

## Alterasyon-Element Biriktirme İlişkisi: Canca (Gümüşhane/Türkiye) örneği

Alaaddin Vural<sup>1\*</sup>, Abdullah Kaygusuz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jeoloji Mühendisliği Bölümü / Mühendislik Fakültesi, Ankara Üniversitesi, Türkiye, ORCID: ID/0000-0002-0446-828X  
<sup>2</sup>Jeoloji Mühendisliği Bölümü / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gümüşhane Üniversitesi, Ülke, ORCID: ID/0000-0002-6277-6969

\*([alaaddinvural@gmail.com](mailto:alaaddinvural@gmail.com))

**Özet** – Bu çalışmanın amacı alterasyon sahasındaki bitkilerin/ağaçların iz element biriktirme kabiliyetleri ve karakteristiklerinin araştırılmasıdır. Bu amaçla, maruz kaldığı yoğun hidrotermal alterasyon ile dikkat çeken Canca (Gümüşhane/Türkiye) alterasyon sahası hedef saha olarak seçilmiştir. Canca, Türkiye'nin önemli maden provenslerinden biri olan ve birçok cevherleşmeye ev sahipliği yapan Gümüşhane İl sınırları içinde bulunmaktadır. Gümüşhane birçok metalik cevherleşme yanında, bu cevherleşmeler için en önemli belirteçlerden olan hidrotermal alterasyon sahalarına da ev sahipliği yapmaktadır. Canca sahasından sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) ağacı yaprakları toplanmış ve yaprakların analizleri Gümüşhane Üniversitesi Laboratuvarları'nda MP-AES ve ICP-MS ile gerçekleştirilmiştir. Meşe yapraklarının iz element konsantrasyonları jeostatistiksel olarak değerlendirilmiş ve Canca sahasındaki element dağılımları da alansal jeostatistiksel yöntemlerle araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda meşe yapraklarının iz element içeriklerinin genel manada, sahadaki alterasyon ile ilişkili olarak normal element içeriklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Mo, Cu, As, Zn ve Pb elementlerince daha dikkat çekici bir zenginleşmenin olduğu ve zenginleşmenin sahanın maruz kaldığı hidrotermal alterasyon ile yakından ilişkili olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler** – Hidrotermal Alterasyon, Biyojeokimya, Arama Jeokimyası, İz Element, Element Biriktirme

### I. GİRİŞ

Elementlerin jeokimyasal özellikleri, buldukları ortama bağlı hareketlilikleri gibi pek çok faktör bitkilerdeki element birikimlerinde etkili olmaktadır [1], [2], [11]–[15], [3]–[10]. Bu yüzden de bitkilerin jeokimyasal arama çalışmalarında kullanılmaları özellikle 1950'li yıllarda verimli bir şekilde gerçekleştirilmiş olup, günümüzde de bitkilere dayalı ama jeokimya çalışmaları yapılmaktadır.

Gümüşhane yöresi geçmişten günümüze birçok madencilik çalışmasının hedefi olmuş [16] ve bölgede birçok maden yatağı da gerek özel sektör gerekse Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü gibi kamu kuruluşları çalışmalarıyla ülke ekonomisine kazandırılmıştır [17]–[20]. Çalışmaya konu olan Canca (Gümüşhane/Türkiye) alterasyon

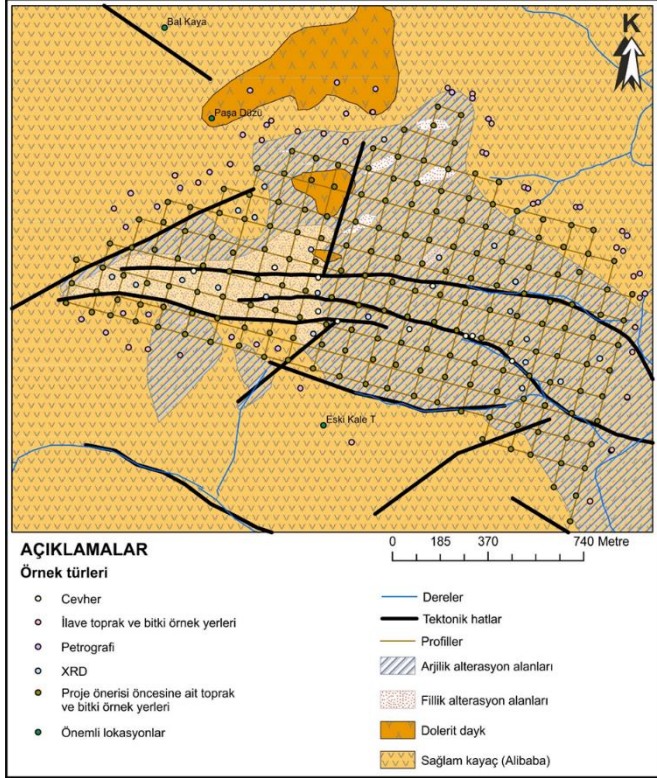
sahası (Şekil 1) Balkanlardan Himalayalara kadar uzanan 6000 km uzunluğundaki metalojeni kuşağının bir bölümünü oluşturan Doğu Karadeniz Tektonik Birliği'nin parçasıdır [21]–[24].

