

## Geli Dere (Baskil-Elazığ) Çevresindeki *Verbascum euphraticum* L. Köklerinde ve Üzerinde Yetiştığı Dere Sedimentindeki As, Cu, Mn, Pb ve Zn'nun Dağılımı

\*Hatice KARA<sup>1</sup>, Leyla KALENDER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ  
\*haticekara@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 02.04.2013; Kabul/Accepted: 23.07.2013)

### Özet

Bitki kimyası verilerden yararlanılarak yapılan prospeksiyon çalışması olan biyojeokimyasal prospeksiyon dünyada başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Bu çalışmada, örgülü nehir sınıfına giren geniş ve eğimi oldukça düşük Baskil-Geli Dere drenaj sistemi boyunca kum barları üzerinde yetişen *Verbascum euphraticum* L. (yerel adı: sıgırkuyruğu) kökleri ve dere sedimenti örneklerinde As, Cu, Mn, Pb ve Zn değerleri karşılaştırılarak *Verbascum euphraticum* L.'nin biyojeokimyasal prospeksiyon çalışmalarında biyoindikatör veya biyoakümülatör olma özelliği araştırılmıştır. Geli Dere boyunca alınan dere sedimentlerinde As 22,5-176,9 mg kg<sup>-1</sup>, Cu 42,46-148,73 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 736-1093 mg kg<sup>-1</sup>, Pb 29,34-106,57 mg kg<sup>-1</sup> ve Zn 91,1-303,2 mg kg<sup>-1</sup>, *Verbascum euphraticum* L. kökünde ise As 2,2-22,2 mg kg<sup>-1</sup>, Cu 53,59-116,95 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 62-344 mg kg<sup>-1</sup>, Pb 2,43-45,22 mg kg<sup>-1</sup> ve Zn 64,7-158 mg kg<sup>-1</sup> değerler arasındadır. Biyoakümülatör faktör değerleri As 0,09-0,7, Cu 0,49-2,24, Mn 0,09-0,34, Pb 0,08-0,95 ve Zn 0,34-1,73'tür. Bu veriler sonucunda *V. euphraticum* kökünün Cu ve Zn için biyoindikatör ve biyoakümülatör bitki olduğu ve biyojeokimyasal prospeksiyonda başarılı bir şekilde kullanılabileceği söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** *Verbascum euphraticum* L., Dere Sedimenti, Biyojeokimyasal Prospeksiyon.

### Distribution of the As, Cu, Mn, Pb, Zn in the *Verbascum euphraticum* L. Root and Growing on Stream Sediments in the Geli Dere (Baskil-Elazığ) Vicinity

#### Abstract

Biochemical prospection is a study carried out with data of plant chemistry and applied intensively and successfully throughout the world. This study includes As, Cu, Mn, Pb and Zn content of the upper level sand bar along wide and shallow Baskil-Geli Dere drainage system which is included within the class of braided river and *Verbascum euphraticum* L. growing on its. In this study, As, Cu, Mn, Pb and Zn contents of stream sediment and *Verbascum euphraticum* L. (local name: mullein) roots were compared and investigated bioindicator and bioaccumulator features of *Verbascum euphraticum* L. roots, As 22.5-176.9 mg kg<sup>-1</sup>, Cu 42.46-148.73 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 736-1093 mg kg<sup>-1</sup>, Pb 29.34-106.57 mg kg<sup>-1</sup> and Zn 91.1-303.2 mg kg<sup>-1</sup> contents were determined in stream sediments along the Geli Dere, and As 2.2-22.2 mg kg<sup>-1</sup>, Cu 53.59-116.95 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 62-344 mg kg<sup>-1</sup>, Pb 2.43-45.22 mg kg<sup>-1</sup>, Zn 64.7-158 mg kg<sup>-1</sup> in *Verbascum euphraticum* L. roots at the same sites. The calculated bioaccumulator factor values of As, Cu, Mn, Pb and Zn are range from 0.09 to 0.7; 0.49 to 2.24; 0.09 to 0.34; 0.08- to 0.95; 0.34 to 1.73, respectively. As a result, it can be said that *Verbascum euphraticum* L. roots for Cu and Zn may be used bioindicator and bioaccumulator plant and successfully for biogeochemical prospecting.

**Key words:** *Verbascum euphraticum* L., Stream Sediment, Biogeochemical Prospecting.

#### 1. Giriş

Bu çalışma, Baskil-Geli Dere drenaj sistemi boyunca kum barları üzerinde yetişen *V. euphraticum* (sıgırkuyruğu) kökleri ve dere

sediment örneklerinde As, Cu, Mn, Pb ve Zn dağılım ilişkilerini kapsamaktadır.

Bitkiler kökleri aracılığıyla, toprak profili altında bulunan bir cevher kütlesi ile doğrudan ilişki kurabileceğinden, bitki jeokimyası

jeokimyasal prospeksiyon çalışmalarında kullanılması gereken bir yöntemdir. Herhangi bir jeokimyasal ortamda büyümekte olan bir bitki türünün, beslenebilmesi için kökleri ile derinlerden alacağı besin maddeleri içerisinde, tabandaki ana kayayı ve varsa cevherleşmeyi temsil eden bileşenlerin olması gerektiği bitki jeokimyasının temelini oluşturur [1]. Cevherleşme zonlarında gelişen topraklar, cevher minerallerince oldukça zengindir. Bu topraklarda büyüyen bitkiler ise diğer topraklarda büyüyen bitkilere oranla cevher mineralleri içerisinde bulunan metalik elementleri daha fazla miktarını bünyelerine alarak yaşamlarını sürdürebilirler. Bitki organlarından (kök, dal, yaprak, kabuk, çiçek vb.) sistematik bir biçimde alınan örneklerde gerçekleştirilen kimyasal analizler yoluyla cevher aranması “Biyojeokimyasal Prospeksiyon” olarak bilinmektedir [2]. Prospeksiyon amacıyla kullanılacak ise, bitkilerle, üzerinde yetiştiği toprağın element derişimleri arasında doğrusal bir ilişki olmalıdır. Böyle bir ilişki gösteren bitkilere biyoindikatör bitkiler denilmektedir [2, 3, 4]. Biyoindikatör: çevrenin niteliği (kalitesi) hakkında bilgi veren organizmanın bir parçası veya organizmalar topluluğudur [5]. Biyoakümülatör ise, çevrelerindeki canlılardan daha yüksek konsantrasyonda kirletici biriktiren türlere denir [6].

Literatür kapsamında, bitki prospeksiyon yöntemi ile pek çok çalışma yapılmıştır. As, Cu, Mn, Pb, Zn, U, B, Co, Se, Ag, Ni, Mo ve Li gibi elementlerin içinde bulunduğu maden yataklarının ortaya çıkarılmasında biyoindikatör bitkiler saptanmıştır [7, 8, 9, 10]. Ayrıca bu biyoindikatör bitkiler, ortamdaki metallerin kirliliğinin belirlenmesi dışında bu kirliliğin temizlenmesi amacı ile de yetiştirilebilir [11-19].

