

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TUZ GÖLÜNDE TUZ ÜRETİM
PROSESİNDE AĞIR METAL DEĞİŞİMİ

REYHAN SARAL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
ŞUBAT, 2000

T.C.

**GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TUZ GÖLÜNDE TUZ ÜRETİM PROSESİNDE
AĞIR METAL DEĞİŞİMİ**

**REYHAN SARAL
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. AHMET AYHAN**

GEBZE, Şubat 2000

ÖZET

İncelemeye konu olan Tuz Gölü, İç Anadolu'da ve Konya İlının kuzeydoğusunda yer almaktadır. Tuz Gölü yaklaşık 1665 km²'lik bir alanı kapsamaktadır.

Çok stratejik bir doğal kaynak olan Tuz Gölüne bölgedeki sanayii tesisleri ve kanalizasyon atıklarının doğrudan doğruya boşaltılması; tuz oluşumunu olumsuz yönde etkilemektedir. Tuz Gölünü tehdit eden kirlilik parametrelerinden başlıcaları; ana tahliye kanalı ile taşınan çeşitli kökenlere sahip partiküller, yağ, gres, deterjan, pestisit, ağır metaller ve dışardan gelen fazla sudur. Ağır metaller belirli bir konsantrasyona ulaştığında tuzun kristal yapısına doğrudan girmekte ve tuzun kalitesini düşürmektedir.

Ağır metal miktarlarını belirlemek üzere hem Tuz Gölünden hem de tuz rafinasyonu sonrası tuzdan ve atıklardan çok sayıda numuneler alınmıştır. Tuzlalardan alınan ham tuzlar ile bunları Vakumlu Evaporasyon Yöntemi ile rafine eden Salina Tuz Fabrikasından (Cihanbeyli) alınan 24 adet numune, Ham Tuz, Ürün Tuz, Proses Suyu ve Atık Malzeme olmak üzere 4 gruba ayrılarak incelenmiştir. Numunelerin mineralojik incelemeleri X-Ray Difraktometre cihazında jeokimyasal incelemeleri ise Grafit Fırınlı Atomik Absorbsiyon Spektrometri cihazında gerçekleştirilmiştir. Analizlerde Cu, Cd, Ni, Co, Hg, As, Mn, Pb, Se, Cr, Fe, Al gibi ağır metal konsantrasyonları tek tek değerlendirildikten sonra birbirleri ile kıyaslanmış ve gelim kaynakları yorumlanmıştır.

X-Ray Difraktometre cihazında yapılan analizlerde; ürün tuz numunelerinin genellikle hakim mineral olarak Halit (NaCl) ve nadiren CaCl₂, ham tuz numunelerinin halit minerali yanı sıra jips minerali, atık malzeme numunelerinin ise halit, jips ve sodyum kalsiyum sülfat mineralleri içerdikleri belirlenmiştir.

Tüm analiz sonuçları göstermektedir ki, Konya şehrinin evsel ve endüstriyel atıklarının ana tahliye kanalı yoluyla Tuz gölüne deşarj edilmesinden kaynaklanan önemli bir kirlenme vardır. Kirletici parametrelerden ağır metallerin ham tuz içindeki belirgin konsantrasyonları büyük bir risk taşımaya karşılık rafine tuzlarda Fe, Al, Co, Mn, Cr ve Ni dışında kalan toksik elementler olarak adlandırılan As, Hg, Pb ve Cd gibi elementlerin ya hiç bulunmamaları veya düşük konsantrasyon göstermeleri nedeniyle bu risk büyük ölçüde azalmaktadır. Buna rağmen piyasaya arz edilen tuzlarda rutin analizlerin yapılarak sürekli olarak denetim altında tutulma gereği vardır.

SUMMARY

Tuz Gölü which is topic of investigation is located in the northeast of Konya city and İç Anadolu. Tuz Gölü area is about 1665 kilometer squar.

The constitution of salt is affected by discharging wastes of institutions of industry and seweages in this region to Tuz Gölü which is very strategical natural source. The principal pollution parameters which are threatened Tuz Gölü are components of different kinds, grease, detergent, pesticides, too many water that is coming from outside and heavy metals which are transported with canal of ana tahliye. When heavy metals reache an enough concentration, they enter construction of salt and they lower the quality of salt.

24 samples are received from Tuz Gölü and from refined salts and wastes for determination of the values of heavy metals. Unrefined salts which are received from Saltpans with 24 samples that are received from the Salina Salt Factory (Cihanbeyli) producing these salts with Vacuum Evaporation Method are investigated classifying in four groups that are unrefined salt, refined salt, waste material, process water.

The mineralogical investigations of the samples were analized in GYTE Investigation's Laboratory of Material Engineering and the chemical investigations of the samples were analized in GYTE Investigation's Laboratory of Environmental Engineering. According to the conclusions of these analyses; the concentrations of Cu, Al, Pb, As, Hg, Fe, Cr, Se, Cd, Co, Mn, Ni were evaluated and then compared each other and interpreted sources of orginating each one.

Unrefined salts include usually mineral halite (NaCl) and rarely CaCl_2 , refined salts include mineral halite and gypsum and waste material samples include mineral halite, gypsium and sodium- calcium sulphate according to the analyses in the machine of X-Ray Diffractometer.

According to the conclusions of all analyses, there is an important pollution because the household and industrial wastes of Konya city are discharged to Tuz Gölü by canal of ana tahliye. In spite of the evident heavy metals concentrations that are pollution parameters in unrefined salt have a risk. Because the elements of As, Hg, Pb and Cd which are naming toxic elements and exterior of elements as Fe, Al, Mn, Co, Cr and Ni were not either existing or representing low concentrations are decreased this

risk at a great measure . In spite of this, the analyses must be repeated and be controlled in the salts that are presented to the market

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı yöneten Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Rektörü, danışman hocam sayın Prof. Dr. Ahmet AYHAN'a teşvik ve desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuarda çalışmalarım ile ilgili analizlerin hazırlanmasında ve tezin hazırlanması esnasında her türlü destek ve yardımlarını gördüğüm Çevre Mühendisliği bölümü öğretim üyelerinden Yard. Doç. Dr. Salim ÖNCEL'e teşekkürü borç bilirim.

Saha çalışmaları esnasında ve fabrika numunelerinin temin edilmesinde desteklerinden dolayı Salina Tuz Fabrikası Şefi, Kimya Mühendisi Ali KAPLAN'a GYTE Malzeme Laboratuvarı'nda numunelerin X-Ray Analizlerinin yapılmasında destek veren Yard. Doç. Dr. Ahmet ÇAPOĞLU'na ve teknisyen Adem ŞEN'e, Konya Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nde Şube Müdürü Şehval ÇELİKEL'e ve Tekel Tuz Sanayii Müessesesi Müdürü Mehmet YAĞCI ve Tekel Tuz Sanayii Üretim Müdürü Ertuğrul ÖLMEZ'e verdikleri bilgilerden dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca GYTE Ar.Gör. Zehra SARAÇ'a ve her zaman yanımda hissettiğim aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

İÇİNDEKİLER	SAYFA NO
Özet.....	IV
Summary.....	V
Teşekkür.....	VI
İçindekiler Dizini.....	VII
Simgeler ve Kısaltmalar Dizini.....	VIII
Şekiller Dizini.....	IX
Tablolar Dizini.....	X
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç ve Kapsam.....	1
1.2 Materyal ve Metod.....	1
1.3 Önceki Çalışmalar.....	1
1.3.1 Bölgesel Jeolojideki Çalışmalar.....	2
1.3.2. Tuz Gölündeki Tuz Oluşumu ve Potansiyeli.....	2
1.3.3. Tuz Gölündeki Kirlenmeye Yönelik Çalışmalar.....	2
1.4. Coğrafi Konum ve Genel Jeoloji.....	3
1.5. Tuz Hakkında Genel Bilgiler.....	10
1.5.1 Tuz Kaynakları.....	11
1.5.2. Dünyada Mevcut Tuz Kaynakları.....	11
1.5.3. Tuzun Kullanım Alanları.....	12
1.5.4. Tuzlardaki Kirlilik Nedenleri ve Sonuçları.....	14
1.6. Tuz Üretim Teknolojileri.....	16
1.6.1. Yeraltı Madenciliği.....	16
1.6.2. Güneş Buharlaşması.....	17
1.6.3. Çözelti Madenciliği ve Mekanik Buharlaşma.....	17
1.6.4. Tuz Üretiminde Sınai Yöntemler.....	18
1.6.4.1. Termik Kompresyon Yöntemi ile Tuz Üretimi.....	19
1.6.4.2. Öğütme-Yıkama-Kurutma Sistemi ile Tuz Üretimi.....	21
1.6.4.3. Rekristalizasyon Yöntemi ile Tuz Üretimi.....	23
1.6.4.3.1. Ham Tuzun Hazırlanması ve Ön Tasviye.....	24
1.6.4.3.2. Evaporasyon.....	25
1.6.4.3.3. Kurutma ve Paketleme.....	27
1.6.4.4. Açık Kaplarda Buharlaştırma Yöntemi.....	28
1.6.5. Tuz Gölünde Tuz Üretim Yöntemi.....	29
1.6.5.1. Tuzlulardan Tuz Üretimi.....	29
1.6.5.2. Rafine Tuz Üretimi.....	32
2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	35
2.1. Materyal ve Metod.....	35
2.1.1. Numune Alımı.....	35
2.1.2. Numunelerin Hazırlanması.....	36
2.2. Mineralojik Çalışmalar.....	44
2.3. Analiz Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirilmeleri.....	45
2.3.1. Ham Tuz.....	45
2.3.2. Ürün Tuz.....	45
2.3.3. Atık Malzeme.....	46
2.3.4. Proses Suyu.....	46

2.4. Ham Tuz, Ürün Tuz, Atık Kil ve Proses Suyu Analiz Sonuçları Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi.....	59
2.5. Ağır Metal İçeriklerinin Standartlarla Karşılaştırılması.....	59
2.6. Ağır Metal Kaynakları.....	60
3. SONUÇLAR.....	63
KAYNAKLAR.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	69
EKLER.....	70

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

GYTE	Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü
MTA	Maden Tetkik Arama Enstitüsü
DSİ	Devlet Su İşleri
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
AAS	Atomik Absorbsiyon Cihazı

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL	SAYFA
1.1. İnceleme Alanı Yer Bulduru Haritası.....	4
1.2. Tuz Gölü Havzası.....	5
1.3. Kaya Tuzlarının Oda-Topuk Yöntemi İle Üretim Şekli.....	17
1.4. Yeraltındaki Kaya Tuzu Tabakalarından Tuzlu Su Elde Etme Yöntemi.....	18
1.5. Termik Kompresyon Yöntemi İle Tuz Üretiminin Akım Şeması.....	20
1.6. Öğütme-Yıkama-Kurutma Sistemi İle Tuz Üretimi.....	22
1.7. Rekristalizasyon Yöntemi İle Rafine Tuz Üretimi Akım Şeması.....	23
1.8. Evaporasyon Yöntemi İle Tuz Üretimi.....	26
1.9. Evaporasyon Yöntemi İle Tuz Üretiminin Akım Şeması.....	28
1.10. Tuz Gölü Tuzlalarının Lokasyonları.....	31
1.11. Vakumlu Evaporasyon Yöntemi İle Tuz Üretimi Akım Şeması.....	33
1.12. Vakumlu Evaporasyon Tuz Üretim Yöntemi Akım Şeması Üzerinde Numunelerin Alındığı Yerler.....	34
2.13. Bir Ürün Tuz Numunesinin Difraktogramı.....	44
2.14. Se Elementi Konsantrasyon Bar Diyagramı.....	47
2.15. Ni Elementi Konsantrasyonu Bar Diyagramı.....	47
2.16. Cr Elementi Konsantrasyon Bar Diyagramı.....	48
2.17. Pb Elementi Konsantrasyon Bar Diyagramı.....	48
2.18. Co Elementi Konsantrasyon Bar Diyagramı.....	49
2.19. Fe Elementi Konsantrasyon Bar Diyagramı.....	49
2.20. Hg Elementi Konsantrasyon Bar Diyagramı.....	50
2.21. As Elementi Konsantrasyon Bar Diyagramı.....	50
2.22. Cd Elementi Konsantrasyon Bar Diyagramı.....	51
2.23. Cu Elementi Konsantrasyon Bar Diyagramı.....	51
2.24. Al Elementi Konsantrasyon Bar Diyagramı.....	52
2.25. Mn Elementi Konsantrasyon Bar Diyagramı.....	52
2.26. Fe-Cr Korelasyon Diyagramı.....	53
2.27. Mn-Cr Korelasyon Diyagramı.....	53
2.28. Mn-Fe Korelasyon Diyagramı.....	54
2.29. Al-Mn Korelasyon Diyagramı.....	54
2.30. Al-Fe Korelasyon Diyagramı.....	55
2.31. Cr-Al Korelasyon Diyagramı.....	55
2.32. Cu-Al Korelasyon Diyagramı.....	56
2.33. Cd-Pb Korelasyon Diyagramı.....	56
2.34. Fe-Co Korelasyon Diyagramı.....	57
2.35. Hg-As Korelasyon Diyagramı.....	57
2.36. Ni-Cr Korelasyon Diyagramı.....	58

TABLOLAR DİZİNİ

TABLO	SAYFA
1.1. 1997 Yılı Kulu, Cihanbeyli ve Aksaray İstasyonları Verileri.....	7
1.2. 1998 Yılı Kulu, Cihanbeyli ve Aksaray Verileri.....	8
1.3. Kaynaklarına Göre Tuzun Kimyasal Yapısı.....	11
1.4. Ülkeler İtibariyle Dünya Tuz Üretimi.....	12
1.5. Tuz Gölü Tuzlalarında 1970-1999 Yıllarında Üretim Miktarları (ton).....	30
2.6. Ham Tuzdan Ürün Tuza Kadar Olan Süreçle İlgili Numunelerin Sınıflandırılması.....	36
2.7. Numunelerin Su İçeriği (%).....	37
2.8. Süzgeç Kağıdı Kullanılmış Olan Numunelerdeki Çözünmez Madde Ağırlığı (g).....	38
2.9. Numunelerin Çözelti Hacmi ve Kullanılan Numune Ağırlıkları.....	39
2.10. Çeşitli Kategorilerde Alınan Numunelerin AAS Cihazı Analiz Sonuçları (µg/l).....	40
2.11. Çeşitli Kategorilerde Alınan Numunelerin Element Konsantrasyonları (mg/kg).....	41
2.12. X-Ray Difraktometre Cihazında Yapılan Analiz Sonuçları.....	43
2.13. TS 933'e Göre Yemeklik Tuzların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	60
2.14. Yüksek Konsantrasyonlardaki Ağır Metallerin Zehir Etkisi.....	62

EKLER

Ek 1. Bölgenin Jeolojisi.....	70
-------------------------------	----

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışma Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans tez çalışması olarak hazırlanmıştır. Çalışmanın amacı, Konya ve yakın çevresindeki sanayii tesisleri ve kanalizasyon atıklarının doğrudan Tuz Gölü'ne boşaltılması ile göle ulaşan başlıca kirletici parametrelerden ağır metallerin ham tuz, ürün tuz, atık malzeme ve proses suyu numunelerindeki konsantrasyonlarının oluşturduğu kirlenme riskini ortaya koymaktır.

Tuz Gölünden aldığı ham tuzu Vakumlu Evaporasyon Yöntemi ile rafine eden Salina Tuz Fabrikasından 24 adet numune alınmıştır. Numuneler, ham tuz, ürün tuz, proses suyu ve atık malzeme olarak sınıflandırılmıştır. Numunelerin mineralojik tayinleri, X-Ray Difraktometre cihazı, ağır metal analizleri ise Grafit Fırınlı Atomik Absorbsiyon Spektrometri cihazı kullanılarak yapılmıştır. Cu, Cd, Co, Hg, Cr, As, Fe, Ni, Mn, Al, Pb ve Se ağır metal konsantrasyonları, üretimin çeşitli aşamalarından alınan 24 adet numune için mg/kg olarak hesaplanmış ve tek tek değerlendirilmiştir. Ağır metal konsantrasyonları için bar diyagramlar hazırlanmış ve element çiftleri oluşturularak kıyaslama diyagramları hazırlanmıştır.

TS 933'e göre mutfak ve sofraya tuzunun fiziksel ve kimyasal özelliklerini gösteren tablodaki değerler ürün tuz numunelerinin içerdiği ağır metaller ile kıyaslanmıştır (TSE, 1986).

1.2. Materyal ve Metod

Deneyisel çalışmalar, GYTE Çevre Mühendisliği ve Malzeme Mühendisliği Bölümlerinin Araştırma Laboratuvarında yürütülmüştür. X-Ray analizleri için X-Ray Difraktometre cihazı ve ağır metal analizleri ise Grafit Fırınlı Atomik Absorbsiyon Spektrometri cihazları kullanılmıştır.

1.3. Önceki Çalışmalar

Tuz Gölü ve civarındaki eski çalışmalar 3 ana başlıkta toplanabilir. Bunlar Tuz Gölü ve çevresindeki jeolojik amaçlı çalışmalar, Tuz Gölündeki tuz oluşumu ve tuz potansiyeli ile ilgili çalışmalar ve son olarak da Tuz Gölündeki kirlenmeye yönelik çalışmalardır.

1.3.1. Bölgesel Jeolojideki Çalışmalar

-Uğurtaş (1975), Havzanın değişik kesimlerinde jeolojik etüdleri yapmıştır. Tuz Gölü güneyinde uyguladığı sismik ve gravite etüdleri ile havza tabanında diyapir şeklinde yükselmiş tuz kütlelerinin varlığını ortaya koymuştur.

-Arıkan (1975), Tuz Gölü havzasının jeolojisini ve petrol imkanlarını araştırmıştır. Sismik profillere dayanarak göl tabanındaki tuz kütlelerinin Üst Kretase-Eosen döneminde oluşmuş olabileceklerini ifade etmiştir.

-Uygun (1981), Tuz Gölü havzasının jeolojisi, evaporit oluşumları ve hidrokarbon olanaklarını belirlemiştir.

1.3.2. Tuz Gölündeki Tuz Oluşumu ve Tuz Potansiyeli

-Gawlik (1956), Ş. Koçhisar ovasında yaptığı çalışmalarla evaporitlerin Üst Eosen-Oligosen, Linyitlerin ise Alt Miyosen yaşlı olduklarını vurgulamıştır.

-Irion (1970), Tuz Gölünü mineralojik, jeokimyasal ve sediman petrografisi açısından doktora tezinde incelemiştir. Tuz oluşumu ve tuz çökellerinin çökme şartlarını irdlemiştir.

-Görür ve Derman (1978), Tuz Gölü Havzasının jeolojik gelişim süreçlerini ve evrimini yorumlamışlardır.

-Karaaslan (1989), Yüksek Lisans Tezinde, Tuz Gölü çevresinin jeolojisini ve tuz oluşumunu etkileyen faktörleri incelemiştir.

1.3.3. Tuz Gölündeki Kirlenmeye Yönelik Çalışmalar

-Beker (1989), Tahliye kanallarının gölde oluşturacağı kirlenmeyi tespit etmek için 7 noktadan alınan örneklerin çeşitli analizlerini yaparak, gölde oluşacak kirliliğin, uzun vadede tuz üretimini tehlikeye sokacağını belirtilerek, arıtma tesislerinin kurulması gerektiğini ve bölgenin özel çevre koruma bölgesi ilan edilmesini ve özel deşarj kriterlerinin belirlenmesi gerektiğini savunmuştur.

-Ayhan ve Diğ. (1993), Konya Kapalı Havzasında ve Tuz Gölünde Kirlenmenin Tespiti ve Giderilmesi konusunda çalışmışlar ve bölgedeki kanalizasyon ve sanayii atıklarının deşarj edildiği gölde büyük bir çevresel kirliliğe yol açtığını ve bunun önlenmesi için çalışmalar yapılması gerektiğini ortaya koymuşlardır.

1.4 Coğrafik Konum ve Genel Jeoloji

Tuz Gölü, Konya İlinin kuzeydoğusunda, Aksaray İlinin kuzeybatısında ve Ankara İlinin güneydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1.1). Yakın çevresinde Kulu, Cihanbeyli, Şereflikoçhisar ilçeleri ve Mezgit, Yeniceoba ve Hanobası beldeleri yer almaktadır (Şekil 1.2).

Tuz Gölü, 1665 km²'lik bir alana sahiptir. Ortalama derinliği 0.7 m olan gölün tuz kalınlığı 1-30 cm'dir. Kaldırım, Kayacık ve Yavşan Tuzlaları ile yıllık ortalama üretim kapasitesi, toplam 750,000-1,250,000 ton olan göl, Türkiye'deki tuz ihtiyacının % 55'ini karşılamaktadır. Gölde her yıl için 200,000,000 ton tuz oluşabileceği hesaplanmıştır.

ŞEKİL 1.1. İnceleme Alanı Yer Bulduru Haritası.

ŞEKİL 1.2. Tuz Gölü Havzası.

Bölgede su kaynağı olarak akarsular, tali göller ve bataklıklar bulunmaktadır. Akarsular; Çarşamba Çayı, Meram Çayı, May Deresi, İvriz Çayı, Zanapa Çayı, Melendiz Çayı, Gümüşler Deresi ve Peçeneközü Deresidir. Göller; Tersakan Gölü, Kulu Gölü ve Bolluk Gölüdür. Bataklıklar; Hotamış bataklığı, Alakova bataklığı, Arapmezarlığı bataklığı, Aslım bataklığı, Akgöl bataklığı, Gölbaşı Sazlığı, Hortu Sazlığı, Çiller Sazlığıdır.

Çalışma bölgesinin iklimi karasal iklimdir. Kışları soğuk ve yağışlı olmasına karşılık yazları sıcak ve kuraktır. Deniz etkileri ve rüzgar etkilerine maruz kalmayan, etrafı dağlarla çevrelenmiş bölgede yazın sıcaklığı ile optimum buharlaşma artmaktadır.

İklim verilerinin belirlenmesinde, meteoroloji istasyonlarının verilerinden yararlanılmıştır. Tuz Gölü havzasının çevresinde çok sayıda istasyon bulunmaktadır ve bunların verilerinde fazla bir fark yoktur. Bu nedenle havzayı karakterize etmesi açısından en yakın Aksaray, Cihanbeyli ve Kulu Meteoroloji İstasyonları verileri kullanılmıştır.

1997 ve 1998 yıllarındaki sıcaklık, nemlilik ve yağış değerleri Tablo 1.1 ve 1.2’de verilmiştir. Bu verilere göre, 1997 ve 1998 yıllarındaki en düşük sıcaklıklar; Aksaray’da 0,3 ve 1 °C, Kulu’da -1,9 ve -0,4 °C ve Cihanbeyli’de 0,1 ve 0,6 °C’dir. En yüksek sıcaklık; Aksaray’da 23,9 ve 24,1 °C, Kulu’da 21,9 ve 24,4 °C ve Cihanbeyli’de 22,8 ve 24,9 °C’dir. Yıllık ortalama sıcaklıklar ise Aksaray’da 11,6 ve 13,1 °C, Kulu’da 9,6 ve 11,3 °C ve Cihanbeyli’de 10,6 ve 12,3 °C’dir. Yıllık toplam yağışlar (1997-1998); Aksaray’da 423,4 ve 378,5 mm, Kulu’da 510,6 ve 408 mm ve Cihanbeyli’de 393,6 ve 389 mm’dir. Yıllık ortalama nisbi nem değerleri; Aksaray’da 54,5 ve 52,1 % g/cm², Kulu’da 67,2 ve 65,8 % g/cm², Cihanbeyli’de 62,9 ve 60,9 % g/cm²’dir (Tablo 1.1 ve 1.2).

		YIL	1997											
		AYLAR	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
Kulu	Aylık Ort. Yağış, mm	22,,6	29,9	26,6	82,5	81,0	47,3	-	22,2	4,0	80,2	45,5	68,8	
	Aylık Ort. Sıcaklık, °C	0,4	-1,9	1,3	5,8	15,9	18,7	21,9	20,5	14,3	11,5	5,2	1,9	
	Aylık Nisbi Nem, %g/cm ²	75,9	69,1	64,9	70,7	63,7	61,4	46,6	58,6	56,8	70,9	80,7	83,5	
Cihanbeyli	Aylık Ort. Yağış, mm	21,2	28,1	7,1	39,2	67,0	62,3	1,7	7,6	0,5	95,5	22,8	40,6	
	Aylık Ort. Sıcaklık, °C	0,9	0,1	2,9	7,4	17,1	19,7	22,8	20,8	15,3	12,0	5,8	2,6	
	Aylık Nisbi Nem, %g/cm ²	70,6	68,0	59,6	69,5	59,9	56,5	42,7	50,7	47,0	70,3	79,4	80,8	
Aksaray	Aylık Ort. Yağış, mm	35,7	33,1	30,2	53,7	38,6	31,8	0,1	39,7	29,2	51,4	7,7	72,2	
	Aylık Ort. Sıcaklık, °C	2,6	0,3	3,5	7,9	17,9	20,6	23,9	21,6	16,1	13,5	7,0	3,9	
	Aylık Nisbi Nem, %g/cm ²	64,1	60,4	53,3	57,7	49,7	49,6	42,6	47,6	44,9	58,3	62,1	64,0	

		YILLAR	1998											
		AYLAR	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
Kulu	Aylık Ort. Yağış, mm	15,5	24,4	59,5	80,0	80,8	25,0	-	-	7,9	4,7	34,8	69,4	
	Aylık Ort. Sıcaklık,°C	-0,4	0,7	2,4	11,5	14,2	19,0	23,0	24,4	17,9	12,8	7,1	2,3	
	Aylık Nisbi Nem,%g/cm ²	78,1	70,1	68,2	67,0	79,5	63,2	48,9	48,6	58,5	56,3	76,2	82,9	
Cihanbeyli	Aylık Ort. Yağış, mm	8,1	10,0	66,2	66,1	56,0	47,7	-	-	3,7	23,9	32,0	80,3	
	Aylık Ort. Sıcaklık,°C	0,6	2,1	3,6	12,5	15,4	19,9	24,9	24,7	18,8	13,4	8,7	3,4	
	Aylık Nibi Nem,%g/cm ²	75,2	66,5	64,4	64,5	66,8	53,6	38,2	42,0	50,8	52,8	75,2	80,9	
Aksaray	Aylık Ort. Yağış,mm	48,5	37,6	26,0	42,3	33,6	15,2	-	-	9,5	82,5	24,5	38,8	
	Aylık Ort. Sıcaklık,°C	1,0	2,6	4,6	13,3	16,8	21,1	25,3	24,1	19,3	14,3	10,4	4,4	
	Aylık Nisbi Nem,%g/cm ²	64,1	55,6	55,1	51,8	54,7	48,8	39,7	36,7	42,1	46,7	62,0	67,4	

Tuz Gölü havzasının takriben doğu kenarı boyunca Aksaray-Koçhisar fay zone uzanmaktadır. Havzanın jeolojisi incelendiğinde; istifin en altından üstüne doğru Paleozoik zamanına ait Gnays + Mikaşist + Asit inkluzyonlar, Mermerler, Metamorfik ve Metamorfik + Grovak, Mesozoyik zamanına ait Mesozoyik kireçtaşı, Ofiyolit karmaşığı ve Asit inkluzyon + Denizel klastik evaporit + Kırmızı tabaka ve Senozoyik zamanına ait Algli kireçtaşı + Asit intruzyon, Klastikler, Nummulitik Kireçtaşı, Kırmızı tabakalar + Jips, Klastikler, Klastikler, Volkanikler, Taraçalar, Volkanikler ve en üstte Alüvyonun yer aldığı görülmüştür. (Arıkan, 1975), (Ek 1).

TABLO 1.1. 1997 Yılı Kulu, Cihanbeyli ve Aksaray Meteoroloji İstasyonlarının Aylık Yağış, Sıcaklık ve Nem Verileri (Konya Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 1999).

