

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, tuff, 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 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 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 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.

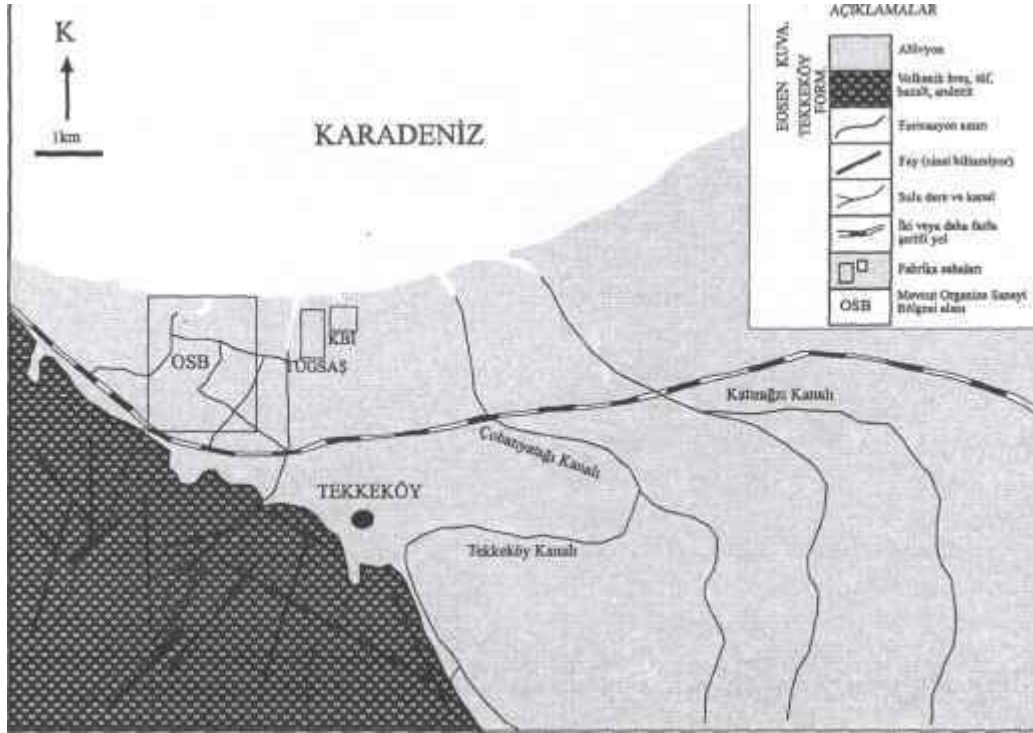
İnceleme Alanının Jeolojisi

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 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)).

