

T. C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HARRAN OVASI SERBEST AKİFERİNİN KİRLİLİK POTANSİYELİNİN
BELİRLENMESİ

Yasemin BAYINDIR

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2006

Yrd. Doç. Dr. Güzel YILMAZ danışmanlığında, Yasemin BAYINDIR'ın hazırladığı “Harran Ovası Serbest Akiferinin Kirlilik Potansiyelinin Belirlenmesi” konulu bu çalışma/...../ tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Güzel YILMAZ

Üye :

Üye :

Bu Tezin Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. İbrahim BOLAT.....

Bu Çalışma TÜBİTAK ve HÜBAK tarafından desteklenmiştir.

Proje No:104Y188

Proje No: 631

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirimlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Akifer ve Türleri.....	2
1.1.1. Serbest akifer.....	3
1.1.2. Basınçlı akifer.....	3
1.1.3. Sızıntılı akifer.....	4
1.1.4. Tünek akifer.....	4
1.2. Yeraltısuyu Kirlilik Kaynakları.....	4
1.2.1. Doğal kaynaklar.....	5
1.2.2. Septik sistemler.....	5
1.2.3. Tehlikeli atıkların uzaklaştırılması.....	5
1.2.4. Kimyasal depolama ve yayılmaları.....	6
1.2.5. Deponi sahaları.....	6
1.2.6. Kanalizasyon ve diğer boru hatları.....	6
1.2.7. Pestisit ve gübre kullanımı.....	7
1.2.8. Uygun inşa edilmemiş kuyular.....	7
1.2.9. Yollarda buzlanmayı önleme çalışmaları.....	8
1.2.10. Madencilik çalışmaları.....	8
1.3. Kirleticilerin Orijini ve Taşınması.....	8
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	11
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	17
3.1. Materyal.....	17
3.1.1. Çalışma alanının konumu.....	17
3.1.2. Çalışma alanının jeolojisi.....	19
3.1.3. Örnekleme noktalarının tanıtılması.....	20
3.2. Yöntem.....	26
3.2.1. Sıcaklık, pH, EC ve TÇK.....	28
3.2.2. Katyon analizleri.....	28
3.2.3. Anyon analizleri.....	29
3.2.4. Bulanıklık.....	30
3.2.5. TOC.....	30
3.2.6. Alkalinite.....	31
3.2.7. % Na ve SAR	31
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	32
4.1. İçmesuyu Özellikleri	32
4.1.1. Sıcaklık.....	32
4.1.2. pH.....	33
4.1.3. EC ve TÇK	34
4.1.4. Kalsiyum ve magnezyum.....	37
4.1.5. Sodyum.....	38
4.1.6. Potasyum.....	38
4.1.7. Klorür	39
4.1.8. Sülfat.....	42
4.1.9. Nitrat.....	44
4.1.10. Nitrit.....	46
4.1.11. Amonyum.....	47
4.1.12. Fosfat.....	48
4.1.13. Bulanıklık.....	49
4.1.14. TOC.....	50

4.1.15. Toplam sertlik	51
4.2. Sulama Suyu Özellikleri.....	52
4.2.1. SAR.....	52
4.2.2. % Sodyum.....	53
4.3. Örnekleme Noktalarının Schoeller İçilebilirlik Diyagramına Göre Değerlendirilmesi.....	55
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	57
5.1. Sonuçlar.....	57
5.2. Öneriler.....	60
KAYNAKLAR.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	65
EKLER.....	66
ÖZET.....	92
SUMMARY.....	93

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

HARRAN OVASI SERBEST AKİFERİNİN KİRLİLİK POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Yasemin BAYINDIR

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Güzel YILMAZ

2006, Sayfa: 93

Bu çalışmada yeraltısuyu kalitesini izlemede kullanılan parametrelerin analizi yapılarak yeraltısuyu kirlilik potansiyeli belirlenmiştir. Çalışma alanı olarak Harran Ovası seçilmiştir. Harran Ovası 3 700 km² drenaj alanı, 1 500 km² ova alanı ve 476 000 hektar sulama alanıyla Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)'nin en büyük sulama sahasına ve Ortadoğu'nun en büyük yeraltısuyu rezervine sahiptir. GAP'ın uygulamaya başlamasıyla birlikte yanlış ve bilinçsiz sulama sonucu Harran Ovası'nda önemli oranda drenaj ve tuzluluk problemleri baş göstermiştir. Yoğun tarımsal faaliyetler ve sulama neticesinde ovada yeraltı su seviyesinde yükselmeler başlamıştır. Yeraltı su seviyesi ovanın bazı kesimlerinde 0.5 – 10 m düzeyine erişmiştir. Bu çalışmada problemin yaşandığı bölgede ova genelini temsil eden 23 örnekleme noktası seçilmiştir. Bu noktalarda sıcaklık, pH, EC, Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄⁻², NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄, TOK, TÇK ve bulanıklık ölçümleri yapılmıştır. Analizler Ekim 2005-Haziran 2006 tarihleri arasında aylık olarak yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular ışığında kirliliğe neden olan parametreler için kirlilik haritaları oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Harran Ovası, Serbest Akifer, Kirlilik

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION of THE CONTAMINATION POTENTIAL OF UNCONFINED AQUIFER of HARRAN PLAIN

Yasemin BAYINDIR

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Güzel YILMAZ

2006, Page: 93

In this study, contamination potential of groundwater has been determined by analyzing the parameters which are used in checking the quality of groundwater. Harran Plain has been chosen as the plot. Harran Plain has the biggest groundwater reserve in the Middle-East, the largest irrigation field in the Southeastern Anatolia Project region with its 3700 km² drainage area, 1500 km² plain area and 476 000 hectares irrigation area. With the realization of Southeastern Anatolia Project, improper irrigation has caused drainage and salinity problems. After intensive agricultural activities and irrigation, the level of the groundwater in the plain has risen. Groundwater level has come up to 0.5 – 10 m in some parts of plain. In this study, 23 example points which represents the plain in general were chosen in the area where there is the problem. In these points, temperature, , pH, EC, Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄⁻², NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄, TOC, TDS and turbidity were measured. The analyses were done between October 2005-June 2006 monthly. With the help of these results, pollution maps of the region were drawn.

Keywords: Harran Plain, Unconfined Aquifer, Pollution

TEŞEKKÜR

Tez alıőmam sűresince bilgi, deneyim ve yardımlarını esirgemeyen danıőmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Gűzel YILMAZ'a, tezin her aőamasında yardımlarını gűrdűgűm deęerli hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. M. İrfan YEŐİLNACAR ve Sayın Doç. Dr. Sinan UYANIK' a, tez çalıőmam sűresince manevi desteklerini eksik etmeyen, laboratuvar analiz çalıőmalarında titiz çalıőmaları ile teze çok bűyűk katkıda bulunan deęerli arkadaşlarım, Arő. Gör. Őzlem DEMİR, ev. Műh. Atiye ATGŪDEN, Arő. Gör. Muhsin NAZ'a ve okul hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteęini eksik etmeyen aileme teőekkűrű borç bilirim.

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

D	Doğu
EC	Elektriksel İletkenlik
EPA	Environmental Protection Agency
G	Güney
GD	Güneydoğu
K	Kuzey
KB	Kuzeybatı
SAR	Sodyum adsorpsiyon oranı
SKYK	Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği
TÇK	Toplam Çözünmüş Katı Madde
TOC	Total Organic Carbon
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
WHO	World Health Organization
YAS	Yeraltısuyu

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1. Örnekleme noktalarının koordinatları ve ortalama yeraltı su seviyeleri.....	22
Çizelge 3.2. Parametrelerin, ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerleri.....	26
Çizelge 4.1. Suların sıcaklıklarına göre sınıflandırılması.....	32
Çizelge 4.2. TÇK miktarına göre yeraltı sularının sınıflandırılması.....	35
Çizelge 4.3. Örnekleme noktalarındaki ortalama NH ₄ değerleri	47
Çizelge 4.4. Suların sertliklerine göre sınıflaması.....	51
Çizelge 4.5. SAR'a göre sulama suyu sınıflaması.....	53
Çizelge 4.6. Suların %Na'ya göre sınıflandırılması.....	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Akifer çeşitleri.....	3
Şekil 1.2. Yeraltısuyu kirliliğine neden olan bazı potansiyel kaynaklar.....	4
Şekil 3.1. Harran Ovası yer bulduru haritası.....	18
Şekil 3.2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti ve hidrojeolojik özellikleri.....	19
Şekil 3.3. Magellan marka meridian platinum el tipi GPS aleti ve bilgisayara veri aktarımı.....	21
Şekil 3.4. KLL-100 tipi kuyumetre.....	21
Şekil 3.5. Örnekleme noktalarının lokasyonu ve güzergah haritası.....	23
Şekil 3.6. Örnekleme noktalarının fotoğrafları.....	24
Şekil 3.7. YSI 6600 sonde cihazı	28
Şekil 3.8. Alevli atomik absorpsiyon spektrometre cihazı	29
Şekil 3.9. Spectroquant multy kolorimetre cihazı.....	29
Şekil 3.10. Türbidimetre cihazı.....	30
Şekil 3.11. TOC cihazı.....	30
Şekil 4.1. Örnekleme noktalarındaki ortalama sıcaklık değerleri.....	32
Şekil 4.2. Örnekleme noktalarındaki ortalama pH değerleri.....	33
Şekil 4.3. Örnekleme noktalarındaki ortalama EC değerleri.....	34
Şekil 4.4. Örnekleme noktalarındaki ortalama TÇK değerleri.....	35
Şekil 4.5. EC'nin ovadaki dağılımı (TS 266'ya göre).....	36
Şekil 4.6. TÇK'nın ovadaki dağılımı (SKYK'ya göre).....	36
Şekil 4.7. Örnekleme noktalarındaki ortalama Ca ⁺² ve Mg ⁺² değerleri.....	37
Şekil 4.8. Örnekleme noktalarındaki ortalama Na ⁺ değerleri.....	38
Şekil 4.8. Örnekleme noktalarındaki ortalama K ⁺ değerleri.....	39
Şekil 4.9. Örnekleme noktalarındaki ortalama Cl ⁻ değerleri.....	40
Şekil 4.10. Cl ⁻ 'nin ovadaki dağılımı (TS 266'ya göre).....	41
Şekil 4.11. Cl ⁻ 'nin ovadaki dağılımı (SKYK'ya göre).....	41
Şekil 4.12. Örnekleme noktalarındaki ortalama SO ₄ ⁻² değerleri.....	42
Şekil 4.13. SO ₄ ⁻² 'nin ovadaki dağılımı (TS 266'ya göre).....	43
Şekil 4.14. SO ₄ ⁻² 'nin ovadaki dağılımı (SKYK'ya göre).....	43
Şekil 4.15. Örnekleme noktalarındaki ortalama NO ₃ değerleri.....	45
Şekil 4.16. NO ₃ 'ün ovadaki dağılımı (SKYK'ya göre).....	45
Şekil 4.17. NO ₃ 'ün ovadaki dağılımı (TS 266'ya göre).....	46
Şekil 4.18. Örnekleme noktalarındaki ortalama NO ₂ değerleri.....	46
Şekil 4.19. Örnekleme noktalarındaki ortalama PO ₄ değerleri.....	48
Şekil 4.20. PO ₄ parametresinin ovadaki dağılımı.....	49
Şekil 4.21. Örnekleme noktalarındaki ortalama bulanıklık değerleri.....	50
Şekil 4.22. Örnekleme noktalarındaki ortalama TOC değerleri.....	50
Şekil 4.23. Örnekleme noktalarındaki ortalama toplam sertlik değerleri.....	51
Şekil 4.24. Toplam sertliğin ovadaki dağılımı.....	52
Şekil 4.25. Örnekleme noktalarındaki ortalama SAR değerleri.....	53
Şekil 4.26. Örnekleme noktalarındaki ortalama % Na değerleri	54
Şekil 4.27. % Na'nın ovadaki dağılımı.....	55

1. GİRİŞ

Canlılar yaşayabilmeleri için gerekli suyu, yeryüzünden (akarsu, göl, deniz v.b.) veya kayaçların boşluk yada çatlaklarında toplanan sulardan sağlar. Yüzeysel suların bulunmadığı bölgelerde yeraltısuyundan yararlanma yoluna gidilmektedir (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). Dünyanın her yerinde insanlar tarih boyunca yeraltısularını içmesuyu kaynağı olarak kullanmışlardır. Bugün bile dünya nüfusunun yansından fazlası hayatını sürdürmek için yeraltısuyuna bağımlıdır (UNESCO, 1992).

Yeraltısuyu genel olarak yüzeyden daha aşağıda; su tablasının altındaki doymuş zemin veya jeolojik formasyon içinde bulunan su olarak tanımlanır (Freeze ve Cherry, 1979). Başka bir deyişle yeraltısuyu, yeraltındaki geçirimli jeolojik ortamın doymuş bölgesinde bulunan kuyuları, kaynakları ve akarsu, göl, deniz gibi kütlelerini besleyen sudur.

Doğal haldeki yeraltısuları genellikle iyi kalitelidir ve çok fazla arıtma işlemi gerektirmezler. Ayrıca yeraltısuları kullanım noktalarına yakın olduğunda, pompaj ve dağıtım maliyetleri azalmakta ve ucuz olarak kullanıma sunulmaktadır. Yeraltısularının su teminine yönelik tercih edilen kaynak olmasının diğer sebepleri ise, geniş bir alana yayılmış, stabil ve güvenilir olmasıdır.

Yeraltı suyu doğal kaynaklar veya çeşitli insan aktiviteleri sonucu kirlenmeye başlayabilir. Yeraltısuyu kirliliği, yeraltısuyunun daha önceleri uygun olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin kullanım için yasaklanacak ölçüde değişikliğe uğramasını ifade etmektedir. Yerleşim alanları, evsel, ticari, endüstriyel ve zirai aktiviteler yeraltısuyu kalitesini etkileyebilir (Zoporozec ve Miller, 2000).

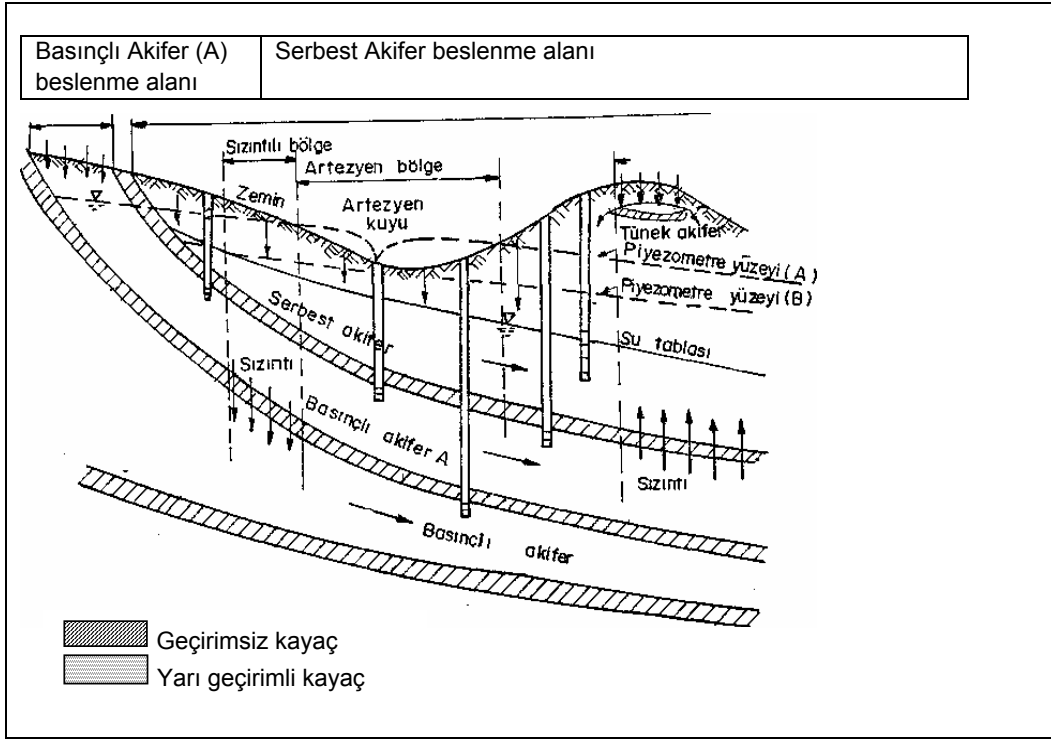
GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi)'in uygulamaya başlamasıyla birlikte yanlış ve bilinçsiz sulama sonucu Harran Ovası'nda önemli oranda drenaj ve tuzluluk problemleri baş göstermiştir. Yoğun tarımsal faaliyetler ve sulama neticesinde ovada yeraltı su seviyesinde yükselmeler başlamıştır. Yeraltı su seviyesi ovanın bazı kesimlerinde 0.5 – 10 m düzeyine erişmiştir.

Bu çalışmanın amacı Ortadoğu'nun en büyük yeraltı suyu rezervine sahip olan Harran Ovası'nın yeraltısuyu kirlilik potansiyelinin belirlenmesi ve kirlilik haritalarının oluşturulmasıdır.

1.1. Akifer ve Türleri

Akifer, boşlukları tamamıyla yeraltısuyu ile dolmuş olan, bu suyu kendi içerisinde bir noktadan diğerine ileten ve su verme özelliklerine sahip olan jeolojik oluşumlardır.

Yeraltısuyunun bulunuş şekline göre akiferler basınçlı ve serbest yüzeyli olmak üzere iki esas sınıfa ayrılır. Bu iki sınıf akiferin de çeşitleri olabilir. Yeraltısuyu havzalarında bunlardan yalnız bir çeşidi olabileceği gibi bir kısmının veya hepsinin bir arada bulunduğu hallere de rastlanılmaktadır (Şekil 1.1.).



Şekil 1.1. Akifer çeşitleri (TSE, 1992)

1.1.1. Serbest akifer

Serbest akifer, yalnız alt tarafından geçirimsiz bir ortamla sınırlanmış, yeraltısuyu serbest yüzeyli olan akiferdir. Bu tip akiferlerin üstlerinde yağış suyunun sızmasını engelleyen geçirimsiz bir tabaka yoktur ve hava ile temas halindedir. Altlarında ise yarı geçirgen veya geçirgen olmayan bir tabaka bulunur. Serbest akiferlerin üst yüzleri bir düzlem şeklinde değildir. Bu, su taşıyan kayaların cinsine, tektonik yapısına ve topoğrafyaya göre değişik olur. Bu tür akiferlerin karalarda yağışla, kıyılarda ise denizin alçalıp yükselmesi ile değişir.

1.1.2. Basınçlı akifer

Basınçlı akifer, alttan ve üstten geçirimsiz ortamlarla sınırlanmış ve yeraltısuyu basınç altında bulunan akiferdir.

1.1.3. Sızıntılı akifer

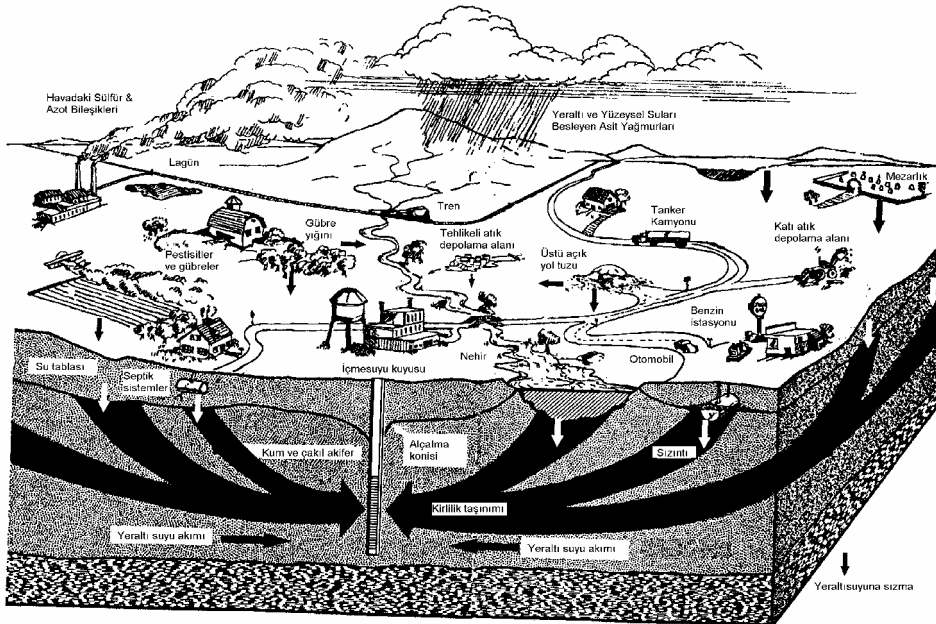
Sızıntılı akifer, basınçlı veya serbest akiferi sınırlayan yarı geçirimli ortamlardan su kazanıp kaybeden akiferdir. Akifer basınçlı ise "sızıntılı basınçlı akifer", serbest yüzeyli ise "sızıntılı serbest akifer" olarak nitelendirilir.

1.1.4. Tünek akifer

Tünek akifer, yeraltında doymamış bölgede mercekle şeklindeki geçirimsiz seviyeler üzerinde bulunan geçirimsiz ortam içinde toplanan suyu taşıyan akiferdir.

1.2. Yeraltısu Kirlilik Kaynakları

Yeraltısu doğal kaynaklar veya çeşitli insan aktiviteleri sonucu kirlenebilir. Kentsel, ticari, endüstriyel ve zirai faaliyetler yeraltısuyunun kalitesini etkileyebilir. Kirleticiler yeraltı suyunu; endüstriyel atık depolama gibi toprak yüzeyinde bulunan aktivitelerden, septik sistemler gibi kaynağı toprak yüzeyi altında fakat yeraltı su yüzeyinin üzerinde bulunan aktivitelerden veya su tablasının altındaki kuyulardan ulaşabilir. Yeraltısu kirliliğine neden olan bazı potansiyel kaynaklar Şekil 1.2.'de gösterilmiştir (EPA, 1993).



Şekil 1.2. Yeraltısu kirliliğine neden olan bazı potansiyel kaynaklar

1.2.1. Doğal kaynaklar

Kayalar ve toprakların yapılarında doğal olarak bulunan demir, manganez, klorür, florür, sülfat ve radyonüklidler gibi bazı maddeler yeraltısuyunda çözülmüş olarak bulunabilirler. Doğal olarak var olan diğer bir madde olan bozunmuş organik maddeler ise yeraltı suyuna partikül olarak taşınabilir. Bu maddelerin yeraltı suyunda olup olmadığı yerel şartlara bağlıdır. Bu maddelerin bazıları eğer aşırı miktarlarda alınırlarsa sağlık tehlikesi oluştururlarken, diğerleri istenmeyen koku, tat ve renk oluşturabilir. Bu maddeleri içeren yeraltı suyu genelde içme suyu ve diğer evsel amaçlar için kullanılmaz yada bu maddeler arıtıldıktan sonra kullanılabilir (EPA, 1993).

1.2.2. Septik sistemler

Yeraltı suyu kirliliğinde septik sistemler önemli kaynaklardan biridir. Her bir septik sistem tek başına yeraltına nispeten küçük miktarda atık bıraksa da, bu sistemlerin yaygın olarak kullanılması halinde ciddi bir kirlilik kaynağıdır. Septik sistemlerin yer seçimi, dizaynı, inşası veya bakımı uygun yapılmadığı takdirde bakteriler, virüsler, nitratlar, deterjanlar, yağlar ve kimyasallar ile yeraltı suyunu kirletebilir. Bazı ülkelerde yerel yasal düzenlemelerde içme suyu kuyuları ile septik sistemler arasında belli bir mesafenin bırakılması istenilmektedir. Uygun mesafenin bulunması için bilgisayar programları da geliştirilmiştir (EPA, 1993).

1.2.3. Tehlikeli atıkların uzaklaştırılması

Tehlikeli atıklar daima uygun bir şekilde uzaklaştırılmalıdır. Yağlar (yemek ve motor yağı), bahçe kimyasalları, boya ve boya inceltici kimyasallar, dezenfektanlar, ilaçlar, fotoğraflarla ilgili kimyasallar ve yüzme havuzu kimyasallarının evsel septik sistemlerde nihai uzaklaştırılması yapılmamalıdır. Benzer şekilde, endüstriyel proseslerde kullanılan birçok madde iş yerlerinde kanalizasyon ile uzaklaştırılmamalıdır, çünkü içme suyu kaynaklarını kirletebilirler. Şirketler kimyasalların doğru kullanımı ve uzaklaştırılması konusunda işçilerini

eğitmelidir. Endüstriyel alanlarda kullanılan çok farklı özelliklerde ve önemli miktardaki kimyasallarının uygun bir şekilde uzaklaştırılması özellikle yeraltı suyunun korunması için önemlidir (EPA, 1993).

1.2.4. Kimyasal depolama ve yayılmaları

Yeraltındaki ve yerüstündeki depolama tankları kimyasal depolama için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bazı evlerde ısıtma amaçlı yeraltı yakıt tankları olabilmektedir. Birçok işyerinde fuel oil, dizel, benzin veya diğer kimyasalları tank içinde depolanmaktadır. Endüstriler, endüstriyel proseslerde kullandıkları kimyasal maddeleri veya tehlikeli atıklarını depolamak için tanklar kullanmaktadırlar. Bu depolama tanklarında oluşabilecek sızıntılar sonucunda toprağa ve yeraltı suyuna kimyasal madde karışması ve yeraltı suyunun kirlenmesi söz konusu olabilir. Terkedilmiş yeraltı tankları da problemler yaratır çünkü onların lokasyonları genelde bilinmemektedir. Tankerler ve tren vagonları da kimyasal naklinde olan kazalardan dolayı tehlike oluşturmaktadırlar (EPA, 1993).

1.2.5. Deponi sahaları

Evsel, endüstriyel ve tehlikeli katı atıkların uzaklaştırıldığı deponi sahalarında kimyasal maddeler, yağış ve yüzey akışı ile yeraltı suyuna ulaşabilirler. Yeni inşa edilecek deponi sahalarının zemini kil veya sentetik malzemelerle kaplanmalı ve sızıntı suyu toplama sistemleri inşa edilerek yeraltı suyu korunmalıdır. Eski katı atık deponi sahalarının çoğunda bu sızdırmazlık önlemleri alınmadığından geçirgen bir zeminde yer alması ve yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu bir akiferin üzerinde olması durumunda sızıntı suları yeraltı suyunu kirletecektir. Kapatılmış deponi sahaları da yeraltı suları için tehdit olabilmektedir (EPA, 1993).

1.2.6. Kanalizasyon ve diğer boru hatları

Organik madde, inorganik tuzlar, ağır metaller, bakteri, virüs, azot gibi kirleticileri içeren kanalizasyon borularından atıksu sızması veya kimyasal madde ya

da korozyona neden olan maddeleri taşıyan boru hatları da, taşınım esnasındaki korozyona bağlı olarak oluşan sızmalardan dolayı yeraltı suyunu kirletebilir (EPA, 1993).

1.2.7. Pestisit ve gübre kullanımı

Tarımsal alanlarda ülkemizde çok yoğun bir şekilde kullanılan gübreler ve pestisitler toprağı ve yeraltı suyunu kirletebilirler. Bazı pestisitler, toprakta ve suda birkaç ay ile birkaç yıl arasında kalabilmektedir. Yeraltı suyu kirliliğinde bir diğer potansiyel kaynak hayvan çitliklerinden kaynaklanan hayvan atıklarıdır ve bu atıklar yeraltına sızabilmektedir. Çiftliklerdeki atıklar düzenli olarak uzaklaştırılmalıdır (EPA, 1993).

1.2.8. Uygun inşa edilmemiş kuyular

Bazı problemler uygun inşa edilmemiş kuyularla ilişkilidir ve kirlenmiş yüzeysel veya yeraltı suyunun kuyuya girişi ile yeraltı suyu kirliliğı gerçekleşebilir. Aşağıda kuyu tipleri ve potansiyel yer altı suyu kirlilik kaynakları verilmiştir.

- Drenaj kuyuları: Bunlar suyun fazla olduğu, yağmurlu alanlarda suyun bir kısmını uzaklaştırmak ve daha derinlerdeki toprağı taşınımını sağlamak için kullanılırlar. Bu kuyular zirai kimyasallar ve bakteriler içerebilir.
- Enjeksiyon kuyuları: Bunlar genelde tehlikeli ve tehlikeli olmayan endüstriyel atıkların uzaklaştırılmasında kullanılırlar. Derinlikleri birkaç yüzden birkaç bin metreye kadar değişebilmektedir. Eğer düzenli bir şekilde tasarlanır ve kullanılırlarsa atıkların etkili bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlarlar. Fakat kuyu direk olarak akifer üzerine yerleşmiş veya kuyuda kirleticilerin sızması söz konusu ise veya çevresindeki kaya formasyonlarında çatlak var ise enjeksiyon kuyularından yeraltı suyuna istenmeyen atıklar girebilir.

- Uygunsuz şekilde terk edilmiş kuyular: Bazı insanlar kullanılmış motor yağı gibi atıkların uzaklaştırılmasında terk edilmiş kuyuları kullanabilmektedir. Bu kuyular içme suyu temini için kullanılan kuyularla aynı akiferi kullanıyor olabilir. Terkedilmiş araştırma kuyuları da (gaz, petrol, kömür) genelde kapatılmadığından kirleticilerin taşınımında bir potansiyeldirler.
- Aktif içmesuyu temini kuyuları: Kötü bir şekilde inşa edilmiş iseler yer altı suyu kirliliğine neden olabilirler. Yüzey akışı, hayvan çiftlikleri ve septik sistemlerden gelen atıklar bu durumda kirletici kaynakları olabilir.
- Kötü inşa edilmiş sulama kuyuları: Bu kuyular da kirleticilerin yeraltı suyuna girişine izin verebilmektedir. Pestisidler ve gübreler tarım alanlarındaki kuyuların yakın çevresinde sıkça uygulanmaktadır (EPA, 1993).

1.2.9. Yollarda buzlanmayı önleme çalışmaları

Kış aylarında yollardaki buzlanmayı engellemek için tuz uygulaması bazı bölgelerde sıkça uygulanabilmektedir. Yağmurla ve erimeyle birlikte bu tuzlar toprağa ardından da yeraltı suyuna ulaşabilirler (EPA, 1993).

1.2.10. Madencilik çalışmaları

Madencilik çalışmaları sonucu metal, asit, mineral ve sülfür atıkları ve madenlerin kurutulması için yapılan pompalama işlemi sonucu kirleticinin yeraltı suyuna karışması, yeraltı suyu kirliliğine neden olur (EPA, 1993).

1.3. Kirleticilerin Orijini ve Taşınması

Yeraltısuyu kirliliğinin oluşumu, kirleticiler ile rutubet, yeraltındaki maddeler ve yeraltısuyu akımı arasındaki karşılıklı etkileşimlerin bir neticesidir. Yeraltısuyu kirliliği; yeryüzeyinde, yeraltısuyu seviyesinin üzerinde veya yeraltısuyu seviyesinin

altında oluşabilir. Yeraltısuyu kirliliğini meydana gelmesine yol açan 3 etken vardır; süzülme, doğrudan intikal ve akiferler arası karışım.

Süzülme ile meydana gelen kirlilik muhtemelen en yaygın yeraltısuyu kirliliğidir. Yüzeğe bırakılan kirlleticiler, topraktaki gözeneklerden süzülür ve yerçekimi etkisi altında doygun zona (akifere) ulaşınca kadar toprak (doymamış zon) içinde aşağıya doğru hareket ederler. Kirlleticiler doygun zona girdikten sonra yeraltısuyu akımı yönünde hareketlerini sürdürürler. Kirlleticiler yüzey altında yeraltısuyu seviyesine yakın yerlere veya doygun zona bırakıldıklarında doğrudan yeraltısuyuna karışırlar.

