

**MERSİN-TARSUS ARASINDA ALÜVYON AKİFERDE  
YERALTI SUYU KİRLİLİĞİNİN FOTOMETRİK  
ÖLÇÜMLER İLE ARAŞTIRILMASI**

**ERHAN ERDEM**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERSİN  
HAZİRAN 2006**

**MERSİN-TARSUS ARASINDA ALÜVYON AKİFERDE  
YERALTI SUYU KİRLİLİĞİNİN FOTOMETRİK ÖLÇÜMLER İLE  
ARAŞTIRILMASI**

**ERHAN ERDEM**

**Mersin Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Jeoloji Mühendisliği  
Anabilim Dalı**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı  
Doç.Dr. Zeynel A. DEMİREL**

**MERSİN**

**Haziran - 2006**

Bu tezin gerek bilimsel gerekse elde edilen sonuçlar açısından tüm gerekleri sağladığı kanaatine ulaşan ve aşağıda imzaları bulunan biz jüri üyeleri, sunulan tezi oy çokluğu (oy birliği) ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul ediyoruz.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Zeynel A. DEMİREL

Jüri Üyesi

Jüri üyesi

Bu tezin Fen Bilimleri Enstitüsü yazım kurallarına uygun olarak yazdığı Enstitü Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... tarih ve ...../.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mahir TURAN

Enstitü Müdürü

Not : Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

## ÖZ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma, Mersin ve Tarsus kentlerinin geleceği için önemi büyük olan Berdan akiferinin kirliliğinin araştırılması ve temiz yer altı suyu kazanımı için olası lokasyonların belirlenmesini amaçlamaktadır. Mersin bölgesi endüstrinin yoğun olduğu bir bölgedir. Artan nüfusla birlikte tarım ve sanayi hızla gelişmektedir. Bu hızlı kentleşme yer altı suyu kalitesini bozmaktadır. Mersin – Tarsus kentleri arası Berdan nehrinin biriktirdiği alüvyon, kalınlığı 100 metreyi aşan delta çökellerinden oluşmuştur. Bu akifer üzerinde yer alan bir çok yerleşkenin içme ve kullanma suyu, açılmış üretim kuyularından karşılanmaktadır. Çok verimli ve serbest bir akifer olan Berdan akiferinin üzerinde endüstriyel ve tarımsal aktivite son 10 yıldır hızlı bir şekilde gelişmiş ve yer altı suyu kalitesi olumsuz yönde etkilenmiştir. Bu tez kapsamında çalışma alanındaki akiferin sorunlu bölgelerinde ve değişik derinliklerde üretim yapan yaklaşık 30 adet seçilmiş kuyulardan 3 değişik periyot (Haziran 2004, Eylül 2004, Nisan 2005) için alınan numunelerde yapılan analizlerle tarımsal aktivitelerden kaynaklanan parametreler ve ağır metallerin ( $\text{NH}_4\text{-N}$ , Br,  $\text{Cr}^{+6}$ , Cu, F, Fe, Mn, Mo, Ni,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  ve Zn) fotometrik yöntemle, hızlı ve eşzamanlı ölçümleri ile kirlenici kaynaklar ortaya konulmuş, gelecekte su kirliliğinin ulaşacağı boyut ve bunu önlemeye yönelik öneriler ortaya konulmuştur. Bu çalışmalar sonucunda Mezitli kasabasının kıyı kesimi ve Karaduvar – kazanlı arası ağır metal ve tarımsal aktiviteden kaynaklanan bir kirlilikle karşı karşıyadır. Yine bu bölgelerde deniz suyu girişimi olduğu söylenebilir.

**Anahtar kelimeler:** ağır metaller, su kirliliği, yeraltı suyu.

## ABSTRACT

This study, which has been prepared as a thesis of master of science, aims to research the pollution of Berdan aquifer which has a very great importance for Mersin and Tarsus and to determine the probable locations for acquiring clean underground water. Mersin is a zone in which industry is dense. Agriculture and industry develop rapidly with the increasing population. This rapid urbanization spoils the quality of the underground. The area between Mersin and Tarsus was formed by alluvium which the river Berdan gathered and delta sediments whose thickness exceeds 100 metres. The drinking water and consumption water of many settlements over this aquifer are supplied by the production wells that have been opened. The agricultural and industrial activities on Berdan aquifer, which is very fertile and free, have developed rapidly for 10 years and the quality of underground water has been influenced negatively. In the scope of this thesis, the samples in analyses were taken in three different periods (June 2004, September 2004, April 2005) from approximately 30 chosen wells that made production in different depths and in the problematic zones of the aquifer which has been researched. The contaminant sources were determined with rapid and simultaneous measurement of parameters that result from agricultural activities, heavy metals ( $\text{NH}_4\text{-N}$ , Br,  $\text{Cr}^{+6}$ , Cu, F, Fe, Mn, Mo, Ni,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  and Zn) by means of photometric method. The extent which water pollution will reach and some suggestion have been put forward. As a result of these researches, the shores of Mezitli town and the shores between Karaduvar and Kazanlı have a problem of pollution that as result from heavy metal and agricultural activities. In addition to that, mixture of sea water and groundwater can be in the region.

Keywords: heavy metals, water pollution, groundwater.

## TEŞEKKÜR

Öncelikle bu yüksek lisans tez konusunu çalışmamı isteyen ve hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Zeynel A. DEMİREL'e, tez çalışmalarıma destek olan Aylin KAYA'ya , laboratuvar konusunda yardımcı olan evre mühendisliği bölümü hocalarıma ve tezimde katkısı bulunan tüm arkadaşlara teşekkür ederim.

Ayrıca tüm yaşamım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZ</b>	<b>i</b>
<b>ABRASTCT</b>	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b>	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>iv</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b>	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	<b>viii</b>
<b>1.GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI</b>	<b>3</b>
2.1. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN TANIMI	5
2.1.1. Coğrafik Özellikler	5
2.1.2. İklim	7
2.2. İNCELEME BÖLGESİNİN GENEL JEOLJİSİ	8
2.2.1. Stratigrafi	8
2.2.2. Temel Birimler	12
2.2.2.1. Karahamzaşağı formasyonu (Pka)	12
2.2.2.2. Mersin ofiyolitik melanju	13
2.2.3. Tersiyer Birimler	13
2.2.3.1. Girdili formasyonu (Tgi)	13
2.2.3.2. Karaisalı formasyonu (Tka)	14
2.2.3.3. Güvenç formasyonu (Tgü)	15
2.2.3.4. Kuzgun formasyonu (Tku)	15
2.2.3.5. Handere formasyonu (Tha)	16
2.2.4. Kuvaterner Birimleri	16

2.2.5. Kalabriyen – Siciliyen Birimleri	17
2.2.6. Tirreniyen – Güncel Birimler	17
2.2.7. Tektonizma	17
2.2.8. Jeomorfoloji	18
2.2.9. Hidrojeoloji	19
2.2.9.1. Kayaçların hidrojeolojik özellikleri	19
2.2.9.2. Yeraltısuyu akım yönleri	21
2.2.9.3. Yeraltısuyu kimyası	21
<b>3. MATERYAL ve METOT</b>	<b>23</b>
3.1. KUYULARI İZLEME YÖNTEMİ VE ANALİZLER	23
3.1.1. Yerde Yapılan Ölçümler	23
3.1.2. Laboratuvar Analizleri	24
3.1.3. Ölçü Prensipleri	24
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA</b>	<b>25</b>
4.1. SU KİRLİLİĞİ	25
4.1.1. Su Kaynaklarında Kirlilik Etkenleri	26
4.1.1.1. Tuzluluk	26
4.1.1.2. Azot	27
4.1.1.3. Fosfor	28
4.1.1.4. Gübreler ve su kirliliği	29
4.1.1.5. Ağır metaller ve iz elementler	30
4.2. HAZİRAN 2004 (1. PERİYOT) ANALİZ SONUÇLARI	32
4.3. EYLÜL 2004 (2. PERİYOT) ANALİZ SONUÇLARI	33



4.4. NİSAN 2005 (3. PERİYOT) ANALİZ SONUÇLARI	34
4.5. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRMESİ	35
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER</b>	<b>78</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>83</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>86</b>

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>ÇİZELGE</b>	<b>SAYFA</b>
Çizelge 4.1. Haziran 2004 (1. periyot) analiz sonuçları	32
Çizelge 4.2. Eylül 2004 (2. periyot) analiz sonuçları	33
Çizelge 4.3. Nisan 2005 (3. periyot) analiz sonuçları	34
Çizelge 4.1.Suların özgül elektriksel iletkenliği esas alınarak yapılan sınıflandırma	41

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>ŞEKİL</b>	<b>SAYFA</b>
Şekil 2.1. Çalışma alanı ve yer bulduru haritası	6
Şekil 2.2. Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafi kesiti	9
Şekil 2.3. Çalışma alanının kuyu lokasyonları	10
Şekil 2.4. Mersin ilinin jeolojik haritası	11
Şekil 4.1. 2004 Haziran ayı yeraltısuyu sıcaklık(T) değişimi	36
Şekil 4.2. 2004 Eylül ayı yeraltısuyu sıcaklık(T) değişimi	37
Şekil 4.3. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu sıcaklık(T) değişimi	38
Şekil 4.4. 2004 Haziran ayı yeraltısuyu elektrik iletkenlik değişimi	42
Şekil 4.5. 2004 Eylül ayı yeraltısuyu elektrik iletkenlik değişimi	43
Şekil 4.6. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu elektrik iletkenlik değişimi	44
Şekil 4.7. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu amonyak değişimi	47
Şekil 4.8. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu nitrat değişimi	50
Şekil 4.9. 2004 Haziran ayı yeraltısuyu fosfat değişimi	52
Şekil 4.10. 2004 Eylül ayı yeraltısuyu fosfat değişimi	53
Şekil 4.11. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu fosfat değişimi	54
Şekil 4.12. 2004 Haziran ayı yeraltısuyu flor değişimi	56
Şekil 4.13. 2004 Eylül ayı yeraltısuyu flor değişimi	57
Şekil 4.14. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu flor değişimi	58
Şekil 4.15. 2004 Haziran ayı yeraltısuyu brom değişimi	60
Şekil 4.16. 2004 Eylül ayı yeraltısuyu brom değişimi	61
Şekil 4.17. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu brom değişimi	62
Şekil 4.18. 2004 Haziran ayı yeraltısuyu demir değişimi	65
Şekil 4.19. 2004 Eylül ayı yeraltısuyu demir değişimi	66
Şekil 4.20. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu demir değişimi	67
Şekil 4.21. 2004 Haziran ayı yeraltısuyu mangan değişimi	69

Şekil 4.22. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu mangan değişimi	70
Şekil 4.23. 2004 Haziran ayı yeraltısuyu mangan, demir ve nikel elementlerinin sınır değeri aştığı noktaların şematik gösterimi	75
Şekil 4.24. 2004 Eylül ayı yeraltısuyu mangan, demir, nikel, flor ve bromun elementlerinin sınır değeri aştığı noktaların şematik gösterimi	76
Şekil 4.25. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu mangan, demir, nikel ve brom elementlerin sınır değeri aştığı noktaların şematik gösterimi	77

## 1-GİRİŞ

Mersin – Tarsus kentleri arası, Berdan nehrinin biriktirdiği alüvyon ile kalınlığı 100 metreyi aşan delta çökellerinden oluşmuştur[1]. Bu akifer üzerinde yer alan bir çok yerleşkenin içme ve kullanma suyu, açılmış üretim kuyularından karşılanmaktadır [2]. Oldukça verimli ve serbest bir akifer olan Berdan akiferinin üzerinde endüstriyel ve tarımsal aktivite son 10 yıldır hızlı bir şekilde gelişmiş ve yer altı suyu kalitesi olumsuz yönde etkilenmiştir. Akiferin kuzeybatı sınırında yer alan organize sanayi bölgesi atık suları arıtılmadan deşarj etmekte ve kirli sularını bu akifere sızdırmaktadır [2]. Serbest akiferlerin yüzeydeki aktivitelerden kirlenme riski oldukça yüksektir [3].

Berdan nehri baraj çıkışından denize döküldüğü yere kadar kirletici parametreler açısından aşırı yüklenmekte, içme ve kullanma suyu temin eden kuyu suları için kirletici kaynak olmaktadır. Kazanlı batısında yer alan Kromsan tesisinin katı atıkları ( $Cr^{+6}$ ) 10 yılı aşkın bir süredir fabrika ile Deliçay arasında depolanmış ve muhtemelen yer altı suyunu olumsuz yönde etkilemiştir. Mersin çöp toplama alanı şehir merkezinin hemen sınırında ve şehrin kuzeyinde vahşi depolama şeklinde biriktirilmektedir. Mersin şehir merkezi her ne kadar içme ve kullanma suyunu Berdan Barajından temin etmekte ise de özellikle yaz aylarında artan su gereksinimini karşılamak üzere açılmış kuyulardan yararlanılmaktadır. Mersin su ve kanalizasyon işleri müdürlüğü (MESKİ) tarafından açılan kuyulardan bir kısmı da su kalitesi yeterince denetlenmeden sulama suyu olarak kullanılmakta ve kirli yer altı suyu bir kez daha kirletilerek akifere sızdırmaktadır. Ayrıca kirletici kaynaklarından bir diğeri de deniz suyu girişimidir. Kıyıya yakın açılan çok sayıdaki kuyudan yapılan bilinçsiz üretim sonucunda deniz suyu girişimi ortaya çıkmıştır. Deniz suyunun, şehir merkezi, Mersin limanı ve Kara duvar bölgesinde aşırı bir şekilde kirlenmiş olması nedeniyle yer altı suyu sadece deniz suyu tarafından kirlenmeyle kalmayıp zamanla ağır metaller ve petrol türevleriyle de kirliliği söz konusudur.

Endüstrinin çok yoğun olduğu Mersin bölgesinde ve Karaduvar gibi tarımla uğraşan yerlerde yeraltı suyunun aşırı işletilmesi su kalitesini bozmaktadır.

Deniz suyu girişiminin ve bölgedeki endüstriyel faaliyetlerin yarattığı kirliliğin yanı sıra, Mersin'in kuzeyinde yer alan ofiyolitlerin de bir kirlilik yaratabileceği düşünülmektedir. Bu alışma Mersin akiferindeki ağır metal kirliliğini araştırmak amacıyla yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu tez kapsamında çalışma alanındaki akiferin sorunlu bölgelerde ve değişik derinliklerde üretim yapan yaklaşık 30 adet kuyu seçilmiş, kuyulardan 3 değişik periyot (Haziran 2004, Eylül 2004, Nisan 2005) için alınan numunelerde yapılan, organik kirleticiler, tarımsal aktivitelerden kaynaklanan parametreler ve ağır metallerin ( $\text{NH}_4\text{-N}$ , Br,  $\text{Cr}^{+6}$ , Cu, F, Fe, Mn, Mo, Ni,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  ve Zn) fotometrik yöntem ile hızlı ve eşzamanlı ölçümleri ile kirleticiler ortaya konulmaya çalışılmış ve gelecekte su kirliliğinin ulaşacağı boyut belirlenerek nemeye yönelik öneriler ortaya konulmuştur.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

SCHMIDT [4], Adana bölgesinin genel stratigrafisini alıŐıŐ ve kırk yedi kaya birimini isimlendirmiŐtir. Bu alıŐmalar sonucunda Bulgurdağ petrol sahasını belirlemiş ve petrolün gömülü tepe ile stratigrafik kapanlarda olacağını ortaya koymuştur.

İLKER [5], Adana havzasının kuzeybatısında Paleozoik'ten Kuvaterner'e kadar olan bütün formasyonları incelemiŐtir. Daha çok petrol olanaklarını araŐtırmak amacı ile yapılan bu çalışmada özellikle Tersiyer yaşlı sedimanlar üzerinde durulmuŐtur.

TÜRKMEN [1], DSİ Genel Müdürlüğü'nden bir ekip bölgenin jeoloji, jeofizik, araŐtırma kuyuları ve pompaj testleri ile hidrojeolojisini alıŐıŐ ve sonuçları "Mersin-Berdan ve Efrenk Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporu" adı ile derlemiŐlerdir.

GÖRÜR [6], Karaisalı KiretaŐını sedimantolojik yönden altı alt fasiyese ayırarak, bunların Miyosen ncesi paleotopoğrafyasının yükselti ve yakın çevrelerinde oluştuğunu, Karaisalı Kireçtaşının baŐlangıçta alg, foraminifer, ekinoderm, mercan, molluska ve Miyosen öncesine ait kireçtaşları kırıntılarını içeren bir çökel durumunda olduğunu bildirmiŐtir.

YETİŞ ve DEMİRKOL [7], Adana baseni kuzey-kuzeybatısının stratigrafisine ilişkin gözlemlerinde; bazı yazarlarca Adana havzası çökel istiflerinin Burdigaliyen-Güncel zaman aralığında durulduğunu bildirmelerine rağmen yazarlar, bölgenin yaşının Oligosen belki de st Eosen'e indirgemek için elde verilerin olmadığı, fakat Adana havzası kuzeyinde Lütesiyen yüzleklerinin bulunduğunu ve bu birimlerin üzerinde karasal nitelikli Oligosen çökellerin uyumsuzlukla geldiğini belirtmiŐlerdir.

ÜNLÜGENÇ [8], Kızılkaya (Adana) dolayının jeolojik incelemesinde Paraotokton, Allokton ve Otokton konumlu Paleozoik, Mesozoik ve Senozoik yaşlı birimleri ayırtlamış, özelliklerini ortaya koymuştur.

YETİŞ ve DEMİRKOL [9], “Adana havzası Kuzgun formasyonunun (Üst Miyosen) fasiyes ve ortamsal nitelikleri” adlı çalışmasında Kuzgun formasyonunda; batıdan doğuya doğru Güvenç formasyonunu üzerleyen Kuzgun formasyonundan ölçtükleri kesitlerde Kuzgun formasyonunun doğuda karasal nitelikte olduğunu, batıya doğru ise sığ deniz ortamına geçtiğini belirtmiştir.

ŞENOL ve ark.[10] Adana bölgesinde yaklaşık 400 km<sup>2</sup> lik bir alanda yapmış oldukları çalışmada, bu alanın şekillenmesinin Neojen sonrasında olduğunu söylemişlerdir.

ŞAFAK ve NAZİK [11], Adana havzası batı kesiminde Tarsus ilçesi kuzeyinde Eshab-ı Kehf civarında yapmış olduğu çalışmada Neojen istifinin litolojisini, planktonik foraminifer ve ostrakod faunalarını inceleyerek ortamsal özelliklerini ortaya koymaya çalışmıştır. Bunun sonucunda, Güvenç formasyonunun derin-sığ deniz, Kuzgun formasyonunun karasal-sığ deniz-kıyı, Handere formasyonunun çok sığ deniz ortamında oluştuğunu saptamıştır.

ŞENOL ve ark. [12] Adana havzasında yaptıkları incelemelerde havzada Erken Kuvaterner’de Yüksek Seki Konglomeraları, Fan Delta Çökelleri ve Kıyı Çökellerini, pedolojik oluşuklardan kaliş, Akdeniz Kırmızı Toprağı ve Sert Kalişin oluştuğunu Geç Kuvaterner’de ise Yamaç Molozları, Akarsu Seki Konglomeraları, Delta Çökelleri ve kıyılarda kumulların oluştuğunu belirtmiştir. Bu birimlerinde üzerinde kahverengi topraklar, grimsi topraklar ve alüvyal toprakların geliştiğini belirtmiştir.

DEMİREL [13], Mersin Dolayının Hidrojeolojisi adlı çalışmasında Mersin-Mezitli ve Tarsus arasında yer alan formasyonların hidrojeolojisini yapmıştır.



