



T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GÜMÜŞKÖY (ULUKIŞLA-NİĞDE) CURUFLARININ ASİT MADEN DRENAJİ
OLUŞTURMA POTANSİYELİ VE ÇEVREYE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

GÖKHAN KELEBEK

Ağustos 2007

**T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GÜMÜŞKÖY (ULUKIŞLA-NİĞDE) CURUFLARININ ASİT MADEN DRENAJİ
OLUŞTURMA POTANSİYELİNİN VE ÇEVREYE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

GÖKHAN KELEBEK

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Abdurrahman LERMİ

Ağustos 2007

Yrd. Doç. Dr. Abdurrahman LERMİ danışmanlığında Gökhan KELEBEK tarafından hazırlanan ‘‘Gümüşköy Curuflarının Asit Maden Drenajı Oluşturma Potansiyelinin ve Çevreye Etkisinin İncelenmesi’’ adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:

(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

Üye :

(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

Üye :

(Unvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

Üye :

(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

Üye :

(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

ONAY:

Bu tez . . / . . . /2007 tarihinde Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun . . . / . . . /2007 tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

.../.../2007

Prof. Dr. Meysun İBRAHİM
Enstitü Müdürü

ÖZET

GÜMÜŞKÖY (ULUKIŞLA-NİĞDE) CURUFLARININ ASİT MADEN DRENAJI OLUŞTURMA POTANSİYELİ VE ÇEVREYE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

KELEBEK, Gökhan

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr Abdurrahman LERMİ

Ağustos 2007, 94 sayfa

Bu çalışmanın amacı; Gümüşköy Curuflarının asit maden drenajı oluşturma potansiyeli ve çevreye etkisinin incelenmesidir. Gümüşköy Curufları Niğde-Ulukışla İlçesinde Gümüşköyü civarında yer almaktadır. Asidik maden drenajı (AMD), dünyanın her yerinde madencilik alanlarında önemli bir çevresel problemdir. Sülfürlü minerallerin madencilik alanlarında depolanması ve atılması sürecinde su ve oksijene maruz bırakılması sonrasında, bu tür minerallerin doğal oksidasyonunun bir sonucu olarak AMD meydana gelmektedir. İnceleme alanında Paleozoik yaşlı mermer ve kireçtaşlarından oluşan Bolkardağı grubu temel kayalar oluşturmakta, bunların üzerine serpantin, peridotit, gabro diyabaz ve diyoritten oluşan Alihoca ofiyoliti gelmektedir. Alihoca ofiyoliti üzerine gelen ve çakıltası, kumtaşı, marn ve kireçtaşlarından oluşan birimler tektonizmadan dolayı kıvrımlanmış ve küçük ölçekli faylarla atılmış durumdadırlar. Bölge halkının içme suyu olarak yararlandığı pınarlar bu fay ve kırık sistemleri tarafından kontrol edilmektedirler. Bölgedeki kayalarda ortalama olarak Cu 0,01 ppm, Pb 0,27 ppm, Zn 2,87 ppm, Ni 0,12 ppm, Mo 9,98 ppm, As 1,80 ppm gözlenmiştir. Topraklarda ise ortalama olarak 19,64 ppm Cu, 41,23 ppm Pb, 24,15 ppm Zn, 0,12 ppm Cd, 16,1 ppm As ve 45,75 ppm Mo belirlenmiştir. Atık sahasına yakın yer altı suları beklenenden daha bazik karakterdedir. Yani AMD etkisi bu sulara izlenmemektedir. Ancak kirlilik boyutları, curuflarda

belirlenen ikincil mineraller, serisit, simitzonit ve zinkosit minerallerinin varlığı, bu atık sahasında pritin oksitlendiğini ve başlangıçta AMD oluşturduğunu göstermektedir. Ancak yan kayada aşırı Ca^{+2} içeren dolomit, kalsit, bulunduğundan nötrale potansiyeli oldukça yüksek bir ortam oluşmuş olmalıdır. Her ne kadar bölgedeki yan kayalar ve toprakların doğal nötrale özelliğe sahip olmasına karşın, topraklarda ve sularda meydana gelen bu aşırı kirlenme bölgede yaşayan canlılar açısından bir tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca curufların açık alanda her türlü etkiye açık olması, yeniden zenginleştirmeye tabi tutulmaları çevre kirliliğini artırmaya devam edecektir. Curufların yakın kesimlerinde tarımsal faaliyetlerden uzak durulmalı, kuyu suları hiçbir amaçla kullanılmamalıdır.

Anahtar Kelimeler: Asit maden drenajı, çevre kirliliği, su kimyası, toprak kimyası, Ulukışla

SUMMARY

INVESTIGATION OF POTENTIAL OF ACID MINE DRAINAGE FORMATION AROUND GUMUSKOY (ULUKISLA-NİĞDE) SLAG PILE AND ITS ENVIRONMENTAL IMPACT

KELEBEK, Gökhan

Nigde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geology Engineering

Supervisor : Assistant Professor Dr. Abdurrahman LERMİ

August 2007, 94 pages

Gumuskoy slag piles are located in Nigde-Ulukisla County vicinity. Acidic mine drainage (AMD) is a serious environmental problem in mining areas throughout the world. AMD occurs as a result of the natural oxidation of sulfide minerals when they are exposed to oxygen and water during their disposal and storage at the mining sites. The units which come on the Ali Hoco ophiolite are contains limestone, sandstone and gravelstone. This units are deformed by tectonic activity and little scale faults. Spring waters that consumed by the people of the region are governed by local faults and fracture systems. The rocks at the region contain as an average of Cu 0,01 ppm, Pb 0,27 ppm, Zn 2,87 ppm, Ni 0,12 ppm, Mo 9,98 ppm, As 1,80 ppm. The soils also has an average of 19,64 ppm Cu, 41,23 ppm Pb, 24,15 ppm Zn, 0,12 ppm Cd, 16,1 ppm As ve 45,75 ppm Mo. The well waters close to the disposal area are more basic than expected. This effects of AMD can not be epected in these waters. However the contamination levels, secondary minerals in slag piles, and existence of sericite, simitzonite and zinkosite minerals indicate that pyrite has been oxidized and the AMD formation has started at first state. On the other hand because of the existence of dolomite and calcite in the wallrocks including large amounts of Ca^{+2} , an environment highly capable of neutralization should have been developed. Although the

wall rocks and the soils have natural neutralization ability, the contamination occurring in the soils and waters threatens the life of organisms at the region. Besides, being exposed to all types of effects of surfacial conditions and re-concentration activities of slag piles will induce the environmental pollution. Agricultural activities and well- water consumption in close vicinity of the slag piles should be avoided.

Keywords: AMD, environmental pollution, water chemistry, soil chemistry, Ulukısla.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans ve okul hayatım boyunca desteklerinin esirgemeyen aileme, bu çalışma konusunu öneren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Abdurrahman LERMİ ve hocam Yrd. Doç. Dr. Emin ÇİFTÇİ'ye teşekkürü bir borç bilirim. Analizlerde yardımcı olan hocam Prof. Dr. Hatem ELHATİP' e ve Yrd. Doç. Dr. Mustafa SARI'ya teşekkür ederim. Ayrıca arkadaşım Serhat YANIKOĞLU'na çalışmam esnasında verdiği destekten dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR	xiv
BÖLÜM I	1
GENEL BİLGİLER	1
1.1 Giriş	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.3 Çalışma Alanının Konumu ve Ulaşımı	4
1.4 İklim ve Bitki Örtüsü	4
1.5 Önceki Çalışmalar	6
1.5.1 Asit Maden Drenajı (AMD) Kavramı, Oluşumu	6
1.5.2 Bolcardağ Bölgesinin Maden Potansiyeli	16
BÖLÜM II	19
MATERYAL VE METOD	19
2.1 Materyal ve Yöntemler	19
2.1.1 Arazi Çalışmaları	19
a) Jeolojik Harita Alımı	19
b) Örnek Alımı	19
2.1.2 Laboratuvar Çalışmaları	22
a) Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması	22
b) Su Örneklerinin Analize Hazırlanması	22
c) Kayaç ve Curuf Örneklerinin Analize Hazırlanması	22
2.1.3 Analitik Yöntemler	23
a) Arazide Yapılan Ölçümler	23
b) Titrasyon analizleri	24
c) UV-Spektrometre Analizleri	25
d) XRD Analizleri	25
2.1.4 Büro Çalışmaları	26
BÖLÜM III	27
BULGULAR VE TARTIŞMA	27
3.1 Çalışma Alanının Genel Jeolojisi ve Tektoniği	27
3.1.1 Alt Mermerler	30
3.1.2 Bolcardağ Şistleri	30
3.1.3 Bolcardağ Mermerleri	30
3.1.4 Alihoca Ofiyolitleri	31
3.1.5 Horoz Granodiyoriti	31
3.2 İnceleme Alanında Yüzeyleyen Kayaçların Jeokimyası	32
3.3 Gümüşköy Curufların Muhtemel Kaynağı, Mineralojisi ve Jeokimyası	35
3.3.1 İnceleme Alanındaki Curufların Yayılımı, Mineralojisi ve Jeokimyası	37
3.4 Su Jeokimyası	40
3.4.1 Çalışma Sahasındaki Suların Jeokimyasal Analiz Sonuçları	43
3.4.2 Verilerin Değerlendirilmesi	48

3.4.3 Doygunluk İndekslerinin Hesaplanması.....	57
3.5 Toprak Jeokimyası.....	63
3.5.1 Toprak Oluşumu	63
3.5.2 Ayrışma Olayları	64
3.5.2.1 Fiziksel veya Mekanik Ayrışma	65
3.5.2.2 Kimyasal Ayrışma	65
3.5.3 Toprak Profilinin Gelişimi	65
3.5.3.1 O Horizonu	66
3.5.3.2 A Horizonu	66
3.5.3.3 B Horizonu	67
3.5.3.4 C Horizonu	67
3.5.4 Çalışma Alanında Gelişen Toprak Profilinin Özellikleri	67
3.5.5 İnceleme Alanındaki Toprakların Mineralojisi ve Jeokimyası.....	68
3.5.5.1 Profil Örnekleri.....	68
3.5.5.2 Toprak Örnekleri	74
3.5.6 İstatistiksel Değerlendirme ve Elementlerin Yatay Dağılımı.....	76
BÖLÜM IV	88
SONUÇLAR ve ÖNERİLER	88
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Türkiye’deki su kaynaklarının yıllık potansiyeli	3
Çizelge 1.2. Ulukışla’ya ait 2006 yılı ve 2007 yılı ilk 6 aylık yağış verileri	5
Çizelge 3.1. Çalışma alanındaki kayaçların ana (%) ve iz (ppm) element analiz sonuçları	34
Çizelge 3.2. Curufların ana, iz element konsantrasyonları	39
Çizelge 3.3. Su Sınıflarına Göre Kalite Parametreleri	40
Çizelge 3.4. Yürürlükte Olan Su Standartları	42
Çizelge 3.5. İnceleme alanındaki suların birinci periyot kimyasal analiz sonuçları (mg/l)	45
Çizelge 3.6. İnceleme alanındaki suların birinci periyot iz element analiz sonuçları (µg/l)	45
Çizelge 3.7. Çalışma alanındaki suların ikinci periyot kimyasal analiz sonuçları (mg/l)	47
Çizelge 3.8. Çalışma alanındaki suların ikinci periyot kimyasal analiz sonuçları devamı (µg/l)	47
Çizelge 3.9. İlk su örnekleri için temel istatistikler (µg/l).	48
Çizelge 3.10. İlk periyot su örnekleri için korelasyon matrisi(µg/l)	49
Çizelge 3.11. İkinci periyot sulara ait temel istatistikler (µg/l)	50
Çizelge 3.12. İkinci dönem sular için korelasyon matrisi	51
Çizelge 3.13. Birinci Periyot sulara ait doygunluk indeksi	57
Çizelge 3.14. İkinci Periyot Sular İçin Doygunluk İndeksi	60
Çizelge 3.15. Topraklardaki Ağır Metallerin sınır değerleri	64
Çizelge 3.16. Toprak profiline ait oksit içerikleri (%)	72
Çizelge 3.17. Toprak profiline ait iz element konsantrasyonları (ppm)	72
Çizelge 3.18. Bölgedeki topraklara ait ana element konsantrasyonları (ppm)	74
Çizelge 3.19. Bölgedeki topraklara ait iz element analiz sonuçları (ppm)	75
Çizelge 3.20. Bazı önemli elementlerin bölge topraklarındaki temel istatistikleri(ppm)	76
Çizelge 3.21. Bölge topraklarındaki bazı elementlere ait korelasyon matrisi	77

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Çalışma alanının yerbulduru haritası	2
Şekil 1.2.	Ulukışla'ya ait 2007 yılı ilk altı aylık toplam yağış durumu	6
Şekil 1.3.	Niğde İli maden haritası	17
Şekil 2.1.	Çalışma alanı örnek alım haritası	21
Şekil 3.1.	Gümüşköy ve civarının jeoloji haritası	29
Şekil 3.2.	GC 1 cevher örneğine ait XRD difraktomu	38
Şekil 3.3.	Birinci periyot sulara ait iyon değişimi	43
Şekil 3.4.	İkinci periyot suların iyon değişimi	46
Şekil 3.5.	Birinci ve ikinci periyotta alınan su örneklerine ait element konsantrasyonlarının karşılaştırılması	52
Şekil 3.6.	İncelenen suların SiO ₂ içeriğinin değişimi (mg/l)	53
Şekil 3.7.	İkinci periyot sularında pH ve (SO ₄) ⁻² ilişkisi	53
Şekil 3.8.	İkinci periyot sularında (SO ₄) ⁻² kondaktivite ilişkisi	54
Şekil 3.9.	İkinci periyot sularında (SO ₄) ⁻² ile toplam iz element ilişkisi	54
Şekil 3.10.	İnceleme alanındaki pınar sularının zenginleşme faktörü grafiği (µg/l)	55
Şekil 3.11.	Kuyu sularının zenginleşme faktörü (µg/l)	56
Şekil 3.12.	Şarлак Deresi'nden alınan GS 8 örneğinin zenginleşme faktörü (µg/l)	56
Şekil 3.13.	Birinci periyot pınar sularının doyumluk indeksinin grafiksel görünümü	58
Şekil 3.14.	İlk periyot kuyu sularının doyumluk indeksinin grafiksel görünümü	59
Şekil 3.15.	İlk periyot vadi örneğinin doyumluk indeksinin grafiksel görünümü	59
Şekil 3.16.	İkinci periyot pınar sularının doyumluk indeksinin grafiksel görünümü	60
Şekil 3.17.	İkinci periyot kuyu sularının doyumluk indekslerinin grafiksel görünümü	61
Şekil 3.18.	İkinci periyot vadi örneğinin doyumluk indeksinin grafiksel görünümü	61
Şekil 3.19.	Örnek bir toprak profili	66
Şekil 3.20.a)	Bölgedeki toprak profillinin genel kesiti b) Çalışma alanında açılan profil	68
Şekil 3.21.	Toprak profiline ait XRD difraktomları (yüzeyden tabana doğru ilk iki örnek)	69
Şekil 3.22.	Toprak profiline ait XRD difraktomları (3.ve 4. örnekler)	70
Şekil 3.23.	Toprak profiline ait XRD difraktomları (tabandan alınan örnek)	71
Şekil 3.24.	Toprak profilindeki elementlerin düşey dağılımları	73
Şekil 3.25.	Çalışma alanındaki toprakların Cluster analizi	77
Şekil 3.26.	Cu elementinin çalışma alanındaki dağılımı	78

Şekil 3.27. Cu elementinin zenginleşme faktörü haritası	79
Şekil 3.28. Pb elementinin yatay dağılımı	80
Şekil 3.29. Pb elementinin zenginleşme faktörü haritası	80
Şekil 3.30. Zn elementinin yatay dağılımı	81
Şekil 3.31. Zn elementinin zenginleşme faktörü haritası	82
Şekil 3.32. Bölgede As dağılımı	83
Şekil 3.33. As elementinin zenginleşme faktörü haritası	83
Şekil 3.34. Mo elementinin yatay dağılımı	84
Şekil 3.35. Mo elementinin zenginleşme faktörü haritası	85
Şekil 3.36. Ag elementinin yatay dağılımı	86
Şekil 3.37. Ni elementinin çalışma alanındaki yatay dağılımı	87
Şekil 3.38. Ni elementinin zenginleşme faktörü haritası	87

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Foto 1.1 : Çalışma Alanındaki Curuflar ve Genel Topoğrafya	4
Foto 2.1 : Su Örneklerinin Arazide Ölçülebilen Parametrelerinin Ölçülmesi	23
Foto 3.1 : Arazide Yüzeyleyen Kayaçların Genel Görünümü	32
Foto 3.2 : Çalışma Alanındaki Şarlak Dere	33
Foto 3.3 : Doğada Dış Etkilere Maruz Bırakılmış Curuflar	37
Foto 3.4 : Curuflarda Hematitleşme	38

KISALTMALAR

AMD	: Asit Maden Drenajı
AKD	: Asit Kaya Drenajı
EC	: Avrupa Birliği
EPA	: Amerika Çevre Koruma Ajansı
ICP-MS	: İndüktiflenmiş Eşli Plazma Kütle Spektrometresi
SKKY	: Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
XRD	: X Işınları Difraktometresi

BÖLÜM I

GENEL BİLGİLER

1.1 Giriş

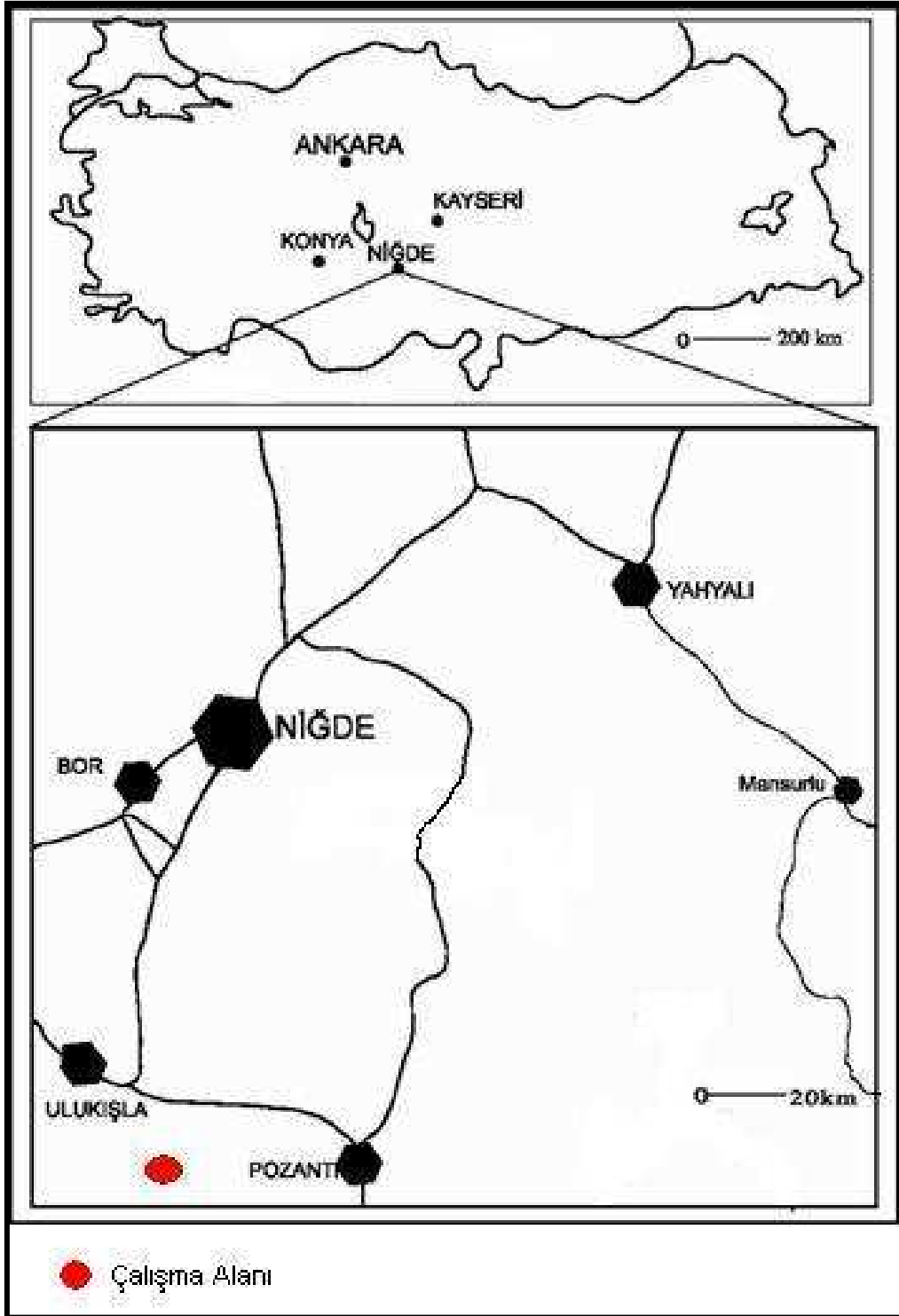
Bu çalışma Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmada Niğde-Ulukışla'ya bağlı Gümüşköy (Şekil 1.1) civarında bulunan maden curuflarının asit maden drenajı oluşturma potansiyeli ve çevreye etkisi incelenmiştir.

Asidik maden drenajı (AMD), dünyanın her yerinde madencilik alanlarında önemli bir çevresel problemdir. Sülfürlü minerallerin madencilik alanlarında depolanması ve atılması sürecinde su ve oksijene maruz bırakılması sonrasında, bu tür minerallerin doğal oksidasyonunun bir sonucu olarak AMD meydana gelmektedir. Asidik Maden Drenajının düşük pH ve yüksek derişimlerde çözülmüş ağır metal ve sülfatları içermesi nedeniyle çevreye potansiyel olarak zarar verebilmektedir. Terk edilmiş maden sahalarında, atık depolarının olduğu bölgelerde, hatta uzun süre işletilmekte olan madenlerde oluşan AMD, çevredeki yüzey ve yer altı sularının asitliğini değiştirmekte, madenlerden çevreye toksik etki yapabilecek ağır metallerin yayılımını sağlamaktadır. Maden üretim, nakliyat ve zenginleştirme ile ilgili madencilik çalışmalarının yapıldığı alanlar ve çevreleri çeşitli oranlarda hasara uğramakta toprak, su ve hava kirlenmesi meydana gelmektedir.

Eğer AMD'nin oluşumu önlenemez veya kontrol edilemezse; toplanmalı, çevreye bırakılmadan önce AMD'nin ağır metal konsantrasyonu ve askıda katı madde miktarını azaltmak ve asitliğini bertaraf etmek için muamele edilmelidir [1]. AMD oluşumu önlenemediği takdirde içme ve kullanma suyuna karışmaktadır.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışma, Gümüşköy (Ulukışla-Niğde) civarında yer alan ve yaklaşık 40 dönümlük bir alanda görülen, oldukça ilkel zenginleştirme işlemlerinin sonucu hala potansiyel bir yatak gibi özel bir şirket tarafından işletilmekte olan, ortalama olarak %6 Pb, %2.5 Zn, %0.5 Cu ve %0.006 Ag içeren maden atıklarının asit maden drenajı oluşturma potansiyeli ve bu atıkların (yer altı, yüzey suları, toprak ve bitkilere) olabilecek olumsuz etkisinin boyutlarının belirlenmesini amaç edinmiştir.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Asitliği artmış ve metal konsantrasyonu yükselmiş sular, başta bu sularda yaşayan canlı yaşamın kaybedilmesine neden olmakta, uzun vadede bölgede yetişen bitki türlerine toksik etki yapmakta ve dolaylı olarak çevrede yaşayan diğer canlıları etkilemektedir [2]. Toprak ve su kirlenmesi; özellikle üzerinde yetişen bitkilerin besin zinciriyle diğer canlılara ve insana geçmesi, suların içme ve kullanma suyu olarak kullanılması ve uzun zaman

sürecinde toksik metallere maruz kalma sonucu belli kalıcı sağlık sorunlarının ortaya çıkabilmesi nedeniyle büyük önem taşımaktadır [3].

Bu amaç doğrultusunda bölgenin jeolojisi, kayaçların jeokimyası, bu atıkların önceden beri oluşmasına kaynak olabilecek bölgedeki maden yatakları araştırılmıştır. Ayrıca, Gümüşköy atık sahası etrafındaki kaynak, yüzey ve yeraltı suları örneklenmiş, bölgede gelişen toprak profili belirlenmiş ve buna göre sistematik toprak örnekleri derlenerek kirlilik boyutlarının belirlenebilmesi için analiz edilip karşılaştırmalar yapılmıştır.

Asidik maden drenajı (AMD), bir maden işletmesinin çalışması boyunca ve kapatılması sonrasında sülfürlü cevherler (örneğin pirit) ile suyun ve oksijenin temas halinde bulunmasıyla meydana gelen bir dizi kompleks jeokimyasal ve mikrobiyal reaksiyonlar sonucunda oluşmaktadır. Asit maden drenajı oluşması durumunda bölgedeki içme ve kullanma suyuna karışması büyük tehlike arz etmektedir.

Su günümüzde ülkemizde ve dünyada önemi gittikçe daha çok artan bir madde durumundadır. Ülkemizde kullanılabilen oldukça sınırlı su miktarı yaklaşık 104,5 km³ tür (Çizelge 1.1). Kullanılan yıllık su miktarı ise toplam potansiyelin %40 ile %50'si arasındadır [4]. Tamamını kullanamadığımız mevcut yüzey ve yeraltı sularının, kullanılabilir kısımlarının kirlenmesi, kullanılamaz duruma gelmemesi için gerekli önlemlerin alınması ve korunması açısından oldukça önemlidir.

Son nüfus sayımına göre Gümüşköy'de 205 erkek ve 214 kadın olmak üzere toplam 419 kişi yaşamaktadır. Halk geçimini tarım ve hayvancılıkla sağlamakta, bu yüzey ve yer altı sularını kullanmaktadır. Kaynaklardan ve yer altı sularından özellikle Şarлак dereye sızan bu sular, dere deltası boyunca insanlar tarafından kullanılmaktadır. Bu nedenle toprak ve suların kirlilik boyutlarının belirlenmesi önemlidir.

Çizelge 1.1. Türkiye'deki su kaynaklarının yıllık potansiyeli [4].

Su Kaynakları	Ortalama yıllık yağış.....	.642,6 mm
	Türkiye'ye düşen ortalama yıllık yağış.....	501 km ³
Yüzey suları	Yıllık yüzey akış miktarı.....	186,05 km ³
	Yıllık yüzey akışı ve yağış oranı.....	0,37 mm
	Yıllık tüketilebilir su miktarı.....	95,00 km ³
	Fiili yıllık tüketim.....	6,00 km ³

Çizelge 1.1'in devamı.

Yer altı Suları	Yıllık çekilebilir su potansiyeli.....	12,30 km ³
	DSİ'ce tahsis edilen yıllık miktar.....	9,50 km ³
	Fiili yıllık tüketim.....	6,00 km ³

1.3 Çalışma Alanının Konumu ve Ulaşımı

Çalışma alanı Gümüşköy'e Ulukışla-Adana karayolundan Hasangazi köyünden batıya doğru 20 km, güneybatı yönünde Darboğaz üzerinden veya Çiftahan-Alihoca yönünde stabilize yolla ulaşılmaktadır. Niğde-Gümüşköy arasındaki mesafe yaklaşık 70 km'dir (Şekil 1.1).

Gümüşköy ve civarı yumuşak topoğrafyaya sahiptir. Maden atıklarının olduğu gümüş alanı diye bilinen bölge nispeten az eğimli ve tarım arazisidir (Foto 1.1). İnceleme alanının etrafında irili ufaklı orta yüksekliğe sahip pek çok tepe bulunmaktadır. Çalışma alanının güneybatısında Güllüce Tepe (1816) ve Bakır Tepe, güneydoğusunda Kalkankaya Tepe (1998) ve Yılanlı Tepe belli başlı yükseltilerdir. İnceleme alanını etkileyen yer altı ve akarsular genellikle batıdan doğuya doğru akmakta ve Bakır Tepe, Güllüce Tepe, Kalkankaya Tepe ve bunların sardığı bir alandan beslenmektedirler.



Foto 1.1. Çalışma alanındaki çuruf ve genel topografya.

1.4 İklim ve Bitki Örtüsü

Bölgede, tüm İç Anadolu Bölgesinde olduğu gibi, karasal iklim hüküm sürmektedir. Bundan dolayı yazları kurak, kışları soğuk ve yağışlıdır. Bölgenin üç tarafı dağlarla çevrili olması, rakımının fazla olması ve kuzeyden gelen soğuk rüzgârların bölgeye kolayca ulaşabilmesi iklim üzerinde oldukça etkilidir. Bölgede karasal iklimin karakteristik bitki örtüsü, kısa boylu ağaçlardan oluşan maki türleridir. Bunun yanında çalışma alanında özellikle tepelerin eteklerinde kızılçam, köknar ve ağaçları, dere boylarında ve tarım yapılan alanlarda armut, kiraz, elma, kayısı, vişne, ceviz, kavak, çam, ve ardıç ağaçları da gözlenir.

Mevsimler arasında ve gece-gündüz sıcaklık farkı oldukça fazladır. En sıcak ay Temmuz, en soğuk ay ise Ocak ayıdır. Ortalama sıcaklık 10 °C, ölçülmüş en yüksek sıcaklık ise 37,7 °C dir. Sıcaklık farklarından dolayı genleşme ve soğuma yaygındır.

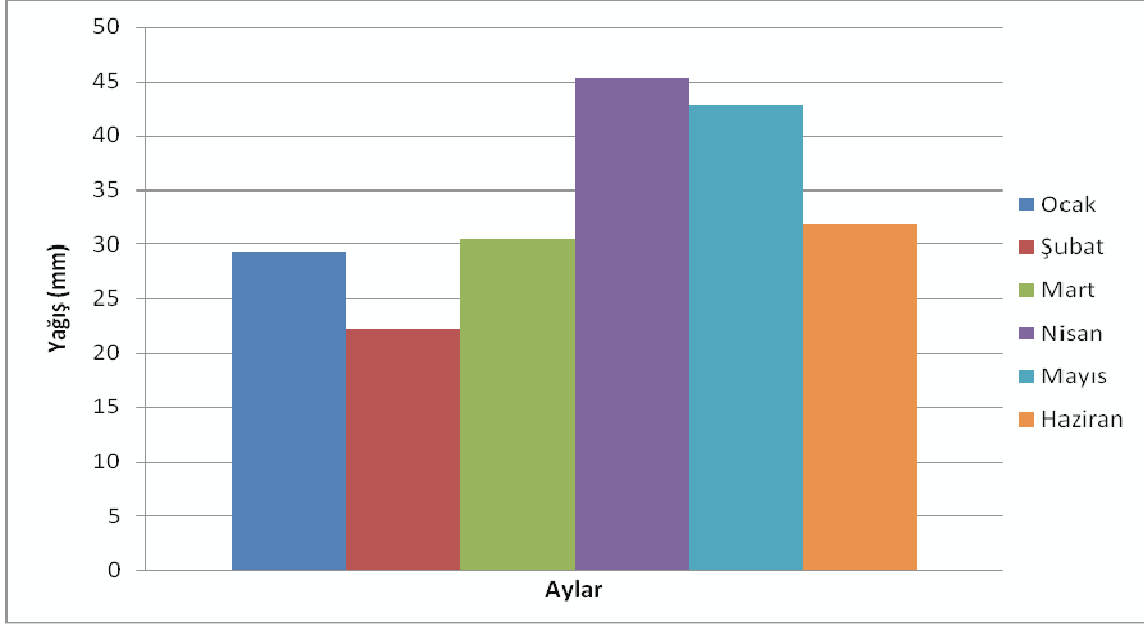
Çalışma alanının bağlı olduğu Ulukışla ilçesi kurak bir iklim tipine sahiptir. Bundan dolayıdır ki; yağış miktarı yetersizdir. AMD oluşumunda sülfidli mineraller için su taşıyıcı olduğundan yağış rejimi bu çalışmada önemlidir.

Ulukışlada bulunan meteoroloji istasyonundan alınan veriler çalışma alanının yağış durumu hakkında bilgi vermekte ve orada bu istasyonun oluşu sağlıklı veri elde etmede büyük bir şanstır.

Çizelge 1.2. Ulukışla'ya ait 2006 yılı ve 2007 yılı ilk 6 aylık yağış verileri.

2006	Yağış (mm)	2007	Yağış (mm)
Ocak	13,9	Ocak	29,3
Şubat	20,1	Şubat	22,2
Mart	37,1	Mart	30,5
Nisan	49,0	Nisan	45,3
Mayıs	11,4	Mayıs	42,7
Haziran	8,6	Haziran	31,8
Temmuz	21,9		
Ağustos	2,6		
Eylül	14,3		
Ekim	80,7		
Kasım	44,5		
Aralık	3,5		

Çalışma alanına ait metrekaresine düşen yağış miktarına ait veriler yukarıda gösterilmiştir (Çizelge 1.2). Çizelgeye göre bölgede en yüksek yağış miktarı nisan, mayıs, ekim ve kasım aylarında görülmektedir. İnceleme alanından alınan su örnekleri bu çizelgeye de uygun şekilde şubat ve mayıs aylarında alınmıştır. Veriler daha somut olması bakımında grafiğe aktarılmıştır (Şekil 1.2). Grafikte görüldüğü üzere su örnekleri yağışın az ve çok olduğu dönemlerde alınmıştır.



Şekil 1.2. Ulukışla'ya ait 2007 yılı ilk altı aylık toplam yağış durumu.

Yağışlar kış aylarında kar şeklinde, ilkbaharın gelmesiyle yüksek basınç hâkimiyetinden kurtulan Ulukışla'da Nisan, Mayıs ve Haziranın ilk yarısına kadar sağanaklar halinde gözlenir.

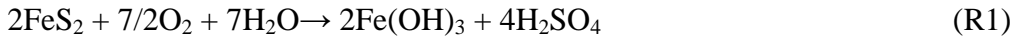
1.5 Önceki Çalışmalar

1.5.1 Asit Maden Drenajı (AMD) Kavramı, Oluşumu

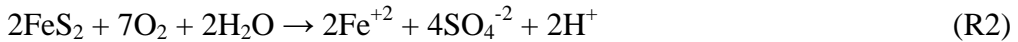
Asit maden drenajı (AMD), bir maden işletmesinin çalışması boyunca ve kapatılması sonrasında sülfürlü cevherler (örneğin pirit) ile suyun ve oksijenin temas halinde bulunmasıyla meydana gelen bir dizi kompleks jeokimyasal ve mikrobiyal reaksiyonlar sonucunda oluşmaktadır. Sonuçta oluşan su, genel olarak yüksek asidite (düşük pH) ve yüksek konsantrasyonda çözülmüş metal (Cu, Fe, Pb, Zn, As, Cd vb.) içermektedir [5,6]. Baz metallerin yanında uranyum ve kömür madenciliğinde de sülfürlü mineralleri içeren artık malzemenin AMD oluşturma potansiyeli yüksek olduğundan, bu madenlerden meydana gelen atıkların yönetimi önemli bir problem oluşturmaktadır.

Eğer bu tür madencilik uygulamalarında artık malzemenin depolanması ve atılması sırasında gerekli önlemler alınmadığı takdirde çevrenin kirlenmesine neden olan önemli sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Madencilik işlemleri sonucu oluşan artık malzemede bulunan sülfürlü mineraller (çoğunlukla pirit (FeS_2) ve pirotin (FeS)), oksijen ve suya

maruz kaldığında asit oluşumu meydana gelmektedir. Temelde bu aşamalar, sülfürlü minerallerin oksidasyonu ve asitin oluşumudur. Daha sonra oksitlenmiş bileşiklerin liç işlemi meydana gelmektedir. Eğer ortam yeterince bazik değilse veya tampon mineraller (kalsit vs.) asiti nötr hale getiremiyorsa, sonuçta liç sıvısı asidik karakterde olmaktadır. Bu sıvı, genel olarak asidik maden drenajı olarak adlandırılmaktadır. AMD, yüksek asidite (pH 2-3) ve yüksek konsantrasyonda demir (Fe), manganez (Mn), alüminyum (Al), çinko (Zn), bakır (Cu), Nikel (Ni), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), arsenik (As) vb. gibi metalleri ve sülfatları içermektedir (Kuyucak, 2002). Asidik maden drenajının piritten itibaren oluşumunu içeren aşamalar aşağıda verilen bir dizi reaksiyonlarla gösterilebilir [5]. AMD ya da ARD atık sahalarında veya Piritin oksijenle zengin sulardan itibaren genel oksidasyonu (R1) aşağıda verildiği gibidir:



Piritin atmosferik şartlardaki ilk reaksiyonu, oksijenle piritin oksidasyonunu (R2) içermektedir. Sülfür, sülfata (SO_4^{-2}) oksitlenmekte ve ferros demir (Fe^{+2}) serbest kalmaktadır. Bu reaksiyonda da görüldüğü gibi, her mol oksitlenmiş pirit için iki mol asit oluşumunu sağlamaktadır.



