarak, uranyumun farklı formlarda bileşik oluşturmaya olanak sağlamaktadır.

Elementler arasındaki ilişkiyi sayısal olarak ifade edebilmek için, dere sediment örneklerine ait sonuçların korelasyonu yapılmış ve veriler Tablo 7.6 ve Tablo 7.7'de verilmiştir. Bunun yanında, elementler arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için çeşitli diyagramlar kullanılmıştır.

Dere sediment örneklerinde, uranyum ve toryum ile NTE'ler arasındaki korelasyon şu şekildedir; Uranyum, La ($r = -0,59$), Ce ($r = -0,58$), Pr ($r = -0,58$), Nd ($r = -0,53$) ile negatif korelasyona sahipken toryum bu elementlerle $>0,80$ oranında pozitif korelasyona sahip görünmektedir. Sm, $r = 0,03$ oranında düşük bir korelasyona sahipken Th'la $r = 0,84$ oranında yüksek bir pozitif korelasyona sahiptir (Tablo 7.6). Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu gibi NTE'ler dere sediment örnekleri içerisinde uranyumla Th'a göre, daha yüksek pozitif korelasyon oranlarına sahiptirler (Tablo 7.6). Uranyum ile Th ($r = -0,24$), Ga ($r = -0,26$), Hf ($r = -0,68$), Nb ($r = -0,34$), Rb ($r = -0,36$), Sn ($r = -0,38$), Zr ($r = -0,73$), Ce ($r = -0,58$), Li ($r = -0,04$), Pr ($r = -0,58$), Nd ($r = -0,53$) arasında negatif korelasyon vardır. Toryumla bu elementler arasında ise, Nb hariç pozitif korelasyon vardır (Tablo 7.6). Tablo 7.6 U ile Y ve NTE arasındaki $r = > 0.50$ pozitif korelasyon ilişkisi, kaynağın granitik kayalar olduğu fikrini desteklemektedir.

U ile Zr arasındaki yüksek negatif ($r = -0.73$) ve Zr ile Th arasındaki zayıf pozitif ($r = 0.16$) korelasyonun varlığı uranyumun çözelti içerisinde kaynaktan uzun mesafe taşındığını ancak toryumun zirkona daha yakın alanlarda zenginleşmiş olabileceğini düşündürmektedir. Zr ve Th iyonik potansiyel değerlerinin yakın olması bu fikri desteklemektedir. Ti, hem uranyum ($r = -0,69$) hem de toryumla ($r = -0,10$) negatif bir

korelasyon göstermektedir (Tablo 7.6). Tablo 7.6' ve tablo 7.7'de U ile Hg ve Cs arasında $r = > 0.50$ pozitif korelasyon ilişkisi görülmektedir. Bu durum, uranyum zenginleşmeleri üzerinde kıtasal kabuk etkisinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Sodyum ($r = 0,51$) ve demir ($r = 0,60$), U ile pozitif korelasyona sahipken, Th ile negatif korelasyon (Na: $r = -0,17$, Fe: $r = -0,01$) göstermektedir (Tablo 7.6). Potasyum ($r = -0,59$), magnezyum ($r = -0,14$) ve fosfor ($r = -0,05$) ise U ile negatif korelasyon gösterirken, Th ile pozitif korelasyona (K: $r = 0,63$, Mg: $r = -0,14$, P: $r = 0,71$) sahiptir (Tablo 7.6). Kalsiyum, uranyumla çok düşük bir korelasyona sahipken ($r = 0,05$), Th'la, U'a göre, yüksek bir pozitif korelasyona sahiptir ($0,58$) (Tablo 7.6). Al, hem uranyum ($r = 0,16$) hem de toryumla ($r = 0,46$) pozitif bir korelasyon göstermektedir (Tablo 7.6).

V, Th'la çok düşük bir pozitif korelasyona sahiptir ($0,03$). Uranyumla ise, Th'a göre yüksek bir pozitif korelasyona sahiptir ($0,43$) (Tablo 7.7). V elementi, U, Cu, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, Fe, S, Sn, B, ile $r > 0,7$ oranında yüksek bir pozitif korelasyona sahiptir. Au, V ile ($0,41$) oranında pozitif korelasyona sahiptir. Kayaçların bozuşması sırasında vanadyum vanadik asit olarak göç eder ve kolayca kil mineralleri ve oksid-hidroksitler içerisinde konsantre olur (Boyle, 1982).

Tablo7. 6. Dere sediment örneklerindeki bazı elementlerin AQ çözündürme yöntemiyle elde edilen içeriklerine ait, Pearson korelasyon değerleri .

	La	Ga	Cs	Hf	Nb	Rb	Sn	Zr	Y	Ce	In	Be	Li	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Ca	P	Mg	Ti	Al	Na	K
La	1,00																															
Ga	0,74	1,00																														
Cs	0,15	0,35	1,00																													
Hf	0,56	0,26	-0,43	1,00																												
Nb	-0,23	-0,44	-0,75	0,39	1,00																											
Rb	0,75	0,78	0,13	0,66	-0,18	1,00																										
Sn	0,78	0,73	0,15	0,54	-0,03	0,81	1,00																									
Zr	0,54	0,19	-0,55	0,88	0,60	0,57	0,62	1,00																								
Y	-0,08	0,41	0,79	-0,53	-0,69	0,16	0,05	-0,58	1,00																							
Ce	0,99	0,76	0,15	0,53	-0,22	0,73	0,78	0,52	-0,06	1,00																						
In	-0,20	0,17	0,73	-0,50	-0,72	0,01	-0,18	-0,66	0,79	-0,19	1,00																					
Be	0,35	0,69	0,65	-0,20	-0,57	0,47	0,43	-0,23	0,65	0,37	0,48	1,00																				
Li	0,49	0,80	0,29	0,30	-0,21	0,85	0,79	0,31	0,47	0,50	0,19	0,68	1,00																			
Pr	0,99	0,75	0,13	0,56	-0,23	0,78	0,76	0,54	-0,07	0,98	-0,16	0,37	0,53	1,00																		
Nd	0,97	0,81	0,15	0,55	-0,27	0,83	0,81	0,52	0,01	0,96	-0,11	0,46	0,62	0,98	1,00																	
Sm	0,67	0,77	0,71	0,03	-0,77	0,61	0,47	-0,12	0,62	0,66	0,43	0,72	0,56	0,67	0,69	1,00																
Eu	0,14	0,60	0,76	-0,37	-0,67	0,35	0,19	-0,46	0,92	0,16	0,66	0,78	0,57	0,15	0,22	0,75	1,00															
Gd	0,12	0,56	0,83	-0,41	-0,78	0,26	0,17	-0,52	0,94	0,13	0,74	0,71	0,49	0,13	0,20	0,77	0,90	1,00														
Tb	0,00	0,47	0,75	-0,38	-0,66	0,27	0,11	-0,48	0,96	0,02	0,78	0,69	0,53	0,01	0,09	0,67	0,94	0,92	1,00													
Dy	-0,02	0,51	0,78	-0,43	-0,70	0,26	0,09	-0,57	0,95	0,01	0,77	0,73	0,53	0,00	0,08	0,65	0,94	0,92	0,94	1,00												
Ho	-0,07	0,44	0,75	-0,50	-0,65	0,18	0,07	-0,56	0,98	-0,05	0,78	0,63	0,50	-0,06	0,03	0,59	0,92	0,92	0,95	0,94	1,00											
Er	-0,02	0,45	0,86	-0,44	-0,69	0,23	0,12	-0,55	0,97	0,00	0,83	0,71	0,52	-0,01	0,06	0,64	0,91	0,94	0,94	0,96	0,96	1,00										
Tm	-0,13	0,40	0,72	-0,60	-0,68	0,03	0,01	-0,66	0,93	-0,09	0,73	0,57	0,38	-0,14	-0,07	0,52	0,83	0,88	0,87	0,90	0,91	0,89	1,00									
Yb	-0,07	0,43	0,73	-0,45	-0,58	0,18	0,17	-0,47	0,96	-0,04	0,70	0,65	0,55	-0,07	0,02	0,56	0,87	0,91	0,94	0,89	0,94	0,94	0,90	1,00								
Lu	-0,14	0,37	0,79	-0,60	-0,62	0,04	0,06	-0,63	0,92	-0,10	0,72	0,72	0,44	-0,14	-0,06	0,51	0,84	0,88	0,86	0,91	0,89	0,94	0,93	0,92	1,00							
Ca	0,42	0,42	0,56	-0,36	-0,77	0,09	0,10	-0,38	0,50	0,43	0,43	0,41	0,07	0,40	0,39	0,73	0,54	0,62	0,49	0,42	0,48	0,44	0,51	0,42	0,40	1,00						
P	0,58	0,30	0,20	0,03	-0,39	0,16	0,21	-0,02	-0,17	0,58	-0,10	0,38	-0,06	0,56	0,52	0,47	0,06	0,02	-0,10	-0,07	-0,20	-0,13	-0,12	-0,24	-0,08	0,54	1,00					
Mg	0,67	0,86	0,43	0,19	-0,70	0,73	0,54	0,02	0,46	0,67	0,43	0,66	0,66	0,69	0,74	0,82	0,59	0,60	0,52	0,54	0,46	0,50	0,43	0,43	0,38	0,60	0,40	1,00				
Ti	0,28	-0,16	-0,75	0,76	0,81	0,22	0,31	0,89	-0,83	0,27	-0,83	-0,54	-0,06	0,28	0,22	-0,45	-0,72	-0,82	-0,75	-0,81	-0,79	-0,81	-0,85	-0,74	-0,84	-0,55	-0,05	-0,34	1,00			
Al	0,33	0,81	0,56	0,05	-0,54	0,69	0,50	-0,10	0,74	0,34	0,55	0,72	0,84	0,36	0,45	0,69	0,79	0,78	0,77	0,84	0,76	0,79	0,68	0,73	0,68	0,25	-0,09	0,75	-0,45	1,00		
Na	-0,30	0,17	0,35	-0,17	-0,10	0,29	0,13	-0,17	0,63	-0,30	0,46	0,42	0,61	-0,24	-0,15	0,11	0,53	0,48	0,60	0,65	0,64	0,67	0,50	0,65	0,62	-0,27	-0,58	0,11	-0,34	0,64	1,00	
K	0,73	0,62	-0,15	0,78	-0,08	0,90	0,61	0,65	-0,12	0,70	-0,13	0,17	0,58	0,77	0,78	0,44	0,08	-0,01	0,01	0,00	-0,09	-0,06	-0,24	-0,14	-0,29	0,06	0,19	0,65	0,39	0,45	0,01	1,00

Ag, Th'la negatif korelasyona sahiptir (-0,30). U'la ise pozitif korelasyona sahiptir (0,85). Ag elementi, U, Cu, Zn, Ni, Co, Mn, Fe, Au, S, Sn, B, V ile pozitif korelasyona sahiptir (Tablo 7.7).

Uranyumla, Sr arasında ($r= 0,65$) oranında pozitif korelasyon görülmektedir ve Th'la Sr arasında (0,26) oranında U'a göre, daha düşük bir pozitif korelasyon mevcuttur. Stronsiyum, hem oksidize şartlar altında hemde indirgen koşullarda hareketliliği yüksek bir element olarak bilinir. Dere sedimentlerinde yüksek stronsiyum oranı (medyan: 416,25 ppm) uranyum yatağı için anahtar bir önem arzedebilir (Boyle, 1982) (Tablo 7.7).

Mn, uranyumla $r=0,41$ oranında pozitif bir korelasyona sahipken, Th ile $r=0,25$ oranında daha düşük bir pozitif korelasyona sahiptir (Tablo 7.7). Co ile U arasında, $r=0,40$ oranında pozitif bir korelasyona sahipken, Th ile $r=0,31$ oranında daha düşük bir pozitif korelasyona sahiptir (Tablo 7.7). Sb ile U arasında, $r=0,55$ oranında pozitif bir korelasyona sahipken, Th ile $r=0,13$ oranında daha düşük bir pozitif korelasyona sahiptir (Tablo 7.7).

Uranyum büyük iyonik yarıçapı ve üst kıtasal kabukta konsantre olması nedeniyle uyumsuz bir elementtir. Uranyum granitler, pegmatitler ve özellikle peralkaline kayalar içerisinde Th, Zr, Ti, Nb, Ta ve NTE'lerle birlikte bulunur (Cuney, 2009). Diğer ortamlar içerisinde uranyum, çoklu oksidasyon durumlarında oluşabilen Mo, V, As, ve Cu gibi redoks tepkimelerine duyarlı elementlerle bir arada olmaya isteklidir (Kyser ve Cuney, 2009). As, Se, Mo, Cu ve V elementleri, genellikle sedimanter uranyum yataklarında uranyumla birlikte bulunurlar (Wenrich-Verbeek, 1980). Boyle (1982)'de S, V, Cu, Se, Mo ve Ba elementlerinin kumtaşı tipi uranyum yataklarında zenginleşmelerinin yüksek bir frekans sergilediklerini ileri sürmektedir. Mn, Co, As, V, Re ve NTE ler, çoğu uranyum cevher yatağında gözlemlendiği gibi, uranyumla genel bir birliktelik sunarlar (Boyle, 1982).

İnceleme alanından toplanan dere sediment örneklerinde uranyum ile Mo, Mn, Co, As, Ba ve V elementleri arasında pozitif korelasyon görülmektedir. Bunun nedeni olasılıkla bu elementlerin kuvvetli asitler olarak da davranan iyonlar oluşturmaları ve aynı kaynaktan türemiş olmalarıdır. Taşınma sürecinde, benzer kimyasal özellikleri nedeniyle birlikte hareket edebilmeleri çökelme sürecinde de etkili olmalıdır.

Tablo7. 7. Dere sediment örneklerindeki bazı elementlerin AQ çözdürme yöntemiyle elde edilen içeriklerine ait, Pearson korelasyon değerleri .

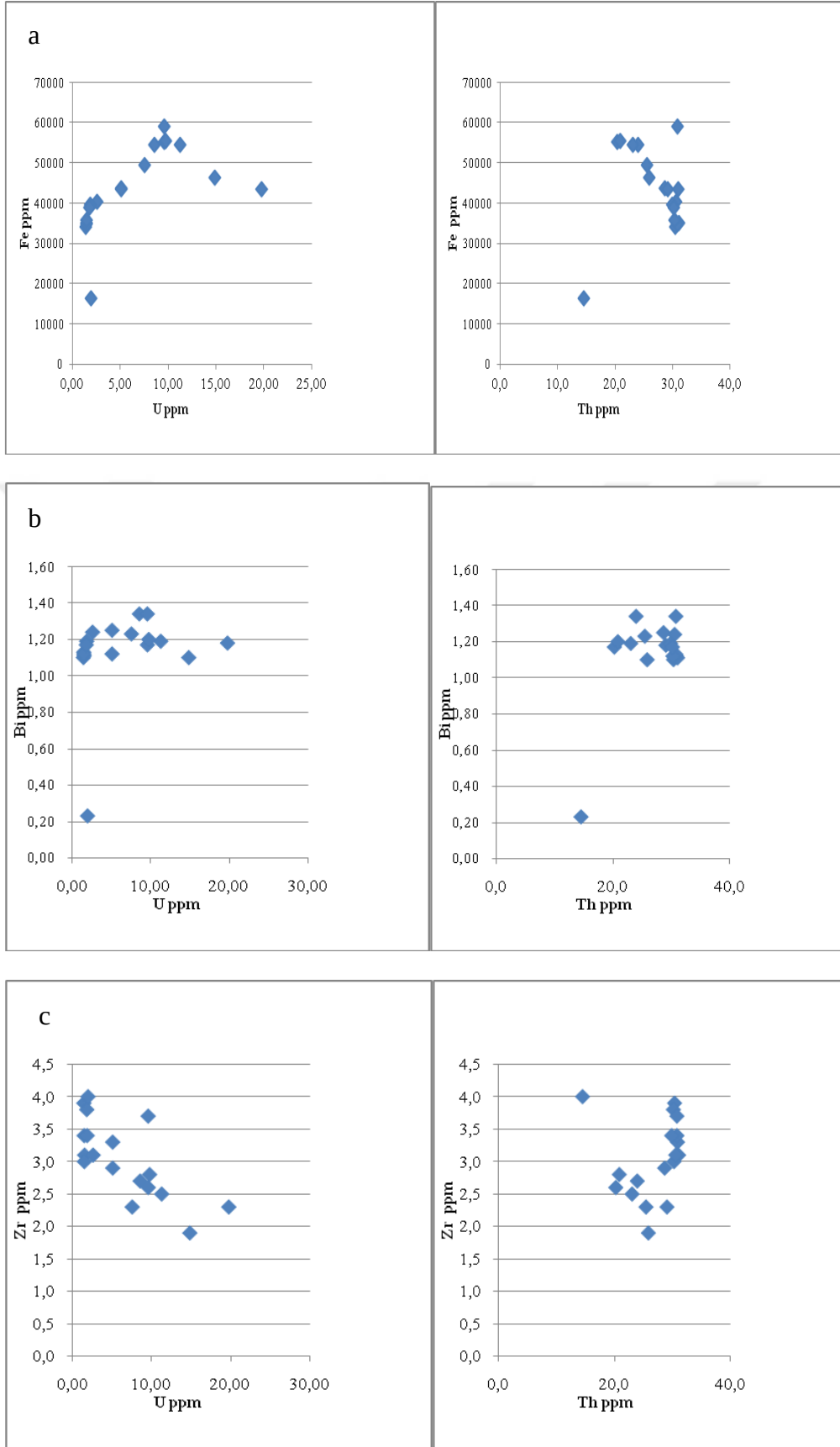
	U	Th	Mo	Cu	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	Au	Sr	Cd	Sb	Bi	Ba	V	B	W	Sc	Tl	Hg	Te
U	1,00																							
Th	-0,24	1,00																						
Mo	0,66	-0,43	1,00																					
Cu	0,60	0,00	0,78	1,00																				
Zn	0,49	0,03	0,62	0,79	1,00																			
Ag	0,85	-0,30	0,85	0,77	0,67	1,00																		
Ni	0,40	0,13	0,62	0,91	0,69	0,58	1,00																	
Co	0,40	0,31	0,57	0,90	0,78	0,59	0,95	1,00																
Mn	0,41	0,25	0,46	0,77	0,79	0,56	0,79	0,91	1,00															
Fe	0,60	-0,01	0,84	0,95	0,78	0,83	0,88	0,90	0,81	1,00														
As	0,70	-0,15	0,69	0,77	0,68	0,92	0,67	0,70	0,70	0,85	1,00													
Au	0,45	0,20	0,33	0,55	0,57	0,48	0,47	0,55	0,48	0,52	0,63	1,00												
Sr	0,65	0,21	0,68	0,89	0,74	0,75	0,78	0,85	0,73	0,89	0,77	0,64	1,00											
Cd	0,48	-0,17	0,68	0,75	0,95	0,72	0,62	0,68	0,73	0,77	0,74	0,58	0,66	1,00										
Sb	0,55	0,13	0,60	0,71	0,59	0,76	0,69	0,75	0,65	0,81	0,87	0,71	0,78	0,62	1,00									
Bi	0,26	0,57	0,33	0,75	0,65	0,44	0,78	0,91	0,81	0,76	0,62	0,64	0,82	0,56	0,77	1,00								
Ba	0,30	-0,02	0,12	0,21	0,21	0,50	0,22	0,28	0,41	0,33	0,72	0,45	0,25	0,34	0,61	0,35	1,00							
V	0,43	0,03	0,73	0,80	0,70	0,71	0,75	0,84	0,87	0,92	0,77	0,41	0,77	0,72	0,74	0,73	0,40	1,00						
B	-0,19	0,43	0,25	0,21	0,03	-0,06	0,31	0,35	0,17	0,31	-0,10	-0,07	0,32	-0,08	0,17	0,38	-0,34	0,37	1,00					
W	-0,43	-0,34	-0,54	-0,89	-0,72	-0,55	-0,83	-0,90	-0,81	-0,85	-0,64	-0,56	-0,91	-0,63	-0,64	-0,89	-0,17	-0,76	-0,36	1,00				
Sc	0,55	0,22	0,66	0,93	0,80	0,64	0,88	0,93	0,84	0,90	0,64	0,46	0,89	0,66	0,61	0,78	0,08	0,79	0,36	-0,90	1,00			
Tl	0,66	-0,11	0,79	0,91	0,72	0,80	0,83	0,85	0,84	0,93	0,79	0,43	0,78	0,72	0,69	0,64	0,32	0,89	0,12	-0,76	0,87	1,00		
Hg	0,60	-0,14	0,52	0,62	0,85	0,78	0,48	0,55	0,62	0,64	0,81	0,57	0,62	0,86	0,61	0,46	0,55	0,53	-0,31	-0,49	0,56	0,58	1,00	
Te	0,12	0,53	0,05	0,43	0,39	0,16	0,40	0,51	0,40	0,36	0,28	0,54	0,42	0,34	0,52	0,68	0,11	0,26	0,05	-0,52	0,40	0,32	0,24	1,00

Tablo 7.7’de görüldüğü üzere, U ile bir çok metalin (Mo, Zn, Ag, Fe, Au) ($r>0,50$) pozitif korelasyon sunması aynı kaynak kayaçtan türemiş olduğunu düşündürmektedir. Uranyum, Bi (0,26) hariç diğer tüm elementlerle, Th’ göre, daha yüksek korelasyon oranına sahiptir. Th, Bi ile uranyuma göre daha yüksek bir pozitif korelasyona (0,57) sahiptir.

