

**BORLU ATIKSULARIN KIRKA (ESKİŞEHİR)  
YÖRESİ YÜZEY SULARINA ETKİLERİ**

**Türkay Onacak**

**Hacettepe Üniversitesi**


**Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetmeliğinin  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü  
YÜKSEK MÜHENDİSLİK TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.**

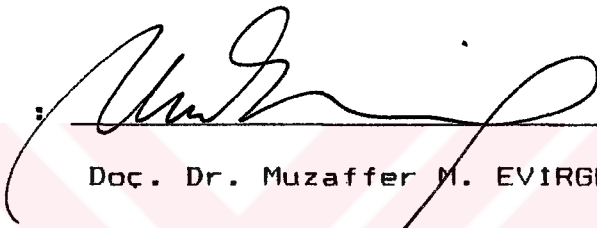
**Ocak-1990**

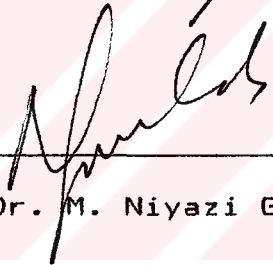
**T. C.  
Yükseköğretim Kurulu  
Dokümantasyon Merkezi**

Fen Bilimleri Enstitüsü, Müdürlüğü'ne

İşbu çalışma, jürimiz tarafından JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ  
Anabilim Dalında YÜKSEK MÜHENDİSLİK TEZİ olarak kabul  
edilmiştir.

BASKAN :   
Prof. Dr. Vedat DOYURAN


ÜYE :   
Doç. Dr. Muzaffer M. EVİRGİN

ÜYE :   
Doç. Dr. M. Niyazi GÜNDOĞDU

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

--/--/1990

  
Prof. Dr. Dincer ÜLKÜ  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Müdürü

## ÖZET

Bu tez kapsamında ülkemizde geniş alanlarda yayılım gösteren bor yataklarının işletilmesi sırasında ortaya çıkan su kirlenme sorunu üzerinde durulmuştur. Çalışma alanı olarak seçilen Kırka (Eskişehir) yöresinde işletilmekte olan bor yatakları ve konsantre tesisi atıklarının yüzey suları üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla değişik dönemlerde örnekleme yapılarak suların bor analizleri gerçekleştirilmiştir.

İşletmeye yakın konumda seçilen örnekleme noktalarında bor derişimi oldukça yüksek bulunmuştur. Bu yüksek konsantrasyon Kırka çıkışında alınan örneklerde büyük oranda düştüğü görülmektedir. Sulama amacıyla yapılmış baraj çıkışlarında (Çatören ve Kunduzlar) bor derişiminin dayanıklı bitkiler için verilen üst sınır olan 4 mg/l'in altında olduğu görülmüştür. Esas sulama alanı olarak planlanan Seyitgazi ilçesi yakınında alınan su örneklerinde bor derişimi ortalama 1.3 mg/l bulunmuştur ki, bu değerde bor içeren sular, bora çok hassas bitkiler dışında sulama suyu olarak kullanılabilir.

## SUMMARY

Within the content of this study, emphasize has been given to the water pollution problem cropping out in the exploitation of the borate deposits covering large areas in the country. The impacts on the surface waters created by the wastes of borate deposits and concentration plants which are operated in selected site of Kirka (Eskişehir) area have been investigated. For this purpose, sampling campaigns in various periods have been run and water chemistry analyses in terms of the boron concentration have been carried out.

Boron concentration of the sampling points near the operation site has been detected to be significantly high. However this high concentration of boron decreases significantly in the water samples collected from the surface water after its passage through the township Kirka. Boron concentration of the samples taken from the downstream of the irrigation dams (Çatören ve Kunduzlar) has been detected to be lower than the upper limit of 4 mg/l proposed for the lasting plants. Water samples collected near the Seyitgazi township which is considered as the primary irrigation area reveal an average boron content of 1.3 mg/l, implying that waters of such boron concentration can be used for irrigation except for the cases where plants that are extremely sensitive to boron are present.

## KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması 1987-1989 yılları arasında Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilmiştir.

Çevre sorunları konusunda beni bilimsel olarak yönlendiren, gerek arazi ve gerekse laboratuvar çalışmalarım sırasında her türlü olanağı sağlayan değerli danışman hocam Doç. Dr. Muzaffer M. Evirgen'e (H.Ü.),

Araştırmanın çeşitli aşamalarında öneri ve görüşlerinden faydalandığım Prof. Dr. Vedat Doyuran (O.D.T.Ü.), Doç. Dr. M. Niyazi Gündoğdu (H.Ü.) ve Doç. Dr. Alpaslan Arıkan'a (H.Ü.),

Arazi çalışmalarım sırasında kamp olanakları sağlayan Etibank Genel Müdürlüğü yetkililerine ve Kırka Boraks İşletme Müdürü Mustafa Karacaoğlu'na,

Ayrıca çalışmamın çeşitli aşamalarında yardımlarını gördüğüm Dr. Ali İhsan Karayigit (H.Ü), Dr. İsmail Hakkı Demirel (H.Ü.), Araş. Gör. Fikret Kaçaroglu (H.Ü.), Araş. Gör. Mehmet Ekmekçi (H.Ü.), Araş. Gör. Can Denizman (H.Ü.) ve Araş. Gör. Aylan Kuruç'a (H.Ü.),

En içten teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa -----
ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR .....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	1
1.2. İnceleme Alanının Tanıtılması .....	3
1.3. Önceki Çalışmalar .....	3
1.4. Çalışma Yöntemleri .....	6
1.4.1. Örneklem noktalarının saptanması .....	6
1.4.2. Analiz yöntemi .....	7
<b>2. BOR HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....</b>	<b>11</b>
2.1. Kullanım Alanları .....	14
2.2. Eskişehir Kırka Boraks İşletmesi .....	16
<b>3. JEOLOJİ .....</b>	<b>19</b>
3.1. Temel Kayaçları (Ptm, Mkk) .....	19
3.2. İdrisyayla Volkanitleri (Tma) .....	21
3.3. Karaören Formasyonu (Tmkg, Tmkk) .....	21
3.4. Sarıkaya Formasyonu (Tms) .....	22
3.5. Fetiye Formasyonu (Tpft, Tpfk) .....	24
3.6. Kuvaterner Oluşukları (Qal) .....	24
3.7. Tektonik .....	24
<b>4. HİDROLOJİ .....</b>	<b>26</b>
4.1. İklim .....	26
4.2. Su Kaynakları .....	26
4.3. Sulama Barajları .....	28
4.4. Atıksu Göleti .....	28

**İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam ediyor)**

	Sayfa
	-----
<b>5. SU KİRLİLİĞİ .....</b>	<b>33</b>
5.1. Giriş .....	33
5.2. Bor - insan ilişkisi .....	35
5.3. Bor - Bitki ilişkisi .....	38
5.4. Bor - Toprak ilişkisi .....	39
<b>6. KİRLİLİK İZLEME ÇALIŞMALARI .....</b>	<b>42</b>
6.1. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi ....	53
<b>7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>55</b>
<b>DEĞİNİLEN BELGELER DİZİNİ .....</b>	<b>60</b>

**EKLER**

- EK-1: Akarsu ağı ve örnekleme haritası  
EK-2: Örnekleme noktalarının jeolojik harita  
üzerindeki konumları

## SEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. İnceleme alanının Türkiye'deki konumu .....	4
2.1. Kırka Boraks konsantratör tesisi akım şeması .....	17
3.1. Neojen yaşlı Kırka gölssel volkano sedimente baseninin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Yalcın, 1988'dan)	20
4.1. Atıksu göleti ve kuşaklama kanalının çalışma alanındaki konumları .....	31
4.2. Atıksu göletinin jeolojik kesit üzerindeki konumu .....	32
6.1. Lepçek, Lepçek-Kova, Lepçek (Kırka girişi), Kırka, Çatören, Kozyaka, Seyitgazi örnekleme noktaları bor değişim grafiği .....	44
6.2. Hızar, Akin, Keçeliözü, Kunduzlar örnekleme noktaları bor değişim grafiği .....	47
6.3. Cörezçiftliği, Ağzıkara, Yarbasan örnekleme noktaları bor değişim grafiği .....	48
6.4. D.S.İ. Lepçek, Kırka, Numanoluk, Kozyaka örnekleme noktaları bor değişim grafiği ....	51
6.5. D.S.İ. Ağzıkara, Akin örnekleme noktaları bor değişim grafiği .....	52



**ÇİZELGELER DİZİNİ**

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Örneklemeye noktaları.....	8
4.1. D.S.i. ve D.M.i. meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama yağış ve sıcaklık değerleri .....	27
4.2. Çatören ve Kunduzlar barajlarının özellikleri (D.S.i., 1983'den).....	29
4.3. Atıksu göletinin özellikleri (D.S.i., 1983'den) .....	30
5.1. Kıta içi yüzeysel suları için kalite sınıfları ve bunlara karşılık gelen su ihtiyaçları (Baş.'lık Çevre Genel Müd.'lüğü 1988'den) .....	36
5.2. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Baş.'lık Çevre Genel Müd.'lüğü, 1988'den) .....	37
5.3. Bitkilerin bora nisbi toleransları (D.S.i., 1983'den) .....	40
5.4. Değişik sulama suları için kabul edilebilir bor sınıfları (D.S.i., 1983'den) .....	40
6.1. Örneklemeye noktaları analiz sonuçları .....	43
6.2. D.S.i. örneklemeye noktaları analiz sonuçları (D.S.i., 1983'den) .....	51
6.3. D.S.i. örneklemeye noktalarının korelasyonu ...	54
6.4. Ortak aylar (örneklemeye noktaları-D.S.i. örneklemeye noktaları) arasındaki korelasyon ..	54

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Teknolojinin büyük adımlarla ilerlediği çağımızda, bu teknoloji için gerekli olan doğal kaynaklar son derece önemli bir konuma sahiptir. Bu nedenle ülkeler sahip oldukları kaynaklardan maksimum ölçüde faydalanma uğraşı içine girmişlerdir. Doğal kaynakları kazanma ve işleme faaliyetlerinin, çevrenin değişik ortamları üzerindeki etkileri şiddetli şekilde hissedilmektedir. Ülkeler içinde buldukları ekonomik savaş nedeni ile bu süreçlerin, çevre üzerindeki etkilerini başlangıçta görmemelikten gelebilmektedirler. Ve böylece de Dünya'nın yaşadığı topyekün çevresel riskler gündeme gelmektedir.

Ülkemiz bor tuzları yönünden dünyanın en zengin ülkelerinden birisidir. Toplam dünya rezervlerinin % 70'i Kuzeybatı Anadolu'daki geniş yayılım gösteren yataklarda bulunmaktadır. Bor tuzlarının geniş kullanım alanına sahip olması ve sınırlı olarak bulunması nedeni ile ülkemiz açısından stratejik öneme sahip doğal kaynaklardan biridir. Bu nedenle maden ihrac ürünleri arasında birinci sırada yer almaktadır.

Kuzeybatı Anadolu'da geniş alanlarda yayılım gösteren Neojen yaşlı gölsel volkanosedimanter basenlerin bor tuzları bakımından zengin olduğu son çeyrek yüzyıldır yapılan ayrıntılı çalışmalar ile tespit edilmiştir. Ülke-

mizde başlıca bor üretimi, Kütahya ile Balıkesir il merkezleri arasında, yaklaşık 200 km uzunluğunda ve 70-120km genişliğindeki bir kuşak boyunca yeralan Bigadiç, Kemalpaşa, Emet ve Kırka yörelerinde yapılmaktadır.

Bu çalışmada, dünyanın en büyük Na-borat yataklarının bulunduğu Kırka (Eskişehir) havzasında bulunan su kaynaklarının, gerek bölgede bulunan bor yataklarından, gerekse boraks işletmesi atık sularından kaynaklanan kirlenme durumu incelenmiştir. Ayrıca, bölgenin drenaj alanından beslenen ve geniş bir arazinin sulanması amacıyla planlanmış iki sulama barajının (Çatören ve Kunduzlar barajı) etkilenme durumu ve sulanacak arazi üzerindeki etkileri de bu çalışma kapsamı içinde araştırılmıştır.

Belirtilen amaçlar doğrultusunda, inceleme alanının jeolojik, hidrolojik, meteorolojik ve verilerini sağlamak için bu konularda literatür araştırması yapılmıştır. Akarsular üzerinde 15 adet örnekleme noktası saptanmış ve bu yerlerde çeşitli dönemlerde örnekleme yapılmıştır (Çizelge 1.1; Ek-1; Ek-2).

Elde edilen veriler mevcut literatür bilgileri ile birleştirilerek inceleme alanındaki su kaynaklarının kirlenme durumu tespit edilmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar ışığında da akarsularda bor yükünün azaltılması amacı ile öneriler geliştirilmiştir.

## 1.2. İnceleme Alanının Tanıtılması

İnceleme alanı olan Kırka Na-boratl  volkanosedimanter baseni, Seyitgazi ilcesinin güney batısında 1/100 000  lekli, Eskişehir J24 ve J25 topoğrafik paftaları içerisinde kalmakta olup, Eskişehir ili sınırları içinde yer almaktadır (Sekil 1.1).

Eskişehir ilinin 70 km güneyindeki Kırka kasabası çalışma alanının en önemli yerleşim birimini oluşturmaktadır. Bundan başka Kırka ovasında, değişik nüfusa sahip 30 köy ve mahalle bulunmaktadır. Bunlar arasındaki ulaşım motorlu taşıtlar ile düzenli olarak yapılabilmektedir.

Yaklaşık kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı bir ova şeklinde olan Kırka Havzası, dört tarafından yüksek tepelerle çevrilmiştir. Y kseltiler 1000-1800 m arasında değişmekte olup, güneyden kuzeye doğru dereceli olarak yükselen engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. En yüksek topoğrafyayı kuzeyde Türkmen dağı (1826 m) oluştururken, güneydeki şaphane Dağı ise 1766 m y kseklige sahiptir. En düşük topoğrafyayı ise ovanın orta kesimindeki Kırka kasabası (1000 m) oluşturmaktadır (Ek-1).

## 1.3.  nceki alışmalar

Dünyanın en büyük Na-borat yatağı olarak belirlenen Kırka bölgesi üzerindeki çalışmalar 1960'lı yıllara kadar dayanmaktadır. Çalışmaların büyük bir çoğunluğu bölgenin



jeolojisi ve cevherin yayılımının tespitine yönelik ekonomik jeoloji üzerinde yoğunlaşmıştır.

Kırka bölgesinin önemi ilk olarak 1968-1971 yılları arasında M.T.A. (Maden Tetkik Arama) Genel Mudurluğu tarafından bulunmuş ve işletilmek üzere 1971 yılında Etibank'a devredilmiştir.

Arda (1969), borat yatağının bulunduğu kesimin 1/5 000 ölçekli ilk jeolojik haritasını hazırlayarak uyguladığı sondaj programı ile yatağın uzanımını belirlemeye çalışmıştır.

Daha sonra Sarıkaya borat yataklarını mineralojik ve kökensel açıdan inceleyen Baysal (1972), değişik bor minerallerinin çeşitli fizikokimyasal koşullar sonucu göl sularında birincil olarak çökelerek ekshalatif sedimanter yatakları oluşturduğunu ortaya koymuştur.

Sunder (1980), Kırka borat yataklarının jeokimyası ve oluşumunu araştırarak, boratların sialik kabuğun kısmi ergimesi ile oluşan, kalkalkali asidik magmadan kaynaklandıktan sonra, Pliyosen göllerine karışan borca zengin ekzalyasyonların ürünleri olduğunu ileri sürmüştür.

Bölgede detaylı jeolojik çalışma Gök vd. (1980) tarafından gerçekleştirilmiş ve 600 km<sup>2</sup>'lik bir alanın jeoloji haritasını yapmışlardır.

Yöredeki en son jeolojik çalışma Yalçın (1988) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Kirka yöresindeki volkanosedimanter oluşumlar mineralojik, petrografik ve jeokimyasal yönden incelenmiştir.

Su kirliliğine yönelik bir çalışma D.S.İ.(Devlet Su İşleri) Genel Müdürlüğü, İçmesuyu ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı tarafından 1983 yılında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada 8 örnekleme noktasından yaklaşık 1.5 yıl süre ile örnekleme yapılmıştır.

#### **1.4. Çalışma Yöntemi**

Bölgede daha önce yapılan jeolojik, hidrojeolojik ve su kirliliğini konu alan çalışmalar derlenerek bunların ışığında arazi çalışmaları planlanmış, uygulanacak analiz yöntemi belirlenmiştir.