TABLO 1.2. 1998 Yılı Kulu, Cihanbeyli ve Aksaray Meteoroloji İstasyonlarının Aylık Yağış, Sıcaklık ve Nem Verileri (Konya Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 1999).

1.5. Tuz Hakkında Genel Bilgiler

Tuz, insan yaşamında büyük rolü olan, kolayca ufalanabilen, kokusuz, suda eriyebilen bir maddedir. Denizlerde, göllerde, yeraltı sularında eriyik halinde bulunurken yeraltında kaya tuzu şeklinde oluşabilmektedir. Mineralojik olarak tuz Halit (NaCl) olarak isimlendirilir. Tuz, kübik sistemde kristallenir ve jips ve anhidrit mineralleri ile birlikte bulunur (İlter, 1980).

Tuz Gölünün ana evaporitik çökel minerali olan halit (NaCl), saydam ve yarı saydamdır. Renginin berraklığı, tadı ve çözünülebilirliği ile kolayca tanınır. % 39.3 Na ve % 60.7 Cl'dan oluşur. Halitin sertliği 2.5, yoğunluğu $2.1-2.6\text{g/cm}^3$ 'dır.

Gölden çıkarılan ham tuzda, % 0.2-1.7 CaSO_4 , az miktarda CaCl_2 , MgCl_2 , Na_2SO_4 , MgSO_4 , KCl, bazen su ve organik madde, % 0.6-2.2 çözünmeyen madde bulunur.

Tuz yaşam için gerekli olan en önemli minerallerden biridir. İnsan vücudunda tuz eksikliği organizma bozukluklarına sebep olur ve yılda 3-12 kg tuz almak mecburiyeti vardır.

Yiyeceklerin bozulmasını önleyen güçlü bir etken olan tuz, Eski Mısırlılar tarafından da balık ihracatında kullanılmıştır. İlk insanlar tuzu hayvan derilerini işlemekte kullanmışlardır. Bugün de dericilikte kullanılan önemli bir maddedir. Eski devirlerde arkadaşlık, sadakat, sağlık ve misafirperverlik sembolü haline gelmiş olan tuz, mal değişimlerinde önemli rol oynamaktaydı. Bu kıymetinden dolayı birçok tuz yatakları savaşımlara sebep olmuştur. Kabilelerin zenginlikleri sahip oldukları tuz yataklarıyla ölçülebiliyordu.

İlkçağlarda tuz üretimi, tuzlu su kaynaklarından yapılmıştır. Kaynak sularını ısıtılmış taşlar üzerine dökerek tuz üretmişlerdir. Teknolojik gelişmelerle çeşitli yöntemler kullanarak değişik şekillerde oluşmuş tuz yataklarından tuz üretilebilmektedir.

Ortaçağda Avrupa tuza çok önem vermiş, özel tuz yolları yapılmış ve isminde tuz sözcüğü bulunan kentler kurulmuştur. Tuz yataklarını arama ve işletme olanakları geliştirilmiştir.

Tuz hakkındaki ilk kitap, 1887 yılında "Tuz Yataklarının Ehemmiyeti" adı ile Karl Ochseumus tarafından yazılmıştır.

1.5.1 Tuz Kaynakları

Tuz denizlerde, göllerde, yeraltı sularında eriyik olarak ve yeraltında; kaya tuzu şeklinde oluşur. Dünya üzerinde en büyük tuz yatakları, Silüriyen, Permiyen ve Oligo-Miyosen devirlerinde oluşmuştur. Denizlere ulaşamayan akarsular, derin havuzlarda toplanarak alkali veya tuzlu su göllerini oluştururlar. Jeolojik devirlerde, denizlerin buharlaşması sonucu kaya tuzu yatakları oluşmuştur. Kaya tuzu yatakları yeraltının derinliklerinde ‘tuz domları’, ‘tuz kayaları’ veya ‘büyük tuz cepleri’ şeklinde bulunmaktadır. Tuza yeraltı sularında da rastlanmaktadır. Doğal tuzlu su kaynakları bulunduğu gibi, yeraltındaki tuz yataklarının su ile ayrışması sonucu yeraltı suları tuzlanabilmektedir (Akdik, 1980).

Kaynaklarına göre tuzun kimyasal yapısı, Tablo 1.3’de verilmiştir.

TABLO 1.3. Kaynaklarına Göre Tuzun Kimyasal Yapısı.

TUZDA BULUNAN MADDELER	DENİZ	GÖL	KAYA	KAYNAK
Suda Çözünmeyen Madde	%0.21	%0.29	%0.25	%0.70
CaSO ₄	%1.09	%0.39	%1.05	%1.20
MgSO ₄	%0.27	%0.22	%0.13	%0.16
MgCl ₂	%1.09	%0.12	%0.37	%0.40
NaCl	%97.34	%98.98	%98.20	%97.54

1.5.2. Dünyada Mevcut Tuz Kaynakları

Dünyamız tuz yönünden zengin kaynaklara sahiptir. En büyük tuz kaynağı denizlerdir. Bunu yerkabuğunda katı halde bulunan kaya tuzu yatakları ve bazı göller ile yeraltı suları içinde bulunan erimiş haldeki tuz eriyikleri izlemektedir. Tuz Gölü olarak, A.B.D.’deki Great Salt Lake, Filistin’deki Lut Gölü ve Türkiye’deki Tuz Gölü dünyanın en büyük tuz göllerindendir. En derin yer altı tuz yatakları ise Kuzey Almanya ve Kuzey Amerika’da bulunmaktadır. Tuz domlarının rezervleri ise çok daha büyüktür ve bu tür oluşumlar oldukça yaygındır (Tekel Genel Müdürlüğü, 1999).

Dünya tuz üretiminin % 90 civarındaki bölümünün yine üretici ülkeler tarafından tüketilmekte oluşu dünya tuz ticaretini bir ölçüde sınırlamaktadır. Dünya tuz tüketimi kesin olmamakla beraber, son yıllarda 180-201 milyon ton arasında değişmiş olup, sanayii ve tuz fiyatları farklı olduğundan değeri tam olarak belirlenememiştir.

Dünyadaki tuz kaynakları hemen hemen sınırsızdır. Ancak son yıllarda tuz üretimindeki artış çok az gerçekleşmiştir. 1998 yılında Dünyadaki tuz üretimi 200 milyon ton civarındadır. A.B.D. 42 milyon ton üretimi ile sürekli 1. sırada, Çin 30 milyon ton üretimle 2. sırada, Almanya ise 15 milyon ton üretimle 3. sırada yer almaktadır. Rusya’da her yıl tuz üretiminin düşmesiyle Türkiye 2 milyon ton’a yaklaşan tuz üretimi ile Dünya tuz üretiminde 17. sırada konumunu korumaktadır (Tablo 1.4).

TABLO 1.4. Ülkeler İtibariyle Dünya Tuz Üretimi (Tekel Genel Müdürlüğü, 1999).

ÜLKELER	ÜRETİM MİKTARI (bin ton)	
	1997	1998
A.B.D.	41.400	42.100
ÇİN	29.300	30.000
ALMANYA	15.700	15.000
KANADA	13.264	13.000
HİNDİSTAN	9.500	9.400
AVUSTRALYA	8.722	8.800
MEKSİKA	7.933	7.900
FRANSA	7.166	7.200
İNGİLTERE	6.600	6.600
BREZİLYA	5.520	5.700
HOLLANDA	5.000	5.500
İSPANYA	4.000	4.100
POLONYA	3.968	4.000
İTALYA	3.600	3.600
ROMANYA	2.650	2.800
UKRAYNA	2.500	2.400
TÜRKİYE	1.400	1.600
RUSYA	1.400	1.300
DİĞERLERİ	31.383	29.000
TOPLAM	201.000	200.000

2.3. Tuzun Kullanım Alanları

Tuz fizyolojik yapıları gereği insan ve hayvanların yaşamaları için zaruri bir ihtiyaç maddesi olduğu gibi birçok sanayide muhafaza ve katkı maddesi olarak

kullanılmakta, yollarda kar ve buzların eritilmesi işinde, bazı ülkelerde yol inşaatında, su tasfiye cihazlarında, ziraatte gübre olarak ve kimya sanayiinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kimya sanayiinde kullanılan tuzun hemen hemen yarısı elektrolitik yöntemle klor ve sodyum üretiminde, diğer yarısı da ‘solvey’ yöntemi ile soda yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca, klor asidi, sodyum sülfat, sodyum sülfat, sodyum metali, sodyum siyanür ve sodyum peroksit üretiminde de kullanılmaktadır (Akdik, 1980).

Sonuç olarak tuz, özellikle kimya sanayiinde, teknolojik gelişmelere paralel olarak önemi ve tüketim miktarı giderek artan bir maddedir. Tuzun başlıca kullanım alanları şunlardır:

1. Besin Maddesi Olarak
 - a) Yemeklerde
 - b) Ekmek Yapımında
2. Tarım Alanında
 - a) Hayvan yeminde
 - b) Hayvan yalamasında (Beslenme)
 - c) Ağaç bakımında
 - d) Yabani otların yok edilmesinde
3. Tıp Alanında
 - a) Enjeksiyon yapımında
 - b) Kompres yapımında
4. Trafik Alanında
 - a) Kara yollarında buz gideriminde
 - b) Demir yollarında buz gideriminde
5. Sanayide
 - a) Küçük sanayide
 - Konserve yapımı
 - Mandırıcılıkta (Tereyağı, peynir vb. yapımı)
 - Gübre
 - Dericilik
 - Kozmetik alanı
 - Suyun sertliğinin giderilmesi
 - b) Büyük sanayide
 - Çeliğe sertlik vermede
 - Emaye yapımında
 - Soğutmada
 - Tekstil alanında
 - c) Kimya sanayiinde
 - I-Sodyum Karbonat Üretiminde
 - II-Klorin Üretiminde
 - III-Sodyum Hidroksit Üretiminde
 - IV-Sodyum Üretiminde
 - V-Sodyum Sülfat Üretiminde
 - VI-Kalsiyum Klorür Üretiminde
 - VII-Sodyum Nitrat Üretiminde
 - IX-Sodyum Siyanid Üretiminde
 - X-Sodyum Sülfat Üretiminde
 - XI-Sodyum Klorat Üretiminde

1.5.4. Tuzlalardaki Kirlilik Nedenleri ve Sonuçları

Tarımsal uygulamalar, pestisitler ve gübreler, Doğu Afrika ülkesi olan Uganda'daki Tuz Göllerinin yalnızca sularındaki bileşimi değil göl suyunda bulunan canlıların yaşamlarını da değiştirmektedir. Bu kirleticiler, uygulandığı alandaki toprağın alt katmanlarına inerek yeraltı suları aracılığı ile Tuz Göllerine taşınmakta ve büyük ölçüde göl sularının bileşimini ve içinde yaşayan canlıların yaşamlarını olumsuz bir şekilde değiştirmektedir (Schroder ve Tiwangye, 1997).

Doğu Afrika'da Ethiopia, Kenya ve Tanzania'daki Doğu Rift Vadisi Sisteminin Kapalı Havzasındaki yaklaşık 30 adet tuz gölünde elektrolit özelliği kazanmış olmasından dolayı özellikle evsel ve endüstriyel ihtiyacı karşılayan tuz ve sodada kullanılmayan mineral zenginleşmesi oluşmaktadır. Karbonatlı volkanik aktivite ile ilişkisi olan drenaj havzalarındaki kaya tuzlarında iyon zenginleşmesi sonucu, ortamın kurak, düşük nem oranı, yüksek sıcaklıklar, kuvvetli rüzgarlar, boşalma sisteminin olmayışı ve Doğu Afrika'dan göç ederken düşen filamingo sürüsünün fosfat zenginleşmesine yol açması özelliklerinden dolayı göl sistemindeki tuzun elektrolitik özelliği kazanmasına sebep olmaktadır. (Schroder, 1994).

Tuz Gölüne akan derelerin göl suyuna tatlı su ve beraberinde getirdiği malzemeyi biriktirmesi, tuz konsantrasyonunu düşürüp tuz oluşumunu olumsuz yönde etkilemektedir. A.B.D.'deki Great Salt Lake'in tuzluluk derecesi Wasatch Range bölgesindeki kar yağışına bağlıdır. Burada eriyen kar suları yörede göle akan bütün dereleri beslemektedir. 1958 yılında bölgede hatlı tren yolu inşası için yapılan suni doldurma ile gölün güney ve kuzey kesimlerinin birbirine bağlanması bütün tatlı su nehirlerinin gölün güney kesimine akmasına ve dolayısıyla gölün kuzey kesiminin tuzluluk derecesi % 27 iken güney kesiminde bu oranın önemli derecede düşük olmasına neden olmuştur (Schroder, 1994).

Bir deniz suyunun su seviyesinin sürekli olarak alçalması veya suyun beslenmesinin kesilmesi, kurumayı artırarak marjinal çökellerinin sonradan erozyona maruz kalmasına sebep olmaktadır. Hazar Denizi'nin su seviyesinin düşmesine bağlı olarak bu yüzyılın başında Karaboğaz Bağlantısı ve bu denizin uzantısı olan Acı Derya oluştu. Yeraltı suları evaporitlerdeki Cl^- , SO_4^{2-} , Li^+ , K^+ vb. elementleri çözerek tektonik süreksizlikler boyunca buraya taşımış ve gölü acılaştırmıştır (Beker,1989).

Türkiye'nin önemli bir tuz kaynağı olan Tuz Gölünün gerek deşarj edilen hiçbir arıtma işleminden geçirilmemiş sanayii ve şehir atık suları gerekse yağışlarla su seviyesi yükselmekte ve gölün tuzlu su konsantrasyonu azalmaktadır. Bu durumda gölde

kendiliğinden çökelen tuz miktarında düşme görülmektedir. Bu su seviyesi her yıl artmakta olup birkaç yıl sonra yaz aylarında suyun çekilerek bir tuz kabuğu bırakması olanaksız olacaktır. Bunların yanı sıra yağış ve rüzgarlar vasıtasıyla ve göle ulaşan Peçenek, İnsuyu, Esmekaya gibi akarsular tarafından göle karadan taşınan materyal ile sürekli doldurulmakta ve doldurulacaktır. Böyle bir çevre kirliliği ve arazinin doğal yapısı itibarıyla şimdiden hissedilir boyutlardaki erezyonun etkisi altında bulunan eşsiz bir ekonomik kaynak ve doğa harikası olan Tuz Gölünün geleceği için tehlike yaratmaktadır (Ayhan ve Diğ., 1993).

1.6. Tuz Üretim Teknolojileri

Tuz üretim yöntemleri dünyanın çeşitli bölgelerinde büyük değişiklikler göstermektedir. Bu yöntemler tuz kaynağına, iklim koşullarına, doğaya ve ekonomik koşullara göre uygulanmaktadır.

1. Yeraltı madenciliği
2. Evaporasyon
3. Çözelti madenciliği ve mekanik buharlaştırma
4. Sınai yöntemler
 - 4.1. Termik kompresyon yöntemi
 - 4.2. Öğütme-yıkama-kurutma yöntemi
 - 4.3. Rekristalizasyon yöntemi

1.6.1. Yeraltı Madenciliği

Tuz domları ve tabakalaşmış tuz yataklarını işletmede uygulanan yöntemlerden en yaygın Oda-Topuk Yöntemidir. Tuzun % 65-70 kadarından faydalanılabilmektedir (The Salt Manufacturer's Association), (Şekil 1.3).

Yeraltı tuz yatakları, önce sondaj ve patlatma yoluyla parçalanmaktadır. Yaklaşık 6 m çapında ve yeraltında 1500-6000 m'den fazla derinliklere ulaşabilen nitelikte kuyular açılır. Tabakalı tuz yataklarının kalınlığı genellikle 4.5-14 m arasında değişmektedir. Jeologlara göre, tuz domlarının veya diyapirlerin kalınlıkları şüphelidir. Çünkü, şimdiye kadar bunların yeterince dibine ulaşacak sondajlar yapılamamıştır. Bu tuz yapıları, tuz kütlelerinin dikey olarak gerilip uzanmasıyla oluşur ve bunların kalınlıkları 500-600 m arasında değişmektedir.

Bu üretim şeklinde tuz delme, patlatma ve alttan kesme ya da 18 m veya daha büyük çaptaki geniş kesme başlıklara sahip makineler ile kazılarak çıkartılmaktadır. Çıkarılan tuz, istenen büyüklükte ufalandıktan ve elendikten sonra torbalanır veya paketlenmektedir.

ŞEKİL 1.3. Kaya Tuzlarının Oda-Topuk Yöntemi İle Üretim Şekli (The Salt Manufacturer's Association, 1999).

1.6.2. Evaporasyon

Güneş buharlaşmasıyla tuz elde etmek için okyanus suyu, deniz suyu, tuz gölü, tuzlu su madeni çözeltisi veya doğal tuzlu su güneş ışığına doğrudan maruz bırakılarak buharlaşması sağlanmaktadır. Buharlaşma sonucu tuzlu sudaki tuz kristallenmektedir. Bu yöntem, iklim koşullarına bağlıdır. Çalışmalara ilkbaharda başlanmakta ve yaz sonunda tuz elde edilmiş olmaktadır. Tuzlu su, önce konsantre havuzlarında toplanmaktadır. Suyun içindeki maddelerin çökmesi için konsantrasyon önemlidir. Tuzlu su çözeltisinin konsantrasyonu yükseltilerek doymuş tuzlu su elde edilmektedir. Kristalizasyon havuzlarına gönderilen doymuş tuzlu suyun yoğunluğu yüksek tutulmaktadır. NaCl kristallenmesi ardından konsantrasyon artarsa magnezyum tuzları kristalleşmeye başlamaktadır. Böylece belirli yoğunlukta elde edilen tuz kristalleri, özel aletlerle havuzlardan alınmakta ve doymuş tuzlu su ile yıkanmaktadır. Bu tuz genellikle % 97.0-98.5 NaCl içerir. Kurutma işlemiyle NaCl miktarı arttırılabilmektedir. (The Salt Manufacturer's Association, 1999).

1.6.3. Çözelti Madenciliği ve Mekanik Buharlaşma

Çözelti madenciliği ile işletilen tuz yataklarına yeryüzünden açılan bir sondaj kuyusu aracılığı ile basınçlı tatlı su verilmekte ve bu bölgede tuza doymun bir çözelti elde

edilmektedir. Çözelti, pompalarla yeryüzüne çekildikten sonra buharlaştırılmaktadır. Doygun tuzlu çözeltisinde ortalama 300 g/l NaCl bulunmaktadır. Buharlaştırılmış tuz, ‘Vakum Kazanı’ olarak adlandırılan kapalı tanklarda, buharlı ısıtma ile bir kısmi vakum altında doymuş tuzlu suyun kaynatılmasıyla oluşturulmaktadır. Tuzlu su, tuzun kristallendiği geniş buharlaşma kazanlarına verildikten sonra arıtma işlemine tabii tutulmaktadır. Uzun zaman alan bu yöntem, en verimli ve en ucuz olanıdır (The Salt Manufacturer’s Association, 1999), (Şekil 1.4).

ŞEKİL 1.4. Yeraltındaki Kaya Tuzu Tabakalarından Tuzlu Su Elde Etme Yöntemi.

1.6.4. Tuz Üretiminde Sınai Yöntemler

Sınai yöntemlerde, yeraltına sondaj kuyusu vasıtasıyla basınçlı su verilerek tuz doymuş çözelti veya ham tuzun çözölmüş hali ısıtıldıktan sonra buharlaştırılarak tuz elde edilmektedir. Bu yöntemde, basınç alınmış evaporatörler kullanılmaktadır. Kimya endüstrisinde gittikçe yaygınlaşmakta olan bu yöntem ile elde edilen tuz ‘Rafine Tuz’ adı verilmiştir (Çatar, 1980).

Bir başka rafinasyon yöntemi de yeraltının derinliklerinde yer alan kaya tuzunun suyla çözölmüş sonucu elde edilen çözeltideki tuz ve yabancı maddelerin yoğunluk farkından dolayı birbirlerinden ayrılması şeklindedir. Bu metallurjide, metalleri ayırmakta kullanılan klasik bir usuldür. Bu yöntemle elde edilen tuz Ateş Tuzu da denir. Bu farklı

yöntemler sonucunda birbirine çok benzeyen tuz ürünleri elde edilir. Kaya tuzu gri rengi sayesinde kolayca ayırt edilebilmesine rağmen Rafine Tuzu, Deniz Tuzunu veya Ateş Tuzunu birbirinden ayırt etmek için tecrübeli olmak gerekmektedir.

1.6.4.1. Termik Kompresyon Yöntemi İle Tuz Üretimi

Bu yöntemde, yeraltındaki kaya tuzu tabakalarına ulaşan sondaj yapıldıktan sonra, sondaj deliğine astar boru geçirilmekte ve bu deliğin çevresinde toplanan yeraltı suları, yerüstü aynasından kaya tuzuna doğru pompalanır. Tatlı olan bu su, kaya tuzu ile birleşince tuzu çözmekte ve doymuş tuzlu su çözeltisi oluşturmaktadır. Kaya tuzunun erimesiyle oluşan bu çözelti, kaya tuzu içerisinde toplanarak oluşturduğu doygun tuzlu su çözeltisi yeryüzüne çeşitli pompalarla çıkartılmaktadır (Çatar, 1980).

Yukarıya çekilmiş olan doygun tuzlu su çözeltisi (salamura), yeryüzünde bir depoda toplanmaktadır. Elde edilen 1 l'lik salamura çözeltisinin 1980 yılındaki ortalama bileşimi şöyledir:

300-315 g NaCl

3.5 g CaSO₄ (jips)

0.5 g MgSO₄

0.25 g MgCl₂

Normal olarak bu bileşimdeki çözelti, tuz fabrikasının cihazlarını yıpratmaktadır. Bu etkiyi ortadan kaldırmak için cihazlar kuru ve sert bir tabaka ile kaplanması ve yıpratma etkisini en alt düzeye indirmek için çözeltiye katkı maddeleri eklenmesi gerekmektedir.

Çözeltiden tuzun kazanılması, çok eskiden beri bilinen buharlaştırma yöntemi ile yapılır. Fakat, bu tip üretimi ekonomik düzeye çıkartmak gerekmektedir. En ekonomik olmanın gerçekleşmesinde pistonlu kompresörlerle çok çeşitli türde kompresörlerin yapılması önemli rol oynamıştır. İçine katkı maddesi konan çözelti önce ilk ısıtıcıda buharlaştırılır. Buhar, oksijen ve diğer gazlarda temizlenerek teslim dairesine geçmektedir.

Teslim dairesinde sıcaklığın sırayla yükselmesi sonucu ısınan çözelti, buharlaştırılır ve karışım yoğunlaştırılmak üzere, kondansatöre geçmektedir. Burada yoğunlaşan karışım buhar kompresörüne geçmekte ve orada komprese edilerek teslim dairesine geçmektedir. Teslim dairesinin alt kısmında sıcaklığın etkisi ile buharlaşma sonucu, tuz humusu oluşmakta ve periyodik olarak aşağıya akmaktadır.

Alınan tuz humusunda % 2.5 nem vardır. Teslim dairesinden bu şekilde depoya gelen tuz lapası santrifüj bölümüne geçmektedir. Burada santrifüj yoluyla tuz kristalleri ayrılmakta ve tuz neminin gitmesi sağlanarak elde edilen temiz kristal tuz aşağıdaki akım şemasında olduğu gibi periyodik olarak alınmaktadır (Şekil 1.5).

1. Sondaj deliğinden elde edilmiş tuzlu su
2. Salamuranın temizlenmesi
3. Kimyevi katkı maddeleri
4. Dışarıya akıtılan atık maddeler
5. Temiz salamura tuzlu su
6. Doymuş tuzun (salamuranın) ısıtılması
7. Gaz temizleyicisi
8. Hava ve oksijen
9. Buharlaşma
10. Karıştırıcı (alt-üst ederek)
11. Buharlaşma (0.5 Atü 110°C)
12. Hazır buhar
13. Kondansatör
14. Buhar kompresörü
15. Kompresörü işletici motor
16. Sıcak buhar
17. İlave buhar
18. Tuz yolu
19. Doymuş tuzlu su kanalı
20. Lapa-tuz-koyulaşma
21. Santrifüj
22. Doymuş tuz artıklarının dönüşü
23. Temiz tuz
24. Tuz çıkışı

ŞEKİL 1.5. Termik Kompresyon Yöntemi İle Tuz Üretiminin Akım Şeması (Çatar, 1980).

1.6.4.2. Öğütme-Yıkama-Kurutma Sistemiyle Tuz Üretimi

Ham tuz getirilerek akım şemasında görüldüğü gibi, depolara konur (Şekil 1.6). Buradan bantlar veya elevatörler yardımı ile kırıcılara sevk edilir. Kırıcılarda kırılan tuzlar, hemen alttaki bantlara alınarak tazyikli su ile temasa geçirilir. Burada tuz, iyice karıştırılarak yıkanır. Yıkanan tuz, santrifüje gelir. Tuz santrifüjde suyunu atarak belli bir % rutubetle fırına sevk edilir. 180-200°C’de fırınlanan tuzlar, eleklere alınırlar. İnceliklerine göre ayrılırlar. Kaygan olması ve topaklanmaması için % 1 oranında MgO ilave edilir (Çatar, 1980).

ŞEKİL 1.6. Öğütme-Yıkama-Kurutma Sistemi ile Tuz Üretimi (Çatar, 1980).

1.6.4.3. Rekristalizasyon Yöntemi İle Rafine Tuz Üretimi

Rekristalizasyon, rafine tuz elde etmek için kullanılan en yaygın metottur (Çatar, 1980). Bu metot sayesinde ince kübik kristaller şeklinde tuz elde edilir (Şekil 1.7). Sistemi 3 ana grupta toplamak mümkündür:

1. Ham tuzun hazırlanması ve ön tasfiye.
2. Evaporasyon
3. Kurutma ve paketleme.

ŞEKİL 1.7. Rekristalizasyon Yöntemi İle Rafine Tuz Üretimi Akım Şeması (Çatar, 1980).

1.6.4.3.1. Ham Tuzun Hazırlanması ve Ön Tasfiye

Evaporasyon işlemi yapılmadan önce ham tuzun suda eritilerek, sisteme beslenmektedir. Bu işlem sırasında ham tuz birbirine seri olarak bağlanmış iki eritme havuzuna konveyörlerle aktarılıp yığılmaktadır (Çatar, 1980).

Su birinci eritme havuzuna, alttan beslenir ve böylece ikinci havuzda yukarı doğru yüzülen suyun tuza doyması ve aynı zamanda tabi filitrelenmesi sağlanmış olmaktadır.

Suyun birinci havuzdan ikinci havuza transferi, ya ana pompalar vasıtasıyla ya da havuzların konumuna bağlı olarak gravite ile sağlanır. Havuzlardaki basınç kaybı fazla olacağından havuzların düz bir araziye yerleştirilmesi halinde pompa kullanılmaktadır.

Havuzlarda birikecek suda erimeyen maddelerin, fasıllı temizlenmeleri, havuzlara monte edilecek dren sistemleri ile sağlandığı gibi, daha büyük temizleme işlemlerinde havuzlar münavebe ile devreden çıkarılarak temizlenebilmektedir. Boru ve vana bağlantıları havuzların münavebe ile temizlenmelerini sağlayacak şekilde projelendirilmektedir.

Tuz üretiminde kullanılacak tuzlu su değişik kimyasal kompozisyonlara sahip olabilir. Genellikle kalsiyum sülfat (CaSO_4), magnezyum klorür (MgCl_2), magnezyum sülfat (MgSO_4) ve magnezyum bikarbonat ($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$) gibi safsızlıklar içeren tuzlu suyun ön işleminden geçirilmesi gerekmektedir. Bu safsızlıklardan kalsiyum sülfat (CaSO_4) ısıtıcı yüzeyler üzerinde taşlaşma problemine yol açmaktadır.