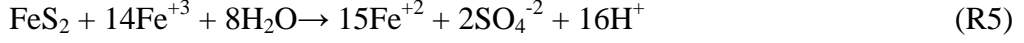
Daha sonra iki değerlikli demir (ferros Fe) üç değerlikli (ferik Fe) demire (Fe^{+3}) dönüşümünde (R3), bu dönüşüm reaksiyonunda ise bir mol asit tüketilmektedir. Burada reaksiyon gerçekleşirken çeşitli bakteriler (özellikle S tüketen bakteriler), oksidasyon hızını arttırmaktadırlar. Reaksiyon hızını sınırlayan aşamanın, ferros demirin oksidasyonu olduğu [7] tarafından belirlenmiştir (R3). Bu reaksiyon, asit oluşumunda “oksidasyon hızını belirleyen aşama” olarak ifade edilmektedir.



R3, demirin hidrolizini göstermektedir. Hidroliz, su molekülünü parçalayan bir reaksiyondur. Birçok metal hidrolize uğrayabilir. Ferrik hidroksit çökeltisinin (katı) oluşumu pH'a bağlıdır.



R4, ferrik demir tarafından piritin oksidasyonudur. R 3 ve R5'de görüldüğü gibi sürekli artan bir dönüşüm olmaktadır.



R3'deki ürünlerden biri olan Fe^{+3} , R5'de görüldüğü gibi piriti oksitlemekte ve bu reaksiyon sonucu oluşan Fe^{+2} , R3'de indirgeyici olarak rol oynamaktadır. Bu oksidasyon işleminin piritin oksidasyonu ile sınırlanması nedeniyle; oksidasyon için piritin yüzey alanı, reaksiyon hızını belirlemektedir [6,8]

Asidik maden drenajının oluşumu için gerekli unsurlar: 1) Oksijen, 2) Sülfid mineralleri, elementel sülfürü (S^0) veya çeşitli sülfür bileşiklerini (örneğin, S^{-2} , $\text{S}_2\text{O}_3^{-2}$) içeren cevher ve cevher atıkları, 3) Reaksiyon 2 ve 3'de gösterildiği gibi çözülmüş oksijen içeren sudur. Asit oluşumunun hızını etkileyen diğer faktörler ise; bakteriyel faaliyet, sıcaklık, pH, R5'de gösterildiği gibi değişik oksidantların varlığı (örneğin, Fe^{+3} ve mangan (Mn⁺³ veya Mn⁺⁴)), alkali ve tampon minerallerin varlığıdır (örneğin, kalsit ve silikatlar). Ayrıca ferrik demirin hidrolizi ve ferrik hidroksitin çökmesi, R4'de gösterildiği gibi asit oluşumuna sebep olmaktadır. Fe^{+3} ve mangan tarafından sülfid minerallerinin kimyasal oksidasyonu ve hidroliz reaksiyonları anoksik (oksijensiz) şartlarda meydana gelmektedir. R2 ve R3, ya inorganik ya da mikrobiyal olarak katalizlenmiş kimyasal reaksiyonların bir sonucu olarak oluşmaktadır.

AMD'nin giderimi için birçok yöntem mevcuttur ama ticari ölçekte bu yöntemlerden çok azı uygulanmaktadır. En yaygın giderim yöntemleri, kimyasal yöntemlerdir (Kireç veya diğer alkali bileşenler kullanılarak nötralizasyon gibi). Geleneksel AMD gideriminde pH'ı yükseltmek için bir baz (kireçtaşı ya da sodyum hidroksit) kullanılmakta ve çözültiden metaller çöktürülmektedir. Kireç kullanılarak yapılan giderim işlemleri, uygulamada ve prosesin etkinliğinde bazı ciddi sınırlamalar getirmektedir. Bu yöntemlerde, genellikle daha yüksek bozundurma giderlerine sebep olan kararsız metal hidroksitlerin oluşumu gerçekleşmekte ve metal giderim verimi oldukça düşük olmaktadır [9,10].

Asidik maden drenajı (AMD), yer altı, yüzey suları ve topraklarda atıklardan kaynaklanan ağır metal kirlenmesi hakkında inceleme alanında yapılan başka çalışma yoktur. 'Maden Atıklarıyla İlgili Mevzuat' adlı çalışma [11] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmaya göre tüm maden işletmeleri AMD oluşumunu önleyici tedbirler almakla yükümlüdür. Asit maden drenajının giderilmesinde uygulanan biyolojik yöntemlere değinmiş ve [6] asit maden drenajı ve oluşum nedenlerini açıklamaya çalışmışlardır.

Ayrıca, [8] mikroorganizmaların da asit maden drenajı oluşumundaki rolünü yaptıkları çalışmalarda belirlemişlerdir

AMD Oluşumunu Etkileyen Faktörler: Artık malzemede bulunan sülfür minerallerinin tipi, oksijenin varlığı, alkali minerallerin özelliği ve miktarı, AMD'nin oluşumunu etkileyen başlıca faktörlerdir. Ayrıca sıcaklık, pH, atık yığımında sülfütlü ve alkali cevher minerallerinin dağılımı, sülfid minerallerinin yüzey alanı ve oksidasyon hızı AMD'nin oluşumunda ve kontrolünde önemli parametrelerdir. Bakterilerin katalitik bir rol oynamasından dolayı sıcaklık ve pH, atık ortamında mikro organik faaliyetlerin gelişmesi için belirleyici faktörlerdir. Sülfid ve alkali minerallerin homojen dağılımı, sülfid minerallerinin yüzey alanı ve tane boyutu gibi işlem görmüş artıklarda ve atık kayaçlarda bulunan şartlardaki farklılıklar, potansiyel olarak nötralizasyon işlemini ve oksitlenme hızını ve bundan dolayı AMD'nin kimyasal özelliğini etkilemektedir [12, 13].

Artık malzemenin tane boyunun küçülmesi, sülfürlü minerallerin yüzey alanının artmasına ve böylece oksidasyonun hızlanmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan, artık yığımındaki nötralizasyon prosesini kolaylaştıran daha küçük boyutlu ve homojen malzemeler, asit oluşuma sebep olan sülfürlü minerallere alkali minerallerin daha yakın ve temasta olmasını sağlamaktadır.

AMD ortamında mikroorganizmalar ve özellikle asitsever bakteriler doğal olarak bulunmaktadır. Bu mikroorganizmalar, sülfürlü minerallerin doğrudan ve dolaylı oksidasyonunda önemli bir rol oynamaktadırlar. Birçok asitsever bakterinin(başlıca Acidithiobacillus Thiobacillus, Leptospirillum, Sulfolobus, Sulfobacillus ve Metallogenium türleri) pH 4'ün altında sülfürlü mineralleri içeren bir ortamda asit oluşumunda etkili oldukları bilinmektedir. Bu nedenle AMD'nin oluşumunda bakterilerin etkisini ortadan kaldırmak için çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalardan elde edilen sonuçlar; AMD'nin tahmini, önlenmesi ve giderilmesi için uygulama yöntemlerinin ve AMD'nin kontrolü için gerekli stratejilerin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Anyonik yüzey aktif maddelerin kullanımı ve anoksik şartların oluşturulmasının Acidithiobacillus ferrooxidans'ın gelişimini önlemek açısından yararlı ve etkili olduğu bulunmuştur (US EPA, 1995). Anoksik şartların oluşturulması, sadece sülfür oksitleyici bakterilerin aktivitelerini engellemekle kalmayıp AMD'nin önlenmesi ve/veya giderilmesinde başarılı bir şekilde kullanılan sülfid indirgeyici bakterilerin (SİB) aktivitelerini de arttırdığı göstermiştir.

Asit üretiminin oranını belirleyen temel etmenler:

- pH;
- Sıcaklık;
- Gaz fazındaki oksijen içeriği (doygunluk %100'den azsa);
- Su fazındaki oksijen içeriği;
- Sudaki doygunluk derecesi;
- Fe⁺³ 'nin kimyasal etkinliği;
- Açığa çıkan metal sülfürün yüzey alanı;
- Asit üretimini başlatmak için gerekli olan kimyasal aktivasyon enerjisi; ve
- Bakteriyel etkinlik.

AMD Kaynakları ve Potansiyel Çalışma Alanları: Yer altı madenciliği ile ilişkili AMD'nin ciddi bir çevresel tehlike olduğu uzun süredir düşünülmektedir. Bazı ortamlarda AMD sıklıkla düşük pH'de suda meydana gelir ve bu yüzden kolaylıkla tanımlanabilir. Yakın zamanda açık işletmelerde AMD oluşumu bir endişe kaynağı haline gelmiştir. Bu tür işlemlerde ortaya çıkan potansiyel tehlike ile ilgili çok az bilgi mevcut olmakla birlikte pek çoğu halen devam etmektedir. Bu tür madencilik yönteminde geniş hacimlerde kayaç kütleleri ilkin oksitleyici bir ortama maruz bırakılmaktadır. AMD'nin giderimi için birçok yöntem mevcuttur ama ticari ölçekte bu yöntemlerden çok azı uygulanmaktadır. En yaygın giderim yöntemleri, kimyasal yöntemlerdir (Kireç veya diğer alkali bileşenler kullanılarak nötralizasyon gibi). Geleneksel AMD gideriminde pH'ı yükseltmek için bir baz (kireçtaşı ya da sodyum hidroksit) kullanılmakta ve çözeltilen metaller çöktürülmektedir. Yapılan bir çalışmada, arsenik ve ağır metaller, kireç ve sodyum sülfür ile kontrollü çöktürmeyle Fe⁺² içermeyen drenaj suyundan uzaklaştırılmış ve giderim işleminin etkinliğini arttırmak için daha düşük çözünürlükteki metal sülfürler kullanılmıştır. Kireç kullanılarak yapılan giderim işlemleri, uygulamada ve prosesin etkinliğinde bazı ciddi sınırlamalar getirmektedir. Bu yöntemlerde, genellikle daha yüksek bozundurma giderlerine sebep olan kararsız metal hidroksitlerin oluşumu gerçekleşmekte ve metal giderim verimi oldukça düşük olmaktadır. Sülfür içeren kayaç atıkları önemli bir AMD kaynağıdır. Bu, atıkların en yüksek önemle idare edilmesini sağlar. Iskarta atıklar son derece asidik potansiyele sahiptirler ancak iskarta akışkanlarının pH'ının doğru belirlenebilmesi kendi kendini nötrale edici karakterde karbonat içeren akışkanlar nedeniyle zordur. Atık sıvılar cevher

kütlesini terk ettiğinde ortamda nötrale edici akışkanların olmaması durumunda asidik aşırı yüklenme, asidik sızma problemlerini ağırlaştırır.

Kalsit içeren kömür damarlarında ya da asit üreten materyallerin yokluğunda atık sıvısı taşıyıcı içerisinde nötrale olarak alkali veya nötr drenajda yükselmeye sebep olur. Alkali drenaj, AMD kadar çevresel tahribata yol açmaz. Bazı alkali sular, oksidasyon ve hidroliz ile atık sıvısını asidik hale getirerek pH'ı bariz bir şekilde düşüren, yüksek derişimli ferrüs demir içerirler. Alkali drenaj yer altı madenlerinde yüzey madenlerinde olduğundan daha yaygındır.

Güney Afrika, sıklıkla kendisi ve diğer milletler bakımından stratejik önemi sahip, yüksek miktarlarda bir çok mineralin varlığı bakımından adeta bir cennettir. Ülke, Dünyanın en sofistike ve gelişmiş madencilik sektörüne sahiptir. Güney Afrika'daki madensel çevresel etkilerin ele alınmasında temel hedef madencilik kalıntılarının etkilerini en aza indirgeyecek planlama ve uygulamaların gerçekleştirilmesidir. Tüm madenler bir şekilde kapalı sistemlerdir ancak su kontrol edilmediği takdirde asitli hale gelir ve tekrar ekolojik sisteme girebilir. Eski madenlerden akan suyun çevresel etkisini en aza indirebilmek için madenin tahliye bölgesine, suyu endüstriyel, tarımsal veya içilebilir standartta iyileştirme yapabilen bir su iyileştirme ve tuzdan arındırma tesisi inşa edilmelidir. Günümüzde AMD'ye, asidi nötrale etmek ve hidroksitler gibi ağır metalleri çöktürmek için kireç eklenerek iyileştirme yapılmaktadır. Bunlar yüksek yoğunluklu balçık haline getirilerek (HDS) pıhtılaştırılırlar ve nehirlere boşaltılırlar (HDS işlemi).

Güney Afrikadaki bazı madenler kendi arazileri üzerine AMD'yi çok yeterli bir şekilde iyileştirebilen tesisler kurmuşlardır. (Örneğin Batı Bölgeleri Altın Madeni'ndeki GYP-CIX işlemi). Mevcut iyileştirme yöntemlerinden farklı olarak bu durumu bir kazanıma dönüştüren iki dikkat çekici yöntem öne çıkmaktadır. İlki iyi bilinen, AMD'den anyon ve katyon absorbe eden reçine GYP-CIX işlemine dayanır. Bu iyi bilinen çözeltileri deiyonize yöntemidir. Reçineler kirletici maddelerle tamamen yüklendiğinde sırasıyla bir asitle ve bir alkali ile yeniden oluşturulmalıdır. Geleneksel olarak düşük maliyetleri sebebiyle sülfürik asit ve kireç kullanılır ki bunların maliyeti GYP-CIX işleminin toplam maliyetinin %85'ini bulur. Bazı araştırmacılar katyon reçinesinin yeniden oluşturulmasında nitrik asit ya da fosforik asit, anyon reçinesinin yeniden oluşturulmasında ise amonyak ya da potasyum karbonat ya da hidroksit kullanılmasını tavsiye eder. Bu kimyasal malzemeler geleneksel olanlarına nazaran daha pahalı olmalarına rağmen yeniden oluşum sıvıları birbirleriyle tepkimeye sokulabilir ve iyi bilinen gübreler olan

amonyum, potasyum nitrat ve potasyum fosfat oluşturulur. Çökelen kalsiyum sülfat uzaklaştırıldığında bu aynı asitlerin ve alkalilerin doğrudan tepkimeye sokulmasıyla her zaman için aynı olacak şekilde endüstriyel ürün kalitesinde bir dizi konsantre gübre çözeltisi elde edilir. Sonuçta reçinelerin yeniden oluşturulması kanıtlanan sürecin temel mühendislik özelliklerine hiçbir önemli değişiklik yapmadan sıfıra yakın maliyetle gerçekleştirilmektedir.

AMD Gideriminde Kullanılan Biyolojik Yöntemler: AMD'nin gideriminde en uygun yöntem, AMD'yi kaynağında önlemek ve/veya kontrol etmektir. Maden artığındaki nötralize edici minerallerin oranının artırılması ve/veya sülfürlü mineraller ile su ve oksijenin temasının kesilmesi ile AMD'nin oluşumu önlenir. Eğer AMD'nin meydana gelmesi engellenemezse, AMD'nin çevreye etkilerini en aza indirmek veya ortadan kaldırmak için kimyasal ve/veya biyolojik bir proses uygulanmalıdır. Böylece meydana gelen asit etkisiz hale getirilir ve metaller uzaklaştırılır veya su standartlarına uygun, kabul edilebilir seviyelere düşürülür. Çeşitli pasif yöntemler, geleneksel yöntemlerden daha baskın işlemlerdir. Pasif yöntemler; yerinde gerçekleştirilen, en az bakım masrafı gerektiren ve doğal prosesler kullanılarak suyun veya katının muamele edilmesi olarak düşünülebilir. Uygulanan yeni teknolojilerin birçoğu temelde aynı yöntemeye dayanmaktadır.

Geçirgen biyoreaktif bariyerler, biyoreaktörler ve sulak alan teknolojileri maden drenajının giderilmesinde alkali malzemeleri ve sülfat indirgeyici bakterileri kullanabilmektedir. Bu tür teknolojilerin farkı, inşasında ve bu prosese giren suyun kaynağındadır. Örneğin, geçirgen biyoreaktif bariyerler, bir yüzey-altı reaksiyon bölümüne sahiptir. Bu yöntemde yeraltı suyu, doğal akışı ile akarken muamele edilmektedir ve bazı durumlarda reaksiyon bölümüne suyun akışını yönlendirmek için duvarlar geçirimsiz olarak yapılmaktadır. Genellikle reaktif ortam, sülfat indirgeyici bakterilerin geliştiği organik maddeden (kompost) oluşmaktadır. Mikroorganizmalar, metallerin ve sülfatların indirgenmesinin yanı sıra diğer alkali üretim prosesleri boyunca AMD'nin gideriminde rol oynamaktadır. Ayrıca bu mikroorganizmalar, gerekli elektron alıcı ve vericilerinin bulunabilirliğine, kimyasal bileşime ve maden artığı ortamındaki sıcaklık ve pH şartlarına bağlı olarak her bir proseste AMD'nin nötralizasyonuna katkıda bulunabilirler. Desulphovibrio sp. gibi sülfat indirgeyici bakteriler olarak adlandırılan bir grup bakteri, AMD'de bulunan sülfatı (SO_4^{2-}) sülfüre (S^{2-}) dönüştürebilmekte, anoksit ve indirgeyici şartlar altında bir elektron vericisi olarak sülfatı kullanarak organik karbon (besin) kaynağının (HCO_3^-) varlığında bikarbonatı oluşturabilmektedir. Sülfat indirgemedede ilk

olarak HS oluşmakta ve HS serbest hidrojen iyonu ile reaksiyona girerek hidrojen sülfürü (H_2S) meydana getirmektedir. Daha sonra hidrojen sülfür metallerle reaksiyona girerek, çözünmeyen metal komplekslerini oluşturmakta ve böylece metallerin uzaklaştırılması gerçekleşmektedir. Ortaya çıkan bikarbonat, ortamın alkaliliğinin (pH vs.) artışına neden olmaktadır.

Manganez ve demir indirgemesi, nötralizasyon prosesine önemli katkıda bulunabilmektedir. Pseudomonas, Clostridium ve Desulphovibrio gibi heterotrofik bakteriler, anaerobik şartlarda son elektron alıcısı olarak demiri kullanarak demir ve manganezi direkt olarak indirgeyebilmektedirler. Fe^{+3} , Fe^{+2} 'e indirgendiği zaman, Adden demirin uzaklaştırılması daha kolay gerçekleştirilmektedir. Çünkü Fe^{+2} , sülfat indirgemesi sonucu oluşan sülfid ile reaksiyona girmekte ve sonuçta demirin uzaklaştırılması ve alkaliliğin oluşumu artmaktadır. Sülfat indirgemedede hidrojen sülfür gazı (H_2S) maden artık ortamından uzaklaştığı zaman kalıcı alkalilik oluşumu meydana gelmektedir.

AMD Göçünün Kontrolü: Su kirleticiler için temel taşıyıcı ortamdır. Bu bağlamda AMD göçünün denetimine yönelik tüm hesaplamalar suyun denetimi ile ilişkilidir.

Suyun asit formasyonuna geçişi şu yollarla kontrol altına alınabilir:

1. Yüzey suyunun akış yönün kirlenme sahasının tersi yönünde ayrılması;
2. Yer altı suyun kirlenme sahasına girişinin engellenmesi;
3. Hidrolojik suyun etkilenmiş alanlara sızmasının önlenmesi; ve
4. Asit üreten atık malzemenin kontrollü bir şekilde yerleştirilmesi.

Ayrılma engel olarak hendeklerden ibarettir. Bunları, yapısal olarak oldukça basit olmalarına rağmen uzun vadede stabil tutmak zordur. Eğer mümkünse yer altı boşaltım alanlarından sakınılmalıdır zira kirletilmiş yer altı suyunun izolasyonu ve durdurulması son derece zordur Atık bölgelerine alt kanallar açılabilir ve hidrolojik suyun sızması geçirimsiz katmanlar kullanarak geciktirilebilir. Açık işletme madenciliğinde AMD'nin iyileştirilebilmesi için çok çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlar yıkama, yumuşatma ve evaporasyon, tahliye (sulak alanlar yoluyla), nötralizasyon ve çöktürme, tuzdan arındırma. Yıkama suyun bozuşma kümelerinden yüksek miktarlarda birikmesine izin vermeden hızla drene edilmesidir. Ferrüs demir, oksidasyonundan önce uzaklaştırılabilir; böylece pirit ile tepkimeye girmesi ve ferrik hidroksitin çökmesi engellenmiş olur. Bu yaklaşımın

doğasında olan en büyük dezavantaj çözülmüş demirin çökelişi ve oksidasyonu ile bozuşma ürünlerinin dışında gelişen asitliktir. Kirlenme, bozuşma alanları su basmaları ile ilişkilidir ve bu suretle oksidasyonu önler.

Bozuşma ürünü sular daha sonra toplanır ve çevreye salınımı engellenir. Bu yöntem, çukurlardaki su seviyesi yönetimi ile ilgili karşılaşılan güçlükler nedeniyle başarılı değildir. AMD engellenemediğinde veya tahliye edilemediğinde nötralizasyon yöntemleri kullanılmalıdır. Maden sıvısının iyileştirilmesi, yüzey akışkan sularının ve yer altı suyu akışının tutulabilmesini sağlayacak kabiliyette toplama sistemi yapısını gerektirir. Önceki yöntemde hendeklerin kullanımı ile kolayca halledilmesine rağmen yer altı suyu akışı bloke edici duvarlar, çukurlar ve kuyuların kullanımını gerekli kılabilir.

AMD Drenajını Etkileyecek Sulak Alanlarda Oluşan İşlemler: Sulak alanlar, sazlıkların hakim olduğu görece homojen arazilerdir. Gerçekte ise çeşitli fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik proseslerin meydana geldiği karasal ve sulak sistemlerin arasını temsil eden karmaşık ekosistemlerdir. Sulak alanlar tipik olarak, değişmez açık sulak alanlardan geçici sulak alanlara kadar farklı habitatlardan oluşan mozaik uyum ortamlarıdır. Değişken parametre sadece sulaklık derecesi değil aynı zamanda toprak özellikleridir. Bunların yanında aşağıdaki parametreler de değişkenlik gösterebilir:

- Yoğunluk;
- Geçirimsizlik;
- Kimyasal bileşim;
- Organik maddenin derinliği ve miktarı.

Toprak özellikleri sulak alanın her yönünde bir fonksiyon olarak değişkenlik gösterebilir. Kimyasal karakteristik özellikler; pH ve redox potansiyelleri, su seviyesinin değişimine cevaben değişkenlik gösterebilir.

Doğal sulak alanlar üzerine yapılan araştırmalarda, sulak alanların AMD'nin düşük pH değerlerini artırmak ve eser metalleri uzaklaştırmak için önemli bir kapasiteye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sulak alanların bakım ve işletme maliyeti düşüktür. Sulak alanlar, özellikle kömür madenlerinde oluşan AMD gideriminde başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Doğal sistemlere besinlerin ve organik maddelerin ilavesi ile alkaliliğin artmasıyla, metal ve asiditenin giderilmesi kolaylaşmaktadır.

Metal oksitlerin çöktürülmesini ve oksidasyonunu içeren doğal ve yapay sulak alanların her ikisinde de çeşitli iyileştirme mekanizmaları saptanmıştır. Organik maddelerle metallerin adsorpsiyonu, kompleks bileşen oluşumu, sedimantasyon, askıdaki ve kolloidal tanelerin filtrasyonu, bitkilerin metalleri bünyelerine aktif alımı ve metal sülfidlerin çöktürülmesi ve bunu takip eden mikrobiyal sülfat indirgeme yöntemleri başlıcalarıdır.

Bitki gelişimi ve çürümesi, sulak alanlarda organik maddenin sürekli bir kaynağı olmasını sağlamaktadır. Organik madde, iyon değişimi ve adsorpsiyon alanları sağlamaktadır. Bu alanlarda yetişen bitkiler, akış kanalları ve bakteriyel gelişme için tutunma alanlarını sağlamakta, böylece sistem içinde mikroorganizmalar ve besinler arasında temas artmakta ve iyi bir akış dağılımı olmaktadır. Bazı doğal sulak alanlar, AMD'den demir, manganez ve diğer metalleri uzaklaştırabilmekte, belirli sayıda fiziksel ve biyolojik süreçler, sulak alan boyunca geçen maden suyu kimyasındaki değişikliklere katkıda bulunmaktadır.

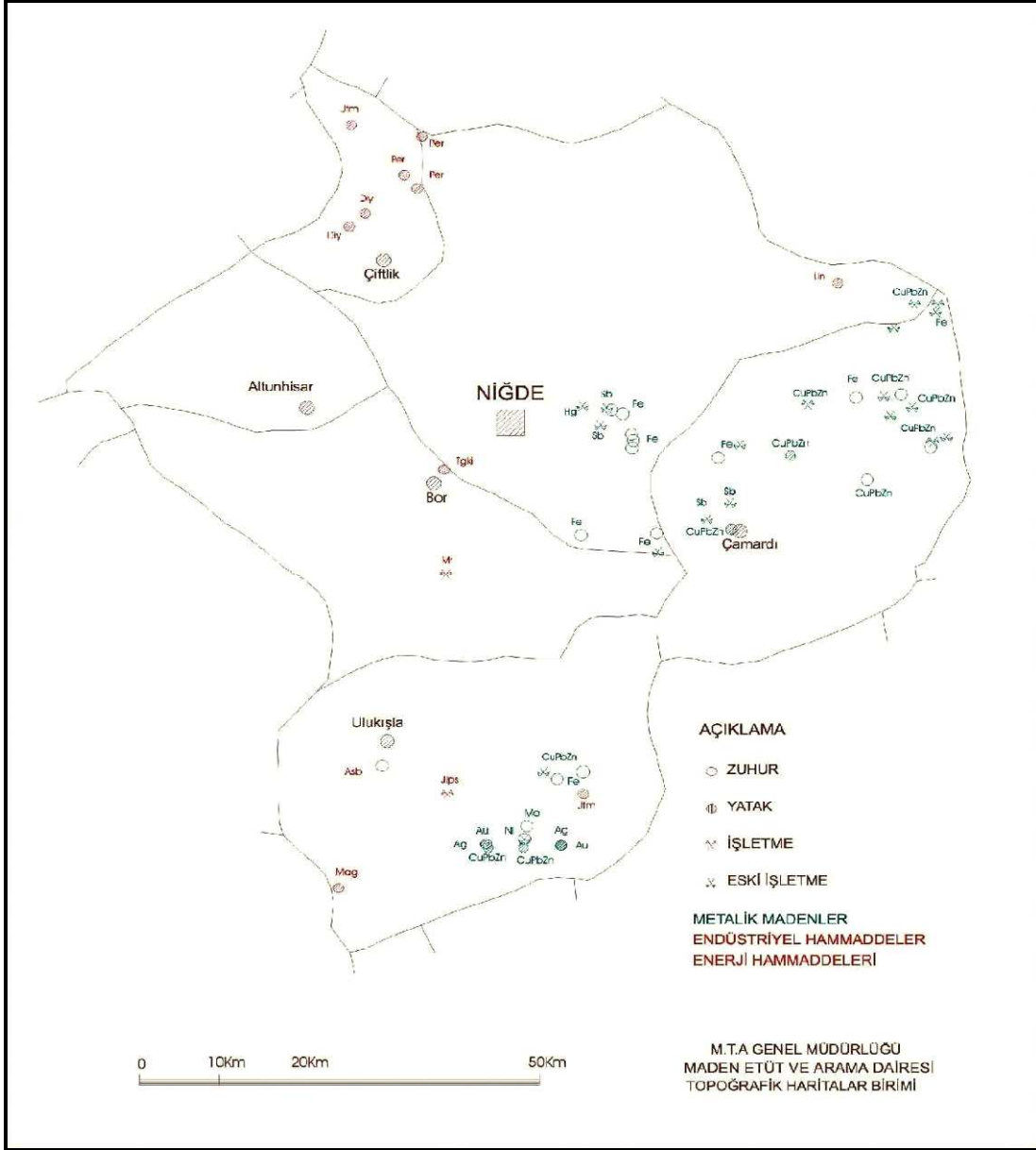
Asit kaya drenajı (AKD): Sadece sülfid içeren madenler ve bunların atıklarının bulunduğu alanlarda AMD oluşmamakta, az miktarda da olsa sülfidli mineral içeren kayalarda da oluşmaktadır. Tıpkı AMD gibi Asit kaya drenajı, düşük pH ile yüksek baz metal konsantrasyonu tarafından sağlanır. Sülfürlü mineralizasyon ve alterasyon içeren maden işletmelerinde ve sonrasında ortaya çıkmakta içerdiği yüksek sülfat ve ağır metal konsantrasyonlarından dolayı çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. AKD başladıktan sonra durdurulması çok zor ve kontrolü çok pahalıdır. Dolayısıyla AKD, fizibilite çalışmaları sırasında doğru tahmin edilmeli, jeokimyasal modelleme çalışmaları yapılmalı ve ÇED sürecinde irdelenerek doğru işletim ve yönetim projeleri ortaya konmalıdır. "Asit Kaya Drenajı"(AKD) ve bununla birlikte oluşan ağır metal kirliliği, su ve toprak kaynaklarının ağır metallerce ve toksik elementlerce kirletilmesi ile karakterize edilir. Bu tip kirlenmeler, atık depoları ve atmosfer etkisine açılmış galeri-ocak sevlerinden itibaren oluşan sızıntılarla olabileceği gibi, atık depoları için yapılan kaya veya toprak dolgu barajlarının çökmesi sonucunda ortaya çıkan büyük ölçeklerde ağır metal kirlenmeleri olabilirler.

1.5.2 Bolkardağ Bölgesinin Maden Potansiyeli

İnceleme alanı Bolkardağları'nın hemen eteklerinde bulunmaktadır. Çok eski yıllardan beri maden zenginleştirme işlemleri yapılan Gümüşköy ve civarındaki atıkları sağlayan madenler bu bölge ve civarında olmalıdır. Ulaşımın zor olduğu yıllarda başka bölgelerden inceleme alanına maden taşıma işlemlerinin zor olacağı göz önünde bulundurulduğunda bu mümkün gözükmemektedir.

Bölgedeki yataklar genellikle kurşun çinko yatakları olup 1880'li yıllardan beri ele alınmış başlangıçta yabancı uyruklu ve MTA'nin kurulumundan sonra Türk bilim adamlarınca incelenmiştir. Çalışma alanının etrafında çok eski tarihlerden beri işletildiğini gösteren eski galeri ve Bolkardağ cevherleşmelerine ait yatakların curufları bulunmaktadır. Gerek cevher mineralojisi, gerek atıkların kimyasal bileşimi, bölgedeki maden yataklarıyla oldukça uyumludur.

Bolkardağ cevherleşmeleri, büyük Bolkardağ Antiklinali boyunca uzanan Maden vadisinin üst ve orta kesimlerinde Teke Deresi ile Sakapınar Deresi boyunca uzanmaktadır. Niğde iline ait maden haritası aşağıda gösterilmiştir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Niğde İli Maden Haritası (MTA web sitesinden alınmıştır.).

19. yüzyılda başlayan bölge madenciliği 2. Dünya Savaşı'na kadar sürmüştür. Bolkardağ madenleriyle ilgili ilk jeolojik çalışmalar [14] ile başlamış, bunu [15-22], in çalışmaları takip etmiştir.

Bolkardağı cevherleşmesinin kompleks bir yapı sergilediği ve cevherleşmenin primer sülfidli cevherler, primer oksitli cevherler, ikincil limonitli ve hidrozyinkitli cevherler ile civardaki toprak ve plaserlerin içerisinde zenginleşmiş ayrıca (1-100 gr/t) nabit altının varlığından teşekkül olduğu [23] tarafından ortaya atılmıştır. Cevherleşme karstik boşluklar ve fay boşluklarını doldurmuş bazende damar ve stokwork şeklinde yerleşmiştir.

Bölgedeki cevher curuflarının hacim hesabı [24] tarafından yapılmış ve Gümüşköyde toplam kurşun rezervi 28,229 ton, çinko rezervi 13,703 ton, bakır rezervi 836 ton ve gümüş rezervi 26,817 ton olduğunu ileri sürmüştür.

Sulucadere civarında [25] tarafından çinko-kurşun cevherleşmeleri molibden yığılımları görülmüştür. Ulukışla yöresindeki curufların incelenmesi [26] tarafından yapılmıştır.

Bölgedeki karbonatlı kurşun çinko yataklarının jenezi ve mineralojik incelenmesi [27] tarafından yapılmıştır.

BÖLÜM II

MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal ve Yöntemler

Bu çalışmada; bölgede yıllarca işletme ve atık sahası olarak kullanılan Gümüşköy civarında akarsu, pınarlar ve kuyular vasıtasıyla yer altı sularından alınan su örnekleri, topraktaki kirliliği belirlemek amacıyla çeşitli hatlardan ve derinliklerden alınan toprak örnekleri ve atık sahasından alınan cevher ve curuf örnekleri başlıca materyali oluşturmaktadır.

Bu amaçla yapılan çalışmalar arazi, laboratuvar ve büro olmak üzere başlıca üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.1.1 Arazi Çalışmaları

a) Jeolojik Harita Alımı

Öncelikle bölgeyi kapsayan 1/25000 ölçekli topoğrafik haritaya jeolojik veriler işlenmiştir. Bölgenin jeolojisi [23] tarafından çalışılmış olup, yapmış olduğu haritadan faydalanılarak özellikle inceleme alanı yeniden gözden geçirilmiş, düzenlenerek kullanılmıştır. Özellikle curufların arazide yayıldığı bölge, etkileyebileceği tarım arazileri ve yerleşim alanları, akarsuların beslenme alanlarının jeolojisi ve tektoniği detaylı olarak incelenmiştir. Ayrıca inceleme alanında oluşan toprakların zonalitesi, kimyasal bileşimi, mineralojisi ve toprak taksonomisinin belirlenmesi amacıyla yaklaşık 1.90 m derinliğinde bir araştırma kuyusu açılmış ve toprak zonları bire bir gözlemlenmiştir.

b) Örnek Alımı

Hedef olarak seçilen sahanın jeolojik ve tektonik haritası hazırlanarak sistematik örnek alınımına başlanmıştır. Sahadan toprak, su, kayaç ve maden atığı (curuf) olmak üzere 4 çeşit örnek alınmıştır (Şekil 2.1).

Toprak örnekleri; çalışma alanının mevcut durumuna ve çalışma sahasındaki özel tarla ve meyve bahçelerinin konumlarının elverdiği şekilde 4 adet profil atılarak alınmıştır. Her hattan yaklaşık 7 şer örnek alınarak toplam 28 toprak örneği ve ayrıca toprak profilinin gelişimini görmek amacıyla açılan bir araştırma kuyusundan da toprak zonlarını temsil eden 5 adet örnek alınarak toplam 33 örnek toplanmıştır. Örnekleme sırasında sahaya uygunluk göstermesi nedeniyle coğrafi yönlere göre hareket edilmiş ve toprak hatları

atılırken Macellan marka GPS aletinden yararlanılıp, her örnek noktasının koordinatları arazide kaydedilmiştir.

Örnekler daha önce taksonomisi belirlenen zonlardan birikme zonu olarak bilinen B zonundan alınmaya özen gösterilmiştir. Bu zonun çalışma sahasındaki derinliği 20 cm -70 cm arasında değişmektedir. Analizlerde homojen bir örnek kullanabilmek için her örnek yaklaşık 500 gr olarak alınmıştır. İnceleme alanında, B zonuna ulaşabilmek için, el burgusu ve el küreği yardımıyla alınan örnekler arazide kilitli naylon poşetlere konmuş ve üzerine numarası asetatlı kalemle yazılmıştır.

