

76457

**ESKİŞEHİR OVASI YERALTISUYU KİRLİLİĞİ
İNCELEMESİ**

Fikret KAÇAROĞLU

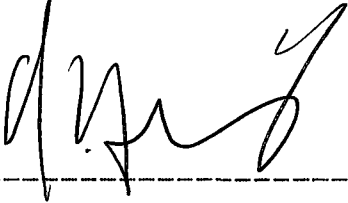
Hacettepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetmeliğinin
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır


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

Şubat - 1991

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne


İşbu çalışma, jürimiz tarafından, HİDROJEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : 
Prof. Dr. GÜLTEKİN GÜNAY

Üye : 
Doc. Dr. ALPARSLAN ARIKAN

Üye : 
Doc. Dr. İBRAHİM GÜRER

Üye : 
Doc. Dr. NURKAN KARAHANOĞLU

Üye : 
Doc. Dr. SAKİR ŞİMŞEK

ONAY

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

/ /1991


Prof. Dr. Dincer ÜLKÜ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Eskişehir'de içme, kullanma ve endüstriyel su gereksinimleri ovada açılmış olan kuyular aracılığıyla yeraltısuyundan karşılanmaktadır. Öte yandan ovadaki yeraltısuyu, endüstriyel atıksuların Porsuk çayına boşaltılması, evsel atıksuların bir bölümünün Porsuk çayına ve sulama kanallarına boşaltılması, evsel atıksuların fosseptiklerde toplanması ve tarımsal çalışmalar nedeniyle kirlenmektedir.

Bu çalışma; Eskişehir ovasındaki yeraltısuyu kirliliğinin düzeyi, alansal yayılımı, kimyasal özellikleri ve mevsimsel değişiminin; kirletici kaynaklarla yeraltısuyu kirliliği ilişkilerinin; ovanın hidrojeolojik özelliklerinin kirlilik dağılımına etkilerinin ortaya konması amacıyla yapılmıştır. Amaçlanan hedeflere ulaşabilmek için; ovanın jeolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik özelliklerine ilişkin bilgiler toplanmış; endüstriyel atıksular, akarsular, kanallar, sondaj kuyuları ve keson kuyularda periyodik olarak arazide yerinde ölçümler yapılmış ve su örnekleri toplanmış; su örnekleri üzerinde laboratuvarında kimyasal analizler yapılmıştır.

Porsuk çayı Kütahya ve Eskişehir'den geçerken endüstriyel ve evsel atıksularla ağır şekilde kirlenmektedir. Eskişehir ovasındaki sulama kanalları da Eskişehir'in evsel atıksuları ile kirlenmektedir. Çevre Müsteşarlığı'nın (1988) su kalitesi kriterlerine göre, Porsuk çayı ve kanal suları "çok kirlenmiş su" sınıfında yer alır.

Yeraltısuyu kirliliğinin en yoğun olduğu bölge, genellikle en yoğun yerleşimin görüldüğü şehrin orta bölgesi ile doğu kesimindeki bölgeyi kapsar. En kötü kaliteli yeraltısularının bulunduğu bu bölgedeki

kuyuların çoğu Eskişehir Belediyesi tarafından şehre su sağlamada kullanılmaktadır. Yerleşim alanının kenar kesiminde veya dışında bulunan kuyulardaki kirlilik şehir içindekilerden daha düşüktür.

Ovadaki kuyulardaki kirlilik miktarının bazı faktör ve özellikler tarafından kontrol edildiği gözlenmiştir. Bunlar, kuyu derinliği, filtre seviyeleri, filtre seviyeleri üzerinde koruyucu toprak veya kil tabakasının varlığı ve kalınlığı, akarsu ve kanalların kuyuya uzaklığı, kuyu çevresinde kirletici kaynakların varlığı ve akiferin hidrolik iletkenliği gibi faktör ve özelliklerdir.

Ovadaki yeraltısuları Çevre Müsteşarlığı'nın (1988) su kalitesi kriterlerine göre büyük çoğunlukla "düşük kaliteli yeraltısuları" sınıfında yer alır. Yeraltısularındaki bazı parametrelerin değerleri TSE'nin (1986) içmesuyu standartlarındaki önerilen sınırları ve izin verilebilecek maksimum miktarları aşmaktadır. Ovadaki yeraltısularında içmesuyu standartları açısından en önemli kirlilik, azot (NH_3 , NO_2 , NO_3) kirliliğidir.

Eskişehir şehir merkezindeki Sıcaksu bölgesinde bulunan yeraltısuyu da kirlenmeden etkilenmiştir. Bu bölgedeki sıcaksularda su sıcaklığı ile çözülmüş iyon ve kirlilik miktarı ters orantılıdır. Çözülmüş iyon ve kirlilik miktarı, su sıcaklığı yüksek olan kuyularda düşük düzeydedir.

Drinking , domestic and industrial water requirement for Eskişehir city are supplied from groundwater resources by means of boreholes drilled in Eskişehir plain. On the other hand, the groundwater resources in the plain have been polluted due to the wastewater disposal into the Porsuk river and irrigation channels, storage of the domestic wastewater in the septic tanks and agricultural activities.

This study has been carried out to determine; the degree, areal distribution, chemical properties and seasonal changes of the groundwater pollution; the relations between pollution sources and groundwater pollution; and the effects of the hydrogeological properties of the aquifer on the distribution of the pollution. In order to achieve these objectives; the data on the geological, hydrological and hydrogeological properties of the plain have been collected and evaluated; measurements and water samples have been taken at sampling points on wastewater channels, rivers, irrigation channels, boreholes and dug wells; and chemical analyses have been made on water samples at the laboratories.

Porsuk river is being heavily polluted by means of industrial and domestic wastewater during its flow through Kütahya and Eskişehir cities. Irrigation channels in Eskişehir plain are being polluted by means of domestic wastewater from Eskişehir too. According to the water quality criteria set by The Undersecretariate for Environment of Turkey (1988), the water in Porsuk river and irrigation channels are in the class of "heavily polluted water".

The region where the groundwater is heavily polluted covers the central part of the urban area where the

population intensity is high and the region at the east of the city. Most of the boreholes drilled in this heavily polluted region are used to supply drinking and domestic water for the city by The Municipality of Eskişehir. The groundwater pollution in the boreholes drilled at the outer parts of the urban area or outside of the urban area is lower than the pollution in the central part of the urban area.

It has been observed that the groundwater pollution is being controlled by some characteristics and factors. These are; depth of borehole, depth to filters, existence and thickness of the soil cover or clay beds above the filtered levels in the borehole, distance to the borehole from the river and channels, existence of the pollution sources around the borehole and the hydraulic conductivity of the aquifer.

According to the water quality criteria set by The Undersecretariate for Environment of Turkey (1988) the groundwater in most of the boreholes is in the class of "low quality groundwater". The values of some parameters in the groundwater exceed the "recommended level" and "maximum permissible level" given in the Turkish drinking water standards (TSE, 1986). Regarding the drinking water standards, the most serious pollution in the groundwater is nitrogen (NH_3 , NO_2 , NO_3) pollution.

The groundwater in the "hot water region," situated in the central part of the city, is also affected from pollution. The dissolved ion and pollutant concentrations in the hot groundwater are inversely proportional to the water temperature. The dissolved ion and pollution concentrations are low in the boreholes which have high water temperatures.

TESEKKÜR

Bu çalışmanın başlangıcından sonuçlanmasına kadar geçen cesitli aşamalarında, pekçok kişi ve kuruluşun destek ve katkısı olmuştur. Bu destek ve katkılarından dolayı aşağıda anılan kişi ve kuruluşlara en icten tesekkürlerimi sunarım.

Tez danışmanı Prof. Dr. Gültekin Günay çalışmalarını başından sonuna kadar izlemiş, karşılaşılan pek çok sorunun aşılmasında yardımcı olmuştur. Prof. Dr. Vedat Doyuran (ODTÜ), Prof. Dr. William Back (U.S. Geological Survey) bilimsel eleştirileri ile katkıda bulunmuşlar ve yol göstermişlerdir. Doç. Dr. Alparslan Arıkan, Doç. Dr. İbrahim Gürer, Doç. Dr. Sakir Şimşek, Dr. Ali İhsan Karayiğit, Dr. Mustafa Değirmenci, Serdar Bayarı, Mehmet Ekmeçci, Levent Tezcan, Can Denizman, Zühal Varol, Nilgün Akkuş, Efdal Barlas, Yasin Akdağ, Erol Yüksel, Murat Yavaş (Hacettepe Üniversitesi); Hasan Doğdu (Köy Hizmetleri Samsun Bölge Müdürlüğü) çalışmalarına yardım ve destek sağlamışlardır.

Eskişehir'deki laboratuvar çalışmalarında, Prof. Dr. Musa Senel, Dr. Hüseyin Özdağ, Dr. Can Ayday, Selahattin Öncek (Anadolu Ün. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi), Prof. Dr. Nazmi Oruc (Dicle Üniversitesi) yardımcı olmuşlardır. Arazi çalışmalarının yürütülmesinde ve hidrojeolojik verilerin sağlanmasında, Ayhan Aşkın, Erol Esen, Nazmi Mumcu, Sedat Oktas, Emine İyigün (DSİ III. Bölge Müdürlüğü), Sinan Palaz, Ali İhsan Aktan (Eskişehir Belediyesi), Cemal Yaman (Sümerbank), Sebahattin Sahan (MTA) destek sağlamışlardır. Jeoloji verilerinin sağlanmasında Fahrettin Cevher (Enerji Bakanlığı), Dr. Toros Özbek (Turizm Bakanlığı), Ali Kocak, Adem Ulusahin (MTA); geçmiş yıllara ait su analizlerinin sağlanmasında DSİ İçmesuyu ve Kanalizasyon Dairesi yardımcı olmuşlardır. Laboratuvar ve arazi çalışmalarında yapılan harcamaların bir bölümü Hacettepe Üniversitesi Araştırma Fonu'nun proje desteği ile karşılanmıştır.

Çalışmalarımın her aşamasında sürekli yardım, anlayış ve sabırla beni destekleyen eşim Gülderen ve oğlum Emre'ye sonsuz tesekkürlerimi sunarım.

Şubat 1991, ANKARA

Fikret Kacaroğlu

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	ii
SUMMARY.....	iv
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xx
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Konunun Tanıtımı.....	1
1.2. İnceleme Alanının Tanıtımı.....	5
1.2.1. İnceleme alanının yeri, coğrafi özellikleri, ulaşım.....	5
1.2.2. İklim ve bitki örtüsü.....	7
1.2.3. Sosyo-ekonomik durum.....	7
1.3. Önceki Çalışmalar.....	8
1.3.1. Jeoloji çalışmaları.....	9
1.3.2. Hidrojeoloji çalışmaları.....	11
1.3.3. Su kirliliği çalışmaları.....	13
1.4. Çalışma ve Değerlendirme Yöntemleri.....	16
1.4.1. Arazi çalışmaları.....	16
1.4.2. Laboratuvar çalışmaları.....	17
1.4.3. Büro çalışmaları.....	17
1.5. Eskişehir İçmesuyu ve Kanalizasyon Projeleri Hakkında Bilgiler.....	18
1.5.1. Eskişehir İçme Suyu Projesi.....	18
1.5.2. Eskişehir Kanalizasyon Projesi.....	19
2. JEOLOJİ.....	21
2.1. Stratigrafi.....	22
2.1.1. Jura öncesi (Triyas).....	22
2.1.1.a. Metamorfik kayalar	22
2.1.1.b. Ofiyolitik kayalar	24
2.1.1.c. Metadetritikler.....	25
2.1.2. Jura-Kretase.....	26
2.1.3. Eosen.....	27

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam diyor)

	<u>Sayfa</u>
2.1.4. Miyosen.....	28
2.1.5. Pliyosen.....	29
2.1.6. Kuvaterner.....	30
2.2. Tektonik.....	31
2.2.1. Faylar.....	31
2.2.1.a. Bindirme fayları.....	31
2.2.1.b. Normal faylar.....	32
2.2.1.c. Doğrultu atımlı faylar.....	33
2.2.2. Kıvrımlar.....	33
3. HIDROLOJİ.....	34
3.1. Yağış Verilerinin Değerlendirilmesi.....	34
3.2. Akım Verilerinin değerlendirilmesi.....	35
3.3. Su Bütçesi (Hidrolojik Bilanço) Hesaplamaları.....	38
3.4. Su Noktaları.....	43
3.4.1. Akarsular.....	43
3.4.2. Kaynaklar.....	43
3.4.3. Sığ kuyular.....	44
3.4.4. Sondaj kuyuları.....	44
3.4.5. Sıcaksu bölgesi	45
4. HIDROJEOLOJİ.....	49
4.1. Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri.....	49
4.1.1. Kuvaterner öncesi birimlerin hidrojeolojik özellikleri.....	50
4.1.2. Alüvyonların hidrojeolojik özellikleri.....	53
4.2. Yeraltısuyu Beslenimi ve Akarsu-Yeraltısuyu ilişkileri.....	55
4.3. Yeraltısuyu Düzeyi ve Değişimleri.....	56
4.4. Eskişehir Ovası Çevresindeki Kaynak Sularının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	56
5. SU KİRLİLİĞİ İNCELEMELERİ.....	62
5.1. Su Kirliliğinin Kaynakları.....	62
5.1.1. Akarsu kirliliğinin kaynakları.....	62
5.1.2. Yeraltısuyu kirliliğinin kaynakları.....	73
5.2. Örneklem Noktalarının Seçimi ve Özellikleri.....	74

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
5.2.1. Akarsu ve kanallardaki örnekleme noktaları.....	75
5.2.2. Yeraltısuyu örnekleme noktaları.....	75
5.2.3. Atıksu örnekleme noktaları.....	77
5.3. İncelenen Parametrelerin Seçimi.....	79
5.4. Örnekleme, Ölçüm ve Analiz Yöntemleri.....	82
5.4.1. Örnekleme.....	82
5.4.2. Ölçüm ve analiz yöntemleri.....	84
5.6. Gözlem Programı.....	86
6. SU KİRLİLİĞİ İNCELEME SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE YORUMU.....	89
6.1. Örnekleme Noktalarına Ait Veriler.....	89
6.1.1. Atıksulara ait veriler.....	89
6.1.2. Akarsu ve kanallara ait veriler.....	90
6.1.3. Yeraltısularına ait veriler.....	90
6.2. Atıksu Özellikleri ve Değerlendirilmesi	91
6.3. Akarsu ve Kanal Sularının Özellikleri ve Değer- lendirilmesi.....	102
6.3.1. Akarsu ve kanallar boyunca gözlenen değişimler... ..	111
6.3.2. Mevsimsel değişimler.....	127
6.4. Ovardaki Yeraltısuyunun Özellikleri ve Değerlen- dirilmesi.....	137
6.4.1. Alansal değişimler.....	144
6.4.2. Mevsimsel değişimler.....	191
6.5. Sıcaksu Bölgesindeki Yeraltısuyunun Özellikleri ve Değerlendirilmesi.....	194
6.5.1. Alansal değişimler.....	201
6.5.2. Mevsimsel değişimler.....	211
6.6. Akarsu Kirliliği-Yeraltısuyu kirliliği ilişkileri	217
6.7. Gözlem Verilerinin Standartlarla Karşılaştırılması ve Suların Sınıflandırılması.....	226
6.7.1. Atıksuların standartlarla karşılaştırılması.....	226
6.7.2. Akarsu ve kanal sularının standartlarla karşılaştırılması ve sınıflandırılması.....	227
6.7.3. Ovardaki yeraltısuyunun standartlarla karşılaştırılması ve sınıflandırılması.....	233
6.7.4. Sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyunun standartlarla karşılaştırılması ve sınıflandırılması.....	244
6.8. Kirlilik Bilançosu.....	246

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devam ediyor)

Sayfa

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	254
7.1. Sonuçlar.....	254
7.2. Öneriler.....	258

EK AÇIKLAMALAR

A. Kaynak ve Kuyularla İlgili Bilgiler.....	260
B. Eskişehir Ovasında Yeraltısuyu Kullanımına İlişkin Bilgiler.....	273
C. Kaynak Sularının Kimyasal Analiz Sonuçları.....	275
D. İncelenen Parametrelerin Kaynakları, Su Kalitesi ve Kirliliği Açısından Önemi.....	277
DEĞİNİLEN BELGELER.....	332

EKLER

1. Eskişehir Ovası ve Çevresinin Jeoloji Haritası
2. Eskişehir Ovası Hidrojeoloji Haritası
3. Eskişehir Ovası Kuyu ve Örneklem Noktaları Haritası
4. Eskişehir Ovası Su Kimyası Haritası

SEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. İnceleme alanı bulduru haritası.....	6
2.1. Eskişehir civarının genelleştirilmiş stratigrafik istifi (Gözler ve diğ.'den, 1985).....	23
3.1. Eskişehir ovası hidroloji haritası.....	36
3.2. Eskişehir şehir merkezi sıcaksu bölgesi (Ölmez ve Yücel'den, 1985, değiştirilerek).....	47
4.1. Litolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri...	51
4.2. Eskişehir ovası yeraltısuyu düzeyi haritası.....	58
4.3. Kaynak sularının sınıflanması (Wilcox Diyagramı)	59
4.4. Kaynak sularının sınıflanması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı).....	60
4.5. Kaynak sularının sınıflanması (Piper Diyagramı)	61
5.1. Porsuk çayını kirleten kuruluşlar.....	64
5.2. Kütahya Azot Fabrikası atıksuyu ve Porsuk çayı örnekleme noktaları (Ağacık'tan, 1974).....	69
5.3. Kütahya Azot Fabrikası atıksu kanalları ve Porsuk çayındaki sulama suyu örnekleme noktaları (Kacar ve diğ.'den, 1982).....	69
6.1. Atıksularda EC-TCK ilişkisi.....	99
6.2. Atıksularda EC-(Na, Cl, SO ₄) ilişkileri.....	99
6.3. Atıksularda Na-Cl ilişkisi.....	99
6.4. Atıksularda Det.-B ilişkisi.....	100
6.5. Atıksularda Det.-(O-PO ₄) ilişkisi.....	100
6.6. Atıksularda (O-PO ₄)-B ilişkisi.....	100
6.7. Atıksularda Org. M.-(NH ₃ +NO ₂) ilişkisi.....	101
6.8. Atıksularda Org. M.-(NH ₃ , NO ₂ , O-PO ₄) ilişkileri..	101
6.9. Atıksularda Org. M.-(NH ₃ +NO ₂ +O-PO ₄) ilişkisi.....	101
6.10. Porsuk çayında EC-TCK ilişkisi.....	108
6.11. Porsuk çayında AK-Bul. ilişkisi.....	108
6.12. Porsuk çayında EC-T. Sr. ilişkisi.....	108
6.13. Porsuk çayında EC-(Cl, Na) ilişkisi.....	109
6.14. Porsuk çayında Det.-(B, O-PO ₄) ilişkileri.....	109
6.15. Porsuk çayında EC-(Det., B) ilişkileri.....	109
6.16. Porsuk çayında Na-Cl ilişkisi.....	110
6.17. Porsuk çayında Çöz. O.-Org. M. ilişkisi.....	110
6.18. Porsuk çayında Fe-Mn ilişkisi.....	110
6.19. Porsuk çayı boyunca T ve pH değişimi (ortalama değerler).....	119

SEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.20. Forsuk çayı boyunca EC ve TCK değişimi (ortalama değerler).....	119
6.21. Forsuk çayı boyunca AK ve Bul. değişimi (ortalama değerler).....	119
6.22. Forsuk çayı boyunca Na, Cl, SO ₄ , T. Sr. değişimi (ortalama değerler).....	120
6.23. Forsuk çayı boyunca NH ₃ , NO ₂ , O-PO ₄ değişimi (ortalama değerler).....	120
6.24. Forsuk çayı boyunca NO ₃ , Cöz. O., Org. M. değişimi (ortalama değerler).....	120
6.25. Forsuk çayı boyunca O-PO ₄ , B değişimi (ortalama değerler).....	121
6.26. Forsuk çayı boyunca Fe, Cr ⁺⁶ , Mn değişimi (ortalama değerler).....	121
6.27. Forsuk çayı boyunca T, pH değişimi (Kasım 1987)	121
6.28. Forsuk çayı boyunca EC, TCK değişimi (Kasım 1987).....	122
6.29. Forsuk çayı boyunca AK, Bul. değişimi (Kasım 1987).....	122
6.30. Forsuk çayı boyunca Na, Cl, SO ₄ , T. Sr. değişimi (Kasım 1987).....	122
6.31. Forsuk çayı boyunca NH ₃ , NO ₂ , O-PO ₄ , değişimi (Kasım 1987).....	123
6.32. Forsuk çayı boyunca NO ₃ , Cöz. O., Org. M. değişimi (Kasım 1987).....	123
6.33. Forsuk çayı boyunca O-PO ₄ , B değişimi (Kasım 1987).....	123
6.34. Forsuk çayı boyunca Fe, Ni, Mn değişimi (Kasım 1987).....	124
6.35. Forsuk çayı boyunca Cr ⁺⁶ , Zn, Cd değişimi (Kasım 1988).....	124
6.36. Forsuk çayı boyunca T, pH değişimi (Nisan/Mayıs 1988).....	124
6.37. Forsuk çayı boyunca EC, TCK değişimi (Nisan/Mayıs 1988).....	125
6.38. Forsuk çayı boyunca AK, Bul. değişimi (Nisan/Mayıs 1988).....	125
6.39. Forsuk çayı boyunca Na, Cl, SO ₄ , T. Sr. değişimi (Nisan/Mayıs 1988).....	125
6.40. Forsuk çayı boyunca NH ₃ , NO ₂ , O-PO ₄ değişimi (Nisan/Mayıs 1988).....	126
6.41. Forsuk çayı boyunca NO ₃ , Cöz. O., Org. M. değişimi (Nisan/Mayıs 1988).....	126

SEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.42. Porsuk çayı boyunca Fe, Cr ⁺⁶ , Zn, Cd, Mn değişimi (Nisan/Mayıs 1988).....	126
6.43 Porsuk çayı-Esenkara AĞI akımının mevsimsel değişimi	131
6.44 Porsuk çayı-Karacasehir (A-3) örnekleme noktasında T ve pH'in mevsimsel değişimi	131
6.45 Porsuk çayı-Karacasehir (A-3) örnekleme noktasında EC ve TCK'nin mevsimsel değişimi	131
6.46 Porsuk çayı-Karacasehir (A-3) örnekleme noktasında AK ve Bul.'un mevsimsel değişimi	132
6.47 Porsuk çayı-Karacasehir (A-3) örnekleme noktasında NH ₃ , NO ₂ ve O-PO ₄ mevsimsel değişimi	132
6.48 Porsuk çayı-Karacasehir (A-3) örnekleme noktasında NO ₃ , Çöz. O ve Org. M.'nin mevsimsel değişimi ...	132
6.49 Porsuk çayı-Eskisehir AĞI akımının mevsimsel değişimi	133
6.50 Porsuk çayı-Lokomatif Fab. (A-5) örnekleme noktasında T ve pH'in mevsimsel değişimi	133
6.51 Porsuk çayı-Lokomatif Fab. (A-5) örnekleme noktasında EC ve TCK'nin mevsimsel değişimi	133
6.52 Porsuk çayı-Lokomatif Fab. (A-5) örnekleme noktasında AK ve Bul.'un mevsimsel değişimi	134
6.53 Porsuk çayı-Lokomatif Fab. (A-5) örnekleme noktasında NH ₃ , NO ₂ ve O-PO ₄ 'ün mevsimsel değişimi	134
6.54 Porsuk çayı-Lokomatif Fab. (A-5) örnekleme noktasında NO ₃ , Çöz. O. ve Org. M.'nin mevsimsel değişimi	134
6.55 Porsuk çayı-Karacahöyük (A-8) örnekleme noktasında akımın mevsimsel değişimi	135
6.56 Porsuk çayı-Karacahöyük (A-8) örnekleme noktasında T ve pH'in mevsimsel değişimi	135
6.57 Porsuk çayı-Karacahöyük (A-8) örnekleme noktasında EC ve TCK'nin mevsimsel değişimi	135
6.58 Porsuk çayı-Karacahöyük (A-8) örnekleme noktasında AK ve Bul.'un mevsimsel değişimi	136
6.59 Porsuk çayı-Karacahöyük (A-8) örnekleme noktasında NH ₃ , NO ₂ ve O-PO ₄ 'ün mevsimsel değişimi	136
6.60 Porsuk çayı-Karacahöyük (A-8) örnekleme noktasında NO ₃ , Çöz. O. ve Org. M.'nin mevsimsel değişimi ..	136
6.61. Eskisehir ovası yeraltısuyunda TCK-EC ilişkisi...	140
6.62. Eskisehir ovası yeraltısuyunda AK-Bul. ilişkisi.	140
6.63. Eskisehir ovası yeraltısuyunda EC-Na ilişkisi....	140
6.64. Eskisehir ovası yeraltısuyunda EC-Cl ilişkisi....	141
6.65. Eskisehir ovası yeraltısuyunda EC-T. Sr. ilişkisi	141

SEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.66. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Na-Cl ilişkisi....	141
6.67. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Cl-NO ₃ ilişkisi...	142
6.68. Eskişehir ovası yeraltısuyunda EC-NO ₃ ilişkisi...	142
6.69. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Na-B ilişkisi.....	142
6.70. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Det.-B ilişkisi...	143
6.71. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Det.-(O-PO ₄) ilişkisi.....	143
6.72. Eskişehir ovası yeraltısuyunda (O-PO ₄)-B ilişkisi.....	143
6.73. Eskişehir ovası yeraltısuyunda T dağılımı (ortalama değerler).....	156
6.74. Eskişehir ovası yeraltısuyunda EC dağılımı (ortalama değerler).....	156
6.75. Eskişehir ovası yeraltısuyunda TCK dağılımı (ortalama değerler).....	156
6.76. Eskişehir ovası yeraltısuyunda T. Sr. dağılımı (ortalama değerler).....	157
6.77. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Ca dağılımı (ortalama değerler).....	157
6.78. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Mg dağılımı (ortalama değerler).....	157
6.79. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Na dağılımı (ortalama değerler).....	158
6.80. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Cl dağılımı (ortalama değerler).....	158
6.81. Eskişehir ovası yeraltısuyunda SO ₄ dağılımı (ortalama değerler).....	158
6.82. Eskişehir ovası yeraltısuyunda NH ₃ dağılımı (ortalama değerler).....	159
6.83. Eskişehir ovası yeraltısuyunda NO ₂ dağılımı (ortalama değerler).....	159
6.84. Eskişehir ovası yeraltısuyunda NO ₃ dağılımı (ortalama değerler).....	159
6.85. Eskişehir ovası yeraltısuyunda O-PO ₄ dağılımı (ortalama değerler).....	160
6.86. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Det. dağılımı (ortalama değerler).....	160
6.87. Eskişehir ovası yeraltısuyunda B dağılımı (ortalama değerler).....	160
6.88. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Çöz. O. dağılımı (ortalama değerler).....	161
6.89. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Org. M. dağılımı (ortalama değerler).....	161

SEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.90. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Fe dağılımı (ortalama değerler).....	162
6.91. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Mn dağılımı (ortalama değerler).....	162
6.92. Eskişehir ovası yeraltısuyunda T dağılımı (Kasım 1987).....	163
6.93. Eskişehir ovası yeraltısuyunda EC dağılımı (Kasım 1987).....	163
6.94. Eskişehir ovası yeraltısuyunda TCK dağılımı (Kasım 1987).....	163
6.95. Eskişehir ovası yeraltısuyunda T. Sr. dağılımı (Kasım 1987).....	164
6.96. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Ca dağılımı (Kasım 1987).....	164
6.97. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Mg dağılımı (Kasım 1987).....	164
6.98. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Na dağılımı (Kasım 1987).....	165
6.99. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Cl dağılımı (Kasım 1987).....	165
6.100. Eskişehir ovası yeraltısuyunda SO ₄ dağılımı (Kasım 1987).....	165
6.101. Eskişehir ovası yeraltısuyunda NH ₃ dağılımı (Kasım 1987).....	166
6.102. Eskişehir ovası yeraltısuyunda NO ₂ dağılımı (Kasım 1987).....	166
6.103. Eskişehir ovası yeraltısuyunda NO ₃ dağılımı (Kasım 1987).....	166
6.104. Eskişehir ovası yeraltısuyunda O-PO ₄ dağılımı (Kasım 1987).....	167
6.105. Eskişehir ovası yeraltısuyunda B dağılımı (Kasım 1987).....	167
6.106. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Çöz. O. dağılımı (Kasım 1987).....	167
6.107. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Org. M. dağılımı (Kasım 1987).....	168
6.108. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Fe dağılımı (Kasım 1987).....	168
6.109. Eskişehir ovası yeraltısuyunda T dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	169
6.110. Eskişehir ovası yeraltısuyunda EC dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	169
6.111. Eskişehir ovası yeraltısuyunda TCK dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	169

SEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.112. Eskişehir ovası yeraltısuyunda T. Sr. dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	170
6.113. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Ca dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	170
6.114. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Mg dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	170
6.115. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Na dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	171
6.116. Eskişehir ovası yeraltısuyunda SO ₄ dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	171
6.117. Eskişehir ovası yeraltısuyunda NH ₃ dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	172
6.118. Eskişehir ovası yeraltısuyunda NO ₂ dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	172
6.119. Eskişehir ovası yeraltısuyunda NO ₃ dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	172
6.120. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Det. dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	173
6.121. Eskişehir ovası yeraltısuyunda O-PO ₄ dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	173
6.122. Eskişehir ovası yeraltısuyunda B dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	173
6.123. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Çöz. O. dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	174
6.124. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Org. M. dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	174
6.125. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Fe dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	175
6.126. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Cr ⁺⁶ dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	175
6.127. Eskişehir ovası yeraltısuyunda Mn dağılımı (Nisan/Mayıs 1988).....	175
6.128. Hidrojeoloji kesitlerinde kullanılan işaretler	183
6.129. AA ⁷ hidrojeoloji kesiti boyunca yeraltısuyunda EC, Cl, T. Sr., B, NH ₃ , NO ₂ , NO ₃ , O-PO ₄ , Çöz. O., Org. M. değişimi (ortalama değerler)...	184
6.130. BB ⁷ hidrojeoloji kesiti boyunca yeraltısuyunda EC, Cl, T. Sr., B, NH ₃ , NO ₂ , NO ₃ , O-PO ₄ , Çöz. O., Org. M. değişimi (ortalama değerler)...	185
6.131. CC ⁷ hidrojeoloji kesiti boyunca yeraltısuyunda EC, Cl, T. Sr., B, NH ₃ , NO ₂ , NO ₃ , O-PO ₄ , Çöz. O., Org. M. değişimi (ortalama değerler)...	186
6.132. DD ⁷ hidrojeoloji kesiti boyunca yeraltısuyunda EC, Cl, T. Sr., B, NH ₃ , NO ₂ , NO ₃ , O-PO ₄ , Çöz. O., Org. M. değişimi (ortalama değerler)...	187

SEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.133. EE hidrojeoloji kesiti boyunca yeraltısuyunda EC, Cl, T. Sr., B, NH ₃ , NO ₂ , NO ₃ , O-PO ₄ , Cöz. O., Org. M. değişimi (ortalama değerler)...	188
6.134. FF hidrojeoloji kesiti boyunca yeraltısuyunda EC, Cl, T. Sr., B, NH ₃ , NO ₂ , NO ₃ , O-PO ₄ , Cöz. O., Org. M. değişimi (ortalama değerler)...	189
6.135. GG hidrojeoloji kesiti boyunca yeraltısuyunda EC, Cl, T. Sr., B, NH ₃ , NO ₂ , NO ₃ , O-PO ₄ , Cöz. O., Org. M. değişimi (ortalama değerler)...	190
6.136 B-14 kuyusunda T ve pH'in mevsimsel değişimi	195
6.137 B-14 kuyusunda EC ve TCK'nin mevsimsel değişimi	195
6.138 B-14 kuyusunda Na, Cl, SO ₄ ve T. Sr.'nin mevsimsel değişimi	195
6.139 B-14 kuyusunda NH ₃ , NO ₂ ve O-PO ₄ 'ün mevsimsel değişimi	196
6.140 B-14 kuyusunda Cöz. O. ve Org. M.'nin mevsimsel değişimi	196
6.141 B-14 kuyusunda NO ₃ 'ün mevsimsel değişimi	196
6.142 B-24 kuyusunda T ve pH'in mevsimsel değişimi	197
6.143 B-24 kuyusunda EC ve TCK'nin mevsimsel değişimi	197
6.144 B-24 kuyusunda Na, Cl, SO ₄ ve T. Sr.'nin mevsimsel değişimi	197
6.145 B-24 kuyusunda NH ₃ , NO ₂ ve O-PO ₄ 'ün mevsimsel değişimi	198
6.146 B-24 kuyusunda Cöz. O. ve Org. M.'nin mevsimsel değişimi	198
6.147 B-24 kuyusunda NO ₃ 'ün mevsimsel değişimi	198
6.148 B-37 kuyusunda T ve pH'in mevsimsel değişimi	199
6.149 B-37 kuyusunda EC ve TCK'nin mevsimsel değişimi	199
6.150 B-37 kuyusunda Na, Cl, SO ₄ ve T. Sr.'nin mevsimsel değişimi	199
6.151 B-37 kuyusunda NH ₃ , NO ₂ ve O-PO ₄ 'ün mevsimsel değişimi	200
6.152 B-37 kuyusunda Cöz. O. ve Org. M.'nin mevsimsel değişimi	200
6.153 B-37 kuyusunda NO ₃ 'ün mevsimsel değişimi	200
6.154. Sıcaksu bölgesinde yeraltısuyu sıcaklığı dağılımı	206
6.155. Sıcaksu bölgesi yeraltısuyunda EC, TCK, Na, Ca, Mg dağılımı (ortalama değerler).....	207
6.156. Sıcaksu bölgesi yeraltısuyunda HCO ₃ , Cl, SO ₄ , NH ₃ , NO ₂ , NO ₃ dağılımı (ortalama değerler).....	208
6.157. Sıcaksu bölgesi yeraltısuyunda O-PO ₄ , B, Cöz. O., Org. M., Fe, dağılımı (ortalama değerler).....	209

SEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.158. Sıcaksu bölgesi su kimyası haritası.....	210
6.159 B-4 kuyusunda T ve pH'nin mevsimsel değişimi	213
6.160 B-4 kuyusunda EC ve TCK'nin mevsimsel değişimi	213
6.161 B-4 kuyusunda Na, Cl, SO ₄ ve T. Sr.'nin mevsimsel değişimi	213
6.162 B-4 kuyusunda NH ₃ , NO ₂ ve O-PO ₄ 'ün mevsimsel değişimi.....	214
6.163 B-4 kuyusunda Çöz. O. ve Org. M.'nin mevsimsel değişimi	214
6.164 B-4 kuyusunda NO ₃ 'ün mevsimsel değişimi.....	214
6.165 B-7 kuyusunda T ve pH'nin mevsimsel değişimi	215
6.166 B-7 kuyusunda EC ve TCK'nin mevsimsel değişimi	215
6.167 B-7 kuyusunda Na, Cl, SO ₄ ve T. Sr.'nin mevsimsel değişimi	215
6.168 B-7 kuyusunda NH ₃ , NO ₂ ve O-PO ₄ 'ün mevsimsel değişimi	216
6.169 B-7 kuyusunda Çöz. O. ve Org. M.'nin mevsimsel değişimi	216
6.170 B-7 kuyusunda NO ₃ 'ün mevsimsel değişimi	216
6.171 Porsuk çayı A-5 örnekleme noktası ve LF-3 kuyusunda NO ₂ 'nin mevsimsel değişimi	220
6.172 Porsuk çayı A-5 örnekleme noktası ve LF-3 kuyusunda NO ₂ ilişkisi	220
6.173 Porsuk çayı A-5 örnekleme noktası ve LF-3 kuyusunda NO ₃ 'ün mevsimsel değişimi	220
6.174 Porsuk çayı A-5 örnekleme noktası ve LF-3 kuyusunda NO ₃ ilişkisi	221
6.175 Çarşıiçi kanalı A-10 örnekleme noktası ve B-10 kuyusunda NH ₃ 'ün mevsimsel değişimi	221
6.176 Çarşıiçi kanalı A-10 örnekleme noktası ve B-10 kuyusunda NH ₃ ilişkisi	221
6.177 Çarşıiçi kanalı A-10 örnekleme noktası ve B-10 kuyusunda NO ₂ 'nin mevsimsel değişimi	222
6.178 Çarşıiçi kanalı A-10 örnekleme noktası ve B-10 kuyusunda NO ₂ ilişkisi	222
6.179 Çarşıiçi kanalı A-10 örnekleme noktası ve B-10 kuyusunda NO ₃ 'ün mevsimsel değişimi	222
6.180 Çarşıiçi kanalı A-10 örnekleme noktası ve B-10 kuyusunda NO ₃ ilişkisi	223
6.181 Porsuk çayı A-7 örnekleme noktası ve B-34 kuyusunda NH ₃ 'ün mevsimsel değişimi	223
6.182 Porsuk çayı A-7 örnekleme noktası ve B-34 kuyusunda NH ₃ ilişkisi	223

SEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.183 Porsuk çayı A-7 örnekleme noktası ve B-34 kuyusunda NO ₂ 'nin mevsimsel değişimi	224
6.184 Porsuk çayı A-7 örnekleme noktası ve B-34 kuyusunda NO ₂ ilişkisi	224
6.185 Sağ kanal A-13 örnekleme noktası ve B-37 kuyusunda NO ₂ 'nin mevsimsel değişimi	224
6.186 Sağ kanal A-13 örnekleme noktası ve B-37 kuyusunda NO ₂ ilişkisi	225
6.187 Sağ kanal A-13 örnekleme noktası ve B-37 kuyusunda NO ₃ 'ün mevsimsel değişimi	225
6.188 Sağ kanal A-13 örnekleme noktası ve B-37 kuyusunda NO ₃ ilişkisi	225
6.189. Akarsu ve kanal sularının üçgen diyagramda sınıflanması.....	231
6.190. Akarsu ve kanal sularının sulama suyu sınıflaması (Wilcox Diyagramı).....	232
6.191. Akarsu ve kanal sularının sulama suyu sınıflanması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı)...	232
6.192. Yeraltısularının üçgen diyagramda sınıflanması	242
6.193. Yeraltısularının sulama suyu sınıflaması (Wilcox Diyagramı).....	243
6.194. Yeraltısularının sulama suyu sınıflaması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı).....	243
6.195. Sıcaksu bölgesi yeraltısularının üçgen diyagramda sınıflanması.....	247
6.196. Sıcaksu bölgesi yeraltısularının sulama suyu sınıflaması (Wilcox Diyagramı).....	248
6.197. Sıcaksu bölgesi yeraltısularının sulama suyu sınıflaması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı)	248

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Eskişehir il merkezindeki endüstri kuruluşlarını sektörlere göre dağılımı (Yuvam'dan, 1988).....	9
3.1. İnceleme alanı ve dolayında yer alan meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler.....	34
3.2. Akım gözlem istasyonları ve akım ölçüm noktalarına ait bilgiler.....	37
3.3. Akım gözlem istasyonları ve akım ölçüm noktalarının ortalama akımları.....	38
3.4. Potansiyel buharlaşma-terleme hesabında kullanılan meteorolojik veriler (1983-1988).....	39
3.5. Eskişehir meteoroloji istasyonu su bilançosu hesaplamaları (1983-1988).....	39
3.6. Eskişehir ovası su bilançosu değerleri.....	41
3.7. Eskişehir ovası yeraltısuyu bilançosu.....	42
4.1. Alüvyon akiferin hidrolik parametreleri.....	54
5.1. Porsuk çayında kirliliğe neden olan kaynaklar....	63
5.2. Evsel atıksuların özellikleri (Soyupak'dan, 1983 ve Bond ve Straub'dan, 1974; birleştirilerek)....	65
5.3. Bazı endüstriyel atıksularda bulunan önemli kirlilik unsuru madde ve özellikler (Soyupak'dan, 1983).....	67
5.4. Kütahya Azot Fabrikası atıksuyu ve Porsuk çayı suyu analiz sonuçları (1972-1974 dönemi ortalama değerleri) (Ağacık'tan, 1974).....	70
5.5. Kütahya Azote Fabrikası atıksuyu ve Porsuk çayı suyu analiz sonuçları (Kacar ve diğ.'den, 1982)	71
5.6. Kütahya'daki fabrika ve kuruluşların atıksularının analiz sonuçları (1978-1979 ortalamaları) (DSİ'den, 1980).....	72
5.7. Eskişehir'deki fabrika ve kuruluşların atıksularının analiz sonuçları (1978-1979 ortalamaları) (DSİ'den, 1980).....	72
5.8. Eskişehir ovasında tarımda kullanılan gübre tipleri ve miktarları (DSİ'den, 1980).....	73
5.9. Akarsu ve kanallardaki örnekleme noktalarına ilişkin bilgiler.....	76
5.10. Yeraltısuyu örnekleme yapılan kuyuların listesi	78
5.11. Atıksu örnekleme noktalarına ait bilgiler.....	79
5.12. Su örnekleri üzerinde incelenen parametreler.....	81
5.13. Su örneği miktarları ve koruyucu önlemler.....	86
6.1a. Porsuk çayına boşalan atıksuların kimyasal analiz sonuçları (AS-1, AS-2, AS-3 nolu noktalar).....	92
6.1b. Porsuk çayına boşalan atıksuların kimyasal analiz sonuçları (AS-4, AS-5, AS-6 nolu noktalar).....	93

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.1c. Porsuk çayına boşalan atıksuların kimyasal analiz sonuçları (AS-7, AS-8, AS-9 nolu noktalar).....	94
6.2. Atıksularda parametreler arası korelasyon katsayıları.....	98
6.3. Akarsu ve kanal örnekleme noktaları su analizlerinin iki yıllık ortalamaları.....	103
6.4. Porsuk çayında incelenen parametrelerin minimum maksimum, ortalama değerleri.....	104
6.5. Sağ kanalda incelenen parametrelerin minimum maksimum, ortalama değerleri.....	105
6.6. Sol kanalda incelenen parametrelerin minimum maksimum, ortalama değerleri.....	106
6.7. Porsuk çayı suyunda parametreler arası korelasyon katsayıları.....	107
6.8. Porsuk çayı örnekleme noktalarında incelenen parametrelerin ortalama değerleri.....	112
6.9. Eskişehir ovasındaki AGI'da 1986, 1987, 1988 su yıllarının akımları	128
6.10. Eskişehir ovası yeraltısuyunda incelenen parametrelerin minimum, maksimum, ortalama değerleri.....	138
6.11. Eskişehir ovası yeraltısuyunda parametreler arası korelasyon katsayıları.....	139
6.12. Eskişehir ovası yeraltısuyunda incelenen parametrelerin ortalama değerleri.....	145
6.13. Sıcaksu bölgesi yeraltısuyunda incelenen parametrelerin minimum, maksimum, ortalama değerleri.....	202
6.14. Sıcaksu bölgesi yeraltısuyunda parametreler arası korelasyon katsayıları.....	203
6.15. Sıcaksu bölgesi yeraltısuyunda incelenen parametrelerin ortalama değerleri.....	204
6.16. Eskişehir'deki endüstriyel kuruluşların atıksularında endüstriyel atıksu deşarj standartlarındaki sınırları aşan parametreler....	227
6.17. Kıtacı su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Çevre Müsteşarlığı'ndan, 1988).....	229
6.18. Akarsu ve kanal sularının kalite kriterlerine göre sınıflanması.....	230
6.19. Eskişehir Belediyesi kuyu sularının kalite kriterlerine göre sınıflanması.....	237
6.20. Resmi ve özel kuruluş ve kişi kuyu sularının kalite kriterlerine göre sınıflanması.....	238
6.21. Türk İçmesuyu Standartları (TSE'den, 1986).....	239
6.22. Eskişehir Belediyesi kuyu sularında içmesuyu standartlarındaki sınırları aşan parametreler....	240

CİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.23. Resmi ve özel kuruluş ve kişi kuyu sularında içmesuyu standartlarındaki sınırları aşan parametreler.....	241
6.24. Sıcaksu bölgesi kuyu sularının kalite kriterlerine kriterlerine göre sınıflanması.....	245
6.25. Sıcaksu bölgesi kuyu sularında içmesuyu standartlarındaki sınırları aşan parametreler.....	245
6.26. Eskişehirdeki endüstri kuruluşlarının atıslarının debileri ve AK, N, P, Cl derişimleri.....	250
6.27. Eskişehirdeki endüstri kuruluşlarının Porsuk çayına boşalttıkları yıllık kirlilik yükleri.....	251
6.28. Eskişehir ovası giriş ve çıkışında akarsu ve kanallarda Temmuz 1986-Ağustos 1988 dönemi ortalama akımları ve AK, N, O, Cl derişimleri.....	252
6.29. Eskişehir ovası akarsu kirliliği bilançosu.....	253
6.30. Porsuk çayı kirlilik bilançosu.....	253
A.1. Kaynaklarla ilgili bilgiler.....	260
A.2. Keson kuyulara ait bilgiler.....	262
A.3. Eskişehir Belediyesi sondaj kuyularına ait bilgiler.....	263
A.4. Resmi kuruluşların sondaj kuyularına ait bilgiler	265
A.5. Özel kişi ve kuruluşların sondaj kuyularına ait bilgiler.....	267
A.6. Eskişehir Belediyesi sondaj kuyularının hidrolik parametreleri.....	268
A.7. Resmi kuruluş sondaj kuyularının hidrolik parametreleri.....	269
A.8. Özel kişi ve kuruluş sondaj kuyularının hidrolik parametreleri.....	270
A.9. Eskişehir ovası yeraltısuyu düzeyi ölçümleri.....	271
B.1. Resmi kuruluşların yeraltısuyu kullanım miktarları	273
B.2. Özel kişi ve kuruluşların yeraltısuyu kullanım miktarları.....	274
B.3. Sıcaksu bölgesinde yeraltısuyu kullanım miktarları	274
C.1. Kaynak sularının kimyasal analiz sonuçları.....	275

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış olan simge ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda iki ayrı çizelgede verilmiştir. Birinci çizelgede genelde metin içinde kullanılmış olanlar görülmektedir. İkinci çizelgede ise hem metin içinde kullanılmış olan, hem de Eskişehir ovasındaki akarsu, kanal, sondaj kuyusu ve keson kuyulardan alınan su örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarının verildiği çizelgelerde yer alan parametrelere ait simge ve kısaltmalar birimleri ile birlikte sunulmuştur.

TEZ METNİ İÇİNDE KULLANILAN SİMGE VE KISALTMALAR

Simge/kısaltma	Acıklama
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AO	Aritmetik ortalama yöntemi
AGI	Akım gözlem istasyonu
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ	Devlet Su İşleri
EİE	Elektrik İşleri Etüd İdaresi
EYE	Eşyağış eğrileri yöntemi
F.S.	Fransız sertliği
$\mu\text{S/cm}$	Mikrosimens/santimetre
NBB	Nefelometrik bulanıklık birimi
Ort.	Ortalama
TP	Thiessen poligon yöntemi
Ver. Sa.	Veri (ölçüm) sayısı
YAS	Yeraltısuyu
YGI	Yağış gözlem istasyonu

TEZ METNİNDE VE SU ANALİZİ ÇİZELGELERİNDE KULLANILAN SİMGE
VE KISALTMALAR

Parametre	Simge/ kısaltma	Birimi
Sıcaklık	T	C
pH	pH	
Elektriksel iletkenlik	EC	fS/cm
Bulanıklık	Bul.	NBB
Toplam katılar	TKM	mg/l
Toplam çözülmüş katılar	TCK	mg/l
Askıdaki katılar	AK	mg/l
Sodyum	Na	mg/l
Potasyum	K	mg/l
Kalsiyum	Ca	mg/l
Magnezyum	Mg	mg/l
Karbonat	CO ₃	mg/l
Bikarbonat	HCO ₃	mg/l
Klorür	Cl	mg/l
Sülfat	SO ₄	mg/l
Toplam sertlik	T. Sr.	F.S.
Deterjan	Det.	mg/l
Bor	B	mg/l
Amonyak	NH ₃	mg/l
Nitrit	NO ₂	mg/l
Nitrat	NO ₃	mg/l
Orto-fosfat	O-PO ₄	mg/l
Çözülmüş oksijen	Çöz. O.	mg/l
Organik madde (Permanganat değeri)	Org. M.	mg/l O ₂
Demir	Fe	mg/l
Bakır	Cu	mg/l
Krom (6)	Cr ⁺⁶	mg/l
Kurşun	Pb	mg/l
Çinko	Zn	mg/l
Nikel	Ni	mg/l
Kadmiyum	Cd	mg/l
Mangan	Mn	mg/l

1. GİRİŞ

1.1. Konunun Tanıtımı

Son yıllarda hızlı nüfus artışı, endüstri ve tarımın gelişmesi ve hızlı şehirleşmenin sonucu olarak ortaya çıkan çevre kirlenmesi sorunlarından biri yeraltısuyu kirliliğidir. Yeraltısuyu kirlenmesi, suyun fiziksel kimyasal ve biyolojik özelliklerinin onun çeşitli alanlardaki (içme, kullanma, endüstri tarım, vs.) kullanımını sınırlayıcı veya tamamen önleyici şekilde değişmesidir.

Akarsu ve göllerdeki su kalitesinin bozulması problemi uzun yıllardan beri bilinmektedir. Bu probleme çözüm olarak, genellikle kirleticilerin bu yüzey suyu ortamlarına verilmesini kontrol edici ve önleyici önlemlerin alınması ve etkin biçimde uygulanması düşünülmüştür. Bu önlemlerin uygulanmasıyla yeryüzünün bazı bölgelerindeki yüzey sularının kalitesinde önemli iyileşmeler olduğu görülmüştür (Freeze and Cherry, 1979).

Endüstrileşmiş ülkeler son yıllarda yaptıkları su kalitesi ve korunması ile ilgili araştırmalarda, yalnızca yüzey suları üzerinde durmamışlar, fakat yeraltısularının kalite ve kirlenme problemini de yoğun bir şekilde incelemeye başlamışlardır. Bu ülkelerde son yıllarda yapılan yeraltısuyu araştırmalarında dikkatler, yeraltısularından yararlanmadan çok kalite, kirlenme, kirliliğe karşı koruma ve kirlenmiş yeraltısularının kalitesinin düzeltilmesi üzerine çevrilmiş durumdadır (Freeze and Cherry, 1979).

Yüzey sularına oranla yeraltısuyu kirliliğinin üstesinden gelmek daha zordur. Yeraltının heterojen yapısı, kirlenmiş yeraltısuyu zonlarının saptanmasını oldukça güçleştirir. Kirlenmenin rahatlıkla saptanabilir hale

gelmesi oldukça uzun zaman almaktadır. Yeraltısuyu kirlenmeleri genellikle, sözkonusu akiferden beslenen kuyu veya kaynakların kirlenmeden etkilenmeleri sonucu saptanmıştır. Kirlenme akiferin tümünde veya bir bölümünde giderilmesi güç zararlara yol açabilmektedir

Yeraltısularının korunmasında bilim adamları ve mühendislerin karşılaştıkları başlıca problemler, kirleticilerin yeraltısuyu sistemine karışabilecekleri alanların, karışma mekanizmalarının saptanması ve yeraltısuyu sistemi içinde taşınma mekanizmaları ve uzaklığı konusunda güvenilir tahminlerin geliştirilmesidir. Bu bilgiler var olan veya önerilmiş olan endüstri, tarım veya şehirleşme çalışmalarının yeraltısuyu kalitesi üzerindeki etkilerini minimuma indirmede temel bilgi olarak gereklidir (Freeze and Cherry, 1979).

Ülkemizde yüzey ve yeraltısuyu kirlenmesi sorunu, bazı bölgelerde önemli boyutlara ulaşmıştır. Endüstriyel ve evsel atıkların arıtılmadan yüzey ve yeraltısularına boşaltılması, tarımsal gübre ve ilaçlarla kirlenmiş suların yüzey ve yeraltısularına karışması, katı atıkların çoğunlukla düzensiz ve denetimsiz bir şekilde ve uygun olmayan yörelerde depolanması, kıyı ovalarında aşırı yeraltısuyu kullanımı bazı bölgelerimizde yüzey ve yeraltısuyu kirlenmesine neden olmuştur.

Su kirlenmesinin önlenmesi ve giderilmesi konusunda, ülkemizde bu güne kadar yapılan çalışmalar gerekli etkinliği gösterememiştir. Su kirlenmesi sorunu ile ilgili tek bir sorumlu kuruluşun bulunmaması, kuruluşlar arasındaki iletişim ve eşgüdüm eksikliği birçok araştırmanın gereksiz yere tekrarlanmasına neden olmuştur. Buna karşın bazı sorunlu bölgelerde su kirliliğini konu alan hiçbir araştırma yapılmamıştır. Ülkemizdeki kullanılabilir su miktarı kısıtlıdır. Bu

nedenle, yüzey ve yeraltısularının korunması ve en yararlı şekilde kullanımının sağlanması, üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Bu ise ancak yüzey ve yeraltısularının kalitesinin yakından izlenmesi ve sağlıklı değerlendirmelere varılabilmesi için uzun süreli ve güvenilir verilerin toplanması ile gerçekleştirilebilir. Daha önce çeşitli projeler ve araştırma amacıyla yapılmış su kalitesi ile ilgili çalışmalar, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) içmesuyu ve Kanalizasyon Dairesinin kurulmasından sonra 1979 yılından itibaren programlı olarak yürütülmeye başlanmıştır. Yürütülen su kirliliği araştırmalarının yer seçiminde çeşitli etkenler göz önüne alınmıştır. Çeşitli yörelerden gelen şikayetler, konu ile ilgili denetleyici ve yatırımcı kuruluşların gözlemleri, kentleşme ve endüstrileşmenin yoğunluğu, su kaynağının mevcut veya gelecekteki içme, kullanma ve endüstri suyu kaynağı olması araştırmaların yer seçiminde belirleyici etkenler arasındadır (DSİ, 1984). Yurdumuzda bugüne kadar DSİ, diğer devlet kuruluşları ve üniversiteler tarafından yürütülmüş olan su kirliliği araştırmalarının büyük bir bölümünde yüzey suları (akarsu, göl, baraj v.b.) incelenmiş, yeraltısularının kirliliğini konu alan araştırmalara çok az yer verilmiştir.

Eskişehir, yurdumuzdaki hızla büyüyen ve endüstrileşen kentlerden biridir. Hızlı büyüme ve endüstrileşmeye bağlı olarak yörede su kullanımı hızla artmış, su gereksinimini karşılamak amacıyla 1940'lı yıllardan itibaren ovadaki alüvyon akiferde kuyular açılmaya başlanılmıştır. Eskişehir'de şehrin, endüstri kuruluşlarının ve diğer kuruluşların (askeri birlikler, üniversite v.b.) su gereksinimi ovada açılmış olan kuyulardan karşılanmaktadır.

Kütahya'nın evsel atıkları ile Eskişehir'in evsel atıklarının bir bölümü ve bu iki şehirdeki endüstri kuruluşlarının atık suları, herhangi bir arıtma işlemi

yapılmaksızın, Kütahya'nın güneybatısından doğan ve Kütahya ve Eskişehirden geçtikten sonra Sakarya nehrine birleşen Porsuk çayına boşaltılmaktadır. Eskişehir'de bütün şehri kapsayan bir kanalizasyon sistemi yoktur. Evsel atıkların bir bölümü Porsuk çayı ve sulama kanallarına yakın kesimlerde doğrudan akarsuya ve kanallara boşaltılmakta, geriye kalan bölümü ise fosseptiklerde toplanmaktadır. Eskişehir ovasının büyük bir bölümünde sulu tarım yapılmakta ve yapay gübreler oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Öte yandan, şehrin su gereksiniminin karşılandığı kuyular ile endüstri kuruluşları ve diğer kuruluşlara ait kuyuların büyük çoğunluğu yerleşim alanı içinde bulunmaktadır.

Porsuk çayının kirliliği 1970 yılından itibaren çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Ovadaki yeraltısuyu kirliliğini detaylı olarak tüm ova kapsamında ele alan bir çalışma ise bugüne kadar yapılmamıştır. Genel amaçlı hidrojeolojik etüd çalışmalarında yeraltısuyu kimyası ve kalitesi genel olarak ele alınmış olup kirlilik üzerinde pek fazla durulmamıştır. Eskişehir ovasındaki yeraltısuyu, endüstriyel atıkların Porsuk çayına boşaltılması, evsel atıkların bir bölümünün Porsuk çayı ve sulama kanallarına boşaltılması, şehirde kanalizasyon sistemi bulunmaması ve dolayısıyla evsel atıkların büyük bölümünün fosseptiklerde toplanması ve tarımsal çalışmalar gibi nedenlerle kirlenmektedir.

Bu çalışmada, Eskişehir ovasındaki yeraltısuyu kirliliğinin düzeyi, alansal yayılımı, kimyasal özellikleri ve mevsimsel değişiminin; kirletici kaynaklarla yeraltısuyu kirliliği ilişkilerinin; ovanın hidrojeolojik özelliklerinin kirlilik dağılımına etkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

Tez çalışması ile amaçlanan hedeflere ulaşabilmek için bir dizi çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar; Eskişehir

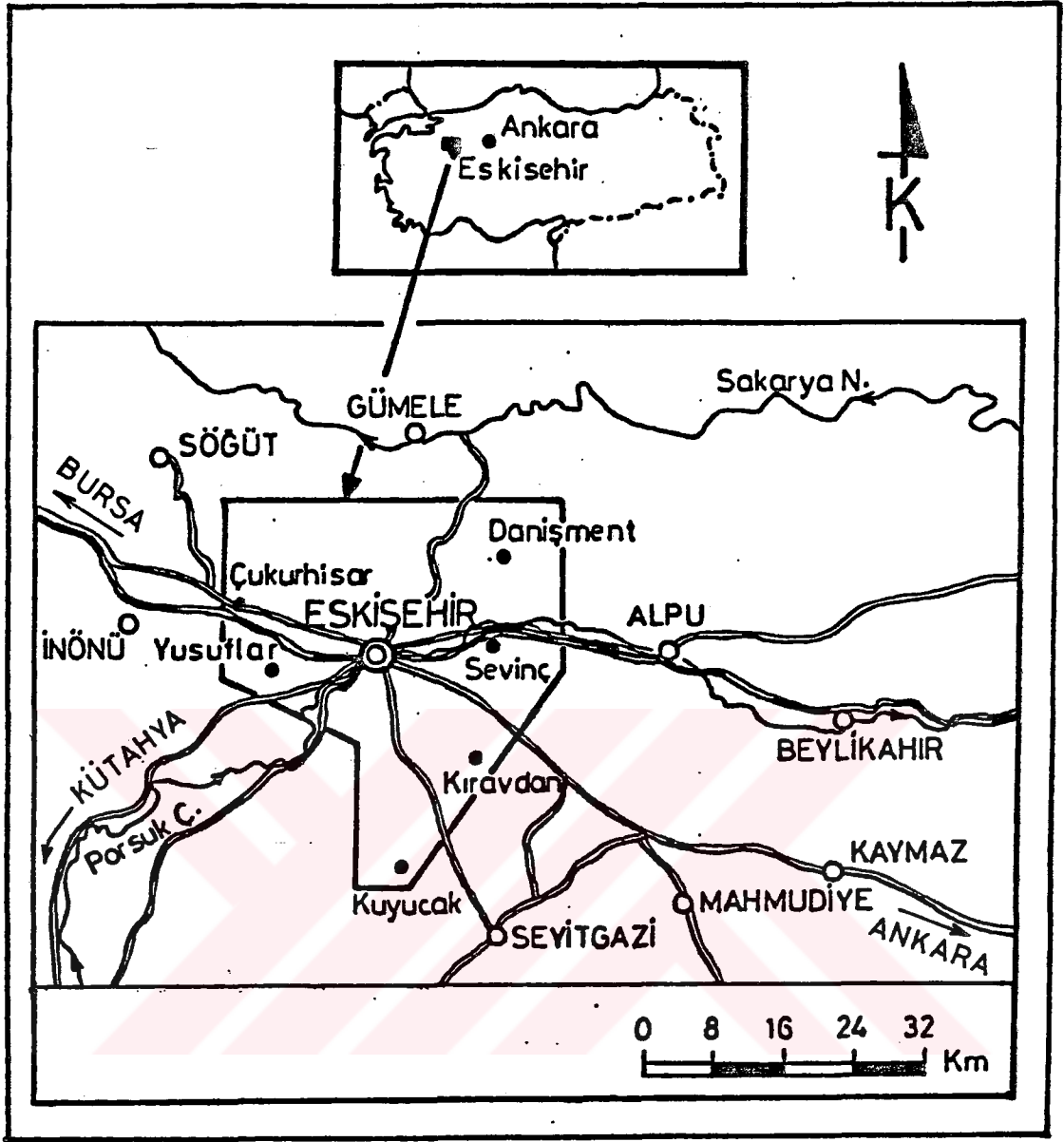
ovası ve çevresinin genel jeolojik ve hidrolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin incelenmesi; Porsuk çayının Eskişehir ovası içindeki kesimi ile sulama kanallarındaki kirliliğin incelenmesi; yeraltısuyu kirliliğinin incelenmesi; kirletici kaynakların atık sularının incelenmesini kapsamaktadır.

1.2. İnceleme Alanının Tanıtımı

1.2.1. İnceleme alanının yeri, coğrafik özellikleri, ulaşım

Eskişehir ovası, Orta Anadolu bölgesinin kuzeybatı kesiminde $39^{\circ}31''-39^{\circ}56''$ kuzey enlemleri ile $30^{\circ}17''-30^{\circ}45''$ doğu boylamları arasında bulunmaktadır (Şekil 1.1.). Drenaj alanı 774 km^2 , ova alanı (eski ve yeni alüvyon) 300 km^2 dir. Ova doğu-batı yönünde uzanır. Kuzeyi oldukça engebeli (Sündiken dağları), güneyi ise nispeten daha az engebeli topografyaya sahip tepelerle çevrilmiştir. Ovayı çevreleyen önemli yükseltiler; kuzeyde Tilkilik T (1371 m), İstihkamlar T (1274 m), Yağmurbaba T (1367 m), Boz T (1423 m), Taşlıcabası T (1287 m), Türkmen T (1523 m); güneyde Büyükdüllüce T (1008 m), Taşyatak T (972 m), Avdan T (981 m), İkiz T (1181 m), Tekke T (1302 m), Tahtalıbaba T (1340 m), Düzçalı T (1084 m); doğuda Ardıslı T (1041 m), Yıldız T (1108 m), Akpınar T (1004 m) dir. Eskişehir ovasının doğusunda Alpu ovası, batısında ise İnönü ovası yer alır.

Eskişehir ulaşım yönünden karayolu ve demiryollarının kesişim noktasındadır. Ankara-Bursa, Ankara-Kütahya, Afyonkarahisar-Kütahya, Afyonkarahisar-Bursa karayolu hatları ile Ankara-İzmir, Ankara İstanbul, İstanbul-Afyonkarahisar demiryolu hatları Eskişehir'den geçmektedir. Eskişehir'den ova çevresindeki yerleşim alanlarına ulaşım, çoğunluğu asfaltlanmış düzgün yollar aracılığı ile kolaylıkla sağlanabilmektedir.



Şekil 1.1 İnceleme alanı bulduru haritası

1.2.2. İklim ve bitki örtüsü

Eskişehir ovası ve çevresinde iç Anadolu karasal iklimi hüküm sürer. Yazları sıcak ve kurak, kışları sert, uzun ve yağışlıdır. Eskişehir meteoroloji istasyonunun 58 yıllık yağış, 60 yıllık sıcaklık, 27 yıllık buharlaşma ölçümleri vardır. Bu verilere göre yıllık ortalama yağış 381.6 mm, sıcaklık 10.9°C, buharlaşma 1117.8 mm dir.

Ovanın büyük bir kısmında sulu tarım yapılmaktadır. Porsuk çayı boyunca söğüt ve kavak, kuzey ve güneydeki engebeli topografyaya sahip bölgelerin bazı kesimlerinde ise yer yer çalılık halindeki meşe ağaçlarından oluşan seyrek orman örtüsü yer alır.

1.2.3. Sosyo-ekonomik durum

İnceleme alanının en önemli yerleşim merkezi Eskişehir'dir. Eskişehir yüksek göç oranı ile nüfusu hızla artan kentlerimizden biridir. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) verilerine göre 1975-1980 yılları arasındaki göç oranı 7818 kişi ile binde 15.04 tür (DİE, 1985). İl merkezinin 1980 ve 1985 sayımlarına göre nüfusu 309431 ve 366735 dir (DİE, 1988). 1990 yılında nüfusun 438435 olacağı tahmin edilmiştir (Yuvam, 1988).

Tarım, ova ve civarının en önemli ekonomik aktivitesidir. Ova topraklarının yaklaşık % 50'si sulanabilmektedir. Yetiştirilen başlıca bitkiler şekerpancarı ve tahıldır. Hayvancılık, ova çevresindeki köylerde önemli bir geçim kaynağıdır.

Eskişehir bir endüstri merkezidir. İl merkezinde çok sayıda fabrika, imalathane ve atölye bulunmaktadır. Bunların sektörlere göre dökümü Çizelge 1.1.'de verilmiştir.

Cizelge 1.1. Eskişehir il merkezindeki endüstri kuruluşlarının sektörlere göre dağılımı (Yuvam'dan,1988).

Sektör Kodu	Sektör Adı	Kuruluş Sayısı	Personel Sayısı
111	Tarım ve hayvancılık endüstrisi	1	15
210	Kömür üretimi	1	4
290	Metalik olmayan madenler	7	798
311	Gıda endüstrisi	19	3930
312	"	8	1398
313	İçki endüstrisi	1	374
321	Tekstil endüstrisi	5	1852
322	Giyim esyası endüstrisi (ayakkabı)	12	2008
323	Deri-Deri benzeri maddeler ve kürk esya endüstrisi	1	22
331	Ağaç, mantar ürünleri ve ambalaj end.	5	487
332	Ağaç mobilya ve döşeme	6	376
341	Kağıt ve karton ürünleri	5	118
342	Basım, yayın ve bunlara bağlı endüst.	2	43
351	Kimyasal madde endüstrisi	5	1301
352	Diğer kimyasal ürünler endüstrisi	29	278
354	Çeşitli petrol ve kömür türevleri	1	13
355	Lastik ürünleri endüstrisi	2	925
356	Plastik maddeden başka yerde sınıflandırılmamış esya yapımı	10	2994
361	Porselen, çini, seramik ve diğer topraktan yapılmış ürünler endüstisi	1	9
362	Cam ve cam ürünleri endüstrisi	2	23
369	Taş ve toprağa dayalı diğer endüstri	25	3368
371	Demir ve çelik endüstrisi	20	568
372	Demir dışı metal endüstrisi	4	275
381	Metal esya endüstrisi	50	1605
382	Makina endüstrisi (elektrikli olanlar haric)	39	5624
383	Elektrikli makineler, alet ve malzemeleri	8	352
384	Ulaşım araçları endüstrisi	11	1199
385	Mesleki, bilimsel, sağlık amaçlı aletler	3	2879
390	Başka yerde sınıflandırılmamış imalat sanayi	3	23

1.3. Önceki Çalışmalar

Eskişehir civarı endüstriyel hammaddeler, maden yatakları ve sıcak su kaynakları açısından oldukça zengindir. Porsuk çayının kirliliği uzun yıllardan beri süregelen bir problem durumundadır. Çalışma alanı ve çevresi bu özellikleri nedeniyle bugüne kadar çok sayıda araştırmaya konu olmuştur. Bu araştırmalar, jeoloji, hidrojeoloji ve su kirliliği çalışmaları olarak ayrı başlıklar altında aşağıda sunulmuştur.

1.3.1. Jeoloji çalışmaları

Eskişehir civarı ile ilgili jeolojik araştırmaların başlangıcı 1940'lı yıllara uzanmaktadır. Yörede endüstriyel hammaddeler (kil, manyezit v.b.), krom aramaları, genel jeoloji ve jeofizik amaçlı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar tarih sırasına göre aşağıda özetlenmiştir.

Stchepinsky (1941) güneyde Eskişehir, kuzeyde Adapazarı-Düzce, doğuda Mudurnu-Nallıhan, batıda Inegöl-Iznik hatları arasında kalan bölgenin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamıştır.

Topkaya (1952) Eskişehir Çimento Fabrikası hammadde gereksinimi için Eskişehir civarındaki dört bölgedeki hammadde kaynaklarının jeolojik durumunu araştırmış, alınan kireçtaşı ve kil örneklerinin analizini yaptırmıştır.

Akol (1954) Eskişehir civarında bulunan altı adet bakır cevherleşmesinin jeolojik özelliklerini incelemiştir. Araştırmacı bakır yataklarının kalksist, andezit, granofir, serpantin, radyolarit, mermer ve kuvarsit gibi kayalara bağlı olarak oluştuğunu belirtmiştir.

Kupfahl (1954) 1/100.000 ölçekli 55/2; 55/4 (Eskişehir); 56/1, 56/3 (Sivrihisar) paftalarının jeolojik haritasını hazırlamıştır.

Petrascheck (1963) Eskişehir civarındaki lületası yataklarını incelemiştir. Araştırmacı lületasının yumrular halinde ve manyezit içeren serpantin masiflerinin kenarındaki Tersiyer yaşlı kumlu-killi breşlerin içine yataklanmış durumda olduğunu belirtmektedir.

Akıncı (1967) Eskişehir'in batısındaki i24-c1 paftasının

kapladığı alanının jeoloji haritasını hazırlamış ve bu alandaki tabakalı lületaşı oluşumlarının jeolojisini ve özelliklerini incelemiştir.

Bilgin (1972) Eskişehir civarındaki tuğla ve kiremit hammaddesi olan killi toprak yataklarının prospeksiyonunu yapmıştır. Araştırmacı bu çalışmada litoloji tipleri, yataklanma durumu, rezerv ve çalışan ocakların durumunu incelemiş, bölgedeki hammaddenin tuğla ve kiremit yapımına uygun olduğu sonucuna varmıştır.

Inceoğlu (1975) Eskişehir güneyinde Seyitgazi çevresindeki Anadolu Per-Mer şirketine ait mermer sahalarının 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamış, mermerleri kalite ve rezerv yönünden incelemiştir.

Nebert (1975) Eskişehir'in kuzeyindeki Mihalgazi-Dağküllü köyleri yöresinin jeoloji haritasını hazırlamış ve kromit yataklarını incelemiştir. Araştırmacı kromit yataklarının ofiyolitik melanj zonunda peridotitlerde yer aldığını ve KKB-GBD yönünde bir hat boyunca dizildiklerini saptamıştır.

Ayaroğlu (1979) Eskişehir ovasının kuzeybatısında Bozüyük-Söğüt yöresindeki Paleozoyik yaşlı Bozüyük metamorfizmasının petrokimyasal özelliklerini incelemiştir. Araştırmacı sözkonusu formasyonu oluşturan kayac birimlerinden ortognays, yeşilsist ve glokofanlı sistlerin orto, mikasistlerin ise para kökenli olduğunu belirtmektedir.

Yılmaz (1979) Söğüt-Bilecik bölgesindeki metamorfik kayaların metamorfizmasını incelemiştir. Araştırmacı bölgedeki metamorfik kayaların karmaşık bir metamorfizma evrimi geçirdiğini ve bunun sonucu olarak farklı ortamlarda üç ayrı metamorfizmadan etkilendiklerini

belirtmiştir. İndeks mineraller yardımıyla dört metamorfizma zonu saptanmıştır.

Şentürk ve Karaköse (1981) Orta Sakarya bölgesinde Liyas öncesi ofiyolitlerin ve mavisistlerin oluşumu ve yerleşmesi üzerinde durmuşlardır. Araştırmacılar bölgede ofiyolit yerleşmesinin ve mavisistlerin oluşumunun Jura öncesi olduğunu kabul etmek gerektiği sonucuna varmışlardır. Bu ofiyolitlerin kaynağı olarak düşünülen okyanuslaşmanın ise Üst Permian-Triyas sırasında olduğunu belirtmektedirler.

Yılmaz (1981) Sakarya kıtası güney kenarının tektonik evrimini incelemiştir. Araştırmacıya göre bölgede Paleozoyikten beri var olan granit ve metabazik kayalar ile Kretase'de yerleşmiş olan ofiyolitler ve Paleosen ve daha genç yaşta örtü birimleri yer alır. Granit ve örtü birimleri, ofiyolit ve metabazitin üzerine itilmişler, arada oldukça geniş kataklastik ezik bir zon gelişmiştir.

Gözler ve diğ. (1984, 1985) Eskişehir ovası ve civarını kapsayan çalışmalarında alanın genel jeolojik özelliklerini ve tektonik yapısını incelemişler, 1/25.000 ve 1/100.000 ölçekli haritalarını hazırlamışlardır. Araştırmacılar göre bölgedeki istifte en altta Jura öncesi oluşmuş metamorfik-ofiyolit-metadetritik tektonik birliği yer alır. Jura ve Kretase yaşlı kayalar konglomera, kireçtaşı ve granitten oluşur. Bu birimler üzerinde Eosen-Miyosen-Pliyosen çökel ve volkanik kayalar yer alır. En genç birim Pleyistosen yaşlı eski ve yeni alüvyondur.

1.3.2. Hidrojeoloji çalışmaları

Eskişehir ovasının hidrojeolojisi çeşitli tarihlerde yapılan çalışmalarda farklı yönleri ile ele alınmıştır.

Şehir merkezinde bulunan sıcak su kaynakları da çeşitli araştırmalara konu olmuştur. Genel hidrojeoloji ve sıcak su konulu çalışmalar bu alt bölümde verilmiştir.

Topkaya ve Erentöz (1950) Eskişehir'de 1950 yılı 5/6 Mart gecesi meydana gelen su baskınına neden olan jeolojik ve jeomorfolojik faktörleri ele almışlar, önleyici çareler üzerinde durmuşlardır. Önleyici çare olarak Farsuk çayı yatağının şehir içindeki kısmının derinleştirilmesi, sulama kanallarından yararlanılması önerilmiştir.

Kıraner (1958) Eskişehir şehir merkezindeki sıcak su kaynaklarını incelemiştir. Araştırmacı sıcak suların alüvyon altındaki bir fay hattı boyunca yüzeye çıktığını, alüvyondaki soğuk su ile karıştığını, çapı 200-323 m olan bir alanda toplanmış olduğunu, bu alanın merkezinden çevreye doğru su sıcaklığının azaldığını belirtmektedir.

Özyazıcı (1962) ovadaki alüvyon kalınlığının, sıcak ve soğuk su horizonlarının, sıcak su çıkış yerlerinin ve fayların saptanması amacıyla rezistivite ve termik etüdü yapmıştır. Araştırmacı alüvyon içinde iki su tabakası bulunduğunu, şehir dışındaki alanda sıcak su bulunmadığını, sıcak suların çıkış bölgesine doğru uzanan bir fayın var olabileceği sonucuna varmıştır.

Bulutcu (1971) Eskişehir'in 7 km doğusundaki Eskişehir i25-d2 paftasının jeoloji haritasını hazırlamış ve jeotermal enerji olanaklarını incelemiştir. Araştırmacı bölgede yer alan birimlerden Paleozoyik yaşlı mermerlerin ve kırıklı çatlaklı sistlerin Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarının, Neojen yaşlı kireçtaşı ve konglomera seviyelerinin rezervuar kayacı olabilecek niteliklere sahip olduklarını belirtmektedir.

DSİ (1975) tarafından Eskişehir ovasının genel hidrojeolojik etüdü yapılmıştır. Bu çalışmada ovadaki

akiferlerin özellikleri, su noktaları (akarsu, kaynak, kuyular), yeraltısuyu bilançosu ve su kalitesi incelenmiştir.

Özbek (1976) Eskişehir ovasının batı kesiminin jeolojik ve hidrojeolojik etüdünü yapmıştır. Araştırmacı incelediği alanın jeoloji haritasını hazırlamış, hidrojeolojik özelliklerini ve sıcak su kaynaklarını incelemiştir.

1.3.3. Su kirliliği çalışmaları

Eskişehir ve çevresindeki su kirliliğini konu alan araştırmaların hemen hemen tamamı Porsuk çayının kirliliği üzerinde yapılmış olan çalışmalardan oluşur. Ovadaki yeraltısuyu kirliliğini ayrıntılı olarak ele alan bir çalışma bugüne kadar yapılmamıştır. Hidrojeolojik etüd çalışmalarında yeraltısuyu kimyası ve kalitesi genel olarak ele alınmış olup kirlenmeyi belirten analizlere pek yer verilmemiştir.

Öngel ve Ağacık (1970) Eskişehir'deki Şeker, Sümerbank Tekstil, Vagon ve Lokomotif fabrikaları atık sularındaki kirliliği ve Porsuk çayının Eskişehir'e giriş ve çıkış noktalarındaki kirliliği incelemişlerdir. Araştırmacılar bu inceleme sonucu, Porsuk çayının Eskişehir'den geçerken kirlendiği, ana kirletici kaynağın Şeker Fabrikası atık suları olduğu sonucuna varmışlardır.

Ağacık (1971) Sümerbank Tekstil Fabrikası atık sularının kirliliğini ve kimyasal kontrolünü ele almıştır. Araştırmacı hiçbir arıtma işlemi yapılmadan Porsuk çayına boşaltılan fabrika atık sularının akarsudaki kirliliğe önemli oranda katkıda bulunduğunu belirtmiş ve atık suların arıtılması için gerekli işlemler dizisini kısaca açıklamıştır.

Ağacık (1974) DSI tarafından Eskişehir'e su sağlamada kullanılması planlanmış olan Porsuk Barajının Kütahya Gübre Fabrikası atıklarıyla kirlenmesini incelemiştir. Araştırmacı sözkonusu atıklarla Porsuk çayına önemli miktarda nitrat (NO_3) verildiğini ve ileride kirliliğin daha da artarak barajın icmesuyu için kullanılamaz duruma gelebileceğini belirtmektedir.

Curi ve Tanyeri (1974) Porsuk çayının Eskişehir'den çıkışından sonraki 10 kilometrelik bölümünde yaptıkları ölçümleri kullanarak çözünmüş oksijen harcamasını tahmin için bir matematiksel model geliştirmişlerdir.

Türkman ve Dirik (1974) Eskişehir icmesuyu ile ilgili olarak ovadaki akarsular, yeraltısuları ve kaynak sularının kalitesini incelemiştir. İnceleme sonucu Porsuk çayının Kütahya Gübre Fabrikası çıkışından sonra nitrat, nitrit ve amonyak yönünden kirlendiği, ovadaki bazı kuyularda da oldukça yüksek nitrat, nitrit ve amonyak bulunduğu saptanmıştır.

DSİ (1975) tarafından ovanın genel hidrojeolojik etüdü sırasında yapılan analizlerde bazı kuyularda içme suyu standartlarındaki sınırların üzerinde nitrit (NO_2), nitrat (NO_3) ve amonyak (NH_3) saptandığına işaret edilmektedir. Aynı etüd sırasında Porsuk çayından alınan örneklerde de oldukça yüksek miktarda NO_2 , NO_3 , NH_3 saptanmıştır.

Özbek (1976) ovadaki bazı kuyularda Porsuk çayından kaynaklanan kirlenme görüldüğünü, ayrıca şehir merkezindeki sıcak su kaynaklarının kirlenme tehdidi altında bulunduğunu belirtmiştir.

Dirik (1977), 1974-1977 yılları arasında aylık periyodlarla alınan su örneklerinin analizi ile Porsuk çayının kirliliğini incelemiştir. Araştırmacı Porsuk

çayının evsel ve endüstriyel atıklarla önemli derecede kirlendiği ve doğal temizlemeye (self purification) rağmen akarsuyun Eskişehir çıkışından sonra organik olarak kirli kaldığı sonucuna varmıştır.

Enuysal (1978) Sümerbank Tekstil Fabrikası atık sularının kirliliğini incelemiştir. Yapılan analizler atık suların biyokimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin deşarj standartlarında izin verilen sınırların üzerinde olduğu ve atık suların Porsuk çayına boşaltılmadan önce arıtılması gerektiğini ortaya koymuştur.

Ilgaz ve Gönenc (1980), İnorganik azotun biyokimyasal reaksiyon ve boyuna türbülanslı dispersiyon etkisi ile seyrelme mekanizmasını tanımlayan bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Porsuk çayında yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlar, aynı veriler için matematiksel modelden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Devlet su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) İçmesuyu ve Kanalizasyon Dairesi, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı'nın mali ve teknik desteği ile 1978-1980 yılları arasında Porsuk çayının kirliliğini incelemiştir. Bu çalışmada, Porsuk çayında kirlenmenin Kütahya'dan geçerken başladığı, Kütahya-Eskişehir arasındaki Porsuk barajında dinlenen sudaki organik kirliliğin bir miktar azaldığı, Eskişehir'deki evsel ve endüstriyel atıkları aldıktan sonra tekrar ağır şekilde kirlendiği ortaya çıkmıştır (DSİ, 1980).

Giritlioğlu (1981) Eskişehir-Porsuk içmesuyu projesi ile ilgili olarak Porsuk çayının Porsuk barajı çıkışı ile Eskişehir girişindeki Karacasehir regülatörü arasındaki bölümünde 1975-1980 yılları arasında aylık olarak alınan örnekler üzerinde su kalitesi incelemeleri yapmıştır. İnceleme sonunda suyun Avrupa Ekonomik Konseyi sınıflamasına göre sınıflaması yapılmış ve arıtma

sisteminin secimi konusundaki öneri belirtilmiştir.

Eroğlu (1983) lineer ve dinamik programlama teknikleri kullanarak bir nehir havzasındaki yıllık arıtma maliyetini en düşük düzeyde tutacak olan optimum arıtma verimlerinin bulunması ile ilgili yeni çözüm yolları geliştirmiştir. Geliştirilen çözüm yolları, Porsuk çayı ve Sakarya nehri üzerinde saptanan gözlem istasyonlarında elde edilen verilere uygulanmıştır.

1.4. Çalışma ve Değerlendirme Yöntemleri

Eskişehir ovasındaki yeraltısuyu kirliliğinin incelenmesini konu alan bu araştırma ile ilgili çalışmalar, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları şeklinde yürütülmüştür.

1.4.1. Arazi çalışmaları

Araştırma ile ilgili arazi çalışmaları, Temmuz 1986- Ağustos 1988 tarihleri arasında dönemler halinde yürütülmüştür. Bu çalışmalara başlamadan önce çalışma alanı ile ilgili jeoloji, hidrojeoloji, su kirliliği çalışmaları ve verileri toplanarak incelenmiştir.

Arazi çalışmalarının başlangıcında Porsuk çayını ve ovadaki yeraltısuyunu kirleten kaynaklar, ve ovadaki kuyular belirlenmiş ve haritaya işaretlenmiştir. Bundan sonra Porsuk çayı, sulama kanalları ve kuyulardaki örnekleme noktaları seçilmiş ve bu noktalardaki sözkonusu işlemler periyodik (mevsimlik) olarak iki yıl sürdürülmüştür.

Ovada alüvyon akifer dışında kalan litolojik birimlerin jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerini öğrenmek amacı

ile 1987 yılı Eylül ayında bir arazi çalışması yapılmıştır. Bu çalışma sırasında ayrıca, sözkonusu birimlerde yer alan su kaynakları haritalanmış, verdir, sıcaklık, PH, elektriksel iletkenlik (EC) gibi özellikleri ölçülmüş ve su kimyası özelliklerini belirlemek amacıyla su örnekleri alınmıştır.

1.4.2. Laboratuvar çalışmaları

Kirletici kaynaklar göz önünde bulundurularak su kimyası ve kirlilikle ilgili olarak yapılacak ölçüm ve analizler belirlenmiştir. Porsuk çayı, sulama kanalları, kuyular ve atık su boşalmalarındaki örnekleme noktalarından alınan su örnekleri üzerinde yukarıda yapılan ölçüm ve analizlerin listesi ve kullanılan yöntemlerle ilgili Bölüm 5'te verilmiştir.

Ölçüm ve analizlerin bir kısmı (çok kısa sürede değişen parametreler) arazide su noktasından örnek alımı sırasında yapılmıştır. Örnek alındıktan sonra 1-2 gün gibi kısa süre içerisinde yapılması gereken analizler Eskişehir'de Anadolu Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Kimya Laboratuvarında yapılmıştır. Diğer analizler ise Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

1.4.3. Büro çalışmaları

Hidrolojik analizlerde kullanılan akım, yağış, sıcaklık, nisbi nem, rüzgar hızı ve buharlaşma değerleri Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMI) ve Elektrik İşleri Genel Müdürlüğü (EİE) kayıtlarından elde edilmiştir. Yağış verileri homojenleştirilmiş, eksik veriler tamamlanmış ve yıllık ortalama değerleri bulunmuştur. Akım gözlem

istasyonlarının ortalama akımları hesaplanmıştır. Ayrıca ova için hidrolojik bilanço hazırlanmıştır.

Hidrojeolojik analizlerde kullanılan kuyularla ilgili bilgiler, DSİ, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü ve Eskişehir Belediyesi Sular İdaresi kayıtlarından elde edilmiştir. Bu bilgiler ve arazi çalışmaları sırasında yapılan gözlem verileri kullanılarak inceleme alanının hidrojeolojisini aydınlatan analizler gerçekleştirilmiştir.

Hidrolojik ve hidrojeolojik bilgi ve veriler kullanılarak inceleme alanının 1/100.000 ölçekli hidroloji ve hidrojeoloji haritaları hazırlanmıştır.

Su kirliliği ve kalitesi ile ilgili ölçüm ve analizler değerlendirilerek, kirliliğin değişimini gösteren grafikler, alansal dağılımını gösteren haritalar hazırlanmıştır. Bu verilerin su standartları ile karşılaştırılması yapılmış ve sular kalite yönünden sınıflandırılmıştır. Ayrıca kirletici taşınımı bilançosu hazırlanmıştır.

1.5. Eskişehir İçme Suyu ve Kanalizasyon Projeleri Hakında Bilgiler

1.5.1. Eskişehir İçme Suyu Projesi

Önceden de sözedildiği gibi Eskişehir'de şehrin, endüstri kuruluşlarının ve diğer resmi ve özel kuruluşların su gereksinimi, ovada açılmış olan kuyular aracılığıyla yeraltısuyundan karşılanmaktadır. Öte yandan Porsuk çayı ve Eskişehir ovasındaki yeraltısuyu evsel atıklar, endüstriyel atıklar ve tarımsal çalışmalar ile kirlenmektedir.

Eskisehir, yurdumuzdaki hızla büyüyen ve endüstrileşen kentlerden biridir. Hızlı büyüme ve endüstrileşmeye bağlı olarak su gereksinimi hızla artmaktadır. Su gereksinimi uzun vadede karşılamak amacıyla İller Bankası tarafından Eskisehir İçme Suyu Projesi hazırlanmıştır. Proje, İçme Suyu Arıtma Tesisleri ve Dağıtım Şebekesi olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. İçme Suyu Arıtma Tesisleri Eskisehir'in güneybatı kesiminde Karacasehir mevkiinde kurulmaktadır. Proje, Porsuk çayından alınacak suyun fiziksel ve kimyasal işlemler sonucu arıtılması ve klorlanması esasına dayanmaktadır. İçme Suyu Arıtma Tesislerinin yapımı İller Bankası'nın kontrolünde bir yerli firma tarafından yürütülmektedir. Tesisler 480000 m³/gün kapasiteli olarak planlanmıştır. 320000 m³/gün kapasiteli birinci kademenin yapımı ve deneme çalışmalarının Mart 1990 ayı içerisinde bitirilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir.

İçme suyu ana dağıtım şebekesi ve depoların inşaatı İller Bankası kontrolünde bir başka firma tarafından yürütülmektedir. Arıtılan suyun depolanması ve şehre dağıtımında kullanılmak üzere toplam depolama kapasiteleri 100500 m³ olan 9 adet depo inşa edilmiştir. Ana dağıtım şebekesinin inşaatı devam etmektedir. Ana dağıtım şebekesi dışındaki dağıtım ağının kurulması ve ev bağlantılarının yapımı Eskisehir Belediyesi tarafından yüklenilmiştir. Belediye tarafından yapımı yüklenilen şebekenin inşaatı henüz başlatılmamıştır.

1.5.2. Eskisehir Kanalizasyon Projesi

Eskisehir Kanalizasyon Projesi, Toplayıcı Şebeke ve Arıtma Tesisleri olmak üzere iki bölüm halinde planlanmıştır. Ana toplayıcı kanalların inşaatı İller Bankası'nın kontrolünde özel bir inşaat firması tarafından yürütülmektedir. Ana toplayıcı kanalların inşaatının

tamamlanmasından sonra ikincil şebeke ve ev bağlantılarının yapımına geçilecektir. Eskişehir Kanalizasyon Arıtma Tesisleri'nin şehrin doğusunda Karacahöyük mevkiinde inşa edilmesi planlanmıştır. Kanalizasyon Arıtma Tesisleri "aktif çamur" sistemine göre çalışacak, çıkış suyu Porsuk çayına boşaltılacaktır. Tesislerin "avam projesi" İller Bankası tarafından hazırlanmaktadır. Proje hazırlıkları 1990 yılı sonuna kadar tamamlanacak, daha sonra tesislerin yapımı için ihale açılacaktır.



2. JEOLOJİ

Orta Sakarya Havzasının güney kesiminde yer alan inceleme alanı ve çevresindeki bölge, jeolojik evrimini Jura öncesi (Triyas?) ile Holosen arasında tamamlamıştır. Bu alanda metamorfik, ofiyolitik, metadetritik, volkanik ve sedimanter kayalardan oluşan bir istif yer alır. Metamorfik ve ofiyolitik kayaların oluşturduğu topluluk D-B gidişlidir. Eskişehir civarının bugünkü jeolojik yapısı, bölgede Triyas sonundan günümüze kadar gelişen jeolojik olaylar sonucu ortaya çıkmıştır. Bölgedeki K-G yönlü sıkışmalar sonucu Eskişehir ovasının kuzey ve güneyinde çoğunlukla D-B yönlü bindirme fayları ve normal faylar oluşmuştur. Normal fayların etkisi ile İnönü-Eskişehir-Alpu yönünde uzanan bölge bir çöküntü alanı (graben) özelliği kazanmıştır (Gözler ve diğ., 1985).

Eskişehir ve çevresi ile ilgili jeoloji çalışmaları 1940'lı yıllarda başlamıştır. Bu tarihten bugüne kadar yörede çeşitli amaçlarla jeoloji çalışmaları yapılmıştır. Eskişehir ovası ve çevresinin jeolojisini konu alan en son çalışma, MTA Genel Müdürlüğü tarafından, "Orta Sakarya Güneyi ile Uludağ Güneyinin Jeolojik Sorunları ve Kompilasyonu Projesi" adı altında yürütülmüştür (Gözler ve diğ., 1984, 1985). Araştırmacılar bu çalışmalarında Eskişehir ve civarının 1/25.000 ve 1/100.000 ölçekli jeoloji haritalarını hazırlamışlar ve bölgenin jeolojik evrimini açıklamaya çalışmışlardır. İnceleme alanının jeolojisi ile ilgili bilgilerin sunumunda Gözler ve diğ. (1984, 1985) nin sözkonusu çalışmaları esas alınmıştır. Sunum sırasında sık sık Gözler ve diğ. (1984, 1985) nin yayınlarına değinme yapmanın yaratacağı monoton anlatımdan kaçınmak amacıyla, gerekli olmadıkça Gözler ve diğ. (1984, 1985) ne değinme yapılmamıştır. Bu yazarların iki yayını dışındaki yayınlardan yararlanan kesimlerde değinmeler yapılmıştır.

2.1. Stratigrafi

İnceleme alanında yaşları Jura öncesi (Triyas) ile Holosen arasında değişen birimler bulunmaktadır (Şekil 2.1, Ek.1). En altta Jura öncesi oluşmuş metamorfik-ofiyolit-metadetritik tektonik birliği yer alır. Bunların üzerinde Jura, Kretase, Eosen, Miyosen ve Pliyosen yaşlı sedimanter ve volkanik kayalar yer alır. En genç birimler ise Pleyistosen yaşlı eski alüvyon (gevşek tutturulmuş kil, silt, kum ve çakıl) ile Holosen yaşlı yeni alüvyon (kil, silt, kum ve çakıl)'dur.

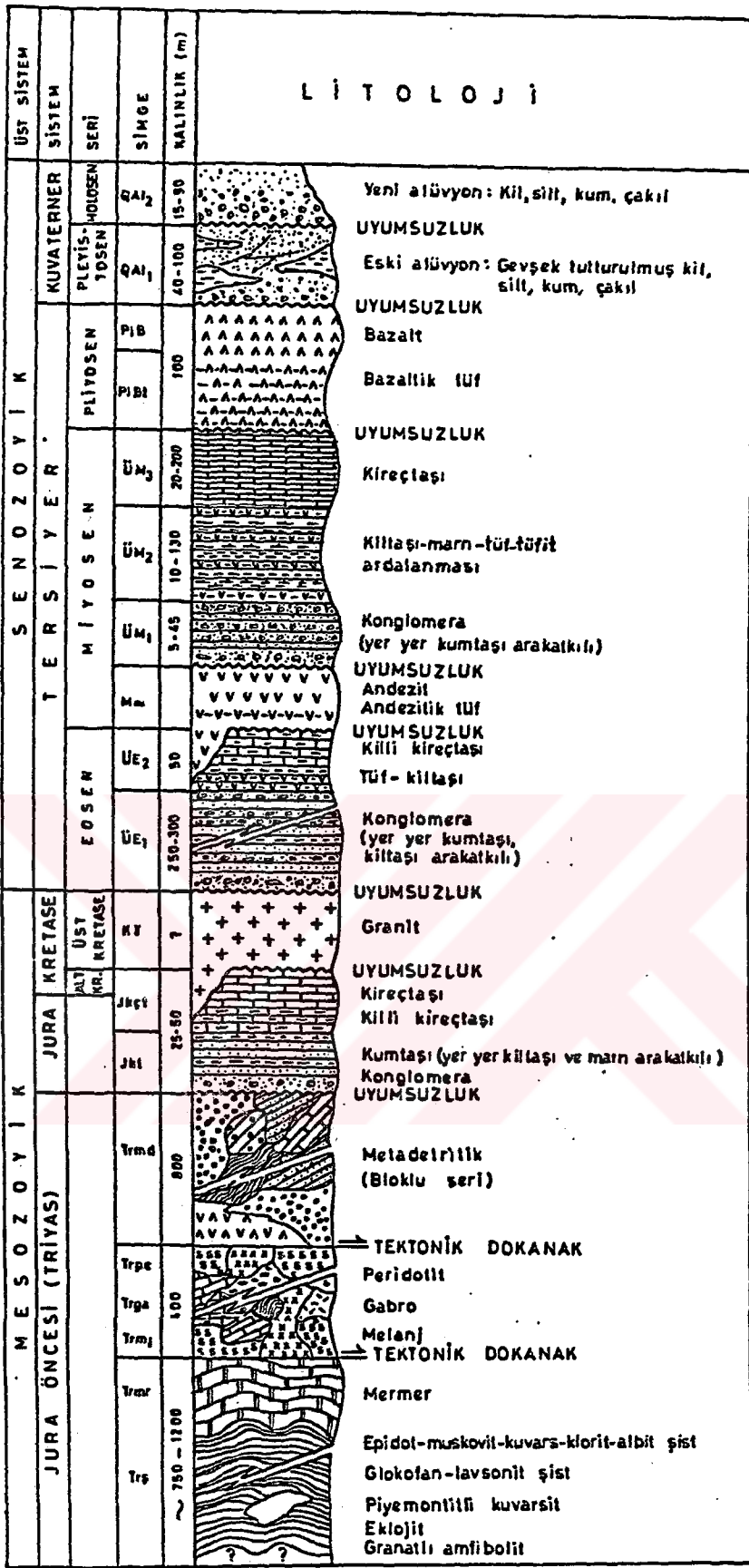
2.1.1. Jura öncesi (Triyas)

İnceleme alanında Jura öncesi dönemlerde oluşmuş ve birbiriyle tektonik dokanaklı olan kayaları metamorfik (Trs, Trmr), ofiyolitik (Trmj, Trga, Trpe) ve metadetritik (Trmd) kayalar oluşturur.

2.1.1.a. Metamorfik kayalar (Trs, Trmr)

Metamorfik kayalar Eskişehir ovasının kuzeyinde daha geniş alanlarda, güneyinde ise daha dar alanlarda yüzeylenirler. Kayalar genellikle yeşil, mavi, kirli sarı ve gri renklidirler. Bu kayalarda, özellikle tektonik hatlara yakın kısımlarda kıvrımların ve kırıkların yoğun olması nedeniyle tekrarlanmaların artmasından dolayı bir stratigrafik istif belirlenememektedir. Bu birimin kayalarını; granatlı amfibolit, eklojit, piyemontitli kuvarsit, glokofan-lavsonit sist, epidot-muskovit-kuvars-klorit-albit sist ve mermerler oluşturur. Bu kayalar, en iyi şekilde Muttalip köyü kuzeyi ve Hekimdağ köyü çevresinde görülmektedir. Bu birim, Söğüt metamorfikleri (Sentürk ve Karaköse, 1981) adı ile bilinen ve Bilecik ve Söğüt dolaylarında tanımlanmış olan

LİTOLOJİ



Şekil 2.1 Eskişehir civarının geliştirilmiş stratigrafik istifi (Gözler ve diğ.'den, 1985)

birimin doğuya doğru devamıdır. Birimin kayaçları, çok kıvrımlı ve kırıklı bir yapıya sahiptir. Bu kayaçlar için kesin bir kalınlık vermek zor olmakla birlikte, şistlerin yaklaşık 700-1000 m, mermerlerin 50-200 m arasında kalınlığa sahip oldukları söylenebilir. Metamorfik kayaçlar inceleme alanının hemen her yerinde ofiyolitik kayaçlarla tektonik dokanak halindedir. Bu tektonik ilişki kuzeyden güneye doğru ekaylı bir yapı şeklinde gelişmiştir.

Tektonik bir ilişki gösteren metamorfik, ofiyolit ve metadetritik birliğinden metadetritikler üzerine Jura-Alt Kretase yaşlı kayaçlar diskordan olarak gelmektedir. Bu nedenle metamorfiklerin yaşının Jura öncesi olduğu kabul edilmektedir (Gözler ve diğ., 1985; Sentürk ve Karaköse, 1981). İnceleme alanındaki metamorfik kayaçlar tortul ve magmatik olmak üzere iki ayrı kayac topluluğunun ürünleridir (Ayaroğlu, 1979). Yüksek basınç ve düşük sıcaklık etkisi altında metamorfizmaya uğramışlardır.

2.1.1.b. Ofiyolitik Kayaçlar (Trmj, Trga, Trpe)

Ofiyolitik kayaçlar inceleme alanının kuzey ve güneyinde yer alır. En iyi gözleendiği yer inceleme alanının kuzey-doğu kesimindeki Yarımca ve civarındadır. Ekaylı yapıya sahip ofiyolitik kayaçlar ofiyolitli melanj (Trmj), gabro (Trga) ve peridotit (Trpe)'den oluşur. Ofiyolitik kayaçların toplam kalınlığı 400 m kadardır.

Düzenli bir istiflenmeye sahip olmayan ofiyolitli melanj; genelde koyu yeşil, kahverengi, kırmızı renkli olup, radyolaritler, radyolaritli kireçtaşları, camurtaşları, serpantin, diyabaz, kireçtaşı, şist blokları ile yer yer serpantinleşmiş peridotit ve kısmen metamorfize olmuş diyabaz ve gabrolardan oluşur. Melanjı oluşturan kayaçlar, hamurdan yoksun bir şekilde, tektonik olarak, geliş güzel biraraya gelmişlerdir.

Radyolaritler ve camurtaşları çok kıvrımlı ve kırıklı bir yapıya sahiptir.

Peridotitler ve gabrolar Eskişehir ovasının kuzeyinde ve güneyinde büyük ve sivri tepeler oluştururlar. Melanj, peridotit ve gabro birbirleriyle, alttaki metamorfikler ve üstteki metadetritikler ile tektonik ilişkilidirler. Bu ilişki oldukça kalın ve yer yer bir kaç km izlenebilen limonitleşmiş, karbonatlaşmış, silisleşmiş listvenit zonları ile belirlenmektedir.

Gözler ve diğ. (1985), özellikle melanja ait kayalarda yaş saptamaya yarayacak fosile rastlanmadığı, ancak üzerine Jura yaşlı birimlerin transgresif olarak yeraldığını, bu nedenle ofiyolitlerin yerleşim yaşının Jura öncesi olduğunu belirtmişlerdir. Sentürk ve Karaköse (1981) de "Dağküplü karışığı" olarak adlandırdıkları bu birimin yerleşim yaşını Jura öncesi olarak vermektedirler.

Birbirleri ile tektonik ilişkili olan ofiyolitik kayalar iki ayrı ortamda oluşmuşlardır. Melanj jeosenklinal tipi bir ortamın ürünüdür. Gabro ve peridotitler ise okyanus kabuğu malzemelerinden oluşmuştur.

2.1.1.c. Metadetritikler (Trad)

Metadetritikler Eskişehir'in kuzeyinde Sulukaraağac ve Keskin köyleri civarında yüzeyleir. En iyi gözleendiği yer, harita alanı dışındaki Hekimdağ köyü kuzeyidir. Birimin kalınlığı 800m civarındadır. Metadetritikler metakumtaşı, metamikrokonglomera, metakiltası, radyolarit ve rekristalize kirectası bloklarından oluşur. Bu birime ait kayalar yer yer hafif şekilde metamorfizma geçirmişlerdir. Metamorfizma yeşil sist fasiyesindedir.

Metadetritikler, melanj üzerinde tektonik olarak yer almakta olup, birimin melanj ile olan sınırında listvenit zonu oluşmuştur. Birimin yaşı Jura öncesidir. Şentürk ve Karaköse'de (1981) "Dağköplü karışığı" içinde gösterdikleri bu birimin yaşını Jura öncesi olarak vermektedirler.

2.1.2. Jura-Kretase (Jkt, Jkct, K δ)

İnceleme alanında Jura-Kretase yaşlı kayalar doğuda Karacaören köyü, batıda Çukurhisar, kuzeyde Hekimdağ ve Gökdere köyleri civarında çok küçük alanlarda yüzeylemektedirler. Bu kayalar; konglomera ve yer yer kiltası ve marn arakatkılı kumtaşı (Jkt), killikirectası ve kirectası (Jkct) ve granitten (K δ) oluşurlar. Kumtaşı ve kirectalarının toplam kalınlığı Karacaören civarında 25-50 m dolayındadır.

Altınlı ve Saner (1971), kumtaşı ve kirectasını Orta Sakarya'da Bayırköy kumtaşı ve Bilecik kirectası olarak tanımlamıştır. Kumtaşları altta kahverengi, sarı renkli orta-kalın tabakalı ve sert özelliktedir. Kirectaları beyaz, gri renkli, ince dokulu, orta kalın tabakalı ve yer yer silis arakatkılı, biyosparitik, biyomikritik özelliktedir. Kumtaşları içinde yapraklı yapıda marnlı ve killi seviyeler yer alır. Birimler şiddetli kıvrılma ve kırılmalara maruz kalmışlardır.

Kumtaşı ve kirectalarından alınan örneklerde saptanan fosillere göre, birimlerin yaşı Jura-Alt Kretase olarak belirlenmiştir. Kumtaşları duraysız bir selfte, kirectaları ise sığ ve sakin bir ortamda oluşmuşlardır.

Jura-Kretase yaşlı bu kayalar, altta bulunan metamorfikler ve metadetritikler üzerinde diskordan olarak yer almaktadır. Kirectası Karacaören köyünde daha genç

bir granit (porfirigranit) tarafından kesilmiştir.

Granitler, doğuda Karacaören köyü doğusunda, kuzeyde Gökdere ve Kozkayı köylerinin kuzeyinde, güneyde Mamuca köyü güneyinde oldukça küçük alanlarda yüzeyleyir. İnceleme alanının değişik yerlerinde görülen granitler (K δ) farklı özelliklere sahiptirler. Karacaören köyü doğusundaki granitler porfirik dokuludur. Mamuca güneyindeki Karakaya tepede görülen granitler ofiyolitik kayaları kesen pegmatitik damarlar şeklindedir. Ayrıca, Eskişehir'in kuzeyinde Ahiler köyünde ofiyolitik kayaları kesen mikrogranit ve aplit damarları görülmüştür. Karacaören köyündeki granitler Jura-Kretase yaşlı kireçtaşlarını kesmektedir. Granitlerin yaşı Üst Kretase olarak verilmektedir (F. Cevher, 1990, sözlü görüşme).

2.1.3. Eosen (ÜE₁, ÜE₂)

Eosen yaşlı kayaları; yer yer kumtaşı ve kiltası arakatkılı konglomera (ÜE₁), tuf-kiltası, killi kireçtaşı (ÜE₂) oluşturur. Kumtaşı ve kiltası arakatkılı konglomeralar, Eskişehir güneyinde Meşelik mevki, Kütahya yolu, Karacşehir ve Mamuca köyü dolaylarında; tuf-kiltası, killi kireçtaşı Mamuca köyü batısında yüzeyleyir. Konglomeraların bileşenlerini; şist, mermer, serpantin, radyolarit çakılları oluşturur. Bu çakıllar demir oksitli, kırmızı şarap renkli killi bir çimento ile bağlanmışlardır. Konglomeralarda, tuf bağlayıcılı aglomeralara geçiş görülür. Konglomeralarda tabaka kalınlığı 50-200 cm arasında değişmekte olup, konglomeraların kalınlığı 250-300 m dolayındadır. Konglomeraların üstündeki kiltası seviyeleri sarımsı, alacalı renkte ve bol fosillidir, ayrıca yer yer kömür oluşumları içerir. Killi kireçtaşı beyaz, sarımsı renkte, sert sıkı dokulu, genellikle oolitlik ve bol fosillidir.

Killi kireçtaşlarından alınan örneklerde tanımlanan foraminifer fosillerine göre birimin yaşı Üst Lütésiyen olarak saptanmıştır (Özbek, 1976; Gözler ve diğ., 1984).

Konglomeralar yüksek enerjili bir ortamda oluşmuştur. Üstteki tuf, kiltası ve killi kireçtaşları ise sakin bir ortamda çökelmiştir. Konglomera, kumtaşı tabakaları arasında yer yer görülen tuf tabakaları bölgede bir volkanizmanın varlığına işaret etmektedir.

2.1.5. Miyosen (M₄, ÜM₁, ÜM₂, ÜM₃)

Miyosen yaşlı kayalar inceleme alanının güney ve doğu kesimlerinde geniş alanlar kaplarlar ve andezitik tuf, andezit (M₄), yer yer kumtaşı arakatkılı konglomera (ÜM₁), kiltası, marn, tuf, tüfit (ÜM₂) ve kireçtaşından (ÜM₃) oluşurlar. Bu kayaların kalınlığı batıdan doğuya doğru artar ve 100-400 m arasında değişir. Bu kayalar içinde yaş verecek fosil bulunmadığı için kesin yaş verilememiştir. Miyosen yaşı ise bölgesel korelasyonlar sonucunda verilmiştir.

Andezit inceleme alanının kuzey kesiminde Hekimdağ ve Yarımca köyleri dolaylarında görülür ve Türkmen tepe ve Parmakkaya tepesi gibi önemli yükseltileri oluşturur. Gri beyaz, açık sarı renktedirler. Genellikle plajiyoklaz mikrokristallerinin oluşturduğu bir hamur içinde, içten dışa doğru killeşmiş serisitlesmiş ve yer yer zonlu yapıllı plajiyoklaz, biyotit, amfibol fenokristalleri yer alır. Tektonik olaylar sonucu oluşan kırıklara silis ve karbonat yerleşmiştir. Türkmen tepedeki andezitler ofiyolit-metamorfik kontağından, Parmakkaya tepedekiler ise serpantinleşmiş peridotitlerin ortasındaki bir kırık hattından çıkan magma tarafından oluşturulmuştur.

Konglomeralar, yer yer kirli sarı renkli kumtaşı arakatkılı olup, bileşenleri 1-15 cm arasında değişmekte

ve bu bileşenleri granit, sist, mermer, radyolarit, tuf çakılları oluşturmaktadır. Çakıllar yer yer köselidir. Konglomeraların bağlayıcısı kil matriks ve/veya karbonat cimento olup, rengi kirli kırmızıdır. Konglomeralar, 10-45 m kalınlığında olup genellikle tabakalanma göstermemektedir. Konglomeralar, alttaki daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır.

Kiltası-marn-tuf-tüfit ardalanması, alttaki konglomeralara uyumlu olarak yer alırlar. Bu kayalar, gri beyaz, sarı renkte olup, tabaka kalınlığı 1 cm-2 m arasında değişmektedir. Tüfler andezitik kökenlidir. Tüfitlerin içinde yerel olarak konglomera ve kumtaşı mercekleri görülmektedir. Bu kayaların kalınlıkları 10-130 m arasında değişmektedir. En tipik olarak Düllüce tepe yöresinde görülür.

Kitası-marn-tuf-tüfit seviyelerinin üzerinde uyumlu olarak kirli beyaz, bej renkli bol çatlaklı kireçtaşları yer alır. Kireçtaşları içinde yer yer kil detritik ara katkıları ile yer yer silisleşmiş zonlar görülmektedir. Tabaka kalınlığı 1-10 m arasında değişmektedir. DSI (1975) bu kireçtaşı için 20-200 m kalınlık vermektedir. Konumu genellikle yatayıdır.

2.1.6. Pliyosen (PlBt, PlB)

Pliyosen yaşlı kayalar, bazaltik tuf (PlBt) ve bazaltlardan (PlB) oluşurlar, Eskişehir'in güneyinde Karacasehir civarında geniş yayılıma sahiptirler. Tüfler gri, beyaz, sarımsı renkte olup, tabakalı boşluklu yapıdadır. Tabaka kalınlığı 10 cm-1 m arasınada değişir. Tabakalar arasında yer yer birkaç cm kalınlığındaki kil seviyeleri yer alır. Bazaltlar koyu yeşil, kahverengi ve siyah renkte olup sert, sağlam, süngerimsi yapıdadırlar. Eosen ve Miyosen'e ait tabakalar üzerinde dik surlar

olusturan bazaltlar genelde yatay konumda olup akma dokusuna sahiptirler. Hamur maddesi plajiyoklaz ve piroksen veya olivin mikrolitlerinden olusmustur. Yer yer amigdoloidal yapı gösterirler. Bazaltik tuf ve bazaltlar diğ.er birimler üzerinde uyumsuz olarak yer alirlar. Gözler ve diğ. (1985) ile Özbek (1976) tarafından bazaltların yaşı Pliyosen olarak belirtilmektedir.

2.1.7. Kuvaterner (QA₁, QA₂)

Inceleme alanında Kuvaterner yaşlı birimler, eski (QA₁) ve yeni (QA₂) alüvyonlardan oluşur.

Eski alüvyon ovanın batı kesiminde, ova çevresindeki yükseltilerde teraslar şeklinde bulunmaktadır. Eski alüvyon, daha yaşlı formasyonlara ait kil, silt, kum ve çakılların gevsek tutturulmasından oluşmuştur. Karasal fasiyeste oluşan eski alüvyonun kum ve çakılları içinde yer yer çapraz tabakalara ve laminalara rastlanmaktadır. Eski alüvyon, alttaki daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak yer alır. Birimin kalınlığı 40-100 m kadardır. Kumlu killi seviyelerde saptanan omurgalı fosillerine göre eski alüvyona Villafransiyen yaşı verilmiştir (Gözler ve diğ., 1985).

Yeni alüvyon (QA₂) İnönü ovasından gelen Sarısu deresi ile Porsuk çayı ve yan kollarının getirip ovada biriktirdiği malzemedir. Yeni alüvyon Eskişehir ovasında geniş bir alanı kaplar. Yeni alüvyon; kil, silt, kum ve çakıl seviyelerinden oluşur. Ovadaki genç alüvyon kalınlığı, ovanın kıyı kesimlerinde 30-40 m, ortasında 90 m'dir (DSİ, 1975).

2.2. Tektonik

İnceleme alanı ve çevresinin bugünkü tektonik yapısı, esas olarak bölgede Triyas sonundan günümüze kadar gelişen jeolojik olaylar sonucunda ortaya çıkmıştır. Triyas sonunda kapanan bir okyanusta gelişen tektonik olaylar sonucu ovanın kuzeyinde gözlenen ekaylı yapılar ve bindirmeler oluşmuştur. Bu ekaylı sistem daha sonraki tektonik hareketlerden de etkilenmiştir. Triyas sonundaki K-G yönlü sıkışmalar sonucu D-B yönlü fay sistemleri gelişmiştir. Üst Kretase ve sonrasında Sakarya vadisi ve batısında gelişen K-G yönlü sıkışmalar bölgeyi etkilemiş, Triyas, Jura ve Üst Kretase yaşlı birimlerde doğrultu atımlı faylar gelişmiştir. Neojen'de gelişen tektonik olaylar sonucunda İnönü-Eskişehir-Sivrihisar yönünde normal faylar oluşmuştur. Bu faylar, Eskişehir'in kuzey ve güneyinden geçmektedir (Gözler ve diğ., 1984, 1985).

2.2.1. Faylar

İnceleme alanı ve çevresinin günümüze kadar geçirdiği tektonik evrim sonucu üç tür fay sistemi (bindirmeler, normal faylar ve doğrultu atımlı faylar) gelişmiştir.

2.2.1.a. Bindirme fayları

Triyas sonunda kıtasal kabuk üzerinde ilerleyen jeosenk-linal malzeme ile okyanus kabuğu malzemesinin birkaç kez ekaylanması sonucu oluşan bindirme fayları D-B, KD-GB ve KB-GD doğrultularında olup, eğimleri K, KB ve GD'ya doğrudur. Bu faylar, en iyi şekilde Eskişehir ovasının kuzeyinde gözlenir. Buralarda ofiyolitik kayalar, metamorfiklere ve kendi içlerinde birbirleri üzerine bindirerek tektonik hatlar oluşturmuşlardır. Bu hatlar, kalınlığı 10-100 m arasında değişen limonitleşmiş,

silisleşmiş ve karbonatlaşmış hidrotermal alterasyon izleri taşıyan listvenit zonları ile temsil edilirler. Bindirme hatları, özellikle Üst Kretase'de görülen ve güneye devrik kıvrımlı yapılar gösteren Eosen sonrası sıkışmalardan ve Miyosen sonrası oluşan düşey faylardan etkilenmişlerdir.

Bindirme hatları, ayrıca genç volkanik olaylardan da etkilenmişlerdir. Volkanik kayalar, bu zayıflık zonlarını kullanarak yezeylemişlerdir. Bunun örneklerini ova kuzeyinde Hekimdağ ve Gökdere köyleri civarında görmek mümkündür.

2.2.1.b. Normal faylar

Eskişehir ovası kuzey ve güneyinden normal faylarla sınırlanmış graben yapısında bir çöküntü alanıdır. Ovanın kuzey ve güneyinden geçen normal faylar genelde D-B doğrultuludur.

Eskişehir ovasının güneyinden geçen, birbirine az çok paralel sayılabilecek üç adet normal fay hattı vardır. Bu fayların kuzey blokları düşmüş güney blokları yükselmiştir. Fayların eğimleri $60-90^\circ$ arasında değişmektedir ve eğim yönü kuzeye doğrudur. Bu üç ana hat dışında ova güneyinde özellikle mermer bloklarının sınırlarında oluşmuş devamlılığı fazla olmayan normal faylar vardır.

Ovanın kuzeyinde de genelde D-B doğrultusunda uzanan fay hatları oluşmuştur. Bu fayların güney blokları düşmüş, kuzey blokları yükselmiştir. Kuzeydeki faylar metamorfik ve ofiyolitik kayaları etkilemiştir. Eğimleri $60-90^\circ$ arasında değişir ve eğim yönleri güneye doğrudur.

Ovayı oluşturan bu fay sistemleri, daha genç fay veya fay

sistemleri tarafından kesilmiştir. Kızılınlerden geçen eğim atımlı ters fay kuzeybatıya doğru 60x eğimlidir ve Eskişehir'e kadar izlenmektedir. Muttalıp kuzeyinde D-B uzanımlı fayları kesen normal faylar gözlenmiştir.

Normal faylar; Eosen, Miyosen ve Pleyistosen sonrası olmak üzere üç safhada oluşmuşlardır. Pleyistosen sonrasında oluşan faylar halen aktivitelerini sürdürmektedir (Gözler ve diğ., 1984). Kızılınler'den geçen ters fay ile Eskişehir şehir merkezinden geçen ve sıcak su kaynaklarının üzerinde yer aldığı gömülü fay halen aktif durumdadır (Özbek, 1976).

2.2.1.c. Doğrultu atımlı faylar

İnceleme alanı ve çevresindeki metamorfik, ofiyolitik ve Jura yaşlı kayalarda doğrultu atımlı faylar oluşmuştur. Bu fayların, bazıları 1/25 000 ölçekli haritada gösterilebilmekle birlikte uzanımları fazla olmayıp, geliştikleri birimleri lokal olarak etkilemişlerdir. Eskişehir'in kuzeyinde Avlamış ve Alınca köyleri doğusundaki doğrultu atımlı faylar bunların en önemli olanlarıdır. Mamuca ve Sultandere köylerindeki Jura yaşlı kireçtaşlarında lokal olarak gelişmiş doğrultu atımlı faylar gözlenmektedir.

2.2.2. Kıvrımlar

İnceleme alanı ve çevresindeki birimlerde haritalanabilecek ölçekte kıvrımlar saptanamamıştır. Ancak bazı birimlerde yerel ölçekte bazı kıvrımlanmalar gözlenebilmektedir. Şistler (Trş) oldukça kıvrımlı ve kırıklı bir yapıya sahiptir. Jura yaşlı kumtaşları (Jkt) da oldukça kıvrımlıdır. Bunun dışında Üst Eosen ve Miyosen yaşlı kireçtaşlarında da yer yer kıvrımlanmalara rastlanmaktadır.

3.HİDROLOJİ

Eskişehir ovasının hidrolojik özelliklerini ortaya koymak amacıyla ova ve çevresindeki meteoroloji ve akım gözlem istasyonlarının verileri incelenmiştir. Bu inceleme sonucu yağışın zamansal ve alansal dağılımı, akarsuların akım değerleri ve akımın değişimi ortaya konmuş ve hidrolojik bilanço hesaplanmıştır. Ayrıca ovadaki su noktalarına (akarsu, sulama kanalları, kuyular, kaynaklar) ilişkin bilgiler derlenmiş ve su noktalarının özellikleri açıklanmıştır.

3.1. Yağış Verilerinin Değerlendirilmesi

İnceleme alanına düşen yağışın özelliklerinin incelenmesinde DMI ve DSI tarafından işletilmekte olan 13 adet meteoroloji istasyonuna ait veriler kullanılmıştır (Çizelge 3.1) Verileri kullanılan istasyonlardan yalnızca Eskişehir meteoroloji istasyonu inceleme alanı sınırları içerisinde yer almaktadır.

Çizelge 3.1. İnceleme alanı ve dolayında yer alan meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler

Istasyon adı	İşleten Kuruluş	Yükselti (m)	Gözlem Türü (1)	Çalışma Dönemi	Ortalama Yağış (mm) (1969-88)
Eskişehir	DMI	801	Y,S,B,N,R	1929-	391.80
Bozüyük	DMI	740	Y,S,B,N	1939-	468.98
Söğüt	DMI	725	Y,S	1966-	579.60
İnönü	DMI	750	Y	1966-	467.25
Alpu	DMI	765	Y	1955-	418.64
Beylikahır	DMI	750	Y	1965-	311.08
Sabuncupınar	DMI	980	Y	1964-	489.30
Mahmudiye	DMI	920	Y	1963-	329.52
Seyitgazi	DMI	1000	Y,S	1955-	375.20
Porsuk Brj.	DSİ	895	Y,S,B	1964-	405.20
İnhisar	DSİ	250	Y,S,B	1964-	348.87
Kümbet	DSİ	1135	Y	1968-	411.29
Gökçekaya	DSİ	352	Y,B,S,N	1968-	356.90

Y: Yağış, S: Sıcaklık, B: Buharlaşma, N: Nisbi nem, R: Rüzgar hızı

YGI gözlem süreleri ve verileri gözönünde tutularak 1969-1988 yılları arasındaki 20 yıllık dönem ortak gözlem süresi olarak seçilmiş ve inceleme alanının yağış koşullarının incelenmesinde kullanılmıştır.

Cizelge 3.1 de gösterilmiş olan YGI'lerinin yağışlarının homojen olup olmadıkları "Çift eklenik eğri" yöntemi ile kontrol edilmiştir. Yağış kayıtlarındaki eksik veriler, verisi eksik olan istasyonlar ile komşu istasyonlar arasında regresyon analizi yapılarak elde edilen regresyon denklemi yardımıyla tamamlanmıştır.

Homojenizasyon ve eksik verilerin tamamlanmasından sonra, yağış istasyonlarının 1969-1988 ve 1983-1988 dönemlerine ait ortalama yıllık yağışları kullanılarak Eşyağış Eğrileri Yöntemi (EYE) ve Thiessen Poligon Yöntemi (TP) kullanılarak yağış haritaları hazırlanmıştır. Yağış haritalarının ve yağış istasyonlarının konumlarının değerlendirilmesi yapılmış, bu değerlendirmede Eskişehir YGI'nin inceleme alanı yağış dağılımında büyük bir ağırlığa sahip olduğu ve bu istasyonun Eskişehir ovasını temsil edebileceği sonucuna varılmıştır.

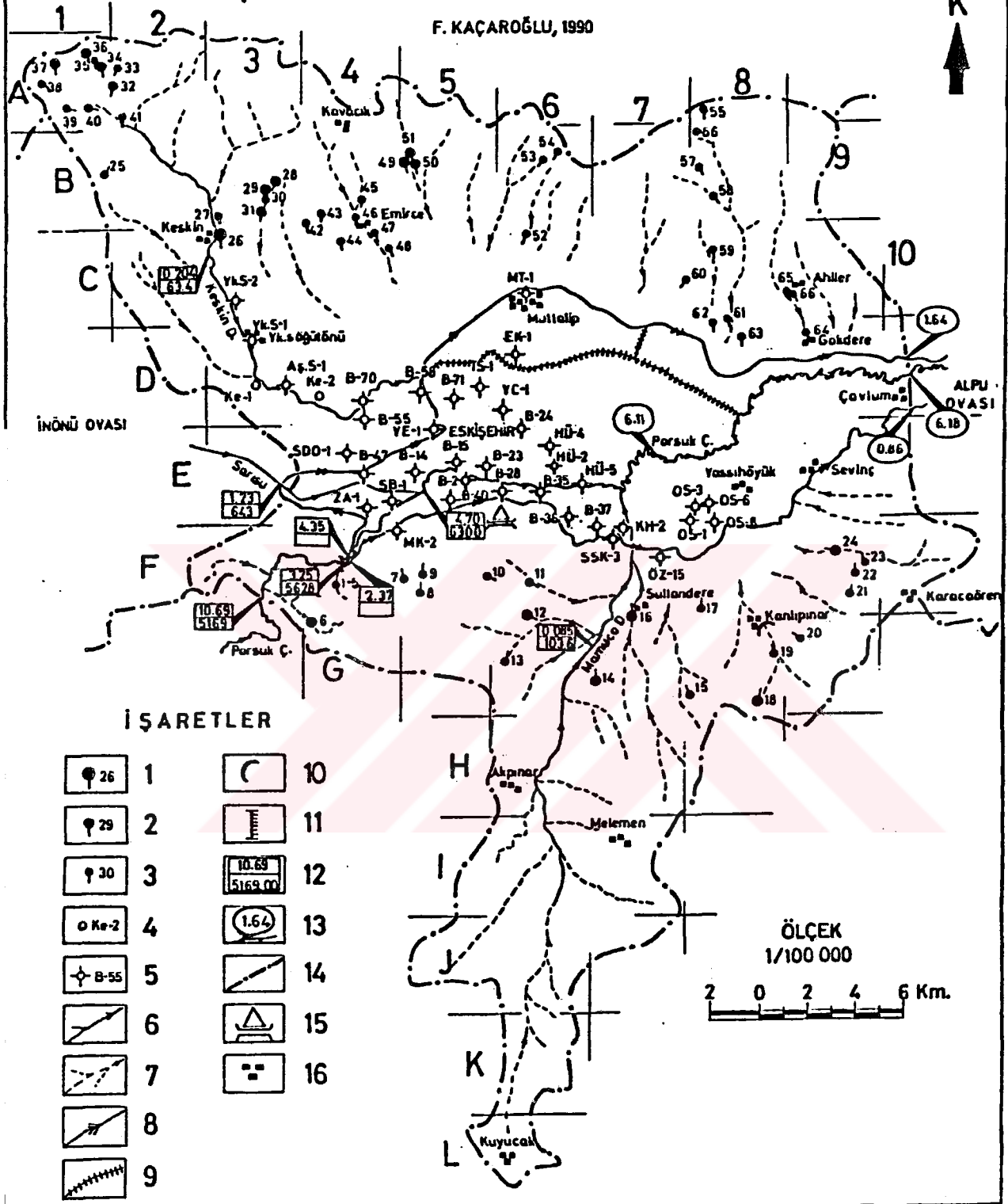
3.2. Akım Verilerinin Değerlendirilmesi

Eskişehir ovası, Porsuk çayı tarafından drene edilmektedir. Porsuk çayı Eskişehir'in güneybatısında Eşenkara köyünün kuzeyinde ovaya girer, Eskişehir doğusundaki Çavlum köyünde ovayı terkederek Alpu ovasında akışına devam eder. Eskişehir ovasının batısındaki İnönü ovasını drene eden Sarısu, Sazova mevkiinde Eskişehir ovasına girmektedir (Şekil 3.1).

Porsuk çayı suları Eskişehir ve Alpu ovalarında sulamada kullanılmaktadır. Porsuk çayı üzerinde Kütahya ile Eskişehir arasındaki Porsuk barajı sulama ve taşkın

ESKİŞEHİR OVASI HİDROLOJİ HARİTASI

F. KAÇAROĞLU, 1990



İŞARETLER

	1		10
	2		11
	3		12
	4		13
	5		14
	6		15
	7		16
	8		
	9		

ÖLÇEK
1/100 000

2 0 2 4 6 Km.

1. Kaynak (verdisi 5 l/s'den fazla) 2. Kaynak (verdisi 1-5 l/s) 3. Kaynak verdisi 1 l/s'den az) 4. Keson kuyu 5. Sondaj kuyusu 6. Devamlı akarsu. Mevsimlik akarsu 8. Sulama kanalı 9. Drenaj kanalı 10. Gölet 11. Regülatör 12. Akım gözlem istasyonu (ortalama akım m^3/s , drenaj alanı km^2) 13. Akım (m^3/s) 14. Drenaj alanı sınırı 15. Meteoroloji istasyonu 16. Yerleşim alanı

ekil 3.1 Eskişehir ovası hidroloji haritası

kontrollü amacıyla inşa edilmiştir. Porsuk barajından Eskişehir ovasına verilen su öncelikle sulama mevsimi göz önünde tutularak verilmektedir. Porsuk çayı Eskişehir ve Alpu ovalarına verilen sulama suyu Karacasehir regülatöründen ayrılan iki ana kanalla (Sağ ve Sol kanallarla) taşınmaktadır.

Porsuk çayı, Sarısu ve sulama kanallarındaki akımları ölçmek amacıyla, DSI ve EİE tarafından akım gözlem istasyonları (AGİ) işletilmektedir. Ova drenaj alanı sınırları içerisinde kalan keskin ve Mamuca derelerinin akımlarını ölçmek amacıyla DSI tarafından AGİ'leri açılmış, bir süre işletildikten sonra kapatılmıştır. Keskin deresi üzerindeki Keskin AGİ 1969-1978 döneminde, Mamuca deresi üzerindeki Gürpınar AGİ 1973-1981 döneminde işletilmiştir. Porsuk çayının Karacahöyük (Şeker Çiftliği) ve Çavlum ölçüm noktalarındaki akımları ile sağ ve sol sulama kanallarının Çavlum köyündeki akımları DSI tarafından zaman zaman yapılan ölçümlere dayanmaktadır. Akım gözlem istasyonları ve akım ölçüm noktalarına ait bilgiler Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Akım gözlem istasyonları ve akım ölçüm noktalarına ait bilgiler

Istas. No	İsleten kuruluş	Suyun adı / İstasyon (nokta) adı	İstasyon / ölçüm yeri	Drenaj Alanı (ka ²)	Gözlem/ölçüm dönemi	Ortalama akım (m ³ /s)
12-2	DSİ	Sarısu/Sazova	Sazova	643	1965-1972	1.580
					1983-1988	1.230
12-19	DSİ	Porsuk Ç./Benzinlik	Karacasehir regülatörü	5628	1983-1988	3.250
12-20	DSİ	Sağ kanal/Regülatör	"		1983-1988	2.370
12-21	DSİ	Sol Kanal/Regülatör	"		1983-1988	4.350
12-54	DSİ	Porsuk Ç./Esenkara	Esenkara	5169	1964-1988	13.640
1248	EİE	Porsuk Ç./Eskişehir	Eskişehir	6340	1973-1988	5.640
12-88	DSİ	Keskin D./Keskin	Keskin Köyü	63.4	1969-1978	0.204
12-114	DSİ	Mamuca D./Gürpınar	Mamuca Köyü	103.6	1973-1981	0.085
	DSİ	Porsuk Ç./Karacahöyük (Şeker Çift.)	Karacahöyük		1983-1988	6.109
	DSİ	Porsuk Ç./Çavlum	Çavlum Köyü		1973-1974	6.040
					1983-1988	6.184
	DSİ	Sağ Kanal/Çavlum	Çavlum Köyü		1973-1974	0.510
					1983-1988	0.885
	DSİ	Sol Kanal/Çavlum	Çavlum Köyü		1973-1974	2.330
					1983-1988	1.643

Çizelge 3.2.'de görüldüğü gibi AGİ'leri farklı uzunlukta gözlem dönemlerine sahiptirler. Hidrolojik bilanço hesaplamaları için, akım ölçüm noktalarındaki akımlar da göz

önünde tutularak, 1983-1988 dönemi ortak dönem olarak belirlenmiştir. Ağı'larının ve ölçüm noktalarının ortalama akımları Çizelge 3.3 de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Akım gözlem istasyonları ve akım ölçüm noktalarının ortalama akımları

İst. No	Suyun adı/ İstasyon (nokta) Adı	Gözlem/ Ölçüm dönemi	Yıllık Ortalama												
			Ekim	Kasım	Aral	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Hazir	Temmu	Ağust	Eylül	(m ³ /s)
12-2	Sarısu/Sazova	1965-72	0.670	0.840	1.010	1.880	3.190	4.100	2.860	2.230	1.090	0.440	0.250	0.440	1.580
12-2	Sarısu/Sazova	1983-88	1.040	0.980	0.940	1.370	1.370	2.420	1.870	1.300	1.080	0.640	0.670	0.980	1.230
12-19	Porsuk C./Benzin.	1983-88	2.860	2.750	2.020	2.490	2.860	3.640	3.490	4.700	2.800	3.670	3.440	3.790	3.250
12-20	Sağ Kanal/Regül.	1983-88	1.980	1.440	1.010	0.610	0.620	0.820	2.290	4.030	4.270	4.110	3.850	3.170	2.370
12-21	Sol Kanal/Regül.	1983-88	3.470	1.250	0.080	0.000	0.000	1.390	5.350	7.930	8.440	8.220	7.990	7.310	4.350
12-54	Porsuk C./Esenkara	1964-88	12.29	8.000	7.200	9.830	11.20	14.98	16.15	18.48	17.23	16.47	16.04	15.84	13.640
12-54	Porsuk C./Esenkara	1983-88	8.540	7.040	3.420	3.270	3.790	6.340	12.20	18.88	17.01	16.88	16.23	14.71	10.690
1248	Porsuk C./Eskişehir	1973-88	6.880	5.870	4.320	4.930	6.020	6.660	4.990	6.090	4.390	4.230	5.050	8.270	5.640
1248	Porsuk C./Eskişehir	1983-88	4.600	4.890	3.050	3.610	3.960	6.080	5.210	6.600	4.000	4.130	4.580	5.740	4.700
12-88	Keskin D./Keskin	1969-78	0.068	0.072	0.107	0.145	0.495	0.508	0.397	0.343	0.161	0.070	0.038	0.041	0.204
12-114	Nabuca D/Gülpınar	1973-81	0.072	0.088	0.082	0.092	0.109	0.117	0.118	0.118	0.091	0.040	0.036	0.052	0.085

Daha önce de değinildiği üzere Porsuk barajından Porsuk çayına verilen ve Eskişehir ovasına giren ve Karacasehir regülatöründen sulama kanallarına verilen su miktarı öncelikle sulama mevsimi göz önünde tutularak düzenlenmektedir. Ovaya giren ve çıkan akımlar üzerinde insan müdahalesi sözkonusu olduğundan yağış-akım ilişkileri incelenememiş ve baz akım ayırımına gidilmemiştir.

3.3. Su Bütçesi (Hidrolojik Bilanço) Hesaplamaları

Eskişehir meteoroloji istasyonu, "büyük klima istasyonu" özelliğindedir. Bu istasyona ait (1983-1988) dönemi, sıcaklık, güneşlenme, rüzgar hızı ve bağıl nem değerleri kullanılarak Penman yöntemi ile potansiyel buharlaşma-terleme (ETp) değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler ve aynı istasyonun yağışları kullanılarak Thornthwaite yöntemi ile Eskişehir meteoroloji istasyonu su bilançosu hesaplanmıştır. Potansiyel buharlaşma-terleme hesabında kullanılan veriler Çizelge 3.4.'de Eskişehir meteoroloji istasyonu su bilançosu Çizelge 3.5.'de verilmiştir.

Cizelge 3.4. Potansiyel buharlaşma-terleme hesabında kullanılan meteorolojik veriler (1983-1988).

Faktör	Birimi	AYLAR												Yıl ort
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık	°C	1.28	2.13	4.22	10.58	15.47	18.82	21.55	21.07	18.10	11.20	6.02	1.62	11.00
Güneşlenme	Saat/gün	1.40	2.97	4.08	5.19	7.96	8.42	11.05	10.89	9.07	5.46	2.97	1.56	5.92
Rüzgar Hızı	m/s	2.20	2.50	2.60	2.47	2.30	2.52	2.90	2.77	2.33	1.88	1.90	2.13	2.38
Nağil Nem	%	88.00	77.30	73.80	66.00	62.70	62.30	58.30	59.70	58.50	69.80	77.50	82.20	69.20

Cizelge 3.5. Eskişehir meteoroloji istasyonu su bilançosu hesaplamaları (1983-1988)

Parametre	AYLAR												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Yağış	48.00	33.10	38.10	46.90	43.10	28.70	9.10	5.20	2.00	21.10	39.00	44.50	358.80
Potansiyel buh. terleme (ETp)	20.30	33.10	56.00	89.60	138.50	154.20	203.60	188.40	130.10	65.10	30.50	19.60	1129.00
Yağış-ETp	27.70	0.00	-17.90	-42.70	-95.40	-125.50	-194.50	-183.20	-128.10	-44.00	8.50	24.90	-770.20
Rezerv su	61.10	61.10	43.20	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50	33.40	
Gerçek buh. terleme (ETg)	20.30	33.10	56.00	89.60	43.60	28.70	9.10	5.20	2.00	21.10	30.50	19.60	358.80
Eksik su	0.00	0.00	0.00	0.00	94.60	125.50	194.50	183.20	128.10	44.00	0.00	0.00	770.20
Fazla su	27.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50	24.90	61.10
Yeraltısuyuna akış	21.20	10.60	5.30	2.60	1.30	0.70	0.40	0.20	0.10	0.00	4.30	14.60	61.20
Yağış-Yeraltısu. akış	26.80	22.50	32.80	44.30	41.80	28.00	8.70	5.00	1.90	21.10	34.70	29.90	297.50
Aylık nemlilik katsayısı	1.37	0.00	-0.32	-0.48	-0.69	-0.82	-0.96	-0.97	-0.98	-0.68	0.28	1.27	-2.01

Eskişehir meteoroloji istasyonunda buharlaşma ölçümü de yapılmaktadır. 1962-1988 dönemi yıllık ortalama buharlaşma değeri, 1117.8 mm, 1983-1988 dönemi yıllık ortalaması ise 1112.4 mm dir. Buharlaşma verilerinde dikkati çeken önemli bir nokta, Aralık, Ocak, Şubat, Mart aylarında buharlaşma ölçümü yapılmamasıdır. Bu eksiklikten dolayı Eskişehir meteoroloji istasyonu buharlaşma verileri su bilançosu hesaplamalarında kullanılmamış, Penman yöntemi ile potansiyel buharlaşma-terlemenin hesaplanması yoluna gidilmiştir.

Su bilançosu hesaplamalarından görüldüğü gibi (Cizelge 3.5) Eskişehir meteoroloji istasyonu için yıllık potansiyel (ETp) buharlaşma-terleme 1129 mm, yıllık gerçek buharlaşma-terleme (ETg) ise 358.8 mm bulunmuştur. Bu istasyonun yıllık yağışı 358.8 mm dir. Bu durumda, ovaya düşen yıllık yağış miktarına eşit miktarda su buharlaşma-terleme yoluyla kullanılmaktadır.

Eskişehir meteoroloji istasyonu ortalama yıllık yağışı, buharlaşma-terleme (ETg) değeri ve ovaya giren ve çıkan ortalama yıllık akım değerleri kullanılarak Eskişehir ovası su bilançosu hesaplanmıştır. Hesaplamalarda son altı yıllık döneme (1983-1988) ait veriler kullanılmıştır.