Eski veya tahrip olmuş kuyuların tekniğine uygun şekilde terk edilmemesi neticesinde, kirlleticiler kuyu ağızlarından direkt olarak akifere intikal ederler. Bu tür kuyular kirlenmiş suyun bir kuyudan diğerine geçmesine de olanak sağlar.

Noktasal kaynaklardan (çöplük) meydana gelen kirlleticiler dağılmadan, yeraltısuyu akım çizgileri boyunca bir kütle halinde hareket ederler. Bu kütlelerin kenar kesimlerinde kirlilik konsantrasyonu daha az iken, kütlelerin merkezine doğru gidildikçe konsantrasyon artmaktadır. Kütlelerin şekli ve boyutu jeolojik yapıya, yeraltısuyu akımına, akımın tipine, kirlleticinin konsantrasyonuna ve kirlleticinin yeraltısuyuna bırakılma devamlılığına bağlı olarak değişmektedir. Son zamanlarda, kirlleticilerin yeraltında dağılımını ve taşınmasını tahmin etmeye yönelik dikkate değer ilerlemeler yapılmasına rağmen, her kirlilik lokasyonunun özelliği birbirinden farklı olduğundan her birinin ayrıntılı olarak incelenmesi gereklidir. Bu çalışmalar, özellikle büyük ölçekli altyapı yatırımlarının (kanalizasyon, metro) yer aldığı şehir alanları için önemlidir.

Kirlleticilerin kaynağını oluşturan yerler, yeraltısuyu kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kirlleticiler yüzeye veya yüzey altına yakın yerlere bırakıldıklarında yeraltısuyuna ulaşmadan önce doygun olmayan zonda yani toprak katmanları, kayaç zonları ve diğer materyaller arasında dolaşmak zorunda kalır. Kirlleticiler bu bölgelerden geçerken yeraltısuyuna ulaşınca kadar geçen zaman süresince

kirleticilerin etkisini azaltan birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlem gerçekleşir. Bu etki azaltması, kirletici maddelerin yeraltısuyuna ulaşması için geçen mesafe ve zamana bağlıdır. Zaman ve mesafe arttıkça kirlilik etkisi azalmaktadır (Zoporozec ve Miller, 2000).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

DSİ Genel Müdürlüğü (1972) tarafından, Harran Ovasının hidrojeolojik etüdü kapsamında, ovanın jeolojik ve hidrojeolojik haritası yapılmış, ovanın hangi bölümlerinde ve derinliklerinde ne miktar ve kalitede yeraltı suyu bulunduğunu, akifer özellikleri, yeraltı suyu hareketi ve işletmesine yönelik potansiyeli belirlemek amacıyla 1968 yılında bir etüt çalışmasına başlanılmış ve nihai raporu “Harran Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu” başlığı altında 1972 yılında yayınlanmıştır.

Kovancı (1979) İç Ege Bölgesi sulama sularının bitki besleme açısından nitelikleri ve kimyasal içerikleri üzerine yaptığı araştırmada yeraltı sulama sularında nitrat içeriklerinin genel olarak tehlikeli düzeyde olmadığını toplam 48 adet su örneği içerisinde sadece Selendi (Manisa) ilçesinden alınan su örneğinin diğer su örneklerine göre daha yüksek miktarda (448.3 mg/l) nitrat içerdiğini saptamıştır.

Logan ve ark. (1980), Kuzey Amerika’da birçok bölgede yaptıkları çalışmalarda azotlu gübre kullanımının artması ile drenaj kanallarındaki NO₃ içeriğinin yükseldiğini ve bu yolla 20–100 kg/ha NO₃-N kaybının olduğunu bildirmişlerdir.

Yahşi (1981), Bursa Ovasında açılmış bir sondaj kuyusunda 16-20 mg/l olan nitrat konsantrasyonunun, gübrelemenin yapıldığı mevsimlerde 110-150 mg/l’ ye çıktığını tespit etmiştir.

Hagedorn (1984), Amerika Birleşik Devletlerinde yaptığı çalışmada; yeraltı suyunu kirleten en önemli kaynakların, atıksu depolama ve arıtma için kullanılan septik tanklar ve fosseptikler olduğunu saptamıştır.

Kübler ve ark. (1985), yüksek düzeyde alınan NO₃'ün başta çocuklar olmak üzere insan sağlığını olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir.

Power ve Scheders (1989), geniş alanlarda oluşan NO₃ kirliliğinin, daha çok kök bölgesindeki tuz birikimini önlemek amacı ile yapılan sulamalar sonucu oluştuğunu bildirmişlerdir. Bu sonucun 20–30 yıllık bir süreçteki su ve azotlu gübre kullanımının büyük oranda artması ile gerçekleştiğini rapor etmişlerdir.

Václav ve ark. (1989), Çekoslovakya'da yoğun tarımsal üretim yapılan alanlarda yaptıkları çalışmada; farklı bölgelerde uygulanmış olan azotlu gübre miktarları ile o yörelerdeki yeraltı sularının nitrat konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi incelemişler ve Çekoslovakya'da yeraltı sularındaki nitrat kirlenmesinin üzerinde durulması gereken en ciddi sorunlardan biri olduğunu bildirmişlerdir.

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (1991), bu yönetmeliğe göre; taşkın riskinin yüksek olduğu yerlerde, heyelan, çığ ve erozyon bölgelerinde, içme, kullanma ve sulama suyu temin edilen yeraltı suları koruma bölgelerine katı atık depo tesislerinin yapılmasına müsaade edilmemektedir.

Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği (1991), bu tebliğde yeraltı sularından örnek alma noktalarının sınıflandırması, örnek alma yöntemleri, nasıl örnek alınacağı, örnek alma sayısı, örnek almada kullanılacak araçların tanımlanması yapılmıştır.

EPA (1992), yer altı sularının kirlenmesine neden olan 10 kirlenici kaynağı ; derin kuyular, pestisitler, ticari gübreler, fosseptik çukurlar, içme suyu kuyuları, atıksu lagünleri, arıtma tesisleri, sulama amaçlı pompaj kuyuları, yeraltı suyunu besleyen yüzeysel sulara atıksu deşarj eden fabrikalar ve katı atık deponi alanları olarak listelemektedir.

Sangodoyin (1993), kentsel bölgelerde oluşan atık madde miktarının arttığını, buna karşılık özellikle hızlı kentleşen, gelişmekte olan ülkelerde atık

depolama için ayrılan alanların azaldığını bildirmiştir. Yaygın olarak kullanılan vahşi depolama sonucu yeraltı suyunun kirlendiğini belirtmiştir.

Kaçaroğlu (1994), Eskişehir Ovası yeraltı suyu kalitesi ve kirliliği ile ilgili yaptığı çalışmada; yeraltı suyunun beslenimi, kullanımı ile yeraltı suyu kirliliğinin nedenlerini, boyutlarını ortaya koymuş ve kirliliğin önlenmesi için ne yapılması gerektiğini belirtmiştir.

Ball (1995), yeraltı suyu kirliliği oluşum nedenlerini araştıran İskoçya Ofisi, özellikle Doğu İskoçya'daki birçok akiferde, yeraltı suyu kirliliğinin nitrat kaynaklı olduğunu rapor etmişlerdir.

Şen (1996), Bursa yöresinde yaptığı çalışmada; Bursa Nilüfer ve Ayvalı havzalarında bulunan 35 kuyuda nitrat konsantrasyonlarını ölçmüş, TS 266 ve WHO içme suyu standartlarının izin verdiği maksimum sınır değerlere ulaşan nitrat kirlenmesinin olduğunu saptamıştır.

Water and Rivers Commission (1996), Batı Avustralya Perth'de yaptıkları çalışmada; bahçe sulamalarında, killi topraklarda 200 kg/ha, işlenmemiş kumlu topraklarda 140 kg/ha'dan daha fazla miktarda toprağa verilen azotun yeraltı suyundaki nitrat konsantrasyonunun, içme suyu kriterlerini aşmasına neden olduğunu saptamışlardır.

Bakış ve Bilgin (1998), Deponi alanlarında meydana gelen yağışların, sızıntı suyu konsantrasyonunu seyreltmesine karşın, bu kirliliğin uzak mesafelere taşınmasına neden olduğunu, üst örtü tabakasının bulunmadığı çöp alanlarında, yağışın % 100'ünün doyma noktasından sonra çöpten sızarak yerüstü ve yeraltı sularına karıştığını bildirmişlerdir.

Menengiç (1998), Göksu Deltası (Silifke-İçel) yeraltı suyu kirliliği adlı yüksek lisans çalışmasında; Silifke ilçesinde evsel atıklar ve tarımsal arazi drenajından kaynaklanan iki büyük NH₃ kaynağı olduğunu, drenaj kanallarından elde edilen NH₃-N değerinin yüksek olduğunu saptamıştır.

Özçelik (1998), Eskişehir Ovası yeraltı suyu potansiyeli ve kirliliği adlı yüksek lisans çalışmasında; Eskişehir Ovası'ndaki alüvyon akiferde bulunan yeraltı suyunun; fosseptikler, Porsuk çayı ve sulama kanalları vasıtasıyla taşınan kirli sular, tarımsal gübreleme ve ilaçlamanın etkisiyle kirlendiğini saptamıştır. Eskişehir Ovası'ndaki azotun (NO₂, NO₃, NH₃) standartları aştığını saptamıştır.

WHO (1998), yeraltı suları ve yüzeysel sularda nitrat konsantrasyonunun, normalde, düşük olduğu ancak tarımsal faaliyetler, atıkların gelişigüzel bertarafı, atıksular ve hayvansal atıklardan dolayı yeraltı suyu kirlenmesinde önemli bir oranda bir artışın olabileceğini rapor etmiştir.

Hudak ve Fetter (1999), bölgesel olarak, yeraltı suyu kirlenmesinin başlıca nedenlerinin tarımsal faaliyetlerden kaynaklandığını, tarım dışı kirlenmenin de atıksular ve katı atıklardan kaynaklanan sızıntı suyuyla lokal olarak kirlendiğini bildirmişlerdir.

Kaplan ve ark. (1999), Antalya-Kumluca yöresindeki kuyu sularının nitrat içeriklerini saptamak amacıyla 20 kuyudan su örnekleri almışlar ve bu örneklerin %50'sinden fazlasında nitratin sınır değeri aştığını belirlemişlerdir. Ayrıca, EC-NO₃ arasındaki pozitif korelasyon nedeniyle EC'si düşük suların içilmesini önermişlerdir.

Arslanoğlu ve Koçer (2004), katı atıklardan kaynaklanan sızıntı sularının yeraltısularına etkisini araştırdıkları çalışmalarında Elazığ kenti katı atık düzensiz depolama alanından numuneler alarak, depolama alanının kirlilik yükünü tespit etmişler, alınması gereken kontrol ve uygulamalar konusunda öneride bulunmuşlardır.

Fytianos ve Christophoridis (2004), YAS'unda en sık karşılaşılan kirleticilerden birinin nitrat olduğunu ve bunun nedeninin çözünebilirliği ve anyonik yapısından kaynaklandığını dolayısıyla çabuk mobilize olduğunu bildirmişlerdir.

Çetindağ ve Okan (2004), Elazığ-Uluova akiferinin kirlenme potansiyeli ve hidrokimyasal karakteristiğinin belirlenmesi kapsamında yaptıkları çalışmada, serbest (unconfined) ve basınçlı (confined) akifer olmak üzere iki tür yeraltı suyu fasiyesi tespit etmişlerdir. Hazar Gölü suyunun sulamada kullanılmasıyla Na kirlenmesinin oluştuğunu, yoğun olarak suni gübre kullanımı ve hayvan gübrelerinin uygun olmayan koşullarda depolanmasından dolayı serbest akiferde $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ ve toplam $\text{PO}_4\text{-P}$ ' nin TS 266 standardının üzerinde olduğunu bildirmişlerdir.

Mansuroğlu (2004), Antalya'da kentleşmeden kaynaklanan çevre sorunlarının yeraltı sularına etkileri üzerine yaptığı çalışmada; yeraltı su kaynaklarının kentsel kullanımlardan kaynaklanan çevre sorunlarından zarar gördüğünü, bu zararların yoğun yapılaşma; kent atık sularının alıcı olarak su kaynaklarına, zezemin ve fosseptiklere verilmesi; tarımsal ilaç ve gübrelerden kaynaklandığını saptamıştır.

Üstün ve Solmaz (2004), yeraltı suyu potansiyelini koruma, kontrol ve kurtarma amaçlı alınabilecek önlemler konulu çalışmalarında; YAS kirliliğinin oluşma şekilleri, kirlenme kaynakları ve YAS'ı koruma, kontrol ve kirlilik giderme hususlarında alınacak önlemler ve uygulanacak işlemler hakkında bilgiler vermişlerdir. Ülkemizdeki YAS işletme rezervinin mevcut durumu, kullanımı ve kirlenmesine etken olan faktörler ile ülkemizdeki YAS'nın kirlenmesinin önlenmesine yönelik alınabilecek tedbirleri açıklamışlardır.

Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği (2004), bu yönetmelik, yeraltı, yerüstü suları ve topraklarda kirliliğe neden olan azot ve azot bileşiklerinin belirlenmesi, kontrolü ve kirliliğin önlenmesi ile ilgili teknik ve idari esasları kapsar. Aynı zamanda, bu esasları uygulamak, denetlemek ve çalışma plan ve programı hazırlamakla Tarım ve Köy işleri Bakanlığı, Çevre ve Orman

Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının ilgili birimlerini görevlendirmiştir.

TSE (2005), Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular (TS 266) standardını yayınlayarak suları, kaynak suları ve kaynak suları dışındaki insani tüketim amaçlı sular olarak 2 gruba ayırmış, fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin bu sınıflamadaki sınır değerlerini tarif etmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

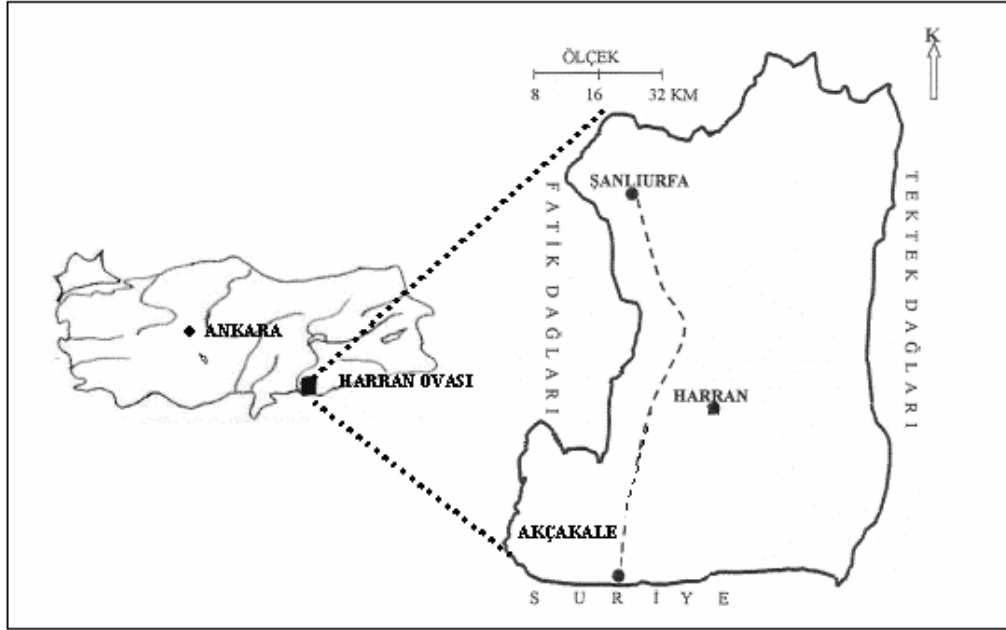
3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma alanının konumu

Harran Ovası Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ve Şanlıurfa ilinin güneydoğusunda yer alır (Şekil 3.1). Ova, kuzeyden güneye doğru Suriye'de de devam edecek şekilde uzanır. Çalışma alanı, 36°42' K - 37°10' K enlemleriyle, 38°50' D - 39°10' D boylamları arasında yer alır. Drenaj alanı 3 700 km² olup bunun 1 500 km²'lik kısmını ova alanı oluşturur. Harran Ovası, 476 000 hektar sulama alanıyla GAP'ın en büyük sulama sahasına ve Ortadoğu'nun en büyük yeraltısuyu rezervine sahiptir.

Ova kuzeyde Şanlıurfa-Mardin karayolu civarından başlamakta, güneyde Suriye'ye açılmakta ve Suriye topraklarında da devam etmektedir. Doğuda Ceylanpınar havzasından Tektek dağları ile, batıda ise Suruç havzasından Fatik dağları ile ayrılır. Kuzeyi ise oldukça tepeliktir ve doğu batı yönünde tam bir sınırlama vardır. Doğuda Tektek dağları 600 - 700 m, batıda Fatik dağları 800 m ye kadar çıkar. Kuzeyde ise 850 m ye varan tepeler ovayı çevreler.

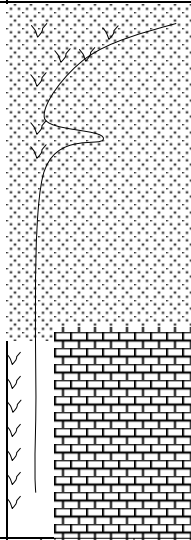
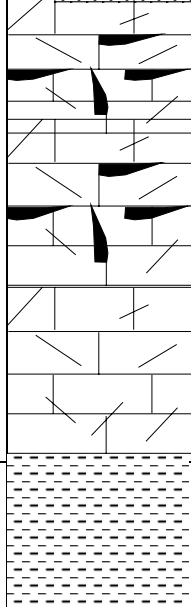
Ovada rakım, kuzeyde 500 m den, güneyde Türkiye-Suriye sınırı civarında 350 m ye kadar düşer. Eğim, ovada kuzeyden güneye 0.003 civarındadır. Genel olarak doğu ve batıdan ova ortasına doğru hafif bir alçalma mevcuttur. Yüzeysel su drenaj alanına tam olarak girmemekle beraber, güneyde Ceylanpınar ve Suruç havzalarıyla Harran havzası arasında kalan iki küçük kısım da yeraltısuyu bakımından önemli olduğu için çalışma sırasında dikkate alınmıştır.



Şekil 3.1. Harran Ovası yer bulduru haritası

3.1.2. Çalışma alanının jeolojisi

Ovanın genel jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.

JEOLOJİ ZAMAN BİRİMLERİ			KALINLIK (m)	STRATİGRAFİ	LİTOLOJİ	FİZİKSEL ÖZELLİKLER	HİDROLOJİK, KİMYASAL ve DİĞER ÖZELLİKLER		
ZAMAN	DEVİR	ALT DEVİR							
SENOZOİK	TERSİYER	NEOJEN	PLİYOSEN		BAZALT KİL, KUM ve ÇAKIL	Kırmızı-kahverengi, siltli, az cipsli, gevşek	Az yeraltısuyu taşır. EC=300-6000 mikromho/cm		
			MİYOSEN					KİLLİ KALKER	Sarı-gri, yeşilimsi, fosilli
			EOSEN					KALKER	Beyaz, gri, yer yer kompakt, yer yer yumuşak ve tebeşirli, çatlaklı boşluklu yer yer fosilli
		PALEOJEN	Beyaz, tebeşirli, yumuşak, az kırıklı						
		PALEOSEN	PALEOSEN	KİL		KİL	Kırmızı ve mavi	Su taşımaz. Ovada sondjla erişilmez.	
									KALKER

Şekil 3.2. Çalışma alanının geliştirilmiş stratigrafik sütun kesiti ve hidrojeolojik özellikleri (DSİ, 1972)

Şekil 3.2.'de gösterilen jeolojik birimler, yaşlıdan gence doğru: Paleosen yaşlı kireçtaşı ve kil tabakaları birimlerine sondajla erişilememiştir. Bunun üzerinde max. kalınlığı 50 metreyi bulabilen Eosen kireçtaşları yer alır. Bu kireçtaşları, beyaz, gri, yer yer kompakt ve yumuşak; çatlaklı-boşluklu ve lokal düzeyde fosillidir. Bol ve iyi kaliteli su taşır. Bu birimin üzerine Miyosen yaşlı killi kireçtaşı tabakası ve kil-kum-çakıl oluşukları gelir. Ovada en genç birim ise Pliyosen yaşlı kil-kum-çakıldır. Bu birim, az yeraltı suyu taşır. Ovanın kuzeydoğusunda, Şanlıurfa'nın güneydoğusunda ekonomik ve iyi kaliteli su taşır. Diğer yerlerde çok az ve düşük kalitelidir. Bazaltlar ise ovayı çevreleyen bazı tepe ve yamaçlarda görülür. Ovada 3 tür akifer bulunur.

- 1) Eosen kireçtaşı akiferi: Bu akifer altta Paleosen yaşlı birimle üstte Miyosen yaşlı kireçtaşları arasında bulunur ve basınçlı akifer (confined aquifer) özelliği taşır.
- 2) Miyosen kireçtaşı akiferi: Yaklaşık kalınlığı 100 m olup Eosen akiferi üzerinde yer alır. Bu akiferin tavanı Miyosen yaşlı kil-kum-çakıl tabakalarıyla örtülüdür.
- 3) Pliyosen (Pleyistosen) akiferi: Kil-kum-çakıldan oluşmuştur. Kalınlığı 60-200 m arasında değişir. Serbest akifer (unconfined aquifer) özelliğindedir. Bu birimde açılmış yüzlerce sondaj kuyusu mevcuttur. Ovada bu birim YAS bulundurması bakımından hazne özelliği, tabana doğru ve Miyosen yaşlı kil-kum-çakıllı birim ise kısmen geçirimsiz taban özelliği gösterir.

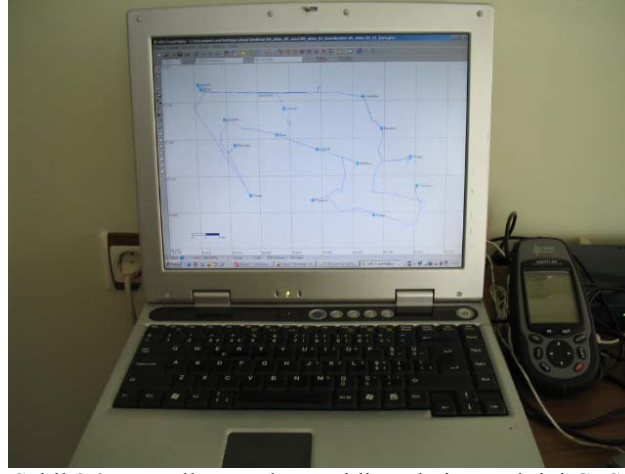
Ova genelinde YAS akış yönü yaklaşık K-G istikametindedir.

Bu çalışmada, örnekleme yapılacak kuyu lokasyonları için üst akifer, yani Pliyosen (Pleyistosen) yaşlı 60-200 m kalınlığındaki birim seçilmiştir.

3.1.3. Örnekleme noktalarının tanıtılması

Bu çalışma, arazi ve laboratuvar çalışmalarını kapsayan iki ana bölümden oluşmaktadır. Arazi çalışmaları kapsamında öncelikle örnekleme yapılacak olan kuyular belirlenmiştir. Örnekleme noktalarının koordinatları ve kotları Magellan marka Meridian Platinum el tipi GPS'le ölçülmüştür (Şekil 3.3). Kuyular

belirlenirken ayrıntılı bir arazi çalışması yapılmış, üst akiferi temsil eden kuyular seçilmiştir. Yeraltı su seviyeleri KLL-100 tipi akım elektrodundan oluşmuş 100 metre derinliğe indirilebilen kuyumetre ile ölçülmüştür (Şekil 3.4). Yeraltı su seviyesinin ölçülmesi sırasında kuyu ve sondajların zemin kotu sıfır olarak kabul edilmiştir ve buradan itibaren su yüzeyine uzaklık gözönüne alınmıştır. Yapılan arazi çalışmaları sonucu ova genelini yansıtmaları açısından 23 örnekleme noktası belirlenmiştir.



Şekil 3.3. Magellan marka meridian platinum el tipi GPS aleti ve bilgisayara veri aktarımı

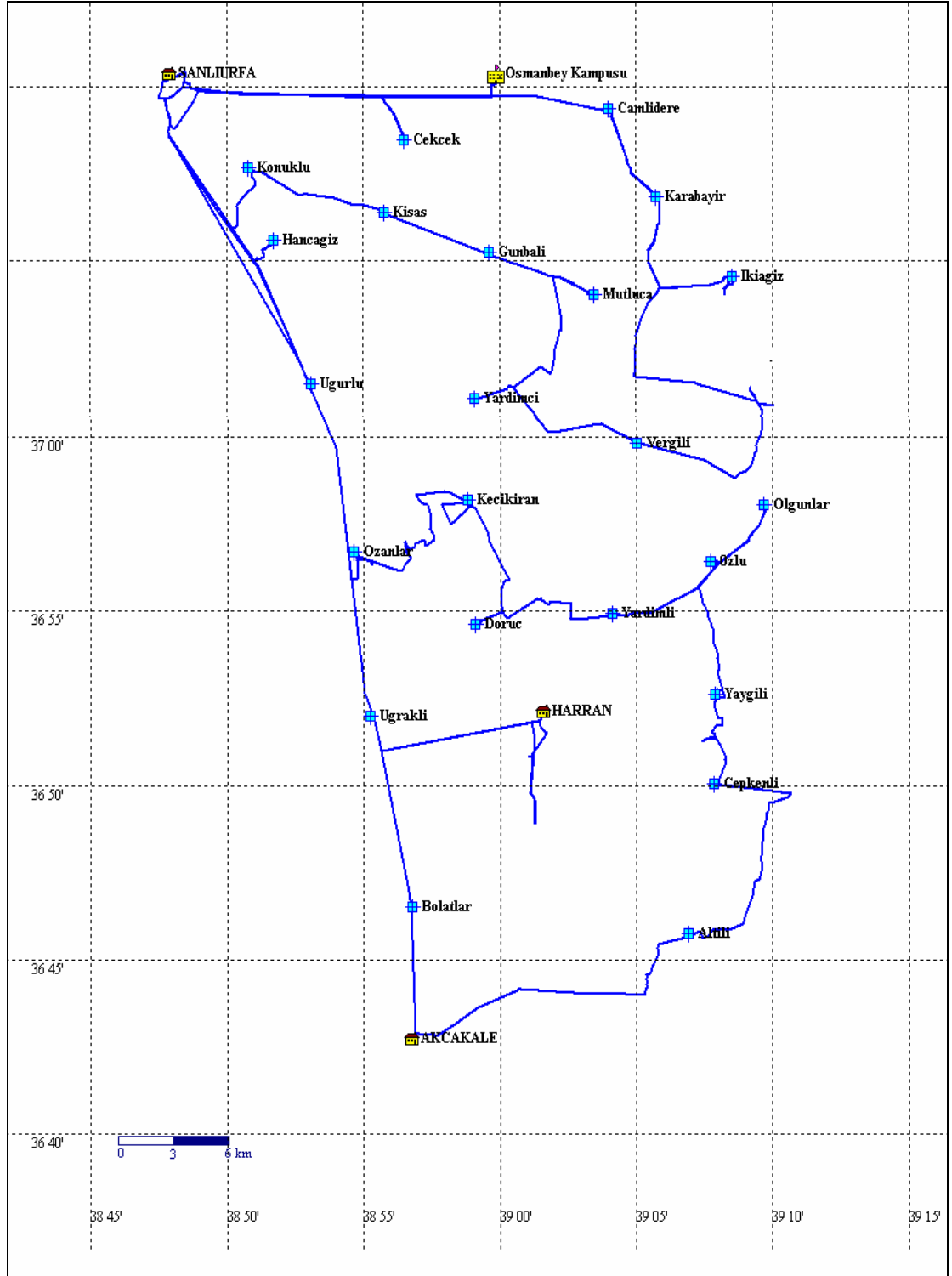


Şekil 3.4. KLL-100 tipi kuyumetre

Çizelge 3.1.'de seçilen örnekleme noktalarının koordinatları ve ortalama yeraltısuyu seviyeleri verilmiştir. GPS'le alınan koordinatlar bilgisayara aktarılarak örnekleme noktaları için güzergah ve lokasyon haritası oluşturulmuştur (Şekil 3.5).

Çizelge 3.1. Örnekleme noktalarının koordinatları ve ortalama yeraltı su seviyeleri

Kuyu No	Mevki	Koordinat			
		Boylam	Enlem	Kot (m)	Su seviyesi(m)
1	Çamlıdere	37505956 D	4112201 K	467	0.96
2	Karabayır	37508583 D	4107479 K	441	1.90
3	İkiğiz	37512697 D	4103305 K	435	7.35
4	Vergili	37507533 D	4094542 K	382	4.37
5	Yardımcı	37498748 D	4096830 K	397	6.21
6	Mutluca	37505210 D	4102340 K	413	9.15
7	Günbalı	37499478 D	4104528 K	430	7.99
8	Kısas	37493783 D	4106671 K	440	2.94
9	Konuklu	37486437 D	4109036 K	458	2.20
10	Hancağız	37487792 D	4105184 K	438	1.47
11	Uğurlu	37489830 D	4097599 K	414	5.99
12	Çekçek	37494875 D	4110536 K	471	13.29
13	Ozanlar	37492138 D	4088787 K	374	3.29
14	Keçikıran	37498333 D	4091534 K	384	2.10
15	Kızıldoruç	37498728 D	4084946 K	374	2.03
16	Yardımlı	37506171 D	4085531 K	367	3.30
17	Özlu	37511538 D	4088236 K	382	2.26
18	Olgunlar	37514445 D	4091260 K	394	2.88
19	Yaygılı	37511805 D	4081203 K	388	2.72
20	Çepkenli	37511736 D	4076434 K	380	1.96
21	Altılı	37510358 D	4068515 K	372	2.79
22	Bolatlar	37495294 D	4069889 K	365	5.40
23	Uğraklı	37492993 D	4080025 K	369	2.23



Şekil 3.5. Örnekleme noktalarının lokasyonu ve güzergah haritası

Arazi çalışmaları esnasında, sondaj kuyularının genel durumu, numune alımı, yerinde yapılan ölçümler vb. çalışmaları yansıması açısından örnekleme noktalarının görüntüleri Şekil 3.6.'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Örneklem noktalarının fotoğrafları



Şekil 3.6. (Devam)

3.2. Yöntem

Numuneler 23 noktadaki kuyulardan aylık olarak alınmıştır. Alınan numuneler “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği”ne uygun olarak alınmış ve uygun koşullarda saklanarak laboratuara getirilmiştir.