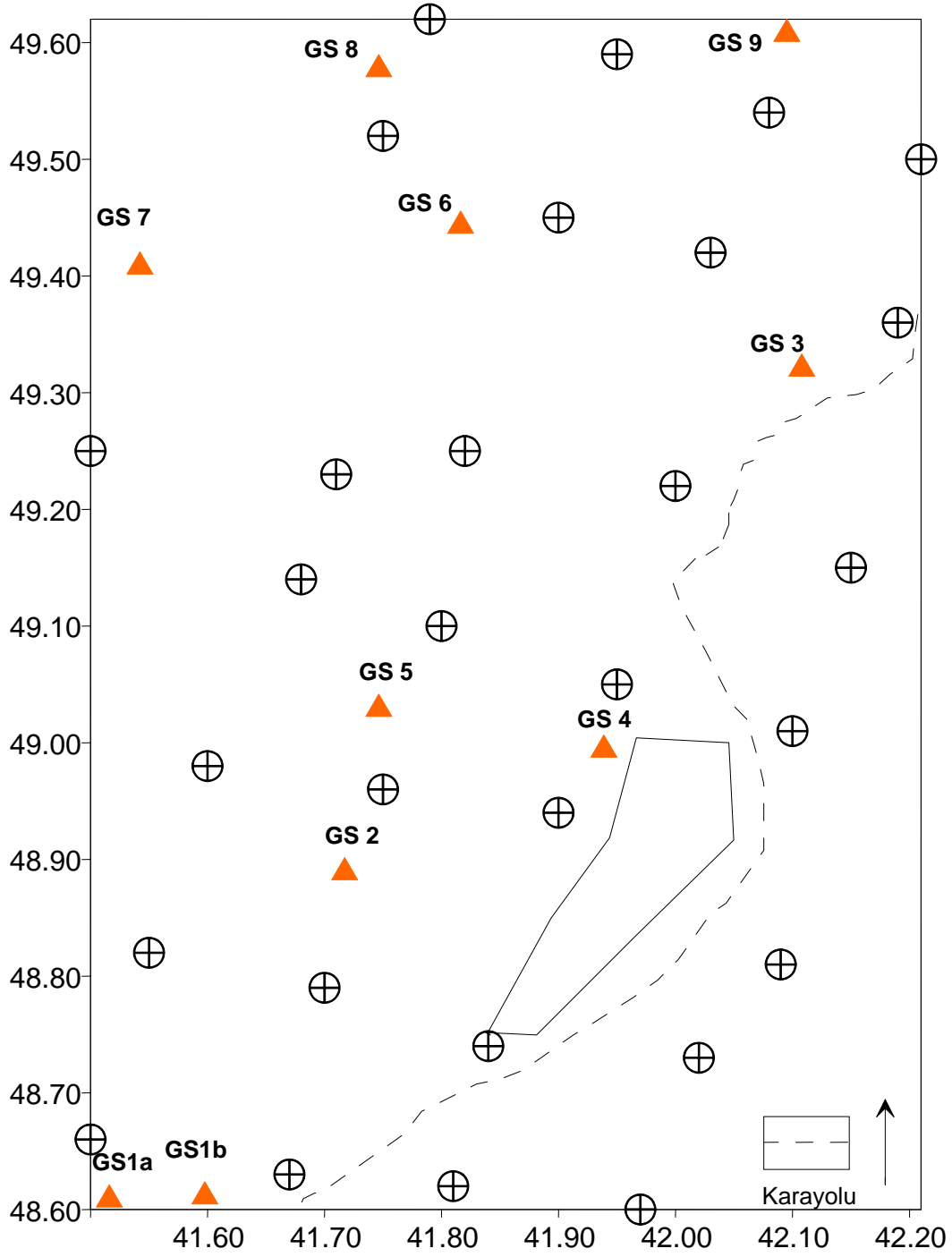
İz elementlerin dağılımı için toprağın tane boyunun önemi büyüktür. Mobilitesi yüksek olan elementler, kil ve Fe-Mn oksitler tarafından soğurulduklarından toprağın ince taneli bileşenlerinde zenginleşirler. En iyi sonuç ise bu ince tanelerin alınmasıyla elde edileceğinden ince malzemedan ve organik malzeme içermeyen kısımlardan örnek almaya dikkat edilmiştir.

Su örneklerinin alınmasında ise yağış rejimine bağlı hareket edilmiş ve periyodik örnek alınmıştır. 2007 yılı Şubat ayında birinci grup, 2007 yılı Mayıs ayı sonunda ise ikinci grup örnek alınmıştır. Her grup 10 adet olmak üzere toplam 20 adet su örneği alınmıştır. Su örnekleri yer altı suyu için çeşitli derinlikteki kuyularından, akış halindeki yüzey sularından (Şarlak Deresi) ve köy halkının içme suyu olarak yararlandığı Güllüce Tepenin Kuzey yamaçlarında faylar boyunca yüzeyleyen iki ve Gümüşköy içinde yüzeyleyen bir pınardan alınmıştır.

Örnekleme sırasında 500 mililitrelik polietilen şişe kullanılmıştır. Alınan örneklerin toplam çözünmüş madde miktarı, sıcaklıkları, pH değerleri ve iyonik iletkenlikleri arazide ölçülmüştür. Ölçümlerde taşınabilir Jenjo marka pH metre ve iyonik iletkenlik ve sıcaklık ölçer 2 adet alet kullanılmıştır. Daha sonra katyon analizi için örnekler iki kere saflaştırılmış suyla yıkanmış 100 ml lik şişelere 0.45 mikronluk filtreden geçirilmiş ve pH<2 olacak şekilde nitrik asit ilave edilmiştir. Anyon analizleri ise 24 saat içerisinde yapılmıştır.

Kayaç örnekleri alımında ise bölgedeki jeolojii temsil etmesi ve iz element konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla kireçtaşı, serpantin, bazalt, kumtaşı ve mermer olmak üzere 5 adet kayaç örneği alınmıştır.

Jeolog çekici kullanılarak alınan kayaç örnekleri naylon poşetlere ayrı ayrı konulup üzerlerine asetatlı kalemle numaraları yazılmıştır. Curuf örnekleri ise farklı boyutlarda malzemeyi karakterize edecek şekilde örneklenmiş, naylon poşete konularak üzerlerine numaraları yazılmıştır.



Şekil 2.1. Çalışma alanı örnek alım haritası (daireler toprak, üçgenler su örneklerini ve örnek numaralarını temsil etmektedir.).

2.1.2 Laboratuvar Çalışmaları

a) Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması

Örnekler laboratuvar ortamında analize hazırlanmıştır. Alınan örnekler 24 saat 105°C de fırında kurutulduktan sonra, 2 mm elekten geçirilerek agat havanda öğütülmüş, öğütülen miktar çeyreklerek elementlerin her yere eşit dağılması sağlanmıştır.

Alınan bu örneklerin ana ve iz element içerikleri LiBO_2 , $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ kimyasallarıyla ICP-MS yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. XRD yöntemiyle toprak zonlarının mineralojisini belirlemek amacıyla hazırlanan ve öğütülen örneklerden bir miktar ayrılmıştır.

b) Su Örneklerinin Analize Hazırlanması

Araziden alınan 20 adet su örneği 2 grupta analize hazırlanmıştır. Birinci grupta örneklerden 0.45 mikron açıklıklı filtre kâğıdı kullanılarak süzölmüş ve 100 ml alınarak içine nitrik asit ilave edilerek $\text{pH} < 2$ olması sağlanmıştır. Asitle muamele edilen örnekler kation alanizi için Kanada'ya Acme Analitik Laboratuvarları'na gönderilmiştir. Kanada'da örneklerin jeokimyasal analizleri birçok elementi ppb seviyesinde ölçebilen Ultra trace ICP-MS yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

Ayrıca su örnekleri alındıkları günden itibaren hemen anyon analizi için Aksaray Üniversitesi Çevre Laboratuvarına gönderilmiş, burada alkanilite, sülfat ve toplam demir miktarları Uv spektrofotometre ve titrasyon yöntemiyle analiz edilmiştir.

c) Kayaç ve Curuf Örneklerinin Analize Hazırlanması

Doğadan alınan 5 adet kayaç örneği çekiçle kırılıp iri parçalara ayrılmıştır. Bu parçalar laboratuvarında çeneli kırıcı yardımıyla orta boyuta düşürölmüş ve pulvalizatör kullanılarak 80 mesh boyutunda homojen olarak öğütölmüş, homojen öğütölemeyen örnekler agat havan kullanılarak homojenleştirilmiş ve 50 şer gramlık kilitli poşetlere konulup Kanada'daki Acme analitik Laboratuvarlarına analize gönderilmiştir.

Curuf örnekleri de aynen kayaç örnekleri gibi analize hazırlanıp Kanada'ya gönderilmiştir.

2.1.3 Analitik Yöntemler

a) Arazide Yapılan Ölçümler

Su örneklerinin pH, Eh, Sıcaklık, Toplam çözülmüş madde miktarı (TDS) ve elektrik kondaktivite değerleri arazide Jencho marka taşınabilir 2 adet cihazla ölçülmüştür (Foto 2.1).



Foto 2.1. Su örneklerinin arazide ölçülebilen parametrelerin ölçülmesi.

ICP-MS, indüktiflenmiş eşli plazma kütle spektrometresinin kısaltılmış halidir. Plazma bir radyo frekansı alanı içinden geçen argon gazı tarafından oluşturulur. Burada argon kısmi iyonlaşma tarafından muhafaza edilir. Bu durum 10.000 ° C ye varan sıcaklıklara ulaşılmasına olanak sağlar. Yüksek sıcaklıkta çoğu elementler, ölçülebilen ve derişim belirlenmesinde kullanılabilen karakteristik dalga boyu ışık yayar.

Analiz edilecek örnek plazma içine küçük damlacıklar (aerosol) şeklinde takdim edilir. Farklı elemntlerden kaynaklanan ışık farklı dalga boylarına ayrılır ve bunlar dedektörler tarafından algılanır. Bu durum 40'a varan elemntin aynı anda analizine olanak sağlamaktadır ve ICP-MS bu yüzden multi-elemnt analiz tekniği olarak kabul edilmektedir. Tespit sınırı mg/l düzeyindedirler.

15 gr örnek 90 ml 2-2-2 HCL-HNO₃ -H₂O ile 95 °C'de 1 saat liç işlemine tabii tutulmuş daha sonra çözelti 300 ml'ye sulandırılmıştır. Filtrelenen çözelti ICP-MS ile analiz edilmiştir.

Araziden alınan 33 adet toprak numunesinin ağır metal içeriği bu yöntem kullanılarak Acme Laboratuvarlarında (Kanada) tesbit edilmiştir.

b) Titrasyon analizleri

Alınan on adet su örneği Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarında alkanilite, toplam demir ve sülfat analizine tabi tutulmuştur.

Alkalinite Ölçümleri: Bir suyun alkaliliği HCO_3 , CO_3 ve OH ile Borat, silikat, fosfat ve organik maddelerin mevcudiyetinden ileri gelir. Alkaliliği oluşturan en önemli elemanlar Ca ve Mg bikarbonatlardır. Alkaliliğin insan sağlığı üzerinde bilinen zararlı etkileri olmamakla birlikte, gereğinden yüksek alkali suların kötü tadı olması bakımından istenmediği gibi, yüksek pH, sertlik ve aşırı çözünmüş katılarla ilişkili alkalilik zararlıdır.

Alkalilik özellikle yiyecek ve içeceklerle ilgili birçok işlemler için zararlıdır. Alkalilik, içeceklerdeki doğal Tat yapan maddeleri nötralleştirdiğinden ve içecekleri bakteriyel faaliyete karşı daha duyarlı hale getirdiğinden, özellikle karbonatlı ve asitli meyve sularının üretiminde önemlidir. Buna karşılık alkalilik korozyonu önlemeye yarayan CaCO_3 dengesini sağladığından birçok sanayi suyunda bulunması istenen bir parametredir.

Alkaliliğin içme suyunu ilgilendiren en önemli özelliği, sert suların yumuşatılmasında suya ilâvesi gereken kireç-soda miktarının hesaplanmasında işe yaramasıdır. İçme suyu borularının aşınmasına sebep olan korozyonun kontrolünde alkaliliğin önemi büyüktür. Sağlık açısından bilinen kötü bir reaksiyonu yoktur ama alkaliliği fazla olan sular toplumun istifadesine arz edildiklerinde içim tadının hoş olmaması dolayısıyla rağbet görmemektedir.

Alkalinite 2 indikatör ve asit titrasyonu ile veya elektro metrik metotlarla tayin edilebilir. Doğadan alına su örneklerinin analizinde yukarıda sözü geçen indikatör ve asit titrasyonu metodu kullanılmıştır. Metiloranj ve 0.1 Normal H_2SO_4 asiti kullanılan kimyasallardır. Metiloranj ise bu üç alkaliniteden bininin bulunması halinde sarı renk verir, asit mevcudiyetinde turuncu - pembe - kırmızıya döner.

Toplam alkaliliğin titrasyonunda son noktası, titrasyonun sonunda bulunan CO_2 konsantrasyonu tarafından tayin edilir. Özellikle numunenin kapsamında az miktarda CO_2 veya OH^- iyonu varsa ve titrasyon sırasındaki karıştırma şiddetli değilse, alkalilik kendi son noktasında tayin edilecektir. Alkalilik için alınan su numuneleri süzme, seyreltme,

değişikleştirme gibi işlemler veya herhangi bir yolla değişmeye uğratılmamalıdır. Ayrıca mümkün olduğu kadar kısa sürede analiz edilmesi ile daha doğru sonuçlar elde edilebilir.

Her bir numuneye 3 damla metiloranj ilave edilmiş ve renk sarıdan turuncuya dönene kadar titre edilmiştir. Titrasyonda asit sarfiyatı, fenolftalein alkaliliğinin tayini için kullanılan asit ile metiloranj alkaliliği için kullanılan asit miktarının toplamı olarak verilmektedir. Toplam alkalinite hesaplaması aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$\text{Alkalinite} = (\text{B} \times \text{N} \times 1000 \times \text{F}) / \text{ml numune}$$

B: Numunenin metiloranj katıldıktan sonraki son noktasına erişinceye kadar harcanan toplam titrasyon çözeltisi (ml), N: Asidin normalitesi ve F: Asidin faktörü.

c) UV-Spektrometre Analizleri

Araziden alınan 10 adet su örneğinin sülfat ve toplam demir içerikleri Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarında Spectquant marka UV spektrometre ile ölçülmüştür.

Sülfat ölçümünde numunenin pH'ı 2-10 arasında olmalıdır. Doğadan alınan bütün örnekler bu şartı sağlamaktadır. Ölçümde test tüpüne 2,5 ml örnek koyulmuş ve 2 damla SO₄-1A kodlu kimyasal ilave edilip karıştırılmıştır. Daha sonra mikro kaşıkla SO₄-2A tozu ilave edilerek ve karıştırılmıştır. Test tüpü su banyosunda 40⁰C de 5 dakika bekletildikten sonra 2,5 ml SO₄-3A bekletilen örneğe ilave edilmiştir. Daha sonra 0.45 µm açıklıklı filtre kağıdıyla tüpteki karışım süzölmüş ve süzöntüye 4 damla SO₄-4A kimyasalı ilave edilip karıştırılmıştır. Test tüpü 7 dakika boyunca su banyosunda 40⁰C de bekletilmiş ve spektrometrenin küvetine yerleştirilerek örneğin toplam sülfat içeriği ölçülmüştür.

Toplam demir miktarı ölçümünde ise; test tüpüne 5 ml örnek konulmuş ve karıştırılmıştır. Daha sonra 3 damla Fe-1AN kodlu kimyasal ilave edilmiş ve 3 dakika bekletilmiştir. 3 dakika sonunda karışım spektrometrenin küvetine konmuş ve örneğin toplam demir miktarı ölçülmüştür.

d) XRD Analizleri

Doğadan alınan 7 örnek X-ray desenlerinin çekilmesi için Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezine gönderilmiştir. Alınan örneğin 5 i toprak profilini tayin etmede yardımcı olması açısından çalışma sahasında açılan yarmadan, diğer 2 örnek ise cevher curuf ve tozundan oluşmaktadır. Örnekler RUKER AXS D8 ADVANCE model tamamen bilgisayar kontrollü X ışınları kırınımı sistemi kullanılarak,

veriler 30 kV, 12mA'de Cu t pve Nal (TI) tipi sintilasyon dedektörü ile toplanmıştır. Analizler 2  cinsinden 5   ile 70   ölüm aralığında yapılmıştır. Difraktometrede sıfır noktası düzeltilmesi aletin kendisi tarafından kuvars standart kullanılarak otomatik olarak yapılmıştır.

2.1.4 Büro  alışmaları

Araziden 2 dönem halinde alınan örnekler analize hazırlanmış, gözlemler ve önceki çalışmalardan bölgenin jeolojik haritası ve oluşturulmuştur. Analiz sonuçları ofis programları ve jeolojik bilgisayar programları yardımıyla hazırlanan grafikler ve yapılan istatistik değerlendirme sonuçları yorumlanmış değerlendirme yapılarak bu çalışma tez yazım kurallarına göre yazılmıştır.

BÖLÜM III

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Çalışma Alanının Genel Jeolojisi ve Tektoniği

Çalışma alanı olan Gümüşköy ve civarı Bolkardağ Jeolojik özelliklerini taşımaktadır. Bolkardağ genellikle Triyas mermerlerinden oluşmuştur. Alt katmanlara bakılacak olursa Permian mermerleri ve Devonian şistleri mevcuttur. Bolkardağ Birliği olarak adlandırılan bu birlik [28] kuzeyde Üst Kretase ofiyolit karmaşığının içine yerleştiği okyanus çukuru çökelleriyle Paleosen Eosen arası okyanus kapanma evreleri çökeli ve ada yayı volkanitleri [29] içeren örtü birimlerine sınırlanmıştır. Bölgenin jeoloji haritası önceki verilerin sadeleştirilmesi ve arazi gözlemlerinden yararlanarak yapılmıştır (Şekil 3.1).

Bolkardağ birliği kuzeyde devrik bir antiklinal oluşturur. Antiklinal eksenini doğu-batı yönündedir. Bu eksen boyunca yükselen Horoz Granodiyoriti ve buna bağlı damar kayaları örtü birimine kadar tüm birimleri kateder. Okyanus çukuru çökelleri ofiyolit karmaşığı, denizaltı volkanikleri ve derin sığ denizel çökelleri içerir.

Örtü kayaları okyanus çukurunun kapanmasından sonra taban konglomerası ile başlar. Daha sonra rudistli kireçtaşı, killi kireçtaşı ile temsil olunur.

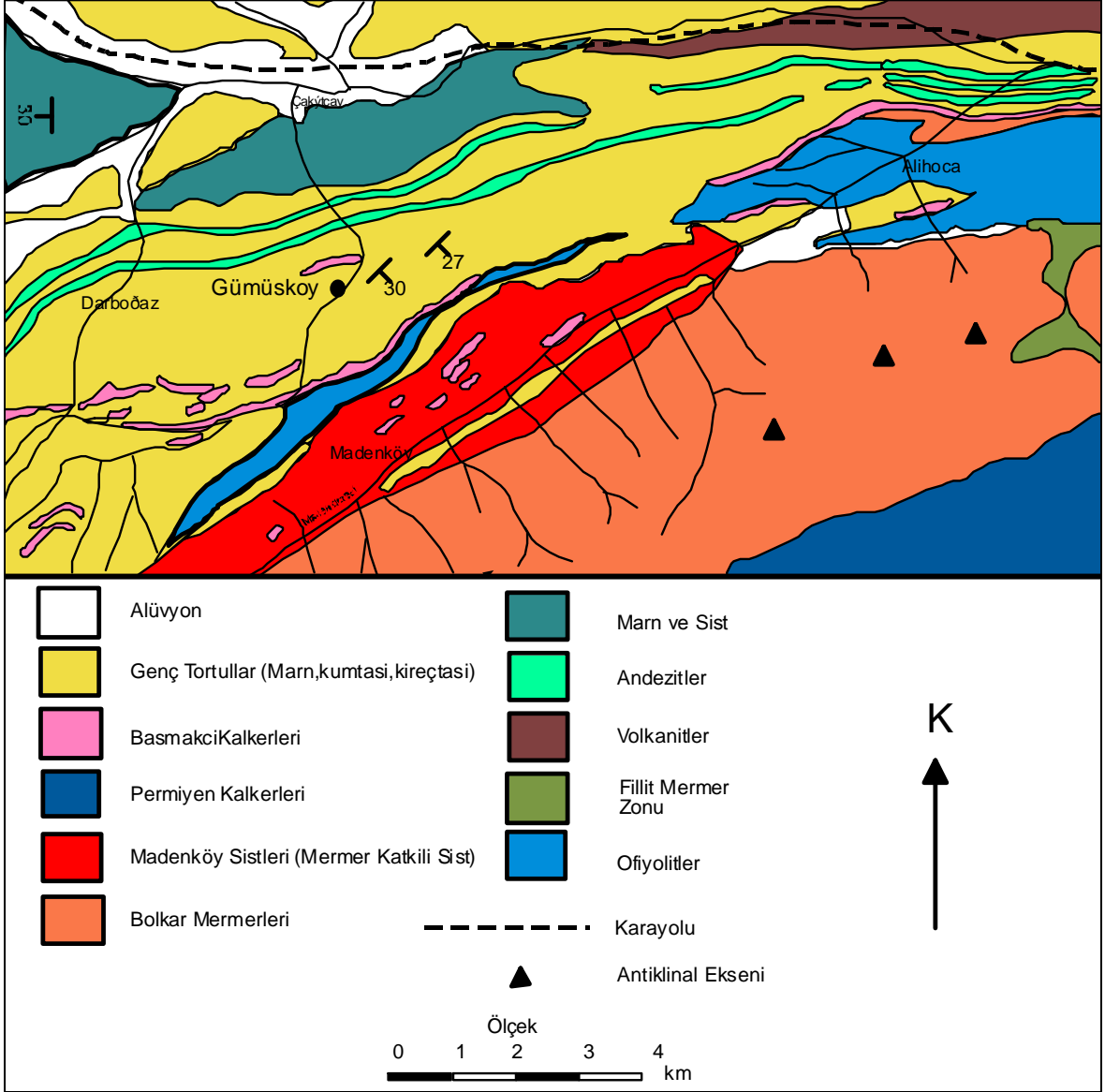
Ulukışla bölgesinde Alt Paleosende kalk-alkalen nitelikte ada yayı volkanizması gelişmiştir. Bu devirde volkanik ara katkılı konglomera, kumtaşı, kireçtaşı, marn ve tuf ardışıklı serisi çökelmiştir. Bu birimler transgresif olarak gelen Lütisian yaşlı birimlerle örtülmüştür.

Kuzeyde devrik antiklinallerin kuzey kanadı üzerinde bulunan çalışma alanında, Bolkardağ birliğinin Triyas yaşlı mermerleri, melanj serisine ait olan ve ters faylanmalar ve granit sokulumlarına bağlı olarak hidrotermal aktiviteler nedeniyle silisleşmiş ultrabazik kökenli kayalar ile karbonat kayaları ve Lütisian yaşlı konglomera-kumtaşı-marn-silttaşı ardışık serisi yer alır. Bunlardan başka Lütisian birimleri hariç diğer tüm kayaları kesen granit, granodiyorit bileşimli sokulum kayaları ve bunlara bağlı kuvars-porfir damar kayaları yer alır.

Ulukışla çevresinde yer alan okyanus çukuru çökellerini ve örtü serisi olarak adlandırılan volkano-sedimanter istif [28] Bozkır Birliği olarak adlandırmıştır. Bozkır Birliği; Anatolit-Torid platformunun Doger-Senonian zaman aralığında çökelerek yeni bir basen oluşturması ve bu basenin bir bölümünün riftleşirken diğer bölümünde başlayan dalma-batma olayı sonucunda oluşmuştur. Daha sonra gelişen kompresyonel tektonikle

Bolkardağ birliğine bindiren bu birlik Eosen sonunda Bolkardağ birliği ile birlikte Geyik dağı birliğine bindirmiştir. Böylece bugünkü yerlerine gelen bu allokton kayaların üstüne gelen Eosen sonrasına ait tüm kayalar ise otokton olup, post-tektonik ve transgresif karakterlidir.

Alihoca ofiyolitik melanjı Kampaniyen sonrası Üst Maestrihtiyen öncesi yerini almıştır [30] Örtü serileri ile Üst Maestrihtiyen taban konglomerası ile başlar ve Alt Paleosen'e kadar çeşitli sedimantasyonlarla devam eder. Bu devirde Ulukışla havzasının kalk-alkalen nitelikte deniz altı volkanizması meydana gelirken muhtemelen Horoz Granodiyoriti de aynı devirde yerini almıştır.



Şekil 3.1. Gümüşköy ve civarının jeoloji haritası ([23]'ten sadeleştirilmiştir.)

3.1.1 Alt Mermerler

Bu birim genellikle gri-siyah renkli ve ince-orta kalınlıkta tabakalı mermerlerden oluşmaktadır. [30] birimi isimlendirmiştir. Birim daha sonra mermerler ve şistler olarak adlandırılmıştır [31].

Çalışma alanında çok farklı özellikler sergileyen bu mermerler her zaman koyu renkli olmaları ile diğer mermerlerden ayrılırlar. Düzgün kalınlığa sahiptirler. İçerik olarak %10-15 oranında killi-bitümlü malzeme ile %5 oranında serisit, klorit ve kuvars ihtiva ederler. Yer yer dolomitik özellik gösterirler. Dolomitik kristallerin boyları 100-200 mikron kadardır Birimin tabanı çalışma alanında gözlenememektedir. İstifin 200-250 metrelik kısmı çalışma alanında gözlenebilir [32].

3.1.2 Bolkardağ Şistleri

Yer yer kuvarsit aratabakaları içeren bu birim gri mavi şistlerden oluşur. Horozköy ve Sivri Tepe arasında tipik olarak gözlenmektedir. Birimi [30] adlandırmıştır. Bölgesel olarak metamorfizmaya uğrayan birime Suluca Dere civarında da rastlanmaktadır. Yaşı Alt-Orta Triyas olarak verilmiştir [32] Çalışma alanında Bolkardağı Şistlerinin kalınlığı 250 metre civarındadır.

3.1.3 Bolkardağ Mermerleri

Bu birim beyaz ve gri renkli genellikle kalın tabakalı mermerlerden oluşur. Suluca Dere civarında tipik olarak gözlenir. İsim Çalapkulu tarafından verilmiştir. Genellikle beyaz gri renkli üst seviyelerine doğru koyu gri renkli olan mermerler 10 cm ile 1 m arasında değişen kalınlıklarda düzgün tabakalanma göstermektedir. Yer yer bitümlü kısımlara rastlanmaktadır. Bazı kısımlarda ise kil oranı %10-15' e kadar çıkmaktadır. Bunlarda laminalanma belirgin hale gelmektedir. Birimin yaşı Üst Triyas olarak gösterilmiştir [32].

Bolkardağı Mermerleri ile kuvars diyorit damarlarının kontaklarında ve bu kontaklara yakın kesimlerde ileri derecede silisleşme, kloritleşme, piritleşme ve cevher oluşumlarına rastlanmaktadır. Piritli kısımların alterasyonu sonucu limonitleşmeler ve demir boyamaları çok geniş alanlar kaplamaktadır.

Çalışma alanının büyük kısmı Bolkardağı Mermerleriyle kaplıdır. Bolkardağı şistlerinin üzerini uyumlu olarak örten Bolkardağı mermerlerinin üzerinde ise tektonik itilmelerle gelen Alihoca ofiyolitleri ya da açılı bir uyumsuzlukla gelen Tersiyer yaşlı

sedimanter veya volkano-sedimanter birimler yer almaktadır. [30] birimin kalınlığını çalışma alanında 1500 m olarak vermektedir.

3.1.4 Alihoca Ofiyolitleri

Birim bazik ve ultrabazik kayalar, volkano-sedimanter birimler ve sedimanter kayalardan ibaret olistolistlerden oluşmuştur [30]. Çalışma alanında yakın yerlerde Maden Vadisinde tipik şekilde gözlenmektedir.

Yöredeki volkana-sedimanter kayalar diyabaz, split, volkanik breş ve şeylerden meydana gelmektedir. Bu birimler ofiyolitik bileşimli bir hamur içinde yüzen büyük bloklar halindedir. Şeyler kısmen metamorfizma özelliği kazanmış olup, fillit yapıları göstermektedir. Ofiyolitlerin üzerinde ise çok ince taneli kumtaşı ve kırmızı şeylerden oluşan bir seviye bulunmaktadır. Bunlar yukarıya doğru kırmızı renkli pelajik kireçtaşlarına geçmektedir.

Alihoca Ofiyolitleri itilme ile Paleozoyik ve Alt Mesozoyik yaşlı birimlerin üzerinde bindirmişlerdir. Ofiyolitlerin üzerinde ise Alt Paleosen yaşlı Kalkankaya formasyonu açılı bir uyumsuzlukla oturmaktadır. Birimin yaşı Üst Kretasedir [30].

3.1.5 Horoz Granodiyoriti

Horoz granit-granodiyoriti, Horozdere vadisinde, yaklaşık 8 km uzunlukta ve en fazla 2 km kadar genişlikte olabilen bir alan içinde yüzeyleyir. Granit- granodiyorit damar kayaları Horozdere vadisinden başlayıp Madenköy'e kadar uzanan 3-4 km genişlikteki bir zon içinde görülür. Damar kayalarının 100 m kadar geniş ve 4-5 km kadar uzunlukta oldukları gözlenmiştir. Bunların yüzeydeki dağılımlarından Horoz granodiyoritinin, Horozdere vadisinden güneye doğru Madenköy'ün batısına kadar derinlerde devam ettiği anlaşılmaktadır. Horoz granit-granodiyoriti Bolkaradağ antiklinalinin kuzey kanadı altında doğu-batı yönünde yerleşmiştir [33].

Birimin ve damar kayaları olan kuvarsporfirlerin Permo-triyas yaşlı Bolkaradağ mermerlerinin, yerine konum yaşı Üst Triyas sonrası Üst Kretase öncesi olan karmaşık kayalarını ve Alihoca köyünün batısında Yağbağ drenin batı yamacında ise Paleosen Alt eosen fosili gözlenmiştir. Bu verilerden yola çıkarak Horoz granodiyoritinin yaşı Alt Eosen olduğu belirlenir [33].

3.2 İnceleme Alanında Yüzeleyen Kayaçların Jeokimyası

İnceleme alanında curufların etkilediği alanda genellikle tortul ve ofiyolitik melanja ait kayaç grupları yüzeleme vermektedir. Tortul birimler genellikle çakıltası, kumtaşı, kiltası, marn ve kireçtaşı ara seviyeleri içeren ve oldukça tektonk deformasyona uğramış kayaçlardan oluşmaktadır. Ofiyolitik melanja ait kayaçlar ise, başlıca serpantinleşmiş peridotitler, yoğun alterasyona uğramış bazaltik kayaçlar, temel kayaçlarına ait metamorfik mermerler ve kireçtaşı olistolitlerinden oluşmaktadır (Foto 3.1). Bu kayaçlar genellikle Gümüşköy merkezinde ve köyün güneyine doğru yol kenarı ve tarım yapılan arazide çok kısıtlı alanda mostra vermektedirler. Kireçtaşı olistolitleri, mermer blokları ise curufların B-KB'sına yakın kesimlerinde yüzeyleyirler. Tortul birimler ise bölgenin en büyük deresini oluşturan ve bir fay zonu boyunca aktığı düşünülen Şarlak deresinin doğu ve batı yakasında mostra verirler (Foto 3.2). Bu kayaçlar eksenleri genellikle K-G doğrultusunda antiklinal ve senklinal yapıları gözlenir ve yer yer de küçük atımlı normal faylardan etkilenmişlerdir.



Foto 3.1. Arazide yüzeleyen kayaçların genel görünümü.



Foto 3.2. Çalışma alanındaki Şarlak Deresi.

Çalışma alanında yüzeyleyen kayaçların özellikle ağır metal içeriklerini ve bu metallerin kayaçlardaki bölgesel temel değerlerini belirlemek amacıyla farklı kayaç gruplarını (kumtaşı, kireçtaşı, mermer, serpantinit ve bazalt) temsilen 5 adet kayaç örneği alınmış, tüm kayaç ve iz element içerikleri analiz edilmiş ve jeokimyasal analiz sonuçları Tablo 3’de verilmiştir.

Bölgedeki kayaçların ana element içeriklerine bakıldığında kayaçların Fe içerikleri %0.04 Fe_2O_3 olarak mermerlerde ve %14.63 bazaltlarda gözlenmektedir. Kayaçların Mn oksit içerikleri ise %0.01-0.22 arasında değişmektedir.

Kayaçların iz element içerikleri ise Cu 1,6-99 ppm arasında mermer ve serpantinlerde, Pb 11,5-160 ppm arasında değişmekte ve en yüksek değerler mermer ve bazaltlarda izlenmektedir. Kayaçlarda ortalama olarak Cu 25,10 ppm, Pb 79,66 ppm, Zn 31,40 ppm, Ni 90,76 ppm, Mo 9,98 ppm, As 20,06 ppm gözlenmiştir. (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Çalışma alanındaki kayaçların ana (%) ve iz (ppm) element analiz sonuçları.

Örnek	GK1	GK2	GK3	GK4	GK5			
Element	Bazalt	Serpantin	Kumtaşı	Mermer	Kireçtaşı	Minimum	Maksimum	Ortalama
SiO ₂	50,56	49,51	15,67	1,33	10,25	1,33	50,56	25,46
Al ₂ O ₃	14,12	13,84	2,37	0,2	1,82	0,20	14,12	6,47
Fe ₂ O ₃	14,63	13,12	1,13	0,04	1,93	0,04	14,63	6,17
MgO	4,45	6,1	0,94	0,16	2,68	0,16	6,10	2,86
CaO	5,7	7,98	43,51	56,6	44,69	5,70	56,60	31,69
Na ₂ O	3,84	4,43	0,32	0,01	0,38	0,01	4,43	1,79
K ₂ O	0,32	0,23	0,53	0,06	0,19	0,06	0,53	0,26
TiO ₂	2,07	1,82	0,12	0,01	0,17	0,01	2,07	0,83
P ₂ O ₅	0,16	0,14	0,07	0,01	0,04	0,01	0,16	0,08
MnO	0,21	0,22	0,11	0,01	0,05	0,01	0,22	0,12
Cr ₂ O ₃	0,028	0,035	0,007	0,004	0,05	0,00	0,05	0,02
Cu	9,7	99,3	7,4	1,6	7,50	1,60	99,30	25,10
Pb	160,1	59	14,6	11,5	153,10	11,50	160,10	79,66
Zn	66	33	16	4	38	4,00	66,00	31,40
Ni	115,1	150,2	32,7	11,5	144,30	11,50	150,20	90,76
Mo	20,9	21	3,7	1,9	2,40	1,90	21,00	9,98
As	18	5,3	2,6	1,8	72,60	1,80	72,60	20,06
Cd	<0,1	0,2	0,2	0,1	1,10	0,10	1,10	0,34
Co	36,4	42,3	6,4	0,5	9,30	0,50	42,30	18,98
Sb	0,8	0,4	0,3	0,1	4,90	0,10	4,90	1,30
Bi	0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,10	0,10	0,10	0,10
Sc	33	37	3	1	4	1,00	37,00	15,60
Ag	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	0,20	0,10	0,40	0,18
Hg	0,01	<0,1	0,03	<0,1	0,01	0,01	0,10	0,05
Au	5,3	0,7	<0,5	<0,5	1,8	0,50	5,30	1,76

3.3 Gümüşköy Curufların Muhtemel Kaynağı, Mineralojisi ve Jeokimyası

Gümüşköy curuflarının muhtemel kaynağı bölgedeki maden yatakları ve cevherlerdir. Bölgedeki önemli cevher sahaları Bolkardağ, Aladağ ve Niğde masifi içerisindeki Pb-Zn cevherleridir. Ancak gerek Aladağlarda ve gerekse Niğde masifi içindeki yatakların eski ulaşım koşulları ve bölgenin topoğrafyası da göz önünde bulundurulursa bölgeye taşınmış olması mümkün gözükmemektedir. Bölgeye yakın olan Bolkardağ cevherleri Maden vadisinin orta ve üst kısmında Teke deresi ile Sakapınar deresi boyunca uzanmaktadır. Cevherin temel içeriği kurşun, çinko, altın, gümüş ve demir elementlerini içeren en önemli kurşun minerali olan plumbojarosittir. Önemli çinko minerali ise simitzonittir [26]. Bölgedeki yataklarda gözlenen mineral parajenezlerinin önemli cevher mineralleri aşağıda detaylı olarak ele alınmıştır.

Pirit; genel mineral süksesyonu içinde esas olarak ana mineralizasyonun birinci ve ikinci evrelerinde ortaya çıkmaktadır [32].

Galenit; Yörede yaygın olarak gözlenen cevher minerallerinden biridir. Cevher damarları içindeki oranı % 4-5 kadardır. Genellikle diğer minerallerden ayrı olarak ince damarcık veya masif kristal yığılımlar halinde bulduklarından diğer minerallerle karışım kristalleri halinde olan galenitler hemen her zaman % 1 in altında kalmaktadır. Cevher içindeki galenit oranı Horoz köyün kuzey kesimindeki cevherleşmede çok enderiken, Suluca dere kesimi yataklarında biraz daha fazladır. Maden köy civarındaki yataklarda ise bu oran daha da artmaktadır. Bu durum, Horoz granodiyoritinden uzaklaştıkça galenit oranının arttığını göstermektedir.

Sfalerit; Birincil sülfütlü cevher damarlarının en yaygın cevher minerallerinden biridir. Sfaleritlerin birincil cevher içindeki genel oranı % 8-10 civarındadır. Horoz köy kuzeyindeki damarlarda sfaleritler en yaygın cevher minerali olup, oranı % 25-30 a kadar çıkmakta ve yer yer masif damarcıklar oluşturmaktadır. Horoz köy kuzeyindeki sülfütlü cevherlerde sfaleritler daha iri ve özşekilli kristaller halinde olup, kristal boyları 0.5 cm ye kadar çıkmaktadır. Demir oranları oldukça düşüktür. Renkleri açık bal sarısı ile açık kahve arasındadır. Bu kesimde 20-30 cm kalınlık sunan cevher damarları içinde kalsit dolomit gangı ile değişik oranlarda ve düzensiz dağılımlı beraberlik sunan sfaleritler kalkopirit ve nabit altın gibi, diğer kesimlerde ayrılım kristalleri oluşturan minerallerce de oldukça fakirdir.

