

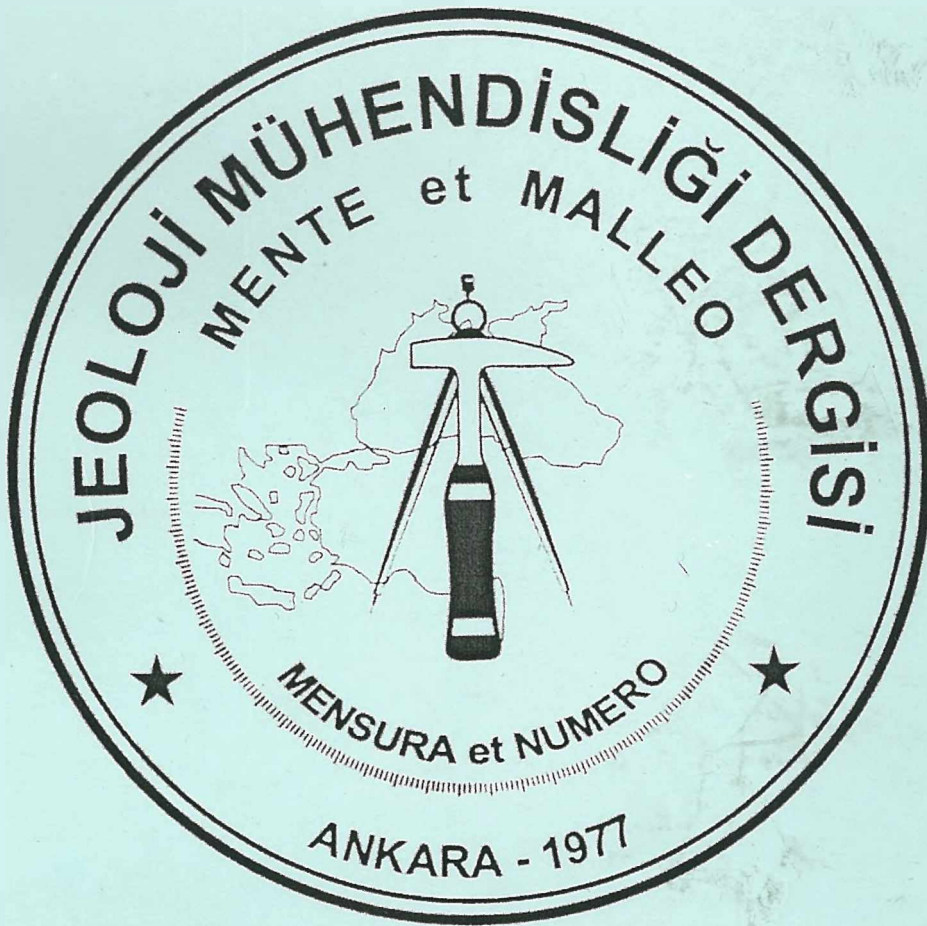
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

Geological Engineering Journal

Yıl - Volume 29

ISSN 10116-9172

Sayı - Number 1 - 2005



TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

Editörler / Editors

Abidin TEMEL

Hacettepe Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06532 Beytepe - Ankara
Tel: 0312 297 77 55
Fax: 0312 299 20 34
E-Posta: atemel@hacettepe.edu.tr

Yurdal GENÇ

Hacettepe Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06532 Beytepe - Ankara
Tel: 0312 297 77 55
Fax: 0312 299 20 34
E-Posta: ygenç@hacettepe.edu.tr

Dinçer ÇAĞLAN

MTA Genel Müdürlüğü
Fizibilite Etütleri Dairesi
Eskişehir yolu, 06520 Ankara
Tel: 0312 287 34 30/2206
Fax: 0312 286 35 19
E-Posta: dincer@mta.gov.tr

Yardımcı Editörler/Asistant Editors

Hüseyin YILMAZ

Cumhuriyet Üniversitesi-Sivas

Sedat TÜRKMEN

Mersin Üniversitesi-İstanbul

Yıldırım GÜNGÖR

İstanbul Üniversitesi - İstanbul

Jeoloji Mühendisleri Odası

Chamber of Geological Engineers

Yönetim Kurulu/ Executive Board

İsmet CENCİZ / Başkan - President

Dündar ÇAĞLAN / II. Başkan - Vice President

Bahattin Murat DEMİR / Yazman Üye - Secretary
General

Çetin KURTOĞLU / Sayman-Treasurer

Veyssel URKAN / Yayın Üyesi-Secretary of Puplication

Mehmet ŞENER / Mesleki Uygulamalar Üyesi-

Professional Application Secretary

Ümit SEYREK / Sosyal İlişkiler Üyesi-Social Affairs

Secretary

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası

PK 464 Yenışehir, 0644 Ankara
Tel: 0312 434 36 01
Fax: 0312 343 23 88
E-Posta: jmo@jmo.org.tr

Yayın Kurulu / Editorial Board

Musa ALPASLAN (Mersin Üniversitesi)

Kemal AKDAĞ (Karadeniz Teknik Üniversitesi)

Fehmi ARIKAN (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)

Eşref ATABEY (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)

Serdar BAYARI (Hacettepe Üniversitesi)

Emel BAYHAN (Hacettepe Üniversitesi)

Berk BESBELLİ (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)

Muazzez ÇELİK (Selçuk Üniversitesi)

Yavuz ERKAN (Hacettepe Üniversitesi)

Okay EROSKAY (Kültür Üniversitesi)

Candan GÖKÇEYOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)

Ergun GÖKTEN (Ankara Üniversitesi)

Fikret KAÇAROĞLU (Cumhuriyet Üniversitesi)

Erçin KASAPOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)

Halil KUMSAR (Pamukkale Üniversitesi)

Matmut MUTLUTÜRK (Süleyman Demirel Üniversitesi)

Eran NAKOMAN (Dokuz Eylül Üniversitesi)

Nazmi OTLU (Cumhuriyet Üniversitesi)

Ahmet SAĞIROĞLU (Fırat Üniversitesi)

Sönmez SAYILI (Ankara Üniversitesi)

Şakir ŞİMŞEK (Hacettepe Üniversitesi)

Tandoğan ENGİN (Maden Tetkik ve Arama Genel
Müdürlüğü)

Asuman TÜRKMEÑOĞLU (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)

Necati TÜYSÜZ (Karadeniz Teknik Üniversitesi)

Hasan YAZICIGİL (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)

Bu Sayıda Katkı Koyanlar / Reviewers in This Issue

Ayşenur UĞURLU (Hacettepe Üniversitesi)

Selami TOPRAK (MTA Gn. Md.)

Jeoloji Mühendisliği Dergisi Makale ve Dizin Özleri GeoRef
ve Geobase/GeoAbstracts Uluslararası Indexler tarafından
taranmaktadır.

*The Geological Engineering Journal is indexed and
abstracted by GeoRef and GeoAbstracts.*

NOT: Cilt 28 Sayı 2-2004 Jeoloji Mühendisleri Dergisinde
Yardımcı Editörümüzden Yıldırım GÜNGÖR sehven
Yazılmamıştır.

Jeoloji Mühendisliği Dergisi / Geological Engineering Journal

Cilt 29

Sayı 1 - 2005

Volume

Number

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- 1- **Özcan DUMANLILAR, Doğan AYDAL, Halide DUMANLILAR**
Baskil (Elazığ) Güneyindeki Cevherleşmelerin Jeolojik ve Mineralojik Özellikleri
Geological and Mineralogical Features of Mineralizations From Southern Part of Baskil (Elazığ)
- 21 **Fatma GÜLTEKİN, Remzi DİLEK, Arzu FIRAT ERSOY, Hakan ERSOY**
Aşağı Değirmendere (Trabzon) Havzasındaki Suların Kalitesi
Water Quality of Lower Değirmendere (Trabzon) Basin
- 36- **Fatma GÜLTEKİN, Remzi DİLEK**
Gümüşhane Yöresi Mineralli Su Kaynaklarının İz Element ve Radyoaktivite İçerikleri
Radioactivity Properties and Trace Element Contents of Mineral Waters in the Gümüşhane Vicinity
- 44- **Abdullah ÇUBUKÇU, Necati TÜYSÜZ**
KBİ İzabe, Tügsaş ve Organize Sanayi Bölge Tesislerinin (Samsun, Tekkeköy) Çevresel Etkileri
The Environmental Impacts of Karadeniz Copper Industries (KBİ) Smelting Plant, Fertilizer Industry (Tügsaş) and The Industrial Park Facilities (IPF) in Tekkeköy, Samsun

Baskil (Elazığ) Güneyindeki Cevherleşmelerin Jeolojik ve Mineralojik Özellikleri
Geological and Mineralogical Features of Mineralizations From Southern Part of Baskil (Elazığ)

Özcan DUMANLILAR*, **Doğan AYDAL****, **Halide DUMANLILAR*****

*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, 06520, Ankara

**Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100, Ankara

***Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesi, 06520, Ankara

ÖZ

Doğu Toros Orojenik kuşağı içerisinde yer alan çalışma alanında Üst Kretase yaşlı Baskil ve Bilaser Tepe Magmatitleri ile Pliyosen yaşlı genç çökeller yüzeylemektedir. Petrografik ve jeokimyasal çalışmalar sonucunda, Baskil Magmatitlerinin volkanik ada yayı, Bilaser Tepe Magmatitlerinin ise çarpışma sonrası granitoidler olduğu belirlenmiştir.

İnceleme alanında Bilaser Tepe Magmatitlerine bağlı olarak gelişmiş farklı iki tip cevherleşme belirlenmiştir. Birinci tip, Bilaser Tepe Magmatitlerinin granodiyorit, granitporfir ve dasitporfir fazı ile bunların dokanağmdaki Baskil Magmatitlerine ait diyoritlerin içinde gelişmiş porfiri bakır cevherleşmesidir. İkinci tip cevherleşme ise Bilaser Tepe Magmatitlerine ait granitler içerisinde yer alan Au-Cu içeren kuvars damarlarıdır.

Birinci tip cevherleşmede, potasik, fillik, kuvars-serisit-karbonat ve propilitik olmak üzere dört alterasyon tipi belirlenmiştir. Cevherleşme genellikle fillik ve kuvars-serisit-karbonat alterasyonun etkili olduğu bölgelerde kuvars-karbonat damarlarında, çatlak-kırıklarda sıvama ve kayaç içinde saçınımlı olarak bulunmaktadır. Ana cevher mineralleri pirit, arsenopirit, kalkopirit ve bizmutindir.

Granitler içerisindeki ikinci tip cevherleşmeyi oluşturan kuvars damarları pirit, kalkopirit ve çok az miktarda altın içermektedir. Damarların çevresinde ise killeşme ve silisleşme gözlenmektedir.

Anahtar kelimeler: Çarpışma sonrası granitoid, Bilaser Tepe Magmatitleri, porfiri bakır, Baskil

ABSTRACT

The Upper Cretaceous Baskil and Bilaser Tepe Magmatites and Pliocene sediments crop out throughout the study area within the Eastern Taurus Orogenic belt. On the basis of petrographical and geochemical studies, it has been concluded that the Baskil Magmatites belong to the volcanic-arc granitoids whereas the Bilaser Tepe Magmatites belong to the post-collisional granitoids.

Two types of mineralization have been recognized, to be associated with the Bilaser Tepe Magmatites. First type is a porphyry-type copper mineralization which has developed in granitoid, granite porphyry, and dacite porphyry phases of the Bilaser Tepe Magmatites and in diorites of the Baskil Magmatites making contacts with them. Second type is characterized by Au-and Cu-bearing quartz veins hosted in granites of the Bilaser Tepe Magmatites.

First type of mineralization is accompanied by potassic, phyllic, quartz-sericite-carbonate and

propylitic alteration assemblages. Mineralization mainly occurs in quartz-carbonate veins or as coatings along fissures and cracks and as disseminations in places where phyllite and quartz-sericite-carbonate alterations prevail. Main ore minerals are pyrite, arsenopyrite, chalcopyrite and bismuthinite.

Quartz veins belonging to the second type contain pyrite, chalcopyrite with lesser amount of gold. These veins are enveloped by argillic and siliceous alterations.

Key words: post-collisional granitoids, Bilaser Tepe Magmatites, porphyry-type copper, Baskil

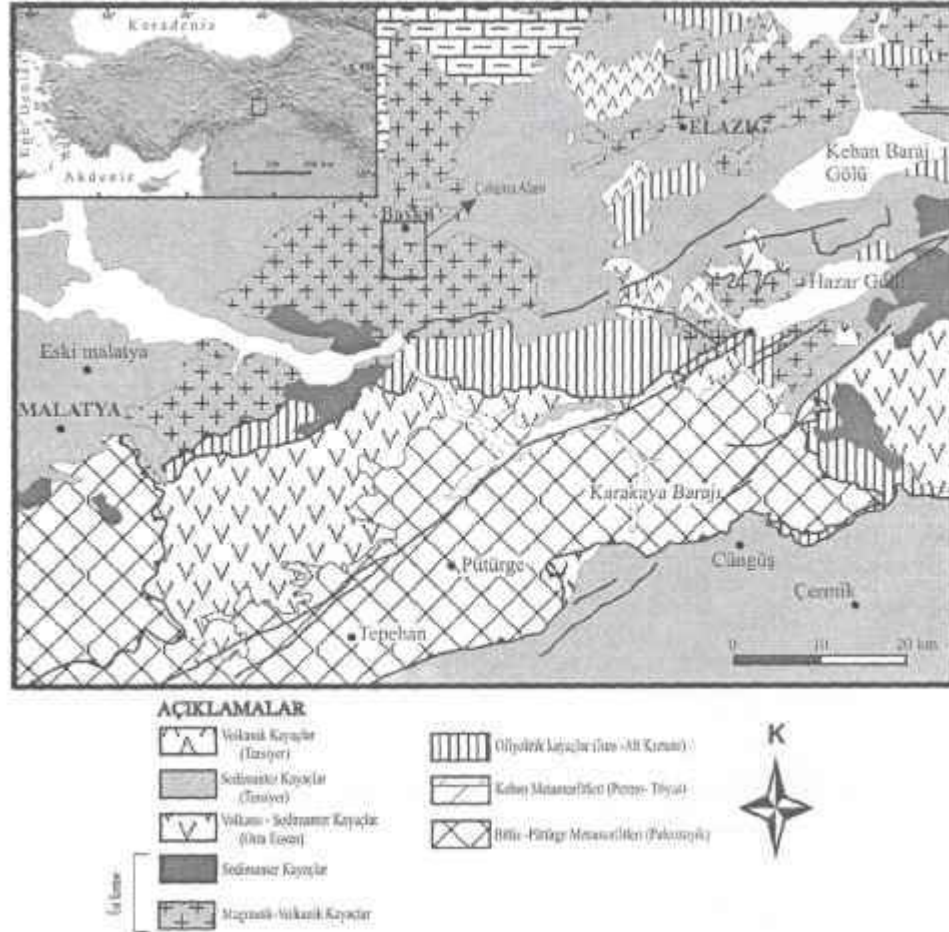
GİRİŞ

Çalışma alanı, Baskil (Elazığ) ilçesinin yaşlı magmatitler, Hakkari'den Elbistan'a kadar güneydoğusunda Malatya K41-c4 ile L41-M uzanan kuşak boyunca geniş alanlarda alanlarda paftaları içerisinde, 77 km² bir alanı

kapsamaktadır (Şekil 1). Doğu Toros orojenik kuşağı içerisinde önemli bir yeri olan Üst Kretase

kuşağı içerisinde önemli bir yeri olan Üst Kretase

kuşağı içerisinde önemli bir yeri olan Üst Kretase



Şekil 1. Çalışma alanının yer buldum haritası
Figure 1. Location map of the study area

İnceleme alan ve yakın çevresinde bugüne kadar jeolojik, tektonik, petrografik ve petrolojik amaçlı bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir (Yazgan vd., 1987; Asutay, 1985 ve 1988; Bingöl, 1984; Akgüü, 1991; Poyraz, 1988; Herece vd., 1992; Yazgan ve Chessex, 1991; Turan vd., 1995).

Baskil civarındaki maden prospeksiyonuna ilişkin ilk çalışmalardan biri Yılmaz vd. (1991) tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda doğrudan Baskil civarındaki cevherleşmelere ilişkin jeolojik, mineralojik, petrografik ve kimyasal çalışmalar Tüfekçi ve Dumanlılar (1994 ve 1998), Gerçek (1996), Türkyılmaz ve Şaşmaz (2000) ve Dumanlılar (2002) tarafından sürdürülmüştür.

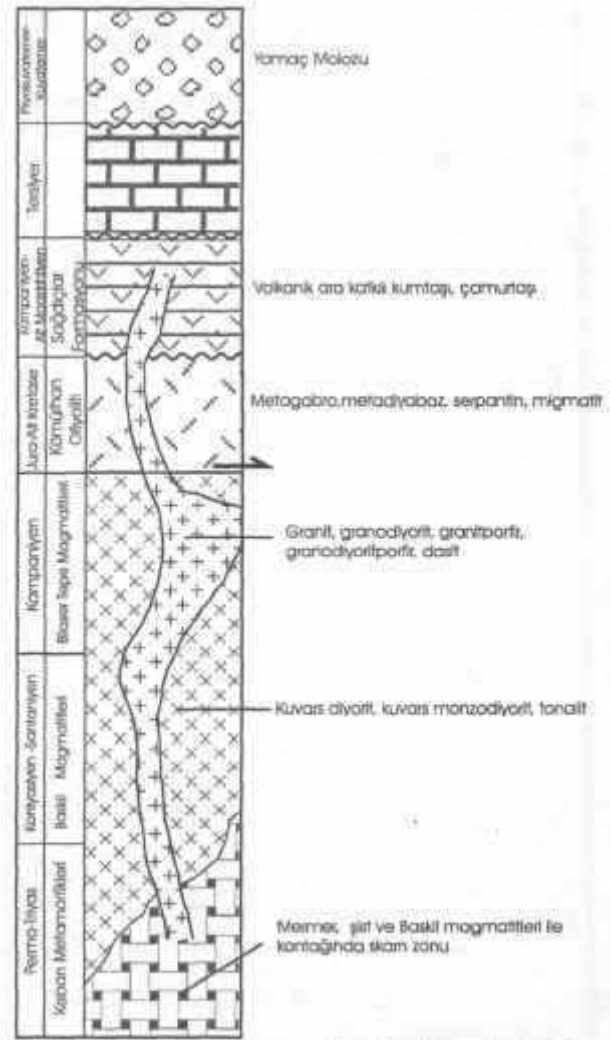
Bu araştırma, öncül çalışmalara ilave olarak, Baskil (Elazığ) güneyinde mostra veren cevherleşmeler ve bunlarla ilişkili magmatik kayaların kuşak içerisindeki konumlarını ortaya koymak ve diğer zuhurlara model oluşturabilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu amaç doğrultusunda mostradan elde edilen verilerin yanı sıra MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1996 ve 1997 yıllarında yapılan 14 ayrı lokasyondaki sondajlara ait karot örnekleride incelenmiştir.

BÖLGESEL JEOLJİ

Doğu Toroslar'ın orta kesiminde Malatya-Elazığ arasında bulunan çalışma alanında, Alt Jura-Alt Kretase sürecinde, Bitlis-Pütürge Masifi'nin kuzeyi ile Keban Metamorfitleri'nin güneyinde okyanusal bir kabuk oluşmuştur (Yazgan, 1984; Asutay, 1985). Bu süredeki genişleme rejimi, Alt Turoniyen'den itibaren yerini sıkışma rejimine bırakmıştır. Sıkışma sonucunda, okyanusal kabuğun kuzey kenarı önce kendi eşdeğeri olan okyanusal kabuk altına, ilerleyen aşamada ise Keban mikro kıtasının altına dalarak, Konyasiyen-Santoniyen yaş

aralığında yay magmatizmasının (Baskil Magmatitleri) oluşumunu sağlanmıştır (Yazgan, 1981). Daha sonra yay magmatizması ile kıta çarpışması gelişmiştir. Bu dönemde pasif olan güney kenara ofiyolitik kütleler (İspendere, Kömürhan ve Guleman Ofiyolitleri) yerleşirken, kabuk kalınlaşmasına bağlı olarak çarpışma granitoidleri (Syn COLG) (Yazgan vd., 1987; Herece vd., 1992) oluşmuştur. Kampaniyen'de ise çarpışma sonrası Bilaser Tepe Magmatitleri olarak adlandırılan granitoidleri oluşmuştur (Şekil 2).



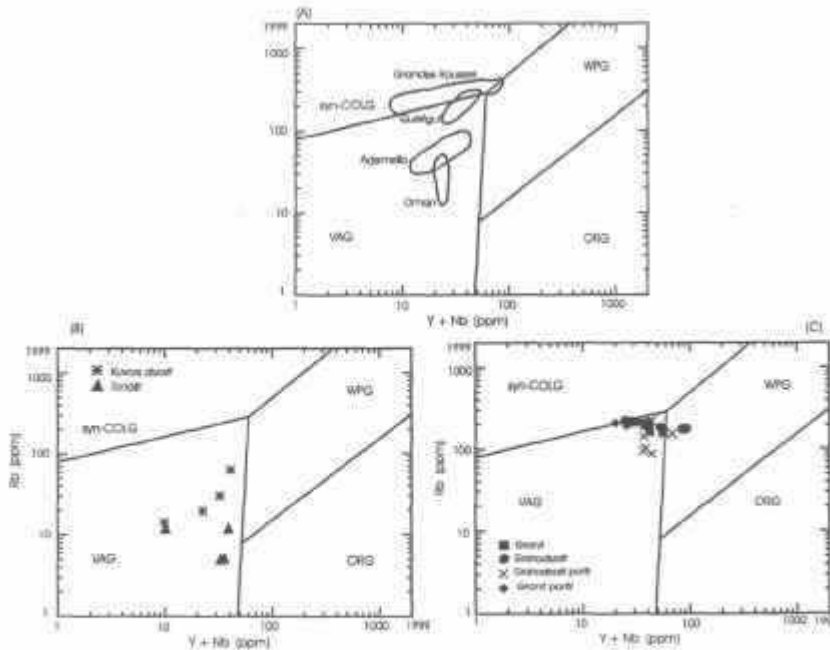
Şekil 2. Baskil çevresinin genelleştirilmiş litostratigrafik kesiti (Ölçeksiz)

Figure 2. Generalized columnar section for the study area (Schematic)

Baskil Magmatitleri ve Kömürhan Ofiyolitleri Kampaniyen-Alt Maastrichtiyen yaşlı Sağdıçlar Formasyonu tarafından örtülmektedir (Yazgan vd., 1987). Bilaser Tepe Magmatitlerine ait dasitler Sağdıçlar Formasyonu ile intrüf ilişkili olup, Akgül ve Bingöl (1997) tarafından Keban civarında da saptanmıştır. Bu veriler ve Bilaser Tepe Magmatitlerine ait granodiyoritten alınan 77.6 ± 2.0 My yaş dikkate alındığında, Bilaser Tepe Magmatitlerinin, Sağdıçlar Formasyonun çökelişi ile eş yaşlı veya sonrasında geliştiği düşünülmektedir.

Bilaser Tepe ve Baskil magmatitlerinin kökenlerine açıklık getirmek amacıyla çeşitli köken diyagramları kullanılmıştır. Pearce ve diğerleri (1984)'nin $Y+Nb-R$ diyagramına göre. Baskil Magmatitlerine ait örneklerin tamamı volkanik yay granitoyiti (VAG) alanında yer alırken, Bilaser Tepe Magmatitlerine ait örnekler ise volkanik yay granitoyiti (VAG), çarpışma ile eş zamanlı granitoid (Syn COLG) ve levha içi granitoid (WPG) alanlarının kesişme noktalarına yakın bölgelerde izlenmektedir (Dumanlılar, 2002) (Şekil. 3). Pearce ve diğerleri

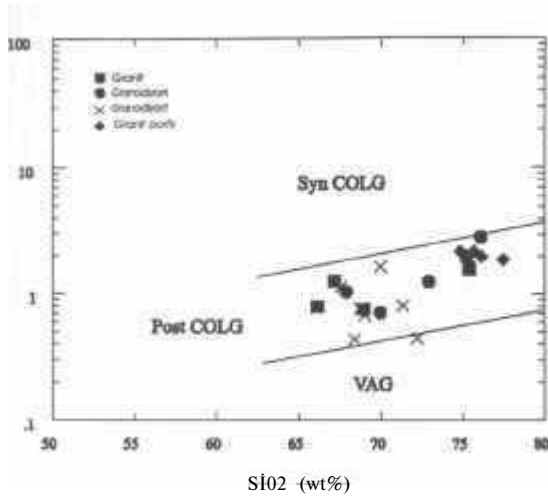
(1984) ile Pearce (1996)'ya göre çarpışma sonrası granitoidler (Post-COLG) tektojenetik sınıflamada ana sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü bu granitoidler kabuğun alt kesimindeki kısmi ergimelerden meydana gelebileceği gibi üst mantodaki kısmi erimelerden de meydana gelebilmektedir. Ayrıca, çarpışma sonrası magmatizmalan, bölgede daha önceki zamanlarda gelişmiş olan dalma-batma sürecinin jeokimyasal izlerini (düşük Nb, Ta ve Ti, yüksek Th, U ve Pb gibi) taşıyabileceklerinden, aktif ada yayı ile ilişkili olmamalarına rağmen, iz element özellikleri bakımından yay magmatizmalarına benzerlik gösterebilirler (Alıcı vd., 1997 ve 1998). Sonuç olarak, Bilaser Tepe Magmatitlerinin, çarpışma sonrası (Post-COLG) kalkalkalin bir plüton olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca bu durum, Harris ve diğerleri, (1986) tarafından önerilen, SiO_2-Rb/Zr diyagramında da görülmektedir (Şekil 4). Bilaser Tepe Magmatitleri bu özellikleri nedeniyle, Harris vd. (1986) tarafından tanımlanan çarpışma sonrası (Post-COLG) grup-III magmatizması ile denestirilebilir.



Şekil 3A. Rb-(Y+Nb) diyagramındaki bazı çarpışma sonrası granitlerin dağılımı 3B ve C. Baskil ve Bilaser Tepe Magmatitlerine ait kayaç örneklerinin Rb-(Y+Nb) diyagramı (Pearce ve diğ., 1984) üzerindeki dağılımı (VAG:Volkanik yay granitoidleri, syn-COLG:Çarpışma ile eş zamanlı granitoidler, ORG:Okyanus ortası sırtı granitoidleri, WPG: Levha içi granitoidler).

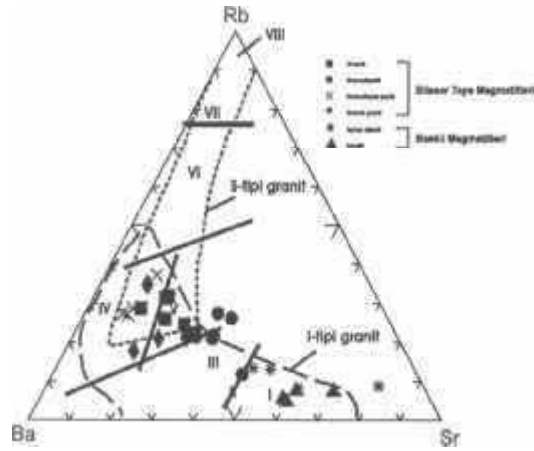
Figure 3A. Distribution of some post-collision granites plotted on Rb versus (Y+Nb) diagram

3B and C. Distribution of Baskil and Bilaser Tepe magmatites plotted on Rb-(Y+Nb) (VAG : volcanic arc granitoids, Syn-COLG: syn-collision granitoids, ORG: middle ocean ridge granitoids, WPG : within plate granitoids)



Şekil 4. Baskil ve Bilaser Tepe Magmatitlerine ait örneklerin SiO_2 (%) - Rb/Zr diyagramlarındaki konumu (Pearce ve diğ., 1984).

Figure 4. SiO_2 (%) versus Rb/Zr diagram for Baskil and Bilaser Tepe magmatites (Pearce et al., 1984)



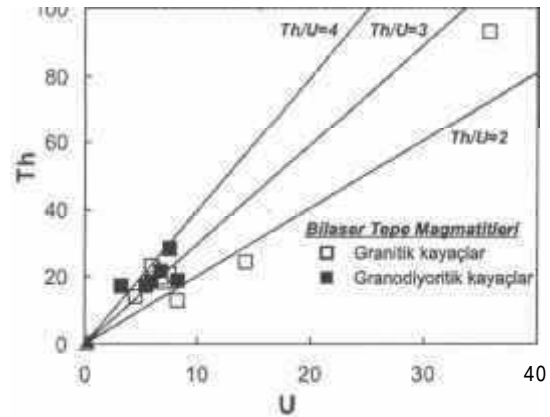
I: Toleiyitik plajiyogranitler; II: Kalkalkalin granit-granodiyorit; III: Subalkalin granit; IV: Ultrametamorfik granit; V: Kalkalkalin granit; VI: Plumasitik granit; VII: Peralkalin granit; VIII: Peralkalin granit-alaskit

Şekil 5. Baskil ve Bilaser Tepe magmatitlerinin Rb-Ba-Sr üçgen diyagramındaki dağılımı. Granitik grupların ayrımı Tauson (1974)'dan alınmıştır (Karapetian ve diğerleri, 2001)

Figure 5. Rb-Sr-Ba ternary diagram for the Baskil and Bilaser Tepe granitoids. Discrimination diagram for granitic groups is taken from Tauson (1974) (Karapetian et al., 2001)

Rb-Ba-Sr üçgen diyagramını (Tauson, 1974; Karapetian vd., 2001) incelediğimizde, Baskil magmatitlerinin, Bilaser Tepe Magmatitlerine göre Rb ve Ba bakımından daha fakir seriler oluşturduğu gözlenmektedir. Ayrıca, diyagramda Baskil Magmatitleri belirgin olarak I-tipi granitleri bölgesinde yer alırken, Bilaser Tepe Magmatitlerine ait örnekler ise I ve S-tipi granitlerin kesiştiği bölgeye düşmektedir (Şekil 5).

Bilaser Tepe Magmatitlerine ait örneklerin Th'a karşı U değişim diyagramı Şekil 6'da görülmektedir. Taylor ve McLennan (1985)'a göre, yüksek Th/U oranı, magmatik eriyikler içerisine kıtasal kabuk malzemelerinin katılımına işaret etmektedir. Buna göre, gözlenen yüksek Th/U oranı (Th/U=2-4) bu magmatizmanın gelişimde kabuksal kirlenmenin etkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 6 Bilaser Tepe Magmatitlerinin Th-U diyagramındaki konumu.

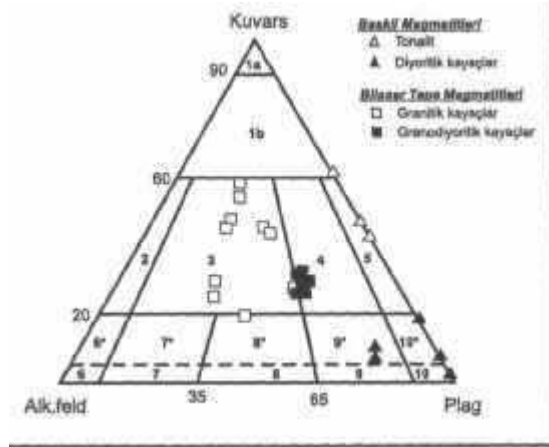
Figure 6. Th U diagram for the Baskil and Bilaser Tepe granitoids

Bilaser ve Baskil magmatitlerinin iz element özelliklerini değerlendirdiğimizde, petrojenetik açıdan iki farklı kütlelenin varlığı gözlenmektedir. Bunlardan ilki Baskil Magmatitleri olup yay magmatizmasının tipik özelliklerini gösterirken,

ikinci kütle Bilaser Tepe Magmatitleri olup çarpışma sonrası magmatizması olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, magmatizmanın gelişimde kabuksal kirlenme sürecinin etkileri belirgin bir şekilde gözlenmektedir (Dumanlılar, 2002).

PETROGRAFI

Bölgedeki magmatik kayalar, Baskil Magmatitleri ile Bilaser Tepe Magmatitleri olarak iki ana kütlede oluşmaktadır. Saha verileri, kimyasal ve mineralojik-petrografik özelliklere göre, inceleme alanındaki Baskil Magmatitleri, diyorit, kuvars diyorit, kuvars monzodiyorit ve tonalit; Bilaser Tepe Magmatitleri ise granit, granodiyorit, granodiyoritporfir, granitporfir ve dasitporfir fazlarına ayrılmıştır (Şekil 7).



Şekil 7 Baskil ve. Bilaser Tepe Magmatitlerinin Streckeisen (1976) KAP diyagramında dağılımı

Figure 7. Modal mineralogical nomenclature for the Baskil and Bilaser Tepe granitoids on the KAP diagram of Streckeisen (1976)

Baskil Magmatitlerinin Petrografisi Diyorit /Kuvars Diyorit/ Kuvars Monzodiyorit

Çalışma alanı içerisinde kuvars diyorit/diyoritler, Badem Tepe-Hemik Tepe hattının güneyinden başlayıp, Cansızhimik Mahallesi'ne kadar uzanan bir kısımda mostra vermektedir. Kuvars diyoritler, kuzeyde Bilaser

Tepe Magmatitlerine ait granit ile dokanak oluştururken, diğer yönlerde granodiyorit tarafından çevrelenmişlerdir.

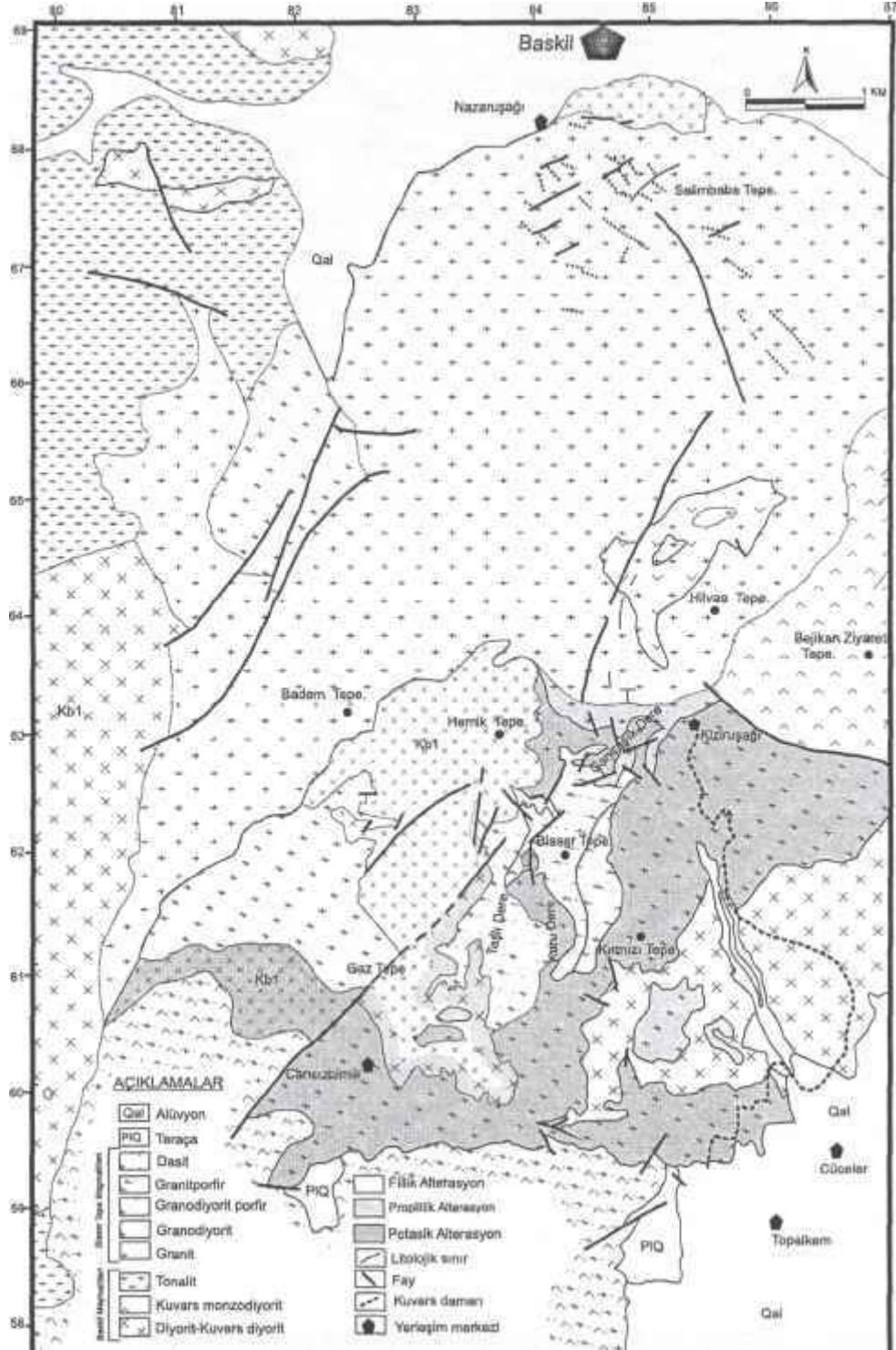
Diyorit grubu olarak tanımlanan kayalar holokristalin-yan özşekilli tanesel dokuludur. Kayacın ana mineralleri yan özşekilli, oligoklaz-andezin bileşimindeki plajiyoklaz ve hornblenddir. Özşekilli - yarı özşekilli hornblendler seyrekte olsa plajiyoklaz kapanmaları içererek poikilitik doku göstermektedir. Diyorit grubu kayalarda gözlenen tek aksesuar mineral ise apatittir. Kuvars oranının değişimine bağlı olarak diyorit-kuvars diyorit ayrımı yapılmıştır. Bej iken Ziyareti Tepe civarında ise parejeneze özşekilli ve pertitik dokulu ortoklazların katılmasıyla kuvars monzodiyoritlere geçiş gözlenmektedir (Şekil 8).