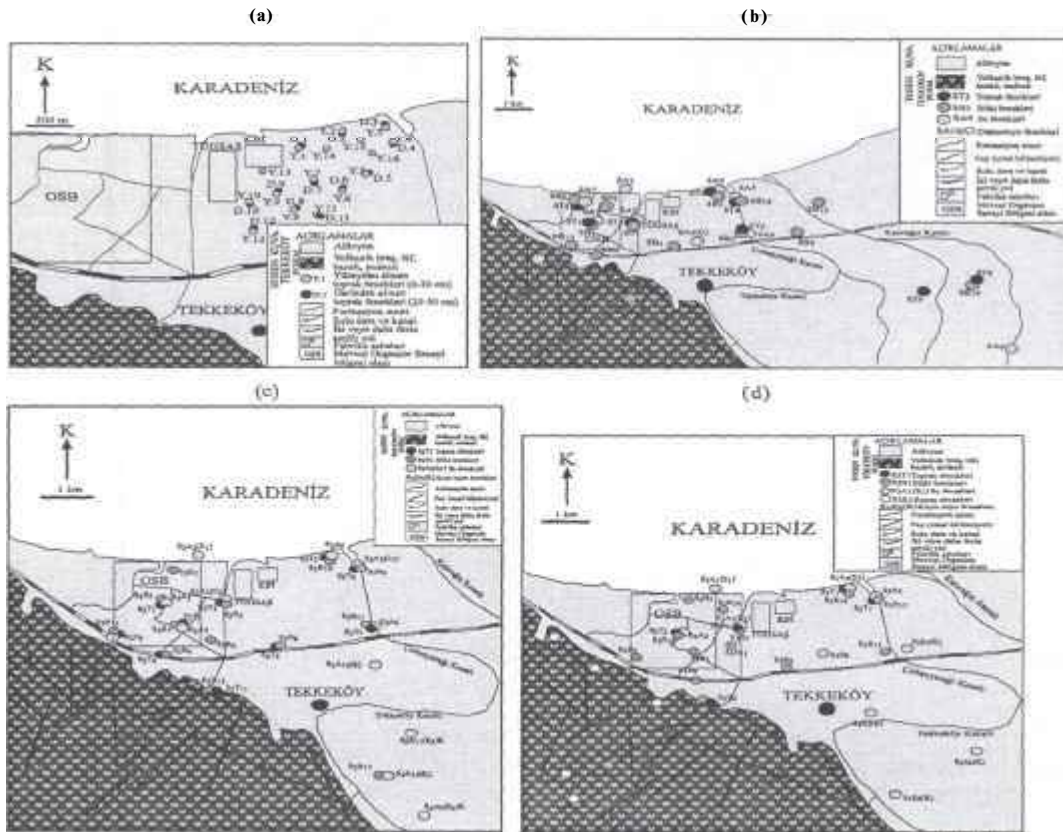
hyalopilitik dokulu olduğu görülmüştür. Hamur içinde ince kristaller halinde ojit ile granüller halinde opak mineral bulunur. Ojit ve plajiyoklaslar, fenokristalleri oluşturur. Ojitler yan özşekillidir. Plajiyoklaslar ise özşekilli ve yarı özşekilli olup, labrador (An_{60}) bileşimindedir. Andezitlerin 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 ojitlerdir.

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 örneklemler 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

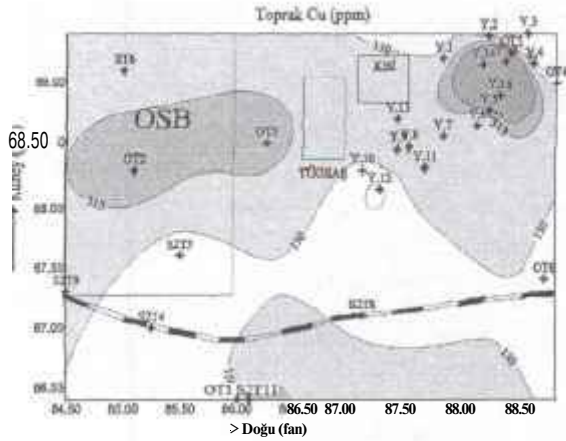
Tablel. Critical levels for some heavy metals in soils

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

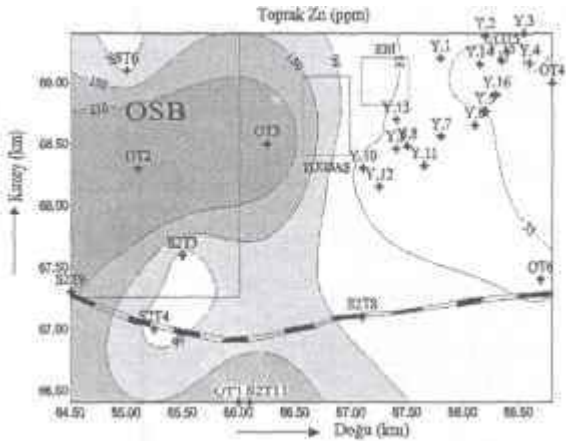
Çalışma sahasından alınan tüm toprak örneklerindeki bazı elementlerin (Cu, Pb, Zn, Fe ve Mn) konsantrasyon dağılım diyagramları incelenmiştir. Bu diyagramlardaki eş konsantrasyon eğrileri, Cu, Pb ve Zn için Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2001) topraktaki ağır metal kritik değerleri, 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'unda 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 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)



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).