Kalkopirit; yöredeki çinko-kurşun yataklarında kalkopirit eser miktarlarda gözlenmektedir. Genellikle sfaleritler bağımlı bulunan kalkopiritler cevher içinde bulunuş

şekline ve süksesyon içindeki yerine göre iki farklı tipte ortaya çıkmaktadır: Sfaleritlerle ayrılım kristalleri halinde bulunan kalkopiritler düzensiz dağılımlı, boylan 30 mikrondan küçük yan özşekilli, özşekilsiz kristaller halindedirler. Genellikle bir bornit kılıfı ile sarılmışlardır. Alterasyonun ilerlediği kısımlarda kalkosin ve ender olarak da kovellin gelişmiştir.

İkinci tipi oluşturan gang içinde saçınımlı kalkopiritler ise yaklaşık 50 mikron boyunda, özşekilli ve yan özşekilli kristaller halindedirler. Bunlar sfaleritlerden daha genç olup, galenit ve gang mineralleri ile beraber sfaleritlerin çatlaklarını ve kristal boşluklarını doldururlar. Bornit ile kalkopiritin ilişkisi fazla belirgin değildir. Yan yana ve eş oluşum dokuları sunan kısımlar vardır. Kuvars ve kalsit-dolomit gangı ile beraber özşekilli piritlerle eş oluşum dokuları sunarlar. Genel süksesyon içinde kalkopiritler üç ana mineralizasyon evresinde ortaya çıkmaktadır. Sfaleritlerde ayrılım dokusu oluşturan kalkopiritler üçüncü evrenin, gang içinde saçınımlı kalkopiritler ise ikinci evrenin ürünüdür. Kalkopirit, orta ve yüksek sıcaklıklı damarlarda ayrılımlar veya kütleler halinde ortaya çıkan bir mineraldir [34]. [35]'e göre de kalkopirit gibi bakirli mineraller yüksek sıcaklıklara işaret etmektedir ve kalkopirit-sfalerit ayrılımları esasen hidrotermal kökenlidir.

Nabit gümüş; genellikle galenitlerin içinde ayrılım şeklinde, daha az olarak da barit ve kalsit gangı içinde saçınımlar halinde bulunan gümüş minerallerinin kristal boyutları 20-30 mikron kadardır. Baritli cevherlerde arjantit ve nabit gümüş oranı diğer damarlara göre daha fazladır. Bu mineraller ana mineralizasyonun dördüncü evresinde ortaya çıkmışlardır. Nabit gümüş oranı hidrotermallerin sıcaklığının düşmesi ile artmaktadır [35]. Bolkardağı yöresi yataklarına simli (gümüşlü) çinko-kurşun yatakları denilmesine rağmen, gümüş minerallerinin çok düşük oranlarda olması dikkat çekicidir.

Nabit altın ve elektrum; birincil sülfütlü cevher damarlarının eser mineralinden olan nabit Au ve elektrum, sfaleritlerin içinde kapanım kristalleri halinde veya kataklastik piritlerle beraber kuvars gangı içinde saçınımlar halinde gözlenmektedir. 20-30 mikron büyüklüğünde kristaller halinde bulunan bu mineraller esas olarak yüksek sıcaklıklı hidrotermal damarlarda eser miktarlarda da sülfütlü minerallerden oluşan hidrotermal damarlarda gözlenmektedir [34]. Oluşum sıcaklığının düşmesi ile beraber damarlardaki altın miktarı da azalmaktadır [35].

3.3.1 İnceleme Alanındaki Curufların Yayılımı, Mineralojisi ve Jeokimyası

Curuflar açık alanda yaklaşık 40 dönümlük araziye yayılmış olduğundan uzun yıllardan beri dış etkilere maruzdurlar (Foto 3.3). Curuflarda yapılan makroskopik ve mineralojik incelemelerde önemli miktarda pirit, galenit, sfalerit olduğu tespit edilmiştir. Curufların arazide yayıldığı bölgede altta ofiyolitik melanj onun üstünde ise Eosen çörtlü kireçtaşları yer alır. Ofiyolitik melanj genellikle serpantin, diyabaz, gabro, kireçtaşı olistolitleri, pelajik kireçtaşları ve yer yer de andezit çakıllarından ibarettir. Üste gelen kireçtaşları ise çörtlü tersiyer kireçtaşlarıdır. İçinde killi, dolomitli kireçtaşları ardışıktır [36].

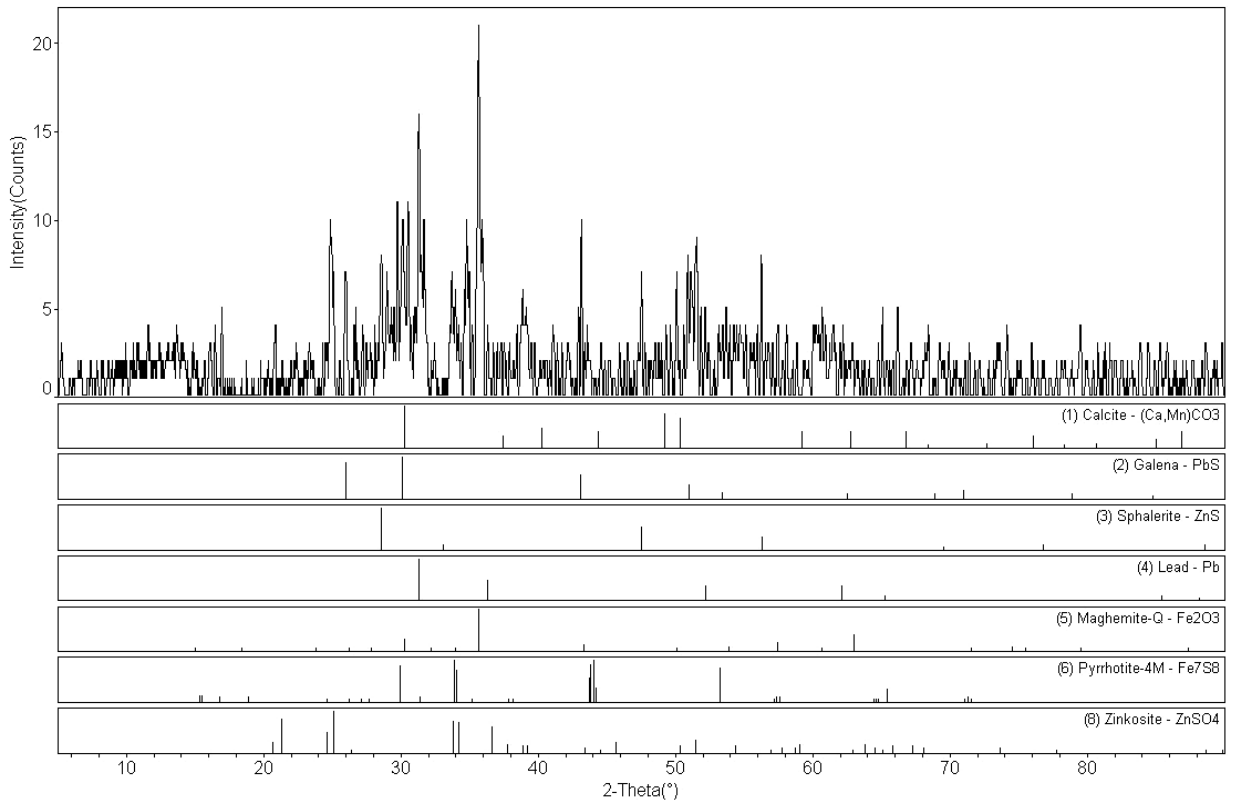
Bölgedeki eriterek zenginleştirme yapıldığından Zn, Pb ve diğer mineral yapıları bozulmuştur. Bu minerallerin yanında makroskobik olarak limonitleşme, hematitleşme ve ortamda Cu varlığını gösteren malahitleşme gözlenmiştir (Foto 3.4). Ayrıca XRD analizleri sonucu kalsit, galen, sfalerit, kuvars, maghemit, pirotit ve zinkosit minerallerinin varlığı tespit edilmiştir (Şekil 3.2).



Foto 3.3. Doğada dış etkilere maruz bırakılmış curuflar.



Foto 3.4. Curuflardaki hematitleşme.



Şekil 3.2. GC 1 cevher örneğine ait XRD difraktomu.

Gümüşköy civarı curuflarda daha çok mikrokristalli pirit mineraline rastlanmaktadır. Ayrıca sfalerit, galenit, kalkopirit, arsenopirit ve nabit altın ve gümüş bulunmaktadır [32].

Curuflarda önceki çalışmacılar tarafından yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre, curufların % 4,85 Pb, % 2,34 Zn, % 0,14 Cu ve % 0,04 Ag içerdikleri belirlenmiştir.

İnceleme sahasında bulunan curufların bu zengin içeriğinden dolayı yeniden işletmek amacıyla yapılan rezerv hesaplarında potansiyel olarak 28,23 ton Kurşun, 13,70 ton Çinko, 836 ton Bakır ve 26,81 ton gümüş içerdikleri hesaplanmıştır [24].

Yapılmış ana ve iz elementler arasındaki korelasyon sonucunda, Fe'nin büyük oranda pirit, pirotin, kalkopirit ve markezitten daha az oranda sfaleritten kaynaklandığı ve Fe ile Si arasında negatif bir korelasyon oldu görülmüş. Ayrıca Fe değerleri ile Ti, Co, Cr ve Bi değerleri arasında oldukça yüksek korelasyon katsayıları elde edilmiştir [32]. Çalışma alanından alınan 2 adet curufun ve [26] tarafından alınan 2 adet curufun jeokimyasal analiz sonuçları aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Curufların ana, iz element konsantrasyonları (*): [26] tarafından alınan örnekler.

Element	Örnek			
	GC 1	GC 2	GC 3 (*)	GC 4 (*)
Fe %	35,2	34,3	29,56	11,69
Pb %	95	9,8	4,55	64
Ca %	7	8		
Mo ppm	59	72	280	70
As ppm	15200	9450	29400	12600
Zn ppm	24800	30700	20700	6500
Co ppm	14	16	30	10
Sb ppm	1290	1350	1690	5490
Ni ppm	524	529		
Sc ppm	6,3	6,4		
Ag ppm	110	260		
Cr ppm	524	529		
Au ppb	1550	2070		

İz element içeriklerine göre curuflar incelendiğinde Zn ve As yüksek miktarda gözlenmiştir. Mo en düşük olarak 59 ppm, en yüksek olarak da 280 ppm arasında değişim göstermiştir. Co 10 ppm ile en düşük seviyede 30 ppm ile en yüksek seviyede tespit edilmiştir. Pb GC 1 curufunda % 95'e kadar yüksek miktarda gözlenmiştir. Bu örnek daha önce yeteri kadar işletilememiş bir cevher olabilir.

3.4 Su Jeokimyası

İnceleme alanında curufların hemen yakınındaki kuyu suları, topoğrafik olarak daha yüksekte yüzeyleyen, köylülerin içme suyu olarak kullandıkları ve genç tortullar ve metamorfik kayaçların sınırlarında yüzeyleyen pınarlardan, kod farkı olarak curuflardan daha düşük seviyede ve kuzeyinde sulama amaçlı açılmış kuyulardan, Şarлак Deresinden su örnekleri alınmıştır. Kalite ve kirlilik boyutlarının belirlenmesi amacıyla analize edilmiş, sonuçlar değerlendirilmiş ve yüzey, yer altı sularının kirlilik boyutları, kalite sınıfı belirlenmiştir.

Su kaynaklarından verimli bir şekilde faydalanmak için öncelikle kullanım alanlarını belirlemek gerekir. Kullanım alanlarının tayininden sonra kullanım parametreleri tayini yapılır. Parametre tayinindeki amaç tehlike sınırlarının tespitidir. Sulardaki kalite parametreleri ve sınıfları Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Su Sınıflarına Göre Kalite Parametreleri (S.K.K.Y. 1991), a: klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limiti düşebilir, b: pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu 0,02 mg/lt’ yi geçmemeli, c: bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriter 300 mikro g/lt’ ye kadar düşürmek gerekir.

Su Kalite Parametreleri	Su Kalitesi Sınıfları			
	I	II	III	IV
A- Fiziksel ve Kimyasal Parametreler				
Sıcaklık	25	25	30	>30
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6,5-9.0	6.0-9.0
Çözünmüş Oksijen(mg/lt)	8	6	3	<3
Sülfat İyonu (mg/lt)	25	200	400 a	>400
Klorür İyonu(mg/lt)	200	200	400	>400
Amonyum Azotu (mg/lt)	0,2 b	1 b	2 b	>2
Nitrit Azotu (mg/lt)	0,002	0,01	0,05	>0,05
Nitrat Azotu (mg/lt)	5	10	20	>20
Toplam Fosfor (mg/lt)	0.02	0,16	0,65	>0,65
Toplam Çözünmüş Madde(mg/lt)	500	1500	5000	5000
Sodyum(mg/lt)	5	50	300	>300
	125	125	250	>250

Çizelge 3.3'ün devamı.

B- İnorganik Parametreler				
Civa (µg/l)	0,1	0,5	2	>2
Kadmiyum (µg/l)	3	5	10	>10
Kurşun (µg/l)	10	20	50	>50
Arsenik (µg/l)	20	50	100	>100
Bakır (µg/l)	20	50	200	>200
Krom (µg/l)		20	50	>50
Kobalt (µg/l)	10	20	200	>200
Nikel (µg/l)	20	50	200	>200
Çinko (µg/l)	200	500	2000	>2000
Siyanür (µg/l)	10	50	100	>100
Florür (µg/l)	1000	1500	2000	2000
Serbest Klor (µg/l)	10	10	50	>50
Sülfür (µg/l)	2	2	10	>10
Demir (µg/l)	300	1000	5000	>5000
Mangan (µg/l)	100	500	3000	>3000
Bor (µg/l)	1000 c	1001 c	1002	>1000
Selenyum (µg/l)	10	10	c	>20
Baryum (µg/l)	100	2000	20	>2000
Aliminyum (µg/l)	0,3	0,3	2000	

Tatlı su kaynaklarının Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre sınıflandırılması dört grup altında yapılır. Birinci periyotta alınan GS 3 ve GS 4 suları IV. sınıf kalite su, diğer su örnekleri III. sınıf kalite su olduğu gözlenmiştir. İkinci periyotta GS 1a, GS 1b ve GS 8 suları IV. sınıf kaliteli su, diğer su örnekleri III. sınıf kaliteli su olarak tespit edilmiştir. Çizelge 3.4'de ise şu an yürürlükte olan evrensel ve ulusal su standartları verilmiştir.

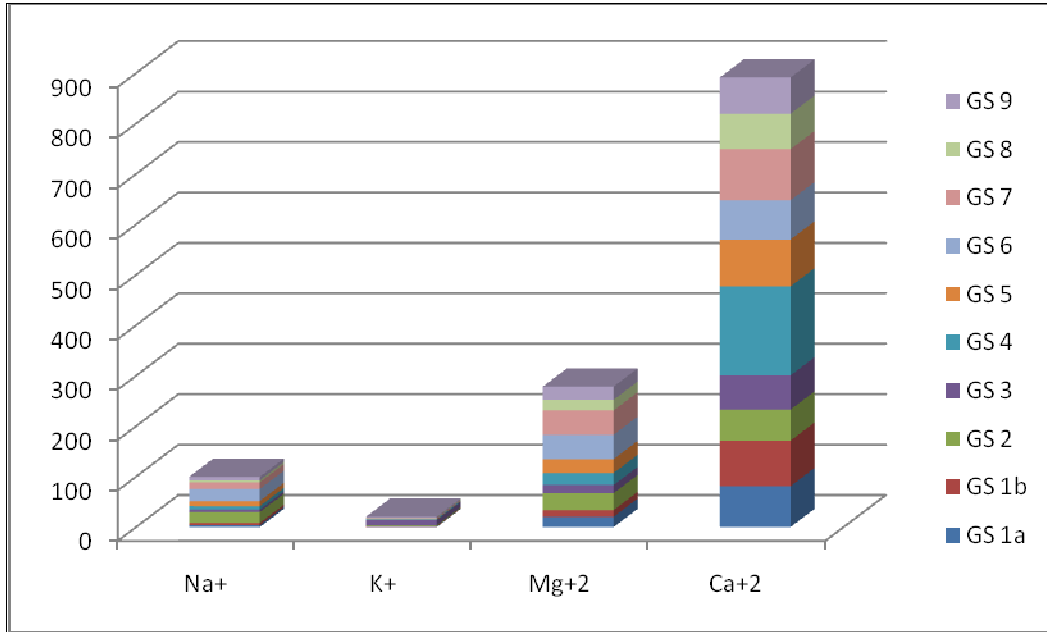
Çizelge 3.4 Yürürlükte olan su standartları.

Parametre	Türk Standartları TSE 266 2005	Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 1999	ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) 2002	Avrupa Birliği (EC) 1999
Birincil Standartlar İnorganik Maddeler (mg/l)				
Alüminyum	0,20	0,20	0,20	0,20
Arsenik	0,05	0,05	0,05	0,01
Baryum	0,3	0,7	1	-
Kadmiyum	0,005	0,005	0,01	0,005
Krom	0,05	0,05	0,05	0,05
Florür	1,5	1,5	0,7-2,4	1,5
Kurşun	0,05	0,05	0,05	0,01
Civa	0,001	0,001	0,002	0,001
Nirtat	50	50	45	50
Selenyum	0,01	0,01	0,01	0,01
Gümüş	0,01	-	0,05	-
Antimon	0,01	0,005	0,006	0,005
Berilyum	-	-	0,004	-
İkincil Standartlar (mg/l)				
Bakır	3	-	1	2
Demir	0,2	-	0,3	0,2
Mangan	0,05	0,5	0,05	0,05
pH	6,5-9,2	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-9,5
Sülfat	250	250	250	250
TDS	1500	1000	500	-
Çinko	5	-	5	-
İlave Parametreler (mg/l)				
Kalsiyum	200	-	-	-
Magnezyum	50	-	-	-
Sodyum	175	200	-	200
Potasyum	12	-	-	-
Amonyum	0,5	1,5	-	0,5

3.4.1 Çalışma Sahasındaki Suların Jeokimyasal Analiz Sonuçları

Çalışma sahasında birinci ve ikinci periyot olmak üzere toplam 20 adet su örneği alınmıştır. Birinci periyot şubat ayında, ikinci periyot ise mayıs ayındaki saha çalışmasıdır. Örnekler yüzey suyu, pınar ve kuyu suyu olarak 3 grupta toplanabilir. GS 1a, GS 1b ve GS 9; pınar, GS 8 yüzey suyu ve diğer su örnekleri ise kuyu suyudur. Birinci periyotta alınan suların analiz sonuçları Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çalışma alanında birinci periyotta alınmış sulardan pınar sularında sıcaklık 7 °C-9,5 °C arasında değişim göstermiştir. Bununla birlikte pH fazla bir değişim göstermemiştir (Çizelge 3.5). Birinci periyot sularına ait ana element konsantrasyonunu değişimi Şekil 3.3’de gösterilmiştir. Ana elementlerden Ca^{+2} pınar sularında 71,94 mg/l ile 90,14 mg/l arasında gözlenmiştir. Na^{+} ise 3,85 mg/l ile 6,85 mg/l aralığında değer vermiştir (Şekil 3.3). İz element konsantrasyonu olarak pınar suları birinci periyotta (S.K.K.Y. 1991)’deki standartlara uygundur.



Şekil 3.3. Birinci periyot sularına ait iyon değişimi (GS 1a, GS 1b ve GS 9 pınar, GS 8 yüzey diğer sular kuyu suyudur).

Birinci periyotta kuyu sularının sıcaklıkları 4,2 °C ile 11,5 °C arasında değişim göstermiştir. Ayrıca Ca^{+2} ve Na^{+} içerikleri 61,56 mg/l ile 176,45 mg/l ve 1,17 mg/l ile 10,43 mg/l değerleri arasındadır (Çizelge 3.5). İz elementlerden As; GS 3 ve GS 4 suyunda standart değerlerin üstündedir. Alüminyum GS 4 örneğinde artmıştır. Ayrıca Pb ve Fe

içeriği GS 4 suyunda (S.K.K.Y.) standartlarına göre artış vardır. Mn içeriği 55,11 µg/l ile GS 2 suyunda artmıştır.

Yüzey suyu olan ve Şarlak Deresinden alınan GS 8 örneğinde ise pH 8 sıcaklık ise 8,4 °C olarak ölçülmüştür. Ca⁺² içeriği 70,235 mg/l, Na içeriği 3,98 mg/l, K değeri ise 1,068 mg/l olduğu gözlenmiştir. İz element içeriği bakımından yüzey suyu birinci periyotta (S.K.K.Y. 1991) ‘ e göre normal değerler arasında kalmıştır.

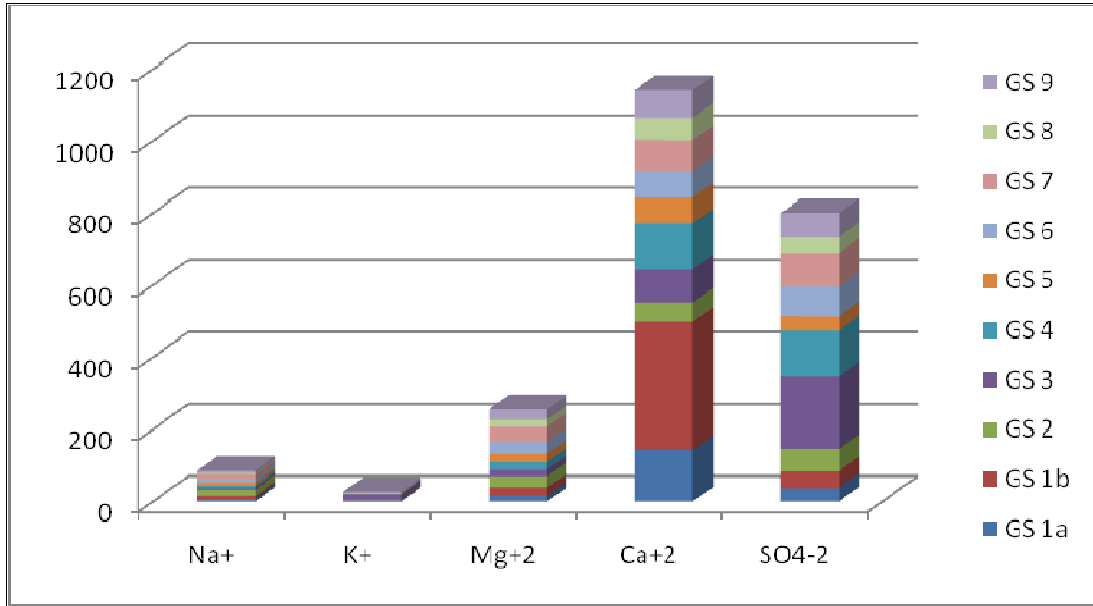
Çizelge 3.5. İnceleme alanındaki suların birinci periyot kimyasal analiz sonuçları (mg/l).

Örnekler	T (°C)	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺	Si
GS1a(pınar)	7	7,2	3,8	0,4	81,0	20,3	5147
GS1b(pınar)	9,5	7,4	4,4	0,9	90,1	13,3	4571
GS2(kuyu)	11,5	7,4	21,4	1,1	61,5	33,4	8991
GS3(kuyu)	4,2	7,9	4,8	10,4	67,8	16,2	5638
GS4(kuyu)	9,8	7,0	6,8	1,3	176,	23,7	7224
GS5(kuyu)	11	7,3	10,1	0,6	92,9	27,4	7895
GS6(kuyu)	6,6	7,4	23,9	1,4	77,8	48,2	8757
GS7(kuyu)	8	7,5	13,2	1,0	101,3	48,3	7101
GS8(yüzey)	8,4	8,0	3,9	1,0	70,2	20,9	3974
GS9(pınar)	7,6	6,8	6,8	1,3	71,9	26,3	4938

Çizelge 3.6. İnceleme alanındaki suların birinci periyot iz element analiz sonuçları (µg/l).

	Al	As	B	Ba	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	P	Pb	S	U	V	Zn
GS1a(pınar)	5	0,8	15	16,13	0,11	0,02	7,1	3,6	76	1,91	0,1	6,1	61	2,3	3	0,37	1	182
GS1b(pınar)	7	2	20	7,68	0,09	0,02	3,7	4,8	10	1,43	0,3	3,3	70	7,1	7	0,32	1,1	77,5
GS2 (kuyu)	29	3,5	127	42,32	0,16	0,46	3,3	3,9	307	55,11	0,1	2,4	72	16,9	9	0,62	3,5	10,3
GS3(kuyu)	2	286,9	25	32,08	0,01	0,04	9,5	5,3	10	1,68	13,5	2,9	68	2,5	39	0,68	1,7	31,7
GS4(kuyu)	332	227,2	27	48,63	1,02	0,97	5,5	5,3	324	40,56	2,1	9,3	196	134,6	39	1,45	3	135,2
GS5(kuyu)	16	0,9	33	65,63	0,07	0,05	3,3	1,8	26	4,24	0,3	8,2	94	3,3	4	0,85	1,9	34,4
GS6(kuyu)	24	1,2	54	46,48	0,09	0,12	5,2	1,6	23	6,6	0,2	5,5	71	2,9	13	0,9	2,9	39,4
GS7(kuyu)	4	32,5	46	50,75	0,03	0,03	4,7	2,6	32	1,25	1,5	4	83	1,7	26	1,72	5,4	10
GS8(yüzey)	13	4,6	18	12,05	0,06	0,07	2,9	2,7	23	2,13	0,7	4,6	123	3,2	13	0,62	0,8	7,3
GS9(pınar)	4	2,3	28	12,28	0,04	0,02	3,2	1,4	12	1	0,7	3,1	104	2,1	13	0,62	1,1	6,5

İkinci periyot suların kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8’de gösterilmiştir. Pınar sularında pH 7,18 ile 7,27 arasında değişmektedir. Pınar sularının sıcaklıkları 14,5°C ile 15,4° C arasında ölçülmüştür. İkinci periyot suların iyon değişimi grafiksel olarak gösterilmiştir (Şekil 3.4). Ca⁺² içeriği 356,494 mg/l ile GS 1b örneğinde en fazladır. Na⁺² miktarı pınarlarda en düşük 6,8 mg/l ile en yüksek 7,8 mg/l olarak gözlenmiştir.



Şekil 3.4. İkinci periyot suların iyon değişimi (GS 1a, GS 1b ve GS 9 pınar, GS 8 yüzey diğer sular kuyu suyudur).

İkinci periyot suların iz element konsantrasyonlarına bakıldığında pınar suyu olan GS 1a ve GS 1b de Alüminyum içeriği 2203 µg/l ve 7101 µg/l ile oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu iki örnekte Fe ve Mn miktarları da normal değerlerin üzerindedir.

Kuyu sularında As miktarı GS 3 ve GS 4 örneklerinde artmıştır. Normal değer olan 20µ/l'nin (Çizelge 3.1) 372,5 µg/l ve 190,5 µg/l ile 18,6 ve 9,5 katı kadar bir artış söz konusudur.

Yüzey suyu olan GS örneğinde ise Fe miktarı oldukça fazla artmıştır. Standart değer (Çizelge 3.1) yaklaşık 3 katı gibi bir miktar gözlenmiştir.

Çizelge 3.7. Çalışma alanındaki suların ikinci periyot kimyasal analiz sonuçları (mg/l).

Örnekler	pH	T (°C)	Kondaktivite	(SO ₄) ⁻²	Na ⁺²	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²
GS1a	7,3	14,2	300,7	37,9	7,2	1,9	141,5	15,3
GS1b	7,2	15,4	327,5	45,7	7,5	2,0	356,5	23,0
GS2	7,4	13,5	466,0	61,5	18,8	1,0	53,7	30,9
GS3	8,1	15,0	549,8	199,9	4,5	14,3	92,4	19,1
GS4	7,1	11,4	618,8	128,2	5,3	1,0	126,9	20,4
GS5	7,3	14,8	405,4	39,8	8,7	0,9	71,8	23,2
GS6	7,3	15,3	443,1	81,0	11,0	1,4	73,8	34,8
GS7	6,7	17,0	545,7	94,8	11,7	1,4	84,9	39,7
GS8	7,2	15,0	337,9	43,7	3,3	0,8	62,5	20,1
GS9	7,2	14,5	434,6	66,5	6,8	1,6	76,5	28,5

Çizelge 3.8. Çalışma alanındaki suların ikinci periyot kimyasal analiz sonuçları devamı (µg/l).

Örnekler	Al	As	B	Ba	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	P	Pb	S	Si	U	V	Zn
GS1a	2203	11,2	185	43,29	0,4	0,74	0,96	4,9	13,8	296	90,59	0,6	3,9	211	26,1	8	5402	0,85	2,8	108,5
GS1b	7101	27,3	272	112,42	1,34	2,62	3,27	8,8	40,4	1075	291,04	0,5	26,1	461	65,4	10	7891	1,61	6,5	342,3
GS2	19	6,7	130	41,32	0,05	0,04	0,06	2,4	1,4	17	13,04	0,4	0,6	70	3,9	9	8831	0,67	3	3,9
GS3	28	372,5	37	41,14	0,08	0,09	0,02	3,3	6,4	10	2,66	14,4	0,6	92	17,1	60	6326	1,37	1,6	10
GS4	8	190,5	25	39,99	0,26	0,03	0,02	2	3,1	10	1,28	3,2	0,2	107	18,9	32	6498	1,45	0,8	92,7
GS5	25	1,2	34	60,39	0,05	0,1	0,06	2,7	4	28	1,96	0,5	7	63	2,8	5	7735	1	1,6	7,3
GS6	70	4,7	34	34,67	0,05	0,23	0,19	3	6,8	101	7,73	0,6	3	104	6,5	9	8499	1,13	2,7	269,5
GS7	58	41,7	52	47,24	0,05	0,19	0,11	4	4,6	32	3,56	1,8	3,3	61	3,2	17	7157	1,92	4,9	5,1
GS8	767	3,3	21	15,97	0,05	0,61	1,79	15,5	3,4	989	33,21	0,3	47	121	7,6	6	7079	0,53	2,8	6,5
GS9	25	4,4	39	15,24	0,05	0,05	0,1	3,8	2	19	1,96	0,9	14,8	152	5,8	14	5602	0,94	1	9

3.4.2 Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışma alanından alınan su örneklerinin analiz sonuçlarına ait istatistik değerlendirmeleri SPSS programıyla yapılmış ve elde edilen sonuçlar tablolar halinde aşağıda gösterilmiştir. Birinci periyot sulara ait temel parametreler Çizelge 3.9'da gösterilmiştir. İlk periyot sulara ait korelasyon ise Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Birinci periyot sularda As, Pb ve Zn ortalamaları normal değerlerin üstündedir (Çizelge 3.9). Al, Mn ve Fe ile birlikte davranmıştır. Arsenik ise bakır ve kobalt ile birlikte pozitif korelasyon göstermiş ve Zn; Cr ile birlikte hareket etmiştir (Çizelge 3.10).

İkinci periyot sulara ait temel parametreler Çizelge 3.11'de gösterilmiştir. İkinci periyot suların korelasyon matrisi Çizelge 3.12'de gösterilmiştir. Bakır, Alüminyum, demir kobalt ve krom ile pozitif korelasyon göstermiştir (Çizelge 3.12).

Çizelge 3.9. İlk periyot su örnekleri için temel parametreler ($\mu\text{g/l}$, $p < 0,01$).

	Numune	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Al	10	2,00	332,00	43,60	101,74
As	10	0,80	286,90	56,19	107,22
B	10	15,00	127,00	39,30	33,15
Ba	10	7,68	65,63	33,40	20,24
Ce	10	0,01	1,02	0,17	0,30
Co	10	0,02	0,97	0,18	0,30
Cr	10	2,90	9,50	4,84	2,10
Cu	10	1,40	5,30	3,30	1,50
Fe	10	10,00	324,00	84,30	123,40
Mn	10	1,00	55,11	11,60	19,49
Mo	10	0,10	13,50	1,95	4,11
Ni	10	2,40	9,30	4,94	2,33
P	10	61,00	196,00	94,20	40,58
Pb	10	1,70	134,60	17,66	41,34
S	10	3,00	39,00	16,60	13,43
Si	10	3974,00	8991,00	6423,60	1800,84
U	10	0,32	1,72	0,82	0,44
V	10	0,80	5,40	2,24	1,46
Zn	10	6,50	182,00	53,43	60,46

Çizelge 3.10. İlk periyot su örnekleri için korelasyon matrisi ($\mu\text{g/l}$, $p < 0,01$)

	Al	As	B	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Si	Zn
Al	1													
As	-0,146	1												
B	0,347	0,055	1											
Ba	0,31	0,067	0,624	1										
Co	0,794	0,35	0,46	0,472	1									
Cr	-0,165	0,152	-0,17	0,237	-0,012	1								
Cu	0,104	0,511	-0,365	-0,146	0,222	0,518	1							
Fe	0,606	-0,018	0,262	0,549	0,525	0,104	0,125	1						
Mn	0,888	-0,042	0,333	0,382	0,877	0,061	0,255	0,61	1					
Mo	-0,365	0,82	-0,159	0,116	0,056	0,184	0,294	-0,246	-0,349	1				
Ni	0,432	-0,321	-0,224	0,418	0,227	0,188	-0,091	0,439	0,309	-0,012	1			
Pb	0,815	0,067	0,079	0,042	0,644	-0,103	0,517	0,305	0,745	-0,147	0,188	1		
Si	0,547	-0,055	0,818	0,782	0,632	0,225	-0,055	0,537	0,673	-0,275	0,091	0,297	1	
Zn	0,347	-0,358	-0,297	0,115	0,055	0,675	0,456	0,287	0,358	-0,281	0,564	0,382	0,188	1

Çizelge 3.11. İkinci periyot sulara ait temel parametreler ($\mu\text{g/l}$).

	Numune	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Al	10	8,00	7101,00	1030,40	2242,50
As	10	1,20	372,50	66,35	121,90
B	10	21,00	272,00	82,90	85,22
Ba	10	15,24	112,42	45,16	27,24
Ce	10	0,03	2,62	0,47	0,80
Co	10	0,02	3,27	0,66	1,08
Cr	10	2,00	15,50	5,04	4,15
Cu	10	1,40	40,40	8,59	11,72
Fe	10	10,00	1075,00	257,70	417,68
Mn	10	1,28	291,04	44,70	90,85
Mo	10	0,30	14,40	2,32	4,34
Ni	10	0,20	47,00	10,65	15,13
P	10	61,00	461,00	144,20	120,27
Pb	10	2,80	65,40	15,73	19,15
S	10	5,00	60,00	17,00	17,01
Si	10	5402,00	8831,00	7102,00	1158,29
U	10	0,53	1,92	1,14	0,43
V	10	0,80	6,50	2,77	1,77
Zn	10	3,90	342,30	85,48	123,56

İkinci periyot sularda en yüksek değere Alüminyumda rastlanmıştır ve As, ortalaması oldukça fazladır. Fe 257,70 ortalama ile olması gereken miktardan yaklaşık 3 kat artış göstermiştir (Çizelge 3.11).

Si içeriği de 8831 $\mu\text{g/l}$ ile oldukça fazla değeri sahiptir. Bu da suların bahar döneminde kayaç ve curufları yıkadıklarını göstermektedir.