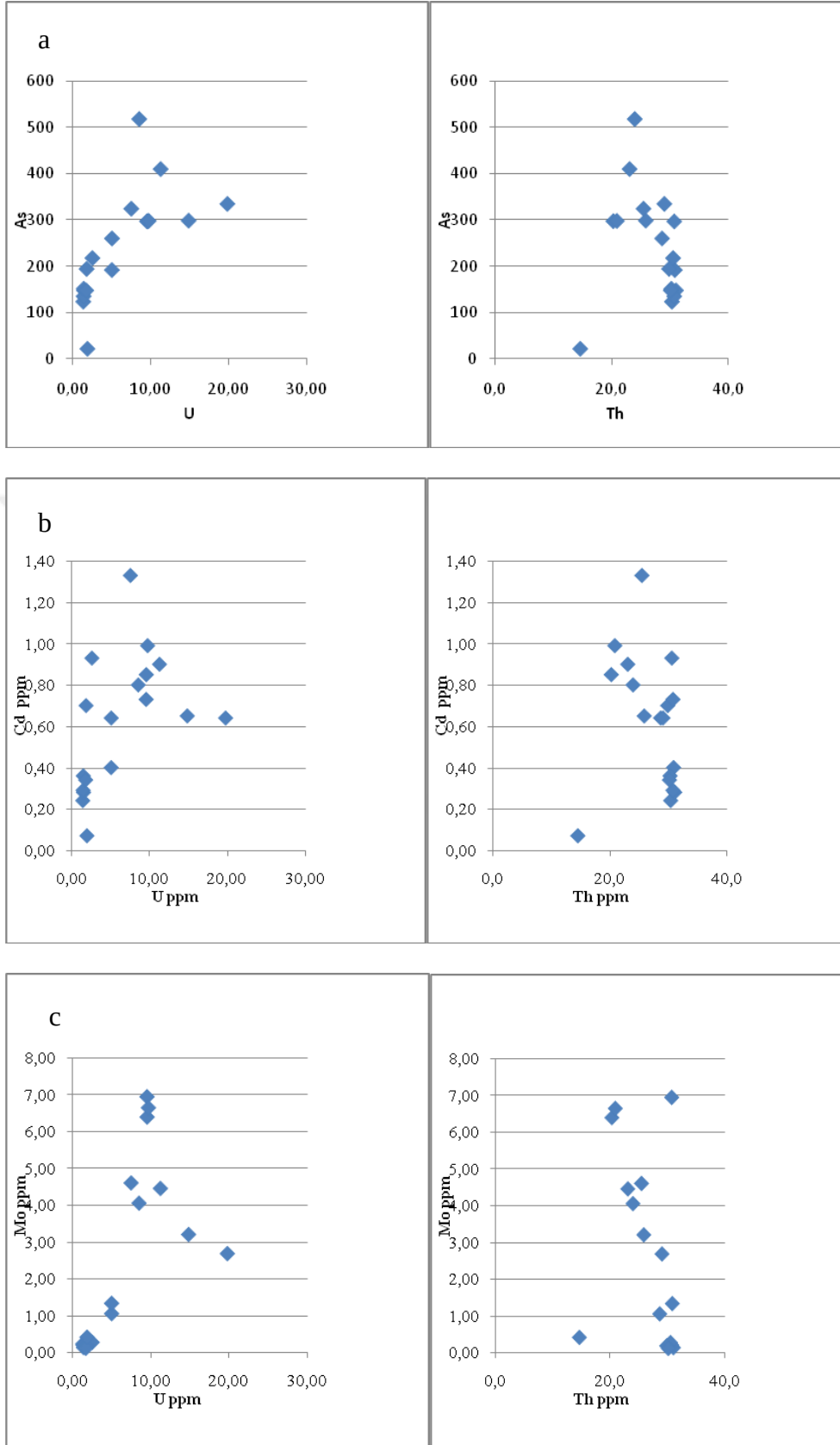
As, Th’la negatif korelasyona sahiptir (-0,15). U’la ise pozitif korelasyona sahiptir (0,70). As elementi, U, Mo, Cu, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, Fe, Au, S, Cd, Sn, B, V ile pozitif korelasyona sahiptir (Tablo 7.7). Cd, Th’la negatif korelasyona sahiptir (-0,17). U’la ise pozitif korelasyona sahiptir (0,48). Cd elementi, U, Mo, Cu, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, Fe, Au, S, Sn, B, V ile pozitif korelasyona sahiptir (Tablo 7.7). Mo, Th’la negatif korelasyona sahiptir (-0,43). U’la ise pozitif korelasyona sahiptir (0,66). Mo elementi, U, Cu, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, Fe, Au, S, Sn, B, V ile pozitif korelasyona sahiptir (Tablo 7.7).

Ortalama üst kabuk bolluk değerleri (average upper crustal abundance (AUCA)) Taylor ve McLennen (1985)’de uranyum için 2,8 ppm ve toryum için 10,7 ppm olarak verilmiştir. İnceleme alanındaki dere sediment örneklerinde ortalama U içeriğinin 6,09 ppm ve ortalama Th içeriğinin 27,06 ppm’dir. Bu da dere sediment örneklerinin U ve Th içeriklerinin ortalama üst kabuk bolluk değerlerinin üzerinde olduklarını göstermektedir.

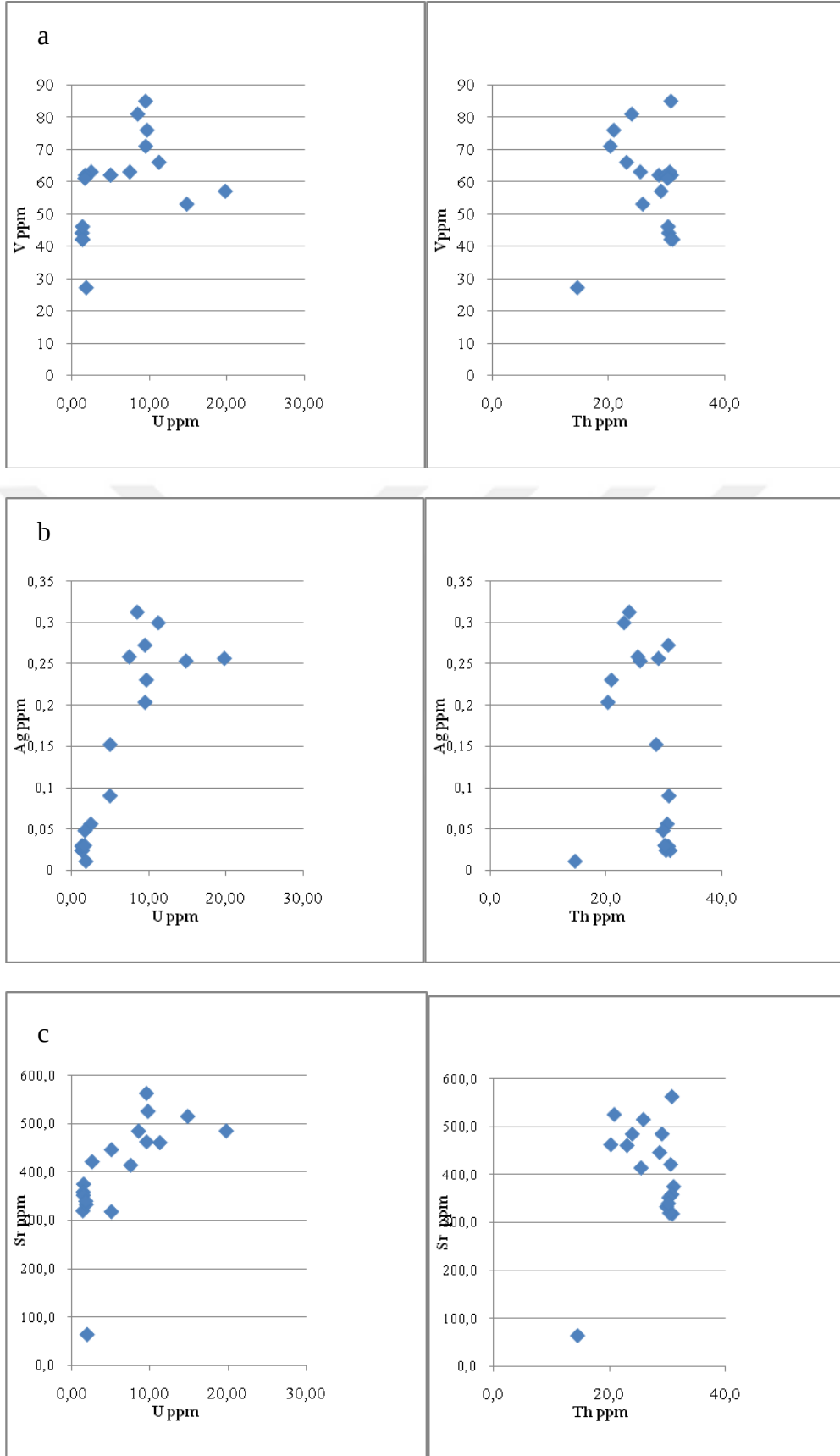
İnceleme alanındaki dere sediment örneklerinde; Uranyum ve Fe arasındaki pozitif doğrusal bir ilişki görülmektedir (Şekil 7.3). Şekil 7.4’te Uranyum ile Cd, Mo, ve As arasındaki pozitif doğrusal ilişki görülmektedir. Şekil 7.5’te Uranyum ile Ag ve Sr arasındaki pozitif doğrusal ilişki görülmektedir. Aynı elementlerin toryumla ilişkisi ise negatif yönde doğrusal olarak izlenmektedir. Zr ise, uranyumla negatif doğrusal ilişki gösterirken toryumla pozitif doğrusal ilişki göstermektedir. Şekil 7.6’da Sb, Co ve Mn uranyumla arasındaki pozitif doğrusal ilişki görülürken, aynı elementlerle Th arasında negatif yönde doğrusal ilişki izlenmektedir.



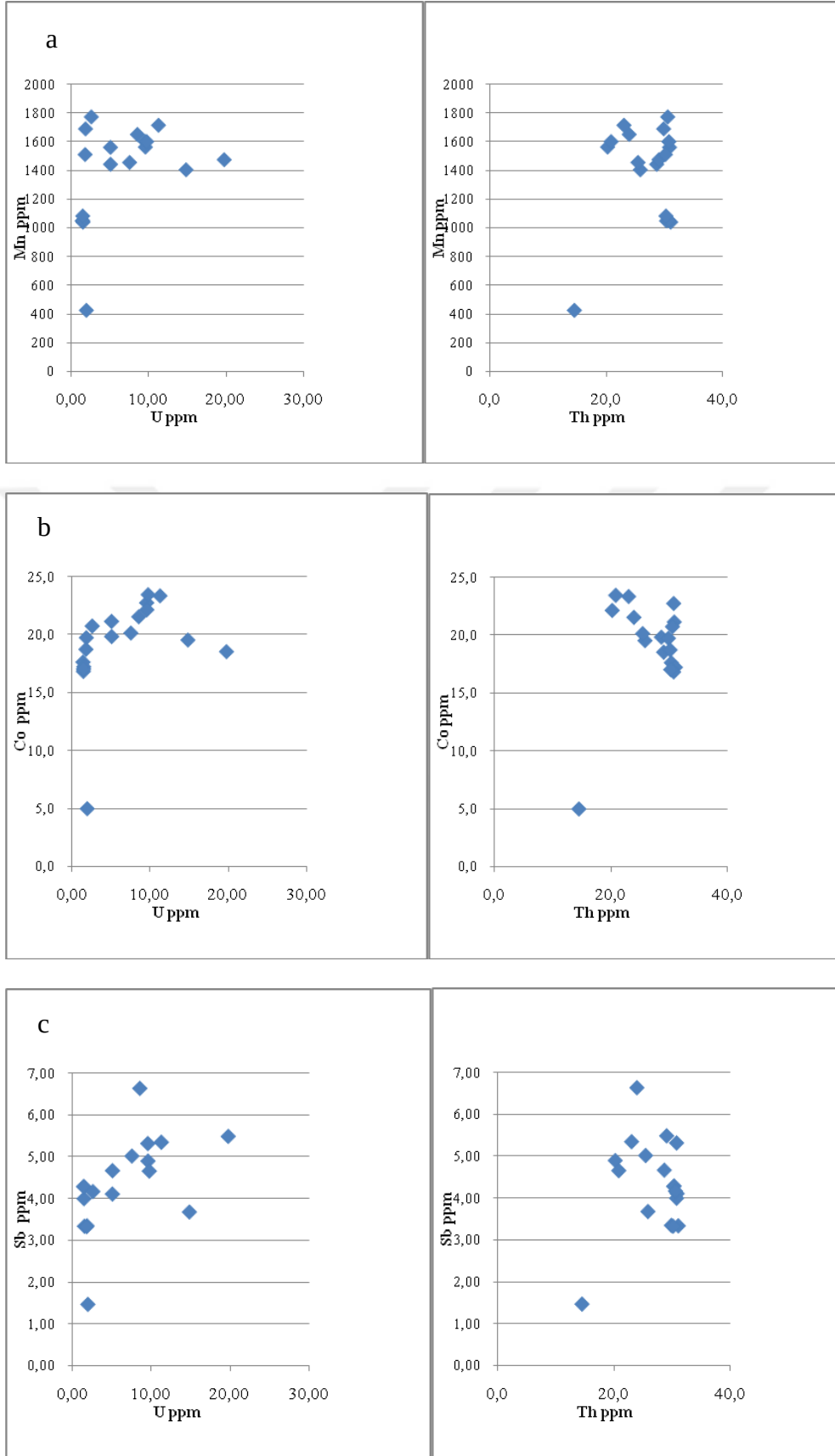
Şekil 7. 3. a) U - Fe ile Th- Fe arasındaki ilişki. b) U - Bi ile Th-Bi arasındaki ilişki c) U-Zr ile Th-Zr arasındaki ilişki.



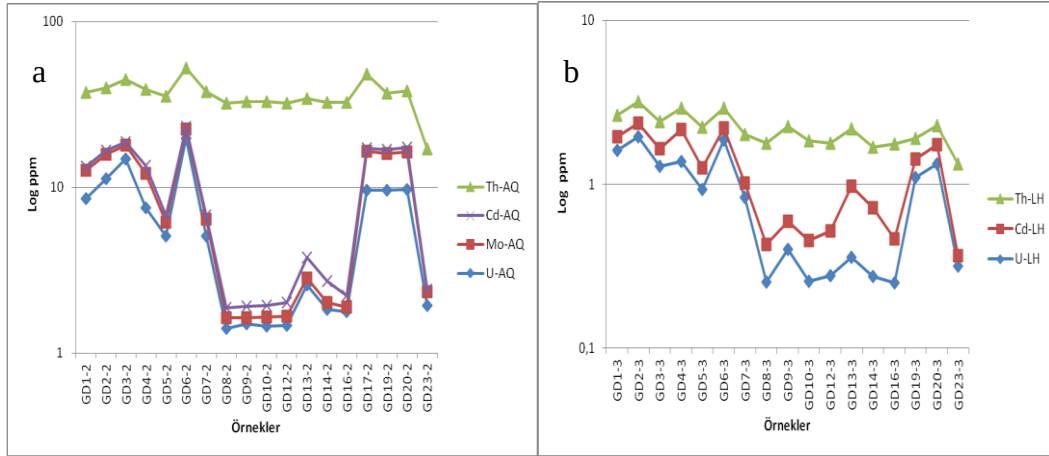
Şekil 7. 4. a) Th - As ile U- As arasındaki ilişki. b) U - Cd ile Th- Cd arasındaki ilişki c) U- Mo ile Th- Mo arasındaki ilişki.



Şekil 7.5 . a) U - V ile Th- V arasındaki ilişki b) U - Ag ile Th- Ag arasındaki ilişki c) U- Sr ile Th- Sr arasındaki ilişki.



Şekil 7. 6. a) U - Mn ile Th- Mn arasındaki ilişki b) U - Co ile Th- Co arasındaki ilişki c) U - Sb ile Th- Sb arasındaki ilişki.

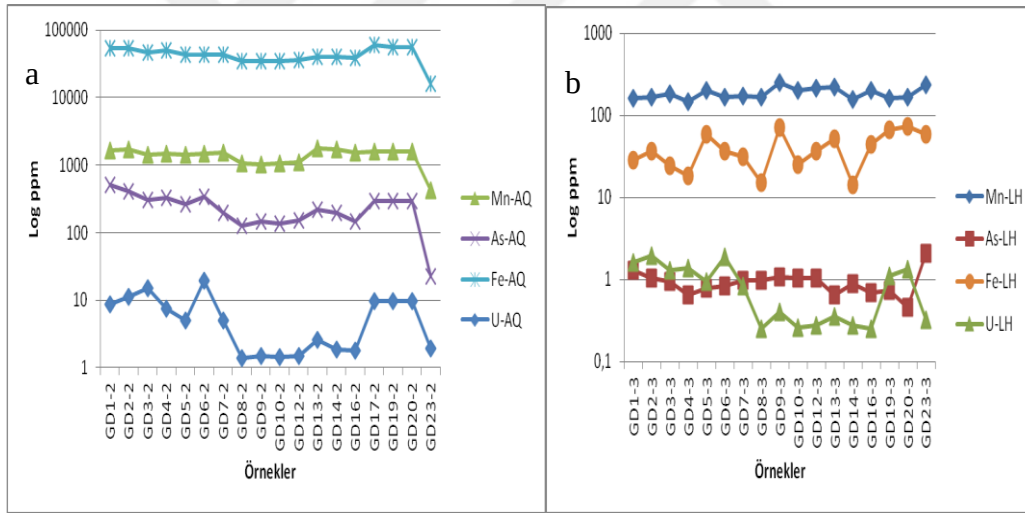


Şekil 7. 7. Th, Cd, Mo, U elementlerine ait AQ (a) ve LH (b) çözündürme yöntemleri sonuçları. Mo (LH) sonuçları dedeksiyon limitleri altındadır.

U, Cd ve Mo konsantrasyonları, sedimentlere ulaşan organik maddenin bozulması nedeniyle oksijen, nitrat, demir (Fe) ve manganez (Mn) gibi bir seri oksidantın tükendiği, birincil üretim tarafından da etkilenmektedir (Froelich vd., 1979; Berner, 1981). Oksidant tüketiminin farklı eşik seviyeleri sedimentler içindeki U, Cd ve Mo çökelimine sebep olan bir seri reaksiyonu tetikler (Lapp ve Balzer, 1993; Legeleux vd., 1994; van Geen vd., 1995; Rosenthal vd., 1995; Crusius vd., 1996; Zheng vd., 2000, 2001a). Otijenik U çökelişi tipik olarak Fe oksitlerin indirgendiği redoks potansiyelinde başlar (Cochran vd., 1986; Klinkhammer ve Palmer, 1991; Zheng vd., 2001a). Otijenik Cd oluşumu için eşik değerine, daha sonra gelişecek olan gittikçe artan indirgen şartlar altında ulaşılır (Rosenthal vd., 1995; van Geen vd., 1995; Kuwabara vd., 1999). U, V ve Mo gibi iz elementler su sütunu içerisinde redoks değişimlerine daha duyarlıdır ve onları potansiyel olarak paleoredoks şartlarını gösteren sağlam göstergeler olarak ortaya koyan indirgenmiş sedimentler içerisinde önemli oranda zenginleşmişlerdir (Tribovillard vd., 2005). Zn, Cu, Ni, Cr, U, Cd ve V gibi iz elementler organik maddeyle kompleks oluşturabilirler ve indirgenmiş sülfatla birlikte organik madde oksitlendiğinde, bu iz elementler sülfid minerallerinin bünyelerine katılabilirler (Adegoke vd., 2014). Yukarıdaki araştırmacıların gözlemlerindeki ortak payda, U, Cd, Mo artışlarındaki etkenler olarak, sedimentlere ulaşan organik maddedeki artış ve bu organik maddenin bozulması ile bu esnada oksidant tüketiminin artması şeklinde ifade edilmektedir.