Alınan numunelerde analizi yapılan parametreler; Sıcaklık, pH, EC, Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄⁻², NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, Toplam PO₄-P, TÇK ve bulanıklıktır. Bu parametreler SKKY (2004), TS 266 (TSE, 2005), WHO (1998) ve 98/83/EC (Council Directive, 1998) sınıflamalarına tabi tutulmuştur. Anılan bu standartlardaki bazı parametrelerin sınır değerleri, karşılaştırma yapmak amacıyla Çizelge 3.2.’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Parametrelerin, ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerleri

	SKKY (2004)				TS 266 (2005)		WHO (1998)	98/83/EC (1998)
	I	II	III	IV	Sınıf I-II Tip 1	Sınıf II Tip 2	MAC	MAC
Sıcaklık , °C	25	25	30	> 30				
pH	6.5- 8.5	6.5- 8.5	6.0- 9.0	6.0-9.0 dışında	6.5≤ pH ≤9.5	6.5≤ pH ≤9.5	6.5 – 8.5	6.5≤ pH ≤9.5
*EC, µS/cm (20 °C)					650	2500	250	2500
Na ⁺ , mg/l	125	125	250	> 250	100	200	200	200
Cl ⁻ , mg/l	25	200	400 ^b	> 400	30	250	250	250
SO ₄ ⁻² , mg/l	200	200	400	> 400	25	250	250	250
NO ₃ , mg/l	22	44	89	> 89	25	50	50	50
NH ₄ , mg/l	0.26	1.30	2.60	> 2.60	0.05	0.50		0.50
NO ₂ , mg/l	0.007	0.033	0.164	> 0.164	0.10	0.50		0.50
Toplam PO ₄ , mg/l	0.06	0.48	1.95	> 1.95				
TOC, mg/l	5	8	12	> 12				
Bulanıklık (NTU)					5	5	<5	
TÇK, mg/l	500	1500	5000	> 5000				

SKYK'nın 12. maddesi yeraltısuyunun kalitesine göre tanımlanan sınıflarını aşağıdaki şekilde vermiştir.

- Sınıf Yas I - Yüksek kaliteli yeraltı suları: Sınıf Yas I sular içme suyunda ve gıda sanayinde kullanılabilen yeraltı sularıdır. Bu sınıfa giren yeraltı suları 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 yeraltı suları Sınıf YAS I sular olarak kabul edilir.
- Sınıf Yas II - Orta kaliteli yeraltı suları: Sınıf Yas II sular, bir arıtma işleminden sonra içme suyu olarak kullanılacak sulardır. 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 sular, Sınıf Yas II sular olarak kabul edilir. Ancak demir, amonyum, mangan ve çözülmüş oksijen için konulmuş sınırların bu sınıfa giren sulara sağlanması gerekli değildir.
- Sınıf Yas III - Düşük kaliteli yeraltı suları: Sınıf Yas III sular yukarıda verilen kalite parametrelerinden daha kötü özellik taşıyan sulardır.

TS 266, bu standart kapsamına giren suları aşağıdaki şekilde sınıflandırmıştır:

- Sınıf 1- Kaynak (memba) suları: Sınıf 1 sular 1 tiptir
- Sınıf 2- Kaynak suları dışındaki insani tüketim amaçlı sular: Sınıf 2 sular ;
Tip1- İşlem görmüş kaynak suları ve Tip2- İçme ve kullanma suları olmak üzere 2 tiptir.

Analiz sonuçları değerlendirilerek, parametrelerin ovada dağılımını görmek amacıyla kirlilik haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar Surfer Version 8.00 Golden Software, Inc. yazılımıyla oluşturulmuştur. Bu yazılım başlıca topografik harita oluşturma ve 3D arazi modelleme gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, GPS TrackMaker® 12.3 yazılımıyla oluşturulan harita (base map) bu yazılımda altlık olarak kullanılmıştır. Bu şekilde programa aktarılan harita digitize edilmiştir.

Sayısallaştırılan haritada (xyz) koordinat değerleri yerine su kalitesi parametreleri girilmek suretiyle izohips türü harita ve eğriler oluşturulmuştur.

3.2.1. Sıcaklık, pH, EC ve TÇK

Sıcaklık, pH, EC ve TÇK parametreleri, numunelerin alındığı noktalarda YSI 6600 sonde cihazıyla (Şekil 3.7.) ölçülmüştür.



Şekil 3.7. YSI 6600 sonde cihazı

3.2.2. Katyon analizleri

Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ parametreleri, Varian marka Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometre cihazında (Şekil 3.8.) %1'lik nitrik asit ilave edilip çeşitli oranlarda seyreltilerek ölçülmüştür. Ca^{+2} analizleri EPA metot 7140, Mg^{+2} analizleri EPA metot 7450, Na^+ analizleri EPA metot 7770, K^+ analizleri EPA metot 7610'a göre (www.epa.gov) yapılmıştır. Atomik absorpsiyon cihazında ölçülen parametrelerin ölçüm aralığı; Ca^{+2} için 0-5 mg/l, Mg^{+2} için 0-0.8 mg/l, K^+ için 0-1.8 mg/l ve Na^+ için 0-1.5 mg/l'dir.



Şekil 3.8. Alevli atomik absorpsiyon spektrometre cihazı

3.2.3. Anyon analizleri

Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4 , NH_4-N , NO_2-N , NO_3-N parametreleri, Merck marka Spectroquant Multy Kolorimetre cihazı (Şekil 3.9.) ile hazır kitler kullanılarak ölçülmüştür



Şekil 3.9. Spectroquant multy kolorimetre cihazı

3.2.4. Bulanıklık

Bulanıklık parametresi, Jenway marka türbidimetre cihazı (Şekil 3.10.) ile ölçülmüştür.



Şekil 3.10. Türbidimetre cihazı

3.2.5. TOC

TOC parametresi, Shimadzu marka TOC cihazında (Şekil 3.11.) 680°C sıcaklıkta TC ve IC değerlerinin ölçülmesi ve bu değerlerin aritmetik farkının alınmasıyla elde edilmiştir. TOC analizleri, EPA metot 9060'a göre (www.epa.gov) yapılmıştır.



Şekil 3.11. TOC cihazı

3.2.6. Alkalinite

Alkalinite deneyleri TS 3790'a göre (TSE, 1998) yapılmıştır. Toplam alkaliniteden bikarbonat (HCO_3^-) değeri elde edilmiştir. Bikarbonat değerleri Ek 1 ve Ek 2'de verilen katyon-anyon dengesini hesaplamada kullanılmıştır.

3.2.7. % Na ve SAR

% Na ve SAR değerleri ölçülen parametrelerden hareketle aşağıda verilen formüllerle hesaplanmıştır. Burada verilen değerler mek/l cinsinden ifade edilen konsantrasyonlardır.

$$\%Na = \frac{100 * Na^+}{Na^+ + K^+ + Ca^{+2} + Mg^{+2}}$$

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}}$$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. İçmesuyu Özellikleri

4.1.1. Sıcaklık

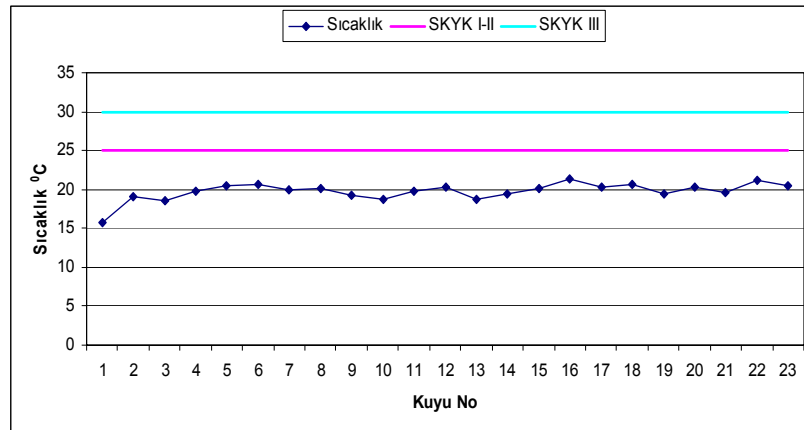
Suların sıcaklığı su tablasının derinliğine, jeografik enleme, yüksekliğe, etkin volkanizmaya bağlıdır. Sıcaklıklarına göre suların sınıflandırılması Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1.Suların sıcaklıklarına göre sınıflandırılması (Şahinci, 1991)

Sıcaklık °C	Su Sınıfı
+5°C'ye kadar	Çok soğuk sular
+10°C'ye kadar	Soğuk sular
+18°C'ye kadar	Çok az ılık sular
+25°C'ye kadar	Az ılık sular
+37°C'ye kadar	Ilık sular
>40°C	Sıcak sular

Örnekleme noktalarına ait ortalama sıcaklık verilerine göre, 1. örnekleme noktasındaki sular çok az ılık sular sınıfına girmektedir. Diğer örnekleme noktalarının tamamı ılık sular sınıfındadır.

Ortalama sıcaklık değerlerinin maksimum değeri 21.43 °C olarak 16. örnekleme noktasında (Yardımlı) , minimum değeri ise 15.67 °C olarak 1. örnekleme noktasında (Çamlıdere) ölçülmüştür.(Şekil.4.1.).

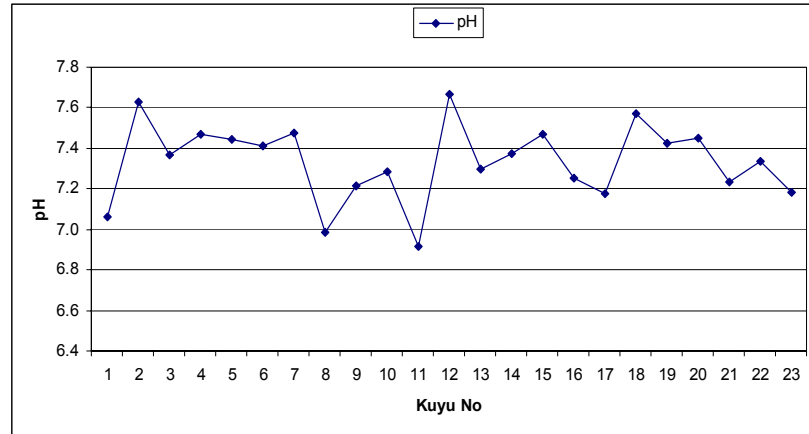


Şekil 4.1. Örnekleme noktalarındaki ortalama sıcaklık değerleri

Çalışma alanındaki tüm noktalarda ölçülen sıcaklık değerleri standartlarda belirtilen değer in altındadır. SKYK'ya göre sıcaklık bakımından tüm noktalar Sınıf YAS I değerlerine uygun olup yüksek kaliteli yer altı suyudur.

4.1.2. pH

Ortalama pH değerlerinin maksimum değeri 7.67 olarak 12. örnekleme noktasında (Çekçek) , minimum değeri ise 6.91 olarak 11. örnekleme noktasında (Uğurlu) ölçülmüştür.(Şekil.4.2.). Örnekleme noktalarının tamamında ölçülen pH değerleri, WHO ve 98/83/EC standartlarında belirtilen değerlere uygundur. TS 266'ya göre bu değerler Sınıf I-Tip 1 grubunda, SKYK'ya göre ise Sınıf YAS I (yüksek kaliteli yeraltı suları) grubundadır.



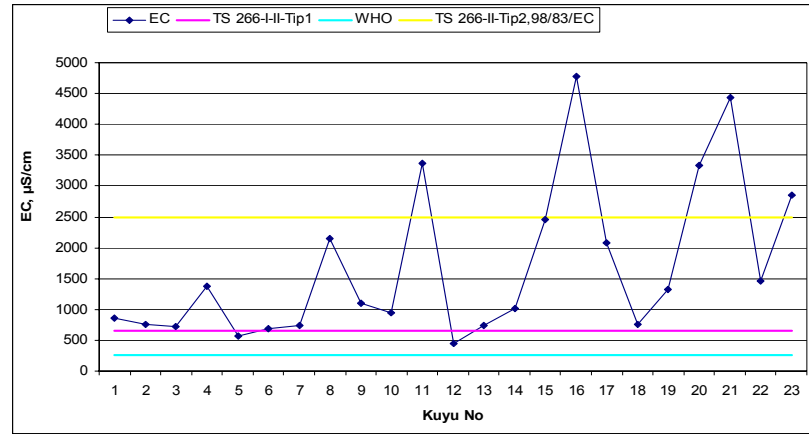
Şekil 4.2. Örnekleme noktalarındaki ortalama pH değerleri

Yeraltısularının pH'si, CO_2 -($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$) dengesinin etkisindedir. CO_2 gazının suda çözünme miktarı, basınç ve sıcaklığa bağlıdır. Bu nedenle kuyulardan yapılan pompajla pH değişebilir. Örnekleme noktalarına ait pH değerlerinde çok büyük bir değişkenlik gözlenmemekle beraber, pH değerleri arasındaki bu farklılığın kuyulardaki pompaların basınçlarının farklı olmasından kaynaklandığı sonucuna varılabilir.

4.1.3. EC ve TÇK

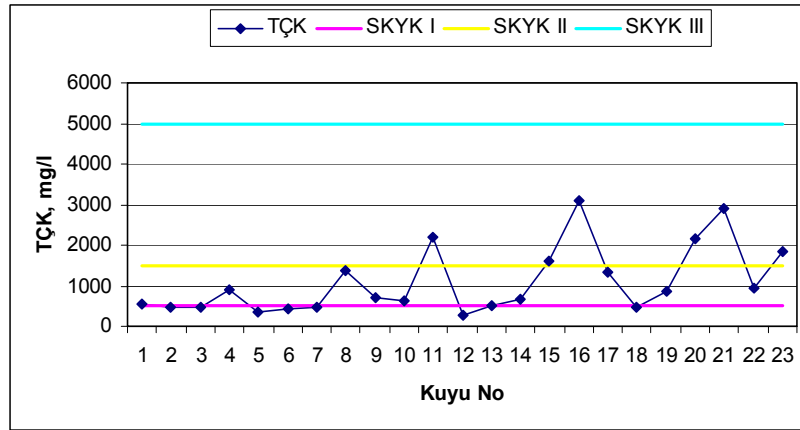
Elektriksel iletkenlik bir maddenin elektrik akımını iletme yeteneğidir. Elektriksel iletkenlik sıcaklıkla artar. Şekil 4.3 ve Şekil 4.4.'te görüldüğü gibi sularda TÇK ile EC arasında doğrusal bir ilişki vardır.

Ortalama EC ve TÇK değerlerinin maksimum değerleri sırasıyla 4774.98 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 3102.93 mg/l olarak 16. örnekleme noktasında (Yardımlı) , minimum değerleri ise 445.12 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 289.30 olarak 12. örnekleme noktasında (Çekçek) ölçülmüştür.



Şekil 4.3. Örnekleme noktalarındaki ortalama EC değerleri

EC grafiğinde görüldüğü gibi örnekleme noktalarının tümü WHO'da belirtilen 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerinin üzerindedir. 98/83/EC'ye göre ise 11,16, 20, 21 ve 23 nolu noktalarda sınır değerlerin üzerine çıkmıştır. Bu noktalar ovada tuzlulaşmanın görüldüğü alanlara yakın olduğundan EC değerleri daha yüksektir. EC bakımından TS 266'ya göre yalnızca 5 ve 12 nolu örnekleme noktaları Sınıf I-Tip 1 özelliğinde olup, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 17, 18, 19 ve 22 nolu noktalar Sınıf II-Tip 2 özelliği taşımaktadırlar. Diğer noktalar ise bu sınır değerlerin de üstündedir.



Şekil 4.4. Örneklem noktalarındaki ortalama TÇK değerleri

TÇK miktarı EC ile doğru orantılı olduğundan, EC konsantrasyonunun yüksek olduğu noktalarda TÇK miktarı da yüksektir. TÇK parametresi bakımından SKYK'ya göre sınıflandırma yapılacak olursa, grafikten de anlaşılacağı üzere; 2, 3, 5, 6, 7, 12, 13 ve 18. noktalar yüksek kaliteli yeraltı suları; 1, 4, 8, 9, 10, 14, 17, 19 ve 22. noktalar orta kaliteli yeraltı suları; 11, 15, 16, 20, 21 ve 23. noktalar düşük kaliteli yeraltı suları sınıfındadır.

Yeraltısularının TÇK miktarına göre başka bir sınıflaması Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

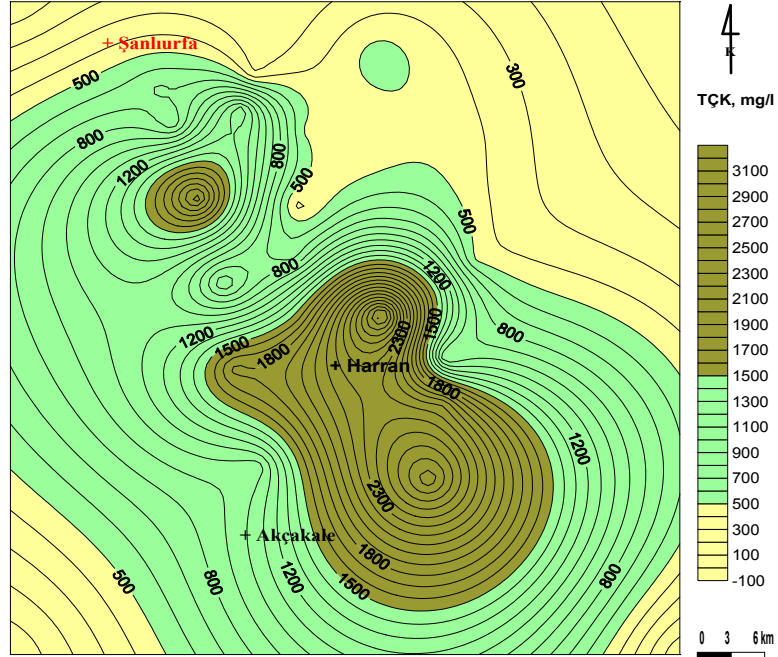
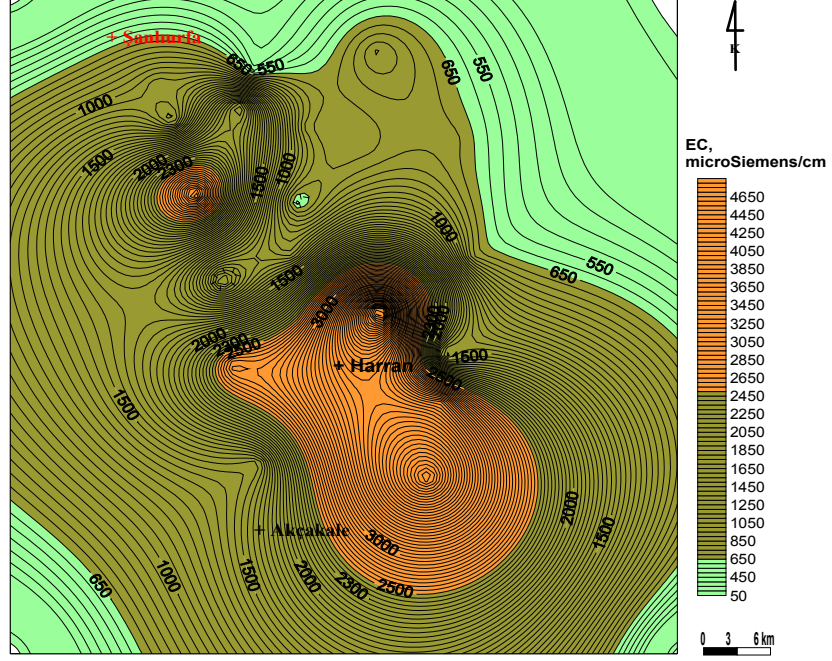
Çizelge 4.2. TÇK miktarına göre yeraltısularının sınıflandırılması (Subramani ve ark., 2005)

TÇK (mg/l)	Su Sınıfı
0-1 000	Tatlı su
1 000-10 000	Acı su
10 000-100 000	Tuzlu su
>100 000	Deniz suyu

Bu sınıflamaya göre 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 18, 19 ve 22 nolu örneklem noktaları tatlı su, 8, 11, 15, 16, 17, 20, 21 ve 23 nolu örneklem noktaları ise acı su sınıfına girmektedir.

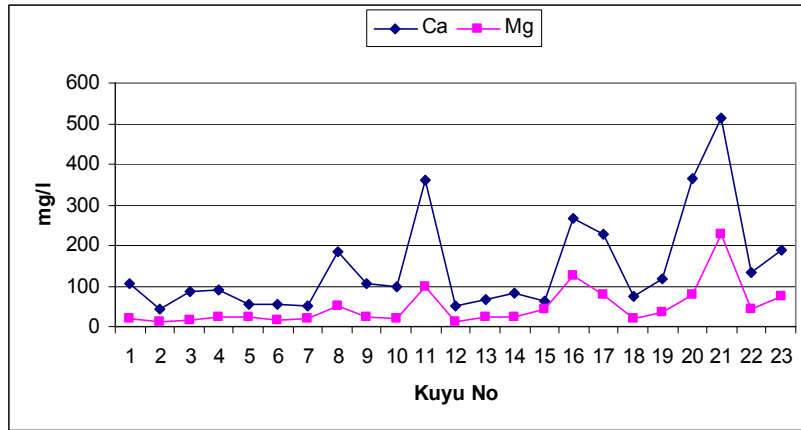
EC ve TÇK'nın ovadaki yayılımını görmek amacıyla oluşturulan kirlilik haritaları Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'da verilmiştir. EC haritası, TS 266' da verilen sınıflamaların sınır değerlerine göre oluşturulmuştur. EC haritasında, açık yeşille gösterilen alanlar TS 266'da belirtilen kaynak suları özelliği taşıyan Sınıf I-Tip 1

suları, turuncu renkle gösterilen bölüm ise EC'nin 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den daha büyük olduğu sınır değerleri aştığı kirli bölgeleri göstermektedir. TÇK haritası SKYK'ya göre oluşturulmuştur. Buna göre, sarı bölge Sınıf YAS I, açık yeşil bölge Sınıf YAS II, koyu yeşil bölge ise Sınıf YAS III'ü göstermektedir.



4.1.4. Kalsiyum ve magnezyum

Yeraltisularında kalsiyumun kökeni kalsit, aragonit, dolomit, anhidrit ve jipstir. Kalsiyum, evriminin büyük bir kısmını yeraltisularında geçirir; hareketli ve hafif tuzlu sularda genellikle bol miktarda bulunur. Atmosfer basıncının ve sıcaklığın artması, sudaki kalsiyum miktarını artırır. Yeraltisularında kalsiyumdan sonra en fazla rastlanan katyon, magnezyumdur. Magnezyum, yeraltisularına çoğunlukla magnezyumlu kalker, dolomit ve serpantizasyon sonucu açığa çıkan magnezyum karbonatın çözülmesi sonucu karışır. Yeraltisularında kalsiyum iyonu genellikle magnezyum iyonundan fazladır. Örnekleme noktalarında ölçülen Ca^{+2} ve Mg^{+2} değerleri grafiğe aktarıldığı zaman bu durum daha net görülmektedir (Şekil 4.7.). Çalışmada Ca^{+2} ve Mg^{+2} 'nin maksimum değerleri sırasıyla 512.78 mg/l ve 227 mg/l olarak 21. örnekleme noktasında (Altılı), Ca^{+2} 'nin minimum değeri 44.56 mg/l olarak 2. örnekleme noktasında (Karabayır), Mg^{+2} 'nin minimum değeri 11.15 mg/l olarak 12. örnekleme noktasında(Çekçek) ölçülmüştür.



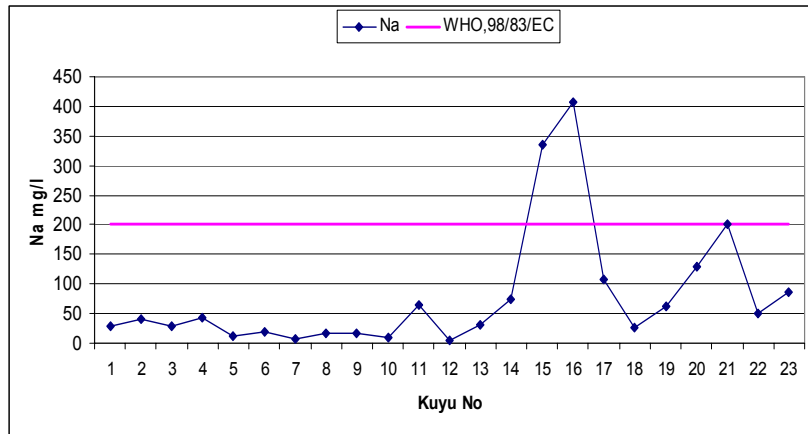
Şekil 4.7. Örnekleme noktalarındaki ortalama Ca^{+2} ve Mg^{+2} değerleri

Ca^{+2} ve Mg^{+2} 'nin suda fazla miktarda bulunması sertliğe yol açarak suyun kalitesini etkiler. Ancak sulama sularında bol miktarda bulunmaları sodyum tehlikesini azalttığından yararlıdır.

4.1.5. Sodyum

Yeraltıları sulama suyu olarak kullanıldığında, özellikle killi topraklar için sodyum miktarı çok önemlidir. Killi topraklar sodyumca zengin yeraltıları ile sulandıklarında, baz değişimi sonucu, topraktaki sodyum miktarı gittikçe artar. Böylelikle sıkı ve düşük permeabiliteli Alkali Topraklar oluşur. Bundan dolayı sulama suyu sınıflamalarında, sodyum esas ölçüt olarak alınır.

Örnekleme noktalarındaki en yüksek sodyum değeri 407.15 mg/l olarak 16. örnekleme noktasında (Yardımlı), en düşük değeri ise 5.43 mg/l olarak 12. örnekleme noktasında (Çekçek) ölçülmüştür. Sodyum parametresi 15, 16 ve 21. noktalarda WHO ve 98/83/EC standartlarını aşmıştır (Şekil 4.8.). Diğer noktalarda ölçülen değerler bu standartlarda verilen sınır değerlerin altındadır.

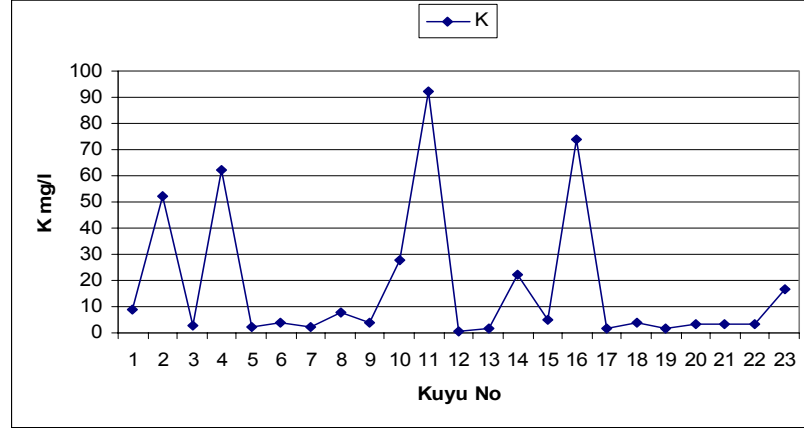


Şekil 4.8. Örnekleme noktalarındaki ortalama Na⁺ değerleri

4.1.6. Potasyum

Yeraltılarındaki potasyum miktarı, potasyum içeren minerallerin bozunumuna, duraylı potasyum minerallerinin oluşmasına, iyon değişimine ve gözenek sularının yeraltılarını beslemesine bağlıdır. Sodyum, kalsiyum ve magnezyumun aksine, yeraltılarında fazla miktarda potasyum bulunmaz.

Örnekleme noktalarının birçoğunda potasyum parametresi çok düşük olarak ölçülmüştür. Potasyumun maksimum değeri 92.06 mg/l olarak 11. noktada (Uğurlu) ölçülmüştür.

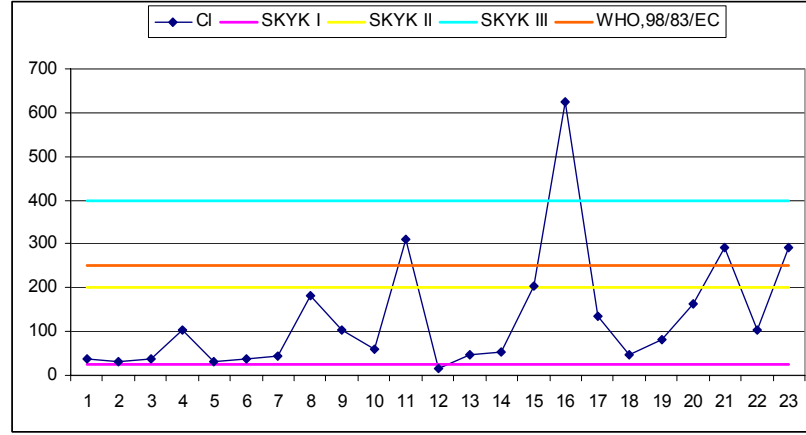


Şekil 4.8. Örnekleme noktalarındaki ortalama K⁺ değerleri

4.1.7. Klorür

Yeraltısularındaki klorür miktarı genellikle yağışlı bölgelerde az, kurak bölgelerde çoktur. Yüksek derişimdeki klorür iyonu, bitkilerin gelişmesini engeller. Bitkiler tarafından kolayca soğrulan klorür iyonu, bitki dokularında ve yapraklarda birikerek yaprak yanmasına neden olur. Tuz yataklarının bulunuşu, yapay tarım gübrelere, fabrika, lağım suları, çürümüş hayvan ve bitki artıklarının, buzlanmayı önlemek için yollara atılan tuzların yeraltısularına karışması sonucu klorür miktarı artabilir.

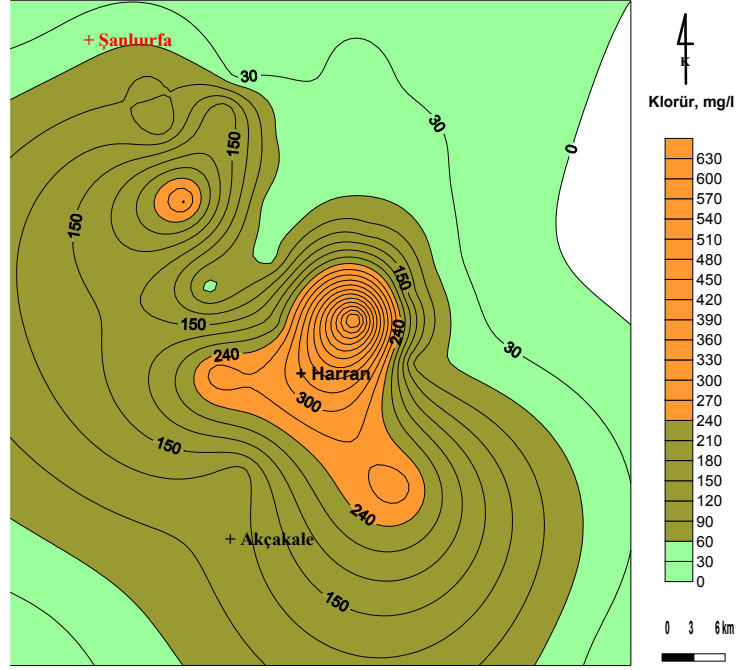
Örnekleme noktalarında klorür iyonu, tuzlulaşmanın fazla olduğu bölgelerde daha yüksek değerlerde ölçülmüştür. Klorürün maksimum değere ulaştığı nokta 625.75 mg/l ile 16. nokta (Yardımlı), minimuma ulaştığı nokta ise 15.63 mg/l ile 12. noktadır (Çekçek). 11, 16, 21 ve 23. noktalarda klorür değerleri WHO ve 98/83/EC standartlarında belirtilen değerlerin üzerinde ölçülmüştür (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Örneklem noktalarındaki ortalama Cl değerleri

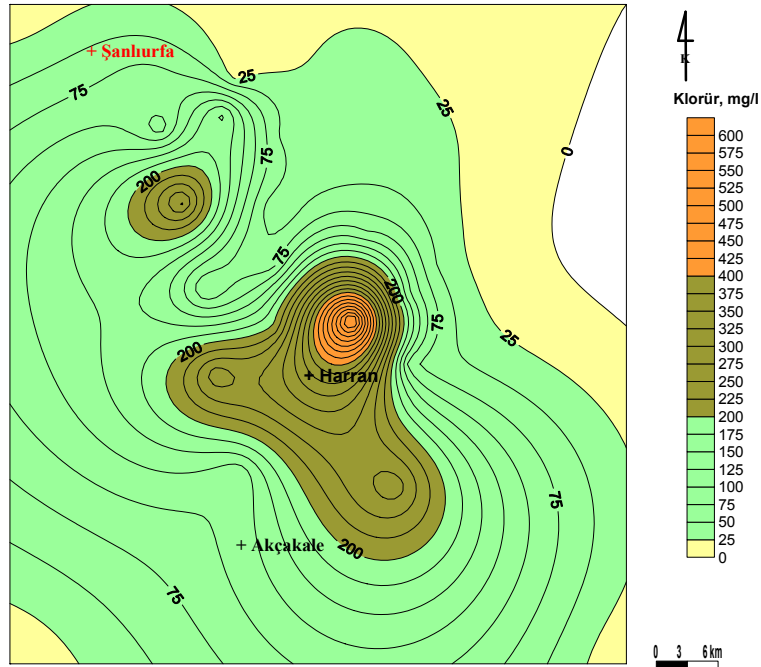
Ortalama klorür iyonu değerlerini SKYK'ya göre kıyaslırsak; 12. nokta yüksek kaliteli yeraltı suları, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 17, 18, 19, 20 ve 22. noktalar orta kaliteli yeraltı suları, 11, 15, 16, 21 ve 23. noktaların ise düşük kaliteli yeraltı suları sınıfında olduğunu görebiliriz. TS 266'ya göre sadece 12 nolu örneklem noktası 1.Sınıf- Tip 1'de belirtilen değere uygundur. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20 ve 22 nolu örneklem noktaları 2. Sınıf- Tip 2 özelliği göstermektedir. Bunların dışında kalan noktalar maksimum sınır değerlerin de üzerinde ölçülmüştür.