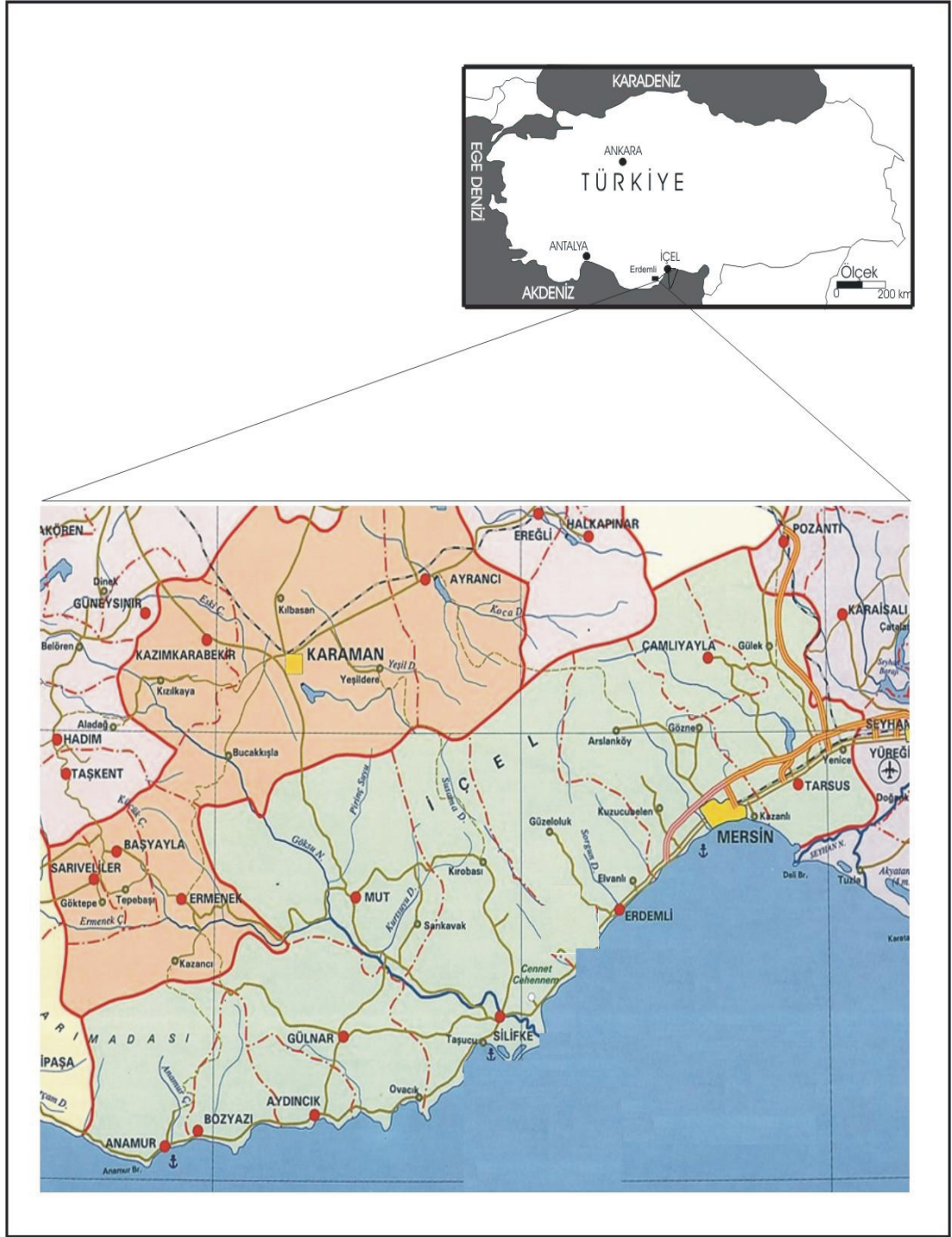
DEMİREL [14], Mersin Akiferinde Yeraltı Su Kirliliği ve ASM (Aquifer Simulation Model) Uygulaması adlı çalışmasında Mersin-Berdan arasında serbest alüvyon akiferde ASM-Win kullanarak bölgesel yeraltı suyunu modellemiştir.

DEMİREL [15], Mersin-Tarsus Organize Sanayi Bölgesinin Hidrojeolojisi ve Yeraltı Suyu Üzerinde Olumsuz Etkilerinin WELLz Simulatörü ile İncelenmesi adlı çalışmasında OSB'nin Huzurkent civarındaki kuyulara etkisini WELLz simulatörünü kullanarak simülasyonunu yapmıştır.

## 2.1. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN TANIMI

### 2.1.1. Coğrafi özellikler

İçel ili Akdeniz Bölgesinin Çukurova bölümünün batısında 32 derece 56 dakika ve 35 derece 11 dakika doğu boylamları ile 37 derece 26 dakika ve 36 derece 01 dakika kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. Mersin Merkez ilçe 15.853 km<sup>2</sup> yüzölçümü ile Türkiye topraklarının %2 sini kapsar. Güneyi Akdeniz ile kuşatılmış olan İçel ili kuzeyden Batı ve Orta Toros Dağlarının yüksek plato ve zirveleriyle Anadolu'nun iç kesimlerinden ayrılmaktadır. Berdan, Kızıl dere ve Deli çay bölgenin önemli akarsularıdır.



Şekil 2.1. Çalışma alanı ve yer bulduru haritası

## 2.1.2. İklim

İçel ili Akdeniz ikliminin tipik özelliklerinin ve meteorolojik şartların tümüne sahiptir. İlin kıyılarında yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı Akdeniz iklimi, iç kesimlerde ve yükseklerde kara iklimi görülür.

Mersin’de yıllık sıcaklık ortalaması 18.6 °C’dir. 50 yıllık gözlemlerde saptanan en yüksek sıcaklık 40 °C (21.06.1942), en düşük sıcaklık ise –6.6°C’dir (06.02.1950). İç kısımlarda ve yayla eteklerinde 10°C’ye varan düşük sıcaklıklar görülmektedir. Kış aylarında sıcaklık ortalaması 9-15°C arasında değişir. Bazı yıllar sıcaklık 0°C’nin altına düşmektedir. Kar yağışı sahil kesimlerinde görülmez. Ancak kış aylarında Torosların eteklerinde ve yayla kesimlerinde değişen miktarlarda kar yağışı ve örtüsü olmaktadır.

Deniz suyu sıcaklık ortalaması 20.8 °C’dir. Yaz aylarında 25-28°C arasında değişmektedir. Bu mevsimde kuvvetli rüzgarların olmaması nedeniyle dalga yüksekliği çok düşük olmakta, böylece uzun yaz ve sonbahar aylarında denizden istifade edilmesini sağlamaktadır.

İçel’de güneybatıdan esen deniz ve kara meltemi, Nisan-Eylül arasındaki altı aylık sürede gündüzleri denizden karaya doğru, geceleri Toroslar’dan denize doğru esmekte ve sıcak yaz mevsiminde serinletici özellik taşımaktadır. Ortalama rüzgar hızı 2.4 m/s 'dir. Deniz ulaşımını etkileyen nitelikteki kuvvetli rüzgarlar azda olsa kış aylarında görülür.

Mersinde uzun yıllar verilerine göre yıllık yağış toplam miktarı 593.4 kg/m<sup>2</sup> dir. En çok yağış Aralık ayında en az yağış ise Ağustos ayındadır. Uzun yıllar ölçümlerine göre yıllık kapalı günler ortalama 45.2 gündür. Yılın büyük bölümünde hava açık ve az bulutlu geçmektedir. İçel yurdumuzun güneşlenme süresi en fazla olan illeri arasındadır. Günlük ortalama güneşlenme süresi 7.4 saat olup yaz aylarında bu süre 8-10 saat arasında değişmektedir. Nem ortalaması %72 olup bütün

aylarda birbirine çok yakındır. Ortalama nem aylara göre % 65 - % 75 arasında değişmektedir.

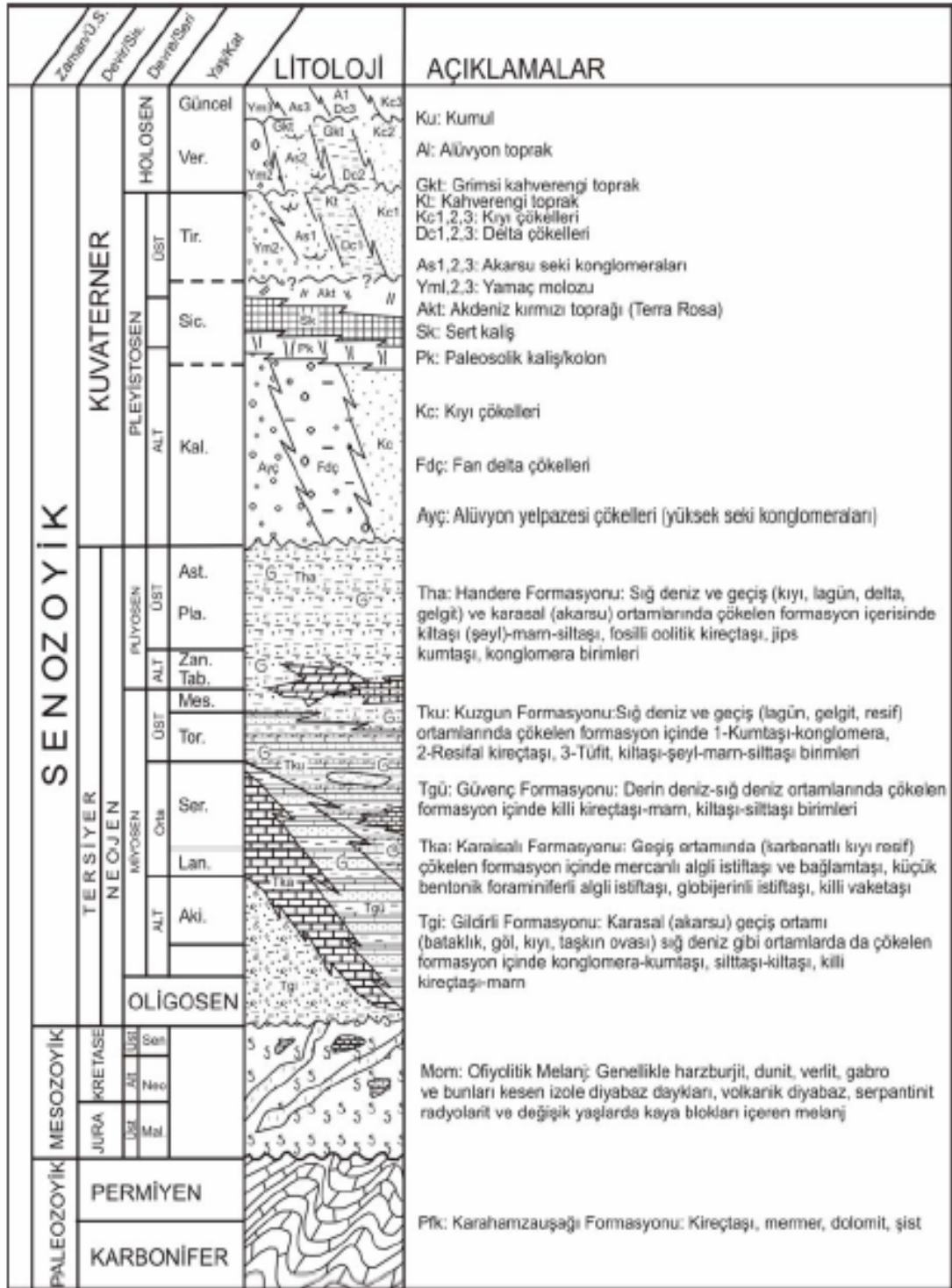
## 2.2. İNCELEME BÖLGESİNİN GENEL JEOLJİSİ

Mersin 033 paftası Toros dağ oluşum kuşağının Ecemiş fayı güneydoğu kesiminde yer alır ve kuşağın belirgin jeolojik özelliklerini taşır. Genellikle kuzeybatı bölümlerdeki derin vadi içlerinde görülen Mersin ofiyolitik melanjı ve Paleozoyik yaşlı Karahamzaşağı Formasyonu üzerine Neojen birimleri uyumsuz olarak gelir. Çalışılan bölgenin hemen hemen yarısını oluşturan Kuvaterner Birimleri çalışma bölgesinin doğu ve güney bölümlerinde yaygın olarak görülür.

### 2.2.1. Stratigrafi

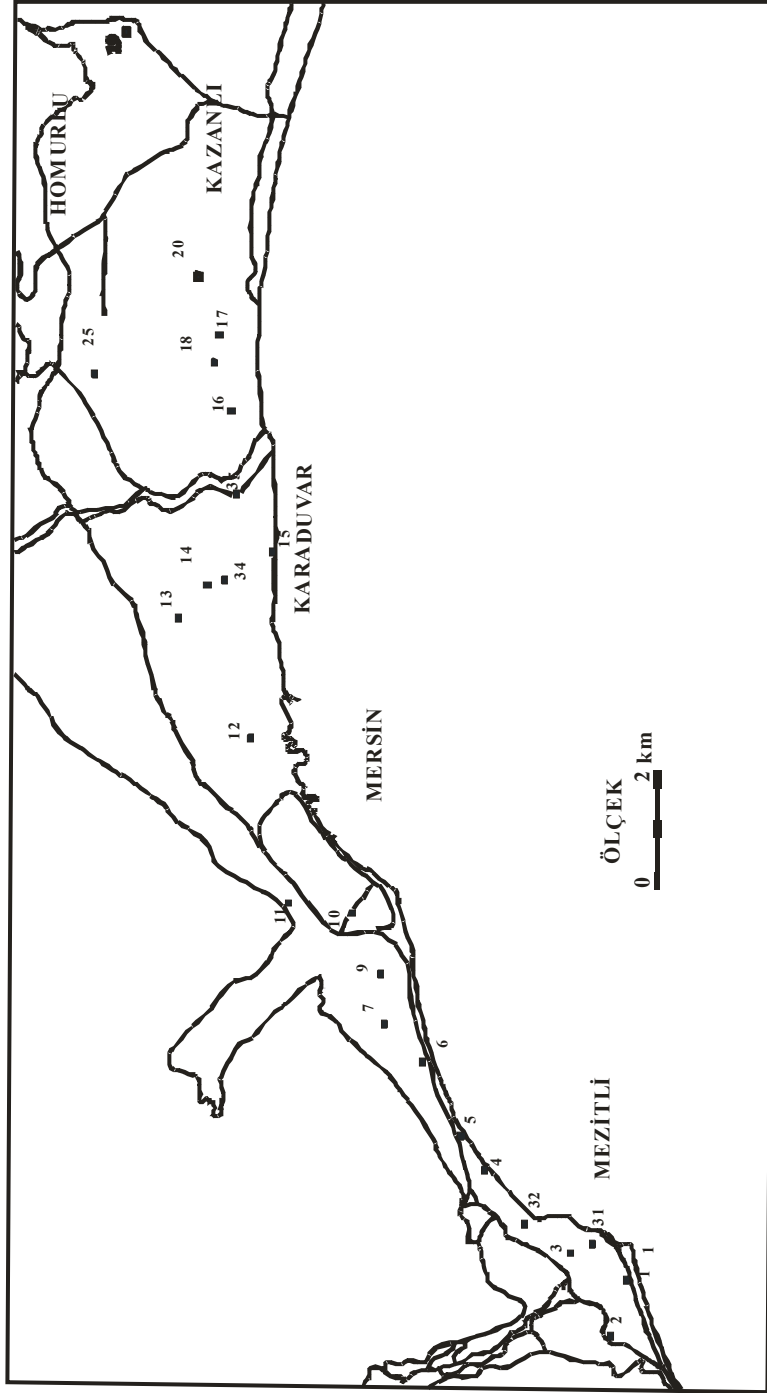
Mersin ili, Paleozoyik yaşta metamorfikleri, Üst Kretase yaşta bölgeye yerleşen ofiyolitik melanjı, Oligosen-Miyosen-Pliyosen zamanında karasal ortam, geçiş ortamı denizel ortam çökellerini Kuvaterner yaşlı karasal ortam, geçiş ortamı çökelleri ile morfolojik birimleri kapsar.

Kaya birimi toplulukları birbirinden farklı ortam koşullarını yansıttıklarından, bu bölümde tek bir yaş sıralama altında anlatılmayıp kendi içlerinde yaşlıdan gence doğru yapılan yaş sıralaması ile diğerlerinden bağımsız olarak ayrı ayrı ele alınmıştır.

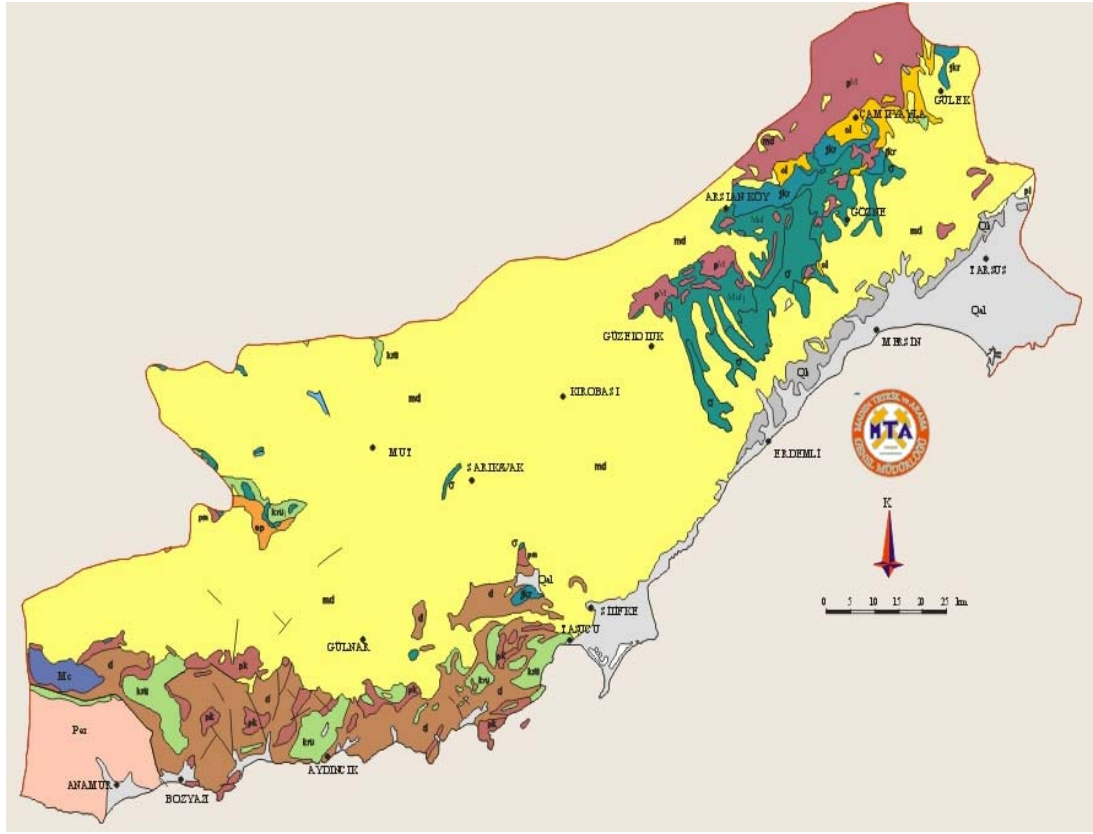


Şekil 2.2. Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafi kesiti [9]

K ↑



Şekil 2.3. Çalışma alanının kuyu lokasyonları



Qal	Alüvyon	Mof <sub>1</sub>	Melanj
Qk	Kalış	Mof	Ofiyolitli melanj
pl	Pliyosen	σ	Peridotit
md	Miyosen	pm	Permien
ol	Oligosen	jkr	Jura-kretase
ep	Eosen	pM	Permo-mesozoyik
kr	Kretase	pk	Permo-karbonifer
kr <sub>1</sub>	Üst Kretase	d	Devoniyen
kr <sub>2</sub>	Üst Kretase	Mc	Mesozoyik-terziyer
		Per	Paleozoyik

Şekil 2.4. Mersin ilinin jeolojik haritası [16].

## 2.2.2. Temel Birimler

Mersin ilinde temel birim olarak, Ziyaret Dağı ve çevresinde görülen, otokton kaya olarak bilinen Permo-Karbonifer yaşlı Karahamzauşağı Formasyonuna ait metamorfik kireçtaşı ve şistler ile bölgeye Üst Kretase zamanında sürüklenerek gelen Mersin ofiyolitik melanji bulunmaktadır.