##### **1.4.1. Örnekleme noktalarının saptanması**

Çevre kirlenmesi ile ilgili çalışmalarda son derece önemli olan bir husus örnekleme noktalarının seçimi ve örneklerin doğru bir şekilde alınarak analizlerin yapılacağı zamana kadar muhafaza edilmesidir.

Örnekleme yerlerinin saptanmasında kirletici kaynakların atık boşaltım yerleri, ana akarsuya karışan yan kolların varlığı ve alınan örneğin o noktadaki su niteliğini tanıtır olması gibi faktörlere dikkat edilmelidir.

Kırka yöresi yüzey sularının gerek daha önce işletilmiş olan borat yataklarından gerekse faaliyette bulunan boraks işletmesi atık sularından kirlenme durumunun araştırılması amacı ile akarsular üzerinde seçilen 15 istasyondan 3 ayrı dönemde örnekleme yapılmıştır. Örnekleme yerleri Ek-1 ve Ek-2'de özellikleri ise Çizelge 1.1'de belirtilmiştir.

#### 1.4.2. Analiz yöntemi

Suda bor miktarının tespiti için en uygun metod karminik asit kolorometrik yöntemidir. Bor iyonları karmin veya karminik asidin derişik sülfürik asitteki çözeltisi ile bor konsantrasyonuna bağılı olarak, açık kırmızıdan, mavimsi kırmızı veya maviye kadar değışen renk verirler. Metodun esası bu rengin kolorometrik olarak ölçümüne dayanır. Analizde dalga boyu uzunluğu 585 milimikron olan ışık kullanılır (D.S.f., 1981).

#### Cözeltilerin hazırlanması;

- 0.92 gr karmin veya karminik asit 1 litre derişik sülfürik asitte çözülür.
- 0.5716 gr kuru borik asit damıtık suda çözülür ve balon jojede litreye tamamlanır. Böylece 100 mg/l bor içeren stok çözelti elde edilir. Bu çözeltinin 1 ml'si 0.1 mg bor içerir.
- hidroklorik asit (1+11)



Cizelge 1.1 : Örnekleme noktaları

Örnek No	Örnekleme Noktasının Adı	Özellikleri
1	Lepçek Dere	Lepçek Dere Üzerinde Faaliyette bulunan boraks işletmesinden etkilenmeyen bölgede yer alan istasyon
2	Pompa	Boraks işletmesine su temini için açılan kuyu
3	Lepçek + Kova Dere	Lepçek ve Kova Derenin Birleşme noktasında bulunan istasyon (D.S.I.'nin "2" Lepçek örnekleme noktası)
4	Lepçek Dere	Lepçek Derenin Kırka girişinde yer alan istasyon
5	Ağzıkara Dere	Ağzıkara Derenin Kırka girişinde bulunan örnekleme noktası
6	Kırka	Kırka Kasabası'nın çıkışında yer alan istasyon
7	Çörezçiftliği	Ağzıkara Derenin Çörezçiftliği mevkiinde yer alan istasyon (D.S.I.'nin "1" Ağzıkara örnekleme noktası)
8	Yarbasan	Kümbet Deresi Üzerinde Harami Dereye karışmadan önce yer alan istasyon

Çizelge 1.1 (devam ediyor)

Örnek No	Örnekleme Noktasının Adı	Özellikleri
9	Hızar	Hızar Dere üzerinde yer alan örnekleme noktası
10	Akin	Akin Köyü yakınında Akin Dere üzerinde bulunan örnekleme noktası (D.S.I.'nin "7" Akin istasyonu)
11	Keçeliözü	Keçeliözü Deresinin Akin Dereye karışmadan önce yer alan örnekleme noktası (D.S.I.'nin "7" Keçeliözü istasyonu)
12	Kunduzlar	Kunduzlar göleti çıkışının Seydi Suyuna karışmadan önce yer alan istasyon
13	Çatören	Çatören göleti çıkışının Seydi Suyuna karışmadan önce yer alan örnekleme noktası
14	Kozyaka	Seydi Suyu üzerinde Kozyaka Köyü yakınında bulunan istasyon (D.S.I.'nin "8" nolu Kozyaka istasyonu)
15	Seyitgazi	Seydi Suyu üzerinde Seyitgazi ilçesi yakınında yer alan örnekleme noktası

**Standard çözeltinin hazırlanması;**

Hazırlanan stok bor çözeltisinden, 1, 2.5, 5, 7.5, 10 ml alınarak damıtık su ile 100 ml'ye tamamlanır. Böylece 1, 2.5, 5.0, 7.5, 10 mg/l borlu standard çözeltiler hazırlanmış olur.

**Standard eğrinin çizilmesi;**

Hazırlanan her bir standarddan ve damıtık sudan 2'şer ml'lik kısım 50 ml'lik erlene konur. Bunların her birine 2 damla derişik hidroklorik asit damlatılır. 10 ml sülfürik asit konarak iyice karıştırılır. Oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilir. 10 ml karmin çözeltisi konur, 45-60 dakika bekletildikten sonra damıtık su ile hazırlanan şahit numunesi ile spektrofotometrenin sıfır ayarı yapılır. Daha sonra standartların absorbanları okunur. Okunan absorban değerleri ordinat, mg/l bor değerleri apsiste gösterilerek standart eğri çizilir.

**Numunede bor tayini;**

50 ml'lik erlene 2 ml numune konur. 2 damla hidroklorik asit damlatılır. 10 ml sülfürik asit konarak iyice karıştırılır ve oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilir. 10 ml karmin çözeltisi konarak iyice karıştırılır. 45-60 dakika bekletildikten sonra spektrofotometrede absorban okuması yapılır. Standart egriden mg bor değeri bulunur.

## 2. BOR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Bor doğada elementer olarak bulunmaz. Genellikle Na ve Ca'un tuzları halinde bulunur. Borakstan elde edilmesi ve karbona benzerliği nedeni ile İngiliz literatüründe "boron" olarak adlandırılmıştır. Yoğunluğu 2-2.25 g/cm<sup>3</sup> ergime derecesi 2200 °C civarındadır. Su ile 100 °C üzerinde, oksijenle 700 °C, hidrojenle 840 °C'de reaksiyona girer (Aytekin ve Polat, 1987).

Bor doğada daha çok bileşikler şeklinde bulunur. Bor mineralleri genellikle Na, Ca, Mg gibi bir alkali anyonla birleşmiş sulu boratlardır. Doğada 200'ü aşkın bor minerallerinin birbirinden farkı, daha çok içerdikleri farklı su miktarlarından ileri gelmektedir (Özpeker ve Inan, 1978).

Yerkabuğunda 10 ppm gibi çok küçük bir oranda bulunmasına karşılık, belirli bölgelerde yüksek konsantrasyonda, az sayıda ve büyük yataklar oluştururlar.

Dünya borat yataklarının dağılımına bakıldığında, bu yatakların tamamına yakın bir kısmının dağ oluşum sürecini izleyen kıtasal yanardağ etkenliğinin egemen olduğu gölsel veya sığ iç deniz ortamlarında izlendiği görülür (Özpeker ve Inan, 1978).

Watanebee (1964), bor yataklarının oluşumunda etkin olan olayları üç küme altında toplamıştır. Özpeker ve Inan (1978) ise bu sınıflandırmayı esas alarak aşağıda verilen bor sınıflandırmasını önermişlerdir.

### I. İç döngü (Endojenik) yataklar

- A) Pegmatitik evre bor mineralleri (Turmalin vb.)
- B) Hidrotermal evre bor mineralleri (Turmalin, aksinit, datolit vb.)
- C) Başkalaşım türü yataklar (Ludvigit, floroborit, turmalin)

### II. Sıcak su ve gazlardan çökelen bor mineralleri (sassolit, larderellit)

### III. Dış döngü (ekzojenik) yataklar

#### A) Karasal tortul yataklar

- 1- Gölssel, volkanik gaz, kimyasal çökelim borat yatakları (sulu boratlar)
- 2- Kapalı yöre, geçici veya sig alkale göller
- 3- Yeraltısuyu borat yatakları
- 4- Kurak yöre yamaç veya bataklık borat yatakları

#### B) Denizel tortul borat yatakları

Genellikle volkanik hareketlerin eşliğinde, bor getirimi- ne uygun ırmak veya fay hatları boyunca, evaporasyona müsait kurak veya yarı kurak bölgelerde bor yatakları oluşabilir. Bor oluşumu için bölgenin tektonik yapısının, bor içeren magmatik buhar veya sıcak suların yukarı hareketine uygun ve bu buhar veya suların iyon alışverişini gerçekleştirebilecekleri, içerisinde çökelebilecekleri kapalı göl sistemleri mevcut olmalıdır.

Türkiye borat yatakları bu ana bölümler içinde III kümesinin, A1 alt gurubunda gölssel, volkanik gaz, kimyasal çökelek borat yatakları olarak düşünölmektedir (Özpeker ve Inan, 1978).

Türkiye borat yatakları ayrıca kendi aralarında, çökelim durumuna göre; a) tam bir borat çökelimi vermiş (Kırka tipi), b) çökelim evresini tamamlayamamış yataklar olarak ikiye ayrılabilir.

Bilinen borat yataklarımız, Batı Anadolu'nun Bursa, Balıkesir, Kütahya ve Eskişehir il sınırları içinde Üst Tersiyer katmanları arasında yer alırlar.

Bor yataklarının bulunduğu alanlar, Eosen derin denizini izleyen Miyosen ve Oligosen deniz çökelimleri sonucunda gelişen göl bölgelidir. Karasal alanlarda göl fasiyeleri içinde gelişen yataklar konum olarak birbirine son derece yakın özellikler göstermektedir. Bu nedenle borat yataklarının büyük bir çoğunluğu çakıltası, kireçtaşı, tuf, kil ve killi kireçtaşı içinde yer alırlar. Yatakların bulunduğu seviyeler genel olarak iki kireçtaşı katı arasında kalan killer içinde yer alır. Yataklar içinde ekonomik değerde işletilmekte olan borat mineralleri Ca, Ca-Na, Na boratlardır. Bunlara ek olarak ikincil derecede önemli Ca-Mg, Mg, Sr boratları göstermek mümkündür (Özpeker ve Inan, 1978).

## 2.1. Kullanım Alanları

Bir çok endüstri dalında tüketilmekte olan bor ürünleri günümüzün modern telnolojisinde önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle çeşitli gereksinimler için zorunlu bir ihtiyaç maddesi halini alan bor ürünleri gün geçtikçe de önem kazanmaktadır (Baysal, 1976).

A. Cam ve Cam Eşya Endüstrisi: En büyük tüketim alanını oluşturan bu endüstri dalında, özellikle yüksek ısıya dayanıklı, berrak, elastik kabiliyeti yüksek borosilikat camları, cam lifi ve yüksek kaliteli özel optik cam yapımında kullanılmaktadır.

B. Sabun ve Deterjan endüstrisi: İkinci büyük tüketim alanı olan bu endüstri dalında suyu yumuşatma, suda kolaylıkla çözünebilme, içerdiği aktif oksijen nedeni ile ağartıcı özelliği olan sabun, temizleme tozları ve deterjan yapımında kullanılmaktadır.

C. Porselen ve Emaye Endüstrisi: Porselen malzemelerin sırlanmasında, metal eşya ve makine yüzeylerin kaplanması, ve dekarasyonunda, sır ve emaye maddesi olarak bor ürünleri tüketilmektedir.

D. Tarım Endüstrisi: Bu endüstri dalında bor ürünleri zirai mücadele ilacı (Herbicide) ve gübre olarak kullanılmaktadır. Bitkilerin gelişimi için az da olsa bora ihtiyacı vardır. Bu nedenle, bordan tamamen yok-

sun topraklarda verimin artırılabilmesi için borun az miktarda gübre olarak kullanılması gerekir. Borun çok fazla uygulanması ise zararlı bitkilere etkili olduğundan zirai mücadele ilacı olarak kullanılmaktadır.

E. Metal Endüstrisi: Başta boraks olmak üzere birçok bor ürünü erime noktasını düşürme ve metal oksitleri kolaylıkla eritme özelliğinden dolayı metallerin kaynak ve lehimlenmesinde kullanılmaktadır. Özellikle kolemanit çelik endüstrisinde eritici madde olarak floritin yerini almaya başlamasıyla bor ürünleri için büyük bir tüketim alanı doğmuştur. Ayrıca bor, krom, zirkon, titan, vanadyum ile son derece sert alaşımlar oluşturmaktadır. Borkarbür sertliği çok yüksek bir maddedir. Bu alaşımlar makine tezgahları, torna bileşikleri, sondaj matkapları, atom reaktörlerinde kontrol elemanı, radyasyon önleyici zırh malzemesi yapımında kullanılmaktadır.

F. Diğer Kullanım Alanları: Bor ürünleri özet olarak belirtilen endüstri alanlarının dışında daha birçok amaçla da tüketilmektedir. Örneğin kağıt hamurunun ağartılmasında, derilerin tabaklanmasında, ilaç imalinde, antiseptik özelliğinden dolayı kozmetik, parfümeri ve diş macunu yapımında, yangın söndürme cihazlarında, kaliteli zambak elde edilmesinde vb. gibilerde bor ürünleri kullanılmaktadır.



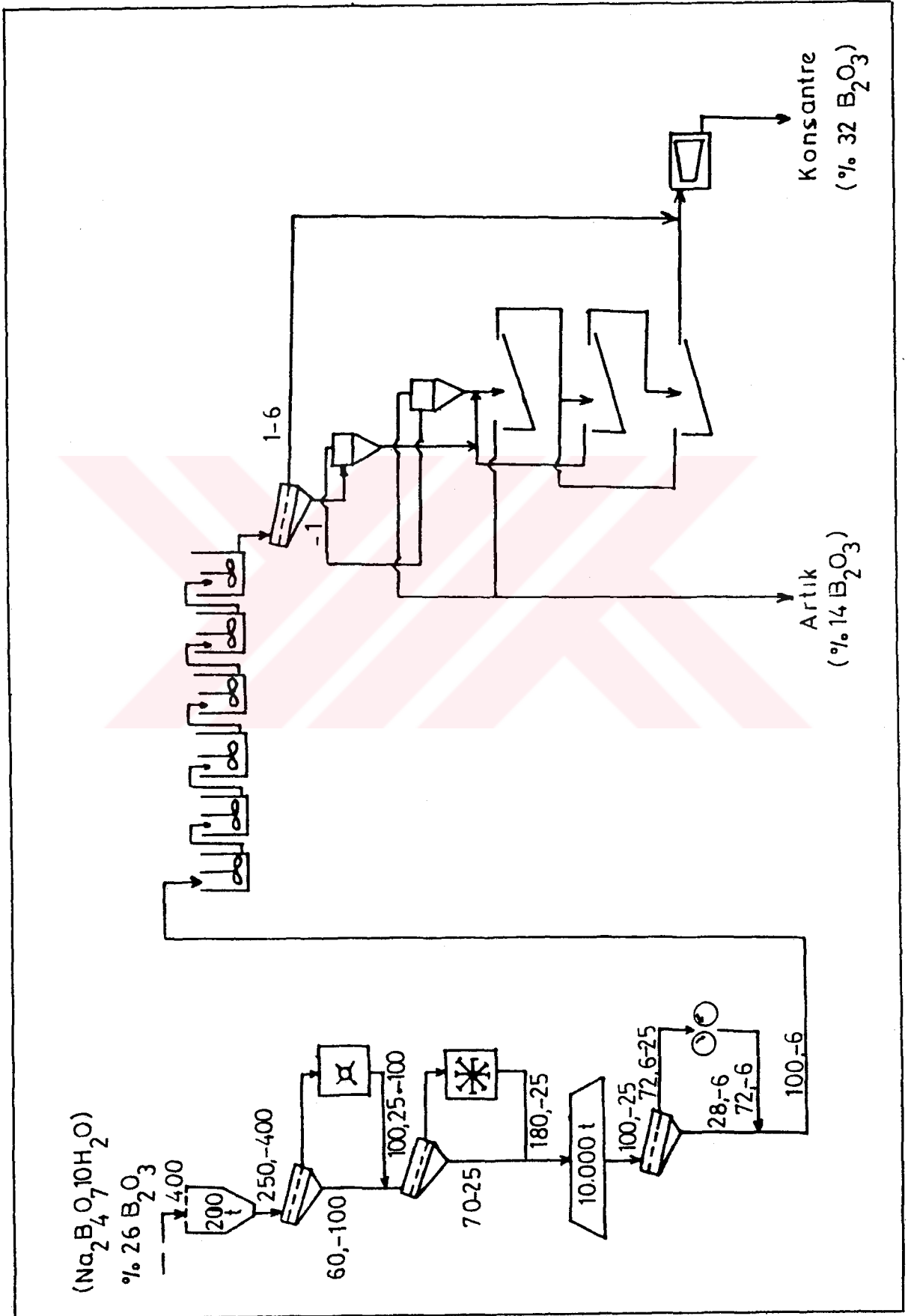
## 2.2. Eskişehir Kırka Boraks İşletmesi

Dünyanın en büyük tinkal (boraks) yataklarını içeren Kırka bölgesinde açık işletme faaliyetlerine 1970 yılında başlanmış ve 1972 yılında yer yer cevhere girilmiştir. Aynı yıl konsantre tesisinin inşaatına başlanmış ve bu tesis 1975 yılında devreye girmiştir (Aytekin ve Polat, 1987).