Bu çalışma kapsamında; dere suyu akım yönü boyunca hem dere sedimenti hemde *V.euphraticum* örneklemeleri yapılmıştır. Bu örneklerde As, Cu, Mn, Pb ve Zn'nun biyoindikatör ve biyoakümülatör özellikleri incelenmiştir.

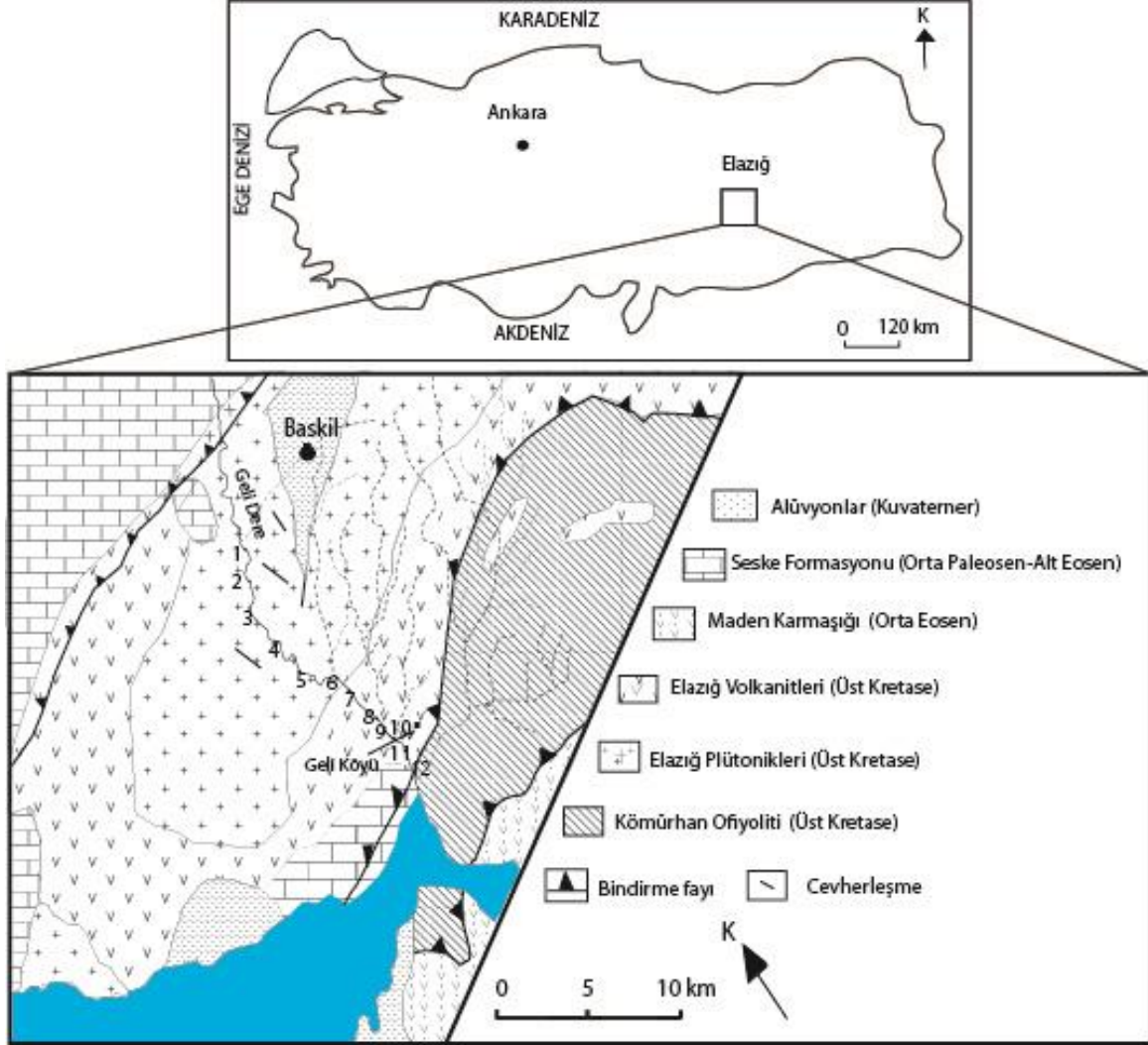
## 2. Jeoloji

İnceleme alanı ve yakın çevresinde yaşlıdan gence doğru Kömürhan Ofiyoliti (Üst Kretase), Elazığ Plütonitleri (Üst Kretase), Elazığ

Volkanitleri (Üst Kretase), Maden Karmaşığı (Orta Eosen), Seske Formasyonu (Üst Paleosen-Alt Eosen) ve Alüvyal malzeme (Kuvaterner) yüzeylemektedir (Şekil 1). Kömürhan Ofiyoliti, okyanus içi yitimle tektonik olarak örtülür ve pillov lav, masif akan lav, volkanik kayalar ve asidik volkanitlerinden oluşmaktadır [20, 21]. Elazığ Plütonitleri; granitik, plütonik kayalardan, Elazığ Volkanitleri ise; bazaltik yastık lavlar içerir ve Elazığ Magmatitleri büyük bir olasılıkla Keban ve Arap platformu arasında gelişmiş bir okyanusun, kuzeye doğru yani Keban kıtasının altına dalmasının ürünü olduğu düşünülmektedir [22, 23]. Aktif kıta kenarı yay volkanizması ürünü olan Maden Karmaşığı bazik volkanik lavlar, dayklar, piroklastik kayalar ve kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır [24, 25]. Seske Formasyonu genellikle orta kalın tabakalı, açık gri, sarımsı boz renklerde masif kireçtaşlarından oluşur ve transgresyon ürünüdür [26]. İnceleme alanının en genç birimini sediman içerikleri, kuvars kumları, karbonat kumları ve çamurları, kil ve organikler içeren alüvyonlar oluşturmaktadır.

Dere sedimentleri bilindiği gibi bölgede bulunan litolojik birimlerin fiziksel ve kimyasal olarak ayrışması ve taşınması sonucu oluşmuştur. Bu sedimentler, bölgede yüzeyleyen birimlerin çakıl boyutundan, kil boyutuna kadar değişen tane boyundaki malzemeyi içermektedir. Baskil civarındaki maden prospeksiyonuna ilişkin ilk çalışmalardan biri Yılmaz ve diğ., [30] tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda doğrudan Baskil civarındaki cevherleşmelere ilişkin jeolojik, mineralojik, petrografik ve kimyasal çalışmalar Tüfekçi ve Dumanlılar [31, 32], Gerçek [33], Türkyılmaz ve Şaşmaz [34], Dumanlılar ve diğ., [35] ve Kalender ve Çiçek Uçar [36] tarafından sürdürülmüştür. Tüfekçi ve Dumanlılar [31, 32], MTA tarafından Gap Maden Aramaları Projesi kapsamında başlatılan ve Baskil Magmatitlerinden yapılan genel jeokimyasal prospeksiyon çalışmaları sonucunda birçok yerde Cu, Pb, Zn ve As anomalileri belirlemişlerdir ve iki grup içerisinde toplamışlardır: 1) porfiri tipteki Cu-Mo cevherleşmeleri (Topaluşağı ve Situşağı-Baskil), 2) Baskil Magmatitleri içerisindeki Au, Cu ve Fe içeren hidrotermal kuvars damarları (Nazaruşağı-Baskil). Aynı çalışmada, Baskil Magmatitlerinin çok fazla

olduğu ve son fazı oluşturan asidik kayaların, porfiri tip Cu-Mo cevherleşmesini oluşturan alterasyon ve mineralizasyon sağladığı belirtilmiştir [33].