Tonalit

Çalışma alanının kuzeybatı sınırında mostra veren tonalit, holokristalin, yan özşekilli tanesel dokuya sahip olup, yuvarlak ve elips şekilli kuvars, plajiyoklaz ve hornblend minerallerinden oluşmaktadır. Plajiyoklazlar, yarı özşekilli oligoklaz-andezin bileşiminde olup, az oranda alterasyona bağlı olarak serisitleşme, killeşme ve epidotlaşma gelişmiştir. Yarı özşekilli hornblendler ise alterasyona bağlı olarak tamamen epidot ve klorite dönüşmüştür.

Bilaser Tepe Magmatitlerinin Petrografisi

Daha önceki araştırmalarda Baskil Magmatitlerinin son fazı olarak değerlendirilen granitik bileşimli kayalar, bu çalışmada, arazi, petrografik ve kimyasal verilere göre ayrı bir evre olarak, Bilaser Tepe Magmatitleri altında isimlendirilmiştir. Baskil Magmatitleri ile intrusif ilişkili olan Bilaser Tepe Magmatitlerine ait örnekler üzerinde gerçekleştirilen modal-mineralojik çalışmalar sonucunda granit ve granodiyorit bileşimli kayalar belirlenerek; ayrıntılan aşağıda sunulan granit, granodiyorit, granitporfir, granodiyoritporfir ve dasitporfirden oluşan beş faz ayırt edilmiştir. (Şekil 7 ve 8).



Şekil 8. İnceleme alanın jeoloji ve alterasyon haritası

Figure 8. Geological and alteration map of the studied area

Granit

Granitler, Badem Tepe, Hemik Tepe ve Kiziruşağı Mahallesi hattının kuzeyinden Baskil düzlüğüne kadar olan kesimde mostra verir (Şekil 8). Tipik pembemsi görünümleri ile diğer kayaç topluluklarından kolayca ayrılırlar. K80D/30°KD yönlü eklem sistemleri ve pembemsi beyaz arenalaşmaları bölge için tipiktir. Granit içerisinde kalınlıkları 10-50 cm arasında değişen değişik yönelimlere sahip aplit damarları mevcuttur.

Mikroskopik olarak, holokristalin-yarıözşekilli taneseli dokulu olan kayacın, kuvars, ortoklas plajiyoklaz levhamsı prizmatik şekilli amfibol ve biyotit ile apatitten oluştuğu belirlenmiştir. Öz şekilsiz kuvarslar, çok az dalgalı sönme göstermelerine rağmen genelde ani sönmelidir. Ayrıca seyrek olarak, ortoklas içinde kurtçuklar şeklinde bulunarak grafik doku sergilerler. Öz şekilli ortoklaslarda, karlsbad ikizi tipik ve pertitik doku gelişmiştir. Özşekilli, oligoklaz bileşimindeki plajiyoklazlar ise, polisentetik ikizlenme ve daha az olarak da zonlu doku göstermektedirler. Ayrıca oligoklazlar magmatik korozyona bağlı olarak kenarlarından itibaren kemirilmiştir.

Granodiyorit

Granodiyoritler, Kiziruşağı Mahallesi güneyinde ve Cansızhimik Mahallesi kuzeyinde mostra vermektedirler (Şekil 8). Diyorit ve granit ile intrusif ilişkili olarak izlenen granodiyorit, bazen bu iki kayaç içerisinde 1-20 m kalınlıklar arasında sokulum olarak da izlenmektedir. Arazide grimsi yeşil renkler sunan birim, Bilaser Tepe Magmatitlerine ait diğer birimlere göre daha ince taneli yapıya sahiptir. El örneklerinde kayaç, grimsi beyaz renkli feldispatlar ve camsı renkli kuvarslar ile bunların arasında dağılmış bıçağımsı şekilli daha küçük taneli mafik minerallerden oluşmaktadır.

Yan özşekilli taneseli doku gösteren kayaç, kuvars, plajiyoklaz ortoklaz ve bıçağımsı şeklindeki biyotit ve hornblendden oluşmaktadır. Apatit, zirkon, sfen, manyetit ve daha az oranda ilmenit kayacın tali mineralleridir. Özşekilsiz kuvars, ortoklaz ile beraber grafik doku oluşturmaktadırlar. Özşekilli plajiyoklaz genellikle albit ikizlenmesi göstermesine rağmen, daha iri taneli olanlarda zonlu yapı izlenmektedir. Albit ikizlenmesi gösteren plajiyoklazlar oligoklaz ve andezin bileşimindedir. Özşekilli-yarışekilli ortoklazlarda karlsbad ikizi tipik olup, iri taneler, plajiyoklaz, biyotit ve amfibol kapanımları içererek poikilitik doku oluşturmaktadır.

Granitporfir

Bilaser Tepe Magmatitlerinin merkezinde yer alan grimsi beyaz renkli granitporfir, mafik minerallere göre kuvarsların iri kristaller şeklinde ve fazla olması nedeniyle diğer birimlerden kolayca ayırt edilmektedir (Şekil 8).

Granitporfirler, mikrokristalin bir hamur içerisinde dağılmış kuvars, plajiyoklaz, ortoklaz ve biyotit fenokristalleri ile aynı bileşimdeki mikrokristalin matriksten oluşmaktadır. Modal mineralojik analiz sonuçlarına göre KAP diyagramında (Streckeisen, 1976) granit olarak tanımlanan kayac, dokusal özelliklerine göre granitporfir olarak tanımlanmıştır (Şekil 7).

Kayaç içerisinde en fazla bulunan kuvars fenokristal olarak özşekilli ve yan özşekilli, hamur içerisinde ise özşekilsiz taneler şeklinde olup, K-feldispat, plajiyoklaz ve seyrek olarak da turmalin kapanından içermektedir. Daha az oranda izlenen plajiyoklaz genellikle özşekilli-yarı özşekilli, tipik albit ikizlenmeli olup, andezin bileşimindedir. Ortoklazlar ise, genellikle özşekilli-yan özşekilli hem fenokristaller hem de hamur içerisinde yer almakta olup, karlsbad ikizi tipiktir. Kuvars içerisinde kapanım olarak

bulunmasının yanı sıra, kuvars ile beraber büyürken grafik dokusu oluşturdukları da belirlenmiştir. Fenokristal olarak izlenen biyotit tanecikleri ise felsik tanelere göre daha küçük boyuta sahip olup, bıçağımsı şekildedirler. Belirli alanlarda kümelenme göstermektedirler.

Apüt

Granitleri keser konumda izlenen apitler, ince taneli holokristalin dokulu olup, esas olarak kuvars, ortoklaz, plajiyoklaz ve ender izlenen biyotit minerallerinden oluşmuştur.

Granodiyorit porfir

Kızıruşığı Mahallesi'nin kuzeybatısında dar bir alanda, gri renkli granodiyoritporfir mostra vermektedir (Şekil 8). Granodiyorite göre kayacın mafik mineral oranı artmakta ve alkali feldispat dışındaki diğer bileşenlerin tane boyu ise küçülmektedir. Alkali feldispatların boyutu 2 cm'ye kadar ulaşmaktadır.

Holokristalin porfiritik dokulu kayaçta fenokristaller ile matriks arasındaki tane boyunun çok farklı olması sebebiyle, isimlendirmede KAP (Streckeisen, 1976) diyagramı kullanılamamıştır. Kayaçta alkali feldispat, plajiyoklaz, kuvars, hornblend, biyotit ve tali mineral olarak da, zirkon, apatit ve sfen mineralleri belirlenmiştir. Yer yer ortoklaz içinde kapanım olarak izlenen biyotit ve hornblend mineralleri özşekilsiz-bıçağımsı fenokristal halinde izlenirken, hamur içerisinde de mikrolitler şeklindedir. Mafik minerallerin alterasyona bağlı olarak yer yer kloritleştiği görülmektedir. Kayaç içerisinde manyetit ve daha az oranda ilmenite rastlanmaktadır.

Dasitporfir

İnceleme alanındaki en genç magmatik birim olan dasitporfirler, Cansızhimik Mahallesi'nin güneyinde DB yönünde uzanım sunmakta olup,

genişçe bir alanda mostra vermektedir. Kuzey ve batı sınırında Bilaser Tepe Magmatitlerme ait granodiyorit ile tedrici geçişli olarak izlenirken, doğu sınırı genç çökeller tarafından örtülmektedir (Şekil 8). Dasitporfirlerin, çalışma alanı dışındaki güney sınırında ise, çamurtaşı, silttaşı, kireçtaşı ve volkanik kilaşı aralanmasından oluşan Sağdıçlar Formasyonu ile intrusif ilişkilidir.

Yoğun alterasyon nedeniyle arazide sarımsı beyaz renkte görülmektedir. Kayacın el örneğinde, boyları 0,5-2 mm arasında değişen kuvars fenokristalleri ile sarımsı ve beyazımsı matriksten oluşmaktadır.

Yapılan mikroskop incelemeleri sonucunda, kayaçta kuvars dışındaki tüm minerallerin altere olduğu belirlenmiştir. Porfirik dokulu kayaçta, serisit, karbonat ve kil alterasyonuna maruz kalmış plajiyoklazlar ile kemirilmiş dokulu kuvarslar izlenmektedir. Kayacın hamuru ise kil, karbonat, serisit ve kuvars minerallerinden oluşmaktadır.

Kayacın ilksel dokusu ve mineralojik bileşimi alterasyon nedeniyle tahrip olmuştur. Buna rağmen porfirik doku izlerine rastlanılmaktadır. Fenokristal kuvars taneleri içinde apatit kapanından mevcuttur.

MADEN JEOLJİSİ

Baskil (Elazığ) güneyindeki cevherleşmeler, lokasyon olarak birbirine yakın olmakla beraber, Bilaser Tepe Magmatitlerinin farklı birimleri içerisinde iki ayrı tipte gelişmiştir. Bunlardan ilki, Bilaser Tepe Magmatitleri ile bunların kantağındaki Baskil Magmatitlerine ait kuvars diyoritlerde gelişmiş olan porfiri bakır cevherleşmesidir. Diğeri ise Bilaser Tepe Magmatitlerinin kenar zonunu oluşturan granitler içerisinde yer alan Au-Cu içeren kuvars damarlarıdır.

Porfiri Tip Bakır Cevherleşmesi

Topalkem Mahallesi civarındaki porfiri tip bakır cevherleşmesi, Bilaser Tepe Magmatitlerine ait granodiyorit, granit porfir ve dasitporfire bağlı olarak gelişmiştir. Cevherleşme bu kayaçların içinde ve çevre kayaçlarda (kuvars diyoritlerde) saçmımlı, damar ve damarcıklar şeklinde izlenmektedir. Cevherleşmeye geniş alanlar da alterasyon kuşakları da eşlik etmektedir.

Bilaser Tepe civarında, merkezde granitporfir yer alırken, çevresinde granodiyoritler izlenmektedir. Bu iki faz birlikte, (Kuru Dere ile Taşlı Dere arası merkez olmak üzere) yoğun alterasyon ve mineralizasyona sebep olmuştur (Şekil 8).

Sahanın güney sektöründe ise, yaklaşık D-B uzanımlı Bilaser Tepe Magmatitlerinin son fazı dasitporfir mostra vermekte olup, kendi içerisinde ve çevre kayaçlarda yoğun alterasyona neden olmuşlardır.

Altere granodiyorit ile altere granitporfirler, Kuru Dere ve civarında, içice olarak bulunmaktadır. Porfiri cevherleşme ile ilgili olarak, Bilaser Tepe magmatitleri içerisinde ayırt edilen fazlardan ilki granodiyorit olup, holokristalin taneseli doku göstermektedir. Daha sonra gelişen granitporfir ise, magmatik differansiyasyonun bir sonucu olarak daha asidik karakterde gelişmiştir. Alterasyon ve mineralizasyondan her iki kütle de etkilenirken, granodiyoritin daha çok etkilendiği belirlenmiştir. Benzer ilişki El Salvador (Şili) porfiri bakır yatağında da belirlenmiştir (Sawkins, 1984).

Alterasyon

Yapılan çalışmalar sonucunda cevherleşmeyle ilişkili olarak 4 çeşit alterasyon türü tanımlanmıştır. Ayırtlanan alterasyon türleri,

biyotit-kuvars (potasik), serisit-klorit-kuvars-kil, epidot-klorit-karbonat (propilitik), kuvars-serisit-pirit (fillik) ve kuvars-serisit-karbonat-klorit mineral birliklerinden oluşmaktadır.

Harita alımı çalışmaları esnasında, kuvars-serisit-pirit (fillik) ve serisit-karbonat-kloritten oluşan alterasyon toplulukları, fillik alterasyon olarak haritalanmıştır (Şekil 8). Yüzeyle, kısmen ikincil alterasyonun gözlenmesi, haritalama esnasında bu iki alterasyonun birbirinden ayırt edilmesini imkansızlaştırmaktadır. Fakat, sondajlarda yüzeysel alterasyondan uzaklaştıkça ve detaylı örnekleme sonucunda, fillik alterasyonun, iki farklı alterasyon zonundan oluştuğu belirlenmiştir.

Babine (Kolombiya) porfiri bakır yatağında Zaluski vd. (1994) tarafından yapılan çalışmalarda erken evrede, derin zonlarda, potasik ve propilitik alterasyonun geliştiği, daha sonraki evrede ise kuvars-serisit-karbonat-klorit ve fillik (kuvars-serisit-pirit) alterasyonun oluştuğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmada belirlenen karbonat-serisit alterasyonu, Lowell ve Guilbert (1970)'in önerdiği alterasyon parajenezlerine tam olarak uymadığı için, alterasyon isimlendirmede mineral birlikteliği kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, biyotit-kuvars, epidot-klorit-karbonat/serisit-klorit ve kuvars-serisit-pirit'den oluşan alterasyon parajenezleri, sırasıyla, Lowell ve Guilbert (1970)'in önerdiği, potasik, propilitik ve fillik alterasyon tanımlarıyla uyum sağlamaktadır.

Potasik alterasyon

Biyotit-kuvars-klorit mineral parajenezinden oluşan alterasyon, kuvars diyorit ile granodiyorit bileşimli kayaçlarda izlenmektedir. Potasik alterasyon mikroskop altında, biyotit-kuvars-apatit minerallerinden oluşan mikro damarcıklar ile mafik minerallerin, kuvars ve biyotitden oluşan agregaya dönüşümlerin ortaya çıkmasıyla

belirginleşmektedir. Kuvars damarları içerisinde az miktarda ikincil ortoklaza da rastlanılmaktadır. Kuvars diyoritler içerisindeki hornblendler bu alterasyon esnasında, ayrıca tremolit-aktinolit, karbonat ve kuvars tarafından ornatılmaktadır. Mikrodamarlarda ayrıca klorit-apatit-serisit-rutil-zirkon -mineralleride bulunmaktadır. Mikrodamarlardaki kloritler ikincil biyotitlerin alterasyonu sonucu oluşmuştur.

Carten (1986) faz petrolojisinden yola çıkarak, oligoklaz-aktinolit alterasyon birlikteliğinin, 360°C-480°C'de ve 300-800 bar basınçta oluştuğunu belirlemiştir. Dilles ve Einaudi (1992) ise, Ann-Mason (Nevada) porfiri bakır yatağında, aktinolit-oligoklaz alterasyon birlikteliğinin 500-1000 bar basınç ve 375°-400°C 'de oluştuğunu tesbit etmişlerdir. Bu verilerden hareket ederek, Topalkem porfiri bakır cevherleşmesinin erken evresinde oluşan potasik alterasyondaki aktinolitlerin 360°C-480°C 'de oluştukları öngörülebilir.

Propilitik Alterasyon

Merkezdeki potasik alterasyonu çevreleyen propilitik alterasyon, yan kayacın bileşimine göre farklılıklar sunmaktadır.

Epidot-klorit-karbonat-serisit alterasyonu

Kuvars diyorit içerisinde gelişen propilitik alterasyon parajenezini, epidot, klorit, karbonat ve serisitten oluşmaktadır. Plajiyoklazlar az oranda serisitleşirken, kısmende epidota dönüşmektedirler. Amfiboller ise yoğun olarak klorit ve epidota dönüşürken, yer yer de aktinolit/tremolit tarafından ornatılmaktadır. Ayrıca, bu zon içerisinde ağsal, düzenli damarcık ve damarlar yer almaktadır. Bu damarcıklar kuvars, kuvars-karbonat ve karbonat damarcığı şeklindedir. Ayrıca bazı kılcal çatlaklarda ise jips ve lömontit (zeolit) mineralleri de belirlenmiştir.

Kuvars-serisit-klorit-kil alterasyonu

Granodiyorit içerisinde gelişen propilitik alterasyon parajenezini kuvars-serisit-klorit'den oluşmaktadır. Feldispat grubu mineraller çoğunlukla serisit, kuvars ve kil minerallerine dönüşmüşlerdir. K-Feldispatlar ise üstteki alterasyonlara ilaveten karbonatlaşmışlardır. Biyotitlerin ise, klorit ve opak mineralden oluşan bir agregaya dönüştüğü belirlenmiştir. Ayrıca klorit, opak mineral ile beraber, kılcal damarlarda da yer almaktadır. Serisit-klorit-kuvars alterasyonunu genellikle potasik alterasyonunu üzerlemektedir.

Propilitik alterasyonun sıcaklığı plajiyoklas ve epidotun birlikteliği ile sınırlandırılabilir. Dış propilitik zondaki albit, Fe' ce zengin epidot ve hematit parajenezini, 350°C alt ısı sınırını tanımlar. Epidotsuz iç propilitik zon ise, Dilles ve Emaudi, (1992)' nin belirttiği gibi muhtemelen daha yüksek sıcaklığı işaret etmektedir.

Kuvars-serisit-pirit alterasyonu

Yüzeyde oldukça geniş alanlar kaplayan kuvars-serisit-pirit alterasyonu granodiyorit ve dasitporfirin uzanımıyla paralellik sunmaktadır. Sahanın güneyinde, Gaz Tepe'den başlayarak, Taşlı Dere ile Kuru Dere arasındaki sırtı kat ederek, Ganıraşık Dere'nin üst kotlarına doğru geniş bir kuşak halinde uzanmaktadır. Gaz Tepe'nin güneyinde ise DB istikametinde uzanmaktadır.

Kuvars-serisit-pirit alterasyonu, granodiyorit ve daha az oranda, granitporfiri etkilemiştir. Ayrıca, Gaz Tepe'nin güneyindeki dasitporfirler de bu alterasyondan etkilenmişlerdir. Alterasyondan etkilenen kayalar, el örneğinde, genellikle bej-beyaz-açık kahverenkli dir. Ama yüzeysel koşullarda gelişen oksidasyon sonucu, kayalar kahve-bordo-kirli sarı renkli bir görünüm kazanmışlardır. Alterasyondan kuvvetli

şekilde etkilenen kayaçların ilksel dokusu tamamen bozulmuş ve kuvars dışındaki ana minerallerin tümü serisit dönüşmüştür. İlksel kuvarslarda ise büyüme izlenmektedir. İnceleme alanında belirlenen kuvars - serisit - pirit alterasyonu, Lowell ve Guilbert (1970)'in tanımladıkları fillik alterasyona karşılık gelmektedir. Fillik alterasyonun yoğun olduğu bu alanlarda, sülfidli kuvars ve sülfid damarcıkları kayacın kılcal çatlaklarında yer almaktadır.

Kuvars-serisit-karbonat-klorit alterasyonu

Bu alterasyon, yüzeyde, kuvars-serisit-pirit alterasyonu ile birlikte haritalanmıştır. Sondajlarda yapılan detay inceleme sonucunda ise farklı bir alterasyon olarak incelenmiştir. Feldspat grubu mineralleri serisit, karbonat ve az miktarda kaolinite dönüşürken, mafik minerallerin karbonat ve klorite dönüştükleri belirlenmiştir.

Alterasyon, mikroskop altında, kuvars-karbonat-opak mineralleri veya karbonat-klorit-opak mineraller şeklinde farklı iki parajenez sunan damarın ortaya çıkmasıyla belirginleşmektedir. Bu alterasyon, potasik alterasyon ile propilitik alterasyonu maskeleymiş ve tahrip etmiş şekilde izlenmektedir.

Cevherleşmenin Mineralojik Bileşimi, Yapı ve Dokusu

İnceleme alanındaki porfiri bakır mineralizasyonunda gözlenen cevherleşme, bulunuş şekline göre, damar, çatlak-kırıklarda ağsı ve saçınımlı tip olarak üç ana grup altında tanımlanabilir. Cevherleşmedeki ana cevher mineralleri, pirit, arsenopirit ve kalkopirittir. Bu ana bileşenlerin yanı sıra, tali olarak, manyetit, pirotin, molibdenit, bizmutin, nabit bizmut, galenit, sfalerit, rutil-anataz, bornit, ilmenit ve fahlerz belirlenmiştir. İkincil cevher mineralleri ise limonit, hematit, markasit, kalkosin ve

kovelindir.

Mineralojik birlikteliklerden hareketle yaşlıdan gence doğru oluşum sırası; (1) manyetit, pirotin, (2) pirit (I), kalkopirit (I), molibdenit, (3) arsenopirit, (4) pirit (II), rutil, kalkopirit (II), molibdenit, (5) bizmutin, nabit bizmut, sfalerit, bornit, galenit ve fahlerz. olarak saptanmıştır (Şekil 9). Cevher minerallerinin alterasyon birliktelikleri ve cevherleşme şekillerine ait özet bilgiler ise aşağıda sunulmuştur:

Manyetit

Potasik ve propilitik zonlarında izlenen manyetit iki şekilde bulunmaktadır. Birinci tip manyetitler, kuvars diyorit ve granodiyoritin ilksel bileşiminde yer almakta olup, özşekilli ve kısmen hematite dönüşmüştür. Bunlar genellikle kataklastik özelliktedir. İkinci tip manyetitler ise, mafik minerallerin çatlakları ve dilinimleri arasında, yan özşekilli ve özşekilsiz bulunmakta olup, 10 ile 180 mikron arasında değişen büyüklükte dirler. Bu tür manyetitler mafik minerallerin, klorit veya biyotite dönüşmesi esnasında, dekompozisyon ile açığa çıkan demirin, mafik mineralin çatlak ve dilinimlerine göç etmesi ve burada oksitlenerek manyetite dönüşmesi sonucu oluşmuştur.

MINERALLER	I. CEVHERLEŞME FAZI	II. CEVHERLEŞME FAZI	ZENGİNLEŞME FAZI
Pirit			
Arsenopirit			
Kalkopirit			
Molibdenit			
Manyetit			
Sfalerit			
Galenit			
Markasit			
Fahlerz			
Pirotin			
Rutil			
Ilmenit			
Kalkosin			
Kovellin			
Bizmutin			
Limonit			

Şekil 9. Topalkem (Baskil-Elazığ) porfiri bakır cevherleşmesine ait mineral parajenezi.

Figure 9. Mineral assemblages for Topalkem (Baskil-Elazığ) porphyry type Cu mineralization

Pirotin

Pirotin, kuvars-serisit-klorit (propilitik) alterasyon zonunda saçınımlı olarak bulunmaktadır. Pirotinler, 9 ile 45 mikron tane boyutunda özşekilli olup, ince taneli çubuksu olarak da izlenmektedirler. Kuvars-serisit-karbonat alterasyonu tarafından gölgelenen kuvars - serisit klorit alterasyonunun izlendiği zonlarda pirotin, arsenopirit ve pirit içinde kapanım olarak gözlenmektedir. Ayrıca, bu zondaki pirotinler markazit tarafından ornatılmaktadır.

İlmenit

Potasik ve propilitik alterasyon zonlarında saçınımlı olarak izlenen ilmenit minerali özşekilsiz veya yan özşekillidir. Ayrıca, mineral manyetitler içerisinde lameller şeklinde de izlenmektedir (İlmenomanyetit).

Rutil

Fillik alterasyonda yaygın olarak izlenen rutil, iğnemiş şekildedir.

Pirit

Çalışma alanı içerisinde en yaygın olarak bulunan cevher mineralidir. İnceleme alanında tanımlanan bütün alterasyon zonlarında izlenen pirit, çatlak-kınk dolgusu ve saçınımlı olarak bulunmakta olup, iki farklı fazda oluştuğu belirlenmiştir.

İlk oluşan piritler (Pirit-I), potasik ve propilitik zonda saçınımlı ve damarcıklar (sülfid ve kuvars damarcıkları içinde) şeklinde izlenirken, aynı fazda oluştuğu kalkopirit (kalkopirit-I) ile hem kenetli hem de kalkopirit içerisinde kapanım halinde bulunmaktadır. Diğer pirit fazı ise (Pirit-II), kuvars-serisit-karbonat ile fillik alterasyonun damar ve damarcıklarında (sülfid ve kuvars) izlenmektedir. Pirit-II, kuvars-

karbonat-serisit alterasyonunda karbonat damar/damarcıkları içerisinde, arsenopirit ve kalkopirit (kalkopirit-II) ile beraber bulunmaktadır. Pirit ve arsenopiritler basınç etkisiyle kataklastik bir doku kazanmış olup, aralan sfalerit galenit, kalkopirit (kalkopirit-II) ve bizmut tarafından doldurulmuştur. Ayrıca bir kaç mikron ile 30 mikron arasında değişen boyutlarda, özşekilli ve yarı özşekilli pirit mineralleri galenit ve sfalerit içerisinde kapanımlar şeklinde izlenmektedir. Bu da, pirit II'nin kalkopirit II, galenit ve sfaleritten yaşlı olduğunu gösterir. Bunun yanı sıra piritler (pirit II) arsenopirit kapanımından içermektedir.

Kalkopirit

Birinci faz kalkopiritler (kalkopirit-I) pirit-I ile birlikte, potasik ve propilitik alterasyon zonunda, saçınımlı ve damarcıklar şeklinde yer almaktadır.

İkinci faz kalkopirit ise, fillik alterasyon ile kuvars-serisit-karbonat alterasyonunda saçınımlı ve bu alterasyon içindeki kataklastik özellikteki kuvarslı karbonat damarları içerisinde yer almaktadır. Bu damarlar içerisindeki kalkopirit, kataklastik özellikteki pirit ve arsenopiritler arasındaki boşlukları doldurur şekilde izlenmektedir. Özşekilsiz izlenen bu kalkopiritler, genellikle pirit ve arsenopirit kapanımından içermektedirler. Kalkopiritin kendisi ise, sfalerit ve galenit içinde kapanım olarak bulunmaktadır. Ayrıca arsenopiritler içerisinde, özşekilli kalkopirit-I kapanımından bulunmaktadır. Kalkopirit, oksidasyon koşullarında malahit ve limonite dönüşürken, derin zonlarda, kalkosin ve kovellin tarafından ornatılmışlardır.

Arsenopirit

Arsenopirit kuvars-serisit-karbonat-klorit alterasyonunda yer alan kuvars-serisit-karbonat veya serisit-klorit-karbonat damarlarıyla beraber

bulunmaktadır. Bu damarlar içerisinde, arsenopirit dışında, cevher minerali olarak, markazite dönüşmüş pirit, kalkopirit, bizmutin, nabit bizmut ve ender olarak molibdenit izlenmektedir. Arsenopiritler, çoğunlukla kataklazma etkisiyle, breşik bir görünüm kazanmış olup, araları kalkopirit, pirit ve bizmutin tarafından doldurulmuştur. Ayrıca, arsenopiritler, pirit ve kalkopirit içinde kapanım şeklinde izlenmektedir. Eğer kılcal çatlakta karbonat yoksa, cevher parajenezine molibdenit de eşlik etmekte ve arsenopiritlerin aralarını doldurur konumda izlenmektedir. Arsenopiritler 0,2-0,7 mm arasında değişen boyutlarda olup, özşekilli veya yarı özşekillidirler.

Bizmutin ve Nabit Bizmut

Bizmutin, kuvars-serisit-karbonat alterasyon zonunda ve bu alterasyonla eş zamanlı gelişen, kuvars-karbonat damarlarında saçınımlı veya mercekler şeklinde bulunmaktadır. Bizmutin ve nabit bizmut çoğunlukla, arsenopiritin aralarında ve kataklastik çatlaklarında bulunmaktadır. Ayrıca nabit bizmut kenarlarından itibaren okr'larına dönüşüm göstermektedir.

Markasit

Mineral pirit ve hegzagonal pirotinin bozunma ürünü olarak izlenmektedir. Pirotinlerden dönüşen markazitler lameller şeklindedir. Kuvars-serisit-karbonat alterasyonun gelişimi ile birlikte, pirotin ve piritler markazite dönüşmüştür.

Molibdenit

Mineral kuvars-serisit-karbonat alterasyonu içinde saçınımlı olarak izlenirken, ayrıca bu alterasyonla beraber gelişmiş kuvars-karbonat damarları içerisinde görülmektedir. Molibdenit her iki durumda da kalkopirit-II ve markazite dönüşmüş pirit ile birlikte, kataklastik özellikteki arsenopiritin çatlaklarını doldurur konumda

izlenmektedir. Molibdenit genellikle bükülmüş levhalar şeklinde izlenmekte olup, tane boyutu 70 ile 300 mikron arasında değişmektedir. Ayrıca molibdenit nadiren potasik zon içerisinde saçınımlı olarak bulunmaktadır.

Galenit ve sfalerit

Molibdenite benzer olarak, bu minerallerde kuvars-karbonat damarları içerisinde yer almaktadır. Galenitler içerisinde pirit, kalkopirit ve fahlerzkapanımlan izlenmektedir.

Nazaruşağı kuvars damarları

Bölgedeki ikinci cevherleşme ise, Topalkem porfiri bakır mineralizasyonunun kuzeyinde yer alan Nazaruşağı kuvars damarlarıdır. Baskil ilçesinin 1 km güneyinde yer alan kuvars damarları, Bilaser Tepe Magmatitlerine ait granitler içerisinde izlenmektedir. Nazaruşağı güneyinde yer alan kuvars damarlarına ait ilk çalışma Mohr (1963) tarafından yapılmıştır. MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1994 yılında yapılan çalışma sonucunda ise, Nazaruşağı güneyindeki irili-ufaklı toplam 28 adet kuvars damarı tanımlanmıştır (Tüfekçi ve Dumanlılar, 1998).

Granitik kütle içinde yer alan damarlar, yüksek röliyefi ve koyu gri, siyah rengeyle arazide dikkati çekmektedir. Genellikle KB-GD doğrultulu ve KD'ya eğimli damarlar, 4 m ile 312,5 m arasında değişen uzunluğa sahip olup, 20cm ile 2 m kalınlıktadır.

Kuvars damarlarındaki cevher mineralleri, genelde saçınımlı ve masif mercekler şeklindedir. Cevher minerali olarak; kalkopirit, pirit, bizmut mineralleri (bizmut ve bizmutin, emplektit ve klamprotit), manyetit, galenit ve sfalerit belirlenmiştir. Eser miktarda görülen 10-15 mikron boyutundaki altın taneleri ise kalkopiritler ile kenetlidir. Ayrıca, bu minerallerden türemiş, kovellin, kalkosin,

limonit gibi ikincil mineraller de bulunmaktadır.

Kuars damarlarının çevresindeki granitlerde gelişen alterasyon zonunun genişliği, damarın kalınlığına bağlı olarak, 10 cm ile 40 m arasında değişmektedir. Yan kayaçta, alterasyon ürünü olarak killeşme, karbonatlaşma, kloritleşme, epidotlaşma ve silisleşme belirlenmiştir. Yan kayaç içerisinde de, oldukça küçük taneli ender pirit, kalkopirit ve manyetit saçınımları görülmektedir.

Sıvı kapanım çalışması

Topalkem porfiri bakır mineralizasyonundaki alterasyon zonları ile Nazaruşağı altımlı-bakırlı kuvars damarlarından alınan 18 adet örnekte sıvı kapanım çalışması yapılmıştır. Örneklerdeki sıvı kapanım boyutlarının çok küçük ve az olması nedeniyle çalışmalar esnasında çok fazla sayıda homojenleşme sıcaklıkları elde edilmemiştir. Tuzluluk değerlerinin belirlenmesi için soğutma deneyleri yapılmıştır. Ancak sıvı kapanım boyutlarının küçük olması ve kararsızlık sunmaları nedeniyle alterasyon zonlarındaki tuzluluk değerleri ölçülememiştir.

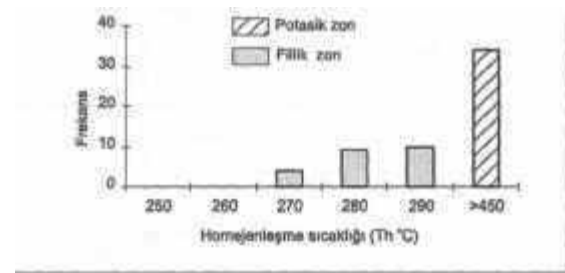
Sıvı kapanım çalışmaları potasik ve fillik alterasyondaki ikincil kuvars ve kuvars damarcıklarında yapılmıştır. Bu alterasyon zonlarındaki sıvı kapanımlar, küçük boyutlu (3-12 mikron) ve oldukça değişik şekilde görülmektedir. Bunlar birincil kökenli olup, iki fazlı [sıvı+gaz (H_2O)] kapanımlardır.

Potasik zondaki ikincil kuvarslardaki birincil kapanımlarında yapılan 28 ölçümünde $450^{\circ}C$ üstünde sıcaklık ölçülmüştür. Fillik alterasyondaki kuvars damarlarındaki birincil kapanımlardan ise 21 tane ölçüm yapılmış olup, $260-300^{\circ}C$ arasında sıcaklık ölçülmüştür (Şekil 10).

Nazaruşağı Au-Cu içeren kuvars damarlarında yapılan çalışmalar sonucunda ise

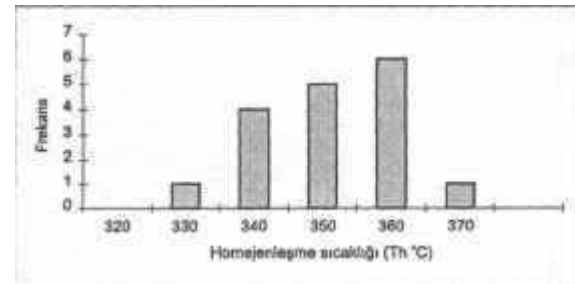
sıvı kapanımların 3-35 mikron arasında boyutlara sahip, birincil kökenli ve iki fazlı [sıvı+gaz (H_2O)] olduğu saptanmıştır. 17 Adet homojenleşme sıcaklığı ölçülmüş ve bu değerlerin $320^{\circ}C$ ile $370^{\circ}C$ arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu grup sıvı kapanımların büyük olmasına rağmen yüksek kararsızlık sunmaları nedeniyle dondurma deneyleri yapılamamıştır (Şekil 11).

Elde edilen veriler ışığında Lindgren (1933) ve Evans (1987)'in kriterlerine göre yapılan değerlendirmede, Nazaruşağı Au-Cu içeren kuvars damarlarının katatermal/hipotermal koşullarda oluştuğu görülmektedir.



Şekil 10 Potasik ve propilitik alterasyondaki ikincil kuvars minerallerinin birincil kapanımlarında ölçülmüş homojenleşme sıcaklıkları (Th°C)

Figure 10. Measured homogenization temperatures of primary inclusions in potassic and propylitic secondary quartz mineral (Th °C)



Şekil 11. Nazaruşağı kuvars damarlarındaki kuvars birincil kapanımlarında ölçülmüş homojenleşme Sıcaklıkları (Th°C)

Figure 11. Measured homogenization temperatures of primary quartz inclusions in Nazaruşağı quartz veins (Th °C)

meydana geldiği ve yitim sonucunda oluşmuş I tipinde, kalkalkalin bir magmatizmanın ürünleri olduğu belirlenmiştir.

İkinci evre olarak ayırt edilen Bilaser Tepe Magmatitleri ise, ilk defa bu çalışmada tanımlanmış olup, granit, granodiyorit ile bunların yarı derinlik ve yüzey kayaçlarından oluşmaktadır. Baskil Magmatitleri ile intrusiv ilişkili olan bu kayaçların çarpışma sonrası (post-COLG) kalkalkalin bir magmatizmanın ürünleri olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında Bilaser Tepe Magmatitleri adı altında incelenen bu kayaçların petrografik özellikleri, Chappel ve White (1974) 'm ileri sürdüğü kriterler gözönüne alındığında "I" tipine daha yakın oldukları görülmektedir.

Esas ve eser elementler üzerinde yapılan petrojenetik incelemeler sonucunda, Bilaser Tepe Magmatitlerine ait örneklerin büyük bir bölümü çarpışma sonrası granitoid (post-COLG) olarak yer alırken, bir kısmı da, çarpışma ile eş zamanlı granitoid (Syn-COLG) bölgesinde bulunmaktadır. Rb-(Y+Nb) (Pearce ve diğ., 1984) diyagramlarında ise, numuneler Syn-COLG, VAG ile WPG sınır çizgilerine yakın yerlerde kümelenmektedir. Bu alan, Harris vd. (1986) tarafından post-COLG olarak tanımlanmıştır.

Topalkem Mahallesi civarındaki porfiri Cu mineralizasyonu ile Baskil güneyindeki Nazaruşığı Au-Cu kuvars damarları, Bilaser Tepe Magmatitleri içerisinde yer almaktadır. Topalkem Mahallesi civarındaki porfiri Cu mineralizasyonuna granodiyorit, granitporfir ve dasitporfir ile Baskil Magmatitlerine ait kuvars diyoritler içerisinde saçınıdı, stockvork ve damarlar şeklinde rastlanmaktadır. Cevherleşme geniş alterasyon alanları ile birlikte bulunmaktadır.

Belirlenen alterasyon tipleri Lowell ve

Guillbert (1970) tarafından tanımlanan alterasyon parajenezine uygun potasik, propilitik ve fillik alterasyonları ile bu sınıflamada yer almayan kuvars-serisit-karbonat alterasyonudur.