Örneklem noktalarından elde edilen sonuçlar haritalandırılarak kirliliğin ovadaki dağılımının izlenmesi amaçlanmıştır (Şekil 4.10 ve 4.11.). Harita incelendiği zaman, Harran Ovası'ndaki klorür dağılımının EC ve TÇK parametrelerinin dağılımıyla benzerlik gösterdiği görülecektir. Klorür için hem TS 266 hem de SKYK'ya göre harita oluşturulmuştur. Şekil 4.10'da açık yeşille gösterilen alanlar TS 266 Sınıf I-Tip 1, koyu yeşille gösterilen alanlar Sınıf II-Tip 2'yi göstermektedir. Turuncu alanlar ise klorürün sınır değerleri aştığı kirli alanları göstermektedir.



Şekil 4.10. Cl'nin ovadaki dağılımı (TS 266'ya göre)

Şekil 4.11'de sarı renkli alanlar Sınıf YAS I, açık yeşil renkli alanlar Sınıf YAS II, koyu yeşil alanlar ise Sınıf YAS III'ü temsil etmektedir. Turuncu alanlar diğer haritada olduğu gibi klorür bakımından kirli olan alanları temsil etmektedir.

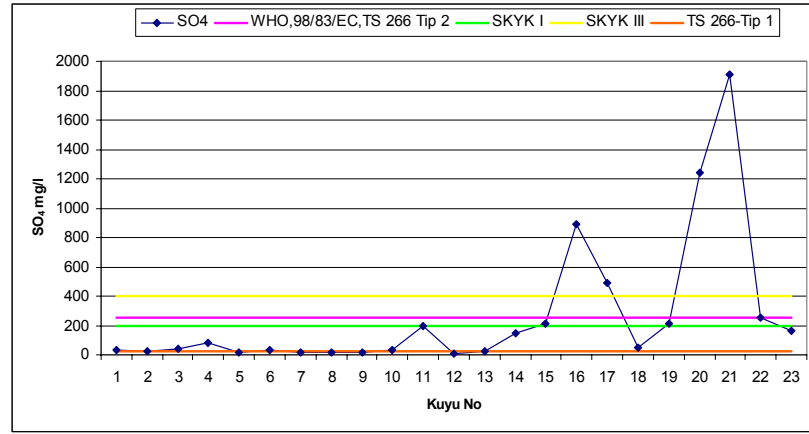


Şekil 4.11. Cl'nin ovadaki dağılımı (SKYK'ya göre)

4.1.8. Sülfat

Yeraltısularındaki sülfatın büyük bir kısmı jips ve anhidritten ileri gelmektedir. Sülfatın, tarımda toprağın tuzluluğunu arttırması dışında zararlı etkisi yoktur.

Örnekleme noktalarından elde edilen maksimum sülfat değeri 1908 mg/l olarak 21. noktada (Altılı), minimum sülfat değeri ise 4.13 mg/l olarak 12. noktada (Çekçek) ölçülmüştür (Şekil 4.12).

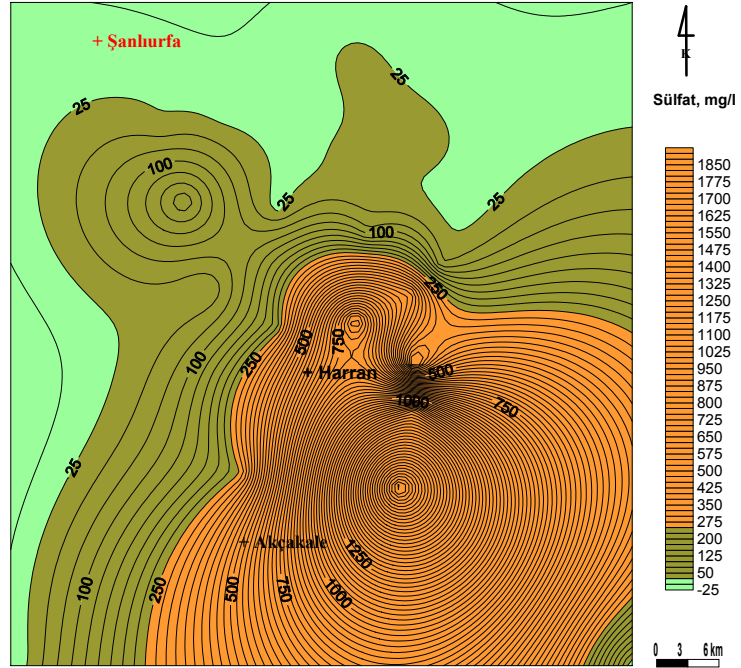


Şekil 4.12. Örnekleme noktalarındaki ortalama SO_4^{2-} değerleri

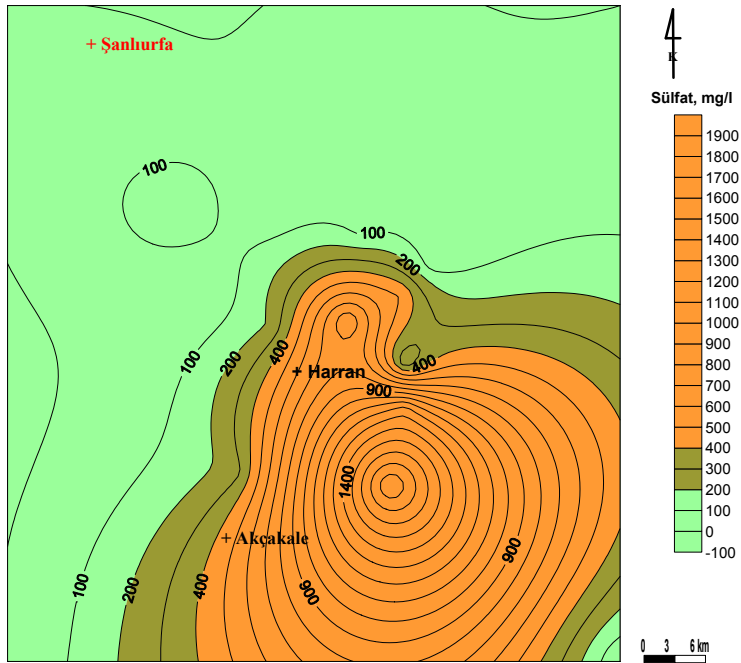
Grafik incelendiğinde 16, 17, 20, 21 ve 22. noktalarda sülfat değerlerinin, WHO ve 98/83/EC standartlarının öngördüğü sınır değerleri aştıkları görülmektedir. SKYK'ya göre sülfat bakımından 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18 ve 23 nolu kuyular yüksek kaliteli yeraltı suları; 15, 19 ve 22. noktalar düşük kaliteli yeraltı suları sınıfındadır. 16, 17, 20 ve 21. noktalar SKYK'daki sınır değerlerin oldukça üstündedir. TS 266'ya göre 5, 7, 8, 9 ve 12 nolu örnekleme noktaları kaynak suları sınıfında, 1, 2, 3, 4, 6, 10, 11, 13, 14, 15, 18, 19 ve 23 nolu noktalar kaynak suları dışındaki tüketim amaçlı sular sınıfına girmektedir. Diğer noktalar ise bu standardın maksimum değerini de aşmıştır.

Sülfat, toprağın tuzluluğunu arttıran bir etkendir. Sülfat parametresi ovada tuzlulaşmanın yaygın olarak görüldüğü Harran-Akçakale civarında yüksek değerlere

ulaşmıştır. Şekil 4.13. ve 4.14.te bu kirliliğin dağılımı daha net olarak görülebilmektedir.



Şekil 4.13. SO_4^{2-} 'nin ovadaki dağılımı (TS 266'ya göre)



Şekil 4.14. SO_4^{2-} 'nin ovadaki dağılımı (SKYK'ya göre)

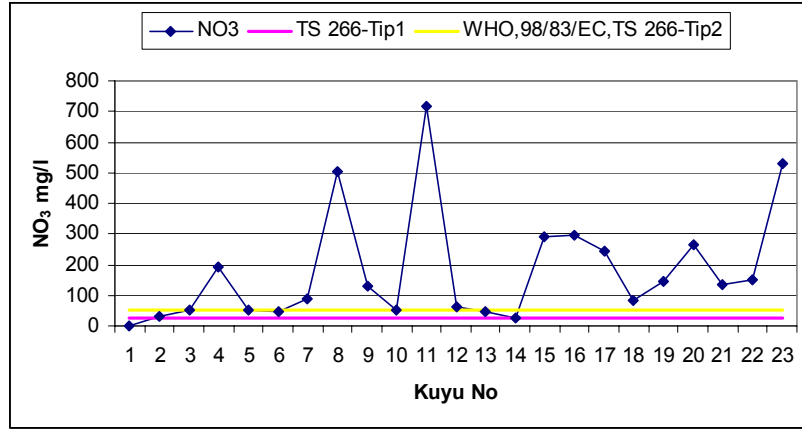
Şekil 4.13 TS 266'ya, Şekil 4.14 SKYK'ya göre oluşturulmuş olup her iki haritada da turuncu renkle gösterilen alanlar, SO_4 açısından kirli olan alanları belirtmektedir.

4.1.9. Nitrat

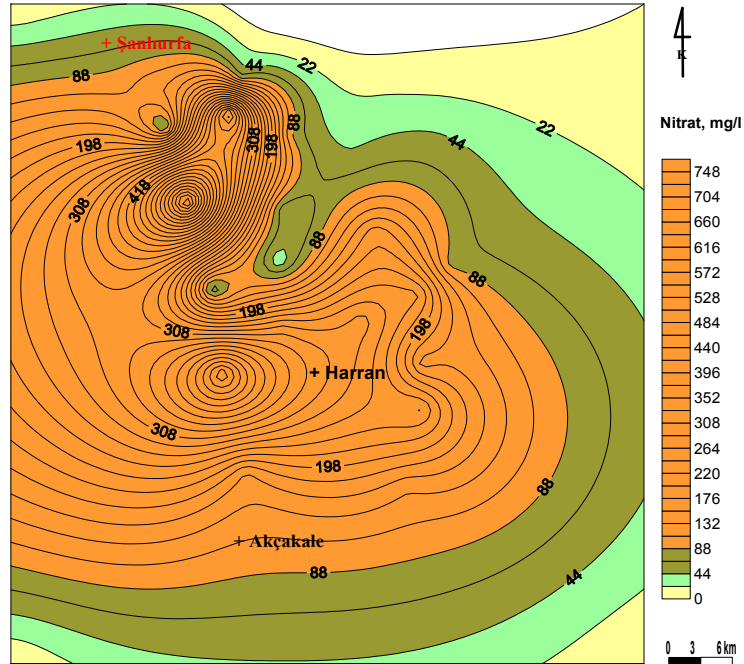
Yeraltısuyundaki azot konsantrasyonu biyosfer kökenlidir (Saleh, 1999). Atmosferdeki miktarı sabit olan azot, toprak bakterileri tarafından amonyuma mineralize olur. Aerobik şartlar altında azot, nitrifikasyon bakterileri tarafından son ürün olan nitrate dönüştürülür (Tindall ve ark., 1995). Nitrat, suda yüksek oranda çözünen ve toprak tanecikleri tarafından tutulmayan bir anyondur. Fazla miktarda organik ve inorganik gübre kullanıldığında aniden fazlalaşan nitrat, bitki tarafından tamamen kullanılamaz. Nitrat fazlası yağmur ve sulama suyu ile topraktan yıkanarak taban suyuna ve hızlı bir şekilde de yeraltısuyuna ulaşır. Böylece kirliliğe neden olur (Zoporozec ve Miller, 2000).

Örnekleme noktalarında nitratın maksimum değeri 718.96 mg/l olarak 11.noktada (Uğurlu), minimum değeri ise 2.34 mg/l olarak 1.noktada (Çamlıdere) ölçülmüştür. Nitrat konsantrasyonu 1, 2, 6, 13 ve 14 nolu noktalarda WHO ve 98/83/EC standartlarında verilen değerlere uygundur, diğer tüm noktalarda bu standartların üst limitlerini aşmıştır (Şekil 4.15.). SKYK'ya göre sadece 1 nolu örnekleme noktası yüksek kaliteli yeraltı suları; 2 ve 14 nolu noktalar orta kaliteli yeraltı suları; 3, 5, 6, 7, 10, 12, 13 ve 18. noktalar ise düşük kaliteli yeraltı suları sınıfındadır. Diğer noktalarda ölçülen değerler SKYK'daki sınıflamalarda verilen üst limitlerin üzerindedir. TS 266'ya göre 1. nokta Sınıf I-Tip 1; 2, 6, 13 ve 14. noktalar ise Sınıf II-Tip 2 sınıfındadır. Bunların dışındaki tüm noktalarda TS 266'da belirtilen üst değerler aşılmıştır.

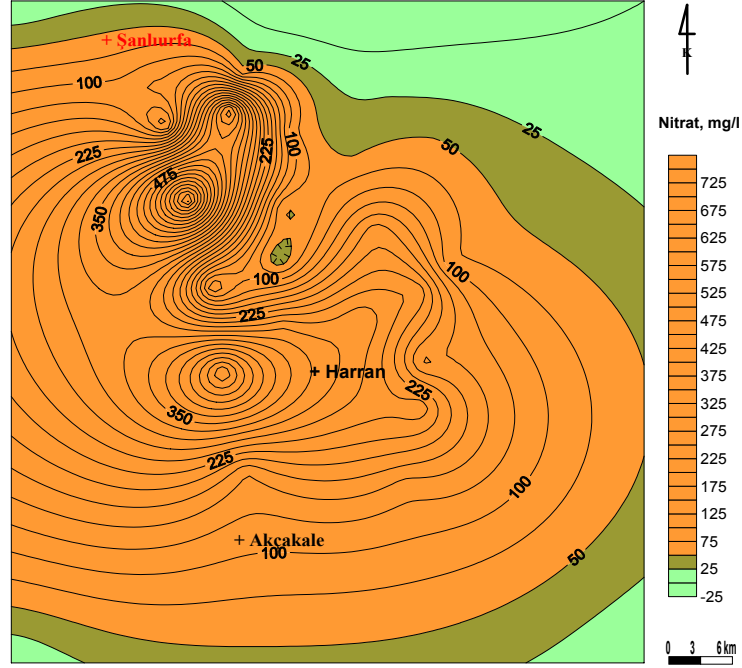
Topraktan yıkanarak yeraltısuyuna ulaşan nitrat, yeraltısuyunun akış yönünde ilerler. Çalışma alanında yeraltısuyu akış yönü KB-GD olduğundan, nitrat konsantrasyonu daha çok ovanın güneydoğu bölümünde yüksek çıkmıştır.

Şekil 4.15. Örnekleme noktalarındaki ortalama NO₃ değerleri

Bitki ihtiyacından fazla miktarda azotlu gübrenin toprağa verilmesi sonucu toprakta biriken azot, nitrata dönüşerek yağışla veya sulamayla yeraltısuyunu kirletici etki yapar. Ovada bilinçsiz tarım uygulamaları sonucu nitrat konsantrasyonu yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu değerler haritaya aktarıldığında kirliliğin boyutu daha net görülmektedir (Şekil 4.16.).

Şekil 4.16. NO₃'ün ovadaki dağılımı (SKYK'ya göre)

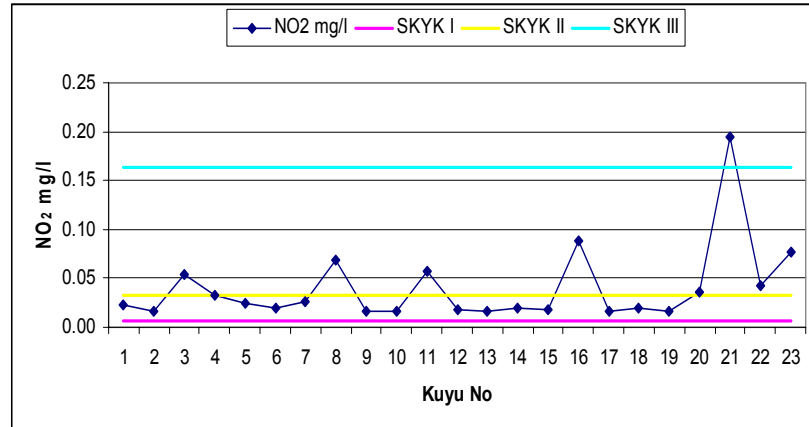
Haritada (Şekil 4.16) sarı renkli alanlar Sınıf YAS I, açık yeşil renkli alanlar Sınıf YAS II, koyu yeşil alanlar Sınıf YAS III'ü göstermektedir. Her iki haritada turuncu renkle gösterilen alanlar kirliliğin yayılımını göstermektedir.

Şekil 4.17. NO_3 'ün ovadaki dağılımı (TS 266'ya göre)

4.1.10. Nitrit

NO_2 iyonu oksijenin bulunduğu ortamda kararsız olduğundan, $\text{NO}_3\text{-NH}_3$ arasında geçiş formu olarak bulunur (McNeely ve ark., 1979).

Yeraltısuyunda NO_2 bulunuşu, hayvansal ve evsel atıklarla yeni ve taze kirlenme belirtisidir. Ovadaki nitrit değerleri 0.016- 0.195 mg/l arasında değişmektedir. En yüksek değerine 21. noktada (Altılı) ulaşmıştır (Şekil 4.18.).

Şekil 4.18. Örnekleme noktalarındaki ortalama NO_2 değerleri

Grafikten de anlaşılacağı üzere SKYK sınıflamasına göre hiçbir nokta yüksek kaliteli yeraltı suları sınıfında yer almamıştır. 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 18 ve 19. noktalarda orta kaliteli yeraltı suları; 3, 8, 11, 16, 20, 22 ve 23. noktalarda ise düşük kaliteli yeraltı suları sınıfındadır. 21. nokta bu sınıflamalarda belirtilen değerlerin üstündedir. TS 266'ya göre tüm örnekleme noktaları sınıf 1'e dahildir. Ayrıca tüm noktalar 98/83/EC standardına uygundur.

4.1.11. Amonyum

Amonyum, azotun nitrata dönüşümü sürecinde bir geçiş aşamasıdır. Amonyaklaşma süreci içinde oluşan amonyum iyonları bir yandan bitki besin maddesi olarak tüketilir, diğer yandan da oksijenli ve yeterli tampon kapasitesi olan ortamlarda belirli kemolitototrof organizmalar tarafından nitrit ve daha sonra da nitrata yükseltgenir.

Örnekleme alanındaki NH_4 değerleri genel olarak 0.09 mg/l'nin altındadır. Maksimum olduğu nokta 0.055 mg/l olarak 22. noktada (Bolatlar) kaydedilmiştir. Örnekleme noktalarındaki ortalama amonyum değerleri Çizelge 4.3.'de verilmiştir. Bu değerlerin tümü SKYK'ya göre yüksek kaliteli yeraltı sularıdır. TS 266'ya göre tüm noktalar Sınıf I-Tip 1'e dahildir.

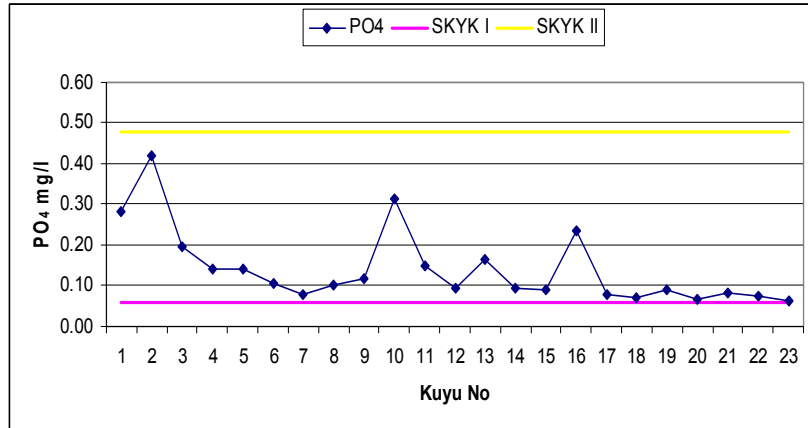
Çizelge 4.3. Örnekleme noktalarındaki ortalama NH_4 değerleri

Kuyu No	Mevki	NH_4 mg/l
1	Çamlidere	<0.009
2	Karabayır	<0.009
3	İkiğiz	0.03
4	Vergili	<0.009
5	Yardımcı	0.009
6	Mutluca	<0.009
7	Günbalı	0.009
8	Kısa	<0.009
9	Konuklu	<0.009
10	Hancağz	<0.009
11	Uğurlu	0.042
12	Çekçek	<0.009
13	Ozanlar	<0.009
14	Keçikıran	<0.009

15	Kızıldoruç	<0.009
16	Yardımlı	0.019
17	Özlü	<0.009
18	Olgunlar	<0.009
19	Yaygılı	<0.009
20	Çepkenli	<0.009
21	Altılı	0.022
22	Bolatlar	0.055
23	Uğraklı	<0.009

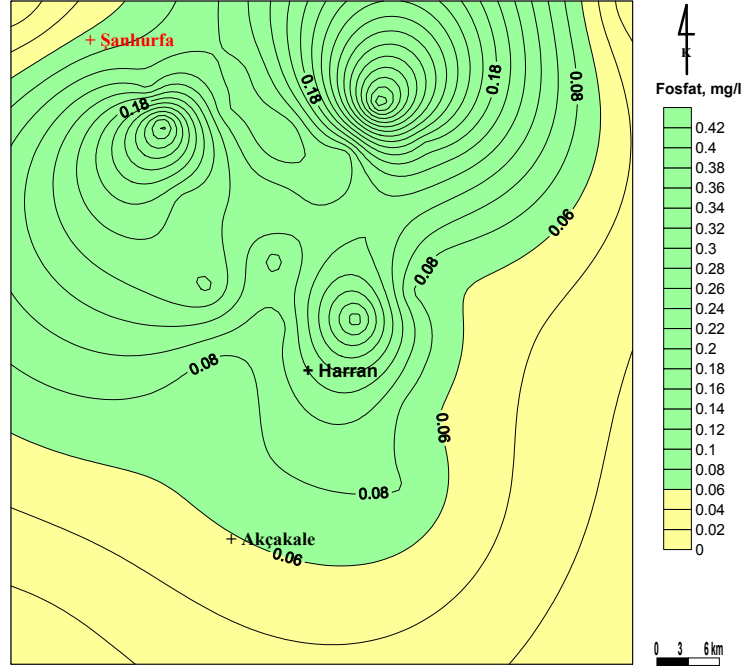
4.1.12. Fosfat

Örnekleme noktalarında PO_4 parametresinin ortalama değerlerinin maksimum olduğu nokta 0.42 mg/l ile 2. nokta (Karabayır), minimum olduğu nokta ise 0.06 mg/l ile 23. noktadır (Uğraklı). SKYK'ya göre sadece 23 nolu örnekleme noktası yüksek kaliteli yeraltı suları, diğer noktaların tamamı orta kaliteli yeraltı suları sınıfındadır (Şekil 4.19.).



Şekil 4.19. Örnekleme noktalarındaki ortalama PO_4 değerleri

Çalışma alanında fosfat parametresi bakımından kirlilik mevcut değildir. Fosfatın ovadaki dağılımı Şekil 4.20'de görülmektedir. Fosfat haritası SKYK'da belirtilen sınır değerler baz alınarak oluşturulmuştur. Haritada sarı renkle gösterilen bölgeler Sınıf YAS I'i, yeşil renkle gösterilen bölgeler ise Sınıf YAS II'yi temsil etmektedir.

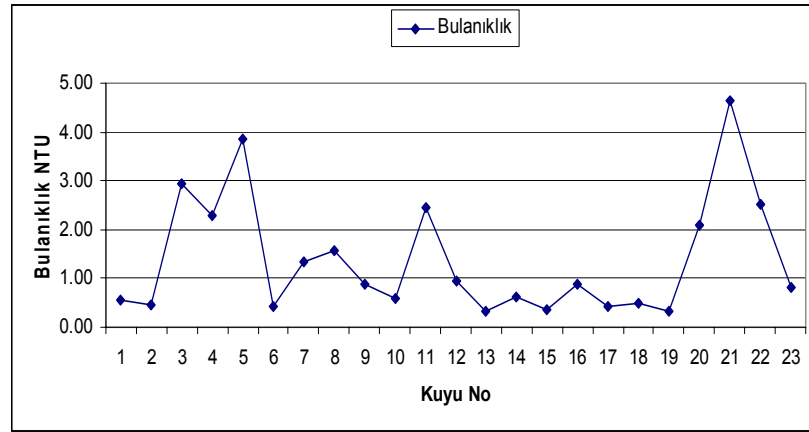


Şekil 4.20. PO₄ parametresinin ovadaki dağılımı

4.1.13. Bulanıklık

Bulanıklılık askıda katı maddelerden yani kil, silt ve çok küçük organik ve inorganik partiküllerden kaynaklanmaktadır. Bulanıklılık ve askıda katı madde suyun görünüşünü etkileyen parametre olduğu için tüketici memnuniyetinde çok önemlidir. Ayrıca bu partiküller suda patojenik mikroorganizmalar, ağır metaller, klorlanmış hidrokarbonlar vb. olarak bulunur (Federal Register, 1985). Genellikle yeraltı suyu akımının yavaş olduğu daneli akiferlerin (kum, kumtaşı, alüvyon) sularında ender olarak asılı maddeler bulunur. Eğer kuyu sularında bulanıklık izlenirse kaptajın veya koruma tesislerinin iyi yapılmadığını, bu nedenle asılı maddelerle yüklü suların doğrudan akifere girdiğini kanıtlar. Suda bulunan demirin oksitlenmesi de bulanıklığa yol açabilir.

İnceleme alanındaki bulanıklık verileri 0.33-4.63 NTU arasında değişmekte olup, en yüksek değere 21.noktada (Altılı) ulaşmıştır (Şekil 4.21.). Bütün noktalarda ölçülen değerler standartlarda belirtilen 5 NTU'nun altındadır.

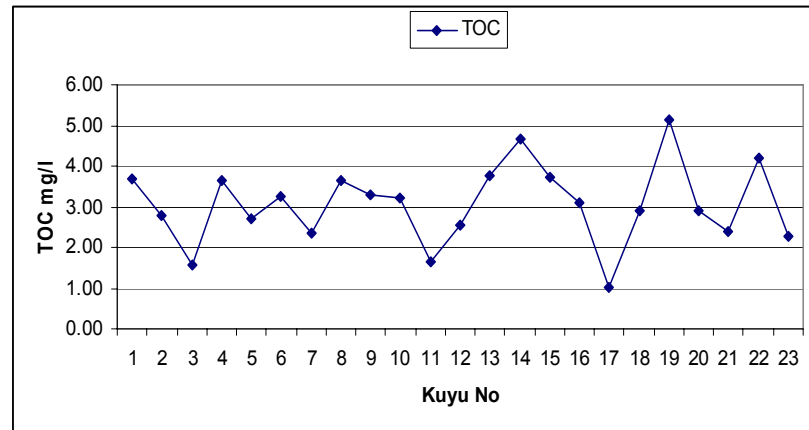


Şekil 4.21. Örnekleme noktalarındaki ortalama bulanıklık değerleri

4.1.14. TOC

Doğal su kaynaklarında organik karbon ölçümü; kirliliğin izlenmesinde, ekolojik çalışmalarda hızlı ve basit bir yöntem olup, organik ve inorganik ölçümleri, karbon çevrimi ve doğal sularda oluşumu hakkında sayısal bilgi vermektedir. Halk sağlığı çalışmalarında organik karbon ölçümleri içme suyu kaynaklarında toksik organik maddelerin ve TOC azalmasının izlenmesinde kesin olmayan bir değerlendirme sağlar (Aydın ve Ateş, 2001).

Örnekleme noktalarında TOC parametresinin maksimum değeri 5.13 mg/l olarak 19.noktada (Yaygılı), minimum değeri ise 1.03 mg/l olarak 17.noktada (Özlü) ölçülmüştür (Şekil 4.22.). SKYK'ya göre 19. nokta orta kaliteli yeraltı suları, diğer tüm noktalar yüksek kaliteli yeraltı suları sınıfındadır.

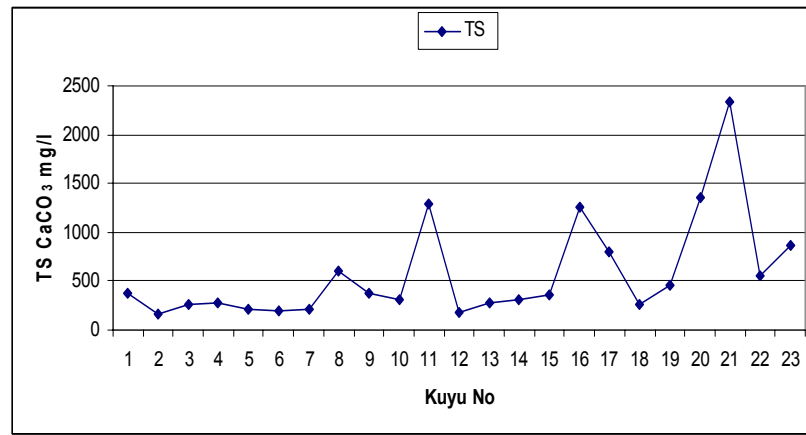


Şekil 4.22. Örnekleme noktalarındaki ortalama TOC değerleri

4.1.15. Toplam sertlik

Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları, doğal sularda oluşan sertliğin büyük bir kısmını meydana getirirler. Bu sertlik çok az hata ile toplam sertlik olarak kabul edilir.

Çalışma alanında Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları genel olarak çok yüksek olduğu için toplam sertlik değerleri de yüksektir. Toplam sertlik parametresinin en yüksek değeri 2336.46 mg/l olarak 21. noktada (Altılı) hesaplanmıştır (Şekil 4.23).