Bilindiği gibi bir havzaya veya hidrolojik sisteme belirli bir sürede giren, çıkan ve depolanan su miktarının hesaplanması işlemi "su bilançosu" veya "hidrolojik bilanço" olarak tanımlanır. Hidrolojik bilanço eşitliği genel olarak aşağıdaki şekilde belirtilebilir:

$$Q_{bes} = Q_{boş} + \Delta Q \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte,

Q_{bes} : Havzaya giren su miktarı (beslenme)

$Q_{boş}$: Havzadan çıkan su miktarı (boşalım)

ΔQ : Rezerv değişimi

(3.1) eşitliği Eskişehir ovasındaki hidrolojik koşullar gözönünde tutularak uyarlanacak olursa aşağıdaki şekli alır:

$$Q_{bes} \text{ (Yağış + giren akım)} = Q_{boş} \text{ (buharlaşma-terleme + çıkan akım)} + YAS \text{ rezerv değişimi (beslenimi)} \quad (3.2)$$

(3.2) eşitliği yeniden düzenlendiğinde,

$$YAS \text{ rezerv değişimi} = Q_{bes} - Q_{boş} \quad (3.3)$$

şeklini alır.

Eskişehir ovasının beslenimi yağış ve Porsuk çayı (Eşenkara AGI) ve Sarısu (Sazova AGI) akımları ile olur. Boşalım ise buharlaşma-terleme ve Porsuk çayı ve sulama kanalları aracılığıyla (Cavlum köyünde) ovayı terk eden akımlardan oluşur. Beslenme ile boşalım arasındaki fark ovadaki yeraltısuyunun yıllık beslenme miktarını verir. Eskişehir ovası için hesaplanan su bilançosu Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Eskişehir ovası su bilançosu

BESLENİM			BOŞALIM		
Türü	Miktarı	Yıllık Toplam (10 ⁶ m ³)	Türü	Miktarı	Yıllık Toplam (10 ⁶ m ³)
Yağış	358.8 mm/yıl	277.71	Buharlaşma(ETg)	358.80 mm/yıl	277.71
Esenkara AĞI Akımı	10.69 m ³ /s	337.12	Porsuk Ç. (Çavlum) akımı	6.18 m ³ /s	195.02
Sazova AĞI Akımı	1.23 m ³ /s	38.79	Sağ Kanal (Çavlum) akımı	0.86 m ³ /s	27.91
			Sol Kanal (Çavlum) akımı	1.64 m ³ /s	51.81
Beslenme toplamı		653.62	Boşalma toplamı		551.66

Fark= YAS beslenimi = Beslenme toplamı - Boşalma toplamı

YAS beslenimi = 101.96×10^6 m³/yıl

Eskişehir ovasındaki akım gözlem istasyonlarının işletim süreleri ve dönemleri farklılıklar göstermektedir. Hidrolojik bilançonun hesaplanmasında son altı yıllık akım verileri (1983-1988) ve Eskişehir YGI 1983-1988 dönemi ortalama yağışı kullanılmıştır.

Eskişehir ovasında yeraltısuyunun beslenimi ovaya düşen yağışın bir kısmının süzülmesi ve akarsu ve kanallardan süzülme ile olmaktadır. Ova için hazırlanan su bilançosuna (hidrolojik bilanço) göre (Çizelge 3.6), yeraltısuyunun yıllık beslenimi 101.96×10^6 m³ tür.

Ovadaki yeraltısuyu boşalımı kaynaklarla boşalım (doğal boşalım) ve kuyulardan çekim (yapay boşalım) şeklinde olmaktadır. Ova çevresindeki soğuksu kaynakları ile yeraltısuyu boşalımı yaklaşık 100 l/s'dir. Eskişehir belediyesi Sular İdaresi şehrin su ihtiyacını yeraltısuyundan karşılamaktadır. Sular idaresince şehre verilen yıllık su miktarı 32.85×10^6 m³ tür. Ayrıca resmi kuruluşlar, özel kuruluşlar ve kişiler su ihtiyaçlarını (kullanma, endüstri, sulama) yeraltısuyundan karşılamaktadırlar. Bu kuruluş ve kişilerin kullandıkları yıllık yeraltısuyu miktarı 17.30×10^6 m³ tür. Sıcaksu bölgesindeki kaynaklar, sığ ve keson kuyularla boşalan yıllık

yeraltısuyu miktarı $1.825 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Ova için hazırlanmış olan yeraltısuyu bilançosu Çizelge 3.7.'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Eskişehir ovası yeraltısuyu bilançosu

BESLENİM

Eskişehir ovası su bilançosu ile hesaplanan yeraltısuyu beslenimi: $101.96 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$

BOSALIM

Bosalım Sekli	Toplam verdi (l/s)	Günlük boşalım/ çekim (m^3)	Yıllık boşalım/ çekim (10^6 m^3)
Soğuk Su kaynakları	100	8640	3.153
Eskişehir belediyesi kuyuları	1200	90000	32.850
Resmi kuruluş kuyuları		47125	14.358
Özel kuruluş ve kişi kuyuları	230	8490	2.946
Sıcaksu bölgesi kaynak ve kuyuları		5000	1.825
Toplam			51.978

Eskişehir ovasında yeraltısuyunun doğal yolla ve kuyulardan çekimle yıllık boşalımı $51.98 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Ovada saptanamayan ve dolayısıyla Çizelge 3.7 de gösterilemeyen yeraltısuyu kullanımlarının da (sulama ve kullanma amacıyla DSİ'den izin alınmadan açılan kuyular aracılığıyla) varolduğu düşünülmektedir. Bunlar da hesaba katıldığında ovanın tüm yeraltısuyu kullanımının $55.00 \times 10^6 \text{ m}^3$ olduğu kabul edilebilir.

Ovadaki akiferin özellikleri dikkate alınarak yeraltısuyu besleniminin % 65'inin emniyetli verim olarak alınabileceği düşünülmektedir. Bu durum yıllık emniyetli verim ($101.96 \times 10^6 \times 0.65 =$) $66.27 \times 10^6 \text{ m}^3$ tür. Yıllık yeraltısuyu kullanımı $55.00 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır, bu durumda ovada ($66.27 \times 10^6 \text{ m}^3 - 55.00 \times 10^6 \text{ m}^3 =$) $11.27 \times 10^6 \text{ m}^3$ yeraltısuyu ek olarak kullanılabilir.

3.4. Su Noktaları

3.4.1. Akarsular

Eskisehir ovası, batıda İnönü ovası doğuda Alpu ovası ile sınırlanmıştır ve Porsuk çayı tarafından drene edilmektedir. Porsuk çayı, Kütahya'nın güneyinde Tokul köyü yakınında doğar, Kütahya ve Eskisehir'den geçer, Alpu ovası doğusunda Sakarya nehrine karışır. Kütahya ile Eskisehir arasında Porsuk çayı üzerinde sulama amacıyla Porsuk barajı inşa edilmiştir. Porsuk çayı, Eskisehir'in güneybatısında Esenkara köyünün kuzeyinde ovaya girmekte, Eskisehir doğusunda Cavlum köyünde ovayı terederek Alpu ovasında akışına devam etmektedir (Şekil 3.1). Porsuk barajında toplanan su, Eskisehir güneybatısındaki Karacasehir regülatöründen ayrılan iki kanal (Sağ ve Sol kanallar) ile sulamaya verilir. Sulama kanalları Cavlum köyünde Eskisehir ovasını terkederek Alpu ovasına geçerler. İnönü ovası Sarısu tarafından drene edilir. Sarısu ova batısında Sazova mevkiinde Eskisehir ovasına girer, Karacasehir regülatörünün akis aşağısında Eskisehir içinde Porsuk çayına karışır.

Ova drenaj alanı içinde doğup sağ ve sol kanallara karışan iki önemli akarsu, Keskin ve Mamuca dereleridir. Keskin deresi ovanın güneybatısında yer alır ve sol kanala karışır. Mamuca deresi ova güneyinden doğar, kuzeye doğru akarak sağ kanala karışır. Akarsular ve kanallardaki akım gözlem istasyonlarındaki akımlara ilişkin bilgiler 3.3 alt bölümünde verilmiştir (Çizelge 3.2, 3.3).

3.4.2. Kaynaklar

Eskisehir ovası drenaj alanı sınırları içerisinde, genellikle alüvyon dışındaki birimlerden çıkan bazı

kaynaklar vardır (Sekil 3.1). Arazi çalışmaları sırasında 66 adet kaynakta ölçümler yapılmış, 50 kaynaktan su örneği alınarak kimyasal analizi yapılmıştır. Kaynaklara ait ayrıntılı bilgiler Ek Açıklamalar bölümünde Çizelge A.1'de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi kaynakların verdisi genelde 1 l/s'den azdır. Bu kaynakların bazılarında, yakınlarındaki köylerin su gereksinimini karşılama da yararlanılır. En büyük kaynağın verdisi 30 l/s'dir. Kaynaklar genelde kayaların çatlaklarından bosalan "çatlak kaynağı" veya iki tabaka sınırından bosalan "tabaka kaynağı" seklindedirler.

3.4.3. Sığ Kuyular

Eskisehir ovasındaki sığ kuyular, derinlikleri 10 m'ye kadar varan çapları 25 cm'yi geçmeyen sığ sondajlar ile çapları 1-5 m derinlikleri 10-50 m arasında değişen keson kuyulardan oluşur. DSİ (1973) tarafından 1972 yılında yapılan hidrojeolojik etüd sırasında 79 adet sığ kuyu haritalanarak ölçümleri yapılmıştır. Bugün bu kuyuların büyük çoğunluğu iptal edilmiştir. Halen kullanılmakta olan veya ölçüm yapılabilen 11 adet keson kuyu bulunmaktadır. Bu kuyulara ait bilgiler Ek Açıklamalar bölümünde Çizelge A.2'de verilmiştir, kuyuların arazideki konumları ise Ek 3'deki haritada gösterilmiştir. Keson kuyular sulama, kullanma ve endüstriyel su sağlama amaçlarıyla kullanılmaktadır. Keson kuyular "Ke" simgesi kullanılarak numaralandırılmıştır.

3.4.4. Sondaj Kuyuları

Eskisehir ovasında yeraltısuyu araştırması; icme, kullanma, endüstri, sulama suyu sağlama ve sıcaksu araştırması amaçlarıyla 1940'lı yıllardan itibaren sondaj kuyuları açılmaya başlanmıştır. Kuyular DSİ, EİE, iller

Bankası, Köy Hizmetleri, MTA, Seker Fabrikası, Sümerbank ve özel şirketler tarafından açılmıştır. Bugüne kadar açılan sondaj kuyusu sayısı 150 den fazla olup, bazıları zamanla iptal edilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında halen kullanılmakta olan kuyular saptanıp haritalanmış (136 adet) ve ölçümleri yapılmıştır.

Sondaj kuyuları, kullanıcıya göre (belediye, resmi kuruluşlar, özel kişi ve kuruluşlar) üç ayrı grup altında toplanarak listelenmiştir. Sondaj kuyularına ait kısa bilgiler Ek Açıklamalar bölümünde Çizelge A.3, A.4 ve A.5'de verilmiştir, kuyuların arazideki konumları ise Ek 3'deki haritada gösterilmiştir. Sondaj kuyularının numaralandırılmasında genellikle kullanıcı tarafından verilmiş numaralara bağlı kalmış olup, numaraların önüne kullanıcının simgesi getirilmiştir. Eskişehir belediyesi kuyuları için 'B' simgesi, resmi kuruluşlar için kuruluş adından türetilen simgeler (örneğin Sümerbank kuyuları için "SB") kullanılmış, özel kuruluş ve kişiler için (organize sanayi bölgesi hariç) "ÖZ" simgesi kullanılmıştır. Organize Sanayi Bölgesi kuyuları için "OS" simgesi kullanılmıştır.

Eskişehir belediyesine ait kuyuların derinlikleri (MTA tarafından sıcaksu aramaları için açılanlar dışında) 20-100 m arasında değişmekte olup, ortalama derinlik 50 m dir. Resmi kuruluşlara ait kuyuların derinlikleri 20-270 m arasında, özel kuruluş ve kişilere ait kuyuların derinlikleri ise 14-106 m arasında değişir. Sondaj kuyularının verdileri 1.0-52.0 l/s, özgül debileri 0.06-38.24 l/s/m arasında değişir.

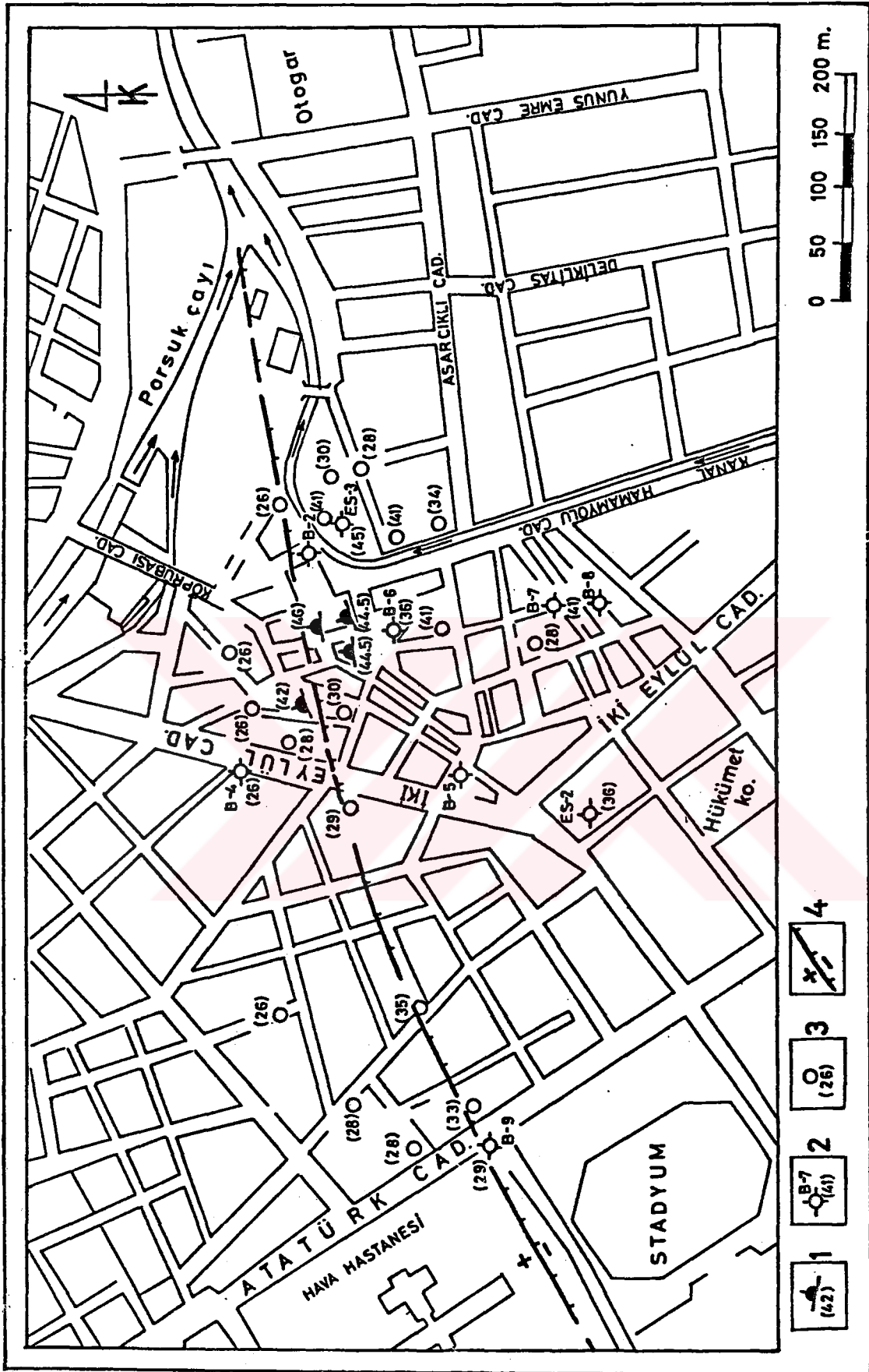
3.4.5. Sıcaksu bölgesi

Eskişehir şehir merkezinde, batıda Hava hastanesi ile doğuda Deliklihas caddesi arasında kalan kesimde "Sıcaksu

Bölgesi" olarak adlandırılan bölge yer almaktadır (Şekil 3.2). Bölge esas olarak Çarşı Camii çevresindeki 200-225 m çapındaki elipsoid bir alanı kapsar. Bu bölgede sıcak sular doğal kaynak, keson kuyular, sığ sondajlar ve derin sondajlar aracılığıyla elde edilir. Bölgenin merkezinde su sıcaklığı 45 °C ye kadar çıkmakta, Merkezden uzaklaştıkça alüvyonun içindeki soğuk suların karışması nedeniyle sıcaklık düşmektedir. Sıcaksu bölgesindeki ana kaynak Çarşı Camii bahçesindeki bir galeride toplanmaktadır. Buradan alınan su Eskişehir Belediyesi Sular İdaresi binasındaki bir keson kuyuya alınmakta ve çevredeki banyolara ve şehre su dağıtımını yapan iki depoya gönderilmektedir. Sıcak su bölgesinde alüvyon içinde sığ sondajlarla 7 m derinliğe inilerek sıcaksu bulunabilmektedir. Bölgede elde edilebilen sıcaksu banyolarda, ısıtmada ve temizlik amacıyla kullanılmaktadır.

Şehir merkezindeki sıcak sudan yararlanmak amacıyla Eskişehir belediyesi ve özel kişiler tarafından sondaj kuyuları (sığ ve derin sondajlar) açılmıştır. Belediye sular idaresinin 1950-1986 yılları arasında sıcaksu bölgesinde açtığı kuyulardan 9 tanesi halen kullanılmaktadır. Eskişehir Belediyesi Sular İdaresi'nin B-2, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8, B-9 ES-2 ve ES-3 nolu kuyuları sıcaksu bölgesinde bulunmaktadır (Bkz. Çizelge A.3). Sıcaksu bölgesinde sıcaksular, derin sondajlar, 7-15 m derinlikteki sığ sondajlar, keson kuyular, ve doğal kaynaklar aracılığıyla elde edilmektedir. Bunların debileri, 0.3-5.0 l/s arasında değişir.

Sıcaksu bölgesindeki sıcak suların şehir merkezinden geçen bir fay zonuna bağlı olarak yüzeye çıktığı birçok araştırmacı tarafından kabul edilmektedir (Özyazıcı, 1962; Demirörer, 1976; Gözler ve diğ., 1984, 1985; Ölmez ve Yücel, 1985). Gözler ve diğ. (1984,1985) ofiyolit metamorfik kondağının Eskişehir güneyinden geçtiğini belirtmektedirler. Yine aynı yazarlara göre metamorfik ve



1. Sıcaksu kaynağı 2. Sondaj kuyusu 3. Sığ kuyu (Parantez içindeki değerler su sıcaklığını göstermektedir)
4. Olası normal fay

Şekil 3.2 Eskişehir şehir merkezi sıcaksu bölgesi (Ülmez ve Yücel'den, 1985, değiştirilerek).

ofiyolitik kayalarda saptanan bazı ipuçları sıcaksuyun granitik kökenli bir kayaktan geldiğini göstermektedir. Ölmez ve Yücel (1985) 'e göre sıcaksu kaynaklarının akifer kayacı ofiyolitik kayalardır. Aynı yazarlara göre sıcaksuları besleyen kaynaklardan biri de alüvyon akiferdeki sulardır. Akarsu yatağına yakın yerlerden geçen ve alüvyon örtü altında kalan kırık hatlarından aşağılara sızan sular ısınarak yüzeye çıkmaktadırlar.

Sıcaksu elde etmek amacıyla açılmış kuyuların derinlikleri 750 m' ye kadar ulaşır. Kuyu debileri 3-25 l/s arasındadır. M.T.A. tarafından açılan ES-1 nolu sondaj kuyusu 750 m, ES-2 nolu sondaj kuyusu 745 m, ES-3 nolu sondaj kuyusu 112 m derinliğe sahiptir. Kuyular alüvyon ve altındaki konglomera seviyelerinden beslenmektedir. Sıcaksu bölgesindeki kuyular içme, kaplıca, kullanma ve ısıtma amacıyla kullanıma elverişli iyi kalitede sulardır. Konut ısıtmacılığı, seracılık ve termal turizm alanlarında yararlanmak üzere M.T.A. tarafından 1985 ve 1986 yıllarında Eskişehir şehir merkezinde 3 adet sıcaksu sondajı (ES-1, ES-2, ES-3) açılmıştır (Ölmez ve diğ., 1986; Yücel, 1986). ES-1 kuyusu kuru çıktığı için terkedilmiş, ES-2 kuyusunda 3 l/s, ES-3 kuyusunda 6 l/s verim elde edilmiştir. ES-3 kuyusu Sular idaresine devredilerek kullanılmaya başlamıştır. ES-2 kuyusunun suyu bitişigindeki Resadiye Camiinde kullanılmaktadır. Sıcaksulardan ayrıca Carsı Camii'nin ısıtılmasında yararlanılmaktadır.

4. HİDROJEOLOJİ

Jeoloji bölümünde özellikleri verilmiş olan litolojik birimler, hidrojeolojik özellikleri ve davranışları açısından farklılıklar göstermektedirler. Bu bölümde litolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri, yeraltı-suyu düzeyi, akarsu-yeraltısuyu ilişkileri, yeraltısuyunun beslenim ve boşalımı, yeraltısuyu bilançosu ve Eskişehir ovası çevresindeki kaynakların hidrojeolojisi ve su kimyası özellikleri üzerinde durulmaktadır.

4.1. Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

Eskişehir ovası drenaj alanı sınırları içerisinde ve yakın çevresinde yayılıma sahip kayalar, genelleştirilmiş stratigrafik istifte görüldüğü gibi (Şekil 2.1), jeolojik haritalama çalışmasını yapan Gözler ve diğ. (1984; 1985) tarafından 19 litolojik birim halinde ayırtlanmıştır. Litolojik birimler, DSI tarafından hazırlanmış olan "Türkiye Hidrojeoloji Haritası"nda kullanılan esaslar gözönünde tutularak, hidrojeolojik özelliklerine göre, "Hidrojeoloji Birimleri"ne ayrılmıştır. İnceleme alanında hidrojeolojik özelliklerine göre, "yaygın ve zengin akifer", "zayıf akifer" ve "gecirimsiz birim" adları altında üç çeşit hidrojeoloji birimi ayırtlanmıştır (Şekil 4.1, Ek 2).

Litolojik birimler içerisinde yalnızca alüvyonlar (eski ve yeni alüvyon) tam bir akifer özelliği gösterirler. Ovadaki yeraltısuyu taşıyan ve sağlanan esas birimler alüvyonlardır. Kuvaterner öncesine ait diğer birimlerin bir kısmı yerel olarak yeraltısuyu taşıyan zayıf akifer karakterindedir, çoğunluğu ise çok az yeraltısuyu taşıyan veya yeraltısuyu bulundurmeyen gecirimsiz birim karakterindedir. Kuvaterner öncesine ait birimlerden metamorfikler (Trs, Trmr) ve Üst Miyosen yaşlı kireçtaşı

(UM₃) zayıf akifer, diğer birimler ise geçirimsiz birim olarak adlandırılmıştır (Şekil 4.1, Ek 2).

4.1.1. Kuvaterner öncesi birimlerinin hidrojeolojik özellikleri

Metamorfik kayalar (Trs, Trmr) ovanın kuzeyinde geniş alanlar kaplarlar, ova güneyinde de oldukça geniş bir alanda yüzeylenirler. Amfibolit, eklojit, kuvarsit, şist ve mermerlerden oluşan metamorfikler yeraltısuyu taşıma açısından yerel ölçekte öneme sahiptirler (zayıf akifer), kırık ve çatlaklarında az miktarda yeraltısuyu taşırlar. Metamorfiklerde, özellikle ova kuzeyindeki kesimde, oldukça fazla sayıda kaynak saptanmıştır. Bu kaynakların verdileri genelde 1 l/s'den az olmakla birlikte, yer yer birkaç l/s verdili kaynaklara da rastlanmıştır. Bu kaynakların bazılarında, yakınlarındaki köylerin su gereksinimlerini karşılamada yararlanılmaktadır.

Ofiyolitik kayalar, ofiyolitli melanj (Trmj), gabro (Trga) ve peridotitlerden (Trpe) oluşur. Bu kayalar inceleme alanında yeraltısuyu depolama açısından önem taşımazlar. İnceleme alanının kuzey doğusunda ofiyolitik kayalardan boşalan 1 l/s'den düşük verdili birkaç kaynak bulunmaktadır.

Eskişehir ovasının kuzeybatısında dar bir alanda yüzeylenen metadetritikler (Trmd) metakumtaşı, metamikro-konglomera, metakiltası, radyolarit ve rekrystalize kireçtaşı bloklarından oluşurlar. Bu kayalar kırık ve çatlaklarında çok az yeraltısuyu taşırlar. Bu kayalardan boşalan 1 l/s'den düşük verdili birkaç kaynak bulunmaktadır.

Konglomera, kumtaşı (Jkt), kireçtaşı (Jkct) ve granitlerden (K δ) oluşan Jura-Kretase yaşlı kayalar, doğuda

LITOLOJİ			LİTOLOJİK/FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	AKİFER ÖZELLİKLERİ	HİDROJEOLOJİK BİRİMLERİ	
US1 SİSTEM	US1	150-1100	Yeni alüvyon: kil, silt, kum, çakıl UYUMSUZLUK Eski alüvyon: Çeşitli tulufluluklu silt, kum, çakıl UYUMSUZLUK Bazalt Bazaltik lit. UYUMSUZLUK Kireçtaş Kilit-marm-101-10111 ardalanması Konglomera (yer yer kum taşı arabalı) UYUMSUZLUK Andezit lit. UYUMSUZLUK Kilit kireçtaş Tuf-kilgisi Konglomera (yer yer kum taşı, kilitli arabalı) UYUMSUZLUK Granit UYUMSUZLUK Kireçtaş MİN kireçtaş Kum taşı (yer yer kum taşı ve marm arabalı) Konglomera UYUMSUZLUK Metasedirtili (bloktu seri) TEKTONİK DOKANAK Peridotit Gabbro Melanj TEKTONİK DOKANAK Mermer Epidoz-mafikol-kuvar-klorit-albit şist Gleştiren-lavrençit şist Piyemontit kuvarlit Eliji Granitli amfibolit	Yüzeyde genellikle kilitli, kil, silt, kum ve çakıldan oluşur. Pozisyonis veya çeyrek tulufluluklu. Yer yer çapraz tabakalı Bazalt sert, masif, yer yer boşluklu ve çatlaklı. Tuf tabakalı, yer yer boşluklu. Tabakalı, bol kırıklı çatlaklı. Yüzeyde yer yer arına yığılımı içerir. Tabakalı, yer yer boşluklu, tuf ve siltli siltli taşlar içerir. Kil veya karbonat çimentolu. Yer yer çatlaklı. Andezit sert, masif, yer yer çatlaklı. Tuf yer yer boşluklu. Kireçtaşli silt dolulu, ince tabakalı. Tuf-kilgisi ince tabakalı. Tabanda kır çatlaklı. MİN tabakalı, kil çimentolu. Yer yer kum taşı, kilitli arabalı Masif, sert, yer yer çatlaklı İnce dolulu, sert, orta-latin tabakalı, yer yer çatlaklı. Orta-latin tabakalı, sert, yer yer çatlaklı. Masif veya tabakalı, hafif metamorfize, yer yer çatlaklı. Masif, yer yer kırıklı çatlaklı.	Bol yeraltısuyu taşıyıcı. Q ₁ 2.5-25.0 l/s Q ₂ 0.1-15.0 l/s/m T ₂₀ 0-2000.0 m/gün Çok az yeraltısuyu taşıyıcı. Kaynak verimleri 0.1-1.0 l/s aralığında. Yerel olarak yeraltısuyu taşıyıcı. Kaynak verimleri yer yer 1-5 l/s aralığında. Yeraltısuyu taşınmaz. Çok az yeraltısuyu taşıyıcı. Kaynak verimleri 1 l/s den az. Çok az yeraltısuyu taşıyıcı. Yeraltısuyu taşınmaz. Çok az yeraltısuyu taşıyıcı. Kaynak verimleri 0.25 l/s den az. Yeraltısuyu taşınmaz. Çok az yeraltısuyu taşıyıcı. Yeraltısuyu taşınmaz. Çok az yeraltısuyu taşıyıcı. Kaynak verimleri genellikle 0.1 l/s den az. Çok az yeraltısuyu taşıyıcı. Kaynak verimleri genellikle 0.1 l/s den az. Yerel olarak yeraltısuyu taşıyıcı. Kaynak verimleri genellikle 1 l/s den az, yer yer 1-5 l/s aralığında.	Yaygın ve zengin aktifler (ZTA) Gecirimsiz birim (GZ) Zayıf aktifler (ZA) Gecirimsiz birim (GZ) Gecirimsiz birim (GZ) Gecirimsiz birim (GZ) Gecirimsiz birim (GZ) Gecirimsiz birim (GZ) Gecirimsiz birim (GZ) Gecirimsiz birim (GZ) Gecirimsiz birim (GZ) Gecirimsiz birim (GZ) Gecirimsiz birim (GZ) Zayıf aktifler (ZA)
US2 SİSTEM	US2	150-1100	TEKTONİK DOKANAK			
US3 SİSTEM	US3	150-1100	TEKTONİK DOKANAK			

Şekil 4.1 Litolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri

Karacaören köyü, batıda Çukurhisar, kuzeyde Gökdere ve Hekimdağ köyleri civarında çok küçük alanlarda yüzeyle-
nirler. Bu kayalardan çıkan herhangi bir kaynak saptan-
mamış olup, inceleme alanının hidrojeolojisi açısından
herhangi bir önemleri yoktur.

Eosen yaşlı kayalar, konglomera ($ÜE_1$), tuf, kiltası ve
killi kireçtaşlarından ($ÜE_2$) oluşur. Bu kayalar içinde
en altta bulunan yer yer kumtaşı katkıları içeren kon-
glomera ($ÜE_1$) boşluklarında az miktarda yeraltısuyu
taşır. Diğer kayalar yeraltısuyu taşımazlar.
Karacasehir köyünde ve doğusundaki Meşelik mevkiinde
konglomeralardan boşalan, verdileri 0.25 l/s'den az beş
tane kaynak saptanmıştır. Konglomeralar, demir oksitli,
kırmızı renkli killi bir çimento ile bağlanmış oldukla-
rından bir akifer oluşturacak yapı kazanmamışlardır.
Konglomeraların üstündeki tuf, kiltası ve killi kireçtaşı
seviyeleri geçirimsizdir, yeraltısuyu taşımazlar.

Miyosen yaşlı kayalar, andezitik tuf, andezit (M_0),
konglomera ($ÜM_1$), kiltası, marn, tuf, tüfit ($ÜM_2$) ve
kireçtaşından ($ÜM_3$) oluşur. Bu kayalar inceleme alanının
güney ve doğu kesiminde geniş alanlar kaplar. Andezitik
tuf ve andezitler kuzeyde inceleme alanı dışında çok dar
bir alanda yüzeyleir ve çatlaklarında çok az yeraltısuyu
bulunur. Hidrojeolojik açıdan geçirimsiz birim olarak
adlandırılmıştır. Konglomera ($ÜM_1$), kil veya karbonat
çimentolu, yer yer çatlaklıdır. Tabakalanma görülmez, yer
yer kumtaşı arakatlıdır. Konglomera çatlaklarında çok
az yeraltısuyu taşır. Kiltası-marn-tuf-tüfit ardalanma-
sından oluşan kayac topluluğu ($ÜM_2$) yeraltısuyu taşımaz.
Üstte bulunan kireçtaşının ($ÜM_3$) altında geçirimsiz
bariyer oluşturarak, kireçtaşı ile olan kontağından bazı
kaynakların boşalmasını sağlamaktadır. Kireçtaşı ($ÜM_3$),
tabakalı, bol kırıklı çatlaklıdır, yüzeyde yer yer erime
yapıları içerir. Yerel olarak yeraltısuyu taşır, yer yer
bu birimden boşalan 1-5 l/s verdili kaynaklar

saptanmıştır. Kireçtaşı zayıf akifer olarak adlandırılmıştır.

Pliyosen yaşlı kayalar bazaltik tuf (PlBt) ve bazalt'tan (PlB) oluşurlar, ve Karacasehir köyü civarında yüzeyle-
nirler. Bazaltik tuf ve bazalt çatlak ve boşluklarında çok az yeraltısuyu taşırlar. Karacasehir güneyindeki Söğütlü dere ve Kışla deresindeki bazı kaynaklar bu birimlerin taşıdığı yeraltısuyunun boşalmalarıdır. Bu kaynakların verdikleri genelde 1 l/s'den düşük olup Karacasehir köyündeki su gereksinimini kısmen karşılamaktadırlar.

4.1.2. Alüvyonların hidrojeolojik özellikleri

Eskişehir ovasında akifer özelliği gösteren birimler eski (QA1₁) ve yeni (QA1₂) alüvyonlardır. Eski alüvyonlar ovanın batı kesiminde ova çevresindeki yükseltilerde teraslar şeklinde bulunurlar. Birim gevsek tutturulmuş, kil, silt, kum ve çakıllardan oluşmuştur. Kum ve çakıllar içinde yer yer çapraz tabakalara ve ince çamurtaşı bantlarına rastlanır. Eski alüvyonun kalınlığı 40-100 m arasındadır. Yeni alüvyonlar (QA1₂), Porsuk çayı, Sarısu ve bunların yan kollarının taşıdığı ovada biriktirdiği kil, kumlu kil, silt, kum ve çakıl seviyelerinden oluşur. Genç alüvyonun kalınlığı ovanın kıyı kesimlerinde 30-40 m, ortasında 90 m dir. Alüvyonlar hidrojeolojik açıdan yaygın ve zengin akifer olarak adlandırılmıştır.

Eskişehir belediyesi sular idaresi tarafından, Eskişehir'e içme ve kullanma suyu sağlama amacıyla açılmış olan kuyular ile şehir ve çevresindeki resmi kuruluşlar, özel kuruluşlar ve kişilere ait kuyular alüvyonda açılmışlardır. Arazi çalışmaları sırasında 136 adet sondaj kuyusu haritalanmış ve ölçümleri yapılmıştır. Eskişehir ovasındaki sondaj kuyularının derinlikleri (MTA

tarafından sıcaksu araması için açılan ES-1 ve ES-2 nolu kuyular haric), 14-270 m arasında, verdileri ise genellikle 2.5-25.0 l/s arasında değişir.

Ovada açılmış olan sondaj kuyularının bazılarında pompaj denemesi yapılmıştır. Bu deneylere ait veriler, bu amaçla İlbaş (1990) tarafından hazırlanmış olan bir bilgisayar paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucu akiferin iletimlilik (T), depolama katsayısı (S) ve özgül debi (Q/D) değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Ek Açıklamalar bölümünde Çizelge A.6, A.7 ve A.8 de verilmiştir. Alüvyonlarda açılmış olan kuyularda genel olarak iletimlilik 20.0-2000.0 m²/gün, depolama katsayısı 0.0001-0.3500, özgül debi 1.0-15.0 l/s/m arasında değişir. Alüvyon akiferin (YZA) hidrolik parametrelerinin değişim aralığı Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Alüvyon akiferin hidrolik parametreleri

Parametre	Simge	Birimi	Minimum değer	Maksimum değer	Genel değişim aralığı
Verdi	Q	l/s	1.0	52.0	2.5-25.0
Özgül debi	Q/D	l/s/m	0.06	38.24	1.0-15.0
iletimlilik katsayısı	T	m ² /g	0.8	5929.0	2.0-2000.0
Depolama katsayısı	S		0.00001	0.6600	0.0001-0.3500

Alüvyonda açılan kuyularda genellikle ilk 5-10 metrelik kısım killi bir toprak örtü ile kaplıdır. Bunun altındaki 40-50 m derinliğe kadar inen kısım kum, çakıl, kumlu kil, kumlu çakıl gibi su taşıyan ve asıl akiferi oluşturan seviyeler yer alır. Sondaj kuyularında genellikle bu kesimler filtrelenmiştir. Yeni alüvyonu tamamen kateden kuyular daha aşağılarda genellikle konglomera ve kireçtaşı seviyelerine girerler. Bazı kuyularda alüvyonun altında serpantin veya sistlere girildiği de görülmüştür.

4.2. Yeraltısuyunun Beslenimi ve Akarsu-Yeraltısuyu İlişkileri

Eskişehir ovasında yeraltısuyu beslenimi yağıştan, akarsulardan ve sulama kanallarından süzülme yoluyla olmaktadır. Ova için yapılan su bilançosundan görüldüğü gibi (Cizelge 3.9) ovaya düşen yağışın tamamına yakın miktarda su buharlaşma-terleme yoluyla ovadan çıkmaktadır (atmosfere dönmektedir). Ovadaki yeraltısuyunun beslenimi Porsuk çayı ve Sarısu akımları tarafından karşılanmaktadır.

Ova batısındaki Sarısu, kuzeybatıdaki Keskin deresi, güneydeki Mamuca deresi ve Porsuk çayı vadileri boyunca akarsular yeraltısuyunu beslemektedir. Ovayı güneyden ve kuzeyden kateden sağ ve sol sulama kanalları boyunca da yeraltısuyu beslenimi olmaktadır. Sulama kanallarının Eskişehir içindeki bazı kesimleri beton kaplı olmakla birlikte, kanallar çoğunlukla "toprak kanal" şeklindedir. Bu durum yeraltısuyu beslenimine yol açmaktadır. Eskişehir'de tüm şehri kapsayan kanalizasyon sistemi yoktur. Evsel atık sular fosseptik çukurlarında toplanmaktadır. Fosseptiklerden meydana gelen sızıntılar da yeraltısuyu beslenimine katkıda bulunmakta ve aynı zamanda kirletmektedir.

Eskişehir ovasında yeraltısuyu işletmesine uygun alanlar genelde alüvyonun yayılım gösterdiği kesimleri kapsar. Bu alanlar İnönü ovası doğu sınırında Sazova mevkiinde başlayıp; güneyden Eskişehir il merkezi, Karacahöyük, Yassıhöyük, Sevinç, Cavlum köyleri; kuzeyden de Muttalip köyü ve sol ana kanal boyunca Cavlum'a kadar uzanan bir alanı kapsar.

4.3. Yeraltısuyu Düzeyi ve Değişimleri

Eskisehir ovasında alüvyondaki yeraltısuyu düzeyi 0.75-33.00 m arasında değişmektedir. Yeni alüvyonda açılmış olan kuyularda genelde 5-10 m arasındadır. Asağı Söğütözü yakınındaki Karayolları Fidanlığı kuyusunda (Ke-1 nolu kuyu) yeraltısuyu düzeyi 0.75-1.50 m civarında, Eskisehir'in batı kesiminde eski alüvyonda açılmış olan Sağır-Dilsiz Okulu kuyusunda (SDO-1 nolu kuyu) 22-23 m, Anadolu Lisesi keson kuyusunda (Ke-5 nolu kuyu) ise 32-33 m civarındadır. Ovada yeraltısuyu düzeyinin en kurak ve en yağışlı aylar arasındaki ortalama değişimi 1 m civarındadır.

Arazi çalışmaları sırasında yeraltısuyu düzeyi ölçümünün mümkün olduğu kuyularda yeraltısuyu düzeyi ölçümleri yapılmıştır (Çizelge A.9). Bu veriler kullanılarak Kasım 1978 ve Nisan/Mayıs 1988 dönemleri için "Yeraltısuyu düzeyi haritası" hazırlanmıştır (Şekil 4.2). Şekilde görüldüğü gibi her iki döneme ait yeraltısuyu düzeyi eğrileri aynı haritaya işaretlenerek kolayca karşılaştırma yapma olanağı sağlanmıştır. Ovadaki yeraltısuyu düzeyi, kurak ve yağışlı mevsimler arasında büyük değişimler göstermemektedir. Yeraltısuyunun genel akım yönü KB-GD ve B-D yönlerindedir. Porsuk çayına yakın kesimlerde Porsuk çayı yeraltısuyunu beslemektedir. Sağ ve sol kanallardan meydana gelen sızıntılar da yeraltısuyunu beslemektedir.

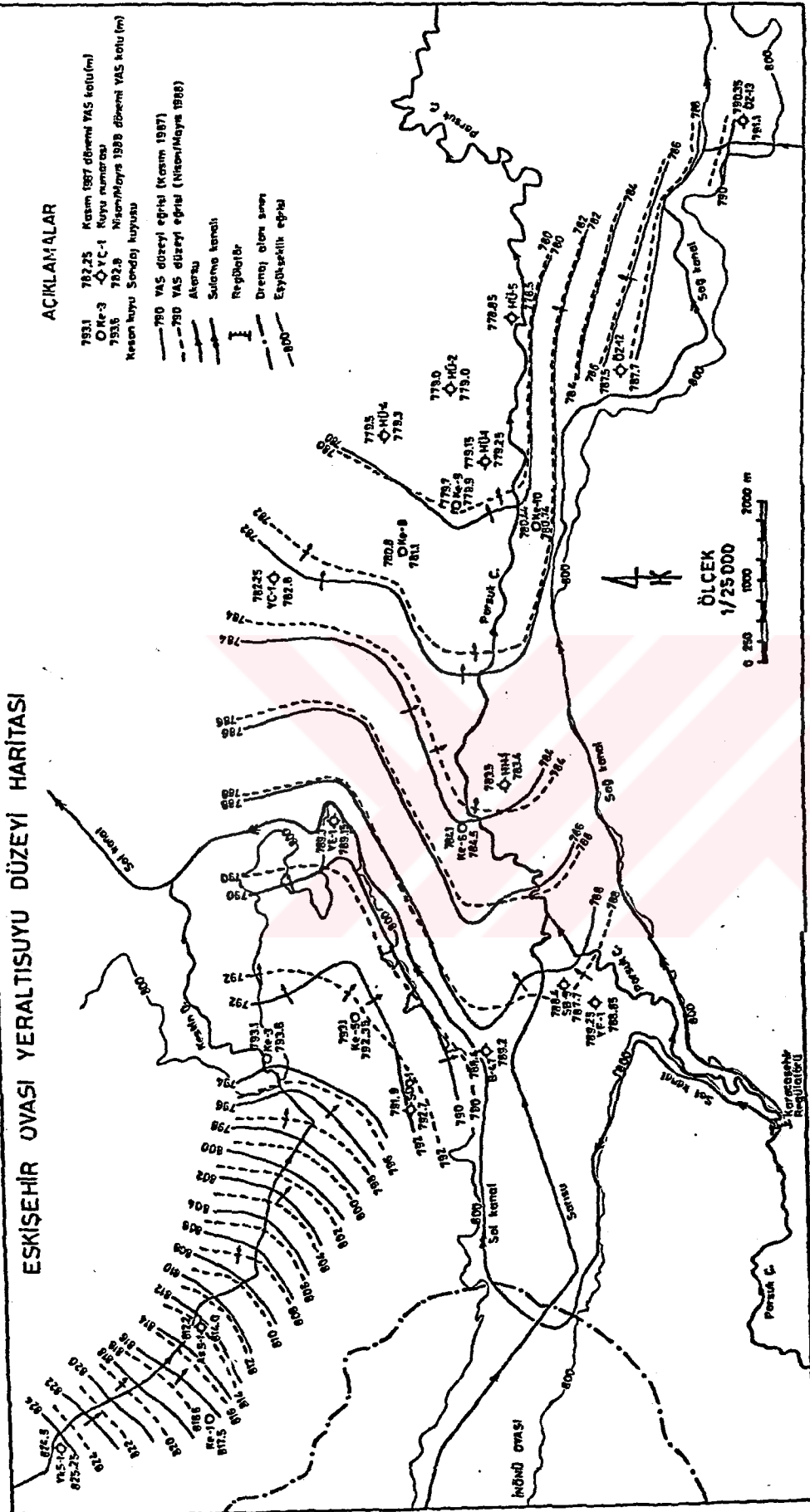
4.4. Eskisehir Ovası Çevresindeki Kaynak Sularının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Eskisehir ovası çevresindeki kaynaklar, Eylül 1987'de yapılan arazi çalışmaları sırasında incelenmiştir. Bu çalışma sırasında 66 adet kaynak haritalanmış ve bunların

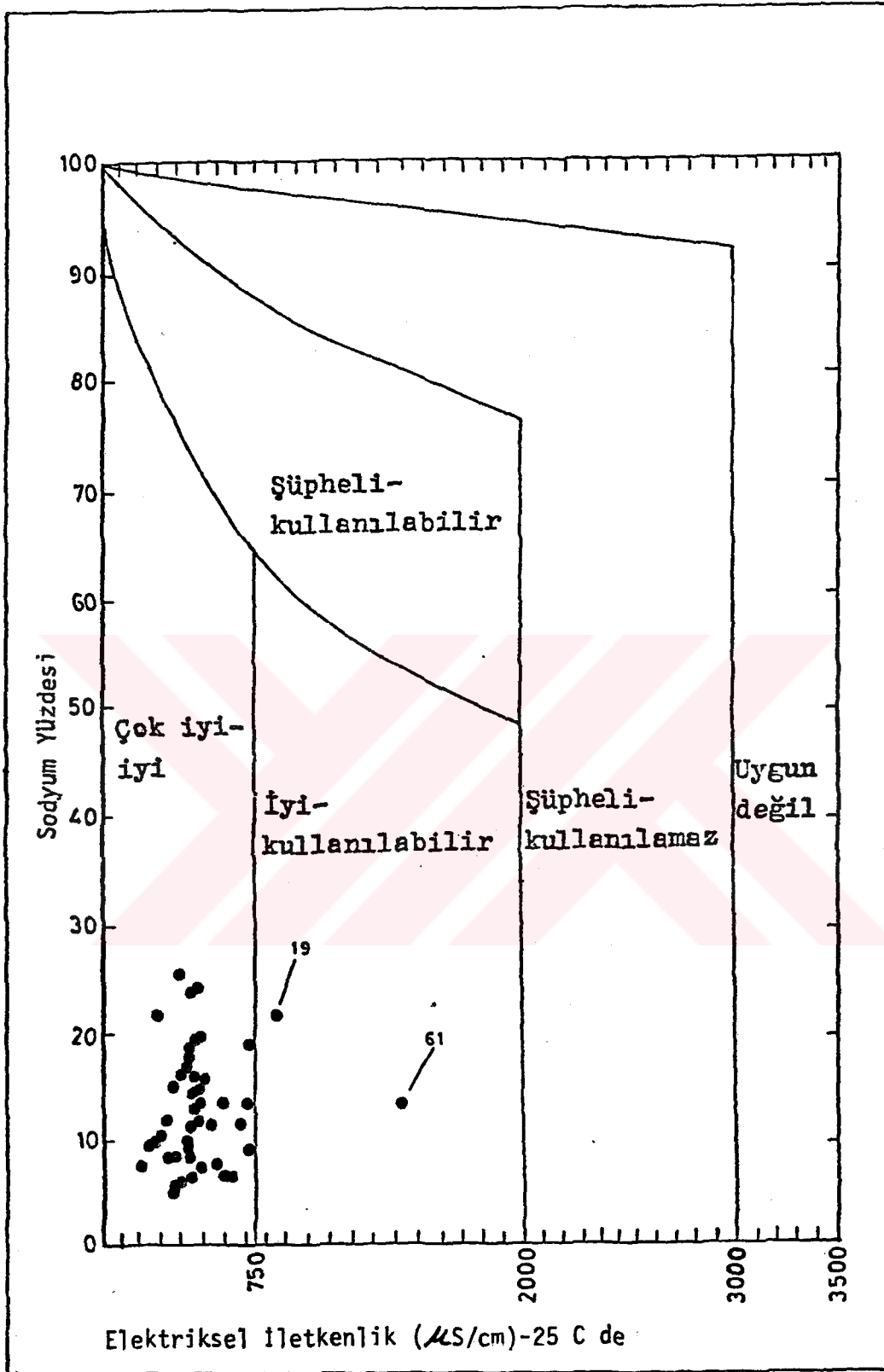
50 tanesinde suların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla arazide ölçümler yapılmış (Sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik) ve laboratuvar analizleri için (Na, K, Ca, Mg, CO_3 , HCO_3 , Cl, SO_4) örnekler alınmıştır. Kaynak sularının kimyasal analiz sonuçları Ek Açıklamalar bölümünde Çizelge C.1de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi kaynak sularının sıcaklıkları 12.0-18.5 °C, pH değerleri 7-8, elektriksel iletkenlikleri ise büyük çoğunlukla 250-600 mikrosimens/cm, sertlikleri 10-20 Fransız Sertlik derecesi arasında değişir.

Kaynak suları, diyagramlar kullanılarak (Wilcox Diyagramı, ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı, üçgen diyagram) çeşitli özelliklerine göre sınıflanmıştır (Şekil 4.3, 4.4, 4.5). Wilcox diyagramına göre incelenen kaynak suları büyük çoğunlukla (iki tanesi dışında) "çok iyi-iyi" sınıfında yer alırlar. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına göre ise kaynak suları büyük çoğunlukla C2-S1 (Orta tuzlu az sodyumlu sular) sınıfında yer alırlar. Üçgen diyagram kullanılarak yapılan sınıflamaya göre ise, sözkonusu kaynak suları $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ 'lü sulardır.

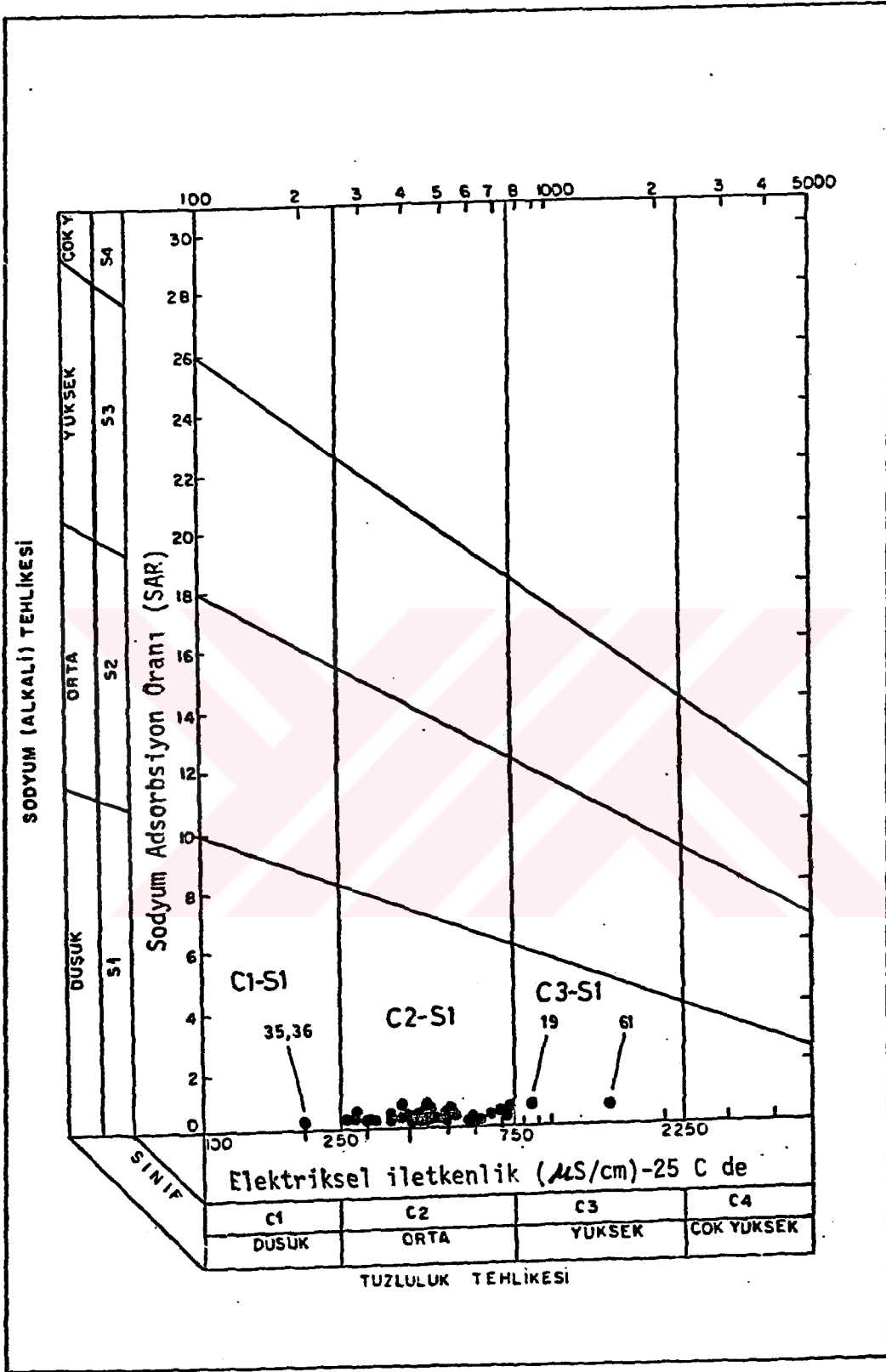
Kimyasal analiz sonuçlarının ve hazırlanan diyagramların incelenmesi sonucunda görüldüğü üzere Eskişehir ovası çevresindeki kaynak suları büyük çoğunlukla sertlikleri düşük, iyi kalitede sulardır. İçmeye kullanmaya ve sulamaya elverişlidirler. Ayrıca ovada yeraltısuyu kirliliğine neden olan kirlilik kaynaklarından uzakta bulduklarından kirlenmeden etkilenmemişlerdir.



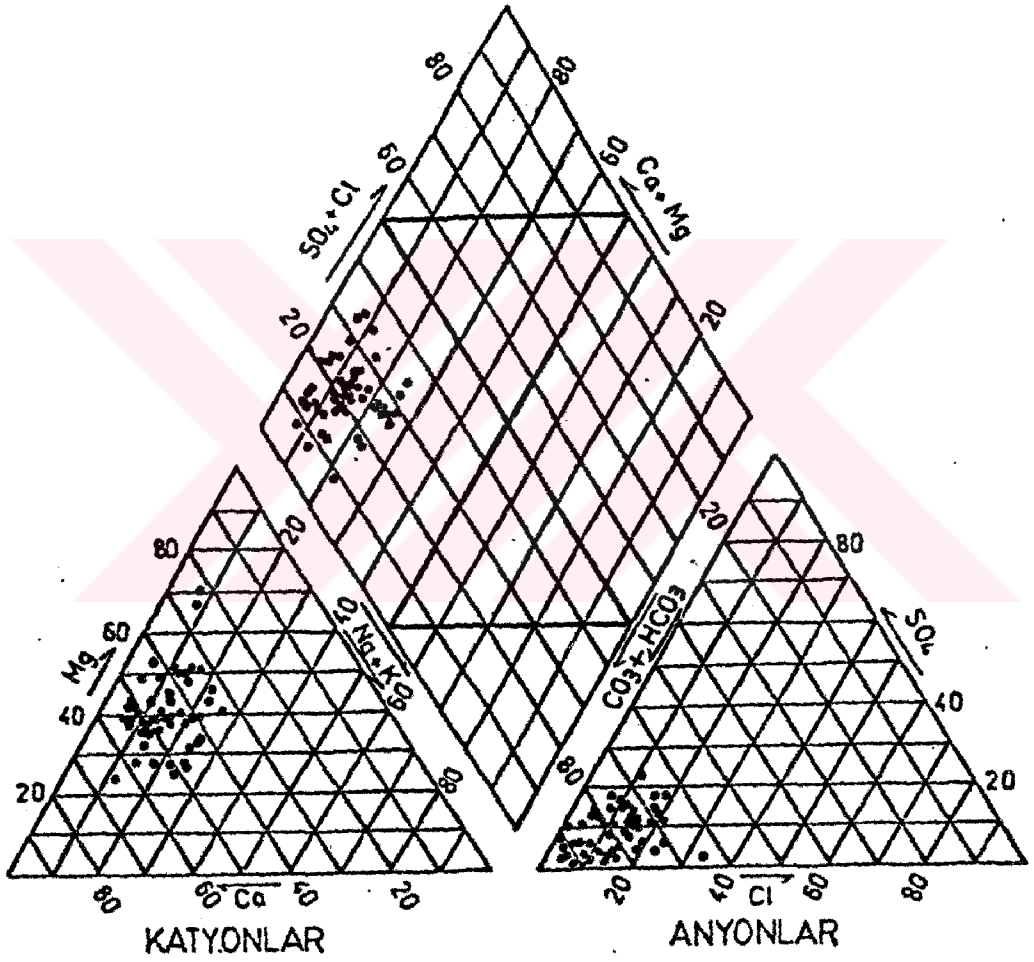
Şekil 4.2 Eskişehir ovası yeraltısuyu düzeyi haritası



Şekil 4,3 Kaynak sularının sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı)



Şekil 4.4 Kaynak sularının sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı)



Şekil 4.5 Kaynak sularının kimyasal kompozisyonu (Piper Diyagramı)

5. SU KİRLİLİĞİ İNCELEMELERİ

Bu araştırma ile ilgili arazi ve laboratuvar çalışmaları, Temmuz 1986-Mart 1989 arasında yapılmıştır.

Arazi çalışmalarının başlangıcında, Porsuk çayı, sulama kanalları ve ovadaki yeraltısuyunda kirlenmeye yol açabilecek kaynaklar belirlenmiştir. Daha sonra; Eskişehir Belediyesi ve diğer kuruluşlar tarafından su sağlamada kullanılan kuyuların arazide belirlenmesi, haritalanması; Porsuk çayı ve kanallar üzerindeki örnekleme noktalarının seçimi; kuyularda, akarsuda ve sulama kanallarında arazide yerinde ölçüm ve laboratuvar analizleri için su örneği alımı; ve su örneklerinin laboratuvarında analizi çalışmalarına geçilmiştir. Bu bölümde Eskişehir ovasında su kirliliğine neden olan kaynaklar; örnekleme noktalarının seçimi; incelenen parametrelerin seçimi ve su kalitesi açısından önemi; örnekleme, ölçüm ve analiz yöntemleri; gözlemeleme programı üzerinde durulacaktır.

5.1. Su Kirliliğinin Kaynakları

Eskişehir ovasında alüvyon akiferdeki yeraltısuyu kirliliği ve Porsuk çayı ve sulama kanallarındaki yüzey suyu kirliliğine endüstriyel atıklar, evsel atıklar ve tarımsal çalışmalar neden olmaktadır. Su kirliliğine neden olan kaynaklar, akarsu kirliliğinin kaynakları ve yeraltısuyu kirliliğinin kaynakları şeklinde iki başlık altında incelenmiştir.

5.1.1. Akarsu kirliliğinin kaynakları

Porsuk çayı Kütahya'nın güneyinde Tokul köyü yakınlarından doğar, Kütahya ve Eskişehir'den geçer, 436

km yol katederek Alpu ovası doğusunda Sakarya nehrine karışır. Bu akarsu Kütahya'ya gelinceye kadar kirlenmemiş durumdadır. Kütahya'dan geçerken evsel ve endüstriyel atıklarla kirlenir. Kütahya ile Eskişehir arasındaki Porsuk barajında dinlenen suyun kalitesi bir miktar düzelir. Eskişehir'de evsel ve endüstriyel atıklar ile tekrar kirlenilen Porsuk çayı, Eskişehir çıkışında ağır şekilde kirlenmiş olarak akışına devam eder.

Bu araştırmanın arazi çalışmalarının yürütüldüğü dönemde (Temmuz 1986-Agustos 1988) Kütahya'da akarsuya boşaltılan endüstriyel ve evsel atıklar hiçbir arıtma işlemine tutulmadan Porsuk çayına boşaltılmaktaydı. İller Bankası tarafından projelendirilen Kütahya atıksu arıtma tesisleri inşaatı bitirilmek üzeredir. Eskişehir'de evsel atıkların bir bölümü Porsuk çayı ve sulama kanallarına, endüstriyel atıksular Porsuk çayına hiçbir arıtma işlemi yapılmadan verilmektedir. Kütahya ve Eskişehir'de Porsuk çayında kirliliğe neden olan kaynaklar Çizelge 5.1.'de, verilmektedir, endüstri kuruluşlarının konumları ise Şekil 5.1 de gösterilmektedir.

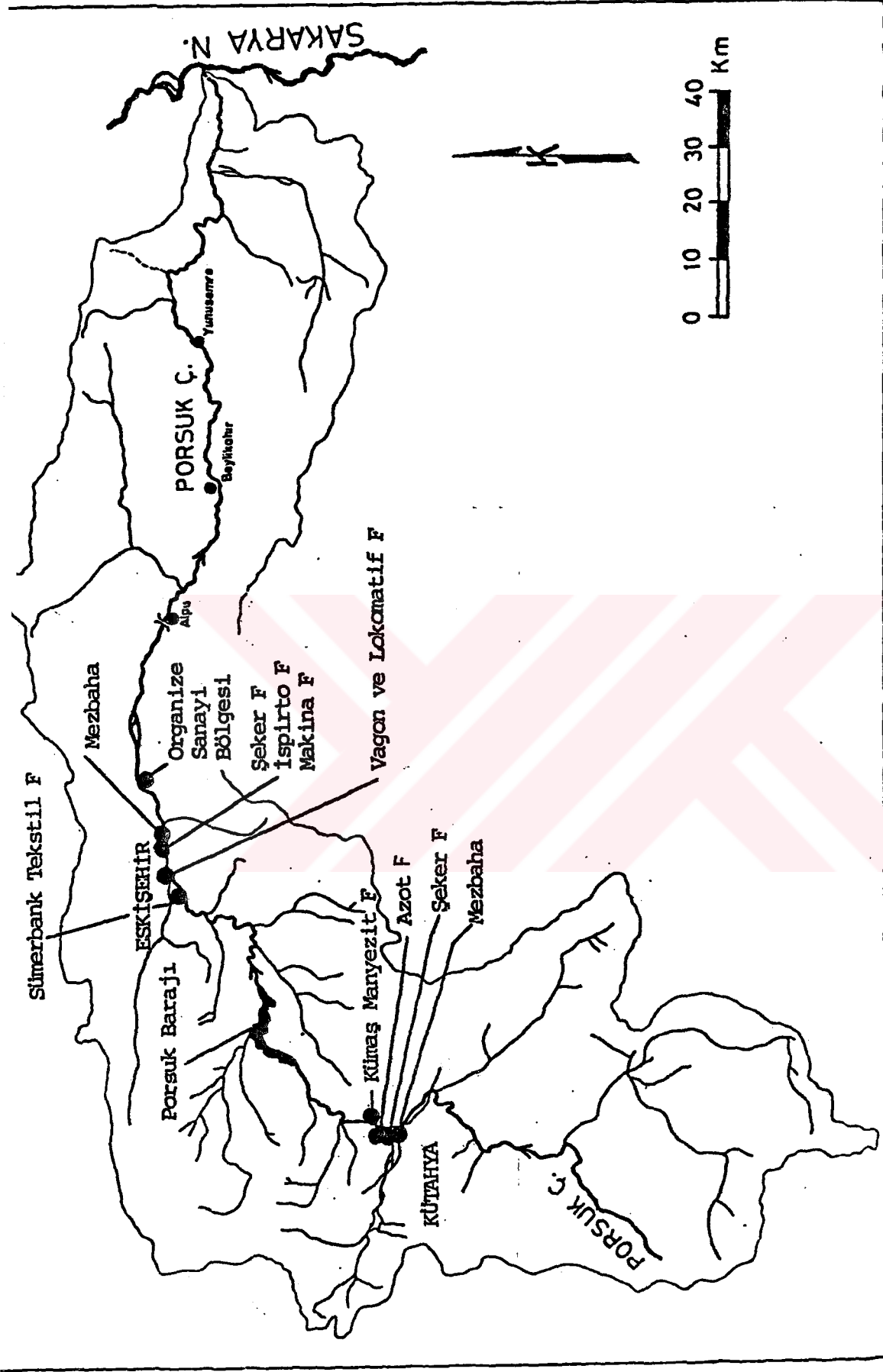
Çizelge 5.1. Porsuk çayında kirliliğe neden olan kaynaklar

a) Kütahya Bölgesinde

- 1- Şeker Fabrikası
- 2- Mezbaha
- 3- Azot Fabrikası
- 4- Kumaş Manyezit Fabrikası
- 5- Şehir Evsel Atıksuları

b) Eskişehir Bölgesinde

- 1- Sümerbank Tekstil Fabrikası
- 2- Vagon ve Lokomotif Fabrikası (Tülomsaş)
- 3- Şeker Fabrikası
- 4- Şeker sanayii-İspirto Fabrikası
- 5- Şeker sanayii-Makina Fabrikası
- 6- Mezbaha
- 7- Organize Sanayi Bölgesi
- 8- Şehir Evsel Atıksuları
- 9- Sulamadan dönen sular



Şekil 5.1 Porsuk çayını kirleten kuruluşlar

Yerleşim alanlarında kullanılan su miktarının % 80'i kadar atıksu ortaya çıktığı hesaplanmaktadır. Ancak diğer kaynaklardan katılan (süzülme, çatılardan yağmursuyu drenajı v.b.) sular nedeniyle atıksu miktarları genellikle su kullanımından büyük olmaktadır (Tehobanoglous and Schroeder, 1985). Yurdumuzdaki hızlı şehirleşmenin etkileri Kütahya ve Eskişehir'de de hızlı nüfus artışı olarak ortaya çıkmaktadır. Hızlı nüfus artışı sonucu olarak şehirlerde her yıl artan miktarlarda atıksu üretilmektedir. Evsel atıksular, çoğunluğu organik maddelerden oluşan kirleticiler içerirler. Evsel atıksuların özellikleri Cizelge 5.2'de verilmiştir. Atıksu debileri ve kirletici konsantrasyonları günün farklı saatlerine göre değişimler gösterebileceği gibi, yıl boyunca mevsimlere bağlı olarak da değişimler gösterebilir.

Cizelge 5.2. Evsel atıksuların özellikleri (Soyupak'dan, 1983 ve Bond ve Straub'dan, 1974; birleştirilerek)

Madde/Özellik	Birim	Yaklaşık ortalama miktar	Değişim aralığı
Günlük debi	l/kisi-gün	473	378-757
Toplam Katılar	mg/l	800	450-1200
Toplam uçucu katı	mg/l	400	250-800
Toplam çözünmüş katı	mg/l	500	300-800
Toplam askıdaki katı	mg/l	300	100-400
Üçü askıdaki katı	mg/l	130	80-200
Çökebilir katı	mg/l	150	
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	mg/l	180	100-450
Toplam azot	mg/l N	50	15-100
Organik azot	mg/l N	20	5-35
Amonyak azotu	mg/l N	28	10-60
Nitrit + Nitrat azotu	mg/l N	2	0-6
Toplam fosfor	mg/l PO ₄	20	10-50
Orto fosfat	mg/l PO ₄	10	5-25
Poli fosfat	mg/l PO ₄	10	5-25
Toplam koliform	milyon/100 ml	30	2-50
pH		7.2	6.8-7.5
Kimyasal oksijen ihtiyacı	mg/l	285	97-436
Klorür	mg/l	35	25-45

Endüstriyel alanlardaki su kullanımı, endüstri türüne, coğrafi bölgeye, tesisin yaşına ve suyun maliyetine bağlı olarak büyük değişiklikler gösterir. Endüstri kuruluşlarının birim ürün başına atıksu üretim miktarları su kullanımlarına bağlıdır. Ayrıca endüstriyel atıksuların içerdikleri kirletici madde ve özellikleri,

endüstri türüne ve kullanılan üretim teknolojisine göre değişimler gösterir. Bazı endüstri atıksularının içerdikleri önemli kirlilik unsuru madde ve özellikler Çizelge 5.3.'te verilmiştir. Çizelgede görülen endüstri türleri seçilirken Porsuk çayını kirleten endüstri türleri göz önünde bulundurulmuştur.

Önceden de sözedildiği gibi Porsuk çayını kirleten kaynaklardan biri Kütahya'daki Azot Fabrikası atıksularıdır. Bu fabrikanın atıksuları arıtılmaksızın Porsuk çayına boşaltılmakta ve bu akarsudaki azot kirliliğinin en önemli kaynağını oluşturmaktadır. Azot Fabrikası atıksuları ve bu atıksuların Porsuk çayında yarattığı kirlilik bazı araştırmacılarca (Ağacık, 1974; Kacar ve diğ., 1982; DSI, 1980) incelenmiştir.

Ağacık (1974) DSI tarafından Eskişehir'e su sağlamada kullanılması planlanmış olan Porsuk barajının Kütahya Azot Fabrikası atıklarıyla kirlenmesini incelemiştir. Bu araştırmada Porsuk çayı üzerinde seçilen noktalardan ve fabrika atıksu boşaltım kanalından 1972-1974 yılları arasında aylık periyodlarla su örnekleri alınarak analizleri yapılmıştır. Örnekleme noktaları Şekil 5.2.'de, analizlerden elde edilen ortalama değerler Çizelge 5.4.'te verilmiştir.

Ağacık (1974)'in araştırmadan elde ettiği sonuçlara göre, Porsuk çayı Azot Fabrikası atıksuları ile azot (NH_3 , NO_2 , NO_3) yönünden belirgin şekilde kirlenmektedir. Yapılan hesaplamalara göre fabrikadan Porsuk çayına 100-700 kg/saat toplam azot verildiği saptanmıştır. Bu fabrika atıksularının Porsuk çayına boşalım noktası membaında azot kirliliği önemli boyutlarda değildir. Buradaki NO_3 derisimi genellikle 10 mg/l'nin altındadır. Azot Fabrikası atıksularının boşalımından sonra Porsuk çayındaki NO_3 miktarı 20-200 mg/l arasında değişmektedir.

Cizelge 5.3. Bazı endüstriyel atıksularda bulunan önemli kirlilik unsuru madde ve özellikler (Soyupak'dan, 1983)

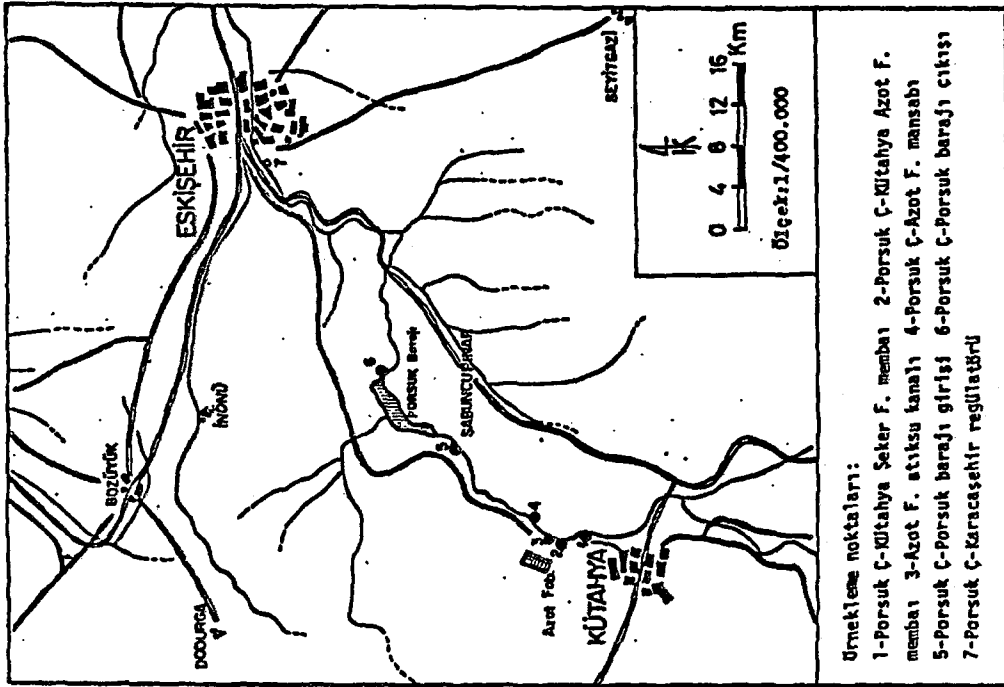
Endüstri Türü	Birinci derecede önem taşıyan madde	Daha az önem taşıyan madde ve özellikler
Seker Endüstrisi	-pH -Biyokimyasal oksijen ihtiyacı -Askıdaki katı madde -Çökebilir katı madde -Toplam koliform -Yağ -Toksik maddeler	-Alkalinite -Toplam azot -Toplam çözünmüş katı madde -Renk -Bulanıklık -Köpük -Sıcaklık
Süt Endüstrisi	-pH -Biyokimyasal oksijen ihtiyacı -Kimyasal oksijen ihtiyacı	-Kloritler -Renk -Azot -Fosfat -Sıcaklık -Toplam organik madde -Toksisite -Bulanıklık
Et Ürünleri endüstrisi	-pH -Biyokimyasal oksijen ihtiyacı -Askıdaki katı maddeler -Çökebilir katı maddeler -Yağ -Toplam koliform -Toksik maddeler	-Amonyak -Bulanıklık -Toplam çözünmüş katı madde -Fosfat -Renk
Mesrubat endüstrisi	-pH -Biyokimyasal oksijen ihtiyacı -Askıdaki katı madde -Çökebilir katı madde -Toplam koliform -Yağ -Toksik maddeler	-Azot -Fosfor -Sıcaklık -Toplam çözünmüş katı madde -Renk -Bulanıklık -Köpük
Tekstil endüstrisi	-pH -Biyokimyasal oksijen ihtiyacı -Kimyasal oksijen ihtiyacı -Askıdaki katı madde -Krom -Sülfat -Alkalinite	-Ağır metaller -Renk -Yağ -Toplam çözünmüş katı madde -Sıcaklık -Toksik maddeler
Azotlu gübre endüstrisi	-Amonyak -Klorit -Krom -Toplam çözünmüş katı madde -Nitrat -Sülfat -Askıdaki katı madde -Üre -Diğer azotlu maddeler -Çinko	-Kalsiyum -Kimyasal oksijen ihtiyacı -Gaz saflaştırma maddeleri -Demir -Yağ -pH -Fosfat -Sodyum -Sıcaklık
Metal kaplama endüstrisi	-Kimyasal oksijen ihtiyacı -Yağ -Ağır metaller -Askıdaki katı madde -Siyanür	

Cizelge 5.3. Bazı endüstriyel atıksularda bulunan önemli kirlilik unsuru madde ve özellikler (Soyupak'dan, 1983) (devam ediyor)

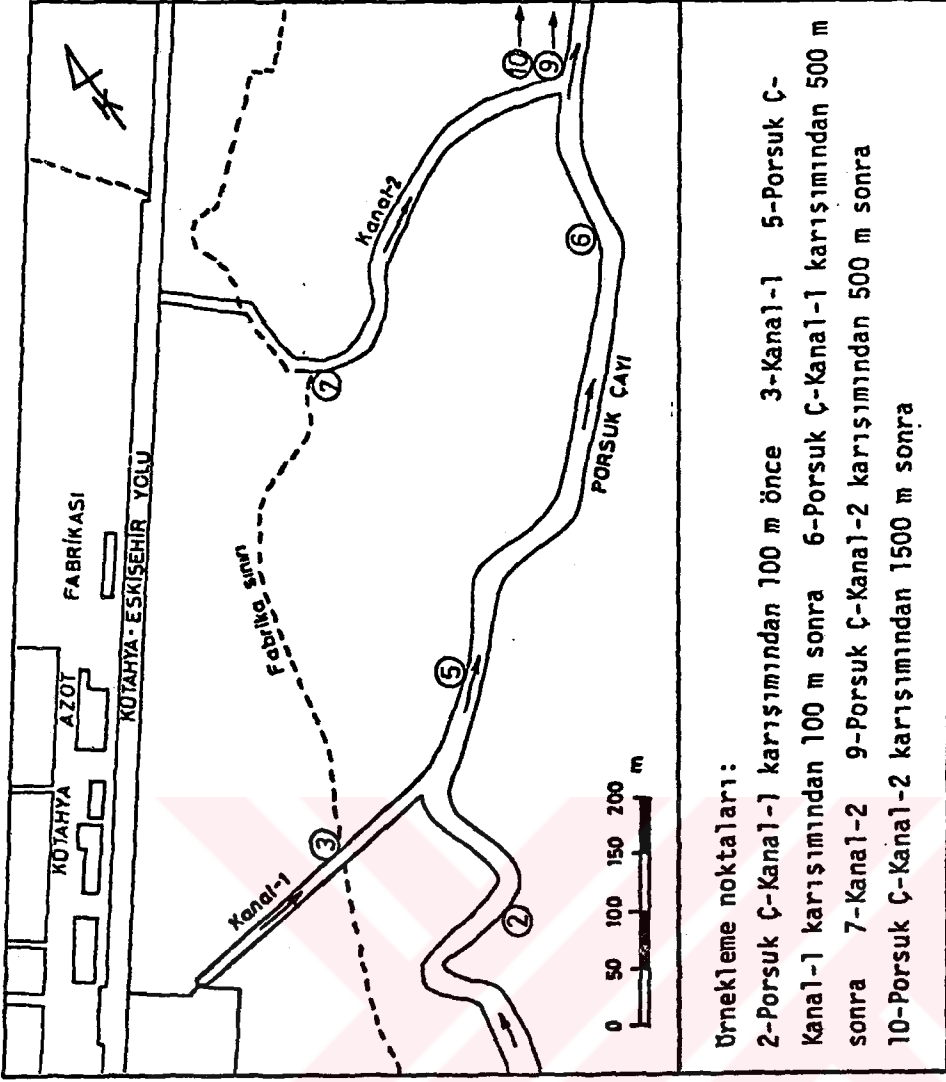
Endüstri Türü	Birinci derecede önem taşıyan madde	Daha az önem taşıyan madde ve özellikler
Plastik madde ve sentetikler endüstrisi	-pH -Biyokimyasal oksijen ihtiyacı -Kimyasal oksijen ihtiyacı -Toplam askıdaki katı -Yağ -Fenoller	-Toplam çözünmüş katı madde -Sülfatlar -Fosfor -Nitrat -Organik azot -Amonyak -Siyanür -Toksik maddeler -Klorlu benzenoidler -Polinükleer aromatikler
Otomobil endüstrisi	-Askıdaki katı madde -Yağ -Biyokimyasal oksijen ihtiyacı -Krom -Fosfor -Siyanür -Bakır -Nikel -Fenoller	-Kimyasal oksijen ihtiyacı -Klorit -Nitrat -Amonyak -Sülfat -Kalay -Kürsun -Kadmıyım -Toplam çözünmüş katı madde

Porsuk barajı çıkışında NO_3 miktarı 40 mg/l'ye kadar yükselmektedir. Fabrika atıksuları ile NO_3 in yanısıra NH_3 ve NO_2 de Porsuk çayına verilmektedir. Cizelge 5.4.ten görüldüğü gibi Porsuk çayındaki NH_3 ve NO_3 miktarında da önemli ölçüde artışlar görülmektedir. Porsuk çayı suyunun Porsuk barajında dinlenmesiyle kirlilik bir miktar azalmakta, bununla birlikte akarsu Eskişehir ovasına bir miktar azot kirliliği ile yüklü olarak girmektedir.

Kacar ve diğ.(1982) Azot Fabrikası atıksularının tarımda kullanım olanaklarını araştırmışlardır. Bu amaçla araştırmacılar Porsuk çayı ve atık su kanallarından aldıkları suları kullanarak yulaf, mısır, sekerpancarı ve İngiliz çimi yetiştirmişlerdir. Kullanılan suların fiziksel ve kimyasal özelliklerini saptamak amacıyla atıksu kanallarından ve Porsuk çayından 26 hafta süreyle su örnekleri alarak analizlerini yapmışlardır. Kacar ve diğ. (1982)'nin araştırması sırasında sulama suyu



Sekil 5.2 Kütahya Azot Fabrikası atıksuyu ve Porsuk çayı örnekleme noktaları (Ağacık'tan, 1974)



Sekil 5.3 Kütahya Azot Fabrikası atıksu kanalları ve Porsuk çayındaki sulama suyu örnekleme noktaları (Kacar ve diğ.'den, 1982)

Cizelge 5.4. Kütahya Azot Fabrikası atıksuyu ve Porsuk Ç.suyu analiz sonuçları (1972-1974 dönemi ortalama değerleri) (Ağacık'tan, 1974).

Parametre	Birim	Örnekleme Noktaları						
		1	2	3	4	5	6	7
pH		7.83	7.91	8.84	7.86	7.74	8.84	8.89
Elektriksel iletkenlik	fS/cm	586	564	2824	684	621	612	541
Renk	Platin b.	6.30	7.68	8.20	6.80	8.00	7.30	8.10
Bulanıklık	Silis b.	343	333	118	278	178	15.3	62.0
Na	mg/l	8.50	9.22	24.4	9.90	9.73	9.00	9.30
K	mg/l	3.30	3.93	7.90	4.37	4.33	4.12	4.60
Ca	mg/l	63.4	71.2	66.7	72.8	68.6	57.2	51.1
Mg	mg/l	24.9	27.0	55.9	30.9	31.6	40.0	33.4
CO ₃	mg/l	8.57	11.50	54.00	14.00	18.40	16.10	15.00
HCO ₃	mg/l	283	450	386	387	290	283	240
Cl	mg/l	11.2	12.3	48.0	13.0	12.9	12.2	11.9
SO ₄	mg/l	27.9	30.9	351.6	45.8	49.7	41.3	36.9
NH ₃	mg/l	0.236	0.198	288.6	7.83	4.42	1.33	0.796
NO ₂	mg/l	0.034	0.247	50.64	9.12	3.54	1.441	0.744
NO ₃	mg/l	5.22	5.94	557.11	57.12	35.47	24.00	20.33
Organik madde	mg/l O ₂	1.106	1.743	14.77	3.52	3.34	2.41	2.05
Toplam tuz	mg/l	316.8	349.2	1722.9	414.2	384.5	370.6	328.5
Toplam sertlik	F.S.	26.10	29.00	39.40	30.90	30.20	30.00	26.90

Örnekleme noktaları : 1. Porsuk Çayı (Kütahya Seker Fabrikası membaı) 2. Porsuk Çayı (Azot F. membaı), 3. Azot F. atıksu kanalı 4. Porsuk Ç. Azot F. mansabı 5. Porsuk B. girişı 6. Porsuk B. çıkışı 7. Porsuk Ç.- Karacaşehir Regülatörü

örneği alınan noktalar Şekil 5.3.'te su örneklerinin analiz sonuçları (26 haftalık ortalama değerler) Cizelge 5.5.'te verilmiştir.

Sulamada kullanılan suların analiz sonuçlarından görüldüğü gibi (Cizelge 5.4.) Kütahya Azot Fabrikası atıksuları azot yönünden (NH₄, NO₂, NO₃) çok zengindir. Bu atık suların karışımından sonra Porsuk çayı sularındaki azot bileşiklerinin derişimlerinde oldukça büyük artışlar olmaktadır.

Kacar ve diğ. (1982)'nin araştırmalarından elde ettikleri sonuçlara göre Azot Fabrikası atıksularının en az iki kez sulandırıldıktan sonra tarımda başarılı bir şekilde kullanılabilceği gösterilmiştir. İki kez sulandırılmış bu atıksuların sulamada kullanılmasıyla seker pancarlarında % 354, yulaf bitkisinde % 139.5, mısır bitkisinde % 115.1 ürün artışı sağlanmıştır.

Çizelge 5.5. Kütahya Azot Fabrikası atıksuyu ve Porsuk çayı suyu analiz sonuçları (Kacar ve diğ. den, 1982)

Parametre	Birim	S U L A M A			S U L A R I			
		2	3	5	6	7	9	10
pH		8.11	8.12	8.20	8.23	8.05	8.19	8.23
EC	fs/cm	517.12	2500.59	642.71	602.95	652.25	606.84	598.72
NH ₄	mg/l	1.36	278.41	14.87	10.31	7.71	11.76	10.18
Na	"	7.99	30.37	9.19	8.90	19.17	9.10	9.19
K	"	2.19	4.82	2.35	2.26	7.15	2.31	2.36
Ca	"	68.10	111.57	66.48	65.88	45.87	66.44	65.34
Mg	"	32.92	67.47	35.53	35.01	51.41	35.58	36.29
Fe	"	0.03	0.04	0.03	0.04	0.14	0.04	0.03
Mn	"	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NO ₂	mg/l	0.25	10.51	0.87	0.60	0.06	0.54	0.63
NO ₃	"	5.13	768.36	43.06	26.13	2.41	28.52	24.18
Cl	"	15.65	30.55	17.26	16.69	36.19	17.81	18.87
HCO ₃	"	251.00	289.69	250.31	246.00	323.65	247.88	244.92
CO ₃	"	12.62	66.15	16.00	19.85	11.46	18.15	21.77
SO ₄	"	41.99	425.49	70.32	57.66	28.66	62.26	56.25
P	"	0.09	0.23	0.10	0.09	0.57	0.10	0.10
B	"	0.18	0.70	0.19	0.17	0.22	0.16	0.16
SAR		0.20	0.58	0.22	0.22	0.46	0.22	0.23
Sınıfı		C2-S1	C4-S1	C2-S1	C2-S1	C2-S1	C2-S1	C2-S1

- 2 : Porsuk Ç-Kanal-1 karışımından 100 m önce
3 : Kanal-1
5 : Porsuk Ç-Kanal-1 in karışımından 100 m sonra
6 : Porsuk Ç-Kanal-1'in karışımından 500 m sonra
7 : Kanal-2
9 : Porsuk Ç-Kanal-2'nin karışımından 500 m sonra
10: Porsuk Ç-Kanal-2'nin karışımından 1500 m sonra

DSİ İçme Suyu ve Kanalizasyon Dairesi Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programının (UNDP) mali ve teknik desteği ile 1978-1979 yılları arasında Porsuk çayının kirliliğini incelemiştir (DSİ, 1980). Bu çalışmada Porsuk çayı suyu yanısıra bu akarsuyu kirleten fabrika ve kuruluşların atıksuları da ayda bir alınan örneklerle incelenerek akarsu kirliliğine olan katkıları ortaya konmuştur. Çizelge 5.6.'da Kütahya'da ki fabrika ve kuruluşların atıksularına ait ortalama değerler, Çizelge 5.7.'de ise Eskişehir'deki fabrika ve kuruluşların atıksularına ait ortalama değerler verilmiştir. Çizelgelerden görüldüğü gibi fabrika ve kuruluşların Porsuk çayının kirliliğine olan katkıları farklılıklar göstermektedir.

Çizelge 5.6. Kütahya'daki fabrika ve kuruluşların atıksularının analiz sonuçları (1978-1979 ortalamaları) (DSİ'den, 1988)

Parametre	Birim	Örnekleme noktaları					
		1	2	3	4	5	6
Debi	m ³ /s	0.005	0.24	0.175	0.26	0.22	0.837
Sıcaklık	°C	17	23	26	21	24	11
pH			8.0	7.75	7.45	8.3	8.5
Elektriksel iletkenlik	fS/cm		712	672	854	2059	502
Toplam çözülmüş katılar	mg/l		2450	430	546	1377	479
Akıdaki katılar	mg/l		4250	2420	216	1510	99227
Çökebilen katılar	mg/l		12	1.8	3372	1.1	300
Toplam katılar	mg/l						
Fenofalein alkalinitesi	mg/l (CaCO ₃)		30	20		190.6	93
Metiloranj alkalinitesi	mg/l		373	303	333	387.5	235
Klorür	mg/l					65	
Sülfat	mg/l		17.5	15	781	37	
Toplam sertlik	mg/l (CaCO ₃)		623	383	438	399	348
NH ₃ -N	mg/l		5.9	5.3	4.8	169	
NO ₂ -N	mg/l		0.052	0.015	0.44	15.2	
NO ₃ -N	mg/l		1.1	0.60	1.50	71.0	
PO ₄	mg/l						
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	mg/l	1400	389	835	290	42	22
Kimyasal oksijen ihtiyacı	mg/l	1602	1128	1120	280	85	
Permanganat değeri	mg/l O ₂					14.2	

1 : Mezbaha
 2-3-4 : Şeker Fabrikası
 5 : Azot Fabrikası
 6 : Kumaş Manyerit Fabrikası

Çizelge 5.7. Eskişehir'deki fabrika ve kuruluşların atıksularının analiz sonuçları (1978-1979 ortalamaları) (DSİ'den, 1988)

Parametre	Birim	Örnekleme noktaları					
		1	2	3	4	5	6
Debi	m ³ /s	0.001	0.200	0.026	0.210		0.025
Sıcaklık	°C	20	27	16	34	19	16.7
pH		10.2	0.4	9.1	5.9	6.8	7.5
Elektriksel iletkenlik	fS/cm	2296	420	1090	3109		850
Toplam çözülmüş katılar	mg/l	834	915	6120	3945		561
Akıdaki katılar	mg/l	1615	6636	49967	4740		179
Çökebilen katılar	mg/l	0.0	27	363	1.9	114	1.3
Toplam katılar	mg/l				8224	15981	
Fenofalein alkalinitesi	mg/l (CaCO ₃)	81	46	73	0.0		
Metil oranj alkalinitesi	mg/l (CaCO ₃)	383	202	588	480		
Toplam sertlik	mg/l (CaCO ₃)	366	251	1223	495		
NH ₃ -N	mg/l	5.1	5.7	7.1	2.0		1.7
NO ₂ -N	mg/l	0.47	0.29	0.3	0.12		0.47
NO ₃ -N	mg/l	2.1	2.8	2.6	0.85		1.80
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	mg/l	299	252.3	2767	2984	4700	25
Kimyasal oksijen ihtiyacı	mg/l	477	1876	1984	8680	9160	73

1 : Sümerbank Tekstil Fabrikası
 2-3 : Şeker Fabrikası
 4 : İspirto Fabrikası
 5 : Mezbaha
 6 : Organize Sanayi Bölgesi

5.1.2. Yeraltısuyu kirliliğinin kaynakları

Bundan önceki alt bölümde değinildiği gibi, Porsuk çayı Kütahya ve Eskişehir'den geçerken endüstriyel ve evsel atıklarla kirlenmektedir. Eskişehir'de bütün şehri kapsayan kanalizasyon sistemi bulunmamaktadır. Porsuk çayı ve sulama kanallarına yakın kesimlerde evsel atıklar arıtma yapılmaksızın doğrudan akarsuya ve kanallara verilmekte, diğer kesimlerde ise fosseptik çukurlarında toplanmaktadır. Şehir yerleşim alanına yayılmış olan binlerce fosseptik çukuru yeraltısuyu için önemli bir kirlilik kaynağıdır.

Tarım, Eskişehir ovasında önemli bir ekonomik aktivitedir. DSI tarafından inşa edilmiş olan sulama kanalları ile ovanın büyük bir kısmı sulanabilmektedir. DSI (1987a) verilerine göre 1985 ve 1986 yıllarında Eskişehir ve Alpu ovalarında 115000 hektar tarım alanında sulama yapılmıştır. Ovada yapılan tarımda gübre ve ilaç kullanımı oldukça yaygındır. Eskişehir ovasında gübre kullanımına ilişkin rakamlar Çizelge 5.8 de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Eskişehir ovasında tarımda kullanılan gübre tipleri ve miktarları (DSI'den, 1980)

Bitki Türü	Fosforlu Güb. (kg/ha)	Azotlu Güb. (kg/ha)	Kompozit Güb. (kg/ha)
Tahıl	70	116	-
Seker Pancarı	65	130	-
Ayciceği	-	73	50
Mısır	110	110	-
Meyvalar	80	120	-
Sebzeler	105	105	105
Yonca	125	35	-

Yukarıda yapılan açıklamaların ışığında Eskişehir ovasında yeraltısuyu kirliliğine neden olan kaynaklar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Porsuk çayı ve sulama kanallarından yeraltısuyu beslenimi
- Evsel atıkların toplandığı fosseptik çukurlarından sızıntılar
- Tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar

5.2. Örnekleme Noktalarının Secimi ve Özellikleri

Eskişehir ovasındaki yüzey ve yeraltısuyu kirliliğini belirlemek amacıyla, akarsular, sulama kanalları, kuyular ve atıksu boşalım noktalarında periyodik ölçüm ve su örneği alımı için örnekleme noktaları seçilmiştir. Örnekleme noktalarının seciminde; örnekleme noktasına ulaşılabilirlik; kirletici kaynakların konumu; alınacak örneğin o noktadaki su niteliklerini temsil edebilir olması; ovadaki akarsu ve sulama kanalları ağı; yeraltısuyu kullanımı amacıyla açılmış kuyuların arazideki konumları; su örneklerine uygulanacak ölçüm ve analizlerin sayısı; laboratuvar, insan gücü ve araç gereç olanakları göz önünde tutulmuştur.

1986 yılı Temmuz ve Ağustos aylarında yapılan ilk dönem arazi çalışmaları sırasında örnekleme noktası sayısı fazla tutularak tüm Eskişehir ovası su kirliliği açısından genel olarak incelenmiştir. Bu genel etüd sırasında ovada saptanan ve ulaşılabilen tüm kuyular (114 adet) ile Forsuk çayı ve sulama kanallarında seçilen örnekleme noktalarında (13 adet) ölçüm ve su örneği alımı çalışmaları yapılmıştır. İlk dönem çalışmaları sırasında toplanan su örneklerinin analizleri sonucunda ovadaki genel durum değerlendirilmiş ve örnekleme noktası sayısı azaltılarak periyodik (mevsimlik) ölçüm ve su örneği alımı çalışmalarının yapılacağı kuyular ile akarsu ve kanallardaki örnekleme noktaları belirlenmiştir.

Çalışmanın devamı süresince örnekleme noktalarında bazı değişiklikler ve eklemeler yapılmıştır. Ayrıca örnekleme döneminin ikinci yılından itibaren (Kasım 1987) atıksu boşalım noktaları da örnekleme noktalarına dahil edilmiştir. Eskişehir ovasındaki kuyular ve örnekleme noktaları Ek 3 deki haritada gösterilmiştir.

5.2.1. Akarsu ve kanallardaki örnekleme noktaları

Akarsular ve kanalların değişik noktalarındaki su özelliklerini ve zamanla değişimlerini öğrenmek, akarsu kirliliği ile yeraltısuyu kirliliği ilişkilerinin açıklanmasına yardımcı olmak amacıyla akarsu ve kanallarda örnekleme noktaları seçilmiştir. Bu örnekleme noktalarının yerinin seçiminde, daha önce gözönünde tutulduğu belirtilen konuların yanısıra, akarsu kirliliğine neden olan kaynakların konumları ve boşalım noktaları göz önünde tutulmuştur. Ayrıca Porsuk barajına giren ve çıkan suyun kalitesinin belirlenmesi için baraj giriş ve çıkışında, Eskişehir ovasına giren ve ovadaki çıkan suların kalitelerinin belirlenmesi için ova giriş ve çıkış noktalarında akarsu ve kanal örnekleme noktaları seçilmiştir (Çizelge 5.9).

Araştırmanın başlangıcında yapılan ilk genel etüd sırasında seçilen bazı örnekleme noktaları daha sonraki dönemlerde terkedilmiş (kullanılmamış), buna karşın çeşitli dönemlerde akarsular üzerinde bazı ek örnekleme noktaları seçilmiştir. Araştırma sırasında toplam olarak 20 adet akarsu ve kanal örnekleme noktası seçilmiş, Temmuz-Ağustos 1986 dönemi ölçüm ve örnekleme işlemlerinden sonra sağ kanal üzerindeki A-11 ve A-12 nolu noktalarda periyodik ölçüm ve örnek alımına gerek görülmemiştir. Akarsu örnekleme noktalarının konumları Ek 3 deki haritada, özellikleri ise Çizelge 5.9.'da verilmiştir. Söz konusu noktalar "A" harfi ile simgelenmiş olup mabadan mansaba (batıdan doğuya) doğru numaralandırılmıştır.

5.2.2. Yeraltısuyu örnekleme noktaları

Ovadaki yeraltısuyunun kalitesini, kirlilik durumunu ve mevsimsel değişimlerini incelemek üzere örnek alımı için Eskişehir Belediyesi ve diğer resmi ve özel kuruluşlara

Çizelge 3.9. Akarsu ve kanallardaki örnekleme noktalarına ilişkin bilgiler

Nokta no	Akarsu / kanal adı	Lok. har. yeri	Ölçüm süresi	Noktanın yeri ve özellikleri
A-1	Porsuk Çayı		Kasım 1986- Ağustos 1988	Porsuk barajı rezervuar girişi- Kütahya yolu Sabuncupınar köprüsü
A-2	Porsuk Çayı		Kasım 1986- Ağustos 1988	Porsuk barajı rezervuar çıkışı- Baraj yolu köprüsü
A-3	Porsuk Çayı	L3	Temmuz 1986- Ağustos 1988	Eskişehir ovası girişi- Karacasehir regülatörü
A-4	Porsuk Çayı	J8	Kasım 1986- Ağustos 1988	Sümer Mahallesi-Demir köprü
A-5	Porsuk Çayı	H9	Temmuz 1986- Ağustos 1988	Lokomotif Fab. mansabı- Atatürk Cad. köprüsü
A-6	Porsuk Çayı	111	Kasım 1986 - Ağustos 1988	Otogar doğusu-Tabakhane köprüsünün 100 m aşağısı
A-7	Porsuk Çayı	113	Temmuz 1986- Ağustos 1988	Mezbaha mansabı- Çevre yolu köprüsü
A-8	Porsuk Çayı	H18	Kasım 1986 - Ağustos 1988	Karacahöyük- Demir köprüsünün 100 m mansabı
A-9	Porsuk Çayı	E28	Temmuz 1986- Ağustos 1988	Cavlum köyü-Karayolu köprüsü
A-10	Çarşı içi kanalı	F10	Temmuz 1986- Ağustos 1988	Hamam yolu Cad.-Yediler Parkı B-10 nolu kuyu yanı
A-11	Sağ kanal	K7	Temmuz 1986	Anadolu üniversitesi-Meselik Kampüsü MK-2 nolu kuyu yanı
A-12	Sağ kanal	112	Temmuz 1986	Yetiştirme yurdu önü (Çifteler Caddesi)
A-13	Sağ Kanal	K16	Temmuz 1986- Ağustos 1988	Terzi evleri-Ankara yolu üzerindeki köprü
A-14	Sağ kanal	F28	Temmuz 1986- Ağustos 1988	Cavlum Köyü-Karayolu köprüsü
A-15	Namuca Beresi	L17	Nisan 1987- Ni/Ma 1988	Ankara yolu üzerindeki köprü (Köy Hizmetleri Böl.Md. bitişiği)
A-16	Sarısu	J3	Kasım 1986- Ağustos 1988	Sazova DSI bakımevi bitişiği- Sarısu'nun ovaya giriş noktası
A-17	Keskin Der.	E1	Şubat 1987- Ni/Ma 1988	Yukarı Söğütünü köyü bitişiği
A-18	Sol kanal	E9	Kasım 1987- Ağustos 1988	Esentepe mezarlık- Kanallın Eskişehir'den çıkış noktası
A-19	Sol kanal	A13	Temmuz 1986- Ağustos 1988	Muttalip Köyü kuzeyi
A-20	Sol kanal	B28	Temmuz 1986- Ağustos 1988	Cavlum Köyü-karayolu köprüsü

ait sondaj kuyuları ve keson kuyularından yeraltısuyu örnekleme amacıyla yararlanılmıştır. Çalışmanın başlangıcında yapılan genel etüd sonuçlarının değerlendirilmesinden sonra, araştırmanın devamında yapılacak periyodik ölçüm ve su örneği alımı için 55 adet kuyu seçilmiştir. Çalışmanın daha sonraki aşamalarında örnekleme kuyularına bazı eklemeler yapılmış, böylece yeraltısuyu örnekleme noktalarının sayısı 58 sondaj kuyusu ve 3 keson kuyu olmak üzere 61'e çıkmıştır. Yeraltısuyu örnekleme yapılan kuyuların listesi Çizelge 5.10'da ovadaki konumları Ek 3 deki haritada verilmiştir.

Eskişehir şehir merkezindeki sıcak su bölgesinde bulunan yeraltısuyu özellikleri ve kirlilik durumu, bölgede yapılan Eskişehir belediyesine ait sondaj kuyularında yapılan ölçüm ve örnekleme aracılığı ile incelenmiştir. Eskişehir belediyesine ait 9 adet kuyu (ES-2, ES-3, B-2, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8, B-9 nolu kuyular) sıcaksu bölgesinde bulunmaktadır. Sıcaksu örnekleme için önce 3 adet kuyu (B-2, B-4, B-7) seçilmiş, daha sonra (Kasım 1987 döneminden itibaren) bunlara 4 adet kuyu (ES-3, B-5, B-6, B-8) eklenerek sıcaksu örnekleme yapılan kuyu sayısı arttırılmıştır.

5.2.3. Atıksu örnekleme noktaları

Porsuk çayında su kirliliğine neden olan kaynaklardan "Akarsu kirliliğinin kaynakları" adlı alt bölümde söz edilmiş ve bu kaynaklar Çizelge 5.1.'de verilmiştir. Bu kirlilik kaynaklarından Eskişehir ovası içinde yer alan fabrikalar, Mezbahe ve Organize Sanayi Bölgesi atıksuları da araştırmanın ikinci yılındaki incelemeler sırasında (Kasım 1987-Ağustos 1988 döneminde) örneklenecek kimyasal analizleri yapılmıştır. Atıksuların da inceleme programına eklenmesindeki amaç, Porsuk çayını kirleten

Cizelge 5.10. Yeraltısuyu Örneklemesi yapılan kuyuların listesi

Sıra no	Kuyu no	Kuruluş adı	Kuyu adı	Lokasyon haritasında yeri
1	ES-3	Belediye	Sıcaksu-3	I10
2	B-2	Belediye	Ayakkabıcılar	I10
3	B-4	Belediye	Eskidaire önü	I10
4	B-5	Belediye	Tasbası	I10
5	B-6	Belediye	Manifaturacılar	I10
6	B-7	Belediye	Kirecciler	I10
7	B-8	Belediye	Özger	I10
8	B-10	Belediye	Yediler Parkı	I10
9	B-11	Belediye	Alaattin Parkı-1	I10
10	B-13	Belediye	Porsuk İlkokulu	I9
11	B-14	Belediye	İstasyon Caddesi	H9
12	B-15	Belediye	Mithatpaşa İlkokulu	H10
13	B-16	Belediye	Alicavus Camii	G11
14	B-18	Belediye	Bahçelievler Lisesi	G10
15	B-23	Belediye	Dekavil	H11
16	B-24	Belediye	Şarhöyük	G13
17	B-25	Belediye	Eski tabakhane	I11
18	B-26	Belediye	Ziyapasa-Park	I11
19	B-30	Belediye	Gökmeşan-2 (Huzur)	I12
20	B-33	Belediye	Ardıye (Mezbaha)	I13
21	B-34	Belediye	Mezbaha bahçesi	I13
22	B-36	Belediye	Beton direk fabrikası	J15
23	B-37	Belediye	Terzi evleri	K16
24	B-40	Belediye	Cumhuriyet Lisesi	J10
25	B-42	Belediye	Vişnelik	J8
26	B-44	Belediye	Osmangazi Camii	I8
27	B-48	Belediye	Altınevler	I6
28	B-49	Belediye	Sazova	J6
29	B-50	Belediye	Orhangazi	J6
30	B-52	Belediye	İncesu evleri	H8
31	B-57	Belediye	Yayla Caddesi	F8
32	B-58	Belediye	Yeşiltepe (Tuğla Ocakl.)	E9
33	B-67	Belediye	Kuyubası	G11
34	B-68	Belediye	Vişnelik-2	I9
35	B-70	Belediye	Zincirlikuyu	F6
36	B-71	Belediye	(100.Yıl) Esentepe	E10
37	HH-3	Hava hastanesi	3 nolu kuyu	I9
38	LF-3	Lokomotif Fab.	3 nolu derin kuyu	H9
39	SB-1	Sümerbank	1 nolu sondaj kuyusu	J7
40	SB-7	Sümerbank	7 " " "	J7
41	SDO-1	Sağır dilsiz Ok.	S.D.O. kuyusu	H5
42	AL-1	Anadolu Lisesi	Anadolu L. Kuyusu	G6
43	YE-1	A.Ü. Yunus Emre K.	Lojmanlar kuyusu	G9
44	YE-2	A.Ü. Yunus Emre K.	Fidanlık kuyusu	G8
45	YE-4	A.Ü. Yunus Emre K.	İstiklal sahası kuyusu	F8
46	As.S-1	Aşağı Söğütönü K.	Köy içmesuyu kuyusu	E3
47	Yk.S-1	Yukarı Söğütönü K.	Köy içmesuyu kuyusu	C1
48	MT-1	Muttalip Köyü	Köy içmesuyu kuyusu	A13
49	TS-2	Tusas Motor Fab.	Tusas 2 nolu kuyu	E11
50	YOC-1	Yarıacık cezaevi	Y.Cezaevi içmesuyu k.	F12
51	SF-3	Şeker Fabrikası	Sinemaönü kuyusu	I12
52	SO-1	Şeker Çiftliği	Ortayol (Söğüt)	H13
53	H.Ü-1	Hava Üssü	Nizamiye kuyusu	I13
54	H.Ü-2	Hava Üssü	Tamir Fabrikası	H14
55	H.Ü-4	Hava Üssü	Uçaksavar Tb.	G14
56	H.Ü-5	Hava Üssü	MTS Okulu	I15
57	ÖZ-14	Hases Motorlu Ta.AŞ.	2 nolu kuyu	I17
58	OS-1	Organize Sanayi Böl.	1 nolu kuyu	K20
59	Ke-1	Karayolları Fidanlığı	Fidanlık keson kuyu	E2
60	Ke-6	Lokomotif Fabrikası	1 nolu keson kuyu	H9
61	Ke-8	Şeker Çiftliği	Kuledibi kuyusu	H12

kaynakların kirliliğe katkı miktarlarının ve kirletici cinslerinin belirlenmesidir. Eskişehir'deki Sümerbank Tekstil, Lokomotif, Şeker, Şeker San.-İspirto, Şeker San.-Makina fabrikaları ile Mezbaha ve Organize Sanayi Bölgesi atıksuları, herhangi bir arıtma işleminden geçirilmeksizin Porsuk çayına boşaltılmaktadır. Atıksu boşalım noktalarının ovadaki konumları Ek 3 deki haritada, boşalım noktalarına ait bilgiler Cizelge 5.11'de verilmiştir.

Cizelge 5.11. Atıksu örnekleme noktalarına ait bilgiler

Nokta no	Kuruluş adı	Lok. har. yeri	Noktanın yeri
AS-1	Sümerbank Tekstil Fab.	37	Sümer mahallesi-Fabrika doğusu Porsuk Ç. kıyısı
AS-2	Lokomotif Fabrikası	19	Fabrika batı kesimi-Yol kapı
AS-3	Lokomotif Fabrikası	19	Fabrika orta kesimi-Müze yanı
AS-4	Lokomotif Fabrikası	H9	Fabrika doğu kesimi- Ana giriş kapısı önü
AS-5	Şeker Fabrikası	112	Futbol sahası güneyi-Porsuk Ç. kıyısı
AS-6	Şeker San.-İspirto Fab.	112	Fabrika güneyi-Porsuk Ç. kıyısı
AS-7	Şeker San.-Makina Fab.	112	Fabrika güneyi-Porsuk Ç. kıyısı
AS-8	Mezbaha	113	Mezbaha bahçesi
AS-9	Organize Sanayi Bölğ.	H18	Karacahöyük-Porsuk Ç. kıyısı demir köprü bitişliği

5.3. İncelenen Parametrelerin Seçimi

Eskişehir'de şehrin su gereksinimini ovadaki alüvyon akiferde açılmış olan kuyulardan karşılanmaktadır. Ayrıca şehirdeki resmi ve özel kuruluşların ve fabrikaların su gereksinimi yeraltısuyundan karşılanmaktadır. Porsuk çayından sulama suyu olarak yararlanılmaktadır.

Karacasehir mevkiinde kurulan "Eskisehir icmesuyu Arıtma Tesisleri" ne ham su sağlamada Forsuk çayından yararlanılması planlanmıştır. icmesuyu Arıtma Tesislerinin Mart 1990 ayı içerisinde bitirilerek kullanıma hazır hale getirilmesi planlanmıştır.

Inceleme alanındaki akarsu, yeraltısuyu ve atıksularda ölçüm ve analizi yapılan parametreler esas olarak sözedilen kullanım biçimleri gözönünde tutularak seçilmiştir. Parametrelerin seçiminde ayrıca, akarsu ve yeraltısuyunu kirleten kaynaklar (evsel, endüstriyel, tarımsal) ve bu kaynakların atık sularından gelebilecek parametreler (madde, iyon v.b.) ve elde mevcut ekipmanlar ve laboratuvar olanakları dikkate alınmıştır.

Yeraltısuyu, akarsu ve atıksu örnekleme noktalarında ölçüm ve analizleri yapılan parametrelerin seçimindeki amaçlar, aşağıdaki maddeler halinde sıralanabilir:

- a) Yeraltısuyu kalitesinin içme, kullanma ve endüstriyel kullanım açısından belirlenmesi ve mevcut kirlenme durumunun ortaya konması,
- b) Sulama suyu ve arıtma tesislerine ham su sağlanması açısından akarsu kalitesinin belirlenmesi,
- c) Yeraltısuyu ve akarsuyun kirletici kaynaklardan etkilenme düzeylerinin belirlenmesi.
- d) Forsuk çayına boşaltılan atıksuların akarsu kirliliğine katkılarının belirlenmesi.

Bu örnekleri üzerinde incelenen parametreler Çizelge 5.12.'de topluca sunulmuştur. Arastırmada, incelenmek istenmesine rağmen laboratuvar olanakları nedeniyle

incelenemeyen parametreler de bulunmaktadır. Örneğin, su örnekleri üzerinde biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) deneylerinin ve bakteriyolojik analizlerin yapılması da düşünülmüş, deneylerin gerçekleştirilmesi için DSI III. Bölge Müdürlüğü (Eskişehir) laboratuvarlarından yararlanılması planlanmıştır. Ancak, bu konuda yapılan başvuru, Bölge Laboratuvarının yükünün fazlalığı gerekçe gösterilerek geri çevrilmiştir.

Cizelge 5.12. Su örnekleri üzerinde incelenen parametreler

Sıra	Parametre	Simge	Birim	Ölçüm Yöntemi	Yöntemin Adı	Kaynak yayını
1	Sıcaklık	T	°C	Termometre		1
2	pH	pH		pH metre		2
3	Elektiriksel iletkenlik	EC	µS/cm	SCT metre		2
4	Bulanıklık	Bul.	NBR	Türbidimetrik		2
5	Toplam katılar	TKM	mg/l	Gravimetrik		1
6	Toplam çözünebilir katılar	TCK	mg/l	Gravimetrik		1
7	Astıdaki katılar	AK	mg/l	Gravimetrik		1
8	Sodyum	Na	mg/l	Fotometrik, Atomik ab.		3,1
9	Potasyum	K	mg/l	Fotometrik, Atomik ab.		3,1
10	Kalsiyum	Ca	mg/l	EDTA titrasyonu		1,3
11	Magnezyum	Mg	mg/l	EDTA titrasyonu		1,3
12	Karbonat	CO ₃	mg/l	Asit titrasyonu		1,3
13	Bikarbonat	HCO ₃	mg/l	Asit titrasyonu		1,3
14	Klorür	Cl	mg/l	AgNO ₃ titrasyonu	Argentometrik Y.	1,3
15	Sülfat	SO ₄	mg/l	Türbidimetrik		1,3
16	Toplam sertlik	T.Sr	F.S	Hesaplama (Ca ve Mg dan)		1,3
17	Deterjan	Det	mg/l	Spektrofotometrik	Metilen mavisi Y.	1,3
18	Bor	B	mg/l	Spektrofotometrik	Carain Y.	1,3
19	Amonyak	NH ₃	mg/l	Spektrofotometrik	Nessler Y.	1,3
20	Nitrit	NO ₂	mg/l	Spektrofotometrik		1,3
21	Nitrat	NO ₃	mg/l	Spektrofotometrik	Brusin Y.	3
22	Orto-fosfat	O-PO ₄	mg/l	Spektrofotometrik	Kalay klorür Y.	1,3
23	Çözünebilir oksijen	Çöz. O	mg/l	Oksijen metre	Membran elekt.Y.	1
24	Organik madde (Permanganat değeri)	Org.M	mg/l O ₂	Permanganat titrasyonu		3
25	Demir	Fe	mg/l	Atomik Absorbsiyon		1
26	Bakır	Cu	mg/l	Atomik Absorbsiyon		1
27	Krom (6)	Cr ⁺⁶	mg/l	Spektrofotometrik		1,3
28	Kurşun	Pb	mg/l	Atomik Absorbsiyon		1
29	Çinko	Zn	mg/l	Atomik Absorbsiyon		1
30	Nikel	Ni	mg/l	Atomik Absorbsiyon		1
31	Kadmiyum	Cd	mg/l	Atomik Absorbsiyon		1
32	Mangan	Mn	mg/l	Atomik Absorbsiyon		1

Kaynak yayınlar : (1) APHA et all., 1981.

(2) U.S. Geological Survey, 1979.

(3) Gamsız ve Ağacık, 1981.

5.4. Örnekleme, Ölçüm ve Analiz Yöntemleri

5.4.1. Örnekleme

Suların bileşimi, fiziksel ve kimyasal özellikleri arazide yerinde yapılan ölçümlerle ve toplanan su örnekleri üzerinde uygulanan kimyasal analizlerle saptanır. Örnekleme suların kimyasal özelliklerinin incelenmesinde hayati önemi olan işlemlerdendir ve su kalitesi ve kirliliği ile ilgili bilgilerin toplanmasındaki ana hat kaynaklarından (Wood, 1976; Hem, 1985). Su örneği toplamada hedef, örneklenen suyu doğru şekilde temsil edebilen hacme sahip, kolayca taşınabilen ve laboratuvarında korunabilen bir miktar suyun su noktasından alınmasıdır (APHA, et al, 1981).

Su kalitesi ve kirliliği incelemelerinde, arazi gözlem programının belirlenmesinden önce incelemenin amaçları açık olarak belirlenmelidir. Belirlenen bu amaçlar, incelenecek parametreleri su kalitesi verileri için gerekli güvenilirlik derecesini, analiz yöntemlerini ve örnekleme yöntemini dikte ettirecektir (Miles and Cook, 1981; Scalf et al, 1981).

Bu araştırmada incelenen su kalitesi parametrelerinin seçiminde, daha önceden de söz edildiği gibi Foursuk çayı ve yeraltısuyunun kullanım durumu ve kirletici kaynaklarla Foursuk çayı ve yeraltısuyu arasındaki ilişkiler ve etkileşim gözönünde tutulmuştur. Ölçüm ve analizi yapılan parametrelerin seçimindeki amaçlar yine aynı alt bölümde maddeler halinde belirtilmiştir.

Araştırmanın amaçlarının gerçekleştirilmesi için daha önce de sözedildiği gibi akarsular, sulama kanalları, kuyular ve atıksu boşalım noktalarından periyodik (mevsimlik) örnekler alınmıştır. Bu periyodik örneklemenin yanısıra ova çevresinde alüvyon dışındaki birimlerden boşalan kaynakların sularının kimyasal özellikleri Eylül 1987'de yapılan arazi çalışması sırasında yapılan ölçümler ve alınan örneklerle incelenmiştir. İncelenen su noktalarının su kimyası özellikleri "kapma" (grab/catch) örnekler alınarak incelenmiştir.

Su örneklerinin türleri, su noktalarından alınış şekillerine göre isimlendirilmektedir. Bunlar, 1) kapma, 2) bileşik, 3) entegre örneklerdir. Kapma örnekler bir su kütlelerinin belirli bir noktasından belli bir anda alınan su örnekleridir. Alındığı noktayı ve zamanı temsil eder. Bununla birlikte, alındığı su kütlesi belli bir zaman periyodunda veya belli uzaklıklara kadar bileşim yönünden oldukça sabit kalıyorsa, örnek bu periyodu ve alanı temsil eder (APHA, et al, 1981; Classen, 1982).

Eskişehir ovasındaki yeraltısuyunun örneklemeğinde, Eskişehir Belediyesi ve diğer resmi ve özel kuruluşlar tarafından kullanılmakta olan kuyulardan yararlanılmıştır. Örnek alımında bu kuyulara monte edilmiş pompalar kullanılmıştır. Kuyular aracılığıyla örnek alımında dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, kuyuda durgun halde bekleyen suyun değil, akiferden kuyuya örnek alımı sırasında boşalan suyun alınmasıdır. Bunun sağlanması amacıyla, kuyu hacminin 4-10 katı kadar su kuyudan boşaltıldıktan sonra örnek alınmalıdır (Scalf et al, 1981; Schuller et al, 1981). Örnekleme kuyudaki

pompa akiferdeki suyu boşaltacak kadar uzun bir süredir çalışmakta ise ölçüm ve örnekleme pompadan boşalan sudan yapılmıştır. Örnek alınma gidilen kuyunun pompası çalışmıyorsa, pompa akiferdeki suyu boşaltır hale gelinceye kadar çalıştırılmış ve örnek ondan sonra alınmıştır. Bu durumda olan kuyularda akiferden "taze" örnek alabilme için belli bir pompa çalışma süresi vermek olanaklı değildir. Akiferden taze suyun alınabilmesi için gerekli zaman kuyu derinliği, kuyu çapı, su tablası derinliği ve pompa verdisi gözönünde tutularak tahmin edilebilir.

Akarsu ve sulama kanallarından alınan örnekler, akarsu veya kanalın örnekleme lokasyonunda iyi karışım yaptığı bir kesiminden, orta derinlikten alınmıştır. Ana akarsuya yan kolun katıldığı veya atık su boşalım noktalarından sonraki örnekleme noktaları, iki suyun homojen bir karışım oluşturabileceği karışım uzunluğu gözönüne alınarak seçilmiş ve örnekleme bu noktalarda yapılmıştır.

Atıksu örnekleme noktalarındaki örnekler de kapma örnek şeklinde alınmıştır. Örnekler atıksu boşalım kanallarının iyi karışım yaptığı kesimlerinden alınmıştır.

5.4.2. Ölçüm ve analiz yöntemleri

Su noktalarından toplanan örnekler üzerinde incelenen parametreler ve ölçüm/analiz yöntemleri, ve yöntemlerin yer aldığı yayınlar Çizelge 5.12. de toplu halde sunulmuştur. Ölçüm ve analizlerde kullanılan yöntemlerin büyük çoğunluğu APHA et al (1981) tarafından yayımlanan

"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" adlı kitapta verilmiştir.

Cizelge 5.12'de verilmiş olan parametrelerin hepsi bütün su örnekleri üzerinde saptanmamıştır. Yapılan analizler su örneğinin alındığı su noktası gözönünde tutularak seçilmiş, veya bazı parametreler (örneğin organik madde, deterjan, mangan) araştırma devam ederken analiz listesine alınmıştır. Yeraltısuyu, akarsular, sulama kanalları ve atıksulardan alınan örneklerde Cizelge 5.12'de verilen parametrelerin büyük çoğunluğu analiz edilmiştir. Ova çevresindeki kaynaklardan alınan su örnekleri üzerinde, sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ölçümleri ile Na, K, Ca, Mg, CO_3 , HCO_3 , Cl, SO_4 iyonlarının analizi yapılmıştır. Ova çevresindeki kaynakların, ovada su kirliliğini yaratan kaynaklardan, konumları dolayısıyla etkilenmedikleri göz önünde tutularak, diğer parametrelerin analizine gerek görülmemiştir.

Suların bazı özellikleri ve içerdikleri bazı bileşenlerin miktarı, örnek alınımından beş-on dakika veya birkaç saat sonra önemli ölçüde değişmektedir. Bu özellik ve bileşenlerin arazide yerinde ölçümü, eğer güvenilir veriler isteniyorsa, zorunludur (Wood, 1976; APHA et al, 1981). Sularda kısa sürede değişen parametrelerin (sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen) ölçümü arazide su noktasından örnek alımı sırasında yapılmıştır. Örnek alındıktan sonra 1-2 gün gibi kısa süre içerisinde yapılması gereken analizler (amonyak, nitrit, nitrat, fosfat, deterjan), gerekli koruyucu önlemler alınarak Eskişehir'de Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Kimya Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Süre açısından bekleyebilecek durumda olan diğer analizler yine gerekli koruyucu önlemler alınarak bölümümüz laboratuvarlarında yapılmıştır. Analizi yapılan parametreler için gerekli örneklerin uygun koşullar altında sağlanması amacıyla kaynaklar dışındaki örnekleme noktalarının herbirinden, her örnekleme döneminde dört ayrı şişeye su örnekleri alınarak gerekli koruyucu önlemler altında analize kadar bekletilmiştir. Analiz türlerine göre örnek miktarları ve koruyucu önlemler Çizelge 5.19'da verilmiştir. Su kalitesi ve kirliliği araştırmalarında incelenen parametrelere göre gerekli olan su örneği miktarları, örnek kabı türü, koruyucu önlemler ve bozulmadan bekleme süresi ile ilgili detaylı bilgiler APHA et al (1981), Gamsız ve Aşacık (1981) ve Scalf et al (1981) tarafından verilmektedir. Kaynak sularının analizi herbir kaynaktan alınan tek örnek kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.13. Su örneği miktarları ve koruyucu önlemler

Parametreler	Örnek hacmi (ml)	Koruyucu önlemler
1) NH_3 , NO_3	250	Soğutma, H_2SO_4 pH<2
2) NO_2 , PO_4 , deterjan	250	Soğutma
3) Ağır metaller (Fe, Cu, Cr, Pb, Zn, Ni, Cd, Mn)	250	HNO_3 pH<2
4) Diğer parametreler	500	Soğutma

5.5. Gözlem Programı

Yüzey ve yeraltısularının kalitesi, zamansal ve alansal boyutlarda değişimler gösterir. Yeraltısularındaki kalite değişimleri çoğunlukla yüzey sularındakinden yavaş

olusur. Geniş yayıllımlı ve nispeten homojen bir akiferdeki kuyulardaki suyun kompozisyonu uzun periyodlarda pek fazla değişmez. Bundan dolayı yeraltısuyu kalitesindeki değişimler aylık, mevsimlik veya yıllık periyodlarla alınan örneklerle yeterince ortaya konabilir. Bununla birlikte yeraltısuyu kirliliği incelemelerinde kirliliğin özelliklerine ve ortam şartlarına göre daha kısa periyodlarla gözlem yapmak gerekebilir (Everett, 1981).

Araştırma ile ilgili arazi çalışmalarını Temmuz 1986-Ağustos 1988, laboratuvar çalışmalarını ise Ağustos 1986-Ekim 1988 tarihleri arasında yapılmıştır. Arazi çalışmalarının başlangıcında (Temmuz 1986) ovada su kirliliğine neden olan kaynaklar belirlenmiştir. 1986 yılı Temmuz ve Ağustos aylarında yapılan ilk dönem arazi çalışması sırasında, örnekleme noktası sayısı fazla tutularak Eskisehir ovasının su kalitesi ve kirliliği açısından genel etüd yapılmıştır. Bu genel etüd sırasında ovada saptanan ve ulaşılabilen tüm kuyular (114 adet) ile Forsuk çayı ve sulama kanallarında seçilen örnekleme noktalarında (13 adet) ölçüm ve su örneği alımı çalışmaları yapılmıştır. İlk dönem çalışmaları sırasında toplanan su örneklerinin analizleri incelenerek ovanın su kalitesi ve kirliliği açısından genel değerlendirilmesi yapılmıştır. Daha sonra örnekleme noktası sayısı azaltılarak çalışmalara mevsimlik periyodlarla (üç ayda bir) devam edilmiştir. Arazi çalışmalarının ikinci yılında Kasım 1987 döneminden itibaren atıksu boşalım noktaları da örnekleme noktalarına dahil edilerek atık sularında bir yıllık (dört dönem) ölçüm ve örnekleme çalışmaları

yapılmıştır. Atıksu boşalım noktaları, Farsuk çayının kirliliğine Eskişehir kentinden olan katkıların anlaşılmasına ve açıklanmasına yardımcı olacağı düşünülerek örnekleme programına dahil edilmiştir.

Araştırma çalışmalarının planlama safhasında su noktalarındaki gözlemlerin aylık periyotlarda yapılması düşünülmüştür. Daha sonra Temmuz-Ağustos 1986 aylarında yapılan ilk etüd çalışması sonucunda gözlemlerin mevsimlik periyotlarla (üç ayda bir) sürdürülmesine karar verilmiştir. Gözlemlerin mevsimlik periyotlarla yapılmasına; seçilen yeraltısuyu, akarsu ve kanal örnekleme noktaları sayısının fazlalığı; incelenen parametre sayısının fazlalığı; çalışmayı yürütecek insan gücü; laboratuvar ve su noktalarına ulaşım olanakları; çalışmanın finansman durumu göz önünde tutularak karar verilmiştir.

6. SU KİRLİLİĞİ İNCELEME SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE YORUMU

6.1. Örnekleme Noktalarına Ait Veriler

Eskişehir ovasındaki yüzey ve yeraltısuyu kirliliğini incelemek amacıyla atıksu boşalım noktaları, akarsular, sulama kanalları ve kuyularda ölçüm ve su örneği alımı için örnekleme noktaları seçilmiştir. Ayrıca, çalışmanın devam süresince örnekleme noktalarında bazı değişiklikler ve eklemeler de yapılmıştır. Atıksu boşalım noktalarındaki ölçüm ve su örneği alımı işlemleri araştırmanın ikinci yılından itibaren (Kasım 1987) başlatılmıştır.

Seçilmiş olan örnekleme noktalarında mevsimlik periyodlarla (3 ayda bir) ölçüm ve su örneği alımı çalışmaları yapılmış ve alınan örneklerin kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Su örnekleri üzerinde incelenen parametreler Çizelge 5.12'de verilmiştir. Ancak, bu çizelgede verilen parametrelerin hepsi bütün su örnekleri üzerinde saptanmamıştır. Yapılan analizler su örneğinin alındığı su noktası gözönünde tutularak seçilmiştir. Bazı parametreler (örneğin organik madde, deterjan, mangan) araştırma devam ederken analiz listesine alınmıştır. Araştırmanın arazi çalışmaları süresince atıksular, akarsular, sulama kanalları ve kuyulardan yaklaşık 700 adet su örneği alınarak analiz edilmiştir.

6.1.1. Atıksulara ait veriler

Eskişehir'deki Sümerbank Tekstil, Lokomotif, Seker, Seker San.-İspirto, Seker San.-Makina fabrikaları ile Mezbağa ve Organize Sanayi Bölgesi atıksuları herhangi bir arıtma işlemi uygulanmaksızın doğrudan Porsuk çayına boşaltılmaktadır. Porsuk çayında su kirliliğine yol açan bu kaynakların atıksularının kimyasal özellikleri ve kirlilik

durumu araştırmanın ikinci yılındaki arazi çalışmaları sırasında (Kasım 1987-Ağustos 1988 arasında) alınan su örnekleri aracılığıyla incelenmiştir. Atıksu örnekleme noktalarına ait bilgiler Cizelge 5.11'de verilmiştir. Atıksuların kimyasal analiz sonuçları Cizelge 6.1a, 6.1b, 6.1c de sunulmuştur. Yukarıda söz edilen fabrika ve kuruluşlara ait 9 adet atıksu örnekleme noktasından bir yıl süreyle toplam 36 adet atıksu örneği alınarak analizleri yapılmıştır.

6.1.2. Akarsu ve kanallara ait veriler

Akarsu ve kanallardaki suların kimyasal özelliklerini ve kirlilik durumunu saptamak amacıyla Porsuk çayı, sulama kanalları ve bunlara karışan üç akarsu üzerinde secilen toplam 18 adet örnekleme noktasında ölçüm ve örnek alımı çalışmaları yapılmıştır. Akarsu ve kanallardaki örnekleme noktalarına ilişkin bilgiler Cizelge 5.9'da sunulmuştur. Bu noktalardan alınan 133 adet su örneğinin kimyasal analiz sonuçlarına ait ortalama değerler Cizelge 6.3 de verilmiştir. Cizelgelerde görüldüğü gibi bazı örnekleme noktalarında bazı dönemlerde analiz yapılamamıştır. Bunun nedeni incelenen akarsu veya kanalda akım olmaması veya çeşitli nedenlerle örnekleme noktasına ulaşamamış olmasıdır.

6.1.3. Yeraltısularına ait veriler

Eskisehir ovası ve Sıcaksu bölgesindeki yeraltısularının kimyasal özelliklerini, kirlilik durumunu ve mevsimsel değişimlerini incelemek amacıyla Eskisehir Belediyesi ve diğer resmi ve özel kuruluşlara ait sondaj kuyularında ve keson kuyularda yeraltısuyu örneklemesi yapılmıştır. Yeraltısuyu örneklemesi yapılan kuyuların listesi Cizelge 5.10'da verilmiştir. Kuyulara ait periyodik (mevsimlik)

su analizi sonuçlarına ait ortalama değerler Çizelge 6.12 ve 6.15 de sunulmuştur. Araştırmanın arazi çalışmaları süresince yeraltısuyu örnekleme için 58 adet sondaj kuyusu ve 3 adet keson kuyu olmak üzere toplam 61 kuyu kullanılmıştır. Çizelge 5.10'da verilen kuyulardan ilk 7 adedi Eskişehir şehir merkezindeki "Sıcaksu bölgesi"nde bulunmaktadır. Bu kuyular sıcaksu- ların kimyasal özelliklerini ve kirlilik durumunu belirlemek amacıyla seçilmiştir. Sıcaksulara ait su analiz sonuçları Çizelge 6.15 de verilmiştir.

6.2. Atıksu Özellikleri ve Değerlendirilmesi

Çeşitli endüstri alanlarındaki su kullanımı; endüstri türüne, coğrafik bölgeye, endüstri tesisinin büyüklük ve yaşına, suyun maliyetine bağlı olarak büyük değişimler gösterir. Endüstriyel atıksuların özellikleri ve içerdikleri kirletici maddeler endüstri türüne ve kullanılan üretim teknolojisine bağlı olarak değişimler gösterir.

Porsuk çayına boşaltılan atıksuların bu akarsuyun kirliliğine olan katkıları, atıksuyun kaynağına göre farklılıklar göstermektedir. Atıksulardaki 1 yıllık gözlemlerden elde edilen veriler değerlendirilerek atıksuların özellikleri ve bu özelliklerdeki değişimler ortaya konmaya çalışılmıştır. Atıksulara ait analiz sonuçları Çizelge 6.1.a, 6.1.b ve 6.1.c'de verilmiştir.

Sümerbank Tekstil Fabrikası atıksuyu (Çizelge 6.1.a) yüksek sıcaklık, pH, EC değerleri, yüksek toplam katı madde, toplam çözünmüş katılar, askıdaki katı madde, sodyum, klorür içeriğine sahiptir. Bu fabrika atıksuyu fabrikada kullanılan kumas boyaları nedeniyle çoğu zaman renklidir. Bu atıksu, ilk bakışta dikkati çeken bu özellikleri ile tipik tekstil endüstrisi atık suyu (Nemerow,1971) özelliklerini yansıtmaktadır. Atıksuyun

Cizelge 6.1a. Porsuk çayına besalan atıkların kimyasal analiz sonuçları (AS-1, AS-2, AS-3 molu noktalar)

Birim	AS-1/ Sümerbank Tekstil Fabrikası		AS-2/ Lokomotif Fabrikası		AS-3/ Lokomotif Fabrikası	
	Kas 1987	Sub 988 Ni/Na 988 Ag 1988	Kas 1987	Sub 988 Ni/Na 988 Ag 1988	Kas 1987	Sub 988 Ni/Na 988 Ag 1988
örnek no	462	535	457	601	711	602
Tarih	4/11/1987	2/2/1988	4/11/1987	10/7/1988	13/11/1987	10/2/1988
T	24.00	25.00	17.00	18.50	21.50	17.50
PH	10.50	11.45	7.45	7.45	7.30	7.83
EC	8890.00	3020.00	994.00	1086.00	1126.00	998.00
fs/cm	R	R	105.00	152.00	45.00	152.00
NH3	394.00	1750.00	875.00	884.00	790.00	885.00
mg/l	2060.00	1534.00	685.00	715.00	680.00	780.00
TKM	698.00	1690.00	170.00	172.00	243.00	168.00
TCK	595.00	525.00	38.50	38.50	62.50	69.00
AK	1587.00	390.00	11.21	25.00	12.70	19.00
Na	80.30	156.00	149.00	56.10	64.10	81.00
K	34.00	30.10	31.60	63.20	80.20	49.00
Ca	52.20	12.10	0.00	15.00	0.00	6.00
Mg	129.00	270.00	427.00	232.00	537.00	336.00
CO2	241.00	152.50	90.00	102.00	74.00	110.00
HCO3	2410.00	230.50	118.00	189.00	48.00	111.40
Cl	216.00	241.00	48.00	40.00	48.00	39.00
SO4	30.00	12.50	0.435	0.970	0.975	0.525
T. Sr.	0.540	0.400	0.770	0.145	0.874	0.153
Det.	3.150	3.610	0.525	0.865	3.260	0.452
R	0.350	0.200	15.000	73.100	25.500	34.200
NH3	16.500	16.000	1.810	2.400	2.200	3.000
NO2	0.010	0.737	5.30	3.70	4.10	3.00
NO2	6.50	7.00	3.68	14.40	5.70	10.10
O-P04	41.50	105.60	8.000	11.720	55.200	4.400
Org. N	0.960	0.535	0.100	0.100	0.186	0.250
Fe	0.280	0.210	0.008	0.015	0.123	0.025
Cu+6	0.200	0.350	0.500	0.000	0.000	0.000
Pb	0.250	0.200	0.500	0.100	0.600	0.100
Zn	0.282	0.103	1.248	2.630	9.570	0.100
Ni	0.180	0.047	0.037	0.047	0.260	0.250
Cd	0.025	0.048	0.017	0.028	0.025	0.028
Mn	0.057	0.029	0.181	0.036	0.039	0.036
			0.205	0.181	0.619	0.130

Cizelge 6. lb. Porsuk cayına bosalan atıksuların kimyasal analiz sonucları (AS-4, AS-5, AS-6 nolu noktaların verileri)

Nokta no/kuruluş:	AS-4/ Lokomotif Fabrikası				AS-5/ Şeker Fabrikası				AS-6/ İspirto Fabrikası			
	Kas 1987	Sub 988 Ni/Ma 988	Ag 1988	Kas 1987	Sub 988 Ni/Ma 988	Ag 1988	Kas 1987	Sub 988 Ni/Ma 988	Ag 1988	Kas 1987	Sub 988 Ni/Ma 988	Ag 1988
Birim	456	683	712	583	552	626	714	578	553	627	715	
Tarih	4/11/1987	10/2/1988	27/4/1988	3/8/1988	3/2/1988	27/4/1988	3/8/1988	13/11/1987	3/2/1988	27/4/1988	3/8/1988	
C	15.50	15.50	18.50	20.50	23.00	22.00	19.50	28.00	33.50	29.00	23.00	
pH	7.35	7.54	7.88	7.43	9.45	7.59	7.30	6.40	6.53	6.38	6.50	
EC	1040.00	11340.00	1055.00	1150.00	1010.00	1285.00	1260.00	1050.00	2350.00	2134.00	1260.00	
Sul.	100.00	229.00	32.10	1040.00	4825.00	44.30	40.00	R	430.00	R	145.00	
TKN	240.00	7655.00	880.00	2470.00	12005.00	985.00	935.00	2400.00	2700.00	3340.00	1195.00	
TK	780.00	6320.00	732.00	786.00	800.00	860.00	829.00	1750.00	2185.00	2095.00	990.00	
AK	170.00	1000.00	125.00	143.00	11120.00	113.00	86.00	550.00	603.00	538.00	285.00	
Na	43.50	190.00	28.80	46.40	30.00	35.50	48.40	92.00	216.00	114.00	52.40	
K	21.00	107.00	12.70	36.90	66.30	100.00	10.40	40.00	125.00	70.20	9.10	
Ca	88.20	320.00	64.10	73.20	168.00	92.20	77.20	102.00	130.00	80.00	103.20	
Mg	72.90	267.00	50.00	104.50	50.70	62.00	65.00	62.00	95.00	97.20	66.20	
CO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
HCO ₃	480.00	300.00	445.00	966.00	283.70	58.00	458.00	500.00	824.00	131.00	671.00	
Cl	81.50	3790.00	60.30	35.50	34.70	113.40	81.50	72.00	21.30	83.00	78.00	
SO ₄	151.00	224.00	62.80	57.50	144.10	92.40	104.60	193.00	115.00	408.00	51.50	
I. Sr.	52.00	190.00	100.00	100.00	45.00	48.50	46.00	45.00	67.50	80.00	58.00	
Det.	2.150	1.950	1.950	0.770	0.550	1.500	0.530	0.490	0.940	0.195	0.175	
B	0.860	0.770	0.495	0.250	0.732	0.810	0.490	2.500	8.710	4.100	0.325	
NH ₃	2.100	2.030	0.011	0.250	0.011	1.310	0.035	2.000	4.100	0.722	0.722	
NO ₂	0.510	0.750	1.285	0.376	0.440	1.890	2.945	2.000	2.750	0.350	1.780	
NO ₃	10.600	4.430	0.400	100.000	5.300	21.900	18.000	25.000	35.600	15.300	16.300	
O-P04	0.140	0.630	4.760	3.800	0.900	3.840	1.240	0.750	3.760	0.400	0.370	
Coz. O	5.00	4.80	4.70	2.00	6.70	1.00	4.60	2.50	2.90	0.400	2.65	
Drg. N	0.64	5.20	9.12	0.32	40.00	0.20	5.20	65.00	80.40	140.00	12.32	
Fe	0.100	1.630	0.330	0.500	3.890	0.520	0.890	2.200	3.000	1.500	1.565	
Cr ₂ S	0.074	0.025	0.021	0.025	0.150	0.021	0.200	0.200	0.225	0.140	0.050	
Cu	0.000	0.018	0.011	0.005	0.015	0.015	0.110	0.005	0.050	0.160	0.070	
Pb	0.270	0.100	0.200	0.260	0.100	0.100	0.200	0.250	0.100	0.200	0.200	
Zn	0.230	0.292	0.333	0.005	0.115	0.082	0.133	0.120	0.120	0.200	0.127	
Ni	0.037	0.100	0.035	0.230	0.282	0.050	0.035	0.132	0.047	0.200	0.092	
Cd	0.010	0.030	0.030	0.030	0.228	0.051	0.029	0.030	0.140	0.059	0.083	
Mn	0.121	0.282	0.200	0.165	1.160	0.450	0.465	0.165	0.290	0.304	0.553	

Sizelge 6.İc. Porsuk tayına bosalan atıksuların kimyasal analiz sonuçları (AS-7, AS-8, AS-9 nolu noktaların verileri)

Nokta no/kuruluş: AS-7/ Makina Fabrikası

AS-B/ Mezba

AS-9/ Organize Sanayi Bölgesi

Birimi	Kas 1987	Sub 988 Ni/Ma. 988	Ag 1988	Kas 1987	Sub 988 Ni/Ma. 988	Ag 1988	Kas 1987	Sub 988 Ni/Ma. 988	Ag 1988	Kas 1987	Sub 988 Ni/Ma. 988	Ag 1988
Brnek no	529	591	628	716	540	549	717	544	532	719	532	719
Tarih	13/10/1987	9/2/1988	27/4/1988	3/8/1988	3/2/1988	27/4/1988	3/8/1988	27/4/1988	3/8/1988	27/4/1988	3/8/1988	3/8/1988
T	22.50	21.00	21.00	21.00	19.50	16.00	20.50	14.00	17.00	17.00	14.00	22.50
PH	7.48	7.66	7.50	6.90	7.50	7.48	7.30	7.56	7.47	7.47	7.56	6.50
EC	1700.00	1575.00	1480.00	1530.00	5230.00	1200.00	2325.00	1895.00	1213.00	1895.00	50.30	1388.00
Btl.	35.00	42.00	17.40	7.00	4286.00	R	R	427.00	50.30	427.00	50.30	978.00
TKM	1750.00	1300.00	1300.00	1150.00	14700.00	1025.00	7700.00	1140.00	1140.00	1140.00	1140.00	2150.00
TKX	1550.00	1075.00	1080.00	1057.00	5125.00	490.00	1530.00	1851.00	1430.00	1430.00	1430.00	890.00
AK	150.00	172.00	113.00	70.00	9575.00	400.00	6440.00	614.00	190.00	190.00	190.00	1175.00
Na	70.00	61.20	28.00	50.00	480.00	35.00	125.00	150.00	98.20	150.00	98.20	141.00
K	20.00	12.50	14.30	9.10	525.00	71.40	16.40	117.00	10.00	117.00	10.00	4.40
Ca	123.00	92.20	100.20	82.20	120.00	100.20	50.10	124.20	86.20	124.20	86.20	41.10
Hg	67.00	77.00	136.10	125.10	109.00	60.00	121.50	52.20	45.00	52.20	45.00	78.40
Cl ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HC03	430.00	396.50	610.00	549.00	915.00	549.00	671.00	366.00	329.40	366.00	329.40	397.00
Cl	125.00	76.20	71.00	78.00	775.00	71.00	131.20	223.00	92.00	223.00	92.00	109.00
SU ₄	240.00	197.00	247.00	264.00	837.00	81.70	183.30	179.00	301.00	179.00	301.00	264.00
T. Sr.	55.00	55.00	81.00	72.50	75.00	50.00	62.50	40.00	52.00	40.00	52.00	42.50
Det.	0.610	0.780	1.210	0.610	0.250	0.250	0.210	0.810	2.550	0.810	2.550	3.750
B	0.350	0.770	0.490	0.415	0.716	0.375	0.300	0.624	0.925	0.624	0.925	1.150
NH3	0.750	0.810	1.320	1.026	6.260	2.240	1.590	0.816	0.921	0.816	0.921	1.480
NO2	25.000	2.920	42.300	6.500	18.900	3.300	32.400	16.500	56.400	16.500	56.400	21.600
O-P04	2.000	2.920	2.000	1.390	17.730	10.300	0.550	4.470	3.320	4.470	3.320	9.660
Coz. O	1.00	1.40	1.30	1.40	4.50	6.00	3.90	4.40	3.00	4.40	3.00	1.90
Or.g. N	12.00	6.40	5.20	9.30	304.00	46.00	61.60	14.70	5.44	14.70	5.44	7.52
Fe	2.150	1.375	0.167	0.660	4.540	0.160	3.000	2.640	1.330	2.640	1.330	16.000
Cu ⁶⁶	0.050	0.025	0.021	0.016	0.200	0.021	0.085	0.025	0.021	0.025	0.021	0.060
Cr	0.035	0.003	0.012	0.041	0.003	0.021	0.023	0.016	0.009	0.016	0.009	0.104
Pb	0.250	0.100	0.100	0.200	0.260	0.100	0.200	0.100	0.100	0.100	0.100	0.200
Zn	0.230	0.115	0.092	0.092	0.316	0.130	0.288	0.210	0.100	0.210	0.100	0.700
Ni	0.100	0.100	1.750	0.092	0.100	0.750	0.092	0.416	0.360	0.416	0.360	0.775
Cd	0.025	0.068	0.059	0.006	0.017	0.051	0.039	0.025	0.012	0.025	0.012	0.066
Mn	0.105	0.012	0.737	0.575	1.295	0.224	0.795	0.546	0.665	0.546	0.665	0.597

yüksek pH değeri fabrikada iplik ağartma işlemlerinde kullanılan NaOH'den, renk kumaş boyamada kullanılan boyalardan, sıcaklık dokuma ve boyama işlemlerinde buhar ve sıcaksu kullanımından kaynaklanmaktadır. Evsel atık da karışması nedeniyle Sümerbank Tekstil Fabrikası atıksuyu azot bileşikleri (NH_3 , NO_2 , NO_3), O-PO_4 ve organik madde yönünden de zengindir. Bu atıksuda ağır metaller yönünden dikkati çeken önemli bir özellik Cr^{+6} miktarının diğer atıksulara oranla yüksek olmasıdır. Tekstil fabrikalarında boyama işlemlerinde kullanılan boyalar Cr içermektedir (Nemerow,1971).