Şekil 1. İnceleme alanı ve çevresinin jeoloji ve yer bulduru haritası [27, 28, 29].

### 3. Materyal ve Metod

#### 3.1. Bitki Örneklerinin Alımı ve Kimyasal Analize Hazırlanması

İnceleme alanı içerisinde dere yatağı boyunca kum barları üzerinde, doğal olarak yetişen ve yaygın olarak bulunan *V.euphraticum* bitkisi toplanmıştır. Şekil 3'de gösterilen örnek noktalarından 12 adet bitki

örnekleri alınarak, numaralandırılmış polietilen torbalara konulmuştur. Bu bitki örneklerinin bir miktarı preslenerek sistematik tanımlama için ayrılmıştır. Bitki türü analizi Fırat Üniversitesi, Biyoloji Bölümünde yapılmıştır. Daha sonra bitki kökleri gövdeden ayrılarak saf su ile yıkanmış ve polietilen sergiler üzerinde ve 60°C'de 100 gr 4 saat etüvde kurutulmuş neminden arındırılmıştır. ACME analitik laboratuvarlarında, örneklerden 1 gr alınarak kral suyunda çözündürülmüş ve nitrik asitle muameleye tabi tutularak As, Cu, Mn, Pb ve Zn konsantrasyonları ICP-MS yöntemi ile belirlenmiştir.

Örnekleme yapılan *V. euphraticum* bir, iki veya çok yıllık otsu bir bitkidir (Şekil 2). Scrophulariaceae familyasının önemli cinslerinden biri olan *Verbascum L.* nin dünyada mevcut olan 360 türünden 232'si Türkiye'de yayılış göstermektedir. Bu taksonların %79'u endemiktir [37, 38, 39, 40]. Cins, genelde

Anadolu'da ve özellikle Akdeniz fito-coğrafik bölgesinde yayılım gösterir. Haziran-Ağustos aylarında parlak sarı renkli çiçekler açan, 20 ile 150 cm boylarında, otlaklar, makiliklerde ve yol kenarlarında bulunurlar [36].



Şekil 2. *Verbascum euphraticum* L. yaprak ve kökü

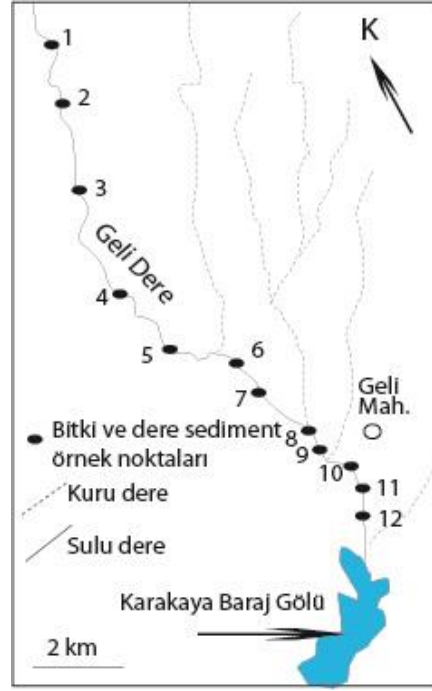
### 3.2. Dere Kumu Örneklerinin Alımı ve Kimyasal Analize Hazırlanması

Dere sedimenti örnekleri, sulu dere yatağının kum barları üzerinde, *V. euphraticum* bitkisinin yetiştiği lokasyonlardan alınmıştır (Şekil 3).

Çok iri taneli kırıntıların bulunmaması için örnekler, delik çapı yaklaşık 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Dere boyunca 50-500 m aralıklarla alınan yaklaşık 2 kg ağırlığındaki

dere kumu örnekleri naylon torbalara konularak her biri numaralandırılmış ve oda sıcaklığında kurutulmuştur. Kurutulduktan sonra, analize uygun tane boyu fraksiyonlarının belirlenmesi için (-200 mesh=75 µm) elek boyutunda elenmiştir. Eleme işleminde yaklaşık 15 g örnek tartılarak numaralandırılmıştır. ACME analitik laboratuvarlarında 0,5 gr örnek, HCl-HNO<sub>3</sub>-HF asit karışımı ile çözdürülmüş ve ICP-OES ile As, Cu, Mn, Pb ve Zn analizleri yaptırılmıştır.

Geli Dere (Baskil-Elazığ) Çevresindeki *Verbascum euphraticum* L. Köklerinde ve Üzerinde Yetiştığı Dere Sedimentindeki As, Cu, Mn, Pb ve Zn'nun Dağılımı



Şekil 3. Örneklemenin yapıldığı noktalar

#### 4. Bulgular

*V. euphraticum* örnekleri, Geli Dere boyunca (Şekil 3) Karakaya Baraj Gölüne kadar 12 farklı noktadan alınmıştır. Bitkilerin alındığı

noktadan aynı anda üzerinde yetiştığı dere sediment örnekleri de toplanmıştır. Bu noktalardan alınan *V. euphraticum* ve dere sediment örneklerine ait As, Cu, Mn, Pb ve Zn analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** *V. euphraticum* kökü ve dere sedimentlerinin As, Cu, Mn, Pb ve Zn içerikleri. Dedeksiyon limitleri As: 0,1; Cu:0,01; Mn:1; Pb:0,01; Zn:0,1(mg kg<sup>-1</sup>)

Dere Sedimentleri	As	Cu	Mn	Pb	Zn	Bitki Örnekleri	As	Cu	Mn	Pb	Zn
S1	34,1	52,09	978	57,64	121	K1	2,4	116,95	122	7,63	135,8
S2	31	50,19	1024	45,8	115	K2	4,0	85,93	170	15,80	148,5
S3	114,5	114,13	742	50,67	169,6	K3	2,2	111,54	62	5,72	76,3
S4	133,8	129,42	836	57,88	194,8	K4	2,6	74,89	90	4,11	68,1
S5	176,9	148,73	736	83,55	303,2	K5	3,2	74,31	117	6,73	107,7
S6	47,9	65,03	1182	83,09	155,8	K6	4,1	86,19	98	8,77	97,6
S7	38,8	58,7	1093	53,67	131,9	K7	4,5	82,67	120	9,41	99,7
S8	40,9	56,12	1013	62,09	131,1	K8	3,1	53,34	133	3,63	92,7
S9	29,5	53,41	947	33,96	105,2	K9	2,8	43,59	91	4,59	64,7
S10	28,6	42,9	985	47,56	102,5	K10	22,2	65,05	344	45,22	124,3
S11	43,6	53,11	1054	106,57	133,5	K11	4,7	49,53	135	5,00	68,6
S12	22,5	42,46	959	29,34	91,1	K12	2,8	51,87	189	2,43	158,0
Ortalama	61,84	72,19	962,41	59,31	146,22	Ortalama	4,88	74,65	139,2	9,92	103,5