Magnezyum sülfat ve magnezyum klorür ise tuzun kuru ve akışkan olmasını engelledikleri gibi acı bir tat verirler. Bu nedenle tuzlu suyun prosese alınmadan önce kireç-soda veya kostik soda - soda ile işlem görmesi gerekmektedir.

Tuzlu suda hidrojen sülfür varsa, önce havalandırma tanklarına geçirilir ve daha sonra çökeltme tanklarında klor ilavesi ile kükürt çökeltmekte ve klor, aynı zamanda demir iyonunu da oksitleyerek demir hidroksit yapmaktadır.

Az miktarda kalsiyum sülfat ve magnezyum klorür içeren tuzlu su, kireç ve soda ile işlem görmektedir.

Tuzlu suyla belirli oranlarda karıştırılan soda ve kostik soda yarım saat havalandırılmakta ve 24 saat çökeltme tanklarında dinlendirilmektedir. 0.1-N HCl ile yapılan titrasyon yeterli miktarda soda katılıp katılmadığını belirtmektedir. İstenen

nitelikteki 100 ml'lik tuzlu su, titrasyonda dönme noktasına erişmek için 2,5 ml asit, fenol ftalein ve 5,0 ml metil kırmızısı gerektirmektedir.

Başka bir saflaştırma yöntemine göre, büyük tanklarda havalandırılmış tuzlu suya, kireç sütü karıştırılmakta ve 5-10 dakika süre ile sıcak suda karıştırılarak eritilen sodyum karbonat tuzlu suya pompalandıktan sonra tuzlu su 12 saat dinlendirilmektedir.

1.6.4.3.2. Evaporasyon

Beslenme tankından pompalarla alınan tuzlu su ön ısıtıcı sistemine basılır. Burada buhar ile direkt temas eden tuzlu su 55 °C'a kadar ısıtılmaktadır. Bu ısıtıcının asıl gayesi, tuzlu suyun havalanmasını sağlayarak daha sonraki ekipmanlarda korozyon meydana getirmesini önlemektir. Ön ısıtıcıdan çıkan havalandırılmış tuzlu su üçüncü evaporatörden çıkan taşlama hattındaki tuz kristallerini ayıran hidrosiklondan gelen tuzlu su ile birleşerek evaporatörlere beslenmek üzere depolama kabına aktarılmaktadır (Çatar, 1980), (Şekil 1.8).

Evaporatörler 3 veya daha çok olabilir. Sirkülasyonlu olanları çok kullanılmaktadır. Tuzlu su her evaporatör gövdesine aşağı-yukarı eşit oranda (1/3) beslenmektedir. Evaporatörler vakum altında çalışmaktadırlar. Evaporatör sisteminde kazanmadan elde edilen buhar sadece birinci evaporatör ünitesinin ısıtmasında kullanılmakta ve burada yoğunlaşan buhar sirkülasyon pompaları vasıtasıyla kazan tesisine geri gönderilmektedir. İkinci ve üçüncü evaporatör üniteleri ısıtıcıları ise kendilerinden önce gelen evaporatör ünitelerinde normal işlem esnasında meydana gelen buhar ile ısıtılmaktadır.

ŞEKİL 1.8. Evaporasyon Yöntemi İle Tuz Üretimi (The Salt Manufacturer's Association 1999).

Toplama kabından alınan tuzlu suyun üçte birlik kısmı üçüncü evaporatör ünitesine pompalanırken geri kalan akım ikinci ve üçüncü evaporatör ünitelerinde yoğunlaşan buhar ile ısıtılan üçlü ısıtma grubundan geçirilerek 57°C'a kadar ısıtılarak ve eşit akımlar halinde birinci ve ikinci evaporatör ünitelerine beslenmektedirler. Isıtma grubunda ısıtıcı ortam olarak, ikinci ve üçüncü evaporatör ünitelerinde yoğunlaşan buhar kullanılarak maksimum buhar tasarrufu sağlanabilir.

Evaporatörlerdeki tuzlu su sirkülasyon pompaları ile her evaporatör ünitesi yanında bulunan eşanjörlerden sirküle edilirler ve böylece suyun gövde içerisinde buharlaşacak dereceye kadar ısıtılması sağlanacaktır. Yukarıda belirtildiği gibi eşanjörlerde kullanılacak buhar her eşanjörün kendisinden önce gelen evaporatör ünitelerinde meydana gelen buhardan temin edilecek, kazan buharı sadece birinci evaporatör eşanjörüne beslenecektir.

Evaporatörlerde oluşan buharın boşaltılması buhar enjektörleriyle sağlanır. Barometrik kondanser sonuncu evaporatörden gelen buharı soğuk su kullanmak suretiyle yoğunlaştıracaktır. Barometrik kondanserde ısınan soğuk su, su soğutma kulesi ve kazan kayıplarını karşılamak için kullanılmaktadır.

Evaporatör ünitelerinde elde edilen tuz çamuru hamur tankına toplanacaktır. Buradan çamur pompaları ile alınan tuz kalınlaştırıcıya pompalanacaktır. Kalınlaştırıcı fazlası besleme havuzuna sirküle ederken, cihazın altından alınacak kıvamlı tuz santrifüje yollanmaktadır.

1.6.4.3.3. Kurutma ve Paketleme

Tuz, santrifüjde devamlı ve otomatik olarak ayrılarak ve püskürtme su ile yıkanmaktadır. Süzülen madde, tuzlu su besleme havuzuna geri yollanmakta ve santrifüjde çıkan yaş tuz, bir konveyör vasıtasıyla kurutmaya sevk edilmektedir (Çatar, 1980).

Tuz kurutucu içinde sıcak hava kullanarak devamlı olarak kurutulmaktadır. Numune, hava filtreden geçirilmiş doymuş buharla ısıtılacak ve kurutucudan çıkan tuzun rutubeti % 0.1'i aşmamalıdır.

Kurutucudan çıkan havada bulunan ince tuzu toplamak üzere hava bir siklon separatörden geçirilmektedir. Siklondan elde edilen ince tuz kuru tuz hattına bağlanırken siklondan ayrılan hava içerisinde bulunacak ince tuz partiküllerinin tutulması için hava bir

yıkayıcıdan geçirilecektir. Su ile yıkanan hava tuz partiküllerinden kurtulmuş bir halde atmosfere verilirken, yıkayıcıdan elde edilen tuzlu su solüsyonu tuzlu su toplama havuzuna geri gönderilmektedir.

Kurutucudan çıkan tuz takriben 30°C'a kadar soğutulduktan sonra elenecek ve istenildiği takdirde potasyum iyodür ve desikant ilavesi ile beton bunkerlerde depolanmaktadır. Bunkerlerden alınacak tuz, minimum 3 hat halinde bulunan paketleme ünitelerinde paketlenerek piyasaya sürülmek üzere depolanmaktadır.

1.6.4.4. Açık Kaplarda Buharlaştırma Yöntemi

Evaporasyon metodu, rekristalizasyondan daha pahalıdır ve elde edilen tuz daha kalın tanelidir (Çatar, 1980).

Tuzlu su, 1 kg/cm³'lük buharla ısı değiştiricilerinde 96-110°C'ye kadar ısıtılmaktadır. CaSO₄ tutucusu 3 m çapında 3.6 m yükseklikte bir tank olup, ortalama çapı 2.54 cm olan taşlarla doludur. Taşlar, CaSO₄'ün tutulmasını sağlamakta ve taşlarda biriken CaSO₄, haftada bir defa suyla yıkanarak temizlenmektedir (Şekil 1.9).

ŞEKİL 1.9. Evaporasyon Yöntemi İle Tuz Üretiminin Akım Şeması (Çatar, 1980).

Tuzlu su buhar ayırıştırıcısına gelmekte ve buradan 106°C’de çıkan tuzlu su açık ve geniş (36 m uzunlukta, 5 m genişlikte, 6 cm derinlikte) kaplarda buharlaştırılmaktadır.

Daha sonra santrifüjden geçirilerek suyu alınan kalın taneli tuz kristalleri kurutucuda sıcak hava ile kurutulur, eleklerden geçirilerek çeşitli tane boyuna sahip tuz elde edilmektedir.

1.6.5. Tuz Gölünde Tuz Üretim Yöntemi

Tuz Gölünde tuz üretimi 2 aşamada yapılmaktadır. Birinci aşamada tuzlalarda Solar Evaporasyon Yöntemi ile alınan ham tuz, pulluklarla sürülmekte ve vagonlarla taşınıp depolarda stok edildikten sonra satışa sunulmaktadır. İkinci aşamada ise Vakumlu Evaporasyon yöntemi kullanılarak rafine tuz üretilmektedir.

1.6.5.1. Tuzlalardan Tuz Üretimi

Tuz Gölü civarındaki fabrikalar ham tuz ihtiyaçlarını Tuz Gölündeki tuzlalardan elde edilen tuzdan sağlamaktadır. Tuzlalarda tuz oluşum mekanizması şu şekildedir. Yaz aylarında göl suyunun buharlaşmasıyla, aşırı doymun hale gelen suyun içindeki tuz gölün tabanına biriktirmektedir. Tabanda biriken tuz, Ağustos ve Temmuz aylarında suyun çekildiği yerlerden toplanarak alınmaktadır (Salina Tuz Fabrikası, 1998).

Tuz Gölü çevresinde üretim yapan 3 adet tuzla bulunmaktadır. Bunlar Yavşan, Kaldırım ve Kayacık Tuzlarıdır. Gölde kurulu tuzlaların en eskisi olan Yavşan, gölün batısında ve Cihanbeyli kazasına 22 km mesafede yer almaktadır. Gölün kuzeydoğusunda kurulmuş olan Kaldırım Tuzlası, Şereflikoçhisar kazasına 11 km mesafededir. Buna bağlı olarak faaliyet gösteren Kayacık Tuzlası, gölün doğusunda kurulmuştur ve Şereflikoçhisar kazasına 14 km mesafededir (Şekil 1.10).

Bu üç tuzlada Solar Evaporasyon Yöntemi ile tuz üretimi yapılmaktadır. Göl yüzeyindeki sular rüzgar ve sıcaklığın etkisiyle giderek azalmakta, tuzlu suyun tuz konsantrasyonu artınca gölün tabanında tuz kristalleşmeye başlamaktadır. Bu kristalleşme ya önceden oluşan kısmen erimiş tuz kabuklarının üzerinde ya da doğrudan toprak üzerinde oluşmakta ve iklim koşullarına göre 6-10 cm arasında bir kalınlığa erişmektedir. Gölün alanı, 1665 m² olduğu halde bugünkü koşullarda tüm alandan yararlanılamamaktadır. Toplanan tuz, pulluklarla sürülerek gevşetilmekte ve ikincil hattaki

vagonlara insan gücü ile yüklenir ve çekilerek stok yerine getirilmektedir. Ekskavatörlerle yığınlardan alınan ham tuz satışa sunulmaktadır.

Tuz Gölünde yer alan Kaldırım, Kayacık ve Yavşan Tuzlalarından 1970-1999 yılları arasındaki üretim miktarı ton olarak verilmiştir. Tablo 1.5’de görüldüğü gibi en fazla üretim 1.268.696 ton ile 1990 yılında gerçekleştirilmiştir.

TABLO 1.5. Tuz Gölü Tuzlalarından 1970-1999 Yılları Üretim Miktarları (ton),
(Kaynak: Tekel Genel Müdürlüğü, 1999).

YILLAR	YAVŞAN TUZLASI	KALDIRIM TUZLASI	KAYACIK TUZLASI	TOPLAM TUZ ÜRETİMİ
1970	110.505	56.875	-	167.38
1971	83.447	50.177	-	133.624
1972	139.172	55.280	-	194.452
1973	202.608	77.864	96.609	377.081
1974	196.604	74.602	143.607	127.599
1975	44.092	53.953	80.747	178.792
1976	37.570	55.659	59.057	152.286
1977	88.200	43.751	-	131.951
1978	175.110	141.783	105.929	422.822
1979	188.500	201.545	80.985	471.03
1980	202.150	261.314	56.970	520.434
1981	237.686	304.393	258.603	800.682
1982	283.675	288.608	270.344	842.627
1983	203.238	234.530	288.048	725.816
1984	266.528	133.706	308.516	708.750
1985	221.257	121.049	152.978	495.284
1986	198.972	185.913	173.951	558.836
1987	224.615	202.632	189.920	617.167
1988	312.240	117.684	428.910	858.834
1989	326.927	264.810	491.386	1083.123
1990	307.970	317.986	642.740	1268.696
1991	223.218	335.312	415.447	973.977
1992	320.616	273.205	202.437	796.258
1993	250.730	213.461	312.099	776.290
1994	286.762	295.848	245.671	828.281.
1995	286.762	295.848	300.848	883.458
1996	271.946	813.469	366.390	1451.805
1997	407.182	908.221	378.413	1693.816
1998	458.196	438.853	562.750	1459.799
1999	447.182	404.656	476.288	1328.126

ŞEKİL 1.10. Tuz Gölü Tuzlalarının Lokasyonları (Magnin ve Yarar, 1997.)

1.6.5.2. Rafine Tuz Üretimi

Tuz Gölünde üretim yapan Salina Tuz Fabrikasının yıllık üretim kapasitesi, 40 000 ton'dur. Tekelin tuzlulardan çıkardığı ham tuz, fabrika tarafından üretime alınmaktadır.

Tuz Gölünden alınan ham tuzdan rafine tuz üretimi için 'Vakumlu Evaporasyon Yöntemi' uygulanmaktadır. Ancak bu yöntem yetersiz kalmaktadır (Şekil 1.11).

Üretim esnasında tuzun topaklaşmasını önlemek için kullanılan Alüminyum Silikat (AlSiO_4) CaSO_4 ve CaCO_3 kabuklaşmaya sebep olduğundan makinelerde önemli problemler yaratmaktadır.

Fabrika ham tuzu, üretildikten sonra % 15'ini atık olarak Belediye çöplüğüne atmaktadır. Oysa, bu atık malzeme birçok ülkede yeniden değerlendirilebilmektedir.

Salina Tuz Fabrikası, Tekel Tuz İşletmelerinden aldığı ham tuzu tuzlu su tankına boşalttıktan sonra havalandırma havuzlarına bırakmaktadır. Cl_2 ve H_2S verilen bu tuzlu sudan Kostik S, Soda ve Tuzlu Su elde edildikten sonra Çökelme tankında CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ve Kükürt çökelimi olmaktadır. Tuzlu su lapası, Buhar Tankına getirilir ve Evaporatörlerde vakumlu buhara maruz bırakılmakta ve elde edilen tuz yıkayıcılardan geçirildikten sonra Santrifüje getirilmektedir. Buradan alınan tuz Döner Fırınlarda kurutulduktan sonra eleklerle getirilerek gerekli katkı maddesi ilave edilmekte ve çeşitli tane büyüklüklerine göre çok ince (Pudra Tuz), ince (Sofra Tuzu) ve kalın (Sanayii Tuzu) olarak paketlenerek piyasaya sürülmektedir (Şekil 1.12). Şekilde ayrıca üretim esnasında alınan her bir numunenin yerleri de gösterilmiştir.

ŞEKİL 1.11. Vakumlu Evaporasyon Yöntemi ile Tuz Üretimi Akım Şeması.

ŞEKİL 1.12. Vakumlu Evaporasyon Tuz Üretim Yönteminin Akım Şeması Üzerinde Numunelerin Alındığı Yerler.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Numune Alımı

Numuneler, Tuz Gölünün batısındaki ve doğusundaki tuzlalardan, Salina Tuz Fabrikası tarafından alınmıştır. Belirttiğimiz bölgeden farklı karakterlerde alınan katı ve sıvı 24 adet numune, fabrika tarafından Vakumlu Evaporasyon Yöntemi kullanılarak üretime alınmıştır. Çalıştığımız numuneler, tuzlalardan alınan numunelerin üretim yönteminin her bir aşamasındaki durumunu gösterme özelliğine sahiptir. Sistematik örnekleme tekniği kullanılarak rafinasyon öncesi ve rafinasyon sonrası tuz numuneleri alınmıştır.

Sıvı numuneler, 100 cc'lik renkli cam şişelere alınmıştır. Bu şişeler ve kapakları 100°C'lik etüvde sterilize edilmişlerdir. Katı numuneler ise plastik torba ile muhafaza edilmişlerdir. Gerek şişeler üzerine, gerekse plastik torbalar üzerine istasyon isimleri, numunenin hangi şartlarda alındığı, alınma tarihi, zamanı ve uygulanan ön işlemlerin şekli yazılmıştır. İstenilen zamanda, belirlenecek parametrenin türüne göre analizler uygulanmıştır.

Şekil 1.12'de görüldüğü üzere numunelerin üretimin hangi aşamasından alındıkları akım şemasında gösterilmiş ve aşağıdaki gibi 4 ana grupta sınıflandırılmıştır. Toplam olarak alınan 24 adet numune; ham tuz, ürün tuz, atık malzeme ve proses suyu olmak üzere 4 grupta toplanmışlardır (Tablo 2.6). CB-23, CB-24 ve CB-25 numuneleri, tamamen rafine olmuş ve paketlenmiş tuzlardan alınmıştır.

TABLO 2.6. Ham Tuzdan Ürün Tuza Kadar Olan Süreçlerle İlgili
Numunelerin Sınıflandırılmaları.

HAM TUZ	ÜRÜN TUZ	ATIK MALZEME	PROSES SUYU
CB-1	CB-2	CB-5	CB-3
CB-6	CB-4	CB-11	CB-18
CB-7	CB-17	CB-12	CB-19
CB-8	CB-23	CB-13	CB-20
CB-9	CB-24	CB-14	CB-21
CB-10	CB-25		
CB-15			
CB-16			

2.2. Numunelerin Hazırlanması

1. Numuneler, öncelikle tartıldıktan sonra kurutulmuştur. Numune ağırlığı, her bir numune için ayrı ayrı tespit edilmiştir.

$$\text{Numune Ağırlığı(g)} = \text{Kurutulmadan Önceki Ağırlık(g)} - \text{Kurutulduktan Sonraki Ağırlık(g)}$$

Her bir numuneyi tartmak ve kurutmak için lam kullanılmıştır. Bütün işlemlerde lam ağırlıkları belirlendikten sonra numune ağırlıkları tespit edilmiştir.

Numuneler, 10 dakika süre ile, 200°C’de kurutulduktan sonra havanda dövülmüş ve yaklaşık 150 µm boyutuna getirilmiştir. Daha sonra da malzeme karıştırılarak homojenleştirilmiştir. Bu durumdaki numunelerin, % Su İçeriği aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 2.7).

$$\% \text{ Su İçeriği} = ((\text{Sulu Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık}) / \text{Sulu Ağırlık}) \times 100$$

formülü kullanılmıştır.

TABLO 2.7. Numunelerin Su İçerikleri (%).

	NUMUNE NO	SULU AĞIRLIK	KURU AĞIRLIK	% SU İÇERİĞİ
HAM TUZ	CB-1	-	-	% 0
	CB-6	2.92	2.78	% 4.80
	CB-7	3.25	2.15	%33.85
	CB-8	11.41	9.41	%17.54
	CB-9	11.33	9.29	%17.97
	CB-10	-	-	% 0
	CB-15	5.60	5.57	% 0.52
	CB-16	11.60	9.31	%19.71
ÜRÜN TUZ	CB-2	-	-	% 0
	CB-4	3.19	3.18	% 0.31
	CB-17	3.47	3.34	% 3.74
	CB-23	-	-	% 0
	CB-24	-	-	% 0
	CB-25	-	-	% 0
ATIK MALZEME	CB-5	-	-	% 0
	CB-11	5.85	5.82	% 0.53
	CB-12	8.27	7.20	% 12.96
	CB-13	17.74	14.26	% 19.59
	CB-14	9.35	7.00	% 25.20
PROSES SUYU	CB-3	3.36	0.93	% 72.44
	CB-18	3.8	0.95	% 74.98
	CB-19	9.21	0.07	% 99.27
	CB-20	2.17	0.51	% 76.32
	CB-21	3.58	0.91	% 74.50

CB-1, CB-2, CB-5, CB-10, CB-23, CB-24, CB-25 numuneleri, kuru numune oldukları için % su içerikleri hesaplanmamıştır.

2. Kurutulmuş olan bu numunelerin tümü havanda dövülerek toz haline getirildikten sonra GYTE Malzeme Mühendisliği Araştırma Laboratuvarında X-Ray Difraktometre cihazında ölçülmüştür (Tablo 2.12).

Kurutulmuş olan numunelerin konulacağı beherler, öncelikle saf sudan geçirilmiş ve kurulandıktan sonra tartılmıştır. İçinde numune bulunan beherler tekrar tartıldıktan sonra her birine 10 ml Nitrik Asit katılmıştır. Beherler, çalkalanmış ve 1 saat bekletilmişlerdir. Numunelerin daha kolay çözünmeleri için, 75-100°C sıcaklıklara ayarlanmış ısıtıcıda beherler tek tek ısıtılmışlardır. Çözünmüş olan numunelere ait beherler, 100 cc'lik beherlere alınmış ve saf su ile 100 cc'ye tamamlanmıştır.

CB-1, CB-2, CB-8, CB-9, CB-12, CB-13, CB-14, CB-15 ve CB-16 numuneleri, hala çözünmedikleri için 10 ml HCl (Hidroklorik Asit) katılmış ve tekrar ısıtıcıda ısıtılmıştır. Çözünen numuneler, 100 cc'lik beherlere alındılar ve saf su eklenerek 100 cc'ye tamamlanmıştır.

CB-8, CB-9, CB-12, CB-14 ve CB-16 numuneleri, halen çözünmedikleri için Süzgeç Kağıdı kullanılmıştır. Süzgeç kağıtlarında ayrı ayrı süzülen bu numuneler, kurutulduktan sonra kurutma öncesi süzgeç kağıtlarının ağırlıkları çıkarılarak her bir numunedeki Çözünmez Madde Miktarı bulunmuştur (Tablo 2.8).

TABLO 2.8. Süzgeç Kağıdında Kullanılmış Olan Numunelerdeki Çözünmez Madde Ağırlığı (g).

NUMUNE NO	S.K.K.S.A. (g)	S.K.Ö.A. (g)	Çözünmez Madde Ağırlığı(g)
CB-8	1.0389	1.0685	0.0296
CB-9	1.0071	1.0646	0.0575
CB-12	1.0199	1.1001	0.0802
CB-14	0.9898	1.0402	0.0504
CB-16	1.0233	1.1105	0.0872

S.K.K.S.A.: Süzgeç Kağıdı Kullanılıp Kurutulduktan Sonraki Ağırlık

S.K.Ö.A. : Süzgeç Kağıdı Kullanmadan Önceki Ağırlık

Çözünmez Madde Ağırlığı=S.K.Ö.A.-S.K.K.S.A.

formülü kullanılarak Çözünmez Madde Ağırlığı bulunmuştur.

Böylece CB-8, CB-9, CB-12, CB-14 ve CB-16 numuneleri de 10 cc'lik beherlere alınarak içlerine saf su katmak suretiyle 100 cc'ye tamamlanmıştır.

3. Numunelerin hepsi çözeltiye geçirildikten sonra, kullanılan çözücülerden eşit miktarlarda alınarak numuneler için Çözücü Standardı hazırlandı. 0.1ml element (Cu, Hg, Pb, Cd, As, Al, Cr, Fe, Zn, Mn, Se, Ni veya Co elementlerinden bir tanesi) alınıp saf su ile 100 cc'ye tamamlanmıştır. Bu çözeltiden 25 ml alınıp 100 cc'ye tamamlanarak 250 ppm'lik çözelti hazırlanmıştır. Yıkanmış bir pipet ile 250 ppm'lik çözeltiden 5 ml alındıktan sonra 25 cc'lik balon jojeye alınmıştır. Bunun da $25/4=6,25$ ml'si alınarak 25 cc'ye tamamlanmış ve 200 ppb'lik bir çözelti hazırlanmıştır.

ppm=milyonda bir (10^{-6})=ml/l

ml: mililitre

ppb=milyarda bir (10^{-9})= μ l/l

μ l: mikrolitre

1 ml=100 ppm=1000 μ l

Elde edilmiş olan her bir numuneye ait çözeltiden alınarak Atomik Absorbsiyon Spektrometre Cihazına ait numune pipetlerine sırasıyla konmuştur ve göz numaraları içerdiği numune ye göre not edilmiştir. Cihazın element kalibrasyonu hazırlandıktan sonra Çözücü Standardı ilk defa analiz ettirilmiştir. Numunelerin cihaz tarafından analizleri esnasında, çözücüdeki element miktarı numunedeki element miktarından çıkartılarak veriler $\mu\text{g/l}$ olarak verilmiştir.

CB-3, CB-18, CB-19, CB-20 ve CB-21 numuneleri, proses suyu olduklarından X-Ray Analizleri yapılmamıştır.

AAS cihazı ile gerçekleştirilen ölçüm sonuçları, $\mu\text{g/l}$ cinsinden bulunmuştur ve çözelti hacmi ile numune ağırlıkları kullanılarak aşağıdaki formüle uygulanmış ve numunelerdeki element miktarları mg/kg cinsinden hesaplanmıştır (Tablo 2.9, 2.10 ve 2.11).

$$K = \frac{\text{Analiz Sonucu } (\mu\text{g/l}) \times V \text{ (l)}}{m \text{ (g)}}$$

K=Element Konsantrasyonu (mg/kg)

Analiz Sonucu= $(\mu\text{g/l})$

V=Çözelti Hacmi (l)=0.1 l

m=Kullanılan Numune Ağırlığı (g)

TABLO 2.9. Numunelerin, Çözelti Hacmi(V) ve Kullanılan Numune Ağırlıkları (m).

	NUMUNE NO	m (g)	V (l)
HAM TUZ	CB-1	0.2353	0.1
	CB-6	0.2130	0.1
	CB-7	0.2067	0.1
	CB-8	0.2233	0.1
	CB-9	0.2621	0.1
	CB-10	0.2130	0.1
	CB-15	0.2688	0.1
ÜRÜN TUZ	CB-16	0.2567	0.1
	CB-2	0.1790	0.1
	CB-4	0.2038	0.1
	CB-17	0.2102	0.1
	CB-23	0.2613	0.1
	CB-24	0.1817	0.1
ATIK KİL	CB-25	0.2052	0.1
	CB-5	0.2621	0.1
	CB-11	0.2656	0.1
	CB-12	0.2494	0.1
	CB-13	0.2032	0.1
PROSES SUYU	CB-14	0.2685	0.1
	CB-3	0.9272	0.1
	CB-18	0.9505	0.1
	CB-19	0.9322	0.1
	CB-20	0.5144	0.1
	CB-21	0.9117	0.1

TABLO 2.10. Çeşitli Kategorilerde Alınan Numunelerin AAS Analiz Sonuçları (µg/l).