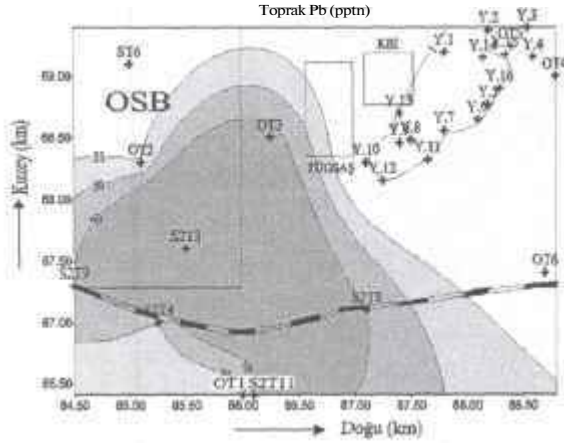
Figure 5 Distribution diagram of Zn concentrations in all soil surface samples collected from study area (Samples numbered Y are collected during March 1999, ST numbered samples are collected during August 2000 and June 2001; samples numbered OT are the average of the samples collected from the same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

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 üzerindedir (> 150 ppm). Bu iki tesis çevresindeki topraklarda görülen Zn konsantrasyonları, kritik değer (150 ppm) yaklaşık 2-3 katıdır. Buna karşın KBİ 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.

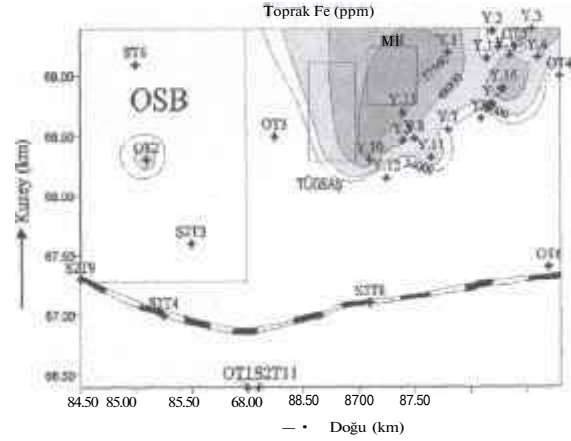


Şekil 6. Çalışma sahasından yüzeyden alınan tüm toprak örneklerine ait Pb elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı (Y numaralı örnekler Mart 1999 döneminde, ST numaralı örnekler ise Ağustos 2000 ve Haziran 2001 dönemlerinde alınmıştır. "OT" numaralı örnekler, Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde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

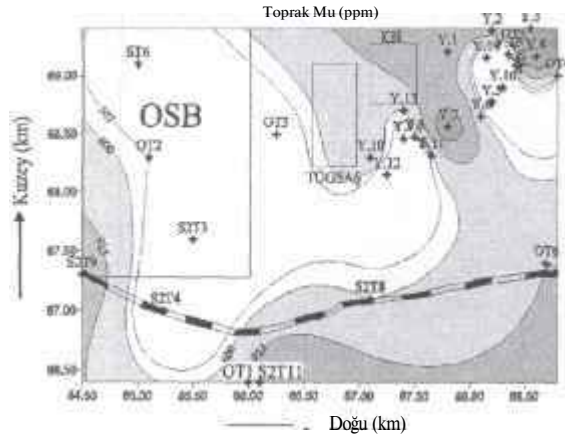


Şekil 7. Çalışma sahasından yüzeyden alınan tüm toprak örneklerine ait Fe elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı (Y numaralı örnekler Mart 1999 döneminde, ST numaralı örnekler ise Ağustos 2000 ve Haziran 2001 dönemlerinde alınmıştır. "OT" numaralı örnekler, Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde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

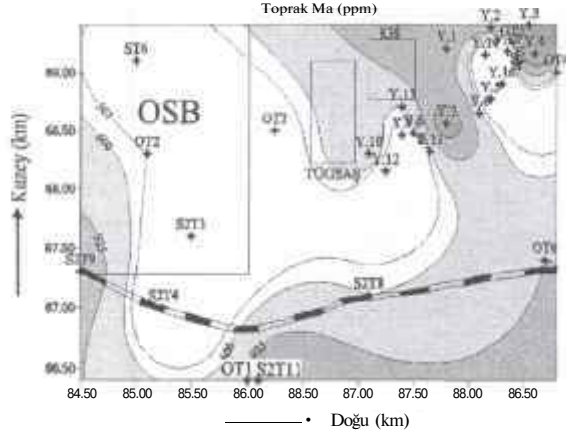
Figure 8. Distribution diagram of Mn concentrations in all soil surface samples collected from study area (Samples numbered Y are collected during March 1999, ST numbered samples are collected during August 2000 and June 2001; samples numbered OT are the average of the samples collected from the same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