#### 5. Tartışma

Bu bölümde, Baskil-Geli Dere boyunca kum barları üzerinde yetişen *V. euphraticum* bitkisinin kökü ve dere sedimentlerinin metal

içerikleri ve dağılımları farklı literatür kapsamında tartışılacaktır. Dere sedimenti ve *V. euphraticum* kökünün As, Cu, Mn, Pb ve Zn değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Çalışma alanındaki As değerleri dere sedimentlerde 22,5-176,9 mg kg<sup>-1</sup>, *V. euphraticum* köklerinde 2,2-22,2 mg kg<sup>-1</sup> arasındadır. Goldschmidt [37]'e göre, yerkabuğunda As miktarı 1,5 mg kg<sup>-1</sup>. Alloway [38] tarafından arseniğin, granitlerde ortalama 1,5 mg kg<sup>-1</sup>, bazaltlarda ise ortalama 1,5 mg kg<sup>-1</sup>, kireçtaşlarında ortama 1 mg kg<sup>-1</sup>, kumtaşlarında ortalama 1 mg kg<sup>-1</sup> olduğu belirtilmektedir. Pais ve Jones [39], toprakta ortalama As içeriğinin 0,1-40 mg kg<sup>-1</sup>, bitkide ise ortalama 0,1-5 mg kg<sup>-1</sup> (kül ağırlık üzerinden) olduğunu belirtmişlerdir. Vural [16], yaptığı çalışmada toprak örneklerinde As'in 17,88 mg kg<sup>-1</sup>, bitki örneklerinde 2,04 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu belirtmiştir. Bu verilerle karşılaştırıldığında As'in inceleme alanında bitki ve dere sedimentlerinde onlarca kat daha yüksek miktarda olduğu söylenebilir.

Çalışma alanında ki Cu değerleri dere sedimentlerde 42,46-148,73 mg kg<sup>-1</sup>, *V. euphraticum* köklerinde 43,59-116,95 mg kg<sup>-1</sup> arasındadır. Goldschmidt [37]'e göre, yerkabuğunda Cu miktarının ortalama 50 mg kg<sup>-1</sup>. Alloway [38]'e göre; granitlerde ortalama 13 mg kg<sup>-1</sup>, bazaltlarda 90 mg kg<sup>-1</sup>, kireçtaşlarında ortalama 5,5 mg kg<sup>-1</sup>, kumtaşlarında ortalama 30 mg kg<sup>-1</sup> içermektedir. Özbek ve diğ., [40], Cu içeriğinin, kayalarda genel olarak 4-90 mg kg<sup>-1</sup>, Cu'ca temiz topraklarda 2-40 mg kg<sup>-1</sup>, Cu'ca kirlenmiş topraklarda ise 1000 mg kg<sup>-1</sup> olabileceğini, bitkilerde (kül ağırlık üzerinden) ise 2-20 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğunu belirtmişlerdir. Güteryüz ve diğ., [41], tarafından yapılan çalışmada *Verbascum olympicum*'un Cu değerleri cevherli bölgeden alınan örneklerde ortalama 234 mg kg<sup>-1</sup>, temiz bölgeden alınan Cu değerleri ise 40 mg kg<sup>-1</sup>'dir ve Cu'nun belirtgen (biyoindikatör) bitki olabileceğini belirtmişlerdir. Demir ve Özdemir [19]'in farklı bitki türleri ve bitkilerin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan sonuçlara göre *Melilotus alba*'nın Cu içeriği yaprakta 9-16 mg kg<sup>-1</sup>, toprakta 13-63 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği ve bu bitki için belirtgen (biyoindikatör) bitki olabileceğini söylemişlerdir. Vural [45], yaptığı çalışmada toprak örneklerinde Cu'nun ortalama 25 mg kg<sup>-1</sup>, bitki örneklerinde 6,21 mg kg<sup>-1</sup> belirlemiştir. Bu verilerle karşılaştırıldığında Cu'nun inceleme

alanında bitki ve dere sedimentlerinde 3 kat ve daha yüksek değerlerde olduğu söylenebilir.

Çalışma alanında ki Mn değerleri, dere sedimentlerinde 736-1093 mg kg<sup>-1</sup>, *V. euphraticum* köklerinde 62-344 mg kg<sup>-1</sup> arasındadır. Goldschmidt [37]'e göre, yerkabuğunda Mn miktarı 950 mg kg<sup>-1</sup>. Alloway [38]'e göre; granitlerde ortalama 400 mg kg<sup>-1</sup>, bazaltlarda 1500 mg kg<sup>-1</sup>, kireçtaşlarında ortalama 620 mg kg<sup>-1</sup>, kumtaşlarında ortalama 460 mg kg<sup>-1</sup> içermektedir. Özbek ve diğ., [40], Mn içeriğinin çeşitli kayalarda 10-1600 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini, bu değerlerin topraklarda 20-800 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu, bitkilerde ise Mn içeriğinin 1000 mg kg<sup>-1</sup> 'dan fazla olduğunda toksik etkilerinin ortaya çıkabileceğini söylemişlerdir. Güteryüz ve diğ., [41], yapmış olduğu çalışmada *Verbascum olympicum*'un Mn değerleri cevherli bölgeden alınan örneklerde ortalama 680 mg kg<sup>-1</sup>, temiz bölgeden alınan Mn değerleri ise 106 mg kg<sup>-1</sup>'dir ve Mn'nun belirtgen (biyoindikatör) bitki olabileceğini belirtmişlerdir. Demir ve Özdemir [19]'in farklı bitki türleri ve bitkilerin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan sonuçlara göre *Melilotus alba*'nın Mn içeriği yaprakta 12-58 mg kg<sup>-1</sup>, toprakta 515-1750 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği ve bu bitki için belirtgen (biyoindikatör) bitki olabileceğini söylemişlerdir. Bu verilerle karşılaştırıldığında Mn'nun inceleme alanında bitkilerde 3 kat ve dere sedimentlerinde ise ortalama granitik kayaç değerlerine göre 3, kireçtaşlarına göre 2 ve bazik bileşimli kayalara göre ise normal sınırlar içerisinde olduğu ancak toksik etki sınırını geçtiği söylenebilir.