		ANALİZ SONUÇLARI (µg/l)											
Numune No		Cu	Cr	Se	Pb	Hg	As	Co	Cd	Al	Mn	Ni	Fe
HAM TUZ	CB-6	-	5,5100	-	-	-	0,0092	0,6640	0,0111	965,4000	17,6000	-	303,0000
	CB-7	-	1,6900	-	82,1470	-	0,1477	0,1900	0,2020	368,2000	11,8600	-	167,0000
	CB-10	-	2,1120	-	3,5428	-	0,0014	-	0,1900	375,0000	14,0300	-	226,30000
	CB-15	70,3500	44,0900	-	-	0,8000	0,1456	4,1200	0,3380	37860,0000	225,1000	12,2500	1 608,0000
	CB-16	135,4000	30,0400	4,4070	0,2109	-	0,4590	10,8200	0,3430	101500,0000	283,8000	36,8700	2201,00000
	CB-8	2,5400	12,5900	0,3673	0,9882	3,7500	0,3780	3,1100	0,5424	110300,0000	222,6000	15,6500	1117,00000
	CB-9	6,4700	103,7400	0,8950	29,0830	0,5600	0,4490	7,0730	0,0150	24190,0000	210,6000	53,7400	1900,00000
	CB-1	464,6000	29,4200	0,6143	37,8230	15,8500	-	2,8820	0,1840	2822,0000	174,4000	21,8370	840,2000
ÜRÜN TUZ	CB-2	0,8462	11,7700	0,0348	3,3430	0,4500	-	2,2500	0,1230	2562,0000	34,9100	0,8300	282,0000
	CB-4	0,9707	6,2410	-	79,9920	-	0,0045	0,4200	0,2850	164,5000	8,8200	6,9140	243,10000
	CB-17	-	4,6150	5,0070	11,9720	-	-	2,4040	0,9840	155,0000	14,1400	-	35,2400
	CB-23	-	3,3680	-	0,7274	-	-	0,3730	0,1700	314,5000	12,6600	-	182,2000
	CB-24	-	2,1480	-	5,0384	0,5500	0,0055	0,0860	0,2350	388,8000	11,0300	-	221,6000
	CB-25	-	6,0550	-	0,6680	-	-	0,2050	0,2123	459,7000	10,4000	6,35	295,8000
PROSES SUYU	CB-3	8,1020	8,2350	6,4680	124,7900	1,1000	-	-	0,4060	2858,0000	47,9300	-	281,6000
	CB-18	3,8660	4,7930	5,8300	166,3700	0,1800	-	0,6620	0,4410	456,6000	11,1000	-	171,2000
	CB-19	-	5,4710	-	238,1700	-	-	0,6460	0,1660	296,5000	7,1100	0,7940	184,20000
	CB-20	-	2,8500	-	4,2681	-	0,0400	-	0,1940	494,0000	10,9200	-	170,1000
	CB-21	36,6800	4,6720	3,8580	-	-	0,0503	2,3120	0,0053	1633,0000	78,0000	-	433,4000
ATIK MALZEME	CB-5	-	4,3100	-	2,7057	-	0,0078	0,2270	0,0105	448,8000	34,4000	-	276,7000
	CB-11	25,3800	17,9800	-	10,5950	61,2700	0,2480	2,260	0,2170	186800,0000	223,4000	9,3700	1216,0000
	CB-12	141,7300	28,6600	3,3640	-	-	0,4930	10,3700	0,5140	58970,0000	266,7000	29,1700	2198,0000
	CB-13	10,8100	17,5800	-	0,5962	0,8000	0,1700	5,0700	0,3500	35040,0000	210,0000	208,000	1434,0000
	CB-14	22,4500	29,490	-	-	2,9000	0,5803	6,1540	0,3000	102600,0000	295,3000	72,4000	1834,0000

TABLO 2.11: Çeşitli Kategorilerde Alınan Numunelerin Element Konsantrasyonları (mg/kg).

		ELEMENT KONSANTRASYONLARI (mg/kg)											
	Numune No	Cu	Al	Mn	Cd	Se	Ni	Cr	Pb	Co	Fe	Hg	As
HAM TUZ	CB-1	197,4500	1199,3200	74,1200	0,0800	0,2610	9,3000	12,5030	16,0743	1,2250	357,0800	6,7400	0,0000
	CB-6	0,0000	453,2400	8,2630	0,0052	0,0000	0,0000	2,6000	0,0000	0,3120	142,2070	0,0000	0,0043
	CB-7	0,0000	178,1330	5,7400	0,1000	0,0000	0,0000	0,8200	39,7421	0,1000	80,7500	0,0000	0,0714
	CB-8	1,1400	49395,4320	99,7000	0,2430	0,1644	7,0100	5,6400	0,4425	1,4000	500,2240	1,7000	0,1700
	CB-9	2,6000	9734,4100	84,7500	0,0060	0,3600	21,6300	41,7500	11,7034	2,8500	764,6000	0,2300	0,2000
	CB-10	0,0000	136,5986	5,1100	0,0700	0,0000	0,0000	0,7700	1,3000	0,0000	82,4100	0,0000	0,0005
	CB-15	26,1700	14084,8210	83,7430	0,1300	0,0000	4,5600	16,403	0,0000	1,5330	598,2142	0,3000	0,0541
	CB-16	52,7400	39540,3200	110,5600	0,1340	1,7200	14,3630	11,7023	0,0821	0,2400	857,4211	0,0000	0,1800
ÜRÜN TUZ	CB-2	0,4700	1431,2850	19,5030	0,0700	0,0200	0,4700	6,6000	1,8700	1,2600	157,5000	0,2513	0,0000
	CB-4	0,4700	80,7200	4,3300	0,1400	0,0000	3,4000	3,0623	39,3000	0,2100	119,2836	0,0000	0,0022
	CB-17	0,0000	73,7400	6,7300	4,700	2,4000	0,0000	2,2000	5,7000	1,1440	16,7650	0,0000	0,0000
	CB-23	0,0000	120,3600	4,8500	0,0650	0,0000	0,0000	1,3000	0,3000	0,1430	69,7300	0,0000	0,0000
	CB-24	0,0000	214,0000	6,1000	0,1300	0,0000	0,0000	1,2000	2,7730	0,4700	122,0000	0,3030	0,0030
	CB-25	0,0000	224,0300	5,1310	0,1034	0,0000	3,1000	3,0000	0,3300	0,1000	144,2000	0,0000	0,0000
ATIK MALZEME	CB-5	0,0000	171,1232	13,1133	0,0040	0,0000	0,0000	1,6432	1,032	0,0870	105,6000	0,0000	0,0030
	CB-11	9,5400	70331,3300	84,1114	0,0815	0,0000	3,5300	6,7700	4,0000	0,8500	457,8313	23,0700	0,1000
	CB-12	16,7300	23644,8750	107,0000	0,2060	1,3500	11,7000	11,5000	0,0000	4,1600	881,3200	0,0000	0,2000
	CB-13	5,3100	17244,1000	103,3500	0,1720	0,0000	102,3600	8,7000	0,3000	2,5000	705,7100	0,4000	0,08243
	CB-14	8,4000	38212,3000	120,0000	0,1100	0,0000	27,0000	11,0000	0,0000	2,3000	683,0540	1,0800	0,2200
PROSES SUYU	CB-3	0,8740	308,2400	5,1700	0,0440	0,7000	0,0000	1,0000	13,4600	0,0000	30,4000	0,1200	0,0000
	CB-18	0,4070	47,8300	1,1500	0,0500	0,6133	0,0000	0,5042	17,5034	0,0700	18,0120	0,2000	0,0000
	CB-19	0,0000	31,8064	0,7622	0,0200	0,0000	0,0850	0,6000	25,5500	0,0700	19,8000	0,0000	0,0000
	CB-20	0,0000	96,0342	2,1223	0,0400	0,0000	0,0000	0,5540	0,8300	0,0000	33,0700	0,0000	0,0080
	CB-21	4,0232	179,1200	8,5543	0,0006	0,4231	0,0000	0,5124	0,0000	0,2540	47,5400	0,0000	0,0055

2.3. Mineralojik Çalışmalar

Tuz Gölü havzasında mostra veren Üst-Kretase-Pliyosen yaşlı evaporit çökellerinin yağışlarla yüzeyde çözünerek taşınmaları veya gömülü evaporit kayalarının tuz domlarının yeraltı suyu tarafından çözünerek gölün batısında yer alan Koçhisar-Aksaray Fayı boyunca çökelme ortamına tuzlu su ulaşmaktadır. Tuzlu suyun evaporasyonu sonucu oluşan tuzlar, kimyasal çökelimli ve kırıntılı mineraller olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar (Ayhan ve Diğ., 1993).

1-Kimyasal Çökelimli Mineraller

- Kalsit (CaCO_3)
- Aragonit (CaCO_3)
- Mg-Kalsit
- Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)
- Huntit ($\text{CaMg}_2(\text{CO}_3)_3$)
- Manyezit (MgCO_3)
- Halit (NaCl)
- Jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- Anhidrit (CaSO_4)
- Sölestin (SrSO_4)
- Polihalit ($\text{K}_2\text{Ca}_2\text{MgISO}_4\text{I}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

2-Kırıntılı Mineraller

- Feldispat
- Kalsit
- Kil Mineralleri
- Smektit
- Volkanik Cam

Tuz Gölünün ana evaporitik minerali halittir. Halit mineralinin bileşimi, % 39.3 Na ve % 60.7 Cl'den ibarettir.

Göl tabanındaki 'Tuz Kabuğu' bileşimi, bir noktadan diğerine göre çok az değişim göstermekle birlikte, % 88 civarı NaCl, % 1-1.5 civarı CaSO_4 ve diğer minerallerden çok az bulundurmaktadır.

Tuz kabuğunun altındaki daha önceden çökelmiş tuz kabuğuna, 'Tahta Tabakası' denir. Bu tabakada killi bileşenlerin miktarı %5 CaSO_4 miktarı ise % 5-6 civarındadır.

Yüzey suları, akarsular ve rüzgarlar vasıtasıyla çevredeki kırıntılı malzemeler göle taşınır.

Tuz Gölünden alınan 24 adet numune X-Ray Difraktometre cihazında analiz ettikten sonra, genellikle halit mineralinin yaygın olduğu ve numunelerde $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CaSO_4 , CaCl_2 ve Ca_2SiO_4 minerallerinin de bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 2.12).

TABLO 2.12. X-Ray Difraktometre Cihazında Yapılan Analiz Sonuçları.

	NUMUNE NO	MİNERAL ADI VE FORMÜLÜ
Ham Tuz	CB-1	Kalsiyum Silikat (Ca_2SiO_4)
	CB-6	Halit (NaCl)
	CB-7	Halit (NaCl)
	CB-8	Halit (NaCl), Sodyum Kalsiyum Sülfat ($\text{Na}_2\text{Ca}_5(\text{SO}_4)_6 \cdot 3$)
	CB-9	Halit (NaCl)
	CB-10	Halit (NaCl)
	CB-15	Halit (NaCl)
	CB-16	Halit (NaCl), Jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
Ürün Tuz	CB-2	Halit (NaCl), Kalsiyum Klorür (CaCO_2)
	CB-4	Halit (NaCl)
	CB-17	Halit (NaCl)
	CB-23	Halit (NaCl)
	CB-24	Halit (NaCl)
	CB-25	Halit (NaCl)
Atık Malzeme	CB-5	Halit (NaCl)
	CB-11	Halit (NaCl), Jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Kalsiyum Sülfat (CaSO_4)
	CB-12	Halit (NaCl), Kalsiyum Sülfat Hidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 0.6\text{H}_2\text{O}$)
	CB-13	Halit (NaCl)
	CB-14	Halit (NaCl)
Proses Suyu	CB-3	-
	CB-18	-
	CB-19	-
	CB-20	-
	CB-21	-

Proses suyundan alınmış olan CB-3, CB-18, CB-19, CB-20 ve CB-21 numunelerinin su numunesi oldukları için X-Ray Difraktometre cihazında analizleri yapılmamıştır.

Şekil 2.13’de görüldüğü gibi ham tuz numunesi olan CB-6, CB-9, CB-10, CB-15 numuneleri, illit minerali içermesine karşılık, CB-16 numunesi halit ve jips, CB-8 numunesi halit ve sodyum kalsiyum sülfat, CB-1 numunesi ise kalsiyum silikat mineralleri içermektedirler.

Analiz sonuçlarına göre ürün tuz numunelerinden CB-4, CB-17, CB-23, CB-24 ve CB-25 numunelerinde sadece halit minerali, CB-2 numunesinde ise halit ve kalsiyum klorür bulunmaktadır.

Atık malzeme numuneleri olan CB-5, CB-13 ve CB-14 numunelerinde sadece halit minerali, CB-11 numunesinde halit, jips ve sodyum kalsiyum sülfat, CB-12 numunesinde halit ve kalsiyum sülfat hidrat mineralleri belirlenmiştir. Bu mineraller, muhtemelen bir üretim esnasında tuzun topaklaşmasını önlemek için kullanılan alüminyum silikat mineralinin Al^+ ve SO_4^- iyonları şeklinde serbest kalmasından sonra oluşmuşlardır.

ŞEKİL 2.13. Bir Ürün Tuz Numunesi Olan CB-23 Numunesinin Difraktogramı ('31.650 Derece Gösteren Peak Search' Halit Mineralini İfade Etmektedir).

2.4. Analiz Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirilmeleri

AAS cihazı ile yapılan ölçüm sonuçları Tablo 2.9 ve 2.10'da gösterilmiştir. Analiz edilen herbir elementle ilgili olarak önce konsantrasyon bar diyagramları, sonra element çiftleri ölçülen değerleri diyagramlara taşınarak korelasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

2.4.1. Ham Tuz

Ham tuz numunelerinde Se; 0-1.7200 mg/kg, Cd; 0,0052-0,2430 mg/kg, Cr; 0,7700-41,7500 mg/kg, Ni; 0-21,6300 mg/kg, Co; 0-2,8500 mg/kg, Pb; 0-39,7421 mg/kg, Hg; 0-6,7400 mg/kg, Fe; 80,7500-857,4211 mg/kg, Al; 136,5986-49395,4320 mg/kg, As; 0-0,2000 mg/kg, Cu; 0-197,4500 mg/kg, Mn; 5,1100-110,5600 mg/kg arasında değişmektedir (Şekil 2.14, 2.15, 2.16, 2.17, 2.18, 2.19, 2.20, 2.21, 2.22, 2.23, 2.24 ve 2.25).

Korelasyon yapmak amacı ile oluşturulan element çiftleri arasında şu ilişkiler belirlenmiştir; Cu-Al, Al-Fe, Cr-Al, Al-Mn, Mn-Cr, Mn-Fe, Fe-Cr (Şekil 2.26, 2.27, 2.28, 2.29, 2.30, 2.31 ve 2.32) arasında iyi bir pozitif korelasyon görülmesine karşılık Cd ile Pb arasında negatif bir korelasyon vardır (Şekil 2.33).

Diğer çiftler arasındaki ilişki ise düzensizdir (Şekil 2.34, 2.35 ve 2.36). Bu düzensizlik ölçülen düşük değerlerin sıfır olarak kabul edilmesinden ileri gelebilir. Demir grubu arasındaki pozitif korelasyonların mükemmel olmasına karşılık diğerleri arasında belirgin ilişkiler yoktur.

2.4.2. Ürün Tuz

Ürün tuz numunelerinde Se; 0-2,400 mg/kg, Ni; 0-3,400 mg/kg, Cu; 0-0,4700 mg/kg, Al; 73,7400-1431,2850 mg/kg, Mn; 4,3300-19,5000 mg/kg, Cd; 0,0650-4,7000 mg/kg, Cr; 1,2000-6,6000 mg/kg, Pb; 0,3000-39,3000 mg/kg, Co; 0,1000-1,2600 mg/kg, Fe; 16,7650-157,5000 mg/kg, Hg; 0-0,3026 mg/kg, As; 0-0,0030 mg/kg arasında değişmektedir (Şekil 2.14, 2.15, 2.16, 2.17, 2.18, 2.19, 2.20, 2.21, 2.22, 2.23, 2.24 ve 2.25).

Korelasyon yapmak amacı ile oluşturulan element çiftleri arasında şu ilişkiler belirlenmiştir; Fe-Cr, Mn-Cr, Mn-Fe, Al-Mn, Al-Fe, Cr-Al, Cu-Al arasında iyi bir pozitif korelasyon görülmektedir (Şekil 2.26, 2.27, 2.28, 2.29, 2.30, 2.31 ve 2.32). Diğer çiftler arasındaki ilişkiler ise genellikle düzensizdir (Şekil 2.34, 2.35 ve 2.36).

CB-2, CB-4 ve CB-17 numunelerinin konsantrasyonları, rafinasyon işlemi esnasında alınan rafine edilmiş tuz numunesi olan CB-23, CB-24 ve B-25 numunelerinin konsantrasyonlarının farklılık göstermeleri geçirdikleri süreçlerle ilgilidir.

2.4.3. Atık Malzeme

Atık malzeme numunelerinde, Cu; 0-16,7300 mg/kg, Al; 171,1232-70, 331,3300 mg/kg, Mn; 13,1133-120,000 mg/kg, Cd; 0,0040-0,2060 mg/kg, Se; 0-1,3500 mg/kg, Ni; 0-102,3600 mg/kg, Cr; 1,6432-11,5000 mg/kg, Pb; 0-4,0000 mg/kg, Co; 0,0870-4,1600 mg/kg, Fe; 105,6000-881,3200 mg/kg, Hg; 0-23,0700 mg/kg, As; 0-0,2200 mg/kg arasında değişmektedir (Şekil 2.14, 2.15, 2.16, 2.17, 2.18, 2.19, 2.20, 2.21, 2.22, 2.23, 2.24 ve 2.25).

Korelasyon yapmak amacı ile oluşturulan element çiftleri arasında şu ilişkiler belirlenmiştir. Fe-Cr, Mn-Cr, Mn-Fe, Al-Mn, Cr-Al, Al-Fe, Cu-Al (Şekil 2.26, 2.27, 2.28, 2.29, 2.30, 2.31 ve 2.32) arasında iyi bir pozitif korelasyon görülmesine karşılık, Cd-Pb (Şekil 2.33) arasında negatif bir korelasyon vardır. Diğer element çiftleri arasındaki ilişki ise düzensizdir (Şekil 2.34, 2.35 ve 2.36).

2.4.4. Proses Suyu

Proses suyu numunelerinde, Cu; 0-4,0232 mg/kg, Al; 31,8000-308,2400 mg/kg, Mn; 0,7622-8,5543 mg/kg, Cd; 0,0006-0,0500 mg/kg, Se; 0-0,7000 mg/kg, Ni; 0-0,0850 mg/kg, Cr; 0,5042-1,0000 mg/kg, Pb; 0-25,5500 mg/kg, Co; 0-0,2540 mg/kg, Fe; 18,0120-47,5400 mg/kg, Hg; 0-0,2000 mg/kg, As; 0-0,0800 mg/kg arasında değişmektedir (Şekil 2.14, 2.15, 2.16, 2.17, 2.18, 2.19, 2.20, 2.21, 2.22, 2.23 ve 2.24).

Korelasyon yapmak amacı ile oluşturulan element çiftleri arasında şu ilişkiler belirlenmiştir; Fe-Cr (Şekil 2.26) arasında iyi bir pozitif korelasyon görülmektedir. Buna karşılık, Mn-Cr, Mn-Fe, Al-Mn, Fe-Al, Cr-Al, Cu ile Al (Şekil 2.27, 2.28, 2.29, 2.30, 2.31 ve 2.32) arasında negatif bir korelasyon vardır.

Diğer element çiftleri (Şekil 2.33, 2.34, 2.35 ve 2.36) arasındaki ilişki ise düzensizdir.

ŞEKİL 2.14. Se Elementinin Bar Diyagramı.

ŞEKİL 2.15. Ni Elementinin Bar Diyagramı.

ŞEKİL 2.16. Cr Elementinin Bar Diyagramı.

ŞEKİL 2.17. Pb Elementinin Bar Diyagramı

ŞEKİL 2.18. Co Elementinin Bar Diyagramı

ŞEKİL 2.19. Fe Elementinin Bar Diyagramı.

ŞEKİL 2.20. Hg Elementinin Bar Diyagramı.

ŞEKİL 2.21. As Elementinin Bar Diyagramı.

ŞEKİL 2.22. Cd Elementinin Bar Diyagramı.

ŞEKİL 2.23. Cu Elementinin Bar Diyagramı.

ŞEKİL 2.24. Al Elementinin Bar Diyagramı.

ŞEKİL 2.25. Mn Elementinin Bar Diyagramı

ŞEKİL 2.26. Fe-Cr Korelasyon Diyagramı.

ŞEKİL 2.27. Mn-Cr Korelasyon Diyagramı.

ŞEKİL 2.28. Mn-Fe Korelasyon Diyagramı.

ŞEKİL 2.29. Al-Mn Korelasyon Diyagramı.

ŞEKİL 2.30. Al-Fe Korelasyon Diyagramı.

ŞEKİL 2.31. Cr-Al Korelasyon Diyagramı.

ŞEKİL 2.32. Cu-Al Korelasyon Diyagramı.

ŞEKİL 2.33. Cd-Pb Korelasyon Diyagramı.

ŞEKİL 2.34. Fe-Co Korelasyon Diyagramı.

ŞEKİL 2.35. Hg-As Korelasyon Diyagramı.

ŞEKİL 2.36. Ni-Cr Korelasyon Diyagramı.

2.5. Ham Tuz, Ürün Tuz, Atık Malzeme ve Proses Suyu Analiz Sonuçları Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi

Ham tuz, ürün tuz, atık malzeme ve proses suyu numunelerinde, Mn-Cr, Mn-Fe, Fe-Cr, Al-Mn, Fe-Al, Cr-Al, Cu-Al element çiftleri arasında pozitif bir korelasyon görülmesine rağmen Fe-Cr element çiftinde negatif bir korelasyon belirlenmiştir. Proses suyu numunelerinde ise Fe-Cr element çifti arasında pozitif bir korelasyon görülmesine karşılık, Mn-Cr, Mn-Fe, Al-Mn, Fe-Al, Cr-Al, Cu-Al element çiftleri arasında negatif bir korelasyon vardır. Diğer element çiftleri arasında ise düzensiz ilişkiler bulunmaktadır. Bu düzensizlik düşük değerlerin sıfır olarak kabul edilmesindendir.

2.6. Ağır Metal İçeriklerinin Standartlarla Karşılaştırılması

TS 933'e göre sofr ve mutfak tuzlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 2.13). Bu tablodaki değerler ile Tuz Gölünden alınan ve bazı rafine edilmiş ürün tuz numuneleri olan CB-23, CB-24 ve CB-25'de; Fe konsantrasyonlarının biraz yüksek olduğu, Se konsantrasyonlarının 0 olduğu, Pb, As, Cu, Cd ve Hg konsantrasyonlarının ise TS 933'e göre sınır değerlerin çok altında olduğu görülmüştür. Ayrıca ağır metal kapsamı ile sağlığa büyük etkileri olmayacağı düşünülmektedir. Al konsantrasyonları 120,3597-224,0253 mg/kg, Mn konsantrasyonları 4,8450-6,0704 mg/kg, Co konsantrasyonları 0,1-0,4705 mg/kg, Cr konsantrasyonları 1,200-3,000 mg/kg arasında değişmekte ve CB-25 numunesinde Ni konsantrasyonu 3,100 mg/kg olduğu için TS 933 değerlerine uymadığı belirlenmiştir. (Tablo 2.10, 2.11 ve 2.13).

TABLO 2.13. TS 933'e Göre Yemeklik Tuzların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (TSE, 1986).

ÖZELLİKLER	SINIFLARA VE TİPLERE GÖRE DEĞERLER		
	SOFRA TUZU		MUTFAK TUZU
	Sofra Tuzu	İyotlu Sofra Tuzu	
Suda Çözünmeyen Madde, Kütlece % En Çok	0,5	0,5 2,0	
Tane Büyüklüğü	Göz açıklığı 1000 mikrometrelik elekten tamamı geçmeli, göz açıklığı 210 mikrometrelik elekten geçen kısım en çok % 20 olmalıdır.		
Asitle Çözünmeyen Madde, Kütlece % En Çok	0,5	0,5	0,5
Sodyum Klorür, Kütlece % En Az	98,0	98,0	97,0
Magnezyum, Suda Çözünen, Kütlece % En Çok (Mg ⁺⁺ cinsinden)	0,1	0,1	0,2
Kalsiyum, Suda Çözünen, Kütlece % En Çok (Ca ⁺⁺ cinsinden)	0,1	0,1	0,1
Sülfat, Suda Çözünen, Kütlece % En Çok (SO ₄ ⁻ cinsinden)	0,4	0,4	0,7
Alkalilik, Suda Çözünen, Kütlece % En Çok (CO ₃ ⁻ cinsinden)	0,2	-	0,2
İyod, Suda Çözünen, (mg/kg olarak) KI cinsinden	-	50-70	-
pH	-	7,5-8,0	-
Sağlığa Zararlı Maddeler, En Çok (mg/kg olarak)			
Demir	10,0	10,0	10,0
Kurşun	5,0	5,0	5,0
Arsenik	1,0	1,0	1,0
Bakır	2,5	2,5	2,5
Kadmium	0,5	0,5	0,5
Civa	0,1	0,1	0,1

2.7. Ağır Metal Kaynakları

Tuz Gölüne deşarj edilen Konya'nın atık suları değişen miktarlarda ağır metal içermektedir. Atıklarla birlikte gelen ağır metal konsantrasyonları, geçtiği yerlerdeki toprağı kirletmekle beraber, yer altı ve yerüstü sularını da kirleterek Tuz Gölüneverilmektedir. Bu nedenle ağır metal konsantrasyonları arttıkça gölde tuz oluşumunda tehlike oluşmakta ve canlılar üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Ayrıca sülfür içeren cevherlerin

oksidasyonu ile asitli maden suları oluşmaktadır. Tuz Gölünden aldığımız tuz, tuzlu su, zemindeki kil tabakası ve bölgedeki Salina Tuz Fabrikasının rafinasyonu sonrası tuzdan ve atıklardan alınan numuneler üzerinde yaptığımız jeokimyasal analizler sonucunda; Fe konsantrasyonlarının biraz yüksek olduğu, Se konsantrasyonlarının 0 olduğu, Pb, As, Cu, Cd ve Hg konsantrasyonlarının ise TS 33 sınır değerlerinin çok altında olduğu görülmüştür. Ayrıca ağır metal kapsamı ile sağlığa büyük etkileri olmayacağı düşünülmektedir. Al konsantrasyonları 120,3597-224,0253 mg/kg, Mn konsantrasyonları 4,8450-6,0704 mg/kg, Co konsantrasyonları 0,1-0,4705 mg/kg, Cr konsantrasyonları 1,200-3,000 mg/kg arasında değişmekte ve CB-25 numunesinde Ni konsantrasyonu 3,100 mg/kg olduğu için TS 933 değerlerine uymadığı belirlenmiştir. (Tablo 2.10, 2.11 ve 2.13).

Ağır metaller, kirli ve zehirli ortak özellikler gösteren metal ve metal grupları olarak tanımlanmışlardır (Alloway, 1990). Ancak bazı elementlerin düşük konsantrasyonları, canlı organizmaların yaşamı için gereklidir. Örneğin, Co, Cu, Mn, Se ve Zn gibi. Diğer yandan bu elementlerin yüksek konsantrasyonları zehirli etki göstermektedir. Zehirli elementler kavramı hayat için gerekli olmayan elementler olarak ifade edilir ve bunlar gereğinden fazla alındıklarında sağlığa zararlı olmaktadır (Tablo 2.14). Örneğin, Pb, Ba, Cd, Hg, As, Tl ve U (Alloway, 1990). Bir arazide yeterli miktarlarda ağır metal konsantrasyonları var ise bu arazi kirli olarak sınıflandırılabilir. Bu konsantrasyonlar insanlara, hayvanlara, eşyaya ve çevreye direk veya endirek olarak zarar verebilir (Smith, 1980).

Kanalizasyon sularıyla birlikte gelen atık maddeler sulama yoluyla tarımla elde edilen ürünlere, bölgedeki yerüstü ve yeraltı sularının kirlenmesine ve havanın kirlenmesine en önemlisi de göl suyunun kirletilip tuz oluşumunun azalmasına ve tuz kalitesinin doğrudan düşmesine sebep olmaktadır. Bu etkiler şunlardır:

1. Toprak kirlenmesi
2. Yerüstü ve yeraltı sularının kirlenmesi
3. Havanın kirlenmesi
4. Göl suyunun kirlenmesi ve tuz oluşumunun azalması

Çevredeki atıklar, atmosferik ve kimyasal etkilere maruz kaldığı zaman bozulup, yağışlarla ve rüzgarlarla taşınarak toprak, su ve havayı kirletir. Özellikle eser haldeki aşırı miktardaki metaller uzun vadede toprakta birikim yaparlar. Bu metaller toprağın absorpsiyonu, kimyasal reaksiyon ve iyon değişimi sonucu toprakta tutulmaktadır

(Karpuzcu, 1994). Aynı problem Tuz Gölünden alınmış olan kil numuneleri için de söz konusudur.