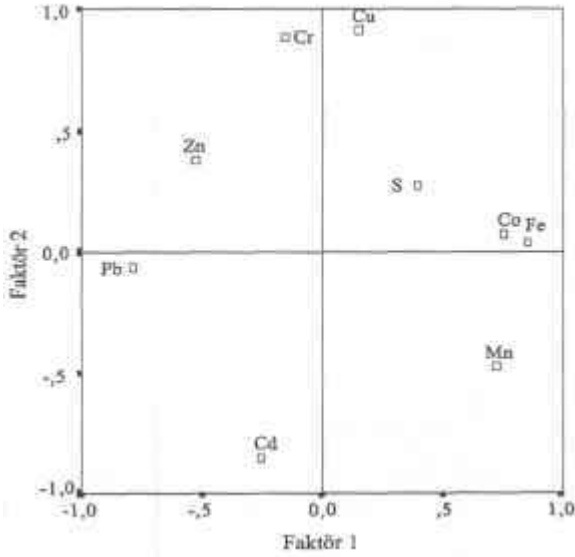
Yüzeyden ve derinden alınan toprak örneklerine ait Zn ve Pb konsantrasyonları, Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2001) topraktaki ağır metal kritik değerlerine (Tablo 1) göre, oldukça düşüktür. Bu yüzden bu elementlerin, KBİ tesisi çevresindeki toprakta herhangi bir kirlilik oluşturmadığı 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

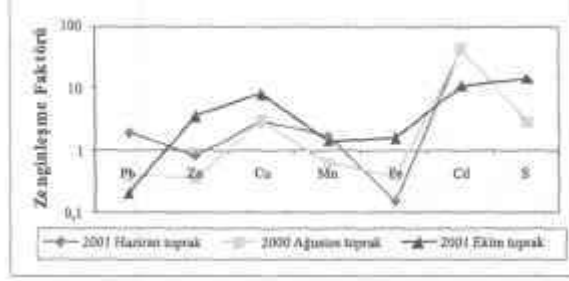
Kirliliğin Kantitatif olarak hesaplanmasında ilk önce çalışma sahasından alınan örneklerin kimyasal analizlerinden elde edilen bazı element konsantrasyonları, Çizelge 1 'de verilen değerlere (Cu, Pb, Zn ve Cd için Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 2001'de belirtilen topraktaki ağır metal kritik değerleri; 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 olmadığının 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).

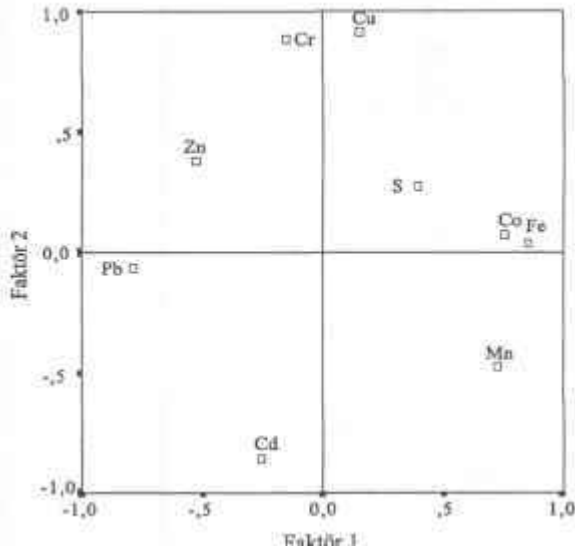
Element (ppm)	Yeterli	Toksik
Cu	5-30	30-100
Pb	5-10	30-300
Zn	27-150	100-400
Mn	20-300	300-500
Fe	20-200	200-500
Cd	0,05-0,2	5-30
As	1-1,7	5-20
Ni	0,1-5	10-100
Cr	0,1-0,5	5-30
Co	0,02-1	15-50

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.