Çalışma alanında ki Pb değerleri dere sedimentlerde 29,3-106,5 mg kg<sup>-1</sup>, *V. euphraticum* köklerinde 2,43-45,22 mg kg<sup>-1</sup> arasındadır. Goldschmidt [37], yerkabuğunda ortalama Pb miktarı 14 mg kg<sup>-1</sup>. Alloway [38]'e göre; granitler ortalama 24 mg kg<sup>-1</sup>, bazaltlar ortalama 3 mg kg<sup>-1</sup>, kireçtaşları ortalama 5,7 mg kg<sup>-1</sup>, kumtaşları ortalama 10 mg kg<sup>-1</sup> içermektedir. Güteryüz ve diğ., [41], yapmış olduğu çalışmada *Verbascum olympicum*'un Pb değerleri cevherli bölgeden alınan örneklerde ortalama 109 mg kg<sup>-1</sup>, temiz bölgeden alınan Pb değerleri ise 23 mg kg<sup>-1</sup>'dir ve Pb'nun belirtgen (biyoindikatör) bitki olabileceğini belirtmişlerdir. Bu verilerle karşılaştırıldığında Pb'un inceleme alanında bitki örneklerinde 2 kat ve dere

sediment örneklerinde ise 5 ila 35 kat daha yüksek değerlerde olduğu söylenebilir.

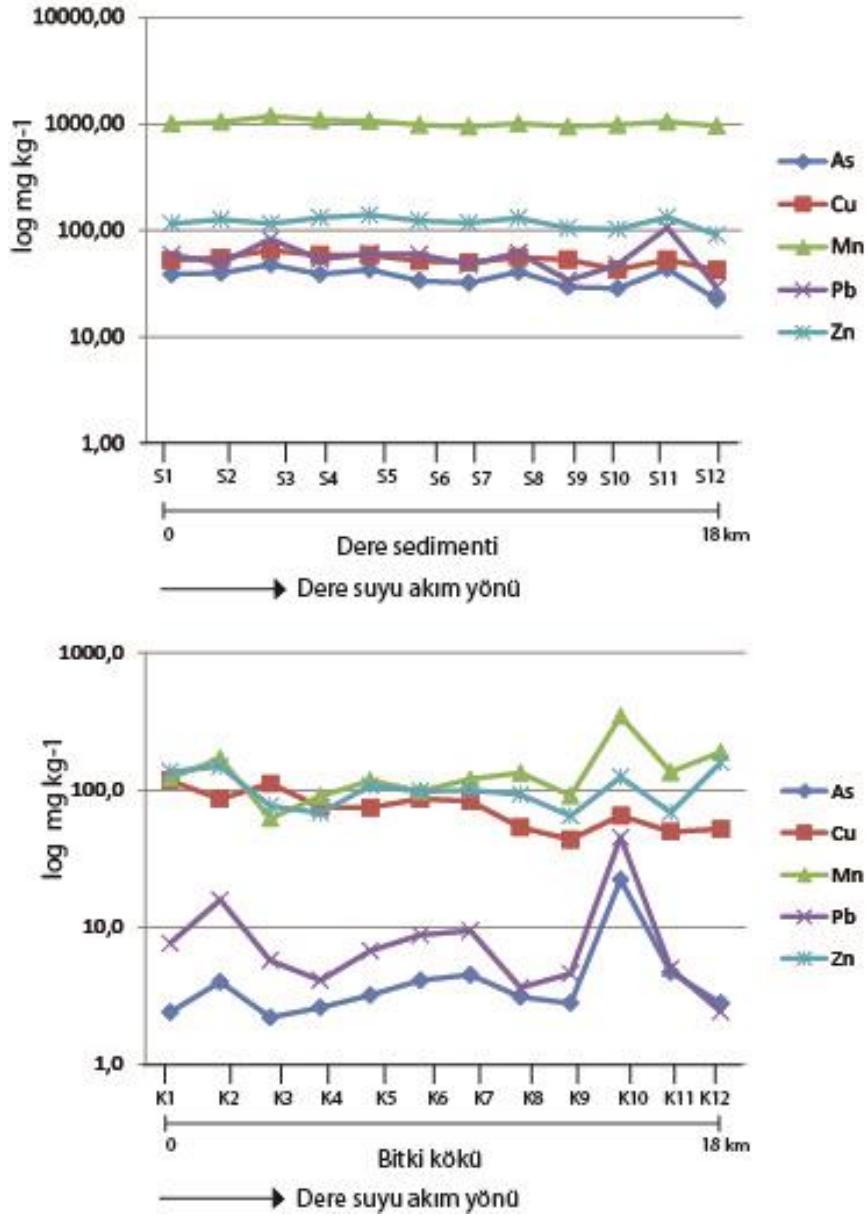
Çalışma alanında ki Zn değerleri, dere sedimentlerde 91,10-303,2 mg kg<sup>-1</sup>, *V. euphraticum* bitki köklerinde 64,7-158 mg kg<sup>-1</sup> arasındadır. Goldschmidt [37]'e göre, yerkabuğunda ortalama Zn miktarı 75 mg kg<sup>-1</sup>. Alloway [38]'e göre; granitlerde 52 mg kg<sup>-1</sup>, bazaltlarda 100 mg kg<sup>-1</sup>, kireçtaşlarında 20 mg kg<sup>-1</sup>, kumtaşlarında ortalama 30 mg kg<sup>-1</sup> olduğu belirtilmektedir. Özbek ve diğ., [40], Zn içeriğinin, topraklarda 10-80 mg kg<sup>-1</sup> olabileceğini, bitkilerde (kül ağırlık üzerinden) ise 5-100 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğunu belirtmişlerdir. Güteryüz ve diğ., [41], yapmış oldukları çalışmada *Verbascum olympicum*'un Zn değerleri cevherli bölgeden alınan örneklerde ortalama 236 mg kg<sup>-1</sup>, temiz bölgeden alınan Zn değerleri ise dedeksiyon limitinin altında (10 mg kg<sup>-1</sup>) kalmıştır ve Zn'nun belirtgen (biyoindikatör) bitki olabileceğini belirtmişlerdir. Demir ve Özdemir [19]'in farklı bitki türleri ve bitkilerin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan sonuçlara göre *Melilotus alba*'nın Zn içeriği yaprakta 86-152 mg kg<sup>-1</sup>, toprakta 656-1750 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği ve bu bitki için belirtgen (biyoindikatör) bitki olabileceğini söylemişlerdir. Bu verilerle karşılaştırıldığında Zn'nun inceleme alanında bitki örneklerinde ise 6 ila 15 kat ve dere sedimentlerinde 3- 6 kat daha yüksek değerlerde olduğu söylenebilir. Dere sedimentlerinde suyun akış yönüne göre S3, S5 ve S11 örnek noktalarında As, Cu, Pb ve Zn'da bir artış görülürken, Mn da belirgin bir değişim görülmemektedir. *V. euphraticum* köklerinde ise suyun akış yönüne göre; K2 ve K10 nolu örnek numaralarında As, Cu, Mn, Pb ve Zn değerlerinde artış görülmektedir ve bu artış çevredeki cevherleşmelerden ve litolojik bileşimden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Şekil 4). *V. euphraticum* kökü ve dere sedimenti metal dağılımı (Şekil 5) karşılaştırıldığında *V.euphraticum* köklerinde As, Mn, Pb ve Zn değerlerinin dere sedimentlerinden belirgin bir şekilde düşük olduğu (birkaç örnekte Zn istisna), ancak Cu'nun *V. euphraticum* köklerinde dere sedimentlerine

nazaran daha yüksek miktarlar içerdiği görülmektedir.