Bölge iklim Karadeniz İklimi ile Karasal iklim arasında geçiş bölgesi içinde yer aldığı için birçok bitki çeşitliliğine sahiptir. Bölgenin maden potansiyeli ve sahip olduğu bitki çeşitliliği dikkate alındığında bölgede yapılacak bitki jeokimyası çalışmalarının maden arama çalışmalarına katkı vereceği aşikardır. Bu yüzden yoğun alterasyon gelişimin gözlemlendiği ve sık bir meşe (*Quercus petraea* L.) ağaçlığının olduğu Canca sahası bu çalışma kapsamında hedef saha olarak seçilmiş ve sahadaki biyojeokimya çalışması gerçekleştirilmiştir.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

### A. Bölgenin Jeolojik ve Coğrafik Özellikleri

Canca sahası jeolojik geçmişinin bir sonucu olarak dağlık bir topoğrafyaya sahiptir. Bölge yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve kar yağışlı olarak ifade edebileceğimiz karasal ile Karadeniz arası geçiş iklimi özelliklerini gösterir.



Şekil 1. Canca sahası jeoloji ve alterasyon haritası [10]

Canca sahası yoğun hidrotermal alterasyona maruz kalmış olup, sahanın temel kayaçları (çalışma sahası ve yakın çevresini dikkate aldığımızda) Doğu Karadeniz Tektonik Birliği'nin metamorfik kayaçları ve bunları kesen metamorfize olmamış granitik plütonlardır [22], [25]–[27]. Temel kayaçları uyumsuzlukla Erken-Orta Jura yaşlı volkano-klastik kayaçlar (Zimonköy Formasyonu) tarafından kesilirler [28]. Zimonköy formasyonu ise Geç Jura-Erken Kretase yaşlı karbonatlı kayaçlar (Berdiga Formasyonu) ile örtülmektedir [29]. Berdiga formasyonu ise Geç Kretase yaşlı Kermutdere formasyonu tarafından örtülür [30]. Tüm bu birimler Gümüşhane'nin B-KB tarafında Torul ve yakın civarında Geç Kretase intrüzyonlarınca kesilmektedir [31]–[34]. Geç Kretase birimleri ise Eosen yaşlı volkanik ve volkano-klastik birimlerince örtülmekte ve yine eş yaşlı granitik kayaçlarca da kesilmektedir [21], [23],

[35]–[39]. Canca sahası özelinde ise sahada yaygın olarak Eosen volkano-klastik kayaçlar görülmektedir (Şekil 1) [40]. Bu kayaçlar yoğun hidrotermal alterasyona maruz kalmışlardır. Sahadaki alterasyon daha çok arjilik ve fillik alterasyon karakterinde olup, alterasyona bağlı olarak sahada gri, açık kahverenkli podzolik tipte iyi gelişmiş toprak örtüsü de yaygın olarak gözlenmektedir [13], [40]–[42]. Bölgenin en geç birimleri ise güncel traverten, alüvyon ve yamaç molozlarıdır [43], [44].

### B. Örnek alımı, Analiz Süreçleri ve Verilerin Değerlendirilmesi

Canca sahasında yoğun bir meşe ağaçlığı gözlemlendiği için biyojeokimyasal amaçlı çalışma meşe yapraklarıyla gerçekleştirilmiştir. Örnek alımları 2014 yılı Haziran-Temmuz ayları içinde gerçekleştirilmiş olup, örnek alım süreçleri ve analizlerin detayları Vural [10]'de verilmiştir. Analizlerin doğruluk/hassasiyet testleri ilgili analiz prosedürlerine göre gerçekleştirilmiştir. Meşe yapraklarının analizleri Gümüşhane Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında ve ICP-MS ile gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda meşe yapraklarındaki Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Ba, Sr, V, Ag ve Au elementlerinin konsantrasyon ölçümleri gerçekleştirilmiş olmakla birlikte, bu bildiride Sr, V, Ag ve Au konsantrasyonları değerlendirmeye alınmamıştır. Element konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistik parametreleri hesaplanmış, konsantrasyonların dağılım karakteri istatistiksel yöntemler yardımıyla anlaşılmasına çalışılmıştır. Meşe yapraklarının ortalama element konsantrasyonları medyan değerleri dikkate alınarak belirlenmiş olup, eşik değerler ise medyan değerlerine 2 medyan mutlak sapma değerleri eklenerek belirlenmiştir [13].