Dere sediment örneklerinden GD-8, 9, 10, 12, 13, 14, 16 no'lu örnekler topoğrafik olarak derelerin “üst zon”larından ve Kubaca (a) üyesine daha yakın kısımlarından alınmıştır. GD-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 17, 19, 20, no'lu örnekler ise derelerin, topoğrafik olarak “alt zon”larında bulunan, koyu-siyah renkli, yer yer piritize olmuş ve yer yer bitümlü silttaş-

kiltaşı ardalanmalarının gözlemlendiği Kubaca (b) üyesi üzerinden alınmıştır. U, Cd, Mo,’nin arttığı “alt zon” dere sediment örneklerinde Th oranı azalırken, U, Cd, Mo’nin azaldığı “üst zon” dere sediment örneklerinde ise, Th oranı artmaktadır. Bu sonuçlar hem AQ çözdürme yönteminde ham de LH çözdürme yönteminde görülmektedir. (Şekil 7.5).Toryum ile U, Cd, Mo değerleri arasında sırasıyla, -0,24, -0,17 ve -0,43 oranlarında negatif korelasyon söz konusudur (Tablo 7.8). Analiz sonuçlarından da görüleceği üzere biri artarken diğeri azalmaya eğilimlidir (Şekil 7.5). Kubaca (b) üyesi üzerindeki dere sediment örnekleri (topoğrafik olarak “alt zon”larda bulunanlar) organik madde etkinliğinin arttığını gösteren bitümlü sittaşlarının yoğun olarak ardalandığı ve bu seviyelerin yer yer yoğun pirit saçınımlı, pirit damar ve damarcıklı olduğu seviyelerdir. “Alt zon” dere sediment örneklerinde U, Cd, Mo içeriklerinin “üst zon” sediment örneklerine oranla daha çok artmasında, sıg göl ortamı olarak yorumlanmış Kubaca (b) üyesindeki organik malzemenin çökelişi ve bozuşmasıyla ilgili otijenik metal birikimleriyle bağlantılı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 7. 8. Mn, Fe, As, elementlerine ait AQ (a) ve LH (b) çözdürme yöntemleri sonuçları.

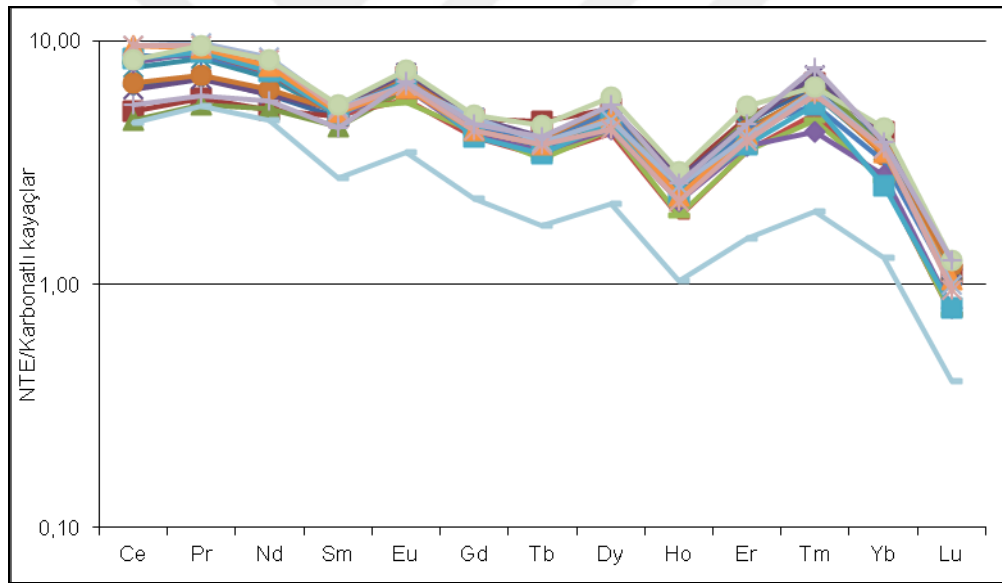
U, oksidize şartlar altında daha çözülebilirken, Mn ve Fe anoksik şartlar altında daha çözülebilir (Tribovillard vd., 2005). Mn’a oranla Fe daha hızlı redoks kinetiğine ve daha düşük redoks potansiyeline sahiptir. Mn’ın daha yavaş oksidasyon kinetiği ve oksidasyon için gerekli daha yüksek redoks potansiyeli nedeniyle, Fe’e göre daha uzak mesafelere taşınmaktadır. Derelerin akarsu çökelleri (Kubaca (a)) üzerindeki bölümlerinden veya bu çökellere yakın alanlarından alınmış ve AQ yöntemi ile çözdürülmüş GD- 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16 no’lu dere sediment örneklerinde Mn, Fe, U, As, oranlarında bir düşüş gözlenmektedir. Derelerin göl ortamı (Kubaca (b)) üzerindeki bölümlerinden alınmış GD-1, 2, 3, 4, 5, 7, 6, 7,

17, 19, 20, no'lu dere sediment örnekleri ise, koyu-siyah renkli kiltaş-silttaş ardalanmasından ve yer yer piritize olmuş silttaşlarının gözlemlendiği örnekler olup bunlarda Mn, Fe, U ve As oranlarında bir yükseliş izlenmektedir (Şekil 7.8).

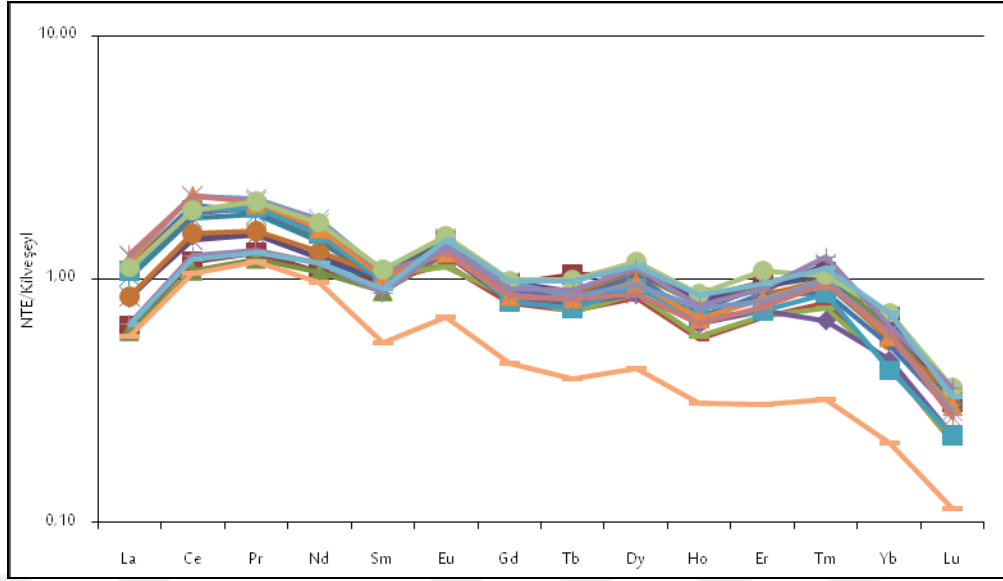
Tablo7. 8. Dere kumu örneklerinin NTE içeriklerine ait, istatistiksel element konsantrasyonları.

	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣREE
Min.	52,80	5,92	22,32	3,56	0,70	2,93	0,35	1,93	0,31	0,77	0,08	0,64	0,08	92,39
Mak.	110,80	10,78	40,53	7,15	1,52	6,45	0,94	5,32	0,87	2,71	0,31	2,19	0,25	189,8
Ortanca	91,75	9,42	34,00	6,47	1,31	5,94	0,76	4,35	0,70	2,16	0,25	1,77	0,22	159,1

Ayhan Formasyonu'na ait Kubaca üyesi ve Saytepe üyesi üzerinde gelişmiş tümü kuru derelerden olmak üzere, toplanan 17 adet dere kumuna ait ΣNTE 'ler 92,39 mg/kg ile 189,80 mg/kg aralığında değişmektedir ve NTE ortanca değeri 159,10'dur (Tablo 7.8).



Şekil 7. 9. NTE/ Karbonatlı kayaçlar ortalamaları. Tüm ortalama değerler Parker (1967)'den alınmıştır.

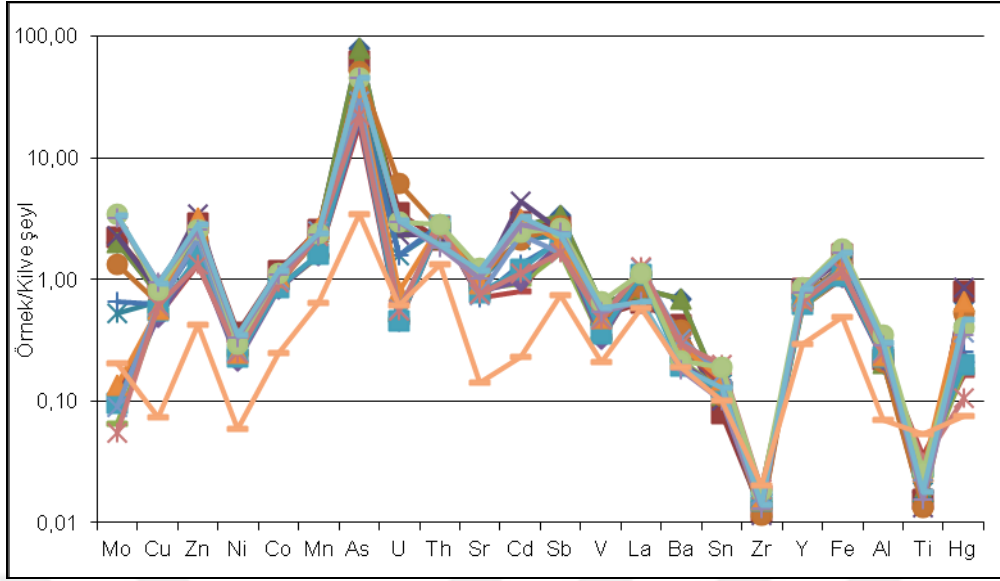


Şekil 7. 10. NTE/ Kil ve Şeyl ortalamaları. Tüm ortalama değerler Parker (1967)'den alınmıştır.

Yer altı sularının karbonatlı fazlar, karbon içeriği yüksek fazlar ve sülfürlü fazlar içerisinde geçerken pH oranlarında artma meydana gelerek ortam alkalinitesi artar ve metallerin indirgenmesi sağlanır (Silva vd., 2013). Çalışılmış dere sedimentlerinde gözlenen yüksek Fe içeriği ortam asiditesini yükseltmiş ve bu da pH'da düşmeye neden olmuştur. Sedimanlar içerisinde yoğun hematize ve limonitize alanların mevcudiyeti ve çökellerin bunlarla sıvanmış olması ile indirgen şartlar altında oluşmuş piritin yüzeysel şartlar altına ulaşmasıyla oksidasyonu sonuçları, pH'ın düşmesine neden olabilir.

Lokal pH azalmalarının NTE salınımı için yeterli olduğu ancak, sert ve tıkHz Fe-oksiditlerin dissolüsyonu için yeterli olmadığı Silva vd., (2013)'te belirtilmektedir.

Nispeten, daha yüksek Fe içeriğine sahip, topoğrafik olarak derelerin akış doğrultusunda alt seviyelerinden alınmış dere sediment örneklerinde (GD-1, 2, 3, 4, 5, 7 6, 7, 17, 19, 20,) yukarıda da ifade edildiği gibi ağır nadir toprak elementler (Eu-Lu) bakımından bir zenginleşme izlenmektedir (Şekil 7.9 ve Şekil 7.10). Bunun nedeni olarak, yoğun hematize ve limonitize alanların mevcudiyeti ve çökellerin bunlarla sıvanmış olması ile Kubaca (b) üyesi içerisinde indirgen şartlar altında oluşmuş piritin yüzeysel şartlar altına ulaşmasıyla oksidasyonu nedenleri ile pH'ın düşmesi ve asiditenin artması ile oluşan Fe-oksi-hidroksit fazlarının yüzeylerinden NTE'lerin serbest bırakılmaları ve dere sedimentleri içerisine taşınması ile açıklanabilir.



Şekil 7. 11. Çalışılmış örnekler/ kil ve şeyl ortalamaları. Tümü ortalama değeri Parker (1967)'den alınmıştır.

As, genellikle As taşıyan fazların [Fe (oksi-hidroksitler)], indirgeyici çözeltiler sayesinde, zayıfca indirgen şartlar altında hareketlidir (Bodin vd., 2007). Bunun da ötesinde, Bostick ve Fendorf (2003)'de, daha anoksik şartlar altında As'nin tutulum mekanizmaları ve demir sülfid mineralleri üzerinde As'nin yüzey çökelişi gösterilmiştir. Bu hipotez, anoksik sular altında As ve pirit arasındaki yakın bir bağlantıyı not eden Huerta-Diaz ve Morse (1992) tarafından desteklenmiştir. Fe ve Mn oranlarındaki artışlarla biraradalık sunan As değerlerindeki artışların yüzeye yakın sedimentler içerisinde doğal olarak oluştuğu bilinmektedir (Farmer ve Lovell, 1986). Bu elementler genellikle önemli pozitif korelasyonlar sergilemektedir. As zenginleşmelerinin, çökellerin depolanması sonrası gelişen diyajenez esnasında oluşmuş remobilizasyon süreçlerinde geliştiği düşünülmektedir. Bu süreçleri Farmer ve Lovell (1986)'da şu şekilde açıklanmaktadır; 1) indirgen ortamdaki sedimentler içerisinde gelişen zenginleşmeler, 2) kılcal çatlaklar boyunca yukarıya doğru göç eden ve oksidasyona uğrayan sular, 3) yüzeye yakın oksidize olmuş seviyeler içerisinde adsorbsiyon ve/ya da çökeltme reaksiyonları.

Çalışma alanından toplanmış dere sediment örneklerinin kil ve şeyl ortalamalarına normalize edilmiş diyagramında (Şekil 7.11), negatif Cu, Ni, U, Sr, V, La, Sn, Ti, Al ve Zr anomalileri izlenmektedir. Fe, Mo, Zn, Co, Mn, As, Th, Cd, Sb ve La ise pozitif anomali sunmaktadır. Bu elementlerden As, çok yüksek pozitif anomali sunmaktadır. Bunun yanı sıra Zn, Th, Mn, Cd, Sb ve Fe'de normalize değerlerin üzerinde pozitif anomaliye sahiptir (Şekil

7.11). Kubaca (b) üyesine ait bitümlü silttaşları ile yer yer yoğun pirit saçınımlı ve damar-damarcıklı seviyelerin izlendiği göl ortamında çökelmiş seviyeler üzerinde ki derelerden alınmış dere sediment örneklerinde, As oranının daha yüksek değerlere ulaşması, muhtemelen gölün çökme dönemindeki anoksik şartlara bağlanabilir.

Ti, Al ve Zr'da negatif anomali izlenmektedir (Şekil 7.11). Bunun nedeni olarak, titanyum, alüminyum ve zirkon'nun detritik mineral matrisleriyle öncelikli olarak bir arada bulunmaları ve böylece diyajenez evresinden minimal olarak etkilenmiş olmaları olarak açıklanabilir.

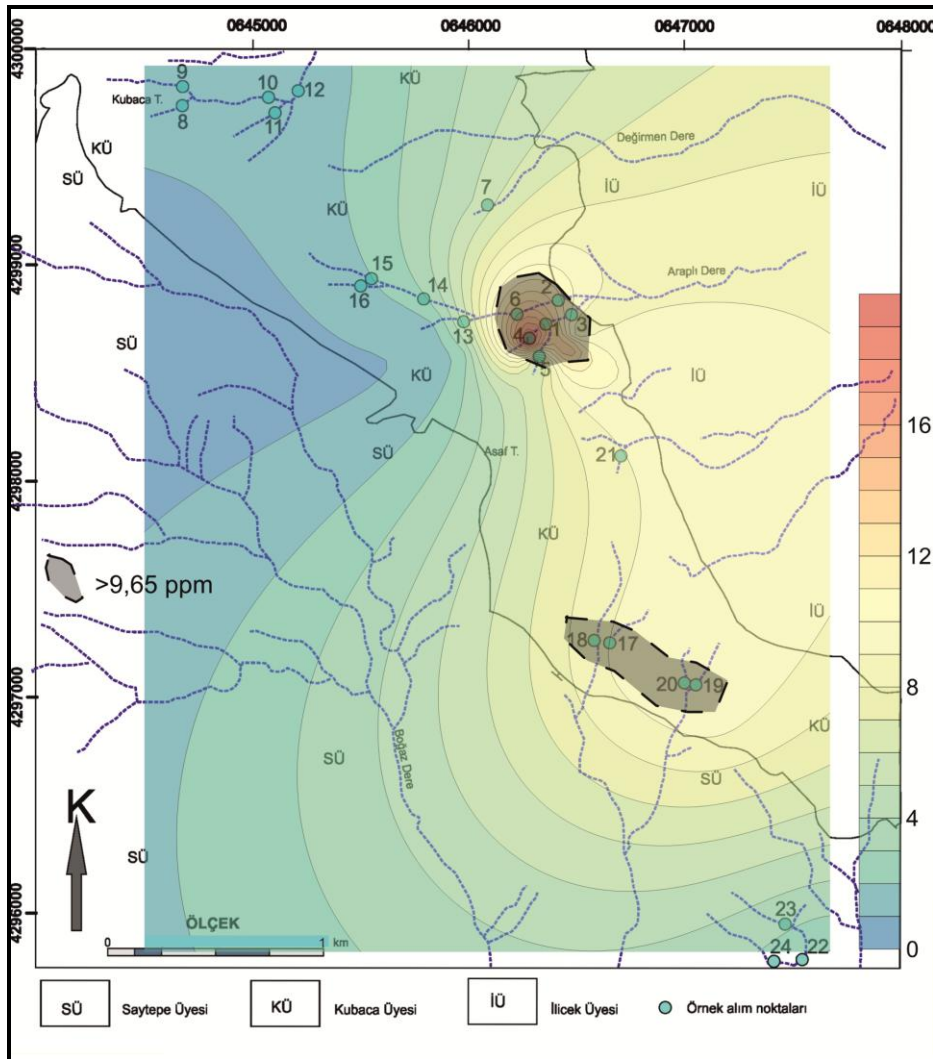
Derelerin üst zonlarından alınan örneklerle ait kil ve şeylere normalize edilmiş diyagramda uranyum içeriklerinde alt zonlara oranla, üst zonlarda negatif anomali görülürken, alt zonlardan alınan örneklerde ise pozitif anomali görülmektedir (Şekil 7.11).

Limonitize olmuş sarı renkli akarsu ortamı çökellerinden oluşan Kubaca (a) üyesine yakın yerlerden alınmış ve topoğrafik olarak "üst zon" şeklinde ifade edilen dere sediment örneklerindeki (GD-8, 9, 10, 12, 13, 14, 16) elementlerin bir çoğunun (Ti, Al, Cu, Cd, U, Mo), topoğrafik olarak "alt zon" olarak ifade edilen ve koyu-siyah renkli kiltaş-silttaş ardalanmasından ve yer yer piritize olmuş silttaşlarının gözlemlendiği Kubaca (b) üyesi üzerinden alınmış dere sediment örneklerine (GD-1, 2, 3, 4, 5, 7, 6, 7, 17, 19, 20) oranla, genellikle tüketilmiş olduğu izlenmektedir (Şekil 7.11). Bu tüketilme, oksidize şartlar altında elementlerin hareketliliğiyle biraradalık sunmaktadır.

Dere kumlarının AQ "U" içeriğinin ortalaması 6,39 ppm ve ortanca değeri 5,07 ppm, en küçük değeri 1,41 ppm en büyük değeri 19,79 ppm 'dir (Tablo 7.1). Dere kumlarının LH "U" içeriğinin ortalaması 860,82 ppb, ortanca değeri 828 ppb, en küçük değeri 251 ppb, en büyük değeri 1939 ppb' dir (Tablo 7.2).