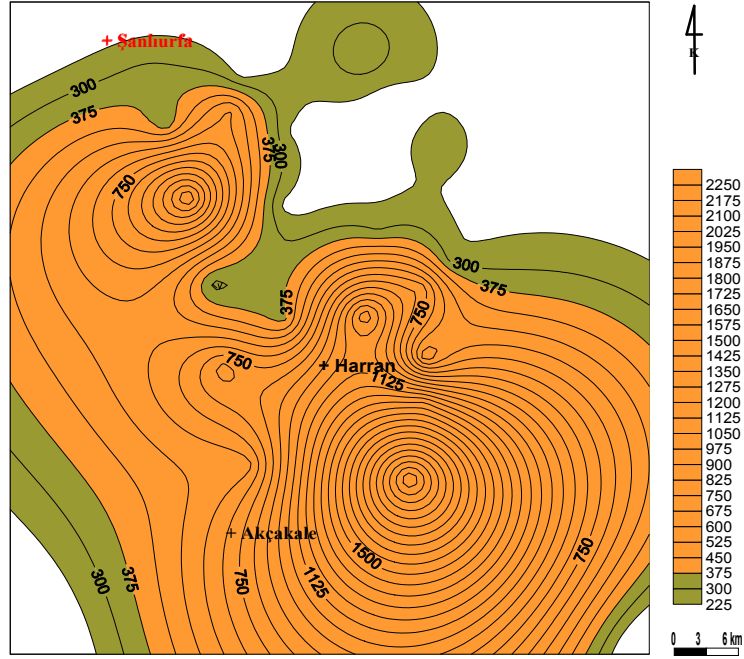
Şekil 4.23. Örneklem noktelerindeki ortalama Toplam Sertlik değerleri

Suların sertlik derecelerine göre sınıflaması Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Suların sertliklerine göre sınıflaması (Subramani ve ark., 2005)

Toplam Sertlik CaCO ₃ mg/l	Su Sınıfı
0-75	Yumuşak
75-150	Orta sert
150-300	Sert
>300	Çok sert

Bu sınıflamaya göre çalışma alanında yumuşak ve orta sert suya rastlanmamıştır. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13 ve 18 nolu noktalar sert su, diğer tüm noktalar ise çok sert su sınıfına girmektedir. Ovadaki sertlik dağılımının görülmesi açısından bu veriler haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.24.). Bu haritada yeşille gösterilen alanlar toplam sertliğin 150-300 mg/l arasında olduğu bölgeleri, turuncu ile gösterilen alanlar ise toplam sertliğin >300 mg/l olduğu bölgeleri göstermektedir.



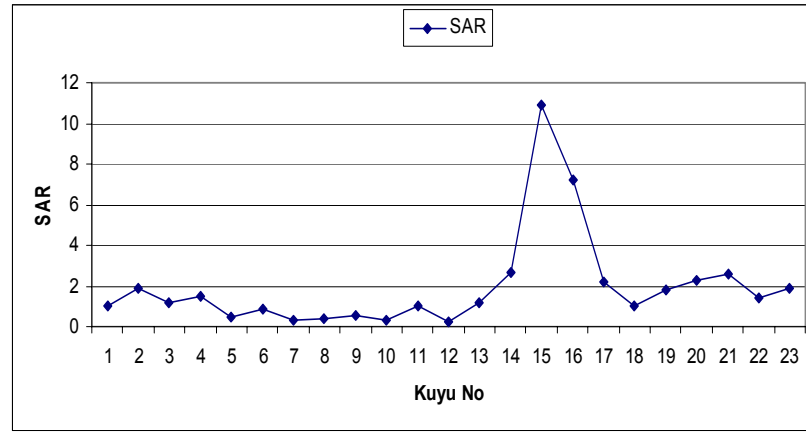
Şekil 4.24. Toplam sertliğin ovadaki dağılımı

4.2. Sulama Suyu Özellikleri

4.2.1. SAR

Yeraltısularının sulama suyu olarak kullanılmasının uygunluğunu belirlemede sodyum adsorpsiyon oranı önemli bir parametredir (Subramani ve ark., 2005). Sulama sularında sodyum miktarı önemli bir yer tutar. Sulama sularındaki fazla sodyum toprak gözeneklerinin tıkanmasına neden olur, toprağın hava ve su geçirgenliğini azaltır, toprağın pH değerini zararlı seviyelere yükseltir. Toprağın üst seviyelerinde soğurulan sodyum toprak yüzeyinde kaymak şeklinde sert bir kabuğun oluşmasına neden olur. Sodyumlu sularla sulanan bitkiler, türüne bakılmaksızın ya az gelişirler, ya da hiç gelişmezler.

Çalışma alanında SAR değerleri 2 nokta dışında genel olarak birbirine yakın değerdedir. SAR'ın maksimum değeri 10.91 olarak 15. noktada (Kızıldoruç) bulunmuştur (Şekil 4.25.).



Şekil 4.25. Örneklem noktalarındaki ortalama SAR değerleri

SAR'a göre sulama sularının sınıflaması Çizelge 4.5'te verilmiştir. Bu sınıflamaya göre 15 nolu örneklem noktası iyi özellikte, diğer tüm noktalar ise çok iyi özellikte sulama sularıdır.

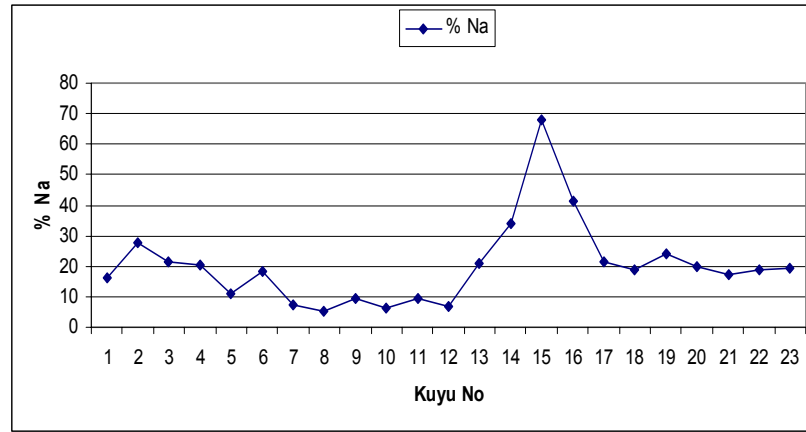
Çizelge 4.5. SAR'a göre sulama suyu sınıflaması (Şahinci, 1991)

SAR	Sulama suyu sınıfı
< 10	Çok iyi
10–18	İyi
18–26	Orta
>26	Kötü

4.2.2. % Na

Sodyum iyonu yüzdesi sulama suları için önemli olan iyonik bir özelliktir. Sulama sularında sodyum yüzdesinin artışı, topraktaki kalsiyum ve magnezyumla baz değişimini doğuracağından istenmeyen bir durumdur. Bu bakımdan sodyum iyonu, sular için bir sınıflandırma ölçütü olarak alınmıştır.

Çalışma alanındaki % Na değerleri SAR değerleriyle paralellik göstermektedir. % Na'nın maksimum değeri 67.80 olarak 15. noktada (Kızıldoruç) kaydedilmiştir (4.26.)



Şekil 4.26. Örnekleme noktalarındaki ortalama % Na değerleri

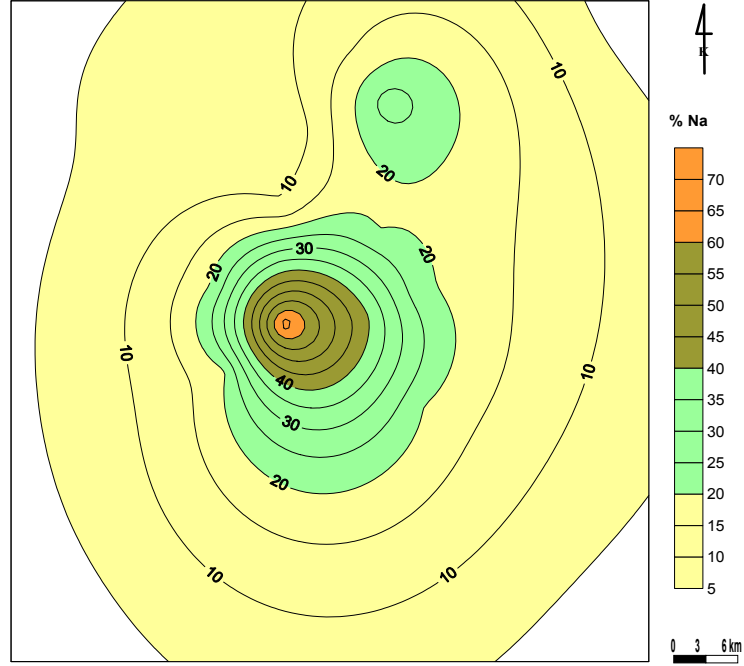
Yeraltı sularının sulama için uygunluğunu belirlemede kullanılan sodyum yüzdesi değerlerine göre sınıflandırma Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Suların %Na'ya göre sınıflandırılması ((Subramani ve ark., 2005).

% Na	Su Sınıfı
< 20	Çok iyi
20-40	İyi
40-60	Kullanılabilir
60-80	Şüpheli
> 80	Kullanılamaz

Bu sınıflamaya göre 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 18, 20, 21, 22 ve 23 nolu örnekleme noktaları sulama suyu açısından çok iyi özellikte; 2, 3, 4, 13, 14, 17 ve 19 nolu örnekleme noktaları sulama suyu açısından iyi özellikte; 16. nokta kullanılabilir özelliktedir. 15. nokta ise kullanılması şüpheli su sınıfındadır.

Örnekleme noktalarından elde edilen % Na değerleri haritaya aktarılmıştır (Şekil 4.27.). Haritada sarı renkli alanlar çok iyi özellikte, açık yeşil alanlar iyi özellikte, koyu yeşil alanlar kullanılabilir özellikte, turuncu alanlar ise şüpheli olan alanları temsil etmektedir.



Şekil 4.27. % Na'nın ovadaki dağılımı

4.3. Örneklem Noktalarının Schoeller İçilebilirlik Diyagramına Göre Değerlendirilmesi

Schoeller içilebilirlik diyagramında (Schoeller, 1962) sular; içilebilir sular, zorunlu olmadıkça içilemeyen sular ve içilemeyen sular olmak üzere üç ana grupta toplanmıştır. Örneklem noktalarında ölçülen parametreler Schoeller içilebilirlik diyagramına aktarılarak içilebilirlik özellikleri belirlenmiştir.

Buna göre Çamlıdere, Karabayır ve İkiâğız noktalarındaki sular, iyi kaliteli içilebilir sular sınıfındadırlar (Ek 3., Ek 4 ve Ek 5). Vergili noktasındaki sular, orta kaliteli içilebilir sular sınıfındadır (Ek 6). Yardımcı, Mutluca ve Günbalı noktalarındaki sular, yine iyi kaliteli içilebilir su sınıfındadır (Ek 7, Ek 8 ve Ek 9). Kıyas noktasındaki sular kötü kaliteli su olmasına rağmen yine de içilebilir su sınıfındadır (Ek 10). Konuklu noktasına ait Schoeller diyagramı incelendiğinde bu bölgedeki suların orta kaliteli içilebilir su olduğu görülmektedir (Ek 11). Hancağız noktasındaki sular iyi kaliteli içilebilir su sınıfındadır (Ek 12). Uğurlu noktasındaki sular kötü kaliteli içilebilir su (Ek 13), Çekçek noktasındaki sular çok iyi kalitede içilebilir su (Ek 14), Ozanlar noktasındaki sular iyi kaliteli içilebilir su (Ek15), Keçikıran noktasındaki sular orta kaliteli içilebilir su (Ek 16), Kızıldoruç

noktasındaki sular kötü kaliteli içilebilir su (Ek 17) sınıfındadır. Yardımlı noktasındaki sular diğer noktalara oranla daha kötü durumda olup zorunlu olmadıkça içilemeyen su sınıfındadır (Ek 18). Özlü noktasındaki sular kötü kaliteli içilebilir su (Ek 19), Olgunlar noktasındaki sular iyi kaliteli içilebilir su (Ek 20), Yaygılı noktasındaki sular orta kaliteli içilebilir su (Ek 21), Çepkenli ve Altılı noktalarındaki sular zorunlu olmadıkça içilemeyen su sınıfındadır (Ek 22 ve Ek 23). Bolatlar noktasındaki sular orta kaliteli içilebilir su (Ek 24), Uğraklı noktasındaki sular ise kötü kaliteli içilebilir su sınıfındadır (Ek 25).

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Çalışma alanında en yoğun kirlilik kaynağı tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan nitrat kirliliğidir. Nitrat parametresi birçok noktada standartlarda belirtilen sınır değerleri aşmıştır. Nitrat açısından en kirli olan bölge Uğurlu'dur. Bunun dışında Vergili, Kıyas, Konuklu, Kızıldoruç, Yardımlı, Özlü, Yaygılı, Çepkenli, Altılı, Bolatlar ve Uğraklı'da da nitrat kirliliği gözlenmiştir.

EC bakımından en kirli olan bölge Yardımlı'dır. Bunun dışında Çepkenli, Altılı ve Uğraklı'da da EC kirliliği mevcuttur.

Tuzluluk klorür iyonunu da artırıcı etkiye sahiptir. EC parametresinde olduğu gibi klorür bakımından da en kirli olan bölge Yardımlı'dır. Bunun dışında Uğurlu, Altılı ve Uğraklı'da da klorür kirliliği mevcuttur.

Sülfat parametresi tarımda tuzluluğu arttıran bir etkiye sahiptir. Sülfat bakımından en kirli olan bölge Altılı'dır. Yardımlı, Özlü ve Çepkenli'de bu parametre açısından kirli olan bölgelerdir.

Örnekleme noktalarına ait veriler ayrı ayrı değerlendirilecek olursa; 1 nolu örnekleme noktası SKYK'ya göre orta kaliteli yeraltısuyudur. TS 266'ya göre ise kaynak suları dışında kalan su sınıfındadır. Bu noktada yoğun bir kirlilik gözlenmemiştir. Kirlilik açısından yalnızca nitrit'e rastlanmıştır. Sulama suyu açısından çok iyi özelliktedir.

2 nolu örnekleme noktası SKYK'ya göre orta kaliteli yeraltısuyudur. TS 266'ya göre ise kaynak suları dışında kalan su sınıfındadır. Ancak kirlilik açısından değerlendirdiğimizde yoğun bir kirliliğin gözlenmediği bir noktadır. Kirlilik

göstergesi olarak yalnızca nitrit'e rastlanmıştır. Sulama suyu özelliği bakımından iyi özelliktedir.

3. örnekleme noktası SKYK'ya göre orta kaliteli yeraltısuyudur. TS 266'ya göre ise kaynak suları dışında kalan su sınıfındadır. Bu nokta nitrat bakımından kirlilik potansiyeli olan bir bölgedir. Ayrıca nitritin varlığı da kirliliğin bir göstergesidir. Sulama suyu özelliği bakımından iyi özelliktedir.

4. örnekleme noktasına bazı parametreler SKYK'da belirtilen sınır değerlerin üzerinde olduğu için SKYK'ya göre sınıflandırma yapılmamıştır. Bu nokta nitrat bakımından kirliliği olan bir bölgedir. EC, ve Cl⁻ bakımından kirlilik potansiyeli olan bir bölgedir. Sulama suyu özelliği bakımından iyi özelliktedir.

5, 6 ve 7. örnekleme noktalarındaki nitrat değerleri yüksek olduğu için SKYK'ya göre düşük kaliteli yer altı sularıdır. TS 266'ya göre kaynak suları dışında kalan su sınıfındadırlar. Bu bölgeler nitrat bakımından kirlilik potansiyeli olan bölgelerdir. Sulama suyu özelliği bakımından üç nokta da çok iyi özelliktedir.

8. örnekleme noktası nitrat bakımından oldukça kirliliği olan bir bölgedir. Ayrıca EC ve Cl⁻ değerleri de oldukça yüksek olduğundan bu parametreler bakımından kirlilik potansiyeli olan bir bölgedir. Sulama suyu özelliği bakımından çok iyi özelliktedir.

9. örnekleme noktasında da nitrat kirliliği mevcuttur. EC ve Cl⁻ bakımından da kirlilik potansiyeli olan bir bölgedir. Sulama suyu özelliği bakımından çok iyi özelliktedir.

10. örnekleme noktası SKYK'ya göre düşük kaliteli yeraltısuyudur. TS 266'ya göre kaynak suları dışında kalan su sınıfındadır. EC ve nitrat bakımından kirlilik potansiyeli olan bir bölgedir. Sulama suyu özelliği bakımından çok iyi özelliktedir.

11. örnekleme noktası nitrat bakımından en kirli olan bölgedir. EC ve klor değerleri de yüksek olduğundan bu parametreler açısından da kirlilik mevcuttur. Sulama suyu özelliği bakımından çok iyi özelliktedir.

12. örnekleme noktasındaki nitrat değerinin yüksek olduğundan SKYK'ya göre düşük kaliteli yeraltısuyudur. Bu noktada nitrat dışında kirlilik potansiyeli mevcut değildir. Sulama suyu özelliği bakımından çok iyi özelliktedir.

13. örnekleme noktası SKYK'ya göre orta kaliteli yer altı suyudur. TS 266'ya göre kaynak suları dışında kalan su sınıfındadır. Nitrat düzeyi kirlilik oluşturabilecek düzeye yakın olduğundan bu bölgede de nitrat kirliliği riski vardır. Sulama suyu özelliği bakımından iyi özelliktedir.

14. örnekleme noktası SKYK'ya göre orta kaliteli yeraltısuyudur. TS 266'ya göre kaynak suları dışında kalan su sınıfındadır. Bu noktada elde edilen verilere göre kirlilik oluşturan bir parametre mevcut değildir. Bu nedenle temiz sayılabilecek bir noktadır. Sulama suyu özelliği bakımından iyi özelliktedir.

15. örnekleme noktası nitrat bakımından kirli bir bölgedir. EC ve Cl değerlerine göre kirlilik potansiyeli mevcuttur. Sodyum değerleri çok yüksek olduğundan sulama suyu özelliği bakımından kullanılması şüpheli su sınıfındadır.

16. örnekleme noktası EC, Na⁺, Cl⁻, SO₄⁻² ve NO₃ bakımından kirli olan bir bölgedir. Sulama suyu açısından çok kaliteli olmamakla birlikte kullanılabilir su özelliğindedir.

17. örnekleme noktası nitrat ve sülfat parametreleri bakımından kirlidir. EC ve klor bakımından kirlilik potansiyeli olan bir bölgedir. Sulama suyu özelliği bakımından iyi özelliktedir.

18. örnekleme noktası SKYK'ya göre düşük kaliteli yeraltısuyudur. Nitrat bu nokta da kirlilik potansiyeli olan bir parametredir. Sulama suyu özelliği bakımından çok iyi özelliktedir.

19. örnekleme noktası nitrat bakımından kirli bir bölgedir. Sulama suyu özelliği bakımından iyi özelliktedir.

20 ve 21. örnekleme noktaları EC, SO_4^{-2} ve NO_3 bakımından kirli olan bölgelerdir. Cl^- bakımından da kirlilik potansiyeli olan noktalardır. Sulama suyu özelliği bakımından çok iyi özelliktedir.

22. örnekleme noktasında da nitrat kirliliği mevcuttur. Bu bölgedeki sular, sulama suyu bakımından çok iyi özelliktedirler.

23. örnekleme noktasında EC, Cl^- ve nitrat kirliliği mevcuttur. Bu bölgedeki sular, sulama suyu bakımından çok iyi özelliktedirler.

Çalışma alanında elde edilen verilere göre, kirleticilerin en az olduğu, bu parametreler açısından temiz sayılabilecek bölgeler Çamlıdere, Karabayır ve Ozanlar'dır.

5.2. Öneriler

Yeraltı sularının yüzeysel sulara göre organik madde ve mikroorganizma içeriği daha azdır, kimyasal bileşimi ve sıcaklığı zamanla değişmez. Bu nedenle içme suyu kaynağı olarak yüzeysel sulara göre daha fazla tercih edilmektedir. Sınırlı olan yer altı su kaynaklarının korunması için bu kaynakların sık periyotlarla izlenmesi ve herhangi kirlenme belirtisi olduğunda önlemlerin gecikmeden alınması gerekmektedir.

Çalışma alanında daha çok tarımsal faaliyetlerin neden olduğu kirlilik mevcuttur. Tarımsal faaliyetlerin kirlilik üzerindeki etkisi çiftçilerin eğitimi ve bilgilendirilmesiyle azaltılabilir. Bu amaçla, hayvansal atıkların daha iyi yönetimi konusunda gönüllü hareketler desteklenebilir. Bitki ihtiyaçlarına göre gübre - tarımsal ilaç uygulaması ve uygun sulama programları yapılması konularında çiftçiler eğitilebilir ve bilgilendirilebilir.

Yoğun yıkama sonucunda yer altı sularına karışan tuzun, uzun periyotta yer altı sularını da kirleteceği göz önüne alınarak sulamada elektriksel iletkenlik değeri düşük, kaynağı bilinen kanal suları tercih edilmeli ve yoğun gübrelemeden kaçınılmalıdır.

Bazı problemler uygun inşa edilmemiş kuyularla ilişkilidir ve kirlenmiş yüzeysel veya yeraltı suyunun kuyuya girişi ile yeraltı suyu kirliliği gerçekleşebilir. Yeraltısuyu kirliliğini önlemek için uygun inşa edilmemiş olan kuyular tecrit edilmelidir.

KAYNAKLAR

- ANONİM, 1991. Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği, 7 Ocak 1991 tarih ve 20748 sayılı Resmi Gazete.
- ANONİM, 1991. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 14 Mart 1991 tarih ve 20814 sayılı Resmi Gazete.
- ANONİM, 2004. Su kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği.31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete.
- ANONİM, 2004. Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği, 18 Şubat 2004 tarih ve 25377 sayılı Resmi Gazete.
- ARSLANOĞLU, H., ve KOÇER (NACAR), N., 2004. Katı Atıklardan Kaynaklanan Sızıntı Sularının Yeraltılarına Etkisi, . I. Yeraltı Suları Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı 23–24 Aralık, Konya, s 341-350.
- AYDIN, M.E. ve ATEŞ, N., 2001. Konya İçme Suyunda Trihalometanlar, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 16(1):1-6.
- BAKIŞ R., ve BİLGİN M., 1998, Çöp Sızıntı Sularında Meydana Gelen Ağır Metal Kirliliği, 22-24 Haziran I. Atıksu Sempozyumu Bildiri Kitabı, Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi-Kayseri Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi, Kayseri, 167-170.
- BALL D.F., 1995. The occurrence of groundwater pollution in Scotland. Report Foundation for Water Research FR/SC 0010.
- COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC, 1998. on the quality of water intended for human consumption.
- ÇETİNDAG, B., ve OKAN, Ö.Ö., 2004. Hydrochemical characteristics and pollution potential of Uluova aquifers, Elazığ, Turkey, Environmental Geology, 45: 796-807.
- DSİ, 1972. Harran Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü Matbaası, 49s., Ankara.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), 1992. Final Comprehensive State Ground Water Protection Program Guidance.
- EPA, 1993. Wellhead Protection: A Guide for Small Communities, Seminar Publication, February 1993, EPA/625/R-93/002, 144 p., Washington DC, USA.
- ERGUVANLI, K., ve YÜZER, E., 1987. Yeraltı Suları Jeolojisi (Hidrojeoloji), İTÜ Maden Fakültesi, 339 s., İstanbul.
- FEDERAL REGISTER, 1985. Title 50, Part 219, p 46936.
- FETTER, C.W., 1999. Contaminant Hydrogeology. 500 p, Prentice Hall, USA.
- FREEZE, R.A., and CHERRY, J.A., 1979. Groundwater. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 604 pp, U.S.A.
- FYTIANOS, K., and CHRISTOPHORIDIS, C., 2004. Nitrate, Arsenic and Chloride Pollution of Drinking Water in Northern Greece, Elaboration by Applying GIS, Environmental Monitoring and Assessment, 00, 1-13.
- HAGEDORN, C., 1984. Mikrobiological Aspect of Groundwater Pollution due to septic tanks. In: Groundwater Pollution Mikrobiology. Bitton, G. and Gerba, C. P. (Eds.) John Wiley and Sons, Newyork , 65-88 pp.

- HUDAK, P.F., 1999. Chloride and Nitrate Distributions in the Hickory Aquifer, Central Texas, USA, *Environment International*, 25(4): 393-401.
- KAÇAROĞLU, F., 1994. Eskişehir Ovası Yeraltı Suyu Kalitesi ve Kirliliği. C. Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi, seri A-Yerbilimleri C. 11 s.1, Sivas.
- KAPLAN, M., SÖNMEZ, S., ve TOKMAK, S., 1999. Antalya–Kumluca Yöresi Kuyu Sularının Nitrat İçerikleri, *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23: 309–313.
- KOVANCI, İ., 1979. İç Ege Bölgesi sulama sularının bitki beslemesi açısından kimi nitelikleri ve kimyasal içerikleri üzerinde bir araştırma. E.Ü. Ziraat Fak. Yayınları No: 364, Bornova-İzmir.
- KÜBLER, W., HÜPPE, H., and JONNEL, H., 1985. Bewertung des Nitratproblems für die menschliche Ernährung. *Landwirtsch. Fortsch.*, 37: 58–66.
- LENORE S. CLESCERL, ARNOLD E. GREENBERG, and ANDREW D. EATON, 1999. *Standard Methods for Examination of Water & Wastewater*, American Public Health Association (APHA); 20th edition, 1325 p., Washington DC.
- LOGAN, T.J., RANDALL, G.W., and TIMMONS, D.R., 1980. Nutrient content of tile drainage from cropland in the north central region. *North Central Regional Research Pub.* 268, Ohio Agric. Research and development Center, Wooster, OH, 16 pp.
- MANSUROĞLU, S., 2004. Antalya’da Kentleşmeden Kaynaklanan Çevre Sorunlarının Yeraltı Sularına Etkileri. I. Yeraltı Suları Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı 23-24 Aralık, Konya, s. 321-330.
- MC NEELY, R.N., NEIMANIS, V.P., and DWYER, L., 1979. *Water Quality Source book-A Guide to Water Quality parameters*, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch,. Ottawa, Canada, 88 p.
- MENENGİÇ, M., 1998. Göksu Deltası (Silifke-İçel) Yeraltı Suyu Kirliliği. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 77s.
- ÖZÇELİK, Ş., 1998. Eskişehir Ovası Yeraltı Suyu Potansiyeli ve Kirliliği (1995 sonrası). Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 80s.
- POWER, J.F., and SCHEDERS, J.S., 1989. Nitrate contamination of groundwater in North America, *Agric. Ecosystems Environ.*, 26: 165–187.
- SALEH, A., AL-RUWAIH, and SHEHATA, M., 1999. Hydrogeochemical processes operating within the main aquifers of Kuwait, *J Arid Environ* 42:195-209.
- SANGODOYIN, A.Y. 1993. Considerations on contamination of groundwater by waste disposal systems in Nigeria. *Environmental Technology*, 14: 957-964.
- SCHOELLER, H., 1962. *Les eaux souterraines*, Masson et cie, Paris.
- SUBRAMANI, T., ELANGO, L., and DAMODARASAMY, S.R., 2005. Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Chithar River Basin, Tamil Nadu, India. *J. of Environmental Geology* 47(8):1099-1110.
- ŞAHİNCİ, A., 1991. *Doğal Suların Jeokimyası*, Reform Matbaası, 548s., İzmir.
- ŞEN, E., 1996. Bursa yöresi yeraltı sularında nitrat düzeyi, I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu Kitabı Uludağ Üniversitesi Basımevi, s. 341-354, Bursa.
- TINDALL, J.A., PETRUSAK, R.L., and MCMOHAN, P.B., 1995. Nitrate transport and transformation process in unsaturated porous media. *J Hydrol* 169:51-94.

- TSE, 1992. Yüzeyden Kirlenmeye Karşı Akiferlerin Korunması-İçme Suyu Temin Edilmesinde, TS 9774, Ankara, 23 s.
- TSE, 1998. Su Kalitesi-Alkalilik Tayini Bölüm 1: Toplam ve Bileşik Alkalinitenin Tayini, TS 3790, Ankara, 11 s.
- TSE, 2005. Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular , TS 266, Ankara. 20 s.
- UNESCO, 1992, Groundwater. UNESCO Environment and Development Briefs No:2, 14 p.
- ÜSTÜN, G.E., ve AKAL SOLMAZ, S.K., 2004. Yeraltı Suyu Potansiyelini Koruma, Kontrol ve Kurtarma Amaçlı Alınabilecek Önlemler. I. Yeraltı Suları Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 23-24 Aralık, Konya, s. 44-50.
- VÀCLAV, B., VLADIMIR, P., JAROSLAV, S., and JAROSLAV, U., 1989. Impact of diffuse nitrate pollution sources on groundwater quality some examples from Czechoslovakia, Environmental Health Perspectives 83:5-24.
- WATER and RIVERS COMMISSION of WESTERN AUSTRALIA, 1996, Guidelines for irrigation of vegetated land with nutrient-rich wastewaters.
- WHO (World Health Organization), 1998. The Guidelines for Drinking-Water Quality, Second edition, WHO, Geneva.
- YAHŞI, R., 1981. Su ve Toprak Kaynaklarının Kirlenmesi ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğünün Su Kirliliği İle İlgili Çalışmaları, Su Ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildiriler Kitabı, Cilt II., s. 661-679.
- ZAPOROZEC, A., and MILLER, J.C., 2000. Groundwater Pollution, UNESCO-IHP, 44p.