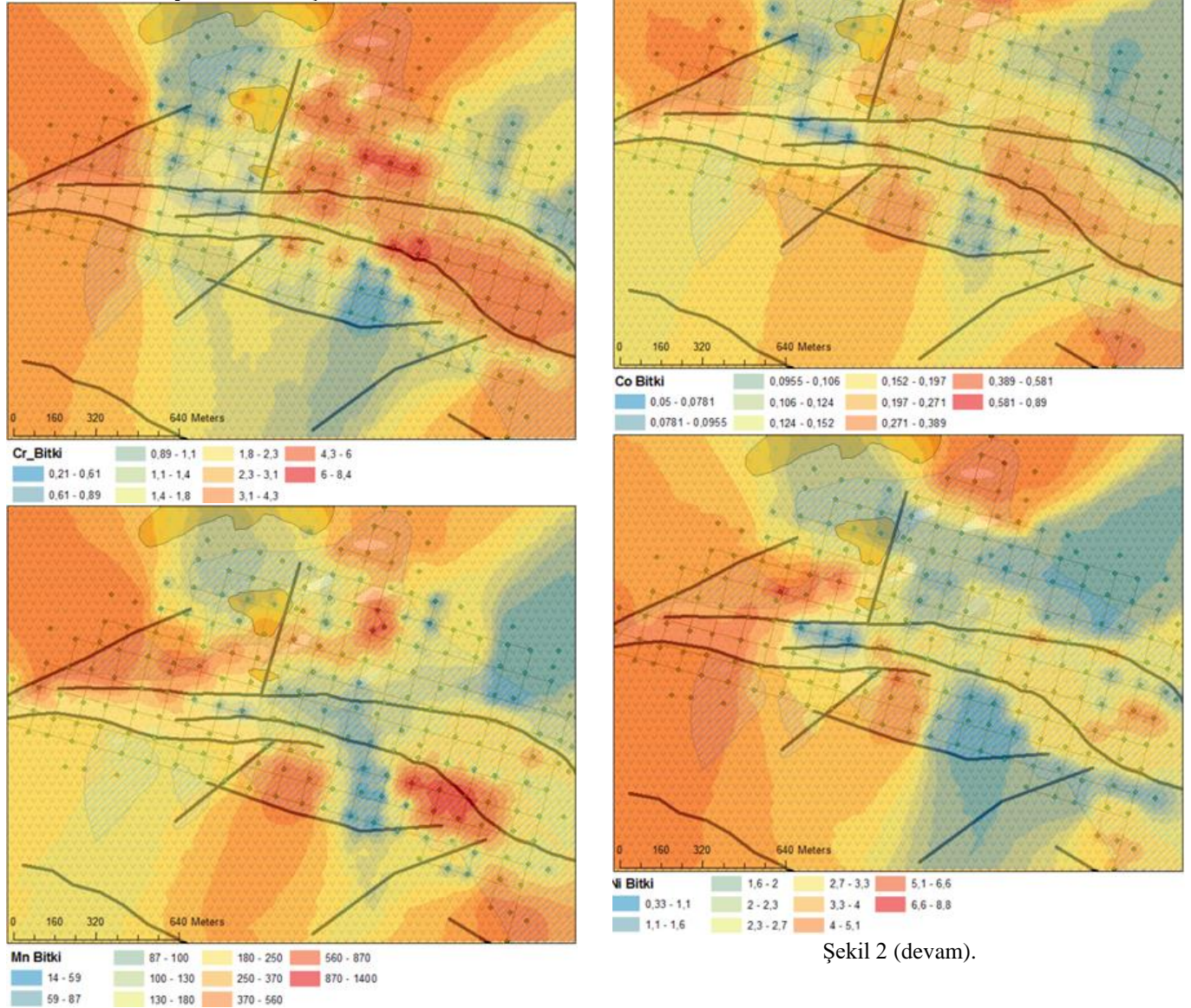
## III. BULGULAR

Meşe yapraklarının element konsantrasyonları değerlendirildiğinde (Cd ve Sb ppb, diğerleri ppm olarak), Cr konsantrasyonunun 0.21-8.4 aralığında olduğu medyan değerinin ise 1.86 ppm olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde Mn 13.6-1374.2 aralığında (medyan:162.8), Co 0.05-0.89 aralığında (medyan:0.15), Ni 0.33-8.75 aralığında (medyan:2.77), Cu 2.85-14.64 aralığında (medyan:5.97), Zn 7.37-52.53 aralığında (medyan:19.15), As 0.01-1.36 aralığında



(medyan:0.14), Mo 0.05-5.47 aralığında (medyan 0.71), Cd 6.84-249.5 aralığında (medyan: 30.21), Sb 10.96-2364 aralığında (medyan: 95.1), Ba 11.5-387.34 aralığında (medyan:113.35) ve Pb 0.29-2.23 aralığında (medyan:0.83) olduğu tespit edilmiştir [13].