Uranyum, kil ve şeylere normalize edilmiş diyagramda, dere akış yönünde alt zonda bulunan Kubaca (b) üyesi üzerinden alınmış GD-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 17, 19, 20 no'lu dere sedimentlerinde pozitif anomali görülürken, derelerin üst zonlarından alınan örneklerde (GD-8, 9, 10, 12, 13, 14, 16) ise, negatif anomali görülmektedir (Şekil 7.11). Bu durum dere kumlarının kuvvetli asit (AQ) çözdürme yöntemiyle elde edilmiş "U" ppm analiz sonuçlarının dağılımına ait anomali haritasında (Şekil 7.12) izlenmektedir. Uranyum için MAD (ortanca değerden mutlak sapma) yöntemiyle elde edilmiş eşik değer olan 9,65 ppm'den büyük değerler, derelerin koyu-siyah renkli kiltaş-silttaş ardalanmasından ve yer yer piritize olmuş

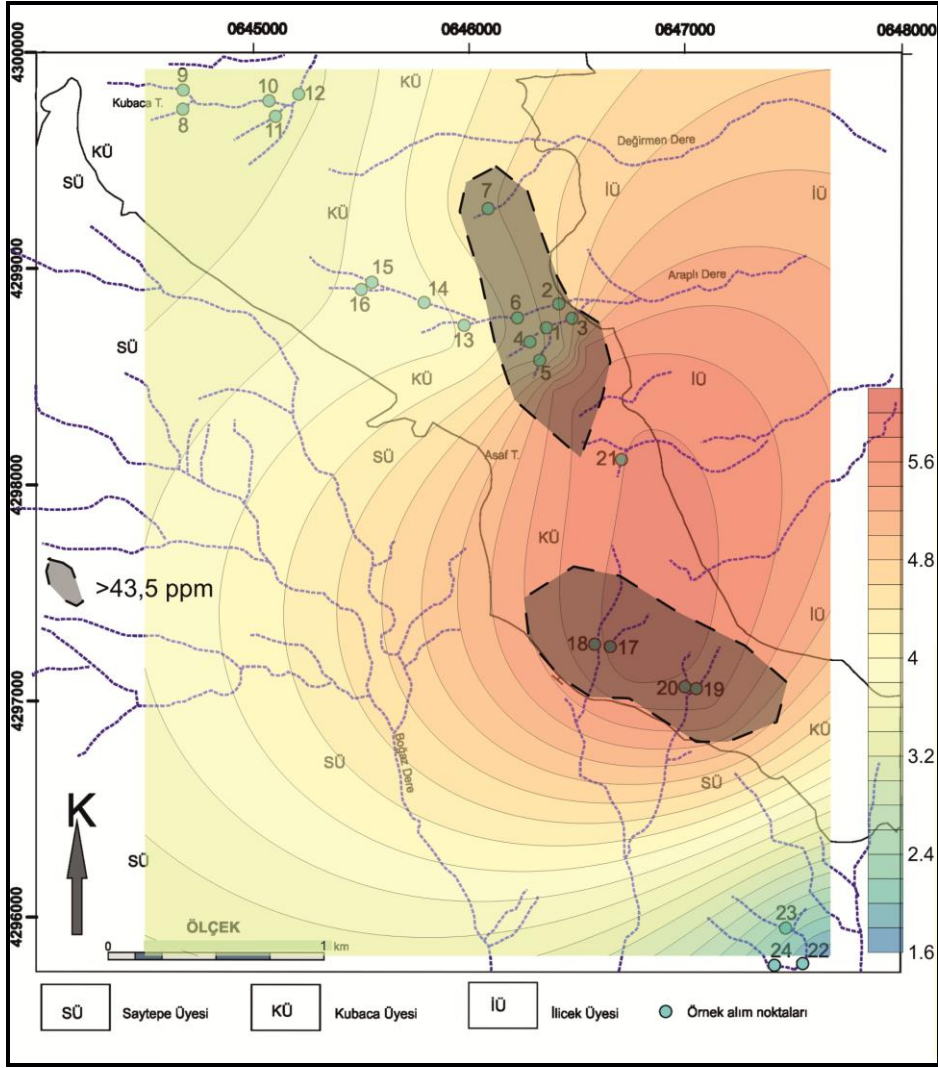
silttaşlarının gözlemlendiği Kubaca (b) alt üyesi üzerinden alınmış GD-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 17, 19, 20 no'lu örneklerle aittir (Şekil 7.12).



Şekil 7. 12. Dere kumlarının AQ çözdürme yöntemiyle elde edilmiş “U” ppm analiz sonuçlarının dağılımı.

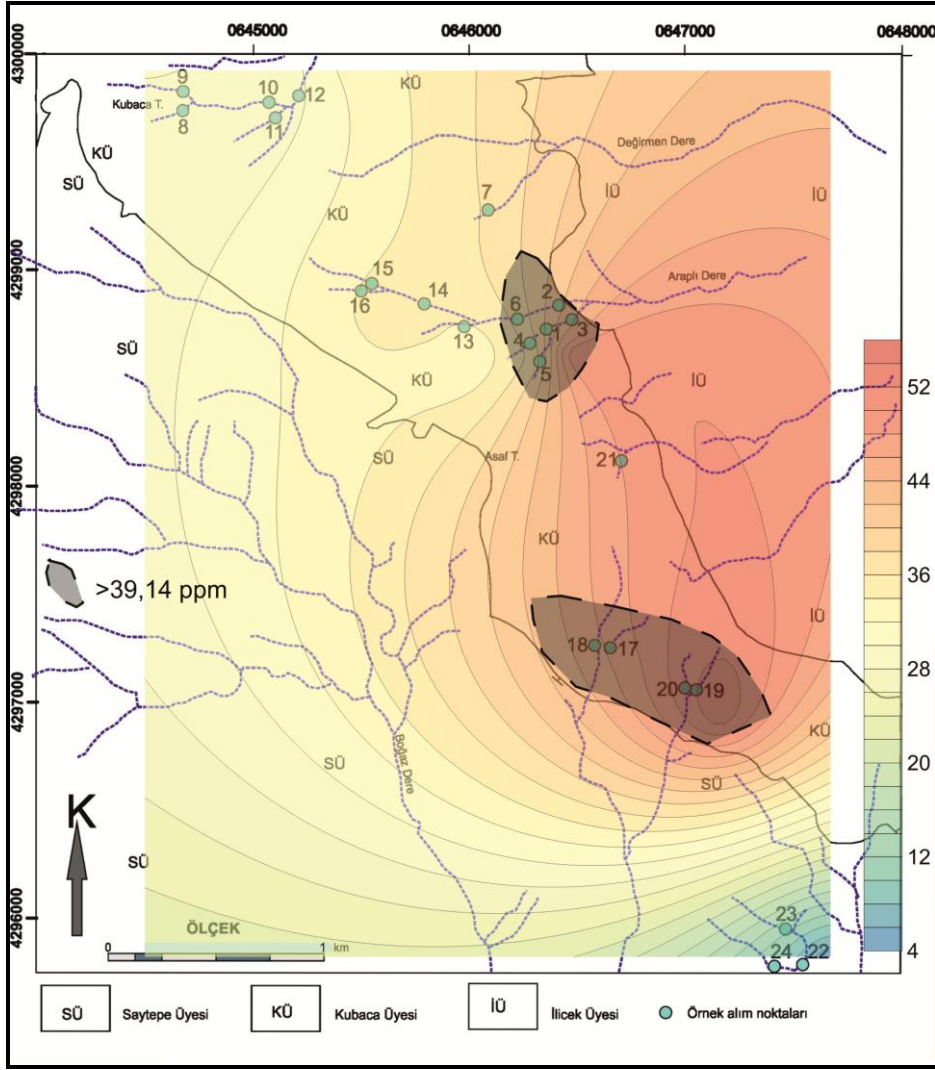
Dere kumlarının AQ “Fe” içeriğinin ortalaması % 4,33, ortanca değeri %4,35, en küçük değeri %1,63 en büyük değeri %5,91’dir (Tablo 7.1). Dere kumlarının LH “Fe” içeriğinin ortalaması 40,53 ppm, ortanca değeri 37 ppm, en küçük değeri 14 ppm, en büyük değeri 73 ppm ‘ dir (Tablo 7.2).

Fe için MAD (ortanca değerden mutlak sapma) yöntemiyle elde edilmiş eşik değer olan 43,5 ppm'den büyük değerler, derelerin koyu-siyah renkli kıltaş-silttaşı aralanmasından ve yer yer piritize olmuş silttaşlarının gözlemlendiği Kubaca (b) alt üyesi üzerinden alınmış GD-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 17, 19, 20 no'lu örneklerle aittir (Şekil 7.13).



Şekil 7. 13. Dere kumlarının AQ “Fe” % analiz sonuçlarının dağılımı.

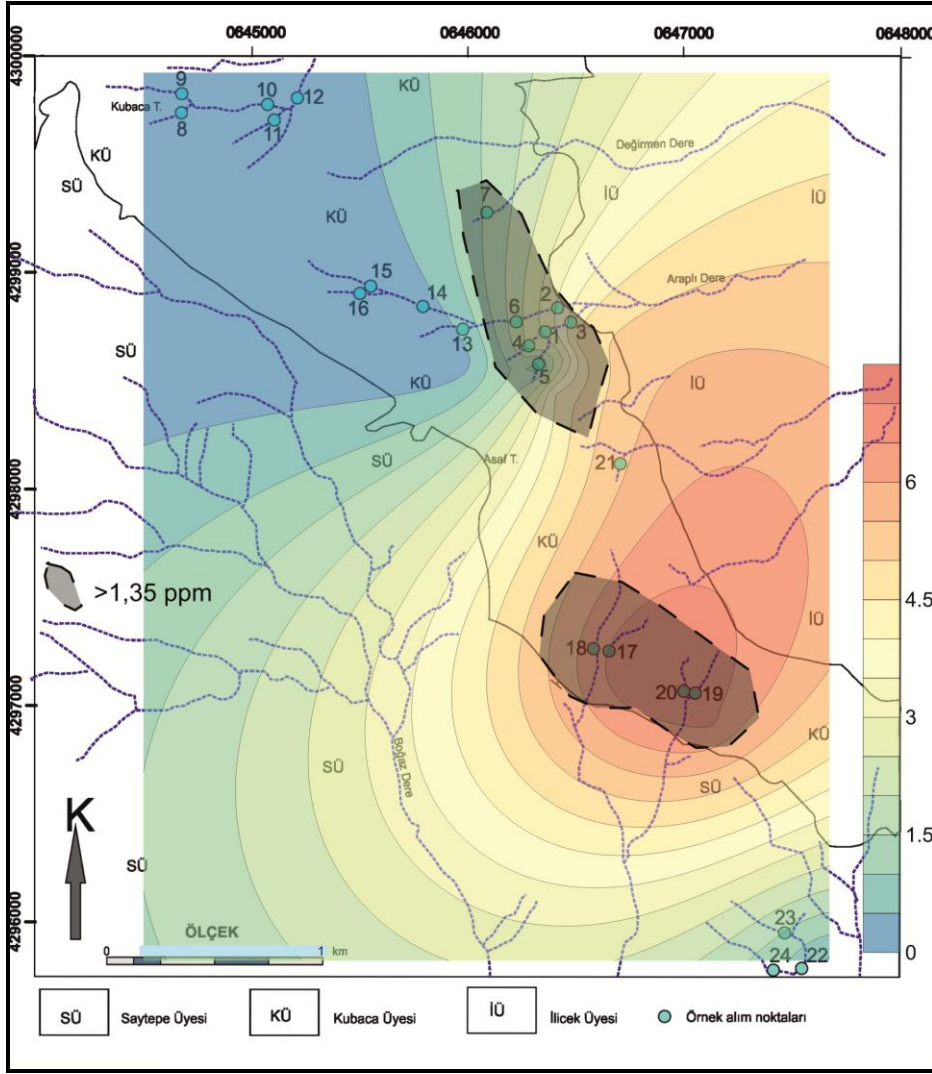
Cu için MAD (ortanca değerden mutlak sapma) yöntemiyle elde edilmiş eşik değer olan 39,14 ppm’den büyük değerler, derelerin koyu-siyah renkli kıltaş-silttaş ardalanmasından ve yer yer piritize olmuş silttaşlarının gözlemlendiği Kubaca (b) alt üyesi üzerinden alınmış GD-1, 2, 3, 4, 5, 6, 17, 19, 20 no’lu örneklerle aittir (Şekil 7.14).



Şekil 7. 14. Dere kumlarının AQ çözdürme yöntemiyle elde edilmiş “Cu” ppm analiz sonuçlarının dağılımı.

Mo: Dere kumlarının AQ “Mo” içeriğinin ortalaması 2,39 ppm, ortanca değeri 1,19 ppm, en küçük değeri 0,11 ppm en büyük değeri 6,94 ppm ‘dir (Tablo 7.1). Dere kumlarının LH“Mo” içeriğinin ortalaması, dedeksiyon limitinin altında (<10 ppb) kalmıştır (7.2).

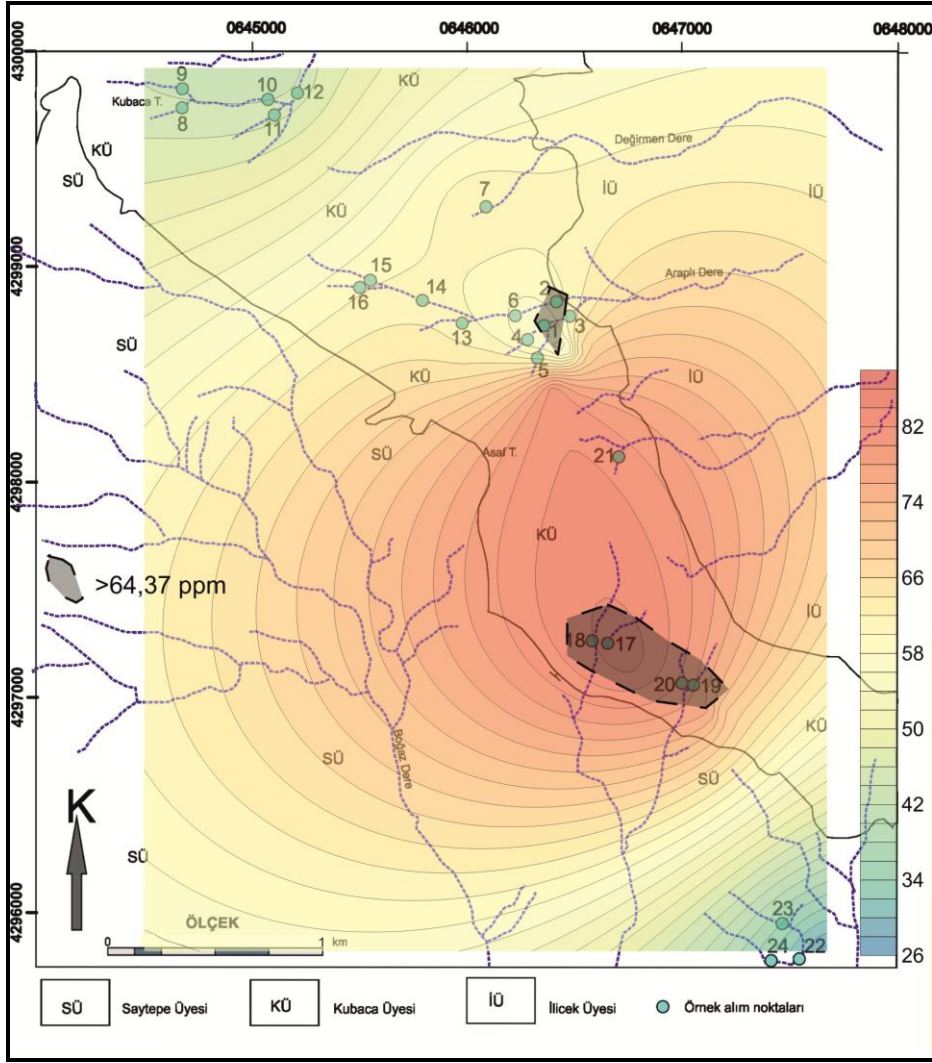
Mo için MAD (ortanca değerden mutlak sapma) yöntemiyle elde edilmiş eşik değer olan 1,35 ppm’den büyük değerler, derelerin koyu-siyah renkli kiltaş-silttaş ardalanmasından ve yer yer piritize olmuş silttaşlarının gözlemlendiği Kubaca (b) alt üyesi üzerinden alınmış GD-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 17, 19, 20 no’lu örneklere aittir (Şekil 7.15).



Şekil 7. 15. Dere kumlarının AQ “Mo” ppm analiz sonuçlarının dağılımı.

Dere kumlarının AQ “V” içeriğinin ortalaması 59,06 ppm, ortanca değeri 62 ppm, en küçük değeri 27 ppm, en büyük değeri 85 ppm’dir (Tablo 7.1). Dere kumlarının LH “V” içeriğinin ortalaması 121,60 ppb, ortanca değeri 109 ppb, en küçük değeri 51 ppb en büyük değeri 178 ppb’ dir (Tablo 7.2).

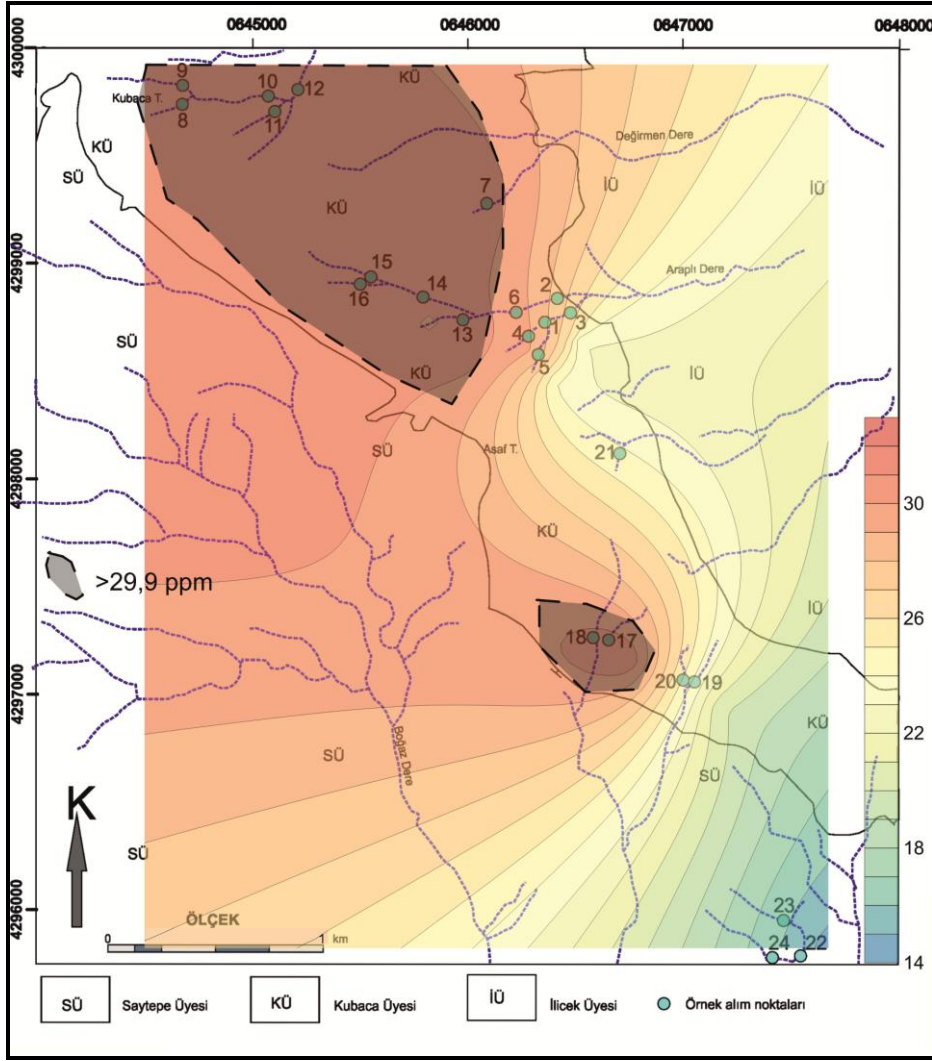
V için MAD (ortanca değerden mutlak sapma) yöntemiyle elde edilmiş eşik değer olan 64,37 ppm’den büyük değerler, derelerin koyu-siyah renkli kiltaş-silttaşı aralanmasından ve yer yer piritize olmuş silttaşlarının gözlemlendiği Kubaca (b) alt üyesi üzerinden alınmış GD-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 17, 19, 20 no’lu örneklere aittir (Şekil 7.16).



Şekil 7. 16. Dere kumlarının AQ ‘V’ ppm analiz sonuçlarının dağılımı.