Eskisehir Lokomotif ve Vagon Fabrikası (TÜLOMSAŞ) atıksuları (Cizelge 6.1.a ve 6.1.b) üç adet kanal (AS-2, AS-3 ve AS-4) aracılığıyla Forsuk çayına boşaltılmaktadır. Bu kanallardan boşalan atıksular fabrikada çeşitli işlemler sonucu ortaya çıkan sıvı atıkların yanısıra evsel atıksuları da içermektedirler. AS-2 nolu atıksu örnekleme noktası fabrikanın çelik inşaat, vagon fabrikası ve Galvaniz atölyesi gibi bölümlerinin atıkları ile evsel atıksuları boşaltan kanal üzerinde bulunur. Bu atıksu kanalı suları evsel atıklardan kaynaklanan azot bileşikleri (NH_3 , NO_2 , NO_3), O-PO_4 , ve deterjanın yanısıra yukarıda adları sayılan fabrika bölümlerinde özellikle Metalurji Atölyesinden kaynaklanan bazı ağır metaller de içerir. Bu ağır metaller içersinde en dikkat çekici olanları Fe, Zn ve Cr^{+6} 'dır. AS-2 noktasında ortalama Fe derişimi 18.86 mg/l, ortalama Zn derişimi 3.52 mg/l, ortalama Cr^{+6} derişimi 0.038 mg/l olarak saptanmıştır. AS-3 nolu atıksu örnekleme noktası Lokomotif Fabrikasının diğer bölümleri ile daha çok idari bölümlerinden gelen atıksuları içerir. AS-3 atıksuları azot bileşikleri, O-PO_4 , deterjan, Org.M. ve Fe iyonu yönünden oldukça zengindir. AS-4 atıksu noktası suları Demiryolları Hastanesi ve Lojmanların atıksularını içermektedir. Bu noktadan alınan atıksu örnekleri AK, azot bileşikleri, O-PO_4 , Det., Org.M., Fe yönünden oldukça zengindir.

Şeker fabrikası ve ek tesislerinin (İspirto ve Makina Fabrikası) atıksuları AS-5, AS-6, AS-7 nolu atıksu örnekleme noktalarında örneklenmiştir (Çizelge 6.1.b, 6.1.c). Şeker Fabrikasında şeker pancarının işlenmesi sırasında pancarın stok sahasından taşınması ve yıkanmasında Forsuk cayından alınan su kullanılmaktadır. Bu fabrika atıksuları, şeker pancarının taşınması, yıkanması ve işlenmesi sonucu ortaya çıkan atıksuları ve sosyal tesislerin atıksularını içerir. Şeker Fabrikası atıksuları; TKM, AK, Bul., azot bileşikleri, O-PO₄ ve Org.M. yönünden zengindir (Çizelge 6.1b). Atıksu debisi ve özellikleri şeker pancarının işlendiği dönem (kampanya dönemi) ile diğer dönemler arasında oldukça büyük farklar göstermektedir. Çizelge 6.1b de görüldüğü gibi fabrikanın pancar işleme dönemindeki su analizlerinde TKM, AK, Bul., değerleri aynı parametrelerin diğer dönemlerdeki değerlerine göre çok büyük farklılık göstermektedir.

Şeker San.-İspirto Fabrikası atıksuları (Çizelge 6.1b), düşük pH, EC, sıcaklık, renk, bulanıklık ve bazı parametrelere ait yüksek derişimlerle dikkat çeker. Bu fabrika atıksularında TKM, TCK, NH₃, NO₂, O-PO₄, Org.M. yüksek değerlere sahiptir.

Şeker San.-Makina Fabrikası atıksuları; T, EC, azot bileşikleri, O-PO₄, Org.M. içeriği ile dikkat çekmektedir. Bununla birlikte bu parametrelerin değerleri Şeker Fab. ve İspirto Fab. atıksularındaki kadar yüksek değerlere ulaşmaz. Bu atıksuda ağır metaller yönünden Fe dikkat çekmektedir.

Mezbaa atıksuları (Çizelge 6.1.c); kan ve organik atıklar içerir ve çoğu zaman kırmızı renklidir. Bu atıksular; EC, TKM, TCK, AK, Na, Cl, SO₄, azot bileşikleri, O-PO₄ ve Org.M. yönünden zengindir. Bu parametrelerin yanısıra Mezbaa atıksuları büyük organik parçalar ile ağır metal olarak önemli miktarda Fe içermektedir.

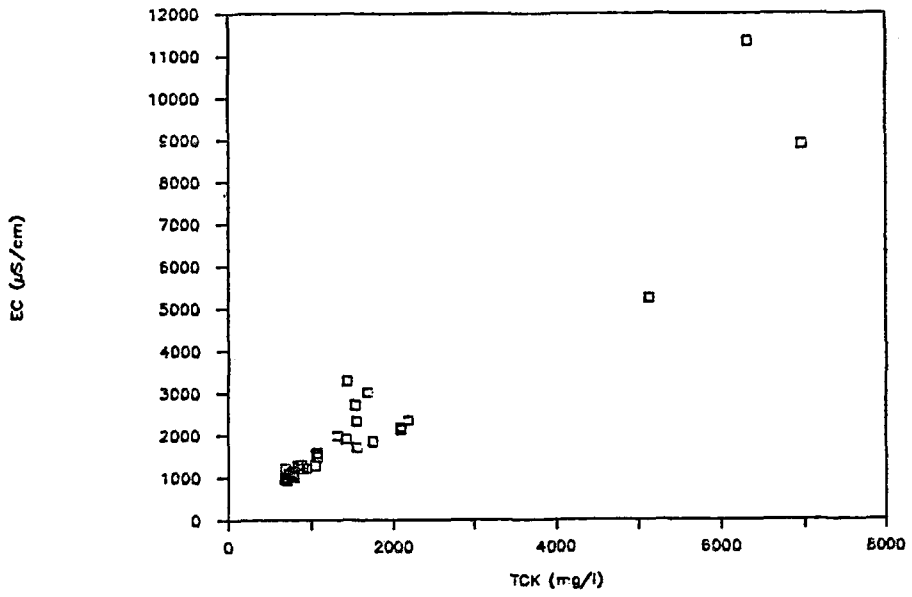
Organize Sanayi Bölgesi atıksuları (Çizelge 6.1.c), adı geçen bölgedeki çeşitli dallarda üretim yapan fabrikaların atıksularının karışımından oluşmaktadır. Bu bölge atıksuları EC, Bul., TKM, TCK, AK, Na, Cl, SO_4 , Det., B, NH_3 , NO_2 , NO_3 , O- PO_4 , Org.M. gibi parametreler ile Fe, Zn, Cu, Ni, Cr^{+6} , Cd, Mn gibi ağır metaller yönünden zengindir.

Atıksu analizlerine ait değerler kullanılarak parametreler arası korelasyonlar araştırılmıştır. Bunun için iyon ve parametrelerin kaynakları gözönünde tutularak aralarında ilişki beklenen parametreler seçilmiş, ikili korelasyonlar yapılarak korelasyon katsayıları hesaplanmıştır (Çizelge 6.2). Çizelgede görüldüğü gibi TCK-EC, Cl-EC, Det.-B, Org. M.- NH_3 , Org. M.- ($NH_3 + NO_2$) arasında yüksek; Na-EC, Mg-EC, T. Sr.-EC, Na-Cl, Cu-Zn, Org.M.- NO_2 , Fe-Cu, (O- PO_4)-($NH_3+NO_2+NO_3$), NH_3-NO_2 , NH_3 -(O- PO_4), SO_4 -EC, B-(O- PO_4) arasında ise iyi veya orta derecede korelasyon bulunmuştur. Diğer parametre çiftleri arasındaki korelasyon zayıftır.

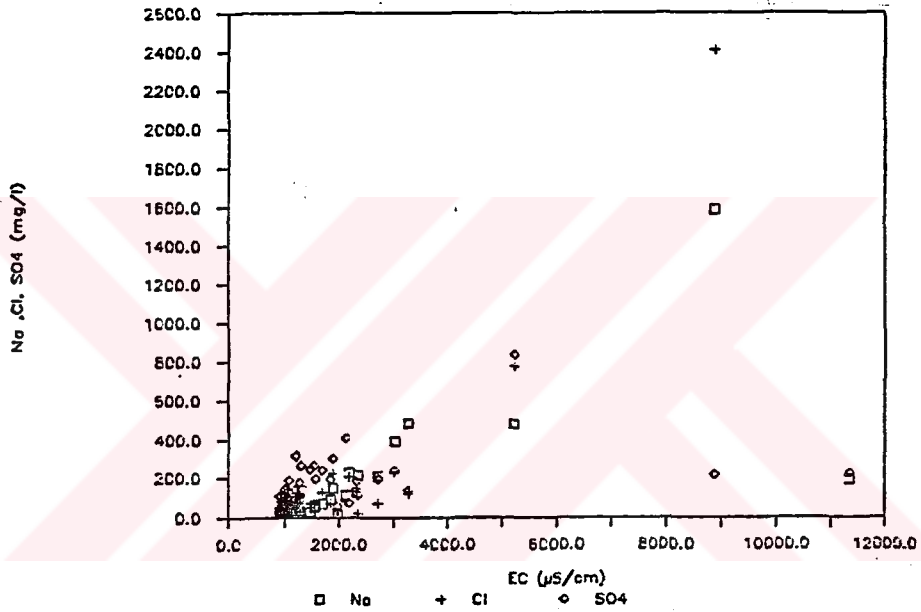
Atıksularda çeşitli parametreler arasındaki ilişkiler ayrıca grafiksel olarak sunulmuştur (Şekil 6.1-6.9). Söz konusu grafiklerde görüldüğü gibi TCK-EC, EC-Cl, Det.-B, Org. M.- NH_3 , Org. M.-(NH_3+NO_2) grafikleri doğrusala yakın ilişkiler vermektedir. Bu parametreler aralarındaki korelasyon yüksek olan parametrelerdir. Aralarındaki korelasyon daha düşük olan parametre çiftlerine ait noktaların grafiklerde dağılımı oldukça büyük sapmalar göstermektedir.

Çizelge 6.2 Atıksularda parametreler arası korelasyon katsayıları

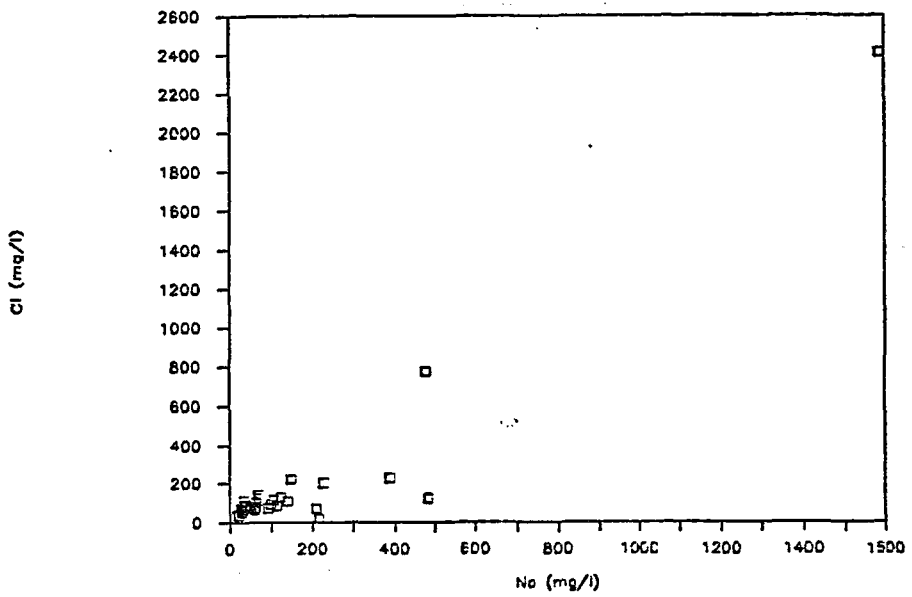
	EC	AK	Na	Det.	NO ₂	O-PO ₄	Org.M.	Cu	Çöz.O.	NO ₃	Cr+6	Fe
Bul.	0.951	0.619										
TCK	0.670											
Na	0.495											
Ca	0.575		0.543							0.225		
Mg	0.953											
Cl	0.335											
SO ₄	0.571											
T. Sr.												
B.			0.063	0.910	0.507	0.347	0.843			0.109		
NH ₃						0.427	0.620		0.110			
NO ₂						0.212	0.441		0.168			
O-PO ₄	0.069						0.863		0.169	0.134		
NH ₃ +NO ₂						0.765						
NH ₃ +NO ₂ +(O-PO ₄)												
Fe								0.404				0.075
Zn								0.715				0.083
NO ₃	0.213					0.075	0.077		0.144			0.103
Org.M.									0.352			0.002
Mn									0.071			
Ni								0.126				
Cd								0.166				



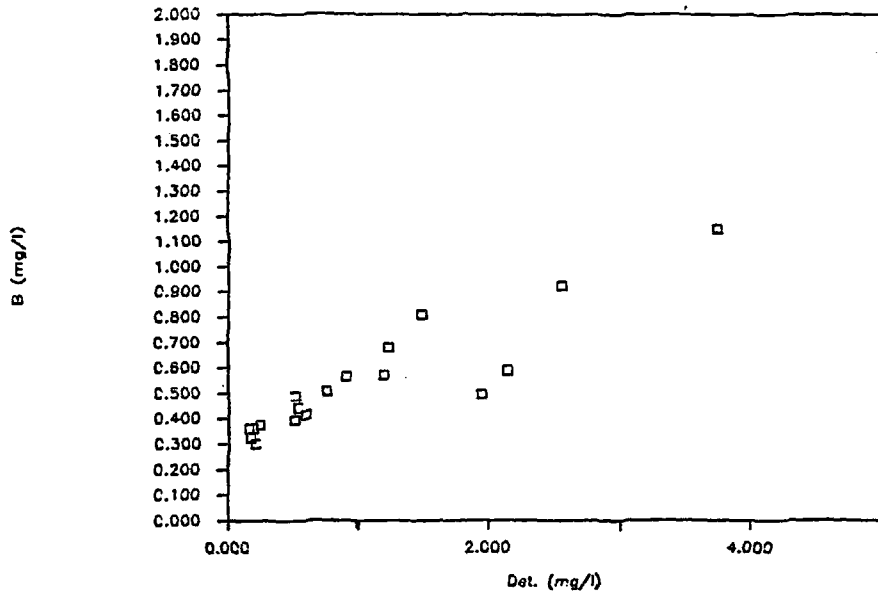
Sekil 6.1. Atıksularde EC-TCK ilişkisi



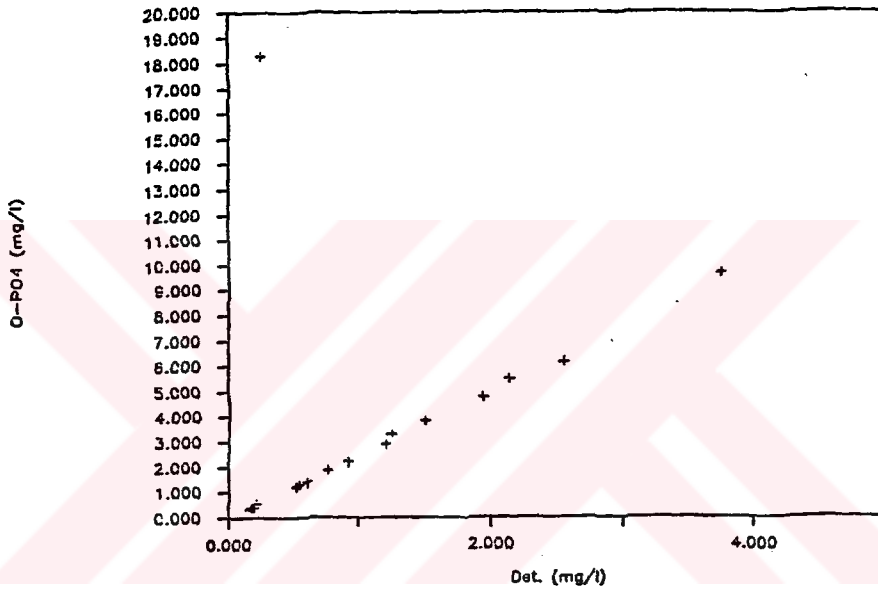
Sekil 6.2. Atıksularde EC-(Na, Cl, SO₄) ilişkileri



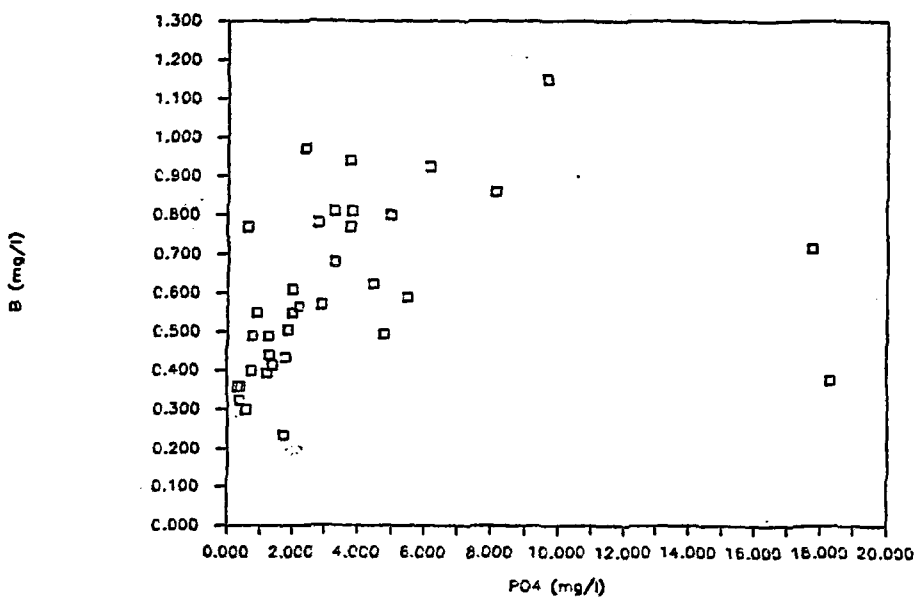
Sekil 6.3. Atıksularde Na-Cl ilişkisi



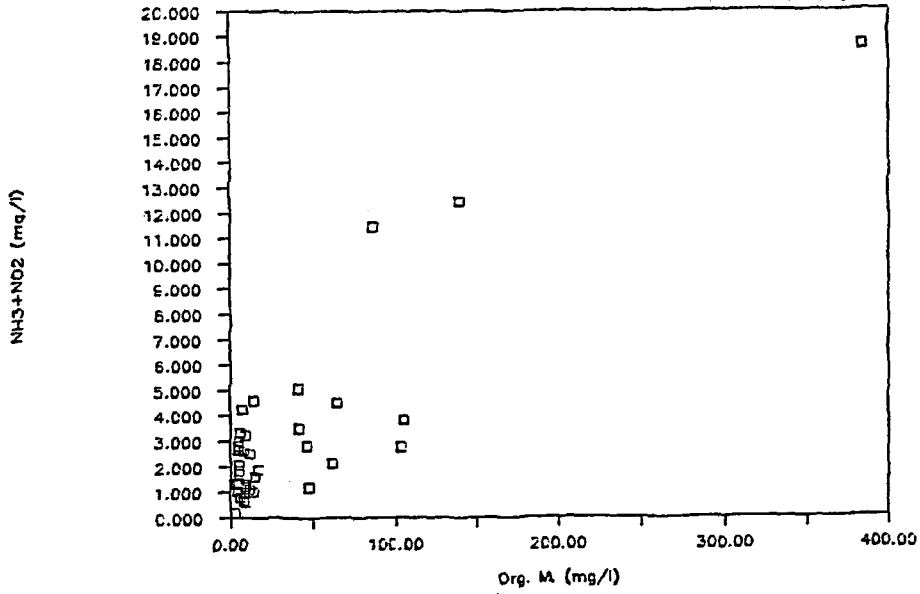
Sekil 6.4. Atikularde Det.-B iliskisi



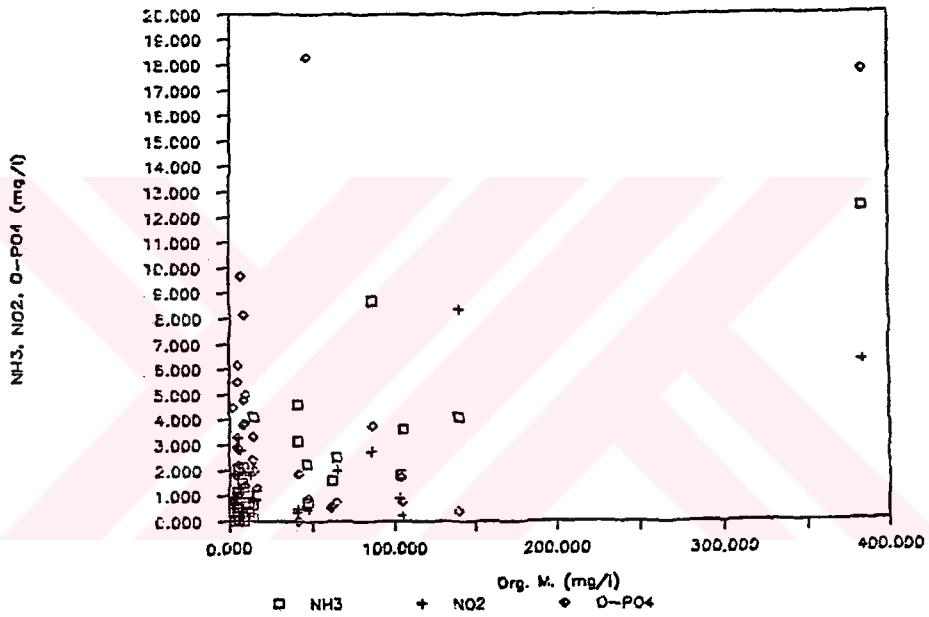
Sekil 6.5. Atikularde Det.- (O-PO₄) iliskisi



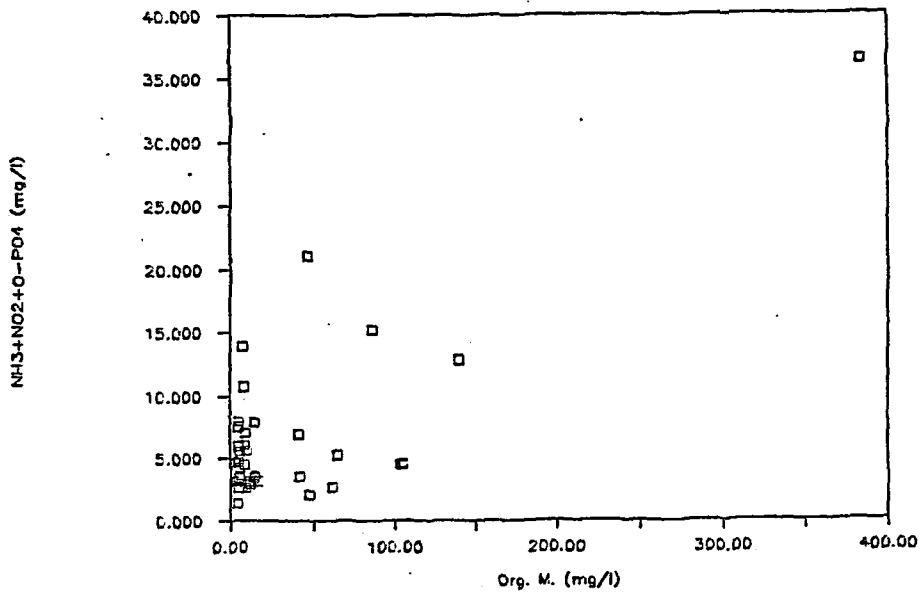
Sekil 6.6. Atikularde (O-PO₄)-B iliskisi



Sekil 6.7. Atıksularda (Org. M)-(NH₃+NO₂) ilişkisi



Sekil 6.8. Atıksularda (Org. M)-(NH₃, NO₂, O-PO₄) ilişkileri



Sekil 6.9. Atıksularda (Org. M)-(NH₃+NO₂+O-PO₄) ilişkisi

6.3. Akarsu ve Kanal Sularının Özellikleri ve Değerlendirilmesi

Akarsu ve kanal sularının kimyasal özellikleri, kirlilik düzeyi, Porsuk çayı, Sağ ve Sol kanal, Carsııcı kanalı, Sarısu, Keskin deresi ve Mamuca deresi üzerinde secilen örnekleme noktalarından alınan örneklerle incelenmiştir. Bu analiz sonuçları değerlendirilerek akarsu ve kanal sularının özellikleri ve kirliliğin zamansal ve alansal değişimi açıklanmaya çalışılmıştır. Akarsu ve kanal örnekleme noktalarında incelenen parametrelere ait ortalama değerler çizelge 6.3'te verilmiştir.

Porsuk çayı üzerindeki 9 adet örnekleme noktasında (A-1...A-9) incelenen parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri Çizelge 6.4'te verilmiştir. Sağ kanal üzerindeki örnekleme noktalarında (A-3, A-13, A-14) incelenen parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri çizelge 6.5 te, Sol kanal üzerindeki örnekleme noktalarında (A-3, A-18, A-19, A-20) incelenen parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri ise Çizelge 6.6'da verilmiştir. Çizelge 6.4'da görüldüğü gibi Porsuk çayında incelenen parametreler geniş bir değişim aralığına sahiptir. Sağ ve Sol kanallarda parametrelerin değişim aralığı genellikle daha küçüktür. Bu kanallarda parametrelerin değişim aralığının Porsuk çayındakilere oranla daha küçük olması, ova girişinden çıkışına kadar olan kesimde kanallardaki su kalitesini bozan kirletici besalımının Porsuk çayına olan besalımlara oranla daha az etkin olduğunun göstergesi olarak kabul edilebilir. Porsuk çayına Eskisehir'den endüstriyel ve evsel atıksu katılımları Eskisehir girişi ile çıkışı arasında (A-1 ve A-9 örnekleme noktaları arasında) Porsuk çayının büyük ölçüde kirlenmesine yol açmaktadır. Eskisehir'den Porsuk çayına olan katkıların akarsu kalitesi üzerindeki olumsuz etkileri, bazı parametrelerin Porsuk çayı boyunca

Çizelge 6.3. Akarsu ve kanal örnekleme noktaları su analizlerinin iki yıllık ortalamaları

Ist. no	T (°C)	pH	EC (µS/cm)	Bul. (NBB)	TKN (mg/l)	TCK (mg/l)	AK (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)
A-1	13.21	7.77	676.29	105.67	717.86	488.86	222.86	22.99	6.52	66.89	34.90
A-2	8.50	8.07	520.00	8.58	488.00	394.00	59.43	10.54	6.58	42.58	36.16
A-3	10.16	8.22	470.56	46.54	498.63	365.13	139.75	11.94	6.98	43.08	32.36
A-4	11.35	8.78	504.00	59.40	562.88	402.75	161.38	33.84	8.56	34.85	31.28
A-5	12.19	8.52	513.78	52.95	538.25	395.75	139.13	20.98	7.38	42.72	34.80
A-6	12.00	8.27	555.00	55.55	604.25	465.25	131.88	23.88	11.18	48.93	36.89
A-7	15.32	8.09	653.67	240.39	1552.38	531.50	1020.75	29.53	35.36	57.52	35.98
A-8	15.30	7.75	686.38	278.20	1251.63	573.63	641.88	31.68	23.31	62.59	34.56
A-9	13.91	7.69	725.44	358.69	1296.13	559.75	753.13	29.56	25.84	68.11	42.27
A-10	14.88	8.09	604.58	32.74	683.57	459.29	167.43	21.18	8.72	51.34	35.85
A-13	12.59	7.98	523.75	27.11	513.00	418.71	92.86	13.52	5.68	49.94	38.26
A-14	13.69	8.43	497.75	32.86	479.14	379.43	77.57	13.94	5.34	49.88	29.61
A-15	8.66	8.41	607.60	26.42	588.40	407.60	90.80	19.56	13.36	38.88	39.84
A-16	12.88	8.36	516.25	63.61	481.13	367.75	188.38	18.95	4.21	44.88	36.31
A-17	12.67	7.88	613.33	12.30	598.00	490.33	71.88	11.20	3.57	58.33	31.50
A-18	11.20	8.09	527.20	20.88	531.00	428.20	98.60	13.54	7.38	58.26	31.78
A-19	13.57	8.14	519.29	23.18	495.50	389.80	79.33	13.29	5.34	49.19	33.19
A-20	13.96	8.24	515.71	28.83	563.33	417.17	185.83	12.64	13.26	49.21	29.51

Ist. no	CO ₂ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	T. Sr. (F.S.)	Det. (mg/l)	B (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	O-PO ₄ (mg/l)
A-1	2.57	286.29	26.87	78.48	38.86	0.358	0.686	1.457	1.288	18.867	1.882
A-2	13.29	218.43	16.58	65.83	25.58	0.116	0.337	0.787	0.541	18.699	0.238
A-3	14.73	198.66	17.33	39.76	23.61	0.895	0.341	0.495	0.528	18.170	0.268
A-4	29.63	195.75	26.83	58.15	21.38	0.155	0.462	0.594	0.598	20.340	0.349
A-5	28.67	195.22	22.82	46.79	23.72	0.187	0.377	0.555	0.568	18.319	0.313
A-6	21.75	215.38	29.98	48.63	25.63	0.431	0.485	0.766	0.886	28.963	0.564
A-7	13.67	334.56	38.14	44.19	28.86	0.324	0.548	0.672	1.225	23.988	1.379
A-8	6.75	321.58	38.83	59.14	29.88	0.463	0.578	0.653	1.098	29.621	1.834
A-9	7.88	362.67	29.18	64.72	32.56	0.253	0.688	0.678	0.736	28.788	1.669
A-10	14.25	228.99	33.88	42.93	27.56	0.389	0.523	0.897	1.828	26.375	2.852
A-13	10.50	228.63	28.84	53.96	24.14	0.288	0.447	0.623	0.815	28.968	0.588
A-14	22.13	198.25	18.39	52.53	27.13	0.148	0.468	0.757	1.023	26.765	0.434
A-15	27.88	221.88	25.72	41.44	25.40		0.154	0.318	0.897	27.468	0.113
A-16	21.75	231.38	21.73	35.43	26.88	0.898	0.382	0.489	0.148	14.289	0.191
A-17	5.88	277.88	18.97	39.13	27.67			0.814	0.184	3.848	0.847
A-18	18.28	285.48	23.16	55.88	25.48	0.123	0.438	0.673	0.474	19.268	0.484
A-19	14.57	197.29	28.83	59.93	25.57	0.888	0.424	0.631	0.776	22.288	0.413
A-20	15.43	211.88	18.73	57.67	24.43	0.838	0.365	0.477	0.792	28.871	0.385

Ist. no	Çöz. O. (mg/l)	Org. N (mg/l O ₂)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cr ⁺⁶ (mg/l)	Zn (mg/l)	Ni (mg/l)	Cd (mg/l)	Mn (mg/l)
A-1	6.25	7.59	1.129	0.123	0.025	0.067			0.086
A-2	10.51	3.25	0.490	0.058					0.096
A-3	11.38	3.85	0.669		0.012				0.091
A-4	10.43	4.77	1.138	0.081	0.037	0.041			0.079
A-5	9.63	4.37	1.122		0.026	0.172			0.077
A-6	7.88	5.12	1.577		0.015	0.074	0.099	0.029	0.118
A-7	5.41	13.99	2.867	0.088	0.037	0.184			0.588
A-8	3.88	9.48	2.948	0.084	0.034	0.152		0.024	0.368
A-9	2.73	8.74	3.154		0.044	0.084			0.348
A-10	8.88	3.76	1.219		0.020				0.072
A-13	9.57	3.78	1.463		0.026	0.135			0.115
A-14	9.29	4.93	0.845		0.019				0.143
A-15	12.24	3.63	0.564		0.086	0.045			0.017
A-16	11.25	3.29	0.954		0.087	0.039			0.187
A-17	9.43	1.97	0.425	0.028	0.082	0.086	0.425	0.017	0.035
A-18	9.94	3.52	0.896		0.021	0.054	0.175		0.067
A-19	10.82	3.31	1.717		0.023	0.048			0.124
A-20	10.88	3.26	1.617		0.024				0.190

Cizelge 6.4 Forsuk çayında incelenen parametrelerin minimum, maksimum, ortalama değerleri

Parametre	Birimi	Ver. Sa.	Minimum	Maksimum	Ortalama
T	C	74	3.50	24.50	12.51
pH		74	7.10	10.00	8.13
EC	fS/cm	74	240.00	900.00	589.30
Bul.	NBB	69	4.00	1838.00	134.68
TKM	mg/l	70	318.00	5218.00	841.06
TCK	mg/l	70	214.00	868.00	463.91
AK	mg/l	70	13.00	4373.00	369.70
Na	mg/l	74	5.50	99.00	24.02
K	mg/l	74	0.40	70.00	14.98
Ca	mg/l	74	12.00	88.20	51.72
Mg	mg/l	74	14.50	92.20	35.42
CO ₃	mg/l	74	0.00	90.00	15.58
HCO ₃	mg/l	74	91.00	500.00	258.89
Cl	mg/l	74	8.90	58.50	25.50
SO ₄	mg/l	74	11.50	125.00	53.65
T. Sr.	F.S.	74	12.50	45.00	26.70
Det.	mg/l	18	0.040	0.660	0.256
B	mg/l	52	0.150	0.950	0.490
NH ₃	mg/l	70	0.016	3.750	0.721
NO ₂	mg/l	74	0.083	2.750	0.813
NO ₃	mg/l	74	1.590	63.300	21.085
O-PO ₄	mg/l	70	0.021	4.490	0.861
Çöz. O.	mg/l	70	0.30	13.00	7.52
Org. M	mg/l O ₂	61	2.64	21.40	6.84
Fe	mg/l	65	0.040	9.950	1.721
Cu	mg/l	73	<0.002	0.526	
Cr ⁺⁶	mg/l	74	0.001	0.197	0.027
Pb	mg/l	65	<0.090	1.590	
Zn	mg/l	65	0.005	1.025	
Ni	mg/l	65	<0.035	0.750	
Cd	mg/l	65	<0.001	0.128	
Mn	mg/l	36	0.002	0.991	0.195

Cizelge 6.5 Sağ kanalda incelenen parametrelerin minimum, maksimum, ortalama değerleri

Parametre	Birimi	Ver. Sa.	Minimum	Maksimum	Ortalama
T	C	24	4.50	22.00	12.40
pH		24	7.30	9.19	8.17
EC	fS/cm	24	240.00	605.00	503.21
Bul.	NBB	21	5.20	145.00	25.79
TKM	mg/l	21	340.00	620.00	490.90
TCK	mg/l	21	223.00	613.00	392.43
AK	mg/l	21	12.00	230.00	92.57
Na	mg/l	24	4.00	25.00	13.27
K	mg/l	24	3.50	10.40	5.22
Ca	mg/l	24	20.00	65.10	47.90
Mg	mg/l	24	14.60	58.30	31.48
CO ₃	mg/l	24	0.00	54.00	15.15
HCO ₃	mg/l	24	119.00	305.00	209.80
Cl	mg/l	24	10.60	26.60	18.98
SO ₄	mg/l	24	11.50	92.00	49.36
T. Sr.	F.S.	24	15.00	49.50	25.35
Det.	mg/l	6	0.040	0.300	0.172
B	mg/l	15	0.212	0.525	0.423
NH ₃	mg/l	21	0.016	1.740	0.636
NO ₂	mg/l	24	0.107	2.550	0.807
NO ₃	mg/l	24	1.590	61.100	22.160
O-PO ₄	mg/l	21	0.142	0.933	0.435
Cöz. O	mg/l	21	7.50	12.20	9.97
Org. M	mg/l O ₂	18	2.40	7.20	4.07
Fe	mg/l	21	0.040	2.570	0.964
Cu	mg/l	24	<0.002	0.710	
Cr ⁺⁶	mg/l	24	0.001	0.053	0.019
Pb	mg/l	21	<0.090	0.710	
Zn	mg/l	21	0.002	0.680	
Ni	mg/l	21	0.028	0.750	
Cd	mg/l	21	<0.001	0.061	
Mn	mg/l	9	0.002	0.270	0.116

Cizelge 6.6 Sol kanaldan alınan su örneklerinde minimum, maksimum, ortalama değerler

Parametre	Birimi	Ver. Sa.	Minimum	Maksimum	Ortalama
T	C	26	5.00	21.00	12.72
pH		26	7.20	8.78	8.15
EC	fS/cm	26	451.00	630.00	521.00
Bul.	NBB	23	5.20	89.00	21.56
TKM	mg/l	23	330.00	684.00	516.00
TCK	mg/l	23	261.00	613.00	407.70
AK	mg/l	23	25.00	213.00	92.39
Na	mg/l	26	3.90	27.00	13.10
K	mg/l	26	3.60	62.00	7.75
Ca	mg/l	26	34.00	60.10	48.91
Mg	mg/l	26	18.00	70.00	32.68
CO ₃	mg/l	26	0.00	36.00	13.98
HCO ₃	mg/l	26	134.20	293.00	209.51
Cl	mg/l	26	14.20	27.00	20.08
SO ₄	mg/l	26	11.50	89.00	53.73
T. Sr.	F.S.	26	17.50	29.50	25.37
Det.	mg/l	8	0.025	0.150	0.082
B	mg/l	19	0.212	0.495	0.395
NH ₃	mg/l	23	0.012	1.370	0.575
NO ₂	mg/l	26	0.107	2.170	0.678
NO ₃	mg/l	26	2.940	40.900	21.009
O-PO ₄	mg/l	23	0.142	0.900	0.373
Cöz. O	mg/l	23	8.30	12.90	10.43
Org. M	mg/l O ₂	19	2.00	5.60	3.36
Fe	mg/l	26	0.040	3.940	1.228
Cu	mg/l	26	<0.002	0.170	
Cr ⁺⁶	mg/l	26	0.001	0.058	0.021
Pb	mg/l	25	<0.090	0.500	
Zn	mg/l	26	0.005	0.130	
Ni	mg/l	26	0.028	0.750	
Cd	mg/l	26	<0.001	0.050	
Mn	mg/l	12	0.030	0.210	0.117

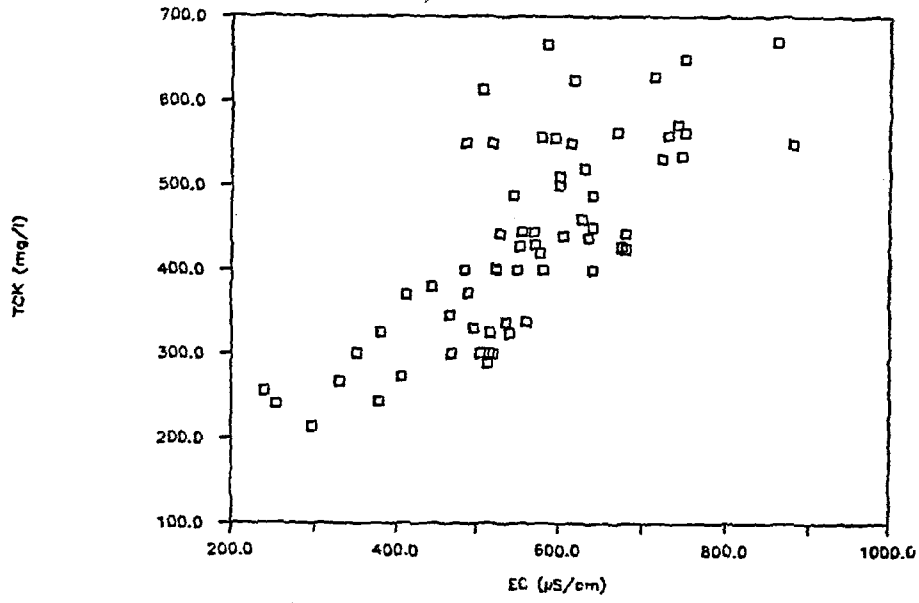
değişimini gösteren grafiklerde açık şekilde görülmektedir (Şekil 6.18-6.41).

Porsuk çayı su örneklerinin analizlerine ait veriler kullanılarak parametreler arası korelasyonlar araştırılmıştır. Akarsudaki çeşitli iyon ve parametrelerin kaynakları ve birleri ile kimyasal ilişkileri gözönünde tutularak aralarında ilişki beklenen parametreler seçilmiş ve ikili korelasyonlar yapılarak korelasyon katsayıları hesaplanmıştır (Çizelge 6.7). Çizelge 6.7 de görüldüğü gibi AK-Bul., TCK-EC, Ca-EC, HCO_3 -EC, T.Sr.-EC, Det.-B, Det.-(O- PO_4), Fe-Mn arasında yüksek; Na-EC, Mg-EC, Cl-EC, (O- PO_4)-EC, Na-Cl, Na-Det., (O- PO_4)-B, NO_2 - NO_3 , $(\text{NH}_3+\text{NO}_2)$ - NO_3 , Çöz.O-(O- PO_4), Çöz. O-Org. M. arasında iyi ve orta derecede korelasyon bulunmuştur. Diğer parametre çiftleri arasındaki korelasyon katsayıları zayıftır.

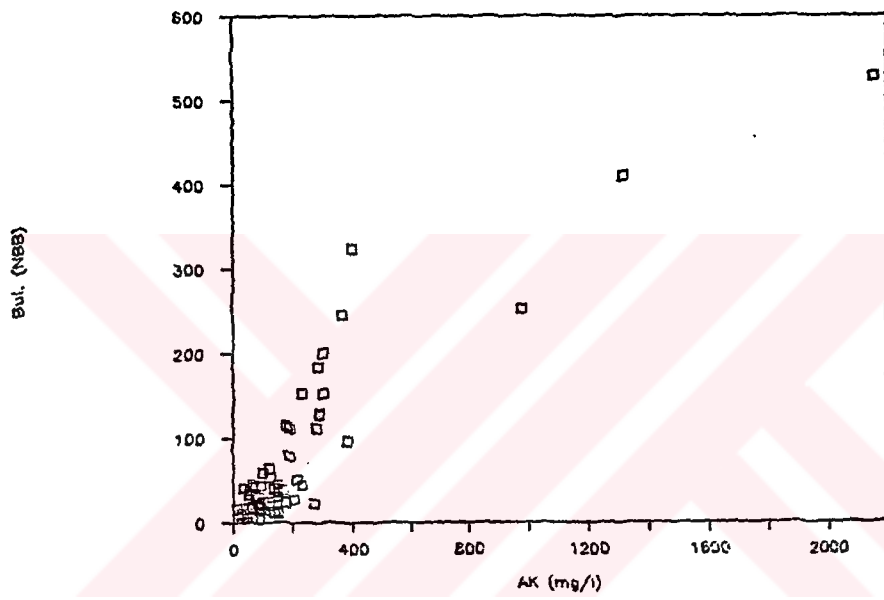
Porsuk çayı su analizlerinde parametreler arası ilişkiler grafiklerle de gösterilmiştir (Şekil 6.10-6.17). Grafiklerde görüldüğü gibi TCK-EC, AK-Bul., T.Sr.-EC, Det.-B, Det.-(O- PO_4), Fe-Mn grafikleri doğrusal denilebilecek ilişkiler vermektedir. Bu parametreler aralarındaki korelasyonlar yüksek olan parametrelerdir.

Çizelge 6.7 Porsuk çayı suyunda parametreler arası korelasyon katsayıları

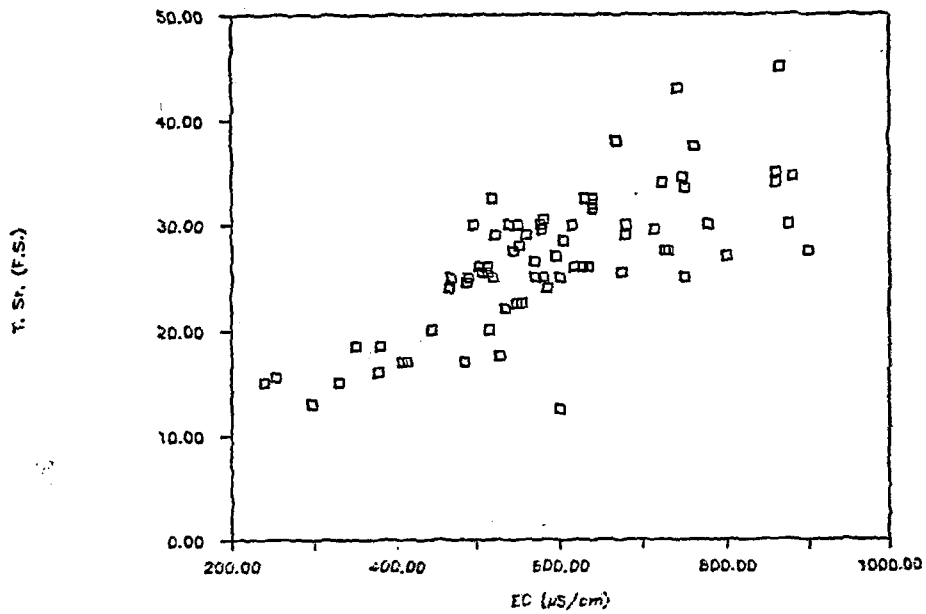
	EC	AK	Na	Det. O- PO_4	NO_3	Coz. O.	Mn	NH_3	Org.M.	SO_4
Bul.		0.892								
TCK	0.864									
Na	0.563									
Ca	0.759								0.289	
Mg	0.463									
HCO_3	0.809									
Cl	0.621		0.402		0.275	0.250		0.246		
T. Sr.	0.757									
Det.		0.389								
B		0.272	0.793	0.392						
NO_2					0.156		0.468	0.325	0.179	
NO_3	0.344				0.105		0.395	0.251	0.102	
O- PO_4	0.533			0.806			0.424	0.275	0.315	
Org. M.							0.582			
NH_3+NO_2					0.455				0.083	
Fe					0.027	0.211	0.804			
NH_3						0.095			0.074	
T						0.547				
Cr +6							0.152			



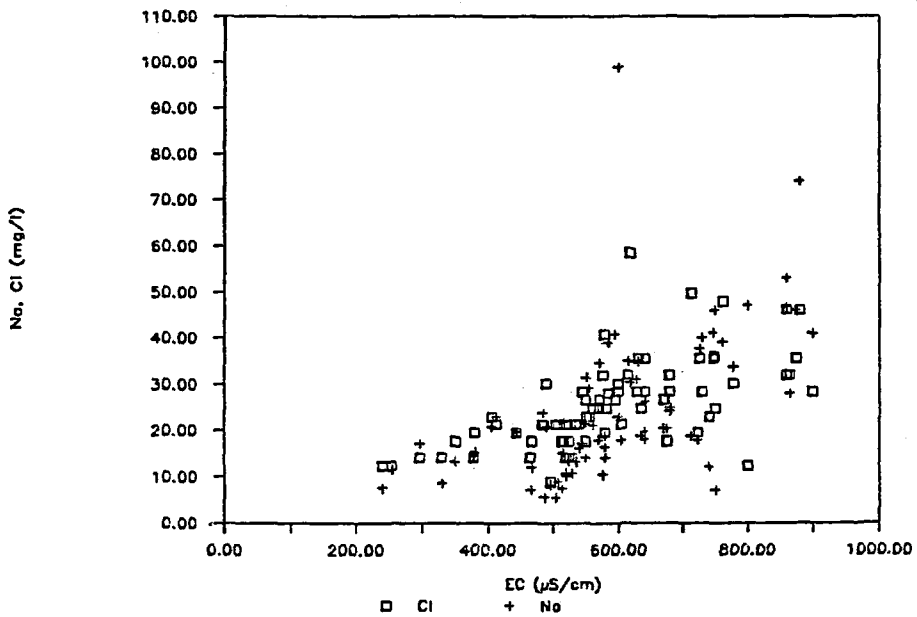
Sekil 6.10. Parsuk çayında EC-TDK ilişkisi



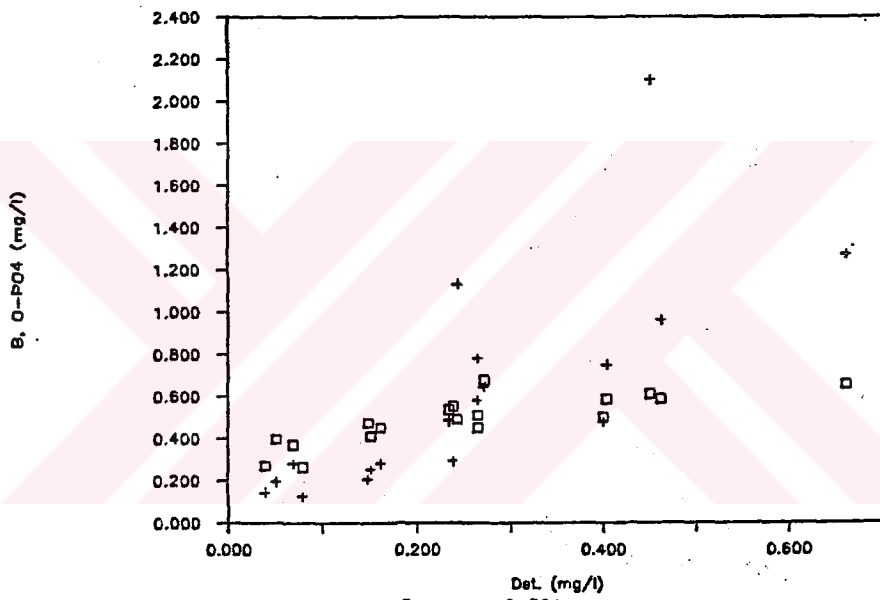
Sekil 6.11. Parsuk çayında AK-Bul. ilişkisi



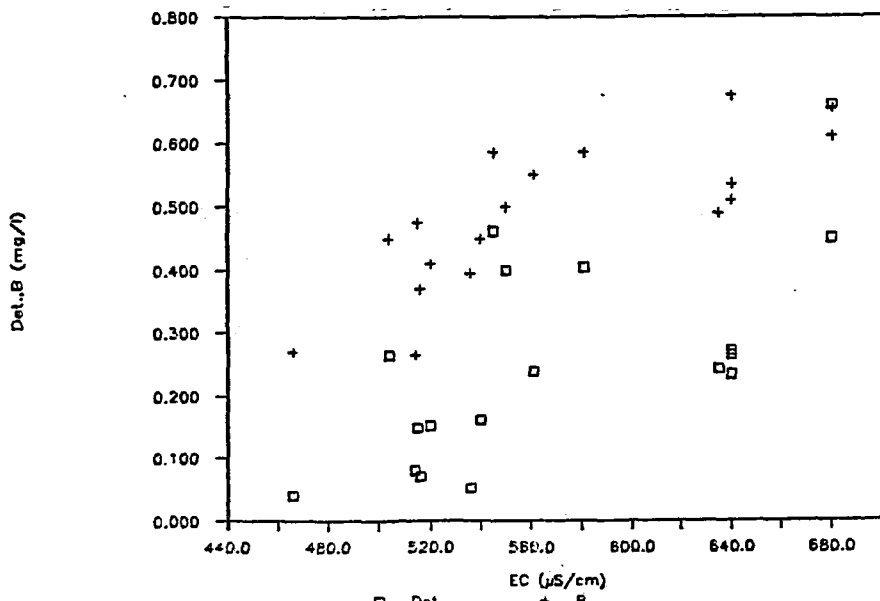
Sekil 6.12. Parsuk çayında EC-T.Sr. ilişkisi



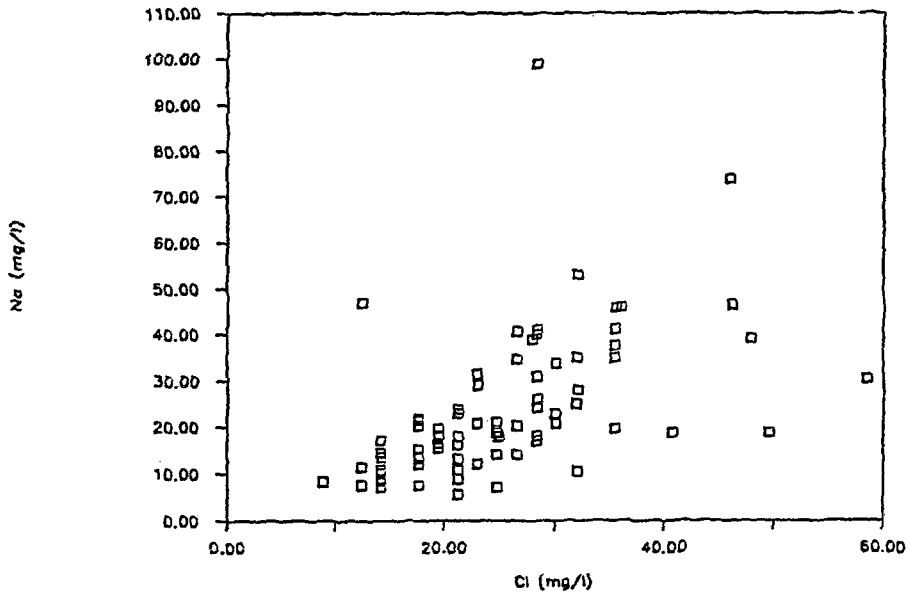
Şekil 6.13. Porsuk çayında EC-(Cl, Na) ilişkileri



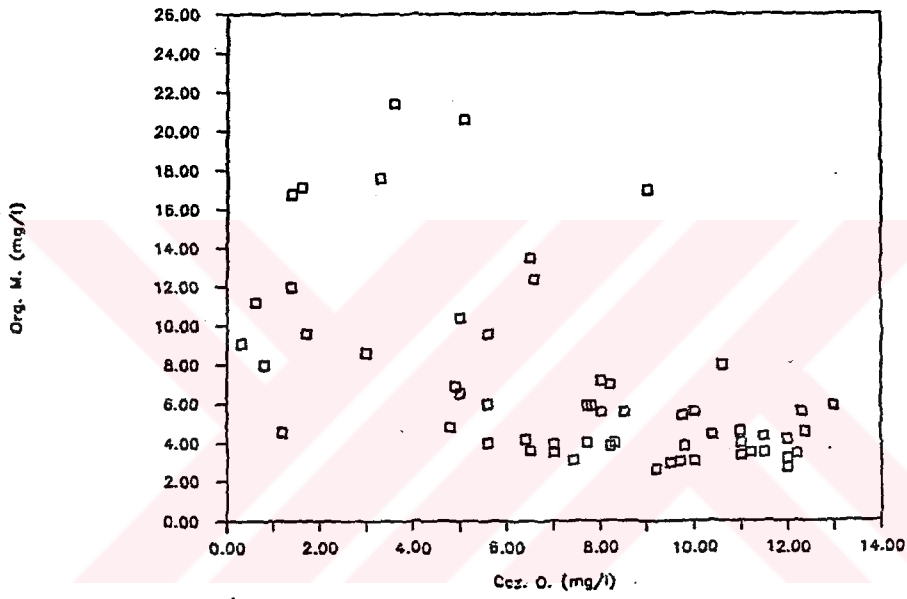
Şekil 6.14. Porsuk çayında Det.-(B, O-PO₄) ilişkileri



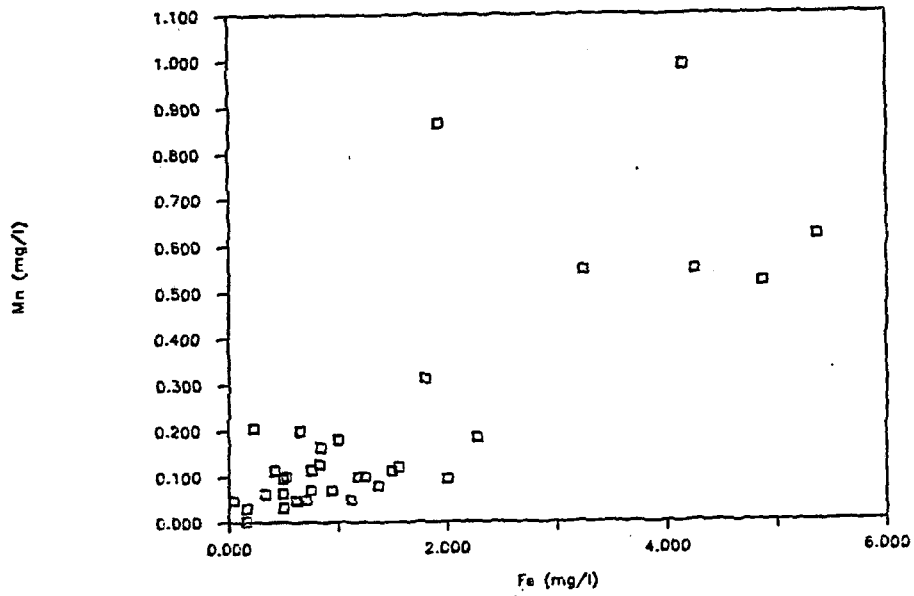
Şekil 6.15. Porsuk çayında EC-(Det., B) ilişkileri



Şekil 6.16. Porsuk çayında Na-Cl ilişkisi



Şekil 6.17. Porsuk çayında Cöz.O-Org.M. ilişkisi



Şekil 6.18. Porsuk çayında Fe-Mn ilişkisi

6.3.1. Akarsu ve kanallar boyunca gözlenen değişimler

Porsuk çayı üzerindeki örnekleme noktalarında herbir parametrenin ortalama değerleri Çizelge 6.8'de verilmiştir. Aynı çizelgede ayrıca Eskişehir giriş ve çıkışında ve ova çıkışında yer alan A-3, A-8 ve A-9 örnekleme noktalarındaki ortalama değerlerin farkları verilmiştir. Bu farklar Porsuk çayına Eskişehir'den olan evsel ve endüstriyel atıksu katılımları ile Sarısu ve Carsııcı kanalının katılımının etkisini yansıtmaktadır. Bu çizelgelerde görüldüğü gibi pH, CO₂ ve Cöz.O. dışındaki bütün parametreler artmaktadır. Çözünmüş oksijen miktarı büyük bir düşüş göstermekte, Porsuk çayı Eskişehir çıkışında hemen hemen havasız (anaerobik) ortam koşullarının hakim olduğu bir akarsu halini almaktadır.

Porsuk çayını oluşturan kaynaklardan Kütahya kenti girişine kadar olan bölümde hiçbir endüstriyel kuruluş bulunmaz. DSI (1989), bu kesimde Porsuk çayının sadece kırsal kesimden gelen tarımsal ve evsel atıklar tarafından az miktarda kirletildiğini belirtmektedir. Kütahya'daki endüstri kuruluşları ile şehir evsel atıkları ve mezbaha Porsuk çayını önemli ölçüde kirletmektedir. Kütahya'dan gelen kirlilik, Porsuk barajı girişinde bulunan A-1 örnekleme noktası verileri tarafından ortaya konmaktadır. A-2 örnekleme noktası Porsuk barajı çıkışında yer almaktadır ve barajdan çıkan suyun özelliklerini ve kalite iyileşmesini saptamak amacıyla seçilmiştir.

Porsuk çayı Kütahya'dan geçtikten sonra önemli ölçüde kirlenmiş olarak baraj gölüne ulaşmaktadır. Bul. (ort. 105.67 NBB) ve AK (ort. 222.86 mg/l) değerleri baraj gölüne önemli miktarda asılı katı madde taşındığını göstermektedir. Bilindiği gibi akarsuların taşıdığı askıdaki katılar baraj göllerinin dolmasına ve aktif hacmin küçülmesine yol açmaktadır.

Dizelge 6.8. Porsuk çayı örnekleme noktalarında incelenen parametrelerin ortalama değerleri

Parametre	Birimi	ÖRNEKLEME NOKTALARI									(A-8)-(A-3) Farkı	(A-9)-(A-3) Farkı
		A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9		
T	C	13721	8.58	18.16	11.35	12.19	12.88	15.32	15.38	13.91	5.14	3.76
pH		7.77	8.87	8.22	8.78	8.52	8.27	8.89	7.75	7.69	-8.48	-8.54
EC	fS/cm	676.29	528.88	478.56	584.88	513.78	555.88	653.67	686.38	725.44	215.62	254.89
Bul.	NBR	185.67	8.58	46.54	59.48	52.95	55.55	248.39	278.28	358.69	231.66	312.15
TKM	mg/l	717.86	488.88	498.63	562.88	538.25	684.25	1552.38	1251.63	1296.13	753.88	797.58
YCK	mg/l	488.86	394.88	365.13	482.75	395.75	465.25	531.58	573.63	559.75	288.58	194.63
AK	mg/l	222.86	59.43	139.75	161.38	139.13	131.88	1828.75	641.88	753.13	582.13	613.38
Na	mg/l	22.99	18.54	11.94	33.84	28.98	23.88	29.53	31.68	29.56	19.73	17.61
K	mg/l	6.52	6.58	6.98	8.56	7.38	11.18	35.36	23.31	25.84	16.33	18.86
Ca	mg/l	66.89	42.58	43.88	34.85	42.72	48.93	57.52	62.59	68.11	19.51	25.83
Mg	mg/l	34.98	36.16	32.36	31.28	54.88	36.89	35.98	34.56	42.27	2.21	9.91
CO ₃	mg/l	2.57	13.29	14.73	29.63	28.67	21.75	13.67	6.75	7.88	-7.98	-7.73
HCO ₃	mg/l	286.29	218.43	198.66	195.75	195.22	215.38	334.56	321.58	362.67	122.84	164.81
Cl	mg/l	26.87	16.58	17.33	26.83	22.82	29.98	38.14	38.83	29.18	13.49	11.84
SO ₄	mg/l	78.48	65.83	59.76	58.15	46.79	48.63	44.19	59.14	64.72	19.38	24.97
T. Sr.	F.S.	38.86	25.58	23.61	21.38	23.72	25.63	28.86	29.88	32.56	6.26	8.95
Det.	mg/l	8.358	8.116	8.895	8.155	8.187	8.431	8.324	8.463	8.253	8.368	8.159
B	mg/l	8.686	8.337	8.341	8.462	8.377	8.485	8.548	8.578	8.688	8.237	8.267
NH ₃	mg/l	1.457	8.787	8.495	8.594	8.555	8.766	8.672	8.653	8.678	8.158	8.184
NO ₂	mg/l	1.288	8.541	8.528	8.598	8.568	8.886	1.225	1.898	8.736	8.578	8.288
NO ₃	mg/l	18.867	18.699	18.178	28.348	18.319	28.963	23.988	29.621	28.788	11.451	2.538
O-PO ₄	mg/l	1.882	8.238	8.268	8.349	8.313	8.564	1.379	1.834	1.669	1.566	1.481
Cor. O.	mg/l	6.25	18.51	11.38	18.43	9.63	7.88	5.41	3.88	2.73	-7.58	-8.58
Org. N	mg/l O2	7.59	3.25	3.85	4.77	4.37	5.12	13.99	9.48	8.74	5.63	4.89
Fe	mg/l	1.129	8.498	8.669	1.138	1.122	1.577	2.867	2.948	3.154	2.288	2.486
Cu	mg/l	8.123	8.858		8.881			8.888	8.884			
Cr ⁺⁶	mg/l	8.825	8.888	8.812	8.837	8.826	8.815	8.837	8.834	8.844	8.822	8.832
Zn	mg/l	8.867			8.841	8.172	8.874	8.184	8.152	8.884		
Ni	mg/l						8.899					
Cd	mg/l						8.829		8.824			
Mn	mg/l	8.886	8.896	8.891	8.879	8.877	8.118	8.588	8.368	8.348	8.269	8.257

Azot bileşikleri (NH_3 , NO_2 , NO_3) evsel atıklar ve arıtılmadan Porsuk çayına verilen Kütahya Azot Fabrikası atıklarının etkilerini ortaya koymaktadır. A-1 örnekleme noktası verilerinde (O-PO_4) ve Org. M.'de önemli miktarlara ulaşmaktadır. Porsuk çayı suyunun barajda dinlenmesi su kalitesinde oldukça fazla iyileşmeye yol açmaktadır. Çizelge 6.3 ve 6.8 de bunu açıklıkla görmek mümkündür. Örneğin, A-1 istasyonunda $676.3 \mu\text{S/cm}$ olan ortalama EC değeri A-2 istasyonun da $520 \mu\text{S/cm}$ değerine düşmektedir. EC değerinin azalışına paralel olarak sudaki ana katyon (Na, K, Ca, Mg) ve anyon (HCO_3 , Cl, SO_4) değerlerinde de bir azalma söz konusudur. Askıdaki katıların baraj gölünde çökmesi nedeniyle baraj çıkışında suda Bul. (ort. 8.6 NBB) ve AK (ort. 59.4 mg/l) miktarları da oldukça büyük düşüş gösterir. NH_3 , NO_2 , O-PO_4 , Org. M. miktarları da önemli ölçüde azalmaktadır. Ortalama NO_3 derişimi baraj girişi ve çıkışında değişiklik göstermemektedir.

Ağır metallerin derişiminde de (Mn dışında) barajda suyun dinlenmesinin etkisiyle azalma görülmektedir. Mn derişimi baraj çıkışında artış göstermektedir. DSI (1989) tarafından Porsuk baraj gölünde yapılan su kalitesi araştırmalarında baraj gölünde yüzeyden derine doğru sıcaklığın azaldığını (termal tabakalaşma olduğunu) belirtmektedir. Termal tabakalaşmanın oluştuğu göl ve rezervuarların dip kısımlarından çekilen sular dip sedimanlarında depolanmış mangan oksitlerin çözünmesi sonucu önemli miktarda Mn içerirler (Hem, 1985).

Doğal ve yapay göllerde besi maddelerinin (özellikle azot ve fosfor) artışı sonucu ötrofikasyon ortaya çıkmaktadır. Ötrofikasyon, su ortamında besi zenginleşmesi ve sonuçta biyolojik aktivitelerin hızlanması ile aşırı miktarda organik madde üretimidir. Ötrofikasyon sonucu sudaki oksijen harcanmakta, daha sonra canlıların ölümü hızlanarak sudaki canlı yaşamı kaybolmakta ve göllerde

erken yaşlanma gözlenmektedir. Göllerin besi maddelerine göre sınıflandırılmasına "Trofik Sınıflama" adı verilmiştir.

DSİ'nin (1989), Porsuk baraj gölünde yaptığı su kalitesi incelemelerinde klorofil ve fosfor ölçümlerine göre baraj gölünün sınıflamasının yapıldığını belirtilmektedir. Fosfor ve klorofil-A parametrelerine göre Porsuk barajı rezervuarı "ötrofik" sınıfta yer almaktadır.

İncelenen parametrelerin Porsuk çayı boyunca değişimini görebilmek amacıyla ortalama değerler ve mevsimlik değerler kullanılarak grafikler hazırlanmıştır (Şekil 6.19-6.42). Tez metni içersinde ortalama değerler, Kasım 1987 dönemi ve Nisan/Mayıs 1988 dönemi için çizilen grafikler verilmiştir. Söz konusu grafiklerde görüldüğü gibi Porsuk çayındaki su kalitesinde Porsuk barajında dinlenmenin etkisiyle iyileşme görülmektedir.

Porsuk barajı çıkışından (A-2 örnekleme noktası) Eskişehir ovası girişindeki Karacasehir regülatörüne (A-3 örnekleme noktası) kadar olan kesimde Porsuk çayına Sabuncıpınar, Kargın, Uludere gibi küçük dereler katılmaktadır. Bu kesimde kirliliği artıracak herhangi bir kaynak bulunmamaktadır. Bunun sonucunda Porsuk çayının kirliliği bu kesimde artış göstermemekte, aksine su kalitesi ile ilgili bir çok parametreyi (EC, TCK, Na, SO_4 , NH_3 , NO_2 , NO_3 , Çöz. O gibi) olumlu yönde etkilemektedir (Şekil 6.19-6.42).

Porsuk çayı Karacasehir regülatöründen itibaren (A-3 örnekleme noktası) Eskişehir'e girer. A-3 noktasından itibaren Eskişehir'den Porsuk çayına evsel ve endüstriyel atıkların katılımının etkisi görülmeye başlar (Sekil 6.19-6.42). Çizelge 6.8 de "(A-8)-(A-3) Farkı" Porsuk çayına Eskişehir'den olan katılımların etkisini yansıtır.

A-3 ve A-4 noktaları arasında Sümerbank atıksuyu (AS-1) ve evsel atıksular Porsuk çayına katılmaktadır. Ortalama değerler gözönünde tutulduğunda A-3 ve A-4 noktaları arasında T, pH, Na, Cl, SO₄, NO₃, O-PO₄, B, Org.M., Fe, Cr⁺⁶ miktarlarında artış; Cöz. O miktarında azalma dikkati çeker.

A-4 ve A-5 noktaları arasında İnönü ovasını drene eden Sarısu ile evsel atıksular ve Lokomotif Fabrikası atıksularını Porsuk çayına katılır. Sarısu aracılığıyla İnönü ovasından Eskişehir ovasına giren kirliliği belirlemek amacıyla Sarısu üzerinde A-16 nolu akarsu örnekleme noktası seçilmiştir. Porsuk çayı üzerindeki A-4 nolu noktanın analiz sonuçları (Çizelge 6.3), Sarısu analiz sonuçları ile karşılaştırıldığında Sarısu'daki su kalitesinin Porsuk çayı suyundan daha iyi olduğu görülür. Sarısu'nun Porsuk çayına karışması, Porsuk çayının su kalitesini genellikle iyileştirici yönde etkiler. Bu iyileştirici etkiyi bazı parametrelerin Porsuk çayı boyunca dağılımını gösteren grafiklerde açıkça görmek olanaklıdır (Sekil 6.19-6.42). İki yıllık ortalama değerler gözönünde tutulduğunda Sarısu'nun karışımından sonra pH, AK, Na, Cl, SO₄, B, NH₃, NO₃, O-PO₄, Fe, Cr⁺⁶ miktarlarının azaldığı gözlenmektedir. A-4 ve A-5 noktaları arasında bazı parametrelerdeki azalışı mevsimlik analizlerin ve grafiklerin karşılaştırılması ile de görmek mümkündür (Sekil 6.26-6.42). Örneğin Kasım 1987 döneminde EC, TCK, AK, Bul., Na, miktarlarında azalma olmuştur (Sekil 6.27-6.35). Nisan/Mayıs 1988 döneminde ise azalış daha belirgin olup T, pH, AK, Bul., Na, SO₄,

NH_3 , NO_2 , NO_3 , O-PO_4 , Org.M., Cr^{+6} , Zn miktarları düşüş göstermiştir (Sekil 6.36-6.42).

A-5 ve A-6 örnekleme noktaları arasında evsel atıksular ile Sıcaksu bölgesinden geçen Çarşıcı kanalı Porsuk çayına katılır. Çarşıcı kanalına da yer yer evsel atıksular boşaltılmaktadır. A-5 ve A-6 noktaları arasındaki katılımlar Porsuk çayının su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Ortalama değerlere göre T, pH, Cöz.O, azalmakta; EC, TCK, Na, Cl, SO_4 , T.Sr, B, NH_3 , NO_2 , NO_3 , O-PO_4 , Org.M., Fe, Mn miktarları artmaktadır (Sekil 6.19-6.26). Mevsimlik analizler gözönüne alındığında, birkaç parametre dışında aynı parametreler A-5 ve A-6 noktaları arasında artış göstermektedir.

A-6 ve A-7 noktaları arasında evsel atıksular ile Seker Fabrikası, İspirto Fabrikası, Makina Fabrikası ve Mezba ha atıksuları (AS-5, AS-6, AS-7 ve AS-8) Porsuk çayına boşalır. Ortalama değerlere göre bu örnekleme noktaları arasında pH ve Cöz.O azalır; T, EC, TCK, AK, Bul., Na, Cl, T.Sr., B, NO_2 , NO_3 , O-PO_4 , Fe, Cr^{+6} , Mn artar. AK, Bul., NO_2 , O-PO_4 , Org.M., gibi bazı parametrelerdeki artış büyük miktarlarda olmaktadır (Sekil 6.19-6.26). Bu kesimde yukarıda sözedilen atıksu kaynaklarından dolayı Porsuk çayının kirliliği büyük bir artış gösterir.

A-7 ve A-8 noktaları arasında Organize Sanayi Bölgesi atıksuyu (AS-9) Porsuk çayına boşalır. Ortalama değerlere göre bu iki nokta arasında pH ve Cöz.O, NH_3 , NO_2 , Org.M., Cr^{+6} , Mn azalır; EC, TCK, Bul., Na, Cl, SO_4 , T.Sr., B, NO_3 , O-PO_4 , Fe artar. Bu A-7 ve A-8 noktaları arasında bazı parametrelerde azalma dolayısıyla Porsuk çayının su kalitesinde bir miktar düzelme olmakla birlikte, Eskişehir'den akarsuya olan tüm atıksu boşalımları gözönüne alındığında şehir çıkışında bulunan A-8 istasyonunda Porsuk çayı ağır şekilde kirlenmiş olarak akışına devam eder.

A-9 örnekleme istasyonu Eskişehir ovası çıkışında yer alır. A-8 ve A-9 noktaları arasında Porsuk çayına atıksu katılımı ve önemli bir akarsu katılımı yoktur. Ortalama değerlere göre bu iki istasyon arasında T, pH, TCK, Na, Cl, NO₂, NO₃, Org.M., Cöz.O, O-PO₄, Mn azalır; EC, AK, Bul., SO₄, T.Sr., NH₃, B, Fe az miktarda artar (Şekil 6.19-6.26). İki istasyon arasındaki yaklaşık 15 km'lik kesimde yol alırken akarsuların yol boyunca kendi kendini temizleme özelliği (self purification) nedeniyle Porsuk çayı kalitesinde bir miktar düzelme olmaktadır. Bununla birlikte, A-9 noktasında da Porsuk çayı yoğun şekilde kirlenmiş olarak akışına devam eder.

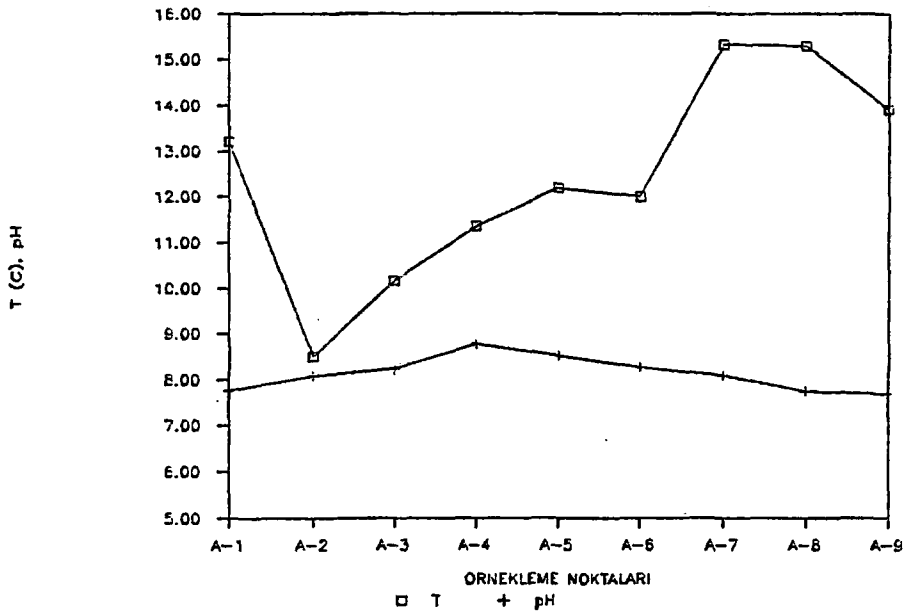
Eskişehir ve Alpu ovalarına sulama suyu sağlayan Sağ ve Sol kanallar Eskişehir'den geçerek ovaya girerler. Bu kanalların şehirden geçtiği kesimlerde evsel atıksular kanallara boşaltılır, bu nedenle Eskişehir'den geçtikten sonra kanallardaki su kalitesi düşer, bir miktar kirlenme meydana gelir. Sağ kanal başlangıcındaki A-3 örnekleme noktası analizleri ile şehir çıkışındaki A-13 noktası analizlerinin karşılaştırılması Eskişehir'in Sağ kanalındaki su kalitesine olan etkisini ortaya koyar (Çizelge 6.3 ve 6.8). Görüldüğü gibi A-13 noktasında pek çok parametrenin değeri artmaktadır. Artış gösteren bu parametreler özellikle T, EC, Bul., HCO₃, Cl, SO₄, B, NH₃, NO₂, NO₃, O-PO₄, Fe, Cr⁺⁶, Mn gibi kirlilikle ilgili parametrelerde göze çarpmaktadır. A-13 noktasında Cöz.O azalır. A-13 noktasından ova çıkışındaki A-14 noktası arasında Sağ kanala Mamuca deresi katılır. A-14 noktasında kanaldaki su kalitesi bir miktar düzelir (Çizelge 6.3). Bununla birlikte Sağ kanal evsel atıklarla kirlenmiş olarak Eskişehir ovasından çıkarak akışına devam eder.

Sağ kanala olduğu gibi Sol kanala da Eskişehir içinden geçen kesimlerde evsel atıklar boşaltılmaktadır. Evsel

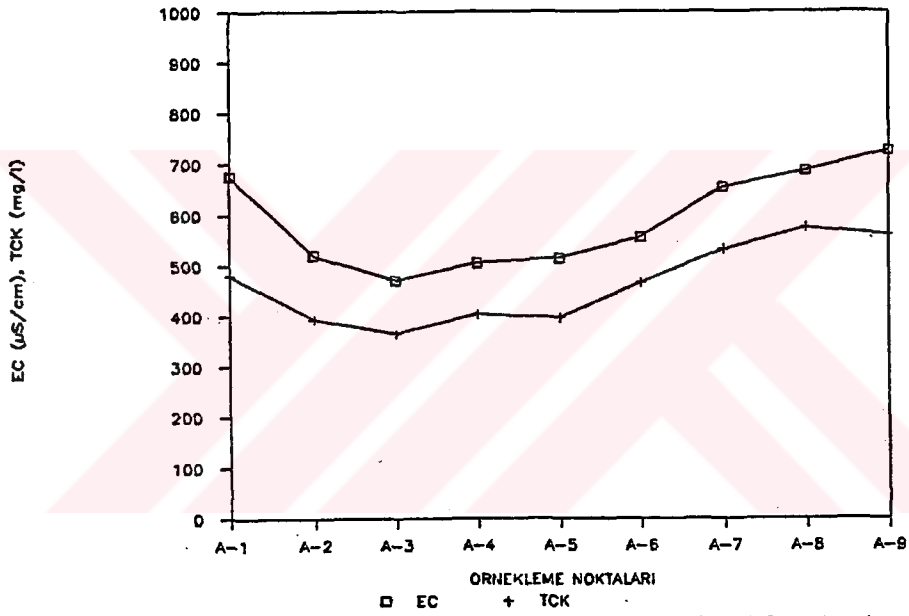
atıkların boşaltılması sonucu kanaldaki su kalitesi düşmekte, bir miktar kirlenme meydana gelmektedir. Sol kanal başlangıcındaki A-3 örnekleme noktası analizleri ile şehir çıkışındaki A-18 örnekleme noktası analizlerinin karşılaştırılması sonucu Eskişehir'in Sol kanal su kalitesine etkisini görmek olanaklıdır. Bu iki nokta arasında; Çöz.O azalır; ağır metallere Fe ve Cr^{+6} artış gösterir, diğerlerinde artış gözlenmez. İncelenen diğer parametreler de çoğunlukla artar

Şehir çıkışı ile Muttalip köyü arasında sol kanala Keskin deresi katılır. Keskin deresinin debisi kanal debisine oranla çok düşük olduğu ve su kalitesinin kanaldaki suya oranla iyi olduğu için önemli bir katılım sağlamaz. Muttalip köyünden ova çıkışındaki Çavlum köyüne kadar olan kesimde sol kanala herhangi bir katılım söz konusu değildir. A-18 ve A-19 örnekleme noktaları arasında su kalitesinde bazı parametreler (EC, TCK, Na, HCO_3 , T.Sr., Det., B, NH_3 , Çöz.O gibi) açısından iyileşme görülür. NO_3 , O- PO_4 , Org.M., Fe az miktarda artar. Diğer ağır metallere (Cu, Cr^{+6} , Pb, Zn, Ni, Cd, Mn) artış gözlenmez veya azalma olur. A-19 ve A-20 noktaları analizleri karşılaştırıldığında bazı parametrelerdeki çok küçük artışlar dışında kanaldaki su kalitesinin bir miktar iyileştiği ve kirliliğin azaldığı söylenebilir.

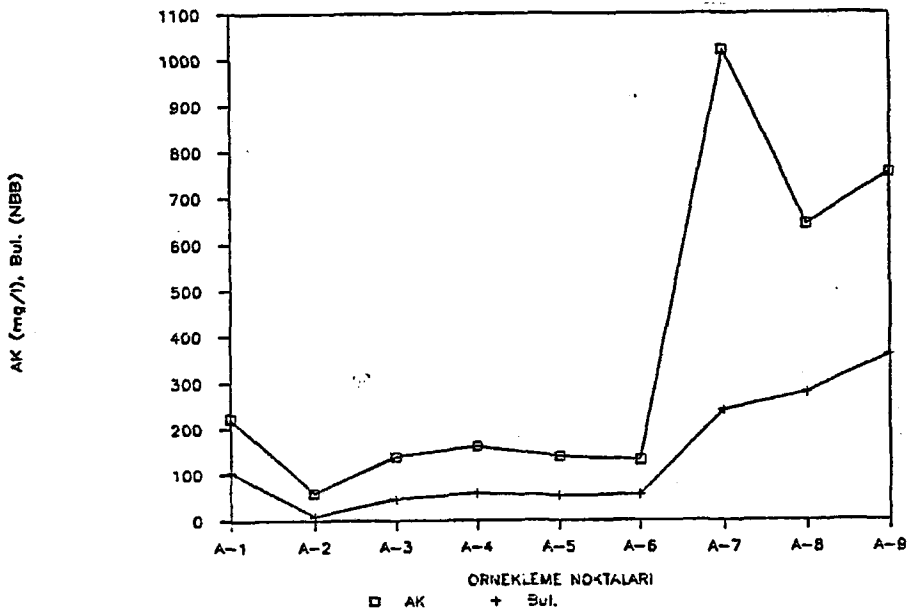
Eskişehir ovasına batıda Sazova mevkiinde giren Sarısu, İnönü ilçesi ve buna bağlı Kandilli, Oklubalı, Satılmış, Karagözler köylerinden geçer. Bu akarsu, Sümer mahallesinde A-4 ve A-5 noktaları arasında Porsuk çayına katılır. Sarısu'nun su kalitesi genelde Porsuk çayına göre daha iyidir (Çizelge 6.3). Bununla birlikte Sarısu'da azot bileşikleri (NH_3 , NO_2 , NO_3), O- PO_4 , Det., Org.M., yönünden bir miktar kirlilik görülür. Sarısu, Porsuk çayının kirliliğini iyileştirici yönde etki yapar.



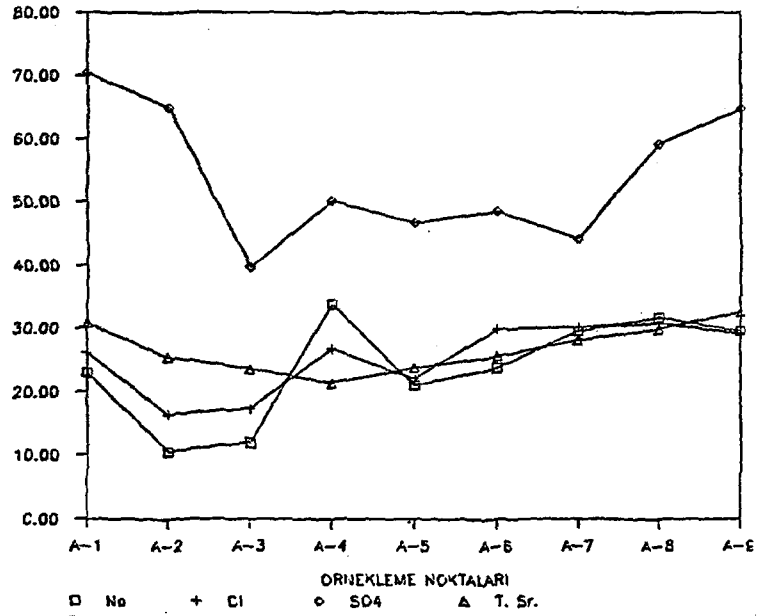
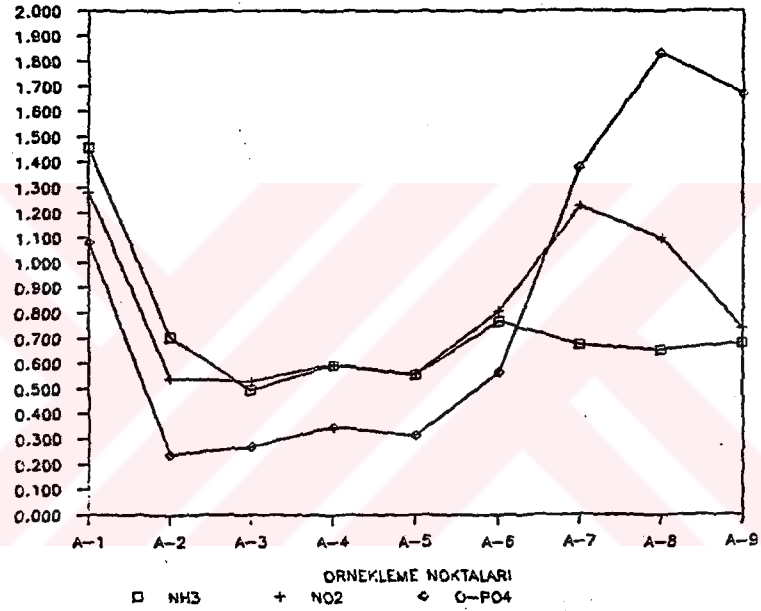
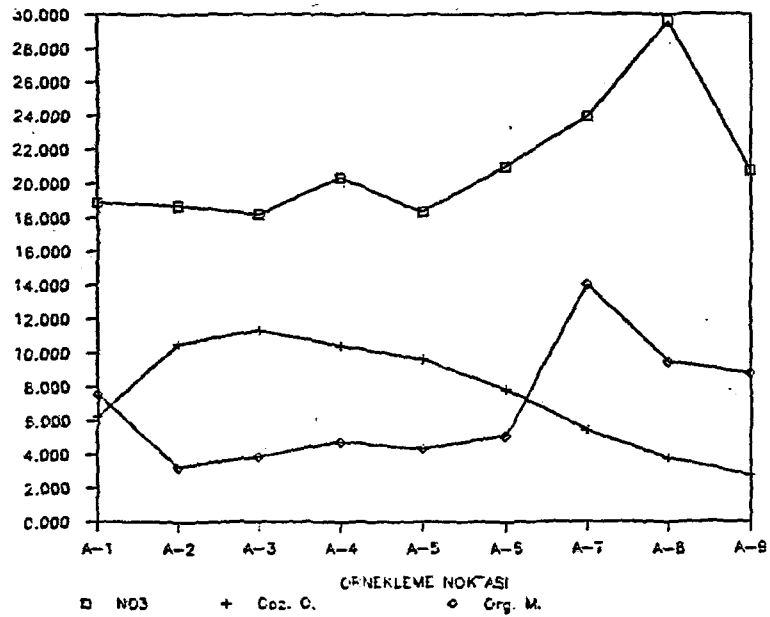
Sekil 6.19. Porsuk çayı boyunca T ve pH değişimi (ortalama değerler)

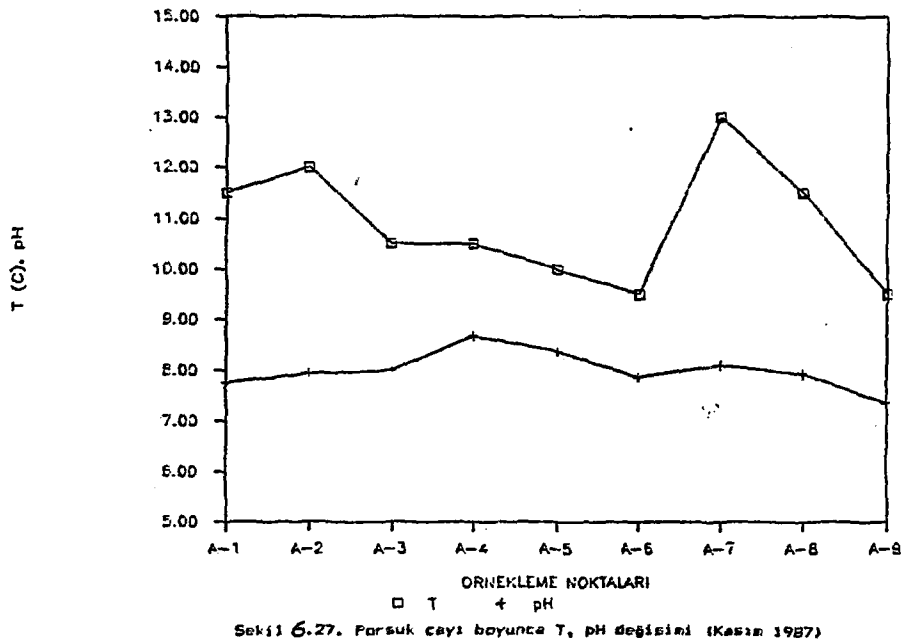
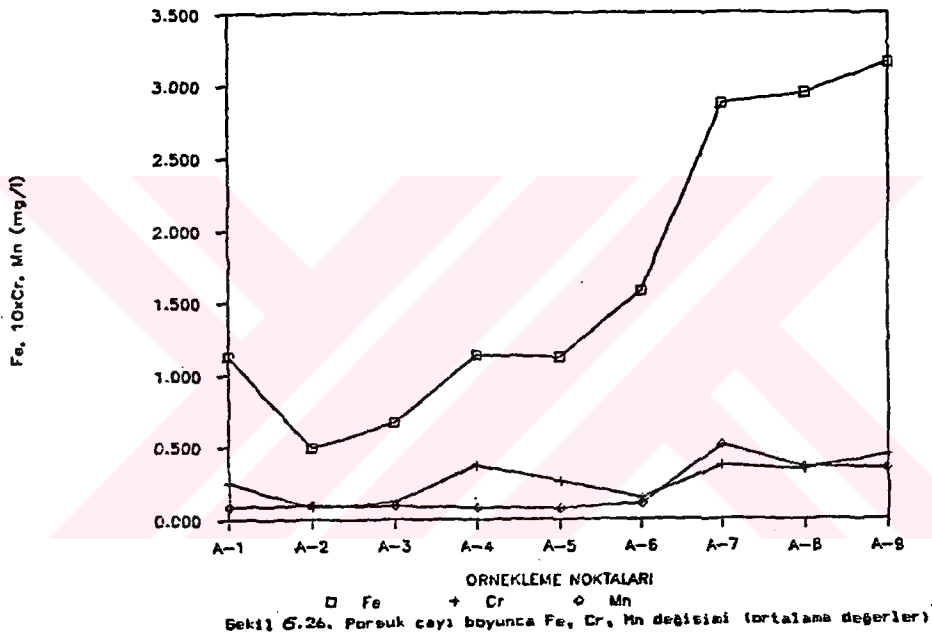
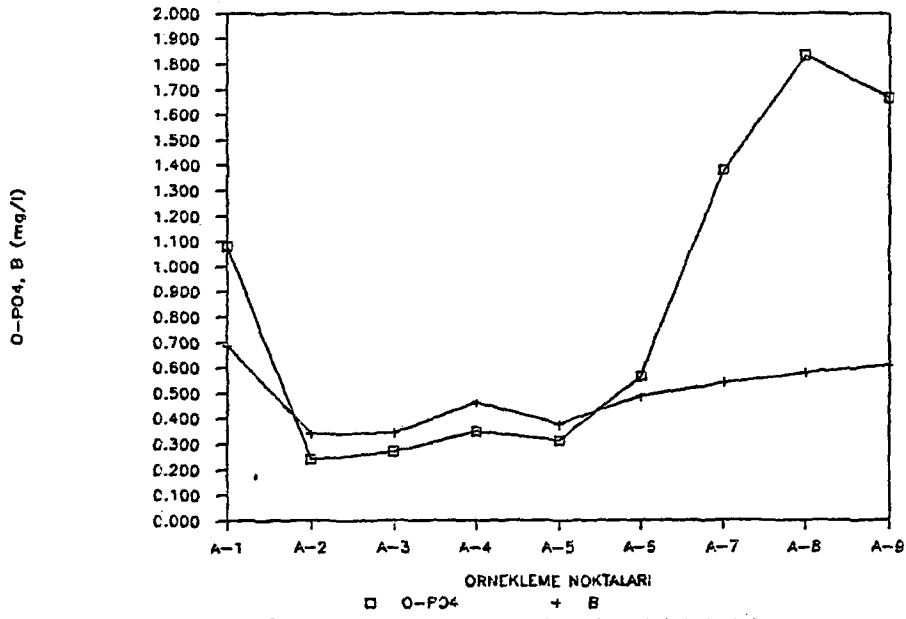


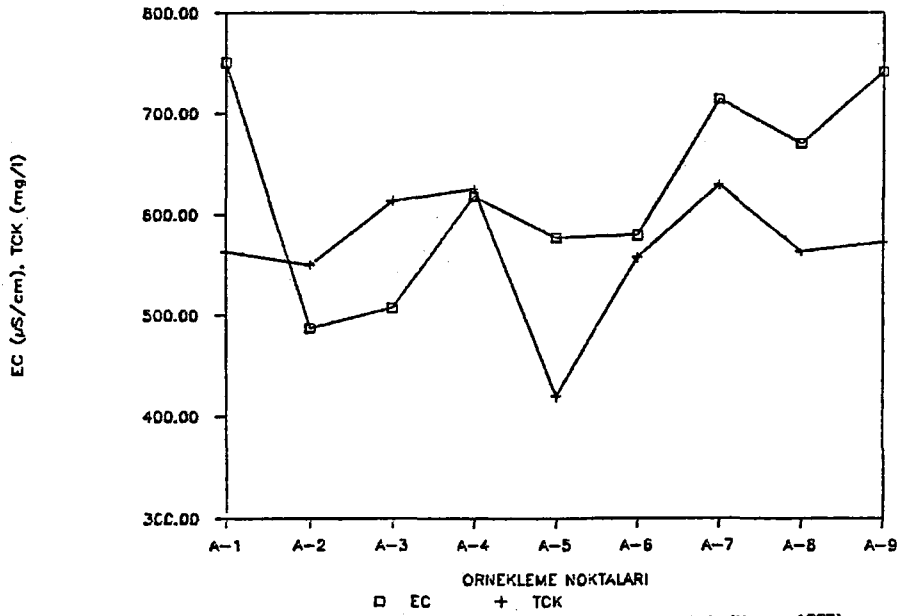
Sekil 6.20. Porsuk çayı boyunca EC ve TCK değişimi (ortalama değerler)



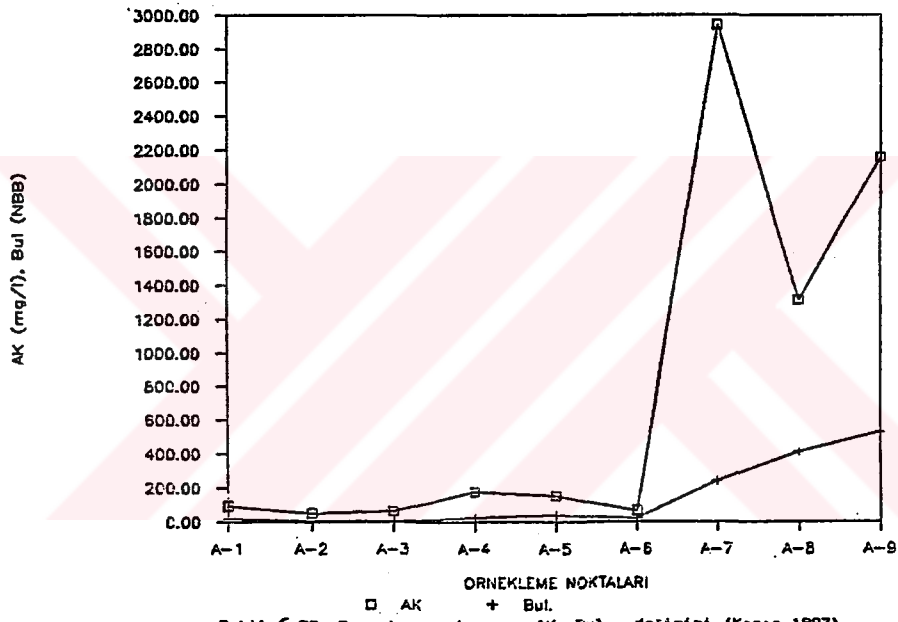
Sekil 6.21. Porsuk çayı boyunca AK ve Bul. değişimi (ortalama değerler)

Na, Cl, SO₄ (mg/l); T. Sr. (F.S.)Şekil 6.22. Porsuk çayı boyunca Na, Cl, SO₄, T.Br. değişimi (ortalama değerler)NH₃, NO₂, O-PO₄ (mg/l)Şekil 6.23. Porsuk çayı boyunca NH₃, NO₂, O-PO₄ değişimi (ortalama değerler)NO₃, Coz.O., Org.M. (mg/l)Şekil 6.24. Porsuk çayı boyunca NO₃, Coz.O., Org.M. değişimi (ortalama değerler)

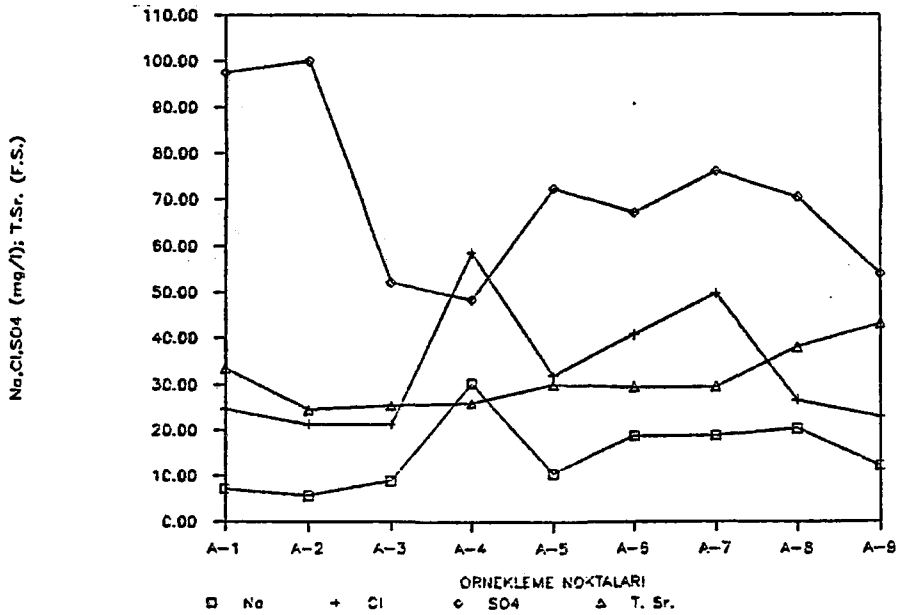




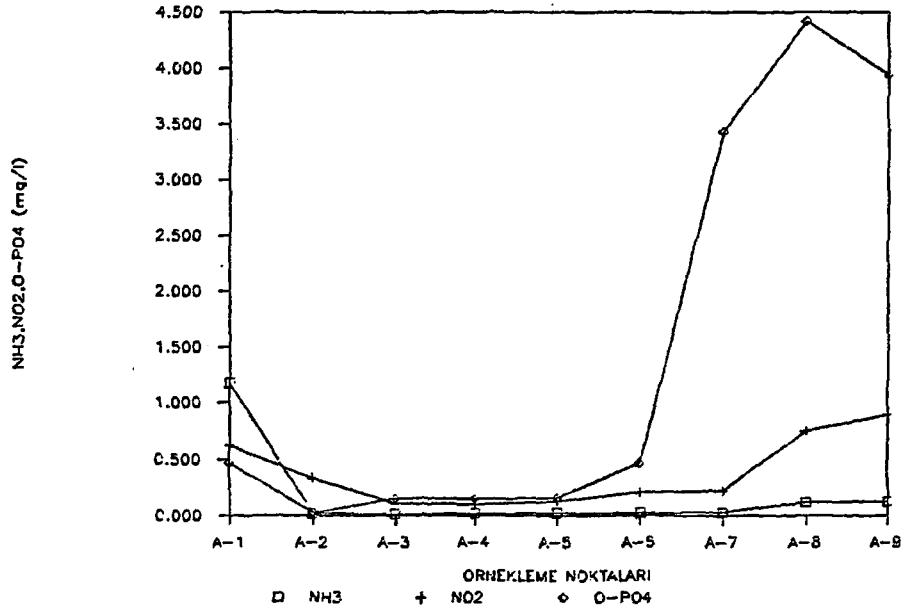
Sekil 6.28. Porsuk çayı boyunca EC, TCK değişimi (Kasım 1987)



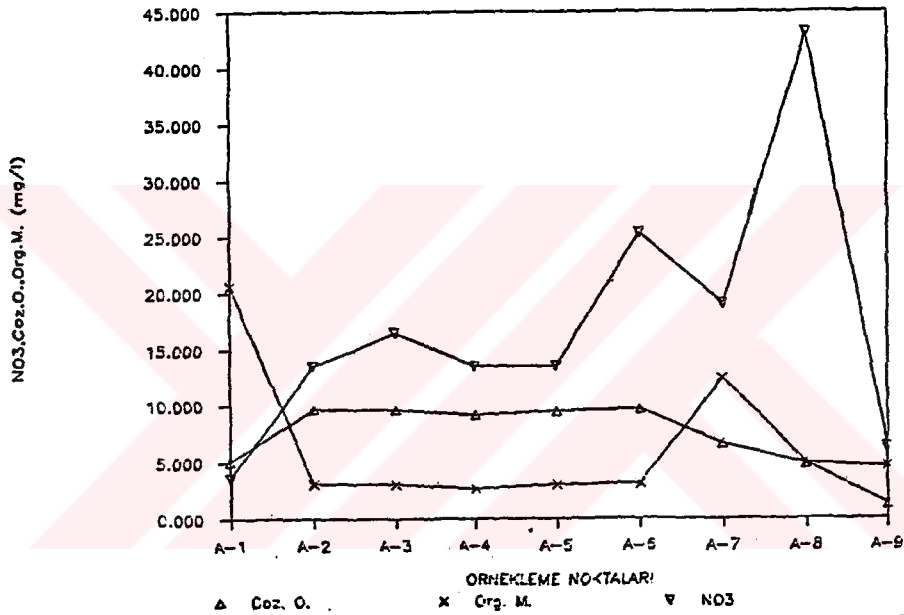
Sekil 6.29. Porsuk çayı boyunca AK, Bul. değişimi (Kasım 1987)



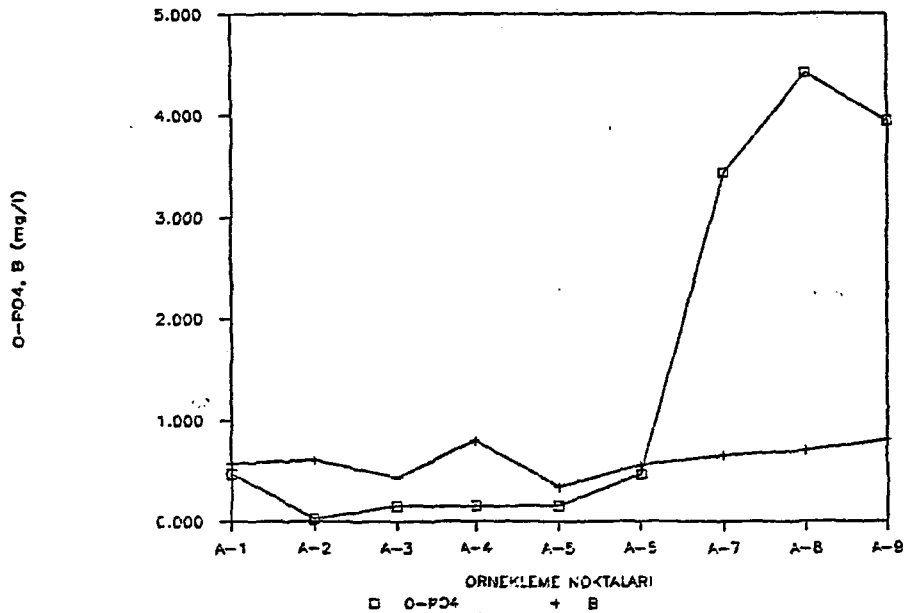
Sekil 6.30. Porsuk çayı boyunca Na, Cl, SO₄, T.Sr. değişimi (Kasım 1987)



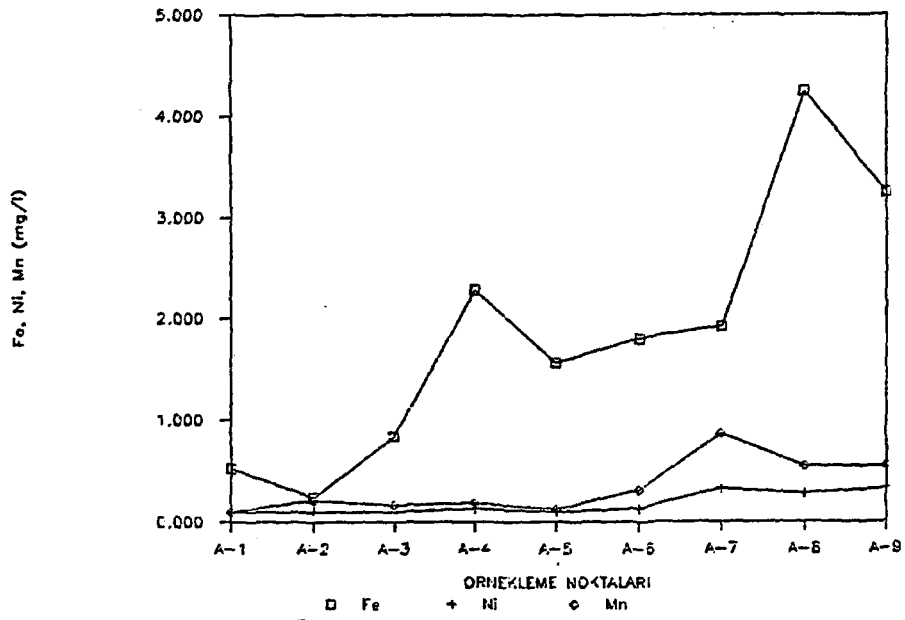
Sekil 6.31. Porsuk çayı boyunca NH₃, NO₂, O-PO₄ değişimi (Kasım 1987)



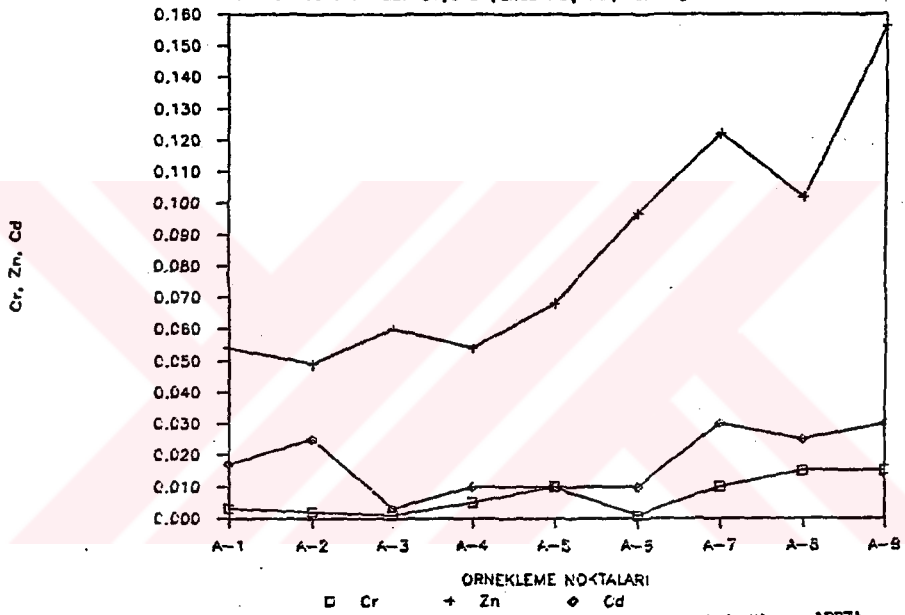
Sekil 6.32. Porsuk çayı boyunca NO₃, Coz.O., Org.M. değişimi (Kasım 1987)



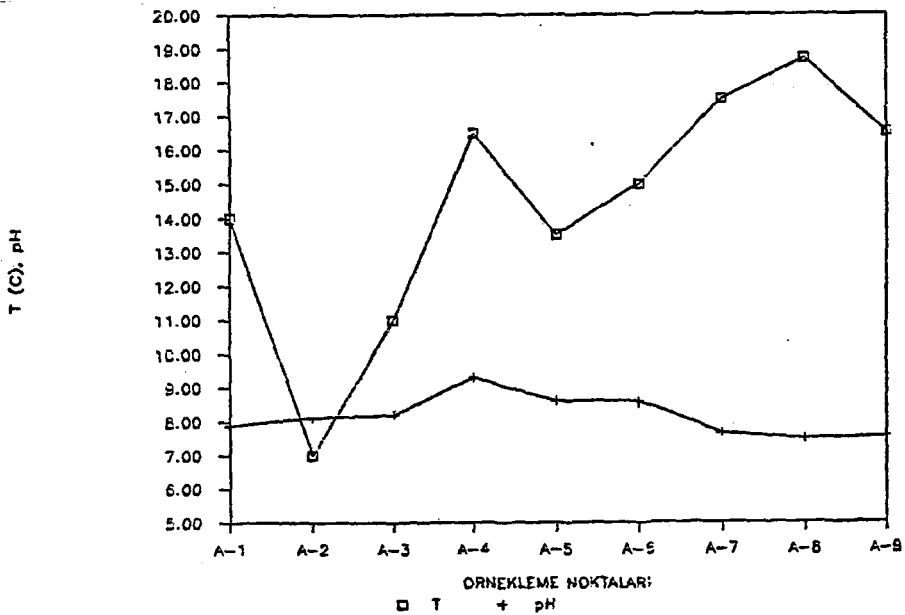
Sekil 6.33. Porsuk çayı boyunca O-PO₄, B değişimi (Kasım 1987)



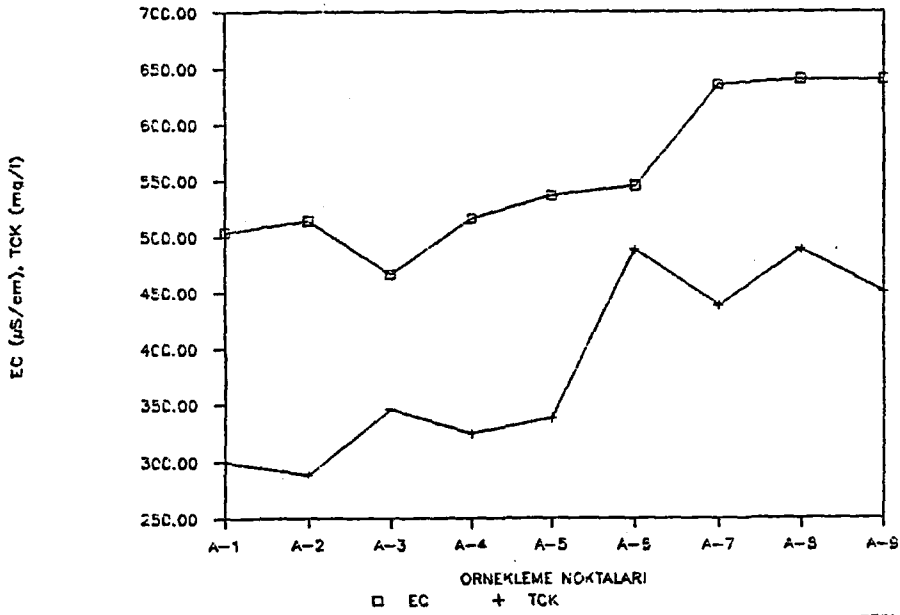
Sekil 6.34. Parsuk çayı boyunca Fe, Ni, Mn değişimi (Kasım 1987)



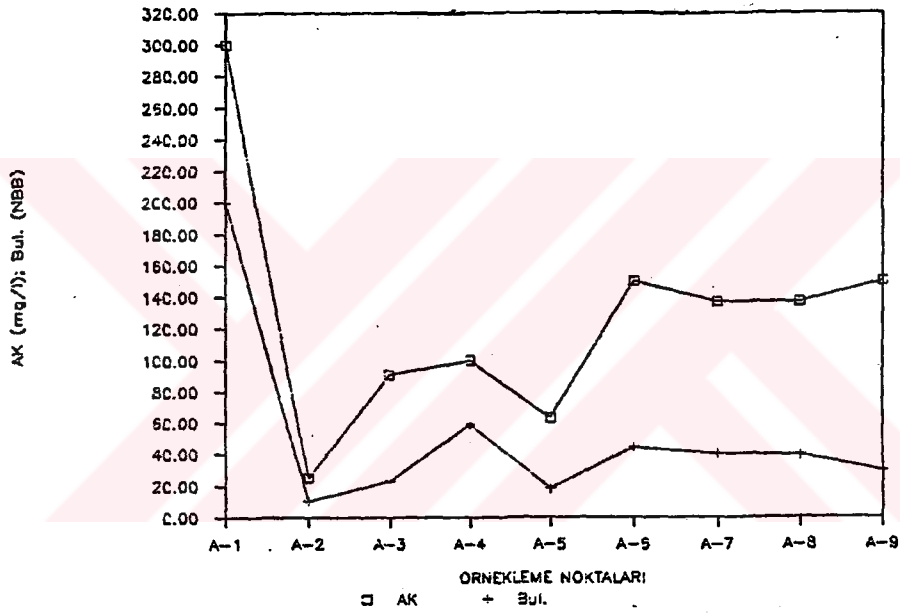
Sekil 6.35. Parsuk çayı boyunca Cr, Zn, Cd değişimi (Kasım 1987)



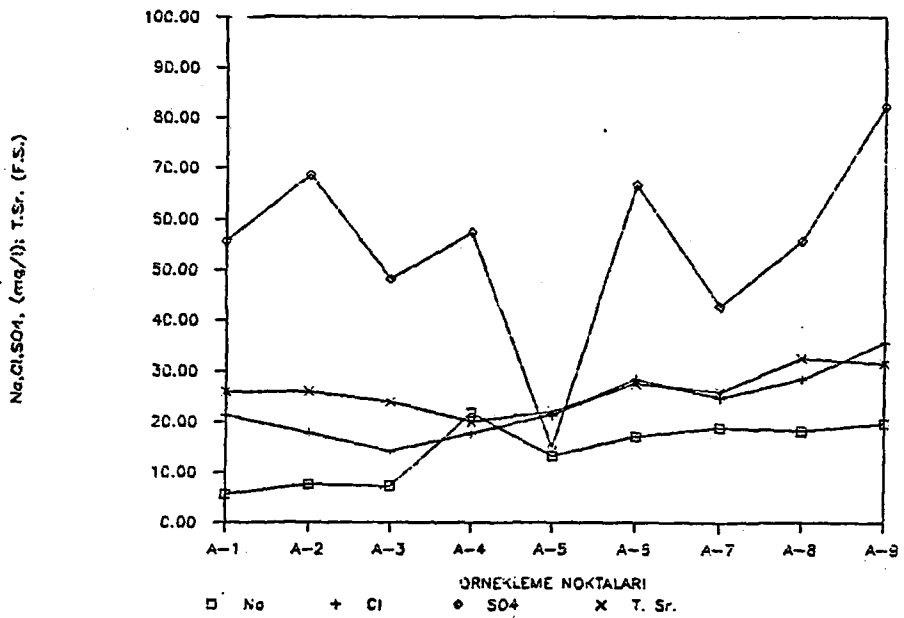
Sekil 6.36. Parsuk çayı boyunca T, pH değişimi (Nisan/Mayıs 1988)



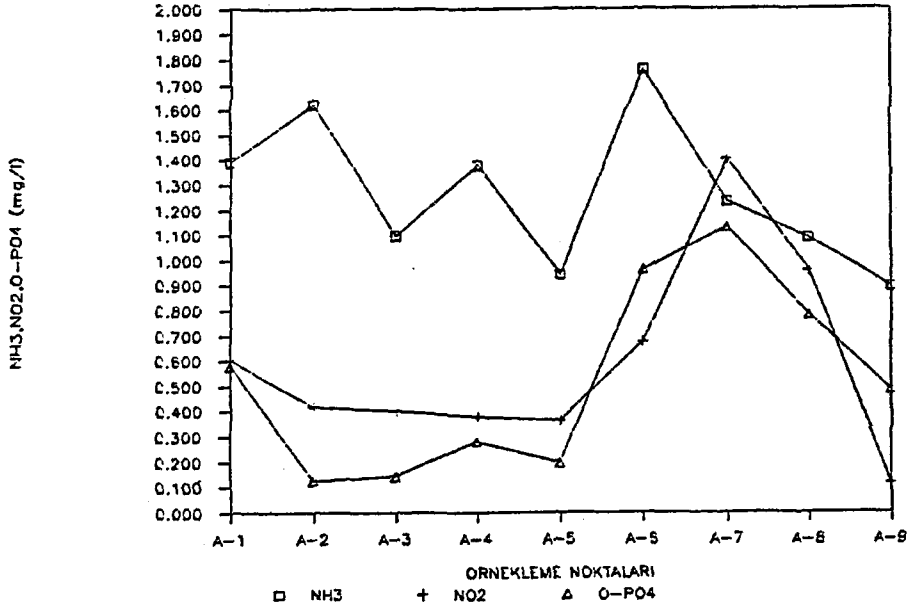
Sekil 6.37. Porsuk çayı boyunca EC, TCK değişimi (Nisan/Mayıs 1988)



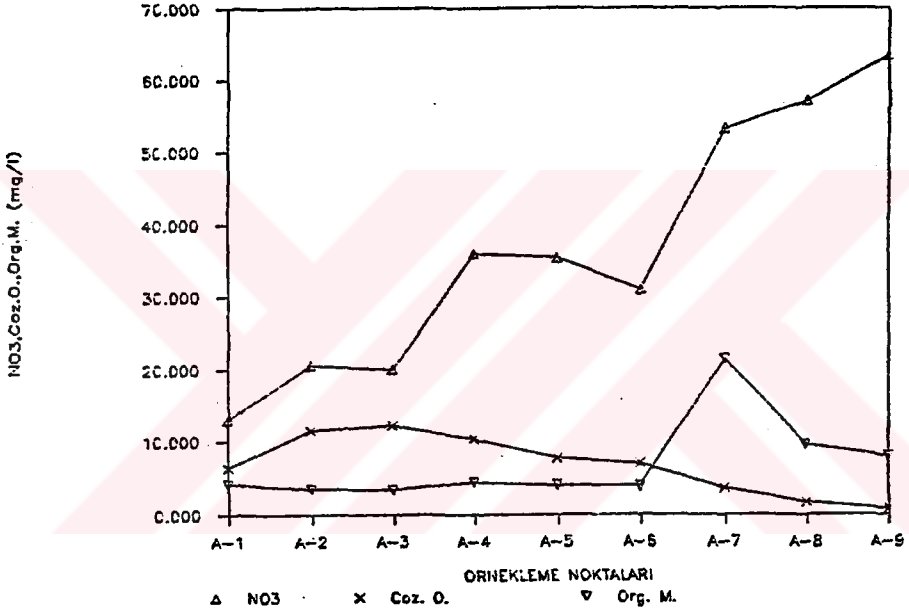
Sekil 6.38. Porsuk çayı boyunca AK, Bul. değişimi (Nisan/Mayıs 1988)



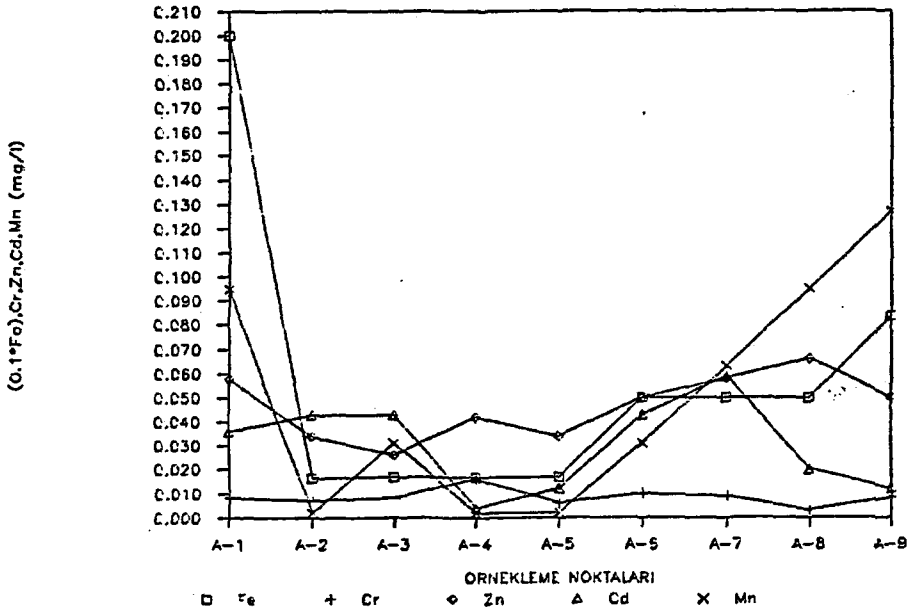
Sekil 6.39. Porsuk çayı boyunca Na, Cl, SO_4 , T.Sr. değişimi (Nisan/Mayıs 1988)



Sekil 6.40. Porsuk çayı boyunca NH_3 , NO_2 , O-PO_4 değişimi (Nisan/Mayıs 1988)



Sekil 6.41. Porsuk çayı boyunca NO_3 , Coz. O., Org. M. değişimi (Nisan/Mayıs 1988)



Sekil 6.42. Porsuk çayı boyunca Fe, Cr, Zn, Cd, Mn değişimi (Nisan/Mayıs 1988)

Eskişehir ovasına güneyden giren Mamuca deresi, Sarıson-
 gur, Mamuca ve Sultandere köylerinden geçerek Sağ Kanala
 katılır. Mamuca deresi suyu yaz aylarında sulamada kullan-
 ılır. Kimyasal analizlerinden görüldüğü gibi (Çizelge
 5.3) Mamuca deresi suyu ana katyon ve anyon yönünden Sağ
 Kanal suyu ile benzer özelliklere sahiptir. Ağır
 metaller (Fe, Cr⁶⁺, Pb, Zn, Ni, Cd, Mn) yönünden de
 yüksek değerler gözlenmez. Bu akarsuda dikkat çeken en
 önemli özellik azot bileşikleri (NH₃, NO₂, NO₃), O-PO₄ ve
 Org.M. dir. Bunlar akarsuyun geçtiği bölgede tarım alanı-
 nında gübre kullanımının etkisi olarak düşünülebilir.

6.3.2. Mevsimsel değişimler

Akarsu ve kanallardaki su kalitesi ve kirliliği mevsimsel
 değişiklik göstermektedir. İki yıl boyunca yapılan mevsimlik
 ölçüm ve örnekleme işlemleri ile mevsimsel
 değişimler saptanmaya çalışılmıştır. Mevsimsel değişimler
 akarsuyun akım rejimine bağlı olarak meydana gelebil-
 mektedir. Akarsu debisinin düşük olduğu aylarda kirletici
 kaynaklardan boşaltılan atıksular üzerindeki seyreltme
 etkisi düşük olduğundan kirlilikte artış görülmektedir.

Porsuk barajında tutulan su, sulama amacıyla kullanılmak-
 tadır. Bu nedenle, kış ve ilkbahar aylarında barajda su
 tutulmakta, sulama mevsiminde (Mayıs-Ekim ayları arası)
 Sağ ve Sol kanallar ile Eskişehir ve Alpu ovalarına
 verilmektedir (Çizelge 6.9, Şekil 6.43).

Akarsu ve kanallarda Hul., TKM, AK, Cöz. O. de yağışlı
 dönemlerdeki Subat, Nisan, Mayıs aylarında yüksek, kurak
 dönemlerdeki Temmuz, Ağustos ve Kasım aylarında düşük
 değerler gözlenmiştir. Diğer parametrelere ait yüksek
 değerler ise kurak dönemlerde, düşük değerler yağışlı
 dönemlerde gözlenmiştir.

Çizelge 6.9 Eskişehir ovasındaki AĞI'da 1986, 1987, 1988 su yıllarının akımları (m3/s)

1986 Su Yılı													
Ist. adı	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Yıl. ort.
Porsuk ç-Esenkara	7.926	5.867	3.183	2.545	2.893	5.119	15.988	16.588	14.188	12.748	12.768	9.393	9.877
Porsuk ç-Benzinlik	2.228	3.418	2.238	1.688	1.768	2.298	2.188	2.258	2.868	8.838	8.788	8.888	1.854
Sağ kanal-Karacasehir	8.828	8.878	8.633	8.888	8.878	1.818	4.688	4.198	3.198	3.688	3.488	1.858	2.166
Sol kanal-Karacasehir	5.468	1.283	8.888	8.888	8.888	1.648	8.968	9.238	7.968	7.878	8.848	7.988	4.863
Porsuk ç-Eskişehir	3.752	6.188	3.223	2.249	3.235	3.417	3.376	3.987	4.114	1.615	2.315	2.269	3.298
Sarısu-Sazova	8.658	8.758	8.848	8.968	1.338	1.468	8.888	8.898	1.138	8.248	8.128	8.388	8.796
1987 Su Yılı													
Ist. adı	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Yıl. ort.
Porsuk ç-Esenkara	5.884	4.893	2.398	4.839	2.393	4.898	5.212	11.519	14.437	14.318	13.883	12.488	7.815
Porsuk ç-Benzinlik	8.818	1.898	8.798	3.828	1.338	2.818	8.988	-	1.268	8.988	1.318	1.848	1.322
Sağ kanal-Karacasehir	8.583	1.386	1.138	8.618	8.778	8.641	8.594	2.759	3.988	3.958	3.568	3.463	1.939
Sol kanal-Karacasehir	5.898	1.279	8.888	8.888	8.888	8.471	3.868	6.918	8.548	8.678	8.138	7.948	4.241
Porsuk ç-Eskişehir	2.898	2.841	2.288	5.847	3.522	7.788	4.696	3.282	2.447	1.643	2.341	2.234	3.346
Sarısu-Sazova	8.618	8.828	8.828	2.698	1.858	5.928	3.268	-	1.458	1.188	8.848	8.818	1.854
1988 Su Yılı													
Ist. adı	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Yıl. ort.
Porsuk ç-Esenkara	9.332	5.922	1.794	1.132	1.355	3.845	5.948	13.126	13.568	12.718	12.788	13.893	7.889
Porsuk ç-Benzinlik	8.878	1.512	1.878	8.968	1.218	1.878	8.768	1.368	1.428	8.968	8.918	1.548	1.137
Sağ kanal-Karacasehir	2.638	1.187	8.598	8.888	8.888	8.888	1.423	3.338	3.178	3.688	3.738	3.257	1.916
Sol kanal-Karacasehir	6.278	2.893	8.888	8.888	8.888	1.845	3.628	7.718	8.268	8.488	8.898	8.398	4.698
Porsuk ç-Eskişehir	2.458	2.788	2.118	1.788	1.838	2.398	1.768	2.998	2.748	1.768	2.188	3.368	2.344
Sarısu-Sazova	1.888	8.998	8.998	1.888	8.968	1.378	1.118	8.768	8.838	8.528	8.398	8.918	8.989

Akarsu ve kanallarda kurak ve yağışlı dönemler arasında bazı parametrelerin değerlerinde oldukça büyük değişimler gözlenmektedir. Yağışlı dönemlerde Bul., TKM, AK değerlerinin büyük olması Forsuk çayına Forsuk barajı çıkışından sonra yol boyunca yan dere katılımlarını gösterir. Yüksek ve düşük değerler konusunda Forsuk çayı ve kanallar için yapılan genellemeler, Sarısu için de geçerli sayılabilir. Mamuca ve Keskin derelerine ait su analizleri genellikle yağışlı dönemleri kapsadığı için mevsimsel değişimler konusunda değerlendirme yapılamamaktadır.

Kurak ve yağışlı dönemler arasındaki değişimler parametrelere göre farklı büyüklükler göstermektedir. T, EC, TCK, ana anyon ve katyonlar (Na, K, Ca, Mg, HCO_3 , Cl , SO_4), T. Sr., B, Cöz. O., Ürg. M. bir veya birkaç kat; NH_3 , NO_2 , NO_3 , O- PO_4 ve ağır metallerin miktarları ise birkaç kat ile 10 kat arasında değişebilmektedir.

Forsuk çayındaki kirliliğin mevsimsel değişimini anlatmak amacıyla, bu akarsu üzerindeki üç örnekleme noktası (A-3, A-5 ve A-8) seçilerek bazı parametrelerin bu noktalarındaki mevsimsel değişimlerini gösteren grafikler hazırlanmıştır (Şekil 6.44-6.48, 6.50-6.54, 6.56-6.60). Seçilen istasyonlarda incelenen parametrelerin mevsimsel değişiminin akarsu akımı değişimi ile ilgisini göstermek amacıyla, Forsuk çayı üzerindeki Esenkara ve Eskişehir AĞI'ları ve Karacasehir örnekleme noktasında akımın değişimini gösteren grafikler hazırlanmıştır (Şekil 6.43, 6.49, 6.55). Şekil 6.43 A-3 noktasından, Şekil 6.49 A-5 noktasından, Şekil 6.55 A-8 noktasından ölçüm dönemlerinde geçen akımları göstermektedir.

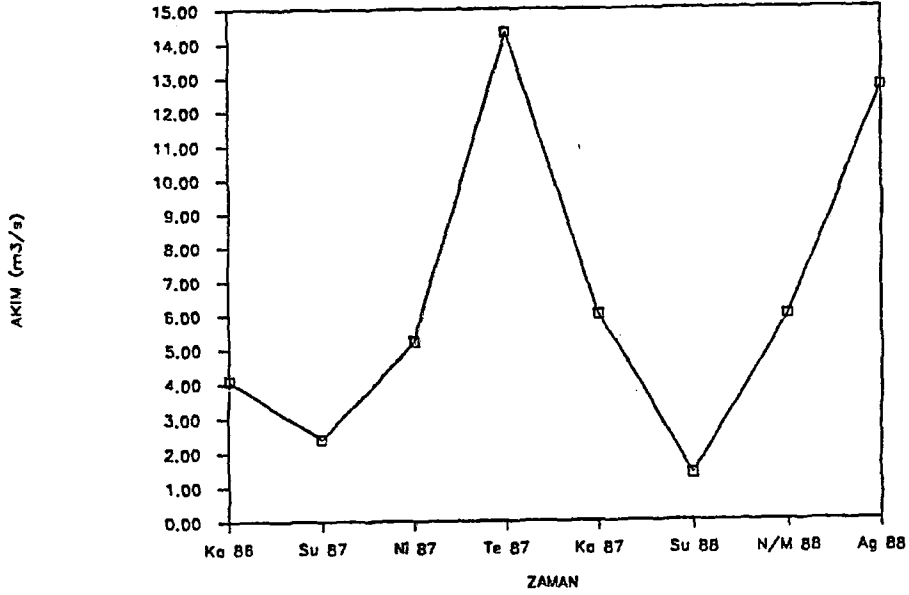
A-3, A-5 ve A-8 noktalarında bazı parametrelerin değişimini gösteren grafikler birlikte değerlendirildiğinde T, EC, TCK, NO_2 , NO_3 , O- PO_4 miktarlarının genellikle yağışlı dönemlerdeki Subat ve Nisan aylarında

düşük, kurak dönemlerdeki Temmuz, Ağustos ve Kasım aylarında yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 6.43, 6.45, 6.47-6.49, 6.51, 6.53-6.55, 6.57, 6.59, 6.60). AK ve Bul. miktarları ile akım miktarları ters orantılıdır. İncelenen üç istasyonda en düşük akım miktarlarının gözlemlendiği dönemlerde (Subat ve Nisan) en yüksek AK ve Bul. miktarları ölçülmüştür (Şekil 6.46, 6.52, 6.58). Cöz. O. miktarı genellikle su sıcaklığının (T) yüksek olduğu mevsimlerde düşük, su sıcaklığının düşük olduğu mevsimlerde ise yüksektir.

