

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FENBİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

MURGUL (ARTVİN) BAKIR MADENİ'NİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Emine Selva SAĞLAM

**AĞUSTOS 2007
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

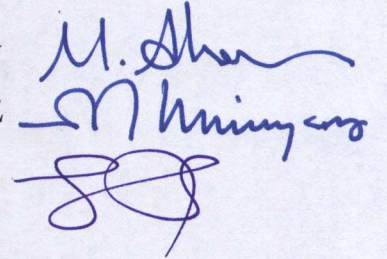
MURGUL (ARTVİN) BAKIR MADENİ'NİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Jeoloji Müh. Emine Selva SAĞLAM

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"Jeoloji Yüksek Mühendisi"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06.08.2007
Tezin Savunma Tarihi : 21.08.2007**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Miğraç AKÇAY
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. İbrahim ALP**



Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

Trabzon 2007

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Murgul bakır işletmesinin çevresel etkilerini ortaya koymak amacıyla su ve dere kumu jeokimyası çalışmalarından oluşan ağır element jeokimyası çalışmaları yapılarak çevresel kirliliğin boyutları ve kaynağı irdelenmiştir.

“Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu” tarafından desteklenen çalışmanın başlangıcından sonuna kadar her aşamasında bilgi, deneyim ve tecrübesi ile beni aydınlatan ve destekleyen danışman hocam Prof. Dr. Miğraç AKÇAY'a minnet ve şükran borçluyum.

Ayrıca özellikle istatistik konularda değerli fikirlerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ'e ve Öğr. Gör. Gülten YAYLALI ABANUZ'a teşekkür ederim. Çalışmamın her aşamasında yardımlarını gördüğüm Arş. Gör. Emel ABDİOĞLU'na ve Uzman. İrfan TEMİZEL'e ayrıca teşekkür ederim. Tezimdaki deneylerle ilgili bilgilerini aldığım Öğr. Gör. Celal DURAN, Arş. Gör. Ali GÜNDOĞDU ve Öğr. Gör. Volkan Numan BULUT'a teşekkür ederim. Cevher mikroskobisi incelemelerinde bana yardımcı olan sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Mithat VICİL'a ayrıca teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan Kamil Abi'ye, beni yalnız bırakmayan abim Beden Eğitimi Öğretmeni Osman Nuri SAĞLAM'a ve babama teşekkür ederim. Tezimin yazım aşamasında yardımcı olan ablam Dr. Nimet Selda BAŞÇINAR'a, eniştem Yrd. Doç. Dr. Nadir BAŞÇINAR'a teşekkür ederim.

Çalışmam sırasında her türlü desteğini esirgemeyen anneme ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

Emine Selva SAĞLAM

Trabzon 2007

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	X
SUMMARY.....	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
TABLolar DİZİNİ.....	XX
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XXIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	1
1.3. Çevre Kirliliği.....	2
1.4. Çalışma Sahasının Özellikleri.....	2
1.4.1. Coğrafik Konum, Yerleşim ve Ulaşım.....	2
1.4.2. Jeomorfoloji, Bitki Örtüsü ve İklim.....	3
1.5. Önceki Çalışmalar.....	5
1.6. Bölgesel Jeoloji.....	7
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	10
2.1. Arazi Çalışmaları.....	10
2.1.1. Örnek Lokasyonları.....	10
2.1.2. Dere Kumu ve Yüzeysel Ayrışma Örnekleme.....	11
2.1.3. Su Örnekleme.....	12
2.1.4. Arazide Yapılan Ölçümler.....	14
2.1.4.1. Fiziksel Parametrelerin Ölçümü.....	14
2.1.4.2. Alkalinite ve Asidite Ölçümü.....	15
2.1.4.3. Fe ⁺³ ve Fe ²⁺ İyonları Ölçümü.....	17
2.1.4.4. SO ₄ ve NO ₃ Anyonları Ölçümü.....	17
2.1.4.5. Türbidite ve Renk Ölçümü.....	18
2.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	18
2.2.1. Dere Kumlarının Analize Hazırlanması.....	18

2.2.2.	XRD analizleri.....	19
2.2.3.	Kimyasal Analizler.....	19
2.2.3.1.	Sertlik Hesaplaması.....	20
2.3.	Büro Çalışmaları.....	21
3.	BULGULAR.....	22
3.1.	Stratigrafi.....	22
3.1.1.	Giriş.....	22
3.1.2.	Kabacadere Volkanitleri.....	22
3.1.3.	Murgul Formasyonu.....	24
3.1.4.	Karatepe Dasiti.....	25
3.1.5.	Ardıç Formasyonu.....	27
3.1.6.	Küre Formasyonu.....	28
3.1.7.	Balıklıdağ Formasyonu.....	29
3.2.	Maden Jeolojisi.....	30
3.2.1.	Cevherleşme.....	30
3.2.2.	Cevherin Yerleşimi.....	30
3.2.3.	Doku ve Parajenez.....	31
3.2.4.	Madenin İşletim Durumu.....	33
3.3.	Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametreleri.....	35
3.3.1.	pH.....	35
3.3.1.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	35
3.3.1.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	35
3.3.1.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	47
3.3.2.	Eh.....	48
3.3.2.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	48
3.3.2.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	49
3.3.2.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	50
3.3.3.	İletkenlik.....	51
3.3.3.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	51
3.3.3.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	52
3.3.3.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	53
3.3.4.	Toplam Çözönmüş Katı (TÇK).....	54
3.3.4.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	54

3.3.4.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	55
3.3.4.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	56
3.3.5.	Tuzluluk.....	57
3.3.5.1.	2006 Yılı Ham, Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	57
3.3.5.2.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	57
3.3.6.	Toplam Sertlik.....	58
3.3.6.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	58
3.3.6.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	59
3.3.6.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	60
3.3.7.	Çözönmüş Oksijen.....	61
3.3.7.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	61
3.3.7.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	62
3.3.7.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	63
3.3.8.	Sölfat.....	64
3.3.8.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri	64
3.3.8.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	65
3.3.8.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	66
3.3.9.	Alkalinite.....	68
3.3.9.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	68
3.3.9.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	68
3.3.9.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	70
3.3.10.	Asidite.....	71
3.3.10.1.	2006 Yılı Ham, Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	71
3.3.10.2.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	71
3.3.11.	Renk.....	72
3.3.11.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	72
3.3.12.	Törbidite (Bulanıklık).....	73
3.3.12.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	73
3.3.13.	NO ₃ ⁻	73
3.3.13.1.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	74
3.4.	Elementsel Değişimler.....	76
3.4.1.	Alöminyum (Al).....	76
3.4.1.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	76

3.4.1.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	79
3.4.1.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	84
3.4.2.	Arsenik (As).....	89
3.4.2.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	89
3.4.2.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	90
3.4.2.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	91
3.4.3.	Baryum (Ba).....	91
3.4.3.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	91
3.4.3.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	92
3.4.3.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	93
3.4.4.	Kadmiyum (Cd).....	93
3.4.4.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	94
3.4.4.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	95
3.4.4.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	96
3.4.5.	Bakır (Cu).....	97
3.4.5.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	97
3.4.5.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	97
3.4.5.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	99
3.4.6.	Demir (Fe).....	100
3.4.6.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	101
3.4.6.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	101
3.4.6.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	103
3.4.7.	Fe ⁺²	104
3.4.7.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	104
3.4.7.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	104
3.4.7.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	105
3.4.8.	Fe ⁺³	105
3.4.8.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri	105
3.4.8.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	106
3.4.8.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	107
3.4.9.	Mangan (Mn).....	107
3.4.9.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	108
3.4.9.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	108

3.4.9.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	109
3.4.10.	Kurşun (Pb).....	110
3.4.10.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	111
3.4.10.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	111
3.4.10.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	113
3.4.11.	Kükört (S).....	113
3.4.11.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	113
3.4.11.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	113
3.4.11.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	115
3.4.12.	Silisyum (Si).....	116
3.4.12.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	116
3.4.12.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	117
3.4.12.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	118
3.4.13.	Çinko (Zn).....	119
3.4.13.1.	2006 Yılı Ham Su Örnekleri.....	120
3.4.13.2.	2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	120
3.4.13.3.	2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri.....	122
3.5.	Sulardaki Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Karşılaştırılması....	123
3.5.1.	pH ve Eh.....	123
3.5.2.	pH ve İletkenlik.....	124
3.5.3.	pH ve SO ₄	132
3.5.4.	pH ve Alkalinite.....	133
3.5.5.	pH ve Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn.....	134
3.5.6.	İletkenlik ve Tuzluluk.....	140
3.5.7.	İletkenlik ve SO ₄ ²⁻	141
3.5.8.	As, Cd, Cu, Mn, Zn'ya Karşı SO ₄ ²⁻ Değişimi.....	142
3.5.9.	Fe ve As.....	143
3.5.10.	Fe ve SO ₄ ²⁻	145
3.6.	Dere Kumları.....	146
3.6.1.	Dere Kumlarının Kimyasal Bileşimi.....	146
3.6.1.1.	SiO ₂	146
3.6.1.1.1.	2005 Yılı SiO ₂ Değişimi.....	146
3.6.1.1.2.	2006 Yılı SiO ₂ Değişimi.....	151

3.6.1.2.	Al ₂ O ₃	152
3.6.1.2.1.	2005 Yılı Al ₂ O ₃ Değişimi.....	152
3.6.1.2.2.	2006 Yılı Al ₂ O ₃ Değişimi.....	152
3.6.1.3.	Fe ₂ O ₃	153
3.6.1.3.1.	2005 Yılı Fe ₂ O ₃ Değişimi.....	154
3.6.1.3.2.	2006 Yılı Fe ₂ O ₃ Değişimi.....	155
3.6.1.4.	Toplam S.....	158
3.6.1.4.1.	2005 Yılı Toplam S Değişimi.....	158
3.6.1.4.2.	2006 Yılı Toplam S Değişimi.....	159
3.6.1.5.	As.....	160
3.6.1.5.1.	2005 Yılı As Değişimi.....	160
3.6.1.5.2.	2006 Yılı As Değişimi.....	161
3.6.1.6.	Au.....	162
3.6.1.6.1.	2005 Yılı Au Değişimi.....	162
3.6.1.6.2.	2006 Yılı Au Değişimi.....	162
3.6.1.7.	Ba.....	163
3.6.1.7.1.	2005 Yılı Ba Değişimi.....	163
3.6.1.7.2.	2006 Yılı Ba Değişimi.....	164
3.6.1.8.	Cd.....	165
3.6.1.8.1.	2005 Yılı Cd Değişimi.....	166
3.6.1.8.2.	2006 Yılı Cd Değişimi.....	166
3.6.1.9.	Cu.....	167
3.6.1.9.1.	2005 Yılı Cu Değişimi.....	167
3.6.1.9.2.	2006 Yılı Cu Değişimi.....	168
3.6.1.10.	Hg.....	169
3.6.1.10.1.	2005 Yılı Hg Değişimi.....	170
3.6.1.10.2.	2006 Yılı Hg Değişimi.....	170
3.6.1.11.	Pb.....	171
3.6.1.11.1.	2005 Yılı Pb Değişimi.....	172
3.6.1.11.2.	2006 Yılı Pb Değişimi.....	172
3.6.1.12.	Sr.....	173
3.6.1.12.1.	2005 Yılı Sr Değişimi.....	174
3.6.1.12.2.	2006 Yılı Sr Değişimi.....	174

3.6.1.13.	Zn.....	175
3.6.1.13.1.	2005 Yılı Zn Değişimi.....	176
3.6.1.13.2.	2006 Yılı Zn Değişimi.....	176
3.6.2.	Dere Kumları Mineralojik Bileşimi.....	178
3.6.2.1.	Dere Kumlarına Ait XRD Sonuçları.....	178
3.6.2.2.	Nicel (Sayısal)Mineralojik Bileşim.....	183
3.6.3.	Dere Kumu Örneklerine Faktör Analizi Uygulanması.....	191
3.6.3.1.	Ağustos 2005 Dönemi Dere Kumları Faktör Analizi.....	191
3.6.3.2.	Haziran 2006 Dönemi Dere Kumları Faktör Analizi.....	192
3.7.	Ayrıştırma Örnekleri.....	193
4.	TARTIŞMA.....	196
4.1.	Su Örnek Türlerinin Karşılaştırılması.....	196
4.2.	Su Örnek Türlerinin İstatistiksel Karşılaştırılması.....	202
4.3.	Dere Kumları ve Süzölmüş Su Örneklerinde Ağır Metallerin Yanal Değişimi.....	207
4.4.	Dere Kumlarındaki Kimyasal ve Mineralojik Bileşimin Karşılaştırılması.....	212
4.5.	Sulardaki Kirlilik Boyutunun Belirlenmesi.....	213
4.5.1.	2006 Yılı Su Örneklerinde Kirlenme Derecesi.....	213
4.5.2.	2005 Yılı Su Örneklerinde Kirlenme Derecesi	220
5.	SONUÇLAR.....	224
6.	ÖNERİLER.....	226
7.	KAYNAKLAR.....	227
8.	EKLER.....	234

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

Murgul (Artvin) bakır madeninin çevresel etkilerini ve çevresel kirliliğin mevsimsel boyutlarını belirlemek amacıyla kuru ve yağışlı olmak üzere iki ayrı sezonda su ve dere kumu jeokimyası çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Yağışlı sezonda alınan ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde ölçölen fiziksel ve kimyasal parametrelerden sıcaklık, çözünmüş oksijen, As ve Ba su örnek türleri arasında istatistiksel açıdan farklılık göstermiştir. Örnek türlerinin karşılaştırılması sonucunda, hassasiyet gerektiren durumlar için filtrelemenin gerekli olduğu belirlenmiştir.

Madenin aktif olarak çalışmadığı dönemlerde alınan ham su örnekleri analiz edilen tüm inorganik parametreler bakımından yüksek kirlilik göstermiştir. Bu örneklerin dinlendirilmesi ve süzölmesi ile tüm inorganik parametreler açısından III. Sınıf Su kriterlerine sahip su elde edilmiştir. Süzme işlemi sonrasında yapılan filtreleme ile inorganik parametreler açısından I. Sınıf Su kriterlerine sahip su elde edilmiştir. Buna karşın madenin aktif olarak çalıştığı dönemlerde, süzme işlemi Cu dışında kalan tüm inorganik kirleticilerin III. Sınıf Su kriterlerine göre engellenmesini sağlamıştır. Filtreleme sonunda da I. Sınıf Su kriterlerine göre Cu, Zn ve Mn; III. Sınıf Su kriterlerine göre ise sadece Cu kirliliğinin devam ettiğı görölmüştür.

Dere kumlarındaki Fe, S, As, Ba, Cd, Cu, Hg, Pb ve Zn elementleri, 2005 yılında madenin etkin çalışması ve örnekleme kuru sezonda yapılmış olması sebebiyle atık noktasından itibaren artarken, 2006 yılında madenin düzenli çalışmayışı ve örnekleme yağışlı sezonda yapılmış olmasından ötürü atık noktasından itibaren azalmaktadır. Silisyum 2005 ve 2006 yıllarında bu elementlerin tam karşıtı bir davranış sergilemektedir.

Anahtar Kelimeler: Murgul bakır madeni, Çevresel kirlilik, Ham su, Süzölmüş su, Filtrelenmiş su, Su jeokimyası, Dere kumu

SUMMARY

The Environmental Impacts of Murgul (Artvin) Copper Mine

Based on water and stream sediment sampling during wet and dry seasons, this study aims at determining the seasonal variation of environmental pollution caused by the currently working Murgul copper deposit.

Statistical analysis suggest that temperature, dissolved oxygen, As and Ba have differences in untreated, strained and filtered water samples collected in wet season. Comparison of sample types indicates that filtered samples are necessary where accuracy is highly significant.

All inorganic parameters were found to be highly polluted in untreated water samples collected when the mine is inactive. The resting of such samples and following straining gave rise to clean water for all inorganic parameters with respect to Class III criteria for water. Subsequent filtering achieved highly clean water with respect to first class water criteria concerning inorganic components. However, straining of samples during active periods of the mine prevented all inorganic pollutants except for Cu based on Class III criteria. After additional filtering, Cu, Zn and Mn pollution, and Cu pollution were found to be persistent with respect to Class III and I criteria, respectively.

In the year of 2005, the Fe, S, As, Ba, Cd, Cu, Hg, Pb and Zn contents of the stream sediments were increasing from the mine dumps due to the effective working of mine and the sampling in the dry season but in the year of 2006, concentrations of these elements were decreasing owing to inefficient mining activities and wet sampling period. However, Si exhibited different behavior in the year of 2005 and 2006.

Key Words: Murgul mine, Environmental pollution, Untreated water, Strained water, Filtered water, Water geochemistry, Stream sediment

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1.	Çalışma alanının yerbulduru haritası..... 3
Şekil 2.1.	Çalışma alanına ait örnek alım haritası..... 11
Şekil 2.2.	a) ve b) Su örneğinin süzülmesi c) ve d) Su örneğinin filtrelenmesi, e) ve f) Şişelenen su örneklerinin asitleştirilmesi..... 13
Şekil 2.3.	a) Ham su örneğine Eh ölçümü için elektrotunun daldırılması, b) Eh metreden Eh değerinin okunması..... 15
Şekil 2.4.	a) Murgul Deresinde ham su örneğinde yapılan iletkenlik ölçümü, b) Damar Dere üzerinden ham su örneğinde çözünmüş oksijen ölçümü..... 15
Şekil 2.5.	a) Alkalinite ölçümü için 50 ml su örneğinin hazırlanması, b) Renk dönüşümü için gereken metil oranjin pipete çekilmesi, c) Su örneğine metil oranjin eklenmesi ve rengin sarıya dönüşü d) Asit titrasyonu sonucu suda pembe rengin oluşumu..... 16
Şekil 2.6.	a) Fe^{+3} 'ün ölçümü için alınan 50 ml'lik su örneğine 1 ml derişik H_2SO_4 eklenmesi b) Çözeltinin $KMnO_4$ ile titre edilmesi c) Çözeltinin leylak rengine dönüşmesi..... 17
Şekil 2.7.	a , b: Dere kumlarının 180μ açıklıklı elekten elenmesi..... 18
Şekil 3.1.	Murgul (Artvin) ve yakın çevresinin stratigrafik kolon kesiti (Er vd., 1992 c)..... 23
Şekil 3.2.	Damar sahasındaki bantlı mor tüfler..... 25
Şekil 3.3.	Çakmakkaya sahasında kolonlu yapı gösteren Karatepe Dasiti ve Murgul Formasyonu içerisindeki dasidik tuf-breşler..... 26
Şekil 3.4.	Damar Dere civarındaki Ardıç Formasyonu içerisindeki andezitler 27
Şekil 3.5.	a) Erenköy civarındaki Küre Formasyonu içerisindeki marnlar b) Murgul-Borçka yol yarmasında Balıklıdağ formasyonunun tabanında izlenen killi kireçtaşı-marn seviyelerinin görünümü..... 29
Şekil 3.6.	Murgul bakır madeninin mineral parajenezi (Tüysüz, 2000)..... 31
Şekil 3.7.	Murgul madenindeki cevher minerallerinin mikroskopik görüntüleri: a) kapanım halinde Au içeren kalkopirit (Kp) b) sfalerit (Sf) ve piriti (Pi)ornatan kalkopiritin galen (Ga) tarafından ornatımı c) Kuvars içinde nabit Ag d) sfalerit içinde kapanım halinde elektrik (Et) e) kalkopiritin kırıkları boyunca gelişen kovellin (Ko) f) sfalerit ve piritlerin kalkopirit tarafından ornatımı g) framboidal piritler h) piritin ve eksolüsyonlar halinde kalkopirit içeren sfaleritin kalkopirit tarafından ornatımı..... 32

Şekil 3.8.	Murgul bakır madeninin 2001-2005 yılları arasındaki işlenen cevher, konsantre üretim ve çalışan işçi sayısı arasındaki ilişki.....	33
Şekil 3.9.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı pH değişimi. Maden sahasından alınan su örnekleri ve flotasyon tesisinden alınan atık su örneği grafiğe koyulmamıştır. Kabaca Dere üzerinden alınan 10 numaralı temiz su örneği sıfır (m) kabul edilmiştir. Damar Dere boyunca alınan örneklerin grafikteki yerleri, Murgul Dereyle kesişim noktası referans kabul edilerek geriye doğru ölçekli olarak hesaplanmıştır.....	38
Şekil 3.10.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş ve b) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı pH değişimi. Simgeler Şekil 3.9 ile aynıdır.....	48
Şekil 3.11.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı Eh değişimi.....	49
Şekil 3.12.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş su b) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı Eh değişimi. Simgeler Şekil 3.11 ile aynıdır.....	51
Şekil 3.13.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı iletkenlik değişimi.....	52
Şekil 3.14.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş b) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı iletkenlik değişimi. Simgeler Şekil 3.13 ile aynıdır.....	54
Şekil 3.15.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı toplam çözönmüş katı değişimi.....	55
Şekil 3.16.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş ve b) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı toplam çözönmüş katı değişimi. Simgeler Şekil 3.15 ile aynıdır.....	57
Şekil 3.17.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı toplam sertlik değişimi.....	59
Şekil 3.18.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş b) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı toplam sertlik değişimi. Simgeler Şekil 3.17 ile aynıdır.....	61
Şekil 3.19.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı çözönmüş oksijen değişimi.....	62
Şekil 3.20.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş b) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı çözönmüş oksijen değişimi. Simgeler şekil 3.9 ile aynıdır.....	64

Şekil 3.21.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklarının uzaklığa bağılı SO_4^{2-} değışimi.....	66
Şekil 3.22.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş b) filtrelenmiş su örneklarının uzaklığa bağılı SO_4^{2-} değışimi. Simgeler Şekil 3.21 ile aynıdır.....	67
Şekil 3.23.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklarının uzaklığa bağılı alkalinite değışimi.....	69
Şekil 3.24.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş b) filtrelenmiş su örneklarının uzaklığa bağılı alkalinite değışimi. Simgeler Şekil 3.23 ile aynıdır.....	70
Şekil 3.25.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan ham su örneklarının uzaklığa bağılı renk değışimi. Simgeler Şekil 3.9 ile aynıdır.....	72
Şekil 3.26.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş ve b) filtrelenmiş su örneklarının uzaklığa bağılı NO_3^- değışimi. Simgeler Şekil 3.25 ile aynıdır.....	75
Şekil 3.27.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklarının uzaklığa bağılı Al değışimi. Deteksiyon limitinin altında çıkan değışimlere deteksiyon limit değışimleri verilerek grafik çizilmiştir.....	79
Şekil 3.28.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklarının uzaklığa bağılı As değışimi.....	90
Şekil 3.29.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklarının uzaklığa bağılı Ba değışimi.....	93
Şekil 3.30.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklarının uzaklığa bağılı Cd değışimi.....	96
Şekil 3.31.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklarının uzaklığa bağılı Cu değışimi.....	98
Şekil 3.32.	2005 yılı Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca alınan a) süzölmüş b) filtrelenmiş su örneklarının uzaklığa bağılı Cu değışimi. Simgeler Şekil 3.31 ile aynıdır.....	100
Şekil 3.33.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklarının uzaklığa bağılı Fe değışimi.....	102

Şekil 3.34.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş b) filtrelenmiş su örneğlerinin uzaklığa bağlı Fe değişimi. Simgeler Şekil 3.33 ile aynıdır.....	103
Şekil 3.35.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneğlerinin uzaklığa bağlı Mn değişimi.....	109
Şekil 3.36.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş b) filtrelenmiş su örneğlerinin uzaklığa bağlı Mn değişimi. Simgeler Şekil 3.35 ile aynıdır.....	110
Şekil 3.37.	Damar, Kabaca. Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneğlerinin uzaklığa bağlı Pb değişimi.....	112
Şekil 3.38.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneğlerinin uzaklığa bağlı S değişimi.....	114
Şekil 3.39.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş b) filtrelenmiş su örneğlerinin uzaklığa bağlı S değişimi. Simgeler Şekil 3.38 ile aynıdır.....	115
Şekil 3.40.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneğlerinin uzaklığa bağlı Si değişimi.....	118
Şekil 3.41.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş b) filtrelenmiş su örneğlerinin uzaklığa bağlı Si değişimi. Simgeler Şekil 3.40 ile aynıdır.....	119
Şekil 3.42.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneğlerinin uzaklığa bağlı Zn değişimi.....	121
Şekil 3.43.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş b) filtrelenmiş su örneğlerinin uzaklığa bağlı Zn değişimi. Simgeler Şekil 3.42 ile aynıdır.....	122
Şekil 3.44.	2005 - 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneğlerinin pH-Eh değişimi.....	124
Şekil 3.45.	2005 - 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneğlerinin pH-iletkenlik değişimi.....	131
Şekil 3.46.	2005 - 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneğlerinin pH- SO ₄ değişimi. (F.A.: Flotasyon atığı)	133
Şekil 3.47.	2005 - 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneğlerinin pH'a karşı alkalinite değişimi. Asidik maden göllerinden alınan su örneğleri grafiksel gösterime katılmamıştır....	134

Şekil 3.48.	2005 - 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin pH'a karşı Al değışimi.....	135
Şekil 3.49.	2005 - 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin pH' a karşı Cd değışimi.....	136
Şekil 3.50.	2005 – 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin pH'a karşı Cu değışimi.....	137
Şekil 3.51.	2005 - 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin pH'a karşı Fe değışimi.....	138
Şekil 3.52.	2005 - 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin pH'a karşı Mn değışimi.....	139
Şekil 3.53.	2005 - 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin pH'a karşı Zn değışimi.....	140
Şekil 3.54.	2005 - 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin iletkenliğe karşı tuzluluk değışimi. 2006 yılına ait grafikteki x2 noktası x ve y ekseninde orijinal değerin yarısı alınarak grafik çizilmiştir.....	141
Şekil 3.55.	2005 - 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin iletkenliğe karşı SO_4^{2-} değışimi.....	142
Şekil 3.56.	2006 yılında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan (flotasyon tesisinden alınan atık hariç) süzölmüş su örneklerindeki a) Al, Zn b) Ca, Mg ve Na c)As, Cd d) Cu, Mn elementlerinin SO_4^{2-} a karşı değışimi.....	143
Şekil 3.57.	2006 yılında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerindeki Fe'e karşı As değışimi. Deteksiyon limitinin altında çıkan örneklerin grafiksel gösterimi limit değeri verilerek tüm örnek noktaları kullanılmıştır.....	144
Şekil 3.58.	2005 - 2006 yılında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerindeki Fe'e karşı Fe/SO_4^{2-} değışimi. Deteksiyon limitinin altında çıkan örneklerin grafiksel gösterimi limit değeri verilerek tüm örnek noktaları kullanılmıştır.....	145
Şekil 3.59.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağılı SiO_2 içeriğı değışimi.....	151

Şekil 3.60.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Al_2O_3 içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.....	153
Şekil 3.61.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Fe_2O_3 içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.....	155
Şekil 3.62.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı toplam S içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.....	159
Şekil 3.63.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a)2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı As içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.....	161
Şekil 3.64.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a)2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Au içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.....	163
Şekil 3.65.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Ba içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.....	165
Şekil 3.66.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Cd içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.....	167
Şekil 3.67.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Cu içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.....	169
Şekil 3.68.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Hg içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.....	171
Şekil 3.69.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Pb içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.....	173
Şekil 3.70.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Sr içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.....	175

Şekil 3.71.	Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Zn içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.....	177
Şekil 3.72.	Ağustos 2005 ve Haziran 2006 dönemlerinde alınan MRG 1 Sed ve MRG 10 Sed numaralı dere kumu örneklerinin tüm kayaç xrd grafikleri.....	179
Şekil 3.73.	Ağustos 2005 ve Haziran 2006 dönemlerinde alınan MRG 9 Sed ve MRG 13 Sed numaralı dere kumu örneklerinin tüm kayaç xrd grafikleri.....	180
Şekil 3.74.	Ağustos 2005 ve Haziran 2006 dönemlerinde alınan MRG 16 Sed ve MRG 22 Sed numaralı dere kumu örneklerinin tüm kayaç xrd grafikleri.....	181
Şekil 3.75.	Ağustos 2005 döneminde alınan MRG 7 Sed, MRG 14 Sed, MRG 20 Sed, MRG 19 Sed ve MRG 11 sed numaralı dere kumu örneklerinin tüm kayaç xrd grafikleri.....	182
Şekil 3.76.	Ağustos 2005 döneminde Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca alınan dere kumu örneklerinin MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimlerine (%) ait grafiksel gösterim.....	188
Şekil 3.77.	Haziran 2006 döneminde Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca alınan dere kumu örneklerinin MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimlerine (%) ait grafiksel gösterim.....	189
Şekil 3.78.	Ağustos 2005 ve Haziran 2006 döneminde Kabaca ve Damar Dereleri boyunca alınan dere kumu örneklerinin MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimlerine (%) ait grafiksel gösterim.....	190
Şekil 3.79.	2005 yılı Ağustos döneminde a) Damar b) Çakmakkaya sahasındaki ayrışma örnekleri.....	194
Şekil 3.80.	2005 yılı Ağustos döneminde Çakmakkaya ve Damar sahalarından alınan ayrışma örneklerinin tüm kayaç xrd grafiği.....	195
Şekil 4.1.	2006 yılı ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde ölçölen a, b) pH, c, d) Eh (mV), e, f) iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ve g, h) Toplam Çözönmüş Katı (mg/l) parametrelerinin örnek türlerine göre karşılaştırılması.....	200
Şekil 4.2.	2005 ve 2006 yıllarında alınan dere kumu ve süzölmüş su içerisindeki Mn ve Si elementlerinin uzaklığa bağılı değişim grafikleri (Grafiklerde Damar Dere'den alınan örnekler yer almamaktadır)	209
Şekil 4.3.	2005 ve 2006 yıllarında alınan dere kumu ve süzölmüş su içerisindeki Fe, As, S ve Cu elementlerinin uzaklığa bağılı değişim grafikleri.....	210

Şekil 4.4.	2005 ve 2006 yıllarında alınan dere kumu ve süzölmüş su içerisindeki Pb, Zn, Cd ve Ba elementlerinin uzaklığa bağlı değişim grafikleri.....	211
Şekil 4.5.	2005 ve 2006 yıllarında Kabaca ile Murgul Dereleri boyunca alınan (atığa maruz kalmış) dere kumu örneklerinin MINSQ yöntemi (Herrmann ve Berry, 2002) ile hesaplanan mineralojik bileşimlerinin uzaklığa bağlı olarak kimyasal bileşimi ile karşılaştırılması a, b) Kuvars- SiO ₂ c, d) Pirit- Fe ₂ O ₃	212
Şekil 4.6.	a, b, c Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği I. Sınıf Su (T.C. Resmi Gazete, 2004) değerlerine göre, d,e ve f Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği III. Sınıf Su (T.C. Resmi Gazete, 2004) değerlerine göre atık etkisi altında olan derelerden ve atık etkisinden uzak Damar Dere'den 2006 yılında alınan ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerindeki bazı elementler (As, Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn) ve SO ₄ iyonu için hesaplanan ortalama zenginleşme faktörleri.....	219
Şekil 4.7.	a, b Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği I. Sınıf Su (T.C. Resmi Gazete, 2004) değerlerine göre; c, d Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği III. Sınıf Su (T.C. Resmi Gazete, 2004) değerlerine göre atık etkisi altında olan derelerden ve atık etkisinden uzak Damar Dere'den 2005 yılında alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerindeki bazı elementler (Cu, Fe, Mn ve Zn) ile SO ₄ ve NO ₃ iyonu için hesaplanan ortalama zenginleşme faktörleri.....	223
Ek Şekil 1.	Murgul (Artvin) yöresine ait genel jeoloji haritası (Er vd., 1992 c)..	236

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Çalışma sahasının meteorolojik verileri (Devlet Meteoroloji İşleri, 2007).....	4
Tablo 3.1. Murgul bakır madeninin 2001-2006 yılları arasındaki konsantrasyon üretim değerleri ve tenörleri (KBİ, 2006).....	34
Tablo 3.2. 2006 yılı ham su örneklerine ait fiziksel, kimyasal ve istatistiksel parametreler (H: Ham Su).....	36
Tablo 3.3. 2006 yılı süzölmüş su örneklerine ait fiziksel, kimyasal ve istatistiksel parametreler (S: Süzölmüş su).....	39
Tablo 3.4. 2006 yılı filtrelenmiş su örneklerine ait fiziksel, kimyasal ve istatistiksel parametreler (F: Filtrelenmiş su).....	41
Tablo 3.5. 2005 yılı süzölmüş su örneklerine ait fiziksel, kimyasal ve istatistiksel parametreler.....	43
Tablo 3.6. 2005 yılı filtrelenmiş sulara ait fiziksel, kimyasal ve istatistiksel parametreler.....	45
Tablo 3.7. 2006 yılı ham su örneklerine ait analiz sonuçları.....	77
Tablo 3.8. 2006 yılı süzölmüş su örneklerine ait analiz sonuçları.....	80
Tablo 3.9. 2006 yılı filtrelenmiş su örneklerine ait analiz sonuçları.....	82
Tablo 3.10. 2005 yılı süzölmüş su örneklerine ait analiz sonuçları.....	85
Tablo 3.11. 2005 yılı filtrelenmiş su örneklerine ait analiz sonuçları.....	87
Tablo 3.12. 2006 yılı ham su örneklerindeki fiziksel ve kimyasal parametrelere ait hesaplanan Pearson korelasyon matrisi.....	125
Tablo 3.13. 2006 yılı süzölmüş su örneklerindeki fiziksel ve kimyasal parametrelere ait hesaplanan Pearson korelasyon matrisi.....	127
Tablo 3.14. 2006 yılı filtrelenmiş su örneklerindeki fiziksel ve kimyasal parametrelere ait hesaplanan Pearson korelasyon matrisi.....	128
Tablo 3.15. 2005 yılı süzölmüş su örneklerindeki fiziksel ve kimyasal parametrelere ait hesaplanan Pearson korelasyon matrisi.....	129
Tablo 3.16. 2005 yılı filtrelenmiş su örneklerindeki fiziksel ve kimyasal parametrelere ait hesaplanan Pearson korelasyon matrisi.....	130
Tablo 3.17. Ağustos 2005 dönemi dere kumu örneklerine ait ana oksit ve iz element analiz sonuçları ve bazı temel istatistik parametreleri.....	147
Tablo 3.18. Haziran 2006 dönemi dere kumu örneklerine ait ana oksit ve iz element analiz sonuçları ve bazı temel istatistik parametreleri.....	149
Tablo 3.19. Ağustos 2005 dönemi dere kumlarına (n=17) ait bazı ana oksit ve iz elementlerin Pearson korelasyon matrisi.....	156

Tablo 3.20.	Haziran 2006 dönemi dere kumlarına (n=17) ait bazı ana oksit ve iz elementlerin Pearson korelasyon matrisi.....	157
Tablo 3.21.	Ağustos 2005 ve Haziran 2006 dönemine ait dere kumlarının XRD sonuçlarına göre mineralojik bileşimi.....	178
Tablo 3.22.	Ağustos 2005 döneminde Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca alınan (atığa maruz kalmış) dere kumu örneklerinin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimleri (%) ve sonuçlara ait istatistik parametreler.....	184
Tablo 3.23.	Ağustos 2005 döneminde Damar ve Kabaca Dereler boyunca alınan (atık etkisinden uzak) dere kumu örneklerinin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimleri (%) ve sonuçlara ait istatistik parametreler.....	185
Tablo 3.24.	Haziran 2006 döneminde Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca alınan dere kumu örneklerinin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimleri (%) ve sonuçlara ait istatistik parametreler.....	186
Tablo 3.25.	Haziran 2006 döneminde Damar ve Kabaca dereler boyunca alınan dere kumu örneklerinin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimleri (%) ve sonuçlara ait istatistik parametreler.....	187
Tablo 3.26.	Ağustos 2005 ve Haziran 2006 dönemlerinde alınan dere kumu örneklerine uygulanan faktör analizi sonuç tablosu.....	192
Tablo 4.1.	2006 yılı ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerine ait bazı parametrelerin karşılaştırma tablosu.....	197
Tablo 4.2.	2006 yılında alınan ham, süzölmüş ve filtrelenmiş sularda ölçölen parametrelerin örnekler arası Pearson korelasyon katsayıları.....	199
Tablo 4.3.	Tek yönlü varyans analizi sonuç tablosu.....	203
Tablo 4.4.	Tek yönlü varyans analizi içindeki Tukey Testi.....	205
Tablo 4.5.	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne (T.C. Resmi Gazete, 2004) göre yüzey sularındaki kritik değerler.....	213
Tablo 4.6.	2006 yılında atık etkisi altında olan derelerden ve atık etkisinden uzak Damar Dere'den alınan ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerindeki bazı elementler ve SO ₄ iyonu için hesaplanan zenginleşme oranları. Kritik değerler, Tablo 4.5'de verilen Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği I. Sınıf Su (T.C. Resmi gazete, 2004)'dan alınmıştır.....	215

Tablo 4.7.	2006 yılında atık etkisi altında olan derelerden ve atık etkisinden uzak Damar Dere'den alınan ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örnekleindeki bazı elementler ve SO ₄ iyonu için hesaplanan zenginleşme oranları. Kritik değerler, Tablo 4.5.'de verilen Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği III. Sınıf Su (T.C. Resmi gazete, 2004)'dan alınmıştır.....	217
Tablo 4.8.	I. ve III. Sınıf Su kriterlerine göre 2006 yılında alınan ham, süzölmüş ve filtrelenmiş örneklelerde hesaplanan ortalama zenginleşme faktörlerine bağılı olarak elementlerin genel kirlilik/temizlik dereceleri.....	218
Tablo 4.9.	2005 yılında atık etkisi altında olan derelerden ve atık etkisinden uzak Damar Dere'den alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örnekleindeki bazı elementler (Cu, Fe, Mn ve Zn) ve SO ₄ , NO ₃ iyonu için hesaplanan zenginleşme oranları. Kritik değerler, Tablo 4.5'de verilen Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği I. Sınıf Su (T.C. Resmi gazete, 2004)'dan alınmıştır.....	221
Tablo 4.10.	2005 yılı atık etkisi altında olan derelerden ve atık etkisinden uzak Damar Dere'den alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örnekleindeki bazı elementler (Cu, Fe, Mn ve Zn) ile SO ₄ ve NO ₃ iyonu için hesaplanan zenginleşme oranları. Kritik değerler, Tablo 4.5'de verilen Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği III. Sınıf Su (T.C. Resmi gazete, 2004)'dan alınmıştır.....	222
Tablo 4.11.	Ortalama zenginleşme faktörlerine bağılı olarak I. ve III. Sınıf su faktörlerine göre ham, süzölmüş ve filtrelenmiş örneklelerdeki elementlerin genel kirlilik/temizlik derecesi.....	223
Ek Tablo 1	Örnek noktalarının koordinatları ve örnek türlerinin makroskobik özellikleri.....	234

SEMBOLLER DİZİNİ

- AK : Ateşte kayıp
- C : Toplam sertlik derecesi (mg/l CaCO₃)
- C_i : Su örneğinin farklı elementler için derişimi (mg/l)
- DKB : Doğu Karadeniz Bölgesi
- Et : Elektrum
- F : Asit veya bazın faktörü
- Ga : Galen
- I_i : Mineralin difraktogramdaki pik boyutu (cm)
- i, z,.....: Kayaçta bulunan mineralleri
- K_i : i minerale ait yanıt oranı veya absorbsiyon katsayısı
- Ko : Kovellin
- Kp : Kalkopirit
- meg_{Fe} : Milieşdeğer gram Fe (55.85/ 1000)
- ml_{KMnO₄}: Harcanan KMnO₄ miktarı
- N : Asit veya bazın normalitesi
- N_{KMnO₄}: Harcanan KMnO₄'ün normalitesi
- Pi : Pirit
- S : Harcanan toplam asit veya baz miktarı
- Sf : Sfalerit
- TÇK : Toplam çözünmüş katı
- \bar{X} : Ortalama
- W_i : i mineralin kayaçtaki yüzdesi
- θ : Yüzeyden yansıma açısı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ordu'dan Sarp sınır kapısına kadar uzanan yaklaşık 400 km uzunluğundaki bir zon boyunca, çok sayıda baz metal sülfür yatakları içermesi nedeniyle Doğu Karadeniz Bölgesi bir Cu-Pb-Zn provensi olarak kabul edilmektedir (Gümüş, 1970). Bu cevherleşmelerin çoğu genellikle küçük ölçekli olduğu için eski yıllarda işletilmiş olup günümüzde terk edilmişlerdir. Ancak, bu küçük ölçekli cevherleşmeler yanında ekonomik değeri olan ve nispeten büyük sayılabilecek birçok yatak bulunmakta ve bunların bazıları işletilmektedir.

Murgul bakır yatağı bu yatakların en önemlilerinden biridir ve 1945 yılından beri modern anlamda üretime devam etmektedir. Yatak 1980 ve 1990'lı yıllarda yıllık ortalama 3 milyon ton ham cevher (25 bin ton) üretimi ile Türkiye ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır (Akçay ve Tüysüz, 1997). Geçmiş yıllarda Karadeniz Bakır İşletmeleri tarafından işletilen Murgul bakır madeni, 2006 yılında Eti Bakır A.Ş. tarafından satın alınmış olup, şu anda yeni rezerv çalışmaları sürdürülmektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Madenlerin çevreye verdiği zarar yadsınamaz derecede büyüktür. Murgul bakır yatağı günümüze kadar maden yatakları açısından ayrıntılı olarak çalışılmasına rağmen, yatakta yapılan madencilik çalışmalarının çevreye verdiği tahribatın boyutu ve bu tahribatın giderilmesi için alınması gereken önlemler konusunda yapılan araştırmalar sınırlı sayıdadır. Hem izabe tesisi hem de daha sonra üretime geçen sülfürik asit üretim tesisi Murgul ve çevresinin bitki örtüsünün yok olmasına neden olmakla beraber, halkın sağlığını da tehdit altına almıştır. Bu nedenle, bu çalışmada, Murgul bakır işletmesinin çevresel etkilerini ortaya koymak amacıyla su ve dere kumu jeokimyası olmak üzere ağır element jeokimyası çalışmaları yapılarak çevresel kirliliğin boyutları ve kaynağının araştırılması hedeflenmiştir. Su jeokimyası çalışmasında ham, süzölmüş ve filtrelenmiş örnek türleri alınarak, örnek türlerinin karşılaştırılması hedeflenmiştir. Ayrıca, dere kumu örnekleri ile madenden kaynaklanan atıkların zaman içerisinde uğradıkları değişimler ortaya koyulmaya çalışılacak ve atmosferik şartlarda gelişen yeni ikincil mineraller belirlenecektir.

1.3. Çevre Kirliliği

Üretim yapmak ve ihtiyaçlar doğrultusunda ürünleri tüketmek doğal dengeyi etkileyen temel faktörlerdir. Hem üretim hem de tüketim aşamasında bazı atıkların ortaya çıkması ve bunların doğrudan doğaya bırakılması kaçınılmazdır. Doğa bu kirleticilerin belirli kısmını yok etmektedir. Ancak aşırı yüklenme olduğunda, ekosistem dengesi bozulmaktadır. Bu durumda toprak, hava ve su gibi birbirleriyle etkileşim halinde olan ortamlar kirlenmektedir. Bu ortamların herhangi birinde meydana gelen kirlenme diğerlerine de taşınarak çevre kirliliği oluşturmaktadır. Örneğin, havanın kirlenmesi sonucu oluşan asit yağmurları dolaylı olarak toprağı ve suyu kirletmektedir.

Dünya yüzeyinin yaklaşık %75'ini kaplayan su, çok çabuk kirlenebilme özelliğine sahip olan çevresel bir ortamdır. Okyanuslar, denizler, göller, akarsular, dereler ve diğer yeraltı ve yerüstü suları alıcı ortam konumundadır. Su, kirliliği yerel olmaktan çıkarıp diğer alanlara taşıyarak problemi daha da büyütmektedir. Su kirliliği, kaynak suyu veya herhangi bir doğal suyun (akarsu, göl, deniz v.s) fiziksel, kimyasal, biyolojik veya radyoaktif katkıların suya karışarak suyun niteliğinde ve yapısında değişikliklere neden olması şeklinde tanımlanmaktadır (Soylak ve Doğan 2000).

Su içerisinde çeşitli metal iyonları bulunur. Bu metal iyonlarının çözünürlüğü, suyun pH'ına, oksidasyon koşullarına, sudaki anyon derişimi ile emici tortuların varlığına bağlıdır. Madencilik faaliyetleri ile açığa çıkan sülfidler (özellikle pirit) su ve oksijenle reaksiyona girerek, oksitli minerallere dönüşmekte ve asidik maden sularının ana nedeni olan asit üretimine yol açmaktadır. Asit drenaj önemli bir çevre problemidir ve maden atıklarındaki pirit ve /veya demir sülfidlerin oksidasyonundan kaynaklanır. Asit drenajlar yüksek oranda asidiktir (pH ~2) ve Fe, Al, SO₄ ile Pb, Hg ve Cd gibi ağır metaller, bazı durumlarda da Th ve U bakımından zenginleşirler (Evangelou, 1995).

1.4. Çalışma Sahasının Özellikleri

1.4.1. Coğrafik Konum, Yerleşim ve Ulaşım

Çalışma alanı (Murgul bakır madeni ve yakın çevresi) Artvin ili Murgul ilçesinin 7 km güneyindedir ve Hopa-Artvin karayoluna asfalt bir yolla bağlıdır. Söz konusu bu alan Artvin F47 a₃₋₄ ve d₁₋₂ paftaları içerisinde yaklaşık olarak 120 km²'lik bir alanı

kapsamaktadır. Çalışmada esas araştırma konusunu oluşturan maden sahası ve etkilediği dereler yaklaşık 70 km² lik bir alan içerisindedir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası

Bölgede yerleşim yeri olarak Murgul ilçesi, Damar beldesi, Güngören (Agara) Mah., Yolaçan(Zansul) Mah., Çimenli Mah., Çubuna Mah., Özmal Köyü, Erenköy, Kamil Mah., Aşağıkorucular Mah., ve Civanköy bulunmaktadır. Çalışma alanı ve çevresinde ulaşım bir sorun oluşturmaz. Hopa-Artvin karayolu üzerinde Borçka ilçesinden asfalt bir yolla Murgul ilçesine ve Damar beldesine kadar ulaşılabilir. Açık işletme sahaları Damar beldesi'ne stabilize bir yolla bağlıdır. Bu çalışmanın kapsamında yer alan vadilerden Damar ve Kabaca Dereler boyunca yol olmaması nedeniyle örneklemede bazı sorunlar yaşanmış ve ancak vadi boyunca geçişe imkân sağlayan noktaya kadar gidilerek örnekler derlenmiştir.

1.4.2. Jeomorfoloji, Bitki Örtüsü ve İklim

Bölge oldukça engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. Yörede en düşük rakım dere kenarlarında olup yaklaşık 350 m, en yüksek rakım ise 1622 m ile Kamçiret Tepe'dir. Çalışma alanı akarsu ağı bakımından oldukça zengin olup, en önemlileri Murgul, Kabaca, Damar, Lepiskür, Kumluk, Çimenli, Boğnar, Kokolet, Kamçiret, Çilli, Başköy ve Çubuna Dereleridir.

Bölge bitki örtüsü bakımından oldukça zengindir ve genel olarak meşe, kestane, köknar, ceviz ve çam ağaçları ile temsil olunur. Maden sahası yakın çevresindeki bitki örtüsü daha çok söğüt ve akasya ağaçlarından oluşur ve son on yılda gerçekleştirilen ağaçlandırma çalışmalarına bağlı olarak gelişmiştir. Burada mevcut ilksel bitki örtüsü, 1960'lı yıllarda Murgul ilçesine kurulmuş olan ve çok kısa bir süre için çalıştırılmış olan izabe ve sülfürik asit tesisinin atmosfere bıraktığı SO₂ gazlarının neden olduğu asit yağmurlarıyla yok olmuştur (Kalay vd., 1995)

Artvin, Doğu Karadeniz Bölgesinin iklim yönünden en çok değişkenlik gösteren ilidir. Kıyı kesimi ile Cankurtaran dağları arasında kalan bölgede Karadeniz İklimi (tipik her mevsim yağışlı) görülmektedir. Cankurtaran dağlarından Borçka ve Artvin Merkez'e kadar olan alanda iklim kışları daha soğuk ve daha az yaz yağışlı olan Karadeniz iklimi şeklindedir (Tüfekçioğlu vd., 2005).

Tablo 1.1. Çalışma sahasının meteorolojik verileri (Devlet Meteoroloji İşleri, 2007)

Ay/Yıl	Toplam Yağış (mm)		Yağışlı Gün Sayısı		Günlük En Yüksek Yağış (mm)	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006
Ocak	54.8	72.8	10	14	18.6	20.9
Şubat	48.9	41.7	9	10	14.1	8.7
Mart	104.8	69	17	10	16.4	15.1
Nisan	61.9	76.2	14	17	16.8	17.9
Mayıs	65.5	47.1	12	15	12.2	10
Haziran	37.6	16.6	12	8	6.9	5.9
Temmuz	16.7	56.8	9	13	6	15.7
Ağustos	40.8	15.2	11	7	12.1	7
Eylül	38.1	22.7	12	12	11.2	7.9
Ekim	179.6	56.6	16	13	49.6	16.7
Kasım	48.7	163	11	16	20.2	44
Aralık	33.4	149.6	12	13	11.7	26.3
Ay/Yıl	Ortalama Sıcaklık (°C)		En Yüksek Sıcaklık (°C)		En Düşük Sıcaklık (°C)	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006
Ocak	2.8	1.1	11.4	9.8	-3	-5
Şubat	4.2	4.6	17.3	17.7	-6	-6.9
Mart	4.6	8.5	16.2	20.5	-6.9	-1.9
Nisan	12.0	11.2	24	26.3	-0.4	-1.4
Mayıs	16.1	15.1	30.9	35.4	3.6	6.2
Haziran	17.2	19.8	28.4	35.4	9.2	10.6
Temmuz	22.3	19.2	36.4	28.8	14	13.9
Ağustos	22.6	24.8	37.5	39.4	13.8	17.4
Eylül	17.9	18.4	27.4	32.1	9.4	10.9
Ekim	11.8	15.4	27.8	27.4	0.9	8.7
Kasım	8.6	7.1	17.4	21.1	0.3	-0.4
Aralık	5.6	1.8	15	8.8	-4.4	-9.9

1.5. Önceki Çalışmalar

Murgul bakır yatağı ve yakın çevresinde günümüze kadar çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bunlar daha çok bölgenin jeolojisi, stratigrafisi ve maden yataklarına yönelik genel ve detay özellikli çalışmalardır.

Buser ve Cvetic (1973), Murgul bakır yatağını ve çevresinin jeolojisini incelemiş, hâkim olan litostratigrafik ve tektonik yapıyı tanımlamışlardır. Bu sahanın büyük kısmının, aralarında piroklastiklerin çoğunlukta olduğu Jura, Kretase ve Tersiyer volkanitlerinden meydana geldiğini ortaya koymuş ve bazik tiplerle başlayıp asitli tiplerle sona eren üç magmatik dönem tespit etmişlerdir. Ekonomik yönden önemli olan cevher yataklarının subvolkanik-hidrotermal kökenli olduğunu ve Senoniyen-Mestrihtiende oluştuğunu ortaya koymuşlardır. Esas cevherleşmelerin Jura ve Alt Kretase volkanik kayalar içindeki geniş ölçüde silisleşmiş zonlara bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Başlıca cevher mineralleri arasında pirit ve kalkopiritin yanı sıra tali olarak da çinkoblend, galen, tetrahedrit, manyetopirit, ankerit, barit, kovellin ve kalkosin görülebildiğini ifade etmişlerdir.

Aslaner (1977), “Türkiye Bakır-Kurşun – Çinko Yataklarının Jeolojik ve Bölgesel Sınıflamasıyla Plaka Tektoniği Yönünden İncelenmesi” isimli kitabında Murgul yatağını 1.tip yatak olarak tanımlamış ve bu yatakların volkanojenik domlarla sıkı bir ilişki halinde olduğunu belirtmiştir. Ayrıca bu yatakların zengin olan masif sülfid kütlesinin etrafında çoğu kez stokvork tipinde ve daha dışta ise daima dissemine bir cevher ile çevrili olduğunu ifade etmiştir.

Van (1990), Artvin yöresindeki tüm masif sülfid cevherleşmelerinin magmatik hidrotermal kökenli olduğunu ortaya koymuştur.

Er (1992 d), Murgul maden arama ve geliştirme projesi kapsamındaki çalışma sonucunda yöreye ait stratigrafik dizinimi ortaya çıkarmıştır. Stratigrafik dizinim; Eosen yaşlı Balıklıdağ Formasyonu, Üst Kretase-Paleosen yaşlı Küre Formasyonu, Üst Kretase yaşlı Ardıç Formasyonu, Karatepe dasitleri, Murgul Formasyonu ve Kabaca dere volkanitleri şeklindedir. Ayrıca Geç kretase ve Eosen yaşlı sokulum kayaları da belirlemiştir. Aynı çalışmada Murgul Formasyonu ile Ardıç Formasyonu arasında zayıf bir aşınma uyumsuzluğu olduğunu ortaya koymuş, Üst Kretase-Eosen arasında uyumsuzluk olmadığı, Üst Kretase-Paleosen’in geçişli olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı proje kapsamındaki Ayrıca cevherleşmenin masif, saçınımlı, ağsal ve damar şeklinde olduğunu ortaya koymuştur.

Çağatay (1993), yataklar çevresinde, içten dışa doğru, silisleşme, illit-mika oluşumu ve kaolinleşme şeklinde farklı bileşimlerde alterasyon zonlarının gözlendiğini ve cevherleşmelerin ada yayı volkanizması ile ilgili olarak açılma evrelerinde (ekstansiyonel safha) oluştuklarını belirtmektedir.

Gündüz (1999), Gümüşhane Köyü (Artvin-Ardanuç) yöresinde, iki farklı tipte cevherleşmenin olduğunu ortaya koymuştur. Bunlardan ilki, kuvars porfir birimi içerisinde gelişen Porfiri Cu-Au cevherleşmesi, diğeri ise bu sokulumun dokanak kısımlarında bulunan kireçtaşı bloklarında karbonat ornatımı ile gelişmiş olan metazomatik tip Cu, Au, Pb, Zn, Mn± Ag cevherleşmesidir.

Tüysüz (2000), Murgul masif sülfür yatağının jeolojisi, jeokimyası ve oluşumunu araştırmıştır. Siyah cevheri framboidal pirit, sfalerit ve galenin oluşturduğunu; sarı cevheri ise kalkopirit, tetrahedrit ve bornitin oluşturduğunu ortaya koymuştur. Süperjen cevherleşme sonucu bornit, kovellin ve dijenitin kalkopiritin yerini almasıyla özellikle Bognari sahasında Cu içeriğinde yersel zenginleşmeler meydana geldiğini ifade etmiştir.

Gökçe (2001), Çakmakkaya ve Damarköy sahalarında sıvı kapanımı, oksijen ve hidrojen izotopları jeokimyası uygulayarak yatakların oluşumunu incelemiştir. Cevherleşmenin volkano-sedimanter istifin oluşumu sırasında gelişmiş olan hidrotermal çözeltilerin taşıdıkları ürünlerin büyük bir kısmını breşleşmiş dasit tüf birimi içinde gelişmiş kılcal çatlaklar boyunca, çok az bir kısmını ise deniz tabanına boşaltmaları şeklinde oluştuğunu ve sülfürlü mineraller içindeki kükürtün magmatik kökenli olduğunu belirtmiştir. Bu hidrotermal çözeltiler içindeki suyun büyük bir kısmının meteorik kökenli, az bir kısmının ise deniz suyu kökenli olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca oluşum ortamının kenarlarında bulunan karalardan derinlere sızarak ısınmış meteorik suların, geri yükselirken volkano-sedimanter istif içindeki volkanik kayalardan metal ve kükürt iyonlarını çözdüklerini belirtmiştir. Bu çözeltilerin deniz tabanının hemen altında (stockwork tipi cevherleşme) veya deniz suyu içine boşaldığı yerlerde (stratiform cevher zonu) cevherleşmeleri oluşturdukları ve cevherleşme esnasında, meteorik suların deniz suyu ile karıştığı ve/veya etkileştiği sonucuna varmıştır.

Yörede çevresel jeokimya alanında oldukça sınırlı sayıda çalışmalar yapılmıştır. Kalay ve diğerleri (1995), Gökteş (Murgul) bakır işletmelerinin çevreye özellikle toprak özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Bu inceleme sonucunda Murgul'daki asit fabrika bacasından çıkan SO₂ gazlarının yaklaşık 3000 ha ladin-yapraklı karışık ormanını yok ettiğini belirlemişlerdir. Ayrıca bitki örtüsünün yok olması sonucu etkilenen alanlardan

tonlarca toprağın erozyonla denizlere taşınmış olduğunu ve taşınan toprak derinliğinin bazı yerlerde 1.5 metreye ulaştığı sonucuna varmışlardır. Alandan almış oldukları toprak örneklerinde, toprak pH'nın yakınlarda bulunan zarar görmeyen alanlara kıyasla yaklaşık bir birim azaldığını belirlemişlerdir.

Akçay ve Tüysüz (1997), Murgul bakır madeni çevresinde ağır elementlerin yanal dağılımı ve çevresel kirlilik üzerine etkilerini araştırmışlardır. Murgul madeninden uzakta yer alan temiz sular ve madenden etkilenen kirli sulardan derlenen su örneklerinden gerçekleştirilen analizler sonucunda özellikle Damar Dere boyunca çok yüksek Cu, Pb, Zn, Cd, Fe, ve Mn değerleri elde etmişler ve Mangan hariç bu elementlerin ortalama dağılım profil uzunluklarının yaklaşık 5 km olduğunu ve yüksek konsantrasyonların Murgul kasabasının yerleşim sahasının dışına kadar devam ettiğini belirtmişlerdir. Buna karşın Murgul şehir suyu şebekesi ve çevresindeki su kaynaklarında bu yüksek element konsantrasyonlarının herhangi bir etkisinin olmadığını ortaya koymuşlardır.

Kantarıcı (2002), yaptığı çalışmada Cerattepe'deki altın madeni işletmesinin, yörede yaşayan insanlar için ciddi tehditler oluşturabileceğini ve burada yapılacak atık barajının geçirimsiz olarak inşa edilmesinin, eğimin çok yüksek olmasından ötürü oldukça zor olduğunu ifade etmiştir.

Tüfekçioğlu ve diğerleri (2005), Cerattepe yöresinde çıkarılması planlanan bakır madeninin en önemli olumsuz etkisinin yörede oluşacak olan asit maden suları olacağını belirtmişlerdir. Alanda yapılacak maden işletmesinin eğimin yüksek olmasından ötürü önemli derecede orman tahribatına sebebiyet vereceğini ve şiddetli erozyona neden olacağını ortaya koymuşlardır. Tünel şeklinde yapılacak işletmenin yeraltı sularının rotasında sapmalara neden olacağı ve bu sapmaların ilin kurulu olduğu yamaç yönünde gerçekleşmesi halinde il için tehdit oluşturacağını belirtmişlerdir.

1.6. Bölgesel Jeoloji

Korunmuş ada yaylarına iyi bir örnek teşkil eden Doğu Karadeniz Bölgesi (DKB) Tetis okyanus kabuğunun (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Şahintürk, 1997) Laurasia (Adamia vd., 1981; Gealey, 1988) veya Gondwana (Şengör ve Yılmaz, 1981) kıtası altına girerek yitimiyle oluşmuştur. Ada yayının kıtasal ve okyanusal plakalara göre konumu ve dalma batmanın yönü hakkında farklı görüşler ileri sürülmektedir (Akıncı, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981; Bektaş, 1986). DKB'nin oluşumu, yitimin zamanı ve polaritesi hakkındaki

tartışmalar sürüyor olmasına karşın, yitimin orta Eosende tamamlandığı konusunda görüş birliği vardır (Adamia vd.,1981; Okay ve Şahintürk, 1997).

DKB kuzeyden güneye doğru üç birime ayrılabilir. Güney zon Hersiniyen yaşlı metamorfik temeli üstleyen Liyas yaşlı sedimanlar, Malm-Erken Kretase yaşlı platform karbonatları ve Geç Kretase yaşlı filişleri içerir (Bektaş vd., 1995). Eksen zonunda veya yay gerisi havzada <100m kalınlığında ve yanal yönde devamlılık göstermeyen Senoniyen yaşlı bazaltik volkanitler ve eşlik eden sedimanlar Alpin tip peridotitler tarafından altlanır (Bektaş vd., 1995). Kuzey zondaki stratigrafi volkanik kayalar ve granitik batolitlerin varlığıyla karakterize edilir. Bu zonda temel kayalar uyumsuz olarak Liyas yaşlı volkanik ve volkanoklastik kayalar ve yerel olarak gelişmiş sedimanlar tarafından üstlenir. Bu volkanitler bimodal karakterlidir ve kalkalkalin özelliklere sahiptirler (Arslan vd., 1997) ve Berdiga formasyonunun platform karbonatlarınca üstlenirler. Geç Kretase döneminde başlamış olan Kuzey zonda yayla ilişkili volkanizma 3000-4000 m kalınlığa ulaşan, genelde toleyitik daha az oranda kalkalkalen özellikli riyolit, riyodasit, bazaltik volkanitler ve bunların piroklastitleri ile temsil edilir. Bu kayalar Liyas yaşlı volkanitler veya platform karbonatları üzerine uyumsuz olarak oturur. Geç Kretase kayaları bölgede masif sülfid yataklarının ana kayacını oluşturur. Ayrıca, doğu batı yönünde bir hat boyunca yerleşen granitik batolitlerin oluşumu da bu zamana denk gelir. Kretasenin sonuna doğru bazik volkanik ve volkanoklastik kayalar ve önemsiz sedimanter kayaç ara katkılarında daha sıklıkla rastlanır. Eosen döneminde diğer bir safhada bazik volkanizma ve granitik intrüzyonlar oluşmuştur.

İnceleme alanı içerisinde bulunan Murgul bakır yatağı başlıca üç ana volkanik faaliyetin oluşturduğu DKB’de yer almaktadır. Murgul yatağı ve çevresinde Alt Bazik Seri olarak isimlendirilen (Shultze-Westrum, 1961) ilk volkanik faaliyetin ürünleri Jura-Alt Kretase yaşlı bazik volkanitlerle başlar ve Alt Dasitik Seri olarak bilinen Senoniyen yaşlı felsik volkanitlerle sona erer. Cevherleşme Alt Dasitik Seri’nin son evrelerinde oluşan yaklaşık 250 m kalınlıktaki felsik piroklastik kayalar içerisinde yer alır ve çamurtaşı-kireçtaşı-kumtaşı-çeşitli bileşimde tüfler ile başlayan ince bir tortul seri ve yer yer de mor renkli porfiritik dasitlerle örtülüdür. İkinci ana volkanik faaliyetin ürünü olan bu porfiritik dasitlerle cevherleşme arasında yer alan tortul seviye yer yer yoğun olarak kaolenleşmiştir (Akçay ve Tüysüz, 1997). Bu da porfiritik dasitik faaliyetten önce cevherleşmenin yoğun bir şekilde erozyona ve yüzeysel bozunmaya uğradığını göstermektedir (Schnider ve diğ., 1988). Damar sahasından kaynaklanan cevher kütlelerinin maden sahasının değişik

kesimlerinde kırıntılı cevher olarak gözlenmesi bu düşünceyi desteklemektedir. Üçüncü ve son volkanik faaliyet Üst Bazik Seri olarak tanımlanan Tersiyer yaşlı bazalt ve andezitleri oluşturmuştur.

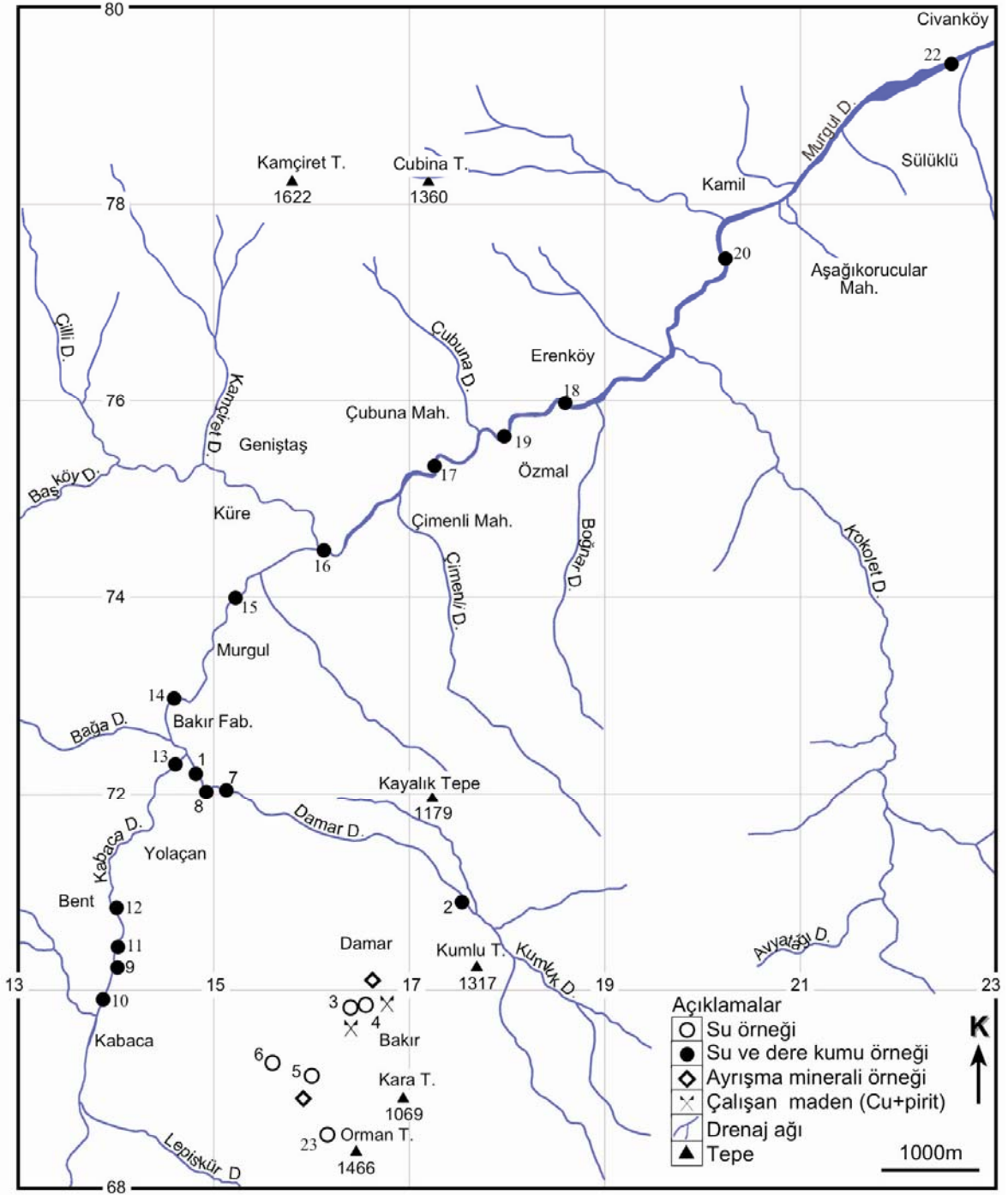
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Arazi Çalışmaları

2.1.1. Örnek Lokasyonları

İnceleme alanındaki dereler ve Murgul maden sahası içerisindeki asidik göllerden mevsimsel değişimlere bağlı olarak iki ayrı dönemde örnekleme yapılmıştır. İlk örnekleme 2005 yılı Ağustos ayının sonunda yağış miktarının en az olduğu dönemde (kuru sezon); ikinci örnekleme ise 2006 yılı Haziran ayının sonunda, karların erimesiyle yöredeki derelerin debilerinin arttığı dönemde (yağışlı sezonda) yapılmıştır.

Bu çalışmanın asıl amaçlarından biri Murgul bakır madeninin çevre kirliliği üzerine etkilerini araştırmak olduğundan, örnek lokasyonları gerek çok kirli olduğu gözlenen noktaları ve gerekse kirlilik izi taşımayan (temel değerleri gösteren) noktaları kapsayacak şekilde seçilmiştir (Ek Tablo 1). Murgul maden işletmesine en yakın konumda olan ve madene ait tumba sahalarından geçen Damar ve Kabaca Dereler boyunca örnek noktaları ortalama 200-250m aralıklarla (örnek alınmasına uygun olan yerlerden) seçilmiştir. Örneklem aralığı, bu derelerin bağlandığı Murgul Deresi boyunca yaklaşık 2 km'ye çıkarılmıştır. Ayrıca, bu vadiler dışında Çakmakkaya, Damar ve Bognari açık işletme sahalarındaki asidik göllerden ve atıktan da örnekleme yapılmıştır. Maden sahası dışında kalan tüm örnek noktalarından su ve dere kumu örneği alınmıştır. Ayrıca, atık örneklerinin kâğıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortu malzeme de örneklenmiştir. Açık işletme sahalarından ise sadece su örnekleri ile ikincil ayrışma ürünlerini belirlemeye yönelik kayaç örnekleri alınmıştır. İlk örnekleme döneminde 22 adet su örneği alınmış; bu örnekler süzülmüş ve filtrelenmiş olmak üzere iki gruba ayrılarak toplam 44 adet su örneği elde edilmiştir. İkinci örneklemede ise aynı noktalar örneklenmiş olup, ayrı bir set olarak ham su örnekleri de alınmış, böylece (22 ham, 22 süzülmüş ve 22 filtrelenmiş olmak üzere) toplam 66 adet su örneği derlenmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1.Çalışma alanına ait örnek alım haritası

2.1.2. Dere Kumu ve Yüzeysel Ayrışma Örneklemesi

Dere kumu örneklemesi esnasında, alınan örneğin örnek noktasındaki tüm vadi kesitini temsil edici olmasına özen gösterilmiştir. Bunun için, vadilerin kenar ve orta kesimlerinden, tortu yüzeyinin hemen altından bir hat boyunca belirli aralıklarla plastik bir

kürek yardımıyla örnekleme yapılmıştır. Alınan örnek 2 mm açıklıklı plastik elekler yardımıyla elenerek <2 mm boyutlu malzemedan yaklaşık 500 gr dere kumu alınarak ağzı kilitli plastik poşetlere konulmuştur.

Yüzeysel ayrışmaya ait 2 adet örnek Ağustos 2005 döneminde Çakmakkaya ve Damar maden sahaları içinden alınarak ağzı kilitli plastik poşetlerde muhafaza edilmiştir.

2.1.3. Su Örneklemesi

Su örnekleme esnasında çapraz kirlenme ihtimaline karşın çıplak elle örnekleme yapılmayıp, her örnek noktasında ayrı bir eldiven kullanılmıştır. Ayrıca ayağa giyilen çizme ve örneklemede kullanılan plastik maşrapa her örnek noktasında dere suyuyla yıkanmıştır. Su örneğinin alınmasında da dere kumu örneklemede takip edilen yöntem kullanılmıştır. Bunun için vadinin kenarından içine doğru su yüzeyinin hemen altına batırılan maşrapa yataya yakın bir açıyla sürülerek bir hat boyunca su örneğinin alınması sağlanmıştır. Alınan su örnekleri sırasıyla süzme, filtreleme ve asitleştirme işlemlerine tabi tutulmuştur (Şekil 2.2)

Su örneklerinin süzülmesinde MN 640 de model, 12.5 cm çaplı, 0.20 mm kalınlığında kağıt filtre kullanılmıştır. Süzme işlemi esnasında kağıt filtre uygun şekilde katlanarak cam huni içerisine yerleştirilmiştir. Huni 500 cc'lik erlanmayerin içerisine yerleştirilmiş, örnek noktasından maşrapa ile alınan su huni içerisine yavaşça dökülüp süzme işlemi yapılarak su içerisindeki süspansiyon malzemenin ayrılması sağlanmıştır. Her örnek noktasında değişik amaçlarla kullanılmak üzere yaklaşık 1 lt süzölmüş su elde edilmiştir. Kağıt filtre üzerinde kalan süspansiyon malzeme poşetlenerek örnekleştirilmiştir.



Şekil 2.2. a) ve b) Su örneğinin süzülmesi, c) ve d) Su örneğinin filtrelenmesi, e) ve f) Şişelenen su örneklerinin asitleştirilmesi

Süzülen su örneğinden alınan yaklaşık 0.5 lt su filtreleme işlemine tabi tutulmuştur. Bu esnada plastik eldiven, alt ucu vidalı 50 ml'lik plastik şırınga, filtre tutucu, 0.2 μm gözenek çapına sahip selüloz asetat membran filtre kullanılmıştır. Alınan su örneklerinin çeşitli sebeplerle kirlenmesini önlemek amacıyla, her örnek noktasında eller temiz eldiven giyilmiştir. Plastik cımbız yardımıyla 0.2 μm ' lik selüloz asetat membran filtre yerleştirilen filtre tutucu içerisine süzölmüş su çekilen şırıngaya bağlandıktan sonra, manuel basınç yardımıyla suyun polietilen şişe içerisine filtrelenmesi sağlanmıştır.

Her örnek noktasında kullanılan filtre, filtre tutucu ile birlikte plastik poşet içine koyularak ayrıca örneklenmiştir.

Süzülen ve filtrelenen su örnekleri kation analizi için 60 cc' lik plastik şişelere (hava ile suyun temasının kesilmiş olması için) tam ağzına kadar doldurulmuş ve iyon kaybının önlenmesi için suya, pH'ını 2'nin altına düşürmek üzere 2-3 ml derişik nitrik asit ilave edilmiştir. Örnekler analiz edilinceye kadar buzdolabı ortamında tutulmuştur. Taşıma sırasında su örneklerinin soğuk kalmalarını muhafaza etmek için buz kullanılmıştır.

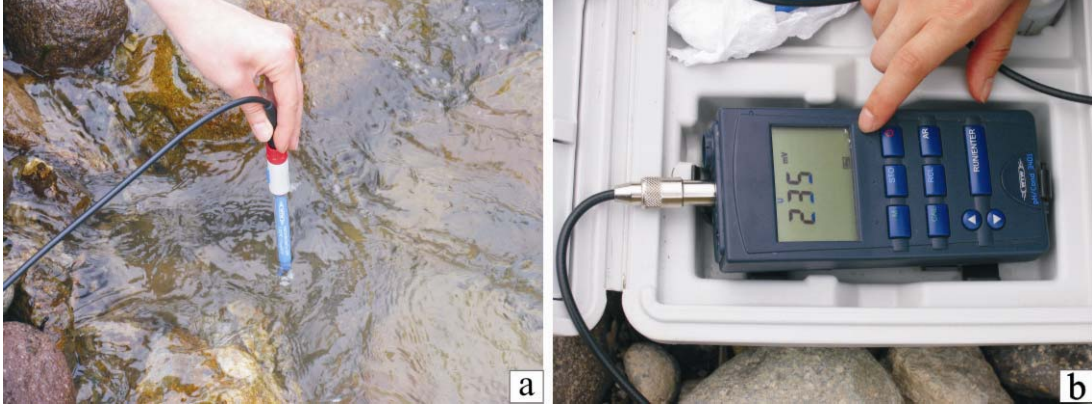
2.1.4. Arazide Yapılan Ölçümler

2.1.4.1. Fiziksel Parametrelerin Ölçümü

pH, Eh, sıcaklık, iletkenlik, tuzluluk ve çözünmüş oksijen örnek alımı esnasında derlenen her örnek türü üzerinde ölçümü yapılan fiziksel parametrelerdir. pH, Eh, sıcaklık, iletkenlik ve tuzluluk ölçümleri WTW marka pH/cond 340i model pH/cond metre ile yapılmıştır (Şekil 2.3). Cihazın hata payı 15-35°C su sıcaklığında pH için $\pm 1 \pm 0.005$, Eh için ± 0.3 mV'tur. Bu cihazla yapılan pH ve sıcaklık ölçümlerinde SenTix 41 model elektrot kullanılmıştır. Eh ölçümlerinde ise SenTixORP elektrotu ve kalibrasyonu için de WTW RH 28 standart çözeltisi kullanılmıştır. (2005 yılındaki Eh ölçümleri pH'a bağlı olarak ölçülmüştür). İletkenlik ve tuzluluk ölçümleri de bu cihaz yardımıyla, fakat TetraCon 325 model prob kullanılarak yapılmıştır (Şekil 2.4).

Çözünmüş oksijen konsantrasyonları ayrı bir cihaz yardımıyla (WTW marka Oxi 330i model oksijen metre) Cellox325 model prob kullanılarak yapılmıştır. İletkenlik ve oksijen ölçümü için hata payı $\% \pm 0.5$ 'dir.

pH/cond metre ve oksijen metre cihazları her örnek noktası öncesi kalibre edilerek ölçümlerin hassas olmasına özen gösterilmiştir. Ayrıca, her ölçüm sonrası problar saf suyla yıkanarak temizlenmiştir.



Şekil 2.3. a) Ham su örneğine Eh ölçümü için elektrotunun daldırılması, b) Eh metreden Eh değerinin okunması



Şekil 2.4. a) Murgul Deresinde ham su örneğinde yapılan iletkenlik ölçümü, b) Damar Dere üzerinden ham su örneğinde çözülmüş oksijen ölçümü

2.1.4.2. Alkalinite ve Asidite Ölçümü

Alkalinite titrasyon ile belirlenmiştir. Bu amaçla kullanılan kimyasal maddeler fenolftalein ve metil oranj ile 0,02 N H₂SO₄'dir. İçerisine bir damla metil oranj (pH ≤8,3 ise) veya fenolftalein (pH ≥8,3 ise) katılan 50 ml'lik su örneği seyreltik (0.02 N) H₂SO₄ ile titre edilerek çözelti renginin turuncudan pembeye dönüşümünü sağlayan H₂SO₄ miktarı ölçülmüş (Şekil 2.5) ve alkalinite değeri mg/l CaCO₃ olarak;

$$\text{Alkalinite} = \frac{S \times N \times 1000 \times F}{\text{ml örnek}} \times 50 \quad (2.1)$$

formülü yardımıyla hesaplanmıştır. Bu formülde S, harcanan toplam asit miktarı (ml); N, asidin normalitesi; F, asidin faktörüdür.

pH'ın 4.5'in altında olduğu örneklerde asidite ölçümü yapılmıştır. Bunun için içerisine bir damla fenolftalein katılan 50 ml'lik su örneği 0.0192 N NaOH ile titre edilerek çözelti renginin pembe rengine dönüşümünü sağlayan NaOH miktarı ölçülmüştür. Asidite değeri mg/l CaCO₃ olarak;

$$\text{Asidite} = \frac{S \times N \times 1000 \times F}{\text{ml örnek}} \times 50 \quad (2.2)$$

formülü yardımıyla hesaplanmıştır. Bu formülde S, harcanan toplam baz miktarı (ml); N, bazın normalitesi; F, bazın faktörüdür.



Şekil 2.5. a) Alkalinite ölçümü için 50 ml su örneğinin hazırlanması, b) Renk dönüşümü için gereken metil oranjin pipete çekilmesi, c) Su örneğine metil oranjin eklenmesi ve rengin sarıya dönüşü d) Asit titrasyonu sonucu suda pembe rengin oluşumu

2.1.4.3. Fe⁺³ ve Fe²⁺ İyonları Ölçümü

50 ml'lik su örneğine 1 ml derişik H₂SO₄ ilave edilerek, çözelti iyice çalkalanmış ve normalitesi bilinen KMnO₄ ile titre edilmiştir. Titrasyon ile çözelti renginin leylak rengine dönüşümü için gereken KMnO₄ miktarı ölçülmüştür (Şekil 2.6). Çok güçlü bir oksitleyici olan KMnO₄ ile örnek içerisinde bulunan tüm demirin Fe³⁺ haline yükselttiği ve diğer bileşenlerin ihmal edilebilecek düzeyde olduğundan hareketle,

$$N_{\text{KMnO}_4} * \text{ml}_{\text{KMnO}_4} = \frac{\text{gr}_{\text{Fe}^{3+}}}{\text{meg}_{\text{Fe}}} \quad (2.3)$$

formülü kullanılarak Fe³⁺ değeri gr cinsinden hesaplanmış ve sonuçlar mg/l'ye çevrilmiştir. N_{KMnO₄} harcanan KMnO₄'ün normalitesi, ml_{KMnO₄} harcanan KMnO₄ miktarı ve meg_{Fe} ise milieşdeğer gram Fe'dir ve değeri 55.85/ 1000 olarak alınmıştır. Bu şekilde hesaplanmış olan Fe³⁺ değeri kimyasal analizlerden elde edilen toplam Fe miktarından çıkarılarak Fe²⁺ değeri hesaplanmıştır.



Şekil 2.6. a) Fe⁺³'ün ölçümü için alınan 50 ml'lik su örneğine 1 ml derişik H₂SO₄ eklenmesi, b) Çözeltinin KMnO₄ ile titre edilmesi c) Çözeltinin leylak rengine dönüşmesi

2.1.4.4. SO₄²⁻ ve NO₃⁻ Anyonları Ölçümü

SO₄ ve NO₃ konsantrasyonları arazide Nova 30 model fotometre yardımıyla ölçülmüştür. SO₄ ölçümlerinde 114548 katalog numaralı 5- 250 mg/l SO₄ ölçüm aralığına

sahip Merck sülfat küvet testi, NO_3 ölçümlerinde ise 114542 katalog numaralı 0.5-18.0 mg/l NO_3 - 2.2- 79.7 mg/l N ölçüm aralığına sahip küvet testi uygulanmıştır.

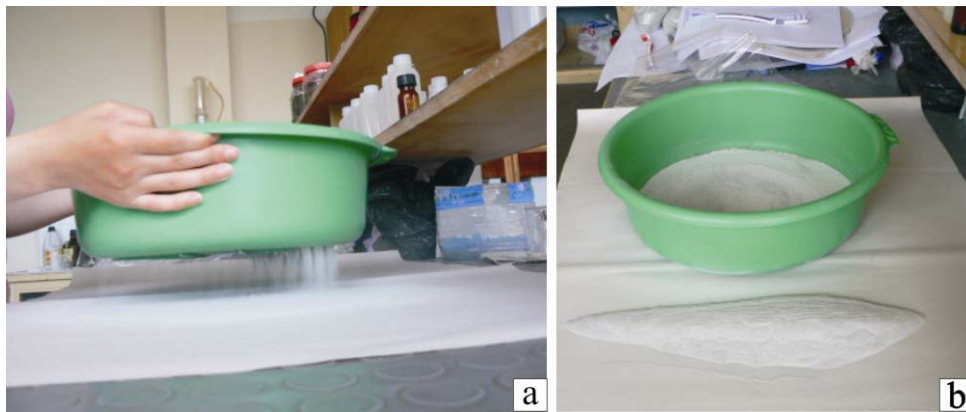
2.1.4.5. Türbidite ve Renk Ölçümü

Türbidite ve renk ölçümleri arazide Palintest 5000 marka fotometre cihazı ile yapılmıştır. İlk örnekleme döneminde bu ölçümler yapılmamıştır. Türbidite ölçümünde 10 ml örnek türbidite filtresi kullanılarak filtrelenmiştir. İkinci bir ölçüm tüpüne de 10 ml filtrelenmemiş örnek suyu koyulmuştur. Cihaz, filtrelenen örnek suyu kullanılarak, 520 nm dalga boyunda 100'e kalibre edildikten sonra, filtrelenmemiş örnek içeren tüp üzerinde okuma yapılmıştır. Okunan değer aletin kullanım kılavuzundaki ilgili tablo kullanılarak Formazin Türbidite Unit biriminde ifade edilmiştir. Renk ölçümünde, saf su doldurulmuş tüp kullanılarak cihaz 410 nm dalga boyunda 100'e kalibre edildikten sonra, türbidite ölçümü esnasında filtrelenen su ile doldurulan tüp üzerinde okuma yapılmıştır.

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.2.1. Dere Kumlarının Analize Hazırlanması

Dere kumları ve kağıt filtre üzerinde kalan katı malzeme 80°C 'de etüvde 24 saat kurutulmuştur. Dere kumları $180\ \mu$ açıklıklı elekten elenmiştir (Şekil 2.7). Elek altında kalan malzeme mineralojik ve kimyasal taylorde kullanılmıştır.



Şekil 2.7. a), b) Dere kumlarının $180\ \mu$ açıklıklı elekten elenmesi

2.2.2. XRD analizleri

Araziden alınan dere kumlarının ve ayrışma örneklerinin X-ışınları difraksiyonu (XRD) incelemeleri K.T.Ü. Fizik Bölümü Katı Hal Fiziği laboratuvarında Rigaku marka DMAX IIIC model X ışınları difraktometresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. XRD incelemelerinde kullanılan aletsel koşullar şunlardır: Anot: Cu ($\text{CuK}_\alpha=1.54059\text{\AA}$), Filtre: Ni, Gerilim: 35 kV, Akım: 15 mA, Ganyometre Hızı: 2°/dak., Kağıt Hızı 2 cm/dak., Duyarlılık: 4.102, Zaman sabiti: 1 sn, Yarıklar: 1°-0.1-1°, Ölçüm aralığı: $2\theta=5-60^\circ$ dir.

Difraktogramlarda mineral çözümlenmeleri J.C.P.D.S. (1990) kartları kullanılarak yapılmıştır. Belirlenen minerallerin pik şiddetleri Gündoğdu (1982) tarafından ifade edilen minerallerin kütleli absorpsiyon katsayısına bağlı olarak hesaplanan yanıt oranlarına bakılarak elde edilmiştir. Minerallerin kayaç içerisindeki % miktarı

$$\%W_i = \frac{K_i I_i}{[(K_i I_i) + (K_z I_z) + \dots]} * 100 \quad (2.4)$$

denklemini vasıtası ile hesaplanmıştır. Burada;

i, z,.....: kayaçta bulunan mineralleri,

W_i : i mineralin kayaçtaki yüzdesini,

K_i : i minerale ait yanıt oranı veya absorpsiyon katsayısını,

I_i : i mineralin difraktogramdaki pik boyutunu (cm) ifade etmektedir.

2.2.3. Kimyasal Analizler

İlk dönem örneklemeğinde 22 süzölmüş 22 filtrelenmiş olmak üzere toplam 44 adet su örneğine ve 23 adet çözönmüş filtre örneğine ana katyon ve iz element analizi yaptırılmıştır. İkinci örneklemede ise 22 ham, 22 süzölmüş, 22 filtrelenmiş olmak üzere 66 adet su örneğine ve 22 adet çözönmüş filtre örneğine ana katyon ve iz element analizi yaptırılmıştır. Analizler ICP-MS cihazıyla ACME Analiz Laboratuvarı'nda (Kanada) yaptırılmıştır. Analiz öncesi su ve çözönmüş filtre örnekleri seyreltilerek içerisindeki çözönmüş katı miktarı (tçk) % 1'in altına düşürölmüştür. İz elementlere ait deteksiyon limitleri; Ag, Au, Ba, Be, Bi, Cd, Ga, Ge, Ir, Os, Ru, Sb, Sn, Te, Th, için 0.05 $\mu\text{g/l}$; As, Cr, Se, Zn için 0.5 $\mu\text{g/l}$; B, Br, için 5 $\mu\text{g/l}$; Ce, Cs, Dy, Er, Eu Gd, Ho, In, La, Lu, Nb, Nd, Pr,

Pt, Rb, Re, Rh, Sr, Tb, Tl, Tm, Y, Yb için 0.01 µg/l ; Co, Hf, Sm, Ta, U, W, Zr için 0.02 µg/l ; Cu, Hg, Li, Mo, Pb için 0.1 µg/l ; Ni, Pd, V için 0.2 µg/l ; P için 20 µg/l , Ti için 10 µg/l , Sc ve Si için 1 µg/l ; S ve Cl için 1 mg/l'dir. Ana katyonlara ait deteksiyon limitleri; Ca, K, Mg, Na için 50 µg/l; Mn için 0.05 µg/l ; Fe için 10 µg/l ve Al için 1 µg/l 'dir.

İlk örneklemede toplam 19 adet dere kumuna, 2 adet maden sahasında oluşmuş ayrışma örneklerine, ikinci örneklemede ise toplam 19 adet dere kumuna ana oksit, iz ve nadir toprak element analizleri yaptırılmıştır. Ana oksit analizleri ICP-ES, nadir toprak ve iz element analizleri ICP-MS cihazlarıyla yapılmıştır. Ana oksit ve nadir toprak element analizlerinde 0,2 g örnek 1,5 g LiBO₂ /Li₂B₄O₇'de eritilmiş ve %5'lik HNO₃ içinde çözündürülmüştür. İkincil minerallere ait ana oksit ve nadir toprak analizinde 0,1 gr örnek kullanılmıştır. Ana oksitler %, nadir toprak ve iz elementler ise ppm cinsinden ölçülmüştür. İz element analizlerinde 0,5 gr örnek 3ml'lik (1-1-1 HCl-HNO₃-H₂O) kral suyunda 95°'de 1 saat bekletilmiş ve % 5 HCl'le 10ml'ye seyreltilerek ölçümler yapılmıştır. Ana oksitlere ait deteksiyon limitleri; SiO₂, Fe₂O₃ ve K₂O için % 0.04; CaO, MgO, Na₂O, MnO, Ti₂O, P₂O₅, C, S için % 0.01; Al₂O₃ için % 0.03; Cr₂O₃ için % 0.001 ve LOI için % 0.1'dir. İz elementler için; Ag, Bi, Cd, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Tl için 0.1 ppm; As ve Zn için 1 ppm; Au için 0.5 ppb; Se için ise 0.5 ppm'dir. Nadir toprak elementleri için; Ba, Co, Ga, Hf, Nb, Rb, Sr, Zr, La, Ce için 0.5 ppm; Cs, Ta, Th, U, W, Y, Sm için 0.1 ppm; Be, Sn ve Sc için 1 ppm; Eu, Gd, Dv, Ho, Er, Tm, Yb için 0.05 ppm; V için 5 ppm; Pr için 0.02 ppm; Nd için 0.4 ppm; Tb ve Lu için ise 0.01 ppm'dir.

2.2.3.1. Sertlik Hesaplaması

Sertlik değeri, toplam ve Fransız sertliği olmak üzere iki şekilde hesaplanmaktadır. Toplam sertlik:

$$C=2,497C_{Ca}+4,116C_{Mg}+1,142C_{Sr}+1,792C_{Fe}+3,710C_{Al}+1,531C_{Zn}+1,822C_{Mn} \quad (2.5)$$

formülüne göre hesaplanır. Bu formülde, C= mg/l CaCO₃ olarak toplam sertlik derecesi, C_i=su örneğinin farklı elementler için (mg/l cinsinden) derişimini belirtmektedir.

Fransız sertlik derecesi ise;

$$\left(\frac{\text{mg/l Kalsiyum kon.}}{20,04} + \frac{\text{mg/l Magnezyum kon.}}{12,156} \right) * 5 \quad (2.6)$$

formülü yardımıyla belirlenir (URL-1, 2007). Bazı su örneklerinde formülde yer alan elementler saptama limitinin altında çıkmıştır. Bu su örneklerinde elementlerin bilinen ölçülebilirlik (deteksiyon) limiti yazılarak hesaplama yapılmıştır. 2005 su örneklerinde Sr elementi ölçülmemiştir. Bu yıla ait su örneklerindeki toplam sertlik hesaplamasında Sr elementi kullanılmadan hesaplama yapılmıştır.

2.3. Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları esnasında arazi, laboratuvar çalışmaları ve kimyasal analizler sonucunda elde edilen veriler değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. GPS'le yapılan ölçümler Golden Software Grapher 2.0 programında grafiklendirilmiştir. Bu grafik üzerine dereler çizilmiş ve örnek noktaları arasındaki mesafe Auto Cad çizim programında hesaplanmıştır. Macromedia FreeHand 8.0 çizim programı kullanılarak harita ve dikme kesit bilgisayar ortamında çizilmiştir. MINSQ programı kullanılarak dere kumlarına ait XRD sonuçları ile kimyasal analiz sonuçlarının uyumluluğu karşılaştırılmıştır. Analitik yöntemler sonucunda elde edilen veriler Golden Software Grapher 2.0, SPSS 9.0 gibi bilgisayar programları kullanılarak değerlendirilmiş, grafiksel gösterimler elde edilmiş ve yorumlamalar yapılmıştır.

Yapılan çalışmaların tümü birleştirilerek elde edilen veriler ve sonuçlar tez kapsamında ortaya konulmuştur.

3. BULGULAR

3.1. Stratigrafi

3.1.1. Giriş

Çalışma alanındaki en yaşlı birim, Geç Kretase yaşlı Kabacadere Volkanitleri'dir (Er vd., 1991 a). Murgul Formasyonu Kabacadere Volkanitleri üzerine uyumlu bir şekilde yerleşmektedir (Er vd., 1991 b). Kabacadere volkanitleri ve Murgul Formasyonu kuvarslı diyorit, granodiyorit ve granitik kayalar tarafından kesilmektedir. Murgul Formasyonunun üzerine Dursun ve Yılmaz 1991 a ve b tarafından tanımlanan Geç Kretase yaşlı Karatepe Dasiti uyumlu olarak gelir. Bu formasyon Ardıç Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenir. Ardıç Formasyonu Geç Kretase ve daha genç yaşlı andezitik dayk ve siller tarafından kesilmiştir (Er vd., 1991 c, d, 1992 a, b). Ardıç Formasyonu Küre Formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir (Er vd., 1991 d). Geç Kretase-Paleosen yaşlı Küre Formasyonu bazik dayklar tarafından kesilmiştir. Paleosen-Eosen yaşlı killi kireçtaşı arakatkılı andezitik tuf, breş ve aglomeralardan oluşan Balıklıdağ Formasyonu Küre Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir (Er vd., 1992 c). Balıklıdağ Formasyonu bazik dayklar, diyorit, kuvarslı diyorit ve granodiyorit tarafından kesilmektedir (Ek Şekil1, Şekil 3.1).

3.1.2. Kabacadere Volkanitleri

İnceleme alanında kuvarslı andezitler ve bunların piroklastitleriyle temsil edilen formasyon Er vd., (1991 a) tarafından Kabacadere vadisinde yaygın ve tipik olarak gözlemlendiğinden Kabacadere Volkanitleri olarak adlandırılmıştır. Lepiskürdere yolu boyunca ve Kokolet Dere vadisinde dar bir alanda yüzeylenen kuvarslı andezitler Kokoletdere vadisi tabanında gri-yeşil, kahverengi ve yer yer koyu gri renkli ve yer yer saçınımlı ve çok ince damarcıklar halinde pirit içeren granit ve granodiyoritler tarafından kesilirler. Ayrıca Kızılkaya-Kokolet Dere sahasının güneydoğu kesiminde dasidik tuf-breş ve granitleri kesen gri-yeşil renkli, porfiritik yapıda kuvarslı diyoritler mevcuttur.

ZAMAN	DEVRE	FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
T E R S İ Y E R	P A L E O S E N - E O S E N	Balıklıdağ Formasyonu	>800 m		Andezitik tuf-breş, aglomera (Gri-yeşil renkli, taban kısımları kalın tabakalı tuf ince taneli breş, üstte aglomeratik özellikte)
					Diyorit-kuarslı diyorit-granodiyorit (Gri renkli, ince taneli, kırıklı yapıda)
K R E T A S E	Ü S T K R E T A S E	Küre Fm.	200	Marn	
			75	Kireçtaşı	
		Ardıç Fm.	500	Andezit daykı ve sili	
				Dasit-breş-aglomera (Gri-yeşil-mor renkli şekilsiz iri kuvars kristali içerir. Andezit, breş ve aglomeralarla yanıl geçişlidir.)	
		Karatepe Dasiti	200	Kırmızı çamurtaşı-kumtaşı-tuf	
				Andezit breş-aglomera (Tabanda gri-yeşil-mor renkli granit, mor-yeşil dasit çakılı, üstte yoğun kalsit konkresyonları ve kırmızı kireçtaşı blokları içerir.)	
		Murgul Formasyonu	600-800	Porfiri dasit (Gri-yeşil-mor renkli ve kolonlu yapıda)	
				Bantlı-kumlu-mor tuf	
		Kabacadere Volkanitleri	500-700	Cevher	
				Diyabaz sili Dasit-tuf-breş (Gri-beyaz renkli cevherli sahalarda sünger tuf özelliğindedir.)	
		Kuarslı diyorit-granodiyorit-granit (Gri-kahve renkli ince, orta taneli, kırıklı yapıdadır.)			
		Kuarslı andezit ve piroklastitleri			
		Damar tip cevher			

Şekil 3.1. Murgul (Artvin) ve yakın çevresinin stratigrafik kolon kesiti (Er vd., 1992 c)

Kuvarslı andezitler koyu gri-yeşil renkli, altere olmuş kısımlarında ise açık kahverengindedirler. Yer yer ince taneli, ender olarak da fenokristal şeklinde kuvars içermektedirler. Silisleşme, kloritleşme ve limonitleşme, izlenen alterasyon türleridir. Ayrıca kayaç içinde genelde KB-GD doğrultulu, değişken kalınlıkta ve birbirlerini keser halde kuvars- pirit damarları gözlenmektedir.

Kabacadere volkanitlerinin kalınlıkları genelde 500-700 m arasında olup, çalışılan bölgede yaklaşık olarak 200 m'dir (Dursun ve Yılmaz 1991 a). Birim yaş verebilecek herhangi bir fosil içermemektedir. Fakat, birimin yaşı alt ve üst sınırlarına bağlı olarak Geç Kretase olmalıdır (Dursun ve Yılmaz, 1991 a).

3.1.3.Murgul Formasyonu

Er vd., (1991 b) tarafından adlandırılan Murgul Formasyonu dasidik tüf-breş, diyabaz sili, bantlı, kumlu mor tüfler içerir. Çalışmanın konusunu oluşturan cevher de bu birim içerisinde yer alır.

Dasidik tüf-breşler Damar, Çakmakkaya, Gölbaşı, Kızılkaya çevresinde yüzeylenir ve yöredeki cevherleşmenin ana kayacını oluştururlar. Bu birim, cevher sahaları çevresinde bantlı, kumlu mor tüf (örtü kayaçları) ve porfiri dasit (Karatepe Dasiti) tarafından uyumlu olarak üstlenmesine karşın, sahanın diğer kesimlerinde andezitik breş-aglomeralar (Ardıç Formasyonu) tarafından uyumsuz olarak örtülür. Çalışma sahasında gri, bej, sarımsı ve yer yer açık yeşil renklerde izlenen ve oldukça iri ve özşekilli kuvars kristalleri içeren (Şekil 3.1) dasidik tüf-breşler tabakalanma yönlerine paralel, 10-40 cm boyutlu yeşil renkli pümis parçaları içerir. Birim yaygın olarak silisleşmiş, piritleşmiş ve kaolenleşmiş; daha az oranda da kloritleşmiş, serizitleşmiş ve limonitleşmişlerdir.

Diyabaz sili Damar ve Çakmakkaya açık işletme sahalarında yüzeylenir. Grimsi yeşil renkli ve ince tanelidirler. 0.5-6 m kalınlıkta ve genellikle yatay ve yataya yakın konumda olup, dasidik tüf-breşlerin akış yüzeylerine paralel olarak gelişmişlerdir (Er vd., 1992 a).