Açık ocaktan üretim klasik açık işletmecilik metodları ile yapılmaktadır. Üzeri açıldıktan sonra delme ve patlatma ile gevşetilen cevher elektrikli ekskavatörlerle kamyonlara yüklenmekte ve yakındaki konsantratör tesisine nakledilmektedir. Ocaktan çıkan tinkal cevherinin ortalama tenörü % 26-27  $B_2O_3$  civarındadır.

Konsantratörde tinkal cevheri, üzerinde 400 mm'lik izgara bulunan 200 tonluk bir siloya boşaltılır. Buradan çelik paletli bir besleyici ile 100 mm açıklığındaki bir titreşimli ızgaraya beslenen cevherin +100 mm'lik kısmı ile birleşir. Bu malzeme 25 mm'lik bir eleğe beslenir. + 25 mm'lik elek üstü çekiçli kırıcıda - 25 mm 'ye indirilerek elek altı ile birleştirilir ve 10000 tonluk stok sahasına depolanır (Şekil 2.2).

Stok sahasından alınan -25 mm tane iriliğindeki cevher 6 mm'lik bir eleğe beslenir, elek üstü merdaneli kırıcıdan geçirilerek tüm cevher -6mm boyutuna indirilir ve skaberlere verilir. Birbiri ile seri bağlı 6 hücreden oluşan



Sekil 2.1: Kirka Boraks konsantrator tesisi akim seması

skaberlerde cevher yıkanarak kilinden serbest hale getirilmektedir. Skaberlerden alınan bulamaç imm'lik eleğe beslenir. Elek üstü santrifüje verilerek suyundan arındırılır ve konsantre olarak alınır. Elek altı hidro siklonlara pompalanır. Hidrosiklonların üst akımı ikinci grup hidrosiklonlara pompalanırken alt kısmı seri olarak çalışan üç adet mekanik klasifikatöre verilir. İkinci grup hidrosiklonların alt kısmı birinci grup siklonların alt akımları ile birlikte bu klasifikatörlere verilirken, üst akımları atık göletine pompalanır. Son klasifikatörden alınan iri malzeme imm elek üstü ile birleşerek santrifüje gönderilir. Elde edilen konsantrenin tenörü %32  $B_2O_3$ , ince kısım halindeki atığın tenörü ise % 14  $B_2O_3$  dür.

### 3. JEOLOJİ

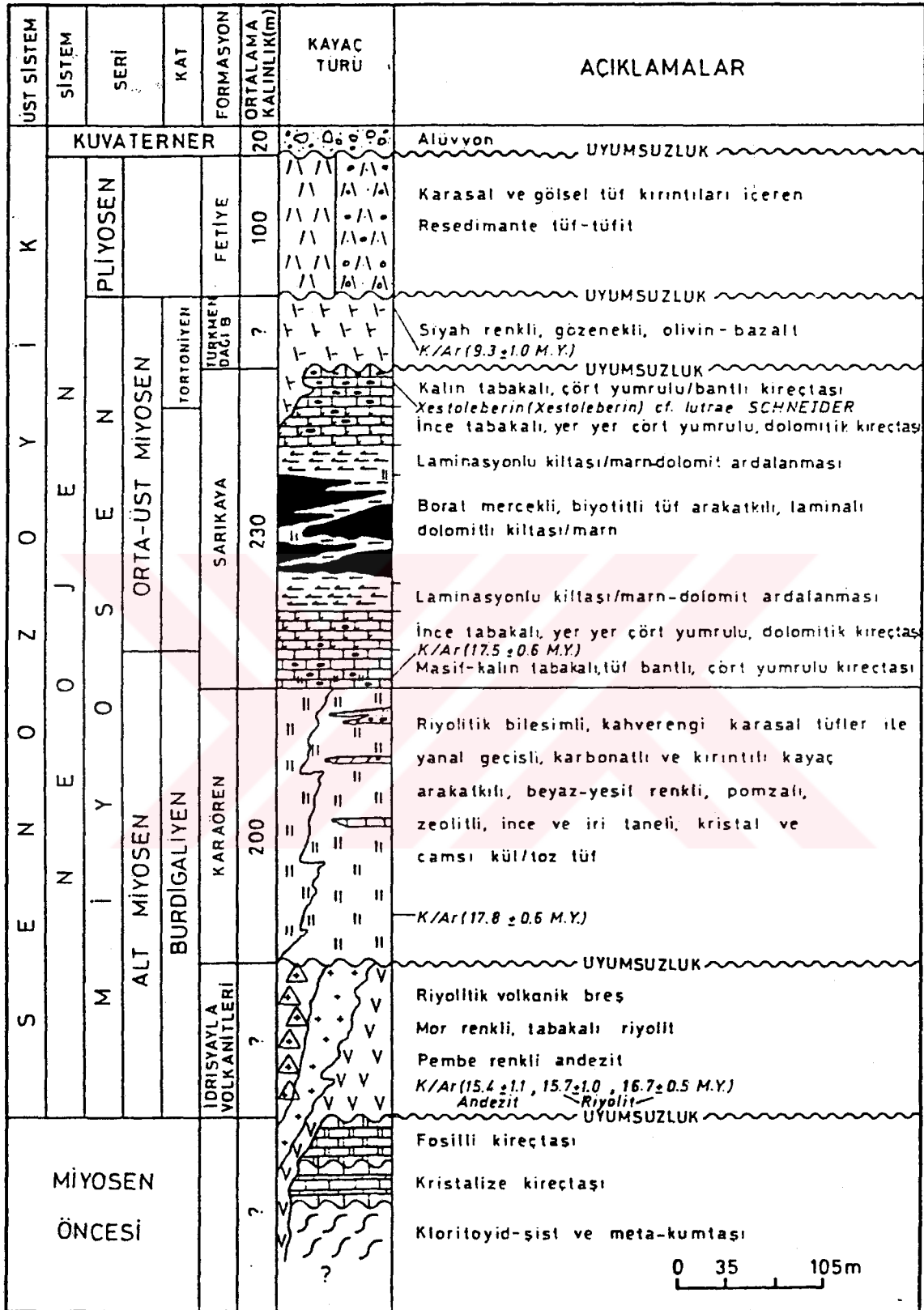
Bu tez çalışması kapsamı içersinde elde edilen sonuçların yorumlanmasında yararlanmak üzere basenin jeolojisi, Yalçın'dan (1988) yararlanılarak aşağıda özetlenmiştir.

Volkanosedimanter gösel basenin tabanını değişik yaş ve litolojideki temel kayaçları (Miyosen öncesi) ile Alt Miyosen yaşlı volkanitler oluşturmaktadır. İstif Alt-Üst Miyosen tüfler, killi karbonatlı kayaçlar, volkanitler, Pliyosen yaşlı resedimente tuf/tüfitler ile devam etmekte ve pekişmemiş sedimanlardan oluşan Kuvaterner oluşuklar ile son bulmaktadır (Şekil 3.1).

Verilen bu istif formasyon mertebesinde beş litostratigrafik birime ayrılmıştır. Bunlar alttan üstte doğru Temel Kayaçları, İdrisyayla Volkanitleri, Karaören ve Sarıkaya Formasyonları, Fetiye Formasyonu ve Kuvaterner oluşuklardır (Ek-2 ; Şekil 3.1).

#### 3.1. Temel Kayaçları (Ptm, Mkk)

Temel kayaçları, temel metamorfiti, Temel kristalize kireçtaşı ve Temel fosilli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Gösel sedimanter istifin tabanında yer alan bu kayaçlar topografik açıdan önemli yükseltiler oluşturarak baseni çevrelemekte ve paleogölün yayılımını sınırlamaktadır. Temel metamorfiti, Akin köyü kuzeyi ve Yarbasan ve Köyü'nde yüzeylemekte yeşil renkli şistler ile meta-kumtaşlarından oluşmaktadır. Kristalize kireçtaşları



Sekil 3.1: Neojen yaşlı Kırka gösel volakano sedimanter baseninin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Yalçın, 1988'den).

gri-siyah renkte ve yer yer mermerleşmiş olup İnli mahallesi çevresinde, Yarbasan güneydoğusu ve Fetiye güneybatısında gözlenmektedir.

### **3.2. İdrisyayla Volkanitleri (Tma)**

Neojen yaşlı sedimanter istifin tabanında yer alan bu kayalar farklı bileşimde olup, üç ana evrede gözlenen volkanizmanın ilk ürünleridir. İnceleme alanında birkaç küçük çıkma şeklinde gözlenmektedir.

Volkanitler, andezit ve riyolit bileşenli volkanik breşlerden oluşmaktadır. Andezitler, genellikle pembe-kırmızı bazende yeşil-siyah arasında değişen renklere sahiptir. Mor-siyah renkli riyolitler, tabakalı olup beyaz-gri ve mor milimetrik- santimetrik seviyelerin ardalanması ile ortaya çıkan bantlı yapıları tipiktir. Köşeli, kenarları keskin ve sivri olan volkanik lav çakıl ve bloklarının oluşturduğu breşler genellikle kırmızı-kahverengi olup taban riyolit birimi ile aynı özelliklere sahiptir.

### **3.3. Karaören Formasyonu (Tmkg, Tmkk)**

İnceleme alanında yer alan istifin ilk volkanosedimanter birimi olan bu formasyon karasal ile kırıntılı, karbonatlı ve silisli kayalar arakatkıları içeren görsel fasiyeste gelişmiş riyolitik tüflerle temsil edilmektedir. Tipik görünümü ile en fazla yüzey genişliğine Karaören köyü çevresinde raslanmaktadır.

Karasal tüfler bütün seviyelerinde homojen özellikte olup mm-15cm büyüklüğünde lifsi yapıda bol pomza parçaları ile özşekilli dumanlı kuvars ve yer yerde biyotit fenokristalleri içermektedir. Tüfler oldukça sert, bol çatlaklı ve midye kabuğu biçiminde konkoyidal kırılmalar göstermektedir.

Gölsel tüfler ise 30 m kalınlığında yeşil renkli zeolitli tüfler ile başlamakta, bunun üstünde 3 m kalınlığa sahip tüfitler gelmektedir. Sonraki 68 m'lik seviyeli bol pomzalı ve biyotitli iri taneli tüfler oluşturmaktadır. Birim 51 m kalınlıktaki bol epiklastik bileşen içeren tüflü konglomera ve ince taneli tuf ardalanması ile devam etmektedir.

Formasyon 18m'lik ince taneli tüfler ile son bulmaktadır. Basenin kenar ve merkezi kesimlerinde gölsel tüflerin farklı özelliklere ve kırıntılı, karbonatlı ve silisli kayac arakatkılarına diğer bir deyişle yanal fasiyes değişimine sahiptir.

#### **3.4. Sarıkaya Formasyonu (Tms)**

Orta kesimlerde borat oluşumlarının da içeren bu birim killi karbonatlı, silisli ve tüflü kayalardan oluşmaktadır. İnceleme alanının Batı ve Kuzeybatısında yüzeylemektedir. Birim inceleme alanında homojen bir litolojik dağılım göstermekte ve karbonat kayaları ile temsil edilmektedir. Çok sayıdaki sondaj karotlarının tanımlan-

masından elde edilen sonuçlara göre birim 150-300m (ort. 230m) arasında değişen kalınlıklara sahiptir. Birimin ana litolojisini oluşturan killi karbonatlı kayalar, dikey ve yanal yönde birbirlerine sık sık geçişler göstermektedir. Formasyon 20-50 kalınlığındaki masif kalın tabakalı yer yer tane boyu cm mertebesinde kiltası ve tuf bantları içeren ve travertene benzer lifsi yapıdaki kireçtaşı ile başlamaktadır. Bu seviyenin ortalama 25 m kalınlığına sahip ince tabakalı dolomitik kireçtaşı yer almaktadır. Sonraki kiltası-marn-dolomit ardalanmasının kalınlığı ortalama 20 m dir. Bozunmuş lifsi yapıda pomza parçaları içeren killi borat zonunun kalınlığı ise 20-160 m (ortalama 80 m) dir. Bu zonun üstündeki laminasyonlu kiltası-marn-dolomit ardalanmasının kalınlığı 5-40 m (ortalama 20 m) arasında değişmektedir. Formasyonun en üst kesimini dolomitik kireçtaşları (10-40 m) ve bol çört yumrulu-bantlı yer yer lifsi yapıdaki kireçtaşları (20-50 m) oluşturmaktadır. Birimin taban ve tavanındaki kireçtaşlarının bölgenin önemli bir kesiminde lifsi-ignemsi ve jel yapısına sahip kalsitlerden oluşturduğu ve bu tür seviyelerin kalınlığı 5-20 m arasında değişmektedir.

Boratlı zonda değişik mineraller gözlenmektedir. Yatak içinde alttan üste doğru Ca, Na-Ca, Na, Na-Ca, Ca borat zonlanması biçiminde dizilim gösterir.



### 3.5. Fetiye Formasyonu (Tpft, Tpfk)

Formasyon, basenin batı ve güney doğusunda yüzeylemekte ve resedimente tuf-tüfitlerden oluşmaktadır. Birim genellikle düzlükleri yer yer de yayvan tepeleri oluşturmaktadır. Birim bütünüyle Karaören Formasyonu karasal tüflerine ait silt-kum boyutundaki parçalardan oluşmaktadır. Batı kesimindeki resedimente oluşumlar, mikrokonglomera ve breş arakatıkları içeren ince-kaba taneli tuf ile tüflü kumtaşlarından oluşmaktadır.

### 3.6. Kuvaterner Oluşukları (Qal)

Birim, Kırkanın batısında ve Kümbetözü dere vadisindeki alüvyonlarla temsil edilmekte, köşeli çakıl, kum, silt ve kil boyundaki, kötü boylamış pekişmemiş sedimanlardan oluşmaktadır.

### 3.7. Tektonik

İnceleme alanının tektonik yapısı genellikle tekdüze olup, tabaka konumlarının kıvrım kanatlarında bile  $20^{\circ}$ 'yi aşmamakta,  $5^{\circ}$ - $20^{\circ}$  arasında değişmektedir. Faylara bağlı olarak tabaka konumlarının sık sık değiştiği, ancak doğrultularının kabaca sedimantasyon havzasının KB-GD uzanımına paralel olduğu gözlenmektedir.

Bölgede bulunan kıvrımların eksenleri KB-GD doğrultusuna sahiptir. Antiklinaller kemer, senklinaller tekne biçiminde simetrik bir yapı meydana getirmektedir.

İnceleme alanının önemli bir bölümünde KB-GD uzanımlı eğim atımlı normal faylar gözlenmekte ve bu faylar basamaklı fay sistemini oluşturmaktadır. Bu faylar çökeltme ortamına yapısal bir basen özelliği kazandırdığı gibi, büyük bir bölümünün de sedimantasyon sürecinde sinsedimenter faylar olarak görülmektedir.

Havzadaki sedimenter birimleri oluşturan kayalarda çatlak sistemleri özellikle Karaören Formasyonu tüflerinde iyi gelişmiştir. Bunların doğrultuları KB-GD ve eğimleri batı yönünde yoğunlaşmaktadır. Eğim açıları ise  $60^{\circ}$ - $90^{\circ}$  arasında değişmektedir.