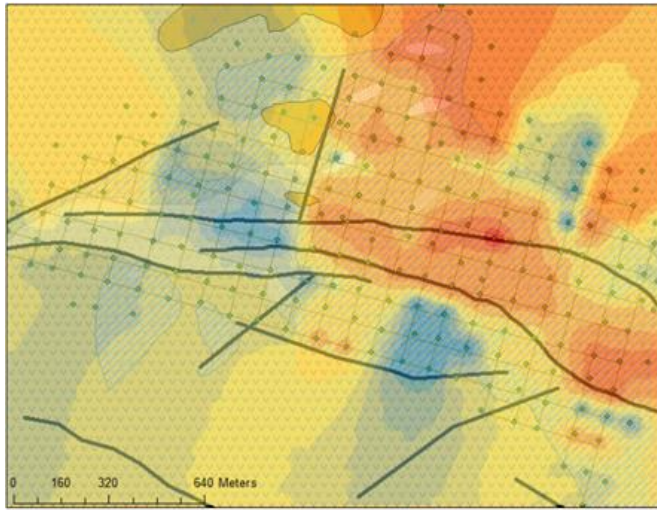
Meşe yapraklarındaki element konsantrasyonlarının saha üzerindeki dağılım haritaları oluşturulmuştur (Şekil 2). Dağılım haritalarının oluşturulmasında krigleme yöntemi kullanılmış [45], örnek noktalarının alansal ağırlıkları varyogram yöntemi ile gerçekleştirilmiştir [46]. Krigleme yöntemi ile oluşturulan haritalardaki pürüzlülükleri yumuşatmak için ise küresel (spherical modul) modul tercih edilmiştir. Haritaların oluşturulmasında ArcGIS v.10 yazılımının ilgili modüllerinden yararlanılmıştır.



Şekil 2 (devam).

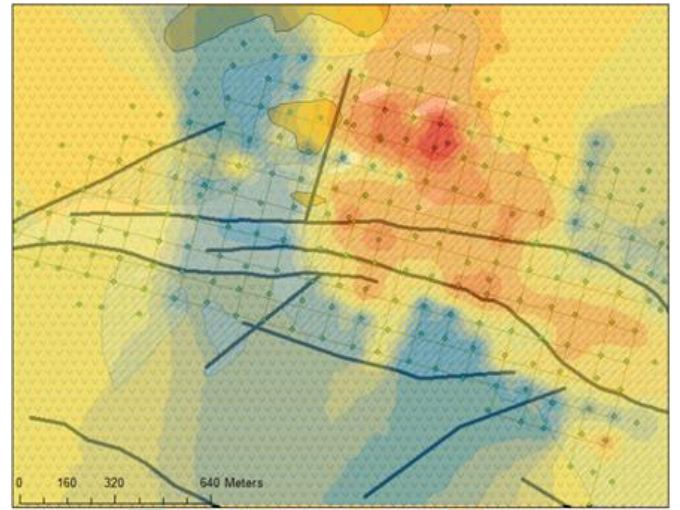
Şekil 2. Bitkilerin element dağılım haritaları (Jeoloji-alterasyon lejantı için Şekil 1'in açıklamalarına bakınız)





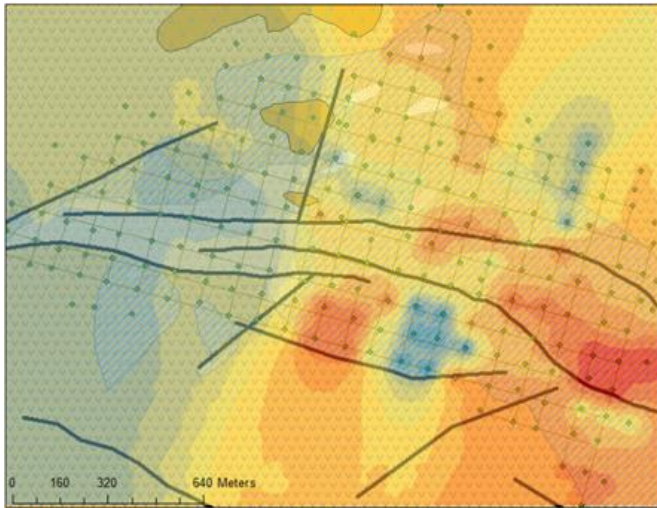
**Cu Bitki**

3.9 - 4.7	5.2 - 5.6	6.2 - 6.9	8 - 9.5
2.9 - 3.9	4.7 - 5.2	5.6 - 6.2	6.9 - 8
			9.5 - 12
			12 - 15



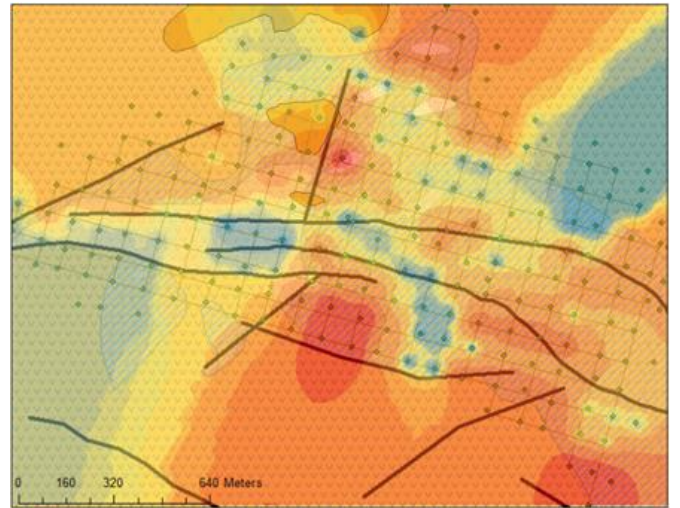
**Mo Bitki**

0.27 - 0.41	0.51 - 0.65	0.87 - 1.2	1.7 - 2.5
0.05 - 0.27	0.41 - 0.51	0.65 - 0.87	1.2 - 1.7
			2.5 - 3.7
			3.7 - 5.5