### 2.2.2.1. Karahamzauşağı formasyonu (Pka)

Mersin ilinde stratigrafik olarak en altta bulunan Karahamzauşağı Formasyonu mermer, şist, kuvarsit gibi kaya birimlerinden oluşmuştur. Formasyonun adı Ünlüenç[8] tarafından verilmiştir. Ziyaret dağı dolay ve Karahüyük tepe başvuru kesit yerleri olarak verilebilir. Karahamzauşağı Formasyonu sığ-derin denizde çökelmiş ve daha sonra metamorfizmaya uğramış, başlıca metamorfik kireçtaşları, mermer, şist, kuvarsit gibi kayalardan oluşmaktadır. Tabakalanma düzenli olup 45-60 derece ile güneydoğuya eğilidir. Şistler siyah-gri renkli, ince taneli kuvars, muskovit, serizit ve plajiyoklastan oluşup yönlenme göstermektedir. Demirce zengin opak mineraller ve eser halde zirkon içermektedir. Kuvarsitler beyaz ve kirli beyaz renklerde, kayacın tamamı ufak ve birbirleriyle girik, kenetlenmiş kuvars kristallerinden oluşmaktadır. Eser olarak mika ve opak mineraller içermektedir [8 ].

Bölgede Karahamzauşağı formasyonun alt dokanağı bilinmemektedir. Karahamzauşağı Formasyonu, Kuzgun Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmüştür. Formasyonun alt dokanağı yüzeylemediğinden kalınlığı tam olarak bilinmemektedir. Arazi gözlemlerine göre kalınlığı 500 m'nin üzerindedir.

Formasyonun geçirdiği metamorfizma dolayısıyla, alınan paleontolojik determinasyon örneklerde makro ve mikro faunaya rastlanmamıştır. Bu kayalara Paleozoik yaşı verilmiş, Schmith [4] ve İlker [5] diğer bölgelerde de bu formasyonun eşdeğeri olan birimlere aynı yaşı uygulanmışlardır.



#### 2.2.2.2. Mersin ofiyolitik melanjı

Mersin ilinde ofiyolitik birim genellikle Mersin'in kuzeyinde yer alan derin vadiler içinde görülmektedir. Ofiyolitik Melanj içinde ofiyolitik kayalardan gabro, harzburjit, verlit, dünit, klinopiroksenit, verzolit, diyabaz, radyolarit ve derin deniz sedimanlarının yanı sıra ofiyolitlerin yerleşmesi esnasında havzaya düşen Permiyen, Jura, Kretase yaşlardaki yabancı kayaç bloklarını içermektedir. Çalışma alanındaki ofiyolitlerde genellikle serpantinleşme hakim olmuştur. Ofiyolitik birimler, çeşitli tektonizmaların etkisiyle ilksel konum ve yapılarını kaybetmeleri ve bitki örtüsü ile örtülü olmalarından dolayı sadece ofiyolitik melanj olarak haritalanmıştır.

#### 2.2.3. Tersiyer Birimler

Tersiyer birimleri birbirleriyle yanal ve dikey yönde geçişli olup, Oligo-Miyosen yaşlı Gildirli Formasyonu, Alt-Orta Miyosen yaşlı Karaisalı Formasyonu ve Güvenç Formasyonu, Orta-Üst Miyosen yaşlı Kuzgun Formasyonu ve Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Handere Formasyonu olarak ayırtlanmıştır.

##### 2.2.3.1. Girdili formasyonu (Tgi)

İnceleme alanı kuzeyinde bulunan Gildirli Formasyonu, başlıca konglomera-kumtaşı, siltaşı-kiltaşı ve killi kireçtaşı-marn gibi belirgin üç kaya biriminden oluşmuştur. Bunlar birbirleri ile girik, ardalı olmakla beraber, konglomera-kumtaşı birimi formasyonun alt bölümlerinde, siltaşı-kiltaşı birimi orta bölümlerinde ve killi kireçtaşı-marn birimi de üst bölümlerde egemendir. Adana havzasında isimlendirilen formasyonun tip yer kesitini inceleme alanı dışında N 34-a1 paftası içerisinde bulunan Gildirli Köyü oluşturmaktadır[4].

Oligosen-Miyosen zamanında bölgede oluşan akarsu, geçiş ortamı (taşkın ovası, göl lagün, bataklık, kıyı) ve sığ deniz gibi ortam ve alt ortamlarda çökelen Gildirli Formasyonu içinde, birbirleriyle girik ve geçişli başlıca üç birim ayırtlanmıştır. Bu birimlerin fasiyes özellikleri (geometri, litoloji, fosil-paleontoloji, sedimanter yapılar-paleoakıntı örnekleri) aşağıda verilmiştir.

Bunlar;

1. Konglomera-kumtaşı birimi

2. Siltaşı-kiltaşı birimi

3. Killi kireçtaşı-marn birimi

Gildirli Formasyonu, oturduğu birimler üzerine uyumsuz olarak gelmektedir ve Karaisalı Formasyonu ile düşey geçişlidir. Çalışılan bölgede Gildirli Formasyonunun kalınlığı oturduğu eski topografyanın (paleotopografya) özelliklerine bağlı olarak çok değişken olup, 1-175 m arasında değişmektedir.

Çeşitli araştırmacılar bu formasyona Üst Eosen'den Orta Miyosen'e kadar değişen yaşlar vermişlerdir. Formasyonun siltaşı-kiltaşı ve killi kireçtaşı-marn birimlerinden alınan örneklerin paleantolojik tayinini yapan Prof. Dr. Ü.Şafak bu formasyona Alt-Orta Miyosen (Burdigaliyen-Langiyen) yaşını vermiştir.

#### 2.2.3.2. Karaisalı formasyonu (Tka)

Karaisalı Formasyonu genellikle beyaz, açık gri, bej renklerde , yer yer bol algli, mercanlı, gastropod ve lamelli kavkılı, killi, yumrulu, erime boşluklu, yer yer iyi katmanlı resifal kireçtaşlarında oluşmuştur. Formasyona Schmidt [4] Karaisalı Kalkeri adını vermiş, daha sonra Görür [6], Yetiş ve Demirkol [7] Karaisalı kireçtaşı, İlker [5], Yetiş ve Demirkol [9] Karaisalı Formasyonu adını vermiştir. Bu ad çalışma alanı dışındaki formasyon özelliklerini en iyi görüldüğü yer olan Karaisalı ilçesinden alınmıştır.

Resifal kireçtaşı olan Karaisalı Formasyonu, genellikle mercan, alg, foraminifer, ekinoderm, mollusk, bryozoa , halimeda, annelid tipleri gibi resif yapıcı organizmaların matriks ve kalsit ile çimentolanmasında oluşmuştur. Karaisalı Formasyonu inceleme alanında Miyosen öncesi birimler üzerine uyumsuz olarak gelmesine rağmen, Gildirli Formasyonu üzerine geçişli ve transgresif olarak gelmektedir. Çalışılan bölgede üzerine Güvenç Formasyonu geçişli olarak gelmektedir. Karaisalı Formasyonunun kalınlığı aşınma koşullarına bağlı olarak

değişim göstermekte ve yayılımlarında düzensizlikler görülmektedir. Çalışma alanı içinde maksimum 300 m'ye ulaşmaktadır. Formasyonun yaşının Alt-Orta Miyosen (Burdigaliyen-Langiyen-Serravaliyen) olduğu belirlenmiştir [12].

#### 2.2.3.3. Güvenç formasyonu (Tgü)

Yeşilimsi gri, gri, beyazımsı sarı renklere olan Güvenç Formasyonu stratigrafik olarak alt bölümlerde killi kireçtaşı-silttaşı birimlerinin egemen olduğu çökellerden meydana gelmiştir. Formasyona Schmith [4] ilk olarak bu adı vermiştir.

Alt-Orta Miyosen zamanında bölgede oluşan resif önü, sığ-derin deniz ortamlarında çökelen Güvenç Formasyonu içinde iki birim ayırtlanmıştır. Çoğu yerde bunlar birbirleri ile geçişlidir. Bu birimler ayrı ayrı haritaya geçirilmeyip hepsi bir formasyon altında haritalanmıştır. Birimlerin adlandırmaları ve fasiyes özellikleri (geometri, litoloji, fosil-paleontoloji, sedimanter yapılar-paleoakıntı örnekleri) aşağıda verilmiştir;

##### 1.Killi kireçtaşı-marn birimi

##### 2.Kiltaşı-Silttaşı birimi

Killi kireçtaşı-marn birimi stratigrafik olarak formasyonun alt birimlerinde (Gildirli Formasyonu ve Karaisalı Formasyonu ile geçişli), kiltaşı-silttaşı birimi orta ve üst bölümlerde (Kuzgun Formasyonu ile geçişli olarak) egemendir. Güvenç Formasyonunun görünen kalınlığı 50-600 m arasında değişmektedir.

#### 2.2.3.4. Kuzgun formasyonu (Tku)

Mersin bölgesinde sarımsı beyaz, yeşilimsi, gri-siyah renklere olan Kuzgun Formasyonu kumtaşı-konglomera, resifal kireçtaşı, tüfit ve kiltaşı-marn-silttaşı gibi belirgin dört birimden oluşmuştur. Bunlardan birincisi formasyonun alt bölümlerinde, ikincisi alt-orta bölümlerde, üçüncüsü orta bölümlerde, dördüncüsü üst bölümlerde egemendir. Formasyona bu adı ilk defa Schmith [4] vermiştir.

Kuzgun Formasyonu alttaki formasyonlar üzerine uyumlu ve geçişli olarak gelir. Formasyonun üzerine, Handere Formasyonu uyumlu ve geçişli olarak gelmektedir. Kuzgun Formasyonu'nun kalınlığı 50-1500 m. arasında değişmektedir. Yapılan çalışmalarda bulunan fosillere göre formasyonun yaşının Tortoniyen-Messiniyen olabileceğini belirtilmiştir [11].

#### 2.2.3.5. Handere formasyonu (Tha)

Mersin bölgesinde beyazımsı, sarımsı, yeşilimsi, gri ve siyah renklerde olan Handere Formasyonu kiltası-marn-silttaşı, fosilli oolitik kireçtaşı, alçıtaşı (jips) ve kumtaşı-konglomera gibi belirgin dört birimden oluşmuştur. Bunlar birbirleri ile girik olup, ilk üçü çoğunlukla formasyonun alt bölümlerinde, diğeri üst bölümlerinde egemendir. Formasyona bu adı ilk defa Schmith [4] vermiştir.

Formasyonun tip yerleri olarak 033-a4 paftasında Çiftlik Köyü ve Karaisalı Köyü kuzeyindeki vadi içi yamaçları, 033-a2 paftasında Dikilitaş ve Kürkçü Köyü dolayı, Evcı Köyü doğusundaki vadi yamaçları, Taşlık Tepe ve vadi içine kadar olan kuzey bölümleri, Kartal Tepe ve doğu bölümleri, 033-b2 paftasında Berdan Barajı gövdesinin sağ ve sol bölümlerindeki yamaçlar, Kartal Tepe ile Ara Tepe arası ve Camili manda Köyü doğusundaki vadi içi yamaçları verilebilir. Handere Formasyonu alttaki Kuzgun Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir ve geçişli dokanaklıdır. Bu formasyon üzerine Kuvaterner birimleri uyumsuz olarak gelmektedir.

Handere Formasyonu'nun üzeri genellikle Kuvaterner birimleri ile örtülü olduğundan kesin kalınlık verilemez, ancak çalışma bölgesinde 50-500 m. Arasında değişen kalınlıkta görülmektedir.

#### 2.2.4. Kuvaterner Birimleri

Kuvaterner zamanında karasal ve geçiş ortamı koşullarının hüküm sürdüğü çalışma bölgesinde oluşan birimler farklı fasiyes özellikleri göstermeleri nedeni ile Kalabriyen-Siciliyen zamanında oluşan birimler ve Tirreniyen-Güncel zamanında oluşan birimler olarak iki bölümde incelenmiştir [10].

### 2.2.5. Kalabriyen – Siciliyen Birimleri

Altındaki birimler üzerine açılı uyumsuz olarak oturan ve üstündeki birimler tarafından uyumsuz olarak örtülen Kalabriyen-Siciliyen birimleri, Alüvyon yelpazesi çökelleri/Yüksek Seki Konglomeraları (Ayç), fan delta çökelleri(Fdç) ve kıyı çökelleri(Kç) ile pedolojik oluşukları (Paleosolik karış/kolon horizonu (Pk), Akdeniz Kırmızı Toprağı/Terra Rosa (Akt) ve sert kalış (Sk) birimlerini içermektedir [13]. Bunların yayılımı genellikle çalışma sahasının güney-orta bölümlerinde, alüvyon ovasının kuzey bölümlerinde, Holosen vadi yarılımları arasında irili ufaklı parçalar halinde görülmektedir. Kalışlerin eğimi 1-10 derece arasında güneye doğrudur.

### 2.2.6. Tirreniyen – Güncel Birimler

Altındaki birimler üzerine uyumsuz olarak gelen Tirreniyen-Güncel birimler yamaç molozları (Ym1, Ym2, Ym3), Akarsu seki konglomeraları (As1, As2, As3), delta çökelleri (Dç1, Dç2, Dç3), kıyı çökelleri (Kç1, Kç2, Kç3), kumul (ku) ve pedolojik oluşuklar kahverengi toprak (Gkt), alüvyal toprak (Al) olarak kısımlara ayrılmıştır. Buna göre karasal ortamlarda ayrışma-aşınma-taşınma ile birlikte morfolojik-pedolojik oluşuklar meydana gelirler, geçiş ortamı ve denizel havzada bunlarla eş zamanlı (korelan) jeolojik-stratigrafik birimler çökelmiştir [10]. Bu birimlerden vadi yamaçlarında oluşan seki konglomeraları çok düşük boyutlu olduklarından çoğu yerde haritaya geçirilememiştir.

### 2.2.7. Tektonizma

Bölgede Permo-Karbonifer yaşlı Karahamzauşağı Formasyonu büyük olasılıkla otokton kayalar olarak bulunmaktadır. Mersin ofiyolitik melanji Üst Kretase zamanında bölgeye sürüklenerek gelmiştir. Bu sürüklenme muhtemelen bölgenin kuzeydoğu-güneybatı sıkışması sonucu kuzeyden olmuştur. Bu geliş sırasında ofiyolit içerisine, çakıldan devasa boyutlara erişen farklı yaşta (daha çok Mesozoyik yaşlı) parçalar almıştır ve bunların dokanağı tektoniktir.

Karahamzauşağı Formasyonu ve Mersin ofiyolitik melanji üstüne uyumsuz olarak gelen Neojen Birimlerinin çoğu eğimi kuzeyden güneye doğrudur. Ancak, bu

eğim formasyonun çökeldiği ortamın özelliklerine ve paleocoğrafyaya bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Neojen birimlerindeki kırıklar genellikle DB-KB yönlüdür. Handere Formasyonundaki jipsli birimin özelliği gereği içindeki katmanlar deformasyona uğramış ve değişik yönlere irili ufaklı kırılmalar meydana gelmiştir. Hatta jipsler üzerinde ve yanında bulunan katmanlarda büyük ölçüde deforme olmuşlardır. Kuvaterner’de, karasal hale geçen Neojen birimleri üzerinde karasal ve geçiş ortamı birimleri çökelmiş, bölgede oluşan morfolojik birimler üzerinde pedolojik oluşuklar gelişmiştir. Kuvaterner’de bölgede, kırılmalar, çatlamlar, çökmeler meydana gelmiştir, özellikle günümüzdeki irili ufaklı sulu ve kuru dere yatakları, bu kırık ve çatlak zonlarında açılmıştır. Üst Pliyosen sonlarına doğru çöken Mersin-Tarsus hattı güneyinde akarsuların getirdiği malzeme ile delta, kıyı ve akarsu ortamlarında alüvyon dolgu çökelmiştir [8].

#### 2.2.8. Jeomorfoloji

İçel İli sınırları içindeki morfolojik yapı dağlık alanlar, aşınım yüzeyleri, taban dolguları-alüvyal düzlükler ve geçiş kuşağı olmak üzere dört ana birlikten oluşmaktadır. Dağlık alanlar inceleme alanının kuzey kısımlarını kapsar ve batıya gidildikçe yükseklikler artmaktadır. Dağlık alanlarda akarsular “V” şeklinde derin vadiler ile ayrılmaktadır. Pliyosen sonrası aşınım yüzeyleri Handere Formasyonunun üzerinde gelişmişlerdir. Aşınma sonucu ince uzun yüzeyler ve sırtlar oluşmuştur.

Karaisalı, Güvenç ve Kuzgun Formasyonları üzerinde Miyosen sonrası aşınım yüzeylerine rastlanır. Sırtlar aşınım sonucu ince uzun yüzeylere dönüşmüştür. alüvyal düzlükler; delta çökelleri ile içerisindeki kanal dolgusu çökellerinden çakıl, kum, silt ve killerden oluşur. Berdan Nehrinin denize ulaştığı yerde eski lagünlerin karasallaşması ile de oluşumları söz konusudur.

Kazanlı ve civarının büyük kısmında ova tabanında delta çökelleri hakimdir. Kuzeyde Bağcılar Köyü civarında ise kuzey-güney yönlü dereler arasında sırtlar, omuzlar ile yanal ve düşey aşınımdan dolayı uzun ve dar sırtlar şeklinde aşınım yüzeyleri mevcuttur. Kazanlı-Tarsus arasında Adanalıoğlu dolaylarında aslanın

büyük kısmı gene ova tabanıdır ve karasallaşmış lagün hakimdir. Huzurkent dolaylarında ise NW-SE yönlü dereler arasında ince uzun sırtlar ve az eğimli yamaçlarla bunlar üzerinde yanal ve düşey aşınmadan dolayı ince uzun aşınım yüzeylerine rastlanır.

## 2.2.9. Hidrojeoloji

### 2.2.9.1. Kayaçların hidrojeolojik özellikleri

Mermer, şist ve kuvarsitlerin oluşturduğu Paleozoyik yaşlı Karahamzauşağı Formasyonunun özellikle mermer seviyeleri yersel ve bağlantısız verimli karstik akiferleri oluşturur. Mersin civarında çok büyük derinliklerde olduğu düşünülen bu akifer derin sirkülasyonlu sıcak kaynakların rezervuar kayasını oluşturmaktadır[2]. Formasyon içinde yer alan şist seviyeleri geçirimsizdirler ve sıcak su oluşumunda örtü kaya görevini üstlenmişlerdir. Mersin ofiyolitik melanjında içerilen büyük kireçtaşı blokları da yersel ve bağlantısız sınırlı karstik akiferleri oluşturur.

Gildirli formasyonunun tabanında yer alan kumtaşı - konglomera birimi de yersel olarak akifer özelliindedir. Formasyonun üst seviyelerinde rastlanan kil taşı - silt taşı ve marn seviyeleri ise geçirimsiz olup, yeraltı suyu olmayan kayalar olarak sınıflandırılabilirler.

Kireçtaşlarının oluşturduğu Karaisalı Formasyonu yaygın ve verimli bir karst akiferini oluşturur. Formasyonun hidrojeoloji özelliklerinin belirlenebilmesi için karst hidrojeolojisi çalışmalarının yapılması gereklidir. Güvenç Formasyonunun tabanında yer alan killi kireçtaşları da akifer kaya niteliğindedir ve bazı düşük boşalımlı kaynakların oluşumlarını sonuçlandırmıştır. Daha üst seviyelerde bulunan Kuzgun Formasyonunun tabanında bulunan kumtaşı-konglomera ve kireçtaşı üyeleri yersel ve sınırlı yeraltı suyu olan, daha üst seviyelerdeki tüfit-marn ve şeyl üyeleri ise yeraltı suyu olmayan kayaçlar olarak sınıflandırılabilirler. Formasyonun içinden

düşük boşalımlı bazı tabaka kaynakları uygun jeoloji koşullarının olduğu yerlerde sonuçlanmıştır[13].

Mersin civarında oldukça geniş bir yayılıma sahip olan Handere Formasyonunun tabanında yer alan kil taşı - marn - silt taşı ve jips seviyeleri geçirimsiz daha üst seviyelerde rastlanan konglomera ve kum taşı seviyeleri ise yeraltı suyu bulunduran kayaçlar olarak sınıflandırılabilir ve Handere akiferini oluşturur. Mersin-Tarsus arasında Yakaköy civarında açılan bazı kuyularda bu seviyelerden 10 L/s debilere ulaşan verimler rapor edilmiştir. Bu bölgede statik seviye ise 17-25 m arasında verilmektedir. Handere Formasyonu içinden boşalimler 1-5 L/s arasında olan çok sayıda kaynak bulunmaktadır[15].