Havadaki ağır ve eser metallerin tozları insan sağlığı üzerine direk olarak etki yapmaktadır. 7 μm 'den küçük tozlar direk solunulabildiğinden insanda solunum problemleri oluşturmaktadır (Blumden ve Redish, 1991). Solunumla ilgili en tehlikeli metaller arasında başlıca Pb ve Ni, ikincil olarak Cd, As ve Hg yer almaktadır.

TABLO 2.14. Yüksek Konsantrasyonlardaki Ağır Metallerin Zehir Etkisi (Kurtoğlu, 1992).

AĞIR METAL	ZEHİR ETKİSİ
Kadmiyum (Cd)	Kronik böbrek hastalıkları, Kemik hastalıkları, Hipertansiyon, Salivasyon, Diare ve Tenesmus, Anemi, Abdominal ağrı, Akut pulmoner ödem, Anuri, Fankoni sendromu.
Kurşun (Pb)	İtai-İtai hastalığı, Zihinsel bozukluklar, Hipertermi, Karaciğer bozukluğu, Hipertansiyon.
Çinko (Zn)	Nörolojik bozukluklar, Davranış ve öğrenme bozuklukları, Hipertermi, Karaciğer bozukluğu.
Civa (Hg)	Hipotansiyon, Psikiatrik bozukluklar, Salivasyon, Diare, Stomatit, Ataksi, Tremor, Akut böbrek yetmezliği, Karaciğer bozukluğu.
Mangan (Mn)	Karaciğer büyümesi, Davranış bozukluğu, Mental gerileme, Ekstra promidal sendrom, Akut bronşit, Cilt lezyonları, Panomoni, Baş ağrısı.
Nikel (Ni)	Solunum yollarında pulmoner eozinofilik ve paroksizmal astmatik nöbet, Solunum yolları iritasyonu, Akut zehirlenmesi, Akciğer ve nazal sinüslerin kanseri, Kalp ve karaciğer bozuklukları ve dermatit.
Kobalt (Co)	Guvatr, Hematolojik bozukluklar, akciğer ve karaciğerde fibrozis ve sindirim yolu iritasyonu.
Alüminyum (Al)	Solunum düzensizlikleri ve spontan pnömotoraks gibi toksik belirtiler, akciğerlerde fibrozis.
Demir (Fe)	Hiperglisemi, Çocuk ve yetişkinlerde bronkospazm ve epigastrik ağrı, Nörolojik bozukluklar, Karaciğer bozukluğu.
Krom (Cr)	Solunum yolları iritasyonları, Nazal iritasyon ve perforasyon, Ülserasyon ve perforasyon, Akut tabulo-interstisyel, nefrit sonucu anuri.

3.SONUÇLAR

Tuz Gölünden üretim yapan Salina Tuz Fabrikasından alınan 24 adet numune ham tuz, ürün tuz, atık malzeme ve proses suyu olmak üzere 4 ana bölümde toplanmıştır. Numuneler GYTE laboratuvarlarında X-Ray Difraktometre cihazında mineralojik, Grafit Fırınlı Atomik Absorbsiyon Spektrometri cihazında jeokimyasal analizlere tabi tutulmuşlardır.

X-Ray Difraktometre cihazında yapılan ölçümlere göre; ham tuz numunesi olan CB-6, CB-9, CB-10, CB-15 numuneleri,sadece halit minerali, CB-16 numunesi halit ve jips, CB-8 numunesi halit ve sodyum kalsiyum sülfat, CB-1 numunesi ise kalsiyum silikat mineralleri içermektedirler. Ürün tuz numunelerinden CB-4, CB-17, CB-23, CB-24 ve CB-25 numuneleri yalnızca halit minerali bulunmaktadır. CB-2 numunesinde halit ve kalsiyum klorür minerallerine rastlanmaktadır. Atık malzeme numunelerinden CB-5, CB-13 ve CB-14 numuneleri sadece halit minerali, CB-11 numunesi halit, jips ve sodyum kalsiyum sülfat, CB-12 numunesi ise halit ve kalsiyum sülfat hidrat bileşimli mineralleri içermektedirler. Bu minerallerin oluşum nedeni büyük ihtimalle üretim esnasında tuzun topaklaşmasını önlemek için kullanılan alüminyum silikat mineralinin Al^{+} ve SO_4^{-} iyonlarının serbest kalması ile ilgilidir.

AAS cihazı ile analizleri yapılan her elementle ilgili önce konsantrasyon bar diyagramları, daha sonra oluşturulan element çiftlerinin ölçülen değerleri diyagramlara taşınarak korelasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre; ham tuz numunelerinde Se; 0-1.7200 mg/kg, Cd; 0,0052-0,2430 mg/kg, Cr; 0,7700-41,7500 mg/kg, Ni; 0-21,6300 mg/kg, Co; 0-2,8500 mg/kg, Pb; 0-39,7421 mg/kg, Hg; 0-6,7400 mg/kg, Fe; 80,7500-857,4211 mg/kg, Al; 136,5986-49395,4320 mg/kg, As;0-0,2000 mg/kg, Cu; 0-197,4500 mg/kg, Mn; 5,1100-110,5600 mg/kg arasında değişmekte, ürün tuz numunelerinde Se; 0-2,400 mg/kg, Ni; 0-3,400 mg/kg, Cu; 0-0,4700 mg/kg, Al; 73,7400-1431,2850 mg/kg, Mn; 4,3300-19,5000 mg/kg, Cd; 0,0650-4,7000 mg/kg, Cr; 1,2000-6,6000 mg/kg, Pb; 0,3000-39,3000 mg/kg, Co; 0,1000-1,2600 mg/kg, Fe; 16,7650-157,5000 mg/kg, Hg; 0-0, 3026 mg/kg, As; 0-0,0030 mg/kg arasında değişmekte, atık malzeme numunelerinde Cu; 0-16,7300 mg/kg, Al; 171,1232-70, 331,3300 mg/kg, Mn; 13,1133-120,000 mg/kg, Cd; 0,0040-0,2060 mg/kg, Se; 0-1,3500 mg/kg, Ni; 0-102,3600 mg/kg, Cr; 1,6432-11,5000 mg/kg, Pb; 0-4,0000 mg/kg, Co; 0,0870-4,1600 mg/kg, Fe; 105,6000-881,3200 mg/kg, Hg; 0-23,0700 mg/kg, As; 0-0,2200 mg/kg arasında değişmekte, proses suyu numunelerinde Cu; 0-4,0232 mg/kg, Al; 31,8000-308,2400 mg/kg, Mn; 0,7622-8,5543 mg/kg, Cd; 0,0006-0,0500 mg/kg, Se; 0-0,7000 mg/kg, Ni; 0-0,0850 mg/kg, Cr; 0,5042-1,0000 mg/kg, Pb; 0-25,5500 mg/kg, Co; 0-0,2540

mg/kg, Fe; 18,0120-47,5400 mg/kg, Hg; 0-0,2000 mg/kg, As; 0-0,0800 mg/kg arasında değişmektedir

Ham tuz, ürün tuz, atık kil ve proses suyu numunelerinde, Mn-Cr, Mn-Fe, Fe-Cr, Al-Mn, Fe-Al, Cr-Al, Cu-Al element çiftleri arasında pozitif bir korelasyon görülmekteyken Fe-Cr element çiftinde negatif bir korelasyon görülmektedir. Proses suyu numunelerinde ise Fe-Cr element çifti arasında pozitif bir korelasyon görülmekteyken Mn-Cr, Mn-Fe, Al-Mn, Fe-Al, Cr-Al, Cu-Al element çiftleri arasında negatif bir korelasyon görülmektedir. Diğer element çiftleri arasında ise düzensiz bir ilişki vardır. Bu düzensizlik düşük değerlerin sıfır olarak kabul edilmesinden ileri gelmektedir.

TS 933'e göre sofr ve mutfak tuzlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri ile Tuz Gölünden alınan ve bazı rafine edilmiş ürün tuz numunelerinde; Fe konsantrasyonlarının biraz yüksek olduğu, Pb, As, Cu, Cd ve Hg konsantrasyonlarının ise TS 933 sınır değerlerinin altında olduğu görülmüştür. Ayrıca ağır metal kapsamı ile sağlığa büyük etkileri olmayacağı düşünülmektedir. Al konsantrasyonları 120,3597-224,0253 mg/kg, Mn konsantrasyonları 4,8450-6,0704 mg/kg, Co konsantrasyonları 0,1-0,4705 mg/kg, Cr konsantrasyonları 1,200-3,000 mg/kg arasında değişmekte ve CB-25 numunesinde Ni konsantrasyonu 3,100 mg/kg olduğu için TS 933 değerlerine uymadığı belirlenmiştir.

Tüm analiz sonuçları göstermektedir ki, Konya şehrinin evsel ve endüstriyel atıklarının Ana Tahliye Kanalı yoluyla Tuz gölüne deşarj edilmesinden kaynaklanan önemli bir kirlenme vardır. Kirletici parametrelerden ağır metallerin ham tuz içindeki belirgin konsantrasyonları büyük bir risk taşımaya karşılık rafine tuzlarda Fe, Al, Co, Mn, Cr ve Ni dışında kalan toksik elementler olarak adlandırılan As, Hg, Pb ve Cd gibi elementlerin ya hiç bulunmamaları veya düşük konsantrasyon göstermeleri nedeniyle bu risk büyük ölçüde azalmaktadır. Buna rağmen piyasaya arz edilen tuzlarda rutin analizlerin yapılarak sürekli olarak denetim altında tutulma gereğı vardır.

KAYNAKLAR

- Abdüsselamoğlu, M.Ş., Tortul Kayaç Petrografisi, İTÜ Ya. Sayı: 1222, 211 s., 1982.
- Akdik, M., Türkiye’de Tuz Durumu ve Tuzun İç Pazar Etüdü, Tekel Genel Müdürlüğü, Ekonomik Araştırmalar Grubu Araştırmalar Şubesi, Yayın No: Tekel 154 EAG-A11, İstanbul, 1980.
- Alloway, B.J., Heavy Metals in Soils, Blackie and Son Ltd.Gt.Bt, 1990.
- Altınlı, E., Niğde İli ve Misli Ovalarının Jeolojik ve Hidrojeolojik Durumu, MTA, Ankara, 1952.
- Arıkan, Y., Tuz Gölü Havzasının Jeoloji ve Petrol İmkanları, MTA Derg., 85, 17-38, 1975.
- Aras, A., Bustanoğlu ve Uygun, A., Tuz Gölü Projesi, Jeoloji Etüdları Ara Raporu: MTA Derleme Rap. No: 6083, 1975.
- Ayhan, A., Güzel, A., Küçükhöyük, M. Ve Göçmez, G., Konya Kapalı Havzasında ve Tuz Gölünde Kirlenmenin Tesbiti ve Giderilmesi, Konya, 1993.
- Beker, N., Tuz Gölü İle İlgili Olarak Yapılan Çalışmalar ve Su Kirliliği İle İlgili Örnekler, Tekel Genel Müd., 43-47 s., 1989.
- Beker, N., Tuz Gölü, Önemi, Kirlenmesi ve Çözüm Önerileri, Çevre Koruma Müdürlüğü, 1992.
- Birand, H., Tuz Gölü Çorakçıl Bitkileri, Toprak-Su Genel Müdürlüğü Neşriyatı, Ankara, s.103., 1961.
- Blumden, J. and Reddish A., Enegy, Resources and Environment, Open University, Hodder and Stoghton, England, 1991.
- Botham, Jane W., Heavy Metal Concentrations in Soils Around Abandoned Mine Workings, University of Nottingham: Unpublished Third Year Project, 1994.
- BSI., Draft Code of Practise for the Identification of Potentially Contaminated Land, DD175: 1988 British standard Institution, London, 1992.
- Crounse, R.G., Geochemistry and Human Health In The 1980’s, In:, 1986.
- Çatar, H., Tuz ‘Sodyum Klorür’, Kitap, İstanbul, 1980.
- DSİ, Karapınar Ovası Jeofizik Rezistivite Etüd Raporu, No: 1605/1-JF, 89 s., Ankara, 1964.
- DSİ, Cihanbeyli-Yeniceoba-Kulu Ovaları Hidrojeolojik Etüd Raporu, 34 s., 1971.
- DSİ, Ereğli-Bor Ovası Hidrojeolojik Etüd Raporu, 71 s., 1972.
- DSİ, Konya-Çumra-Karapınar Ovası Hidrojeolojik Etüd Raporu , 188 s., 1975.
- DSİ, Su Kalitesi Gözlem Yıllığı, 1979-1981.
- DSİ, Su Kalitesi Gözlem Yıllığı, 1982-1983.

- Ergun, O.N., Şereflikoçhisar Yöresi Tuz Gölü Güncel Evaporit Çökellerinin Sedimentolojik İncelemesi: Ondokuz Mayıs Üniv. Yayınları, No: 33, 1988.
- Ertan, A., Kılıç, A., ve Kasperek, M., Türkiye'nin Önemli Kuş Alanları: Doğal Hayatı Koruma Derneği ve International Council For Bird, Preservation, 1990.
- Esen, E., Tuz Gölü Havzasının Jeolojisi ve Bolluk-Tersakan Göllerinin Acılaşma Nedenleri, Bitirme Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, 1989.
- Ferguson, C.C., The Istatistical Basis for Spatial Sampling of Contaminated Land, Ground Engineering, June, pp.34-38, 1992.
- Ferguson, C.C., Sampling Strategies For Contaminated Land, Department of The Environment: Contaminated Land Research Report (CRL), No.4, The Notingham Trent University, 1994.
- Gawlik, J., Tuz Gölü Kenarında Şereflikoçhisar Havalisinde Yapılan Hidrojeolojik Etüd Hakkındaki Rapor: MTA Derleme Rap. No: 2472, 1956.
- Görür, N. ve Derman, M., Tuz Gölü Havzasının Jeolojik Gelişim Süreçleri ve Evrimi, 1978.
- Irion, G., Mineralogisch-Sediment Petrographische Und Geochemische Untersuchungen Am Tuz Gölü (Salzsee), Turkei, Doktora Tezi, Heidelberg Üniv., 68 s., 1970.
- Irion, G., Lithium Als Anreicherungsprodukt İn Zwei Turkischen Salzseen: Die Naturwiss, 59, 10, 467-468, 1972.
- Irion, G., Die Anatolischen Salzseen. Ihr Chemismus und Die Entstehung Ihrer Chemischen Sediments: Arch. Hydrobiol, 71, 4, 517-557, 1973.
- İlter, M., Türkiye'de Tuz Endüstrisi ve Tuz Ticareti, Ticaret Bilimleri Lisansiyesi Tekel Genel Müdürlüğü Eski Genel Müdür Baş Yardımcısı, Yayın No: Tekel 169 EAG-DKY:50, İstanbul, 1980.
- Karaaslan, T., Tuz Gölünün Oluşumu ve Tuz Oluşumunu Etkileyen Faktörler: Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Sosyal Bil. Enst., 41 s., 1989.
- Karpuzcu, M., Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü, Kubbealtı Neşriyatı. İstanbul, 1994.
- Konya Ovası Ana Tahliyesi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü.
- Kurtoğlu, S., Zehirlenmeler Teşhis ve Tedavi, Erciyes Üniv. Yayınları No: 30, Kayseri, 1992.
- Lewis, G., Geochemistry and Animal Health, In: Thorton, I and Howarth, R. J., Applied Geochemistry In 1980's, John Wiley and Sons., NewYork, 1986.
- Magnin, G. and Yazar, M., Important Bird Areas in Turkey, Doğal Hayatı Koruma Derneği, İstanbul, Turkey, 1997.

- MTA, Tuz Gölü Projesi, Hidrojeoloji Çalışmaları, 129 s., Ankara, 1976.
- MTA, Türkiye Tuz Envanteri: MTA Yayın No: 164, 785, Ankara, 1976.
- MTA, Tuz Gölü Havzası Etüd Aramaları ve Fizibilite Araştırmaları, Cilt 1, 144 s., Ankara, 1981.
- Schroder, K., Rift Valley Salt Lakes Chemical Patterns in Deposits, Evaporites, Brines and Inflows, Departement of Chemistry, University of Trondheim, AUH, Trondheim, Norway, 1994.
- Schroder, K. And Tiwangye, J. N., Cemistry of Salt Lakes/Analytical Chemistry, Annual Report 1997 from The Project Coordinators, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Norway, 1997.
- Smith, M.A., Contaminated Land, Report of The NATO/CCMS Plot Study Contaminated Laqnd, Plenum, New York, 1980.
- Szefer, P. And Glasby, G.P., Apllied Chemistry, Rostock, Volume 13.(3), pp. 329-337, 1998.
- Şen, E., DSİ Konya Ana Tahliye Kanalı ‘nın Tuz Gölü’nde Neden Olduğu Ağır Metal Kirliliği: MTA Derleme Rap., No: 6905, 1978.
- The Salt Manufacturer’s Association, ‘The History of Salt’, United Kingdom, 1999.
- TS 933, TSE Yemeklik Tuz, Türk Standartları Enstitüsü Necatibey Cad., 112, Bakanlıklar, Ankara, 1986.
- Uğurtaş, G., Tuz Gölü Havzasının Bir Bölümünün Jeofizik Yorumu: MTA Derl: 85, 38-45, 1975.
- Uygun, A., ve Şen, E., Tuz Gölü Suyunun Jeokimyası, Türkiye Jeol. Kur. Bült., 21, 2, 113-120, 1978
- Uygun, A., Tuz Gölü Havzasının Jeolojisi, Evaporit Oluşumları ve Hidrokarbon Olanakları, Türkiye Jeol. Kur. 35. Kurultayı, İç Anadolu Jeolojisi Simpozyumu, 66-71, 1981.

ÖZGEÇMİŞ

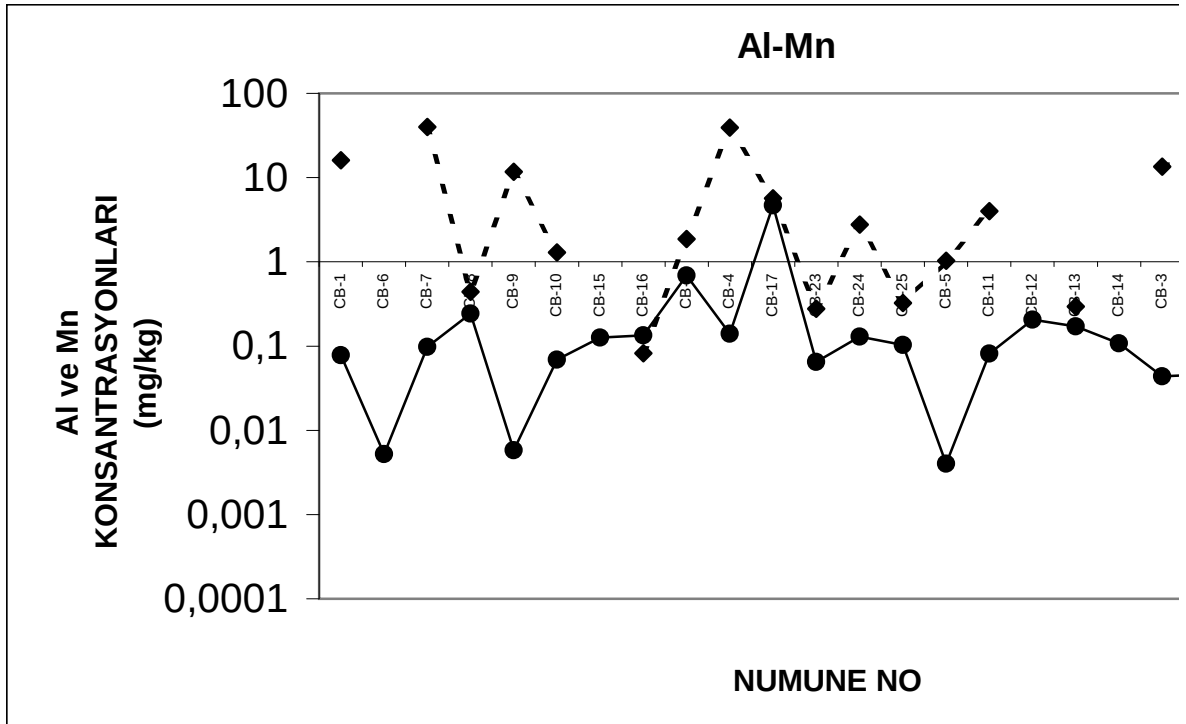
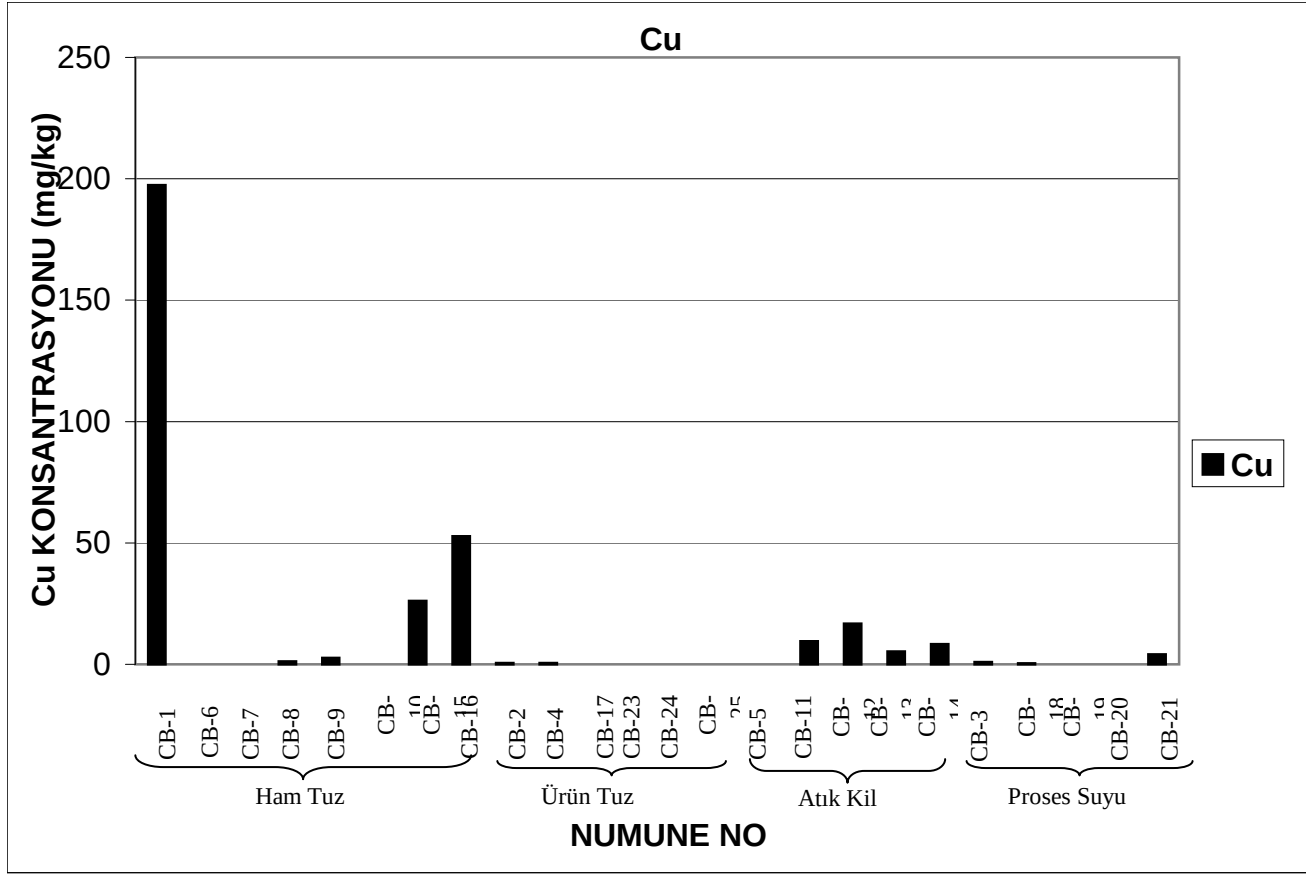
1971 yılında İstanbul’da doğdum.

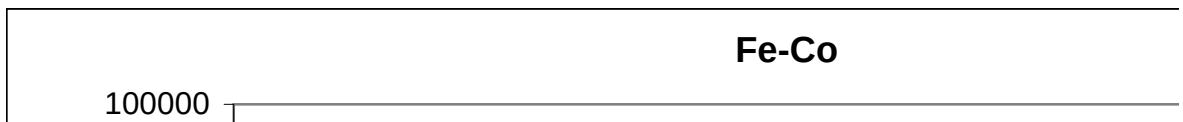
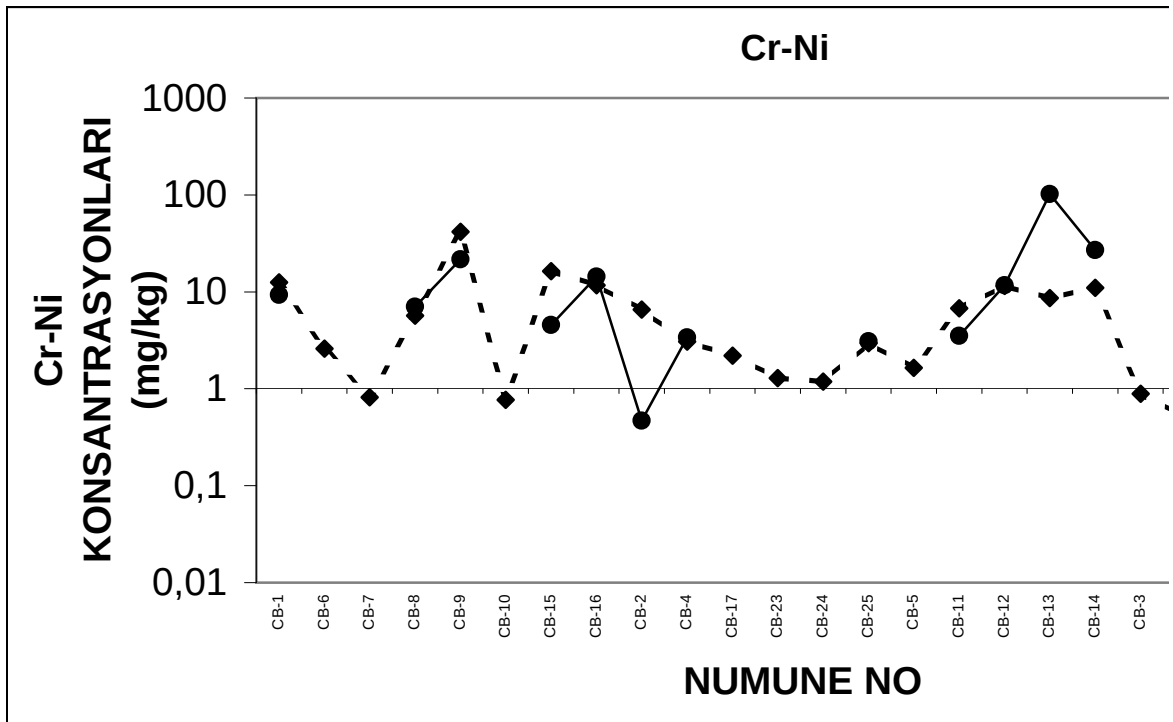
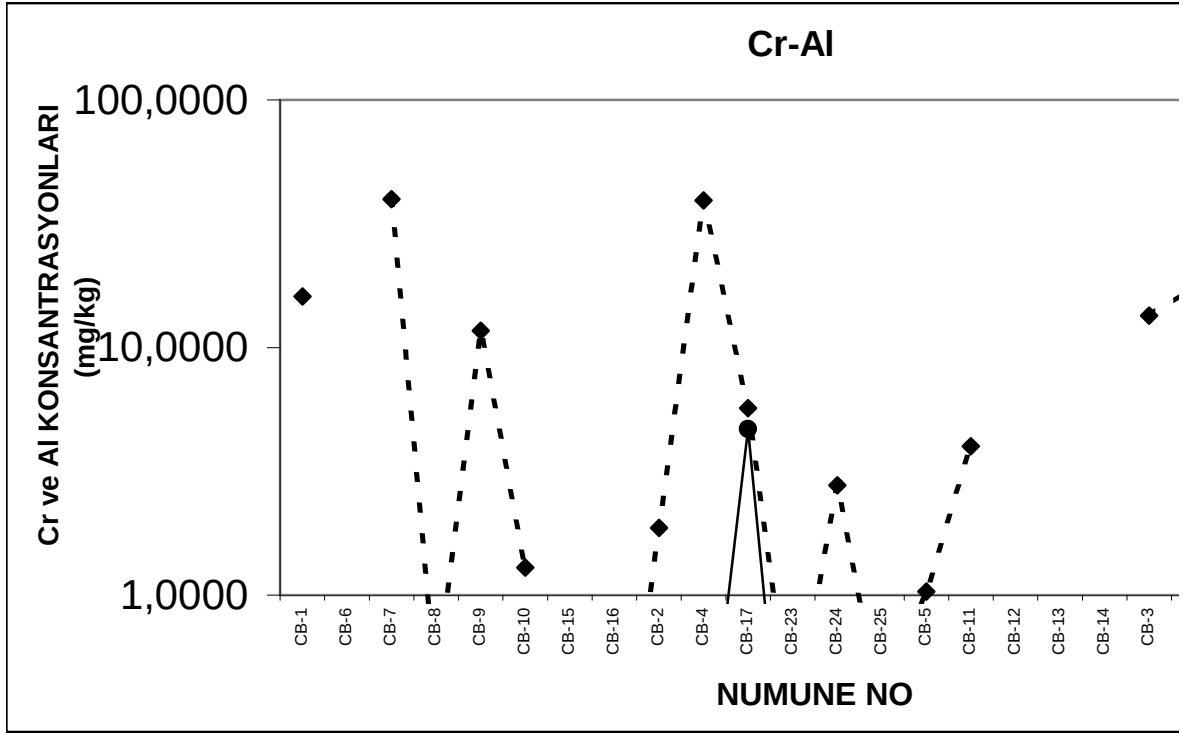
İlk ve orta tahsilimi İstanbul Kocamustafapaşa İlkokulu ve Lisesi’nde öğrenimimi tamamladıktan sonra 1988 yılında İTÜ Jeloji Mühendisliği bölümünde lisans öğrenimime başladım. Üniversite tahsilim esnasında orta dereceli okullara Halk Oyunları dersi verdim. 1994 yılında mezun olduktan sonra 2 yıl İngilizce kurslarına devam ettim.