Cevherleşmenin ana kayacını oluşturan dasidik tüf-breşler üzerine uyumlu olarak gelen ve Murgul bakır yatağında cevherleşmenin örtü kayaçlarını oluşturan bantlı, kumlu mor tüfler bir kaç seviyeye ayrılmıştır. Birim gri-bej, açık yeşil, pembe renkli, bantlı yapıda yer yer damarcıklar ve mercek halinde jips içeren tüfler ile gri-kırmızı renkli çamurtaşı, kil taşı, siltaşı ve mor renkli tüflerden oluşur. Birim, Damar sahasının kuzey ve güney kesiminde, Çakmakkaya, Bognari, Mutluca Mahallesi, Gökçeli mahallesi çevresinde dar

bir alanda yüzeylenir. Bognari sahasında birimin tabana yakın kesimlerinde oldukça kalın bir jips merceği mevcuttur. Tüfler genelde bantlı yapı gösterip, gevşek dokulu ve yoğun olarak ayrılmış haldedirler. Kayaç içinde düzensiz dağılmış öz şekilli kuvars taneleri ile kayaç parçaları da görülür. Damar sahası yakınındaki bantlı tüfler içinde, oldukça büyük boyutlara ulaşabilen (4cm) ve kristalografik olarak farklı şekillerde gelişmiş öz şekilli pirit kristalleri gözlenmektedir. Bu tüflerle yanal geçişli olarak çamurtaşı, kıltaşı ve siltaşları özellikle Damar ve Bognari sahalarında gözlenmektedir.



Şekil 3.2. Damar sahasındaki bantlı mor tüfler

Murgul Formasyonunun kalınlığı 600-800 m arasındadır (Er vd., 1992 a). Birim içinde izlenen çamurtaşlarından alınan numunelerde Senoniyen (Üst Kretase) yaşı veren *Globotruncana lapparent*, *Globotruncana cf.*, *Arce cushman*, *Globigerina sp.* fosilleri Mado (1972) tarafından tespit edilmiştir (Er vd., 1991 c).

3.1.4. Karatepe Dasiti

Karatepe, Orman tepe, Düz tarla, Kumlu tepe ve Orta istasyon çevresinde yüzeylenen Dursun ve Yılmaz (1991 a ve b) tarafından Karatepe Dasiti olarak adlandırılmıştır.

Ayrıışmış bantlı, kumlu mor tüfleri uyumlu olarak üzerleyen birim, Ardıç Formasyonuna ait andezitik aglomeralar tarafından da uyumsuz olarak örtülür (Dursun ve Yılmaz 1991 b).

Karatepe dasiti cevherleşmeye yakın kesimlerde hematitleşmeden dolayı mor renkli, daha uzak kesimlerde ise gri-yeşil renklidir. Ancak bu durum tamamen yüzeysel ayrışma ile ilgilidir (Akçay, 2001). Zira dış yüzeyi mor olan kesimlerin taze kırık yüzeylerinde yeşilimsi renk h kimdir. Karatepe dasiti, Damar ve  akmakkaya sahasında çoğunlukla kolonlu yapı gösterirken diğer kesimlerde ise daha çok t f ve breş halinde gözlenir. Makroskobik olarak özşekilli kuvars fenokristalleri içerir. Ayrıca değişik boyutlarda (2-40 cm) diyabaz anklavları da içerir. Kloritleşme ve hematitleşme yaygın olarak izlenen ayrışma türleridir. Gözle gözlenememekle birlikte, mevcut plajiyoklaslar büyük bir oranda epidotlaşmıştır. Bu gözlem, Karatepe dasitlerinin propilitik alterasyona uğradığının göstergesidir.



şekil 3.3. Çakmakkaya sahasında kolonlu yapı gösteren Karatepe Dasiti ve Murgul Formasyonu içerisindeki dasidik t f-breşler

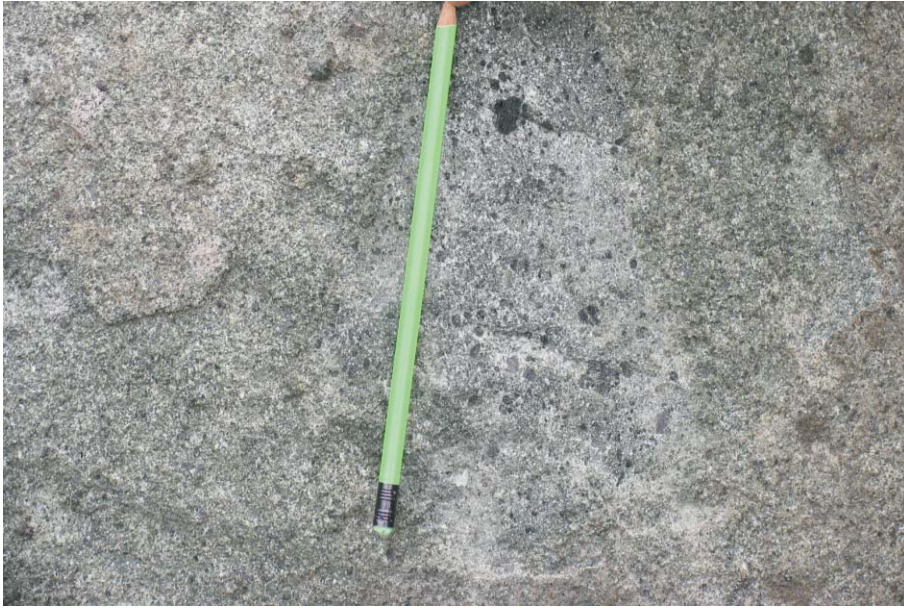
Birimin kalınlığı Karatepe civarında yaklaşık 200 m olup, Karatepe'den uzaklaştıkça azalma gösterir (Er ve diğ. 1991c).

Alt ve üst sınır ilişkilerine bağlı olarak Geç Kretase yaşlı olduğu saptanan Karatepe dasitleri, Alt Dasitik Seri olarak tanımlanan birimin en üst seviyesini oluşturan dasidik birimlerle deneytirilebilir.

3.1.5. Ardıç Formasyonu

Er vd., (1991 c ve d; 1992 a ve b) tarafından Ardıç Formasyonu olarak adlandırılan birim 1) andezitik tuf, breş ve aglomera, 2) kumlu tuf, kumtaşı kiltası, 3) dasidik breş ve aglomera ile 4) andezit dayk ve siller içerir.

Andezitik tuf, breş ve aglomeralar Ardıç Formasyonunun tabanını oluşturur. Damar sahasının batı kesiminde dar bir alanda ve Türel tepe eteklerinde, Damar dere boyunca, Ardıç tepe, Gömdüzü tepe ve Tiryal tepe çevrelerinde yüzeylemektedirler (Şekil 3.2). Birim gri-yeşil ve yer yer mor renkli, oldukça sert ve kompakt yapıda, çoğunlukla tuf ve breş özelliğindedir. Kızılkaya'ya bakan yamaçlarda breş ve aglomeratik özellik gösterirler. Birimin tabanında mor dasit ve granit çakıllarından oluşan konglomeratik bir seviye ve tavanında ise yersel olarak, yoğun miktarda küçük damar ve boşluk dolgusu şeklinde kalsit oluşumları ile değişik boyutlarda kırmızı çamurtaşı blok ve çakılları içermektedir. Ayrıca birimin orta kesimlerlerinde kırmızı çamurtaşı, kumtaşı ve tüflerden ibaret tortul bir seviye bulunur. Bognari sahasının kuzeybatısında ve Karatepe'nin doğusunda yüzlek veren bu seviyenin kalınlığı Er vd. (1991 d) tarafından 5-20 m olarak belirtilmiştir. Bu birim içindeki tortul birimden alınan numunelerin paleontolojik incelemesi sonucu birime Senoniyen (Üst Kretase) yaşı verilmiştir (Er ve diğ.1991 d).



Şekil 3.4. Damar Dere civarındaki Ardıç Formasyonu içerisindeki andezitler

Geç Kretase yaşlı dasidik tuf-breşler üzerine uyumsuz olarak gelen andezitik volkanizmanın ürünü olan bu birim Buser vd. (1970) tarafından Üst Bazik Seri veya Split II, Sawamura vd. (1971) ile Mado (1972) tarafından ise Üst Bazik Seri olarak tanımlanan kayaçlarla deneştirilebilir.

Andezitik dayklar çalışma alanının değişik kesimlerinde yüzeyleyirler ve gri-kahverengi-siyah, koyu yeşil renklidirler. Oldukça sert ve kırıklı olup, yer yer kolonlu yapı gösterirler. Geç Kretase yaşlı Ardıç Formasyonunu kesen bu dayklar Geç Kretase veya daha genç yaşadıkları (Er vd., 1991d).

3.1.6.Küre Formasyonu

Er vd., (1991d) tarafından Küre Formasyonu olarak adlandırılan bu formasyon kireçtaşı, marn ve bunları kesen bazik dayklardan oluşur.

Kireçtaşları Ardıç Mezrası, Maçuna ve Özmal çevresinde ve çalışma alanının kuzeybatısında dar bir alanda yüzeyleyirler ve uyumlu olarak marnlarla örtülürler. Bazik dayklar Erenköy çevresinde ve Geniştas'ın güneydoğusunda marnları kesmektedir.

Kireçtaşları genelde gri-beyaz ve açık kırmızı renklidir. Masif görümlü, bazı kısımlarda orta kalın tabakalıdır ve yer yer kalsit damarları içerirler. Tabaka kalınlıkları 20-100 cm arasında değişir (Er vd., 1992 a). Birimin kalınlığı 75m olarak belirlenmiştir (Er vd., 1992 a). Genel doğrultuları KD-GB, eğimleri ise 15 -20°KB'dir (Er vd., 1991d). Kireçtaşlarından alınan paleontolojik örneklerde *Globigerinidae* ve *Lagenidae* fosilleri tespit edilmiş ve birimin yaşı Maestrichtiyen (Üst Kretase) olarak verilmiştir (Er vd., 1991d).

Marnlar Küre Formasyonunun üst seviyelerini oluştururlar. Çalışma alanında Erenköy civarında, Murgul deresi boyunca ve Kamil'in güneyinde oldukça geniş yayılım gösterirler (Şekil 3.5 a). Birimin üst seviyelerinde tüflerle ardışıklıdır. Tabaka kalınlıkları çok ince olup 3-10 cm arasında değişmektedir (Er vd., 1991d). Birimin üst seviyelerinde volkanik malzeme giderek artar. Marnlardan alınan paleontolojik örneklerden *Globgerinea sp.* ve *Globoratalia sp.* fosilleri tesbit edilmiş ve birimin yaşı Üst Paleosen olarak verilmiştir (Er vd., 1991 d).

3.1.7. Balıklıdağ Formasyonu

Er vd., (1992 c) tarafından Balıklıdağ Formasyonu olarak isimlendirilen birim, Dikme Yayla, Acıgöl Yayla, Ahır Mahallesi, Murgul Kuzeyi, Başköy Çevresi, Aşağı Korucular, Ambar Mezrası ve Balıklıdağ çevresinde geniş bir alan kaplamaktadır. Genelde taban seviyeleri, gri-kahverenkli ve kalın tabakalı, üst seviyeleri ise gri-yeşil-siyah renkli olup aglomeratik karakterlidir.

Birim, iri hornblend kristalleri içeren kalın tabakalı andezitik karakterli tüf ve breşle başlar. Üst kısımlarda aglomeralarla devam eder. Ayrıca formasyonunun tabanına yakın kesimlerinde killi kireçtaşı ve marn arakatıklı tortul seviyeler izlenir (Şekil 3.5 b). Yer yer volkano-tortul özellik gösteren birim, birçok seviyeler halinde tekrarlanan kumtaşı, marn ve tüfit seviyeleri de içerir. Birimde izlenen alterasyon türleri kloritleşme, az oranda silisleşme ve limonitleşmedir.

Formasyonunun kalınlığı saha içinde 800 m. civarındadır. Ancak saha dışına doğru kuzey yönde daha büyük kalınlıklara ulaştığı izlenmiştir. Birimin içerisinde yaş verici fosil tespit edilememiştir. Fakat alt ve üst sınır ilişkilerine göre birimin yaşı Paleosen-Eosen olmalıdır (Er vd., 1992c).



Şekil 3.5. a) Erenköy civarındaki Küre Formasyonu içerisindeki marnlar b) Murgul-Borçka yol yarmasında Balıklıdağ Formasyonunun tabanında izlenen killi kireçtaşı-marn seviyelerinin görünümü

3.2. Maden Jeolojisi

3.2.1. Cevherleşme

Murgul madeni Damar, Çakmakkaya, Bognari ve Çarkbaşı açık işletme sahalarından oluşmaktadır. Çakmakkaya sahası uzun eksenini K25D yönünde 600 m, kısa eksenini ise K40B yönünde 500 m olan elipsoid şekilli bir kütle olup, 100-120 m kalınlığında bir cevherli zon içermektedir. Benzer büyüklükteki Damar sahasının uzun eksenini K45B, kısa eksenini ise K30D yönündedir (Akçay ve Tüysüz, 1997).

3.2.2. Cevherin Yerleşimi

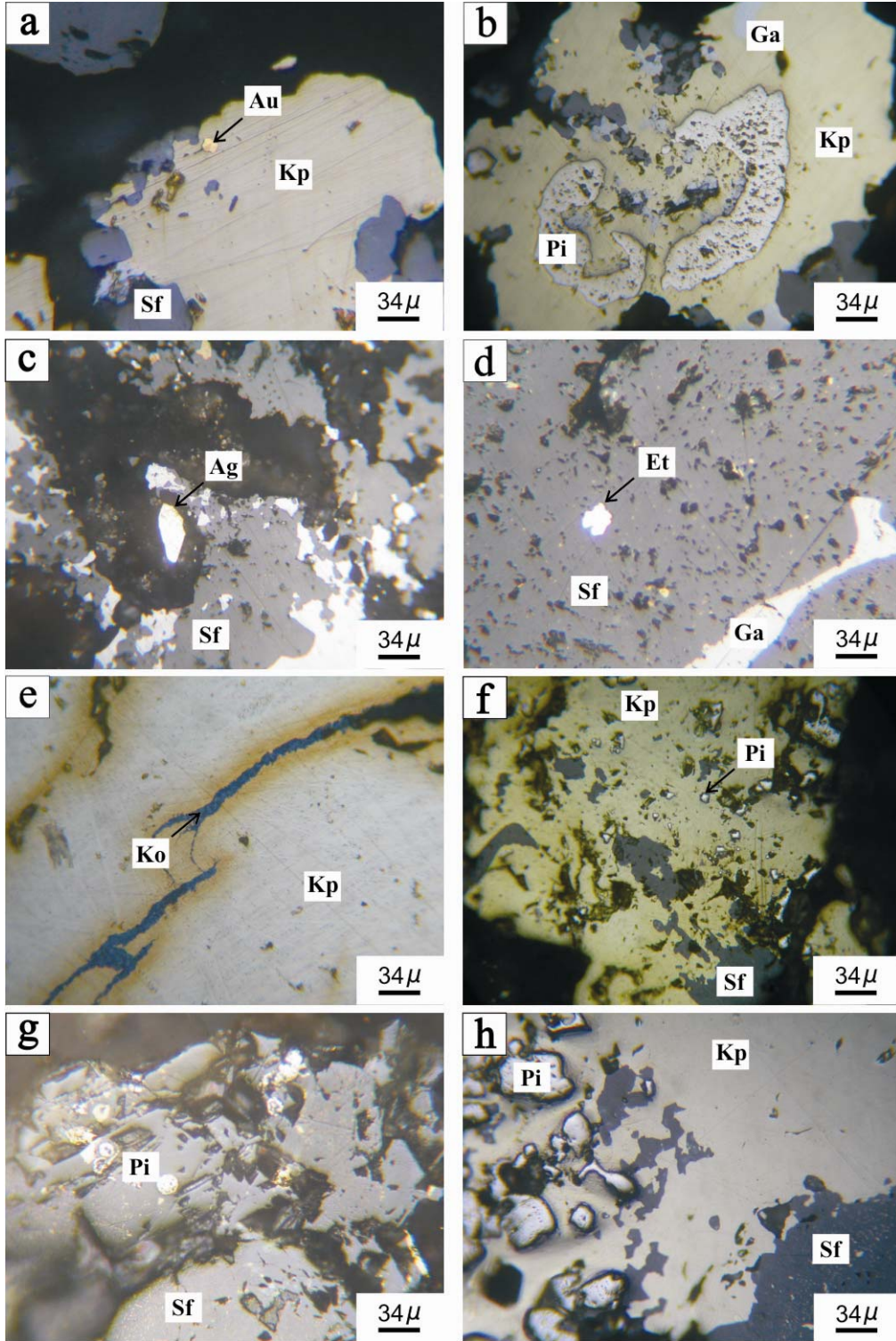
Murgul bakır yatağı daha çok ağsal ve saçınımlı, daha az miktarda ise masif tip cevher içermektedir. Önemli miktarda masif tip cevher Bognari ve Çakmakkaya sahalarında yer almaktadır. Bu yataklardaki masif ve ağsal cevherler arasında bölgedeki diğer yataklardan farklı olarak direkt bir ilişki yoktur. Bognari sahasındaki masif cevher büyük oranda 1-10 m çapındaki taşınmış cevher bloklarından oluşur. Bununla birlikte Çakmakkayadaki masif cevher yerli yerinde oluşmuş siyah ve daha baskın olarak sarı cevherden oluşmaktadır. Ağsal ve saçınımlı cevherler genellikle tüm yatağın üzerinde gelişmiştir ve üç boyutlu olarak yaygın fillik ve yerel olarak da yoğun silisik alterasyonla ilişkilidir. Ağsal cevher içerisindeki bireysel damarların kalınlığı mm'den 3cm'e kadar değişir. Ağsal cevher pirit ve kalkopiritten oluşur ve buna az oranda sfalerit ve galen eşlik eder. Murgul sahasındaki ikinci tip cevherleşme ikinci faz dasitler içerisindeki epitermal damarlardır. Bu damarlar masif sülfütlere eşlik eden ağsal damarlardan daha kalındır (20 cm'ye kadar) ve Cu (% 10'u geçer) ve altınca daha zengindir. Epitermal damarlar bazı kısımlarda ağsal zonları keserler ve cevherin içerisinde bakırın büyük oranda zenginleşmesini sağlayan zengin maden damarlarının oluşmasını sağlarlar. Ağsal cevherleşme huni şekilli yoğun bir hidrotermal bozunma gösterir. Cevherleşmenin olduğu zonlarda daha çok silisleşme olarak görülen alterasyon, dış zonlara doğru gidildiğinde sırasıyla serizitleşme ve kloritleşmeye geçiş yapar (Schneider vd., 1988).

3.2.3. Doku ve Parajenez

Bognari sahasındaki masif cevher iki farklı tip klastik doku gösterir. Bunlardan birincisi baca içerisinde bulunan sülfür matrisi cevheridir ve sülfür matrisi içerisinde oldukça ayrılmış altere kayaç parçaları bulunur. Diğer tipte ise sülfür matrisi içerisinde büyük oranda pirit ve kalkopiritten oluşan ince taneli parçalar içermektedir. Bu dokular masif cevherin lokal olarak taşınması, breşleşmesi ve çökmesini (yer değiştirmesini) ifade eder. Yakın zamanlarda Çakmakçayada bulunan masif cevher taşınmayı ifade eden herhangi bir doku göstermemiştir. Fakat masif cevherlerin deniz tabanı üzerinde izole edilmiş gerilmeler içerisindeki sülfür parçacıklarının kimyasal çökme ürünleri olduğunu ifade eden fromboidal yapılar, laminasyon ve dereceli tabakalanma ve koloidal dokular gösterirler. İki ana deniz tabanı mineral birlikteliği ve süperjen birlikteliği tanımlanmıştır (Şekil 3.6). İlk ana faz koloidal ve fromboidal pirit, anhedral pirit, sfalerit, galen ve kalkopirit içerir. Burada kalkopirit sfalerit içerisinde eksolüsyonlar halindedir (Tüysüz, 2000). İkinci ana faz genellikle kaba taneli pirit, tetrahedrit, kalkopirit ve borniti kapsamaktadır. Pirit büyük oranda kalkopirit tarafından ornatılmıştır ve iyi gelişmiş atol dokusu gösterirler. Kalkopirit ve tetrahedrit yoğun olarak bornit tarafından ornatılmıştır. İkinci faz mineralleri birinci faz minerallerinin tane sınırları kırıkları ve dilinimleri boyunca gelişmiştir (Şekil 3.7 e). Süperjen cevherleşme diğer minerallerin tane sınırları ve çatlakları boyunca gelişen genelde bornit ve daha az oranda kovellin, dijenit, malakit ve azuritten meydana gelir (Tüysüz, 2000).

Mineral	Deniz Tabanı Mineral Birlikteliği		Süperjen Birlikteliği
	I (Siyah Cevher)	II (Sarı cevher)	
Sfalerit	— —		
Galen	— — — —		
Pirit		— — — — — — — —	
Kalkopirit		— — — —	
Tetrahedrit		— — — —	
Bornite		— — — —	
Dijenit			— — — —
Kovellin			— — — —
Malakit			— — — —
Azurit			— — — —

Şekil 3.6. Murgul bakır madeninin mineral parajenezi (Tüysüz, 2000).

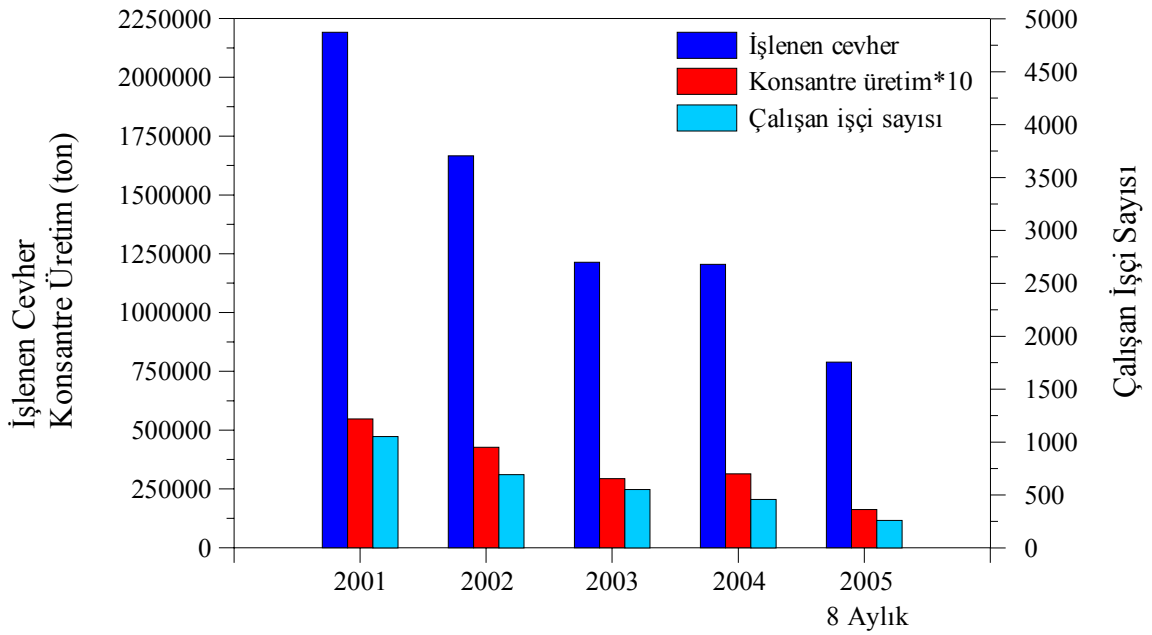


Şekil 3.7. Murgul madenindeki cevher minerallerinin mikroskobik görüntüleri: a) kapanım halinde Au içeren kalkopirit (Kp) b) sfalerit (Sf) ve piriti (Pi) ornatan kalkopiritin galen (Ga) tarafından ornatımı c) Kuvars içinde nabit Ag d) sfalerit içinde kapanım halinde elektrum (Et) e) kalkopiritin kırıkları boyunca gelişen kovellin (Ko) f) sfalerit ve piritlerin kalkopirit tarafından ornatımı g) framboidal piritler h) piritin ve eksolüsyonlar halinde kalkopirit içeren sfaleritin kalkopirit tarafından ornatımı

3.2.4. Madenin İşletim Durumu

Murgul Cu yatağı 1945 yılından beri modern anlamda üretime devam etmektedir. Bu yatak 1980 ve 1990'lı yıllarda yıllık ortalama 3 milyon ton ham cevher (25 bin ton) üretimi ile Türkiye ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır (Akçay ve Tüysüz, 1997). Geçmiş yıllarda Karadeniz Bakır İşletmeleri tarafından işletilen Murgul Cu madeni, 2006 yılında Eti Bakır A.Ş. tarafından satın alınmış olup, şu anda yeni rezerv çalışmaları sürdürülmektedir.

Murgul bakır yatağının Karadeniz Bakır İşletmeleri tarafından işletildiği 2001-2006 yılları arasındaki konsantre üretim değerleri ve tenörlerine ait veriler Şekil 3.8 ve Tablo 3.1'de verilmektedir (KBI, 2006).



Şekil 3.8. Murgul bakır madeninin 2001-2005 yılları arasındaki işlenen cevher, konsantre üretim ve çalışan işçi sayısı arasındaki ilişki

Tablo 3.1. Murgul bakır madeninin 2001-2006 yılları arasındaki konsantre üretim değerleri ve tenörleri (KBİ, 2006)

2001-2006 Yılları Arasındaki Konsantre Üretimleri ve Tenörleri												
Aylar	2001		2002		2003		2004		2005		2006	
	Bakır Konsantre (Ton)	% Cu	Bakır Konsantre (Ton)	% Cu	Bakır Konsantre (Ton)	% Cu	Bakır Konsantre (Ton)	% Cu	Bakır Konsantre (Ton)	% Cu	Bakır Konsantre (Ton)	% Cu
Ocak	3814	22.36	2548	20.61	2511	21.35	3347	20.81	439	19.53	1878	19.87
Şubat	4636	21.53	2294	22.34	1816	21.77	1722	19.72	1588	19.79	3005	20.65
Mart	4336	22.43	4482	22.74	2737	21.31	3300	19.03	418	20.66	2342	20.78
Nisan	4488	22.36	4760	22.4	2034	21.02	4302	21.07	0	0	2202	20.19
Mayıs	5215	22.49	3824	22.57	1946	20.85	3010	21.58	3777	17.19		
Haziran	4774	23.27	4597	22.22	1921	20.28	3581	21.77	4019	20.68		
Temmuz	5653	22.69	3841	22.67	3011	19.44	3108	21.27	3015	22.02		
Ağustos	5349	22.33	3618	22.19	2087	19.97	1553	20.53	3002	20.56		
Eylül	4787	21.92	3253	21.54	2874	18.03	2530	20.38	4507	21.43		
Ekim	4815	22.53	3016	20.54	2749	21.71	1192	20.94	3002	18.46		
Kasım	3800	23.06	3975	20.84	1571	18.99	2851	20.58	2409	19.77		
Aralık	3077	23.34	2525	20.75	4130	21.84	922	21.26	3270	20.94		
Toplam	54.744	23.2	42.733	21.78	29.387	20.63	31.418	20.75	29.446	18.42		

3.3. Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametreleri

3.3.1. pH

3.3.1.1. 2006 Yılı Ham Su Örnekleri

Ham su örneklerinin pH'ı 2.7-10.84 arasında değişmektedir ($\bar{X}=7.19$). pH'daki değişimler 1*standart sapmaya göre 5.41-8.98'dir (Tablo 3.2). En düşük pH değerleri maden sahasındaki (Bognari, Çakmakkaya, Damar) asidik göllerden elde edilmiş olup, bu değerler 2.7-3.81 arasındadır. Kabaca Derenin maden atık etkilerinin gözlenmediği (atık noktasına yakın) bir noktadan alınan temiz su örneğinin pH'ı ise 7.75'tir. Damar Dere üzerinden alınan atıktan uzak temiz su örneğinin pH'ı da benzerdir (pH=8.14; Şekil 3.9 a).

Örneklerdeki en yüksek pH değeri 10.84 olup, konsantrasyon tesisinden alınan atık suyundan elde edilmiştir. Bu yüksek değer flotasyon tesisinde kalkopirit ve piriti birbirinden ayırmak için kullanılan ksantatlardan ve kireçten kaynaklanmaktadır. Kabaca Dereye bırakılan atık suyunun pH'ı ise 7.63'dür. pH değerindeki bu hızlı düşüş çok kısa bir mesafede atık suyunun (konsantrasyon tesisinden atıldığı andaki) ilksel özelliğini kaybettiğini gösterir. Bu durum ya suyun pH'ını yükselten kireç gibi maddelerin hızlı çökmesinden ya da atık suyuna normal özellikte su karış(tırıl)masından kaynaklanmaktadır. Damar Dere boyunca 7.62-8.14 arasında değişen pH değerleri, debisi ve seyreltici etkisi daha yüksek olan Murgul Deresinde seyrelerek nötrleşmekte ve daha dar bir aralıkta dağılmaktadır (7.13-7.95).

3.3.1.2. 2006 Yılı Süzülmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

2006 yılı süzülmüş su örneklerinin pH'ı 2.7-10.78 arasında değişmektedir. 1*standart sapma dikkate alındığında dağılım 5.22- 8.67 arasındadır (Tablo 3.3).

Aynı dönem filtrelenmiş su örneklerinin pH'ı 2.71 -10.47 arasındadır (Tablo 3.4). Bu aralık süzülmüş örneklerin pH değerleriyle son derece benzerdir. Her iki tip su örneğinin ortalama pH değerinin 6.94 olarak hesaplanmış olması bu benzerliği desteklemektedir (Tablo 3.3 ve 3.4). Standart sapmaya göre hesaplanan değişimlerde aynıdır (5.24-8.63).

Tablo 3.2. 2006 yılı ham su örneklerine ait fiziksel, kimyasal ve istatistiksel parametreler (H: Ham Su)

Örnek Yeri	Örnek No	pH	Eh (mV)	Sıcaklık T (°C)	İletkenlik (µS/cm)	Toplam Çözünmüş Katı (mg/l)	Tuzluluk (%)	Toplam Sertlik (mg/l CaCO ₃)
Damar D.	MRG1-H	7.77	243	14.9	326	163	<0.1	157.30
Damar D. temiz su	MRG2-H	8.14	236	14.2	152	76	<0.1	73.38
Bognari	MRG3-H	2.7	559	15.9	7150	3575	3.9	6033.05
Damar	MRG4-H	3.81	373	15.7	1075	537.5	0.3	527.89
Çakmakkaya	MRG5-H	3.15	539	15.7	1641	820.5	0.6	774.71
Flotasyon tesisinden alınan atık	MRG6-H	10.84	-48	20.2	460	230	<0.1	859.94
Damar D.	MRG7-H	7.62	276	15.3	335	167.5	<0.1	160.18
Damar D.	MRG8-H	7.68	258	14.7	326	163	<0.1	158.56
Kabaca D. atılan atık	MRG9-H	7.63	181	21.3	626	313	0.1	2167
Kabaca D. temiz su	MRG10-H	7.75	235	15.1	103	51.5	<0.1	47.07
Kabaca D.	MRG11-H	7.21	225	15.7	194	97	<0.1	256.55
Kabaca D.	MRG12-H	7.58	221	15.3	153	76.5	<0.1	147.41
Kabaca D.	MRG13-H	7.09	260	14.4	123	61.5	<0.1	84.53
Murgul D.	MRG14-H	7.13	267	14.5	115	57.5	<0.1	67.42
Murgul D.	MRG15-H	7.32	279	14.3	127	63.5	<0.1	64.73
Murgul D.	MRG16-H	7.89	234	14.5	153	76.5	<0.1	119.17
Murgul D.	MRG17-H	7.93	227	18.8	152	76	<0.1	161.70
Murgul D.	MRG18-H	7.95	232	17.4	157	78.5	<0.1	88.16
Murgul D.	MRG19-H	7.94	237	15.1	156	78	<0.1	112.87
Murgul D.	MRG20-H	7.48	247	18.3	165	82.5	<0.1	186.87
Murgul D.	MRG22-H	7.89	275	19.6	142	71	<0.1	84.62
Çakmakkaya'ya akan temiz su	MRG23-H	7.77	253	17.2	73	36.5	<0.1	30.02
	Minimum	2.70	-48	14.2	73	36.50	0.1	30.02
	Maksimum	10.84	559	21.3	7150	3575	3.9	6033.05
	Aritmetik Ortalama	7.19	264.05	16.28	632	316	0.30	561.96
	Medyan	7.66	245	15.5	156.50	78.25	0.1	152.36
	Standart Sapma	1.78	117.35	2.10	1502.37	751.18	0.81	1310.30
	A. Ortalama-Std. Sap.	5.41	146.70	14.18	-870.37	-435.18	-0.51	-748.34
	A. Ortalama+Std. Sap.	8.98	381.39	18.38	2134.37	1067.18	1.12	1872.26

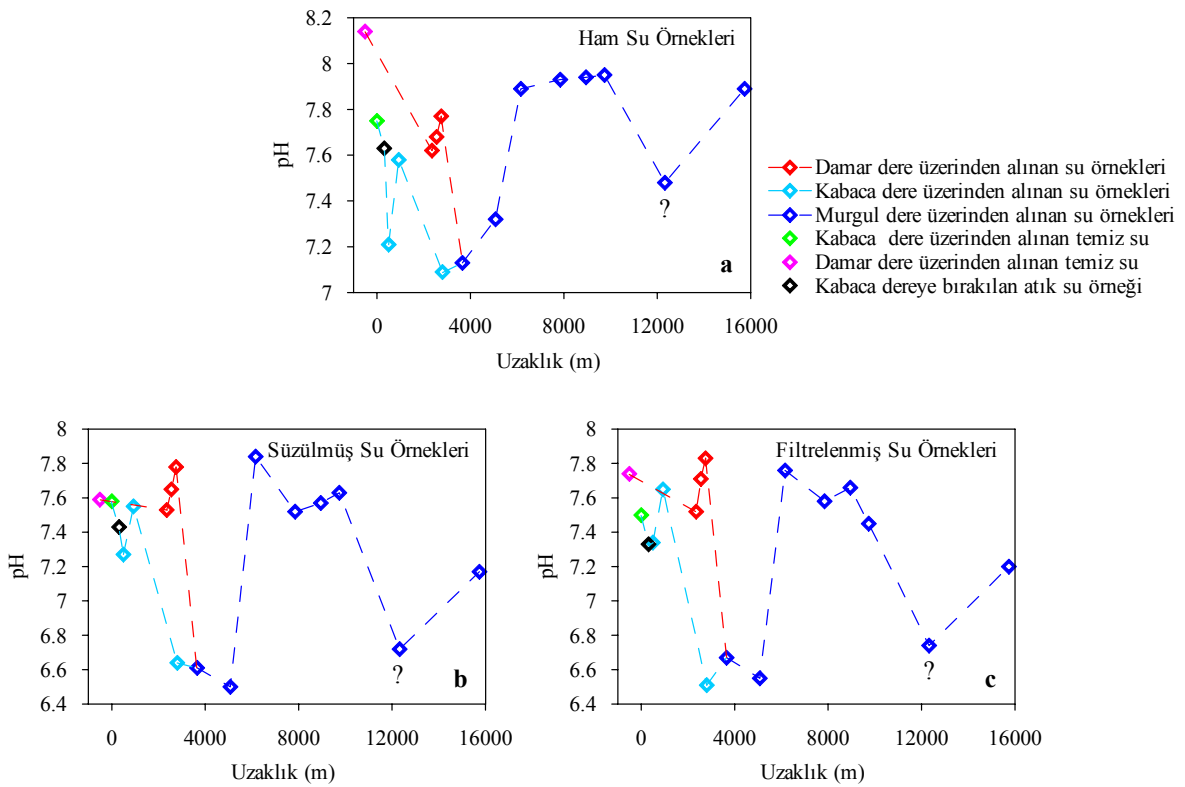
Tablo 3.2'nin devamı (Ö.Y.: Ölçüm yok)

Örnek No	Fransız Sertliği (°F)	Çözünmüş Oksijen (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Alkalinite (mg/l CaCO ₃)	Asidite (mg/l CaCO ₃)	Renk (mg/l Pt)	Türbidite (FTU)
MRG1-H	14.96	5.99	77	74.55	-	10	11
MRG2-H	7.31	9.2	<3	74.55	-	30	<5
MRG3-H	522.69	4.96	2000	0	2626.56	120	5
MRG4-H	46.43	5.21	490	0	149.76	20	8
MRG5-H	71.93	5.63	830	0	213.12	40	<5
MRG6-H	48.88	2.93	17	95.85	-	30	38
MRG7-H	15.18	6.63	93	72.42	-	80	<5
MRG8-H	15.09	5.8	103	59.64	-	20	<5
MRG9-H	127.35	4.4	Ö.Y.	208.74	-	275	>400
MRG10-H	4.64	6.58	<3	25.56	-	<10	<5
MRG11-H	14.47	5.63	8	72.42	-	275	>400
MRG12-H	9.03	5.34	Ö.Y.	61.77	-	100	>400
MRG13-H	6.29	5.53	12	36.21	-	70	>400
MRG14-H	5.21	5.92	24	21.3	-	>500	>400
MRG15-H	5.29	5.71	9	31.95	-	150	>400
MRG16-H	7.79	6.11	9	63.9	-	40	>400
MRG17-H	9.35	9.09	65	61.77	-	50	>400
MRG18-H	7.47	8.82	<3	44.73	-	50	>400
MRG19-H	8.02	8.86	28	55.38	-	60	>400
MRG20-H	9.68	5.2	31	51.12	-	80	54
MRG22-H	6.34	5.02	<3	51.12	-	20	<5
MRG23-H	2.93	4.91	5	27.69	-	60	<5
Minimum	2.93	2.93	3	0	149.76	10	5
Maksimum	522.69	9.20	2000	208.74	2626.56	500	400
Aritmetik Ortalama	43.92	6.07	195.26	54.12	996.48	95	188.68
Medyan	9.19	5.67	17.00	53.25	213.12	55	46
Standart Sapma	110.89	1.61	484.56	43.48	1412.05	116.68	197.79
A. Ortalama-Std.Sap.	-66.97	4.46	-289.30	10.64	-415.57	-21.68	-9.11
A. Ortalama+Std. Sap.	154.82	7.67	679.83	97.60	2408.53	211.68	386.47

Deteksiyon limitinin altında çıkan değerlere deteksiyon limit değerleri verilerek istatistiksel hesaplamalar yapılmıştır.

En düşük pH değerleri maden sahasındaki (Bognari, Çakmakkaya, Damar) asit özellikli göllerden elde edilmiş olup bu değerler süzölmüş su örneklerinde 2.7-3.88 arasında, filtrelenmiş su örneklerinde 2.71-3.85 arasındadır.

Gerek Kabaca Dere üzerinden ve gerekse Damar Dere üzerinden alınan süzölmüş temiz su örnekleri aynı pH değerine sahiptir (7.58 ve 7.59; Şekil 3.9 b). Aynı örneklerin filtrelenmiş eşleniklerinin pH değeri Kabaca Dere için 7.5, Damar Dere için de 7.74'tür (Şekil 3.9 c). Süzölmüş su örneklerinde Damar Dere boyunca 7.53-7.78 arasında değışen pH değerleri Murgul Dere boyunca 6.6-7.84 arasında, Kabaca Dere boyunca 6.64-7.58 arasında değışmektedir. Filtrelenmiş su örneklerinde Damar Dere boyunca 7.33-7.83 arasında değışen pH değerleri Murgul Dere boyunca 6.55-7.76 arasında, Kabaca Dere boyunca 6.51-7.65 arasında değışmektedir.



Şekil 3.9. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı pH değışimi. Maden sahasından alınan su örnekleri ve flotasyon tesisinden alınan atık su örneği grafikte koyulmamıştır. Kabaca Dere üzerinden alınan 10 numaralı temiz su örneği sıfır (m) kabul edilmiştir. Damar Dere boyunca alınan örneklerin grafikteki yerleri, Murgul Deresi ile kesişim noktası referans kabul edilerek geriye doğru ölçekli olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.3. 2006 yılı süzölmüş su örneklere ait fiziksel, kimyasal ve istatistiksel parametreler (S: Süzölmüş su)

Örnek Yeri	Örnek No	pH	Eh (mV)	Sıcaklık T (°C)	İletkenlik (µsn/cm)	Toplam Çözönmüş Katı (mg/l)	Tuzluluk (%)	Sertlik (mg/l CaCO ₃)
Damar D.	MRG1-S	7.78	263	21.3	330	165	<0.1	153.34
Damar D. temiz su	MRG2-S	7.59	232	24.3	159	79.50	<0.1	73.18
Bognari	MRG3-S	2.7	555	21.9	7100	3550	3.9	6088.84
Damar	MRG4-S	3.88	365	21.9	1074	537	0.3	499.46
Çakmakkaya	MRG5-S	3.18	526	21.7	1623	811.50	0.6	768.71
Flotasyon tesisinden alınan atık	MRG6-S	10.78	14	21.6	428	214	<0.1	171.58
Damar D.	MRG7-S	7.53	246	21.8	325	162.50	<0.1	151.35
Damar D.	MRG8-S	7.65	240	21.4	332	166	<0.1	154.50
Kabaca D. atılan atık	MRG9-S	7.43	194	21.2	635	317.50	0.1	302.56
Kabaca D. temiz su	MRG10-S	7.58	232	25.7	120	60	<0.1	45.86
Kabaca D.	MRG11-S	7.27	235	21.7	180	90.00	<0.1	99.14
Kabaca D.	MRG12-S	7.55	209	20.9	154	77.00	<0.1	74.61
Kabaca D.	MRG13-S	6.64	274	22.5	166	83.00	<0.1	49.33
Murgul D.	MRG14-S	6.61	312	21.2	92	46.00	<0.1	45.48
Murgul D.	MRG15-S	6.5	283	21	120	60.00	<0.1	53.85
Murgul D.	MRG16-S	7.84	232	21.1	149	74.50	<0.1	67.01
Murgul D.	MRG17-S	7.52	209	22.8	158	79.00	<0.1	81.95
Murgul D.	MRG18-S	7.63	216	21.7	160	80.00	<0.1	85.88
Murgul D.	MRG19-S	7.57	215	21.8	163	81.50	<0.1	81.30
Murgul D.	MRG20-S	6.72	269	22.5	109	54.50	<0.1	54.94
Murgul D.	MRG22-S	7.17	274	25	130	65.00	<0.1	58.89
Çakmakkaya'ya akan temiz su	MRG23-S	7.66	237	22.5	73	36.50	<0.1	29.99
	Minimum	2.7	14	20.9	73	36.50	0.1	29.99
	Maksimum	10.78	555	25.70	7100	3550	3.9	6088.84
	Aritmetik Ortalama	6.94	265.09	22.16	626.36	313.18	0.30	423.21
	Medyan	7.53	238.50	21.75	161.50	80.75	0.1	81.83
	Standart Sapma	1.72	109.13	1.28	1492.16	746.08	0.81	1296.96
	A. Ortalama-Std.Sap.	5.22	155.96	20.88	-865.79	-432.90	-0.51	-873.75
	A. Ortalama+Std. Sap.	8.67	374.22	23.44	2118.52	1059.26	1.12	1720.17

Tablo 3.3.'ün devamı

Örnek No	Fransız Sertliği (°F)	Çözünmüş Oksijen (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Alkalinite (mg/l CaCO ₃)	Asidite (mg/l CaCO ₃)
MRG1-S	15.15	5.35	116	97.98	-
MRG2-S	7.30	6.51	<3	74.55	-
MRG3-S	535.83	4.8	2000	0	2780.16
MRG4-S	46.59	4.99	600	0	142.08
MRG5-S	71.86	5.47	590	0	203.52
MRG6-S	16.90	4.35	10	80.94	-
MRG7-S	14.97	6.23	97	70.29	-
MRG8-S	15.27	5.39	116	68.16	-
MRG9-S	29.83	4.67	276	38.34	-
MRG10-S	4.55	5.96	<3	25.56	-
MRG11-S	8.08	5.91	39	29.82	-
MRG12-S	6.61	4.85	33	42.6	-
MRG13-S	4.44	5.43	34	21.3	-
MRG14-S	3.88	5.77	20	21.3	-
MRG15-S	4.99	5.33	28	31.95	-
MRG16-S	6.62	6.16	40	40.47	-
MRG17-S	7.28	4.64	29	51.12	-
MRG18-S	7.42	5	38	51.12	-
MRG19-S	7.24	4.99	35	68.16	-
MRG20-S	4.92	5.01	37	29.82	-
MRG22-S	5.19	4.9	13	36.21	-
MRG23-S	2.96	4.98	3	31.95	-
Minimum	2.96	4.35	3	0	142.08
Maksimum	535.83	6.51	2000	97.98	2780.16
Aritmetik Ortalama	37.63	5.30	189.09	41.44	1041.92
Medyan	7.29	5.17	36	37.28	203.52
Standart Sapma	112.48	0.58	438.92	26.73	1505.67
A. Ortalama-Std.Sap.	-74.84	4.73	-249.83	14.71	-463.75
A. Ortalama+Std. Sap.	150.11	5.88	628.01	68.17	2547.59

Deteksiyon limitinin altında çıkan değerlere deteksiyon limit değerleri verilerek istatistiksel hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 3.4. 2006 yılı filtrelenmiş su örneklerine ait fiziksel, kimyasal ve istatistiksel parametreler (F: Filtrelenmiş su)

Örnek Yeri	Örnek No	pH	Eh (mV)	Sıcaklık T (°C)	İletkenlik (µsn/cm)	Toplam Çözünmüş Katı (mg/l)	Tuzluluk (%)	Sertlik (mg/l CaCO ₃)
Damar D.	MRG1-F	7.83	232	21.1	328	164.0	<0.1	151.78
Damar D. temiz su	MRG2-F	7.74	206	22.9	153	76.5	<0.1	74.39
Bognari	MRG3-F	2.71	554	21.3	7110	3555.0	3.9	6154.03
Damar	MRG4-F	3.85	373	21.5	1071	535.5	0.3	492.98
Çakmakkaya	MRG5-F	3.18	512	22	1641	820.5	0.6	790.12
Flotasyon tesisinden alınan atık	MRG6-F	10.47	8	21.1	367	183.5	<0.1	169.56
Damar D.	MRG7-F	7.52	246	21.9	337	168.5	<0.1	154.90
Damar D.	MRG8-F	7.71	242	21.5	329	164.5	<0.1	153.63
Kabaca D. atılan atık	MRG9-F	7.33	226	21.5	648	324.0	0.1	303.59
Kabaca D. temiz su	MRG10-F	7.5	228	25.1	106	53.0	<0.1	46.16
Kabaca D.	MRG11-F	7.34	237	22.4	181	90.5	<0.1	77.02
Kabaca D.	MRG12-F	7.65	211	21.2	151	75.5	<0.1	64.84
Kabaca D.	MRG13-F	6.51	302	22.3	130	65.0	<0.1	40.27
Murgul D.	MRG14-F	6.67	312	22	98	49.0	<0.1	42.83
Murgul D.	MRG15-F	6.55	329	21	95	47.5	<0.1	30.86
Murgul D.	MRG16-F	7.76	232	20.9	154	77.0	<0.1	66.47
Murgul D.	MRG17-F	7.58	207	22.6	158	79.0	<0.1	70.66
Murgul D.	MRG18-F	7.45	212	22.2	161	80.5	<0.1	71.77
Murgul D.	MRG19-F	7.66	207	22.2	155	77.5	<0.1	68.95
Murgul D.	MRG20-F	6.74	269	22.8	152	76.0	<0.1	50.11
Murgul D.	MRG22-F	7.2	248	25.4	108	54.0	<0.1	54.65
Çakmakkaya'ya akan temiz su	MRG23-F	7.65	223	22.3	72	36.0	<0.1	29.86
	Minimum	2.71	8	20.9	72	36.0	0.1	29.86
	Maksimum	10.47	554	25.4	7110	3555	3.9	6154.03
	Aritmetik Ortalama	6.94	264.36	22.15	622.95	311.48	0.30	421.63
	Medyan	7.475	234.5	22	156.5	78.25	0.1	71.26
	Standart Sapma	1.70	110.12	1.17	1496.07	748.03	0.81	1311.98
	A. Ortalama-Std.Sap.	5.24	154.24	20.98	-873.12	-436.56	-0.51	-890.35
	A. Ortalama+Std. Sap.	8.63	374.48	23.31	2119.02	1059.51	1.12	1733.61

Tablo 3.4.'ün devamı

Örnek No	Fransız Sertliği (°F)	Çözülmüş Oksijen (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Alkalinite (mg/l CaCO ₃)	Asidite (mg/l CaCO ₃)
MRG1-F	15.06	5.25	120	74.55	-
MRG2-F	7.42	4.61	3	68.16	-
MRG3-F	544.18	7.5	13800	0	2505.6
MRG4-F	46.23	5.08	650	0	126.72
MRG5-F	73.87	5.33	750	0	201.6
MRG6-F	16.74	6.88	90	91.59	-
MRG7-F	15.36	6.01	103	68.16	-
MRG8-F	15.23	5.56	120	68.16	-
MRG9-F	30.15	4.61	193	40.47	-
MRG10-F	4.60	5.31	<3	34.08	-
MRG11-F	7.64	4.44	57	40.47	-
MRG12-F	6.44	4.63	49	44.73	-
MRG13-F	4.00	5.35	40	21.3	-
MRG14-F	4.17	5.28	34	38.34	-
MRG15-F	3.06	5.28	35	23.43	-
MRG16-F	6.61	5.28	40	61.77	-
MRG17-F	7.03	4.58	38	55.38	-
MRG18-F	7.14	5.42	39	53.25	-
MRG19-F	6.86	5.5	39	63.9	-
MRG20-F	4.80	4.89	32	25.56	-
MRG22-F	5.13	4.84	<3	34.08	-
MRG23-F	2.96	4.73	7	31.95	-
Minimum	2.96	4.44	3	0	126.72
Maksimum	544.18	7.5	13800	91.59	2505.6
Aritmetik Ortalama	37.94	5.29	747.41	42.7	944.64
Medyan	7.09	5.28	53	40.47	201.6
Standart Sapma	114.31	0.74	2921.66	25.19	1352.35
A. Ortalama-Std.Sap.	-76.37	4.55	-2174.25	17.51	-407.71
A. Ortalama+Std. Sap.	152.25	6.03	3669.07	67.89	2296.99

Deteksiyon limitinin altında çıkan değerlere deteksiyon limit değerleri verilerek istatistiksel hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 3.5. 2005 yılı süzölmüş su örneklere ait fiziksel, kimyasal ve istatistiksel parametreler

Örnek Yeri	Örnek No	pH	Eh (mV)	Sıcaklık T (°C)	İletkenlik (µsn/cm)	Toplam Çözünmüş Katı (mg/l)	Tuzluluk (%)	Sertlik (mg/l CaCO ₃)
Damar D.	MRG1-S	7.6	-40	26.3	514	257	<0.1	220.07
Damar D. temiz su	MRG2-S	8	-66	21.6	178	89	<0.1	71.40
Bognari	MRG3-S	3.02	233	26	1768	884	0.7	802.69
Damar	MRG4-S	3.15	224	24.1	1826	913	0.8	731.08
Çakmakkaya	MRG5-S	3.04	231	23.9	1994	997	0.9	941.97
Flotasyon tesisinden alınan atık	MRG6-S	12.03	-296	21.1	3120	1560	1.5	822.59
Damar D.	MRG7-S	5.49	85	20.2	699	349.50	0.1	162.71
Damar D.	MRG8-S	5.67	75	20.5	348	174	<0.1	166.85
Kabaca D. atılan atık	MRG9-S	7.51	-33	21.6	523	261.50	<0.1	239.89
Kabaca D. temiz su	MRG10-S	7.19	-14	21.8	180	90.	<0.1	82.82
Kabaca D.	MRG11-S	7.3	-22	21.7	201	100.50	<0.1	111.82
Kabaca D.	MRG12-S	7.98	-62	23	227	113.50	<0.1	110.87
Kabaca D.	MRG13-S	8.27	-78	23.1	242	121	<0.1	121.57
Murgul D.	MRG14-S	7.3	-20	21.8	280	140	<0.1	134.83
Murgul D.	MRG15-S	7.02	-4	21.9	200	100	<0.1	98.65
Murgul D.	MRG16-S	7.3	-21	23.8	214	107	<0.1	107.92
Murgul D.	MRG17-S	7.44	-30	23.5	213	106.50	<0.1	109.55
Murgul D.	MRG18-S	7.44	-29	22.4	214	107	<0.1	107.38
Murgul D.	MRG19-S	7.22	-16	22.2	263	131.50	<0.1	136.50
Murgul D.	MRG20-S	7.95	-61	22.7	230	115	<0.1	120.79
Murgul D.	MRG22-S	7.79	-50	23.1	236	118	<0.1	127.56
Çakmakkaya'ya akan temiz su	MRG23-S	7.27	-21	21.8	375	187.50	<0.1	205.60
	Minimum	3.02	-296	20.2	178	89	0.1	71.40
	Maksimum	12.03	233	26.3	3120	1560	1.5	941.97
	Aritmetik Ortalama	6.95	-0.68	22.64	638.41	319.20	0.26	265.22
	Medyan	7.3	-21.5	22.3	252.5	126.25	0.1	131.99
	Standart Sapma	1.98	116.59	1.54	791.02	395.51	0.37	283.89
	A. Ortalama-Std.Sap.	4.98	-117.27	21.10	-152.61	-76.30	-0.11	-18.67
	A. Ortalama+Std. Sap.	8.93	115.91	24.18	1429.43	714.71	0.63	549.11

Tablo 3.5.'in devamı (Ö.Y.:Ölçüm yok)

Örnek No	Fransız Sertliği (°F)	Çözünmüş Oksijen (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Asidite (mg/l CaCO ₃)	Alkalinite (mg/l CaCO ₃)	NO ₃ (mg/l)
MRG1-S	20.83	5.14	221	-	55.38	0.7
MRG2-S	8.58	5.25	33	-	87.33	0.2
MRG3-S	72.46	4.38	895	355.2	0	0.2
MRG4-S	64.80	3.98	1250	518.4	0	0.3
MRG5-S	87.68	4.07	1030	293.76	0	1.5
MRG6-S	80.10	4.57	1200	-	660.3	Ö.Y.
MRG7-S	15.55	5.16	283	-	27.69	0.6
MRG8-S	15.28	4.75	155	-	14.91	1
MRG9-S	22.54	4.72	250	-	61.77	2.7
MRG10-S	7.80	5.02	66	-	23.43	0.2
MRG11-S	10.02	4.99	148	-	42.6	1.3
MRG12-S	10.50	4.29	87	-	42.6	0.5
MRG13-S	11.43	4.54	104	-	44.73	0.6
MRG14-S	12.92	4.6	107	-	29.82	0.4
MRG15-S	9.22	4.47	144	-	23.43	1
MRG16-S	10.04	4.35	81	-	63.9	0.3
MRG17-S	10.14	4.65	101	-	46.86	0.6
MRG18-S	10.07	4.68	85	-	55.38	0.4
MRG19-S	13.20	4.67	111	-	38.34	0.2
MRG20-S	11.63	4.45	93	-	59.64	0.6
MRG22-S	12.16	4.55	80	-	61.77	0.5
MRG23-S	20.10	4.65	133	-	61.77	1.6
Minimum	7.80	3.98	33	293.76	0	0.2
Maksimum	87.77	5.25	1250	518.4	660.3	2.7
Aritmetik Ortalama	24.41	4.63	302.59	389.12	68.26	0.73
Medyan	12.54	4.63	122	355.2	43.67	0.6
Standart Sapma	25.59	0.33	391.12	116.10	134.27	0.62
A. Ortalama-Std. Sap.	-1.18	4.30	-88.53	273.02	-66.02	0.12
A. Ortalama+Std. Sap.	50.01	4.96	693.71	505.22	202.53	1.35

Tablo 3.6. 2005 yılı filtrelenmiş sulara ait fiziksel, kimyasal ve istatistiksel parametreler

Örnek Yeri	Örn.No	pH	Eh (mV)	Sıcaklık T (°C)	İletkenlik (µsn/cm)	Toplam Çözünmüş Katı (mg/l)	Tuzluluk (%)	Sertlik (mg/l CaCO ₃)
Damar D.	MRG1-F	7.69	-44	27.9	559	279.50	<0.1	330.95
Damar D.temiz su	MRG2-F	8.36	-84	25.4	174	87.00	<0.1	94.41
Bognari	MRG3-F	3.04	232	25.5	1790	895.00	0.7	789.72
Damar	MRG4-F	3.16	223	24.1	1618	809.00	0.6	737.98
Çakmakkaya	MRG5-F	3.03	231	23.8	1875	937.50	0.8	827.80
Flotasyon tesisinden alınan atık	MRG6-F	11.94	-292	22	2560	1280.00	1.2	846.58
Damar D.	MRG7-F	5.68	74	20.2	664	332.00	0.1	159.18
Damar D.	MRG8-F	5.88	62	20.5	325	162.50	<0.1	155.79
Kabaca D. atılan atık	MRG9-F	7.65	-42	22.4	485	242.50	<0.1	235.08
Kabaca D. temiz su	MRG10-F	7.2	-15	21.6	188	94.00	<0.1	81.53
Kabaca D.	MRG11-F	7.27	-20	21.9	222	111.00	<0.1	102.11
Kabaca D.	MRG12-F	8.39	-85	23.1	275	137.50	<0.1	112.83
Kabaca D.	MRG13-F	7.8	-50	23.7	258	129.00	<0.1	119.99
Murgul D.	MRG14-F	6.99	-3	22.7	280	140.00	<0.1	142.15
Murgul D.	MRG15-F	7.13	-12	22.5	201	100.50	<0.1	100.73
Murgul D.	MRG16-F	7.57	-37	24.5	214	107.00	<0.1	109.43
Murgul D.	MRG17-F	7.3	-22	24	212	106.00	<0.1	108.17
Murgul D.	MRG18-F	7.45	-30	22.8	214	107.00	<0.1	112.55
Murgul D.	MRG19-F	7.19	-12	22.5	263	131.50	<0.1	136.53
Murgul D.	MRG20-F	7.77	-51	23	228	114.00	<0.1	127.95
Murgul D.	MRG22-F	7.64	-49	23.3	250	125.00	<0.1	125.20
Çakmakkaya'ya akan temiz su	MRG23-F	7.57	-38	23.5	377	188.50	<0.1	206.92
	Minimum	3.03	-292	20.2	174	87.00	0.1	81.64
	Maksimum	11.94	232	27.9	2560	1280	1.2	846.92
	Aritmetik Ortalama	6.99	-2.91	23.22	601.45	300.73	0.23	266.19
	Medyan	7.375	-26	23.05	269	134.50	0.1	132.76
	Standart Sapma	1.96	115.86	1.69	685.40	342.70	0.30	272.94
	A. Ortalama-Std.Sap.	5.02	-118.77	21.53	-83.95	-41.97	-0.07	-6.75
	A. Ortalama+Std. Sap.	8.95	112.95	24.91	1286.85	643.43	0.53	539.13

Tablo 3.6'nın devamı (Ö.Y.:Ölçüm yok)

Örnek No	Fransız Sertliği (°F)	Çözünmüş Oksijen (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Asidite (mg/l CaCO ₃)	Alkalinite (mg/l CaCO ₃)	NO ₃ (mg/l)
MRG1-F	29.00	4.99	209	-	46.86	2.4
MRG2-F	9.03	5.57	26	-	136.32	1.6
MRG3-F	71.39	4.43	930	274.56	0	0.2
MRG4-F	65.40	4.17	940	476.16	0	0.3
MRG5-F	77.85	4.19	1040	192	0	0.7
MRG6-F	84.07	4.35	1290	-	768.93	Ö.Y
MRG7-F	15.23	5	560	-	17.04	0.6
MRG8-F	14.92	4.81	144	-	21.3	2.9
MRG9-F	23.05	4.47	203	-	63.9	2.6
MRG10-F	7.74	4.96	68	-	25.56	4.5
MRG11-F	9.78	4.7	70	-	48.99	0.2
MRG12-F	10.86	4.71	84	-	38.34	0.4
MRG13-F	11.57	5.28	85	-	42.6	0.3
MRG14-F	13.77	4.5	104	-	42.6	0.6
MRG15-F	9.66	4.49	70	-	31.95	0.3
MRG16-F	10.52	4.08	64	-	48.99	0.3
MRG17-F	10.39	4.23	66	-	46.86	0.3
MRG18-F	10.84	6.78	74	-	59.64	0.6
MRG19-F	13.21	4.57	99	-	44.73	0.2
MRG20-F	12.37	4.36	72	-	63.9	0.1
MRG22-F	12.10	4.47	64	-	68.16	0.3
MRG23-F	20.25	4.62	121	-	66.03	1.5
Minimum	7.74	4.08	26	192	0	0.1
Maksimum	84.07	6.78	1290	476.16	768.93	4.5
Aritmetik Ortalama	24.68	4.72	290.14	314.24	76.49	1.00
Medyan	12.79	4.535	92	274.56	45.80	0.4
Standart Sapma	24.80	0.59	387.26	146.18	157.45	1.17
A. Ortalama-Std.Sap.	-0.12	4.12	-97.12	168.06	-80.96	-0.18
A. Ortalama+Std. Sap.	49.48	5.31	677.39	460.42	233.93	2.17

2006 yılı su örneklerinde en yüksek pH değeri konsantrasyon tesisinden alınan atık suyunda ölçülmüştür. Bu değer süzölmüş su örneklerinde 10.78, filtrelenmiş su örneklerinde ise 10.47'dir. Bu yüksek değer flotasyon tesisinde kalkopirit ve piriti birbirinden ayırmak için kullanılan ksantatlardan ve kireçten kaynaklanmaktadır. Kabaca Dereye bırakılan süzölmüş atık su örneğinin pH'ı 7.43 iken filtrelenmiş atık su örneğinin pH'ı 7.33'dür.

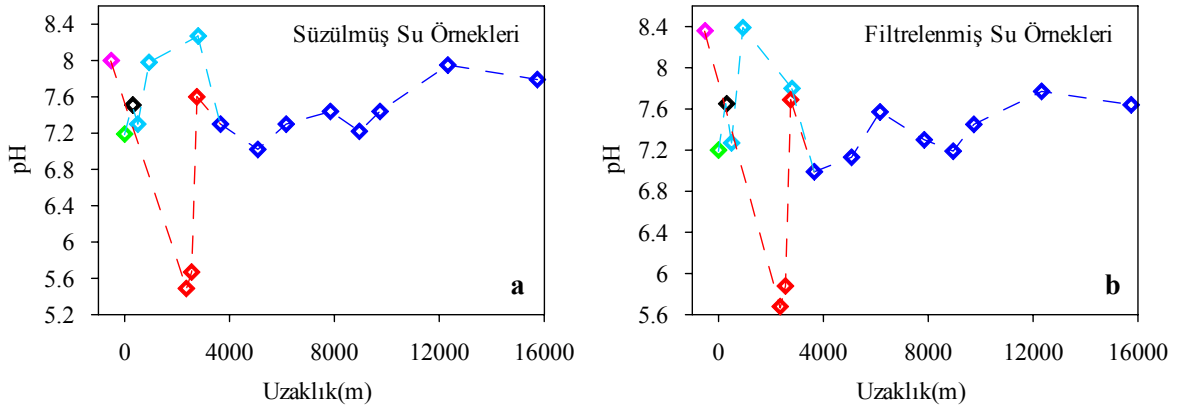
Kabaca Dereye bırakılan atık örneğinden itibaren dere boyunca uzaklığa bağılı olarak alınan örneklerin pH değerleri son derece anlamlı bir değışim göstermektedir. Kabaca Dere ile Murgul Deresi'nin birleşim noktasına doğru hızla azalan (nispeten asitleşen) pH değerleri, daha sonra Murgul Deresi boyunca seyrelmekte ve genellikle aynı özellikte Çoruh Nehri'ne kadar devam etmektedir (Şekil 3.9.a, b, c).

3.3.1.3.2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

2005 yılı süzölmüş su örneklerinin pH'ı 3.02 -12.03 arasında değışmektedir. 1* standart sapma aralığı ise 4.98- 8.93 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.5). 2005 yılı filtrelenmiş su örneklerinde ise pH standart sapmaya göre 5.02- 8.95 arasında değışmektedir (Tablo 3.6). Süzölmüş su örneklerinde pH değerlerinin ortalaması 6.95, filtrelenmiş su örneklerinde 6.99'dur. En düşük pH değerleri maden sahasında (Bognari, Çakmakkaya, Damar) oluşmuş su birikintilerinden alınan örneklerde (MRG 3, 4, 5) ölçölmüştür. Bu pH değerleri süzölmüş su örneklerinde 3.02 -3.15 arasında, filtrelenmiş su örneklerinde de 3.03 -3.16 arasındadır.

Kabaca Dere üzerinden alınan temiz su örneğinin pH değeri süzölmüş ve filtrelenmiş sular için 7.19 ve 7.20'dir. Damar Dere üzerinden alınan temiz su örneğinin pH'ı süzölmüş su örneklerinde 8.00 iken filtrelenmiş su örneklerinde 8.36'dır. En yüksek pH değerleri atık örneklerinde ölçölmüştür (süzölmüş su örneklerinde 12.03, filtrelenmiş su örneklerinde 11.94). Kabaca Dereye bırakılan atık örneğinin (MRG 9) pH'ı süzölmüş su örneklerinde 7.51 iken filtrelenmiş su örneklerinde ise 7.61'dir (Şekil 3.10 a ve b).

Süzölmüş su örneklerinde Damar Dere boyunca 5.49-8 arasında değışen pH değerleri Murgul Dere boyunca 7.02-7.95 arasında değışmektedir. Kabaca Dere boyunca 7.19-8.27 arasında değışmektedir. Filtrelenmiş su örneklerinde Damar Dere boyunca 5.68-8.36 arasında değışen pH değerleri Murgul Dere boyunca 6.99-7.77 arasında, Kabaca Dere boyunca 7.2-8.39 arasında değışmektedir.



Şekil 3.10. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş ve b) filtrelenmiş su örneğlerinin uzaklığa bağlı pH değişimi. Simgeler Şekil 3.9 ile aynıdır.

Bunlara göre, 2006 yılında olduğu gibi, 2005 yılı örneğlerinde de süzölmüş ve filtrelenmiş örneğlerin pH değişimi son derece benzerdir. Her iki tip suyun pH değerleri arasındaki farklılık (bir kaç örneğ dışında) ± 0.1 'i geçmemektedir.

3.3.2. Eh

3.3.2.1. 2006 Yılı Ham Su Örneğleri

2006 yılı ham su örneğlerinin Eh'ı -48- 559 mV arasındadır. 1* standart sapmaya göre Eh 146.70 -381.39 mV arasında değişmektedir (\bar{X} =264.05; Tablo 3.2).

En düşük Eh değeri (-48 mV) flotasyon tesisi atığından alınmıştır. Bu atığ örneğinin çözönmüş oksijen içeriği de oldukça düşüktür (2.93mg/l). Kabaca Dereye bırakılan atığ örneğinin Eh değeri ise 181 mV' iken çözönmüş oksijen içeriği 4.4 mg/l dir. İki atığın Eh değerleri arasındaki bu fark ilk atığın direkt flotasyon tesisinden alınmış olmasından kaynaklanmaktadır. İkinci atığ ise Kabaca Deresi'ne bağlanmadan hemen önce alınmıştır. İkinci atığ örneği, Kabaca Deresi'ne bağlanana kadar atmosferle direkt ilişki içerisinde olduğundan Eh değeri ve oksijen içeriği yükselmiştir.

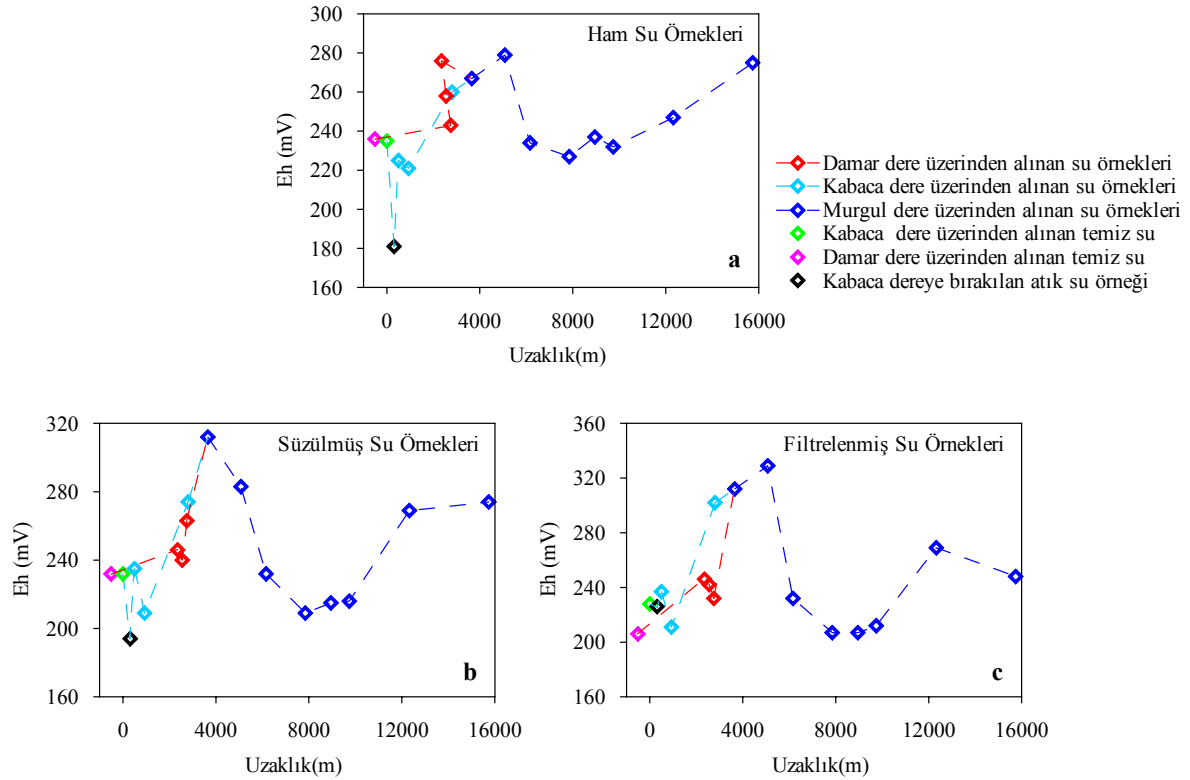
Maden sahasında oluşmuş su birikintilerinden alınan su örneğlerinin Eh değerleri 373-559 mV arasındadır. Kabaca Dere üzerinden ve Damar Dere üzerinden alınan temiz su örneğlerinin Eh değerleri sırasıyla 235 ve 236 mV' dur (Şekil 3.11 a). En yüksek Eh değeri

ise 559 mV olup, Bognari sahasında oluşmuş asit özellikli su birikintisinden alınmış örneğe aittir.

3.3.2.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Eh değeri süzölmüş su örneğinde 14 -555 mV arasında, filtrelenmiş su örneğinde de 8 -554 mV arasında değışmektedir (Tablo 3.3 ve 3.4). Genel aralıktaki bu benzerlik aritmetik ortalamalarda da görölmektedir (sırayla 265.09mV ve 264.36mV).

En düşük Eh değeri flotasyon tesisinden alınan atık örneğinde ölçölmüştür. Bu değeri süzölmüş atık su örneğinde Eh 14 mV, filtrelenmiş atık su örneğinde 8 mV olarak ölçölmüştür. Kabaca Dere'ye bırakılan atık örneğinin Eh değeri ise süzölmüş su için 194 mV iken filtrelenmiş su için 226 mV' dur (Şekil 3.11 b ve c). İki atığın Eh değeri arasındaki bu farklılık ham su örneklileriyle aynıdır. En yüksek Eh değeri maden sahasında oluşmuş su birikintilerinden ölçölmüş olup, bu değeri süzölmüş ve filtrelenmiş su örneğinde sırasıyla 365- 555 mV; 373- 554 mV arasında değışmektedir.



Şekil 3.11. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneğlerinin uzaklığa bağılı Eh değışimi

Kabaca Dere ve Damar Dere üzerinden alınan temiz su örneklerinin Eh değerleri süzölmüş su örnekleri için aynı olup 232 mV' dur. Kabaca Deredeki filtrelenmiş temiz su örneğinin Eh'ı ise 228 mV iken; Damar Deredeki filtrelenmiş temiz su örneğinin Eh'ı 206 mV' dur.

Tüm sahadan alınan örnekler karşılaştırıldığında filtreleme sonucunda ölçölen Eh değerinin süzölmüş örneklere nazaran az da olsa düştüğü görölmektedir.

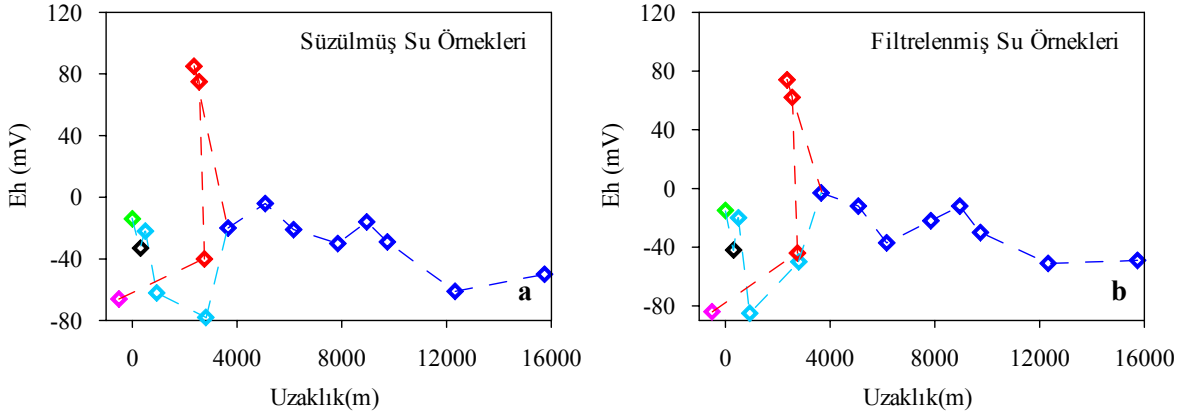
3.3.2.3.2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örneklere

2005 yılında Eh ölçömlere pH'a bağılı olarak yapılmıştır. Eh değerleri süzölmüş su örneklerinde -296 -233 mV arasında, filtrelenmiş su örneklerinde -292 -232 mV arasında değışmektedir (Tablo 3.5 ve 3.6). Ortalama Eh değerleri iki grup örnek için sırasıyla -0.68 mV ve 2.91mV olup birbirlerinden farklıdır.

En düşük Eh değerleri flotasyon tesisinden alınan atık örneklerinde ölçölmüştür. Süzölmüş atık su örneğinde Eh -296 mV ölçölmüşken filtrelenmiş atık su örneğinde -292 mV ölçölmüştür. Kabaca Dereye bırakılan atık örneğinin Eh değere ise süzölmüş su için -33 mV iken filtrelenmiş su için -42 mV' dur (Şekil 3.12 a ve b). Bu atığın çözönmüş oksijen değere süzölmüş su için 4.72 mg/l iken filtrelenmiş su için 4.47 mg/l' dir. Flotasyon tesisinden alınan süzölmüş atık suyula Kabaca Dereye bırakılan süzölmüş atık sularına ait Eh ve çözönmüş oksijen değerleri karşılaştırıldığında Kabaca Dereye ait sonuçların daha yüksek olduğı gözlenmiştir. Aynı durum bu suların filtrelenmiş eşleniklerinde de söz konusudur. İki atığın Eh değerleri ve çözönmüş oksijen değerleri arasındaki bu fark ikinci atığın Kabaca Deresine bağılanana kadar atmosferle direkt ilişki içerisinde olmasından Eh değere ve çözönmüş oksijen içeriğinin artmasından kaynaklanmıştır.

En yüksek Eh değerleri maden sahasında oluşmuş su birikintilerinden ölçölmüş olup. bu değerler süzölmüş su örnekleri için 224- 233 mV, filtrelenmiş su örnekleri için 223 -232 mV arasında değışmektedir. Kabaca Dere üzerinden alınan süzölmüş temiz su örneğinin Eh değere -14 mV iken filtrelenmiş temiz su örneğinin Eh değere -15 mV' dur. Damar Dere üzerinden alınan süzölmüş temiz su örneğinin Eh değere -66 mV' iken filtrelenmiş su örneğinin Eh değere -84 mV' dur.

2005 yılında alınan süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerin uzaklığa bağılı Eh'a ait değışim grafiğı Kabaca Dere üzerindeki bir örnek noktası haricinde benzerlik göstermektedir.



Şekil 3.12. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş su b) filtrelenmiş su örneğlerinin uzaklığa bağılı Eh değışimini. Simgeler Şekil 3.11 ile aynıdır.

3.3.3. İletkenlik

Bir suyun bileşenlerinin iyonlarına ne dereceye kadar ayrılmış olduğunun ölçüsüdür. Suların iletkenlik değeri sudaki çözünmüş madde ve tuz miktarına bağılıdır (Soylak ve Doğan, 2000).

3.3.3.1.2006 Yılı Ham Su Örneğleri

2006 yılı ham su örneğlerinin iletkenlik değeri 73-7150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değışmektedir.1* standart sapmaya göre iletkenlik -870.37- 2134.37 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değışmektedir ($\bar{X}=632$; Tablo 3.2).

En düşük iletkenlik değeri Çakmakkaya sahasına topoğrafik olarak daha üst seviyelerden akan su örneğine aittir. En yüksek iletkenlik değeri ise maden içinde oluşmuş su birikintilerinden alınan örneğlere ait olup 1075- 7150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değışmektedir.

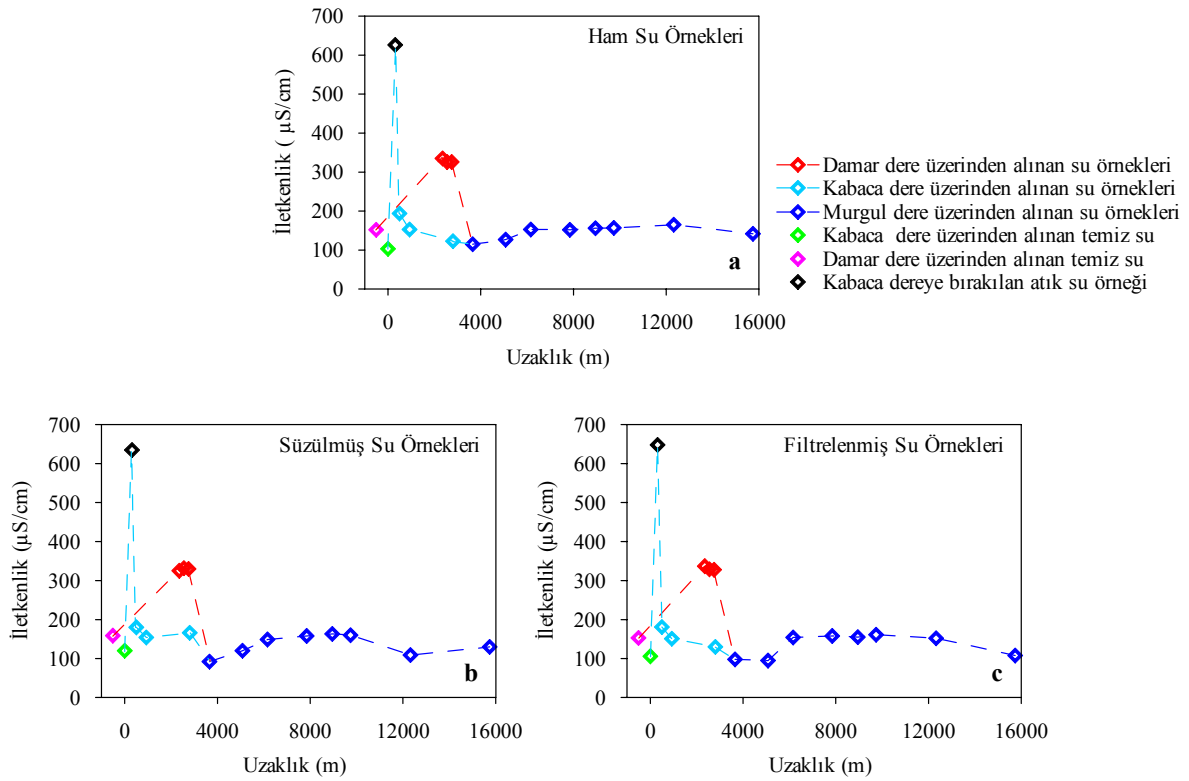
Atık örneğlerine (MRG 6 ve MRG 9) ait iletkenlik değeri düşüktür (460 ve 626 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Alınan temiz su örneğlerinin iletkenlik değeri Kabaca Dere için 103 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Damar Dere için 152 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir (Şekil 3.13 a).

3.3.3.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

İletkenlik değeri süzölmüş su örneklereinde 73 -7100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, filtrelenmiş su örneklereinde de 72 -7110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değışmektedir (Tablo 3.3 ve 3.4). Genel aralıktaki bu benzerlik aritmetik ortalamalarda da görölmektedir (sırayla 626.36 ve 622.95 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Atık örneklereine ait iletkenlik değeri süzölmüş ve filtrelenmiş sular için düşöktür. Flotasyon tesisinden alınan atığın süzölmüş ve filtrelenmiş eşleniklerinin iletkenlik değeri birbirinden farklıdır (sırasıyla 428 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 367 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Kabaca Dere'ye atılan atığın süzölmüş ve filtrelenmiş eşleniklerinin iletkenlik değeri sırasıyla 635 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 648 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ' dir (Şekil 3.13 b ve c).

En düşük iletkenlik değeri Çakmakkaya sahasına topoğrafik olarak daha üst seviyelerden akan su örneğine aittir. Bu örneğin süzölmüş ve filtrelenmiş eşleniklerinde yakın değeri ölçölmüştür (sırasıyla 73 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 72 $\mu\text{S}/\text{cm}$).



Şekil 3.13. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklereinin uzaklığa bağılı iletkenlik değışimi

En yüksek iletkenlik değerleri ise maden içinde oluşmuş su birikintilerinden alınan örneklerde llmş olup, szlmş sularda 1074- 7100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, filtrelenmiş sularda 1071- 7110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir.

Kabaca Dere üzerinden alınan temiz su örneğinin szlmş eşleniğinde iletkenlik değeri 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ llrken; filtrelenmiş eşleniğinde 106 $\mu\text{S}/\text{cm}$ llmştr. Damar Dere üzerinden alınan temiz su örneğinin szlmş ve filtrelenmiş eşleniğinde ise birbirine yakın iletkenlik değerleri llmştr (sirasıyla 159 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 153 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

2006 yılı ham, szlmş ve filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı iletkenlik dağılımı birbirinin aynıdır (şekil 3.13).

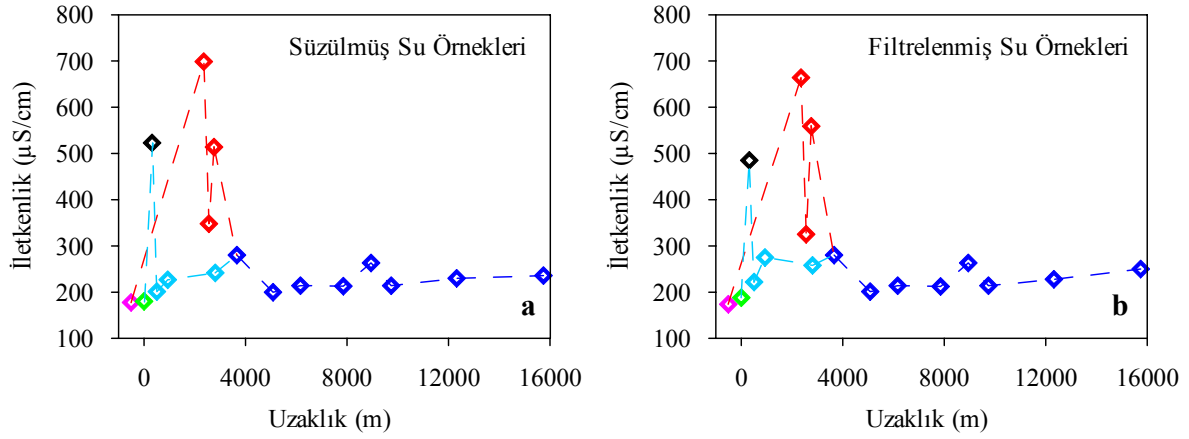
3.3.3.3. 2005 Yılı Szlmş ve Filtrelenmiş Su rnekleri

İletkenlik değerleri, szlmş su örneklerinde 178 -3120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, filtrelenmiş su örneklerinde de 174 -2560 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir. Szlmş ve filtrelenmiş örneklerin iletkenlik değerleri ortalamaları sırasıyla 638.41 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 601.45 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir.

En düşük iletkenlik değeri Damar Dere üzerinden alınan temiz su örneğinde llmştr. Bu rneğin szlmş eşleniğinde iletkenlik 178 $\mu\text{S}/\text{cm}$ llrken filtrelenmiş eşleniğinde 174 $\mu\text{S}/\text{cm}$ llmştr (şekil 3.14 a ve b). Kabaca Dere üzerinden alınan szlmş ve filtrelenmiş temiz su örneklerinde de yine birbirine çok benzer iletkenlik değerleri llmştr. En yüksek iletkenlik değeri flotasyon tesisinden alınan atık örneğinden llmştr.

Flotasyon tesisinden alınan szlmş ve filtrelenmiş atık örneklerinin iletkenlik değerleri birbirinden farklıdır. Szlmş ve filtrelenmiş atık suyunda iletkenlik sırasıyla 3120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 2560 $\mu\text{S}/\text{cm}$ llmştr. Kabaca Dere'ye atılan szlmş atık örneğinde iletkenlik 523 $\mu\text{S}/\text{cm}$ llrken, filtrelenmiş atık örneğinde 485 $\mu\text{S}/\text{cm}$ llmştr.

2005 yılında szlmş ve filtrelenmiş örneklerin uzaklığa bağlı iletkenlik dağılımı 2006 yılında olduğu gibi birbirinin aynıdır (şekil 3.14).



Şekil 3.14.Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş b) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı iletkenlik değişimi. Simgeler Şekil 3.13 ile aynıdır.

3.3.4. Toplam Çözönmüş Katı (TÇK)

Su içindeki toplam çözönmüş katı,

$$Y=0.5X-0.0002 \quad (3.1)$$

formölü yardımı ile hesaplanmıştır (URL-2, 2007). Bu formölde X= İletkenlik (µS/cm) ve Y= Toplam çözönmüş katı (mg/l)'dir.

3.3.4.1. 2006 Yılı Ham Su Örnekleri

Ham su örneklerinde TÇK 36.50 -3575 mg/l arasında değişmekte olup, ortalama 316 mg/l 'dir. Değişim aralığı 1* standart sapmaya göre -435.18 -1067.18 mg/l arasındadır (Tablo 3.2).

En düşük TÇK değeri Çakmakkaya sahasına topoğrafik olarak daha üst seviyelerden akan su örneğine (MRG-23) ait olup 36.50 mg/l 'dir. En yüksek TÇK değerleri ise maden işletme çukurlarındaki su birikintilerinden alınan örneklere ait olup 537- 3575 mg/l arasında değişmektedir.

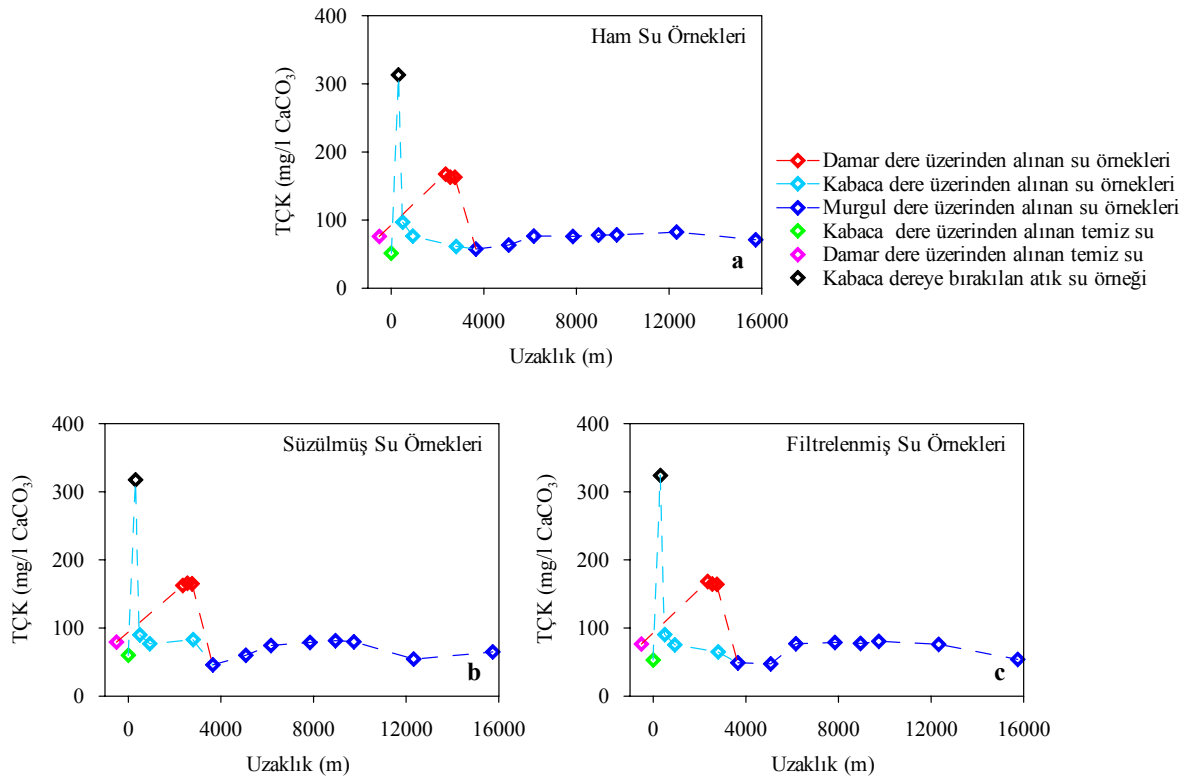
Atık örneklerinin TÇK değerleri düşöktür (230 ve 313 mg/l). Kabaca ve Damar Derelerden alınan temiz su örneklerinin TÇK değerleri sırayla 51.5 mg/l ve 76 mg/l 'dir.

Tüm örneklerin uzaklığa bağlı dağılım grafiği, TÇK verilerinin Kabaca Dere ile taşınan su tarafından seyreltilerek belirli bir seviyeye düşürüldüğü ve bu değerlerin Murgul Deresi boyunca da aynı şekilde (~ 80 mg/l) devam ettiğini göstermektedir (Şekil 3.15 a).

3.3.4.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Süzölmüş ve filtrelenmiş örneklere TÇK değereklere birbirlerine yakındır. Her iki grup için TÇK değışim aralıkları sırasıyla 36.50 -3550 mg/l ve 36 -3555 mg/l'dir (Tablo 3.3 ve 3.4). Bu yakınlık aritmetik ortalamalarda da görölmektedir (sırayla 313.18 mg/l ve 311.48 mg/l).

Hem süzölmüş ve hem de filtrelenmiş su örneklere için en düşük TÇK değere Çakmakaya sahasına topoğrafik olarak daha üst seviyelerden akan su örneğinde ölçölmüştür. En yüksek TÇK değereklere de (537- 3550 mg/l ve 535 -3555 mg/l) maden içinde oluşmuş su birikintilerinden alınan örneklere hesaplanmıştır.



Şekil 3.15. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklereklere uzaklığa bağlı toplam çözölmüş katı değışimi

Kabaca Dere ve Damar Dere'nin maden tarafından kirletilmemiş vadi yukarı bölgelerinden alınan gerek süzölmüş (60 mg/l ve 79.5 mg/l) gerekse filtrelenmiş (53 mg/l ve 76.50 mg/l) temiz su örnekleri için TÇK değerleri Çakmakkaya'ya akan kaynak suyundan daha yüksektir.

Süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerrinin örneklenen vadiler boyunca dağılımı ham su örneklerrine son derece paraleldir. Üç farklı örnek türünün dağılım şekilleri arasında her hangi bir farklılık görölmemektedir (Şekil 3.15 b ve c).

Flotasyon tesisinden alınan süzölmüş atık örneğinin TÇK değeri 171.64 mg/l, bunun filtrelenmiş eşleniğinin iletkenlik değeri de 183.50 mg/l olarak hesaplanmıştır. Aynı ölçümler Kabaca Dereye atılan süzölmüş atık suyu için 302.65 mg/l ve 324 mg/l olarak hesaplanmıştır.

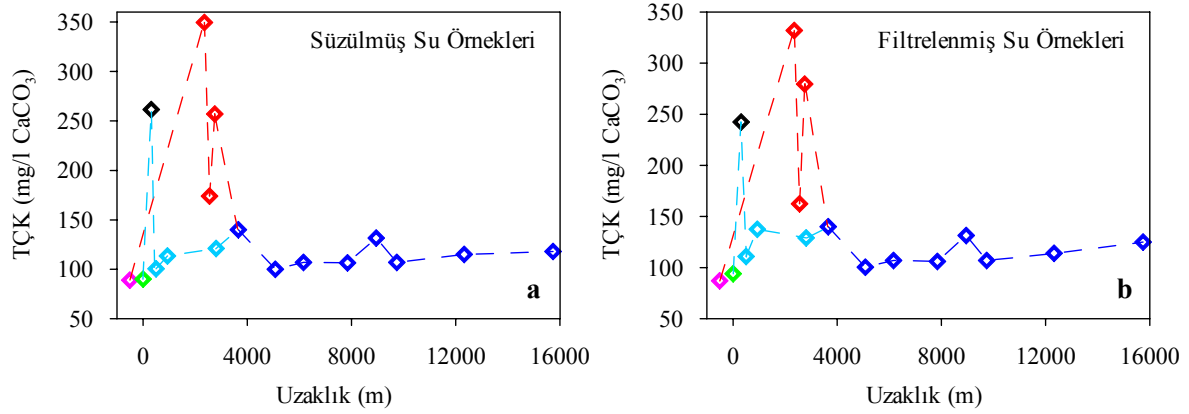
3.3.4.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örneklerreri

TÇK süzölmüş su örneklerrinde 89 -1560 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.3). Filtrelenmiş su örneklerrinde TÇK 87 -1280 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.4).

Süzölmüş su örneklerrinin TÇK değerleri ortalaması 319.20 mg/l iken, filtrelenmiş su örneklerrinin TÇK değerlerinin ortalaması 300.73 mg/l 'dir.

En düşük TÇK değeri süzölmüş ve filtrelenmiş sularda Damar Dere üzerinden alınan temiz su örneğinde hesaplanmıştır. Damar Dere üzerinden alınan süzölmüş temiz su örneğinde TÇK 89 mg/l hesaplanmışken, filtrelenmiş temiz su örneğinde 87 mg/l hesaplanmıştır (Şekil 3.16 a ve b). Kabaca Dere üzerinden alınan süzölmüş temiz su örneğinde (MRG 10) TÇK 90 mg/l hesaplanmışken, filtrelenmiş temiz su örneğinde 94 mg/l hesaplanmıştır.

En yüksek TÇK değeri flotasyon tesisinden alınan atık örneğinde hesaplanmıştır. Süzölmüş atık suyunda TÇK 1560 mg/l hesaplanmışken; filtrelenmiş atık suyunda 1280 mg/l hesaplanmıştır. Kabaca Dereye atılan süzölmüş atık örneğinde ise TÇK 261.5 mg/l hesaplanmışken, filtrelenmiş atık örneğinde 242.50 mg/l hesaplanmıştır.



Şekil 3.16. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş ve b) filtrelenmiş su örneğinin uzaklığa bağı toplam çözülmüş katı değışimi. Simgeler Şekil 3.15 ile aynıdır.

2005 yılında da 2006 yılında olduğı gibi süzölmüş ve filtrelenmiş örneğinin uzaklığa bağı TÇK dağılımları birbirinin aynıdır.

3.3.5. Tuzluluk

3.3.5.1. 2006 Yılı Ham, Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örneğeri

Ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneğininde tuzluluk değeri yalnızca maden içinde oluşmuş su birikintilerinde ve Kabaca Dere'ye bırakılan atık örneğininde deteksiyon limitinin üzerinde ölçülebilmektedir. Örneğinin dereler boyunca tuzluluk değeri % <0.1 ölçülmüştür.

Ham, süzölmüş ve filtrelenmiş atık su örneğininde tuzluluk değeri aynı olup % 0.1'dir (Tablo 3.1, Tablo 3.2, Tablo 3.3). En yüksek tuzluluk değeri de her üç örnek türü için aynı olup (% 3.9) Bognari sahasında oluşmuş su birikintisinde ölçülmüştür. Maden içinden alınan diğer örneğinin tuzluluk değeri ham, süzölmüş ve filtrelenmiş örnek türlerinde aynı değerde olup, Damar için % 0.3 iken Çakmakkaya için % 0.6'dır.

3.3.5.2. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örneğeri

2005 yılında maden düzenli bir şekilde çalıştığından en yüksek tuzluluk değeri flotasyon tesisinden alınan atık örneğininde ölçülmüştür. Tuzluluk değeri süzölmüş atık su

örneğinde % 1.5; filtrelenmiş atık su örneğinde % 1.2 olarak ölçülmüştür. Maden içinde oluşmuş su birikintilerindeki tuzluluk değerleri süzölmüş sularda Bognari sahasında 0.7, Damar sahasında 0.8, Çakmakkaya sahasında 0.9 olarak ölçölmüştür (Tablo 3.4). Filtrelenmiş sularda ise Bognari sahasında 0.7, Damar sahasında 0.6, Çakmakkaya sahasında 0.8 olarak ölçölmüştür (Tablo 3.5). Örneklenen dereler boyunca tuzluluk değeri yalnızca Damar Dere üzerinde MRG 7 numaralı örnekte deteksiyon limitinin üzerinde ölçölebilmış ve her iki örnek türü için de % 0.1 olarak belirlenmiştir. Bu durum örnek noktası ile ilgilidir. Zira, MRG 7 numaralı örnek Damar Dere üzerinde yüksek gerilim hatlarının altından alınmıştır. Örnekleme günü aşırı yağmurun da etkisiyle, bu noktada tuzluluğun yanı sıra gerek iletkenlik ve sülfat gerekse Eh değerleri de anomali vermiştir (Şekil 3.12, 3.14). Diğer örnek noktalarında tuzluluk %<0.1'dir.