Alterasyondaki zonaliteye bağlı olarak, Potasik zonda manyetit, ilmenit, pirit, kalkopirit; propilitik zonda manyetit, ilmenit, pirit, kalkopirit; fillik zonda ilmenit, pirit, kalkopirit; kuvars-serisit-karbonat zonunda ise pirit, arsenopirit, kalkopirit, molibdenit, nabit bizmut ve bizmutin gibi cevher mineralleri bulunmaktadır. Topalkem (Baskil) porfiri bakır mineralizasyon zonunun dışında yer alan mesotermal kuvars damarları, kalkopirit, pirit, bizmut, manyetit, galenit, sfalerit ve altın içermektedir.

Porfiri yatakların oluşumu ile ilgili olarak iki farklı model vardır. Bunlar, ortomagmatik ve konvektif modellerdir. Ortomagmatik modelde, cevherleşmeye yol açan hidrotermal sıvılar, yüksek sıcaklıklı (400-750°C), tuzlu (% 15-60), % 95'den fazla magmatik unsur içeren, magmatik kökenli sıvılardır. Kaynama, çok fazlı olarak gerçekleşmiştir. Bunun aksine, konvektif modelde cevherleşmeye yol açan hidrotermal sıvılar, düşük sıcaklıklı (250-450°C), düşük tuz içerikli (<15), % 5 civarında magmatik unsur içeren meteorik kökenli sıvılardır. Kaynama olayı ise sınırlıdır.

Topalkem Mahallesi civarındaki fillik alterasyonda yapılan sıvı kapanım çalışmalarına göre, birincil kapanımlar iki fazlı olup, 250-300°C arasında homojenleşme sıcaklıklarına sahiptir. Potasik alterasyonda ise homojenleşme sıcaklığının 450°C den yüksek olduğu belirlenmiştir.

Topalkem Mahallesi (Baskil) porfiri Cu mineralizasyonunda, ortomagmatik ve konvektif sistemler birlikte etkili olmuşlardır.

KATKI BELİRTME

Bu yayın 1992-1996 yılları arasında MTA Genel Müdürlüğü Maden Etüd ve Arama Dairesi tarafından yürütülen "GAP Maden Aramaları Projesi" kapsamında birinci yazarın A.Ü Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yaptığı doktora çalışmasının bir bölümünü kapsamaktadır. Yazarlar, çalışmanın her aşamasındaki katkılarından dolayı, GAP Maden Aramaları Projesi Başkanı rahmetli Jeo. Yük. Müh. M. Şahin Tüfekçi'ye, bu çalışmaya imkan sağlayan MTA Genel Müdürlüğü Maden Etüd ve Arama Dairesi Başkanlığına, çalışmanın çeşitli aşamalarındaki yönlendirici eleştirileri ve katkılarından dolayı Dr Ahmet Çağatay'a Bülent Bayburtoğlu'na (MTA), Ercan Kuşçu'ya (M.T.A.), Doç. Dr. Mehmet Şener'e (MTA), Dr. Pınar Şen'e (MTA), Selahattin Yıldırım 'a (MTA), Jeo. Yük. Müh. Gülay Sezerer Kuru'ya (MTA), Prof. Dr. Taner Ünlü'ye (A.Ü. Mühendislik Fakültesi), Jeo. Müh. Sabriye Metin'e (MTA), Dr Yasushi Watanabe'ye ve proje çalışanlarına teşekkürü borç bilirlir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akande, S.O. and Zentilli, M., 1983. Geologic, fluid inclusion and the stable isotope studies of the Gays River lead-zinc deposit, Nova Scotia, Canada: *Econ. Geol.*, 79, 1187-1211.
- Akgül, M., 1991. Baskil Elazığ granitoidinin petrografik ve petrolojik özellikleri. *Yerbilimleri Geosound*, 18,67-78.
- Akgül, B. ve Bingöl, F., A, 1997. Piran köyü (Keban) çevresindeki magmatik kayaların petrografik ve petrojenetik özellikleri. *Selçuk Üniv. Müh-Mim. Fak. 20. Yıl Jeoloji Semp. Bildirileri* 13-14.
- Alicı, P., Temel, A., Gourgaud, A., Kieffer, G. and Gündoğdu, M.N. 1997. Petrology and geochemistry of Lower Pliocene alkaline volcanism in the Gölcük area (İsparta, SW Turkey). *Terra abstracts, abstracts supplement, No. 1, Terra Nova, Vol.9.*
- Alicı, P., Temel, A., Gourgaud, A., Kieffer, G. and Gündoğdu, M.N. 1998. Petrology and geochemistry of potassic rocks in the Gölcük area (İsparta, S W Turkey): genesis of enriched alkaline magmas. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 85 (1-4), 423-446.
- Asutay, H.J., 1985. Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojik ve petrografik incelenmesi: A.Ü. Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi, (yayımlanmamış), 156, Ankara.
- Asutay, H.J., 1988. Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojisi ve Baskil magmatitlerinin petrolojisi. *M.T.A Dergisi*, 107, 49-72, Ankara.
- Bingöl, A.F, 1984. Geology of the Elazığ area in the Eastern Taurus region: in: O. Tekeli ve M.C. Göncüoğlu (eds), *Geology of the Taurus Belt int symp. Proceedings* 199-208.
- Carten, R.B., 1986. Sodium- calcium metasomatism: Chemical, temporal, and spatial relationships at the Yerington, Nevada, porhyry copper deposit: *Econ. Geol.*, 81,1495-1519.
- Chappell, B.W. and White, A.J.R., 1974. Two contrasting granite types: Expanded abstract, *Pacific Geology*, 8,173-174.
- Diles, J., H., and Einaudi, M., T., 1992. Wall Rock alteration and hydrothermal flow paths about the Ann- Mason Porphyry Copper Deposit, Nevada- A6- km vertical reconstruction. *Econ. Geol.*, 87, 1963-2001.
- Dumanlılar, Ö. 2002 Baskil (Elazığ) civarındaki granitoid kayalarına bağlı cevherleşmelerin incelenmesi. Doktora Tezi A.Ü. Fen Bilimleri Enst. 196. Ankara (yayımlanmamış).
- Evans, A:M:, 1987. *An Introduction to Ore Geology*. Blackwell Sci. Publ (second edition). 385s
- Fonteilles, M., Soler, R, Demange, M., Derre, C,

KATKI BELİRTME

Bu yayın 1992-1996 yılları arasında MTA Genel Müdürlüğü Maden Etüd ve Arama Dairesi tarafından yürütülen "GAP Maden Aramaları Projesi" kapsamında birinci yazarın A.Ü Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yaptığı doktora çalışmasının bir bölümünü kapsamaktadır. Yazarlar, çalışmanın her aşamasındaki katkılarından dolayı, GAP Maden Aramaları Projesi Başkanı rahmetli Jeo. Yük. Müh. M. Şahin Tüfekçi'ye, bu çalışmaya imkan sağlayan MTA Genel Müdürlüğü Maden Etüd ve Arama Dairesi Başkanlığına, çalışmanın çeşitli aşamalarındaki yönlendirici eleştirileri ve katkılarından dolayı Dr Ahmet Çağatay'a Bülent Bayburtoğlu'na (MTA), Ercan Kuşçu'ya (M.T.A.), Doç. Dr. Mehmet Şener'e (MTA), Dr. Pınar Şen'e (MTA), Selahattin Yıldırım'a (MTA), Jeo. Yük. Müh. Gülay Sezerer Kuru'ya (MTA), Prof. Dr. Taner Ünlü'ye (A.Ü. Mühendislik Fakültesi), Jeo. Müh. Sabriye Metin'e (MTA), Dr Yasushi Watanabe'ye ve proje çalışanlarına teşekkürü borç bilirlir.

DEĞİNİLEN BELGELER

Akande, S.O. and Zentilli, M., 1983. Geologic, fluid inclusion and the stable isotope studies of the Gays River lead-zinc deposit, Nova Scotia, Canada: *Econ. Geol.*, 79, 1187-1211.

Akgül, M., 1991. Baskil Elazığ granitoidinin petrografik ve petrolojik özellikleri. *Yerbilimleri Geosound*, 18,67-78.

Akgül, B. ve Bingöl, E, A, 1997. Piran köyü (Keban) çevresindeki magmatik kayaların petrografik ve petrojenetik özellikleri. *Selçuk Üniv. Müh-Mim. Fak. 20. Yıl Jeoloji Semp. Bildirileri* 13-14.

Alıcı, P, Temel, A., Gourgaud, A., Kieffer, G. and Gündoğdu, M.N. 1997. Petrology and geochemistry of Lower Pliocene alkaline volcanism in the Gölcük area (İsparta, SW

Turkey). *Terra abstracts, abstracts supplement, No. 1, Terra Nova, Vol.9.*

Alıcı, P, Temel, A., Gourgaud, A., Kieffer, G. and Gündoğdu, M.N. 1998. Petrology and geochemistry of potassic rocks in the Gölcük area (İsparta, SW Turkey): genesis of enriched alkaline magmas. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 85 (1-4), 423-446.

Asutay, H.J., 1985. Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojik ve petrografik incelenmesi: A.Ü. Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi, (yayımlanmamış), 156, Ankara.

Asutay, H.J., 1988. Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojisi ve Baskil magmatitlerinin petrolojisi. *M.T.A Dergisi*, 107, 49-72, Ankara.

Bingöl, A.F, 1984. Geology of the Elazığ area in the Eastern Taurus region: in: O. Tekeli ve M.C. Göncüoğlu (eds), *Geology of the Taurus Belt int symp. Proceedings 199-208.*

Carten, R.B., 1986. Sodium- calcium metasomatism: Chemical, temporal, and spatial relationships at the Yerington, Nevada, porphyry copper deposit: *Econ. Geol.*, 81,1495-1519.

Chappell, B.W. and White, A.J.R., 1974. Two contrasting granite types: Expanded abstract, *Pasifile Geology*, 8,173-174.

Diles, J., H, and Emaudi, M., T., 1992. Wall Rock alteration and hydrothermal flow paths about the Ann- Mason Porphyry Copper Deposit, Nevada- A6- km vertical reconstruction. *Econ. Geol.*, 87, 1963-2001.

Dumanlılar, Ö. 2002 Baskil (Elazığ) civarındaki granitoid kayalarına bağlı cevherleşmelerin incelenmesi. Doktora Tezi A.Ü. Fen Bilimleri Enst. 196. Ankara (yayımlanmamış).

Evans, A:M:, 1987. *An Introduction to Ore Geology.* Blackwell Sci. Publ (second edition). 385s

Fonteilles, M., Soler, P, Demange, M., Derre, C,

- Krier-Schellen, A.D., Verkaeren, J., Guy, B. and Zahm, A., 1989. The scheelite skarn deposit of Salau (Ariege, French Pyrenees) : *Econ. Geol.*, 84, p. 1172-1209.
- Fu, M., Changkakoti, A., Rrouse, H.R., Gray, J. and Kwak, T.A.P., 1991. An O, H, S and C isotope study of carbonate-replacement tin deposits of the Dachang tin field, China: *Econ.Geol.*, 86,1683-1703.
- Gerçek, E.,1996. Nazaruşağı (Baskil Elazığ) hidrotermal kuvars damarları ve ilgili cevherleşmeler. Yüksek Lisans Tezi Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. 51. Elazığ (yayımlanmamış).
- Harris, N.B.W., Pearce, J.A. and Tindle, A.G., 1986. Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. in Coward, M.P. ve Ries, A.C., *Collision tectonics*, Geological Society of London Spec. Publ., no: 19,67-81.
- Herece, E., Akay, E., Küçümen, E., ve Sanaslan, M., 1992. Elazığ- Sivrice- Palu dolayının jeolojisi. MTARaporu, No: 9634.
- Karapetian, S.G., Jrbashian, R.T. and Mnatsakanian A.Kh. 2001. Late collision rhyolitic volcanism in the north-eastern part of Armenian Highland. *Journal of Volcanology and geothermal Research*, 112,189-220.
- Layne, G.D., Longstaffe, F. J. and Spoone, E.T.C., 1991. The Jc tin skarn deposit, S. Yukon Territory: 2. A carbon, oxygen, hydrogen and sulfur stable isotope study: *Econ. Geol.*, 86, p. 48-65.
- Lindgren, W., 1933, *Mineral deposits: Mc Graw Hill*New York, 930.
- Lowell, J. D. and Guübert, J. M., 1970. Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits. *Econ. Geol.*, 65,373-408.
- Mohr, M., 1963. Baskil-Nazaruşağı bakır prospeksiyonu hakkında rapor. M.T.A Maden Etüt rapor no: 667.
- Ohmoto, H. and Rye, R.O., 1979. Isotopes of sulfur and carbon: *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits de.*, H.L. Barnes, 2. Baskı, John Wiley and Sons, 509-567.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W and Tindle, A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrology*, 25,956-983.
- Pearce, J.A., 1996. Sources and settings of granitic rocks. *Epidodes*, vol. 19,4
- Poyraz, N., 1988. İspendere-Kömürhan (Malatya) ofiyolitlerinin jeolojisi ve petrografisi. Doktora Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enst., 151 s. (yayımlanmamış), Ankara.
- Rye, R.O. and Ohmoto, H., 1974. Sulfur and carbon isotopes and ore genesis: a review: *Econ. Geol.*, 69,826-842.
- Sawkins, F. J., 1984. Metal deposits in relation to plate tectonics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg,325s.
- Shimazaki, H., 1988. Oxygen, carbon, and sulfur isotope study of skarn deposits in Japon: *Proceeed. 7th Quadrennial IAGOD Symp.*, 375-381.
- Streckeisen, A., 1976. To each plutonic rock, its propername. *EarthSci.Rev.*, 12,1-13.
- Tauson, L.V., 1974. Geochemical types and potential ore-bearing granitoids (in Russian). *Nauka, Moscow*, 279 pp.
- Taylor S., R. and Mc Lennan, S.M., 1985, *The continental crust: its composition and evolution: An examination of the geochemical record preserved in sedimentary rocks.* Blackwell Scientific Publications,46p.
- Turan, M., Aksoy, E. ve Bingöl, F.A., 1995. Doğu Torosların jeodinamik evriminin Elazığ civanndaki özellikleri. *F.Ü. Fen ve Müh. Bil. Derg.*, 7 (2), 177-199.
- Tüfekçi, M. Ş. ve Dumanlılar, Ö., 1994. Malatya-İspendere ve Elazığ-Baskil-Nazaruşağı arasında görülen cevherleşmelerin genel görünümü ve maden jeolojisi çalışma raporu: MTA Raporu, No: 9739 (yayınlanmamış).

- Tüfekçi, M.Ş.ve Dumanlılar, Ö.,1998. G.A.P Elazığ ili, Baskil ilçesi, Topaluşığı köyü, MTA ruhsatlı Bakır- Altın sahası sonuç raporu. Maden Etüd Arşiv No: 2859.
- Türkyılmaz, B.ve Şaşmaz, A., 2000. Cansızhimik, Galuşığı ve Topalkem (Baskil Elazığ) köyleri arasındaki alanın toprak jeokimyası.Yerbilimleri, 22,129 - 136.
- Yazgan, E., 1981. Doğu Toroslarda etkin bir Paleo-kıta kenarı etüdü (Üst Kretase-Orta Eosen): H.Ü Yerbilimleri, 7,83-104.
- Yazgan, E., Asutay, H.J., Gültekin, M.C., Poyraz, N., Sirel, E. ve Yıldırım, H., 1987. Malatya güneydoğusunun jeolojisi ve Doğu Torosların jeodinamik evrimi. MTA Raporu, No:2268.
- Yazgan, E., 1984. Geodynamic evolution of the eastern Taurus region, Geology of the Taurus beltproceeding. O. Tekeli and M.C Göncüoğlu (Edit) MTA, Ankara.
- Yazgan, E. ve Chessex, R., 1991. Geology and tectonicevolution of the Southeastern Taurides in the region of Malatya. Türkiye Petrol Jeol. Der. Bült., 3,11 -42.
- Yılmaz, H., 1993. İspendere-Kale (Malatya), Baskil, Hankendi (Elazığ) Genel Jeokimyasal Prospeksiyon raporu. Maden Etüt arşiv no: 2669.
- Zaluski, G., Nesbitt, B., and Muehlenbachs K., 1994. Hydrothermal alteration and Stable Isotope Systematics of the Babine Porphyry Cu Deposits, British Columbia: İmplications for fluid evolution of porhyry systems. 89,1518-1541.

Aşağı Değirmendere (Trabzon) Havzasındaki Suların Kalitesi Water Quality of Lower Değirmendere (Trabzon) Basin

Fatma GÜLTEKİN, Remzi DİLEK, Arzu FIRAT ERSOY, Hakan ERSOY

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Jeoloji Müh. Bölümü, 61080 Trabzon

e-posta:fatma@ktu.edu.tr, dilek@ktu.edu.tr

ÖZ

Günümüzde sağlığa uygun nitelikli su kaynakları yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle içme ve kullanma suyu kaynakları uluslararası ticari açıdan da önem kazanmıştır. Değirmendere Havzasında çok sayıda mineralli ve tatlı su kaynakları bulunmaktadır. Ayrıca Esiroğlu Arıtma Tesislerinin devreye girmesinden önce Trabzon Kentinin içme ve kullanma suyunun sağlandığı Değirmendere alüvyonları da aynı havzada yer alır. Bu çalışmanın amacı, Değirmendere Havzasındaki tatlı su ve mineralli su kaynaklarının nitelik ve miktar yönünden kullanıma uygunluk durumlarının belirlenmesi ve uygun nitelikte olanlarının ekonomiye kazandırılması için yapılacak yatırımlara bir temel oluşturmasıdır.

Değirmendere vadisinde bulunan sular yüzey, yeraltı ve mineralli sular kapsamında incelenerek suların hidrokimyasal özellikleri belirlenmiş, Türk Standartları ve su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre niteliklerinin uygun olup olmadığı değerlendirilmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre havzadaki suların hidrokimyasal fasiyesleri yönünden genel olarak "kalsiyum bikarbonatlı" sular sınıfında yer aldığı ve incelenen sulardan yüzey sularının ve mineralli suların bir kısmının dolomit ve kalsite, sadece bir iki kuyu suyunun da kalsit ve aragonite doygunluğu belirlenmiştir.

İnceleme alanındaki Yanlıca mineralli suyunda Antimuan (Sb) ve Selenyum (Se), Akoluk mineralli suyunda ise Krom (Cr) ve Kurşun (Pb) değerleri standartlarda verilen limit değerlerin üzerindedir. KTÜ'ye ait kuyu suyu ve Kendirli akiferi suyunda ise Krom (Cr) değerinin yüksek olduğu belirlenmiştir.

Değirmendere ve kollarına ait sular pH, TDS, Cl⁻ ve SGy² miktarlarına göre yüksek kaliteli su sınıfında, ancak N₂ miktarına göre Sümela Deresi yüksek kaliteli su, Meryemana, Maçka ve Galyan Dere suları kirliliği, Değirmendere suyu ise çok kirlenmiş su sınıfındadır. Değirmendere vadisindeki yeraltı suları ise pH, TDS, Cl⁻, SCy², N₂ ve N₃ miktarlarına göre yüksek kaliteli su sınıfında yer alır.

Anahtar kelimeler: Aşağı Değirmendere Havzası, Mineralli sular, İnorganik elementler, Su kimyası

ABSTRACT

in recent years, high quality fresh water source becomes insufficient. Thus, sources of drinking and using water is became international commercial trade value. Many fresh and mineral water springs are located in the Değirmendere basin. Değirmendere alluviums that were provided drinking water of Trabzon before the Esiroğlu cleaning and refining facilities become providing water, also found in the basin. The goal of current study is determination of quality, and quantity of fresh and mineral water sources, and development basic knowledge about appropriate sources for later investment.

Surface, groundwaters and mineral waters of the Değirmendere basin have been investigated and hydrochemical properties have been determined. They were evaluated according to Turkish Standards for water and the Polluted Water Control Statement.

According to hydrochemical properties of streams, spring and mineral waters in the Değirmendere basin, the dominant ions in waters are Ca^{+2} and HCO_3^- , and all waters are classified as "calcium bicarbonate water". Mineral saturation index of the waters are calculated, and they are generally classified as unsaturated waters. However, mineral spring waters are saturated with calcite and dolomite. Groundwaters are not saturated except a few well water saturated with calcite and aragonite.

Representative water samples of the basin were analyzed for some inorganic elements. Obtained data indicated that Sb and Se contents of the Yanlıca mineral water, and Cr and Pb contents the Akoluk mineral water are above the limits representing the Değirmendere aquifer and the Kendirli aquifer's water is also above the limits.

According to pH, TDS, CT and SO_4^{-2} value, surface waters are high quality. But according to NO_2 value Sümela stream water is high quality, Meryemana, Maçka and Galyan streams waters are contaminated water, Değirmendere water is highly contaminated water quality. According to pH, TDS, Cl, SO_4^{-2} , NO_2 and NO_3 values groundwater of the Değirmendere basins are classified as high quality water.

Key words: Loyver Değirmendere Basin, Mineral Water, inorganic elements, Water chemistry

GİRİŞ

İnceleme alanı Doğu Karadeniz Bölümünde kaynakların çoğunun havzanın aşağı kısımlarında Trabzon İl sınırları içerisinde yer alır. 1/25.000 yer alması nedeniyle Aşağı Değirmendere ölçekli Trabzon G43 a2-a3-b1 paftalarında yer Havzası incelenmiştir, alan Değirmendere havzası yaklaşık 1061 km²

yağış alanına sahiptir (Şekil 1). Ancak bu çalışmada yeraltısuyu taşıyan formasyonların ve



Şekil 1: Çalışma alanına ait yer buldurü haritası
Figure 1: Location map of the study area

Çalışmanın amacı, havzada bulunan Kayflıklardan ekonomik değeri olanları ortaya çıkarabilmek, aynı zamanda daha temiz ve güvenli olan Değirmendere akiferinin taşıdığı yeraltısuyunun kullanılmasını ve yeraltı rezervinin korunmasını sağlamaktır.

İnceleme alanında kuzeyden güneye doğru Akoluk, Çağlayan ve Esiroğlu Beldeleri, Maçka İlçesi gibi yerleşim yerleri ile Doğu Karadeniz Bölümüne özgü dağınık düzende kurulmuş olan mahalleler yer alır.

Değirmendere Havzası kuzeyden güneye doğru yükselen bir topografyaya sahiptir. Havzanın deniz seviyesinden başlayan sınırı 2500 m'lere kadar uzanır. Yüksek kot değerleri havzanın güney kesiminde yer alır. İnceleme alanını kuzey- güney yönde kat eden Değirmendere ve yan kollarının oluşturduğu yamaçlar genellikle 30-40 dereceye varan eğime sahiptir. Kuzeyden güneye doğru gittikçe yükselteleri artan tepeler çok sayıda kuru ve sulu yan vadilerle birbirinden ayrılmıştır.

İnceleme alanında her mevsim yağışlı ve

ılıman olan Doğu Karadeniz ikliminin özellikleri görülür. Trabzon meteoroloji istasyonundan alınan veriler yardımıyla Thomthwaite yöntemine göre hidrolojik bilanço hazırlanmıştır (Çizelge 1). Bu verilere göre ortalama sıcaklık 14.6°C, ortalama yıllık yağış 807,3 mm, gerçek buharlaşma terleme (Etr) 583,8 mm, fazla su ise 223.5 mm'dir. Çizelgeye göre Trabzon ve çevresinde Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan aylarında su fazlası, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise su eksikliği görülür. Bu sonuçlara göre yağışın yaklaşık %72'si buharlaşma-terleme yolu ile tekrar atmosfere geri dönmektedir.

Ancak Değirmendere havzasındaki ortalama yağış değerini hesaplayabilmek için havza ve yakın çevresinde yer alan meteoroloji istasyonlarına ait yağış değerleri (Akkaş,1990) kullanılmış; eş yağış eğrileri (izohiyet) ve Thissen yöntemleri ile havzaya ait yıllık ortalama yağış değerleri sırasıyla 673,6 mm ve 696,5 mm olarak belirlenmiştir. Havzadaki yıllık ortalama yağış değeri bu değerlerin ortalaması alınarak 685 mm olarak hesaplanmıştır. Buna göre Değirmendere

Çizelge 1: Thornthwaite yöntemine göre deneştirmeli yağış ve buharlaşma-terleme tablosu

Table 1: According to Thomthwaite formula comparison of the precipitation and evapotranspiration

AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Sıcaklık (°C)	7,2	7,4	8,2	11,6	15,8	20	22,6	23	20	16,4	13,1	9,6	14,6
Yağış (mm)	86,3	65,6	56,6	55,5	51,1	48,5	35,4	44,4	80,5	104	95,3	84,1	807,3
Sıcaklık indisi	1,74	1,81	2,11	3,58	5,71	8,16	9,81	10,07	8,16	6,04	4,29	2,68	64,15
(i) Enlem Düz Ks.(41°)	0,83	0,83	1,03	1,11	1,25	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,82	0,8	
Etp(mm)	15,8	16,5	23,8	43,3	77,4	111,2	135,5	129,6	91,8	62,8	38,3	23,4	769,4
Topraktaki Nem Değ.					-26,3	-62,7	-11			41,2	57	1,8	
Topraktaki Fay Su Rez	100	100	100	100	75,7	11	0	0	0	41,2	98,2	100	
Etr	15,8	16,5	23,8	43,3	77,4	111,2	46,4	44,4	80,5	62,8	38,3	23,4	583,8
Açık							89,1	85,2	11,3				
Fazla Su	70,5	49,1	32,8	12,2								58,9	223,5
Akış	50,5	49	41	26	13	7	3	2	1	1	1	29	223,5

havzasına düşen yıllık yağış miktarı ise $726 \cdot 10^6$ m³tür.

728.4 km² drenaj alanına sahip, 160 m korundaki Öğütlü Akım Gözlem İstasyonu'na ait DSİ 22. Bölge Müdürlüğünden alınan 13 yıllık verilere göre, Değirmenderenin yıllık ortalama akımı yaklaşık 358 hm³, yıllık ortalama debisi ise 11.36m³/sn'dir.

İnceleme alanında çatlak ve faylara bağlı çok sayıda kaynak oluşmuştur. Bu kaynakların bazıları mineralli su (maden suyu) niteliğindedir. Mineralli su kaynaklarından Yanlıca ve Akoluk mahallelerinde bulunan kaynaklar yöre halkı tarafından içilmektedir. Çevresinde demir iyonu içeriğine bağlı olarak kırmızı tortu bırakan Akoluk mineralli su kaynağının suyu, ağız tadına uygun olmayan lezzeti dolayısıyla ile çevre halkı tarafından kullanılmamaktadır. Ayrıca Akoluk Beldesinde mineralli suya 50-100 m uzaklıkta değişik noktalardan sızıntı şeklinde çıkan tatlı su kaynakları da bulunmaktadır.

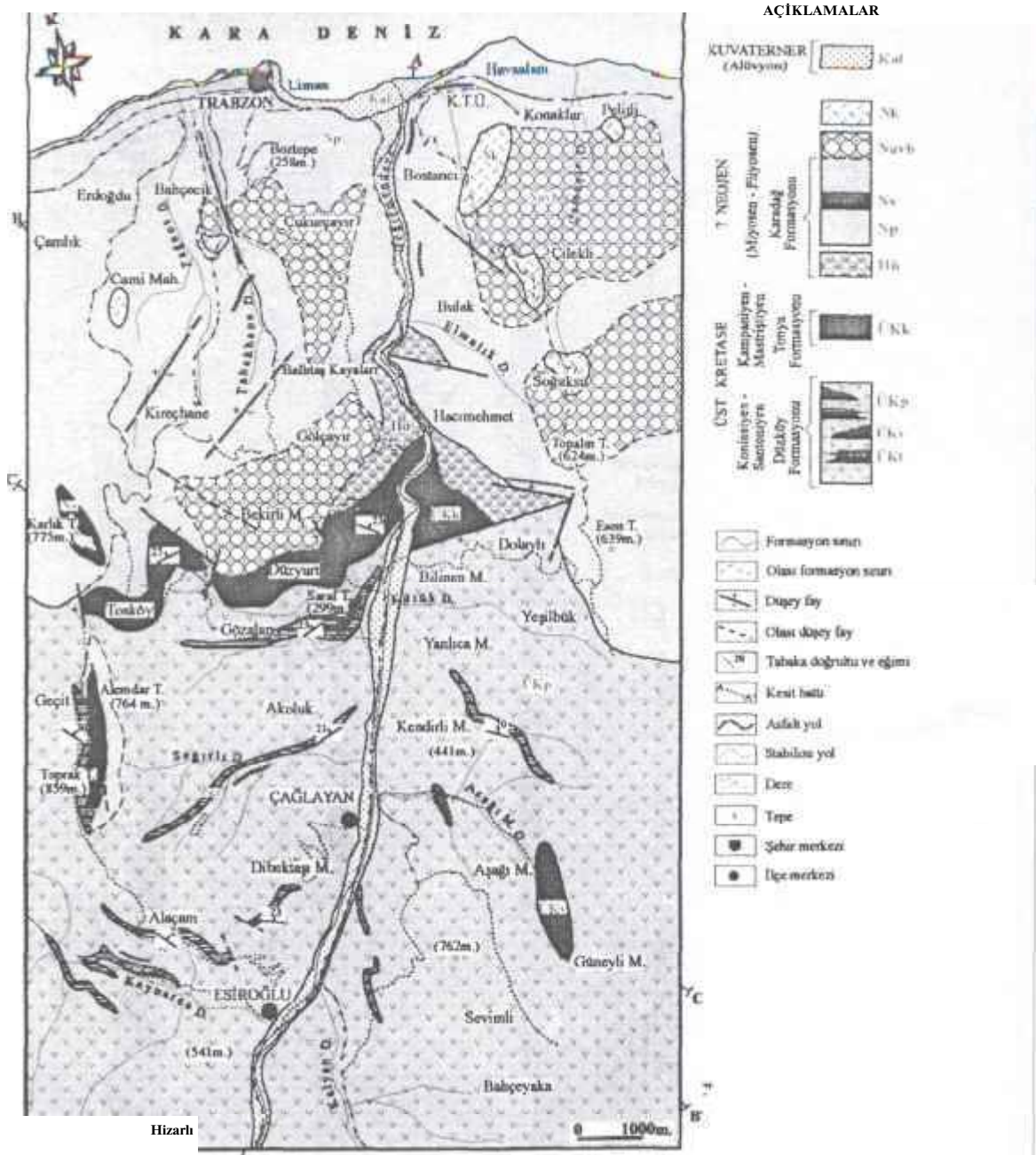
Artan Trabzon nüfusunun su gereksiniminin karşılanamaması ve çevredeki tesislerle kirlilik riski taşıması nedeniyle, Değirmendere alüvyonlarında açılmış bulunan işletme kuyuları terkedilmiş ve Değirmendere suyunu kullanan Esiroğlu arıtma tesisleri devreye sokulmuştur. Ancak aşırı kirliliği nedeniyle Değirmendere suyunun arıtılması yerine, çok daha temiz olan Galyan Deresi regülatörü ile sağlanan su aynı

tesislerde arıtılarak kente verilmiştir. Esiroğlu arıtma tesislerinin kullanıldığı suyun gelecekte yeterli olmayacağı düşünülerek, Galyan Deresi üzerinde Atası Barajı projesi uygulanmaya başlanmıştır.

JEOLojİ

Çalışma alanının jeolojisine yönelik ayrıntılı bilgiler Güven (1993), Güven vd (1993) ve Aydın (2003) tarafından verilmiştir (Şekil 2).

Çalışma alanında Kampaniyen-Mastrihtiyen yaşlı tortul ara katmalar içeren bazalt, spilitik bazalt, andezit ve bunların piroklastiklerinden oluşan Düzköy Formasyonu (Korkmaz, 1993), bunun üzerine uyumlu olarak gelen Kampaniyen-Mastrihtiyen yaşlı beyaz, açık gri, sarımsı gri renkli kireçtaşı ve killi kumlu kireçtaşı ve marn ardalanmasından oluşan Tonya Formasyonu (Korkmaz, 1993), Neojen (?) yaşlı bazalt ve asidik bileşimli volkanitlerden oluşan Karadağ Formasyonu (Korkmaz, 1993) yüzeylemektedir. Pliyosen yaşlı kumlu, killi silttaşı seviyeleri içeren ayrılmış volkanik breş ve tüflerden oluşan Çilekli Formasyonu (Aydın, 2003) Neojen (?) yaşlı volkanik kayalarla yatay ve düşey yönde geçişlidir. Pliyo-Kuvaterner yaşlı kırmızı, sarı-kahvemsilerden oluşan Soğuksu Formasyonu (Aydın, 2003) ise Çilekli Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelir. Alanındaki en genç birim ise oluşumları devam eden alüvyonlardır.



Şekil 2: İnceleme alanının jeoloji haritası (Aydın, 2003'ten)

Figure 2: Geological map of the study area (from Aydın, 2003)

Kal: Alüvyon; Nk: Soğuksu Formasyonu: Kırmızı-sarı-kahverengimsi killer; Navb: Çilekli Formasyonu: Ayrışmış volkanik breş ve tüfler; Nv: Trabzon Volkanitleri: Alkali bazalt, tefrit, tefritik fonolit, fonolitik tefrit ve tefritik lössit bileşiminde sil ve dayklar; Np: Bazik ortaç ve asidik bileşimde breşik dokulu volkanitler; Hü: Hacımehmet Üyesi: Volkanit, kireçtaşı ve marn bloklarından oluşan volkano-sedimanter karışık; ÜKk: Kireçtaşı, marn ve kilitaşı aralanması; ÜKv: Andezit, bazalt, bazaltik andezit ve bazaltik trakiandezit; ÜKt: Gözalan Üyesi: Kırmızı renkli mikritik kireçtaşı, kumtaşı, marn ve kilitaşı; ÜKp: Ayrışmış bazaltik ve andezitik bileşimli aglomera ve tüfler

Hidrojeoloji

İnceleme alanının hidrojeolojisine yönelik ayrıntılı bilgiler Dilek (1979), Aydoğan (1987), tarafından verilmiştir. Değirmendere su toplama havzasındaki suların kimya ve kalitesine yönelik veriler ise DSİ 22. Bölge Müdürlüğü, İller Bankası 17. Bölge Müdürlüğü ve KTÜ'ye ait kuyu suları için yapılmış az sayıdaki kimyasal su analizleri ile sınırlıdır. Ayrıca Esiroğlu Arıtma Tesisinin ve daha sonra içme suyu sağlamak amaçlı planlanan Atasu Barajının gündeme gelmesi ile Değirmendere ve yan kollarının belirli aralıklarla kimyasal analizleri yapılmıştır. Mineralli su kaynakları ile ilgili çalışmalar ise Gültekin ve Dilek (2001) tarafından verilmiştir.

Çalışma alanında geniş alanda yüzeyleyen volkano-tortul özellikli Düzköy Formasyonu, kireçtaşı, killi kumlu kireçtaşı ve marn ardalanmasından oluşan Tonya Formasyonu ve tamamen volkanitlerden oluşan Karadağ Formasyonu geçirimsizdir. Bu kayaçların kırık ve çatlaklarından yüzeye çıkan küçük debili kaynaklar bulunmaktadır. Ayrıca havzada mineralli su özelliğinde, değişik debili kaynaklar da bulunmaktadır.

Değirmendere ve onun yan kolları boyunca, dar şeritler şeklinde uzanan alüvyonlar havzadaki akifer birimlerini oluştururlar. Değirmenderenin Karadenize döküldüğü noktadan itibaren güneye doğru 3 km uzanan, yaklaşık 1 km genişlikte ve kalınlığı 17-40 m arasında değişen üçgen şeklinde bir alüvyon örtü (Değirmendere 1 akiferi), diğeri ise Akoluk ve Çağlayan Belde sınırları içerisinde Değirmendere vadisinde yer alan 6.2 km uzunluğunda, 250-500 m genişliğinde ve kalınlığı 20-25 m olan (Değirmendere 2 akiferi) alüvyonlardır. Akifer özelliğindeki bir başka birim ise Kendirli (Aşağımahalle) Deresi'nin Değirmendereye birleştiği yerden Kendirli Deresi vadisi boyunca uzanan yaklaşık 500 m uzunluğunda ve 50-100 m genişlikteki yamaç molozlarıdır (Kendirli akiferi).

Değirmendere 1 akiferinde günümüze kadar 25 kuyu açılmıştır. 1980'li yıllarda bunlardan 20 tanesi, 1992-96 larda 14 tanesi işletilmiştir. Tıfalmı KTÜ ve Askeriye'ye ait kuyular işletilmektedir. Değirmendere 2 akiferinde 1987'lerde açılmış bulunan 8 adet kuyulardan hiç biri günümüzde kullanılmamaktadır. Kendirli akiferinde ise özel şahıs tarafından 1998'de açtırılmış bulunan iki kuyu halen işletilmektedir.

Serbest akifer özelliğindeki Değirmendere 1 akiferini kesen birbirine paralel iki fay nedeniyle akifer üç kısma ayrılmıştır. İki fay arasında akifer kalınlığı 40 iriye kadar ulaşmaktadır. Alüvyonun kalınlığı akiferin diğer yerlerinde en fazla 20 m'ye erişir. Dilek, (1979)'a göre %80 çakıl, %20 kum, şilt ve kil boyutundaki elemanlardan oluşan Değirmendere 1 akiferi üniformluluk katsayısı 28.9, derecelenme katsayısı 0.87 ile "üniform olmayan kötü derecelenmiş" bir malzemedir oluşmuştur. Değirmendere 1 Akiferi 10^{-5} m/sn'lik permeabilite katsayısı (K), %21.4'lük porozite (n) değeri ile "yarı geçirimli" malzeme sınıfında yer alır. Akiferde depolanan toplam yer altı suyu rezervi $8.4 \times 10^5 \text{ m}^3$ 'tür (Dilek, 1979).