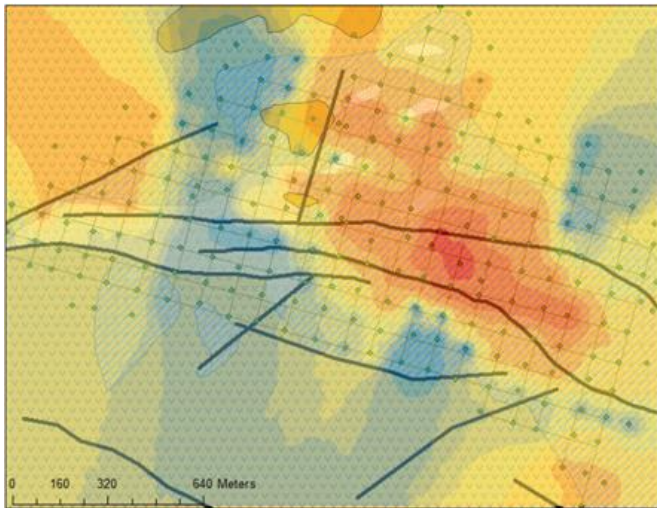
**Zn Bitki**

10 - 13	15 - 17	20 - 24	29 - 35
7.4 - 10	13 - 15	17 - 20	24 - 29
			35 - 43
			43 - 53



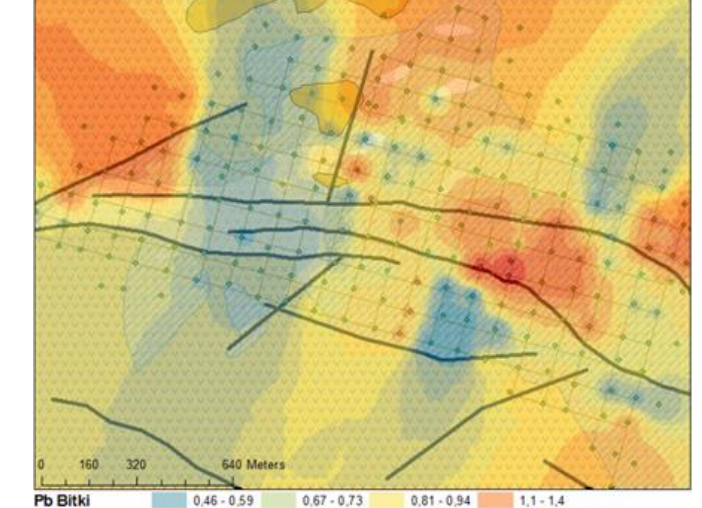
**Cd Bitki**

18 - 22	25 - 25	28 - 32	43 - 68
6.8 - 18	22 - 25	25 - 28	32 - 43
			68 - 120
			120 - 250



**As Bitki**

0.0397 - 0.0633	0.0774 - 0.101	0.141 - 0.208	0.32 - 0.509
0 - 0.0397	0.0633 - 0.0774	0.101 - 0.141	0.208 - 0.32
			0.509 - 0.826
			0.826 - 1.36



**Pb Bitki**

0.46 - 0.59	0.67 - 0.73	0.81 - 0.94	1.1 - 1.4
0.29 - 0.46	0.59 - 0.67	0.73 - 0.81	0.94 - 1.1
			1.4 - 1.7
			1.7 - 2.2

Şekil 2 (devam).

Şekil 2 (devam).

Meşe yapraklarının dağılım haritaları incelendiğinde Cr dağılımlarının sahasın batısında, kuzeydoğusunda ve saha merkezinin doğusunun Batı-Doğu istikametinde yoğunlaştığı görülmüştür. Co değerlerinin sahanın kuzey doğusunda özellikle taze kayaçların olduğu kesimlerde yüksek olduğu görülmüştür. Mn değerlerinin sahanın daha çok batısında ve fillik zona yakın kesimde olduğu görülmüştür. Ayrıca sahanın doğusunda küçük bir alanda da yüksek Mn değerleri gözlenmiştir. Meşe yapraklarındaki Ni konsantrasyonları da Mn dağılımları ile nispeten paralellikler göstermektedir. Fe konsantrasyonları sahanın merkezinde güneydoğuya doğru bir istikamette yüksek olduğu bu değerlerin ana tektonik hat ile de uyumlu olduğu görülmüştür. Cu konsantrasyonu dağılımları ise sahanın merkezinin kuzey ve doğu kesimlerinde, arjilik zon içinde bölgenin diğer kesimlerine göre yüksek olduğu görülmüştür. Zn konsantrasyonların Cu ile bazı noktalarda örtüşmekle birlikte bazı kesimlerde ise ters bir ilişkinin olduğu da dağılım haritalarından anlaşılmaktadır (Şekil 2).