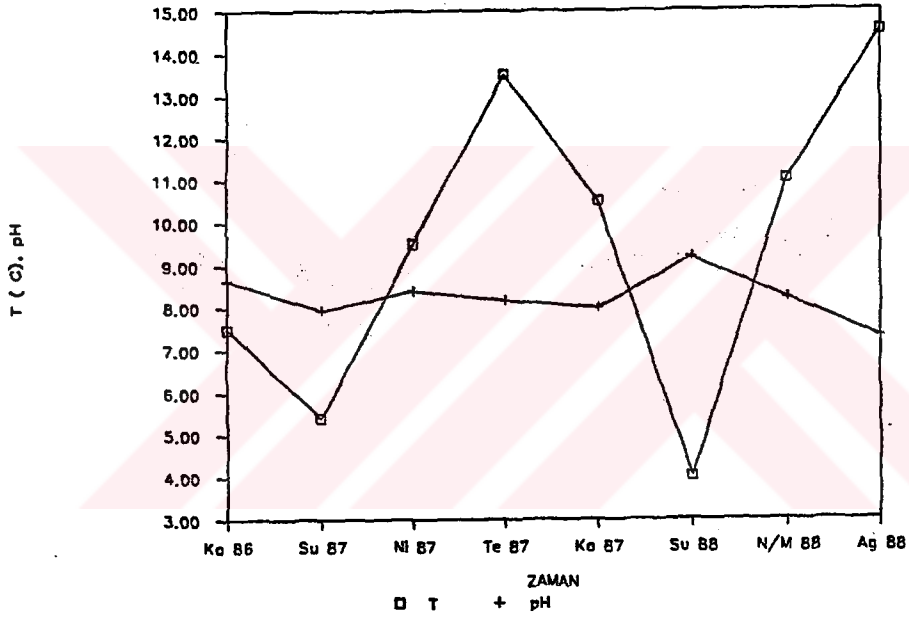
Porsuk çayında bazı parametrelerin mevsimlik değişimi uyumluluk göstermektedir. Örneğin EC-TCK, AK-Bul., $NO_2-(O-PO_4)$, NO_2-NO_3 parametre çiftleri arasında uyumlu değişimler gözlenmektedir.

Ova girişindeki A-3 istasyonunda akım miktarı ile EC, TCK, NO_2 ve NO_3 miktarlarının artışı ve azalışı arasında bir paralellik gözlenmektedir. Subat ve Nisan gibi yağışlı dönemlerde AK ve Bul. miktarları artmaktadır. Subat ve Nisan dönemlerindeki gözlemlerde EC, TCK, NO_2 , NO_3 miktarlarındaki düşüş ile AK ve Bul. miktarlarındaki artış Porsuk barajı çıkışı ile ova girişi arasında Porsuk çayına karışan akarsuların etkisiyle ortaya çıkmaktadır.

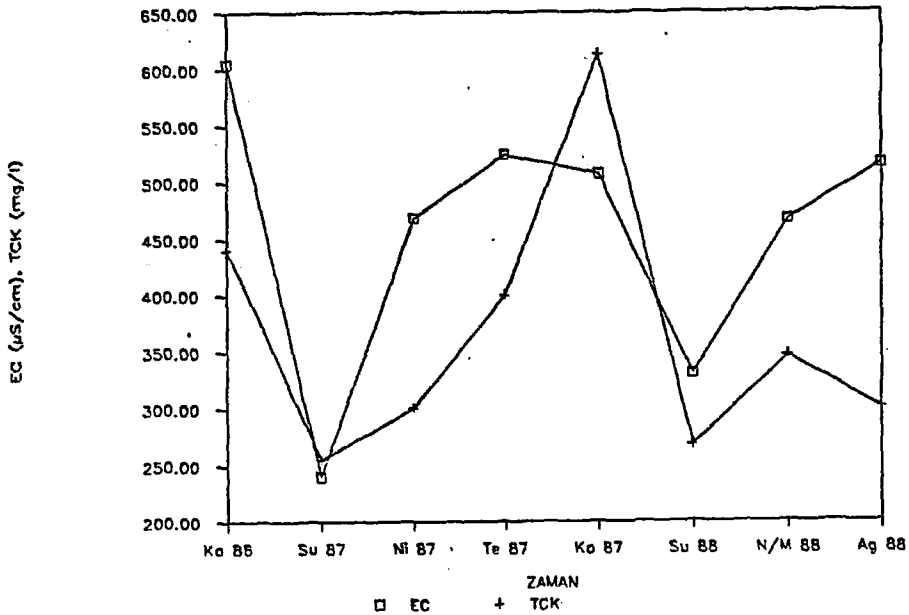
A-4 ve A-8 istasyonları arasında Porsuk çayına Sarısu, Carsııcı kanalı akımları ile Eskişehirdeki fabrikaların ve mezbanhanın atıksuları karışır. Bunların etkisiyle de Porsuk çayı akım miktarları değişim gösterir. Akım miktarının azalması, Porsuk çayının Eskişehir içindeki kesiminde kirliliği genellikle arttırıcı yönde etkiler. Bunun nedeni, akarsu akımları düşük olduğu zaman atıklar üzerindeki seyreltici etkisinin (seyreltme oranının) düşük olmasıdır.



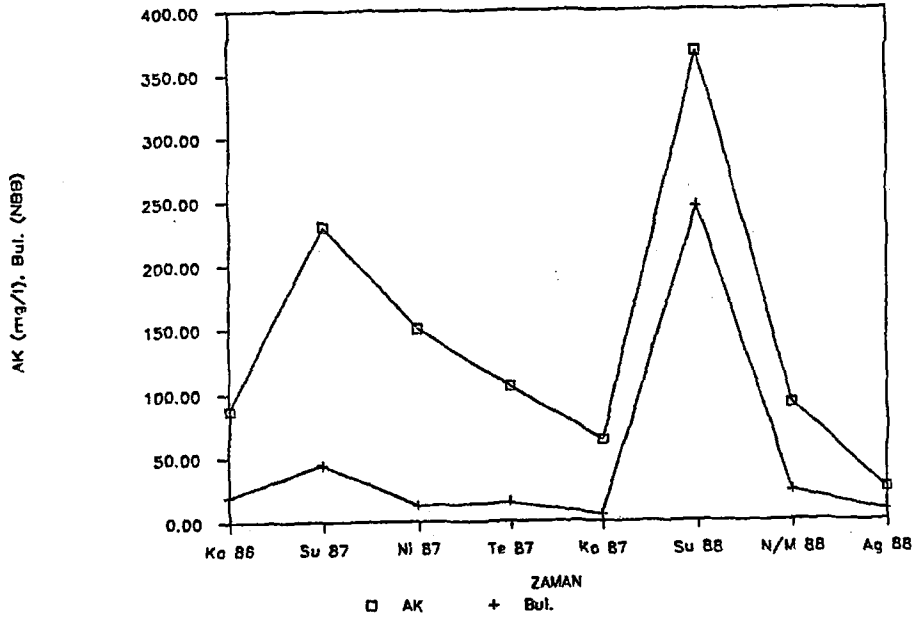
Sekil 6.43 Poruk çayı-Esenkara AĞI akımının mevsimsel değişimi



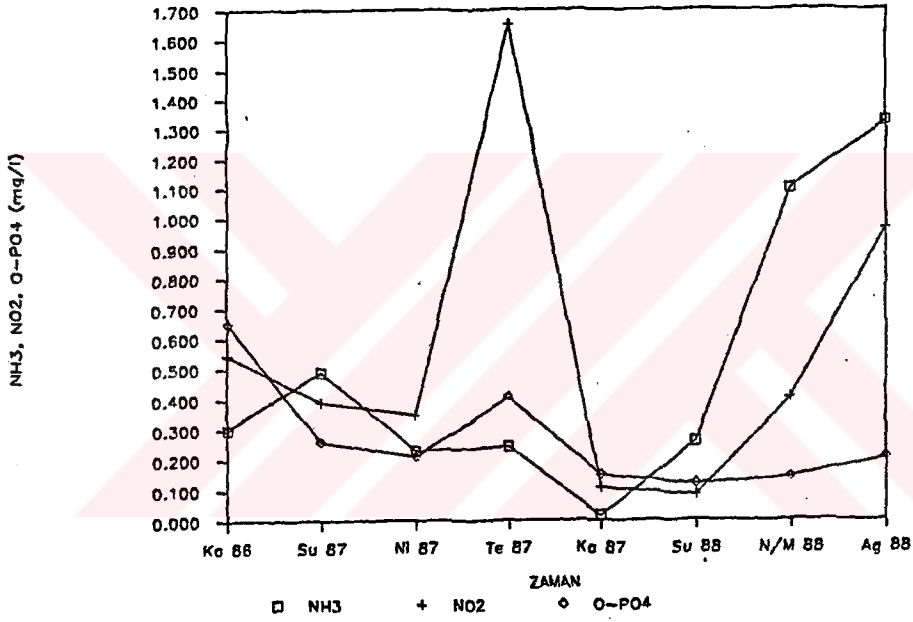
Sekil 6.44 Poruk çayı-Karacasehir (A-3) Brnelleme noktasında T ve pH'in mevsimsel değişimi



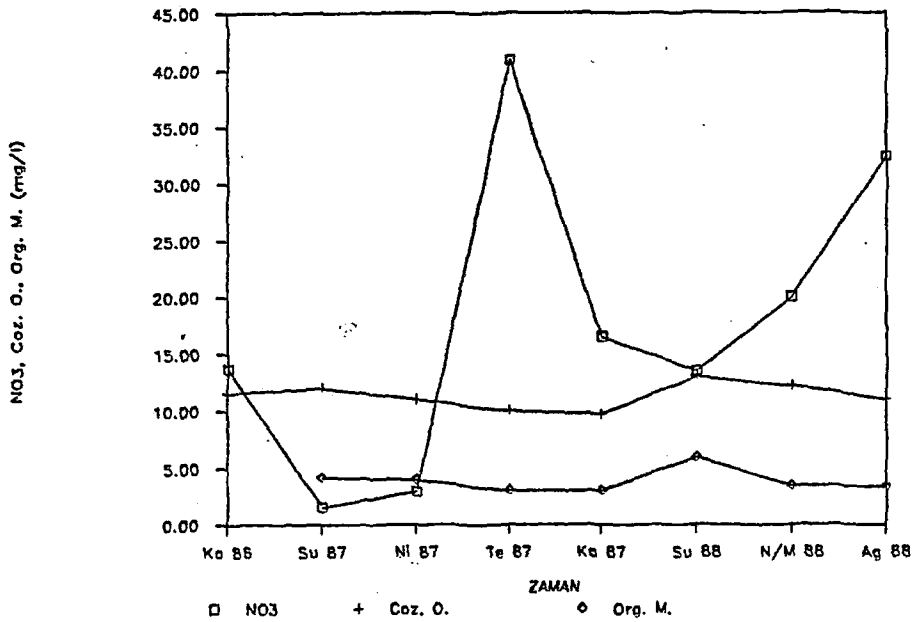
Sekil 6.45 Poruk çayı-Karacasehir (A-3) Brnelleme noktasında EC ve TCK'nin mevsimsel değişimi



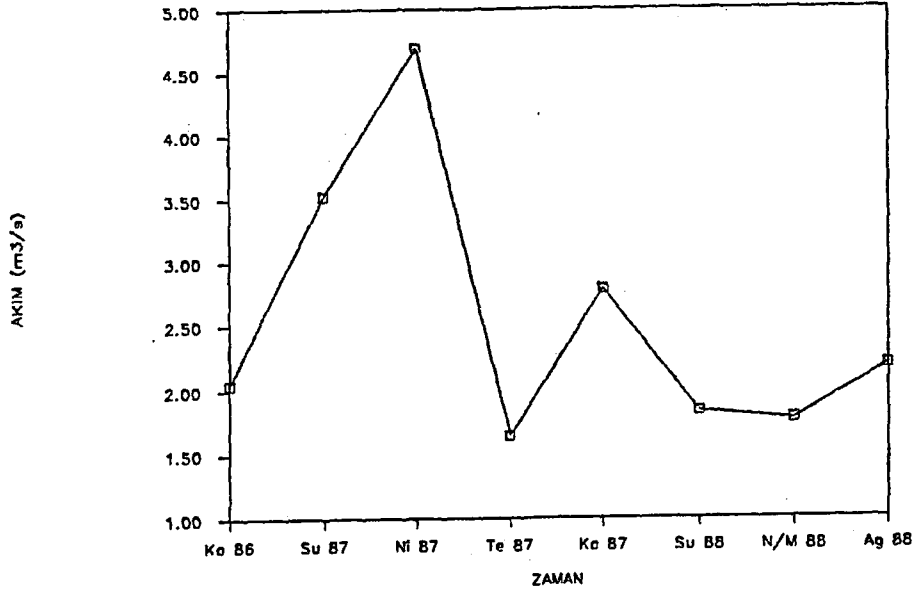
Sekil 6.46 Porsuk çayı-Karacahşir (A-3) örnekleme noktasında AK ve Bul.'un mevsimsel değişimi



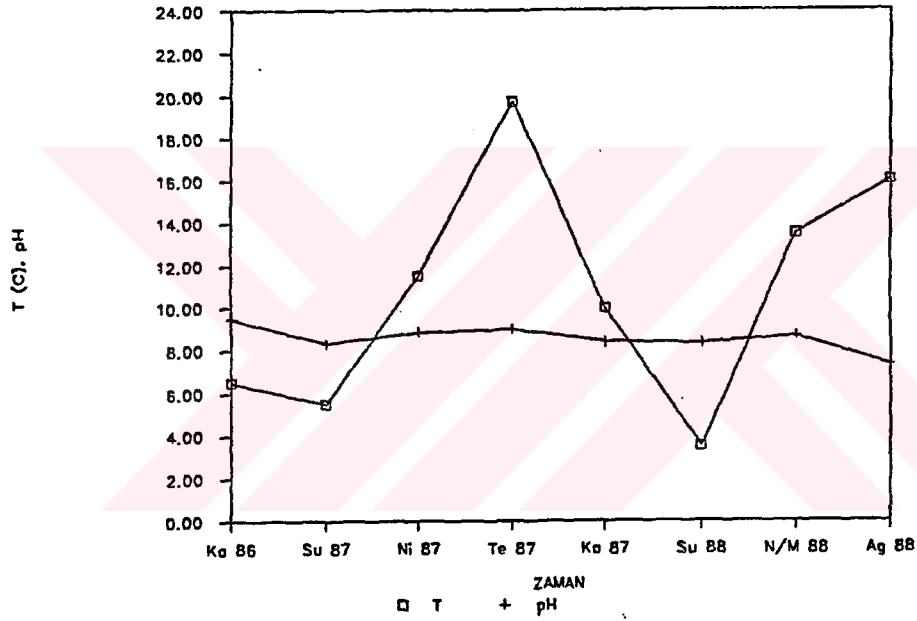
Sekil 6.47 Porsuk çayı-Karacahşir (A-3) örnekleme noktasında NH₃, NO₂ ve O-PO₄'ün mevsimsel değişimi



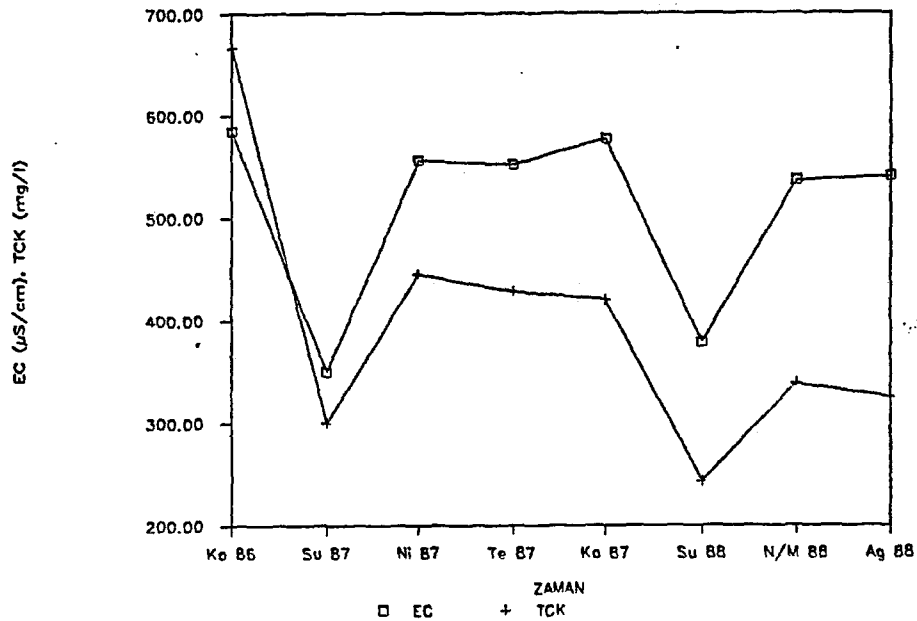
Sekil 6.48 Porsuk çayı-Karacahşir (A-3) örnekleme noktasında NO₃, Coz. O. ve Org. M.'nin mevsimsel değişimi



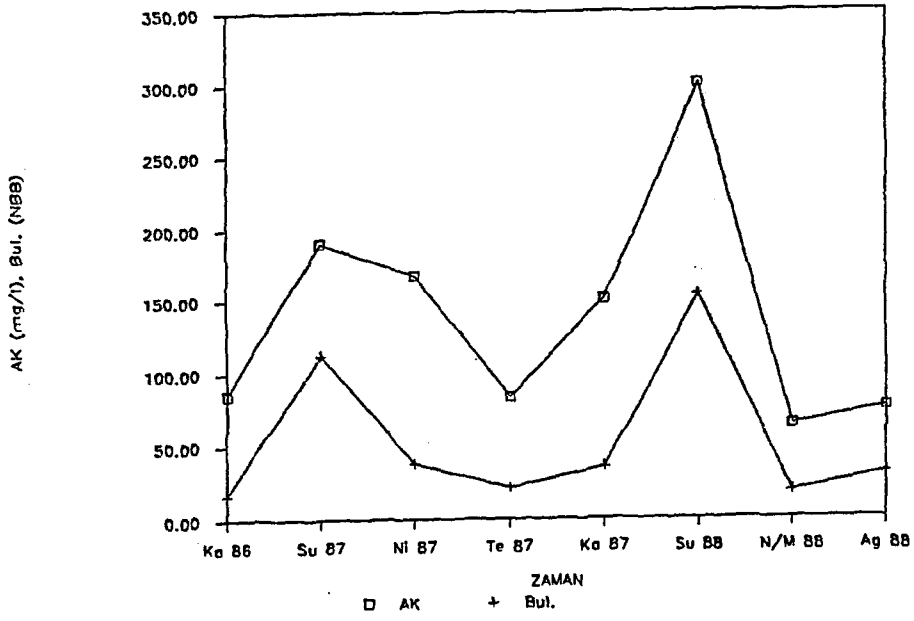
Sekil 6.49 Porsuk çayı-Eskişehir AĞI akımının mevsimsel değişimi



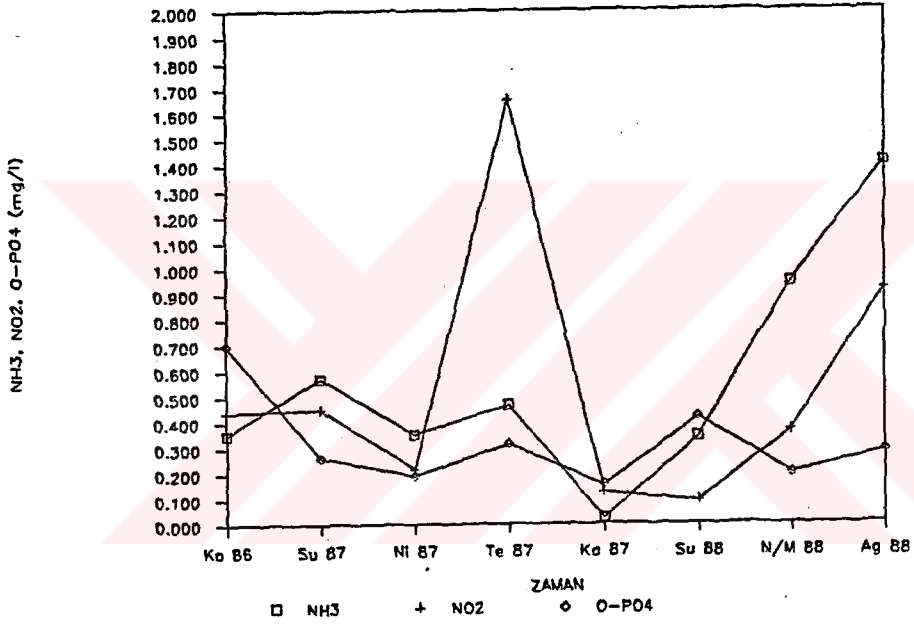
Sekil 6.50 Porsuk çayı-Lokomotif Fab. (A-5) örnekleme noktasında T ve pH'nin mevsimsel değişimi



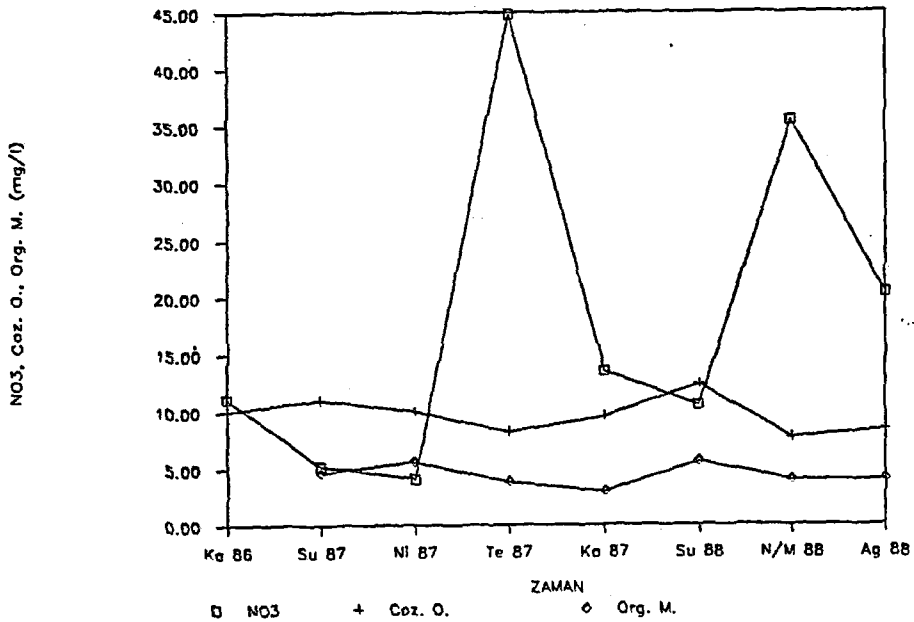
Sekil 6.51 Porsuk çayı-Lokomotif Fab. (A-5) örnekleme noktasında EC ve TCK'nin mevsimsel değişimi



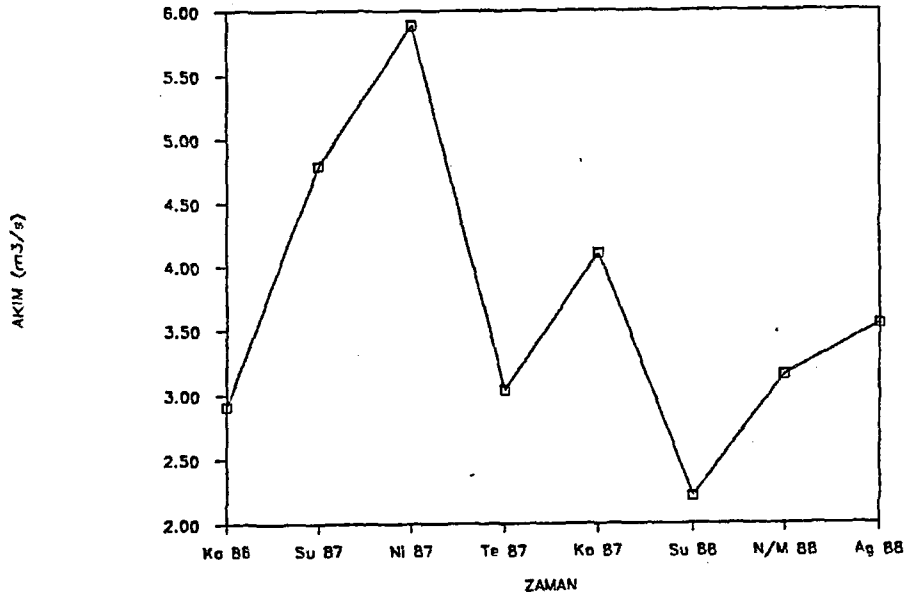
Sekil 6.52 Parsuk çayı-Lokomotif Fab. (A-5) örnekleme noktasında AK ve Bul. 'ün mevsimsel değişimi



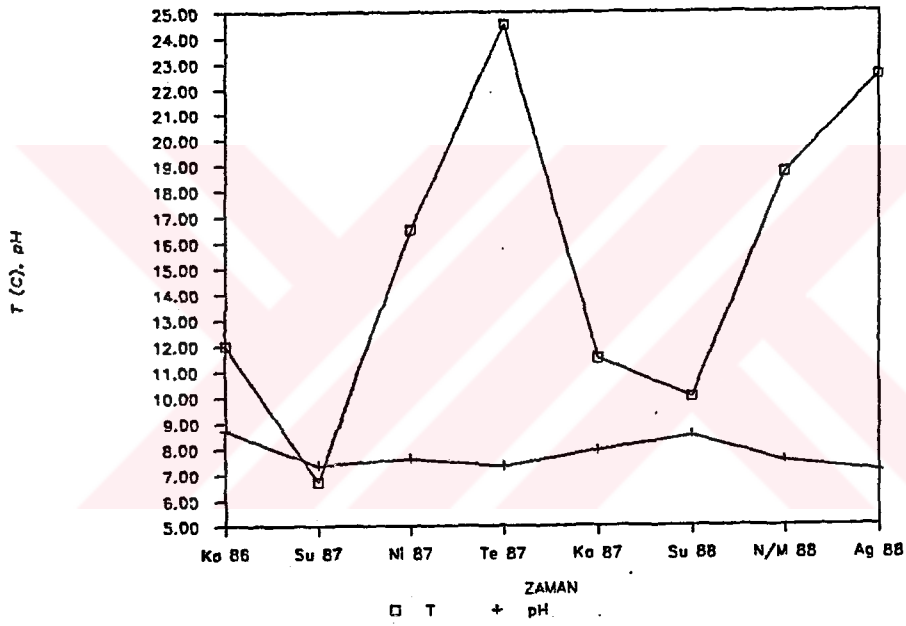
Sekil 6.53 Parsuk çayı-Lokomotif Fab. (A-5) örnekleme noktasında NH₃, NO₂ ve O-P04 'nin mevsimsel değişimi



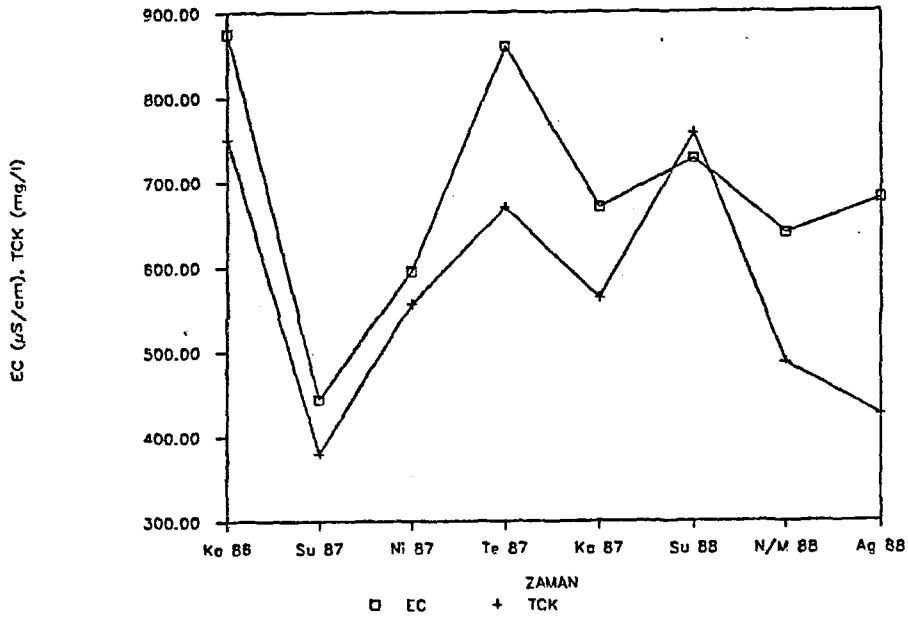
Sekil 6.54 Parsuk çayı-Lokomotif Fab. (A-5) örnekleme noktasında NO₃, Coz. O. ve Org. M. 'nin mevsimsel değişimi



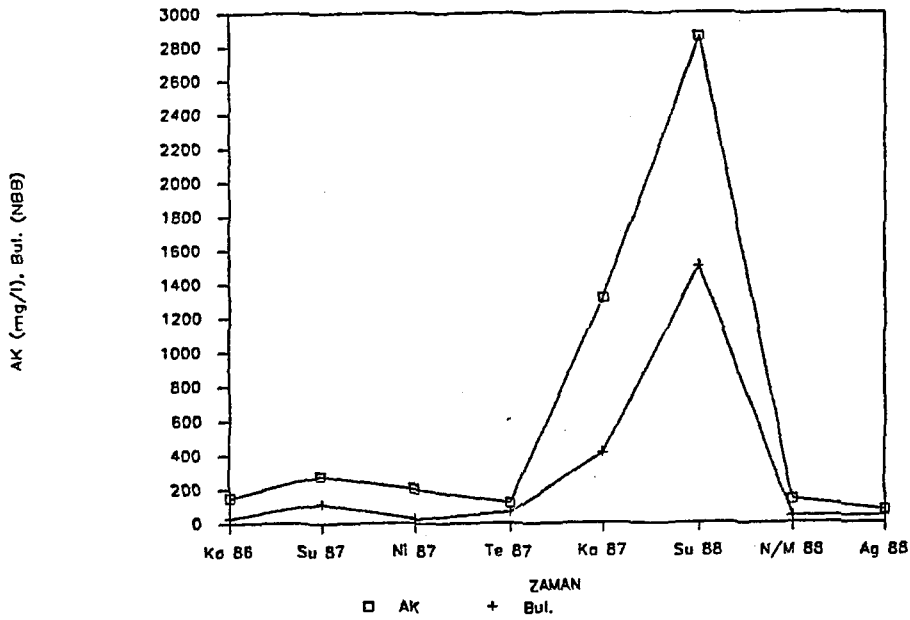
Sekil 6.35 Porsuk çayı-Karacahyük (A-B) örnekleme noktasında akımın mevsimsel değişimi



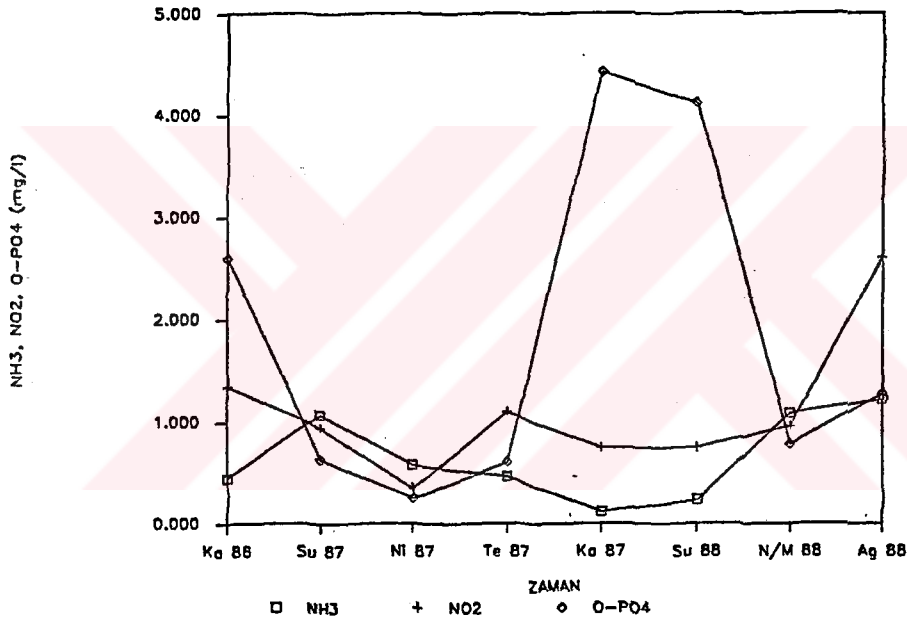
Sekil 6.56 Porsuk çayı-Karacahyük (A-B) örnekleme noktasında T ve pH'nin mevsimsel değişimi



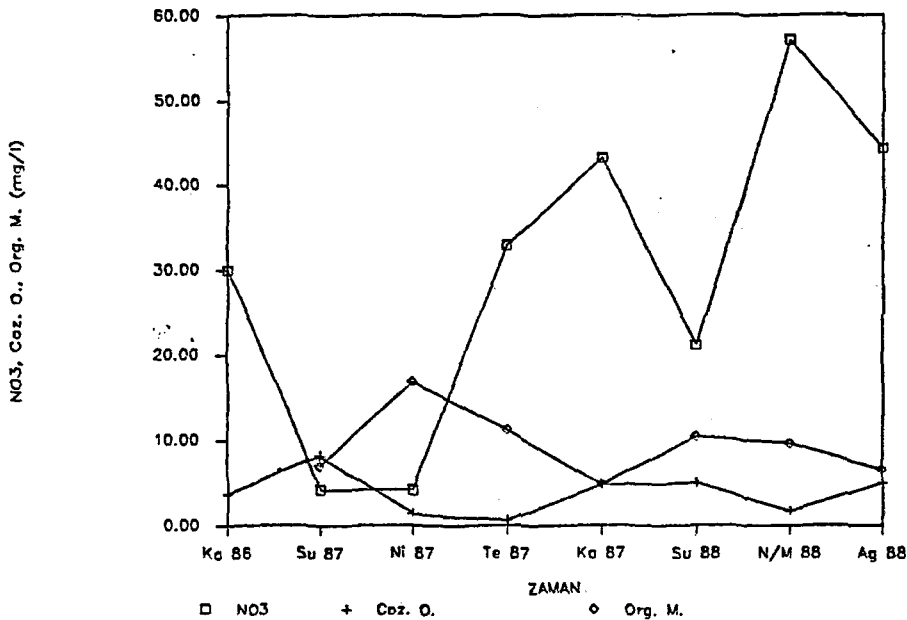
Sekil 6.57 Porsuk çayı-Karacahyük (A-B) örnekleme noktasında EC ve TCK'nin mevsimsel değişimi



Şekil 6.58 Porsuk çayı-Karacahyük (A-B) örnekleme noktasında AK ve Bul.'un mevsimsel değişimi



Şekil 6.59 Porsuk çayı-Karacahyük (A-B) örnekleme noktasında NH₃, NO₂ ve O-PO₄'ün mevsimsel değişimi



Şekil 6.60 Porsuk çayı-Karacahyük (A-B) örnekleme noktasında NO₃, Coz. O. ve Org. M.'nin mevsimsel değişimi

6.4. Ovadaki Yeraltısuyunun Özellikleri ve Değerlendirilmesi

Eskişehir ovasındaki yeraltısularının kimyasal özellikleri ve kirlilik düzeyi Eskişehir Belediyesi, resmi kuruluşlar, özel kuruluş ve kişilere ait sondaj kuyuları ve üç adet keson kuyuda yapılan ölçümler ve alınan örneklerle incelenmiştir. Bu analiz sonuçları değerlendirilerek su kimyası ve kirliliğin zamansal ve alansal değişimleri açıklanmaya çalışılmıştır. Hidroloji bölümünde sözedildiği gibi (Bölüm 3) Eskişehir şehir merkezinde "Sıcaksu Bölgesi" olarak adlandırılan bir bölge bulunmaktadır. Bu bölgede sıcaksu kaynak, sondaj kuyuları ve sığ kuyular aracılığı ile yeryüzüne çıkmaktadır. Sıcaksuların özelliklerini ve kirliliğini belirlemek amacıyla Eskişehir Belediyesine ait 7 sondaj kuyusunda (ES-3, B-2, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8) ölçüm ve örnekleme yapılmıştır. Sıcaksu bölgesindeki sıcaklığı en düşük olan kuyu ile ovanın diğer kesimlerindeki yeraltısuyu sıcaklığı arasında en az 10 °C'lik fark vardır. Ovadaki alüvyon akiferde bulunan yeraltısuyu ile sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyunun köken ve beslenme koşulları açısından farklı olduğu düşünülerek, değerlendirmelerde sıcaksu bölgesi yeraltısuyu izole edilmiş ve ayrıca değerlendirmeye alınmıştır. Bundan sonraki değerlendirmelerde "Eskişehir Ovası Yeraltısuyu" veya kısaca "Yeraltısuyu" denildiğinde sıcaksu bölgesi dışındaki yeraltısuyu kastedilecektir. Sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyu için "Sıcaksu Bölgesi Yeraltısuyu" veya "Sıcaksu" deyimleri tercih kullanılacaktır.

Yeraltısuyunda incelenen parametrelerin minimum, maksimum, ortalama değerler Çizelge 6.10 da verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi incelenen parametreler geniş bir aralıkta dağılım göstermişlerdir. T ve Cöz. O. dışında, yüksek değerlerin genellikle şehir merkezindeki kirliliği fazla olan kuyularda, düşük değerler ise kirlenme

Cizelge 6.10 Eskişehir ovası yeraltısuyunda incelenen parametrelerin minimum, maksimum, ortalama değerleri

Parametre	Birimi	Ver. Sa.	Minimum	Maksimum	Ortalama
T	C	400	6.00	26.00	14.98
pH		400	6.96	8.30	7.51
EC	fS/cm	400	351.00	1860.00	971.63
Bul.	NBB	355	0.10	46.00	4.34
TKM	mg/l	355	245.00	1450.00	733.06
TCK	mg/l	355	230.00	1335.00	676.15
AK	mg/l	355	5.00	125.00	26.42
Na	mg/l	400	5.50	134.00	45.27
K	mg/l	400	0.40	1837.00	13.79
Ca	mg/l	400	20.00	130.00	65.70
Mg	mg/l	400	9.70	115.40	53.25
CO ₃	mg/l	400	0.00	30.00	1.42
HCO ₃	mg/l	400	5.90	781.00	388.98
Cl	mg/l	400	12.40	191.00	64.24
SO ₄	mg/l	400	8.70	220.00	74.17
T. Sr.	F.S.	400	14.00	64.50	38.31
Det.	mg/l	90	0.010	5.660	0.502
B	mg/l	272	0.100	0.790	0.375
NH ₃	mg/l	355	0.003	1.650	0.275
NO ₂	mg/l	400	0.002	1.790	0.053
NO ₃	mg/l	400	1.100	257.000	44.584
O-PO ₄	mg/l	355	0.007	1.260	0.181
Çöz. O.	mg/l	355	1.00	10.00	4.37
Org. M.	mg/l O ₂	314	0.64	12.20	2.01
Fe	mg/l	358	0.010	3.150	
Cu	mg/l	391	<0.002	0.720	
Cr ⁺⁶	mg/l	400	<0.001	0.107	
Pb	mg/l	324	<0.090	0.500	
Zn	mg/l	359	0.002	1.560	
Ni	mg/l	359	0.028	0.750	
Cd	mg/l	359	<0.001	0.420	
Mn	mg/l	186	0.002	1.170	0.138

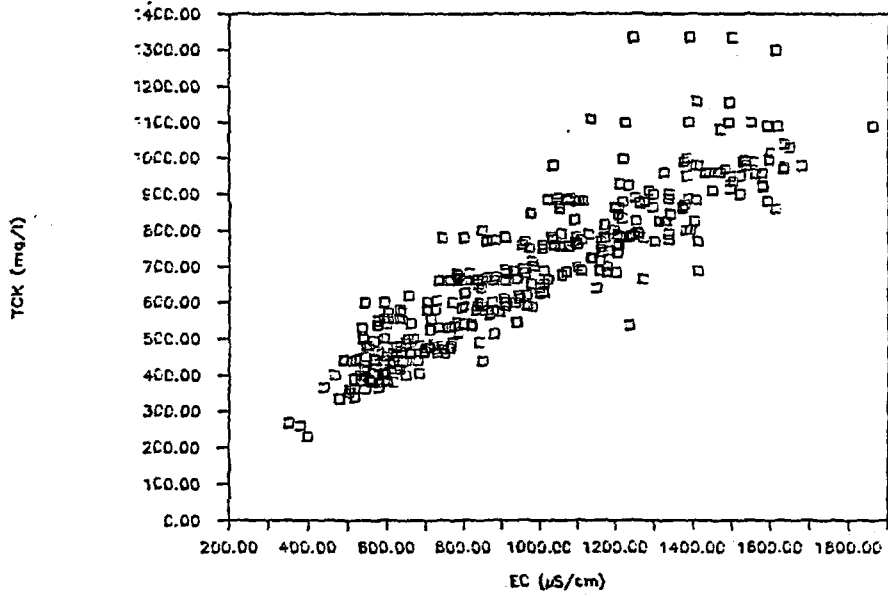
etkilerinden nispeten uzak olan şehrin kenar kesimlerindeki veya dışındaki kuyularda gözlemlendiği söylenebilir.

Eskişehir ovası yeraltısuyundan tüm alınan örneklerin analiz sonuçları kullanılarak incelenen parametreler arası korelasyonlar araştırılmıştır. Yeraltısuyundaki çeşitli iyon ve parametrelerin kaynakları gözönünde tutularak aralarında ilişki beklenen parametreler seçilmiş ve ikili korelasyonlar yapılarak regresyon denklemi ve korelasyon katsayıları hesaplanmıştır (Çizelge 6.11). Çizelgede görüldüğü gibi, EC-TCK, EC-Mg, EC-HCO₃, EC-Cl arasında yüksek; AK-Bul, EC-Ca, Na-Cl, EC-Na, EC-SO₄, EC-T.Sr., EC-Det., EC-NO₃, Na-Det., Na-B, Cl-SO₄, Ca-SO₄, Mg-SO₄, Cl-NO₃, Det.-B, Det.-(O-PO₄), (O-PO₄)-B, Fe-Ni arasında iyi veya orta derecede korelasyon vardır. Diğer parametre çiftleri arasındaki korelasyon katsayıları zayıftır.

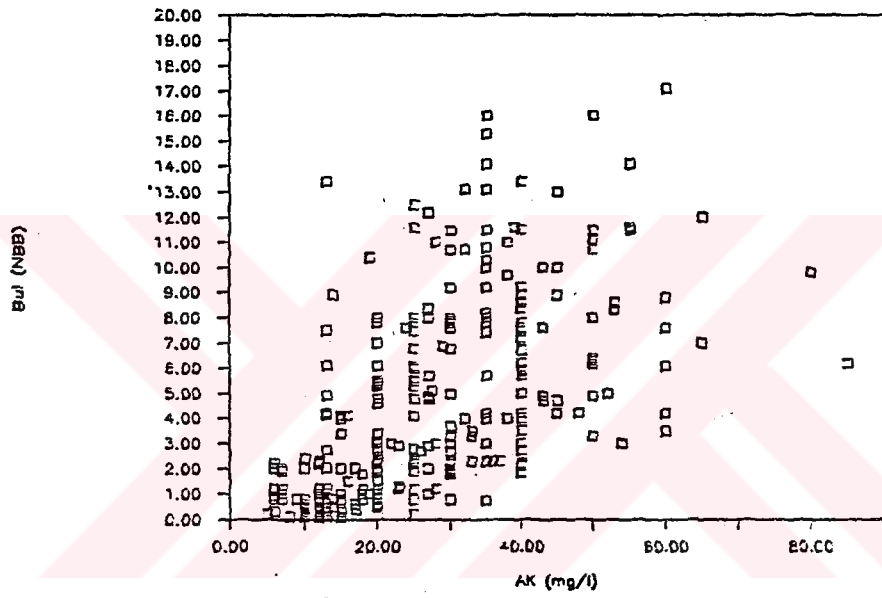
Yeraltısuyunda parametreler arası ilişkiler, korelasyon katsayılarının yanısıra, görsel olarak grafikler aracılığıyla da sunulmuştur (Şekil-6.61-6.72). Korelasyon katsayıları yüksek olan parametre çiftleri çizgisel denilebilecek ilişkiler vermektedir. Aralarındaki korelasyon daha düşük olan parametre çiftlerine ait grafiklerde noktaların dağılımı doğrusallıktan sapmaktadır.

Çizelge 6.11 Eskişehir ovası yeraltısuyunda parametreler arası korelasyon katsayıları

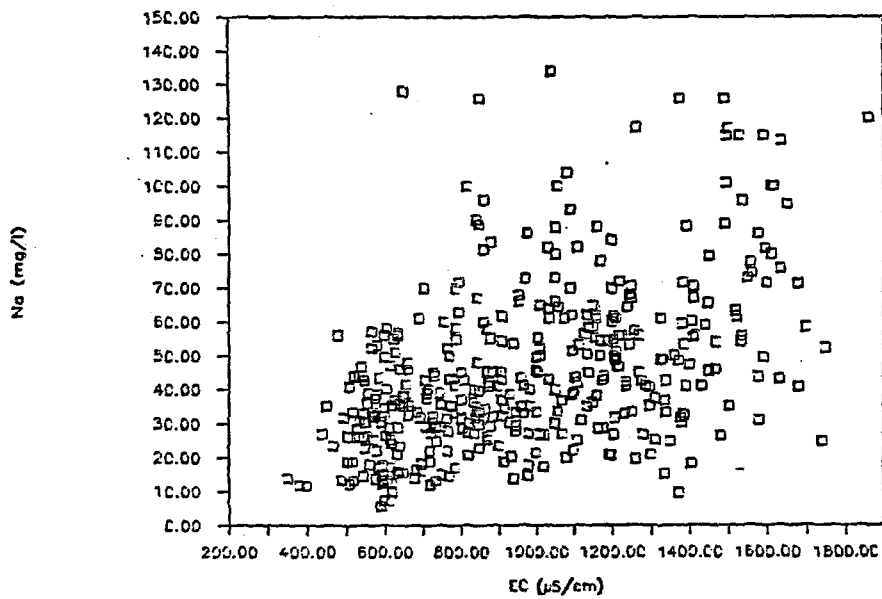
	EC	AK	Na	Cl	SO ₄	Det.	O-PO ₄	Ni	NO ₂	NO ₃	Cr ⁺⁶	Org.N.	Cöz.O.
Bul.		0.685											
TCK	0.902												
Na	0.594					0.252							
Ca	0.684				0.453								
Mg	0.886				0.455								
HCO ₃	0.744												
Cl	0.848		0.655										
SO ₄	0.526			0.388									
T. Sr.	0.448												
Det.			0.561										
B	0.300		0.551			0.425	0.457						
NO ₃	0.385			0.423					0.114			0.011	0.133
O-PO ₄	0.177					0.440						0.244	0.183
Fe								0.474		0.027	0.120		0.062
NO ₂	0.063						0.005					0.065	0.105
NH ₃	0.092						0.082		0.028	0.009		0.033	0.047



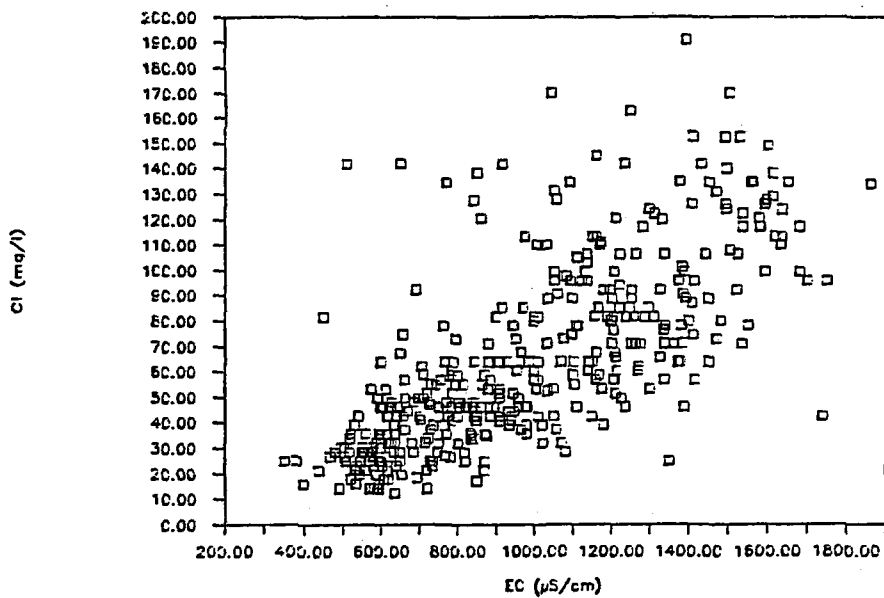
Şekil 6.61 Eskişehir ovası yeraltısuyunda TCK-EC ilişkisi



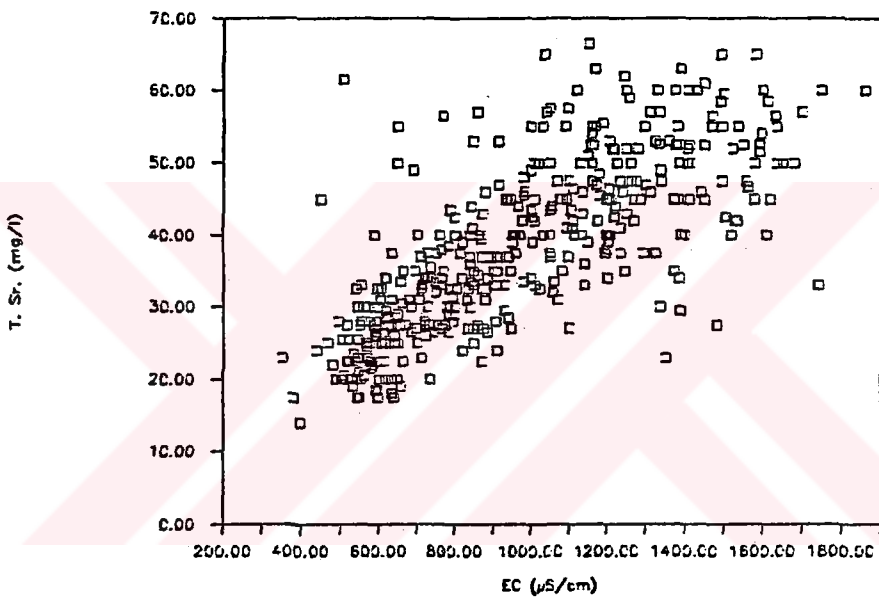
Şekil 6.62 Eskişehir ovası yeraltısuyunda AK-Bul. ilişkisi



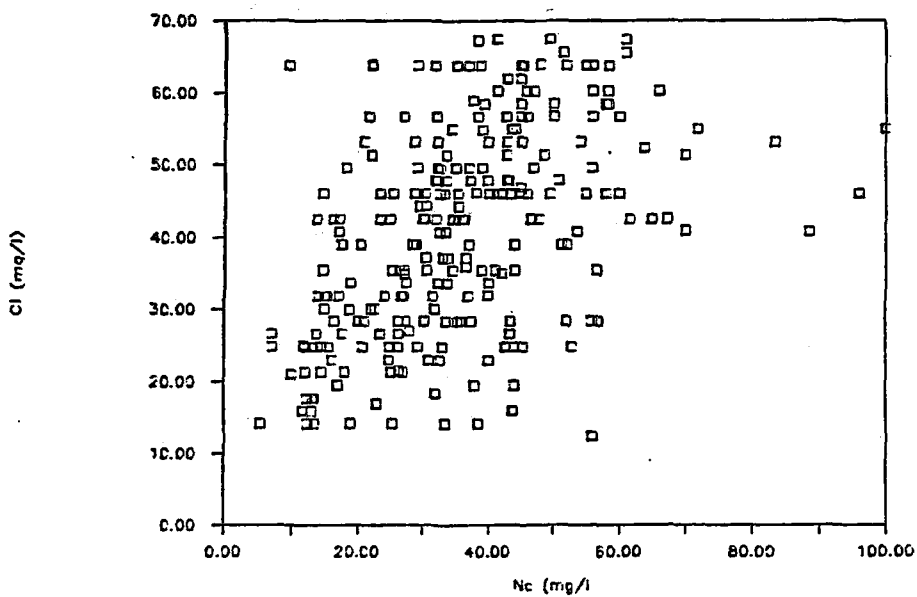
Şekil 6.63 Eskişehir ovası yeraltısuyunda EC-Na ilişkisi



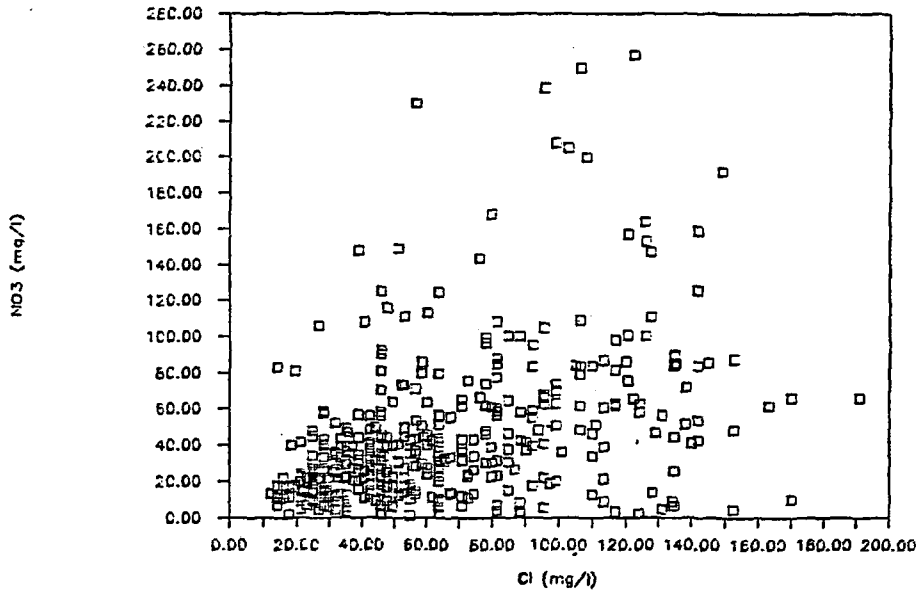
Sekil 6.64 Eskişehir ovası yeraltısuyunda EC-Cl ilişkisi



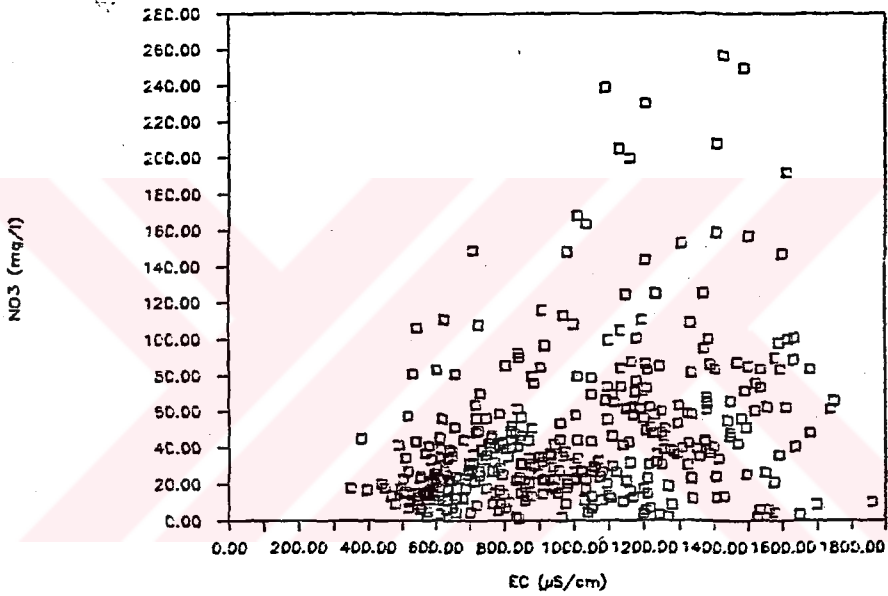
Sekil 6.65 Eskişehir ovası yeraltısuyunda EC-T.Sr. ilişkisi



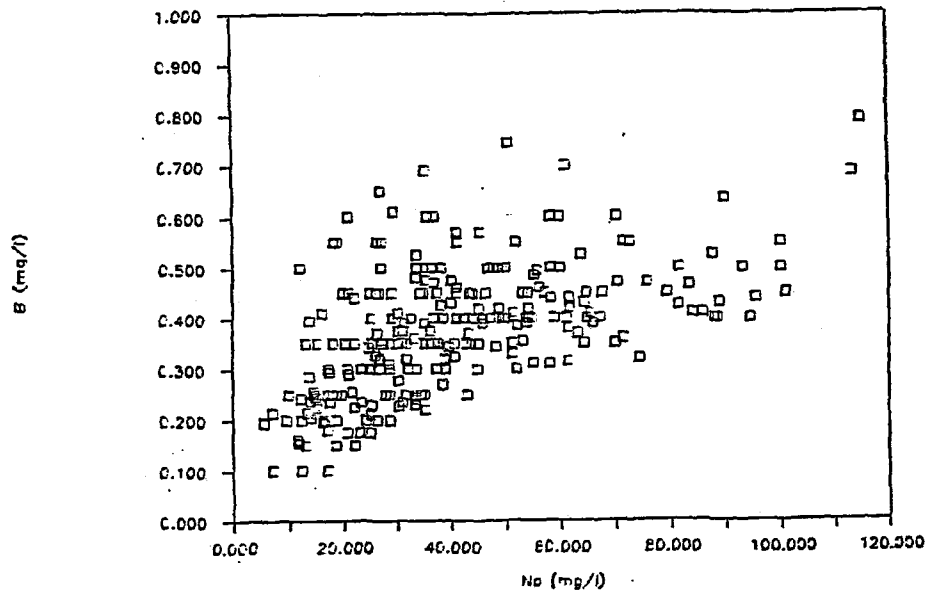
Sekil 6.66 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Na-Cl ilişkisi



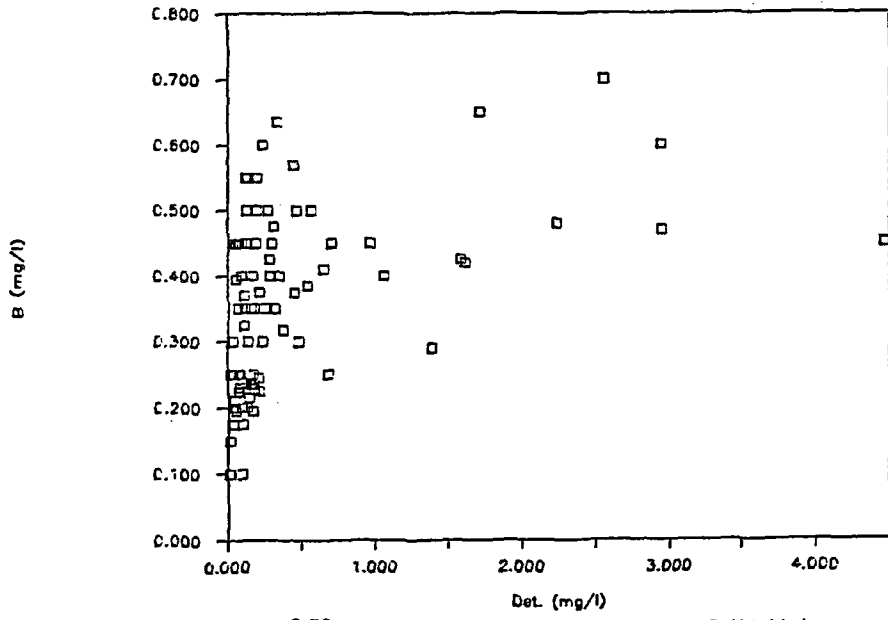
Sekil 6.67 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Cl-NO₃ ilişkisi



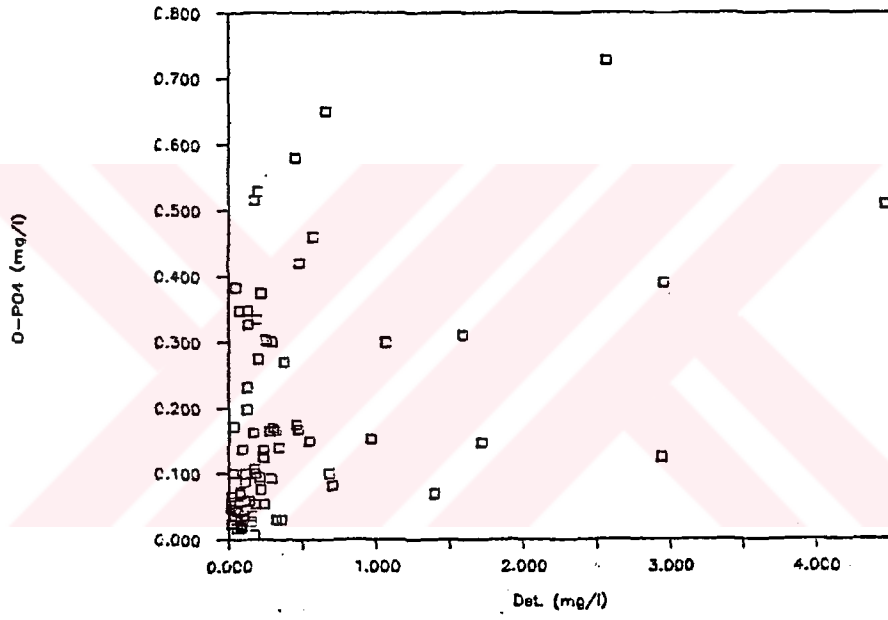
Sekil 6.68 Eskişehir ovası yeraltısuyunda EC-NO₃ ilişkisi



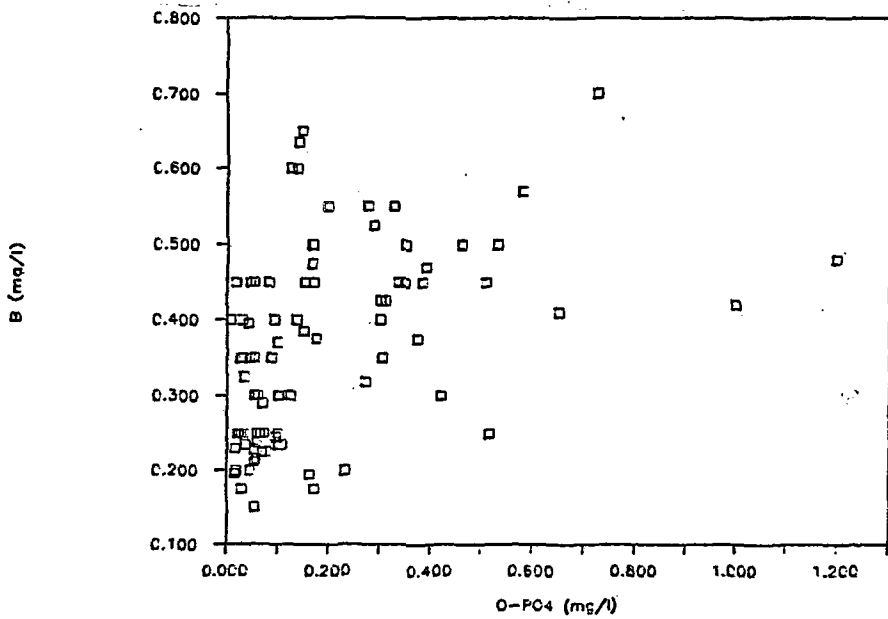
Sekil 6.69 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Na-B ilişkisi



Sekil 6.70 Eskişehir övəsi yeraltısuyunda Det.-B ilişkisi



Sekil 6.71 Eskişehir övəsi yeraltısuyunda Det.- (O-PO₄) ilişkisi



Sekil 6.72 Eskişehir övəsi yeraltısuyunda (O-PO₄)-B ilişkisi

Eskişehir ovası yeraltısuyunda incelenen parametrelerin iki yıllık ortalama değerleri Cizelge 6.12'de verilmiştir.

6.4.1. Alansal değişimler

Eskişehir ovasındaki yeraltısuyunu kirleten kaynaklar, Bölüm 5'te sözedildiği gibi akarsu ve kanallar (cizgisel kaynaklar), evsel atıkların toplandığı fosseptikler (noktasal kaynaklar) ve tarımsal kaynaklar (yaygın kaynaklar)'dan oluşmaktadır. Noktasal kaynakları oluşturan fosseptikler yerleşim alanı içerisinde yaygın şekilde dağılmış durumdadır. Bir başka deyişle yerleşim alanı içerisinde dağılmış bulunan binlerce noktasal kirlenme kaynağı mevcuttur. Kirletici kaynakların ova içerisindeki konumları, akiferin fiziksel ve hidrolik özellikleri ile sondaj kuyularının özellikleri (derinlik, techiz durumu) ve kullanımı, kirliliğin yayılımını etkilemektedir.

Ovadaki yeraltısuyunda çeşitli iyon ve parametrelerin dağılımını ve alansal değişimini ortaya koymak amacıyla bilgisayar yardımıyla derişim dağılım haritaları hazırlanmıştır. Dağılım haritalarının hazırlanmasında Sıcaksu bölgesi ovadaki yeraltısuyundan izole edilerek ayrıca ele alınmış, bu bölge için ayrı dağılım haritaları oluşturulmuştur. Parametrelerin Porsuk çayına dik olarak yanal yönde değişimini açıklamak amacıyla hidrojeolojik kesitler ve konsantrasyon değişimini gösteren grafikler birlikte kullanılmıştır.

Yeraltısuyunda çeşitli iyon ve parametrelerin dağılımını gösteren haritalar, ortalama değerler ve mevsimlik değerler gözönünde tutularak ayrı ayrı hazırlanmıştır.

Çizelge 6.12 Eskişehir ovası yeraltısuyunda incelenen parametrelerin ortalama değerleri

Kuyu no	T (C)	pH	EC (FS/cm)	Bul. (NBB)	TKM (mg/l)	TCK (mg/l)	AK (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)
B-10	18.49	7.33	1300.89	9.34	886.63	804.38	35.63	61.38	13.44	75.83	73.33
B-11	17.50	7.26	1416.22	3.96	1006.38	956.13	23.58	80.62	14.10	98.72	67.41
B-13	14.46	7.41	958.13	6.29	735.43	668.00	39.43	31.05	12.36	71.86	59.88
B-14	15.91	7.42	1096.56	6.01	808.88	725.25	34.75	56.27	14.76	77.94	68.76
B-15	15.06	7.38	1389.22	4.88	911.63	859.58	24.58	71.98	17.98	86.79	69.14
B-16	15.21	7.44	1462.38	2.54	1033.00	983.43	28.71	85.75	12.55	89.39	76.31
B-18	15.88	7.46	1111.67	2.86	843.38	792.58	24.25	58.97	9.15	76.81	68.71
B-23	17.11	7.29	1587.00	5.38	1103.75	998.88	39.88	89.83	25.29	93.47	73.97
B-24	14.81	7.54	1353.22	3.96	1006.88	928.75	28.13	31.72	9.33	102.78	73.53
B-25	17.20	7.36	1181.00	6.98	837.58	798.58	25.25	56.96	14.22	57.72	65.94
B-26	17.26	7.26	1560.78	11.94	1093.00	965.25	58.58	99.76	21.88	89.84	72.37
B-30	15.86	7.44	1196.88	3.71	932.63	834.13	26.63	57.88	12.18	74.57	57.11
B-33	14.89	7.68	888.43	4.73	683.83	626.83	33.83	46.33	4.36	54.66	55.87
B-34	15.43	7.44	885.56	4.88	628.88	568.13	27.63	33.31	6.39	61.21	49.16
B-36	15.78	7.53	636.86	3.66	548.88	465.67	28.17	37.93	3.84	41.93	33.17
B-37	14.84	7.58	851.67	5.99	673.58	604.75	36.88	73.32	3.27	54.89	39.18
B-40	15.21	7.42	1119.43	1.92	787.83	727.33	18.67	42.66	7.63	62.18	74.27
B-42	14.67	7.47	1229.44	5.37	944.58	866.88	27.38	54.88	6.88	69.89	72.82
B-44	14.97	7.47	911.56	5.56	748.88	685.88	27.13	46.11	18.83	59.28	51.62
B-48	14.31	7.56	1869.13	5.18	812.14	763.71	27.43	69.78	6.78	65.18	57.26
B-49	14.68	7.75	681.22	4.65	528.88	463.88	28.75	32.37	3.76	47.74	38.79
B-50	14.53	7.48	767.78	4.65	595.88	531.75	23.13	26.79	6.24	63.67	45.58
B-52	15.86	7.57	1855.22	4.76	792.38	753.25	26.13	47.81	8.89	72.36	62.29
B-57	14.13	7.63	715.11	1.63	688.13	561.63	17.38	32.57	3.91	53.28	48.76
B-58	14.94	7.58	722.88	5.85	688.88	568.75	19.25	29.48	7.74	54.18	39.96
B-67	13.75	7.37	1888.63	1.94	1088.71	1088.29	24.14	54.88	11.39	102.91	71.29
B-68	14.56	7.57	838.88	3.54	675.58	624.38	23.63	38.71	21.87	51.51	53.37
B-70	14.79	7.52	557.13	2.58	517.14	471.71	28.86	23.53	1.51	58.36	38.78
B-71	14.13	7.63	619.33	4.97	588.58	464.33	24.67	38.85	5.58	62.12	33.23
HH-3	14.78	7.34	1163.25	6.33	877.13	818.25	34.38	45.41	11.66	79.48	78.46
LF-3	14.78	7.47	928.33	2.74	785.58	658.88	26.88	36.39	217.78	69.88	57.77
SB-1	15.41	7.77	547.22	2.36	452.75	484.63	22.88	37.89	4.53	25.89	38.88
SB-7	13.87	7.59	613.22	3.83	473.13	432.13	19.88	12.38	7.75	58.99	36.73
SDO-1	15.14	7.74	585.78	6.84	483.63	428.88	38.88	44.61	4.79	37.31	27.96
AL-1	14.73	7.87	674.75	1.19	564.57	503.43	15.88	43.86	5.11	39.31	41.81
YE-1	13.78	7.64	642.17	6.22	498.88	456.88	26.48	14.85	3.43	47.77	37.27
YE-2	14.46	7.85	887.88	3.15	647.38	595.88	19.88	42.54	3.43	48.42	42.18
YE-4	14.33	7.63	655.25	3.38	511.25	479.88	15.75	26.65	5.18	42.35	36.25
As S-1	18.58	7.39	897.88	3.84	663.68	622.28	22.88	33.58	1.28	93.88	48.58
Yk. S-1	14.52	7.46	882.48	4.95	646.25	595.58	31.25	31.86	3.44	77.74	35.98
MT-1	16.25	7.68	418.17	3.28	346.88	312.68	15.88	15.12	1.82	58.23	17.78
TS-2	14.88	7.72	598.71	2.98	487.88	449.67	21.67	34.11	3.72	43.94	31.49
YC-1	13.35	7.57	588.75	3.83	435.71	482.57	21.71	26.76	3.23	42.33	27.81
SF-3	16.89	7.33	1389.11	5.66	1068.88	992.38	29.88	53.69	13.78	86.23	73.58
SC-1	14.83	7.35	1323.33	3.78	898.88	856.88	26.68	52.87	9.73	82.83	71.67
HU-1	14.88	7.58	1188.88	4.59	791.25	746.25	25.58	34.72	16.52	59.78	71.44
HU-2	14.81	7.44	1267.88	2.66	888.71	835.29	19.71	37.91	18.29	74.65	78.18
HU-4	15.93	7.47	1215.14	4.28	858.57	807.86	22.14	32.14	11.97	81.88	63.89
HU-5	13.16	7.76	557.88	3.87	511.43	455.88	24.71	25.43	6.89	48.66	38.71
OZ-14	13.38	7.45	734.88	4.39	538.57	497.14	32.57	28.29	11.45	78.11	39.36
OS-1	12.16	7.62	859.13	1.77	667.86	631.29	17.29	52.13	6.78	52.73	53.39

Cizelge 6.12 Eskişehir ovası yeraltısuyunda incelenen parametrelerin ortalama değerleri
(Devam ediyor)

Kuyu no	CO ₂ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	T. Sr. (F.S.)	Det. (mg/l)	R (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	O-PO ₄ (mg/l)
B-10	0.00	560.00	82.73	56.03	49.89	1.930	0.463	0.348	0.033	23.044	0.996
B-11	0.00	489.47	111.70	71.61	50.39	2.270	0.425	0.342	0.045	82.067	0.383
B-13	0.00	460.63	39.65	72.38	42.88	0.566	0.358	0.444	0.054	42.538	0.484
B-14	0.00	480.00	67.17	90.29	45.00	0.413	0.421	0.296	0.057	34.822	0.349
B-15	0.00	478.03	93.74	140.71	50.17	0.362	0.376	0.382	0.040	76.867	0.137
B-16	0.00	535.88	124.10	137.45	53.56		0.421	0.342	0.049	92.075	0.099
B-18	0.00	402.33	98.34	67.62	44.11	0.077	0.353	0.283	0.023	86.333	0.085
B-23	0.00	585.67	133.68	76.98	54.33	0.022	0.427	0.301	0.043	88.022	0.240
B-24	1.00	420.00	132.29	132.19	55.72	0.097	0.462	0.280	0.012	97.933	0.075
B-25	0.00	456.00	92.86	56.40	42.50	2.329	0.575	0.238	0.016	11.660	0.119
B-26	0.00	616.71	137.56	52.57	52.02	5.060	0.528	0.378	0.053	11.756	0.544
B-30	0.67	426.44	100.62	60.82	41.78	0.280	0.454	0.305	0.019	100.067	0.078
B-33	3.00	377.14	72.94	42.23	36.29		0.355	0.219	0.100	79.671	0.187
B-34	1.33	419.44	47.64	32.56	35.50	0.075	0.473	0.218	0.110	38.044	0.149
B-36	1.71	255.86	51.41	44.59	24.07	0.124	0.411	0.177	0.028	43.471	0.260
B-37	2.00	320.11	40.86	120.20	29.94	0.305	0.405	0.254	0.088	29.578	0.217
B-40	0.43	499.29	53.43	85.40	46.07		0.373	0.264	0.061	79.806	0.244
B-42	0.67	447.67	85.69	125.19	46.12	0.139	0.395	0.189	0.026	74.733	0.193
B-44	0.33	403.22	49.44	58.81	36.00	0.200	0.318	0.257	0.052	39.022	0.158
B-48	2.00	440.38	80.10	60.40	39.01	1.500	0.510	0.127	0.184	31.719	0.183
B-49	3.56	319.78	28.56	32.56	27.78	0.166	0.348	0.405	0.073	18.433	0.138
B-50	0.33	314.22	35.68	72.09	34.61	0.052	0.313	0.232	0.017	50.189	0.100
B-52	1.33	416.33	60.93	107.92	43.67	0.341	0.371	0.345	0.038	24.133	0.100
B-57	1.67	287.56	47.74	61.40	30.06	0.076	0.323	0.102	0.012	49.333	0.047
B-58	1.00	291.60	41.46	72.78	29.90	0.071	0.251	0.213	0.014	21.248	0.102
B-67	0.00	436.38	116.43	144.54	55.00	0.255	0.411	0.272	0.028	83.638	0.072
B-68	1.67	375.89	36.99	52.44	34.78	0.167	0.343	0.341	0.026	41.978	0.121
B-70	2.25	283.50	27.71	50.73	27.25	0.035	0.322	0.253	0.015	23.213	0.136
B-71	3.03	287.33	35.42	67.10	29.17	0.107	0.319	0.317	0.127	13.022	0.081
HH-3	1.13	433.36	63.85	60.04	49.44	1.223	0.362	0.469	0.049	37.013	0.193
LF-3	0.67	426.44	50.22	70.91	41.00	0.205	0.321	0.310	0.025	26.256	0.132
SB-1	3.33	280.33	23.03	29.48	22.17	0.095	0.357	0.173	0.058	28.011	0.106
SB-7	1.33	296.11	20.46	53.18	28.17	0.169	0.261	0.306	0.020	17.511	0.330
SD0-1	5.56	264.11	26.00	45.18	20.00	0.157	0.445	0.255	0.040	19.370	0.129
AL-1	2.50	300.38	47.01	31.35	25.44		0.430	0.135	0.038	37.275	0.149
YE-1	1.50	273.17	27.77	47.97	27.67	0.072	0.359	0.398	0.019	28.400	0.156
YE-2	4.67	311.22	59.09	39.56	30.00	0.111	0.383	0.239	0.020	59.709	0.102
YE-4	3.00	257.25	35.35	38.45	25.50	0.072	0.413	0.347	0.073	21.700	0.234
As S-1	0.00	362.60	59.28	104.50	43.20		0.333	0.155	0.009	5.440	0.034
Yk. S-1	0.60	327.60	40.66	85.16	34.30		0.294	0.133	0.020	22.400	0.083
MT-1	3.00	194.17	19.03	30.83	19.70		0.155	0.118	0.014	26.303	0.129
TS-2	3.00	276.57	26.86	57.03	23.93	0.043	0.260	0.130	0.011	17.171	0.101
YC-1	1.75	246.38	23.64	39.46	22.63	0.025	0.195	0.104	0.009	14.950	0.069
SF-3	0.67	493.09	73.30	146.33	51.70	0.225	0.423	0.424	0.144	30.211	0.093
SC-1	0.00	506.33	80.00	104.42	50.33		0.400	0.302	0.561	36.567	0.150
HU-1	0.60	461.00	71.62	71.20	44.30	0.200	0.313	0.138	0.017	60.560	0.044
HU-2	1.13	437.00	79.70	119.43	47.56	0.052	0.370	0.318	0.049	45.000	0.060
HU-4	0.43	391.29	112.73	81.43	46.71	0.121	0.313	0.205	0.023	84.257	0.040
HU-5	5.00	228.00	30.90	45.61	22.79	0.072	0.270	0.246	0.018	31.629	0.058
BZ-14	1.13	355.00	32.54	54.15	33.69	0.410	0.450	0.430	0.088	38.150	0.351
OS-1	2.00	353.63	39.71	119.00	35.00		0.300	0.179	0.021	28.100	0.070

Çizelge G.12 Eskişehir şvası yeraltısuyunda incelenen parametrelerin ortalama değerleri
(Devam ediyor)

Kuyu no	Cöz. O (mg/l)	Org. M (mg/l O ₂)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cr ⁺⁶ (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)	Ni (mg/l)	Cd (mg/l)	Mn (mg/l)
B-10	3.04	3.14	0.733				0.044			0.437
B-11	2.83	3.47	0.849				0.443			0.049
B-13	2.47	2.80	0.536		0.009		0.025			0.105
B-14	3.15	2.10	0.426		0.011		0.021			0.046
B-15	1.60	2.09	0.537							0.077
B-16	3.09	1.65	0.025							0.045
B-18	3.50	1.65	0.551							0.030
B-23	2.24	3.21	0.629		0.008					0.040
B-24	3.94	1.47	0.508		0.005					0.272
B-25	2.00	3.40	1.063		0.005		0.054			0.760
B-26	1.73	4.93	0.585		0.007					0.065
B-30	3.05	1.83	0.509							0.077
B-33	5.00	1.82	0.873		0.018					0.025
B-34	3.31	1.89	0.506							0.326
B-36	6.27	1.65	0.500		0.005					0.072
B-37	4.40	1.63	0.605							0.139
B-40	4.78	1.95	0.530	0.062	0.019					0.049
B-42	4.03	2.00	0.698		0.010					0.029
B-44	2.85	1.60	0.570		0.008					0.013
B-48	3.31	2.11	0.904	0.031	0.011					0.515
B-49	4.06	1.37	0.577	0.071	0.009					0.013
B-50	4.03	1.65	0.638		0.011		0.024			0.045
B-52	3.30	1.82	0.734	0.038	0.006					0.040
B-57	7.24	1.43	0.598		0.008					0.042
B-58	7.35	1.73	0.504		0.004					0.060
B-67	2.77	1.07	0.613		0.006					0.041
B-68	6.48	1.67	0.490		0.012					0.036
B-70	5.61	1.36	0.755				0.090			0.086
B-71	6.52	1.55	0.549	0.055	0.006		0.023	0.114		0.043
HH-3	3.09	2.22	0.451				0.041			0.080
LF-3	2.46	1.90	0.497				0.041			0.049
SB-1	5.34	1.07	0.350		0.010		0.032			0.024
SB-7	3.06	1.60			0.008					0.041
SDO-1	5.99	1.49	0.462				0.129			0.025
AL-1	5.77	1.39			0.015		0.037			0.010
YE-1	5.10	1.78	1.160				0.102			0.041
YE-2	6.90	1.53	0.618		0.007		0.099			0.267
YE-4	5.93	2.16	0.469	0.020	0.004		0.431	0.156	0.042	0.029
A5 S-1	4.26	2.04	0.531	0.093	0.014		0.101			0.025
Yk. S-1	6.00	1.98	0.700							0.025
MT-1	7.60	1.74	0.062		0.010					0.001
TS-2	7.40	1.42	0.600		0.005		0.000			0.006
YC-1	7.61	1.99	0.477		0.007		0.053			0.063
SF-3	4.60	2.47	0.695				0.025			0.900
SC-1	3.06	1.96	0.003		0.005		0.043			0.395
HU-1	4.40	2.20	0.650	0.112	0.005		0.060			0.036
HU-2	3.59	1.93	0.626		0.032		0.019			0.072
HU-4	3.69	1.05	0.692		0.007		0.039	0.135		0.046
HU-5	5.70	1.05	0.693		0.011		0.015	0.144		0.043
DZ-14	4.44	2.02	0.302		0.005	0.060	0.047			0.052
DS-1	5.19	2.09	0.443		0.024					0.201

Bütün mevsimlere ait çizimlerin tez metni içerisinde verilmesi tez hacmini çok büyüteceğinden, ortalama değerler ile Kasım 1987 (kurak dönem sonu) ve Nisan/Mayıs 1988 (yağışlı dönem sonu) dönemine ait değerler kullanılarak parametrelerin alansal ve mevsimsel değişimleri ortaya konmaya çalışılmıştır.

İncelenen parametrelerin kurak ve yağışlı dönemlerdeki alansal dağılım haritaları genel olarak benzer özellikler taşımaktadır. Örneğin EC dağılım haritalarında en yüksek EC değerleri gösteren eğriler, her mevsime ait haritalarda da daima ovanın orta ve doğu kesimindeki B-14, B-26, SC-1, SF-3, H.Ü-4 kuyularının bulunduğu bölgede bulunurlar. Bu bölge aynı zamanda birçok kirlilik parametresi açısından en kötü durumda olan bölgedir. EC dağılım haritalarında olduğu gibi, TCK, T.Sr., Na, Ca, Mg, Cl, SO₄ ın mevsimsel dağılımlarını gösteren haritalar da benzer özelliklere sahiptirler. EC değerlerinin yüksek olduğu yukarıda numaraları verilmiş olan kuyuların bulunduğu bölgede genel olarak TCK, T.Sr., Na, Ca, Mg, Cl, SO₄ miktarları da yüksektir.

Eskişehir ovası yeraltısuyunda 6-25 °C arasında sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Ortalama yeraltısuyu sıcaklığı 14.98 °C'dir (Çizelge 6.10). Sıcaklık dağılımını gösteren haritalarda görüldüğü gibi (Şekil 6.73, 6.92, 6.109) sıcaksu bölgesinin bulunduğu kesimde yüksek sıcaklık değerlerinin oluşturduğu bir kapanım gözlenmektedir.

Ortalama değerlere göre yeraltısuyunda EC, TCK, T.Sr., Ca, Mg dağılımı benzer özellikler göstermektedir. (Şekil 6.74-6.78). Yüksek değerlerin gözlemlendiği kuyular (B-16, B-23, B-24, B-67, SF-3, SC-1, HÜ-4, B-26, B-11, B-30) şehrin merkezi ve doğu kesiminde yer almaktadır. Ortalama değerlere göre, bu kesimlerde EC 1560 $\mu\text{s/cm}$ (B-26 kuyusunda), TCK 1008 mg/l (B-67 kuyusunda), T.Sr 55 F.S. (B-24 kuyusunda), Ca 103 mg/l (B-67 kuyusunda), Mg 76 mg/l

(B-16 kuyusunda) değerine kadar ulaşmaktadır. Kasım 1987 ve Nisan/Mayıs 1988 dönemi verilerine göre yeraltısuyunda EC, TCK, T.Sr., Ca, Mg dağılımı benzer özellikler göstermektedir. Bu parametrelerin ulaştığı en yüksek değerler yaklaşık olarak ortalama değerler ile benzerlik göstermektedir.

Yeraltısuyunda Na, Cl, SO₄ dağılımı; EC, TCK, T.Sr., Ca, Mg dağılımı ile benzerlikler göstermekle birlikte Na, Cl, SO₄ eğrileri batı kesimde B-48 nolu kuyu civarında da pikler oluşturmaktadır (Sekil 7.79-6.81). Ortalama değerlere göre Na 89 mg/l (B-23 kuyusunda), Cl 137.5 mg/l (B-26 kuyusunda), SO₄ 144mg/l (B-67 kuyusunda) değerine kadar ulaşmaktadır. Kasım 1987 ve Nisan/Mayıs 1988 dönemlerindeki dağılımlar da benzer biçim göstermekle birlikte Kasım 1987 döneminde Cl 149 mg/l'ye (B-23 kuyusunda), Nisan/Mayıs 1988 döneminde SO₄ 220 mg/l 'ye (B-67 kuyusunda) kadar yükselmektedir.

Ovadaki yeraltısuyunda ortalama NH₃ derişimi 0.104 mg/l (YC-1 kuyusunda) ile 0.469 mg/l (HH-3 kuyusunda) arasında değişir. Mevsimlik analizlerde en yüksek NH₃ derişimi (1.65 mg/l) Kasım 1986 döneminde HH-3 nolu kuyuda gözlenmiştir. NH₃'ün yeraltısuyunda dağılımı ortalama değerler ve mevsimlik değerler için, genelde benzerlik göstermektedir (Sekil 6.82, 6.101, 6.117). Ortalama değerlerin dağılımında şehir merkezindeki B-13 ve HH-3, B-25 ve B-26, YE-1 ve YE-4 nolu kuyuların bulunduğu kesimlerde pikler oluşturmaktadır (Sekil 6.82). Kasım 1987 dönemi analizlerinde B-25 ve B-26 kuyuları ile B-36 ve B-37 nolu kuyuların bulunduğu bölgelerde pikler oluşmaktadır (Sekil 6.83). Nisan/Mayıs 1988 döneminde B-13 ve B-68; HÜ-2; B-71 nolu kuyuların bulunduğu bölgelerde pik değerler gözlenmektedir (Sekil 6.117). B-13, B-68, HH-3, B-25, B-26 nolu kuyuların bulunduğu bölgeler yoğun yerleşim alanlarıdır. Görüldüğü gibi yoğun yerleşime bağlı olarak yeraltısuyunda NH₃ derişimleri yüksek değer-

lere ulaşmaktadır. Buna göre bu kuyulardaki yeraltısuyunun evsel atıklar tarafından sürekli olarak kirletildiği söylenebilir. NH_3 evsel atıksuların yaygın bileşenlerinden biridir ve azotlu organik bileşiklerle NO_3^- arasında geçiş formudur. NH_3 bulunusu taze kirlenmeyi gösterir. Nisan/Mayıs 1988 dönemi NH_3 ve Det. dağılımlarını gösteren haritalar karşılaştırıldığında (Şekil 6.117, 6.120), NH_3 ve Det. kirliliğinin yoğunlaştığı bazı bölgelerin cakıştığı görülmektedir. Örneğin B-13 ve B-68 kuyularının bulunduğu bölge ile B-11, B-25, B-26 kuyularının bulunduğu bölgede hem NH_3 hemde Det. miktarları yüksek bulunmuştur. Bu cakışma evsel atıksuların kirlenmede etkin rol oynadıkları görüşünü desteklemektedir.

Ovadaki yeraltısuyunda ortalama NO_2 derişimi 0.009 mg/l (As.S-1, YC-1 kuyularında) ile 0.561 mg/l (SC-1 kuyusunda) arasında değişmektedir. Mevsimlik analizlerde en yüksek NO_2 derişimi (1.79 mg/l) SC-1 nolu kuyuda Subat 1987 döneminde gözlenmiştir. NO_2 'nin yeraltısuyunda dağılımına bakıldığında ortalama değerler ile mevsimlik değerlerde belli bölgelerde pikler oluştugu görülmektedir (Şekil 6.83, 6.102, 6.110). Ortalama değerlere göre Eskişehir'in doğusundaki SC-1 nolu Seker Ciftliği kuyusu çevresinde, batıda B-48 nolu kuyu civarında yoğunlaşma görülmektedir. Kasım 1987 döneminde YE-4 nolu Anadolu Üniversitesi Yunus Emre Kampüsü kuyusunda pik değer görülmüştür. Nisan/Mayıs 1988 ölçümlerinde batıdaki B-48 nolu kuyu, doğudaki B-34 ve SF- 3 nolu kuyular ve B-37 nolu kuyu civarında yüksek NO_2 değerleri görülmüştür. Yeraltısuyunda NO_2 bulunusu hayvansal veya evsel atıklarla taze kirlenmeye ve aktif biyolojik süreçlerin varlığına işaret eder. Nitrit iyonu oksijenin bulunduğu ortamda kararsız halde olduğundan, amonyak ve nitrat arasında geçiş formu olarak bulunur (McNeely et al, 1979).

NO_3 iyonunun mevsimlik değerlerinin ovadaki yeraltı suyunda dağılımı gösteren haritalar genelde birbirleri ile ve EC dağılımı haritaları ile benzer özelliklere sahiptir. EC değerlerinin , dolayısıyla T.Sr., Na, Ca, Mg, Cl, SO_4 derişimlerinin değisimi arasında genelde bir uyumluluktan söz edilebilir.

Eskisehir ovası yeraltısuyunda NO_3 iyonunu dağılım haritaları genelde benzerlik gösterir (Sekil 6.84, 6.103, 6.119). Yerleşim alanının orta ve doğu kesimindeki B-15, B-16, B-18, B-23, B-24, B-67, HÜ-4 nolu kuyular; Forsuk çayı ve sağ kanal arasında kalan B-42, B-40, B-68, B-11, B-30, B-33 nolu kuyular ve sol kanal kuzeyindeki B-57, YE-1, YE-2 nolu kuyuların bulunduğu bölgede en yüksek NO_3 derişimleri gözlenmiştir. Ortalama değerlere göre en düşük NO_3 derişimi (5.44 mg/l) As.S-1 nolu kuyuda, en yüksek NO_3 derişimi (100 mg/l) B-30 nolu kuyuda gözlenmiştir. Mevsimlik analizlerde en yüksek NO_3 derişimi (257 mg/l) Kasım 1987 döneminde B-24 nolu kuyuda gözlenmiştir. NO_3 dağılımı haritalarında görüldüğü gibi Forsuk çayı ve sulama kanallarından çok uzaktaki kuyularda yüksek miktarda NO_3 bulunmaktadır. Bu sonuçlar yeraltısuyundaki NO_3 kirliliğinin nedeninin yalnızca Forsuk çayı ve sulama kanallarından taşınan NO_3 'lı sular olmadığını, evsel atıkların nitrat kirliliğinde önemli rol oynadığı ortaya koymaktadır. Kuyularda saptanan NO_3 miktarları çoğunlukla Forsuk çayı ve kanallardaki NO_3 miktarlarından daha yüksektir. Eskisehir yerleşim alanı dışındaki YK.S-1, As.S-1, MT-1, TS-1, ÖZ -14, OS-1 nolu kuyularda da nitrat görülmekle birlikte, derişimler şehir içindeki kuyulara oranla oldukça düşüktür. Bu kuyulardaki ortalama nitrat derişimleri sırasıyla 22.4, 5.44, 26.4, 17.17, 38.15, 28.19 mg/l'dir. Bu kuyulardaki NO_3 'ün tarımsal çalışmalardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Det., O- PO_4 ve B'un ovadaki yeraltısuyunda dağılımı benzer özelliklere sahiptir (Sekil 6.85, 6.86, 6.87,

6.104, 6.105, 6.120, 6.121, 6.122) Det., O-PO₄, B dağılımı arasındaki benzerlik korelasyon katsayıları ile de (Cizelge 6.11) doğrulanmaktadır. Porsuk çayı ve sağ kanal arasındaki B-10, B-11, B-25, B-26, B-30 nolu kuyuların bulunduğu bölgede Det., O-PO₄ ve B derişimi en yüksek değerlere sahiptir. Nisan/Mayıs 1988 dönemi ölçümlerinde şehrin batısındaki B-48 nolu kuyu ve çevresinde Det., O-PO₄ ve B miktarlarının dikkat çekecek şekilde yüksek değerlere sahip olduğu gözlenmektedir. Ortalama değerlere göre ovadaki kuyularda deterjan derişimi 0.025 mg/l (YC-1 kuyusunda) ile 5.06 mg/l (B-26 kuyusunda) arasında, O-PO₄ derişimi 0.034mg/l (As.S-1 kuyusunda ile 0.996 mg/l (B-10 kuyusunda) arasında, B derişimi 0.155 mg/l (Mt-1 kuyusunda) ile 0.575 mg/l (B-25 kuyusunda) arasında değişmektedir. Kuyularda, en yüksek Det. derişimi (5.66 mg/l) B-26 nolu kuyuda Ağustos 1988 döneminde, en yüksek O-PO₄ derişimi (1.26 mg/l) B-10 nolu kuyuda Kasım 1987 döneminde, en yüksek B derişimi (0.79 mg/l) B-26 nolu kuyuda Temmuz 1987 döneminde ölçülmüştür.

Det. O-PO₄ ve B derişiminin yüksek olduğu bölgelerin çakışması, bunların çoğunlukla evsel atıksu kökenli olduğunu göstermektedir. Bu parametrelerin en yüksek derişimde bulunduğu bölge Eskişehirde nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu bölgedir. Deterjanlarda yapı maddeleri olarak fosfatlar, beyazlatıcı ve parlatıcı madde olarak sodyum tetraborat (boraks) kullanılmaktadır. (Uslu ve Türkmen, 1987; Yücel, 1987). Yeraltısuyunda Det., O-PO₄, B miktarının yüksek olduğu bölgeler Na miktarının yüksek olduğu bölgelerle de genel olarak uyum göstermektedir.

Yeraltısuyunda Cöz. O₂ ve Org. M. dağılımını gösteren eğriler genel olarak benzer biçimler göstermektedir (Sekil 6.88, 6.89, 6.106, 6.107, 6.123, 6.124). Cöz. O₂ ve Org. M. derişimleri birbirleriyle ters orantılıdır. Org. M. derişiminin yüksek olduğu bölgelerde Cöz. O₂ derişimi

düşük değerlere sahiptir. Eskişehir'in merkezi kesimindeki B-13, B-14, HH-3, B-68, B-10, B-11, B-23, B-25, B-26, B-30, SF-3 kuyularının bulunduğu bölge, Org. M. miktarının yeraltısuyunda en fazla bulunduğu bölgedir. Bu alandan yerleşim alanı kenar kesimlerine doğru gidildikçe Org. M. derişimi azalır. Organik maddenin yüksek olduğu yukarıda sınırları kuyularla belirlenen bölgede yeraltısuyundaki Çöz. O. derişimi düşüktür. Bu bölgeden dışarıya doğru gidildikçe Çöz. O. derişiminde artış görülmektedir. Ortalama değerlere göre kuyularda Çöz. O. derişimi 1.73 mg/l (B-26 kuyusunda) ile 7.60 mg/l (MT-1 kuyusunda) arasında, Org. M. derişimi 1.39 mg/l (AL-1 kuyusunda) ile 4.93 mg/l (B-26 kuyusunda) arasında değişir. Yeraltısuyunda en yüksek Org. M. miktarı (12.20 mg/l) B-26 nolu kuyuda Kasım 1987 döneminde, en düşük Çöz. O. miktarı (1.0 mg/l) B-10 nolu kuyuda Kasım 1986 döneminde ölçülmüştür.

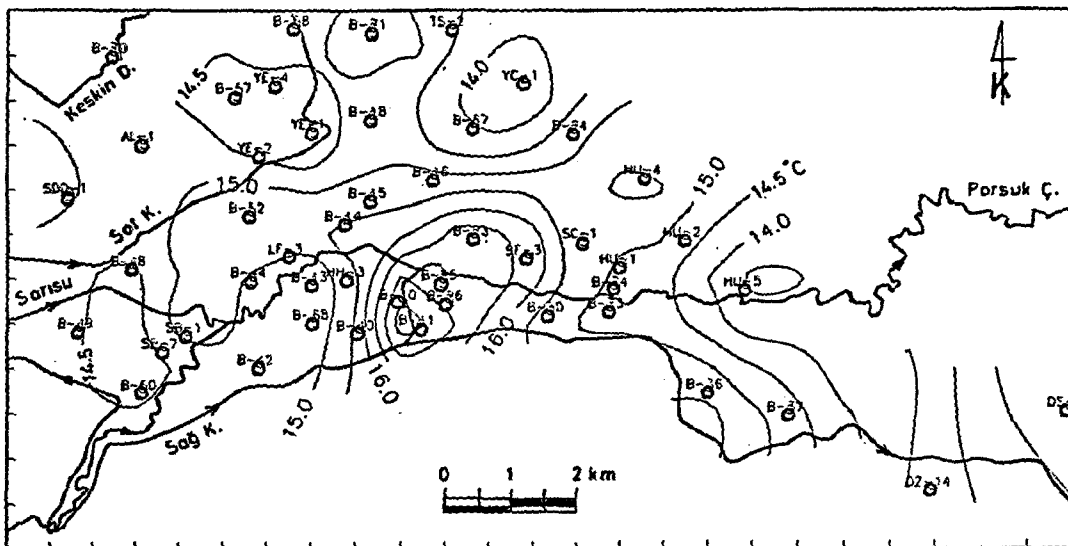
Doğal ve atık sulardaki organik maddelerin parçalanması sırasında oksijen harcanmaktadır. Harcanan oksijenin yeniden kazanılması yüzey sularında oldukça yavaştır. Yeraltısularında ise, genellikle mümkün değildir. Bu nedenle sulardaki organik maddelerin oksidasyonu için gerekli oksijen miktarının bilinmesi anlam ve önem taşır (Uslu ve Türkman, 1987). Tez çalışması ile ilgili su analizlerinde "Organik madde" adı altında ifade edilmiş olan parametre, sularda bulunan organik maddeleri kimyasal yolla oksitlemek için gerekli oksijen miktarını belirtmektedir. Bu analizde yükseltgen madde olarak potasyum permanganat'ın kullanıldığı "permanganat yöntemi" kullanılmıştır. Yeraltısuyunda Org. M. miktarının yüksek olduğu bölgelerde Çöz. O. in bir kısmı harcan-
dığından, Çöz. O. in miktarının düşük, Org. M. miktarının yüksek olduğu bölgeler, organik atıklarla kirlenmiş bölgeleri göstermektedir.

Yeraltısuyundan alınan örnekler üzerinde ağır metallere Fe, Cu, Cr⁺⁶, Pb, Zn, Ni, Cd, Mn elementlerinin analizleri yapılmıştır. Çoğu kuyuda bu metallere ait analiz sonuçları verilirken tam bir sonuç vermek olanağı bulunmamıştır. Bunun nedeni suda bulunan metallerin analizde kullanılan aletin (AAS) mevcut laboratuvar koşulları altında saptayabildiği en küçük değerin altında olmasıdır. Bunu sonucu olarak bu tür sonuçlar, saptanan miktarın belli bir değerin altında olduğunı belirtecek şekilde (örneğin Cu için < 0.030 veya < 0.050, Pb için < 0.100 veya < 0.200 gibi) verilmiştir. Cu, Pb, Zn, Ni, Cd analizlerinde sonuçlar, çoğunlukla o günkü laboratuvar koşulları altında saptanabilen en küçük değerin altında bulunmuş ve yukarıda değinildiği şekilde ifade edilmiştir. Ağır metallere Fe, Cr⁺⁶ ve Mn'in yeraltısuyunda dağılımı hazırlanan haritalarda gösterilebilmiştir (Şekil 6.90, 6.91, 6.108, 6.125, 6.126, 6.127).

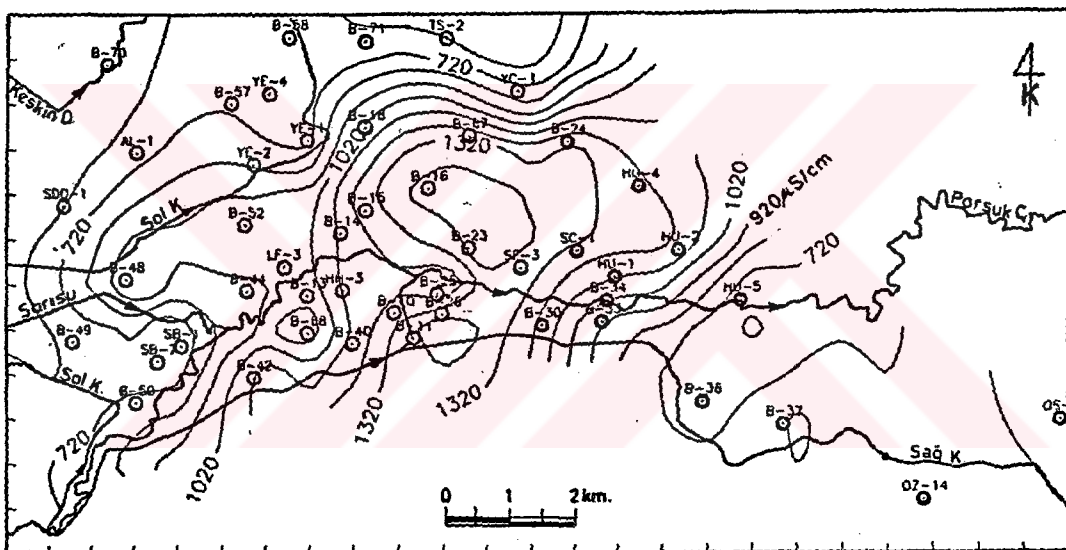
Ortalama Fe miktarının dağılımında B-10 ve B-11, B-48, YE-1, SC-1 kuyularında pik değerler saptanmıştır. Bunun aksine B-13 ve B-14 ve HH-3, B-68, B-25 kuyularında düşük ortalama değerler saptanmıştır. Yüksek değerlerin oluşturduğu pikler genelde akarsu ve kanallara yakın kuyularda gözlenmektedir. Kasım 1987 Fe dağılımında YE-1 kuyusunda yüksek derişimin oluşturduğu bir pik görülmektedir. Nisan/Mayıs 1988 dönemi Fe dağılımında B-48 ve B-25 nolu kuyulardaki yüksek derişimlerin oluşturduğu pikler göze çarpmaktadır. Fe iyonunun yeraltısuyunda dağılımı genel olarak değerlendirildiğinde yüksek derişimlerin yerleşim alanı içinde ve akarsu ve kanallara yakın kuyularda gözlendiği, yerleşim alanı ve dışındaki kuyularda derişimin düşük olduğu görülmektedir. Ortalama değerlere göre ovadaki yeraltısuyunda Fe derişimi 0.35 mg/l (SB-1 kuyusunda) ile 1.16 mg/l (YE-1 kuyusunda) arasında değişir. Yeraltısuyunda en yüksek Fe derişimi (3.15 mg/l) B-10 nolu kuyuda Temmuz/Ağustos 1986 döneminde gözlenmiştir.

Yeraltısuyunda Cr^{+6} dağılımı Nisan/Mayıs 1988 dönemi verileri kullanılarak çizilmiştir (Sekil 6.126). Sekilde görüldüğü gibi yeraltısuyundaki Cr^{+6} derişimi incelenen alanın büyük bölümünde 0.002-0.010 mg/l arasında değismektedir. Hava üssüne ait HÜ-2 nolu kuyuda ölçülen 0.056 mg/l Cr^{+6} derişiminden dolayı bu kuyu ve civarında bir pik oluşmaktadır. HÜ-2 nolu kuyudaki Cr^{+6} derişimleri diğer mevsimlerde de yüksek değerler göstermiştir. HÜ-2 kuyusu Hava üssünde tamir ve bakımının yapıldığı fabrikanın bitişinde bulunmaktadır. Kuyudaki yüksek Cr^{+6} derişiminin fabrika atıksuyundan kaynaklandığı düşünölmektedir. Hava üssünün diğer kuyularında (HÜ-1, HÜ-4, HÜ-5 nolu kuyular) HÜ-2 nolu kuyuda saptanan Cr^{+6} değeri kadar veya ona yakın değerler saptanmamıştır. Yeraltısuyunda en yüksek Cr^{+6} derişimi (0.107 mg/l) HÜ-2 nolu kuyuda Subat 1987 döneminde saptanmıştır.

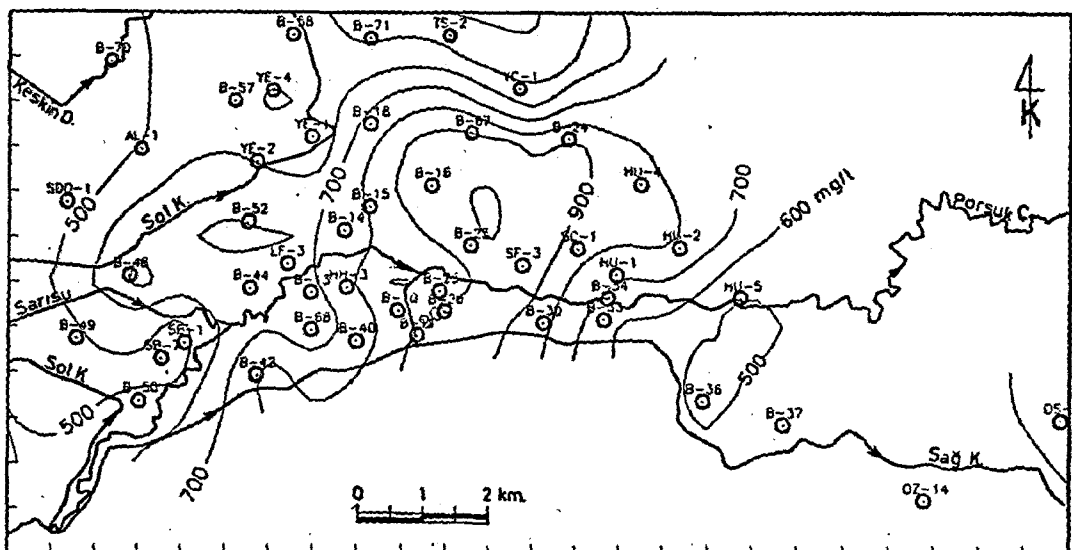
Yeraltısuyunda Mn dağılımı ortalama değerler ve Nisan/Mayıs 1988 dönemi değerleri kullanılarak çizilmiştir (Sekil 6.91, 6.127). İki sekil karşılaştırıldığında Mn dağılımının genelde benzer özelliklere sahip olduğu görölmektedir. Batıda B-48 nolu kuyuda, şehir merkezi ve doğu kesimindeki B-23, B-24, B-25, B-26, SF-3, SC-1 nolu kuyularda incelenen alanın diğer kesimlerine göre yüksek Mn derişimleri saptanmıştır. Ortalama değerlere göre kuyularda Mn derişimi 0.010 mg/l (AL-1 kuyusunda) ile 0.900 mg/l (SF-3 kuyusunda) arasında değismektedir. Yeraltısuyunda en yüksek Mn derişimi (1.17 mg/l) B-25 nolu kuyuda Ağustos 1988 döneminde saptanmıştır.



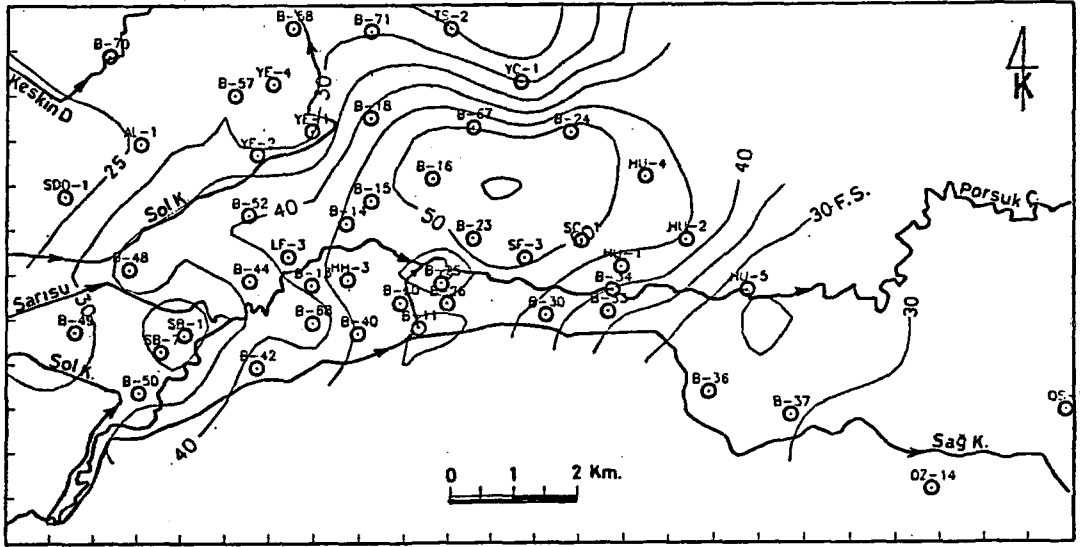
Sekil 6.73 Eskişehir ovası yeraltısuyunda T dağılımı (ortalama değerler)



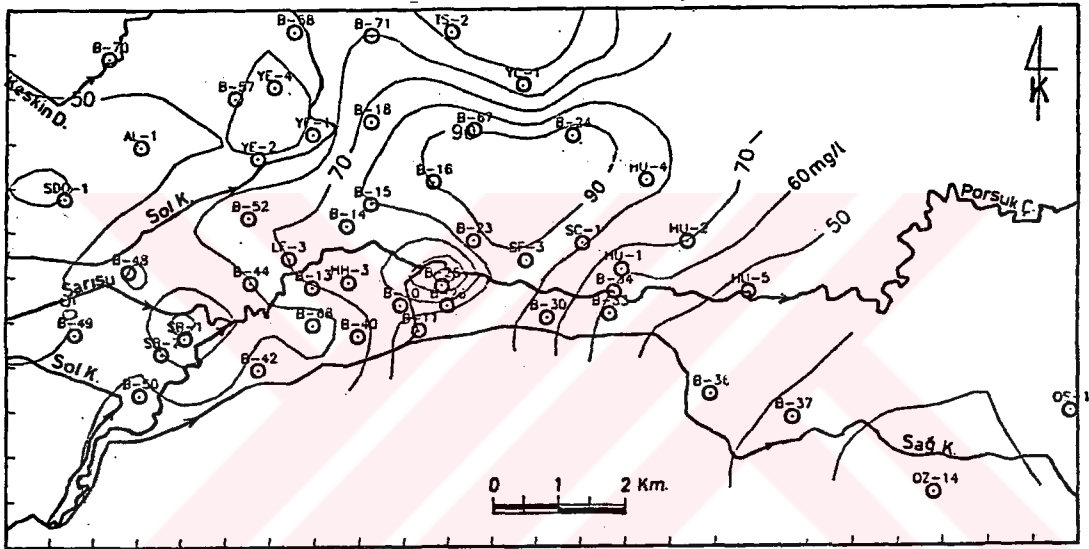
Sekil 6.74 Eskişehir ovası yeraltısuyunda EC dağılımı (ortalama değerler)



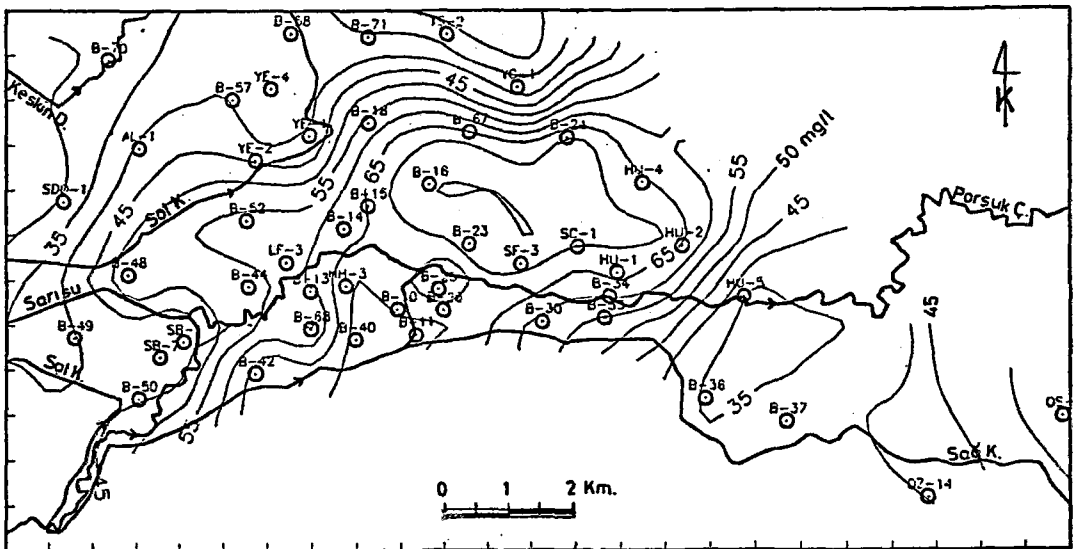
Sekil 6.75 Eskişehir ovası yeraltısuyunda TÇK dağılımı (ortalama değerler)



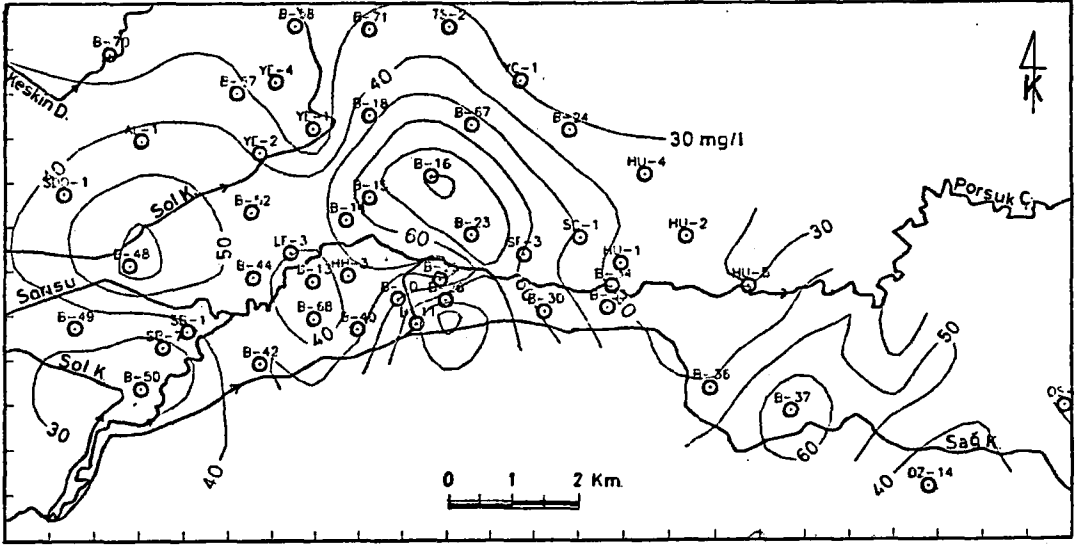
Sekil 6.76 Eskişehir ovası yeraltısuyunda T.Sr. dağılımı (ortalama değerler)



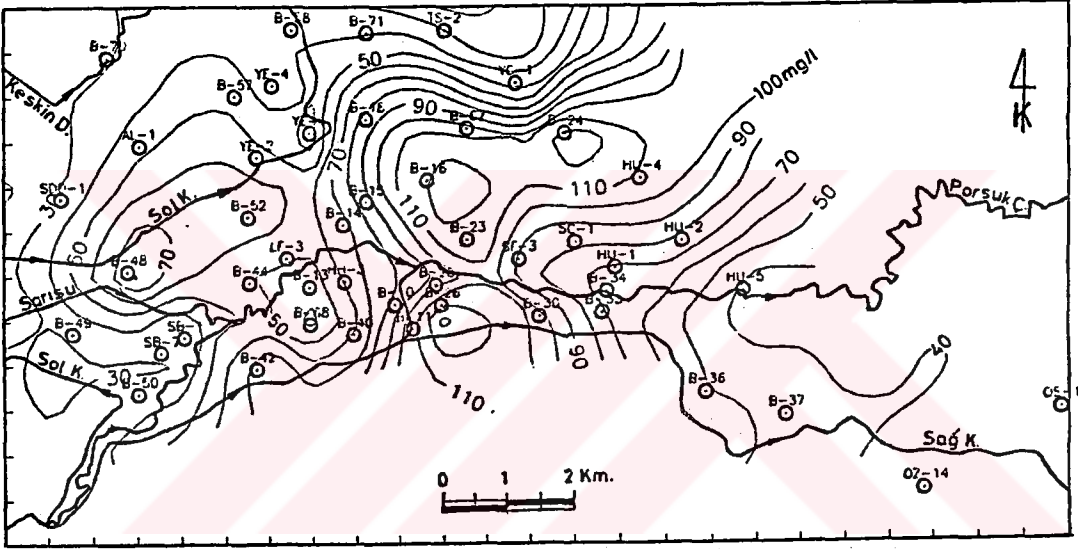
Sekil 6.77 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Ca dağılımı (ortalama değerler)



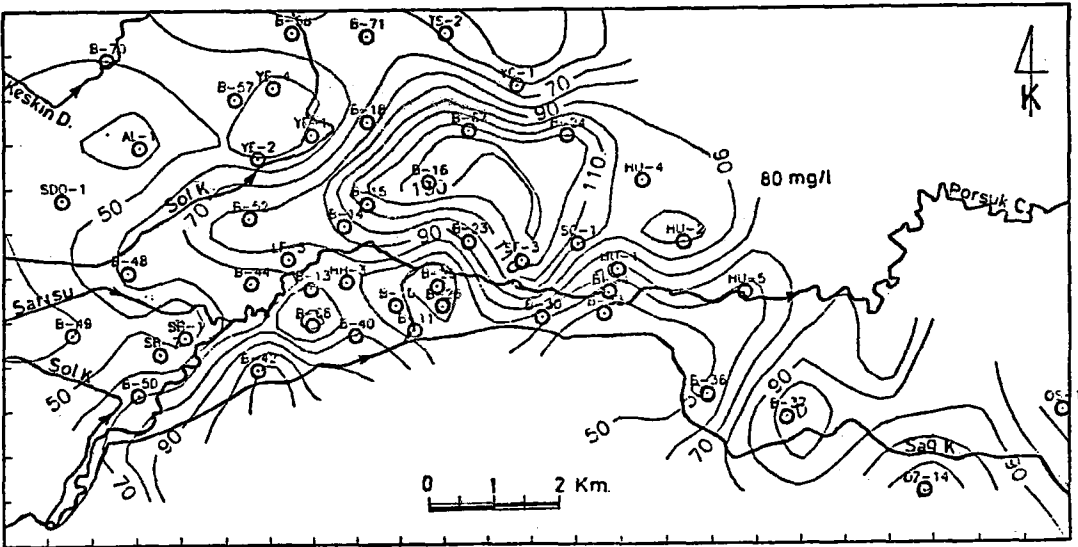
Sekil 6.78 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Mg dağılımı (ortalama değerler)



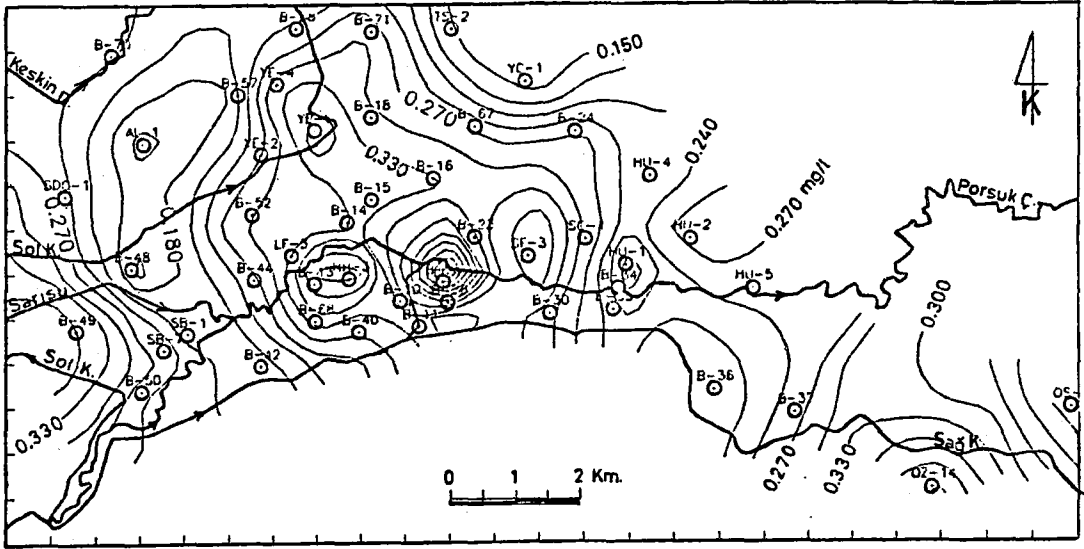
Sekil 6.79 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Na dağılımı (ortalama değerler)



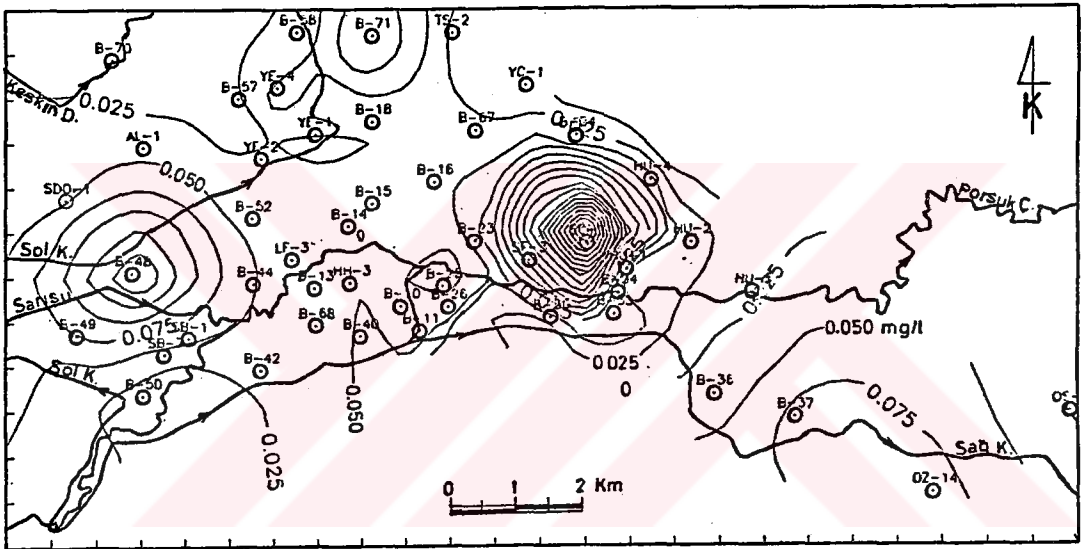
Sekil 6.80 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Cl dağılımı (ortalama değerler)



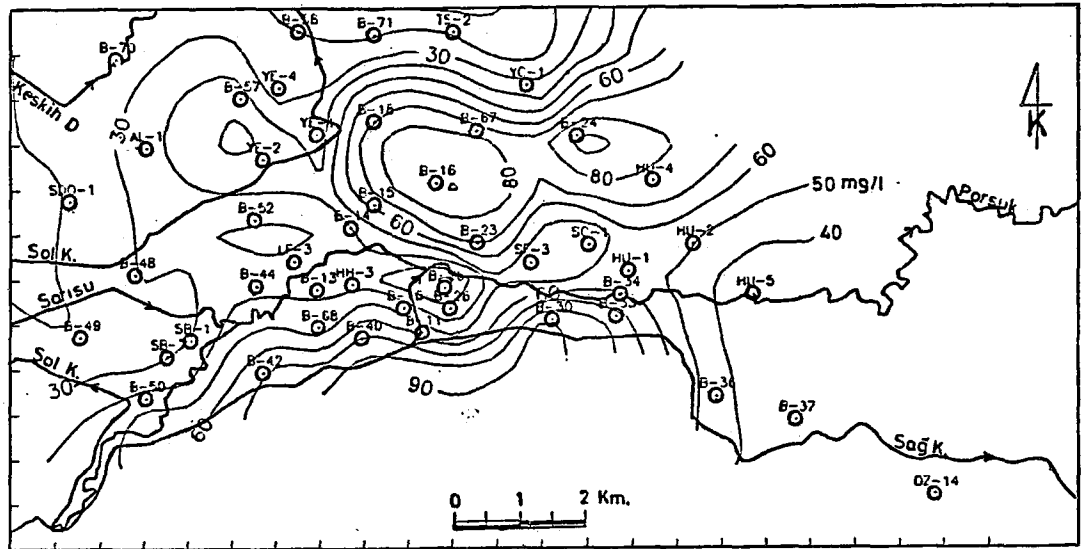
Sekil 6.81 Eskişehir ovası yeraltısuyunda SO₄ dağılımı (ortalama değerler)



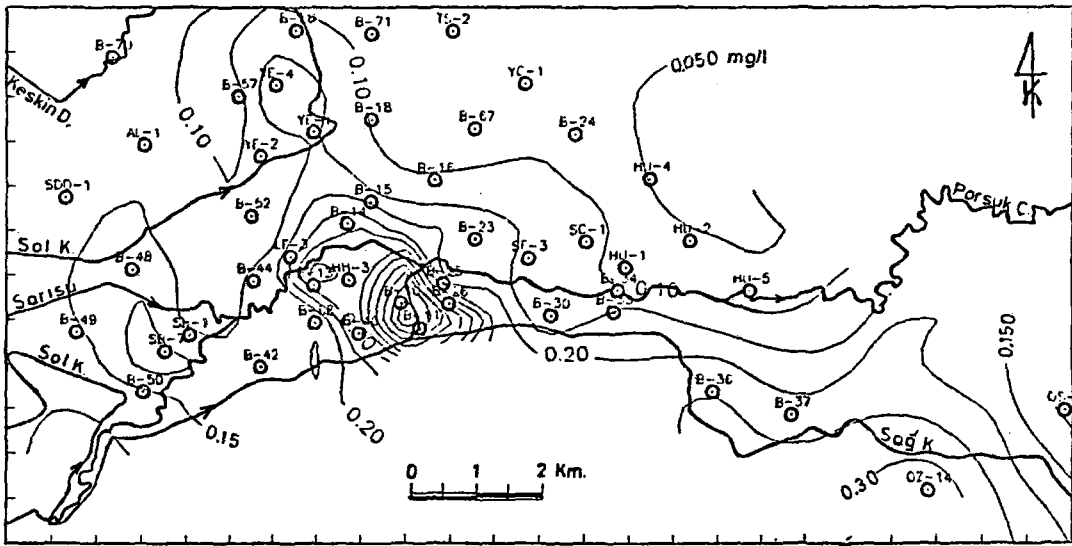
Sekil 6-B2 Eskişehir ovası yeraltısuyunda NH_3 dağılımı (ortalama değerler)



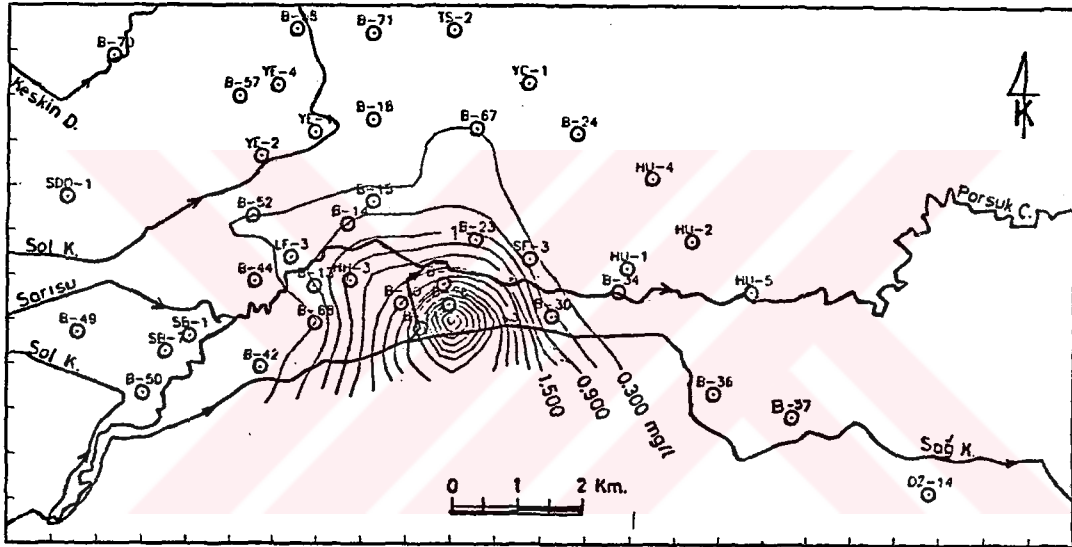
Sekil 6-B3 Eskişehir ovası yeraltısuyunda NO_2 dağılımı (ortalama değerler)



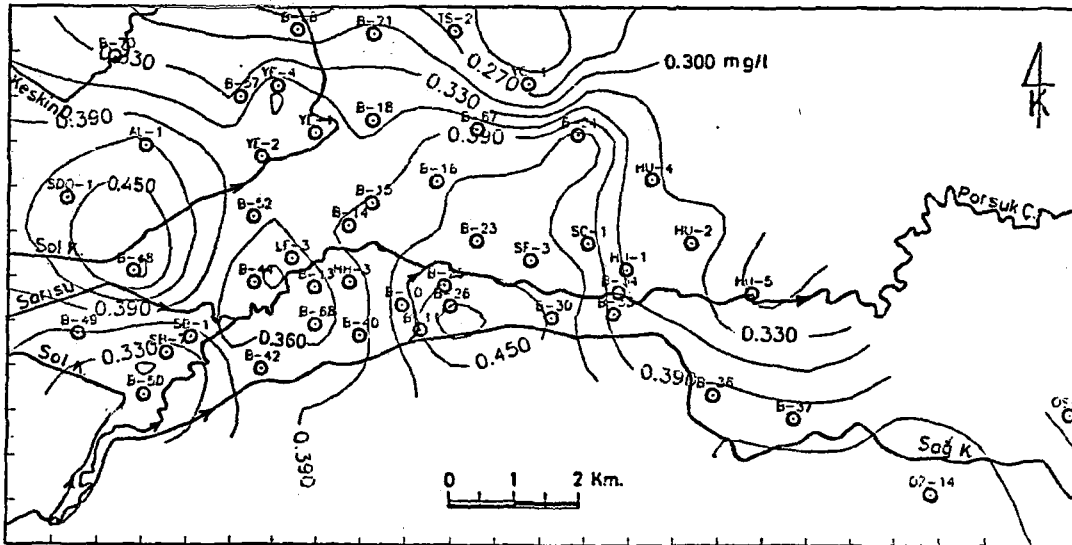
Sekil 6-B4 Eskişehir ovası yeraltısuyunda NO_3 dağılımı (ortalama değerler)



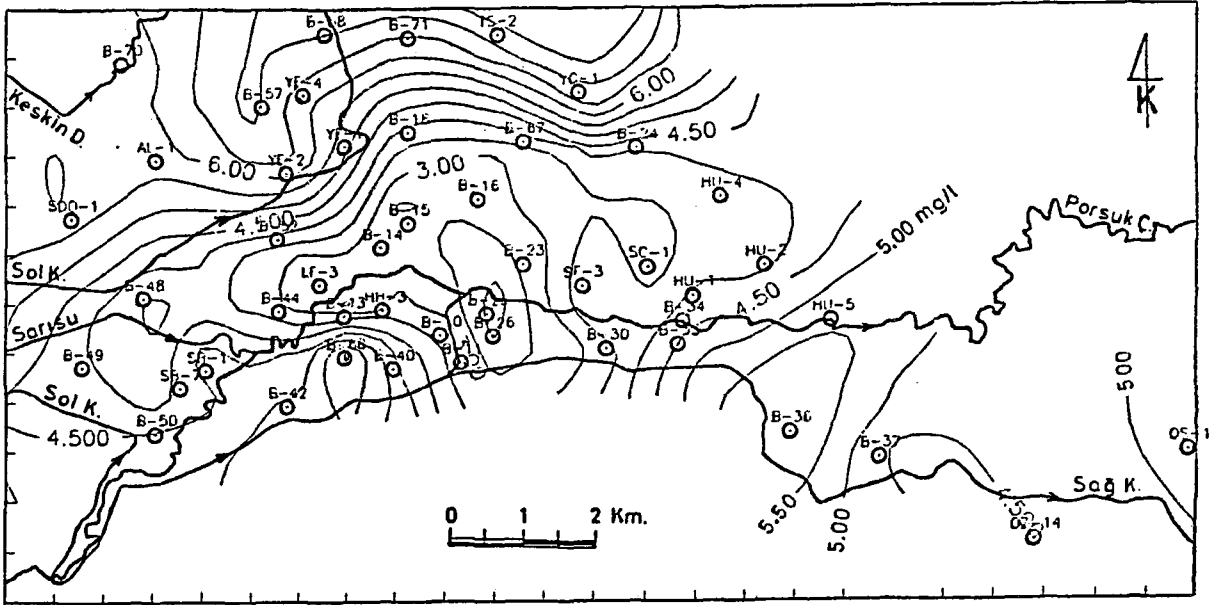
Sekil 6-85 Eskişehir ovası yeraltısuyunda D-PQ₄ dağılımı (ortalama değerler)



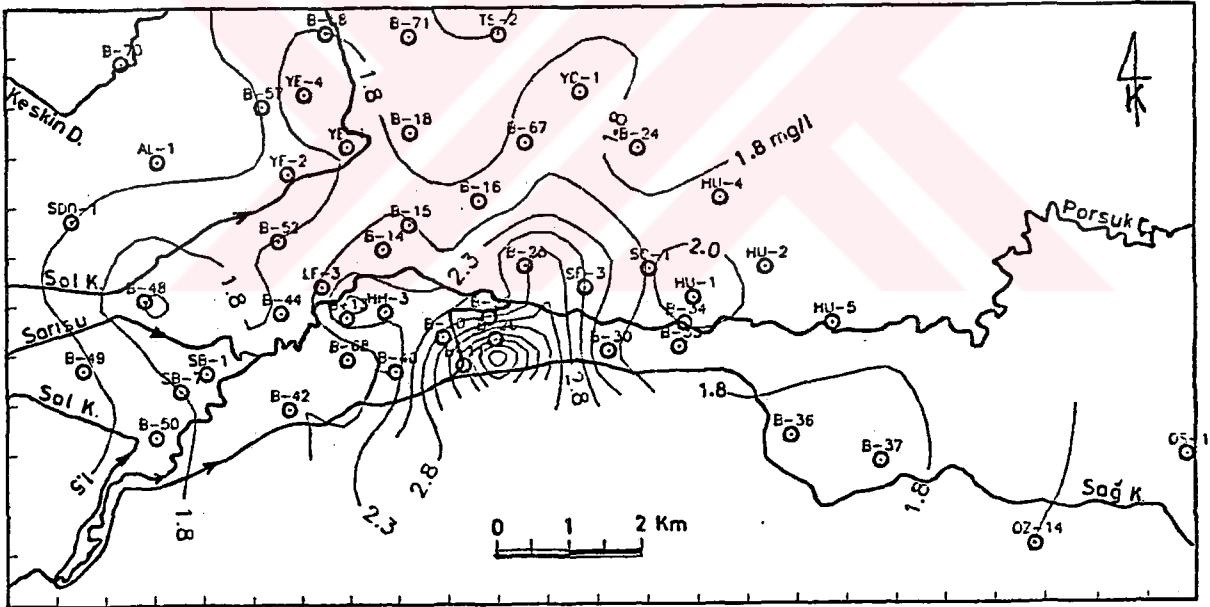
Sekil 6-86 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Det. dağılımı (ortalama değerler)



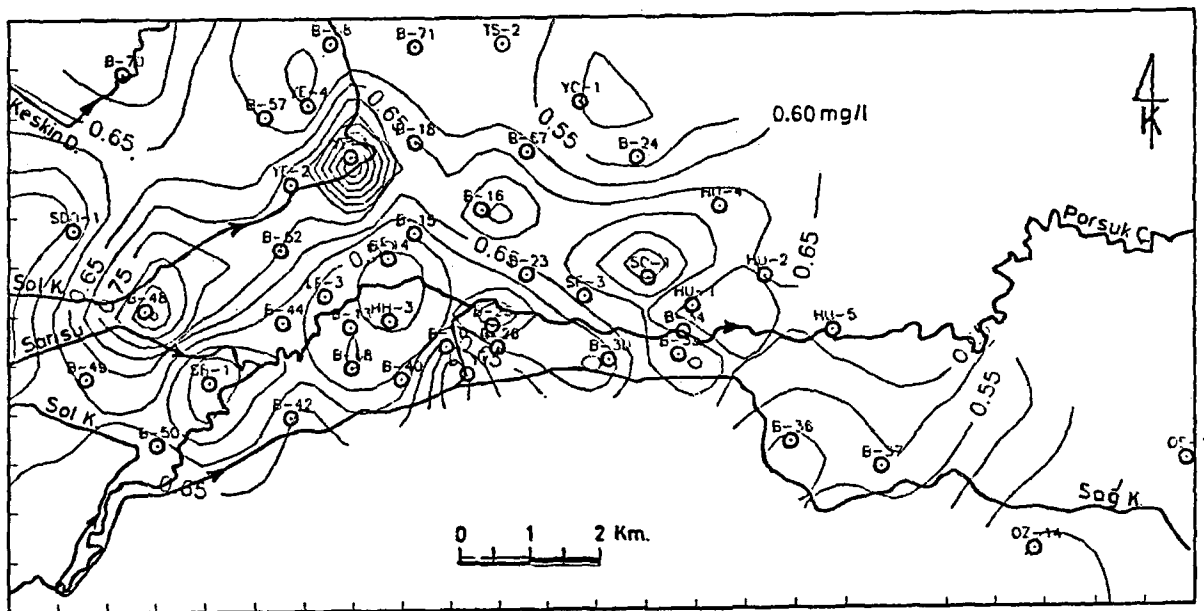
Sekil 6-87 Eskişehir ovası yeraltısuyunda B dağılımı (ortalama değerler)