Dere kumlarının AQ ‘Cd’ içeriğinin ortalama değeri 0,645 ppm, en küçük değeri 0,07 ppm, en büyük değeri 1,33 ppm’dir (Tablo 7.1). Dere kumlarının LH ‘Cd’ içeriğinin ortalama değeri 0,333 ppm, en küçük değeri 0,049 ppm, en büyük değeri 0,734 ppm’dir (Tablo 7.1).

Cd için MAD (ortalama değerden mutlak sapma) yöntemiyle elde edilmiş eşik değer olan 0,65 ppm’den büyük değerler, derelerin koyu-siyah renkli kiltaş-silttaşları ardalanmasından ve yer yer piritize olmuş silttaşlarının gözlemlendiği Kubaca (b) alt üyesi üzerinden alınmış GD-1, 2, 3, 4, 5, 6, 13, 14, 17, 19, 20 no’lu örneklerle aittir (Şekil 7.17).



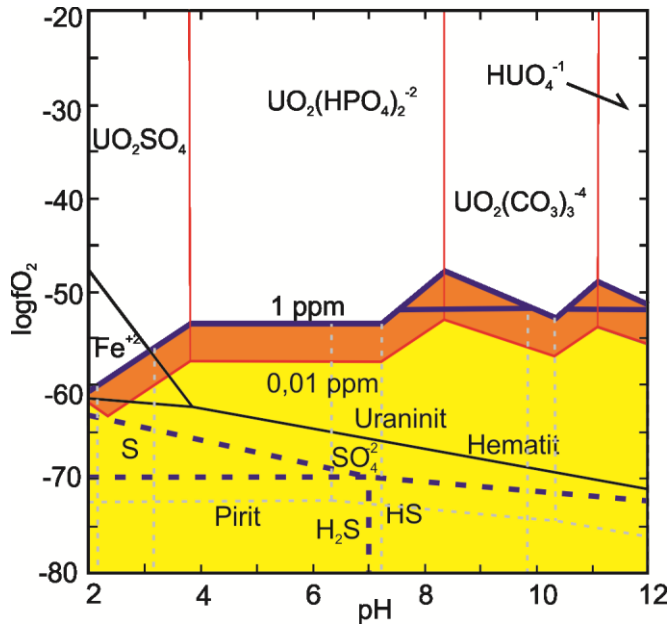
Şekil 7. 18. Dere kumlarının AQ “Th” ppm analiz sonuçlarının dağılımı.

Bu elementlerin zenginleşmeleri ya da tüketilmelerinin redoks gradyanıyla doğrudan bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Fe-Mn oksid-hidroksitleri redoks gradyanı boyunca Kubaca (a) Üyesinden, yer yer piritize silttaşı-kiltaşı seviyeleri içeren Kubaca (b) Üyesine doğru artış göstermektedir. Bu artışın sonucu olarak, sülfidle bileşik oluşturan metaller (özellikle Cd) ve U, Mo bakımından zenginleşmeler izlenmektedir. Th bakımından ise tam tersi bir durum söz konusudur. Derelerin topoğrafik olarak üst zonlarındaki (kaynak alanlara nispeten daha yakın alanlar) toryum oranları alt zonlarına nispeten daha yüksek olduğu izlenmektedir. Toryum, uranyumla karşılaştırmak gerekirse görece daha hareketsiz olup, sedimentlerde kil fraksiyonlarıyla çoğunlukla bir arada bulunurlar. Bu nedenle toryum sedimentlerdeki depolanma değişimlerinde ya da diyajenetik çalışmalar için referans element olarak kullanılabilir. Örneğin yüksek U/Th oranları (>1,25) durumu sedimentlerin anoksik şartlar

altında depolandığını göstermektedir. Düşük U/Th oranları(<0,75) sedimentlerin oksik şartlar altında depolandığını gösterir. Toryum hareketsiz bir elementtir ve alterasyon esnasında toryumun bolluk oranı detritik sedimentler içerisinde, pelajik sedimentlere nazaran daha yüksektir (Plank ve Langmuir, 1998). Çalışma alanındaki dere sedimentlerinin U/Th oranı ortalaması 0,25 ppm olup dere sedimentlerinin oksik şartlar altında oluştuğunu göstermektedir.

Uranyum geniş bir pH aralığında yüksek bir çözünürlüğe sahiptir. Bu durum, doğal sular içerisinde, karbonat, fosfat, sülfat ve klorit anyonlarıyla uranil iyonlarının duraylı ve çözülebilir kompleksler oluşturabilmesinden dolayıdır. Uranyum U^{+4} valans değerliliğine indirgendiği zaman çözülebilirlik özelliğini aşırı şekilde kaybeder. Böylece Uranyum, dere sedimentleri içerisinde sadece hem detritik mineraller hem de U^{+4} valans değerliliğine indirgenmesi nedeniyle solüsyondan çöktürülebilir (Skirrow vd., 2009).

Pearson (1963), metal iyon ve ligandları, asitlere (elektronları kabul edenler) ve bazlara (elektronlarını kullandıranlar) göre sınıflandırılmıştır. U^{+4} , U^{+6} ve Th^{+4} iyonlarının kuvvetli asitler olduğunu ve bundan dolayı kuvvetli bazlarla (F^- , OH^- , NO_3^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , HSO_4^- , PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} ve $H_2PO_4^-$) daha hızlı bir şekilde kompleks oluşturma eğiliminde olduğunu belirtmiştir.



Şekil 7. 19. Fe-S-O sistemi içerisindeki minerallerin duraylılık sınırlarını siyah çizgiler göstermektedir. Sülfür türlerinin duraylılık sınırları mavi kesik çizgilerdir. 0,01 ppm çözülmüş uranyum için uraninitin duraylılık sınırları sarı olarak, 1 ppm için pembe olarak gösterilmiştir (Skirrow vd., 2009).

Ortaç sıcaklıklardan (<200°C) düşük sıcaklıklara uranyumun taşınımı için genelleştirilmiş ve tercih edilebilir olan şartlar, aşağıda Skirrow vd., (2009)'ne göre listelenmiştir (Şekil 7.19).

1. Yalnızca, yüksek düzeyde oksidize olmuş akışkanlar (Hematit-magnetit sınır şartlarının üzerindeki oksijen fugasitesi (fO_2) değerine sahip olanlar) içerisinde önemli miktarlarda (U konsantrasyonu > 0.01-1 ppm) uranyum taşınabilir.

2. Uranyumun çözülebilirliği genellikle, artan oksijen fugasitesi ile (fO_2), asidik rejim içerisinde azalan pH ile artan sıcaklık (çok yüksek fO_2 hariç olmak üzere), ve artan sulu fosfat, bikarbonat, sülfat, klorit ve florit iyon konsantrasyonları ile artar.

3. Uranil fosfat kompleksleri ortaç pH (~4 - 8) şartlarında baskındır. Esas olarak uranyumun taşınımı, sulu fosfat konsantrasyonlarının nispeten diğer potansiyel ligandlara göre düşük olduğu alanlarda, bikarbonat, oksi-hidroksi, yada sülfat kompleksleri şeklinde olabilir. Oksidasyon-redüksiyon reaksiyonlarının kinetiği U^{6+} 'nın U^{4+} 'e indirgenme etkinliğini belirleyebilir (Nakashima vd., 1999). Uranyum türleri, oksidize akışkanlar içerisinde, görece olarak +6 değerlikli uranyum taşıyan uranil kompleksleri halinde baskın olarak sunulmaktadır. İndirgen ortamlarda uraninit, koffinit ve brannerit gibi, +4 değerlikli uranyum taşıyan mineraller halinde sıklıkla yataklanma eğilimindedirler (Skirrow vd., 2009).

Uranil vanadatlar, karnotit ve tyuyamunit gibi +6 değerlikli uranyum taşıyan minerallerin yataklanması, pH'daki değişimler ve/yada kalsiyum, potasyum ve vanadyum gibi diğer iyonların konsantrasyonundaki artmalar vasıtasıyla, uranil sulu komplekslerin duraysızlaşmalarına neden olabilecektir. Sulu akışkanlardan uranyumun çökelişi redoks şartları, sıcaklık, pH ve ligand bileşim ve konsantrasyonundaki değişimler tarafından kontrol edilir (Skirrow vd., 2009).

Sulu uranyum türlerini barındıran oksidize şartlar altında uranil kompleksleri baskın olarak bulunur. +4 değerlikli uranyum (uraninit, koffinit ve brannerit gibi) içeren cevher mineralleri, uranyum taşıyan oksidize olmuş akışkanların indirgenmesiyle oluşur. Redüktanlar kayalarda ya da akışkanlar içerisinde şu şekillerde bulunabilirler; indirgenmiş karbon (organik madde, hidrokarbon içeren CH_4 , grafit), demir (Fe^{2+} taşıyan mineraller yada sulu türleri) ve indirgenmiş sülfür (H_2S gaz ve sulu H_2S sülfid mineralleri). Sulu uranil komplekslerinin duraysızlaşması, uranyum mineralleriyle biraradalık sunan karakteristik mineralleri ortaya çıkartabilir. Örneğin, uranil bikarbonat komplekslerini taşıyan bikarbonatca zengin akışkanlar, karbonatlı alterasyon minarelerini oluşturmak için yeniden hareketlenebilir.

Fosfat mineralleri, uranil fosfat komplekslerinin duraysızlaştığı alanlarda uranyum mineralleriyle birlikte oluşabilir (Skirrow vd., 2009) .

Akışkan-kayaç reaksiyonu ve akışkan karışımı uranyum yataklanmasıyla ilgili iki önemli prosestir. Kayaçlar içerisinde bu proseslerin ürünleri genel olarak şu şekillerde sunulmuşlardır;

- 1) Zonlu alterasyon mineral birliktelikleri olarak,
- 2) Mineral sistemlerinin oksidize ve indirgenmiş bölümler arasındayer alan zonlarda zenginleşmiş olarak,

Oksidize akışkanların zenginleştiği zonlar, magnetit ya da sülfidler tarafından replase edilmiş hematit ya da götit olarak; sülfat mineralleri olarak; klorit ya da amfibol gibi silikatlar içerisindeki yüksek Fe^{3+}/Fe^{2+} oranları; sıvı kapanımlar içerisindeki yüksek CO_2/CH_4 oranları, sülfid mineralleri içerisindeki negatif $\delta^{34}S$ oranları, Mn oksitler, Cu oksitler, titanitin rutil tarafından replase edilmesi şeklinde görülebilir. U^{6+} ve U^{4+} 'ün klorit ve florit kompleksleri halinde bulunduğu yüksek sıcaklıklarda, akışkanların oksidize ya da indirgen olup olmadıklarına bağlı olarak, soğuma ve/yada pH'daki artış uranyum yataklanmasıyla sonuçlanabilir. Bunlara ek olarak düşük ısılarda uranyumun çökelişi, adsorpsiyon ve bakterilerle ilişkili aktiviteler esnasında da oluşabilir (Fredrickson vd., 2000; Sherman vd., 2008). Bazı durumlarda bu süreçler aktivitedeki değişimlere bağlı olmaktadır. Örneğin, asidik ve florca zengin magmatik-hidrotermal tuzlu çözeltiler, floriti oluşturmak için karbonatlı kayaçlarla reaksiyon sırasında nötr duruma dönüşürler. U^{6+} ve U^{4+} 'ün florit kompleksleri, bir redoks süreciyle birlikte ya da redoks süreci olmaksızın, uranyum minerallerini çöktirmek için duraysızlaşacaklardır. Na-metasomatizmasıyla ilişkili bazı uranyum yataklarında Brannerit $((U,Ca,Ce)(Ti,Fe)_3O_6)$ 'in genel oluşumu, Florca zengin akışkanlardan hem uranyumun hem de titanın mobilizasyonu ile ilişkili olabilir (Gieré, 1989). Yüksek tuzlu akışkanlarda klorit iyonunun aşırı artmasıyla U^{4+} ile klorlu kompleksler oluşabilir. Manganez, kobalt, arsenik, vanadyum, renyum ve diğer nadir toprak elementler, çoğu uranyum cevher yatağında gözlemlendiği gibi, uranyumla genel bir birliktelik sunabilirler. Bunun nedeni olasılıkla bu elementlerin kuvvetli asitler olarak da davranan iyonlar oluşturmaları nedeniyledir. Oksidize sulu akışkanlar içerisindeki U^{6+} hızlı bir şekilde doğrusal polar uranil iyonu olan UO_2^{+2} 'yi oluşturur (Skirrow vd., 2009). Uranyum (U^{4+} ve U^{6+})'nın önemli sulu kompleksleri oluşturabilir. Yukarıda farklı iki ekstraksiyon/çözdürme yöntemi ile analiz edilen dere sediment örneklerine ait analitik değerlendirmeler uranyumun, hem detritik mineraller (örneğin; uranyum fosfat ve karbonat mineralleri) hem de kil ve Fe-Mn oksid-hidroksitler

üzerine adsorbe olarak zenginleştirdiğini göstermiştir. Özetle, çalışma alanı içerisinde, uranyumun dere sedimentleri içerisindeki dağılımını daha çok mekanik ve az oranda hidromorfik dağılım olmak üzere iki şekilde sınıflayabiliriz.

Tablo 7.5 inceleme konusunu oluşturan dere sedimentlerindeki bazı element içeriklerinin, PEL, PEL, LEL, MET, ERL PEC ve TEC değerleri ile karşılaştırılması görülmektedir. Yukarıdaki hesaplamalar sonucu aşırı zenginleştiği zaten belirlenmiş olan As konsantrasyonlarının, PEL değerinden 14 kat ve TEL/LEL değerlerinden ise 40 kat, MET değerinden 34 kat, ERL değerinden 7.2 kat, TEC değerinden 24.5 kat fazla olduğu fazla olduğu anlaşılmaktadır. Cd değerleri, kalite standartları karşılaştırmasına bakıldığında, TEL eşik sınırı içerisinde kalmaktadır. Cu değerleri, LEL değerinin 1.39 kat ve MET değerlerinin ise 1.29 kat üzerindedir. Ni değeri, TEL değerinin 1.35 kat, LEL değerinin 1.51 kat üzerinde; Zn değeri, PEL, ERL, PEC ve LEL değerinin 1.4 kat üzerinde ve Ba değerinin ise, PEC değerinin 3.6 kat üzerinde olduğu görülmektedir. Uranyum için literatür kapsamında sediment kalite değerleri bulunmamaktadır. Kalender ve Bölücek (2007) Elazığ bölgesinde granitik kayalar civarından almış oldukları dere sediment örneklerinde medyan değeri 3.1 ppm olan U konsantrasyonunun varlığını tespit etmiştir. İnceleme alanında aynı çözündürme yöntemi ile maksimum 16 ppm ve ortalama değer olarak 5 ppm belirlenmiştir. Bu da dere sediment örneklerinin uranyumca zenginleştiğini ortaya koymaktadır.

7.5. Dere Sedimentlerinin Kökeni

Kaynağın belirlenmesinde kurşun izotoplarının kullanımı genel bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır (Reimann vd., 2012). Doğal kurşunun ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb ve ^{208}Pb olmak üzere dört duraylı izotopu bulunmakta olup, bunların doğadaki bolluk oranları sırasıyla; ^{204}Pb (1.4%), ^{206}Pb (24.1%), ^{207}Pb (22.1%) ve ^{208}Pb (52.4%) (Reimann vd., 2012) şeklindedir. Kurşun-204 radyojenik değildir, ^{206}Pb , ^{207}Pb ve ^{208}Pb izotopları sırasıyla ^{238}U , ^{235}U ve ^{232}Th 'un bozuşma ürünleridir (Cicchella vd., 2008).

Bu çalışmada kullanılmış kurşun izotopları ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb ve ^{208}Pb 'dur. Tablo 7.9'da çalışma alanındaki örneklere ait Pb izotopik bileşimleri görülmektedir.

Tablo7. 9. Dere sedimentlerine ait, Pb izotop bileşim değerleri. Tüm değerler ppm olarak verilmiştir.

Örnek No	²⁰⁷ Pb	²⁰⁸ Pb	²⁰⁴ Pb	²⁰⁶ Pb
GD1-2	109,58	321,21	7,10	150,17
GD2-2	52,25	127,40	3,32	62,32
GD3-2	32,66	78,72	2,07	39,26
GD4-2	48,14	114,95	3,09	58,35
GD5-2	42,19	99,90	2,66	50,40
GD6-2	44,65	105,38	2,86	53,32
GD7-2	26,19	63,43	1,69	31,05
GD8-2	19,77	48,81	1,26	23,65
GD9-2	19,22	46,20	1,22	22,69
GD10-2	20,88	49,66	1,31	24,51
GD12-2	20,88	51,04	1,33	24,83
GD13-2	34,22	81,59	2,14	40,36
GD14-2	30,23	72,48	1,96	36,02
GD16-2	21,73	52,95	1,39	26,07
GD17-2	32,03	77,51	2,06	38,33
GD19-2	27,62	66,85	1,79	33,30
GD20-2	29,52	71,71	1,94	36,68
GD23-2	5,86	14,05	0,37	7,00

Çalışma alanındaki dere sedimentleri örneklerindeki $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ izotop oranları minimum değeri=1,173, maksimum değeri= 1,370, ortanca değeri= 1,194, ortalama değeri ise, 1,205'dir. Tablo 7.9'da çalışma alanından toplanmış dere sediment örneklerindeki kurşun izotop oranlarının istatistiksel parametreleri görülmektedir. Değerler aralığı, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ için 0,729 ile 0,851, $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ için 1,955 ile 2,138, $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ için 2,360 ile 2,931 arasındadır.

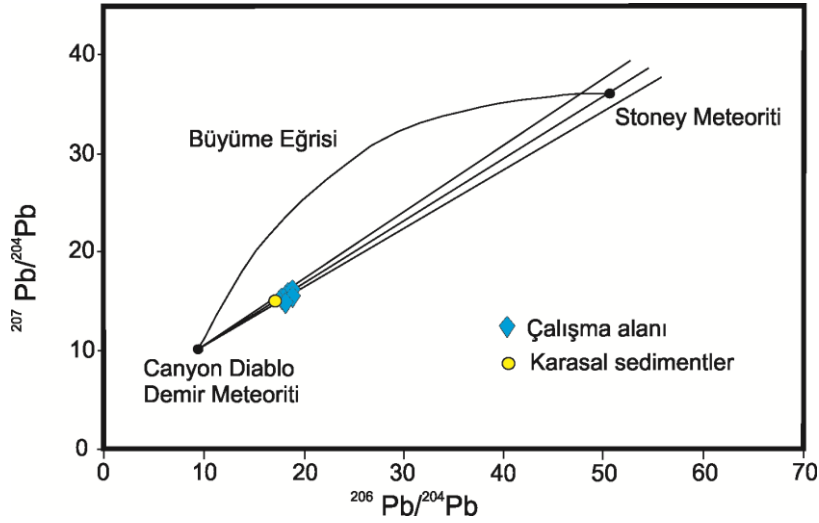
Tablo 7.10'da dere sediment örneklerine ait Pb izotop oranları sonuçları, özet istatistik değerleri ve diğer çevre örneklerine (Doğal kaynaklar cevher yatakları v.b.) ait oranlarla karşılaştırılmıştır. Çalışılmış dere sediment örneklerindeki Pb izotop oranları, Hoernle vd., (1991)'de ortaya konmuş güncel kabuksal Pb izotop ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) oranlarına ait ortalamalar aralığındadır. Çalışılmış dere sediment örneklerindeki Pb izotop oranları, Stacey ve Kramers (1975)'de ortaya konmuş modern pelajik sedimentlerdeki Pb izotop ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) oranlarına ait ortalamalar aralığındadır. Çalışılmış dere sediment örneklerindeki Pb izotop oranları, Rollinson (1993)'de ortaya konmuş Kıtasal kabuk değeri için güncel Pb izotop ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) oranlarına ait ortalamalar aralığında olduğu gözlenmektedir.

Tablo 7. 10. Dere sediment örneklerine ait Pb izotop oranları sonuçları, özet istatistik değerleri ve diğer çevre örneklerine (Doğal kaynaklar cevher yatakları v.b.) ait oranlarla karşılaştırılması.B) Hoernle vd., (1991); (C) Stacey ve Kramers (1975); (D) Rollinson (1993).