#### 4. HIDROLOJİ

##### 4.1. İklim

Kırka Ovası İç Anadolu iklim bölgesinin en batı kesiminde, Ege ve Marmara iklim bölgelerinin geçiş şeridi içinde bulunmaktadır. Bu nedenle İç Anadolu'nun tipik karasal iklimi bölgede tam olarak görülmemektedir. Bölgeye düşen yağış miktarlarına bakıldığında, yıllık yağışın kış ayları %30'unu, ilkbahar ayları %34'ünü, yaz ayları %17'sini, sonbahar ayları ise %19'unu oluşturduğu görülmektedir. Kış aylarında alınan yağışın düşmesi, yağış miktarının ilkbaharda artması bu bölgenin İç Anadolu karasal ikliminden çıkarak Ege Bölgesinin ılıman iklimine geçtiğini göstermektedir. D.S.f. ve D.M.f.'ye ait 4 yağış istasyonunun uzun dönemli (1966-1985, 20 yıl) aylık ortalama yağış miktarları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

##### 4.2. Su Kaynakları

Çalışma alanındaki en büyük su kaynağı Seydisuyu Deresidir. Bu derenin Akin ve Harami Dere olmak üzere iki büyük kolu vardır (Ek-1).

İşletme alanını Güneyinden geçen Lepçek Dere Kırka Kasabasının içinde Aqzıkara Dere ile birleşir. Bu dereye Yarbasan ve Numanoluk Köyleri arasında Kümbetözü Deresine katılarak Harami Dereyi oluştururlar.

Cizelge 4.1: D.S.I. ve D.M.I. meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama yağış ve sıcaklık değerleri

İstasyon No	İstasyon Adı	Yıllar	A Y L A R												
			Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
D.M.I. 1000	Seyitgazi (Yağış mm)	1966-1985 (20 yıl)	44.7	28.9	40.9	37.8	46.7	30.7	16.7	12.1	13.9	29.5	27.8	43.4	373.1
D.M.I. 1000	Seyitgazi (Sıc. C)	1969-1987 (19 yıl)	-0.4	1.2	4.6	9.3	13.7	17.9	20.1	19.7	16.5	11.2	5.8	1.2	10.06
D.M.I. 1100	Kırka (yağış mm)	1966-1985 (20 yıl)	43.7	33.3	40.5	38.2	54.0	29.4	13.4	11.5	12.0	33.4	29.8	48.2	387.4
D.S.I. 1050	Kümbet (Yağış mm)	1966-1985 (20 yıl)	51.3	34.6	44.8	43.6	48.8	27.4	17.1	25.1	35.1	36.1	14.4	52.5	430.8
D.S.I. 1450	İdrisayla (Yağış mm)	1966-1985 (20 yıl)	69.0	56.0	56.6	58.7	63.7	29.3	19.4	14.9	18.2	38.2	42.4	70.7	537.1

Türkmen Dağından doğan Akin Deresi, aynı dağdan kaynaklanan Keçeliözü Deresi ile birleşerek Kozyakadan önce Seydi Suyu'na karışmaktadır.

#### 4.3. Sulama Barajları

Bölgede sulama amacıyla yapılmış bulunan iki adet baraj bulunmaktadır. Kunduzlar Barajı Akin Dere üzerinde, Çatören barajı ise Harami Dere üzerinde yapılmıştır. Her iki barajda üzerinde buldukları derelerin Seydi Suyunu oluşturmadan önceki kısa mesafelerde (yaklaşık 2-3km) yapılmış olup birbirlerine oldukça yakın mesafede bulunmaktadır. Bu iki barajın toplam sulama alanı 9387.86 hektar'dır. Barajların diğer karakteristikleri ise Çizelge 4.6'da görülmektedir.

#### 4.4. Atık su göleti

Cevher zenginleştirme işlemleri sırasında çok miktarda su kullanılmaktadır. Yüksek oranda bor içeren (%13-15) konsantratör tesisinin atık sularının debisi 300 m<sup>3</sup>/sn'dir. Tarıma zararlı olan bu suların depolanması için bir atık göleti yapılmıştır. D.S.i. tarafından yapımı gerçekleştirilen bu gölet ilk önce üç kademeli kapalı baraj şeklinde yapılmış, daha sonra ihtiyaca yeterli görülmeyerek bir kademe daha ilave edilmiştir. Konsantratörden çıkan atık sular kanal vasıtasıyla 1. kademeye ulaşmakta, 4. kademe nispeten killilerinden

Cizelge 4.2: Çatören ve Kunduzlar barajlarının özellikleri (D.S.I., 1983'den)

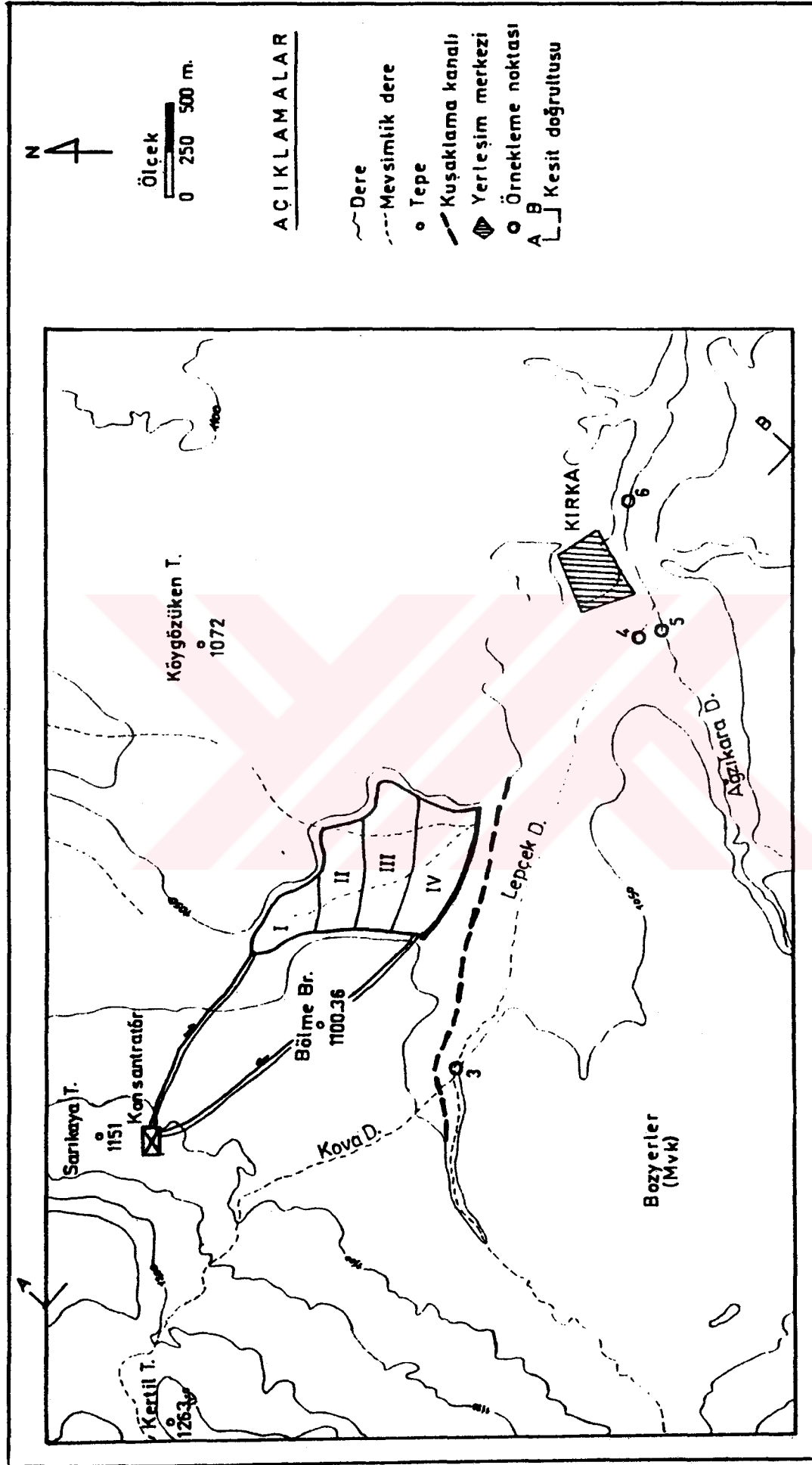
Baraj Karakteristikleri	Çatören Barajı	Kunduzlar barajı
Yıllık Ortalama su	$45.88 \times 10^6 \text{ m}^3$	$26.83 \times 10^6 \text{ m}^3$
Drenaj alanı	712 km <sup>2</sup>	406 km <sup>2</sup>
Gövde tipi	Toprak dolgu	Toprak dolgu
Baraj yüksekliği	35 m	27.5 m
Gövde dolgu hacmi	500 000 m <sup>3</sup>	360 000 m <sup>3</sup>
Baraj kret kotu	1040 m	1027 m
Baraj talveg kotu	1005 m	1000 m
Maksimum su kotu	1038 m	1026 m
Minimum su kotu	1019.5 m	1012 m
Toplam depolama hacmi	$47 \times 10^6 \text{ m}^3$	$20.5 \times 10^6 \text{ m}^3$
Ölü hacim	$3.6 \times 10^6 \text{ m}^3$	$2 \times 10^6 \text{ m}^3$
Feyezan hacmi	$4.9 \times 10^6 \text{ m}^3$	$1.5 \times 10^6 \text{ m}^3$
Aktif depolama hacmi	$38.5 \times 10^6 \text{ m}^3$	$18.5 \times 10^6 \text{ m}^3$
Regülasyon	% 57.5	% 53.25
Sulama suyu	$26.38 \times 10^6 \text{ m}^3$	$14.22 \times 10^6 \text{ m}^3$
Sulama modülü	4416.2 m <sup>3</sup> /ha yıl	4416.2 m <sup>3</sup> /ha yıl
Sulama sahası	5973 ha	3220 ha
Max. rezervuar alanı	7025 ha	3788 ha
Dolusavak tipi	7x6.5 radyal	5x4.5 radyal
Derivasyon tüneli çapı	3 m.	2.75 m.
Derivasyon tüneli boyu	340 m.	142 m.
Derivasyon debisi	45 m <sup>3</sup> /sn	38.6 m <sup>3</sup> /sn
Çelik boru çapı	1.3 m.	1 m.
Çelik boru boyu	100 m.	60 m.
Dipsavak kapasitesi	3.18 m <sup>3</sup> /sn	1.67 m <sup>3</sup> /sn

arınmış olan sular tekrar kullanılmak üzere geri pompalanmaktadır. Atık su göletinin özellikleri ise Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3: Atık su göletinin özellikleri  
(D.S.İ., 1983'den)

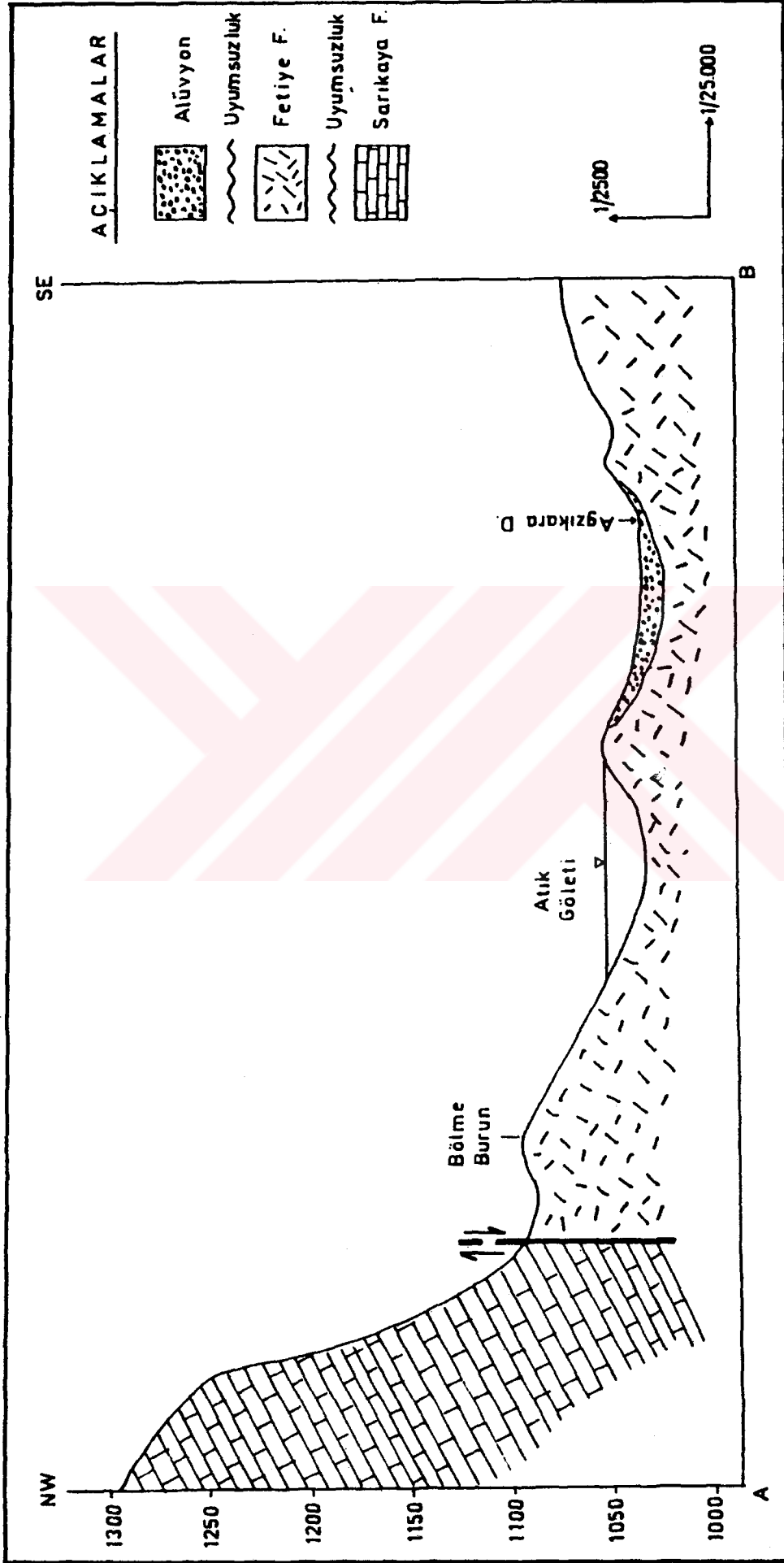
Drenaj alanı	1.6 km <sup>2</sup>
Gölet yüksekliği	12.95 m
Gölet tipi	Homojen toprak dolgu
Depolama hacmi	4.64*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Kret genişliği	10 m
Kret uzunluğu	878 m
Gövde hacmi	264 000 m <sup>3</sup>
Max. göl alanı	915 000 m <sup>2</sup>
Max. depolama kotu	1057.9 m
Talveg kotu	1046.30 m
İrtibat kanal yolu	679.82 m
Mansap kanal yolu	1584 m

Atıksu göletinin işletme ve yüzey suları ile olan ilişkisi Şekil 4.2'de görülmektedir. Ayrıca bu şekil üzerinde gösterilen A-B doğrultusu boyunca alınan jeolojik kesit üzerinde de atıksu göletinin konumu Şekil 4.3'de verilmiştir. Gölette biriken pasalar bir drenaj kanalı ile zaman zaman Ağzıkara Derenin geçtiği araziye boşaltılmaktadır.



Sekil 4.1: Atıksu göleti ve kuşaklama kanalının çalışma alanındaki konumları





Sekil 4.2: Atıksu göletinin jeolojik kesit üzerindeki konumu

## 5.SU KİRLİLİĞİ

### 5.1. Giriş

Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü tarafından 1988 yılında yayınlanan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre, su ortamının kirliliği, doğrudan veya dolaylı yoldan insanlığın su ortamına, biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, balıkçılıkta ve su kalitesinde, suyun diğer amaçlarla kullanılmasını engelleyici bozulmalar yaratacak madde veya enerji atık boşaltılması olarak tanımlanır. Bu bozulmalar, su kaynağının kimyasal, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenir. Su ortamının kirlenmesine neden olan en önemli faktör, tanımdan da anlaşılacağı gibi, üretim ve tüketim sonucu açığa çıkan atık maddelerdir. Atık, her türlü üretim ve tüketim faaliyetleri sonunda fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özellikleri ile karıştıkları alıcı ortamlarda dolaylı ve doğrudan zarar verebilen ve o ortamda doğal bileşim ve özelliklerin değişmesine yol açan katı, sıvı ve gaz halindeki maddelerdir.

Su ortamının kirlenmesine neden olan atıkların en önemlisi akıcılığı nedeni ile atık sulardır. Atık sular ise evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucu kirlenmiş, özellikleri kısmen veya tamamen değişmiş sular ile maden ocakları ve cevher hazırlama tesislerinden kaynaklanan sulardır. Atık su kaynaklarının başında

faaliyetleri ve üretimleri nedeni ile evler, ticari binalar, endüstri kuruluşları, maden ocakları, cevher yıkama ve zenginleştirme tesisleri ve tarımsal alanlar gelmektedir (Başlık Çevre Genel Müdürlüğü, 1988).