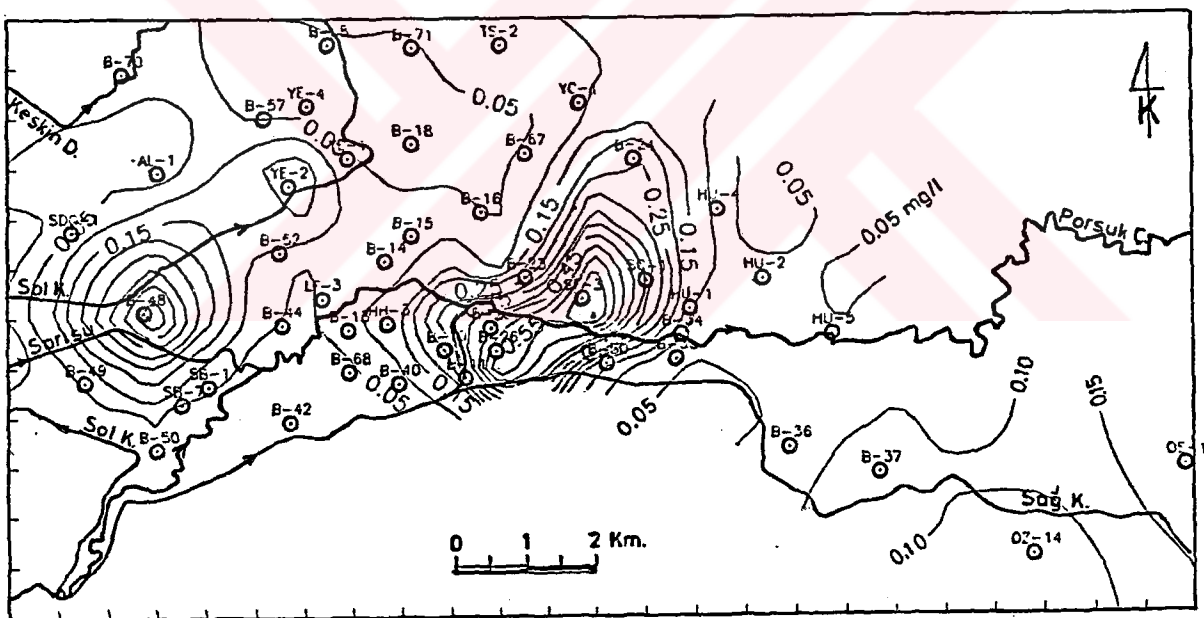
Sekil 6.88 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Cöz.O dağılımı (ortalama değerler)



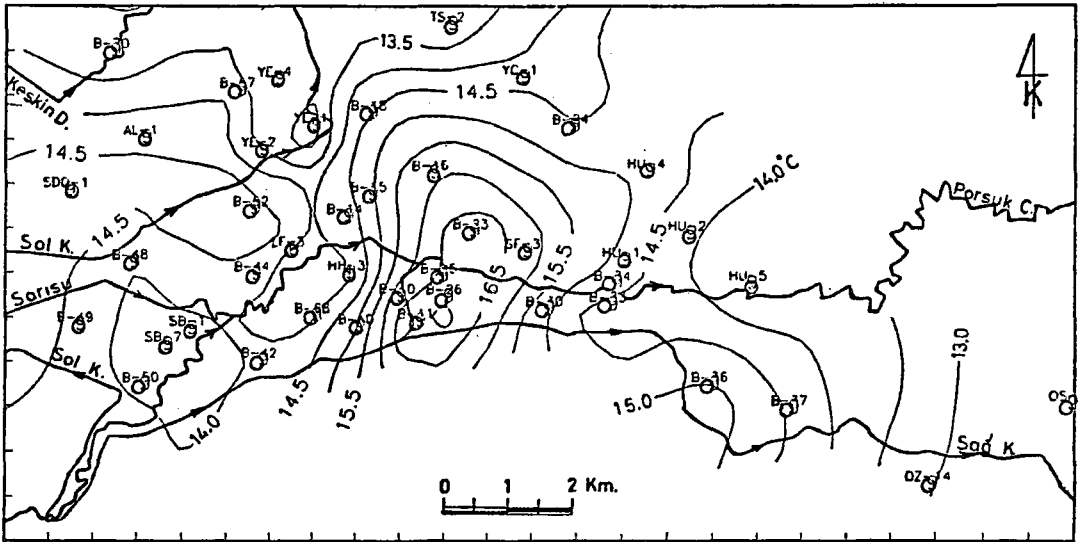
Sekil 6.89 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Org.M. dağılımı (ortalama değerler)



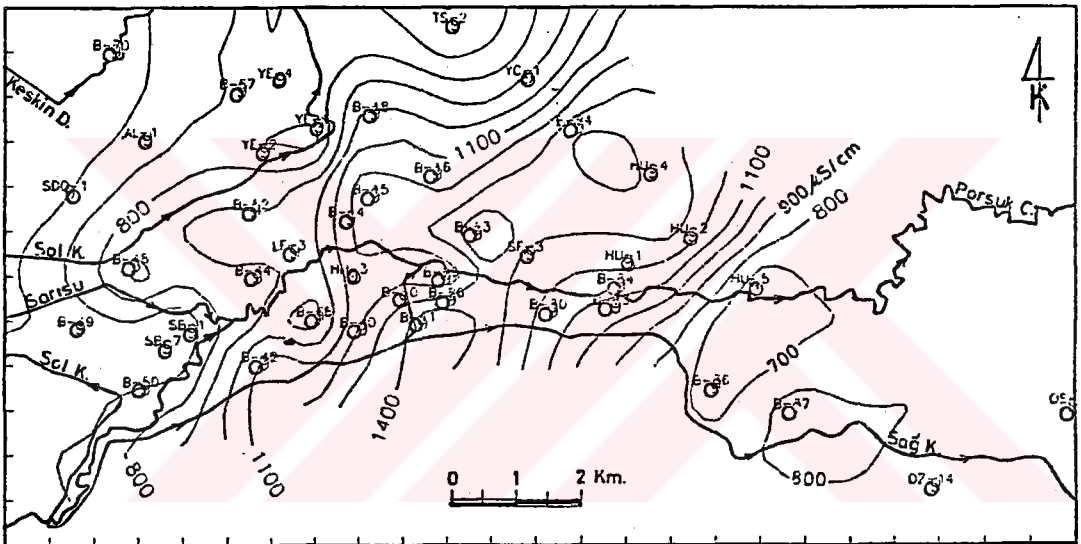
Sekil 6-90 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Fe dağılımı (ortalama değerler)



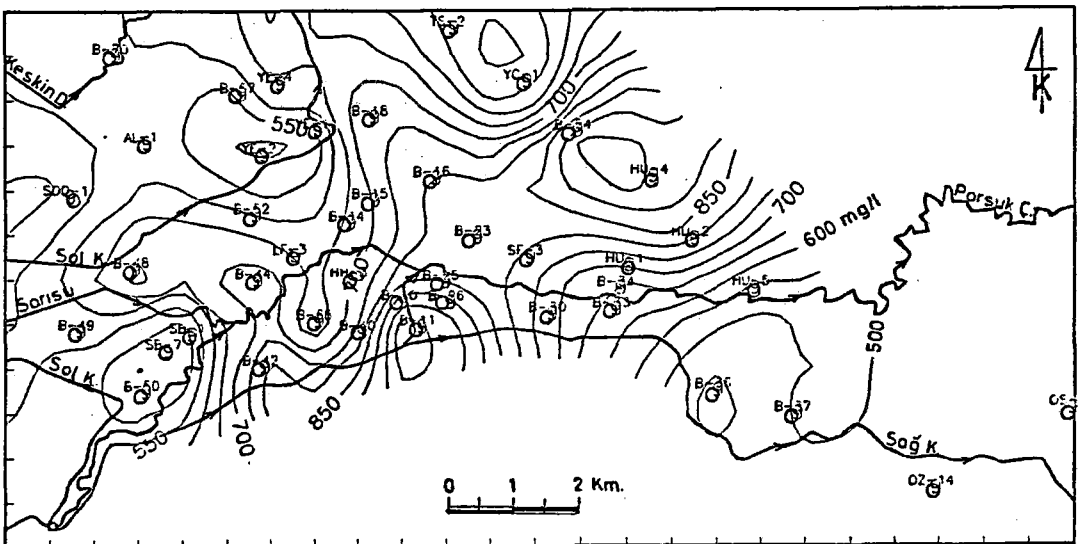
Sekil 6-91 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Mn dağılımı (ortalama değerler)



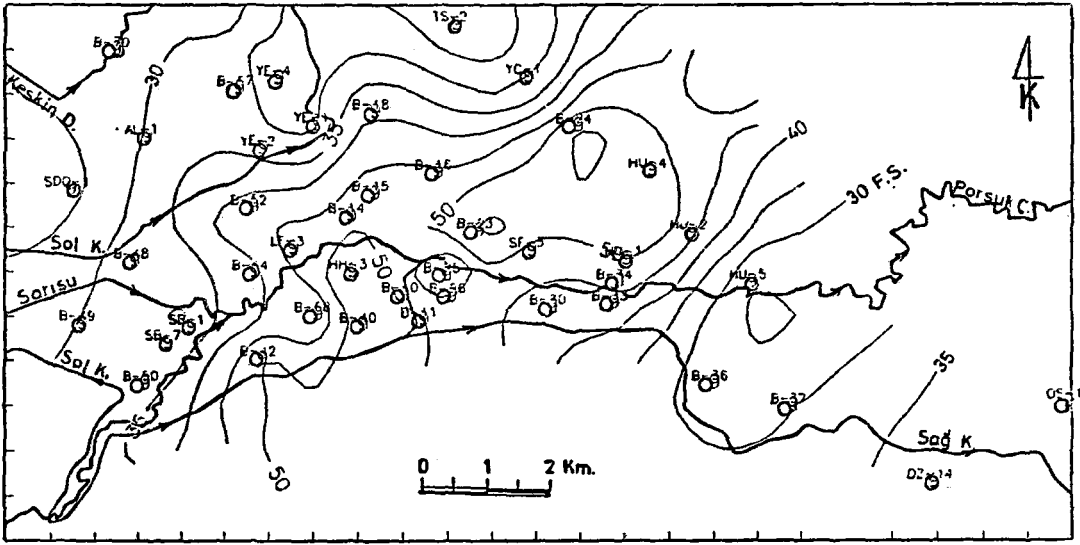
Şekil 6-92 Eskişehir ovası yeraltısuyunda T dağılımı (Kasım 1987)



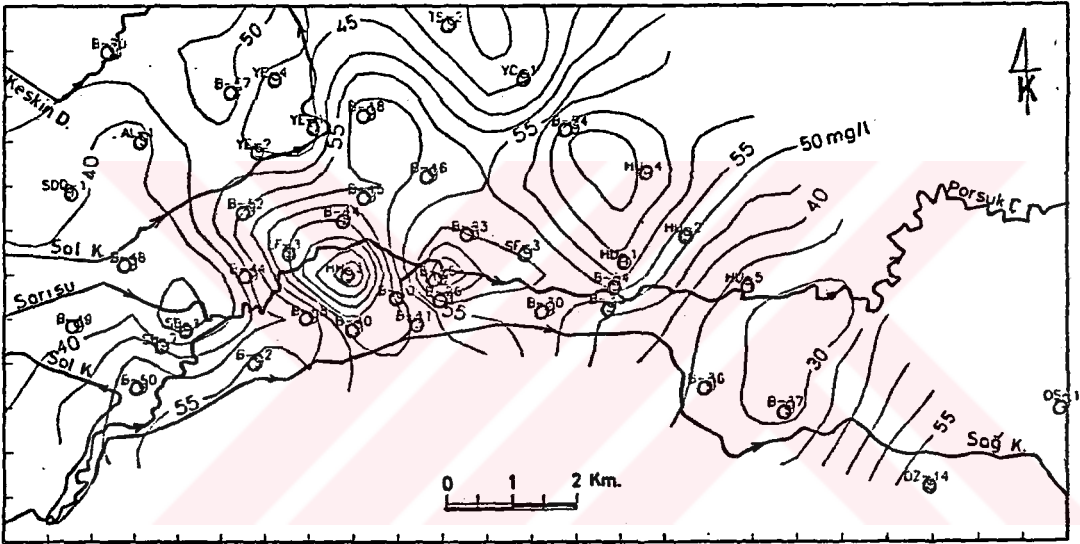
Şekil 6-93 Eskişehir ovası yeraltısuyunda EC dağılımı (Kasım 1987)



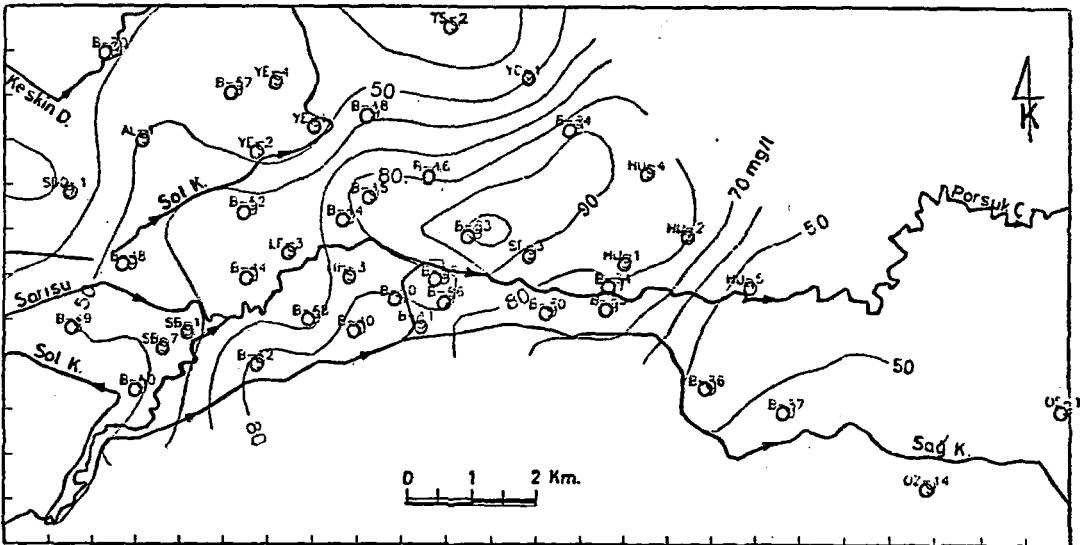
Şekil 6-94 Eskişehir ovası yeraltısuyunda TCK dağılımı (Kasım 1987)



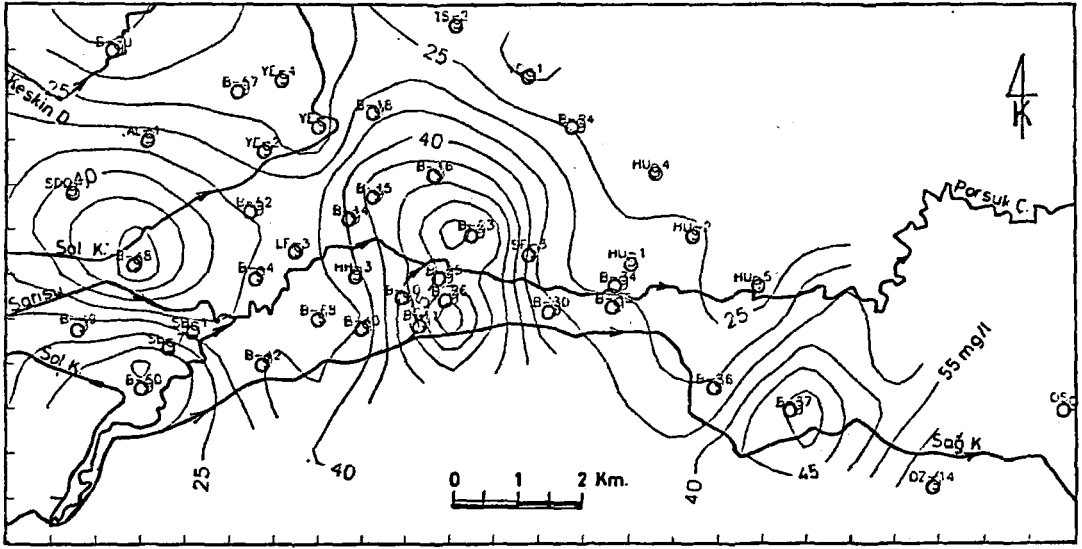
Sekil 6-95 Eskişehir ovası yeraltısuyunda T.Sr. dağılımı (Kasım 1987)



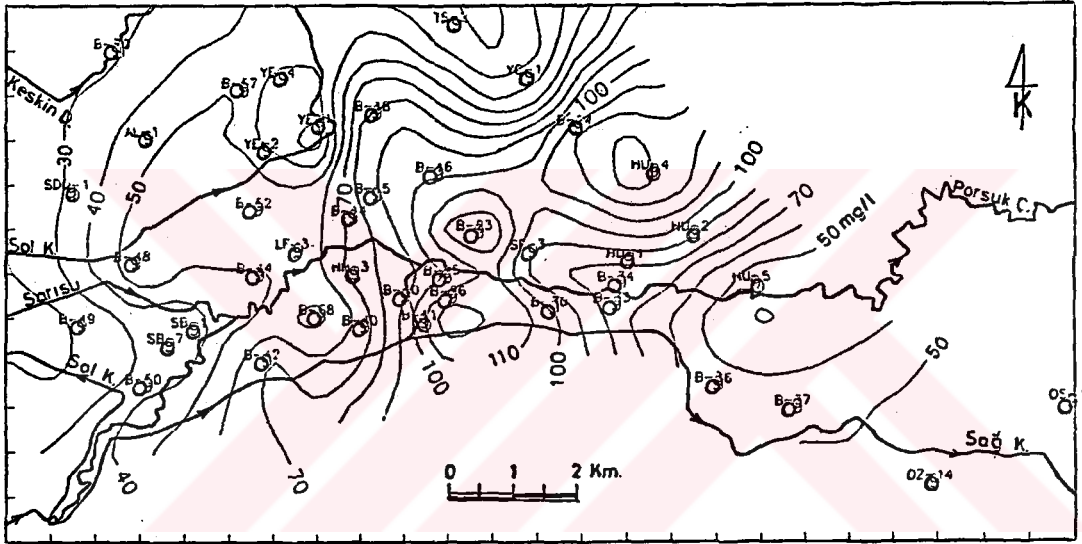
Sekil 6-96 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Ca dağılımı (Kasım 1987)



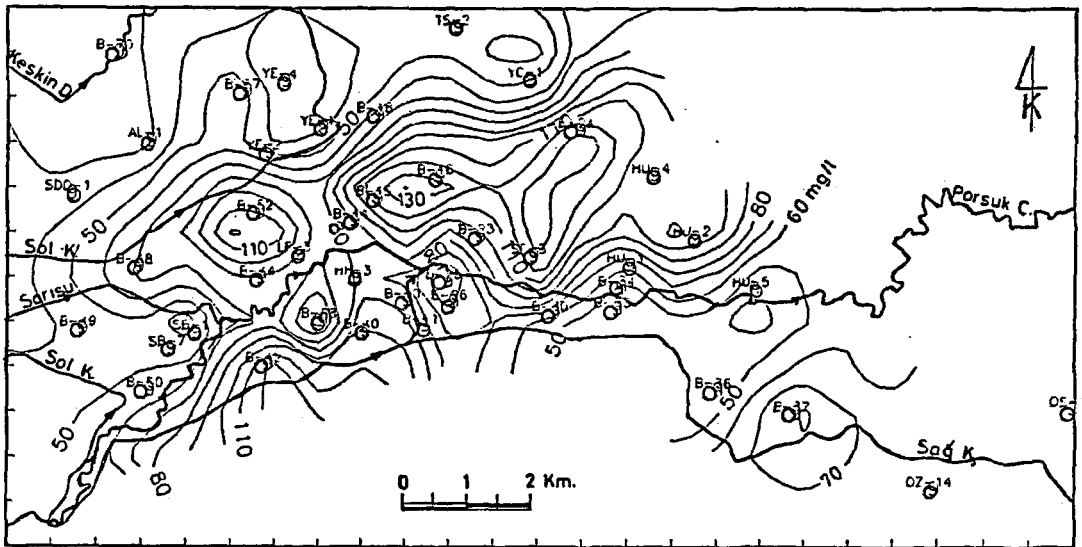
Sekil 6-97 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Mg dağılımı (Kasım 1987)



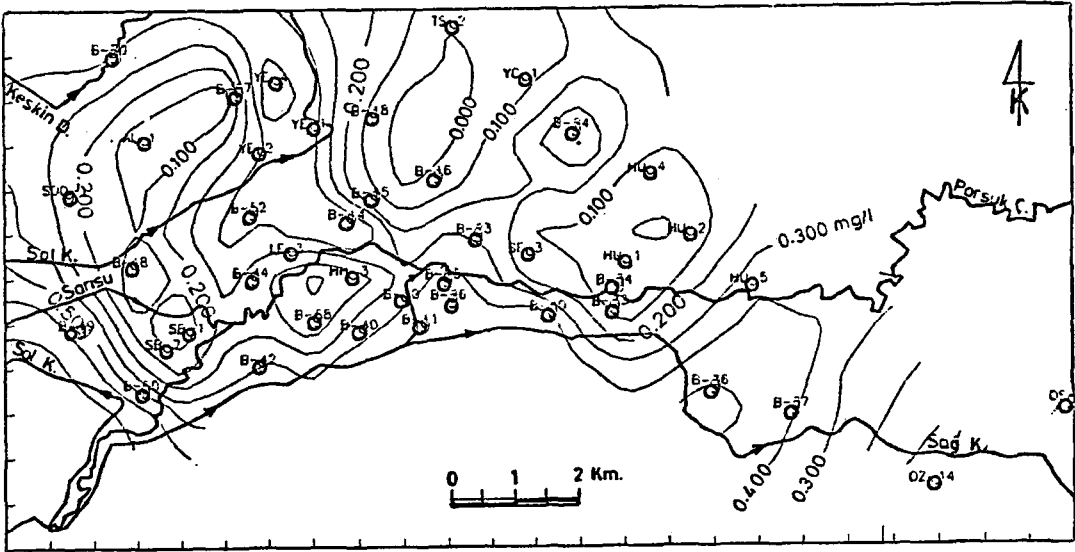
Sekil 6.98 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Na dağılımı (Kasım 1987)



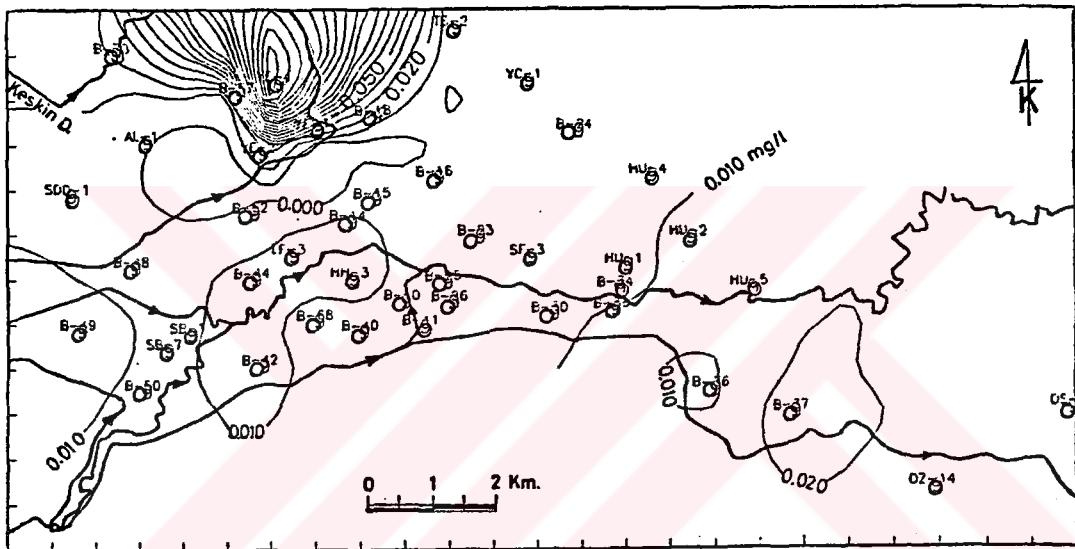
Sekil 6.99 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Cl dağılımı (Kasım 1987)



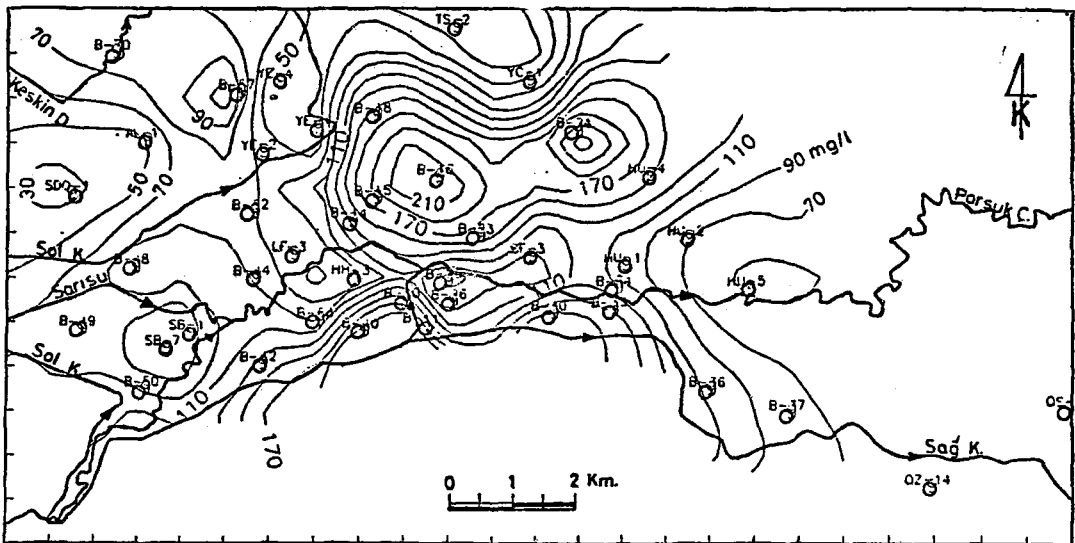
Sekil 6.100 Eskişehir ovası yeraltısuyunda SO₄ dağılımı (Kasım 1987)



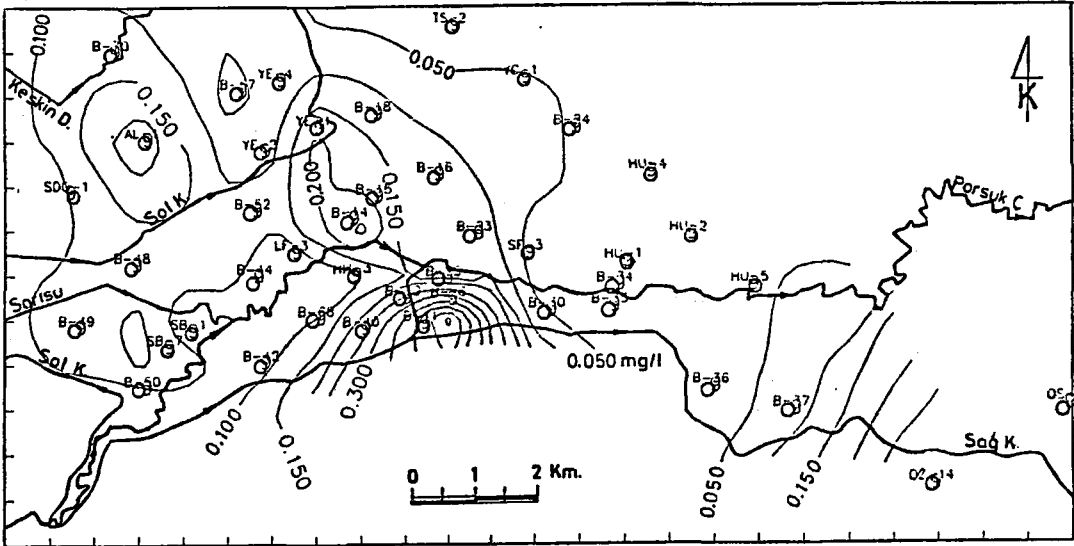
Sekil 6.101 Eskisehir ovası yeraltısuyunda NH_3 dağılımı (Kasım 1987)



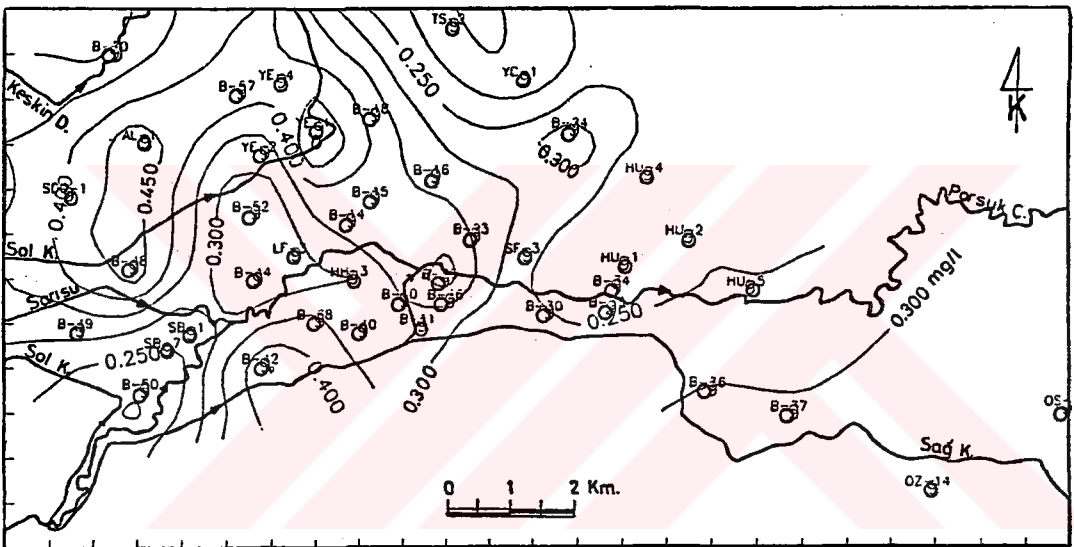
Sekil 6.102 Eskisehir ovası yeraltısuyunda NO_2 dağılımı (Kasım 1987)



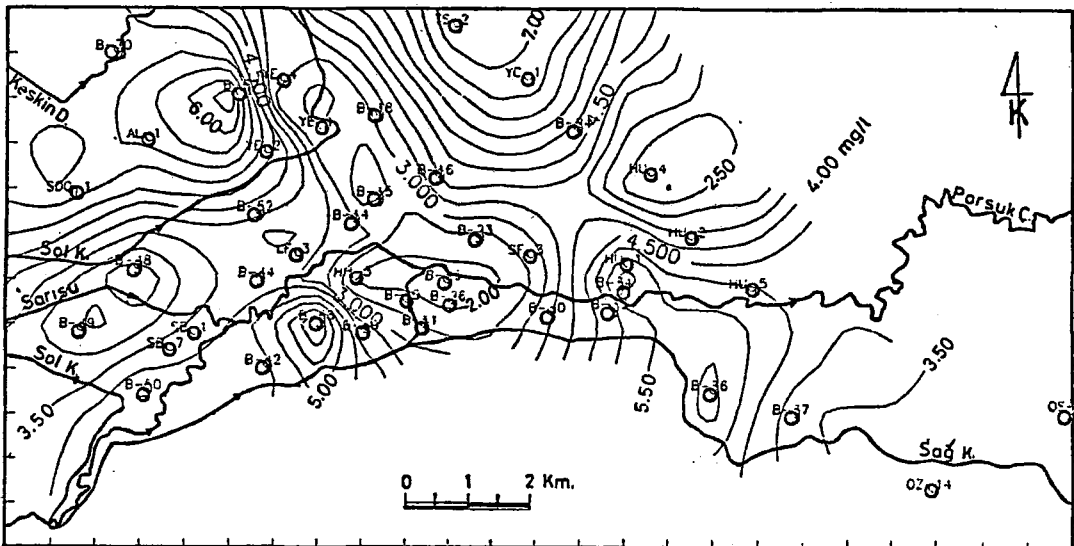
Sekil 6.103 Eskisehir ovası yeraltısuyunda NO_3 dağılımı (Kasım 1987)



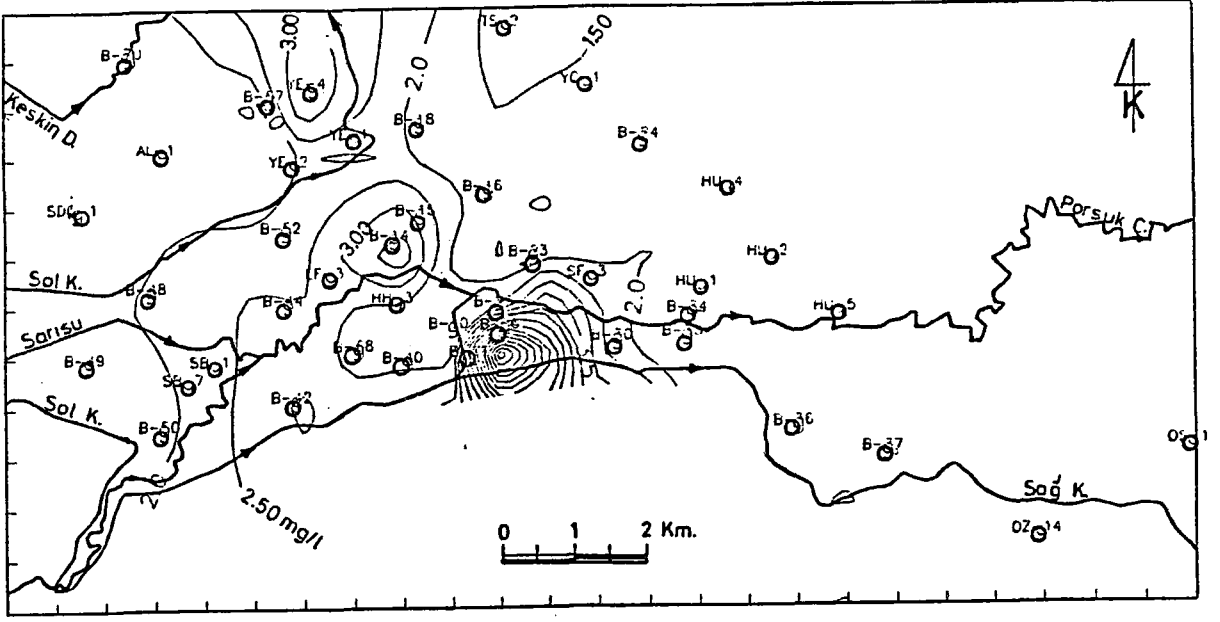
Sekil 6-104 Eskişehir ovası yeraltısuyunda D-PO₄ dağılımı (Kasım 1987)



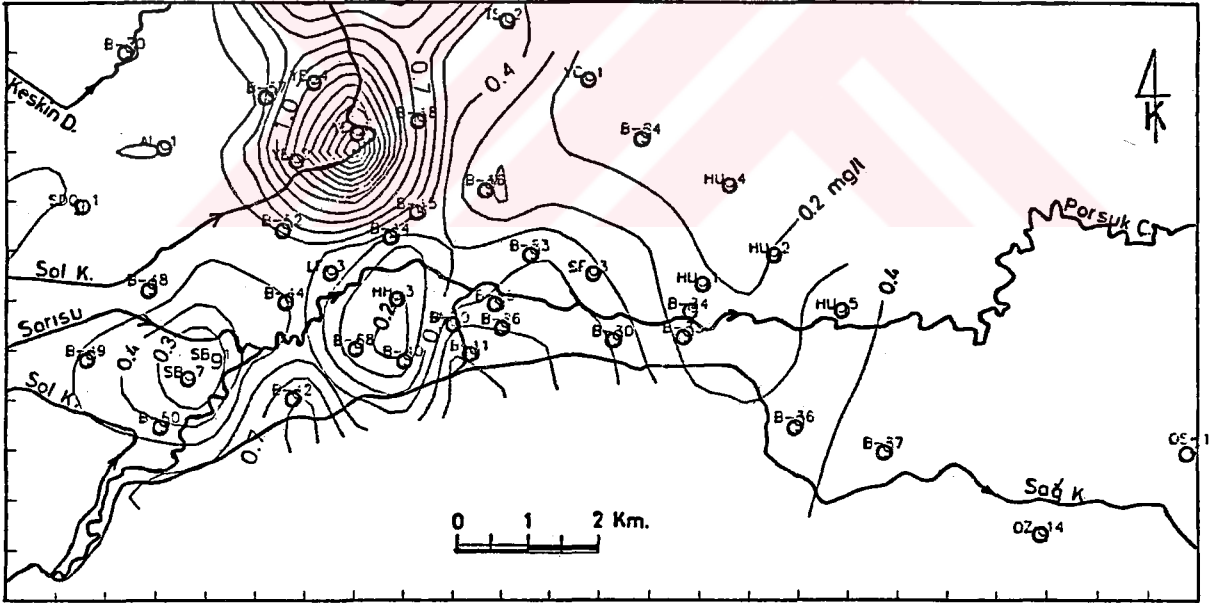
Sekil 6-105 Eskişehir ovası yeraltısuyunda B dağılımı (Kasım 1987)



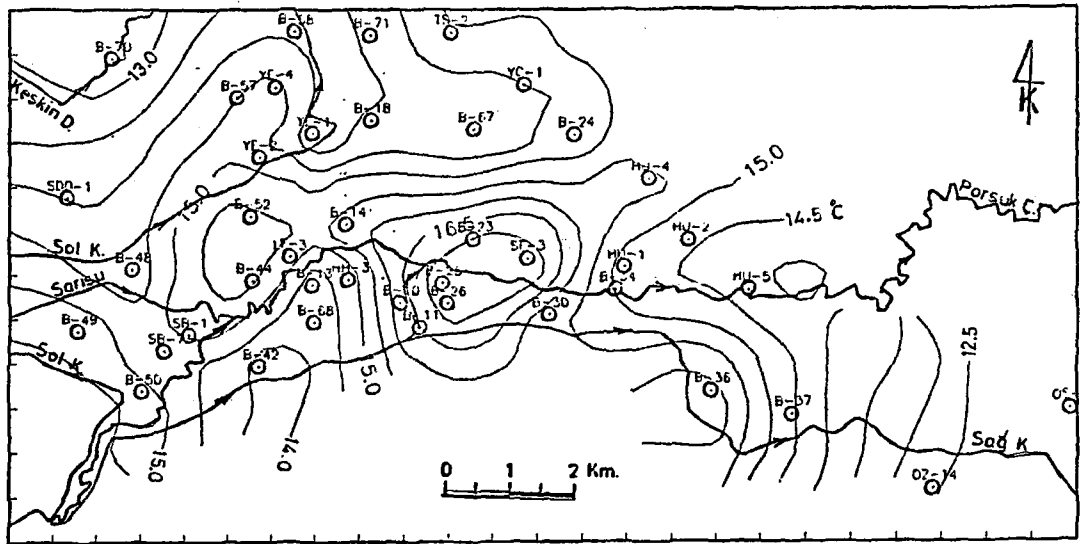
Sekil 6-106 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Ca₂₊D dağılımı (Kasım 1987)



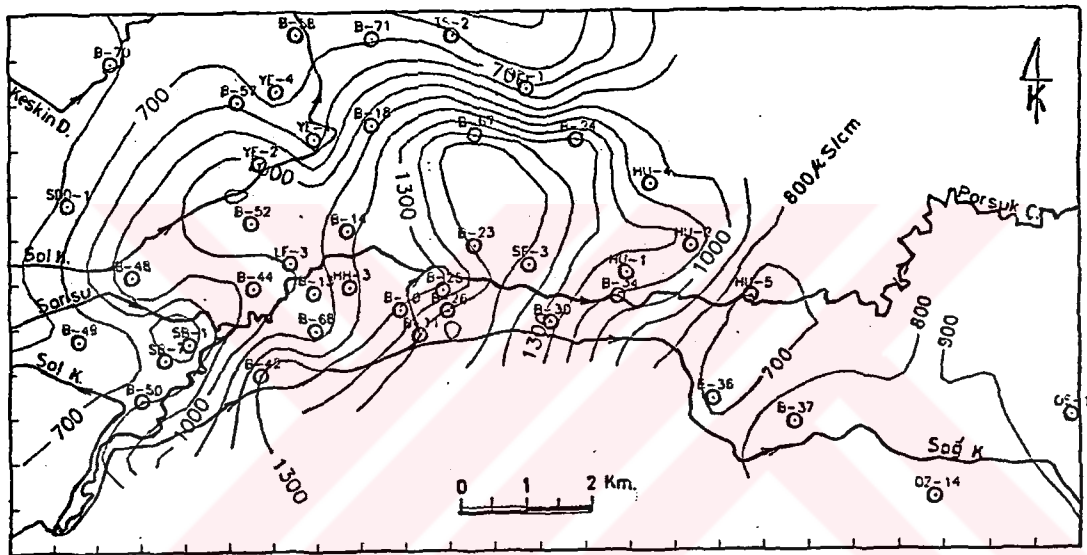
Sekil 6-107 Eskisehir ovası yeraltısuyunda Org.M. dağılımı (Kasım 1987)



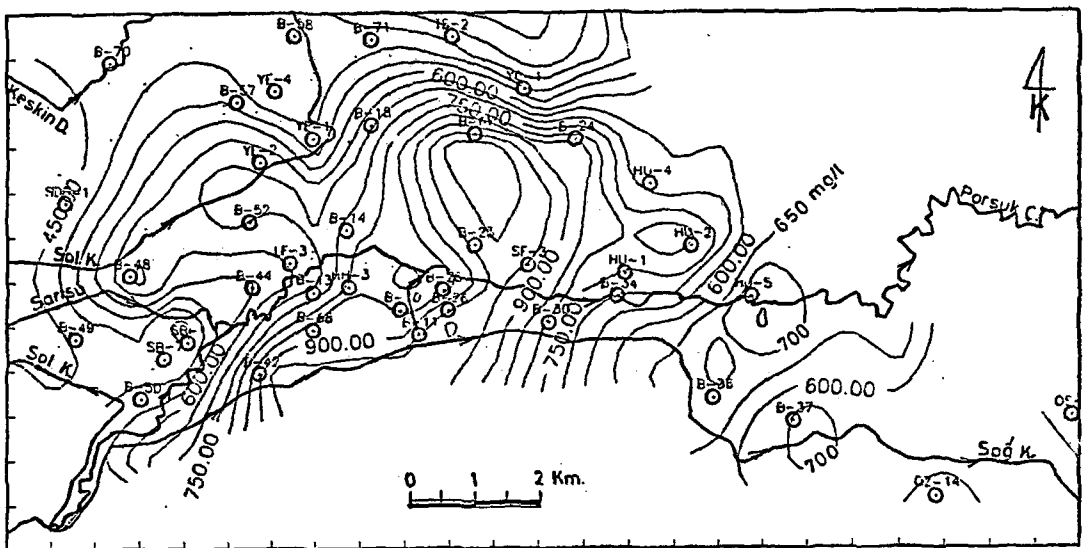
Sekil 6-108 Eskisehir ovası yeraltısuyunda Fe dağılımı (Kasım 1987)



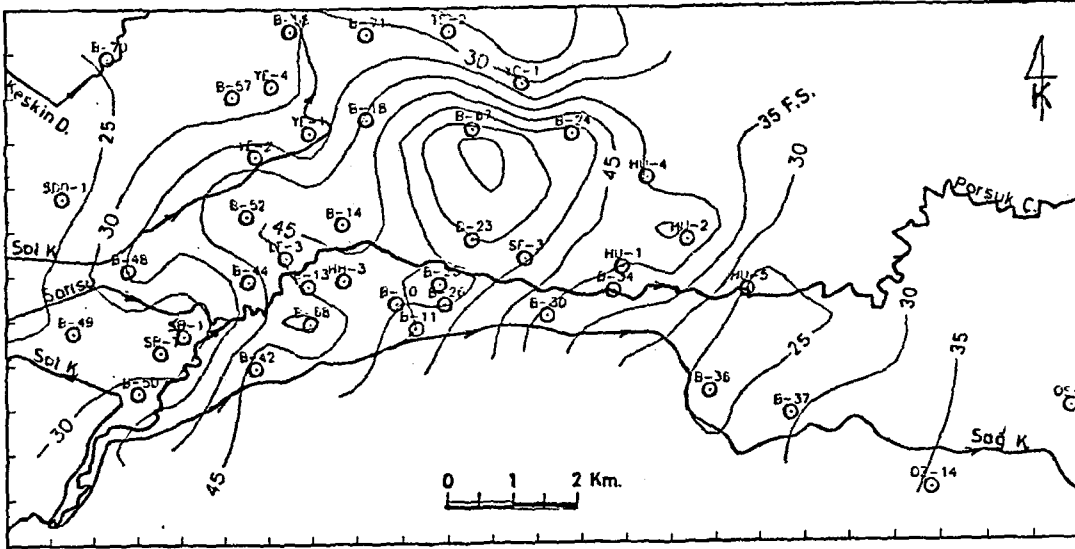
Sekil 6.109 Eskişehir ovası yeraltısuyunda T dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



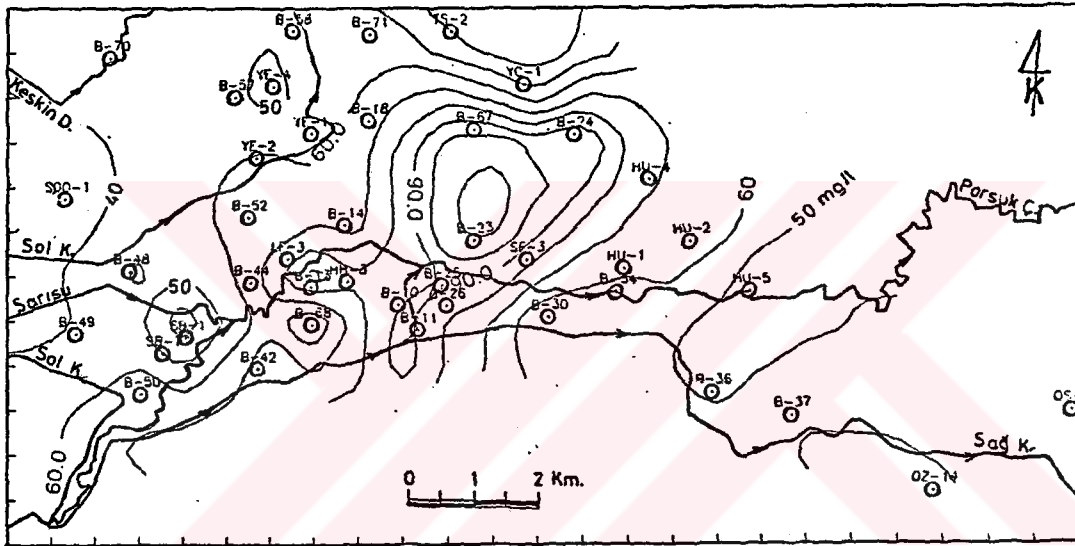
Sekil 6.110 Eskişehir ovası yeraltısuyunda EC dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



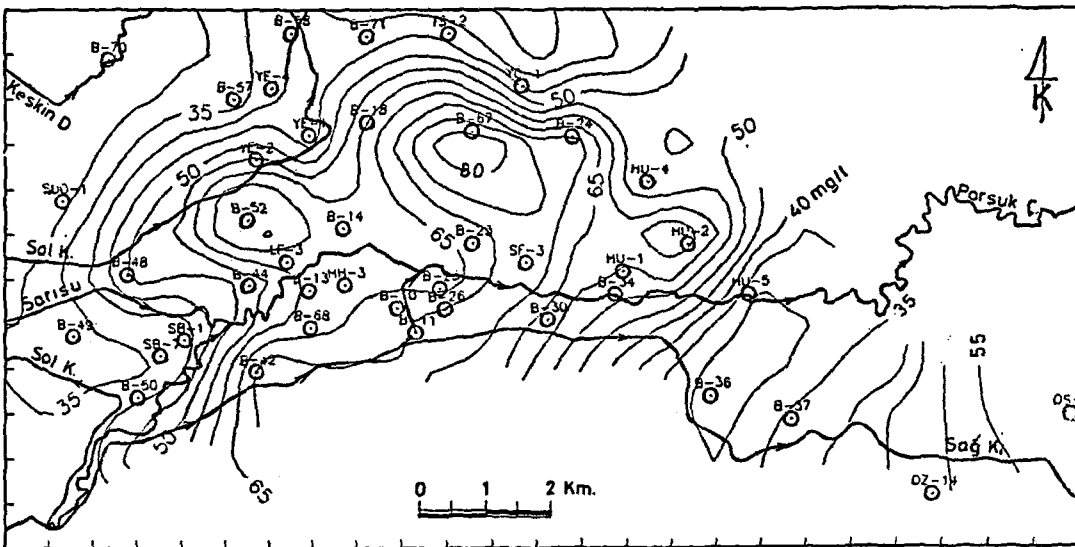
Sekil 6.111 Eskişehir ovası yeraltısuyunda TCK dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



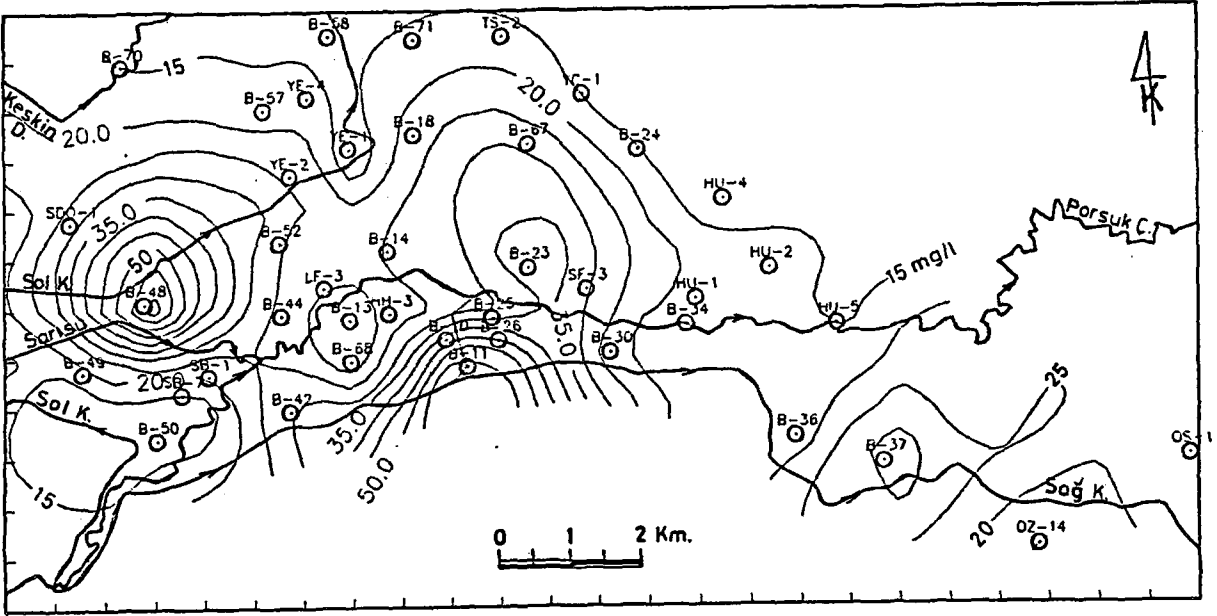
Sekil 6.112 Eskişehir ovası yeraltısuyunda T.Sr. dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



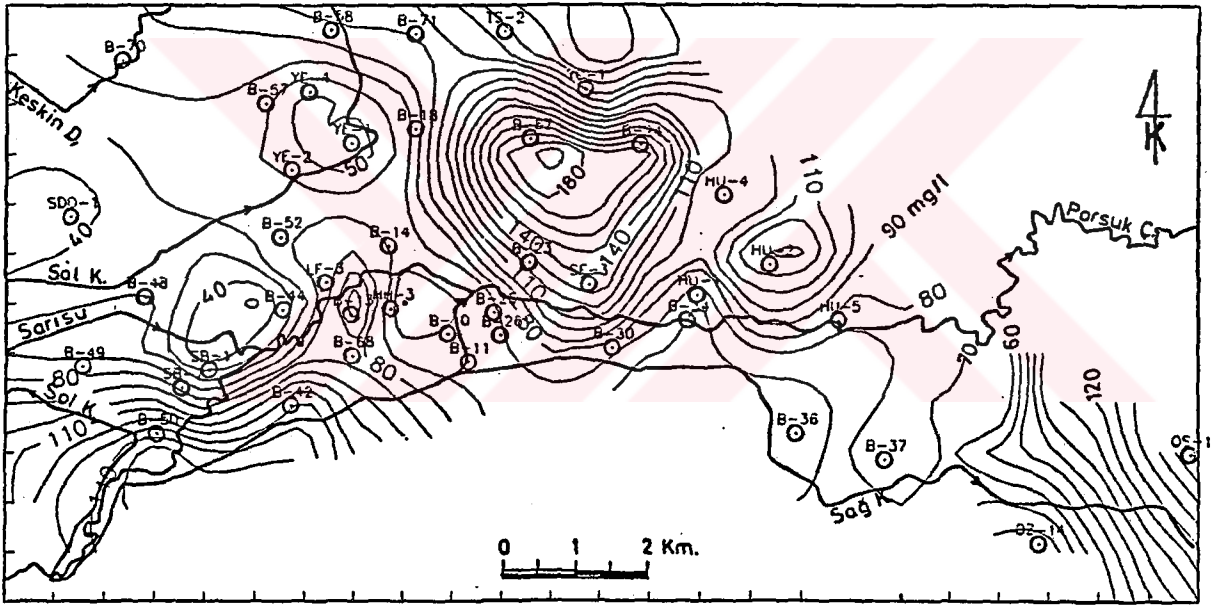
Sekil 6.113 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Ca dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



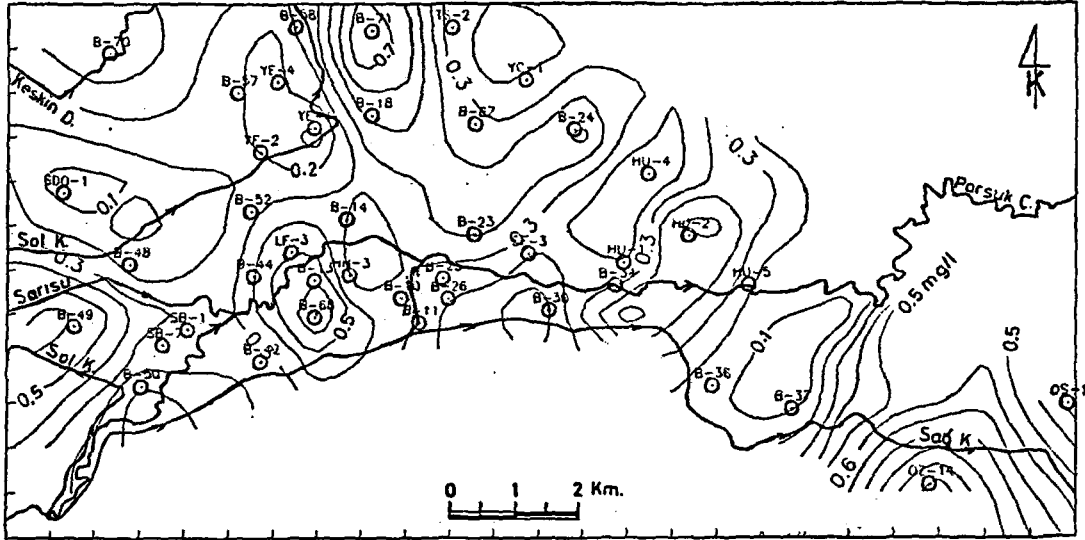
Sekil 6.114 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Mg dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



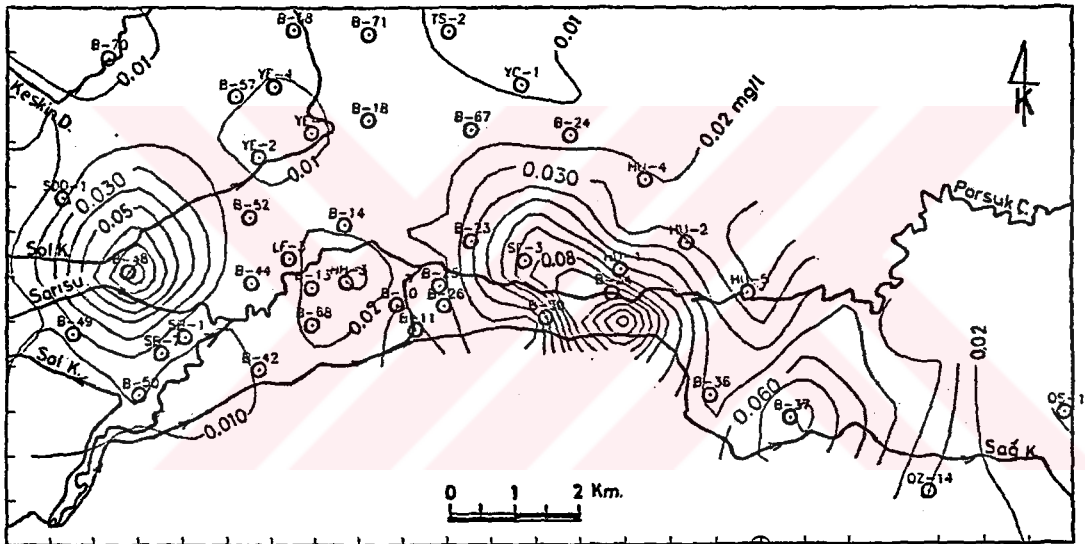
Sekil 6-115 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Na dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



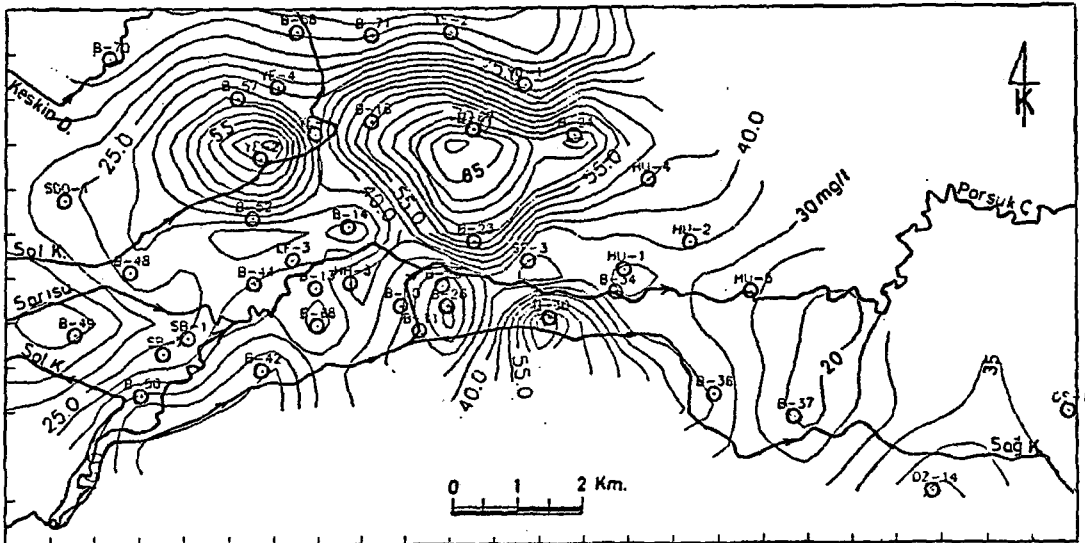
Sekil 6-116 Eskişehir ovası yeraltısuyunda SO₄ dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



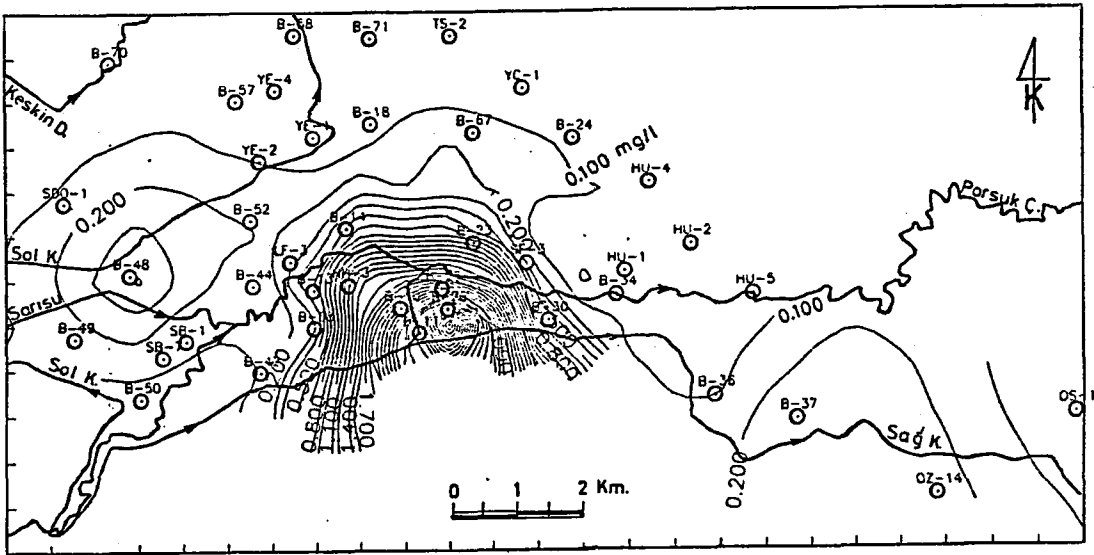
Sekil 6-117 Eskisehir ovası yeraltısuyunda NH_4^+ dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



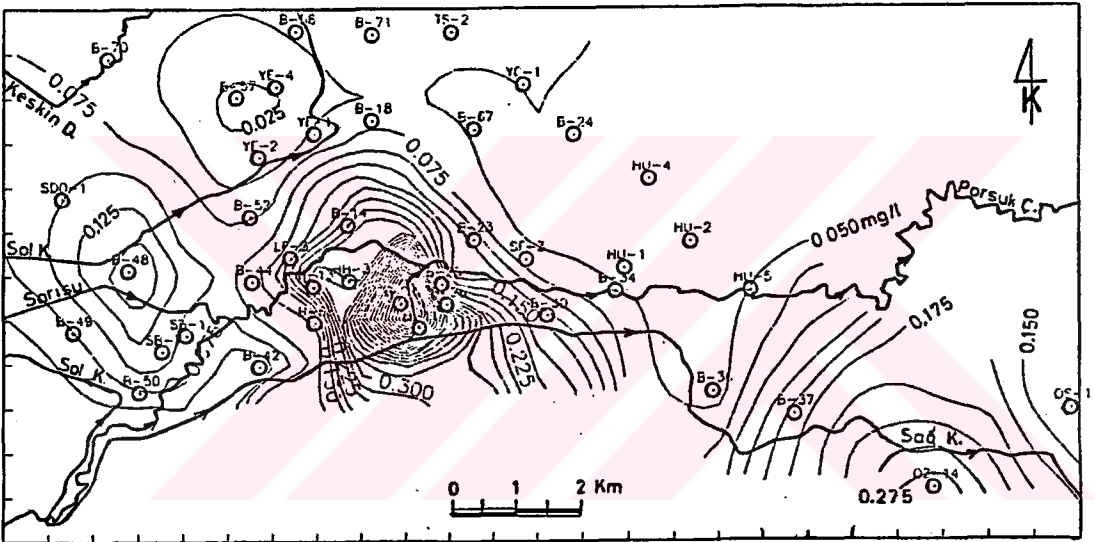
Sekil 6-118 Eskisehir ovası yeraltısuyunda NO_2^- dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



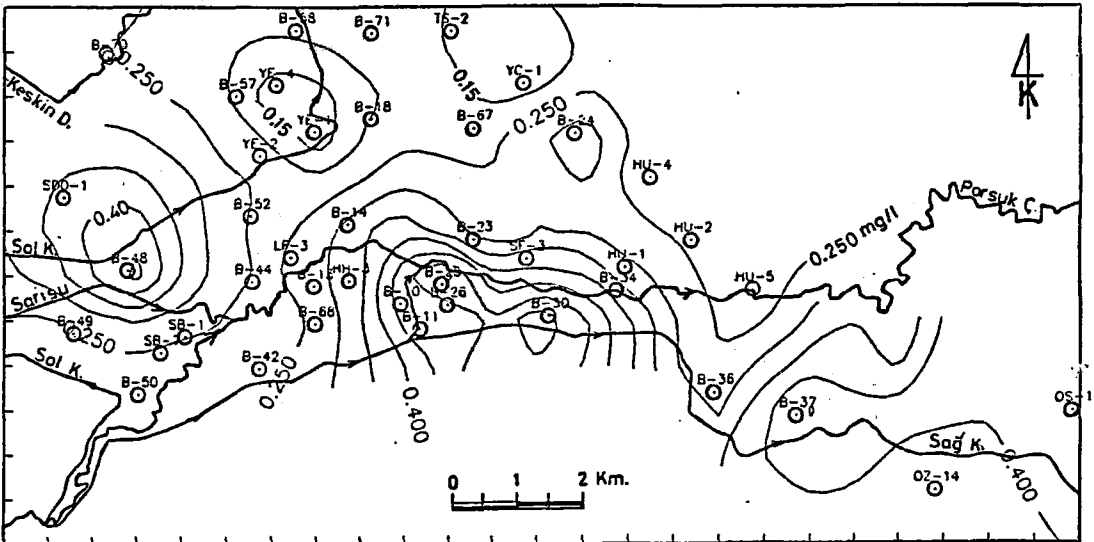
Sekil 6-119 Eskisehir ovası yeraltısuyunda NO_3^- dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



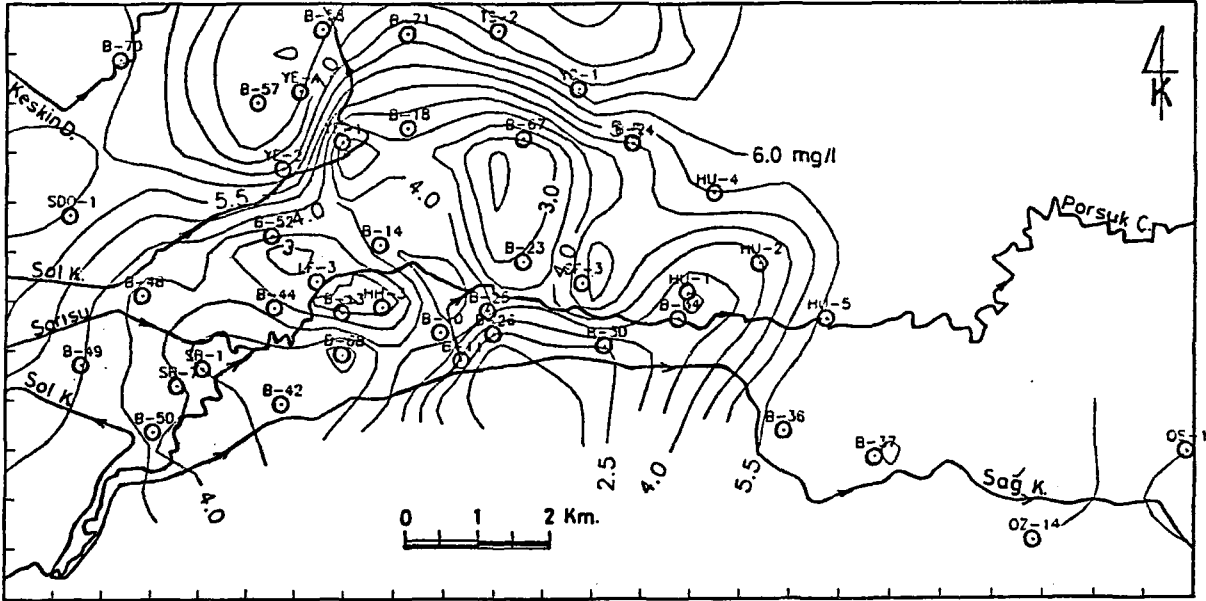
Sekil 6.120 Eskisehir ovası yeraltısuyunda Det. dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



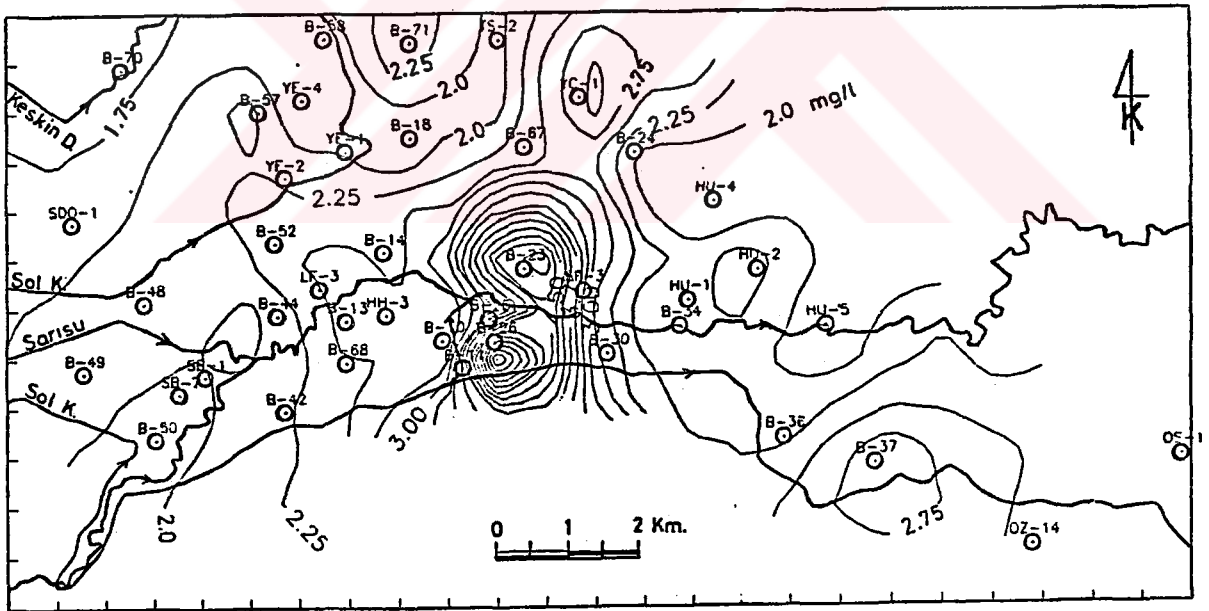
Sekil 6.121 Eskisehir ovası yeraltısuyunda D-PD₄ dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



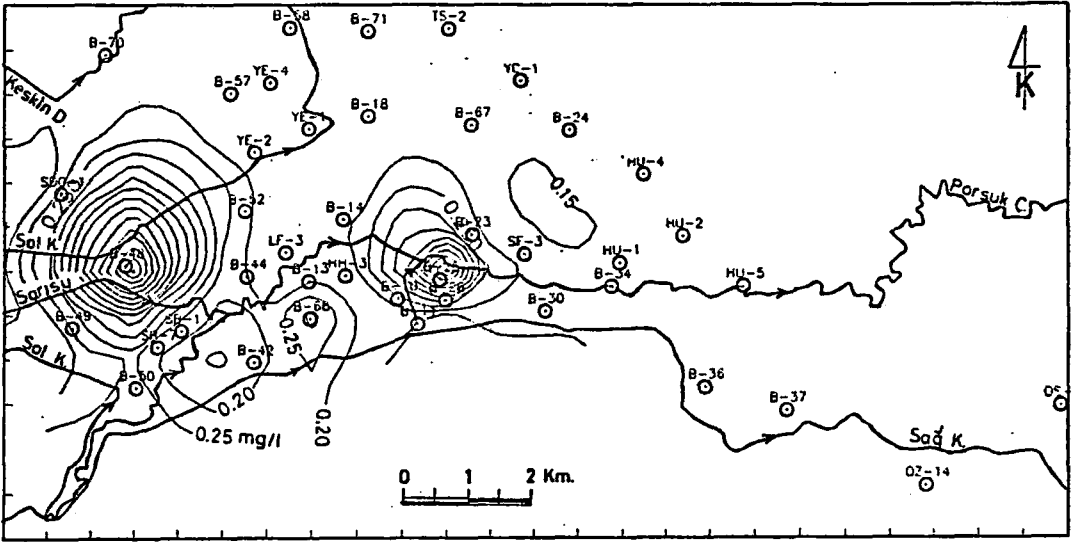
Sekil 6.122 Eskisehir ovası yeraltısuyunda B dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



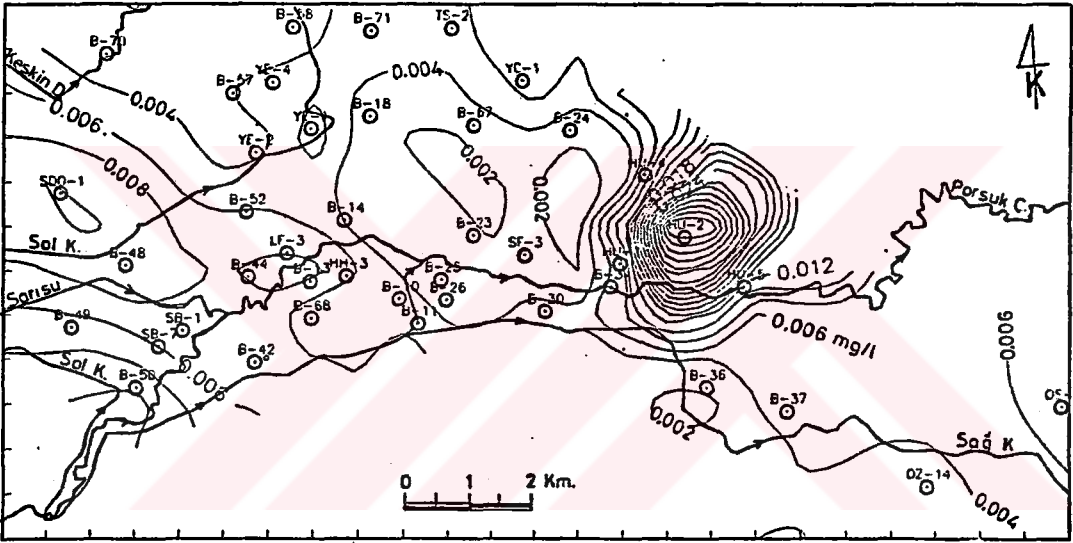
Sekil 6.123 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Cöz.O. dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



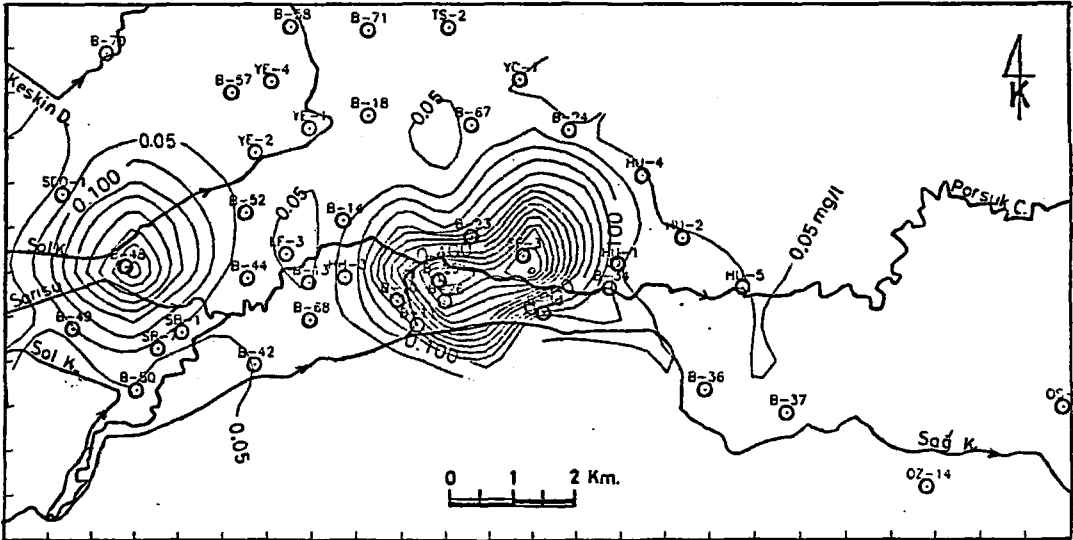
Sekil 6.124 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Org. M. dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



Sekil 6.125 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Fe dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



Sekil 6.126 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Cr⁺⁶ dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)



Sekil 6.127 Eskişehir ovası yeraltısuyunda Mn dağılımı (Nisan/Mayıs 1988)

Yeraltısuyunda incelenen bazı parametrelerin Forsuk çayına dik yönde yanal olarak değişimi ve hidrojeolojik özelliklerle ilişkisini açıklamak amacıyla hidrojeolojik kesitler ve kuyudan kuyuya bazı parametrelerin değişimini gösteren grafikler birlikte kullanılmıştır (Sekil 6.129-6.135). Hidrojeolojik kesit doğrultuları kuyu ve örnek-leme noktaları haritasında (Ek.3), kesitlerde kullanılan işaretler Sekil 6.128 de gösterilmiştir. Hidrojeolojik kesitlerde sondajlarda kesilen litolojiler, kuyunun filtrelenen seviyeleri ve kuyu derinlikleri gösterilmiştir. Grafiklerde EC, Cl, T.Sr., B, NH₃, NO₂, NO₃, O-PO₄, Cöz. O., Org. M. gibi çoğunluğu kirlilik göstergesi olan parametrelerin ortalama değerleri gösterilmiştir.

AA' kesitinde (Sekil 6.129) SB-7, B-48 ve SDO-1 kuyularında bazı parametrelerin değişimi gösterilmiştir. SB-7 ve SDO-1 nolu kuyular akiferin alt ve orta seviyelerinden, B-48 nolu kuyu akiferin üst seviyelerinden su almaktadır. Kuyu kesitlerinde görüldüğü gibi en üstteki 4-5 m'lik toprak ve kil seviyesinin altında çakıllı ve kumlu seviyeler başlamaktadır. Forsuk çayı, kanallar ve evsel atıklardan kaynaklanan kirleticilerin üstteki bu çakıllı ve kumlu seviyelere ulaşması kolay olmaktadır. Derişimleri gösteren grafiklerde B-48 kuyusu özelliklerinin kirlilik dağılımını nasıl kolaylaştırdığı açık şekilde görülmektedir. B-48 kuyusunda kirlilik göstergesi olan B, NO₂, NO₃, O-PO₄ iyonlarının derişimi artış göstermektedir.

BB' kesitinde (Sekil 6.130) SB-1, B-48, AL-1 ve B-70 kuyularında bazı parametrelerin değişimi görülmektedir. SB-1 kuyusu akiferin derin seviyelerinden beslenmektedir. Üst seviyelerdeki kil ve marn seviyeleri kirliliğe karşı koruyucu rol oynamakta ve sonucta kuyudan oldukça iyi kalitede su elde edilmektedir. B-48 kuyusunun diğerlerine göre sığ derinlikte oluşu ve akiferin üst seviyelerinden

beslenmesinin kirliliği arttırıcı etkisi bu kesit boyunca da göze çarpmaktadır. AL-1 kuyusu 30 m. nin altındaki seviyelerden beslenmekle birlikte, üst seviyelerde toprak veya kil tabakası bulunmadığı için yüzeyden sızıntılarla kirlenmeye elverişli durumdadır. B-70 kuyusu yerleşim alanı kenarında Keskin deresi yatağının kıyısında yer almaktadır. Kuyu logu bulunmamasıyla beraber yakınlarındaki kuyuların loglarına göre üst kısımlarında killi seviyelerin varolduğu düşünülmektedir. B-70 nolu kuyunun su kalitesi, çevresindeki kuyulara göre oldukça iyi durumdadır. Bu kuyuda yalnızca NH_3 derişiminde biraz yükselme gözlenmektedir. Kuyu çevresinde yoğun yerleşim bulunmaması ve bulunduğu bölgedeki akifer özellikleri nedeniyle kirlenmeden fazla etkilenmemiştir.

Sekil 6.131'de CC' kesiti boyunca sıralanan B-42, B-44, B-52, YE-2, YE-4 kuyularında bazı parametrelerin değişimi gösterilmiştir. CC' kesitinde görüldüğü gibi B-42 kuyusu akiferin en üst kısmındaki kumlu çakıl seviyesinden su almaktadır ve yüzeyden gelebilecek kirlilikten kolayca etkilenebilecek durumdadır. Bu nedenle grafikte gösterilmiş olan iyonlar genelde yüksek değerlere sahiptir. Kuyu logu bulunmayan B-44 kuyusu B-42 kuyusuna göre daha derindir ve muhtemelen akiferin daha alt seviyelerinden su almaktadır. Bundan dolayı bu kuyuda kirlilik bir miktar azalmaktadır. B-52 kuyusu killi çakıl seviyesi ile başlamaktadır. Bu kuyuda yüzeyde toprak veya kil tabakası yoktur. 10 m. derinden başlayan çakıl seviyesinden itibaren kuyu filtrelenmiştir. Kuyu litolojik logu ve filtrelenme durumu dolayısıyla yüzeyden veya fosseptiklerden sızan sulardan kolayca etkilenebilecek durumdadır. Grafikte görüldüğü gibi bu kuyuda EC, Cl, T.Sr., B, NH_3 , NO_2 iyonları artış göstermektedir. YE-1 kuyusu Anadolu Üniversitesi Yunus Emre Kampüsü içerisindedir. Sekilde görüldüğü gibi kuyuda üstteki ilk 5 m'lik kısım kil ile örtülüdür, bunu altında çakıllı seviye başlamaktadır. Kuyuda filtre bu çakıllı seviyeden

itibaren başlamaktadır. Bu durumu ile kuyu Sol kanaldan etkilenebilecek durumdadır. Bununla birlikte bu kuyu bitişindeki kuyulara göre (NO_3 ve B dışında) daha az kirlidir. YE-2 kuyusu çevresinde yerleşim yoktur, kuyu kampuse ait ormanlık saha içinde yer almaktadır. Bu konumu su kalitesinin bir ölçüde iyi olması sonucunu doğurmaktadır. YE-4 kuyusu Yunus Emre Kampüsünün kuzeydoğu kesiminde yer almaktadır. Bu kuyuda yüzeyde toprak ve killi seviye bulunmaktadır. Kil seviyesinin altındaki çakıllı kum seviyesinden itibaren kuyu filtrelenmiştir. Kuyu çevresinde yerleşim alanı bulunmaktadır. Kuyuda B, NH_3 , NO_2 , O-PO_4 , Org. M. miktarlarında artış görülmektedir. NH_3 ve NO_2 evsel atıksularla taze kirlenmeyi gösterir.

Şekil 6.132'de DD' kesiti boyunca sıralanan B-6B, B-13, LF-3, YE-1, B-58 kuyularında bazı parametrelerin değişimi gösterilmiştir. B-6B nolu kuyuda ilk 10 m'lik kısımda kil ve siltli kil seviyeleri vardır. Bunun altındaki killi çakıl seviyesinden itibaren kuyu filtrelenmiştir. Kuyu oldukça yoğun yerleşimin bulunduğu bir alanda bulunmaktadır ve bir ölçüde kirlenme vardır. B-13 kuyusunda ilk 8 m'lik kısımda toprak örtü ve kil seviyesi yer alır. Bunun altında kuyu filtresinin başlatıldığı blok çakıl seviyesi başlar. B-13 kuyusu civarında yoğun bir yerleşim vardır. Kuyu çevresindeki yerel koşullar dolayısıyla bu kuyuda kirlilik oldukça fazladır. Şekil 6.132'de görüldüğü gibi B-13 nolu kuyu ile aynı derinlikte olan ve yaklaşık aynı seviyelerden su alan B-6B ve LF-3 kuyularında kirlilik B-13'e göre çok daha düşüktür. Böylece görülmektedir ki, kirlenmede kuyu özellikleri yanısıra, kuyu çevresindeki koşullarda önemli rol oynamaktadır. LF-3 kuyusunda üstteki 5 m'lik kısımda toprak örtü ve kil tabakası yer alır. Bunun altındaki çakıllı seviyeden itibaren kuyu filtresi başlar. LF-3 kuyusu Lokomotif Fabrikası bahçesinde yer alır. Fabrika atıkları (endüstriyel ve evsel atıksular) üç kanalla Forsuk çayına boşaltılmaktadır. Kuyunun yakın çevresinde fosseptik bulunmamaktadır. Kuyu

Forsuk çayından bir miktar etkilenebilir. YE-1 kuyusu Yunus Emre Kampüsünde yer alır. Kuyu en üstteki kumlu çakılın tabanından itibaren filtrelenmiştir. Filtrelenen ilk seviyeler yüzeyden ve sol kanaldan etkilenebilecek özelliktedir. Bu kuyuda B, NH_3 , NO_3 , O- PO_4 , Org. M. bir miktar artış gösterir. B-58 nolu kuyu şehrin kenar kesiminde sol kanal yakınında yer alır. Kuyuda en üstteki 1 m'lik toprak tabakasının altında killi çakıl ve daha altta kumlu kil seviyesi bulunur. Kumlu kil seviyesinin alt kısımlarından itibaren kuyu filtrelenmiştir. B-58 kuyusundaki üstte bulunan kumlu kil seviyesi yüzeyden ve kanaldan gelebilecek kirlenmeye bir ölçüde engel olmaktadır. Bunun sonucu olarak kuyudaki kirlilik yüksek düzeye ulaşmamaktadır.

Şekil 6.133'de EE' kesiti boyunca yer alan B-40, HH-3, B-14, B-15, B-18, B-71 nolu kuyularda bazı kirlilik parametrelerinin değişimi gösterilmiştir. B-40 nolu kuyuda ilk 5m.'lik kısımdaki kil ve çakıllı kil seviyesinin altında kuyu filtresinin başladığı çakıl seviyesi yer alır. Kuyu litolojik logu ve filtelenme özelliği dolayısıyla yüzeyden ve fosseptikler aracılığıyla sızan evsel atıksulardan kolayca etkilenebilecek durumdadır. Kuyuda B, NH_3 , NO_2 , O- PO_4 , Org. M. ve özellikle NO_3 yönünden kirlenme gözlenmektedir. HH-3 kuyusunda ilk 6m.'lik bölümdeki kilin altında kuyu filtresinin başladığı kumlu çakıl seviyesi başlar. Hava Hastanesi çevresinde oldukça yoğun yerleşim söz konusudur. HH-3 kuyusu litolojik logu ve filtrelenme durumuna göre bulunduğu bölgedeki yerel şartlardan kolayca etkilenebilecek ve kirlenebilecek özelliktedir. Bu kuyuda NH_3 kirliliği özellikle dikkat çekmektedir. B-14 kuyusunda ilk 8 m.'lik kısmın altındaki kumlu çakıl seviyesinden itibaren kuyu filtrelenmiştir. Kuyu derinlik, litolojik log ve filtrelenme durumu dolayısıyla kolayca kirlenebilecek özelliklere sahiptir. Bu kuyuda B ve O- PO_4 iyonlarındaki yükseliş dikkat çekmektedir. Bu artış evsel atıksu kaynaklı

kirlenmenin kuyuyu etkilediğini göstermektedir. B-15 kuyusu da litolojik logu ve üst kısımdaki filtrelenme özelliği ile kirlenmeye elverişli şartlar oluşturmaktadır. Bu kuyuda EC, Cl, T.Sr., NH₃ ve özellikle NO₃'deki artış dikkat çekmektedir. B-18 nolu kuyunun logu ve filtrelenme özelliği bilinmemektedir. Porsuk çayından oldukça uzak bir bölgede bulunan bu kuyuda da kirlenme vardır. Kuyudaki Cl ve NO₃ kirliliği özellikle dikkat çekmektedir. B-71 nolu kuyuda ilk 13 m.'lik kısımda kumlu kil ve kil seviyeleri yer alır. Bunun altındaki kumlu çakıllı kil seviyesinden itibaren kuyu filtrelenmiştir. Kuyu 30 m.'nin altındaki seviyelerden suyunun büyük bir kısmını almaktadır. B-71 kuyusunda NO₃ ve NO₂ kirliliği dikkat çekmektedir. EC, Cl, NO₃ iyonlarında büyük düşüş gözlenmektedir.

Şekil 6.134'te FF' kesiti boyunca B-26, B-23, B-67, YC-1, MT-1 kuyularındaki bazı kirlilik parametrelerinin değişimi gösterilmiştir. B-26 kuyusunda en üstteki 9 m.'lik kil seviyesinin altında çakıl seviyesi başlamaktadır. Bu çakıl seviyesinden itibaren kuyu filtrelenmiştir. Bu kuyuda EC, Cl, T.Sr., NH₃, NO₂, B, O-PO₄, Org. M. derişimi yüksek, Çöz. O. düşüktür. B-26 kuyusu en yoğun yerleşimin bulunduğu bölgede bulunmaktadır. Bulduğu bölge, akifer özellikleri ve filtre özellikleri nedeniyle B-26 kuyusu evsel atıksular tarafından yoğun şekilde kirlenmektedir. Bu kuyuda NH₃, NO₂, O-PO₄, B, Org. M. ve ayrıca Det. bulunuşu kuyudaki yeraltısuyunun evsel atıksularla kirlendiğini göstermektedir. B-23 kuyusunun litolojik logu ve filtre durumu bilinmemektedir. B-23 kuyusunda kirlilik, B-26 kuyusuna oranla bir miktar azalmakla birlikte önemli düzeydedir. Bu kuyuda NO₃ kirliliği de ayrıca yüksek düzeye ulaşmaktadır. B-67 kuyusu Porsuk çayından ve sulama kanallarından birkaç km. uzakta bulunmasına rağmen yoğun kirliliğin görüldüğü kuyulardan biridir. Bu kuyuda ilk 7 m.'lik killi seviyenin altında filtrenin yer aldığı çakıl seviyesi başlamaktadır. Kuyu

filtre durumu ve litolojisi dolayısıyla yüzeyden ve fosseptiklerden olacak sızıntılardan kolayca etkilenebilecek özelliklere sahiptir. YC-1 kuyusu, Yarıacık Cezaevi bahçesinde açılmış ve yakın çevresinde yerleşim olmayan bir kuyudur. Kuyuda filtre seviyeleri 26 m. den derindeki seviyelerde tutularak üstteki koruyucu rolü arttırılmıştır. Şekilde görüldüğü gibi YC-1 kuyusundaki su kalitesi B-67 kuyusuna göre büyük farklılık sunmaktadır. Özellikle EC, Cl, T, Sr, B, NH₃, NO₂, NO₃ miktarları şehir içindeki kuyulara göre büyük ölçüde azalmaktadır. MT-1 kuyusu Muttalip köyüne icmesuyu sağlamada kullanılmaktadır, kuyudan alınan yeraltısuyu oldukça iyi kalitededir. Şekilde görüldüğü gibi filtre başlangıç seviyesinin üzerindeki killi seviye oldukça iyi korunma sağlayabilecek özelliktedir, kuyuda düşük düzeyde bulunan NH₃, NO₂, NO₃, O-PO₄'ün tarımsal çalışmalardan ve Sol kanaldan olan yeraltısuyu besleniminden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şekil 6.135 GG' kesitinde bulunan B-33, B-34, SC-1, B-24, YC-1 kuyularında bazı parametrelerin değişimini göstermektedir. B-33 ve B-34 kuyularının litolojik logları ve filtre seviyeleri benzer özelliklere sahiptir. Bu iki kuyuda kirleticilerin ortalama derişimi (Cl ve NO₃ dışında) yaklaşık aynıdır, SC-1 kuyusu Seker Ciftliğinin ekim yaptığı arazide bulunmaktadır. Kuyunun logunda görüldüğü gibi yüzeydeki toprak örtünün altında kum ve daha aşağıda çakıl seviyesi başlamaktadır. Filtre çakıl seviyesinden itibaren yerleştirilmiştir. EC, Cl, T.Sr., NH₃ değerleri B-34 kuyusuna göre artış göstermektedir. Kuyudan çekilen su sulamada kullanılmaktadır. Kuyudaki kirliliğin ciftlik arazisindeki tarım çalışmaları, ciftlik hayvanlarının organik atıkları ve Forsuk çayından kaynaklandığı düşünülmektedir. B-24 kuyusu yerleşim alanı içerisinde bulunmaktadır. Kuyunun ilk 10 m lik kil seviyesin altında çakıl seviyesi başlamaktadır ve filtre seviyesi burada başlatılmıştır. Bu kuyudan Cl ve NO₃

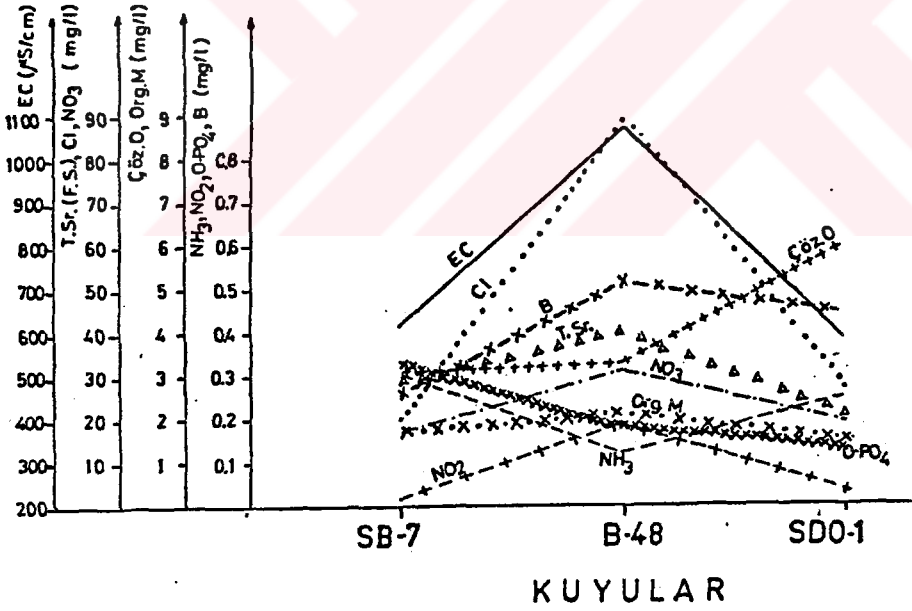
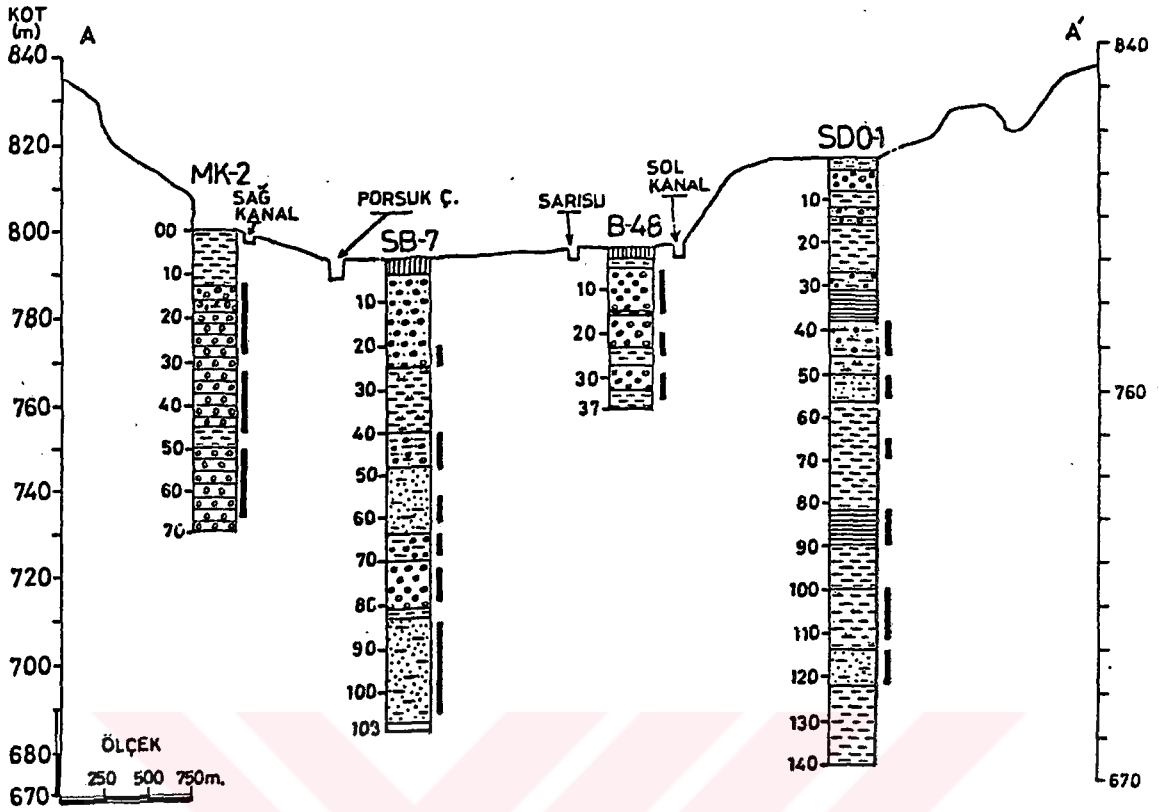
derişiminde büyük artış, NO_2 derişiminde azalış görülmektedir. Kuyunun bulunduğu semtte yaygın şekilde büyükbaş hayvan besiciliği yapılmaktadır. Kuyu Forsuk çayı ve kanallardan 4-5 km. uzaktadır. B-24 kuyusundaki kirliliğin evsel atıklardan ve besi hayvanlarının artıklarından kaynaklandığı düşünölmektedir.

Hazırlanmış olan 7 adet hidrolojik kesit ve grafik gözönünde tutulduğunda; kuyu derinliği, filtre seviyeleri, filtre seviyeleri üzerindeki koruyucu toprak veya kil tabakasının varlığı ve kalınlığı, akarsu ve kenarlara uzaklık, kuyu çevresinde kirletici kaynakların varlığı (fosseptikler, tarımsal çalışmalar, hayvansal ve tarımsal atıklar) ve akiferin hidrolik iletkenliği gibi faktör ve özelliklerin kuyulardaki kirlilik düzeyini etkilediği sonucuna varılmaktadır.

Eskişehir ovasındaki akarsu, kanal ve yeraltısularına (sicaksular hariç) ait analizlerin ortalama değerleri kullanılarak dairesel diyagramlar çizilmiş ve "Eskişehir Ovası Su Kimyası Haritası" (Ek. 4) hazırlanmıştır. Diyagramlar sudaki anyon ve katyonların toplam miktarı (çap uzunluğu) ve yüzde değerleri kullanılarak hazırlanmıştır. Harita ovadaki tüm suları topluca görme ve karşılaştırma yapma olanağı sağlamaktadır. Forsuk çayına ait diyagramlar ova girişinden çıkışına doğru izlendiğinde, akarsuda ova çıkışına doğru artan kirliliğe paralel olarak diyagramların da büyüdüğu, dolayısıyla toplam iyon miktarının arttığı görülür. Yeraltısularında kirliliğin en fazla olduğu bölgelerdeki kuyuların diyagramları en büyüktür. Yerleşim alanı kenar kesiminde veya dışındaki kuyuların diyagramları daha küçüktür. Sonuç olarak bu kuyuların suları, şehir içindekilere göre daha az tuzluluk ve sertliğe sahip olan nispeten iyi kalitede sulardır.

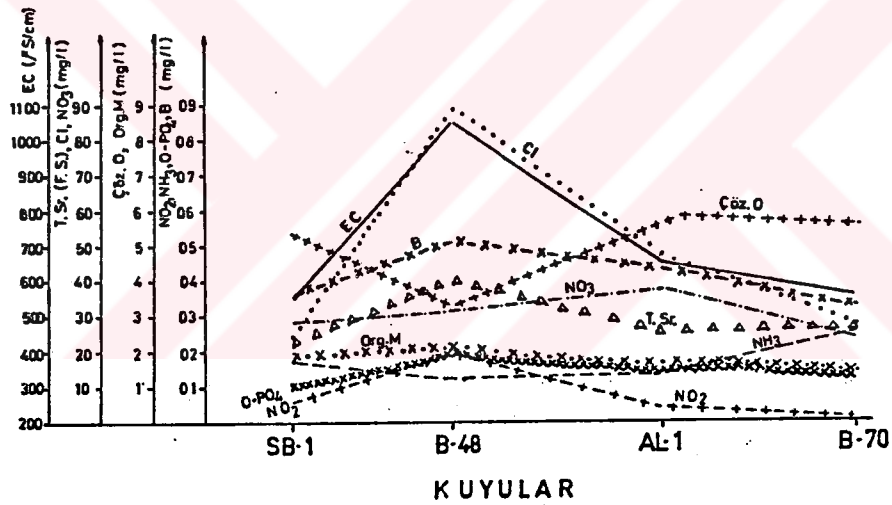
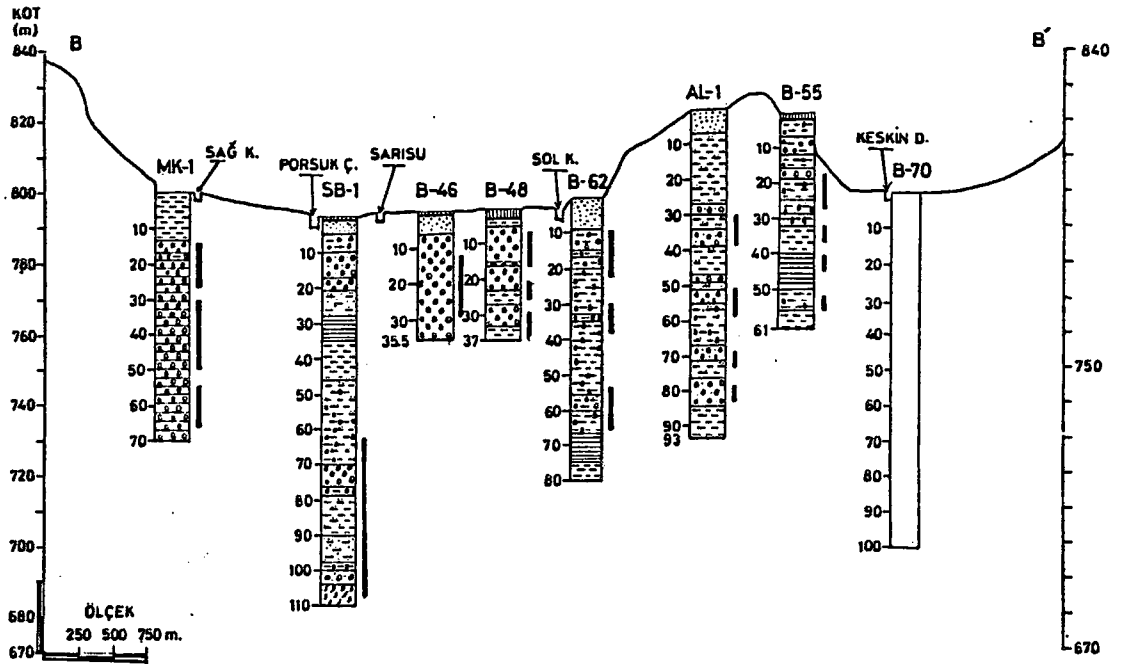
	Toprak		Marn		Blok, çakıl		Siltli çakıllı kil
	Siltli kil		Kumlu çakıllı kil		Siltli kum		Çakıllı kum
	Çakıl		Kireçtaşı		Marnlı kil		Şist
	Kil		Marnlı kireçtaşı		Konglomera		Kum
	Çakıllı kil		Killi çakıl		Serpantin		Kumlu kil
	Kumlu çakıl		Killi kum		Breş		Kumtaşı
			Killi kumlu çakıl		Filtre		

Şekil 6.128 Hidrojeoloji kesitlerinde kullanılan işaretler

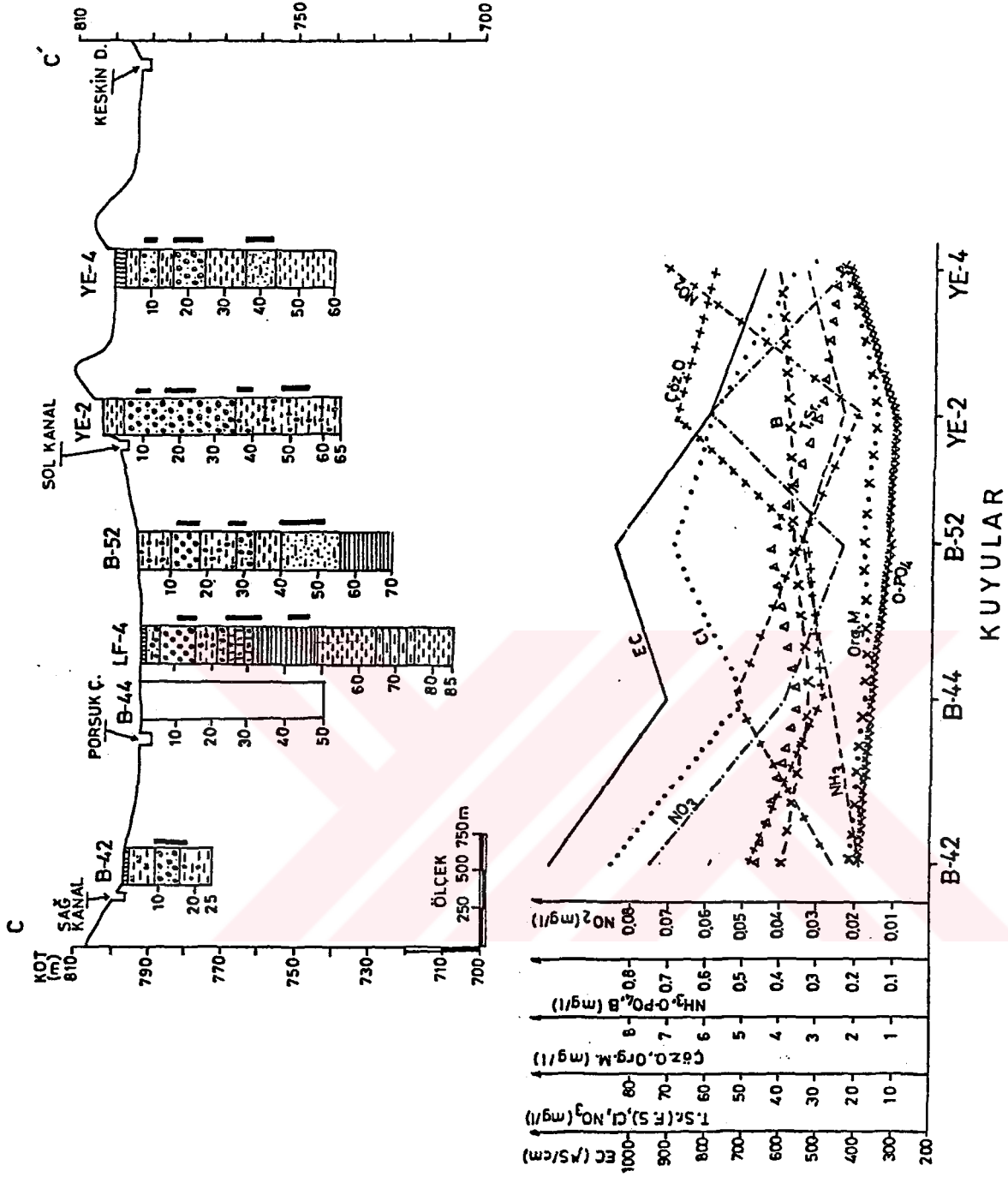


Şekil 6.129

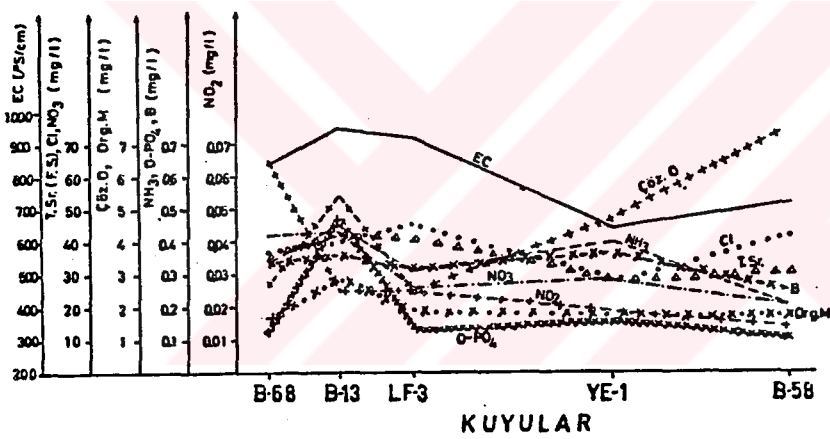
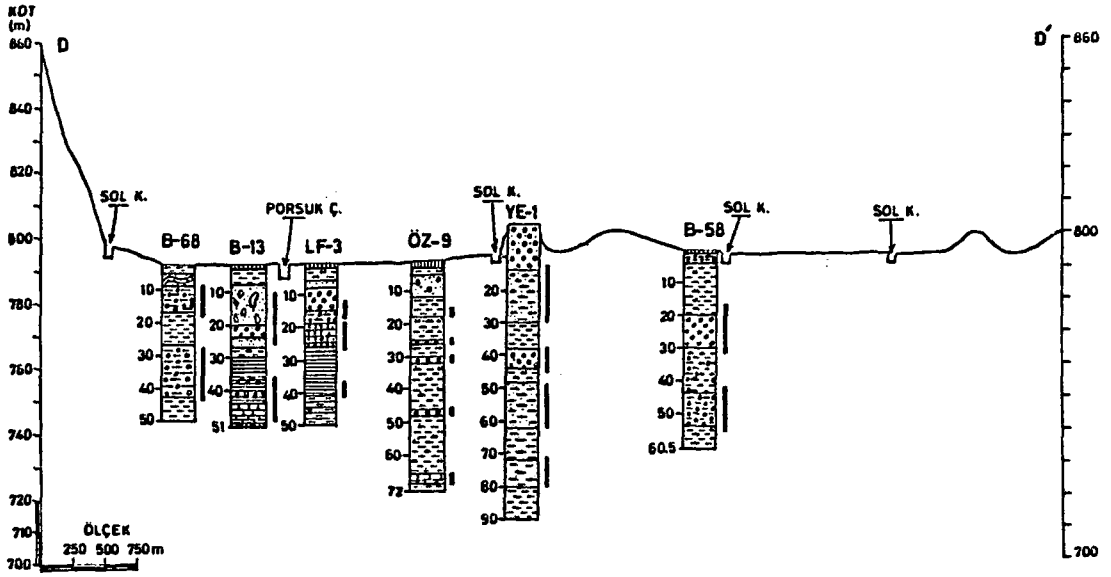
AA' hidrojeoloji kesiti boyunca yeraltısuyunda EC, Cl, T. Sr., B, NH_3 , NO_2 , NO_3 , O- PO_4 , Çöz. O., Org. M. değişimi (ortalama değerler)



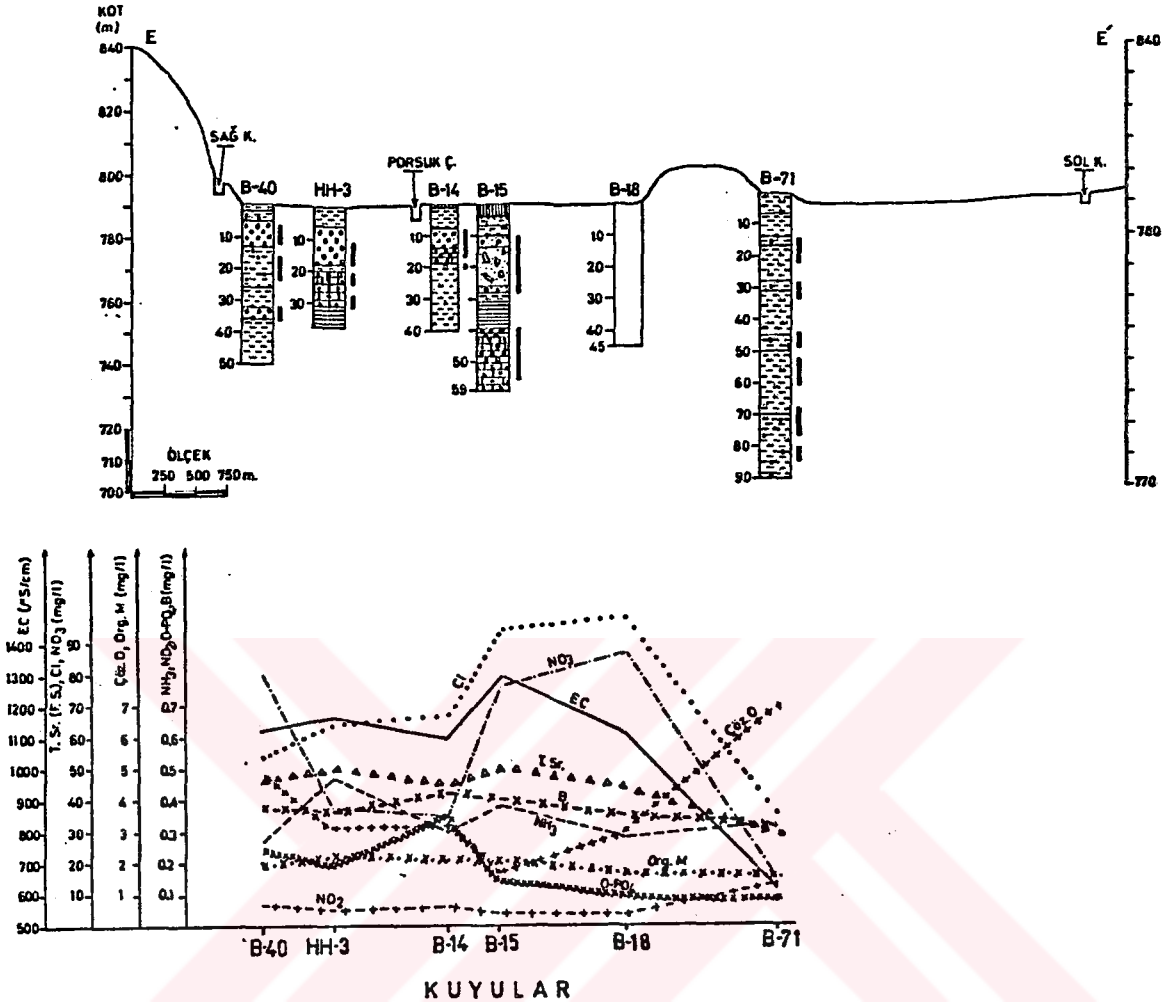
Sekil 6.130 BB hidrojeoloji kesiti boyunca yeraltısuyunda EC, Cl, T. Sr., B, NH₃, NO₂, NO₃, O-PO₄, Çöz. O₂, Org. M. değişimi (ortalama değerler)



Sekil 6.131 CC hidrojeoloji kesiti boyunca yeraltısuyunda EC, Cl, T.Sr., B, NH₃, NO₂, NO₃, O-PO₄, Çöz. O., Org. M. değişimi (ortalama değerler)

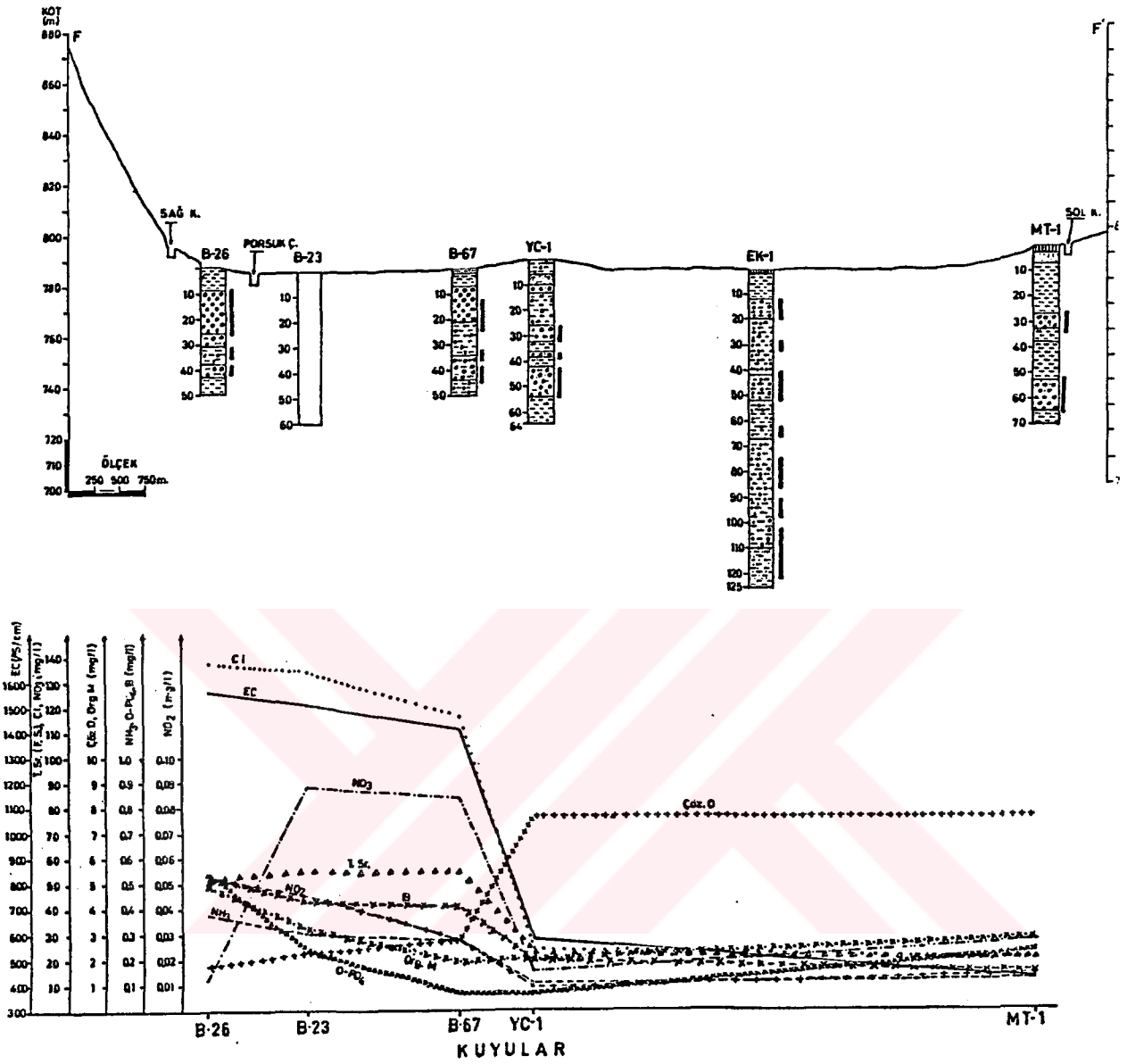


Sekil 6.132 DD' hidrojeoloji kesiti boyunca yeraltısuyunda EC, Cl, T. Sr., B, NH₃, NO₂, NO₃, O-PO₄, Çöz. O., Org. M. değişimi (ortalama değerler)

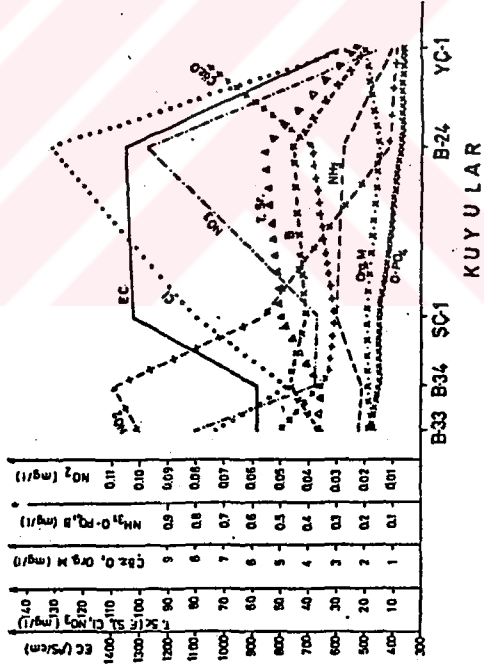
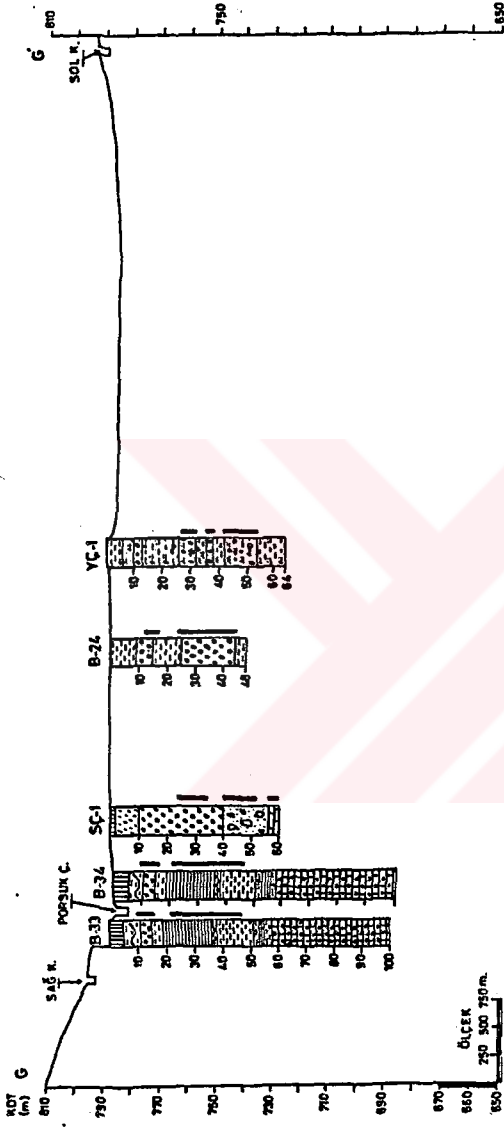


Şekil 6.133

EE hidrojeoloji kesiti boyunca yeraltısuyunda EC, Cl, T. Sr., B, NH₃, NO₂, NO₃, O-PO₄, Cöz. O., Org. M. değişimi (ortalama değerler)



Sekil 6.134 FF hidrojeoloji kesiti boyunca yeraltısuyunda EC, Cl, T. Sr., B, NH₃, NO₂, NO₃, O-PO₄, Çöz. O., Org. M. değişimi (ortalama değerler)



Sekil 6.135 66' hidrojeoloji kesiti boyunca yeraltısuyunda EC, Cl, T. Sr. M, NO₂, NO₃, O-PO₄, Çöz. O., Örg. M. değişimi (ortalama değerler)

6.4.2. Mevsimsel değişimler

Eskişehir ovasındaki yeraltısuyu kalitesi ve kirliliği mevsimsel değişimler göstermektedir. Tezin arazi çalışmaları sırasında iki yıl boyunca yapılan periyodik (mevsimsel) ölçüm ve örnekleme çalışmaları ile mevsimsel değişimler saptanmaya çalışılmıştır.

Ovadaki yeraltı suyunun beslenme koşulları mevsimsel değişimler göstermektedir. Yağıstan beslenim ovaya genelde kış ve ilkbahar aylarında (Kasım - Mayıs) meydana gelen yağıstan olmaktadır. Porsuk çayı ve kanallardan beslenim sulama mevsimine bağlı olarak değismektedir. Sağve Sol kanal ile ovaya giren su yaz aylarında (sulama mevsiminde) artış gösterir. Sarısu ile İnönü ovasından giren su yaz ve sonbaharda azalır, kış ve ilkbaharda çoğalır. Porsuk Çayının Eskişehir AGİ den ölçülen akımları yaz aylarında genelde azalmakta, kış aylarında biraz artmaktadır (Cizelge 6.9). Bu koşullar altında sulama kanalları akımlarındaki artışlar yaz aylarında yeraltı suyu beslenimini olumlu yönde, Porsuk Çayı ve Sarısu akımlarındaki azalış beslenimi olumsuz yönde etkilemektedir. Fosseptiklerden sızan evsel atıksular da yeraltısuyu beslenimine katkıda bulunmaktadır.

Ovadaki yeraltısuyu kalitesi ve kirliliği; yeraltısuyunun beslenme koşulları, kirlettici kaynaklardan gelen kirlilikteki mevsimsel değişimler, iklim koşulları, yeraltısuyu düzeyi değişimleri, tarımsal çalışmalar gibi faktörlere bağlı olarak mevsimsel değişmeler göstermektedir.

İncelenen parametrelerden Bul., TKM, AK, genellikle yağışlı dönemlerdeki Subat, Nisan, Mayıs aylarında yüksek, kurak dönemlerdeki Temmuz Ağustos ve Kasım aylarında düşük değerler almıştır. Cöz. Ü ve Org. M. genellikle kuyudan kuyuya değişen farklı dönemlerde

yuksek ve dusuk degerlere sahip olmaktadır. Bununla birlikte Cöz. O çoğunlukla yağışlı dönemlerde, Org. M. kurak dönemlerde yüksek derişimler gösterdiği söylenebilir. NH_3 ve NO_2 nin yüksek ve düşük degerlere sahip olduğu aylar kuyudan kuyuya değişim göstermekle birlikte, aynı kuyuda bu iki ıyonda çoğunlukla aynı özellikteki (kurak veya yağışlı) dönemlerde yüksek veya düşük derişimler gözlenmektedir. Kuyudan kuyuya farklılıklar bulunmakla birlikte, incelenen diğer parametreler çoğunlukla kurak dönemlerdeki (Temmuz, Agustos ve Kasım) analizlerde yüksek, yağışlı dönemlerdeki (Şubat, Nisan ve Mayıs) analizlerde düşük degerlere sahip olmaktadır.

Ovadaki yeraltısuyunda incelenen parametrelerin değerlerinde kurak ve yağışlı dönemler arasındaki değişimler parametrelere göre farklı büyüklükler göstermektedir. pH genellikle büyük değişimler göstermez. T, EC, katı maddeler (TKM, TCK, AK) ve ana katyon ve anyonlar (Na, K, Ca, Mg, HCO_3 , Cl, SO_4), T, Sr, B, Cöz.O., Org. M. bir veya birkaç kat değişim gösterir. Azot bileşikleri (NH_3 , NO_2 , NO_3) O- PO_4 , ve ağır metal derişimlerinde ise kurak ve yağışlı dönemler arasında birkaç kat ile 10 kat arasında değişen farklılıklar görülür.

Eskişehir ovasındaki yeraltısuyu kalitesinin ve kirliliğinin mevsimsel değişimini görsel olarak anlatmak amacıyla, ovanın üç farklı bölgesinde yer alan kuyular (B-14, B-24, B-37) seçilerek bazı parametrelerin bu kuyulardaki mevsimsel değişimlerini gösteren grafikler hazırlanmıştır (Şekil 6.136-6.153). B-14, B-24, B-37 kuyularında parametrelerin mevsimsel değişimini gösteren grafikler birlikte incelendiğinde bazı genel sonuçlara ulaşmak mümkün olmaktadır.

Yeraltısuyu sıcaklığı (T) mevsimden mevsime 2-3 C ye varan değişimler göstermektedir. Düşük sıcaklıklar genel-

likle soğuk ve yağışlı dönemlerde (Subat ve Nisan), yüksek sıcaklıklara ise sıcak ve kurak dönemlerde (Temmuz, Ağustos) görülmektedir. pH değeri 7.00-9.00 arasında değişmekte olup, genellikle 7.50 civarındadır (Sekil 6.136, 6.142, 6.148).

Yeraltısuyunda EC ve TCK değerlerinin mevsimsel değişimi genelde paralellik göstermektedir. Düşük değerler yağışlı dönemlerde, yüksek değerler ise kurak dönemlerde gözlenmiştir (Sekil 6.137, 6.143, 6.149). Na, Cl ve T.Sr.'nin mevsimsel değişimi de genelde paralel bir gidişe sahiptir (Sekil 6.138, 6.144, 6.150). Na, Cl ve T.Sr. de EC ve TCK da olduğu gibi genelde Subat ve Nisan gibi yağışlı dönemlerde düşük, Temmuz, Ağustos ve Kasım gibi kurak dönemlerde yüksek değerlere sahip olmaktadır. SO_4 miktarının mevsimsel değişimi konusunda herhangi bir genelleme yapmak mümkün olmamakta, yüksek ve düşük değerlerin gözleendiği dönemler kuyudan kuyuya farklılıklar göstermektedir (Sekil 6.136, 6.144, 6.150).

Yeraltısuyunda NH_3 miktarı mevsimden mevsime oldukça büyük değişimler (birkac kat ile 10 kat arasında) göstermektedir. Yüksek ve düşük değerlerin gözleendiği dönemler hakkında herhangi bir genelleme yapmak mümkün olmamaktadır. Bazı kuyularda yağışlı dönemlerde (örneğin B-24 ve B-37 kuyularında), bazılarında ise kurak dönemlerde (örneğin B-14 kuyusunda yüksek değerler gözlenmiştir (Sekil 6.139, 6.145, 6.151). NO_2 iyonu da bazı kuyularda oldukça büyük (10 kata kadar yükselen) mevsimsel farklılıklar göstermektedir. Bu iyonun mevsimsel değişimleri yer yer NH_3 değişimi ile uyum göstermektedir. $O-PO_4$ iyonunun yüksek ve düşük miktarlarının gözleendiği mevsimler kuyudan kuyuya değişmektedir. Bazı kuyularda $U-PO_4$ ve NO_2 'nin mevsimsel değişimleri arasında uyumluluk ve paralellik olduğu gözlenmektedir.

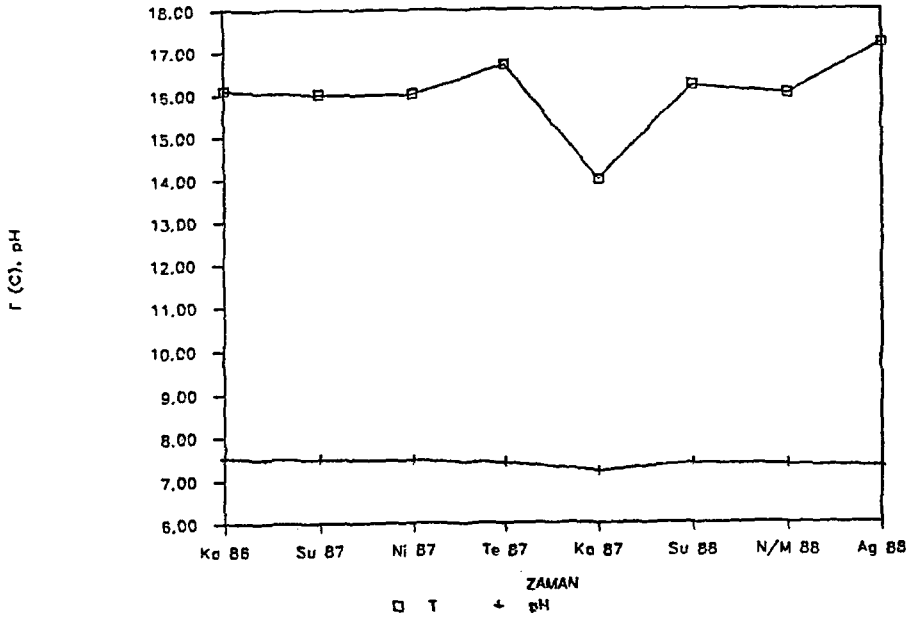
Yeraltısuyunda Cöz. O. miktarında 3-5 mg/l, Org. M. miktarında ise 2-3 mg/l düzeyinde mevsimsel değişim gözlenebilmektedir. Cöz. O. ve Org. M.'nin mevsimsel değişimi yer yer paralellik göstermektedir (Şekil 6.140, 6.146, 6.152).

Ovadaki yeraltısuyunda NO_3 iyonu derişimi büyük mevsimsel değişimler göstermektedir. NO_3 derişiminin mevsimden mevsime 10-200 mg/l arasında değişim gösterdiği kuyular gözlenmiştir. Bu kuyular çoğunlukla yerleşim alanı içerisinde yer alan ve Eskişehir Belediyesi tarafından şehre su sağlamada kullanılan kuyulardır. yerleşim alanı dışındaki kuyularda NO_3 iyonu derişimleri mevsimden mevsime şehir içindeki kuyulara göre daha küçük değişimler gösterir.

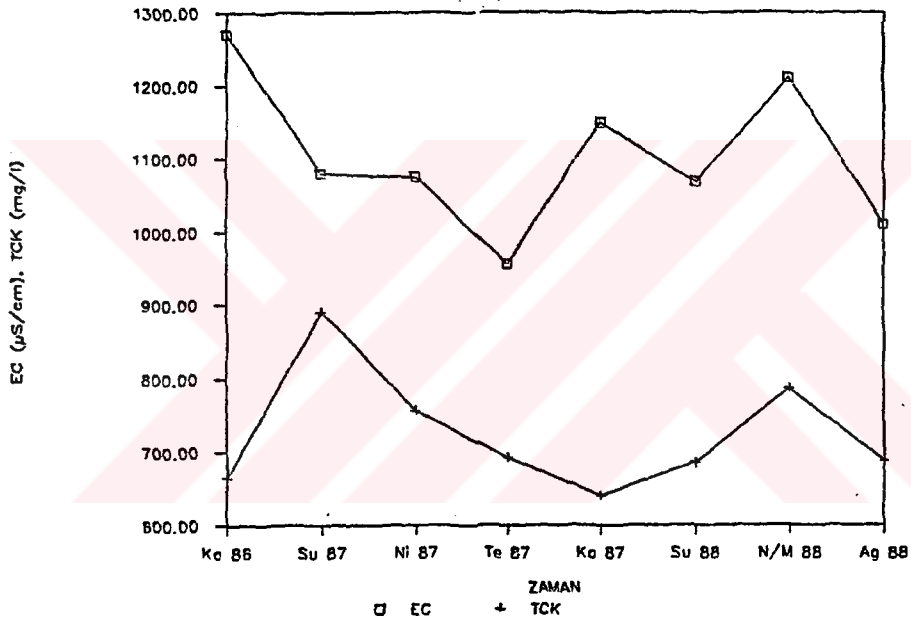
NO_3 iyonu genellikle yağışlı dönemlerde (Subat ve Nisan dönemi gözlemlerinde) düşük, kurak dönemlerde (Temmuz, Ağustos ve Kasım gözlemlerinde) yüksek derişimlere sahip olmaktadır. Maksimum değerler kuyuların çoğunda Kasım 1987 dönemi ölçümlerinde saptanmıştır (Şekil 6.141, 6.147, 6.153). Kuyularda EC ve NO_3 'ün maksimum değerlere sahip olduğu dönemler genelde çakışmaktadır.

6.5. Sıcaksu Bölgesindeki Yeraltısuyunun Özellikleri ve Değerlendirilmesi

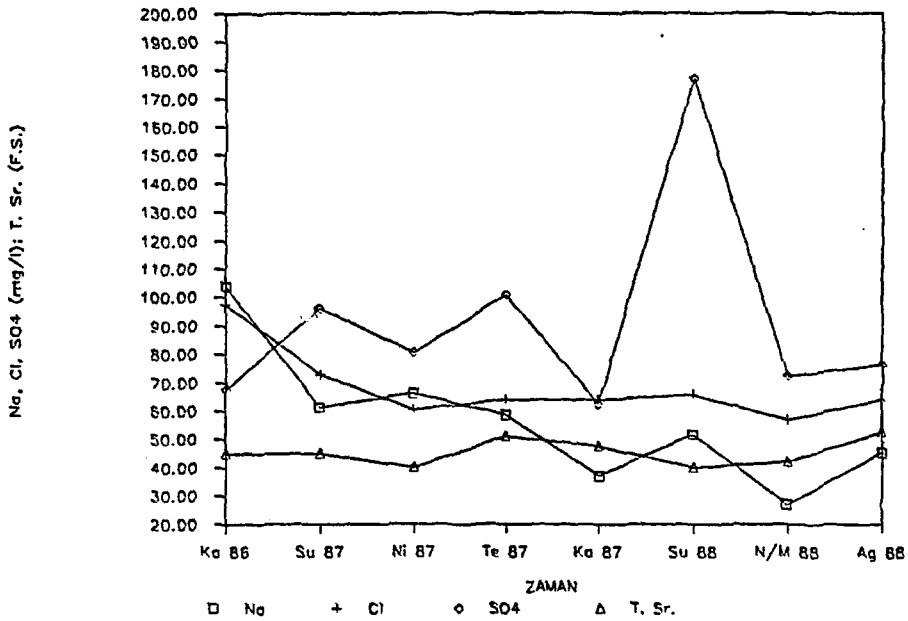
Ovadaki yeraltısuyunu kirleten akarsu, kanal ve fosseptikler Sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyunu da kirletmektedir. Sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyunun kimyasal özellikleri ve kirlilik durumu, Eskişehir Belediyesinin bu bölgede bulunan 7 adet sondaj kuyusundan (ES-3, B-2, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8) alınan su örneklerinde yapılan ölçüm ve analizler ile ortaya konmuştur.