Örnek No	$^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
GD1-2	2,931	45,241	15,434	21,151	2,139
GD2-2	2,438	38,373	15,738	18,771	2,044
GD3-2	2,410	38,029	15,778	18,966	2,005
GD4-2	2,388	37,201	15,579	18,883	1,970
GD5-2	2,368	37,556	15,861	18,947	1,982
GD6-2	2,360	36,846	15,612	18,643	1,976
GD7-2	2,422	37,533	15,497	18,373	2,043
GD8-2	2,469	38,738	15,690	18,770	2,064
GD9-2	2,404	37,869	15,754	18,598	2,036
GD10-2	2,378	37,908	15,939	18,710	2,026
GD12-2	2,444	38,376	15,699	18,669	2,056
GD13-2	2,384	38,126	15,991	18,860	2,022
GD14-2	2,398	36,980	15,423	18,378	2,012
GD16-2	2,437	38,094	15,633	18,755	2,031
GD17-2	2,420	37,626	15,549	18,607	2,022
GD19-2	2,420	37,346	15,430	18,603	2,008
GD20-2	2,429	36,964	15,216	18,907	1,955
GD23-2	2,398	37,973	15,838	18,919	2,007
Minimum	2,360	36,846	15,216	18,373	1,955
Maksimum	2,931	45,241	15,991	21,151	2,139
Ortanca	2,415	37,889	15,662	18,763	2,022
Ortalama	2,439	38,154	15,648	18,862	2,022
Güncel kabuksal Pb değerleri ortalamaları (B)	-	38,630	15,630	18,700	-
Modern Pelajik Sedimentler C)	-	38,93-39,19	15,68-15,74	18,61-19,04	-
Kıtasal kabuk değeri için güncel Pb ortalaması (D)	-	39,6-39,8	15,58-15,65	18,6-18,9	-

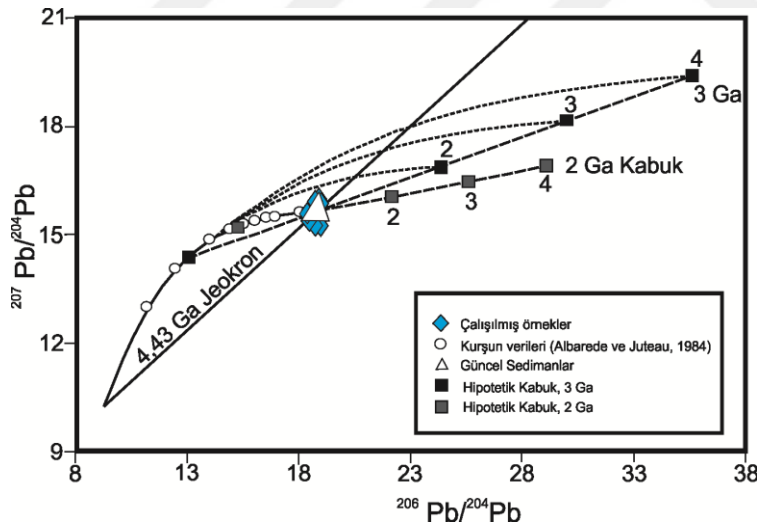
Tablo 6.6’da D-faktör değerleri kullanılarak uranyumun zenginleşme alanlarına taşınmış olduğu gösterilmiştir. Bu bölümde, kurşun izotop bileşim değerleri yardımıyla, literatür kapsamında, kaynak kayacın belirlenmesi hedeflenmektedir. Bu nedenle çalışma alanından toplanmış Ayhan havzası çökel dolgusuna ait dere sediment örneklerinin kökeninin belirlenmesi amacıyla, dere sediment örneklerinden elde edilen Pb izotopları analiz sonuçları çeşitli diyagramlar üzerinde (Şekil 7.20;7.21;7.22) değerlendirilmiştir.

Patterson (1956)’dan alınan, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramı üzerine, inceleme alanına ait dere sediment örneklerinin, kurşun izotop bileşim oranları düşürüldüğünde, sözkonusu örneklerin karasal kökenli sedimentler oldukları görülmektedir (Şekil 7.20).



Şekil 7. 20. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramı (Patterson, 1956). Bu diyagram üzerinde, çalışılmış dere sediment örneklerinin konumları (◇ mavi renkli).

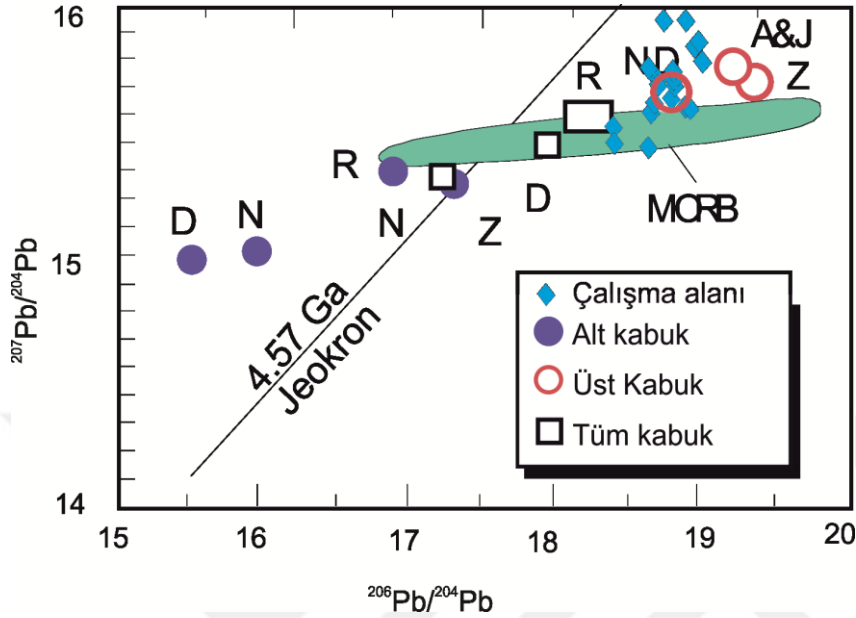
Hofmann (2001)'den alınan $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramı üzerinde, inceleme alanı dere sediment örneklerinin kurşun izotop bileşim oranları düşürüldüğünde, bunların karasal kökenli sedimentler oldukları görülmektedir (Şekil 7.21).



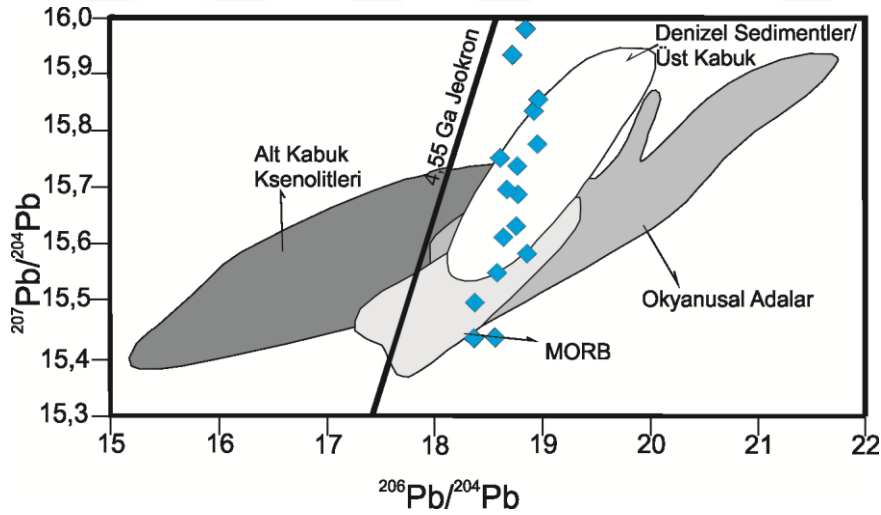
Şekil 7. 21. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramı (Hofmann, 2001). Bu diyagram üzerinde, çalışılmış dere sediment örneklerinin konumları (◇ mavi renkli).

Bir çok araştırmacının (Newsom vd., 1986, Davies, 1984, Zartman ve Doe, 1981, Rudnick ve Goldstein, 1990) çalışmalarından yola çıkarak, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramı üzerine, inceleme alanı dere sediment örnekleri kurşun izotop bileşim oranları konulduğunda, Ayhan havzası çökel dolgusunun tek bir kaynak kökenli olmadığını söylemek mümkündür.

Çökel dolgusunda, hem üst kabuk hem de MORB kökenli ürünlerin varlığı izlenmiştir (Şekil 7.22;7.23).

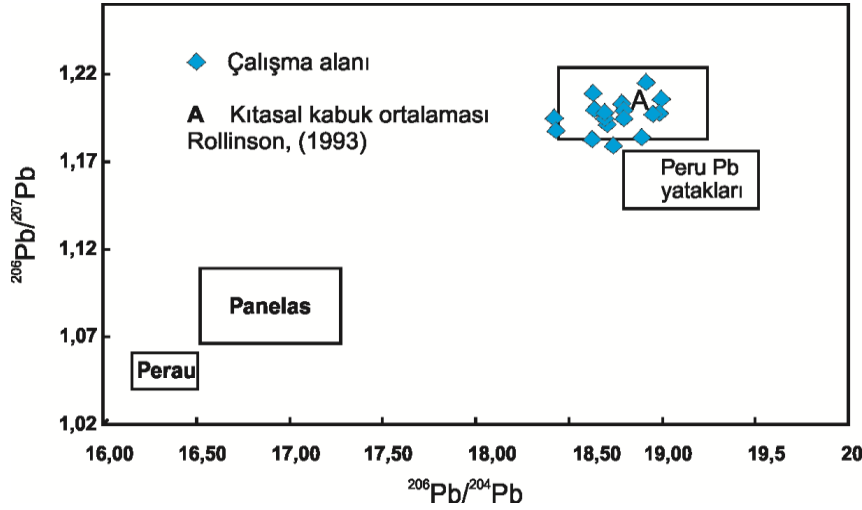


Şekil 7. 22. Kabuğa ait kurşun izotop bileşim hesaplamaları diyagramı: N: Newsom vd., (1986), D: Davies (1984), Z: Zartman ve Doe (1981), R: Rudnick ve Goldstein (1990). Bu diyagram üzerinde, çalışılmış dere sediment örneklerinin konumları (◊ mavi renkli).



Şekil 7. 23 Karasal depolanma alanında Pb izotop oranları (Chunjiang, 2015) ile çalışma alanındaki dere sediment örneklerinin karşılaştırılması (◊ mavi renkli).

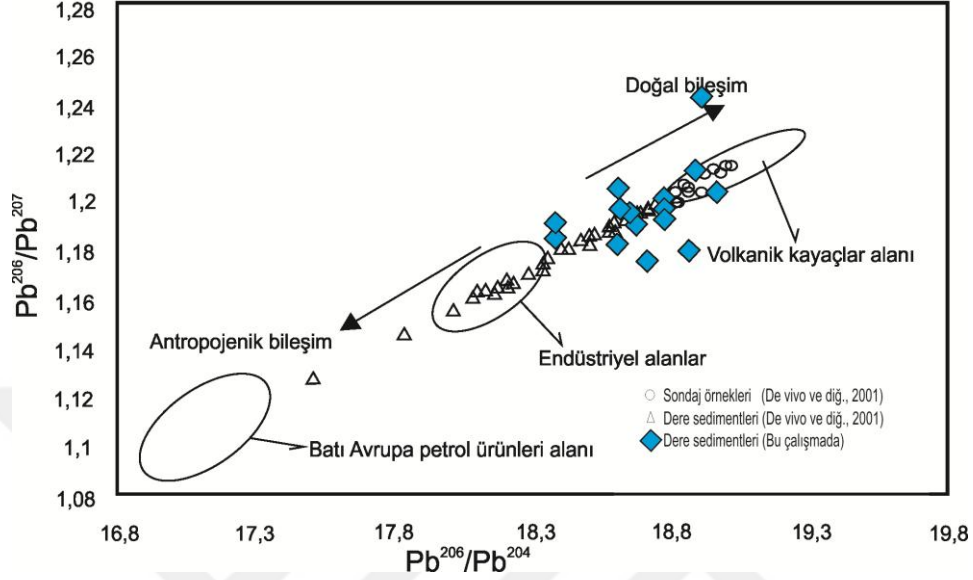
Şekil 7.24'de Rollinson (1993)'dan alınan, $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramı üzerinde, inceleme alanı içerisindeki dere sediment örneklerinin $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranları, karşılaştırıldığında, sözkonusu örneklerin, güncel Pb ortalamalarından elde edilmiş kıtasal kabuk ortalaması alanına düştüğü görülmektedir.



Şekil 7. 24. Peru'daki Fanerazoyik yaşlı Pb yatakları alanlarını gösteren $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diyagramı (Gunnesch vd., 1990; Kontak vd., 1990; güncel Pb ortalamaları Rollinson, 1993'den alınmıştır). Bu diyagram üzerinde, çalışılmış dere sediment örneklerinin konumları (◇ mavi renkli).

Çok farklı kaynaklardan türemiş bu tür çökel dolguları oluşturan kaynak kayaların kökeninin sınırlandırabilmesi için Dill vd., (2012) tarafından Nd-Th-U üçgen diyagramı önerilmiştir. Bununla beraber Dill vd., (2012)'de, böyle farklı kökenlerden türemiş dere sediment örneklerinin köken kayacına yönelik bu diyagramlar kullanılmadan önce, çalışılan alanda antropojenik bir etkinliğin olup olmadığının belirlenmesi gerektiği belirtilmektedir. Dill (2008)'de güncel yataklarda, madencilik faaliyetleri esnasında türemiş olan antropojenik etkilerin çok yaygın olarak görüldüğü, ortaya konmuştur. Kurşun izotop analizleri, endüstriyel ve çevresel süreçler esnasında değişmeyen Pb izotop bileşimleri nedeniyle, çevresel kirlenme çalışmalarında gittikçe artan bir şekilde ve yaygın olarak kullanılan bir araçtır ve daima kurşunun kaynak kökenini yansıtmaktadır. Bunların yanı sıra Pb, yüzeysel şartlar altında görece uyumsuz bir elementtir ve çoğu endüstriyel süreçler içerisinde hemen her yerde bulunmaktadır (Cicchella vd., 2008). Bazı kurşun yatakları arasındaki $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ izotop bileşim oranları, 0,98 ile 1,41 arasında değişmektedir (Sangster vd., 2000). Dünyadaki en büyük kurşun yataklarını barındıran Misisipi Vadisi tipi kurşun yataklarındaki $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ izotop oranları 1,41 iken, Avusturalyada'ki Broken Hill yatağındaki $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ izotop oranları 1,04'den daha düşüktür (Reimann vd., 2012). Batı Avrupada'ki petrol ürünleri kaynaklı Pb izotop bileşim oranları ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}=1.09\pm 1.13$), Kentsel/Endüstriyel alanlar kaynaklı Pb izotop bileşim oranları ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}=1.13\pm 1.18$) ile volkanik ve sedimanter kayalardan kaynaklı doğal Pb izotop bileşim oranları ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}=1.20\pm 1.22$)'dur (De vivo vd., 2001) son yıllarda yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur.

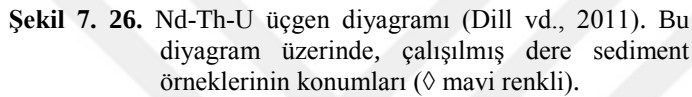
İnceleme alanından alınan 18 adet dere sediment örneğine ait ortalama, Pb izotop bileşim oranları, $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}=1,205$ olup, volkanik ve sedimanter kayaç kaynaklı doğal kurşun değerleri aralığında olduğu Şekil 7.25’de görülmektedir.



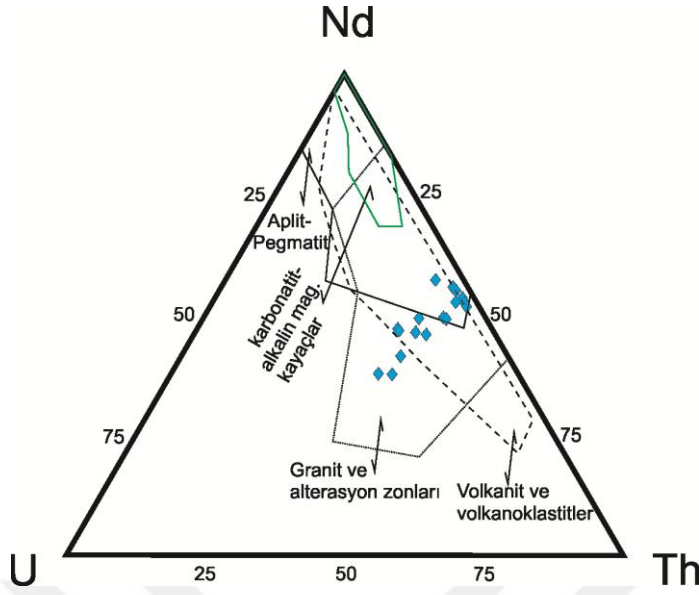
Şekil 7. 25. De vivo vd., (2001)'den alınan diyagram üzerinde Volturno nehri sondaj ve dere sediment örnekleri ile çalışılmış dere sediment örneklerinin $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ izotop bileşim oranları karşılaştırılması (◇ mavi renkli).

Bu durum çalışma alanından toplanmış dere sediment örneklerinin tümünün tek son üyeye (doğal kurşun) bağlı olduğunu göstermektedir.

Üçgen diyagramlar köken çalışmaları yapılırken, farklı kaynaklardan türemiş kayaçları ayırt etmek için sık sık kullanılmaktadır. Bazı diyagramlar kayaç sınıflandırılmalarında kullanılırken, diğerleri ağır mineraller üzerine odaklanmakta ya da belirli bir mineralin kimyasal bileşimi üzerine yoğunlaşmaktadır (Dickinson, 1974; Ingersoll ve Busby, 1994). Bu çalışmada, farklı kaynak kayaçlardan türemiş Ayhan havzası çökel dolgusu içerisindeki dere sedimentlerinin kökenini belirleyebilmek için Dill vd., (2012) tarafından önerilmiş Nd, Th ve U diyagramı kullanılmıştır (Şekil 7.26;7.27).



Dill vd., (2012)'de belirlenmiş referans alanlar üzerindeki belirli bir alan içerisine örnekler düşmemektedir. Bu da örneklerin alındığı sedimentlerin oldukça altere ve erozyon etkisinin yüksek olduğunu gösterebilir. Dere sedimentleri, daha çok ana kayaçların altere ürünlerinden oluşmaktadır, ayrıca sedimentlere yeraltı suyu ve hidrotermal katkı, doğal sediment kimyasını etkilemektedir. Bu durum, dere yatağı içerisine, farklı kaynak kayaçlardan taşınan sedimentlerin kökenlerinin sadece kimyasal ya da izotopik bileşim yardımıyla belirlenmesini zorlaştırmaktadır.



Şekil 7. 27. Nd-Th-U üçgen diyagramı (Dill vd., 2011). Bu diyagram üzerinde, çalışılmış dere sediment örneklerinin konumları (◊ mavi renkli).

Ayhan havzası oluşturan çökeller, Hırkadağ bloğu ve İdişdağı bloğunu oluşturan metamorfik kayalar ve bu metamorfiklere sokulmuş granodiyoritlerden siyenitoyidlere kadar değişen bileşimdeki plutonik kayalar ve bunların yüzey kayalarını oluşturan Karahıdır volkanitlerinden türemişlerdir. Bu nedenle, Ayhan havzası oluşturan çökellere ait örneklerdeki Pb izotop sonuçları tek bir kaynak kökeni işaret etmemektedir. Çökeller üzerinde gelişmiş derelerden alınmış dere sediment örnekleri, magmatik kayalar üzerinde belirlenmiş referans alanlarının yer aldığı Nd-Th-U üçgen diyagramı üzerinde değerlendirildiğinde, granit ve alterasyon zonları alanı ile volkanit ve volkanoklastitler referans alanları içerisinde yer aldığı, bu nedenle dere sediment kaynak kayalarının büyük oranda, drenaj sistemi civarında gözlenen OAKK'nın bölümleri olan Hırkadağ ve İdişdağı blokları ve onlara sokulmuş olan granitoyitik kayalar ve onların yüzey kayaları olduğu söylenebilir (Şekil 7.27).

8. SONUÇLAR

Kayaç jeokimya çalışmaları; fay zonları ile ilişkili Lütésiyen Öncesi akarsu ortamı ve göl ortamı çökelleri içerisinde farklı litolojik birimlerin (silisifiye kireçtaşları ve silttaşları) uranyumu bulundurma konusundaki sonuçları kapsamaktadır. Dere sediment jeokimyası bulguları, farklı yöntemler ile çözdürülen örneklerin jeokimyasal özelliklerini içermektedir.