Yukarıda da değinildiği gibi su ortamının kirlenmesine neden olan kaynaklardan biri de, maden ocakları ile buna bağlı cevher hazırlama ve zenginleştirme tesisleridir. Özellikle açık maden işletmelerinde üzeri açılan cevher yüzey suları ile direkt temas halinde bulunduğu için yıkama sonucu su kalitesinin çok çabuk bozulmasına neden olurlar.

Cevher hazırlama tesisleri de büyük ölçüde katı ve sıvı atık üretirler. Özellikle su ile yıkama sürecine dayalı tesislerde çok miktarda sıvı atık oluşur. Bu atıkların direkt olarak alıcı ortamlara verilmesi sonucu su kalitesi üzerinde çok çabuk değişiklikler meydana gelmektedir.

Ülkemizde bor madenciliği Batı Anadolu'daki dört bölgede geniş boyutlarda uygulanmaktadır. Gerek cevherin çıkarılması gerekse de, cevherin zenginleştirilmesi sırasında oluşan atık sular ile alıcı su ortamların bor yükü büyük oranda artmaktadır.

Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü tarafından 1988 yılında çıkartılan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin suların korunacağı kirletici etkiler adı altındaki 6. maddesinde bor ve boraks türevleri tehlikeli ve zararlı

maddeler arasında yer almaktadır. Buna göre belirlenen maddelerin üretim, satış, depolama, taşıma, kullanım sonrası boşaltımları beyana bağlanmakta ayrıca alıcı ortamlara boşaltımları bu yönergede sınırlandırılmış bulunmaktadır.

Aynı yönetmelikte kıta içi yüzeysel suların kalitelerine göre yapılan sınıflama Çizelge 6.1.'de verilmiştir. Çizelge 6.2'den de bu sınıflar için geçerli su kalite parametreleri ve bunlara ait sınır değerleri sınıf I, II, III ve IV için ayrı ayrı belirtilmiştir. Buradan da görüleceği gibi I, II, III sınıf suları için bulunması gereken bor miktarı 1 mg/l ile sınırlandırılmıştır. Sulama amacı ile kullanılacak II. sınıf sularda, bora hassas bitkilerin sulanmasında bu sınırı 0.3 mg/l'ye kadar düşürmek gerekebilmektedir.

## 5.2. Bor - İnsan İlişkisi

Bor bileşikleri; vücuda solunum, sindirim yollarıyla veya mukoz membranlar (sindirim ve solunum organlarının iç yüzeyini kaygan bir madde ile orten zar) aracılığı ile girer. Çözünen bor bileşikleri alınmasından sonra, cerebrospinal sıvıda (beyin omurilik sıvısı) konsantrasyonu artar, en yüksek konsantrasyonlara beyin, karaciğer ve adipose dokularında (yağ dokusu) rastlanır. Bor bileşikleri ile sık temas halinde toplamsal etki gözlenir. En fazla kemiklerde birikir. Genellikle üre , dışkı ,süt ve ter ile vücuttan atılır (Baykut vd., 1987).

**Çizelge 5.1 : Kıtaici yüzeysel sular için kalite sınıfları ve bunlara karşılık gelen su ihtiyaçları (Baş.lık Çevre Genel Müd.lüğü, 1988'den)**

---

**Sınıf I: Yüksek kaliteli su**

- A) Yalnızca dezenfeksiyon ile içme suyu temini
  - B) Rekreatif amaçlar (Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil)
  - C) Alabalık üretimi
  - D) Hayvan üretimi ve çiftlik üretimi
  - E) Diğer amaçlar
- 

**Sınıf II: Az kirlenmiş su**

- A) İleri ve uygun bir arıtma ile içme suyu temini
  - B) Rekreatif amaçlar
  - C) Alabalık dışında balık üretimi
  - D) Sulama
  - E) Sınıf I dışındaki diğer bütün kullanımlar
- 

**Sınıf III: Kirlenmiş su**

Gıda, tekstil gibi özel kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun bir arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılabilir.

---

**Sınıf IV: Çok kirlenmiş su**

Yukarıda I, II, III sınıfları için verilen kalite parametreleri bakımından daha düşük kalitedeki yüzeysel sulardır.

---

Cizelge 5.2: Kıtacı su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Başlık Çevre Genel Müdürlüğü, 1988'den)

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
<b>A Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler</b>				
1. Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30
2. pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	(6.0) >9.0
3. Çözünmüş Oksijen (mg O <sub>2</sub> /l)	8	6	3	>3
4. Oksijen Doymunluğu (%)	90	70	40 <sup>2</sup>	<40
5. Klorür iyonu (mg cl/l)	25	200	400	>400
6. Sulfat iyonu (mg SO <sub>4</sub> )	200	200	400	>400
7. Amonyum Azotu (mg NH <sub>4</sub> -N/l)	0.2	1	2	>2
8. Nitrit Azotu (mg NO <sub>2</sub> -N/l)	0.002	0.01	0.05	>0.05
9. Nitrat Azotu (mg NO <sub>3</sub> -N/l)	5	10	20	>20
10. Toplam Fosfor (mg PO <sub>4</sub> -P/l)	0.02	0.16	0.65	>0.65
11. Toplam Çözünmüş Madde (mg/l)	500	1500	5000	>5000
12. Reni (Pt-Co birimi)	5	50	300	>300
	125	125	250	>250
<b>B Organik Parametreler</b>				
1. BOD <sub>5</sub> (mg/l)	25	50	70	>70
2. BOD <sub>20</sub> (mg/l)	4	8	20	>20
3. Organik Karbon (mg/l)	5	8	12	>12
4. Toplam Kjeldahl Azotu (mg/l)	0.5	1.5	5	>5
5. Emülsifiye yağ ve Grez (mg/l)	0.02	0.3	0.5	>0.5
6. Metilen Mavisi Aktif Maddeleri (MEAS) (mg/l)	0.05	0.2	1	>1.5
7. Fenolik Maddeler (Uçucu) (mg/l)	0.002	0.01	0.1	>0.1
8. Mineral Yağlar ve Türevleri (mg/l)	0.02	0.1	0.5	>0.5
9. Toplam Pestisit (mg/l)	0.001	0.01	0.1	>0.1
<b>C. İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>				
1. Cıva (µg Hg/l)	0.1	0.5	2	>2
2. Kadmıyum (µg Cd/l)	3	5	10	>10
3. Kurşun (µg Pb/l)	10	20	50	>50
4. Arsenik (µg As/l)	20	50	100	>100
5. Bakır (µg Cu/l)	20	50	200	>200
6. Krom Toplam (µg Cr/l)	20	50	200	>200
7. Krom (µg Cr/l)	<<	20	50	>50
8. Kobalt (µg Co/l)	10	20	200	>200
9. Nikel (µg Ni/l)	20	50	200	>200
10. Çinko (µg Zn/l)	200	500	2000	>2000
11. Siyanür Toplam (µg CN/l)	10	50	100	>100
12. Florür (µg F/l)	1000	1500	2000	>2000
13. Serbest Klor (µg Cl <sub>2</sub> /l)	10	10	50	>50
14. Sülfür (µg S/l)	2	2	10	>10
15. Demir (µg Fe/l)	300	1000	5000	>5000
16. Mangan (µg Mn/l)	100	500	3000	>3000
17. Bor (µg B/l)	1000	1000	1000	>1000
18. Selenyum (µg Se/l)	10	10	20	>20
19. Baryum (µg Ba/l)	1000	2000	2000	>2000
20. Alüminyum (µg Al/l)	0.3	0.3	1	>1
21. Radyoaktivite (pCi/l)				
alfa-aktivitesi	1	10	100	>100
beta-aktivitesi	10	100		
<b>D. Bakteriyolojik Parametreler</b>				
1. Fekal Koliform (EMS/100 ml)	10	200	2000	>2000
2. Toplam Koliform (EMS/100 ml)	100	2000	10000	>10000

I ----> (SINIF-1) Yüksek kaliteli Su  
II ----> (SINIF-2) Az Kirlenmiş Su

III----> (SINIF-3) Kirli Su  
IV ----> (SINIF-4) Çok Kirlenmiş Su

İnsan üzerinde borik asit ve boraks etkisi, mide bulantısı, şiddetli kusma (bazen kanlı kusma) karın ağrısı ve ishal ile akut zehirlenmenin belirtilerini gösterir. Karakteristik diğer bir belirti de deri döküntüleri ile sonuçlanan kızartılı isiliktir. Ciddi durumlarda taşikardi (kalbin atışındaki düzensizlik), ve arteriyel basınçta düşme ile şok olabilir. Öldürücü doz çocuklar için 5-6 gr, yetişkinler için ise 10-25 gramdır (Baykut v.d., 1987).

### 5.3. Bor - Bitki İlişkisi

Sulama sularının ve bu sularla sulanan tarım alanlarının çeşitli toksik elementlerce kirlenmesi tarımsal üretimi sınırlayan en önemli faktörlerden birisidir. Yerleşim merkezlerinin pis suları, çeşitli sanayi artıkları, bor üretiminden artan yıkama suları, jeotermal amaçlı kuyulardan çıkan atıklar, sulama amaçlı suların ve tarım topraklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Bor ocaklarından ve konsantrator tesislerinden çıkan yıkama suları çok yüksek bor konsantrasyonuna sahip olduklarından sulama amacı ile kullanılan yüzey sularının bor miktarlarını olumsuz yönde etkilemektedir.

Bor bitkilerin büyümesi için az miktarda bulunması gereken bir elementtir. Borun eksik olması genel olarak bitkide çeşitli dokuların oluşumunu ve gelişimini yavaşlatır ve bitkilerin su düzenini bozar. Ancak sulama

suyundaki bor konsantrasyonunun belirli sınırları aşması halinde bitki büyümesi durur. Bitki yaprağında sararma, yanma ve yarılmalar, olgunlaşmamış yapraklarda dökülme, büyüme hızının yavaşlaması ile bitki veriminin azaldığı gözlenmektedir. Borun bitkilere gerekli miktarı ile zararlı miktarı arasında çok dar bir sınır vardır (D.S.f., 1983). Çeşitli bitkilerin bora dayanıklılıkları Çizelge 6.3'de, sulama suyu bor sınıfları ise Çizelge 6.4'de verilmiştir. Çizelge 6.4'den de görüleceği gibi sulama suyundaki bor miktarının 4 ppm'i aşması bor'a karşı en dayanıklı bitkilere bile zarar verebilmektedir.

#### 5.4. Bor - Toprak İlişkisi

Bor bitkilerce çok az alınması, toprakta birikmesi ve zor yıkanması nedeni ile, toprak profilinde miktar olarak hızla yükselir. İnce yapılı topraklarda fiksasyonun fazlalığı ve yıkanmanın zorluğu bor birikimini hızlandırırken, kaba yapılı topraklarda da bitkiler tarafından kolayca alınması nedeni ile bor zararı ortaya çıkabilmektedir. Borun toprakta birikmesindeki önemli bir etken de pH'dır. 5-7 pH arasında çözünürlüğünün yüksekliği, daha yüksek pH'larda ise toprakta birikme eğilimi, fazla borun olumsuz etkilerini hazırlayıcı etmen durumundadır (Henkes, 1958; Munsuz v.d.'den, 1983).

Borun zararlı etkisi üzerinde toprak yapısı ve pH'dan ayrı olarak, bitki türü, yağış miktarı, toprağın madde,



Cizelge 5.3 : Bitkilerin bor'a nisbi toleransları  
(D.S.I., 1983'den)

Dayanıklı:	Yarı Dayanıklı:	Hassas:
4.00 ppm	2.00 ppm	1.00 ppm
Fasulye	Aycıceği	Ceviz
Kuşkonmaz	Patates	Enginar
Palmiye	Pamuk	Erik
Hurma	Domates	Armut
Şeker Pancarı	Bezelye	Elma
Yer Pancarı	Turp	Üzüm
Yonca	Zeytin	İncir
Bakla	Buğday	Kiraz
Soğan	Mısır	Şeftali
Salgım	Yulaf	Kayısı
Lahana	Kabak	Portakal
Marul	Biber	Limon
Havuç		

Cizelge 5.4 : Değişik sınıf sulama suları için kabul edilebilir bor sınıfları (D.S.I., 1983'den)

Bor Sınıfı	Hassas Bitkiler	Yarı Dayanıklı Bitkiler	Dayanıklı Bitkiler
1	0.33	0.67	1.00
2	0.33-0.67	0.67-1.33	1.00-2.00
3	0.67-1.00	1.33-2.00	2.00-3.00
4	1.00-1.25	2.00-2.50	3.00-3.75
5	<1.25	<2.5	<3.75

kireç ve kolloidal fraksiyon içeriği ile gübreleme programları etkili olmaktadır. Bu konuda uzun yıllardan beri yapılan araştırmalar sonucu borlu sularla sulanan özellikle orta ve ağır bünyeli topraklarda, bir yıllık sulama uygulamasında bile başlangıca oranla %200 ile %300 arasında bor birikimi olabilmektedir (Munsuz v.d., 1983).



## 6. KİRLİLİK İZLEME ÇALIŞMALARI

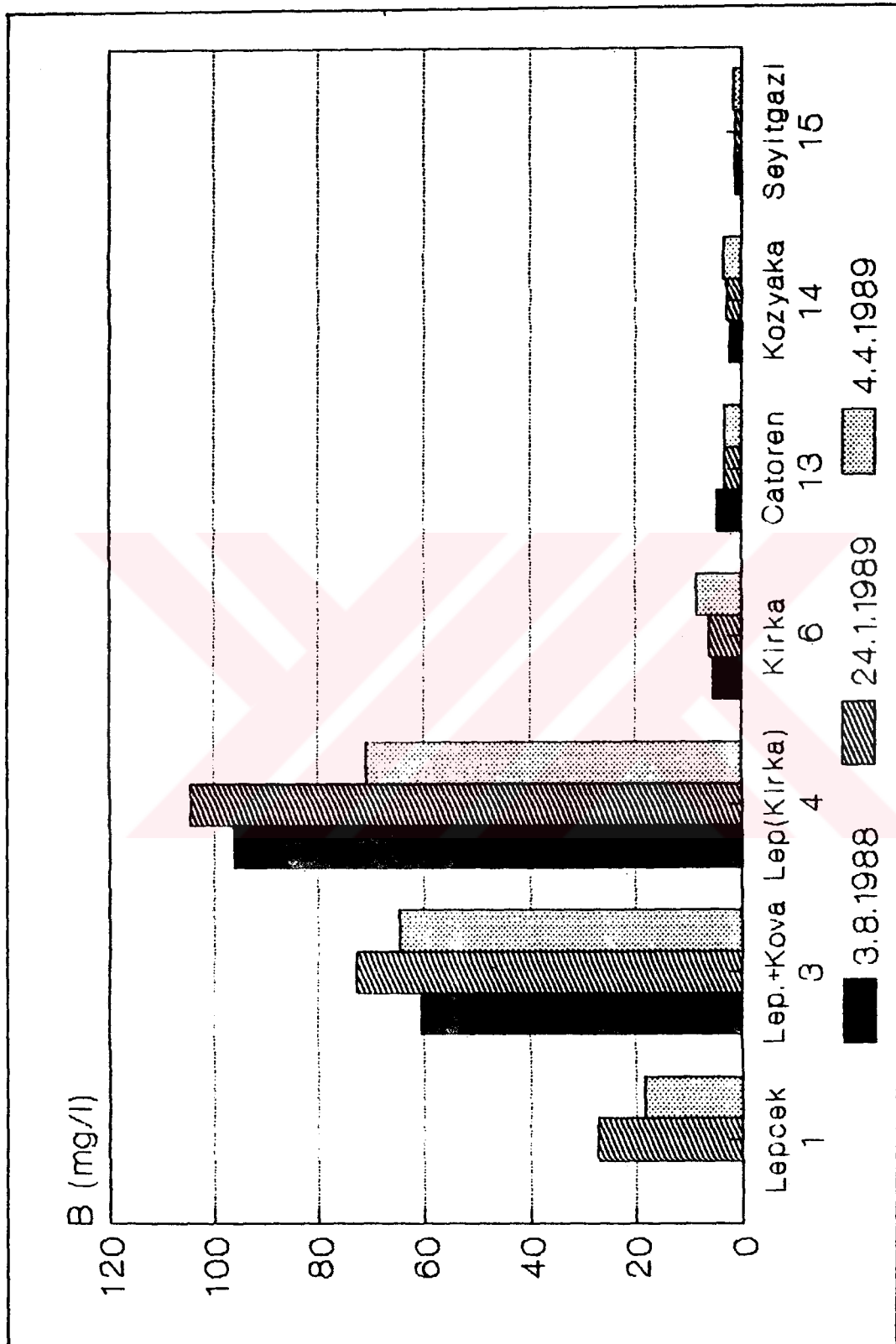
Çizelge 1.1'de belirtilen 15 adet örnekleme noktasından 3.8.1988, 24.1.1989 ve 4.4.1989 tarihlerinde olmak üzere üç ayrı dönemde örnekleme yapılmıştır. Örnekler plastik şişeler içinde alınmış koruyucu olarak 500 ml örneğe 0.25 ml derişik  $H_2SO_4$  ilave edilerek en kısa sürede analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlerden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.1.'de verilmiştir. Ayrıca bulunan sonuçlar grafikler halinde Şekil 6.1, 6.2 ve 6.3'de gösterilmiştir.