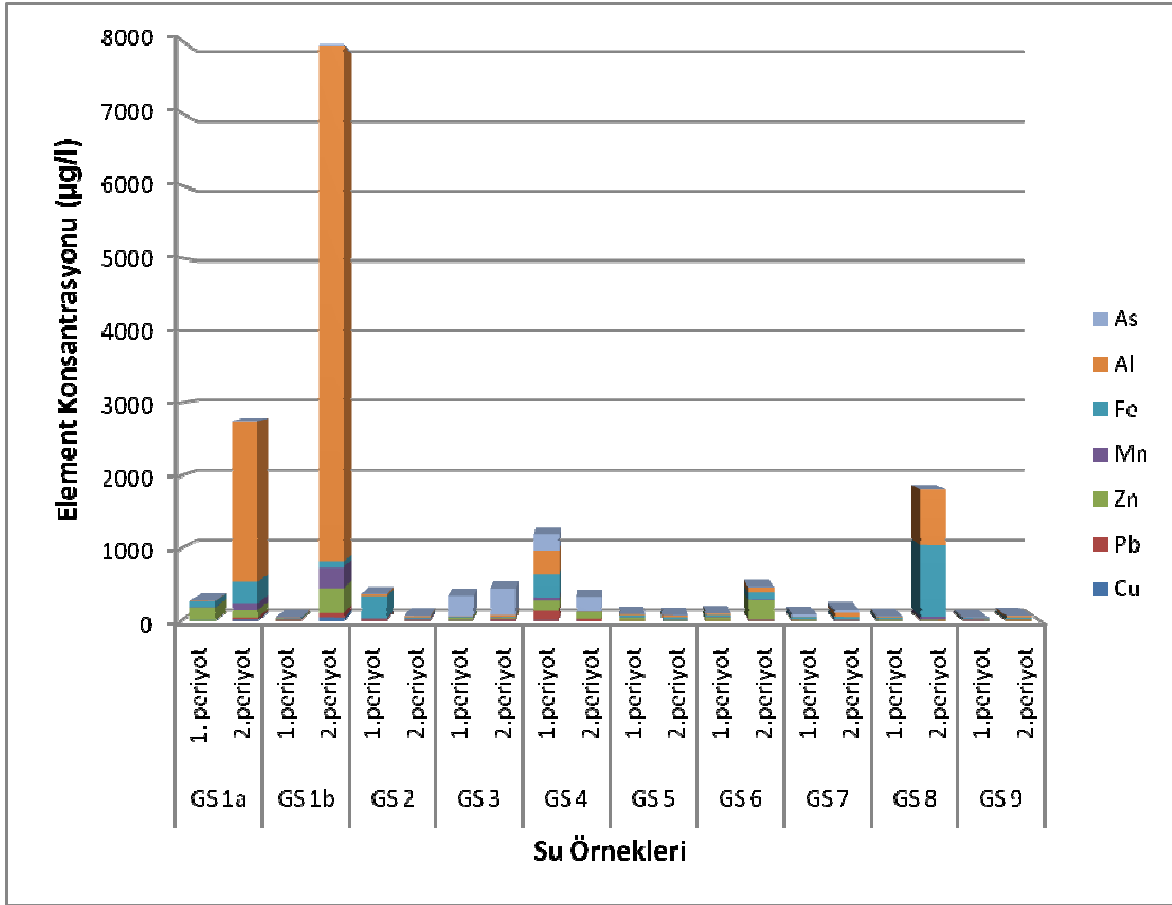
Zn; bazı örneklerde artış göstermiş olup en yüksek değeri 342,30 $\mu\text{g/l}$ 'dur. Bu değer 200 $\mu\text{g/l}$ olması gereken değerden fazladır.

Pb ortalaması fazla olmasa da normal değer olan 10 $\mu\text{g/l}$ 'nin üstündedir.

Çizelge 3.12. İkinci dönem sular için korelasyon matrisi

	Al	As	B	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Si	Zn
Al	1													
As	-0,043	1												
B	0,357	0,28	1											
Ba	0,261	0,212	0,578	1										
Co	0,884	-0,317	0,315	0,14	1									
Cr	0,863	-0,115	0,267	0,067	0,829	1								
Cu	0,815	0,273	0,377	0,491	0,53	0,491	1							
Fe	0,89	-0,365	0,256	0,255	0,979	0,796	0,59	1						
Mn	0,817	-0,055	0,54	0,31	0,817	0,681	0,535	0,787	1					
Mo	-0,291	0,713	-0,043	-0,122	-0,555	-0,287	0,104	-0,587	-0,584	1				
Ni	0,616	-0,608	0,091	0,049	0,758	0,79	0,213	0,771	0,445	-0,569	1			
Pb	0,486	0,479	0,225	0,018	0,329	0,358	0,527	0,28	0,438	0,134	0,043	1		
Si	-0,049	-0,212	0,055	0,309	0,116	-0,273	-0,042	0,158	0,231	-0,512	-0,085	-0,345	1	
Zn	0,474	0,248	0,17	0,091	0,311	0,152	0,721	0,316	0,219	0,232	0,049	0,745	-0,152	1

İnceleme alanındaki suların birinci ve ikinci periyottaki iz elementlerinin dağılımı aşağıda grafiksel olarak gösterilmiştir (Şekil 3.5).

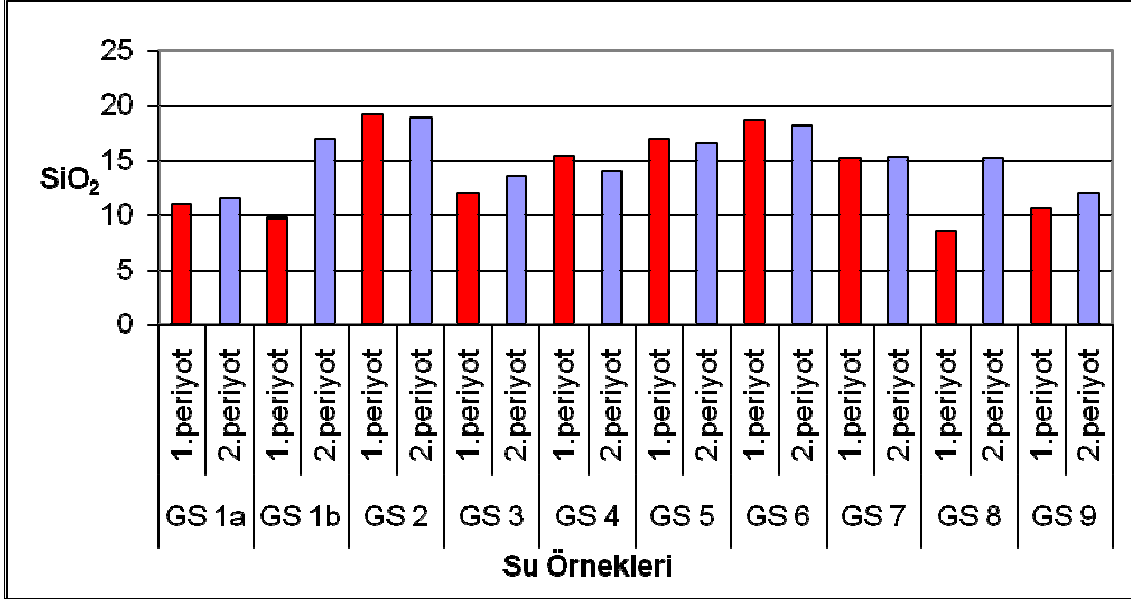


Şekil 3.5 Birinci ve ikinci periyotta alınan su örneklerine ait element konsantrasyonlarının karşılaştırılması.

Grafikte anlaşılacağı üzere (Şekil 3.5) Al seviyesi bazı GS 1a, GS 1b ve GS 8 sularında artış göstermiştir. Arsenik değerleri hem birinci periyot hem de ikinci periyotta GS 3 ve GS 4 sularında fazladır.

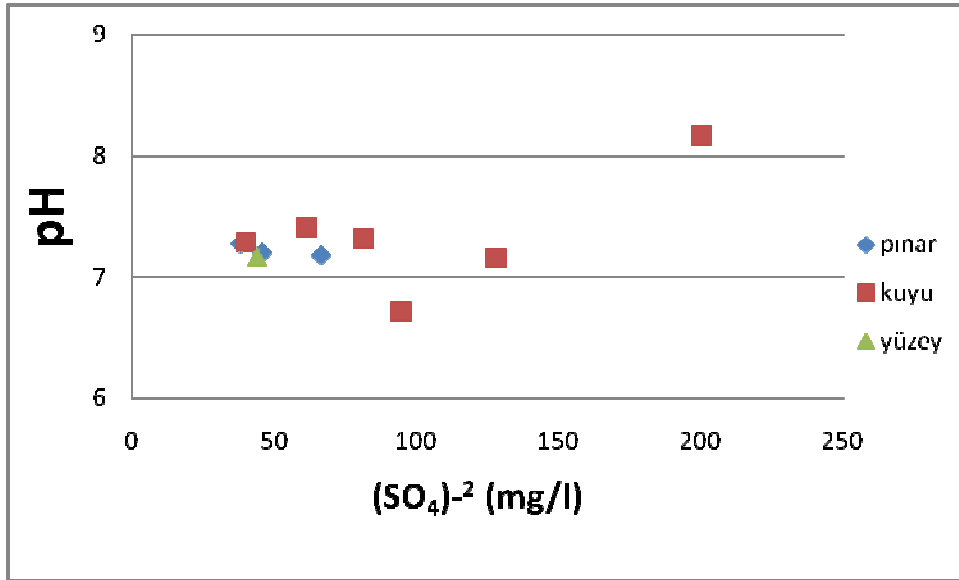
Çalışma alanındaki suların SiO₂ değişim grafiksel olarak verilmiştir (Şekil 3.6). Grafiğe göre görüldüğü üzere ilk periyotta SiO₂ içeriği GS 2 suyunda en yüksek, GS 8 suyunda ise en düşük seviyededir. SiO₂ içeriği yüksek bazalt gibi kayalarla temas etmesi GS 2 ve GS 6 suyunun SiO₂ içeriğini artırmıştır.

Yukarıda görüldüğü üzere GS 2 suyu birinci periyotta olduğu gibi yüksek Si içeriğine sahiptir. Aynı şekilde GS 6 suyu da kararlılığını SiO₂ değeri bakımından korumaktadır. Dikkat çeken diğer unsur birinci periyotta düşük Si içeriğine sahip GS 8 suyunun, ikinci örneklemede fazla SiO₂ değeri vermesidir. Genel olarak bütün sularda SiO₂ içeriği artmıştır. Bunun nedeni bölgedeki yağışın mevsim gereği gösterilebilir.



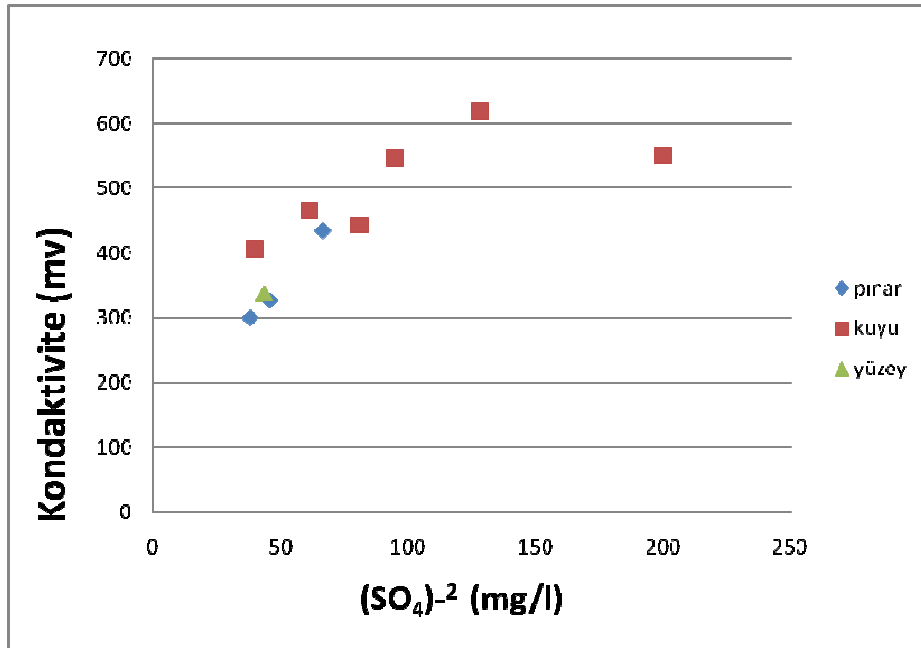
Şekil 3.6. İncelenen suların SiO₂ içeriğinin değişimi (mg/l).

İnceleme alanından alınan ikinci periyot suların (SO₄)⁻² değerleri ile pH ilişkisi Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Grafikte pH 6 ile 9 arasında değişirken (SO₄)⁻² iyonları 30 ile 200 mg/l arasında değişmiştir (Şekil 3.7).



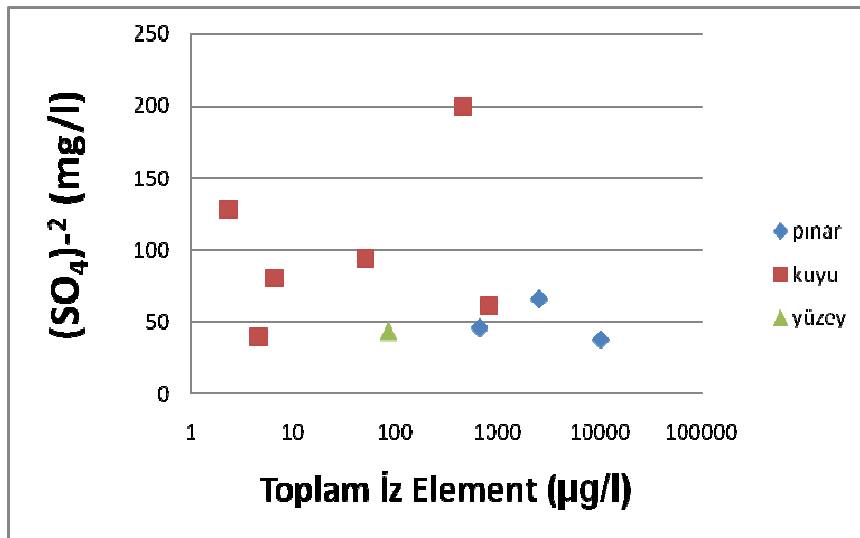
Şekil 3.7. İkinci periyot sularında pH ve (SO₄)⁻² ilişkisi.

Kondaktivite ile $(SO_4)^{-2}$ iyonları arasındaki ilişki grafiksel olarak gösterilmiştir (Şekil 3.8). Grafiğe göre iki değişken arasında parabolik bir eğilim olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3.8. İkinci periyot sularında $(SO_4)^{-2}$ kondaktivite ilişkisi.

İkinci periyotta alınan sularında toplam iz element ve sülfat ilişkisi Şekil 3.9'da verilmiştir.



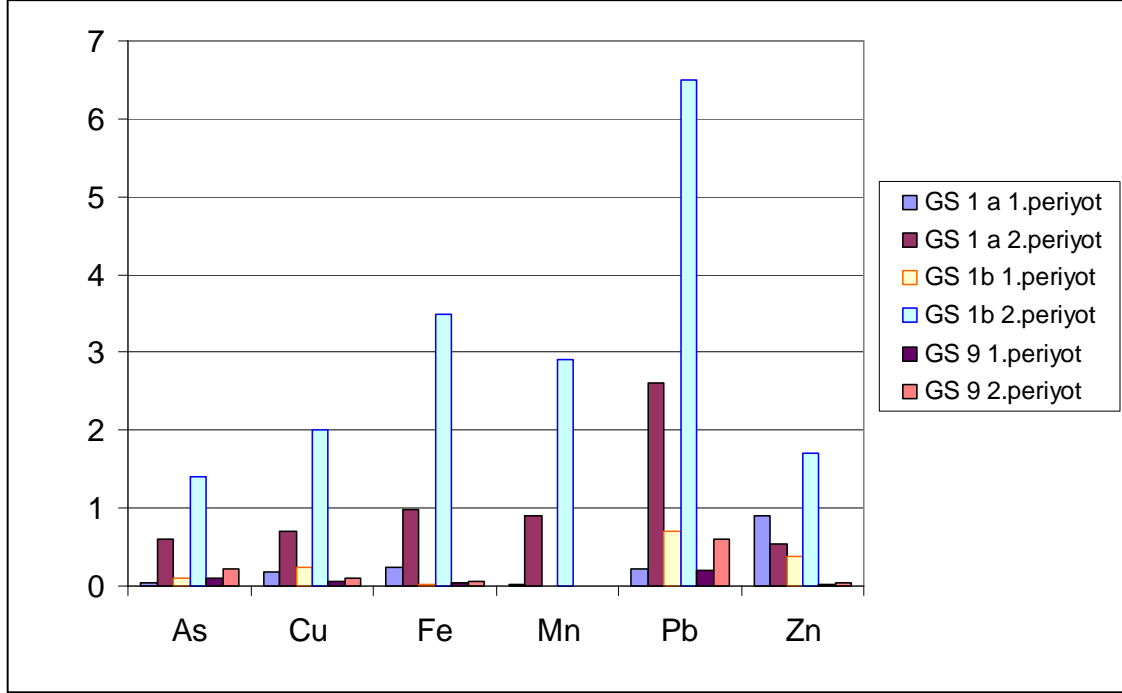
Şekil 3.9. İkinci periyot sularında $(SO_4)^{-2}$ ile toplam iz element ilişkisi.

(SO₄)⁻² miktarı 40 mg/l ile 100 mg/l arasında olduğunda toplam iz element konsantrasyonu 1000 µg/l'yi geçmemektedir (Şekil 3.9).

İnceleme sahasından alınan yer altı, yüzey ve pınar sularının (S.K.K.Y. 1991)' e göre zenginleşme faktörleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{Zenginleşme Faktörü} = \frac{\text{Örnekteki Element Konsantrasyonu}}{\text{Standart Element Konsantrasyonu}}$$

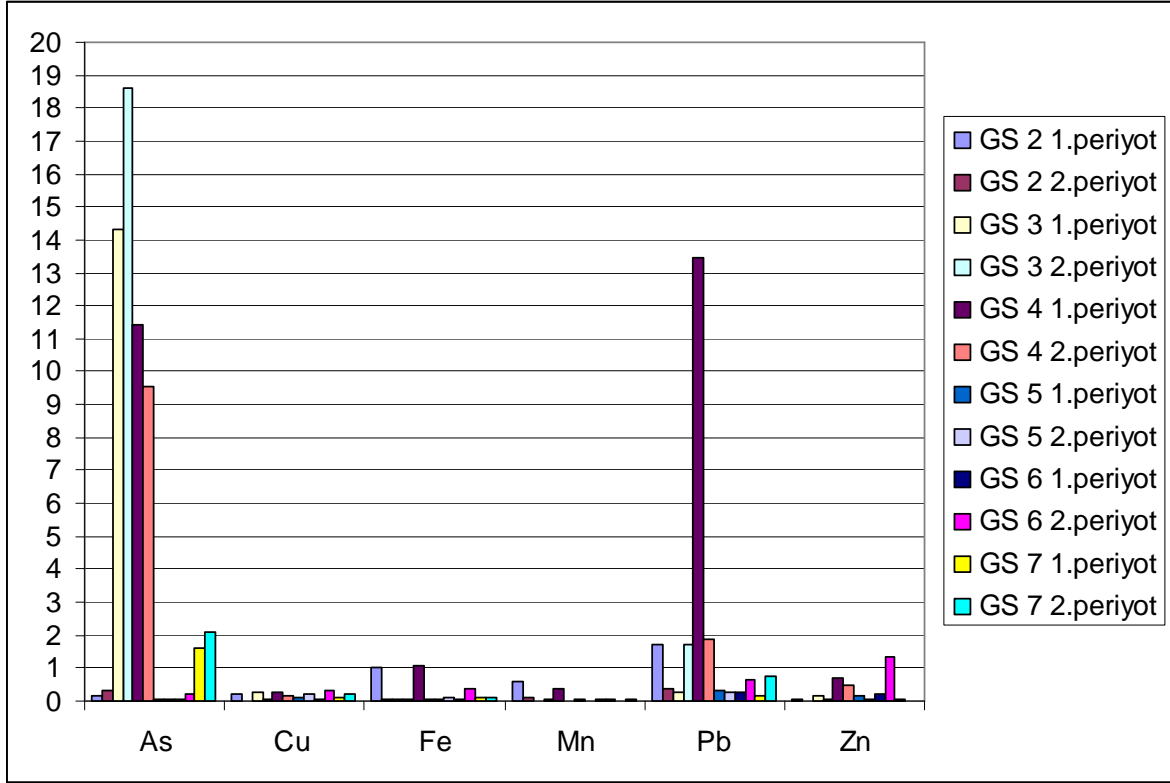
Buna göre hazırlanan pınar sularının zenginleşme faktörü aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. İnceleme alanındaki pınar sularının zenginleşme faktörü grafiği (µg/l).

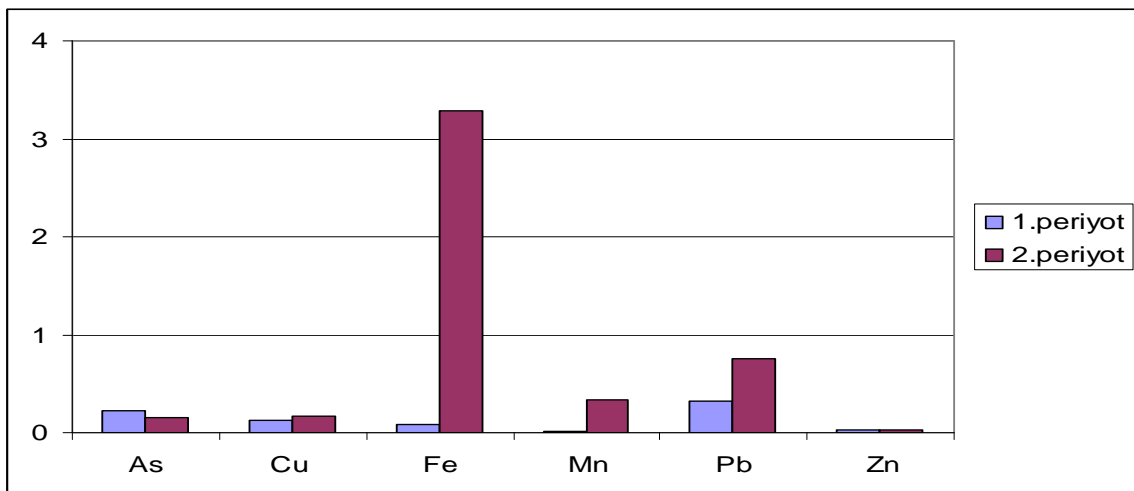
Zenginleşme faktörü yapılırken Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliğindeki değerler kullanılmıştır (Çizelge 3.1). Grafikte görüleceği üzere bahar yani 2. periyotta GS1 b örneği tüm değişkenler bakımında artış göstermiştir. Bu artışa bakıldığında bu örnek ağır metallerin tümünü maksimum seviyede barındırmaktadır. Pınar sularında As 1.5 kat, Cu ve Zn 2 kat, Mn, Fe ortalama 3 kat ve özellikle ikinci periyot örneklerde Pb bakımından 6 kat gibi oldukça yüksek zenginleşme göstermiştir (Şekil 3.10).

Ayrıca kuyu sularından alınan örneklerin zenginleşme faktörü de belirlenerek Şekil 3.11’de gösterilmiştir. Buna göre Cu dışında diğer elementlerin zenginleşme faktörü 1 in üstündedir. Arsenik ve kurşun tehlikeli seviyededir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Kuyu sularının zenginleşme faktörü (µg/l).

Şekil 3.12’de vadiden alınan su örneğinin ilk ve son periyottaki zenginleşme faktörü gösterilmiştir. Yüzeysel su olan bu örnek Fe miktarı bakımından 3,5 kat zenginleşmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Şarлак Deresi’nden alınan GS 8 örneğinin zenginleşme faktörü (µg/l).

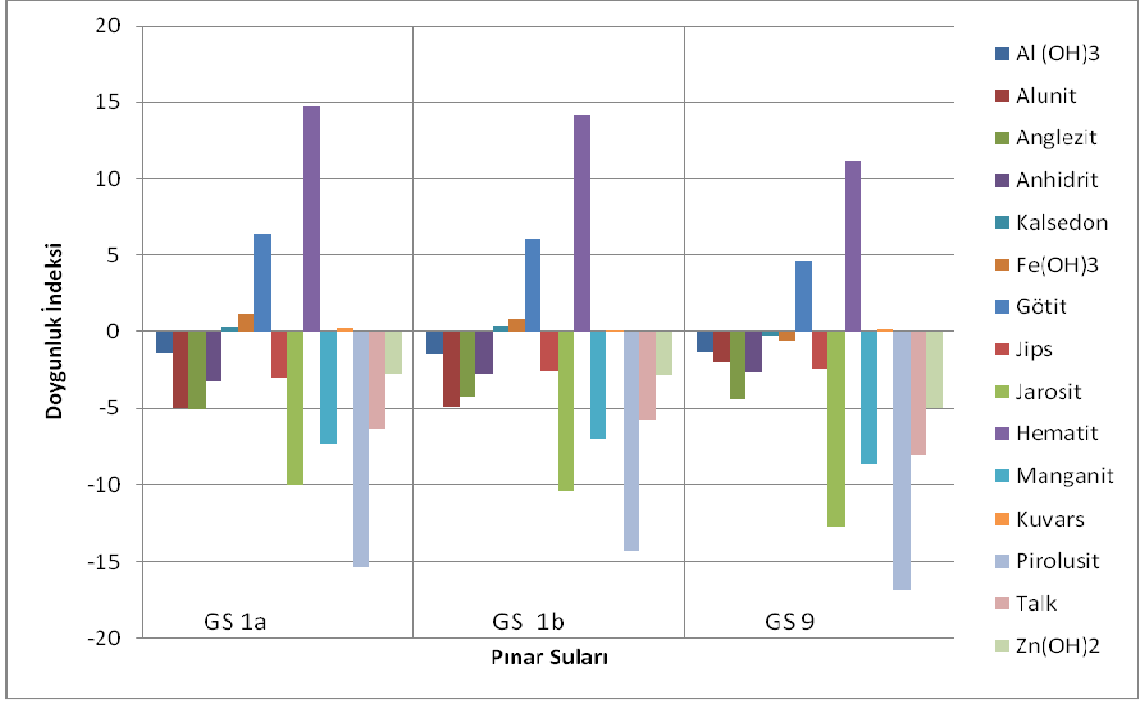
3.4.3 Doygunluk İndekslerinin Hesaplanması

Yer altı suyu dolaşımı sırasında akifer sisteminde meydana gelen tepkimeler suların hidrojeokimyasal ortamı hakkında yorum yapma imkanı sağlamaktadır. Bunun için doygunluk indeksi hazırlamak gereklidir. Doygunluk indeksleri Phreeqc 2.8 programında hesaplanmıştır. Birinci periyot sulara ait doygunluk indeksi aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 3.13). İkinci periyot suların doygunluk indeksi Çizelge 3.14’de verilmiştir.

Çizelge 3.13. Birinci Periyot sulara ait doygunluk indeksi.

Mineral	GS1 a	GS1 b	GS 2	GS 3	GS 4	GS 5	GS 6	GS 7	GS 8	GS 9
Al (OH) ₃	-1,38	-1,48	-0,99	-2,42	0,38	1,14	-0,94	-1,87	-1,79	-1,29
Alunit	-4,97	-4,90	-3,43	-6,49	2,85	-4,50	-3,29	-6,15	-7,10	-2,01
Anglezit	-5,03	-4,23	-3,78	-4,11	-2,31	-4,84	-4,84	-4,88	-4,57	-4,40
Anhidrit	-3,22	-2,82	-2,89	-2,18	-1,92	-3,09	-2,12	-1,79	-2,64	-2,65
Kalsedon	0,29	0,38	-0,11	-0,26	0,18	-0,16	-0,05	-0,16	-0,43	-0,32
Fe(OH) ₃	1,19	0,80	2,41	1,79	1,57	1,07	1,19	1,57	2,21	-0,61
Götüt	6,40	6,11	7,80	7,02	6,89	6,44	6,38	6,82	7,48	4,62
Jips	-2,97	-2,56	2,64	0,44	3,22	1,69	-1,86	0,98	-2,39	-2,39
Jarosit	-10,03	-10,39	-5,25	-6,55	-5,88	-9,98	-9,74	-8,43	-7,61	-12,64
Hematit	14,71	14,16	17,54	15,95	15,72	14,82	14,68	15,57	16,88	11,17
Manganit	-7,36	-7,01	-5,31	-5,44	-6,35	-6,73	-6,26	-6,74	-4,88	-8,67
Kuvars	0,20	0,10	0,36	0,22	0,30	0,32	0,44	0,32	0,06	0,17
Pirolusit	-15,28	-14,32	-12,22	-12,61	-13,86	-13,83	-14,01	-14,15	-11,14	-16,82
Talk	-6,34	-5,82	-2,98	-2,48	5,88	-4,14	-3,37	-3,08	-1,72	-8,06
Zn(OH) ₂	-2,81	-2,87	-3,67	-2,29	-3,18	-3,35	-3,17	-3,62	-2,64	-4,95

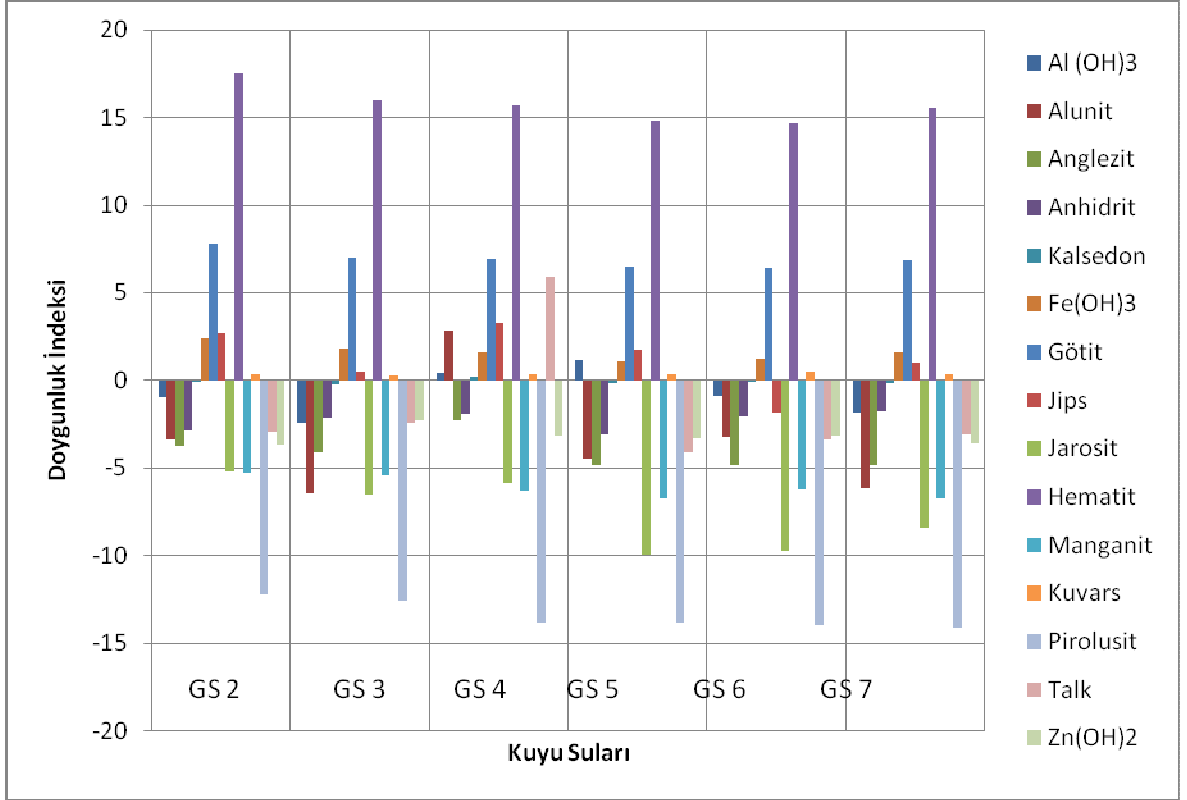
Birinci periyotda alınan pınar sularının doygunluk indeksinin grafiksel değerlendirmesi Şekil 3.13’de gösterilmiştir İlk periyotta sular özellikle hematit bakımından oldukça doygundurlar (Şekil 3.13).



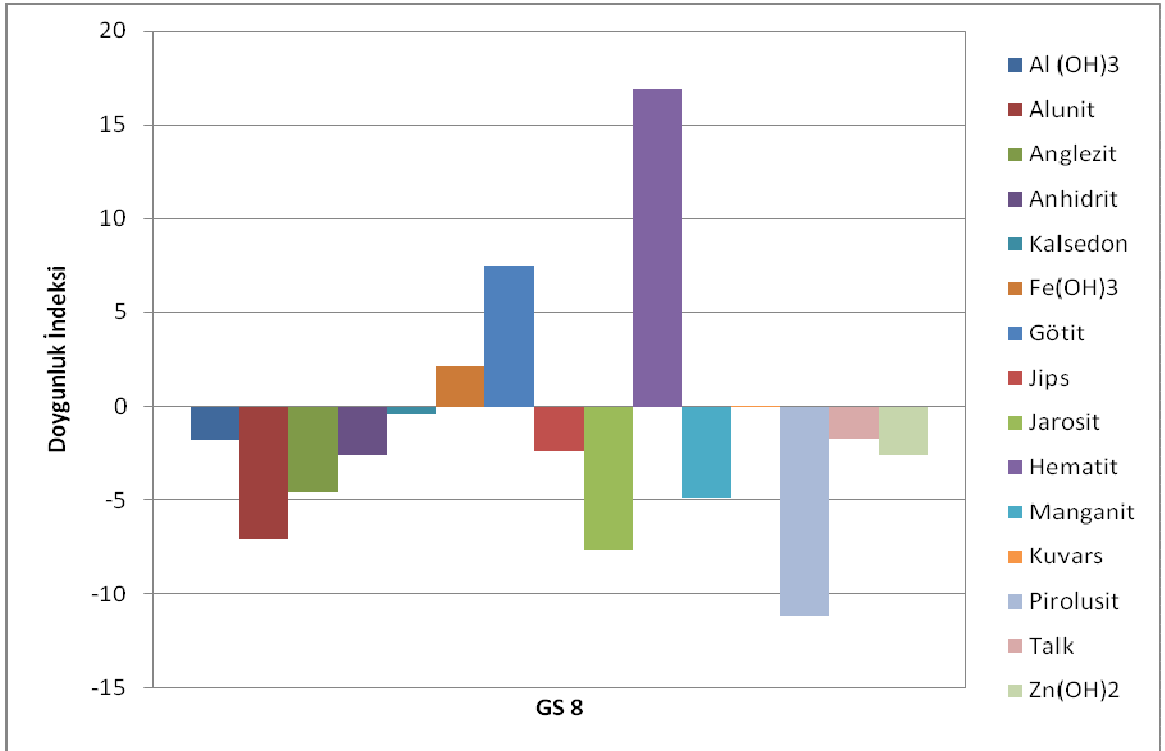
Şekil 3.13. Birinci periyot pınar sularının doğunluk indeksinin grafiksel görünümü.

İlk periyotta alınan kuyu sularının doğunluk indeksinin grafiksel değerlendirmesi Şekil 3.14’de verilmiştir. Bu sular $Fe(OH)_3$, götüt, jips ve özellikle de hematit bakımından doğundurlar (Şekil 3.14).

İlk periyottaki yüzey suyu olan GS 8 örneğinin doğunluk indeksinin grafiksel değerlendirilmesi Şekil 3.15’de verilmiştir. Birinci periyotta alınan yüzey suyu ise $Fe(OH)_3$, götüt ve hematit bakımından doğundur(Şekil 3.15).



Şekil 3.14. İlk periyot kuyu sularının doğunluk indeksinin grafiksel görünümü.

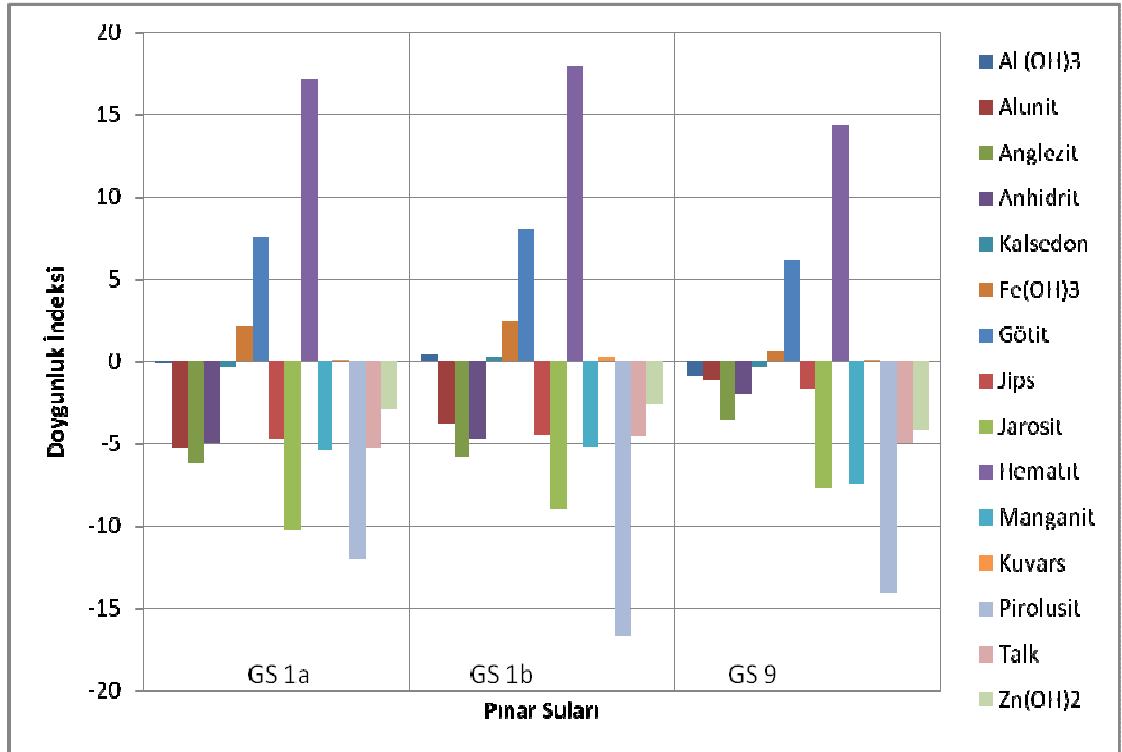


Şekil 3.15. İlk periyotta vadi örneğinin doğunluk indeksinin grafiksel görünümü.