1. Mineralojik çalışmalarla, cevherleşmelerin üç ayrı seviyede konumlandıkları tespit edilmiştir. Bunlar; akarsu çökellerinin (Kubaca (a)) tabanında yer alan kireçtaşı arabantlarında, kırık zonlarını dolduran kalsit içerisinde uranyum karbonat minerali olan rutherfordin (UO_2CO_3), akarsu ortamı içerisindeki roll front yapıları içerisinde indirgen ortamda uraninit (UO_2) minerali olarak ve akarsu çökelleri üzerine gelen göl ortamı çökelleri (Kubaca (b)) içerisindeki organik malzemece zengin kıltaşı-silttaşı aradalanmalı seviyeler içerisinde flor-apatit [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$] minerali formunda gözlenmektedir.

2. Uranyumun, hidrotermal solüsyonlarca ya küçük tane boyutunda taşınarak ya da kil mineralleri tarafından adsorbsiyon ya da iyon alışveri nedeniyle silttaşları içerisinde zenginleşmiş olabileceği düşünülmektedir.

3. Silttaşı örneklerinde Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve P_2O_5 içerikleri kil mineralleri ve apatitler nedeniyle yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Silttaşları içerisindeki iz element (U, Th, Ba, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, V, Zr, W, Y, Mo, Cu, Zn, Ni, As, Sb, Bi, Ag, Au, Hg ve Tl) dağılımları silisifiye kireçtaşlarında olduğundan daha fazladır.

4. U ve V, W, Zr ve Y arasındaki yüksek pozitif korelasyon katsayılarının varlığı, bu elementlerin uranyumla aynı kaynaklı olduğunu ve granitik kaynağı işaret etmektedir.

5. Tüm kayaç örneklerinde, denge durumunu belirlemek için kullanılan D-faktör sonuçlarında kimyasal olarak analiz edilmiş örneklerdeki uranyum değerlerinin radyometrik olarak ölçülmüş uranyum değerlerinden daha büyük olması, uranyum katkısı/eklentisi tarafından karakterize edilen dengesizlik durumunu yansıtmaktadır. Uranyum mineralizasyonunun kökeni esas olarak, uranyumun daha sonradan diğer formlar içerisinde yeniden depolanmalarını sağlayan okside olmuş/indirgenmiş akışkanların hareketiyle, birincil minerallerin alterasyonu ile ilişkili olmalıdır.

6. Akarsu ortamı ve göl ortamı çökelleri içerisindeki kırık/fay zonları boyunca yeraltı sularının sirkülasyonu yoluyla yeniden dağılım, uranyumun taşınmasında önemli rol

oynamış olmalıdır. Gölse ortam çökelleri içerisindeki uranyumca zengin killi seviyelerin varlığı, uranyumun hidromorfik yolla taşınımının, mekanik taşınımından daha etkili olduğunu göstermektedir.

7. Dere sediment iz element içeriklerinin, kil ve şeyl ortalama normalize diyagramlar; negatif Cu, Ni, U, Sr, V, La, Sn ve Zr anomalileri ile pozitif Mo, Zn, Co, Mn, As, Th, Cd, Sb ve La anomaliler izlenmiştir. Bu elementlerden As çok yüksek pozitif anomali sunmaktadır. Bunun yanı sıra Zn, Th, Mn ve Cd'da normalize değerlerin üzerinde pozitif anomaliye sahiptir.

8. Dere sediment örneklerinin Fe içeriği, % 1,63 ile % 5,91 aralığında değişmektedir. Örneklerin ortalama Fe içeriği % 4,33'tür ve ortanca değerleri 4,35'tir. Fe oranı yüksek örneklerin Cu, Ni, U, Sr, V, Sn, Zr, Ba içeriklerinin artışı ve Y, Sn, La'un azaldığı görülmektedir. Bu nedenle, Fe-oksi-hidroksitlerin bu metalleri adsorbe ettiğini söylemek mümkündür. Zayıf liç analiz sonuçları bu fikri desteklenmektedir.

9. Bu çalışmada elde edilen örneklerdeki Pb izotop çalışmaları sonucunda,1) Ayhan havzası birimleri üzerindeki drenaj sistemlerinden alınan dere sedimentlerine ait örneklerdeki, Pb izotop sonuçları tek bir kaynak kökeni işaret etmemektedir. 2) Kimyasal elementlerin konumsal dağılımlarının, jeojenik (Doğal kökenli) faktörler tarafından belirlendiği ortaya çıkmıştır. Ortamda insan aktivitesiyle (antropojenik) ilgili herhangi bir unsur görülmemektedir.

10. Ayhan havzası içerisindeki drenaj sistemlerinde yeralan sediment kaynak kayaların, değerlendirilen Nd, U ve Th verileri yüzünden, büyük oranda, drenaj sistemi civarında gözlenen Hırkadağ ve İdişdağı granitoyitik kayaları olduğunu söylemek mümkündür.

KAYNAKLAR

- Advokaat, E.L.**, 2011. Tectono-stratigraphic evolution of the Ayhan Basin, Central Anatolia, Turkey: A Late Cretaceous to Early-Eocene supra detachment basin that underwent post-Lutetian compression and tilting. Utrecht Studies in Earth Sciences [Master Thesis].
- Advokaat, E.L., van Hinsbergen, D.J.J., Kaymakçı, N., Vissers, R.L.M., Hendriks, B.W.H.**, 2014. Late Cretaceous extension and Palaeogene rotation related contraction in Central Anatolia recorded in the Ayhan-Büyükışla basin: International Geology Review, v. 56, p. 1813–1836.
- Adams, J.A.S., Weaver, C.E.**, 1958. Thorium to uranium ratios as indicator for sedimentary processes: An example of geochemical facies. Am. Assoc. Petrol. Geol. 42, 397-430.
- Adegoke, A.K., Abdullah, W.H., Hakimi, W.H., Sarki Yandoka, B.M., Aturamu, A.**, 2014. Trace elements geochemistry of kerogen in Upper Cretaceous sediments, Chad (Bornu) Basin, northeastern Nigeria: Origin and paleo-redox conditions. Journal of African Earth Sciences 100 (2014) 675–683
- Ahrens, L.H.**, 1954. The lognormal distribution of the elements (a fundamental law of geochemistry and its subsidiary). Geochim Cosmochim Acta 5 : 49-74
- Aksoy, M., Alçıçek, Ö.N., Abiz, O.İ., Dümenci, S., Sezen, E., Küçük, M.**, 2013. Nevşehir-Avanos AR-201100174 no’lu Ruhsata ait Jeoloji-Jeofizik ve Sondaj Çalışmaları Raporu. MTA-Derleme No:11656.
- Akıman, O., Erler, A., Göncüoğlu, M.C., Gülec, N., Geven, A., Türeli, K., Kadioglu, Y.**, 1993. Geochemical characteristics of granitoids along the western margin of the Central Anatolian Crystalline Complex and their tectonic implications: Geological Journal, 28, 371-382.
- Alçıçek, Ö.N., Abiz, O.İ., Aksoy, M., Dümenci, S.**, 2013. MTA Yıllık Proje Çalışmaları Sonuç Bildirileri. Enerji Ham. Etüt ve Arama Dairesi Kod No: 2012-33-13-08.
- Alçıçek, Ö.N., Abiz, O.İ., Aksoy, M., Dümenci, S.**, 2014. MTA Yıllık Proje Çalışmaları Sonuç Bildirileri. Enerji Ham. Etüt ve Arama Dairesi Kod No: 2013-33-13-21.

- Alçıçek, Ö.N., Abiz, O.İ., Aksoy, M., Dümenci, S., Kalender, L.,** 2015. MTA Yıllık Proje Çalışmaları Sonuç Bildirileri. Enerji Ham. Etüt ve Arama Dairesi Kod No: 2014-33-13-20.
- Alçıçek, Ö.N., and Kalender, L.,** 2015. Mineralogy, geochemistry and radioactivity of the uranium mineralization and determination of lithological characterization in the Dadağı Town, Central Anatolian, Turkey, 15 th. SGEM International Conference, Exploration and Mining, 461-468, Bulgaria.
- Alçıçek, Ö.N., Abiz, O.İ., Aksoy, M., Çömlekçiler, F.,** 2016. MTA Yıllık Proje Çalışmaları Sonuç Bildirileri. Enerji Ham. Etüt ve Arama Dairesi Kod No: 2015-33-13-19.
- Alexandre, P., Kyser, K., Layton-Matthews, D., Beyer, S.R., Hiatt, E.E., Lafontaine, J.,** 2015. Formation of the enigmatic Matoush uranium deposit in the Paleoprotozoic Otish Basin, Quebec, Canada: Mineralium Deposita, published online Feb. 3, 2015, DOI 10.1007/s00126-014-0569-5.
- Atabey, E., Tarhan, N., Yusufoglu, H., Canpolat, M.,** 1988. Geology of between Hacıbektaş, Gülşehir and Kalaba (Nevşehir)-Himmetdede (Kayseri). General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) Report Number: 8523 (no published), Ankara.
- Atabey, E.,** 1989. Kayseri - H19 Paftası Jeoloji Haritası: Ankara, Turkey, General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) Publication.
- Atalay, M.Y.,** 1990. Türkiye’de Uranyum Arama Çalışmaları. M.T.A. Teknik rapor. Ankara.
- Berner, R.A.,** 1981. A new geochemical classification of sedimentary environments. J. Sediment. Petrol. 51, 359–365.
- Bodin, S, Godet, A., Matera, V., Steinmann, P., Vermeulen J., Gardin, S., Adatte, T., Coccioni, R., Föllmi, K.B.,** 2007. Enrichment of redox-sensitive trace metals (U, V, Mo, As) associated with the late Hauterivian Faraoni oceanic anoxic event International Journal of Earth Sciences 96, issue 2, 327-341.
- Bostick, B.C., and Fendorf S.,** 2003. Arsenite sorption on troilite (FeS) and pyrite (FeS₂). Geochim Cosmochim Acta 67:909–921
- Boyle, R.W.,** 1982. Geochemical prospecting for thorium and uranium deposits: in Developments in Economic Geology 16, Elsevier Scientific Pub. comp., 498p.

- Bölviken, B., Kullerud, G., Loucks, R.R.,** 1990. Geochemical and metallogenic provinces, a discussion initiated by results from geochemical mapping across northern Fennoscandia. *Journal of Geochemical Exploration*, 39, 49-90.
- Bölücek, C., and Kalender, L.,** 2009. Drainage Sediment Geochemical Orientation Study Under Semi-Arid Conditions, Keban, Eastern, Turkey. *AJSE*, Vol. 34, 1A, pp. 91-102, ISSN 1319-8025
- Carranza, E.J.M.,** 2009. Geochemical Anomaly and Mineral Prospectively Mapping in GIS; *Handbook of Exploration and Environmental Geochemistry*, First ed. Elsevier, chapter 5.
- Carranza, E.J.M.,** 2010a. Catchment basin modeling of stream sediment anomalies revisited: incorporation of EDA and fractal analysis. *Geochem.: Explor., Environ., Anal.* 10, 365–381.
- Carranza, E.J.M.,** 2010b. Mapping of anomalies in continuous and discrete fields of stream sediment geochemical landscapes. *Geochem.: Explor., Environ., Anal.* 10, 171–187.
- Chunjiang, Y.,** 2015. Lead isotope compositions of subducting sediments around the Pacific. Master of science in geology. Washington State University Department of geology. [Master Thesis].
- Cicchella, D., De Vivo, B., Lima, A., Albanese, S., McGill, R.A.R., Parrish, R.R.,** 2008. Heavy metal pollution and Pb isotopes in urban soils of Napoli, Italy *Geochemistry: Exploration Environment Analysis*, v. 8:103-112, doi:10.1144/1467-7873/07-148.
- Cochran, J.K., Carey A.E., Sholkovitz E.R., Surprenant L.D.,** 1986. The geochemistry of uranium and thorium in coastal marine sediments and sediment pore waters. *Geochim. Cosmochim. Acta* 50, 663–680.
- Cox, S.F.,** 2005, Coupling between deformation, fluid pressures, and fluid flow in reproducing hydrothermal systems at depth in the crust: *Economic Geology*, v. 100th Anni, p. 39–75.
- Crusius, J., Calvert, S., Pedersen, T., Sage, D.,** 1996. Rhenium and molybdenum enrichments in sediments as indicators of oxic, suboxic and sulfidic conditions of deposition. *Earth Planet. Sci. Lett.* 145, 65–78.
- Cuney, M.,** 2009. The extreme diversity of uranium deposits. *Miner. Deposita* 44, 3–9.

- Cuney, M., and Kyser, K.,** 2009. Recent and not-so-recent developments in uranium deposits and implications for exploration. Short Course, vol. 39. Mineralogical Association of Canada (MAC) and Society Geology Applied to Mineral Deposits (SGA) (272 pp.).
- Çağatay, M.N.,** 1984. Selective extraction techniques in exploration for volcano-genetic sulphide deposits, Eastern Black Sea Region, Turkey. *Journal of Geochemical Exploration*, 21, 273-290.
- Çetintürk, İ.,** 1961, Arafa-Göynük-Alacaşar-Ulukışla bölgeleri radyoaktivite etüdü. MTA Rap. No. 3170, Ankara.
- Çetintürk, İ.,** 1992. Uranium prospecting Kırşehir-Kayseri-Nevşehir-Niğde area. Mineral Research and Exploration, Report No. 9306, Ankara.
- Dahlkamp, F.J.,** 1978. A classification of uranium deposits. *Miner. Deposita* 13, 83–104.
- Dahlkamp, F.J.,** 1989. Classification scheme of uranium deposits. *Metallogenesis of Uranium Deposits*. IAEA, Vienna, pp. 1–31.
- Dahlkamp, F.J.,** 1993. *Uranium Ore Deposits*. Springer, Berlin Heidelberg New York (460 pp.).
- Dahlkamp, F.J.,** 2009. *Uranium Deposits of the World*. Springer, Berlin Heidelberg New York (2400 pp.).
- Davies, G.F.,** 1984. Geophysical and isotopic constraints on mantle convection: An interim synthesis., *J. Geophys. Res.*, 89, 6017-6040, 1984.
- De Vivo, B., Somma, R., Ayuso, R.A., Calderoni, G., Lima, A., Pagliuca, S., Sava, A.,** 2001. Pb isotopes and toxic metals in floodplain and stream sediments from the Volturno river, Italy, *Environmental Geology*, 41 :101-112.
- Dickinson, W.R.,** 1974. Plate tectonics and sedimentation. In: Dickinson, W.R. (Ed.), *Tectonics and Sedimentation*, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, 22, pp. 1–27.
- Dill, H.G.,** 2008. Geogene and anthropogenic controls on the mineralogy and geochemistry of modern alluvial-(fluvial) gold placer deposits in man-made landscapes in France, Switzerland and Germany. *Journal of Geochemical Exploration* 99, 29–60.
- Dill, H.G., and Klosa, D.,** 2011. Heavy-mineral-based provenance analysis of Mesozoic

- continental-marine sediments at the western edge of the Bohemian Massif, SE Germany: with special reference to Fe–Ti minerals and the crystal morphology of heavy minerals. *International Journal of Earth Sciences* 100, 1497–1513.
- Dill, H.G.**, 2012. Morphology and mineral chemistry of monazite–zircon-bearing stream sediments of continental placer deposits (SE Germany): Ore guide and provenance marker. *Journal of Geochemical Exploration* 112 (2012) 322–346
- El Nahas H.A., El Feky, M.G., Mira, H.**, 2011. Mineralogy, M-type tetrad effect and radioactivity of altered granites at the G. Abu Garadi shear zone, central Eastern Desert, Egypt. *Chinese Journal of Geochemistry* 30, 153–164.
- Erdoğan, B., Akay, A., Uğur, M.Ş.**, 1996. Geology of the Yozgat region and evolution of the collisional Çankırı basin. *International Geology Review*, 38, 788–806.
- Erler, A., and Göncüoğlu, M.C.**, 1995. Geologie and tectonic setting of Yozgat Batholith: 2.Int. Turkish Geology VVorkshop, Sivas, 6-8 September 1995, Abstracts, 34.
- Essilfie-Dughan, J., Pickering, I.J., Hendry, M.J., George, G.N., Kotzer, T.**, 2011. Molybdenum Speciation in uranium mine tailings using X-ray absorption spectroscopy. *Environ. Sci. Technol.* 45, 455–460.
- Fayek, M., and Kyser, T. K.**, 1997. Characterization of multiple fluid-flow events and rare-earth-element mobility associated with formation of unconformity-type uranium deposits in the Athabasca Basin, Saskatchewan: *The Canadian Mineralogist*, v. 35, p. 627–658.
- Feltrin, L., McLellan, J., Oliver, N.**, 2009, Modelling the giant, Zn-Pb-Ag Century deposit, Queensland, Australia: *Computers and Geosciences*, v. 35, p. 108–133.
- Fleischer, M.**, 1953. Recent estimates of the abundances of the elements in the earth's crust: *U. S. Geol. Survey Circ.* 285, 7 p.
- Fletcher, W.K.**, 1997. Stream Sediment Geochemistry in Today's Exploration World. In: Gubins, A.G. (Ed.), *Proceedings of Exploration 97: Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration*, pp. 249–260.
- Fredrickson, J.K., Zachara, J.M., Kennedy, D. W., Duff, M.C., Gorby, Y. A., Li, S. W., Krupka, K.M.**, 2000. Reduction of U (VI) in goethite (α -FeOOH) suspensions by a dissimilatory metal-reducing bacterium: *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, v. 64, p. 3085–3098.
- Farmer, J.G., and Lovell, M.A.**, 1986. Natural enrichment of arsenic in Loch Lomond sediments. *Geochim Cosmochim Acta* 50: 2059–2067

- Froelich, P.N., Klinkhammer, G.P., Bender, M.L., Luedtke, N.A., Heath, G.R., Cullen, D., Dauphin, P.,** 1979. Early oxydation of organic matter in pelagic sediments of the eastern equatorial Atlantic: Suboxic diagenesis. *Geochim. Cosmochim. Acta* 43, 1075–1090.
- Gieré, R.,** 1989. Hydrothermal mobility of Ti, Zr and REE: Examples from the Bergell and Adamello contact aureoles (Italy). *Terra Nova*, 2, 60-67.
- Grandstaff, D.E.,** 1976. A kinetic study of the dissolution of uraninite. *Econ. Geol.* 71, 1493–1506.
- Govett, G.J.S.,** 1985. Rock geochemistry in mineral exploration. G.J.S.Govett (ed.), *Handbook of Exploration Geochemistry*, Elsevier, New York, 461.
- Gökten, E., and Floyd, P.A.,** 1987. Geochemistry and tectonic environment of the Şarkışla area volcanic rocks in Central Anatolia, Turkey, *Mineralogical Magazine*, 51, 553-559
- Göncüoğlu, M.C.,** 1977. *Geologie des westlichen Niğde Massivs*, (Ph. D Thesis), Bonn University, 167 p.(1977).
- Göncüoğlu, M.C., Erler, A., Toprak, G.M.V., Olgun, E., Kuşçu, İ.,** 1991. Orta Anadolu Masifinin batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 1: Güney Kesim. TPAO, Rap. 2909, (yayımlanmamış).
- Göncüoğlu, M.C., Erler, A., Toprak, V., Yalınız, K.M., Kuşçu, İ., Köksal, S., Dirik, K.,** 1993. Orta Anadolu Masifin batı bölümünün jeolojisi, Bolum 3: Orta Kızılırmak Tersiyer Baseninin jeolojik evrimi: Ankara, T.P.A.O. Report, v. 3313.
- Gunnesch, K.A., Baumann, A., Gunnesch, M.,** 1990. Lead isotope variations across the Central Peruvian Andes. *Economic Geology*, 85,1384-401.
- Güleç, N.,** 1994. Rb-Sr isotope data from the Ağaören granitoid (East of tuzgölü): Geochronological and genetic implications. *Doğa*, 3, 39-43. (1994).
- Haas, J.R., Shcok, E.L., Sassani, D.C.,** 1995. Rare earth elements in hydrothermal systems; estimates of standard partial molal thermodynamic properties of aqueous complexes of the rare earth elements at high pressures and temperatures.*Geochim. Cosmochim. Acta* 59, 4329–4350.
- Hanchar, J.,** 1999. Spectroscopic techniques applied to uranium in minerals. In: Burns, P.C., Finch, R. (Eds.), *Uranium Mineralogy, Geochemistry and the Environment*. Mineralogical Society of America, *Reviews in Mineralogy*, 38, pp. 499–517.