Değirmendere 2 akiferinde yapılan jeofizik çalışmalarından alüvyonun kalınlığının 20-25 m olduğu belirlenmiştir (Aydoğan,1987). Alüvyonun üst kısımlarında yaklaşık 2 m kalınlığında dolgu malzemesi bulunmaktadır. Dolgu malzemesinin altında alüvyonu oluşturan malzeme, dasit, andezit, bazalt, tüf ve kireçtaşlardan türemiş iri bloklu kum ve çakıldan oluşmaktadır. %80 çakıl, %20 kum'dan oluşan akifer malzemesinin üniformluluk katsayısı 41.7, derecelenme katsayısı ise 2.6 olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre akifer malzemesi "üniform olmayan iyi derecelenmiş" bir malzemedir. Akifere ait permeabilite değeri (K) ise 6.4×10^{-5} 2.3×10^{-4} m/sn olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre akifer malzemesi "geçirimli malzeme" sınıfında yer alır.

bakımından birbirlerine benzer özelliktedir. pH'ları 7.6-8.5, sertlikleri 8-18 °F arasındadır. pH değerlerine göre Sümela ve Galyan dere suları nötr, Meryemana, Maçka ve Değirmendere suları bazik, sertliklerine göre Sümela ve Galyan dere suları "mamba suyu", Meryemana, Maçka ve Değirmendere suları "tatlı su" sınıfında yer alır (Egüvanlı ve Yüzer, 1987). Dere sularının hepsinde katyon olarak Ca^{+2} , anyon olarak HCO_3^- iyonları en yüksek değere sahiptir. Ayrıca Meryemana, Maçka ve Değirmendere sularında 0.01-0.36 mg/l arasında NO_2^- , 0.02-3.06 mg/l arasında NO_3^- , 0.03 mg/l'ye kadar da NH_3 bulunmaktadır.

Değirmendere akiferlerine ait yeraltısularının kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde, pH değerlerine göre bir kısmının nötr bir kısmının ise

hafif asidik karakterde olduğu görülür. Değirmendere 1 akiferinde katyon olarak Ca^{+2} , anyon olarak HCO_3^- iyonları en yüksek değere sahiptir. Genel olarak 7- 20 °F arasında sertlik dereceleri ile "mamba suyu" ve "tatlı su" sınıfında yer alırlar. Değirmendere 2 akiferindeki kuyu sularının pH değerleri 6.5-7.5 arasındadır. 19-29°F arasında değişen sertlik değerleri ile Değirmendere 1 akiferine göre daha sert sulara sahiptir. Elektriksel iletkenlik ve toplam çözülmüş madde miktarları da daha yüksek değerlerdedir. Değirmendere 1 akiferinde bulunan halen KTÜ'ye ait kuyu suyu 6.2'lik pH değeri ile asit özellikte ve 33°F ile de "çok sert su" sınıfında yer alır. Değirmendere 1 ve Değirmendere 2 akiferlerine ait sularda baskın iyon çifti Ca^{+2} ve HCO_3^- 'dir.

Çizelge 2: Çalışma alanındaki suların kimyasal bileşimleri
Table 2: Chemical composition of the waters in the study area

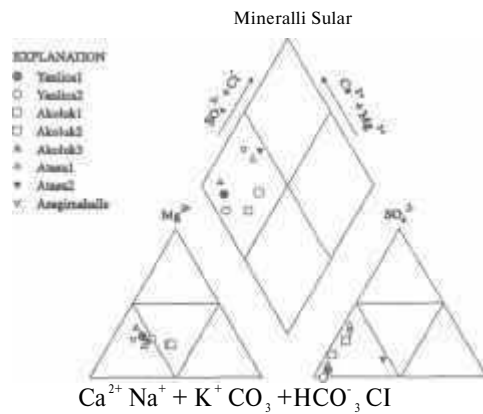
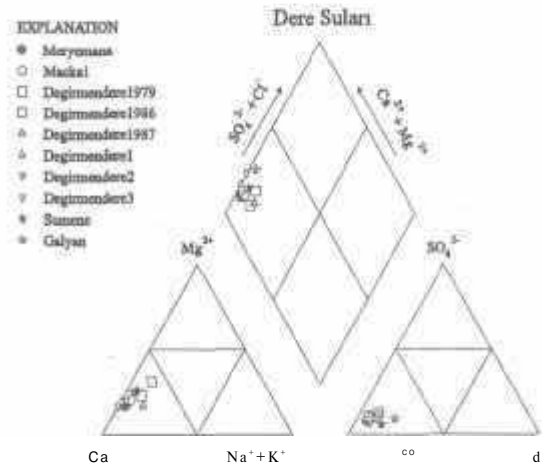
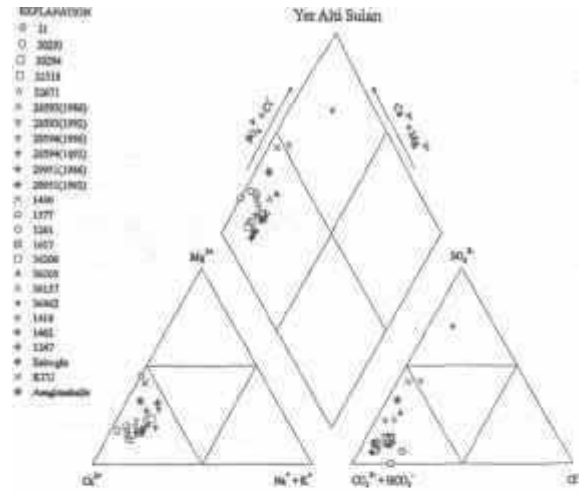
No	Örnek adı	Tarih	pH	Sertlik °F	EC S/cm	TDS mg/l	Ca ⁺² mg/l	Mg ⁺² mg/l	Na ⁺ mg/l	mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻² mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NH ₃ mg/l	Fe mg/l
Mineralli veya acı sular																	
1	Yanlıca (1)	1998	5.8	37	814	681	97	30	33	0.8	479	19.2	17.8	0.00	0.01	0.02	0.08
2	Yanlıca (2)	1998	6.2	39	926	791	103.1	31.6	53	1.6	579.5	1.4	20	0.00	0.03	0.04	0.06
3	Akoluk (1)	1999	6.2	29	600	708	74	24	73.6	0.78	456.9	66.7	10.6	0.00	0.01	0.04	1.2
4	Akoluk (2)	1999	6.2	44	1360	1025	112	37.2	112.3	3.12	567.3	160.3	32	0.01	0.5	0.03	1.4
5	Akoluk (3)	1999	6.3	350	4300	5970	880	312	173.4	20.3	4171.8	288	124	0.01	11.7	0.07	1.1
6	Alasu	2001	6.6	122	2612	1915	334.7	92.4	157	4.3	860	153	314	0.21	0.5	0.076	2.2
Kaynak suları																	
7	Yanlıca	1998	7.8	32	713	598	83	26	34	0.4	396.5	44.6	12.8	0.00	0.01	0.09	0.02
8	Akoluk	2002	6.9	26	638	396	52.1	31.6	10	0.3	145	147.2	8.9	0.01	13.9	0.036	0.02
Dere suları																	
9	Meryemana	1994	8.0	12	242	178	38.3	4.6	2.1		115.7	7.5	4.7	0.048	0.38	0.03	0.02
10	Maçka	1994	7.8	17	342	270	52.9	8.3	4		181.5	14.6	8.5	0.022	3.06	0.01	0.02
11	Değirmend	1979	7.5	14	291	218	36.8	11.7	8.1		163.5	15.9	6	0.026	0.03	0.02	0.00
12	Değirmend	1986	7.0	18	292	262	51	10.2	8.6		82.35	104.1	6	0.018	3.08	0.01	0.02
13	Değirmend	1987	7.0	15	295	254	47	6.6	9.7		164.7	14.4	11.4	0.072	0.00	0.02	0.88
14	Değirmend	1992	8.5	8	176	131	24.8	2.9	-		84.7	11	7	0.010	0.30	0.01	0.01
15	Değirmend	1994	8.1	17	351	266	56.1	8.1	2.2		170.2	17.1	7.5	0.20	2.28	0.02	0.60
16	Değirmend	1998	7.6	12	243	182	36.7	5.5	1.5		124.3	6.81	6.7	0.36	0.02	0.03	0.02
17	Sümela	1998	7.5	6.9	139	111	20.1	4.4	2.1		72.4	3.98	7.3	0.00	0.00	0.01	0.10
18	Galyan	1994	7.2	6.7	145	102	20	4.1	1.2		61	5.92	9.8	0.03	0.00	0.01	0.10
Değirmendere 1 akiferi																	
19	30294	1986	6.9	14	394	251	49	4.8	8.1		164.7	16.3	7.5	0.00	0.00	0.01	0.08
Çizelge 1 devam ediyor																	
20	32518	1986	6.9	15	292	263	51	6	9.0		176.9	11	8.5	0.00	0.00	0.01	0.04
21	32671	1986	7.0	15	295	261	47	6.6	10.1		164.7	21.6	11.3	0.00	0.00	0.02	0.14
22	28593	1986	7.4	16	317	218	41	6	7.7		140.3	10.1	12.7	0.00	0.00	0.01	0.02
23	28593	1992	7.2	12	260	216	32	9.6	11.3		107.4	48.3	7.1	0.00	0.01	0.00	0.02
24	28594	1992	7.2	11	220	293	28	9.6	9.06		219.6	19.8	7.1	0.09	0.03	0.02	0.03
25	29951	1992	7.1	11	220	287	28	9.6	8.8		213.5	21.4	7.1	0.00	0.00	0.00	0.20
26	29952	1992	7.1	7	140	192	16	7.2	7.2		146.4	10.6	3.6	0.00	0.00	0.00	0.01
27	1430	1991	6.8	19	440	330.1	63.6	8.2	7.6		192.8	25	18.6	0.00	0.00	0.00	0.20
28	1377	1990	6.3	32	706	529	103	15.9	9.4		312.5	20.7	47.4	0.00	0.00	0.00	0.14
29	1261	1990	6.8	20	413	310	66	8.5	3		190.5	26	16	0.00	0.00	0.00	0.03
30	1617	1992	7.2	14	307	230	44	6	9.8		144.5	20.2	12	0.00	0.09	0.06	0.10
31	KTÜ Kuyu	2002	6.2	33	118	490	76.1	34	6.1		225	136.8	11.6	0.001	13.7	0.09	0.01
Değirmendere 2 akiferi																	
32	36206	1987	6.5	19	388	346	56	12.1	16.9		216.5	29.8	14.5	0.00	0.00	0.00	0.01
33	36205	1987	7.0	27	537	474	83	15	22.9		253.1	79.2	21.3	0.00	0.00	0.00	0.02
34	36157	1987	7.2	29	563	495	90	14.4	20.8		280.6	71	18.4	0.00	0.00	0.00	0.01
35	36462	1987	6.9	21	473	354	64	11.4	23.8		61	173.7	19.9	0.00	0.00	0.00	0.30
36	1414	1991	7.3	27	615	461	83.7	13.5	13.5		303.1	19	18.6	0.00	0.00	0.00	0.22

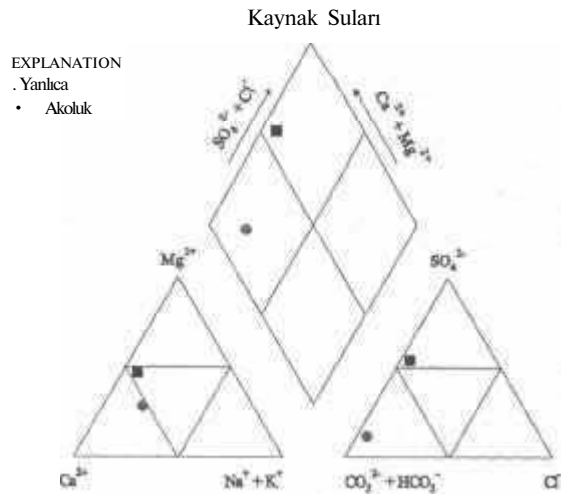
Kendirli akiferine ait su örneklerinde pH değeri 6.8, sertlik ise 30F'dir. Bu değerlere göre buradaki yer altı suyu hafif asit özellikte ve sert su sınıfında yer alır.

Mineralli sulara ait kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde, kaynakların pH değerlerinin 5.8 ile 6.6 arasında değiştiği görülür. Kaynakların hemen hepsinde Ca^{+2} ve HCO_3^- iyonları baskındır. Akoluk (2) kaynağında Ca^{+2} ve Na^+ iyonları aynı değerdedir. İçerdiği toplam çözülmüş madde miktarının 1000 mg/l' nin altında olmasına rağmen, bu kaynak suları ekşimsi tatta ve gaz içermeleri nedeniyle mineralli sular sınıfında incelenmiştir. Diğer kaynaklarda toplam çözülmüş madde miktarı 1000 mg/l'nin üzerindedir, ancak bu kaynaklarda demir iyonu miktarının fazla olması nedeniyle kullanılmamaktadır.

Yanlica ve Akoluk kaynak suları kimyasal bakımdan mineralli kaynaklara benzer özellikte, ancak daha az çözülmüş madde içerirler. Yüzeysel sularına oranla daha fazla çözülmüş madde içeren kaynakların mineralli kaynaklara yakın yerlerde bulunmaları nedeniyle sularının karışmış olabileceği düşünülmektedir.

İnceleme alanındaki yüzey, yeraltı ve mineralli suların hidrokimyasal fasiyeslerini belirlemek üzere, suların kimyasal analiz sonuçları Piper Diyagramına yerleştirilmiştir (Şekil 4). Diyagramlar incelendiğinde sulara Ca^{+2} ve HCO_3^- iyon çiftinin baskın olduğu; kation ve anyonların birlikte değerlendirilmesinden yüzey ve yer altı sularının "kalsiyum bikarbonatlı", mineralli suların Akoluk dışındakilerin "kalsiyum bikarbonatlı", Akoluk suyunun ise "karışık bileşimli sular" sınıfında olduğu görülür.





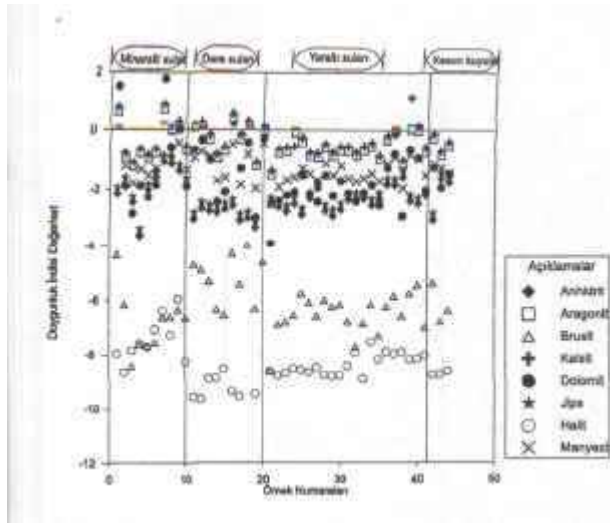
Şekil 4: Değirmendere havzasındaki suların piper diyagramındaki konumları
 Figure 4: Piper Diagram showing of investigated waters.

Kaynak sularından Yanlıca kaynak suyu "kalsiyum bikarbonatlı", Akoluk kaynak suyu ise kanyonları bakımından karışık, anyonları bakımından sülfatlı sular sınıfında yer alır. Genel olarak değerlendirildiğinde Akoluk kaynak suyu dışında kalan su örneklerinin Ca+Mg miktarının Na+K miktarından fazla olduğu, $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ (zayıf asit kökleri) in $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ (kuvvetli asit kökleri) tan fazla olduğu, karbonat sertliğinin karbonat olmayan sertlikten fazla ve karbonat sertliğinin %50'den fazla olduğu sular bölgesinde yer aldığı görülür. Akoluk kaynak suyu ise iyonlarının hiç biri %50'yi geçmeyen karışık bileşimli sular bölgesinde yer alır.

İnceleme alanındaki sularda Ca^{2+} ve HCO_3^- iyon çifti baskın durumdadır. Sedimanter ve volkanik kayaların hakim olduğu çalışma alanında sular akış süresinin bir kısmında kalsiyum ve karbonatça zengin minerallerle temas eder. Bu temas sonucunda karbonatlı minerallerde çözünme olur. Çözünme belli

şartlarda dengeye ulaşıncaya kadar devam eder. Ortamın pH, sıcaklık, basınç gibi özelliklerinin değişmesi yada ortama yeni iyonların girmesi kurulan dengenin bozulmasına neden olur. Denge anında su ile mineral arasında herhangi bir reaksiyon yoktur. Dengenin bozulması yeniden su ile mineral arasında bir reaksiyonun olmasını sağlar.

Son yıllarda suların herhangi bir tuz yönünden doymun olup olmadıkları kimyasal denge hesaplarıyla yapılmaktadır (Cheery ve Freeze, 1979; Fetter, 1980; Domenico ve Schvartz, 1990). Bu araştırmada da yüzey, yeraltı ve mineralli suların kalsit yönünden doymun olup olmadıkları kimyasal denge yöntemiyle araştırılmıştır. Bu çalışmada inceleme alanına ait su örneklerinin mineral doymunlukları WATEQ4F (Ball ve Nordstrom, 1991) programı kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar çökelebilecek başlıca mineraller olan kalsit (CaCO_3), aragonit (CaCO_3), dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), brusit ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), manyezit ($\text{Mg}_4(\text{CO}_3)_3(\text{OH}) \cdot 2.3\text{H}_2\text{O}$), jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anhidrit (CaSO_4), halit (NaCl) gibi mineraller için yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda incelenen suların genelde minerallere doymun olmadıkları belirlenmiştir. Kaynak sularından Yanlıca (2) kaynağının dolomit ve kalsite doymun, Akoluk suyunun hiçbir minerale doymun olmadığı görülür. Mineralli sulardan Akoluk (3) kaynağı kalsit, dolomit ve manyezite doymun, Atası kaynakları kalsit, aragonit ve dolomite doymundur. Kendirli, Akoluk (1) ve (2), Yanlıca (1) ve (2) kaynakları doymun değildir. Değirmendere sulanında ise kalsit aragonit ve dolomite doymunluk görülür. Yeraltı su örneklerinin bir kaçında kalsit ve aragonite doymun ve denge durumuna yakın değerler bulunmuştur. Su örneklerinin mineral doymunluk değerleri şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5: Su örneklerinde mineral doymuluklarının değişimi

Figure 5: Saturation index values of investigated waters

Su Kalitesi

Değirmendere vadisindeki suların kalite değerlendirmeleri TS 266, TS 9130 ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 1988'de verilen kıta içi su kaynakları sınır değerlerine göre analizi yapılmış parametreler için belirlenmiştir. TS 266'da Fe, Cu ve Zn suların tadım bozucu, Pb, Cd ve As ise zehirli iyonlar olarak adlandırılmış ve sularda bulunması gereken sınır değerleri verilmiştir. Sularda bu tür iyonların varlığını belirlemek, aynı zamanda var olan elementlerin içilebilir standartlarına uygun olup olmadıklarını araştırmak açısından, çizelge 3'de verilen bazı iyonların analizleri yaptırılmıştır. Örnekleme KTÜ'ye ait kuyuda, Kendirli akiferi, diğer özellikleri bakımından içmeye uygun görülen Yanlıca (1) ve Akoluk (1) mineralli su kaynaklarında yapılmıştır.

Çizelge 3'den de görüldüğü gibi Yanlıca (1) mineralli suyu Antimuan (Sb) ve Selenyum (Se) açısından, Akoluk(1) mineralli suyu ise Krom (Cr) ve Kurşun (Pb) iyonları açısından içmeye

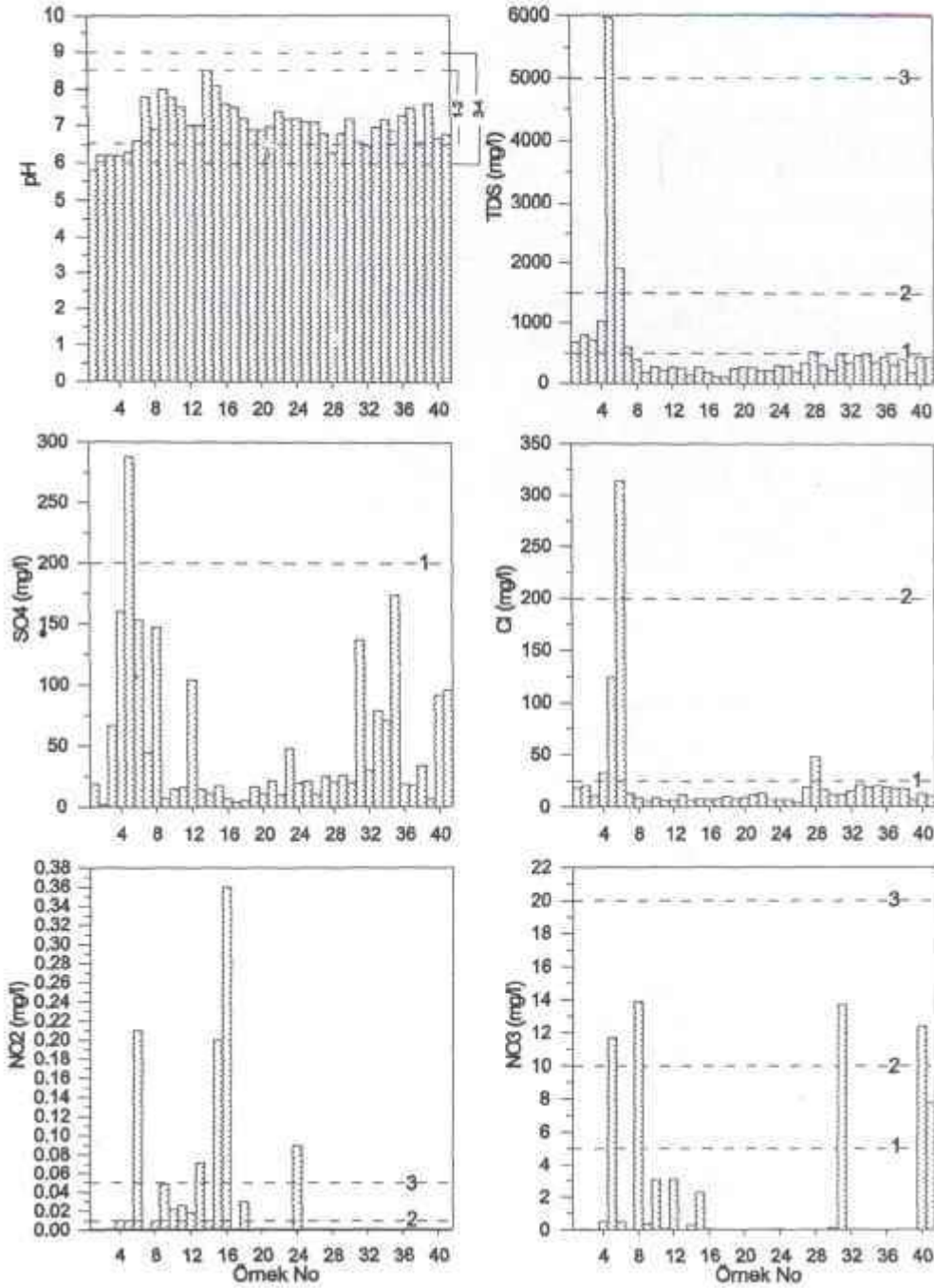
uygun değildir. Değirmendere Kendirli akiferinden alınan su örneklerinde Krom (Cr) iyon değeri açısından içmeye uygun olmadığı; Kurşun (Pb) değeri açısından ise tam bir rakam verilmediği için şüpheli durumda olduğu görülmektedir.

Çizelge 3: Sularda analizi yapılan inorganik bileşenler

Table 3: Inorganic elements in investigated waters

Parametreler (ppm)	Yanlıca (1)	Akoluk (1)	KTÜ Kuyusu	Kendirli (Aşağımahalle)
Arsenik (As)	0.03	ölçülmedi	ölçülmedi	ölçülmedi
Krom (Cr)	0.02	0.054	0.03	0.03
Bakır (Cu)	0.002	0.514	0.167	0.165
Mangan (Mn)	0.01	ölçülmedi	ölçülmedi	ölçülmedi
Çinko (Zn)	0.02	0.377	0.254	0.321
Kadmilyum (Cd)	0.003	ölçülmedi	ölçülmedi	ölçülmedi
Nikel (Ni)	0.025	"	"	"
Kurşun (Pb)	0.01	0.118	<0.1	<0.1
Antimon (Sb)	0.01	ölçülmedi	ölçülmedi	ölçülmedi
Selenyum (Se)	0.02	"	"	"
Baryum (Ba)	0.02	"	"	"
Bor (B)	0.22	"	"	"

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, (1988)'e göre Değirmendere ve kollarına ait sular pH, TDS, Cl⁻ ve SO₄⁻² miktarlarına göre yüksek kaliteli su sınıfında yer alır. Ancak NO₂ değerine göre Sümela Deresi yüksek kaliteli su, Meryemana, Maçka ve Galyan Dere suları kirli su, Değirmendere suyu ise çok kirlenmiş sular sınıfına girer. Değirmendere vadisindeki yeraltısuları ise pH, TDS, Cl⁻, SO₄⁻², NO₂ ve NO₃ değerlerine göre yüksek kaliteli sular sınıfında yer alırlar (Şekil 6). Ancak bunlardan 1377 nolu kuyu (28) Cl⁻ bakımından az kirlenmiş su, 28594 nolu kuyu (24) NO₂ bakımından kirli su ve KTÜ kuyusu (31) NO₃ bakımından kirli su sınıfına girer.



Şekil 6: Su örneklerinin ölçülen parametrelerinin Su Kirliliği Kalite Kontrol Yönetmeliği, (1988)'e göre değerlendirilmesi- -1- -: Yüksek kaliteli su, - -2- -: Az kirlenmiş su, - -3- -: Kirli su, - -4- -: Çok kirlenmiş su.)

Figure 6: Assessment of measured parameters of water samples according to Su Kirliliği Kalite Kontrol Yönetmeliği, (1988)(- -1- -: High quality water, - -2- -: Less contaminated water, - -3- -: Contaminated water, - -4- -: Highly contaminated water.)

SONUÇ VE TARTIŞMALAR

Değirmendere, Vadisinde dere yatağı boyunca uzanan Değirmendere ve Kendirli alüvyonları yeraltı suyu taşıyan birimleri oluşturur. Akiferler geçirimli ve yarı geçirimli malzemeden oluşmuştur. Değirmendere 1 akiferinde depolanan yeraltı suyu hacmi $8.4 \times 10^5 \text{ m}^3$ 'tür.

Değirmendere vadisinde bulunan yüzey, yeraltı ve mineralli sularda baskın iyon çifti Ca^{+2} ve HCO_3^- iyonlarıdır. Katyon ve anyonlar birlikte değerlendirildiğinde yüzey ve yeraltı sularının "kalsiyum bikarbonatlı", Akoluk dışındaki mineralli suların "kalsiyum pikaarbonatlı", Akoluk mineralli suyunun ise "karışık bileşimli sular" sınıfında olduğu belirlenmiştir. Kaynak sularından Yanlıca lıynak suyu "kalsiyum bikarbonatlı", Akoluk .1 kaynak suyu ise katyon içerikleri bakımından karışık, anyon içerikleri bakımından sülfatlı sular sınıfında yer alır.

Kimyasal analiz sonuçlarından yapılan hesaplamalar sonucunda; Yanlıca (2) mineralli su kaynağının dolomit ve kalsite doymun olduğu; Akoluk tatlı su kaynağının doymun olmadığı; Akoluk (3) mineralli su kaynağının kalsit, dolomit ve manyezit minerallerine doymun olduğu; Atasu mineralli su kaynağının i kalsit, aragonit ve dolomite doymun olduğu; Değirmendere yüzey sularının kalsit aragonit ve dolomite doymun olduğu; Değirmendere akiferlerine ait su örneklerinin ise hesaplanan mir erallere doymun olmadıkları belirlenmiştir.

Sular kaliteleri açısından incelendiğinde

inorganik iyonlar bakımından Yanlıca (1) mineralli suyunda Antimuan (Sb) ve Selenyum (Se); Akoluk (1) mineralli suyunda ise Krom (Cr) ve Kurşun (Pb) iyon değerleri standartlarda müsaade edilen limit değerinin üzerindedir. KTÜ' ye ait kuyudan ve Kendirli akiferine ait kuyudan alman su örneklerinde Krom (Cr) iyonunun müsaade edilen değerinin üzerinde olduğu; Kurşun (Pb) iyonu açısından ise durumun belirli olmaması nedeniyle daha duyarlı analiz yapılması uygun olur.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, (1988)'e göre Değirmendere ve kollarına ait sular Sümela Deresi hariç, NO_2 yönünden kirliliği su ve çok kirlenmiş su sınıfına girer.

İnceleme alanındaki sulardan ölçülen parametrelere göre Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, (1988) açısından en kaliteli sular Değirmendere akiferinin taşıdığı yeraltı sularını oluşturmaktadır. Halen artırılarak kullanılmakta olan Galyan Deresi suyunun kurak mevsimlerde Trabzon İli'nin su gereksinimini karşılayamadığı durumlarda, çok kirlenmiş su olan Değirmendere suyunun kullanılması yerine yeraltı suyunun kullanılması gerek ekonomik gerekse sağlık yönünden uygun olacaktır. Ancak yüksek kaliteli su rezervine sahip akifer, üzerine kurulan sanayi tesislerinin ve kömür deponi alanlarının atıklarının tehdidi altındadır. Kullanımı devam eden KTÜ kuyusunda bu tür kirlenmenin sonuçları görülmektedir.

Daha kaliteli olan yeraltı suyunun kentin içme ve kullanma suyu olarak kullanılması için kirlenmeye karşı korunması

gerekmektedir. Bunun için sanayi atıklarının akiferi kirletmeyecek şekilde deşarj edilmesi, akifer üzerinde bulunan ve sayılan gittikçe artan kömür depolama alanlarının akifer üzerinden kaldırılması uygun olacaktır.

Katkı Belirtme

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığınca desteklenmiştir. (Proje Kod no: 21.112.005.5). Yazarlar desteklerinden dolayı KTÜ BAP Başkanlığına teşekkür ederler.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akkaş, M., 1990, Trabzon İklim Etüdü, TC Başbakanlık Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Aydm, R, 2003, Değirmendere Vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD Türkiye) volkanitlerinin mineral kimyası, petrolojisi ve petrojenezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), 232 p.
- Aydoğan, B., 1987, Değirmendere (Hacımehmet-Çağlayan) Vadisi hidrojeolojik incelemesi, KTÜ, Jeoloji Müh. Böl. Bitirme Çalışması (yayınlanmamış).
- Ball J. W. ve Nordstrom, D.K., 1991, User's manual for WATEQ4F, with revised thermodynamic data base and test cases for calculating speciation of major, trace and redox elements in natural waters: U.S.Geological Survey Öpen- File Report

- 91-183,189p. (Revised and reprinted August 1992)
- Dilek, R, 1979, Trabzon- Hopa kıyı şeridinin yer altı suyu olanakları, KTÜ Yayın No: 99, Trabzon, 103 s.
- Domenico, P.A. ve Schwartz, F.W., 1990, Physical and chemical hydrogeology, John Wiley & Sons, New York, 824 p.
- Erguvanlı, K ve Yüzer, E., 1987, Yer altı suları jeolojisi, 3. Baskı, İTÜ Maden Fakültesi, YayınNo: 23, İstanbul, 339 s.
- Fetter, C.W,1980, Applied Hydrogeology, Bell and Howel Company, Columbus, Ohio, 488 p.
- Freeze, R.Ave Cheery, J.A.,1979, Groundwater, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 604 p.
- Gültekin, F. ve Dilek, R., 2001, Trabzon yakın çevresindeki mineralli su kaynaklarının hidrokimyası, Yeraltı Suları ve Çevre Sempozyumu, 331-338, İzmir.
- Güven, İ.H., 1993 Doğu Pontidlerin 1/25.000 ölçekli jeolojisi ve komplikasyonu, MTA, Ankara, (Yayınlanmamış).
- Güven, İ.H., Nalbantoğlu, A.K. ve Takaoglu, S., 1993 MTA Genel Müdürlüğü, 1/100.000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeolojisi haritaları serisi, Trabzon F43 ve G43 paftaları, Ankara, (Yayınlanmamış).
- Korkmaz, S., 1993, Tonya-Düzköy (GB Trabzon) yöresinin stratigrafisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 36,151-158.

Gümüşhane Yöresi Mineralli Su Kaynaklarının İz Element ve Radyoaktivite İçerikleri

Radioactivity Properties and Trace Element Contents of Mineral Waters in the Gümüşhane Vicinity

Fatma GÜLTEKİN, Remzi DİLEK

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Böl. 61080 Trabzon

Email: fatma@risc01.ktu.edu.tr, dilek@risc01.ktu.edu.tr

ÖZ

Gümüşhane ili yakın çevresinde bulunan Budak, Tekkeköy, Akgedik, Yıldız, Yeşildere, İnkılap ve Güvercinlik mineralli su kaynakları debileri 0.023-1.5 lt/sn, pH değerleri 6.12-6.57, sıcaklıkları 9.2-16.7 C arasında değişen, berrak ve ekşimsi tatta olan kaynaklardır. Bunlardan Güvercinlik ve Yeşildere mineralli su kaynakları ise yöre halkı tarafından içilmektedir. Çalışmanın amacı bu kaynakların içerik yönünden insan sağlığına uygunluk durumlarının belirlenmesi ve uygun nitelikte olanlarının ekonomiye kazandırılması için yapılacak yatırımlara bir temel oluşturmasıdır. Mineralli su kaynaklarının içme kalitesi açısından Mn^{+2} , Fe^{+2} , Pb^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} , Cd^{+2} , As (total) gibi iz element ve toplam alfa ve toplam beta içerikleri incelenmiş ve içmeye uygunlukları araştırılmıştır. İz element içeriklerine göre Budak ve Akgedik mineralli suyunda Mn^{+2} , Fe^{+2} , Pb^{+2} , Yıldız, İnkılap ve Güvercinlik mineralli sularında Fe^{+2} , Pb^{+2} , Tekkeköy ve Yeşildere mineralli sularında ise Pb^{+2} , değerlerinin WHO (Dünya Sağlık Örgütü) ve TS 9130 (Türk Standartlar Enstitüsü) (maden suyu içilebilir) standartlarındaki müsaade edilebilir değer üzerinde olduğu görülmüştür. Cd^{+2} değeri ise Yeşildere ve Güvercinlik kaynaklarında standartlardaki sınır değerde, diğer kaynaklarda ise daha yüksektir. Radyoaktivite içeriklerine göre ise mineralli su kaynaklarının alfa aktivitelerinin 0.122-0.78 Bq/l arasında, beta aktivitelerinin ise 0.067-0.401 Bq/l arasında olduğu belirlenmiştir. WHO ve TS 9130'a göre incelenen kaynakların hepsinde alfa aktivitesi müsaade edilebilir değer üzerindedir. Bu değerler kaynakların içilerek tüketilmesi durumunda sağlık açısından sorunlar yaratacağını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Gümüşhane, iz elementler, mineralli sular, radyoaktivite

ABSTRACT

The mineral waters, Budak, Tekkeköy, Akgedik, Yıldız, Yeşildere, İnkılap, Güvercinlik have 0.023-1.5 liter/sec yields, 6.12-6.57pH, 9.2-16.7C temperature, clear and sourish taste in Gümüşhane City vicinity. Güvercinlik and Yeşildere mineral springs are used by people living there. These mineral waters are investigated drinking water quality. Mn^{+2} , Fe^{+2} , Pb^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} , Cd^{+2} , As (total) and gross alpha and gross beta contents are studied and investigated suitability drinking. According to trace element contents Mn^{+2} , Fe^{+2} , Pb^{+2} in Budak and Akgedik mineral waters, Fe^{+2} Pb^{+2} in Yıldız, inkılap and Güvercinlik mineral waters, Pb^{+2} in Tekkeköy and Yeşildere mineral waters, exceed values in the WHO and TS 9130 standards. in the Yeşildere and Güvercinlik mineral waters Cd^{+2} content is maximum value in the standarts. in the other mineral waters it is higher than this value. According to radioactivity contents, alpha activities of mineral spring waters are between 0.12-0.308 Bq/l, beta activities are between 0.132-

0.401 Bq/l. Alpha activities are higher than the optimal degree in all the investigated samples according to WHO and TS 9130. And these values show that, those spring waters are not suitable for drinking.

Key words: Gümüşhane, trace elements, mineral water, radioactivity

GİRİŞ

İncelenen mineralli su kaynakları Gümüşhane ili sınırları içerisinde ve Doğu Pontid Tektonik Birliğinin güney zonunda yer alır (Şekil-1). Kaynakların her birinin yüzeye çıktığı birimler farklı litolojidedir. Mineralli su kaynakları küçük debili, soğuk, toplam iyon içerikleri 1000 mg/l'nin üzerinde "maden suyu" özelliğinde olan kaynaklardır. Kaynakların genel özelliklerini içeren bilgiler çizelge 1'de verilmiştir.

Mineralli su kaynaklarından alınan su örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarından kaynakların genel olarak "Kalsiyum Bikarbonatlı" su sınıfında oldukları ve kaynaklardaki iyon bolluk sıralamasının $Ca^{++} > Mg^{++} > Na+K^+ - HCO_3^- > SO_4^{--} > Cl^-$ şeklinde olduğu belirlenmiştir (Gültekin, 1998).

Analiz Yöntemleri

Örnekler 1 litrelik polietilen şişelere alınarak pH<2 olacak şekilde nitrik asit ilave edilmiştir. Analizler Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü laboratuvarında yapılmıştır. İz elementlerden Mn^{+2} , Fe^{+2} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , Pb^{+2} ve Cd^{+2} GBC 905 AA Model Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre cihazında Alev (Flame) yöntemi ile analiz edilmiştir. As ise GBC 905 AA Model Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre cihazında Hidrür Sistemi ile analiz edilmiştir. Analiz esnasında $NaBH_4$ çözeltisi ve derişik HCl kullanılmıştır.

Mineralli su kaynaklarından ve yakın çevredeki tatlı su kaynağından 1 litrelik polietilen şişelere alınan su örneklerindeki toplam alfa ve toplam beta içerikleri Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (İstanbul) laboratuvarlarında belirlenmiştir.