Çizelge 3.14. İkinci Periyot Sular İçin Doygunluk İndeksi.

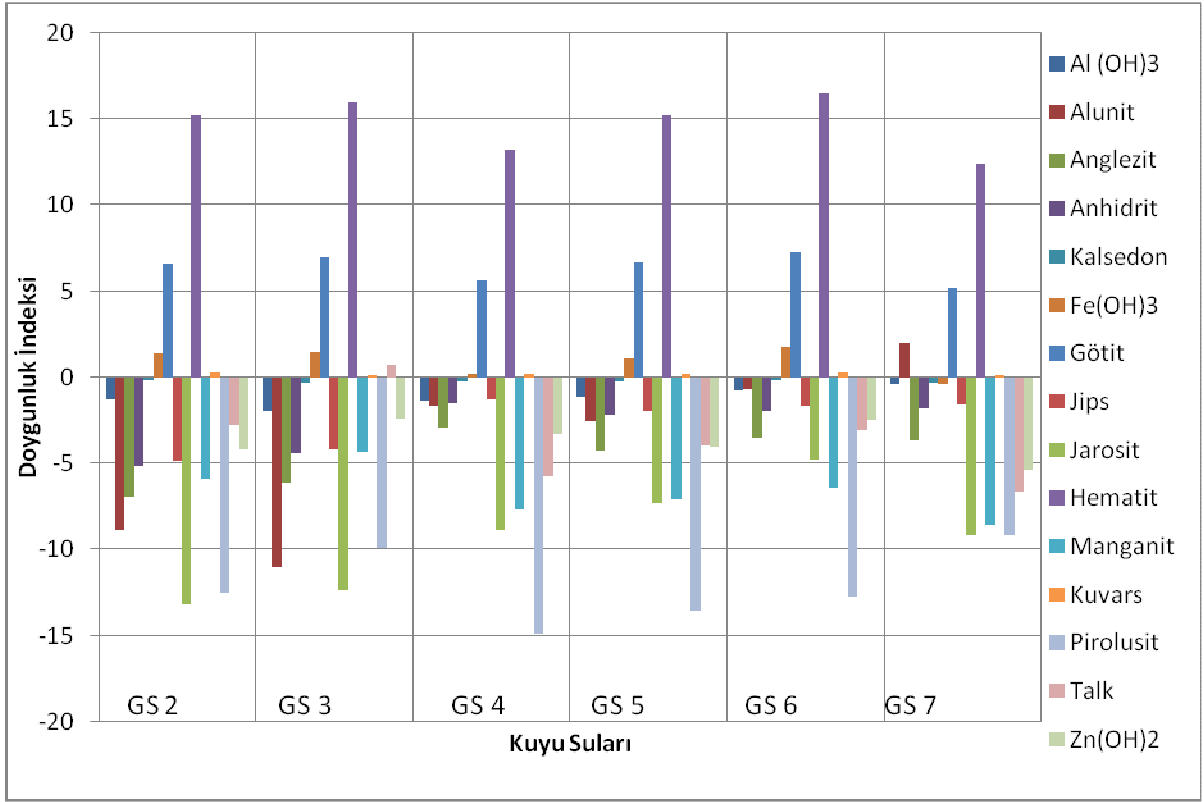
Mineral	GS1 a	GS1 b	GS 2	GS 3	GS 4	GS 5	GS 6	GS 7	GS 8	GS 9
Al (OH) ₃	-0,12	0,39	-1,27	-1,91	-1,35	-1,10	-0,71	-0,38	0,49	-0,99
Alunit	-5,33	-3,81	-8,82	-11,01	-1,62	-2,53	-0,70	2,01	2,65	-1,17
Anglezit	-6,22	-5,79	-6,92	-6,13	-2,87	-4,22	-3,53	-3,68	-3,43	-3,63
Anhidrit	-4,99	-4,71	-5,10	-4,38	-1,52	-2,19	-1,91	-1,82	-2,18	-1,96
Kalsedon	-0,36	0,21	-0,14	-0,31	-0,25	-0,22	-0,18	-0,28	-0,26	-0,35
Fe(OH) ₃	2,1	2,44	1,38	1,47	0,26	1,14	1,75	-0,38	2,39	0,67
Götüt	7,60	7,98	6,65	7,0	5,64	6,66	7,29	5,21	7,92	6,18
Jips	-4,73	-4,46	-4,85	-4,13	-1,27	-1,94	-1,67	-1,57	-1,93	-1,71
Jarosit	-10,25	-9,04	-13,17	-12,31	-8,85	-7,29	-4,73	-9,13	-3,09	-7,71
Hematit	17,15	17,92	15,25	15,95	13,22	15,27	16,54	12,40	17,79	14,31
Manganit	-5,47	-5,24	-5,90	-4,32	-7,69	-7,07	-6,41	-8,56	-6,19	-7,42
Kuvars	0,10	0,25	0,32	0,15	0,22	0,25	0,28	0,18	0,20	0,11
Pirolusit	-12,04	-16,67	-12,46	-9,86	-14,85	-13,51	-12,73	-9,14	-12,72	-14,02
Talk	-5,31	-4,59	-2,78	0,71	-5,74	-3,94	-3,08	-6,64	-4,95	-4,98
Zn(OH) ₂	-2,91	-2,62	-4,19	-2,35	-3,25	-4,04	-2,44	-5,37	-2,35	-4,19

İkinci periyotta sular aynen ilk periyot suları gibi aynı minerallerce doygundurlar. İkinci periyotta pınar sularının doygunluk indeksinin grafiksel değerlendirmesi Şekil 3.16’da gösterilmiştir. Buna göre pınar suları hematit ve götütce doygundurlar.



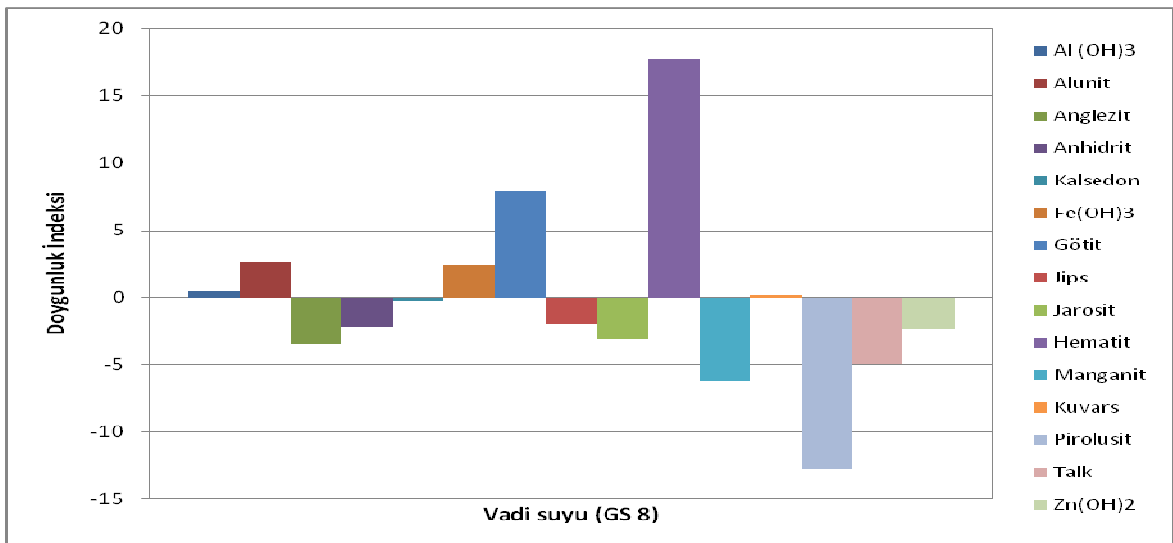
Şekil 3.16. İkinci periyot pınar sularının doygunluk indeksinin grafiksel görünümü.

İkinci periyot kuyu sularının doygunluk indeksinin grafiksel değerlendirilmesi Şekil 3.17’ de gösterilmiştir. Bu kuyu suları alunit, götit, talk ve özellikle de hematitçe doygunlardır.



Şekil 3.17. İkinci periyot kuyu sularının doygunluk indekslerinin grafiksel görünümü.

İkinci periyotta vadiden alınan GS 8 örneğinin doygunluk indeksinin grafiksel değerlendirmesi aşağıdadır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. İkinci periyot vadi suyu örneğinin doygunluk indeksinin grafiksel görünümü.

İkinci periyotta yüzey suları alunit, Fe(OH)_3 , götit ve hematit bakımından doygunlardır (Şekil 3.18). Birinci periyotta alınan sular kış döneminde, ikinci periyotta alınan sular ise yağışın arttığı dönemde alınmıştır. Bundan dolayı iki dönemde alınan sular arasında doygunluk bakımından farklılıklar olabilmektedir. Beslenme alanından gelen yağışlar hem atmosfer hem de süzildükleri yerlerdeki kayaçları da yıkadıkları için çözünen minerallerde farklıdır. Böylece suyun mineral içeriği artar. Bu da suyun çözünürlüğünün azalmasına neden olacaktır. Doygunluk indekslerine göre bütün sular hematit ve götit bakımından doygunlardır.

3.5 Toprak Jeokimyası

3.5.1 Toprak Oluşumu

“Toprak, tortul, metamorfik ve volkanik kayalardan oluşan arz kabuğunun fiziksel ve kimyasal ayrışım olayları sonucunda meydana gelen ve bünyesinde son derece zengin flora ve fauna barındıran, sürekli olarak kimyasal olaylara (iyon alış verişi) sahne olan, bitkilere durak vazifesi gören ve bitkilerin beslenmesini sağlayan ve yer yüzeyini birkaç mm ile birkaç metre arasında saran bir örtü” olarak tarif edilebilir.

Olgun bir toprağın oluşabilmesi için her şeyden önce uzun bir zaman sürecinde ana materyalin çözülmesi, bunun içerisine çeşitli canlıların, bitkilerin yerleşmesi ve yıkanma ve birikme olaylarının meydana gelmesi gereklidir. Yani, bir ayrışma-çözülme ürünü olan toprakta bir taraftan ayrışan elementlerin bir bölümü toprağı terk ederken, diğer yandan özellikle bitki artıklarının humuslaşması ile de toprağı yeni maddeler ilâve olmaktadır. Şöyle ki başta suyun kayalara girmesiyle başlıca oksidasyon, hidroliz ve hidrasyon olayları oluşmaktadır.

Bu kimyasal olaylar neticesinde kayanın bünyesinde bulunan elementler ve mineraller açığa çıkmakta ve bunlar anyonlarla birleşerek toprak çözeltisinde çeşitli bazlar ve bileşikleri oluştururlar.

Çözülme sonucu mineral maddelerin açığa çıkması ile çözülmüş olan kısma toprak canlıları özellikle mikro fauna ve flora yavaş yavaş yerleşmekte ve bunun akabinde ise toprağı bitkiler yerleşerek büyümeye başlamakta ve bu suretle, bir taraftan bitki köklerinin etkisi ile ayrışma olayları gittikçe ilerlemekte, diğer taraftan da bitki artıklarının toprak yüzeyine intikal etmesi ve bunun ayrışması sonucu toprak besin maddeleri yönünden zenginleşmektedir. Bu ise toprak canlılarının süratli şekilde çoğalmasına ve bitki örtüsünün gittikçe artan bir oranda çözülmüş olan katta tutunmasına neden olmaktadır.

Bu olaylar yanında çözülmüş olan üst zondan yıkanan maddelerin alt kısmında birikmesi, fiziksel yönden toprak dahilinde meydana gelen taşınmalar, çözülmüş olan zonun horizonlaşmasına neden olmakta ve sonuçta farklı katlar içeren toprak oluşmaktadır. İşte yerkabuğunun çözülen yüzey kısmında toprağın meydana gelebilmesi için; başlangıçta çeşitli kimyasal, ayrışma-çözülme olayların oluşması, yani ayrışma ile maddelerin hal değiştirmesi ve nihayet uzun bir zaman sürecinde çözülen zonun üstünde yıkanma ve altında ise yüzeyden yıkanan maddelerin birikerek ayrışmış zonun horizonlaşması

gerekmektedir. Ağır metallerin toprak ortamındaki sınır değerleri aşağıdadır (Çizelge 3.15).

Çizelge 3.15. Topraklardaki Ağır Metallerin sınır değerleri (Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre).

Ağır Metal	Sınır Değer (mg/kg)
Arsenik (As)	20
Kadmiyum (Cd)	3
Kobalt (Co)	20
Kurşun (Pb)	100
Krom (Cr)	100
Bakır (Cu)	100
Nikel (Ni)	50
Civa (Hg)	2
Çinko (Zn)	300
Molibden (Mo)	10
Selenyum (Se)	3
Vanadyum (V)	50

3.5.2 Ayrışma Olayları

Topraklar yer kabuğunun bir ayrışma ürünü olduğuna göre ayrışma-çözülme olayları hakkında kısaca açıklama yapmak gerekir. Yer kabuğundaki çoğu kayalar ve tortullar, birkaç metre kalınlıkta ve derinlikte fiziksel, kimyasal ve biyolojik yönden ayrışmaya uğrarlar. Ancak farklı tipte olan ayrışma olayları, birbirleri ile son derece ilişkili olup tek başına fiziksel veya kimyasal ayrışma olmamaktadır. Bununla beraber hakim olan ayrıştırma amiline göre ayrışma iki ana gruba ayrılabilir.

3.5.2.1 Fiziksel veya Mekanik Ayrışma

Bu olay,

a-Kristalleşme

b-Sıcaklık değişmeleri

c-Islanma ve kuruma

d-Ayrışma sonucu kütlelerin üzerindeki yükün kalkması, yani basıncın azalması ile meydana gelmektedir.

Yukarda ana hatları ile açıklanan bu olaylar sonucu kayaların yapısındaki minerallerde önemli, esaslı bir değişme olmaksızın kayaların parçalanması, ufalanması meydana gelmektedir. Özellikle kayaların çatlaklar boyunca parçalanması, soğan zarları gibi soyulması (eksfoliasyon) kaya yüzeyi genişlemektedir. Bu ise hem fiziksel hem de kimyasal yönden ayrışmanın ilerlemesine imkân vermektedir.

3.5.2.2 Kimyasal Ayrışma

Bu ayrışma olayı ise,

a-Hidrasyon ve hidroliz,

b-Oksidasyon ve redüksiyon

c-Erime ve karbonasyon

d-Kilasyon,

e-Biyolojik-kimyasal değişmeler (organik ayrışma) ile meydana gelmektedir.

Kimyasal ayrışma ise, kayaların bileşimindeki minerallerin parçalara ayrılma ve ayrışmasını içermektedir. Böylece, kayaların kimyasal bileşiminde değişme meydana gelmektedir.

3.5.3 Toprak Profiline Gelişimi

Ana kaya veya ana materyal üzerinde uzanan toprak katına toprak profili denir. Herhangi bir toprak profiline bakıldığında yüzeyden alta doğru toprağın renk, yapı bünye gibi fiziksel özellikleri ile asitlik, besin kapasitesi vs. gibi kimyasal özelliklerinin değişik olduğu gözlenir. Genel bir toprak profiline yapısı aşağıdaki gibidir (Şekil 3.19).

BİR TOPRAK PROFİLİ VE BAŞLICA HORIZONLARIN ŞEMATİK GÖSTERİLİŞİ



Şekil 3.19 Örnek bir toprak profili.

3.5.3.1 O Horizonu

Organik maddeyi kapsayan üst horizon olup burada çeşitli derecede ayrılmış organik madde ve humus yer almaktadır. Bu horizon sadece nemli soğuk bölgelerdeki topraklarda bitkilerden dökülen organik artıkları yeterince ayrışmamasından veya birikmesinden dolayı oluşur. Sıcak nemli bölgelerde dökülen organik madde kısa süre içerisinde ayrıştığından organik horizon bulunmamaktadır.

3.5.3.2 A Horizonu

Mineral toprak tabakasının en üst kısmında bulunmakta olup, organik maddenin karıştığı ve bu nedenle de genellikle koyu renkli olduğu yıkanma horizonudur. Yıkanmaya bağlı olarak bu hor, zondan kil gibi ince unsurlu maddeler ile bitki besin maddelerinin bir kısmı taşınmıştır. Organik maddenin etkisinden dolayı bu horizon genellikle taneli yapı göstermektedir. Soğuk nemli bölgelerde bu horizon aşırı derece yıkanmaya uğradığı için genellikle boz renkli ve silis bakımından zengindir. Yarı kurak nemli bölgelerde koyu renklidir.

Bu horizon A1, A2, ve A3 ile ifade edilen çeşitli alt horizonlara ayrılmaktadır. A1; organik maddenin en fazla olduğu horizondur. A2; yıkanmanın en fazla olduğu ve dolayısıyla A horizonunun özelliğini tam manasıyla yansıtan alt kattır. A3 ise A horizonu ile B horizonu arasındaki geçiş horizonudur.

3.5.3.3 B Horizonu

A horizonundan yıkanan alkali maddelerin ve killer ile çeşitli oksitlerin biriktiği horizondur. Bu nedenle B horizonu genellikle açık renklidir, kil birikiminden dolayı da ağır bünyeli olup blok ve kaba yapı göstermektedir.

Yarı kurak bölgelerde bu horizonun altında beyaz renkli olan kireç lekeleri veya kireç çiçekleri yer almaktadır. A horizonuna nazaran asitliği düşüktür. Bu horizonda kendi içinde B1, B2 ve B3 ile gösterilen üç alt horizona ayrılmıştır. B1 kısmı; A ve B horizonları arasında geçiş horizondur. B2; birikmenin hakim olduğu horizondur. B3 ise B ve C horizonları arasında geçiş kısmıdır.

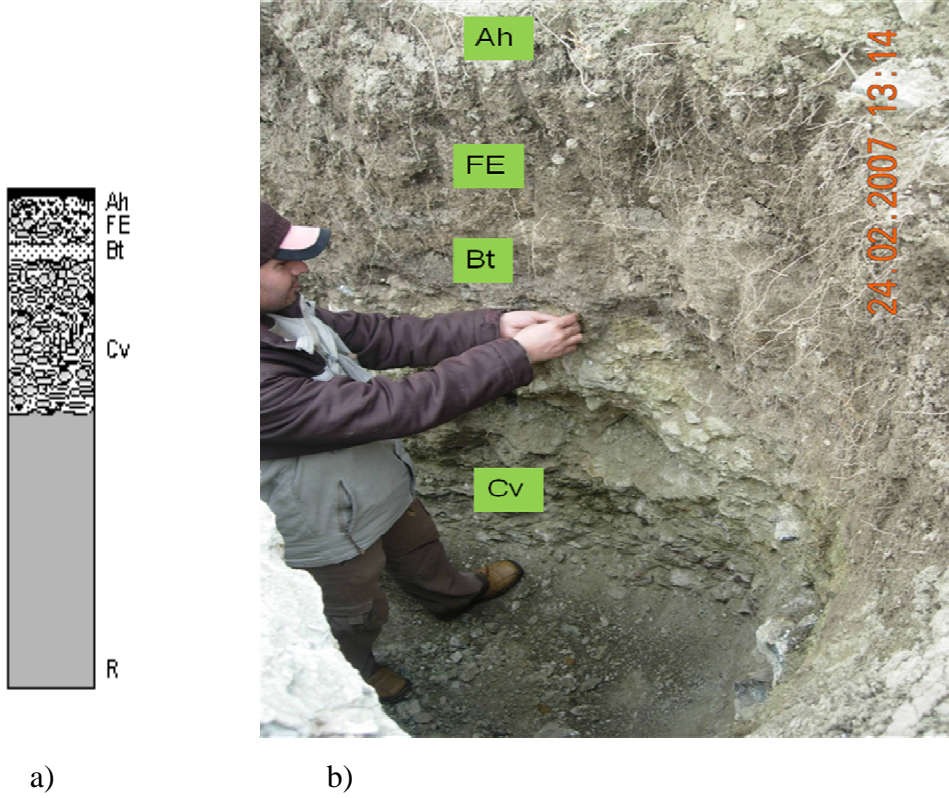
3.5.3.4 C Horizonu

Ana materyalin ayrışmasından meydana gelmiş olup ana materyalin özelliğini sıkı şekilde yansıtmaktadır. Bu horizon yumuşak ana materyaller üzerinde birkaç cm ve daha fazla kalınlıkta iken sert kayalar üzerinde son derece sığdır.

3.5.4 Çalışma Alanında Gelişen Toprak Profiline Özellikleri

Bölgedeki toprak profili genel bir toprak profili yapısına büyük benzerlik göstermektedir. Bölgede toprak profilindeki A horizonu taneli yapı göstermektedir. Bunu organik materyalin yıkanmasına bağlamak mümkündür. Çalışma alanı yarı kurak bir bölge olmasından dolayı bu horizon koyu renkli gözlenmektedir.

B horizonu birikme kısmıdır. Üst katmandan yıkanan alkali maddeler bu zonda birikmişlerdir. Rengi A horizonuna göre açıktır. C zonu genellikle alttaki R zonu özelliği göstermektedir. R zonu bölgede genellikle serpantinitten oluşmaktadır. Aşağıda çalışma alanında gelişmiş toprak profili gösterilmiştir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. a) Bölgedeki toprak profilinin genel kesiti b) Çalışma alanında açılan profil.

Ah: Humus içerikli zon

FE: Eğimli arazilerde konglemera ve ince toprak karışık halde akarak gelmiş ve birikmiştir.

Bt: Ayrışma sonucu Al-Fe-Mn gibi oksitlerin toplandığı birikme zonu

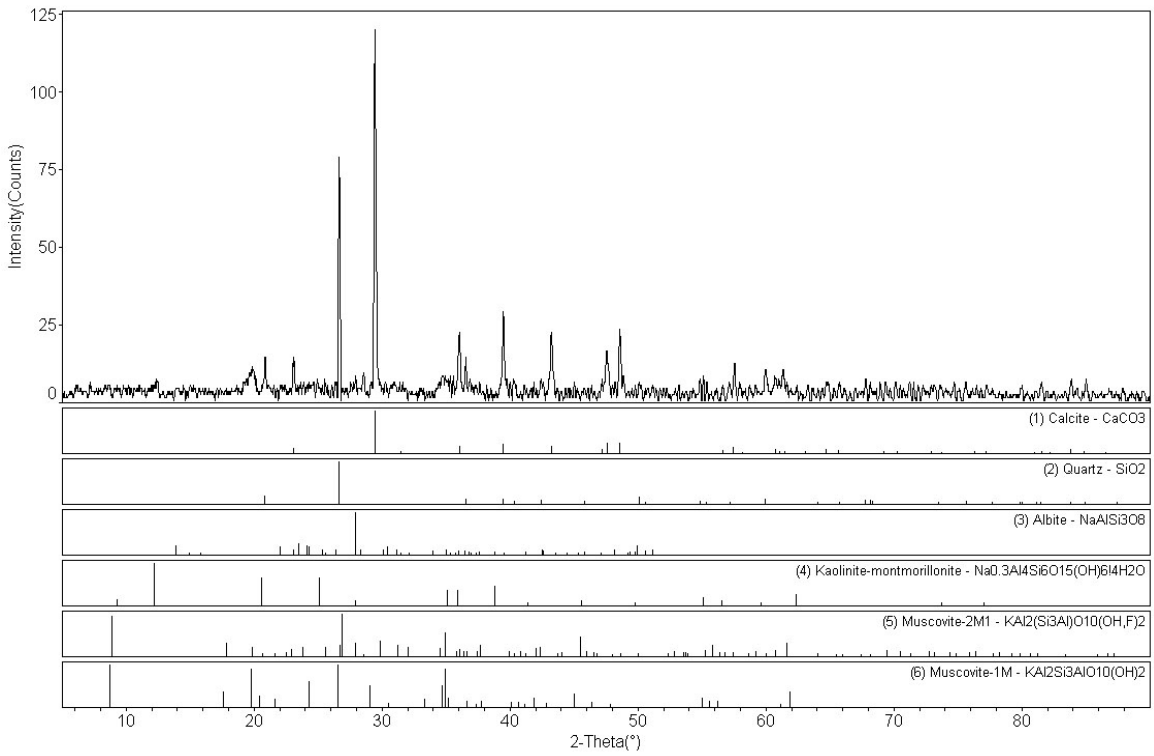
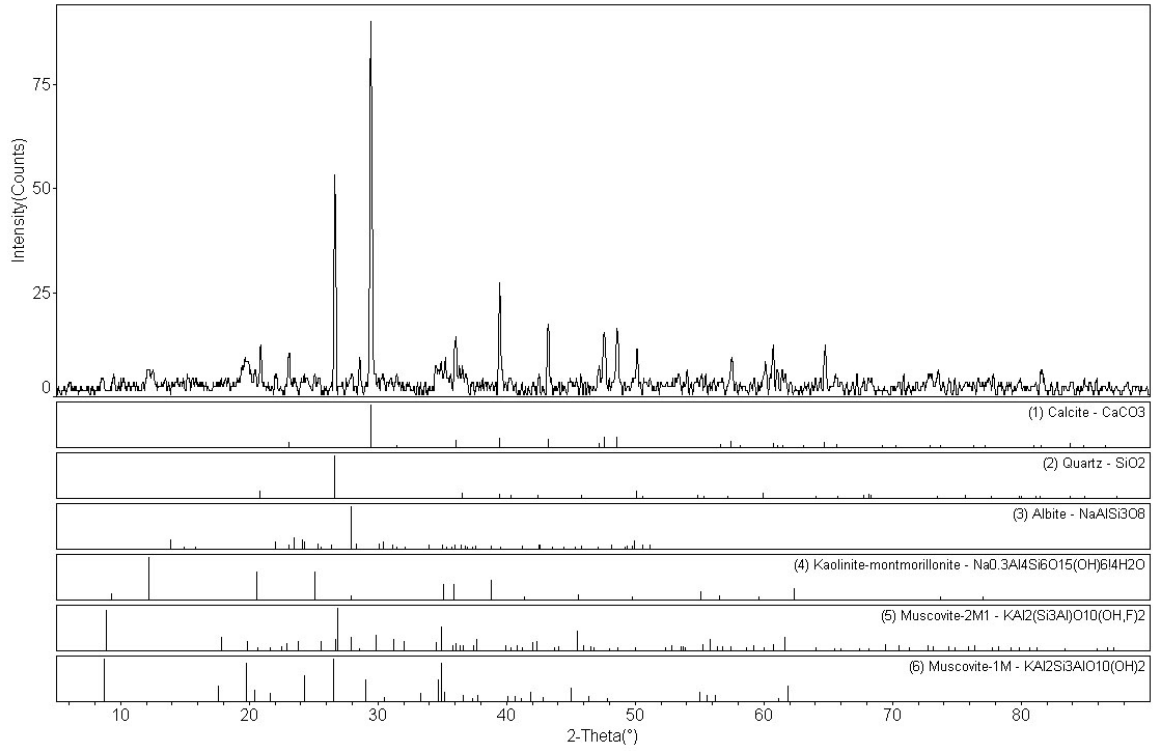
Cv: Ayrışmış ana kaya

R: Anakaya

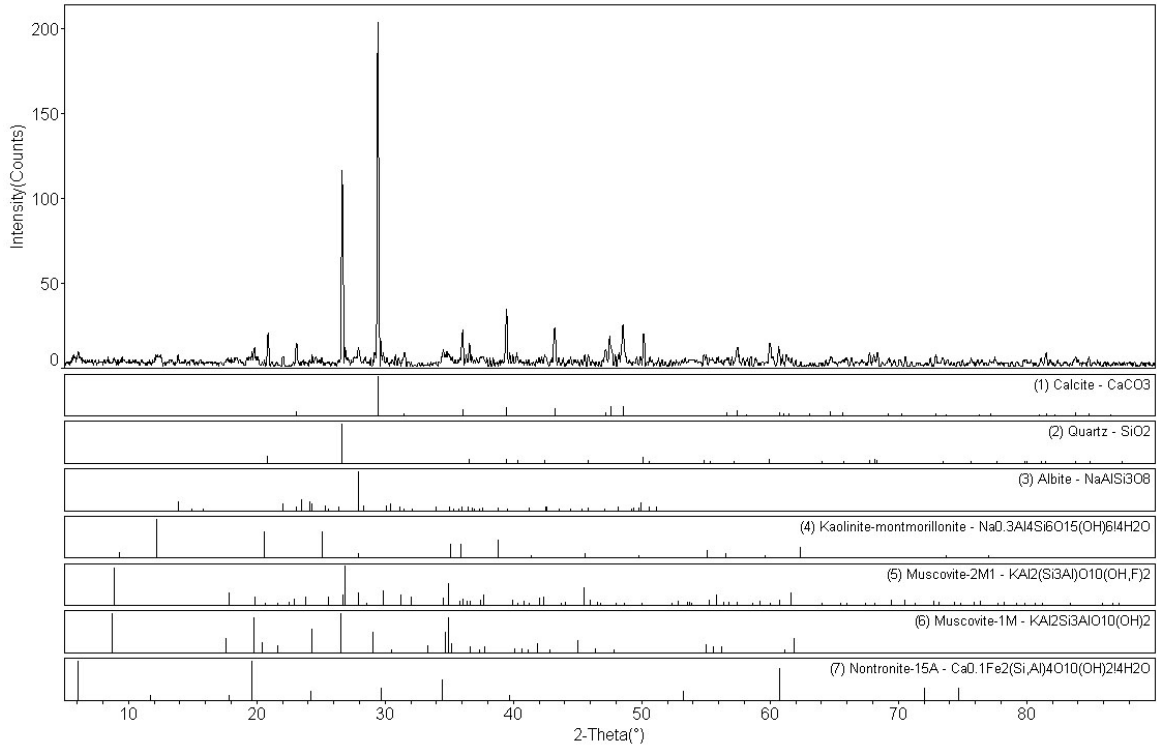
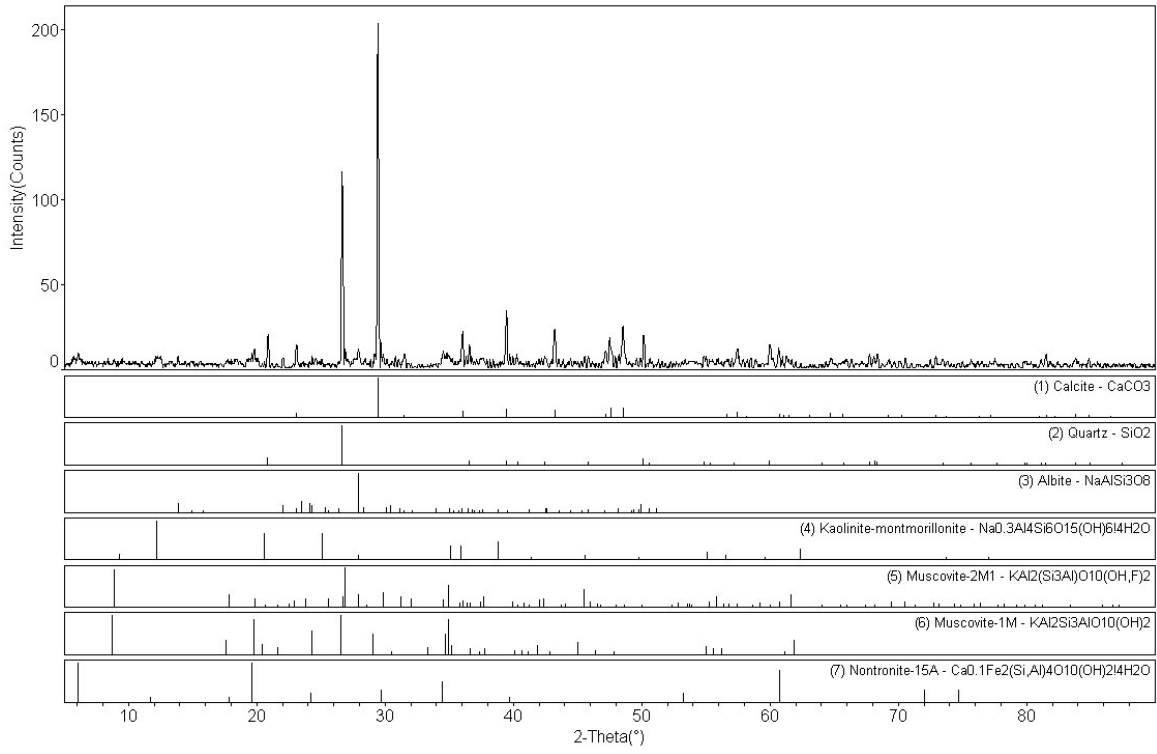
3.5.5 İnceleme Alanındaki Toprakların Mineralojisi ve Jeokimyası

3.5.5.1 Profil Örnekleri

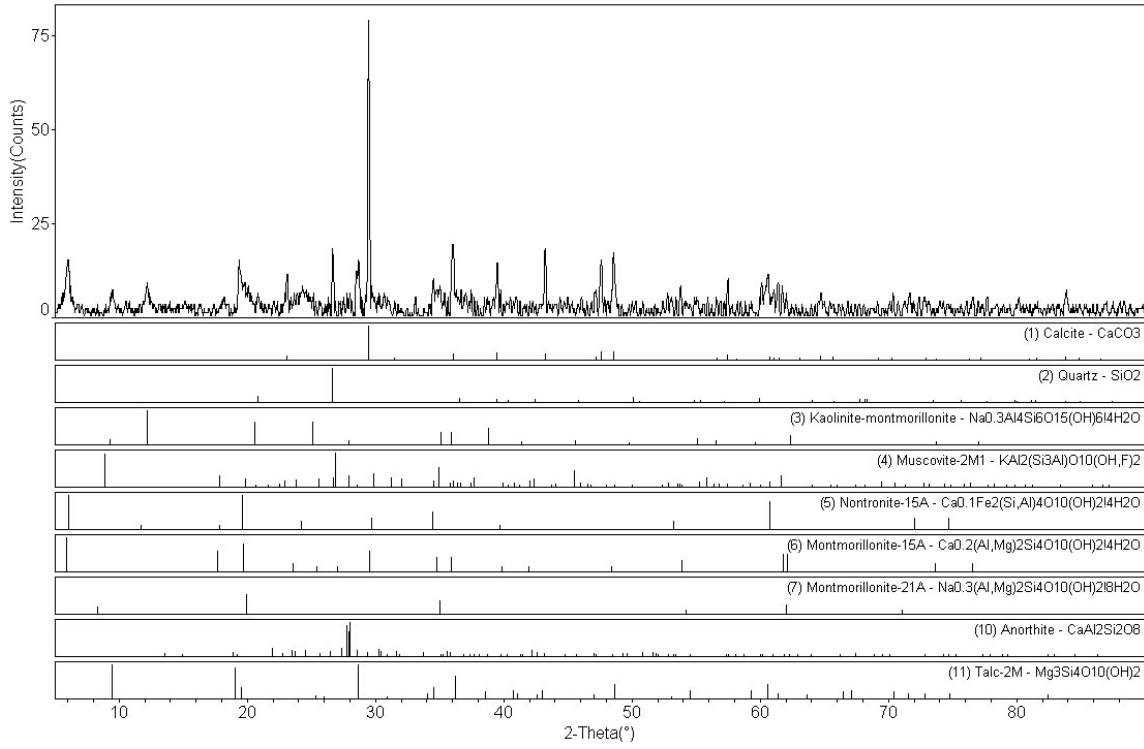
İnceleme alanında kirlenmenin az olduğu düşünülen kesimde açılan araştırma çukurundan alınan 5 adet örnek mineralojilerinin incelenmesi için XRD analizine tabii tutulmuştur. Profile ait XRD difraktomları Şekil 3.21, Şekil 3.22 ve Şekil 3.23'de verilmiştir.



Şekil 3.21. Toprak profiline ait XRD difraktomları (yüzeyden tabana doğru ilk iki örnek).



Şekil 3.22. Toprak profiline ait XRD difraktomları (yüzeyden tabana doğru 3. ve 4. örnekler).



Şekil 3.23. Toprak profiline ait XRD difraktomları (tabandan alınan örnek).

XRD difraktomlarına göre profilde yüzeyden taban doğru fazla mineraloji değişim yoktur. Ancak yüzeyden alınan örneklerde kalsit, kuvars, albit, montmorillonit mineralleri gözlenirken tabana doğru nontronite, anortit ve talk minerallerine rastlanmıştır.

Çizelge 3.16. Toprak profiline ait ana oksit içerikleri (%).