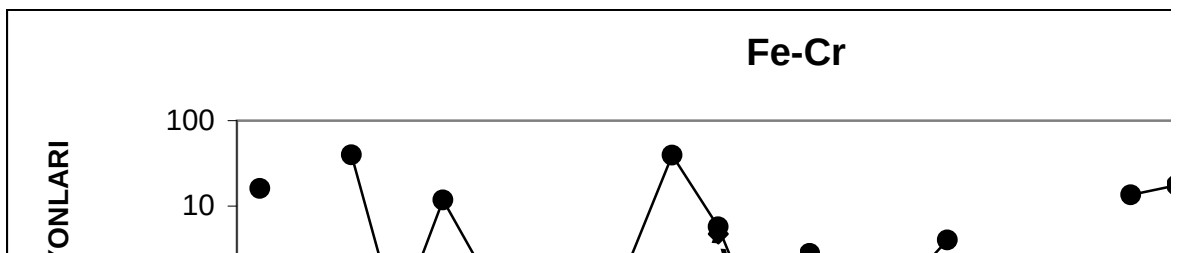
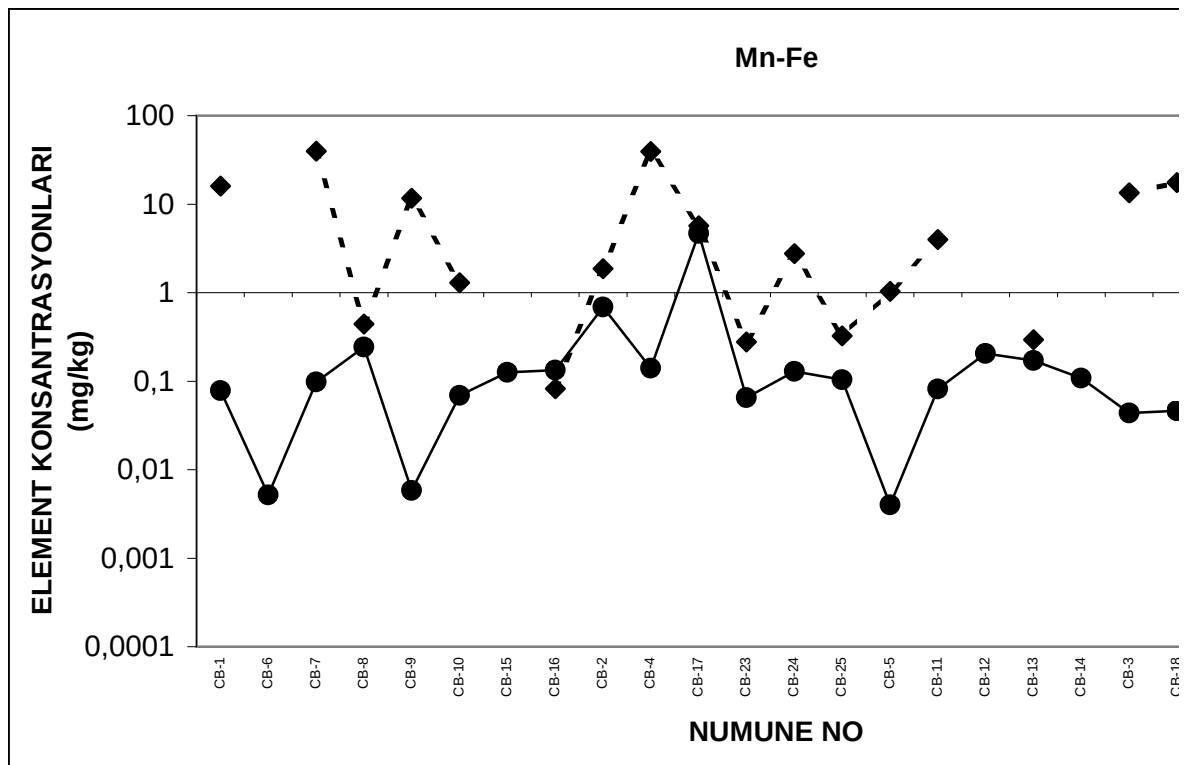
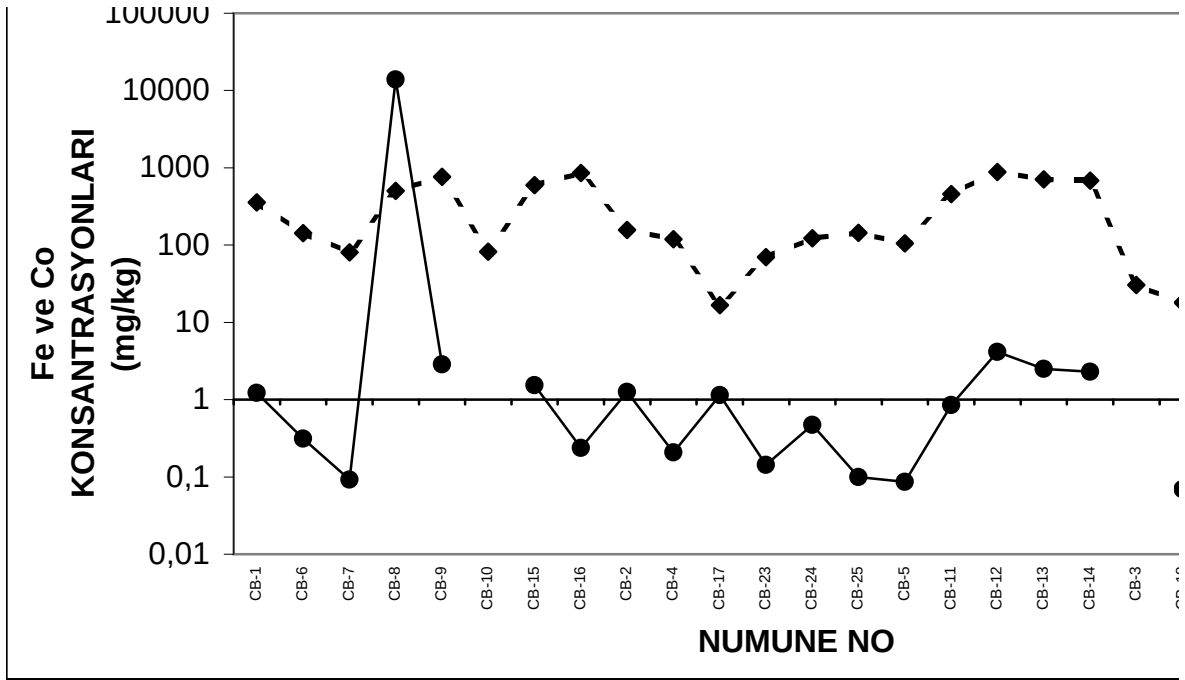
1997 yılında GYTE Çevre Mühendisliği bölümünde Yüksek Lisans öğrenimime başladım.

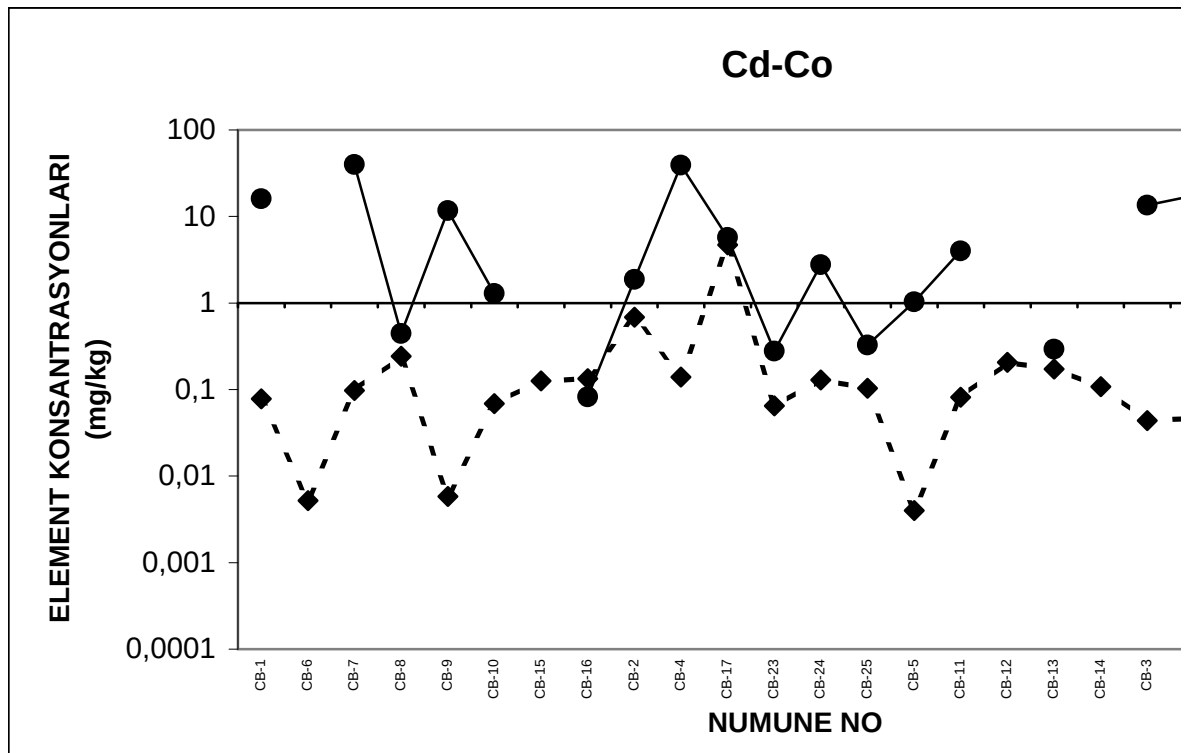
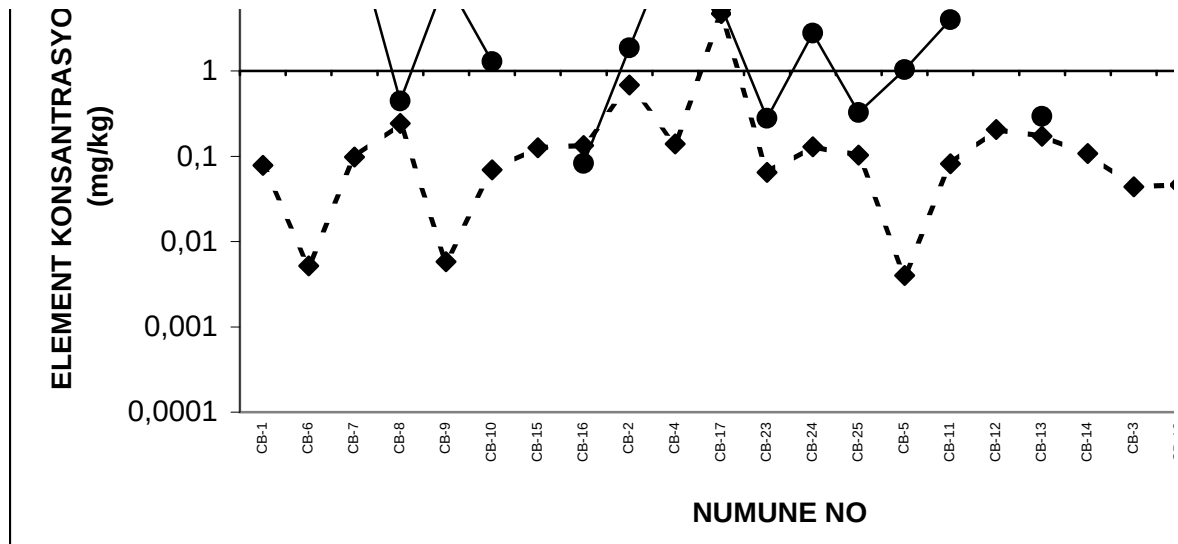
1997 yılında Onur Havayollarında uçuş hostesi olarak, 1998-1999 yıllarında ise Pegasus Havayollarında uçuş hostesi olarak çalıştım.

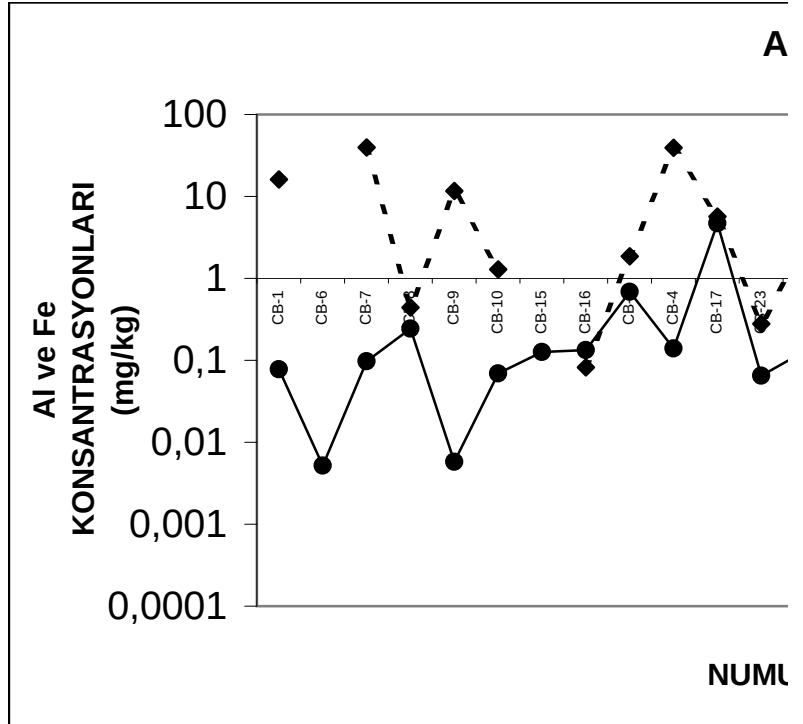
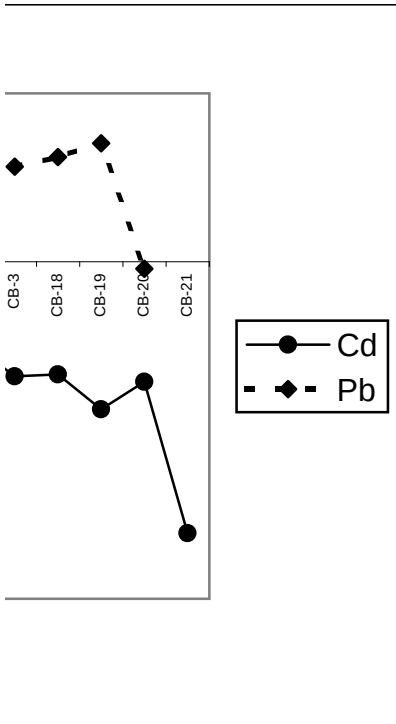
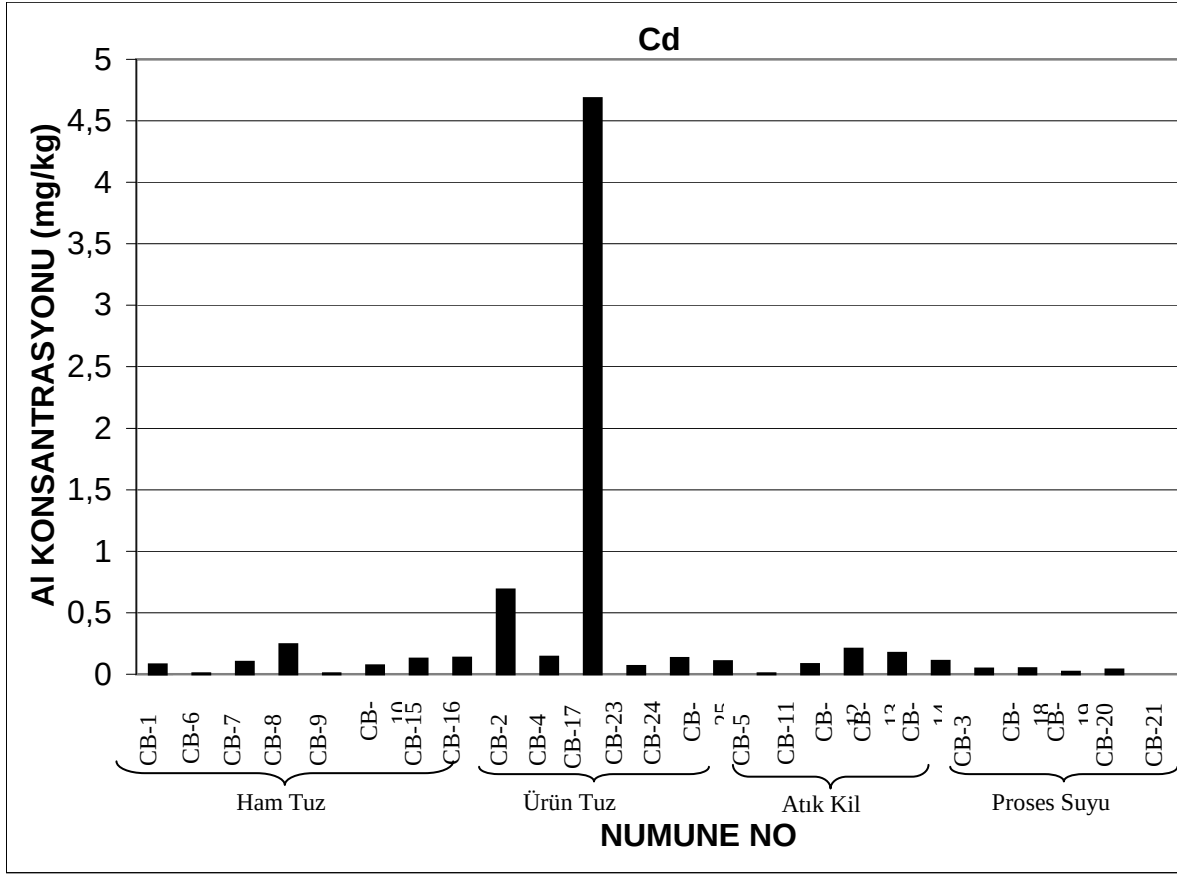
Ekim-1999 tarihinden beri İstanbul Piripaşa İlköğretim Okulunda sınıf öğretmeni olarak çalışmaktayım.

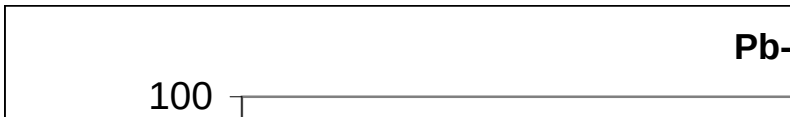
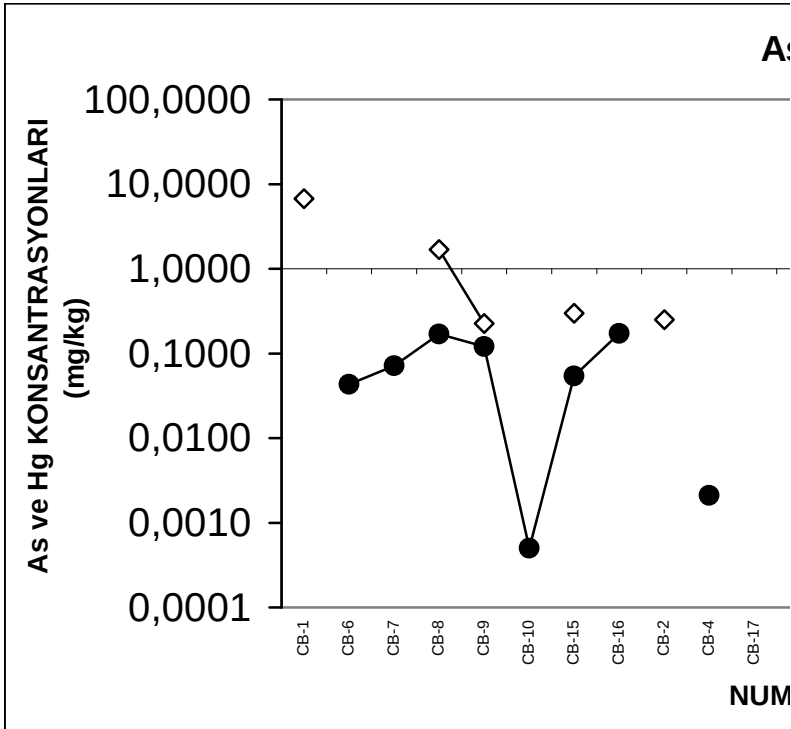
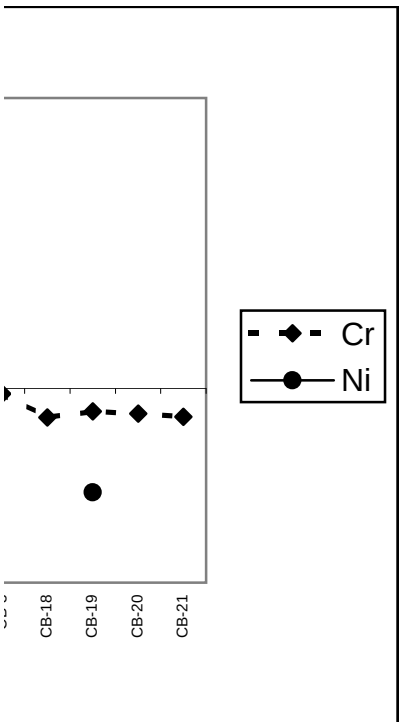
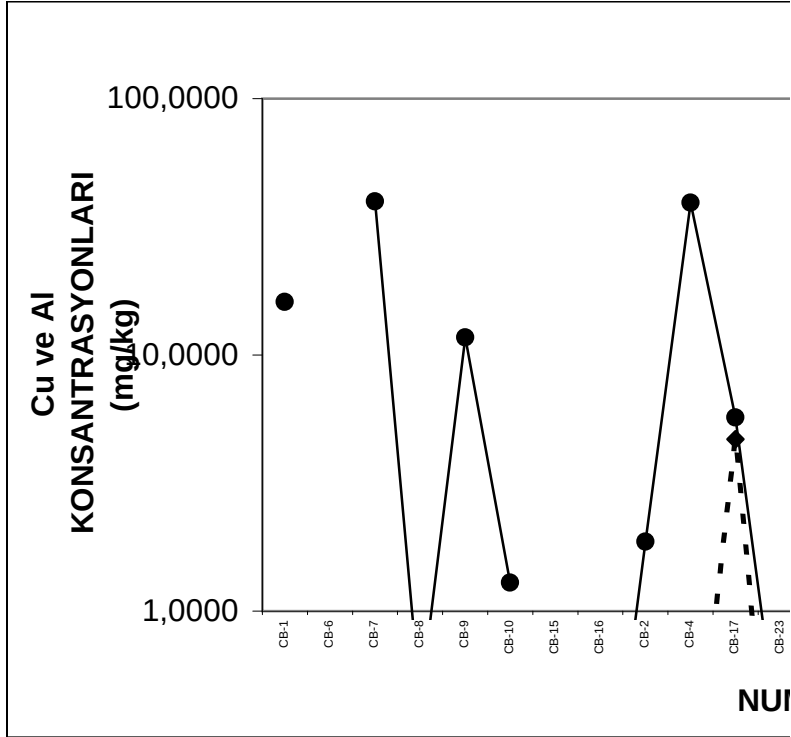
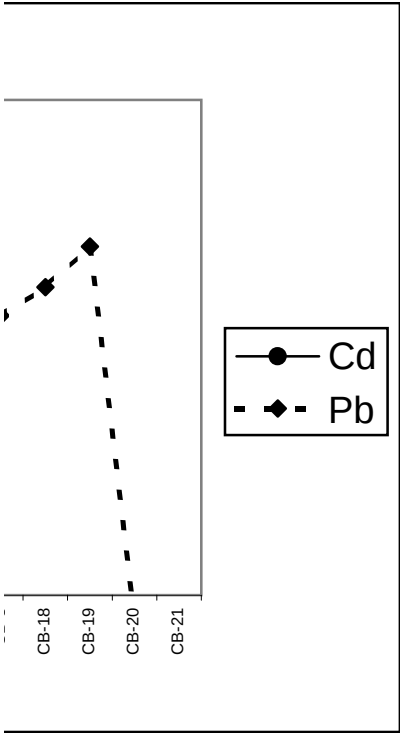