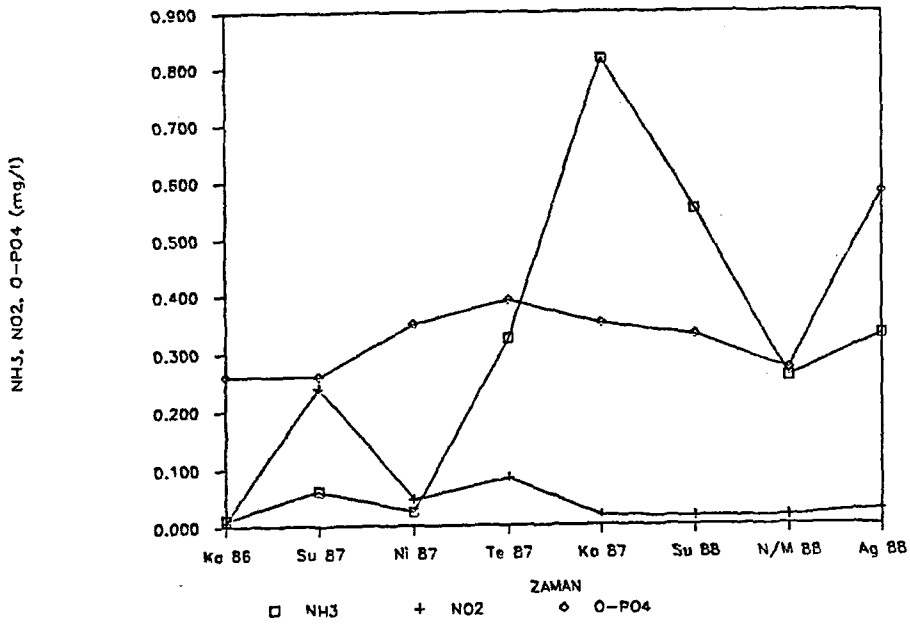
Şekil 6.136 R-14 kuyusunda T ve pH'nin mevsimsel değişimi



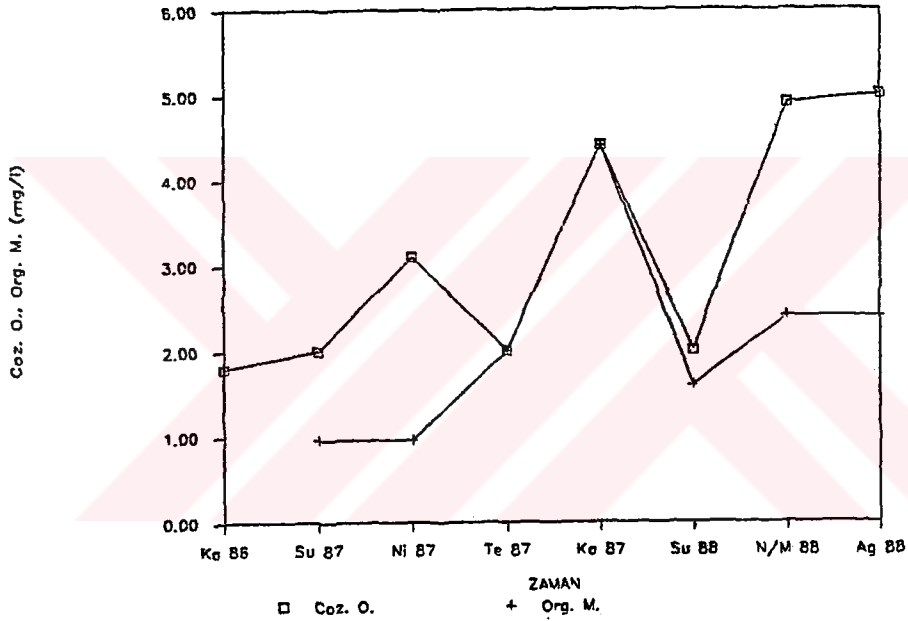
Şekil 6.137 R-14 kuyusunda EC ve TCK'nın mevsimsel değişimi



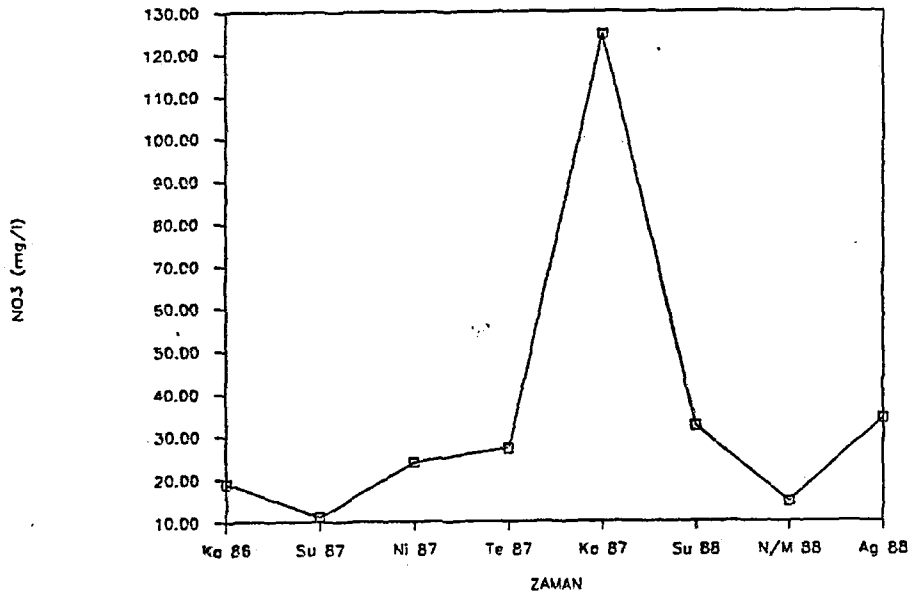
Şekil 6.138 R-14 kuyusunda Na, Cl, SO4 ve T. Sr.'nin mevsimsel değişimi



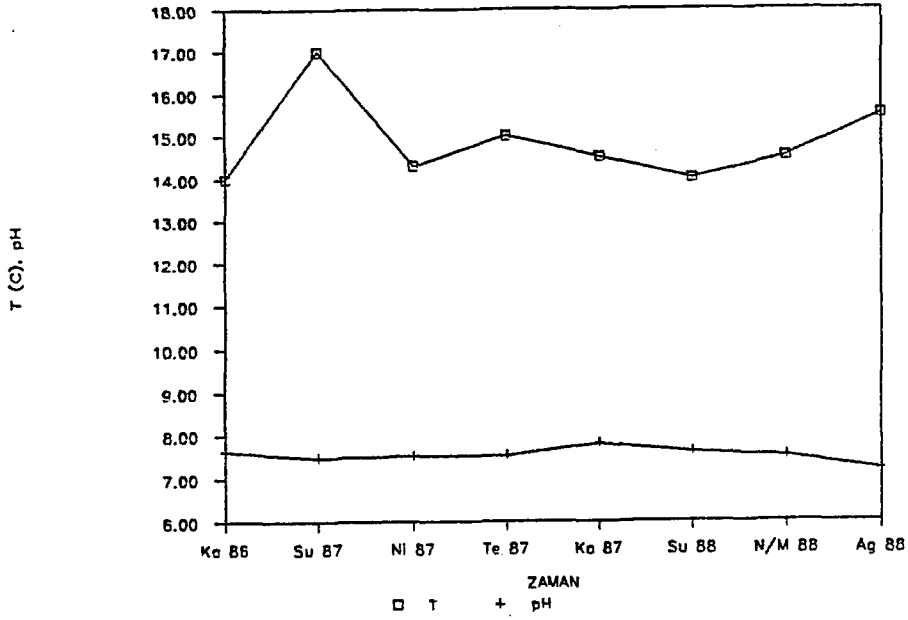
Sekil 6.139 B-14 kuyusunda NH₃, NO₂ ve O-PO₄'ün mevsimsel değişimi



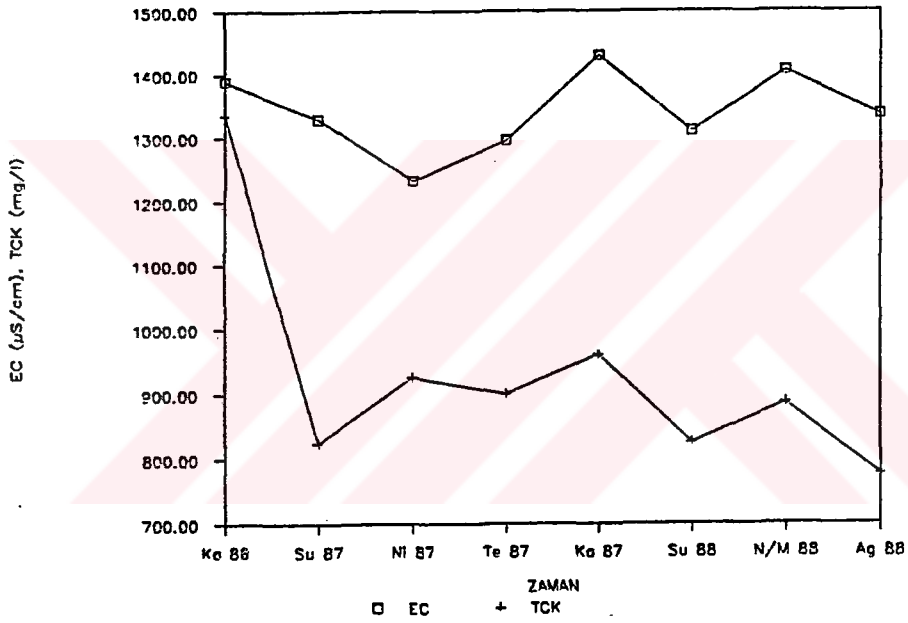
Sekil 6.140 B-14 kuyusunda Coz. O. ve Org. M.'nin mevsimsel değişimi



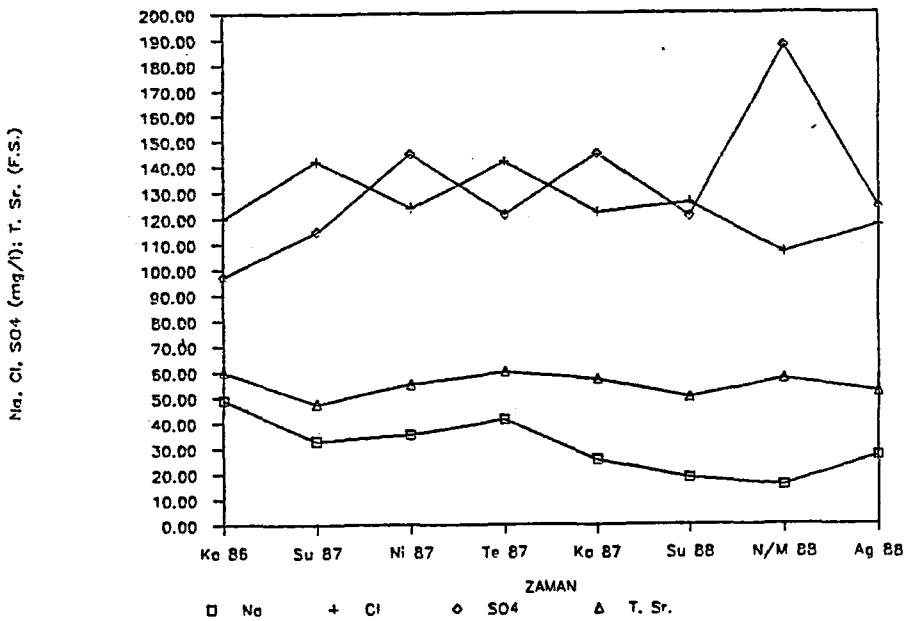
Sekil 6.141 B-14 kuyusunda NO₃'ün mevsimsel değişimi

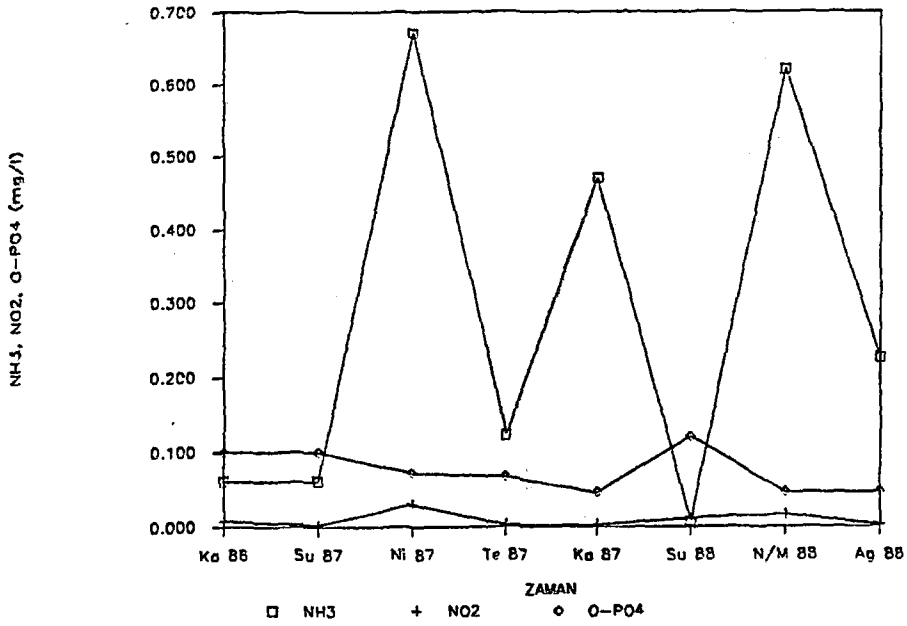
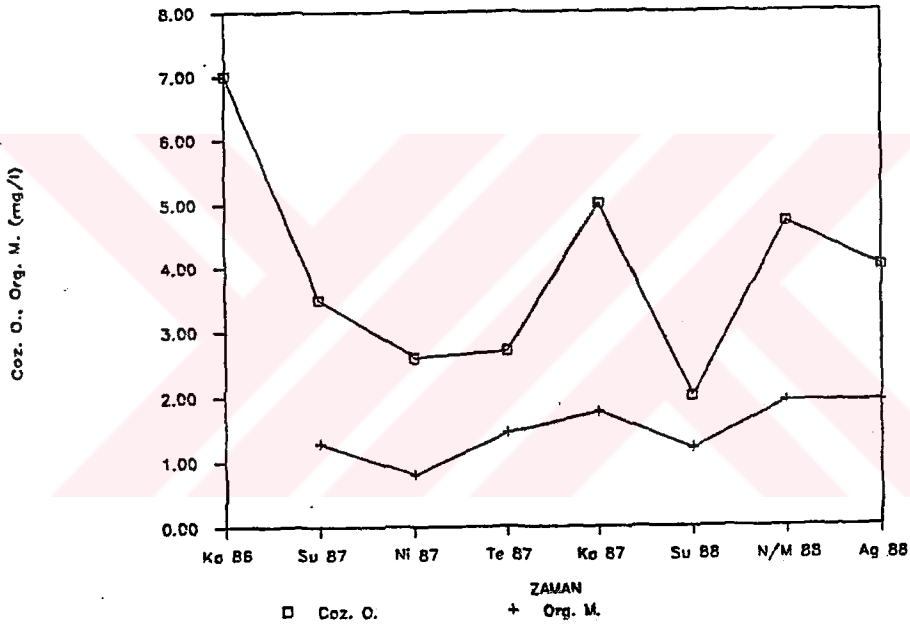


Şekil 6.142 B-24 kuyusunda T ve pH'in mevsimsel değişimi

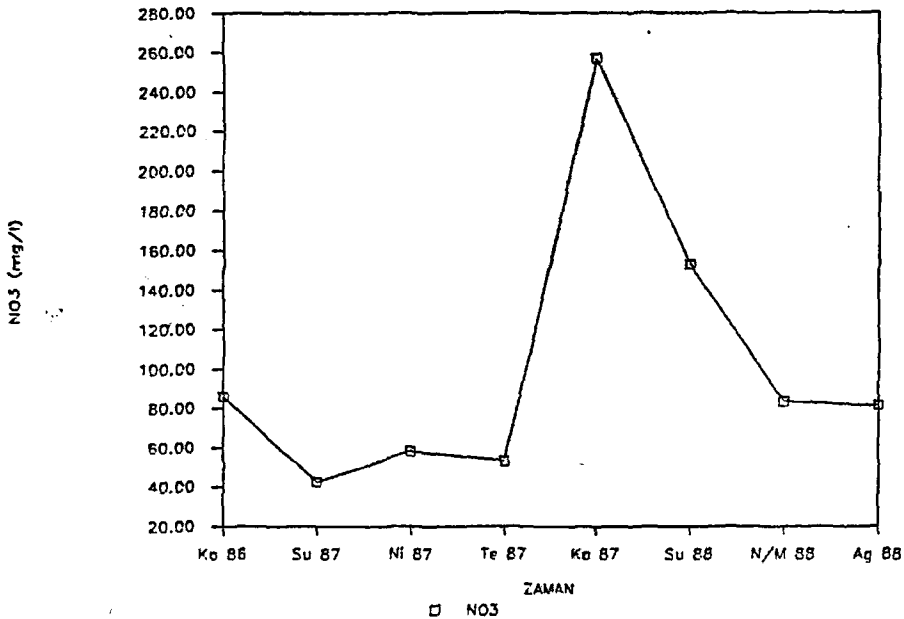


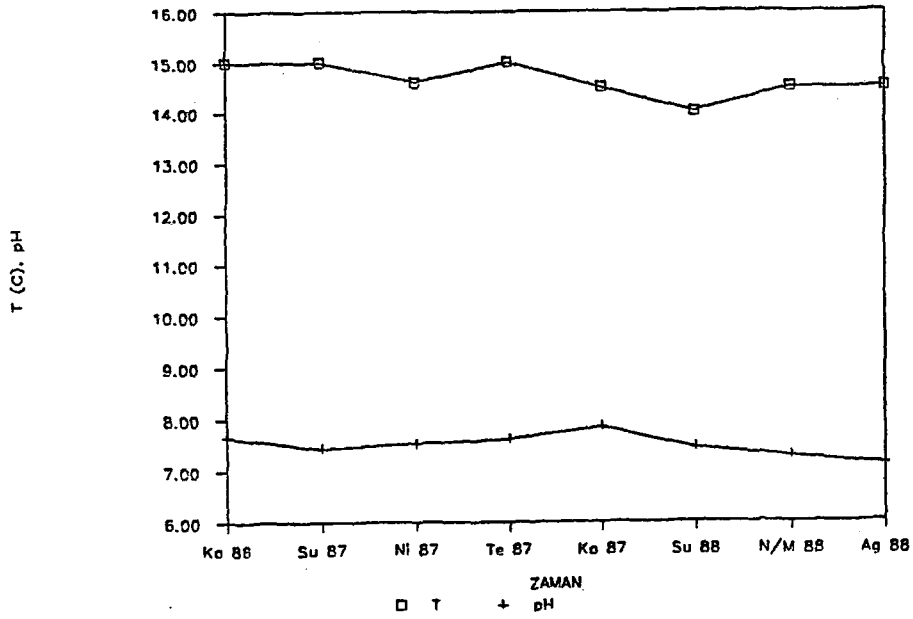
Şekil 6.143 B-24 kuyusunda EC ve TCK'nin mevsimsel değişimi

Şekil 6.144 B-24 kuyusunda Na, Cl, SO_4 ve T. Sr.'nin mevsimsel değişimi

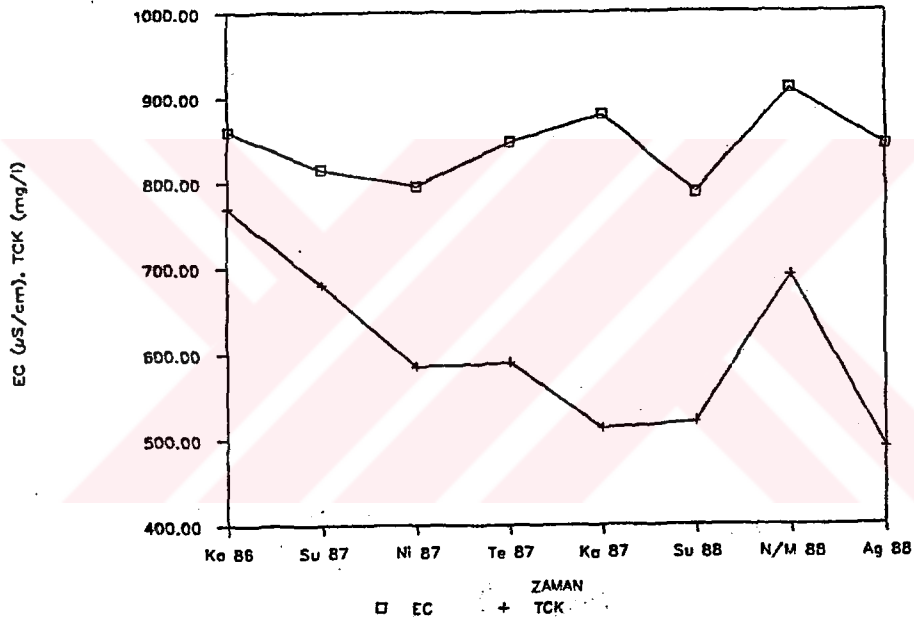
Şekil 6.145 B-24 kuyusunda NH_3 , NO_2 ve O-PO_4 'ün mevsimsel değişimi

Şekil 6.146 B-24 kuyusunda Coz. O. ve Org. M.'nin mevsimsel değişimi

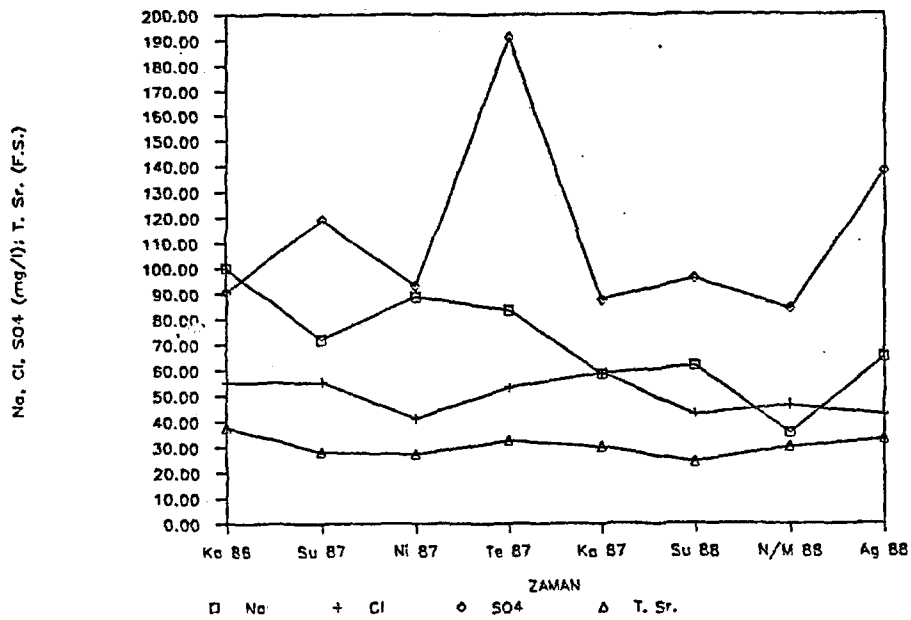
Şekil 6.147 B-24 kuyusunda NO_3 'ün mevsimsel değişimi

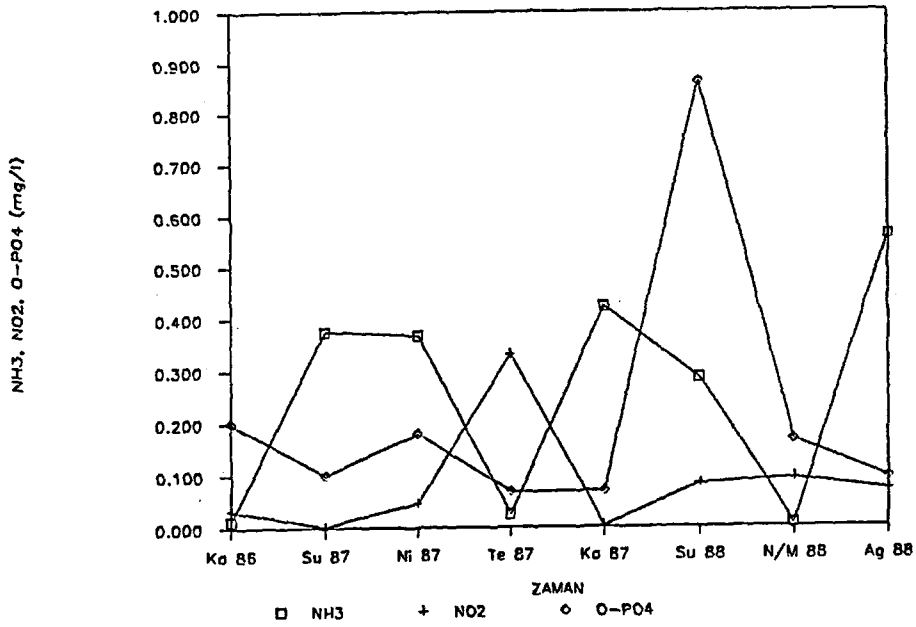
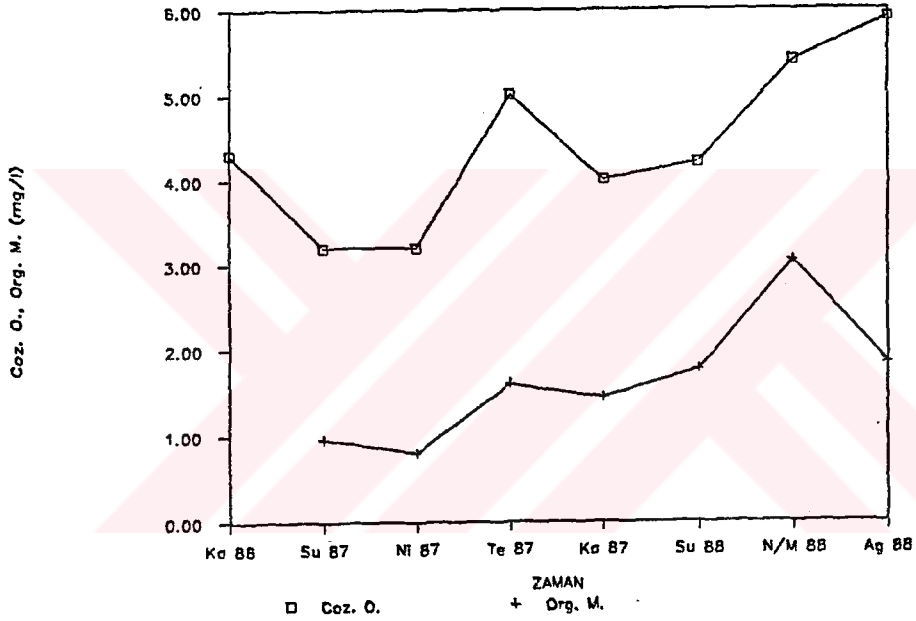


Şekil 6.148 B-37 kuyusunda T ve pH'nin mevsimsel değişimi

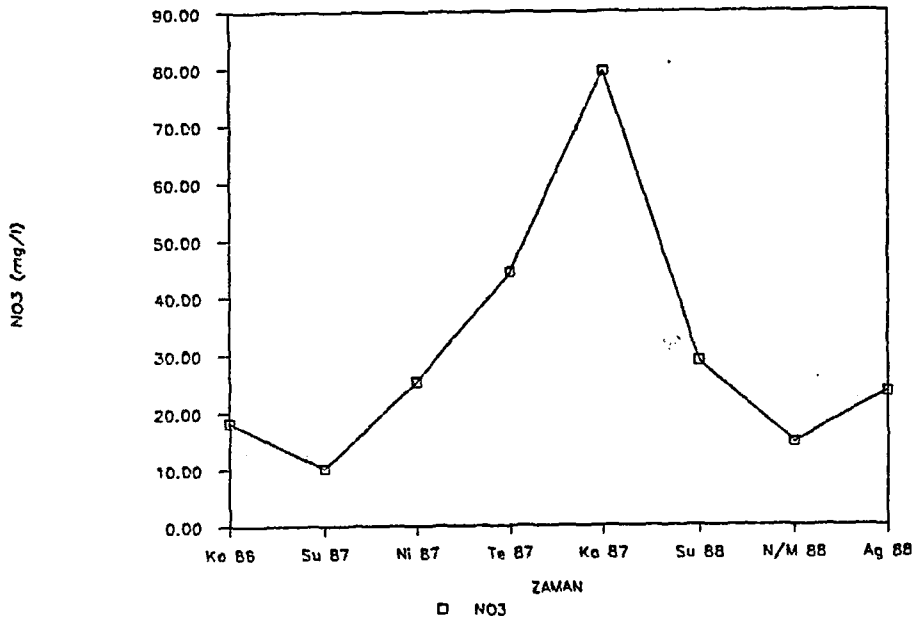


Şekil 6.149 B-37 kuyusunda EC ve TCK'nin mevsimsel değişimi

Şekil 6.150 B-37 kuyusunda Na, Cl, SO₄ ve T. Sr.'nin mevsimsel değişimi

Şekil 6.151 R-37 kuyusunda NH₃, NO₂ ve O-PO₄'ün mevsimsel değişimi

Şekil 6.152 B-37 kuyusunda Coz. O. ve Org. M.'nin mevsimsel değişimi

Şekil 6.153 B-37 kuyusunda NO₃'ün mevsimsel değişimi

Sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyunda Kasım 1987 - Ağustos 1988 döneminde parametrelerin aldığı minimum, maksimum, ortalama değerler Cizelge 6.13'de verilmiştir. Cizelge de görüldüğü gibi incelenen parametrelerin bazıları geniş bir aralıkta dağılım gösterir.

Sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyundan alınan örneklerin analiz sonuçları kullanılarak, ovadaki yeraltısuyunda olduğu gibi parametreler arası ikili korelasyonlar yapılmış, korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. (Cizelge 6.14). Cizelge de görüldüğü gibi sıcaksu bölgesi yeraltısuyunda EC-TCK, EC-Na, EC-Mg, EC-HCO₃, EC-Cl, EC-T.Sr., Na-Cl, Na-Det., Na-B arasında yüksek; EC-Ca, EC-SO₄, Mg-SO₄, Cl-SO₄, EC-NO₃, EC-(O-PO₄), Ca-SO₄, Cl-NO₃, Cl-(O-PO₄), Org.M.-NO₃, Fe-Cu, Fe-Ni arasında iyi veya orta derecede korelasyon vardır. Diğer parametre çiftleri arasındaki korelasyon zayıftır.

Sıcaksu bölgesi yeraltısuyuna ait 1 yıllık (Kasım 1987-Ağustos 1988 arası) ortalama değerler Cizelge 6.15 te verilmiştir.

6.5.1. Alansal değişimler

Sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyunda incelenen çeşitli parametrelerin dağılımını ve alansal değişimlerini ortaya koymak amacıyla bilgisayar kullanılarak derişim dağılım haritaları hazırlanmıştır (Sekil 6.154-6.157). Tez metni içerisinde yalnızca ortalama değerler kullanılarak hazırlanan dağılım haritaları verilmiştir. Mevsimsel değerler kullanılarak hazırlanan dağılım haritaları, ortalama değerlere göre hazırlananlarla büyük benzerlikler göstermektedir. Bu nedenle yalnızca ortalama değerlere göre hazırlanan haritalar verilmiştir.

Cizelge 6.13 Sıcaksu bölgesi yeraltısuyunda incelenen parametrelerin minimum, maksimum, ortalama değerleri

Parametre	Birimi	Ver. Sa.	Minimum	Maksimum	Ortalama
T	C	27	23.50	44.50	34.70
pH		27	7.10	7.54	7.25
EC	fS/cm	27	380.00	1235.00	702.26
Bul.	NBB	27	0.10	15.00	4.15
TKM	mg/l	27	57.00	920.00	501.37
TCK	mg/l	27	240.00	872.00	482.04
AK	mg/l	27	5.00	50.00	17.33
Na	mg/l	27	7.80	90.00	27.86
K	mg/l	27	1.40	37.50	12.75
Ca	mg/l	27	22.00	80.10	48.45
Mg	mg/l	27	18.20	82.60	42.56
CO ₃	mg/l	27	0.00	0.00	0.00
HCO ₃	mg/l	27	195.00	519.00	318.59
Cl	mg/l	27	8.90	128.00	40.05
SO ₄	mg/l	27	5.00	89.00	38.21
T. Sr.	F.S.	27	17.00	49.00	29.42
Det.	mg/l	13	0.010	1.530	0.307
B	mg/l	27	0.150	1.000	0.464
NH ₃	mg/l	27	0.006	0.920	0.383
NO ₂	mg/l	27	0.002	0.330	0.024
NO ₃	mg/l	27	1.400	50.000	16.659
O-PO ₄	mg/l	27	0.012	0.390	0.157
Coz. O.	mg/l	27	1.50	5.90	3.83
Org. M.	mg/l O ₂	27	0.70	5.20	1.86
Fe	mg/l	27	0.167	0.980	0.559
Cu	mg/l	27	0.007	0.250	
Cr ⁺⁶	mg/l	27	<0.001	0.056	
Pb	mg/l	27	<0.100	0.500	
Zn	mg/l	27	0.009	0.116	0.039
Ni	mg/l	26	0.028	1.250	
Cd	mg/l	27	0.004	0.150	0.051
Mn	mg/l	27	0.002	0.200	0.042

Çizelge 6.14 Sıcaksu bölgesi yeraltısuyunda parametreler arası korelasyon katsayıları

	EC	AK	Na	Cl	SO ₄	Org. M.	Cu	Ni	NH ₃	NO ₂	Fe	Cöz.O.	O-PO ₄
Bul.		0.693											
TCK	0.941												
Na	0.878												
Ca	0.738				0.486								
Mg	0.895				0.655								
HCO ₃	0.889												
Cl	0.941		0.942										
SO ₄	0.707			0.634									
1. Sr.	0.946												
Det.			0.985										
B			0.944										0.215
HU ₃	0.360			0.308		0.418			0.100	0.163	0.126	0.077	
O-PO ₄	0.516			0.448		0.091			0.131	0.082		0.114	
Fe							0.516	0.497				0.203	
NH ₃						0.141				0.200		0.110	
NO ₂						0.129						0.085	
Mn											0.239	0.336	
Cr ^{tb}											0.004		

Sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyunda sıcaklık dağılımı Eskişehir Belediyesi kuyularının ortalama sıcaklıkları ve Ölmez ve Yücel (1985) tarafından bölgedeki diğer kuyularda yapılan ölçümler kullanılarak hazırlanmıştır (Şekil-6.158). Bu bölgede, ES-3, B-2, B-7 nolu kuyuların bulunduğu kesimlerde en yüksek sıcaklık değerleri (42-44°C) gözlenmekte, bu kuyulardan etrafa doğru sıcaklık azalmaktadır.

Sıcaksu bölgesindeki sıcak suların şehir merkezinden geçen bir fay zonuna bağlı olarak yüzeye çıktığı (Şekil 3.9) birçok araştırmacı tarafından kabul edilmektedir (Özyazıcı, 1962; Demirörner, 1976; Gözler ve diğ., 1984, 1985; Ölmez ve Yücel, 1985). Şekil 7.118 de görüldüğü gibi araştırmacılara göre fay zonunun geçtiği kesimde su sıcaklıkları en yüksek olan kuyular bulunmaktadır. Merkezdeki kuyulardan etrafa doğru su sıcaklığı düşmektedir. Kuyulardan alınan su örneklerinde yapılan analizler, derinlerden gelen suya alüvyondaki suyun karıştığını ortaya koymaktadır.

Şekil 6.155 da Sıcaksu Bölgesi yeraltısuyunda EC, TCK, 1. Sr., Na, Ca, Mg dağılımı verilmiştir. Haritalarda görüldüğü gibi kuyulardaki sıcaklık azaldıkça derişim

Cizelge 6.15 Sıcaksu bölgesi yeraltısuyunda incelenen parametrelerin ortalama değerleri

Kuyu no	T (C)	pH	EC (FS/cm)	Bul. (NEB)	TKM (mg/l)	TCK (mg/l)	AK (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)
ES-3	43.38	7.31	429.88	4.98	357.58	325.88	15.25	11.38	6.58	39.18	24.68
B-2	42.92	7.42	428.33	1.92	361.88	327.68	18.88	13.73	4.47	39.72	27.33
B-4	25.88	7.27	1856.89	5.53	759.38	688.63	48.25	68.17	12.93	73.21	68.16
B-5	28.38	7.23	914.88	5.88	655.88	685.75	23.25	38.52	17.36	56.88	58.18
B-6	34.58	7.29	627.75	6.13	332.33	461.33	28.67	28.78	18.64	46.88	34.68
B-7	41.75	7.48	426.25	3.84	334.88	288.14	15.88	14.55	3.27	43.83	25.45
B-8	26.18	7.34	1855.88	2.38	732.58	695.58	15.58	42.24	28.82	56.48	62.78

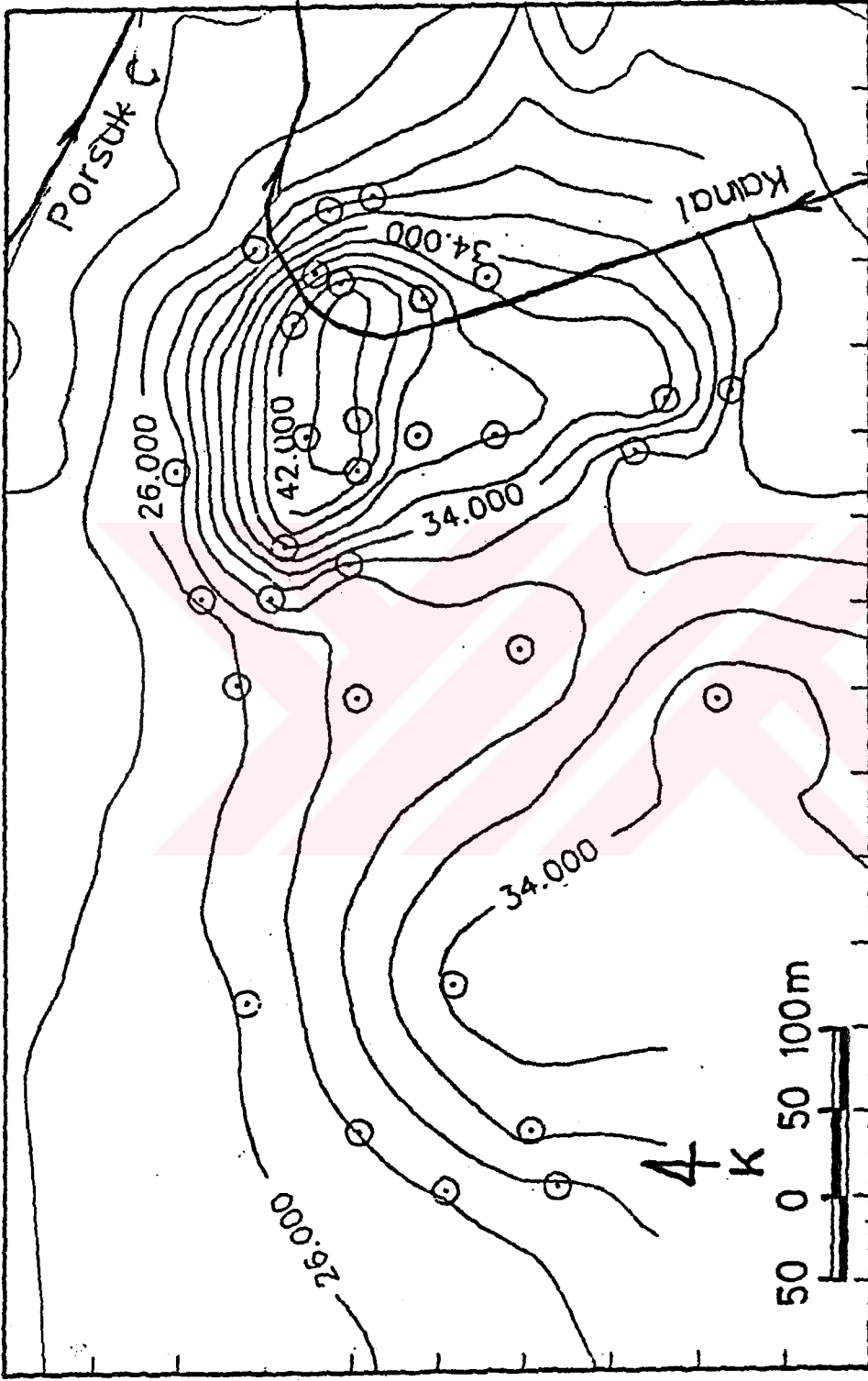
Kuyu no	CO ₃ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	T. Sr. (F.S.)	Det. (mg/l)	B (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	D-PO ₄ (mg/l)
ES-3	8.88	236.58	12.83	12.18	19.88	8.889	8.321	8.338	8.882	9.563	8.847
B-2	8.83	254.17	12.78	14.88	21.17	8.813	8.386	8.258	8.812	8.975	8.866
B-4	8.88	468.56	85.54	46.88	43.88	8.965	8.748	8.318	8.853	15.467	8.156
B-5	8.88	416.88	52.82	53.74	38.18	8.398	8.536	8.475	8.815	17.188	8.318
B-6	8.88	386.75	32.85	29.98	25.75		8.433	8.583	8.844	11.225	8.283
B-7	8.88	241.75	15.86	18.84	21.49	8.813	8.483	8.237	8.821	13.463	8.849
B-8	8.88	423.68	69.88	56.88	39.38	8.428	8.556	8.421	8.825	32.888	8.228

Kuyu no	Coz. O (mg/l)	Org. M (mg/l B2)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	Cr ⁺⁶ (mg/l)	Zn (mg/l)	Ni (mg/l)	Cd (mg/l)	Mn (mg/l)
ES-3	4.43	1.66	8.559	8.829	8.884	8.837	8.354	8.848	8.851
B-2	4.46	1.66	8.848			8.865			8.852
B-4	4.69	2.85	8.686		8.885	8.835			8.862
B-5	4.15	1.78	8.991			8.862			8.852
B-6	2.83	1.49	1.887		8.886				8.815
B-7	4.26	1.38	1.866			8.829	8.879		8.829
B-8	3.38	2.74	1.867	8.148		8.839			8.829

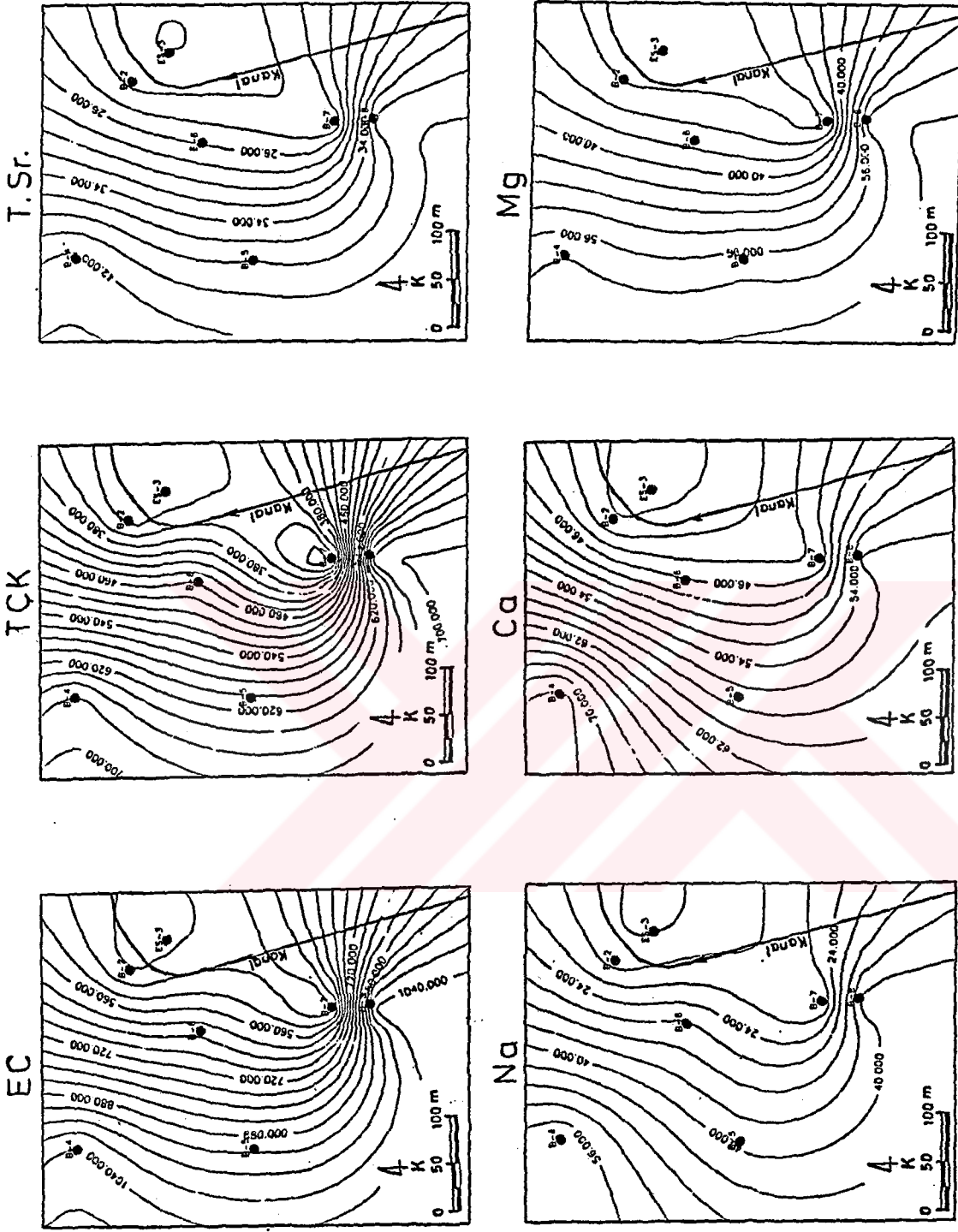
artmaktadır. Kanal yakınındaki B-2, ES-3 ve B-7 kuyuları sıcaklığı en yüksek olan kuyulardır. Bu kuyulardan batı ve güney yönünde uzaklaşıldıkça T azalmakta, diğer parametrelerde artış görülmektedir. Şekil 6.156 de HCO_3 , Cl, SO_4 , NH_3 ve NO_3 iyonlarının sıcak yeraltısuyunda dağılımı verilmiştir. Bu şekilde HCO_3 , Cl, SO_4 dağılımı Şekil 6.155 deki iyonların dağılımına benzemektedir. NH_3 , NO_2 , NO_3 dağılımında görülen ana özellik B-2 ve ES-3 kuyularından diğerlerine doğru derişimin artmasıdır.

Şekil 6.157 de Sıcaksu Bölgesi yeraltısuyunda O- PO_4 , B, Cöz.O., Org.M., Fe dağılımı gösterilmiştir. O- PO_4 ve B dağılımında B-2 ve ES-3 kuyularından diğerlerine doğru derişim artar. Cöz.U dağılımında en düşük değer B-6 kuyusunda görülür, bu kuyudan diğerlerine doğru Cöz.O. artar. Org.M. miktarı B-7 kuyusunda en düşüktür, diğer kuyulara gidildikçe artar. Fe miktarı ES-3 kuyusundan diğer kuyulara doğru artış gösterir. Şekil 6.15, 6.156, 6.157 genel olarak değerlendirildiğinde Sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyunda sıcaklığı yüksek olan kuyularda çözülmüş iyonların ve kirliliğin düşük olduğu, su sıcaklığı azaldıkça çözülmüş iyon miktarlarının ve kirliliğin arttığı sonucuna varılmaktadır.

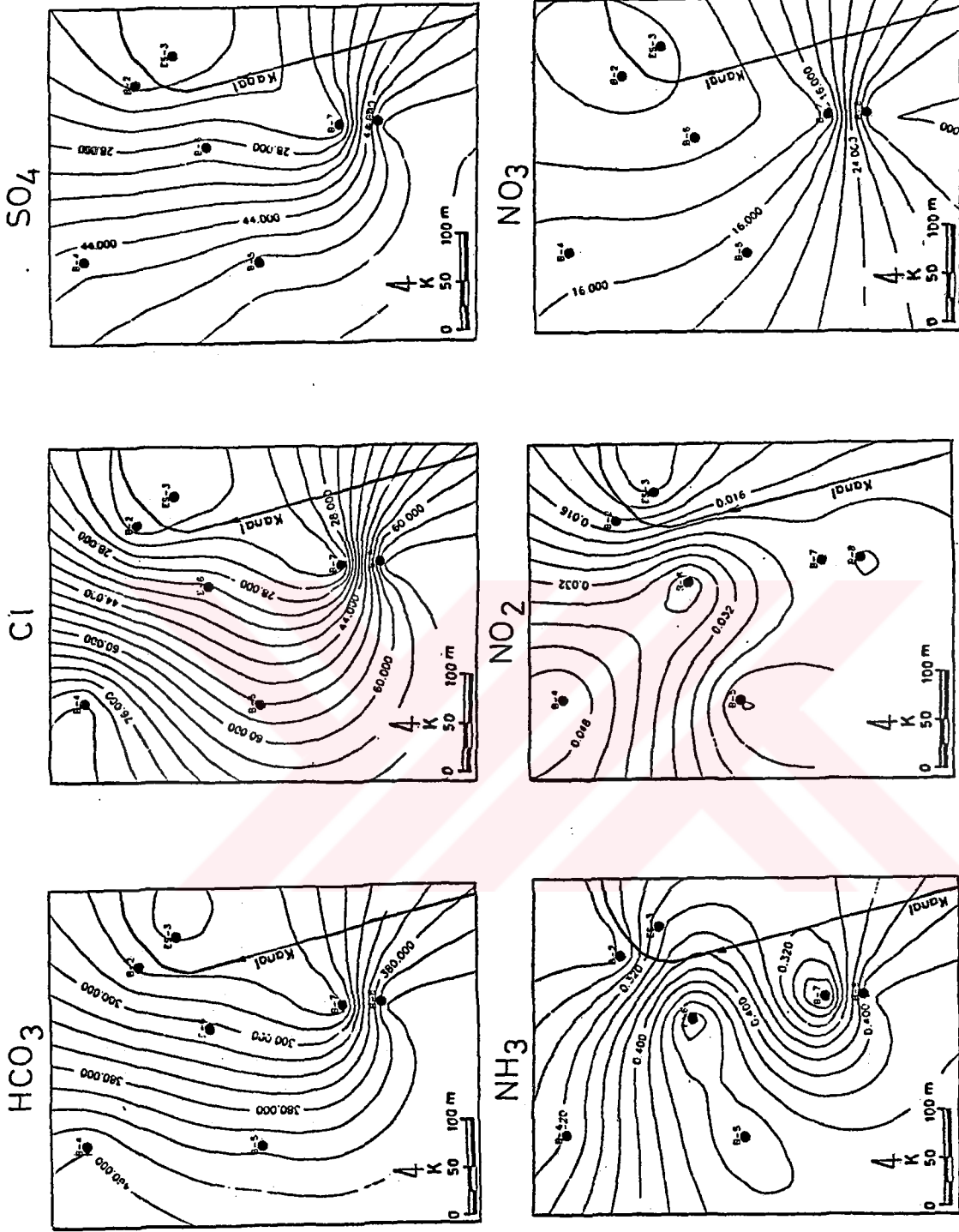
Şekil 6.158 de Sıcaksu Bölgesindeki kuyu sularına ait ortalama değerler kullanılarak çizilen dairesel diyagramlar kullanılarak oluşturulan "Su Kimyası Haritası" verilmiştir. Diyagramlarda sulardaki ana katyon ve anyonların toplam miktarı (çap uzunluğu) ve yüzde değerleri görülmektedir. Su sıcaklığı ile toplam iyon miktarı arasındaki ters orantı burada da kendini göstermektedir. Dairesel diyagramlar ayrıca sıcak suların sınıfını da ortaya koymaktadır. Sularda Mg, Ca ve HCO_3 iyonları genelde hakim durumdadır. Bu sular magnezyum-kalsiyum karbonatlı sulardır.



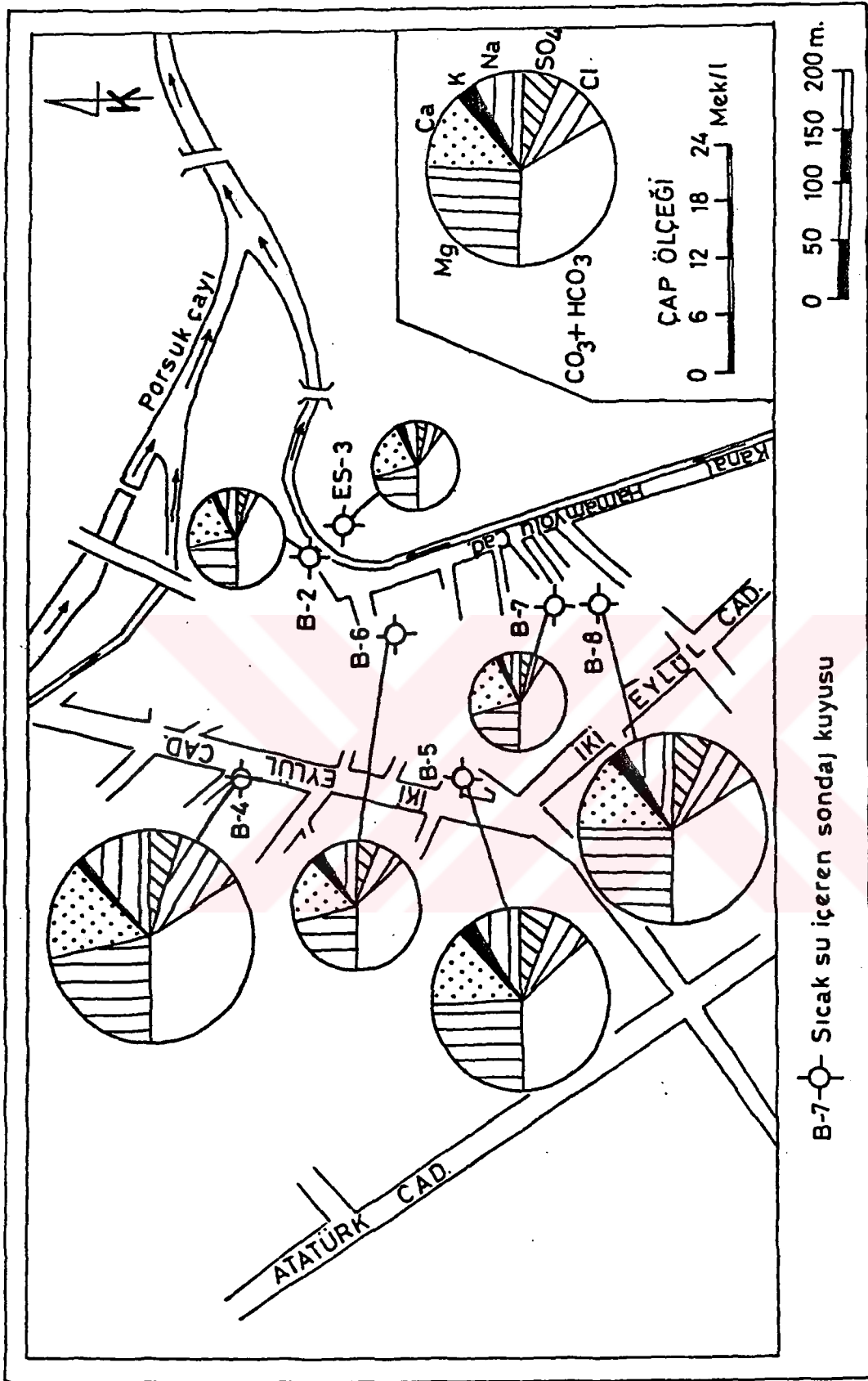
Sekil 6.154 Sıcaksu bölgesinde yeraltısuyu sıcaklığı dağılımı



Sekil 6.155 Sıcaksu bölgesi yeraltısuyunda EC, TCK, T.Sr., Na, Ca, Mg dağılımı (ortalama değerler)



Sekil 6.156 Sıcaksu bölgesi yeraltısuyunda HCO₃, Cl, SO₄, NH₃, NO₂, NO₃ dağılımı (ortalama değerler)



Sekil 6.158 Sıcaksu bölgesi su kimyası haritası

6.5.2. Mevsimsel değişimler

Sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyunun kimyasal özellikleri ve kirliliği mevsimsel değişimler göstermektedir. Sıcaksu bölgesindeki kuyularda yapılmış olan mevsimlik ölçüm ve analiz çalışmaları ile mevsimsel değişimler ortaya konmuştur.

Sıcak sularda incelenen parametrelerden Bul., Ak, SO₄, NH₃, Org.M, Cd ve Cr⁺⁶ genellikle yağışlı dönemdeki Subat, Nisan ve mayıs aylarında, diğer parametreler kurak dönemdeki Temmuz, Ağustos ve Kasım aylarında yüksek değerler almaktadır. Kurak ve yağışlı dönemler arasındaki değişimler parametrelere göre farklı büyüklükler gösterir. pH değeri genellikle büyük değişimler göstermez. T, EC, TCK, TKM, AK, Na, K, Ca, Mg, HCO₃, Cl, SO₄, T.Sr., B derişimleri bir veya birkaç kat büyüklükte değisebilir. NH₃, NO₂, NO₃, O-PO₄ ve ağır metal derişimlerinde ise ölçüm dönemleri arasında birkaç kat ile 10 kat arasında değişen farklar ortaya çıkmaktadır.

Sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyu kalitesinin ve kirliliğinin mevsimsel değişimlerini görsel olarak sunmak amacıyla, bölgedeki iki kuyu (B-4 ve B-7 kuyuları) secilerek bazı parametrelerin bu kuyulardaki değişimini gösteren grafikler hazırlanmıştır.

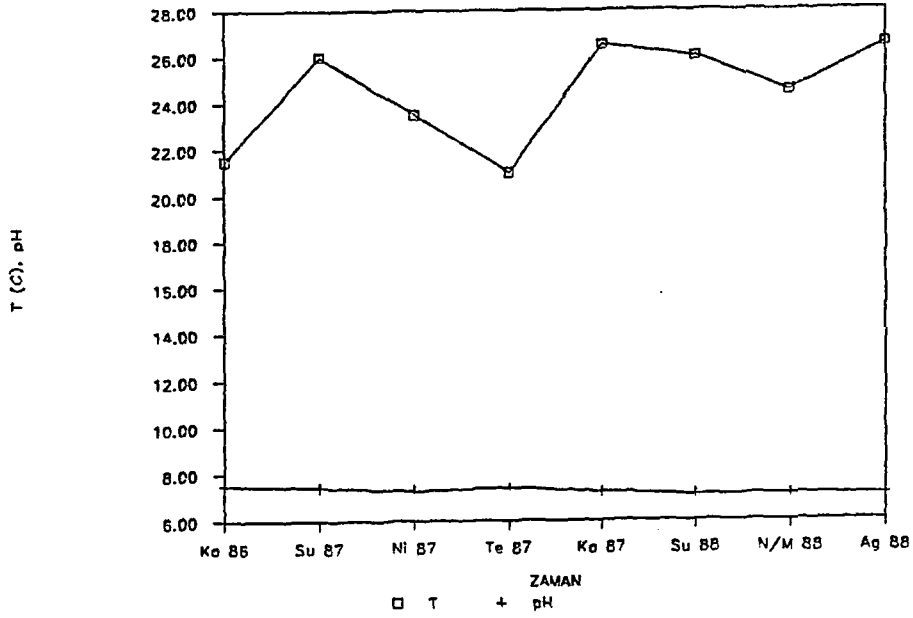
Sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyunda sıcaklık (T) 23.5-44.5 °C arasında değişmektedir. Kuyularda T 2-3 °C mevsimsel değişim göstermektedir. Gözlemler süresince sıcaksu kuyularında yüksek T değerleri genellikle Ağustos ve Kasım aylarında, düşük T değerleri genellikle Subat ve Nisan aylarında ölçülmüştür (Sekil 6.159, 6.165). sıcak sularda pH değeri genellikle 7.00-7.50 arasında değişmektedir.

Sıcaksularda EC ve TCK'nin mevsimsel değişimi genelde paralellik gösterir (Şekil 6.160, 6.166). Düşük değerler yağışlı dönemlerde (Subat ve Nisan gözlemlerinde), yüksek değerler ise kurak dönemlerde (Temmuz, Ağustos ve Kasım gözlemlerinde) gözlenmiştir. Na, Cl ve T.Sr.'nin mevsimsel değişimleri genellikle paralel gidişie sahiptir. Bu parametrelerde yüksek değerler genellikle kurak dönemlerde, düşük değerler yağışlı dönemlerde ölçülmüştür (Şekil 6.161, 6.167). SO_4 'ün mevsimsel değişimleri yer yer Na, Cl ve T.Sr.'nin değişimlerine uyumluluk göstermektedir.

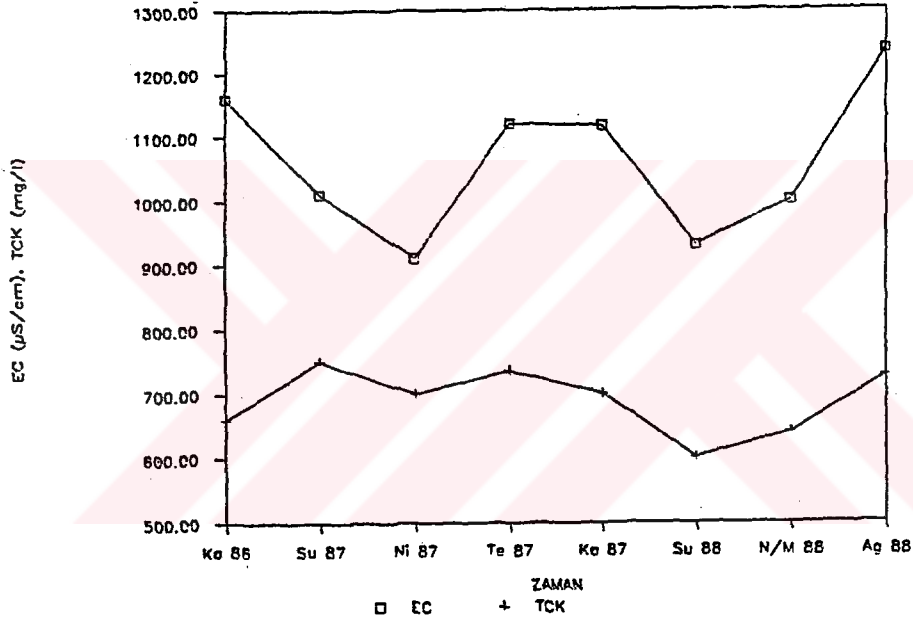
Sıcaksularda NH_3 miktarı mevsimden mevsime oldukça büyük (0.10-0.50 mg/l arasında) değişimler gösterir. Yüksek değerler genelde yağışlı dönemlerde, düşük değerler kurak dönemlerde gözlenmiştir (Şekil 6.162, 6.168). NO_2 Temmuz ve Ağustos dönemlerinde, $O-PO_4$ Kasım dönemlerinde yüksek derişimlere ulaşmaktadır. Bu iki iyonun mevsimsel değişimleri paralellik göstermez.

Sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyunda Çöz. O. ve Org. M. farklı dönemlerde yüksek ve düşük değerlere sahip olmaktadır. Çöz. O. genellikle kurak dönemlerde (Temmuz, Ağustos, Kasım dönemlerinde) yüksektir. Aynı dönemlerde Org. M. düşük derişim değerleri almaktadır (Şekil 6.163, 6.169). Çöz. O. miktarı mevsimler arasında 2-3 mg/l, Org. M. miktarı ise 1-2 mg/l arasında değişebilmektedir.

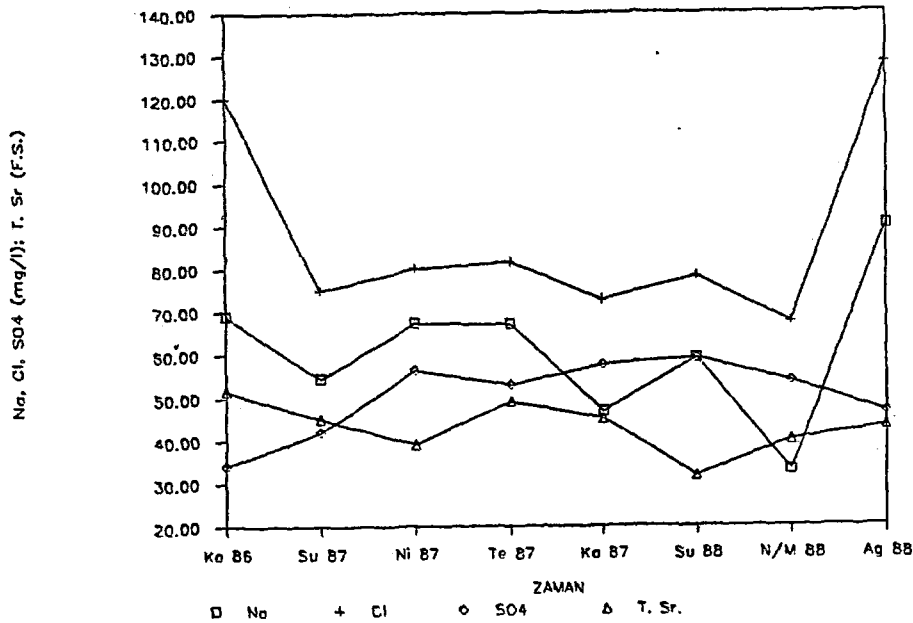
Sıcaksularda NO_3 miktarı 5-30 mg/l arasında mevsimsel değişimler göstermektedir. Bu iyonda da yüksek değerler genellikle kurak dönemlerde, düşük değerler ise yağışlı dönemlerde gözlenmiştir (Şekil 6.164, 6.170). Sıcaksu bölgesi yeraltısuyunda NH_3 , NO_2 , $O-PO_4$ iyonlarının mevsimsel değişimleri ile NO_3 iyonunun mevsimsel değişimleri arasında herhangi bir ilişki saptanamamıştır.

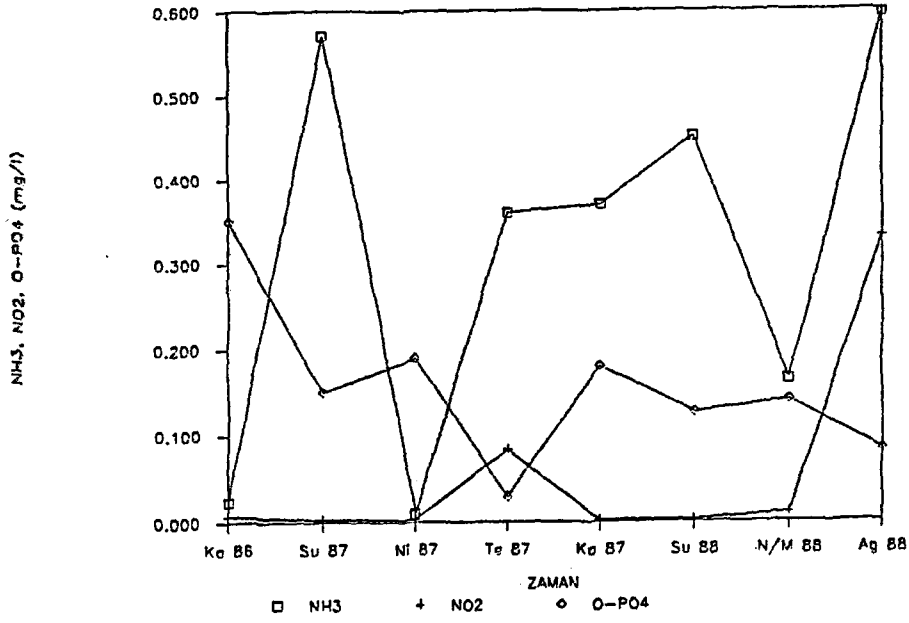
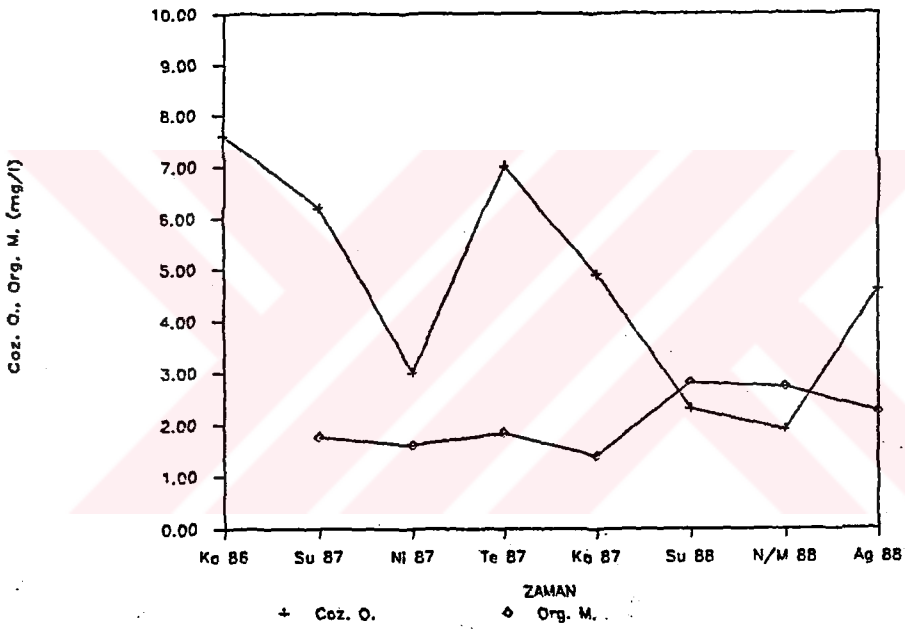


Şekil 6.159 B-4 kuyusunda T ve pH'in mevsimsel değişimi

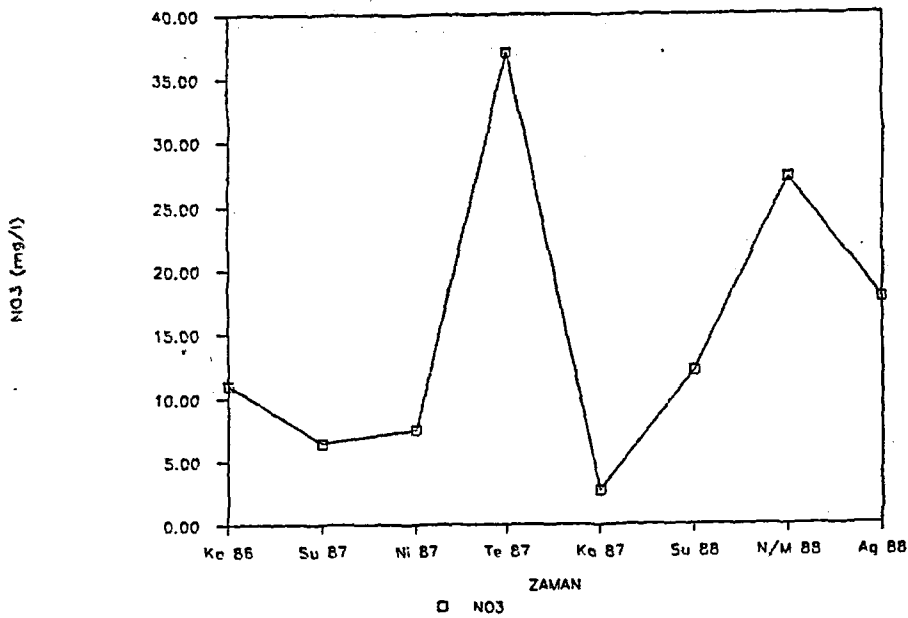


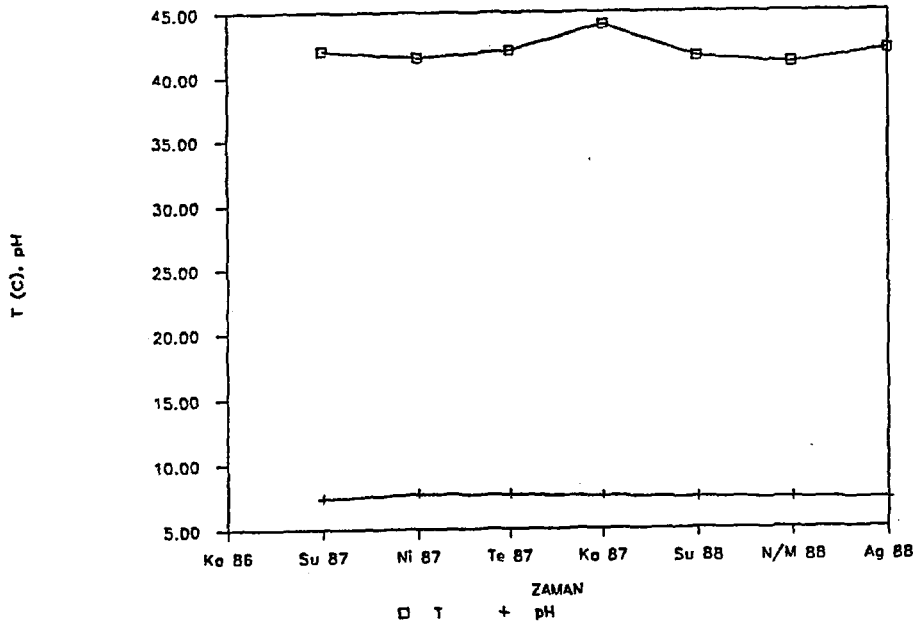
Şekil 6.160 B-4 kuyusunda EC ve TCK'nin mevsimsel değişimi

Şekil 6.161 B-4 kuyusunda Na, Cl, SO_4 ve T. Sr.'nin mevsimsel değişimi

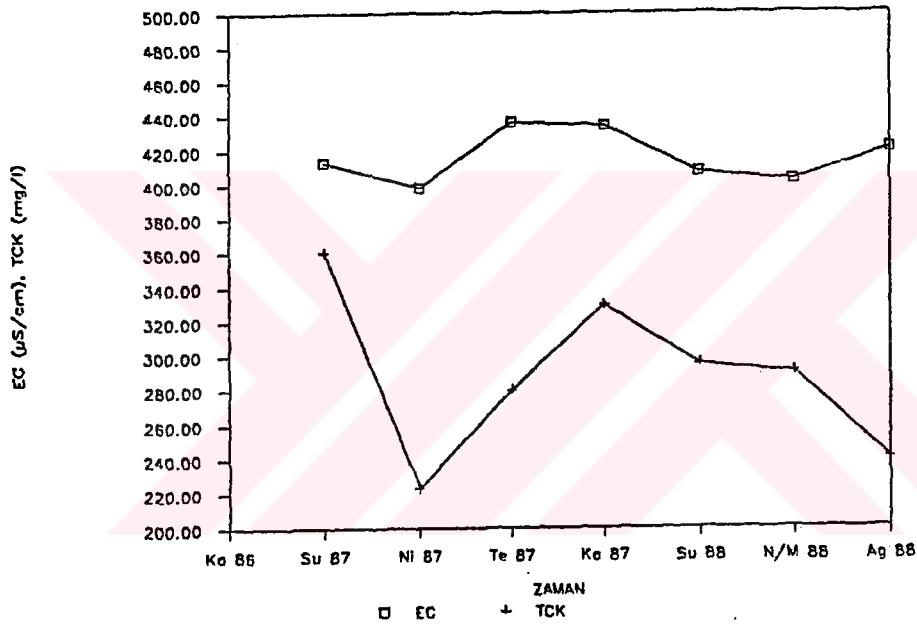
Şekil 6.162 B-4 kuyusunda NH₃, NO₂ ve O-PO₄'ün mevsimsel değişimi

Şekil 6.163 B-4 kuyusunda Coz. O. ve Org. M.'nin mevsimsel değişimi

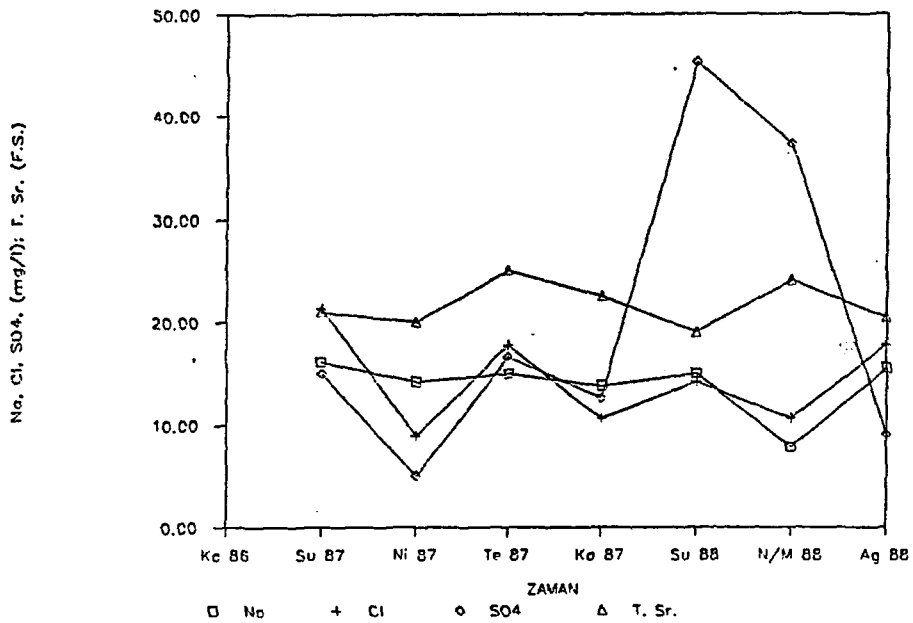
Şekil 6.164 B-4 kuyusunda NO₃'ün mevsimsel değişimi



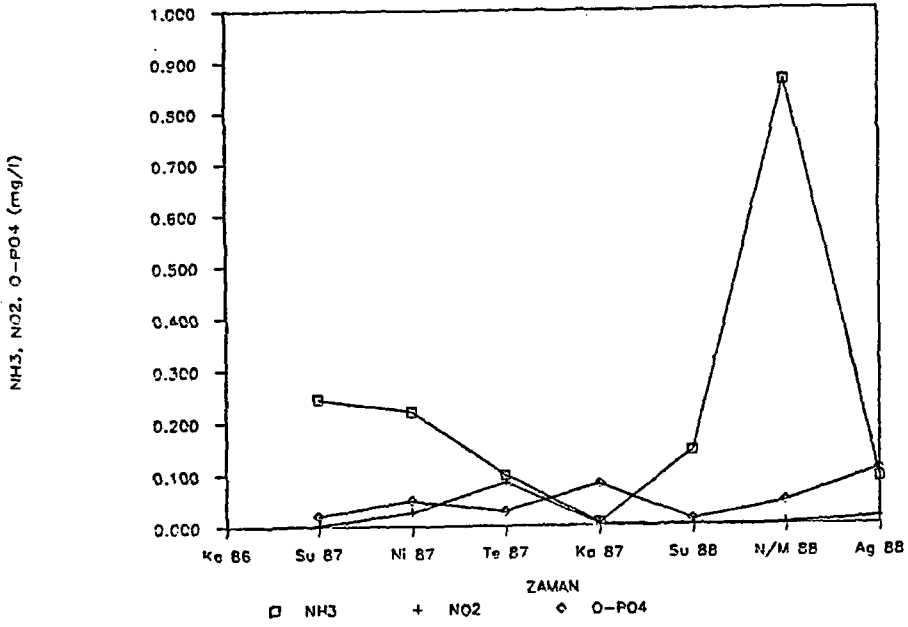
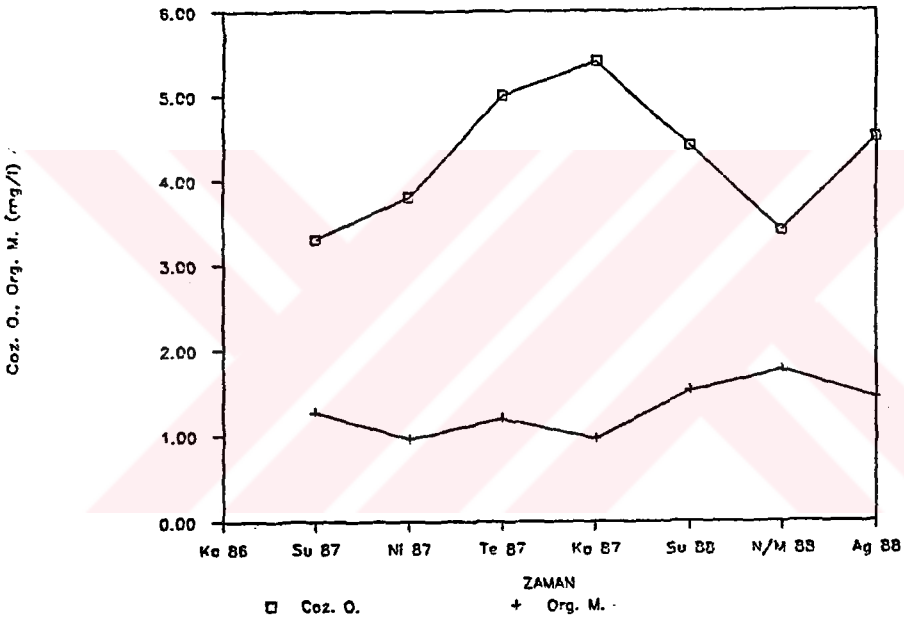
Sekil 6.165 B-7 kuyusunda T ve pH'in mevsimsel değisiimi



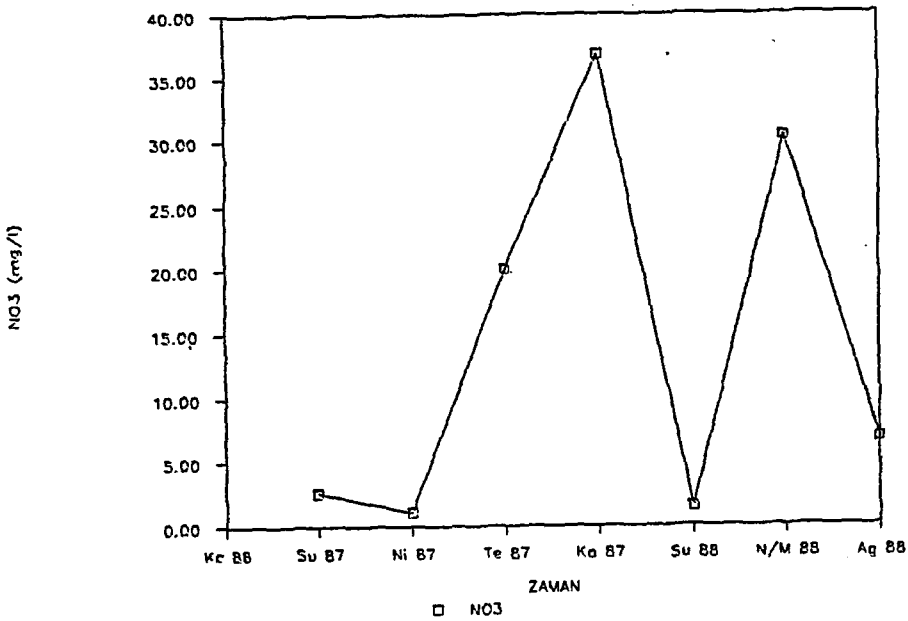
Sekil 6.166 B-7 kuyusunda EC ve TCK'nin mevsimsel değisiimi



Sekil 6.167 B-7 kuyusunda Na, Cl, SO₄ ve T. Sr.'nin mevsimsel değisiimi

Şekil 6.168 B-7 kuyusunda NH₃, NO₂ ve O-PO₄'ün mevsimsel değişimi

Şekil 6.169 B-7 kuyusunda Coz. O. ve Org. M.'nin mevsimsel değişimi

Şekil 6.170 B-7 kuyusunda NO₃'ün mevsimsel değişimi

6.6 Akarsu Kirliliği-Yeraltısuyu Kirliliği İlişkileri

Eskişehir ovasında yeraltısuyu kirliliğine neden olan kaynaklardan birinin Forsuk çayı ve kanallarda akan kirli sular olduğu daha önce belirtilmişti. Akarsu kirliliği ile yeraltısuyu kirliliği ilişkilerini açıklamak amacıyla, ovada altı farklı noktada Forsuk çayı veya kanallara yakın konumda bulunan kuyulardaki kirlilik ile akarsu veya kanalda kuyu yakınındaki örnekleme noktasındaki kirlilik birlikte incelenmiştir. Bunun için secilen bazı parametrelerin (EC, TCK, Na, Cl, T.Sr., NH_3 , NO_2 , NO_3 , O-PO_4) secilen kuyular ve akarsu/kanal örnekleme noktasında mevsimsel değişimi incelenmiş ve aralarındaki korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. İnceleme için A-5 örnekleme noktası (Forsuk çayı) ile LF-3 ve B-4 kuyuları, A-7 örnekleme noktası (Forsuk çayı) ile B-34 kuyusu, A-10 örnekleme noktası (Çarşıiçi kanalı) ile B-10 ve B-11 kuyuları, A-13 örnekleme noktası (Sağ kanal) ile B-37 kuyusu su analiz verileri kullanılmıştır. İncelemesi yapılan akarsu/kanal-kuyu çiftlerinden dört tanesinde bazı iyonların mevsimsel değişimleri ve aralarındaki ilişki ayrıca şekillerle gösterilmiştir (Şekil 6.171-6.188).

Akarsu kirliliği-yeraltısuyu kirliliği incelemelerinde TCK, Na, T.Sr. parametreleri için bazı noktalarda orta/iyi derecede korelasyon hesaplandığı görülmüştür. Kirlilik göstergesi olarak kabul edilen NH_3 , NO_2 , NO_3 iyonları için hemen hemen secilen bütün akarsu/kanal örnekleme noktası-kuyu çiftlerinde yüksek korelasyon değerleri bulunmuştur. Korelasyonu yapılan parametrelerin incelenen bu su noktalarındaki yüksek derişimleri genellikle kurak dönemlerdeki aylarda (Temmuz, Ağustos ve Kasım dönemleri), düşük derişimleri ise yağışlı dönemlerdeki aylarda (Şubat ve Nisan dönemleri) gözlenmektedir. Akarsu/kanal örnekleme noktalarında ve kuyularda yüksek ve düşük değerlerin gözlendiği dönemler çakışmaktadır.

Lokomotif Fabrikası tarafından kullanılan LF-3 kuyusunda en üstteki ilk 5 m. lik kısımda toprak örtü ve kil tabakası vardır. Bunun altındaki çakıl seviyesinden itibaren kuyu filtrelenmiştir (Sekil 6.132). Bu kuyu çevresinde fosseptik ve benzeri herhangi bir yüzeysel kirletici kaynak bulunmamaktadır. A-5 örnekleme noktasında ve LF-3 kuyusunda NO_2 ve NO_3 iyonlarının mevsimsel değişimini veren grafiklerin paralellik göstermesi (Sekil 6.171, 6.173) ve aralarındaki korelasyonun yüksek olması (NO_2 için korelasyon katsayısı $r=0,7915$, NO_3 için korelasyon katsayısı $r=0,8048$ dir) Lf-3 kuyusundaki NO_2 ve NO_3 kirliliğinin büyük ölçüde Porsuk çayından kaynaklandığını göstermektedir.

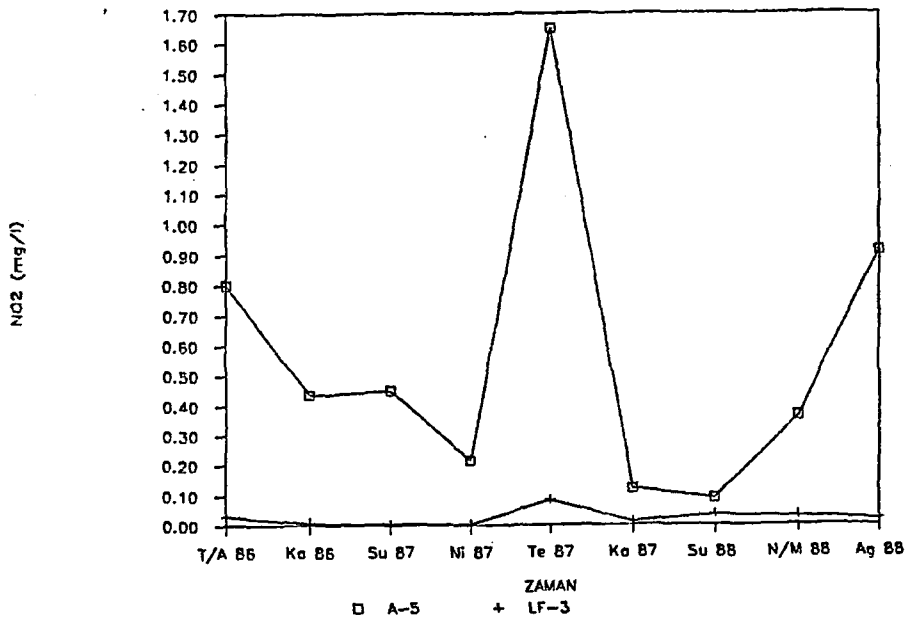
Eskişehir Belediyesi tarafından kullanılan B-10 kuyusu şehir merkezinde Çarşııcı kanalının bitişinde (kanala 10 m uzaklıkta) bulunmaktadır. Çarşııcı kanalı üzerindeki örnekleme noktası kuyu yakınındadır. Kanal ve kuyuda NH_3 , NO_2 , NO_3 iyonlarının mevsimsel değişimini gösteren grafiklerde genel bir paralellik göze çarpmaktadır. Bu iyonlar kanalda ve kuyuda aynı dönemlerde azalıp çoğalmaktadır (Sekil 6.175, 6.177, 6.179). Ayrıca aynı iyonlar arası korelasyonlar da (korelasyon katsayıları, NH_3 için $r=0,8819$, NO_2 için $r=0,9534$, NO_3 için $r=0,9278$ dir) kanal ve yeraltısuyu arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır (Sekil 6.176, 6.178, 6.180). Çarşııcı kanalı ve B-10 kuyusundaki NH_3 , NO_2 , NO_3 iyonlarının mevsimsel değişimleri ve korelasyonlar, B-10 kuyusundaki azot (NH_3 , NO_2 , NO_3) kirliliğinin kanaldan kaynaklandığını göstermektedir.

Eskişehir Belediyesine ait B-34 kuyusu Mezbaha bahçesinde yer almaktadır ve Porsuk çayına uzaklığı 100 m civarındadır. Bu kuyuda 10 m derinlikten itibaren kuyu filtrelenmiştir. Yeraltısuyu düzeyi haritası (Sekil 4.2) kuyunun Porsuk çayından beslendiğini göstermektedir. Porsuk çayı üzerindeki A-7 örnekleme noktası ve B-34 kuyusunda NH_3 ve

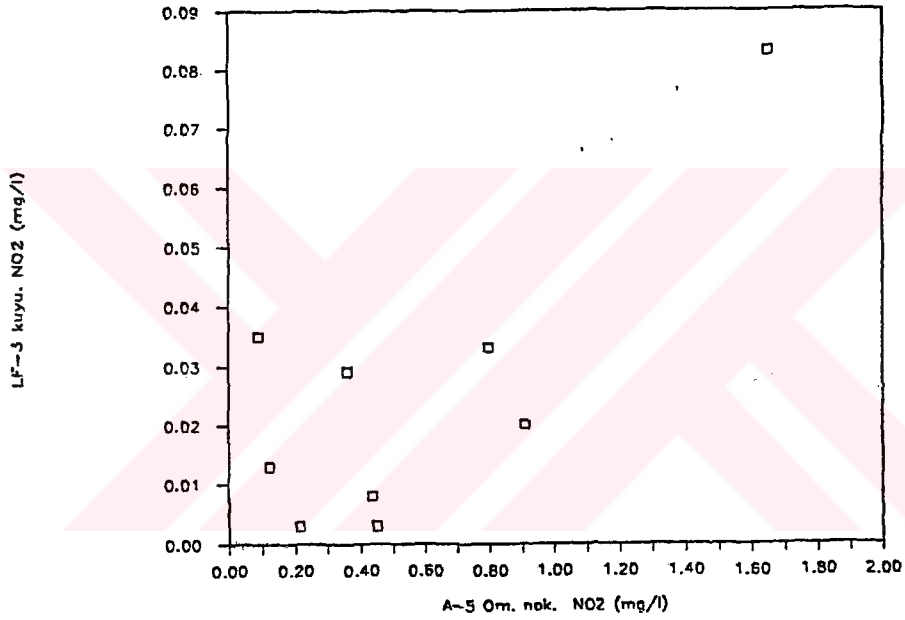
NO_2 'nin mevsimsel değişimini veren grafikler genelde paraleldir (Sekil 6.181, 6.183). Akarsu ve kanalda aynı iyonlar arasında iyi derecede korelasyon saptanmıştır (korelasyon katsayıları NH_3 için $r=0.7698$, NO_2 için $r=0.7911$ dir). Forsuk çayı ve kuyudaki NH_3 ve NO_2 iyonları arasındaki ilişkiler Sekil 6.182 ve 6.184 de verilmiştir. B-34 kuyusunun bulunduğu kesimde yeraltısuyunun Forsuk çayı tarafından beslenmesi, NH_3 ve NO_2 kirliliğinin mevsimsel değişimini gösteren grafiklerin paralelligi ve kuyu ile akarsu arasında iyi derecede korelasyon bulunması, B-34 kuyusundaki NH_3 ve NO_2 kirliliğinin Forsuk çayından kaynaklandığı görüşünü desteklemektedir.

Sağ kanal kirliliği ile yeraltısuyu kirliliği arasındaki ilişki B-37 kuyusunun bulunduğu bölgedeki veriler kullanılarak saptanmıştır. sağ kanal üzerindeki A-13 örnekleme noktası ve B-37 kuyusunda NO_2 ve NO_3 iyonlarının mevsimsel değişiminin verildiği grafikler paralellik göstermektedir (Sekil 6.185, 6.187). Kanal ve kuyu arasında aynı iyonlar için iyi derecede korelasyon saptanmıştır (korelasyon katsayıları NO_2 için $r=0.9349$, NO_3 için $r=0.7902$ dir). kuyunun bulunduğu bu bölgede kanaldan meydana gelen sızmalar yeraltısuyunu beslemektedir. Kuyu ile kanal arasındaki ilişkiye ait bu sonuçlar B-34 kuyusundaki NO_2 ve NO_3 kirliliği ile sağ kanaldaki kirliliğin ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

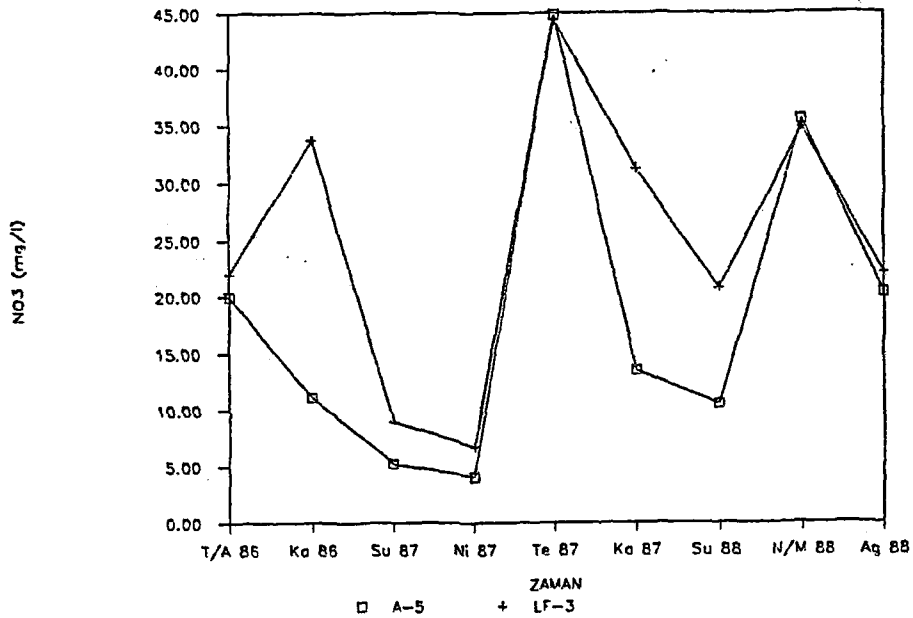
Ekişehir ovasında akarsu/kanal kirliliği ile yeraltısuyu kirliliği arasındaki ilişkiler, ancak akarsu veya kanala yakın konumlarda bulunan kuyuların yer aldığı bölgeler için saptanabilmektedir. Ovadaki yeraltısuyu kirliliğinin kaynağı yalnızca akarsu ve kanallardaki kirlilik olmadığı için, akarsu veya kanallardan uzakta bulunan kuyulardaki kirlilik ile akarsu/kanal kirliliği arasındaki ilişkiler kolayca saptanamamaktadır.



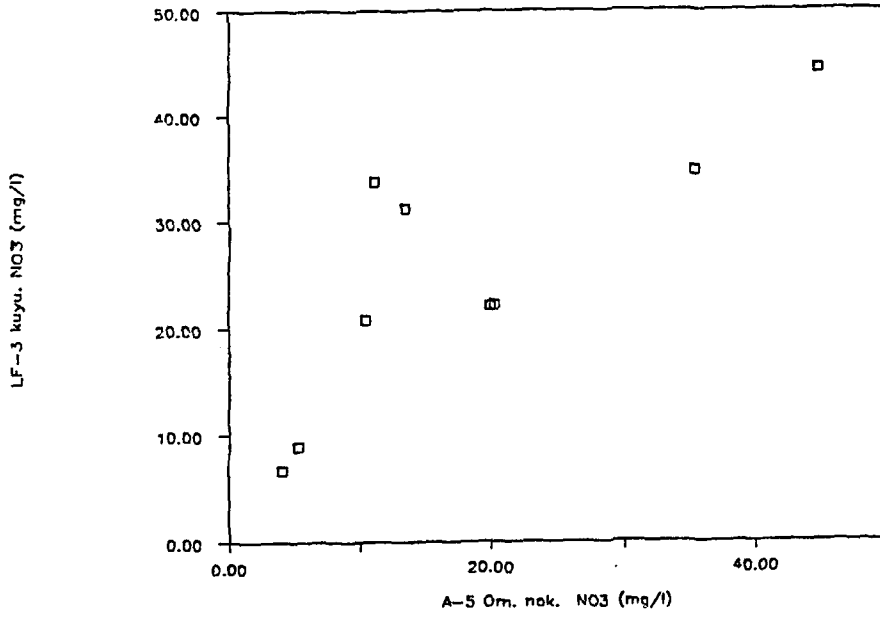
Sekil 6.171 Porsuk çayı A-5 örnekleme noktası ve LF-3 kuyusunda NO₂'nin mevsimsel değişimi



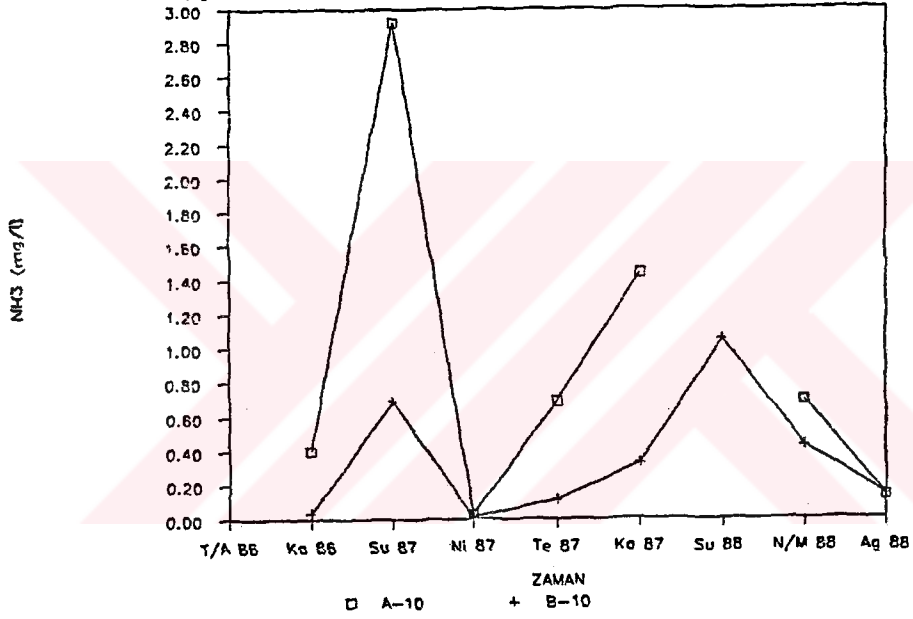
Sekil 6.172 Porsuk çayı A-5 örnekleme noktası ve LF-3 kuyusunda NO₂ ilişkisi



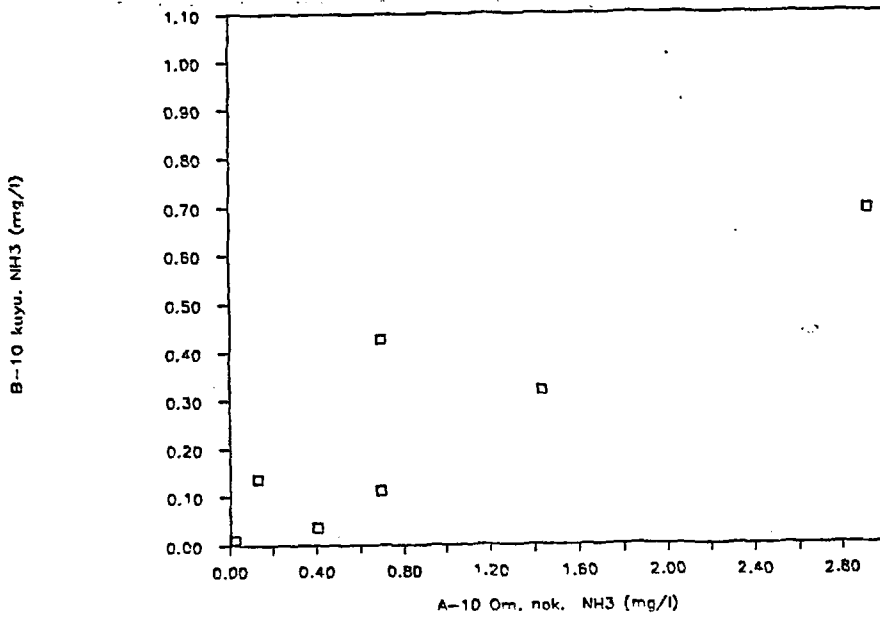
Sekil 6.173 Porsuk çayı A-5 örnekleme noktası ve LF-3 kuyusunda NO₃'ün mevsimsel değişimi



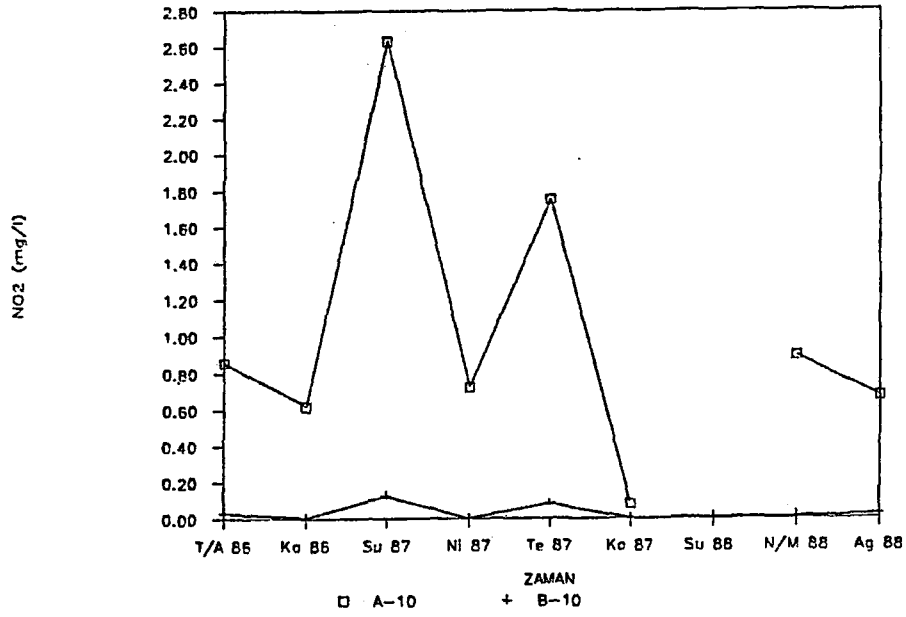
Şekil 6.174 Fersuh çayı A-5 örnekleme noktası ve LF-3 kuyusunda NO₃'lükleri



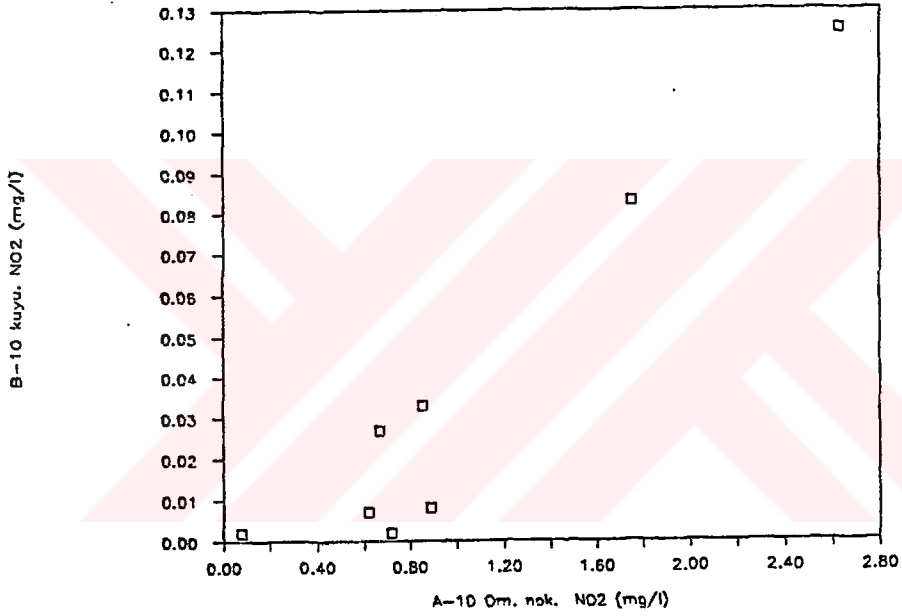
Şekil 6.175 Çarşıci kanalı A-10 örnekleme noktası ve B-10 kuyusunda NH₃'ün mevsimsel değişimi



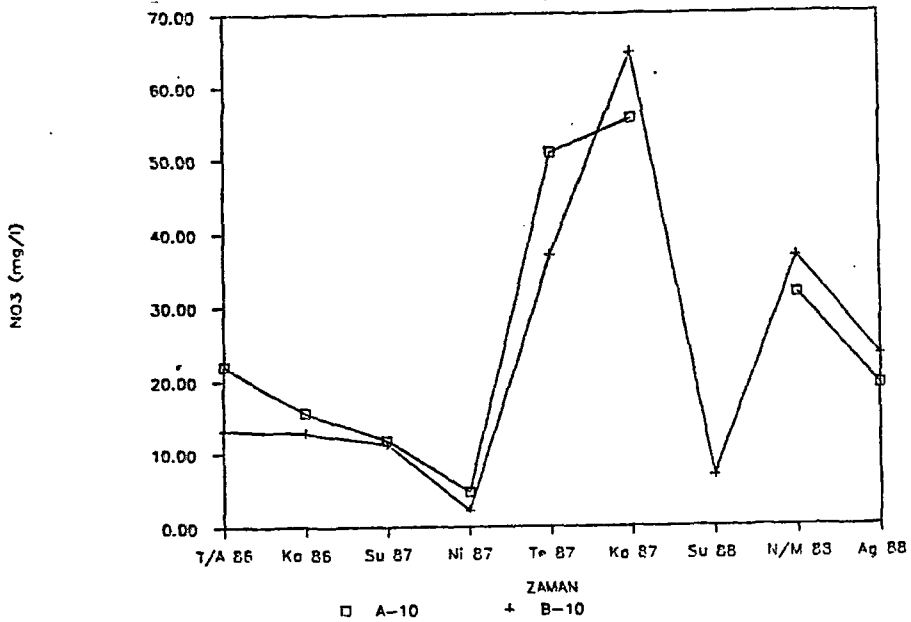
Şekil 6.176 Çarşıci kanalı A-10 örnekleme noktası ve B-10 kuyusunda NH₃'lükleri



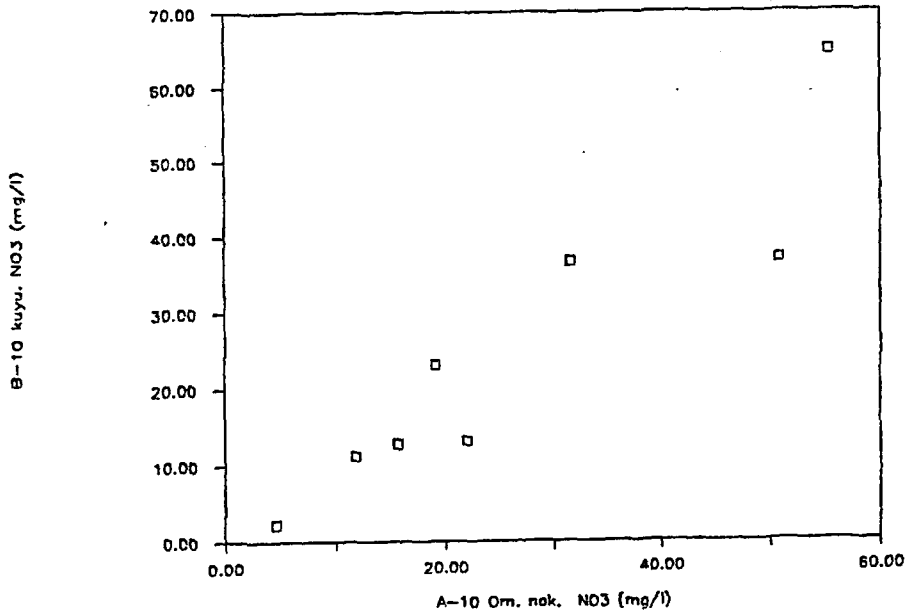
Sekil 6.177 Carsici kanalı A-10 örnekleme noktası ve B-10 kuyusunda NO_2 'nin mevsimsel değişimi



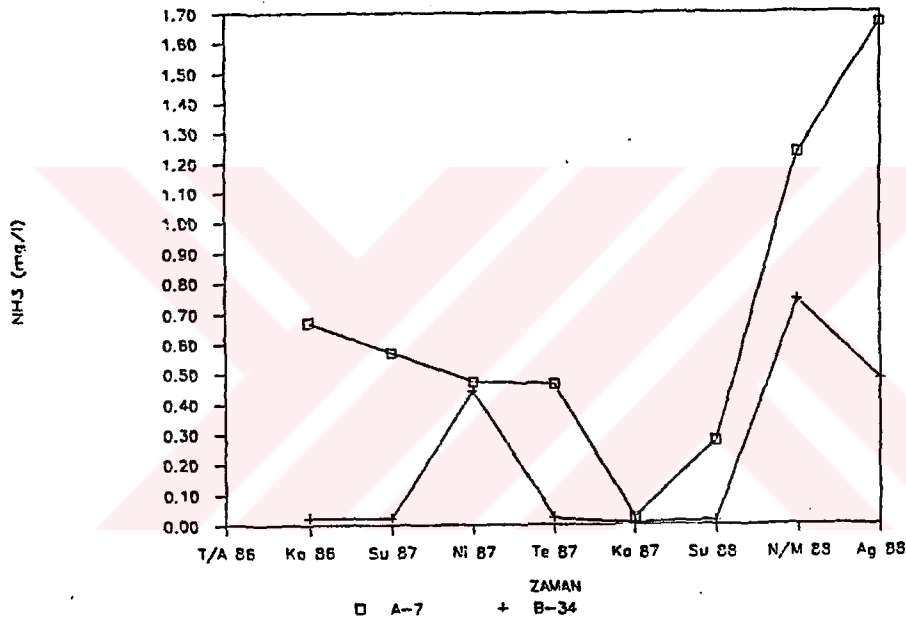
Sekil 6.178 Carsici kanalı A-10 örnekleme noktası ve B-10 kuyusunda NO_2 ilişkisi



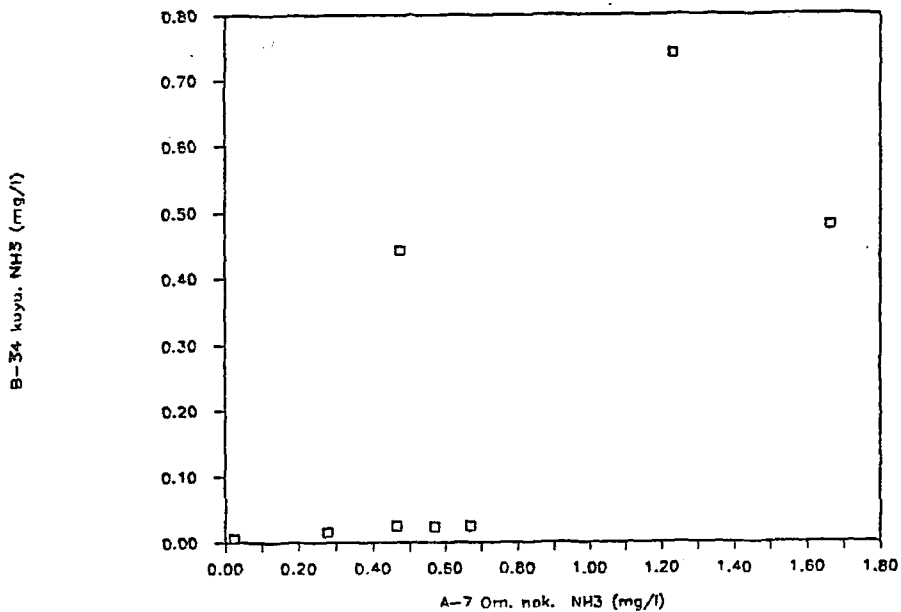
Sekil 6.179 Carsici kanalı A-10 örnekleme noktası ve B-10 kuyusunda NO_3 'ün mevsimsel değişimi



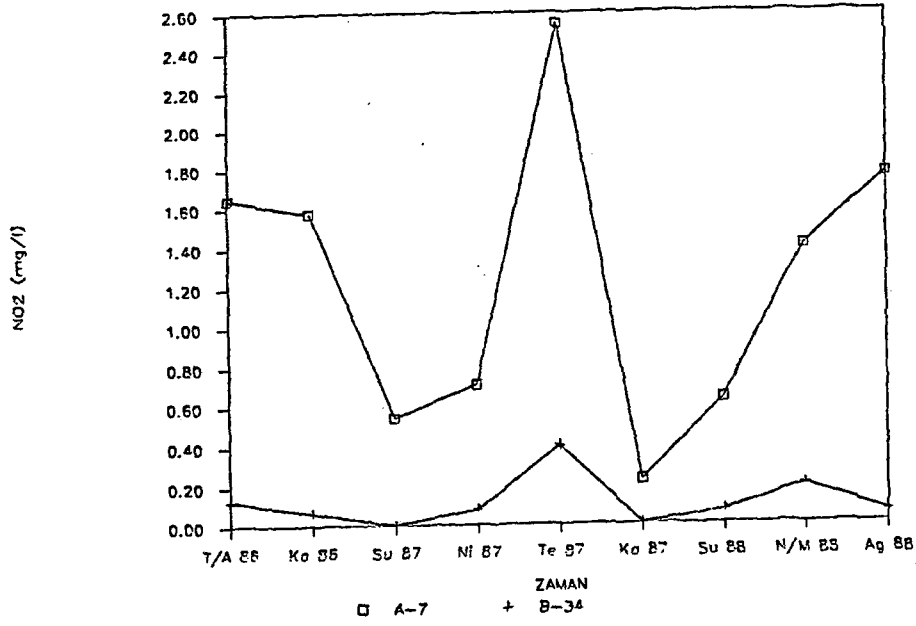
Sekil 6.180 Çarsıncı kanalı; A-10 örnekleme noktası ve B-10 kuyusunda NO₃ ilişkisi



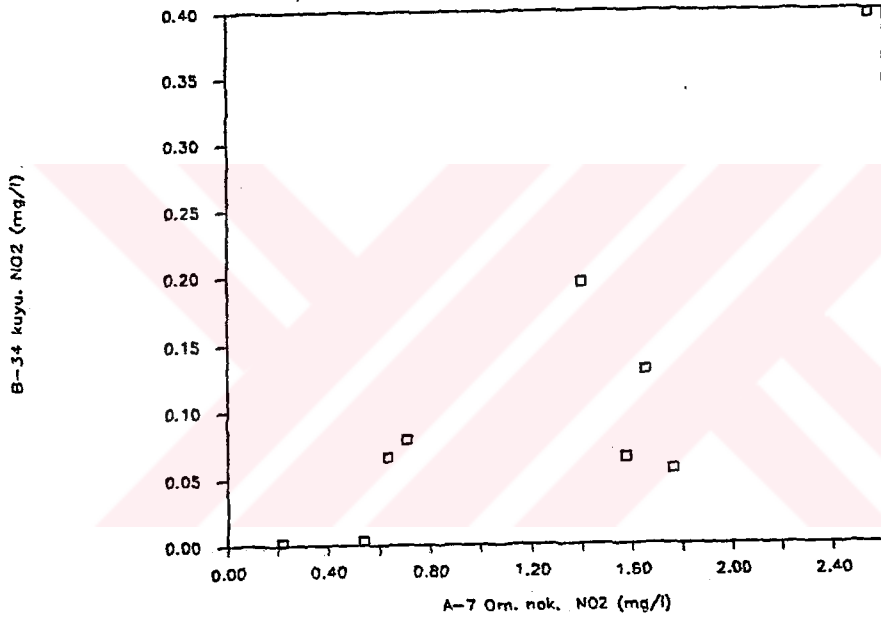
Sekil 6.181 Porsuk çayı A-7 örnekleme noktası ve B-34 kuyusunda NH₃'ün mevsimsel değişimi



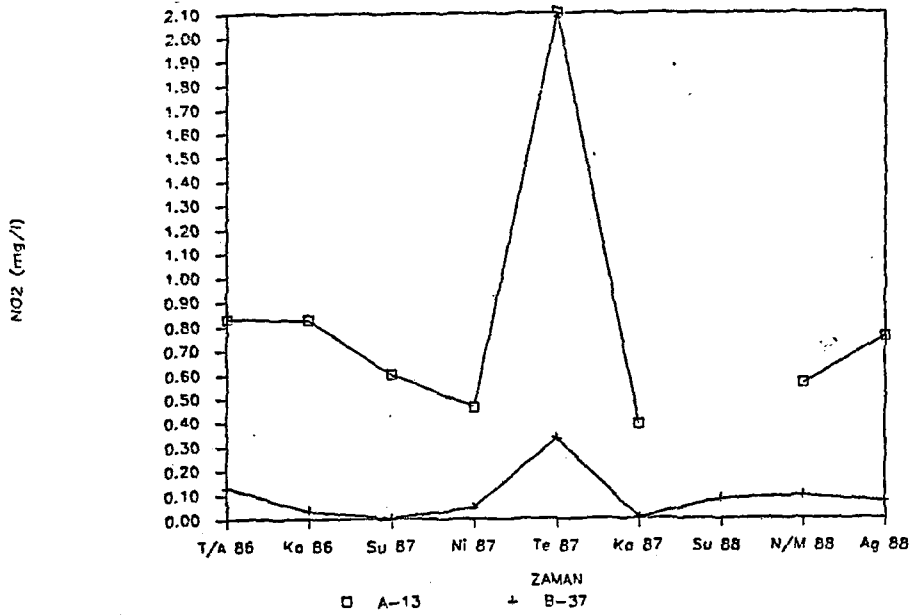
Sekil 6.182 Porsuk çayı A-7 örnekleme noktası ve B-34 kuyusunda NH₃ ilişkisi



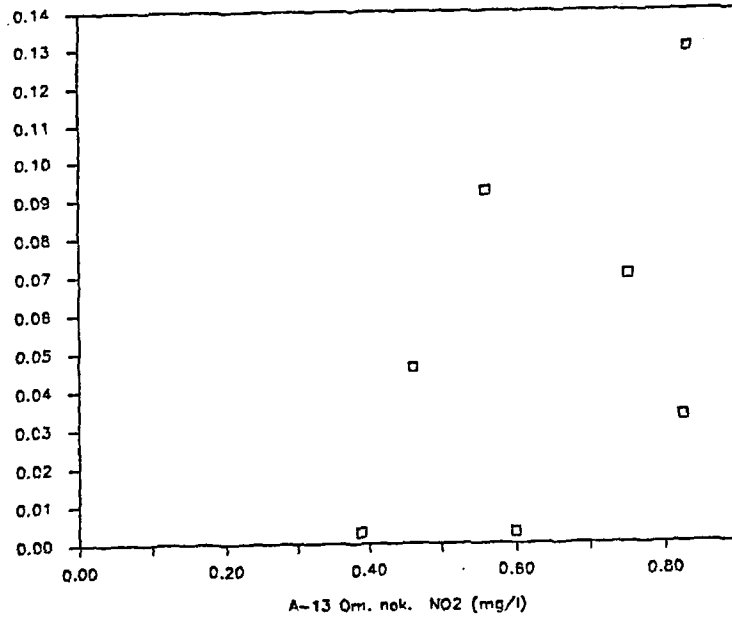
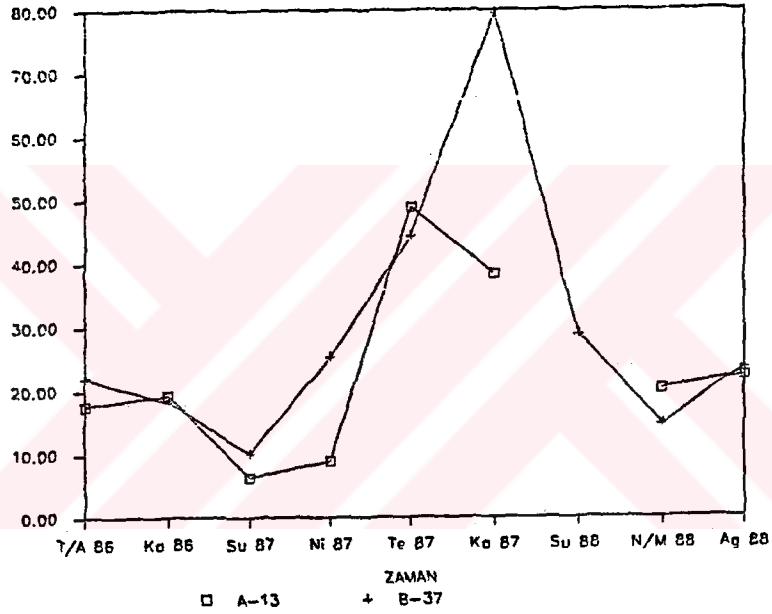
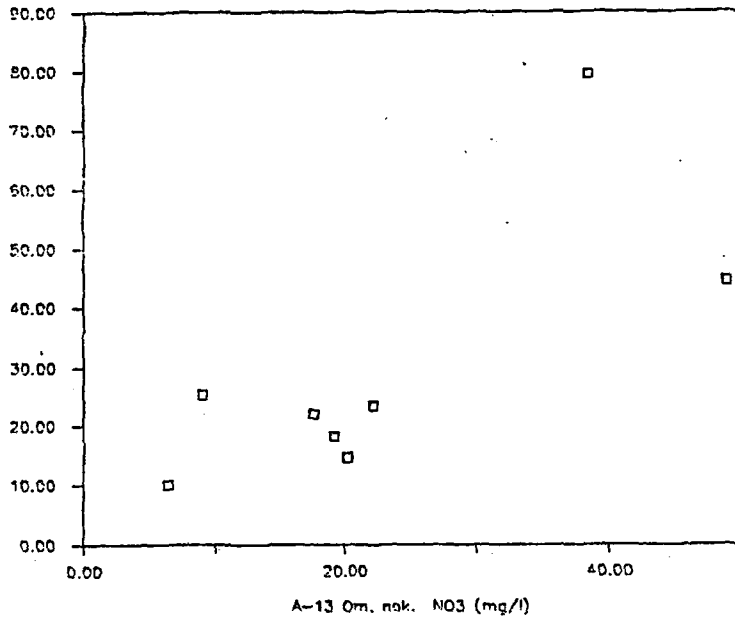
Sekil 6.183 Porsuk çayı A-7 birleştirme noktası ve B-34 kuyusunda NO₂'nin mevsimsel değişimi



Sekil 6.184 Porsuk çayı A-7 birleştirme noktası ve B-34 kuyusunda NO₂ ilişkisi



Sekil 6.185 Sağ kanal A-13 birleştirme noktası ve B-37 kuyusunda NO₂'nin mevsimsel değişimi

B-37 kuyu, NO₂ (mg/l)Şekil 6.186 Sağ kanal A-13 örnekleme noktası ve B-37 kuyusunda NO₂ ilişkisiNO₃ (mg/l)Şekil 6.187 Sağ kanal A-13 örnekleme noktası ve B-37 kuyusunda NO₃'ün mevsimsel değişimiB-37 kuyu, NO₃ (mg/l)Şekil 6.188 Sağ kanal A-13 örnekleme noktası ve B-37 kuyusunda NO₃ ilişkisi

6.7 Gözlem Verilerinin Standartlarla Karşılaştırılması ve Suların Sınıflandırılması

Su kalitesi araştırmalarının ana amacı, suyun kalitesini belirleyen çeşitli fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve radyolojik parametrelerin sudaki miktarlarının belirlenerek elde edilen verilerin belirli standartlarla karşılaştırılması ve suyun çeşitli alanlardaki kullanımlar için uygun olup olmadığının belirlenmesidir. Herhangi bir su kaynağının kirli veya temiz olduğunu söyleyebilmek için, o kaynağın hangi alandaki kullanım için, kirli veya temiz olduğu sorusunun cevaplandırılması gerekir.

Bu altbölümde kalitesi incelenmiş olan atıksular, akarsu ve kanal suları ile yeraltısularının standartlarla karşılaştırılması ve sınıflaması yapılmaktadır. İncelenen suların sınıflandırılmasında standartların yanısıra bazı grafiksel yöntemlerde kullanılmıştır.

6.7.1. Atıksuların standartlarla karşılaştırılması

Cevre Müstesarlığı (1988) tarafından hazırlanıp 4 Eylül 1988 tarih ve 19919 sayılı Resmi Gazete de yayınlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" nde endüstriyel atıksu deşarj standartları (Madde 31) verilmiştir. Söz konusu maddede endüstriler üretim tiplerine göre gruplandırılmış ve onaltı tane sektör oluşturulmuştur. Bu sektörlerin içerdiği endüstri tiplerine göre atıksu deşarj standartları verilmiştir.

Eskişehir'de Porsuk çayını kirleten kuruluşların atıksularının analiz sonuçları, yönetmelikte verilmiş olan atıksu deşarj standartları ile karşılaştırılmıştır. Bazı kuruluşların atıksularındaki birtakım parametreler yönetmelikte verilen sınırları aşmaktadır. Deşarj standartlarında verilen sınırları aşan parametreler Çizelge 6.16 da verilmiştir.

Çizelge 6.16 Eskişehir'deki endüstriyel kuruluşların atıksularında endüstriyel atıksu desanj standartlarını aşan parametreler

Atıksu noktası	Kuruluş adı	Standartlardaki sınırları aşan parametreler
AS-1	Sümerbank Tekstil Fab.	pH, AK
AS-2	Lokomotif Fabrikası (Yol Kapı kanalı)	AK, Fe, Pb, Zn
AS-3	Lokomotif Fabrikası (Müze yanı kanalı)	AK, Fe, Cd
AS-4	Lokomotif Fabrikası (Ana giriş kapısı kanalı)	AK
AS-5	Seker Fabrikası	AK
AS-6	İspirto Fabrikası	Standartları aşan yok
AS-7	Makina Fabrikası	Standartları aşan yok
AS-8	Mezbaha	Standartları aşan yok
AS-9	Organize Sanayi Bölgesi	AK, D-PO ₄ , Fe, Zn

6.7.2. Akarsu ve kanal sularının standartlarla karşılaştırılması ve sınıflandırılması

Çevre Müsteşarlığı (1988) tarafından yayınlanmış olan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" nde (Madde 7) "Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri" verilmiştir (Çizelge 6.17). Çizelgede sınıflamada kullanılan parametreler dört grup altında toplanmıştır. Akarsu ve kanal suları ortalama değerlerine göre bu sınıflama kriterleri kullanılarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 6.18).

Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliğinde (Çevre Müsteşarlığı, 1988) kıta içi yüzeysel sular kalite kriterlerine göre dört sınıfa ayrılmıştır. Bunlar:

- Sınıf I : Yüksek kaliteli su
- Sınıf II : Az kirlenmiş su
- Sınıf III : Kirli su
- Sınıf IV : Çok kirlenmiş su

Çevre Müsteşarlığı (1988) tarafından kıta içi su kaynak-

ları için verilmiş olan kalite sınıflarına karşılık gelen yüzeysel suların, aşağıdaki su gereksinimlerinin karşılanmasına uygun olduğu ilgili yönetmelikte belirtilmiştir:

A) Sınıf I-Yüksek kaliteli su

- a- Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini
- b- Rekreatiyonel amaçlar (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil)
- c- Alabalık üretimi
- d- Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı
- e- Diğer amaçlar

B) Sınıf II- Az kirlenmiş su

- a- İleri veya uygun bir arıtma ile içmesuyu temini
- b- Rekreatiyonel amaçlar
- c- Alabalık dışında balık üretimi
- d- Teknik Usuller Yönetmeliği'nde verilecek olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak
- e- Sınıf I dışındaki bütün kullanımlar

C) Sınıf III-Kirlenmiş su

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

D) Sınıf IV- Çok kirlenmiş su

Yukarıda I, II ve III sınıfları için verilen kalite parametreleri bakımından daha düşük kalitedeki yüzeysel suları ifade eder.

Porsuk çayı ve sulama kanallarındaki sular (Cizelge 6.18), fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler ve inorganik kirlenme parametreleri açısından genellikle sınıf IV (çok kirlenmiş su) sınıfında organik parametreler açısından sınıf II (az kirlenmiş su) ve sınıf III (kirli su) sınıflarında, genel sınıflama açısından ise sınıf IV te (çok kirlenmiş su) yer alırlar.

Cizelge 6.17. Kıtacı su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Çevre Müstesarlığı'ndan, 1988)

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler				
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 dışında
3.Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /l) ^a	8	6	3	3
4.Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	40
5.Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /l)	25	200	400 ^b	400
6.Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁻² /l)	200	200	400	400
7.Amonyum iyonu (mg NH ₄ ⁺ /l)	0.244 ^c	1.22 ^c	2.44 ^c	2.44
8.Nitrit iyonu (mg NO ₂ ⁻ /l)	0.0067	0.033	0.1665	0.1665
9.Nitrat iyonu (mg NO ₃ ⁻ /l)	22.5	45	90	90
10.Toplam fosfor (mg PO ₄ ⁻³ /l)	0.06	0.50	2.00	2.00
11.Toplam çözünmüş madde (mg/l)	500	1500	5000	15000
12.Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	300
13.Sodyum (mg Na ⁺ /l)	125	125	250	250
B) Organik parametreler				
1.KOI (mg/l)	25	50	70	70
2.BOI (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 gres (mg/l)	0.02	0.3	0.5	0.5
6.Metilen mavisi aktif maddeleri (MBAS) (mg/l)	0.05	0.2	1	1.5
7.Fenolik maddeler (ucucu) (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
C) İnorganik kirlenme parametreleri^d				
1.Cıva (fg Hg/l)	0.1	0.5	2	2
2.Kadmiyum (fg Cd/l)	3	5	10	10
3.Kurşun (fg Pb/l)	10	20	50	50
4.Arsenik (fg As/l)	20	50	100	100
5.Bakır (fg Cu/l)	20	50	200	200
6.Krom (toplam) (fg Cr/l)	20	50	200	200
7.Krom VI (fg Cr ⁶⁺ /l)	bitilmeyecek kadar az	20	50	50
8.Kobalt (fg Co/l)	10	20	200	200
9.Nikel (fg Ni/l)	20	50	200	200
10.Cinko (fg Zn/l)	200	500	2000	2000
11.Siyanür (toplam) (fg CN/L)	10	50	100	100
12.Florür (fg F ⁻ /l)	1000	1500	2000	2000
13.Serbest klor (fg Cl ₂ /l)	10	10	50	50
14.Sülfür (fg S ⁻² /l)	2	2	10	10
15.Demir (fg Fe/l)	300	1000	5000	15000
16.Mangan (fg Mn/l)	100	500	3000	3000
17.Bor (fg B/l)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	1000
18.Selenyum (fg Se/l)	10	10	20	20
19.Baryum (fg Ba/l)	1000	2000	2000	2000
20.Alüminyum (mg Al/l)	0.1	0.3	1	1
21.Radyoaktivite (pCi/l)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	10
beta-aktivitesi	10	100	100	100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1.Fekal koliform (EMS/100 ml)	10	200	2000	2000
2.Toplam koliform (EMS/100 ml)	100	20000	100000	100000

a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

c) pH değerine bağlı olarak serbest amonyak iyonu konsantrasyonu 0.0244 mg NH₃/l değerini geçmemelidir.

d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

e) Boru karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 fg/l ye düşürmek gerekebilir.

Cizelge 6.18. Akarsu ve kanal sularının kalite kriterlerine göre sınıflanması

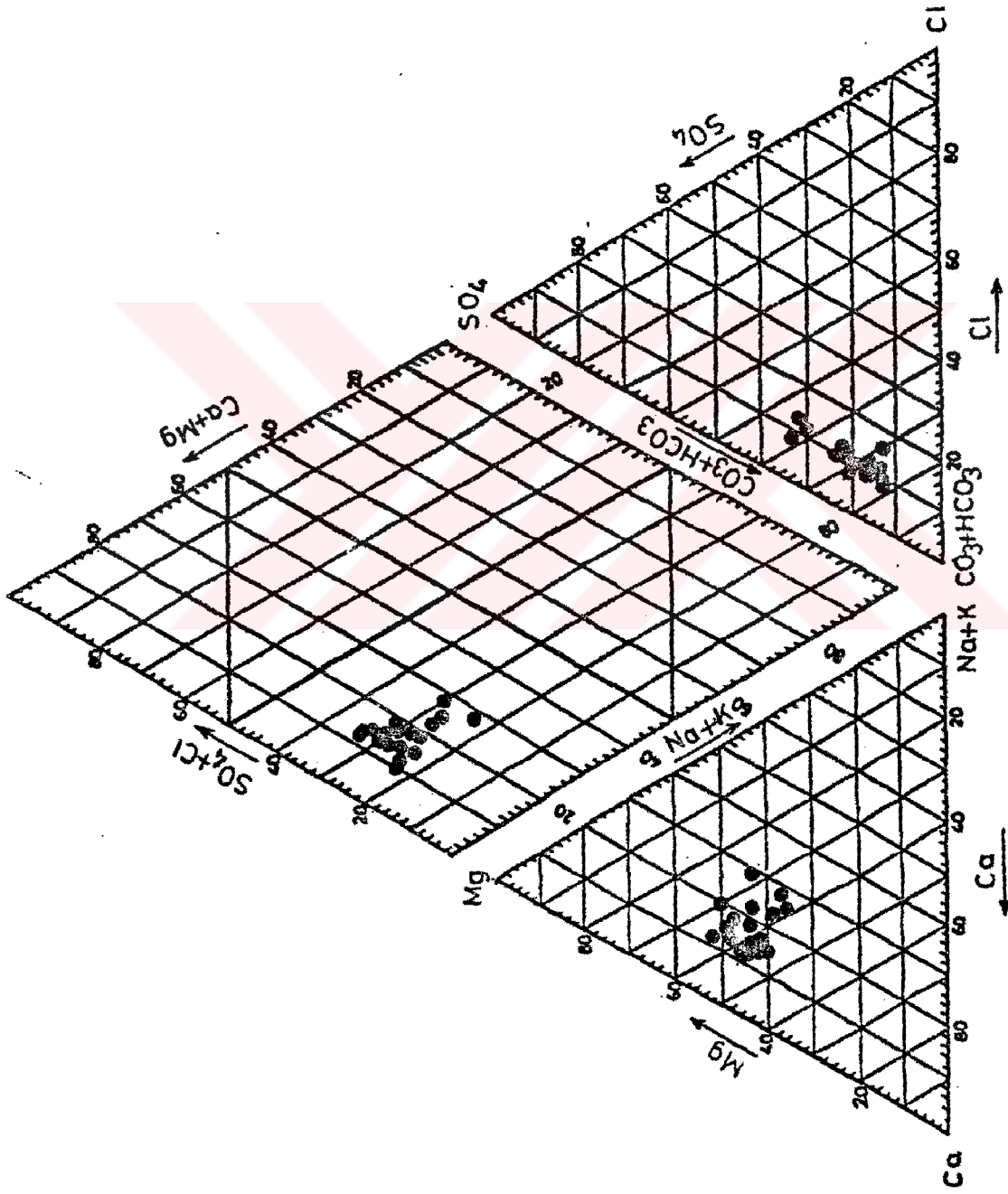
İst no	İstasyon adı	Akarsu/ kanal adı	Kalite parametrelerine göre suyun sınıflarına			
			A	B	C	Genel
		(*)				
A-1	Porsuk barajı girişi	Porsuk c.	IV	III	IV	IV
A-2	Porsuk barajı çıkışı	Porsuk c.	IV	II	IV	IV
A-3	Karacasehir reg.	Porsuk c.	IV	II	IV	IV
A-4	Sümer mahallesi	Porsuk c.	IV	II	IV	IV
A-5	Lokomotif Fabrikası	Porsuk c.	IV	II	IV	IV
A-6	Tabakhane köprüsü	Porsuk c.	IV	III	IV	IV
A-7	Çevreyolu köprüsü	Porsuk c.	IV	III	IV	IV
A-8	Karacahöyük	Porsuk c.	IV	III	IV	IV
A-9	Cavlum köyü	Porsuk c.	IV	III	IV	IV
A-10	Çarşıcı kanalı	Çarşıcı k.	IV	III	IV	IV
A-13	Terzi evleri	Sağ kanal	IV	IV	IV	IV
A-14	Cavlum köyü	Sağ kanal	IV	II	IV	IV
A-15	Ankara yolu	Mamuca d.	III	-	III	III
A-16	Sazova	Sarısu	III	II	III	III
A-17	Yukarı söğütönü	Keskin d.	II	-	III	III
A-18	Esentepe	Sol kanal	IV	II	IV	IV
A-19	Muttalip	Sol kanal	IV	II	III	IV
A-20	Cavlum köyü	Sol kanal	IV	I	III	IV

(*)

A: Fiziksel ve inorganik-kimyasal parametrelere göre
 B: Organik parametrelere göre
 C: İnorganik kirlenme parametrelerine göre
 Genel: A, B, C gruplarındaki parametrelere göre genel sınıflama

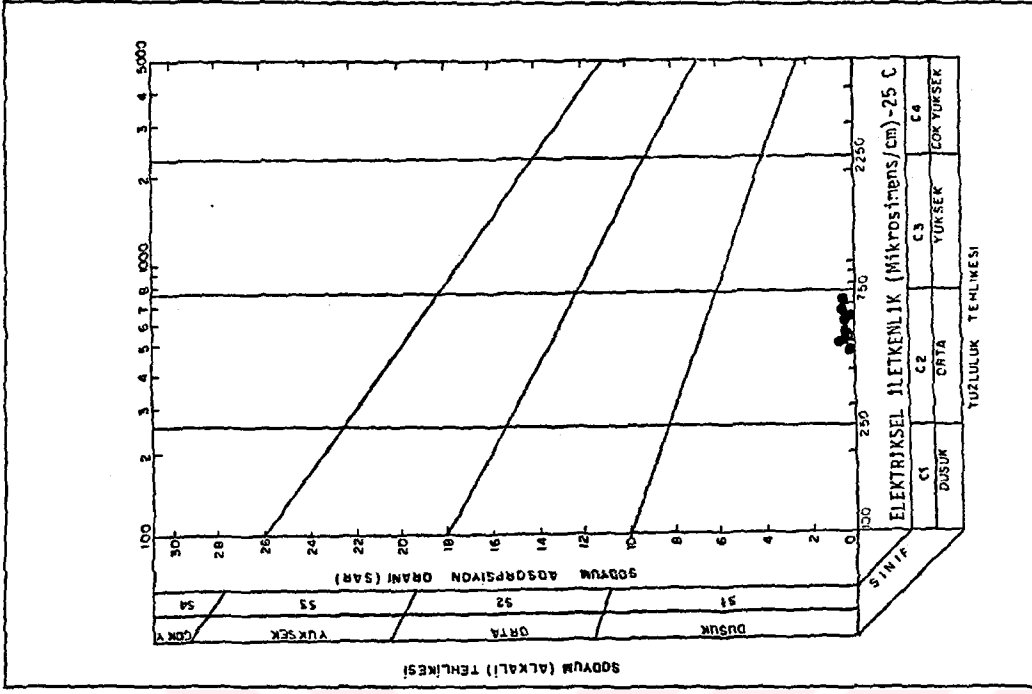
Mamuca deresi, Sarısu ve Keskin deresi suları ise fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler ve inorganik kirlenme parametreleri ve genel sınıflama açısından sınıf III'te (kirli su) yer alırlar.