Esas kirlenmeyle karşı karşıya bulunan Lepçek Derenin karıştığı Ağzıkara Dere, bu derenin Kümbetözü Dere ile birleşmesinden oluşan Harami Dere ve Seydisuyu üzerinde bulunan 1, 3, 4, 6, 13, 14 ve 15 nolu örnekleme noktalarının bor değişim grafiği Şekil 6.1'de görülmektedir.

Lepçek Deresi üzerinden, boraks işletmesinden etkilenmeyen bölgede seçilen "1" nolu örnekleme noktasındaki analiz sonuçları ilgi çekicidir. Bu noktada ölçülen değerin ortalama 22.8 mg/l gibi yüksek bir değer göstermesi, daha önce dere kenarında İngilizler tarafından açılmış bulunan fakat günümüzde çalışmayan ocaklardan kaynaklanmaktadır. Burada oldukça yüksek oranda bor içeren pasalar olduğu gibi bırakılmış olup, yağmur suları ile yıkanan bor dereye taşınmaktadır.

Cizelge 6.1: Örnekleme noktaları analiz sonuçları

Örnek No	Örnek Yeri	Tarih		
		3.8.1988	24.1.1989	4.4.1989
1	Lepçek (Kayaboğazı)	-	27.2	18.4
2	Pompa	6.9	6.9	8.1
3	Lepçek+Kova Dere	60.7	72.8	64.6
4	Lepçek (Kırka girişi)	96.3	104.4	70.8
5	Ağzıkara Dere	-	5.3	4.6
6	Kırka	5.5	6.2	8.5
7	Cörezciftliği	-	4.8	3.9
8	Yarbasan	1.8	2.4	2.1
9	Hızar Dere	-	4.4	3.8
10	Akin Dere	2.9	3.2	3.4
11	Keçeliözü Dere	-	2.0	2.1
12	Kunduzlar	2.5	2.5	2.8
13	Çatören	4.8	3.2	3.2
14	Kozyaka	2.4	2.8	3.4
15	Seyitgazi	1.3	1.1	1.5



Sekil 6-1: Lepcek, Lepcek-Kova, Lepcek (Kirka girisi), Kirka, Catoren, Kozyaka, Seyitgazi örneklem noktaları bor değişim grafiği

Lepçek Dere'nin, işletme altında bulunan "3" nolu Lepçek+Kova Dere ve Lepçek'in Ağzıkara Dere'ye karışmadan önce yeralan "4" nolu örnekleme noktalarından alınan su örnekleri oldukça yüksek bor konsantrasyonuna sahiptirler (bkz. Çizelge 1.1). Bu noktalardan "3" nolu istasyon işletme pasalarının altında, "4" nolu ise atık göletinin alt kesiminde yer almaktadır. Derenin bu kesimindeki bor konsantrasyon artışı büyük ölçüde işletmeden kaynaklanmaktadır.

Kırka çıkışında bulunan ("6" nolu istasyon) örnekleme noktasında ortalama 6.7 mg/l bor konsantrasyonu tespit edilmiştir. Lepçek Deresinden gelen yüksek bor konsantrasyonu içeren su, Ağzıkara Dere tarafından önemli ölçüde seyreltilmektedir.

Bölgenin güneyinden gelen Kümbetözü Dere ile Ağzıkara Derenin oluşturduğu Harami Dere üzerinde kurulan Çatören sulama göletinin çıkışındaki bor derişimi ortalama 2.3 mg/l'ye inmektedir.

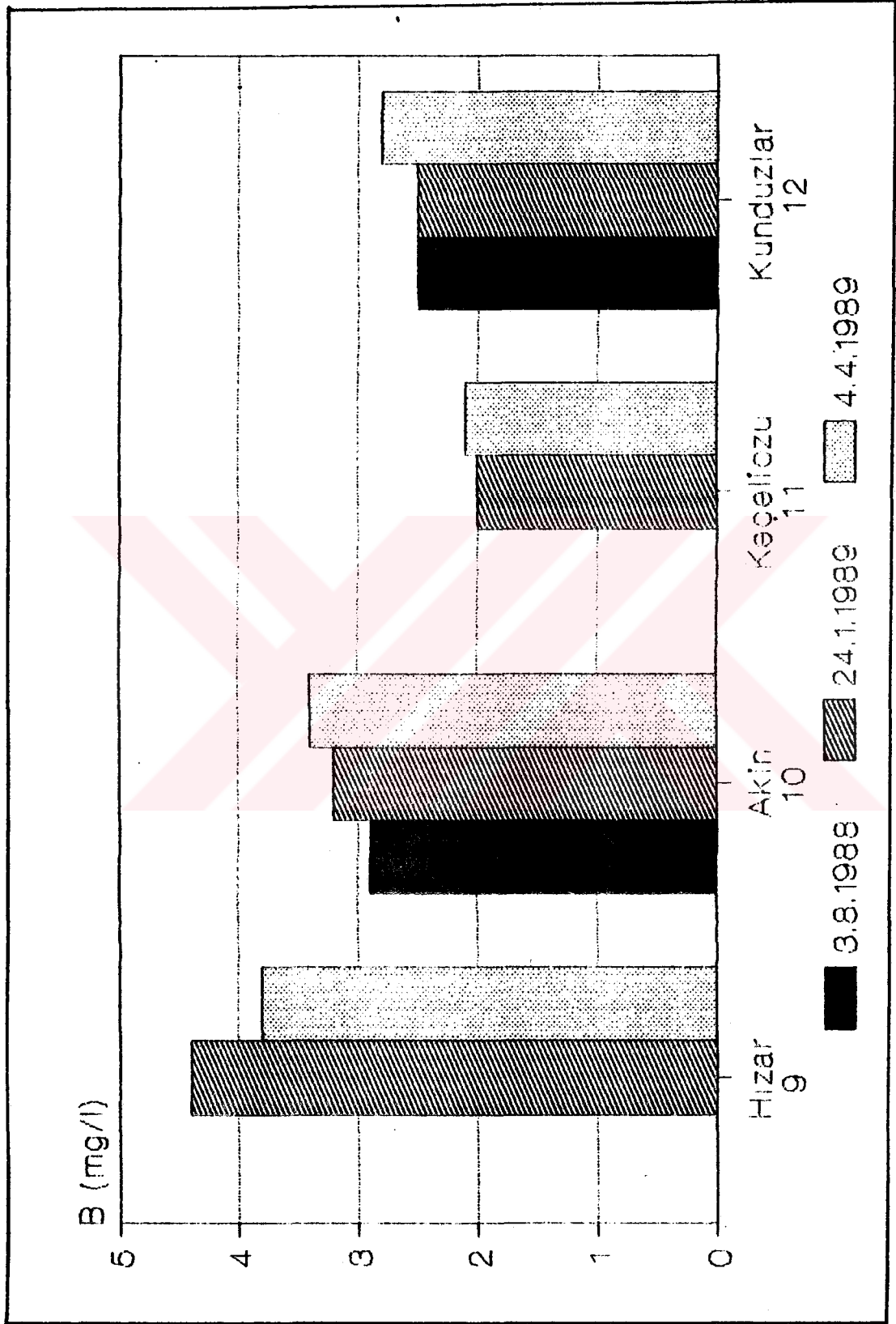
Kırka Havzasının çıkışında Seydisuyu üzerinde yeralan Kozyaka örnekleme noktasından alınan su örneklerinde ortalama 2.8 mg l'lik bor konsantrasyonu tespit edilmiştir. Bu değerde bor içeren sulama suları bora yarı dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi için kullanılabilir. Seydisuyunun Seyitgazi ilçesi girişinde bulunan örnekleme noktasında ölçülen bor değerleri oldukça düşmektedir

(ortalama 1.3 mg l<sup>-1</sup>). Bu miktarda bor içeren sulama suları bora çok hassas bitkiler dışında sulama suyu olarak rahatlıkla kullanılabilir.

İşletmeden etkilenen havzanın kuzey kesiminde bulunan ve beslenimin Akin Dere tarafından drene edildiği havza üzerinde alınan örneklerin (9, 10, 11, 12 nolu örnekleme noktaları) bor değişim grafiği de Şekil 6.2'de gösterilmiştir. Hızır Dere ve Akin Dere üzerinde bulunan örnekleme noktalarının bor içeriği ortalama 3.5 mg/l'dir. Bu değer Keçeliözü Deresinin Akin Dere'ye karışmasıyla birlikte Kunduzlar sulama göletinin çıkışında ortalama 2.6 mg/l'ye düşmektedir.

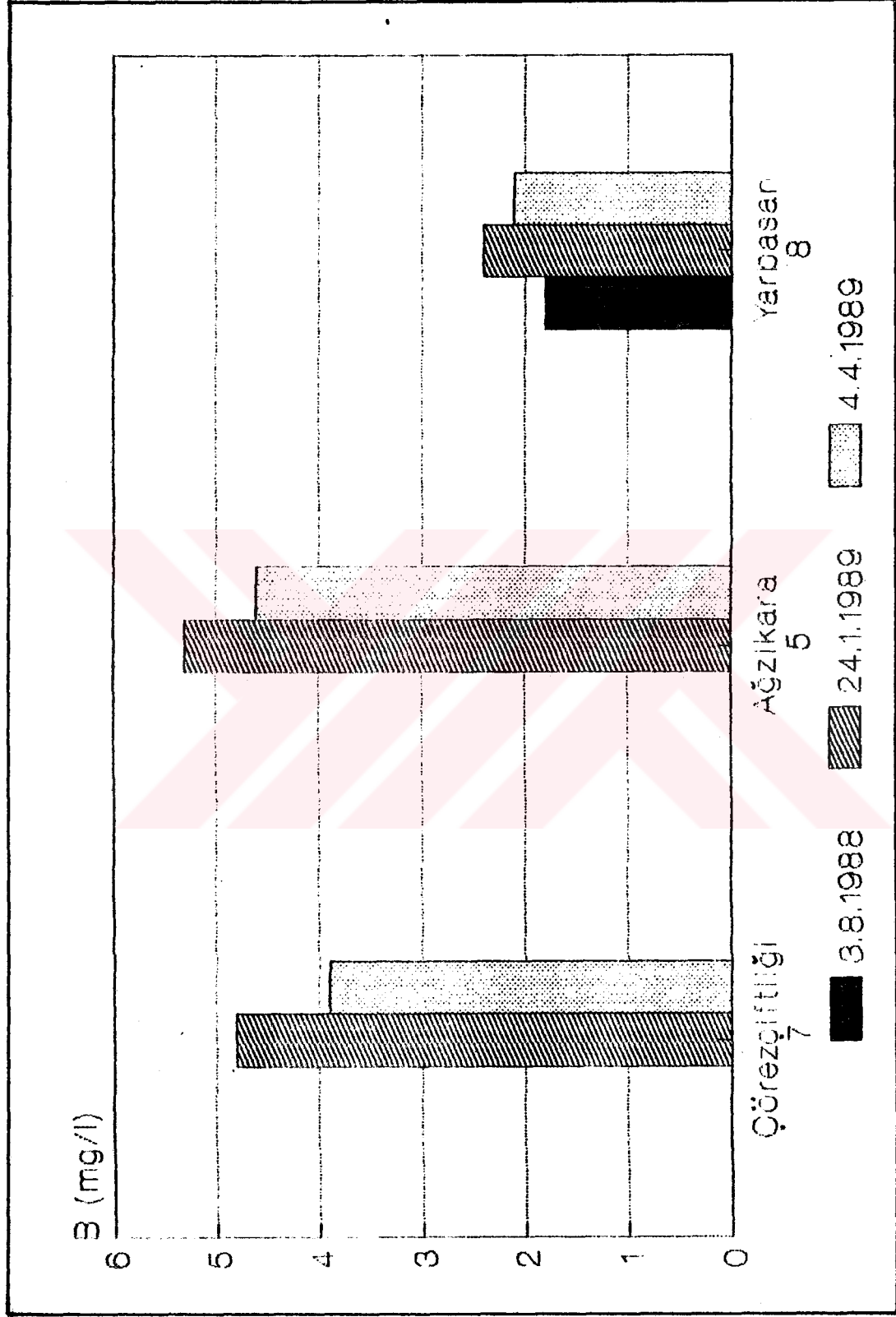
Ağzıkara Dere ("5" nolu örnekleme noktası) üzerinde Lepçek Dere ile karışmadan önce yeralan ve aynı derenin Cörezçiftliği ("7" nolu örnekleme noktası) mevkiinde bulunan örnekleme noktaları ortalama 4.6 mg/l bor içermektedir. Havzanın güney kesimini oluşturan ve yüzey sularının Kümbetözü Dere tarafından drene edildiği su toplama havzasını temsil eden Yarbasan ("8" nolu örnekleme noktası) örnekleme noktasının bor içeriği de ortalama 2.1 mg/l'dir. Bu üç noktanın bor değişim grafiği de Şekil 6.3'de verilmiştir.

Grafiklerden de izlendiği gibi Ağustos ayı değerleri beklenilenin aksine yağışlı aylardaki bor konsantrasyonlarından daha düşük görülmektedir. Bu durum yağışlı mevsimlerde işletme katı atık sahasından, yağmur suları



Sekil 6.2: Hızar, Akın, Keçeliözü, Kunduzlar örnekleme noktaları bor değişim grafiği





Sekil 6.3: Cörezçiftliği, Ağzikara, Yarbasan örnekleme noktaları bor değışim grafiği

ile yıkanma sonucu yüzey sularında bor konsantrasyonunun artması ile meydana gelmektedir.