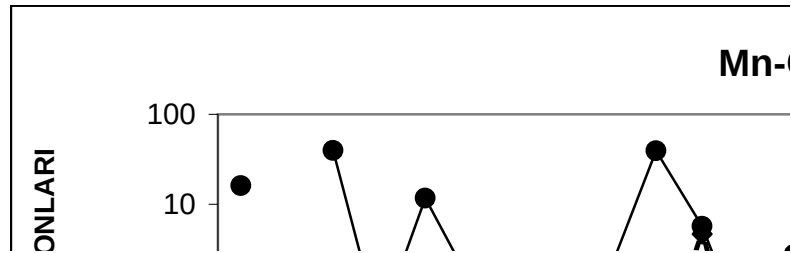
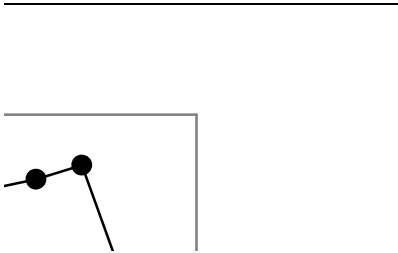
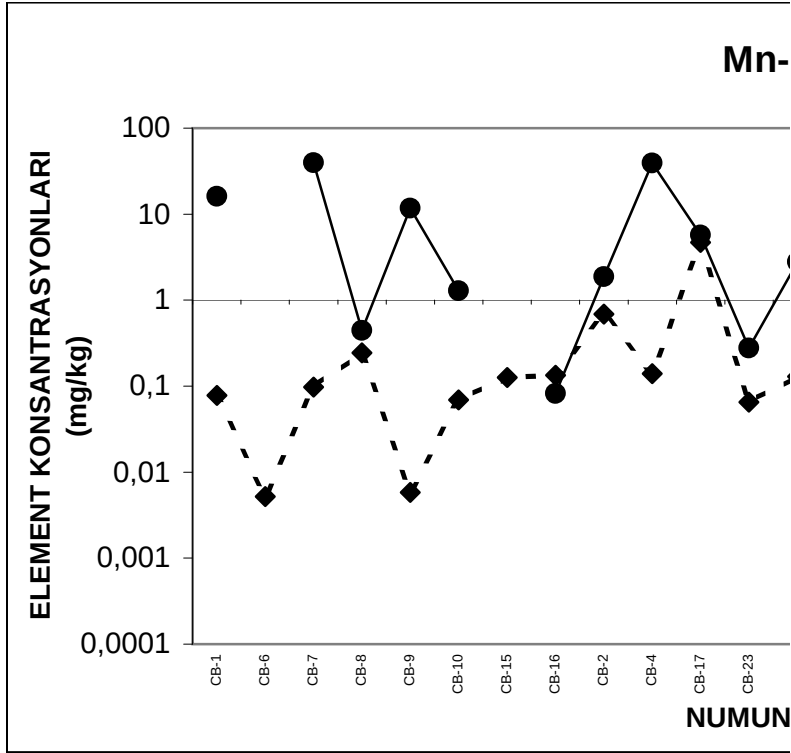
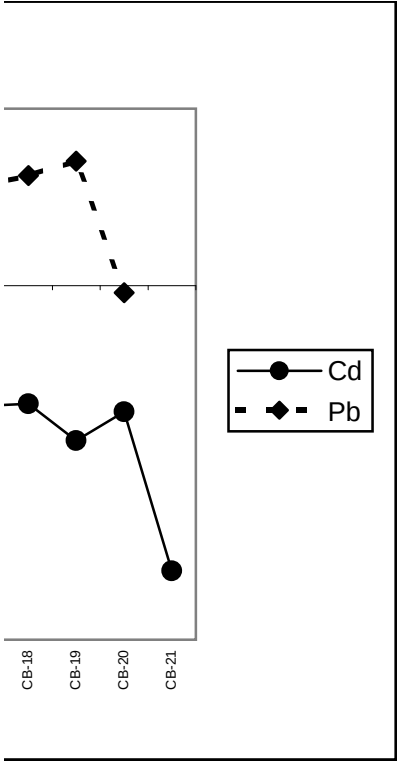
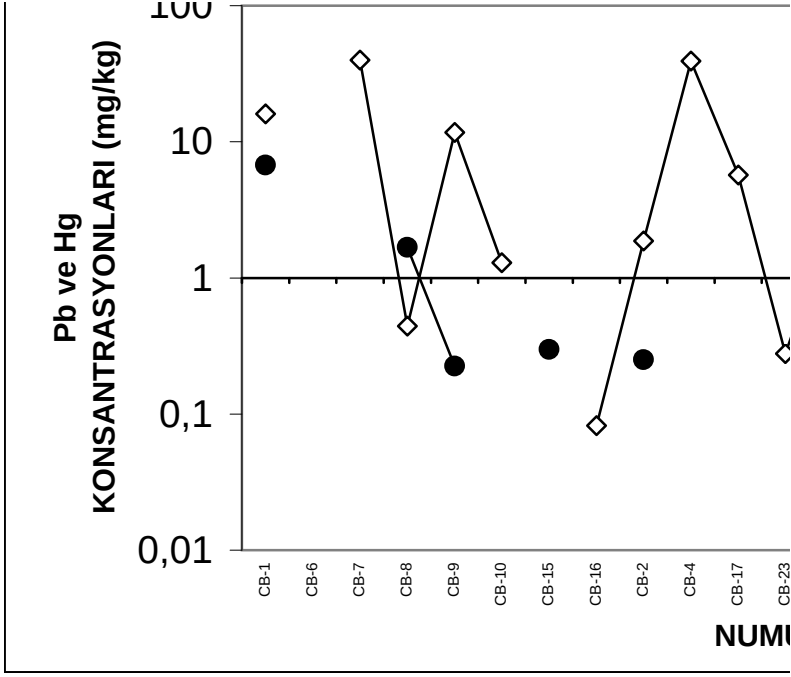
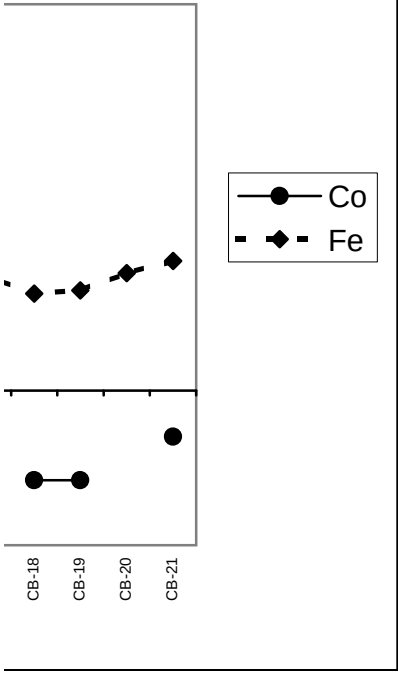


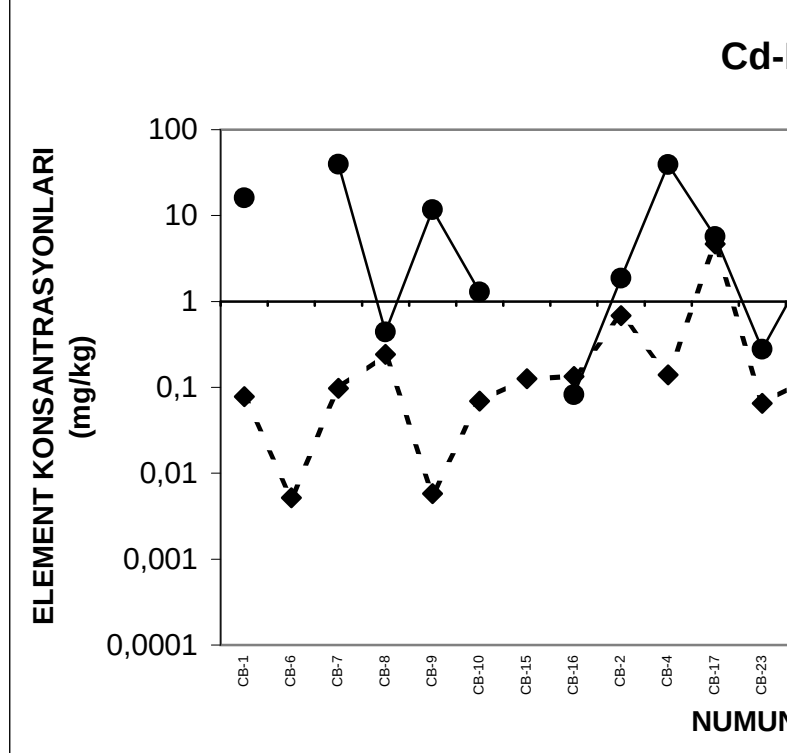
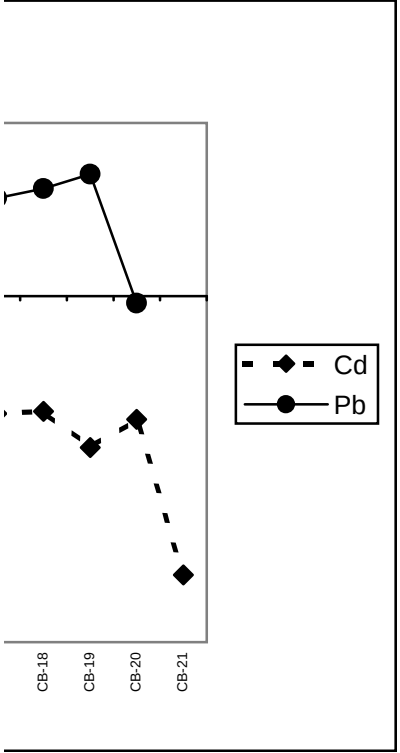
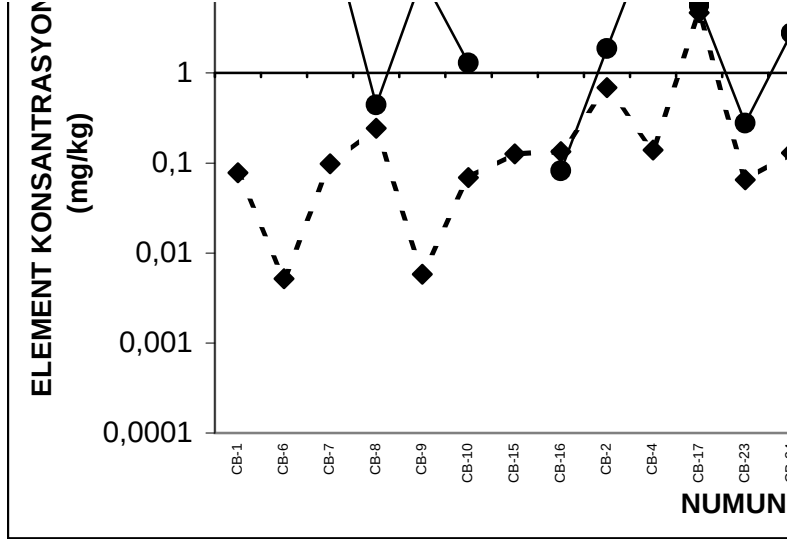
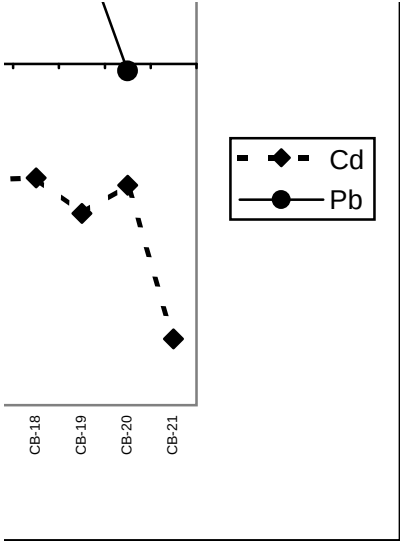


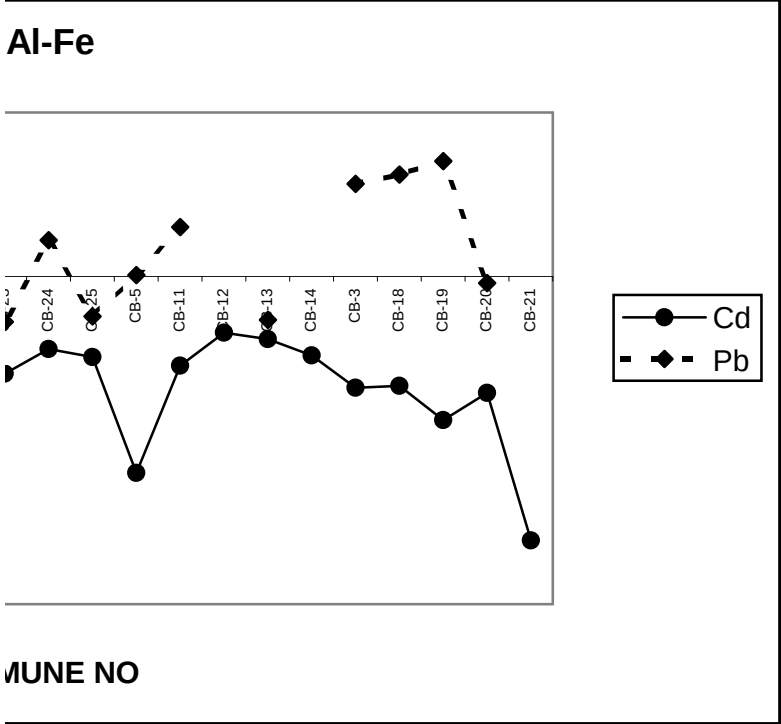
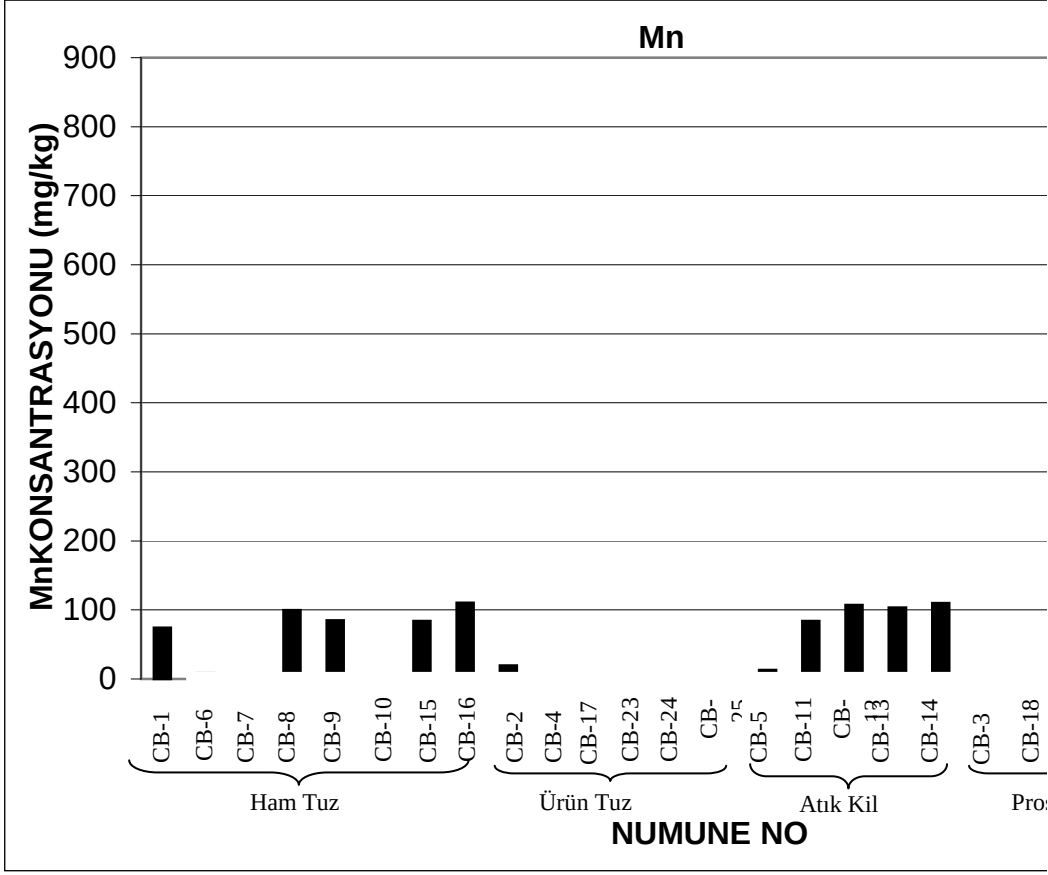
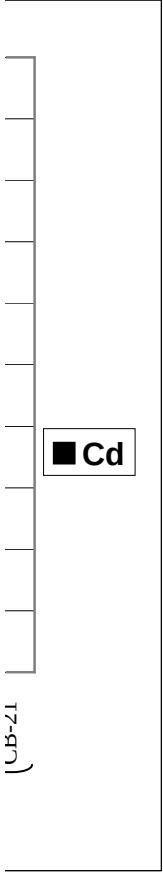




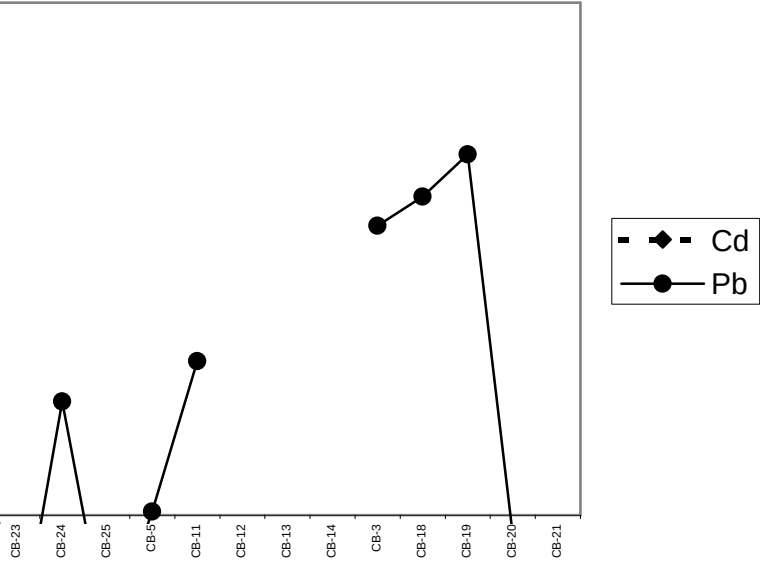






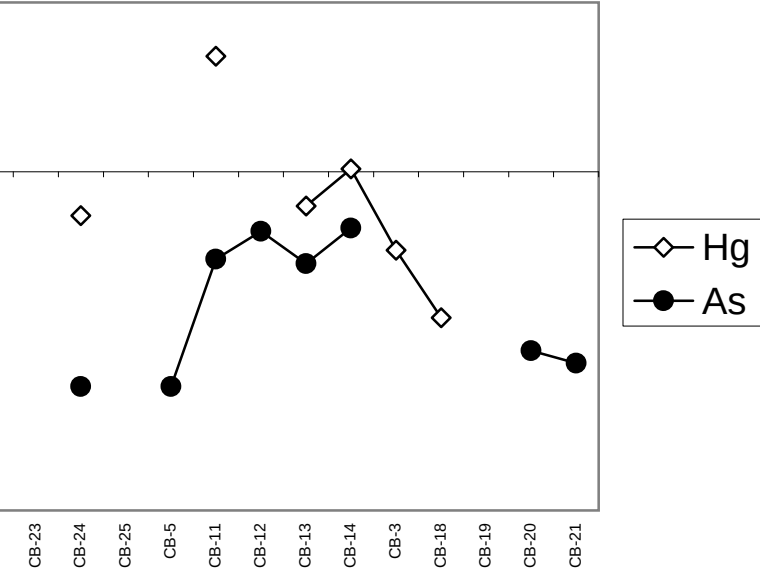


Cu-Al



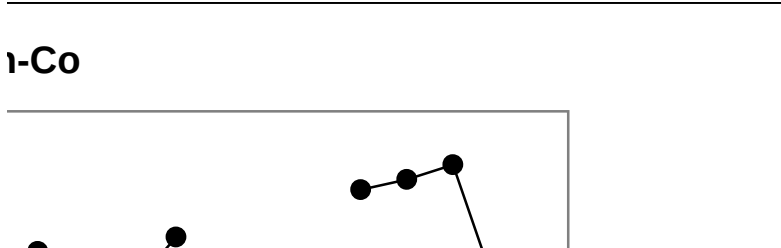
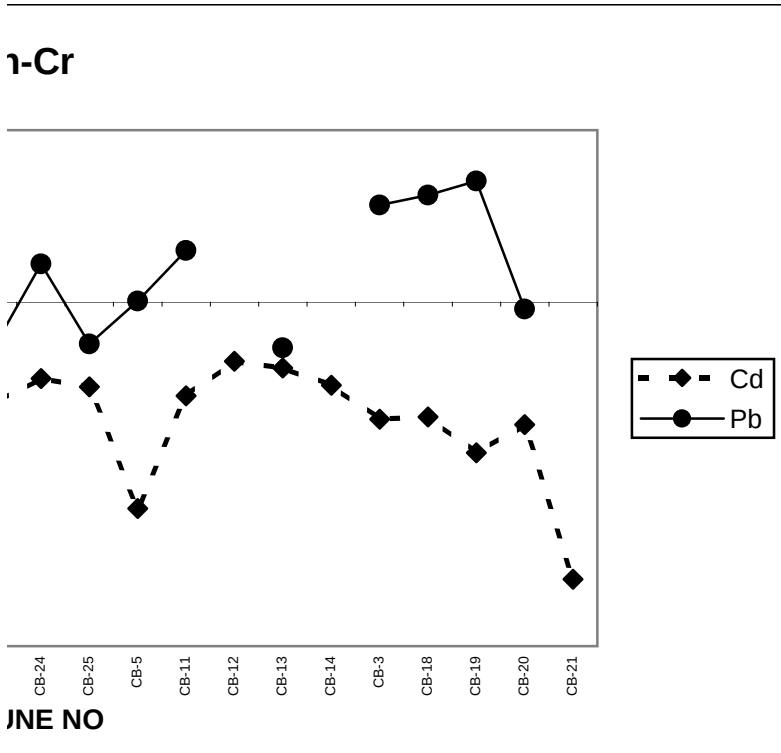
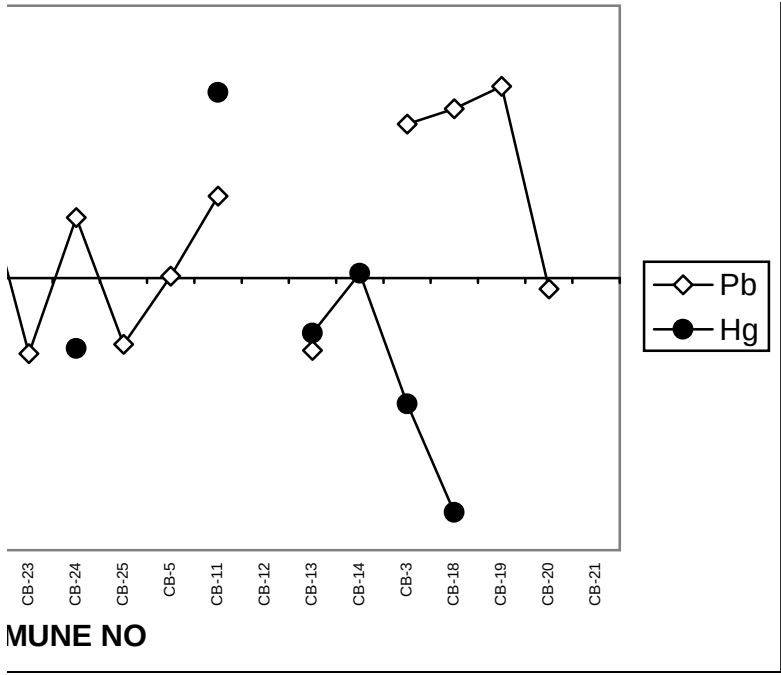
UMUNE NO

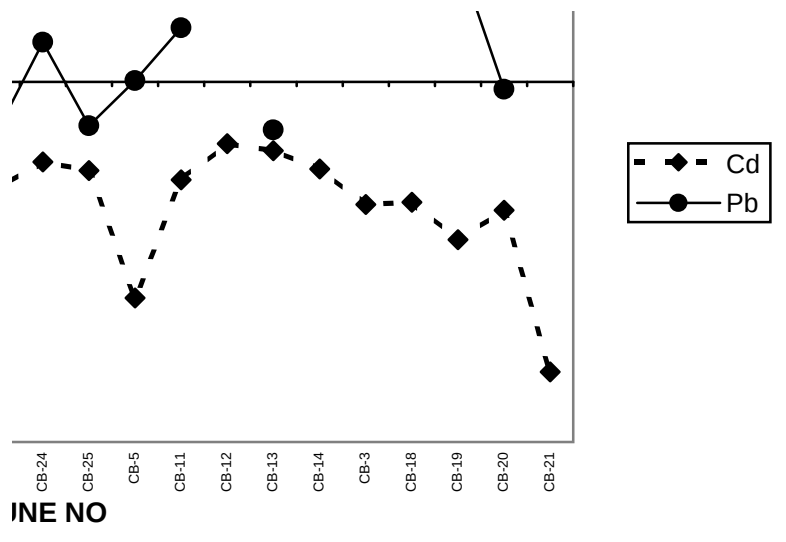
As-Hg



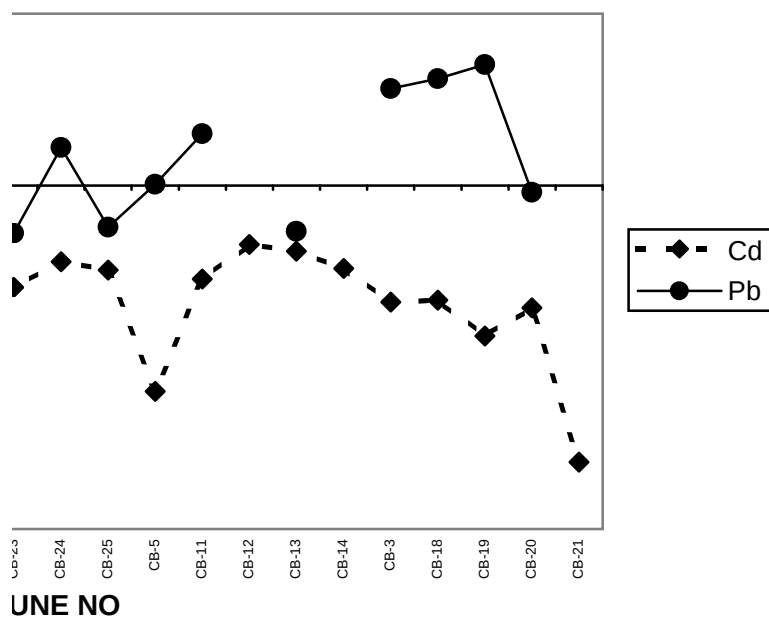
IMUNE NO

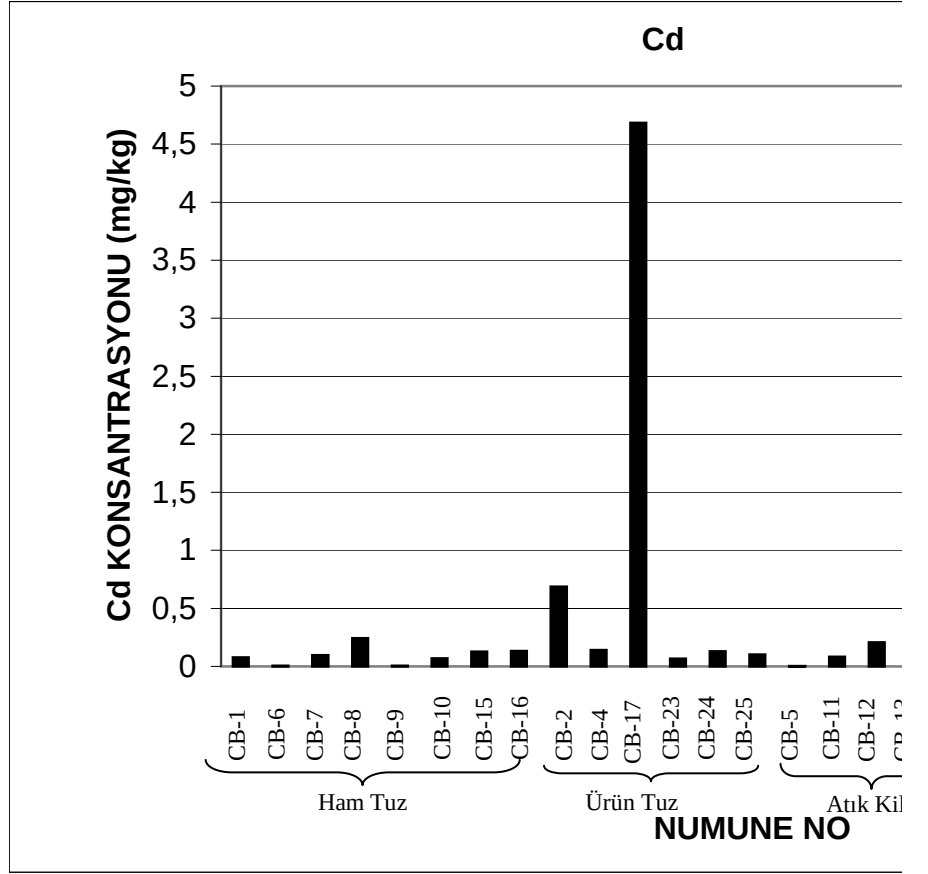
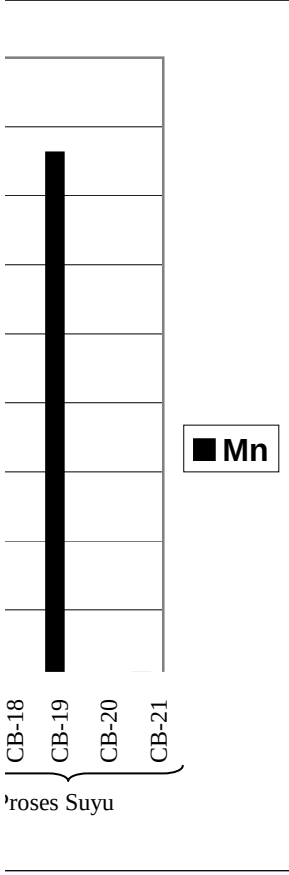
b-Hg