Mersin-Tarsus arasında geniş yayılım gösteren sert kalış en fazla 5 m kalınlıkta olup sert olan üst seviyelerinin kırıklı ve çatlaklı kısımlarında bir miktar yeraltı suyu depolayabilmektedir. Açılmış bazı keson kuyulardan yeraltı suyu üretilmekte ise de özellikle kalınlığının az olması ve birkaç metre derinlikten sonra geçirimsiz özellik kazanması nedeniyle yeraltı suyu üretimi açısından önemsizdir[13].

Berdan Nehrinin doğusundan başlayıp, Mersin şehrinin batısında Mezitliye kadar daralarak devam eden yaygın ve verimli gözenekli akiferi alüvyal çökeller oluşturmaktadır. Bu akifer içinde 60' lı yıllardan beri yüzlerce üretim kuyusu açılmış ve günümüzde de yer altı suyu üretimine devam edilmektedir. Tarsus' tan batıya doğru coğrafik olarak Berdan, Deliçay, Müftü Deresi ve Mezitli akiferleri olarak ayrılan bu akiferleri jeolojik ve/veya hidrojeolojik olarak ayırabilecek, sınırlandırabilecek bir oluşum mevcut değildir. Değişik amaçlı çalışmalarda bu şekilde ayrılmış akiferlerin hidrojeolojik açıdan tek bir akifer olarak ele alınması ve araştırılması gerekir. Mersin akiferi olarak isimlendireceğimiz çökeller Siluriyen sonlarında bölgede meydana gelen çöküntü alanlarının akarsular tarafından getirilen malzemeler ile dolması sonucu oluşan delta çökelleridir. Kil, silt, kum ve çakıl boyutunda tanelerden oluşan birim yanal ve düşey yönde hızlı değişimler gösterir. Birim içinde açılan kuyular çakıllı seviyelerden önemli miktarda yeraltı suyu



üretmektedirler. Berdan, Deliçay ve Müftü dereleri civarında kalınlığı 100 m civarında olan birim batıya doğru incelmekte ve Mezitli civarında 10-30 m kalınlık göstermektedir[2].

#### 2.2.9.2. Yeraltısuyu akım yönleri

Alüvyon akiferde yer altı suyunun akımının bölgenin topografik, jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri dikkate alındığında kuzeyden güneye doğru olması beklenir. Bölgede yapılan regional bir matematiksel modelde de yer altı suyu akımı kuzeydoğudan güneybatıya doğru çıkmış[14]. Demirel aynı çalışmada bilgisayarla akifer benzeşim modeli (ASMWIN) ile yapmış olduğu model çalışmasında yer altı suyunun Tarsus dolaylarında Berdan Nehrinden de beslendiğini ve güneye doğru aktığını ortaya koymuştur[14].

Deniz ile hidrolik ilişkide bulunan akiferlerde kıyıya yakın kuyularda aşırı pompaj sonucu deniz suyu girişi kaçınılmaz bir sorundur ve dünyada bir çok ülkede bu problem ortaya çıkmaktadır. Yukarıda bahsedilen model çalışmasında kıyıya yakın kuyularda yer altı suyu akım vektörlerinin kuyulara doğru döndüğünü ve deniz kenarında tuzlu su girişimini benzeştirmiştir [14].

#### 2.2.9.3. Yeraltısuyu kimyası

Yeraltı suyunun kimyasal bileşimi, yeraltında rezervuara giren suyun kompozisyonu ile suyun kayaçları oluşturan mineraller ile girdiği karşılıklı etkileşim sonucunda şekillenir. Yeraltı suyunun, yeraltında dolaşımı esnasındaki uzun ikamet süresi, suyun kimyasal bileşiminin oluşumunda çok etkilidir ve bu olaylar doğrudan gözlenemeyen proseslerdir. Zemin suyunun ve yeraltı suyunun kompozisyonu suyun içinde aktığı kayaç tipine bağlıdır. Kireçli arazilerde Ca baskın katyondur, söz konusu kayaç dolomit olduğunda da muhtemelen Ca ve Mg eşit derişimlerde bulunacaktır. Alüvyon akiferde de tanecikler sonuçta bu karbonat kayaçların aşındırılıp tanelerinin yığılımın dan oluştuğundan aynı karakteri yansıtmaktadır.

Tutturulmamış malzemelerin oluşturduğu akiferler farklı petrografik özelliklerde olabilirler. Bu durumlarda su kalitesinde en önemli rolü sedimentasyon koşulları (denizel, fluvyal, karasal, buzul veya rüzgar gibi) ve ana kayaç üstlenir. Tutturulmamış malzeme kireç ve jips içeriyorsa bu kayaçlarda dolaşan sular yüksek miktarda toprak alkali ve hidrojen karbonat iyonlarına sahip olurlar. Ayrıca bu sulara yüksek sülfat derişimleri de söz konusudur. Çok kötü iletkenliğe sahip olan bu kayaçlarda su hareketi de çok yavaştır. Bu nedenle de çok uzun bir kontakt süresi sunarlar. Killi, siltli, marnlı kayaçlardan gelen yeraltı suları çözülmüş katı açısından oldukça zengindirler. Daha çok  $SO_4^{2-}$  ve  $Cl^-$  iyonlarında zenginleşme söz konusudur.

### 3. MATERYAL ve METOT

Çalışma alanındaki ağın fiziksel dizaynı, örnek bölgelerdeki yerleşim yerlerini ve sayılarını belirlemekle başlar. Alınacak örneklerin nereden, nasıl ve hangi sıklıkla alınacağıın tespiti için bir taslak hazırlanır. Böylece etkili ve yeterli izleme yönteminin oluşturulması saha incelemesi için temel oluşturur. Bu amaçla bölgede daha önce açılmış olan özel amaçlı yaklaşık 30 adet kuyu tespit edilmiştir. Ayrıca analiz için deniz suyundan da örnek alınmıştır. Daha önceki çalışmalarda bu kuyuların yerleri GPS (Global Positioning System) yöntemi ile tespit edilmiştir. Yerleri belli olmayan kuyular yine GPS yöntemi ile belirlenmiştir.

#### 3.1. KUYULARI İZLEME METOT ve ANALİZLER

Bu çalışmada yerinde yapılan ölçümler ve örnek almak suretiyle laboratuvar ortamında analizler yapılmıştır.

##### 3.1.1. Yerinde Yapılan Ölçümler

Elektrik kondüktivite (EC), pH ve sıcaklık yerinde ölçüm yapılan parametrelerdir. Bu şekilde yeraltı suyu içerisinde toplam çözünmüş tuzların miktarı hakkında yorum yapılabilir. EC değerinin yüksek olması iyon derişiminin yüksekliğini göstermektedir. Bu da deniz suyu girişiminin varlığını işaret etmektedir.

Bu çalışmada doğrudan metotlar kullanılmıştır. Yerleri tespit edilmiş olan kuyulardan kuyu başında örnek alınmış ve alınan örneklerin analizleri yine kuyu başında WTW pH 340 i cihazı ile yapılmıştır.

### 3.1.2. Laboratuvar Analizleri

Bu çalışmada fotometrik analiz yöntemi kullanılmıştır. C200 Multiparameter Photometer 15 değişik mikropozesör tarafından yönetilen fotometre içermektedir. Bu fotometreler ile duru suların içinde 46 değişik parametre belirlenebilmektedir. Ölçümlerde akışkan halde veya pudra şeklindeki reagentler kullanılmaktadır (Hanna Instruments, Bedienungsanleitung).

### 3.1.3. Ölçü Prensipleri

Suyun içerik maddelerinden çoğu belli reagentler ile çok özel renk reaksiyonlarına neden olurlar. Oluşan renk yoğunluğu suyun içerik maddesinin derişimi için bir ölçü teşkil etmektedir. Bu renk yoğunluğunu ölçebilmek için ölçü aletinde bir renk kaynağı ile donatmak gerekir. Bu özel durum bir filtre aracılığı ile tanımlanmış bir dalga boyunda bir ışık oluşturmakla sağlanır. Fotometre içine ölçü numunesinin doldurulduğu küvetten geçen ışık demetinin dalga boyunu (I) küvetten sonra yerleştirilmiş bir fotosel aracılığıyla ölçer. Ölçüm daha sonra araç tarafından bilinen çıkış yoğunluğu (I<sub>0</sub>) ile karşılaştırılır. Fotosel üzerine düşen ışık miktarı elektriksel bir akıma dönüştürülür ve Analog-Digital-Dönüştürücü ile ölçü elektroniğine yönlendirilir. Burada absorbe olan ışının miktarı belirlenir ve derişim hesaplanır. C200 Hanna Fotometre ölçüm için uygun ışığı bir Wolfram lambası ile oluşturur.

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. SU KİRLİLİĞİ

Gelişmekte olan ülkeler kalkınma çabası içinde genellikle çevre korumacılığını göz ardı etmekte, doğal kaynaklarını dikkatsizce kullanarak, gerek dünyada gerekse ülkemizde su ihtiyacı gittikçe artarken, su kaynakları kirlenmekte ve tükenmektedir. Yapılan araştırmalar dünya genelinde su kullanımının 1940 ile 1980 arasında iki katına çıktığını göstermektedir. Su havzalarındaki yüzeysel suların kirlilik düzeyinin incelenmesi ve bu inceleme sonuçlarına göre su kalite sınıflarının belirlenmesi amacıyla 1980 yılından bu yana Çevre Bakanlığı'nca havza projeleri yürütülmektedir. Yapılan çalışmalar bize göstermektedir ki kıta içi su kaynaklarımızdan göllerimiz, nehirlerimiz ve yeraltı sularımız, evsel ve endüstriyel atıklar ile sürekli olarak kirletilmektedir. Mersin genelinde tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin yoğunluğu nedeniyle önemli miktarda diğer bölgelerimizden göç almış ve bu etmenlerden dolayı doğal kaynakları kirlenmiştir.

Su kirliliğini oluşturan etmenlerin başında lağım sularıyla sanayi atık suları gelmektedir. Bunun yanında petrol atıkları, nükleer atıklar, katı sanayi ve ev atıkları da önemli kirleticilerdir. Bunlar deniz kenarındaki bitki ve alg gibi kaynakları yok etmektedir. Gübrelere kaynaklanan su kirliliğine nitrat kirlenmesi denir. İnsanların tarımsal üretimde gün geçtikçe daha fazla azot kullanmaları toprakta  $\text{NO}_3$  birikmesine yol açmaktadır. Suyun etkisiyle topraktaki gübreler biriken azotla birlikte yer altı ve yer üstü sularına karışmaktadır.

Kuyu sularının  $\text{NO}_3$  içeriği WHO' nun belirttiği ölçü düzeyinin üzerinde çıkması, kuyu sularının kirlendiğini ortaya koymaktadır. Bu kirlenen kuyu sularının içilmesinin sağlık açısından çok tehlikeli olduğunu ortaya koymaktadır. Böyle bir sorunu yok etme çalışması içerisinde iken öncelikle yöredeki insanları uyararak bu suları içmemelerini ve kullanmamaları sağlanarak tedbir alınmalıdır.  $\text{NO}_3$  kirliliğini oluşturan nedenleri ortadan kaldırılması ve bu konu üzerinde durulması gereklidir. Kuyu sularındaki  $\text{NO}_3$  kirliliğinin nedenleri bulunarak, kirliliğinin önlenmesi mümkün olabilecektir.

#### 4.1.1.Su Kaynaklarında Kirlilik Etkenleri

Çeşitli kirlenici etmenlerin katılması ile birlikte suda doğal olmayan bir şekilde fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişiklikler meydana gelmektedir. Doğal yapıdaki su kaynağına karışan atık maddeler, mikroorganizmaların yardımı ile transformasyon ve mineralizasyona uğramaktadır. Bu durum, suların veya su kaynaklarının biyolojik olarak kendi kendilerini temizleme özelliğidir. Su kaynaklarına katılan çoğu toksit yapıdaki yabancı maddelerin konsantrasyonları, bu tamponlama gücünün çıktığı zaman sulardaki organik maddelerin parçalanması, suda erimiş oksijen yetmezliği nedeniyle durmakta ve sistem ölmektedir.

Su kirliliğine yol açan başlıca kirleniciler aşağıda başlıklar halinde sıralanmıştır.

##### 4.1.1.1.Tuzluluk

Tüm inorganikler suda çözülür. Yağışlarla veya çeşitli kaynaklarla yeryüzüne düşen sular; yüzey üstü, yer altı ve akarsulardaki akımları sırasında zeminde bulunan çok çeşitli tuzları bünyelerine alarak, bunları gittikleri ortama taşımaktadır. Sularda doğal olarak en sık rastlanan tuzlar kalsiyum, magnezyum ve sodyum bikarbonat, sülfat ve klorürleridir. Çeşitli tuzların sudaki çözünürlüğü önemli değişimler gösterir. Bazı tuzların sudaki doygunluk derişimleri oldukça düşüktür. Buna karşılık diğer bazı tuzlar (Örneğin NaCl) suda olağanüstü yüksek çözünürlük göstermektedir. Evsel ve endüstriyel atık suların yüzeysel sulara deşarjı sonucunda bu sulardaki klorür ( $Cl^-$ ), sülfat ( $SO_4^{2-}$ ), nitrat ( $NO_3^-$ ) ve fosfat ( $PO_4^{3-}$ ) derişimleri yükselir. Söz konusu atık sular, alıcı ortamlara ayrıca diğer bazı toksit elementleri de taşımaktadır. Dolayısıyla suların tuzlar tarafından kirlenmesi, tuz içeriği fazla olan suların sulamada kullanılmasıyla yol açacağı problemler açısından birinci aşamayı oluşturmaktadır[17].

#### 4.1.1.2. Azot

Yüzeysel sulara karışan azot yükleri temel olarak aşağıdaki kaynaklardan ileri gelmektedir.

- a. Doğal kaynaklardan
- b. Evsel kaynaklardan
- c. Endüstriyel kaynaklardan
- d. Tarımsal kaynaklardan

Azot, canlıların yapısını oluşturan temel elementlerden biridir. Gerek canlı bünyesinde, gerek besin maddelerinde ve gerekse ölü organizmalarda bulunan azot, doğada azot döngüsü içerisinde sürekli dinamik bir haldedir. Evsel atıksular ülkemizde su ortamına çoğunlukla doğrudan karışmaktadır. Evsel atık suya kişi başına 8-15 g/gün azot katkısı bulunmaktadır. Endüstriyel tesislerden de endüstri türüne bağlı olarak önemli miktarda azot, su ortamına verilebilmektedir. Azot yükü veren başlıca endüstri kuruluşları; gübre, nitroselüloz, gıda, deri, bira ve su endüstrileri ve mezbahalardır. Nitrat iyonları topraktan kolaylıkla yıkanarak suya geçmekte, böylece tarımsal drenaj suyu içerisinde önemli miktarda nitrat iyonu bulunmaktadır. Tarım yapılan arazilerden her yıl önemli düzeylerde azot, doğal su kaynaklarına karışmaktadır. Gübrelerin çevre kirliliğine etkileri bölümüne bu konuya ayrıntılı olarak yer verilmiştir. Azot bileşikleri su kirliliği açısından çeşitli etkilere sahiptir. Bunların başlıcaları; ötrofikasyon, oksijen bilançosunun etkilenmesi ve içme sularındaki toksik etkilerdir.

- a. Oksijen bilançosunun etkilenmesi: Sulara karışan organik azot ve diğer azot kaynaklarının, biyolojik süreçler ile nitrata dönüşmeleri esnasında önemli düzeylerde oksijen tüketmektedir. Örneğin 1 mg/L amonyak azotu nitrata dönüştüğünde, 3.87 mg/L oksijen tüketmektedir [18].
- b. Ötrofikasyon: bu besin elementleri, buldukları sularda birincil üretimi hızlandırmakta, böylece ötrofikasyona neden olmaktadır. Ötrofikasyon

olayı, göl ve nehirlerde bitki, hayvan ve mikroorganizma gelişmesinin çoğalmasdır. Sürekli bir Ötrofikasyon olayı sonucu sularda oksijen noksanlığı ortaya çıkar. Böylece ortamda anaerobik mikroorganizmaların miktarı ve dolayısıyla toksit bileşikler fazlalaşır. Buna karşılık yağmur suyunda dahi belli konsantrasyonlarda azot olduğu düşünöldüğünde, ötrofikasyona temelde fosfor fazlalığının yol açtığı söylenebilir.

- c. İçme suyunun sağlıklı bir şekilde temini açısından özellikle azot bileşiklerinin önemi büyüktür.

İçme sularında nitrat konsantrasyonları 45 mg/L düzeyini aşığında sağlık problemleri çıkmaktadır. Yüksek NO<sub>3</sub> konsantrasyonlarında, yetişkinlerde barsak, sindirim ve idrar sistemlerinde iltihaplanmalar görölmektedir. İçme sularındaki yüksek nitrat konsantrasyonları bebeklerde methaemoglobin hastalığına neden olmaktadır. Altı aydan küçük bebeklerde mide asitleri oluşturmaktadır.

Amonyak, keskin kokulu, renksiz bir gaz olup, suda yaşayan canlılar üzerinde zehir etkisi yapmaktadır. Amonyak çoğu sularda biyolojik aktif bir bileşiktir ve azot içeren organik maddenin biyolojik olarak ayrışması sonucu meydana gelmektedir. Suda çözüdüğünde amonyağın bir kısmı su ile reaksiyona girer ve amonyum iyonları oluşur. Amonyum iyonu ise amonyak kadar toksik bir etkiye sahip değildir[17].

#### 4.1.1.3. Fosfor

Sulu sistemlerde fosfor, bu sistemlerde mevcut olan çok yönlü ve karmaşık kimyasal dengelerin anahtar elemanlarından biridir. Sularda fosfor çeşitli fosfat türleri şeklinde bulunur ve gerek doğal su ortamlarında gerekse su ve atık su arıtımında gerçekleşen çok sayıdaki reaksiyona girer. Fosfor nedeniyle ortaya çıkan su kirlenmesinin temel kaynağının %83'lük bir payla endüstri ve kanalizasyon atık



suları olduğu bildirilmektedir. Kentsel kökenli kanalizasyon sularındaki fosfatların ise % 32-70'i deterjanlardan kaynaklanmaktadır. Bu verilere göre, tarım alanlarındaki yoğun yağışlardan sonra oluşan yüzey akışlarla fosfor taşınmasının, oransal olarak diğer kirletici kaynaklara göre çok daha az olduğu söylenebilir. Yüksek düzeydeki fosforun akarsu, göl ve denizlere ötrofikasyona yol açtığı bilinmektedir. Çeşitli kaynaklardan yüzey sularına ulaşan fosfatlar suyun oksijen bakımından zengin üst kısımlarında bulunan alg ve diğer yeşil bitkilerin aşırı miktarda ve suyun anaerobik karakterli üst kısmına çökelen alg ve diğer yeşil bitki artıklarında bir artış meydana gelmektedir. Ötrofikasyonun yanı sıra toprak erozyonu sonucunda baraj ve göletlere ulaşan aşırı düzeydeki fosfat, kompleksler halinde çökerek bu yapıların kullanma ömürlerinden daha önce dolmasına ve kullanılamaz hale gelmesine neden olmaktadır.

Fosfor bileşikleri önemli bitki besin maddeleridir. Su canlılarına olan etkileri, ancak suda fazla miktarda bulunup pH değerini veya suyun tampon sistemini değişiklikle uğrattığı zaman göze çarpar. Temizlik malzemesinde (deterjan ve benzeri) bulunan polifosfatlar veya fosfor bileşikleri, suyun yüzey gerilimini değiştirecek (köpük teşekkülü) biyolojik olayları olumsuz yönde etkileyebilecektir.

İçme sularında fosfor açısından bildirilen zararsız P konsantrasyonu 7 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/L (üst sınır) düzeydedir[17].