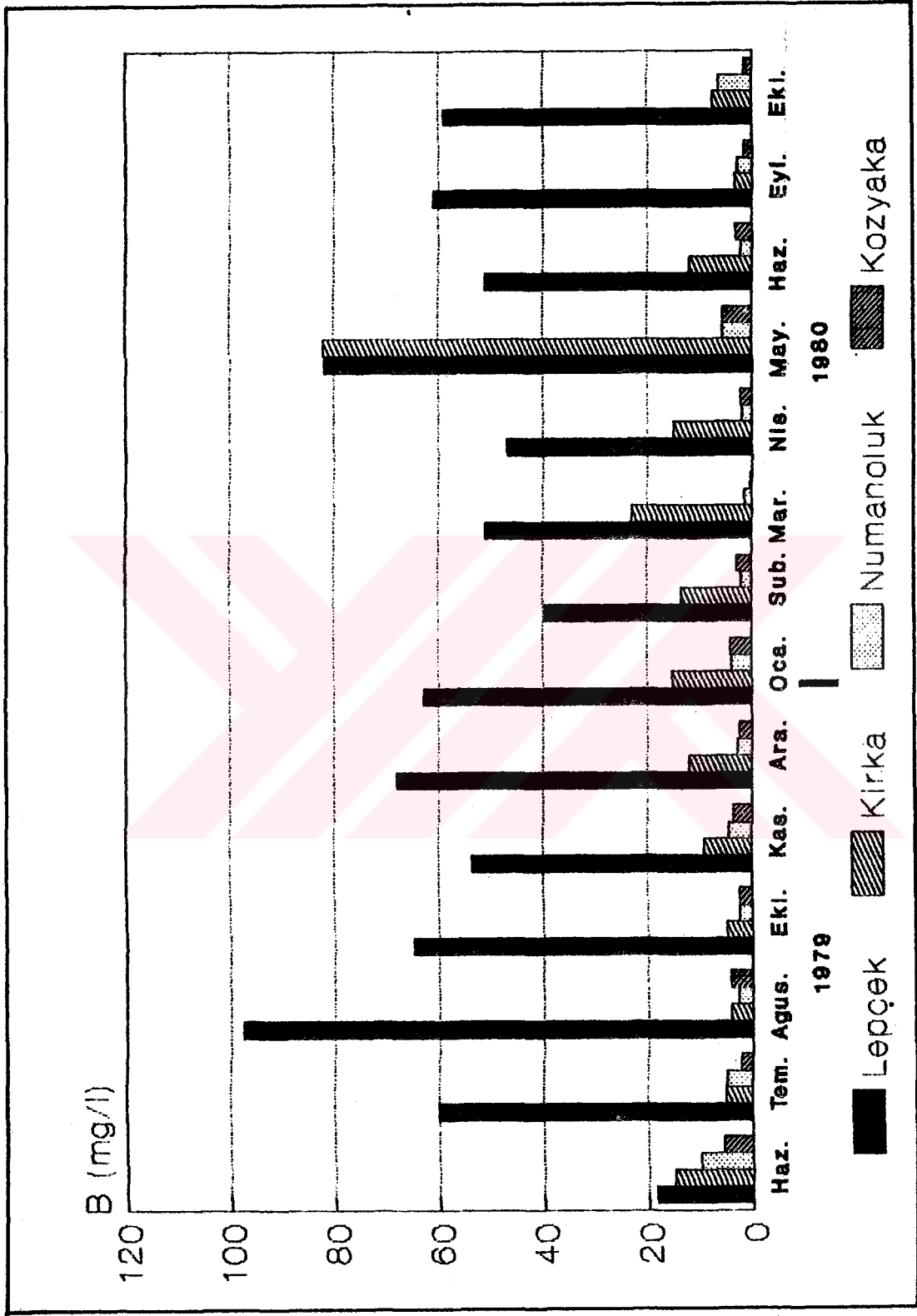
D.S.i. tarafından Haziran 1979-Ekim 1980 tarihleri arasında ayda bir kez olmak üzere 1.5 yıl süre ile yapılan örnekleme çalışmalarının sonuçları Çizelge 6.2'de verilmiştir. Ayrıca bu sonuçlara göre çizilen grafikler de Şekil 6.4 ve 6.5'de görülmektedir.

Şekil 6.4'de kirlenme ile karşı karşıya bulunan yüzey suları üzerinde yeralan Lepçek, Kırka, Numanoluk ve Kozyaka örnekleme noktalarının aylık bor değişim grafiği görülmektedir. Şekilden de izlendiği gibi en yüksek bor konsantrasyonu işletme altında bulunan Lepçek örnekleme noktasında gözlenmektedir. Bütün aylarda Lepçek'den Kozyaka örnekleme noktasına doğru bor konsantrasyonunda belirgin bir düşüşün varlığı gözlenmektedir.

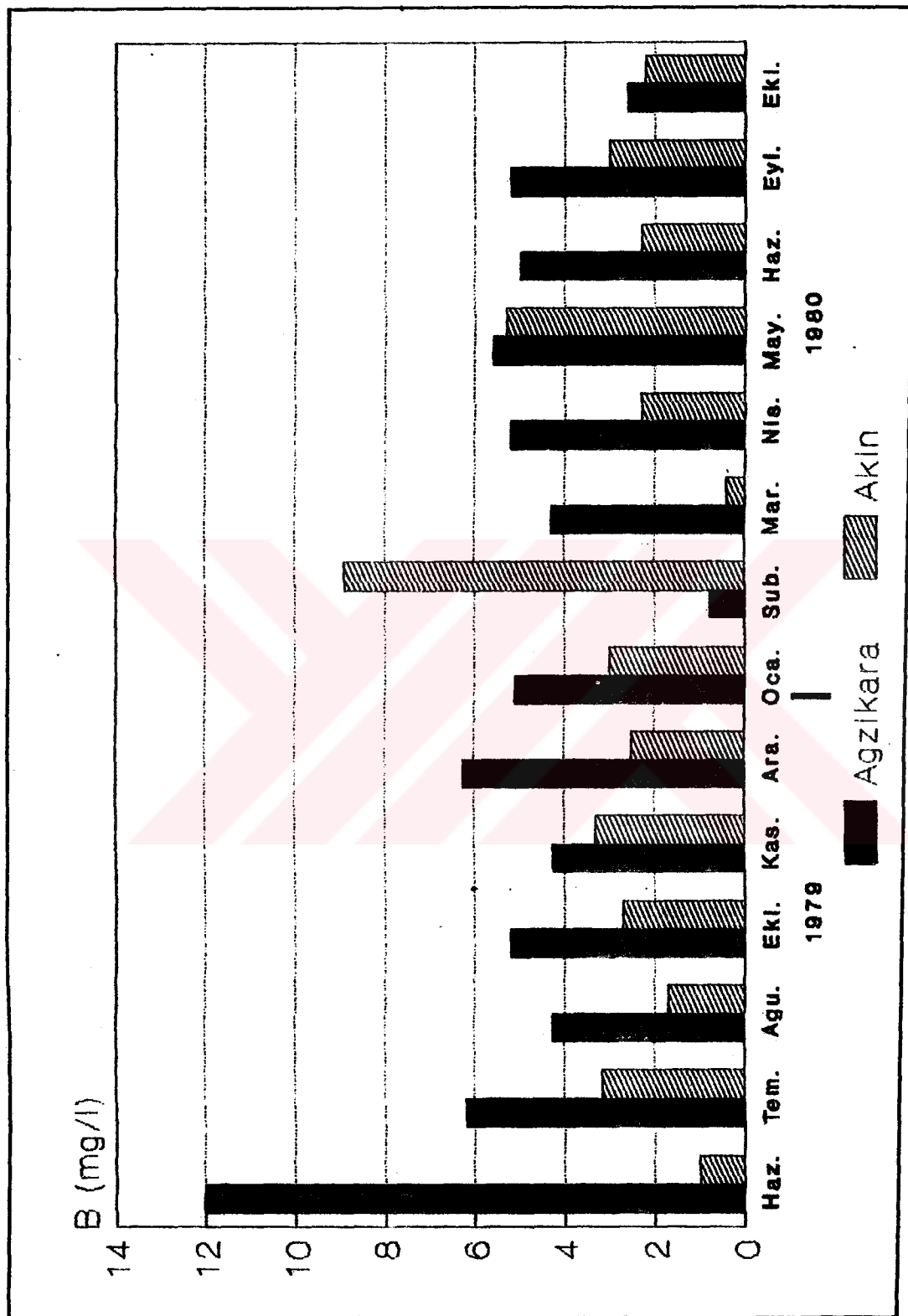
İşletmeden etkilenmeyen bölgelerde bulunan Ağzıkara ve Akin örnekleme noktalarında D.S.i.'nin analiz sonuçları da Şekil 6.5'de görülmektedir. İşletmenin güneyinde bulunan Ağzıkara örnekleme noktasının bor konsantrasyonları oldukça yüksektir.

**Çizelge 6.2: D.S.J. Örnekleme noktaları analiz sonuçları  
(D.S.I., 1983'den)**

Örneğin Alındığı Tarih	ÖRNEKLEME NOKTALARI					
	Lepçek (mg/l)	Kırka (mg/l)	Numanoluk (mg/l)	Kozyaka (mg/l)	Ağzıkara (mg/l)	Akin (mg/l)
Haziran-1979	18.5	15.0	10.0	5.6	12.0	1.0
Temmuz-1979	60.0	5.0	4.9	2.2	6.2	3.1
Ağustos-1979	97.5	4.2	2.7	4.1	4.2	1.7
Ekim-1979	65.0	4.9	2.5	2.5	5.2	2.7
Kasım-1979	53.5	9.13	4.4	3.6	4.2	3.3
Aralık-1979	68.0	12.0	2.9	2.5	6.2	2.5
Ocak-1980	63.0	15.2	3.9	4.2	5.1	3.0
Şubat-1980	39.5	13.5	2.1	2.8	0.8	8.9
Mart-1980	51.0	23.0	1.4	0.4	4.3	0.4
Nisan-1980	47.0	15.0	2.0	2.2	5.2	2.3
Mayıs-1980	82.0	13.4	5.6	5.6	5.6	5.3
Haziran-1980	51.0	12.0	2.2	3.2	5.0	2.3
Eylül-1980	61.0	3.4	2.9	1.7	5.2	3.0
Ekim-1980	59.0	7.5	6.3	1.6	2,6	2.2



Sekil 6.4: D.S.i. Lepçek, Kırka, Numanoluk, Kozyaka örnekleme noktaları bor değisim grafiği



Sekil 6-5: D.S.I. Agzikara, Akin örnekleme noktaları bor değişim grafiği

### 6.1. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Bu alt bölümde, D.S.f. tarafından yapılan örnekleme sonuçları ile bu çalışmada bulunan analiz sonuçlarının korelasyonu yapılmıştır. Korelasyon incelemesinde ham veriler için önerilen pearson momentler çarpımı ile korelasyon katsayısının hesaplanmasında kullanılan formülden yararlanılmıştır (Arıcı, 1981). Ayrıca bulunan her korelasyon katsayısının standart hatası ve "t" değerine göre önem kontrolü Kutsal ve Muluk'a (1972) göre test edilmiştir.

D.S.f. örnekleme noktalarının, 14 aylık dönem için birbirleriyle korelasyonundan elde edilen sonuçlar Çizelge-6.3'de görülmektedir. Sadece Numanoluk-Kozyaka ve Kozyaka-Ağzıkara örnekleme noktaları arasında bir korelasyonun bulunduğu ve bunun önemli olduğu tespit edilmiştir. Ek-1'de de görüldüğü gibi D.S.f.'nin Ağzıkara örnekleme noktası işletmeden güneyinde, işletmeden etkilenmeyen bölgede yer almaktadır. Bu noktanın Kozyaka örnekleme noktası ile pozitif bir korelasyon göstermesi dikkat çekicidir. Bu durumun yöredeki potansiyel bor rezerviyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

D.S.f. tarafından 1979-1980 yılları arasında yapılan örnekleme ile tarafımızdan gerçekleştirilen örnekleme sonuçları, aynı dönemler dikkate alınarak korelasyon katsayıları hesaplanmıştır.

Çizelge 6.3 D.S.i. örnekleme noktaları korelasyonu

Korelasyon yapılan örnekleme noktaları	Korelasyon katsayısı	Korelasyon katsayısının önem kontrolü
Lepçek-Kırka	$r=-0.44$	Önemsiz
Kırka-Numanoluk	$r=-0.04$	Önemsiz
Numanoluk-Kozyaka	$r=0.57$	Önemli
Kozyaka-Ağzıkara	$r=0.47$	Önemli
Ağzıkara-Akin	$r=-0.51$	Önemsiz
Lepçek-Numanoluk	$r=-0.26$	Önemsiz
Lepçek-Kozyaka	$r=0.05$	Önemsiz

Bulunan sonuçlar Çizelge-6.4'de verilmiştir. Çizelgeden de görülebileceği gibi Kırka ve Akin örnekleme noktalarının korelasyon katsayılarının pozitif bulunmasına rağmen korelasyon katsayısının hesaplanmasında kullanılan denek sayısının üç olması nedeniyle yapılan "t" testi sonucu korelasyon katsayılarının önemsiz olduğu bulunmuştur.

Çizelge 6.4. Ortak aylar (örnekleme noktaları-D.S.i. örnekleme noktaları) arasındaki korelasyon

Korelasyon yapılan örnekleme noktaları	Korelasyon katsayısı	Korelasyon katsayısının önem kontrolü
Lepçek+Kova=Lepçek	$r=-0.50$	Önemsiz
Kırka=Kırka	$r=0.66$	Önemsiz
Kozyaka=Kozyaka	$r=-0.89$	Önemsiz
Akin=Akin	$r=0.55$	Önemsiz

## 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma Dünya'nın en büyük boraks (tinkal) yatağı olan Kırka yöresindeki yüzey sularında gerçekleştirilmiştir. Bölgedeki akarsulardaki bor konsantrasyonunu belirlemek amacı ile üç ayrı dönemde 15 istasyondan örnekleme yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- 1- İşletmeye yakın konumda bulunan Lepçek Dere'si üzerinden seçilen 1, 3, 4 nolu istasyonlarda bor derişimi oldukça yüksek bulunmuştur. (Lepçek "1" : ort. 22.8 mg/l, Lepçek+Kova "3" : ort. 60.0 mg/l, Lepçek (Kırka girişi) "4": ort. 90.5 mg/l B).
- 2- Boraks işletmesinden etkilenmeyen 1 nolu Lepçek (ort.22.8 mg/l) örnekleme noktasında bulunan değerin yüksek olması, daha önce açılmış fakat bugün işletilmeyen ocaklardaki pasaların yüzey suları ile yıkanması sonucu Lepçek Dere'ye bor taşınması ile oluşmaktadır.
- 3- İşletme altında bulunan 3 ve 4 nolu istasyonlar oldukça yüksek bor konsantrasyonuna sahiptir (ort. 60 mg/l, ort. 90.5 mg/l). Akım değeri çok düşük olan Lepçek Dere üzerindeki bu istasyonlarda bor konsantrasyonunun artması, işletme katı atık sahasından yüzey suları ile bor taşınması ile açıklanabilmektedir.



- 4- Kırka kasabası çıkışında Agzıkara Dere'nin Lepcek Dere'ye karışması sonucu bor derişimi önemli oranda azalmaktadır (ort. 6.7 mg/l). Fakat bu değer bora dayanıklı olan bitkiler için verilen üst sınır olan 4 mg/l bor değerini aşmaktadır.
- 5- Bölgenin büyük bir borat havzası olduğu ve daha önce işletilmiş bor ocaklarının olduğu düşünülürse, gerek formasyonlardan gerekse de bu ocakların pasalarından yüzey suları ile sızma sonucu, potansiyel kirlenmenin varlığı işletmeden etkilenmeyen bölgelerde alınan su örneklerinde tespit edilmiştir. ( Agzıkara Dere "5" : ort. 4.9 ; Yarbasan "8" : ort. 2.1 ; Hızar "9" : ort. 4.1; Akin "10" : ort 4.3 ; Keçeliözü "11" : ort 2.0 mg/l).
- 6- Bölgede sulama amacı ile yapılmış birbirine oldukça yakın iki sulama barajının bor değerleri sulama suyu kalitesi açısından oldukça önemlidir. Baraj çıkışlarından alınan su örneklerinin bor değerleri Kunduzlar Baraj çıkışında ortalama 2.6 mg/l ve Çatören çıkışında ise ortalama 3.7 mg/l bor olarak bulunmuştur.
- 7- Her iki baraj çıkışından gelen sular ile Seydi Suyu oluşmaktadır. Seydi Suyu üzerinde bulunan Kozyaka istasyonundan alınan su örneklerinin bor değerleri oldukça düşmektedir (ortalama 2.8 mg/l).
- 8- Esas sulama alanı olarak planlanan toprakların Seyitgazi ilçesinin kuzeyinde yeralması nedeni ile bu

sahanın başlangıcında (ilçe girişinden) alınan su örneklerinde bor konsantrasyonun çok düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu degerde bor içeren sular, bora çok hassas bitkilerin dışında tarımsal sulama amacı ile rahatlıkla kullanılabilir (ortalama 1.3 mg/l B).

Çevre sorunlarının çözümü üretim sürecinden önce planlanmalıdır. Bu şekilde problemlerin çözümü daha ekonomik olabilmekte ve çevre üzerine olan etkileride en az düzeyde gerçekleştirebilmektedir.

Boraks işletmesinin 4 kademeli bir atık göletinin bulunması ve kapalı sistem çalışması bölgedeki suların kirlenmesini önemli ölçüde engellemektedir. İşletme alanının altından alınan su örneklerindeki bor degerinin yüksek çıkması büyük ölçüde katı atık sahasından yüzeysel akış ile Lepcek Dere'ye bor taşınması sonucu olmaktadır. Bu durumun giderilmesi için işletme yetkilileri tarafından katı atık sahasının altına bir kuşaklama kanalının inşaatına başlanmıştır (Bkz. Sekil-4.2). Bu kesime açık ocaktan gelen sular ile, katı atık sahasından yıkanma sonucu gelen borlu sular biriktirilerek atık göletine pompalanması planlanmıştır.