*V. euphraticum* element içeriği ile dere sedimenti örneklerinin element içeriklerinin oranı sonucunda biyoakümülyasyon faktör (BAF) değerleri hesaplanmıştır (Tablo 2).

$$BAF = M_{\text{bitki}} / M_{\text{deresediment}} [6].$$

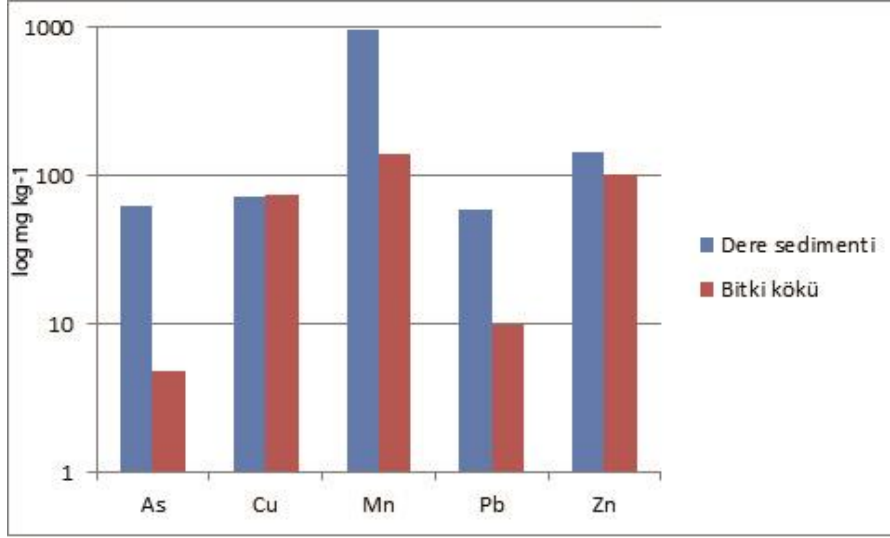
*V. euphraticum* köklerinin dere sedimentlerine nazaran daha fazla miktarda bakırı bünyesine katması bu bitki türünün Cu metali için belirtgen (biyoindikatör) bir bitki türü olabileceğini göstermektedir. Cu'nun biyoakümülyator faktör değerinin 1 ve 1' yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Bu değer de *V. euphraticum* 'nin Cu metali için biyoakümülyatör bitki olduğunu göstermektedir. Bu çalışma bulgularına göre, *V. euphraticum*, kökleri Cu için biyoakümülyatör aynı zamanda biyoindikatör bitki olarak kullanılabilir. Şekil 6'da suyun akış yönüne doğru sırayla verilen dere sedimenti/granit ve dere sedimenti/bazalt diyagramlarında; S3, S5 ve S11'nolu örnek noktalarında As, Cu, Pb ve Zn değerlerinin diğer örnek noktalarından daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 3). Bu yüksek değerlerin, örnek noktası yakınında bulunan cevherleşmelerden kaynaklandığı düşünülmektedir. En yüksek Mn değerleri S11'nolu örnek noktasında görülmektedir. S11'nolu örnek noktası, Elazığ Magmatitlerine ait bazik bileşimli kayalar içerisinde bulunmaktadır. Bu nedenle bu noktadaki Mn konsantrasyonu diğer örnek noktalarından daha yüksektir. Dolayısı ile dere suyu akım yönü boyunca farklı ana kayalar içerisindeki ağır metal içeriklerinin temel değerleri oldukça farklıdır. Ancak, derin ve yüzey kökenli hidrotermal çözeltiler ağır metallerce zenginleşmiş ve tektonizmanın aktif olduğu bölgede fay ve kırıklar içerisinde cevherleşmeleri oluşturmuş olmalıdır. Dere suyu akım yönü boyunca alınan örnekler, hem bu cevherleşmelerden hem de bölgedeki hakim litolojinin kimyasal bileşiminden etkilenerek ağır metal bakımından zenginleşmiş olmalıdır.



Şekil 4. Dere sedimentlerindeki ve *V.euphraticum* köklerindeki metal dağılımı (suyun akış yönü 1'den 12'e doğru, dere sediment tane boyu -200 mesh)



Geli Dere (Baskil-Elazığ) Çevresindeki *Verbascum euphraticum* L. Köklerinde ve Üzerinde Yetiştığı Dere Sedimentindeki As, Cu, Mn, Pb ve Zn'nun Dağılımı



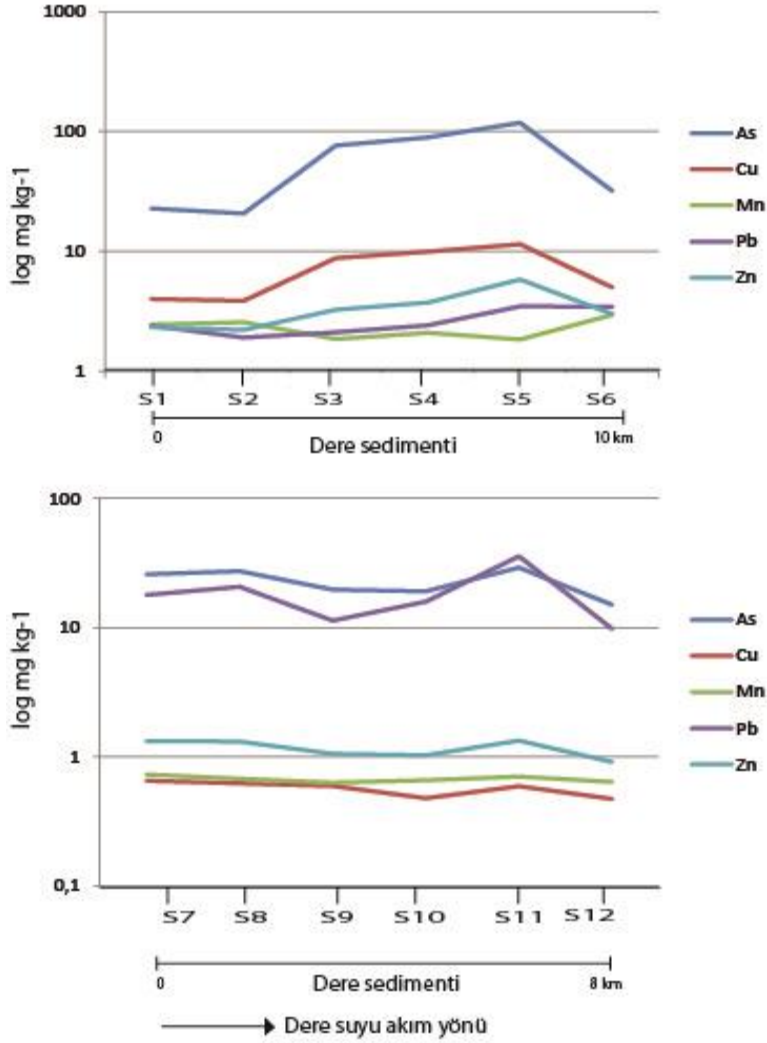
Şekil 5. *V. euphraticum* kökleri ve dere sedimentlerinin metal dağılımı oranları