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Şanlıurfa'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Şanlıurfa'da tamamladı. 2000 yılında Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Mezun olduktan sonra, MEB ortaöğretim kurumlarında üç yıl süreyle sözleşmeli İngilizce öğretmeni olarak görev yaptı. 2003 Eylül ayında aynı üniversitede Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans yapmaya hak kazandı. Halen yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

EKLER

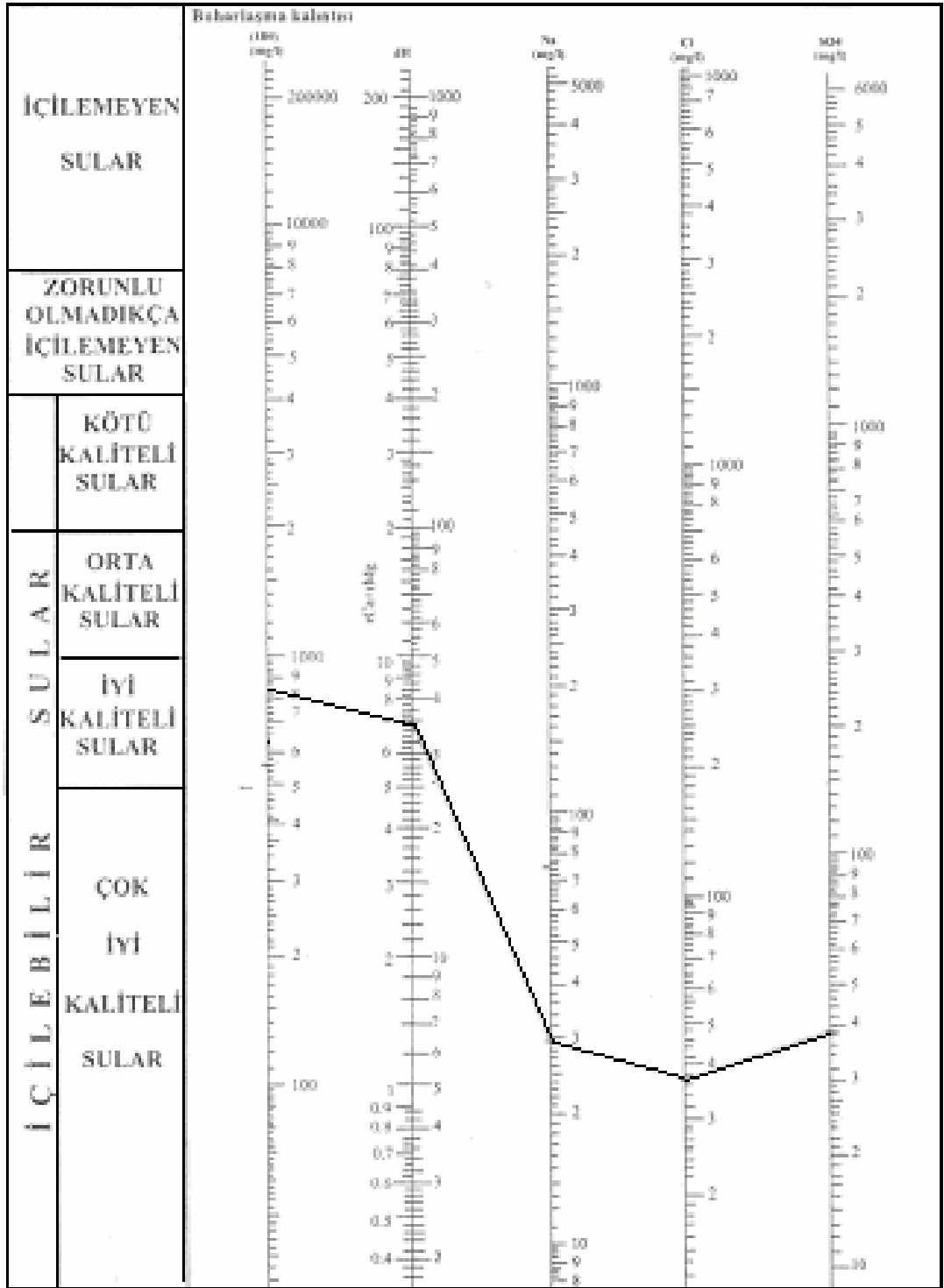
Ek 1. Şubat ayı analiz sonuçları

Kuyu No	Mevki	Katyonlar (mek/l)				Kasyon Toplamı	Anyonlar (mek/l)				Anyon Toplamı
		Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	NO ₃	
1	Çamlıdere	6.98	1.76	1.11	0.24	10.09	6.85	1.35	0.73	0.08	9.01
2	Karabayır	3.46	0.59	1.53	1.09	6.67	4.60	0.76	0.65	0.51	6.52
3	İkiâğız	2.76	0.77	0.97	0.09	4.59	0.74	1.27	0.60	1.31	3.92
4	Vergili	6.68	3.20	1.76	1.74	13.38	4.55	3.04	1.79	3.37	12.75
5	Yardımcı	2.19	1.52	0.19	0.04	3.94	2.34	0.82	0.38	0.61	4.15
6	Mutluca	2.01	1.12	0.51	0.05	3.69	1.74	1.07	0.67	0.81	4.29
7	Günbalı	2.43	1.45	0.09	0.04	4.01	0.72	1.75	0.40	1.70	4.57
8	Kıyas	8.30	4.06	0.25	0.16	12.77	0.10	4.90	0.25	7.31	12.56
9	Konuklu	4.42	1.63	0.43	0.09	6.57	1.74	3.15	0.46	1.55	6.90
10	Hancağız	3.52	1.48	0.11	0.52	5.63	2.46	1.66	0.71	0.80	5.63
11	Uğurlu	11.61	7.11	1.95	1.93	22.60	0.38	9.44	4.44	11.61	25.87
12	Çekçek	1.50	0.87	0.22	0.02	2.61	1.32	0.42	0.08	0.41	2.23
13	Ozanlar	4.03	1.97	1.58	0.01	7.59	4.82	0.90	0.60	0.75	7.07
14	Keçikıran	8.97	1.78	3.15	1.29	15.19	6.40	2.39	4.08	0.59	13.46
15	Kızıldoruç	5.05	3.33	22.37	0.03	30.78	10.11	6.31	4.52	5.17	26.11
16	Yardımlı	22.11	10.18	19.37	1.93	53.59	4.23	20.56	22.08	5.87	52.74
17	Özlu	9.66	5.04	3.14	0.02	17.86	0.24	3.66	8.75	3.55	16.20
18	Olgunlar	3.03	1.46	0.86	0.03	5.38	1.92	1.55	1.13	1.48	6.08
19	Yaygılı	8.00	2.65	2.97	0.01	13.63	3.48	2.11	4.81	2.82	13.22
20	Çepkenli	27.96	6.38	6.04	0.05	40.43	0.10	4.48	27.40	4.55	36.53
21	Altılı	43.68	12.97	8.36	0.07	65.08	6.55	9.44	40.42	2.35	58.76
22	Bolatlar	7.08	2.94	2.20	0.04	12.26	0.86	4.06	6.46	0.69	12.07
23	Uğraklı	12.92	5.46	3.89	0.07	22.34	5.03	7.46	3.15	8.48	24.12

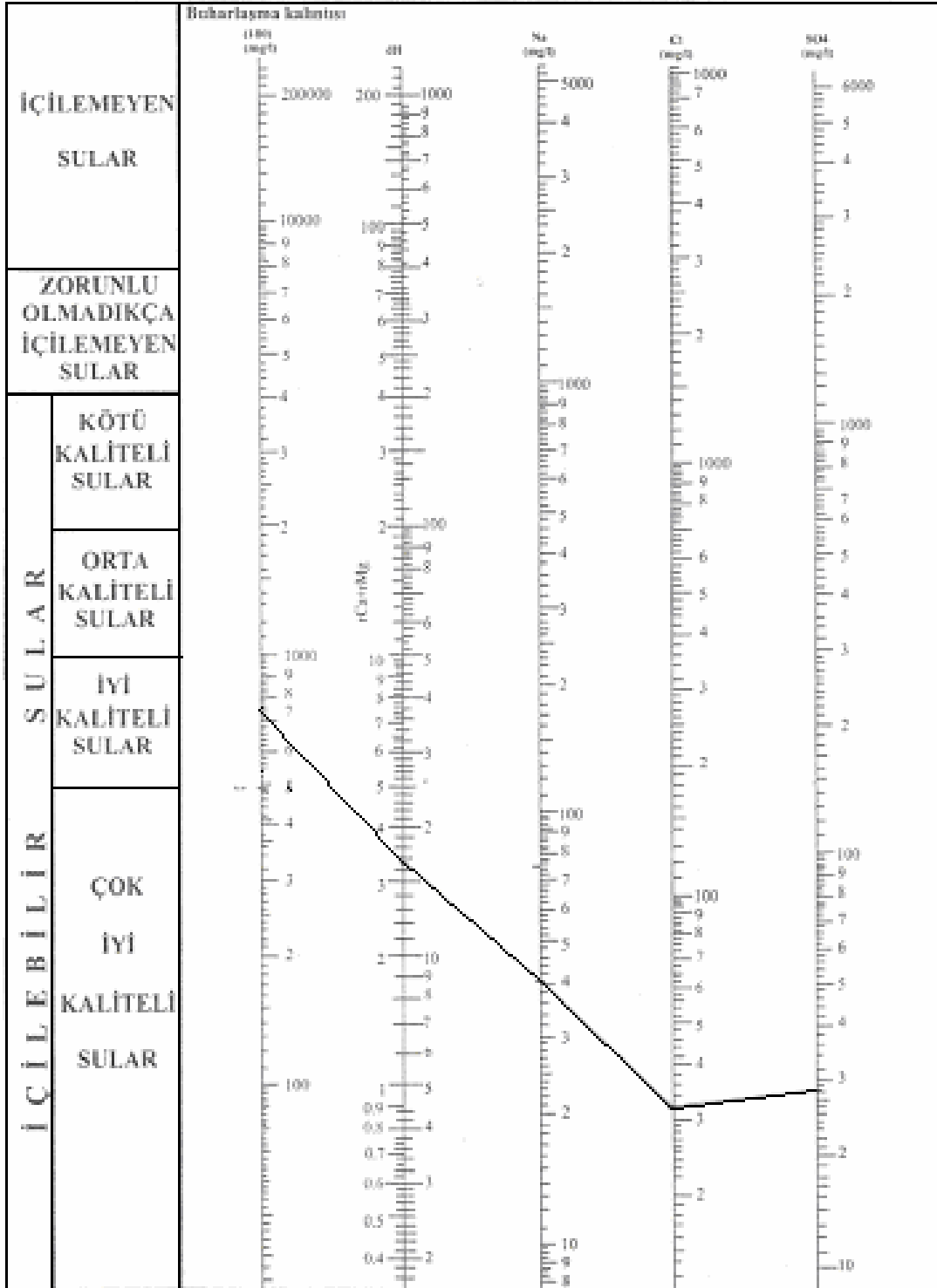
Ek 2. Haziran ayı analiz sonuçları

Kuyu No	Mevki	Katyonlar (mek/l)				Kasyon Toplamı	Anyonlar (mek/l)				Anyon Toplamı
		Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	NO ₃	
1	Çamlıdere	2.23	1.63	1.46	0.14	5.46	3.97	1.01	0.81	0.03	5.82
2	Karabayır	1.27	1.09	1.86	1.16	5.38	3.22	0.73	0.58	0.55	5.08
3	İkiâğız	1.51	0.71	1.78	0.11	4.11	2.24	0.65	0.77	0.15	3.81
4	Vergili	3.54	1.61	2.45	1.37	8.97	3.30	2.14	1.48	2.61	9.53
5	Yardımcı	3.68	1.58	0.62	0.04	5.92	2.00	0.48	0.42	3.31	6.21
6	Mutluca	1.21	1.18	1.19	0.08	3.66	1.87	0.78	0.71	0.81	4.17
7	Günbalı	2.14	1.57	0.44	0.03	4.18	1.54	1.04	0.44	1.59	4.61
8	Kıyas	6.94	4.81	1.29	0.28	13.32	0.20	4.65	0.37	9.64	14.86
9	Konuklu	3.84	1.67	1.10	0.13	6.74	2.26	2.73	0.48	1.72	7.19
10	Hancağız	3.08	1.58	0.84	0.68	6.18	3.14	1.44	0.73	0.87	6.18
11	Uğurlu	8.81	5.49	2.25	1.06	17.61	1.00	6.03	3.04	8.71	18.78
12	Çekçek	1.47	0.90	0.42	0.02	2.81	2.24	0.25	0.10	0.47	3.06
13	Ozanlar	3.68	1.81	1.36	0.01	6.86	3.15	1.66	0.56	0.77	6.14
14	Keçikıran	3.37	1.47	2.81	0.48	8.13	3.11	1.18	2.54	0.42	7.25
15	Kızıldoruç	3.84	3.15	11.52	0.10	18.61	4.44	5.38	4.56	4.82	19.2
16	Yardımlı	15.53	8.49	15.27	2.44	41.73	4.13	13.80	16.25	5.24	39.42
17	Özlu	3.97	3.90	4.86	0.02	12.75	4.05	3.18	6.25	0.60	14.08
18	Olgunlar	1.63	1.16	1.29	0.03	4.11	1.00	1.13	1.06	1.63	4.82
19	Yaygılı	7.33	2.42	2.41	0.02	12.18	3.91	2.23	4.58	2.66	13.38
20	Çepkenli	25.32	5.45	3.85	0.12	34.74	0.10	4.59	23.85	5.30	33.84
21	Altılı	28.57	21.03	8.79	0.10	58.49	3.46	9.29	40.00	2.83	55.58
22	Bolatlar	8.16	2.74	1.71	0.04	12.65	4.91	1.97	4.16	2.72	13.76
23	Uğraklı	9.80	6.70	2.71	0.13	19.34	1.81	10.84	2.52	7.76	22.93

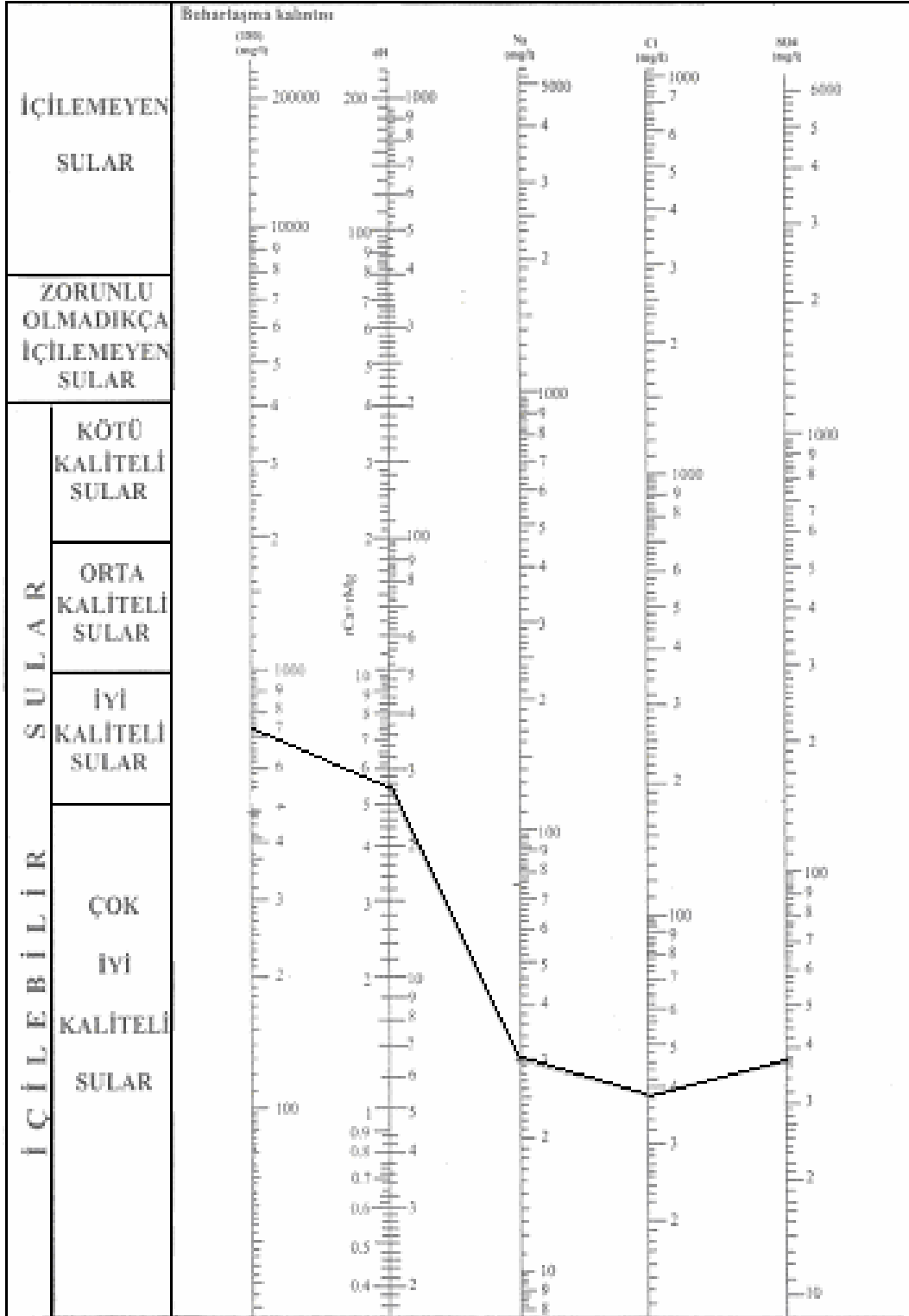
Ek 3. 1 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



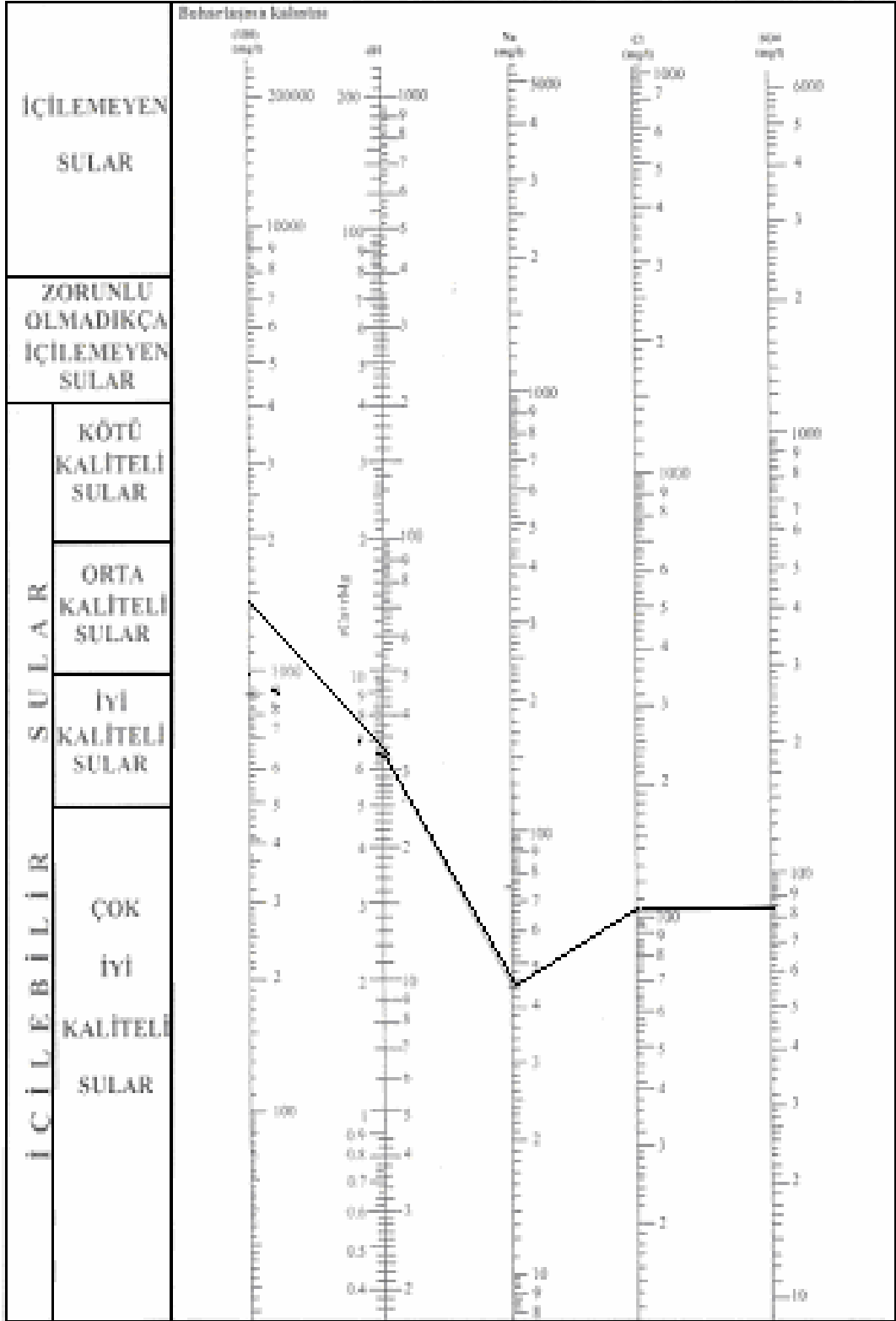
Ek 4. 2 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



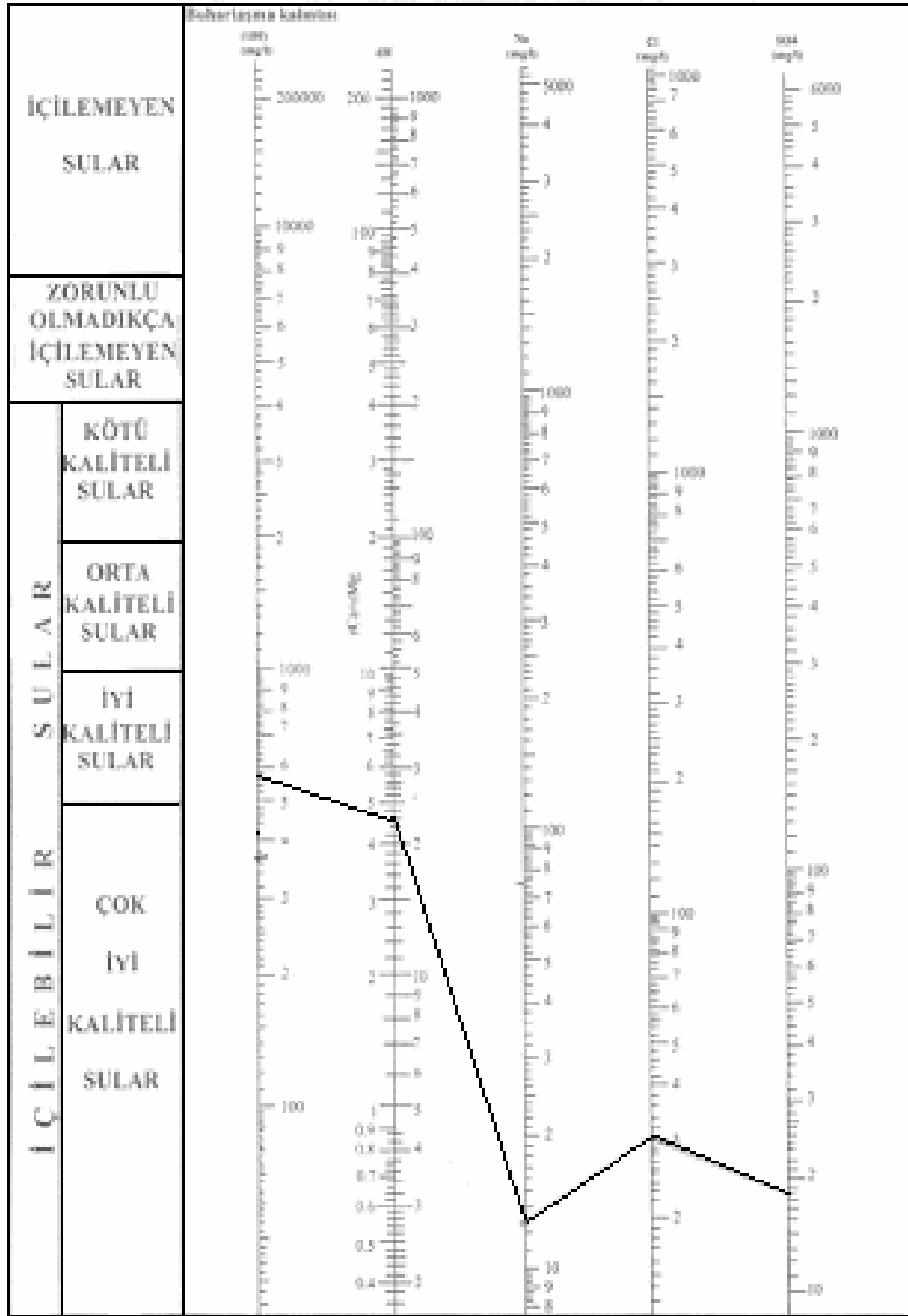
Ek 5. 3 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



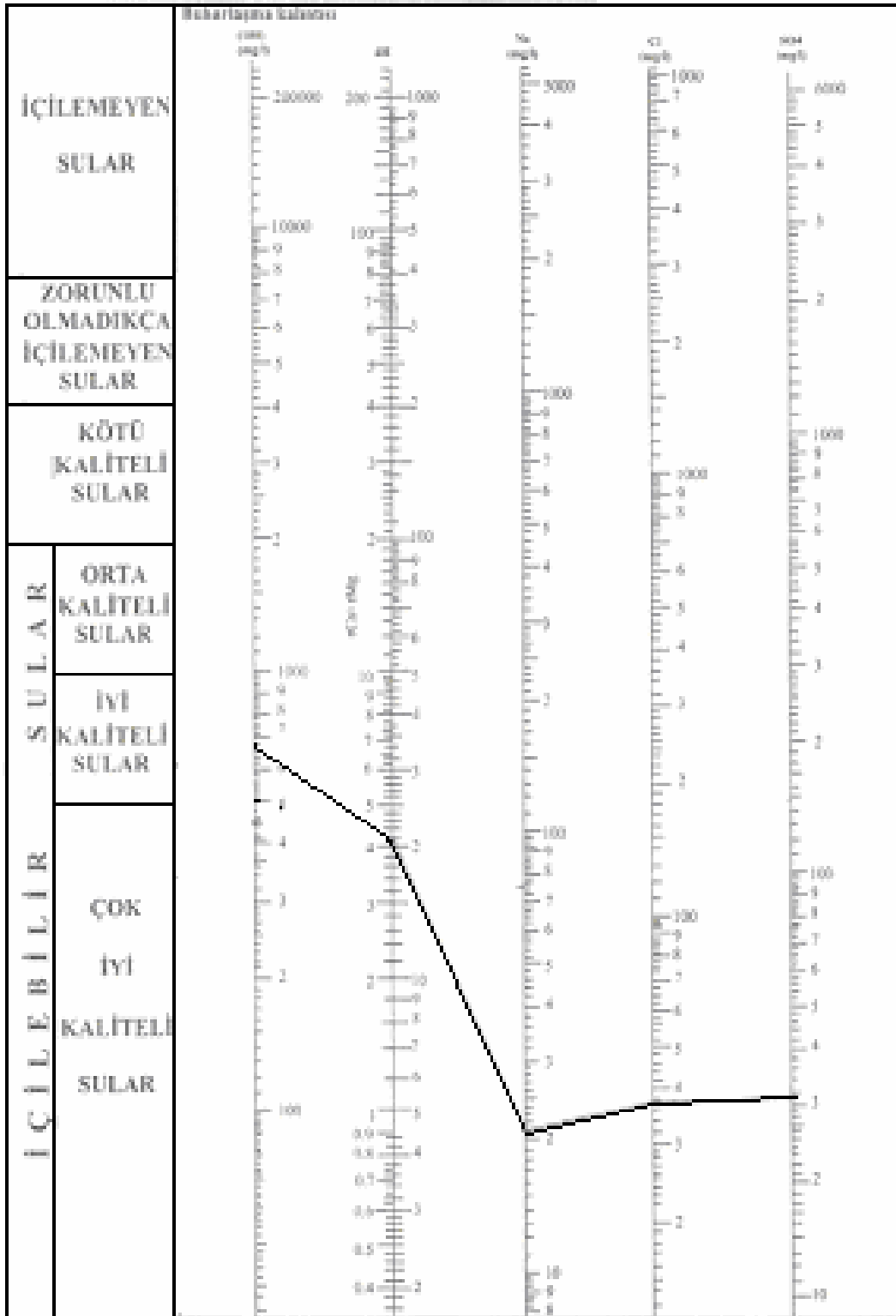
Ek 6. 4 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



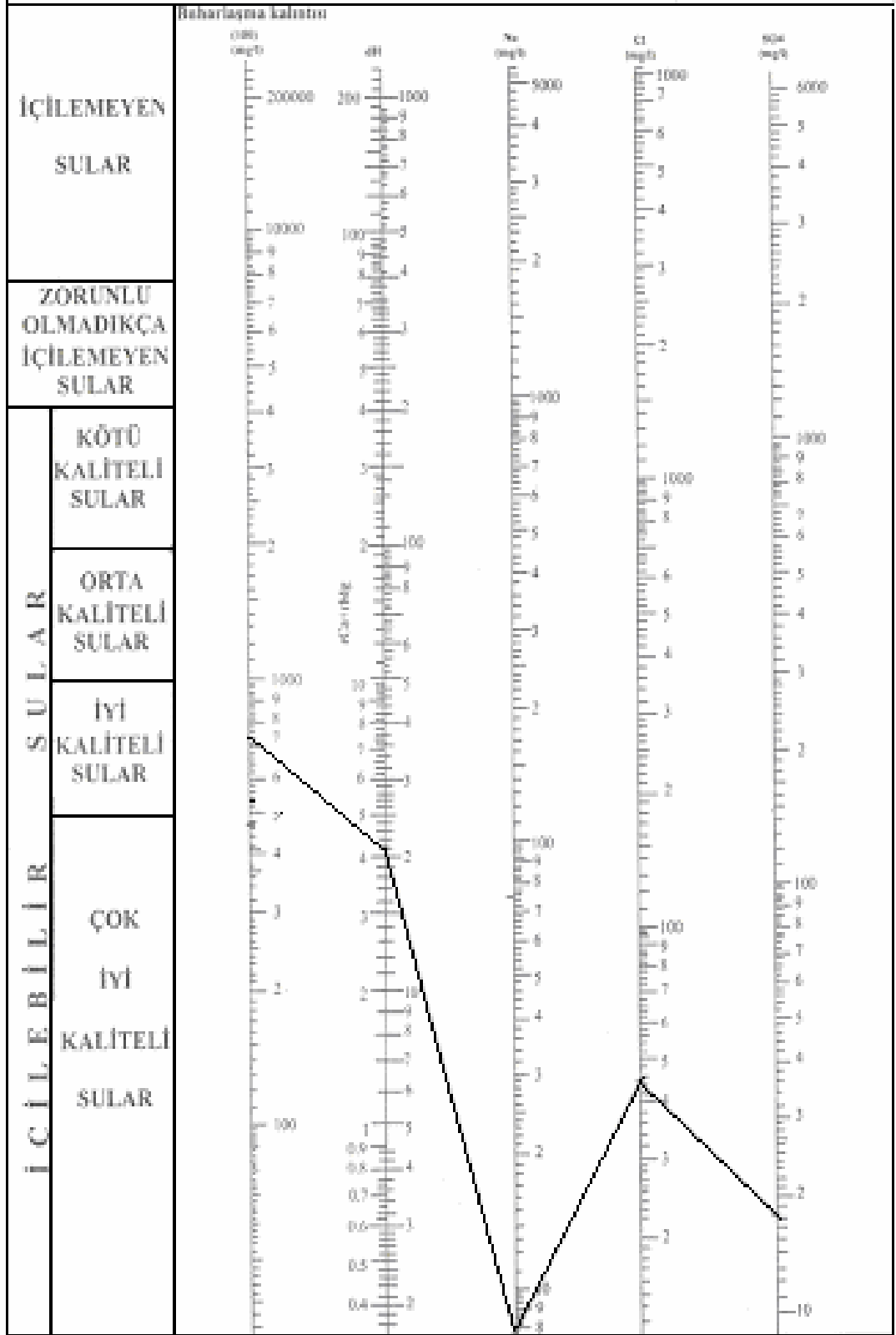
Ek 7. 5 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