- Hansink, J.P.**, 1976. Equilibrium analysis of sandstone rollfront uranium deposits. Proceedings Inter. Symposium on exploration of uranium deposits. Int. Atomic Energy Agency, Vienna. pp. 683 - 693.
- Heinrich, E.W.**, 1958. Mineralogy and Geology of Radioactive Raw Materials. McGraw-Hill, New York (654 pp.).
- Heinrich, G., Kyser, K., Chipley, D., Lam, E.**, 2010. The determination of selenium and molybdenum distribution in uranium ore and mill solids. Uranium 2010, Saskatoon, Saskatchewan, August 18–20.
- Hofmann, A.**, 2001. Lead isotopes and the age of the Earth — a geochemical accident. Geological Society, London, Special Publications 2001; v. 190; p. 223-236.
- Hoernle, K., Tilton, G., Schmincke, H.U.**, 1991. Sr-Nd-Pb isotopic evolution of Gran Canaria : Evidence for shallow enriched mantle beneath the Canary Islands: Earth and Planetary Science Letters, v. 106, p. 44–63, doi: 10.1016/0012-821X(91)90062-M.
- Hoeve, J., Sibbald, T.I.I., Ramaekers, P., Lewry, J.F.**, 1980. Athabasca Basin unconformity-type uranium deposits: A special class of sandstone-type deposits?, in Ferguson, S., and Goleby, A. B., eds., Uranium in the Pine Creek Geosyncline: Vienna, International Atomic Energy Agency, p. 575–594.
- Huerta-Diaz, M.A., and Morse JW.**, 1992. Pyritization of trace metals in anoxic marine sediments. Geochim Cosmochim Acta 56:2681–2702
- Hull, L.C., Grossman, L.C, Fjeld R.A., Coates, J.T., Elzerman, A.W.**, 2004. Hybrid empirical-theoretical approach to modeling uranium adsorption, Applied Geochemistry, 19, 721–736.
- Ingersoll, R.V., and Busby, C.J.**, 1994. Tectonics of sedimentary basins. In: Busby, C.J., Ingersoll, R.V. (Eds.), Tectonics of Sedimentary Basins. Blackwell, Oxford, pp. 1–51.
- IAEA**, 2009. World Distribution of Uranium Deposits (UDEPO) with Uranium Deposit Classification. IAEA, VIENNA, 2009. IAEA-TECDOC-1629. 117p.
- Kalender, L.**, 2015. Radyoaktif Hammadde Aramacılığı ve Türkiye’deki Güncel Durum. MTA 80. Yıl Etkinlikleri Bildiri Özetleri Kitabı. Sayfa 37-42.
- Kara, H., and Dönmez, H.**, 1990, 1:100000 scale geological map of Turkey, Kirsehir-G17 sheet: General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) no. 34, 17 p. (in Turkish).

- Klinkhammer, G.P., and Palmer, M.R.,** 1991. Uranium in the oceans: Where it goes and why. *Geochim. Cosmochim. Acta* 55, 1799–1806.
- Kontak, D.J., Cumming, G.L., Krstic, D., Clark, A.H., Farrar, E.** 1990. Isotopic composition of lead in ore deposits of the Cordillera Oriental, South-eastern Peru. *Economic Geology*, 85, 1584–603.
- Köksal, S., and Göncüoğlu, M.C.,** 1997, Geology of the Idis Dağı – Avanos Area (Nevşehir – Central Anatolia). *Mineral Res. Expl. Bull.*, 119, 41–58.
- Köksal, S., Göncüoğlu, M.C., Floyd, P.A.,** 2001, Extrusive members of Postcollisional A-Type Magmatism in Central Anatolia: Karahıdır volcanics, Idis Dağı – Avanos Area, Turkey. *International Geology Review*, 43, 683–694.
- Köksal, S., Romer, R.L., Göncüoğlu, M.C., Roksay-Köksal, F.,** 2004, Timing of post-collisional H-type to A-type granitic magmatism: U-Pb Titanite Ages from the Alpine Central Anatolian Granites (Turkey): *International Journal of Earth Sciences*, v. 93, p. 974–989.
- Kuwabara, J.S., van Geen, A., McCorkle, D.C., Bernhard, J.M.,** 1999. Dissolved sulfide distributions in the water column and sediment pore waters of the Santa Barbara basin. *Geochim. Cosmochim. Acta* 63, 2199–2209.
- Kyser, K., and Cuney, M.,** 2009. Unconformity-related uranium deposits, *in* Cuney, M., and Kyser, K., eds., Recent and not-so-recent developments in uranium deposits and implications for exploration, 39: Quebec, Mineralogical Association of Canada (MAC) and the Society for Geology Applied to Mineral Deposits (SGA), p. 161–219.
- Lapp, B., and Balzer, W.,** 1993. Early diagenesis of trace metals used as an indicator of past productivity changes in coastal sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta* 57, 4639–4652.
- Lefebvre, C.,** 2011. The tectonics of the Central Anatolian Crystalline Complex: A structural, metamorphic and paleomagnetic study: Utrecht Studies in Earth Sciences [PhD Thesis]: Departement Aardwetenschappen, v. 3, 147 p.
- Lefebvre, C., Peters, M.K., Wehrens, P.C., Brouwer, F.M., van Roermund, H.L.M.,** 2015. Thermal history and extensional exhumation of a high-temperature crystalline complex (Hirkadağ Massif, Central Anatolia). *Lithos* 238(2015)156–173. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lithos.2015.09.021.0024-4937>/Published by Elsevier B.V.

- Legeleux, F., Reyss, J.L., Bonte, P., Organo, C.,** 1994. Concomitant enrichments of uranium, molybdenum and arsenic in suboxic continental margin sediments. *Oceanol. Acta* **17**, 417–429.
- MacDonald, D.D., Ingersoll, C.G., Berger, T.,** 2000. Development and evaluation of consensusbased sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Arch Environ Contam Toxicol* **39**:20-31.
- McKay, A., and Miezeitis, Y.,** 2001. Australia's uranium: resources, geology and development of deposits. Mineral Resource Report, 1. Geoscience Australia, Canberra (184 pp.).
- McLellan, J.G., Oliver, N.H.S., Schaubs, P.M.,** 2004, Fluid flow in extensional environments: Numerical modelling with an application to Hamersley iron ores: *Journal of Structural Geology*, v. 26, p. 1157-1171.
- Merritt, R.C.,** 1971. The Extractive Metallurgy of Uranium. Colorado School of Mines Research Institute for the United States Atomic Energy Commission, 1971 p.112-119.
- Mues-Schumacher, U., and Schumacher, R.,** 1996, Problems of stratigraphic correlation and new K-Ar data for ignimbrites from Cappadocia, central Turkey: *International Geology Review*, **38**, 737–746
- Newsom, H.E., White, W.M., Jochum, K.P., Hofmann, A.W.,** 1986. Siderophile and chalcophile element abundances in oceanic basalts, Pb isotope evolution and growth of the Earth's core., *Earth Planet. Sci. Lett.*, **80**, 299-313, 1986.
- Nakashima, S., Disnar, J-R., Perruchot, A.,** 1999. Precipitation kinetics of uranium precipitation by sedimentary organic matter under diagenetic and hydrothermal conditions. *Economic Geology*, **94**, 993-1006.
- Nakoman, E.,** 1979. Radyoaktif Hammaddeler Jeolojisi, MTA, Ankara.
- Nash, J.T., Granger, H.C., Adams, S.S.,** 1981. Geology and concepts of genesis of important types of uranium deposits. *Economic Geology 75th Anniversary Volume*, pp. 63–116.
- Oliver, N.H.S., McLellan, J.G., Hobbs, B.E., Cleverley, J.S., Ord, A., Feltrin, L.,** 2006. Numerical models of extensional deformation, heat transfer, and fluid flow 97 across basement-cover interfaces during basin-related mineralization: *Economic Geology*, v. 101, p. 1–31.
- Ord, A., and Oliver, N.H.S.,** 1997b. Mechanical controls on fluid flow during regional

- metamorphism: Some numerical models: *Journal of Metamorphic Geology*, v. 15, p. 345–359.
- OECD/NEA-IAEA**, 2012. Uranium 2011: Resources, Production and Demand. OECD, International Atomic Energy Agency (IAEA), OECD Publishing (488 pp.).
- Pearson, R.G.**, 1963. Hard and soft acids and bases. *Journal of the American Chemical Society*, **85**, 3533-3539.
- Parker, R.L.**, 1967. Data of geochemistry, Six Edition. Michael Fleischer (Technical Editor), Chapter D. Composition of the earth's crust. Geological Survey Professional Paper. 440- D, US Government Printing Office, Washington.
- Patnaik, P.**, 2003. Handbook of Inorganic Chemical Compounds. Mc Graw-Hill. NewYork, p. 934.
- Patterson, C.**, 1956. Age of meteorites and the Earth. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 10: 230–237.
- Persaud, D., Jaagumagi, R., Hayton, A.**, 1993. Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in Ontario. Water Resources Branch, Ontario Ministry of the Environment, Toronto, ONT, 27 p.
- Petrov, N.N., Yazikov, V.G., Aubakirov, H.B., Plekhanov, V.N., Vershkov, A.F., Lukhtin, V.F.**, 1995. Uranium Deposits of Kazakhstan (Exogenous).Gylym, Almaty (264 pp. (in Russian)).
- Pichler, T., and Hendry, M.J.**, 2001. The mineralogy of arsenic in uranium mine tailings at the Rabbit Lake in-pit facility, northern Saskatchewan, Canada. *Environ Geol.* 40: 495–506.
- Plank, T., and Langmuir, C.H.**, 1998. The chemical composition of subducting sediment and its consequences for the crust and mantle. *Chemical Geology* 145, 325-394.
- Plant, J.A. and Moore, P.J.**, 1979. Geochemical mapping and interpretation in Britain. *Philos. Transactions of the Royal Society of London, Ser. B*, 288, 95-112.
- Plant, J.A., Simpson, P.R., Lalor, G.C., Robotham, H., Hurdley, J., Milowdowski, A.E., Smith, T.K.**, 1988. New evidence of epithermal gold potential in andesitic volcanics of the Central Inlier, Jamaica. *Trans. Instn. Min. Metall.* 97: B88-91.
- Pomie, C.S., Hamelin, B., Lancelot, J., Blomqvist, R.**, 2004. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ and $^{238}\text{U}/^{230}\text{Th}$ dating of uranium migration in carbonate fractures from the Palmottu. *Applied Geochemistry* 19, 273–288.

- Rantitsch, G.**, 2000. Application of fuzzy clusters to quantify lithological background concentrations in stream-sediment geochemistry. *J. Geochem. Explor.* 71, 73–82.
- Reimann, C., and Filzmoser, P.**, 2000. Normal and lognormal data distribution in geochemistry: death of a myth. Consequences for the statistical treatment of geochemical and environmental data. *Environ Geol* 2000;39/9:1001 – 14.
- Reimann, C., Filzmoser, P., Garrett, R.G.**, 2005. Background and threshold: critical comparison of methods of determination. *Science of the Total Environment* 346:1-16.
- Reimann, C., Flem, B., Fabian, K., Birke, M., Ladenberger, A., Négrel, P., Demetriades, A., Hoogewerff, J., GEMAS Project Team.**, 2012. Lead and lead isotopes in agricultural soils of Europe — the continental perspective. *Appl. Geochem.* 27, 532–542.
- Rollinson, H.R.**, 1993. Using geochemical data. Evaluation, presentation, interpretation. Harlow/New York: Longman Scientific & Technical. 352 p.
- Romberger, S.**, 1984. Transport and deposition of uranium in hydrothermal systems at temperatures up to 300 degrees C; geological implications. In: de Vivo B, Ippolito F, Capaldi G, Simpson PR, editors. Uranium geochemistry, mineralogy, geology, exploration and resources. United Kingdom (GBR): Inst. Min. and Metall., London, United Kingdom (GBR)
- Rosenthal, Y., Lam P., Boyle, E.A., Thomson, J.**, 1995. Authigenic cadmium enrichments in suboxic sediments: Precipitation and postdepositional mobility. *Earth Planet. Sci. Lett.* 132, 99–111.
- Rudnick, R.L., and Goldstein, S.L.**, 1990. The Pb isotopic compositions of lower crustal xenoliths and the evolution of lower crustal Pb, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 98, 192-207, 1990.
- Ruzicka, V.**, 1971. Geological comparison between East European and Canadian uranium deposits. Geological Survey Canada Paper 70-48. (196 pp.).
- Sangster, D.F., Outridge, P.M., Davis, W.J.**, 2000. Stable lead isotope characteristics of lead ore deposits of environmental significance. *Environ. Rev.* 8, 115–147.
- Seymen, İ.**, 1982. Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masfinin stratigrafisi ve metamorfizması. *Bulletin of the Geological Society of Turkey*, 24, 7-14. (1982).
- Sherman, D.M., Peacock, C.L., Hubbard, C.G.**, 2008. Surface complexation of U(IV) on goethite (α -FeOOH). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72, 298-310.

- Sibson, R. H.**, 2001, Seismogenic framework for hydrothermal transport and ore deposition, *in* Richards, J. P., and Tosdal, R. M., eds., *Reviews in Economic Geology*, 14: Boulder, Society of Economic Geologists, p. 25–50.
- Shaw, S.A., Hendry, M.J., Dughan, E.J., Kotzer, T., Wallschläger, D.**, 2011. Distribution, characterization, and geochemical controls of elements of concern in uranium mine tailings, Key Lake, Saskatchewan, Canada, *Applied Geochemistry* 26, 2044–2056.
- Shock, E.L., Sassani, D.C., Betz, H.**, 1997. Uranium in geologic fluids: Estimates of standard partial molal properties, oxidation potentials, and hydrolysis constants at high temperatures and pressures: *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, v. 61, p. 4245–4266.
- Silva, M.M.V.G., Sergio, P.L., Elsa, C.G.**, 2013. Geochemistry and behavior of REE in stream sediments close to an old Sn-W mine, Ribeira, Northeast Portugal. *Chemie Erde - Geochemistry* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemer.2013.08.002>
- Skirrow, R.G., Jaireth, S., Huston, D.L., Bastrakov, E.N., Schofield, A., Wielen, S.E. v. d., Barnicoat, A.C.**, 2009. Uranium Mineral Systems: Processes, exploration criteria and a new deposit framework, *Geoscience Australia Record* 2009/20, p. 44.
- Smirnov, V.I., Ginzburg, A.I., Grigoriev, V.M., Yakovlev, G.F.**, 1983. *Studies of Mineral Deposits*. Mir, Moscow.
- Stacey, J.S., and Kramers, J.D.**, 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two stage model. *Earth Planet Sci Lett* 26:207–221
- Stoikov, H.M., and Bojkov, I.B.**, 1991. *Geology and Exploration of Uranium Deposits*. Spector, Sofia (148 pp. (in Bulgarian)).
- Şenel, M.**, 2002. 1:500000 scale geological map of Turkey, Kayseri sheet: General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), no 9.
- Szecsody, J.E., Truex, M.J., Qafoku, N., Wellman, D.M., Resch, T., Zhong, L.**, 2013. Influence of acidic and alkaline waste solution properties on uranium migration in subsurface sediments. *Journal of Contaminant Hydrology* 151:155–175. dx.doi.org/10.1016/j.jconhyd.2013.05.009.
- Takeno, N.**, 2005. Atlas of Eh-pH diagrams. *Geol Surv Jpn Open File Rep* 419:285.
- Taylor, S.R., and McLennan, S.M.**, 1985. *The Continental Crust; Its composition and evolution; an examination of the geochemical record preserved in sedimentary rocks*. Blackwell, Oxford. 312.

- Teklehaimanot, L.T.**, 1993. Geology and Petrography of Gülşehir Area, Nevşehir, Turkey. MSc thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey (unpublished).
- Todt, W., Cliff. R.A., Hanser, A., Hofmann A.W.**, 1996. Evaluation of a ^{202}Pb – ^{205}Pb double spike for high-precision lead isotope analysis. In: Basu A and Hart S. (eds.) Earth Processes: Reading the Isotopic Code. Geophysical Monograph Series, vol. 95, pp. 429–437. Washington, DC: American Geophysical Union.
- Tribovillard, N., Ramdani, A., Trentesaux, A.**, 2005. Controls on organic accumulation in Late Jurassic shales of northwestern Europe as inferred from trace-metal geochemistry. In: Harris, N. (Ed.), The Deposition of Organic-Carbon-Rich Sediments: Models, Mechanisms, and Consequences. SEPM Special Publication 82, pp. 145–164.
- Uçakcioğlu S.**, 1988. Nevşehir (Gülşehir) ve civarı uranyum aramaları raporu. Rapor No: 8453.
- Uçakcioğlu S.**, 1990, Dünyada ve Türkiye’de Uranyum Kaynakları, Aramaları, Üretimi ve Tüketimi, MTA Teknik Rapor, Ankara.
- Ünal, İ.H.**, 2015. Ayhan formasyonu Kubaca üyesi gölsel çökellerde radyoaktif element içeren birimlerin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal incelenmesi, Dadağ Köyü güneyi, KB Nevşehir. Yayınlanmamış erişime kapalı. Abstract: <http://acikarsiv.ankara.edu.tr/browse/27560/>
- Vache, R.**, 1963. Akdağmadeni kontak yatakları ve bunların Orta Anadolu kristalinine karşı olan jeolojik çerçevesi. Bulletin of the Mineral research and Expl. Inst., 60, 22-36, (1963).
- van Geen A., McCorkle D.C., Klinkhammer G.P.**, 1995. Sensitivity of the phosphate-cadmium-carbon isotope relation in the ocean to cadmium removal by suboxic sediments. *Paleoceanography* **10**,159–169.
- Viereck-Goette, L., Lepetit, P., Gürel, A., Ganskow, G., Çopuroğlu, I., Abratis, M.**, 2010, Revised volcanostratigraphy of the Upper Miocene to Lower Pliocene Ürgüp Formation, Central Anatolian volcanic province, Turkey, in Groppelli, G., and Viereck-Goette, L., eds., Stratigraphy and Geology of Volcanic Areas: Geological Society of America Special Paper 464, 85–112

- Warren, C.G., Granger, H.C., Schock J.H., 1980.** Shape of Roll-type Uranium Deposits. United States Department of the Interior Geological Survey, Open-File Report 80-100.
- Wenrich-Verbeek, K.J., 1980.** Geochemical Exploration for Uranium Utilizing Water and Stream Sediments. United States Department of the Interior Geological Survey. Open-File Report 80-359
- Wehrens, P.C., 2008,** Structural evolution of the Hırkadağ massif, Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey, MSc Thesis, Utrecht University, Utrecht, The Netherlands (unpublished).
- Wang, X., Xu, S., Zhang, B., Zhao, S., 2011.** Deep-penetrating geochemistry for sandstone-type uranium deposits in the Turpan–Hami basin, north-western China. *Applied Geochemistry*, 26, 2238-2246.
- Whitney, D.L., and Dilek, Y., 2001,** Metamorphic and Tectonic Evolution of the Hırkadağ Block, Central Anatolian Crystalline Complex, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 10, 1-15
- Yamamoto, K., Yoshida, H., Akagawa, F., Nishimoto S., Metcalfe, R., 2013.** Redox front penetration in the fractured Toki Granite, central Japan: An analogue for redox reactions and redox buffering in fractured crystalline host rocks for repositories of long-lived radioactive waste. *Applied Geochemistry*, 35, 75–87.
- Yasak, N., 1958.** Keskin-Yozgat-Avanos-Aksaray-Ulukışla-Kırşehir civarı uçak etüdü, MTA Rap. No. 8475 (yayımlanmamış), Ankara.
- Zartman, R.E., and Doe, B.R., 1981.** Plumbotectonics: The Model, *Tectonophysics*, 75, 135-162, 1981.
- Zhang, Y., Schaub, P.M., Zhao, C., Ord, A., Hobbs, B.E., Barnicoat, A.C., 2008,** Fault-related dilation, permeability enhancement, fluid flow and mineral precipitation patterns: Numerical models, *in* Wibberley, C. A. J., Kurz, W., Imber, J., Holdsworth, R. E., and Collettini, C., eds., *The Internal Structure of Fault Zones: Implications for Mechanical and Fluid-Flow Properties*, 299. Special Publications: London, Geological Society, p. 239-255.
- Zheng, Y., Anderson R.F., van Geen A., Kuwabara J.S., 2000.** Controls of authigenic Mo formation in marine sediment: Linkage to pore water sulfide. *Geochim. Cosmochim. Acta* **64**, 4165–4178.

Zheng, Y., Anderson R.F., van Geen A., Fleisher M., 2001a. Remobilization of authigenic uranium from marine sediments by bioturbation, submitted to *Geochim. Cosmochim. Acta* December 2000.



ÖZGEÇMİŞ

1978 Elazığ doğumluyum. 2000 yılı Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü mezunuyum. 2011 yılı Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans mezunuyum. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nde Radyoaktif Hammadde Aramaları Birimi'nde görev yapmaktayım.