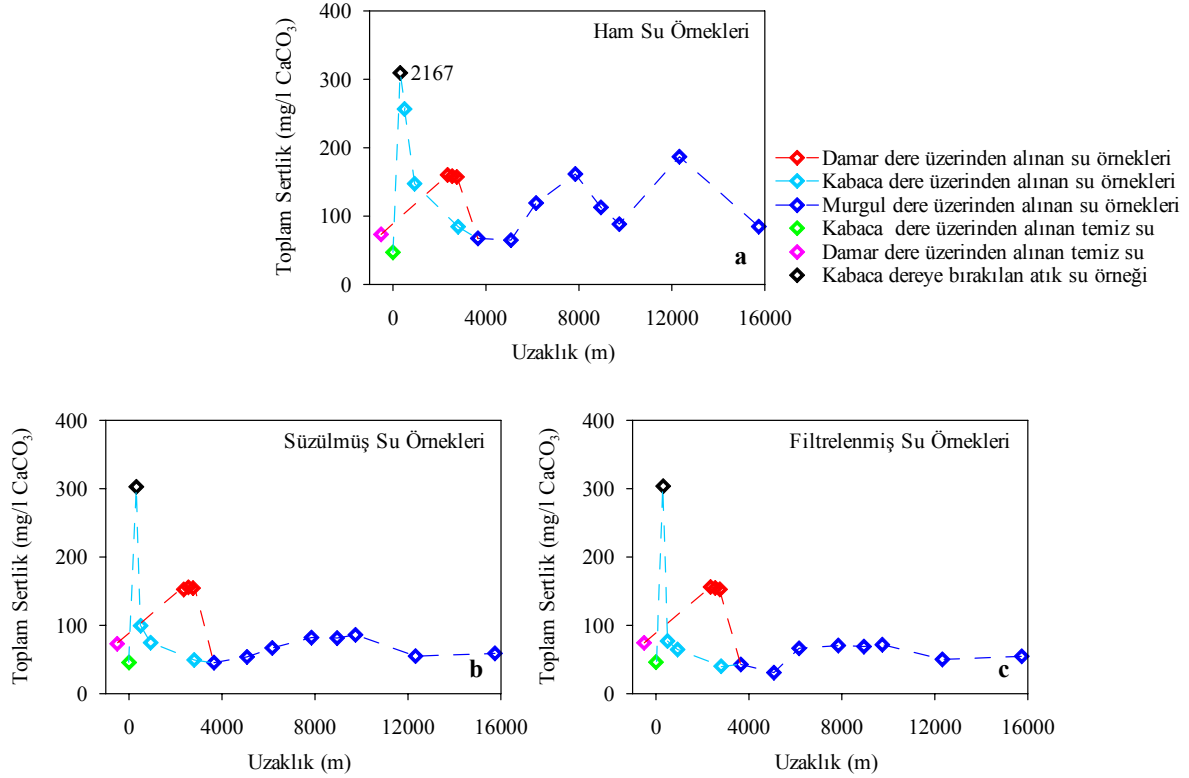
3.3.6. Toplam Sertlik

3.3.6.1. 2006 Yılı Ham Su Örneklere

Ham su örneklere toplam sertlik 30.02- 6033.05 mg/l CaCO₃ arasında değışmekte (Tablo 3.2) olup, ortalama sertlik 561.96 mg/l CaCO₃'dır.

En yüksek toplam sertlik değeri 6033.05 mg/l CaCO₃ olup, Bognari sahasındaki su birikintisinden alınan örneğe aittir. Flotasyon tesisinden alınan ham atık suyunun toplam sertlik değeri 859.94 mg/l CaCO₃ iken Kabaca Dereye bırakılan ham atık örneğinin toplam sertlik değeri 2167 mg/l CaCO₃'dır (Şekil 3.17 a). Bu iki örnek arasındaki farklılık örnekleme farklı günlerde yapılmış olmasından ve 2006 yılında madenin düzensiz çalışmasından kaynaklanmıştır.

En düşük toplam sertlik değeri 30.02 mg/l CaCO₃ olup Çakmakkaya sahasında oluşmuş su birikintisine topoğrafik olarak üst seviyeden akan kaynak suyuna (MRG 23) aittir. Damar Dere üzerinden alınmış temiz su örneğinin toplam sertlik değeri 73.38 mg/l CaCO₃. Kabaca Dere üzerinden alınan temiz su örneğinin toplam sertlik değeri 47.07 mg/l CaCO₃'dır. Bu iki değer de MRG 23 numaralı kaynak suyuna nazaran daha yüksektir.



Şekil 3.17. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağılı toplam sertlik değışimi

Ham su örneklerinin sertlik değeri Kabaca Dere boyunca hızlı bir seyrelme göstererek yöre için temel değere düşmekte ve bu değeri (~75-186 mg/l CaCO₃ aralığında) tüm Murgul Deresi boyunca da devam etmektedir (Şekil 3.17 a).

3.3.6.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerin toplam sertlik dereceleri birbirine benzer olup, sırasıyla 30- 6175.78 (\bar{X} = 423.21) mg/l CaCO₃ ve 29.86- 6238.64 (\bar{X} = 421.63) mg/l CaCO₃ arasında değışmektedir (Tablo 3.3, Tablo 3.4).

Süzölmüş ve filtrelenmiş sularda en düşük toplam sertlik değeri MRG 23 numaralı örneğe aittir. Süzölmüş ve filtrelenmiş sularda en yüksek toplam sertlik değeri ise Bognari işletme çukurundan elde edilmiştir.

Atık sularının sertlik dereceleri de süzme ve filtreleme ile benzer sonuç vermektedir. Her iki örnek türünün toplam sertlik değeri flotasyon atığında (MRG 6) ~170 mg/l, Kabaca

Dere bağlantısında ise ~303 mg/l CaCO₃'dır (Şekil 3.17 b ve c). Örnek türleri arasındaki farklılık ± 1 'dir.

Benzer bir durum Kabaca Dere ve Damar Dere'nin kaynak taraflarında alınan temiz su örneklerinde de gözlenmektedir. Bu noktalarda hesaplanan toplam sertlik değerleri her iki örnek türü için sırasıyla ~46 mg/l CaCO₃ ve 74 mg/l CaCO₃'dır. Bu değerler Dünya Sağlık Örgütü'nün su sınıflamasına göre (WHO, 1984) sırasıyla yumuşak su (toplam sertlik <60 mg/l CaCO₃) ve orta sertlikte (toplam sertlik 60-120 mg/l CaCO₃) su grubuna girer.

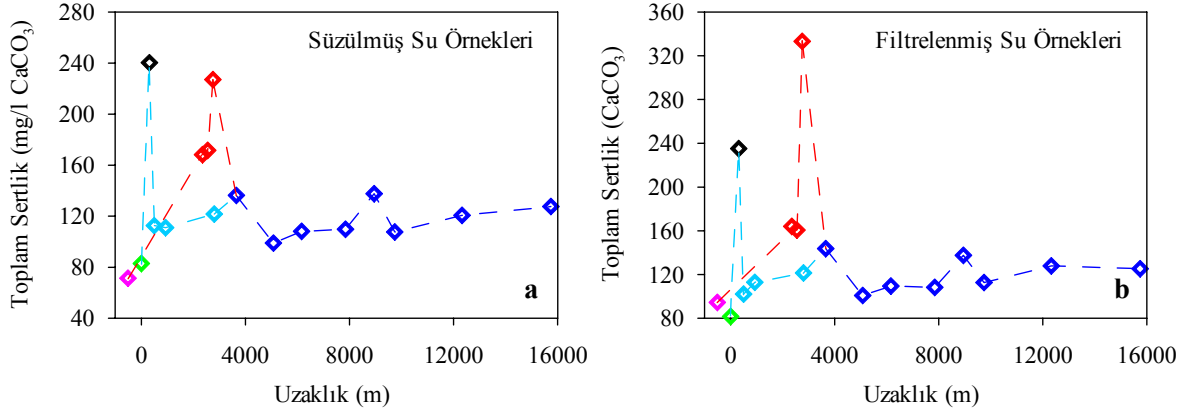
Uzaklık-sertlik değişim grafiği ham su örneklerine paralel olmakla birlikte, değerlerde bir düşüş söz konusudur. Benzer şekilde Kabaca Dere boyunca gerek süzölmüş ve gerekse filtrelenmiş örneklerin sertlik derecelerinde ani bir seyrelme olduktan sonra, Murgul Deresi boyunca (~30-85 mg/l CaCO₃ aralığında) düzgün ve yataya yakın bir dağılım oluşmaktadır (Şekil 3.17 b ve c).

3.3.6.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerinin toplam sertlik dereceleri birbirine benzer olup, sırasıyla 71.49 -946.08 ($\bar{X}=265.22$) mg/l CaCO₃ ve 81.64 -846.92 ($\bar{X}=266.19$) mg/l CaCO₃ arasında değişmektedir (Tablo 3.5 ve 3.6).

Süzölmüş sulardaki en yüksek toplam sertlik değeri Çakmakkaya sahasındaki asidik gölden alınmış örnekte (MRG 5) hesaplanmıştır. Filtrelenmiş sulara ise en yüksek toplam sertlik değeri flotasyon tesisinden alınan atık örneğinde elde edilmiştir. Kabaca Dereye deşarj edilen süzölmüş ve filtrelenmiş atık suyunun toplam sertlik değeri ise sırasıyla 240.29 mg/l CaCO₃ ve 235.18 mg/l CaCO₃'dır (Şekil 3.18 a ve b).

Süzölmüş sulara en düşük toplam sertlik değeri Damar Dere üzerinden alınan (MRG 2) temiz su örneğinde hesaplanmışken (71.49 mg/l CaCO₃), filtrelenmiş sulara ise Kabaca Dere üzerindeki (MRG 10) numaralı temiz su örneğinde hesaplanmıştır (81.64 mg/l CaCO₃). Maden içindeki su birikintilerinden alınan örneklerde oldukça yüksek toplam sertlik değerleri elde edilmiştir. Bunun nedeni bu suların çözönmüş olarak yüksek konsantrasyonlarda çeşitli iyonları içermesidir. Maden içindeki su birikintilerinden alınan örneklerde toplam sertlik süzölmüş ve filtrelenmiş sulara birbirine benzer değişim aralıklarında dağılmaktadır. Toplam sertlik, süzölmüş sulara 765.96 -946.08 mg/l CaCO₃ arasında değişirken; filtrelenmiş sulara 773.49- 830.89 mg/l CaCO₃ arasında değişmektedir.



Şekil 3.18. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş b) filtrelenmiş su örneğlerinin uzaklığa bağılı toplam sertlik değışimi. Simgeler Şekil 3.17 ile aynıdır.

Uzaklık-sertlik değışim grafiğinde Kabaca Dere boyunca süzölmüş ve filtrelenmiş örneğlerin sertlik derecelerinde ani bir seyrelme olduktan sonra, Murgul Deresi boyunca (98.65-142.15 mg/l CaCO₃ aralığında) düzgün ve yataya yakın bir dağılım oluşmaktadır (Şekil 3.18 a ve b).

3.3.7. Çözönmüş Oksijen

Derelerdeki oksijenin asıl kaynağı atmosferdir. Oksijenin eriyebilirliği su sıcaklığı ve atmosfer basıncıyla ters orantılıdır Normal atmosfer basıncında, sudaki oksijenin eriyebilirlik derecesi 0°C'de 14.5 mg/l'den, 30°C'de 7.8 mg/l' ye kadar değışebilen değerlerdedir (Şahinci, 1991).

3.3.7.1. 2006 Yılı Ham Su Örneğleri

Ham su örneğlerindeki çözönmüş oksijen miktarı 2.93 ile 9.2 mg/l arasında değışmektedir. Standart sapmaya göre bu değışim aralığı 4.46 ile 7.67 mg/l arasındadır (Tablo 3.2).

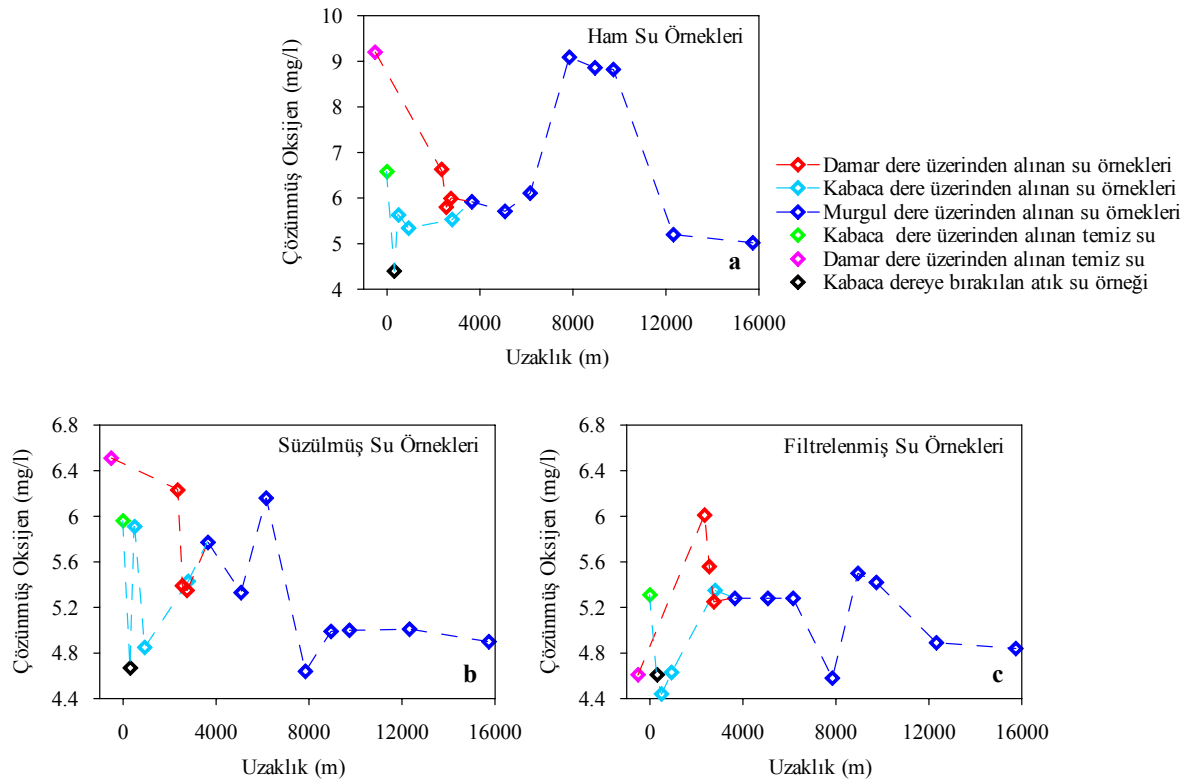
En yüksek çözönmüş oksijen değeri (9.2 mg/l) Damar Dere'den alınmış olan temiz su örneğine (MRG-2) aittir (Şekil 3.19 a). Kabaca Dere üzerinden alınan temiz su örneğinde ise çözönmüş oksijen 6.58 mg/l ölçölmüştür. En düşük çözönmüş oksijen değeri ise (2.93 mg/l) flotasyon tesisinden alınan atık örneğine aittir. Kabaca Dere'ye bırakılan atık

örneğin çözünmüş oksijen değeri ise 4.4 mg/l' dir. Maden içindeki asidik su birikintilerindeki çözünmüş oksijen içeriği ise 4.96 -5.63 mg/l arasında değişmektedir.

3.3.7.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Çözünmüş oksijen miktarı, süzölmüş su örneklerinde 4.35-6.51 mg/l arasında, filtrelenmiş su örneklerinde de 4.44-7.50 mg/l arasında değişmektedir. Her iki örnek türünde hesaplanan ortalama oksijen içerikleri 5.3 mg/l' dir (Tablo 3.3;3.4).

Flotasyon tesisinden alınan süzölmüş atık suyu en düşük (4.35 mg/l) çözünmüş oksijen miktarına sahiptir. Kabaca Dereye bırakılan süzölmüş atık suyunun çözünmüş oksijen miktarı ise 4.67 mg/l' dir (Şekil 3.19 b ve c). Filtrelenmiş sularda ise benzer bir durum sözkonusu değildir. Filtrelenmiş örneklerdeki en düşük çözünmüş oksijen değeri (4.44 mg/l) MRG 11 numaralı örneğe aittir. Bu örnekten bir önceki noktadan yani atık suyunun Kabaca Dere'ye bırakıldığı yerden alınan örneğin oksijen değeri de benzerdir (4.61 mg/l).



Şekil 3.19. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağılı çözünmüş oksijen değişimi

Süzülmüş sulara en yüksek çözülmüş oksijen değerleri Damar ve Kabaca Derelerden alınan temiz su örneklerine aittir. Filtrelenmiş sulara ise en yüksek çözülmüş oksijen miktarı (7.50 mg/l) maden işletme çukurlarından (MRG 3) ölçülmüştür. Çözülmüş oksijen içeriği süzölmüş ve filtrelenmiş örnekler arasında farklılık göstermektedir.

Değerlerin uzaklığa bağılı dağılımı düzgün olmayan bir değişim sunar. Gerek süzölmüş ve gerekse filtrelenmiş örneklerin dağılım yönsemesi zikzaklıdır (Şekil 3.19 b ve c). Bu durum oksijen ölçümlerinin atmosferik şartlara bağılı olarak değişebilmesinden ve su sıcaklığından etkilenmesinden kaynaklanabilir.

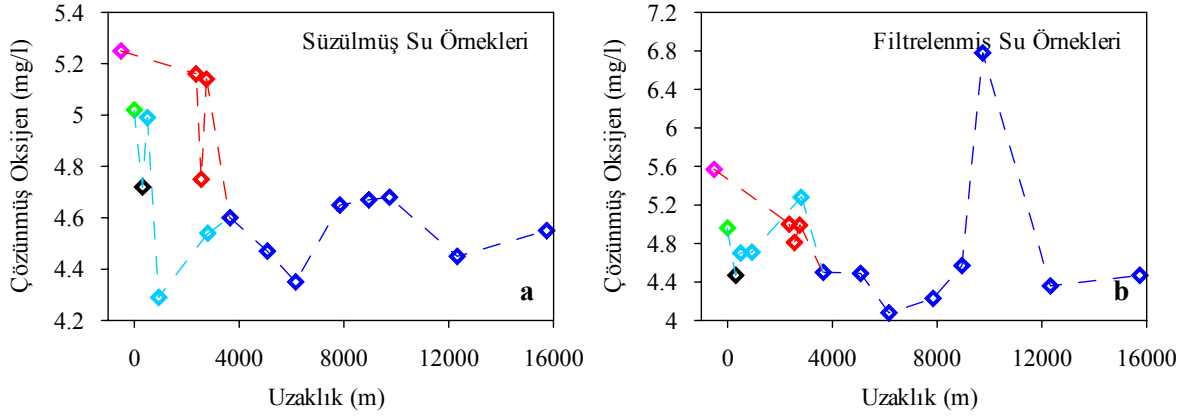
3.3.7.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Çözülmüş oksijen miktarı, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde sırasıyla 3.98 - 5.25 mg/l ve 4.08- 6.78 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.5 ve 3.6). Bu örnek türlerinin çözülmüş oksijen değerleri ortalaması birbirine benzer olup aralarında 0.09 değerinde bir fark mevcuttur ($\bar{X}_s=4.63$ mg/l ve $\bar{X}_f=4.72$).

Damar sahasında oluşmuş asidik gölden alınan MRG 4 numaralı süzölmüş su örneğinin çözülmüş oksijen miktarı (3.98 mg/l) en düşüktür. Filtrelenmiş sulara ise benzer durum söz konusu değildir. Filtrelenmiş sulara en düşük çözülmüş oksijen değeri (4.08 mg/l) Murgul Deresi üzerinden alınan ve çevresi oldukça pis olan MRG 16 numaralı örneğe aittir.

Süzölmüş sulara en yüksek çözülmüş oksijen miktarı Damar Dere üzerinden alınan temiz su örneğinde ölçülmüştür. Kabaca Dere üzerinden alınan diğer süzölmüş temiz su örneğindeki çözülmüş oksijen miktarı ise 5.02 mg/l'dir. Filtrelenmiş sulara ise en yüksek çözülmüş oksijen miktarı (6.78 mg/l) MRG 18 numaralı Murgul Deresi üzerinden alınan örneğe aittir. Damar Dere ve Kabaca Dere üzerinden alınan filtrelenmiş temiz su örneklerinin çözülmüş oksijen miktarı sırasıyla 5.57 ve 4.96 mg/l' dir.

Gerek flotasyon tesisinden alınan ve gerekse Kabaca Dereye atılan süzölmüş ve filtelenmiş atık örneklerindeki çözülmüş oksijen değerleri arasındaki fark ~0.2 mg/l'dir. Flotasyon tesisinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş atık su örneğinin çözülmüş oksijen miktarı sırasıyla 4.57 ve 4.35 mg/l' dir. Kabaca Dereye bırakılan süzölmüş ve filtrelenmiş atık suyunun çözülmüş oksijen miktarı da 4.72 ve 4.47 mg/l' dir (Şekil 3.20 a ve b).



Şekil 3.20. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş b) filtrelenmiş su örneğlerinin uzaklığa bağılı çözünmüş oksijen değışimi. Simgeler şekil 3.19 ile aynıdır.

Değerlerin uzaklığa bağılı dağılımı 2006 yılında olduğu gibi düzgün olmayan bir değışim sunar. Gerek süzölmüş ve gerekse filtrelenmiş örneğlerin dağılım yönsemesi zikzaklıdır (Şekil 3.20 a ve b).

3.3.8. Sülfat

3.3.8.1. 2006 Yılı Ham Su Örneğleri

Ham su örneğlerinde ölçölen SO_4^{2-} değerleri <3- 2000 mg/l arasında değışmekte olup, ortalama olarak 195.26 mg/l' dir (Tablo 3.2). Bu büyük değışim aralığındaki en önemli etkenler Damar ve Kabaca Dereler ile maden işletme çukur sularında gözlenmiştir. Zira Kabaca ve Damar Derelerden alınan temiz su örneğleri en düşük SO_4^{2-} değerlerini vermiştir. Buna karşın, henüz su birikinti hacmi fazla olmayan ve oksitlenmenin güncel olarak aşırı bir şekilde devam etmekte olduğu Bognari sahası ise en yüksek SO_4^{2-} değerlerini oluşturmuştur. Damar ve Çakmakkaya sahalarındaki asit özellikli göl örneğleri de son derece yüksek sülfat değerlerine (490 ve 830 mg/l) sahiptir. Buna karşın, örnekleme dönemlerinde atık etkisinde olmayan ve normal renginde akan Damar Dere boyunca ölçölen SO_4^{2-} değerleri 77- 103 mg/l arasındadır. Bu dereye daha önceki yıllarda atık boşaltılmış olması nedeniyle, akmakta olan su halen ayrıştırmaya devam etmektedir. Bunun sonucunda da piritin oksidasyonu ve sülfat oluşumu (Evangelou, 1995) önemli oranda artmış olmalıdır.

Sülfatın uzaklığa bağlı dağılımı çok karakteristiktir. Damar Dere boyunca 103 mg/l'ye kadar düzenli artış gösteren sülfat konsantrasyonu, Murgul Deresi'ne bağlantı noktasından itibaren yer yer bazı ani değişimler göstermekle beraber, yaklaşık 30 mg/l seviyesinde varlığını sürdürmektedir (Şekil 3.21 a).

3.3.8.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

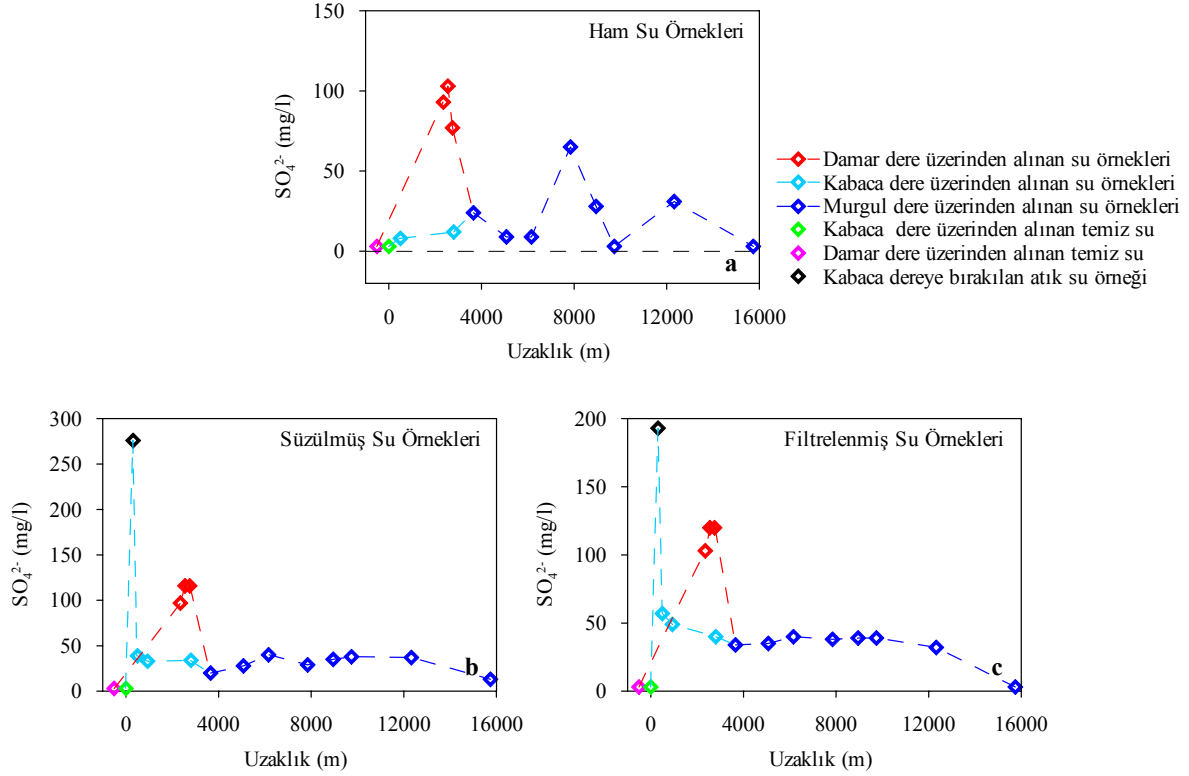
Süzölmüş örneklere toplam sülfat içeriği <3 -2000 mg/l arasında, filtrelenmiş örneklere ise <3- 13800 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.3). Bu örneklere ortalama değerleri ise 189,09 ve 747,41 mg/l' dir.

Jeokimyasal olarak beklendiği üzere, en düşük sülfat içerikleri tetkik amaçlı olarak alınan temiz su örneklere elde edilmiştir. En yüksek değerler ise maden işletme çukur sularından (Bognari'den) ölçölmüştür. Bu sulardaki sülfat değerleri yer yer ölçölebilecek sınırların üzerinde olduğundan, bazı örneklere seyreltilerek ölçüm yapılmıştır. Damar sahasındaki sülfat içeriği süzölmüş örneklere için sırasıyla 600 ve 590 mg/l, filtrelenmiş örneklere için ise 650 ve 750 mg/l' dir.

Örnekleme yapılan yıllardan önceki dönemlerde flotasyon atığının Damar Dere'ye bırakılmış olmasından dolayı, buradan alınan örneklere hâlâ oldukça yüksek konsantrasyonlarda SO_4^{2-} ölçölmektedir. Damar Dere boyunca süzölmüş sulardaki SO_4^{2-} değerleri 97- 116 mg/l arasında, filtrelenmiş sularda da 103- 120 mg/l arasındadır.

Flotasyon tesisinden alınan süzölmüş atık su örneğinin SO_4^{2-} değeri 10 mg/l iken filtrelenmiş atık su örneğinin SO_4^{2-} değeri 9 kat bir artış göstermektedir. Buna karşın, Kabaca Dereye bırakılan süzölmüş atık örneğinin SO_4^{2-} içeriği (276 mg/l) filtrelenmiş örneğe göre yaklaşık 1.5 kat daha yüksektir (Şekil 3.21 b ve c). Bu ölçüm şu ana kadar verilen diğer ölçümlere terstir. Zira genellikle iki grup örnek arasında ölçölen parametrelerde önemli farklılıklar görölmemiştir. Sülfat içeriğindeki bu farklılıklar muhtemelen kullanılan cihazın hassasiyeti ile yakından ilgilidir.

Damar Dere iki örnekleme periyodunda da atığa maruz kalmamıştır. Dere normal kendi rengine (açık kahverengi) ve temiz görünümlüdür. Ancak önceki senelerde atığın buraya bırakılmış olmasından dolayı halen buradan alınan örneklere oldukça yüksek konsantrasyonlarda SO_4^{2-} ölçölmektedir. Süzölmüş sularda Damar Dere boyunca SO_4^{2-} değerleri 97- 116 mg/l arasında iken filtrelenmiş sularda 103- 120 mg/l arasındadır.



Şekil 3.21. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı SO_4^{2-} değişimi

Süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerin uzaklığa bağlı sülfat değişimleri atık su noktasından itibaren çok hızlı bir şekilde (yaklaşık 5 kat) azalarak temel değerler aralığına düşmekte ve bu şekilde (<40 mg/l) tüm Murgul Deresi boyunca devam etmektedir. Özellikle filtrelenmiş örneklerde Murgul Deresi'nin sonlarına doğru, yaklaşık 10. km'den sonra sülfat içeriği ölçülemeyecek değerlere düşmektedir (Şekil 3.21).

3.3.8.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

2005 yılı örnekleme döneminde yapılan sülfat ölçümlerinin sonuçları 2006 yılına göre çok daha düzenli bir dağılıma sahiptir. Süzölmüş su örneklerinde SO_4^{2-} içeriği 33-1250 mg/l arasında (\bar{x} =302,59 mg/l), filtrelenmiş örneklerde 26-1290 mg/l arasında değişmektedir (\bar{x} =290,14 mg/l; Tablo 3.5 ve 3.6).

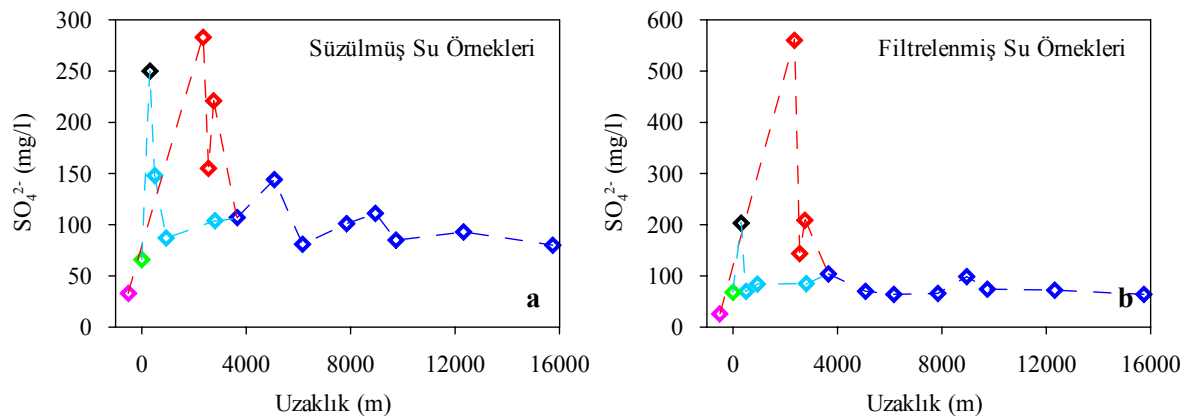
Damar Dere'den alınan temiz su örneğinin süzölmüş ve filtrelenmiş olanların sülfat değerleri sırayla 33 ve 26 mg/l'dir. Bunlar en düşük sülfat içerikleridir. Kabaca Dere'den alınan örneğin sülfat değeri ise daha yüksektir (sırayla 66 ve 68 mg/l). Süzölmüş sularda en

yüksek SO_4^{2-} değeri (1250 mg/l) Damar sahasından alınan MRG 4 numaralı örnekte ölçülmüştür. Bognari ve Çakmakkaya sahalardan alınan süzölmüş su örneklerinde de oldukça yüksek konsantrasyonlarda SO_4^{2-} ölçölmüştür. Bognari sahasında SO_4^{2-} 895 mg/l ölçölmüşken, Çakmakkaya sahasında 1030 mg/l olarak ölçölmüştür. Bognari, Damar ve Çakmakkaya sahalardan alınan filtrelenmiş su örneklerinde ise SO_4^{2-} sırasıyla 930, 940 ve 1040 mg/l ölçölmüştür.

Filtrelenmiş sularda en yüksek SO_4^{2-} değeri (1290 mg/l) flotasyon tesisinden alınan atık örneğinde ölçölmüştür. Bu atık örneğinin süzölmüşünün SO_4^{2-} değeri ise 1200 mg/l olarak ölçölmüştür. Kabaca Dereye bırakılan süzölmüş atık suyunun SO_4^{2-} değeri 250 mg/l ölçölmüşken filtrelenmiş atık suyunun SO_4^{2-} değeri 203 mg/l olarak ölçölmüştür.

Süzölmüş ve filtrelenmiş sularda Damar Dere boyunca SO_4^{2-} değerleri 155- 283 mg/l ve 144- 560 mg/l arasındadır. Bu değerler Kabaca Dere'den ölçölen değerlere göre daha yüksek olup, Damar Dere boyunca oksitlenmenin daha yaygın olduğunun göstergesidir. Bu durum tamamen bu derenin debisinin daha düşük olması ve özellikle yaz aylarında vadi içindeki sülfürlü minerallerin doğrudan atmosfere maruz kalmasından kaynaklanmaktadır (Evangelou,1995).

Damar Dere üzerinden alınan MRG 7 numaralı örnek iletkenlik, tuzluluk ve Eh değerlerinde olduğu gibi sülfat değerinde de Damar Dere üzerinden alınan diğer örneklere göre anomali vermiştir. Her iki grup örneğinin uzaklığa bağılı sülfat değışimleri birbirleriyle örtüşmektedir (Şekil 3.21 ve 3.22).



Şekil 3.22. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş b) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağılı SO_4^{2-} değışimi. Simgeler Şekil 3.21 ile aynıdır.

3.3.9. Alkalinite

Alkalinite, set edilmiş bir pH değerine karşı suyun asidi nötrleştirme kapasitesinin bir ölçüsüdür (URL-3, 2007). Suyun; hidroksit, karbonat ve bikarbonat iyonlarından kaynaklanan korozif özelliğinin belirlenmesi bakımından çok önemlidir.

Alkalinite ölçümleri pH' ın <4.5 altında olduğu maden sahasında oluşmuş su birikintileri haricindeki (toplam 19 adet örnekte) sifirin üzerinde ölçülmüştür.

3.3.9.1. 2006 Yılı Ham Su Örnekleri

Ham su örneklerinde alkalinite 0 ile 208.74 mg/l CaCO₃ arasında değişmekte olup ortalama 54.12 (±43.48) mg/l CaCO₃'dır (Tablo 3.2).

En yüksek alkalinite değeri Kabaca Dereye bırakılan atık örneğine aittir (Şekil 3.23 a). Flotasyon tesisinden alınan diğer atık suyunun alkalinite değeri de 95.85 mg/l CaCO₃'dir. Normal şartlarda flotasyon tesisinden alınan atık örneğinin alkalinite değerinin Kabaca Dereye kıyasla daha yüksek olması beklenirdi. Ancak madenin devir işlemleri nedeniyle düzenli çalışmamasından ötürü flotasyon tesisinden alınan atık örneğinin alkalinite değeri diğer atığa nazaran düşük çıkmıştır. Bu durum flotasyon tesisinden örnek alımı yapıldığı gün madenin fazla miktarda atık atmamış olmasından kaynaklanmaktadır. En düşük alkalinite değeri de Murgul Deresi üzerinden alınan (MRG 14) örnekte ölçülmüştür. En düşük alkalinite değeri asidik göllerden alınan örneklerden elde edilmiştir.

Damar Dere üzerinden alınmış temiz su örneğinin alkalinite değeri 74.55 mg/l CaCO₃ iken Kabaca Dere üzerinden alınan temiz su örneğinin alkalinite değeri 25.56 mg/l CaCO₃'dir.

3.3.9.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

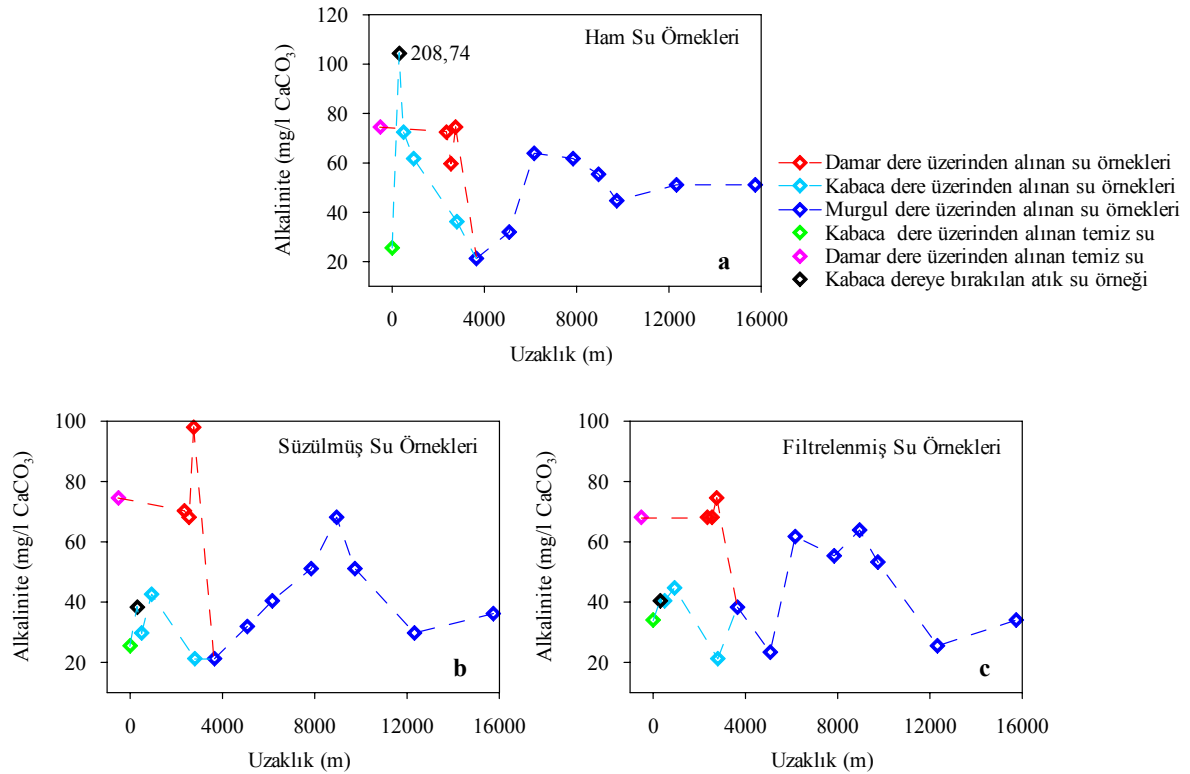
Süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerin alkalinite değerleri birbirlerine son derece benzer olup sırasıyla 0-97.98 (\bar{X} =41.44) mg/l CaCO₃ ve 0-91.59 (\bar{X} =40.47) mg/l CaCO₃ arasında değişmektedir (Tablo 3.3 ve 3.4).

En düşük alkalinite değeri asidik göllerden alınan örneklerden elde edilmiştir. Süzölmüş sularda en yüksek alkalinite değeri Damar Dere üzerinden alınan MRG 1

numaralı örnekte, filtrelenmiş sularda da flotasyon tesisinden alınan MRG 6 numaralı flotasyon tesisinden alınan atık su örneğinde ölçülmüştür (Şekil 3.23b ve 3.23c). Süzülmuş ve filtrelenmiş sularda Kabaca Dereye atılan atık örneğinin alkalinite değeri sırasıyla 38.34 ve 40.47 mg/l CaCO_3 'dir (Şekil 3.23c).

Temiz su örneklerine ait süzülmuş ve filtrelenmiş suların alkalinite değerleri Kabaca Dere için 25.56 ve 34.08 mg/l CaCO_3 ; Damar Dere için ise 74.55 ve 68.16 mg/l CaCO_3 'dir.

Alkaliniteye ait uzaklığa bağlı değişim grafiğinde süzülmuş ve filtrelenmiş örneklerin birkaç örnek haricinde paralellik gösterdiği görülmektedir. Burada dikkat çekici husus ham atık su örneğinin alkalinite değerinin süzme ve filtreleme işlemleri sonrası ~5 kat azalmış olmasıdır. Bu yüksek alkalinite değeri flotasyon tesisinde pirit ve kalkopiriti birbirinden ayırmak için kullanılan kireç ve ksentatlardan kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.23. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham b) süzülmuş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı alkalinite değişimi

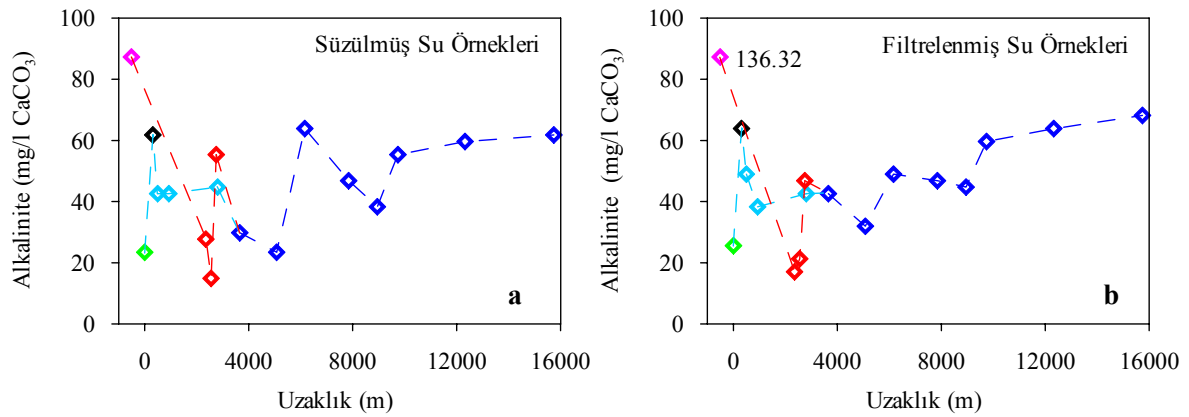
3.3.9.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerrinde alkalinite değęerleri sırasıyla 0-660.30 (\bar{X} =68.26) mg/l CaCO₃ ve 0-768.93 (\bar{X} =76.49) mg/l CaCO₃ arasında değışmektedir (Tablo 3.5 ve 3.6).

En yüksek alkalinite değeri süzölmüş ve filtrelenmiş sularda flotasyon tesisinden alınan atık örneğine aittir. Bu yüksek değeri flotasyon tesisinde kalkopirit ve piriti birbirinden ayırmak için kullanılan ksantatlardan ve kireçten kaynaklanmaktadır. Kabaca Dere'ye atılan süzölmüş ve filtrelenmiş atık örneğinin alkalinite değeri ise benzer olup sırasıyla 61.77 ve 63.9 mg/l CaCO₃'dır (Şekil 3.24 a ve b).

En düşük alkalinite değeri asidik göllerden alınan örneklerrden elde edilmiştir. Kabaca Dere üzerinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş temiz su örneğinin alkalinite değeri birbirine çok benzer olup sırasıyla 23.43 ve 25.56 mg/l CaCO₃'dır. Damar Dere üzerinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş temiz su örneğinin alkalinite değeri de 87.33 ve 136.32 mg/l CaCO₃'dır.

Alkaliniteye ait uzaklığa bağılı değışim grafiğinde Kabaca Dere boyunca süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerrin paralellik gösterdiği görölmektedir. Murgul Dere boyunca da birkaç örneğ haricinde benzer durum söz konusudur.



Şekil 3.24. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş b) filtrelenmiş su örneklerrinin uzaklığa bağılı alkalinite değışimi. Simgeler Şekil 3.23 ile aynıdır.

3.3.10. Asidite

Su örneğinin hidroksit iyonlarını nötralize etme kapasitesi olarak tariflenebilir. Asidite; genelde suda az iyonlaşan karbonik asit veya mineral asitlerden ve demir, alüminyum gibi tuzların hidrolizinden ileri gelir (URL-4, 2007).

Asidite ölçümleri pH' ın <4.5 altında olduğu maden sahasında oluşmuş su birikintilerinde (Bognari, Damar ve Çakmakkaya'da toplam 3 adet örnekte) yapılmıştır. Diğer alınan su örneklerinde pH >4.5 ten büyük olduğu için asidite ölçümü yapılmamıştır.

3.3.10.1. 2006 Yılı Ham, Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Asidite ölçümleri Bognari, Damar ve Çakmakkaya sahasında oluşmuş asidik göllerden alınan örneklerde yapılmış olup, ham sularda bu değerler sırasıyla 2626.56, 149.76 ve 213.12 mg/l CaCO₃ ölçölmüştür (Tablo 3.2). Süzölmüş su örneklerinde aynı sahalarda ölçölen asidite değerleri sırasıyla 2780.16, 142.08 ve 203.52 mg/l CaCO₃'dır (Tablo 3.3). Filtrelenmiş su örneklerinde de benzer asidite değerleri ölçölmüştür. Bognari sahasında 2505.6 mg/l CaCO₃, Damar sahasında 126.72 mg/l CaCO₃ ve Çakmakkaya sahasında ise 201.6 mg/l CaCO₃ ölçölmüştür (Tablo 3.4).

3.3.10.2. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

2005 yılında da asidite ölçümleri aynı yerlerden yapılmıştır. Bognari sahasından alınan süzölmüş ve filtrelenmiş örnekte asidite değeri sırasıyla 355.2 ve 274.6 mg/l CaCO₃ ölçölmüştür. Bir diğer asidite ölçümünün yapıldığı Damar sahasındaki süzölmüş ve filtrelenmiş örnekte 1518.4 ve 476.2 mg/l CaCO₃ ve Çakmakkaya sahasındaki örneklerden de sırasıyla 293.8 ve 192 mg/l CaCO₃ ölçölmüştür (Tablo 3.5 ve 3.6).

Her iki yıl örneklemesine ait filtrelenmiş su örneklerinin asidite değerleri süzölmüş eşleniklerinden daha düşüktür. Filtrelenen su içerisindeki bazı demirli alüminyumlu tuzlar filtre üzerinde kalmakta ve bunun sonucu olarak da daha düşük değerler ölçölmektedir.

3.3.11. Renk

Su pratik olarak renksizdir. Suları renkli gösteren içerdikleri yabancı maddelerdir. Suda çözünen koloidal asılı maddeler ve dinlenme ile çökebilen biyolojik atıklar suyu renklendirirler. Geçiş metal bileşikleri özellikle demir, mangan ve krom bileşiklerinin suda bulunması da suyun renkli görünmesine neden olur (Soylak ve Doğan. 2000).

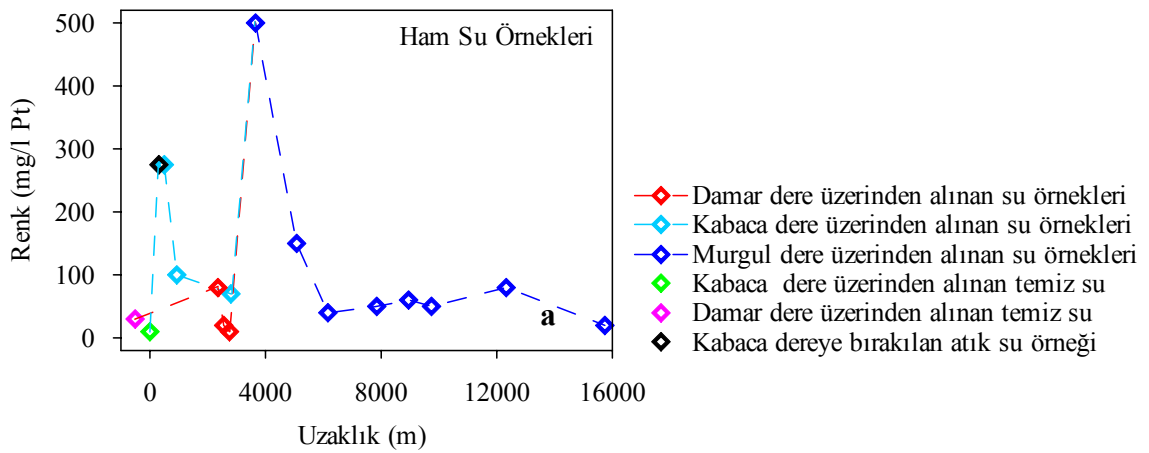
3.3.11.1.2006 Yılı Ham Su Örnekleri

Ham su örneklerinde renk <math>< 10 -> 500 \text{ mg/l Pt}</math> arasında değişmekte olup, ortalama $95 (\pm 116.68) \text{ mg/l Pt}$ dır (Tablo 3.2).

Kabaca Dere üzerinden alınan temiz su örneğinde en düşük renk değeri ölçülmüştür. Damar Dere üzerinden alınan diğer temiz su örneğinde de renk 30 mg/l Pt olarak belirlenmiştir (Şekil 3.25). En yüksek renk değeri Kabaca ve Damar Dere birleştikten yaklaşık 1000 m sonra Murgul Deresi üzerinden alınan (MRG 14) örnekte ölçülmüştür.

Flotasyon tesisinden alınan ve Kabaca Dereye bırakılan atık örneklerinin renk değerleri sırasıyla 30 ve 275 mg/l Pt 'dır. Kabaca Dereye bırakılan atık örneğinin renk değerinin büyük olmasının nedeni deşarj nedeniyle asılı maddelerin daha fazla hareket kazanmış olmalarıdır.

Bognari. Damar ve Çakmakkaya sahalarındaki asidik göllerden alınan örneklerin renk değerleri sırasıyla 120 , 20 ve 40 mg/l Pt 'dır.



Şekil 3.25. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan ham su örneklerinin uzaklığa bağlı renk değişimi. Simgeler Şekil 3.9 ile aynıdır.

Uzaklığa bağlı değişim grafiğinde Kabaca ve Damar Derelerin birleşiminden yaklaşık 845 m sonra Murgul Deresi üzerinde alınan ilk örnek noktasında renk en yüksek değere ulaşmaktadır. Her iki derenin birleşiminden sonra alınan bu noktada su sirkülasyonu oldukça fazla olduğundan, vadi tabanında bulunan malzeme hareketlendirilerek suyun bünyesine katılmıştır. Bunun sonucu olarak da renk değeri yüksek çıkmıştır. Bu yüksek değer, Murgul Deresi'nin taşıdığı askıdaki malzemeyi artan uzaklığa bağlı olarak çökeltmesinin sonucu olarak giderek azalmaktadır.

3.3.12. Türbidite (Bulanıklık)

Türbidite; suda asılı kil, silt gibi inorganik ve organik maddelerin dağılmasıyla kolloidal maddeler ve mikroorganizmalardan meydana gelir. Bu maddeler 5 mg/l'yi geçtiğinde içme suyunda sorun çıkarabilir (Uslu ve Türkman, 1987).

3.3.12.1. 2006 Yılı Ham Su Örnekleri

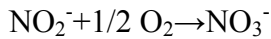
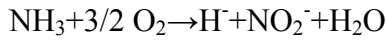
Ham su örneklerinde türbidite <5 - >400 FTU (Formazin Türbidite Birimi) arasında değişmekte olup ortalama 188.68 (± 197.79) FTU' dur (Tablo 3.2).

En düşük türbidite değeri Kabaca Dere üzerinden alınan temiz su örneği başta olmak üzere MRG 5, 7, 8, 10, 22, 23 numaralı örneklere aittir. En yüksek türbidite değeri ise Kabaca Dere'ye atılan atık örneği başta olmak üzere MRG 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16,17, 18 ve 19 numaralı örneklerde ölçülmüştür. Flotasyon tesisinden alınan atık örneğine ait Türbidite değeri ise 38 FTU'dur. Bognari ve Damar sahalarındaki su birikintilerinden alınan örneklerin türbidite değerleri sırasıyla 5 ve 8 FTU 'dur.

3.3.13. NO₃⁻

Azot bileşiği olan nitrat, çözünürlüğünün yüksek olması ve duraysız olması sebebiyle doğal sularda oldukça az miktarda bulunur. Nitratın suda yüksek oranda bulunmasının zehirleyici etki yaptığı bilinmektedir. İçme sularında izin verilen en yüksek nitrat seviyesi 10 mg/l' dir (URL-5, 2007).

Ortamın asit-alkali olması ya da yükseltgen-indirgen olması ve diğer fizikokimyasal koşullar azot bileşiklerinin çökeline etki etmez. Genelde sularda bakteriler bitki ve hayvan artıklarını bozarak NH_3 'a dönüştürürler. Oluşan NH_3 'ın bir kısmı bitkilerce soğurulurken, geri kalanı yükseltgen ortamda amonyak ve nitrit okside eden bakteriler tarafından aşağıdaki kimyasal reaksiyonlarla ifade edildiği şekilde ayrıştırılır (Li ve Misawa, 1994).



İndirgen ortamlarda, nitrat bakterileri nitrat iyonunu kullanarak N_2 gazı ve NH_4^+ üretirler (Schlegel, 1986). Nitrat iyonunun kaynağı bitki ve hayvan artıkları, yağış suları veya tarımda kullanılan nitratlı gübreler ile madende kullanılan patlayıcılar olabilir. Havadaki NO_2 gazı oksitlenerek nitrat meydana getirir. Bu yüzden yağış sularında nitrat bulunur. NH_4^+ ve NO_3^- gibi azot türevleri, bitkiler tarafından soğrulması sonucu sulu ortamı kısa sürede terk ederler. Nitrat organik azotun en son oksidasyon ürünüdür.

Sularda 45 mg/l'yi geçen nitrat miktarı küçük çocuklar için oldukça tehlikeli olup derinin mavimsi bir renk alması şeklinde beliren ölümcül siyanozis hastalığına neden olur.

NO_3^- 2005 yılına ait örneklerde ölçülmüştür. Değerler düşük çıktığından 2006 yılında NO_3^- ölçülmemiştir.

3.3.13.1. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Süzölmüş su örneklende NO_3^- 0.2 ile 2.7 mg/l arasında değişirken, filtrelenmiş su örneklende 0.1 ile 4.5 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.5 ve 3.6). Süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklende ortalama NO_3^- değerleri sırasıyla $\bar{X}_s=0.73$ ve $\bar{X}_f=1$ 'dir.

Süzölmüş sulardaki en düşük NO_3^- değeri başta Kabaca ve Damar Dereden alınan temiz su örnekleri başta olmak üzere, Bognari sahasından alınan örnekte ve Murgul Deresi üzerinden alınan MRG 19 numaralı örnekte ölçölmüştür (Şekil 3.26 a).

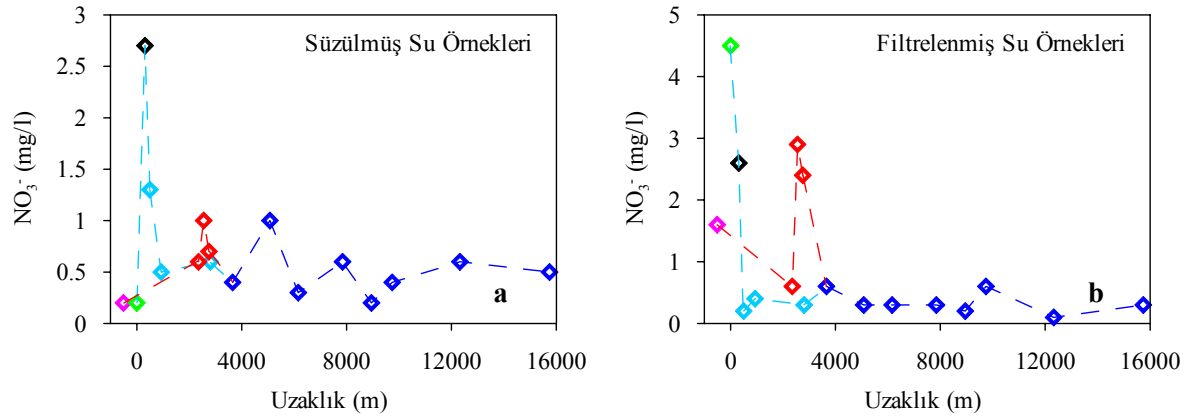
Süzölmüş sulardaki en yüksek NO_3^- değeri Kabaca Dere'ye atılan atık örneğinde ölçölmüştür. Flotasyon tesisinden alınan hem süzölmüş hem de filtrelenmiş atık örneğinde NO_3^- değeri aletin deteksiyon limitinin altında olduğundan ölçölememiştir.

Filtrelenmiş sularda en düşük NO_3^- değeri Murgul Deresi üzerinden alınan MRG 20 numaralı örnekte ölçülmüşken en yüksek NO_3^- değeri de Kabaca Dere üzerinden alınan temiz su örneğinde ölçülmüştür (Şekil 3.26 a ve b).

Bognari, Damar ve Çakmakkaya sahalarından alınan süzölmüş su örneklerinde NO_3^- 0.2 ile 1.5 mg/l arasında değişirken filtrelenmiş su örneklerinde 0.2 ile 0.7 mg/l arasında değişmektedir.

Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca alınan süzölmüş su örneklerinde NO_3^- sırasıyla 0.6 -1 mg/l, 0.2-2.7 mg/l ve 0.2-1 mg/l arasında değişirken; filtrelenmiş su örneklerinde de sırasıyla 0.6 -2.9 mg/l, 0.2-4.5 mg/l ve 0.1-0.6 mg/l arasında değişmektedir.

Nitrat, uzaklığa bağlı değişim grafiğinde süzölmüş su örneklerinde Kabaca Dere boyunca 0.2 ile 2.7 mg/l olan aralık değeri filtrelenmiş su örneklerinde 0.2 ile 4.5 mg/l'ye yükselmekte ve Murgul Deresinde ani bir seyrelmeye maruz kaldıktan sonra dere boyunca (süzölmüş sularda 0.2 ile 1 mg/l aralığında; filtrelenmiş sularda 0.1 ile 0.6 mg/l aralığında) yataya yakın bir dağılım göstermektedir (Şekil 3.26 a ve b).



Şekil 3.26. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş ve b) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı NO_3^- değişimi. Simgeler Şekil 3.25 ile aynıdır.

3.4. Elementsel Değişimler

3.4.1. Alüminyum (Al)

Alüminyum yer kabuğunda önemli miktarda bulunmasına karşın (%8.6), sudaki çözünürlüğünün az olması nedeni ile yeraltı sularında önemsiz miktarda bulunur. pH'ın 5-9 arasında olduğu koşullarda çözünürlüğü 1 mg/l'den azdır. Genellikle yer altı sularında 0.005- 0.3 mg/l arasındadır. Bu değer, asid sularda 100 mg/l'e erişebilir. Özellikle kil minerallerini oluşturduklarından denizlerde az oranda bulunurlar. Belli başlı mineralleri allofan, kaolinit, halloysit, illit, klorit, gipsit ve bohemit'tir (Şahinci, 1991).

3.4.1.1. 2006 Yılı Ham Su Örnekleri

Ham su örneklerinde Al 0.031- 51.03 mg/l arasında değişmekte olup, ortalama 5.369 (± 12.62) mg/l'dir (Tablo 3.7).

Ham sularda en düşük Al değeri Damar Dere üzerinden alınan temiz su örneğine (MRG 2) aittir (Şekil 3.27 a). Kabaca Dere üzerinden alınan diğer temiz su (MRG 10) örneğinin Al değeri de 0.1 mg/l' dir. Örneklerdeki en yüksek Al değeri Bognari sahasındaki maden işletme çukurundan alınan örnekte ölçülmüştür. Kabaca Dere'ye bırakılan atık su örneği ile flotasyon tesisinden alınan atık su örneğinin Al değeri sırasıyla 35.771 ve 4.597 mg/l' dir.

Maden sahasında asit özellikli su birikintilerinden alınan örneklerin Al değerleri 2.02- 6.093 mg/l arasında değişmektedir.

Uzaklığa bağlı Al değişim grafiğinde, Ham su örneklerinde atık noktasından hemen sonra Al değeri ~10 kat azalmakta ve değişim aralığı 0.031- 0.785 mg/l arasında olan Damar Dere ile birleştikten sonra Murgul Deresi boyunca 0.606-2.228 arasında yataya yakın bir şekilde değişmektedir (Şekil 3.27 a).

Tablo 3.7. 2006 yılı ham su örneklerine ait analiz sonuçları

Örnek Numarası ve Yeri	Al (mg/l)	As (µg/l)	Ba (µg/l)	Ca (mg/l)	Cd (µg/l)	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Fe ⁺² (mg/l)	Fe ⁺³ (mg/l)
MRG1-H Damar D.	0.67	1.2	62.38	37.92	7.57	1.801	1.065	0.976	0.089
MRG2-H Damar D.	0.031	<.5	7.95	21.76	0.06	0.015	0.028	0.000	0.028
MRG3-H Bognari	51.03	199.3	7.3	523.45	289.97	269.540	232.046	231.420	0.626
MRG4-H Damar	2.02	2.1	25.51	75.068	73.71	17.697	13.408	12.816	0.592
MRG5-H Çakmakkaya	6.093	0.7	56.69	169.829	10.24	43.810	9.788	9.542	0.246
MRG6-H Flotasyon Atığı	4.597	679.2	160.54	147.211	47.81	26.952	184.203	174.597	9.606
MRG7-H Damar D.	0.785	1.2	36.01	38.516	7.45	1.761	1.133	1.055	0.078
MRG8-H Damar D.	0.674	1.2	36.26	38.161	7.34	1.641	1.025	0.924	0.101
MRG9-H Kabaca D. Atılan atık	35.771	540.9	97.86	180.697	36.01	22.010	404.328	383.139	21.189
MRG10-H Kabaca D.	0.1	<.5	8.37	12.435	<.05	0.002	0.095	0.017	0.078
MRG11-H Kabaca D.	3.466	374.6	184.88	26.498	2.99	1.897	53.503	52.163	1.340
MRG12-H Kabaca D.	1.909	183.4	223.02	19.912	1.59	1.188	27.006	24.850	2.156
MRG13-H Kabaca D.	1.255	63.5	398.99	15.427	0.68	0.335	9.041	8.829	0.212
MRG14-H Murgul D.	0.832	51.4	643.11	13.379	0.48	0.235	6.527	6.415	0.112
MRG15-H Murgul D.	0.719	35	531.54	13.626	0.41	0.185	4.875	4.652	0.223
MRG16-H Murgul D.	0.93	199.4	271.97	21.724	0.92	0.572	20.595	19.925	0.670
MRG17-H Murgul D.	1.927	316.5	254.17	23.882	2.16	1.139	33.122	32.742	0.380
MRG18-H Murgul D.	0.606	67.5	399.31	22.157	0.63	0.358	5.948	5.512	0.436
MRG19-H Murgul D.	1.188	153.5	292.11	22.688	1.32	0.673	15.162	14.536	0.626
MRG20-H Murgul D.	2.228	369.4	248.31	21.842	2.23	1.079	44.559	44.280	0.279
MRG22-H Murgul D.	1.17	83.8	536.5	17.151	0.83	0.317	8.996	8.761	0.235
MRG23-H Çakmakkaya'ya akan temiz su	0.121	<.5	2.73	8.904	<.05	0.004	0.097	0.008	0.089
Minimum	0.031	0.50	2.73	8.904	0.05	0.002	0.028	0	0.028
Maksimum	51.03	679.2	643.11	523.45	289.97	269.540	404.328	383.139	21.189
Aritmetik Ortalama	5.369	151.150	203.887	66.920	22.477	17.873	48.934	47.144	1.791
Medyan	1.18	65.50	172.71	22.42	1.88	1.11	9.41	9.186	0.262
Standart Sapma	12.62	193.27	195.60	114.20	62.59	57.36	99.15	94.975	4.778
A. Ortalama-Std.Sap.	-7.25	-42.12	8.29	-47.28	-40.12	-39.48	-50.22	-47.831	-2.988
A. Ortalama+Std. Sap.	17.99	344.42	399.49	181.12	85.07	75.23	148.09	142.118	6.569

Deteksiyon limitinin altında çıkan değerlere deteksiyon limit değerleri verilerek istatistiksel hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 3.7.'nin devamı

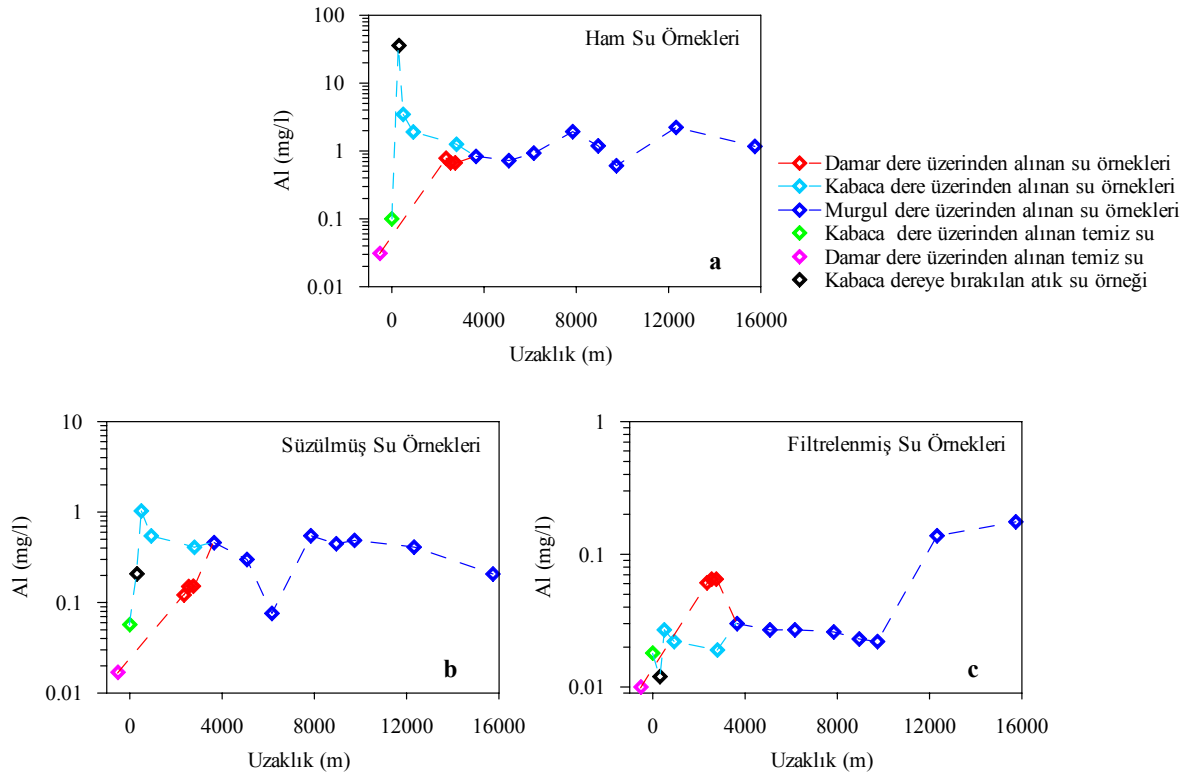
Örnek Numarası	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Mn (mg/l)	Mo (µg/l)	Na (mg/l)	Pb (µg/l)	S (mg/l)	Si (mg/l)	Sr (µg/l)	Zn (mg/l)
MRG1-H	0.866	13.36	0.432	0.2	6.361	4.4	38	4.593	128	1.503
MRG2-H	0.367	4.568	0.005	0.1	2.682	0.7	6	3.315	46.99	0.012
MRG3-H	0.652	953.251	58.062	2.4	12.327	13.6	2237	22.081	1248.29	58.822
MRG4-H	1.665	67.338	3.141	0.7	31.644	9.8	199	5.26	430.51	16.688
MRG5-H	1.875	71.868	5.966	0.2	11.753	6.3	287	6.853	749.67	1.939
MRG6-H	2.64	29.53	1.683	46.3	1.997	13858.1	71	9.171	139.75	13.348
MRG7-H	0.861	13.552	0.456	0.2	6.375	3.5	38	4.933	132.7	1.502
MRG8-H	0.916	13.532	0.450	0.2	6.47	3.2	38	4.698	126.23	1.482
MRG9-H	17.027	199.996	8.363	13	14.237	117.7	146	40.009	1140.54	12.287
MRG10-H	0.312	3.739	0.018	0.2	1.601	0.3	11	3.097	43.88	<0.0005
MRG11-H	2.366	19.1	0.736	6.9	2.962	276.9	51	6.895	198.65	0.957
MRG12-H	1.408	9.876	0.357	3.8	2.245	229.9	32	5.038	122.4	0.505
MRG13-H	1.283	5.944	0.140	2.4	1.83	151.3	17	4.354	87.11	0.214
MRG14-H	0.944	4.559	0.086	1.7	1.831	110.9	15	3.807	73.14	0.144
MRG15-H	0.881	4.587	0.088	1.4	1.78	83.9	13	3.688	68.09	0.123
MRG16-H	0.935	5.757	0.157	3.5	2.212	241.3	28	4.21	106.18	0.304
MRG17-H	1.044	8.239	0.273	4.2	2.191	414.7	40	5.37	102.99	0.677
MRG18-H	0.884	4.712	0.092	3.4	2.226	130.3	20	4.077	80.8	0.181
MRG19-H	0.893	5.745	0.162	3.2	2.108	249.4	25	4.585	85.15	0.393
MRG20-H	1.302	10.278	0.362	4	2.118	457.7	42	5.505	119.55	0.731
MRG22-H	1.016	5.016	0.102	4.5	2.058	143.3	17	4.504	90.39	0.257
MRG23-H	0.293	1.733	0.006	<.1	2.141	0.7	4	3.111	21.73	<0.0005
Minimum	0.293	1.733	0.005	0.10	1.601	0.3	4	3.097	21.73	0.0005
Maksimum	17.027	953.251	58.062	46.3	31.644	13858.1	2237	40.009	1248.29	58.822
Aritmetik Ortalama	1.838	66.195	3.688	4.664	5.507	750.359	153.409	7.234	242.852	5.094
Medyan	0.94	9.06	0.32	2.40	2.22	114.30	35.00	4.65	112.87	0.59
Standart Sapma	3.44	202.87	12.33	9.76	6.97	2930.83	470.51	8.30	345.94	12.93
A. Ortalama-Std.Sap.	-1.61	-136.67	-8.64	-5.10	-1.46	-2180.47	-317.10	-1.07	-103.08	-7.83
A. Ortalama+Std. Sap.	5.28	269.06	16.02	14.43	12.48	3681.19	623.92	15.54	588.79	18.02

3.4.1.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Al değerleri süzölmüş su örneklereinde 0.017- 52.039 mg/l arasında, filtrelenmiş su örneklereinde de 0.01- 52.734 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.8 ve 3.9). Genel aralıktaki bu benzerlik ortalamalarda da görölmektedir (sırasıyla 2.991 mg/l ve 2.828 mg/l).

Süzölmüş ve filtrelenmiş sularda en düşük Al değeri Damar Dere üzerinden alınan temiz su (MRG 2) örneğine aittir (Şekil 3.27 b ve c). Kabaca Dere üzerinden alınan diğer süzölmüş ve filtrelenmiş temiz su (MRG 10) örneğinin Al değeri sırasıyla 0.057 mg/l ve 0.018 mg/l' dir. Süzölmüş ve filtrelenmiş sularda en yüksek Al değeri Bognari sahasındaki asidik su birikintisinden alınan örnekten elde edilmiştir.

Maden sahasındaki asidik su birikintilerinden alınan örneklereindeki Al değerleri süzölmüş sularda 1.903- 52.039 mg/l, filtrelenmiş sularda ise 1.912- 52.734 mg/l arasında değişmektedir.



Şekil 3.27. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklereinin uzaklığa bağlı Al (mg/l) değişimi. Deteksiyon limitinin altında çıkan değerlere deteksiyon limit değerleri verilerek grafik çizilmiştir.

Tablo 3.8. 2006 yılı süzölmüş su örneklarine ait analiz sonuçları

Örnek Numarası	Al (mg/l)	As (µg/l)	Ba (µg/l)	Ca (mg/l)	Cd (µg/l)	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Fe ⁺² (mg/l)	Fe ⁺³ (mg/l)
MRG1-S	0.152	<.5	34.01	38.653	5.22	0.2507	0.139	0.027	0.112
MRG2-S	0.017	<.5	11.5	21.624	<.05	0.0156	0.015	-	0.015
MRG3-S	52.039	191.9	9.35	534.739	285.26	272.559	237.356	236.865	0.491
MRG4-S	1.903	0.8	25.21	76.181	67.76	17.1519	11.216	10.590	0.626
MRG5-S	5.712	0.9	61.85	170.746	12.24	43.2783	9.411	9.165	0.246
MRG6-S	0.463	10.3	156.41	65.731	0.25	0.0471	0.338	-	0.338
MRG7-S	0.121	<.5	31.64	37.822	5.18	0.2166	0.093	0.015	0.078
MRG8-S	0.151	<.5	31.86	38.631	5.25	0.2784	0.127	0.06	0.067
MRG9-S	0.208	6.4	58.49	78.826	1.11	0.0802	0.776	-	0.776
MRG10-S	0.057	<.5	11.51	12.375	<.05	0.0097	0.049	-	0.049
MRG11-S	1.03	77	269.76	21.118	0.65	0.5107	7.771	6.151	1.620
MRG12-S	0.545	31.1	320.04	17.682	0.29	0.2669	3.395	3.015	0.380
MRG13-S	0.409	13.9	663.04	11.471	0.3	0.0832	1.776	1.664	0.112
MRG14-S	0.46	20.1	912.49	9.773	0.29	0.1212	2.689	2.577	0.112
MRG15-S	0.3	11.1	503.89	13.103	0.53	0.0596	1.452	1.340	0.112
MRG16-S	0.076	5.2	450.88	20.056	0.1	0.0256	0.17	-	0.179
MRG17-S	0.548	47.6	500.86	21.567	0.56	0.2528	3.814	3.557	0.257
MRG18-S	0.488	57.6	514.02	21.675	0.51	0.329	5.351	5.161	0.190
MRG19-S	0.447	50.5	538.61	21.658	0.39	0.2247	3.896	3.728	0.168
MRG20-S	0.41	23.3	663.13	14.168	0.31	0.1123	2.224	2.068	0.156
MRG22-S	0.207	37.1	493.99	15.376	0.36	0.1354	3.376	3.153	0.223
MRG23-S	0.058	<.5	3.96	8.863	<.05	0.012	0.044	-	0.044
Minimum	0.017	0.5	3.960	8.863	0.05	0.0097	0.015	0.000	0.015
Maksimum	52.039	191.9	912.49	534.739	285.26	272.559	237.356	236.860	1.620
Aritmetik Ortalama	2.991	26.718	284.84	57.811	17.578	15.274	13.431	13.140	0.290
Medyan	0.410	10.7	213.085	21.596	0.45	0.176	2.000	1.870	0.170
Standart Sapma	11.021	43.077	279.841	112.637	61.49	58.278	50.116	50.060	0.350
A. Ortalama-Std.Sap.	-8.030	-16.358	5	-54.826	-43.912	-43.005	-36.685	-36.920	-0.070
A. Ortalama+Std. Sap.	14.012	69.795	564.682	170.448	79.068	73.552	63.547	63.200	0.640

Tablo 3.8.'in devamı

Örnek Numarası	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Mn (mg/l)	Mo (µg/l)	Na (mg/l)	Pb (µg/l)	S (mg/l)	Si (mg/l)	Sr (µg/l)	Zn (mg/l)
MRG1-S	0.863	13.393	0.4026	0.3	6.45	0.6	40	4.605	134.11	0.8154
MRG2-S	0.412	4.626	0.0025	0.1	2.868	1.3	6	3.451	47.29	0.0135
MRG3-S	0.679	978.354	58.6231	2.3	11.071	12.7	2115	21.46	1212.74	56.845
MRG4-S	1.686	67.056	3.0767	0.2	30.729	8.8	189	4.865	393.21	15.0236
MRG5-S	1.811	71.139	5.8147	0.1	11.491	7.1	286	6.714	787.55	2.0408
MRG6-S	2.095	1.211	0.0292	62.3	2.264	55.2	53	0.841	75.76	0.0397
MRG7-S	0.826	13.454	0.4255	0.3	6.332	0.4	39	4.616	124.66	0.8293
MRG8-S	0.96	13.691	0.4095	0.3	6.663	0.7	41	4.737	133.34	0.8473
MRG9-S	6.751	24.716	0.8214	21.1	14.615	14.5	98	4.083	301.21	0.0576
MRG10-S	0.323	3.544	0.0167	0.3	1.601	0.3	12	3.133	41.62	0.0015
MRG11-S	1.652	6.843	0.2017	3.9	3.074	98.2	27	4.348	108.99	0.2065
MRG12-S	1.063	5.354	0.1225	2.4	2.424	57.4	20	3.687	78.9	0.0964
MRG13-S	1.092	3.838	0.0650	1.8	1.765	41.8	15	3.195	58.96	0.078
MRG14-S	0.762	3.497	0.0567	1.3	1.473	51.7	12	2.953	50.3	0.0796
MRG15-S	0.789	4.192	0.0504	1.1	1.917	38.6	12	3.151	60.16	0.0614
MRG16-S	0.712	3.933	0.0437	3	2.323	12.9	13	3.047	70.41	0.0303
MRG17-S	0.873	4.613	0.0789	3.1	2.317	115.7	18	3.686	85.08	0.1455
MRG18-S	0.834	4.889	0.0809	3.2	2.133	108.8	19	3.391	78.44	0.1588
MRG19-S	0.759	4.461	0.0713	3	2.021	79.2	18	3.355	79.13	0.1267
MRG20-S	0.937	3.375	0.0489	2.1	1.906	65.8	14	3.439	63.48	0.1119
MRG22-S	0.479	3.291	0.0420	1.8	1.636	52.7	14	3.121	52.89	0.0886
MRG23-S	0.299	1.83	0.0031	<.1	1.882	0.9	4	2.74	21.57	0.009
Minimum	0.299	1.211	0.0025	0.1	1.473	0.3	4	0.841	21.57	0.0015
Maksimum	6.751	978.354	58.6231	62.3	30.729	115.7	2115	21.46	1212.74	56.845
Aritmetik Ortalama	1.212	56.423	3.204	5.186	5.407	37.514	139.318	4.483	184.536	3.532
Medyan	0.849	4.620	0.0750	1.800	2.320	26.550	18.500	3.445	78.670	0.104
Standart Sapma	1.325	206.803	12.4510	13.475	6.778	37.927	446.380	3.948	285.172	12.323
A. Ortalama-Std.Sap.	-0.113	-150.380	-9.2470	-8.289	-1.371	-0.414	-307.062	0.535	-100.635	-8.791
A. Ortalama+Std. Sap.	2.537	263.226	15.655	18.661	12.185	75.441	585.698	8.431	469.708	15.855

Deteksiyon limitinin altında çıkan değerlere deteksiyon limit değerleri verilerek istatistiksel hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 3.9. 2006 yılı filtrelenmiş su örneklerine ait analiz sonuçları

Örnek Numarası	Al (mg/l)	As (µg/l)	Ba (µg/l)	Ca (mg/l)	Cd (µg/l)	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Fe ⁺² (mg/l)	Fe ⁺³ (mg/l)
MRG1-F	0.065	<.5	31.78	38.218	5.12	0.110	<0.01	-	<0.01
MRG2-F	0.01	<.5	11.36	22.111	0.06	0.0183	<0.01	-	<0.01
MRG3-F	52.734	189.2	9.04	541.256	265.71	291.090	225.724	225.166	0.559
MRG4-F	1.912	<.5	24.73	75.294	64.97	18.605	9.532	8.895	0.637
MRG5-F	6.281	0.7	80.96	178.448	12.09	47.082	8.861	8.582	0.279
MRG6-F	0.49	8.5	119.58	65.225	<.05	0.0009	0.077	-	0.077
MRG7-F	0.061	<.5	30.47	39.332	4.92	0.125	0.039	-	0.039
MRG8-F	0.065	<.5	31.87	38.829	5.11	0.127	0.053	-	0.053
MRG9-F	0.012	3.1	43.71	79.864	1.07	0.020	<0.01	-	<0.01
MRG10-F	0.018	<.5	8.47	12.788	<.05	0.007	<0.01	-	<0.01
MRG11-F	0.027	2.1	112.21	20.77	0.26	0.026	0.041	-	0.041
MRG12-F	0.022	1.8	108.2	17.761	0.12	0.025	0.036	-	0.036
MRG13-F	0.019	1.4	87.4	10.757	0.12	0.008	0.036	-	0.036
MRG14-F	0.03	1.4	103.75	11.386	0.11	0.067	0.483	0.293	0.190
MRG15-F	0.027	1.2	70.39	8.08	0.08	0.007	0.017	-	0.017
MRG16-F	0.027	3.9	126.15	20.34	<.05	0.025	0.022	-	0.022
MRG17-F	0.026	4.5	125.18	21.496	0.12	0.017	<0.01	-	<0.01
MRG18-F	0.022	3.1	109.05	21.973	0.06	0.023	0.026	-	0.026
MRG19-F	0.023	3.8	109.82	21.034	0.09	0.019	<0.01	-	<0.01
MRG20-F	0.138	8.4	423.36	14.074	0.27	0.039	0.796	0.640	0.156
MRG22-F	0.176	16.4	253.77	15.405	0.2	0.059	1.425	1.336	0.089
MRG23-F	0.021	<.5	5.79	9.102	<.05	0.017	0.058	-	0.058
Minimum	0.01	0.5	5.79	8.08	0.05	0.0009	0.010	0.0	0.010
Maksimum	52.734	189.2	423.36	541.256	265.71	291.09	225.724	225.166	0.637
Aritmetik Ortalama	2.828	11.5	92.138	58.343	16.395	16.251	11.240	11.132	0.108
Medyan	0.027	1.6	84.18	21.265	0.12	0.0247	0.038	0	0.038
Standart Sapma	11.230	39.871	94.290	114.385	57.377	62.292	47.980	47.873	0.173
A. Ortalama-Std.Sap.	-8.403	-28.371	-2.152	-56.042	-40.982	-46.041	-36.740	-36.741	-0.065
A. Ortalama+Std. Sap.	14.058	51.371	186.428	172.728	73.771	78.543	59.220	59.005	0.281

Tablo 3.9.'un devamı

Örnek Numarası	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Mn (mg/l)	Mo (µg/l)	Na (mg/l)	Pb (µg/l)	S (mg/l)	Si (mg/l)	Sr (µg/l)	Zn (mg/l)
MRG1-F	0.907	13.42	0.389	0.3	6.42	0.1	40	4.151	128.3	0.748
MRG2-F	0.41	4.631	0.0022	0.1	2.468	3.5	6	3.182	48.83	0.016
MRG3-F	0.896	994.683	58.610	2.3	11.075	13.3	2362	19.587	1211.82	55.322
MRG4-F	1.807	66.729	3.110	0.1	30.566	7.7	217	4.547	395.39	15.703
MRG5-F	1.883	71.35	5.898	0.2	11.728	19	298	6.709	813.71	2.123
MRG6-F	2.175	1.123	0.014	60.6	2.221	1.3	77	0.82	76.32	0.028
MRG7-F	0.952	13.477	0.423	0.2	6.507	0.2	44	4.394	133.14	0.833
MRG8-F	0.945	13.465	0.421	0.3	6.407	0.1	42	4.307	130.07	0.812
MRG9-F	7.03	24.855	0.808	18.4	14.853	0.8	107	3.725	293.75	0.045
MRG10-F	0.299	3.421	0.012	0.2	1.265	0.4	9	2.448	34.64	0.0064
MRG11-F	1.491	5.97	0.166	3.9	3.038	2	28	3.229	94.64	0.047
MRG12-F	1.007	4.875	0.107	2.4	2.507	1.6	23	3.11	74.28	0.035
MRG13-F	0.919	3.196	0.039	1.1	1.628	4.9	11	2.582	39.52	0.050
MRG14-F	0.57	3.235	0.037	1.9	1.468	33.5	10	2.57	38.19	0.033
MRG15-F	0.736	2.545	0.025	0.7	1.574	3.6	9	2.417	26.06	0.031
MRG16-F	0.781	3.736	0.045	3.1	2.565	1.2	15	3.259	72.1	0.047
MRG17-F	0.743	4.057	0.051	3.1	2.398	9.8	15	3.273	73.12	0.026
MRG18-F	0.826	4.031	0.056	3.3	2.406	2.9	17	3.324	74.58	0.028
MRG19-F	0.762	3.924	0.049	3.2	2.305	4.3	15	3.244	70.31	0.027
MRG20-F	1.046	3.129	0.045	2.3	2.304	17.7	14	3.511	57.42	0.082
MRG22-F	0.571	3.123	0.037	1.6	1.82	25.4	13	3.397	52.46	0.060
MRG23-F	0.317	1.678	0.003	0.1	1.985	10	4	2.703	20.86	0.013
Minimum	0.299	1.123	0.0022	0.1	1.265	0.1	4	0.82	20.86	0.0064
Maksimum	7.03	994.683	58.610	60.6	30.566	33.5	2362	19.587	1211.82	55.322
Aritmetik Ortalama	1.231	56.848	3.198	4.973	5.432	7.423	153.455	4.113	179.978	3.46
Medyan	0.9015	4.044	0.049815	1.75	2.437	3.55	16	3.266	73.7	0.04585
Standart Sapma	1.384	210.352	12.452	12.996	6.768	9.125	498.695	3.627	290.062	12.052
A. Ortalama-Std.Sap.	-0.153	-153.504	-9.254	-8.024	-1.336	-1.702	-345.240	0.487	-110.084	-8.592
A. Ortalama+Std. Sap.	2.615	267.200	15.649	17.969	12.200	16.547	652.149	7.740	470.040	15.512

Deteksiyon limitinin altında çıkan değerlere deteksiyon limit değerleri verilerek istatistiksel hesaplamalar yapılmıştır.

Kabaca Dereye deşarj edilen süzölmüş ve filtrelenmiş atık örneğinin Al değeri sırasıyla 0.208 mg/l ve 0.012 mg/l' dir. Kabaca Dereye deşarj edilen atık sudan alınan ham ve süzölmüş örneklerdeki Al değerleri karşılaştırıldığında; süzölmüş örneğın Al içeriğinde ham örneğe kıyasla 172 kat azalma olduğu belirlenmiştir. Bir diğeri atık örneğı olan flotasyon tesisinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş atık örneğinin Al değeri sırasıyla 0.463 mg/l ve 0.490 mg/l' dir.

Süzölmüş sularda Damar Dere boyunca Al değeri 0.017- 0.152 mg/l arasında, Kabaca Dere boyunca 0.057- 1.030 mg/l arasında ve Murgul dere boyunca 0.076- 0.548 mg/l arasındadır. Filtrelenmiş sularda Damar Dere boyunca Al değeri 0.01-0.065 mg/l arasında, Kabaca Dere boyunca 0.012- 0.027 mg/l arasında ve Murgul Dere boyunca 0.022- 0.176 mg/l arasında değışmektedir.

Al uzaklığa bağılı değışim grafiğinde süzölmüş sularda Damar ve Kabaca Dereler birleştikten sonra Al değeri Murgul Deresi boyunca uzaklığa bağılı olarak 0.076- 0.548 mg/l arasında azalmaktadır. Filtrelenmiş sularda ise bunun tam tersi bir durum söz konusudur. Murgul Deresi'nde 10 km'den sonra Al değeri artmaktadır (Şekil 3.27)

3.4.1.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Bognari, Damar ve Çakmakkaya sahalarındaki asit özellikli su birikintilerinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerde Al değeri deteksiyon limitinin üzerindedir. Ayrıca Damar Dere üzerinden alınan MRG 1 ve MRG 8 numaralı süzölmüş su örneklerinde de Al deteksiyon limitinin üzerindedir (sırasıyla 1.2 ve 2.9 mg/l). Diğeri örneklerde Al<1 mg/l olduğundan ölçüm sınırının altındadır.

Bognari sahasından alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örneğinin Al değeri sırasıyla 4.6 ve 4.5 mg/l' dir (Tablo 3.10 ve Tablo 3.11). Damar sahasından alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örneğinin Al değeri sırasıyla 3.8 ve 3.7 mg/l iken Çakmakkaya sahasından alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örneğinin Al değeri 7.8 ve 5.8 mg/l' dir.

Tablo 3.10. 2005 yılı süzölmüş su örneklarine ait analiz sonuçları

Örnek Numarası	Al (mg/l)	As (µg/l)	Ba (µg/l)	Ca (mg/l)	Cd (µg/l)	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Fe ⁺² (mg/l)	Fe ⁺³ (mg/l)
MRG1-S	1,2	<300	<200	50,7	23	7.12	2.32	2.231	0.089
MRG2-S	<1	<300	<200	26.8	<20	<0.02	<0.1	-	<0.1
MRG3-S	4.6	<300	<200	108.6	116	22.978	28.7	28.421	0.279
MRG4-S	3.8	<300	<200	103.1	107	21.005	33.59	32.641	0.949
MRG5-S	7.8	<300	<200	215.1	<20	54.532	13.46	13.371	0.089
MRG6-S	<1	<300	<200	319.4	<20	0.928	9.51	7.656	1.854
MRG7-S	<1	<300	<200	38.9	<20	3.165	0.89	0.7	0.190
MRG8-S	2.9	<300	<200	37.5	<20	3.211	0.85	0.738	0.112
MRG9-S	<1	<300	<200	67.1	<20	0.57	5.68	4.541	1.139
MRG10-S	<1	<300	<200	20.7	<20	0.11	0.49	0.389	0.101
MRG11-S	<1	<300	<200	29.6	<20	0.385	4.27	3.600	0.670
MRG12-S	<1	<300	<200	32.7	<20	0.076	1.04	0.604	0.436
MRG13-S	<1	<300	<200	35.1	<20	0.128	1.83	1.294	0.536
MRG14-S	<1	<300	<200	35.3	<20	0.143	0.75	0.616	0.134
MRG15-S	<1	<300	<200	25.9	<20	0.18	1.4	1.221	0.179
MRG16-S	<1	<300	<200	30.5	<20	0.57	2	1.754	0.246
MRG17-S	<1	<300	<200	30.4	<20	0.766	2.36	2.192	0.168
MRG18-S	<1	<300	<200	30.3	<20	0.413	1.52	1.408	0.112
MRG19-S	<1	<300	<200	35.1	<20	0.07	0.14	0.039	0.101
MRG20-S	<1	<300	<200	36.9	<20	0.026	0.22	0.108	0.112
MRG22-S	<1	<300	<200	38.2	<20	0.11	1.08	0.935	0.145
MRG23-S	<1	<300	<200	63.9	<20	0.076	0.26	0.148	0.112
Minimum	1			20.7		0.02	0.1	0	0.089
Maksimum	7.8			319.4		54.532	33.59	32.641	1.854
Aritmetik Ortalama	1.695			64.173		5.299	5.112	4.75	0.36
Medyan	1			36.1		0.399	1.46	1.258	0.156
Standart Sapma	1.691			71.465		12.722	9.067	8.91	0.44
A. Ortalama-Std.Sap.	0.004			-7.292		-7.423	-3.955	-4.16	-0.09
A. Ortalama+Std. Sap.	3.386			135.637		18.021	14.179	13.67	0.80

Tablo 3.10.'un devamı

Örnek Numarası	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Mn (mg/l)	Mo (µg/l)	Na (mg/l)	Pb (µg/l)	S (mg/l)	Si (mg/l)	Zn (mg/l)
MRG1-S	1.6	19.9	1.62	<50	3.9	<100	572	4.57	4.6
MRG2-S	<1	4.6	<.1	<50	2.7	<100	1172	3.62	0.055
MRG3-S	2.4	110.3	4.93	<50	44.4	<100	1541	7.01	24.48
MRG4-S	2.3	95	4.55	<50	42.9	<100	789	5.89	22.807
MRG5-S	2.4	82.7	6.26	<50	13.5	<100	946	8.57	2.692
MRG6-S	1	1	<.1	122	1.8	512	543	0.77	0.426
MRG7-S	1.3	14.2	1	<50	3.1	<100	634	3.52	3.635
MRG8-S	1.2	14.4	0.91	<50	3	<100	551	3.64	3.148
MRG9-S	8.5	14.1	0.23	<50	5.8	168	630	4.91	0.263
MRG10-S	<1	6.4	0.11	<50	1.7	<100	317	3.72	0.066
MRG11-S	1.4	6.4	0.11	<50	2	120	898	4.94	0.472
MRG12-S	1.5	5.7	<.1	<50	2.5	<100	474	4.44	0.061
MRG13-S	1.4	6.5	<.1	<50	2.4	<100	495	4.56	0.091
MRG14-S	1.2	10	0.26	<50	3	<100	931	4.3	0.991
MRG15-S	1.4	6.7	0.1	<50	2.6	<100	940	5.14	0.151
MRG16-S	<1	5.9	<.1	<50	2.6	<100	1208	4.72	0.137
MRG17-S	1	6.2	<.1	<50	2.7	<100	988	4.75	0.173
MRG18-S	1.1	6.1	<.1	<50	2.9	<100	1560	4.52	0.156
MRG19-S	1	10.8	0.24	<50	4.2	<100	3709	4.07	0.716
MRG20-S	1.3	5.9	<.1	<50	3.1	<100	1565	4.22	<0.05
MRG22-S	1.3	6.4	<.1	<50	3.2	<100	1004	4.55	0.055
MRG23-S	1	10.1	0.12	<50	8.5	<100	565	5.49	<0.05
Minimum	1	1	0.1		1.7		317	0.77	0.05
Maksimum	8.5	110.3	6.26		44.4		3709	8.57	24.48
Aritmetik Ortalama	1.695	20.423	0.970		7.386		1001.46	4.633	2.967
Medyan	1.3	6.6	0.11		3		914.5	4.555	0.218
Standart Sapma	1.584	31.310	1.803		12.029		705.599	1.441	6.829
A. Ortalama-Std.Sap.	0.112	-10.887	-0.833		-4.643		295.856	3.192	-3.862
A. Ortalama+Std. Sap.	3.279	51.733	2.773		19.415		1707.053	6.073	9.796

Deteksiyon limitinin altında çıkan değerlere deteksiyon limit değerleri verilerek istatistiksel hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 3.11. 2005 yılı filtrelenmiş su örneklerine ait analiz sonuçları

Örnek Numarası	Al (mg/l)	As (µg/l)	Ba (µg/l)	Ca (mg/l)	Cd (µg/l)	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Fe ⁺² (mg/l)	Fe ⁺³ (mg/l)
MRG1-F	<10	<3000	<2000	68,1	<200	<0,2	<1	-	0,112
MRG2-F	<1	<300	<200	28,1	<20	<0,02	<.1	-	0,235
MRG3-F	4,5	<300	<200	103,8	114	22,902	27,63	27,206	0,424
MRG4-F	3,7	<300	<200	103,2	107	21,859	34,14	33,034	1,106
MRG5-F	5,8	<300	<200	211,8	<20	40,39	10,33	10,174	0,156
MRG6-F	<1	<300	<200	335,3	<20	<0,02	0,74	-	0,740
MRG7-F	<1	<300	<200	37,3	<20	3,288	0,71	0,554	0,156
MRG8-F	<1	<300	<200	36,4	<20	3,07	0,63	0,474	0,156
MRG9-F	<1	<300	<200	71,1	<20	0,037	0,23	-	0,230
MRG10-F	<1	<300	<200	20,8	<20	0,047	0,1	0,022	0,078
MRG11-F	<1	<300	<200	29,3	<20	0,024	0,16	-	0,160
MRG12-F	<1	<300	<200	33,8	<20	<0,02	<.1	-	0,324
MRG13-F	<1	<300	<200	35,5	<20	<0,02	0,16	-	0,160
MRG14-F	<1	<300	<200	37,7	<20	0,026	<.1	-	0,145
MRG15-F	<1	<300	<200	27,5	<20	0,021	<.1	-	0,123
MRG16-F	<1	<300	<200	32,1	<20	0,031	0,11	-	0,110
MRG17-F	<1	<300	<200	31,6	<20	0,035	0,15	0,049	0,101
MRG18-F	<1	<300	<200	32,4	<20	0,031	<.1	-	0,168
MRG19-F	<1	<300	<200	35,3	<20	0,03	<.1	-	0,056
MRG20-F	<1	<300	<200	38,7	<20	<0,02	0,1	-	0,100
MRG22-F	<1	<300	<200	37,6	<20	<0,02	<.1	-	0,145
MRG23-F	<1	<300	<200	64,5	<20	0,031	0,16	0,048	0,112
Minimum	1			20,8		0,02	0,1	0	0,078
Maksimum	10			335,3		40,39	34,14	33,034	1,106
Aritmetik Ortalama	1,909			65,995		4,188	3,502	3,253	0,250
Medyan	1			36,85		0,031	0,155	0	0,111
Standart Sapma	2,24			73,47		10,39	9,18	9,004	0,299
Standart Hata	0,48			15,66		2,22	1,96	1,920	0,064
A. Ortalama-Std.Sap.	-0,33			-7,48		-6,20	-5,67	-5,752	-0,050
A. Ortalama+Std. Sap.	4,15			139,47		14,58	12,68	12,257	0,549
A. Ortalama-Std. Hata	1,43			50,33		1,97	1,55	1,333	0,186
A. Ortalama+Std. Hata	2,39			81,66		6,40	5,46	5,172	0,313

Tablo3.11.'in devamı

Örnek Numarası	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Mn (mg/l)	Mo (µg/l)	Na (mg/l)	Pb (µg/l)	S (mg/l)	Si (mg/l)	Zn (mg/l)
MRG1-F	<10	29.2	<1	<500	11.2	<1000	14085	6.22	1.5
MRG2-F	<1	4.9	<1	<50	2.9	<100	822	3.74	0.075
MRG3-F	2.2	110.6	4.97	<50	44.4	<100	993	6.65	24.343
MRG4-F	2.4	96.4	4.7	<50	43.6	<100	710	5.72	23.221
MRG5-F	1.9	60.8	4.75	<50	10.1	<100	1435	6.25	2.02
MRG6-F	1.3	<1	<1	95	1.8	298	547	0.52	0.221
MRG7-F	1.2	14.4	0.98	<50	3.1	<100	566	3.37	3.167
MRG8-F	1.2	14.2	0.88	<50	3	<100	471	3.35	3.109
MRG9-F	8.1	12.9	0.18	<50	5.6	<100	771	3.48	0.065
MRG10-F	<1	6.2	0.1	<50	1.7	<100	257	3.38	0.075
MRG11-F	1.2	6	<1	<50	2	<100	1278	3.63	<0.05
MRG12-F	1.6	5.9	<1	<50	2.6	<100	568	4.11	<0.05
MRG13-F	1.4	6.6	<1	<50	2.6	<100	328	4.24	0.918
MRG14-F	1.2	10.6	0.27	<50	3.4	<100	777	4.18	0.974
MRG15-F	1.3	6.8	0.1	<50	2.6	<100	549	4.03	0.07
MRG16-F	<1	6.1	<1	<50	2.7	<100	984	4.22	<0.05
MRG17-F	<1	6.1	<1	<50	2.7	<100	1045	4.13	0.067
MRG18-F	1	6.7	<1	<50	3.2	<100	3185	4.11	0.087
MRG19-F	1	10.7	0.25	<50	4	<100	2306	4.12	0.68
MRG20-F	1.4	6.6	<1	<50	3.3	<100	1192	3.84	<0.05
MRG22-F	1.4	6.6	<1	<50	3.6	<100	910	3.93	<0.05
MRG23-F	1	10.1	0.12	<50	8.5	<100	1966	5.86	<0.05
Minimum	1	1	0.1		1.7		257	0.52	0.05
Maksimum	10	110.6	4.97		44.4		14085	6.65	24.343
Aritmetik Ortalama	2.036	19.973	0.877		7.664		1624.773	4.231	2.768
Medyan	1.25	6.75	0.1		3.15		866	4.11	0.081
Standart Sapma	2.32	29.79	1.63		12.04		2867.23	1.31	6.87
A. Ortalama-Std.Sap.	-0.29	-9.81	-0.75		-4.38		-1242.46	2.92	-4.10
A. Ortalama+Std. Sap.	4.36	49.76	2.50		19.71		4492.01	5.55	9.64

Deteksiyon limitinin altında çıkan değerlere deteksiyon limit değerleri verilerek istatistiksel hesaplamalar yapılmıştır.