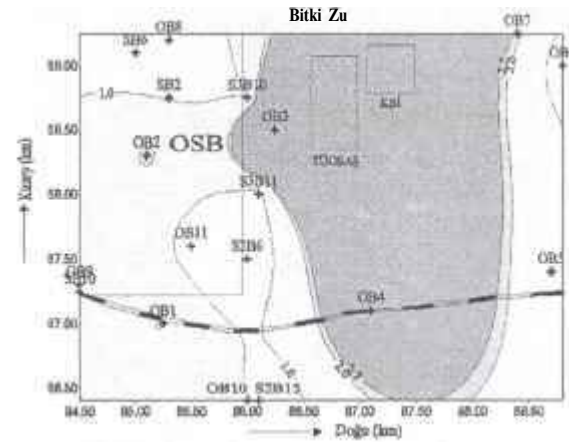
Buna göre Ağustos 2000, Haziran 2001 ve Ekim 2001 dönemi toprak örneklerindeki bazı elementler (Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, Cd, S) için hesaplanan ortalama zenginleşme faktörleri ve bu faktörlerin elementlere karşı grafikleri Şekil 11'de verilmiştir.

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

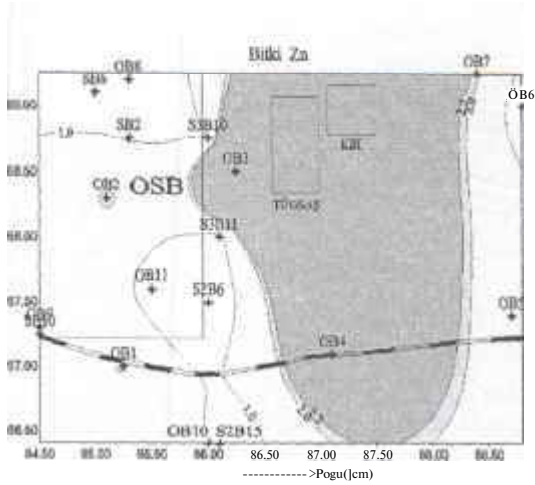
Bitkilerin element içerikleri, içerisinde büyüdükleri toprağın ve tabandaki kayacın element içeriğini yansıtmayabilir. Zira bitkiler bazı elementleri herhangi bir sınırlama olmadan bünyesine alırken, diğer bazı elementlerin bünyesine girmesine izin vermez (Akçay, 2002). Dolayısıyla her bitkinin element 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 (*Lycopersicum 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 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 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)'ün bitki yapraklarında belirledikleri fazla değerler ile Pais ve Jones, 1997 (Tablo 4)'ün 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).

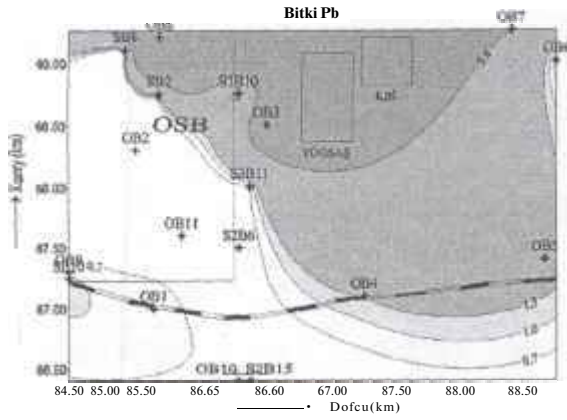
Figure 13. Distribution diagram of Zn concentrations in the plant samples collected from study area (The values at the diagram are normalized according to the excess Zn concentration values determined at plant leaves by Jones et al. (1991) (indicated in Table 3) and according to the lowest toxicity values 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, TÜGSAŞ ve OSB tesislerini içine alan yaklaşık 7 km²'lik bir alanda çok yüksek Cu konsantrasyonlarına (>6.2) rastlanmıştır. Özellikle de TÜGSAŞ 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 bacalarından 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, TÜGSAŞ ve OSB tesislerinden bitkilere bir Cu bulaşmasının olduğunu göstermektedir.