Tablo 2. Biyoakümülyasyon faktör değerleri

Örnek No	As	Cu	Mn	Pb	Zn
1	0,07	2,24	0,12	0,13	1,12
2	0,12	1,71	0,16	0,34	1,29
3	0,01	0,97	0,08	0,11	0,44
4	0,01	0,57	0,10	0,07	0,34
5	0,01	0,49	0,15	0,08	0,35
6	0,08	1,32	0,08	0,10	0,62
7	0,11	1,40	0,10	0,17	0,75
8	0,07	0,95	0,13	0,05	0,70
9	0,09	0,81	0,09	0,13	0,61
10	0,77	1,51	0,34	0,95	1,21
11	0,10	0,93	0,12	0,04	0,51
12	0,124	1,22	0,19	0,08	1,73

Tablo 3. Dere sedimentleri / Granit ve Dere sedimentleri / Bazalt oranları (Granit ve Bazalt değerleri Alloway [38]'dan alınmıştır)

Granit	As	Cu	Mn	Pb	Zn
S1	22,73	4,00	2,44	2,40	2,32
S2	20,66	3,86	2,56	1,90	2,21
S3	76,33	8,77	1,85	2,11	3,26
S4	89,2	9,95	2,09	2,41	3,74
S5	117,93	11,44	1,84	3,48	5,83
S6	31,93	5,00	2,95	3,46	2,99
Bazalt	As	Cu	Mn	Pb	Zn
S7	25,86	0,65	0,72	17,89	1,31
S8	27,26	0,62	0,67	20,69	1,31
S9	19,66	0,59	0,63	11,32	1,05
S10	19,06	0,47	0,65	15,85	1,02
S11	29,06	0,59	0,70	35,52	1,33
S12	15	0,47	0,63	9,78	0,91



Şekil 6. Suyun akış yönüne doğru (1'den 12'ye) sırayla dere sedimenti/granit ve dere sedimenti/bazalt diyagramı.

## 6. Sonuç

Bu çalışma, dere sediment kimyasını etkileyen faktörlerden en önemlisinin cevherleşme ve bölgesel litolojik faktörler olduğunu ortaya koymuştur. Mesafeye bağlı alınan örneklerde metal konsantrasyonlarında dere suyu akım yönü boyunca düşme görülebileceği düşünülmekteydi. Ancak alınan bitki ve dere sedimenti örneklerinde cevherleşmeden uzaklaştıkça Mn değerlerinin bölgesel litoloji ile ilişkili olarak arttığı görülmektedir. Dere yatağı boyunca değişen litoloji, sediment mineralojisi ve kimyasını dolayısıyla üzerinde yetişen bitkinin kimyasını da etkileyebilmektedir. Bu çalışma ile dere

sediment ve üzerinde yetişen *V. euphraticum* köklerinin As, Cu, Mn, Pb ve Zn içerikleri, bölgesel litoloji ve cevherli damarlarla ilişkili görülmektedir. As, Cu, Pb ve Zn zenginleşmesi cevherli kütlenin, Mn'nın ise drenaj sistemi içerisinde yüzeyleyen bazik bileşimli kayaların yüzeyel ortam koşullarında ayrışması ve taşınması ile zenginleşmiş olabileceği düşünülmektedir. *V. euphraticum* köklerinin biyoakümülatör faktör değeri 1 civarında ve daha büyük olması bu bitki köklerinin, Cu ve Zn için biyoindikatör ve biyoakümülatör olduğu ve Cu, Zn içeren maden yataklarının araştırılmasında biyojeokimyasal prospeksiyon çalışmalarında kullanılabileceği söylenebilir. Ayrıca bu bitki türlerinin ekimi yapılarak, bakır

ve çinko açısından kirlenmiş toprakların temizlenmesi önerilebilir.

## 7. Teşekkür

Yazarlar, makalenin bilimsel olarak geliştirilmesinde fikir ve görüşlerini esirgemeyen Balıkesir Üniversitesi öğretim üyesi Prof. Dr. Cemal BÖLÜCEK ve Bozok Üniversitesi öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Güllü KIRAT'a teşekkür ederler. Bu proje FÜBAP-MF.11.03 no'lu proje ile desteklenmiştir.