3.4.2. Arsenik (As)

Birçok kayacda iz element olarak bulunan arsenik yoğun olarak orpiment (As_2S_3), realgar (AsS), arsenopirit ($FeAsS$) ve enarjit (Cu_3AsS_4) gibi sülfürlü minerallerin yapısında bulunur. As çözeltiler içinde arsenit ($H_nAsO_3^{3-n}$) ve arsenat ($H_nAsO_4^{3-n}$) anyon kompleksleri halinde bulunur. Düşük pH'lı indirgen ortamlarda sülfürün bulunması durumunda bu bileşikler duraylılıklarını kaybeder ve değişik As-sülfürler halinde çökelirler. Bu komplekslere ilave olarak doğal sular içinde organik As kompleksleri de bulunur. As sulu-demir ve Al-oksitler tarafından kolaylıkla emilebildiğinden özellikle Fe ile As içeriği arasında doğrusal bir oran vardır. İçme suyunda As içeriği genellikle yüksek değildir. Ancak sülfürlü minerallerin (özellikle pirit) yoğun olduğu ve oksitlendiği bölgelerde yüksek konsantrasyonlara erişebilir (Akçay, 2002).

İçme suyunda tolere edilen As seviyesi en fazla 0.01 mg/l' dir (URL-5, 2007). Çünkü As zehirleyici ve kanserojen bir elementtir. Cilt kanserine yol açtığı gibi, daha bir çok metabolik kanser türlerine de (örneğin akciğer kanseri) yol açar (Edmunds ve Smedley, 1996). Arseniğin zehirleyici etkisi ise sahip olduğu kimyasal formuna göre değişir. İndirgen asit bileşikleri okside As bileşiklerine göre çok daha zehirlidir. İnorganik As bileşikleri de organik bileşiklerine göre daha zehirlidir. Besinler yardımıyla alınan As organik bileşimlidir. Buna karşın su içinde As inorganik haldedir. Bu nedenle içme suları As zehirlenmesi için çok daha büyük bir tehlike sunar (Akçay, 2002).

3.4.2.1. 2006 Yılı Ham Su Örnekleri

Ham su örneklerinde As <0.5 - 679.2 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmekte olup, ortalama 151.15 (± 193.27) $\mu\text{g/l}$ ' dir (Tablo 3.7).

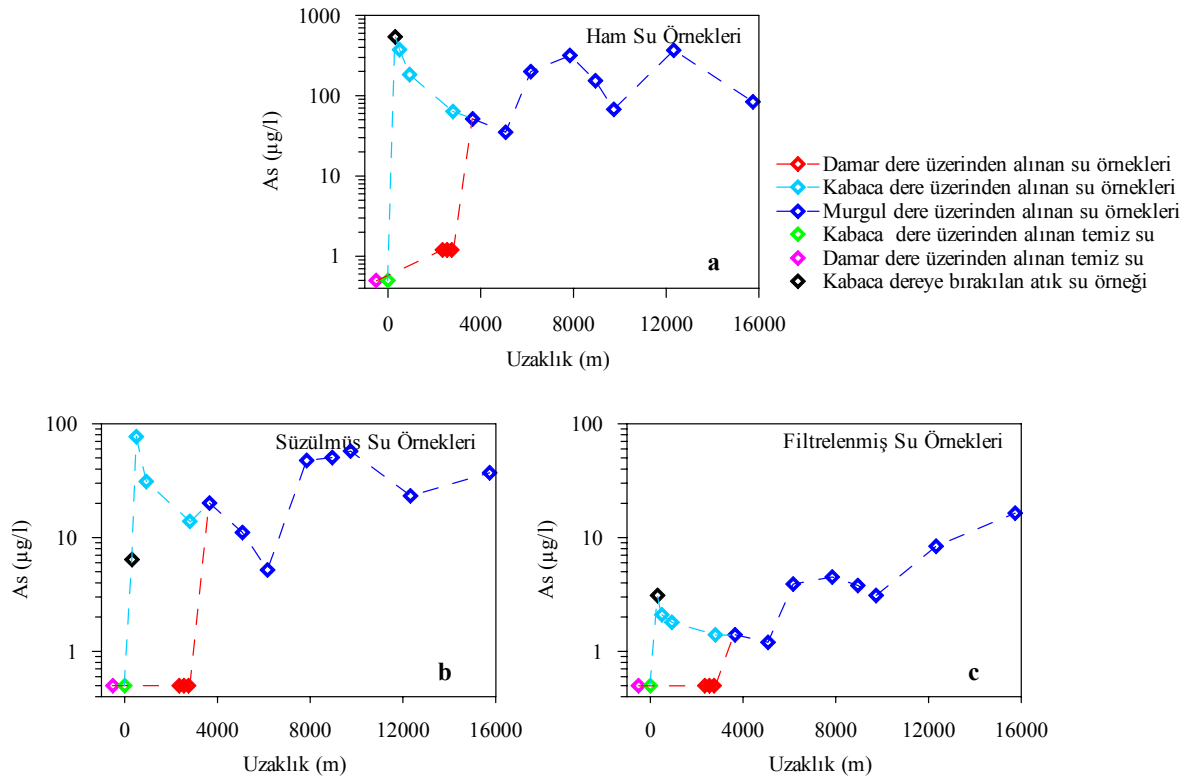
Jeokimyasal olarak beklendiği üzere, en düşük As içerikleri tetkik amaçlı olarak alınan temiz su örneklerinden (MRG 2, 10 ve 23) elde edilmiştir (Şekil 3.28 a). En yüksek As değeri de flotasyon tesisinden alınan atık su örneğine aittir. Kabaca Dere'ye atılan atık su örneğinde ölçülen As değeri, flotasyon tesisinden alınan atık örneğinde ölçülen As değerinden daha düşüktür (540.9 $\mu\text{g/l}$). Maden sahasındaki asit özellikli su birikintilerinden alınan örneklerdeki As değerleri 0.7 -199.3 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir.

3.4.2.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Süzölmüş su örneklerrinde As <0.5- 191.9 µg/l arasında değışirken, filtrelenmiş su örneklerrinde 0.5- 189.2 µg/l arasında değışmektedir (Tablo 3.8 ve 3.9). Değışim aralıkları birbirine benzese de ortalamalar oldukça farklılık göstermektedir. Süzölmüş su örneklerrindeki As değerrlerinin ortalaması $\bar{X}=26.718$ µg/l iken, filtrelenmiş su örneklerrindeki As değerrlerinin ortalaması $\bar{X}=11.5$ µg/l dir.

Süzölmüş sularda en düşük As içerikleri temiz su örneklerrinden ve Damar Dere üzerinden alınan tüm örneklerrden elde edilirken, filtrelenmiş sular ise bunlara ilave olarak Damar maden sahasında bulunan asit özellikli sudan elde edilmiştir (Şekil 3.28 b ve c). Süzölmüş ve filtrelenmiş sulardaki en yüksek As değeri Bognari sahasındaki işletme çukurundan alınan (MRG 3) örnekte ölçölmüştür.

Flotasyon tesisinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş atık su örneğinin As değeri sırasıyla 10.3 µg/l ve 8.5 µg/l' dir. Kabaca Dere'ye bırakılan süzölmüş atık örneğinin As değeri (6.4 µg/l) filtrelenmiş örneğe göre 2 kat daha yüksektir (3.1 µg/l).



Şekil 3.28. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerrinin uzaklığa bağılı As değışimi

Maden sahasındaki işletme çukurlarında biriken sulardan alınan süzölmüş örneklere As 0.8- 191.9 µg/l arasında değişirken aynı yerlerden alınan filtrelenmiş örneklere As <0.5 -189.2 µg/l arasında değişmektedir.

Uzaklığa bağlı değişim grafiğinde yaklaşık 6 km'den sonra Murgul Deresi boyunca As değerlerinin artış gösterdiği görölmektedir (Şekil 3.28). Tüm sahadan alınan örneklere karşılaştırıldığında filtreleme sonucunda ölçölen As değerinin süzölmüş örneklere nazaran daha düşük olduğu görölmektedir. Benzer şekilde süzölmüş örneklere As içeriği de ham su örneklere kıyasla daha düşüktür.

3.4.2.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örneklere

2005 yılı süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklere As <300 µg/l olarak ölçölmüştür (Tablo 3.10 ve 3.11).

3.4.3. Baryum (Ba)

3.4.3.1. 2006 Yılı Ham Su Örneklere

Ham su örneklere Ba 2.73- 643.11 µg/l arasında değişmektedir (\bar{X} =203.887 µg/l). Standart sapmaya göre bu değişim 8.29 -399.49 µg/l arasındadır (Tablo 3.7).

En düşük Ba değeri Çakmakkaya'ya daha üst kottan akan (MRG 23) örneğe aittir. Kabaca ve Damar Dereleri üzerinden alınan temiz su örneklere Ba değerleri birbirine çok benzemekte olup yörenin temel değerlerini oluşturmaktadır (sırasıyla 8.37 µg/l ve 7.95 µg/l). Ham sularda en yüksek Ba değeri Murgul Dere üzerinden alınan MRG 14 numaralı örneğe aittir (Şekil 3.29 a). Flotasyon tesisinden alınan atık örneğinin Ba değeri (160.54 µg/l) Kabaca Dereye bırakılan atık örneğinden (97.86 µg/l) 1,6 kat daha fazladır.

Maden sahasındaki asidik su birikintilerinden alınan örneklere Ba değerleri 7.30 - 56.69 µg/l arasındadır. Damar Dere boyunca Ba değeri 7.95- 62.38 µg/l, Kabaca Dere boyunca 8.37- 398.99 µg/l ve Murgul Dere boyunca 248.31- 643.11 µg/l arasında değişmektedir. Murgul ve Kabaca Dereleri üzerinden alınan en yüksek Ba değerine sahip MRG 14 ve MRG 13 numaralı örneklere aynı gün alınmıştır. Madenin düzenli çalışmamasından dolayı atık örneklere ve diğer örneklere Ba içeriği oldukça farklıdır.

3.4.3.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

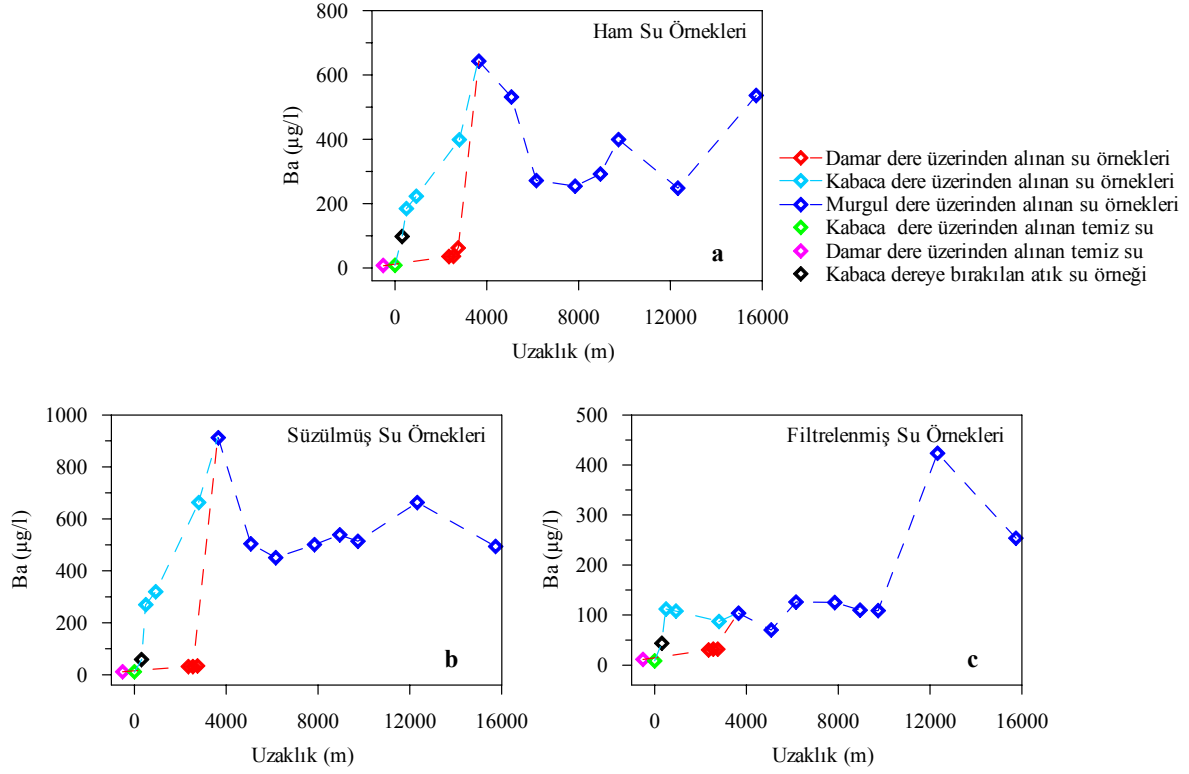
Süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerrinin Ba değeri birberrinden farklıdır. Süzölmüş örneklerrin Ba içeriği 3.96- 912.49 µg/l arasında, filtrelenmiş örneklerrin ise 5.79- 423.36 µg/l arasında değışmektedir (Tablo 3.8 ve 3.9). Bu örneklerrin ortalama Ba değeri de, değışim aralıklarında olduğu gibi birberrinden farklıdır. Süzölmüş ve filtrelenmiş suların Ba ortalaması sırasıyla 284.841 µg/l ve 92.138 µg/l' dir.

Süzölmüş ve filtrelenmiş sularda en düşük Ba değeri akmakkaya sahasına daha üst kottan akan (MRG 23) örneğe aittir. Süzölmüş sularda en yüksek Ba değeri MRG 14 numaralı örnekte ölçölmüşken, filtrelenmiş sularda MRG 20 numaralı örnekte ölçölmüştür. Flotasyon tesisinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş atık örneklerrindeki Ba değeri sırasıyla 156.41 µg/l ve 119.58 µg/l'dir. Buna karşılık Kabaca Dere'ye atılan süzölmüş ve filtrelenmiş atık örneklerrinde ise flotasyon tesisinden alınan örneklerrden daha düşük değeri elde edilmiştir (sırasıyla 58.49 µg/l ve 43.71 µg/l).

Damar Dere üzerinden alınan temiz su örneğinin süzölmüş ve filtrelenmiş eşleniğinin Ba değeri birbirine çok benzer olup, sırasıyla 11.5 ve 11.36 µg/l' dir. Bir diğer temiz su örneği olarak Kabaca Dere üzerinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş örneğin Ba değeri ise sırasıyla 11.51 ve 8.47 µg/l' dir.

Maden sahasında oluşmuş asit özellikli su birikintilerinden alınan süzölmüş örneklerrde Ba 9.35- 61.85 µg/l arasında değışirken, filtrelenmiş örneklerrde 9.04- 80.96 µg/l arasında değışmektedir.

Süzölmüş suların uzaklığa bağlı Ba değışim grafiğinde, Ba değeri 11.5- 34.01 µg/l arasında değışmekte olan Damar Dere, Ba dağılım aralığı daha geniş olan (11.51- 663.04 µg/l) Kabaca Dere ile birleştikten hemen sonra seyrelmekte ve Murgul Deresi boyunca 450.88- 912.49 µg/l arasında değışmektedir (Şekil 3.29 b). Benzer durum ham su örneklerrinde de söz konusudur. Ancak filtrelenmiş sular bu iki su tipinden farklılık göstermektedir. Filtrelenmiş sulardaki Ba değeri ham ve süzölmüş sulara nazaran oldukça düşüktür (Şekil 3.29 c).



Şekil 3.29. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı Ba değişimi

3.4.3.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

2005 yılı süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde Ba <200 µg/l olarak ölçölmüştür (Tablo 3.10 ve 3.11).

3.4.4. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum zehirli bir elementtir ve insanlara gerekli olduğu yönünde bir veri yoktur. Zn elementi ile birlikte bulunan Cd, maden sahaları çevresinde toprakta önemli konsantrasyonlara erişebilir. Ayrıca boya, plastik ve cam endüstrisinde pigment olarak kullanıldığından, endüstriyel atıklar da jeokimyasal çevredeki Cd oranını önemli derecede artırabilir.

pH=8-10 arasında $CdCO_3^0$ baskınken; pH<8'de Cd^{+2} ve pH>10 olduğu durumlarda $Cd(OH)_2^0$ 'ye sıklıkla rastlanılır. Cd' un çözünürlüğü pH=9.5'de minimumdur (Hem, 1972).

Kadmiyum zaman içinde böbrekte yığışım yaparak, ilerleyen yaşlarda kanser ve kalp hastalıklarına neden olur. Sigara önemli oranda Cd içerir. Yüksek Cd içeriği, vücuda alınan kalsiyumun böbrekler vasıtasıyla dışarı atılmasına, böbreksel protein kaybına, kemik ağrılarına ve çoklu kemik kırılmaları ile karakteristik olan İtai-İtai hastalığına neden olur. Ayrıca böbreklerde de önemli hasarlara yol açabilir.

Yetişkinler için günlük ortalama Cd alımı 50- 150 mg'dır. Bu üst sınır bile bazı rahatsızlıklara neden olabilir (Crouse vd., 1983 b). Yüksek Cd içeriği metabolizma için gerekli olan Cu ve Zn gibi elementlerin bünyede azalmasına ve buna bağlı rahatsızlıkların gelişmesine neden olabilir. Zehirli bir element olması nedeniyle, yüksek konsantrasyonlarda alınan Cd baş dönmesi, kusma, solunum zorluğu, kramp ve şuur kaybı gibi zehirlenme sendromları verir (Edmunds ve Smedley, 1996). İçme sularında izin verilen en yüksek Cd seviyesi 0.005 mg/l (URL-5, 2007) olmasına karşın bu değer altında Cd içeren sularda yaşayan deniz kuşlarında böbrek rahatsızlıklarına rastlanmıştır (Edmunds ve Smedley, 1996).

3.4.4.1. 2006 Yılı Ham Su Örnekleri

Ham su örneklerinde Cd <0.05- 289.97 µg/l arasında değişmekte olup ortalama 22.477 (±62.59) µg/l'dir (Tablo 3.7).

En düşük Cd değeri Kabaca Dere üzerinden alınan (MRG 10) ve Çakmakkaya sahasına topoğrafik olarak üst kottan akan (MRG 23) temiz su örneklerinde ölçülmüştür. Damar Dere üzerinden alınmış olan (MRG 2) diğer temiz su örneğinin Cd değeri ise 0.06 µg/l' dir (Şekil 3.30 a). Buna karşın, henüz su birikinti hacmi fazla olmayan ve oksitlenmenin güncel olarak aşırı bir şekilde devam etmekte olduğu Bognari sahasındaki su birikintisinde ise en yüksek Cd değerleri ölçülmüştür.

Flotasyon tesisinden alınan ve Kabaca Dere'ye atılan atık örneklerinin Cd değerleri birbirinden farklı olup, sırasıyla 47.81 µg/l ve 36.01 µg/l' dir. Maden sahasındaki su birikintilerinden alınan örneklerdeki Cd değerleri ise 10.24 -289.97 µg/l arasında değişmektedir. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca Cd değişimi sırasıyla 0.06- 7.57 µg/l arasında, <0.05- 2.99 µg/l arasında ve 0.41- 2.16 µg/l arasındadır. Örnekleme yapılan yıllardan önceki dönemlerde flotasyon atığının Damar Dere'ye bırakılmış olmasından dolayı, buradan alınan örneklerde hâlâ oldukça yüksek konsantrasyonlarda Cd ölçülmektedir.

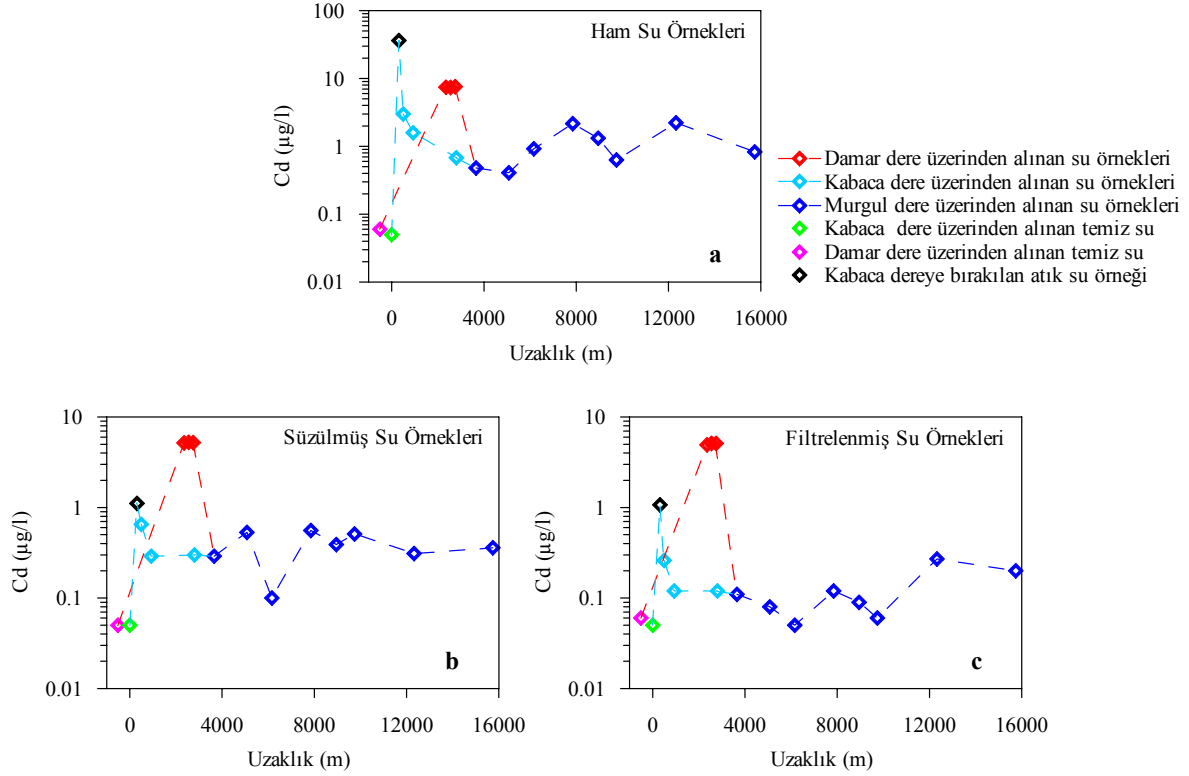
3.4.4.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Süzölmüş örneklere Cd içeriği <0.05- 285.26 µg/l arasında, filtrelenmiş örneklere ise <0.05- 265.71 µg/l arasında değişmektedir. Değişim aralığındaki bu benzerlik ortalama değerlerinde de mevcuttur. Süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklereinin ortalama değerleri sırasıyla 17.578 µg/l ve 16.395 µg/l' dir. Süzölmüş ve filtrelenmiş örneklere standart sapmaya göre değişim aralığı sırasıyla -43.91- 79.07 µg/l ve -40.98- 73.77 µg/l arasındadır (Tablo 3.8 ve 3.9).

Süzölmüş ve filtrelenmiş sularda en düşük Cd değeri aynıdır. Jeokimyasal olarak beklendiği üzere, süzölmüş sularda en düşük Cd içerikleri tetkik amaçlı olarak alınan temiz su örneklereinden (MRG 2, 10 ve 23) elde edilmiştir (Şekil 3.30 b ve c). Filtrelenmiş sularda ise temiz su örneklereine ilave olarak flotasyon tesisinden alınan atık örneği ile Murgul Deresi üzerinden alınan MRG 16 numaralı örnekte en düşük Cd değerleri belirlenmiştir. Kabaca Dere'ye atılan atık örneğindeki Cd miktarı, hem süzölmüş hem de filtrelenmiş eşleniğinde flotasyon tesisinden alınan atık örneğinden daha yüksektir (sırasıyla 1.11 µg/l ve 1.07 µg/l).

En yüksek değerler ise maden işletme çukurlarından alınan sulardan (Bognari'den) ölçölmüştür. Maden sahasında oluşmuş su birikintilerinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş örneklereindeki Cd içeriği sırasıyla 12.24- 285.26 µg/l ve 12.09- 265.71 µg/l arasında değişmektedir.

Uzaklığa bağlı değişim grafiğinden süzme işleme sonucunda ham atık su örneğinin Cd içeriğinin 32.4 kat azaldığı görölmektedir. Buna karşın süzölmüş ve filtrelenmiş atık örneklereinin Cd değerleri birbirine çok yakındır. Örnekleme yapılan yıllardan önceki dönemlerde flotasyon atığının Damar Dere'ye bırakılmış olmasından dolayı buradan alınan örneklere hâlâ oldukça yüksek konsantrasyonlarda Cd elde edilmektedir. Bu örneklere süzölmüş ve filtrelenmiş eşleniklereinin Cd değerleri birbirine çok yakındır. Süzölmüş ve filtrelenmiş sularda, Cd içeriği sırasıyla <0.05- 0.65 µg/l ve <0.05- 0.26 µg/l olan Kabaca Dere kendine kıyasla daha yüksek değişim aralığı olan Damar Dere (<0.05- 5.25 µg/l ve 0.06- 5.12) ile birleşiminden sonra Murgul Deresi boyunca 0.1- 0.56 µg/l ve <0.05- 0.27 arasında yataya yakın bir şekilde değişmektedir. Ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklereinin genel dağılımları Murgul Deresi üzerindeki birkaç örnek dışında birbirine oldukça benzemektedir (Şekil 3.30).



Şekil 3.30. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağı Cd değışimi

3.4.4.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde Cd değeri Bognari ve Damar sahalarında oluşmuş su birikintilerinden alınan örneklerde saptama limitinin üzerinde olduğundan ölçülebilmştir.

Bognari ve sahasından alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinin Cd değeri sırasıyla 116 µg/l ve 114 µg/l'dir (Tablo 3.10 ve Tablo 3.11). Damar sahasından alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örneğinin Cd değeri ise benzer olup 107 µg/l'dir.

Damar Dere üzerinden alınan MRG 1 numaralı süzölmüş su örneğinin Cd değeri 23 µg/l filtrelenmiş suyun Cd değeri <200 µg/l olarak ölçölmüştür. Diğer süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde Cd<20 µg/l olarak ölçölmüştür.

3.4.5. Bakır (Cu)

Nötral koşullarda en önemli bakır kompleksi CuCO_3^0 iken; pH'ın 8'den büyük olduğu durumlarda, Cu^{2+} baskındır (Leckie ve Davis, 1979). Cu alkali ortamlardan ziyade asidik koşullarda daha fazla çözünür (Garnels ve Christ, 1965).

En yaygın Cu mineralleri kalkosin, kovellin, kalkopirit, malahit ve azurittir.

3.4.5.1. 2006 Yılı Ham Su Örnekleri

Ham su örneklerinde Cu 0.002- 269.54 mg/l arasında değişmekte olup ortalama 17.87 (± 57.36) mg/l'dir (Tablo 3.7).

En düşük Cu değeri beklendiği üzere Kabaca Dere üzerinden alınan (MRG 10) temiz su örneğinden elde edilmiştir (Şekil 3.31 a). Damar Dere üzerinden alınan diğer temiz su örneğinde ise Kabaca Dere üzerinden alınana kıyasla daha yüksek ancak yöre için yine de düşük Cu (0.015 mg/l) değeri ölçülmüştür.

Henüz su birikinti hacmi fazla olmayan ve oksitlenmenin güncel olarak aşırı bir şekilde devam etmekte olduğu Bognari sahasından ise en yüksek Cu değerleri elde edilmiştir.

Atık örneklerinden ölçülen Cu değerleri birbirine benzerdir. Flotasyon tesisinden alınan atık ile Kabaca Dere'ye atılan atık örneklerinde sırasıyla 26.95 mg/l ve 22.01 mg/l Cu belirlenmiştir.

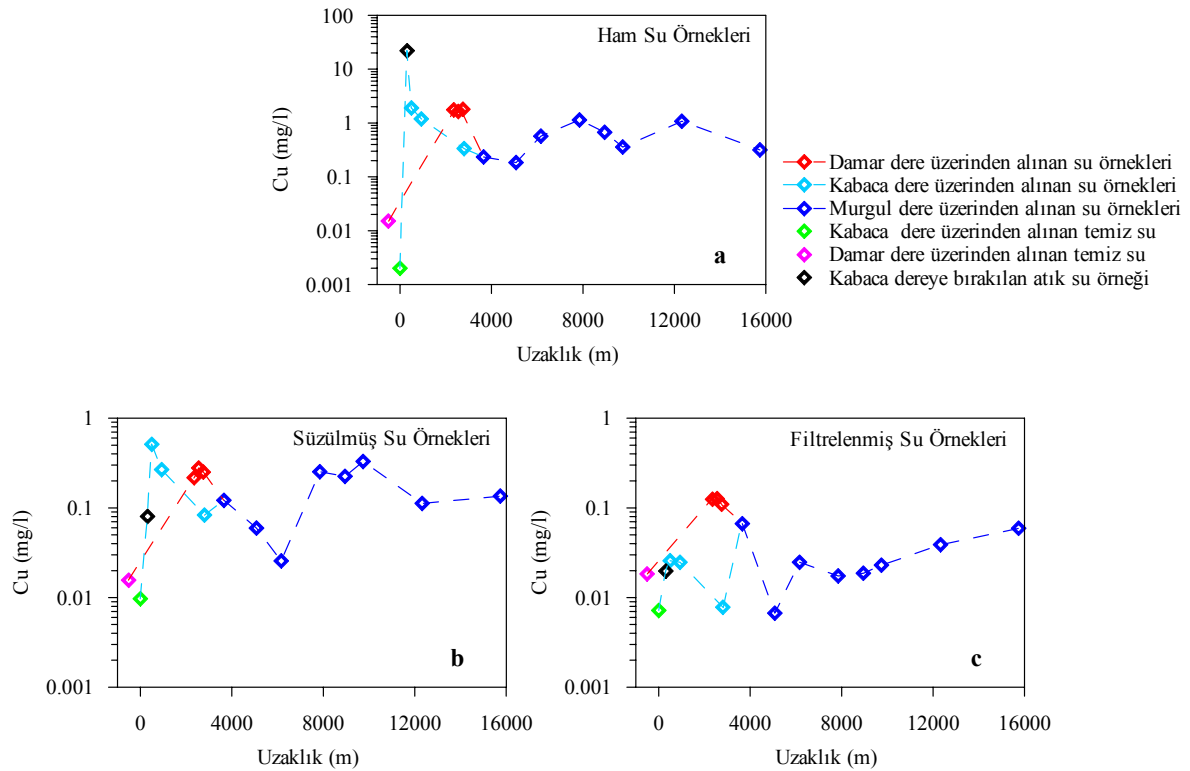
Maden sahasındaki asit özellikli su birikintilerinden alınan örneklerdeki Cu değerleri değişim aralığının üst sınırını oluşturmaktadır (17.697 -269.54 mg/l). Dereler boyunca Cu içeriği Damar Derede 0.015-1.801 mg/l, Kabaca Derede 0.002-1.897 mg/l ve Murgul Derede 0.185-1.139 mg/l arasındadır.

3.4.5.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Süzölmüş su örneklerinde Cu 0.0097- 272.559 mg/l arasında değişirken, filtrelenmiş su örneklerinde 0.0009- 291.09 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.6 ve 3.9). Değişim aralıklarında gözlenen bu benzerlik kendini ortalamalarda da göstermektedir. Süzölmüş su örneklerinin Cu değerlerinin ortalaması 15.274 mg/l ve filtrelenmiş su örneklerinin Cu değerlerinin ortalaması 16.251 mg/l'dir (Tablo 3.8 ve 3.9).

Süzülmüş sularda en düşük Cu değeri (MRG 10) Kabaca Dere üzerinden alınan temiz su örneğine aittir. Filtrelenmiş sularda ise en düşük Cu değeri flotasyon tesisinden alınan atık örneğinde ölçülmüştür (0.0009 mg/l). Flotasyon tesisinden alınan süzülmüş atık suyunun Cu değeri ise 0.0047 mg/l'dir. Benzer durum Kabaca Dere'ye bırakılan atık örneğinde görülmektedir. Kabaca Dere'ye bırakılan süzülmüş ve filtrelenmiş atık örneğinin Cu değeri sırasıyla 0.080 mg/l ve 0.0197 mg/l'dir (Şekil 3.31 b ve c). Flotasyon tesisinden alınan ve Kabaca Dere'ye bırakılan atık suyundan alınan süzülmüş ve filtrelenmiş örneklerdeki Cu değeri arasındaki bu fark Cu'nun kolloidler tarafından tutulduğunun göstergesidir. Filtreleme işlemi sonucu Cu askıdaki malzemeye tutunarak filtre üzerinde kalmaktadır. Buna bağlı olarak da filtrelenmiş suların Cu miktarı süzülmüş eşleniklerine kıyasla daha düşük değerler sunmaktadır.

Maden sahasında oluşmuş su birikintilerinden alınan süzülmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde Cu sırasıyla 17.152- 272.559 mg/l ve 18.605- 291.090 mg/l arasında değişmektedir. Bu değişim aralıklarının üst sınırı henüz birikinti hacmi fazla olmayan ve oksitlenmenin güncel olarak devam etmekte olduğu Bognari sahasından elde edilmiştir.



Şekil 3.31. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham, b) süzülmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı Cu değişimi

Atık etkisinde olan Kabaca Dere'sinde Cu süzölmüş sularda 0.0097-0.5107 mg/l arasında ve filtrelenmiş sularda da 0.007-0.026 mg/l arasındadır. Göröldüğü gibi filtrelenmiş suların Cu değişim aralığı süzölmüş sulardan daha dardır. Benzer durum atık etkisinde olan Murgul Dere'sinde de söz konusudur (sırasıyla 0.0256-0.2528 mg/l ve 0.007-0.067 mg/l). Atık etkisinden uzak Damar Derede Cu içeriği değişimi süzölmüş ve filtrelenmiş sularda 0.0156-0.2784 mg/l ve 0.0183-0.127 mg/l arasındadır. Örnekleme yapılan yıllardan önceki dönemlerde flotasyon atığının Damar Dere'ye bırakılmış olmasından dolayı, buradan alınan örneklerde hâlâ oldukça yüksek konsantrasyonlarda Cu ölçölmektedir.

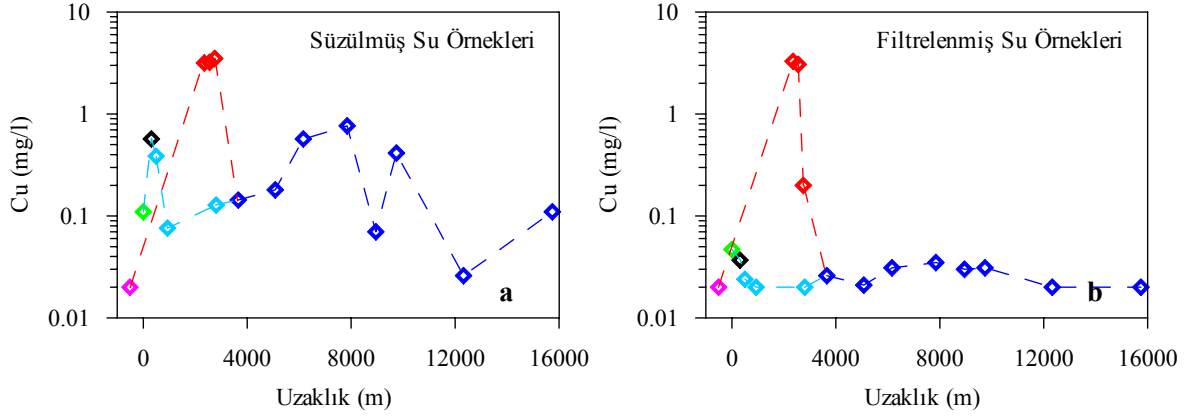
3.4.5.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerin Cu içerikleri birbirine benzer olup sırasıyla <0.02-54.532 (\bar{X} =5.299) mg/l ve <0.02- 40.39 (\bar{X} =4.188) mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.10 ve 3.11).

Süzölmüş sularda en düşük Cu içeriğine sahip yalnız bir örnek mevcutken, filtrelenmiş sularda birden çok örnek bu değere sahiptir. Süzölmüş sularda Damar Dere üzerinden alınan (MRG 2) temiz su örneği en düşük Cu içeriğine sahipken, filtrelenmiş sularda MRG 2, 6, 12, 13, 20 ve 22 numaralı örnekler en düşük Cu içeriğine sahiptir. Ayrıca MRG 1 numaralı örnek<0.2 mg/l'dir. Flotasyon tesisinden alınan süzölmüş atık suyunun Cu değeri 0.928 mg/l iken filtrelenmiş atık suyunun Cu değeri <0.02 mg/l'dir. Kabaca Dere üzerinden alınan MRG 9 numaralı süzölmüş atık örneğinin Cu değeri 0.57 mg/l iken filtrelenmiş atık örneğinin Cu değeri 0.037 mg/l'dir (Şekil 3.32 a ve b). Flotasyon tesisinden ve Kabaca Dere'ye bırakılan atık suyundan alınan süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerdeki Cu değeri arasındaki bu fark Cu'm kolloidler tarafından tutulduğunun göstergesidir. Filtreleme işlemi sonucu Cu askıdaki malzemeye tutunarak filtre üzerinde kalmaktadır.

Süzölmüş ve filtrelenmiş sularda en yüksek Cu değeri Çakmakkaya sahasındaki işletme çukurundaki oldukça derin asidik gölden alınan örnekten elde edilmiştir (sırasıyla 54.532 mg/l ve 40.39 mg/l).

Maden sahasında oluşmuş asidik su birikintilerinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerdeki Cu değeri sırasıyla 21.005- 54.532 mg/l ve 21.859 -40.390 mg/l arasında değişmektedir.



Şekil 3.32. 2005 yılı Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca alınan a) süzölmüş, b) filtrelenmiş su örneğlerinin uzaklığa bağılı Cu değışimi. Simgeler Şekil 3.31 ile aynıdır.

Atık etkisi altındaki Kabaca ve Murgul Derelerinden alınan suların filtreleme sonucu Cu içeriğinin azaldığı görölmektedir (Şekil 3.32 a ve b). Örnekleme yapılan yıllardan önceki dönemlerde flotasyon atığının Damar Dere'ye bırakılmış olmasından dolayı, buradan alınan örneğlerde hâlâ oldukça yüksek konsantrasyonlarda Cu değeri ölçölmektedir. Süzölmüş sularda Kabaca ve Damar Dereler birleştikten ~4 km sonra Murgul Deresi boyunca Cu değeri düşüş göstermektedir. Filtrelenmiş sularda Kabaca ve Damar Derelerin birleşiminden hemen sonra yataya yakın bir şekilde dağılım göstermektedir.

3.4.6. Demir (Fe)

Demir yeryüzünde Fe^{2+} ve Fe^{3+} şeklinde bulunur. Fe^{2+} değerlikli bileşikler, Fe^{3+} değerlikli bileşiklerden daha çok suda çözünür. Yüzey sularında, genellikle oksijen bol bulunduğundan demir çok az çözünür ve kolayca okside olur. Ancak Fe asidik sular içinde kolaylıkla çözünür. Fe içeriğı fazla sular vücuda giren mikroorganizmaların beslenmesine katkı yaparak kanser vakalarının gelişmesine yol açabilir (Crouse vd., 1983 a). Fe eksikliği ise vücudun bağışıklık sistemini bozarak bünyenin enfeksiyona maruz kalmasına yol açar. İçme sularında tolere edilebilen Fe miktarı 0.3 mg/l'dir (URL-5, 2007).

3.4.6.1. 2006 Yılı Ham Su Örnekleri

Ham su örneklerinde Fe 0.028- 404.328 mg/l arasında değişmekte olup, ortalama 48.934 (± 99.15) mg/l' dir (Tablo 3.7).

Jeokimyasal olarak beklendiği üzere, en düşük Fe içerikleri tetkik amaçlı olarak alınan temiz su örneklerinden elde edilmişken, en yüksek değerler ise Kabaca Dere'ye bırakılan atık örneğinden elde edilmiştir (404.328 mg/l). Flotasyon tesisinden alınan atık su örneğinde ise Fe 184.203 mg/l' dir. İki atık örneğinin Fe içeriğindeki bu farklılık madenin düzenli çalışmamasından kaynaklanmaktadır. Madenin düzenli çalışmaması nedeniyle her gün aynı miktarda atık atılmamaktadır. Her iki atığın farklı günlerde örneklenmiş olmasından ötürü Fe içerikleri farklıdır.

Maden sahasındaki işletme çukurlarında oluşan su birikintilerinden alınan örneklerdeki Fe değerleri 9.788 -232.046 mg/l arasında değişmektedir. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca Fe sırasıyla 0.028-1.133 mg/l, 0.095-404.328 mg/l ve 4.875-44.559 mg/l arasında değişmektedir.

3.4.6.2. 2006 Yılı Süzülmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

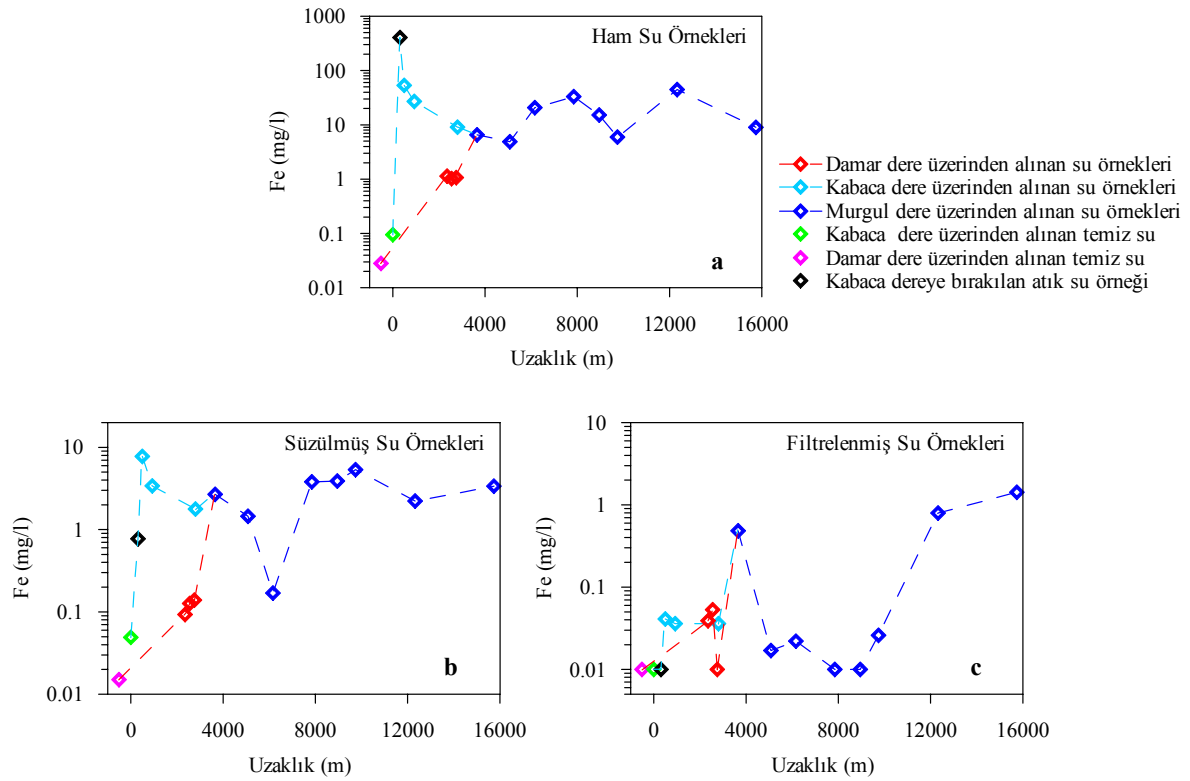
Süzülmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde Fe içeriği sırasıyla 0.015- 237.356 ($\bar{X}=13.431$) mg/l ve <0.01- 225.724 ($\bar{X}=11.240$) mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.8 ve 3.9).

Süzülmüş sularda en düşük Fe değeri Damar Dere üzerinden alınan temiz su örneğinden elde edilmiştir. Filtrelenmiş sularda ise en düşük Fe içeriğine sahip örnekler birden fazladır (MRG 1, 2, 9, 10, 17 ve 19). Süzülmüş ve filtrelenmiş sularda en yüksek Fe değeri henüz su birikinti hacmi fazla olmayan ve oksitlenmenin güncel olarak yoğun olarak devam etmekte olduğu Bognari sahasından elde edilmiştir (sırasıyla 237.356 mg/l ve 225.724 mg/l).

Flotasyon tesisinden alınan süzülmüş ve filtrelenmiş atık suyunun Fe değeri sırasıyla 0.338 mg/l ve 0.077 mg/l' dir. Kabaca Dere'ye bırakılan süzülmüş atık suyunun Fe değeri 0.776 iken aynı yerden alınan filtrelenmiş atık suyunun Fe değeri <0.01 mg/l' dir. Süzme işlemi sonucunda Kabaca Dere'ye bırakılan atık örneğinin Fe içeriği ham eşleniğine kıyasla 521 kat azalmıştır. Filtreleme sonucunda ise süzülmüş atık örneğinin Fe içeriği ~78 kat azalmıştır.

Maden işletme çukurlarındaki asidik özellikli suların süzülmesi ve filtrelenmiş örneklerin Fe'ye ait değişim aralıkları birbirine çok benzemektedir (sırasıyla 9.411- 237.356 mg/l ve 8.861 -225.724 mg/l). Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca süzülmesi sularında Fe değeri sırasıyla 0.015- 0.139 mg/l, 0.049- 7.771 mg/l ve 0.170- 5.351 mg/l arasında değişmektedir. Filtrelenmiş sularında bu aralıklar daha daralmaktadır. Damar Deresinde <0.01- 0.053 mg/l, Kabaca Deresinde <0.01- 0.041 mg/l arasında ve Murgul Deresinde <0.01- 1.425 mg/l arasındadır. Bu durum filtreleme esnasında Fe'in filtreye tutunmasından kaynaklanmaktadır.

Uzaklığa bağlı değişim grafiğinde üç örnek türünün dağılımı farklılık göstermektedir (Şekil 3.33 a, b, c).



Şekil 3.33. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham, b) süzülmesi ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı Fe değişimi

3.4.6.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

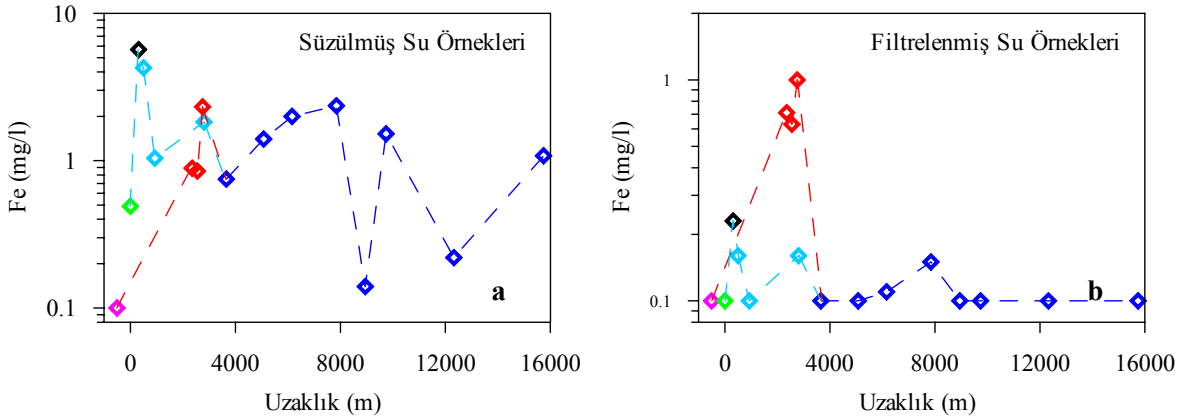
Süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklерinde Fe'in değışim aralığı birbirine çok benzerdir (sırasıyla <0.1- 33.59 mg/l ve <0.1- 34.14 mg/l). Ancak bu benzerlik ortalamalarda söz konusu değildir (sırasıyla 5.11 ve 3.50 mg/l).

Süzölmüş ve filtrelenmiş sularda en düşük Fe değeri beklendiği gibi Damar Dere üzerinden alınan temiz su örneğinde ölçölmüştür. Diğer süzölmüş ve filtrelenmiş temiz su örneğinin (MRG 10) Fe değeri sırasıyla 0.49 mg/l ve 0.1 mg/l' dir (Şekil 3.34 a ve b). Bu sularda en yüksek Fe değeri Damar sahasındaki asidik özellikli gölden elde edilmiştir.

Flotasyon tesisinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş atık suyundaki Fe değeri sırasıyla 9.51 mg/l ve 0.74 mg/l iken, Kabaca Dere'ye bırakılan süzölmüş ve filtrelenmiş atık suyundaki Fe değeri 5.68 ve 0.23 mg/l' dir. Filtrelenmiş atık örneklерinde diğer örneklерde olduğu gibi Fe içeriği süzölmüş örneklere kıyasla daha düşüktür.

Maden sahasında oluşmuş su birikintilerinden alınan süzölmüş örneklерdeki Fe 13.46- 33.59 mg/l arasında, filtrelenmiş örneklерde de 10.33 -34.14 mg/l arasında değışmektedir.

Süzölmüş ve filtrelenmiş örneklерin dağılımı birbirinden farklı olmakla birlikte filtrelenmiş örneklерin Fe değeri süzölmüşlere kıyasla daha düşüktür.



Şekil 3.34. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş, b) filtrelenmiş su örneklерinin uzaklığa bağlı Fe değışimi. Simgeler Şekil 3.33 ile aynıdır.

3.4.7. Fe⁺²

3.4.7.1. 2006 Yılı Ham Su Örnekleri

Fe⁺²'in değişim aralığı 0- 383.139 mg/l arasında olup, ortalama 47.144 mg/l ve standart sapma değeri (± 94.975) toplam Fe'e çok benzemektedir (Tablo 3.7).

Toplam demirde olduğu gibi, en düşük Fe⁺² değeri tetkik amaçlı olarak alınan temiz su örneklerinden elde edilmişken, en yüksek değer ise Kabaca dereye bırakılan atık örneğinden elde edilmiştir (383.139 mg/l). Flotasyon tesisinden alınan atık su örneğinde Fe⁺² değeri 174.597 mg/l'dir. İki atık örneğinin Fe⁺² içeriğindeki bu farklılık madenin düzeli çalışmamasından kaynaklanmaktadır. Madenin düzenli çalışmaması nedeniyle her gün aynı miktarda atık atılmamaktadır. Her iki atığın farklı günlerde örnekleymiş olmasından Fe⁺² içerikleri farklıdır.

Maden sahasındaki işletme çukurlarında oluşan su birikintilerinden alınan örneklerdeki Fe⁺² değerleri toplam Fe değerlerine çok benzemektedir (9.542-231.420 mg/l). Bu benzerlik Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca da devam etmektedir (sırasıyla 0.000-1.055 mg/l, 0.017-383.139 mg/l ve 4.652-44.280).

3.4.7.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Ham sularda toplam Fe ve Fe⁺² arasındaki benzerlik süzölmüş su örneklerinde de mevcuttur. Süzölmüş suların Fe⁺² içeriği 0- 236.86 arasında değişmekte olup, ortalama 13.14 (± 50.06) mg/l'dir (Tablo 3.8).

Beklendiği üzere süzölmüş sularda en düşük Fe⁺² içerikleri tetkik amaçlı olarak alınan temiz su örnekleri başta olmak üzere atık örneklerinden ve Murgul Deresi üzerinden alınan MRG 16 numaralı örnekte ölçölmüştür. Süzölmüş ve filtrelenmiş sularda en yüksek Fe değeri henüz su birikinti hacmi fazla olmayan ve oksitlenmenin güncel olarak aşırı bir şekilde devam etmekte olduğu Bognari sahasından elde edilmiştir. Maden sahasındaki süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerin Fe⁺² ait değişim aralıkları birbirine çok benzemektedir (sırasıyla 0- 236.86 mg/l ve 0 -225.166 mg/l).

Filtrelenmiş sularda Fe⁺² maden işletme çukurlarında oluşmuş asidik özellikli sulardan alınan örnekler ve Murgul Deresi üzerinden alınan MRG 14, 20 ve 22 numaralı örneklerden elde edilmiştir.

Süzülmüş sularında Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca Fe^{+2} değeri sırasıyla 0-0.06 mg/l, 0- 6.151 mg/l ve 0- 5.161 mg/l arasında değişmektedir. Filtrelenmiş sularında ise Murgul Deresi boyunca 0.293-1.336 mg/l arasındadır.

3.4.7.3. 2005 Yılı Süzülmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

2005 yılı süzülmüş suların Fe^{+2} değişim aralığı 2005 yılı süzülmüş suların toplam Fe aralığına benzemektedir (0-32.642 mg/l).

Jeokimyasal olarak beklendiği üzere süzülmüş sularında, en düşük Fe^{+2} içerikleri tetkik amaçlı olarak Damar dere üzerinden alınan temiz su örneğinde ölçülmüştür. Süzülmüş ve filtrelenmiş sularında en yüksek Fe^{+2} değeri oksitlenmenin güncel olarak aşırı bir şekilde devam etmekte olduğu Damar sahasından elde edilmiştir.

Filtrelenmiş sularında dereler boyunca sınırlı sayıda önekten (MRG 7, 8, 10, 17 ve 23) Fe^{+2} değeri elde edilmiştir. Maden işletme çukurlarında oluşmuş asidik özellikli sularından alınan süzülmüş ve filtrelenmiş örneklerin Fe^{+2} değerleri sırasıyla 13.371-32.641 mg/l ve 27.206-33.034 arasındadır. Süzülmüş sularında atık etkisi altın da olan Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca Fe^{+2} değeri sırasıyla 0- 2,231 mg/l, 0.389- 4.541 mg/l ve 0.039- 2.192 mg/l arasında değişmektedir.

3.4.8. Fe^{+3}

3.4.8.1. 2006 Yılı Ham Su Örnekleri

Ham su örneklerinde Fe^{+3} 0- 383.139 mg/l arasında olup, ortalama 1.791 (± 4.778) mg/l'dir (Tablo 3.7).

Fe^{+2} ve toplam Fe'de olduğu gibi en düşük Fe^{+3} değeri karşılaştırma amaçlı olarak Damar Dere üzerinden alınan temiz su örneğinden elde edilmişken, en yüksek değer Kabaca Dere'ye bırakılan atık örneğinden elde edilmiştir (21.189 mg/l). Flotasyon tesisinden alınan atık su örneğinde ise Fe^{+3} 9.606 mg/l'dir. İki atık örneğinin Fe^{+3} içeriğindeki bu farklılık madenin düzeli çalışmamasından kaynaklanmaktadır. Madenin düzenli çalışmaması nedeniyle her gün aynı miktarda atık atılmamaktadır. Her iki atığın farklı günlerde örneklenmiş olmasından Fe^{+3} içerikleri farklıdır.

Maden sahasındaki işletme çukurlarında oluşan su birikintilerinden alınan örneklerdeki Fe^{+3} değerleri 0.246-0.626 mg/l arasındadır. Bu değişim aralığının alt ve üst sınırı Çakmakkaya ve Bognari sahasından elde edilmiştir. Atık etkisi altındaki Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca Fe^{+3} değişimi sırasıyla 0.078-21.189 mg/l ve 0.112-0.670 mg/l arasında iken atık etkisinden uzak Damar Dere boyunca 0.028-0.101 mg/l arasındadır.

3.4.8.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklere Fe^{+3} miktarı sırasıyla 0.015- 1.620 (\bar{X} =0.290) mg/l ve <0.01- 0.637 (\bar{X} =0.1080) mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.8 ve 3.9).

Süzölmüş sularda en düşük Fe^{+3} değeri Damar Dere üzerinden alınan temiz su örneğinden elde edilirken, filtrelenmiş sularda birden fazla örnekte elde edilmiştir (MRG 1, 2, 9, 10, 17 ve 19). Süzölmüş sularda en yüksek Fe^{+3} değeri Kabaca Dere üzerindeki atık etkisi altındaki ilk noktadan alınan örnekte ölçölmüşken, filtrelenmiş sularda birikinti hacmi Bognari sahasına kıyasla daha fazla olan Damar sahasından alınan örnekte ölçölmüştür.

Flotasyon tesisinden alınan filtrelenmiş atık suyunun Fe^{+3} değeri süzölmüş atık suyuna kıyasla daha düşüktür (sırasıyla 0.077 mg/l ve 0.338). Kabaca Dere'ye bırakılan süzölmüş atık suyunun Fe^{+3} değeri 0.776 iken aynı yerden alınan filtrelenmiş atık suyunun Fe değeri <0.01 mg/l'dir. Kabaca Dereye bırakılan süzölmüş atık örneğinin Fe içeriği ham örneğine kıyasla 27.3 kat azalmıştır.

Maden işletme çukurlarında oluşmuş asidik özellikli sulardan alınan süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerin Fe^{+3} 'e ait değişim aralıkları birbirine çok benzemektedir (sırasıyla 0.246- 0.626 mg/l ve 0.279 -0.637 mg/l). Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca süzölmüş sularda Fe^{+3} değeri sırasıyla 0.015- 0.112 mg/l, 0.049- 1.620 mg/l ve 0.112- 0.257 mg/l arasında değişmektedir. Filtrelenmiş sularda bu aralıklar daha daralmakta ve toplam Fe 'le aynı olmaktadır(Damar Derede <0.01- 0.053 mg/l, Kabaca Derede <0.01- 0.041 mg/l arasında ve Murgul Derede <0.01- 0.190 mg/l arasındadır). Bu durum filtreleme esnasında Fe 'in filtreye tutunmasından kaynaklanmaktadır.

3.4.8.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklерinde Fe⁺³ miktarı sırasıyla <0.1- 1.854 (\bar{X} =0.36) mg/l ve 0.078- 1.106 (\bar{X} =0.25) mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.8 ve 3.9).

Süzölmüş ve filtrelenmiş sularda en düşük Fe⁺³ değeri sırasıyla Damar ve Kabaca Dereleri üzerinden alınan temiz su örneklерinde ölçölmüştür. Süzölmüş sularda en yüksek Fe⁺³ değeri flotasyon tesisinden alınan atık örneğinden elde edilirken, filtrelenmiş sularda, filtrelenmiş sularda birikinti hacmi Bognari sahasına kıyasla daha fazla olan Damar sahasından alınan örnekte ölçölmüştür. Maden işletme çukurlarında oluşmuş asidik özellikli sulardan alınan süzölmüş ve filtrelenmiş örneklерin Fe⁺³ e ait değişim aralıkları sırasıyla 0.089- 0.949 mg/l ve 0.156 -1.106 mg/l'dir.

Flotasyon tesisinden alınan filtrelenmiş atık suyunun Fe⁺³ değeri süzölmüş atık suyuna kıyasla daha düşöktür (sırasıyla 0.740 ve 1.854 mg/l).

Örneklenen Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca süzölmüş sularda Fe⁺³ değeri sırasıyla <0.1- 0.190 mg/l, 0.101- 1.139 mg/l ve 0.101- 0.246 mg/l arasında değişmektedir. Filtrelenmiş sularda değişim Damar Derede <0.01- 0.053 mg/l, Kabaca Derede <0.01- 0.041 mg/l arasında ve Murgul Derede <0.01- 0.190 mg/l arasındadır.

3.4.9. Mangan (Mn)

Jeokimyasal davranışı demire benzeyen mangan, asit özellikli sularda daha fazla çözünerek, içme suyuna karışabilir. İçme suyunda tolere edilebilen en yüksek konsantrasyon 0.05 mg/l' dir (URL-5, 2007).

Manganın büyük bir kısmı kemikler, karaciğer ve böbrekte yer alır. Yemişler, tahıl ürünleri ve çay yüksek oranda; yeşil sebzeler orta derecede; et, balık ve çiftlik ürünleri ise düşük derecede Mn içeren kaynaklardır. Mangan diğer birçok elementten çok daha az zehirlidir. Ancak çok aşırı dozda alınırsa sağlığa etki edebilir. Endüstriyel alanlarda yüksek mangandan etkilenen insanlarda Parkinson gibi nörolojik hastalıklar ile şizofreni gibi psikiyatrik hastalıklar gelişebilir (Crouse vd., 1983 a). Eksikliğinin yol açtığı bir etki ise bilinmemektedir.

3.4.9.1.2006 Yılı Ham Su Örnekleri

Ham su örneklerinde Mn 0.0053- 58.062 mg/l arasında değişmekte olup, ortalama 3.688 (± 12.33) mg/l'dir (Tablo 3.7).

En düşük Mn değeri diğer elementlerde olduğu gibi Damar Dere üzerinden alınan temiz su örneğinden elde edilmiştir (Şekil 3.35 a). Kabaca Dere üzerinden alınan diğer temiz su örneğindeki Mn ise 0.0183 mg/l'dir. En yüksek Mn değeri de henüz su birikinti hacmi fazla olmayan ve oksitlenmenin güncel olarak aşırı bir şekilde devam etmekte olduğu Bognari sahasındaki su birikintisinden elde edilmiştir.

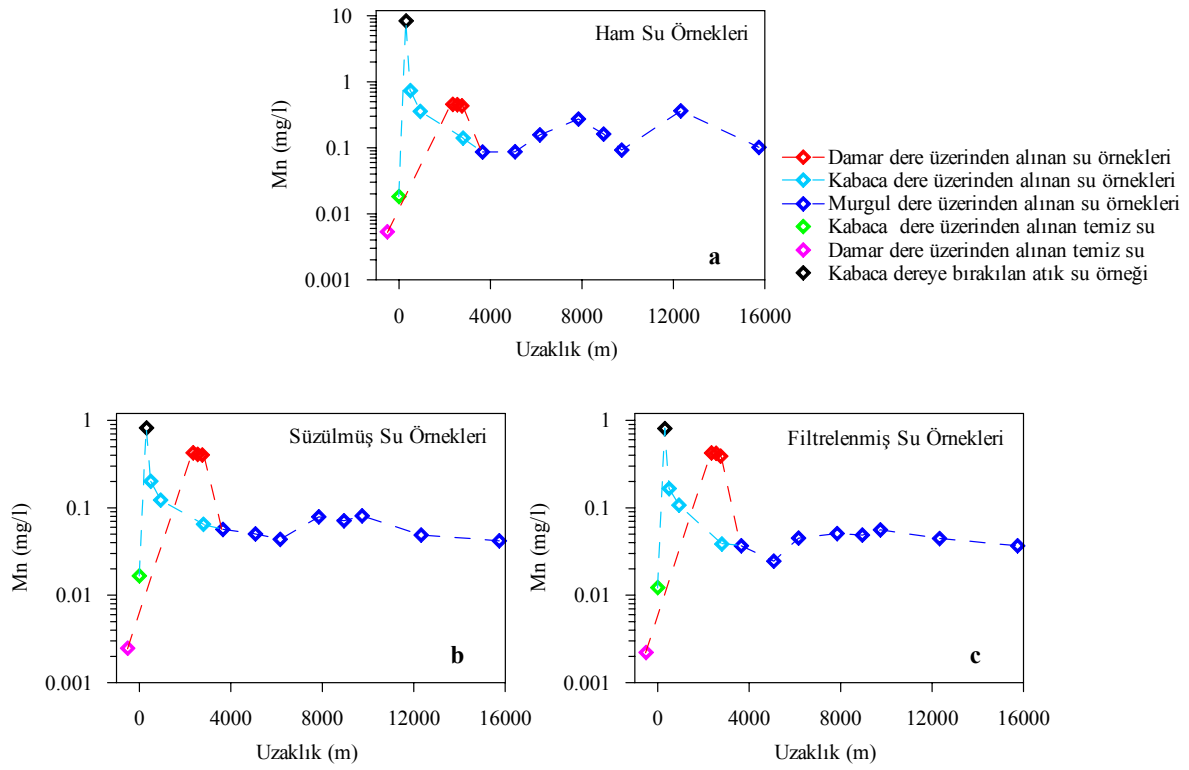
Flotasyon tesisinden alınan atık su örneği ile Kabaca Dereye bırakılan atık su örneğinde sırasıyla 1.683 mg/l ve 8.363 mg/l Mn ölçülmüştür. Maden sahasında oluşmuş asidik su birikintilerinden alınan örneklerde ise 3.141 -58.062 mg/l arasında Mn değerleri elde edilmiştir.

Jeokimyasal davranışı Fe'e benzeyen Mn elementinin ham su örneklerindeki uzaklığa bağlı değişim grafiği Fe elementinin ham su örneklerindeki uzaklığa bağlı değişim grafiğine benzemektedir.

3.4.9.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde Mn sırasıyla 0.0025- 58.623 mg/l ve 0.0022- 58.610 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.8 ve 3.9). Genel değişim aralığındaki bu benzerlik ortalamalarda da mevcuttur (sırasıyla 3.204 ve 3.198 mg/l).

Jeokimyasal olarak beklendiği üzere, en düşük Mn içerikleri kıyaslama amaçlı olarak alınan temiz su örneklerinden elde edilmiştir (MRG 2). Kabaca Dere üzerinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş diğer temiz su örneklerinde de oldukça düşük Mn değerleri ölçülmüştür (sırasıyla 0.0167 ve 0.0122 mg/l; Şekil 3.35 b ve c). Her iki su tipinde de en yüksek değerler maden işletme çukurlarında oluşmuş su birikintilerinden alınan örneklerden (Bognari'den) elde edilmiştir. Bu değerler süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerde birbirine çok benzerdir. Maden sahasından alınan süzölmüş örneklerdeki Mn miktarı 3.077- 58.623 mg/l arasında değişirken, filtrelenmiş örneklerdeki Mn miktarı 3.110 - 58.610 mg/l arasında değişmektedir.



Şekil 3.35. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a)ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağılı Mn değışimi

Flotasyon tesisinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş atık su örneğinin Mn değeri sırasıyla 0.029 mg/l ve 0.014 mg/l' dir. Göröldüğü üzere, filtrelenmiş atık örneklerinin Mn değeri süzölmüş eşleniklerine kıyasla daha düşüktür. Benzer durum Kabaca Dereye bırakılan atık örneğinde söz konusudur. Süzölmüş ve filtrelenmiş atık su örneğinin Mn değeri sırasıyla 0.821 ve 0.808 mg/l' dir.

Ham, süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerin uzaklığa bağılı Mn içerikleri atık su noktasından itibaren çok hızlı bir şekilde (sırasıyla 97, 14.5 ve 21.8 kat) azalmaktadır. Mn, Murgul Deresi boyunca ham, süzölmüş ve filtrelenmiş sularda sırasıyla 0.086-0.362 mg/l, 0.042-0.0809 mg/l ve 0.025-0.056 mg/l arasında değışerek yataya yakın bir şekilde dağılmaktadır (Şekil 3.35).

3.4.9.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

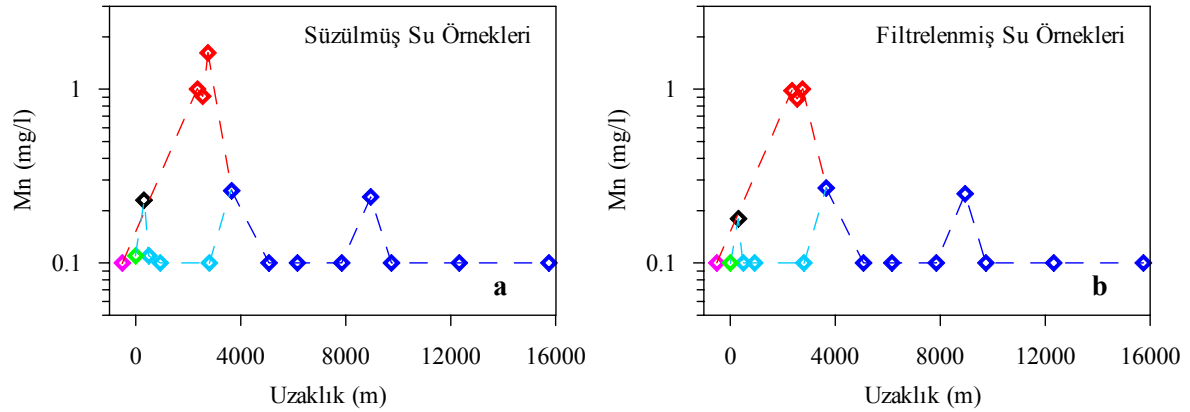
Süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde Mn sırasıyla $<0.1- 6.26$ ($\bar{X}=0.97$) mg/l ve $<0.1- 4.97$ ($\bar{X}=0.877$) mg/l arasında değışmektedir (Tablo 3.10 ve 3.11).

Süzülmüş ve filtrelenmiş sularda en düşük Mn değerine sahip birden fazla örnek bulunmaktadır. Süzülmüş sularda bu değere sahip örnekler MRG 2, 6, 12, 13, 16, 17, 18, 20 ve 22 numaralı örneklerdir. Filtrelenmiş sularda ise MRG 2, 6, 11, 12, 13, 16, 17, 18 ve 20 numaralı örnekler en düşük Mn değerine sahiptir.

Süzülmüş ve filtrelenmiş sularda en yüksek Mn değeri maden sahasında oluşmuş asit özellikli sulardan elde edilmiştir. Maden sahasından alınan süzülmüş su örneklerindeki Mn 4.55 ile 6.26 mg/l arasında değişirken, aynı yerlerden alınan filtrelenmiş su örneklerindeki Mn 4.7 ile 4.97 mg/l arasında değişmektedir. Süzülmüş su örneklerinde en yüksek Mn değeri Çakmakkaya sahasından alınan örnekte, filtrelenmiş sularda ise Bognari sahasından alınan örnekte elde edilmiştir.

Kabaca Dere üzerinden alınan süzülmüş ve filtrelenmiş atık örneğindeki Mn sırasıyla 0.23 mg/l ve 0.18 mg/l olarak ölçülmüştür (Şekil 3.36).

Süzülmüş ve filtrelenmiş örneklerin Mn elementine ait uzaklığa bağlı değişim grafiği birbirine çok benzerdir. Birçok değer saptama limitinin altında çıkmıştır. Bu nedenle genel dağılım yatay bir çizgi şeklinde çıkmıştır (Şekil 3.36 a ve b).



Şekil 3.36. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzülmüş, b) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı Mn değişimi. Simgeler Şekil 3.35 ile aynıdır.

3.4.10. Kurşun (Pb)

Kurşun, galen başta olmak üzere anglezit ($PbSO_4$) ve serüzütün ($PbCO_3$) yapısında bulunan bir elementtir. Sülfürlerin oksitlenmesi pek çok Pb-oksit bileşiklerini ortaya çıkarır. Pb^{2+} ve Pb^{4+} değerliklidir; ancak bulunuşu daha çok +2 şeklindedir.

Kurşunun (Pb^{2+}) iyon yarıçapı K^+ , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} ve Na^+ ile benzer olduğundan bu katyonlarla yer değiştirebilir. Yer kabuğunda ortalama 12.5 mg/l kurşun bulunur. Toprak zeminde ise kurşun 14 mg/l kadardır (Şahinci, 1991).

Tatlı su içindeki Pb konsantrasyonu diğer iz elementlerde olduğu gibi Fe'li ve Mn'li oksit-hidroksitlerin, kil minerallerinin ve organik maddelerin yüzeyine adsorpsiyonu (emilimi) tarafından kontrol edilir. Sulu Fe ve Mn oksit üzerinde emilen Pb miktarı absorbe eden maddenin fiziksel özelliğine (yüzey ve kristal şekli) ve sıvı fazın özelliklerine (pH, Eh ve katyonlar) bağlıdır (Krauskopf, 1956).

Kurşun; izabe tesislerinden, motorlu araçların egzostlarından, kurşunlu borulardan, fabrika ve konutlarda yakılan kömürlerden çevreye yayılarak çevrenin kirlenmesine neden olur. Uzun zaman bünyede yığılım yapan ve yavaş yavaş zehirleyen özelliğinden ötürü içme suyunda müsaade edilen Pb seviyesi sıfırdır. Yorgunluk, tahriş olma, anemi, davranış değişiklikleri ve zeka seviyesinde gerileme kurşun zehirlenmesinin belirtileridir (Akçay, 2002).

3.4.10.1. 2006 Yılı Ham Su Örnekleri

Ham su örneklerinde Pb'un değişim aralığı 0.3- 13858.1 $\mu\text{g/l}$ arasında olup, ortalaması 750.359 $\mu\text{g/l}$ 'dir (Tablo 3.7).

Beklendiği üzere en düşük Pb değeri Kabaca ve Damar Dereler üzerinden alınan temiz su örneklerinden elde edilmiştir (sırasıyla 0.3 ve 0.7 $\mu\text{g/l}$; Şekil 3.37 a). En yüksek Pb değeri flotasyon tesisinden alınan atık örneğinde ölçülmüştür. Kabaca Dere'ye bırakılan atık su örneğinde flotasyon tesisinden alınan örneğe kıyasla ise 117.7 kat daha düşük Pb ölçülmüştür (117.7 $\mu\text{g/l}$).

Maden sahasında işletme çukurlarında oluşmuş sulardan alınan örneklerde atık örneklerine kıyasla daha düşük değerler elde edilmiştir (6.3- 13.6 $\mu\text{g/l}$).

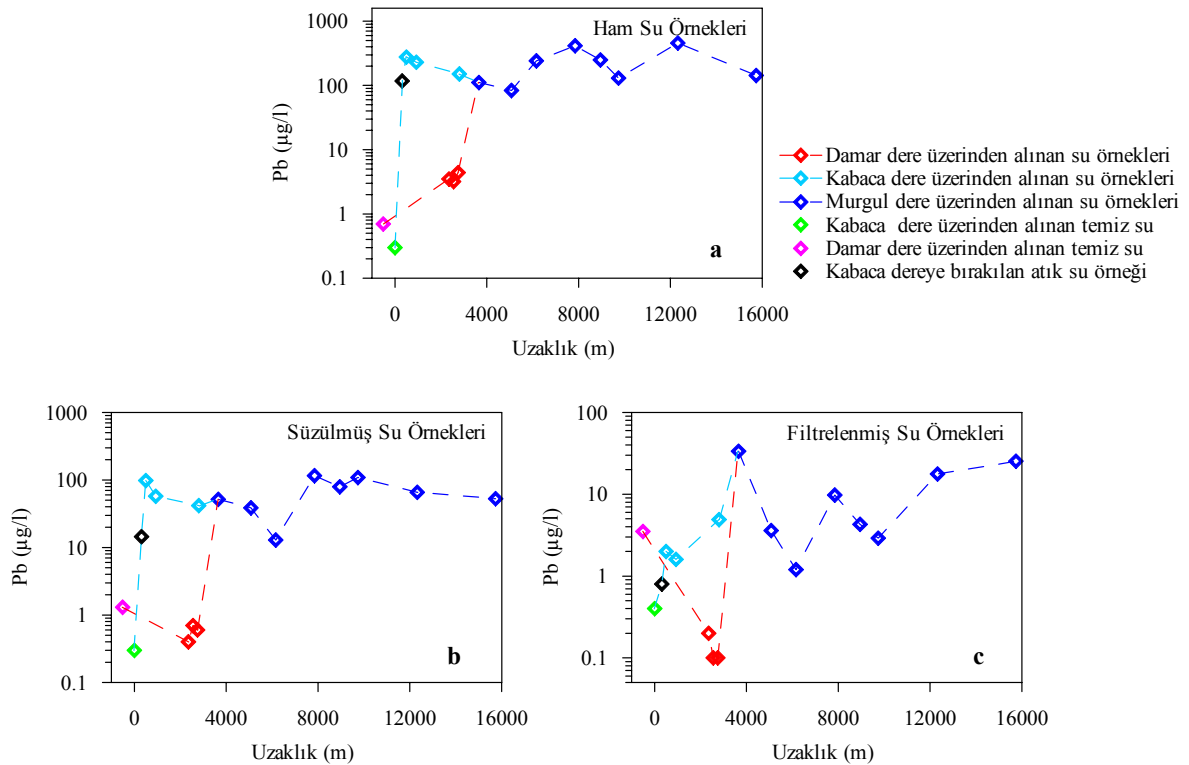
3.4.10.2. 2006 Yılı Süzülmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Süzülmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde Pb sırasıyla 0.3- 115.7 $\mu\text{g/l}$ ve 0.1- 33.5 $\mu\text{g/l}$ arasında değişmektedir (Tablo 3.8 ve 3.9). Değişim aralığındaki bu farklılık bu su türlerinin, ortalama değerlerinde de görülmektedir ($\bar{X}_s=37.514$ ve $\bar{X}_f=7.423$ $\mu\text{g/l}$).

Süzülmüş sularda en düşük Pb değeri Kabaca Dere üzerinden alınan temiz su örneğinde ölçülmüştür (Şekil 3.37 b). Filtrelenmiş sularda ise en düşük Pb değerine sahip örnek Damar Dere üzerinden alınan MRG 1 numaralı örnektir. Süzülmüş sularda en yüksek Pb değeri Murgul Dere üzerinden alınan MRG 17 numaralı örneğe aitken, filtrelenmiş sularda Murgul Dere üzerinden alınan MRG 14 numaralı örneğe aittir.

Gerek flotasyon tesisinden alınan gerekse Kabaca Dere'ye atılan filtrelenmiş atık örneklerinin Pb değeri süzölmüş eşleniklerine kıyasla oldukça düşüktür. Flotasyon tesisinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş atık suyunun Pb değeri sırasıyla 55.2 µg/l ve 1.3 µg/l' iken, Kabaca Dereye bırakılan süzölmüş ve filtrelenmiş atık örneğinin Pb değeri 14.5 µg/l ve 0.8 µg/l' dir (Şekil 3.37 b ve c).

Pb miktarı, daha çok ham ve süzölmüş sularda benzer değerler göstermektedir. Filtrelenmiş suların Pb değerleri süzölmüş sulara kıyasla oldukça düşüktür. Ancak, uzaklığa bağlı değişim grafiğinde filtrelenmiş sular, süzölmüş sulara çok benzer bir dağılım göstermektedir. (Şekil 3.37).



Şekil 3.37. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı Pb değişimi

3.4.10.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Süzölmüş su örneklерinde Pb flotasyon tesisinden alınan ve Kabaca Dere'ye atılan atık su örneklерinde (sırasıyla 512 µg/l ve 168 µg/l) ve Kabaca Dere üzerinden alınan MRG 11 numaralı su örneğinde deteksiyon limitinin üzerinde ölçölebilmştir.

Filtrelenmiş su örneklерinde ise yalnızca flotasyon tesisinden alınan atık su örneğinde Pb deteksiyon limitinin üzerinde ölçölebilmştir (298 µg/l). Diğer süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklерinde Pb<100 µg/l olarak ölçölmüştür (Tablo 3.10 ve Tablo 3.11).

3.4.11. Kükürt (S)

3.4.11.1. 2006 Yılı Ham Su Örnekleri

Ham su örneklерinde S 4- 2237 mg/l arasında değışmekte olup, ortalaması 153.409 (±470.51) mg/l'dir (Tablo 3.7).

En düşük S değeri tetkik amaçlı alınan temiz su örneklерinden (MRG 2,10 ve 23) elde edilirken, en yüksek S değeri de Bognari sahasından alınan örnekten ölçölmüştür. Maden sahasında oluşmuş su birikintilerinden alınan örneklерdeki S değeri 199 -2237 mg/l arasında değışmektedir.

Kabaca Dere'ye atılan atık örneğinde, (146 mg/l) flotasyon tesisinden alınan atık örneğine (71 mg/l) kıyasla daha fazla miktarda Pb bulunmaktadır.

Atık etkisi altında olan Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca S sırasıyla 11- 51 mg/l ve 13- 42 mg/l arasında değışirken, atık etkisinden uzak Damar Dere boyunca da 6- 38 mg/l arasında değışmektedir. S'ün ham sulardaki uzaklığa bağılı dağılımı, Cu'ın ham sulardaki dağılımıyla birebir örtüşmektedir.

3.4.11.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

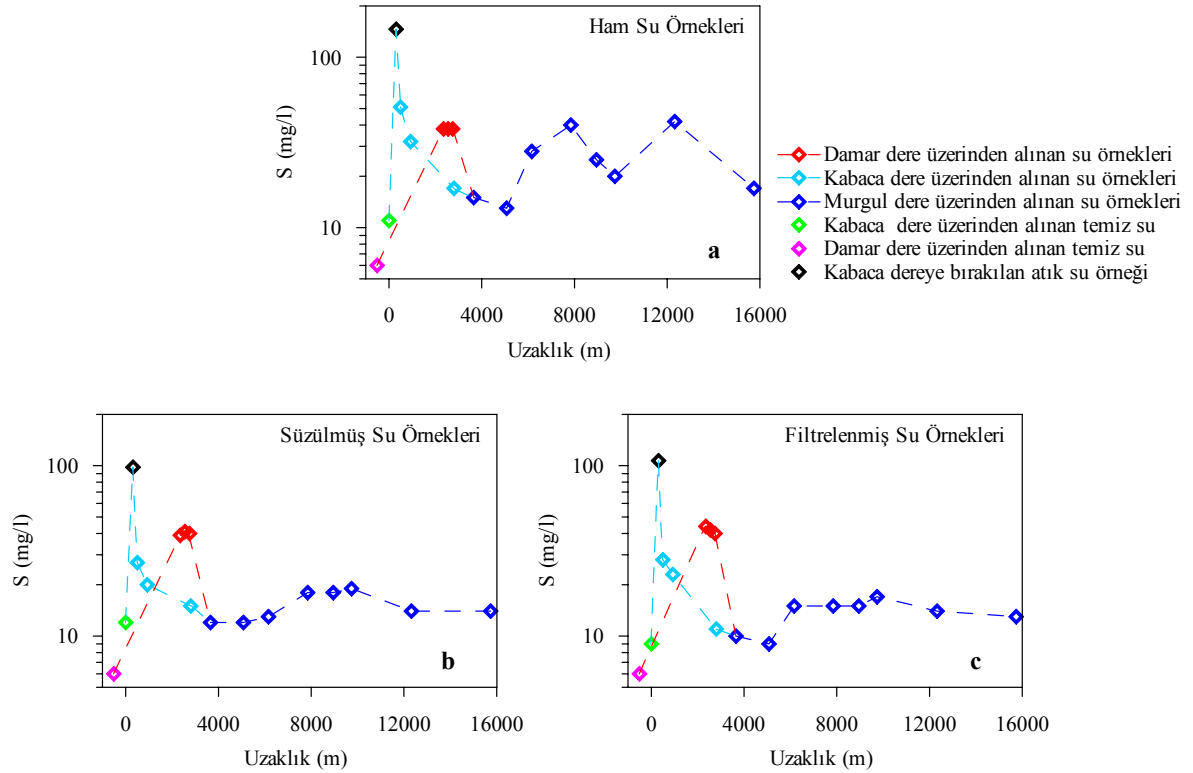
Süzölmüş ve filtrelenmiş sularda S sırasıyla, 4- 2115 (\bar{X} =139.318) mg/l ve 4- 2362 (\bar{X} =153.455) mg/l arasında değışmektedir (Tablo 3.8 ve 3.9).

Bu sularda en düşük S değeri Çakmakkaya sahasına topoğrafik olarak üst seviyeden akan (MRG 23) örnekte ölçölmüşken, en yüksek S değeri de Bognari sahasından alınan

örnekte ölçülmüştür. En yüksek S değerleri maden sahasından alınan süzölmüş ve filtrelenmiş sularda sırasıyla 189- 2115 mg/l ve 217- 2362 mg/l arasında değişmektedir.

Kabaca Dere'ye bırakılan süzölmüş ve filtrelenmiş atık örneğinin S değeri aynıdır (98 mg/l, Şekil 3.38). Ancak flotasyon tesisinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş örnekte S değeri birbirinden farklıdır (sırasıyla 53 mg/l ve 77 mg/l).

Süzölmüş su örneklerinde Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca S değeri 6- 41 mg/l, 12- 27 mg/l ve 12- 19 mg/l arasında değişmektedir. Filtrelenmiş sularda aynı dereler boyunca S değişimi süzölmüş sulardakine benzer olup, Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 6- 44 mg/l, 9- 28 mg/l ve 9- 17 mg/l arasında değişmektedir. Ham, süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerin uzaklığa bağlı S değişimleri atık su noktasından itibaren çok hızlı bir şekilde (Ham, süzölmüş ve filtrelenmiş sularda sırasıyla yaklaşık 9, 8 ve 10 kat) azalarak temel değerler aralığına (<19 mg/l) düşmekte ve bu şekilde tüm Murgul Deresi boyunca devam etmektedir (Şekil 3.38). Uzaklık-S değişim grafiğinde süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerin birbirine çok benzemektedir. Bununla birlikte S'ün uzaklığa bağlı değişim grafiği Mn'n uzaklığa bağlı değişim grafiğine benzerlik göstermektedir.



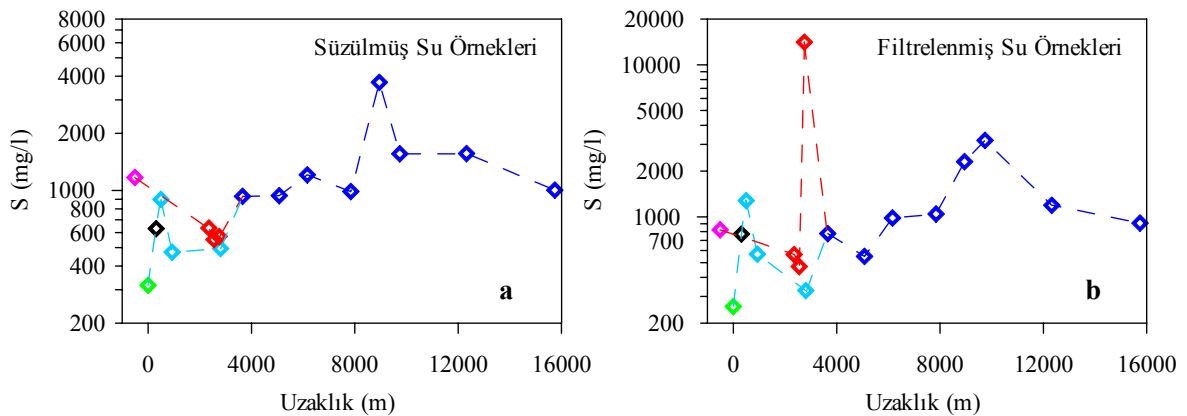
Şekil 3.38. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı S değişimi

3.4.11.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örneklere

Süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklere S'e ait değışim aralığı sırasıyla 317- 3709 mg/l ve 257- 14085 mg/l arasındadır (Tablo 3.10 ve 3.11). Süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklere S değereğine ait ortalamalar sırasıyla 1001.455 ve 1624.773 mg/l'dir.

Jeokimyasal olarak beklendiği üzere en düşük S değere, her iki su tipinde de tetkik amaçlı olarak Kabaca Dere üzerinden alınan temiz su örneğinde elde edilmiştir. Damar Dere üzerinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş temiz su örneğinin S değere oldukça yüksektir (sırasıyla 1172 mg/l ve 822 mg/l). Bu değere Kabaca Dere'ye atılan süzölmüş ve filtrelenmiş atık değerelelerinden de daha fazladır. Kabaca Dere'ye atılan süzölmüş ve filtrelenmiş atık örneğereğinin S değere sırasıyla 630 ve 771 mg/l'dir (Şekil 3.39 a ve b). Süzölmüş sularda en yüksek S değere Murgul Dere üzerinden alınan MRG 19 numaralı örneğe aitken, filtrelenmiş sularda Damar Dere üzerinden alınan MRG 1 numaralı örneğe aittir. Maden sahasında oluşmuş asit özellikli süzölmüş ve filtrelenmiş örneğereledeki S miktarı, 789- 1541 mg/l ve S 710 -1435 mg/l arasında değışmektedir.

Damar Dere boyunca süzölmüş ve filtrelenmiş sularda sırasıyla 551- 1172 mg/l ve 471- 14085 mg/l arasında değışmekte olan S, daha düşük olan Kabaca Dere ile birleşikten sonra Murgul Dere boyunca yükselerek (sırasıyla 931- 3709 mg/l ve 549- 3185 mg/l) devam etmektedir. Süzölmüş ve filtrelenmiş sularda S'ün uzaklığa bağlı değışim grafiği birkaç örneğere haricinde birbirine benzemektedir. Bu örneğerelelerinden biri olan, filtrelenmiş MRG 1 örneğere suyu süzölmüş eşleneğine oranla ~ 25 kat daha fazla S içermektedir.



Şekil 3.39. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş, b) filtrelenmiş su örneğereleğereğinin uzaklığa bağlı S değışimi. Simgeler Şekil 3.38 ile aynıdır.

3.4.12. Silisyum (Si)

Silisyum, magmatik ve metamorfik kayaları oluşturan minerallerin temel yapısını oluşturur. Silisyumun en çok bilinen minerali kuvarstır. Kuvars, mineraller içinde doğal sulara bozunuma karşı en dirençli mineraldir. Bununla beraber çört ve opal gibi amorf kriptokristalin silisler suda daha kolay çözünürler. Doğal sulara çözünmüş silisin büyük bir kısmı silikat minerallerinin bozunumundan kaynaklanmaktadır. Silis suda daha çok silisik asit (H_4SiO_4) veya $Si(OH)_4$ formunda kolloidler şeklinde bulunmaktadır. Kuvarsın $25^\circ C$ 'de çözünürlüğü 6 mg/l, $84^\circ C$ 'de ise 26 mg/l kadardır. Kristobalitin $25^\circ C$ 'de çözünürlüğü 27 mg/l, $84^\circ C$ 'de 94 mg/l' dir. Amorf silisin $25^\circ C$ 'de çözünürlüğü 115 mg/l iken; $100^\circ C$ 'de çözünürlüğü 370 mg/l' dir. Doğal sulara silis miktarı genellikle 1- 30 mg/l arasında iken, yüzey sularında ortalama 14 mg/l ve yeraltı sularında ise 16 mg/l'dir (Şahinci, 1986).

Silisin çözünürlüğünü etkileyen diğer bir neden suyun pH değeridir. Silis asit ortamda çok az çözünür. Ortamın pH değeri yükseldikçe silisin çözünmesi artar. $pH < 8$ olduğunda silisik asitin çözünürlüğü son derece az olmasına karşın, pH artırıldıkça hızla artmaya başlar. Amorf silisin çözünürlüğü de çözelti içindeki silis iyonlarının toplam konsantrasyonuna bağlı olduğundan, o da artacaktır (Akçay, 2002).

3.4.12.1. 2006 Yılı Ham Su Örnekleri

Ham su örneklerinde Si 3.097- 40.009 mg/l arasında değişmekte olup ortalama 7.234 (± 8.3) mg/l'dir (Tablo 3.7).

En düşük Si değerleri tetkik amaçlı olarak alınan Kabaca, Damar Derelerden ve Çakmakkaya sahasından alınan temiz su örneklerinden elde edilmiştir (Şekil 3.40 a).

En yüksek Si değeri Kabaca Dere'ye bırakılan atık su örneğinde ölçülmüştür. Buna karşın flotasyon tesisinden alınan atık örneğinde ise Si 9.171 mg/l olarak belirlenmiştir. Flotasyon tesisinden alınan atık örneğinin Si miktarının Kabaca Dere'ye atılan atık içerisindeki Si miktarından daha fazla olması beklenirdi. Ancak, madenin düzenli çalışmaması ve örnekleme farklı günlerde yapılmış olmasından dolayı bu durum gözlenememiştir. Bognari, Damar ve Çakmakkaya maden sahalarındaki sulardan alınan örneklerdeki Si değerleri de 5.260 -22.081 mg/l arasında değişmektedir.

Damar ve Kabaca Dereleri boyunca Si sırasıyla 3.315- 4.933 mg/l ve 3.097- 6.895 mg/l arasında ve Murgul Dere boyunca da 3.688- 5.370 mg/l arasında değişmektedir.

Ham su örneklerinin uzaklığa bağlı Si değişimleri atık su noktasından itibaren çok hızlı bir şekilde (yaklaşık 10 kat) azalarak temel değerler aralığına düşmekte ve Murgul Deresi boyunca (<5.5 mg/l) devam etmektedir (Şekil 3.40 a).

3.4.12.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

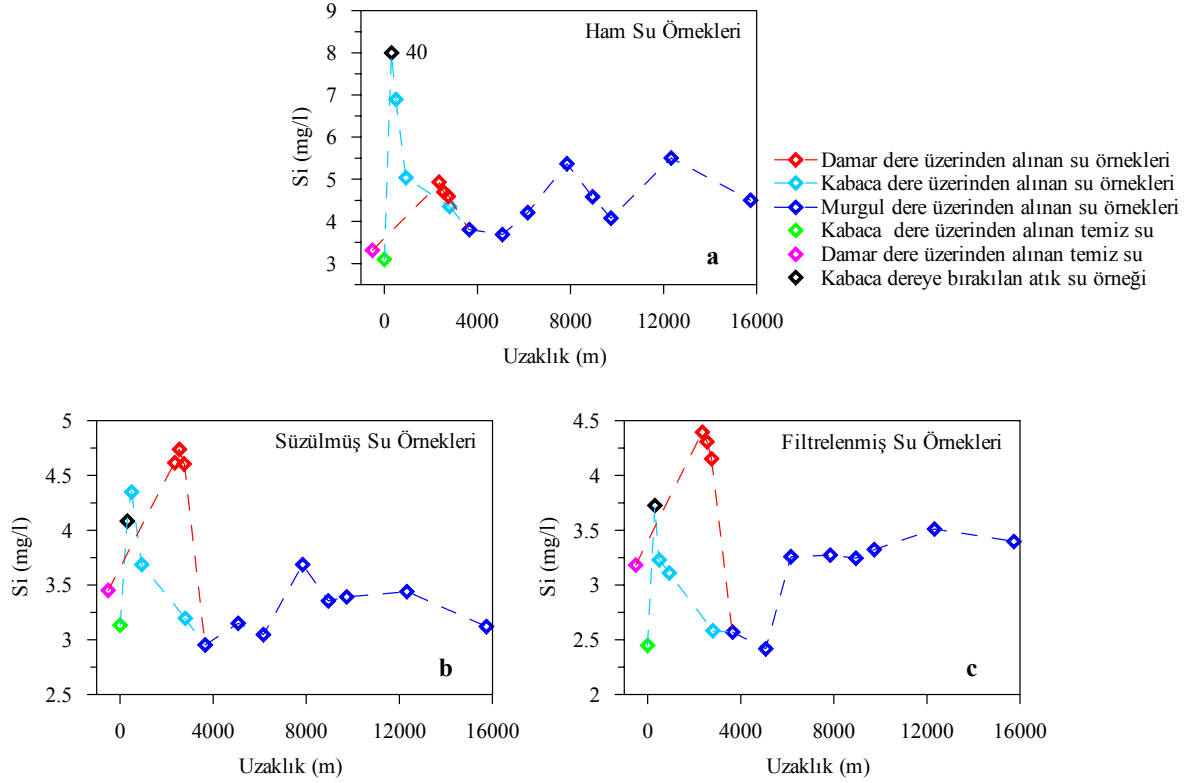
Süzölmüş ve filtrelenmiş örneklere Si sırasıyla 0.841- 21.46 mg/l ve 0.82- 19.587 mg/l arasında değişmektedir. Değişim aralığındaki bu benzerlik süzölmüş ve filtrelenmiş örneklere ortalama değerlerinde de mevcuttur. Süzölmüş ve filtrelenmiş örneklere ortalama değerleri sırasıyla 4.483 ve 4.113 mg/l'dir.

Si değeri 9.171 mg/l olarak ölçölen flotasyon tesisinden alınan ham atık suyu süzme ve filtreleme sonucunda en düşük Si içeriğine sahip olmaktadır (sırasıyla 0.841 ve 0.82 mg/l). Buna karşın Kabaca Dere'ye atılan süzölmüş ve filtrelenmiş atık örneğinde daha yüksek Si değeri ölçölmüştür (4.083 mg/l ve 3.725 mg/l). Süzme işleme sonucunda Kabaca Dere'ye atılan ham atık suyunun Si miktarı yaklaşık 10 kat azalırken, filtrelenmiş atık suyunun Si miktarı süzölmüş atık suyuna göre 1.1 kat azalmıştır (Şekil 3.40 b ve c).

Damar ve Kabaca Dereleri üzerinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş temiz su örneklereindeki Si değerleri birbirine benzemektedir. Damar ve Kabaca Derelerinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş temiz su örneklereindeki Si değerleri sırasıyla 3.451 ve 3.182 mg/l; 3.133 ve 2.448 mg/l' dir.

En yüksek Si değeri henüz birikinti hacmi fazla olmayan oksitlenmenin güncel olarak devam ettiği Bognari sahasından alınan örnekte ölçölmüştür. Maden sahasından alınan süzölmüş su örneklereinde 4.865- 21.46 mg/l arasında Si mevcutken, aynı sahalardan alınan filtrelenmiş su örneklereinde 4.547- 19.587 mg/l arasında Si mevcuttur.

Damar Dere boyunca alınan süzölmüş ve filtrelenmiş sulardaki Si değeri (3.451- 4.737 mg/l ve 3.182- 4.394) Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca alınan süzölmüş ve filtrelenmiş örneklereindeki Si değerlerine (3.133- 4.348 mg/l ve 2.448- 3.229; 2.953- 3.686 mg/l ve 2.417- 3.511) kıyasla daha yüksektir.



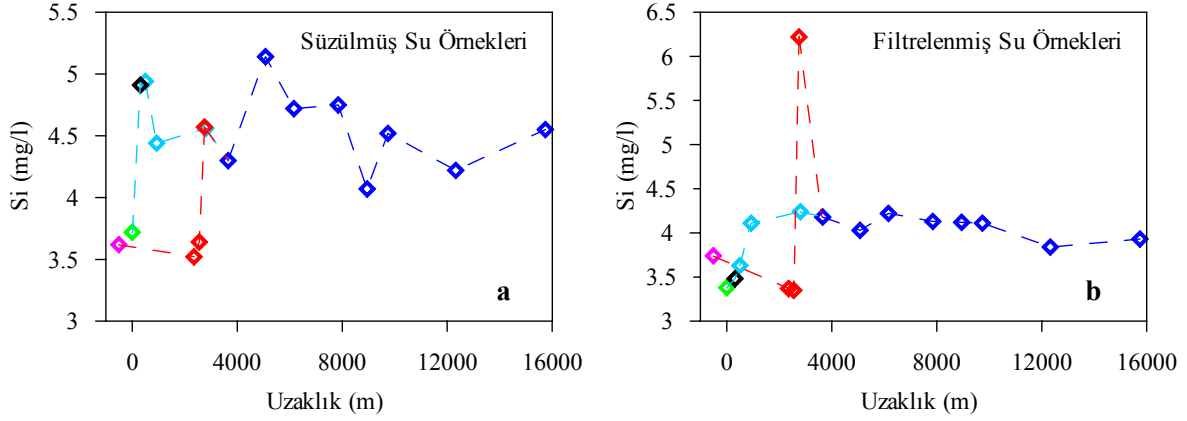
Şekil 3.40. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağılı Si değışimi

3.4.12.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

Süzölmüş su örneklerinde Si 0.77- 8.57 mg/l arasında değışmekte olup, ortalama 4.633 (± 1.441) mg/l'dir. Filtrelenmiş örneklerde ise değışim daha dar bir (0.52- 6.65 mg/l) aralıkta olup, ortalama 4.231 (± 1.31) mg/l'dir (Tablo 3.10 ve 3.11).