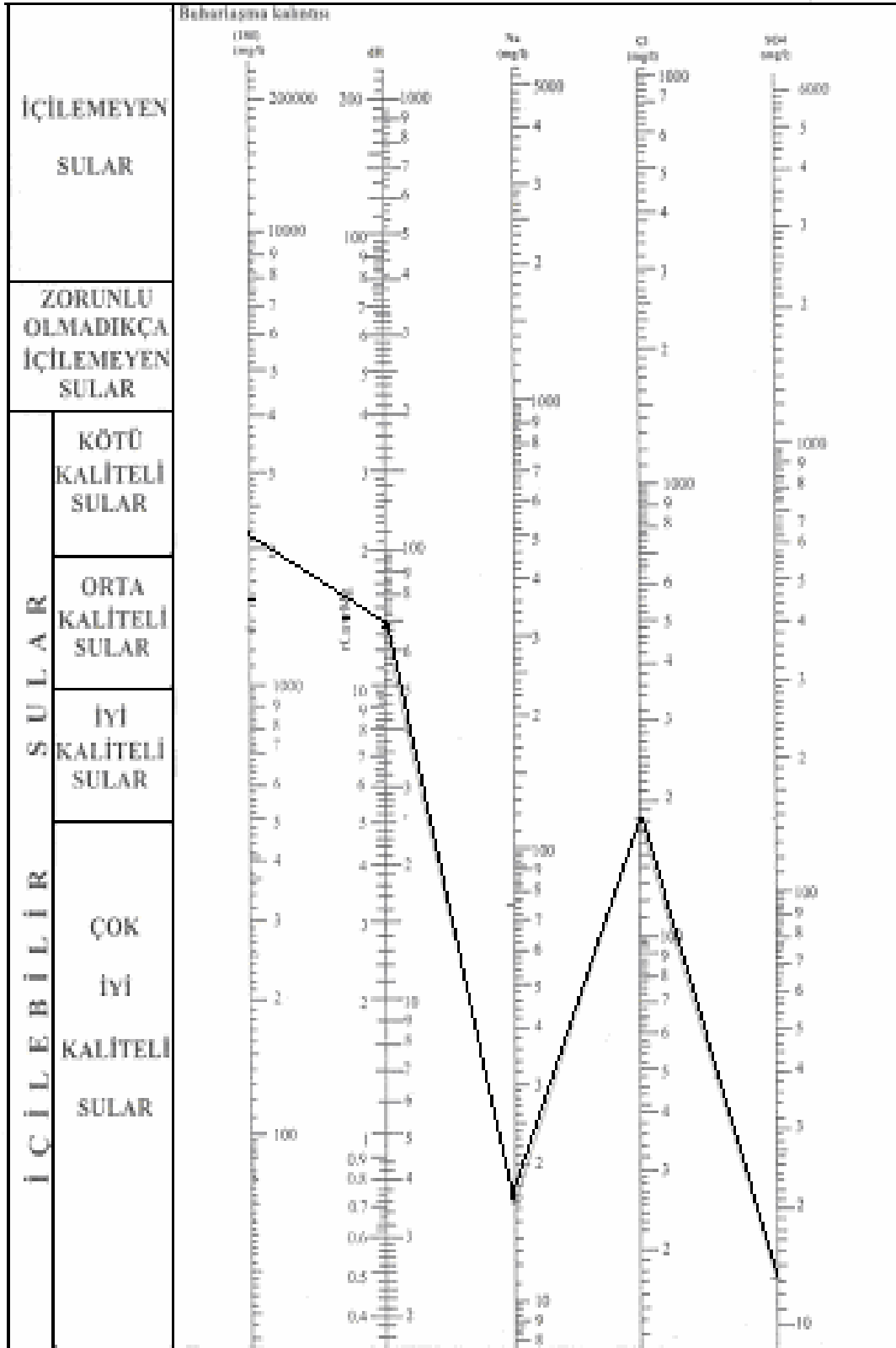
Ek 8. 6 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



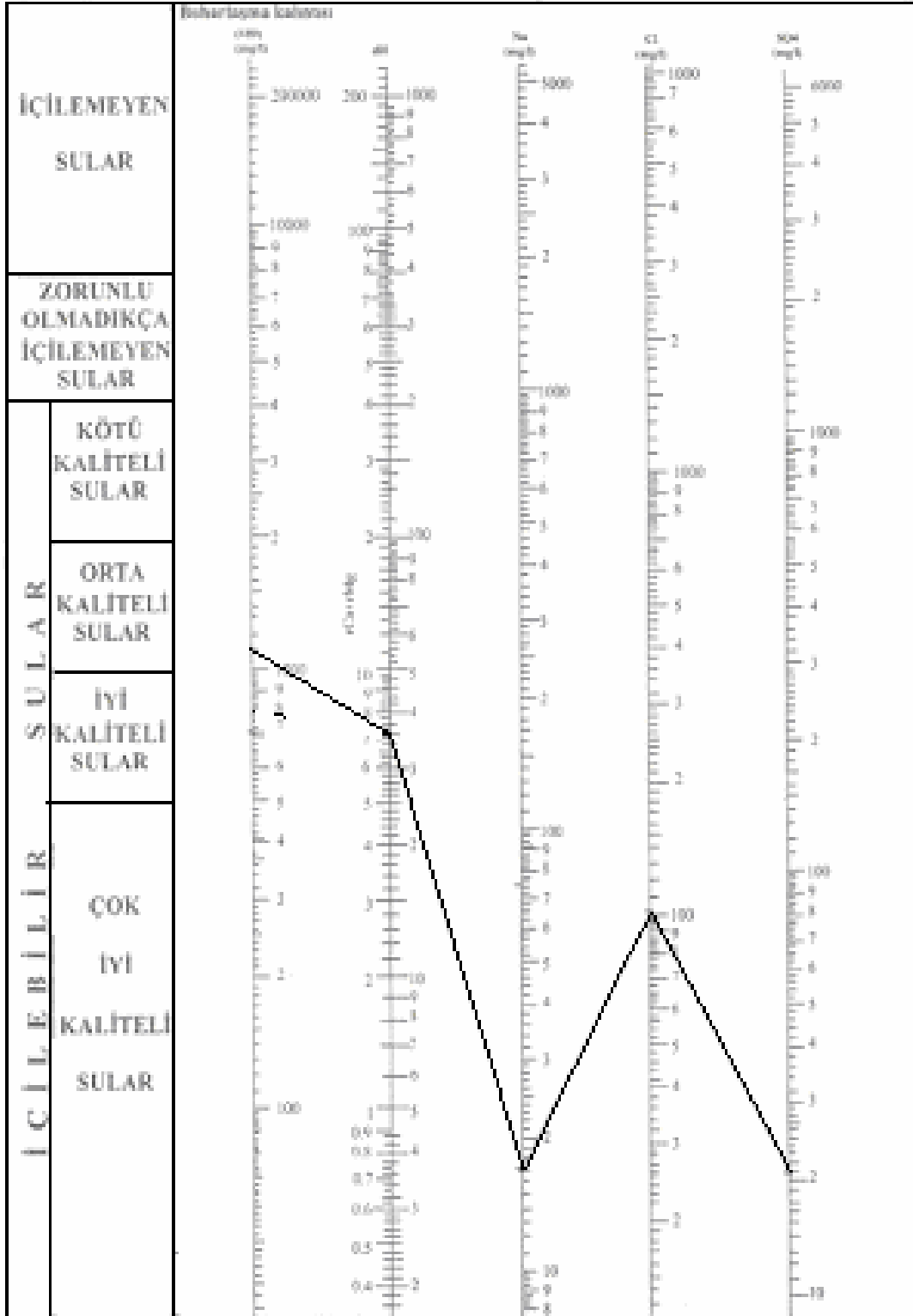
Ek 9. 7 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



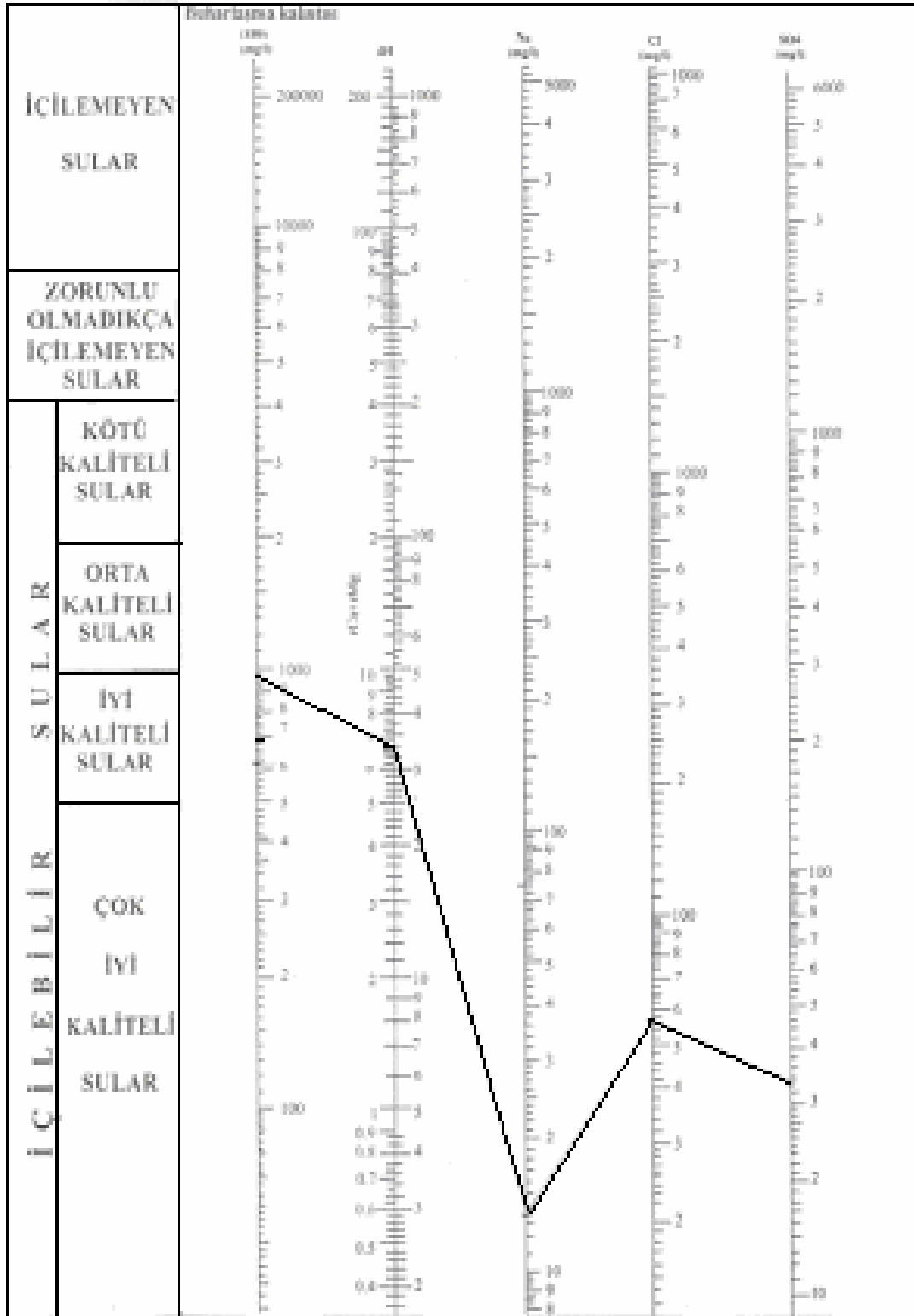
Ek 10. 8 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



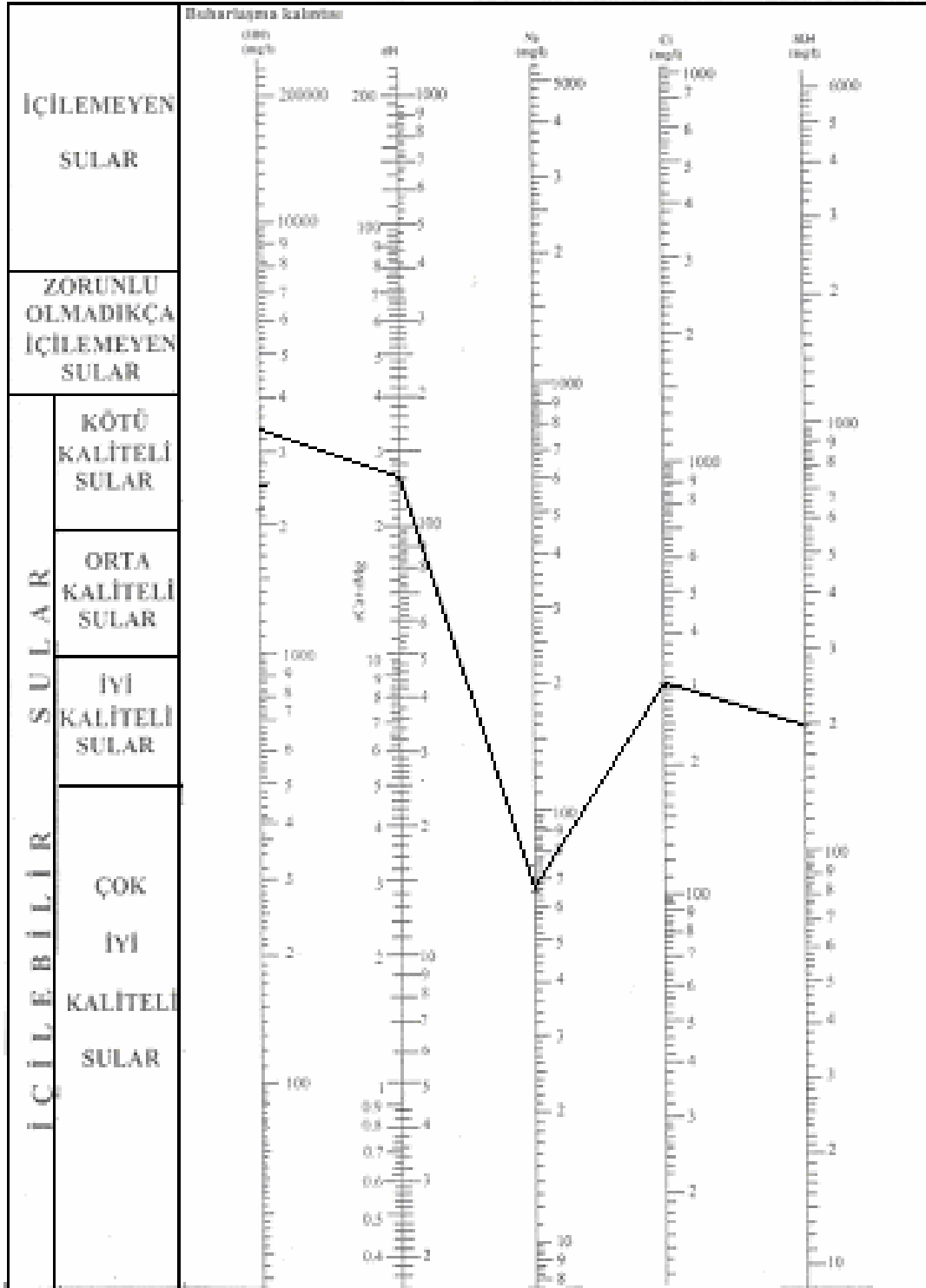
Ek 11. 9 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



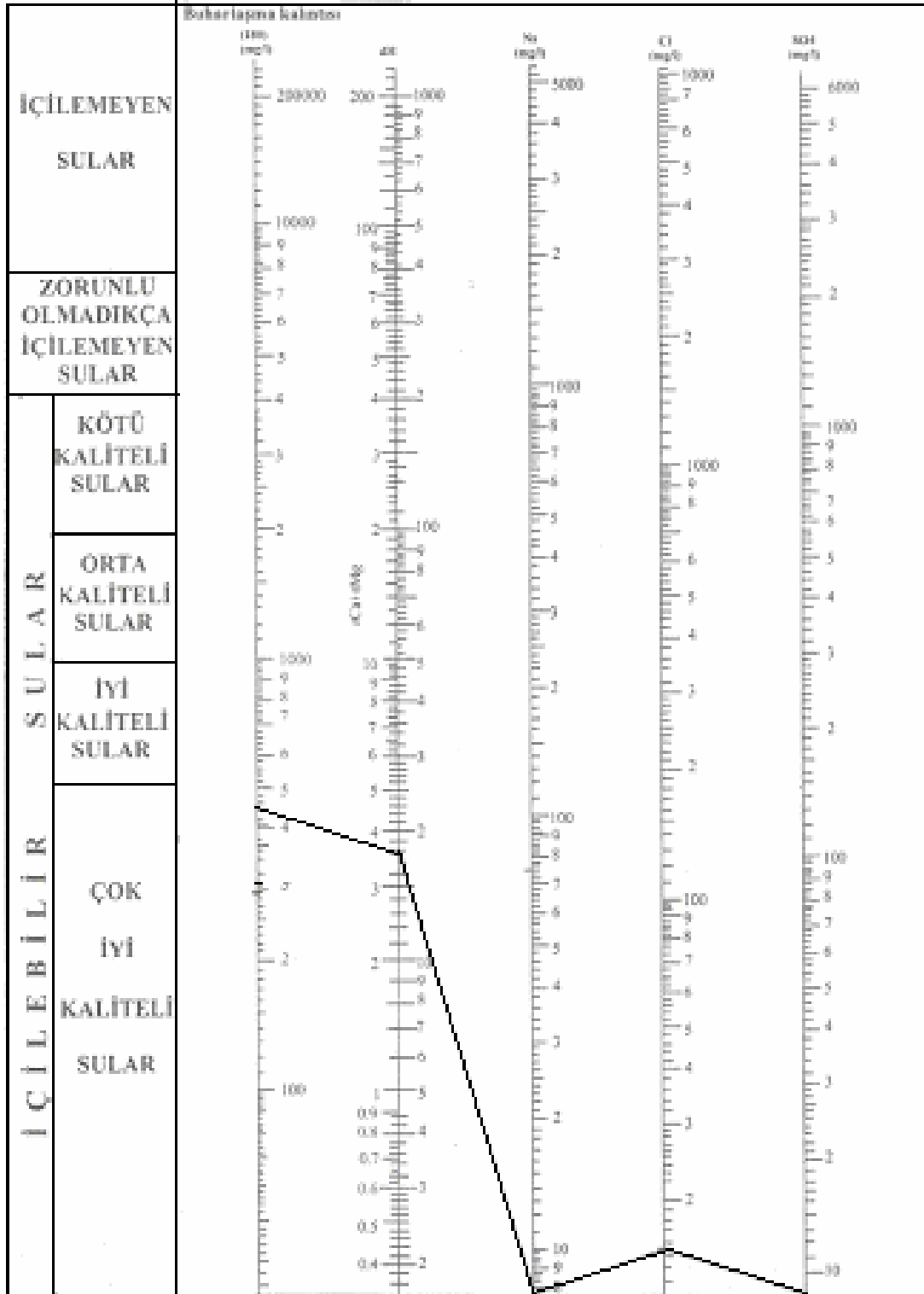
Ek 12. 10 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



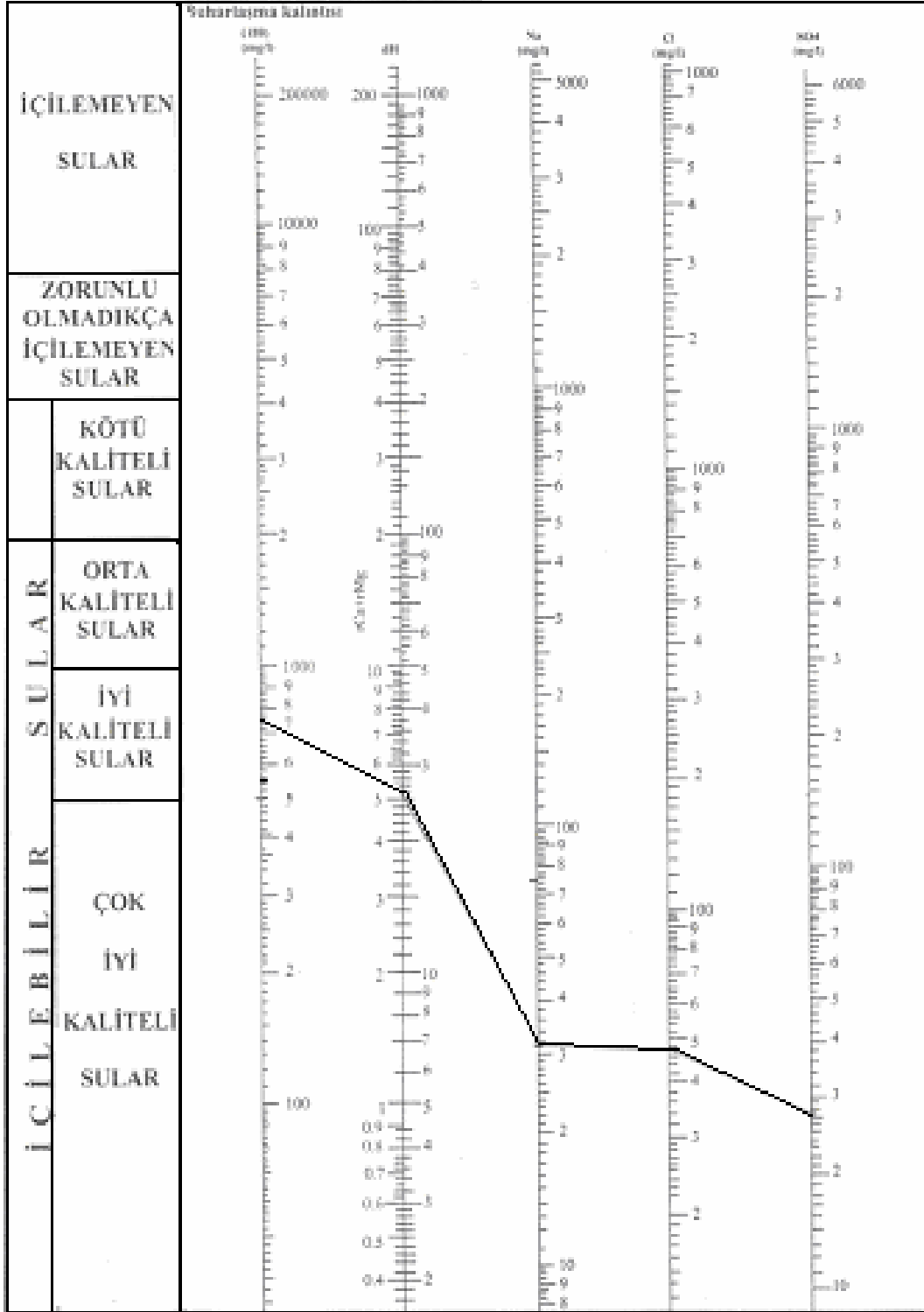
Ek 13. 11 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



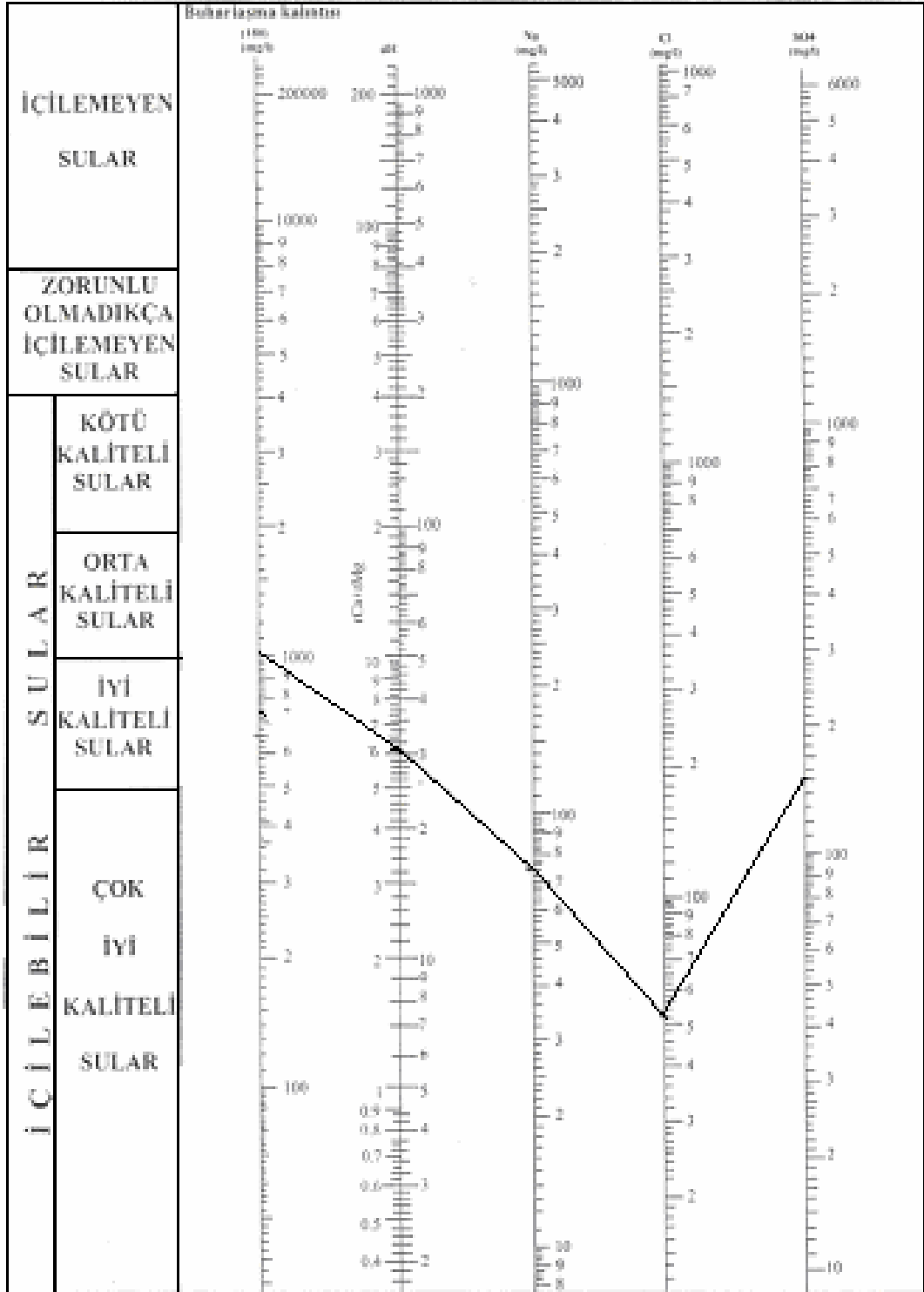
Ek 14. 12 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



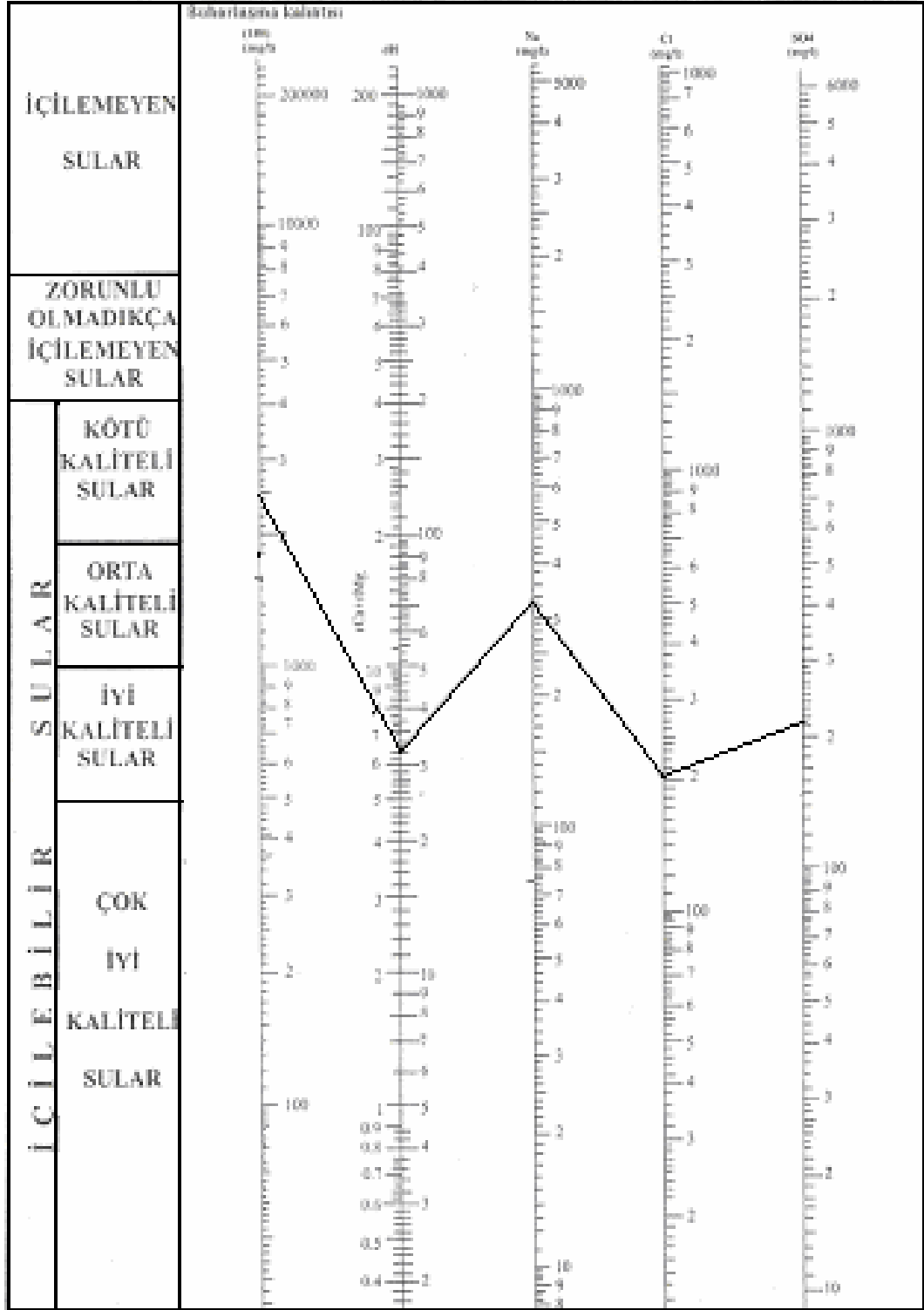
Ek 15. 13 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



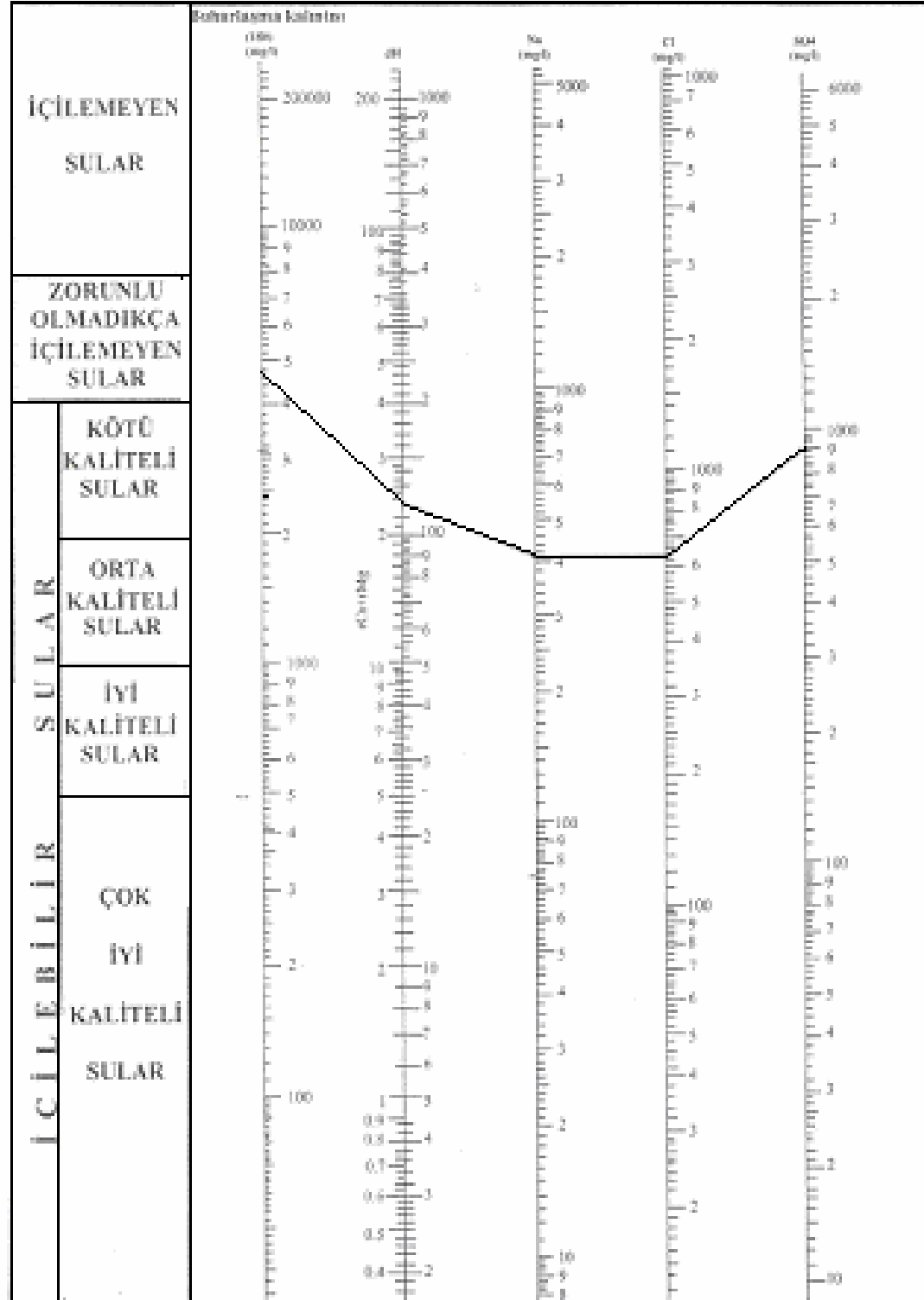
Ek 16. 14 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