Şekil 1: İnceleme alanı yer bulduru haritası
Figure 1: Location map of the study area

JEOLJİ

Bu çalışmada inceleme alanını kapsayan Güven ve diğ., (1993)'nin jeolojik amaçlı çalışmaları esas alınmıştır. Bölgede altta Paleozoyik yaşlı granodiyorit, kuvars monzonit, siyenogranit, granit, mikrogranit kayaç gruplarından oluşan Gümüşhane Granitoyidi (Güven, 1993) bulunur. Bunun üzerine uyumsuz olarak çakıtaşı, kumtaşı, arkoz, kuvarsit, şeyi ve kireçtaşlarından oluşan Permo-Karbonifer yaşlı Demirözü Formasyonu (Güven, 1993) gelir. Metamorfik temel üzerinde aşınma uyumsuzluğu ile killi kireçtaşı, şeyi, kumtaşı aratabakalı andezit, bazalt dasit lav ve piroklastiklerinden oluşan Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonu (Ağar, 1977) yer alır. Hamurkesen Formasyonu gri renkli ve orta tabakalı killi kireçtaşı, çörtlü kumtaşı kumlu kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonu (Pelin, 1977) tarafından uyumlu olarak üstlenir. Üzerine altta pelajik kırmızı killi kireçtaşı, üstte gri ve sarımsak renkli kumtaşı, kiltası, marn ve şeyl araldanmasından oluşan Geç Kretase Paleosen yaşlı Mescitli Formasyonu (Güven, 1993) uyumlu olarak gelir. Mescitli

Formasyonu ile yanal geçişli olarak Çatak Formasyonu, Kızılkaya Formasyonu ve Çağlayan Formasyonu (Güven, 1993) yer alır. Çatak Formasyonu bazaltik ve andezitik karakterli lav ve piroklastikleri ile birlikte araldanan kumtaşı silttaşı, kırmızı renkli kireçtaşı ve marnlardan, Kızılkaya Formasyonu riyodasit, dasitik lav ve piroklastiklerinden, Çağlayan Formasyonu ise bazalt lav ve piroklastiklerinin kumtaşı, marn ve çamurtaşı ara seviyeleri ile araldanmasından oluşmaktadır. Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı istifler içerisine sokulum yapan plütonik kayaçlar Kaçkar Granitoyidi (Güven, 1993) olarak adlandırılmıştır. Bunlardan Mesozoyik yaşlı kayaçları kesen intrüziyonlar Kaçkar Granitoyidi-I, Senozoyik yaşlı kayaçları kesen intrüziyonlar Kaçkar Granitoyidi-II olarak ayırtlanmıştır. Geç Kretase dönemine ait çeşitli birimler üzerine aşınma uyumsuzluğu ile gelen Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn seviyeleri içeren, gri renkli, bol ojitli ve hornblendli bazaltik lav ve piroklastiklerinden oluşur. Bunların üzerine ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar uyumsuz olarak yer alır.

Çizelge 1 İncelenen mineralli su kaynaklarına ait bilgiler

Table 1: General properties of the studied mineral springs waters in the Gümüşhane

Mineralli Sular	Kaynak Türü (Fetter, 1980'e göre)	Yüze Çıktığı Formasyon Adı	Formasyon Özellikleri		Q	PH	T	TDS
			Yaş	Litoloji				
Budak	Fay ve Çatlak	Kaçkar Granitoyidi-I (Güven, 1993)	Kretase-Tersiyer (MTA, 1985)	Açık gri ve pembe granit, granodiyorit, kuvarslı monzodiyorit, diyorit, mikrogranit, dasit	0.9	6.12	14	1847
Tekkeköy	Fay ve Dokanak	Berdiga (Pelin, 1977) Hamurkesen (Ağar, 1977)	Geç Jura Senomaniyen Liyas	Kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı Volkano -tortul karakterli Kumtaşı, marn, kiltası aratabakalı tuf, tüfit, andezit bazalt	1.5	6.35	14.5	3468
Akgedik	Fay	Hamurkesen	Liyas		0.17	6.37	10	2105
Yıldız	Fay	Mescitli (Güven, 1993)	Turoniyen-Paleosen (Güven, 1993)	Andezit, dasitik tuf, kumtaşı, kumlu kireçtaşı	0.8	6.37	15.6	2491
Yeşildere	Fay ve Çatlak	Kabaköy (Güven, 1993)	Erken-Orta Eosen (Güven, 1993)	Kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn ara seviyeleri içeren bol ojit ve hornblendli bazalt ve andezitler	0.09	6.3	9.2	1307
İnkılap	Fay ve Dokanak	Berdiga Mescitli	Geç Jura Senomaniyen	Kristalize kireçtaşı Kırmızı killi kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı, marn	0.92	6.57	16.7	3388
Güv.	Dokanak	Kabaköy Andezit Daykı	Erken Orta Geç Eosen	Kırmızı kireçtaşı, andezitik tuf ve tüfitler Andezit	0.023	6.42	11	3468

Q: Debi (l/sn), T: Sıcaklık (C), TDS: Toplam Çözülmüş Madde (mg/l)

Q: Yield (l/sec), T: Temperature (C), TDS: Total Dissolved Solids (mg/l)

İz Element İçerikleri

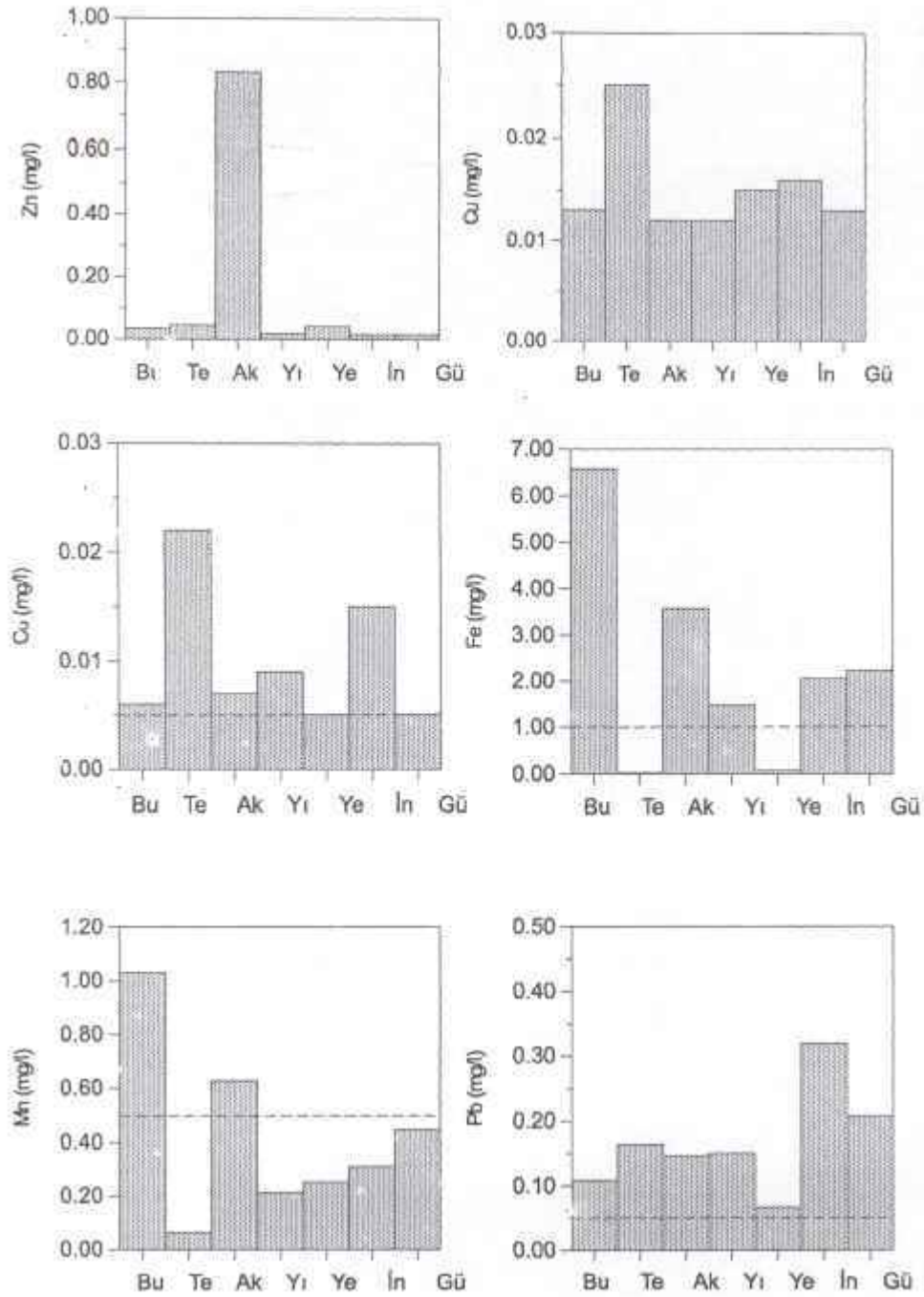
Mineralli su kaynakları, suların tadını bozucu Fe^{+2} , Cu^{+2} , Zn^{+2} ve zehirli iyon olarak adlandırılan Cd^{+2} , Pb^{+2} ve As içerikleri bakımından incelenmiş ve WHO ve TS standartlarına uygun olup olmadıkları araştırılmıştır. Mineralli su kaynaklarındaki iz element içeriklerini incelediğinde (Çizelge 2) kaynakların hepsinde bir veya birkaç iyonun standartlarda izin verilen sınır değerlerin üzerinde olduğu görülür.

Doğada mangan en yaygın olarak mangan oksitler şeklinde magmatik kayalarda ise Mn^{+2} şeklinde genellikle aynı boyuttaki çift yüklü diğer iyonların yerini almış olarak bulunur (Hem, 1971). Doğal sularda manganin çözünürlüğü Eh ve pH'a (Garrels ve Christ, 1965), HCO_3^-

konsantrasyonuna (Hem, 1963), SO_4^{2-} konsantrasyonuna (Hem, 1971, Nair ve Mancollas, 1959) bağlıdır. Çalışılan kaynaklardaki Mn^{++} konsantrasyonu 0.064-1.029 mg/l arasındadır (çizelge 2). pH nötr iken yer altı sularında Mn^{++} konsantrasyonu 1-10 mg/l (Hem, 1971) arasında olduğu dikkate alınrsa, mineralli su kaynaklarında çok yüksek olmadığı görülür. Ancak içilebilir standartları açısından incelendiğinde Budak ve Akgedik mineralli su kaynaklarında yüksek olduğu görülür. Budak mineralli su kaynağındaki manganin kökeni ayrışmanın yoğun olarak gözlemlendiği magmatik kayalardaki ferromagnezyen mineraller oluşturur. Akgedik mineralli suyunun ise Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonunun volkanitleriyle daha uzun süreli temas halinde olduğu söylenebilir.

Çizelge 2: İncelenen mineralli su kaynaklarının iz element içerikleri*Table 2: Trace element contents of the mineral springs waters of the Gümüşhane area.*

Kaynak Adı	Mn^{+2} (mg/l)	Fe^{+2} (mg/l)	Pb^{+2} (mg/l)	Zn^{+2} (mg/l)	Cu^{+2} (mg/l)	CcT (mg/l)	As (Ppb)
Budak Mineralli Suyu	1.029	6.570	0.109	0.033	0.013	0.006	4.297
Tekkeköy Mineralli Suyu	0.064	0.02	0.164	0.046	0.025	0.022	4.134
Akgedik Mineralli Suyu	0.627	3.576	0.146	0.833	0.012	0.007	Ölçüm limiti altında
Yıldız Mineralli Suyu	0.213	1.471	0.15	0.018	0.012	0.009	Ölçüm limiti altında
Yeşildere Mineralli Suyu	0.252	0.073	0.067	0.041	0.015	0.005	4.105
İnkılap Mineralli Suyu	0.311	2.052	0.319	0.016	0.016	0.015	3.593
Güvercinlik Mineralli Suyu	0.448	2.222	0.208	0.016	0.013	0.005	Ölçüm limiti altında



Bu: Budak; Te: Tekkeköy; Ak: Akgedik; Yi: Yıldız; Ye: Yeşildere; İn: İnkılap; Gü: Güvercinlik
 —: TS'ye göre içilebilir üst sınırı
 —: upper limit in drinkable waters in Turkish Standard Institution

Şekil 2: Gümüşhane yöresindeki mineralli su kaynaklarının iz element içerikleri
Figure 2: Trace element contents of the mineral spring waters the Gümüşhane area.

Demir içeren ve doğal sulara karışmasını sağlayan en önemli demir mineralleri pirit (FeS) ve Hematit (Fe_2O_3)'tür. Demir konsantrasyonunun yüksek olduğu kaynakları incelediğimizde vakanik veya magmatik kayalarla dokanıkları oldukları görülür. Budak ve Yıldız mineralli su kaynaklarının çevresinde bol miktarda pirit kristallerinin gözlenmesi bunu doğrulamaktadır.

Kurşun bileşiklerinin çözünürlüklerinin düşük olması ve çok düşük mobilitesinin olmasından dolayı doğal sularda çoğunlukla birkaç ug/l 'den $20ug/l$ 'ye kadar değişen değerlerde bulunur (Matthes,1982). İncelenen kaynaklar Pb^{+2} açısından içilebilir sınırların üzerinde konsantrasyona sahiptir. Kaynaklardaki yüksek Pb^{+2} konsantrasyonu, pH'larının düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Rankama \e Sahama, (1950)'ye göre pH'ın düşük olduğu ortamlarda kurşun aragonitteki kalsiyum ve feldispatlardaki potasyumun yerini almaktadır (Davis ve DeWiest, 1966).

Kadmiyum konsantrasyonu doğal sularda çok az bulunur. İçilebilir sularda konsantrasyon üst limiti $10 ug/l$ 'dir (U.S. Public Health Service, 1962). İncelenen kaynaklarda Cd^{+2} konsantrasyonu TS 9130'a göre yüksektir. En yüksek değeri Tekkeköy mineralli suyunda $0.022 mg/l$ ve İnkılup mineralli suyunda $0.015 mg/l$ 'dir. Yeşildere ve Güvercinlik mineralli su kaynaklarında Cd^{+2} konsantrasyonu müsaade edilen sınır değerdedir.

Zn^{+2} , Cu^{+2} ve As konsantrasyonu açısından kaynakların içerdiği değerler standartlara uygundur.

Mineralli Su Kaynaklarının Alfa (a) ve Beta(P)Aktiviteleri

Yer kabuğu içindeki radyoaktif elemanların diffüzyonu sonucu, kütleler radyoaktif özellik

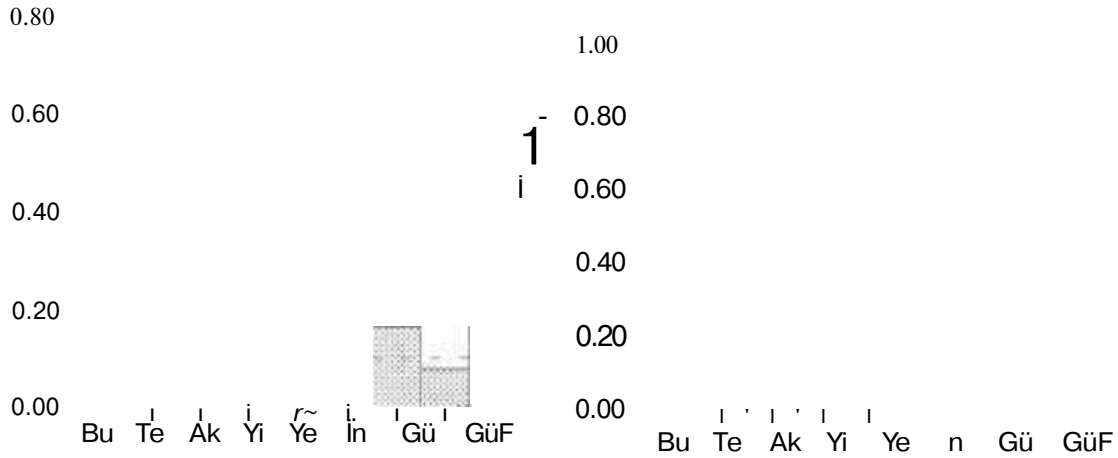
kazanır. Yer altı suları veya yerin derinliklerinden gelen sular içerisinde geçtikleri kayalarındaki radyoaktif maddelerin etkisiyle bir miktar radyoaktiflik kazanır. Yer altı sularında rastlanan en önemli radyoaktif elemanlar K^{40} , Rb^{87} , Th^{232} , U^{235} ve U^{238} 'dir (Davis ve DeWiest,1966, Hem, 1971, Şahinci, 1991). $Tj238'_m$ bozunumu sonucu ortaya çıkan Rn^{222} ve Rn^{226} hidrojeoloji açısından önemli radyoaktif elementlerdir (Davis ve DeWiest, 1966)

İncelenen mineralli suların sıcaklığı $20^\circ C$ 'nin altında olduğu için Hidrojeologlar Birliği sınıflamasına göre "soğuk sular" sınıfında yer alırlar. İçme ve kullanma sularının içerdiği çözünmüş madde türünün ve miktarının kullanım amacına göre standartlarda belirlenen limitlerde olması istenir. Maden suyu olarak kullanılacak suların radyoaktivitelerinin de standartlarda belirlelen limitlerde olması istenir. Mineralli su kaynakları ve Güvercinlik Köyündeki bir içme suyu çeşmesinden alınan su örneklerine ait toplam alfa ve toplam beta değerleri çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde mineralli suların toplam alfa aktivitelerinin $0.122 - 0.78Bq/l$ (Becquerel/litre) arasında, toplam beta aktivitelerinin ise $0.067 - 0.401 Bq/l$ arasında değiştiği görülür. Çeşme suyunun toplam alfa aktivitesi $0.079 Bq/l$, toplam beta aktivitesi ise $0.056Bq/l$ 'dir. İçilebilirlik açısından incelendiğinde TS 9130'a ve Dünya Sağlık Örgütü içme suyu standardına göre mineralli sular alfa aktiviteleri açısından içmeye uygun değildir. Ancak mineralli sular içilerek tüketimin dışında balneolojik amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Radyoaktif suların mineralizasyonları düşük bile olsa, iyileştirici özellikte oldukları bilinmektedir. Bu amaçla kullanılacak suların ise radyoaktif elementlerinin ve radyoaktivitelerinin saptanması gerekmektedir.

Çizelge 3: İncelen mineralli su kaynaklarının toplam alfa ve toplam beta değerleri
Table 3: Gross alpha and gross beta values in the Gümüşhane mineral spring waters.

Kaynağın Adı	Toplam Alfa (a) Aktivitesi (Bq/l)	Toplam Beta (3) Aktivitesi (Bq/l)
Budak Mineralli Suyu	0.308	0.23
Tekkeköy Mineralli Suyu	0.175	0.132
Akgedik Mineralli Suyu	0.13	0.067
Yıldız Mineralli Suyu	0.677	0.23
Yeşildere Mineralli Suyu	0.122	0.161
İnkılap Mineralli Suyu	0.78	0.401
Güvercinlik Mineralli Suyu	0.163	0.184
Güvercinlik Çeşmesi	0.079	0.056

Kaynaklardaki toplam alfa ve toplam beta değerlerinin değişimleri şekil 3 'de verilmiştir.



Bu: Budak; Te: Tekkeköy; Ak: Akgedik; Yi: Yıldız; Ye: Yeşildere; İn: İnkılap;
Gü: Güvercinlik; GüF: Güvercinlik çeşmesi
—: TS'ye göre içilebilir üst sınır
—: upper limit in drinkable waters in Turkish Standard Institution

Şekil: 3 İncelenen mineralli su kaynaklarının toplam alfa ve beta değerleri
Figüre: 3 Gross alpha and beta values in the Gümüşhane mineral springs.

Bilindiği gibi çok miktarda uranyum ve toryum elementi içeren ortamlarla temas eden sularda alfa (a) aktivitesi yüksek olur. Uranyum, toryum, radyum ve radonun zengin olarak bulunduğu kayaç grupları ise metamorfik

kayaçlar, granit türü kayaçlar, organik içeren tortular, kumtaşları ve karbonatlı tortul kayaçlardır. Alfa aktivitesinin yüksek olduğu Budak, İnkılap ve Yıldız mineralli su kaynaklarının birer fay kaynağı olduğu ve

çevrelerindeki kayaçların uranyum ve toryum bulundurmaya müsait kayaçlar olduğu görülür. Ayrıca bu tür kayaçlardaki fay zonları ayrışmanın yoğun olarak gözlemlendiği ve suların depolanmaya elverişli yerler olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla bu zon boyunca hem uranyum ve toryum zenginleşmesi hem de suyun bu zonda depolanması, mineralli sulara bu tür radyoaktif elementlerin geçmesine neden olmaktadır.

SONUÇ VE TARTIŞMALAR

İncelenen mineralli su kaynakları tektonik hareketlere bağlı olarak yüzeye çıkan küçük debili ve soğuk kaynaklardır.

İncelenen mineralli su kaynaklarından Budak Mn^{+2} , Fe^{+2} , Pb^{+2} ve Cd^{+2} , Akgedik Mn^{+2} , Pb^{+2} ve Cd^{+2} , Yıldız Fe^{+2} , Pb^{+2} ve Cd^{+2} , Tekkeköy ve İnkılap Pb^{+2} ve Cd^{+2} , Yeşildere ve Güvercinlik Pb^{+2} konsantrasyonu yönünden içmeye uygun değildir.

Mineralli su kaynaklarında toplam alfa aktivitelerinin 0.122-0.78 Bq/l, toplam beta aktivitelerinin 0.067-0.401 Bq/l arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değerlere göre mineralli sular toplam alfa aktiviteleri açısından içmeye uygun değildir.

İncelenen mineralli su kaynaklarından Yeşildere ve Güvercinlik mineralli su kaynakları yakın çevredeki insanlar tarafından kullanılmaktadır. Bilinçsiz olarak kullanılan bu kaynaklar sağlık açısından sorun yaratabilir. Bu nedenle ilgili birimler tarafından kullanımlarının önlenmesi yöre halkının sağlığı açısından önemlidir.

DEĞİNİLEN BELGELER

Ağar, U., 1977, Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi, KTÜ Matbaası, Trabzon, 58 s.

- Davis, N.S., and DeWiest, R.J.M., 1966, Hydrogeology, John Wiley and Sons., Inc. New York, 463 p.
- Fetter, C.W., 1980, Applied Hydrogeology, Bell and Howel Company, Columbus, Ohio, 488 P.
- Garrels, R.M. and Christ, C.L., 1965, Solutions, Minerals and Equilibria, Harper and Row, New York, 450 p.
- Gültekin, F., 1998, Gümüşhane ve Bayburt yöresi mineralli su kaynaklarının hidrokimyası ve izotopik özellikleri, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), 188p.
- Güven, İ.H., 1993, Doğu Pontidlerin 1/25 000 ölçekli jeolojisi ve komplikasyonu, MTA, (Ankara) Yayınlanmamış.
- Güven, İ.H., Nalbantoğlu, A.K. ve Takaoğlu, S., 1993, MTA Genel Müdürlüğü 1/100 000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye Jeolojisi haritaları serisi, Trabzon F42 ve G42 Paftalan, Ankara.
- Güven, İ.H., Nalbantoğlu, A.K. ve Takaoğlu, S., 1993, MTA Genel Müdürlüğü 1/100 000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye Jeolojisi haritaları serisi, Trabzon F43 ve G43 Paftalan, Ankara.
- Hem, D.J., 1971, Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, second edition, U.S. Government Printing Office, Washington, 363p.
- Matthess, G., 1982, The Properties of Groundwater, J.C. Harty, John Wiley and Sons., Inc., Canada, 406 p.
- Nair, V.S.K. and Nancollas, G. H., 1959, Thermodynamics of Iin association, Part VI, Transition Metal Sulphates. Chem. Soc. Jour., 3934-3939.
- Pelin, S., 1977, Alucra (Giresun) Güneydoğu yöresinin petrol olanakları bakımından jeolojik incelemesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayını, Yayın No. 87, Trabzon.
- Şahinci, A., 1991, Doğal suların jeokimyası, Reform Matbaası, İzmir, 548 s.
- TS, 1991, Mineralli su- İçilebilir, TS-9130, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 13 s.
- WHO, 2003, Guidelines for drinking water quality. Third Edition, Chapter 9.

KBİ İzabe, Tügsaş ve Organize Sanayi Bölge Tesislerinin (Samsun, Tekkeköy) Çevresel Etkileri

The Environmental impacts of Karadeniz Copper Industries (KBİ) Smelting Plant, Fertilizer Industry (Tügsaş) and The industrial Park Facilities (IPF) in Tekkeköy, Samsun

*** Abdullah ÇUBUKÇU, *Necati TÜYSÜZ**

**MTA Genel Müdürlüğü, MAT Dairesi, 06520 Ankara*

*** KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon*

ÖZ

Tekkeköy (Samsun) yöresinde yer alan çalışma alanı, Karadeniz Bakır İşletmeleri (KBİ) İzabe Tesisi, Samsun Gübre Sanayi (TÜGSAŞ) Tesisi ve Samsun Organize Sanayi (OSB) Bölgesi tesislerini kapsamaktadır. Bu çalışmada, bu tesislerin çevresel etkilerini belirlemek amacıyla, tesislerin çevresindeki toprak, bitki ve sularda ağır metal (genelde Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, Cd) ve S analizleri irdelenmiştir.

Çalışma sahasındaki topraklarda Cu, Pb, Zn, Fe ve Mn kirliliği belirlenmiş olup, bu kirliliğin kaynağı tesislerdir. Cu kirliliği muhtemelen KBİ, Tügsaş ve OSB tesislerinden, Zn ve Pb kirliliği Tügsaş ve OSB tesislerinden kaynaklanmaktadır. Fe ve Mn kirliliğinin kaynağı ise, KBİ tesisidir. KBİ (Bakır İzabe) tesisi atık alanı çevresinden yüzey (0-20 cm) ve derinden (20-50 cm) alınan toprak örneklerinde, yüzeydeki kirlenmenin derine göre daha fazla olduğu görülmektedir.

KBİ ve Tügsaş tesisleri, çalışma sahasındaki bitkilerde Cu, Pb, Zn ve Fe kirliliği, OSB tesisleri ise Cu ve Pb kirliliği oluşturmaktadır. Cu, Pb, Zn, Fe ve S, tütün (*Nicotiana tabacum*) bitkisi üzerinde; Cu, Zn, Fe, mısır (*Zea mays*) bitkisi üzerinde; Cu, Pb, Fe ve S, lahanası (*Brassica oleracea*) bitkisi üzerinde kirlilik oluşturmaktadır.

İnceleme sahasındaki sularda, KBİ tesisi Pb kirliliği ile düşük düzeyde Cu ve Fe kirliliği oluşturmakta; Tügsaş tesisi düşük düzeyde Cu, Fe ve Mn kirliliği meydana getirmekte; OSB tesisleri ise Pb kirliliği ile düşük düzeyde, Fe ve Mn kirliliği oluşturmaktadır.

Anahtar kelimeler: Samsun, Tekkeköy, KBİ, TÜGSAŞ, OSB, Topraktaki kirlenme, Bitkideki kirlenme, Sudaki kirlenme

ABSTRACT

This study has been conducted around KBİ, Tügsaş and IPF that are located in Tekkeköy, Samsun, in order to reveal the impacts of these industries, Cu, Zn, Pb, Fe, Mn, Cd and S analyses in soil, plant and water samples were conducted.

in the study area, Cu, Zn, Pb, Fe and Mn pollution was determined in soil samples and attributed to the above mentioned industrial facilities. Most probably the sources of Cu pollution are derived from KBİ, Tügsaş and IPF; Zn and Pb pollution originates from Tügsaş and IPF; Fe ve Mn pollution is attributed to KBİ. in addition to this, taking into account the samples collected from the surface (0-20 cm), and from depth (20-50 cm) around KBİ, the pollution appears to be limited to the soil

surface.

in the plant samples collected from the study area, KBİ and TÜGSAŞ appear to cause Cu, Pb, Zn and Fe pollution, and IPF appear to cause Cu and Pb pollution. Pollutants observed in tobacco (Nicotiana tobacum) are Cu, Pb, Zn, Fe and S; in maize (Zea mays) are Cu, Zn and Fe; and in cabbage (Brassica oleracea) are Cu, Pb, Fe and S.

in the watersamples collected from the study area revealed that KBİ has causing Pb pollution and a relatively lower level of Cu and Fe pollution; TÜGSAŞ is causing a lower level of Cu, Fe and Mn; and IPF are causing Pb pollution and a relatively lower level of Fe and Mn pollution.

Keywords: Samsun, Tekkeköy, Karadeniz Copper Industries Smelting Plant, Fertilizer Industry, The Industrial Park Facilities, Pollution in soil, Pollution in plants, Pollution in water.

GİRİŞ

Organizmaların yaşayabildiği ortam, onların çevresini oluşturmaktadır. Günümüzde ise çevre daha çok insanın yaşadığı doğa parçası olarak değerlendirilmektedir. Madencilik ve endüstriyel faaliyetlerin, ekolojik denge ve özellikle de flora ve fauna üzerinde oluşturduğu değişiklikler, insanı ve çevresini de olumsuz etkilemektedir. Bu yüzden günümüzde tüm dünyada çevreye büyük önem verilmektedir. Son yıllarda Türkiye de bu akımdan etkilenmiştir. Ancak sürdürülebilir kalkınma perspektifinde, hem faaliyetlerin devam etmesi, hem de bu faaliyetlerin olası etkilerinin en aza indirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, Karadeniz Bölgesi'nde Samsun (Tekkeköy) yöresinde bulunan Karadeniz Bakır İşletmeleri İzabe Tesisi (KBİ), Samsun Gübre Sanayi (TÜGSAŞ) ve Samsun Organize Sanayi Bölgesi (SOSB) (Elektrolitik Bakır Sanayi, Petrol Ofisi ve Aygaz Dolum Tesisleri vs.) çalışma alanı olarak seçilmiştir. Daha önce bölgede yapılan çalışmalarda; Müezzinoğlu (1973), Samsun Gübre Sanayi (TÜGSAŞ) baca emisyonlarını, Karadeniz Bakır İşletmeleri (KBİ) üretime başlamadan önce ölçmüş ve yaptığı ölçümlerde TÜGSAŞ tesislerinin 615 kg/saat SO₂ gazını havaya verdiğini belirlemiştir. Bu miktarın az bir kısmı dahi bacadan atıldığında, bunlardan H₂SO₄ veya onun anhidriti şeklinde yeryüzüne dönüşümler olduğunu, bölgede iklimin yağışlı

olması ve havada oransal nemin de yüksek olması sonucu, bu emisyon değerinin toprak ve bitkilerde doğrudan asit etkisi yaptığını belirtmiştir. Çepel ve diğerleri (1980), Samsun Gelemen Orman Fidanlığındaki bazı ağaç türlerinde SO₂ gazının meydana getirdiği zararları incelemişlerdir. Bu inceleme sonucuna göre KBİ ve TÜGSAŞ Fabrikalarından çıkan dumanlar içindeki SO₂ gazının çevredeki iğne yapraklı ağaç türlerinde ve tütün yapraklarında ölümcül zararlar oluşturduğunu söylemişlerdir. Atamer (1985), TÜGSAŞ ve KBİ tesisleri çevresindeki topraklarda yapmış olduğu araştırmada, bu kuruluşların Çarşamba ve Tekkeköy Ovaları'nda yoğun ağır metal kirlenmesine yol açtığını belirlemiştir. Bu kirlenmenin nedenlerini ise üretim aşamasında hammaddenin istenilen özelliklerde olmaması, makina ve donanımların verimli çalıştırılmamasına bağlamıştır. Kara ve diğerleri (1998) Samsun Gübre Sanayi (TÜGSAŞ) ve Karadeniz Bakır İşletmeleri (KBİ) baca gazlarının çevredeki tarım topraklarının bazı kimyasal ve biyolojik özellikleri ile mikroelement kapsamlarına olan etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucuna göre Samsun Gübre Sanayi (TÜGSAŞ) ve Karadeniz Bakır İşletmeleri (KBİ) baca gazlarının çevre topraklarına kirlenici bir etki yaptığı, topraktaki kalıntı kirlenicilerin miktarlarının toprağın üst zonlarında daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Bölgede bu kadar yoğun çalışılmasına rağmen, hiçbir araştırmacı Karadeniz Bakır İşletmeleri İzabe Tesisi (KBI), Samsun Gübre Sanayi (TÜGSAŞ) ve Samsun Organize Sanayi Bölgesi (SOSB) çevresindeki kayaç, toprak, bitki ve su ortamlarını irdeleyip birlikte değerlendirmemiştir. Bu nedenle başta KBI ve Tügsaş tesisleri olmak üzere, OSB tesislerinin olası çevresel etkileri ortaya konmaya çalışılmış ve bu etkilerin giderilmesi amacıyla çözüme yönelik alternatifler üretilmiştir. Çalışma alanı olarak bu bölgenin seçilmesinin ana nedeni, bölgenin hem 1. sınıf tarım arazisi olan Çarşamba ovasına, hem de şehir merkezine çok yakın olması ve kıyı şeridinde yer alması sebebiyle denize de olası etkisinin bulunabilmesidir.

Çalışma alanı Orta Karadeniz Bölgesi, Karadeniz kıyı şeridinde, Samsun İli Tekkeköy ilçesi F-36b3, c2 ve F-37a4, di paftaları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma sahasının yer bulduru haritası
Figure 1. Location map of the study area

BÖLGESELJEOLJİ

Çalışma sahası Türkiye'nin tektonik kuşaklarından biri olan Doğu Pontidler'in batısında yer alır. Çalışma alanını da içine alan bölgenin en yaşlı birimi İnözü Formasyonudur. Metakumtaşı ve sleyt ardalanmasından oluşan Jura yaşlı bu birimin alt dokanağı gözlenmemektedir (Ketin, 1962; Gedik ve Korkmaz, 1984). Bu formasyon, kireçtaşı olistolitleri içeren kumtaşı-şeyl ardalanmalı Alt Kretase yaşlı Kavak Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülür (Blumenthal, 1940; Gayle, 1959; Badgley, 1959; Ketin ve Gümüş, 1963; Gedik ve Korkmaz, 1984). Bir çökmezlik evresinden sonra, Santoniyen'de Kapanboğazı Formasyonunun pelajik kireçtaşları, Kavak Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelir (Blumenthal, 1940; Gayle, 1959; Badgley, 1959; Ketin ve Gümüş, 1963; Gedik ve Korkmaz, 1984). Kapanboğazı Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen Kampaniyen-Maestrihtiyen yaşlı Yemişliçay Formasyonu ise kumtaşı, şeyl, tüf, tüffit, aglomera ardalanmasından oluşan volkano-tortul özellikte bir istifdir (Gedik ve Korkmaz, 1984). Bu formasyon üzerine Maestrihtiyen yaşlı kumtaşı, marn, şeyl ardalanmasından oluşan türbiditik fasiyesteki Cankurtaran Formasyonu gelir (Blumenthal, 1940; Gayle, 1959; Badgley, 1959; Ketin ve Gümüş, 1963; Gedik ve Korkmaz, 1984; Yoldaş vd., 1985). Üst Maestrihtiyen-Paleosen zaman aralığında havza karbonat platformundan beslenmiş ve değişik akış rejimli türbiditik akıntılar tarafından Akveren Formasyonunun kalkarenitleri (kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, marn ardalanması) çökelmiştir (Gayle, 1959; Badgley, 1959; Ketin ve Gümüş, 1963; Gedik ve Korkmaz, 1984; Yoldaş ve diğ., 1985). Bu birim üzerine gelen Atbaşı Formasyonunun kırmızı renkli kumtaşı ve marn ardalanması, Alt Eosen'de havzanın derin denizel özelliğini koruduğunu göstermektedir. Kumtaşı, marn ardalanmasından oluşan Lütesiyen yaşlı Kusuri Formasyonu,

Atbaşı Formasyonunun üzerine gelir (Ketin ve Gümüş, 1963; Gedik ve Korkmaz, 1984). Yaşı Üst Eosen olarak kabul edilen Tekkeköy Formasyonunun volkanit ve volkano-tortul kayaçları Kusuri Formasyonu üzerine çalışma alanının doğusunda uyumlu, batısında ise uyumsuz olarak gelir (Gedik ve Korkmaz, 1984; Yoldaş ve diğ., 1985). Eosen sonrası (Üst Miyosen-Pliyosen) bir volkanizmanın ürünü olan Mahmurdağ Volkanitleri batolit, dayk ve siller şeklinde daha yaşlı Formasyonları keserek çıkmış ya da aralarına yerleşmiştir (Gedik vd., 1984; Gedik ve Korkmaz, 1984). Saha da yüzeyleyen en son birim Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır.

İnceleme Alanının Jeolojisi

Samsun ili Tekkeköy ilçesi içerisinde yer alan inceleme alanında Yoldaş ve diğerleri (1985), tarafından adlandırılan Eosen yaşlı Tekkeköy Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar yer almaktadır (Şekil 2).

Tekkeköy Formasyonu'nun tabanında kumtaşı, silttaşı ve çakıltaşlarının oluşturduğu çökel kayalar yer almaktadır. Çökel kayaların üstünde volkanoklastitler ve volkanoklastitlerin de üzerinde volkanitler egemendir. Ancak, inceleme alanında sadece volkanoklastitler ve volkanitler izlenebilmektedir.

Bu birimler de inceleme alanında, tabanda kahve renkli volkanik breş ile yeşil, krem ve beyaz renkli tuf, üstte ise siyah, yeşil ve kahverengi renklere bazalt ve andezitlerle temsil edilmektedir.