Bu sularda en düşük Si değeri 2006 yılında olduğı gibi flotasyon tesisinden alınan atık örneğinden elde edilmiştir. Kabaca Dere'ye bırakılan süzölmüş ve filtrelenmiş atık örneklerinde ise sırasıyla 4.91 ve 3.48 mg/l Si belirlenmiştir (Şekil 3.41 a ve b). Göröldüğü üzere filtreleme sonucu atık örneğinin Si içeriğı düşmüştür. Süzölmüş sularda en yüksek Si değeri Çakmakkaya sahasındaki asidik gölden alınan örnekten elde edilirken, filtrelenmiş sularda Bognari sahasındaki su birikintisinden alınan örnekte elde edilmiştir.

Damar ve Kabaca Dereler üzerinden kontrol amaçlı olarak alınan, süzölmüş temiz su örneklerinde sırasıyla 3.62 mg/l ve 3.72 mg/l olmak üzere birbirine çok benzer Si değeri ölçölmüştür. Aynı derelerden alınan filtrelenmiş sularda da süzölmüş eşleniklerinde olduğı gibi benzer değeri ölçölmüştür (sırasıyla 3.74 mg/l ve 3.38 mg/l).



Şekil 3.41. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş, b) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağlı Si değişimi. Simgeler Şekil 3.40 ile aynıdır.

Süzölmüş ve filtrelenmiş sulardaki Si değişimi Damar Dere boyunca 3.52-4.57 mg/l ve 3.35- 6.22 mg/l arasında, Kabaca Dere boyunca 3.72- 4.94 mg/l ve 3.38- 4.24 mg/l arasında iken, Murgul Deresi boyunca da 4.07- 5.14 mg/l ve 3.84- 4.22 mg/l arasındadır.

2006 ve 2005 yılında alınan süzölmüş ve filtrelenmiş suların uzaklığa bağlı değişim grafiği birbirinden tamamıyla farklı çıkmıştır. Bu farklılık 2006 yılı örnekleme periyodunda madenin düzenli çalışmamasından kaynaklanmaktadır.

3.4.13. Çinko (Zn)

Çinkonun önemli mineralleri sfalerit (ZnS), simitzonit ($ZnCO_3$), hidrozinçit ($Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$), hemimorfit ($Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$) ve goslarit ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)'dir.

Çinkonun çözünürlüğü pH' ın düşmesi ile artar. Çinko sülfidlerin bozunumu, oksidasyon tarafından kontrol edilir. $ZnSO_4$ suda çok iyi çözünmesine rağmen, çinko yüzey sularında az bulunmaktadır. Bunun nedeni çinkonun kil mineralleri (montmorillonit ve kaolen), Fe-oksitler ve organik maddeler tarafından güçlü bir şekilde soğurulmasıdır (Şahinci, 1991). pH >7 olduğu durumlarda sudaki Zn kompleksleri, Fe'li oksihidroksitler tarafından adsorblanmanın sonucu olarak partiküllere bölünür. Özellikle kil minerallerinden montmorillonit absorblamayla Zn'yu çözülden uzaklaştırmada etkilidir (Krauskopf, 1956; Farrah and Pickering, 1977).

Çinko bazı metalik enzimlerin yapısında bağlayıcı olarak bulunması nedeniyle önemlidir. Bu nedenle, çinkonun azlığı değişik şekillerde ortaya çıkabilir. Cücelik, cilt

rahatsızlığı, tat alma duyusu kaybı ve vücutta oluşan yaraların geç iyileşmesi gibi rahatsızlıklar bunlardan sadece bazılarıdır (Montgomery, 1992). İçme suyunda tolere edilebilen en yüksek konsantrasyon 5 mg/l' dir (URL-5, 2007).Günlük Zn tüketimi 5-40 mg/gün olmalıdır. 150 mg/gün oranında veya daha fazla bir günlük Zn girdisi anemiye neden olurken Zn işletme tesisleri yakınlarında çok daha yüksek dozajlarda Zn'ya maruz kalabilen insanlar için öldürücü etkisi vardır.

3.4.13.1. 2006 Yılı Ham Su Örnekleri

Ham su örneklerinde Zn değerleri <0.0005- 58.822 mg/l arasında olup, ortalaması 5.094 (± 12.93) mg/l' dir (Tablo 3.7).

En düşük Zn değerleri tetkik amaçlı alınan temiz su örneklerinden elde edilirken, en yüksek Zn değeri henüz su birikinti hacmi fazla olmayan, oksitlenmenin güncel olarak devam ettiği Bognari sahasından alınan örnekte ölçülmüştür. Maden sahasındaki diğer alanlardan alınan örneklerde ise Zn 1.939-58.822 mg/l arasında değerlerdedir.

Flotasyon tesisinden alınan atık örneğiyle Kabaca Dere'ye atılan atık örneğindeki Zn değerleri birbirine benzer olup sırasıyla 13.348 mg/l ve Zn 12.287 mg/l' dir.

Ham su örneklerinin uzaklığa bağlı Zn içerikleri atık su noktasından itibaren çok hızlı bir şekilde (57.4 kat) azalmakta ve Murgul Deresi boyunca 0.123-0.731 mg/l arasında değişmektedir (Şekil 3.42 a). Ham sulardak Zn elementinin uzaklığa bağlı değişimi S, Cu ve Mn elementlerinin uzaklığa bağlı değişimiyle birebir aynıdır.

3.4.13.2. 2006 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

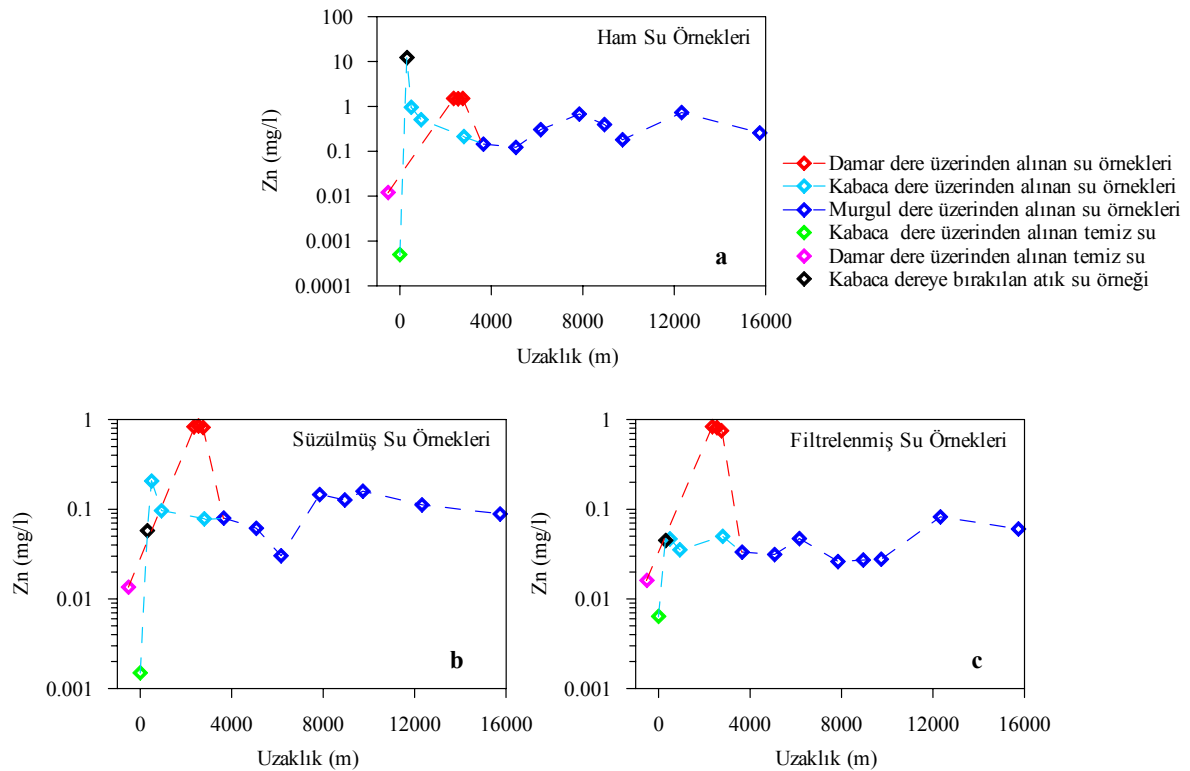
Süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerin Zn değişim aralığı ham su örneklerine kıyasla daha dardır. Süzölmüş su örneklerinde Zn 0.0015 ile 56.845 mg/l arasında değişirken, filtrelenmiş su örneklerinde 0.0064 ile 55.322 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 3.8 ve 3.9). Süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerin değişim aralığındaki bu benzerlik ortalama değerlerinde de mevcut olup sırasıyla $\bar{X}_s=3.532$ ve $\bar{X}_f=3.460$ mg/l' dir.

Süzölmüş ve filtrelenmiş sularda da, ham sularda olduğu gibi en düşük değerler tetkik amaçlı alınan temiz su örneklerinden elde edilmiştir. Aynı şekilde en yüksek Zn değeri Bognari sahasındaki işletme çukurundan alınan su örneğinden elde edilmiştir.

Flotasyon tesisinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş atık suyunda Zn sırasıyla 0.040 mg/l ve 0.028 mg/l ölçölmüşken, Kabaca Dere'ye atılan süzölmüş ve filtrelenmiş atık suyunda da yine sırasıyla 0.058 ve 0.045 mg/l ölçölmüştür.

Süzme işlemleri sonucunda Kabaca Dere'ye atılan atık örneğinin Zn içeriğinin 213 kat azalırken, filtreleme sonucunda aynı atık örneğinin Zn içeriğinin süzölmüş eşleniğine nazaran 1.4 kat azalmaktadır. Damar Dere'deki örneğinin Zn içerikleri süzme ve filtreleme işlemleri sonucunda değışime uğramamaktadır. Bu nedenle grafikte Damar Dere'deki Zn miktarı diğer derelerden ve Kabaca Dere'ye atılan atık örneğinden daha yüksek değerlerde gözökmektedir (Şekil 3.42 b ve c).

Süzölmüş sulardaki Zn ve Cu elementlerinin uzaklığa bağılı değışim grafiğinin birbirine çok benzemektedir. Ancak Damar Dere'deki Zn değeri Cu değeriyle kıyasla daha geniş bir aralıkta değışmektedir.



Şekil 3.42. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2006 yılında alınan a) ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin uzaklığa bağılı Zn değışimi

3.4.13.3. 2005 Yılı Süzölmüş ve Filtrelenmiş Su Örnekleri

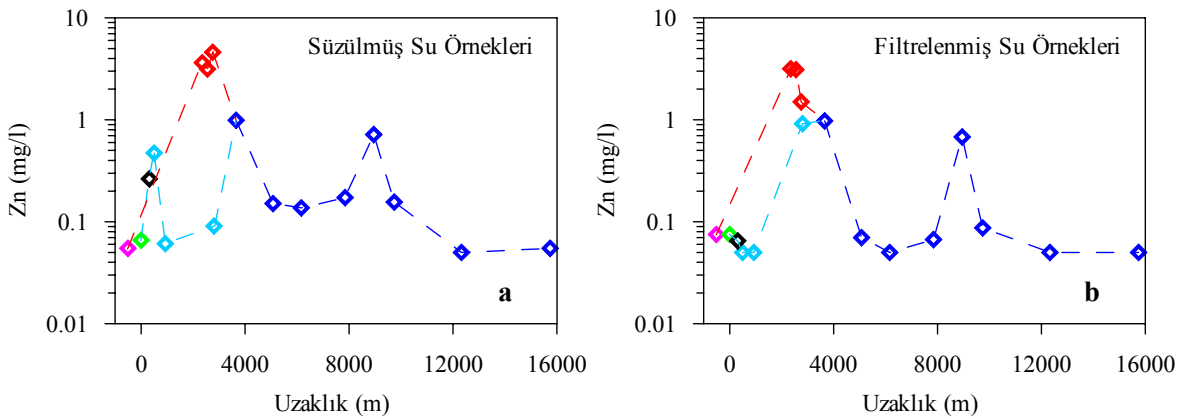
Süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklерinde Zn sırasıyla <math><0.05- 24.48 \text{ mg/l}</math> ve <math><0.05- 24.343 \text{ mg/l}</math> arasında değışmektedir (Tablo 3.10 ve 3.11). Değışim aralığında bu benzerlik ortalamalarda da mevcuttur (sırasıyla 2.967 ve 2.768 mg/l).

Süzölmüş ve filtrelenmiş sularda en düşük Zn değeri aynıdır. Süzölmüş sularda MRG 20 ve MRG 23 numaralı örneklер ve; filtrelenmiş sularda MRG 11, 12, 16, 20 ve 23 numaralı örneklер en düşük Zn değeri sahibtir. 2006 yılında olduğu gibi, 2005 yılında da en yüksek Zn değeri Bognari sahasından alınan örnekte ölçölmüştür. Bu su örneğinin süzölmüş ve filtrelenmiş eşleniğinin Zn değeri birbirine çok benzer olup, sırasıyla 24.48 mg/l ve 24.34 mg/l'dir.

Kabaca ve Damar Dere üzerinden alınan süzölmüş temiz su örneğinin Zn değeri birbirine benzer olup sırasıyla 0.066 mg/l ve 0.055 mg/l'dir (Şekil 3.43 a ve b). Bu derelerden alınan filtrelenmiş temiz su örneklерinin Zn değeri ise aynı olup 0.075 mg/l'dir.

Kabaca Dere üzerinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş atık su örneğinin Zn değeri sırasıyla 0.263 mg/l ve 0.065 mg/l arasında değışirken, flotasyon tesisinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş atık su örneğinde 0.426 mg/l ve 0.221 mg/l arasında değışmektedir.

Çinko'nun süzölmüş ve filtrelenmiş sulardaki dağılımı birkaç örneklер haricinde birbirine benzemektedir (Şekil 3.43 a ve b).



Şekil 3.43. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılında alınan a) süzölmüş, b) filtrelenmiş su örneklерinin uzaklığa bağı Zn değışimi. Simgeler Şekil 3.42 ile aynıdır.

3.5. Sulardaki Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Karşılaştırılması

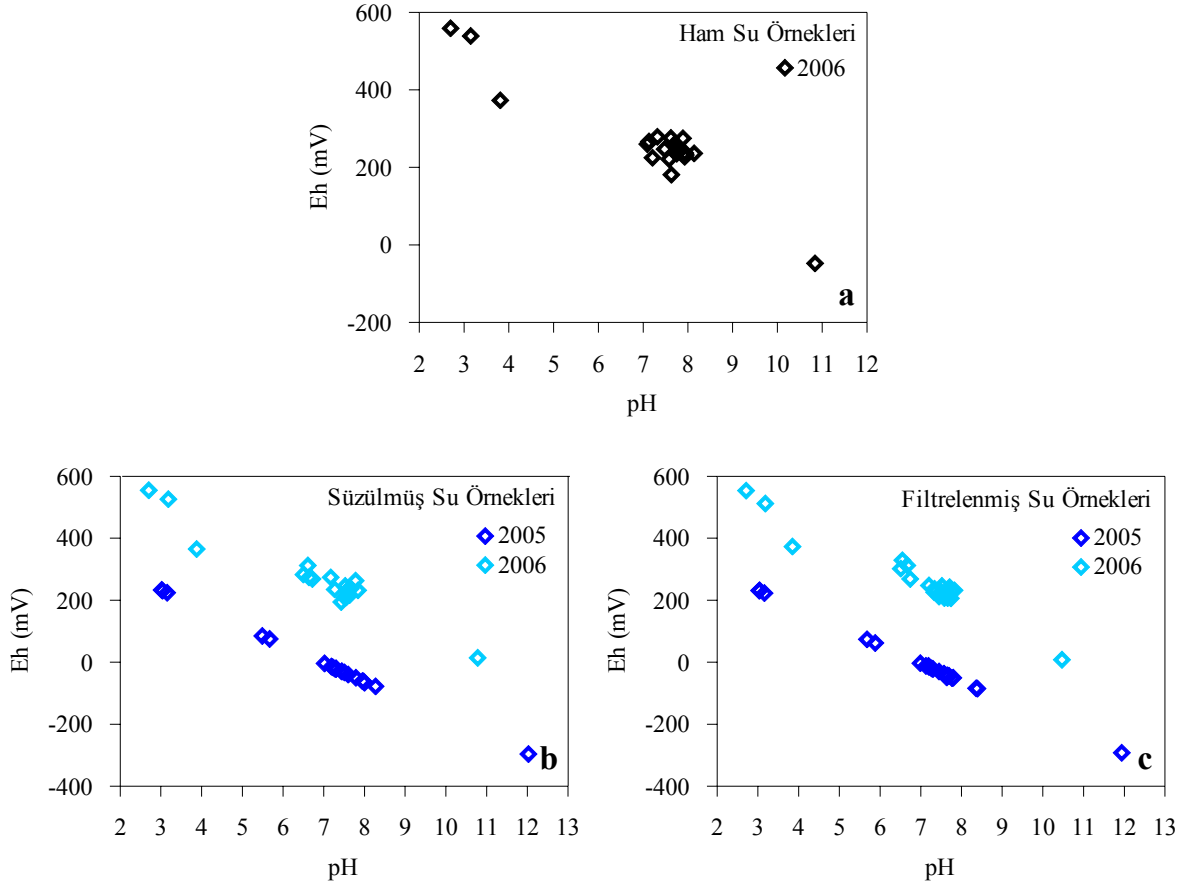
3.5.1. pH ve Eh

2005 yılında Eh pH'a bağlı olarak ölçüldüğünden bu yıl alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde Eh ve pH ölçümleri arasında son derece iyi bir negatif ilişki mevcuttur. Oksitlenme potansiyeli en yüksek olan sular pH'ı en düşük olan sularken, oksitlenme potansiyeli en düşük olanlar ise pH'ı en yüksek olan sulardır. Eh- pH arasındaki negatif doğrusal ilişki bu durumu daha iyi ortaya koymaktadır (Şekil 3.44). Ölçümler esnasında yapılan gözlemler sonucu düşük Eh içeriğinin genellikle su içerisindeki askıda malzeme miktarıyla ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bu tür malzemenin hacimsel olarak suyun yaklaşık % 15- 30'unu oluşturduğu su örneklerinden en düşük Eh değerleri elde edilmiştir.

2006 yılı süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde pH ve Eh arasında birbirine son derece benzer ve yüksek (sırasıyla $r = -0.95$ ve $r = -0.96$ değerinde) korelasyonlar söz konusudur (Tablo 3.13 ve 3.14). 2006 yılında alınan ham su örneklerinde ise bu iki parametre arasında aynı yıl alınan süzölmüş ve filtrelenmiş sulardakine benzer ($r = -0.94$) değerinde korelasyon mevcuttur (Tablo 3.12). 2005 yılında alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde pH ve Eh arasında -1,000 gibi son derece iyi bir negatif korelasyon mevcuttur (Tablo 3.15 ve 3.16). Benzer durum 2006 yılı verilerinde de söz konusudur.

2005- 2006 yılı süzölmüş ve filtrelenmiş su örnekleri karşılaştırıldığında pH değerleri arasında çok belirgin mevsimsel farklılıklar yoktur. Madenin atık suyunun pH'ının oldukça yüksek olması sebebiyle hem Kabaca hem de Murgul Derelerinde pH nötr-alkalen şartlardadır.

2006 yılında alınan örneklerin Eh değerlerine bakıldığında sadece ham sularda flotasyon tesisinden alınan atık örneğinin Eh değerinin negatif (-48 mV) olduğu gözlenir. Diğer örneklerin Eh değerleri pozitif olarak ölçölmüştür. Atık örneğinin Eh değerinin negatif olmasının sebebi içerisinde süspansiyon halinde çok fazla miktarda malzeme içermesidir. Ancak, süzme işlemi sonucu içerisindeki süspansiyon halde bulunan malzemedan arınır ve Eh değeri pozitif değere (14 mV) ulaşır. 2005 yılı örnekleme sularında Eh zaten pH'a bağlı olarak ölçöldüğünden birçok değer negatif çıkmıştır. Fakat bu örneklerde de en düşük Eh değeri flotasyon tesisinden alınan atık örneğinde ölçölmüştür. Flotasyon tesisinden alınan süzölmüş ve filtrelenmiş atık örneğinde Eh sırasıyla -296 mV ve -292 mV olarak ölçölmüştür.



Şekil 3.44. 2005- 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzülmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin pH'a karşı Eh değişimi

3.5.2. pH ve İletkenlik

2006 yılına ait ham, süzülmüş ve filtrelenmiş sularadaki iletkenlik değerleri bir önceki örneklemeden elde edilen değerlere göre çok daha düşüktür (Şekil 3.45). Bunun nedeni örneklemenin yağışlı sezonda yapılmış olması ve madenin düzenli çalışmamasıdır. Yalnızca Bognari sahasından alınan su örneği ile Tumba dibinden alınan (Kabaca Dere'ye atılan atık) atık örneğinin iletkenlik değerleri bir önceki sezon eşleniklerinden daha yüksektir (Tablo 3.13, 3.14 ve 3.15, 3.16).

2005- 2006 yılına ait verilerin korelasyon matrislerinde flotasyon tesisinden alınan atık örneği hariç tutulmuştur. Bu örneğin korelasyon matrisinin hesaplanmasına dahil edilmesi halinde pH ve iletkenlik arasında çıkması gereken yüksek negatif ilişki ortaya çıkmamakta ve son derece düşük bir negatif ilişki meydana gelmektedir. Bu durum tamamiyle flotasyon tesisinde kalkopirit ve piriti yüzdürmek için kullanılan ksentatlardan kaynaklanmaktadır.

Tablo 3.12. 2006 yılı ham su örneklerindeki fiziksel ve kimyasal parametrelere ait hesaplanan Pearson korelasyon matrisi

	pH	Eh	İlet.	TÇK	T. Sertlik	Tuz.	Ç.O.	SO ₄	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Asid.	Alk.	Türb.	Renk	Al	As	Ba	Cd	
pH	1.00																		
Eh	-0.94	1.00																	
İletkenlik	-0.77	0.80	1.00																
Toplam Çözülmüş Katı	-0.77	0.80	1.00	1.00															
Toplam Sertlik	-0.65	0.64	0.95	0.95	1.00														
Tuzluluk	-0.70	0.76	0.99	0.99	0.94	1.00													
Çözülmüş Oksijen (mg/l)	0.36	-0.26	-0.25	-0.25	-0.30	-0.21	1.00												
SO ₄	-0.87	0.91	0.98	0.98	0.95	0.95	-0.30	1.00											
Fe ⁺³	0.08	-0.24	0.01	0.01	0.29	-0.05	-0.29	0.20	1.00										
Fe ⁺²	-0.24	0.12	0.49	0.49	0.73	0.46	-0.36	0.86	0.85	1.00									
Asidite	-0.68	0.73	0.99	0.99	0.94	1.00	-0.21	0.94	-0.05	0.46	1.00								
Alkalinite	0.51	-0.60	-0.30	-0.30	-0.03	-0.32	-0.01	-0.61	0.83	0.60	-0.31	1.00							
Türbidite	0.34	-0.44	-0.29	-0.29	-0.17	-0.26	0.21	-0.34	0.28	0.15	-0.25	0.31	1.00						
Renk	0.01	-0.11	0.01	0.01	0.14	0.02	-0.24	-0.02	0.35	0.35	0.02	0.22	0.49	1.00					
Al (mg/l)	-0.52	0.48	0.83	0.83	0.96	0.81	-0.35	0.94	0.55	0.89	0.81	0.23	-0.05	0.24	1.00				
As (µg/l)	0.11	-0.25	0.08	0.08	0.29	0.07	-0.15	0.05	0.65	0.70	0.08	0.62	0.47	0.37	0.47	1.00			
Ba (µg/l)	0.30	-0.25	-0.31	-0.31	-0.30	-0.26	0.06	-0.36	-0.12	-0.21	-0.25	-0.09	0.61	0.43	-0.27	0.06	1.00		
Cd (µg/l)	-0.72	0.70	0.97	0.97	0.95	0.97	-0.27	0.93	0.06	0.54	0.97	-0.24	-0.26	0.04	0.84	0.12	-0.31	1.00	
Cu (mg/l)	-0.72	0.76	1.00	1.00	0.96	1.00	-0.24	0.96	0.03	0.52	0.99	-0.27	-0.25	0.04	0.85	0.12	-0.28	0.97	
Fe (mg/l)	-0.23	0.10	0.47	0.47	0.71	0.43	-0.36	0.86	0.87	1.00	0.44	0.61	0.16	0.36	0.88	0.70	-0.20	0.52	
Mn (mg/l)	-0.67	0.70	0.99	0.99	0.98	0.99	-0.25	0.94	0.09	0.58	0.99	-0.20	-0.22	0.07	0.88	0.17	-0.28	0.98	
Pb (µg/l)	0.32	-0.38	-0.26	-0.26	-0.20	-0.22	0.18	-0.29	0.03	0.02	-0.21	0.19	0.55	0.13	-0.14	0.69	0.41	-0.24	
S (mg/l)	-0.71	0.74	0.99	0.99	0.96	1.00	-0.23	0.95	0.01	0.50	1.00	-0.28	-0.25	0.04	0.84	0.12	-0.28	0.98	
Si (mg/l)	-0.25	0.13	0.45	0.45	0.68	0.40	-0.36	0.93	0.89	0.99	0.40	0.63	0.12	0.34	0.86	0.65	-0.23	0.49	
Zn (mg/l)	-0.71	0.67	0.96	0.96	0.96	0.95	-0.29	0.93	0.14	0.60	0.96	-0.18	-0.24	0.06	0.87	0.17	-0.32	1.00	

Tablo 3.12'nin devamı

	Cu	Fe	Mn	Pb	S	Si	Zn
Cu (mg/l)	1.00						
Fe (mg/l)	0.50	1.00					
Mn (mg/l)	1.00	0.56	1.00				
Pb (µg/l)	-0.23	0.03	-0.21	1.00			
S (mg/l)	1.00	0.48	1.00	-0.21	1.00		
Si (mg/l)	0.47	0.99	0.53	-0.05	0.45	1.00	
Zn (mg/l)	0.96	0.58	0.97	-0.24	0.97	0.55	1.00

*Koyu kırmızı renkli olanlar $p < 0.01$ düzeyinde anlamlı, koyu siyah renkli olanlar ise $p < 0.05$ düzeyinde anlamlıdır. Korelasyon katsayıları hesaplanırken tüm örnek tiplerinde flotasyon tesisinden alınan atık örneği hariç tutulmuştur. Deteksiyon limitinin altında çıkan parametrelere, deteksiyon limit değerleri verilerek hesaplama yapılmıştır. Ham su örneklerindeki sülfat bileşenine ait veri sayısı 19 iken, diğer bileşenlerin veri sayısı 21'dir.

Tablo 3.13. 2006 yılı süzölmüş su örneplerindeki fiziksel ve kimyasal parametrelere ait hesaplanan Pearson korelasyon matrisi

	pH	Eh	İlet.	TÇK	Sert.	Tuz.	Ç.O.	SO ₄	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Asid.	Alk.	Al	As	Ba	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	S	Si	Zn	
pH	1.00																							
Eh	-0.95	1.00																						
İletkenlik	-0.76	0.79	1.00																					
TÇK	-0.76	0.79	1.00	1.00																				
Sertlik	-0.69	0.74	0.99	0.99	1.00																			
Tuzluluk	-0.70	0.75	0.99	0.99	1.00	1.00																		
Ç.O. (mg/l)	0.22	-0.10	-0.25	-0.25	-0.24	-0.23	1.00																	
SO ₄ (mg/l)	-0.82	0.83	0.99	0.99	0.96	0.96	-0.28	1.00																
Fe ⁺³	-0.18	0.05	0.17	0.17	0.16	0.14	-0.11	0.21	1.00															
Fe ⁺²	-0.64	0.69	0.98	0.98	0.99	0.99	-0.24	0.94	0.15	1.00														
Asidite	-0.67	0.72	0.99	0.99	1.00	1.00	-0.23	0.95	0.14	1.00	1.00													
Alkalinite	0.73	-0.63	-0.44	-0.44	-0.40	-0.43	0.22	-0.49	-0.30	-0.38	-0.40	1.00												
Al (mg/l)	-0.68	0.73	0.99	0.99	1.00	1.00	-0.23	0.95	0.15	1.00	1.00	-0.40	1.00											
As (µg/l)	-0.43	0.45	0.79	0.79	0.83	0.83	-0.34	0.72	0.38	0.87	0.84	-0.29	0.85	1.00										
Ba (µg/l)	0.20	-0.21	-0.32	-0.32	-0.28	-0.26	-0.12	-0.36	-0.12	-0.22	-0.25	-0.10	-0.24	0.06	1.00									
Cd (µg/l)	-0.72	0.73	0.98	0.98	0.98	0.98	-0.26	0.97	0.17	0.98	0.98	-0.43	0.98	0.80	-0.29	1.00								
Cu (mg/l)	-0.72	0.77	0.99	0.99	1.00	1.00	-0.23	0.96	0.14	0.99	1.00	-0.43	1.00	0.82	-0.27	0.98	1.00							
Fe (mg/l)	-0.64	0.69	0.98	0.98	0.99	0.99	-0.25	0.94	0.16	1.00	1.00	-0.38	1.00	0.87	-0.22	0.98	0.99	1.00						
Mn (mg/l)	-0.68	0.73	0.99	0.99	1.00	1.00	-0.23	0.96	0.14	1.00	1.00	-0.40	1.00	0.84	-0.26	0.98	1.00	1.00	1.00					
Pb (µg/l)	0.22	-0.30	-0.22	-0.22	-0.18	-0.17	-0.36	-0.26	0.31	-0.12	-0.16	0.01	-0.15	0.36	0.68	-0.20	-0.18	-0.12	-0.17	1.00				
S (mg/l)	-0.71	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.25	0.97	0.16	0.99	1.00	-0.41	1.00	0.82	-0.28	0.98	1.00	0.99	1.00	-0.19	1.00			
Si (mg/l)	-0.71	0.76	0.99	0.99	0.99	0.99	-0.22	0.97	0.19	0.98	0.98	-0.36	0.99	0.81	-0.34	0.97	0.99	0.98	0.99	-0.20	0.99	1.00		
Zn (mg/l)	-0.72	0.72	0.97	0.97	0.98	0.97	-0.26	0.96	0.18	0.97	0.98	-0.43	0.97	0.80	-0.29	1.00	0.97	0.97	0.98	-0.19	0.98	0.96	1.00	

*Koyu kırmızı renkli olanlar p<0.01 düzeyinde anlamlı, koyu siyah renkli olanlar ise p<0.05 düzeyinde anlamlıdır. Korelasyon katsayıları hesaplanırken tüm örnek tiplerinde flotasyon tesisinden alınan atık örneği hariç tutulmuştur. Deteksiyon limitinin altında çıkan parametrelere deteksiyon limit değerleri verilerek hesaplama yapılmıştır.

Tablo 3.14. 2006 yılı filtrelenmiş su örneklerindeki fiziksel ve kimyasal parametrelere ait hesaplanan Pearson korelasyon matrisi

	pH	Eh	İlet.	TÇK	Sert.	Tuz.	Ç.O.	SO ₄	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Asid.	Alk.	Al	As	Ba	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	S	Si	Zn	
pH	1.00																							
Eh	-0.96	1.00																						
İletkenlik	-0.75	0.79	1.00																					
TÇK	-0.75	0.79	1.00	1.00																				
Sertlik	-0.69	0.74	0.99	0.99	1.00																			
Tuzluluk	-0.70	0.74	0.99	0.99	1.00	1.00																		
Ç.O. (mg/l)	-0.53	0.63	0.79	0.79	0.79	0.80	1.00																	
SO ₄ (mg/l)	-0.65	0.70	0.98	0.98	1.00	1.00	0.80	1.00																
Fe ⁺³	-0.89	0.79	0.70	0.70	0.65	0.65	0.48	0.62	1.00															
Fe ⁺²	-0.64	0.69	0.98	0.98	1.00	1.00	0.79	1.00	0.62	1.00														
Asidite	-0.67	0.72	0.99	0.99	1.00	1.00	0.80	1.00	0.64	1.00	1.00													
Alkalinite	0.84	-0.78	-0.50	-0.50	-0.46	-0.47	-0.23	-0.43	-0.73	-0.43	-0.45	1.00												
Al (mg/l)	-0.68	0.73	0.99	0.99	1.00	1.00	0.80	1.00	0.63	1.00	1.00	-0.46	1.00											
As (µg/l)	-0.59	0.65	0.96	0.96	0.98	0.98	0.78	0.99	0.57	0.99	0.99	-0.40	0.99	1.00										
Ba (µg/l)	0.12	-0.13	-0.24	-0.24	-0.22	-0.21	-0.27	-0.21	-0.09	-0.20	-0.20	-0.08	-0.20	-0.13	1.00									
Cd (µg/l)	-0.72	0.73	0.98	0.98	0.98	0.98	0.78	0.98	0.74	0.98	0.98	-0.49	0.98	0.96	-0.24	1.00								
Cu (mg/l)	-0.72	0.76	0.99	0.99	1.00	1.00	0.79	0.99	0.66	0.99	1.00	-0.49	1.00	0.98	-0.21	0.98	1.00							
Fe (mg/l)	-0.65	0.69	0.98	0.98	1.00	1.00	0.79	1.00	0.62	1.00	1.00	-0.43	1.00	0.99	-0.20	0.98	0.99	1.00						
Mn (mg/l)	-0.68	0.73	0.99	0.99	1.00	1.00	0.80	1.00	0.64	1.00	1.00	-0.45	1.00	0.99	-0.21	0.98	1.00	1.00	1.00					
Pb (µg/l)	-0.38	0.41	0.16	0.16	0.15	0.18	0.05	0.15	0.38	0.15	0.16	-0.45	0.17	0.18	0.45	0.14	0.18	0.15	0.16	1.00				
S (mg/l)	-0.70	0.74	0.99	0.99	1.00	1.00	0.79	1.00	0.66	1.00	1.00	-0.47	1.00	0.98	-0.22	0.98	1.00	1.00	1.00	0.16	1.00			
Si (mg/l)	-0.72	0.76	0.99	0.99	0.99	0.99	0.80	0.98	0.66	0.97	0.98	-0.43	0.98	0.96	-0.20	0.96	0.99	0.97	0.98	0.15	0.99	1.00		
Zn (mg/l)	-0.73	0.73	0.97	0.97	0.97	0.97	0.77	0.97	0.76	0.97	0.97	-0.50	0.97	0.95	-0.24	1.00	0.97	0.97	0.97	0.14	0.98	0.95	1.00	

*Koyu kırmızı renkli olanlar p<0.01 düzeyinde anlamlı, koyu siyah renkli olanlar ise p<0.05 düzeyinde anlamlıdır. Korelasyon katsayıları hesaplanırken tüm örnek tiplerinde flotasyon tesisinden alınan atık örneği hariç tutulmuştur. Deteksiyon limitinin altında çıkan parametrelere deteksiyon limit değerleri verilerek hesaplama yapılmıştır.

Tablo 3.15. 2005 yılı süzölmüş su örneplerindeki fiziksel ve kimyasal parametrelere ait hesaplanan Pearson korelasyon matrisi

	pH	Eh	İlet.	T.Ç.K	Sertlik	Tuz.	Ç.O.	SO4	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Asid.	Alk.	NO ₃	Al	Cu	Fe	Mn	S	Si	Zn
pH	1.00																			
Eh	-1.00	1.00																		
İletkenlik	-0.94	0.94	1.00																	
TÇK	-0.94	0.94	1.00	1.00																
Sertlik	-0.92	0.92	0.99	0.99	1.00															
Tuzluluk	-0.91	0.91	0.97	0.97	0.98	1.00														
Ç.O. (mg/l)	0.46	-0.47	-0.53	-0.53	-0.57	-0.62	1.00													
SO ₄ (mg/l)	-0.93	0.93	0.98	0.98	0.96	0.97	-0.57	1.00												
Fe ⁺³ (mg/l)	-0.13	0.13	0.23	0.23	0.21	0.20	-0.24	0.33	1.00											
Fe ⁺² (mg/l)	-0.84	0.84	0.89	0.89	0.88	0.89	-0.55	0.93	0.42	1.00										
Asidite	-0.88	0.88	0.93	0.93	0.92	0.95	-0.61	0.97	0.33	0.97	1.00									
Alkalinite	0.82	-0.83	-0.70	-0.70	-0.69	-0.70	0.45	-0.72	-0.08	-0.64	-0.68	1.00								
NO ₃	0.00	0.00	0.07	0.07	0.10	-0.003	-0.01	0.05	0.46	-0.09	-0.11	0.08	1.00							
Al (mg/l)	-0.87	0.87	0.89	0.89	0.92	0.92	-0.54	0.85	0.01	0.69	0.78	-0.70	0.12	1.00						
Cu (mg/l)	-0.83	0.83	0.90	0.90	0.92	0.92	-0.51	0.85	0.02	0.66	0.76	-0.63	0.13	0.97	1.00					
Fe (mg/l)	-0.84	0.84	0.88	0.88	0.87	0.88	-0.55	0.93	0.45	1.00	0.97	-0.63	-0.07	0.68	0.65	1.00				
Mn (mg/l)	-0.93	0.93	0.98	0.98	0.98	0.97	-0.51	0.95	0.11	0.84	0.90	-0.71	0.02	0.94	0.95	0.83	1.00			
S (mg/l)	-0.01	0.01	-0.02	-0.02	0.01	0.02	-0.10	-0.03	-0.24	0.01	0.02	0.05	-0.32	-0.01	-0.02	0.01	-0.01	1.00		
Si (mg/l)	-0.70	0.70	0.81	0.81	0.87	0.85	-0.65	0.78	0.15	0.67	0.71	-0.51	0.29	0.84	0.87	0.67	0.82	-0.01	1.00	
Zn (mg/l)	-0.79	0.79	0.79	0.79	0.76	0.75	-0.38	0.82	0.30	0.94	0.88	-0.62	-0.24	0.54	0.49	0.94	0.74	0.04	0.47	1.00

*Koyu kırmızı renkli olanlar p<0.01 düzeyinde anlamlı, koyu siyah renkli olanlar ise p<0.05 düzeyinde anlamlıdır. Korelasyon katsayıları hesaplanırken tüm örnek tiplerinde flotasyon tesisinden alınan atık örneği hariç tutulmuştur. Deteksiyon limitinin altında çıkan parametrelere deteksiyon limit değerleri verilerek hesaplama yapılmıştır.

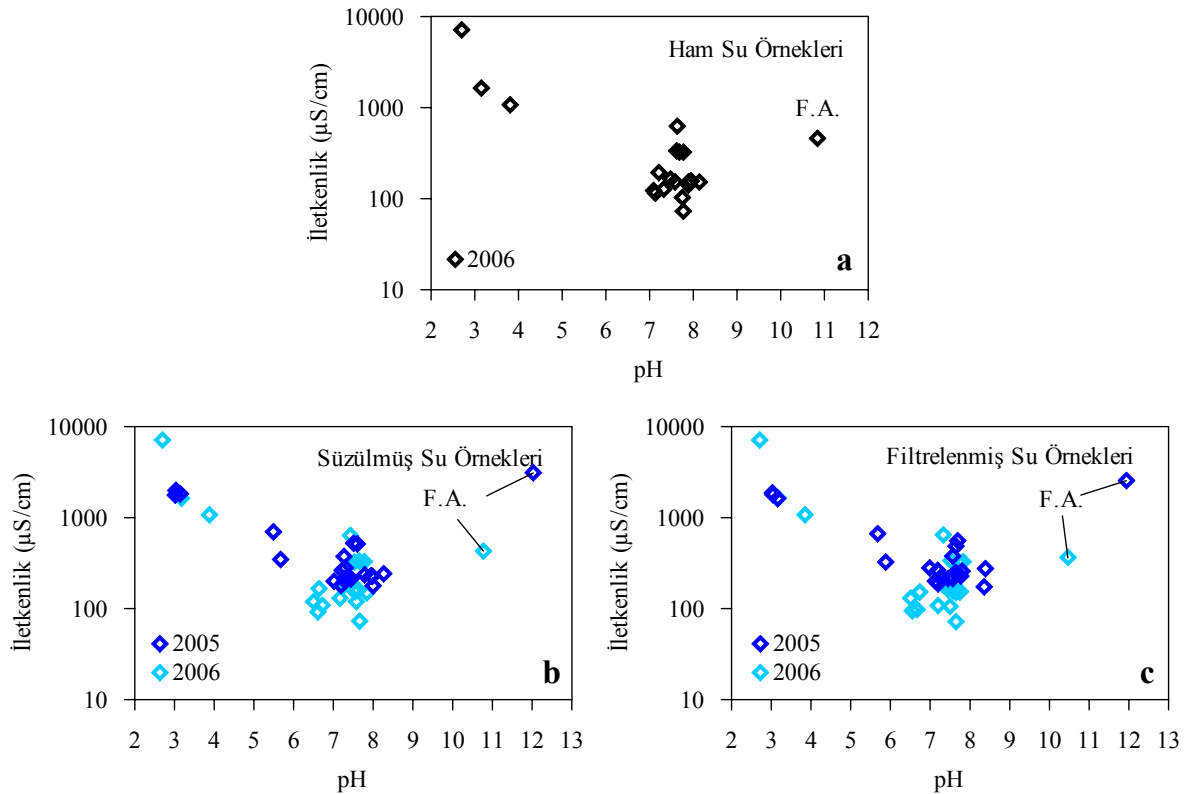
Tablo 3.16. 2005 yılı filtrelenmiş su örneklerindeki fiziksel ve kimyasal parametrelere ait hesaplanan Pearson korelasyon matrisi

	pH	Eh	İletk.	TÇK	Sertlik	Tuz.	Ç.O.	SO4	Fe ⁺³	Fe ⁺²	Asid.	Alk.	NO3	Al	Cu	Fe	Mn	S	Si	Zn	
pH	1.00																				
Eh	-1.00	1.00																			
İletkenlik	-0.93	0.93	1.00																		
TÇK	-0.93	0.93	1.00	1.00																	
Sertlik	-0.90	0.90	0.99	0.99	1.00																
Tuzluluk	-0.92	0.92	0.97	0.97	0.97	1.00															
Ç.O.(mg/l)	0.32	-0.32	-0.32	-0.32	-0.33	-0.32	1.00														
SO4 (mg/l)	-0.95	0.95	0.98	0.98	0.95	0.94	-0.30	1.00													
Fe+3(mg/l)	-0.43	0.43	0.53	0.53	0.59	0.41	-0.13	0.50	1.00												
Fe+2 (mg/l)	-0.84	0.84	0.86	0.86	0.88	0.85	-0.29	0.84	0.64	1.00											
Asidite	-0.85	0.85	0.87	0.87	0.88	0.86	-0.31	0.85	0.66	0.98	1.00										
Alk.	0.75	-0.76	-0.64	-0.64	-0.60	-0.60	0.37	-0.67	-0.33	-0.56	-0.56	1.00									
NO3	0.14	-0.14	-0.15	-0.15	-0.13	-0.20	0.18	-0.17	0.06	-0.22	-0.21	0.07	1.00								
Al	-0.42	0.42	0.59	0.59	0.64	0.51	-0.10	0.53	0.74	0.39	0.41	-0.32	0.12	1.00							
Cu	-0.91	0.91	0.95	0.95	0.93	0.98	-0.31	0.93	0.34	0.74	0.79	-0.60	-0.16	0.51	1.00						
Fe	-0.84	0.84	0.86	0.86	0.88	0.84	-0.29	0.84	0.66	1.00	0.98	-0.55	-0.21	0.41	0.74	1.00					
Mn	-0.95	0.95	0.99	0.99	0.98	0.97	-0.31	0.97	0.55	0.90	0.91	-0.65	-0.16	0.58	0.94	0.90	1.00				
S	0.14	-0.13	0.02	0.02	0.09	-0.08	0.19	-0.04	0.58	-0.10	-0.10	0.07	0.20	0.79	-0.08	-0.08	0.00	1.00			
Si	-0.58	0.58	0.75	0.75	0.80	0.72	-0.23	0.66	0.59	0.63	0.63	-0.37	-0.17	0.76	0.67	0.64	0.73	0.44	1.00		
Zn	-0.79	0.79	0.78	0.78	0.79	0.73	-0.23	0.76	0.64	0.97	0.90	-0.54	-0.19	0.35	0.61	0.97	0.83	-0.07	0.57	1.00	

*Koyu kırmızı renkli olanlar $p < 0.01$ düzeyinde anlamlı, koyu siyah renkli olanlar ise $p < 0.05$ düzeyinde anlamlıdır. Korelasyon katsayıları hesaplanırken tüm örnek tiplerinde flotasyon tesisinden alınan atık örneği hariç tutulmuştur. Deteksiyon limitinin altında çıkan parametrelere deteksiyon limit değerleri verilerek hesaplama yapılmıştır.

Kullanılan ksantatlar ve kireç pH'ı yükseltmektedir. Böylelikle oldukça düşük pH değerlerinde iletkenliğin fazla olduğu yargısına tamamiyle ters düşen bir durum ortaya çıktığından flotasyon tesisinden alınan atık örneği korelasyon matrisinin hesaplamasında hariç tutulmuştur. Kabaca Dereye bırakılan atık örneğinin pH ve iletkenlik değerinin flotasyon tesisinden alınan atık örneğine kıyasla daha düşük olmasından dolayı bu örnek korelasyon matris hesaplamasına dahil edilmiştir.

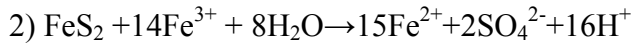
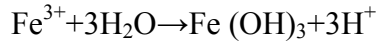
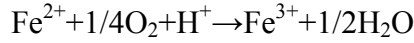
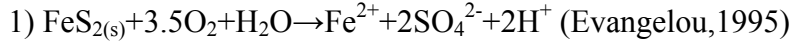
2005 yılında alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde, pH ve iletkenlik arasında sırasıyla $r = -0.94$ ve $r = -0.93$ değerlerinde birbirine çok yakın korelasyonlar bulunur (Tablo 3.15 ve 3.16). 2006 yılında alınan ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde ise sırasıyla $r = -0.77$, $r = -0.76$ ve $r = -0.75$ gibi 2005 yılı örneklerine nazaran daha düşük korelasyonlar mevcuttur (Tablo 3.12, 3.13 ve 3.14). 2006 yılına ait su örneklerinde bu iki bileşen arasındaki korelasyon değerinin azalmasının sebebi 2006 yılı örnekleme sezonunda yağışlı sezonda yapılmış olması ve madenin devir işlemleri nedeniyle düzenli çalışmamış olmasıdır.



Şekil 3.45. 2005- 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin pH'a karşı iletkenlik değişimi

3.5.3. pH ve SO₄²⁻

pH ve SO₄ arasında oldukça yüksek negatif korelasyon mevcuttur. Bu derecede yüksek negatif bir ilişkinin oluşmasının nedeni atık içerisindeki piritin oksitlenmesi sonucu sülfat ve hidrojen iyonunun açığa çıkmasıdır. Bu olay iki farklı şekilde gerçekleşebilir:

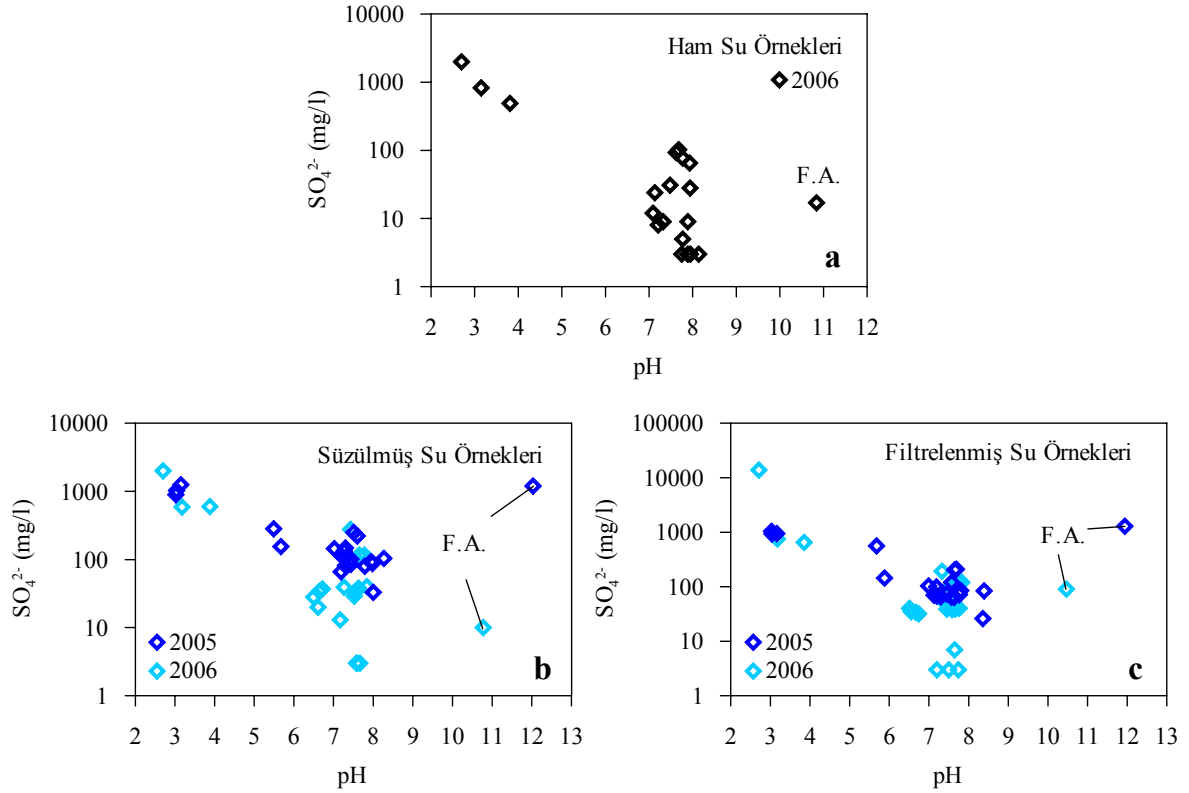


2005 yılında alınan süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerde pH ve SO₄²⁻ arasında sırasıyla $r = -0.93$ ve $r = -0.95$ değerlerinde oldukça yüksek ve birbirine benzer korelasyonlar bulunur (Tablo 3.15 ve 3.16). Buna karşın, 2006 yılına ait süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerde bu iki parametre arasında sırasıyla $r = -0.82$ ve $r = -0.65$ değerlerinde bir önceki sezon örneklerine kıyasla daha düşük korelasyonlar mevcuttur (Tablo 3.13 ve 3.14).

2005- 2006 yıllarında alınan ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinin pH'a karşı SO₄²⁻ grafiğinde, 2006 yılında Kabaca, Damar ve Murgul Derelerinden alınan su örneklerindeki SO₄²⁻ değerlerinin, 2005 yılında bu derelerden alınan su örneklerine kıyasla daha düşük olduğu gözlenmektedir (Şekil 3.46 a, b, c). Bu durumun oluşmasının iki nedeni vardır; birincisi 2006 yılı örnekleme sezonunda yağışlı sezonda yapılmış olması; ikincisi ise madenin (devir işlemleri nedeniyle) düzenli çalışmamış olması ve dolayısıyla atık miktarının çok az olmasıdır.

Ancak, maden içinde oluşmuş su birikintilerinden alınan örneklerin SO₄²⁻ değerleri birinci örneklemedeki (2005 yılı) eşleniklerine kıyasla oldukça yüksektir. 2006 yılında su örnekleme yapıldığı Bognari, Damar ve Çakmakkaya sahalarındaki göller 2005 yılına kıyasla daha çok derindir ve daha çok su bulundurmaktadır. Gölün derinliği arttıkça, derindeki su o oranda indirgen olur (Geller vd., 1998). Bu göller içinde asit oluşumunu engelleyen bir mekanizma olmadığından suyun asit özelliği devam etmektedir.

pH'a karşı SO₄²⁻ grafiğinden görüldüğü üzere 2005 yılında flotasyon tesisinden alınan atıktan elde edilen süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerdeki pH değerinin yüksek olmasına (pH~12) karşın içerdiği sülfat oranı da oldukça yüksektir. 2005 yılında maden düzenli çalışmadığından dolayı bu atık örneğinin sülfat içeriği de düşük çıkmıştır.

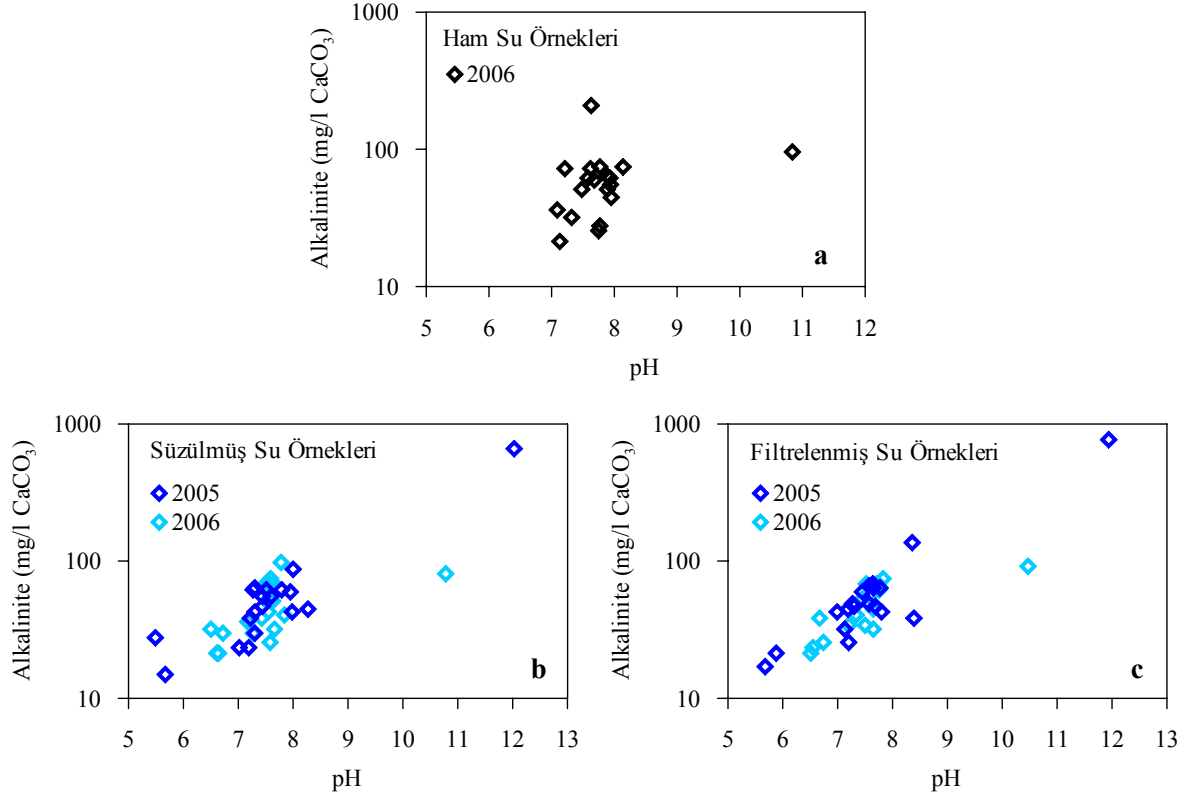


Şekil 3.46. 2005- 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin pH'a karşı SO_4^{2-} değışimi (F.A. : Flotasyon atığı)

3.5.4. pH ve Alkalinite

2006 yılı ham sularında, pH ve alkalinite arasında 0.51 değerinde pozitif bir korelasyon mevcuttur (Tablo 3.12). Buna karşılık 2006 yılı süzölmüş ve filtrelenmiş sularında bu iki parametre arasında sırasıyla $r = 0.73$ ve $r = 0.84$ değerinde ham su örneklerine kıyasla daha yüksek korelasyonlar hesaplanmıştır (Tablo 3.13 ve 3.14). Süzme ve filtreleme işlemleri sonunda su, içerisindeki kolloidlerden arınmakta ve görüntüsü berraklaşmaktadır. Buna bağılı olarak da alkalinite ölçümlerindeki renk değışimleri daha net izlenmektedir. Bu nedenle ham sulara kıyasla süzölmüş, süzölmüş sulara kıyasla da filtrelenmiş suların pH-alkalinite arasındaki korelasyon kat sayısı daha yüksektir.

2005 yılı verilerinde benzer durum söz konusu değildir. 2005 yılında gerek madenin etkin bir şekilde çalışması ve örneklemenin kuru sezonda yapılmış olması itibariyle benzer ilişki gözlenememektedir. 2005 yılı pH ve alkalinite arasında süzölmüş sularda $r = 0.82$; filtrelenmiş sularda $r = 0.75$ gibi yüksek pozitif ilişki söz konusudur (Tablo 3.15 ve 3.16).



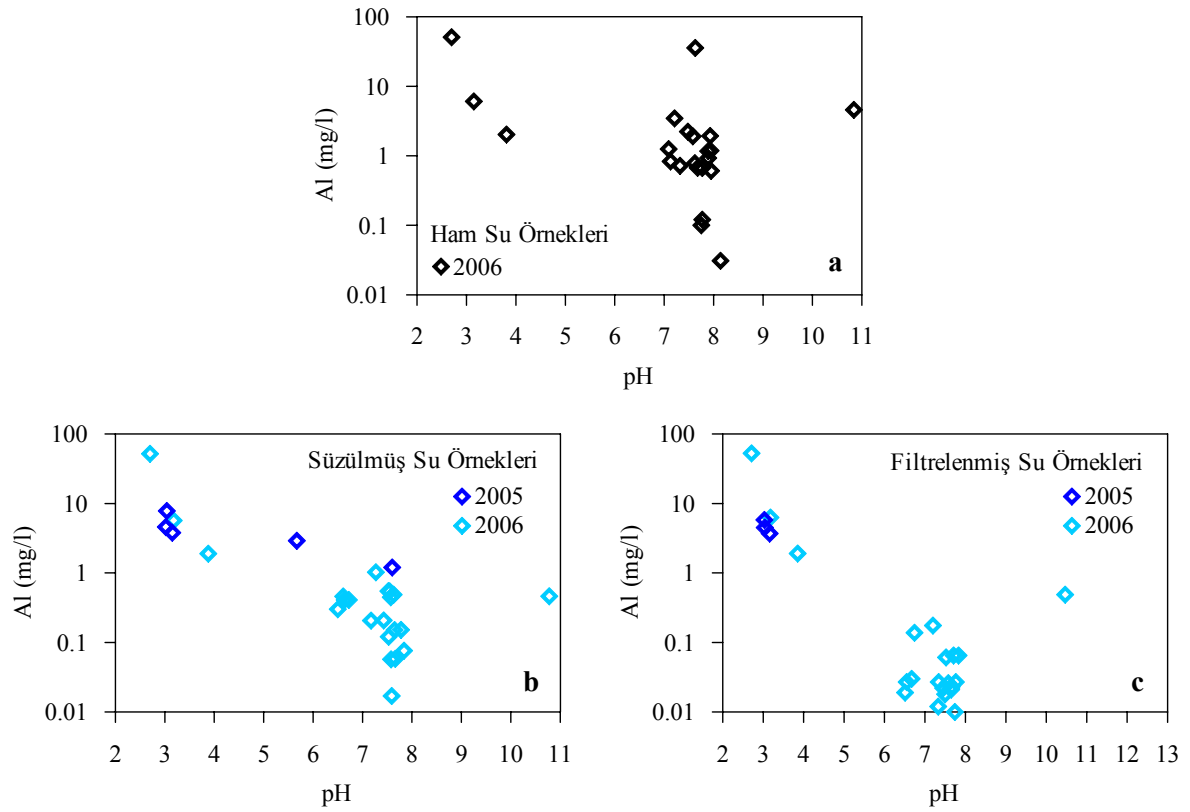
Şekil 3.47. 2005- 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin pH'a karşı Alkalinite değışimi. Asidik maden göllerinden alınan su örnekleri grafiksel gösterime katılmamıştır.

Süzölmüş ve filtrelenmiş suların pH'a karşı alkalinite değışim grafiğinde, pH değeri en yüksek olan flotasyon tesisinden alınan atık örneğinin alkalinite değeri de beklendiğı üzere diğeri örneklere kıyasla en yüksek değere sahip olduğı görölmektedir (Şekil 3.47 a, b, c).

3.5.5. pH ve Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn

Al, Cd, Cu, Fe, Mn ve Zn ile pH arasında her iki sezonda da negatif ilişki gözlenmektedir. Bunun nedeni düşük pH değeri olan çevrelerde bu elementlerin yüksek çözünürlük göstermesidir (Stumm and Morgan, 1981). pH- Al değışim grafiğinden oldukça düşük pH değeri olan Al'un yüksek konsantrasyon değeri, buna karşılık daha yüksek pH değeri olan daha düşük konsantrasyon değeri görölmektedir (Şekil 3.48).

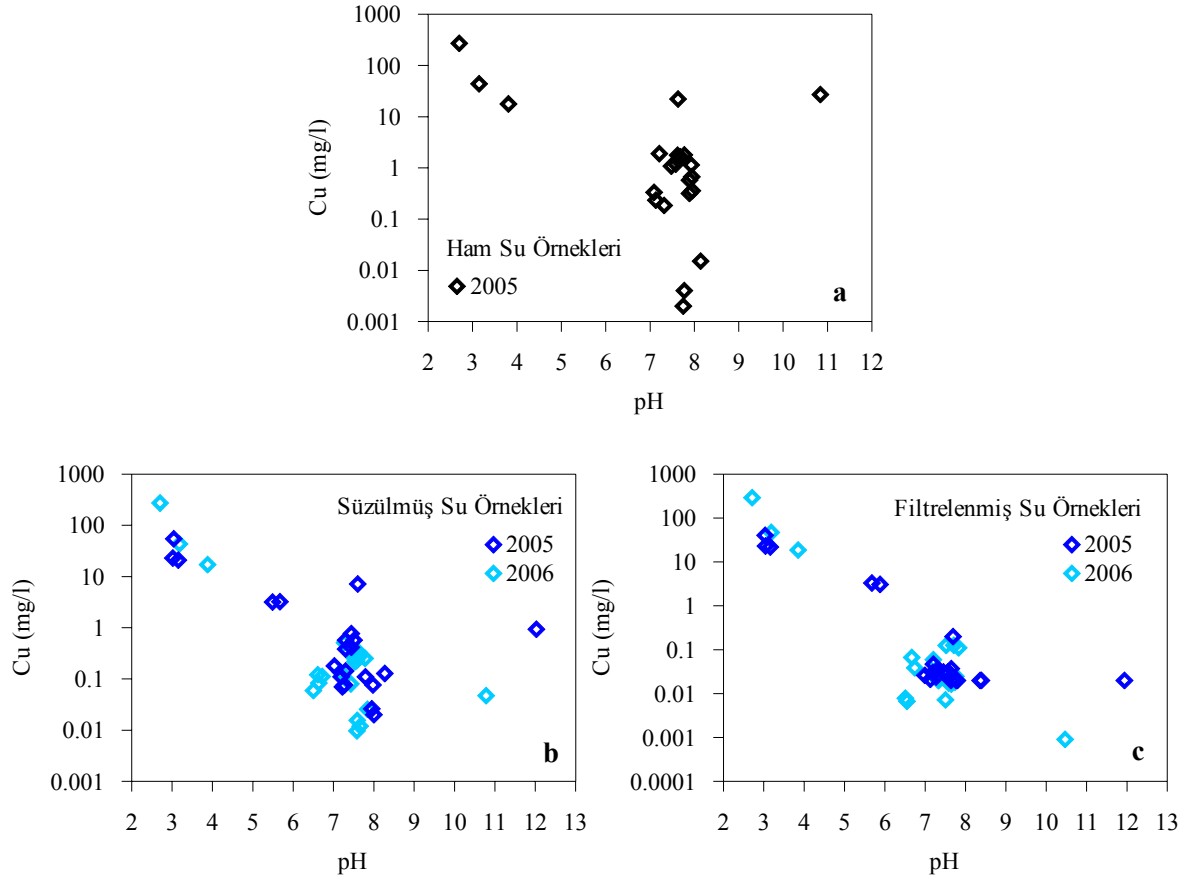
2006 yılında ham sulara pH ve Al arasında $r = -0.52$, süzölmüş ve filtrelenmiş sulara $r = -0.68$ değerinde bir korelasyon mevcuttur (Tablo 3.12, 3.13 ve 3.14). 2005 yılında analiz sonuçlarında çoğunluğun $Al < 1$ mg/l olarak ölçölmelerinden ötürü ilişki net olarak belirlenememiştir.



Şekil 3.48. 2005- 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin pH'a karşı Al değişimi

2006 yılında pH ve Cd arasında ham, süzölmüş ve filtrelenmiş sulara $r = -0.72$ değerinde yüksek bir negatif korelasyon mevcuttur (Tablo 3.12, 3.13 ve 3.14). Bir önceki örnekleme sezonunda analiz sonuçlarının tamamına yakınının $Cd < 20$ $\mu\text{g/l}$ olarak ölçölmelerinden ötürü pH ve Cd arasındaki ilişki net olarak belirlenememiştir.

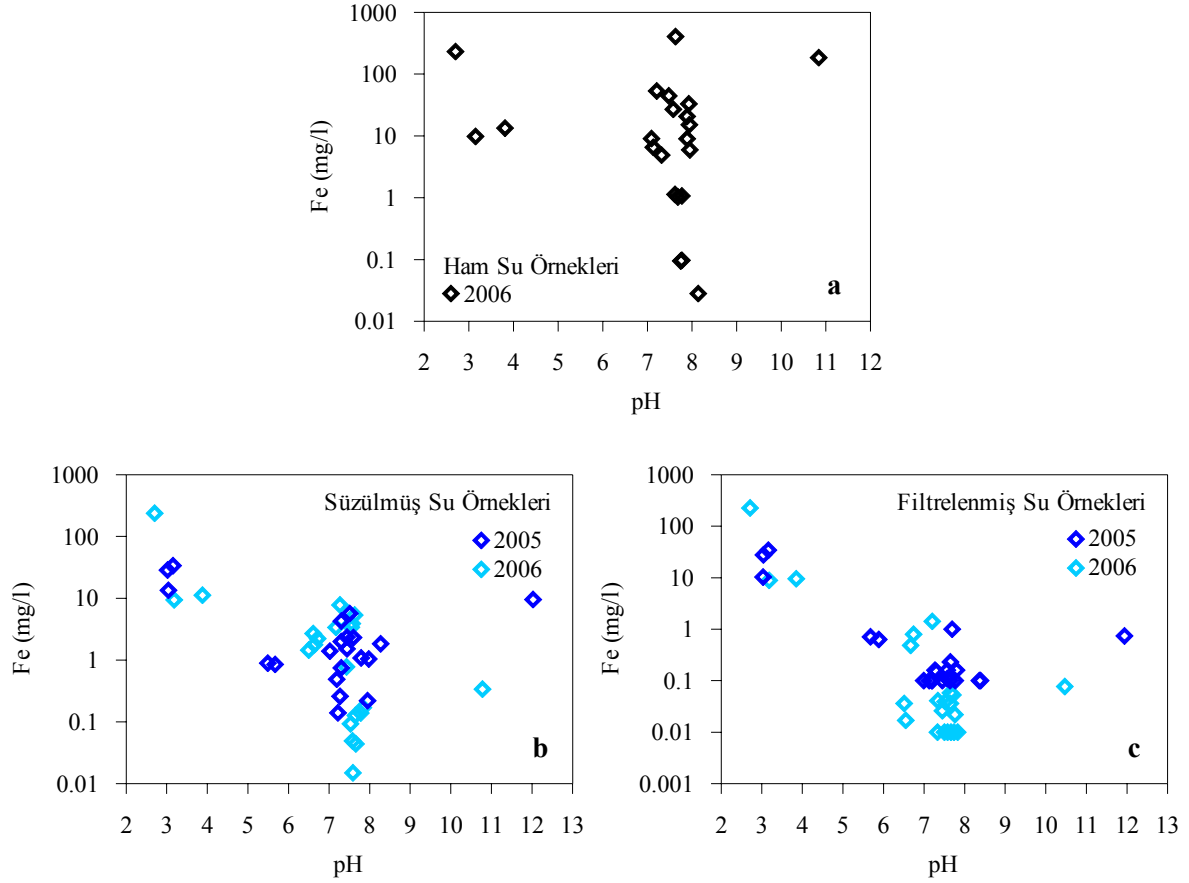
pH'a karşı Cd değişim grafiğinden oldukça düşük pH değerlerinde Cd'un yüksek konsantrasyon değerlerinde olduğu, buna karşılık daha yüksek pH değerlerinde de daha düşük konsantrasyon değerlerinde olduğu görölmektedir (Şekil 3.49).



Şekil 3.50. 2005- 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin pH'a karşı Cu değışimi

2006 yılında pH ve Fe arasında ham sularda $r = -0.23$ gibi anlamsız düşük bir korelasyon mevcutken; süzölmüş sularda $r = -0.64$ ve filtrelenmiş sularda $r = -0.65$ değerinde birbirine çok yakın değerlerde anlamlı korelasyonlar mevcuttur (Tablo 3.12, 3.13 ve 3.14). 2005 yılında pH ve Fe arasında süzölmüş ve filtrelenmiş sularda $r = -0,84$ değerinde, 2006 yılına kıyasla daha yüksek bir ilişkiler mevcuttur (Tablo 3.15 ve 3.16). Bu durum 2006 yılı örnekleme sinin yağışlı sezonda yapılmış olması ve madenin düzenli çalışmamasından kaynaklanmaktadır.

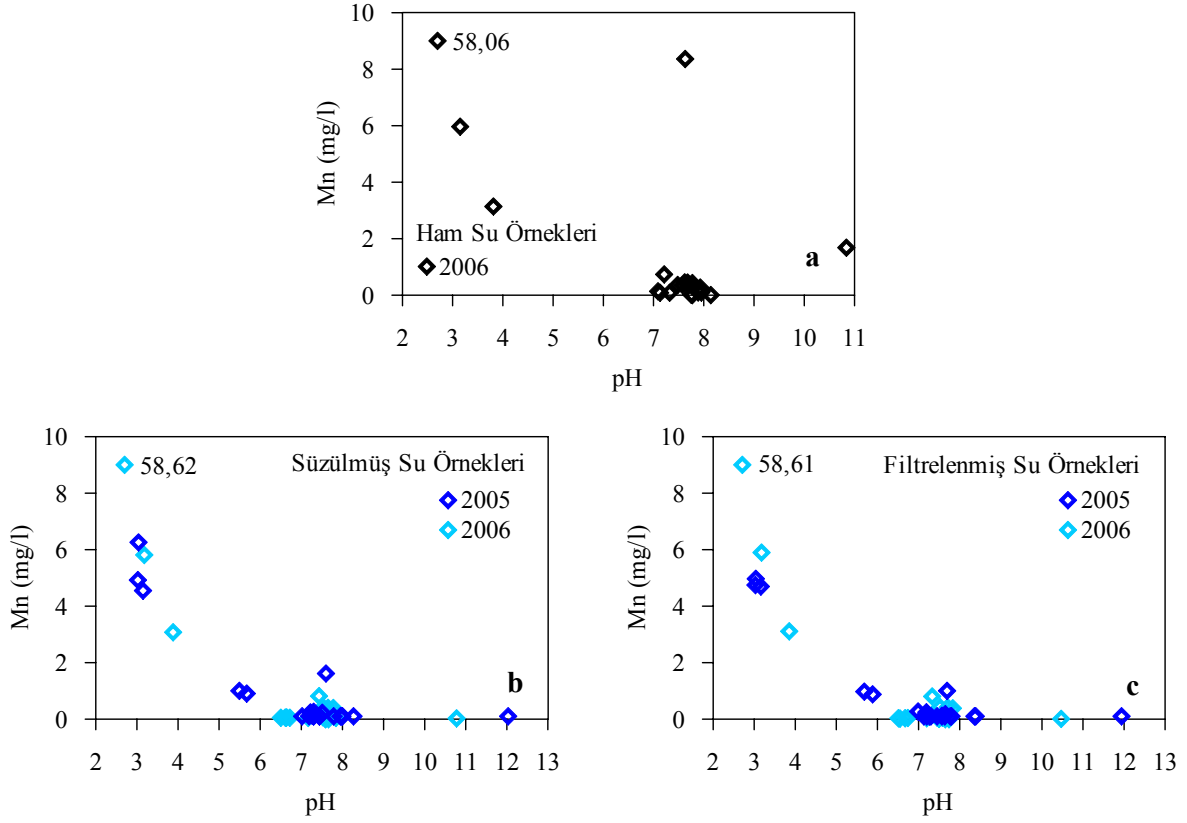
Süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde düşük pH değerlerine karşılık oldukça yüksek konsantrasyonlarda Fe değerleri elde edilirken, yüksek pH değerlerinde daha düşük Fe değerleri elde edilmiştir. Fakat 2005 yılında madenin düzenli çalışmamasından ve kullanılan ksentatlardan dolayı flotasyon tesisinden alınan atık örneğinde yüksek pH değerine karşılık yüksek Fe konsantrasyonu ölçölmüştür (Şekil 3.51). Bir sonraki sezonda flotasyon tesisinden alınan atık örneğinin Fe içeriğ i bir önceki sezona kıyasla daha düşüktür.



Şekil 3.51. 2005- 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneğlerinin pH'a karşı Fe değışimi

2006 yılında pH ve Mn arasında ham sularda $r = -0.67$, süzölmüş ve filtrelenmiş sularda ise $r = -0.68$ değeriinde bir ilişki söz konusudur. 2005 yılında alınan süzölmüş sularda pH ve Mn arasında $r = -0.93$ ve filtrelenmiş sularda $r = -0.95$ değeriinde yine bir sonraki sezon eşleniklerine kıyasla daha yüksek bir korelasyon mevcuttur.

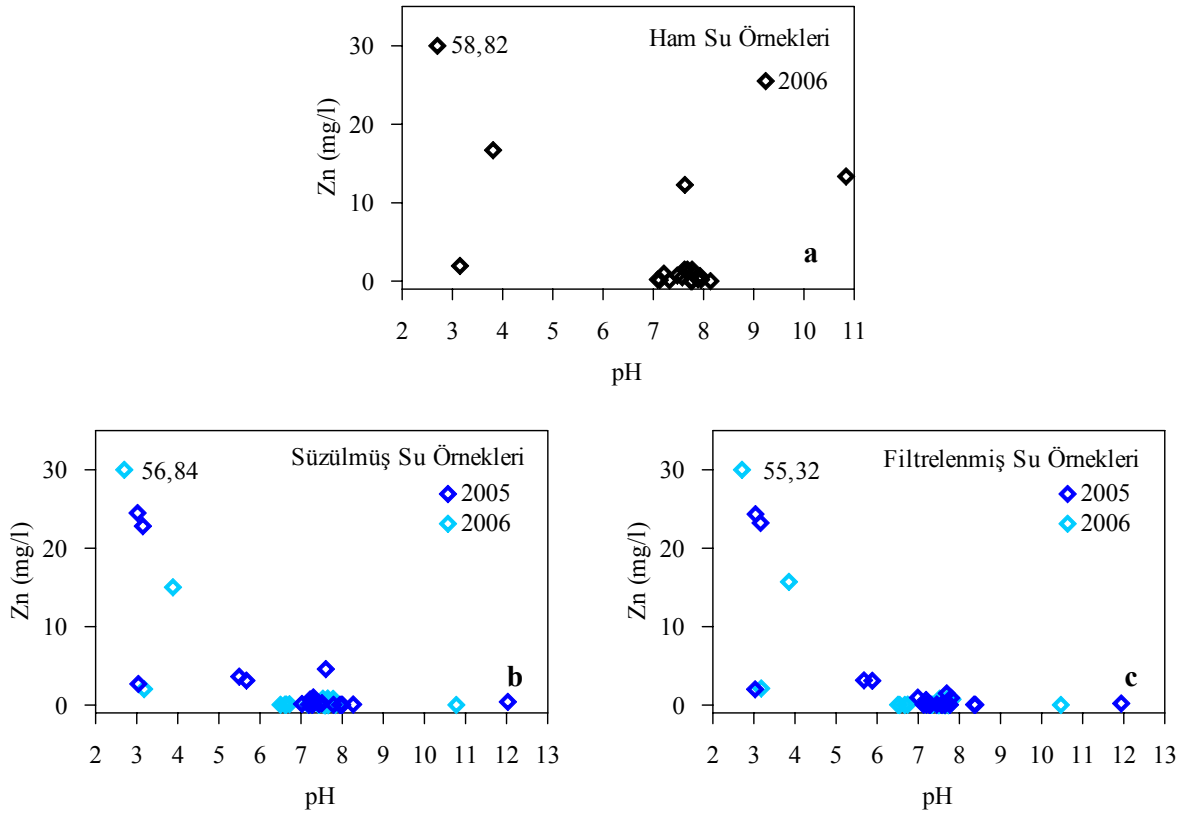
pH'a karşı Mn değışim grafiğinden oldukça düşük pH değeriinde Mn'ın yüksek konsantrasyon değeriinde, buna karşılık daha yüksek pH değeriinde ise oldukça düşük konsantrasyon değeriinde olduğu görölmektedir (Şekil 3.52).



Şekil 3.52. 2005- 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrenmiş su örneklerinin pH'a karşı Mn değışimi

2006 yılında alınan ham, süzölmüş ve filtrenmiş su örneklerinde pH ve Zn arasında sırasıyla $r = -0.71$, $r = -0.72$ ve $r = -0.73$ değerinde birbirine oldukça yakın korelasyonlar mevcuttur. Bir önceki sezon örneklerinde süzölmüş ve filtrenmiş sularda pH ve Zn arasında $r = -0.79$ değerinde daha yüksek negatif ilişki bulunmaktadır.

pH'a karşı Zn değışim grafiğinden oldukça düşük pH değelerinde Zn'nun yüksek konsantrasyon değelerinde, buna karşılık daha yüksek pH değelerinde de daha düşük konsantrasyon değelerinde olduğu görölmektedir (Şekil 3.53).



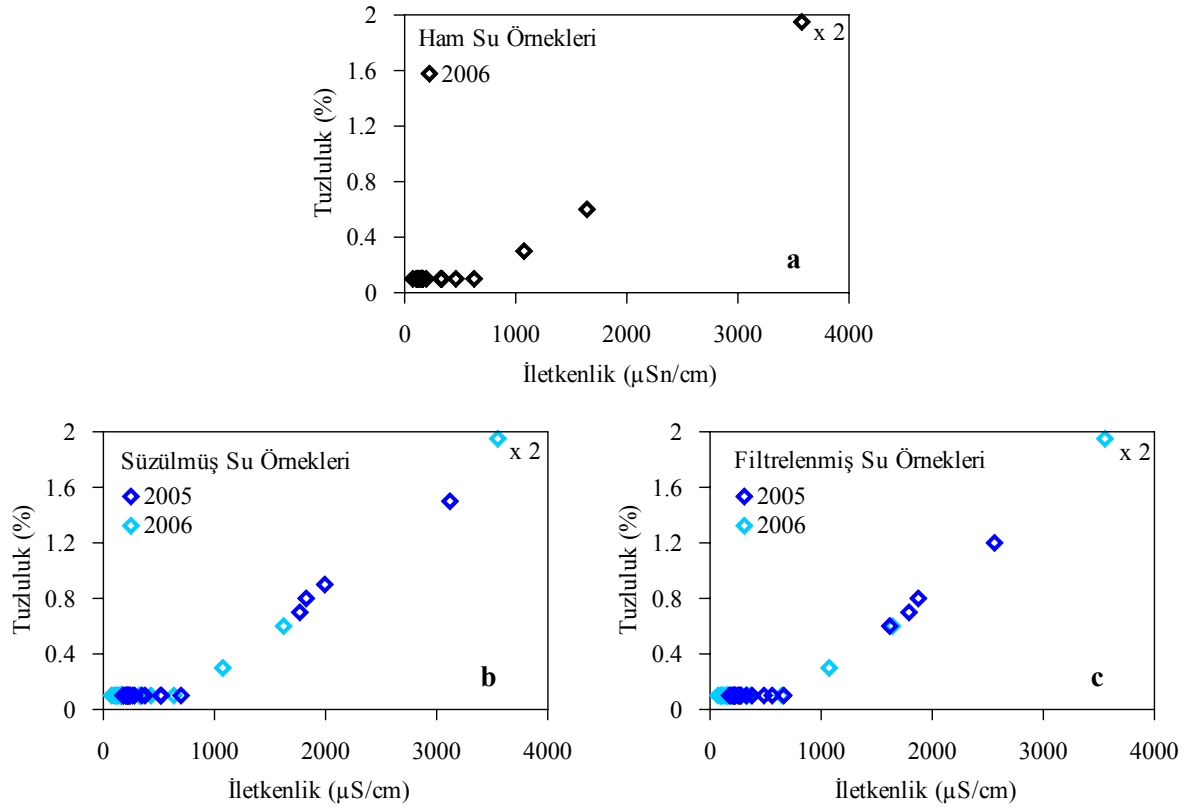
Şekil 3.53. 2005- 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneğlerinin pH'a karşı Zn değışimi

3.5.6. İletkenlik ve Tuzluluk

Suların iletkenlik değeri, içeriindeki çözünmüş madde ve tuz miktarına bağıdır (Soylak ve Doğan 2000).

2006 yılında alınan ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneğlerinde iletkenlik ve tuzluluk arasında $r = 0.99$ değeriinde oldukça yüksek bir korelasyon mevcuttur (Tablo 3.12, 3.13 ve 3.14). Buna karşın, 2005 yılında bu iki parametre arasında süzölmüş ve filtrelenmiş sularda $r = 0.97$ değeriinde bir korelasyon mevcuttur (3.15 ve 3.16).

2006 yılında maden sahasındaki asidik göller, cevherin alınması için daha derinlere kazınmış ve böylelikle 2005 yılına kıyasla daha fazla derinleşen bu asidik göller o derecede daha indirgen olmuştur. Buna bağılı olarak ta daha fazla miktarda tuz çözünmüştür (Şekil 3.54). Bu nedenle, 2006 yılında bu asidik göllerdeki örneğlerinin iletkenlik ve tuzluluk değeriileri arasında 2005 yılı eşleniklerine kıyasla daha yüksek korelasyon mevcuttur.



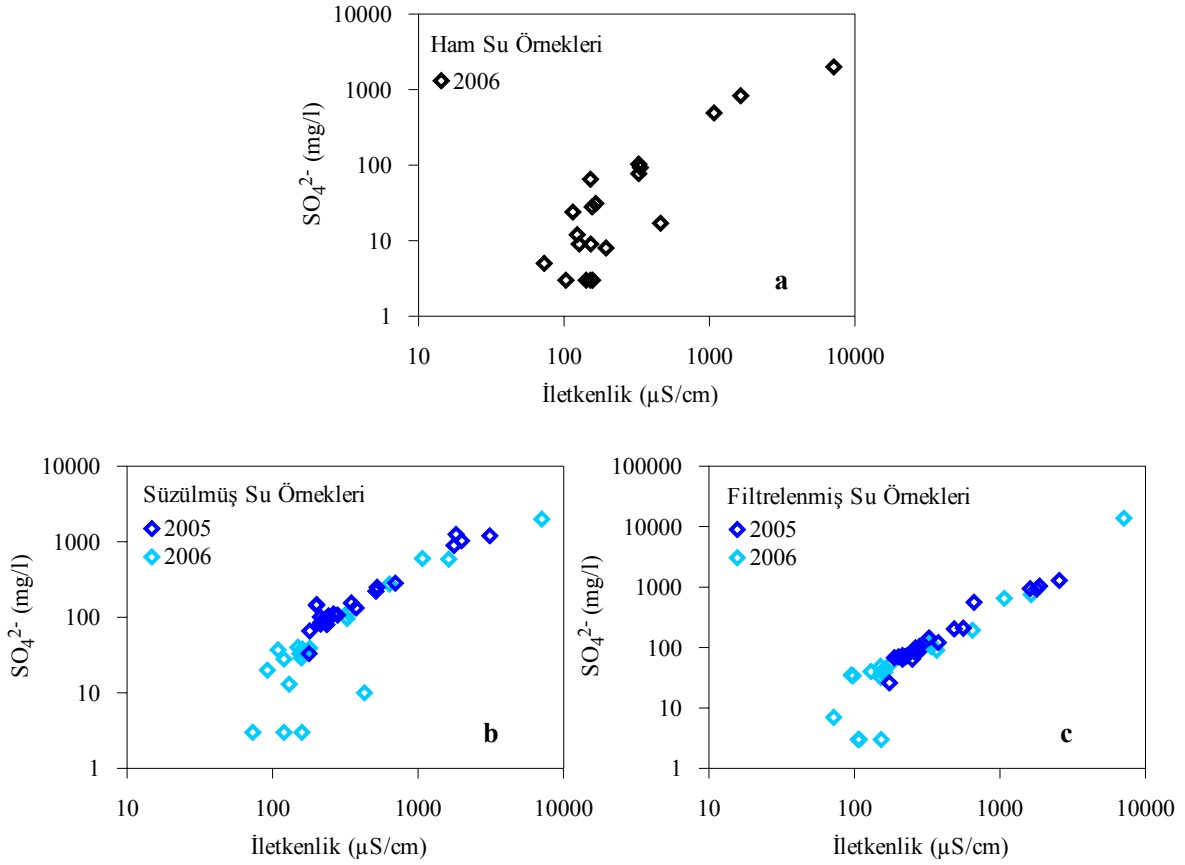
Şekil 3.54. 2005- 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerinin iletkenliğe karşı tuzluluk değışimi. 2006 yılına ait grafikteki x2 noktası x ve y ekseninde orijinal değeriinin yarısı alınarak grafik çizilmiştir.

3.5.7. İletkenlik ve SO_4^{2-}

Sülfat oldukça hareketli bir anyondur. Jips ve diğeri sülfatça zengin tuzların çökeliimi ancak çok yüksek konsantrasyonlara erişince mümkün olur. Temelde suyun iletkenliğini kontrol eden SO_4^{2-} konsantrasyonudur (Olías vd., 2004).

İletkenliğin SO_4^{2-} 'a karşı değışimi grafiğinde ham, süzölmüş ve filtrelenmiş sularda oldukça yüksek pozitif korelasyonlar mevcuttur (Şekil 3.55). 2006 yılında alınan ham sularda iletkenlik ve SO_4^{2-} arasında $r = 0.98$ değeriinde oldukça yüksek pozitif bir korelasyon mevcuttur. Aynı yıl alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde iletkenlik ve SO_4^{2-} arasında ise sırasıyla $r = 0.99$ ve $r = 0.98$ gibi oldukça yüksek pozitif korelasyonlar mevcuttur (Tablo 3.13 ve 3.14).

2005 yılında alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde ise iletkenlik ve SO_4^{2-} arasında $r = 0.98$ değeriinde korelasyon mevcuttur (Tablo 3.15 ve 3.16).

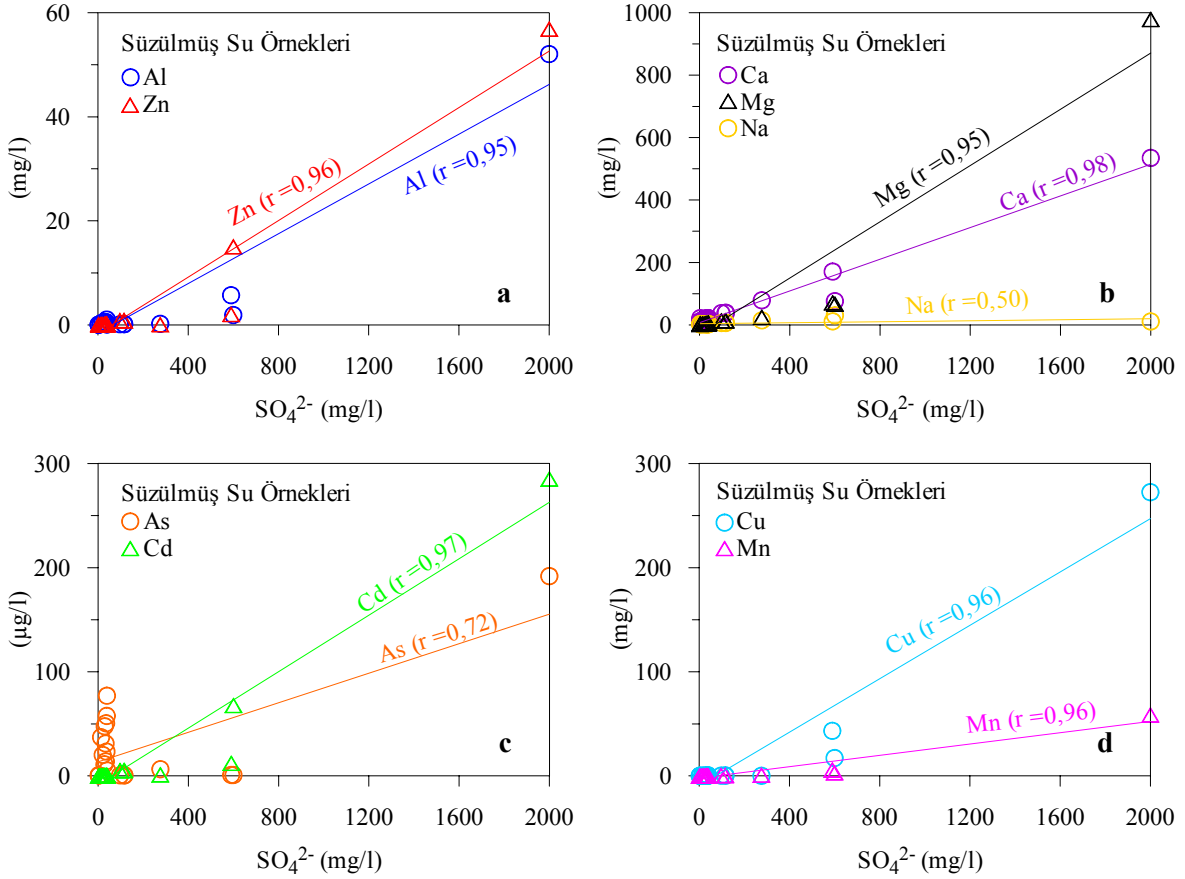


Şekil 3.55. 2005- 2006 yıllarında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham b) süzölmüş ve c) filtrenmiş su örneğlerinin iletkenliğe karşı SO_4^{2-} değışimi

3.5.8. As, Cd, Cu, Mn, Zn'ya Karşı SO_4^{2-} Değışimi

Asidik maden drenaj kimyası, madenin jeolojisine ve mineralojisine bağıdır. 2005 ve 2006 yıllarında alınan ham, süzölmüş ve filtrenmiş örneğlerde As, Cd, Cu, Fe, Mn ve Zn ile SO_4^{2-} arasında oldukça yüksek korelasyonlar mevcuttur (Tablo 3.12, 3.13, 3.14, 3.15 ve 3.16). Bu derecede yüksek korelasyon, piritin ve polimetalik cevherlerin (sfalerit, kalkopirit, galen) çözüldüğünü gösterir (Oliasa vd., 2004). Sülfirik asit diğersülfürlü minerallere etki ederek onların yapısını bozar ve Cu, Pb, Zn, Ni, Cd ve As gibi metalleri açığa çıkarır (Ferreira da Silva vd., 2006).

Gözlenen Al, Mg, Na, K ve Ca konsantrasyonları ise cevher minerallerine eşlik eden gang minerallerinin (klorit, serisit, feldispat) çözüldüğünün göstergesidir (Oliasa vd., 2004). Her iki sezonda tüm örnek türlerinde As, Cd, Cu, Fe, Mn ve Zn ile SO_4^{2-} arasında benzer ilişkiler saptanmıştır.



Şekil 3.56. 2006 yılında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan (flotasyon tesisinden alınan atık hariç) süzölmüş su örneklerindeki a) Al, Zn b) Ca, Mg ve Na c) As, Cd d) Cu, Mn elementlerinin SO_4^{2-} a karşı değişimi.

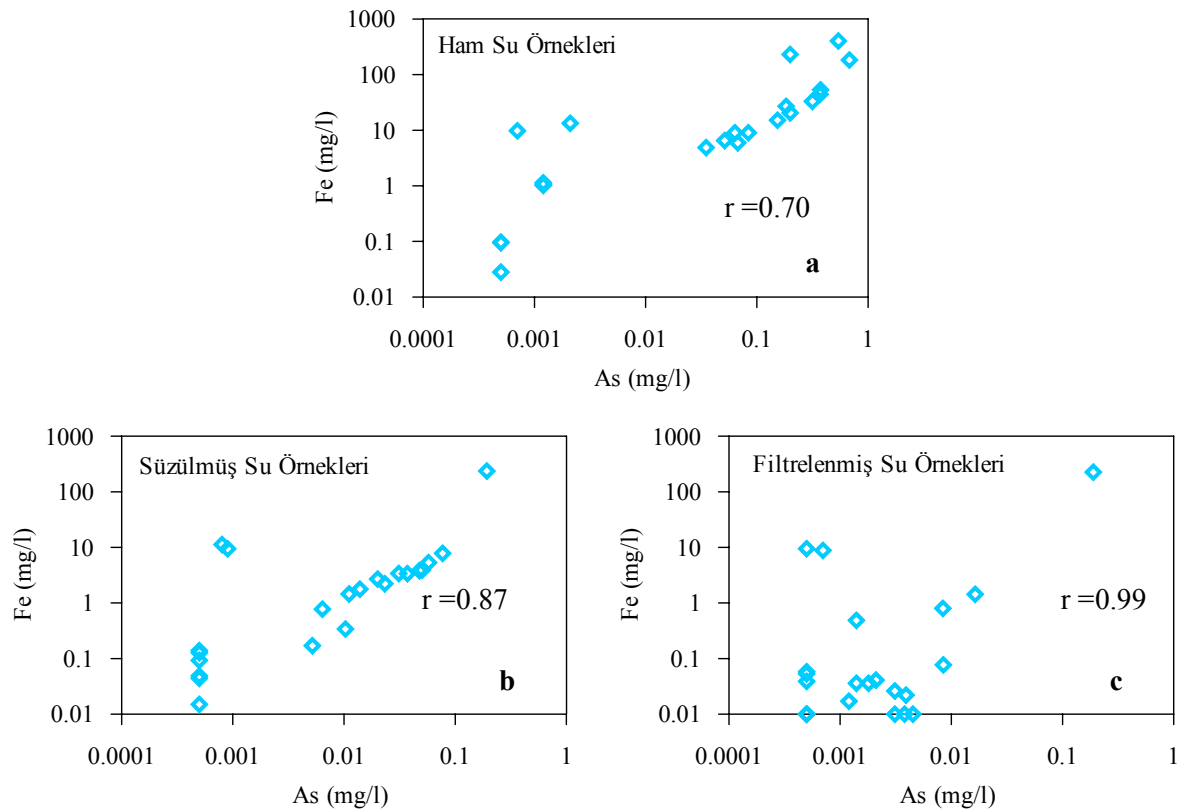
Her iki örnekleme sezonunda benzer ilişkiler mevcut olduğundan, 2006 yılına ait süzölmüş su örneklerindeki cevher ve gang minerallerinin SO_4^{2-} a karşı grafiksel gösterimi yapılmıştır (Şekil 3.56).

3.5.9. Fe ve As

Fe'li oksihidroksitlerin bünyelerine metalleri absorbladıkları birçok araştırmacı tarafından araştırılmıştır (Johnson, 1986, Smith, 1999). Demirli çökeller asidik maden drenajlarında sorbent görevi görürler (Smith, 1999). Çözünürlülüğü çok düşük olan As yada Pb gibi elementlerin absorpsiyonu pH 4,5-5 civarında iken gerçekleşirken, Cu, Zn ya da Cd gibi elementlerin absorblanması yalnızca nötral koşullar altında gerçekleşir (Smith,1999; Lee ve diğ., 2002).

Arsenatlar, demirli oksit/hidroksitlerin yüzeyinde güçlü kompleksler oluştururlar. Çünkü arsenatlar demirli oksit/hidroksitler tarafından güçlü bir şekilde absorblanırlar (Williams, 2001; Casiot vd., 2003). Bu işlem pH'a bağlıdır. Alkalin şartlar altında arsenatların absorblanma derecesi azalır (Smedley ve Kinniburgh, 2002). Arsenopiritin oksidasyonu sonucunda açığa çıkan As, demirli oksit/hidroksit çökelleri tarafından absorblanır. Derelerin coşkun olduğu zaman diğer bir deyişle demiroksit çökeliminin az olduğu zaman sudaki As konsantrasyonu maksimumdur. Kışın (yüksek pH değerleri gözlemlendiği zaman) As konsantrasyonu yüksektir. Çünkü demiroksihidroksit çökeliimi yoktur ve dolayısıyla absorblamada yoktur.

Bu nedenle Fe ve As arasında çok yüksek korelasyon mevcuttur. Fe ve As arasında 2006 yılında ham, süzölmüş ve filtrelenmiş örneklere sırasıyla $r=0,70$, $r=0,87$ ve $r=0,99$ değerinde yüksek pozitif korelasyonlar mevcuttur (Şekil 3.57). 2005 yılında örnekleredeki As değerleri $<300 \mu\text{g/l}$ olduğundan Fe'e karşı karşılaştırmaları yapılamamıştır.

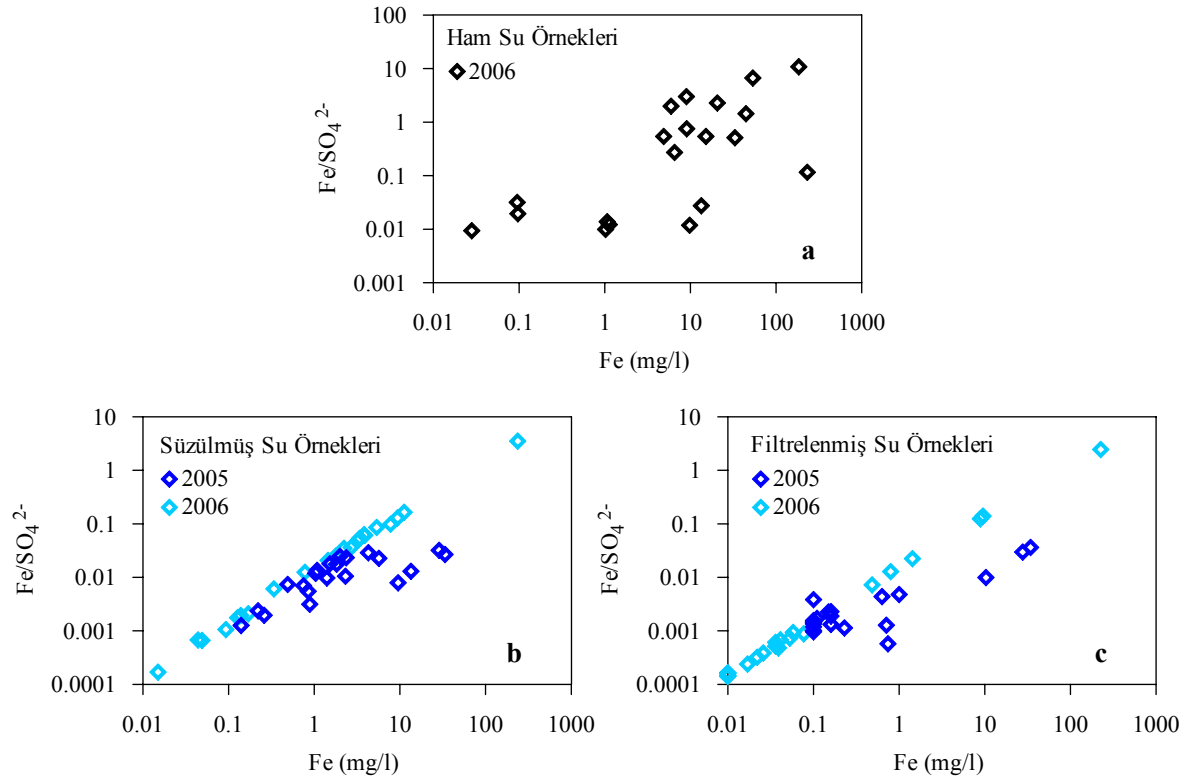


Şekil 3.57. 2006 yılında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerindeki Fe'e karşı As değişimi. Deteksiyon limitinin altında çıkan örneklere grafiksel gösterimi limit değeri verilerek tüm örnek noktaları kullanılmıştır.