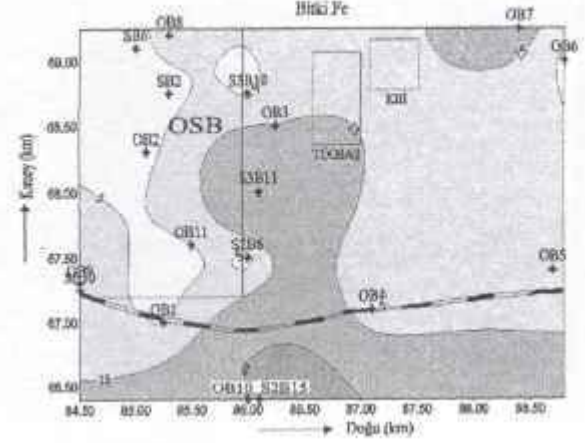
Zn elementinin konsantrasyon dağılım diyagramında, Zn değerleri çalışma sahasının genelinde yüksektir (>1; Şekil 13). Ancak, TÜGSAŞ ve KBİ tesislerini içine alan yaklaşık 5 km²'lik bir alanda çok daha yüksek Zn değerleri (>2) görülmektedir. OSB tesisi çevresinde ise sadece mısır (Zea mays) örneğinde (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, TÜGSAŞ 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.



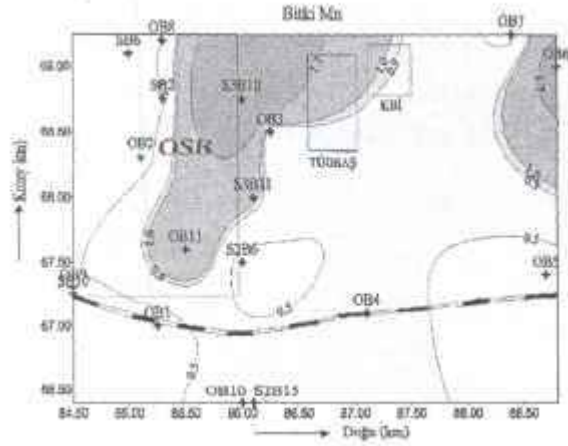
Şekil 14. Çalışma sahasından alınan tüm bitki örneklerine ait Pb elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı (Diyagramdaki değerler, bitki örneklerindeki Pb konsantrasyonlarının Jones vd., 1991 (Tablo 3)'in bitki yapraklarında belirledikleri fazla değerler ile Pais ve Jones, 1997 (Tablo 4)'nin bitki 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)'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 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 örnekleminin 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.

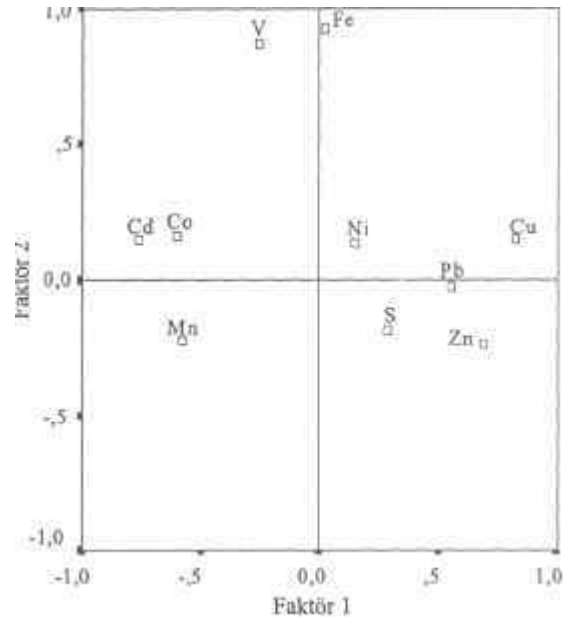
Çizelge 5. Çalışma sahasından alınan bitki örneklerindeki iz elementler için hesaplanan faktör analizi.

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.



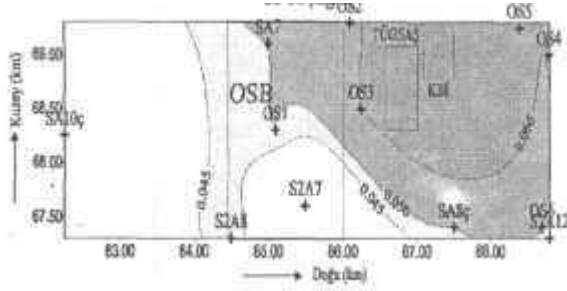
Şekil 17. Çalışma sahasından alınan bitki örneklerindeki iz elementlerin temsil ettiği 1. ve 2. faktör yüklerinin nokta diyagramda gösterimi