As dağılımları sahada sınırlı bir alanda ve sahanın merkezinden itibaren KB-GD istikametinde yoğunlaşmaktadır (Şekil 2). Yoğunlaşma ağırlık olarak arjilik zon içinde görülmektedir. Mo konsantrasyonların sahanın kısıtlı bir alanında ve kuzey kesimde arjilik zon içinde yoğunlaştığı görülmektedir. Mo dağılımlarının nispeten As dağılımları ile örtüştüğü de görülmüştür. Sahadaki Cd dağılımlarının daha çok taze kayaçlar ve nispeten arjilik zonlarda olduğu gözlenmiştir.

#### IV. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Meşe yapraklarının element içerikleri daha önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında (bakınız: [13], [47]–[49]) altere olmuş kesimlerdeki element konsantrasyonları ile altere olmamış/taze kayaçların yoğun olduğu kesimlerdeki element konsantrasyonlarının farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Saha özelinde değerlendirildiğinde hidrotermal/epitermal alterasyon gelişimi ile ilişkili olarak Mo Cu, As, Zn ve Pb elementlerince bir zenginleşmenin belirgin olduğu tespit edilmiştir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK (Proje No: 113Y569) 1002 Hızlı Destek Programı kapsamında desteklenmiştir.

#### KAYNAKLAR

- [1] A. Vural ve E. Şahin, “Gümüşhane Şehir Merkezinden Geçen Karayolunda Ağır Metal Kirliliğine Ait İlk Bulgular”, *Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 2, sayı 1, ss. 21–35, 2012.
- [2] A. Vural ve S. Safari, “Phytoremediation ability of *Helichrysum arenarium* plant for Au and Ag: case study at Demirören village (Gümüşhane, Turkey)”, *Gold Bulletin*, c. 55, sayı 2, ss. 129–136, Eki. 2022, doi: 10.1007/s13404-022-00313-z.
- [3] A. Vural, “Sığırkuyruğu (*Verbascum speciosum*) Bitkisinin Element Biriktirme Kapasitesi”, içinde *Hoca Ahmet Yesevi Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, 2019, ss. 774–782.
- [4] A. Vural, “Biogeochemical characteristics of *Rosa canina* grown in hydrothermally contaminated soils of the Gümüşhane Province, Northeast Turkey”, *Environmental Monitoring and Assessment*, c. 187, sayı 8, s. 486, 2015, doi: 10.1007/s10661-015-4708-y.
- [5] A. Vural, “Trace/heavy metal accumulation in soil and in the shoots of acacia tree, Gümüşhane-Turkey”, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, c. 148, ss. 85–106, 2014.
- [6] A. Vural, “Investigation of the relationship between rare earth elements, trace elements, and major oxides in soil geochemistry”, *Environmental Monitoring and Assessment*, c. 192, sayı 2, s. 124, Şub. 2020, doi: 10.1007/s10661-020-8069-9.
- [7] A. Vural, “Gold and Silver Content of Plant *Helichrysum Arenarium*, Popularly Known as the Golden Flower, Growing in Gümüşhane, NE Turkey”, *Acta Physica Polonica A*, c. 132, sayı 3–II, ss. 978–980, Eyl. 2017, doi: 10.12693/APhysPolA.132.978.
- [8] A. Vural, “Assessment of Heavy Metal Accumulation in the Roadside Soil and Plants of *Robinia pseudoacacia*, in Gumushane, Northeastern Turkey”, *Ekoloji*, c. 22, sayı 89, ss. 1–10, 2013, doi: 10.5053/ekoloji.2013.891.
- [9] A. Vural, “Relationship between the geological environment and element accumulation capacity of *Helichrysum arenarium*”, *Arabian Journal of Geosciences*, c. 11, sayı 11, s. 258, Haz. 2018, doi: 10.1007/s12517-018-3609-0.
- [10] A. Vural, “Canca (Gümüşhane) Alterasyon Sahasında Toprak ve Bitki Jeokimyası Çalışmaları ile Altın Potansiyelinin Araştırılması”, Ankara, Türkiye, 2014.
- [11] F. B. Vural ve A. Vural, “Phytoremediation of Solid Waste Storage Areas:Case of Gümüşhane”, içinde *International Environmental Sciences Symposium of Van*, 2014, ss. 178–179.
- [12] A. Vural, “Toprak ve Akasya ağacı sürgünlerindeki iz/ağır metal dağılımı, Gümüşhane-Türkiye”, *MTA Dergisi*, c. 148, ss. 85–106, 2014.
- [13] A. Vural, “Assessment of Sessile Oak (*Quercus petraea* L.) Leaf as Bioindicator for Exploration Geochemistry”, *Acta Physica Polonica A*, c. 130, sayı 1, ss. 191–193, Tem. 2016, doi: 10.12693/APhysPolA.130.191.
- [14] A. Vural ve A. Kaygusuz, “*Helichrysum arenarium* bitkisinin element birikme kabiliyetinin biyojeokimyasal amaçlı araştırılması”, içinde *4th International European Conference on Interdisciplinary*