Volkanik Breş çalışma sahasında yer yer gevşek çimentolu, yer yer de çok sert ve sağlam yapıdadır. Başlıca yuvarlak, az köşeli bazalt ve daha az andezit çakıl ve blokları içerir. Volkanik kayaç parçaları ile kristal parçalarının tufu oluşturduğu tespit edilmiştir. Hamur genellikle ayrılmış olup, yaygın olarak karbonatlaşmış ve killeşmiştir. Bazaltın başlıca porfirik, kısmen de



Şekil 2. Çalışma alanının Jeoloji haritası (Yoldaş vd., 1985'ten değiştirilerek alınmıştır).

Figure 2. Geological map of the study area (revised from Yoldaş et al. (1985)).

Atbaşı Formasyonunun üzerine gelir (Ketin ve Gümü, 1963; Gedik ve Korkmaz, 1984). Yaşı Üst Eosen olarak kabul edilen Tekkeköy Formasyonunun volkanit ve volkano-tortul kayaları Kusuri Formasyonu üzerine çalışma alanının doğusunda uyumlu, batısında ise uyumsuz olarak gelir (Gedik ve Korkmaz, 1984; Yoldaş ve diğ., 1985). Eosen sonrası (Üst Miyosen-Pliyosen) bir volkanizmanın ürünü olan Mahmurdağ Volkanitleri batolit, dayk ve siller şeklinde daha yaşlı Formasyonları keserek çıkmış ya da aralarına yerleşmiştir (Gedik vd., 1984; Gedik ve Korkmaz, 1984). Saha da yüzeyleyen en son birim Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır.

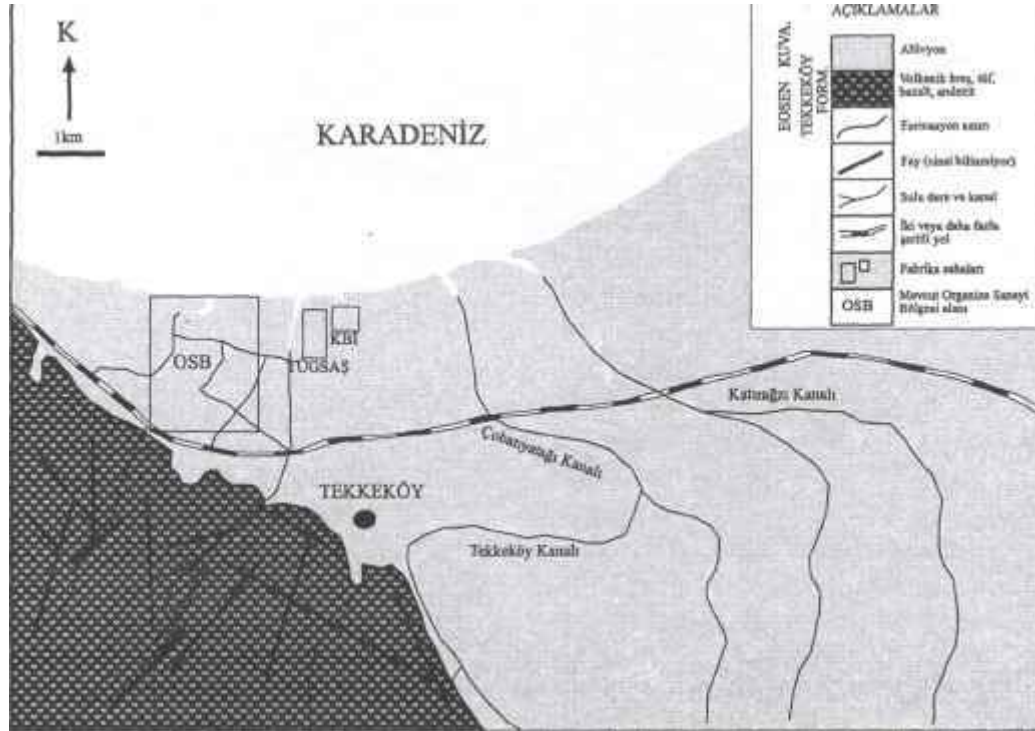
İnceleme Alanının Jeolojisi

Samsun ili Tekkeköy ilçesi içerisinde yer alan inceleme alanında Yoldaş ve diğerleri (1985), tarafından adlandırılan Eosen yaşlı Tekkeköy Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar yer almaktadır (Şekil 2).

Tekkeköy Formasyonu'nun tabanında kumtaşı, silttaşı ve çakıltaşlarının oluşturduğu çökel kayalar yer almaktadır. Çökel kayaların üstünde volkanoklastitler ve volkanoklastitlerin de üzerinde volkanitler egemendir. Ancak, inceleme alanında sadece volkanoklastitler ve volkanitler izlenebilmektedir.

Bu birimler de inceleme alanında, tabanda kahve renkli volkanik breş ile yeşil, krem ve beyaz renkli tuf, üstte ise siyah, yeşil ve kahverengi renklere bazalt ve andezitlerle temsil edilmektedir.

Volkanik Breş çalışma sahasında yer yer gevşek çimentolu, yer yer de çok sert ve sağlam yapıdadır. Başlıca yuvarlak, az köşeli bazalt ve daha az andezit çakıl ve blokları içerir. Volkanik kayaç parçaları ile kristal parçalarının tüfü oluşturduğu tespit edilmiştir. Hamur genellikle ayrılmış olup, yaygın olarak karbonatlaşmış ve killeşmiştir. Bazaltın başlıca porfirik, kısmen de



Şekil 2. Çalışma alanının Jeoloji haritası (Yoldaş vd., 1985'ten değiştirilerek alınmıştır).
Figure 2. Geological map of the study area (revised from Yoldaş et al. (1985)).

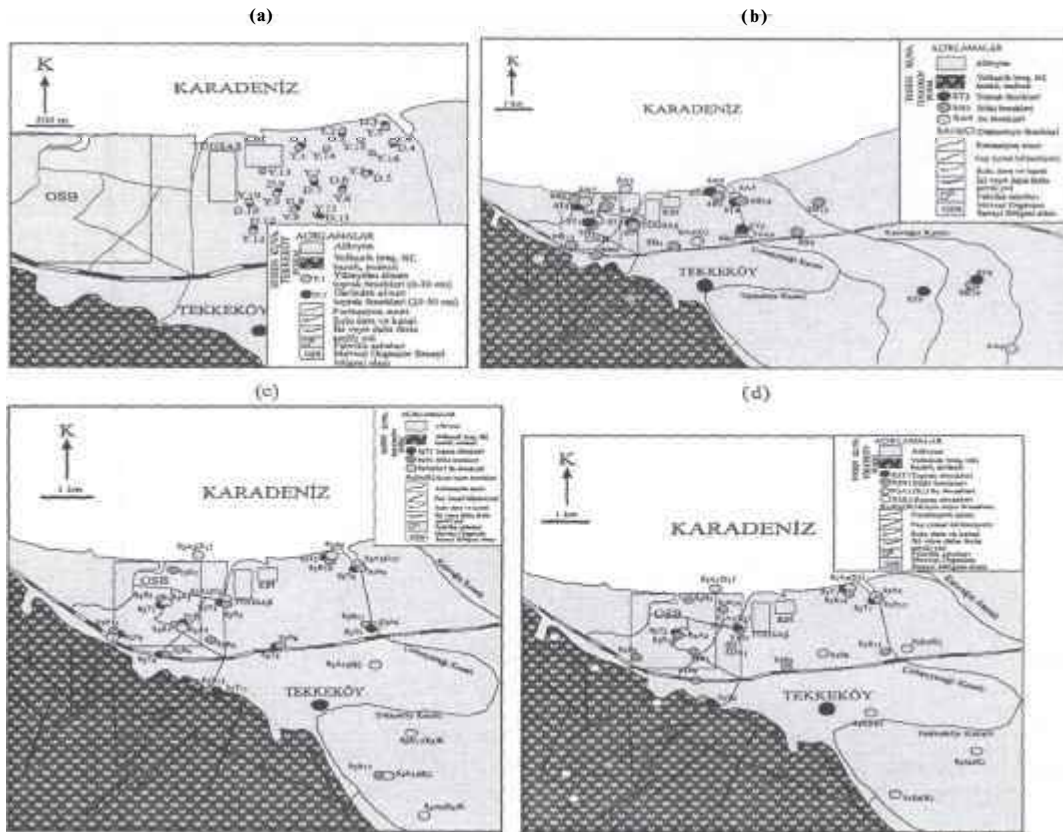
hyalopilitik dokulu olduğu görülmüştür. Hamur içinde ince kristaller halinde ojit ile granüller halinde opak mineral bulunur. Ojit ve plajiyoklaslar, fenokristalleri oluşturur. Ojitler yan özşekillidir. Pajiyoklaslar ise özşekilli ve yarı özşekilli olup, labrador (An_{60}) bileşimindedir. Andezitlerin genellikle mikrolitik dokulu, olduğu görülmüştür. Hamur içinde feldspatlar yaygındır. Fenokristal olarak özellikle plajiyoklaslar ve amfibol bulunur. Yer yer ojit ve biyotite de rastlanır. Plajiyoklaslar nadiren de olsa zonlu yapı gösterir. Karbonat ve daha az olarak da klorit, ikincil mineralleri oluşturur. Andezitler, bazan piroksen-andezit karakterinde olup, hyalopilitik doku özellikleri gösterir. Hyalopilitik dokulu hamurda mikrokristaller halinde plajiyoklas mikrolitleri ile granüller halinde ojit kristalleri yer alır. Fenokristaller, andezin (An_{35}) bileşimli plajiyoklas ve ojitler.

İnceleme alanında alüvyonu oluşturan materyaller tutturulmuş kum, kil ve çakıldır.

YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışma kapsamında, inceleme sahasıyla ilgili önceden yapılmış çalışmalar ve jeolojik haritalar derlendikten sonra araziye çıkılarak jeolojik (petrografik amaçlı kayaç örnekleme) ve çevresel (kirlilik) amaçlı örneklemeler yapılmıştır.

Bu amaçla, Tekkeköy (Samsun) yöresindeki sanayi tesisleri ve özellikle de TÜGSAŞ (Samsun gübre sanayi), KBİ (maden izabe tesisi) ve OSB (Organize sanayi bölgesi) tesisleri çevresinde Mart 1999, Ağustos 2000, Haziran 2001 ve Ekim 2001 dönemlerinde kayaç, toprak, bitki ve su örnekleme yapılmıştır (Şekil 3). Bu



Şekil 3.a) Mart 1999 b) Ağustos 2000 c) Haziran 2001 ve d) Ekim 2001 dönemlerine ait örnek alım haritaları

Figure 3.a) Maps showing sample locations in March 1999 b) in August 2000 c) in June 2001 and d) October 2001

örneklemede, tesislerin atık su dışarı kanallarından, bu dışarın etkilediği denizden, dere ve açılmış su kuyularından su örnekleri; atık havuzu ve çevredeki topraklardan, toprak örnekleri ve bitki örnekleri alınmıştır. Su örnekleme sırasında pH metre cihazıyla suların pH'ı ve sıcaklığı ölçülmüştür. Mart 1999 döneminde KBİ tesisinin bulunduğu alan içinde yaklaşık 1.5 km²'lik bir sahada toprak örnekleme yapılmıştır. Bu örneklemede sahadan 16 adet yüzey (0-20 cm) ve 12 adet derin (20-50 cm) olmak üzere toplam 28 adet toprak örneği alınmıştır. KBİ, TÜGSAŞ ve Samsun Organize Sanayi Bölgesi (SOSB) tesisleri (yaklaşık 15 km²) çevresinden Ağustos 2000 döneminde 9 adet toprak, 14 adet bitki ve ağır metal analizi (SA= HNO₃ korumalı) için 10 adet su numunesi alınmış olup, su örneklerinin 2'si çeşme (Ç) suyu örnekleridir. Ağır metal analizi için alınan örneklerde çeşitli şekillerde iyon kaybının önlenmesi amacıyla 2 L'lik örnek kabına 2-3 mL konsantre HNO₃ (Rose vd., 1979) ilave edilmiştir. Haziran 2001 döneminde 11 adet toprak, 14 adet bitki ve ağır metal analizi (SA= HNO₃ korumalı) için 12 adet, diğer bileşenlerin analizi (SE) için de 5 adet olmak üzere toplam 17 adet su numunesi alınmıştır. Su örneklerinin 4 adeti kuyu (K) suyu örnekleridir. Ekim 2001 döneminde de 5 adet toprak, 14 adet bitki ve ağır metal analizi (SA) için 5 adet, diğer bileşenlerin analizi (SE) için de 8 adet olmak üzere toplam 13 adet su numunesi alınmış olup, su örneklerinin 4 adeti kuyu (K) suyu örnekleridir.

Bu çalışma kapsamında araziden alınan toprak örneklerinin bir kısmı (Mart 1999 dönemi toprak örnekleri) Kanada'da Acme laboratuvarında ICP-MS (Inductively coupled plasma-mass spectrometer) cihazıyla iz element analizine tabi tutulmuştur. Diğer toprak örnekleri, bitki, su ve kayaç örnekleri ise analiz için MTA Genel Müdürlüğü Maden Analizleri

Laboratuvarındaki Mineraloji, Analitik ve Jeokimya birimine gönderilmiştir. Burada ince kesit ve XRD ölçümleri ile ICP-AES (Inductively coupled plasma-Atomic emission spectrometer) ve AAS (Atomic absorption spectrophotometer) cihazlarında majör ve iz element analizleri yaptırılmıştır. Toprak ve kayaç örnekleri Thompson ve Walsh (1989) 'un belirttiği şekilde ICP-AES ile; Bitki örnekleri Kaçar (1972)'nin belirttiği şekilde yaş yakma yöntemi kullanılarak (1000 mL Nitrik asit ile 250 mL Perklorik asit karışımı kullanılmıştır) AAS ile; su örnekleri ise ASTM (1995) ve Standart Metod (1980) kullanılarak ICP-AES ve AAS ile analiz edilmiştir.

Bütün bu örnekleme sonuçlarında OSB ve Tügsaş tesislerinin oluşturduğu çevresel etkiyle, KBİ maden izabe tesisinin çevresel etkisi ortaya konmuştur. Bunun sonucunda olası kirlenmenin derecesi ve kaynağı belirlenmeye çalışılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

1. TOPRAKTAKİ KİRLENME

Toprakların element içeriği ve element konsantrasyonu üzerinde organik madde miktarı ve tipi, bitki tipi, toprak ve ana kayaçtaki birincil ve ikincil minerallerin çözünürlüğü, fiziksel işlemler sonucu oluşan kayıp ve kazanımlar, ana kayaç üzerindeki ayrışma işlemlerinin süresi ve etkisi, ana kayaçtaki bir elementin bolluğu, mikrobiyolojik işlemler, iklimsel ve topoğrafik kontrollerin etkisi vardır (Smith ve Huyck, 1998). Bilindiği gibi topraklardaki element konsantrasyonu, kritik (eşik değer) seviyeyi aştığında kirlilik meydana gelir. Buna göre topraklarda bulunan bazı ağır metaller için belirlenmiş kritik konsantrasyonlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Topraklarda bazı ağır metaller için kritik konsantrasyonlar

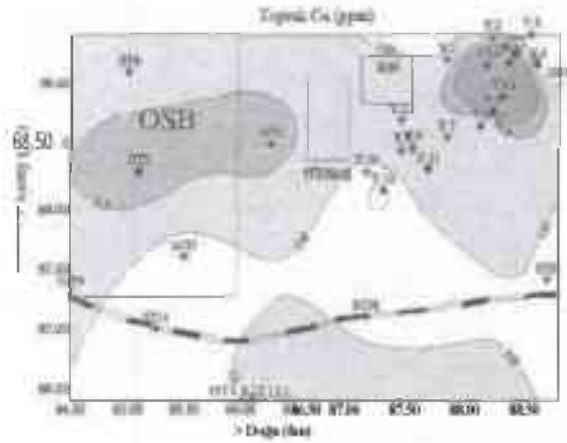
Tablel. Critical levels for some heavy metals in soils

Elementler	(Lindsay, 1979)	Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2001)
	Kritik seviye	Kritik seviye
ppm		
As	5	20
Cd	0,06	1
Co	8	20
Cr	100	100
Cu	30	50
Mo	2	10
Ni	40	30
Pb	10	50
Zn	50	150
Fe	38000	
Mn	600	
%		
S	0,07	

Element Dağılımları

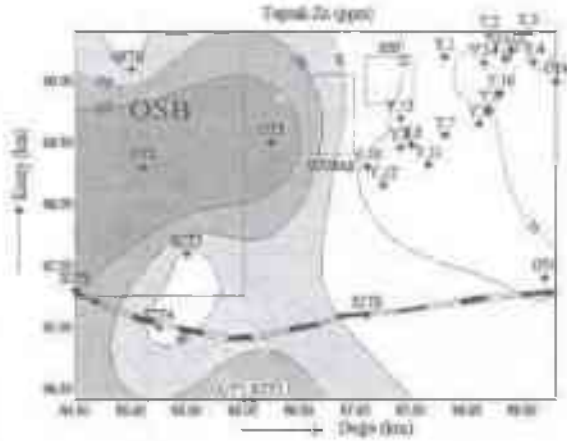
Çalışma sahasından alınan tüm toprak örneklerindeki bazı elementlerin (Cu, Pb, Zn, Fe ve Mn) konsantrasyon dağılım diyagramları incelenmiştir. Bu diyagramlardaki eş konsantrasyon eğrileri, Cu, Pb ve Zn için Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2001) topraktaki ağır metal kritik değerleri, Fe ve Mn için de Lindsay (1979)'ın topraktaki kritik element değerleri limit alınarak, çalışma sahasındaki Cu, Pb, Zn, Fe ve Mn element konsantrasyonlarının % 50., % 75. ve % 90. değerlerine göre oluşturulmuştur (Çizelge 1). Konturlamada grid oluşturulurken Kriging yöntemi seçilerek bilinmeyen noktalar için de konsantrasyonlar hesaplanmıştır. Kritik değerlerin üzerindeki element (Cu, Pb, Zn, Fe ve Mn) konsantrasyonları, topraklarda kirlilik göstergesidir. Diyagrama göre Cu konsantrasyonu, 15 km² lik çalışma sahasının yaklaşık % 90'ında kritik değer (50 ppm) üzerindedir ve sahanın kuzeydoğusunda, KBİ tesisi çevresinde yaklaşık 0,5 km²lik bir alanda, oldukça yüksek değerler gösterir (Şekil 4). Topraktaki bu Cu konsantrasyonları, Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete,

2001)'ne göre, topraklarda bulunması gereken maksimum Cu değeriyle (50 ppm; Çizelge 1) karşılaştırıldığında 7-32 kat daha yüksektir. Benzer şekilde OSB ve TUGSAŞ tesisleri çevresinden alınan OT₂ ve OT₃ örneklerinde de Cu değerleri kritik değerin (50 ppm) yaklaşık 7 katıdır. KBİ, TUGSAŞ ve OSB tesislerinden uzaklaştıkça Cu değerlerinde belirgin bir azalma görülmekle birlikte, çalışma sahasının güneyinde, tarım arazisinden alınan S₂T_n ve OT₁ örneklerinde yüksek Cu konsantrasyonlarına rastlanır. Birbirine çok yakın lokasyonlardan (örnek lokasyonları arasındaki mesafe yaklaşık 50 m'dir) alınan bu örnekler (S₂T₁₁ ve OT₁) çevresinde herhangi bir tesis yada cevherleşme bulunmamaktadır. Örneklerin tarım arazisinden alınması dolayısıyla, bu yüksek Cu konsantrasyonunun oluşmasında tarım kimyasallarının etkili olabileceği düşünülmektedir. Ancak tarım arazisi çevresinde yeterli örnekleme yapılmadığı ve tarım kimyasallarının etkisini destekleyecek bir veri olmadığı için bu konuda yorum yapılamamıştır. Tarım arazisi dışında, yüksek Cu değerlerinin sadece tesisler çevresinde görülmesi, KBİ tesisi atıkları (izabe kül ve curufu), TUGSAŞ tesisi atıkları ve OSB'deki bakır işleme tesisi atıklarının etkisini ortaya koymaktadır. Buna göre KBİ, Tügsaş ve OSB tesisleri, çevredeki topraklarda Cu kirliliği oluşturmaktadır. Tesisler çevresindeki topraklarda görülen Cu değerleri, dünyadaki benzer metal işleme tesisleriyle karşılaştırıldığında, yüzey topraklarında önemli miktarda Cu birikiminin olduğu ortaya çıkar. Buna göre Kabata-Pendias vd. (1981), Polonya'daki bakır işletmesinin çevresindeki topraklarda 75-125 ppm düzeyinde Cu birikimi oluşturduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde Avustralya'da bu oranın 847 ppm civarında (Beavington, 1975) ve Bulgaristan'da ise 24-2015 ppm (Tchuldziyan ve Khinov, 1976) arasında olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur.



Şekil 4. Çalışma sahasından yüzeyden alınan tüm toprak örneklerine ait Cu elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı (Y numaralı örnekler Mart 1999 döneminde, ST numaralı örnekler ise Ağustos 2000 ve Haziran 2001 dönemlerinde alınmıştır. "OT" numaralı örnekler, Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin ortalamasıdır).

Figure 4. Distribution diagram of Cu concentrations in allsoil surface samples collected from study area (Samples numbered Y are collected during March 1999, ST numbered samples are collected during August 2000 and June 2001; samples numbered OT are the average of the samples collected from the same locations that are collected during August 2000-June 2001-October 2001)



Şekil 5. Çalışma sahasından yüzeyden alınan tüm toprak örneklerine ait Zn elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı (Y numaralı örnekler Mart 1999 döneminde, ST numaralı örnekler ise Ağustos 2000 ve Haziran 2001 dönemlerinde alınmıştır. "OT" numaralı örnekler, Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin ortalamasıdır).

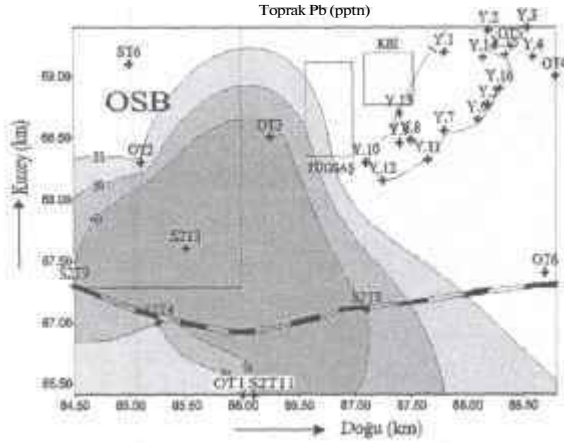
Figure 5 Distribution diagram of Zn concentrations in allsoil surface samples collected from study area (Samples numbered Y are collected during March 1999, ST numbered samples are collected during August 2000 and June 2001; samples numbered OT are the average of the samples collected from the same locations that are collected during August 2000-June 2001-October 2001)

Toprak örneklerine ait Zn elementinin konsantrasyon dağılım diyagramında Zn, çalışma sahasının batısında yaklaşık 7 km²'lik bir alanda yayılım göstermektedir (Şekil 5). Zn için kirlenmemiş topraklardaki kritik değer, Toprak

Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2001) topraktaki ağır metal değerlerine göre, 150 ppm'dir. Buna göre Zn konsantrasyonu, TÜGSAŞ ve OSB tesisleri çevresinde yaklaşık 2 km²'lik bir alanda kritik değer üzerinde (> 150 ppm). Bu iki tesis çevresindeki topraklarda görülen Zn konsantrasyonları, kritik değer (150 ppm) yaklaşık 2-3 katıdır. Buna karşın KBI tesisinden alınan örneklerin tamamında Zn değerleri, kritik seviyenin altında kalmaktadır. TÜGSAŞ ve OSB tesislerinden uzaklaştıkça Zn değerlerinde azalma görülmektedir. Çalışma sahasının güneyinde çok dar bir alanda görülen yüksek Zn konsantrasyonu hakkında, Cu dağılımında olduğu gibi herhangi bir yorum yapılamamıştır. Keza tesislerden, baca gazları ve partikülleriyle atmosfere salınan ağır metallerin atmosferik olarak taşınarak, burada birikim yapması olanaksız görünmekte ve topraktaki dağılım modeline de uymamaktadır. Bu dağılımda rüzgar yönünün herhangi bir etkisi yoktur. Bu durum topraklardaki Zn kirliliğinin, TÜGSAŞ ve OSB tesislerinden kaynaklandığını göstermektedir. Faber ve Niezgoda (1982), Polonya'da Zn-Pb işleyen işletmelerin, topraklarda 1665-5567 ppm düzeyinde Zn birikimi oluşturduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde metal işleyen endüstrilerden topraklara, Kanada'da 185-1397 ppm (John vd., 1975), Hollanda'da 915-3626 ppm (Harmsen, 1977), İngiltere'de 155-12400 ppm (Johnson vd., 1975) gibi önemli oranda Zn bulaşmasının olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Literatürden elde edilen sonuçlar, tesisler çevresindeki topraklarda görülen yüksek Zn konsantrasyonlarıyla örtüşmektedir.

Pb elementinin konsantrasyon dağılım diyagramında, Pb değerleri çalışma sahasında

OSB ile TÜGSAŞ tesisleri çevresinde yüksek değerler gösterir (Şekil 6). Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2001) topraktaki ağır metal değerlerine göre, Pb için kritik değer 50 ppm'dir. Buna göre tesisler çevresinde görülen yüksek Pb değerleri, kritik değerın yaklaşık 2-4 katıdır. Buna göre TÜGSAŞ ve OSB tesisleri atıkları topraklarda Pb kirliliği oluşturmaktadır.

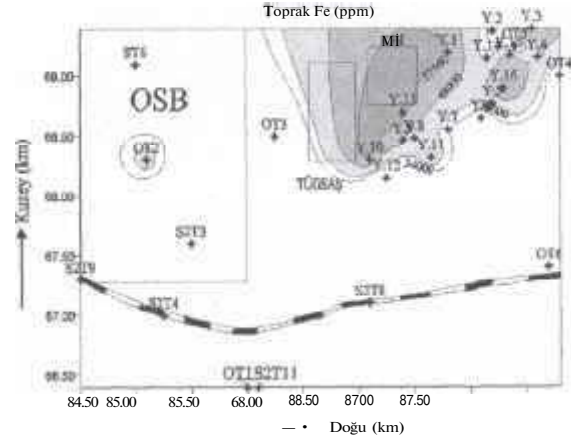


Şekil 6. Çalışma sahasından yüzeyden alınan tüm toprak örneklerine ait Pb elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı (Y numaralı örnekler Mart 1999 döneminde, ST numaralı örnekler ise Ağustos 2000 ve Haziran 2001 dönemlerinde alınmıştır. "OT" numaralı örnekler, Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin ortalamasıdır).

Figure 6. Distribution diagram of Pb concentrations in all soil surface samples collected from study area (Samples numbered Y are collected during March 1999, ST numbered samples are collected during August 2000 and June 2001; samples numbered OT are the average of the samples collected from the same locations that are collected during August 2000-June 2001-October 2001)

Konsantrasyon dağılım diyagramında Fe değerleri, Lindsay (1979)'ın topraklardaki kritik Fe içeriğiyle (38000 ppm) karşılaştırıldığında, KBİ tesisi çevresinde oldukça yüksek değerler

gösterdiği görülür. KBİ tesisi çevresindeki Fe değerleri kritik değerın (38000 ppm) yaklaşık 2 katıdır. Benzer şekilde OSB tesisleri çevresinden alınan OT₂ numaralı örnekte de Fe konsantrasyonu (41766,7 ppm), kritik değerın bir miktar üzerindedir (Şekil 7). KBİ tesisinden uzaklaştıkça Fe konsantrasyonunda dereceli bir azalma görülür. Buna göre KBİ tesisi, çevredeki topraklarda Fe kirliliği oluşturmaktadır.

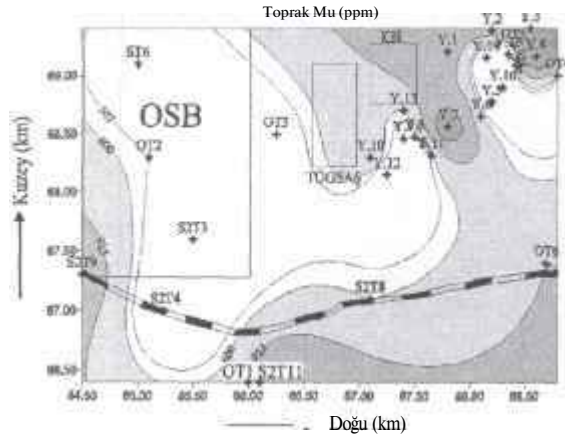


Şekil 7. Çalışma sahasından yüzeyden alınan tüm toprak örneklerine ait Fe elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı (Y numaralı örnekler Mart 1999 döneminde, ST numaralı örnekler ise Ağustos 2000 ve Haziran 2001 dönemlerinde alınmıştır. "OT" numaralı örnekler, Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin ortalamasıdır).

Figure 7. Distribution diagram of Fe concentrations in all soil surface samples collected from study area (Samples numbered Y are collected during March 1999, ST numbered samples are collected during August 2000 and June 2001; samples numbered OT are the average of the samples collected from the same locations that are collected during August 2000-June 2001-October 2001)

Diyagramda Mn değerleri, KBİ tesisi çevresinde oldukça yüksektir (Şekil 8). Lindsay'a (1979) göre, topraklardaki kritik Mn değeri 600 ppm'dir. Buna göre KBİ tesisi çevresindeki topraklarda Mn konsantrasyonları kritik değerın

(600 ppm) yaklaşık 1,5-4,5 katıdır. Çalışma sahasının diğer kısımlarında ise Mn konsantrasyonları genelde Kritik değerin altında kalmaktadır. Buna göre KBİ tesisi, çevredeki topraklarda Mn kirliliği oluşturmaktadır.



Şekil 8. Çalışma sahasından yüzeyden alınan tüm toprak örneklerine ait Mn elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı (Y numaralı örnekler Mart 1999 döneminde, ST numaralı örnekler ise Ağustos 2000 ve Haziran 2001 dönemlerinde alınmıştır. "OT" numaralı örnekler, Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin ortalamasıdır).

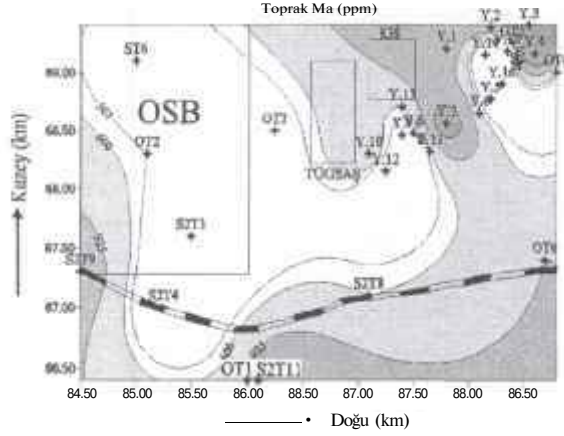
Figure 8. Distribution diagram of Mn concentrations in all soil surface samples collected from study area (Samples numbered Y are collected during March 1999, ST numbered samples are collected during August 2000 and June 2001; samples numbered OT are the average of the samples collected from the same locations that are collected during August 2000-June 2001-October 2001)

Mart 1999 döneminde KBİ tesisinin katı atık sahasından yüzeyden (0-20 cm) ve derinden (20-50 cm) alınan toprak örneklerindeki bazı element (Cu, Pb, Zn, Fe ve Mn) konsantrasyonları irdelenmiş ve Cu ait konsantrasyon dağılım diyagramı aşağıda verilmiştir (Şekil 9a ve b). Bakırın konsantrasyon dağılım diyagramına bakıldığında, yüzeyden alınan toprak örneklerine ait Cu elementi, Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2001) topraktaki ağır metal kritik değerlerine göre, sahanın

genelinde yüksektir (>50 ppm; Çizelge 1 ve Şekil 9a). Ancak diyagramın kuzeydoğu ucunda yaklaşık 0,5 km²'lik bir alanda çok daha yüksek değerlere ulaşmaktadır (>313 ppm). Oysa derinden alınan toprak örneklerindeki Cu değerleri yüzeye göre oldukça düşük olup, sahanın batısında daha yüksek değerler gösterirler (>50 ppm; Şekil 9b). Örnekleme, aktif bir atık sahası çevresinde yapıldığı için, Cu değerlerinin yüzey örneklerinde yüksek çıkması doğaldır. Zira yüzeyden (0-20 cm) alınan toprak örnekleri, tamamen KBİ atığının etkisini yansıtmaktadır. Oysa derinden (20-50 cm) alınan toprak örneklerinde, yaklaşık 30-40 cm derinliğe kadar olan kısım atık özelliğinde olup, sonraki kısım kum içeriklidir. Buna göre yüzeyden alınan toprak örneklerindeki element değerleri tesisin etkisini, derinden alınan toprak örneklerindeki element değerleri ise tesisten çok alttaki litolojinin etkisini (Ullrich vd., 1999) yansıtır. Bu durum, topraklarda KBİ tesisinden kaynaklanan Cu kirliliği olduğunu ve bu kirliliğin yüzey örneklerinde daha fazla görüldüğünü göstermektedir.

Yüzeyden ve derinden alınan toprak örneklerine ait Zn ve Pb konsantrasyonları, Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2001) topraktaki ağır metal kritik değerlerine (Tablo 1) göre, oldukça düşüktür. Bu yüzden bu elementlerin, KBİ tesisi çevresindeki toprakta herhangi bir kirlilik oluşturmadığı düşünülmektedir. Oysa Fe ve Mn konsantrasyonları Cu dağılımında olduğu gibi, KBİ tesisi çevresinde yüksektir. Zn, Pb, Fe ve Mn elementlerinin yüzey ve derinden alınan toprak örneklerindeki konsantrasyonları karşılaştırıldığında ise, yüzeydeki element konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu görülür. Bu durum, Zn, Pb, Fe ve Mn elementlerinin yüzey topraklarında daha fazla birikim yaptığını (Kara vd., 1998) göstermektedir.

(600 ppm) yaklaşık 1,5-4,5 katıdır. Çalışma sahasının diğer kısımlarında ise Mn konsantrasyonları genelde Kritik değerin altında kalmaktadır. Buna göre KBİ tesisi, çevredeki topraklarda Mn kirliliği oluşturmaktadır.



Şekil 8. Çalışma sahasından yüzeyden alınan tüm toprak örneklerine ait Mn elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı (Y numaralı örnekler Mart 1999 döneminde, ST numaralı örnekler ise Ağustos 2000 ve Haziran 2001 dönemlerinde alınmıştır. "OT" numaralı örnekler, Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin ortalamasıdır).

Figure 8. Distribution diagram of Mn concentrations in all soil surface samples collected from study area (Samples numbered Y are collected during March 1999, ST numbered samples are collected during August 2000 and June 2001; samples numbered OT are the average of the samples collected from the same locations that are collected during August 2000-June 2001-October 2001)

Mart 1999 döneminde KBİ tesisinin katı atık sahasından yüzeyden (0-20 cm) ve derinden (20-50 cm) alınan toprak örneklerindeki bazı element (Cu, Pb, Zn, Fe ve Mn) konsantrasyonları irdelenmiş ve Cu ait konsantrasyon dağılım diyagramı aşağıda verilmiştir (Şekil 9a ve b). Bakırın konsantrasyon dağılım diyagramına bakıldığında, yüzeyden alınan toprak örneklerine ait Cu elementi, Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2001) topraktaki ağır metal kritik değerlerine göre, sahanın

genelinde yüksektir (>50 ppm; Çizelge 1 ve Şekil 9a). Ancak diyagramın kuzeydoğu ucunda yaklaşık 0,5 km²lik bir alanda çok daha yüksek değerlere ulaşmaktadır (>313 ppm). Oysa derinden alınan toprak örneklerindeki Cu değerleri yüzeye göre oldukça düşük olup, sahanın batısında daha yüksek değerler gösterirler (>50 ppm; Şekil 9b). Örnekleme, aktif bir atık sahası çevresinde yapıldığı için, Cu değerlerinin yüzey örneklerinde yüksek çıkması doğaldır. Zira yüzeyden (0-20 cm) alınan toprak örnekleri, tamamen KBİ atığının etkisini yansıtmaktadır. Oysa derinden (20-50 cm) alınan toprak örneklerinde, yaklaşık 30-40 cm derinliğe kadar olan kısım atık özelliğinde olup, sonraki kısım kum içeriklidir. Buna göre yüzeyden alınan toprak örneklerindeki element değerleri tesisin etkisini, derinden alınan toprak örneklerindeki element değerleri ise tesisten çok alttaki litolojinin etkisini (Ullrich vd., 1999) yansıtır. Bu durum, topraklarda KBİ tesisinden kaynaklanan Cu kirliliği olduğunu ve bu kirliliğin yüzey örneklerinde daha fazla görüldüğünü göstermektedir.

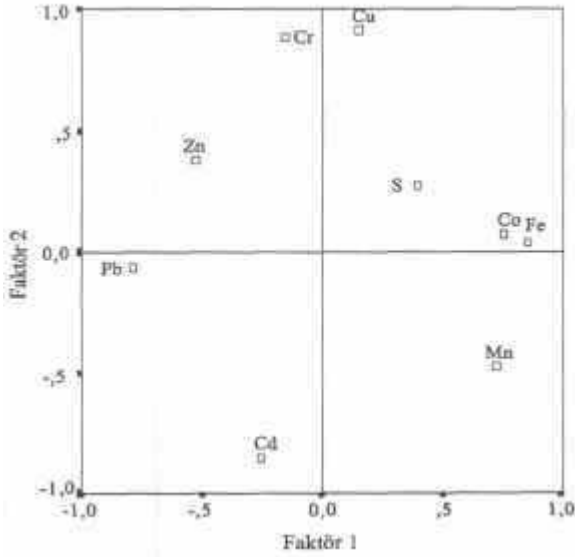
Yüzeyden ve derinden alınan toprak örneklerine ait Zn ve Pb konsantrasyonları, Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2001) topraktaki ağır metal kritik değerlerine (Tablo 1) göre, oldukça düşüktür. Bu yüzden bu elementlerin, KBİ tesisi çevresindeki toprakta herhangi bir kirlilik oluşturmadığı düşünülmektedir. Oysa Fe ve Mn konsantrasyonları Cu dağılımında olduğu gibi, KBİ tesisi çevresinde yüksektir. Zn, Pb, Fe ve Mn elementlerinin yüzey ve derinden alınan toprak örneklerindeki konsantrasyonları karşılaştırıldığında ise, yüzeydeki element konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu görülür. Bu durum, Zn, Pb, Fe ve Mn elementlerinin yüzey topraklarında daha fazla birikim yaptığını (Kara vd., 1998) göstermektedir.