3.5.10. Fe ve SO_4^{2-}

Yüksek demir içeriğine sahip sularda $\text{Fe}/\text{SO}_4^{2-}$ arasındaki ilişki (oran) oldukça yüksektir. Demirli oksit/hidroksitlerin çökeliminin sonucu olarak sulardaki Fe içeriği ve buna bağlı olarak da $\text{Fe}/\text{SO}_4^{2-}$ oranı azalır. 2006 yılına ait (bahar) örneklemedeki süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerindeki $\text{Fe}/\text{SO}_4^{2-}$ oranı, 2005 yılına ait (yaz) örneklemedeki süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerdeki $\text{Fe}/\text{SO}_4^{2-}$ oranından daha yüksektir (Şekil 3.58).

Bahar ve kış aylarında vadideki su sirkölasyonu hızlı olduğundan demirli oksit/hidroksitlerin çökelimi azdır. Buna bağlı olarak ta $\text{Fe}/\text{SO}_4^{2-}$ arasındaki ilişki (oran) artar. Yazın ise dere kurur, vadide daha az su bulunduğundan Fe oksit çökelimi olur ve $\text{Fe}/\text{SO}_4^{2-}$ arasındaki ilişki azalır. Bunlara ilave olarak yüksek sıcaklıklardan dolayı bakteriyel oksidasyonla (Fe^{+2} 'nin Fe^{+3} 'e yükseltgenmesi ile) demirli oksit/hidroksit çökelimine katkı sağlanır (Jaynes vd., 1984).



Şekil 3.58. 2005- 2006 yılında derelerden (Damar, Kabaca ve Murgul) ve maden içinden alınan a) ham, b) süzölmüş ve c) filtrelenmiş su örneklerindeki Fe'e karşı $\text{Fe}/\text{SO}_4^{2-}$ değişimi. Deteksiyon limitinin altında çıkan örneklerin grafiksel gösterimi limit değeri verilerek tüm örnek noktaları kullanılmıştır.

3.6. Dere Kumları

Ağustos 2005 ve Haziran 2006 dönemlerinde çalışma alanındaki Kabaca, Damar ve Murgul Derelerinden alınan toplam 17 adet dere kumu örneğinin ana oksit ve iz element analizi yapılmıştır (Tablo 3.17, 3.18). Ayrıca flotasyon tesisinden alınan ve Kabaca Dere'ye atılan atık sularının kağıt filtreden süzülmesi sonucu kağıt filtre üzerinde kalan toplam 2 adet tortu örneğine de ana oksit ve iz element analizi yapılmıştır.

3.6.1. Dere Kumlarının Kimyasal Bileşimi

3.6.1.1. SiO₂

3.6.1.1.1. 2005 Yılı SiO₂ Değişimi

Ağustos 2005 döneminde alınan dere kumu örneklerinde SiO₂ değerleri % 21.61 ile % 86.82 arasında değişmekte olup, tüm dereler için ortalama SiO₂ içeriği % 58.96 (± 17.88)'dir (Tablo 3.17).

Damar ve Kabaca Dereleri boyunca alınan dere kumlarındaki SiO₂ miktarı sırasıyla % 58.66 -% 68.15 arasında ve % 65.28 ile % 86.82 arasında değişmektedir. Her iki deredeki minimum SiO₂ değerleri bu dereler üzerinden alınan temiz su (madenin atık etkisinden uzak) örneklerinin dere kumlarına aittir. Murgul Deresi boyunca alınan dere kumlarında ise SiO₂ değerleri % 21.61 ile % 68.97 arasında değişmektedir. SiO₂ atığa yakın yerlerde en yüksek konsantrasyonlarda, atıktan uzaklaştıkça uzaklığa bağlı olarak daha düşük konsantrasyonlardadır. (Şekil 3.59 a). Bu durum, muhtemelen kil ve kuvars gibi ana silis içeren bileşenlerin başlangıçta çok yoğun olması ve partikül büyüklüklerinden ötürü çok hızlı bir şekilde çökmesinden kaynaklanmaktadır.

Flotasyon tesisinden alınan atık suyunun kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortunun SiO₂ içeriği % 17.2 iken; Kabaca Dere'ye deşarj edilen atık örneğinin yine aynı işleme tabi tutulması sonucu elde edilen tortunun SiO₂ içeriği ise % 87.61'dir.

Tablo 3.17. Ağustos 2005 dönemi dere kumu örneklerine ait ana oksit ve iz element analiz sonuçları ve bazı temel istatistik parametreleri

Örnek No	Örnek Yeri	Ana Oksitler (%)											%			
		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	AK	Toplam C	Toplam S	Toplam
MRG 1 Sed	Damar D.	68.15	12.49	6.98	1.49	0.5	1.09	1.78	0.49	0.08	0.06	0.003	5.9	0.31	1.23	99.02
MRG 2 Sed	Damar D. T.Ö.	58.66	15.18	10.1	1.85	1.07	1.49	1.64	0.91	0.13	0.12	0.004	8.7	1.62	0.2	99.86
MRG 7 Sed	Damar D.	66.6	14	6.83	1.41	0.44	1.64	1.95	0.5	0.1	0.09	0.002	5.9	0.28	0.59	99.46
MRG 8 Sed	Damar D.	66.97	12.65	7.8	1.53	0.46	1.1	1.69	0.58	0.09	0.06	0.003	6	0.25	1.73	98.94
MRG 9 Sed	Kabaca D. Atık	69.1	2.35	14.92	0.45	0.14	0.04	0.55	0.14	0.02	0.02	0.003	8.1	0.26	14.29	95.83
MRG 10 Sed	Kabaca D. T.Ö.	65.28	12.76	8.99	2.92	0.79	1.66	1.56	0.73	0.09	0.08	0.001	4.9	0.12	1.4	99.77
MRG 11 Sed	Kabaca D.	78.69	1.98	9.29	0.38	0.14	0.04	0.45	0.11	0.02	0.01	0.001	5.6	0.18	8.12	96.71
MRG 12 Sed	Kabaca D.	86.82	2.41	4.33	0.52	0.17	0.03	0.58	0.15	0.04	0.01	0.001	3.6	0.2	2.8	98.66
MRG 13 Sed	Kabaca D.	74.05	2.28	13.24	0.36	0.13	0.04	0.52	0.11	0.05	0.01	0.001	8.1	0.13	12.28	98.89
MRG 14 Sed	Murgul D.	68.97	2.2	15.73	0.44	0.15	0.07	0.46	0.15	0.02	0.01	0.003	10.2	0.14	16.1	98.4
MRG 15 Sed	Murgul D.	63.6	2.08	21.11	0.39	0.13	0.04	0.45	0.13	0.02	0.01	0.001	10.9	0.13	17.75	98.86
MRG 16 Sed	Murgul D.	21.61	0.74	50.87	0.29	0.08	0.02	0.14	0.12	0.01	0.01	0.002	24.4	0.15	38.49	98.28
MRG 17 Sed	Murgul D.	43.5	1.48	35.57	0.41	0.12	0.04	0.3	0.12	0.02	0.02	0.002	16.6	0.17	27	98.19
MRG 19 Sed	Murgul D.	54.38	1.81	27	0.47	0.13	0.04	0.37	0.13	0.02	0.02	0.001	13.9	0.22	20.32	98.27
MRG 18 Sed	Murgul D.	48.7	1.58	29.04	0.48	0.13	0.03	0.34	0.11	0.03	0.02	0.001	17.1	0.22	29.94	97.57
MRG 20 Sed	Murgul D.	43.73	1.54	35.83	0.74	0.17	0.05	0.29	0.19	0.03	0.03	0.001	14.8	0.38	22.47	97.4
MRG 22 Sed	Murgul D.	23.47	0.86	47.08	0.67	0.16	0.02	0.15	0.16	0.01	0.02	0.002	24.2	0.31	29.46	96.8
*MRG 6 KF-Sed	Filtre atık tortusu	17.2	0.75	53.77	0.1	0.31	0.01	0.17	0.07	0.02	0.01	0.01	27	0.12	39.56	99.42
*MRG 9 KF-Sed	Filtre atık tortusu	87.61	3.15	2.9	0.38	0.14	0.04	0.74	0.11	0.03	0.01	0.001	3.1	0.22	2.39	98.21
	Minimum	21.61	0.74	4.33	0.29	0.08	0.02	0.14	0.11	0.01	0.01	0.001	3.6	0.12	0.2	95.83
	Maksimum	86.82	15.18	50.87	2.92	1.07	1.66	1.95	0.91	0.13	0.12	0.004	24.4	1.62	38.49	99.86
	Aritmetik Ortalama	58.96	5.20	20.28	0.87	0.29	0.44	0.78	0.28	0.05	0.04	0.002	11.11	0.30	14.36	98.29
	Standart Sapma	17.88	5.52	14.73	0.72	0.28	0.65	0.65	0.26	0.04	0.03	0.001	6.451	0.35	12.24	1.12
	Medyan	65.28	2.20	14.92	0.48	0.15	0.04	0.46	0.15	0.03	0.02	0.002	8.7	0.22	14.29	98.4
	25 %	48.70	1.58	8.99	0.41	0.13	0.04	0.34	0.12	0.02	0.01	0.001	5.9	0.15	1.73	97.57
	75 %	68.97	12.49	29.04	1.41	0.44	1.09	1.56	0.49	0.08	0.06	0.003	14.8	0.28	22.47	98.94
	95 %	80.32	14.24	47.84	2.06	0.85	1.64	1.81	0.77	0.11	0.1	0.003	24.24	0.628	31.65	99.79

*Filtre üzerinde kalan atık tortuları istatistiksel hesaplamalara katılmamıştır. AK: Ateşte kayıp, T.Ö: Temiz örnek

Tablo 3.17.'nin devamı

Örnek No	Örnek Yeri	İz elementler (ppm)												
		As	Ag	Au (ppb)	Ba	Cd	Co	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sr	Zn
MRG 1 Sed	Damar D.	99	2.1	51.4	3075.5	6.1	14	3674.9	0.13	8.4	7	122	157	1222
MRG 2 Sed	Damar D. T.Ö.	9.2	<0.1	2.4	210.4	1.3	21.1	272.1	0.03	0.6	7.5	39.6	154.3	282
MRG 7 Sed	Damar D.	78.5	1.2	28.5	1574.4	3.2	14.6	1985.5	0.12	7.7	7.3	101.4	134.1	632
MRG 8 Sed	Damar D.	111.1	2.4	157.4	3567.9	5.9	14.4	3866.5	0.13	8.2	6.3	139.3	164.7	1328
MRG 9 Sed	Kabaca D. Atık	865.6	19.5	437.7	27439.6	5.2	17	3594.4	0.36	27.2	4	613.4	604.6	990
MRG 10 Sed	Kabaca D. T.Ö.	21.7	0.4	17.2	830.9	0.8	16.7	604.6	0.03	2.6	6.1	28.2	99	196
MRG 11 Sed	Kabaca D.	322	6.1	181.6	21114.1	4.1	10.5	2113.4	0.18	19.6	1.6	285.2	463.4	861
MRG 12 Sed	Kabaca D.	141.6	2.7	85	8380.6	2.7	8	1769.1	0.08	10.6	1	101.4	198.8	544
MRG 13 Sed	Kabaca D.	474.3	10.1	287.1	6016.6	3.8	13.2	3361.1	0.23	16.8	4	339.2	138	669
MRG 14 Sed	Murgul D.	657.8	17.4	2797.1	7318.4	8.4	9.9	4818.3	0.31	25.4	5.4	386.8	155.8	1421
MRG 15 Sed	Murgul D.	736	12.3	448.6	6354.5	7.4	12.2	4923.9	0.41	26.3	4.7	361.6	137.2	1221
MRG 16 Sed	Murgul D.	1675.7	27.3	181.1	10250.1	15.2	11.5	6663.9	0.76	42	9.2	627.2	179.2	2470
MRG 17 Sed	Murgul D.	1243.5	21.1	692.4	8492.8	15.9	19.9	7638.5	0.63	36.6	7.4	498.5	169.3	2400
MRG 19 Sed	Murgul D.	1042.5	18.2	581.9	9660.5	13.7	15.5	6502.7	0.55	32.2	6	402.6	187.9	2283
MRG 18 Sed	Murgul D.	1315.8	20.9	698.3	12060.9	15.9	26.2	7475.2	0.62	36.3	7.6	493.5	225.2	2629
MRG 20 Sed	Murgul D.	1282.8	22.1	635.4	13424.8	21.7	21.7	9332.5	0.64	37.2	7.7	441.7	230.5	3412
MRG 22 Sed	Murgul D.	1926.6	33.7	509.7	18403.5	23.2	14	7850.2	0.92	50.4	11.4	682	309.4	3697
*MRG 6 KF-Sed	Filtre atık tortusu	2616.4	53.8	884.8	2138.4	7.6	16.4	8715.6	1.02	90	17.4	1375.3	65.4	1301
*MRG 9 KF-Sed	Filtre atık tortusu	132.2	2.8	76.3	11351.1	2	5.9	1445	0.07	12	0.8	164.4	275.3	400
	Minimum	9.2	0.1	2.4	210.4	0.8	8	272.1	0.03	0.6	1	28.2	99	196
	Maksimum	1926.6	33.7	2797.1	27439.6	23.2	26.2	9332.5	0.92	50.4	11.4	682	604.6	3697
	Aritmetik Ortalama	706.1	12.8	458.4	9304.44	9.09	15.32	4496.87	0.36	22.83	6.13	333.15	218.14	1544.53
	Standart Sapma	620.24	10.58	651.8	7448.46	7.09	4.73	2715.44	0.28	14.96	2.57	213.77	130.39	1074.96
	Medyan	657.8	12.3	287.1	8380.6	6.1	14.4	3866.5	0.31	25.40	6.3	361.6	169.3	1222
	25 %	111.1	2.4	85.0	3567.9	3.8	12.2	2113.4	0.13	8.40	4.7	122	154.3	669
	75 %	657.8	260.73	8115.05	8115.05	15.9	3818.6	3818.6	23.95	23.95	356	398.65	1221.75	2400
	95 %	1725.88	28.58	1118.06	22379.2	22	22.6	8146.66	0.79	43.68	9.64	638.16	491.64	3469

*Filtre üzerinde kalan atık tortuları istatistiksel hesaplamalara katılmamıştır. T.Ö: Temiz örnek

Tablo 3.18. Haziran 2006 dönemi dere kumu örneklerine ait ana oksit ve iz element analiz sonuçları ve bazı temel istatistik parametreleri

Örnek No	Örnek Yeri	Ana Oksitler (%)											%			
		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	AK	Toplam C	Toplam S	Toplam
MRG 1 Sed	Damar D.	64	12.6	9.96	1.67	0.62	0.97	1.9	0.85	0.08	0.09	0.003	6.3	0.33	1.51	99.05
MRG 2 Sed	Damar D. T.Ö.	64.51	13.71	8.95	1.53	0.86	1.18	1.7	0.9	0.1	0.11	0.003	6.4	0.59	0.61	99.95
MRG 7 Sed	Damar D.	66.83	12.17	8.02	1.32	0.42	1	1.58	0.58	0.1	0.07	0.003	6.6	0.5	1.19	98.69
MRG 8 Sed	Damar D.	68.89	12.52	6.58	1.3	0.3	0.98	1.84	0.5	0.09	0.08	0.003	5.7	0.28	1.25	98.78
MRG 9 Sed	Kabaca D. Atık	69.91	2.72	14.71	0.62	0.12	0.04	0.59	0.14	0.03	0.01	0.001	8.7	0.3	10.45	97.59
MRG 10 Sed	Kabaca D. T.Ö.	68.12	12.86	6.78	3.03	0.7	1.52	1.62	0.62	0.08	0.09	0.001	4.5	0.14	0.48	99.92
MRG 11 Sed	Kabaca D.	82.74	2.97	6.08	0.78	0.15	0.05	0.62	0.15	0.03	0.02	0.001	4.9	0.37	3.95	98.5
MRG 12 Sed	Kabaca D.	53.94	2.01	24.47	0.85	0.16	0.03	0.41	0.17	0.03	0.02	0.002	13.2	0.43	20.63	95.3
MRG 13 Sed	Kabaca D.	70.36	2.45	13.79	0.85	0.15	0.04	0.51	0.17	0.03	0.02	0.001	8.5	0.46	12.96	96.87
MRG 14 Sed	Murgul D.	61.99	2.08	19.2	0.75	0.16	0.03	0.42	0.17	0.04	0.02	0.001	10.4	0.43	15.34	95.25
MRG 15 Sed	Murgul D.	68.93	2.32	14.46	0.81	0.17	0.04	0.47	0.16	0.03	0.02	0.001	8.8	0.43	11.97	96.21
MRG 16 Sed	Murgul D.	65.89	2.4	15.39	1.01	0.18	0.03	0.5	0.19	0.03	0.03	0.001	10.3	0.53	12.37	95.95
MRG 17 Sed	Murgul D.	79.23	2.55	8.3	0.66	0.15	0.05	0.51	0.13	0.04	0.02	0.001	5.8	0.31	6.34	97.44
MRG 19 Sed	Murgul D.	75.68	2.61	9.72	0.67	0.15	0.04	0.54	0.14	0.04	0.02	0.001	7.1	0.31	8.36	96.71
MRG 18 Sed	Murgul D.	79.19	2.74	8.52	0.62	0.15	0.04	0.57	0.13	0.04	0.01	0.001	5.5	0.27	6.13	97.51
MRG 20 Sed	Murgul D.	87.83	3.04	3.49	0.63	0.16	0.06	0.63	0.13	0.03	0.01	0.001	3.2	0.27	1.54	99.2
MRG 22 Sed	Murgul D.	81.5	2.7	7.9	0.57	0.14	0.05	0.56	0.14	0.02	0.01	0.001	4.7	0.25	4.93	98.3
*MRG 6 KF-Sed	Filtre atık tortusu	36.13	2.02	39.08	0.34	0.36	0.02	0.42	0.18	0.03	0.01	0.02	20.6	0.19	31.57	99.21
*MRG 9 KF-Sed	Filtre atık tortusu	88.87	3.81	1.91	0.52	0.08	0.04	0.82	0.12	0.04	0.01	0.001	2.3	0.18	1.25	98.52
	Minimum	53.94	2.01	3.49	0.57	0.12	0.03	0.41	0.13	0.02	0.01	0.00	3.20	0.14	0.48	95.25
	Maksimum	87.83	13.71	24.47	3.03	0.86	1.52	1.90	0.90	0.10	0.11	0.00	13.20	0.59	20.63	99.95
	Aritmetik Ortalama	71.15	5.56	10.96	1.04	0.28	0.36	0.88	0.31	0.05	0.04	0.00	7.09	0.36	7.06	97.72
	Standart Sapma	8.71	4.82	5.35	0.61	0.23	0.52	0.57	0.27	0.03	0.03	0.00	2.57	0.12	6.04	1.50
	Medyan	68.93	2.72	8.95	0.81	0.16	0.05	0.57	0.17	0.04	0.02	0.00	6.40	0.33	6.13	97.59
	25 %	65.89	2.45	7.90	0.66	0.15	0.04	0.51	0.14	0.03	0.02	0.00	5.50	0.28	1.51	96.71
	75 %	79.19	12.17	14.46	1.30	0.30	0.97	1.58	0.50	0.08	0.07	0.00	8.70	0.43	11.97	98.78
	95 %	83.76	13.03	20.25	1.94	0.73	1.25	1.85	0.86	0.10	0.09	0.00	10.96	0.54	16.40	99.93

*Filtre üzerinde kalan atık tortuları istatistiksel hesaplamalara katılmamıştır. AK: Ateşte kayıp, T.Ö: Temiz örnek

Tablo 3.18.'in devamı

Örnek No	Örnek Yeri	İz Elementler (ppm)												
		As	Ag	Au (ppb)	Ba	Cd	Co	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sr	Zn
MRG-1 Sed	Damar D.	98	1.8	56.6	2588.2	5.9	20.5	4329.1	0.11	7	9.2	101.4	165.1	1200
MRG-2 Sed	Damar D. T.Ö.	8.4	<0.1	4.8	169.6	0.7	16.3	154.3	0.02	1	5.5	17	210.5	129
MRG-7 Sed	Damar D.	84.1	2.2	39.7	1985.1	6.2	15.8	7330.5	0.11	5.6	6	96.6	166.8	1364
MRG-8 Sed	Damar D.	95.2	2.6	41.6	3555.4	5.6	13.7	4709.1	0.1	6.6	4.6	151.2	155.5	1024
MRG-9 Sed	Kabaca D. Atık	695.4	8.2	356.7	17337.5	5.3	33.3	1352	0.19	17.6	2.1	290.4	264.5	1054
MRG-10 Sed	Kabaca D. T.Ö.	12.1	0.2	6.3	641.8	0.6	14.1	198.3	0.03	3.3	5.2	20.7	81	140
MRG-11 Sed	Kabaca D.	302.9	3.4	153	11684	2	12.6	489.6	0.08	9.3	1.1	101.2	180.2	397
MRG-12 Sed	Kabaca D.	1201.3	14.6	727.2	35226.3	7.2	55.3	2045	0.33	22.9	3.2	439.6	530	1314
MRG-13 Sed	Kabaca D.	717.7	8.6	361.9	22986.7	6.7	29.3	1780.7	0.22	16.5	2	246.1	363	1278
MRG-14 Sed	Murgul D.	983	>100	521.8	36331.1	6	46.9	1706.3	0.31	22.8	2.9	347.4	556.3	1120
MRG-15 Sed	Murgul D.	786.4	8.5	440.8	29211.3	4.7	34.8	1396.1	0.24	18.2	2.2	249.6	467.3	953
MRG-16 Sed	Murgul D.	789.2	9.5	394.3	29733.8	8.2	33	1765.2	0.29	17.4	2.3	263.3	467.3	1319
MRG-17 Sed	Murgul D.	453	5.4	264.5	19782.8	2.9	18.9	832	0.15	11.9	1.3	139.2	307.7	581
MRG-19 Sed	Murgul D.	501.9	6.2	261.1	25966.8	3	22.9	769.6	0.17	12	1.3	153.4	408.4	508
MRG-18 Sed	Murgul D.	443.4	5.2	243.8	19320	2.4	20.3	728.9	0.14	11.1	1.4	134	305.4	500
MRG-20 Sed	Murgul D.	161.9	2.2	84	6227	1.6	7	481.1	0.06	6.7	0.8	60.3	111.9	346
MRG-22 Sed	Murgul D.	405.2	4.3	175.6	12158	4	15.9	1026.6	0.17	9.4	1	118.9	199.3	750
*MRG-6 KF Sed	Filtre atık tortusu	1634.2	20.5	897.1	1729.5	11.8	74.2	3693.7	0.43	56.8	9	755.9	44.8	1856
*MRG-9 KF Sed	Filtre atık tortusu	68.3	1	35.4	11820.9	0.5	3.4	218.3	0.02	5.1	0.4	35	182.1	124
	Minimum	8.4	0.1	4.8	169.6	0.6	7	154.3	0.02	1	0.8	17	81	129
	Maksimum	1201.3	100	727.2	36331.1	8.2	55.3	7330.5	0.33	22.9	9.2	439.6	556.3	1364
	Aritmetik Ortalama.	455.24	10.76	243.16	16170.91	4.29	24.15	1829.08	0.16	11.72	3.06	172.37	290.60	822.18
	Standart Sapma	361.25	23.31	204.54	12418.42	2.34	12.95	1909.52	0.09	6.56	2.30	116.57	150.58	429.56
	25 %	98	2.2	56.6	3555.4	2.4	15.8	728.9	0.1	6.7	1.3	101.2	166.8	500
	75 %	717.7	8.5	361.9	25966.8	6	33	1780.7	0.22	17.4	4.6	249.6	408.4	1200
	95 %	1026.66	31.68	562.88	35447.26	7.4	48.58	5233.38	0.314	22.82	6.64	365.84	535.26	1328

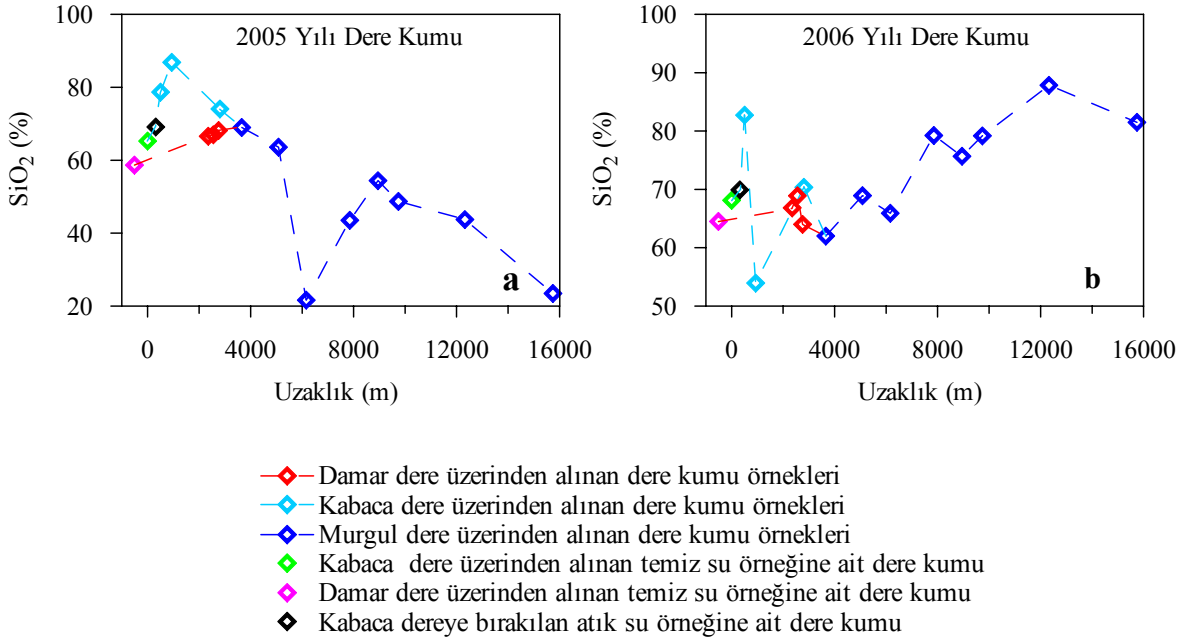
*Filtre üzerinde kalan atık tortuları istatistiksel hesaplamalara katılmamıştır. T.Ö: Temiz örnek

3.6.1.1.2. 2006 Yılı SiO₂ Değişimi

Haziran 2006 döneminde alınan dere kumu örneklerinde SiO₂ değerleri % 53.94 ile % 87.83 arasında değişmektedir (Tablo 3.18). Örneklenen dereler için SiO₂ içeriği ortalaması (% 71.15) bir önceki sezon örneklerine kıyasla daha yüksektir.

Atık etkisinden uzak olan Damar Dere boyunca alınan dere kumlarında SiO₂ değerleri % 64- % 68.89 arasında değişirken; atık etkisi altında olan Kabaca Dere boyunca alınan örneklerde SiO₂ değerleri % 53.94- % 70.36 arasında değişmektedir. Murgul Dere boyunca alınan dere kumlarında ise SiO₂ değerleri % 61.99 ile % 87.83 arasında değişmektedir. 2006 yılında Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca alınan dere kumu örneklerinin SiO₂ içeriği, uzaklığa bağlı olarak artmaktadır (Şekil 3.59 b). Bu durum, muhtemelen SiO₂'in sadece maden atık sahasından değil, vadi boyunca suyun etkileşimde olduğu tüm litolojik birimlerden serbest hale geçirilebilmesinden kaynaklanmaktadır.

Flotasyon tesisinden alınan atığın kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortunun SiO₂ içeriği (% 36.13) bir önceki sezona göre daha yüksektir. Buna karşın Kabaca Dere'ye atılan atığın süzülmesi sonucu elde edilen tortunun SiO₂ içeriği (% 88.87) ise bir önceki sezon örneğiyle yaklaşık olarak aynıdır.



Şekil 3.59. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı SiO₂ içeriği değişimi

3.6.1.2. Al₂O₃

3.6.1.2.1. 2005 Yılı Al₂O₃ Değişimi

Ağustos 2005 dönemine ait dere kumlarındaki Al₂O₃ miktarı % 0.74- % 15.18 arasında değişmekte olup, tüm dereler için ortalama % 5.20 'dir.

Damar ve Kabaca Dereleri boyunca alınan dere kumlarındaki Al₂O₃ değerleri sırasıyla % 12.49- % 15.18 ve % 1.98 ile % 12.76 arasında değişmektedir (Tablo 3.17). Her iki deredeki maksimum Al₂O₃ değerleri bu dereler üzerinden alınan temiz su (madenin atık etkisinden uzak) örneklerinin dere kumlarına aittir (Şekil 3.60 a). Atık etkisinden uzak Damar Dere boyunca alınan dere kumlarındaki Al₂O₃ miktarı, atık etkisi altındaki Kabaca Dere boyunca alınan dere kumlarına kıyasla daha yüksektir. Murgul Deresi boyunca alınan dere kumlarındaki Al₂O₃ değerleri örneklenen Damar ve Kabaca Derelerine nazaran oldukça (% 0.74- % 2.2) dar bir aralıkta değişmektedir.

Flotasyon tesisinden alınan atık ile Kabaca Dereye boşaltılan atık örneklerinin kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortudaki Al₂O₃ miktarı sırasıyla % 0.75 ve % 3.15'dir.

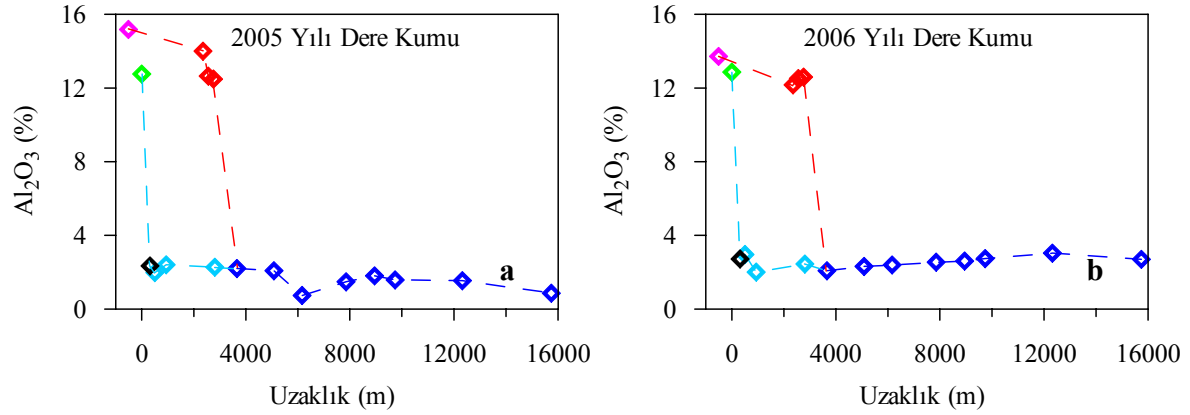
3.6.1.2.2. 2006 Yılı Al₂O₃ Değişimi

Haziran 2006 döneminde alınan dere kumu örneklerindeki Al₂O₃ miktarı % 2.01 ile % 13.71 arasında değişmekte olup, tüm dereler için ortalama % 5.56'dır (Tablo 3.18).

Damar Dere boyunca alınan dere kumlarında Al₂O₃ değerleri % 12.17 ile % 13.71 arasında değişirken; Kabaca Dere boyunca alınan dere kumlarında Al₂O₃ değerleri % 2.01 ile % 12.86 arasında değişmektedir. Her iki deredeki maksimum Al₂O₃ değerleri bu dereler üzerinden alınan temiz su (madenin atık etkisinden uzak) örneklerinin dere kumlarına aittir. Murgul Deresi boyunca alınan dere kumlarının Al₂O₃ içeriği oldukça dar bir aralıkta değişmektedir (% 2.08- % 3.04). Murgul Deresi boyunca 2006 yılı Al₂O₃ değerleri bir önceki döneme kıyasla nispeten artış göstermektedir. Bu durum madenin düzenli çalışmayışının bir sonucudur.

Flotasyon tesisinden alınan ve Kabaca Dereye atılan atık örneklerinin kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortulardaki Al₂O₃ miktarı birbirine benzer olup sırasıyla % 2.02 ve % 3.81'dir.

Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca 2005 yılı Ağustos dönemi ile 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Al_2O_3 miktarı değişimi birbirine çok benzemektedir (Şekil 3.60).



Şekil 3.60. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Al_2O_3 içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.

3.6.1.3. Fe_2O_3

Demir, pirit içeren kayaçların yüzeysel oksidasyonu ile değişik mineraller haline dönüşebilir. Öyle ki, Doğu Karadeniz Bölgesinde çok sık rastlanan ve maden suyu olarak kabul edilen bazı sıcak ve soğuk su kaynaklarında kırmızı renkli tortuların çökelediği görülmektedir. Bu kırmızı çökeller, piritli kayaçlardan çözülen demirin, yüzeysel ortamlarda demir hidroksit olarak çökmesiyle oluşur. Fe^{+2} 'nin çökelebilecek olduğu yapı ve sıvımsı karakterli bir jeldir. Duraylılığından ötürü bu jel çok uzak mesafelere kadar taşınabilir. Bitkilerin çözünmesi sonucu oluşan organik maddeler şartların sağlanması durumunda, oluşan madde daha çok homojen, demir jeli etrafında koruyucu bir kolloid oluşturarak onun duraylılığını artırıcı bir etki yapar.

Sıvının karbonat, sülfat ve silikat gibi iyonlarla karışması durumunda ise Fe^{+2} 'nin çözünürlüğü azalır ve dolayısıyla çöker. Ergiğin alkalilik derecesi de çökelmeye yardımcı olur. Pirit ya ortamın çok indirgen olması durumunda ya da ortamdaki kükürt konsantrasyonunun çok yüksek olması durumunda çökebilir. Siderit ve manyetit çökmesi ise ortamda bulunan anyonun aktivitelerine bağlıdır. Fe^{+3} pH>2.2 olan ortamlarda duraylı Fe bileşimidir. Hematitin çökmesine yol açabilecek olan en düşük

demirli bileşik konsantrasyonu, pH'ın 4.25 ile 8.8 arasında olduğu durumdur. Bu durumda duraylı demir bileşiği $\text{Fe}(\text{OH})_3^0$ olup, bu bileşiğin çözelti içindeki konsantrasyonu $10^{-12.75}$ olması durumunda hematit çökmeye başlar. Bu noktada hematitin çözünürlüğü minimum değerdedir (Akçay, 2002).

3.6.1.3.1. 2005 Yılı Fe_2O_3 Değişimi

Dere kumlarına ait demir konsantrasyonu toplam demir olarak ölçülmüştür. Ağustos 2005 döneminde alınan dere kumu örneklerindeki Fe_2O_3 % 4.33 ile % 50.87 arasında değişmekte olup, tüm dereler için ortalama % 20.28'dir (Tablo 3.17).

Damar Dere boyunca alınan dere kumlarındaki Fe_2O_3 değerlerindeki değişim % 6.83 ile % 10.1 arasında iken, Kabaca Dere boyunca alınan dere kumu örneklerinde % 4.33 ile % 14.92 arasındadır. Kabaca Deredeki maksimum Fe_2O_3 değeri bu dereye deşarj edilen atık örneğinin kumundan elde edilmiştir. Dereler arasında en çok Fe_2O_3 miktarına sahip, Murgul deresidir. Bu dere boyunca alınan dere kumlarında % 15.73 ile % 50.87 arasında Fe_2O_3 bulunmaktadır. 2005 yılı dere kumlarındaki Fe_2O_3 miktarı atık noktasından itibaren uzaklığa bağlı olarak artış göstermektedir (Şekil 3.61 a). Su içerisinde koloidal halde taşınan Fe artan uzaklığa bağlı olarak su içinde daha fazla taşınmamakta ve çökmektedir. Bu nedene uzaklık artıkça dere kumundaki Fe_2O_3 miktarı artmaktadır.

Flotasyon tesisinden alınan atık ile Kabaca Dere'ye atılan atık örneklerinin kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortularının Fe_2O_3 içeriği sırasıyla % 53.77 ve % 2.9'dir. Atık içerisindeki piritlerin varlığından ötürü Fe_2O_3 değeri oldukça yüksek çıkmıştır.

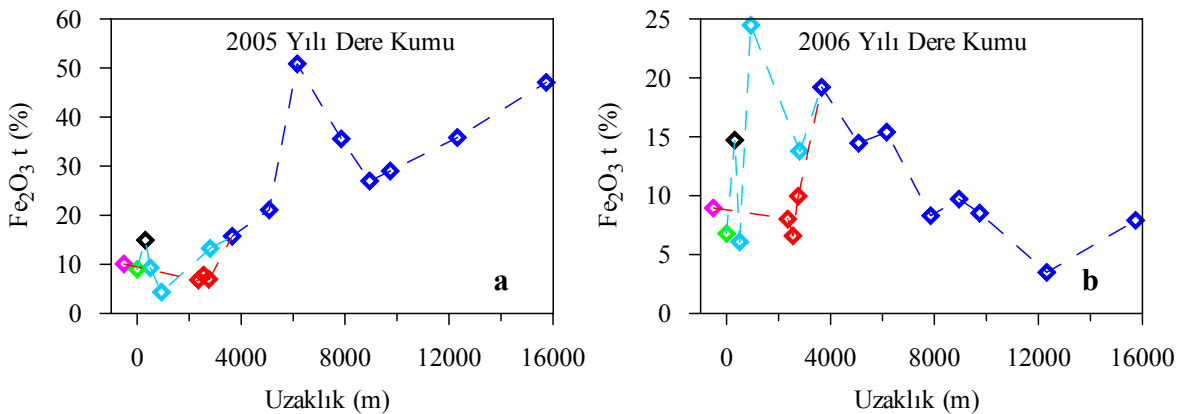
Ağustos 2005 döneminde alınan dere kumu örneklerinin SiO_2 ve Fe_2O_3 değerleri arasında $r = -0.94$ değerinde oldukça yüksek negatif bir ilişki mevcuttur (Tablo 3.19). Bu ilişki tamamiyle başlıca cevher minerali olan pirit ve gang minerali olan kuvarstan ileri gelmektedir.

3.6.1.3.2. 2006 Yılı Fe_2O_3 Değişimi

Haziran 2006 döneminde alınan dere kumu örneklerindeki Fe_2O_3 miktarı bir önceki sezona kıyasla daha düşük olup, % 3.49 ile % 24.47 arasında değişmektedir. Örneklenen dereler için ortalama Fe_2O_3 miktarı da % 10.96'dır.

Damar ve Kabaca Dereler boyunca 2006 yılında alınan dere kumlarındaki Fe_2O_3 miktarı sırasıyla % 6.58- % 9.96 ve % 6.08-% 24.47 arasında değişmektedir. Murgul Deresi boyunca alınan dere kumlarındaki Fe_2O_3 değerleri bir önceki sezona kıyasla daha dar bir aralıkta değişmektedir (% 3.49- % 19.2). 2006 yılı Haziran döneminde madenin düzenli çalışmamasından ötürü örneklenen derelere ait kumlardaki Fe_2O_3 miktarı uzaklığa bağlı olarak azalmaktadır (Şekil 3.61 b).

Flotasyon tesisinden alınan atık suyunun kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortunun Fe_2O_3 içeriği % 39.08 iken; Kabaca Dereye deşarj edilen atık su örneğinin yine aynı işleme tabi tutulması sonucu elde edilen tortunun Fe_2O_3 içeriği ise % 1.91'dir. Bu örneklerin bir önceki dönem eşleniklerine kıyasla Fe_2O_3 miktarı daha azdır. Haziran 2006 döneminde alınan dere kumu örneklerinin SiO_2 ve Fe_2O_3 değerleri arasında ise $r = -0.74$ değerinde bir önceki sezona kıyasla daha düşük negatif bir ilişki mevcuttur (Tablo 3.20). 2006 yılında madenin düzenli çalışmamasının sonucu olarak dere kumu içerisindeki pirit kaynaklı Fe_2O_3 miktarı azalmakta buna karşılık SiO_2 miktarı ise artmaktadır.



Şekil 3.61. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Fe_2O_3 içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.

Tablo 3.19. Ağustos 2005 dönemi dere kumlarına (n=17) ait bazı ana oksit ve iz elementlerin Pearson korelasyon matrisi

	As	Au	Ba	Cd	Co	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sr	Zn	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	T. C	T. S	
As	1.00																						
Au	0.27	1.00																					
Ba	0.54	0.12	1.00																				
Cd	0.92	0.27	0.38	1.00																			
Co	0.24	-0.09	0.00	0.34	1.00																		
Cu	0.88	0.35	0.37	0.96	0.33	1.00																	
Hg	0.99	0.25	0.49	0.94	0.25	0.91	1.00																
Mo	0.98	0.35	0.60	0.91	0.16	0.90	0.98	1.00															
Ni	0.56	0.03	-0.14	0.65	0.45	0.53	0.60	0.45	1.00														
Pb	0.93	0.35	0.72	0.77	0.13	0.78	0.90	0.95	0.36	1.00													
Sr	0.23	-0.03	0.92	0.08	0.00	0.05	0.17	0.29	-0.26	0.46	1.00												
Zn	0.90	0.26	0.40	1.00	0.33	0.96	0.93	0.89	0.64	0.76	0.10	1.00											
SiO ₂	-0.84	-0.04	-0.16	-0.83	-0.36	-0.72	-0.85	-0.75	-0.87	-0.66	0.07	-0.81	1.00										
Al ₂ O ₃	-0.74	-0.40	-0.67	-0.59	0.12	-0.65	-0.71	-0.82	0.12	-0.80	-0.37	-0.57	0.30	1.00									
Fe ₂ O ₃	0.96	0.17	0.35	0.90	0.25	0.84	0.96	0.91	0.67	0.83	0.05	0.88	-0.94	-0.61	1.00								
MgO	-0.59	-0.37	-0.59	-0.45	0.20	-0.56	-0.57	-0.69	0.18	-0.71	-0.37	-0.45	0.16	0.87	-0.45	1.00							
CaO	-0.63	-0.36	-0.61	-0.52	0.25	-0.65	-0.62	-0.74	0.16	-0.73	-0.34	-0.53	0.18	0.90	-0.48	0.89	1.00						
Na ₂ O	-0.68	-0.40	-0.67	-0.55	0.14	-0.64	-0.65	-0.77	0.18	-0.77	-0.40	-0.54	0.22	0.98	-0.54	0.92	0.89	1.00					
K ₂ O	-0.79	-0.40	-0.65	-0.64	0.04	-0.67	-0.76	-0.85	0.02	-0.82	-0.34	-0.62	0.40	0.98	-0.69	0.82	0.81	0.95	1.00				
MnO	-0.58	-0.40	-0.60	-0.44	0.33	-0.55	-0.55	-0.68	0.27	-0.69	-0.33	-0.43	0.11	0.94	-0.43	0.86	0.94	0.95	0.88	1.00			
Toplam C	-0.25	-0.21	-0.26	-0.19	0.38	-0.32	-0.25	-0.34	0.22	-0.33	-0.07	-0.20	-0.05	0.49	-0.15	0.35	0.72	0.43	0.37	0.68	1.00		
Toplam S	0.96	0.32	0.45	0.84	0.22	0.86	0.95	0.95	0.48	0.91	0.13	0.82	-0.80	-0.77	0.94	-0.64	-0.66	-0.72	-0.82	-0.63	-0.30	1.00	

*Koyu kırmızı renkli olanlar p<0.01, koyu siyah renkli olanlar ise p<0.05 anlamlılık düzeyindedir. Kağıt filtre üzerinde kalan MRG 6 KF-sed ve MRG 9 KF-sed örnekleri korelasyon matrisi hesaplamasına katılmamıştır.

Tablo 3.20. Haziran 2006 dönemi dere kumlarına (n=17) ait bazı ana oksit ve iz elementlerin Pearson korelasyon matrisi

	As	Au	Ba	Cd	Co	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sr	Zn	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	T. C	T. S	
As	1.00																						
Au	0.99	1.00																					
Ba	0.96	0.94	1.00																				
Cd	0.59	0.57	0.49	1.00																			
Co	0.92	0.93	0.84	0.64	1.00																		
Cu	-0.19	-0.18	-0.26	0.58	-0.01	1.00																	
Hg	0.95	0.94	0.92	0.76	0.90	0.03	1.00																
Mo	0.98	0.97	0.94	0.64	0.90	-0.11	0.95	1.00															
Ni	-0.44	-0.40	-0.52	0.15	-0.08	0.60	-0.30	-0.41	1.00														
Pb	0.95	0.95	0.86	0.74	0.94	0.05	0.94	0.96	-0.25	1.00													
Sr	0.91	0.91	0.96	0.54	0.88	-0.14	0.91	0.89	-0.32	0.84	1.00												
Zn	0.53	0.51	0.42	0.98	0.60	0.67	0.70	0.59	0.22	0.69	0.47	1.00											
SiO ₂	-0.37	-0.40	-0.25	-0.57	-0.69	-0.38	-0.45	-0.35	-0.60	-0.53	-0.45	-0.55	1.00										
Al ₂ O ₃	-0.76	-0.73	-0.80	-0.20	-0.46	0.47	-0.66	-0.75	0.86	-0.59	-0.63	-0.14	-0.31	1.00									
Fe ₂ O ₃	0.89	0.91	0.79	0.67	0.99	0.02	0.89	0.86	-0.02	0.93	0.85	0.62	-0.74	-0.40	1.00								
MgO	-0.53	-0.50	-0.56	-0.25	-0.26	0.14	-0.48	-0.54	0.70	-0.44	-0.46	-0.23	-0.36	0.79	-0.22	1.00							
CaO	-0.65	-0.61	-0.68	-0.35	-0.34	0.14	-0.61	-0.69	0.80	-0.57	-0.49	-0.32	-0.36	0.89	-0.27	0.82	1.00						
Na ₂ O	-0.73	-0.70	-0.77	-0.26	-0.43	0.37	-0.65	-0.73	0.82	-0.58	-0.61	-0.21	-0.33	0.98	-0.38	0.89	0.91	1.00					
K ₂ O	-0.78	-0.75	-0.82	-0.16	-0.48	0.51	-0.66	-0.75	0.87	-0.59	-0.66	-0.11	-0.27	0.99	-0.43	0.75	0.85	0.95	1.00				
MnO	-0.66	-0.63	-0.69	-0.17	-0.34	0.38	-0.57	-0.67	0.87	-0.51	-0.49	-0.14	-0.43	0.97	-0.28	0.81	0.94	0.96	0.95	1.00			
Toplam C	0.28	0.28	0.26	0.42	0.38	0.23	0.34	0.24	0.16	0.29	0.46	0.40	-0.48	0.01	0.44	-0.19	0.12	-0.07	-0.04	0.14	1.00		
Toplam S	0.99	0.99	0.94	0.61	0.94	-0.16	0.95	0.96	-0.38	0.95	0.92	0.54	-0.44	-0.70	0.92	-0.46	-0.58	-0.67	-0.72	-0.59	0.33	1.00	

*Koyu kırmızı renkli olanlar p<0.01, koyu siyah renkli olanlar ise p<0.05 anlamlılık düzeyindedir. Kağıt filtre üzerinde kalan MRG 6 KF-sed ve MRG 9 KF-sed örnekleri korelasyon matrisi hesaplamasına katılmamıştır.

3.6.1.4. Toplam S

Metal sülfürlerin sedimanter olarak çökelmeleri sadece çok indirgen ortamlarda gelişir. Böyle ortamlar genellikle organik maddece zengin ortamlardır. Pirit ve markasit, sedimanter sülfür minerallerinden en çok görülenleridir.

Ortamın oksitleyici olduğu durumlarda S, SO_4^{2-} iyonu veya SO_4 minerallerinden birine dönüşür (Akçay, 2002).

3.6.1.4.1. 2005 Yılı Toplam S Değişimi

Ağustos 2005 döneminde alınan dere kumu örneklerindeki toplam S miktarı % 0.2 ile % 38.49 arasında değişmektedir. Örneklenen tüm dereler için ortalama S % 14.36'dır.

Atık etkisinden uzak Damar Dere boyunca alınan dere kumlarındaki toplam S miktarı % 0.2 ile % 1.73 arasında değişirken; atık etkisinde olan Kabaca Dere boyunca alınan dere kumlarında % 1.4 ile % 14.29 arasında değişmektedir. Her iki deredeki en düşük toplam S miktarı bu dereler üzerinden alınan temiz su (kaynak suyu) örneklerinin dere kumlarına aittir. Kabaca Dere üzerindeki en yüksek toplam S değeri bu dereye deşarj edilen atık örneğinin bulunduğu yerden alınan dere kumu örneğine aittir. Dereler içinde toplam S miktarındaki en geniş değişim aralığına sahip olan Murgul Deresidir (% 16.1 ile % 38.49). Murgul Deresi üzerindeki en yüksek S içeriğine sahip olan örnek aynı zamanda en yüksek Fe_2O_3 içeriğine de sahiptir.

Flotasyon tesisinden alınan ve Kabaca Dereye atılan atık örneklerinin kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortuların toplam S içeriği sırasıyla % 39.56 ve % 2.39'dur.

2005 yılı Damar; Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca alınan dere kumu örneklerinin toplam S içeriği uzaklığa bağlı olarak artmaktadır (Şekil 3.62 a). Dere kumları içerisindeki toplam S pirit kaynaklı olduğundan toplam S ile Fe_2O_3 arasında $r = 0.94$ değerinde yüksek pozitif bir korelasyon mevcuttur (Tablo 3.19). Toplam S ile Toplam Fe_2O_3 uzaklığa bağlı olarak aynı davranışı göstermektedir.

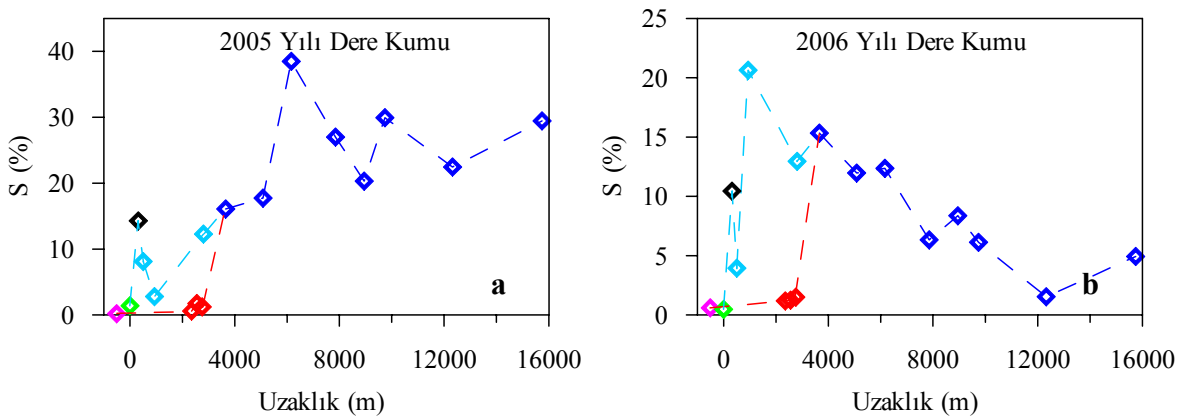
3.6.1.4.2. 2006 Yılı Toplam S Değişimi

Bu örnekleme sezonunda alınan dere kumu örneklerindeki toplam S miktarı bir önceki sezon eşleniklerine kıyasla daha düşüktür. Değişim % 0.48 ile % 20.63 arasındadır. Örneklenen tüm dereler için ortalama S içeriği % 7.06'dır.

Damar ve Kabaca Dereleri'nden alınan dere kumları içerisindeki toplam S miktarı sırasıyla % 0.61- % 1.51 ve % 0.48- % 20.63 arasında değişmektedir. Her iki deredeki en düşük toplam S değerleri bu dereler üzerinden alınan temiz su örneklerinin dere kumlarına aittir. 2006 yılında maden düzenli çalışmadığından ötürü en yüksek toplam S değeri Kabaca Dereye bırakılan atık örneğinde çıkmamıştır. Murgul Deresi boyunca alınan dere kumlarındaki toplam S değerleri bir önceki örnekleme sezonuna kıyasla daha dar bir aralıkta (% 1.54 ile % 15.34) değişmektedir. Murgul Dere üzerindeki en yüksek S içeriğine sahip örnek aynı zamanda en yüksek Fe_2O_3 içeriğine sahip örnektir.

2006 yılı Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca alınan dere kumu örneklerinin toplam S içeriği madenin düzenli çalışmayışının sonucu uzaklığa bağlı olarak azalmaktadır (Şekil 3.62 b). Dere kumları içerisindeki toplam S pirit kaynaklı olduğundan toplam S ile Fe_2O_3 arasında bir önceki sezonda da olduğu gibi $r = 0.92$ değerinde yüksek pozitif bir korelasyon mevcuttur (Tablo 3.20). S ile Fe_2O_3 uzaklığa bağlı olarak aynı davranışı göstermektedir.

Flotasyon tesisinden alınan ve Kabaca Dere'ye atılan atık örneklerinin süzülmesi sonucu elde edilen tortulardaki toplam S miktarı sırasıyla % 31.57 ve % 1.25'dir.



Şekil 3.62. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı toplam S içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.

3.6.1.5. As

Arsenik, hidrotermal damarlarda Au, Ag, Cu, Ni, Co ve Fe gibi elementlerle, Ni- Cu sülür yataklarında, bazı uranyum damarlarında, bakırlı şeyl ve kumtaşlarında, fosfatlı kayalarda ve oksitlerde bulunur (Şahinci, 1986). Arsenik, As^{3+} ve As^{2+} olarak iyon çapları itibariyle Si^{4+} ve Fe^{3+} iyonları ile yer değiştirebilen bir elementtir.

3.6.1.5.1. 2005 Yılı As Değişimi

Ağustos 2005 döneminde alınan dere kumu örneklerinde As 9.2- 1926.6 ppm arasında değişmekte olup, ortalama 706.1 ppm' dir (Tablo 3.17).

Damar ve Kabaca Dereleri boyunca alınan dere kumlarında As sırasıyla 9.2- 111.1 ppm ve 21.7- 865.6 ppm arasında değişmektedir. Her iki deredeki minimum As değerleri bu dereler üzerinden alınan temiz su örneklerinin kumlarına aittir. Örneklenen dereler arasında en çok As içeriğine sahip Murgul Deresidir. Bu dere boyunca değişim 657.8 ile 1926.6 ppm arasındadır.

Flotasyon tesisinden alınan ve Kabaca Dere'ye atılan atıklara ait tortulardaki As miktarı sırasıyla 2616.4 ppm ve 132.2 ppm' dir. Atık içerisindeki piritlerin varlığından ötürü As değeri oldukça yüksek çıkmıştır.

2005 yılında alınan dere kumlarındaki As miktarı uzaklığa bağlı olarak artış göstermektedir (Şekil 3.63 a). Su içerisinde koloidal halde taşınan demir bünyesine As'i absorblamaktadır. Demir, artan uzaklığa bağlı olarak su içerisinde daha fazla taşınmamakta ve bünyesinde taşıdığı As' le beraber çökelmektedir.

Bu ilişkinin sonucu olarak Ağustos 2005 dönemine ait dere kumu örneklerinin As ve Fe_2O_3 değerleri arasında $r = 0.96$ değerinde oldukça yüksek pozitif bir korelasyon mevcuttur (Tablo 3.19). Fe_2O_3 ile $r = 0.94$ değerinde yüksek pozitif bir korelasyona sahip toplam S ile As arasında da $r = 0.96$ değerinde oldukça yüksek pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Tablo 3.19).

3.6.1.5.2. 2006 Yılı As Değişimi

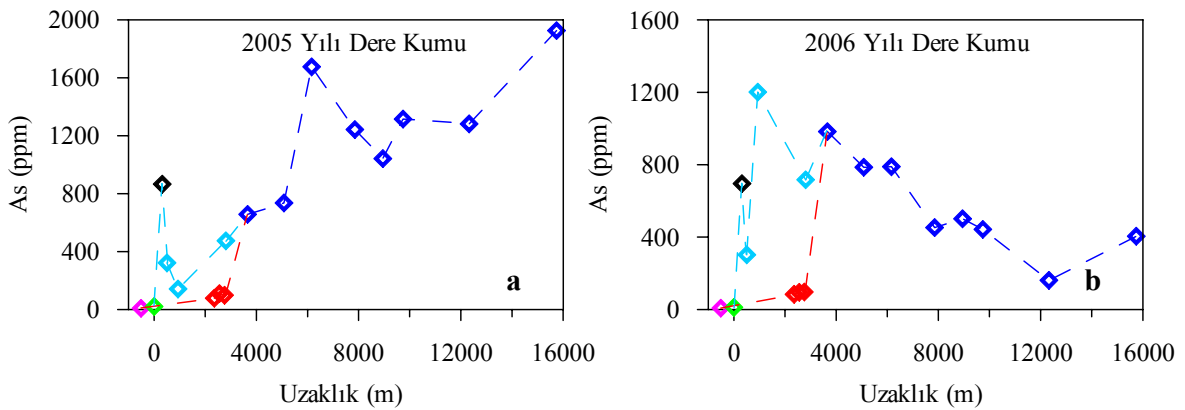
Haziran 2006 döneminde alınan dere kumu örneklerindeki As miktarı bir önceki sezona göre daha dar bir aralıkta değişmektedir (8.4- 1201.3 ppm). Benzer durum ortalamada da söz konusudur (455.24 ppm).

Atık etkisinden uzak Damar Dere boyunca alınan dere kumlarında As 8.4 ile 98 ppm arasında değişirken; atık etkisi altında olan Kabaca Dere boyunca 12.1 ppm ile 1201.3 ppm arasında değişmektedir (Tablo 3.18). Her iki deredeki en düşük As değerleri bu dereler üzerinden alınan temiz su örneklerinin kumlarına aittir. Murgul Deresi boyunca alınan dere kumlarında ise As 161.9 ile 983 ppm arasında değişmektedir.

Flotasyon tesisinden alınan atık ile Kabaca Dereye deşarj edilen atık örneklerine ait tortularda ölçülen As miktarı sırasıyla 1634.2 ppm ve 68.3 ppm' dir. Bu örneklerde ölçülen As miktarı bir önceki dönem eşleniklerine kıyasla daha azdır.

Madenin düzenli çalışmamasının ötürü dere kumu içerisindeki pirit kaynaklı Fe_2O_3 miktarı uzaklığa bağlı olarak azalmakta ve buna bağlı olarak da As miktarı azalmaktadır (Şekil 3.63 b). Çünkü As sulu demir oksitler tarafından kolaylıkla emilebilmektedir.

Haziran 2006 döneminde alınan dere kumu örneklerinde As ve Fe_2O_3 arasında bir önceki sezona oranla daha düşük $r = 0.89$ bir ilişki mevcuttur (Tablo 3.20). As, sülfürlü minerallerin olduğu ve oksitlendiği bölgelerde yüksek konsantrasyonlara erişebildiğinden toplam S ile arasında $r = 0.99$ değerinde yüksek pozitif bir ilişki vardır. As, toplam Fe_2O_3 ve S'ün uzaklığa bağlı değişim grafiklerindeki benzerlik bu ilişkileri açıklamaktadır.



Şekil 3.63. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı As içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.

3.6.1.6. Au

3.6.1.6.1. 2005 Yılı Au Değişimi

Ağustos 2005 döneminde alınan dere kumu örneklerinde Au 2.4- 2797.1 ppb arasında değişmekte olup, tüm dereler için ortalama Au miktarı 458.4 ppb' dir.

Damar ve Kabaca Dereler boyunca alınan dere kumlarında Au sırasıyla 2.4- 157.4 ppb ve 17.2- 437.7 ppb arasında değişmektedir. Bu iki deredeki en düşük Au değerleri bu dereler üzerinden alınan temiz su örneklerinin dere kumlarına aittir. Kabaca Dere üzerindeki en yüksek Au değeri bu dereye deşarj edilen atık örneğinin alındığı yerdeki dere kumundan elde edilmiştir. Murgul Deresi boyunca alınan dere kumlarında Damar ve Kabaca Dereleri boyunca alınan dere kumlarına kıyasla daha yüksek değerlerde (181.1 ile 2797.1 ppb) Au bulunmaktadır.

Flotasyon tesisinden alınan atık ile Kabaca Dereye deşarj edilen atık örneklerine ait tortularda ölçülen Au miktarı sırasıyla 884.8 ppb ve 76.3 ppb' dir.

2005 yılı dere kumlarındaki Au miktarı uzaklığa bağlı belirgin bir davranış göstermemekle birlikte Kabaca ve Damar Derelerinin Murgul Dereye birleşiminden hemen sonra azalarak devam etmektedir (Şekil 3.64 a). Ağustos 2005 dönemine ait dere kumu örneklerinde hiç bir element Au' la ilişki göstermemektedir (Tablo 3.19).

3.6.1.6.2. 2006 Yılı Au Değişimi

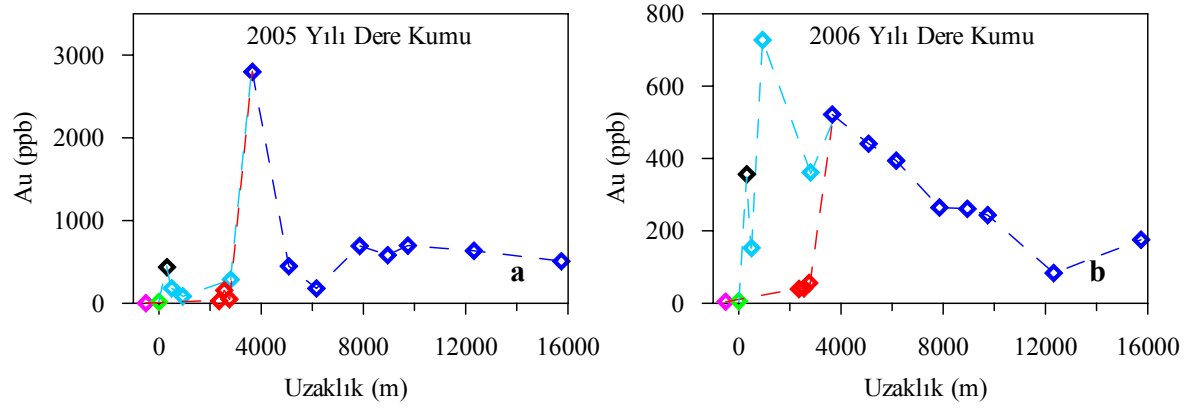
Haziran 2006 döneminde alınan dere kumu örneklerinde ise Au 4.8- 727.2 ppb arasında değişmektedir. Örneklenen dereler için ortalama Au miktarı 243.16 ppb' dir (Tablo 3.18).

Damar ve Kabaca Dereleri boyunca alınan dere kumlarında Au sırasıyla 4.8-56.6 ppb ve 6.3-727.2 ppb arasında değişmektedir. Her iki deredeki en düşük Au değerleri bu dereler üzerinden alınan temiz su örneklerinin alındığı yerdeki dere kumlarına aittir. Murgul Deresi boyunca alınan dere kumlarında ise Au değerleri 84 ile 521.8 ppb arasında değişmektedir.

Flotasyon tesisinden alınan atık suyunun kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortunun Au içeriği 897.1 ppb iken; Kabaca Dereye deşarj edilen atık su örneğinin yine aynı işleme tabi tutulması sonucu elde edilen tortunun Au içeriği ise 35.4 ppb' dir.

2006 yılı dere kumlarındaki Au, Damar ve Kabaca Dereleri'nin Murgul Deresi'ne bağlandığı noktadan itibaren uzaklığa bağlı olarak azalmaktadır (Şekil 3.64 b).

Haziran 2006 dönemine ait dere kumu örneklerinde Au ile toplam S arasında $r = 0.99$, Au ile Fe_2O_3 arasında $r = 0.91$, Au ile As arasında $r = 0.99$, Au ile Ba arasında $r = 0.94$, Au ile Pb arasında $r = 0.95$ ve Au ile Hg arasında $r = 0.94$ değerinde yüksek pozitif korelasyonlar mevcuttur (Tablo 3.20).



Şekil 3.64. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Au içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.

3.6.1.7. Ba

Baryum bir çok silikat mineralinin yapısında bulunur. Baryum, özellikle feldispat ve mikalarda izomorfizma ile K^+ ve Ca^{2+} 'un yerini alır. Apatit ve kalsitte bol miktarda, K-feldispatlarda ise önemli miktarda Ba bulunabilir.

Baryumun çökmesi genellikle Barit şeklinde olur ve killer ile feldispatlarda izlenir. Baryum, toprak alkali elementlerin arasında en fazla tutulma enerjisine sahiptir. Bu sıra $Ba > Sr > Ca > Mg$ şeklindedir. Mika grubu mineraller ile feldispatlar içerisinde eser miktarda baryum bulunabilmektedir (Çelenli, 2000).

3.6.1.7.1. 2005 Yılı Ba Değişimi

Ağustos 2005 dönemindeki dere kumu örneklerinde Ba 210.4- 27439.6 ppm arasında değişmektedir. Örneklenen tüm dereler için ortalama Ba içeriği 9304.44 ppm' dir.

Baryum, Damar Dere boyunca alınan dere kumlarında 210.4 ile 3567.9 ppm arasında değişirken; Kabaca Dere boyunca alınan dere kumlarında 830.9- 27439.6 ppm arasında değişmektedir. Kabaca Deredeki en yüksek Ba değeri bu dereye atılan atık örneğinin alındığı yerdeki dere kumuna aittir. Her iki deredeki en düşük Ba değerleri ise bu dereler üzerinden alınan temiz su örneklerinin dere kumlarına aittir. Murgul Deresi boyunca alınan dere kumlarında ise Ba 6354.5 ile 18403.5 ppm arasında değişmektedir. Bu deredeki en yüksek Ba değeri en son örnek noktasında ölçülmüştür.

Flotasyon tesisinden alınan atık suyunun kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortunun Ba içeriği (2138.4 ppm), Kabaca dereye deşarj edilen atık su örneğinin yine aynı işleme tabi tutulması sonucu elde edilen tortunun Ba içeriğinden daha yüksektir (11351.1 ppm).

2005 yılında alınan dere kumlarının uzaklığa bağlı Ba değişim grafiğinde, Ba atık noktasından itibaren çok hızlı bir şekilde seyrilmekte (4.6 kat) ve Murgul Deresi boyunca tekrar artarak devam etmektedir (Şekil 3.65 a).

Ağustos 2005 dönemine ait dere kumu örneklerinde Ba ile Pb arasında $r = 0.72$ ve Ba ile Sr arasında ise $r = 0.92$ değerinde oldukça yüksek pozitif bir korelasyon mevcuttur (Tablo 3.19). Ba ve Sr elementlerinin jeokimyasal özelliklerinin birbirlerine benzemelerinden ötürü aralarında bu derecede yüksek korelasyonlar görülmüştür.

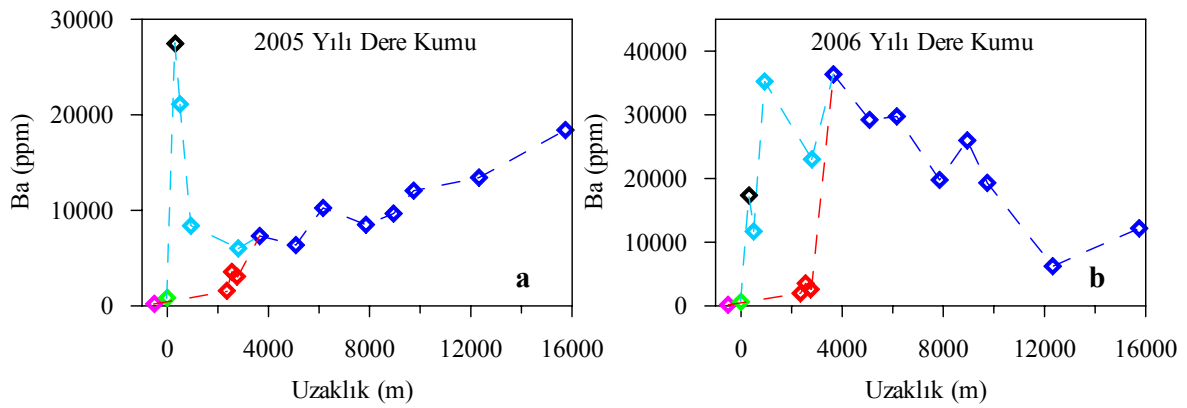
3.6.1.7.2. 2006 Yılı Ba Değişimi

Haziran 2006 döneminde alınan dere kumu örneklerinde Ba değerleri 169.6 ile 36331.1 ppm arasında değişmekte olup, tüm dereler için ortalama Ba içeriği 16170.91 ppm' dir. Damar ve Kabaca Dereleri boyunca alınan dere kumlarında Ba sırasıyla 169.6- 3555.4 ppm ve 641.8 ile 35226.3 ppm arasında değişmektedir. En düşük Ba değerleri bu dereler üzerinden alınan temiz su (kaynak suyu) örneklerinin alındığı yerdeki dere kumlarından elde edilmiş olup, bir önceki sezon eşleniklerinden daha düşüktür. Bu durum örneklemin yağışlı sezonda yapılmış olmasından kaynaklanmaktadır. Murgul Deresi boyunca alınan dere kumlarında ise Ba 6227 ile 36331.1 ppm arasında değişmektedir.

Flotasyon tesisinden alınan atık suyunun kağıt filtreden süzülmesi sonucu elde edilen tortunun Ba içeriği 1729.5 ppm iken; Kabaca Dereye deşarj edilen atık su örneğinin yine aynı işleme tabi tutulması sonucu elde edilen tortunun Ba içeriği de 11820.9 ppm' dir.

2006 yılında madenin düzenli çalışmayışının sonucu olarak dere kumlarındaki Ba miktarı atık noktasından itibaren uzaklığa bağılı olarak azalmaktadır (Şekil 3.65 b).

Haziran 2006 dönemine ait dere kumu örneklerinde Ba ile Pb arasında $r = 0.86$, Ba ile Sr arasında ise $r = 0.96$ değerinde oldukça yüksek pozitif bir korelasyon mevcuttur (Tablo 3.20). Ba ve Sr elementlerinin jeokimyasal özelliklerinin birbirlerine benzemelerinden ötürü aralarında bu derecede yüksek korelasyonlar görülmüştür. 2006 yılında Ba uzaklığa bağılı olarak As, toplam S ve Fe_2O_3 'e benzer davranış göstermektedir. Bu nedenle Ba ile As arasında $r = 0.96$, Ba ile Toplam S arasında $r = 0.94$ ve Ba ile Fe_2O_3 arasında ise $r = 0.79$ değerinde pozitif bir korelasyon mevcuttur.



Şekil 3.65. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağılı Ba içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.

3.6.1.8. Cd

Kadmiyum doğada element halinde bulunmaz. Bulunuşu çinko yataklarının bozunumu ile ilişkilidir. Kadmiyum'un jeokimyası çinkoya çok benzediğinden ve sülfüre olan ilgisinden ötürü sfalerit 1000- 1500 ppm arasında Cd içermektedir. Bu yüzden Cd kirlenmesi çinkoya oranlanarak verilir. Zn/Cd oranının 100'den küçük olması kadmiyum kirlenmesini ifade eder (Şahinci, 1991). Toprakta, kayalarda, ve dere kumlarında bulunan Zn/ Cd oranının 100/1 civarında olduğu rapor edilmektedir (Korfali ve Davies, 2005).

3.6.1.8.1. 2005 Yılı Cd Değişimi

Ağustos 2005 döneminde alınan dere kumu örneklerinde Cd değerleri 0.8 ile 23.2 ppm arasında değişmekte olup. tüm dereler için ortalama Cd içeriği 9.09 ppm' dir (Tablo 3.17). Atık etkisinden uzak Damar Dere boyunca alınan dere kumlarında Cd 1.3-6.1 ppm arasında değişirken, atık etkisi altında olan Kabaca Dere boyunca alınan dere kumlarında 0.8-5.2 ppm arasında değişmektedir (Tablo 3.17). Kabaca Dere üzerindeki en yüksek Cd değeri bu dereye deşarj edilen atık örneğinin kumuna aitken, her iki deredeki en düşük Cd değerleri bu dereler üzerinden alınan temiz su (kaynak su) örneklerinin alındığı yerdeki dere kumlarına aittir. Örneklenen dereler arasında en yüksek Cd içeriğine sahip Murgul Deresidir.

Flotasyon tesisinden alınan ve Kabaca Dereye atılan atık örneklerinin kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortuların Cd içeriği sırasıyla 7.6 ppm ve 2 ppm' dir.

Ağustos 2005 döneminde alınan dere kumlarındaki Cd miktarı, atık noktasından itibaren uzaklığa bağılı olarak artış göstermektedir (Şekil 3.66 a).

Bu dönemde alınan dere kumu örneklerinde Cd ile Zn arasında $r = 1$ (0.995) değerinde oldukça yüksek pozitif bir korelasyon mevcutken, Cd ile toplam S arasında $r = 0.84$ değerinde yine yüksek bir pozitif korelasyon mevcuttur (Tablo 3.19). Bu durum atık içerisindeki sfaleritin bünyesinde bulunan Cd'un jeokimyasının çinko'ya çok benzemesinden ve sülfüre olan ilgisinden kaynaklanmaktadır. Kadmiyum ile Fe_2O_3 arasında $r = 0.90$, Cd ile Cu arasında $r = 0.96$, Cd ile As arasında $r = 0.92$ ve Cd ile Hg arasında $r = 0.94$ değerlerinde yüksek pozitif korelasyonlar mevcuttur (Tablo 3.19).

3.6.1.8.2. 2006 Yılı Cd Değişimi

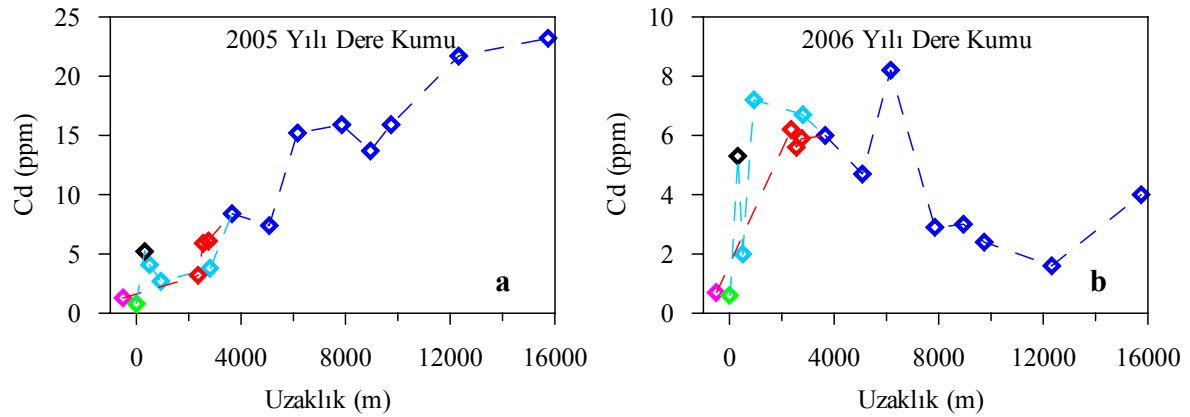
Haziran 2006 döneminde alınan dere kumu örneklerindeki Cd 0.6- 8.2 ppm arasında değişmekte olup, örneklenen dereler için ortalama Cd içeriği 4.29 ppm' dir (Tablo 3.18).

Damar ve Kabaca Dereleri boyunca alınan dere kumlarında Cd'a ait değişim aralıkları sırasıyla 0.7- 6.2 ppm ve 0.6- 7.2 ppm'dir. Her iki deredeki en düşük Cd değerleri bu dereler üzerinden temiz su örneklerinin alındığı yerdeki dere kumlarına aittir. Murgul Deresi boyunca alınan dere kumlarındaki Cd 1.6 ile 8.2 ppm arasında değişmektedir. Örneklenen dereler arasında en çok Cd içeriğine sahip Murgul Deresidir.

Flotasyon tesisinden alınan atık ile Kabaca Dereye atılan atığın kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortularının Cd miktarı sırasıyla 11.8 ppm ve 0.5 ppm' dir.

2006 yılı dere kumlarındaki Cd miktarı madenin düzenli çalışmayışının ve örnekleme yağışlı sezonda yapılmış olmasının sonucu uzaklığa bağlı olarak azalmaktadır (Şekil 3.66 b).

Haziran 2006 döneminde alınan dere kumu örneklerinde Cd ile Zn arasında $r=0.98$, Cd ile toplam S arasında $r=0.61$, Cd ile Fe_2O_3 arasında $r=0.67$, Cd ile Cu arasında $r=0.58$, Cd ile As arasında $r=0.59$ ve Cd ile Hg arasında $r=0.76$ değerlerinde bir önceki sezona kıyasla daha düşük korelasyonlar mevcuttur (Tablo 3.20).



Şekil 3.66. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Cd içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.

3.6.1.9. Cu

Bakır; çamur, Fe- Mn oksitler ve organik maddelerce güçlü bir şekilde tutulabilirler. Bakır'ın tutulmasında pH'nin etkisi büyüktür. Kaolinit ve illit tipi killer artan pH değerlerinde önemli miktarda Cu soğurabilirler (Çelenli, 2000).

3.6.1.9.1. 2005 Yılı Cu Değişimi

Ağustos 2005 döneminde alınan dere kumu örneklerinde Cu değerleri 272.1- 9332.5 ppm arasında değişmekte olup, ortalama 4496.87 ppm' dir (Tablo 3.17).

Örnekleme sezonunda atık etkisinden uzak ancak, daha önceki senelerde atığa maruz kalmış olan Damar Dere boyunca alınan dere kumu örneklerinde oldukça yüksek değerlerde Cu bulunmaktadır (272.1- 3866.5 ppm). Cu'a ait bu değişim aralığı atık etkisi altında olan Kabaca Dere boyunca alınan dere kumlarındaki Cu'a ait değişim aralığına (604.6- 3594.4 ppm) yakındır. Kabaca Dere üzerindeki en yüksek Cu değeri bu dereye deşarj edilen atık örneğinin dere kumu örneğine aitken, her iki deredeki en düşük Cu değerleri jeokimyasal olarak beklendiği üzere bu dereler üzerinden alınan temiz su (madenin atık etkisinden uzak) örneklerinin dere kumlarına aittir. Örneklenen dereler arasında en yüksek Cu içeriğine sahip Murgul Deresidir.

Jeokimyasal olarak beklendiği üzere Flotasyon tesisinden alınan atık suyunun kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortunun Cu içeriği (8715.6 ppm), Kabaca Dereye deşarj edilen atık suyunun yine aynı işleme tabi tutulması sonucu elde edilen tortunun Cu içeriğinden (1445 ppm) 6 kat yüksektir.

Bakırda demir gibi kolloidler halinde taşınmaktadır. Madenden itibaren artan uzaklığa bağlı olarak, Cu su içerisinde daha fazla taşınmaz ve çökelir. Bu nedenle 2005 yılına ait dere kumlarında bulunan Cu uzaklığa bağlı olarak artış gösterir (Şekil 3.67 a).

Ağustos 2005 döneminde alınan dere kumu örneklerinde Cu ile Zn arasında $r = 0.96$, Cu ile Hg arasında $r = 0.91$, Cu ile As arasında $r = 0.88$, Cu ile toplam S arasında $r = 0.86$ ve Cu ile Fe arasında $r = 0.84$ değerinde oldukça yüksek pozitif korelasyonlar mevcuttur (Tablo 3.19).

3.6.1.9.2. 2006 Yılı Cu Değişimi

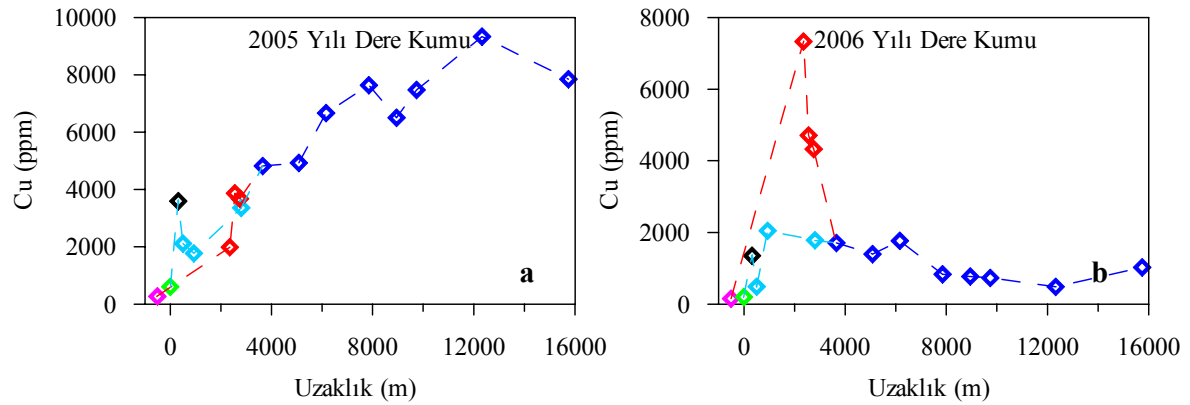
Haziran 2006 döneminde alınan dere kumu örneklerinde, hem madenin düzenli çalışmayışı hem de örnekleme yağışlı sezonda yapılmış olmasından ötürü Cu'a ait değişim aralığı bir önceki sezona kıyasla daha dar bir aralıktadır (154.3- 7330.5 ppm). Buna bağlı olarak örneklenen dereler için ortalama Cu içeriği de düşüktür (1829.08 ppm).

Ancak, Damar Dere boyunca alınan dere kumlarındaki Cu miktarı bir önceki sezona kıyasla (temiz örneğe ait dere kumu hariç) oldukça yüksektir (154.3-7330.5 ppm). Cu'a ait bu yüksek değerler daha önceki senelerde atığın bu dereye atılmış olması ve örnekleme yağışlı sezonda yapılmış olması itibariyle zamana bağlı yıkanma ve çözünmenin bir sonucudur. Kabaca Dere boyunca alınan dere kumlarında Cu 198.3- 2045 ppm arasında değişmektedir. Her iki deredeki en düşük Cu değerleri bu dereler üzerinden temiz su

(madenin atık etkisinden uzak) örneklerinin alındığı yerdeki dere kumlarına aittir. 2006 yılı örnekleme sezonunda yağışlı sezonda yapılmış olması nedeniyle temiz su örneklerinin dere kumlarındaki Cu, 2005 yılı eşleniklerinden daha düşüktür. Benzer durum Murgul Deresi boyunca alınan dere kumlarında söz konusu olup, Cu değişimi 481.1- 1765.2 ppm arasındadır (Tablo 3.18).

Flotasyon tesisinden alınan atık ile Kabaca Dereye atılan atık örneklerinin kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortularının Cu içeriği sırasıyla 3693.7 ppm ve 218.3 ppm' dir. Madenin düzenli çalışmamasından ötürü, bu örneklerin bir önceki dönem eşleniklerine kıyasla Cu miktarı daha azdır.

Haziran 2006 dönemine ait dere kumu örneklerinde Cu ile Zn arasında $r = 0.67$ değerinde pozitif bir korelasyon mevcuttur (Tablo 3.20). Bir önceki örnekleme sezonunda yüksek korelasyon gösterdiği elementlerle bu sezonda korelasyon göstermemektedir. Bu durum ikinci örnekleme sezonunda yağışlı sezonda yapılmış olmasından ve bu örnekleme sezonunda madenin düzenli çalışmamasından kaynaklanmaktadır. Buna bağlı olarak 2006 yılı dere kumlarındaki Cu miktarı uzaklığa bağlı olarak azalmaktadır (Şekil 3.67 b).



Şekil 3.67. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Cu içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.

3.6.1.10. Hg

Hg, Cd ve Mn gibi metaller sfalerit içinde katı çözeltiler halinde bulunurlar. Sfalerit içindeki Cd ve Mn konsantrasyonlarının % 5'e ulaştığı, Hg konsantrasyonunun ise % 0.5'e ulaştığı bilinmektedir (Piatak vd., 2004).

3.6.1.10.1. 2005 Yılı Hg Değişimi

Ağustos 2005 döneminde alınan dere kumu örneklerinde Hg 0.03 ile 0.92 ppm arasında değişmekte olup, ortalama 0.36 ppm' dir (Tablo 3.17).

Damar ve Kabaca Dereleri boyunca alınan dere kumlarında Hg sırasıyla 0.03- 0.13 ppm ve 0.03- 30.36 ppm arasında değişmektedir. Kabaca Dere üzerindeki en yüksek Hg değeri bu dereye deşarj edilen atık örneğinin dere kumu örneğine aitken, her iki deredeki en düşük Hg değerleri ise bu dereler üzerindeki temiz su (madenin atık etkisinden uzak) örneklerinin alındığı yerdeki dere kumlarına aittir. Diğer elementlerde olduğu gibi, örneklenen dereler arasında en yüksek Hg konsantrasyonuna sahip Murgul Deresidir. Bu dere üzerindeki en yüksek Hg miktarına sahip örnek noktası son örnek noktasıdır.

Jeokimyasal olarak beklendiği üzere flotasyon tesisinden alınan atık örneğinin kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortudaki Hg miktarı (1.02 ppm), Kabaca Dereye deşarj edilen atık örneğinin yine aynı işleme tabi tutulması sonucu elde edilen tortudaki Hg miktarından daha fazladır (0.07 ppm).

Ağustos 2005 dönemine ait dere kumu örneklerinde Hg ile As arasında $r = 0.99$, Hg ile toplam Fe_2O_3 arasında $r = 0.96$ ve Hg ile toplam S arasında $r = 0.95$ değerinde oldukça yüksek pozitif korelasyonlar mevcuttur (Tablo 3.19). Bu elementler arasında gözlenen yüksek korelasyonların da desteklediği üzere 2005 yılına ait dere kumlarındaki Hg miktarı As, toplam Fe_2O_3 ve toplam S'e benzer bir dağılım göstermektedir. Hg, atık noktasından itibaren ani bir düşüş gösterdikten sonra uzaklığa bağlı olarak artmaktadır (Şekil 3.68 a).

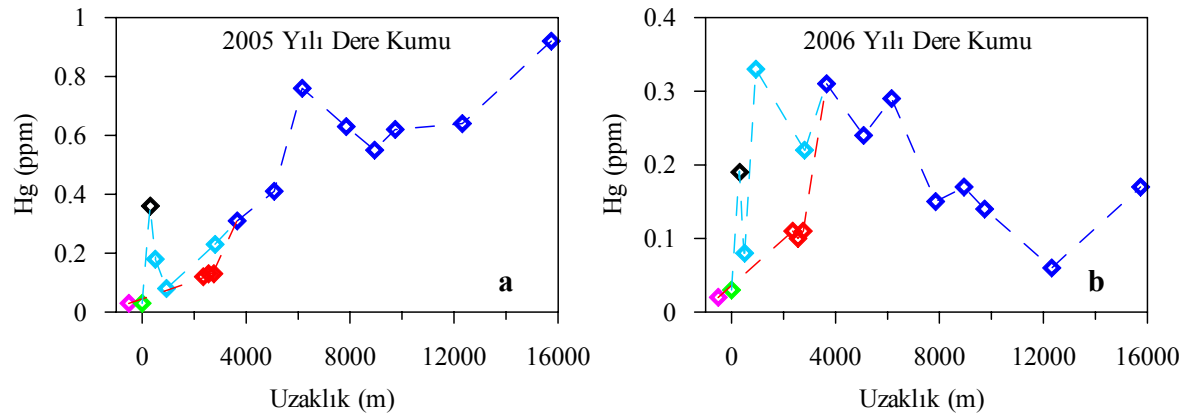
3.6.1.10.2. 2006 Yılı Hg Değişimi

Bu dönemde alınan dere kumu örneklerinde Hg 0.02 ile 0.33 ppm arasında değişmekte olup, ortalama 0.16 ppm' dir.

Atık etkisinden uzak Damar Dere boyunca alınan dere kumlarında Hg 0.02- 0.11 ppm arasında değişirken; atık etkisi altında olan Kabaca Dere boyunca alınan dere kumlarında ise 0.03- 0.33 ppm arasında değişmektedir. Örneklenen bu iki deredeki en düşük Hg değerleri temiz su (madenin atık etkisinden uzak) örneklerinin alındığı yerdeki dere kumlarından elde edilmiştir. Kabaca ve Damar Derelere kıyasla debisi daha yüksek olan Murgul Dere boyunca örneklenen dere kumlarında ise Hg 0.06 ile 0.31 ppm arasında değişmektedir.

Jeokimyasal olarak beklendiği üzere flotasyon tesisinden alınan atık örneğinin kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortudaki Hg miktarı (0.43 ppm), Kabaca Dereye deşarj edilen atık örneğinin aynı işleme tabi tutulması sonucu elde edilen tortudaki Hg miktarından oldukça fazladır. Ancak, madenin düzenli çalışmayışının sonucu olarak bu örneklerin bir önceki dönem eşleniklerine kıyasla Hg miktarı daha azdır.

2006 yılına ait dere kumlarında Hg As, toplam Fe₂O₃ ve toplam S'e benzer dağılım göstererek uzaklığa bağlı olarak azalmaktadır (Şekil 3.68 b). Hesaplanan yüksek pozitif korelasyonlar (Hg ile As arasında r =0.95, Hg ile toplam Fe₂O₃ arasında r =0.89 ve Hg ile toplam S arasında r =0.95) bu elementler arasındaki ilişkiyi desteklemektedir (Tablo 3.20).



Şekil 3.68. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Hg içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.

3.6.1.11. Pb

Galen indirgeyici ortamlarda pH'a bağlı olmaksızın duraylılığı yüksek bir mineraldir. Ancak ortamın yükseltgeyici olması durumunda, pH < 6.5 ise galen anglezite; pH > 6.5 ise serüzite döner (Akçay, 2002). Asidik maden drenajlarında ise anglezitin (PbSO₄) düşük çözünürlülüğünden dolayı Pb'un hareketliliği düşüktür. Bu nedenle su içerisindeki konsantrasyonu düşüktür (Alpers vd., 1994). Pb su içerisindeki konsantrasyonunun düşük olmasının sonucu olarak diğer elementlerle düşük korelasyon gösterir. Pb galenin oksitlenmesi sonucu açığa çıkmaktadır.

3.6.1.11.1. 2005 Yılı Pb Değişimi

Ağustos 2005 döneminde örneklenen dere kumlarında Pb, 28.2- 682 ppm arasında değişmekte olup, ortalaması 333.15 ppm' dir (Tablo 3.17).

Damar ve Kabaca Dereleri boyunca alınan dere kumlarında Pb sırasıyla 39.6- 139.3 ppm ve 28.2- 613.4 ppm aralığında değişmektedir. Kabaca Dere üzerindeki en yüksek Pb değeri bu dereye deşarj edilen atık örneğinin dere kumundan elde edilmişken, örneklenen bu iki deredeki en düşük Pb değerleri temiz su (madenin atık etkisinden uzak) örneklerinin alındığı yerdeki dere kumlarından elde edilmiştir. Kabaca ve Damar Derelerinin birleştiği Murgul Deresi boyunca alınan dere kumlarında Pb ise 361.6 ile 682 ppm arasında değişmektedir. Murgul Deresi üzerindeki en yüksek Pb içeriğine sahip örnek noktası bu dere üzerindeki son örnek noktasıdır.

Flotasyon tesisinden alınan ve Kabaca Dereye atılan atık örneklerine ait tortularda sırasıyla 1375.3 ppm ve 164.4 ppm Pb mevcuttur.

Ağustos 2005 dönemine ait dere kumlarında Pb uzaklığa bağlı olarak As, Hg, toplam S ve Fe_2O_3 ' e benzer dağılım göstermektedir. Bu nedenle bu döneme ait dere kumu örneklerinde Pb ile As arasında $r = 0.93$, Pb ile Hg arasında $r = 0.90$, Pb ile toplam S arasında $r = 0.91$ değerinde ve Pb ile Fe_2O_3 arasında $r = 0.83$ değerinde oldukça yüksek pozitif korelasyonlar elde edilmiştir. Ayrıca Pb ile Cu arasında $r = 0.78$ değerinde, Pb ile Zn arasında $r = 0.76$ değerinde, Pb ile Cd arasında $r = 0.77$ ve Pb ile Ba arasında $r = 0.72$ değerinde pozitif korelasyonlar mevcuttur (Tablo 3.19).

2005 yılında alınan dere kumlarındaki Pb miktarı, atık noktasından itibaren çok hızlı bir şekilde (~6 kat) azalmakta ve daha sonra uzaklığa bağlı olarak artış göstermektedir (Şekil 3.69 a).

3.6.1.11.2. 2006 Yılı Pb Değişimi

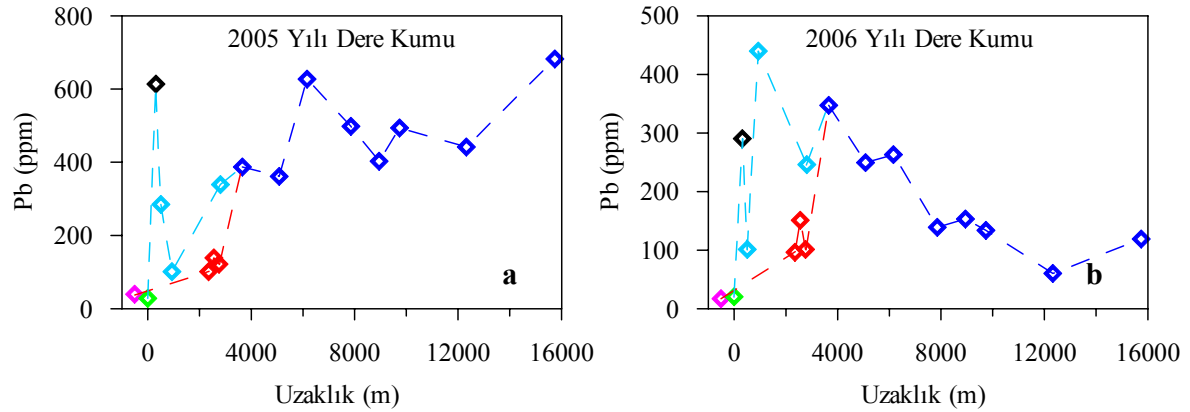
Haziran 2006 döneminde alınan dere kumu örneklerinde Pb 17- 439.6 ppm arasında değişmekte ve ortalama 172.37 ppm' dir (Tablo 3.18).

Atık etkisinden uzak Damar Dere boyunca alınan dere kumlarında Pb 17- 151.2 ppm arasında değişirken; atık etkisi altındaki Kabaca Dere boyunca alınan dere kumlarında 20.7- 439.6 ppm arasında değişmektedir. Jeokimyasal olarak beklendiği üzere bu iki deredeki en düşük Pb değerleri temiz su örneklerinin alındığı yerdeki dere kumlarına aittir.

Murgul Dere boyunca alınan dere kumlarında ise Pb değerleri 60.3 ile 347.4 ppm arasında değişmektedir.

Flotasyon tesisinden alınan atık ve Kabaca Dereye atılan atık örneklerinin kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortularındaki Pb içeriği sırasıyla 755.9 ve 35 ppm' dir. Elde edilen bu değerler madenin düzenli çalışmayışından ötürü bir önceki sezon eşleniklerinden daha düşüktür.

2006 yılında alınan dere kumlarındaki Pb uzaklığa bağlı olarak As, Hg, toplam S ve Fe_2O_3 ' e benzer dağılım göstermekte ve azalmaktadır (Şekil 3.69 b). Elementler arasındaki bu benzerlikler (Pb ile As arasında $r=0.95$, Pb ile Hg arasında $r=0.94$, Pb ile toplam S arasında $r=0.95$, Pb ile Fe_2O_3 arasında $r=0.93$) hesaplanan oldukça yüksek pozitif korelasyonlar tarafından desteklenmektedir (Tablo 3.20). Ayrıca, Pb ile Cu arasında bir önceki örneklemede (kuru sezon) mevcut olan yüksek korelasyon, madenin düzenli çalışmamış olması nedeniyle bu örneklemede mevcut değildir. Pb ile Zn arasında $r=0.69$, Pb ile Cd arasında $r=0.74$ ve Pb ile Ba arasında $r=0.86$ değerlerinde korelasyonlar mevcuttur (Tablo 3.20).



Şekil 3.69. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Pb içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.

3.6.1.12. Sr

Stronsiyumun jeokimyasal özellikleri kalsiyuma çok benzer. Kalsiyumun bulunduğu jeokimyasal sistemlerde genellikle stronsiyum da bulunur. Stronsiyum elementi, potasyum, kalsiyum ve baryumla izomorf bileşikler yapabilir (Çelenli, 2000).

3.6.1.12.1. 2005 Yılı Sr Değişimi

Ağustos 2005 döneminde alınan dere kumu örneklerinde Sr 99 ile 604.6 ppm arasında değişmekte olup, ortalama 218.14 ppm'dir.

Damar Dere boyunca alınan dere kumlarında Sr 134.1 ile 164.73 ppm arasında değişirken; Kabaca Dere boyunca alınan dere kumlarında 99 ile 604.6 ppm arasında değişmektedir. Kabaca Dere üzerindeki en yüksek Sr değeri bu dereye deşarj edilen atık örneğinin dere kumuna aitken, en düşük Sr değeri bu dere üzerinden alınan temiz su (madenin atık etkisinden uzak) örneğinin dere kumuna aittir. Örneklenen dereler arasında en yüksek debiye sahip Murgul Deresi boyunca alınan dere kumlarında Sr 137.2 ile 309.4 ppm arasında değişmektedir. Bu dere üzerindeki en yüksek Sr içeriğine sahip örnek noktası son örnekleme noktasıdır.

Flotasyon tesisinden alınan atık ile Kabaca Dereye atılan atık örneklerinin kağıt filtreden süzülmesi sonucu elde edilen filtre üzerindeki tortularının Sr içerikleri sırasıyla 65.4 ppm ve 275.3 ppm'dir.

2005 yılına ait dere kumlarında yalnızca Sr ve Ba arasında $r = 0.92$ değerinde anlamlı pozitif bir korelasyon mevcuttur (Tablo 3.19).