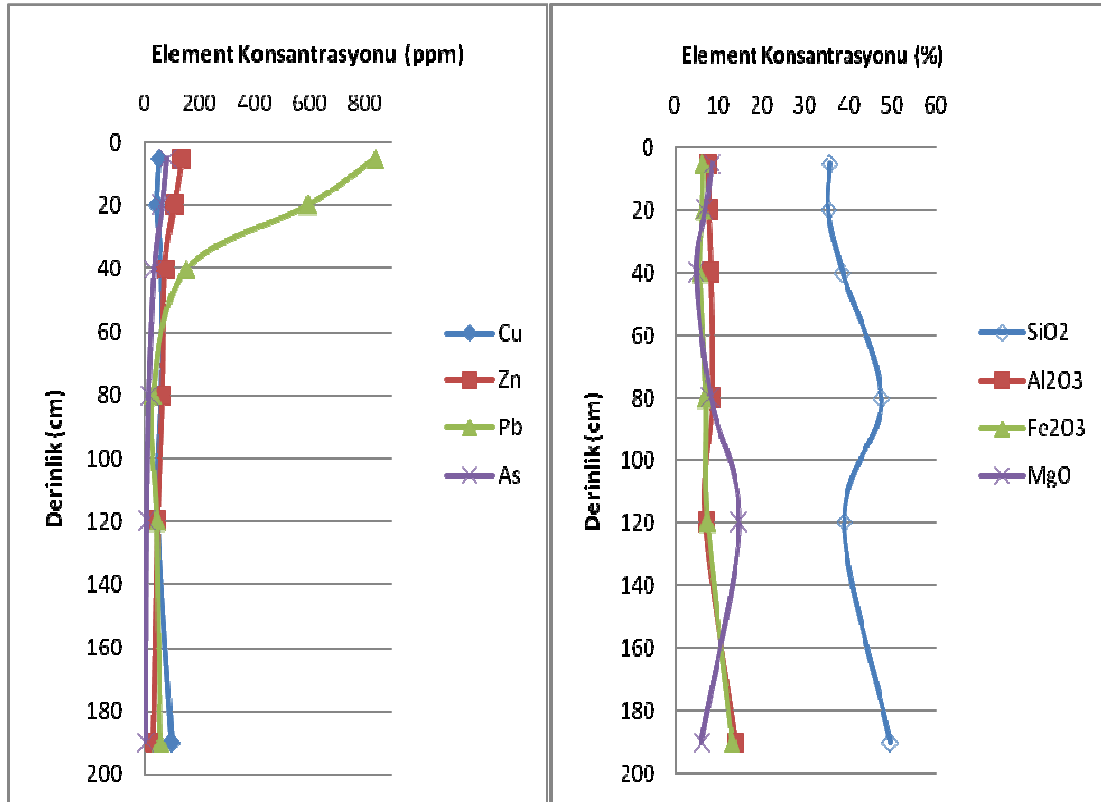
Örnek	Element										
	% SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃
A1	35,69	7,7	6,51	8,52	16,88	0,63	0,94	0,5	0,29	0,12	0,161
A2	35,26	7,79	6,32	6,99	17,15	0,61	0,9	0,54	0,23	0,11	0,136
A3	38,64	8,36	5,69	4,87	18,25	0,62	1,49	0,46	0,16	0,14	0,046
A4	47,51	8,52	6,99	8,21	10,23	1,04	1,19	0,48	0,12	0,12	0,116
A5	38,97	7,06	7,46	14,71	11,46	0,46	0,44	0,54	0,1	0,14	0,154
A6	49,51	13,84	13,12	6,1	7,98	4,43	0,23	1,82	0,14	0,22	0,035

Çizelge 3.17. Toprak profiline ait iz element konsantrasyonları (ppm).

Örnek	Element												
	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Mo	Ni	Sb	Bi	Ag	Hg	Se	Co
A1	54,1	839,5	136	1	83,7	3,2	480,8	1,4	1,7	1,9	0,14	0,5	48,2
A2	47,2	593,9	109	0,8	65,2	1,8	446,2	1,6	1,6	1,4	0,06	0,5	48,1
A3	62,8	153,6	75	0,8	37	1,6	301,9	1,1	0,5	0,4	0,03	0,5	41,8
A4	62,9	30,9	66	0,1	17,9	8,2	403,8	0,1	0,2	<0,1	0,02	<0,5	51,9
A5	48,8	46,9	49	0,1	8,4	0,5	558,8	<0,1	0,2	0,1	0,02	<0,5	57,9
A6	99,3	59	33	0,2	5,3	21	150,2	0,4	<0,1	<0,1	<0,01	<0,5	<0,5

Çizelge 3.17’de görüldüğü gibi kurşun, çinko, bakır ve arsenik seviyesi toprak profilinin ilk 60-70 cm seviyelerinde oldukça fazladır. Profilin tamamında ise nikel ve kobalt miktarı normal değerlerin üstünde seyretmektedir. Gümüş miktarı ise yüzeye yakın seviyelerde fazladır.

Toprak profilindeki elementlerin düşey yönde dağılımını anlatmak için aşağıdaki grafikler yapılmıştır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Toprak profilindeki elementlerin düşey dağılımı.

Grafikten anlaşıldığı üzere (Şekil 3.24) kurşun derişimi derinlikle azalmaktadır. Arsenik, bakır ve Çinko derişimi ise birlikte hareket ederek sabit kalmaktadırlar. Silisyum içeriği 40 ile 60 cm civarında artmaktadır. MgO içeriği ise 80-100 cm civarında artış göstermektedir. Alüminyum ve demir oksitler karalı bir davranış sergilemektedir.

3.5.5.2 Toprak Örnekleri

Çalışma alanındaki topraklarda Fe'in büyük oranda pirit, pirotin, kalkopirit ve markezitten ve az orandada sfaleritten kaynaklandığı (Temur, 1989) tarafından belirtilmiştir. Bölge topraklarında genel olarak pirit, kalkopirit galenit bulunmaktadır (Mat, 2003). Bölgedeki topraklarında 28 adet örnek alınıp analiz edilmiştir. Bölge topraklarının element konsantrasyonları Çizelge 3.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.18. Bölgedeki topraklara ait ana element konsantrasyonları (ppm).

Örnek	Element							
	Al	Ca	Mg	Na	K	Fe	P	S
GT-1	32200	100400	12400	70	2000	42400	250	<100
GT-2	13700	46500	14600	40	700	22800	330	100
GT-3	21600	166600	17400	70	2200	34400	890	200
GT-4	23700	106500	34200	80	3200	37700	1060	500
GT-5	21900	83200	48400	120	3000	45100	2110	400
GT-6	22800	112400	29400	130	3500	47200	1710	800
GT-7	15600	78500	18000	330	3500	122000	2310	4300
GT-8	29800	82300	25800	110	3900	49600	2390	400
GT-9	28100	83500	45000	110	2300	49900	1330	<100
GT-10	21400	108300	26000	210	3100	71600	2470	1200
GT-11	34600	105600	27600	100	3100	44800	410	100
GT-12	19900	153300	26700	150	2700	55400	1250	600
GT-13	22900	139100	27700	80	2000	42900	670	<100
GT-14	25000	106100	32200	130	3800	45700	2190	300
GT-15	27500	82900	28400	130	3700	49400	1660	400
GT-16	27300	47600	38500	90	4600	47900	1950	200
GT-17	16000	140500	97200	140	1600	23700	90	<100
GT-18	27000	88500	40000	80	3100	42200	740	<100
GT-19	27400	111000	25500	90	3200	42400	890	<100
GT-20	27400	129500	20900	70	2000	34400	110	<100
GT-21	29800	85600	36000	90	2200	44000	430	<100
GT-22	32800	77600	29000	100	3300	45500	790	<100
GT-23	19300	218500	11700	70	1600	24500	240	<100
GT-24	10600	231800	36400	50	400	26700	120	<100
GT-25	15800	210600	22100	80	1100	24700	220	<100
GT-26	24700	101300	29800	150	2400	41200	600	<100
GT-27	29800	134400	25500	90	2200	38800	430	<100
GT-28	33200	80000	30900	110	2300	44000	330	<100

Çizelge 3.19. Bölgedeki topraklara ait iz element analiz sonuçları (Ag ve Hg ppb, diğer elementler ppm cinsindedir).

Örnek	Element																
	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Co	Mo	Ni	Mn	U	Th	Sr	Sb	Bi	Ba	Ag	Hg
GT-1	36,62	201,34	77,5	0,6	34,9	39,1	930	327,1	930	0,5	4,7	104,8	1,46	0,44	107,8	492	31
GT-2	33,04	663,63	123,5	1,2	140,4	21,6	466	185,8	466	0,2	0,8	69	6,2	1,06	27,6	2197	65
GT-3	46,75	1414,19	181	3,26	176,1	38,9	751	599,8	751	0,5	1,2	219,1	6,98	2,36	51,7	2264	78
GT-4	71,01	3084,95	196,1	2,12	228,5	47	955	584,1	955	0,4	1,1	169,9	12,6	5,19	40,1	4235	55
GT-5	162,35	9503,72	773,2	4,16	1143,3	43,6	980	497,7	980	1,3	1,1	164,4	65,54	16,63	40,1	15835	194
GT-6	170,2	9028,33	1078,9	7,06	1605,1	39,7	1070	466,8	1070	1,7	1,8	218,9	65,44	15,22	63,6	22156	348
GT-7	1093,63	10000	7938,6	27,53	>10000	26,6	2030	394,2	2030	10	1,7	162,8	559,81	63,43	85,8	86466	1100
GT-8	126,7	5258,54	737,5	4,13	743,6	42	1085	416,8	1085	1,1	2,6	177,7	31,23	7,99	91,2	12664	231
GT-9	83,08	2052,49	229,6	1,42	227,2	55,9	1023	676,6	1023	0,6	2,1	177,5	7,31	2,98	72,4	4597	151
GT-10	503,39	>10000	2915,1	13,04	4143,5	37,3	1445	474,5	1445	3,3	1,8	246,1	159,79	26,66	84,2	33308	432
GT-11	53,46	576,79	158,3	0,79	148,8	47,7	1231	441,7	1231	0,6	4,1	249,3	5,56	0,86	108,8	1117	12
GT-12	356,5	>10000	2347,6	6,68	2653,4	34,8	1019	354	1019	3,3	1,4	348,9	151,24	19,1	45,4	23989	55
GT-13	72,23	1415,55	309,5	1,05	416,2	43,8	961	368,3	961	0,7	1	212,7	19,5	1,41	46,4	2083	22
GT-14	203,25	9915,38	1201,9	10,98	1446	41,3	1031	485,7	1031	1,3	2,1	205,1	47,98	12,62	92,6	15428	291
GT-15	212,74	9613,37	1199,4	9,35	1342,7	43,1	1124	512,1	1124	1,3	2,1	143,8	43,4	14,48	75,5	18179	163
GT-16	134,93	5427,79	763,1	5,5	617,4	47,9	1081	554,5	1081	0,7	1,9	101	27,64	8,64	71	11615	207
GT-17	17,21	17,68	23,8	0,06	4	50	1163	597,2	1163	0,5	0,4	296,9	0,25	0,04	20,4	34	<5
GT-18	55,93	889,43	161	1,23	186,1	47,6	984	584,6	984	0,5	1,8	149	10,13	1,07	59,5	1545	22
GT-19	103,94	4703,82	599,1	6,36	674,3	37,8	1098	380,5	1098	0,6	2,3	200,2	24,33	6,95	90,6	9435	142
GT-20	32,33	102,68	51,5	0,31	57,2	34	768	321,9	768	0,3	3,1	162,2	1,4	0,24	98,5	221	14
GT-21	47,56	395,87	92,5	0,58	41,6	48,9	945	585,2	945	0,3	2	107,6	0,91	0,51	63	726	28
GT-22	83,06	2228,75	341,7	3,05	260,7	47	981	472,7	981	0,5	3,3	129,8	9,38	3,56	90,8	4852	65
GT-23	29,15	608,8	94,9	0,86	174,6	22	506	232,4	506	0,5	2,6	230,6	6,68	0,78	66,6	965	15
GT-24	22,07	64,79	24,5	0,18	28,2	41,5	480	570,3	480	0,2	0,4	149,8	1,73	0,09	34,1	122	11
GT-25	23,52	186,54	46,6	0,47	42,6	24,2	528	301,7	528	0,4	1,3	209,8	1,93	0,22	39,6	240	35
GT-26	88,82	3287,41	477,2	3,65	461	41,3	974	426,9	974	0,7	2	157	16,04	3,91	70,7	4637	60
GT-27	47,13	733,32	139	1,18	71,5	36,1	881	350,2	881	0,4	2,5	187,8	2,61	1,09	101,7	1355	26
GT-28	48,31	774,65	140,2	1,19	75,5	41,2	909	415,1	909	0,3	2,7	157,3	2,9	1,09	99,4	1620	31

3.5.6 İstatistiksel Değerlendirme ve Elementlerin Yatay Dağılımı

Asit maden drenajında ve genel toprak jeokimyası çalışmalarında önemli olan Cu, Pb, Zn, As, Co ve Mn gibi elementler için temel istatistikler hesaplanmıştır (Çizelge 3.20). Ayrıca verilerin korelasyonu yapılmış, (Çizelge 3.21) yatay dağılım haritaları ve zenginleşme faktörü haritaları çizilmiştir.

Zenginleşme faktörü hesaplanırken 2001 yılında yürürlüğe giren Toprak Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği'ndeki değerler kullanılmıştır.

$$\text{Zenginleşme Faktörü} = \frac{\text{Örnekteki Element Konsantrasyonu}}{\text{Standart Element Konsantrasyonu}}$$

Toprak örneklerin en yüksek konsantrasyon Fe değerinde gözlenmiştir. Cu ortalaması standartlarda 100 ppm iken çalışma alanındaki topraklarda ortalama olarak 138,38 ppm olarak ölçülmüştür.

As miktarı 9737 ppm ortalama ile normal değerlerin oldukça üstündedir. en düşük standart sapma Co miktarlarında gözlenmiştir.

Zn ortalaması da 300 ppm olan normal değerlerin yaklaşık 2,5 katı bir değer vermiştir.

Çizelge 3.20. Bazı önemli elementlerin bölge topraklarındaki temel istatistikleri (ppm).

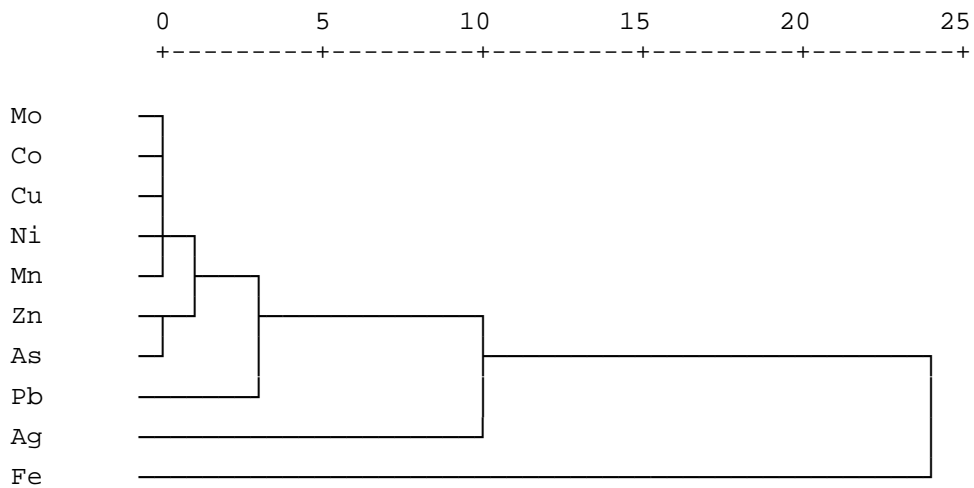
	Numune S.	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Ag	29	1,9	86466	9737,20	17128,13
As	29	4,0	10000	938,90	1968,80
Co	29	21,6	55,90	40,35	8,46
Cu	29	17,2	1093,63	138,38	212,44
Fe	29	22800,0	122000	45034,50	18612,30
Mn	29	466,0	2030	986,20	304,30
Mo	29	0,810	80,20	8,92	15,25
Ni	29	185,8	676,60	450,32	118,37
Pb	29	17,7	10000	3551,35	3843,28
Zn	29	23,8	7938,60	777,89	1539,12

Çizelge 3.21. Bölge topraklarındaki bazı elementlere ait korelasyon matrisi.

	Ag	As	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
Ag	1									
As	0,988	1								
Co	-0,281	-0,318	1							
Cu	0,987	0,996	-0,277	1						
Fe	0,879	0,885	0,001	0,901	1					
Mn	0,769	0,762	0,244	0,781	0,888	1				
Mo	0,974	0,988	-0,279	0,986	0,887	0,770	1			
Ni	-0,043	-0,078	0,824	-0,049	0,086	0,251	-0,033	1		
Pb	0,732	0,656	-0,067	0,683	0,583	0,560	0,617	0,078	1	
Zn	0,987	0,997	-0,308	0,996	0,891	0,766	0,987	-0,077	0,653	1

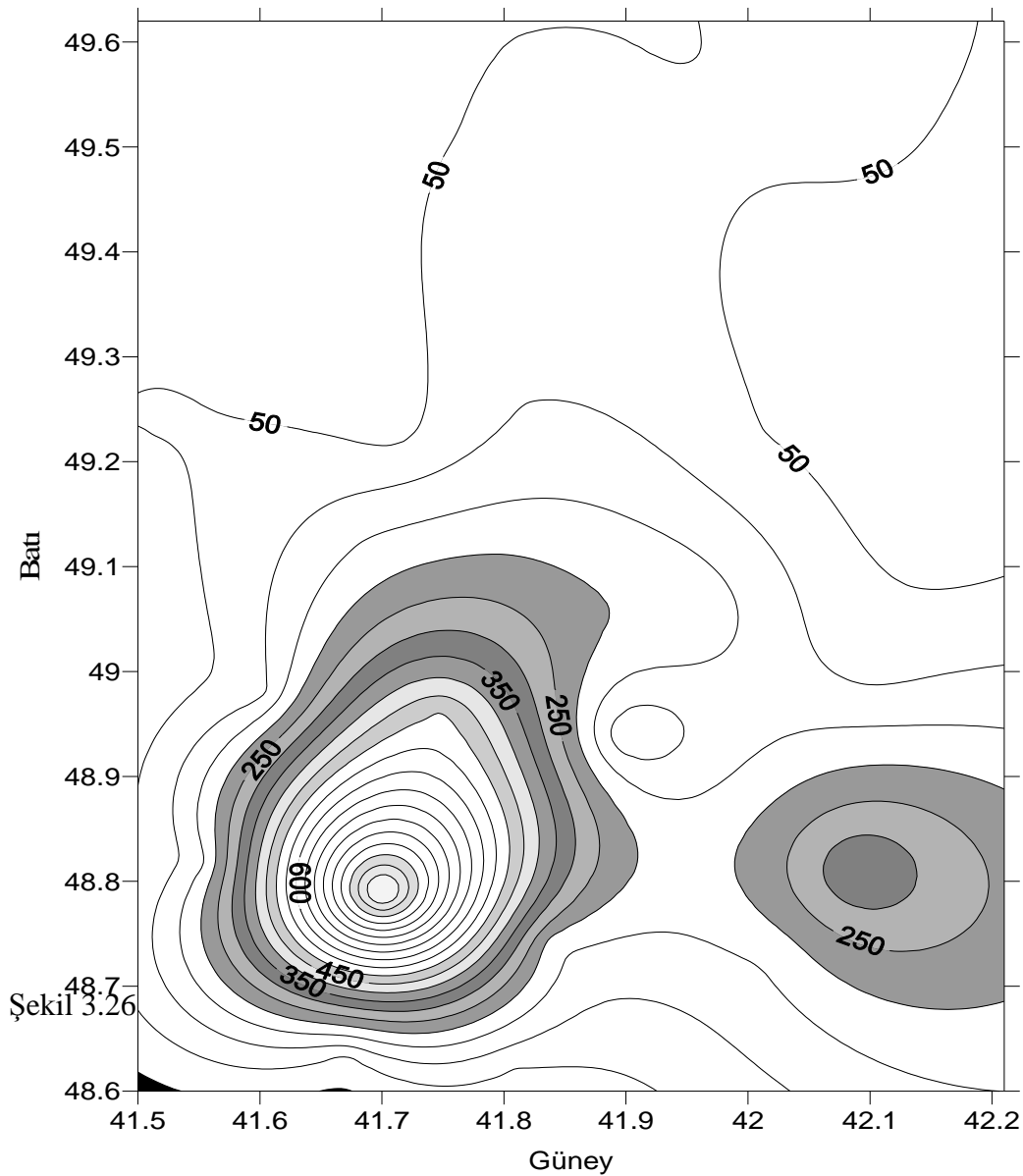
Toprak örneklerinde Ag ve As arasında çok kuvvetli pozitif bir korelasyon vardır. Ayrıca bu tarz bir davranış Mo ve Ag arasında da gözlenmektedir. Pb ise gümüşle birlikte hareket etmektedir. Ayrıca Mo Zn ile de pozitif bir korelasyon göstermiştir (Çizelge 3.21).

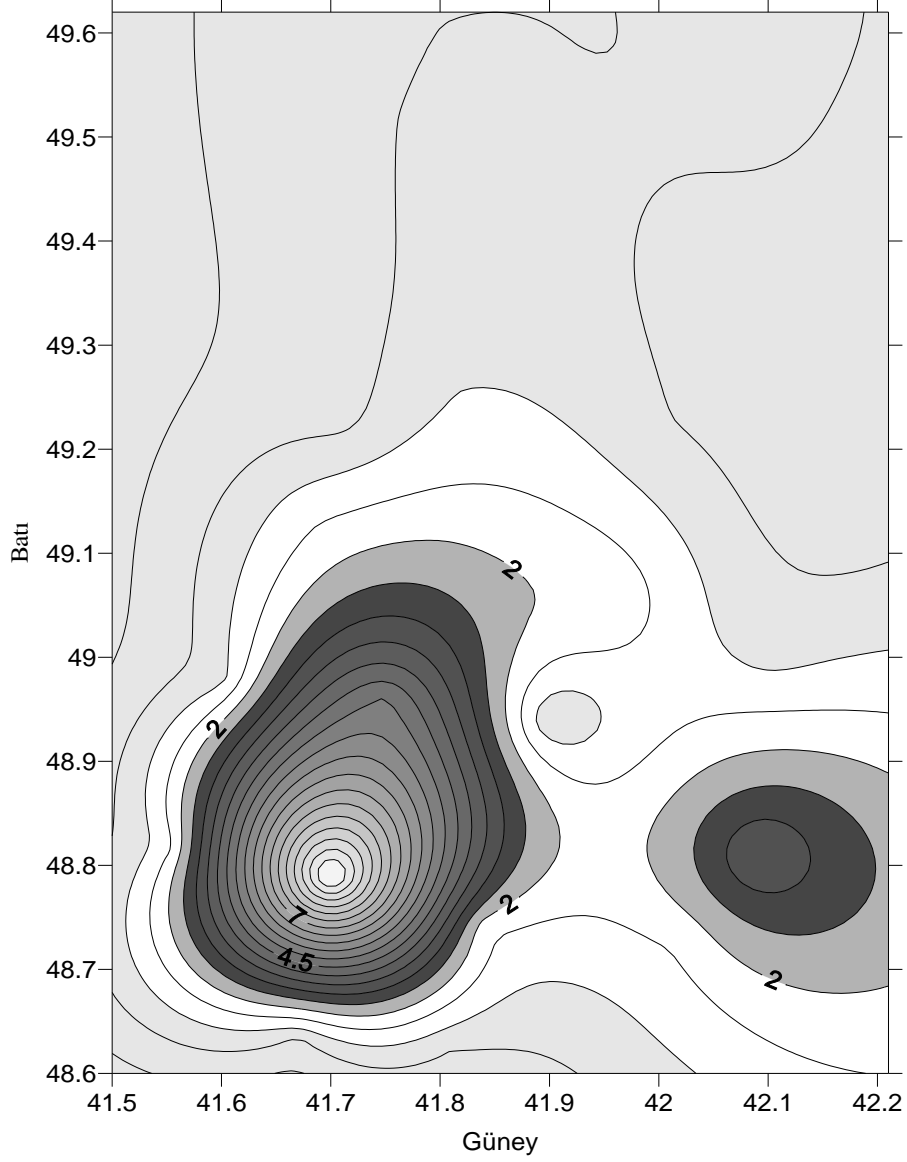
Topraktaki elementlerin Cluster analizi Şekil 3.25’de gösterilmiştir. Cluster analizindeki amaç elementleri birbirinden farklı homojen sınıflara ayırabilmektir. 4 farklı Cluster metodu vardır. En çok kullanılanı kademeli Cluster analizidir.



Şekil 3.25. Çalışma alanındaki toprakların Cluster analizi.

Cu Elementi: Bakır yer kabuğunda 2–100 mg/kg civarında bulunur. Ayrıca, bakırın topraktaki kabul edilebilir sınırı 5,0-5,6 mg/kg civarındadır. Çok çeşitli kullanım alanları olan bakır, çevreye endüstri tozları, maden zenginleştirme ve atık suları ile bırakılmaktadır. Endüstride çok yaygın olarak kullanılan bu madde toprağa havadan yağışla karışmak suretiyle geçer. Çalışma alanında bakır elementi sahanın güneybatı kısmında yoğunlaşmıştır. Cu elementinin genel dağılımı Şekil 3.26’da ve zenginleşme faktörü haritası Şekil 3.27’de gösterilmiştir.

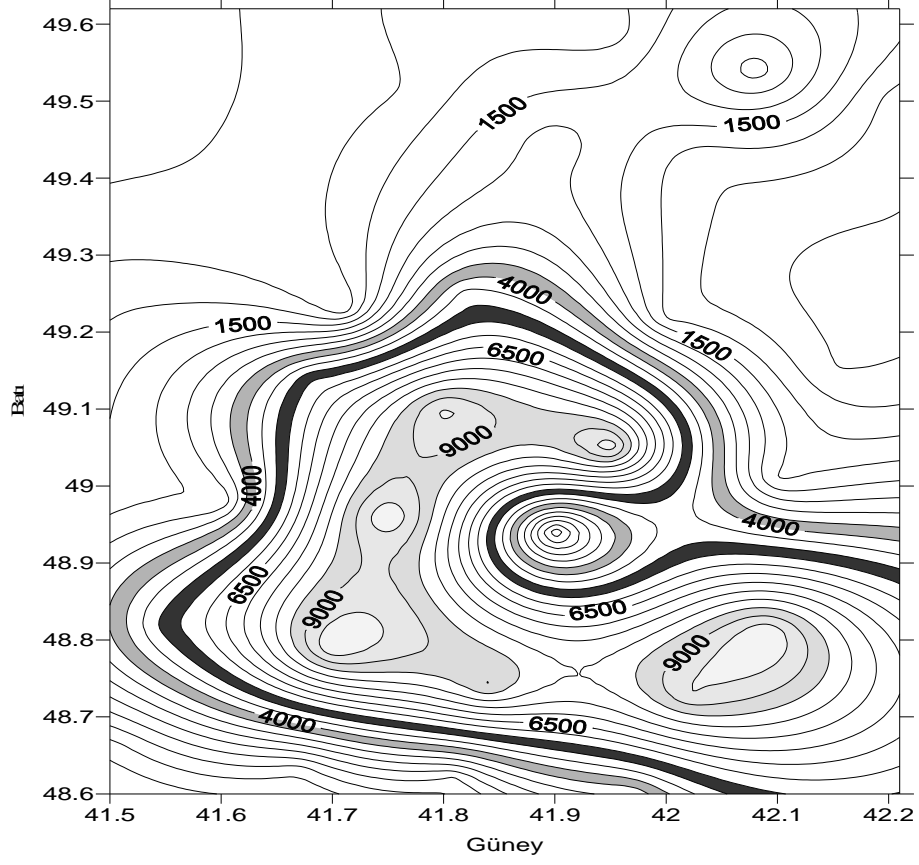




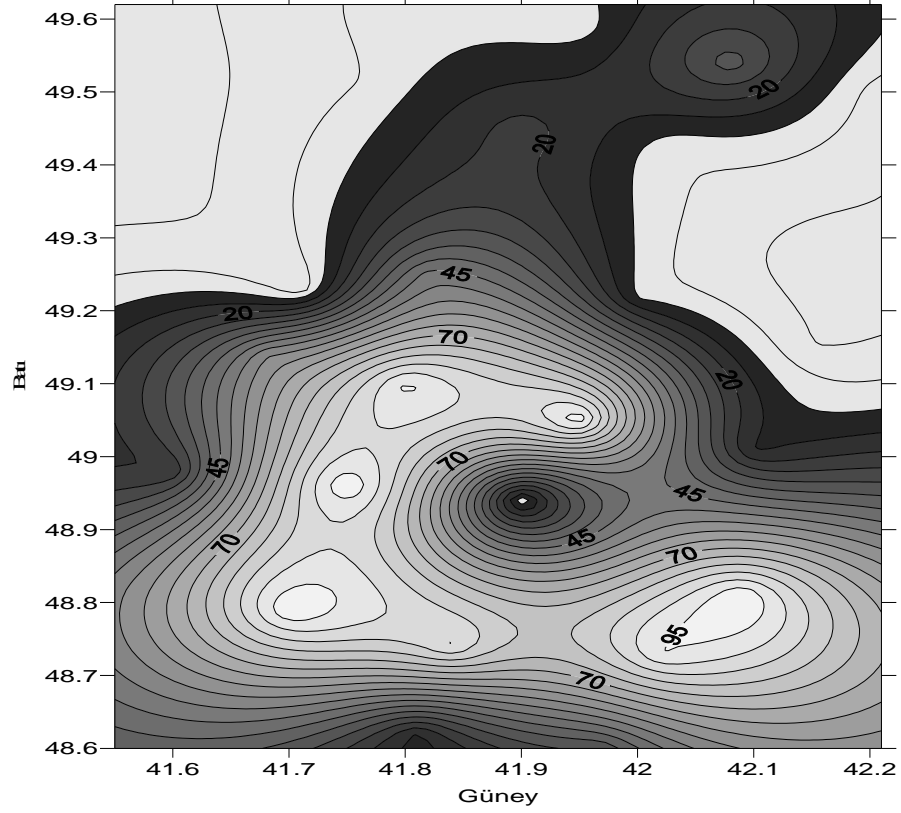
Şekil 3.27. Cu Elementinin Zenginleşme Faktörü Haritası

Pb Elementi: Kurşun elementi dünya ortalamalarında 17 ppm'dir. Çalışma alanında ise bu değerin üstünde bir durum gözlenmiştir.

Kabul edilebilir sınırları ise 2.06–13.4 mg/kg ' dir. Deniz suyunda ise 0.0003 mg/kg civarında kurşun bulunduğu belirtilmiştir Pb için yatay dağılım Şekil 3.28'de ve zenginleşme faktörü haritası Şekil 3.29'da gösterilmiştir.

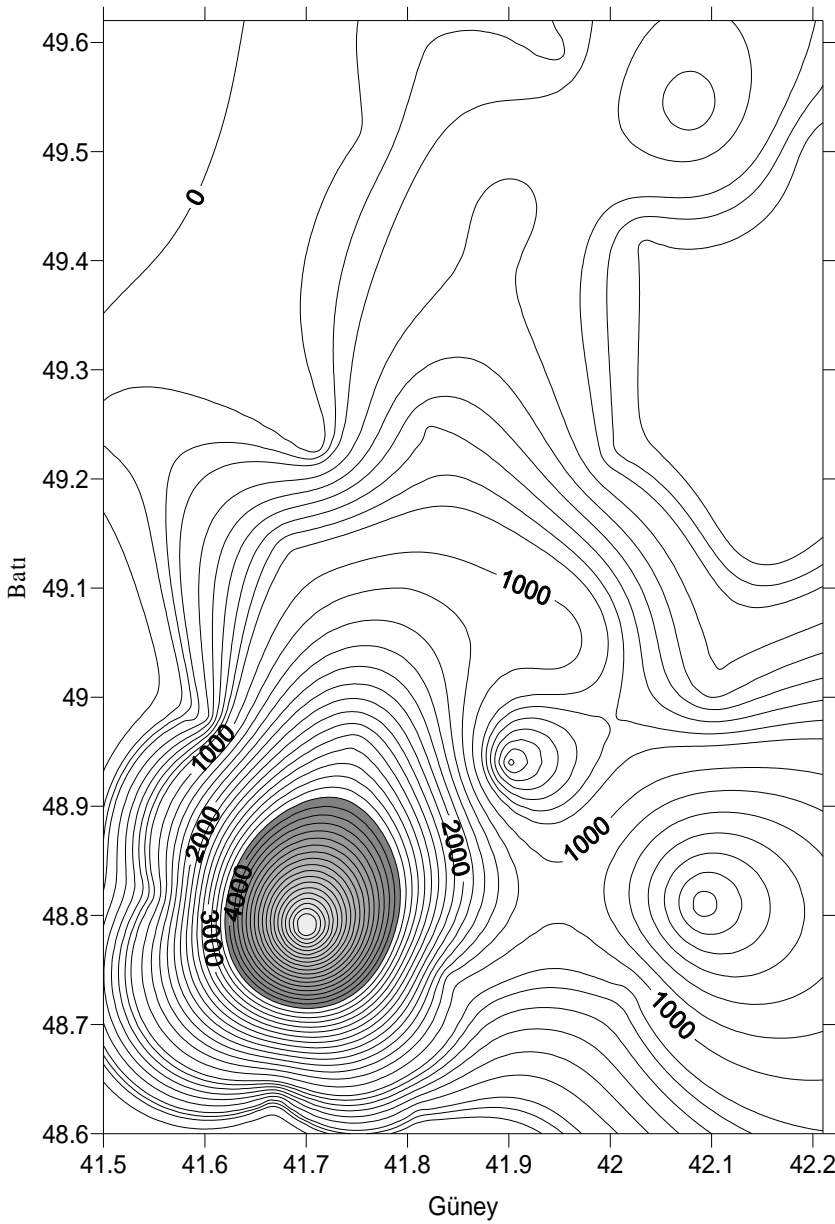


Şekil 3.28. Pb Elementinin Yatay Dağılımı.

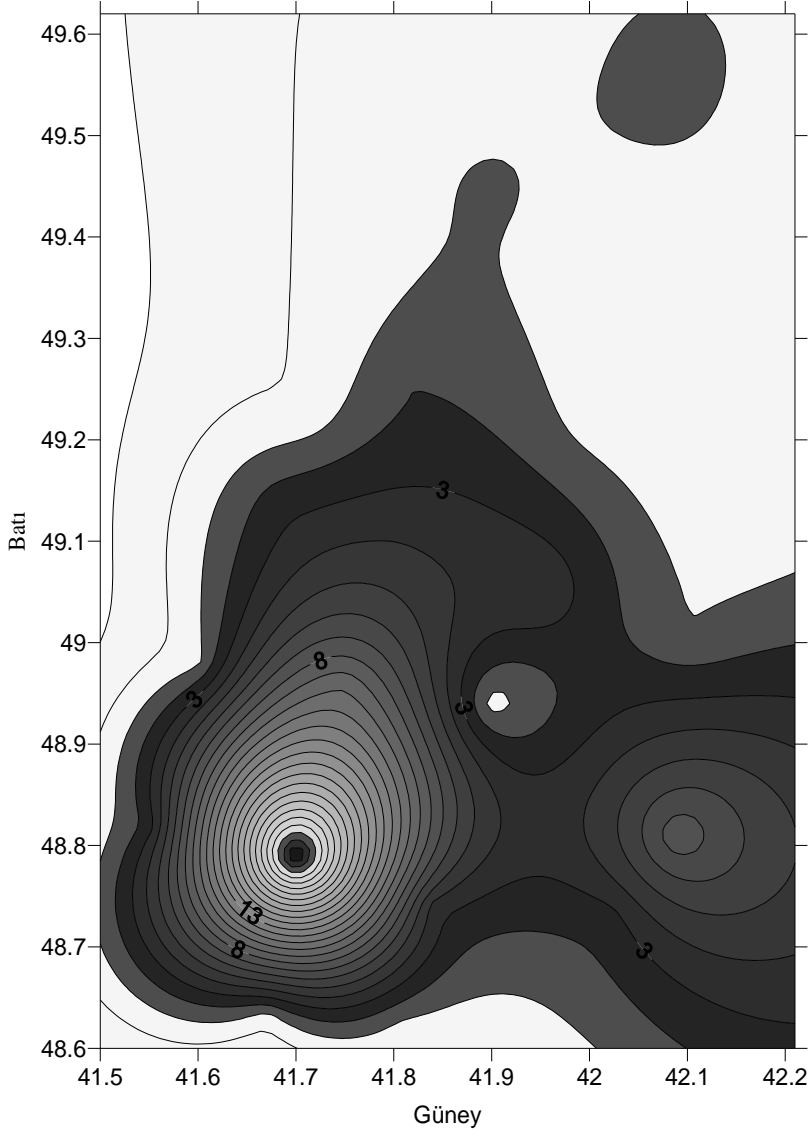


Şekil 3.29. Pb Elementinin Zenginleşme Faktörü Haritası

Zn Elementi: Dünya ortalaması 36 ppm'dir. Metal kaplama ve alaşımlarında kullanılan çok önemli bir element olan çinko, yoğun endüstri alanlarından bırakılan atık suların, kanalizasyon suları ve asitli yağışların çinko içeren materyal üzerine yapmış olduğu aşındırıcı etki sonucu, çevrede konsantrasyonu artan ve toksik düzeylere ulaşan bir iz elementtir. Çinko ayrıca mürekkep, kopya kâğıtları, kozmetik, boya, lastik ve muşamba sanayinde geniş ölçüde kullanılmaktadır. Zn çalışma alanında oldukça yüksek bir ortalamaya sahiptir. Zn elementinin yatay dağılımı Şekil 3.30'da ve zenginleşme faktörü haritası Şekil 3.31'de gösterilmiştir.