Buradan Fe-Mn ve Cu-Zn zenginleşmesi açıkça görülmektedir.

Çizelge 2. Çalışma sahasından alınan toprak örneklerindeki iz elementler için hesaplanan faktör analizi

Table 2. Factor loading matrix for the metal concentration in the soil samples collected from study area

	Faktörler	
	F1	F2
Pb	-0,847	-0,100
Fe	0,851	0,202
Co	0,722	0,214
Zn	-0,569	0,442
Cr	-0,113	0,852
Cd	-0,387	-0,739
Mn	0,635	-0,665
S	0,392	0,362
Cu	0,256	0,872
% Değişim	39,2	28,8
Özgün Değer	1,95	1,4



Şekil 10. Çalışma sahasından alınan toprak örneklerindeki iz elementlerin temsil ettiği 1. ve 2. faktör yüklerinin nokta diyagramda gösterimi.

Figure 10. Diagram of factor loading illustrating factor loading of metal concentration in the soil samples collected from study area

Kirlenme Derecesi

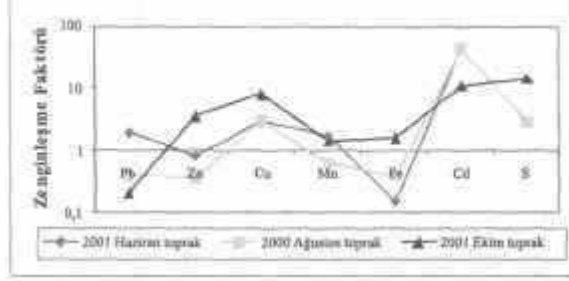
Kirliliğin Kantitatif olarak hesaplanmasında ilk önce çalışma sahasından alınan örneklerin kimyasal analizlerinden elde edilen bazı element konsantrasyonları, Çizelge 1 'de verilen değerlere (Cu, Pb, Zn ve Cd için Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 2001'de belirtilen topraktaki ağır metal kritik değerleri; Fe, Mn ve S için de Lindsay, 1979'un topraktaki kritik element değerleri) bölünür. Elde edilen oranlar zenginleşme derecelerini veya kirlenme derecelerini verir. Bu oran >1 ise zenginleşme olduğunun, <1 ise zenginleşme olmadığını göstergesidir. İkinci adımda bu metal oranları kullanılarak ortalama değerleri bulunur ve ortalama zenginleşme faktörü olarak isimlendirilen değer elde edilir. Her bir element için elde edilen ortalama zenginleşme faktörü değerleri elementlere karşı grafiklendirilir.

Buna göre Ağustos 2000, Haziran 2001 ve Ekim 2001 dönemi toprak örneklerindeki bazı elementler (Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, Cd, S) için hesaplanan ortalama zenginleşme faktörleri ve bu faktörlerin elementlere karşı grafikleri Şekil 11 'de verilmiştir.

Ağustos 2000, Haziran 2001 ve Ekim 2001 dönemlerinde alınan toprak örneklerindeki elementler için hesaplanan ortalama zenginleşme faktörlerini birbirleriyle karşılaştırdığımızda Cu, Zn, S için hesaplanan ortalama zenginleşme faktörlerinin Ekim 2001 döneminde, Cd için hesaplanan ortalama zenginleşme faktörünün ise Haziran 2001 döneminde en yüksek olduğu görülmektedir. Ağustos 2000 döneminde Cu, S, Cd topraktaki hakim kirleticiler, Haziran 2001 döneminde Cu, Pb, Mn ve Cd topraktaki hakim kirleticiler, Ekim 2001 döneminde ise Cu, Zn, Fe, Mn, S ve Cd topraktaki hakim kirleticilerdir.

2. BİTKİDEKİ KİRLENME

Bitkiler üç şekilde çevrelerinden elementleri bünyelerine alırlar: 1) köklerde, katyon değişimi yoluyla, 2) köklerde, difüzyon yoluyla ve 3) yapraklarda, emme (absorpsiyon) yoluyla. Bunlardan en önemli olanı köklerdeki katyon değişimidir (Brooks, 1983). Bitkilerin iz elementleri alabilme yeteneği mevsime, iklime, toprak koşullarına ve bitki türlerine bağlı olarak oldukça değişkendir. Bununla birlikte ortalamada bazı elementler için genel eğilimler gösterir (Kabata-Pendias ve Pendias, 1992; Pais ve Jones, 1997). Buna göre bitkilerdeki olası toksisiteyi ortaya koymak için, zararlı olabilecek bazı ağır metaller ve bitkilerdeki seviyelerinin bilinmesi gerekir. Bu değerler Çizelge 3 ve Çizelge 4'de gösterilmiştir.



Şekil 11. Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde alınan toprak örneklerindeki bazı elementler için hesaplanan zenginleşme faktörlerinin grafiği (Cu, Pb, Zn ve Cd elementleri, Tablo 1'de verilen Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2001) topraktaki ağır metal kritik değerlerine göre, Fe, Mn ve S ise Lindsay, 1979'un topraktaki kritik element değerlerine göre normalize edilmiştir).

Figure 11. Diagram of enrichment factors calculated for some elements in the soil samples collected from study area in August 2000-June 2001-October 2001 (The Cu, Pb, Zn and Cd elements are normalized based on the heavy metal critical values of Soil Pollution Control Regulation (Official Gazette, 2001), given in Table 1; the Fe, Mn and S elements are normalized according to Lindsay's (1979) critical element values in soils)

Çizelge 3. Değişik bitkilerde bazı elementlerin kritik düzeyleri (Jones vd., 1991).

Table 3. Critical concentration levels of some elements in various plants (Jones vd., 1991).

Bitki	Mısır (Zea mays L.)			Bitki	Tütün (Nicotiana tabacum)		
Bitki kısmı	Koçan yaprağı			Bitki kısmı	Genç yaprak		
Zaman				Zaman	Çiçeklenme		
Element	Noksan	Yeterli	Fazla	Element	Noksan	Yeterli	Fazla
ppm				ppm			
Cu	<5	5-20	>20	Cu	<15	16-60	>60
Fe	<50	50-250	>250	Fe	<50	50-200	>200
Mn	<20	20-300	>300	Mn	<30	30-250	>250
Mo	<0,1	0,1-10	>10	Mo	<0,4	0,4-0,6	>0,6
Zn	<20	20-60	>60	Zn	<20	20-80	>80
S(%)	<0,15	0,15-0,5	>0,5	S(%)	<0,25	0,25-0,50	>0,50
Bitki	Lahana (Brassica olerace)			Bitki	Marul (Lactuca sativa L.)		
Bitki kısmı	Dış yaprak			Bitki kısmı	Dış yaprak		
Zaman	Olgunluk dönemi			Zaman	olgun		
Element	Noksan	Yeterli	Fazla	Element	Noksan	Yeterli	Fazla
ppm				ppm			
Cu	3-4	5-15	>15	Cu	5-7	8-25	>25
Fe	25-29	30-200	>200	Fe	40-49	50-100	>100
Mn	20-24	25-200	>200	Mn	10-14	15-250	>250
Mo	0,2-0,3	0,4-1	>1	Zn	20-24	25-250	>250
Zn	15-19	20-200	>200				
S(%)	0,25-0,29	0,30-0,75	>0,75				
Bitki	Domates (Lycopersicum esculentum L.)			Bitki	Ceviz (Juglans regia)		
Bitki kısmı	Yaprak			Bitki kısmı	Yaprak		
Zaman	Çiçeklenme			Zaman	Temmuz-Ağustos		
Element	Noksan	Yeterli	Fazla	Element	Noksan	Yeterli	Fazla
ppm				ppm			
Cu	3-4	5-50	>50	Cu	<4	4-20	>20
Fe	50-59	60-300	>300	Fe	<20	20-200	>200
Mn	40-49	50-250	>250	Mn	<30	30-300	>300
Zn	18-19	20-250	>250	Zn	<22	22-25	>25
Bitki	Elma (Malus spp.)			Bitki	Elma (Malus spp.)		
Bitki kısmı	Yaprak (taze sürgün)			Bitki kısmı	Yaprak		
Zaman	Orta dönem			Zaman	Temmuz-Ağustos		
Element	Noksan	Yeterli	Fazla	Element	Noksan	Yeterli	Fazla
ppm				ppm			
Cu	4-5	6-50	50	Cu	<4	4-20	>20
Fe	40-49	50-300	300	Fe	<20	20-200	>200
Mn	20-24	25-200	201-300	Mn	<30	30-300	>300
Mo	0,05-0,1	>0,1		Zn	<22	22-25	>25
Zn	15-19	20-100	>100				
S(%)	<0,2	0,2-0,4	>0,4				

Çizelge 4. Bazı elementlerin bitki yapraklarındaki genelleştirilmiş kritik düzeyleri (Pais ve Jones, 1997).

Table 4. Generalized critical concentration levels of some elements in plant leaves (Pais and Jones, 1997).

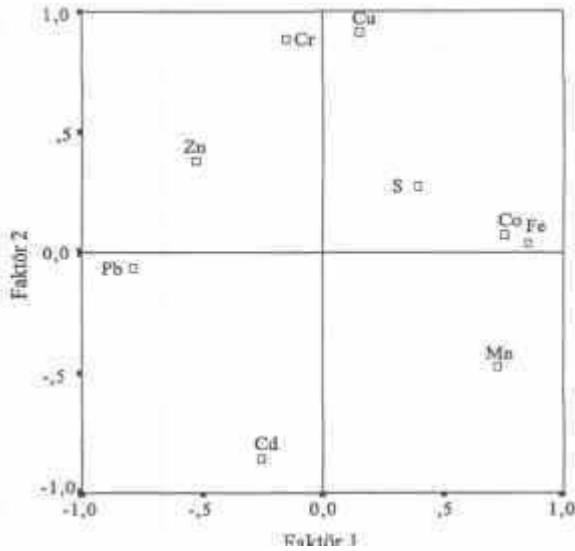
Element (ppm)	Yeterli	Toksik
Cu	5-30	30-100
Pb	5-10	30-300
Zn	27-150	100-400
Mn	20-300	300-500
Fe	20-200	200-500
Cd	0,05-0,2	5-30
As	1-1,7	5-20
Ni	0,1-5	10-100
Cr	0,1-0,5	5-30
Co	0,02-1	15-50

Buradan Fe-Mn ve Cu-Zn zenginleşmesi açıkça görülmektedir.

Çizelge 2. Çalışma sahasından alınan toprak örneklerindeki iz elementler için hesaplanan faktör analizi

Table 2. Factor loading matrix for the metal concentration in the soil samples collected from study area

	Faktörler	
	F1	F2
Pb	-0,847	-0,100
Fe	0,851	0,202
Co	0,722	0,214
Zn	-0,569	0,442
Cr	-0,113	0,852
Cd	-0,387	-0,739
Mn	0,635	-0,665
S	0,392	0,362
Cu	0,256	0,872
% Değişim	39,2	28,8
Özgün Değer	1,95	1,4



Şekil 10. Çalışma sahasından alınan toprak örneklerindeki iz elementlerin temsil ettiği 1. ve 2. faktör yüklerinin nokta diyagramda gösterimi.

Figure 10. Diagram of factor loading illustrating factor loading of metal concentration in the soil samples collected from study area

Kirlenme Derecesi

Kirliliğin Kantitatif olarak hesaplanmasında ilk önce çalışma sahasından alınan örneklerin kimyasal analizlerinden elde edilen bazı element konsantrasyonları, Çizelge 1'de verilen değerlere (Cu, Pb, Zn ve Cd için Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 2001'de belirtilen topraktaki ağır metal kritik değerleri; Fe, Mn ve S için de Lindsay, 1979'un topraktaki kritik element değerleri) bölünür. Elde edilen oranlar zenginleşme derecelerini veya kirlenme derecelerini verir. Bu oran >1 ise zenginleşme olduğunun, <1 ise zenginleşme olmadığına göstergesidir. İkinci adımda bu metal oranları kullanılarak ortalama değerleri bulunur ve ortalama zenginleşme faktörü olarak isimlendirilen değer elde edilir. Her bir element için elde edilen ortalama zenginleşme faktörü değerleri elementlere karşı grafiklendirilir.

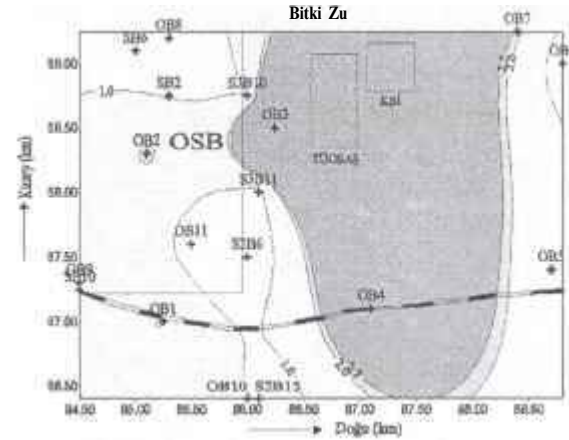
Buna göre Ağustos 2000, Haziran 2001 ve Ekim 2001 dönemi toprak örneklerindeki bazı elementler (Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, Cd, S) için hesaplanan ortalama zenginleşme faktörleri ve bu faktörlerin elementlere karşı grafikleri Şekil 11'de verilmiştir.

Ağustos 2000, Haziran 2001 ve Ekim 2001 dönemlerinde alınan toprak örneklerindeki elementler için hesaplanan ortalama zenginleşme faktörlerini birbirleriyle karşılaştırdığımızda Cu, Zn, S için hesaplanan ortalama zenginleşme faktörlerinin Ekim 2001 döneminde, Cd için hesaplanan ortalama zenginleşme faktörünün ise Haziran 2001 döneminde en yüksek olduğu görülmektedir. Ağustos 2000 döneminde Cu, S, Cd topraktaki hakim kirleticiler, Haziran 2001 döneminde Cu, Pb, Mn ve Cd topraktaki hakim kirleticiler, Ekim 2001 döneminde ise Cu, Zn, Fe, Mn, S ve Cd topraktaki hakim kirleticilerdir.

Element Dağılımları

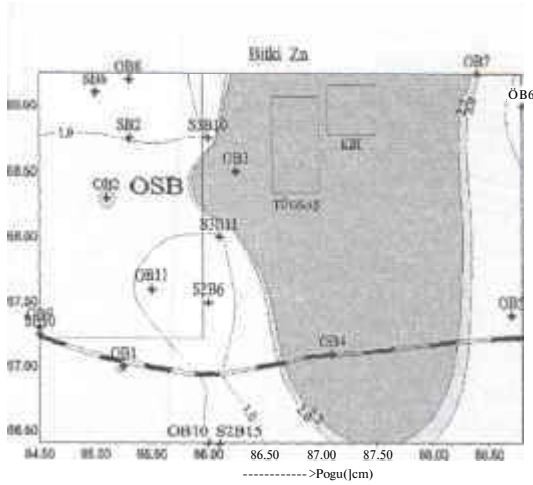
Bitkilerin element içerikleri, içerisinde büyüdükleri toprağın ve tabandaki kayacın element içeriğini yansıtmayabilir. Zira bitkiler bazı elementleri herhangi bir sınırlama olmadan bünyesine alırken, diğer bazı elementlerin bünyesine girmesine izin vermez (Akçay, 2002). Dolayısıyla her bitkinin element içeriği ve elementlere karşı toleransı farklıdır (Dudka vd., 1995). Bundan dolayı çalışma sahasından alınan farklı bitki örneklerinin element miktarlarındaki değişimleri yorumlamak için bitki örneklerindeki bazı element (Cu, Pb, Zn, Fe ve Mn) değerleri normalleştirilmiştir. Analizi yapılan mısır (*Zea mays*; SB1, S2B2, S3B12), tütün (*Nicotiana tabacum*; SB7, S2B3, S2B14, S3B3, S3B6, S3B16), lahana (*Brassica oleracea*; S2B5, S3B7), marul (*Lactuca sativa*; S2B15) domates (*Lycopersicon esculentum*; S2B6, S3B11), elma (*Malus spp*; SB11, S2B17) ve ceviz (*Juglans regia*; SB14) bitkilerindeki Cu, Zn, Fe ve Mn elementleri Jones vd., 1991 (Çizelge 3)'ün değişik bitki yapraklarında bazı elementler için belirledikleri fazla değerlere göre, bu bitkilerdeki Pb elementi ve diğer bitki örneklerindeki (saz (*Phragmites australis*; SB12, S2B1, S2B9, S3B1, S3B10, S3B15), incir (*Ficus carica*; S2B13, S3B8), kavak (*Populus gradentata*; SB4, S2B8, S3B2), söğüt (*Salvc sp.*; SB2, SB9, SB13, S2B4, S3B9), meşe (*Quercus spp.*; SB6) akasya (*Robiniapseudoacacia L.*; SB3, S2B10, S3B14), iğne yapraklı ağaç (*Pinus spp.*; SB5, SB8, SB10, S2B11, S3B13)) Cu, Pb, Zn, Fe ve Mn elementleri ise Pais ve Jones, 1997 (Çizelge 4)'nin bitki yapraklarında bazı elementler için belirledikleri genelleştirilmiş alt toksik değerlere göre normalleştirilmiştir. Farklı dönemlerde (Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001) aynı noktalardan alınan örneklerin ise normalleştirilmiş değerlerinin ortalaması alınmıştır. Normalleştirme sonucunda elde edilen l'den büyük değerler element (Cu, Pb, Zn, Fe ve Mn) toksisitesini göstermektedir. Element dağılım

diyagramlardaki eş konsantrasyon eğrileri, bu kritik değer (1) limit alınarak, Cu, Pb, Zn, Fe ve Mn elementlerinin normalleştirilmiş oranlarının % 50., % 75. ve % 90. değerlerine göre oluşturulmuştur. Elementlerin konsantrasyon dağılım diyagramları incelendiğinde, bitki örneklerine ait Cu elementinin 15 km² lik çalışma sahasının genelinde yüksek olduğu görülmektedir (>1; Şekil 12).



Şekil 12. Çalışma sahasından alınan tüm bitki örneklerine ait Cu elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı (Diyagramdaki değerler, bitki örneklerindeki Cu konsantrasyonlarının Jones vd., 1991 (Tablo 3)'ün bitki yapraklarında belirledikleri fazla değerler ile Pais ve Jones, 1997 (Tablo 4)'nin bitki yapraklarında belirledikleri alt toksik değerlere göre normalleştirilmiştir. SB numaralı örnekler Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde alınan örneklerdir. "OB" numaralı örnekler ise Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin ortalamasıdır.)

Figure 12. Distribution diagram of Cu concentrations in the plant samples collected from study area (The values at the diagram are normalized according to the excess Cu concentration values determined at plant leaves by Jones et al. (1991) (indicated in Table 3) and according to the lowest toxicity values determined at plant leaves by Pais and Jones (1997) (indicated in Table 4). Samples numbered SB are collected during August 2000-June 2001-October 2001, OB numbered samples are the average of the samples collected during August 2000-June 2001-October 2001 from the same sampling locations)



Şekil 13.Çalışma sahasından alınan tüm bitki örneklerine ait Zn elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı (Diyagramdaki değerler, bitki örneklerindeki Zn konsantrasyonlarının Jones vd., 1991 (Tablo 3)'in bitki yapraklarında belirledikleri fazla değerler ile Pais ve Jones, 1997 (Tablo 4)'nin bitki yapraklarında belirledikleri alt toksik değerlere göre normalleştirilmiş oranlarıdır. SB numaralı örnekler Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde alınan örneklerdir. "OB" numaralı örnekler ise Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin ortalamasıdır).

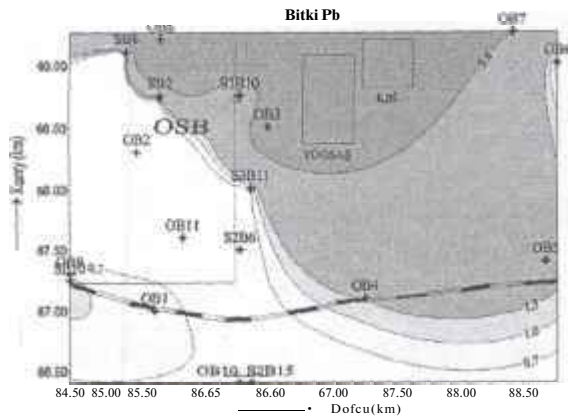
Figure 13. Distribution diagram of Zn concentrations in the plant samples collected from study area (The values at the diagram are normalized according to the excess Zn concentration values determined at plant leaves by Jones et al. (1991) (indicated in Table 3) and according to the lowest toxicity values determined at plant leaves by Pais and Jones (1997) (indicated in Table 4). Samples numbered SB are collected during August 2000-June 2001-October 2001, OB numbered samples are the average of the samples collected during August 2000-June 2001-October 2001 from the same sampling locations)

Bununla birlikte KBİ, TUGSAŞ ve OSB tesislerini içine alan yaklaşık 7 km²'lik bir alanda çok yüksek Cu konsantrasyonlarına (>6.2) rastlanmıştır. Özellikle de TUGSAŞ tesisi çevresinden alınan tütün (Nicotiana tabacum) örneğinde (OB₃) Cu'm oldukça yüksek (>8)

olduğu görülmektedir. Bitkilerde bu Cu dağılımının oluşmasında, tesisler tarafından kirlenmiş topraklar ve tesis bacalardan salınan partikül maddelerin etkili olduğu düşünülmektedir. Çünkü, özellikle KBİ tesisi bilister bakır fabrikasından, çevreye ağır metaller (Cu, Zn, Fe ve Mn) bırakılmaktadır. Tesislerden uzaklaştıkça bitkilerdeki Cu değerleri de azalmaktadır Tesislerin çevresinde görülen yüksek Cu konsantrasyonu, KBİ, TUGSAŞ ve OSB tesislerinden bitkilere bir Cu bulaşmasının olduğunu göstermektedir.

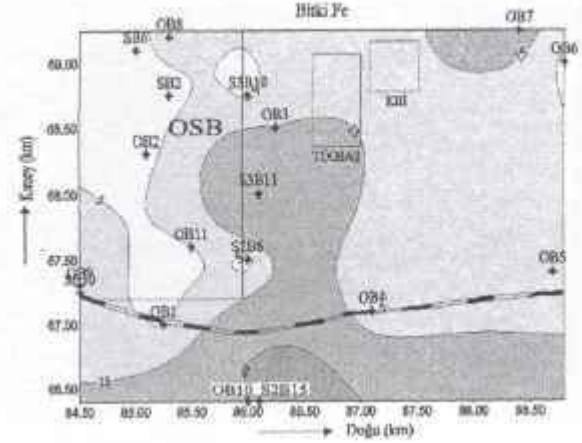
Zn elementinin konsantrasyon dağılım diyagramında, Zn değerleri çalışma sahasının genelinde yüksektir (>1; Şekil 13). Ancak, TUGSAŞ ve KBİ tesislerini içine alan yaklaşık 5 km²'lik bir alanda çok daha yüksek Zn değerleri (>2) görülmektedir. OSB tesisi çevresinde ise sadece mısır (Zea mays) örneğinde (OB₂) Zn değeri yüksektir (>2). Tesislerden uzaklaştıkça bitkilerin Zn değerlerinde azalma görülmektedir. Buna göre KBİ ve Tügsaş tesisleri çevredeki bitkilerde Zn kirliliği oluşturmaktadır.

Bitki örneklerine ait Pb elementinin konsantrasyon diyagramında, Pb değerleri çalışma sahasının kuzey kısmında yüksek (>1) çıkmaktadır. Pb, özellikle de KBİ, TUGSAŞ ve OSB tesisleri çevresinde çok daha yüksek değerlere ulaşmaktadır (>5,6; Şekil 14). Pb elementi, tesisler çevresinde düzgün bir dağılım modeli oluşturmakta, tesislerden uzaklaştıkça azalma eğilimi göstermektedir. Bu durum tesislerin bitkilerde Pb kirliliği oluşturduğunu göstermektedir.



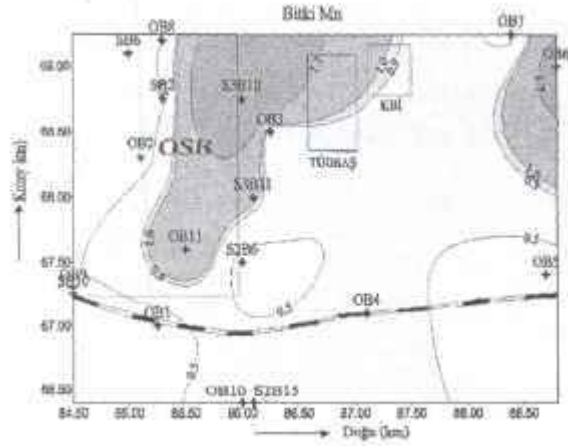
Şekil 14. Çalışma sahasından alınan tüm bitki örneklerine ait Pb elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı (Diyagramdaki değerler, bitki örneklerindeki Pb konsantrasyonlarının Jones vd., 1991 (Tablo 3)'in bitki yapraklarında belirledikleri fazla değerler ile Pais ve Jones, 1997 (Tablo 4)'nin bitki yapraklarında belirledikleri alt toksik değerlere göre normalleştirilmiş oranlardır. SB numaralı örnekler Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde alınan örneklerdir. "OB" numaralı örnekler ise Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin ortalamasıdır.).

Figure 14. Distribution diagram of Pb concentrations in the plant samples collected from study area (The values at the diagram are normalized according to the excess Pb concentration values determined at plant leaves by Jones et al. (1991) (indicated in Table 3) and according to the lowest toxicity values determined at plant leaves by Pais and Jones (1997) (indicated in Table 4). Samples numbered SB are collected during August 2000-June 2001-October 2001, OB numbered samples are the average of the samples collected during August 2000-June 2001-October 2001 from the same sampling locations)



Şekil 15. Çalışma sahasından alınan tüm bitki örneklerine ait Fe elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı (Diyagramdaki değerler, bitki örneklerindeki Fe konsantrasyonlarının Jones vd., 1991 (Tablo 3)'in bitki yapraklarında belirledikleri fazla değerler ile Pais ve Jones, 1997 (Tablo 4)'nin bitki yapraklarında belirledikleri alt toksik değerlere göre normalleştirilmiş oranlardır. SB numaralı örnekler Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde alınan örneklerdir. "OB" numaralı örnekler ise Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin ortalamasıdır.).

Figure 15. Distribution diagram of Fe concentrations in the plant samples collected from study area (The values at the diagram are normalized according to the excess Fe concentration values determined at plant leaves by Jones et al. (1991) (indicated in Table 3) and according to the lowest toxicity values determined at plant leaves by Pais and Jones (1997) (indicated in Table 4). Samples numbered SB are collected during August 2000-June 2001-October 2001, OB numbered samples are the average of the samples collected during August 2000-June 2001-October 2001 from the same sampling locations)



Şekil 16. Çalışma sahasından alınan tüm bitki örneklerine ait Mn elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı (Diyagramdaki değerler, bitki örneklerindeki Mn konsantrasyonlarının Jones vd., 1991 (Tablo 3)'ün bitki yapraklarında belirledikleri fazla değerler ile Pais ve Jones, 1997 (Tablo 4)'ün bitki yapraklarında belirledikleri alt toksik değerlere göre normleştirilmiş oranlardır. SB numaralı örnekler Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde alınan örneklerdir. "OB" numaralı örnekler ise Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin ortalamasıdır.).

Figure 16. Distribution diagram of Mn concentrations in the plant samples collected from study area (The values at the diagram are normalized according to the excess Mn concentration values determined at plant leaves by Jones et al. (1991) (indicated in Table 3) and according to the lowest toxicity values determined at plant leaves by Pais and Jones (1997) (indicated in Table 4). Samples numbered SB are collected during August 2000-June 2001-October 2001, OB numbered samples are the average of the samples collected during August 2000-June 2001-October 2001 from the same sampling locations)

Fe dağılım diyagramında, Fe değerleri çalışma sahasındaki tüm bitkilerde yüksek görülmektedir (>1 ; Şekil 15). Ancak KDI ve Tügsaş tesisleri çevresinde çok daha yüksek değerler (>15) göstermektedir. Çalışma sahasının güneyinde görülen yüksek Fe konsantrasyonu (>25) ise, tesislerden değil, tarım arazisinden alınan marul (*Lactuca sativa*) ve tütün (*Nicotiana tabacum*) örneklerindeki (S_2B_{15} , OB_{10}) yüksek Fe zenginleşmesinden kaynaklanmaktadır. Tarım arazisinde, birbirlerine çok yakın lokasyonlardan (örnek lokasyonları arasındaki mesafe yaklaşık 50 m'dir) alınan tütün ve marul bitkilerindeki bu Fe zenginleşmesinin kaynağının tarım kimyasalları olabileceği düşünülmektedir. Örnekleme yapılan bölgede herhangi bir cevherleşme, tesis yada kirletici kaynağın olmaması bu görüşü desteklemektedir. Ancak topraktaki Cu ve Zn dağılımında belirtildiği gibi örnekleme yetersiz oluşu ve tarım kimyasallarının etkisini kanıtlayacak bir verinin olmayışı dolayısıyla herhangi bir yoruma gidilememiştir. Buna göre KBİ ve TÜGSAŞ tesisleri çevresindeki bitkilerde Fe kirliliği görülmektedir.

Bitki örneklerine ait Mn elementinin konsantrasyon dağılım diyagramında Mn değerleri, çalışma sahasında KBİ ve OSB tesisleri çevresinde sadece saz (*Phragmites australis*) örneklerinde (S_3B_{10} , OB_{11} ve OB_{12}) yüksektir (>2 ; Şekil 16). Tesislerin çevresinden alınan diğer bitki türlerinde Mn değerleri normal sınırlar içindedir (<1). Buna göre KBİ, TÜGSAŞ ve OSB tesislerinden bitkilere bir Mn bulaşmasının olmadığı, bu durumun saz örneğinin Mn'a olan düşkünlüğünden (Groudev vd., 2001) kaynaklandığı düşünülmektedir.

İstatistiksel Değerlendirmeler

Korelasyonlar

Tüm bitki örneklerinden elde edilen iz element analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan

Pearson korelasyon katsayısı matrisine göre Cu-Zn (0,85; 0,01), Cu-Pb (0,37; <0,01), Zn-Pb (0,35, <0,01), Pb-S (0,59; 0,01) ve Fe-V (0,85; 0,01) element çiftleri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır. Buna göre bitkilerde Cu, Pb ve Zn ile Pb ve S birlikteliği görülmektedir.

Faktör analizi

Çalışma sahasından alınan tüm bitki örneklerine ait iz element dağılımındaki değişimin % 57,2'sinin 2 ayrı faktöre bağlı olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 5). Buna göre orijinal veri setindeki değişimleri yansıtan faktör yüklerinden şu gruplar oluşturulabilir. 1. faktörü temsil eden Cu, Pb ve Zn pozitif davranış gösterirken, Mn, Cd ve Co negatif davranmaktadır. 2. faktörü oluşturan değişkenler Fe ve V'dur.

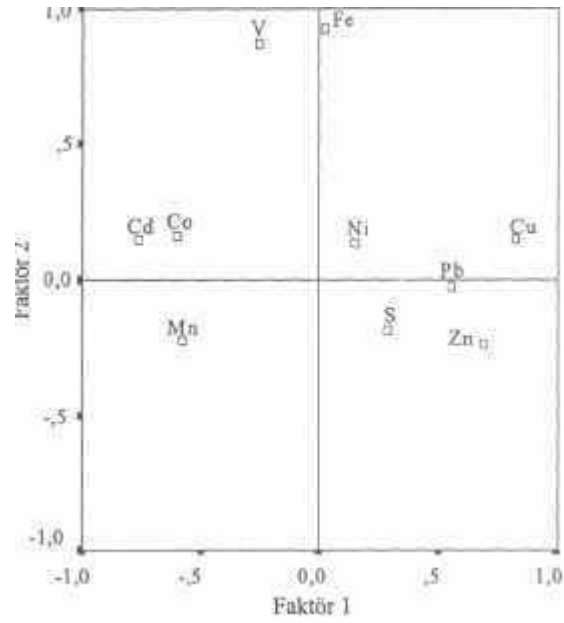
Çizelge 5. Çalışma sahasından alınan bitki örneklerindeki iz elementler için hesaplanan faktör analizi.

Table 5. Factor loading matrix for the metal concentration in the plant samples collected from study area.

Element (ppm)	Yeterli	Toksik
Cu	5-30	30-100
Pb	5-10	30-300
Zn	27-150	100-400
Mn	20-300	300-500
Fe	20-200	200-500
Cd	0,05-0,2	5-30
As	1-1,7	5-20
Ni	0,1-5	10-100
Cr	0,1-0,5	5-30
Co	0,02-1	15-50

Buna göre 1. faktör tesislerden (KBİ, Tügsaş ve OSB tesisleri) kaynaklanan Cu, Zn ve Pb kirliliğini göstermektedir (Şekil 12, Şekil 13, Şekil 14). 2. faktör ise Fe zenginleşmesini göstermektedir. Fe zenginleşmesinin tesislerden kaynaklandığı düşünülmekle birlikte, tek kaynak

tesisler değildir. Şekil 15'den de görüldüğü gibi çalışma sahasının güneyinde lokal olarak Fe zenginleşmesi bulunmaktadır. Ancak Fe'in buradaki kaynağı hakkında herhangi bir yorum yapılamamıştır. Elementler arası bu ilişkiler, faktör yüklerinin birbirine karşı gösterimi ile de ortaya konabilir (Şekil 17). İki ayrı zenginleşmeye işaret eden 1. ve 2. faktörlerin birbirlerine karşı grafiksel gösterimi elementler arası ilişkileri görselleştirmektedir. Buna göre Cu, Pb ve Zn bir grup oluşturmakta, Fe ve V ise farklı bir alanda toplanmaktadır. Buradan Cu-Pb-Zn ile Fe zenginleşmesi açıkça görülmektedir.



Şekil 17. Çalışma sahasından alınan bitki örneklerindeki iz elementlerin temsil ettiği 1. ve 2. faktör yüklerinin nokta diyagramda gösterimi

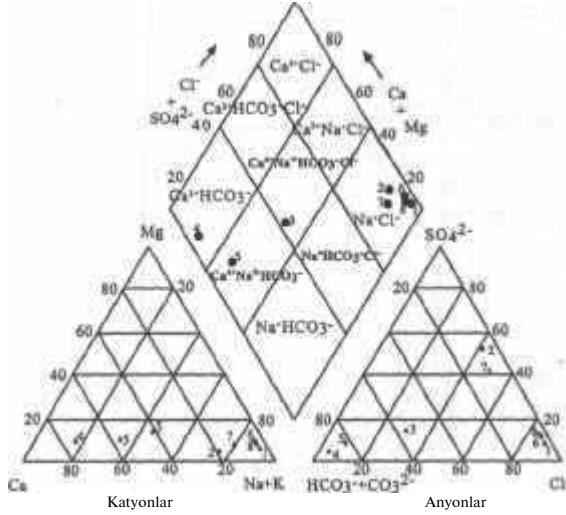
Figure 17. Diagram of factor loading illustrating factor loading of metal concentration in the plant samples collected from study area

Kirlenme Derecesi

Ağustos 2000, Haziran 2001 ve Ekim 2001 dönemlerinde alınan bitki örnekleri, özellikle de bölgede ekonomik değere sahip tütün (*Nicotiana*

Su Sınıflaması

Çalışma sahasından alınan su örneklerinin sınıflaması şu şekilde gerçekleşmiştir (Şekil 19);



Şekil 19. Çalışma sahasındaki suların sınıfını gösteren diyagram

Figure 19. Diagram illustrating class of the waters in study area

1 ve 6 Karadeniz'den alınan S_2E_1 (Şekil 3c) ve $S3E1$ (Şekil 3d) numaralı su örnekleri, Na^+Cl^- su sınıfındadır.

2 ve 7 TÜGSAŞ tesisi atık suyundan alınan S_2E_2 (Şekil 3c) ve S_3E_2 (Şekil 3d) numaralı su örnekleri ve 8, KBİ tesisi atık suyundan alınan $S3E3$ (Şekil 3d) numaralı su örneği de Na^+Cl^- su sınıfındadır.

3 Dere suyunun deniz suyuna karıştığı yerden alınan S_2E_3 (Şekil 3c) numaralı su örneği, katyonları bakımından karışık (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+), anyonları bakımından HCO_3^- -lı sular sınıfındadır. Paralel kenar diyagramında ise $Ca^{2+}Na^+HCO_3^-Cl^-$ alanında alır.

4 Kuyu suyundan alınan S_2E_4 (Şekil 3 c) numaralı su örneği, katyonları bakımından karışık (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+), anyonları bakımından HCO_3^- -lı sular sınıfındadır. Paralel kenar

diyagramında ise $Ca^{2+}HCO_3^-$ alanında yer alır.

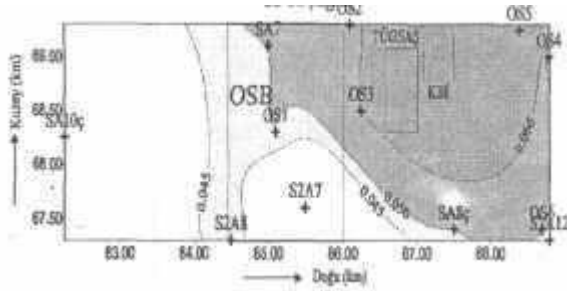
5 Kuyu suyundan alınan S_2E_5 (Şekil 3c) numaralı su örneği, katyonları bakımından karışık (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+), anyonları bakımından HCO_3^- -lı sular sınıfındadır. Paralel kenar diyagramında ise $Ca^{2+}Na^+HCO_3^-$ alanında yer alır.