#### 4.1.1.4. Gübreler ve su kirliliği

Uygulanan gübrenin ancak belli bir kısmı bitkiler tarafından kullanıldığından geriye kalan kısmı akarsulara, içme sularına ve çevreye yayılmakta, insan, bitki ve hayvan sağlığını tehdit etmektedir. Üretimi arttırmak amacıyla artan gübre ihtiyacını karşılamak için gübre üretim sektörlerindeki artış ve dolayısıyla bu sektörlerden çevreye yayılan atık sular da dikkate alındığında, sorunun ne kadar ciddi boyutlarda olduğu görülecektir. Gübre sektöründe üretimin büyük bir bölümünü azotlu gübreler oluşturmakta, bu gübreleri üreten tesislerin atık sularında amonyum azotu ve nitrat azotu yönetmelikte belirtilen miktarların çok üstünde bulunmaktadır. Bu durum, azotlu gübrelerin çok yoğun bir şekilde kullanılmaları nedeniyle fazla miktarda

üretilmelerinden ve kimyasal yapılarından, ileri gelmektedir. Gübre ve çevre ilişkisi açısından hayvansal gübrelerin etkisi de dikkate alınmalıdır. Özellikle Danimarka, Hollanda gibi hayvancılığın çok yaygın olduğu yerlerde hayvansal gübrelerin çok yaygın olarak kullanılması başta içme suyunun tehlikeli boyutlarda kirlenmesi olmak üzere, bitkisel üretim miktarı, ürün niteliği, toprak altı ve toprak üstü sularını olumsuz yönde etkilemiş, insan, bitki ve hayvanlar hastalık yapıcı etmenlerin tehdidi altında kalmıştır[17].

#### 4.1.1.5. Ağır metaller ve iz elementler

Zehir etkisi gösteren maddeler, suda düşük konsantrasyonlarda bulunmaları durumunda bile insan sağlığına zarar verebilir, hastalıklara ve hatta ölümlere yol açabilmektedir. Ağır metallerin önemli bir kirletici grubu oluşturdukları bilinmektedir. Bunların toksik ve kanserojen etkileri olduğu gibi, canlı organizmalarda birikme eğilimi de söz konusudur. Krom, mangan, nikel, bakır ve çinko gibi metaller doğada genellikle sülfür, oksit, karbonat, ve silikat, mineralleri şeklinde bulunmaktadır. Bunların suda çözünürlükleri oldukça düşüktür. Atık suyun içindeki bor, ağır metal ve benzeri toksik maddeler; yörenin iklim şartına ve toprak özelliklerine bağlı olarak toprakta birikebilir. Bitki tarafından alınabilir veya suda kalabilir. Çok küçük miktarlarda bile genellikle kuvvetli zehir etkisine sahip olan ağır metaller, kirlenmiş sularda metal, katyon, tuz ve kısmen anyon şeklinde bulunurlar. Bunlar hem kirlenmiş suların kendiliğinden temizlenmesini engelleyebilir, hem de suların arıtılmış halde sulamada kullanılmasını ve arıtma çamurlarının gübre olarak kullanılmasını sınırlandırabilirler. Litrede 0.5 demir veya mangan içeren içme suları, mürekkep tadını vermektedir (veya mürekkep kokusu hissedilir). Demir de mangan gibi, tedrici olarak zehirsiz sayılmaktadır. Demir oksit, demir hidroksit ve iki değerlikli demir bileşikleri fazla zararlı değildir. İçme sularında ise 0.5 mg Fe/L, renk ve tat ile anlaşabilecek bir konsantrasyondur. Krom, kirlenmiş sularda hem katyon, hem de anyon (kromat, bikromat veya kromik asit) olarak bulunabilir. Anyon formu katyon formundan daha etkilidir. İçme suyunda

0.05 mg Cr/L'dir. Bakır ve nikel, çinkonun zehir etkisini artırır. İçme suyunda 5 mg/L düzeyindeki çinko zararsız kabul edilmektedir. Bakır özellikle küçük canlılar için yüksek derecede zehirlidir. Hafif alkali sularda hidroksit, çürüyen organik madde içeren sularda sülfür şeklinde çökelir. 2.5 mg Cu/L yüksek su bitkilerine zarar vermez. İçme sularında en fazla 0.05 mg Cu/L bulunmalıdır[17].

#### 4.2. HAZİRAN 2004 (1. PERİYOT) ANALİZ SONUÇLARI

Bölgede, çalışma kapsamında bulunan yaklaşık 30 adet kuyudan örnek alınmış ve Haziran 2004'te yapılan ölçümler'in analizlerin sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Her kuyudan iki adet örnek alınıp, biri asitlenerek ağır metal ölçümü yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Haziran 2004 (1.periyot) analiz sonuçları ( mg/L )

Lokasyon	T	pH	EC	NO2	NH3	PO4	F	Br	Cr	Fe	Zn	Ni	Cu	Mn	Mo
1 Adonis	23,00	7,40	2330	0	0	1,40	0,39	0,31	0	0,11	0,22	0,08	0,13	0,1	0,1
2 Petrol Of.	25,90	7,38	867	0	0	2,80	0,24	1,66	0	0,03	0,58	0	0,16	0,1	0
3 İlkay St.	26,80	7,70	793	0	0	0	0,33	0	0	0,08	0,3	0	0,12	0,4	0,2
4 Neptün St	23,40	7,10	1153	0	0	0	0,48	0	0	0,05	0,17	0,01	0,05	0,1	0
5 Kasım E.	22,30	7,80	272	0	0	0	0,27	0,89	0	0,03	0,12	0	0	0	0
6 Yıkama İstasyonu	22,30	6,75	1475	0	0	0,10	0,33	0,05	0	0,62	0,48	0	0	0,3	0,1
7 Güven St.	21,80	7,25	1025	0	0	0	0,69	0	0	0,05	0,22	0	0	0,1	0
9 Petrol Apt	25,70	7,24	1046	0	0,05	0	0,51	0	0	0,08	0,16	0	0	0,3	0
10 Sorver Oto Duş	22,20	6,87	1043	0	0	0,10	0,46	0,04	0	0,08	0,3	0,2	0,04	0,1	0
11 Shell-Yk	24,90	7,19	898	0	0	0	0,45	0,05	0	0,08	0,16	0	0	0,1	0
12 Kalkavanlar BP	23,30	6,90	1060	0	0	0	0,45	0,04	0	0,09	0,22	0	0,13	0	0
13 Horoz Nk	26,10	7,05	1073	0	0	0	0,61	0,04	0	0,14	0,33	0	0,01	0,2	0,2
14 Karaduvar Tulumba	23,00	7,14	890	0	0,05	0	0,51	0,11	0	0,03	0,1	0	0,23	0,2	0
15 Karaduvar Benzinci	27,70	7,34	1004	0	0,05	0	0,28	0,02	0	4,53	0,7	0	0,13	0	0,1
16 Kromsan Yanı Sera	22,30	7,33	1254	0	0	0	0,61	0,02	0	4,75	0,48	0	0,6	0,1	0
17 Kazanlı B.İçi Kuyu	22,00	7,25	1650	0	0	0	0,71	0,07	0	0,68	0,17	0	0,12	0	0
18 Alpet Kazanlı	31,20	7,52	1096	0	0,03	0,60	0,55	0	0	5,22	0,8	0	0,15	0	0
19 Adanalıoğlu	26,20	7,65	990	0	0,06	0,10	1,08	0	0	0,2	0,52	0	0,06	0	0
20 Homurlu	22,60	7,64	894	0	0,05	0,40	0,97	0	0	0,09	0,29	0,06	0,04	0,1	0,5
25 Kazanlı Belediye K.	21,80	7,44	972	0	0,12	0	0,58	0	0	0,02	0,2	0	0,16	0,1	0
30 Deniz suyu	29,50	8,10	50000	0	0,50	0	12,5	2,78	0	0,45	0,19	0,02	0,65	0	0

Ağır metallerin Dünya Sağlık Örgütüne göre içme suyundaki sınır değerleri:

Cr < 0,05 mg/L

Br < 2 mg/L

Fe < 0,2 mg/L

Mn < 0,4 mg/L

Ni < 0,02 mg/L

#### 4.3. EYLÜL 2004 (2. PERİYOT) ANALİZ SONUÇLARI

Eylül 2004'te yapılan ölçümler'in analizlerin sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Her kuyudan iki adet örnek alınıp, biri asitlenerek ağır metal ölçümü yapılmıştır.

Çizelge 4.2. Eylül 2004 (2. periyot) analiz sonuçları ( mg/L ).

Lokasyon	T	pH	EC	NO2	NH3	PO4	F	Br	Fe	Zn	Ni	Cu	Mn	Mo
1 Adonis	25,70	7,40	2970	0	0,02	0,70	1,01	0,31	0,25		0,01	0,51	0	1
2 Petrol Ofisi	24,20	7,35	935	0	0,06	1,00	2,11	0,28	0,75		0,26	0,4	0	0,5
3 İlkay Sitesi	29,30	7,45	800	0	0,00	0,50	0,55	0,16	0,65		0	0,93	0	1,1
4 Neptün Sitesi	24,60	6,79	1371	0	0,05	1,10	0,63	0,25	0,4		0	0,16	0	0,5
5 Kasım Ekenler	25,20	7,57	336	0	0,05	0,40	0,3	1,21	0,1		0	0,83	0	0,8
6 Yıkama İst	25,00	6,96	1464	0	0,08	1,20	0,53	0,14	0,75		0	0,4	0	1
7 Güven Sitesi	24,30	7,12	1025	0	0,13	0,90	1,62	0,12	0,35		0,06	0,21	0	1,6
9 Petrol Apt	27,50	7,31	1032	0	0,09	1,00	0,06	0,12	2,15		0,04	0,35	0	0,5
10 Sorver Oto Duş	25,50	7,03	1025	0	0,05	1,10	0,89	0,11	0,55		0	0,32	0	0,3
11 Shell-YurtKut	25,00	7,21	903	0	0,08	2,10	0,18	0,14	0,65		0	0,04	0	0
12 Kalkavanlar BP	25,20	7,13	1066	0	0,13	1,40	0	0,08	0,85		0,03	0,85	0	0,3
13 Karaduvar BPHoroz Nak.	24,50	7,11	1075	0	0,10	1,80	0,46	0,1	0,06		0	0	0	0
14 Karaduvar Tulumba	24,50	7,20	809	0	0,08	1,40	0,7	0,15	0,41		0	0,08	0	0,2
15 Karaduvar Benzinci	27,80	7,35	1019	0	0,12	1,70	0,94	0,22	0,36		0	0,55	0	0
16 Kromsanyanı Sera	23,50	7,38	1333	0	0,08	1,50	0,83	0,04	0,03		0	0	0,1	0,5
17 Kazanlı Bahçeici Kuyu	22,00	7,30	1528	0	0,09	1,30	0,38	0,04	0,07		0	0,09	0	0
18 Alpet Kazanlı	31,70	7,58	1050	0	0,05	1,50	0,43	0,25	0,5		0	0,42	0	0,3
19 Adanalıoğlu	27,40	7,89	973	0	0,08	2,30	0,47	0,14	0,3		0	0,05	0	0,4
20 Homurlu	24,10	7,35	890	0	0,01	1,70	0,82	0,2	0,5		0	0	0	0
25 Kazanlı Belediye Kuyusu	22,10	7,41	967	0	0,04	2,20	0,09	0,14	0,3		0	0	0	0,6
31 Yunus Sitesi	25,50	7,22	1259	0	0,08	1,90	0,08	0,08	0,85		0	0,49	0	1
32 Merko Sitesi	25,00	7,20	939	0	0,00	1,90	0,04	0,17	0		0	0,46	0	0,6
33 Merko Sitesi 2	30,30	6,94	929	0	0,00	1,20	0	0,14	0,65		0	0,78	0	1,1
34 Karaduvar Tulumba 2	24,50	7,26	739	0	0,03	1,90	0	0,21	0,55		0	0	0	0,4
35 Çay Mahallesi	22,70	7,31	817	0	0,03	1,50	0,19	0,15	0		0	0,05	0	0
36 Termik Santral Yanı	28,10	7,60	817	0	0,00	2,70	0	0,19	0		0	0	0	0

Ağır metallerin Dünya Sağlık Örgütüne göre içme suyundaki sınır değerleri:

Cr < 0,05 mg/L Br < 2 mg/L Fe < 0,2 mg/L Mn < 0,4 mg/L Ni < 0,02 mg/L

#### 4.4. NİSAN 2005 (3. PERİYOT) ANALİZ SONUÇLARI

Nisan 2005'te yapılan ölçümler'in analizlerin sonuçları Çizelge 4.3'de verilmiştir. Her kuyudan iki adet örnek alınıp, biri asitlenerek ağır metal ölçümü yapılmıştır.

Çizelge 4.3. Nisan 2005 (3. periyot) analiz sonuçları( mg/L ).

Lokasyon	T	pH	EC	NO2	NH3	PO4	NO3	F	Br	Fe	Zn	Ni	Cu	Mn	Mo
1 Adonis	14,30	7,93	10017	0,02	0,10	0,50	10,20	0,68	0,04	0,83	0,35	0	0,16	0	0
2 Petrol Ofisi	17,60	7,15	951	0,02	0,27	1,50	33,70	0,73	0,06	0,73	0,31	0,03	0,49	0,4	0
3 İlkay Sitesi	16,60	7,63	636	0	0,18	0,50	19,10	0,49	0,1	0,54	0,36	0	0,46	0	0
4 Neptün Sitesi	18,50	7,08	1219	0	0,25	0,30	67,20	0,87	0,42	0,64	0,12	0,1	1,49	0,3	0,2
5 Kasım Ekenler	15,00	8,16	367	0	0,08	0,50	16,80	0,27	0,39	0,21	0,77	0	0,95	0	0
6 Yıkama İst	18,00	6,93	1428	0,03	0,16	0,40	13,30	0,52	0,19	0,71	0,33	0,09	0,08	0,3	0,1
7 Güven Sitesi	19,60	7,20	1016	0	0,10	0,20	93,60	0,93	0,18	0,31	0,22	0,25	0,35	0	0,5
9 Petrol Apt	17,70	7,35	1027	0	0,20	0,70	13,70	0,77	0,29	1,11	0,65	0,14	0	0,2	0,4
10 Sorver Oto Duş	19,20	7,06	1003	0,01	0,18	1,60	64,30	0,47	0,11	0,54	0,47	0,16	0	0	0,8
11 Shell-YurtKut	21,00	7,21	880	0,02	0,20	0,90	61,60	0,49	1,13	0,96	0,37	0	0,27	0,5	0
12 Kalkavanlar BP	20,60	7,20	1043	0	0,12	1,30	20,40	0,36	0,25	0,73	0,29	0	0,31	0,2	0
13 Karaduvar BPHoroz Nak.	20,80	7,04	1069	0	0,11	0,40	32,80	0,53	0,05	0,60	0,39	0,16	0,51	0,1	0,4
14 Karaduvar Tulumba	17,70	7,12	1085	0	0,12	0,20	12,90	0	0,38	1,11	0,56	0,27	0	0,1	0,6
15 Karaduvar Benzinci	16,30	7,38	1003	0	0,20	0,80	74,00	0,37	0,16	0,70	0,22	0,04	0,19	0,3	0,7
16 Kromsanyanı Sera	18,70	7,40	1211	0	0,18	0,80	19,10	0,19	0,07	0,72	0,41	0,11	0,24	0,2	0,3
17 Kazanlı Bahçeçi Kuyu	19,20	7,33	1539	0,02	0,20	1,90	18,20	0,65	0,28	0,36	0,25	0,26	0,11	0	0,5
18 Alpet Kazanlı	16,40	7,72	1106	0	0,12	1,30	38,10	0,56	0,02	0,47	0,35	0	0,07	0	0
19 Adanalıoğlu	20,40	7,89	972	0	0,12	1,20	0,90	0,57	0,09	1,06	0,08	0,15	0,23	0,3	0
20 Homurlu	20,60	7,30	896	0	0,22	1,40	23,90	1,09	0,26	0,39	0,53	0,13	1,13	0,1	0
25 Kazanlı Belediye Kuyusu	19,90	7,37	1122	0	0,16	0,70	54,10	0,86	0,11	0,48	0,15	0,16	0,09	0,1	0,3
31 Yunus Sitesi	19,00	7,30	1437	0	0,24	0,80	16,80	0,23	0,07	0,69	0,33	0,22	0,08	0	0
33 Merko Sitesi 2	19,50	7,40	932	0,02	0,11	0,80	24,80	0,45	0,22	1,40	0,07	0,16	0,33	0,3	0
34 Karaduvar Tulumba 2	17,30	7,07	1045	0	0,10	0,70	45,70	0,61	0,17	0,10	0,03	0	0,24	0,1	0
35 Çay Mahallesi	19,20	7,55	814	0,02	0,10	0,90	28,40	0,62	0,08	0,15	0,41	0,06	0,25	0	0

Ağır metallerin Dünya Sağlık Örgütüne göre içme suyundaki sınır değerleri:

Cr < 0,05 mg/L

Br < 2 mg/L

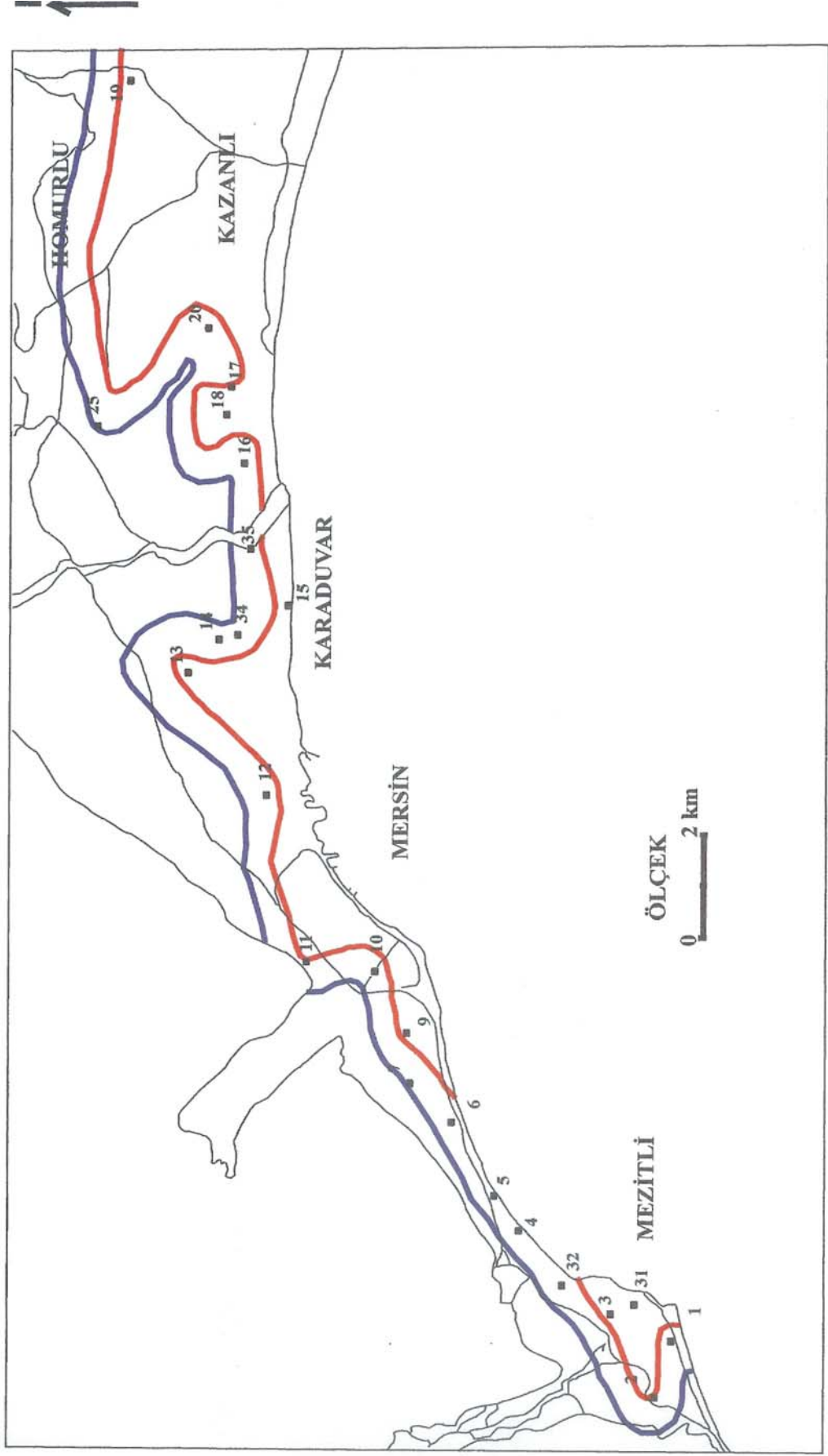
Fe < 0,2 mg/L

Mn < 0,4 mg/L Ni < 0,02 mg/L

#### 4.5. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRMESİ

**Sıcaklık (T):** Suyun kendine özgü lezzeti özellikle sıcaklığa bağlıdır. Genel olarak içme suyunun sıcaklığının 7-12 °C 'ler arasında olması istenmektedir. Daha sıcak sular ağza yavan gelebildiği gibi 20°C'den fazla sıcak sular mide bulantısı vermektedir. Bunun tam aksi soğuk sular mide ve bağırsak mukozasını tahriş ettiği gibi bağırsak hareketlerini durdurmakta ve sancı oluşturmaktadır. İçilebilir su ,derinden gelen toprak tabakalarından çok yavaş süzülerek yer üstüne çıktığından daima soğuktur. Bu yavaş süzülme suyu kirliliğinden büyük ölçüde arındırır.