- Scientific Research*, 2021, ss. 15–32.
- [15] A. Vural, “Sarıkantaron (*Hypericum perforatum*) Bitkisinin Biyojeokimyasal Özelliklerinin Araştırılması”, içinde *Hoca Ahmet Yesevi Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, 2019, ss. 774–782.
- [16] A. Vural, S. Kaya, N. Başaran, ve O. T. Songören, *Anadolu Madenciliğinde İlk Adımlar*. Ankara, Türkiye: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, MTA Kültür Serisi-3, 2009.
- [17] A. Vural ve B. Çiçek, “Gümüştüğü Antimonit Cevherleşmesinin Toprak Jeokimyası ve Titrek Kavak (*Populus tremula*)’nın Biyojeokimyasal Özelliklerinden Yararlanılarak Araştırılması”, Gümüşhane, Türkiye, 2021.
- [18] A. Vural, “On the elemental contents of aspen (*Populus tremula* L.) leaves grown in the mineralization area”, *Journal of Geography and Cartography*, c. 6, sayı 1, ss. 1–10, 2023, doi: 10.24294/jgc.v6i1.2192.
- [19] A. Vural, Ö. Corumluoğlu, ve İ. Asri, “Remote sensing technique for capturing and exploration of mineral deposit sites in Gumushane metallogenic province, NE Turkey”, *Journal of the Geological Society of India*, c. 90, sayı 5, ss. 628–633, Kas. 2017, doi: 10.1007/s12594-017-0762-0.
- [20] A. Vural ve F. Erşen, “Geology, mineralogy and geochemistry of manganese mineralization in Gumushane, Turkey”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 8, sayı June, ss. 1051–1059, 2019.
- [21] A. Vural, İ. Akpınar, A. Kaygusuz, ve F. Sipahi, “Petrological characteristics of Eocene volcanic rocks around Demirören (Gümüşhane, NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 10, sayı 1, ss. 1703–1716, 2021.
- [22] A. Vural ve A. Kaygusuz, “Petrology of the Paleozoic Plutons in Eastern Pontides: Artabel Pluton (Gümüşhane, NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 8, sayı 2, ss. 1216–1228, 2019.
- [23] A. Vural ve A. Kaygusuz, “Geochronology, petrogenesis and tectonic importance of Eocene I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey”, *Arabian Journal of Geosciences*, c. 14, sayı 6, s. 467, Mar. 2021, doi: 10.1007/s12517-021-06884-z.
- [24] A. Vural ve A. Kaygusuz, “Petrographic and geochemical characteristics of late Cretaceous volcanic rocks in the vicinity of Avliyana (Gümüşhane, NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 10, sayı 2, ss. 1796–1810, 2021.
- [25] A. Kaygusuz, “Petrographic and Geochemical characteristics of Paleozoic Gabbroic rocks around Taşdelen (Özdil / Trabzon, NE Türkiye)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 11, sayı December, ss. 2111–2122, 2022.
- [26] G. Topuz vd., “Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey)”, *Lithos*, c. 116, sayı 1–2, ss. 92–110, Nis. 2010, doi: 10.1016/j.lithos.2010.01.003.
- [27] A. Kaygusuz, “Geochronological age relationships of Carboniferous Plutons in the Eastern Pontides ( NE Turkey )”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 9, sayı 1, ss. 1299–1307, 2020.
- [28] M. Eren, “Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasies incelemesi”, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 1983.
- [29] S. Pelin, “Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları*, ss. 87–103, 1977.
- [30] S. Tokel, “Stratigraphical and volcanic history of Gümüşhane region”, 1972.
- [31] A. Kaygusuz, W. Siebel, C. Şen, ve M. Satir, “Petrochemistry and petrology of I-type granitoids in an arc setting: the composite Torul pluton, Eastern Pontides, NE Turkey”, *International Journal of Earth Sciences*, c. 97, sayı 4, ss. 739–764, Tem. 2008, doi: 10.1007/s00531-007-0188-9.
- [32] A. Kaygusuz, M. Arslan, İ. Temizel, C. Yücel, ve E. Aydınçakır, “U–Pb zircon ages and petrogenesis of the Late Cretaceous I-type granitoids in arc setting, Eastern Pontides, NE Turkey”, *Journal of African Earth Sciences*, c. 174, s. 104040, Şub. 2021, doi: 10.1016/j.jafrearsci.2020.104040.
- [33] İ. Temizel, M. Arslan, C. Yücel, E. A. Yazar, A. Kaygusuz, ve Z. Aslan, “U–Pb geochronology, bulk-rock geochemistry and petrology of Late Cretaceous syenitic plutons in the Gököy (Ordu) area (NE Turkey): Implications for magma generation in a continental arc extension triggered by slab roll-back”, *Journal of Asian Earth Sciences*, c. 171, ss. 305–320, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.jseaes.2019.01.004.
- [34] İ. Temizel, M. Arslan, E. Abdioğlu Yazar, Z. Aslan, A. Kaygusuz, ve T. Baki Eraydın, “Zircon U–Pb geochronology and petrology of the tholeiitic gabbro from the Kovanlık (Giresun) area: Constraints for the Late Cretaceous bimodal arc magmatism in the Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey”, *Lithos*, c. 428–429, sayı August, 2022, doi: 10.1016/j.lithos.2022.106840.
- [35] A. Vural ve M. Erdoğan, “Eski Gümüşhane Kırkpavli Alterasyon Sahasında Toprak Jeokimyası”, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 4, sayı 1, ss. 1–15, 2014.
- [36] Ç. Saydam Eker, “Petrography and geochemistry of Eocene sandstones from eastern Pontides (NE TURKEY): Implications for source area weathering, provenance and tectonic setting”, *Geochemistry International*, c. 50, sayı 8, ss. 683–701, Ağu. 2012, doi: 10.1134/S001670291206002X.
- [37] A. Kaygusuz ve M. Öztürk, “Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Eocene Bayburt intrusions, Eastern Pontide, NE Turkey: implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in the high-K calc-alkaline magmatism”, *Journal of Asian Earth Sciences*, c. 108, ss. 97–116, 2015.
- [38] İ. Temizel, E. Abdioğlu Yazar, M. Arslan, A. Kaygusuz, ve Z. Aslan, “Mineral chemistry, whole-rock geochemistry and petrology of Eocene I-type shoshonitic plutons in the Gököy area (Ordu, NE Turkey)”, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, c. 157, ss. 121–152, 2018.