Deniz suyu (1 ve 6) ile TÜGSAŞ tesisi atık suyu (2 ve 7) ve KBİ tesisi atık suyunda (8) hakim anyon Cl^- , katyon ise Na^+ 'dir. Atık suların Na^+Cl^- su sınıfında olması, muhtemelen deniz suyunun TÜGSAŞ ve KBİ tesislerine girişim yapmasından kaynaklanır. Zira bu tesisler, deniz kenarında kurulmuştur ve denizle bağlantılıdır. 3 (dere-deniz suyu karışımı)'de hakim anyonlar Cl^- ve HCO_3^- , katyonlar ise Ca^{2+} ve Na^+ 'dir. Cl^- deniz suyunun, HCO_3^- ise ilişkide bulunduğu litolojik birimlerin kimyasal içeriğini yansıtır (Çamur vd., 2001). Buna göre bu suda, hem deniz, hem de ilişkide bulunduğu kayaçların etkisi açıkça görülmektedir. Çalışma sahasında karbonatlı kayaçlar bulunmadığı için, HCO_3^- ve Ca^{2+} 'un muhtemel kaynağı, ortamda bulunan kayaçlardaki mineraller ve ayrışma ürünleridir. Keza White ve diğerleri (1963), birincil karbonat minerallerinin bulunmadığı, bazalt ve granit gibi kayaçlardan oluşan akiferlerde, HCO_3^- 'in kaynağını, bu kayaçlardaki minerallerin ayrışma ürünlerine bağlamışlardır. Kuyu suları (4 ve 5) ise denizden yaklaşık 5-10 km uzaklıktan alınmıştır. Örneklerin alındığı yerde, topografya yataya yakındır. Kuyu sularında da hakim anyon HCO_3^- 'tir. Bu sular da etkileştikleri kayaçların kimyasal içeriğini yansıtmaktadır.

Element Dağılımları

Çalışma sahasından alınan su örneklerindeki bazı elementlerin (Cu, Pb, Zn, Fe ve Mn) konsantrasyon dağılım diyagramları oluşturulmuştur. Bu diyagramlardaki eş konsantrasyon eğrileri, Su Kirliliği Kontrol

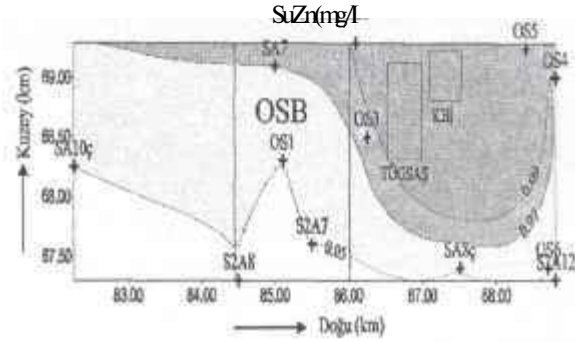
Yönetmeliği (Resmi Gazete, 1988) III. Sınıf Su değerleri (Çizelge 6) limit alınarak, çalışma sahasındaki Cu, Pb, Zn, Fe ve Mn element konsantrasyonlarının % 50., % 75. ve % 90. değerlerine göre oluşturulmuştur. Elementlerin konsantrasyon dağılım diyagramları incelendiğinde, su örneklerindeki Cu değerleri, çalışma sahasında kritik seviyenin (<0,2 mg/L; Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği III. Sınıf Su, 1988) altında çıkmaktadır (Çizelge 6 ve Şekil 20). Ancak Cu değerleri KBİ ve TÜGSAŞ tesisleri çevresinde 0,06-0,18 mg/L düzeyindedir. Bu değerler, Su kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete, 1988)'ne göre, bu suların Cu bakımından az kirli su sınıfına girdiğini göstermektedir. Bu durumda KBİ ve TÜGSAŞ tesislerinden çevredeki sulara düşük düzeyde bir Cu bulaşmasının olduğu düşünülmektedir.



Şekil 20. Çalışma sahasından alınan tüm su örneklerine ait Cu elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı ("SA" numaralı örnekler Ağustos 2000 ve Haziran 2001 dönemlerinde alınan örneklerdir. "OS" numaralı örnekler ise Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin ortalamasıdır).

Figure 20. Distribution diagram of Cu concentrations in the water samples collected from study area (Samples numbered SA are collected during August 2000 and June 2001. Samples numbered OS are the average of the samples collected during August 2000-June 2001-October 2001 from the same sampling locations)

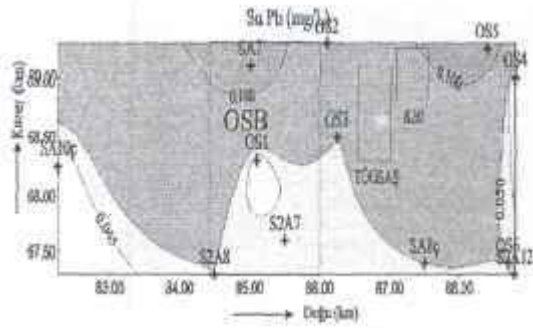
Su örneklerine ait Zn elementinin konsantrasyon dağılım diyagramında Zn değerleri, çalışma sahasında normal değerler mg/L; Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği III. Sınıf Su, 1988) içinde görülmektedir (Şekil 21). Ancak Tesisler çevresindeki toprak ve bitkilerde Zn'nun yüksek konsantrasyonlarda olması, birbiriyle ilişki içerisinde olan toprak, su ve bitki arasında Zn alış-verişinin olduğunu göstermektedir.



Şekil 21. Çalışma sahasından alınan tüm su örneklerine ait Zn elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı ("SA" numaralı örnekler Ağustos 2000 ve Haziran 2001 dönemlerinde alınan örneklerdir. "OS" numaralı örnekler ise Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin ortalamasıdır).

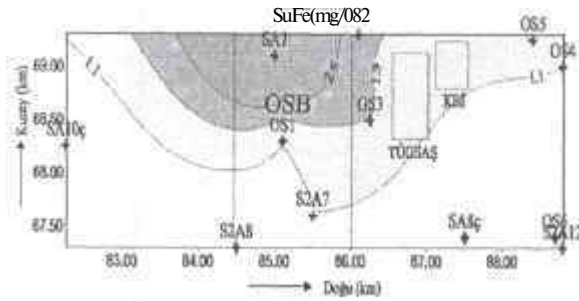
Figure 21. Distribution diagram of Zn concentrations in the water samples collected from study area (Samples numbered SA are collected during August 2000 and June 2001. Samples numbered OS are the average of the samples collected during August 2000-June 2001-October 2001 from the same sampling locations)

Diyagramda Pb, OSB ve KBİ tesisleri ile bu tesislerin kuzeyinden denizden alınan örneklerde anomali (>0,05 mg/L; Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği III. Sınıf Su, 1988) vermektedir (Şekil 22.). Tesislerden uzaklaştıkça Pb değerlerinde belirgin bir düşüş görülmektedir. Sudaki yüksek Pb konsantrasyonlarının KBİ ve OSB tesislerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



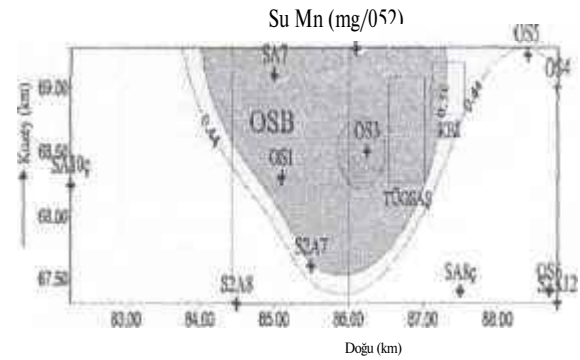
Şekil 22. Çalışma sahasından alınan tüm su örneklerine ait Pb elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı ("SA" numaralı örnekler Ağustos 2000 ve Haziran 2001 dönemlerinde alınan örneklerdir. "OS" numaralı örnekler ise Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin ortalamasıdır).

Figure 22. Distribution diagram of Pb concentrations in the water samples collected from study area (Samples numbered SA are collected during August 2000 and June 2001. Samples numbered OS are the average of the samples collected during August 2000-June 2001-October 2001 from the same sampling locations)



Şekil 23. Çalışma sahasından alınan tüm su örneklerine ait Fe elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı ("SA" numaralı örnekler Ağustos 2000 ve Haziran 2001 dönemlerinde alınan örneklerdir. "OS" numaralı örnekler ise Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin ortalamasıdır).

Figure 23. Distribution diagram of Fe concentrations in the water samples collected from study area (Samples numbered SA are collected during August 2000 and June 2001. Samples numbered OS are the average of the samples collected during August 2000-June 2001-October 2001 from the same sampling locations)



Şekil 24. Çalışma sahasından alınan tüm su örneklerine ait Mn elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı ("SA" numaralı örnekler Ağustos 2000 ve Haziran 2001 dönemlerinde alınan örneklerdir. "OS" numaralı örnekler ise Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin ortalamasıdır).

Figure 24. Distribution diagram of Mn concentrations in the water samples collected from study area (Samples numbered SA are collected during August 2000 and June 2001. Samples numbered OS are the average of the samples collected during August 2000-June 2001-October 2001 from the same sampling locations)

Konsantrasyon dağılım diyagramında Fe değerleri çalışma sahasında kritik seviyenin (<5 mg/L; Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği III. Sınıf Su, 1988) altında çıkmaktadır (Şekil 23).

Ancak Fe değerleri KBİ, Tügsaş ve OSB tesisleri çevresinde 1,1-4,8 mg/L düzeyindedir. Bu değerler Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmî Gazete, 1988)'ne göre, bu suların Fe bakımından az kirli su sınıfına girdiğini göstermektedir. Tesislerden uzaklaştıkça sudaki Fe değerleri normal seviyelerine düşmektedir. Bu durumda KBİ, Tügsaş ve OSB tesislerinden, çevredeki sulara düşük seviyede bir Fe bulaşmasının olduğu düşünülmektedir.

Su örneklerine ait Mn elementinin konsantrasyon dağılım diyagramında Mn, çalışma sahasında kritik seviyenin (<3 mg/L; Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği III. Sınıf Su, 1988) altında olmakla birlikte, OSB ve Tügsaş tesisleri

çevresindeki sular Mn (0,58-0,95 mg/L) bakımından az kirli su sınıfına girmektedir (Şekil 24). Buna göre OSB ve Tügsaş tesislerinin çevredeki sulara düşük düzeyde bir Mn kirliliği oluşturduğu düşünülmektedir.

Yeraltı Su Modellemesi

Çalışma sahasında (Samsun-Tekkeköy yöresinde) yeraltı su bileşimindeki değişimi ortaya koymak amacıyla yeraltı su akış yönü olan kuzeye (Yamaçtan-denize) doğru su örnekleme yapılmıştır. Örnekler DSI'nin açmış olduğu sondaj kuyularından alınmıştır (S_3E_4 , S_3E_5 , S_3E_7 ; Şekil 25). Çalışma sahasından alınan bu su örnekleri kullanılarak, Phreeqc Interactive 2.4.2 Alpha programına göre yeraltı su modellemesi (İnvers modelleme) yapılmıştır. Bu program, bileşimi bilinen iki yeraltı su noktası arasında, su bileşiminde meydana gelen değişimleri ortaya koyar. Yani suda taşınan kompleksleri, çözünenleri ve çökelenleri belirler.



Şekil 25. Çalışma sahasından alınan yeraltı su (Kuyu suyu) örnekleri
Figure 25. The groundwater samples collected from study area

Buna göre çalışma sahasından alınan yeraltı su örnekleri S_3E_4 - S_3E_5 ve S_3E_5 - S_3E_7 arasındaki modellemelerde şu sonuçlar elde edilmiştir.

S_3E_4 - S_3E_5 yeraltı su örnekleri arasındaki invers modelleme (yeraltı su modellemesi) hesaplamalarında 1 model bulunmuştur. Bu modeldeki faz mol transferinden (Çizelge 7) de görüldüğü gibi birinci çözeltinin ikinci çözeltiyi oluşturabilmesi için 1. çözeltiden $4,104 \cdot 10^{-2}$ mol kalsitin çökmesi ve $1,215 \cdot 10^{-4}$ mol $SiO_2(a)$ 'nın da çözünmesi gerekir.

Çizelge 7. S_3E_4 - S_3E_5 arasındaki modellemelerde belirlenen faz mol transferleri

Table 7. Phase mole transfers identified for S_3E_4 - S_3E_5

Element	Çalışma sahasındaki değerler	İn Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmî Gazete, 1988)			
		Yüksek kirliliği su (I.Sınıf Su)	Az kirliliği su (II.Sınıf Su)	Kirli su (III.Sınıf Su)	Çok kirliliği su (IV.Sınıf Su)
Cu	0,02-0,45	0,02	0,05	0,3	> 0,2
Pb	0,02-0,3	0,01	0,02	0,05	> 0,05
Zn	0,05-1,2	0,3	0,5	3	> 2
Fe	0,05-4,0	0,3	1	5	> 5
Mn	0,05-2,1	0,1	0,5	3	> 3
Cd	0,01-0,05	0,003	0,005	0,01	> 0,01

S_3E_5 - S_3E_7 yeraltı su örnekleri arasındaki invers modelleme (yeraltı su modellemesi) hesaplamalarında 2 model bulunmuştur. 1.modelde faz mol transferinden (Çizelge 8) de görüldüğü gibi birinci çözeltinin ikinci çözeltiyi oluşturabilmesi için 1. çözeltide $3,375 \cdot 10^{-4}$ mol kalsit ve $1,816 \cdot 10^{-4}$ mol $SiO_2(a)$ 'nın çözünmesi gerekir. 2.modelde ise $3,375 \cdot 10^{-4}$ mol kalsitin çözünmesi gerekir. Burada 1. model daha doğrudur. Çünkü hem kalsit hem de $SiO_2(a)$ çözülmeye meyillidir.

Çizelge 8. S_3E_5 - S_3E_7 arasındaki modellemelerde belirlenen faz mol transferleri

Table 8. Phase mole transfer s identified for S_3E_5 - S_3E_7

Faz mol transferleri		
1. model	Kalsit	$-4,104 \cdot 10^{-4}$ mol
	$SiO_2(a)$	$+1,215 \cdot 10^{-4}$ mol

Faz mol transferinde (-)çökmeyi, (+) çözünmeyi göstermektedir.

Faz mol transferleri		
1. model	Kalsit	+3,375* 10 ⁻⁴ mol
	SiO ₂ (a)	+1,816 * 10 ⁻⁴ mol
2.model	Kalsit	+3,375* 10 ⁻⁴ mol

Faz mol transferinde (-) çökmeyi, (+) çözünmeyi göstermektedir.

İstatistiksel Değerlendirmeler Korelasyonlar

Tüm su örneklerinden elde edilen element ve bazı bileşiklerin analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan Pearson korelasyon katsayısı matrisine göre Cu-Zn (0,99;<0,01), Cu-Pb (0,91;<0,01), Zn-Pb (0,93;<0,01), HC0₃-Ba (0,81;<0,01), Fe-S0₄ (0,65;<0,01), Fe-Cl (0,95;<0,01) element çiftleri pozitif ve anlamlı bir ilişki gösterirken, HC0₃-Cu (-0,51;<0,01), HC0₃-Zn (-0,52;<0,01), HC0₃-Pb (-0,54;<0,01) negatif ve anlamlı bir ilişki sunarlar. Buna göre suda Cu, Pb, Zn birlikte hareket etmekte, HC0₃ azaldıkça Cu, Pb ve Zn konsantrasyonları artmaktadır. Fe ve S0₄ arasındaki ilişki ise, Fe S0₄ çökeline işaret etmektedir.

Faktör analizi

Çalışma sahasından alınan tüm su örneklerine ait element dağılımındaki değişimin % 89,1'inin 2 ayrı faktöre bağlı olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 9). Hesaplanan 2 faktöre bakıldığında, faktör yüklerinden şu gruplar oluşturulabilir. 1. faktörde Na, Mg, K, Ca, F, N0₃, Pb Cu, Zn, Al pozitif davranış gösterirken, HC0₃ ile Ba negatif davranmaktadır. 2. faktörü oluşturan değişkenler Fe, Mn, Br, Cl ve S0₄ pozitif davranmakta, Cu ve Zn ise negatif davranış göstermektedir.

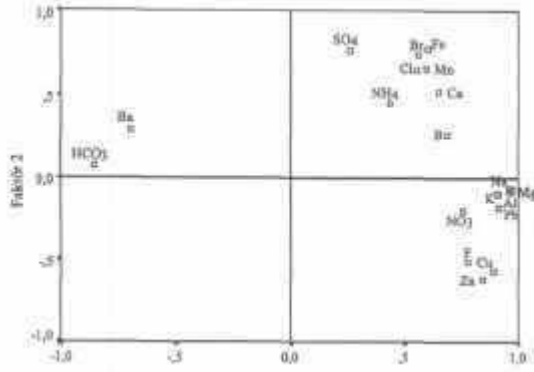
Suda gözlenen bu durum 1. faktörün kirliliğin rol oynadığı faktör olduğunu göstermektedir (Şekil 20, Şekil 21 ve Şekil 22). HC0₃ ortamın alkalinitesini ortaya koymaktadır. HC0₃ azaldıkça Cu, Pb ve Zn konsantrasyonları artmaktadır. 2. faktör FeS0₄ çökeline ve deniz

suyunun etkisini göstermektedir. FeS0₄ oluşumu; Cu, Pb, Zn artışı ile ters orantılıdır. Elementler arası bu ilişkiler, faktör yüklerinin birbirine karşı gösterimi ile de ortaya konabilir (Şekil 26). Bu iki boyutlu grafiksel gösterim, yukarıda verilen gruplandırmayı daha anlaşılır hale getirir. Buna göre kirlenmede rol oynayan Cu, Pb ve Zn elementleri bir arada toplanırken, deniz suyunun etkisini yansıtan Fe, S0₄- ve Cl farklı bir alanda grup oluştururlar. Alkaliniteyi ortaya koyan HC0₃- ise ayrı bir alanda yer almaktadır.

Çizelge 9. Çalışma sahasından alınan su örneklerindeki element ve bazı bileşikler için hesaplanan faktör analizi

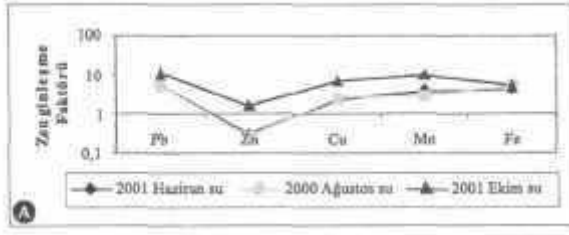
Table 9. Factor loading matrix for some elements and components in the water samples collected

	Faktörler	
	F1	F2
Al	0,98	-4,29E-02
Na	0,958	-6,03E-04
Mg	0,957	-2,67E-02
K	0,897	-1,08E-02
HC03	-0,875	7,83E-02
F	0,814	-0,511
N03	0,747	-0,113
Ba	-0,736	0,321
Ca	0,664	0,484
Pb	0,903	-0,015
Zn	0,832	-0,526
Cu	0,840	-0,484
S04	0,218	0,75
Br	0,533	0,741
Cl	0,502	0,725
Fe	0,593	0,759
NH4	0,459	0,387
Mn	0,524	0,727
B	0,637	0,368
% Değişim	56,8	32,3
Özgün Değer	2,8	1,6



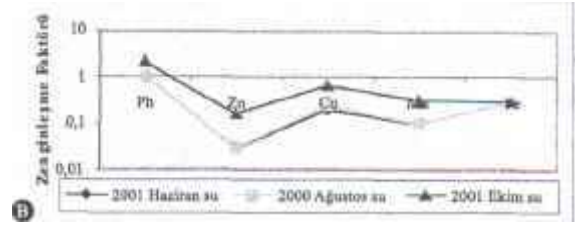
Şekil 26. Çalışma sahasından alınan su örneklerindeki element ve bileşiklerin temsil ettiği 1. ve 2. faktör yüklerinin nokta diyagramda gösterimi

Figure 26. Diagram of factor loading illustrating factor loading of some elements and components in the plant samples collected from study area



Şekil 27.a Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde alınan su örneklerindeki bazı elementler için hesaplanan zenginleşme faktörlerinin grafiği (elementler Tablo 6'da verilen Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği I. Sınıf Su (Resmi Gazete, 1988) değerlerine göre normalize edilmiştir).

Figure 27.a. Diagram of enrichment factors calculated to Class I criteria (high quality waters) for some elements in the water samples collected from study area in August 2000-June 2001-October 2001 (Elements are normalized according to the values given in Table 6, values of the Water Quality Control Regulation 1st class water (Official Gazette, 1988))



Şekil 27.b Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde alınan su örneklerindeki bazı elementler için hesaplanan zenginleşme faktörlerinin grafiği (elementler Tablo 6'da verilen Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği III. Sınıf Su (Resmi Gazete, 1988) değerlerine göre normalize edilmiştir).

Figure 27.b. Diagram of enrichment factors calculated to Class III criteria (polluted waters) for some elements in the water samples collected from study area in August 2000-June 2001-October 2001 (Elements are normalized according to the values given in Table 6, values of the Water Quality Control Regulation 3rd class water (Official Gazette, 1988))

Kirlenme Derecesi

Ağustos 2000, Haziran 2001 ve Ekim 2001 dönemlerinde sudaki elementler için, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği I. Sınıf Su (yüksek kaliteli su) (Resmi Gazete, 1988) değerlerine göre hesaplanan ortalama zenginleşme faktörlerini (Şekil 27a) birbirleriyle karşılaştırdığımızda, her üç dönemde de Cu, Pb, Fe, Mn suda yüksek görülmektedir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği III. Sınıf Su (kirli su) (Resmi Gazete, 1988) değerlerine göre hesaplanan ortalama zenginleşme faktörlerini (Şekil 27b) birbirleriyle karşılaştırdığımızda ise sadece Pb elementinin yüksek olduğu görülmektedir. Buna göre Cu, Fe ve Mn az kirli su, Pb ise kirli su sınıfına girmektedir.

SONUÇLAR

1. Çalışma sahasındaki topraklarda Cu, Pb, Zn, Fe ve Mn kirliliği belirlenmiş olup, bu kirliliğin ana kaynağı tesislerdir. Cu kirliliği muhtemelen KBİ, TÜGSAŞ ve OSB tesislerinden, Zn ve Pb kirliliği TÜGSAŞ ve OSB tesislerinden kaynaklanmaktadır. Fe ve Mn kirliliğinin kaynağı ise, KBİ tesisidir. Öte yandan çalışma sahasının güneyindeki tarım topraklarında lokal olarak görülen Cu ve Zn kirliliğinin kaynağı hakkında herhangi bir yorum yapılamamıştır. Dönemsel olarak kirlenme incelendiğinde, Ağustos 2000 döneminde Cu, S, Cd; Haziran 2001 döneminde Cu, Pb, Mn, Cd; Ekim 2001 döneminde de Cu, Zn, Fe, Mn, S ve Cd topraktaki hakim kirleticilerdir.

2. KBİ (Bakır İzabe) tesisi atık alanı çevresinden yüzey (0-20 cm) ve derinden (20-50 cm) alınan toprak örneklerinde, yüzeydeki kirlenmenin derine göre daha fazla olduğu görülmektedir.

3. KBİ ve TÜGSAŞ tesisleri, çalışma sahasındaki bitkilerde Cu, Pb, Zn ve Fe kirliliği, OSB tesisleri ise Cu ve Pb kirliliği oluşturmaktadır. Ayrıca çalışma sahasının güneyindeki bitkilerde lokal olarak görülen Fe kirliliğinin kaynağı hakkında herhangi bir yorum yapılamamıştır. Cu, Pb, Zn, Fe ve S Tütün (*Nicotiana tabacum*) bitkisi üzerinde; Cu, Zn, Fe, mısır (*Zea mays*) bitkisi üzerinde; Cu, Pb, Fe ve S lahanada (*Brassica oleracea*) bitkisi üzerinde kirlilik oluşturmaktadır. Tütün ve lahanada, S'e karşı çok duyarlı olan bitkilerdir. Bu nedenle tesisler çevresinde S zararlarının en yükseği ve şiddetlisi bu ürünlerde (tütünde % 0,69 S; lahanada % 2,2 S) meydana gelmektedir.

4. İnceleme sahasındaki sularda, KBİ tesisi Pb kirliliği ile düşük düzeyde Cu ve Fe kirliliği oluşturmakta; TÜGSAŞ tesisi düşük düzeyde Cu, Fe ve Mn kirliliği meydana getirmekte; OSB

tesisleri ise Pb kirliliği ile düşük düzeyde, Fe ve Mn kirliliği oluşturmaktadır. Su kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete, 1988)'nde belirtilen I. Sınıf Su (yüksek kaliteli su) kriterlerine göre Ağustos 2000, Haziran 2001 ve Ekim 2001 dönemlerinde Cu, Pb, Fe, Mn sularda kirlenici olarak tespit edilmiştir. III. Sınıf Su (kirliliği su) kriterlerine göre ise Pb, tüm dönemlerde sularda kirlenici olarak saptanmıştır. HCO_3 ile kirliliği oluşturan elementler farklı davranmaktadır. HCO_3 arttığında sudaki element konsantrasyonu azalmaktadır.

5. Çalışma sahasından alınan sular başlıca Na^+Cl^- su sınıfı ile katyonları bakımından katyonik (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+), anyonları bakımından HCO_3^- 'li sular sınıfındadır. Bazı su örnekleri arasında anyon ve katyon konsantrasyonları açısından farklılık vardır. Bu farklılık başlıca karbonat çökelimi ya da çözünümü ile silis çözünümünden kaynaklanmaktadır.

6. Çalışma sahasında toprak, bitki ve suda görülen Cu değerleri (toprakta 7-32 kat, bitkilerde 2-8 kat yüksek Cu) birbirini desteklemekte KBİ, TÜGSAŞ ve OSB tesislerinin Cu kirliliğini ortaya koymaktadırlar. TÜGSAŞ ve OSB tesisleri sahadaki topraklarda; KBİ ve TÜGSAŞ tesisleri bitkilerde Zn kirliliği oluşturmakta, Sularda ise Zn, normal değerler içinde görülmektedir. KBİ, TÜGSAŞ ve OSB tesisleri sahadaki bitkilerde, KBİ ve OSB tesisleri de sularda Pb kirliliği oluşturmakta, Topraklarda ise TÜGSAŞ ve OSB tesislerinin neden olduğu Pb kirliliği görülmektedir. KBİ, TÜGSAŞ ve OSB tesisleri sahadaki sularda, KBİ ve TÜGSAŞ tesisleri ise bitkilerde Fe kirliliği oluşturmaktadır. Ancak tesisler sularda düşük düzeyde Fe kirliliği meydana getirmekte, topraklarda ise KBİ tesisinden kaynaklanan Fe kirliliği görülmektedir. KBİ, TÜGSAŞ ve OSB tesisleri sahadaki bitkilerde Mn kirliliği oluşturmamakta, Ancak KBİ tesisi topraklarda Mn kirliliği meydana getirmekte, TÜGSAŞ ve OSB tesisleri

ise sularda düşük düzeyde Mn kirliliği oluşturmaktadır.

KATKI BELİRTME

Yazarlar bu çalışmaya katkılarından dolayı Prof. Dr. Miğraç AKÇAY'a, Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ'ye (KTÜ) ve MTA çalışanlarından Kimya Mühendisi Güldane DEMİRTAŞ'a, Kimya Yüksek Mühendisi Aydan ÇALIK'a, Jeoloji Yüksek Mühendisi Dr. Mustafa Albayrak'a, Doç. Dr. Selahattin KADİR'e, Jeoloji Yüksek Mühendisi Serap İÇÖZ'e, Jeoloji Yüksek Mühendisi Aslı ÖZÇELİK'e teşekkür eder.

Extended Summary

This study has been conducted around Kbl, TUGSAŞ and IPF that are located in Tekkeköy, Samsun, in order to reveal the impacts of these Industries, Cu, Zn, Pb, Fe, Mn, Cd and S analyses in soil, plant and water samples were conducted.

in the study area, Cu, Zn, Pb, Fe and Mn pollution was determined in soil samples and attributed to the above mentioned industrial facilities. Most probably the sources of Cu pollution are derived from Kbİ, TUGSAŞ and IPF; Zn and Pb pollution originates from Tügsaş and IPF; Fe ve Mn pollution is attributed to KBİ. Regarding seasonal pollution, the dominant pollutants in soil samples are Cu, S, Cd in August 2000; Cu, Zn, Mn, Cd in June 2001; Cu, Zn, Fe, Mn, S and Cd in October 2001. in addition to this, taking into account the samples collected from the surface (0-20 cm), and from depth (20-50 cm) around KBİ, the pollution appears to be limited to the soil surface.

in the plant samples collected from the study ırea, KBİ and TUGSAŞ appear to cause Cu, Pb, Zn and Fe pollution, and IPF appear to cause Cu mâ Pb pollution. Pollutants observed in tobacco (Nicotiana glauca) are Cu, Pb, Zn, Fe and S; in maize (Zea mays) are Cu, Zn and Fe; and in

cabbage (Brassica oleracea) are Cu, Pb, Fe and S.

The water samples collected from the study area revealed that KBİ has been causing Pb pollution and a relatively lower level of Cu and Fe pollution; TUGSAŞ is causing a lower level of Cu, Fe and Mn; and IPF are causing Pb pollution and a relatively lower level of Fe and Mn pollution. According to the Water Pollution Control Regulation (Official Journal, 1988) Class I (high quality waters) criteria, Cu, Pb, Fe and Mn were determined to be the pollutants in water samples during the August 2000, June 2001 and October 2001 periods. Whereas, Pb is the major pollutant for all these time periods in water samples based on Class III (polluted waters) criteria.

Key Words: Samsun, Tekkeköy, Karadeniz Copper Industries Smelting Plant, Fertilizer Industry, The industrial Park Facilities, Waste, Heavy metals, Pollution in soil, Pollution in plants, Pollution in water.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akçay, M., 2002, Jeokimya: Temel kavramlar ve uygulamaya Aktarımları, KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü, KTÜ Matbaası, Genel Yayın No:204, Fakülte Yayın No:60, Trabzon.
- ASTM, 1995, cilt II-01, D-1067-5542, s82-703.
- Atamer, B., 1985, Bir Örnek: Çarşamba Ovası, Kimya Mühendisleri Odası Dergisi, Yıl: 24, Cilt: 14(4), Sayı: 113, 10-14.
- Badgley, P.C., 1959, Stratigraphy and petroleum possibilities of the Sinop region, Tidewater-Atlantic-Texaco Exploration Group, Petrol Dairesi Başkanlığı Teknik Arşivi, Ankara.
- Beavington, E, 1975, Heavy metal contamination of vegetables and soil in domestic gardens around a smelting complex, environ. pollut, 9:211-219.
- Blumenthal, M., 1940, Boyabat ve Karadeniz

- arasındaki Pontid silsilelerinin jeolojisi hakkında rapor, MTA Rapor No: 1067.
- Brooks, R.R., 1983, Biological methods of prospecting for minerals, John Willey and Sons, New York, 332s.
- Çamur, M.Z., Süzen, L. ve Doyuran, V., 2001, Fethiye özel çevre koruma alanı kara sularının kalite değerlendirmesi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayın Organı, cilt: 25, sayı: 1, 55-64.
- Çepel, N., DüNDAR, M. ve ERTAN, E., 1980, Samsun Gelemen orman fidanlığında görülen duman zararları üzerine araştırmalar, İ.Ü.Ö.F. Dergisi, Seri A, Cilt:30, Sayı: 1:6-38, İstanbul.
- Davis, J.C., 1986, Statistics and data analysis in geology, John Wiley & Sons Inc., New York, 646 p.
- Dudka, S., Piotrovskaya, M., Chlopecka, A. ve Witek, T., 1995, Trace metal contamination of soils and plants by the mining and smelting industry in upper silesia, South Poland, Journal of Geochemical Exploration, 52, 237-250.
- Faber, A. ve Niezgodna, J., 1982, Contamination of soils and plants in a vicinity of the Zinc and Lead Smelter, Roczn. Glebozn., 33, 93.
- Gayle, R.B., 1959, Geology of the Sinop Region, Tidewater-Atlantic-Texaco Exploration Group, Petrol Dairesi Başkanlığı Teknik Arşivi, Ankara.
- Gedik, A., Ercan, T. ve Korkmaz, S., 1984, Orta Karadeniz (Samsun-Sinop) havzasının jeolojisi ve volkanik kayaların petrolojisi, MTA Enst. Derg., 99-100, 34-50.
- Gedik, A. ve Korkmaz, S., 1984, Sinop havzasının jeolojisi ve petrol olanakları, MTA Rapor No: 7575.
- Groudev, S.N., Georgiev, P.S., Angelov, A.T., Sposova, I.I. ve Mitrov, T., 2001, Treatment of metal-contaminated waters by a pilot-scale constructed wetland, paper presented in International Symposium 'Universitaria Ropet, 2001' Romanya.
- Harmsen, K., 1977, Behaviour of heavy metals in soils, Doctoral Thesis, Centre for Agricultural Publications and Documents, Wageningen., 170.
- <http://www.usgs.gov>, Phreeqc Interactive 2.4.2 Alpha Programme
- John, M.K., Van Laerhoven, C.J. ve Cross, Ch.H., 1975, Cadmium, Lead and Zinc accumulation in soil near a Smelter Complex, Environ. Lett., 10, 25.
- Johnson, R.D., Miller, R.E., Williams, R.E., Wai, C.M., Wiese, A.C. ve Mitchell, J.E., 1975, The Heavy metal problem of silver Valley, Northern Idaho, paper presented at Int. Conf., Heavy Metals in Environment, Toronto, pp. 465.
- Jones, Jr. J.B., Wolf, B. ve Mills, H.A., 1991, Plant analysis handbook micro-macro Publishing inc.
- Kabata-Pendias, A., Bolibrzuch, E. ve Tarlowski, R., 1981, Impact of a copper smelter on agricultural environments, Roczn. Glebozn., 32, 207.
- Kabata-Pendias, A. ve Pendias, H., 1992, Trace elements in soils and plants, 2nd ed: CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida., 342 pp.
- Kaçar, B., 1972, Bitki analizleri, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Kara, E. E., Açıkgöz, İ., Gültekin, P. ve Külahlı, H., 1998, Samsun Azot sanayi ve Karadeniz Bakır İşletmeleri emisyonlarının çevre topraklarına olan etkileri, Tarım Bilimleri Dergisi, 4 (2), s. 1-7.
- Ketin, İ. ve Gümüş, A., 1963, Sinop-Ayancık arasında III. Bölgeye dahil sahaların jeolojisi, TPAO Raporu, Rapor No: 288.
- Ketin, İ., 1962. 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Sinop paftası ve izahnamesi MTA Gnl. Md.
- Lindsay, W.L., 1979, Chemical equilibria in soils, John Wiley and sons, New York, 449 pp.
- Meybeck, M. ve Helmer, R., 1989, The quality of Rivers - From Pristine Stage to global pollution: Paleogeography, Geological Engineering 29(1) 2005

- Paleoclimatology, Paleoecology, global and Planetary Change Section, v. 75, pp. 283-309.
- Müezzinoğlu, A., 1973, Samsun azot fabrikasının çevrede yarattığı hava kirlenmesiyle ilgili ön etüd, TÜBİTAK Hava Kirlenmesi Araştırmaları Bölümü, s. 1-17, Ankara.
- Pais, I., ve Jones, Jr. J.B., 1997, The Handbook of trace elements, St. Lucie Pres, Boca Raton, Fla., 223 pp.
- Resmi Gazete, 1988, Su kirliliği kontrol yönetmeliği, 8. Bölüm, 19919, 13-73, TC Bşb. Çevre Müsteşarlığı, Ankara.
- Resmi Gazete, 2001, Toprak kirliliği kontrol yönetmeliği, 24609, Çevre Bakanlığı, Ankara.
- Rose, A.W., Hawkes, H.E. ve Webb, J.S., 1979, Geochemistry in mineral exploration, 2nd Edition, Academic Pres, Londra, 657.
- Smith, K.S. ve Huyck, H.L.O., 1998, Chapter 2 (An Overview of the Abundance, Relative Mobility, Bioavailability, and Human Toxicity of Metals) in Plumlee, G.S. and Logsdon, M.J. (ed), The Environmental geochemistry of mineral deposits, Part A: Processes, Techniques, and Health Issues, Economic Geology, volume A.
- Standart Methods, 1980, 15th, bölüm 303-a -311-c, s 152-185.
- Tchuldziyan, H. ve Khinov, G., 1976, On the chemistry of copper pollution of certain soils, Pochvozn. Agrokhim., 11:41-53.
- Thompson, M. ve Walsh, J.N., 1989, Handbook of inductively coupled plasma Spectrometry, s 155-156.
- Tüysüz, N., 1992, Utilization of multivariate statistical techniques in gold exploration: A case study for the evaluation of geochemical data from the region of Ordu-Fatsa-Aybastı, Geological Bulletin of Turkey, 35,141-146.
- Ullrich, S.M., Ramsey, M.H. ve Rybicka, E.H., 1999, Total and exchangeable concentrations of heavy metals in soils near Bytom, an area of Pb/Zn mining and smelting in Upper Silesia, Poland, Applied Geochemistry, 14,187-196.
- White, D.E., Hem, J.D. ve Waring, G.A., 1963, Chemical composition of subsurface Water, in Data of Geochemistry, 6th ed., U.S. Geological Survey.
- Yodaş, R., Balkıray, K., Granit, S., Korkmaz, S., Didik, S., Kalkan, İ., Ağrıdağ, D.S. ve Besbelli, B., 1985, Samsun ve dolayının (Kızılırmak-Yeşilirmak arasındaki Bölgenin) jeolojisi ve petrol olanaklarına ilişkin rapor, MTARapor No: 8130.