2005 yılına ait dere kumlarında Sr Kabaca Dereye deşarj edilen atık noktasındaki en yüksek değerinden Kabaca Dere boyunca hızlı bir şekilde (4.4 kat) azalmakta ve Murgul Deresi boyunca uzaklığa bağılı olarak nispeten artmaktadır (Şekil 3.70 a).

3.6.1.12.2. 2006 Yılı Sr Değişimi

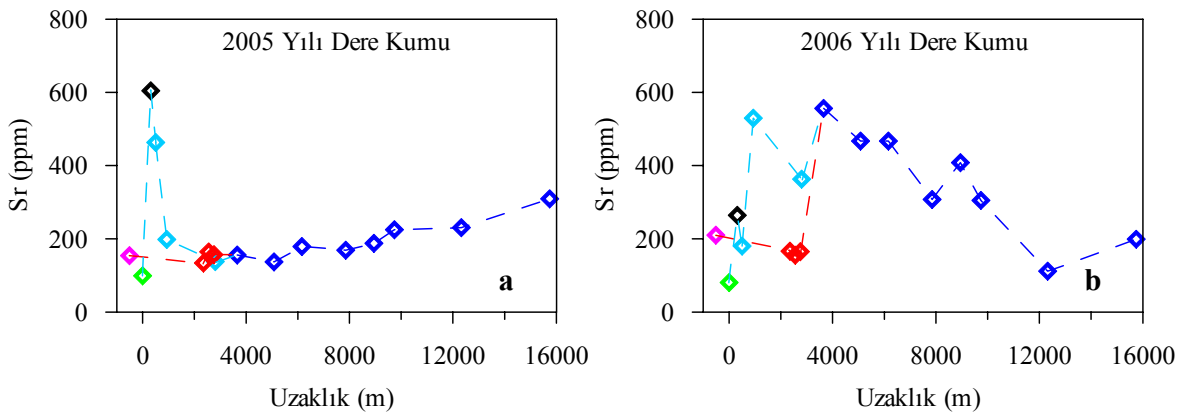
Haziran 2006 döneminde alınan dere kumu örneklerinde Sr'a ait değişim aralığı 81 ile 556.3 ppm arasındadır. Örneklenen dere kumlarında ortalama 290.60 ppm Sr vardır

Atık etkisinden uzak Damar Dere boyunca alınan dere kumlarında Sr 155.5 ile 210.5 ppm arasında değişirken; atık etkisi altında olan Kabaca Dere boyunca alınan örneklerde 81 ile 530 ppm arasında değişmektedir (Tablo 3.18). Kabaca Dere üzerindeki en düşük Sr değeri bu dere üzerinden alınan temiz su (madenin atık etkisinden uzak) örneğinin dere kumuna aittir. Kabaca Dere'ye boşaltılan atık örneğinin dere kumundaki Sr miktarı bir önceki sezona kıyasla 2.3 kat azdır. Ancak, Murgul Deresi'nde durum tam tersidir. Murgul Deresi boyunca alınan örneklerdeki Sr bir önceki sezona (kuru sezon) kıyasla daha yüksektir.

Flotasyon tesisinden alınan atık ile Kabaca Dere'ye atılan atık örneklerinin kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortularının Sr içeriği sırasıyla 44.8 ppm ve 182.1 ppm'dir.

2006 yılına ait dere kumlarındaki Sr miktarı atık noktasındaki 264.5 ppm değerinden Kabaca Dere boyunca 530 ppm'e yükseldikten sonra Murgul Deresinde 556.3 ppm değerinde en üst değerine ulaştıktan sonra, dere boyunca artan uzaklığa bağlı olarak 111.9 ppm'e azalır (Şekil 3.70 b).

2006 yılına ait dere kumlarındaki Sr, As, Ba, Hg, toplam S ve Fe_2O_3 ' e benzer dağılım göstermektedir. Bu nedenle Haziran 2006 dönemine ait dere kumu örneklerinde Sr ile As arasında $r = 0.91$, Sr ile Ba arasında $r = 0.96$, Sr ile Hg arasında $r = 0.91$, Sr ile toplam S arasında $r = 0.92$, ve Sr ile Fe_2O_3 arasında $r = 0.85$ değerlerinde oldukça yüksek pozitif korelasyonlar mevcuttur (Tablo 3.20).



Şekil 3.70. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Sr içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.

3.6.1.13. Zn

Çinkonun çözünürlüğü pH' ın düşmesi ile artar. Çinko sülfidlerin bozunumu, oksidasyon tarafından kontrol edilir. $ZnSO_4$ suda çok iyi çözünmesine rağmen, çinko yüzey sularında az bulunur. Bunun nedeni çinkonun kil mineralleri (montmorillonit ve kaolen), Fe- oksitler ve organik maddeler tarafından güçlü bir şekilde soğurulmasıdır (Şahinci, 1991).

3.6.1.13.1. 2005 Yılı Zn Değişimi

Ağustos 2005 döneminde alınan dere kumu örneklerinde Zn 196 ile 3697 ppm arasında değişmekte olup, tüm dereler için ortalama Zn içeriği 1544.53 ppm' dir (Tablo 3.17).

Damar ve Kabaca Dere boyunca alınan dere kumlarında Zn sırasıyla 282- 1328 ppm ve 196- 990 ppm arasında değişmektedir. Kabaca Dere üzerindeki en yüksek Zn değeri bu dereye deşarj edilen atık örneğinin kumuna aitken, her iki deredeki en düşük Zn değerleri bu dereler üzerinden temiz su (madenin atık etkisinden uzak) örneklerinin alındığı yerdeki dere kumlarına aittir. Örneklenen dereler arasında en yüksek Zn değerine sahip Murgul Deresidir. Bu dere üzerindeki en yüksek Zn içeriğine sahip örnek noktası son örnek noktasıdır.

Flotasyon tesisinden alınan atık ve Kabaca Dere'ye atılan atık örneklerinin kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortularının Zn içeriği sırasıyla 1301 ppm ve 400 ppm' dir.

2005 yılında alınan dere kumlarındaki Zn miktarı uzaklığa bağılı olarak artış göstermektedir (Şekil 3.71 a). 2005 yılına ait dere kumlarında Zn uzaklığa bağılı olarak Cd, Cu ve Hg' ya benzer dağılım göstermektedir. Kadmiyum'un jeokimyasının çinkoya çok benzemesinden ve sfaleritin önemli miktarda Cd içermesinden dolayı bu iki element arasında $r = 1$ (0.995) değerinde mükemmel bir korelasyon bulunmuştur Ayrıca, Zn ile Cu arasında $r = 0.96$ ve Zn ile Hg arasında $r = 0.93$ değerinde oldukça yüksek pozitif korelasyonlar mevcuttur (Tablo 3.19). Ayrıca Zn ile As arasında $r = 0.90$, Zn ile toplam S arasında $r = 0.82$ ve Zn ile toplam Fe_2O_3 arasında $r = 0.88$ değerinde pozitif korelasyonlar mevcuttur (Tablo 3.19).

3.6.1.13.2. 2006 Yılı Zn Değişimi

Haziran 2006 döneminde alınan dere kumu örneklerinde Zn, 129 ile 1364 ppm arasında değişmektedir. Bu kumların ortalama Zn içeriği ise 822.18 ppm' dir. Beklendiği üzere bu değerler bir önceki sezon değerlerinden düşüktür.

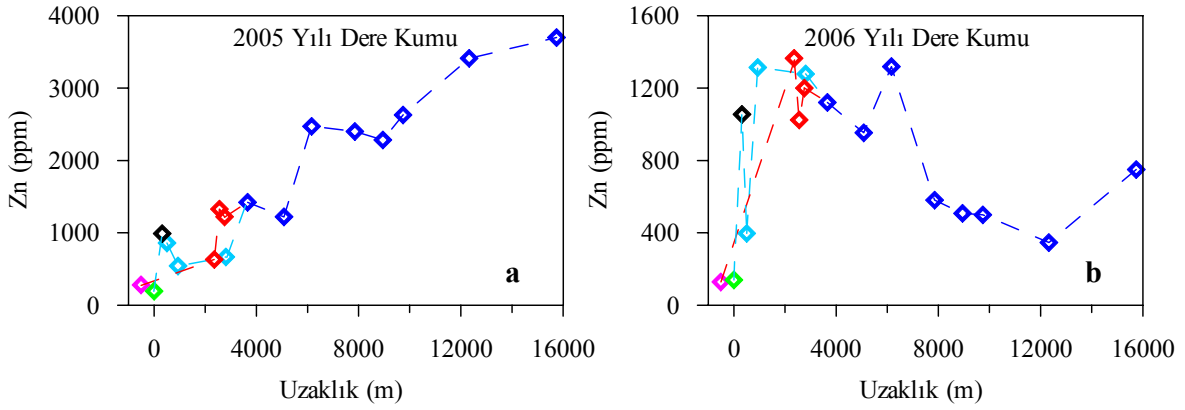
Damar ve Kabaca Dereleri boyunca alınan dere kumlarında Zn sırasıyla 129- 1364 ppm ve 140- 1314 ppm arasında değişmektedir. Bu derelerdeki en düşük Zn değerleri temiz su (madenin atık etkisinden uzak) örneklerinin alındığı yerdeki dere kumlarına aittir.

Örneklenen dereler arasında debisi en yüksek olan Murgul Deresi boyunca alınan örneklerde Zn 346 ile 1319 ppm arasında değişmektedir.

Jeokimyasal olarak beklendiği üzere flotasyon tesisinden alınan atık örneğinin kağıt filtreden süzülmesi sonucu filtre üzerinde kalan tortudaki Zn miktarı, Kabaca Dereye atılan atık örneğinin aynı işleme tabi tutulması sonucu elde edilen tortudaki Zn miktarından oldukça fazladır. Flotasyon tesisindeki atığın ve Kabaca Dereye deşarj edilen atığın filtre üzerinde kalan tortusundaki Zn miktarı sırasıyla 1856 ppm ve 124 ppm'dir.

2006 yılına ait dere kumlarındaki Zn miktarı madenin düzenli çalışmamasından ve örnekleme yapışlı sezonda yapılmış olmasından ötürü Kabaca Dere üzerindeki deşarj noktasından itibaren uzaklığa bağlı olarak azalmaktadır (Şekil 3.71 b).

2006 yılında alınan dere kumlarında Zn uzaklığa bağlı olarak Cd' a benzer dağılım göstermiştir. Kadmiyum'un jeokimyasının çinkoya çok benzemesinden ve sfaleritin önemli miktarda Cd içermesinden dolayı bu iki element arasında $r = 0.98$ değerinde oldukça yüksek pozitif korelasyon bulunmuştur (Tablo 3.20). Ayrıca Zn ile Cu arasında $r = 0.67$, Zn ile Hg arasında ise $r = 0.70$ değerinde korelasyonlar mevcuttur (Tablo 3.20).



Şekil 3.71. Damar, Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca a) 2005 yılı Ağustos döneminde b) 2006 yılı Haziran döneminde alınan dere kumu örneklerinin uzaklığa bağlı Zn içeriği değişimi. Simgeler Şekil 3.59 ile aynıdır.

3.6.2. Dere Kumlarının Mineralojik Bileşimi

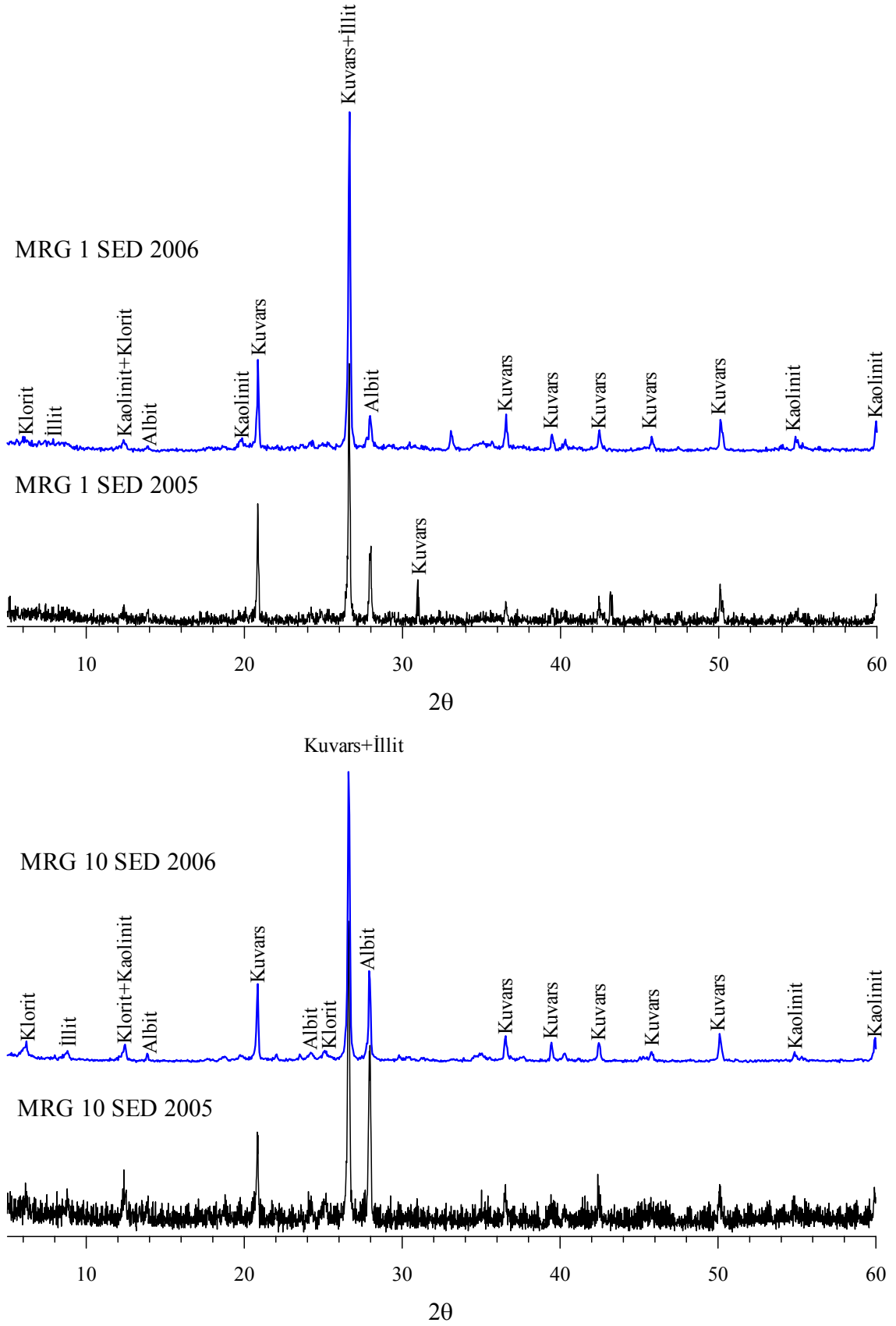
3.6.2.1. Dere Kumlarına Ait XRD Sonuçları

2005 yılında alınan dere kumu örnekleri içerisinde MRG 1, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 19, 20, 22 Sed numaralı örnekler ve 2006 yılı dere kumları içerisinde de MRG 1, 9, 10, 13, 16, 22 Sed numaralı örnekler tüm kayaç XRD çekimi yapılmıştır (Şekil 3.72, 3.73, 3.74 ve 3.75). Difraktogram çözümlenmeleri sonucunda belirlenen mineraller MINSQ sonuçları da göz önüne alınarak bolluk sırasına göre Tablo 3.21’de gösterilmektedir.

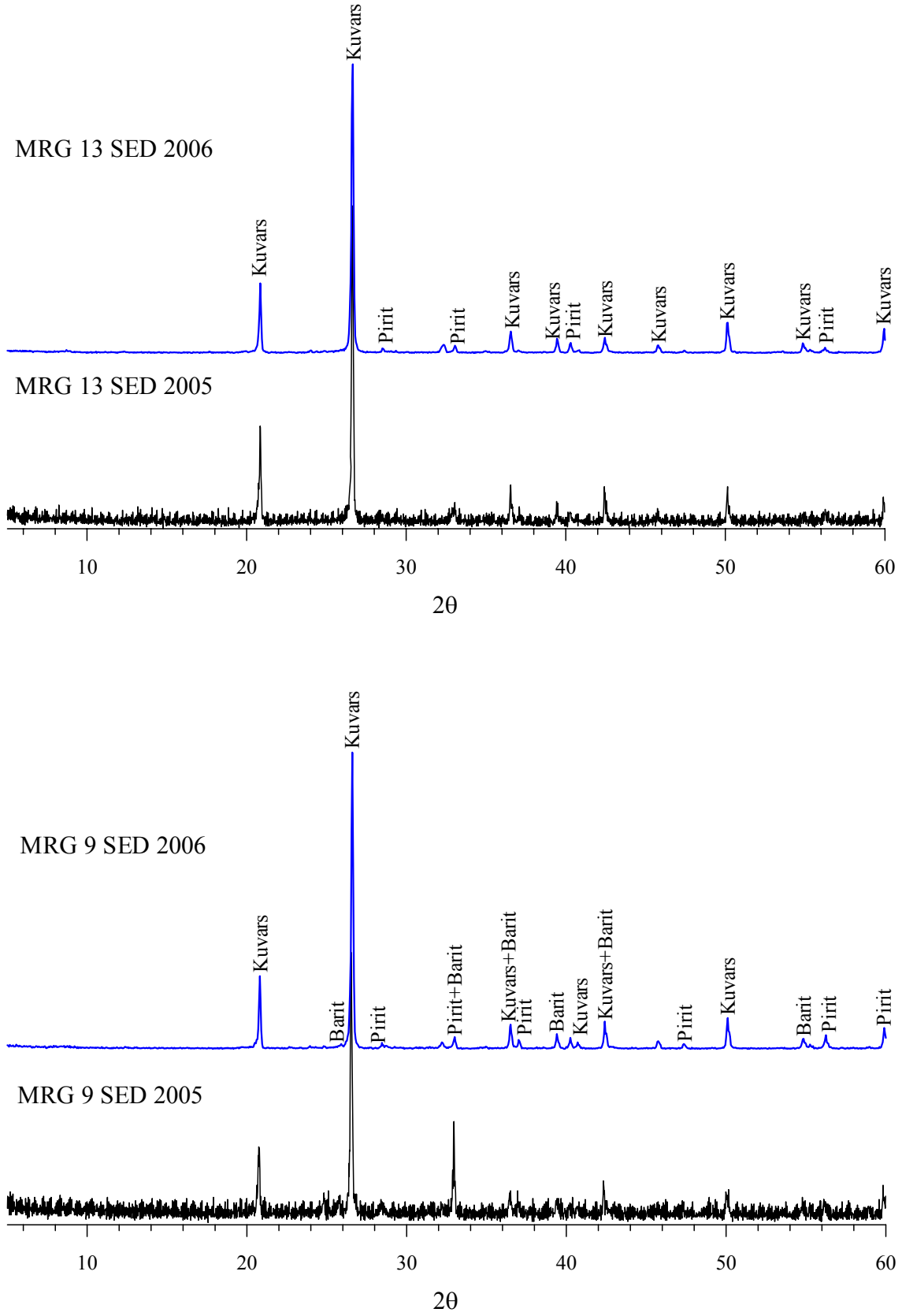
Tablo 3.21. Ağustos 2005 ve Haziran 2006 dönemine ait dere kumlarının XRD sonuçlarına göre mineralojik bileşimi

Örnek No	Örnek Yeri	2005 Yılı Örnekleri Mineraloji (XRD)+ MINSQ	2006 Yılı Örnekleri Mineraloji (XRD)+ MINSQ
MRG 1 Sed	Damar D.	Kuars, İllit, Kaolinit, Albit	Kuars, İllit, Kaolinit, Albit, Klorit
MRG 7 Sed	Damar D.	Kuars, İllit, Albit	
MRG 9 Sed	Kabaca D.Atık	Kuars, Pirit, Barit	Kuars, Pirit, Barit
MRG 10 Sed	Kabaca D.T.Ö.	Kuars, İllit, Albit, Klorit, Kaolinit	Kuars, İllit, Albit, Klorit, Kaolinit
MRG 11 Sed	Kabaca D.	Kuars, Pirit, Kalkopirit	
MRG 13 Sed	Kabaca D.	Kuars, Pirit	Kuars, Pirit
MRG 14 Sed	Murgul D.	Kuars, Pirit	
MRG 16 Sed	Murgul D.	Pirit, Kuars, Kalkopirit, Barit, Kaolinit	Kuars, Pirit, Barit, Kaolinit
MRG 19 Sed	Murgul D.	Kuars, Pirit	
MRG 20 Sed	Murgul D.	Kuars, Pirit	
MRG 22 Sed	Murgul D.	Pirit, Kuars, Hematit, Barit	Kuars, Pirit, Barit

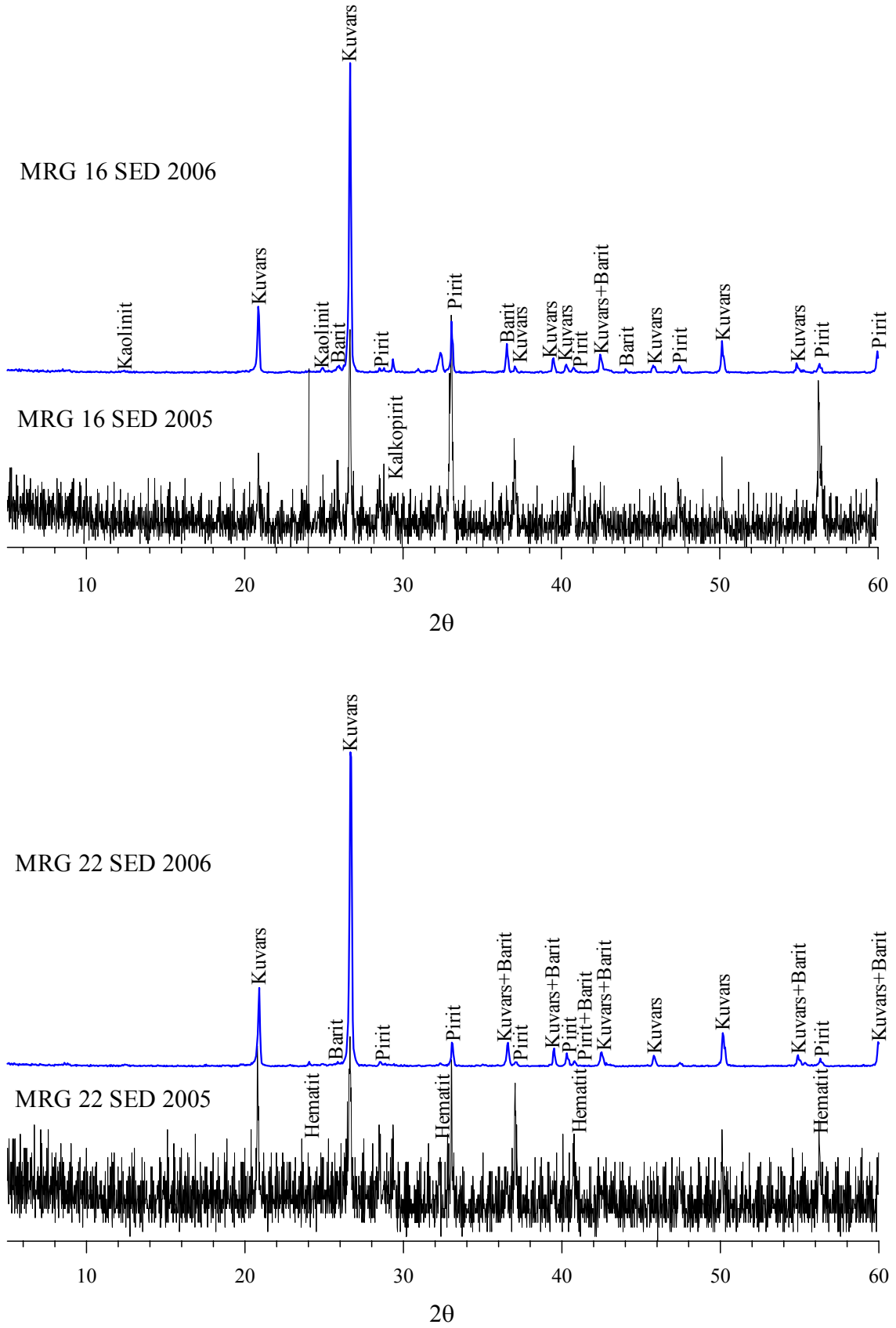
T.Ö: Temiz örnek



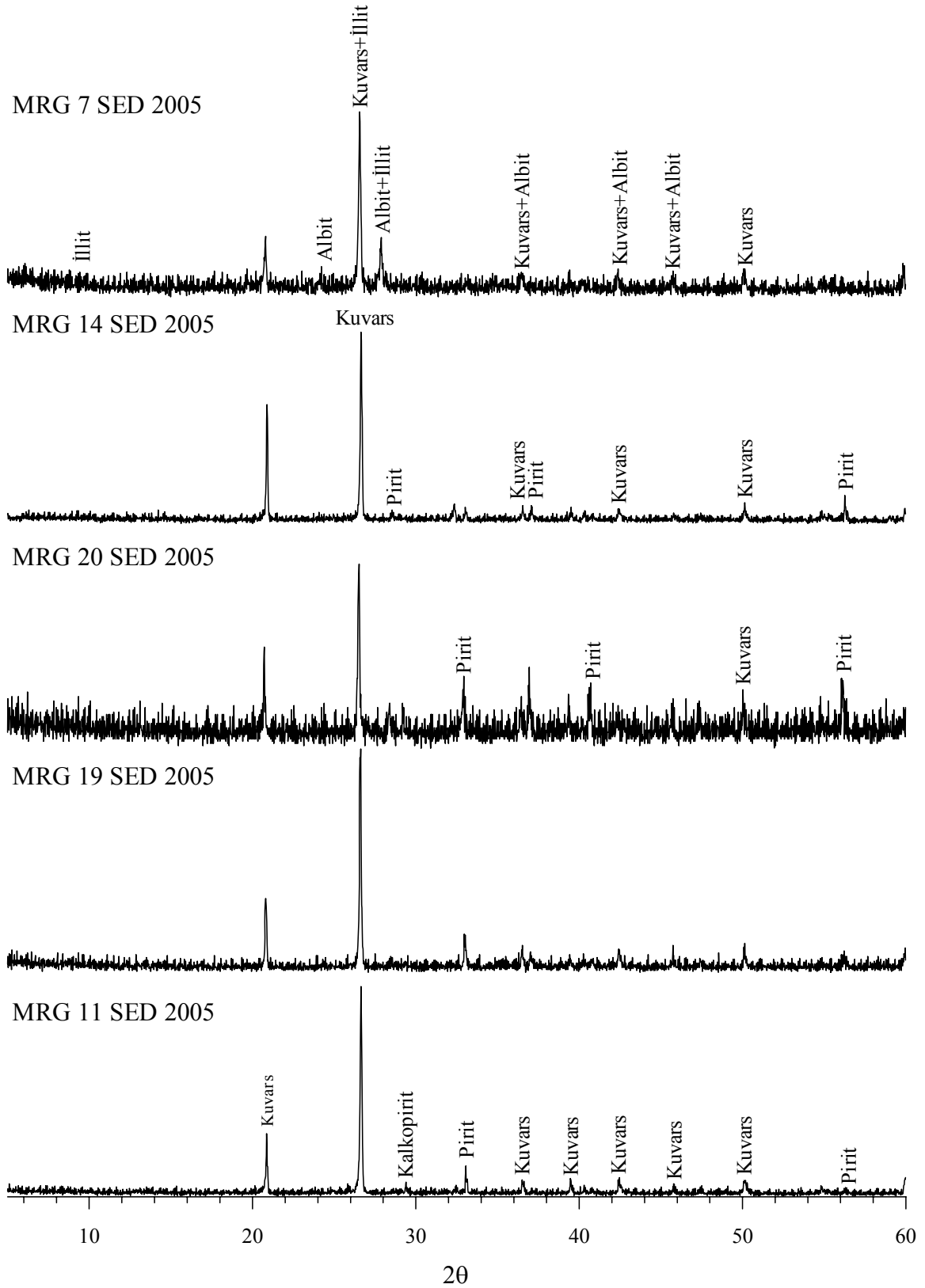
Şekil 3.72. Ağustos 2005 ve Haziran 2006 dönemlerinde alınan MRG 1 Sed ve MRG 10 Sed numaralı dere kumu örneklerinin tüm kayaç xrd grafikleri



Şekil 3.73. Ağustos 2005 ve Haziran 2006 dönemlerinde alınan MRG 9 Sed ve MRG 13 Sed numaralı dere kumu örneklerinin tüm kayaç xrd grafikleri



Şekil 3.74. Ağustos 2005 ve Haziran 2006 dönemlerinde alınan MRG 16 Sed ve MRG 22 Sed numaralı dere kumu örneklerinin tüm kayaç xrd grafikleri



Şekil 3.75. Ağustos 2005 döneminde alınan MRG 7 Sed, MRG 14 Sed, MRG 20 Sed, MRG 19 Sed ve MRG 11 Sed numaralı dere kumu örneklerinin tüm kayaç xrd grafikleri

3.6.2.2. Nicel (Sayısal) Mineralojik Bileşim

Dere kumlarının nicel mineralojik bileşiminin belirlenmesinde MINSQ programı kullanılmıştır. MINSQ adlı veri çözümleme programı, en küçük kareler (least squares) yöntemini esas alarak bir kayacın mineralojik bileşimini, o kayacın kimyasal analiz sonuçlarını kullanarak sayısal olarak hesaplar (Herrmann ve Berry, 2002). Bu nedenle yöntem kullanılmadan önce kayaçların mineralojik bileşimleri belirlenmeli ve eğer mümkünse minerallerin kimyasal analizleri yapılarak bileşimleri tespit edilmelidir (Böhlke, 1989). Hesaplamalarda kayaçların normatif mineralojisi ve cinsleri tespit edilen kil mineralleri daima göz önünde tutulmalıdır. Kayaçta bolluğu tespit edilmek istenen minerallerin (1 mol) kimyasal bileşenleri (ağırlıkça %) ile aynı kimyasal bileşenler için analiz edilen kayaca ait analiz sonuçları MINSQ programına aktarılarak çalıştırılır. Bu programda programa aktarılan mineral sayısının kimyasal bileşen sayısından daima az olması gerekir ve programın birkaç kez çalıştırılmasıyla artık değer (residuel r^2), 1 veya 1'den küçük olana kadar işlem devam ettirilmelidir. Çoğu zaman en tatmin edici sonuç, artık değer 0.5 veya daha küçük olmasıdır. Eğer birden daha büyük sayılar elde edilmiş ise bu durum kayaçta hesaplanmaya dahil edilmeyen başka alterasyon minerallerinin mevcut olduğunu gösterir (Herrmann ve Berry, 2002). Microsoft Excel TM çözümleyicisi kullanılarak program kolaylıkla çalıştırılabilir.

Madenin çevresel etkisini ortaya koymak amacıyla, 2005 Ağustos ve 2006 Haziran dönemlerinde alınan dere kumlarına MINSQ programı uygulanmıştır. Yapılan hesaplamalara ait sonuçlar Tablo 3.22, 3.23, 3.24 ve 3.25'de verilmiştir. Ayrıca sonuçlara ait grafiksel gösterimler yapılmıştır (Şekil 3.76, 3.77 ve 3.78). Minerallerin mikrokimyasal analizi yapılmadığından, minerallerin genel formülleri (Deer ve Zussman, 1966) ve illit formülü (Newman, 1987) kullanılmıştır.

Ağustos 2005 ve Haziran 2006 dönemlerinde örneklenen dere kumlarına uygulanan MINSQ programı sonucu mineralojik olarak iki ayrı grup ortaya çıkmıştır. İlk grup madenin etkili olduğu (atığa maruz bırakılmış) Kabaca ve Murgul Derelerine ait örnekleri içermektedir. İkinci grup ise örnekleme peryotlarında madenin atık etkisinden uzak Damar Dere üzerindeki örnekler ile Kabaca Dere üzerindeki temiz örneği içermektedir.

Tablo 3.22. Ağustos 2005 döneminde Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca alınan (atığa maruz kalmış) dere kumu örneklerinin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimleri (%) ve sonuçlara ait istatistik parametreler

Mineral/Örnek	M 22 Sed	M 20 Sed	M 18 Sed	M 19 Sed	M 17 Sed	M 16 Sed	M 15 Sed	M 14 Sed	M 13 Sed	M 12 Sed	M 11 Sed	M 9 Sed	*M 9 KF Sed	*M 6 KF Sed
Kuvars	22.04	41.46	47.20	51.42	41.28	20.48	60.35	65.73	70.34	82.48	75.38	65.64	82.05	15.88
Sfalerit	0.55	0.26	1.94	0.24	0.12	0.11	0.20	1.11	0.48	0.10	0.06	0.34	0.08	0.19
Kalsit	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55
Hematit	7.82	4.03	0.00	0.00	0.38	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.87
Barit	3.13	1.91	1.84	1.48	1.08	1.36	0.82	1.32	1.00	1.43	3.43	4.21	1.89	0.36
Rutil	0.16	0.04	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.03	0.00	0.09	0.07
Siderit	3.75	4.95	0.00	2.32	2.01	2.94	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.41	0.83
K feldispat	0.89	1.20	0.00	1.97	1.27	0.79	2.08	1.83	2.55	3.43	2.38	2.03	4.30	1.00
Kaolinit	0.32	1.50	1.90	2.66	2.08	0.57	3.76	3.89	4.12	3.67	3.64	3.90	5.68	1.17
Galen	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07	0.02	0.00	0.00	0.01	0.16
Dolomit	0.52	0.17	0.00	0.36	0.02	0.02	0.52	0.39	0.57	0.84	0.98	0.72	1.15	0.00
Mg Klorit	2.60	2.45	0.00	1.45	1.08	0.93	0.00	0.00	0.00	1.52	0.00	0.00	0.40	0.47
Kalkopirit	2.28	2.29	0.35	1.71	1.82	1.57	0.96	0.70	0.57	0.51	0.38	0.05	0.34	2.53
Pirit	52.51	39.76	46.75	36.32	48.86	70.68	31.31	24.97	20.31	4.44	13.72	23.11	3.60	72.17
Toplam	96.65	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.78	100.00	100.00	100.00	99.27
Reziduel (r²)	0.00	0.28	24.34	0.05	0.26	0.22	0.57	6.20	1.42	0.01	0.16	2.82	0.08	0.00
	Kuvars	Sfalerit	Kalsit	Hematit	Barit	Rutil	Siderit	K feldispat	Kaolinit	Galen	Dolomit	Mg Klorit	Kalkopirit	Pirit
Minumum	20.48	0.06	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.05	4.44
Maksimum	82.48	1.94	0.01	7.82	4.21	0.16	4.95	3.43	4.12	0.08	0.98	2.60	2.29	70.68
Arit. Ort.	53.65	0.46	0.00	1.06	1.92	0.04	1.43	1.70	2.67	0.02	0.43	0.84	1.10	34.39
Std. Sapma	19.92	0.55	0.00	2.42	1.08	0.06	1.75	0.92	1.36	0.03	0.33	0.99	0.79	18.56
Medyan	55.88	0.25	0.00	0.00	1.46	0.00	0.60	1.90	3.15	0.00	0.45	0.46	0.83	33.81

Not: Mineral yüzdeleri Excel'de 0.000001 kesinlik, 0.1% tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır. MRG olan semboller M olarak kısaltılarak yazılmıştır. *M 9 KF ve M 6 KF istatistiksel hesaplamalara dahil edilmemiştir.

Tablo3.23. Ağustos 2005 döneminde Damar ve Kabaca Dereler boyunca alınan (atık etkisinden uzak) dere kumu örneklerinin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimleri (%) ve sonuçlara ait istatistik parametreler

Mineral/Örnek	MRG 10 Sed	MRG 2 Sed	MRG 1 Sed	MRG 8 Sed	MRG 7 Sed	Minimum	Maksimum	Aritmetik Ortalama.	Standart Sapma	Medyan
Kuvars	39.22	31.21	44.10	42.94	38.16	31.21	44.10	39.13	5.07	39.22
Albit	13.73	11.80	8.84	8.94	13.47	8.84	13.73	11.36	2.37	11.80
Kalsit	1.09	0.00	0.61	0.55	0.48	0.00	1.09	0.55	0.39	0.55
Hematit	5.19	0.00	1.75	2.55	2.59	0.00	5.19	2.42	1.87	2.55
Barit	0.14	0.00	0.52	0.61	0.27	0.00	0.61	0.31	0.25	0.27
Rutil	0.51	0.58	0.26	0.36	0.25	0.25	0.58	0.39	0.15	0.36
Siderit	0.00	12.72	3.67	2.85	3.45	0.00	12.72	4.54	4.81	3.45
K feldispat	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kaolinit	7.46	20.78	11.43	12.28	12.03	7.46	20.78	12.80	4.87	12.03
İllit	19.60	17.99	22.30	21.17	24.42	17.99	24.42	21.10	2.47	21.17
Dolomit	0.00	4.90	0.00	0.00	0.00	0.00	4.90	0.98	2.19	0.00
Mg Klorit	10.31	0.00	3.21	3.58	2.49	0.00	10.31	3.92	3.84	3.21
Kalkopirit	0.18	0.00	1.07	1.12	0.58	0.00	1.12	0.59	0.51	0.58
Pirit	2.47	0.00	1.47	2.35	0.66	0.00	2.47	1.39	1.07	1.47
Toplam	99.91	100.00	99.22	99.31	98.83					
Reziduel (r²)	0.01	0.85	0.02	0.03	0.02					

Not: Mineral yüzdeleri Excel'de 0.000001 kesinlik, 0.1% tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır.

Tablo 3.24. Haziran 2006 döneminde Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca alınan (atığa maruz kalmış) dere kumu örneklerinin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimleri (%) ve sonuçlara ait istatistik parametreler

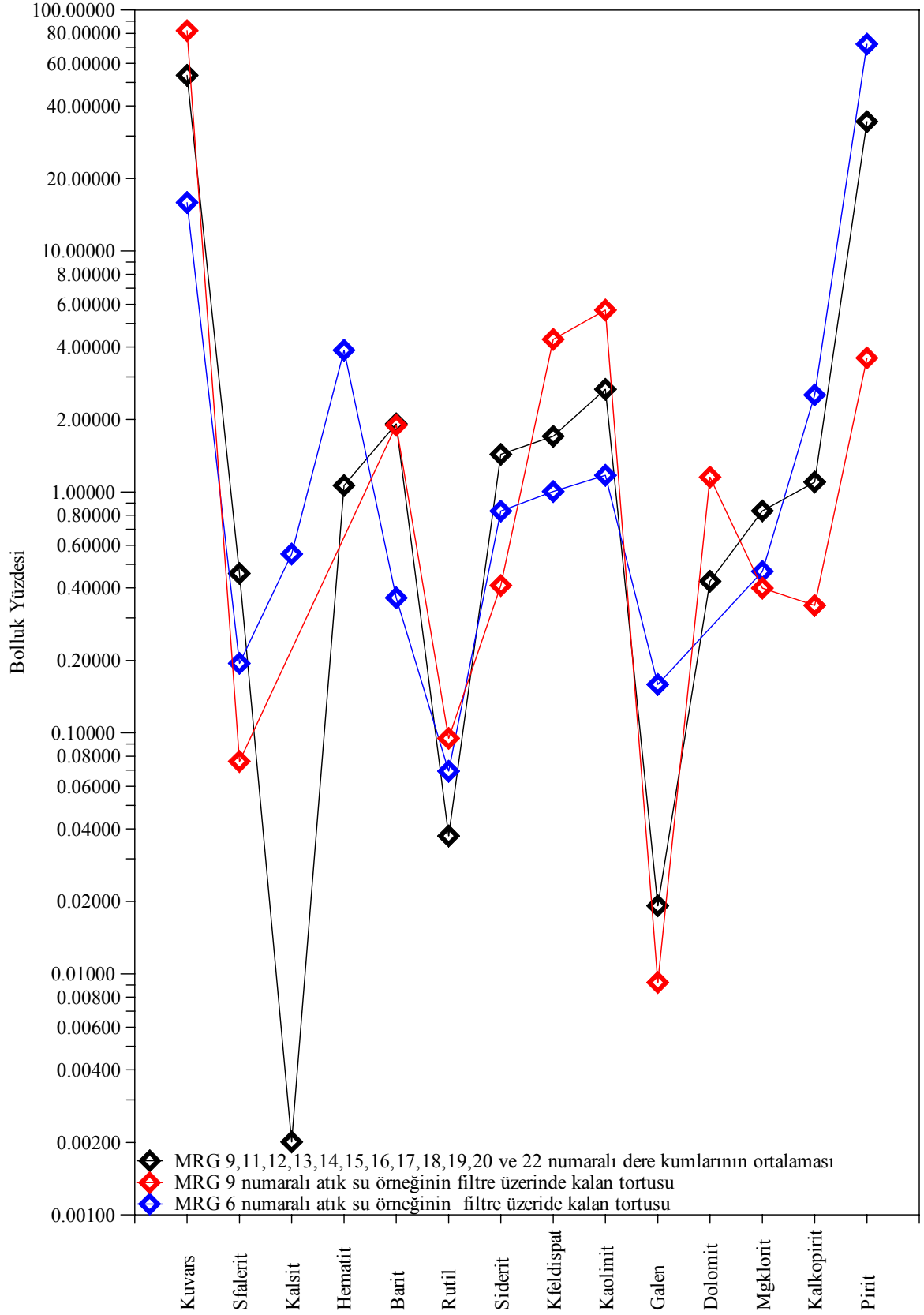
Mineral/Örnek	M 22 Sed	M 20 Sed	M 18 Sed	M 19 Sed	M 17 Sed	M 16 Sed	M 15 Sed	M 14 Sed	M 13 Sed	M 12 Sed	M 11 Sed	M 9 Sed	*M 9 KF Sed	*M 6 KF Sed
Kuars	76.94	82.62	74.62	71.22	75.03	61.96	65.36	58.94	66.80	51.09	78.49	65.23	82.39	32.67
Sfalerit	0.06	0.07	0.00	0.08	0.04	0.15	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.03	0.00	0.06
Kalsit	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Hematit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.56	0.23	0.00
Barit	1.98	1.07	3.13	4.21	3.24	4.88	4.58	5.64	3.44	5.37	1.86	2.86	1.95	1.42
Rutil	0.10	0.13	0.07	0.09	0.07	0.10	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
Siderit	2.41	2.00	1.55	0.25	1.16	1.21	0.61	1.50	0.00	0.00	0.70	1.78	0.52	0.13
K feldispat	3.19	3.72	3.15	3.40	2.81	2.64	2.16	1.69	1.97	1.47	1.95	3.41	4.65	2.47
Kaolinit	4.22	4.91	4.39	3.82	4.28	3.85	4.07	3.56	4.25	3.51	6.22	5.00	7.14	3.82
Galen	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dolomit	0.57	0.93	0.94	0.77	1.32	2.49	1.97	1.52	1.98	1.97	2.26	1.28	0.95	0.63
Mg Klorit	1.83	1.92	1.58	1.47	1.22	1.26	0.43	0.32	0.00	0.00	0.36	0.55	0.38	0.22
Kalkopirit	0.20	0.14	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pirit	8.49	2.42	10.56	13.90	10.83	21.44	20.81	26.82	21.27	36.57	7.03	19.00	1.78	58.53
Toplam	100.00	99.93	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.63	99.70	100.00	100.00
Reziduel (r2)	0.02	0.03	0.09	0.52	0.17	0.70	0.75	0.85	2.58	1.35	0.47	0.19	0.13	0.82
	Kuars	Sfalerit	Kalsit	Hematit	Barit	Rutil	Siderit	K feldispat	Kaolinit	Galen	Dolomit	Mg Klorit	Kalkopirit	Pirit
Minumum	51.09	0.00	0.00	0.00	1.07	0.01	0.00	1.47	3.51	0.00	0.57	0.00	0.00	2.42
Maksimum	82.62	0.28	0.52	0.75	5.64	0.13	2.41	3.72	6.22	0.01	2.49	1.92	0.27	36.57
Arit. Ort.	69.02	0.06	0.04	0.11	3.52	0.05	1.10	2.63	4.34	0.00	1.50	0.91	0.05	16.59
Std.Sapma	9.12	0.08	0.15	0.26	1.45	0.04	0.79	0.76	0.75	0.00	0.63	0.71	0.09	9.57
Medyan	69.01	0.03	0.00	0.00	3.34	0.04	1.19	2.72	4.24	0.00	1.42	0.88	0.00	16.45

Not: Mineral yüzdeleri Excel'de 0.000001 kesinlik, 0.1% tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır. MRG olan semboller M olarak kısaltılarak yazılmıştır.*M 9 KF ve M 6 KF istatistiksel hesaplamalara dahil edilmemiştir.

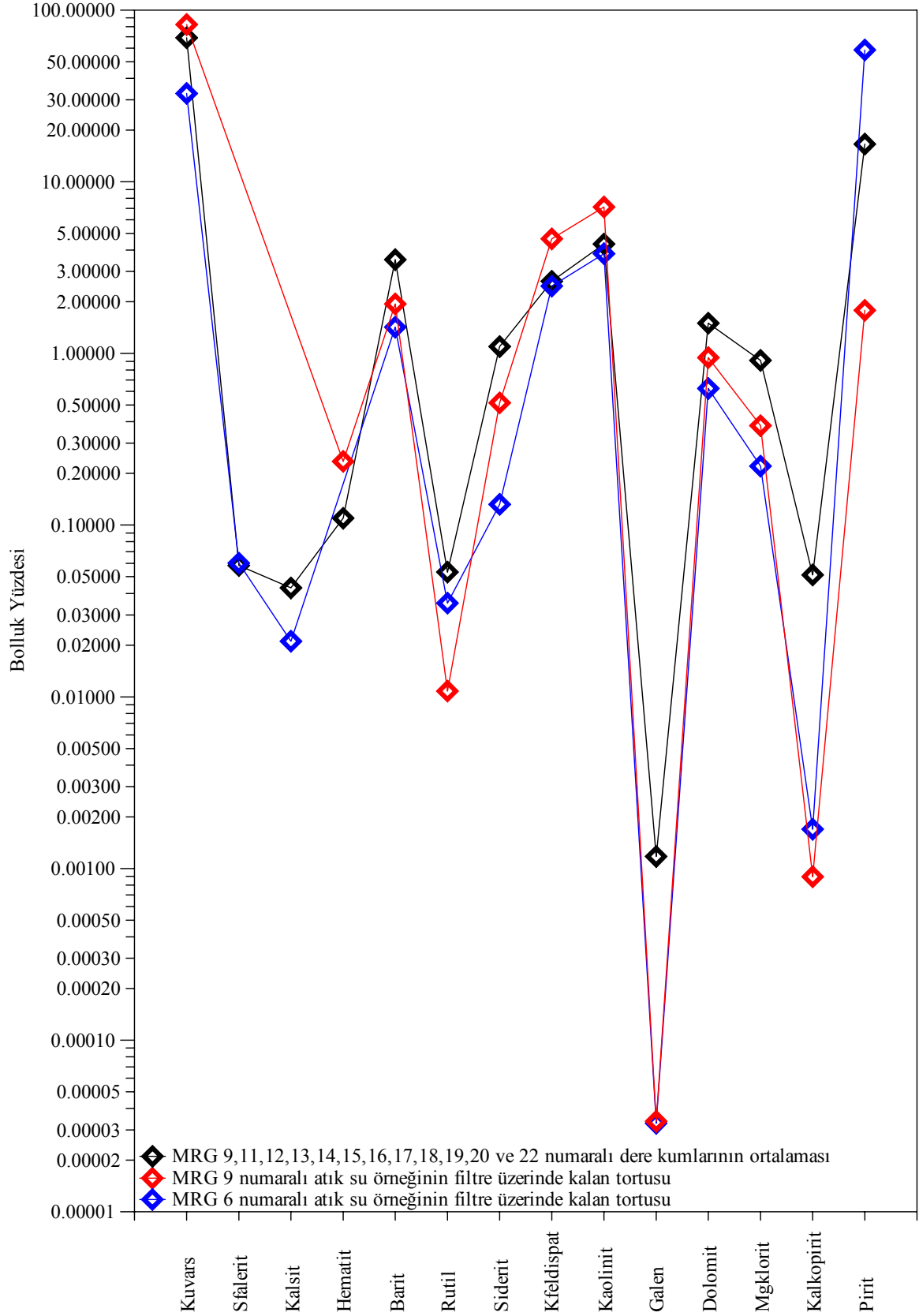
Tablo 3.25. Haziran 2006 döneminde Damar ve Kabaca Dereler boyunca alınan (atık etkisinden uzak) dere kumu örneklerinin tüm kayaç analizlerinden MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimleri (%) ve sonuçlara ait istatistik parametreler

Mineral/Örnek	MRG 10 Sed	MRG 2 Sed	MRG 1 Sed	MRG 8 Sed	MRG 7 Sed	Minimum	Maksimum	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Medyan
Kuvars	42.32	38.90	39.94	45.07	44.08	38.90	45.07	42.06	2.63	42.32
Albit	12.53	9.62	7.79	7.89	8.12	7.79	12.53	9.19	2.01	8.12
Kalsit	0.98	1.27	0.81	0.25	0.50	0.25	1.27	0.76	0.40	0.81
Hematit	3.78	1.99	4.28	1.32	0.52	0.52	4.28	2.38	1.60	1.99
Barit	0.11	0.03	0.44	0.60	0.34	0.03	0.60	0.30	0.24	0.34
Rutil	0.40	0.68	0.60	0.26	0.37	0.26	0.68	0.46	0.17	0.40
Siderit	0.35	6.78	3.61	3.88	6.81	0.35	6.81	4.29	2.68	3.88
K feldspat	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kaolinit	7.63	14.57	10.95	12.06	12.76	7.63	14.57	11.59	2.57	12.06
İllit	20.32	21.28	23.80	23.04	19.79	19.79	23.80	21.64	1.73	21.28
Dolomit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg Klorit	10.71	3.58	3.81	2.21	2.84	2.21	10.71	4.63	3.46	3.58
Kalkopirit	0.04	0.04	1.25	1.36	2.12	0.04	2.12	0.97	0.91	1.25
Pirit	0.84	1.11	1.89	1.29	0.75	0.75	1.89	1.18	0.45	1.11
Toplam	100.00	99.84	99.16	99.24	99.00					
Reziduel (r2)	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03					

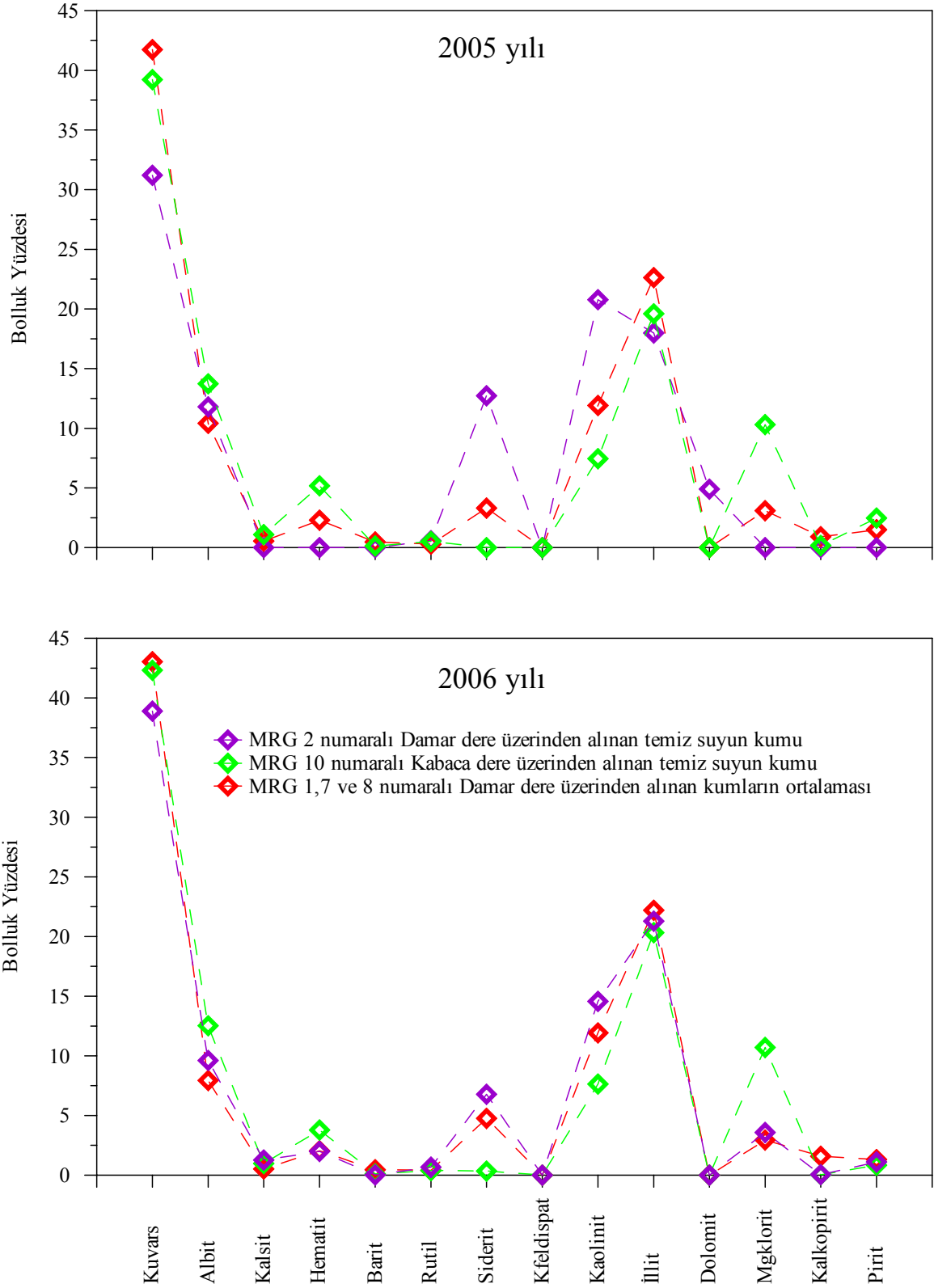
Not: Mineral yüzdeleri Excel'de 0.000001 kesinlik, 0.1% tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır.



Şekil 3.76. Ağustos 2005 döneminde Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca alınan dere kumu örneklerinin MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimlerine (%) ait grafiksel gösterim



Şekil 3.77. Haziran 2006 döneminde Kabaca ve Murgul Dereleri boyunca alınan dere kumu örneklerinin MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimlerine (%) ait grafiksel gösterim



Şekil 3.78. Ağustos 2005 ve Haziran 2006 döneminde Kabaca ve Damar Dereleri boyunca alınan dere kumu örneklerinin MINSQ yöntemiyle (Herrmann ve Berry, 2002) hesaplanan mineralojik bileşimlerine (%) ait grafiksel gösterim

Atık etkisi altındaki noktalardan alınan dere kumlarına uygulanan MINSQ yöntemi sonucunda; 2005 yılındaki ortalama pirit yüzdesinin 2006 yılındaki pirit yüzdesinden oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.22 ve 3.24). Ayrıca, 2005 yılındaki dere kumu örneklerinin ortalama kuvars yüzdesinin 2006 yılındaki örneklerin ortalama kuvars yüzdesinden düşük olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.22 ve 3.24). Bu durum, 2006 yılında madenin düzenli çalışmayışından ileri gelmektedir.

Atık etkisinden uzak Damar Dere ve Kabaca Dere üzerinden alınan dere kumu örneklerine uygulanan MINSQ yöntemi sonucunda ise hesaplanan mineral yüzdelerinin ortalamalarının 2005 ve 2006 yıllarında birbirine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.23 ve 3.25).

3.6.3. Dere Kumu Örneklerine Faktör Analizi Uygulanması

2005 Ağustos ve 2006 Haziran dönemlerinde Kabaca, Damar ve Murgul Derelerinden alınan 17 adet dere kumu örneğindeki bazı ana oksit ve iz element sonuçlarına SPSS 9.0 programı kullanılarak Faktör analizi yapılmıştır. Faktör analizi sonucunda her iki dönemde de 3 faktör grubu oluşmuştur. Oluşan bu faktör yükleri ve varyans değerleri Tablo 3.26 'da verilmiştir.

3.6.3.1. Ağustos 2005 Dönemi Dere Kumları Faktör Analizi

Ağustos 2005 dönemi dere kumlarına ait faktör analizinde; 1 numaralı faktör yükleri grubunda, yüksek pozitif değerlere sahip bileşenler olarak As, Cd, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn, Fe₂O₃ ve Toplam S bir grup oluştururken; yüksek derecede negatif faktör yüküne sahip SiO₂ ayrı bir grup oluşturmuştur. Döndürme yapıldığında 1. faktörün açıkladığı varyans % 43.37'tür. 1 numaralı faktör yükündeki pozitif bileşenler cevher elementlerini. negatif bileşenler ise başlıca gang olan kuvarsı temsil etmektedir. SiO₂ azaldıkça Fe₂O₃, Toplam S, As, Cd, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn, ve konsantrasyonları muhtemelen silisin flotasyon ile ayrılmasına bağlı olarak artmaktadır.

2 numaralı faktör yükleri grubunda; yüksek pozitif faktör yüküne sahip bileşenler olan Al₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, MnO₂ ve Toplam C bir grup oluşturmuştur. Bu grupta alkali ve toprak alkali elementler pozitif faktör yükleriyle bir grup oluşturmuşlardır.

Döndürme yapıldığında 2. faktörün açıkladığı varyans % 28.38'dir. 2 numaralı faktör grubu feldispatlar, klorit, kalsit, kil minerallerinden illit ve kaoliniti temsil etmektedir. Kil mineralleri bünyelerinde Mn absorbladıkları için aynı faktör grubunda yer almışlardır.

3 numaralı faktör yükleri grubunda; yüksek pozitif faktör yüküne sahip bileşenler olan Ba ve Sr bir grup oluşturmuştur. Döndürme yapıldığında 3. faktörün açıkladığı varyans % 15.12'dir. 3 numaralı faktör grubu Bariti temsil etmektedir. 3 faktörün toplam açıkladığı varyans % 86.87'dir.

Tablo 3.26. Ağustos 2005 ve Haziran 2006 dönemlerinde alınan dere kumu örneklerine uygulanan faktör analizi sonuç tablosu

Ağustos 2005 Dönemi Dere Kumları				Haziran 2006 Dönemi Dere Kumları			
	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3		Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3
As	0.90	-0.34	0.27	As	0.88	-0.48	0.06
Au	0.17	-0.52	-0.13	Au	0.89	-0.43	0.04
Ba	0.22	-0.28	0.91	Ba	0.82	-0.53	-0.02
Cd	0.93	-0.24	0.10	Cd	0.56	-0.10	0.79
Co	0.48	0.53	0.11	Co	0.98	-0.11	0.13
Cu	0.86	-0.38	0.07	Cu	-0.11	0.31	0.91
Hg	0.92	-0.33	0.21	Hg	0.85	-0.40	0.28
Mo	0.83	-0.46	0.31	Mo	0.84	-0.50	0.15
Ni	0.84	0.38	-0.28	Ni	-0.05	0.89	0.36
Pb	0.72	-0.43	0.47	Pb	0.87	-0.33	0.27
Sr	-0.04	-0.03	0.96	Sr	0.89	-0.33	0.04
Zn	0.92	-0.23	0.11	Zn	0.50	-0.08	0.85
SiO ₂	-0.96	-0.09	0.03	SiO ₂	-0.73	-0.61	-0.29
Al ₂ O ₃	-0.40	0.78	-0.43	Al ₂ O ₃	-0.40	0.90	0.16
Fe ₂ O ₃	0.94	-0.22	0.10	Fe ₂ O ₃	0.98	-0.05	0.16
MgO	-0.27	0.75	-0.42	MgO	-0.14	0.86	-0.17
CaO	-0.30	0.86	-0.32	CaO	-0.21	0.94	-0.17
Na ₂ O	-0.34	0.78	-0.46	NaO	-0.34	0.92	0.03
K ₂ O	-0.49	0.69	-0.42	K ₂ O	-0.44	0.86	0.22
MnO ₂	-0.21	0.91	-0.34	MnO ₂	-0.24	0.95	0.07
Toplam C	0.00	0.74	0.05	Toplam C	0.44	0.17	0.29
Toplam S	0.85	-0.43	0.19	Toplam S	0.91	-0.39	0.07
% Değişim	43.37	28.38	15.12	% Değişim	44.66	35.09	12.86
% Kümülatif	43.37	71.75	86.87	% Kümülatif	44.66	79.75	92.61
Özgün Değer	13.13	4.35	1.63	Özgün Değer	13.40	5.25	1.72

3.6.3.2. Haziran 2006 Dönemi Dere Kumları Faktör Analizi

Haziran 2006 döneminde alınan dere kumlarına ait faktör analizinde; 1 numaralı faktör yükleri grubunda, yüksek pozitif değerlere sahip bileşenler olarak As, Au, Ba, Co, Hg, Mo,

Pb, Sr, Fe₂O₃ ve toplam S bir grup oluştururken; yüksek derecede negatif faktör yüküne sahip SiO₂ ayrı bir grup oluşturmuştur. Döndürme yapıldığında 1. faktörün açıkladığı varyans % 44.66'dır. Co Ağustos 2005 dönemi dere kumlarına ait 1. faktör grubundaki Ni'in yerini almıştır. Haziran 2006 döneminde hem madenin düzenli çalışmamasından hem de örnekleme zamanının yağışlı sezonda yapılmış olmasından ötürü mevcut dere kumundaki Au yıkanmanın sonucu olarak zenginleşmeye maruz kalmıştır. 1 numaralı faktör yükündeki pozitif bileşenler cevher elementlerini ve Bariti, negatif bileşenler ise başlıca gang olan kuvarsi temsil etmektedir. SiO₂ azaldıkça As, Cd, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn, Fe₂O₃ ve Toplam S konsantrasyonları artmaktadır.

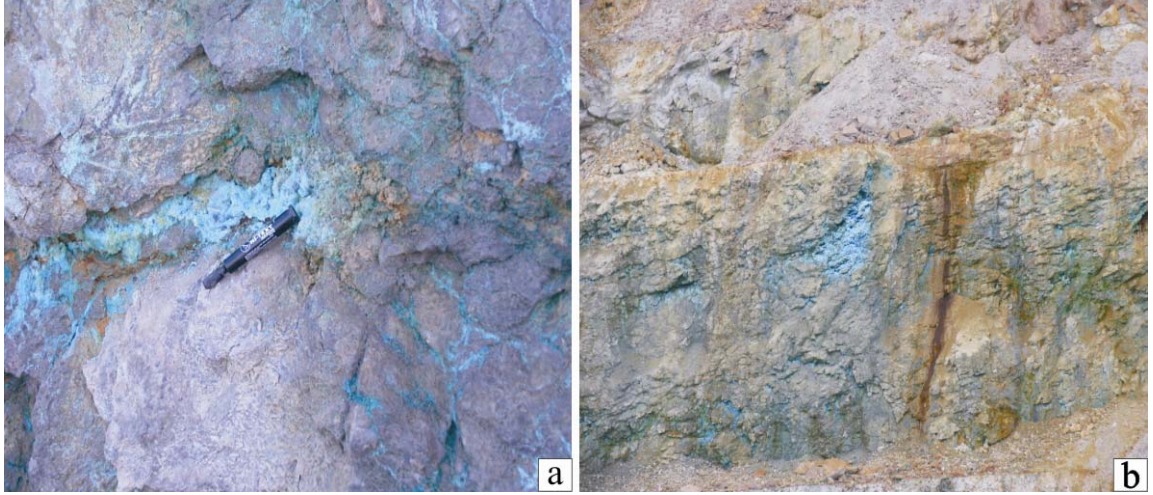
2 numaralı faktör yükleri grubunda; yüksek pozitif faktör yüküne sahip bileşenler olan Ni, Al₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O ve MnO₂ bir grup oluşturmuştur. Bu grupta alkali ve toprak alkali elementler pozitif faktör yükleriyle bir grup oluşturmuşlardır. Döndürme yapıldığında 2. faktörün açıkladığı varyans % 35.09'dur. 2 numaralı faktör grubu feldispatlar, klorit, kalsit, kil minerallerinden illit ve kaoliniti temsil etmektedir. Kil mineralleri bünyelerinde Mn absorbladıkları için aynı faktör grubunda yer almışlardır.

3 numaralı faktör yükleri grubunda; yüksek pozitif faktör yüküne sahip bileşenler olan Cd, Cu ve Zn bir grup oluşturmuştur. Döndürme yapıldığında 3. Faktörün açıkladığı varyans % 12.86'dır. 3 numaralı faktör grubu cevher elementlerini (kalkopirit ve sfalerit) temsil etmektedir. 3 faktörün toplam açıkladığı varyans % 92.61'dir.

3.7. Ayırışma Örnekleri

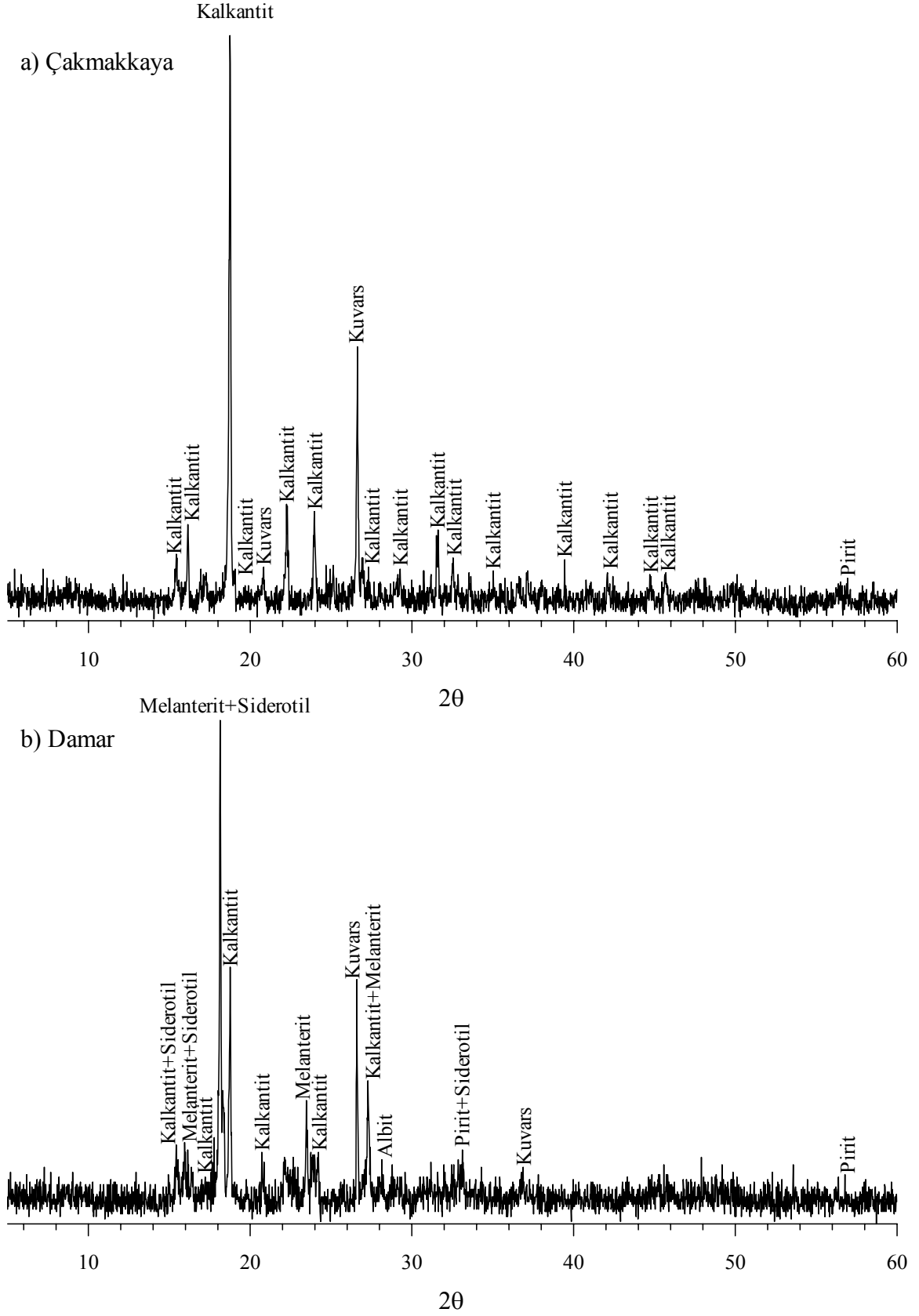
Maden içinden akan sular maden içinde küçük göller oluşturur. Kuru sezon boyunca bu suların buharlaşmasının sonucunda; metal ve sülfat iyonları beraber çökelerek yeşilimsi-mavi renkli melanterit (FeSO₄.7H₂O) tuzunu oluşturur (Ferreira da Silva vd., 2006). Asidik maden drenajlarında demir sülfatların yanı sıra bakır sülfat mineralleri de yaygın olarak bulunur.

Ağustos 2005 dönemi örneklemede (kuru sezonda) Çakmakkaya ve Damar sahalarından 2 adet ayırışma örneği alınmıştır (Şekil 3.79 a ve b). Alınan bu örneklere tüm kayaç XRD çekimi yapılmıştır. Tüm kayaç difraktogram çözümlenmeleri sonucunda Çakmakkaya sahasından alınan örnekte Kalkantit (%75), Kuvars (%24) ve Pirit (%1) mineralleri tespit edilmiştir (Şekil 3.80 a).



Şekil 3.79. 2005 yılı Ağustos döneminde a) Damar b) Çakmakkaya maden sahalarındaki ayrışma örnekleri

Damar sahasından alınan örnekte ise Kalkantit ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), Siderotil ($\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), Melanterit ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Kuvars, Albit ve Pirit mineralleri tespit edilmiştir (Şekil 3.80 b). Damar sahasından alınan örnekteki minerallere ait piklerin çakışması nedeniyle mineral yüzdeleri hesaplanamamıştır.



Şekil 3.80. 2005 yılı Ağustos döneminde Çakmakkaya ve Damar sahalarından alınan ayırma örneklerinin tüm kayaç xrd grafiği

4. TARTIŞMA

4.1. Su Örnek Türlerinin Karşılaştırılması

Su örneklerinin alınması işlemi son derece zahmetli ve zaman alıcıdır. Özellikle filtreleme yapılmak istendiğinde, örnekleme çok daha uzun ve yorucudur. Örnek türleri arasında farklılıkların olmadığı durumlarda, sadece ham su örnekleri ya da kağıt filtre ile süzölmüş örnekler de düşünölebilir. Böyle durumlar sadece zaman açısından değil, özellikle maddi açıdan da kazanç sağlayacaktır.

Örnekleme esnasında ne tür örneğin alınması gerektiği tartışma konusudur. Eğer su indirgeyici ise, herhangi bir oksidasyon olmadan filtrelenmesi gerekir. Bu amaçla genelde 0.1- 0.45 µm gözenek açıklığına sahip membran filtreler kullanılır. Fakat, filtrenin boyutu örneklenen suya göre değişir. Filtreleme yöntemleri üzerine bir çok tartışma devam etmektedir (Hinkle ve Polette, 1999; Horowitz vd., 1996; Shiller ve Taylor, 1996).

Bünyesinde As, Se ve diğer iz elementleri absorblamış küçük Fe partikülleri filtrelendiği takdirde filtre gözeneklerinden geçmektedir. Ayrıca, asit ilave edilmesi halinde de bu Fe partikülleri çözeltiye geçebilmektedir (Chen vd., 1994).

Bangladeş'te As'ce zengin alandan alınan filtrelenmiş ve filtrelenmemiş yeraltı sularının As konsantrasyonlarında nadiren büyük farklılıklar bulunmasına rağmen, konsantrasyonlar genel anlamda ($\pm\% 10$) birbirine benzemektedir (Smedley vd., 2001). Filtrelenmiş ve filtrelenmemiş örneklerin birbirlerine benzediğini ortaya koyan araştırmacıların yanı sıra bazı elementler açısından örneklerin farklılıklar gösterdiğini ispatlayanlar da mevcuttur. Banks vd., 2005 yılında yapmış oldukları çalışmada Salars de Uyuni ve Coipasa havzalarından aldıkları pH'ı yüksek ve biraz tuzlu olan su örneklerinin B, Ca, Li, Mg, K, Si, Na, Sr, S element konsantrasyonunun filtreleme işleminden etkilenmediğini saptamışlardır. Aynı çalışmada Al, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, Ni, P, Ag, Tl, Ti ve V elementlerinin filtreleme işleminden etkilendiklerini ve filtrelenmemiş örneklerin bu elementlere ait konsantrasyon değerlerinin filtrelenmiş örneklere göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Ham su örnekleri fiziksel olarak süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerden farklıdır. Çünkü bu örnekler, herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan alınan vadi suyu olması itibariyle, örnek noktasına bağlı olarak yer yer % 40- 50'ye varan oranlarda askıda

malzeme içerebilmektedir. Bu fiziksel farklılığa rağmen, ham su örnekleri genel olarak bir çok fiziksel ve kimyasal parametre açısından, diğer örnek türleriyle son derece benzer sonuçlar vermiştir (Tablo 4.1).

Fiziksel parametreler arasından pH, Eh, iletkenlik ve toplam çözülmüş katı tüm su örnek türleri için son derece benzer sonuçları vermiştir. Değerler arasındaki farklılıklar sadece minimum ve maksimum değerlerde gözlenmekte olup, sonuçların genel dağılım kalıpları birbirine benzemektedir (Şekil 3.9, 3.13 ve 3.15). Hatta iletkenlik ve çözülmüş katı parametrelerinin uzaklığa bağlı değişim grafikleri tüm örnek türleri için birebir aynı çıkmaktadır (Şekil 3.13 ve 3.15). Bu beklenen bir durumdur. Zira bu parametrelerin ölçüm anında örnek türlerinin hiç birine herhangi bir kimyasal işlem yapılmamaktadır.

Tablo 4.1. 2006 yılı ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerine ait bazı parametrelerin karşılaştırma tablosu

Parametre	Ham Su		Süzölmüş Su		Filtrelenmiş Su	
	Değişim Aralığı	Arit. Ort.	Değişim Aralığı	Arit. Ort.	Değişim Aralığı	Arit. Ort.
pH	2.7-10.84	7.19	2.7-10.78	6.94	2.71-10.47	6.94
Eh (mV)	-48-559	264.05	14-555	264.09	8-554	264.36
T (°C)	14.2-21.3	16.28	20.9-25.7	22.16	20.9-25.7	22.15
İletkenlik (µS/cm)	73-7150	632	73-7100	626.36	72-7110	622.95
TÇK	36.5-3575	316	36.5-3550	313.18	36-3555	311.48
Alkalinite (ppm CaCO ₃)	0-208.74	54.12	0-97.98	41.44	0-91.59	42.7
ÇO (mg/l)	2.93-9.20	6.07	4.35-6.51	5.30	4.44-7.5	5.29
Sülfat (mg/l)	<3-2000	195.26	<3-2000	189.09	<3-13800	747.41
Al (ppm)	0.031-51.03	5.369	0.017-52.039	2.991	0.01-52.734	2.828
As (ppb)	<0.5-679.2	151.150	<0.5-191.9	26.718	<0.5-189.2	11.5
Ba (ppb)	2.73-643.11	203.887	3.96-912.49	284.84	5.79-423.36	92.138
Cd (ppb)	<0.05-289.97	22.477	<0.05-285.26	17.578	<0.05-265-71	16.395
Cu (ppm)	0.002-269.54	17.873	0.0097-272.559	15.274	0.0009-291.09	16.251
Fe (ppm)	0.028-404.328	48.934	0.015-237.356	13.431	<0.01-225.724	11.24
Mn (ppm)	0.005-58.062	3.688	0.0025-58.6231	3.204	0.0022-58.610	3.198
Pb (ppb)	0.3-13858.1	750.359	0.3-115.7	37.514	0.1-33.5	7.423
S (ppm)	4-2237	153.409	4-2115	139.318	4-2362	153.455
Si (ppm)	3.097-40.009	7.234	0.841-21.46	4.483	0.82-19.587	4.113
Zn (ppm)	<0.0005-58.822	5.094	0.0015-56.845	3.532	0.0064-55.322	3.46

Eh'in değişim aralığındaki farklılık flotasyon tesisinden alınan atıktan kaynaklanmaktadır. Ham atık örneği, süspansiyon halinde çok fazla miktarda madde içermekte; buna bağlı olarak da düşük Eh değerleri göstermektedir. Ancak, süzme ve filtreleme işlemleri sonucunda süspansiyon halindeki malzemedan arınması sonucu ham su örneğine kıyasla süzölmüş ve filtrelenmiş eşlenikleri daha yüksek Eh değerleri göstermektedir (Tablo 3.2, 3.3 ve 3.4). Benzer durum Kabaca Dere'ye atılan atık örneğinde mevcut olduğundan, bu durumu Eh'a ait uzaklığa bağlı dağılım grafikleri daha iyi açıklamaktadır (Şekil 3.11). Örnek türleri arasında bu parametreler için hesaplanmış olan korelasyon katsayıları ve ikili grafikler bu mükemmel yakın ilişkiyi ortaya koymaktadır. (Tablo 4.2 ve Şekil 4.1). Buna karşın, alkalinite ve çözünmüş oksijen değerlerinde örnek türleri arasında farklıklar söz konusudur. Aslında, alkalinite için de bir farklılık olmaması beklenir. Çünkü, alkalinite, set edilmiş bir pH değerine karşı suyun asidi nötrleştirme kapasitesinin bir ölçüsüdür (URL-3, 2007). Ham, süzölmüş ve filtrelenmiş örnekler arasında pH değişmediğinden, alkalinitenin de değişmemesi gerekir. Bu nedenle burada gözlenen değişim muhtemelen ölçümlerle ilgilidir. Özellikle ham örneklerin son derece yoğun tortu içermesi ve dolayısıyla koyu renkli olması, ölçüm esnasında kullanılan kimyasal maddelerin sağladığı renk dönüşümlerinin izlenmesini zorlaştırmış ve renk dönüşüm gözlemlerinde hata ihtimalini artırmıştır. Bu durum, ham suyu oldukça fazla miktarda süspansiyon halinde malzeme içeren Kabaca Dere'ye atılan atık örneğinin alkalinite ölçümlerinde son derece belirgin olarak kendini göstermektedir (Şekil 3.23 ve Tablo 3.2, 3.3 ve 3.4).

Çözünmüş oksijen miktarı ve sıcaklık örnek türlerine bağımlı olan parametrelerdir. Derelerdeki oksijenin asıl kaynağı atmosferdir ve oksijenin eriyebilirliği su sıcaklığı ve atmosfer basıncıyla ters orantılıdır. Normal atmosfer basıncında, sudaki oksijenin eriyebilirlik derecesi 0°C'de 14.5 mg/l'den, 30°C'de 7.8 mg/l' ye kadar değişmektedir (Şahinci, 1991). Ham su örneklerine ait ölçümler doğrudan dereden yapılmış olduğundan, atmosferle doğrudan ilişki içerisindedir ve sıcaklık değeri süzölmüş ve filtrelenmiş sulara kıyasla düşüktür. Buna karşın süzme ve filtreleme işlemlerinin zaman almasından ötürü süzölmüş ve filtrelenmiş örnekler havanın sıcaklığından dolayı ısınmaya maruz kalmaktadır. Ayrıca filtreleme esnasında suyun atmosferle olan direkt ilişkisi kesilmektedir. Bunların sonucu olarak, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde ham su örneklerine kıyasla nispeten düşük çözünmüş oksijen değerleri elde edilmiştir (Tablo 4.1). Ancak ham sularda ölçölen minimum değer (2.93mg/l) süzölmüş ve filtrelenmiş sularda

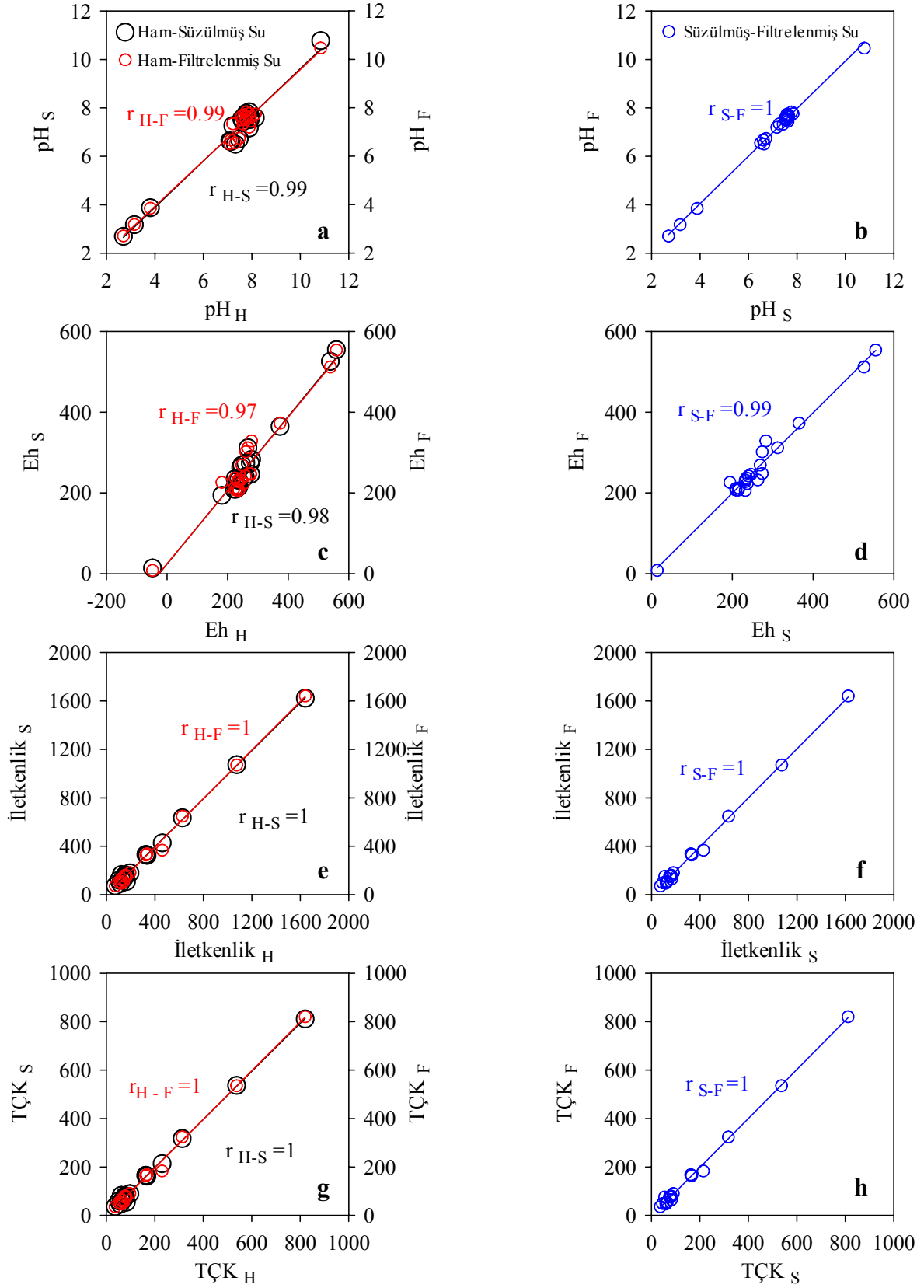
ölçülen minimum değerden daha düşüktür. Çünkü ham sulardaki minimum değer flotasyon tesisinden alınan atık örneğine aittir.

Süzülmüş ve filtrelenmiş örnekler SO₄ içeriği bakımından birkaç örnek dışında birbirlerine son derece benzer sonuçlar vermektedir. Sonuçlardaki bu benzerlik uzaklığa bağlı değişim grafiğinde çok net şekilde görülmektedir (Şekil 3.21 b ve c). Bu grafiklerdeki tek fark Kabaca Dere'ye atılan atığın süzölmüş örneğinin filtrelenmiş örneğine kıyasla daha fazla sülfat içermesidir. Buna karşın, 2006 yılında bakır madeninin düzenli çalışmayışından ötürü flotasyon tesisinden alınan atık örneğinde bu durum gözlenememiştir. Filtrelenmiş suların süzölmüş sulara kıyasla oldukça fazla yüksek değişim aralığı ve dolayısıyla ortalama göstermesine neden olan örnek Bognari sahasındaki işletme çukurundan alınan su örneğidir. Filtrelenmiş bu örnek ham ve süzölmüş eşleniğine nazaran 6.9 kat daha fazla SO₄ içermektedir. Ham su örneklerinden iki tanesinde örneklerin aşırı süspansiyon içermesi nedeniyle SO₄ miktarı ölçülememiştir. Ancak genel olarak değerlendirildiğinde ham örneklerin SO₄ içeriği süzölmüş ve filtrelenmiş eşleniklerine oranla daha düşüktür (Tablo 3.2, 3.3 ve 3.4).

Tablo 4.2. 2006 yılında alınan ham, süzölmüş ve filtrelenmiş sularda ölçülen parametrelerin örnekler arası Pearson korelasyon katsayıları

Fiziksel ve Kimyasal Parametreler	Ham-Süzölmüş Su	Ham-Filtrelenmiş Su	Süzölmüş-Filtrelenmiş Su
pH	0,987	0,988	0,998
Eh	0,984	0,968	0,987
İletkenlik	1	1	1
Toplam Çözünmüş Katı	1	1	1
Alkalinite	0,500	0,528	0,940
Çözünmüş Oksijen	0,345	-0,275	-0,182
SO ₄	0,991	0,928	0,945
Al	0,808	0,807	1
As	0,207	0,097	0,869
Ba	0,909	0,482	0,626
Cd	0,981	0,981	1
Cu	0,992	0,992	1
Fe	0,404	0,406	0,999
Mn	0,991	0,991	1
Pb	0,140	-0,144	0,140
S	1	1	1
Si	0,405	0,402	0,996
Zn	0,959	0,959	1

Koyu kırmızı renkli olanlar $p < 0.01$, koyu siyah renkli olanlar ise $p < 0.05$ anlamlılık düzeyindedir.



Şekil 4.1. 2006 yılı ham, süzülmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde ölçülen a, b) pH, c, d) Eh (mV), e, f) iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ve g, h) Toplam Çözünmüş Katı (mg/l) parametrelerinin örnek türlerine göre karşılaştırılması

Fiziksel parametrelerin yanı sıra ölçülen kimyasal parametrelerin bir çoğu da örnek türleri arasında benzerlik göstermektedir. Al, Cd, Cu, Mn, S, Si ve Zn elementlerinin süzölmüş ve filtrelenmiş sulardaki değışim aralıkları ve ortalama değeri birbirine benzemektedir (Tablo 4.1). Ölçölen bu kimyasal parametreler açısından ham örnekler süzölmüş ve filtrelenmiş sulara benzemekte olup, süzölmüş ve filtrelenmiş sulardan nispeten daha yüksek değeri göstermektedir. Örnek türleri arasında bu elementler için hesaplanan korelasyon katsayılarının çok iyi ve bazen de mükemmel sonuçlar vermesi ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinin birbirine benzediğini ortaya koymaktadır (Tablo 4.2). Atık örneklerindeki element konsantrasyonu süzme ve filtreleme işlemleri sonucunda azalmakta ve bu durum uzaklığa bağılı değışim grafiklerine yansımaktadır (Şekil 3.27, 3.30, 3.31, 3.35, 3.38, 3.40 ve 3.42). Ancak, atık örneği haricindeki dağılım grafikleri tüm örnek türleri için (özellikle Cd, Mn, S ve Zn) benzer dağılımlar göstermektedir.

Örnek türleri arasında benzer dağılım gösteren bu elementlerin yanı sıra farklılık gösterenler de mevcuttur. As ve Fe konsantrasyonları süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerde birbirine benzer olup, ham örneklerden farklılık arz etmektedir. Bu farklılık element konsantrasyonlarının Ham > Süzölmüş > Filtrelenmiş şekilde sıralanmasına neden olmaktadır. Bu şekilde bir sıralanmanın oluşması gayet doğaldır. Çünkü As mevcut Fe'li oksihidroksitlerin bünyesi tarafından tutulmakta ya da Fe'li oksihidroksitlerle birlikte çökelmektedir (Williams, 2001; Casiot vd., 2003). 2006 örnekleme sezonu yağışlı sezonun hemen sonrasında, derelerin debilerinin oldukça yüksek olduğu zamanda yapılmıştır. Vadi içerisindeki su miktarı ve sirkölasyonu oldukça fazladır. Bunun sonucu olarak vadi tabanında çökelmiş ve bünyelerinde As tutan Fe'li çökeller hareketlenerek tekrar çözeltiye geçmiş olmalıdır. Dereden alınan Fe'li partiküllerce zengin bu tür örneklerin kağıt filtreden süzölmesi sonucunda su içerisinde asılı halde olan Fe partikülleri filtre kağıdı üzerinde kalmış ve süzölen suya geçememiştir. Süzölen su örnekleri 0.2 µm gözenek çapına sahip membran filtreden de geçirilince, kağıt filtreden geçebilen kolloidlerin büyük bir kısmı membran filtre üzerinde tutulmakta ve böylece mevcut Fe miktarı ve dolayısıyla da As miktarı süzölmüş örneklere göre nispeten azalmaktadır (Tablo 3.2, 3.3 ve 3.4). Bunun sonucunda As konsantrasyonları (ortalama değeri dikkate alındığında) ham örneklerden süzölmüş örneklere geçildiğinde yaklaşık 6 kat, süzölmüş örneklerden filtrelenmiş örneklere geçildiğinde ise yaklaşık 2 kat azalma göstermektedir. Örneklerde görölen bu değışim her örnek için benzer bir davranış sergilediğinden örnek türleri arasında

hesaplanan korelasyon katsayıları da son derece yüksek çıkmıştır (Tablo 4.2). Fe için gözlenen durum As'e benzer olmakla beraber süzölmüş örneklere filtrelenmiş örneklere geçildiğinde konsantrasyon azalması çok daha az olmaktadır. Çünkü Fe çoğunlukla kağıt filtreden geçemeyecek büyüklükteki partiköllerin bünyesinde bulunmaktadır.

Atık örneklereindeki konsantrasyonu Ham>Süzölmüş>Filtrelenmiş şekilde sıralanan Ba, diğere tüm örneklere karşılaştırmaya müsaade etmeyecek şekilde (bazı örneklere süzölmüş > ham > filtrelenmiş şeklinde bazı örneklere süzölmüş >filtrelenmiş > ham ve bazı örneklere ise ham >süzölmüş > filtrelenmiş şeklinde sıralanarak) değişim göstermektedir. Ancak, ham ve süzölmüş sulardaki Ba miktarı bir çok örnekte birbirine benzemekte ve bu benzerlik Ba elementinin uzaklığa bağılı değişim grafiğinde belirgin bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 3.29 a ve b).

Asidik maden drenajlarında anglezitin ($PbSO_4$) düşük çözünürlülüğünden dolayı Pb'un hareketliliği de düşüktür. Bu nedenle, bu tür sulardaki Pb konsantrasyonu çok yüksek olmaz (Alpers vd., 1994). Flotasyon tesisinden alınan atık örneği hariç tutulduğunda, örneklene su türlerinin Pb değerleri bu düşüncüyü doğrulamaktadır. Bu durum, kısmen örnekleme sahasında Pb içeren bileşiklerin azlığı veya yokluğundan kaynaklanmakla birlikte, yine de örnekleredeki Pb miktarı Ham > Süzölmüş > Filtrelenmiş şeklinde bir sıralanma göstermektedir. Flotasyon tesisinden alınan atık örneği süzölmüş eşleniğine kıyasla 251 kat ve filtrelenmiş eşleniğine kıyasla 10660 kat daha fazla Pb içermektedir. Atık örneklere veri setinden çıkarılarak yapılan yeni hesaplamada, ham ve süzölmüş sular arasındaki korelasyon katsayısı ($r = 0,77$) yükselirken, süzölmüş ve filtrelenmiş sular arasındaki korelasyon katsayısı değişmemektedir. Ayrıca uzaklığa bağılı değişim grafiğinde ham ve süzölmüş suların dağılımları birbirine son derece benzemektedir (Şekil 3.37). Bu durum ham ve süzölmüş suların Pb içeriğinin filtrelenmiş sulara kıyasla daha çok benzer olduğunu ortaya koymaktadır. Diğere bir deyişle, Pb daha çok membran filtreden geçemeyen partiköller ve kolloidler halinde taşınmaktadır.

4.2. Su Örneği Türlerinin İstatistiksel Karşılaştırılması

Ham, süzölmüş ve filtrelenmiş örneği türleri SPSS istatistik paket programı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanarak (Tablo 4.3 ve Tablo 4.4) yapılan istatistiksel karşılaştırma ile analiz edilen parametrelerin farklı örneği türlerindeki konsantrasyon dağılımlarındaki değişimler belirlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 4.3. Tek yönlü varyans analizi sonuç tablosu

Parametreler	Serbestlik Derecesi Türü	Karelerin Toplamı	Sd	Karelerin Ortalaması	F	Ho Geçerlilik Yüzdesi
pH	Gruplar Arası (Sd)	.944	2	0.472	0.157	0.855
	Gruplar İçi (Sd)	189.450	63	3.007		
	Toplam (Sd)	190.394	65			
Eh	Gruplar Arası (Sd)	12.636	2	6.318	0.001	0.999
	Gruplar İçi (Sd)	793923.864	63	12601.966		
	Toplam (Sd)	793936.500	65			
T	Gruplar Arası (Sd)	506.231	2	253.116	102.452	0.000
	Gruplar İçi (Sd)	155.646	63	2.471		
	Toplam (Sd)	661.878	65			
İletkenlik	Gruplar Arası (Sd)	918.212	2	459.106	0.000	1.000
	Gruplar İçi (Sd)	141159252.045	63	2240623.048		
	Toplam (Sd)	141160170.258	65			
TDS	Gruplar Arası (Sd)	229.553	2	114.777	0.000	1.000
	Gruplar İçi (Sd)	35289813.011	63	560155.762		
	Toplam (Sd)	35290042.564	65			
Sertlik	Gruplar Arası (Sd)	307916.952	2	153958.476	0.092	0.912
	Gruplar İçi (Sd)	105548290.538	63	1675369.691		
	Toplam (Sd)	105856207.490	65			
Fransız Sertliği	Gruplar Arası (Sd)	553.733	2	276.866	0.022	0.978
	Gruplar İçi (Sd)	798323.446	63	12671.801		
	Toplam (Sd)	798877.178	65			
Tuzluluk	Gruplar Arası (Sd)	.000	2	0.000	0.000	1.000
	Gruplar İçi (Sd)	41.429	63	.658		
	Toplam (Sd)	41.429	65			
ÇO (mg/l)	Gruplar Arası (Sd)	8.703	2	4.352	3.784	0.028
	Gruplar İçi (Sd)	72.457	63	1.150		
	Toplam (Sd)	81.160	65			
SO ₄	Gruplar Arası (Sd)	4344779.751	2	2172389.876	0.706	0.498
	Gruplar İçi (Sd)	187811327.686	61	3078874.224		
	Toplam (Sd)	192156107.438	63			
Alkalinite	Gruplar Arası (Sd)	2148.428	2	1074.214	0.995	0.376
	Gruplar İçi (Sd)	68025.041	63	1079.763		
	Toplam (Sd)	70173.470	65			
Asidite	Gruplar Arası (Sd)	1938.488	2	969.244	0.003	0.997
	Gruplar İçi (Sd)	19876920.171	63	315506.669		
	Toplam (Sd)	19878858.659	65			
Al	Gruplar Arası (Sd)	89.046	2	44.523	0.328	0.721
	Gruplar İçi (Sd)	8543.426	63	135.610		
	Toplam (Sd)	8632.471	65			
As	Gruplar Arası (Sd)	258257.948	2	129128.974	9.495	0.000
	Gruplar İçi (Sd)	856737.348	63	13599.006		
	Toplam (Sd)	1114995.296	65			
Ba	Gruplar Arası (Sd)	411954.867	2	205977.433	4.925	0.010
	Gruplar İçi (Sd)	2634682.469	63	41820.357		
	Toplam (Sd)	3046637.336	65			

Tablo 4.3.'ün devamı

Parametreler	Serbestlik Derecesi Türü	Karelerin Toplamı	Sd	Karelerin Ortalaması	F	Ho Geçerlilik Yüzdesi
Ca	Gruplar Arası (Sd)	1150.033	2	575.017	0.044	0.957
	Gruplar İçi (Sd)	815074.223	63	12937.686		
	Toplam (Sd)	816224.256	65			
Cd	Gruplar Arası (Sd)	457.637	2	228.818	0.062	0.940
	Gruplar İçi (Sd)	230816.183	63	3663.749		
	Toplam (Sd)	231273.820	65			
Co	Gruplar Arası (Sd)	2004.218	2	1002.109	0.014	0.986
	Gruplar İçi (Sd)	4548314.540	63	72195.469		
	Toplam (Sd)	4550318.758	65			
Cu	Gruplar Arası (Sd)	75.860	2	37.930	0.011	0.989
	Gruplar İçi (Sd)	221895.414	63	3522.149		
	Toplam (Sd)	221971.274	65			
Fe	Gruplar Arası (Sd)	19698.102	2	9849.051	2.018	0.141
	Gruplar İçi (Sd)	307536.900	63	4881.538		
	Toplam (Sd)	327235.001	65			
K	Gruplar Arası (Sd)	5.580	2	2.790	0.539	0.586
	Gruplar İçi (Sd)	326.201	63	5.178		
	Toplam (Sd)	331.781	65			
Mg	Gruplar Arası (Sd)	1342.217	2	671.109	0.016	0.984
	Gruplar İçi (Sd)	2691592.818	63	42723.696		
	Toplam (Sd)	2692935.035	65			
Mn	Gruplar Arası (Sd)	3.483	2	1.742	0.011	0.989
	Gruplar İçi (Sd)	9703.002	63	154.016		
	Toplam (Sd)	9706.485	65			
Mo	Gruplar Arası (Sd)	3.039	2	1.520	0.010	0.990
	Gruplar İçi (Sd)	9361.340	63	148.593		
	Toplam (Sd)	9364.380	65			
Na	Gruplar Arası (Sd)	.118	2	5.918E-02	0.001	0.999
	Gruplar İçi (Sd)	2946.524	63	46.770		
	Toplam (Sd)	2946.642	65			
Pb	Gruplar Arası (Sd)	7780729.332	2	3890364.666	1.358	0.264
	Gruplar İçi (Sd)	180417417.898	63	2863768.538		
	Toplam (Sd)	188198147.230	65			
S	Gruplar Arası (Sd)	2921.545	2	1460.773	0.007	0.993
	Gruplar İçi (Sd)	14055999.545	63	223111.104		
	Toplam (Sd)	14058921.091	65			
Si	Gruplar Arası (Sd)	127.963	2	63.982	1.965	0.149
	Gruplar İçi (Sd)	2051.706	63	32.567		
	Toplam (Sd)	2179.670	65			
Sr	Gruplar Arası (Sd)	54080.581	2	27040.291	0.285	0.753
	Gruplar İçi (Sd)	5987745.923	63	95043.586		
	Toplam (Sd)	6041826.504	65			
Zn	Gruplar Arası (Sd)	37.515	2	18.758	0.121	0.886
	Gruplar İçi (Sd)	9749.021	63	154.746		
	Toplam (Sd)	9786.537	65			

Tablo 4.4. Tek yönlü varyans analizi içindeki Tukey Testi

		N	Subset for alpha = .05			N	Subset for alpha = .05
pH	Grup		1	Asidite	Grup		1
	F	22	6.9364		F	22	128.8145
	S	22	6.9445		H	22	135.8836
	H	22	7.1941		S	22	142.08
	Sig.		0.875		Sig.		0.997
Eh	Grup		1	Al (ppm)	Grup		1
	H	22	264.0455		F	22	2.8275
	F	22	264.3636		S	22	2.991
	S	22	265.0909		H	22	5.3692
	Sig.		0.999		Sig.		0.75
İletkenlik	Grup		1	Ca (ppm)	Grup		1
	F	22	622.9545		S	22	57.8108
	S	22	626.3636		F	22	58.3429
	H	22	632		H	22	66.9199
	Sig.		1		Sig.		0.962
TÇK	Grup		1	Cd (ppb)	Grup		1
	F	22	311.4773		F	22	16.3945
	S	22	313.1818		S	22	17.5777
	H	22	316		H	22	22.4773
	Sig.		1		Sig.		0.941
Sertlik	Grup		1	Co (ppb)	Grup		1
	F	22	416.3368		F	22	69.2973
	S	22	417.8068		S	22	70.4536
	H	22	561.9605		H	22	81.5223
	Sig.		0.926		Sig.		0.988
Fransız Sertliği	Grup		1	Cu (ppm)	Grup		1
	S	22	37.6309		S	22	15.2737
	F	22	37.94		F	22	16.2508
	H	22	43.9241		H	22	17.8732
	Sig.		0.981		Sig.		0.988
Tuzluluk	Grup		1	Fe (ppm)	Grup		1
	H	22	0.3045		F	22	11.2403
	S	22	0.3045		S	22	13.4308
	F	22	0.3045		H	22	48.9341
	Sig.		1		Sig.		0.181
SO ₄ (mg/l)	Grup		1	K (ppm)	Grup		1
	S	22	189.0909		S	22	1.2117
	H	20	190.65		F	22	1.2306
	F	22	738.4091		H	22	1.8377
	Sig.		0.566		Sig.		0.634

Tablo 4.4'ün devamı

		N	Subset for alpha = .05			N	Subset for alpha = .05		
Alkalinite	Grup		1	Mg (ppm)	Grup		1		
	S	22	41.4382		S	22	56.4227		
	F	22	42.6968		F	22	56.8479		
	H	22	54.1214		H	22	66.1945		
	Sig.		0.412		Sig.		0.987		
Mn (ppm)	Grup		1	T	Grup		1	2	
	F	22	3.1976		H	22	16.2773		
	S	22	3.204		F	22		22.1455	
	H	22	3.6881		S	22		22.1591	
	Sig.		0.991		Sig.		1	1	
Mo (ppm)	Grup		1	Çöz. Ok.	Grup		1	2	
	H	22	4.6636		F	22	5.2891		
	F	22	4.9727		S	22	5.3041	5.3041	
	S	22	5.1864		H	22		6.0668	
	Sig.		0.989		Sig.		0.999	0.055	
Na (ppm)	Grup		1	As (ppb)	Grup		1	2	
	S	22	5.407		F	22	11.5		
	F	22	5.4322		S	22	26.7182		
	H	22	5.5068		H	22		151.15	
	Sig.		0.999		Sig.		0.902	1	
Pb (ppb)	Grup		1	Ba (ppm)	Grup		1	2	
	F	22	7.4227		F	22	92.1382		
	S	22	37.5136		H	22	203.8868	203.8868	
	H	22	750.3591		S	22		284.8409	
	Sig.		0.319		Sig.		0.174	0.393	
S (ppm)	Grup		1						
	S	22	139.3182						
	H	22	153.4091						
	F	22	153.4545						
	Sig.		0.995						
Si (ppm)	Grup		1						
	F	22	4.1131						
	S	22	4.4826						
	H	22	7.2343						
	Sig.		0.173						
Sr (ppb)	Grup		1						
	F	22	179.9777						
	S	22	184.5364						
	H	22	242.8518						
	Sig.		0.778						
Zn (ppm)	Grup		1						
	F	22	3.4598						
	S	22	3.5322						
	H	22	5.0941						
	Sig.		0.901						

$Sd_1:2$ ve $Sd_2:63$ 'e göre % 95 güven aralığı için tablodan F değeri 4,9705 okunur (Tüysüz ve Yaylalı, 2005). Haziran 2006 dönemine ait ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örnek türleri arasında sıcaklık (T) ve As parametrelerine ait F_{hesap} değeri F_{tablo} değeriinden büyük olduğu için bu parametreler açısından örnek türleri arasında fark olduğu söylenebilir. Diğer tüm parametrelerin F_{hesap} değeri F_{tablo} değeriinden küçük olduğundan, bu parametreler açısından su örnek türleri arasında fark yoktur. Sıcaklık (T) için; Ham su örnekleri birinci grubu oluştururken, süzölmüş ve filtrelenmiş su örnekleri ikinci grubu oluşturur. Süzme ve filtreleme esnasında zaman geçtiğinden dolayı sular ısınmıştır. As için; Süzölmüş ve filtrelenmiş su örnekleri birinci grubu oluştururken, ham su örnekleri ikinci grubu oluşturur.