## 8. Kaynaklar

1. Akçay M., Jeokimya, Temel kavramlar ve ilkeler, KTÜ Yayınları, No: 204, 506 s, Trabzon, 2002
2. Köksoy M., Uygulamalı Jeokimya, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 368 s, Ankara, 1991
3. Rose A.W., Hawkes H.E., Webb, J.S., Geochemistry in Mineral Exploration, Second Edition, Academic Pres, 657 s, New York, 1979
4. Brooks R.R., Dunn C.E., Hail G.E.M., Biological Systems in Mineral Exploration and Processing, Ellis Honvood, 538 s, London, 1995
5. Markert B.A., Breure A.M., Zechmeister H.G., Bioindicators and Biomonitors , Principles, Concepts and Applications. Elsevier, 941 s, 2003
6. Nowell L.H., Capel P.D., Dileonis P.D., Pesticides in stream sediment and aquatic biota: distribution, trends, and governing factors: Boca Raton, Fla., CRC Press, Pesticides in the Hydrologic System series, 4, 1001 s, 1999
7. Özdemir Z., Sağıroğlu A., Maden Çayı (Maden-Elazığ) Boyunca Fe Elementi İçin Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 41, 49-54, 1998
8. Özdemir Z., *Pinus brutia* As A Biogeochemical Medium to Detect Iron and Zinc in Soil Analysis, Cromite Deposits of the Area, Geochemistry, 65, 79-88, Mersin, Turkey. 2005
9. Sasmaz A., Yaman M., Distribution of Chromium, Nickel and Cobalt in Different Parts of Plant Species and Soil in Mining Area of Keban, Communication Soil Sci. and Plant Analysis, 37, 1845 – 1857, Turkey, 2006
10. Turan H., Özdemir Z., Zorlu S., Çiftehane (Ulukışla-Nigde) Bölgesinin Cu, Zn, Fe, Mn ve Ni İçin Biyojeokimyasal Anomalilerin Araştırılması. İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, 19, 131-140, 2006
11. Dunn C.E., Brooks R.R., Edmondson J., Leblanc M., Reeves R.D., Biogeochemical studies of metal-tolerant plants from Southern, Morocco. Journal of Geochemical Exploration, 56, 13-22, 1996
12. Arslan H., Güteryüz G., Leblebici Z., Kırmızı S., Aksoy A., *Verbascum bombyciferum* Boiss, (Scrophulariaceae) as possible bioindicator for the assessment of heavy metals in the environment of Bursa, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 163, 105-113, 2010
13. Kaya G., Okumus N., Yaman M., Lead, Cadmium and Copper Concentrations in Leaves of *Nerium Oleander* L. and *Robinia Pseudoacacia* L. As Biomonitors of Atmospheric Pollution. Fresenius Environmental Bulletin. 19, 669-675, 2010
14. Duru N., Türkmen Z., Çavuşoğlu K., Yalçın E., Yapar K. Y., *Verbascum Sinuatum* L. (Scrophulariaceae) (Sığırkuyruğu) Türü Kullanılarak Karadeniz Sahil Şeridinde Taşıtların Sebep Olduğu Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, 15, 89-96, 2011
15. Ghaderian S.M., Ravandi A.A.G., Accumulation of Copper and Other Heavy Metals by Plants Growing on Sarcheshmeh Copper Mining Area, Iran. Journal Of Geochemical Exploration, 123, 25–32, 2012
16. Vural A., Assessment of Heavy Metal Accumulation in the Roadside Soil and Plants of *Robinia pseudoacacia*, in Gumushane, Northeastern Turkey Ekoloji, 22, 1-10, 2013
17. Aydın N., Kırat G., Bölücek C., Distribution of Cu, Pb and Zn in *Astragalus Pycnocephalus Fischer* and *Verbascum Euphraticum* L. Plants on Pb-Zn Mining Area in Akdagmadeni, Yozgat, Turkey. Goldschmidt Conference Abstracts. 2013
18. Klinka A., Macioła A., Wislockab M., Krawczykc J., Metal accumulation and distribution in the organs of *Typha latifolia* L. (cattail) and their potential use in bioindication Limnologica 43, 164–168, 2013
19. Demir E., Özdemir Z., Kazanlı - Mersin Bölgesinde Cu, Mn, Zn, Cd ve Pb İçin Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi ve Çevresel Ortamın Yorumlanması. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 37, 119-140, 2013
20. Parlak O., Rızaoğlu T., Geodynamic Significance of Granitoid Intrusions in the Southeast Anatolian Orogeny (Turkey), 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, 14-20 April Thessaloniki – Greece, 2004
21. Rızaoğlu T., Parlak O., İşler, F., Geochemistry and Tectonic setting of the Kömürhan ophiolite in southeast Anatolia. 5th Int. Symp. on Eastern Med. Geology, 14-20 April, Thessaloniki-Greece, 2004
22. Turan M., Aksoy E., Bingöl A.F., Doğu Torosların jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri, Yerbilimlerinin 25, Yılı

- Sempozyumu Tebliğler Kitabı. Hacettepe Üniversitesi, 15-18 Kasım, Ankara, 1993
23. Bingöl A. F., Beyarslan M., Elazığ Magmatitleri'nin jeokimyası ve petrolojisi. (Korkmaz, S., Akçay M. editörler), 30. Yıl Sempozyumu bildirileri, KTÜ, 208-227, Trabzon, 1996
24. Yazgan E., Geodynamic evolution of the Eastern Taurus region (Malatya- Elazığ area, Turkey), (In Tekeli, O. and Göncüoğlu, M. C., eds.) Int. Symp. On the Geology of the Taurus Belt., proceedings, 199-208, 1984
25. Aktaş G., Robertson A.H.F., The Maden complex, SE Turkey: evolution of a Neotethyan continental margin. In: Dixon J E, Robertson AHF (eds), The geological evolution of the eastern Mediterranean. Geological Society of London Special Publication, 17, 375 – 402, 1984
26. Türkmen İ., İnceöz M., Aksoy E., Kaya M., Elazığ Yöresinin Eosen Stratigrafisi ve Paleocoğrafyası ile ilgili Yeni Bulgular, *Yerbilimleri Derg.*, 24, 81-95, Ankara, 2001
27. Bingöl A.F., Petrographical and petrological features of the intrusive rocks of Yüksek Complex in the Elazığ region (Eastern Taurus-Turkey), *Jour. Fırat Univ.*, 3,1-7, 1988
28. Beyarslan M., Kömürhan Ofiyolit Birimi'nin petrografik ve petrolojik incelemesi, Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ (Yayımlanmamış), 1996
29. Çiçek Uçar S., Geli Dere (Baski-Elazığ) civarında dere kumu jeokimyası, Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ (Yayımlanmamış), 88 s, 2012
30. Yılmaz H., İspendere-Kale (Malatya), Baskil, Hankendi (Elazığ) Genel Jeokimyasal Prospeksiyon raporu, Maden Etüt arşiv no: 2669, 1993
31. Tüfekçi M. Ş., Dumanlılar Ö., Malatya-İspendere ve Elazığ-Baskil-Nazaruşağı arasında görülen cevherleşmelerin genel görünümü ve maden jeolojisi çalışma raporu: MTA Raporu, No: 9739 (yayımlanmamış), 1994
32. Tüfekçi M.Ş., Dumanlılar Ö., G.A.P Elazığ ili, Baskil ilçesi, Topaluşağı köyü, MTA ruhsatlı Bakır- Altın sahası sonuç raporu, Maden Etüd Arşiv No: 2859, 1998
33. Gerçek E., Yolçatı-Baskil-Kömürhan (Elazığ) arası Elazığ Mağmatitlerinden kaynaklanan suların hidrojeokimyasal prospeksiyon parametreleri. Doktora Tezi. F.Ü. Fen Bilimleri Enst., (yayımlanmamış), 165 s, 2005
34. Türkyılmaz B., Şaşmaz A., Cansızhimik, Galuşağı ve Topalkem (Baskil Elazığ) köyleri arasındaki alanın toprak jeokimyası, *Yerbilimleri derg.*, 22, 129 -136, 2000
35. Dumanlılar Ö., Aydal D., Dumanlılar H., Baskil (Elazığ) Güneyindeki Cevherleşmelerin Jeolojik ve Minerolojik Özellikleri *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 29, 1-21, 2005
36. Çakır T., Bağcı E., Taxsonomic study on *Verbascum euphraticum Bentham* and *V. melitenense Boiss (Scrophulariaceae)* species. *F.Ü. J. Sci. Eng.*18, 445- 458, 2006
37. Goldschmidt V.M., *Geochemistry*. Oxford Univ. Press. 730 s, 1958
38. Alloway B. J., *Heavy Metals in Soil*, Blackie Academic and Professional, Second Edition, 368 s, 1995
39. Pais I., Jones J.B., *The Handbook of Trace Elements*, St. Lucie Press, 222 s, 2000
40. Özbek H., Kaya Z., Gök M., Kaptan H., *Toprak Bilimi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, Adana, 816 s, 1993
41. Güleriyüz G., Arslan A., İzgi B., Güçer Ş., Element Content (Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, and Zn) of the Ruderal Plant *Verbascum olympicum* Boiss from East Mediterranean *Z. Naturforsch*, 61, 357-362, 2006