Akarsu ve kanal suları grafiksel yöntemler kullanılarak ayrıca sınıflanmıştır (Şekil 6.189, 6.190, 6.191). Üçgen diyağram kullanılarak yapılan sınıflamaya göre akarsu ve kanal suları CaCO_3 ve MgCO_3 lı sulardır. Wilcox Diyağramı

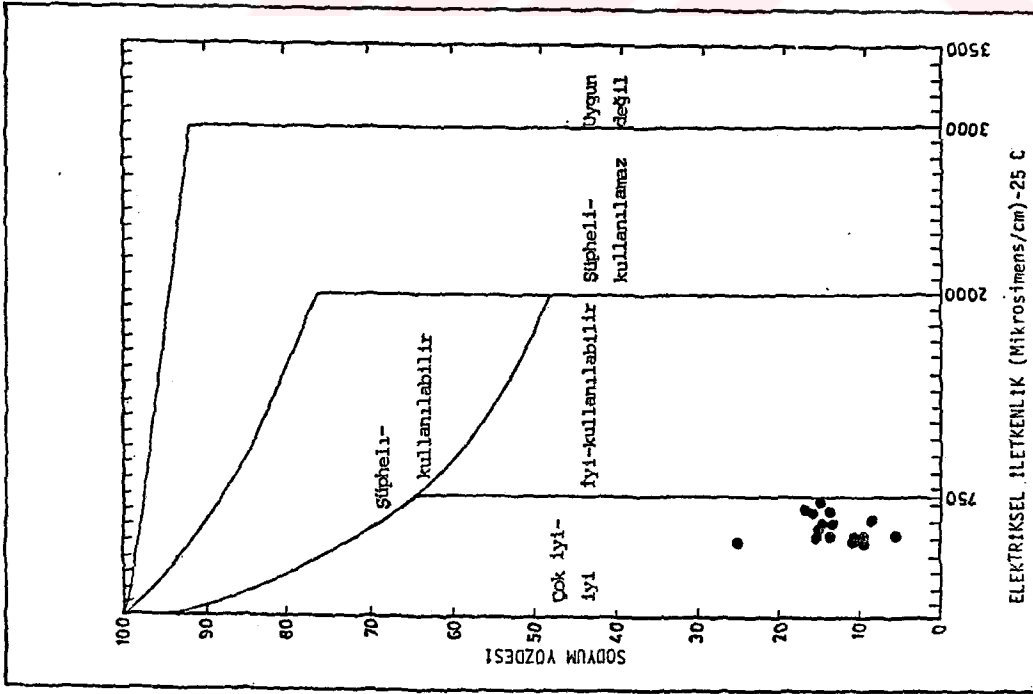


Şekil 6.189 Akarsu ve kanal sularının üçgen diyagramda sınıflandırması

Sekil 6.191 Akarsu ve kanal sularının sulama suyu sınıflaması
(ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı)



Sekil 6.190 Akarsu ve kanal sularının sulama suyu sınıflaması
(Wilcox Diyagramı)



kullanılarak yapılan sulamasuyu sınıflamasına göre (Sekil 6.190) sözkonusu sular sulamada kullanım açısından iyi kalitede sulardır. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı kullanılarak yapılan sınıflamaya (Sekil 6.191) göre akarsu ve kanal suları C_2S_1 sınıfında yer alan orta derecede tuzlu, az sodyumlu sulardır. Bu sınıftaki sular sodyum tehlikesi yaratmadan orta derecede tuza dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabilir.

6.7.3. Ovadaki yeraltısuyunun standartlarla karşılaştırılması ve sınıflandırılması

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde (Madde 12) yeraltısuları kalite kriterlerine göre üç sınıfa ayrılmıştır. Bunlar;

Sınıf YAS I : Yüksek kaliteli yeraltısuları

Sınıf YAS II :Orta kaliteli yeraltısuları

Sınıf YAS III :Düşük kaliteli yeraltısuları'dır.

Cevre Müstesarlığı (1988) tarafından kitesici su kaynakları için verilmiş olan kalite sınıflarına karşılık gelen yeraltısularının, aşağıdaki su gereksinimlerinin karşılanmasına uygun olduğu sözkonusu yönetmelikte belirtilmiştir:

A) Sınıf YAS I- Yüksek kaliteli yeraltısuları

Sınıf YAS I sular içmesuyunda ve gıda sanayiinde kullanılabilen yeraltısularıdır. Bu sınıfa giren yeraltısuları diğer her türlü kullanma amacına uygundur. Sınıf YAS I suları, gerektiğinde uygun bir dezenfeksiyon işleminden sonra içme suyu olarak kullanılabilirler. Sadece havalandırma ile gerekli oksijenin sağlanması şartıyla, Sınıf I yüzeysel sulara ait kalite parametrelerini sağlayan yeraltısuları Sınıf YAS I sular olarak kabul edilir.

B) Sınıf YAS II- Orta kaliteli yeraltı suları

Sınıf YAS II sular, bir arıtma işleminden sonra içmesuyu olarak kullanılabilir sülardır. Bu sular tarımsal su ve hayvan sulama suyu veya sanayide soğutma suyu olarak herhangi bir arıtma işlemine gerek duyulmadan kullanılabilir. Sınıf II yüzeysel sulara ait kalite parametrelerini sağlayan yeraltı suları Sınıf YAS II sular olarak kabul edilir. Ancak demir, amonyum, mangan ve çözünmüş oksijen için konulmuş sınırların bu sınıfa giren sulara sağlanması gerekli değildir.

C) Sınıf YAS III- Düşük kaliteli yeraltı suları

Sınıf YAS III sular yukarıda verilen kalite parametrelerinden daha kötü özellik taşıyan sülardır. Bu suların kullanım yeri, ekonomik, teknolojik ve sağlık açısından sağlanabilecek arıtma derecesi ile belirlenir.

Ovadaki yeraltı suları, sözkonusu yönetmelikte verilmiş olan "kitaici su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri " (Cizelge 6.17) gözönünde tutularak sınıflandırılmıştır (Cizelge 6.19, 6.20). Cizelge 6.19 da görüldüğü gibi Eskisehir Belediyesi kuyu suları fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler, organik parametreler ve inorganik kirlenme parametreleri açısından ve sonuç olarak genel sınıflamada büyük çoğunlukta sınıf YAS III (Düşük kaliteli yeraltı suları) sınıfında yer alırlar. Yönetmeliğe göre bu sular içme ve kullanma açısından uygun değildir, iyi bir arıtma işleminden sonra bazı alanlarda kullanılmaları mümkündür.

Resmi ve özel kuruluş ve kişilere ait kuyu sularının kalite kriterlerine göre sınıflaması Cizelge 6.20 de verilmiştir. Cizelgede görüldüğü gibi bu kuyulardan yerleşim alanı içinde olanlar sınıflamada kullanılan çoğu parametre açısından Belediye kuyularına benzer şekilde sınıf YAS III (Düşük kaliteli yeraltı suları) sınıfında

yerelirlar. Yerlesim alanı dışındaki yeraltısularını yerlesim alanı icindekilerine göre daha yüksek kalitelidir. Bu kuyu sularının bazıları (As.S-1, Yk.S-1, MT-1) sınıf YAS II (orta kaliteli yeraltısularını) sınıfında bulunur.

Yeraltısularının kimyasal analizlerinde elde edilen verilere ait ortalama değerler, TSE (1986) tarafından yayınlanmış olan " İcmesuyu Standartları" (Cizelge 6.21) ile karşılaştırılmış ve standartlarda "tavsiye edilen" ve "müsaade edilen" sınırları aşan parametreler saptanmıştır (Cizelge 6.22 ve 6.23).

Ekisehir ovası yeraltısularında incelenen parametrelerden ortalama değerleri icme suyu standartlarındaki sınırları aşanlar Cizelge 6.22 ve 6.23 te verilmiştir. Cizelgelerde görüldüğü gibi önerilen miktarları aşan parametreler genel olarak Bul., TKM, Ca, T.Sr., Det., NH₃, NO₂, Fe, Cr⁺⁶, Pb, Cd ve Mn dan oluşmaktadır. İzin verilebilecek maksimum miktarları aşan parametreler ise genel olarak Det., NH₃, NO₂, NO₃, Fe ve Mn dir. Şehrin merkezi kesiminde bulunan kirliliğin fazla olduğ bölgedeki kuyularda önerilen ve izin verilebilecek maksimum sınırları aşan parametre sayısı daha fazladır. Şehrin kenar kesiminde veya dışında bulunan kuyularda önerilen veya izin verilebilecek maksimum sınırları aşan parametre sayısı daha azdır.

Ovadaki yeraltısuyunda icmesuyu standartları acısından en önemli kirlilik azot (NH₃, NO₂, NO₃) kirliliğidir (Cizelge 6.22 ve 6.23). Azot kirliliği acısından en ktu durumda olan kuyular Eskisehir Belediyesine ait olan kuyulardır. Belediye'ye ait kuyuların bazılarında (B-11, B-15, B-16, B-18, B-23, B-24, B-30 gibi) hemen hemen her mevsimde izin verilebilen maksimum miktarı aşan düzeyde

NO_3 saptanmıştır. Belediye'ye ait kuyuların bazılarında (örneğin B-10, B-11, B-25, B-26, B-48) içme suyu standartlarında önerilen ve izin verilebilecek miktarları aşan Det. saptanmıştır. Bu yüksek Det. derişimleri bu kuyuların evsel artıksular tarafından büyük ölçüde kirletilmekte olduğunu ortaya koymaktadır. Resmi kuruluş kuyularından NO_3 kirliliği açısından en kötü durumda olanlar Hava Üssü'ne ait kuyulardır.

Eskişehir ovasındaki yeraltısuları grafiksel yöntemler kullanılarak ayrıca sınıflanmıştır (Şekil 6.192, 6.193, 6.194). Uçgen diyagram kullanılarak yapılan sınıflamaya göre ovadaki yeraltısuları CaCO_3 ve MgCO_3 'lı sulardır (Şekil 6.192). Wilcox Diyagramı kullanılarak yapılan sulama suyu sınıflamasına göre ovadaki yeraltısuları sulamadaki kullanılabilir özelliktedirler (Şekil 6.193). ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı kullanılarak yapılan sulama suyu sınıflamasına göre ise (Şekil 6.194), yeraltısuları C_2S_1 ve C_3S_1 sınıflarında bulunurlar. C_2S_1 sınıfında yer alan yeraltısuları orta derecede tuzlu, az sodyumlu sular olup, sodyum tehlikesi yaratmadan, orta derecede tuza dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabilir. Şekil 6.194 de görüldüğü gibi yeraltısularının çoğunluğu ($\text{EC} > 750 \text{ fS/cm}$ olanlar) C_3S_1 sınıfında bulunurlar. Bu sınıfta bulunan sular, yüksek tuzlu, az sodyumlu sulardır. Bu sular drenajı iyi olan topraklarda, sodyum tehlikesi yaratmadan tuza dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabilir.

Cizelge 6.19 Eskişehir Belediyesi kuyu sularının kalite kriterlerine göre sınıflanması

Kuyu no	Kuyunun adı	(*)	Kalite parametrelerine göre suyun sınıflaması			
			A	B	C	Genel
B-10	Yediler Parkı		III	III	III	III
B-11	Alaattin Parkı		III	III	III	III
B-13	Forsuk ilkokulu		III	III	III	III
B-14	Istasyon Caddesi		III	III	III	III
B-15	Mithatpaşa ilkokulu		III	III	III	III
B-16	Alicavuş Camii		III	III	III	III
B-18	Bahçelievler Lisesi		III	II	III	III
B-23	Dekavil		III	III	III	III
B-24	Sarböyük		III	II	II	III
B-25	Eski Tabakhane		II	III	III	III
B-26	Ziyapasa-Park		III	III	III	III
B-30	Gökmeşdan-2		III	III	III	III
B-33	Ardiye (Mezbaha)		III	-	III	III
B-34	Mezbaha bahçesi		III	II	III	III
B-36	Beton Direk Fabrikası		III	II	III	III
B-37	Terzi Evleri		III	III	III	III
B-40	Cumhuriyet Lisesi		III	III	III	III
B-42	Vişnelik-1		III	II	III	III
B-44	Osmangazi Camii		III	II	III	III
B-48	Altınevler		III	III	III	III
B-49	Sazova		III	II	III	III
B-50	Orhangazi		III	II	III	III
B-52	İncesu Evleri		III	III	III	III
B-57	Yayla Caddesi		III	II	II	III
B-58	Yeşiltepe (Tuğla ocakları)		II	II	III	III
B-67	Kuyubaşı		III	III	III	III
B-68	Vişnelik-2		II	II	III	III
B-70	Zincirlikuyu		II	II	III	III
B-71	Esentepe (100. Yıl)		III	II	III	III

(*)

A: Fiziksel ve inorganik-kimyasal parametrelere göre

B: Organik parametrelere göre

C: İnorganik kirlenme parametrelerine göre

Genel: A, B, C gruplarındaki parametrelere göre genel sınıflama

Cizelge 6.20. Resmi ve özel kuruluş ve kişi kuyu sularının kalite kriterlerine göre sınıflanması

Kuyu no	Kuyunun adı	Kalite parametrelerine göre suyun sınıflaması			
		A	B	C	Genel
HH-3	Hava Hastanesi- 3 nolu kuyu	III	III	III	III
LF-3	Lokomotif Fab.- 3 nolu kuyu	II	II	III	III
SB-1	Sümerbank- 1nolu kuyu	III	II	III	III
SB-7	Sümerbank- 7no kuyu	II	II	III	III
SDO-1	Sağır Dilsiz Okulu kuyusu	III	II	III	III
AL-1	Anadolu Lisesi kuyusu	III	III	III	III
YE-1	Anadolu Ü. Y.Emre K.-Lojmanlar	II	II	III	III
YE-2	Anadolu Ü. Y.Emre K.-Fidanlık	III	II	III	III
YE-4	Anadolu Ü. Y.Emre K.-İstimplak s.	III	II	III	III
Aş.S-1	Aşağı.Söğütönü İcmesuyu	I	-	II	II
Yk.S-1	Yukarık Söğütönü icmesuyu	II	-	II	II
MT-1	Muttalip köyü icmesuyu	II	II	II	II
TS-2	Tusaş- 2 nolu kuyu	II	II	III	III
YC-1	Yarıaçık Cezaevi kuyusu	II	I	III	III
SF-3	Seker Fab.- Sinemaönü	III	III	III	III
SC-1	Seker Çiftliği.-Ortayol	III	III	III	III
H.Ü-1	Hava Üssü-Nizamiye	III	II	III	III
H.Ü-2	Hava Üssü-Tamir Fab.	III	II	III	III
H.Ü-4	Hava Üssü-Uçaksavar Taburu	III	II	III	III
H.Ü-5	Hava Üssü-MTS Okulu	II	II	III	III
öz-14	Hases A.S.-2 nolu kuyu	III	III	III	III
OS-1	Organize San. Böl- 1nolu kuyu	II	-	III	III
Ke-1	Karayolları Fidanlığı kesen ku.	III	-	II	III
Ke-6	Lokomotif Fab.- 1 nolu kuyu	II	-	III	III
Ke-8	Seker Çiftliği-Kuledibi	III	-	III	III

(*)

A: Fiziksel ve inorganik-kimyasal parametrelere göre
 B: Organik parametrelere göre
 C: İnorganik kirlenme parametrelerine göre
 Genel: A, B, C gruplarındaki parametrelere göre genel sınıflama

Çizelge 6.21. Türk İçmesuyu Standartları (TSE'den, 1986)

Maddenin Adı	Önerilen miktar mg/l (a)	İzin verilebilecek maksimum miktar, mg/l (b)
1- Zehirli Maddeler	-(c)	
1.1-Kurşun (Pb)	-	0.05
1.2-Krom IV (Cr ⁺⁶)	-	0.05
1.3-Arsenik (As)	-	0.05
1.4-Selenyum (Se)	-	0.01
1.5-Siyanür (CN ⁻)	-	0.01
1.6-Kadmiyum (Cd)	-	0.0005
1.7-Gümüş (Ag)	-	0.05
2-Sağlığa Zararlı Maddeler		
2.1-Florür (F ⁻)	0.8-1.7	1.4-2.4
2.2-Nitrat (NO ₃)		45
3-Sağlığa ve/veya içilebilme özelliğine Etki Eden Maddeler		
3.1-Renk	5 birim	50 birim
3.2-Bulanıklık	< 5 birim	25 birim
3.3-Buharlaşma kalıntısı	500	1500
3.4-Klorür (Cl)	200	600
3.5-Serbest Klor (Cl ₂)	0.1	0.5
3.6-Sülfat (SO ₄)	200	400
3.7-Demir (Fe)	0.3	1.0
3.8-Mangan (Mn)	0.1	0.5
3.9-Bakır (Cu)	1.0	1.5
3.10-Cinko (Zn)	5	15
3.11-Kalsiyum (Ca)	75	200
3.12-Magnezyum (Mg)	50	150
3.13-Magnezyum (Mg) + Sodyum Sülfat (Na ₂ SO ₄)	100	500
3.14-Alkil Benzen Sülfanat (ABS)	0.5	1.0
3.15-Fenolik Maddeler (fenol cinsinden)		0.002
3.16-pH	7.0-8.5	6.5-9.2
3.17-Sertlik (CaCO ₃ cinsinden)	500	
4-Kirlenmeyi Gösteren Maddeler		
4.1-Karbon-Kloroform Ekstraktı	0.2	0.5
4.2-Nitrit (NO ₂)	-	-
4.3-Amonyak (NH ₃)	-	-
5-Radyoaktiflik		
5.1-Alfa aktivitesi	2.7pCi/l (0.1 Bq/l)	
5.2-Beta aktivitesi	27 pCi/l (1 Bq/l)	270 pCi/l (10 Bq/l)

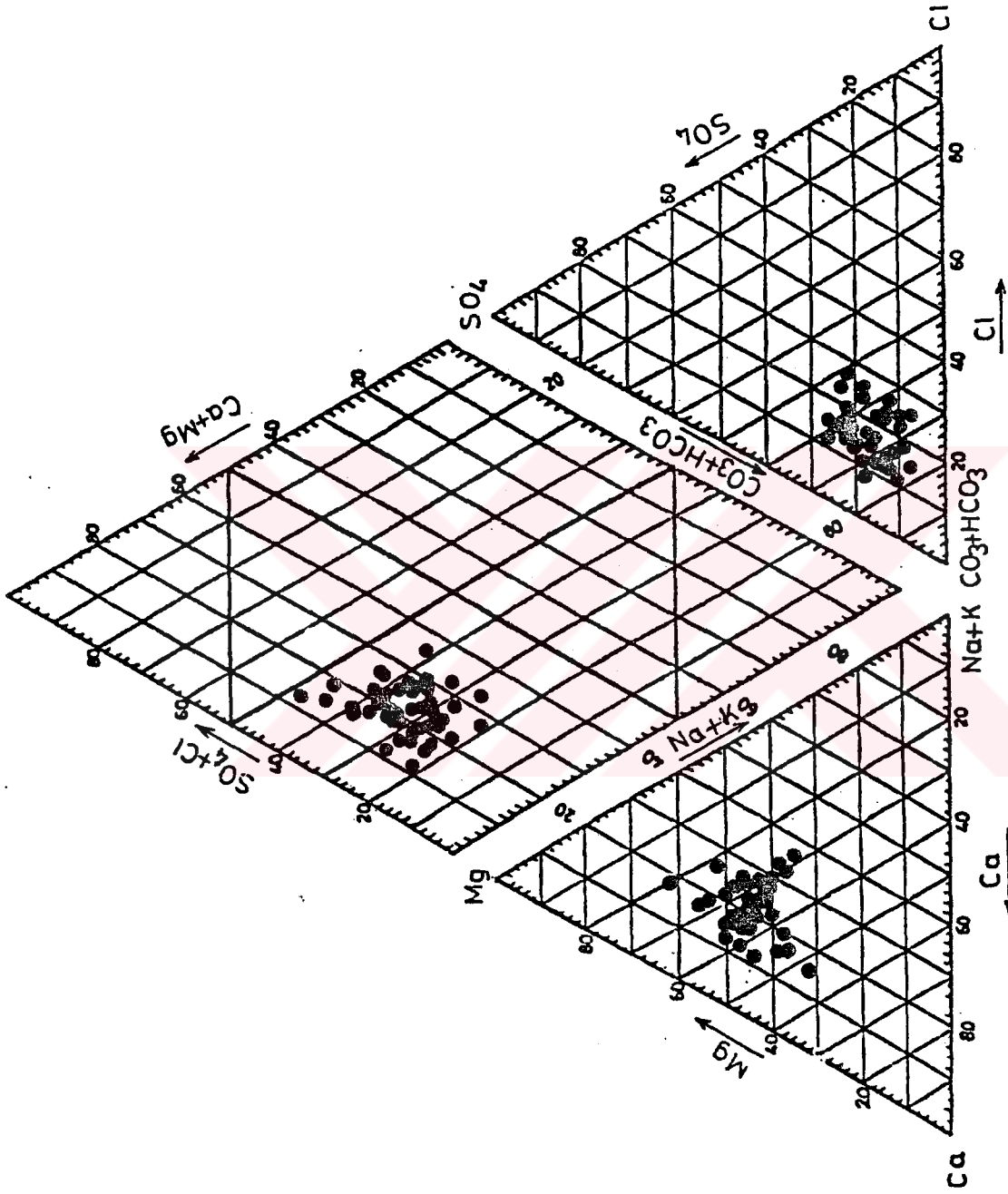
- (a) Tavsiye edilen miktarları aşmayan su kaynaklarının varlığı halinde bu miktarlardan fazla madde bulunduran sular içilmemelidir.
- (b) Müsaade edilebilecek maksimum miktarlardan fazla madde bulunduran sular içme suyu olarak kullanılamazlar.
- (c) Bulunmamalıdır.

Cizelge 6.22 Eskişehir Belediyesi kuyu sularında içme suyu standartlarındaki sınırları aşan parametreler

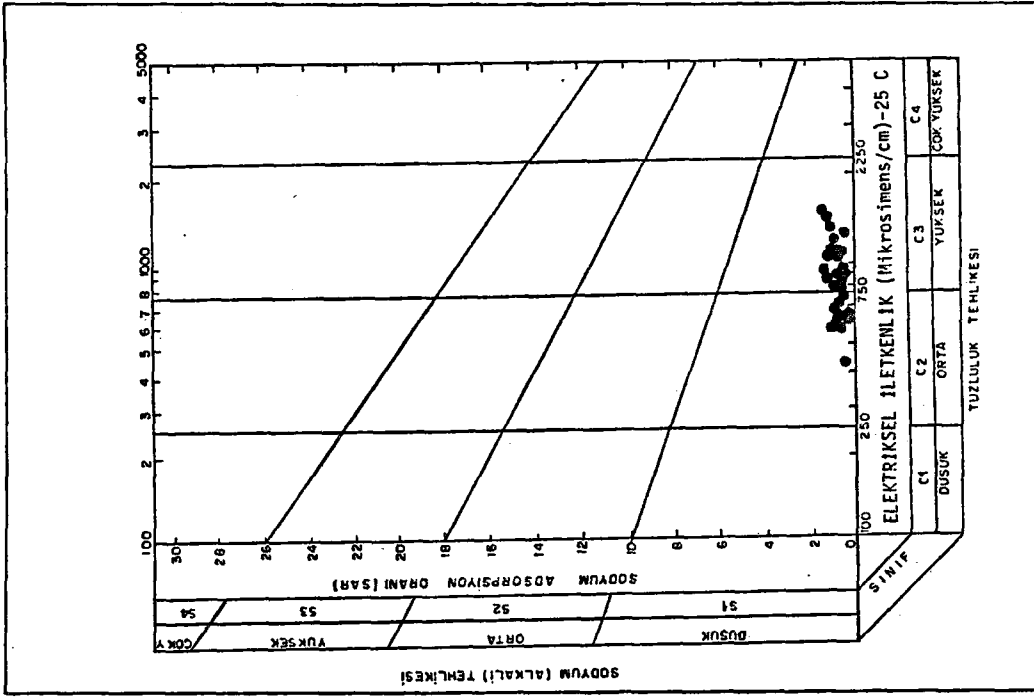
Kuyu no	Kuyunun adı	Onerilen miktarı aşan parametreler	İzin verilebilecek maksimum miktarı aşan parametreler
B-10	Yediler Parkı	Bul, TKM, Ca, Mg, Det., NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd, Mn	Det, NH ₃ , NO ₂
B-11	Alaattin Parkı	TKM, Ca, Mg, T.Sr, Det., NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	Det, NH ₃ , NO ₂ , NO ₃
B-13	Porsul İlkokulu	Bul, TKM, Ca, Mg, Det., NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd, Mn	NH ₃ , NO ₂
B-14	Istasyon Caddesi	Bul, TKM, Ca, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
B-15	Mithatpaşa İlkokulu	TKM, Ca, Mg, T.Sr, Det., NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃
B-16	Alicavus Camii	TKM, Ca, Mg, T.Sr, Det., NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃
B-18	Bahçelievler Lisesi	TKM, Ca, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃
B-23	Dekavil	Bul, TKM, Ca, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃
B-24	Sarböyük	TKM, Ca, Mg, T.Sr, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃
B-25	Eski Tabakhane	Bul, TKM, Mg, Det., NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Cd, Mn	Det, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Mn
B-26	Ziyapasa-Park	Bul, TKM, Ca, Mg, T.Sr, Det., NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd, Mn	Det, NH ₃ , NO ₂ , Mn
B-30	Sökmeçdan-2	TKM, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd,	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃
B-33	Ardıye (Mezbahal	TKM, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃
B-34	Mezbaha bahçesi	TKM, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd, Mn	NH ₃ , NO ₂
B-36	Beton Direk Fabrikası	TKM, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
B-37	Terzi Evleri	Bul, TKM, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd, Mn	NH ₃ , NO ₂
B-40	Cumhuriyet Lisesi	TKM, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃
B-42	Visnelik-1	Bul, TKM, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃
B-44	Osağazi Camii	Bul, TKM, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
B-48	Altınevler	Bul, TKM, Mg, Det., NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd, Mn	Det, NH ₃ , NO ₂
B-49	Sarova	TKM, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
B-50	Orhangazi	TKM, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃
B-52	Incesu Evleri	TKM, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
B-57	Yayla Caddesi	TKM, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃
B-58	Yeşiltepe (Tuğla oc.)	Bul, TKM, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
B-67	Kuyubasi	TKM, Ca, Mg, T.Sr, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃
B-68	Visnelik-2	TKM, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
B-70	Zincirlikuyu	TKM, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
B-71	Esentepe (188. Yıl)	NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂

Cizelge 6.23 Resmi ve özel kuruluş ve kişi kuyu sularında içmesuyu standartlarındaki sınırları aşan parametreler

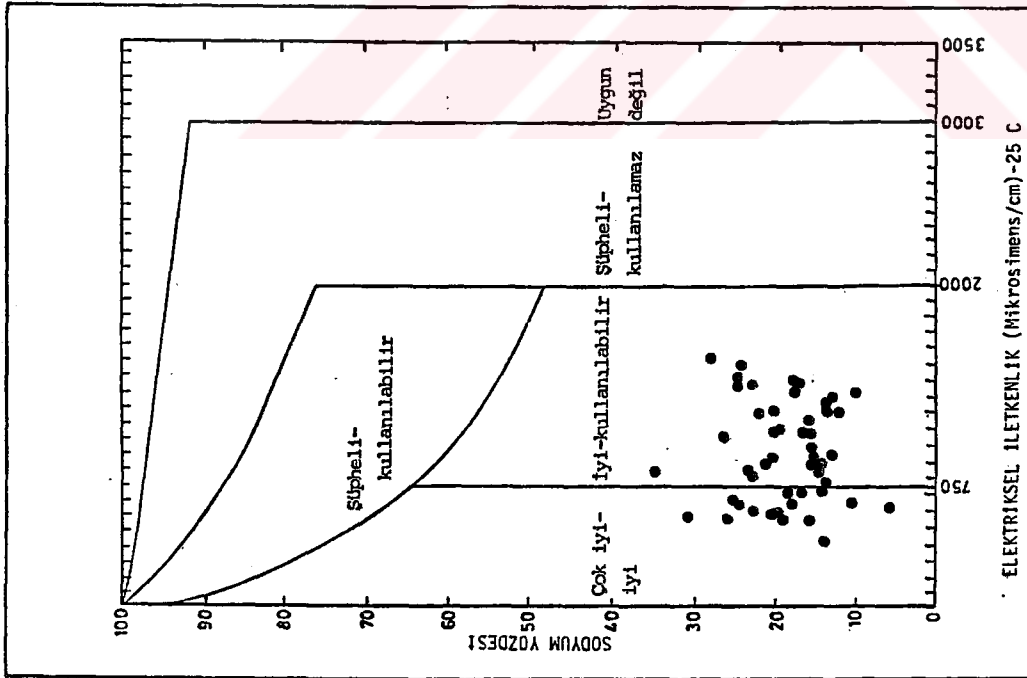
Kuyu no	Kuyu adı	Önerilen miktarı aşan parametreler	İzin verilebilecek maksimum miktarı aşan parametreler
NH-3	Hava H.-3 nolu kuyu	Bul, TKM, Ca, Mg, Det, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃ , Cr, Cd
LF-3	Lok. F.-3 nolu kuyu	TKM, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
SB-1	Sümerbank-1 nolu kuyu	TKM, NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
SB-7	Sümerbank-7 nolu kuyu	NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
SDD-1	Sağır Dilsiz Ok. kuyusu	Bul, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
AL-1	Anadolu Lisesi kuyusu	TKM, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
YE-1	An. Ü. Y.Emre K-Lojmanlar	Bul, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , Fe
YE-2	An. Ü. Y.Emre K-Fidanlık	TKM, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd, Mn	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃
YE-4	An. Ü. Y.Emre K-Istimalak	TKM, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , Cd
As.S-1	As. Söğütünü içmesuyu	TKM, Ca, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
Yk.S-1	Yk. Söğütünü içmesuyu	TKM, Ca, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
NT-1	Muttalip içmesuyu	NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
TS-2	Tusas- 2 no lu kuyu	NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
YC-1	Yarıacık Cezaevi kuyusu	NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
SF-3	Seker Fab.- Sinemaönü	Bul, TKM, Ca, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd, Mn	NH ₃ , NO ₂ , Mn
SC-1	Seker Çiftliği.-Ortayol	TKM, Ca, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd, Mn	NH ₃ , NO ₂
H.Ü-1	Hava Üssü-Nizamiye	TKM, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃
H.Ü-2	Hava Üssü-Tamir Fab.	TKM, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃ , Cr
H.Ü-4	Hava Üssü-Ucaksavar Tb.	TKM, Ca, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , NO ₃
H.Ü-5	Hava Üssü-MTS Okulu	TKM, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
Öz-14	Hases A.S.-2 nolu kuyu	TKM, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
OS-1	Organize S.1 nolu kuyu	TKM, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd, Mn	NH ₃ , NO ₂
Ke-1	Karayolları F.Kesen kuyu	TKM, Ca, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
Ke-6	Lokomotif F. 1 nolu kuyu	TKM, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd, Mn	NH ₃ , NO ₂ , Cd
Ke-8	Seker Çiftliği-Kuledibi	TKM, Mg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd, Mn	NH ₃ , NO ₂



Sekil 6.192 Yeraltısularının üçgen diyagramda sınıflandırması



Sekil 6.194 Yeraltısularının sulama suyu sınıflaması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı)



Sekil 6.193 Yeraltısularının sulama suyu sınıflaması (Wilcox Diyagramı)

6.7.4. Sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyunun standartlarla karşılaştırılması ve sınıflandırılması

Sıcaksu bölgesinde bulunan ve Eskişehir Belediyesi tarafından işletilen, 7 adet sondaj kuyusunun su analizlerine ait ortalama değerler kullanılarak sıcaksuların standartlarla karşılaştırılması ve sınıflaması yapılmıştır.

Sıcaksular, Çevre Musteşarlığı'nın (1988) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde verilen yeraltısuyu sınıflaması (Madde 12) ve TSE'nin (1986) İçmesuyu Standartları ve grafiksel yöntemle göre ayrı ayrı sınıflandırılmıştır.

Sıcaksu bölgesi yeraltısularının kalite kriterlerine göre sınıflaması Çizelge 6.24'de verilmiştir. Çizelge 7.24'de görüldüğü gibi bu bölgedeki yeraltısuları ovadaki "soğuk" yeraltısularına oranla daha iyi kalitede olmakla birlikte kirlenmeden etkilenmişlerdir. Sıcaksular, fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler açısından (B-4 ve B-6 kuyuları hariç) sınıf YAS II (orta kaliteli yeraltısuları) sınıfında, organik parametreler açısından sınıf YAS I (yüksek kaliteli yeraltısuları) ve sınıf YAS III (düşük kaliteli yeraltısuları) sınıflarında, inorganik kirlenme parametreleri açısından sınıf YAS III (düşük kaliteli yeraltısuları) sınıfında yer alırlar. Genel sınıflamada ise sınıf YAS III sınıfında bulunurlar.

Sıcaksu bölgesi yeraltısuları analiz sonuçlarının ortalama değerleri kullanılarak, TSE (1986) tarafından yayınlanmış olan İçmesuyu Suyu standartları ile karşılaştırılmış ve standartlarda önerilen ve izin verilebilecek sınırları aşan parametreler çizelge 6.25'te verilmiştir.

Sıcaksu bölgesi yeraltısularında incelenen parametrelerden ortalama değerleri içmesuyu standartlarındaki sınırları aşanlar çizelge 6.25'te verilmiştir. Önerilen

Cizelge 6.24 Sıcaksu bölgesi kuyu sularının kalite kriterlerine göre sınıflaması

Kuyu no	Kuyu adı	Kalite parametrelerine göre suyun sınıflaması			
		(*) A	B	C	Genel
ES-3	Sıcaksu-3	II	II	III	III
B-2	Ayakkabıcılar	II	I	III	III
B-4	Eskidaire önü	III	III	III	III
B-5	Tasbası	II	III	III	III
B-6	Manifaturacılar	III	III	III	III
B-7	Kirecciler	II	I	III	III
B-8	Özger	II	III	III	III

(*)

A: Fiziksel ve inorganik-kimyasal parametrelere göre
 B: Organik parametrelere göre
 C: İnorganik kirlenme parametrelerine göre
 Genel: A, B, C gruplarındaki parametrelere göre genel sınıflama

Cizelge 6.25 Sıcaksu bölgesi kuyu sularında içmesuyu standartlarındaki sınırları aşan parametreler

Kuyu no	Kuyu adı	Önerilen miktarı aşan parametreler	İzin verilebilecek maksimum miktarı aşan parametreler
ES-3	Sıcaksu-3	NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , Cd
B-2	Ayakkabıcılar	NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
B-4	Eskidaire önü	Bul, TKM, Hg, Det, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
B-5	Tasbası	Bul, TKM, Hg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂
B-6	Manifaturacılar	Bul, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , Fe
B-7	kirecciler	NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , Fe
B-8	Özger	TKM, Hg, NH ₃ , NO ₂ , Fe, Cr ⁺⁶ , Pb, Cd	NH ₃ , NO ₂ , Cd

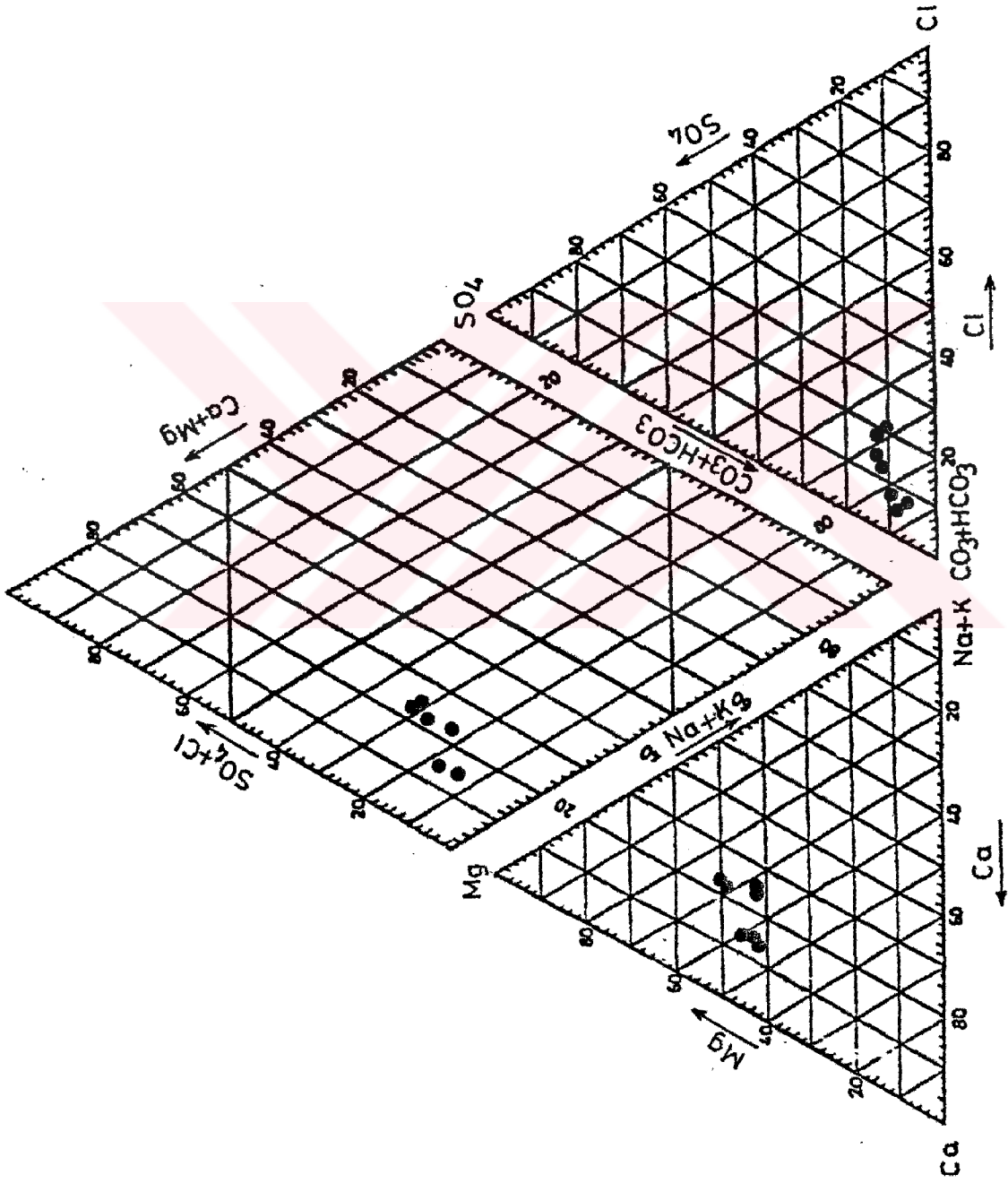
miktarları aşan parametreler genel olarak Bul., TKM, NH₃, NO₂, Fe, Cr⁺⁶, Pb, Cd den oluşur. İzin verilebilecek maksimum miktarları aşan parametreler ise NH₃, NO₂ ve Fe dir. Sıcaksu Bölgesi kuyularının su analiz

sonuçları (Çizelge 6.15) ve Çizelge 6.24 te görüldüğü gibi bölgedeki kuyular, Porsuk Çayı, Carsııcı kanalı ve fosseptikler etkisiyle oluşan azot (NH_3 , NO_2 , NO_3), O-PO_4 , Det. kirliliğinden etkilenmiştir. Bu sonuç bölgedeki sıcaksu kuyulardan alınan suya alüvyon akiferden olan karışımın önemli düzeyde olduğunu göstermektedir.

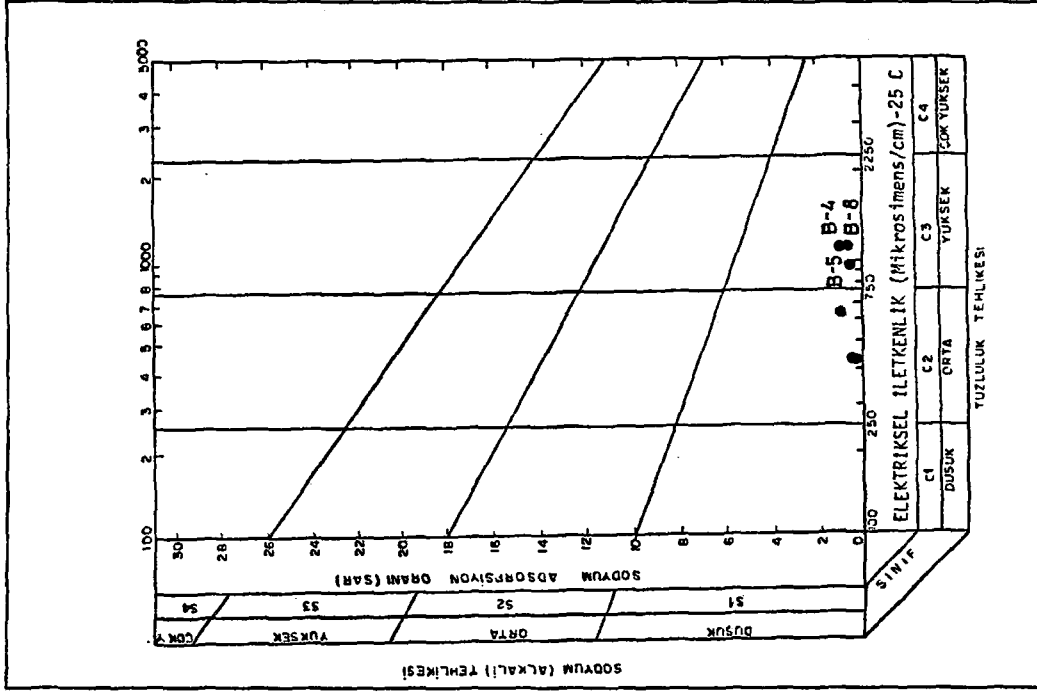
Sıcaksu Bölgesindeki kuyu suları da grafiksel yöntemle sınıflanmıştır (Sekil 6.195, 6.196, 6.197). Üçgen diyagram kullanılarak yapılan sınıflamaya göre sıcaksular CaCO_3 ve MgCO_3 lı sulardır. Wilcox Diyagramı kullanılarak yapılan sulama suyu sınıflamasına göre (Sekil 6.196) Sıcaksu Bölgesi yeraltısuları sulamada kullanılacak özellikte sulardır. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı yardımıyla yapılan sınıflamada ise (Sekil 6.197) ES-3, B-2, B-6 ve B-7 kuyularının suları C_2S_1 sınıfında yer alır. Bu sınıftaki sular, orta derecede tuzlu, az sodyumlu sular olup sodyum tehlikesi yaratmadan orta derecede tuza dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabilir. B-4, B-5, B-8 kuyularının suları C_3S_1 sınıfında bulunmaktadır. Bu sınıfta bulunan sular yüksek tuzlu az sodyumlu sulardır. Bu sular, drenajı iyi olan topraklarda, sodyum tehlikesi yaratmadan, tuza dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabilir.

6.8 Kirlilik Bilancosu

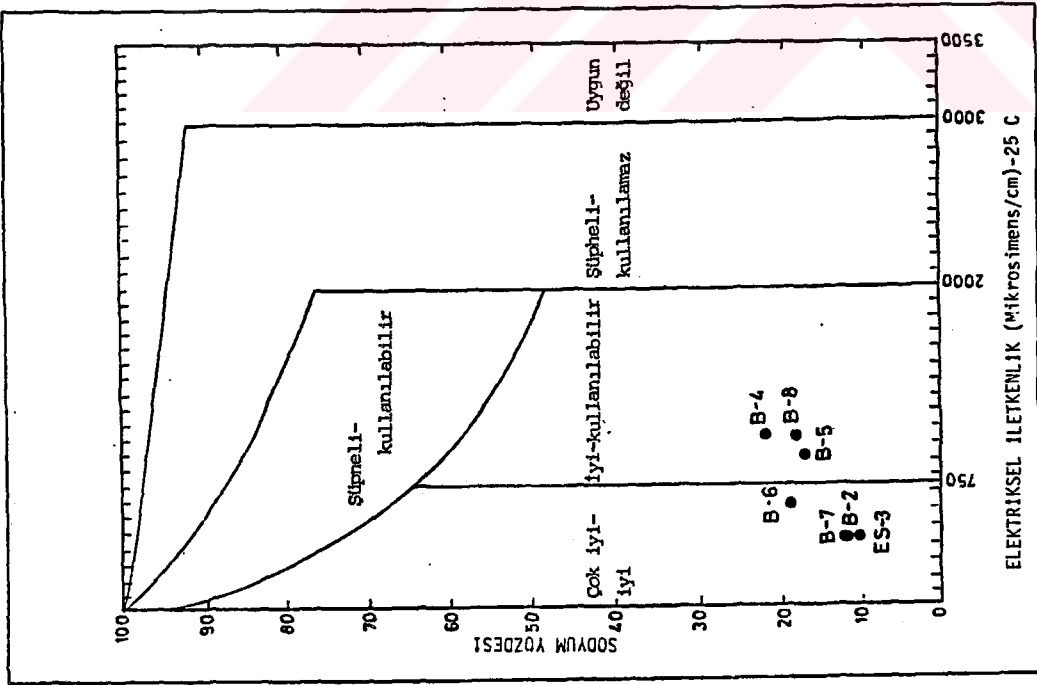
Bir havzaya giren ve çıkan akarsularla taşınan kirlilik yüklerinin hesaplanmasına "kirlilik bilancosu" adı verilir. Bu bilanco, havzaya giren ve havzadan çıkan akarsulardaki kirlilik düzeyi üzerinde havzanın azaltıcı veya arttırıcı etkilerini gösterir. Bu altbölümde Eskişehir'deki endüstriyel kuruluşların Porsuk Çayına boşalttıkları kirlilik yükleri ile, Eskişehir ovası akarsu kirliliği bilancosu ve Porsuk çayı kirlilik bilancosu verilmektedir.



Sekil 6.195 Sıcaksu bölgesi yeraltısularının üçgen diyagramda sınıflanması



Sekil 6.197 Sıcak su bölgesi yeraltı sularının sulama suyu sınıflaması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı)



Sekil 6.196 Sıcak su bölgesi yeraltı sularının sulama suyu sınıflaması (Wilcox Diyagramı)

Porsuk Çayının su kalitesinde Eskisehir giriş ve çıkışı arasında büyük değışikler olmakta, akarsu Eskisehir i ağır şekilde kirlenmiş olarak terketmektedir. Atık suları analiz edilen kuruluşların atıklarındaki AK, azot (NH_3 , NO_2 , NO_3 azotu toplamı), fosfor, klorür derişimleri ve atıksu debileri kullanılarak (Çizelge 6.26) bu kuruluşların Porsuk Çayına boşalttıkları yıllık kirlilik yükleri hesaplanmıştır (Çizelge 6.27).

Çizelge 6.27 de görülen yıllık kirlilik yüklerinin hesaplanmasında fabrikaların yıllık çalışma süresi 300 gün, Mezbaha'nın çalışma süresi ise günde 6 saat olarak 300 gün alınmıştır. Çizelgede görüldüğü gibi Porsuk Çayını kirleten kuruluşlardan gelen kirlilik yükleri öncelikle katı madde şeklinde olmaktadır. Katı madde açısından en fazla kirlilik Seker Fabrikasından gelmektedir. Seker Fabrikası, Eylül-Mart arasındaki 6 aylık "kampanya" döneminde pancar işlemektedir. Seker pancarının stok sahasından fabrikaya taşınmasında ve yıkanmasında Porsuk çayından alınan su kullanılmaktadır. Pancarın taşınması ve yıkanması sonucunda ortaya çıkan çamurlu su atıksu kanalından Porsuk çayına boşaltılmaktadır. Çizelge 6.26 da görüldüğü gibi Seker Fabrikası atıksu debisi ve atıksudaki AK miktarı fabrikanın seker üretim dönemi olan Kasım ve Şubat aylarında yüksek değerlere ulaşmaktadır.

Endüstri kuruluşlarının Porsuk çayının kirliliğine katkı miktarları ve cinsleri, kuruluşlara göre farklılıklar gösterir. Kirliliğe en büyük katkı, Seker ve İspirto Fabrikaları tarafından yapılmaktadır. Bunları sırasıyla Lokomotif Fabrikası, Organize Sanayi Bölgesi, Sümerbank Tekstil Fabrikası, Makina Fabrikası ve Mezbaha izler.

Eskisehir ovasına giren ve çıkan akarsuların arazi çalışmasının yapıldığı dönemdeki (Temmuz 1986-Ağustos 1988) ortalama debileri ve AK, N, P, Cl derişimleri (Çizelge 6.28) kullanılarak, Eskisehir ovası akarsu

Cizelge 6.26. Eskişehir'deki endüstri kuruluşlarının atıksularının debileri ve AK, N, P, Cl derişimleri

	Ölçüm Dönemleri				Yıl. Ort.
	Ka 1987	Sub 1988	N/M 1988	Ağ 1988	
Atıksu nokt.: AS-1					
Atıksu debisi (l/s)	20	25	25	20	22.5
AK (mg/l)	595.00	525.00	213.00	675.00	502.00
N (mg/l)	6.414	6.812	6.803	6.017	6.511
P (mg/l)	0.003	0.241	0.604	0.424	0.381
Cl (mg/l)	2410.0	230.5	71.0	124.0	708.9
Atıksu nokt.: AS-2					
Atıksu debisi (l/s)	15	10	15	10	12.5
AK (mg/l)	170.00	172.00	163.00	243.00	187.0
N (mg/l)	4.175	16.88	10.64	6.784	9.620
P (mg/l)	0.519	0.783	1.074	0.719	0.791
Cl (mg/l)	90.0	102.8	63.8	74.4	82.75
Atıksu nokt.: AS-3					
Atıksu debisi (l/s)	10	15	10	15	12.5
AK (mg/l)	200.00	168.00	113.00	213.00	173.5
N (mg/l)	9.847	8.01	5.403	8.754	8.00
P (mg/l)	0.653	1.632	0.396	0.105	0.697
Cl (mg/l)	110.0	63.80	49.60	141.80	91.3
Atıksu nokt.: AS-4					
Atıksu debisi (l/s)	10	10	15	5	10
AK (mg/l)	170.00	1000.00	125.00	143.00	360.00
N (mg/l)	4.27	2.889	6.78	2.29	4.057
P (mg/l)	2.656	0.206	1.788	1.553	1.55
Cl (mg/l)	81.5	3790.0	60.3	71.00	148.0
Atıksu nokt.: AS-5					
Atıksu debisi (l/s)	150	90	10	10	65
AK (mg/l)	22375	11120	113.00	86.0	8423.3
N (mg/l)	24.7	1.931	6.586	5.157	9.594
P (mg/l)	1.24	0.294	1.253	0.405	0.798
Cl (mg/l)	35.5	56.7	113.4	81.50	71.78
Atıksu nokt.: AS-6					
Atıksu debisi (l/s)	40	50	60	30	45
AK (mg/l)	550.0	683.00	538.00	285.0	514.0
N (mg/l)	8.292	16.00	9.324	4.743	9.59
P (mg/l)	0.245	1.227	0.131	0.121	0.431
Cl (mg/l)	72.00	21.30	83.00	78.00	63.58
Atıksu nokt.: AS-7					
Atıksu debisi (l/s)	5	5	10	10	7.5
AK (mg/l)	150.00	172.00	113.00	70.00	126.25
N (mg/l)	6.155	1.293	10.346	1.910	4.926
P (mg/l)	0.653	0.92	0.943	0.454	0.743
Cl (mg/l)	125.00	76.2	71.00	78.00	87.5
Atıksu nokt.: AS-8					
Atıksu debisi (l/s)	5	4	4	5	4.5
AK (mg/l)	3467	9575	400.00	6440.0	4970.5
N (mg/l)	14.82	16.266	10.430	8.730	12.56
P (mg/l)	0.561	5.785	5.972	0.180	3.125
Cl (mg/l)	205.6	775.00	71.00	131.2	295.7
Atıksu nokt.: AS-9					
Atıksu debisi (l/s)	25	20	20	25	22.5
AK (mg/l)	67.00	614.00	190.00	1175.00	511.5
N (mg/l)	3.784	13.325	13.75	6.782	9.41
P (mg/l)	1.459	1.083	2.00	3.152	1.924
Cl (mg/l)	115.2	223.0	92.00	109.00	134.8

Cizelge 6.27. Eskişehir'deki endüstri kuruluşlarının Porsuk çayına boşalttıkları yıllık kirlilik yükleri

Atıksu nok	Kuruluş	Kirlilik yükü (kg/yıl)			
		AK	N	P	Cl
AS-1	Sümerbank T.F.	292765.5	3796.7	222.1	413430.0
AS-2	Lokomotif F.	60588.0	3116.8	256.3	26811.0
AS-3	Lokomotif F.	56214.0	2592.0	255.8	29581.2
AS-4	Lokomotif F.	93312.1	1051.6	401.7	38361.6
AS-5	Seker F.	28285000.0	25705.4	1457.3	77045.6
AS-6	İspirto F.	559529.6	11197.4	503.9	74183.0
AS-7	Makina F.	24543.0	957.6	144.4	17010.0
AS-8	Mezbaha	144939.0	366.3	91.2	8622.6
AS-9	Organize San.	298306.0	5487.9	1122.1	78615.4
Toplam (kg/yıl)		29813198.8	54271.7	4454.8	763660.4
Toplam (ton/yıl)		29813.199	54.272	4.455	763.66

kirliliği bilançosu (Cizelge 6.29) ve Porsuk çayı kirlilik bilançosu (Cizelge 6.30) hazırlanmıştır. Ovanın akarsu kirliliği bilançosunun hazırlanmasında ovaya giren ve ovadan çıkan akarsu ve kanallar gözönünde tutulmuştur. Porsuk çayının kirlilik bilançosunda ise Benzinlik ve Sazova AGİ'leri "giren", Karacahöyük örnekleme noktası ise "çıkan" kirlilik yüklerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Çıkan kirlilik yüklerinin hesaplanmasında Karacahöyük istasyonunun kullanılmasının nedeni, noktanın şehir çıkışında yer alması ve buradan alınan örneklerin ve yapılan ölçümlerin Eskişehir'in Porsuk çayının kirliliğine katkısını tümüyle yansıtmaktadır.

Ovanın akarsu kirliliği bilançosunda (Cizelge 6.29) görüldüğü gibi Sağ ve Sol kanallarla ovaya giren kirlilik çıkan kirlilikten daha fazladır. Sağ ve Sol kanallara Eskişehir çıkışından ova çıkışına kadar katılımlar olmaktadır. Kanallardaki kirlilik hem suyun bir kısmının sulamada kullanılması, hem de kanal boyunca çökeltme nedenleriyle azalmaktadır. Kanallardaki bu azalmaya

Cizelge 6.28 Eskişehir ovası giriş ve çıkışında akarsu ve kanallarda Temmuz 1986-Agustos 1988 dönemi ortalama akımları ve AK, N, P, Cl derisimleri

Ölçüm/örnekleme noktası	Akım (m ³ /sn)	AK (mg/l)	N (mg/l)	P (mg/l)	Cl (mg/l)
Forsuk çayı- Benzinlik (A-3)	1.157	139.75	4.786	0.088	17.33
Sağ kanal- Karacasehir (A-3)	1.995	139.75	4.786	0.088	17.33
Sol kanal- Karacasehir (A-3)	4.715	139.75	4.786	0.088	17.33
Sarısu- Sazova (A-16)	1.609	108.38	3.59	0.062	21.73
Forsuk çayı- Karacahöyük (A-8)	4.51	641.88	7.541	0.598	30.83
Forsuk çayı- Cavium (A-9)	5.15	753.13	5.451	0.545	29.18
Sağ kanal- Cavium (A-14)	0.95	77.57	6.97	0.142	18.39
Sol kanal- Cavium (A-20)	2.3	105.83	5.34	0.125	18.73

karşın ova çıkışında toplam kirlilik yükünün arttığı gözlenmektedir. Bu artış Eskişehir'den Forsuk çayına önemli bir kirlilik yükünün verildiğini ortaya koymaktadır. Bilançoda görüldüğü gibi kirlilik yükü artışı en fazla AK ve P'da olmaktadır.

Forsuk çayı kirlilik bilançosu (Cizelge 6. 30) Eskişehir'deki endüstriyel ve evsel kaynaklardan bu akarsuya önemli bir kirlilik yükü verildiğini daha açık şekilde ortaya koymaktadır. Cizelgedeki çıkan yük/giren yük oranlarında görüldüğü gibi kirlilik yüklerinde 2.53 ile 13.4 kat arasında artış olmaktadır. En büyük oranda artış AK ve P yüklerinde olmaktadır.

Çizelge 6.29 Eskişehir ovası akarsu kirliliği bilançosu

A- Giren kirlilik yükleri (ton/yıl)

Ölçüm/örnekleme noktası	AK	N	P	Cl
Porsuk çayı- Benzinlik (A-3)	5099.1	174.6	3.21	632.3
Sağ kanal- Karacasehir (A-3)	9792	301.1	5.54	1090.3
Sol kanal- Karacasehir (A-3)	20779.7	711.6	13.1	2576.8
Sarısu- Sazova (A-16)	5499.4	182.2	3.15	1102.6
Toplam	40170.2	1369.5	25	5402

B- Çıkan kirlilik yükleri (ton/yıl)

Ölçüm/örnekleme noktası	AK	N	P	Cl
Porsuk çayı- Cavlum (A-9)	122316.1	885.3	88.5	4739.1
Sağ kanal- Cavlum (A-14)	2323.9	208.8	4.25	550.9
Sol kanal- Cavlum (A-20)	7676.1	387.3	9.1	271.6
Toplam	132316.1	1481.4	101.85	6648.5
(Çıkan yük/giren yük) oranı	3.3	1.1	4.07	1.23

Çizelge 6.30 Porsuk çayı kirlilik bilançosu

A- Giren kirlilik yükleri (ton/yıl)

Ölçüm/örnekleme noktası	AK	N	P	Cl
Porsuk çayı- Benzinlik (A-3)	5099.1	174.6	3.21	632.3
Sarısu- Sazova (A-16)	5499.4	182.2	3.15	1102.6
Toplam	10598.5	356.8	6.36	1734.9

B- Çıkan kirlilik yükleri (ton/yıl)

Ölçüm/örnekleme noktası	AK	N	P	Cl
Porsuk çayı- Karacahöyük (A-8)	91292.9	1072.5	85.1	4383.5
(Çıkan yük/giren yük) oranı	8.61	3	13.4	2.53

7. SONUCLAR VE ÖNERİLER

7.1.Sonuçlar

Bu çalışmada, Eskişehir ovasındaki yeraltısuyu kirliliğinin düzeyi, alansal yayılımı, mevsimsel değişimi kirletici kaynaklarla yeraltısuyu kirliliği ilişkileri incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

1) Eskişehir ovasında yeraltısuyu taşıyan ve su sağlamada kullanılan ana litolojik birimler alüvyondur (eski ve yeni alüvyon). Ova çevresinde yüzeylenen Kuvaterner öncesine ait diğer birimlerden metamorfikler (Trs, Trmr) ve Üst Miyosen yaşlı kireçtaşı (ÜM3) zayıf akifer karakterindedir. Diğer birimler ise çok az yeraltısuyu taşıyan veya yeraltısuyu taşımayan geçirimsiz birim karakterindedir.

2) Ovadaki yeraltısuyu kirliliği alüvyon akiferde meydana gelmiştir. Ova çevresindeki diğer birimlerde bulunan ve kaynaklarla boşalan (kaynak verdileri genelde 1 l/s den düşüktür) yeraltısuları kirlenmeden etkilenmemişlerdir. Bu kaynakların suları sertlikleri düşük (10-20 F.S. arasında); içme, kullanma ve sulamaya uygun olan iyi kalitede sulardır.

3) Eskişehir'deki endüstri kuruluşları ve mezbaha atık suları Farsuk çayının kirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu kuruluşlardan Sümerbank Tekstil Fabrikası, Lokomotif Fabrikası, Seker Fabrikası ve Organize Sanayi Bölgesi atıksularındaki bazı parametrelerin ortalama miktarları Çevre Müstesarlığı'nın (1988) su kirliliği kontrolü yönetmeliğinde verilen atık su deşarj standartlarında belirtilen sınırları aşmaktadır.

4) Eskişehir'deki endüstri kuruluşlarının Porsuk çayının kirliliğine katkı miktarları ve cinsleri, kuruluşlara göre farklılık gösterir. Kirliliğe en büyük katkı Seker ve Ispirto fabrikalarından gelmektedir. Bunları sırasıyla Lokomotif Fabrikası, Organize Sanayi Bölgesi, Sümerbank Tekstil Fabrikası, Makine Fabrikası ve Mezbaha izlemektedir. Bu kuruluşlar Porsuk çayını özellikle katı maddeler (askıdaki katılar), azot bileşikleri, fosfat, ısı, pH ve bulanıklık yönünden kirletmektedir.

5) Porsuk çayı Kütahya'da evsel ve endüstriyel atıksularla ağır şekilde kirlenmekte, Porsuk barajında dinlendikten sonra su kalitesinde bir ölçüde iyileşme görülmektedir. Bu akarsu Eskişehir'den geçerken tekrar evsel ve endüstriyel atıksularla ağır şekilde kirlenmektedir. Sağ ve Sol sulama kanalları ile Çarşıiçi kanalı da evsel atıksuların boşaltılması nedeni ile kirlenmektedir.

6) Çevre Müsteşarlığı'nın (1988) su kirliliği kontrolü yönetmeliğindeki kalite kriterlerine göre Porsuk çayı ve kanallardaki sular, Sınıf IV (Çok kirlenmiş su) sınıfında yer alırlar. Sarısu, Mamuca deresi ve Keskin deresinin suları ise bunlara göre daha iyi kalitede olup Sınıf III (Kirli su) sınıfına girmektedir. Sulama suyu sınıflaması açısından tüm akarsu ve kanal suları orta derecede tuzlu, az sodyumlu sular olup, sodyum tehlikesi yaratmadan orta derecede tuza dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabilir.

7) Eskişehir ovasındaki yeraltısuyu kirliliğinde Porsuk çayı ve kanallardaki kirlilik önemli ölçüde rol oynamaktadır. Bu durum, akarsuya yakın konumda bulunan kuyulardaki kirlilik ile akarsudaki (kanaldaki) kirliliğin mevsimsel değişimlerinin birlikte değerlendirilmesi sonucu kolaylıkla saptanabilmektedir.

8) Çeşitli parametreler açısından yeraltısuyu kirliliğinin en yoğun olduğu bölgeler az çok farklılık göstermekle birlikte, tüm parametreler açısından yeraltısuyu kirliliğinin en yoğun olduğu bölge genellikle en yoğun yerleşimin görüldüğü şehrin orta bölgesi ile doğu kesimindeki bölgeyi (B-10, B-11, B-13, B-14, B-15, B-16, B-23, B-24, B-25, B-26, B-30, B-67, SF-3, SC-1 kuyularının bulunduğu bölge) kapsamaktadır. Birçok parametre açısından en yüksek kirlilik bu bölgedeki kuyularda gözlenmiştir. Yerleşim alanının kenar kesiminde veya dışında bulunan kuyularda kirlilik, yerleşim alanı içindeki kuyulara oranla çok azdır.

9) Yeraltısuyunda incelenen parametrelerden Bul., AK, TKM, Cöz.O. çoğunlukla yağışlı dönemlerde (Şubat, Nisan, Mayıs aylarındaki gözlemlerde), diğer parametreler çoğunlukla kurak dönemlerde (Temmuz, Ağustos ve Kasım aylarındaki gözlemlerde) yüksek değerlere sahip olmaktadır. Parametrelerin değerlerinde kurak ve yağışlı dönemler arasındaki değişimler, parametrelere göre farklı büyüklükler göstermektedir. Azot bileşikleri, $O-PO_4$ ve ağır metal derişimlerinde bu dönemler arasında birkaç kat ile 10 kat arasında değişen farklar görülür. Diğer parametrelerde dönemler arası değişimler bir veya birkaç kat düzeyindedir.

10) Ovadaki kuyularda kirlilik miktarı; kuyu derinliği, filtrelenmiş seviyelerin derinliği, filtre seviyeleri üzerinde koruyucu toprak veya kil tabakasının varlığı ve kalınlığı, akarsu ve kanalların kuyuya uzaklığı, kuyu çevresinde kirletici kaynakların varlığı, akiferin hidrolik iletkenliği gibi faktör ve özellikler tarafından kontrol edilmektedir.

11) Ovadaki yeraltısuları Çevre Müstesarlığı'nın (1988) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde verilen kalite kriterlerine göre büyük çoğunlukla Sınıf YAS III (Düşük

kaliteli yeraltısuları) sınıfında yer almaktadırlar. En kötü kaliteli yeraltısuları genellikle Eskişehir Belediyesi tarafından şehrin su gereksinimini sağlamada kullanılan kuyuların sularıdır.

12) Ovadaki yeraltısularındaki bazı parametreler TSE'nin (1986) İçmesuyu Standartları'nda verilen sınırları aşmaktadır. Standartlardaki önerilen miktarları aşan parametreler genelde Bul., TKM, Ca, T, Sr, Det., NH_3 , NO_2 , Fe, Cr^{+6} , Pb, Cd ve Mn'dan oluşur. İzin verilebilecek maksimum miktarları aşan parametreler ise genel olarak Det., NH_3 , NO_2 , NO_3 , Fe, Mn'dır. İçmesuyu Standartları açısından da en kötü kaliteli yeraltısuları Eskişehir Belediyesi kuyularının sularıdır. Ovadaki yeraltısuyunda İçmesuyu Standartları açısından en önemli kirlilik azot (NH_3 , NO_2 , NO_3) kirliliğidir.

13) Sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyu da kirlenmeden etkilenmiş durumdadır. Bu bölgedeki sularda su sıcaklığı ile çözülmüş iyon ve kirlilik miktarı ters orantılıdır. Çözülmüş iyon ve kirlilik miktarı, su sıcaklığı yüksek olan kuyularda düşük, sıcaklığı düşük olan sularda ise yüksektir.

14) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki kalite kriterlerine göre Sıcaksu bölgesindeki yeraltısuyu, ovadaki yeraltısuyundan daha iyi kalitede olmakla birlikte, kirlilikten etkilenmiştir. Sıcaksular, sözkonusu yönetmeliğe göre çoğunlukla Sınıf YAS III (düşük kaliteli yeraltısuları) sınıfında yer alırlar.

15) İçmesuyu Standartları (TSE, 1986) açısından sıcaksulardaki bazı parametreler, önerilen ve izin verilebilecek maksimum miktarları aşmaktadır. Bul., TKM, NH_3 , NO_2 , Fe, Cr^{+6} , Pb, Cd önerilen miktarları; NH_3 , NO_2 ve Fe izin verilebilecek maksimum miktarları aşan parametrelerdir.

7.2.Öneriler

Bu çalışmada elde edilen veriler ve ulaşılan sonuçların ışığı altında, ovadaki yüzey ve yeraltısuyu kirliliğinin daha ileri düzeye ulaşmasının önlenmesi, mevcut kirliliğin giderilmesi ve Eskişehir'de çeşitli alanlarda gereksinim duyulan suların sağlanması açısından getirilen öneriler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

1) Eskişehir İçmesuyu Arıtma Tesislerine su sağlayacak olan Forsuk barajındaki kirliliğin azaltılması ve giderilmesi için Kütahya'dan kaynaklanan evsel ve endüstriyel kirliliğin önlenmesi sağlanmalıdır. Bunun için Kütahya Kanalizasyon Arıtma Tesisleri ve endüstriyel kuruluşların kurmayı planladıkları arıtma tesisleri en kısa sürede tamamlanmalıdır.

2) Forsuk çayının ve yeraltısuyunun Eskişehir'deki kuruluşların endüstriyel atıklarıyla kirlenmesini önlemek amacıyla, bu akarsuyu kirleten kuruluşların atıksu arıtma tesislerini kurmaları sağlanmalıdır.

3) Forsuk çayı, kanallar, yeraltısuyu ve sıcak suların Eskişehir'den akarsu ve kanallara boşaltılan evsel atıksularla kirlenmesinin durdurulması ve önlenmesi, ve ayrıca ovadaki yeraltısuyunun ve sıcak suların fosseptiklerden sızan evsel atıksularla kirlenmesinin durdurulması ve önlenmesi amacıyla başlatılmış olan Eskişehir Kanalizasyon Projesi kısa zamanda tamamlanmalıdır. Ayrıca Kanalizasyon Arıtma Tesislerinin yapımı kısa zamanda gerçekleştirilmelidir.

4) Eskişehir İçmesuyu Arıtma Tesisleri devreye girip içmesuyu Standartlarına uygun kalitede su üretmeye başlayıncaya kadar geçecek sürede, halen kullanılmakta olan kuyulardan en yoğun kirliliğin görüldüğü bölgede bulunanlar terkedilmelidir. Su açığını kapatmak için

geçici çözüm olarak, yerleşim alanı dışında nispeten daha temiz yeraltısularının bulunduğu bölgelerde kuyular açılabilir.

5) Yeraltısuyundan yararlanmak amacıyla yeni açılacak olan kuyular, mümkün olduğu kadar yerleşim alanı, Porsuk çayı ve kanallardan uzak bölgelerde açılmalı ve akiferin üst seviyeleri tecrit edilerek kuyu filitreleri akiferin derin kesimlerinden su alacak şekilde yerleştirilmelidir. Ayrıca kuyuların etrafında koruma zonları oluşturulmalıdır.

6) Eskişehir İçmesuyu Arıtma Tesisleri, Kanalizasyon Tesisleri ve fabrikaların arıtma tesisleri çalışır hale getirildikten sonra ovadaki yeraltısuyundan sulama suyu olarak yararlanılmalıdır. Bu kullanım hem Porsuk barajından içmesuyu sağlanmasında yararlanılmasından dolayı açığa çıkacak olan sulama suyu açığını kapatacak, hem de kirli yeraltısuyunun akiferden atılmasını ve daha temiz su ile tekrar beslenimini sağlayacaktır.

EK AÇIKLAMALAR-A

KAYNAK VE KUYULARLA İLGİLİ BİLGİLER

Çizelge A.1.. Kaynaklarla ilgili bilgiler

Kay. no	Kaynak adı/yeri	Yükselti (m)	Verdi (l/s)	EC (25 C) (FS/cm)	Litoloji	Hidroloji haritasında yeri	Ölçüm tarihi
1	Cami çeşmesi-Karacasehir	855	0.50	450	GE1	F4	18/9/1987
2	Hacı Hürşit ces.- Karacasehir	870	0.25	416	GE1	F4	18/9/1987
3	Söğütli çeşme- Karacasehir	880	0.25	404	P1Bt	F4	18/9/1987
4	Yukarı çeşme-Karacasehir	875	0.36	495	P1Bt	F4	18/9/1987
5	Muhacir çeşmesi- Karacasehir	890	0.54	431	P1Bt	F4	18/9/1987
6	Kışla deresi kaynakları- Karacasehir G	890	1.15	397	P1B	F4	18/9/1987
7	Meselik T. kaynağı- Karacasehir D	895	0.03	593	GE1	F5	18/9/1987
8	Meselik kaynağı- Karacasehir D	920	0.04		GE1	F5	18/9/1987
9	Üsmüçinar çeşmesi- Karacasehir D	870	0.02	736	GE1	F5	18/9/1987
10	Köşrelilik çeşmesi- Yıldız T. 6D	895	0.01	421	TrmT/GE1	F5	19/9/1987
11	Eynez çeşmesi- Takkalı T. 6B	875	0.07	440	TrmT/GE1	F6	19/9/1987
12	Satılmas çeşmesi- Hacıca B	885	1.00	671	TrmT/GE1	F6	19/9/1987
13	Takahasen dere kaynağı- Hacıca 6B	940	0.25		GE1	F6	19/9/1987
14	Kavacık kaynağı- Hacıca G	950	2.00	424	GM3	G6	20/9/1987
15	Çarçır çeşmesi Kanlıpınar 6B	955	0.10	494	GM2/GM3	G7	20/9/1987
16	Taşdelen kaynağı Sultandere G	820	2.50	57B	TrmT/A12	F7	20/9/1987
17	Pınardere çeşmesi- Kanlıpınar KB	857	0.60	45B	GM1/A12	F8	22/9/1987
18	Köpekçü çiftliği kay.- Kanlıpınar G	970	2.00	380	GM3	G8	22/9/1987
19	Tınçır Çeşmesi Kanlıpınar 6D	890	0.10	872	Trs	G8	22/9/1987
20	Hacıbabanın ces. Kanlıpınar 6D	920	0.20	59B	Trs/GM1	G8	22/9/1987
21	Kocaveli pınarı- Karacaören B	980	0.04	425	GM2	F9	22/9/1987
22	Avcıkızı kaynağı- Karacaören KB	905	0.05	281	GM1/GM2	F9	22/9/1987
23	Alitelli çeşmesi Karacaören KB	910	0.20	32B	GM2/GM3	F9	22/9/1987
24	Yozsak kaynağı Sevinc 6D	860	3.00	723	GA12	F9	22/9/1987
25	Kozkavak kaynağı- Keskin KB	1000	0.50	455	TrmD	B1	23/9/1987
26	Kocapınar kaynağı- Keskin	865	30.00	53B	GA12	C3	23/9/1987
27	Sıtmapınar çeşmesi- Keskin	875	0.04	444	GM1	B3	23/9/1987
28	Künlü-1 pınarı Keskin KD	975	2.50	352	Trs	B3	25/9/1987
29	Künlü-2 pınarı Keskin KD	972	1.00	612	Trs	B3	24/9/1987
30	Künlü-3 pınarı Keskin KD	967	0.60		Trs	B3	23/9/1987
31	Künlü-4 pınarı Keskin KD	920	1.65		GA11	B3	23/9/1987
32	Üçpınar kaynağı- Uludere	1045	1.72	264	Trs	A2	24/9/1987
33	Katranca pınarı- Uludere	1135	0.10		Trs	A2	24/9/1987
34	Akpınar çeşmesi- Uludere	1100	3.00	357	Trs	A2	24/9/1987

Cizelge A.1. Kaynaklarla ilgili bilgiler
(Devam ediyor)

Kay. no	Kaynak adı/yeri	Yükselti (m)	Verdi (l/s)	EC (25 C) (µS/cm)	Litoloji	Hidroloji haritasında yeri	Ölçüm tarihi
35	İlkelul kaynağı- Uludere	1080	0.25	200	Trs	A1	24/9/1987
36	Uludere köy kaynağı- Uludere	1120	1.80	203	Trs	A1	24/9/1987
37	Bel pınarı- Uludere KB	1075	4.00	300	Trs/Trmr	A1	24/9/1987
38	İmaşpınar çeşmesi- Uludere B	1045	0.40		BA12	A1	24/9/1987
39	Karakova çeşmesi- Uludere BK	1010	0.40	346	BA12	A1	24/9/1987
40	Eğrek Pınarı- Uludere G	1005	0.57		Trmr/BA12	A1	24/9/1987
41	Devecik çeşmesi- Uludere G	980	0.10		Trs	A2	24/9/1987
42	Tatarçeşme kaynağı- Emirce B	930	0.03		Trs	B4	25/9/1987
43	Alınca çeşmesi- Alınca	945	0.70	310	Trs	B4	25/9/1987
44	Aşağı çeşme- Emirce	875	0.13		Trs	C4	25/9/1987
45	Aznak çeşme- Emirce	905	0.13	485	Trs	B4	25/9/1987
46	Kocapınar çeşme- Emirce	875	0.60	497	Trs	B4	25/9/1987
47	Çurçur çeşmesi- Emirce	875	0.02		Trs	C4	25/9/1987
48	Memis çeşmesi- Emirce B	860	0.20	431	Trmr	C4	25/9/1987
49	Kozçağac-1 kaynağı- Kozkayı	985	1.30	484	Trs	B5	25/9/1987
50	Kozçağac-2 kaynağı- Kozkayı	985	1.00	424	Trmr	B5	25/9/1987
51	Kozçağac-3 kaynağı- Kozkayı	995	1.00		Trmr	B5	25/9/1987
52	Hacitopal çeşmesi- Muttalip K	860	0.10	409	Trs	C6	26/9/1987
53	Öküz çeşmesi- Muttalip K	1280	0.25	350	Trs	B6	26/9/1987
54	Süğütlü çeşme- Muttalip K	1330	0.10		Trs	B6	26/9/1987
55	Kızılçukur çeşmesi Sekiören K	1120	0.05		Trmj	A8	26/9/1987
56	Ahmetaga çeşmesi- Sekiören K	1215	0.04	280	Trmj	B8	26/9/1987
57	Demleme çeşmesi- Sekiören K	1195	0.10	418	Trs	B8	26/9/1987
58	Sorkun çeşmesi- Sekiören K	1150	0.06		Trs	B8	26/9/1987
59	Mezarlık çeşmesi- Sekiören KB	1020	0.60	470	Trs/Trmr	C8	26/9/1987
60	Başpınar çeşmesi- Sekiören B	978	0.20		Trs/Trmr	C7	26/9/1987
61	Yılma pınarı- Gökdere B	850	0.02	1425	Trmr	C8	26/9/1987
62	Küldere çeşmesi- Gökdere B	840	0.03	384	Trs	D8	26/9/1987
63	Gökdere çeşmesi- Gökdere B	880	0.20	464	Trs	D8	26/9/1987
64	Gökdere köyü kaynağı- Gökdere	840	0.50	452	BA12	D9	26/9/1987
65	Büyük çeşme-Ahiler	960	0.50	491	Trs/Trmr	C9	26/9/1987
66	Caai çeşmesi-Ahiler	960	0.20	701	Trs	C9	26/9/1987

Çizelge A.2. Keson kuyulara ait bilgiler

S. no	Kuyu no	Kuruluş adı/ Kuyu adı	Zemin kotu(m)	Derinlik (m)	Kuyu çapı(m)	Ölçüm tarihi	Statik su sev. (m)	Lokasyon haritasında yeri	Kullanım alanı
1	Ke-1	Karayolları Fidanlığı	818.2	15.0	3.0	24/07/1986	3.00	E2	Sulama
2	Ke-2	Özaltın Tuğla Fabrikası	815.5	20.0	2.0			E4	Endüstri
3	Ke-3	Zincirlikuyu Mahallesi	799.0		1.0	9/11/1987	5.90	F6	Kullanma
4	Ke-4	Porsuk Ticaret	824.5	40.0	1.0	23/11/1986	32.40	B7	Kullanma
5	Ke-5	Anadolu Lisesi	822.7	40.0	1.0	23/11/1986	32.20	B6	-
6	Ke-6	Lokomotif F.- 1 nolu kuyu	791.7	15.0	5.0	26/11/1986	7.70	H9	Endüstri
7	Ke-7	Lokomotif F.-2 nolu kuyu	792.3	15.0	5.0	26/11/1986	7.20	H9	Endüstri
8	Ke-8	Seker Cif.-Kuledibi ku.	788.5	10.0	1.5	27/11/1986	7.50	H12	Sul./kul.
9	Ke-9	Seker Çiftliği- Söğüt	788.0	20.0	1.0	27/11/1986	6.85	H13	Sulama
10	Ke-10	Belediye-Gökmeşdan (eski)	788.2	20.0	1.0	9/11/1987	7.80	I12	-
11	Ke-11	Karayolları 46. Şube Md.	797.3	15.0	1.0	1/08/1986	12.00	J12	Kullanma

Cizelge A.3. Eskişehir Belediyesi sondaj kuyularına ait bilgiler

S. no	Kuyu No (Belediye)	Kuyu No (Açan kur.)	Kuyu adı	Açıldığı yıl	Derinlik (m)	Kuyu Pompa logu	Pompaj deneyi	Lokasyon haritasında yeri	Kuyuyu açan kuruluş
1	B-2		Ayakkabıcılar			-	-	110	Özel S.
2	B-4		Eski Daire Önü			-	-	110	Özel S.
3	B-5		Taşbaşı	1954	86.50	-	-	110	Özel S.
4	B-6		Manifaturacılar	1953	75.00	-	-	110	Özel S.
5	B-7		Kirecciler		64.00	-	-	110	Özel S.
6	B-8		Özger	1954	30.00	-	-	110	Özel S.
7	B-9		Hava Hastanesi yanı	1954	117.00	-	-	110	Özel S.
8	B-10		Yediler Parkı	1975	59.50	+	-	110	Özel S.
9	B-11		Alaattin Parkı-1			-	-	110	Özel S.
10	B-13		Porsuk İlkokulu	1974	51.00	+	+	19	Özel S.
11	B-14	KB-14	İstasyon Caddesi	1968	40.00	+	+	H9	Özel S.
12	B-15		Mithatpaşa İlkokulu	1974	59.00	+	+	H10	Özel S.
13	B-16		Alicavuş Camii			-	-	611	Özel S.
14	B-18		Bahçelievler			-	-	610	Özel S.
15	B-19		Topcular	1965	40.00	+	-	F10	Özel S.
16	B-20	Özel-19	Yayla Sokak	1972	34.00	+	+	F9	Özel S.
17	B-21	KB-52	Kumlubel	1968	60.00	+	+	611	Özel S.
18	B-22		Necatibey İlkokulu	1974	54.00	+	+	H11	Özel S.
19	B-23		Dekavil			-	-	H11	Özel S.
20	B-24	Özel-33	Sarhöyük	1972	48.00	+	+	613	Özel S.
21	B-25		Eski Tabakhane			-	-	111	Özel S.
22	B-26	22233	Ziyapasa-Park	1977	50.00	+	+	111	DSİ
23	B-28		Ziyapasa-Trafo	1980	54.00	+	+	111	Özel S.
24	B-29		Gökmeşdan-1			-	-	112	Özel S.
25	B-30		Gökmeşdan-2 (Huzur)			-	-	112	Özel S.
26	B-32	20837	Gökmeşdan Camii	1975	46.00	+	+	113	DSİ
27	B-33		Ardıye	1969	100.00	+	-	113	DSİ
28	B-34		Mezbaha Bahçesi	1965	100.5	+	+	113	Özel S.
29	B-35	22234	Gündoğdu	1977	50.00	+	+	113	DSİ
30	B-36		Beton Direk Fab. (Eston)		90.00	+	-	J15	Özel S.
31	B-37	20615	Terzi Evleri	1975	50.00	+	+	K16	DSİ
32	B-38	KB-53	Sanatokulu	1968	40.00	+	+	110	Özel S.
33	B-39		Ticaret Lisesi	1981	52.00	+	-	J10	Özel S.
34	B-40	22231	Cumhuriyet Lisesi	1977	50.00	+	+	J10	DSİ

Cizelge A.3. Eskişehir Belediyesi sondaj kuyularına ait bilgiler
(Devam ediyor)

S. no	Kuyu No (Belediye)	Kuyu No (Açan kur.)	Kuyu adı	Açıldığı yıl	Derinlik (m)	Kuyu Poopaj logu	Poepaj deneyi	Lokasyon haritasında yeri	Kuyuyu açan kuruluş
35	B-41		Arkeoloji Müzesi	1980	49.00	+	+	39	Özel S.
36	B-42		Vişnelik-1	1968	25.00	+	-	38	Özel S.
37	B-44		Ösmangazi Camii			-	-	18	Özel S.
38	B-46	Özel-17	Ertuğrulgazi	1970	30.50	+	+	17	Özel S.
39	B-47		Camlıca			-	-	16	Özel S.
40	B-48	Özel-33	Altınevler	1972	37.00	+	+	16	Özel S.
41		20613	Sazova	1975	54.30	+	+	36	DSİ
42	B-50					-	-	36	Özel S.
43	B-52	21041	İncesu Evleri	1976	70.00	+	+	H8	DSİ
44	B-53	Özel-22	Mühendisler	1970	23.50	+	+	68	Özel S.
45	B-55	20614	Sirintepe (Hayırtepe)	1975	61.00	+	+	F6	DSİ
46	B-56	KB-23	Fevzipasa	1968	40.00	+	+	F7	Özel S.
47	B-57		Yayla Caddesi			-	-	F8	Özel S.
48	B-58	20616	Yeşiltepe (Tuğla ocaklı.)	1975	60.50	+	+	E9	DSİ
49	B-61		Ziyapasa-Ernu	1982	32.00	+	+	112	Özel S.
50	B-62	22027	SSK Blokarı-1	1977	80.00	+	+	H7	DSİ
51	B-63	22028	SSK Blokları-2	1977	100.00	+	+	67	DSİ
52	B-64	22026	SSK Blokları-3	1977	80.00	+	+	H7	DSİ
53	B-65		Alaattin Parkı-2	1982	45.00	+	+	J11	Özel S.
54	B-67	30742	Kuyubaşı	1983	50.00	+	+	G11	DSİ
55	B-68	30357	Vişnelik-2	1982	50.00	+	+	19	DSİ
56	B-70		Zincirlikuyu	1968	100.00	-	-	F6	YSE
57	B-71	35828	Esentepe (100. Yıl)	1986	90.00	+	+	E10	DSİ
58	ES-2	ES-2	Sıcaksu-2	1986	745.00	+	+	110	NTA
59	ES-3	ES-3	Sıcaksu-3	1986	112.00	+	+	110	NTA

Cizelge A.4. Resmi kuruluşların sondaj kuyularına ait bilgiler

S. no	Kuyu No (Kul.)	Kuyu No (Açan kr.)	Kuruluş adı/kuyu adı	Açıldığı yıl	Derinlik (m)	Kuyu Pompaj logu deneyi		Lokasyon haritasında yeri	Kuyuyu açan kuruluş
						+	-		
1	HH-1	3601	Hava Hastanesi	1962	20.00	+	+	19	DSİ
2	HH-3	35726	Hava hastanesi	1986	38.00	+	+	19	DSİ
3	DSİ-1	131	DSİ Bölge Md.-Spor Salonu	1961	27.00	+	+	19	DSİ
4	DSİ-2	5188	DSİ Bölge Md.	1964	20.00	+	+	19	DSİ
5	DSİ-3	16670	DSİ Bölge Md.-Bahçe	1972	20.00	+	+	19	DSİ
6	İB-8	KB-8	İller Bankası Bölge Müdürlüğü	1973	24.00	+	+	19	İller Ban.
7	MK-1	27278	A.Ü. Meşelik Kampüsü	1980	70.00	+	+	K8	DSİ
8	MK-2	27279	A.Ü. Meşelik Kampüsü	1980	70.00	+	+	K7	DSİ
9	LF-3	18634	Lokomotif Fab.- 3 nolu kuyu	1973	50.00	+	+	H9	DSİ
10	LF-4	18633	Lokomotif Fab.- 4 nolu kuyu	1973	85.00	+	+	H8	DSİ
11	SB-1		Sümerbank Tekstil F.- 1 nolu kuyu	1963	110.00	+	-	J7	Sümerbank
12	SB-3		Sümerbank Tekstil F.- 3 nolu kuyu	1963	108.00	+	-	J7	Sümerbank
13	SB-5	17025	Sümerbank Tekstil F.- 5 nolu kuyu	1972	114.00	+	+	J7	DSİ
14	SB-6		Sümerbank Tekstil F.- 4 nolu kuyu	1978	108.00	+	+	J7	Sümerbank
15	SB-7		Sümerbank Tekstil F.- 7 nolu kuyu	1978	108.00	+	-	J7	Sümerbank
16	SB-8	31968	Sümerbank Tekstil F.- 8 nolu kuyu	1984	110.00	+	+	17	DSİ
17	SB-9	31969	Sümerbank Tekstil F.- 9 nolu kuyu	1984	105.00	+	+	J7	DSİ
18	YF-1		Yem Fabrikası	1978	50.00	+	-	J7	Özel S.
19	ZA-1	32776	Zirai Araştırma Enstitüsü	1984	70.00	+	+	J6	DSİ
20	SDÜ-1	17147	Sağır Dilsiz Okulu	1973	140.00	+	+	H5	DSİ
21	AL-1		Anadolu Lisesi	1978	93.00	+	+	66	Özel S.
22	SSK-1	15774	SSK Hastanesi- 1 nolu kuyu	1971	100.00	+	+	68	DSİ
23	SSK-2	17301	SSK Hastanesi- 2 nolu kuyu	1973	85.00	+	+	68	DSİ
24	Y-1	14768	A.Ü. Yunus Emre K.-Yurtlar kuyusu	1970	157.00	+	+	69	DSİ
25	YE-1	20194	A.Ü. Yunus Emre K.-Lojmanlar kuy.	1975	90.00	+	+	69	DSİ
26	YE-2		A.Ü. Yunus Emre K.-Fidanlık kuy.	1981	65.00	+	-	68	Köy Hiz.
27	YE-3	34861	A.Ü. Yunus Emre K.-Çevre yolu	1986	100.00	+	-	69	DSİ
28	YE-4	5-26/93	A.Ü. Yunus Emre K.-İstimalak saha	1982	60.00	+	-	F8	Köy Hiz.
29	A5.S-1	5-26/54	Aşağı Söğütünü-İçmesuyu kuyusu	1977	81.00	+	+	E3	Köy Hiz.
30	Yk.S-1	5-26/62	Yukarı Söğütünü-İçmesuyu kuyusu	1978	42.00	+	-	C1	Köy Hiz.
31	Yk.S-2	32321	Yukarı Söğütünü	1984	178.00	+	+	B1	DSİ
32	MT-1	1B-1	Muttalip Köyü-İçmesuyu kuyusu	1965	70.00	+	+	A13	İller Ban.
33	TS-1	32996	Tusas Motor Fab.-1 nolu kuyu	1985	133.00	+	+	E11	DSİ
34	TS-2		Tusas Motor Fab.-2 nolu kuyu	1986	96.00	+	+	E11	DSİ

Cizelge A.4. Resmi kuruluşların sondaj kuyularına ait bilgiler
(Devam ediyor)

S. no	Kuyu No (Kul.)	Kuyu No (Açan kr.)	Kuruluş adı/kuyu adı	Acıldığı yıl	Derinlik (m)	Kuyu Pompaj haritasında açan logu deneyi yeri		açan kuruluş
35	YC-1	17148	Yarıcaık cezaevi	1972	64.00	+	+	F12 DSİ
36	EK-1	30177	Et Kombinası	1982	125.00	+	+	D12 DSİ
37	SF-2A		Şeker Fabrikası-Misafirhane	1984	64.00	+	+	I12 Şeker Fab.
38	SF-3		Şeker Fabrikası-Sinemaönü	1979	64.00	+	+	I12 Şeker Fab.
39	SF-4		Şeker San.-İspirto Fab. kuyusu	1972	54.50	+	+	H12 Şeker Fab.
40	SF-4A		Şeker Fabrikası-Kantar	1984	68.00	+	+	H12 Şeker Fab.
41	SC-1		Şeker Çiftliği-Ortayol	1982	60.00	+	+	H13 Şeker Fab.
42	SC-2		Şeker Çiftliği-Kantarbaşı	1982	65.00	+	-	H12 Şeker Fab.
43	HÜ-1		Hava üssü-Nizamiye			-	-	I13
44	HÜ-2		Hava üssü-Tamir Fabrikası			-	-	H14
45	HÜ-3		Hava üssü-İkmal Bakım Müdürlüğü			-	-	H13
46	HÜ-4	17-26/102	Hava üssü-Uçaksavar Taburu	1983	40.00	+	+	G14 Köy Hiz.
47	HÜ-5	17-26/103	Hava üssü-NTS Okulu	1983	62.00	+	+	I15 Köy Hiz.
48	SSK-3	30333	SSK Dispanseri	1982	270.00	+	+	K16 DSİ
49	DSİ-4		DSİ Bölge Md.-Makina İkmal Md.	1978	65.00	+	+	K14 DSİ
50	DSİ-5	28827	DSİ Bölge Md.-Makina İkmal Md.	1979	95.00	+	+	J14 DSİ
51	KH-1	26/34	Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü	1974	64.00	+	+	K14 Köy Hiz.
52	KH-2		Köy Hizmetleri Araştırma Merkezi	1981	190.00	+	+	K17 Köy Hiz.
53	DH-1		Devlet Hastanesi	1979	74.00	+	+	J12 DSİ

Cizelge A.5. Özel kişi ve kuruluşların sondaj kuyularına ait bilgiler

S. no	Kuyu no	Kuyu no (Açan kur.)	Kuruluş (kişi) adı/kuyu adı	Açıldığı yıl	Derinlik (m)	Kuyu Pompaj logu deneyi	lokasyon haritasında deneyi yeri	Kuyuyu açan kuruluş
1	02-1		İsmail Yalman	1978	60.00	+	+	E1 Özel S.
2	02-2		Sazova Tavuk Çiftliği		35.00	+	+	02 Özel S.
3	02-3		Aygaz Tesisleri	1978	75.00	+	+	02 Özel S.
4	02-4		Porsuk Ticaret	1977	50.00	+	+	67 Özel S.
5	02-5		Küçük Sanayi Sitesi (Baksan)	1975	106.00	+	+	66 DSİ
6	02-6		Güneş Kiremit Fabrikası	1979	85.00	+	+	68 Özel S.
7	02-7		Mühendisler Un Fabrikası	1986	84.00	+	+	68 Özel S.
8	02-8		Kılıçoğlu Kiremit Fabrikası	1986	82.00	+	+	H9 Özel S.
9	02-9		Eti Gıda A.S.	1986	72.00	+	+	69 Özel S.
10	02-10		Eti Yapı Kooperatifi	1977	40.00	+	-	19 Özel S.
11	02-11		Entil Direk Fabrikası	1974	46.00	+	+	J14 Özel S.
12	02-12		Eston Direk Fabrikası-2 nolu kuyu	1977	70.00	+	+	J15 Özel S.
13	02-13		Hases Motorlu Ta. A.S.-1 nolu ku.	1974	14.00	+	-	L18 Özel S.
14	02-14		Hases Motorlu Ta. A.S.-2 nolu ku.	1975	42.00	+	+	L18 Özel S.
15	02-15		Arçelik A.S. Fabrikası	1974	41.00	+	+	L18 Özel S.
16	02-16		Orhan Üztekin	1978	50.00	+	+	L18 Özel S.
17	02-17		Recep Koruyucu	1978	60.00	+	+	H17 Özel S.
18	05-1	17256	Organize Sanayi Bölgesi-1 no kuyu	1974	45.00	+	+	K20 DSİ
19	05-2		Organize Sanayi Bölgesi-2 no kuyu			-	-	J20 DSİ
20	05-3	17257	Organize Sanayi Bölgesi-3 no kuyu	1974	35.00	+	+	J20 DSİ
21	05-4		Organize Sanayi Bölgesi-4 no kuyu	1982	54.00	+	-	J20 SİAL Ltd. S.
22	05-5		Organize Sanayi Bölgesi-5 no kuyu	1982	54.00	+	-	J20 SİAL Ltd. S.
23	05-6		Organize Sanayi Bölgesi-6 no kuyu	1982	60.00	+	-	J20 SİAL Ltd. S.
24	05-7		Organize Sanayi Bölgesi-7 no kuyu	1982	55.00	+	-	J20 SİAL Ltd. S.
25	05-8		Organize Sanayi Bölgesi-8 no kuyu	1982	55.00	+	-	K21 SİAL Ltd. S.
26	05-9		Organize Sanayi Bölgesi-9 no kuyu	1982	54.00	+	-	K20 SİAL Ltd. S.

Çizelge A.6 Eskişehir Belediyesi sondaj kuyularının hidrolik parametreleri:

S.no	Kuyu no	Kuyu adı	Ölçüm tarihi	Zemin kutu (m)	Derinlik (m)	Statik yük (t)	Verdi (l/s)	Düşün (m)	Bzöl debi (l/s/m)	İletkenlik (m ² /g)	Depolama katsayısı
1	B-10	Vediler Parkı	1975		59.5	6.20	12.0	2.15	5.58		
2	B-13	Porsuk İlkokulu	27/11/1974		51.0	3.75	9.0	1.74	5.17	441.2	0.03073
3	B-14	İstasyon Caddesi	21/9/1968		40.0	4.00	8.0	0.75	10.67	432.4	0.35000
4	B-15	Mithatpaşa İlkokulu	19/8/1974		59.0	4.10	13.0	2.41	5.39		
5	B-20	Vayla Sokak	20/8/1972		34.0	4.82	15.0	1.07	14.02	9233.7	0.00001
6	B-21	Kualubel	3/10/1968		60.0	3.65	9.0	1.64	5.49	295.3	0.000057
7	B-22	Mecatisbey İlkokulu	11/10/1974		54.0	4.46	11.0	2.38	4.62	479.2	0.001393
8	B-24	Sarhöyük	1972		48.0	6.12	17.0	0.88	16.12	1468.8	0.00001
9	B-26	Ziyapasa-Park	9/8/1977		50.0	5.60	52.0	4.45	11.69	4453.5	0.00001
10	B-28	Ziyapasa-Trafo	28/12/1980		54.0	4.10	22.0	0.90	24.44	1461.9	0.3500
11	B-32	Gökaydan Caafı	12/11/1975		46.0	6.80	25.9	11.26	2.30	48.9	0.8351
12	B-33	Ardıye	1969		100.0	7.35	10.0	1.00	10.0		
13	B-35	Gündoğdu	17/8/1977		50.0	5.00	40.0	10.55	3.79	948.9	0.001
14	B-36	Beton Direk Fabrikası			90.0	3.70	18.0	4.30	4.19		
15	B-37	Terzievleri	10/10/1975		50.0	1.50	17.3	20.0	0.87	72.3	0.00492
16	B-38	Sanat Okulu	20/9/1968		40.0	3.75	9.0	1.96	4.59		
17	B-39	Ticaret Lisesi	1981		52.0	4.10	15.0	0.90	16.67		
18	B-40	Cumhuriyet Lisesi	6/8/1977		50.0	4.50	48.0	7.75	6.19	1883.2	0.00001
19	B-41	Arkeoloji Müzesi	10/11/1980		49.0	3.96	15.0	1.24	12.10	355.0	0.3500
20	B-42	Vişnelik-1	1968		25.0	7.70	6.0	2.75	2.19		
21	B-46	Ertuğrulgazi	17/8/1970		30.5	4.20	20.0	6.70	0.30	639.7	0.00001
22	B-48	Altınsevler	17/8/1972		37.0	0.70	10.0	1.02	9.80	1871.1	0.00001
23	B-49	Sazova	1975		54.3	2.30	36.7	2.68	13.69	92.1	
24	B-52	İncesu Evleri	28/5/1976		70.0	4.60	25.9	1.95	13.28	2001.4	0.000028
25	B-53	Mühendisler	9/9/1970		23.5	3.55	18.0	1.16	15.32	4210.5	0.00001
26	B-55	Sirintepe (Hayırtepe)	23/11/1975		61.0	16.35	9.1	8.62	1.06	19.9	0.1704
27	B-56	Fevzipaşa Caddesi	28/9/1968	809.0	40.0	16.00	7.0	3.55	1.97		
28	B-58	Yeşiltepe-Tuğla ocakları	22/10/1975		60.5	6.90	32.1	8.44	3.80	441.9	0.000112
29	B-61	Ziyapasa-Ernu	27/7/1982		32.0	4.90	14.0	1.0	14.00	810.0	0.3500
30	B-62	ESK Blokları-1	24/8/1977		80.0	8.20	23.0	15.80	1.58	324.7	0.00001
31	B-63	ESK Blokları-2	1/9/1977		100.0	29.30	20.0	15.70	1.27	212.0	0.00001
32	B-64	ESK Blokları-3	22/9/1977		80.0	8.85	23.0	30.30	0.76	85.9	
33	B-65	Afaattin Parkı-2	16/8/1982		45.0	11.00	14.0	2.00	7.00	1354.0	0.00001
34	B-67	Kuyubaşı	18/8/1983	822.0	50.0	6.15	29.3	1.30	22.54		0.00001
35	B-68	Vişnelik -2	19/12/1982	793.0	50.0	4.45	25.6	14.32	1.79	64.3	0.1751
36	B-71	Esentepe (100. Val)	21/10/1986		90.0	7.45	51.6	12.47	4.14	84.1	
37	ES-2	Sıtaksu-2	29/1/1986		745.0	0.00	11.2	37.75	0.30	3.8	0.00034
38	ES-3	Sıtaksu-3	31/5/1986		112.0		11.0	8.85	1.25	15.5	

Çizelge: A.7 Resmî kuruluş sondaj kuyularının hidrolik parametreleri.

S.no	Kuyu no	Kuruluş adı/kuyu adı	Ölçüm tarihi	Zemin kotu (m)	Derinlik (m)	Statik düş.(m)	Verdi (l/s)	Düğüm (m)	Özgül debi (l/s/m)	İletkenlik (m ² /g)	Depolama katsayısı
1	HH-1	Hava Hastanesi	12/11/1962	789.0	20.0	3.99	13.0	0.86	15.10		
2	HH-3	Hava Hastanesi	27/8/1986	789.0	38.0	5.68	33.0	11.10	2.97	170.1	
3	DSI-1	DSI Bölge Müdürlüğü	13/8/1961	789.0	27.0	2.90	16.0	2.70	5.93	2379.0	0.00001
4	DSI-2	DSI Bölge Müdürlüğü	11/5/1964	789.0	20.0	2.61	13.0	1.25	10.40	5929.8	0.00001
5	DSI-3	DSI Bölge Müdürlüğü	17/3/1972		20.0	3.40	16.2	1.28	12.66	4369.6	0.00001
6	1B-8	İller Bankası Bölge Müd.	23/7/1973		24.0	4.15	20.2	6.05	3.34		
7	MK-1	A.Ü. Meşelik Kampüsü	3/4/1980		70.0	9.65	26.0	8.36	3.11	338.6	0.0019
8	MK-2	A.Ü. Meşelik Kampüsü	22/4/1980		70.0	9.70	18.9	11.10	1.70	158.5	0.0129
9	LF-3	Lokomotif Fab. 3 nolu kuyu	9/10/1973		50.0	4.85	20.0	1.80	11.11	4827.8	0.00001
10	LF-4	Lokomotif Fab. 4 nolu kuyu	2/10/1973		85.0	5.40	20.0	2.15	9.30	31.3	
11	SB-1	Sümerbank Tekstil Fab.	1963		110.0	1.80	20.1	7.20	2.79		
12	SB-3	Sümerbank Tekstil Fab.	1963		108.0	1.75	18.3	7.25	2.52		
13	SB-5	Sümerbank Tekstil Fab.	6/1/1973		114.0	5.00	45.0	13.50	3.33	830.7	
14	SB-6	Sümerbank Tekstil Fab.	1978		108.0	6.10	20.0	3.05	6.56	282.4	
15	SB-7	Sümerbank Tekstil Fab.	1978		108.0	5.00	20.0	2.40	8.33		
16	SB-8	Sümerbank Tekstil Fab.	8/5/1984		110.0	4.30	45.0	33.05	1.36	26.8	0.2341
17	SB-9	Sümerbank Tekstil Fab.	1984	793.0	105.0	3.00	40.6	32.10	1.26	13.6	0.2661
18	YF-1	Yem Fabrikası	1978	794.0	50.0	4.30	25.0	2.41	10.37		
19	ZA-1	Zirai Araştırma Enstitüsü	19/12/1984		70.0	4.60	22.7	40.20	0.56	6.6	0.4014
20	SDB-1	Sağır Dilsiz Okulu	30/1/1973		140.0	20.90	10.3	11.84	0.87	90.9	0.0006
21	AL-1	Anadolu Lisesi	25/1/1978		93.0	32.00	7.0	2.20	3.18		
22	SSK-1	SSK Hastanesi	19/4/1973		100.0	9.20	17.0	9.20	1.85		
23	SSK-2	SSK Hastanesi	28/4/1973		85.0	15.20	20.1	11.20	1.80		
24	Y-1	A.Ü. Yunus E.K.-Yurtlar ku.	22/8/1970		157.0	17.50	12.0	1.70	7.06	1058.4	
25	YE-1	A.Ü. Yunus E.K.-Lojmanlar ku.	1975	803.0	90.0	12.50	20.0	4.35	4.60	704.7	0.00008
26	YE-3	A.Ü. Yunus E.K.-Çevreyolu ku.	1986	792.0	100.0	8.85	30.3	15.55	1.95		
27	As.S-1	Asağı Söğütözü köyü içme suyu	8/9/1977	816.5	81.0	4.52	15.0	3.32	4.52	548.7	0.00482
28	Yk.S-1	Yukarı Söğütözü köyü içme suyu	1978	826.0	42.0	1.81	4.5	32.69	0.14		
29	Yk.S-2	Yukarı Söğütözü köyü	7/8/1987		178.0	15.60	15.0	50.67	0.30	11.9	0.0660
30	MY-1	Muttalip köyü içme suyu	27/9/1965		70.0	3.48	16.2	9.73	1.67	399.8	
31	TS-1	Tuşaş Motor San. Fab.	16/2/1985		133.0	2.40	71.0	8.05	8.82	1166.5	0.000052
32	TS-2	Tuşaş Motor San. Fab.	22/5/1986		96.0	2.80	40.0	5.20	7.69	364.7	0.35
33	YC-1	Yarıcaık Cezaevi	11/1/1973	789.0	64.0	5.80	32.0	8.25	3.88		
34	EK-1	Et Kombinasi	1982		125.0	1.30	40.0	9.90	4.04	406.3	0.0028
35	SF-2A	Şeker Fab.-Misafirhane ku.	11/4/1984		64.0	6.43	40.0	7.22	5.54	19.8	0.3605
36	SF-3	Şeker Fab.-Sinemaözü ku.	14/8/1979		64.0	5.92	41.4	3.78	10.95	284.5	0.2063
37	SF-4	Şeker Fab.-İspirto Fab. ku	28/12/1972		54.5	7.18	32.0	8.15	3.93		
38	SF-4A	Şeker Fab.-Kantar ku.	22/4/1984		68.0	7.20	40.0	4.17	9.59	167.9	0.1821
39	SC-1	Şeker Çiftliği-Ortayol ku.	11/6/1982		60.0	6.42	39.8	3.94	10.10	201.1	
40	SC-2	Şeker Çiftliği-Kantarbaşı ku.	1982		65.0	7.00	24.8	11.30	2.20		
41	HÜ-4	Hava Üssü-Uçaksavar Td. ku.	1983	785.5	40.0	5.35	13.0	0.34	38.24	392.8	0.2489
42	HÜ-5	Hava Üssü-MTS Okulu ku.	24/9/1983	784.7	62.0	5.32	13.0	0.54	24.10		
43	SSK-3	SSK Dispanseri	16/12/1982	798.0	270.0	7.60	13.6	33.75	0.40	0.8	0.1488
44	DSI-4	DSI Bölge Md.-Makina İkmal Md.	22/1/1979		65.0	9.30	8.0	12.2	0.66	13.0	0.2516
45	DSI-5	DSI Bölge Md.-Makina İkmal Md.	19/12/1979		95.0	11.50	25.3	28.89	0.88	65.2	0.2104
46	KH-1	Köy Hizmetleri İl Md.	4/2/1975		64.0	4.13	15.0	6.09	2.46	37.7	0.6600
47	KH-2	Köy Hizmetleri Araştırma Merk.	20/11/1981		190.0	6.95	32.6	48.60	0.67	7.1	0.5446
48	DH-1	Devlet Hastanesi	25/1/1980		74.0	13.25	4.0	26.75	0.15	4.2	0.0145

Dizelge: A.8 Özel kişi ve kuruluş sondaj kuyularının hidrolik parametreleri

S.no Kuyu no	Kuruluş/kişi adı	Ölçüm tarihi	Zemin kotu (m)	Derinlik (m)	Statik Verdi (l/s)	Düşüm (m)	Özgül Debi (l/s/m)	İletkenlik (m/g)	Deneyim katsayısı
1	07-1	İsmail Yalman (As. Sığirtörü)	29/10/1978	60.0	3.60	1.0	16.40	0.8	0.1240
2	07-2	Sazova Tavuk Çiftliği		35.0	3.00	5.0	10.0	0.50	
3	07-3	Aygaz Tesisleri	1978	75.0	22.00	3.0	7.0	0.43	0.0395
4	07-4	Porsuk Ticaret	13/9/1978	50.0	24.40	13.0	5.98	2.17	43.5
5	07-5	Küçük Sanayi Sitesi	24/3/1975	106.0	28.50	10.0	12.16	0.82	0.1115
6	07-6	Güneş Kiremit Fabrikası	16/1/1979	85.0	12.00	10.0	6.00	1.67	33.5
7	07-7	Mühendisler Un Fabrikası	25/2/1986	84.0	8.00	20.0	2.40	8.33	50.2
8	07-8	Kılıçoğlu Kiremit Fabrikası	20/1/1986	82.0	6.00	10.0	1.00	10.00	188.3
9	07-9	Eti Gıda A.Ş.	20/1/1982	72.0	4.95	3.0	1.00	3.00	56.5
10	07-10	Eti Yapı Kooperatifi	1977	40.0	4.20	2.5	1.70	1.47	
11	07-11	Entil Direk Fabrikası	11/7/1975	46.0	3.20	1.5	0.70	2.14	24.5
12	07-12	Eston Direk Fab. 2 nolu kuyu	24/5/1977	792.0	2.83	4.0	2.73	1.46	125.3
13	07-13	Hases Motorlu Ta. A.Ş. 1 no ku.	1974	14.0	5.50	2.5	2.00	1.25	
14	07-14	Hases Motorlu Ta. A.Ş. 2 no ku.	21/9/1976	794.5	4.50	4.0	4.00	1.00	20.6
15	07-15	Arçelik A.Ş.	10/12/1974	41.0	4.73	9.0	2.97	3.03	53.6
16	07-16	Orhan Üztekın (Sultandere)	1978	50.0	6.55	10.0	5.70	1.75	
17	07-17	Recep Koryucu (Suftandere)	11/6/1978	60.0	6.11	20.0	1.32	15.15	
18	05-1	Organize Sanayi Bölgesi	22/5/1974	45.0	1.00	30.3	8.80	3.41	
19	05-3	Organize Sanayi Bölgesi	26/5/1974	42.0	2.20	30.3	13.80	2.20	486.8
20	05-4	Organize Sanayi Bölgesi	1982	783.0	1.35	18.3	5.45	3.39	
21	05-5	Organize Sanayi Bölgesi	1982	783.0	1.45	18.0	4.85	3.71	
22	05-6	Organize Sanayi Bölgesi	1982	60.0	1.45	17.0	3.55	4.79	
23	05-7	Organize Sanayi Bölgesi	1982	784.0	1.30	15.0	10.80	1.39	
24	05-8	Organize Sanayi Bölgesi	1982	784.0	1.30	14.7	8.50	1.73	
25	05-9	Organize Sanayi Bölgesi	1982	54.0	1.40	14.7	8.60	1.71	

Cizelge A.9 Eskişehir ovası yeraltısuyu düzeyi ölçümleri

S.no	Kuyu no	Kuyu adı	Kasım 1986		Şubat 1987		Nisan 1987		Temmuz 1987	
			Zemin kotu (m)	YAS kotu (m)	Ölçüm tarihi	YAS kotu (m)	Ölçüm tarihi	YAS kotu (m)	Ölçüm tarihi	YAS kotu (m)
1	Yk-S-1	Yukarı Söğütözü	826.00	824.70	7/2/1987	825.20			18/7/1987	822.90
2	As-S-1	Aşağı Söğütözü	816.50	812.00	7/2/1987	813.10			18/7/1987	813.30
3	Ke-1	Karayolları Fidanlığı	818.24	816.74	7/2/1987	817.30			18/7/1987	816.70
4	Ke-3	Zincirlikuyu	799.00	794.80			29/4/1987	795.00		
5	Ke-5	Anadolu Lisesi (keson)	822.70	790.50	7/2/1987	790.90	22/4/1987	791.50	15/7/1987	791.65
6	B-47	Eskişehir B.-Çamlıca	793.00		5/2/1987	789.00	29/4/1987	789.65		
7	SD0-1	Sağır Dilisiz Okulu	815.00	792.00	5/2/1987	793.00	21/4/1987	792.50	15/7/1987	792.40
8	YF-1	Yen Fabrikası	794.00	789.30	7/2/1987	788.90	26/4/1987	788.65		
9	SB-9	Sümerbank	793.00	787.70	7/2/1987	788.10	27/4/1987	788.08	14/7/1987	787.90
10	Ke-6	Lokomotif Fab. 1 no ku.	791.70	784.00	5/2/1987	785.46	22/4/1987	785.50	14/7/1987	784.45
11	YE-1	A.Ü.Yunus E.K-Lojmanlar	803.00	789.30	12/2/1987	789.60	22/4/1987	789.50	15/7/1987	790.00
12	Ke-8	Şeker Ç.-Kuledibi	788.50	781.00	11/2/1987	781.50			16/7/1987	780.90
13	Ke-9	Şeker Ç.-Söğüt	787.00	780.15	11/2/1987	780.30				
14	YC-1	Yarıcaık Cezaevi	789.00		10/2/1987	783.00				
15	HÜ-1	Hava üssü-Nizamiye	785.25		11/2/1987	779.35	30/4/1987	780.00		
16	HÜ-2	Hava üssü-Tamir Fab.	785.00		11/2/1987	788.80				
17	HÜ-4	Hava üssü-Uçaksavar Tb.	785.50		11/2/1987	779.35	30/4/1987	779.90		
18	HÜ-5	Hava üssü-MTS Okulu	784.70		11/2/1987	779.00	30/4/1987	779.30		
19	HH-1	Hava Hastanesi	789.00	783.40	12/2/1987	783.80	22/4/1987	783.80	14/7/1987	783.50
20	Ke-10	Gökneydan	788.24		10/2/1987	781.54	29/4/1987	781.24		
21	ÖZ-12	Eston Direk F. 2 no ku.	792.00	787.34			25/4/1987	787.75		
22	ÖZ-14	Hases A.S. 2 no lu ku.	794.50		10/2/1987	789.00	25/4/1987	789.00	18/7/1987	791.05

Cizelge A.9 Eskişehir ovası yeraltısuyu düzeyi ölçümleri
(Devam ediyor)

S.no	Kuyu no Kuyu adı	Zemin kotu (m)	Kasım 1987		Subat 1988		Nisan/Mayıs 1988		Temmuz 1988	
			Ölçüm tarihi	YAS kotu (m)	Ölçüm tarihi	YAS kotu (m)	Ölçüm tarihi	YAS kotu (m)	Ölçüm tarihi	YAS kotu (m)
1	Yk.S-1 Yukarı Söğütümü	826.00	13/11/1987	824.50			4/5/1988	825.50	8/8/1988	824.00
2	As.S-1 Aşağı Söğütümü	816.50	13/11/1987	812.20			4/5/1988	814.00		
3	Ke-1 Karayolları Fidanlığı	818.24	13/11/1987	816.59			4/5/1988	817.49	8/8/1988	816.80
4	Ke-3 Zincirlikuyu	799.00	9/11/1987	793.10	10/2/1988	793.40	2/5/1988	793.60	9/8/1988	793.10
5	Ke-5 Anadolu Lisesi (keson)	822.70	11/11/1987	793.10	10/2/1988	792.20	4/5/1988	792.35	8/8/1988	790.00
6	B-47 Eskişehir B.-Çağlıca	793.00	9/11/1987	788.40			27/4/1988	789.00		
7	SD0-1 Sağır Dilsiz Okulu	815.00	11/11/1987	791.90	10/2/1988	793.00	4/5/1988	792.70	8/8/1988	792.30
8	YF-1 Yem Fabrikası	794.00	3/11/1987	789.25			4/5/1988	788.85		
9	SR-9 Sümerbank	793.00	3/11/1987	788.40	10/2/1988	787.50	4/5/1988	787.70	8/8/1988	788.50
10	Ke-6 Lokomotif Fab. 1 no ku.	791.70	3/11/1987	784.10	10/2/1988	784.30	27/4/1988	784.50	3/8/1988	784.10
11	YE-1 A.Ü.Yunus E.K-Lojmanlar	803.00	10/11/1987	789.30			4/5/1988	789.15	8/8/1988	789.75
12	Ke-B Şeker Ç.-Kuledibi	788.50	10/11/1987	780.80	9/2/1988	780.80	3/5/1988	781.10	12/8/1988	781.00
13	Ke-9 Şeker Ç.-Söğüt	787.00	10/11/1987	779.70	9/2/1988	779.40	3/5/1988	779.90		
14	YC-1 Yarıçayık Cezaevi	789.00	10/11/1987	782.25	9/2/1988	782.40	4/5/1988	782.80	10/8/1988	782.25
15	HÜ-1 Hava Üssü-Nizamiye	785.25	10/11/1987	779.15	3/2/1988	778.35	3/5/1988	779.25	10/8/1988	778.65
16	HÜ-2 Hava Üssü-Tamir Fab.	785.00	10/11/1987	779.00			3/5/1988	779.00		
17	HÜ-4 Hava Üssü-Uçaksavar Tb.	785.50	10/11/1987	779.50	3/2/1988	778.70	3/5/1988	779.30	10/8/1988	778.75
18	HÜ-5 Hava Üssü-MTS Okulu	784.70	10/11/1987	778.85	3/2/1988	778.30	3/5/1988	778.50	10/8/1988	778.35
19	HH-1 Hava Hastanesi	789.00	3/11/1987	783.50	10/2/1988	783.20	4/5/1988	783.40	12/8/1988	783.15
20	Ke-10 Bökmeçyan	788.24	9/11/1987	780.44	9/2/1988	780.64	3/5/1988	780.74	10/8/1988	780.54
21	Ö1-12 Eston Direk F. 2 no ku.	792.00	10/11/1987	787.50			3/5/1988	787.70		
22	Ö1-14 Hases A.S. 2 noju ku.	794.50	10/11/1987	790.35	3/2/1988	789.10	5/5/1988	791.10	10/8/1988	789.90

EK AÇIKLAMALAR-B
ESKİŞEHİR OVASINDA YERALTISUYU KULLANIMINA İLİSKİN
BİLGİLER

Cizelge B.1. Resmi kuruluşların yeraltısuyu kullanım miktarları

S.no	Kuruluş adı	Kuyu sayısı	Günlük çekim miktarı (m ³)	Bir yıldaki çekim günü	Yıllık çekim (10 ⁶ m ³)
1	Eskişehir Belediyesi	59	90000	365	32.850000
2	Şeker F., İspirto F., Makina F.	4	7500	365	2.737500
3	Şeker Çiftliği	4	11000	150	1.650000
4	Sümerbank	7	7000	365	2.555000
5	Lokomotif fabrikası	4	6000	365	2.190000
6	Hava Üssü	5	7500	365	2.737500
7	Hava Hastanesi	2	250	365	0.091250
8	DSİ Bölge Md.	3	250	365	0.091250
9	İller Bankası Bölge Md.	1	150	365	0.054750
10	A.Ü. Meselik Kampüsü	2	500	365	0.182500
11	Yem Fabrikası	1	50	250	0.012500
12	Sağır Dilsiz İlkokulu	1	25	365	0.009125
13	Anadolu Lisesi	1	150	365	0.054750
14	SSK Hastanesi	2	500	365	0.182500
15	A.Ü. Yunus Emre K.-Yurt	1	250	300	0.075000
16	A.Ü. Yunus Emre Kampüsü	4	1500	365	0.547500
17	Asağı Söğütönü köyü	1	200	365	0.073000
18	Yukarı Söğütönü köyü	2	250	365	0.091250
19	Muttalip köyü	1	750	365	0.273750
20	Tusas Motor Fabrikası	2	500	250	0.125000
21	Yarıaçık Cezaevi	1	100	365	0.036500
22	Et Kombinası	1	500	250	0.125000
23	SSK Dispanseri	1	250	365	0.073000
24	DSİ-Makina İkmal Md.	2	200	365	0.073000
25	Köy Hizmetleri İl Md.	1	150	365	0.054750
26	Köy Hizmetleri Araş. Merk.	1	150	365	0.054750
27	Devlet Hastanesi	1	150	365	0.054750
28	Karayolları Fidanlığı	1	1000	150	0.150000
				Toplam	47.207875

Çizelge B.2. Özel kişi ve kuruluşların yeraltısuyu kullanım miktarları

S.no	Kuruluş/kişi adı	Kuyu sayısı	Günlük çekim miktarı (m ³)	Bir yıldaki çekim günü	Yıllık çekim (10 ⁶ m ³)
1	İsmail Yalman	1	50	150	0.007500
2	Sazova Tavuk Çiftliği	1	50	365	0.018250
3	Aygaz Tesisleri	1	50	300	0.015000
4	Özaltın Tuğla Fabrikası	1	50	300	0.015000
5	Porsuk Ticaret	2	25	365	0.009125
6	Küçük Sanayi Sitesi	1	100	300	0.030000
7	Güneş Kiremit Fabrikası	1	100	365	0.036500
8	Mühendisler Un Fabrikası	1	50	300	0.015000
9	Kılıcoğlu Kiremit Fab.	1	100	365	0.036500
10	Eti Gıda A.Ş.	1	75	365	0.027375
11	Entil Direk Fabrikası	1	50	365	0.018250
12	Eston Direk Fabrikası	1	75	365	0.027375
13	Hases Motorlu Ta. A.Ş.	2	50	300	0.015000
14	Arçelik A.Ş.	1	150	300	0.045000
15	Orhan Öztekin	1	150	150	0.022500
16	Recep koruyucu	1	300	150	0.045000
17	Organize Sanayi Bölgesi	9	7000	365	2.555000
				Toplam	2.946000

Çizelge B.3. Sıcaksu bölgesinde yeraltısuyu kullanım miktarları

Kaynak/kuyu adı	Toplam verdi (l/s)	Günlük çekim/ boşalım miktarı (m ³)	Bir yıldaki boşalım/ çekim günü	Yıllık boşalım/çekim (10 ⁶ m ³)
Ilıca Kaynağı (Çarşı Camii Kaynağı)	15	1300	365	0.474500
Diğer sıcaksu kaynakları	25	2200	365	0.803000
Sığ ve keson kuyular		1500	365	0.547500
			Toplam	1.825000

EK AÇIKLAMALAR-C
KAYNAK SULARININ KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

Cizelge E.1. Kaynak sularının kimyasal analiz sonuçları

(Derişim birimleri: birinci satır mg/l, ikinci satır mek/l)

Örn. no	Kay. no	Kaynak adı/yeri	Tarih	T (°C)	pH	EC (µS/cm)	Na	K	Ca	Mg	CO3	HCO3	Cl	SO4	Z Na	SAR	T.Sr. (F.S.)
401	1	Cani çeşmesi-Karacasehir	18/9/987	15.0	7.80	450	14.60 0.64	7.57 0.19	30.10 1.50	18.20 1.50	0.00 0.00	207.40 3.40	16.00 0.45	7.51 0.16	16.60	0.52	15.00
402	2	H. Mursit çeş-Karacasehir	18/9/987	14.5	8.00	416	15.80 0.69	5.28 0.14	30.10 1.50	18.20 1.50	0.00 0.20	207.50 3.40	7.10 0.20	8.29 0.17	18.00	0.56	15.00
403	3	Söğütlü çeşme-Karacasehir	18/9/987	14.5	7.60	404	13.00 0.57	1.85 0.05	240.00 1.20	21.90 1.80	0.00 0.00	207.50 3.40	10.60 0.30	5.96 0.12	15.90	0.46	20.00
404	4	Yukarı çeşme-Karacasehir	18/9/987	14.0	7.71	495	18.50 0.81	4.90 0.13	34.10 1.70	18.20 1.50	24.00 0.80	164.80 2.70	21.30 0.60	10.40 0.22	19.50	0.64	16.00
405	5	Muhacir çeş-Karacasehir	18/9/987	17.0	7.55	431	9.60 0.42	4.06 0.10	32.60 1.60	18.20 1.50	0.00 0.00	219.50 3.50	10.60 0.30	5.45 0.11	11.50	0.33	15.50
406	6	Kışla D kay-Karacasehir	18/9/987	15.0	7.87	397	4.20 0.18	5.28 0.14	36.10 1.80	15.80 1.30	0.00 0.00	207.40 3.40	10.60 0.30	7.00 0.15	5.20	0.15	20.50
407	7	Meşelik T kay-Karacasehir D	18/9/987	16.5	7.09	593	15.80 0.69	2.07 0.05	24.00 1.20	37.70 3.10	0.00 0.00	306.00 5.00	5.32 0.15	17.30 0.36	13.50	0.47	26.50
408	9	Önüpınar çeş-Karacasehir D	18/9/987	15.0	6.89	736	29.60 1.29	6.60 0.17	46.10 2.30	38.90 3.20	0.00 0.00	336.00 5.50	17.70 0.50	64.00 1.33	18.50	0.78	27.50
409	10	Köşrelilik çeş. Yıldız T. 6D	19/9/987	17.5	7.60	421	8.00 0.35	1.47 0.04	40.10 2.00	17.00 1.40	0.00 0.00	167.80 2.75	16.00 0.45	48.00 1.00	9.20	0.27	17.00
410	11	Eynez çeş-Takkalı T. 6B	19/9/987	15.5	7.50	440	8.00 0.35	1.46 0.04	38.10 1.90	12.20 1.00	0.00 0.00	164.80 2.70	12.40 0.35	21.70 0.45	10.60	0.29	14.50
411	12	Satılmas çeş-Manuca B	19/9/987	14.5	7.40	671	12.80 0.56	2.53 0.07	38.10 1.90	28.00 2.30	0.00 0.00	299.00 4.90	23.00 0.65	28.20 0.59	11.60	0.38	21.00
412	14	Kavacak kay-Manuca 6	20/9/987	13.0	7.21	424	8.00 0.35	2.53 0.07	36.10 1.80	15.80 1.30	0.00 0.00	201.40 3.30	16.00 0.45	4.60 0.10	9.90	0.28	15.50
413	15	Çırcır çeş-Kanlıpınar 6B	20/9/987	14.5	8.00	494	5.74 0.25	2.46 0.06	36.10 1.80	28.00 2.30	6.00 0.20	246.00 4.00	21.30 0.60	8.55 0.18	5.70	0.12	20.50
414	16	Taşdelen kay-Sultandere 6	20/9/987	16.0	7.32	578	8.00 0.35	8.64 0.22	40.10 2.00	25.50 2.10	0.00 0.00	246.00 4.00	19.50 0.55	24.60 0.51	7.50	0.24	20.50
415	17	Pınardere çeş-Kanlıpınar KB	22/9/987	17.5	7.38	458	23.50 1.02	1.39 0.04	60.10 2.00	13.40 1.10	0.00 0.00	177.00 2.90	28.40 0.80	40.00 0.83	24.30	0.82	15.50
416	18	Köpekköy çif k Kanlıpınar 6	22/9/987	14.0	7.49	380	5.74 0.25	1.08 0.03	30.10 1.50	14.60 1.20	0.00 0.00	161.70 2.65	16.00 0.45	8.29 0.17	8.40	0.19	13.50
417	19	Tıngır çeş-Kanlıpınar 6D	22/9/987	16.0	7.50	872	31.30 1.36	2.53 0.07	54.10 2.70	24.30 2.00	0.00 0.00	280.70 4.60	31.90 0.90	43.60 0.91	22.20	0.89	23.70
418	20	Hacıbaba çeş-Kanlıpınar 6D	22/9/987	17.0	7.47	598	8.00 0.35	1.77 0.05	50.10 2.50	24.30 2.00	0.00 0.00	275.00 4.50	8.86 0.25	14.50 0.30	7.10	0.23	22.50
419	21	Kocaveli pn-Karacabören B	22/9/987	18.0	7.45	425	7.42 0.32	1.85 0.05	36.10 1.80	19.40 1.60	0.00 0.00	213.60 3.50	19.50 0.55	7.00 0.15	8.60	0.25	17.00
420	22	Avrakızı kay-Karacabören KB	22/9/987	14.0	7.85	281	5.75 0.25	1.62 0.04	20.00 1.00	15.80 1.30	0.00 0.00	128.10 2.10	17.70 0.50	4.67 0.10	9.70	0.23	11.50
421	23	Alikeli çeş-Karacabören KB	22/9/987	14.5	7.74	328	5.75 0.25	1.46 0.04	24.00 1.20	18.20 1.50	0.00 0.00	140.40 2.30	17.70 0.50	4.93 0.10	8.40	0.22	13.50
422	24	Yazsak kay-Seviç 6D	22/9/987	14.0	7.34	723	11.90 0.52	3.00 0.08	54.10 2.70	25.50 2.10	0.00 0.00	305.10 5.00	24.90 0.70	25.90 0.54	9.60	0.33	24.00

Çizelge C.1. Kaynak sularının kimyasal analiz sonuçları (Devam ediyor)

(Derişim birimleri: birinci satır mg/l, ikinci satır mek/l)

Orn. kay. no	Kaynak adı/yeri	Tarih	T (°C)	pH	EC (µS/cm)	Na	K	Ca	Mg	CO3	HCO3	Cl	SO4	X Na	SAR	T. Sr. (F.S.)
423 25	Kozkavak kay-Keskin KB	23/9/1987		7.78	455	5.75 0.25	2.08 0.05	38.10 1.90	18.20 1.50	0.00 0.00	195.30 3.20	10.40 0.35	32.40 0.68	6.80	0.19	17.00
424 26	Kocapınar kay-Keskin	23/9/1987	12.0	7.49	538	11.90 0.52	2.61 0.07	48.10 2.40	17.00 1.40	0.00 0.00	231.90 3.80	14.20 0.40	27.90 0.58	11.80	0.38	19.00
425 27	Sıtmapınar çeş Keskin	23/9/1987	17.0	7.59	444	15.80 0.69	1.46 0.04	36.10 1.80	12.10 1.00	0.00 0.00	183.00 3.00	31.90 0.90	8.55 0.18	19.50	0.58	14.00
426 29	Künlü-2 pn Keskin D	23/9/1987	17.0	7.45	612	8.53 0.37	1.46 0.04	60.10 3.00	24.30 2.00	0.00 0.00	305.00 5.00	12.40 0.35	20.70 0.43	6.90	0.24	25.00
427 32	Üçpınar kay-Üludere	24/9/1987	12.5	7.44	264	5.75 0.25	1.16 0.03	18.00 0.90	15.80 1.30	0.00 0.00	122.00 2.00	12.40 0.35	11.10 0.23	10.10	0.24	11.00
428 34	Akpınar çeş-Üludere	24/9/1987	12.0	7.55	357	3.53 0.15	1.62 0.04	28.00 1.40	13.40 1.10	0.00 0.00	116.00 1.90	14.20 0.40	24.40 0.51	5.70	0.14	12.50
429 35	İlkokul kay-Üludere	24/9/1987		7.86	200	3.53 0.15	0.72 0.02	10.00 0.50	15.80 1.30	0.00 0.00	100.70 1.65	10.60 0.30	11.10 0.23	7.80	0.16	9.00
430 36	Köy kay-Üludere	24/9/1987	15.0	7.82	203	3.53 0.15	0.72 0.02	20.00 1.00	8.50 0.70	0.00 0.00	91.50 1.50	14.20 0.40	11.10 0.23	8.20	0.17	8.50
431 37	Bel pınarı Üludere KB	24/9/1987	13.5	7.54	300	5.75 0.25	1.46 0.04	24.00 1.20	10.90 0.90	0.00 0.00	128.10 2.10	10.60 0.30	20.00 0.43	10.50	0.24	10.50
432 39	Karakova çeş-Üludere KB	24/9/1987	13.5	7.85	346	3.53 0.15	1.29 0.03	30.10 1.50	19.40 1.60	0.00 0.00	165.00 2.70	12.40 0.35	16.90 0.34	4.70	0.12	15.50
433 28	Künlü-1 kay-Keskin KD	25/9/1987	17.5	7.64	352	9.64 0.42	1.35 0.04	26.10 1.30	13.40 1.10	0.00 0.00	128.10 2.10	6.00 0.45	22.20 0.46	14.70	0.38	12.00
434 43	Alınca çeş-Alınca	25/9/1987	14.5	7.54	310	7.42 0.32	1.76 0.05	26.10 1.30	12.15 1.00	0.00 0.00	128.10 2.10	4.20 0.40	16.60 0.35	12.10	0.30	11.50
435 45	Aznak çeş-Emirce	25/9/1987	14.5	7.20	485	14.10 0.61	3.54 0.09	38.10 1.90	19.40 1.60	0.00 0.00	204.40 3.35	14.20 0.40	20.70 0.43	14.60	0.46	17.50
436 46	Kocapınar çeş-Emirce	25/9/1987	15.0	7.30	497	19.10 0.83	1.40 0.04	40.10 2.00	14.60 1.20	0.00 0.00	198.00 3.25	14.20 0.40	24.40 0.51	20.40	0.66	16.00
437 48	Memiş çeş-Emirceoğlu B	25/9/1987	16.5	7.52	431	21.30 0.93	1.66 0.04	32.10 1.60	14.60 1.20	0.00 0.00	152.00 2.50	23.00 0.65	24.40 0.51	24.60	0.67	19.00
438 49	Kozağaç-1 kay-Kozkayı	25/9/1987	15.5	7.19	484	12.40 0.54	15.10 0.39	40.10 2.00	12.10 1.00	0.00 0.00	183.00 3.00	14.20 0.40	29.90 0.62	13.70	0.44	15.00
439 50	Kozağaç-2 kay-Kozkayı	25/9/1987	14.0	7.32	424	13.00 0.57	3.54 0.09	36.10 1.80	15.80 1.30	0.00 0.00	186.10 3.05	16.00 0.45	24.00 0.50	15.10	0.46	15.50
440 52	Hacıtopal çeş-Muttalıp K	26/9/1987	18.5	7.80	409	15.70 0.68	3.54 0.09	36.10 1.80	18.20 1.50	0.00 0.00	195.20 3.20	23.10 0.65	20.70 0.43	16.80	0.53	16.50
441 53	Öküz çeş-Muttalıp K	26/9/1987	12.0	8.08	350	6.30 0.27	2.23 0.06	28.10 1.40	19.40 1.60	6.00 0.20	183.00 3.00	10.60 0.30	10.00 0.21	8.20	0.22	15.00
442 56	Ahaetağa çeş-Sekiören K	26/9/1987	13.0	7.27	280	13.50 0.59	1.14 0.03	24.00 1.20	9.70 0.80	0.00 0.00	122.00 2.00	14.20 0.40	17.40 0.36	22.40	0.59	10.00
443 57	Dealeme çeş-Sekiören K	26/9/1987	13.0	7.17	418	15.70 0.68	1.24 0.03	40.10 2.00	12.10 1.00	0.00 0.00	183.00 3.00	16.00 0.45	21.40 0.45	18.40	0.56	15.00
444 59	Mezarlık çeş-Sekiören KB	26/9/1987	13.0	7.42	470	10.20 0.44	4.42 0.11	44.10 2.20	12.10 1.00	0.00 0.00	198.30 3.25	10.60 0.30	23.30 0.49	11.80	0.35	16.00
445 61	Yılma pınarı-Şökdere B	26/9/1987	17.0	8.11	1425	31.20 1.36	11.90 0.30	78.20 3.90	54.70 4.50	15.00 0.50	427.00 7.00	44.30 1.25	36.90 0.77	13.50	0.66	42.00
446 62	Köldere çeş-Şökdere B	26/9/1987	16.5	7.74	384	21.70 0.94	2.34 0.06	24.00 1.20	17.00 1.40	0.00 0.00	146.40 2.40	28.40 0.80	10.40 0.22	26.20	0.83	13.00
447 63	Şökdere çeş-Şökdere B	26/9/1987	17.5	7.44	464	12.80 0.56	4.42 0.11	40.10 2.00	18.20 1.50	0.00 0.00	214.00 3.50	21.30 0.60	13.00 0.27	13.40	0.42	17.50
448 64	Şökdere köyü kaynağı-Şökdere	26/9/1987	17.0	7.91	452	15.70 0.68	2.28 0.06	30.10 1.50	24.30 2.00	0.00 0.00	207.00 3.40	26.60 0.75	11.10 0.23	16.10	0.52	17.50
449 65	Eski büyük çeş-Ahiler	26/9/1987	15.5	7.51	491	16.30 0.71	11.20 0.29	30.10 1.50	24.30 2.00	0.00 0.00	202.00 3.30	21.30 0.60	30.70 0.64	15.80	0.54	17.50
450 66	Cami çeşmesi-Ahiler	26/9/1987	15.0	7.5	701	17.50 0.76	3.50 0.09	40.10 2.00	32.80 2.70	0.00 0.00	246.30 4.00	24.80 0.70	37.00 0.77	13.70	0.50	23.50

EK AÇIKLAMALAR-D

İNCELENEN PARAMETRELERİN KAYNAKLARI, SU KALİTESİ VE KİRLİLİĞİ AÇISINDAN ÖNEMİ

Çoğu ülkelerde içme ve kullanma suları ile ilgili standartlar kabul edilmiştir. Bunun dışında suyun endüstri, tarım ve diğer alanlarda kullanımı ile ilgili standartlar ve tolerans sınırları da vardır. Çeşitli alanlardaki kullanımlarla ilgili standartların ve tolerans sınırlarının konulmasındaki amaç, suyun içerdiği iyon, gaz ve asılı haldeki maddelerin belli sınırları aşması halinde ortaya çıkabilecek olumsuz ve insan, hayvan ve bitki yaşamına zararlı etkilerin önlenmesidir. Su kalitesi ve kirliliği araştırmalarının çoğunun ana amacı, suyun belli kullanım amacına uygunluğunun saptanmasıdır. Bundan dolayı, su analizleri ile ilgili verilerin açıklanması, suyun çeşitli alanlardaki kullanımına ilişkin standartlar ve tolerans sınırları ile karşılaştırılmasını ve bu sınırlar aşıldığı zaman çeşitli alanlarda veya canlılar üzerinde ortaya çıkabilecek olumsuz veya zararlı etkilerinin açıklanmasını içermelidir.