Ancak, ÇO (mg/l) ve Ba için F_{hesap} değeri her ne kadar F_{tablo} değeriinden düşük olsa da ($F_{hesapÇO}=3.784$, $F_{hesapBa}=4.925$) iki ayrı grup oluşmuştur. ÇO (mg/l) için; süzölmüş ve filtrelenmiş su örnekleri birinci grubu oluştururken, süzölmüş ve ham sular ikinci grubu oluştururlar. Ba için; filtrelenmiş ve ham sular birinci grubu oluştururken, süzölmüş ve ham sular ikinci grubu oluştururlar.

Buna göre ham, süzölmüş ve filtrelenmiş suların T, As, çözünmüş oksijen ve Ba açısından bazı farklılıklar gösterdikleri; ancak diğer parametreler açısından istatistiksel olarak bir farklılık göstermedikleri söylenebilir. Bu durum konsantrasyon dağılımları ve değişimleri ile bir tezat oluşturmaktadır. Zira, bu parametrelerden bazılarının konsantrasyonlarının örnek türlerine bağılı olarak farklılıklar gösterdiği önceki bölümlerde ortaya konmuştur (Tablo 3.2, 3.3, 3.4 ve Şekil 3.28, 3.33). Bu nedenle Anova testinde sonuçların istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olduğunu ortaya koyacak bir kanıtın gözlenememesi, farklı örnek türlerinde ölçölen parametrelerin konsantrasyonlarının değıl, konsantrasyon dağılımlarının ve değişimlerinin birbirlerine benzer olduğunu ifade etmektedir. Zira Tablo 4.1'de göröleceğı üzere, As, Fe, Ba, Pb ve Si elementlerinde ham, süzölmüş ve filtrelenmiş örnekler arasında son derece önemli konsantrasyon farklılıkları bulunmaktadır.

4.3. Dere Kumları ve Süzölmüş Su Örneklerinde Ağır Metallerin Yanal Değışimi

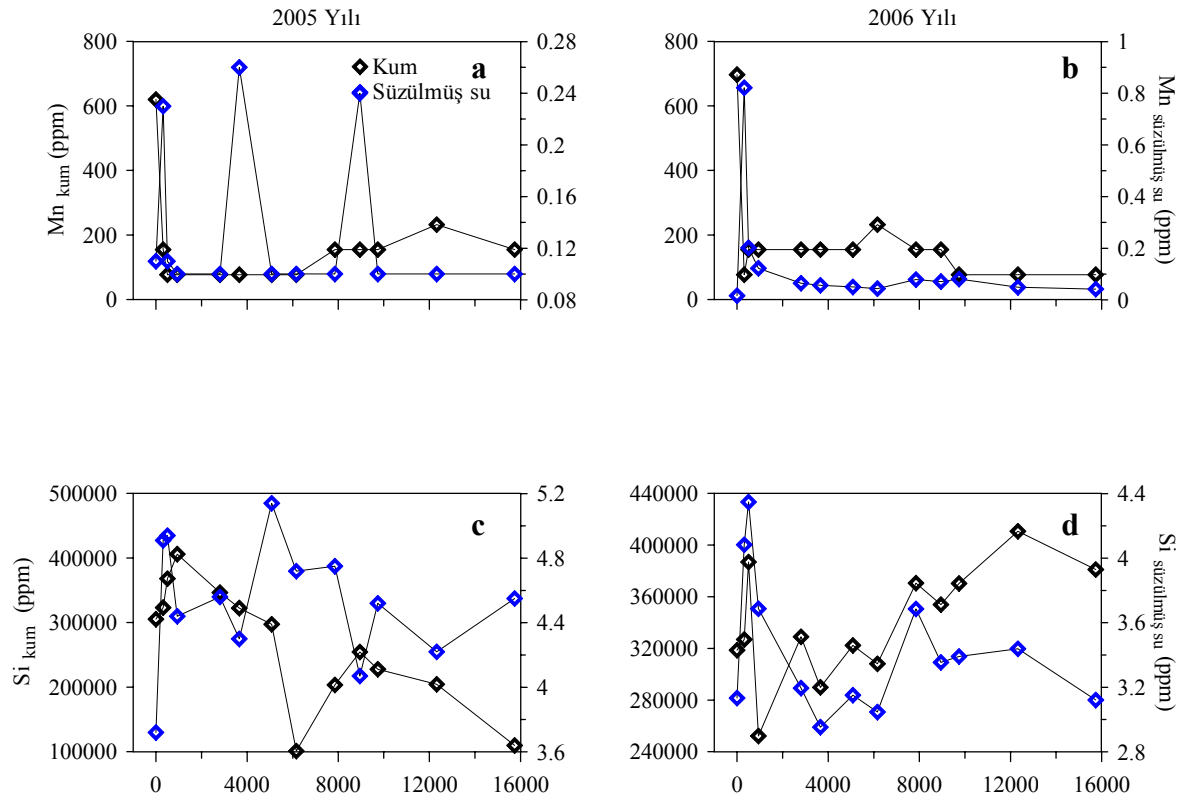
Kum örneklerindeki ağır metallerin uzaklığı bağılı değışim grafikleri son derece karakteristik bir yapı sunmaktadır. 2005 yılında alınan örneklerde Si dışındaki tüm parametreler uzaklığı bağılı olarak genellikle bir artış sergilemektedir. 2006 yılında ise,

bunun tam tersi bir durum ortaya çıkmakta ve yönseme uzaklığa göre giderek azalmaktadır (Şekil 4.3, 4.4). 2005 yılı örnekleme kuru sezonda yapılmıştır. Bu dönemde Murgul bakır madeni göreceli olarak çok daha etkili ve düzenli bir çalışma programı sürdürmüş ve örnekleme mahallerine düzenli olarak atık atılmasını sonuçlamıştır. Özellikle flotasyon tesisinden kaynaklanan metalce ve süspansiyon maddece zengin atıklar vadi boyunca çok uzak mesafelere kadar taşınmıştır. Bu durum vadi suyunun izlenmesinden de kolaylıkla anlaşılabilir. Zira, suyun rengi koyu griden giderek açılmakta ve örnekleme son bulduğu Çoruh nehri yakınlarında normale yaklaşmaktadır. Dolayısıyla süspansiyon maddenin (özellikle Fe içeren kolloidlerin) çökmesi arttıkça dere kumlarının metal konsantrasyonları da artmaktadır. Silisyum elementindeki farklılık, muhtemelen kil ve kuvars gibi ana silis içeren bileşenlerin başlangıçta çok yoğun olması ve partikül büyüklüklerinden ötürü çok hızlı bir şekilde çökmesinden kaynaklanmaktadır (Şekil 4.2).

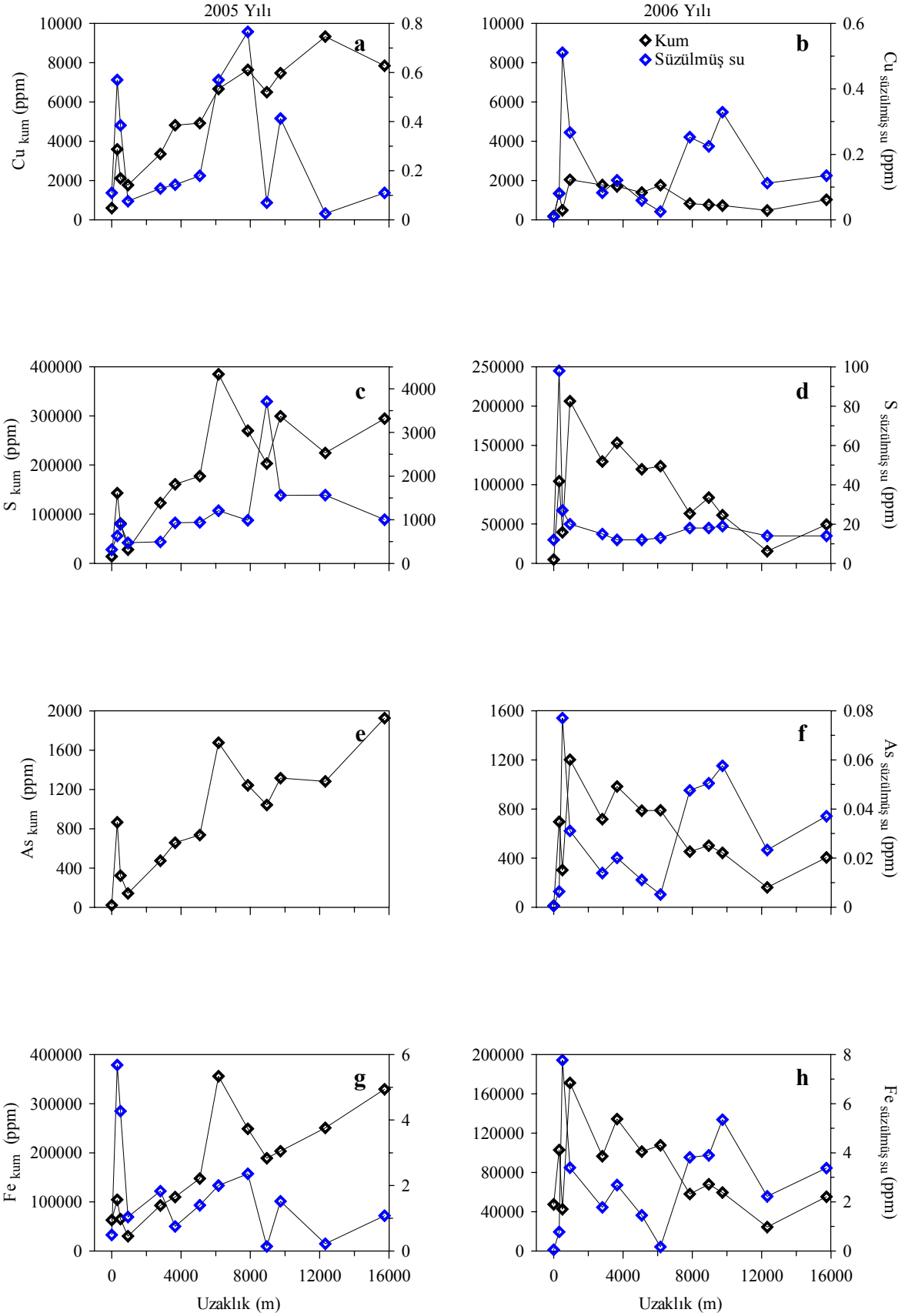
2005 yılı süzölmüş su örneklerinin uzaklığa bağlı değişimleri başlangıçta dere kumlarına benzerdir. Yaklaşık 7-8. km'ye kadar su örneklerinin metal içerikleri artmakta, daha sonra yavaşça azalmaktadır. Bu durum, süspansiyon halinde taşınan malzeme tarafından tutulan ağır metallerin bir kısmının çözüme geçmesi, 7-8. km'den sonra ise durumun tersine dönerek çözelti halinde taşınan metallerin bir kısmının sedimanlarca emilmesinden kaynaklanmış olabilir. Söz konusu bu mesafeden itibaren Cu, S, Fe ve Zn'nin dere kumu ve su örneklerine ait yönsemelerinin birbirlerine zıt olması bu yorumu desteklemektedir (Şekil 4.3 ve 4.4).

2006 yılı örnekleme yağışlı sezonda (derelerin debilerinin kar sularının erimesiyle arttığı zamanda) yapılmış olup, bu dönemde maden çok az ve düzensiz olarak çalıştırılmıştır. Dolayısıyla madenden kaynaklanan atık miktarı son derece sınırlıdır. Buna karşın gerek yağış miktarı ve gerekse debideki artış nedeniyle vadi sularının aşındırıcı etkisi hayli fazladır. Özellikle daha önceki dönemlerde vadiye bırakılmış olan atıklar bu dönemde tekrar hareketlendirilerek jeokimyasal dağılıma tabi tutulmuştur. Diğer bir deyişle, 2006 yılı örnekleme normal jeokimyasal dağılımın bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Bunun doğal bir sonucu olarak, dere kumlarında tüm analiz edilen elementlerde, element kaynağına (madene) yakın olan bölgeden itibaren düzenli bir konsantrasyon azalması görülmektedir (Şekil 4.3 ve 4.4). Su örneklerinde ölçülen konsantrasyonlar şekilsel olarak yaklaşık 6 km boyunca dere kumlarına benzer bir dağılım sergiler. 6-10 km aralığında su örneklerinde tüm metallerde (Cu, Pb, Zn, Fe, S ve Ba) önemli bir artış gözlenir. Bu bölgedeki ani yükselimin sonrasında konsantrasyonlar uzaklığa bağlı olarak

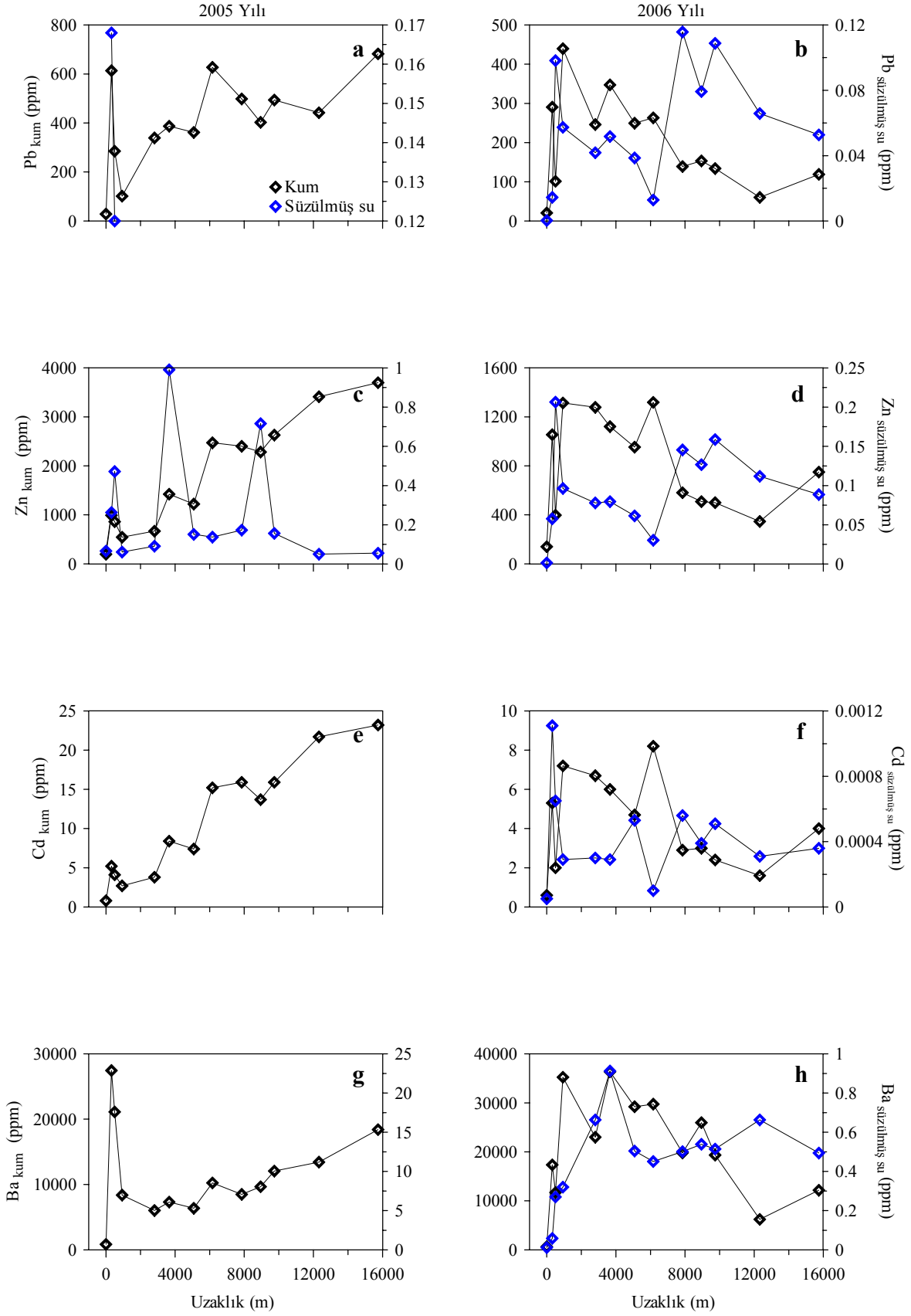
tekrar azalmaya devam etmektedir. Yani, su örnekleri de genel olarak dere kumları gibi davranmaktadır. Silisyum 2006 yılı örneklerinde de diğer elementlerden farklı davranmakta ve uzaklıkla artan bir eğilim göstermektedir (Şekil 4.2). Bu durum, muhtemelen bu elementin sadece maden atık sahasından değil, vadi boyunca suyun etkileşimde olduğu tüm litolojik birimlerden serbest hale geçirilebilmesinden kaynaklanmaktadır. Dere kumu analizleri kullanılarak MINSQ yöntemi ile (Herrmann ve Berry, 2002) yapılan modal hesaplamalar bu yorumları desteklemektedir. Zira, buna göre, atık etkisi altındaki Kabaca ve Murgul Derelerinden alınan dere kumlarında 2005 yılındaki örneklerin kuvars miktarı uzaklığa bağlı olarak azalmakta, 2006 yılında ise uzaklığa bağlı olarak artmaktadır (Tablo 3.22 ve 3.24).



Şekil 4.2. 2005 ve 2006 yıllarında alınan dere kumu ve süzölmüş su içerisindeki Mn ve Si elementlerinin uzaklığa bağılı değışim grafikleri (Grafiklerde Damar Dere'den alınan örnekler yer almamaktadır)



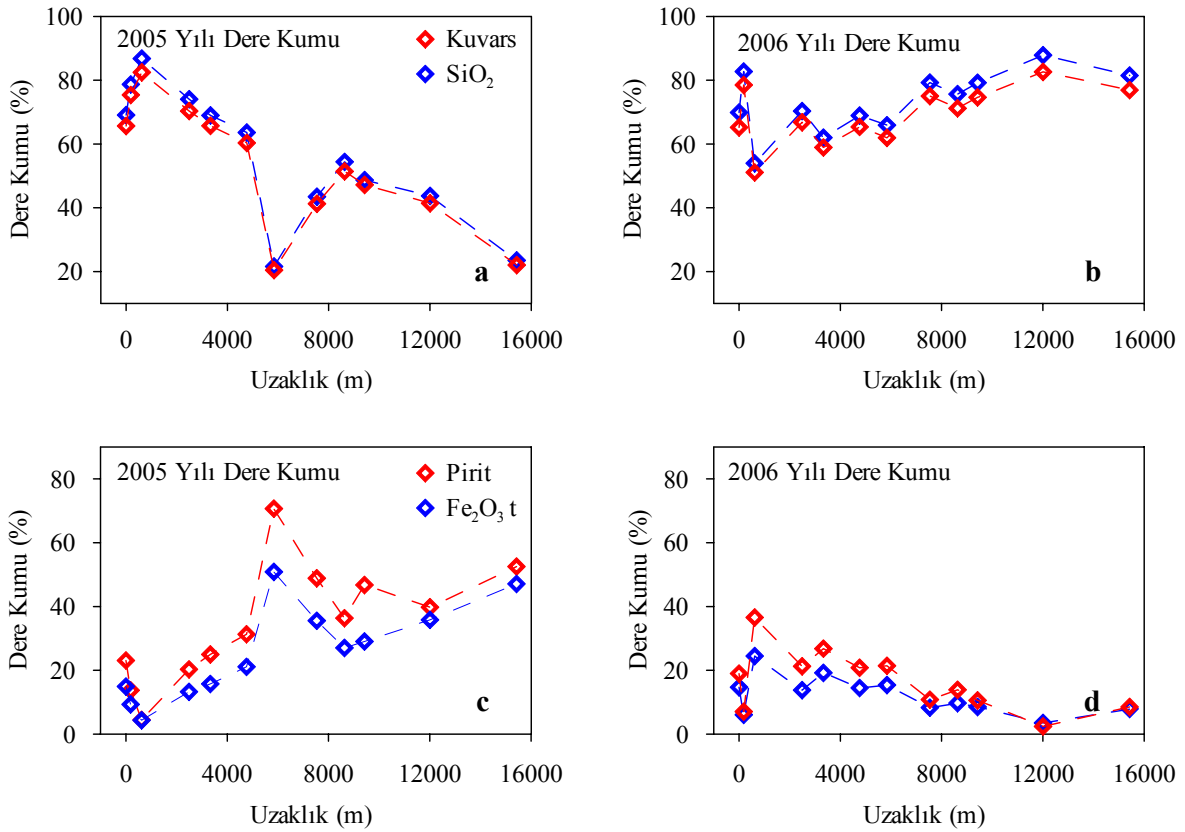
Şekil 4.3. 2005 ve 2006 yıllarında alınan dere kumu ve süzülmiş su içerisindeki Fe, As, S, ve Cu elementlerinin uzaklığa bağlı değişim grafikleri



Şekil 4.4. 2005 ve 2006 yıllarında alınan dere kumu ve süzölmüş su içerisindeki Pb, Zn, Cd ve Ba elementlerinin uzaklığa bağlı değişim grafikleri

4.4. Dere Kumlarındaki Kimyasal ve Mineralojik Bileşimin Karşılaştırılması

2005 yılı Ağustos ve 2006 yılı Haziran dönemlerinde Kabaca ile Murgul Dereleri boyunca alınan (atığa maruz kalmış) dere kumu örneklerine uygulanan MINSQ yöntemi (Herrmann ve Berry, 2002) sonucunda bileşimin yaklaşık % 90'ını kuvars ve piritin oluşturduğu belirlenmiştir. MINSQ yöntemiyle dere kumlarında hesaplanan kuvars ve pirit yüzdelерinin uzaklığa bağlı değişimi kimyasal analizler sonucunda elde edilen SiO_2 ve Fe_2O_3 'ün uzaklığa bağlı değişimine paralellik göstermektedir (Şekil 4.5). Hesaplanan diğer minerallerin %'si oldukça düşük olduğundan, grafiksel gösterimde sadece kuvars ve pirit mineralleri kullanılmıştır.



Şekil 4.5. 2005 ve 2006 yıllarında Kabaca ile Murgul Dereleri boyunca alınan (atığa maruz kalmış) dere kumu örneklerinin MINSQ yöntemi (Herrmann ve Berry, 2002) ile hesaplanan mineralojik bileşimlerinin uzaklığa bağlı olarak kimyasal bileşimi ile karşılaştırılması a, b) Kuvars - SiO_2 c, d) Pirit - Fe_2O_3

4.5. Sulardaki Kirlilik Boyutunun Belirlenmesi

Yüzeysel sularının kimyasal bileşimini etkileyen başlıca faktörler, iklim (özellikle yağış miktarının sıklığı ve yoğunluğu), litoloji, bitki türleri, topoğrafya, biyolojik aktivite ve zamandır. Bununla birlikte suyun bileşimi, su akışı boyunca etkileştiği yeryüzü materyaline göre değişir (Smith ve Huyck, 1999). Suyun kirlenmesinde en önemli etken suyun çözücü özelliğidir. Bu özelliği maddenin yapısına bağlıdır (Soylak ve Doğan, 2000). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne (T.C. Resmi gazete, 2004) göre yüzeysel sularındaki kritik düzeyler aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne (T.C. Resmi gazete, 2004) göre yüzeysel sularındaki kritik değerler

SU KALİTE PARAMETRELERİ	Yüksek kaliteli su (I.Sınıf Su)	Az kirli su (II.Sınıf Su)	Kirli su (III.Sınıf Su)	Çok kirli su (IV.Sınıf Su)
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal parametreler				
1) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
2) Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L)	8	6	3	< 3
3) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁼ /L)	200	200	400	> 400
4) Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	5	10	20	> 20
5) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
6) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
B) İnorganik kirlenme parametreleri				
1) Arsenik (mg As/L)	0,02	0,05	0,1	> 0,1
2) Baryum (mg Ba/L)	1	2	2	> 2
3) Kadmiyum (mg Cd/L)	0,003	0,005	0,01	> 0,01
4) Bakır (mg Cu/L)	0,02	0,05	0,2	> 0,2
5) Demir (mg Fe/L)	0,3	1	5	> 5
6) Mangan (mg Mn/L)	0,1	0,5	3	> 3
7) Kurşun (mg Pb/L)	0,01	0,02	0,05	> 0,05
8) Çinko (mg Zn/L)	0,2	0,5	2	> 2

4.5.1. 2006 Yılı Su Örneklerinde Kirlenme Derecesi

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği I. ve III. Sınıf Su (T.C. Resmi gazete, 2004) değerlerine göre, 2006 yılı örnekleme periyodunda atık etkisi altında olan derelerden ve atık etkisinden uzak olan Damar Dere'den alınan ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su

örneklerindeki bazı elementler (As, Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn) ile SO_4 iyonu için hesaplanan ortalama zenginleşme faktörleri Tablo 4.6 ve 4.7’de, bu faktörlerin elementlere karşı grafikleri ise Şekil 4.6’te verilmiştir. Bu tablolarda verilen ortalama zenginleşme faktörü su içerisinde ölçülen element değerlerinin su sınıfına ait kritik değere oranlanması sonucunda elde edilen değerlerin ortalamasıdır.

I. Sınıf Su dikkate alındığında, ham ve süzölmüş sularda As, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn suda yüksek görölmekte iken Ba ve Cd elementi ile SO_4 anyonu ortalama zenginleşme faktörü 1’in altında değerler göstermektedir. Filtrelenmiş sularda ise sadece Cu, Mn ve Zn elementleri suda yüksek görölmekte ve diğerelementlere ait ortalama zenginleşme faktörü 1’in altında değerlerdedir. MRG 1-H, MRG 7-H ve MRG 8-H numaralı örnekler örnekleme anında atık etkisi altında olmayan ve uzunca bir süredir atık depolanmayan Damar Dere’den alınmış olmasına rağmen, Zn, Cd ve Cu için kritik değerin hayli üzerinde sonuçlar vermiştir (Tablo 4.6). Hatta bu sonuçlar tüm örneklenen saha içerisindeki en yüksek sonuçlardır. Bu da vadi suyunun daha önceki yıllarda depolanmış olan atıkların etkisinde kalmaya devam ettiğini ve suyun temiz su sınıfına geçebilmesi için çok daha uzun bir zaman dilimine gerek olduğunu göstermektedir. Bu üç örnek dışındaki diğere tüm örnekler maden atıklarından doğrudan etkilenmektedir. Bu nedenle vadi sularının kirli olması zaten beklenmektedir. Hesaplanan değerler de kirliliğin boyutlarının ne derecede yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.

Süzölmüş su örneklerindeki zenginleşme faktörleri, ham su örneklerine oranla azalmaktadır. Bu azalma As için yaklaşık 5 kat, Cu için yaklaşık 4 kat, Fe için yaklaşık 7 kat Pb için yaklaşık 3 kattır. Filtrelenmiş örneklere geçildiğinde ise Cu, Mn ve Zn dışında kalan bütün elementler için zenginleşme faktörleri 1’in altına düşmüştür (Tablo 4.6). Bu durumda kirlilik derecesi hayli yüksek olan su örneklerinin dinlendirme-çöktürme, süzme ve filtreleme işlemleri sonucunda inorganik bileşenler açısından I. Sınıf Su kriterlerinde içilebilir su haline dönüştürüldüğü söylenebilir.

Tablo 4.6. 2006 yılında atık etkisi altında olan derelerden ve atık etkisinden uzak Damar Dere'den alınan ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerindeki bazı elementler ve SO₄ iyonu için hesaplanan zenginleşme oranları. Kritik değerler, Tablo 4.5'de verilen Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği I. Sınıf Su (T.C. Resmi gazete, 2004)'dan alınmıştır.

2006 Yılı Ham Su Örnekləri									
Örn.No	As	Ba	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	SO ₄
MRG1-H	0.06	0.06	2.52	90.04	3.55	4.32	0.44	7.51	0.39
MRG7-H	0.06	0.04	2.48	88.05	3.78	4.56	0.35	7.51	0.47
MRG8-H	0.06	0.04	2.45	82.03	3.42	4.50	0.32	7.41	0.52
MRG11-H	18.73	0.18	1.00	94.86	178.34	7.36	27.69	4.78	0.04
MRG12-H	9.17	0.22	0.53	59.41	90.02	3.57	22.99	2.52	Ö.Y.
MRG13-H	3.18	0.40	0.23	16.73	30.14	1.40	15.13	1.07	0.06
MRG14-H	2.57	0.64	0.16	11.75	21.76	0.86	11.09	0.72	0.12
MRG15-H	1.75	0.53	0.14	9.23	16.25	0.88	8.39	0.61	0.05
MRG16-H	9.97	0.27	0.31	28.61	68.65	1.57	24.13	1.52	0.05
MRG17-H	15.83	0.25	0.72	56.94	110.41	2.73	41.47	3.39	0.33
MRG18-H	3.38	0.40	0.21	17.88	19.83	0.92	13.03	0.90	0.02
MRG19-H	7.68	0.29	0.44	33.65	50.54	1.62	24.94	1.97	0.14
MRG20-H	18.47	0.25	0.74	53.93	148.53	3.62	45.77	3.65	0.16
MRG22-H	4.19	0.54	0.28	15.84	29.99	1.02	14.33	1.28	0.02
Ort. Zenginleşme Fak.	6.79	0.29	0.87	47.07	55.37	2.78	17.86	3.20	0.18
Kritik değer (mg/l)	0.02	1	0.003	0.02	0.3	0.1	0.01	0.2	200
2006 Yılı Süzölmüş Su Örnekləri									
Örn.No	As	Ba	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	SO ₄
MRG1-S	0.03	0.03	1.74	12.54	0.46	4.03	0.06	4.08	0.58
MRG7-S	0.03	0.03	1.73	10.83	0.31	4.25	0.04	4.15	0.49
MRG8-S	0.03	0.03	1.75	13.92	0.42	4.09	0.07	4.24	0.58
MRG11-S	3.85	0.27	0.22	25.54	25.90	2.02	9.82	1.03	0.20
MRG12-S	1.56	0.32	0.10	13.35	11.32	1.23	5.74	0.48	0.17
MRG13-S	0.70	0.66	0.10	4.16	5.92	0.65	4.18	0.39	0.17
MRG14-S	1.01	0.91	0.10	6.06	8.96	0.57	5.17	0.40	0.10
MRG15-S	0.56	0.50	0.18	2.98	4.84	0.50	3.86	0.31	0.14
MRG16-S	0.26	0.45	0.03	1.28	0.57	0.44	1.29	0.15	0.20
MRG17-S	2.38	0.50	0.19	12.64	12.71	0.79	11.57	0.73	0.15
MRG18-S	2.88	0.51	0.17	16.45	17.84	0.81	10.88	0.79	0.19
MRG19-S	2.53	0.54	0.13	11.24	12.99	0.71	7.92	0.63	0.18
MRG20-S	1.17	0.66	0.10	5.62	7.41	0.49	6.58	0.56	0.19
MRG22-S	1.86	0.49	0.12	6.77	11.25	0.42	5.27	0.44	0.07
Ort. Zenginleşme Fak.	1.34	0.42	0.47	10.24	8.64	1.50	5.18	1.31	0.24
Kritik değer (mg/l)	0.02	1	0.003	0.02	0.3	0.1	0.01	0.2	200

Tablo 4.6.'nın devamı

2006 Yılı Filtrelenmiş Su Örnekleri									
Örn.No	As	Ba	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	SO ₄
MRG1-F	0.03	0.03	1.71	5.48	0.03	3.89	0.01	3.74	0.60
MRG7-F	0.03	0.03	1.64	6.24	0.13	4.23	0.02	4.17	0.52
MRG8-F	0.03	0.03	1.70	6.33	0.18	4.21	0.01	4.06	0.60
MRG11-F	0.11	0.11	0.09	1.29	0.14	1.66	0.20	0.23	0.29
MRG12-F	0.09	0.11	0.04	1.24	0.12	1.07	0.16	0.18	0.25
MRG13-F	0.07	0.09	0.04	0.39	0.12	0.39	0.49	0.25	0.20
MRG14-F	0.07	0.10	0.04	3.34	1.61	0.37	3.35	0.17	0.17
MRG15-F	0.06	0.07	0.03	0.34	0.06	0.25	0.36	0.16	0.18
MRG16-F	0.20	0.13	0.02	1.24	0.07	0.45	0.12	0.24	0.20
MRG17-F	0.23	0.13	0.04	0.87	0.03	0.51	0.98	0.13	0.19
MRG18-F	0.16	0.11	0.02	1.15	0.09	0.56	0.29	0.14	0.20
MRG19-F	0.19	0.11	0.03	0.94	0.03	0.49	0.43	0.14	0.20
MRG20-F	0.42	0.42	0.09	1.94	2.65	0.45	1.77	0.41	0.16
MRG22-F	0.82	0.25	0.07	2.96	4.75	0.37	2.54	0.30	0.02
Ort. Zenginleşme Fak.	0.18	0.12	0.40	2.41	0.72	1.35	0.77	1.02	0.27
Kritik değer (mg/l)	0.02	1	0.003	0.02	0.3	0.1	0.01	0.2	200

Deteksiyon limitinin altında çıkan elementlerde deteksiyon limiti kullanılarak hesaplama yapılmıştır.
Ö.Y.: Ölçüm yok

I. Sınıf Su değerlerine göre yapılan yorum, III. Sınıf Su değerlerine göre yapıldığı zaman sonuçlar çok daha etkili çıkmaktadır (Tablo 4.7). Buna göre, element zenginleşmesi sadece ham su örneklerinde gözlenmektedir. Bu örneklerin dinlendirilmesi ve arkasından kağıt filtreyle süzülmesi analiz edilen elementler için zenginleşme faktörlerinin 1'in altına düşmesine neden olmuştur. Filtreleme işlemi ise bu sonuçları çok daha düşük seviyelere indirmiştir. Diğer bir deyişle maden atıklarıyla kirletilmiş olan vadi sularının inorganik bileşenler açısından III. Sınıf Su kalitesinde su haline dönüştürülebilmesi için sadece dinlendirme ve süzme işlemi yeterlidir.

I. ve III. Sınıf Su kriterlerine göre 2006 yılında alınan ham, süzülmüş ve filtrelenmiş örneklerde hesaplanan ortalama zenginleşme faktörlerine bağlı olarak elementlerin genel kirlilik / temizlik dereceleri Tablo 4.8'de verilmektedir.

Tablo 4.7. 2006 yılında atık etkisi altında olan derelerden ve atık etkisinden uzak Damar Dere'den alınan ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerindeki bazı elementler ve SO₄ iyonu için hesaplanan zenginleşme oranları. Kritik değerler, Tablo 4.5.'de verilen Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği III. Sınıf Su (T.C. Resmi gazete, 2004)'dan alınmıştır.

2006 Yılı Ham Su Örnekleri									
Örn.No	As	Ba	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	SO ₄
MRG1-H	0.01	0.03	0.76	9.00	0.21	0.14	0.09	0.75	0.19
MRG7-H	0.01	0.02	0.75	8.81	0.23	0.15	0.07	0.75	0.23
MRG8-H	0.01	0.02	0.73	8.20	0.21	0.15	0.06	0.74	0.26
MRG11-H	3.75	0.09	0.30	9.49	10.70	0.25	5.54	0.48	0.02
MRG12-H	1.83	0.11	0.16	5.94	5.40	0.12	4.60	0.25	Ö.Y.
MRG13-H	0.64	0.20	0.07	1.67	1.81	0.05	3.03	0.11	0.03
MRG14-H	0.51	0.32	0.05	1.18	1.31	0.03	2.22	0.07	0.06
MRG15-H	0.35	0.27	0.04	0.92	0.98	0.03	1.68	0.06	0.02
MRG16-H	1.99	0.14	0.09	2.86	4.12	0.05	4.83	0.15	0.02
MRG17-H	3.17	0.13	0.22	5.69	6.62	0.09	8.29	0.34	0.16
MRG18-H	0.68	0.20	0.06	1.79	1.19	0.03	2.61	0.09	0.01
MRG19-H	1.54	0.15	0.13	3.37	3.03	0.05	4.99	0.20	0.07
MRG20-H	3.69	0.12	0.22	5.39	8.91	0.12	9.15	0.37	0.08
MRG22-H	0.84	0.27	0.08	1.58	1.80	0.03	2.87	0.13	0.01
Ort. Zenginleşme Fak.	1.36	0.15	0.26	4.71	3.32	0.09	3.57	0.32	0.09
Kritik değer (mg/l)	0.1	2	0.01	0.20	5	3	0.05	2	400
2006 Yılı Süzölmüş Su Örnekleri									
Örn.No	As	Ba	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	SO ₄
MRG1-S	0.01	0.02	0.52	1.25	0.03	0.13	0.01	0.41	0.29
MRG7-S	0.01	0.02	0.52	1.08	0.02	0.14	0.01	0.41	0.24
MRG8-S	0.01	0.02	0.53	1.39	0.03	0.14	0.01	0.42	0.29
MRG11-S	0.77	0.13	0.07	2.55	1.55	0.07	1.96	0.10	0.10
MRG12-S	0.31	0.16	0.03	1.33	0.68	0.04	1.15	0.05	0.08
MRG13-S	0.14	0.33	0.03	0.42	0.36	0.02	0.84	0.04	0.09
MRG14-S	0.20	0.46	0.03	0.61	0.54	0.02	1.03	0.04	0.05
MRG15-S	0.11	0.25	0.05	0.30	0.29	0.02	0.77	0.03	0.07
MRG16-S	0.05	0.23	0.01	0.13	0.03	0.01	0.26	0.02	0.10
MRG17-S	0.48	0.25	0.06	1.26	0.76	0.03	2.31	0.07	0.07
MRG18-S	0.58	0.26	0.05	1.65	1.07	0.03	2.18	0.08	0.10
MRG19-S	0.51	0.27	0.04	1.12	0.78	0.02	1.58	0.06	0.09
MRG20-S	0.23	0.33	0.03	0.56	0.44	0.02	1.32	0.06	0.09
MRG22-S	0.37	0.25	0.04	0.68	0.68	0.01	1.05	0.04	0.03
Ort. Zenginleşme Fak.	0.27	0.21	0.14	1.02	0.52	0.05	1.04	0.13	0.12
Kritik değer (mg/l)	0.1	2	0.01	0.20	5	3	0.05	2	400

Tablo 4.7.'nin devamı

2006 Yılı Filtrelenmiş Su Örnekleri									
Örn.No	As	Ba	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	SO ₄
MRG1-F	0.01	0.02	0.51	0.55	0.00	0.13	0.00	0.37	0.30
MRG7-F	0.01	0.02	0.49	0.62	0.01	0.14	0.00	0.42	0.26
MRG8-F	0.01	0.02	0.51	0.63	0.01	0.14	0.00	0.41	0.30
MRG11-F	0.02	0.06	0.03	0.13	0.01	0.06	0.04	0.02	0.14
MRG12-F	0.02	0.05	0.01	0.12	0.01	0.04	0.03	0.02	0.12
MRG13-F	0.01	0.04	0.01	0.04	0.01	0.01	0.10	0.02	0.10
MRG14-F	0.01	0.05	0.01	0.33	0.10	0.01	0.67	0.02	0.09
MRG15-F	0.01	0.04	0.01	0.03	0.00	0.01	0.07	0.02	0.09
MRG16-F	0.04	0.06	0.01	0.12	0.00	0.02	0.02	0.02	0.10
MRG17-F	0.05	0.06	0.01	0.09	0.00	0.02	0.20	0.01	0.10
MRG18-F	0.03	0.05	0.01	0.12	0.01	0.02	0.06	0.01	0.10
MRG19-F	0.04	0.05	0.01	0.09	0.00	0.02	0.09	0.01	0.10
MRG20-F	0.08	0.21	0.03	0.19	0.16	0.01	0.35	0.04	0.08
MRG22-F	0.16	0.13	0.02	0.30	0.29	0.01	0.51	0.03	0.01
Ort. Zenginleşme Fak.	0.04	0.06	0.12	0.24	0.04	0.04	0.15	0.10	0.13
Kritik değer (mg/l)	0.1	2	0.01	0.20	5	3	0.05	2	400

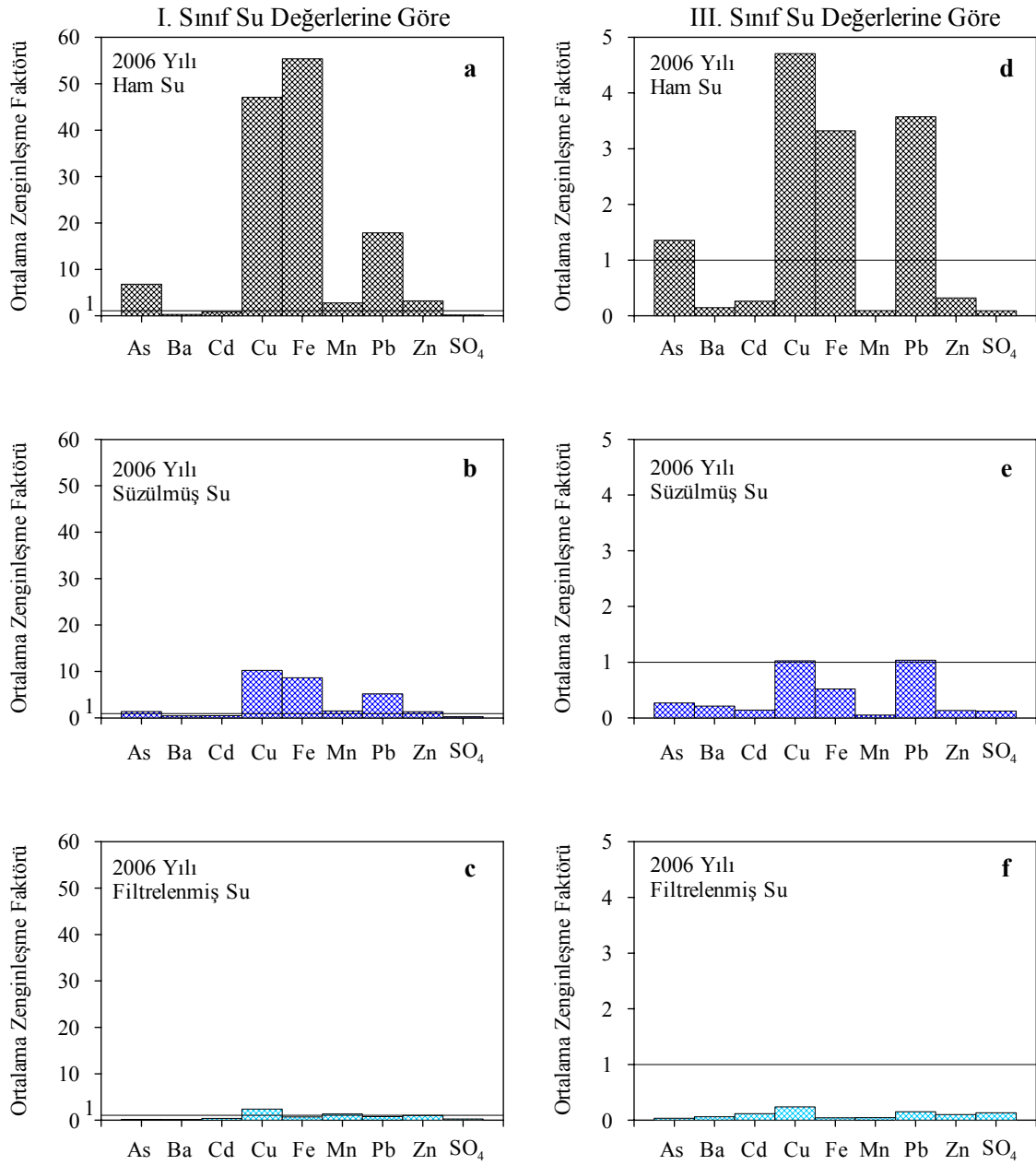
Deteksiyon limitinin altında çıkan elementlerde deteksiyon limiti kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Ö.Y.: Ölçüm yok

Tablo 4.8. I. ve III. Sınıf Su kriterlerine göre 2006 yılında alınan ham, süzölmüş ve filtrelenmiş örneklere hesaplanan ortalama zenginleşme faktörlerine bağılı olarak elementlerin genel kirlilik/temizlik dereceleri

Su sınıfı	Örnek Türü	As	Ba	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	SO ₄
I. sınıf su	Ham	-	+	+	-	-	-	-	-	+
	Süzölmüş	-	+	+	-	-	-	-	-	+
	Filtrelenmiş	+	+	+	-	+	-	+	-	+
III. sınıf su	Ham	-	+	+	-	-	+	-	+	+
	Süzölmüş	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Filtrelenmiş	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+) Ortalama zenginleşme faktörü kritik değere göre 1'den küçük olanlar ve -) Ortalama zenginleşme faktörü kritik değere göre 1'den büyük olanlar

Ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklere Mn ve Zn bakımından az kirli su sınıfına girmektedir. Ba, SO₄ ve Cd açısından tüm su türleri yüksek kaliteli su sınıfına girerken, ham su örneklere As,Cu, Fe ve Pb bakımından kirli su sınıfına girmektedir. Fe ve Pb bakımından süzölmüş su örneklere az kirli su ve filtrelenmiş su örneklere yüksek kaliteli su sınıfına girmektedir. Cu elementi bakımından ise süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklere az kirli su sınıfına girmektedir.



Şekil 4.6. a,b,c Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği I. Sınıf Su (T.C. Resmi gazete, 2004) değerlerine göre, d,e ve f Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği III. Sınıf Su (T.C. Resmi gazete, 2004) değerlerine göre atık etkisi altında olan derelerden ve atık etkisinden uzak Damar Dere'den 2006 yılında alınan ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerindeki bazı elementler (As, Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn) ve SO₄ iyonu için hesaplanan ortalama zenginleşme faktörleri

4.5.2. 2005 Yılı Su Örneklerinde Kirlenme Derecesi

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği I. ve III. Sınıf Su (T.C. Resmi gazete, 2004) değerlerine göre, 2005 yılı örnekleme periyodunda atık etkisi altında olan derelerden ve atık etkisinden uzak olan Damar Dere'den alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerindeki bazı elementler (Cu, Fe, Mn ve Zn) ile SO₄ ve NO₃ iyonu için hesaplanan ortalama zenginleşme faktörleri ve bu faktörlerin elementlere karşı grafikleri aşağıda verilmiştir (Tablo 4.9, 4.10 ve Şekil 4.7).

2006 yılında olduğu gibi 2005 yılı örneklerinde de en yüksek zenginleşme faktörleri Damar Dere'den alınan örneklerden (MRG 1, 7, 8) elde edilmiştir. Bu dönem Murgul bakır madeninin aktif çalıştığı bir dönem olması nedeniyle hesaplanmış olan zenginleşme faktörleri 2006 yılına göre çok daha yüksektir.

Süzölmüş sularda ortalama zenginleşme faktörlerine göre SO₄ ve NO₃ dışındaki tüm elementler I. Sınıf Su kriterlerine göre 1'in oldukça üzerinde yüksek zenginleşme faktörleri sunar.

Filtrelenmiş örneklerde Fe'in ortalama zenginleşme faktörü 1'in altında kalmaktadır. Buna karşın, Cu, Mn, Zn gibi elementlerin ortalama zenginleşme faktörü filtrelenmeye rağmen 1'in üzerinde kalmaya devam etmektedir. III. Sınıf Su kriterleri dikkate alındığında süzölmüş ve filtrelenmiş sularda Cu dışındaki tüm elementlerin ortalama zenginleşme faktörü 1'in altına düşmektedir.

I. ve III. Sınıf Su kriterlerine göre 2005 yılında alınan süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerde hesaplanan ortalama zenginleşme faktörlerine bağlı olarak elementlerin genel kirlilik / temizlik dereceleri Tablo 4.11'de verilmektedir.

Tablo 4.9. 2005 yılında atık etkisi altında olan derelerden ve atık etkisinden uzak Damar Dere'den alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örneplerindeki bazı elementler (Cu, Fe, Mn ve Zn) ve SO₄, NO₃ iyonu için hesaplanan zenginleşme oranları. Kritik değerler, Tablo 4.5'de verilen Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği I. Sınıf Su (T.C. Resmi gazete, 2004)'dan alınmıştır.

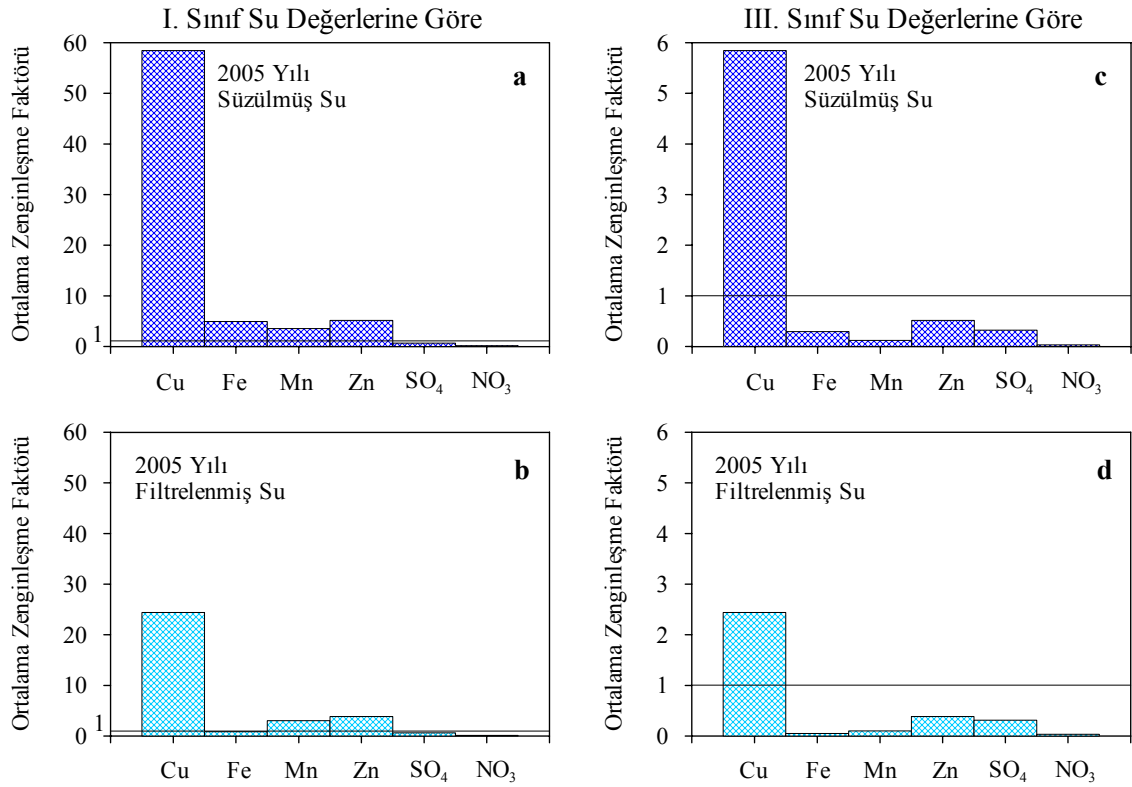
Ağustos 2005 Dönemi Süzölmüş Su Örnepleri						
Örn.No	Cu	Fe	Mn	Zn	SO ₄	NO ₃
MRG1-S	356	7,73	16,2	23	1,11	0,14
MRG7-S	158,25	2,97	10	18,18	1,42	0,12
MRG8-S	160,55	2,83	9,1	15,74	0,78	0,2
MRG11-S	19,25	14,23	1,1	2,36	0,74	0,26
MRG12-S	3,8	3,47	1	0,31	0,44	0,1
MRG13-S	6,4	6,1	1	0,46	0,52	0,12
MRG14-S	7,15	2,5	2,6	4,96	0,54	0,08
MRG15-S	9	4,67	1	0,76	0,72	0,2
MRG16-S	28,5	6,67	1	0,69	0,41	0,06
MRG17-S	38,3	7,87	1	0,87	0,51	0,12
MRG18-S	20,65	5,07	1	0,78	0,43	0,08
MRG19-S	3,5	0,47	2,4	3,58	0,56	0,04
MRG20-S	1,3	0,73	1	0,25	0,47	0,12
MRG22-S	5,5	3,6	1	0,28	0,4	0,1
Ort. Zenginleşme Fak.	58,44	4,92	3,53	5,16	0,64	0,12
Kritik değer (mg/l)	0,02	0,3	0,1	0,2	200	5
Ağustos 2005 Dönemi Filtrelenmiş Su Örnepleri						
Örn.No	Cu	Fe	Mn	Zn	SO ₄	NO ₃
MRG1-F	10	3,33	10	7,5	1,045	0,48
MRG7-F	164,4	2,37	9,8	15,84	2,8	0,12
MRG8-F	153,5	2,1	8,8	15,55	0,72	0,58
MRG11-F	1,2	0,53	1	0,25	0,35	0,04
MRG12-F	1	0,33	1	0,25	0,42	0,08
MRG13-F	1	0,53	1	4,59	0,43	0,06
MRG14-F	1,3	0,33	2,7	4,87	0,52	0,12
MRG15-F	1,05	0,33	1	0,35	0,35	0,06
MRG16-F	1,55	0,37	1	0,25	0,32	0,06
MRG17-F	1,75	0,5	1	0,34	0,33	0,06
MRG18-F	1,55	0,33	1	0,44	0,37	0,12
MRG19-F	1,5	0,33	2,5	3,4	0,495	0,04
MRG20-F	1	0,33	1	0,25	0,36	0,02
MRG22-F	1	0,33	1	0,25	0,32	0,06
Ort. Zenginleşme Fak.	24,41	0,86	3,06	3,87	0,63	0,14
Kritik değer (mg/l)	0,02	0,3	0,1	0,2	200	5

Deteksiyon limitinin altında çıkan elementlerde deteksiyon limiti kullanılarak hesaplama yapılmıştır.

Tablo 4.10. 2005 yılı atık etkisi altında olan derelerden ve atık etkisinden uzak Damar Dere'den alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örneplerindeki bazı elementler (Cu, Fe, Mn ve Zn) ile SO₄ ve NO₃ iyonu için hesaplanan zenginleşme oranları. Kritik değerler, Tablo 4.5'de verilen Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği III. Sınıf Su (T.C. Resmi gazete, 2004)'dan alınmıştır.

Ağustos 2005 Dönemi Süzölmüş Su Örnepleri						
Örn.No	Cu	Fe	Mn	Zn	SO₄	NO₃
MRG1-S	35,6	0,46	0,54	2,3	0,55	0,04
MRG7-S	15,83	0,18	0,33	1,82	0,71	0,03
MRG8-S	16,06	0,17	0,30	1,57	0,39	0,05
MRG11-S	1,93	0,85	0,04	0,24	0,37	0,07
MRG12-S	0,38	0,21	0,03	0,03	0,22	0,03
MRG13-S	0,64	0,37	0,03	0,05	0,26	0,03
MRG14-S	0,72	0,15	0,09	0,50	0,27	0,02
MRG15-S	0,9	0,28	0,03	0,08	0,36	0,05
MRG16-S	2,85	0,4	0,03	0,07	0,20	0,02
MRG17-S	3,83	0,47	0,03	0,09	0,25	0,03
MRG18-S	2,07	0,30	0,03	0,08	0,21	0,02
MRG19-S	0,35	0,03	0,08	0,36	0,28	0,01
MRG20-S	0,13	0,04	0,03	0,03	0,23	0,03
MRG22-S	0,55	0,22	0,03	0,03	0,2	0,03
Ort. Zenginleşme Fak.	5,84	0,30	0,12	0,52	0,32	0,03
Kritik değer (mg/l)	0,20	5	3	2	400	20
Ağustos 2005 Dönemi Filtrelenmiş Su Örnepleri						
Örn.No	Cu	Fe	Mn	Zn	SO₄	NO₃
MRG1-F	1	0,2	0,33	0,75	0,52	0,12
MRG7-F	16,44	0,14	0,33	1,58	1,40	0,03
MRG8-F	15,35	0,13	0,29	1,55	0,36	0,15
MRG11-F	0,12	0,03	0,03	0,03	0,18	0,01
MRG12-F	0,1	0,02	0,03	0,03	0,21	0,02
MRG13-F	0,1	0,03	0,03	0,46	0,21	0,02
MRG14-F	0,13	0,02	0,09	0,49	0,26	0,03
MRG15-F	0,11	0,02	0,03	0,04	0,18	0,02
MRG16-F	0,16	0,02	0,03	0,03	0,16	0,02
MRG17-F	0,18	0,03	0,03	0,03	0,17	0,02
MRG18-F	0,16	0,02	0,03	0,04	0,19	0,03
MRG19-F	0,15	0,02	0,08	0,34	0,25	0,01
MRG20-F	0,1	0,02	0,03	0,03	0,18	0,01
MRG22-F	0,1	0,02	0,03	0,03	0,16	0,02
Ort. Zenginleşme Fak.	2,44	0,05	0,10	0,39	0,32	0,03
Kritik değer (mg/l)	0,20	5	3	2	400	20

Deteksiyon limitinin altında çıkan elementlerde deteksiyon limiti kullanılarak hesaplama yapılmıştır.



Şekil 4.7. a,b Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği I. Sınıf Su (T.C. Resmi gazete, 2004) değerlerine göre; c,d Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği III. Sınıf Su (T.C. Resmi gazete, 2004) değerlerine göre atık etkisi altında olan derelerden ve atık etkisinden uzak Damar Dere'den 2005 yılında alınan süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerindeki bazı elementler (Cu, Fe, Mn ve Zn) ile SO₄ ve NO₃ iyonu için hesaplanan ortalama zenginleşme faktörleri

Tablo 4.11. Ortalama zenginleşme faktörlerine bağlı olarak I. ve III. Sınıf su faktörlerine göre ham, süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerdeki elementlerin genel kirlilik/temizlik derecesi

Su Sınıfı	Örnek Türü	Cu	Fe	Mn	Zn	SO ₄	NO ₃
I. Sınıf Su	Süzölmüş	-	-	-	-	+	+
	Filtrelenmiş	-	+	-	-	+	+
III. Sınıf Su	Süzölmüş	-	+	+	+	+	+
	Filtrelenmiş	-	+	+	+	+	+

+) Ortalama zenginleşme faktörü kritik değere göre 1'den küçük olanlar, -) Ortalama zenginleşme faktörü kritik değere göre 1'den büyük olanlar

2005 yılı su örnekleri SO₄ ve NO₃ bakımından yüksek kaliteli, Cu bakımından kirli su ve Mn ile Zn bakımından az kirli su sınıfına girmektedir. Fe bakımından ise, süzölmüş sular az kirli su sınıfına girerken, filtrelenmiş sular yüksek kaliteli su sınıfına girmektedir.

5. SONUÇLAR

1. 2006 yılı yağışlı sezonda alınan ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örnekleri ölçölen birçok fiziksel ve kimyasal parametreler açısından benzerlik göstermelerine rağmen su örneklerindeki birçok element konsantrasyonu Ham > Süzölmüş > Filtrelenmiş şeklinde sıralanmaktadır. Ancak, yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda sadece sıcaklık, çözülmüş oksijen, As ve Ba'un su türleri arasında farklılık gösterdiği saptanmıştır. Örnek türleri arasında farklılık gösteren sıcaklık, çözülmüş oksijen ve As parametreleri süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde benzer olup, ham sulardan farklılık gösterir. Ba elementi ise ham ve süzölmüş sularda dağılım açısından benzerlik göstermektedir. Bu fiziksel ve kimyasal parametrelerin yanı sıra alkalinite, Fe ve Si parametreleri süzölmüş ve filtrelenmiş su örneklerinde dağılım açısından benzerlik göstermelerine karşın, ham örnekler bu parametreler açısından süzölmüş ve filtrelenmiş örneklerden farklıdır. Pb elementi ise daha çok ham ve süzölmüş sularda benzer değerler göstermektedir.
2. Çevresel jeokimya amaçlı benzer çalışmalarda örnekleme yönteminin seçimine ihtiyaç duyulan elementin genel dağılımı ve konsantrasyon değişimlerinden hangisinin önemli olduğuna göre karar verilmelidir. Sadece genel dağılım yeterli ise süzölmüş örneklerin alınması yeterlidir. Ancak, istenen parametrelerin konsantrasyon değişimleri önemli ise örneklerin membran filtre ile filtrelenmesi gereklidir.
3. 2006 yılı ham, süzölmüş ve filtrelenmiş su örnekleri Mn ve Zn bakımından az kirli su sınıfına girmektedir. Ba, SO₄ ve Cd açısından tüm su türleri yüksek kaliteli su sınıfına girerken, 2006 yılı ham su örnekleri As, Cu, Fe ve Pb bakımından kirli su sınıfına girmektedir. Fe ve Pb bakımından süzölmüş su örnekleri az kirli su ve filtrelenmiş su örnekleri yüksek kaliteli su sınıfına girmektedir. Cu bakımından süzölmüş ve filtrelenmiş su örnekleri az kirli su sınıfına girmektedir.

2005 yılı süzölmüş ve filtrelenmiş su örnekleri SO₄ ve NO₃ bakımından yüksek kaliteli su sınıfına girerken, Cu bakımından kirli su sınıfına girmektedirler. Mn ve Zn elementleri açısından her iki su tipi az kirli su sınıfına girmektedir. Fe elementinde ise süzölmüş sular az kirli su sınıfına girerken, filtrelenmiş sular yüksek kaliteli su sınıfına girmektedir.

4. Kirlilik derecesi son derece yüksek olan maden atık suları içeren vadi suları, maden işletmesinin durdurulması durumunda basit dinlendirme ve kağıt filtreyle süzme işlemleri sonucunda inorganik bileşenler açısından III. Sınıf Su Kalitesine, membran filtreyle filtreleme işlemi sonucunda da I. Sınıf Su Kalitesine yükseltilerek içilebilir hale getirilebilir. Ancak, madenin atık vermeye devam etmesi durumunda vadi sularının temizlenmesi için özellikle Cu açısından ilave kimyasal yöntemlere ihtiyaç vardır. Ayrıca organik bileşenler açısından suyun araştırılması gerekir.
5. 2005 yılında alınan dere kumlarındaki Fe, S, As, Ba, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn elementleri, atık noktasından itibaren uzaklığa bağlı olarak artış göstermektedirler. 2006 yılında ise atık noktasından itibaren uzaklığa bağlı olarak azalmaktadır. Si bu elementlerin tam karşıtı bir davranış sergileyerek 2005 yılında deşarj noktasından itibaren uzaklığa bağlı olarak azalırken, 2006 yılında artmaktadır. 2005 yılındaki süzölmüş su örneklerindeki elementler dere kumlarına benzer davranış göstererek 7- 8 km'ye kadar artmakta daha sonra azalmaktadır. 2006 yılında ise dere kumlarına yaklaşık paralel bir dağılım göstermektedirler.
6. Murgul bakır madeni açık işletme sahalarında yüzeysel oksidasyona bağılı olarak ikincil sülfatlı minerallerin oluşumu sınırlıdır. Bazı lokasyonlarda cevher kalıntıları içeren birimlerde sülfürlü mineraller yerine kalkantit ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), siderotil ($\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ve melanterit ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) oluşumları belirlenmiştir. Belirlenen bu ikincil sülfatlı mineraller maden içerisinde çok az sayıda lokasyonda gözlenmiştir.
7. 2005 yılında dere kumu içerisinde ~3 ppm değerinde, 2006 yılında ise ~ 800 ppb Au bulunmuştur.
8. 2005 yılı Ağustos ve 2006 yılı Haziran dönemlerinde Kabaca ile Murgul Dereleri boyunca alınan (atığa maruz kalmış) dere kumu örneklerine uygulanan MINSQ yöntemi (Herrmann ve Berry, 2002) sonucunda bileşimin yaklaşık % 90'ını kuvars ve piritin oluşturduğu belirlenmiştir. MINSQ yöntemiyle dere kumlarında hesaplanan kuvars ve pirit yüzdelerinin uzaklığa bağılı değişiminin, kimyasal analizler sonucunda elde edilen SiO_2 ve Fe_2O_3 'ün uzaklığa bağılı değişimiyle paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

6. ÖNERİLER

1. Çevresel jeokimya amaçlı benzer çalışmalarda örnekleme yönteminin seçimine, ihtiyaç duyulan elementin genel dağılımı ve konsantrasyon değişimlerinden hangisinin önemli olduğuna göre karar verilmelidir. Sadece genel dağılım yeterli ise süzölmüş örneklerin alınması yeterlidir. Ancak, istenen parametrelerin konsantrasyon değişimleri önemli ise örneklerin membran filtre ile filtrelenmesi gereklidir.
2. Kirlilik derecesi hayli yüksek olan su örneklerinin dinlendirme-çöktürme, süzme ve filtreleme işlemleri sonucunda inorganik bileşenler açısından I. Sınıf Su kalitesinde içilebilir su haline dönüşebileceğinden hareketle, atığın en azından bir atık havuzu yapılarak dinlendirilmesi ve çöktürülmesinin bile yarar sağlayacağı aşikardır.
3. Dere kumlarındaki Au miktarı değerlendirmeye alınabilecek düzeyde önemli miktardadır. Bu yüzden detaylı bir çalışma ile madenin altın potansiyeli araştırılmalıdır.
4. Vadiye bırakılan suların çevreye etki etmemesi için, organik madde açısından işleme tabi tutularak temizlenmelidir.

7. KAYNAKLAR

- Adamia, S. A., Chlehotva, M. B., Kekelia, M., Lordkipanidze, M., Shavishili, I. ve Zachariazadze, G. S., 1981. Tectonic of the Caucaus and Adjoining Regions, Journal of Structural Geology, 3, 4, 437-44.
- Akçay, M. ve Tüysüz, N., 1997. Murgul Cu Madeni Çevresinde Ağır Elementlerin Yanal Dağılımı ve Çevresel Kirlilik Üzerine Etkileri, YerBilimleri, 2, 30, 725 - 741
- Akçay, M., 2002. Jeokimya :Temel Kavramlar ve Uygulamaya Aktarımları, KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü, K.T.Ü. Matbaası, Genel Yayın No:204, Fakülte Yayın No:60, Trabzon.
- Akçay, M. ve Moon, C. J., 2001. Geochemistry of pyrite-bearing and purple dacites in north-eastern Turkey: a new exploration tool for the Kuroko Type deposits, Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Centruy, August, Krakow, Poland, 257 - 260.
- Akıncı, Ö. T., 1980. Major Copper Metallogenic Units and Genetic Igneous Complexes of Turkey, Soc. Geolog Applied to Mineral Deposits Special Pub., 1, 199 - 208.
- Alpers, C. N., Blowes, D.W., Nordstrom, D.K., ve Jambor, J.L., 1994. Secondary Minerals and Acid Mine-Water Chemistry, in Jambor, J.L., and Blowes, D.W., eds., Environmental Geochemistry of Sulfide Mine-Wastes: Nepean, Ontario, Mineralogical Association of Canada, Short Course Notes., 22, 247 - 270.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H., 1997. Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide Volcanic Rocks, Northeast Turkey. Chemie der Erde, 57, 157-187.
- Aslaner, M., 1977. Türkiye Bakır-Kurşun – Çinko Yataklarının Jeolojik ve Bölgesel Sınıflamasıyla Plaka Tektoniği Yönünden İncelenmesi, K.T.Ü. Matbaası, Yayın No:85, Trabzon.
- Banks, D., Markland, H., Smith, P. V., Mendez, C., Rodriguez, J., Huerta, A. ve Saether, O.M., 2005. The Effect of Filtration on Analyses of Surface Water Samples. A Study from the Salars of Coipasa and Uyuni, Bolivian Altiplano. Journal of Geochemical Exploration., 86, 2, 104 – 118.
- Bektaş, O., 1986. Doğu Pontid Ark Gerisi Bölgelerdeki Paleostres Dağılımı ve Çok Safhalı Riftleşme, MTA Dergisi, 103 - 104, 16 - 39.
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taslı, K., Akdağ ve K., Özgür, S., 1995, Cretaceous Rifting of the Eastern Pontide Carbonate Platform, NE Turkey, the Formation of Carbonate Breccias and Turbidites as Evidence of a Drowned Platform. Giornale di Geologia, 57, 1 - 2, 233 - 244.

- Böhlke, J.K., 1989. Comparison of metasomatic reactions between a common CO₂-rich vein fluid and diverse wall rocks: Intensive variables, mass transfers and Au mineralization a Alleghany, California, Econ. Geology, 84, 2, 291 - 327.
- Buser, S., 1970. Artvin - Murgul Bakır Ocağı Çevresinin Jeolojisi, MTA Rapor No:5073.
- Buser, S. ve Civetic, S., 1973. Türkiye'deki Murgul Bakır Yatağı Yöresinin Jeolojisi. MTA Dergisi, 81, 22 - 45.
- Casiot, C., Morin, G., Juillot, F., Bruneel, O., Personne, J.C. ve Leblanc, M., 2003. Bacterial Immobilization and Oxidation of Arsenic in Acid Mine Drainage (Carnoules creek France). Water Res., 37,12, 2929 – 36
- Chen, S.L., Dzeng, S.R., Yang, M.H., Chlu, K.H., Shieh, G.M., ve Wal C.M., 1994. Arsenic Species in Groundwaters of the Blackfoot Disease Areas, Taiwan. Environ. Sci. Technol., 28, 877 - 881.
- Crouse, R.G., Pories, W.J., Bray, J.T., ve Mouger, R.L., 1983 a. Geochemistry and Man: Health and Disease, 1.Essential Elements. Thornton, I.(ed.), Applied Environmental Geochemistry, Acedemic Pres, London, 267 - 308.
- Crouse, R.G., Pories, W.J., Bray, J.T. ve Mouger, R.L., 1983 b. Geochemistry and Man: Health and Disease, 2.Elements Possibly Essential, those toxic and others. Thornton, I.(ed.), Applied Environmental Geochemistry, Acedemic Pres, London, 309 - 333.
- Çağatay, M. N., 1993. Hydrothermal Alteration Associated with Volcanogenic Sulfide Deposits; Examples from Turkey, Economic Geology, 88, 3, 606 - 621.
- Çelenli, A., 2000. Ulubat Gölü Çevre Jeokimyası, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Deer, W. A., Howie, R.A., ve Zussman, J., 1966. An Introduction to the Rock Forming Minerals, First Edition, Longman Scientific & Technical, England.
- Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2007. İl Müdürlüğü Kayıtları, Artvin Meteoroloji İstasyonu Rasat Bilgileri, (Yayınlanmamış).
- Dursun, A. ve Yılmaz, H.,1991 a. Çarkbaşı (Murgul-Artvin) Bakır Cevherleşmesi Maden Jeolojisi Raporu, MTA Rapor No: 9326.
- Dursun, A. ve Yılmaz, H.,1991 b. Çakmakkaya (Murgul-Artvin) Cevher Sahasının Maden Jeolojisi Raporu, MTA Rapor No: 9326.
- Edmunds, W.M. ve Smedley, P.L., 1996. Groundwater Geochemistry and Health: An Oview. J.D., Fuge, R., McCall, G.J.H.(eds.), Environmental Geochemistry and Health, Appleton, Geological Society Special Publication, London, 113, 91 - 105.

- Er, M., Dursun, A., Yılmaz, H. ve Erçin, A.İ., 1992 b. Murgul Maden Arama ve Geliştirme Projesi Kızılkaya-Kokoletdere arası 1/5000 Ölçekli Detay Jeoloji Raporu, MTA Rapor No: 9326.
- Er, M., Dursun, A., Yılmaz, H., Erçin, A.İ. ve Yaprak, S., 1991 b. Murgul Maden Arama ve Geliştirme Projesi, Detay Jeokimya Raporu, MTA Rapor No: 9323.
- Er, M., Yılmaz, Z. ve Erçin, A.İ., 1991 c. Damar(Murgul-Artvin) Bakır Cevherleşmesi Maden Jeolojisi Raporu, MTA Rapor No: 9326.
- Er, M., Yılmaz, Z., Dursun, A., Özdoğan, K., Yılmaz, H. ve Erçin, A.İ., 1991 a. Murgul Maden Arama ve Geliştirme Projesi, Genel Jeokimya Raporu, MTA Rapor No: 9323.
- Er, M., Yılmaz, Z., Dursun, A., Yılmaz, H. ve Elçin, A.İ., 1991 d. Yolaçan(Murgul-Artvin) Bakır Cevherleşmesi Maden Jeolojisi Raporu, MTA Rapor No: 9326.
- Er, M., Yılmaz, Z., Dursun, A., Özdoğan, K., Yılmaz, H. ve Erçin, A.İ., 1992 a. Murgul Maden Arama ve Geliştirme Projesi Kilisitepe-Kızılkaya arası 1/5000 Ölçekli Detay Jeoloji Etüdü Raporu, MTA Rapor No: 9326.
- Er, M., 1992 d. Murgul Maden Arama ve Geliştirme Projesi Özet Raporu, MTA Rapor No: 9325.
- Er, M., Dursun, A., Yılmaz, H., Erçin, A.İ., Özdoğan, K., ve Yılmaz, Z. 1992 c. Murgul Maden Arama ve Geliştirme Projesi Genel Jeoloji Raporu, MTA Rapor No: 9325.
- Evangelou, V.P (Bill), 1995. Pyrite Oxidation and Its Control, CRC pres, Boca Raton, Florida.
- Farrah, H. and Pickering, W.F., 1977. Influence of Clay-Solute Interactions an Aqueous Heavy Metal Ion levels. Water Air Soil Pollut., 8, 2, 189 - 197.
- Ferreira da Silva, E., Patinha, C., Reis, P., Cardoso Fonseca, E., Matos, J. X., Barrosinho, J. ve Santos Oliveira, J.M., 2006. Interaction of Acid Mine Drainage with Waters and Sediments at the Corona Stream, Lousal Mine (Iberian Pyrite Belt, Southern Portugal), Environ Geol., 50, 7, 1001 – 1013.
- Garrels, R.J. ve Christ C.L., 1965. Solutions, Minerals and Equilibria, Harper and Row (ed), Freeman, Cooper, New York.
- Gealey, W.K., 1988. Plate Tectonic Evolution of the Mediterranean–Middle East Region. Tectonophysics 155, 285– 306.
- Geller, W., Klapper, H. ve Salomons, W. (eds), 1998. Acidic Mining Lakes, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany.

- Gökçe, A., 2001. Çakmakkaya ve Damarköy (Murgul - Artvin) Bakır Yataklarında Sıvı Kapanımı, Oksijen ve Hidrojen İzotopları Jeokimyası İncelemeleri ve Yatakların Oluşumu Açısından Düşündürdükleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 44, 2, 23 – 38.
- Gümüş, A., 1970. Türkiye Metalojenisi, MTA Enstitüsü Yayın No: 144, Ankara.
- Gündoğdu, M.N., 1982. Neojen Yaşlı Bigadiç Sedimanter Baseninin Jeolojik-Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi., Fen Bilimleri Enstitüsü., Beytepe-Ankara.
- Gündüz, Ö., 1999. Gümüşhane Köyü (Artvin-Ardanuç) Civarındaki Porfiri Cu-Au Cevherleşmesi ile Metazomatik Tip Cevherleşmelerin Jeolojisi, Mineralojisi ve Alterasyonu, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Hem J.D., 1972. Chemistry and Occurrence of Cadmium and Zinc in Surface Water and Groundwater, Water Resour. Res., 8, 661- 679
- Hermann, W. ve Berry, R.F., 2002. MINSQ-A least Squares Spreadsheet Method for Calculating Mineral Proportions from Whole Rock Major Element Analyses, Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis, 2, 4, 361 - 368.
- Hinkle, S. ve Polette, D., 1999. Arsenic in groundwater of the Willamette Basin, Oregon, Water-Resources investigation report: 98 – 4205 U.S. Department of the Interior, U.S., Geological Survey, Portland, OR, 28.
- Horowitz, A.J, Lum, K.R, Garbarino, J.R, Hall, G.E.M, Lemieux, C. ve Demas, C.R, 1996. Problems Associated with Using Filtration to Define Dissolved Trace Element Concentrations in Natural Water Samples, Environ. Sci. Technol., 30, 3, 954 - 963.
- J.C.P.D.S., 1990. Powder Diffraction File, Alphabetical Indexes Inorganic Phases, Swarthmore, U.S.A.
- Jaynes, D.B., Rogowski, A.S., and Pionke, H.B., 1984. Acid Mine Drainage from Reclaimed Coal Strip Mines: 1. Model Description, Water Resour Res., 20, 233 – 42.
- Johnson, C.A., 1986. The Regulation of Trace Element Concentrations in River and Estuarine Water Contaminated with Acid Mine Drainage: The Adsorption of Cu and Zn on Amorphous Fe oxyhydroxides, Geochim Cosmochim Acta., 50, 2433 – 2438.
- Kalay, H.Z., Tüfekçioğlu, A. ve Yılmaz, M., 1995. Göktaş (Murgul) Bakır İşletmelerinin Çevreye Özellikle Toprak Özelliklerine Etkisi, I. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Ekim, Trabzon, Bildiriler Kitabı, Cilt III, 37 - 50.
- Kantarıcı, M. D., 2002. Artvin Cerattepede Tasarlanan Maden İşletmesinin Çevredeki Orman Toprakları ile Ağaçlarına Olabilecek Etkileri ve Alınması Gereken Tedbirler. II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Mayıs, Artvin, Bildiriler Kitabı, Cilt I, 296 - 794.

- KBİ, 2006. Karadeniz Bakır İşletmeleri A.Ş. Genel Müdürlüğü Artvin İşletme Müdürlüğü kayıtları, Murgul bakır madeninin 2001 - 2006 yılları arasındaki konsantre üretim değerleri ve tenörleri (Yayınlanmamış).
- Korfali, S. İ. and Davies, B. E., 2005. Seasonal Variations of Trace Metal Chemical Forms in Bed Sediments of a Karstic River in Lebanon: Implications for Self-Purification, Environmental Geochemistry and Health, 27, 5-6, 385 – 395.
- Krauskopf K. B., 1956. Factors Controlling the Concentration of Thirteen Rare Metals in Sea-Water, Geochim.Cosmochim. Acta., 9, 1 - 32.
- Leckie, J. O., ve Davis J.A., 1979. Aqueous Environmental Chemistry of Copper, Nriagu J.O. (ed.), Copper in the environment, 1.Bölüm, Ecological Cycling, 6, John Wiley & Sons, Inc., New York, 90 – 121.
- Lee, G., Bigham, J.M. ve Faure, G., 2002. Removal of Trace Metals by Coprecipitation with Fe, Al and Mn from Natural Waters Contaminated with Acid Mine Drainage in the Ducktown Mining District, Tennessee. Appl. Geochem. 17, 5, 569 – 581.
- Li, H. ve Misawa, S., 1994. Groundwater Chemistry within a Plateau Neighboring Matsumoto city, Japan, Environmental Geology, 24, 166 - 175.
- Mado, H., 1972. Kuzeydoğu Türkiye'de Bulunan Murgul Madenindeki Bakır Cevheri Yataklarının Jeoloji ve Mineralizasyonu, MTA Rapor No: 4883, Ankara.
- Montgomery, C.W., 1992. Environmental Geology, Third Edition, Wm.C. Brown Publishers, U.S.A.
- Newman, A.C.D., 1987.Chemistry of Clays and Clay Minerals, First Edition, John Wiley& Sons, New York.
- Okay, A.İ. ve Şahintürk, Ö., 1997. Geology of the Eastern Pontides,. In: Robinson, A.G. (ed), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. American Association Petroleum Geologists Memoir, 68, 291 - 311.
- Olıas, M., Nietob, J.M., Sarmientob, A.M., Cerón J.C. and Cánovas, C.R., 2004. Seasonal Water Quality Variations in a River Affected by Acid Mine Drainage: the Odiel River (South West Spain), Science of the Total Environment, 333, 1-3, 267 – 281.
- Piatak, N. M., Seal, R. R., ve Jane M., 2004. Environmental Significance of Cadmium and Other Trace-Element Concentrations In Sphalerite From Mineral Deposits, Denver Annual Meeting, November, Denver, Abstract Book, 9 - 2.
- Schlegel, H., 1986. General Microbiology, Sixth Edition, Cambridge University Pres, England.

- Schneider, H. J., Özgür, N. ve Palacios, C.M., 1988. Relationship Between Alteration, Rare Earth Element Distribution, and Mineralisation of the Murgul Copper Deposit, Northeastern Turkey, Economic Geology, 83, 6, 1238 - 1246.
- Shiller, A. ve Taylor, H., 1996. Comment on Problems Associated with Using Filtration to Define Dissolved Trace Element Concentrations in Natural Water Samples, Environ. Sci. Technol. 30, 3397 - 3398.
- Shultze-Westrum, H.H., 1961. Giresun Civarındaki Aksu Deresinin Jeolojik Profili ile Kuzeydoğu Anadolu'da Doğu Pontid Cevher ve Mineral Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Yatakları ile ilgili mütalalar, M.T.A. Dergisi, 57, 63 - 71.
- Smedley, P.L., Kinniburgh, D.G, Milne, C.J, Trafford, J.M, Huq, S.I, ve Ahmed K.M., 2001. Hydrochemistry of Three Special Study Areas in Arsenic Contamination of Groundwater in Bangladesh, British Geological Survey Final Report, D. G. Kinniburgh and P.L. Smedley (ed.), British Geological Survey, 2,7, 105 - 149.
- Smedley, P.L. ve Kinniburgh, D.G., 2002. A Review of the Source, Behaviour and Distribution of Arsenic in Natural Waters, Appl Geochem.,17, 517 – 568.
- Smith, K.S. ve Huyck, H.L.O., 1999. An Overview of the Abundance, Relative Mobility, Bioavailability and Human Toxicity of Metals, The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits, Plumlee, G.S., Logsdon, M.J. and Filipek L.H, eds., Littleton, CO:Society of Economic Geologists, Econ. Geol., 6A-B., 29 - 70.
- Smith, K.S., 1999. Metal Sorption on Mineral Surfaces: An Overview with Examples Relating to Mineral Deposits, The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits, Plumlee, G.S. and Losdon, M.J. eds., Part A. Processes, Techniques, and Health Issues: Society of Economic Geologists, Econ. Geol. 6A, 161 – 182.
- Soylak, M. ve Doğan, M., 2000. Su Kimyası, Erciyes Üniversitesi Yayınları, Yayın no: 120, Kayseri.
- Stumm, W. ve Morgan, J.J., 1981. Aquatic Chemistry, Second edition, John Wiley and Sons, New York.
- Şahinci, A.,1986. Yeraltı Suları Jeokimyası, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi MM/JEO-86 EY 99, İzmir.
- Şahinci, A.,1991. Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, İzmir.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181 - 241.
- T.C. Resmi Gazete, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 25687, 31.12.2004, 3. Bölüm, 7. Madde.

- Tüfekçioğlu, A., Güner, S., Tilki, F. ve Cengiz, T., 2005. Artvin İl Gelişme Planı Çevre ve Mekansal Gelişme Sektörü Raporu, Artvin, http://www.artvin.gov.tr/igp/agip_evre.pdf 23 Mayıs 2007.
- Tüysüz, N., 2000. Geology, Lithochemistry and Genesis of the Murgul Massive Sulfide Deposit, NE-Turkey, Urban&Fischer Verlag,Chemie der Erde Geochemistry, 60, 3, 231 – 250.
- Tüysüz, N. ve Yaylalı, G. 2005. Jeostatistik Kavramlar ve Bilgisayarlı Uygulamalar, K.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, K.T.Ü. Matbaası, Genel Yayın No:220, Fakülte Yayın No:61, Trabzon.
- URL-1, www.kimyaevi.org/dokgoster.asp.dosya=/d50/f110020170.htm Sertlik Tayini 10 Mayıs 2007.
- URL-2, www.filterswater.com/water-purificationconvtds.html, Water Treatment Conversion Factors – TDS 16 Şubat 2007.
- URL-3, www.deniz-chemical.com/Products/List/Test%20Kitleri/alkalinity_test_kit.htm 17 Nisan 2007.
- URL-4, www.deniz-chemical.com/Products/List/Test%20Kitleri/acidity_test_kit.htm 17 Nisan 2007.
- URL-5, www.epa.gov/safewater/consumer/pdf/mcl.pdf. National Primary Drinking Water Standards 14 Nisan 2007.
- Uslu, O. ve Türkman, A.,1987. Su Kirliliği ve Kontrolü, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, Eğitim Dizisi 1, Ankara.
- Van, A., 1990. Pontid Kuşağında Artvin Bölgesinin Jeokimyası, petrojenezi ve Masif Sülfid Mineralizasyonları, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- WHO, 1984. Guidelines for Drinking Water Quality, Recommendations, World Health Organization, Geneva, Switzerland, 1.
- Williams M., 2001. Arsenic in Mine Waters: An International Study, Environ Geol., 40, 3, 267 – 278.

8. EKLER

Ek Tablo 1. Örnek noktalarının koordinatları ve örnek türlerinin makroskobik özellikleri

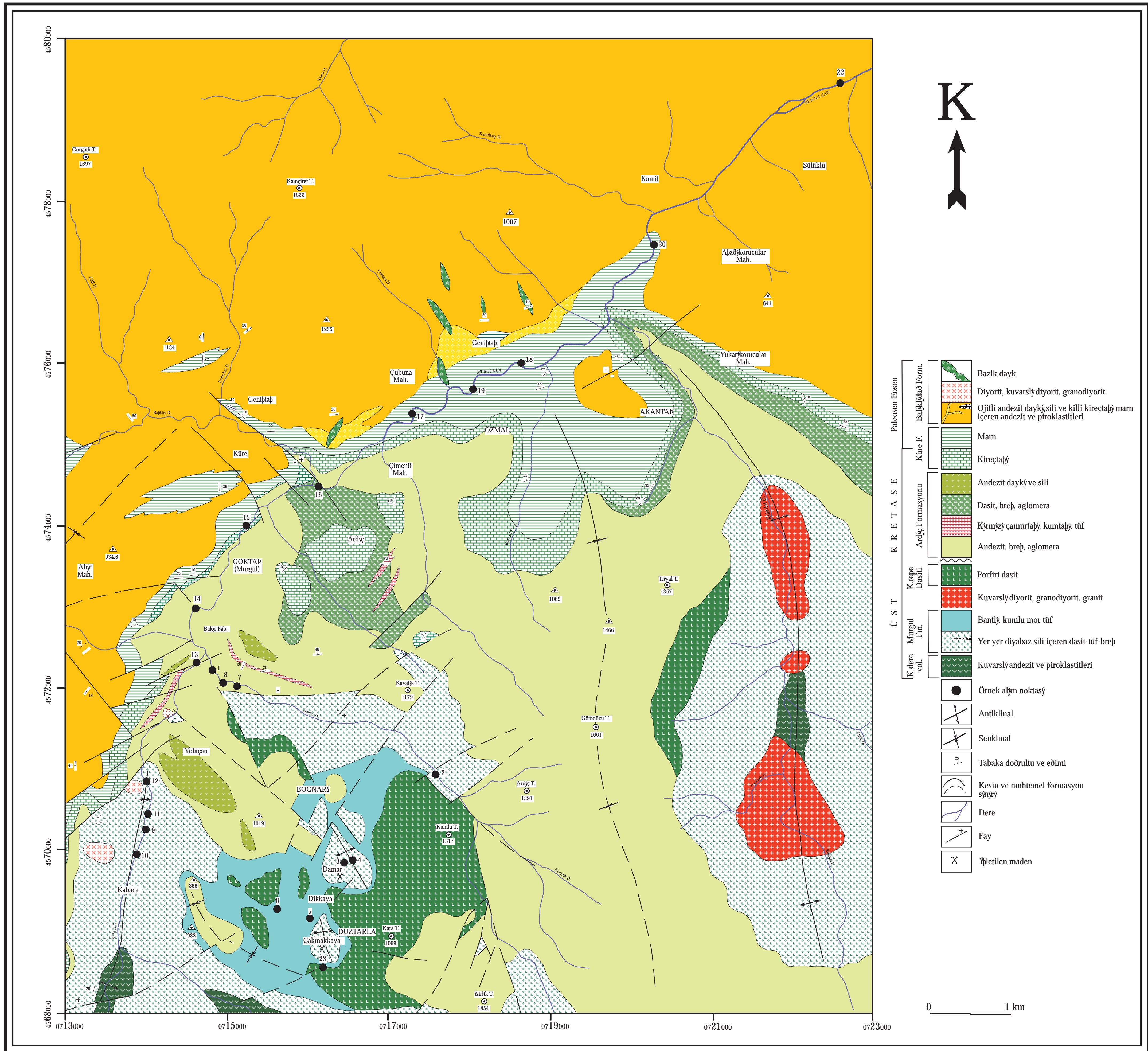
Örnek Numarası	Boylam	Enlem	Örnek Yeri
MRG 1	714805	4572212	Damar Dere
MRG 2	717547	4570922	Damar Dere üzerinden alınan temiz örnek
MRG 3	716440	4569848	Bognari maden sahasındaki işletme çukurunda oluşmuş su birikintisi
MRG 4	716535	4569872	Damar maden sahasındaki işletme çukurunda oluşmuş su birikintisi
MRG 5	716016	4569155	Çakmakkaya maden sahasındaki işletme çukurunda oluşmuş göl
MRG 6	715612	4569275	Flotasyon tesisinden alınan atık
MRG 7	715104	4572014	Damar Dere
MRG 8	714931	4572037	Damar Dere
MRG 9	713992	4570253	Kabaca Dere'ye deşarj edilen atık
MRG 10	713879	4569948	Kabaca Dere üzerinden alınan temiz örnek
MRG 11	714016	4570443	Kabaca Dere
MRG 12	713997	4570842	Kabaca Dere
MRG 13	714611	4572309	Kabaca Dere
MRG 14	714600	4572981	Murgul Dere
MRG 15	715223	4573995	Murgul Dere
MRG 16	716111	4574488	Murgul Dere
MRG 17	717268	4575380	Murgul Dere
MRG 18	718611	4576014	Murgul Dere
MRG 19	718013	4575677	Murgul Dere
MRG 20	720250	4577466	Murgul Dere
MRG 22	722549	4579475	Murgul Dere
MRG 23	716179	4568557	Çakmakkaya'ya üst kottan akan temiz su

Ek Tablo 1.'in devamı

Örnek No	Su Örneklerine ait Açıklamalar
MRG 1	Berrak, temiz görünümlü su
MRG 2	Berrak, temiz görünümlü su
MRG 3	Kahverengimsi, yeşilimsi renkte, Fe partiküllerince zengin su
MRG 4	Kahverengimsi, yeşilimsi renkte, Fe partiküllerince zengin su
MRG 5	Yeşil renkli su
MRG 6	Siyahımsı gri renkte, süspansiyon halinde oldukça fazla miktarda madde ile pirit içeriyor.
MRG 7	Berrak, temiz görünümlü su
MRG 8	Berrak, temiz görünümlü su
MRG 9	Koyu gri renkte, süspansiyon halinde oldukça fazla miktarda madde ile pirit içeriyor.
MRG 10	Berrak, temiz görünümlü su
MRG 11	Gri renkli, süspansiyon halinde fazla miktarda madde içeriyor.
MRG 12	Gri renkli, süspansiyon halinde fazla miktarda madde içeriyor.
MRG 13	Gri renkli, süspansiyon halinde fazla miktarda madde içeriyor.
MRG 14	Gri renkli, süspansiyon halinde fazla miktarda madde içeriyor.
MRG 15	Gri renkli, süspansiyon halinde fazla miktarda madde içeriyor.
MRG 16	Gri renkli, süspansiyon halinde fazla miktarda madde içeriyor.
MRG 17	Gri renkli, süspansiyon halinde fazla miktarda madde içeriyor.
MRG 18	Gri renkli, süspansiyon halinde fazla miktarda madde içeriyor.
MRG 19	Gri renkli, süspansiyon halinde fazla miktarda madde içeriyor.
MRG 20	Gri renkli, süspansiyon halinde fazla miktarda madde içeriyor.
MRG 22	Gri renkli, süspansiyon halinde fazla miktarda madde içeriyor.
MRG 23	Berrak, temiz görünümlü su
Örnek No	Kum Örneklerine ait Açıklamalar
MRG 1	Kahve renkli
MRG 2	Kahve renkli
MRG 3	Kum örneği alınmamıştır.
MRG 4	Kum örneği alınmamıştır.
MRG 5	Kum örneği alınmamıştır.
MRG 6	Kum örneği alınmamıştır.
MRG 7	Kahve renkli
MRG 8	Kahve renkli
MRG 9	Gri renkte ve kuvars ve pirit tanelerince zengin kum
MRG 10	Kahve renkli
MRG 11	Gri renkte ve kuvars ve pirit tanelerince zengin kum
MRG 12	Gri renkte ve kuvars ve pirit tanelerince zengin kum
MRG 13	Gri renkte ve kuvars ve pirit tanelerince zengin kum
MRG 14	Gri renkte ve kuvars ve pirit tanelerince zengin kum
MRG 15	Gri renkte ve kuvars ve pirit tanelerince zengin kum
MRG 16	Gri renkte ve kuvars ve pirit tanelerince zengin kum
MRG 17	Gri renkte ve kuvars ve pirit tanelerince zengin kum
MRG 18	Gri renkte ve kuvars ve pirit tanelerince zengin kum
MRG 19	Gri renkte ve kuvars ve pirit tanelerince zengin kum
MRG 20	Gri renkte ve kuvars ve pirit tanelerince zengin kum
MRG 22	Gri renkte ve kuvars ve pirit tanelerince zengin kum
MRG 23	Kum örneği alınmamıştır.

ÖZGEÇMİŞ

28.08.1980 tarihinde Trabzon'da doğdu. İlk öğrenimini 1986-1991 tarihleri arasında Cumhuriyet İlkokulu'nda, orta öğrenimini 1991-1994 tarihleri arasında Cumhuriyet Ortaokulunda ve lise öğrenimini ise 1994-1998 tarihleri arasında Trabzon Lisesi(Yabancı dil ağırlıklı)'nde tamamladı. 1999 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2003 yılında bölüm birincisi olarak mezun oldu. 2004 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Anabilim Dalı, Maden Yatakları-Jeokimya Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2005 yılında Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maden Yatakları-Jeokimya Anabilim Dalı'na Araştırma Görevlisi olarak atandı. Halen bu görevine devam etmektedir.



Ek Bekil 1. Murgul (Artvin) yöresine ait genel jeoloji haritası (Er vd., 1992 c).