l-Pb





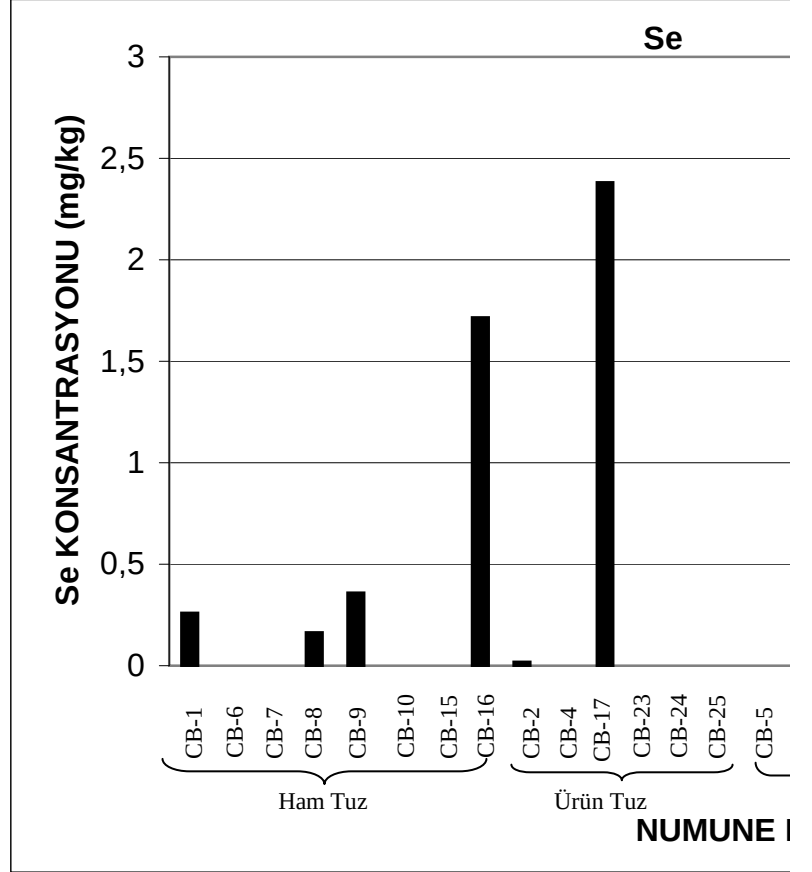
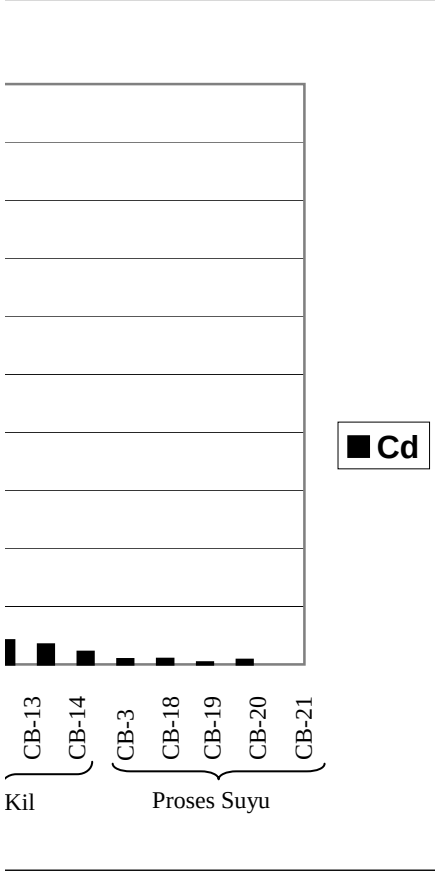
CB-1	HAM TUZ	CB-1
CB-6		CB-6
CB-7		CB-7
CB-8		CB-8
CB-9		CB-9
CB-10		CB-10
CB-15		CB-15
CB-16		CB-16
CB-2	ÜRÜN TUZ	CB-2
CB-4		CB-4
CB-17		CB-17
CB-23		CB-23
CB-24		CB-24
CB-25		CB-25
CB-5	ATIK KİL	CB-5
CB-11		CB-11

CB-12		CB-12
CB-13		CB-13
CB-14		CB-14
CB-3	PROSES	CB-3
CB-18		CB-18
CB-19		CB-19
CB-20		CB-20
CB-21		CB-21

CB-1
CB-6
CB-7
CB-8
CB-9
CB-10
CB-15
CB-16
CB-2
CB-4
CB-17
CB-23
CB-24
CB-25
CB-5
CB-11
CB-12
CB-13
CB-14
CB-3
CB-18
CB-19
CB-20
CB-21

CB-1
CB-6
CB-7
CB-8
CB-9
CB-10
CB-15
CB-16
CB-2
CB-4
CB-17
CB-23
CB-24
CB-25
CB-5
CB-11
CB-12
CB-13
CB-14

CB-3
CB-18
CB-19
CB-20
CB-21



CB-1	CB-6	CB-7	CB-8	CB-9	CB-10	CB-16	CB-2	CB-4	CB-17	CB-23	CB-24	CB-25	CB-5	CB-11	CB-12	CB-13	CB-14	CB-3	CB-18	CB-19	CB-20	CB-21
Ham Tuz							Ürün Tuz						Atık Kil				Proses Suyu					

ELEMENT KONSANTRASYONLARI (mg/kg)

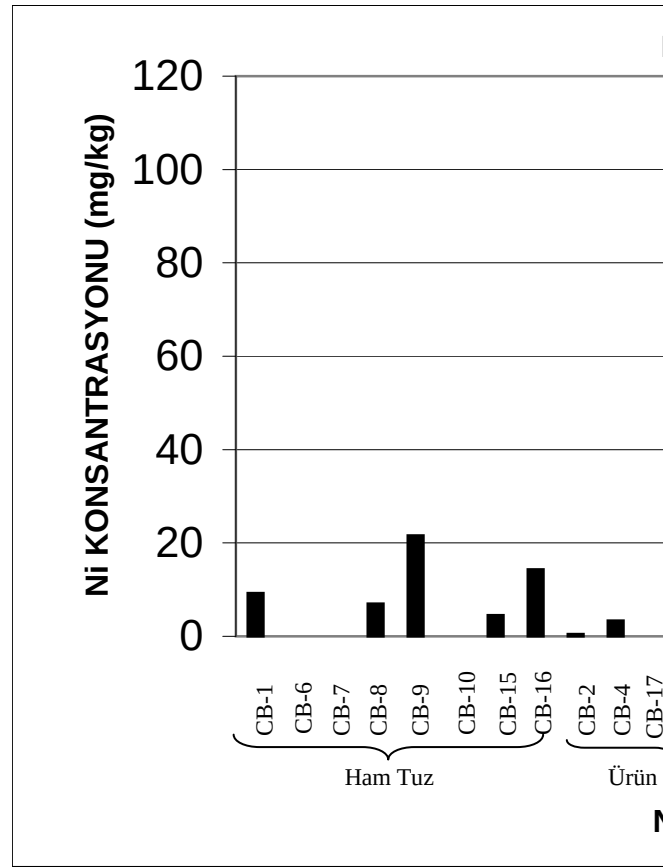
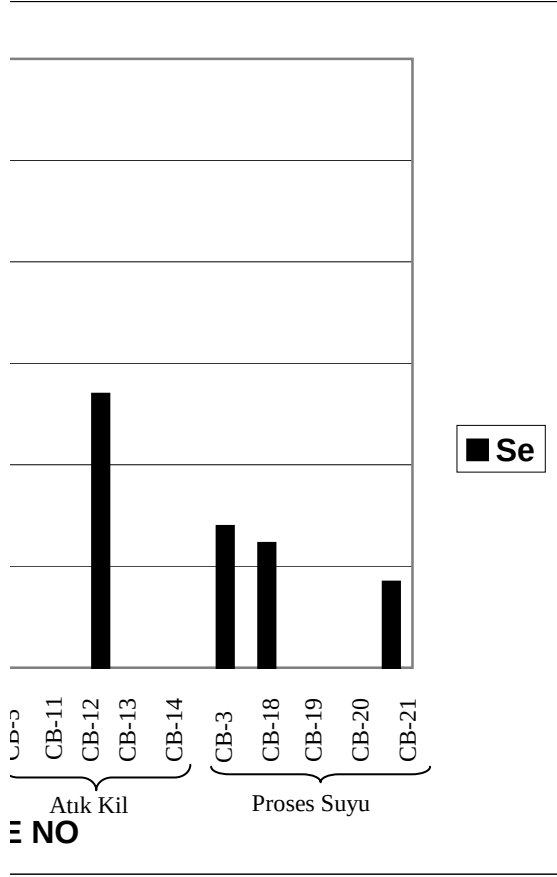
Cu	Al	Mn	Cd	Se	Ni	Cr	Pb	Co	Fe
197,45	1199,32	74,1181	0,0779	0,261	9,2775	12,5031	16,0743	1,2248	357,076
0	453,2394	8,2629	0,0052	0	0	2,5863	0	0,3116	142,2065
0	178,1325	5,7377	0,0977	0	0	0,8176	39,7421	0,0921	80,745
1,1383	49395,43	99,6865	0,2429	0,1644	7,0085	5,681	0,4425	13,932	500,2239
2,6028	9734,406	84,7484	0,0058	0,3601	21,6257	41,7464	11,7034	2,8462	764,5875
0	136,5986	5,1092	0,069	0	0	0,7691	1,2901	0	82,41
26,1718	14084,82	83,7425	0,1258	0	4,5572	16,4025	0	1,5331	598,2142
52,7463	39540,32	110,557	0,1335	1,7167	14,363	11,7023	0,0821	0,2372	857,4211
0,4722	1431,285	19,5027	0,686	0,0194	0,4676	6,5754	1,8675	1,2575	157,486
0,4763	80,7163	4,3282	0,1396	0	3,3925	3,0623	39,2502	0,2075	119,2836
0	73,7392	6,7269	4,6817	2,382	0	2,1955	5,6955	1,1436	16,7649
0	120,3597	4,845	0,0649	0	0	1,2889	0,2783	0,1425	69,7282
0	213,979	6,0704	0,1293	0	0	1,1821	2,7729	0,4705	121,9592
0	224,0253	5,1308	0,1034	0	3,095	2,9507	0,3255	0,0997	144,152
0	171,1232	13,1133	0,004	0	0	1,6432	1,0323	0,0866	105,5703
9,5444	70331,33	84,1114	0,0815	0	3,5274	6,7695	3,989	0,849	457,8313

16,7321	23644,75	106,9366	0,206	1,348	11,696	11,4915	0	4,1579	881,3151
5,3198	17244,09	103,3464	0,1718	0	102,3622	8,6515	0,2934	2,4936	705,7086
8,3612	38212,29	109,9813	0,108	0	26,9646	10,9832	0	2,2919	683,054
0,8738	308,2398	5,1693	0,0437	0,6975	0	0,8881	13,4588	0	30,371
0,4067	47,8274	1,1667	0,0463	0,6133	0	0,5042	17,5034	0,0696	18,0115
0	31,8064	762,2827	0,0177	0	0,0851	0,5868	25,5492	0,0692	19,7597
0	96,0342	2,1228	0,0377	0	0	0,5538	0,8297	0	33,0676
4,0232	179,1159	8,5543	0,0006	0,4231	0	0,5124	0	0,2535	47,5375

Cd	Pb	Mn	Cu		Cd	Se		Se
0,0779	16,0743	74,1181	197,45	CB-1	0,0779	0,261	CB-1	0,261
0,0052	0	8,2629	0	CB-6	0,0052	0	CB-6	0
0,0977	39,7421	5,7377	0	CB-7	0,0977	0	CB-7	0
0,2429	0,4425	99,6865	1,1383	CB-8	0,2429	0,1644	CB-8	0,1644
0,0058	11,7034	84,7484	2,6028	CB-9	0,0058	0,3601	CB-9	0,3601
0,069	1,2901	5,1092	0	CB-10	0,069	0	CB-10	0
0,1258	0	83,7425	26,1718	CB-15	0,1258	0	CB-15	0
0,1335	0,0821	110,557	52,7463	CB-16	0,1335	1,7167	CB-16	1,7167
0,686	1,8675	19,5027	0,4722	CB-2	0,686	0,0194	CB-2	0,0194
0,1396	39,2502	4,3282	0,4763	CB-4	0,1396	0	CB-4	0
4,6817	5,6955	6,7269	0	CB-17	4,6817	2,382	CB-17	2,382
0,0649	0,2783	4,845	0	CB-23	0,0649	0	CB-23	0
0,1293	2,7729	6,0704	0	CB-24	0,1293	0	CB-24	0
0,1034	0,3255	5,1308	0	CB-25	0,1034	0	CB-25	0
0,004	1,0323	13,1133	0	CB-5	0,004	0	CB-5	0
0,0815	3,989	84,1114	9,5444	CB-11	0,0815	0	CB-11	0
0,206	0	106,9366	16,7321	CB-12	0,206	1,348	CB-12	1,348
0,1718	0,2934	103,3464	5,3198	CB-13	0,1718	0	CB-13	0
0,108	0	109,9813	8,3612	CB-14	0,108	0	CB-14	0
0,0437	13,4588	5,1693	0,8738	CB-3	0,0437	0,6975	CB-3	0,6975
0,0463	17,5034	1,1667	0,4067	CB-18	0,0463	0,6133	CB-18	0,6133
0,0177	25,5492	762,2827	0	CB-19	0,0177	0	CB-19	0
0,0377	0,8297	2,1228	0	CB-20	0,0377	0	CB-20	0
0,0006	0	8,5543	4,0232	CB-21	0,0006	0,4231	CB-21	0,4231

Hg	As
6,736	0
0	0,043
0	0,0714
1,6793	0,1699
0,2253	0,1204
0	0,0005
0,2976	0,0541
0	0,1726
0,2513	0
0	0,0021
0	0
0	0
0,3026	0,0029
0	0
0	0,0029
23,068	0,0932
0	0,1976
0,3937	0,0824
1,08	0,2161

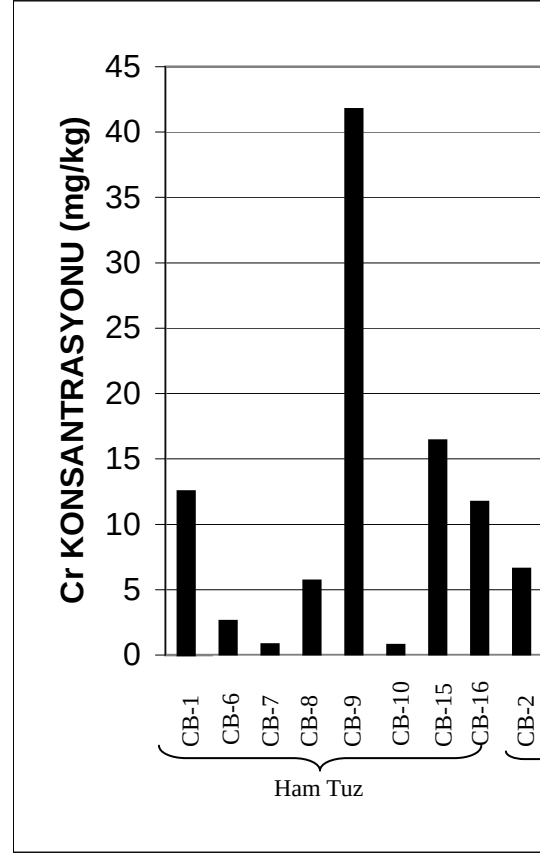
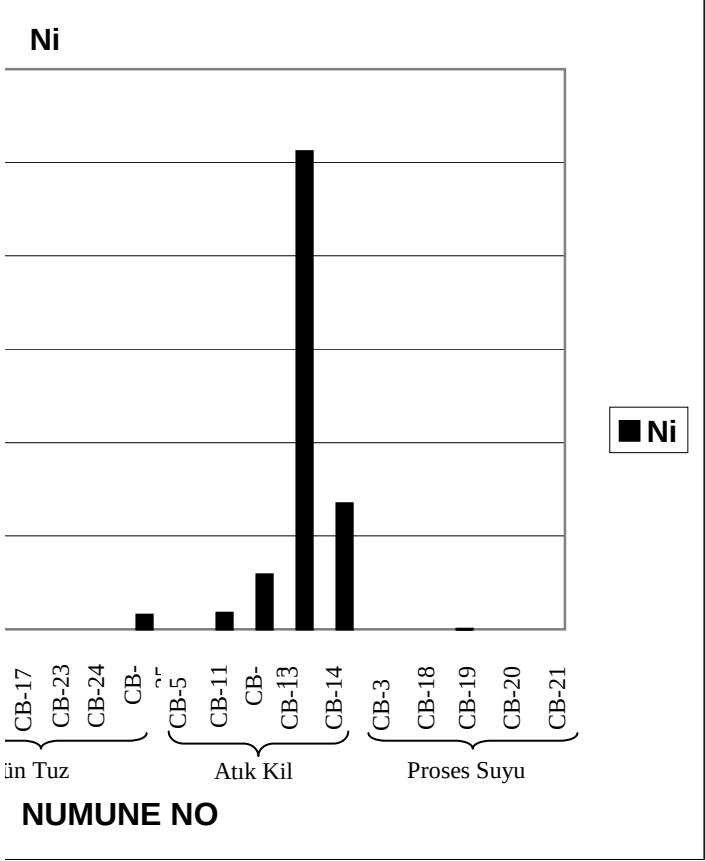
0,1186	0
0,0189	0
0	0
0	0,0077
0	0,0055



Hg	As
6,736	0
0	0,043
0	0,0714
1,6793	0,1699
0,2253	0,1204
0	0,0005
0,2976	0,0541
0	0,1726
0,2513	0
0	0,0021
0	0
0	0
0,3026	0,0029
0	0
0	0,0029
23,068	0,0932

0	0,1976
0,3937	0,0824
1,08	0,2161
0,1186	0
0,0189	0
0	0
0	0,0077
0	0,0055

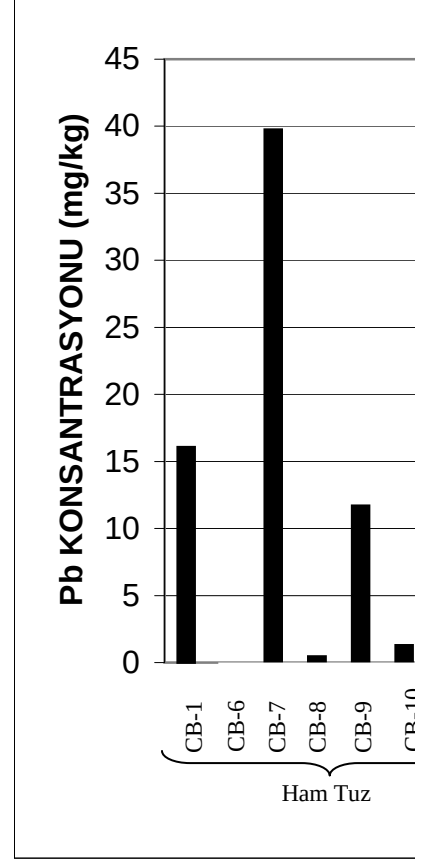
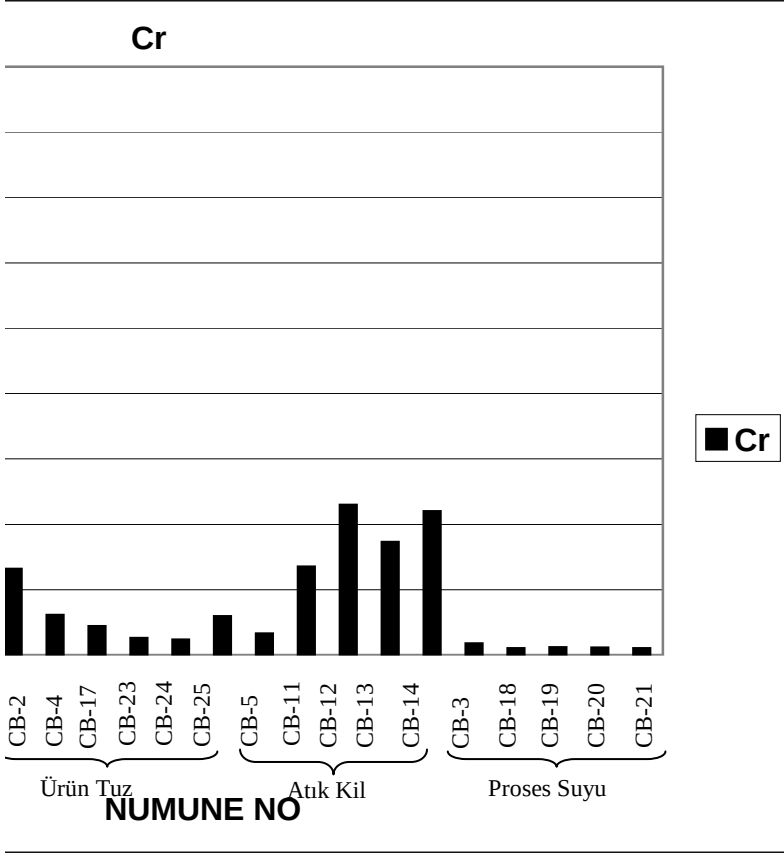
	Pb	Ni	Pb		Cr	Ni		Pb	Hg
CB-1	16,0743	9,2775	16,0743	CB-1	12,5031	9,2775	CB-1	16,0743	6,736
CB-6	0	0	0	CB-6	2,5863	0	CB-6	0	0
CB-7	39,7421	0	39,7421	CB-7	0,8176	0	CB-7	39,7421	0
CB-8	0,4425	7,0085	0,4425	CB-8	5,681	7,0085	CB-8	0,4425	1,6793
CB-9	11,7034	21,6257	11,7034	CB-9	41,7464	21,6257	CB-9	11,7034	0,2253
CB-10	1,2901	0	1,2901	CB-10	0,7691	0	CB-10	1,2901	0
CB-15	0	4,5572	0	CB-15	16,4025	4,5572	CB-15	0	0,2976
CB-16	0,0821	14,363	0,0821	CB-16	11,7023	14,363	CB-16	0,0821	0
CB-2	1,8675	0,4676	1,8675	CB-2	6,5754	0,4676	CB-2	1,8675	0,2513
CB-4	39,2502	3,3925	39,2502	CB-4	3,0623	3,3925	CB-4	39,2502	0
CB-17	5,6955	0	5,6955	CB-17	2,1955	0	CB-17	5,6955	0
CB-23	0,2783	0	0,2783	CB-23	1,2889	0	CB-23	0,2783	0
CB-24	2,7729	0	2,7729	CB-24	1,1821	0	CB-24	2,7729	0,3026
CB-25	0,3255	3,095	0,3255	CB-25	2,9507	3,095	CB-25	0,3255	0
CB-5	1,0323	0	1,0323	CB-5	1,6432	0	CB-5	1,0323	0
CB-11	3,989	3,5274	3,989	CB-11	6,7695	3,5274	CB-11	3,989	23,068
CB-12	0	11,696	0	CB-12	11,4915	11,696	CB-12	0	0
CB-13	0,2934	102,3622	0,2934	CB-13	8,6515	102,3622	CB-13	0,2934	0,3937
CB-14	0	26,9646	0	CB-14	10,9832	26,9646	CB-14	0	1,08
CB-3	13,4588	0	13,4588	CB-3	0,8881	0	CB-3	13,4588	0,1186
CB-18	17,5034	0	17,5034	CB-18	0,5042	0	CB-18	17,5034	0,0189
CB-19	25,5492	0,0851	25,5492	CB-19	0,5868	0,0851	CB-19	25,5492	0
CB-20	0,8297	0	0,8297	CB-20	0,5538	0	CB-20	0,8297	0
CB-21	0	0	0	CB-21	0,5124	0	CB-21	0	0



	Co	Fe	Fe		Hg	
CB-1	1,2248	357,076	CB-1	357,076	CB-1	6,736
CB-6	0,3116	142,2065	CB-6	142,2065	CB-6	0
CB-7	0,0921	80,745	CB-7	80,745	CB-7	0
CB-8	13,932	500,2239	CB-8	500,2239	CB-8	1,6793
CB-9	2,8462	764,5875	CB-9	764,5875	CB-9	0,2253
CB-10	0	82,41	CB-10	82,41	CB-10	0
CB-15	1,5331	598,2142	CB-15	598,2142	CB-15	0,2976
CB-16	0,2372	857,4211	CB-16	857,4211	CB-16	0
CB-2	1,2575	157,486	CB-2	157,486	CB-2	0,2513
CB-4	0,2075	119,2836	CB-4	119,2836	CB-4	0
CB-17	1,1436	16,7649	CB-17	16,7649	CB-17	0
CB-23	0,1425	69,7282	CB-23	69,7282	CB-23	0
CB-24	0,4705	121,9592	CB-24	121,9592	CB-24	0,3026
CB-25	0,0997	144,152	CB-25	144,152	CB-25	0
CB-5	0,0866	105,5703	CB-5	105,5703	CB-5	0
CB-11	0,849	457,8313	CB-11	457,8313	CB-11	23,068
CB-12	4,1579	881,3151	CB-12	881,3151	CB-12	0
CB-13	2,4936	705,7086	CB-13	705,7086	CB-13	0,3937
CB-14	2,2919	683,054	CB-14	683,054	CB-14	1,08
CB-3	0	30,371	CB-3	30,371	CB-3	0,1186
CB-18	0,0696	18,0115	CB-18	18,0115	CB-18	0,0189
CB-19	0,0692	19,7597	CB-19	19,7597	CB-19	0
CB-20	0	33,0676	CB-20	33,0676	CB-20	0
CB-21	0,2535	47,5375	CB-21	47,5375	CB-21	0

Se
0,261
0
0
0,1644
0,3601
0
0
1,7167
0,0194
0
2,382
0
0
0
0
0
1,348

0
0
0,6975
0,6133
0
0
0,4231



As

0
0,043
0,0714
0,1699
0,1204
0,0005
0,0541
0,1726
0
0,0021
0
0
0,0029
0
0,0029
0,0932
0,1976
0,0824
0,2161
0
0
0
0,0077
0,0055