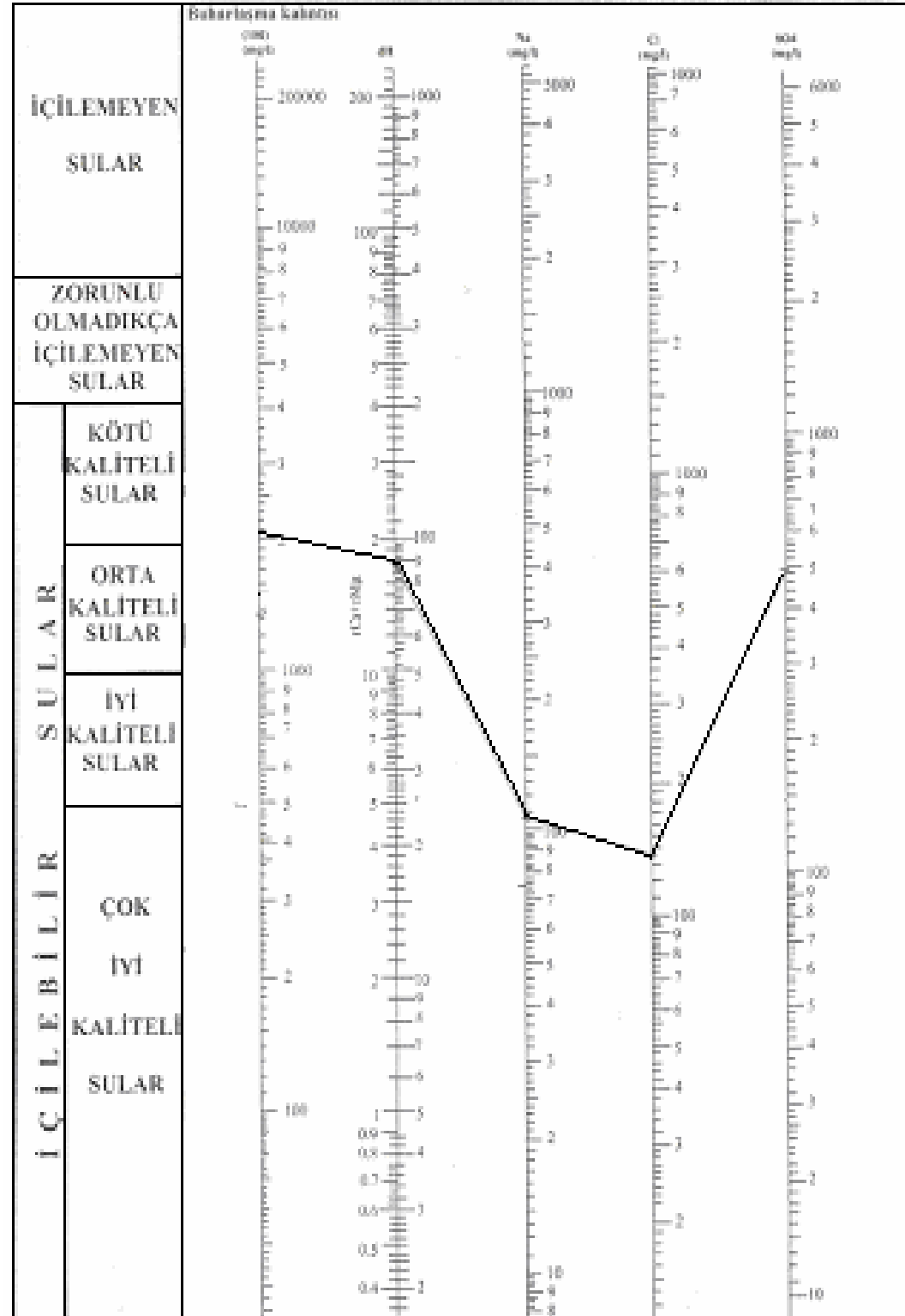
Ek 17. 15 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



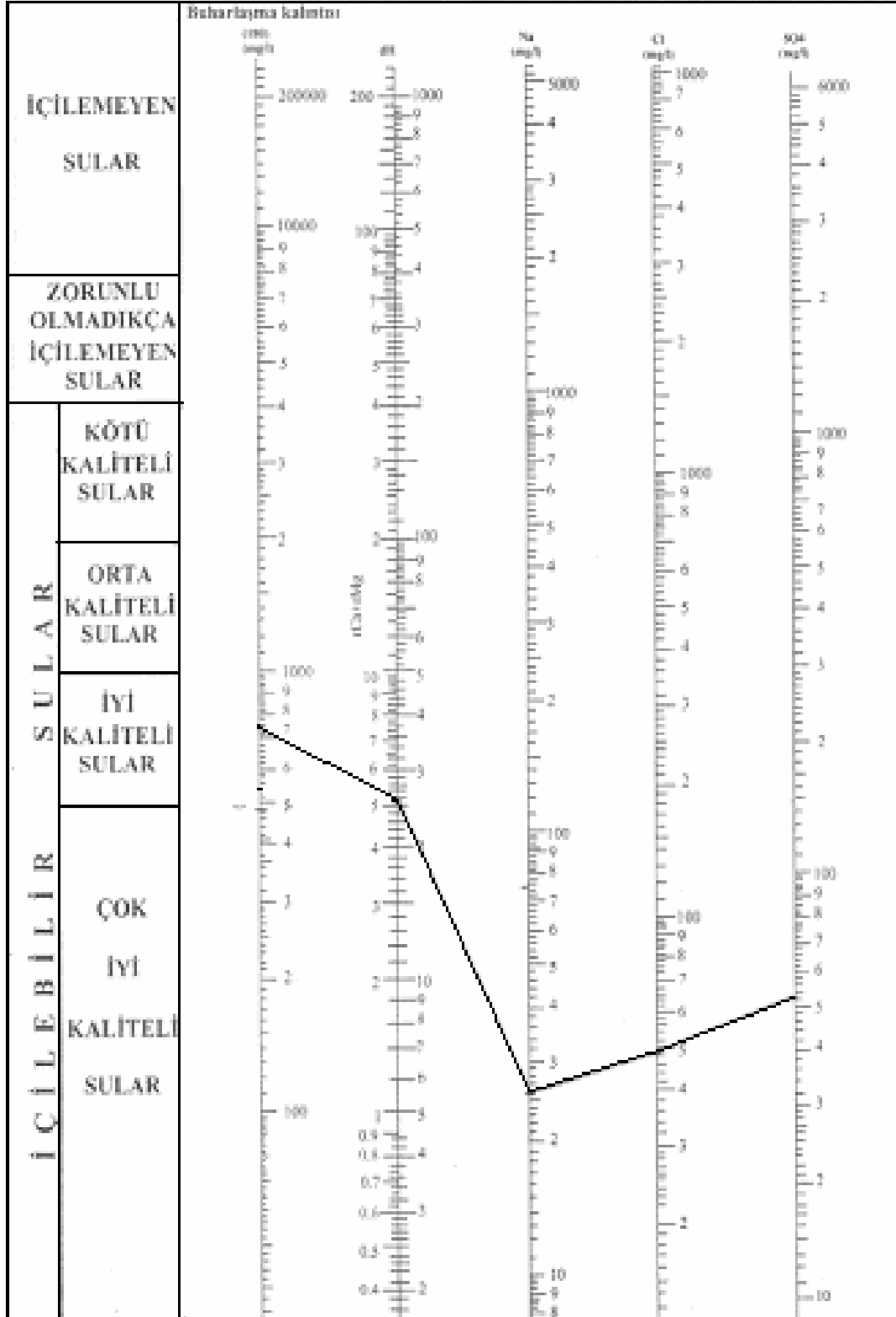
Ek 18. 16 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



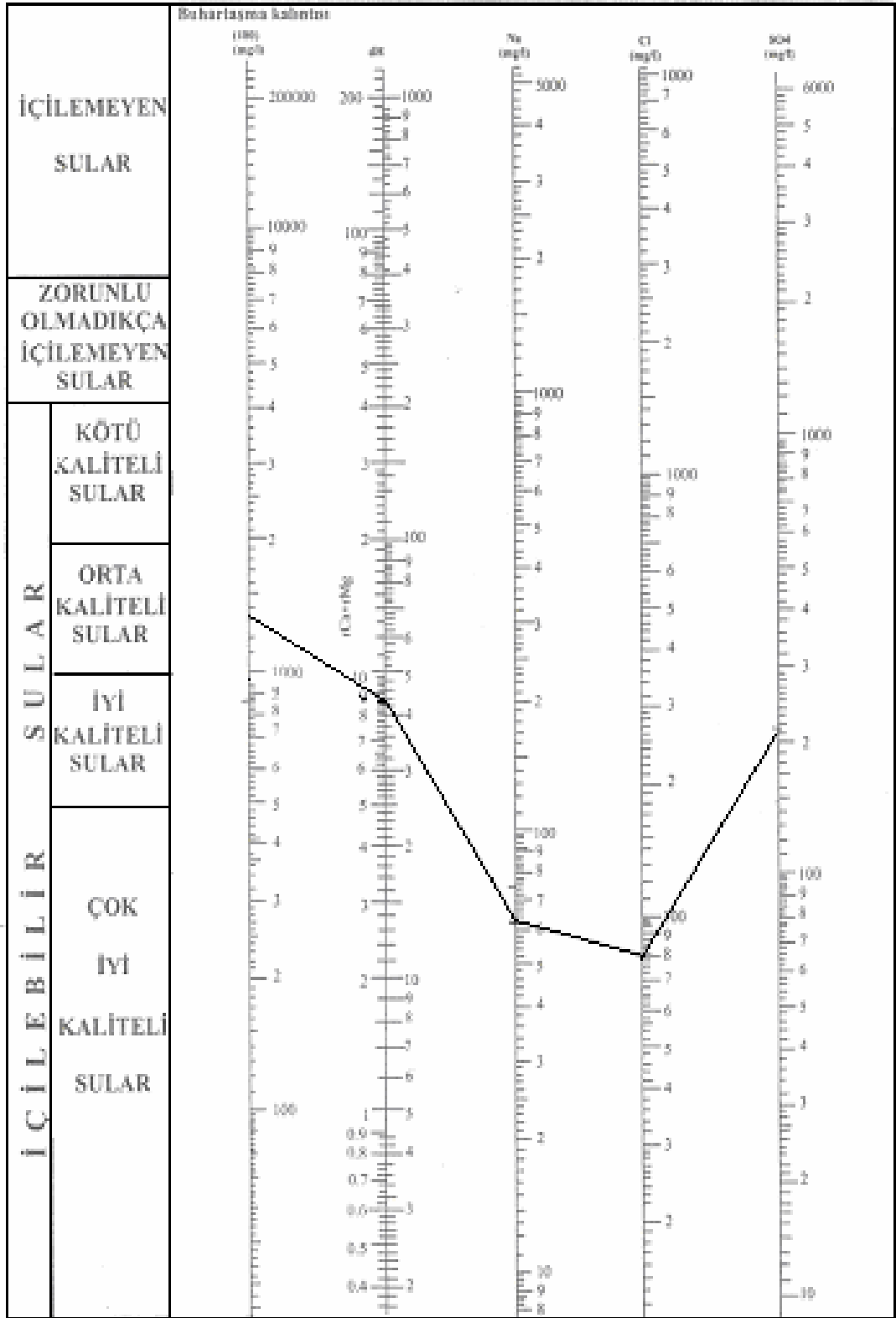
Ek 19. 17 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



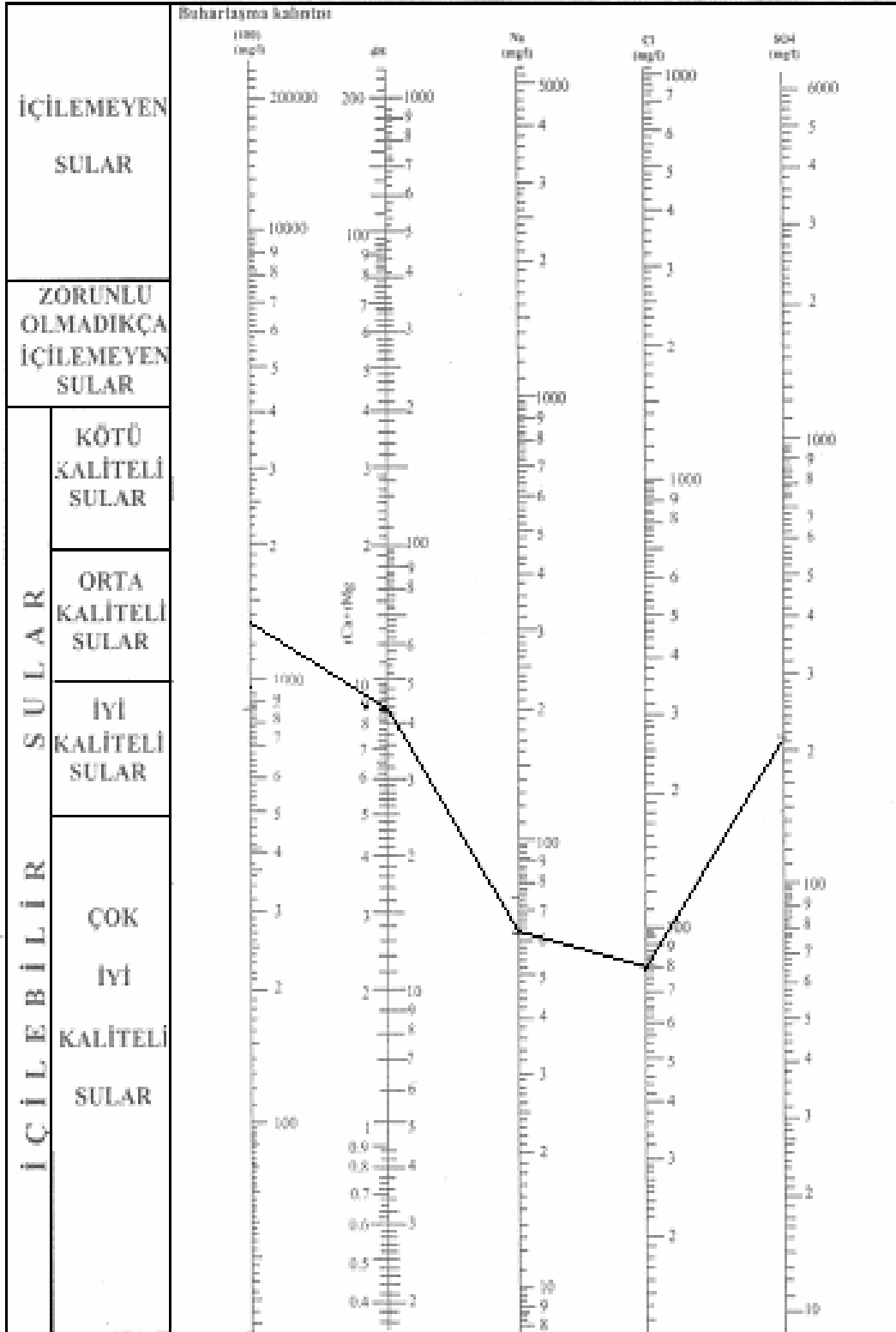
Ek 20. 18 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



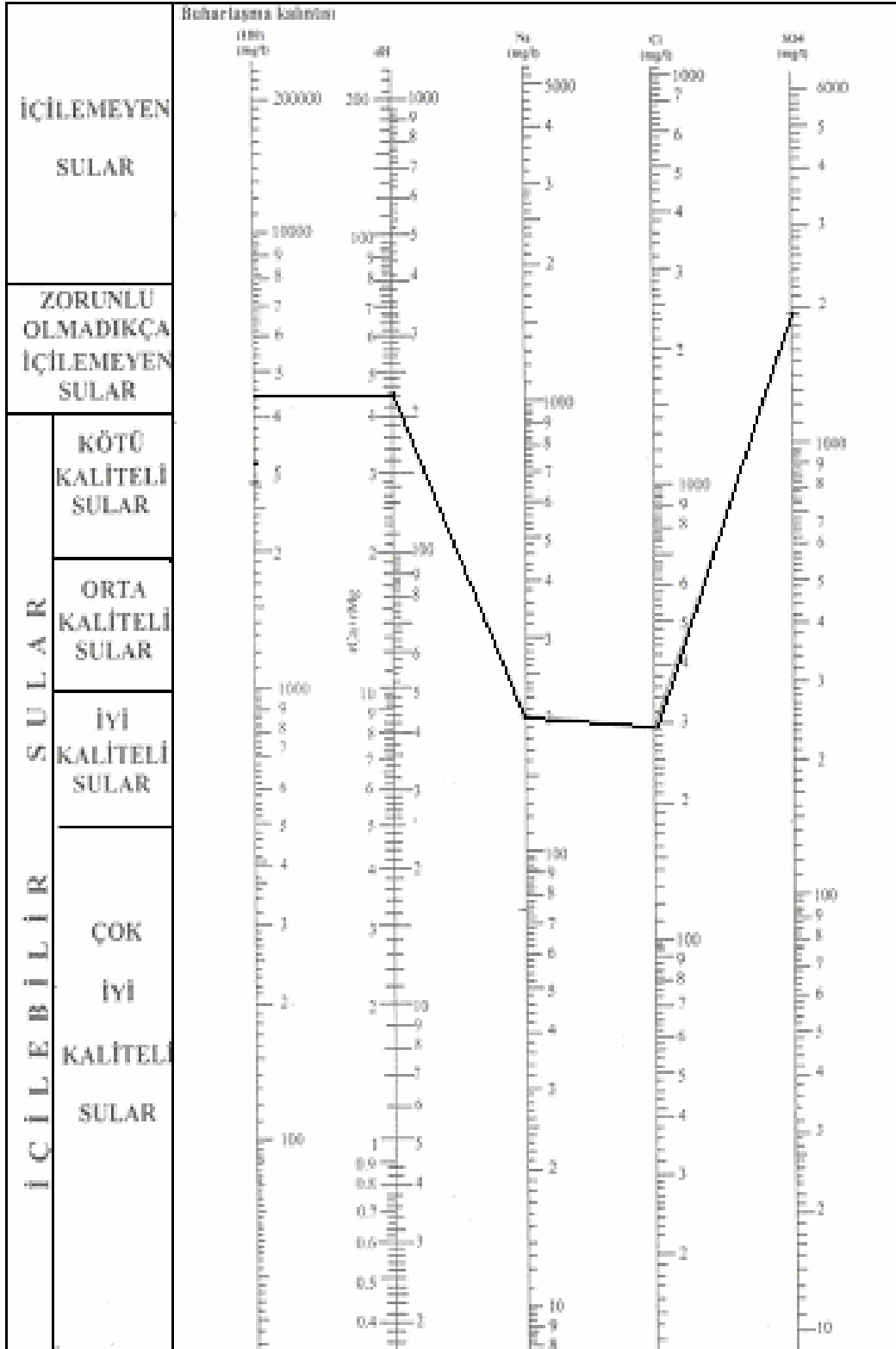
Ek 21. 19 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



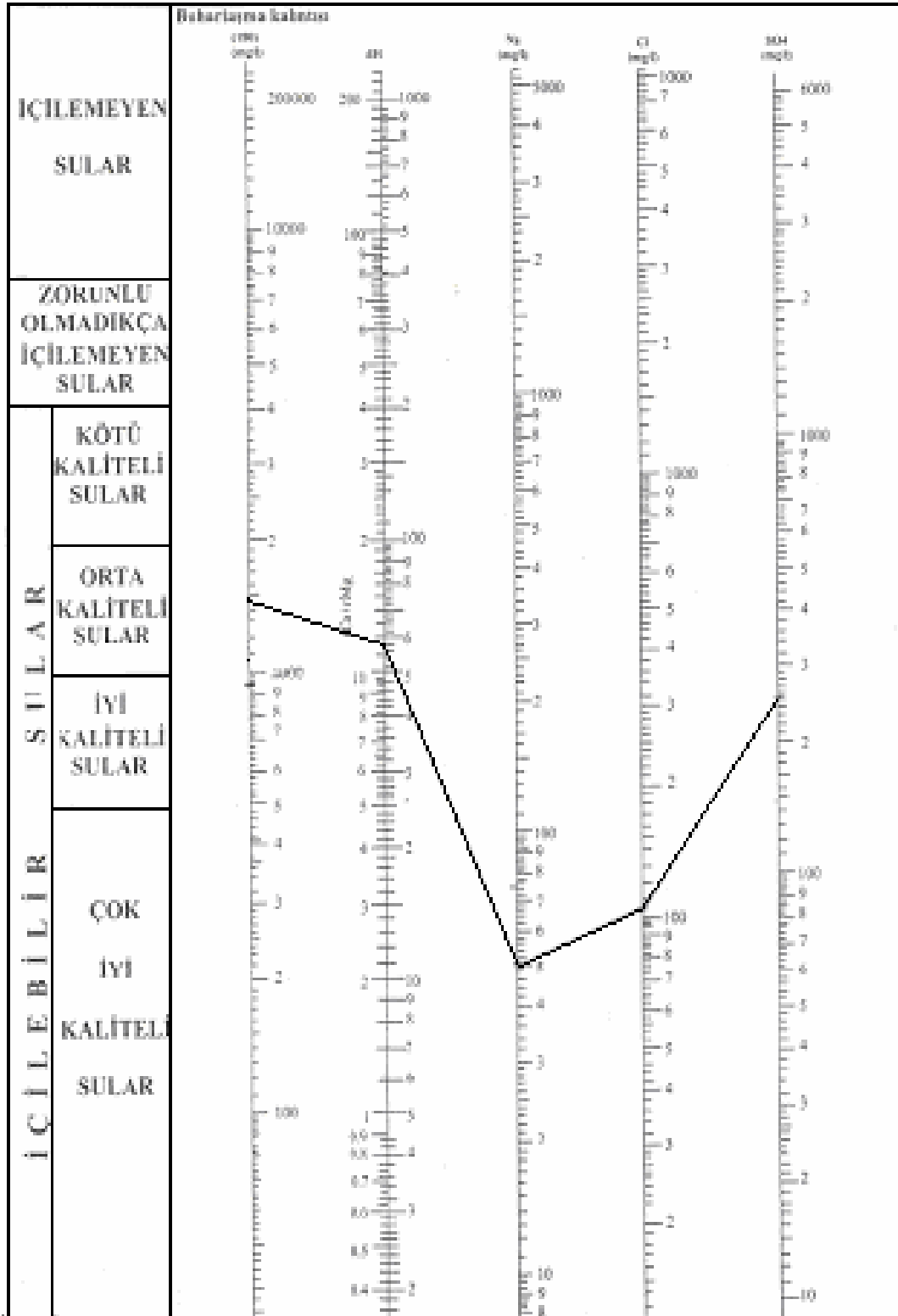
Ek 22. 20 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



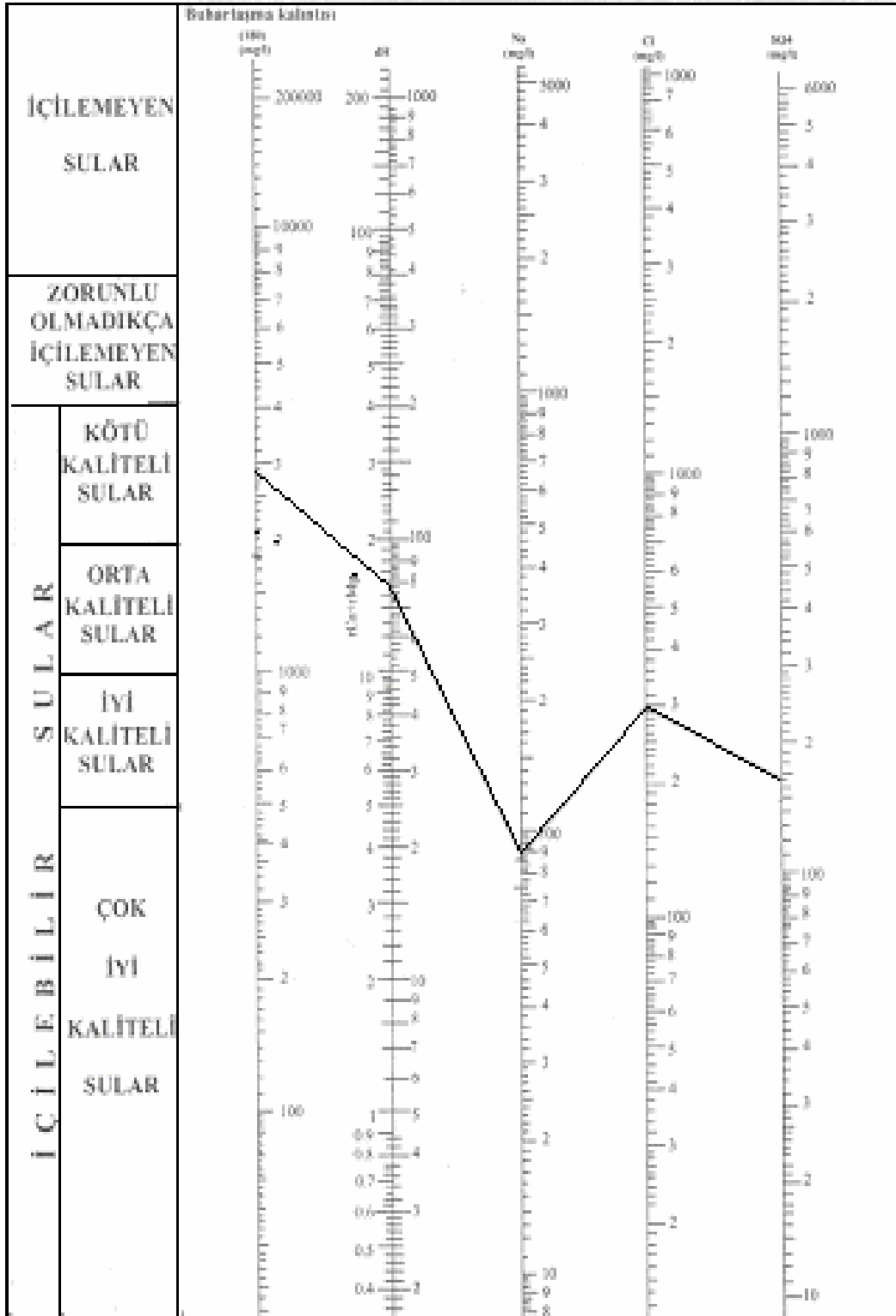
Ek 23. 21 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



Ek 24. 22 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



Ek 25. 23 nolu örnekleme noktasına ait Schoeller diyagramı



ÖZET

Yeraltı suyu kirliliği yeni bir olgu olmamasına rağmen, ancak 1970’li yılların sonunda yeni bir çevresel kavram olarak ortaya çıkmıştır. Genelde, yeraltı suyu kirliliği evsel ve endüstriyel atıklar ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanır. Kontamine olmuş yeraltı suyunun temizlenmesi oldukça güç ve maliyeti yüksektir. Bu nedenle yer altı su kaynaklarının korunması için bu kaynakların sık periyotlarla izlenmesi ve herhangi kirlenme belirtisi olduğunda önlemlerin gecikmeden alınması gerekmektedir.

Çalışma alanı olan Harran Ovası GAP’ın en büyük sulama sahasına ve Ortadoğu’nun en büyük yeraltı suyu rezervine sahiptir.

1995 yılında yüzey sulamasının başlamasıyla birlikte, yoğun tarımsal faaliyetler, sulama-drenaj ve evsel atıklar ve atıksuların deşarjının yapıldığı ovada önemli oranda tarımsal problemler başlamıştır. Yeraltı su seviyesi ovanın bazı kesimlerinde 0.5 – 10 m düzeyine erişmiştir.

Bu çalışmayla, problemin yaşandığı bölgede, ova genelini temsil eden örnekleme noktaları (sondaj kuyuları) seçilerek aylık olarak alınan su örnekleri üzerinde yerinde (in-situ) ve laboratuvarında analizler yapılarak sıcaklık, pH, EC, Ca⁺, Mg⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄⁻², NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P, organik madde, TDS ve bulanıklık parametreleri belirlenmiştir. Anılan parametreler, Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği, TSE İçme Suları Standardı (TS 266), WHO (1998) standart ve sınıflamalarına tabi tutularak yeraltı suyu kalitesi ve kirlenme potansiyeli tespit edilmiştir.

Elde edilen veriler ışığında çalışma alanına ait kirlilik haritaları oluşturulmuştur. Buna göre kirliliğin daha çok ovanın güney bölümünde yoğunlaştığı gözlenmiştir. Çalışma alanında en kirli olan alanlar, Uğurlu, Vergili, Kıyas, Konuklu, Kızıldoruç, Yardımlı, Özlü, Yaygılı, Çepkenli, Altılı, Bolatlar ve Uğraklı’dır.

SUMMARY

Although groundwater contamination is not a new fact, it emerged as a new environmental concept in the late 1970s. Generally, groundwater contamination is caused by home and industrial waste and agricultural activities. Purifying contaminated groundwater is rather difficult and costly. Thus, in order to preserve groundwater sources, it is necessary to control these sources periodically and when there is a sign of contamination, precautions must be taken immediately.

Study area is the Harran Plain, has the biggest irrigation field in the Southeastern Anatolia Project region and it has the biggest groundwater reserve in the Middle-East.

After surface irrigation was started in 1995, big agricultural problems began in the plain where agricultural activities are dealt with and where domestic and wastewater are poured. Groundwater level has come up to 0.5-10m in some parts of the plain.

With this study, choosing some sampling points to represent the plain in general in the region where there is the problem, water samples were taken monthly and analyzed in the place and in laboratories, temperature, , pH, EC, Ca⁺, Mg⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄⁻², NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄, TOC, TDS and turbidity parameters were determined. The parameters mentioned above were subjected to the Turkish Water Pollution Control Regulations, TS 266 (Turkish Standard), WHO (1998) and 98/83/EC standards and classifications, the quality and contamination potential of the groundwater have been determined.

With the help of these results, contamination maps of the region were drawn. Thus, it has been seen that contamination mostly exists in the east part of the plain. The most contaminated areas are Uğurlu, Vergili, Kısas, Konuklu, Kızıldoruç, Yardımlı, Özlü, Yaygılı, Çepkenli, Altılı, Bolatlar and Uğraklı.