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*

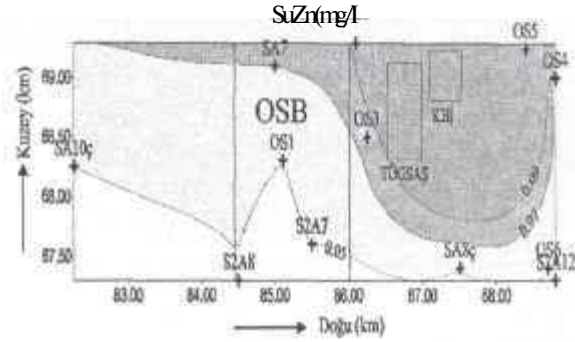
Yönetmeliği (Resmi Gazete, 1988) III. Sınıf Su değerleri (Çizelge 6) limit alınarak, çalışma sahasındaki Cu, Pb, Zn, Fe ve Mn element konsantrasyonlarının % 50., % 75. ve % 90. değerlerine göre oluşturulmuştur. Elementlerin konsantrasyon dağılım diyagramları incelendiğinde, su örneklerindeki Cu değerleri, 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 TUGSAŞ 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 TUGSAŞ 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)

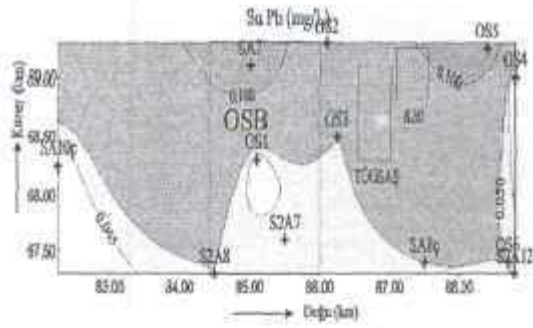
Su örneklerine ait Zn elementinin konsantrasyon dağılım diyagramında Zn değerleri, çalışma sahasında normal değerler mg/L; Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği III. Sınıf Su, 1988) içinde görülmektedir (Şekil 21). Ancak Tesisler çevresindeki toprak ve bitkilerde Zn'nun yüksek konsantrasyonlarda olması, birbiriyle 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).

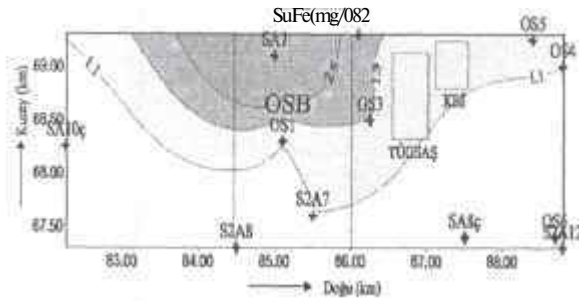
Figure 21. Distribution diagram of Zn concentrations in the water samples collected from study area (Samples numbered SA are collected during August 2000 and June 2001. Samples numbered OS are the average of the samples collected during August 2000-June 2001-October 2001 from the same sampling locations)

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.