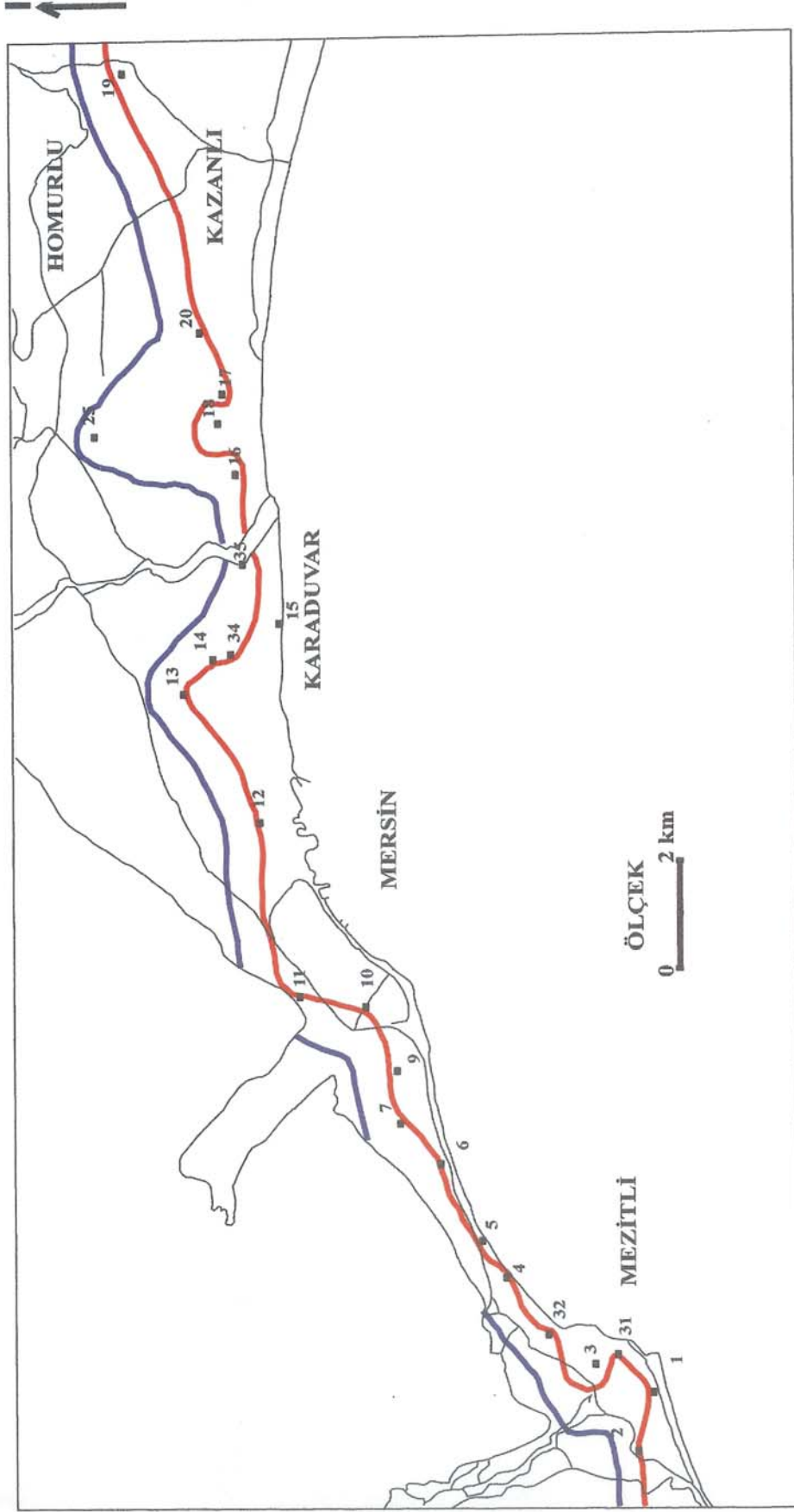
Çalışma bölgesinde yapılan sıcaklık ölçümlerinde Haziran ve eylül aylarında değerler 20-30 °C arasında çıkmıştır(Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3). Haziran ve eylül aylarının yaz dönemine gelmesi sıcaklığın yüksek olmasında en önemli etkidir. Sıcaklığı yüksek yüzey sularının yer altında hareket eden normal derecedeki akifer sularına karışmasıyla akifer sularını sıcaklığını önemli ölçüde yükseltecektir. Aynı şekilde zemin ısı da akifer suyunun sıcaklığını etkileyecektir. Yer altında hareket eden su geçtiği zemine göre ısı alışverişi yaparak sıcaklığını değiştirecektir. Nisan ayında yapılan ölçümlerde ise değerler 15-20 °C arasında çıkmıştır. Bunun sebebi ise nisan ayının kış dönemi sonuna denk gelmesiyle yağmış olan karların yavaş yavaş eriyerek akifer sularına karışması ver yer altındaki suyun sıcaklığını düşürmesi sonucudur.



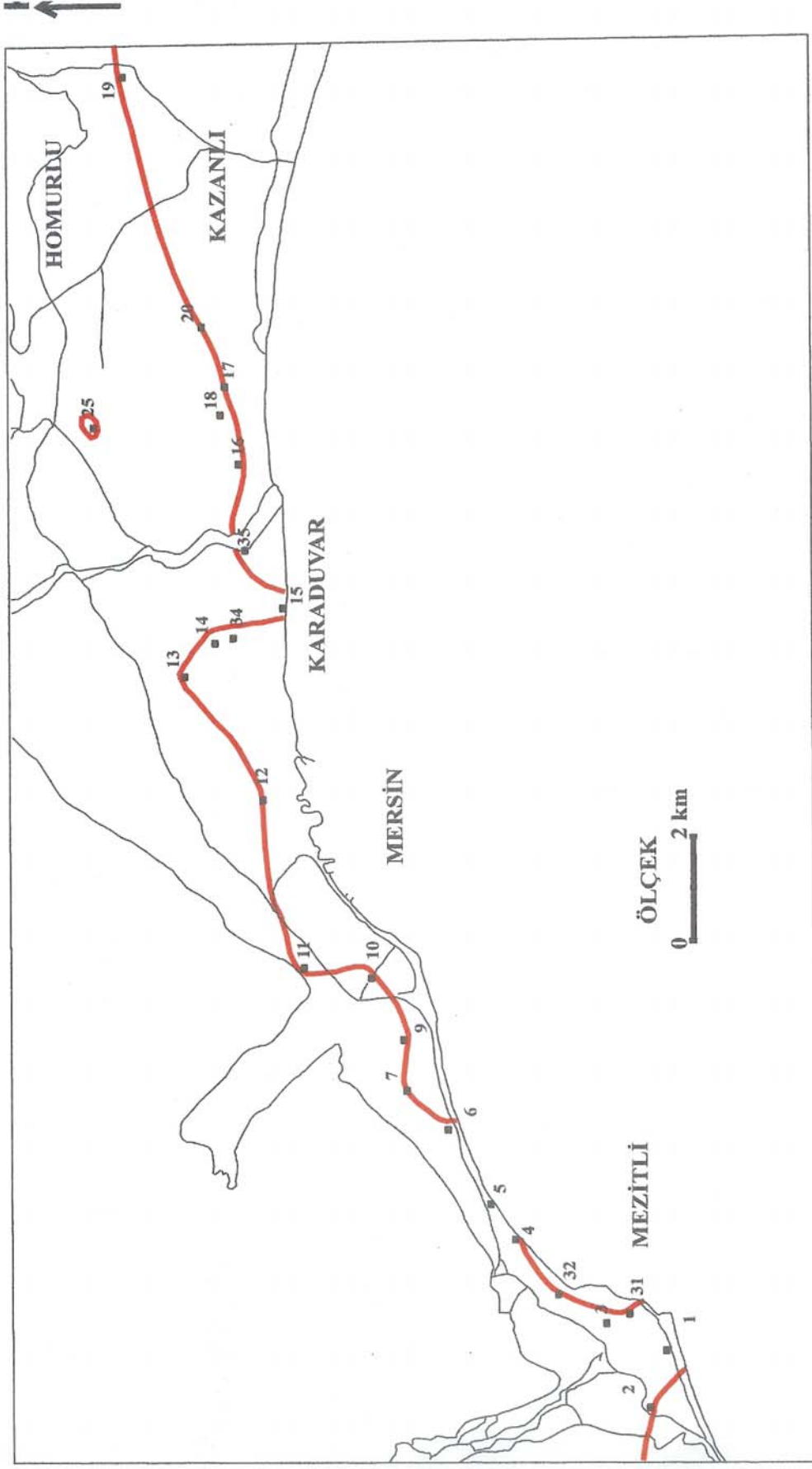
— T= 20 C  
— T= 25 C

Şekil 4.1. 2004 Mayıs ayı yeraltı Sıcaklık (T) değişimi





Şekil 4.2. 2004 Eylül ayı yeraltısuyu Sıcaklık (T) değışimi



Şekil.4.3. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu Sıcaklık (T) değışimi

— T = 20°C

**pH (Hidrojen iyonu derişimi) :** Bir çözeltilinin asitlilik veya alkalilik özelliği olan pH çözeltilinin H<sup>+</sup> veya OH<sup>-</sup> derişimi'nin niceliksel olarak ölçümüdür. pH matematiksel olarak bir çözeltilinin H<sup>+</sup> derişiminin 10 tabanına göre – işaretli logaritmasıdır.  $pH = -\log_{10} [H^+]$

Suyun iyonlaşma tepkimesi:

$H_2O (s) \rightarrow H^+ (sç) + OH^- (sç)$  için 25 °C de denge sabiti  $K = [H^+] [OH^-] = 10^{-14}$  olduğundan pH 0 dan 14'e kadar değerler alabilir. pH = 7 değeri [H<sup>+</sup>] ve [OH<sup>-</sup>] nin birbirine eşit olduğu nötr pH değeridir. pH<7 değerleri asit, pH>7 değerleri ise alkali (bazik) ortamlara işaret eder.

pH değeri bir çok maddenin çözünürlüğünü ve sudaki iyon konsantrasyonlarını etkiler. Doğal sulardaki pH değerindeki değişimler çoğu kez değişik karbonik asit içeriklerinden etkilenir. Sadece çok az iyon ( Na, K, NO<sub>3</sub> ve Cl gibi ) tüm pH seviyelerinde aynı çözünürlükte kalır. Metallerin çoğu iyonlarının çözünürlükleri pH değerine bağlıdır.

İyonları bir çok değeriğe sahip olabilen bir çok metaller orta değerlikli amphoter olarak reaksiyona girerler ( örneğin Mn ). Suda zor çözülür magnezyum hidroksit pH>10,5 tan sonra çözeltiliye tekrar geçer.

Bu tür kimyasal ilişkilerin bilinmesi bir çok hidrojeolojik araştırmada önemlidir. Örneğin, ağır metal içerikli endüstri atıkları arıtma tesislerinde çoğu kez zor veya suda hiç çözülemez hidroksitler haline geçerler, yağış sularını genelde pH değerleri <7 değerindedir ve sonuçta ağır metaller yeraltı suyuna ulaşırlar.

Suda çözülmüş maddeler genelde pH değerini değiştirirler, zira çözülmüş iyonların bir kısmı H<sup>+</sup>, diğer kısmı da OH<sup>-</sup> iyonlarına bağlanırlar. Hidrojen karbonat içerikli sular pH değerini bazik sulara iterler, çünkü H<sup>+</sup> iyonlarına bağlanırlar.

pH değeri, su temininde, kimyasal koagülasyon, dezenfeksiyon, sertlik giderme ve korozyon kontrolü gibi işlemlerde önem taşır. TS-266'ya ve EPA'ya göre, içme sularında pH 6.5-8.5 tavsiye edilen değerdir.

Çalışma bölgesinde yapılan ölçümlerde pH değeri 6,5 ile 8,5 arasında değişmektedir (Çizelge 4.1, 4.2, 4.3). pH değeri Haziran ayında 6, 10, 12 nolu kuyularda, Eylül ayında 4, 6, 33 nolu kuyularda  $pH < 7$  olarak ölçülmüştür bu kuyularda  $H^+$  iyonları daha yoğundur yani asidik özellik sunmaktadır. Diğer kuyularda ise  $pH > 7$  olarak ölçülmüş olup  $OH^-$  iyonları daha yoğundur ve bazik özellik sunmaktadırlar. Bu parametre içme suyu hakkında doğrudan bilgi vermez.

**Elektriksel iletkenlik (EC):** Elektriksel iletkenlikten kasıt elektriksel direncin reziproke değeridir.(Ohm ile ölçülür). Elektriksel iletkenliğin birimi simens'tir (S). Elektriksel iletkenlik sıcaklığa, su içindeki çözünmüş maddelere (tuz vb.) ve iz haldeki çözelti içeriklerine bağlı olarak değişebilir. Suyun elektriksel iletkenliğinin düşük olması nedeniyle hidrojeokimya'da mikro simens birimi ( $10^{-6}$  S) kullanılır. Saf su, 25  $^{\circ}C$  sıcaklıkta  $EC=4,2 \cdot 10^{-2} \mu S/cm$  elektriksel iletkenliğe sahiptir.

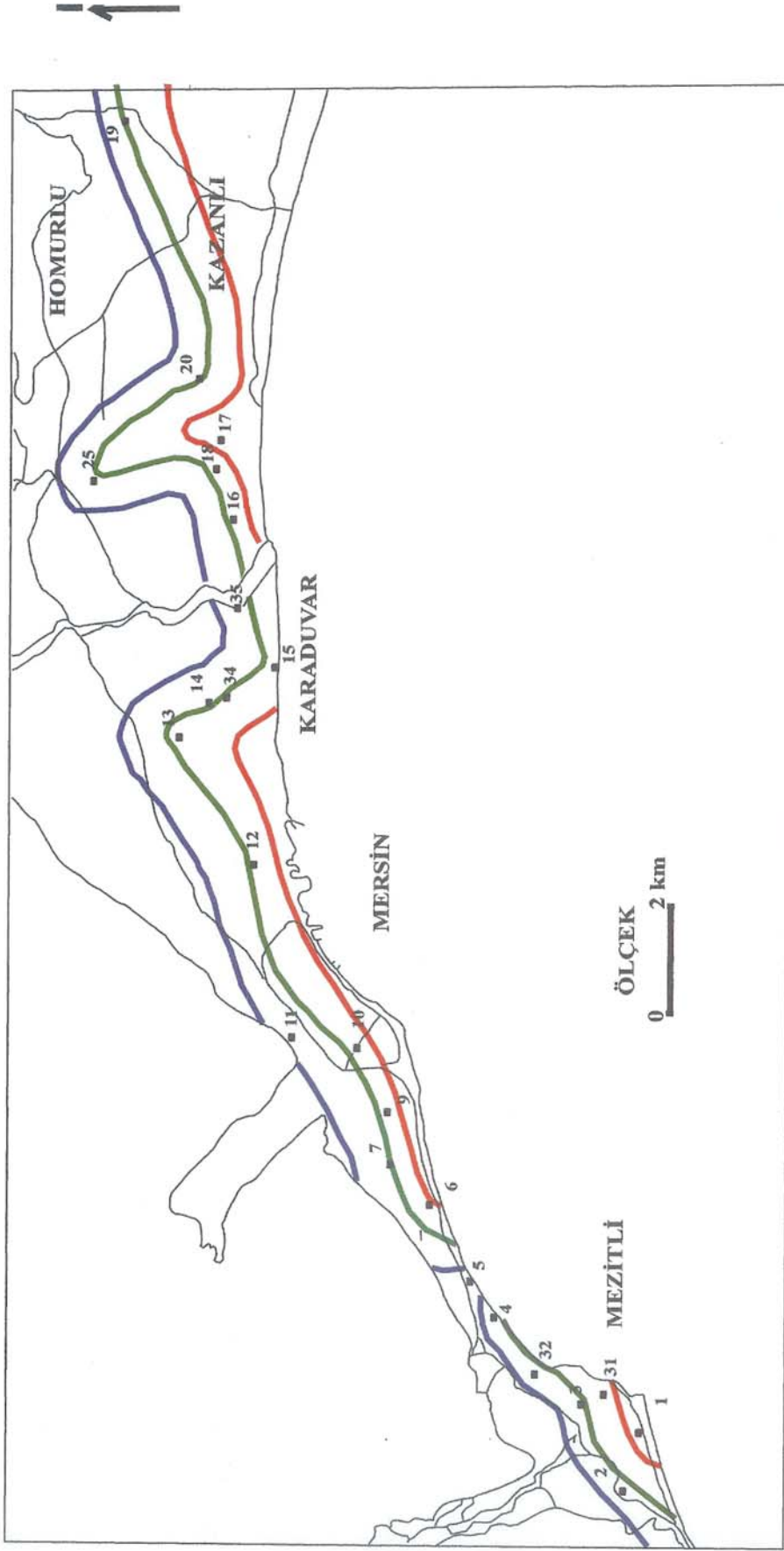
Çalışma bölgesinde yapılan elektriksel iletkenlik ölçümlerde kuyu sularında EC 700 ile 3000  $\mu S/cm$  arasında değişmektedir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6.). Tek olarak 5 nolu kuyu olan Kasım ekenler sitesinde EC 300  $\mu S/cm$  civarındadır. Karaduvar civarında Deniz suyunda yapılan ölçümde  $EC = 50000 \mu S/cm$  olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Deniz suyu girişimi elektriksel iletkenliğe bağlı olarak alındığında ve sınır değeri de 1000  $\mu S/cm$  olarak düşünüldüğünde çalışma bölgesindeki 1, 4, 6,16, 17, 31 nolu kuyuları aylara göre değişken olmak şartıyla deniz suyu girişimi açısından tehlike arz etmektedir. Bu durum çizelgelere ve şekillere bakıldığında açık olarak gözlenmektedir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6.). Özgül elektriksel iletkenlik(EC) de, içme ve sulama suları sınıflandırılmasında bir ölçüt olarak kullanılmaktadır[19].

Çizelge 4.4. Suların özgül elektriksel iletkenliği esas alınarak yapılan sınıflandırma.