- [39] I. Temizel, M. Arslan, C. Yücel, E. Abdioğlu Yazar, A. Kaygusuz, ve Z. Aslan, “Eocene tonalite–granodiorite from the Havza (Samsun) area, northern Turkey: adakite-like melts of lithospheric mantle and crust generated in a post-collisional setting”, *International Geology Review*, c. 62, sayı 9, ss. 1131–1158, Haz. 2020, doi: 10.1080/00206814.2019.1625077.
- [40] A. Vural, “Canca (Gümüşhane, Türkiye) toprak jeokimyası verilerinin Ters Mesafe Ağırlıklandırma (TMA) ve Krigleme enterpolasyon metodlarıyla değerlendirilmesi-ilk bulgular”, *MTA Dergisi*, c. 158, ss. 197–219, 2019.
- [41] A. Vural, “The Risk of Exposure to Natural Radiations Induced Hydrothermal Alteration Sites: Case of Canca Site (Gümüşhane, Türkiye)”, *Göbeklitepe International Journal of Medical Sciences*, c. 5, sayı 7, ss. 14–22, 2022, doi: DOI: <http://dx.doi.org/10.55433/gsb.128>.
- [42] A. Vural, “Hidrotermal Alterasyona Bağlı Element Kirliliği : Canca (Gümüşhane - Türkiye)”, *Journal of Investigations on Engineering & Technology*, c. 5, sayı 2, ss. 87–103, 2022.
- [43] A. Vural, “Zenginleştirilmiş Jeoturizm Güzergahlarına Dair Farkındalık Oluşturulması : Eski Gümüşhane - Dörtkonak Güzergahı”, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, c. 10, ss. 250–274, 2019.
- [44] A. Vural ve G. Külekçi, “Zenginleştirilmiş Jeoturizm Güzergahı:Gümüşhane-Bahçecik Köyü”, *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, c. 8, sayı 19, ss. 1–23, 2021, doi: 10.38065/euroasiaorg.894.
- [45] D. G. Krige, “A stastical Approach to Some Basic Mine Valuation Problems on the Witwatersrand”, *Journal of the Chemical Metallurgical & Society of South Mining Africa*, c. 52, sayı 6, ss. 119–139, 1951.
- [46] G. Matheron, “Principles of geostatistics”, *Economic Geology*, c. 58, sayı 8, ss. 1246–1266, 1963, doi: 10.2113/gsecongeo.58.8.1246.
- [47] J. Y. Park, S. H. Jeon, J. N. Kim, ve H. T. Chon, “A biogeochemical orientation study in Mo skarn deposits, Jecheon district in Korea”, *Journal of Geochemical Exploration*, c. 146, ss. 9–16, 2014, doi: 10.1016/j.gexplo.2014.07.011.
- [48] C. Anjos, C. M. F. Magalhaes, ve M. M. Abreu, “Metal (Al, Mn, Pb and Zn) soils extractable reagents for available fraction assessment: Comparison using plants, and dry and moist soils from the Bra??al abandoned lead mine area, Portugal”, *Journal of Geochemical Exploration*, c. 113, ss. 45–55, 2012, doi: 10.1016/j.gexplo.2011.07.004.
- [49] H. Turan, Z. Özdemir, ve S. Zorlu, “Çiftehan (Ulukışla-Niğde) Bölgesinin Biyoeokimyasal Anomalilerinin Araştırılması”, *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, c. 19, sayı 2, ss. 131–140, 2006.