Konsantratör tesisinde, atık göletinin son kademesinden alınan suyun yanı sıra, kuyulardan alınan temiz suda kullanılmaktadır. Bu durumda zaten ihtiyaca cevap veremeyecek durumda olan atık göleti çok yakın bir gelecekte tamamen devre dışı kalacaktır. Bu göletin dolması halinde konsantratörden çıkan yüksek oranda bor

içeren atık sular Lepçek Dere ile Ağzıkara Dere'ye, buradan da Çatören barajına karışarak kirlenmesine neden olabilecektir.

Atıksu göletine yeni bir kademenin eklenmesi oldukça yüksek bir maliyete sebep olacaktır. Bunun yerine son kademedeki settin yükseltilmesi düşünülebilir. Fakat bu da kapasitesi giderek artan tesislerin, atık sularının tutulmasında geçici bir çözümdür. Bunun yerine konsantratör çıkışında borlu atık sulardan, kimyasal yollarla adsorpsiyonunu sağlayarak bor minerallerini elimine edecek düzenlemelere gidilmelidir. Sulama sularında borik asit şeklindeki suların tutulması amacıyla N-Methylglucamine dayanan iyon değişirme reçinesiyle olumlu sonuçlar alınmıştır (Kunin and Preuss, 1964). Kunin and Preuss (1964) tarafından geliştirilen bora özgü reçine, chloromethyl copolymer styren ve divinylbenzenin N-methylglucamine ile birlikte oluşturduğu reaksiyon sonucu elde edilmiştir. Bu ürün zayıf bazlı anyon yerdeğiştirme reçinesi olmasına rağmen bor için yüksek bir seçiciliğe sahiptir. Bu reçine sülfirik asitle yıkanarak tekrar kullanılmaktadır. Bu tür bir reçinenin işletme koşullarına uygun olup olmadığı araştırılmalıdır.

İşletmede çalışan teknik elemanlar tarafından değişik noktalarda, belirli dönemlerde yüzey sularından örnekler alınarak analizleri gerçekleştirilmektedir. Özellikle işletmenin atık göletinin drenaj alanında bulunan Lepçek

Derenin, Ağzıkara Dereye karışmadan önce yeralan istasyonda (4 nolu örnek alma noktası) sürekli kayıt yapan (otomatik kayıtlı) bir monitör sisteminin kurulmasında yarar vardır. Bor konsantrasyonu bu istasyonda sürekli denetlenmeli limit değerler aşıldığında gerekli önlemler alınmalıdır.

Bölgede sulama alanı olarak planlanmış bulunan sahaların işletme alanından oldukça uzakta bulunması ve Çatören ve Kunduzlar barajlarından alınan suların daha sonra bu mesafe boyunca yan derelerin karışması bor derişimini oldukça düşürmektedir (ortalama 1.3 mg/l B). Bu değerde bor içeren sular bora çok hassas bitkiler dışında sulama suyu olarak kullanılabilir. Ancak, sudaki bor konsantrasyonunun sulama suyu standartlarında verilen limitlerin altında olsa dahi, borun toprakta birikme özelliği nedeniyle bu sularla sulanan arazilerde zamanla bor kirlenmesi meydana gelebileceği ve tarımsal verimin önemli oranda düşeceği beklenebilir. Bu nedenle sulama yapılan bu arazide bora dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesine öncelik verilmelidir. Kırka civarı ve Seyyigazi ovasında bitki türü ve ekiliş oranlarına bakıldığında bora dayanıklı bitkilerin ekiliş oranı toplam yüzde içinde % 21.6 (şeker pancarı %12.5, fasülye %3.6, yonca %5) dir (D.S.T., 1983). Bölgedeki sulama sularının bor konsantrasyonu potansiyel bir tehlike gösterdiğinden bora dayanıklı bu bitkilerin daha fazla alanda yetiştirilmesinde yarar vardır.

21/

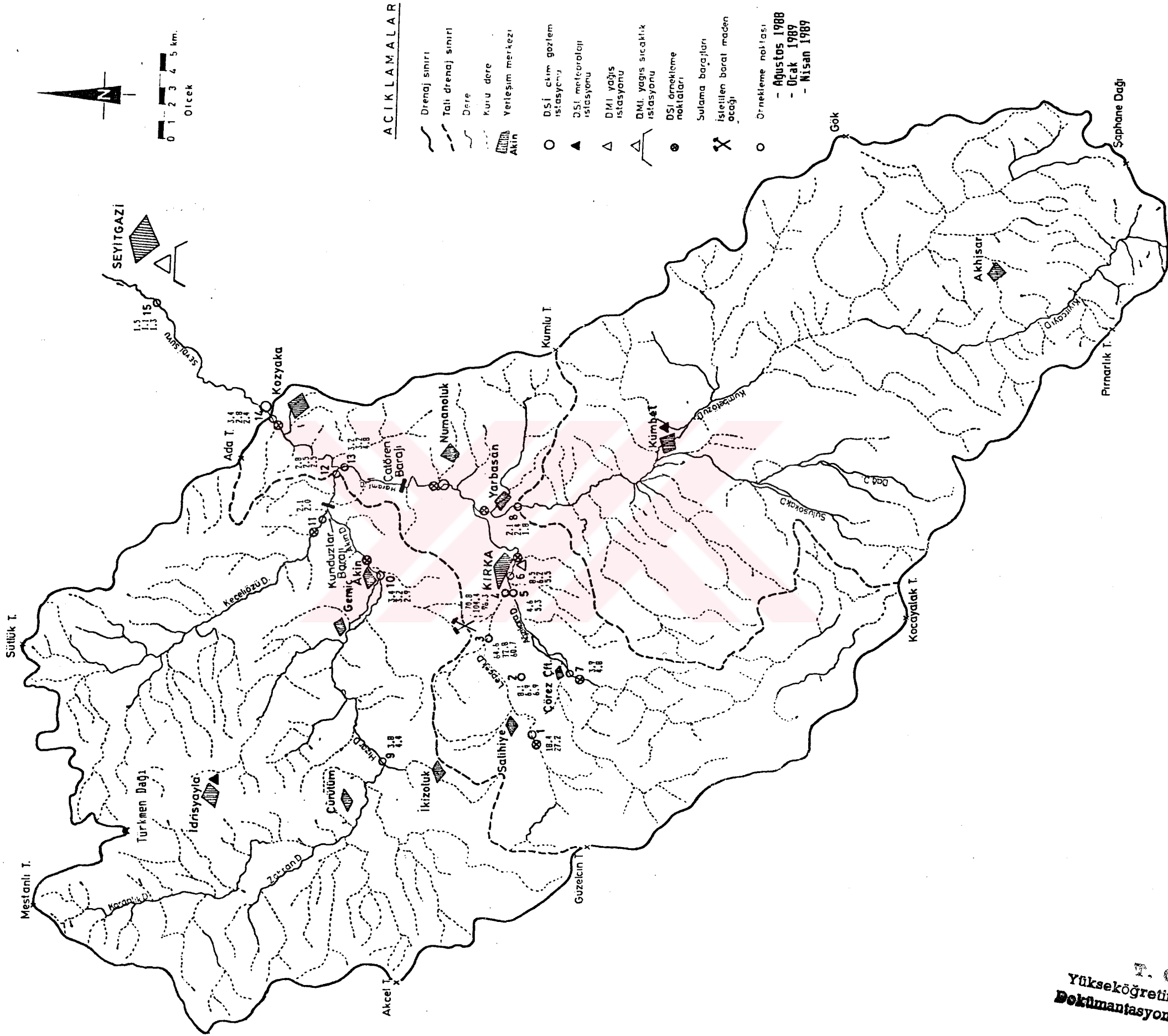
### DEĞİNİLEN BELGELER DİZİNİ

- Arda, T., 1969, Kırka-Sarıkaya boraks yatağının jeolojik etüdü: M.T.A. Rapor No. 4158 (yayınlanmamış).
- Arıcı, H., 1981, İstatistik yöntemler ve uygulamaları: 244 s.
- Aytekin, Y. ve Polat, M., 1987, Bor madenciliği ve Türkiye için önemi: Etibank Bült., 96-97, 20-38.
- Başbakanlık Çevre Genel Md.lüğü, 1988, Su kirliliği ve kontrol yönetmeliği, 82 s.
- Baykut, F., Aydın, A. ve Baykut, S., Çevre sorunları ve korunma: İ.T.U. Yayını no.3449, 419 s.
- Baysal, O., 1972, Sarıkaya (Kırka) borat yataklarının mineralojik ve jenetik incelenmesi: Doçentlik tezi, H.U. Mühendislik Fakültesi, Beytepe, Ankara, 150 s. (yayınlanmamış).
- Baysal, O., 1976, Türkiye bor tuzları: H.U. Fen ve Mühendislik Bil. Derg., 6, 207-226.
- D.S.İ., 1981, Su ve analiz metodları: D.S.İ. Genel Md.lüğü yayını, 158 s.
- D.S.İ., 1983, Kırka yöresi bor kirliliği araştırması: D.S.İ. Genel Md.lüğü İçmesuyu ve Kanalizasyon Da. Bşk.lığı yayını, 65 s.
- D.S.İ., 1985, Su kalitesi gözlem yıllığı 1979-1982: D.S.İ. Genel Md.lüğü İçmesuyu ve kanalizasyon Da. Bşk.lığı yayını, 527 s.
- D.S.İ. 1987, Su kalitesi gözlem yıllığı 1983-1984: D.S.İ. Genel Md.lüğü İçmesuyu ve Kanalizasyon Da. Bşk.lığı yayını, 511 s.
- Erdin, E., Yaşar, S. ve Özkara, M., 1988, Borun çevresel etkilerinin değerlendirilmesi: 4. Bilimsel ve Teknik Çevre Kongresi, 2, İzmir.
- Gök, S., Çakır, A. ve Dündar A., 1980, Kırka civarında boratlı Neojen stratigrafisi, petrografisi ve tektoniği: Türkiye Jeoloji Kong. Bült., 2, 53-62.

**DEĞİNİLEN BELGELER DİZİNİ (devam ediyor)**

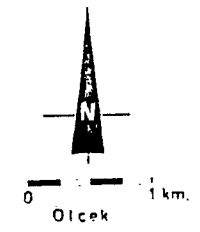
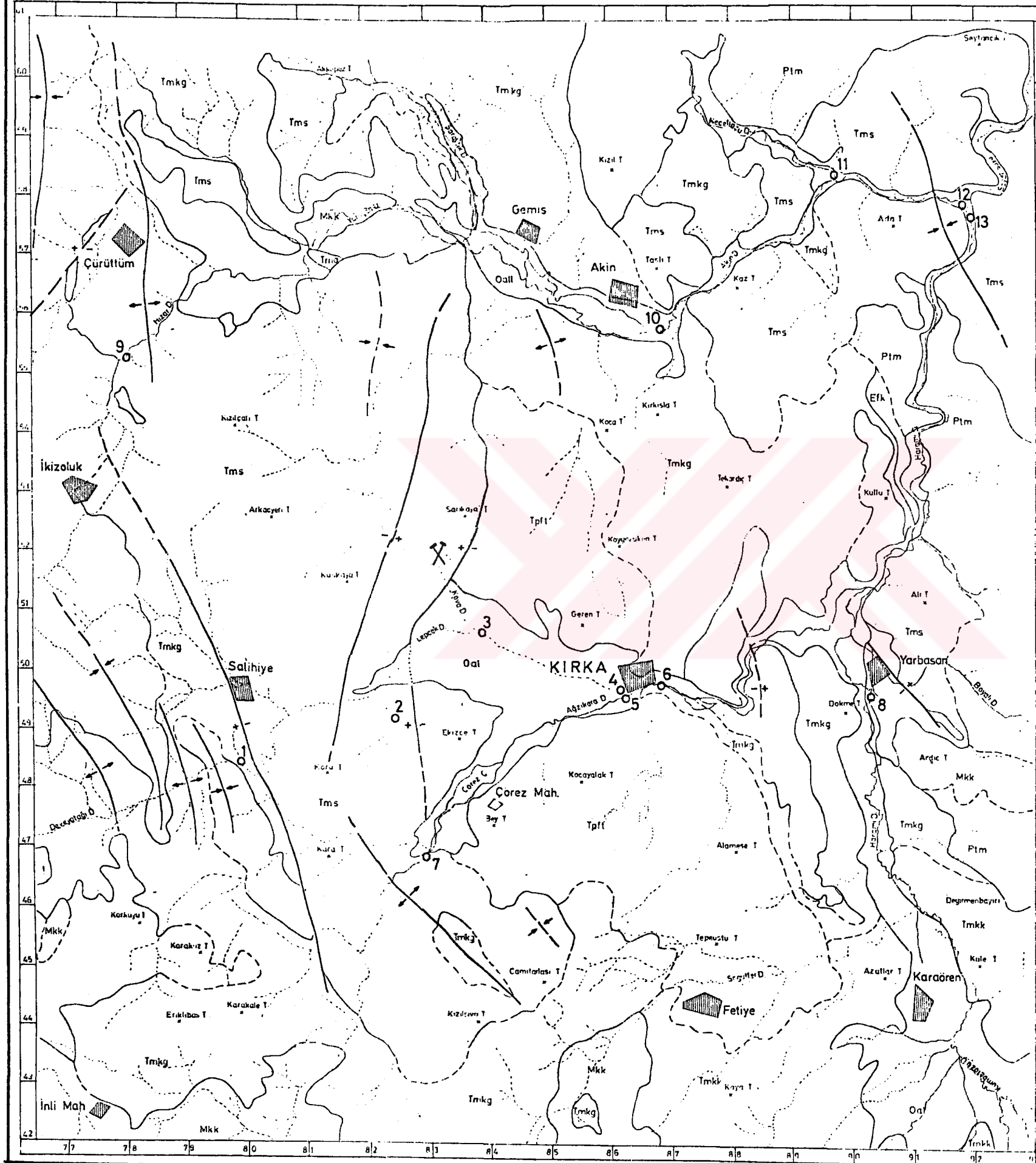
- Henkes, C.H., 1958, The trace element boron: The State of Reserch in the Netherland, Netherland Jour. of Agric. Sci., 6, 3, 183-190.
- Kunin, R. and Preuss, A. F., 1964, Characterization of a boron specific ion exchange resin: Ind. and Eng. Che., Product Res. and Dev., 304-306.
- Kutsal, A. ve Muluk, F., Z., 1972, Uygulamalı temel istatistik: H. Ü. Fen Fak. Yayını, A-2, 160 s.
- Munsuz, N., Ataman, Y., Ünver, İ. ve Oğuz, T., 1983, Simav çayının Bigadic yöresi topraklarında yarattığı bor kirliliği ve önlenmesi olanakları: Tübitak C.A.G. - 56, 46 s. (yayınlanmamış).
- Özpeker, İ. ve İnan, K., 1978, Batı Anadolu borat yataklarında izlenen mineral birliklerinin yatak evrimiyle ilişkileri: T.J.K. Bült., 21, 1, 1-10.
- Sunder, M., 1980, Sarıkaya (Kırka-Eskişehir) borat yataklarının jeokimyası, Türkiye Jeoloji Kong. Bült., 2, 19-34.
- Watanebee, T., 1964, Geochemical cyle and concentration of boron in the earth crust: Geochemistry and Anal., Chem. U.S.S.R., 12, 167-177.
- Yalçın, H, 1988, Kırka (Eskişehir) yöresi volkanosedimanter oluşumlarının mineralojik, petrografik ve jeokimyasal incelenmesi: Doktora tezi, H.Ü. Mühendislik Fakültesi, Beytepe, Ankara, 209 s. (yayınlanmamış).

# EK-1 AKARSU AĞI VE ÖRNEKLEME HARİTASI





EK-2 ÖRNEKLEME NOKTALARININ JEOLojİK HARİTA ÜZERİNDEKİ KONUMLARI



ACIKLAMALAR

Kuvaterner	Kuvaterner oluşuklar	Uyumsuzluk
NEOJEN	Fliyojen	Fliyojen
MIYOSEN	ALT MIYOSEN	BURDIGALİYEN
MIYOSEN ÖNCESİ	Tms	Sarıaya Formasyonu
MIYOSEN ÖNCESİ	Tma	Taban andeziti
MIYOSEN ÖNCESİ	Pt	Temel kristalize kireçtaşı
MIYOSEN ÖNCESİ	Pt	Temel metamorfli

- Dokunak
- Olası dokunak
- Antiklinal eksen
- Olası antiklinal eksen
- Senklinal eksen
- Olası senklinal eksen
- Eğim atımlı normal fay
- Olası eğim atımlı normal fay
- İşletilen borat maden ocağı
- Verleşim merkezi
- Örnekleme noktası

Jeolojik haritası Yalçın, 1988'den alınmıştır.