EC

<u>(25°C de Microohm/cm)</u>	<u>Sınıf</u>
250 den az	Çok iyi
250-750	Iyi
750-2000	Kullanılabilir
2000-3000 .	Şüpheli
<u>3000 den fazla</u>	<u>Kullanılamaz</u>

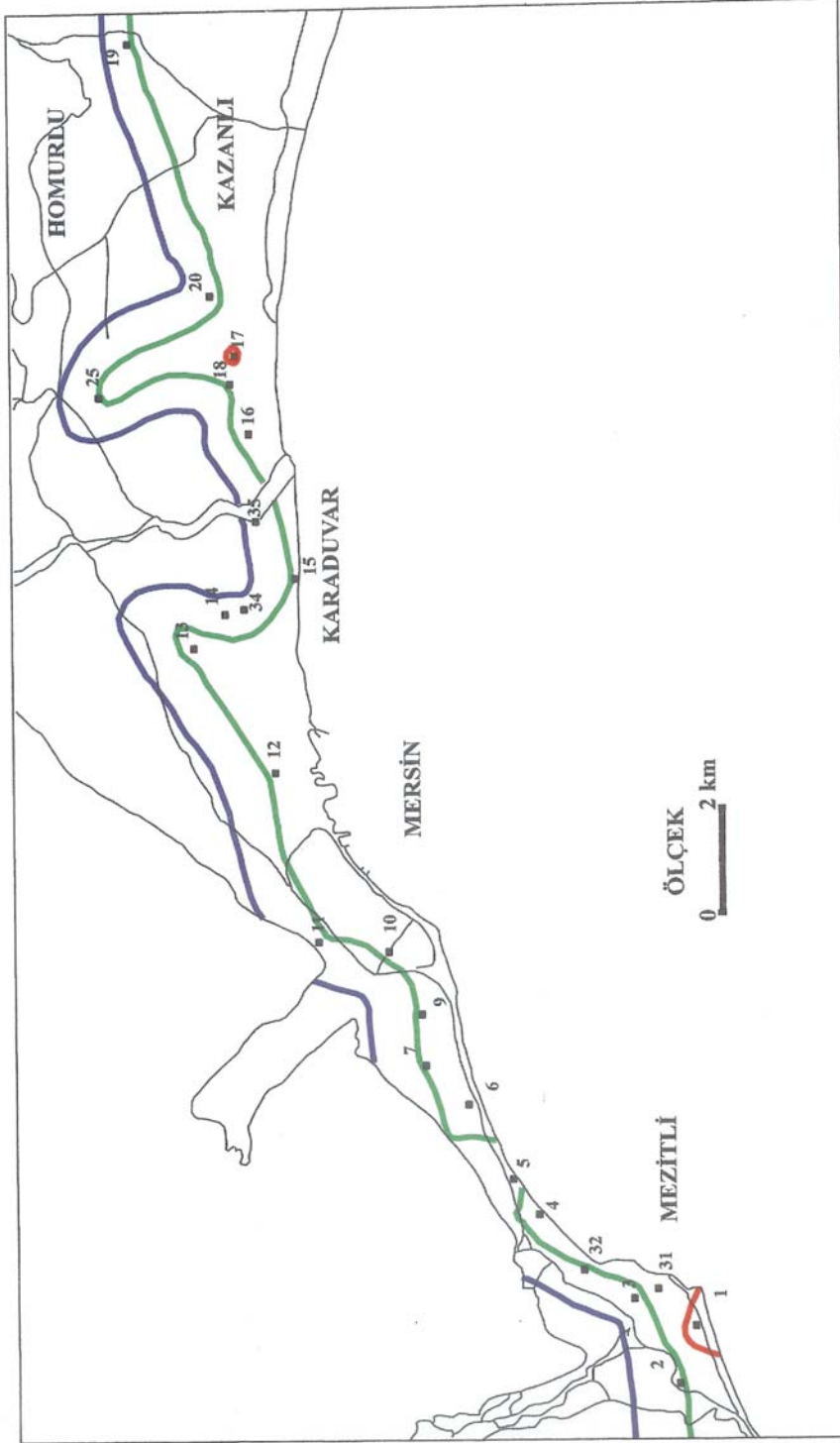
Kaynak: Erguvanlı ve Yüzer [3].



Şekil 4.4 : 2004 Haziran ayı yeraltı suyu elektrik iletkenlik değişimi

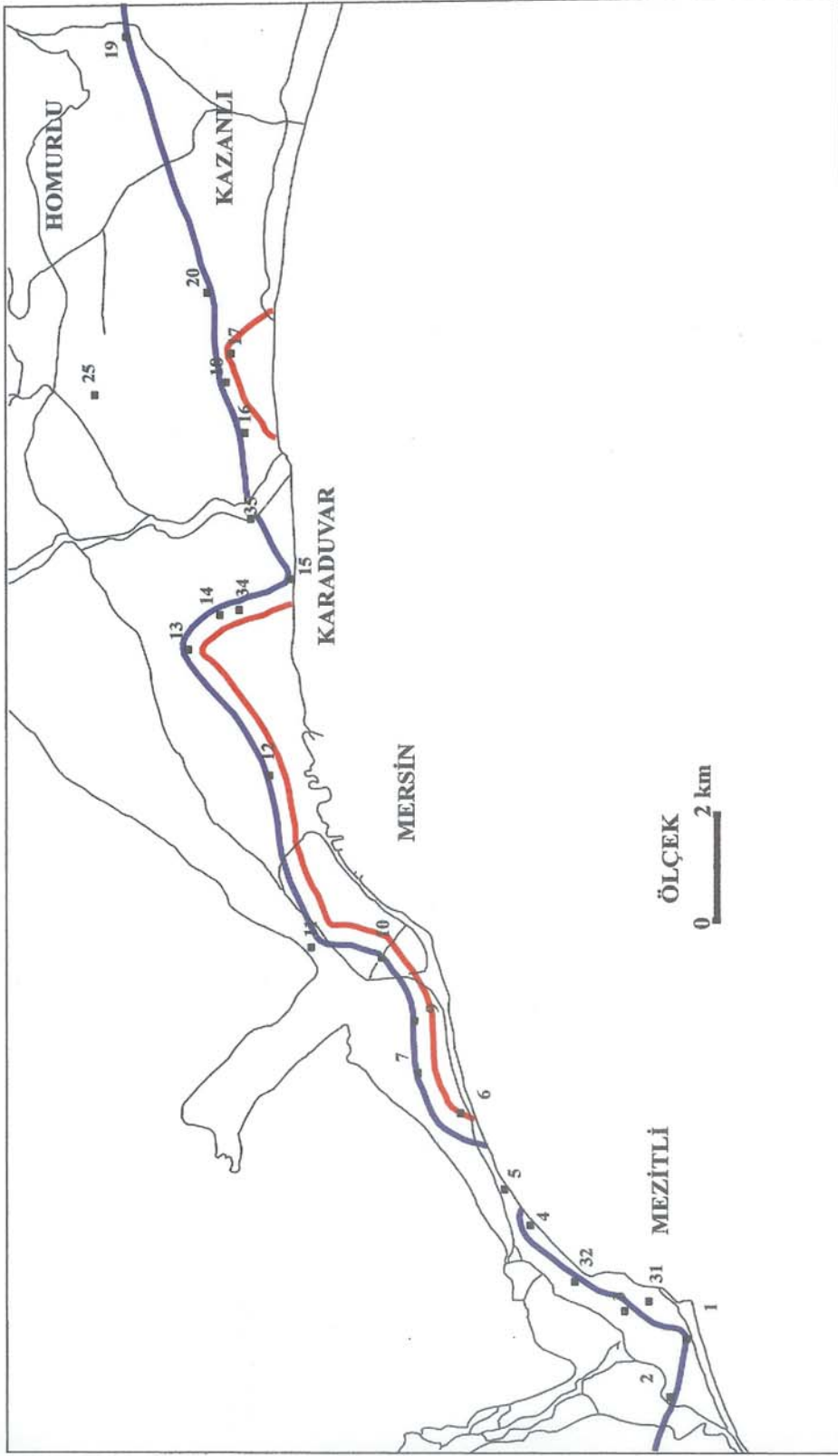
- 500 mikro simens/cm
- 1000 mikrosimens/cm
- 1500 mikrosimens/cm

K  
↑



Şekil 4.5. 2004 Eylül ayı yeraltısuyu elektriksel iletkenlik (EC) değişimi

- EC = 500 mikrosimens/cm
- EC = 1000 mikrosimens/cm
- EC = 1500 mikrosimens/cm



Şekil 4.6. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu elektriksel iletkenlik (EC) değişimi

— EC = 1000 mikrosimens/cm  
 — EC = 1500 mikrosimens/cm



### **Amonyak (NH<sub>4</sub>), Nitrit (NO<sub>2</sub>), Nitrat (NO<sub>3</sub>), Fosfat (PO<sub>4</sub>):**

**Azot (N):** Yüzeysel sulara karışan azot yükleri temel olarak aşağıdaki kaynaklardan ileri gelmektedir.

- a. Doğal kaynaklardan
- b. Evsel kaynaklardan
- c. Endüstriyel kaynaklardan
- d. Tarımsal kaynaklardan

Azot, canlıların yapısını oluşturan temel elementlerden biridir. Gerek canlı bünyesinde, gerek besin maddelerinde ve gerekse ölü organizmalarda bulunan azot, doğada azot döngüsü içerisinde sürekli dinamik bir haldedir. Evsel atık sular ülkemizde su ortamına çoğunlukla doğrudan karışmaktadır. Evsel atık suya kişi başına 8-15 g/gün azot katkısı bulunmaktadır. Endüstriyel tesislerden de endüstri türüne bağlı olarak önemli miktarda azot, su ortamına verilebilmektedir. Azot yükü veren başlıca endüstri kuruluşları; gübre, nitroselüloz, gıda, deri, bira ve su endüstrileri ve mezbahalardır. Nitrat iyonları topraktan kolaylıkla yıkanarak suya geçmekte, böylece tarımsal drenaj suyu içerisinde önemli miktarda nitrat iyonu bulunmaktadır. Tarım yapılan arazilerden her yıl önemli düzeylerde azot, doğal su kaynaklarına karışmaktadır.

Yüzeysel sulardan temin edilen içme sularında amonyum konsantrasyonunun yüksek olması halinde birçok güçlükle karşılaşmaktadır. İçme suyunun temini amacıyla kullanılacak olan yüzeysel sularda amonyum konsantrasyonunun 0.2-1.5 mg/L arasında olması istenmektedir.

İçme sularında nitrat konsantrasyonları 4.5 mg/L düzeyini aştığında sağlık problemleri çıkmaktadır. Yüksek NO<sub>3</sub> konsantrasyonlarında, yetişkinlerde barsak, sindirim ve idrar sistemlerinde iltihaplanmalar görülmektedir. İçme sularındaki yüksek nitrat konsantrasyonları bebeklerde methaemoglobin hastalığına neden olmaktadır. Altı aydan küçük bebeklerde mide asitleri oluşturmaktadır.

Amonyak, keskin kokulu, renksiz bir gaz olup, suda yaşayan canlılar üzerinde zehir etkisi yapmaktadır. Amonyak çoğu sularda biyolojik aktif bir bileşiktir ve azot içeren organik maddenin biyolojik olarak ayrışması sonucu meydana gelmektedir. Suda çözüldüğünde amonyağın bir kısmı su ile reaksiyona girer ve amonyum iyonları oluşur. Amonyum iyonu ise amonyak kadar toksik bir etkiye sahip değildir[17].

Azot doğal dolanımı olan, bakteriler tarafından besi kaynağı olarak kullanılan ve kimyasal yollardan değişik oksidasyon kademelerinde bulunan ve sularda sık sık görülen bir parametredir.

### **Azot**

NH<sub>3</sub>:

Org-N :

NO<sub>2</sub>-N :

NO<sub>3</sub>-N:

### **Türleri:**

Amonyak Azotu

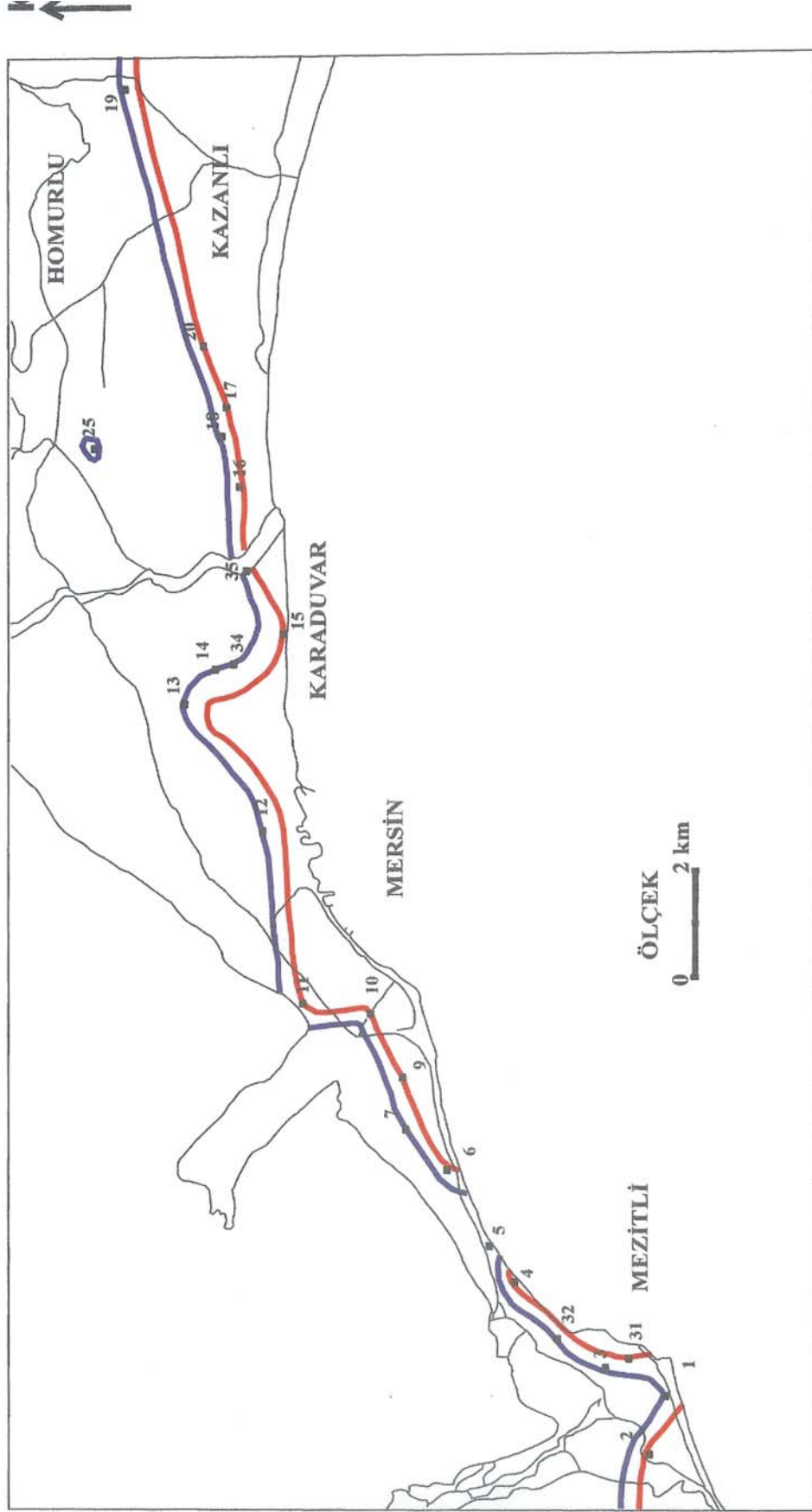
Organik Azot

Nitrik Azotu

Nitrat Azotu

**Amonyak (NH<sub>3</sub>) :** Amonyak doğal sularda genellikle amonyum azotu (NH<sub>4</sub>) halinde bulunur ki buna serbest veya tuz halindeki amonyak denir. Sularda amonyak, kimyasal ve fiziksel olaylar veya mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşur. Kimyasal ve fiziksel olaylar sonucunda oluşan amonyağın sağlığa zararı yoktur. Ancak mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşan amonyak organik madde kaynaklı olma ihtimali bakımından tehlikelidir. 0.5 mg/L'den büyük değerlerde amonyak kirliliğinin belirtisidir.

NH<sub>3</sub>'ün içme suyundaki sınır değeri dünya sağlık örgütüne göre 0,5 mg/L dir. Nisan ayında yapılan NH<sub>3</sub> ölçü değerlerinde kuyuların hiçbirinde bu değeri aşmamıştır fakat değerler 0,1 ile 0,3 arasında değişmektedir (Çizelge 4.3, Şekil 4.7). Gelecekte bu kirlenme devam eder ve gerekli önlemler alınmasa sağlık açısından risk teşkil edeceği açıkça görülmektedir.



Şekil 4.7. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu Amonyak (NH<sub>3</sub>) değışimi

**Nitrit (NO<sub>2</sub>)** : İçme suyunda kesinlikle istenmez. Güneş ışığı ve bazı bakteriler nitratları nitrite dönüştürür. Nitritin içme suyundaki sınır değeri Dünya Sağlık rgtne göre 0,2 mg/L'dir. Nisan ayında yapılan NO<sub>2</sub> lmlerinde 1,2,6,10,11,17,32 ve 35 nolu kuyularda rastlanmış olup sınır değeri aşmamıştır (izelge 4.2). Fakat yine NH<sub>3</sub> için söylemiş olduğumuz gibi kirlenme devam ettiği sürece sağlık için risk teşkil etmektedir.

**Nitrat (NO<sub>3</sub>)** : Azotlu organik bileşiklerin son yükseltgenme ürünleridir. Kuyu sularında nitrat genelde daha fazla bulunur. Özellikle bebeklerde blue-baby denilen hastalığa neden olur. Vücudu morarmaya başlayan bebeklerde bu hastalık lme dahi neden olabilir.

Nitratlar suya topraktan geçmiş olabilir. Fakat amonyak ve nitritten kaynaklıysa tedbir alınmalıdır. Çünkü nitritlerin mevcudiyeti suda kirlenmeyi ifade eder. Nitritler yüksek miktarda organik madde ile bulunursa daha büyük bir kirlenme söz konusudur. Amonyak ta bazı bakteri türlerinin çoğalmalarına sebep olur ki bunlar suya kötü koku verirler.

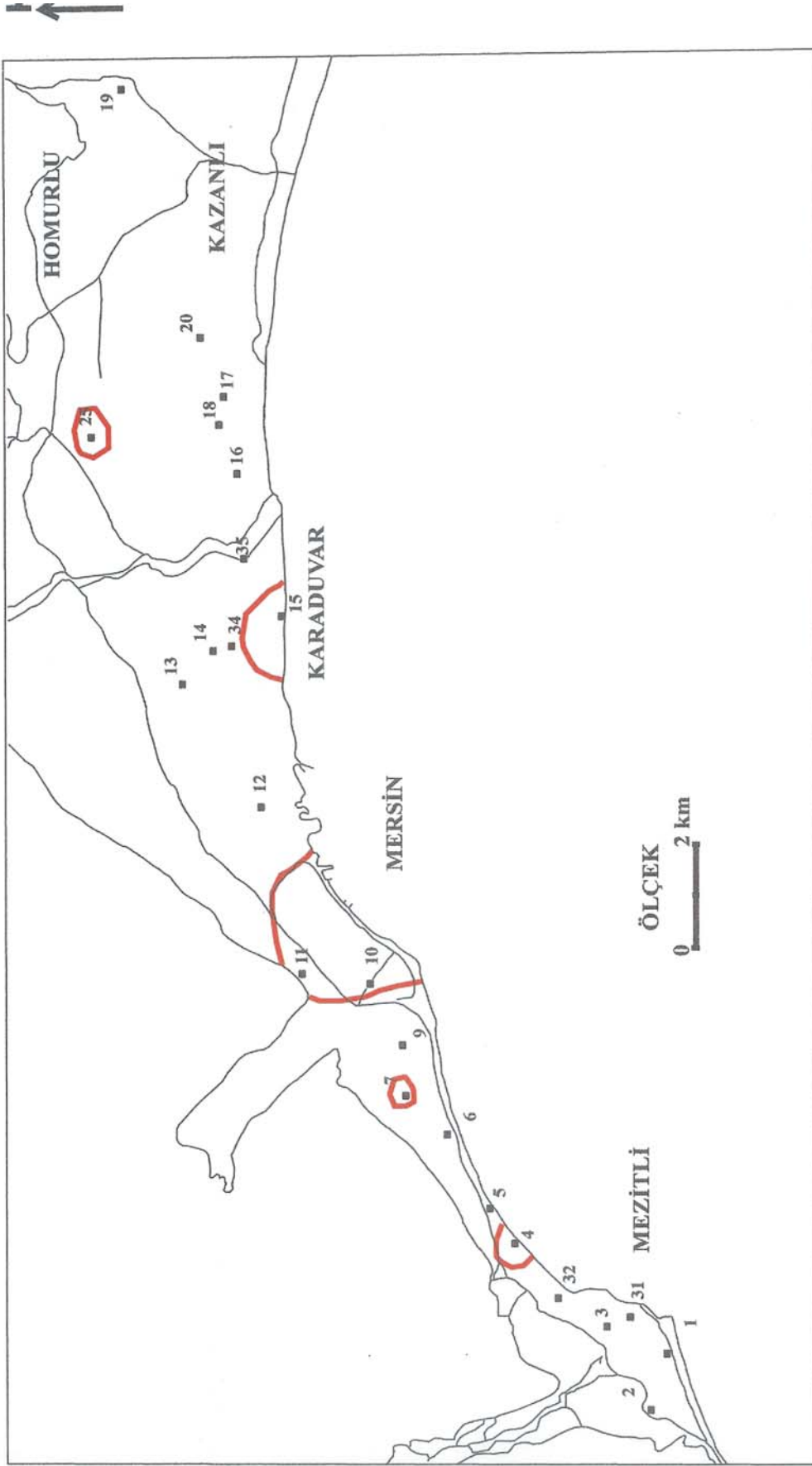
Bu azot türleri alıcı ortama aşırı miktarlarda verildiklerinde organizmalar tarafından kullanılırlar. Bu alıcı ortam içerisinde ötrofikasyona (alg patlaması sonucu oksijen azlığı) sebep olur. Biriktirme haznelerinde alg patlamasını önlemek için hazneye giren N,P,C konsantrasyonlarını azaltmak ve ışığı kontrol etmek gerekir. Ayrıca haznedeki algleri çeşitli kimyasal maddelerle öldürmek de zm yollarından biridir. Ancak haznedeki canlı hayatı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Yüzeysel sular, yer altı suları ve atık sularda en çok bulunan azot birleşikleri NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NO ve organik azottur. Bu azot eşitleri ve azot gazı (N<sub>2</sub>) azot çevriminde yer alır ve biyokimyasal olarak birbirine dönüşebilir. Azot değişik oksidasyon seviyelerinde hemen tüm canlı hücrelerin yaşama ve üremeleri için gerekli bir besin maddesidir. Bu nedenle üreme ve yaşamanın sürmesi için besin maddesi adıyla tanımladığımız bu tür elementleri belli bir minimum değerin üstünde olması gerekir (Liebig yasası).