Akarsu, yeraltısuyu ve atıksu örneklerinde incelenen parametreler Çizelge 5.8.'de verilmiştir. Seçilen bu parametrelerden sıcaklık, pH ve elektriksel iletkenlik (EC) her türlü su kimyası ve kirliliği çalışmalarında ölçülmesi gereken temel parametrelerdir. Ca, Mg, Na, Cl, HCO₃, SO₄ iyonları sularda bulunan ana (majör) iyonları oluşturur. Bu altı iyonun toplam konsantrasyonu; suyun seyreltik oluşuna veya deniz suyundan yüksek tuzluluğa sahip olmasına bakmaksızın, suda çözülmüş toplam maddelerin % 90'ından fazlasını oluşturur (Freeze and Cherry, 1979). K ve CO₃ iyonları da sularda bulunan ikinci derecede önemli (minör) iyonlardır. Yukarıda sözedilen sekiz iyon (Ca, Mg, Na, K, Cl, SO₄, HCO₃, CO₃) su analizlerinde rutin olarak analiz edilir. Diğer parametreler kirlilik kaynakları ve bu kaynaklardan

akarsu ve yeraltısuyuna karışan atıklar gözönünde tutularak seçilmiştir.

Bu araştırmada incelenen parametrelerin kaynakları, su kalitesi ve kirliliği açısından önemi, çeşitli yayınlardan derlenen bilgiler ışığında bu bölümde verilmektedir.

D.1. Sıcaklık

Yüzeysel sularının sıcaklığı, coğrafi konum, yükselti, mevsim, günün değişik saatleri, akarsu debisi, derinlik ve kirletici kaynaklardan karışan atık özelliklerine bağlı olarak değişir. Yeraltısularının sıcaklıkları genellikle yüzeysel sularına göre daha düşüktür ve daha üniform dağılım gösterirler.

Su ortamındaki fiziksel, biyolojik ve kimyasal süreçler sıcaklığın etkisi altındadır. Örneğin, su sıcaklığının yükselmesi oksijenin suda çözünürlüğünü azaltırken balıkların oksijen gereksinimini yükseltir. Yüksek sıcaklık birçok kimyasal bileşiğin çözünürlüğünü arttırarak kirleticilerin sudaki canlı yaşamı üzerindeki etkilerini çoğaltır (Stevens et al, 1975; McNeely et al, 1979). Suların mikrobiyolojik karakteristikleri, sıcaklığın mikroorganizmaların büyüme ve yaşama süreleri üzerindeki kontrolü nedeniyle sıcaklığa bağımlıdır. Sıcaklık artışı ile sulara uygulanan dezenfeksiyonun etkinliği artar (Stevens et al, 1975; WHO, 1984 b). Sıcaklık artışı ile birlikte suyun korozyon etkisi de artar (WHO, 1984 b). Sıcaklık suyun endüstriyel kullanımını da etkiler.

Sularda yapılan sıcaklık ölçümleri su kimyası ile ilgili bazı hesaplamalarda kullanılır. Sıcaklık ölçümleri alkalinite hesaplamalarında, kalsiyum karbonat doygunluğu ve

stabilitesi incelemelerinde, tuzluluk hesaplamalarında ve diğer bazı laboratuvar hesaplamalarında kullanılır (APHA, et al, 1981).

Suların sıcaklığı, kapsamı geniş olan bir parametredir ve standart sıcaklık önermek güçtür. İçme sularının kullanıcısı üzerinde serinletici etkisi olması ve sıcaklığın 15°C nin altında olması istenir. Sulama sularında yüksek veya düşük sıcaklık bitki ile değininim veya toprak sıcaklığını değiştirme yoluyla bitki gelişimini etkiler. Sulama suları için belli bir sıcaklık önerilmemistir (McNeely et al, 1979).

D.2. Hidrojen İyonu Aktivitesi (pH)

pH sudaki hidrojen iyonu konsantrasyonunun ölçüsüdür ve sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi gösterir. Suların pH'ı hidrojen iyonu üreten veya oluşturan birbirleri ile ilişkili kimyasal reaksiyonlar tarafından kontrol edilir.

Doğal yeraltısularınının pH'ı 6.0-8.5 arasında değişir, fakat termal sularda düşük pH değerleri de görülebilir. Kirlenmemiş akarsuların pH'ı 6.5-8.5 arasındadır (Hem, 1985).

Sudaki karbonat, hidroksit ve bikarbonat iyonları suyun bazikliğini arttırırken, serbest mineral asitleri ve karbonik asitler suyun asitliğini arttırır. Asidik sular bazik sulara göre daha az yaygındır. Asidik maden işletmeleri sularınının drenajı ve nötralleştirilmemiş endüstriyel atıksular, suların pH'ını düşürür (McNeely et al, 1979). Çoğu doğal suyun pH'ı karbondioksit-bikarbonat-karbonat denge sistemi tarafından kontrol edilir (Goldman et al., 1972; WHO, 1984 b). Suların içerdikleri gazlar, kolloidal maddeler, çeşitli elektrolit ve elektrolit olmayan maddeler, pH, Eh sistemdeki korozyonun

yayılımını ve suyun aşındırıcı (agressivlik) özelliğini belirler (Clarke, 1966; WHO, 1984 b; Kelly, 1983). Kalsiyum karbonat çökeli mi korozyonu kontrol edebilir. Bu süreci kontrol eden faktörler sıcaklık, pH, toplam çözünmüş katılar, sertlik, karbondioksit ve alkalinitedir (Langelier, 1946; WHO, 1984 b). Demir bakterilerinin üremesi pH'a bağlıdır. Bu bakteriler için optimum pH 6.5 civarındadır ve bu bakteriler pH 5.5-8.2 arasında ürerler (Shair, 1975; WHO, 1984 b). Demir bakterilerinin çok hızlı üremesi "kırmızı su" oluşumuna yol açar. Kükürt kirliliğine uğramış sularda "çürük yumurta" kokusu oluşturan hidrojen sülfür gazının oluşumu pH 7.0'nin altında ise termodinamik olarak hızlandırılır. Yüksek pH içmesularında hafif koku oluşturur. Suların renk yoğunluğu pH'ın yükselmesi ile artar. Arıtma işlemlerindeki çöktürme (koagülasyon) ve yüzdürme (flokülasyon) işlemlerinin verimliliği pH'a bağlıdır. Bundan dolayı arıtma işlemlerinde pH ayarlaması yapılır (WHO, 1984 b). Suyun mikrobiyolojik entegrasyonu pH'a bağlıdır. Bu da klorla dezenfeksiyon işleminin etkinliğini değiştirir.

İçme sularında 6.5-8.3 aralığındaki pH değerleri kabul edilebilir değerlerdir. Suların pH'ı ortamdaki maddelerin bileşimini, besi maddelerinin varlığını ve iz elementlerin göreceli zehirliliklerini etkiler. Su ortamlarının korunması için pH'ı 6.5-9.0 aralığında olmalıdır (McNeely et al, 1979). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme sularının pH'ının 6.5-8.5 aralığında olmasını önermiştir (WHO, 1984 b). TSE standartlarına göre içme sularının pH değeri için önerilen pH aralığı 7.0-8.5, izin verilen maksimum pH değeri ise miktar 6.5-9.2 arasındadır (TSE, 1986).

D.3. Elektriksel İletkenlik (EC)

Elektriksel iletkenlik (kondüktivite), suyun elektrik akımını iletme özelliğinin sayısal olarak ifadesidir.

Su analiz sonuçları verilirken mikrosiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$) cinsinden 25°C sıcaklıktaki değeri hesaplanarak belirtilir.

Suların elektriksel iletkenliği, iyonların suda varlığına, toplam derişimine, hareketliliklerine (mobilité), değerliklerine, görelé değişimlerine ve sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık artışı ile suların elektriksel iletkenlikleri artar (Hem, 1985). Sudaki iyonların derişimi arttıkça elektriksel iletkenlik de artar, dolayısıyla elektriksel iletkenlik ölçümleri sudaki toplam iyon derişimi hakkında iyi bir gösterge oluşturur. (Day and Nightingale, 1984; Hem, 1985). Doğal haldeki yüzey sularının elektriksel iletkenliği $50-1500 \mu\text{S/cm}$ arasında değişir (McNeely et al., 1979). Yeraltısularının elektriksel iletkenliği yüzey sularına oranla daha geniş aralıkta değişir. Yeraltısularının içerdikleri iyonların toplam derişimi ve dolayısıyla elektriksel iletkenliği suların yeryüzüne çıkıncaya kadar izledikleri yola, kayaların cinsine ve çözünürlüklerine, iklime, bölgedeki yağış koşullarına bağlıdır. Yeraltısularının iletkenliği bazı bölgelerde deniz suyunun yaklaşık iletkenliği olan $50000 \mu\text{S/cm}$ ye ulaşabilmektedir. Atıksuların iletkenliği, atıksuları üreten kaynağın özelliklerine bağlıdır. Bazı endüstriyel atıksularda $10000 \mu\text{S/cm}$ 'nin üzerinde iletkenlik değerleri gözlenmektedir (APHA et al, 1981).

WHO ve TSE içmesuyu standartlarında elektriksel iletkenlik için herhangi bir değer aralığı verilmemektedir. Bununla birlikte içilebilir suların elektriksel iletkenliği genellikle $50-1500 \mu\text{S/cm}$ arasında değişir.

D.4. Bulanıklık

Bulanıklık sularda asılı (süspanse) halde bulunan maddelerin miktarını belirten bir ölçüdür. Sulardaki

bulanıklığı oluşturan asılı maddeler, silt, kil, organik ve inorganik maddeler, plankton, mikroskopik organizmalardır. Bulanıklık, su örneği içinden geçirilen bir ışık demetinin bu maddeler tarafından saçılması ve absorblanmasına neden olan optik özelliğin ifadesidir (APHA et al., 1981). Bulanıklığı oluşturan asılı maddeler doğal erozyon, sellenme, alg patlaması ve atıkların sulara boşaltılması gibi nedenlerle sularda toplanır. Asılı maddelerin derişimi ve tane boyu ölçülen bulanıklık değerlerinde önemli değişikliklere neden olmaktadır. Bulanıklık su canlıları topluluğunun gelişimini etkiler. Yüksek bulanıklık sualtı bitkilerinde ve alglerde fotosentezi azaltır; bu da bitki büyümesini yavaşlatarak balık üretimini önler (McNeely et al., 1979).

Bulanıklık birçok içmesuyu kalitesi parametresi ile ilişkilidir veya onları etkiler. Sudaki asılı maddeler bazı mikroorganizmalar için besin veya korunma kaynağı oluşturabilir. Sulardaki mikrobiyolojik olarak en yaygın gelişim taneciklerin yüzeyinde ve gevsek çamur topçuklarının içinde olmaktadır. Besin maddelerinin askıdaki taneler üzerinde absorblanmış olması nedeniyle tanelere ilişmiş olan bakterilerin gelişimi suda serbestçe dolayanlara göre kolaylaşmaktadır (WHO, 1984 b). Sularda oluşan rengin büyük bir kısmı kolloidal tanecikler tarafından oluşturulur. Ham ve filtre edilmiş sulardaki yüksek bulanıklık ile tad ve koku arasındaki ilişki uzun süreden beri bilinmektedir (Femmanen, 1975; WHO, 1984 b).

Sulardaki organik, inorganik veya mikroorganizma kökenli tanecik halindeki maddeler, bakteri ve virüsleri dezenfeksiyona karşı koruyabilirler. Fekal maddelerle kirlenmiş içme sularının klorlanması viral sarılığa karşı korunmada yeterli değildir. Klorlama öncesi koagülasyon ve filtrasyon ile bakteri ve virüsler azaltılarak su içmeye uygun hale getirilebilir (Tchobanoglous and Schroeder, 1985). Klorlama ile güvenilebilir içmesuyu

elde edebilmek için bulanıklığın 1 NBB değerinin altında tutulması gerekir (WHO, 1984b).

Askıdaki taneciklerin adsoblama kapasiteleri, suda bulunan bazı istenmeyen (sağlık açısından) inorganik ve organik bileşiklerin tutulmasına yol açabilir ve böylece içmesuyunun bulanıklığı ile insan sağlığı arasında dolaylı bir ilişki kurulur. Bu açıdan bakıldığında bulanıklığı oluşturan maddelerden organik ve hümitik bileşenler en önemlileridir (Oliver, 1973; WHO, 1984b).

Sulardaki yüksek bulanıklık içmesuyu olarak kullanımın yanısıra, endüstriyel ve dinlenme ve spor amaçlı kullanımları da etkiler. Endüstriyel kullanım öncesi bazı askıdaki maddelerin giderilmesi gerekir. Bulanıklık arıtma tesislerine de dezenfeksiyonu etkileyerek ve fazla çamur oluşturarak ek yük getirir (McNeely et al., 1979).

İçmesuyundaki 5 NBB birimden fazla bulanıklık kullanıcı tarafından genellikle istenmez. Kullanıcının evindeki musluğundan aldığı sudaki yüksek bulanıklık, arıtma sonrası kirlenmeyi, korozyonu veya dağıtım sisteminde bir başka problemin varlığını gösterir (WHO, 1984b). WHO bulanıklık için 5 NBB üst sınır önermiştir (WHO, 1984a). TSE içmesuyu standartlarında bulanıklık için önerilen miktar 5 birim, maksimum izin verilen miktar 25 birimdir (TSE, 1986).

D.5. Katı Maddeler

Doğal ve atıksulardaki katı ve yarıkatı maddeler toplam katıları oluşturur. Toplam katılar, çözünmüş (kolloidal ve küçük asılı katılar dahil) ve askıdaki (çökebilirler dahil) katılar şeklinde iki ana gruba ayrılır. Bu iki grup arasındaki ayırım belli bir por büyüklüğüne sahip membran filtre kullanılarak yapılır. Filtreden geçen

maddeler toplam çözünmüş katılar, filtrede tutulananlar ise askıdaki katılar şeklinde isimlendirilir (Tchobanoglous ve Schroeder, 1985).

Doğal sular ve atıksulardaki katı maddeler çeşitli yollarla suların kalitesini olumsuz yönde etkiler. Toplam katılar (TKM) suda çözünmüş maddeler için bir indeks oluşturur ve suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkiler.

Sulardaki toplam çözünmüş katılar doğal kaynaklardan, evsel ve endüstriyel atıksulardan ve tarımsal alanlardan kaynaklanır. Toplam çözünmüş katı miktarına katkıda bulunan başlıca iyonlar karbonat, bikarbonat, klorür, sülfat, nitrat, sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyumdur (USEPA, 1976; WHO, 1984 b).

Toplam çözünmüş katı miktarı içme sularının tad, sertlik, korozyon ve kabuklanma gibi özelliklerini etkiler 1000 mg/l'den fazla toplam çözünmüş katı içeren içme sularını kullanan kişilerde oluşan, sağlığa zararlı fizyolojik reaksiyonlarla ilgili kanıtlar bulunmamakla birlikte içme sularının toplam çözünmüş katı miktarının 1000 mg/l'den az olması standartlarda önerilmektedir (WHO, 1984b). Türkiye'deki içmesuyu standartlarında toplam katılar (buharlaştırma kalıntısı) için önerilen miktar 500 mg/l, izin verilen maksimum miktar 1500 mg/l dir (TSE, 1986).

Toplam çözünmüş katı miktarı 2000 mg/l'den fazla olan içme suları kullananlarda ishale yolacabilmektedir. Benzer etkiler hayvanlarda da görülmektedir. Hayvanlar için toplam çözünmüş katı miktarı 2500 mg/l'den az olan sular elverişlidir (McNeely et al., 1979). Endüstriyel kullanımlar için toplam çözünmüş katı miktarı 1000 mg/l den az olan sular genelde yeterlidir. Bununla birlikte limit değerler endüstri cinsine göre farklılıklar gösterir (Hem, 1985).

D.6. Sodyum

Sodyum doğada bulunan en yaygın alkali metaldir. Bütün sodyum bileşikleri suda kolayca çözünürler. Doğal suların hepsi bir miktar sodyum içerir. Bu içerik yağmur suyunda 1 mg/l'den azdır, tuz yatakları ile bağlantılı çok tuzlu sularda ise derişim 100000 mg/l'den fazla olabilir (Hem, 1985). Yeraltısularının sodyum içeriği normal olarak 6-130 mg/l arasında değişir. Yüzey sularında ise 1 mg/l'den az olabileceği gibi, 300 mg/l'nin üzerine de çıkabilir (WHO, 1984 b).

Magmatik kayalar, kil mineralleri, feldispatlar, feldispatoidler, evaporitler (NaCl gibi) sodyum içeren başlıca kayac ve minerallerdir (Goldschmidt, 1958). Doğal kaynaklar dışında, sulardaki sodyumun bir kısmını antropojen kaynaklar sağlar. Sodyum tuzlarının kullanıldığı endüstrilerin atık suları (kağıt, cam, sabun, ilac, kimya endüstrileri), şehirsal atıksular, petrol sahalarının drenaj suları, kıyı akiferlerine deniz suyu girişimi (McNeely et al., 1979), karayollarında buzlanmayı önlemek için kullanılan tuzlar (Roth and Wall, 1976) sulardaki sodyum içeriğine katkıda bulunur.

Sodyum insan vücudundaki hücre dışı sıvısında en fazla bulunan katyondur ve diğer anyonlarla birlikte bu sıvının osmotik aktivitesinde önemli rol oynar (WHO, 1984 b). Vücudun sodyum düzeyini kontrol etmede etkin mekanizmaları bulunduğu için sodyum akut zehirlenme etkisi olan bir metal değildir (Finberg et al., 1963; WHO, 1984 b). Bununla birlikte kalp, böbrek ve dolaşım sistemi hastalıkları olan kişilerde olumsuz etkiler yapabilir (McNeely et al., 1979). Bazı araştırmacılar insanlarda sodyum alımı ile hipertansiyon arasında pozitif korelasyon bulunduğunu belirtmişlerdir (Dahl, 1972; WHO, 1984 b). Sınırlı sodyum diyeti uygulayan kişilerin sodyum içeriği 20 mg/l'yi aşan suları içermemeleri önerilmektedir

(McNeely et al., 1979). WHO içme sularının sodyum derişimi için 200 mg/l üst sınır önermektedir (WHO, 1984b). TSE içmesuyu standartlarında sodyum için herhangi bir değer verilmemiştir. Bunun yerine magnezyum + sodyum sülfat toplamına ilişkin sınırlar verilmistir. Bu değerlere göre önerilen miktar 100 mg/l, izin verilen maksimum miktar ise 500 mg/l'dir (TSE, 1986).

Bitkiler sodyumu büyüme için sınırlı miktarlarda kullanmaktadırlar, fazla miktarda bulunması özellikle meyvalara zararlı olmaktadır (McNeely et al., 1979). Sodyum derişimi sulama suyu sınıflamasında önemlidir. Sodyum içeriği yüksek sularla sulama yapıldığında, sodyum, kalsiyum ve magnezyumla yerdeğistirerek toprağın yapısını ve geçirimliliğini olumsuz yönde etkiler ve alkali toprakların oluşmasına yolaçarlar (Todd, 1980). Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) sulama suyu sınıflamasında kullanılan önemli bir parametredir.

Termal kaynak suları ile jeotermal enerji alanlarında üretilen buhar ve sıcaksu sodyum içeriği bakımından zengin olabilmektedir. Bu tür kaynak suları ve jeotermal enerji tesislerinin atıksuları etkiledikleri topraklarda sodyum problemi yaratmaktadır (Özkara ve Şener, 1987).

Sodyum içeriği endüstriyel su kullanımında da önemlidir ve endüstri dalına göre farklı sınırlar vardır. Örneğin 2 mg/l den fazla sodyum içeren sular buhar kazanlarında köpüklenmeye neden olur (McNeely et al., 1979).

D.7. Potasyum

Potasyum yerkabuğunun % 2.5'ünü oluşturur ve esas olarak feldispatlarda (ortoklaz, mikroklin), mikalarda, feldispatoidlerde ve kil minerallerinde bulunur (Rankama and Sahama, 1964). Bitki ve hayvanlarda bulunan ana

elementlerden biridir (Hem, 1985). Doğada oldukça yaygın bulunmasına karşın doğal sularda genellikle birkaç mg/l düzeyinde bulunur. Bu potasyumun genellikle karalı feldispat veya kil minerallerine bağlanması ile açıklanmaktadır (McNeely et al., 1979). Yukarıda sıralananlar dışında bitki ve hayvan kalıntılarının yıkanması, bazı endüstriyel atıksular ve potasyumca zengin topraklarda yüzey ve yeraltısularındaki potasyum derişimine katkıda bulunurlar. Doğal yüzey ve yeraltısularındaki potasyum miktarı üzerinde biyolojik faktörlerin önemli kontrol edici etkisi vardır (Hem, 1985). Doğal yüzey sularındaki potasyum derişimi nadir olarak 20 mg/l'ye erişir ve genellikle 10 mg/l'den azdır. Bazı sıcaksu kaynaklarında potasyum derişimi 100 mg/l'ye kadar yükselmektedir (McNeely et al., 1979).

Sulardaki orta derecedeki potasyum derişimi suyun kullanımını olumsuz yönde etkilemez. Potasyum bitki ve hayvan yaşamı için ana besinlerden biri olmasına karşın, çok yüksek derişimleri (>2000 mg/l) sinir ve sindirim sistemi için zararlıdır. Potasyum ve sodyum miktarının 50-100 mg/l düzeyine yükseldiği suların bazı endüstri alanlarında kullanımı, köpüklenme ve korozyon gibi olumsuz etkilerin ortaya çıkması nedeniyle sorunlar yaratmaktadır. Alkali toplamı (Na + K) 65 mg/l'den fazla olan sular soğutma kulelerinde ve buz üretiminde sorunlar yaratmaktadır (McNeely et al., 1979). WHO ve TSE standartlarında içme sularındaki potasyum derişimi için herhangi bir değer verilmemektedir.

D.8. Kalsiyum, Magnezyum ve Sertlik

Kalsiyum birçok magmatik kayac mineralinin, özellikle piroksen, amfibol ve feldispatların esas bileşenidir. Sedimanter kayalarda kalsiyum, genellikle karbonatlar (kalsit, dolomit v.b.) şeklinde bulunur. Ayrıca toprakta

önemli miktarda yer alır.

Kalsiyum, yüzey ve yeraltısularında en bol bulunan katyonlardan biridir. Kalsiyum doğal sulara, kayalardan ve topraktan çözünerek katılır. Evsel atıksular, kimya, selüloz, kağıt, petrol rafinajı, tutkal, bira endüstrilerinin atıksuları ve madencilik atıkları sulardaki kalsiyum miktarının artmasına yol açarlar (McNeely et al., 1979).

Doğal sulardaki kalsiyum miktarı, suyun bulunduğu ortamdaki kayaların bileşimi ile yakından ilişkilidir. Karbonat kayalarının bulunduğu bir bölgedeki sulara kalsiyum derişimi 30-100 mg/l arasında değişir (McNeely et al., 1979). Akarsular bir baraj gölünde dinlendikleri zaman kalsiyum karbonat çökelişi nedeniyle sudaki kalsiyum miktarı azalır (Hem, 1985).

Kalsiyum insan beslenmesinde ana elementlerden biridir. Ayrıca bitki hücrelerinin yapısının korunmasına katkıda bulunur. Toprağın yapısını iyileştirdiği için sulamada da yararlıdır. Sulardaki yüksek kalsiyum derişimi görelî olarak tüm canlılara pek zararlı değildir (McNeely et al., 1979).

Kalsiyum suların sertliğini oluşturan ana iyonlardan biridir ve suların içmesuyu olarak kullanımını sınırlamaktadır. Kanada Sağlık Dairesi 200 mg/l kalsiyumu içme suları için kabul edilebilir bulmakta ve sertliğe olan katkıları nedeniyle 75 mg/l'ye düşürmeyi hedeflemektedir (McNeely et al., 1979).

Magnezyum tuzları oldukça yüksek çözünürlüğe sahiptir ve kalsiyum tuzları çöktürüldükten sonra da çözeltide kalırlar. Sulardaki magnezyum derişimi 1-100 mg/l aralığında büyük bir değişim gösterir. Magnezyum suların sertliğini oluşturan ana iyonlardan biridir. Yüksek derişimleri

suyun icme, endüstri veya sulama suyu olarak kullanımını sınırlamaktadır (McNeely et al., 1979).

Magnezyumun zehirleyici özelliği yoktur ve insan veya sucul canlı hayatı üzerinde herhangi bir tehdit oluşturmaz. icme sularında bir miktar magnezyum bulunması kalbe ve sinir sistemine yararlıdır; bununla birlikte, suyun tadı da göz önünde bulundurulmalıdır. Kanada Sağlık Dairesi icme sularında magnezyum için 150 mg/l maksimum kabul edilebilir sınır belirtmiştir. 50 mg/l'den yüksek magnezyum derişimleri bulunan sular, bu suları içmeye alışık olmayanlarda hafif ishal yapıcı etki göstermektedir (Department of National Health and Welfare, 1969; McNeely et al., 1979).

Suyun sertliği, onun sabunu çöktürebilme kapasitesinin ölçüsüdür (APHA et al., 1981). Sertlik esas olarak sular-daki kalsiyum ve magnezyum iyonlarından dolayı ortaya çıkan bir özelliktir. Demir, manganez, alüminyum, baryum gibi çok değerlikli bazı iyonların da sertliğe katkıları bulunmakla birlikte, bu katkı ancak sözkonusu iyonların derişimi oldukça yüksek düzeylere ulaştığı zaman önem kazanır (APHA et al., 1981; WHO, 1984 b).

Suların sertliği genellikle mg/l $CaCO_3$ cinsinden ifade edilir. Bazı Avrupa ülkelerinde sertlik "derece" cinsinden belirtilir. Örneğin bir Fransız sertlik derecesi 10 mg/l, bir Alman sertlik derecesi 17.8 mg/l, bir İngiliz sertlik derecesi 14.3 mg/l $CaCO_3$ 'a eşittir (Hem, 1985).

İçmesuyu olarak kullanılan suların sertliği genellikle 10-500 mg/l $CaCO_3$ aralığında değişir ve 500 mg/l den yüksek değerler genellikle yaygın değildir (Marier et al., 1979; WHO, 1984 b). Yüksek sertlik suyun icme ve endüstri suyu olarak kullanımını sınırlamaktadır. Sert sular buhar kazanları ve sıcak su borularında kabuklanmaya neden olur ve ayrıca tekstil, galvaniz ve konserve

endüstrilerinde ürün kalitesini olumsuz olarak etkiler (McNeely et al., 1979). Yumuşak sular korozyon oluşturma eğilimindedirler. Sertliği 100 mg/l CaCO_3 civarında olan sularda korozyon ve kabuklanma arasında bir denge oluşabilmektedir (WHO, 1984 b).

Toplumların içme sularının sertliği konusundaki toleransları kullanıcının uzun yıllar boyunca edindiği alışkanlığa da bağlıdır. Bazı toplumlarda 500 mg/l den fazla sertlikteki sular tolere edilmektedir. 500 mg/l CaCO_3 sertliği içme suları için üst sınır olarak önerilmiştir (Bean, 1968; WHO, 1984 b).

TSE içme suyu standartlarında Ca, Mg ve sertlik için değerler verilmiştir. Kalsiyum için önerilen miktar 75 mg/l, izin verilen maksimum miktar 200 mg/l'dir. Magnezyum için önerilen miktar 50 mg/l izin verilen maksimum miktar 150 mg/l dir. Sertlik mg/l CaCO_3 cinsinden belirtilmiştir. Sertlik için önerilen miktar 500 mg/l CaCO_3 'tür.

D.9. Alkalinite

Suların alkalinitesi, içerdiği çözülmüş maddelerin asitlerle reaksiyona girme ve nötralize etme kapasitesidir. Hemen hemen bütün doğal sularda alkalinite, karbonat (CO_3), bikarbonat (HCO_3) ve hidroksit (OH) iyonlarından dolayı ortaya çıkar. Bunlar dışında ayrıca, borat, silikat, fosfat iyonları ve organik maddeler de alkaliniteye katkıda bulunur (Gamsız ve Ağacık, 1981; Hem, 1985).

Yüzey ve yeraltısularında alkaliniteyi oluşturan ana kaynaklar atmosferik karbondioksit veya topraktaki ve doygun olmayan bölgedeki atmosferik gazlardır. Bunun dışında biyolojik olarak oluşan sülfat redüksiyonu ile ve karbonat kayaçlarının metamorfizması sonucu da karbon-

dioksit oluşmaktadır (Hem, 1985).

Sudaki toprak alkali metallerinin derişiminin fazla olduğu durumlarda alkalinite, suyun sulamaya uygunluğunu saptamada önem taşır. Alkalinite ölçümleri ham su ve atıksu arıtma işlemlerinin yorumlanmasında kullanılır. Ham evsel atıksular kullanma suyundan az veya biraz fazla alkaliniteye sahiptirler (APHA et al, 1981).

Su analizlerinde alkalinite mg/l veya mek/l karbonat ve bikarbonat cinsinden ifade edilir. Bazen de toplam alkalinite eşdeğer miktardaki $CaCO_3$ olarak mg/l cinsinden verilir.

Doğal suların alkalinitesi nadir olarak 500 mg/l $CaCO_3$ 'yi aşar. Yüksek alkaliniteye sahip sular, sertliklerinin yüksek olması veya sodyum miktarının fazlalığı nedeniyle içmesuyu olarak istenmez. 30-500 mg/l $CaCO_3$ aralığındaki alkalinite değerleri genellikle kabul edilmektedir. Arıtma kontrolü için alkalinitenin ani düşmemesi istenir. Sucul hayatın korunması açısından alkalinite ani değişimler göstermeden doğal düzeyini (McNeely et al., 1979). Yüksek alkaliniteye sahip sular uzun süre kaynatıldığında kireçlenme oluşturur ve tadı bozulur. Alkalinitesi çok düşük sular korozyona neden olur (McNeely et al, 1979). WHO ve TSE içmesuyu standartlarında alkaliniteye ilişkin herhangi bir sınır belirtilmemiştir.

D.10. Klorür

Klorür doğada geniş bir dağılıma sahiptir. Genellikle sodyum klorür, potasyum klorür ve kalsiyum klorür şeklinde bulunur. Denizlerde de büyük miktarda klorür vardır (Feth, 1981). Klorür esas olarak sedimanter kayalarda, özellikle evaporitlerde bulunur. Ayrıca sodalit, biyotit, hornblend gibi magmatik kökenli minerallerde ve seylerde

klorür iyonu bulunur (Feth, 1981; Hem, 1985).

Kayaçlardaki klorür içeren mineral ve tuzlar, kimya endüstrisi atıksuları, petrol kuyularından tuzlusu pompa, evsel atıksular, sulamadan dönen sular, katı atıkların yıkanması, ve kıyı akiferlerinde denizsuyu girişimi (WHO, 1984 b), yollarda buzlanma kontrolü için kullanılan tuzlar (Roth and Wall, 1976) sulardaki klorürü sağlayan başlıca kaynaklardır. Bunlar dışında kıyı bölgelerinde yağış, volkanlardan çıkan gazlar ve sıcak su kaynakları yüzey ve yeraltısularının klorür miktarına katkıda bulunur (Feth, 1981; Hem, 1985).

Kirlenmemiş doğal sularda klorür çoğunlukla 10 mg/l den düşük derişimlerde bulunur (WHO, 1984b). Yeraltısularındaki klorür değışimi 1 mg/l'den az olabileceği gibi 200000 mg/l'nin üzerine de çıkabilir. Düşük klorür derişimleri magmatik kayaçlardaki yeraltısularında görülür. Çok yüksek değerler ise evaporitlerle (halit yatakları, ile) ilişkilidir (White et al., 1963; Feth, 1981). Yüzeysularında klorür derişimi bölgenin iklimine bağlı olarak da değışir. Yağışlı bölgelerde 10 mg/l den düşük klorür derişimleri görülürken, yarı kurak ve kurak bölgelerde derişim birkaç yüz mg/l düzeyine ulaşabilir (McNeely et al., 1979).

Şehirleşme yeraltısuyu kalitesi üzerinde genellikle olumsuz etki yapar ve şehirleşmenin olduğu bölgedeki yeraltısularında bazı iyonlarda zamanla artış görülür. Artış görülen başlıca iyonlardan biri klorürdür. Bu nedenle bir bölgedeki şehirleşmenin yeraltısuyuna etkilerinin izlenmesinde, bu iyonun periyodik olarak gözlenmesi önem taşır (Eisen and Anderson, 1979).

Sulardaki klorür iyonu, hidrolojik çevrim sırasında iyi korunabilen iyonlardandır. Bu nedenle iyi bir izleyici olarak bilinir. Sulardaki zamanla artan klorür

derişimleri, kıyı akiferlerinde deniz suyu girişimine veya yüzey ve yeraltısularının endüstriyel ve evsel atıklarla kirlenmesine işaret eder. Periyodik klorür analizleri sulardaki kirlenmenin gözlemlenmesinde kullanılır (Feth, 1981).

Klorür insan vücudunda en fazla bulunan anyondur ve diğer iyonlarla birlikte hücre dışı sıvısının osmotik aktivitesine önemli ölçüde katkıda bulunur. İnsanların günlük klorür alımının büyük bir bölümü gıdalarla alınmaktadır (WHO, 1984 b). Yüksek klorür (600 mg/l'ye kadar) içeren suların insan sağlığına olumsuz etkisi saptanmamış olmakla birlikte, içmesularındaki tad tercihinden dolayı maksimum derişim değerleri saptanmıştır (McNeely et al, 1979). İçmesularında tad için sınır klorür derişimi sudaki diğer iyonlara da bağlı olarak 200-300 mg/l arasında değişir (Richter and Maclean, 1939; WHO, 1984 b). WHO içme sularındaki klorür miktarı için 250 mg/l sınır değerini önermiştir (WHO, 1984b). TSE içmesuyu standartlarında klorür için önerilen miktar 200 mg/l, izin verilen maksimum miktar 600 mg/l dir (TSE, 1986).

Çoğu endüstriyel ve tarımsal kullanımlar için suyun klorür derişiminin 250 mg/l'den düşük olması istenir. Bazı meyva türleri sulama suyundaki yüksek klorüre karşı hassastır. Klorür derişimi değişimi sucul hayatı etkileyebilir. Yüksek miktardaki klorür, kalsiyum ve magnezyumun da bulunması durumunda, suyun korozif etkisini arttırır (McNeely et al., 1979).

D.11. Sülfat

Kükürt indirgenmiş halde metal sülfürleri olarak magmatik ve sedimanter kayalarda yaygın olarak bulunur. Sülfür mineralleri suyla temas ederek bozdukları zaman oksitlenerek sülfat iyonları oluşur ve bu iyonlar suya

geçer. Kükürt, bitki ve hayvan yaşamı ile ilgili süreçlerde (proseslerde) önemli rol oynar (Hem, 1985).

Doğal sulardaki sülfatın başlıca kaynakları sedimanter kayalar (özellikle jips, anhidrit, seyl), magmatik kayalar ve organik maddelerdir. Bu doğal kaynaklar dışında deri, selüloz, tekstil, sülfürik asit, metalurji endüstrisi atıksuları, asit yağmuru ve kükürt içeren maden sahalarının drenaj suları da yüzey ve yeraltısularındaki sülfat miktarını arttıran kaynaklardır (Hem, 1985; McNeely et al., 1979; Schubert and Prodon, 1981). Yerleşim bölgelerinde evsel atıksuların yüzeysel sulara boşaltılması veya çeşitli yollarla yeraltısuyuna sızması, bu sulardaki sülfat derişimini yükseltir. Şehirleşmenin yeraltısuyu kalitesine etkilerinin izlenmesinde sülfat iyonu önemli bir göstergedir (Eisen and Anderson, 1979).

Yüzey sularında sülfat derişimi birkaç mg/l ile binlerce mg/l arasında değişebilir. Yüksek derişimlere sülfat minerallerinin yaygın olduğu kurak bölgelerde rastlanır (McNeely et al, 1979). ABD, Kanada ve çoğu Avrupa ülkelerindeki doğal sularda 20-50 mg/l arasındaki sülfat miktarları yaygındır (Hitchcock, 1975; WHO, 1984 b).

İçme sularındaki 200-300 mg/l den yüksek sülfat miktarları bazı kullanıcılarda ishal yapıcı etki gösterebilir (McNeely et al., 1979). 500 mg/l den fazla sülfat içeren sular mide ve bağırsakları rahatsız edici etkiler gösterebilir (Hart, 1974; McNeely et al, 1979). WHO içme sularındaki sülfat için sınır değeri olarak 400 mg/l önermiştir (WHO, 1984b). TSE içme suyu standartlarında sülfat için önerilen miktar 200 mg/l, izin verilebilen maksimum miktar 400 mg/l dir (TSE, 1986). 250 mg/l'den yüksek sülfat derişimleri suyun bazı endüstri alanlarında kullanımını sınırlamaktadır. Bu tür sular, buhar kazanları ve borularda kalsiyum sülfat çökelimine (kabuklanmaya) neden olmaktadır (McNeely et al., 1979).

D.12. Deterjanlar

Deterjanlar, yapısında temizleme özelliği taşıyan yüzey aktif madde ile temizleme işlemini kolaylaştıran yardımcı kimyasal maddeler bulunduran karışımlardır. Deterjanlar, yüzey aktif bileşenlerin taşıdığı yüke göre anyonik, katyonik, iyonik olmayan ve amfoterik olarak sınıflandırılır. Bunlar içerisinde en çok kullanılan anyonik deterjanlardır (Yücel, 1987).

Deterjanların bileşimindeki yüzey aktif madde miktarı %10-40 arasında değişir. Yüzey aktif maddeler dışında yapı maddeleri (%30-50) ve katkı maddeleri bulunur. Yapı maddeleri olarak pirofosfatlar, tripolifosfatlar, sülfatlar kullanılır. Katkı maddeleri olarak sodyum silikat, karboksimetil selüloz, magnezyum silikat, magnezyum sülfat, sodyum perborat, sodyum hipoklorit, enzimler, boya ve parfüm kullanılmaktadır (Uslu ve Türkman, 1987; Yücel, 1987).

Çok dallı yan zincirleri içeren yüzey aktif maddeler (alkil benzen sülfonat/ABS) ayrışmaya uğramadıklarından yüzey ve yeraltısularında sorunlar yaratırlar. Düz zincirli yüzeyaktif maddeleri (Lineer alkil sülfonat/LAS) ise mikroorganizmalar tarafından metabolize edilerek daha küçük parçalara ayrıştırılırlar (Sengül ve diğ., 1986; Uslu ve Türkman, 1987).

Deterjanların su ortamlarında ve su kullanımında çeşitli etkileri bulunmaktadır. Bunlar (a) atıksu arıtma tesislerindeki etkileri, (b) ötrofikasyon, (c) sudaki canlılara etkileri, (d) içmesularındaki etkileri, (e) endüstriyel kullanımdaki etkileri şeklinde sınıflandırılabilir.

Deterjanlar, atıksu arıtma tesislerinde hava-su ara yüzeyinde köpük oluşturmaya, suyun oksijen kazanmasını önler. Ayrıca atıksudaki biyolojik süreçleri

geciktirirler (Uslu, ve Türkman, 1987).

Fosfatlı deterjanları içeren atık suların yüzey sularına boşaltılması fosfor girdisini arttırır. Fosfor miktarının artışı sularda ötrofikasyona neden olur. Ötrofikasyon, su ortamında (özellikle göllerde) besin zenginleşmesi ve sonuçta aşırı miktarda organik madde üretimidir. Ötrofikasyon sonucu su organizmaları ve bitkileri aşırı miktarda çoğalmakta, fazla oksijen harcanmakta, daha sonra canlıların ölümü hızlanarak sudaki canlı yaşamı kaybolmaktadır. Ötrofikasyon sonucu göllerde erken yaşlanma görülmektedir (Pamukcu, 1987).

Akarsu ve göllerde deterjan, suyun oksijen kazanmasını engelleyerek zehirli maddelerin balıklar üzerindeki etkilerini çoğaltmaktadır. 3 mg/l deterjan içeren suda alabalıkların % 50'si 12 hafta içinde ölmektedir (Okan, 1987).

Çeşitli yüzey aktif maddelerin zehirliliği (toksisitesi) büyük değişimler gösterir. Katyonik yüzey aktif maddeler en büyük toksisiteye sahiptir. İçmesularına deterjan karışmasının önemli bir etkisi, sentetik deterjanların 3, 4 benzopiren gibi kanserojen maddelerin çözünmesine neden olmasıdır (Uslu, ve Türkman, 1987).

1 mg/l'den fazla yüzey aktif madde içeren sular sıcaksu ve buhar kazanlarını beslemede kullanıldıklarında, köpüklenme, kaynamada gecikme gibi sorunlar yaratır. Aynı sular iyon değiştirici reçinelerde de bozulmalara yol açar (McNeely et al., 1979).

Yüzey ve yeraltısularının içerdği deterjanların asıl kaynağı şehirsal atıksulardır. Ayrıca tekstil, deri, deterjan endüstrilerinin atıksuları da sularda deterjan kirliliğine neden olurlar (McNeely et al, 1979). ABD ve bazı Avrupa ülkelerinde yapılan bazı araştırmalarda evsel

atıklardaki fosfatın % 25-70'inin deterjanlardan kaynaklandığı ortaya konmuştur (Pamukcu, 1987).

ABD ve Kanada içmesuyu standartlarına göre (McNeely et al., 1979) izin verilebilir maksimum deterjan miktarı 0.50 mg/l dir. Türk içmesuyu standartlarına (TSE, 1986) göre ABS için önerilen değer 0.5 mg/l, izin verilen maksimum değer ise 1.0 mg/l dir.

D.13. Bor

Bor, granitik ve pegmatitik kayaların tipik minerallerinden olan turmalinin ana bileşenlerinden biridir. Biyotit ve amfibollerin yapısında da aksesuar bileşen olarak bulunur. Kapalı havzalarda oluşan evaporitler yüksek miktarda bor içerirler ve bazen ekonomik bor yataklarını oluştururlar (Rankama and Sahama, 1964; Hem, 1985).

Yüzey sularında ortalama bor değişimi 0.1 mg/l dir. Yeraltısuları ise bazen 4 mg/l den fazla bor içerebilmektedir. Yüzey ve yeraltısularının içerdiği bor magmatik ve sedimanter kayalardan, topraktan, endüstriyel ve evsel atıksulardan kaynaklanır. (McNeely et al., 1979). Volkanik gazlar bor bileşikleri içerirler, bu nedenle volkanik kayalarla teması olan sular ve sıcak kaynak suları önemli miktarda bor içerebilirler (Hem, 1985). Özkara ve Sener (1986) tarafından Saryköy, Kızıldere (Denizli) Germencik ve Ömerbeyli (Aydın) jeotermal alanlarında yapılan bir araştırmada kuyulardan üretilen buhardaki bor derişimlerinin 21-36 mg/l arasında olduğu saptanmıştır. Aynı araştırmacılar bu jeotermal atıkların Aşağı Büyük Menderes havzası topraklarında bor kirliliğine yol açmakta olduğunu belirtmektedirler.

Bor endüstride oldukça yaygın kullanımı olan bir

elementtir. Metalurji, cam, deri, halı, kozmetik, silah endüstrilerinde bor kullanılır. Tarımda borik asit bakterisid, fungusid olarak kullanılır ve bazı pestisidlerin yapısında yer alır (McNeely et al., 1979). Sodyum tetraborat (boraks) deterjanların bileşiminde beyazlatıcı ve parlaticı madde olarak yer alır.

İnsan vücudunda bor birikimi ile ilgili herhangi bir kanıt bulunmamıştır. Bor bağırsaklar tarafından hızla adsorbe edilip idrarla dışarıya atılmaktadır. Bununla birlikte yüksek miktarda bor sindirim zorlukları yaratabilir ve merkezi sindirim sistemini etkileyebilir. İnsan sağlığının uzun süreli korunumu için bazı ülkelerin içme suyu standartlarında maksimum kabul edilebilir limitler verilmiştir. Kanada standartlarına göre bu limit 5 mg/l bor olarak verilmiştir (Department of National Health and Welfare, 1979; McNeely et al., 1979). WHO (WHO, 1984a) ve TSE (TSE, 1986) içme suyu standartlarında bor için herhangi bir değer verilmemiştir.

Eser miktarda bor bitkilerin normal büyümesi için gereklidir, fakat yüksek miktarda bor bitkiler üzerinde toksik etkiye sahiptir. Bitkiyi olumsuz olarak etkileyen miktar bitki türüne göre değişir. Bazı bitkiler; örneğin limon, greyfurt, portakal, bora karşı oldukça hassastırlar. Bor derişimi yüksek olan sularla sulanan topraklarda zamanla bor birikimi görülmekte, birikim arttıkça bitki gelişimi yavaşlamakta ve ürün miktarı azalmaktadır (Todd, 1980; Erdin ve diğ., 1988). Bor derişimi 1 mg/l ye kadar olan sulama suları birçok bitki için kullanılabilir. Turuncgiller bora karşı hassas olduklarından, bunları sulamada kullanılan sulama sularındaki bor derişiminin 0.3 mg/l den düşük olması önerilmektedir (Hart, 1974; McNeely et al, 1979).

D.14. Azot Bileşikleri (Amonyak, Nitrit, Nitrat)

Azot, canlıların yapısında bulunan temel elementlerden biridir.. Bu nedenle azot, canlı besin maddelerinin de vazgeçilmez bir bileşenidir. Canlı bünyesinde, besin maddelerinde ve ölü organizmalarda bulunan azot, doğada "azot çevrimi" denilen bir döngü içinde atmosfer, litosfer, hidrosfer ve biyosfer arasında sürekli bir dolanım halindedir (Hem, 1985; Uslu ve Türkman, 1987).

Bazı mikroorganizmalar ve bazı yüksek bitkilerin yumru- ları ile ortak yaşayan az sayıdaki organizmalar (azot bakterileri) atmosferdeki moleküler azotu indirgeyerek protein sentezinde kullanırlar (Lawrance, 1983; Uslu ve Türkman, 1987). Bu olayın azot çevrimi açısından ve yeryüzü ölçeğinde önemi büyüktür. Atmosferik azotun endüstriyel olarak bağlanması da azot çevrimi açısından önemlidir. Azot bağlayabilen türlerin dışındaki ototrof bitkiler amino asit ve protein sentezi için gerekli azotu, amonyum ve nitrat iyonları şeklinde dışarıdan almak zorundadırlar. Hayvanlar ve birçok mikroorganizma türleri azot gereksinimlerini organik azot bileşik- lerinden karşılarlar (Hem, 1985; Uslu ve Türkman, 1987).

Azot çevrimi sırasında azot, amonifikasyon (amonyaklaşma), nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçleri ile çeşitli azot bileşiklerine dönüşür. Organik azot bileşiklerinin parçalanarak amonyum tuzlarının oluşumu "amonifikasyon", oksijenli ortamda amonyum tuzlarını nitrite ve daha sonra nitrata dönüşümü "nitri- fikasyon" adını alır. Oksijensiz koşullar altında nötrale yakın pH değerlerinde ve organik hidrojen verici maddelerin bulunması durumunda nitrat iyonları önce nitrite daha sonra da azot oksit (N_2O) ve moleküler azota (N_2) indirgenir. Bu süreç "denitrifikasyon" olarak adlan- dırılır. Amonifikasyon ve nitrifikasyon azot döngüsünde büyük önem taşır (Freeze and Cherry, 1979; Uslu ve Türkman, 1987).

Yüzeş ve yeraltısularına karışan azot bileşikleri doğaş veya antropojen (insan) kökenli olabilir. Doğal azot yükleri bu su ortamlarında bulunan mikroorganizmaların baēladıēı, yağışların getirdiēi, yüzeşaltı ve yeraltı akışı sırasında sulara karışan azot bileşiklerinden oluşur. Antropojen kökenli azot yükleri evsel atıksular, evsel katı atık deponi alanları, endüstriyel atıksular ve tarımsal çalışmalardan (tarım alanlarının drenajı ve gübre kullanımı) kaynaklanır.

Sularda bulunan en önemli azot bileşikleri organik azot, amonyak (NH_3), nitrit (NO_2) ve nitrattır (NO_3). Bunlar içerisinde en fazla bulunanı nitrattır. Organik azot; proteinler, peptidler, nükleik asit ve üre gibi doğaş maddeleri ve sayısız sentetik organik azot bileşiklerini içerir (Tchobanoglous and Schroeder, 1985; Houzım et al., 1986). Tipik organik azot derişimi göllerde birkacıüz mg/l düzeyindedir. Arıtılmamış kanalizasyon sularında ise 20 mg/l'ye kadar ulaşabilir (APHA et al., 1981).

D.14.1. Amonyak

Amonyak sularda bulunan azotun en fazla indirgenmiş inorganik bileşiidir ve çözünmüş amonyak (NH_3) ve amonyum iyonlarından (NH_4) oluşur. Amonyak ve tuzları suda kolay çözünür, amonyum iyonu genellikle bir gecis formudur (McNeely et al., 1979).

Doğal sulardaki amonyak derişimleri genellikle 0.1 mg/l'den azdır. Atıksularda ise 30 mg/l den yüksek derişimlere rastlanabilir. Yeraltısularındaki amonyak derişimi, toprak tanelerinin ve kil minerallerinin adsorblanması nedeniyle genellikle düşüktür (APHA et al., 1981). Amonyak arıtılmış evsel atıksuların yaygın bileşenlerinden birisidir. Kil minerallerine bağlanmış amonyak iyonları topraēın erozyonu sonucu sulara

gecer. Sentetik gübreler amonyak ve amonyum tuzları içerirler. Birçok endüstri alanında (kağıt, metal, azotlu gübre v.b.) ve temizleme işlemlerinde amonyak ve amonyum tuzları kullanılır (McNeely et al., 1979).

Amonyum iyonu suda yaşayan organizmalar için önemli ölçüde zehirleyici (toksik) değildir. Buna karşın serbest amonyak düşük derişimlerde bile yüksek toksik etki yapar. Amonyum/amonyak oranı, pH değeri ve sıcaklığa bağlıdır. pH'ın 8.5'tan büyük olduğu durumlarda amonyak yüzdesi hızla artar. Özellikle küçük debili akarsularda yaz aylarında ve alkali ortamlarda amonyak içeren atıksular sudaki canlılar için zararlı olmaktadır (Uslu ve Türkman, 1987). Kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltması ve boşucu etkisi nedeniyle balıklar yüksek amonyak derişimlerini tolere edemezler (McNeely et al., 1979). Amonyakın toksik etkisi oksijen eksikliği, sıcaklık artışı ve diğer toksik maddelerin bulunması ile daha da artar. Bu nedenle balıkçılık yapılan sularda amonyak için tolerans sınırı 0.10 mg/l dir (Uslu ve Türkman, 1987).

İçme sularında amonyum (amonyak) derişimlerinin yüksek olması durumunda bazı güçlükler ortaya çıkmaktadır. Öyle ki; suların dezenfeksiyonu (klorlama) sırasında dezenfeksiyonun etkinliği azalmakta, klor kullanımı miktarı çok artmakta ve kanserojen olma ihtimali yüksek olan klorlu organik maddeler oluşmaktadır. Ayrıca amonyak içeren içme suları dağıtım şebekelerinde bakteri üremesine neden olmaktadır (McNeely et al., 1979; Uslu ve Türkman, 1987). Bu nedenlerden dolayı içme suyu sağlama amacıyla kullanılacak yüzeysel sularda amonyum derişimlerinin 0.2-1.5 mg/l arasında olması istenir (Uslu ve Türkman, 1987). TSE içmesuyu standartlarına göre içme sularında amonyak bulunmamalıdır (TSE, 1986).

Amonyum tuzları beton üzerinde tahrip edici etkilere sahiptir. Amonyak, bakır ve alaşımına karşı korozif

olduğundan, su dağıtım şebekelerinde korozyon ortaya çıkabilir (McNeely et al., 1979).

D.14.2. Nitrit

Nitrit sulara düşük miktarlarda bulunan bir azot bileşigidir. Oksijenin bulunduğu ortamda kararsız durumda olduğundan, amonyak ve nitrat arasında (nitrifikasyon) veya nitrat ve azot oksit arasında (denitrifikasyon) geçiş formu olarak bulunur. Nitrit iyonu bitkiler tarafından azot kaynağı olarak kullanılabilir. Suda nitritin bulunuşu, organik kirlenme tarafından etkilenmiş aktif biyolojik süreçlerin varlığını gösterir (McNeely et al., 1979). Nitrit iyonu sulara oldukça yaygın olarak görülür, fakat nitrata oranla oldukça düşük miktarda bulunur. Nitrit organik azotun bakteriler tarafından tamamen oksitlenememesi sonucu ortaya çıkar (WHO, 1984b).

Nitrit, genellikle sodyum ve potasyum tuzları şeklinde gıda koruyucu maddeler olarak kullanılır. Bozunan bitkisel ve hayvansal atıklar, evsel atıksular, tarımda kullanılan gübreler, endüstriyel atıksular, katı atıkların yıkanması, atmosferdeki azotun yıkanması yüzey ve yeraltısularına nitrit sağlayan başlıca kaynaklardır (WHO, 1984 b). Yeterli derecede nitrifikasyona uğramamış evsel atıksuların alıcı ortama verilmesi halinde bu ortamlarda çok yüksek nitrit değerlerine rastlanılabilir. Böyle durumlarda sudaki canlılar için ek zehirleyici etkiler görülür (Uslu ve Türkman, 1987).

Nitrit, insan ve hayvanlar için nitrattan daha fazla zehirleyicidir. ABD standartlarına göre nitrit derişiminin içme sularında 1.0 mg/l den, hayvanlara verilen sulara 10 mg/l'den az olması önerilmektedir (Environmental Studies Board, 1973; McNeely et al., 1979). Yurdumuzda uygulanan standartlara göre içme

sularının nitrit içermemesi istenmektedir (TSE, 1986).

Bakterilerin indirgenmesi sonucu insan vücudunda nitrat nitrite dönüştürülebilmektedir. Yüksek miktarda nitratın vücuda alınması tükürükteki nitrit miktarını arttırmaktadır. Nitratın nitrite dönüşümü, mide dahil vücudun herhangi bir yerinde olabilmektedir; pH 4.6'dan büyük değilse dönüşüm az olmaktadır. Bebeklerde mide asiditesi normal olarak düşüktür (pH 4 ve yukarısı) ve nitrite dönüşüm fazladır. Yetişkin insanlarda midenin pH'ı 1-5 arasında olduğundan nitratın nitrite dönüşümü bebeklere göre daha azdır (National Research Council, 1977; WHO, 1984b). Nitritin vücutta oluşumu iki nedenden dolayı önemlidir. Birinci neden, kandaki hemoglobini methemoglobin haline dönüştürerek oksijen taşıyamaz hale getirmesi. İkinci neden, belli koşullar altında nitritin vücuttaki ikincil ve üçüncül aminler ve amidlerde reaksiyona girerek bazıları kanserojen olarak bilinen nitrosaminleri oluşturmasıdır. Bu süreç insan midesinin asidite değeri olan pH 1-5 aralığında meydana gelir. pH değeri 3.5 veya daha küçük olduğunda reaksiyon hızı artar (WHO, 1984 b).

D.14.3. Nitrat

Nitrat (NO_3) sularda bulunan bağlı azot bileşiklerinin en önemlisidir. Yüzeysel sularında en kararlı azot bileşiği olan nitrat iyonunun yüksek çözünürlüğü, azot bileşiklerinin tamamen oksitlenmiş olmasının sonucudur. Nitrifikasyon, azot döngüsünde ana süreçtir. Çoğu yüzeysel suyu bir miktar nitrat içerir, bununla birlikte, nitratın ana kaynaklarından biri insan ve hayvan atıkları olduğundan 5 mg/l den fazla nitrat içeriği kirlenme göstergesi olabilir. (McNeely et al., 1979).

Sulardaki nitrat miktarı genellikle 20 mg/l'den azdır, fakat bazı su kaynaklarında 45 mg/l'yi geçebilir (WHO,

1984b). Bazı yüzey suları 450 mg/l'den fazla nitrat içerebilmesine rağmen, derişim nadir olarak 20 mg/l'ye ulaşır ve çoğunlukla 5 mg/l'nin altındadır. Yeraltısularında nitrat miktarı 450 mg/l'ye kadar çıkar. Azotlu gübrelerin kullanıldığı tarım alanlarında yeraltısularında nitrat derişimi 1000 mg/l'yi aşabilir (McNeely et al., 1979).

Tarımda gübre kullanımı ikinci dünya savaşı sonrasında önemli artışlar göstermiştir. Avrupa ülkelerinde 1960-1970 yılları arasında gübre kullanımı iki katına çıkmıştır. Tarımda verimi arttırmak amacıyla gübre kullanımının artması yeraltısuyu kalitesini de etkilemiştir. Bu etkilerden biri yeraltısularında nitrat kirliliğine neden olmasıdır (Smith et al., 1971; Schepers et al., 1983; Hoizim et al., 1986). Hindistan'da yoğun gübre kullanımının olduğu tarım alanlarındaki yeraltısularında nitrat miktarının 1300 mg/l'ye kadar yükseldiği saptanmıştır (Handa, 1983).

Kırsal alanlarda su sağlamada kullanılan kuyularda nitrat derişimi 45 mg/l'ye yaklaşır veya geçer. Çoğu araştırmacı bu miktardaki nitratı çiftliklerin drenajı veya septik tank ve biriktirme havuzlarından olan sızıntılara bağlamışlardır (Hem, 1985). ABD'de illinois eyaletinde yapılan araştırmalara göre çiftliklerde su sağlamada kullanılan sığ akiferlerde açılmış çoğu kuyuda nitrat kirliliği oldukça yaygındır. Çiftlik kuyularında saptanan nitrat derişimleri 100-1000 mg/l arasında değişmektedir ve ortalama derişim 143 mg/l'dir (Walker, 1973). Federal Almanya'da yapılan bir araştırmada, yoğun tarım ve besi hayvancılığı faaliyetlerinin bulunduğu bölgelerdeki yeraltısularında nitrat derişiminin 300 mg/l'yi aştığı saptanmıştır. Suyu analiz edilen kuyuların bazıları içme suyu sağlama amacıyla kullanılmaktadır (Lahl et al., 1983).

Yüksek nitrat derişimlerinin çoğu yeraltısularında görülmektedir. Yüzey sularındaki nitrat sucul bitkiler tarafından kullanılarak azaltılmaktadır (WHO, 1984 b). Çözünürlük, nitratin yeraltısularında bulunduğu derişim aralığında, derişim üzerinde herhangi bir sınırlama oluşturmaz. Bu özellik ve anyon olarak bulunuşu nitratin suda çok hareketli (mobil) olmasına neden olmaktadır. Kuvvetli oksitleyici özellikteki yeraltısularında nitrat, çözülmüş azotun kararlı formudur ve değişime uğramadan ve çok az veya hiç tutulmadan yeraltısuyu ile birlikte hareket eder (Freeze and Cherry, 1979).

Magmatik kayalar ve volkanlardan çıkan malzeme (buhar, gaz vb.) sulardaki nitrata lokal olarak kaynaklık ederler. Yüzey ve yeraltı sularındaki nitrat çoğunlukla organik veya insan (antropojen) kaynaklıdır. Bozunan bitkisel ve hayvansal atıklar, katı atıkların yıkanması, evsel atıklar, endüstriyel atıksular (azotlu gübre, nitrik asit vb. endüstriler), tarımda kullanılan gübreler, sulamadan dönen sular, atmosferik azotun yağışlarla yıkanması, atıksu arıtma tesislerinin çıkış suları yüzey ve yeraltısularındaki nitrati sağlayan başlıca kaynaklardır (McNeely et al, 1979; Lawrance, 1983; Ritter and Chirnside, 1984; Hem, 1985).

Suların içerdiği nitratin düzeyi özellikle içmesuyu açısından büyük önem taşımaktadır. İçmesularıyla insan bünyesine giren nitrat, barsak kanalında 4-12 saat içinde adsorbe edilir ve böbrekler aracılığıyla vücuttan atılır. İçmesularında nitrat derişiminin 500 mg/l'yi aşması durumunda barsak, sindirim ve idrar sistemlerinde iltihaplanmalar ortaya çıkar (Uslu ve Türkman, 1987).

Yüksek miktarda nitrat içeren suların içmesuyu olarak kullanımı, kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltır ve bebeklerde "mavi hastalık" (methaemoglobinemia) denilen hastalığa neden olur. Altı aydan küçük bebeklerde mide

asitleri oluşmadığından nitrat indirgenerek nitrit oluşur. Nitrit kandaki hemoglobin ile reaksiyona girer ve methemoglobin ortaya çıkar, kan oksijen taşıma işlevini yitirir ve sonuçta bebeklerde boğularak ölüm görülür. Daha ileri yaşlarda midenin asiditesinin artması ile bu etki ortadan kalkar (Lahl et al, 1983; WHO, 1984b; Uslu ve Türkman, 1987). Bazı ülkelerde yüksek nitrat içeren içmesularının bebeklerde mavi hastalığa ve ölümlere neden olduğunu ortaya koyan araştırmalar yapılmıştır. İçmesularının 45 mg/l'den az nitrat içerdiği bölgelerde bu tür olaylar rapor edilmemiştir (WHO, 1984b).

İnsan vücuduna alınan nitrat, ağızda veya asiditenin görelisi olarak düşük olduğu başka bir vücut bölgesinde kolayca nitrite çevrilebilmektedir. Nitrit asit ortamda sekonder ve tersiyer aminler, alkol amonyum bazlar ve amidlerle reaksiyona girerek, nitrosaminler ve nitrosamidleri oluştururlar. Son yıllarda yapılan araştırmalarda bu bileşiklerin (özellikle dimetilnitrosamin ve dietilnitrosamin) kuvvetli kanserojen etkileri saptanmıştır (WHO, 1984b; Uslu ve Türkman, 1987).

Nitratın insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri göz önünde tutularak, WHO içmesuyu standartlarında derişimin 45 mg/l'den az olması önermiştir (WHO, 1984b). TSE içmesuyu standartlarında da nitrat için sınır değeri 45 mg/l dir (TSE, 1986).

İnsanlarda olduğu gibi çiftlik hayvanlarında da yüksek nitratın olumsuz etkileri görülmektedir. Olumsuz etki yapan derişim hayvan türüne göre değışiklik göstermektedir. Çiftlik hayvanlarına verilecek sudaki nitrat+nitrit miktarının 100 mg/l den az olması önerilmiştir (Ontario Ministry of Environment, 1974; McNeely et al., 1979).

Sudaki nitrat tekstil endüstrisinde yün ve ipeğin boyanmasında, bira endüstrisinde, mayalanma proseslerinde olumsuz etki yapmaktadır (McNeely et al., 1979).

D.15. Fosfat

Fosfor, su ortamlarındaki çok yönlü ve karmaşık kimyasal ve biyokimyasal dengelerin anahtar elemanlarından biridir. Sularda fosfor çeşitli fosfat türleri şeklinde bulunur. Doğal su ortamlarında, su ve atıksu arıtımında gerçekleşen pek çok reaksiyona girer. Canlı protoplazmanın kuru ağırlık olarak yaklaşık % 2 sini fosfor oluşturur. Bu nedenle fosfor, özellikle fotosentezle üretim yapan ototrof canlıların büyümelerini sınırlayıcı etkilere sahiptir (Uslu ve Türkman, 1987).

Fosfor, magmatik kayalarda oldukça yaygın olarak bulunan bir elementtir. Bu kayalarda esas olarak apatit minerali olarak bulunur. Sedimentler içinde de oldukça yaygın olarak bulunmasına rağmen, doğal sulardaki derişimi 1 mg/l'nin çok altındadır (Hem, 1985). Fosfatlar sentetik gübrelerde, temizliği kolaylaştıracı madde olarak deterjanlarda, kabuklanma ve korozyonu önleyici olarak arıtılmış içme ve kullanma sularında kullanılır (McNeely et al., 1979). Yüzey ve yeraltısularındaki fosfat, kayalardan ve topraktan, bozunan bitkisel ve hayvansal atıklardan, evsel ve endüstriyel atıklardan, arıtma tesisi atıksularından, katı atık deponi alanlarından, tarımda kullanılan gübrelerden, sulamadan dönen atık sulardan kaynaklanır. Doğal ve atıksularda fosfor çeşitli şekillerde bulunur. Bunların başlıcaları ortofosfatlar, polifosfatlar, metafosfatlar ve organik fosfatlardır. Fosfat analizlerinde sonuçlar ortofosfat cinsinden ifade edilir.

Azot çevrimine benzer bir şekilde, fosfor da doğadaki çeşitli ortamlar arasında organik ve inorganik fosfor şeklinde "fosfor çevrimi" denilen bir dolanım gösterir. Ortofosfat (PO_4) pekçok bitki ve mikroorganizma tarafından kullanılabilen tek fosfat bileşimidir. Fosfor çevrimi bakteriler aracılığıyla gerçekleşir. Fosfor bitki

büyümesinde ana elementlerden biridir. Aşırı miktardaki fosfor içeren arıtılmamış atıksular ve sulamadan dönen sular yüzeysel sulara verildiğinde ötrofikasyona neden olmakta, algler aşırı miktarda üreyerek "alg patlaması" oluşturmaktadır (Tchobanoglous and Schroeder, 1985).

Fosfor bileşikleri (fosfatlar) insan, hayvanlar ve balıklar için genellikle zehirleyici (toksik) değildir. Çok nadir olarak bulunan elementer fosfor, zehirleyici özelliğe sahiptir. Su kalitesi ile ilgili limitler tad, koku ve suyun arıtılmasındaki fosforla ilgili problemlerin azaltılması amacıyla konulmuştur. Kanada içmesuyu standartlarında 0.2 mg/l fosfat (PO₄) kabul edilebilir limit olarak verilmiştir (Department of National Health and Welfare, 1969; McNeely et al., 1979).

ABD'de ötrofikasyonu önlemek için, deterjanların fosfat içeriğine ve yüzeysel su ortamlarına verilecek atıksulardaki fosfor derişimine sınırlamalar getirilmiştir. Maksimum derişimler şöyledir: akarsularda 0.10 mg/l, göl ve rezervuarlara akan sularda 0.05 mg/l, göl ve rezervuarlarda 0.025 mg/l (U.S. Environmental Protection Agency, 1976; McNeely et al., 1979). Ortamda yeterli miktarda azot bulunduğunda 0.10 mg/l üzerindeki fosfor derişimleri çamur oluşumuna ve alg çoğalmasına neden olarak suyun içme, endüstriyel ve dinlenme amacıyla kullanımını etkilemektedir (McNeely et al., 1979).

Türkiye'de uygulanan içmesuyu standartlarında fosfor derişimi için herhangi bir değer verilmemiştir (TSE, 1986). Çevre Müsteşarlığının "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği"nde alıcı su ortamlarına verilecek atıksularla ilgili bazı limitler verilmiştir.

D.16. Çözünmüş Oksijen

Oksijen suda orta derecede çözünebilen bir gazdır. Suyun

deniz seviyesinde ve 1 atm basınc altında, oksijene doygunluk derişimleri 0°C 'de 14.6 mg/l, 25°C 'de 8.4 mg/l dir. Sudaki çözünmüş oksijen atmosferden ve suda yaşayan canlıların fotosentez yapmaları ile sağlanır (McNeely et al., 1979; Uslu ve Türkman, 1987).

Çözünmüş oksijenin suda varlığı, sucul hayatın devamı ve suyun estetik kalitesi açısından temel öneme sahiptir. Bu önemden dolayı, oksijen en çok kullanılan su kalitesi parametresidir ve kirleticilerin bir akarsu veya gölün oksijeni üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi su kalitesi yönetimi planı geliştirilmesinde temel faktördür. Bu etki normal olarak "oksijen ihtiyacı" şeklinde ölçülür (Tchobanoglous and Schroeder, 1985).

Doğal sulardaki çözünmüş oksijen miktarı, sıcaklık, tuzluluk, suyun karışımı (türbilans), ve atmosferik basınc gibi fiziksel şartlara bağlı olarak değişir. Sıcaklık ve tuzluluk artıkça suda çözünen oksijen azalır.

Mikroorganizmaların metabolik süreçlerinde yeralan çözünmüş, kolloidal veya askıdaki organik maddeler ve azot bileşiklerinin biyokimyasal ayrışımı akarsudaki oksijen bilançosunda en önemli tüketim unsurunu oluşturur. Bu ayrışım, aynı zamanda doğal arıtma açısından da akarsu kalitesini belirleyici temel etkindir. Oksijen harcamasının kazanımdan fazla olduğu durumlarda akarsudaki biyolojik süreçler nitelik değiştirir (Uslu ve Türkman, 1987). Sudaki çözünmüş oksijen miktarı yaklaşık 0.5-1 mg/l'nin altına düştüğünde sulardaki tüm aerobik (havasal) yaşam durur, aneorobik çürüme süreçleri egemen olmaya başlar, ortamda kötü kokulu sülfid, metan gibi gazlar oluşur (Gökçay, 1983).

Sulardaki yüksek canlı türleri yaşamaları için oksijene gereksinim duyar, bu nedenle akarsu ve göllerin biyokimyasının değerlendirilmesinde çözünmüş oksijen

ölçümleri yaygın olarak kullanılır. Sudaki çözünmüş, süspanse veya çökelmiş haldeki organik maddelerin kullanıldığı reaksiyonlarla çözünmüş oksijen miktarı azalır. Bu reaksiyonların yanısıra, biyolojik olmayan bazı kimyasal reaksiyonlar da çözünmüş oksijen kullanımını açısından önem taşır (Hem, 1985).

Yeraltısuyundaki oksijen, suyun yüzeysel sulardan beslenimi ve su tablasının üzerindeki doymamış bölgede havanın hareketi ile sağlanır. Bu akış yolu üzerindeki oksitlenilebilen maddelerle (organik maddeler, pirit, siderit vb.) reaksiyona girer. Eğer akış yolu üzerinde çok az reaktif madde varsa çözünmüş oksijen içeren su uzun bir yol katedebilir. Oksijeni kullanan reaksiyonların bulunmadığı sistemlerde yeraltısuları önemli miktarda çözünmüş oksijen içerebilir (Hem, 1985).

Birçok nedenden dolayı, yeraltısularındaki çözünmüş oksijenin ölçümü standart bir uygulama haline gelmemiştir. Yeraltısuyundaki çözünmüş oksijen derişimi organik kirliliğin belirteci (indikatör) olarak kullanılamaz. Suyun herhangi bir kullanımını için önemli olmayabilir (Hem, 1985).

İçme sularında çözünmüş oksijen düzeyinin doygunluk derişiminin % 80'inden aşağıya düşmesi suda tat, koku ve renk problemleri yaratır. Aneorobik koşullarda mikrobiyolojik olarak nitratın nitrite ve sülfatın sülfite dönüştürülmesi koku problemini ortaya çıkarmaktadır (Ridgway et al., 1979; WHO, 1984 b). İçmesuyu kriterlerinde çözünmüş oksijen için herhangi bir değer önerilmemiştir. Bununla birlikte, oksijenin kötü tad oluşturan demir ve manganezi çöktürebilme özelliği nedeniyle, içme suyunun oksijene doygun olması tercih edilir (McNeely et al., 1979).

Balıkların ve diğer sucul canlıların yaşayabilmesi için

suda yeterli miktarda çözünmüş oksijen bulunması gerekmektedir. Birçok aerobik canlı belli bir oksijen düzeyinin altında yaşayamamaktadır. Gerekli oksijen miktarı sıcaklık ve canlı cinslerine göre değişim gösterir, her türlü suda yaşayan tüm canlılar için tek bir oksijen değişimi önerilemez. Oksijen miktarının aşırı düşük derişimlere doğru dalgalanma göstermesi sudaki canlılara zararlıdır. Minimum kabul edilebilir oksijen miktarları belirtmek uygun olmamakla birlikte, 4 mg/l'den düşük derişimlerin sudaki çoğu canlı üzerinde tahripkar etki yaptığı gösterilmiştir (Department of the Environment, 1972; McNeely et al, 1979).

D.17. Organik Madde (Permanganat Değeri)

Organik maddeler karbonun öncelikle hidrojen ve oksijen, ve bunların yanısıra azot, fosfor, kükürt ve diğer elementlerle oluşturduğu bileşiklerdir. Suların içerdiği çözülmüş organik maddeler, doğal ve yapay (antropojen) kökenli maddelerden oluşurlar. Doğal organik maddeler bitkisel ve hayvansal kökenli maddelerdir, doğal olmayanlar ise, evsel ve endüstriyel atık sularla (kağıt, seker, bira, süt, gıda endüstrileri atık suları) taşınan organik maddelerdir.

Çoğu suda bulunan organik madde miktarı, inorganik maddelere oranla düşüktür. Yüzeysel suların içerdiği organik maddeler, genellikle aynı sulardaki inorganik bileşiklerden 10-100 kat daha düşük derişimlere sahiptir (Uslu ve Türkman, 1987). Yeraltısularının içerdiği organik madde miktarı normal olarak yüzey sularından azdır. Sular yeryüzünden derinlere doğru süzülürken içerdikleri organik maddelerin bir kısmı adsorpsiyon ile tutulur (Pettyjohn and Hounslow, 1982; Hem, 1985).

Küçük derişimlerdeki organik maddeler suyun kimyasal

özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Örneğin, çeşitli organik bileşikler metallerin çözünürlüğünü etkileyen kompleksler oluşturlar, redoks reaksiyonlarına girerler, kimyasal proseslere aracılık eden mikroorganizmalara besin oluşturlar, katı-sıvı ve katı-gaz arayüzeylerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilerler (Hem, 1985).

Doğal ve atık sulardaki organik madde miktarının ölçümü için bazı analiz yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlar: a) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), b) Toplam organik karbon (TOK), c) Toplam oksijen ihtiyacı (TOİ), d) Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) dir (Barcelona, 1984; Tchobanoglous and Schroder, 1985; Topkaya, 1987).

Sularda bulunan organik maddelerin parçalanması sırasında oksijen harcanmaktadır. Harcanan oksijenin yeniden kazanılması, yüzey sularında oldukça yavaştır, yeraltısularında ise genellikle mümkün değildir. Bu nedenlerle organik maddelerin oksidasyonu için gerekli oksijen miktarının bilinmesi anlam ve önem taşımaktadır (Uslu ve Türkman, 1987).

Doğal ve atık sularda bulunan organik madde miktarının saptanmasında yaygın olarak kullanılan deneylerden biri, organik maddeleri kimyasal yolla oksitlemek için gerekli oksijen miktarının (kimyasal oksijen ihtiyacı/KOİ) ölçülmesidir. Bu deneyde sözkonusu organik maddeler, CO₂, H₂O, NH₄, PO₄, SO₄ vb. ürünlere dönüşmektedir. Deney yüksek sıcaklıklarda kuvvetli yükseltgen bileşiklerin asit ortamda organikleri oksitleyebilme özelliğine dayanır (Gökçay, 1983). Kullanılan yükseltgen madde genellikle potasyum dikromat veya potasyum permanganattır (Uslu ve Türkman, 1987). Organik madde miktarı, kimyasal yolla yükseltgen madde olarak potasyum permanganat kullanılarak saptanmışsa, elde edilen sonuçlar bazen "permanganat değeri" şeklinde ifade edilmektedir (Uslu ve Türkman, 1987; DSİ, 1985).

Tez çalışmasına ait su örneklerinin organik madde içerikleri kimyasal yolla potasyum permanganat kullanılarak saptanmıştır. Bölümümüzün laboratuvar olanakları, yöntemin az zaman alıcı ve pratik olması gibi nedenlerle bu yöntem tercih edilmiştir. Analiz sonuçları organik madde veya "permanganat değeri" olarak mg/l O₂ cinsinden ifade edilmektedir. Uslu ve Türkman (1987), yükseltgen madde olarak permanganat kullanıldığında organik maddenin bir kısmının oksitlenmediğini bu nedenle potasyum permanganatla bulunan organik madde miktarının gerçek değerden düşük olduğunu belirtmektedirler.

Sularda bulunan organik maddeler bazı problemler ortaya çıkarmaktadır. Bunların başlıcaları: 1) renk oluşumu, 2) tad ve koku problemi, 3) oksijen miktarının azalması, 4) suların arıtılması işlemlerinde girişim, 5) suların klorlama sırasında oluşturdıkları klorlu bileşiklerdir (Tchobanoglous and Schroeder, 1985).

Sularda doğal organik bileşikler yanında, evsel ve endüstriyel atıklar ve tarımsal çalışmalarla katılan sentetik organik maddelerde bulunur. ABD'de 1980 yılında yapılan sayımlara göre ticari olarak üretilen 40000 den fazla sentetik madde bulunmakta ve bunlara her yıl yüzlerce yeni bileşik eklenmektedir. Bu maddelerin bazıları yüzey ve yeraltısuyu kirliliği yönünden tehlike oluşturmaktadır. Sentetik organik bileşiklerin bazıları (pestisidler, organik çözücüler, klorlu organik bileşikler) toksik ve kanserojen özelliklere sahiptir (Dunlap and Shew, 1981; WHO, 1984b).

Türkiye'de uygulanan içmesuyu standartlarında, organik madde için izin verilen maksimum miktar 3.5 mg/l O₂ olarak verilmektedir (TSE, 1986). WHO çeşitli sentetik organik maddeler için ayrı ayrı sınırlar önermiştir (WHO, 1984a).

D.18. Ağır Metaller (Fe, Cu, Cr, Pb, Zn, Ni, Cd, Mn)

Doğal sularda major iyonlar (Ca^{+} , Mg, Na, HCO_3 , SO_4 , Cl, SiO_2) genellikle 5 mg/l'den yüksek derişimlerde bulunurlar ve suyun içerdiği çözünmüş maddelerin % 90'ını oluştururlar. Sular, majör iyonlar dışında minör veya eser düzeyde çok sayıda çözünmüş iyon içerirler. Ağır metaller de doğal sularda minör veya eser düzeyde bulunan maddelerdendir. Demir dışındaki diğer ağır metaller sularda genelde 1 mg/l'den düşük derişimlerde bulunurlar (Freeze and Cherry, 1979).

Doğal sulara evsel ve endüstriyel atıksular ve madencilik faaliyetleri atıkları aracılığıyla bazen önemli miktarlarda ağır metaller katılır. Madencilik faaliyetleri sonucu ortaya çıkan katı atıkların yıkanması sonucu sulara, Fe, Cu, Pb, Cr, Zn, Mn gibi metaller karışır. Bu ağır metallerin yıkanma ile yeraltısularına karışmasında, bu metal sülfürlerinin kükürt bakterileri tarafından oksitlenmesi önemli rol oynar. Sülfürleri oksitleyen bakteriler sülfürik asit oluşturarak sudaki sülfat ve hidrojen miktarını arttırır, sonuçta suların pH'ı düşer ve kötü kalitede sular ortaya çıkar (Galbraith et al., 1972).

Yeraltısularında ağır metal zenginleşmelerinin sınırlandırılmasında ve kontrolünde akifer malzemesi tarafından adsorblanma ve ayıklanma (scavenging) önemli rol oynar. Kirletici kaynağın ortadan kalkmasından sonra da akifer malzemesi tarafından tutulmuş olan ağır metal iyonları yeraltısuyunu etkilemeye devam eder. Akifer malzemesinin yeraltısuyuna katılan metal miktarı oksido-rédüksiyon potansiyeli (Eh), pH, alkalinite ve metalin çözünürlüğü gibi faktörler tarafından kontrol edilir (Ku et al, 1978).

Ağır metallerin bazıları, mikroorganizmalar, bitkiler, hayvanlar ve insanlar açısından toksik özelliklere

sahiptir (Tchobanoglous and Schhroeder, 1985). İçmesuyu standartlarında bu metaller için "maksimum izin verilebilir limit" veya "önerilen limit" değerleri verilmiştir.

Sulardaki çoğu ağır metalin karakteristik bir özelliği, hidrolize olmuş iyonlar oluşturmaya ve HCO_3 , CO_3 , SO_4 , Cl , F ve NO_3 gibi inorganik iyonlarla birleşerek kompleks iyonlar oluşturmaya olan eğilimleridir. Çözünmüş organik bileşiklerle kirlenmiş yeraltısuyu ortamlarında, metallere oluşturulan organik komplekslerde önem taşır (Freeze and Cherry, 1979).

D.18.1. Demir

Magmatik, metamorfik ve sedimanter kayalardaki birçok mineralde ve toprakta yaygın olarak bulunan bir elementtir. Piroksenler, amfiboller, biyotit, magnetit ve olivinlerde demir içeriği oldukça yüksektir. Sedimanter kayalarda hematit, magnetit ve gothit mineralleri şeklinde görülür. Ayrıca kükürt cevherlerinde ve kömür damarlarında demir sülfür olarak bulunur (Rankama and Sahama, 1964; Hem, 1985).

Yüzey ve yeraltısularında bulunan demir, kayalardan, topraktan organik atıklardan, endüstriyel atıklardan, kömür küllerinden, kömür yatakları drenaj sularından, asidik madenlerin drenaj sularından, madencilik endüstrisi atıklarından, çeşitli alanlarda kullanılan demir ve çelik malzemenin korozyonundan kaynaklanır. Demir, sularda Fe^{+2} (ferros) ve Fe^{+3} (ferric) şeklinde bulunur. Yeraltısularında en yaygın bulunan şekli Fe^{+2} dir (Hem, 1985). Demirin yeraltısuyunda bulunuş şekli esas olarak akiferin oksijen dengesine bağlıdır. Bu denge esas olarak akiferin jeolojik yapısı ve karakteristikleri, mevsimsel çevrim, toprak ve temel kayac tipi, demir bakterilerinin cinsleri ve akiferdeki yeraltısuyu akımı

gibi faktörlerle ilişkilidir. Yeraltısuyunun demir içeriğini etkileyen diğer önemli faktörler oksidasyon-redüksiyon koşulları ve pH'tır (Hatva, 1989). Yüzeysel sularında demir genellikle Fe^{+3} (ferrik) şeklinde bulunur (WHO, 1984b).

Yüzeysel sularında demir derişimi çoğunlukla 0.5 mg/l'den azdır. Yeraltısularındaki derişimi ise genellikle daha yüksek olup, bazı termal kaynaklarda 10-100 mg/l arasında değişebilir (McNeely et al., 1979).

Demir, hayvan ve bitki metabolizmasında rol oynayan ana elementlerden biridir (Hem, 1985). Demir, insan besinlerinde bulunan ana elementlerden biridir (Watt and Merril, 1963; WHO, 1984 b). Birçok proteinin yapısında ve oksidasyon-redüksiyon enziminde bulunur. İnsanın günlük demir gereksinimi yaş ve cinsiyete bağlı olarak 7-14 mg/l arasında değişir.

İnsan vücuduna alınan demirin % 10'u absorblanarak çeşitli organlarda kullanılır. Absorblanan demirin % 60-70'i kanda bulunan hemoglobinin üretiminde kullanılır (Department of National Health and Welfare, 1975; WHO, 1984b).

İçme ve kullanma sularında bulunan demirin bazı olumsuz etkileri ortaya çıkmaktadır. Demir kumaşlarda ve şebeke borularında boyanmalara (pas) ve borularda kabuklanmalara yol açabilir. Aşırı miktardaki bakteri büyümesine neden olur. Bu etkileri minimize etmek için, kullanma sularında kabul edilebilir demir miktarı olarak 0.3 mg/l önerilmiştir (McNeely et al., 1979; WHO, 1984 b).

Demir, oluşturduğu acımsı tatlı burucu tad nedeniyle içme sularında tepkiyle karşılanan bir elementtir. 0.05 mg/l'den az demir içeren içme suları tad yönünden daha fazla kabul edilebilir özelliktedir (Department of

National Health and Welfare, 1969; McNeely et al., 1979). WHO içme sularının 0.3 mg/l'den az demir içmesini önermektedir (WHO, 1984b). Türkiye'deki içmesuyu standartlarında önerilen limit 0.3 mg/l, izin verilebilen maksimum miktar ise 1 mg/l'dir (TSE, 1986).

Demir içeriği 20 mg/l'yi aşan sular bitkiler üzerinde zehirleyici etkiye sahiptir. Aşırı miktarda demir bitki için gerekli olan diğer elementleri bağlayarak zararlı olmaktadır. Bu gibi etkilerden bitkilerin korunması için sulama sularının nötral ve alkali topraklarda 20 mg/l'den, asidik topraklarda 5.0 mg/l'den fazla demir içermemesi önerilmiştir (Environmental Studies Board, 1973; McNeely et al., 1979). Endüstriyel kullanımlarda suyun genellikle 0.2 mg/l'den fazla demir içermemesi istenir. Bununla birlikte sınır değer endüstri cinsine bağlı olarak değişebilir (McNeely et al., 1979).

D.18.2. Bakır

Bakır yer kabuğundaki kayalarda doğal bakır veya bakır içeren sülfür (kalkopirit, kalkosit) ve karbonat mineraleri halinde (malahit, azurit) bulunur (Goldschmidt, 1958). Bununla birlikte, bakır minerallerinin çözünürlükleri düşük olduğundan, sulardaki bakırın çok az kısmı doğal kökenlidir (Ham, 1985).

Elektrikli aletler, tekstil, boya endüstrilerinde bakır ve bakırlı bileşikler geniş şekilde kullanılır. Bakır cevherinin kavrulduğu fırınlardan çıkan gazlarla atmosfere bir miktar bakır atılır. Bu bakır daha sonra yağışlarla yüzeysel sulara döner (McNeely et al., 1979). Asidik maden işletmelerinin drenaj suları genellikle yüksek miktarlarda (birkaç yüz mg/l'ye kadar) bakır içerir. Bakır içeren organik ve inorganik bileşikler tarımda fungusit ve pestisid olarak geniş şekilde

kullanılır. İnorganik gübreler bir miktar bakır içerir. Bu yollarla bir miktar bakır sulara karışır. Bakır tuzları su sağlama amacıyla kullanılan rezervuarlara alg büyümesini önlemek amacıyla katılmaktadır (Hem, 1985).

Doğal sularda bakır, genellikle eser miktarlarda (0.05 mg/l'ye kadar) bulunur. Yeraltısularındaki bakır derişimim 12 mg/l'ye kadar ulaşabilir (McNeely et al, 1979).

Bakır insan metabolizmasında rol oynayan ana elementlerden biridir. Bunun dışında kemiklerin, sinir sisteminin ve bağ dokularının gelişiminde önemli role sahiptir (WHO, 1984 b). Bakır birçok besin maddesinde bulunur. Aşırı dozda bakır alımı, insanlarda böbrek, merkezi sinir sistemi ve sindirim sisteminde rahatsızlıklara yol açar (Cohen, 1960; WHO, 1984 b).

Fazla miktarda bakır içme sularında kötü tad oluşturur. Bu tadı algılama sınırı 1-5 mg/l arasındadır. WHO içme sularının 1.0 mg/l'den az bakır içermesini önermektedir (WHO, 1984a). Türkiye'deki icmesuyu standartlarında önerilen miktar 1.0 mg/l, izin verilebilir maksimum miktar 1.5 mg/l dir (TSE, 1986).

Bitkilerdeki zehirli reaksiyonları önlemek için her türlü toprakta kullanılacak sulama sularındaki bakır derişimi sınırı 0.20 mg/l olarak önerilmiştir. Çiftlik hayvanları için kullanılacak sularda bakır için önerilen üst sınır 0.5 mg/l dir (Environmental Studies Board, 1973; McNeely et al, 1979). Bakırın sucul canlılara karşı zehirliliği, suyun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine (sıcaklık, sertlik ve bulanıklık) bağlı olarak değişir. Tatlı sulardaki canlıların korunması açısından maksimum kabul edilebilir derişim olarak 0.005 mg/l önerilmiştir (Great Lakes Water Quality Board, 1976; McNeely et al, 1979).

D.18.3. Krom

Krom doğada metalik halde bulunmaz. Magmatik kayalarda minör bileşen olarak, özellikle bazik ve ultrabazik kayalarda bulunur. Kromit bu kayalarda en fazla bulunan krom mineralidir. Diğer kayalarda ve toprakta krom oksit şeklinde bulunur. Kayaların bozunması sırasında kil ve kumlarla birlikte taşınır (Rankama and Sahama, 1964; Hem, 1985).

Suların içerdiği krom kayalardan ve çoğunlukla endüstriyel kullanımlardan ve tarımdan kaynaklanır. Krom tuzları metal temizleme ve kaplama, alüminyum metalurjisi, paslanmaz çelik, boya, patlayıcı, seramik, kağıt, tekstil endüstrilerinde kullanılır. Krom bileşikleri ayrıca sondaj borularında ve soğutma kulelerinde korozyonu önlemede, sıcak su ile ısıtma sistemlerinde, yangın söndürme sistemlerinde, gübrelerde ve pestisidlerde kullanılır (McNeely et al., 1979; WHO, 1984 b).

Krom, çokyaygın olarak bulunan üç oksidasyon basamağına sahiptir (Cr^{+2} , Cr^{+3} , Cr^{+6}). Doğal suların sahip olduğu pH aralığında hemen hemen tamamen Cr^{+6} şeklinde bulunur (McNeely et al., 1979; Stollenwerk and Grove, 1985). Çözünürlüğünün düşük olması nedeniyle kromun sulardaki derişimi genellikle düşüktür. Doğal sulardaki derişimi genellikle 0.01 mg/l'nin altındadır (WHO, 1984 b; Hem, 1985).

Bununla birlikte bu değerin oldukça üzerinde krom içeren doğal yeraltısularına da rastlanmaktadır. Örneğin ABD'de Arizona'daki bir bölgede Robertson (1975) tarafından yapılan araştırmalarda yeraltısularındaki krom derişiminin (Cr^{+6}) 0.10-0.20 mg/l arasında değiştiği ve kromun doğal kökenli olduğu saptanmıştır. Adsorbsiyon yeraltısuyunda bulunan Cr^{+6} iyonlarının miktarının azalmasında önemli bir mekanizmadır. Kaolinit, montmorillonit gibi kil minerallerinin Cr^{+6} 'u adsorbsiyonu pH'ın düşmesi

ile birlikte artış gösterir. Diğer cins toprakların ve Fe(OH)'ın de Cr^{+6} 'u adsorbladıkları yapılan araştırmalarda görülmüştür (Stollenwerk and Grove, 1985).

Krom insan vücudunda sindirim ve solunum yolları aracılığıyla absorblanır. Krom insanlardaki glikoz ve lipid metabolizması ve amino asitlerin bazı sistemlerde kullanılması için gereklidir. Ayrıca şeker hastalığı ve damar tıkanıklıklarının önlenmesinde önem taşır (Towill et al., 1978; WHO, 1984 b). Sularda bulunan kromun insana zararlı etkileri heksavalent krom (Cr^{+6}) ile ilişkilidir; insan vücudu için gerekli olarak kabul edilen trivalent krom (Cr^{+3}) pratik olarak zararsız (non-toksik) kabul edilir (Schroeder, 1968; WHO, 1984 b). Yüksek dozlarda heksavalent krom (Cr^{+6}) alımı insanlarda mide, akciğer, prostat kanserlerine neden olmaktadır (Commision of the European Communities, 1979; WHO, 1984 b).

Türkiye'de içmesuyu standartlarında Cr^{+6} için izin verilebilir maksimum sınır olarak 0.05 mg/l verilmiştir. WHO içmesularında krom miktarının 0.050 mg/l'yi aşmamasını önermektedir (WHO, 1984a). Kanada standartlarında besi hayvanlarına verilecek içme suları için de üst sınır olarak 0.05 mg/l verilmiştir. (Ontario Ministry of the Environment, 1974; McNeely et al., 1979).

Krom iyonları bitkileri besleyen ana elementlerin alımını engelleyerek verimi düşürmektedir. Sulama suları ince taneli nötral ve alkali topraklarda 1.0 mg/l'ye kadar krom içerebilir, bununla birlikte sulama sularındaki krom derişimi genel olarak 0.1 mg/l ile sınırlanmalıdır (Environmental Studies Board, 1973; McNeely et al, 1979).

Kromun sucul canlılara karşı zehirli etkisi oksidasyon durumu, sıcaklık ve pH'a bağlı olarak cinsten cinse farklılık gösterir. Balıklar diğer aşağı canlı formlarına göre kroma karşı daha dayanıklıdır. Sucul canlıların

korunması için maksimum derişim olarak 0.050 mg/l önerilmiştir (International Joint Commision, 1977; McNeely et al., 1979).

D.18.4. Kurşun

Kurşun, yerkabuğunda esas olarak sülfür mineralleri (özellikle PbS) şeklinde bulunur, bunun yanısıra birçok kayac oluşturan mineralin yapısında (magmatik kökenli potasyum ve kalsiyum minerallerinde) yer alır. Bozunma ürünleri olarak sülfat, karbonat, fosfat, kromat, vanadat bileşikleri şeklinde sedimanter kayalarda ve toprakta bulunur (Goldschmidt, 1958; Rankama and Sahama, 1964). Akarsu ve göllerdeki güncel sedimanlar içerisinde de kurşun bileşikleri yer alır (McNeely et al., 1979).

Doğal ve kirlenmiş sulardaki kurşun kayalardan, topraktan ve esas olarak insan aktivitelerinden kaynaklanır. Kurşunlu yakıtların kullanımı, kurşun cevherinin işlenmesi sırasında atmosfere ve sulara bir miktar kurşun karışır. Bunun yanısıra metalik kurşun ve bileşikleri akümülatör, boru, motor yağları, boya, fotoğraf malzemesi, patlayıcı üretiminde ve matbaacılıkta kullanılmaktadır (McNeely et al., 1979; WHO, 1984 b). Asidik özellikteki veya tampon özelliği düşük olan sular su dağıtım şebekelerindeki kurşun borulardan önemli miktarda kurşun çözebilmektedirler (Hem, 1985).

Kurşunun organik ve inorganik sedimanların yüzeyinde adsorblanması ve mangan oksitlerle birlikte çökmesi yüzey ve yeraltısularında düşük derişimlerde bulunmasına yol açar (Hem, 1985). Sularda çözünmüş ve süspanse halde bulunur. Derişimi ve görelî zehirliliği suyun sertlik, pH, alkalinite ve çözünmüş oksijen miktarına bağlıdır (McNeely et al., 1979).

Doğal sulardaki kurşun miktarı nadir olarak yüksek değerlere ulaşır. Çoğu akarsu ve gölde derisim 0.001-0.010 mg/l arasında değişir. Endüstriyel kaynaklı kirlenmeye bağlı olarak daha yüksek değerlerde görülebilir (WHO, 1984b). Sülfürlü maden yataklarının drenaj sularında 0.4-0.8 mg/l arasında kurşun bulunabilir (McNeely et al., 1979).

Kurşun, insan ve hayvan iskeletinde birikim yapan zehirli bir elementtir. Kurşunun zehirliliğine karşı hassasiyet kisten kişiye değişir. Çocuklar en hassas olanlarıdır (Department of National Health and Welfare, 1979; McNeely et al., 1979). Kurşun birçok yiyecek maddesinde bulunur. Birçok sebze ve meyva, süt, konserveler ve şarap bir miktar kurşun içerir. Gıdalarla günlük kurşun alımının 0.100-0.500 mg/l aralığında olduğu tahmin edilmektedir (Drill et al, 1979; WHO, 1984b). Solunum yoluyla havadan da bir miktar kurşun alınmaktadır. İnsan vücuduna alınan kurşunun bir kısmı vücutta adsorblanmaktadır. Yetişkinlerde suyla alınan kurşunun ortalama % 10'u adsorblanır (WHO, 1984ba).

İnsan vücudu tarafından adsorblanan kurşun kana geçerek yumuşak dokulara ve kemiklere dağılır. Kurşun kemiklerde zamanla birikir. Vücutta taşınan kurşunun % 90'ı kemiklerde bulunur (Underwood, 1977; WHO, 1984b). Kurşun hamile kadınlarda plasenta yoluyla bebek kanına geçer (WHO, 1980; WHO, 1984b).

Kurşun, vücutta birikim yapan ve yüksek dozları metabolik zehirliliğe sahip bir elementtir (WHO, 1977; WHO, 1984b). Düşük miktardaki kurşun vücutta bazı enzimlerin salgılanması, oksijen taşınımı ve enerji üretiminde düzensizliklere yol açar (Drill et al, 1979; WHO, 1984b). Kurşun, biyolojik sistemlerin işlevlerinin yerine getirmede gerekli olan elementlerden değildir, bu nedenle kurşun alımından mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır (WHO, 1972;

WHO, 1984b).

WHO içme sularının içerdiği maksimum kurşun miktarının 0.05 mg/l olmasını önermektedir (WHO, 1984a). Türkiye'deki içmesuyu standartlarında izin verilebilecek maksimum kurşun miktarı 0.05 mg/l'dir (TSE, 1986).

Besi hayvanlarına verilecek içme sularındaki kurşun derişimi sınırı için 0.05 mg/l önerilmiştir. Diğer iz elementlere göre kurşunun bitkiler üzerindeki zehirleyici etkisi daha azdır. Ayrıca toprak, bitkilerin alabileceği kurşun miktarını azaltmaktadır. Toprak cinsine göre sulama sularının kurşun içeriği için sınırlar önerilmiştir. Bunlar nötral ve alkali topraklarda 10 mg/l, asidik topraklarda 5 mg/l'dir (Environmental Studies Board, 1973; McNeely et al., 1979).

Kurşunun balıklar üzerindeki zehirli etkisi sertlik ve çözünmüş oksijen miktarının artışı ile azalır. Sucul hayatı korumak için konulan kurşun derişimi sınırı içme sularındakinden daha sıkıdır. Tatlısulardaki sucul hayatın korunması için sınır olarak 0.03 mg/l kabul edilmiştir (Environmental Studies Board, 1973; McNeely et al., 1979).

D.18.5. Çinko

Çinko yer kabuğunda oldukça yaygın olarak bulunan bir elementtir. En yaygın çinko minerali sfalerittir (ZnS). Bu mineral çoğunlukla kurşun, bakır ve demir gibi elementlerin sülfürleri ile birlikte bulunur. Magmatik kayalardaki piroksen, amfibol ve biyotitler de çinko içerirler. Çinko mineralleri sedimanter kayalarda ve toprakta (özellikle orman topraklarındaki humus tabakasında) oldukça yaygındır (Goldschmidt, 1958; Rankama and Sahama, 1964).

Çinko endüstride geniş bir kullanım alanına sahiptir. Boya, lastik, tekstil, kimya, metalurji, gübre endüstrilerinde kullanılır. Fosil yakıtların yakılması ve kurşun-çinko cevherlerinin yüksek fırınlarda kavrulması ile bir miktar çinko atmosfere katılır (McNeely et al., 1979; Hem, 1985).

Yüzey ve yeraltısularının içerdiği çinko kayalardan, topraktan, endüstriyel atıklardan, gübrelerden ve atmosferden kaynaklanır. Çinko oksit suda az çözünür. Çinko klorür ve sülfatların çözünürlüğü ise oldukça yüksektir (McNeely et al., 1979; Hem, 1985). Doğal yüzey ve yeraltısularındaki çinko miktarı genellikle düşük olup 0.05 mg/l'den azdır. Bununla birlikte, asidik suların ve çinko cevherlerinin bulunduğu bölgelerde derişim 50 mg/l'ye kadar yükselir (McNeely et al., 1979).

Çinko bazı enzimlerin fonksiyonu için gerekli olduğundan, bitkiler, hayvanlar ve insanlar için temel elementlerden biridir (McNeely et al., 1979). Besin maddeleri insanın çinko alımındaki en büyük kaynaktır. Vücutta çinko eksikliği gelişme yavaşlığı ve kansızlığa yol açar (Parasod, 1961; WHO, 1984 b). Çinko vücuttaki bakır, demir ve kadmiyum metabolizmasını düzenleyen ve zehirli etkilerine engel olan bir elementtir (Underwood, 1977; WHO, 1984 b).

Çinko insan için görece olarak zehirli olmayan (non-toksik) bir elementtir 25 mg/l'ye kadar yükselen derişimlerde birkaç olumsuz etkisi görülmüştür. Yüksek derişimleri suya süte benzer görünüş ve metalik veya buruk tad kazandırır ((Department of National Health and Welfare, 1969; McNeely et al., 1979).

ABD ve Kanada içmesuyu standartlarına göre, suda oluşturduğu tad nedeniyle çinko derişiminin 5 mg/l'nin altında olması önerilmiştir (Department of National

Health and Welfare, 1969; McNeely et al, 1979; NAS-NAE, 1972; Hem, 1985). Türkiye'deki içmesuyu standartlarında önerilen sınır 5 mg/l, izin verilen maksimum sınır 15 mg/l'dir (TSE, 1986). WHO içme suları için 5 mg/l sınır değeri önermiştir (WHO, 1984b).

Besi hayvanları sudaki çinkoyu herhangi bir olumsuz etki görülmeden tolere edebilirler. Bununla birlikte bunlara verilecek içme sularındaki çinko miktarının 25 mg/l'yi geçmemesi önerilmektedir (Environmental Studies Board, 1973; McNeely et al, 1979).

Çinko bitkiler için ana besin maddelerinden biridir. Yalnızca maden sahalarındaki yüksek derişimler bitkilerde zehirli etki göstermektedir. Sulama sularındaki çinko derişimi; pH 6'nın üstünde olmak şartıyla, asidik topraklarda 2 mg/l, nötral ve alkali topraklarda 10 mg/l'ye kadar çıkabilir (Environmental Studies Board, 1973; McNeely et al., 1979).

Çinko, sucul organizmalar özellikle balıklar üzerinde akut ve kronik zehirleyici etkiye sahiptir. Sertlik artışı zehirliliği azaltır; sıcaklık artışı ve çözünmüş oksijenin azalması zehirliliği arttırır, suda bakır ve kadmiyum bulunması öldürücü etkisini arttırır. Sucul hayatın korunması için çinko derişiminin 0.03 mg/l'yi aşmaması önerilmiştir (Great Lakes Water Quality Board, 1976; McNeely et al, 1979).

D.18.6. Nikel

Nikel magmatik kayalarda (özellikle bazik ve ultrabaziklerde) bulunan pekçok mineralin yapısında yer alır. Olivin ve hipersten nikel içeren başlıca minerallerdir. Birçok sülfür mineralinin yapısında yer alır. Magmatik kayaların bozunması ile oluşan sedimanter kayalar ve

toprak bir miktar nikel içerir (Goldschmidt, 1958; Rankama and Sahama, 1964).

Nikel, paslanmaz çelik ve diğer korozyona dayanıklı alaşımların üretiminde yaygın olarak kullanılır (Hem, 1985). Bunların yanısıra, pil ve bazı mantar zehirlerinin (fungusid) üretiminde de kullanılmaktadır (McNeely et al., 1979).

Sulardaki nikel, kayalardan, topraktan, nikel cevherlerinin işlenmesinden, fosil yakıtların kullanımından ve nikelin endüstriyel kullanımından kaynaklanır. Sularda kolloidal veya çözünmüş halde bulunur. Nikel tuzları (sülfat, nitrat ve klorürleri) suda çözünürler (McNeely et al, 1979).

Kuzey Amerika'daki akarsularda nikel derişimi ortalama 0.10 mg/l'dir (Hem, 1985). Yüzey sularında 1 mg/l'ye kadar yükselen değerler görülmekle birlikte, derişim genellikle 0.005-0.020 mg/l arasında değişir (Commission of the European Communities, 1979; WHO, 1984 b).

Nikel, hayvanların besleniminde hemen hemen ana elementlerden biridir, ve olasılıkla insanlar içinde durum aynıdır (WHO, 1973; WHO, 1984 b). Sindirim yoluyla nikelin adsorbsiyon miktarı çok düşüktür (WHO, 1984ba). Nikel nispeten zehirli olmayan (non-toksik) bir elementtir. Besin maddeleri ve suda bulunan nikel insanlarda sağlık yönünden önemli bir zarar yaratmaz (Underwood, 1977; WHO, 1984b). Bununla birlikte, nikel tuzlarının sulu çözeltileri deri iltihaplanlarına, nikel bileşiklerinin buharının devamlı solunması akciğer kanserine yol açar (McNeely et al., 1979).

İçme sularındaki nikel miktarı konusunda Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 1984 b) veya Türk Standartları Enstitüsü (TSE, 1986) herhangi bir sınır değer vermemektedir. Bazı

bitkilerde 0.5 mg/l düzeyindeki nikel zehirli etki yapabilir, bu nedenle birçok toprakta devamlı kullanılacak sulama suları için 0.20 mg/l'lik üst sınır önerilmiştir (Environmental Studies Board, 1973; McNeely et al., 1979). Hassas sucul organizmaların korunması amacıyla maksimum izin verilebilir nikel derişimi olarak 0.025 mg/l önerilmiştir (Great Lakes Water Quality Board, 1976; McNeely et al., 1979).

D.18.7. Kadmiyum

Kadmiyum yerkabuğunda eser miktarda bulunan ve kimyasal özellikleri çinkoya benzeyen bir elementtir. Asidik magmatik kayalarda çoğunlukla çinko sülfür mineralleri (özellikle sfalerit) ile birlikte bulunur. Doğadaki en önemli kadmiyum minerali grenokit (CdS)'tir (Rankama and Sahama, 1964; Hem, 1985). Bazı sedimanter kayalar ve sedimanter cevher yatakları kadmiyumca zengindir. Organik kalıntılar içeren şeyller, manganca zengin göl ve bataklık sedimanları, fosfat yatakları önemli miktarda kadmiyum ve çinko içerirler (Rankama and Sahama, 1964).

Pekçok insan faaliyeti sonucu su, hava ve toprağa kadmiyum katılımı olmaktadır. Elektrolizle metal kaplama işlemleri; bakır ve nikel metalurjisi; fosil yakıtların yakılması; oksidasyona dayanıklı alaşımlar, boya nikel-kadmiyum piller, elektronik malzeme, motor yağları, fotoğraf malzemeleri, cam, seramik, tarım ilaçları, süperfosfat gübreleri ve plastiklerin üretimi; doğal yollar dışında çevreye kadmiyum katılımına neden olur (McNeely et al, 1979; Hem, 1985).

Kadmiyum ve bileşikleri sularda çoğunlukla eser miktarlarda bulunurlar (McNeely et al, 1979). Kadmiyumun suda çözünürlüğü, kadmiyum kaynağındaki bulunuş şekline ve pH'a bağlıdır (WHO, 1984 b). Doğal suların kadmiyum

iceriği genellikle 0.001 mg/l'den azdır (Freiberg et al., 1974; WHO, 1984 b), bununla birlikte bazı sularda 0.010 mg/l'ye ulaşan değerler görülebilir (McNeely et al, 1979; Hem, 1985). Birkac 1g/l'den fazla kadmiyum içeren yüzey suları olasılıkla endüstriyel, katı atık veya evsel atık kaynaklı kirlenmeye uğramıştır. İçme sularındaki kadmiyum miktarı normal olarak 0.001 mg/l veya daha azdır, 0.005 mg/l'ye kadar yükselen derişimler sık sık rapor edilmektedir (Commission of the European Communities, 1978; WHO, 1984 b).

Birçok gıda maddesi eser düzeyde kadmiyum içerir. Kirlenmiş topraklarda yetişen, atıksularla sulanan veya fosfatlı gübreler verilen bitkilerde kadmiyum miktarı artar. Kadmiyum hayvanların böbrek ve karaciğerlerinde birikir. İnsanların günlük normal beslenme rejimi ile aldıkları günlük kadmiyum miktarı 15-60 1g arasındadır. Kirli hava ve tütün de bir miktar kadmiyum içerir (Commission of the European Communities, 1978; WHO, 1984b).

Kadmiyum, sindirim ve solunum yolları aracılığı ile kolayca adsorblanan, vücutta birikim yapan, ve zehirlilik etkisi yüksek olan bir metaldir (McNeely et al., 1979; WHO, 1984 b). Vücut tarafından absorblanan kadmiyum, kana geçer ve vücudun belli bölgelerinde depolanır. Böbrekler ve karaciğer kadmiyumun depolandığı başlıca bölgelerdir (Flangan et al, 1978; WHO, 1984 b).

Kadmiyum kirlenmesine uğramış gıdalar, insanlar tarafından alındığında ciddi mide bozuklukları ortaya çıktığı rapor edilmiştir (National Research Council, 1977; WHO, 1984b). Ağız yoluyla alınması durumunda akut öldürücü dozun, birkaçyüz miligram olduğu tahmin edilmektedir (Gleason, 1969; WHO, 1984b).

WHO içme sularında maksimum kabul edilebilir kadmiyum derişimi olarak 0.005 mg/l sınırını önermiştir (WHO,

1984a). Türkiye'deki içmesuyu standartlarına göre izin verilebilir maksimum derişim 0.0005 mg/l'dir (TSE, 1986).

Kadmiyumun bitki büyümesini önleyici ve bitkide birikme özelliği nedeniyle sulama sularındaki kadmiyum derişimlerine ilişkin sınırlar önerilmiştir. Kadmiyum derişiminin nötral ve alkali topraklarda kullanılacak sularda 0.050 mg/l'yi, asidik topraklarda kullanılacak sularda 0.010 mg/l'yi geçmemesi önerilmiştir (Environmental Studies Board, 1973; McNeely et al, 1979).

Hayvanlarda da vücutta kadmiyum birikimi nedeniyle sağlığı tehdit edici etkiler ortaya çıkar. Kanada standartlarında besi hayvanlarına içmesuyu olarak verilecek sulardaki kadmiyum derişiminin 0.010 mg/l'yi geçmemesi önerilmiştir (Environmental Studies Board, 1973; McNeely et al, 1979).

Sucul organizmalar yüksek kadmiyum derişimlerine karşı hassastırlar. Kadmiyum sucul canlıların üremelerini de etkiler. Çinko, bakır gibi ağır metallerin de suda bulunması kadmiyumun zehirli etkisini arttırır. Sucul hayatın korunması açısından yüzeysuyu ortamlarında maksimum kadmiyum derişiminin 0.0002 mg/l olması önerilmiştir (International Joint Commission, 1977; McNeely et al., 1979).

D.18.8. Mangan

Kimyasal davranışları demire benzer ve minerallerin yapısında çoğunlukla demir ile birlikte bulunur. Birçok magmatik ve metamorfik mineral minör bileşen olarak mangan içerir. Bazalt, olivinler, piroksen ve amfiboller de önemli bir bileşendir. Dolomit ve kireçtaşlarındaki minerallerde kalsiyumun yerini almış şekilde küçük miktarlarda bulunur. Kayac ve minerallerinin bozunması ile oluşan mangan bileşikleri, toprağın yapısında yer alır

(Goldschmidt, 1958; Hem, 1985). Bitkilerin ölümü ile bünyelerinde bulunan mangan çözünerek yüzeysel akıma ve toprak nemine katılır (Hem, 1985).

Mangan endüstride yaygın olarak kullanılan bir metaldir. Demir ve çelik fabrikaları baca gazları ile bir miktar mangan atmosfere atılır. Endüstriyel atıksular ve asidik maden (kömür madeni) sularının drene edilmesi yüzey ve yeraltısularında mangan miktarına katkıda bulunur (McNeely et al., 1979). Isıl (termal) tabakalaşmanın olduğu göl ve rezervuarlarda, dip kısımlarından çekilen sular daha önceden dip sedimanlarında depolanmış mangan oksitlerinin çözünmesi sonucu önemli miktarda Mn^{+2} içerirler (Hem, 1985).

Mangan, yüzey sularında çoğunlukla önemli miktarlarda bulunmaz. Derişim nadir olarak 1 mg/l'ye erişir ve genellikle 0.2 mg/l veya daha düşük derişimlerde bulunur (McNeely et al., 1979). Kömür madenlerinin drenaj sularının karıştığı akarsularda mangan derişimi 1 mg/l'yi çoğunlukla aşar (Hem, 1985).

Yeraltısularında mangan derişimi bazı şartlarda 1 mg/l'yi aşar (Hem, 1985). Manganın akiferde bulunuşu esas olarak oksijen dengesine bağlıdır. Bu dengede akiferin jeolojik yapısı ve karakteristikleri, toprak yapısı, mangan bakterileri, yeraltısuyu akım modeli, oksidasyon/redüksiyon koşulları ve pH gibi faktörlerle ilişkilidir (Hatva, 1989). Bazı yeraltısuları 10 mg/l'ye kadar mangan içerebilir (McNeely et al., 1979). Yüksek mangan içeren yeraltısularının çoğu termal kaynaklardır (Hem, 1985).

Mangan insan ve hayvan beslenimindeki ana elementlerden biridir (WHO, 1984 b). Bazı enzimler, hemoglobin ve kolestrolün sentezinde ve birçok metabolik süreçte önemli rol oynar (National Research Council, 1973; WHO, 1984 b). Vücutta mangan eksikliği, büyüme yavaşlaması, sinir

sistemi bozuklukları, kansızlık, çocuklarda kemik bozuklukları gibi rahatsızlıklara neden olur. Manganın anti-kanserojen etkisi olduğu rapor edilmiştir (WHO, 1984b).

İçme sularındaki mangan miktarı sağlıkla ilgili olmayan birtakım nedenlerle sınırlanmıştır. Mangan derişimi 0.15 mg/l'yi aştığında suda veya bu su kullanılarak hazırlanan içeceklerde istenmeyen tad ve ayrıca mutfak malzemelerinde pas oluşmaktadır (Griffin, 1960; WHO, 1984b). Sudaki mangan bileşikleri oksitlendiğinde çökerek depo ve borularda kabuk oluşturur. Bu kabuklanma suda 0.02 mg/l mangan bulunması durumunda bile oluşabilmektedir (Bean, 1974; WHO, 1984b). Bazı bakterilerin büyümesi suda mangan bulunması durumunda artış gösterir; bu bakteriler manganı toplar ve sonuçta suyun tad, koku ve bulanıklığında artış ortaya çıkar (Griffin, 1960; Wolfe, 1960; WHO, 1984 a).

İçme sularındaki mangan derişimi için sınır değerler önerilmiştir. WHO'nun önerdiği değer, 0.10 mg/l'dir (WHO, 1984 b). Türkiye'deki standartlara göre ise önerilen miktar 0.10 mg/l, izin verilebilen maksimum miktar 0.50 mg/l'dir (TSE, 1986).

Sulama sularındaki mangan miktarları içinde sınırlar önerilmiştir. ABD Çevre Koruma Ajansı asidik topraklarda kullanılacak sulardaki mangan miktarının 0.2 mg/l'yi, nötral veya alkali topraklarda kullanılacak sulardaki mangan miktarının ise 10 mg/l'yi geçmemesini önermiştir (Environmental Studies Board, 1973; McNeely et al., 1979).

DEĞİNİLEN BELGELER DİZİNİ

- Ağacık, G., 1971, Porsuk çayına karışan Tekstil Fabrikası artık sularının kimyasal kontrolü ve tasfiyesi: DSI Araştırma ve Geliştirme Da. rapor no. 525, 19 s. (yayınlanmamış).
- Ağacık, G., 1974, Porsuk Barajının Kütahya Azot Fabrikası atıklarıyla kirlenmesi: DSI Araştırma ve Geliştirme Da. rapor no. 575, 20 s. (yayınlanmamış)
- Akıncı, Ö., 1967, Eskişehir 124-c1 paftasının jeolojisi ve tabakalı lületası zuhurları: MTA Dergisi no. 68, 82-97.
- Akol, R., 1954, Eskişehir civarının jeolojisi ve bakır zuhuratı hakkında rapor: MTA Gn. Md. rap. no. 2170, 13 s. (yayınlanmamış).
- Altınlı, E., Saner, S., 1971, Bilecik yakın dolayının jeoloji incelemesi: İst. Üniv. Fen Fak. Derg., 36,1-2, 9-21.
- APHA-AWWA-WPCF, 1981, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater (fifteenth ed): American Public Health Association, Washington, USA, 1134 p.
- Ayaroğlu, H., 1979, Bozüyük metamorfitlelerinin (Bilecik) petrokimyasal özellikleri: TJK Bült., 22,1, 101-107.
- Barcelona, M.J., 1984, TOC determinations in ground water: Ground Water, 22,1, 18-24.
- Bilgin, H., 1972, Eskişehir ili kil imkanlarının genel ekonomik prospeksiyon raporu: MTA Gn. Md. rap. no. 4708, 38 s. (yayınlanmamış).
- Bond, R.G., Straub, C.P., 1974, CRC Handbook of Environmental Control, Volume 1V-Wastewater, Treatment and Disposal: CRC Press, Ohio, USA, 905 p.
- Bulutcu, C., 1971, Eskişehir bölgesi jeoloji-jeotermik enerji etüd raporu: MTA Gn. Md. rap. no.4728, 18 s. (yayınlanmamış).
- Claassen, H.C., 1982, Guidelines and techniques for obtaining water samples that accurately represent the water chemistry of an aquifer: U.S. Geological Survey Open-File Report no.82-1024, 49 p.

- Clarke, F.E., 1966, Significance of chemistry in water well development: Cento Symposium on Hydrology and Water Resources Development, Proceedings, 367-390.
- Curi, K., Tanyeri, S., 1974, Nehirlerde özümleme kapasitesi üzerine genel analitik model ve Porsuk nehrine tatbiki: Tubitak projesi no. MAG-329.
- Çevre Müsteşarlığı, 1988, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği: Başbakanlık Çevre Müsteşarlığı, Resmi Gazete 9/9/1988 sayı 19919.
- Day, B.A., Nightingale, H.I., 1984, Relationships between ground-water silica, total dissolved solids, and specific electrical conductivity: Ground Water, 22,1, 80-85.
- DiE, 1985, Daimi ikametgaha göre iç göçler: Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü yayın no.1124.
- DiE, 1988, Türkiye İstatistik Yıllığı 1987; Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü yayın no. 1250, 480 s.
- Dirik, M., 1977, Sakarya nehri, Porsuk çayı ve Çarksuyu kirlilik araştırması: DSI Etüd ve Plan Da. raporu, 20 s. (yayınlanmamış).
- DSİ, 1975, Eskişehir ve İnönü ovaları hidrojeolojik etüd raporu: DSI Jeoteknik Hiz. ve YAS Da., 49 s. (yayınlanmamış).
- DSİ, 1980, Protection of inland water quality, Porsuk river pilot project report (TUR/77/019 DSI-UNDP-WHO Project): State Hydraulic Works (DSI) Dept. of Water Supply and Sewerage, 207 p.
- DSİ, 1984, Bursa bölgesi su kaynakları kirlilik araştırması: DSI GN.Md. İçmesuyu ve Kanalizasyon Da. Bşk., 147 s.
- DSİ, 1985, Su kalitesi gözlem yıllığı (1979-1982): DSI İçmesuyu ve Kanalizasyon Da. Yayını, 525 s.
- DSİ, 1987a, Haritalı İstatistik Bülteni-1987, DSI Gn. Md. yayını, genel yayın no. 976, 518 s.
- DSİ, 1987b, Su kalitesi gözlem yıllığı (1983-1984): DSI İçmesuyu ve Kanalizasyon Da. yayını, 511 s.
- DSİ, 1989, Porsuk havzasında hidrobiyolojik metodların uygulanması ve su kalitesi değerlendirmeleri: DSI III. Bölge Md., Eskişehir, 22 s.

- Dunlap, W., Shew, D.C., 1981, Organic pollution of ground water: Its presence, implication and control: Quality of Groundwater, W. van Duijnenboden, P. Glasbergen, H. van Leyveld (eds.), Studies in Environmental Science 17, Elsevier Scientific Publ. Comp., Amsterdam, The Netherlands, 575-580.
- Eisen, C., Anderson, M.P., 1979, The effects of urbanization on ground-water quality-A case study: Ground Water, 17,5, 456-462.
- Enuysal, M., 1978, Sümerbank Basma Sanayii Müessesesi atık suları projesi: ODTÜ Müh. Fak. Çevre Müh. Böl.
- Erdin, E., Yaşar, S., Özkara, M., 1988, Borun çevresel etkilerinin değerlendirilmesi: Çevre'88-Dördüncü Bilimsel ve Teknik Çevre Kongresi-Bildiriler, Cilt 2, İzmir.
- Eroğlu, V., 1983, Porsuk Çayı ve Sakarya nehrinin kirlenmesi üzerine bir araştırma: Doğa Bilim Dergisi (Mühendislik/Çevre), 7, 2, 135-150.
- Everett, L.G., 1981, Monitoring in the zone of saturation: Ground Water Monitoring Review, 1,1, 38-41.
- Feth, J.H., 1981, Chloride in natural continental water-a review: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2176, U.S. Government Printing office, Washington, 30 p.
- Freeze, R.A., Cherry, J.A. 1979, Groundwater: Prentice Hall, Inc., New Jersey 07632, 604 p.
- Galbraith, J.H., Williams, R.E., Siems, P.L., 1972, Migration and leaching of metals from old mine tailings deposits: Groundwater, 10,3,33-44.
- Gamsız, E., Ağacık, G., 1981, Su ve Analiz Metodları: DSİ Gn. Md. yayını, 158 s.
- Giritlioğlu, T., 1981, Eskişehir-Porsuk içmesuyu projesi su kalitesi incelemeleri: İller Bankası yayın no. 30, 35 s.
- Goldschmidt, V.M., 1958, Geochemistry: Oxford Univ. Press, London, 730 p.
- Gökçay, C.F., 1983, Çevre mikrobiyolojisi-Atık suların Arıtılması ve Alıcı Ortam Deşarjı Kurs notları (26-30 Eylül 1983, Ankara): ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara.

- Gözler, M.Z., Cevher, F., Küçükayman, A., 1984, Eskişehir ili ılıca kaplıcası sıcak su aramalarına ait jeolojik etüd: MTA Gn. Md. rap. no. 7585, 52 s. (yayınlanmamış).
- Gözler, M.Z., Cevher, F., Küçükayman, A., 1985, Eskişehir civarının jeolojisi ve sıcaksu kaynakları: MTA Dergisi, no. 103-104, 40-54.
- Handa, B.K., 1983, Effect of fertilizer use on ground water quality in India: Ground Water in Water Resources Planning, Proceedings, International Association of Hydrological Sciences (IAHS) publication no. 142, Vol. 2, 1105-1119.
- Hatva, T., 1989, Iron and manganese in groundwater in Finland: Occurance in glaci-fluvial aquifers and removal by biofiltration: Water and Environment Research Institute publ., 4, Helsinki, Finland, 99 p.
- Hem, J.D., 1985, Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, U.S. Geological Survey, Alexandria, VA 22304, USA, 263 p.
- Houzim, V., Vavra, J., Fuksa, J., Pekny, V., Vrba, J., Stibral, J., 1986, Impact of fertilizers and pesticides on ground-water quality: Impact of Agricultural Activities on Ground Water, J.Vrba, E.Rominj (eds.), International Contributions to Hydrogeology, Vol.5, 89-132.
- Ilgaz, C., Gönenc, E., 1980, Akarsularda kirlenme dağılımına dispersiyonun etkisi: Doğa Bilim Dergisi (Mühendislik/Cevre), 4.1, 43-49.
- İlbay, R.S., 1990, Hidrojeolojik verilerin bilgisayarda depolanması ve kullanımı (Yüksek Mühendislik Tezi): Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Müh. Anabilim Dalı, Beytepe, Ankara, 92 s. (yayınlanmamış).
- Inceoğlu, İ., 1975, Eskişehir güneyi mermer sahalarının ön araştırma raporu (Anadolu Per-Mer Şirketine ait): MTA Gn. Md. rap. no. 5497, 14 s. (yayınlanmamış).
- Kacar, B., Arat, A., Sağlam, C., Keskin, H., 1982, Kütahya Azot Fabrikaları artık sularından tarımda yararlanma olanakları: Tubitak Tarım ve Orman-cılık Araştırma Grubu, proje no. TOAG/256, Tubitak yayın no. 515, 33 s.

- Kelly, G.J., 1983, Assessment and control of corrosion in groundwater: Papers of the International Conference on Groundwater and Man-Vol.2: Water Resources Council Conf. Series No.8, 165-195.
- Keith, S.J., Frank, M.T., McCarty, G., Mossman, G., 1983, Dealing with the problem of obtaining accurate groundwater quality analytical results: Proceedings of the Third National Symposium on Aquifer Restoration and Ground Water Monitoring, David M. Neilsen (ed.), Water Well Journal Publishing Company, Ohio, USA, 272-283.
- Kiraner, F., 1958, Eskişehir belediye hudutları içeri-sindeki sıcak su kaynakları hakkında rapor: MTA Gn. Md. rapor no. 2553, 18 s. (yayınlanmamış),
- Ku, H.F.H., Katz, B.G., Sulam, D.J., Krukikas, R.K., 1978, Scavenging of chromium and cadmium by aquifer material-South Farmingdale-Massapequa Area, Long Island, New York: Ground Water, 16,2, 112-118.
- Kupfahl, H.G., 1954, 55/2, 55/4 (Eskişehir); 56/1, 56/3 (Sivrihisar) paftalarının löveleri esnasında yapılan jeolojik inceleme hakkında rapor: MTA Gn. Md. rap. no. 2247, 51 s. (yayınlanmamış).
- Lahl, U., Zeschmar, B., Gabel, B., Kozicki, R., Podbielski, A., Stachel, B., Strauss, S., 1983, Ground-water pollution by nitrate: Ground Water in Water Resources Planning, Proceedings, International Association of Hydrological Sciences (IAHS) publication no. 142, Vol. 2, 1159-1168.
- Lawrance, C.R., 1983, Occurance and genesis of nitrate-rich groundwaters of Australia: Papers of the International Conference on Groundwater and Man-Vol.2: Groundwater and Environment, Australian Water Resources Council Conference Series, No.8, 237-247.
- McNeely, R.N., Neimanis, V.P., Dwyer, L., 1979, Water Quality Sourcebook-A guide to water quality parameters: Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada, 88 p.
- Miles, D.L., Cook, J.M., 1981, Chemical aspects of the collection and evaluation of data on the quality of groundwater: Quality of Groundwater, W.Ven Duijvenbooden, P.Glasbergen, H.Van Leyveld (eds.), Studies in Environmental Science 17, Elsevier Scientific Publ. Comp., Amsterdam, The Netherlands, 725-731.

- Nebert, K., 1975, Eskişehir kuzeyindeki Mihalgazi-Dağküplü köyleri yöresinin jeoloji haritası ve maden çalışmaları hakkında rapor: MTA Gn. Md. rap. no. 13 s, (yayınlanmamış).
- Nemerow, N.L., 1971, Liquid waste of industry. Theories, practices, and treatment: Addison-Wesley Publ. Company, 584 p.
- Okan, G., 1987, Deterjanlar konusunda dünyadaki gelişmeler: Çevre ve insan, Çevre Genel Md. yayını, 3, 8-10.
- Ölmez, E., Demirel, Z., Uzel, Ö.F., 1986, Eskişehir ES-1 ve ES-2 sıcaksu sondajları kuyu bitirme raporu: MTA Gn. Md. rap. no. 8142, 9 s, (yayınlanmamış).
- Ölmez, E., Yücel, B., 1985, Eskişehir ve yöresinin jeotermal enerji olanakları: MTA Gn. Md. rap. no. 7798, 32 s.
- Öngel, N., Ağacık, G., 1970, Porsuk çayına karışan endüstri artıkları sularının kimyasal kontrolü ve Porsuk çayının kirlenmesi: DSI Araştırma ve Geliştirme Da. rapor no. 575, 23 s. (yayınlanmamış).
- Özbek, T., 1976, Eskişehir yöresi jeoloji-hidrojeoloji etüdü (Yüksek lisans tezi): Ankara Ün. Fen Fak. Jeoloji Müh.Böl., Ankara, 42 s. (yayınlanmamış).
- Özkara, M.M., Şener, S., 1986, Jeotermal atıkların Büyük Menderes nehrine karışmasının Aşağı Büyük Menderes havzasının tarımsal yapısına etkileri: Çevre'86 Sempozyumu Bildirileri, İzmir.
- Özyazıcı, M., 1962, Eskişehir rezistivite ve termik etüdü: MTA Gn. Md. rap. no. 3230, 7 s. (yayınlanmamış).
- Pamukcu, N., 1987, Fosfatlar ve çevreye etkileri: Çevre ve insan, Çevre Genel Müdürlüğü Yayını, 3, 17-22.
- Petrascheck, W.E., 1963, Eskişehir civarındaki lületaşı yatakları: MTA Dergisi no. 63, 10-13, Ankara.
- Pettyjohn, W.A., Hounslow, A.W., 1982, Organic compounds and ground-water pollution: Proceedings of the Second National Symposium on Aquifer Restoration and Ground Water Monitoring, D.M.Nielsen (ed.), Water Well Journal Publishing Company, Ohio, USA, 229-235.

- Rankama, K., Sahama, T.H.G., 1964, Geochemistry; The Univ. of Chicago press, Chicago and London, 912 p.
- Ritter, W.F., Chirnside, A.E.M., 1984, Impact of land use on ground-water quality in Southern Delaware: Ground Water, 22,1, 38-47.
- Robertson, F.N., 1975, Hexavalent chromium in the ground water in Paradise Valley, Arizona: Ground Water, 13,6, 516-527.
- Roth, D., Wall, G., 1976, Environmental effects of highway deicing salts: Ground Water, 14,5, 286-289.
- Scalf, M.R., McNabb, J.F., Dunlap, W.J., Cosby, R.L., Freyberger, J.S., 1981, Manual of ground-water quality sampling procedures: U.S Environmental Protection Agency, EPA-600/2-81-160, Oklahoma, 93 p.
- Schepers, J.S., Frank, K.D., Watts, D.G., 1983, Influence of irrigation and nitrogen fertilization on ground water quality: Relation of Groundwater Quantity and Quality (Proceedings of the Hamburg Symposium, August 1983), IAHS Publ. no. 146, 21-32.
- Schuller, R.M., Gibb, J.P., Griffin, R.A., 1981, Recommended sampling procedures for monitoring wells: Ground Water Monitoring Review, 1,1, 42-46.
- Schubert, J.P., Prodan, P.F., 1981, Groundwater pollution resulting from disposal of pyritic coal wastes: Quality of Groundwater, W. Van Duijvenbooden, P. Glasbergen, H. Van Leyveld (eds.), Studies in Environmental Science 17, Elsevier Scientific Publ. Comp., Amsterdam, The Netherlands, 319-327
- Smith, H.F., Harmeson, R.H., Larson, T.E., 1971, The effect of commercial fertilizer on the quality of groundwater: Groundwater Pollution Symposium (Proceedings of the Moscow Symposium, August 1971), IAHS-AISH Publ. no. 103, 96-102.
- Soyupak, S., 1983, Biyolojik arıtım-Atıksuların Arıtılması ve Alıcı Ortama Deşarjı Kurs Notları (26-30 Eylül 1983, Ankara): DDTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Stchepinsky, V., 1941, Kocaeli-Bolu-Bilecik-Eursa-Eskişehir mintıkasının umumi jeolojisi hakkında rapor: MTA Gn. Md. rap no. 1316, 13 s., (yayınlanmamış).

- Stevens, H.H., Ficke, J.F., Smoot, G.F., 1975, Water temperature-influential factors, field measurement and data presentation: Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey, Chapter D1, Book 1, 65p.
- Stollenwerk, K.G., Grove, D.B., 1985, Adsorption and desorption of hexavalent chromium in an alluvial aquifer near Telluride, Colorado: Journal of Environmental Quality, 14,1, 150-155.
- Sengül, F., Topcu, N., Yılmaz, Z., 1986, İzmir yöresindeki yüzeysel sularda deterjan ve fosfor kirliliği: Çevre '86 Sempozyumu Bildirileri, İzmir.
- Sentürk, K., Karaköse, C., 1981, Orta Sakarya bölgesinde Liyas öncesi ofiyolitlerin ve mavi şistlerin oluşumu ve yerleşmesi: TJK Bült., 24,1, 1-10.
- Tchobanoglous, G., Schroeder, E.D., 1985, Water Quality; Characteristics, Modeling, Modification: Addison-Wesley Publ. Comp., 768 p.
- Todd, D.K., 1980, Groundwater Hydrology: John Wiley and Sons, New York, USA, 535 p.
- Topkaya, B., 1987, Evsel atıksularda biyolojik indirgenebilen organik maddenin tayini: Uluslararası Çevre '87 Sempozyumu-Bildiriler, İstanbul, 621-640.
- Topkaya, M., 1952, Eskişehir Çimento Fabrikası etüdü (iptidai madde araştırmaları): MTA Gn. Md. rap. no. 2002, 88 s. (yayınlanmamış).
- Topkaya, M., Erentöz, C., 1950, Eskişehir su baskını üzerinde tetkikler: MTA Gn. Md. rap. no. 1841, 25 s. (yayınlanmamış).
- TSE, 1986, İçme suları: Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 97 s.
- Türkman, M. ve Dirik, M., 1974, Eskişehir içmesuyu ile ilgili su kalitesi sorunu: DSİ Jeoteknik Hiz. ve YAS Da. rap. no. 103, 3 s. (yayınlanmamış).
- U.S. Geological Survey, 1979, Methods for Determination of Inorganic Substances in Water and Fluvial Sediments: U.S. Government Printing Office, Washington, USA, 626 p.
- Uslu, O. Türkman, A., 1987, Su kirliliği ve kontrolü: Çevre Genel Md. Yay. Eğitim Dizisi, 1, 364 s.

- Walker, W.H., 1973, Groundwater nitrate pollution in rural areas: Groundwater, 11,5,19-22.
- Wood, W.W., 1976, Guidelines for collection and field analysis of ground water samples for selected unstable constituents: Techniques of Water Resources Investigations in the United States Geological Survey, Chapter D2, Book 1, U.S. Government Printing Office, Washington, 24 p.
- World Health Organization (WHO), 1984a, Guidelines for drinking-water quality, Volume 1, Recommendations: WHO Publ., Geneva, Switzerland, 130 p.
- World Health Organization (WHO), 1984b, Guidelines for drinking-water quality, volume 2, Health criteria and other supporting information: WHO Publ., Geneva, Switzerland, 335 p.
- World Meteorological Organization (WMO), 1970, Guide to Hydrometeorological Practice: WMO Publ. No. 168-TP82, Geneva, Switzerland.
- Yılmaz, Y., 1979, Söğüt-Bilecik bölgesindeki polimetamorfizma ve jeoteknik anlamı: TJK Bült. 22,1, 85-99.
- Yılmaz, Y., 1981, Sakarya kıtası güney kenarının tektonik evrimi: İstanbul Yerbilimleri, 1, 1-2, 33-52.
- Yuvam, 1988, Su havzalarının kirlenme durumlarının incelenmesi ve bu havzalarda kalite sınıflarının tesbiti-Seyhan ve Sakarya havzaları nüfus öngörülleri ve sanayi envanteri örnek uygulaması (Hacettepe Üniversitesi-Cevre Genel Müdürlüğü Projesi): Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YUVAM) proje kod 1608-88/010-II, 56 s.
- Yücel, B., 1986, Eskişehir sıcaksu sondajı (ES-3) kuyu bitirme raporu: MTA Gn. Md. rapor no. 7798, (yayınlanmamış).
- Yücel, B., 1987, Deterjanların yapı ve özellikleri: Çevre ve insan, Çevre Genel Md. Yayını, 3, 6-7.