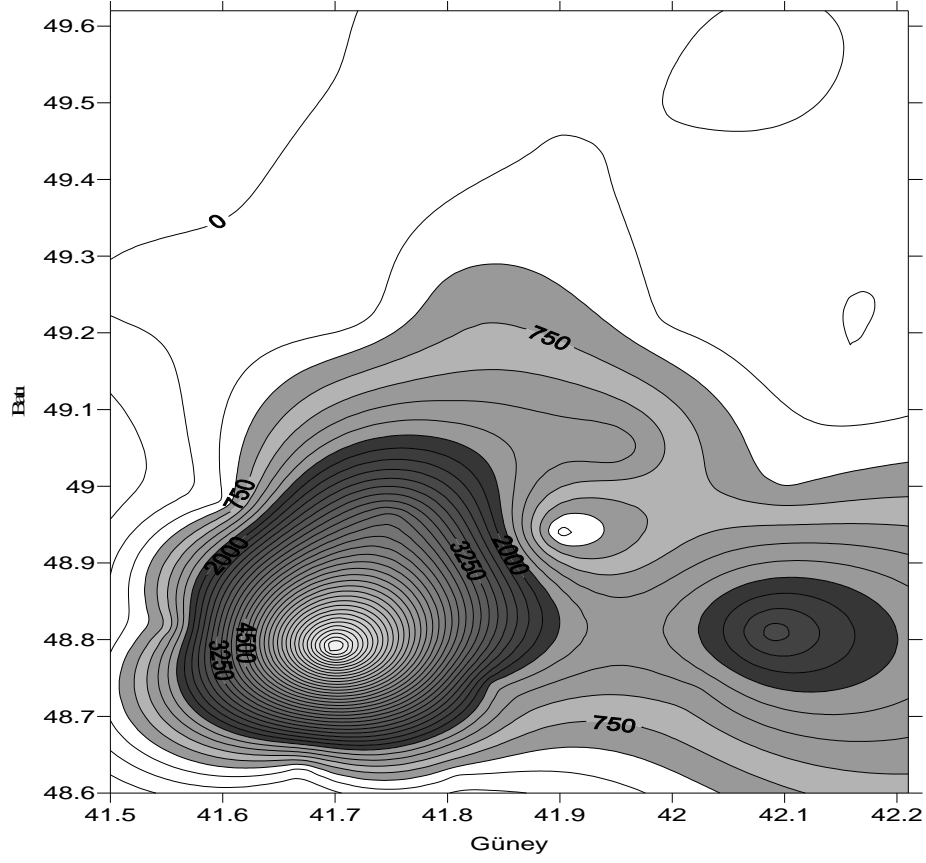


Şekil 3.30. Zn Elementinin Yatay Dağılımı.

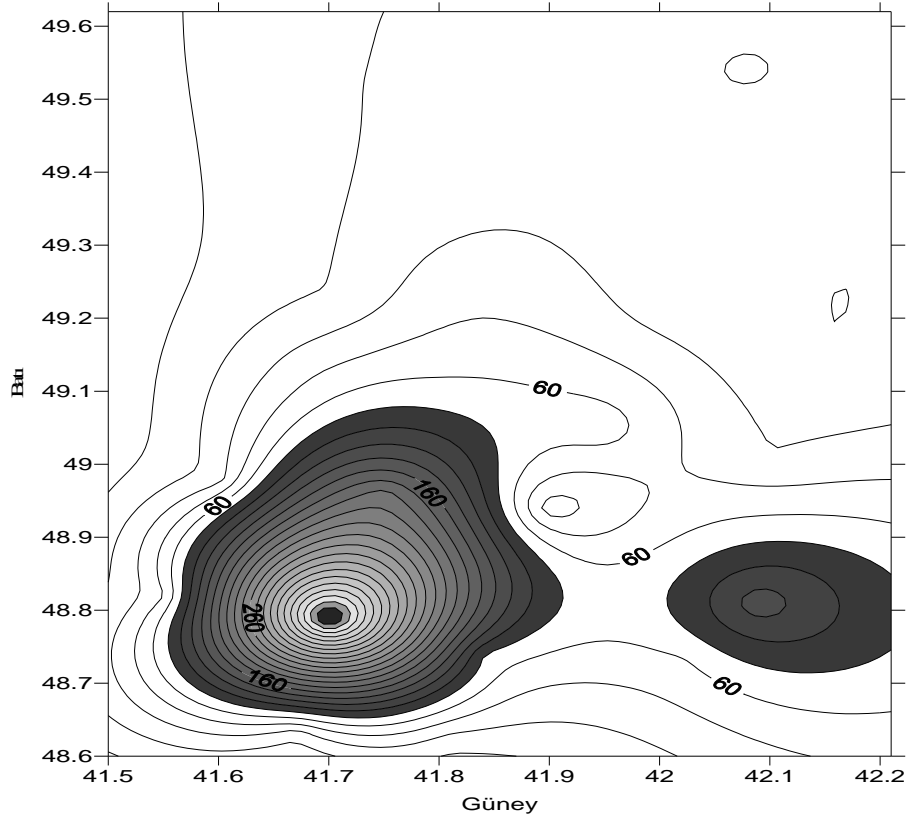


Şekil 3.31. Zn Elementinin Zenginleşme Faktörü Haritası.

As Elementi: Bölgede As miktarı dağılımı standart değerlerin üzerindedir. Normal değer 47,7 ppm iken çalışma alanında bu değer çok üstüne çıkan topraklar gözlenmiştir. Çalışma alanında As genel olarak güney batıda yoğunlaşmıştır. Toprak kirliliği yönetmeliğine göre As güneybatıda 280 kat zenginleşme göstermiştir. Bölgedeki As dağılımı Şekil 3.32’de ve zenginleşme faktörü haritası Şekil 3.33’de gösterilmiştir.



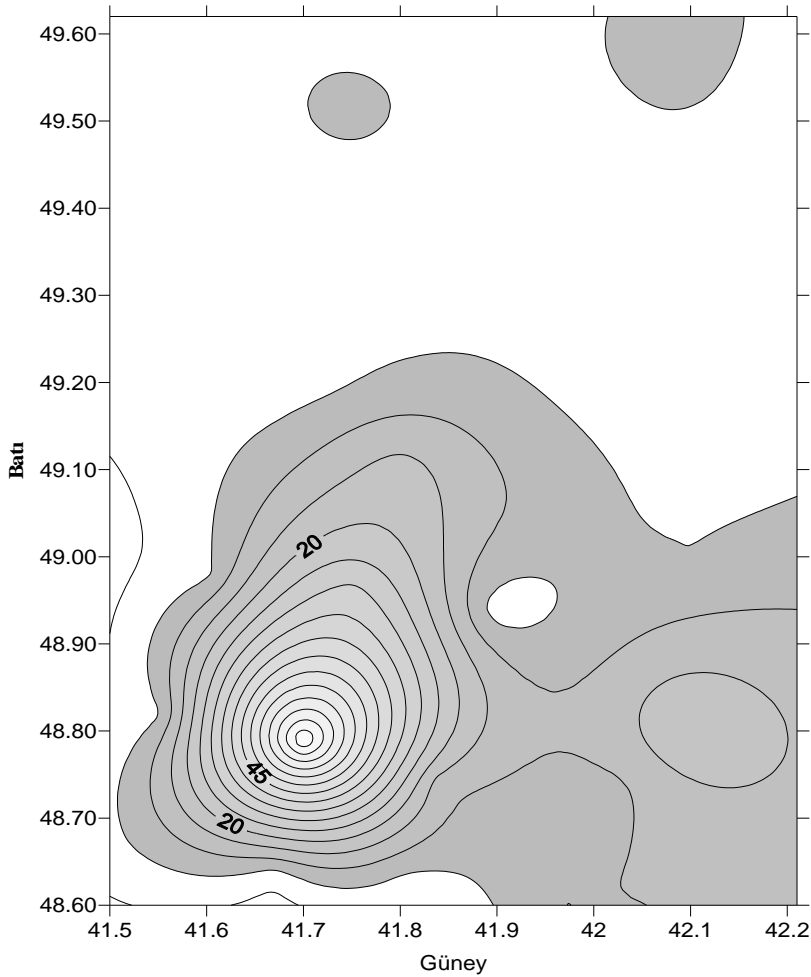
Şekil 3.32. Bölgede As Elementinin Dağılımı.



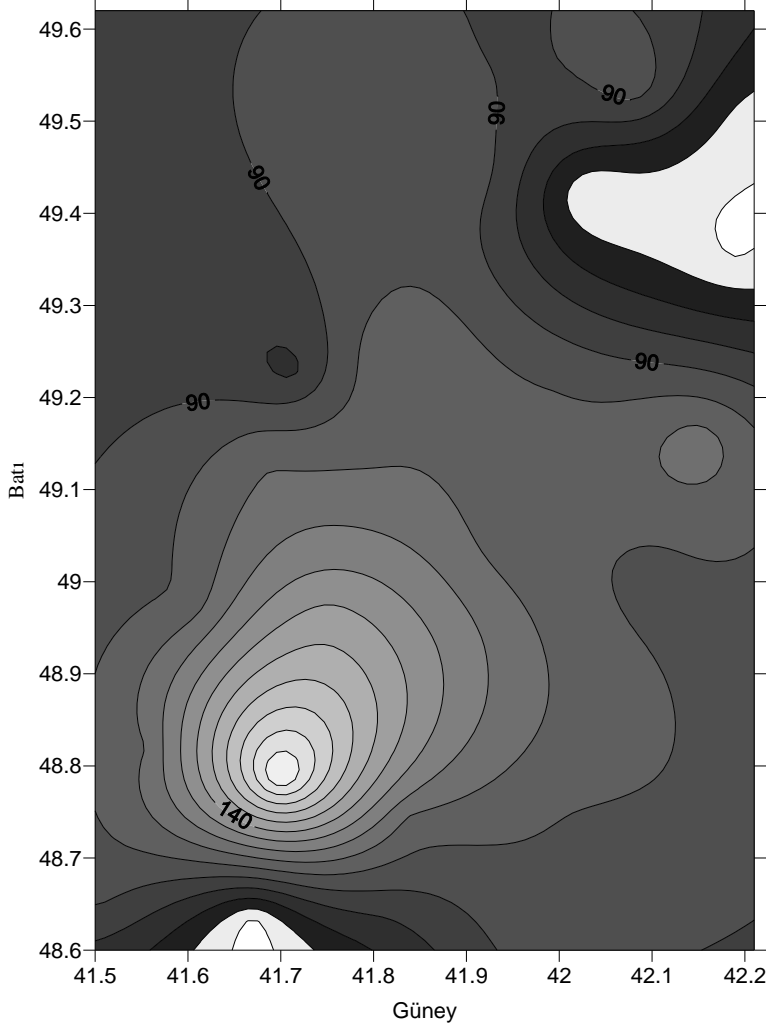
Şekil 3.33. As Elementi Zenginleşme Faktörü Haritası.

Molibden: Çelik ve alaşım üretiminde, pigment, elektronik tüp ve yağlama materyalinin üretiminde kullanıldığı gibi bir mikro besin maddesi olması nedeniyle tarımda gübre olarak ta kullanılmaktadır.

Belli oranlarda kullanıldığında bitki beslenmesinde çok yararlı madde olan molibden özellikle üretimin artmasında yararlıdır. Eksikliği de üretimin düşmesine neden olur. Ancak fazla oranda alındığında veya toprakta biriktiğinde toksik etki yaratabilir. Bitkilerin normal Mo kapsamı 0,1 ppm civarındadır. Toprakların toplam molibden kapsamı ise 1–5 ppm arasındadır Şekil 3.34’de molibden elementi yayılımı ve Şekil 3.35’de zenginleşme faktörü haritası gösterilmiştir.



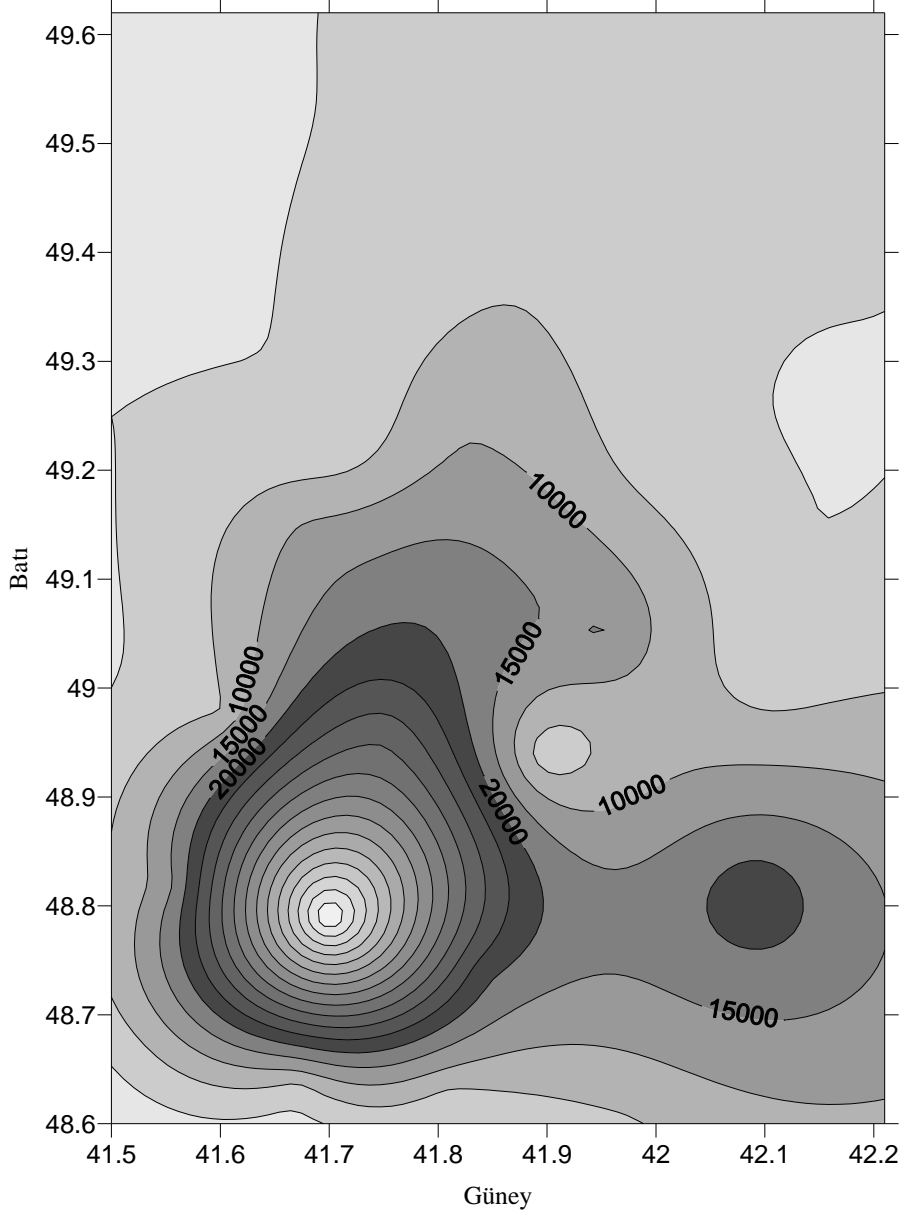
Şekil 3.34. Mo Elementinin Yatay Dağılımı.



Şekil 3.35. Mo Elementinin Zenginleşme Faktörü Haritası.

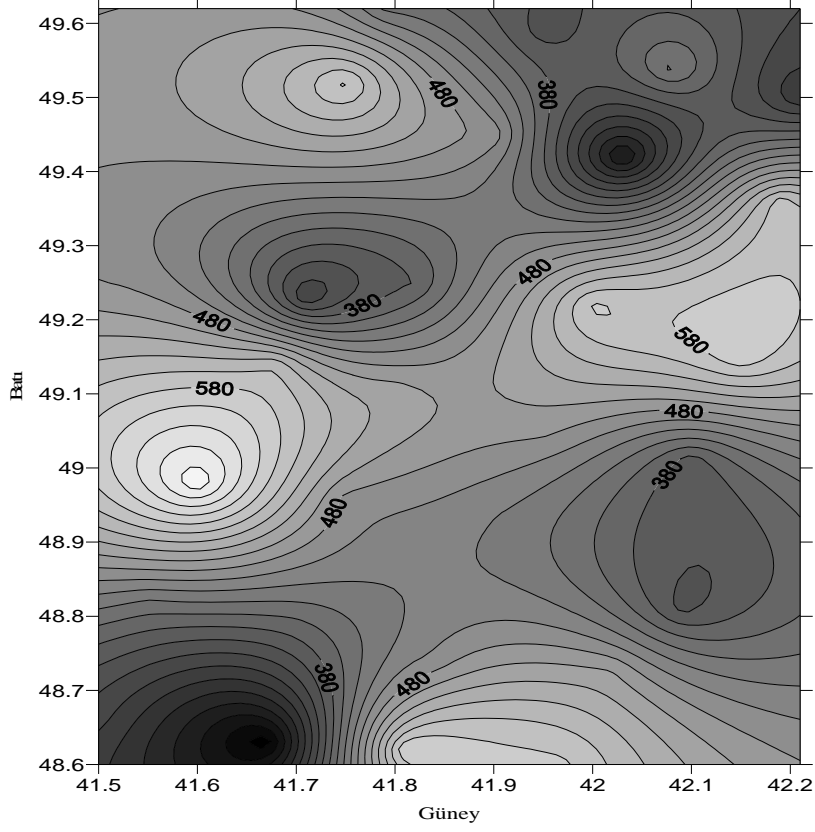
Çalışma alanında Mo güneybatıda 140 kat zenginleşme göstermiştir. Ayrıca çalışma alanının kuzeydoğusunda da 90 kat gibi bir zenginleşme gözlenmiştir. Bu da curuflardan uzaktaki kuzeydoğu kesimlerdeki bu zenginleşmenin bölgedeki kayalardan kaynaklandığını ancak sahanın genelindeki kirliliğinin nedeninin curuflar olduğunu göstermektedir.

Ag Elementi: Çalışma alanında bulunan curuflar genellikle kurşun ve gümüş içeriklerinden dolayı bölgedeki eski işletmede işlenmektedirler. Gümüş miktarının çalışma alanındaki yatay dağılımı Şekil 3.36'da verilmiştir. Buna göre 20000 ppb ye kadar curufların yakınında zenginleşme söz konusudur.

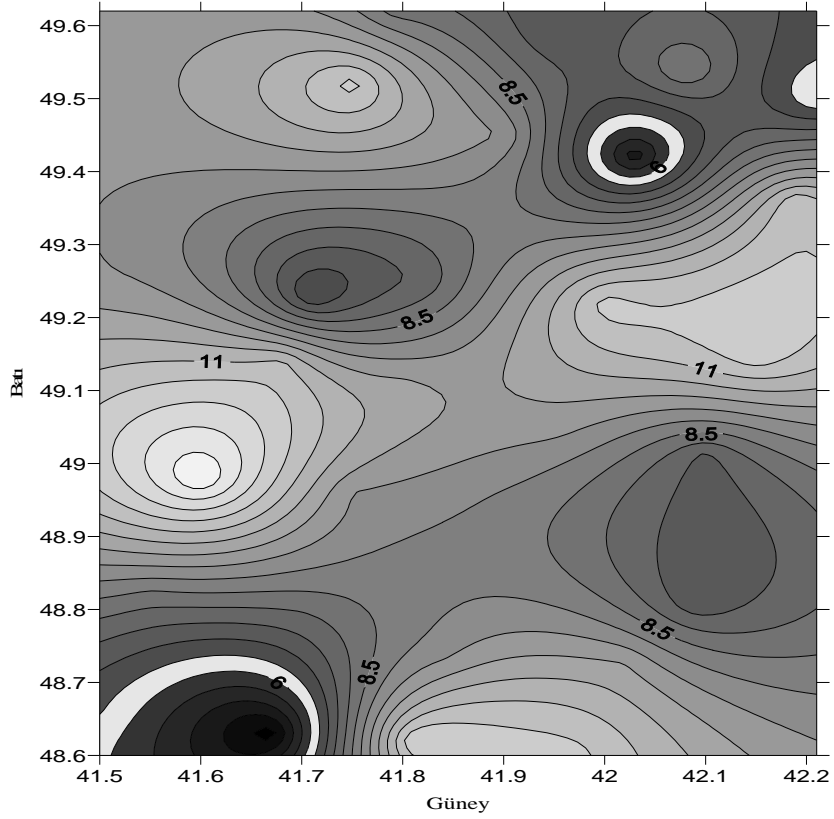


Şekil 3.36. Ag Elementinin Yatay Dağılımı.

Ni Elementi: Doğada yaygın olarak sülfid bileşikleri halinde bulunur. Pentlandit gibi hidrosilikat bileşikleri oluşturur. Hidrotermal ve kalıntı yataklar oluşturan Ni çalışma alanında güneybatı ve güneydoğu kesimlerde yoğunluk göstermiştir. Ni elementinin yatay dağılımı Şekil 3.37’de zenginleşme faktörü haritası da Şekil 3.38’de verilmiştir.



Şekil 3.37. Ni Elementinin Çalışma Alanındaki Yatay Dağılımı.



Şekil 3.38. Çalışma Alanında Ni Elementinin Zenginleşme Faktörü Haritası.

BÖLÜM IV

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

1. İnceleme alanında Paleozoik yaşlı mermer ve kireçtaşlarından oluşan Bolcardağı grubu temel kayaçlarını oluşturmakta, bunların üzerine serpantin, peridotit, gabro diyabaz ve diyoritten oluşan Alihoca ofiyoliti gelmektedir. Alihoca ofiyoliti üzerine gelen ve çakıltası, kumtaşı, marn ve kireçtaşlarından oluşan birimler tektonizmadan dolayı kıvrımlanmış ve küçük ölçekli faylarla atılmış durumdadırlar.
2. Bölge halkının içme suyu olarak yararlandığı pınarlar bu fay ve kırık sistemleri tarafından kontrol edilmektedirler.
3. Uzun yıllardan beri bölge madenlerinin zenginleştirildiği Gümüşköy atık sahası, yaklaşık 40 dönümlük bir araziyi kapsamakta ve kısmen Alihoca ofiyoliti ve kısmen de tortul birimler üzerine oturmaktadır.
4. Gümüşköy curufları baskın olarak pirit, galen, simitzonit ve sfalerit ana minerallerini; limonit, hematit kalsit, dolomit, çok az oranda malakit, jarosit ve plambojarosit ikincil mineral parajenezini oluşturmaktadır. Zenginleştirme işlemleri ergitme yöntemiyle yapıldığından ana mineraller birincil hallerini kısmen koruyabilmişlerdir. Yapılan elek analizinde curufların çoğunlukla çakıl ve blok boyutunda ve kısmen ise 2 mm'nin altında dane boyuna sahip oldukları belirlenmiştir.
5. Curufların analizleri sonucunda belirlenen kimyasal bileşimleri ortalama olarak %52,4 Pb, %2,7 Zn, ve iz elementlerden ise 65,5 ppm Mo, 12325 ppm As, kıymetli metallere ise Ag 1850 ppm ve Au 1810 ppb olarak buldukları belirlenmiştir.
6. İncelenen curuflar halen yeniden bir maden gibi değerlendirilmekte ve işletilmektedirler. Oldukça geniş bir alana yayılmış olan curuflar, uzun süredir her türlü yağmur, kar ve bakteriyolojik etkiye açıktırlar ve AMD ve çevre kirliliği oluşturabilecek potansiyele sahiptirler.
7. Bölgedeki su ve topraklardaki kirlenmenin kaynağını anlamak amacıyla bölgedeki toprak ve kayaçlara ait ağır metallerin temel değerleri belirlenmiştir. Kayaçlarda ortalama olarak Cu 25,10 ppm, Pb 79,66 ppm, Zn 31,40 ppm, Ni 90,76 ppm, Mo 9,98 ppm, As 20,06 ppm gözlenmiştir. Topraklarda ise ortalama olarak 19,64 ppm

Cu, 41,23 ppm Pb, 24,15 ppm Zn, 0,12 ppm Cd, 16,1 ppm As ve 45,75 ppm Mo belirlenmiştir.

8. İnceleme alanında Şubat ve Mayıs dönemlerinde alınan suların genel olarak baskın katyonu Ca^{+2} , Na^{+} , K^{+} ve Mg^{+2} oluşturmaktadır. Sularda hakim anyon ise $H(CO)_3$, $(SO_4)^{-2}$ ve muhtemelen de Cl anyonlarıdır. Suların pH değerleri her iki dönemde 6,85-8,16 arasında değişmekte, çoğunlukla nötr kısımda bazik karakterdedirler.
9. Özellikle atık sahasına yakın yer altı suları beklenenden daha bazik karakterdedir. Yani AMD etkisi bu sularda izlenmemektedir. Ancak kirlilik boyutları, curuflarda belirlenen ikincil mineraller, özellikle jarosit ve plambojarosit, bu atık sahasında pritin oksitlendiğini ve başlangıçta AMD oluşturduğunu göstermektedir. Ancak yan kayaçta aşırı Ca içeren dolomit, kalsit, bulunduğundan nötrale potansiyeli oldukça yüksek bir ortam oluşmuş olmalıdır.
10. Bölgede toprak zonalitesini belirlemek amacıyla açılan araştırma kuyusunda özellikle curufların üzerinde bulunduğu toprakların Ah, Bt, FE, Cv ve R olmak üzere 5 farklı horizondan oluştuğu görülmüştür. A, B zonunda simektit, illit ve az oranda kaolinitkalsit ve kuvars minerallerinin baskın olduğu, daha derinlerde B ve C zonunda ise illitin yanısıra feldispat, kuvars, klorit ve amfibol minerallerin bolluğu belirlenmiştir. Toprak profili boyunca organik madde miktarı, üst zonalarda, Fe, Ni ve özellikle de Pb ve Zn gibi elementlerin Ah ve Bt zonunda zenginleştiği görülmektedir. Toprak profili boyunca en büyük kirlenmenin yada ağır metal zenginleşmesinin 10-40 cm derinlikte, yani yüzeğe yakın kesimlerde olduğu belirlenmiştir.
11. İnceleme alanındaki sularda As, Cu, Pb, Zn kirliliği oluşmaktadır. Pınar sularında Cu, Pb, Zn, As ve Fe elementleri, derede Fe elementi ve yer altı sularında ise As düşük düzeyde kirliliği oluşturmaktadırlar. Su kirliliği kontrol yönetmeliği kriterlerine göre As, Pb, Cu, Zn, Mn ve Fe sularda kirletici olarak tespit edilmiştir. III sınıf kirli su kriterlerine göre Fe yüzeğe sularında mayıs döneminde kirletici olarak saptanmıştır. Sularda alkalinite arttıkça element konsantrasyonu azalmakta, sülfat değerleri arttıkça çözülmüş element miktarı artış göstermektedir.
12. İnceleme alanında toprak ve suda görülen Cu, Pb, Zn, As ve Mo elementlerine ait zenginleşme faktörüne bakıldığında topraklarda yer yer; Cu 7 kata, Pb 85 kata, Zn 20 kata, As 200 kata ve Mo ise 140 kata kadar zenginleştiği görülmüştür. Pınar sularında Cu 2, Fe 3, Mn 3, Pb 6, Zn 1,5 kata kadar zenginleşmiştir. Kuyu

- sularında; As 18, Pb 14, Zn 1,2 kat, yüzey sularında ise Fe 3 kat kadar zenginleştiği görülmüştür.
13. İnceleme alanında ciddi boyutlarda su kirliliği vardır. Sular, sınıf III ve sınıf IV kaliteli sular sınıfındadırlar. Sınıf III ve sınıf IV sınıfındaki sular kirlenmiş ve aşırı kirlenmiş sulardır.
 14. Bölgedeki sularda ve topraklarda bölgesel temel değerlere göre oldukça büyük zenginleşme görülmektedir. Fe, Ni, Co ve Cu gibi elementlerin zenginleşmesinde özellikle ofiyolitik melanja ait kayaçların ayrışmasının rolü olmasına karşın, Pb, Zn, Fe, Mn, As, Mo gibi elementlerin kirlilik kaynağı curuflar olduğu açıkça ortadadır.
 15. Elementlerin yüzey dağılımında curuflardan uzaklaştıkça kirlenmenin boyutları kısmen azalma göstermektedir. Özellikle curuflardan 50-750 m mesafede zenginleşme faktörü Pb, Zn, Cu, As, Fe gibi elementlerde oldukça yüksek boyutlara çıkmaktadır.
 16. Bölgedeki toprakların üst zonlarında kirlilik boyutunun yüksek olması, elementlerin hidromorfik yayılımının yanında klastik yayılımında oldukça etkili olduğu söylenebilir. Kirlilik dağılımının topoğrafik eğime uyumlu olması ve aynı bölgelerde uzun yıllardır tarımsal faaliyetlerin sürdürülmüş olması bunu destekler niteliktedir.
 17. Her ne kadar bölgedeki yan kayaçlar ve toprakların doğal nötrale özelliğe sahip olmasına karşın, yinede topraklarda ve sularda meydana gelen bu aşırı kirlenmenin bölgede yaşayan canlılar açısından bir tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca curufların açık alanda her türlü etkiye açık olması, yeniden zenginleştirmeye tabi tutulmaları çevre kirliliğini artırmaya devam edecektir.
 18. Curufların yakın kesimlerinde özellikle tarımsal faaliyetlerden uzak durulmalı, bölgeye yakın kuyu suları içme ve tarımsal faaliyetlerde kullanılmamalıdır.
 19. Bitkilerde kirlenme boyutları bir sonraki adımda toprak ve sularla karşılaştırılarak belirlenmeli, özellikle toprakların kademeli liç yöntemiyle katyon değiştirme kapasiteleri belirlenmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Çiftci, H., Role and contribution of pure and mixed cultures of mesophiles in bioleaching of a pyritic chalcopyrite concentrate, *Minerals Engineering*, 20, 1, 2007.
- [2] Gonzalez, I., Estimation Potantial Pollution Of Waste Mining Dumps at Pena del Hierro as a bas efor future mitigation actions, Elsevier , Science Direct Presss, 2006.
- [3] Alloway B.J., Heavy metals in soils. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1990.
- [4] Elhatip H., ve M. Afşin, Su Kaynakların Potansiyeli ve Çevre , ÇEVJEO –2001 Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir, Türkiye, 2001.
- [5] Costello, C., Acid Mine Drainage Innovative Treatment Technologies, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office, Washington, DC,USA, 2003.
- [6] Akcil A. and Koldas S., Environmental contamination in the mining industry: the case of Acid Mine Drainage (AMD), *Journal of Cleaner Production*, 14, 5-6, 2006.
- [7] Singer, P.C. ve Strumm, W., Acidic Mine Drainage: The Rate-Determining Step, Science, New York, 167, 1121-1123, 1970.
- [8] Kuyucak, N., Role of Microorganisms in Mining: Generation of Acid Rock Drainage andits Mitigation and Treatment, *The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection*, 2, 3, 179-196, 2002.
- [9] Boonstra, J., Janssen, G., Dikman, H. and Buisman, C.J.N., Biological Treatment of Acid Mine Drainage, In *Biohydrometallurgy and the Environment Towardthe Mining of the 21st Century*, Part B. Eds: Amils, R., Ballester, A., Elsevier, Amsterdam, 559-567, 1999.
- [10] Tabak, H.H., Scharp, R., Burckle, J., Kawahara, F.K. and Govin, R., Advances in Biotreatment of Acid Mine Drainage and Biorecovery of Metals: 1. Metal Precipitation for Recovery and Recycle, *Biodegradation*, 14, 423-436, 2003.
- [11] Çetiner, E.G., Ünver B., Hindistan M.A., Maden atıkları ile ilgili mevzuat: Avrupa Birliği ve Türkiye, *Madencilik*, 45, 1, 23-34, 2006.
- [12] Broughton, L.M. ve Robertson, MacG., Acid Rock Drainage From Mines – Where Are We Now, *Minerals, Metals and the Environment Conference*, Manchester, England, 1992.

- [13] Nicholson, R.V., Iron-sulphide Oxidation Mechanisms: Laboratory Studies In Environmental Geochemistry of Sulphide Mine Wastes, Short Course Handbook, Chapter 6, Mineralogical Association of Canada, 22, 163-183, 1994.
- [14] Barel, E., Bolkardağ Madenleri Hakkında Rapor; MTA Raporu, rap. No: 387,435, 1865.
- [15] Brise H., Extrait du Rapport sur la Mine de Bolkardağ, MTA Raporu, Rap. No: 355, 1952.
- [16] Cokino, P., Bolkardağ Madeni Hakkında Rapor;MTA Raporu, Rap. No:363, 1927.
- [17] Ralli G., Bolkardağ Maden Ocakları hakkında Rapor; MTA Raporu, Rap. No: 386, 1928.
- [18] Kovenko, V., Bolkardağ Madenleri Hakkında Not; MTA Raporu, Rap No: 312, 1929.
- [19] Helke, A., Bolkardağı Madeni Hakkında rapor; MTA Raporu, Rap No:398, 1929.
- [20] Klie ve diğ., Bolkar Madeni, MTA Raporu, Rap No:412, 1936.
- [21] Schumacher, K., Keban, Bolkardağ, Gümüşhacı Köy, Gümüşhane ve Perek Madenlerindeki Gümüş- Kurşun-Çinko zuhurlarına ait Rapor, Etibank Raporları, Rap. No:124, 1937.
- [22] Romberk, H., Bolkardağının Küçük toyislam Kısmının Rezerv Hesabı; MTA Raporu, Rap No:405, 1937.
- [23] Blumenthal, M., Yüksek Bolkardağ'ın Kuzey Bölgelerinin ve Uzantılarının Jeolojisi; MTA Yayını, Seri D, No:7, 179 s, 1955.
- [24] Balçık, A., Niğde-Ulukışla Gümüşköy, Madenköy Curuflarının Rezerv Hesaplamasına Yönelik Ön Çalışma Raporu. MTA, Rapor No: 5338. Ankara, 1974.
- [25] Şişman, A. N., Şenocak, M., H. Bolkardağ Yöresinin Jeolojisi ve Maden Yatakları, MTA rapor No:7202, Ankara, 1982.
- [26] Mat, Ö., Maden-Gümüş Yöresindeki Altın Gümüş Yataklarına Ait Curufların İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 2003.
- [27] Çopuroğlu, İ., Yahyalı-Kayseri Demirkazık, Niğde Çamardı yöresi Kurşun Çinko Yataklarının Minearalojisi ve Jenezi, MTA dergisi 118, 35-46, 1996.
- [28] Özgül, N., Toroslar'ın Bazı Temel Jeolojik Özellikleri; Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 19, 1,65-78, 1976.
- [29] Oktay, F:Y., Ulukışla ve Çevresinin Startigrafisi ve jeolojik Evrimi, TJK Bülteni., 25, 1 15-24. Ankara, 1982.
- [30] Çalapkulu, F., Horoz Granodiyoritinin Jeolojik İncelemesi; Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 23, 1, 59-68, 1980.

- [31] Şişman, A. N., Şenocak, M., H, Bolkardağ Yöresinin Jeolojisi ve Maden Yatakları. MTA rapor No:7202, Ankara, 1981.
- [32] Temur, S., Bolkardağ Yöresi Çinko Kurşun Yataklarının incelenmesi, S.Ü. Araştırma Projesi No:659. 120s. Konya, 1982.
- [33] Demirtaşlı ve Diğ., Bolkardağ jeolojisi, Cumhuriyetin 50. yılı yerbilimleri kongresi, MTA özel yayını 40-57, Ankara, 1973.
- [34] Bery, J.G. and Mason, B., Mineralogy Concepts, descriptions, determinations, W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1979.
- [35] Ramdohr, P., Die Erzminerale und ihre Verwachsungen Akdami Verlag Berlin, 1117, 1975.
- [36] Pişirir, M., Altun, Y., Araç, M., Niğde Ulukışla Gümşköy Madenköy ve civarı Kurşunlu Curuflarının Prospeksiyonu, MTA Raporu, Rap. No: 5173, 1974.

ÖZGEÇMİŞ

Gökhan Kelebek; 1982 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve ortaöğrenimini Malatya'da tamamladı. 2001 yılında Niğde Üniversitesi Jeoloji Mühendisliğine girmeye hak kazandı. İlk stajını Malatya Devlet Su İşleri Bölge Müdürlüğü'nde yaptı. İkinci stajını Niğde Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde kamp stajı olarak yaptı. 2005 yılında mezun olup aynı yıl Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. Halen Yüksek Lisans çalışmalarına devam etmektedir.