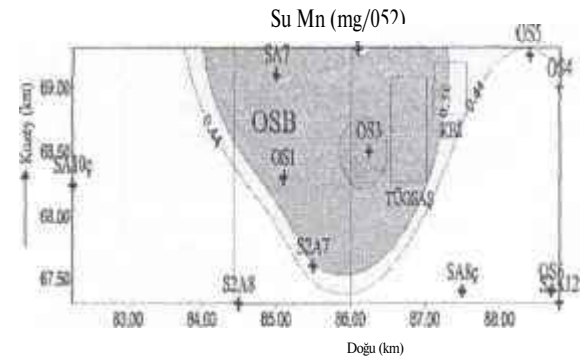
Şekil 22. Çalışma sahasından alınan tüm su örneklerine ait Pb elementinin konsantrasyon dağılım diyagramı ("SA" numaralı örnekler Ağustos 2000 ve Haziran 2001 dönemlerinde alınan örneklerdir. "OS" numaralı örnekler ise Ağustos 2000-Haziran 2001-Ekim 2001 dönemlerinde aynı lokasyonlardan alınan örneklerin 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 KİBİ, 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 KİBİ, 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	Büyük Kirlilik Kontrol Yönetmeliği (Kısmi Güçte, 1988)			
		Yüksek kirlilik (I.Sınıf Su) Mg/L	Az kirlilik (II.Sınıf Su) Mg/L	Kirli su (III.Sınıf Su) Mg/L	Çok kirlilik (IV.Sınıf Su) Mg/L
Cu	0,02-0,45	0,02	0,05	0,3	> 0,3
Pb	0,02-0,3	0,01	0,02	0,05	> 0,05
Zn	0,05-1,2	0,3	0,5	3	> 3
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	$-4,104 \cdot 10^{-2}$ 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), HCO₃-Ba (0,81;<0,01), Fe-SO₄ (0,65;<0,01), Fe-Cl (0,95;<0,01) element çiftleri pozitif ve anlamlı bir ilişki gösterirken, HCO₃-Cu (-0,51;<0,01), HCO₃-Zn (-0,52;<0,01), HCO₃-Pb (-0,54;<0,01) negatif ve anlamlı bir ilişki sunarlar. Buna göre suda Cu, Pb, Zn birlikte hareket etmekte, HCO₃ azaldıkça Cu, Pb ve Zn konsantrasyonları artmaktadır. Fe ve SO₄ arasındaki ilişki ise, Fe SO₄ çökelimine 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, NO₃, Pb Cu, Zn, Al pozitif davranış gösterirken, HCO₃ ile Ba negatif davranmaktadır. 2. faktörü oluşturan değişkenler Fe, Mn, Br, Cl ve SO₄ pozitif davranmakta, Cu ve Zn ise negatif davranış göstermektedir.

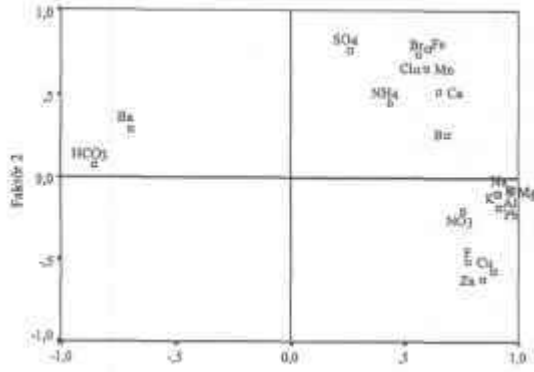
Suda gözlenen bu durum 1. faktörün kirliliğin rol oynadığı faktör olduğunu göstermektedir (Şekil 20, Şekil 21 ve Şekil 22). HCO₃ ortamın alkalinitesini ortaya koymaktadır. HCO₃ azaldıkça Cu, Pb ve Zn konsantrasyonları artmaktadır. 2. faktör FeSO₄ çökelimini ve deniz

suyunun etkisini göstermektedir. FeSO₄ 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, SO₄- ve Cl farklı bir alanda grup oluştururlar. Alkaliniteyi ortaya koyan HCO₃- ise ayrı bir alanda yer almaktadır.

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

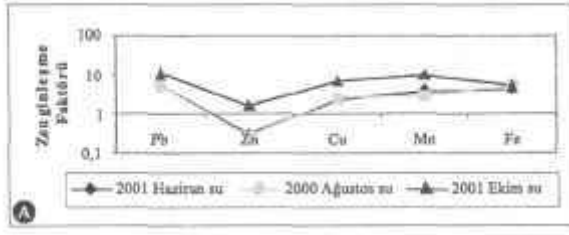
Table 9. Factor loading matrix for some elements and components in the water samples collected

	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
HCO3	-0,875	7,83E-02
F	0,814	-0,511
NO3	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
SO4	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



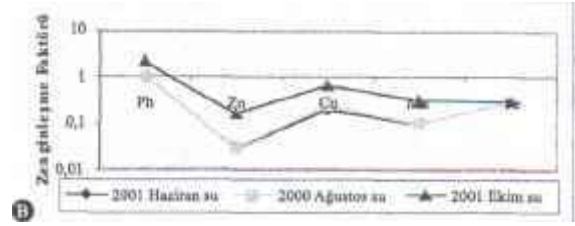
Şekil 26. Çalışma sahasından alınan su örneklerindeki element ve bileşiklerin temsil ettiği 1. ve 2. faktör yüklerinin nokta diyagramda gösterimi

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) 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 kalsiyum (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 ana data analysis in geology, John Willey&Sons Inc., New York, 646 p.
- Dudka, S., Piotrovkska, 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 Agric. 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.