Herhangi bir içme suyunda  $\text{NH}_3$  bulunması, o su kütlesine kanalizasyon suyunun karışımını yani taze (yeni) kirlenmeyi gösterir. Nitrit tespiti kirlenmenin yeni olduğunu (Amonyak'tan Nitrite geçiş), nitrat tespiti kirlenmenin uzun süre önce olduğunu gösterir.

$\text{NH}_3 \longrightarrow \text{NO}_2^- \longrightarrow \text{NO}_3^-$  dönüşümü zaman içerisinde gerçekleşir, zamanla suyun kalitesi kendiliğinden yükselir. Oksijen suya kazandırılarak bu denklem gerçekleşir.

Çalışma bölgesinde  $\text{NO}_3^-$  'e bütün kuyularda rastlanmıştır. Buda bize açıkça söylemektedir ki uzun süreli bir kirlenme söz konusudur.  $\text{NO}_3^-$ 'ün dünya sağlık örgütüne göre içme suyundaki sınır değeri 50 mg/L dir. Buna göre çalışma bölgesindeki kuyularda nisan ayında yapılan ölçümlerde 4,7,10,11,15 ve 25 nolu kuyularda bu sınır değeri fazlasıyla aşmış olup sağlık açısından tehlike söz konusudur (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.8) Diğer kuyularda aynı şekilde kirlenmeye devam eder ve önlem alınmasa ilerde bu sınır değeri aşacaklar ve bu kuyularda tehlike arz edeceklerdir.

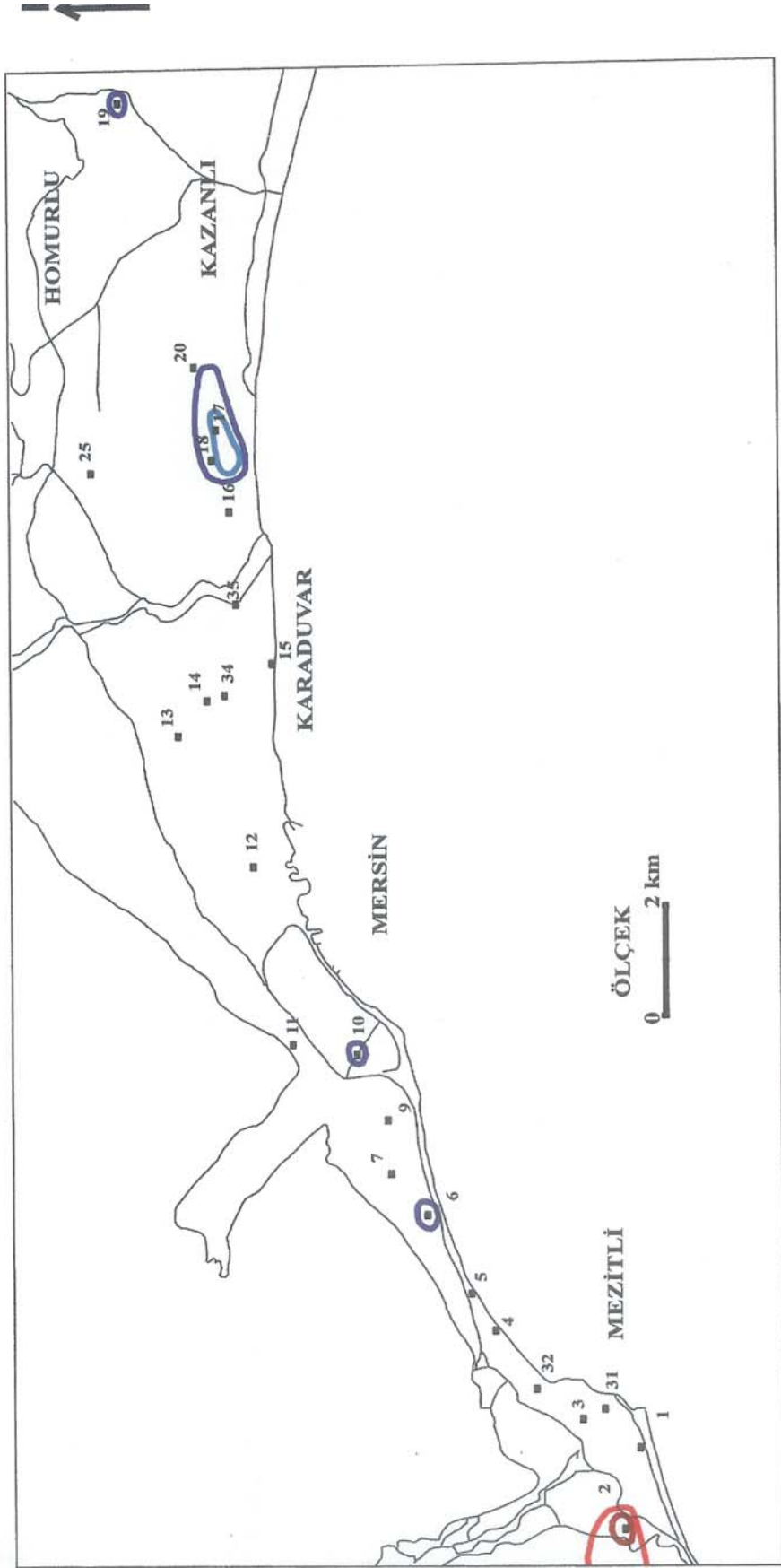


Şekil 4.8. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) değışimi

—  $\text{NO}_3^- = 50 \text{ mg/lit}$

**Fosfat (PO<sub>4</sub>)** : Fosfor canlı organizması için vazgeçilmez bir elementtir. Organizmada kalsiyumla beraber başlıca kemiklerde bulunur. Doğal sularda organik ve inorganik şekillerde bulunur. Bitki ve hayvan gelişiminde gerekli bir elementtir. Bir çok mineralin yapısında bulunmasına rağmen, alkali topraklardaki çözünürlüğünün az olması nedeniyle sudaki miktarı sınırlandırılmıştır. Suya kaya ve topraklardan geçebildiği gibi, yapay gübrelerden ve endüstriyel atıklardan da geçebilir. Fosfatın varlığı su depolarındaki alglerin çoğalmasını kolaylaştırır. Bu da içme sularında koku ve tat problemi yaratır. Yüzeysel sulardaki fazlalığı da azota bağlı olarak yine alglerin çoğalmasına bağlı olarak ve o yüzeysel sudaki canlı hayatı etkilemesine neden olur.

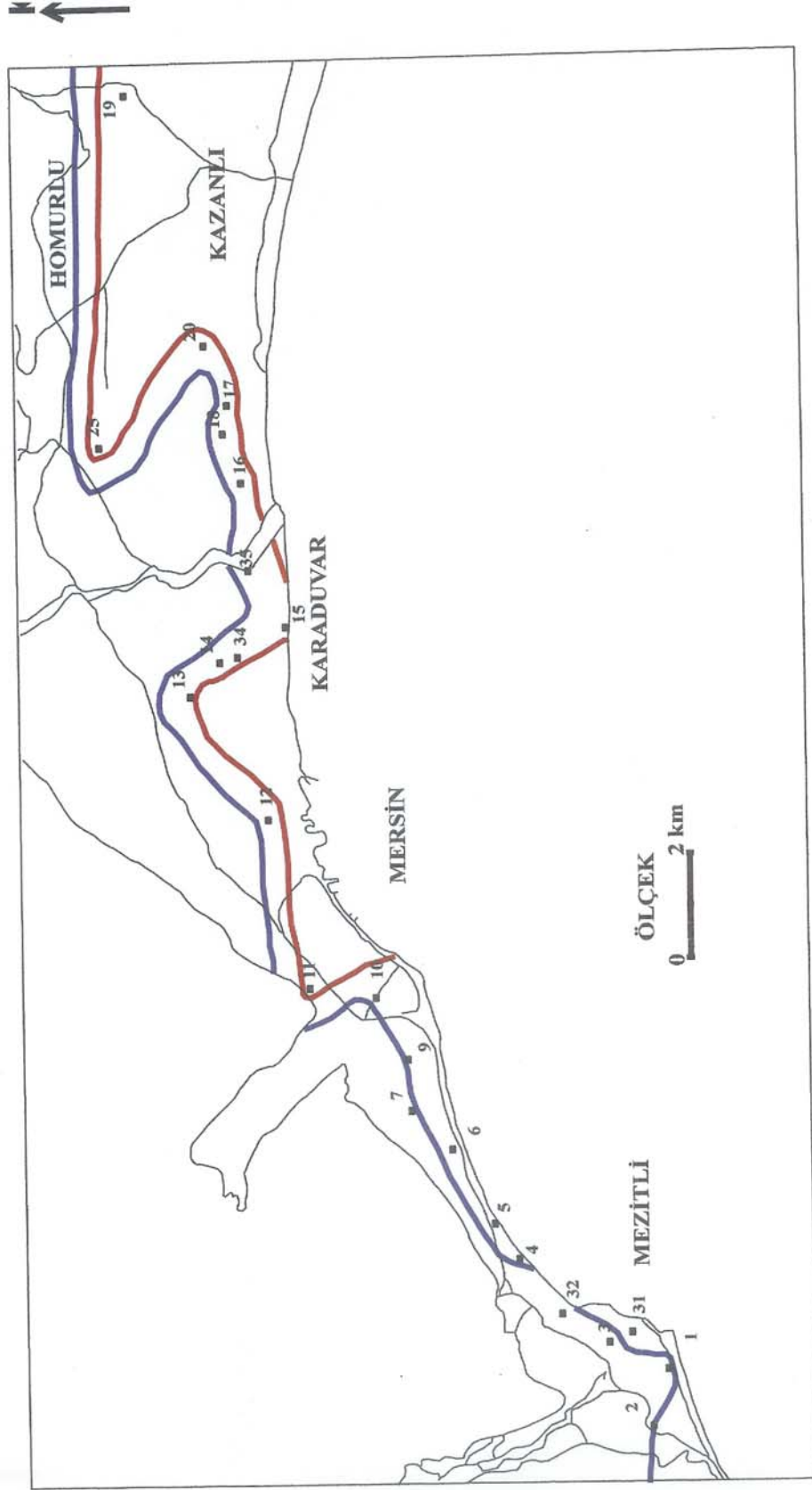
Çalışma bölgesinde yapılan fosfat analizlerinde eylül 2004 ve nisan 2005 ölçümlerinde hemen hemen bütün kuyularda yoğun bir şekilde gözlenmektedir(Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11). Eylül ayında tarımsal sulamadan dolayı gübre kaynaklı olduğu söylenebilir. Nisan ayında ise yağın yağmurların yer altına süzülürken beraberinde de götürdüğü hem tarımsal hem de endüstriyel atıkların sebep olduğu bir fosfat kirlenmesi söz konusudur.



- PO<sub>4</sub>=0,1 mg/l
- PO<sub>4</sub>=0,5 mg/l
- PO<sub>4</sub>=1 mg/l
- PO<sub>4</sub>= 2 mg/l

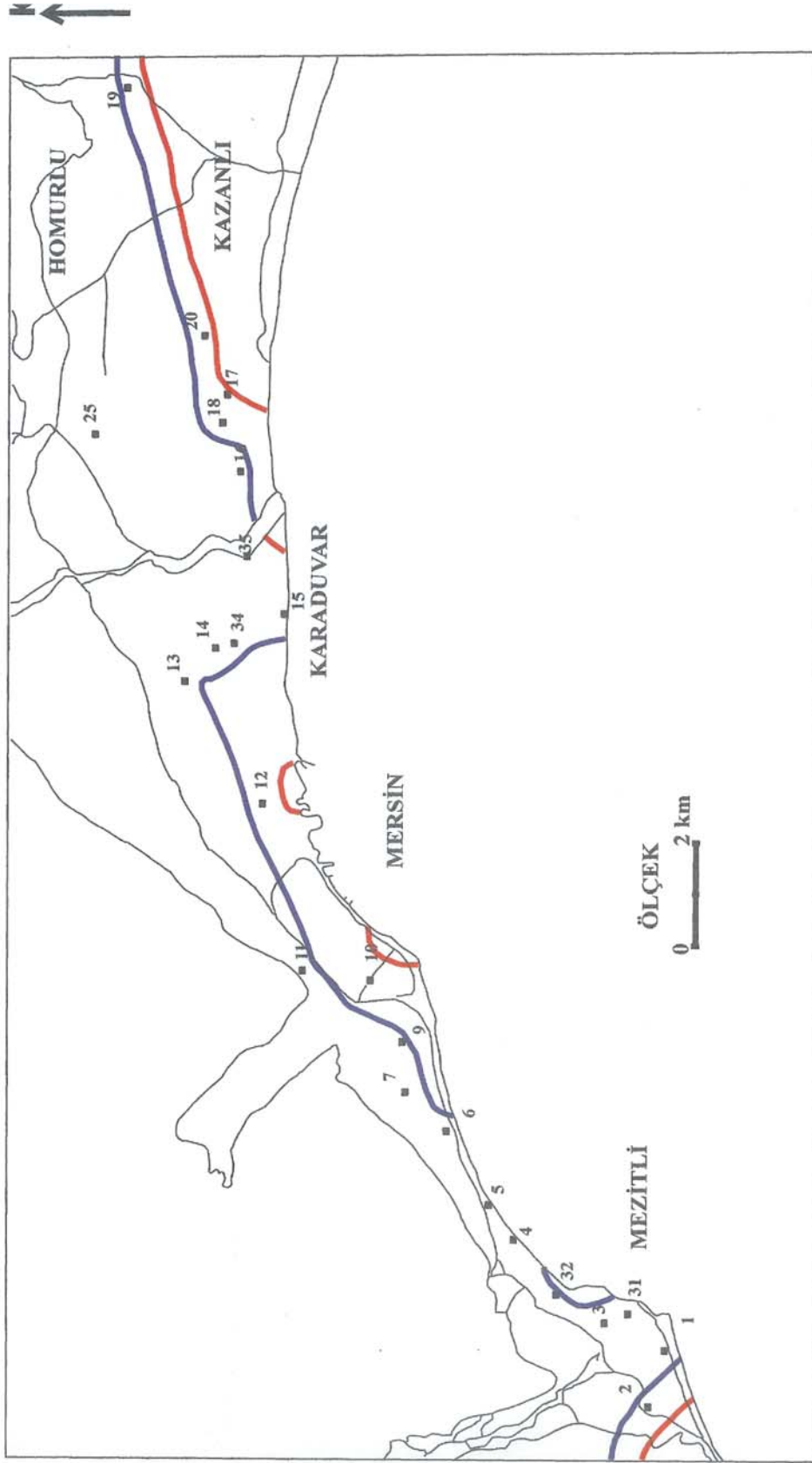
Şekil 4.9. 2004 Haziran ayı yeraltı suyu fosfat (PO<sub>4</sub>)değişimi





— PO<sub>4</sub>=1 mg/L  
 — PO<sub>4</sub>=2 mg/L

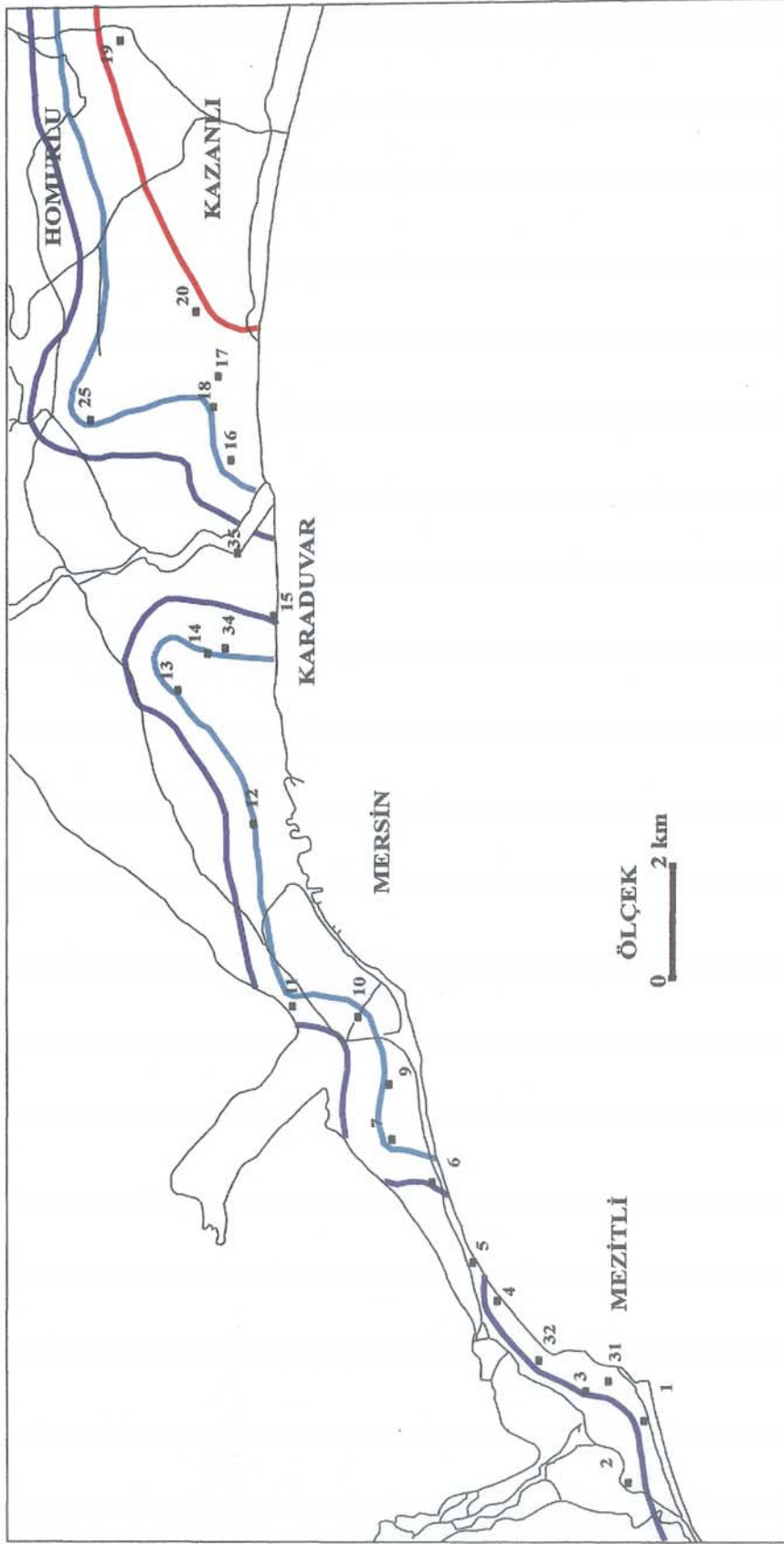
Şekil 4.10. 2004 Eylül ayı yeraltısuyu Fosfat (PO<sub>4</sub>) değişimi



Şekil 4.11. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu Fosfat ( $PO_4$ ) değışimi

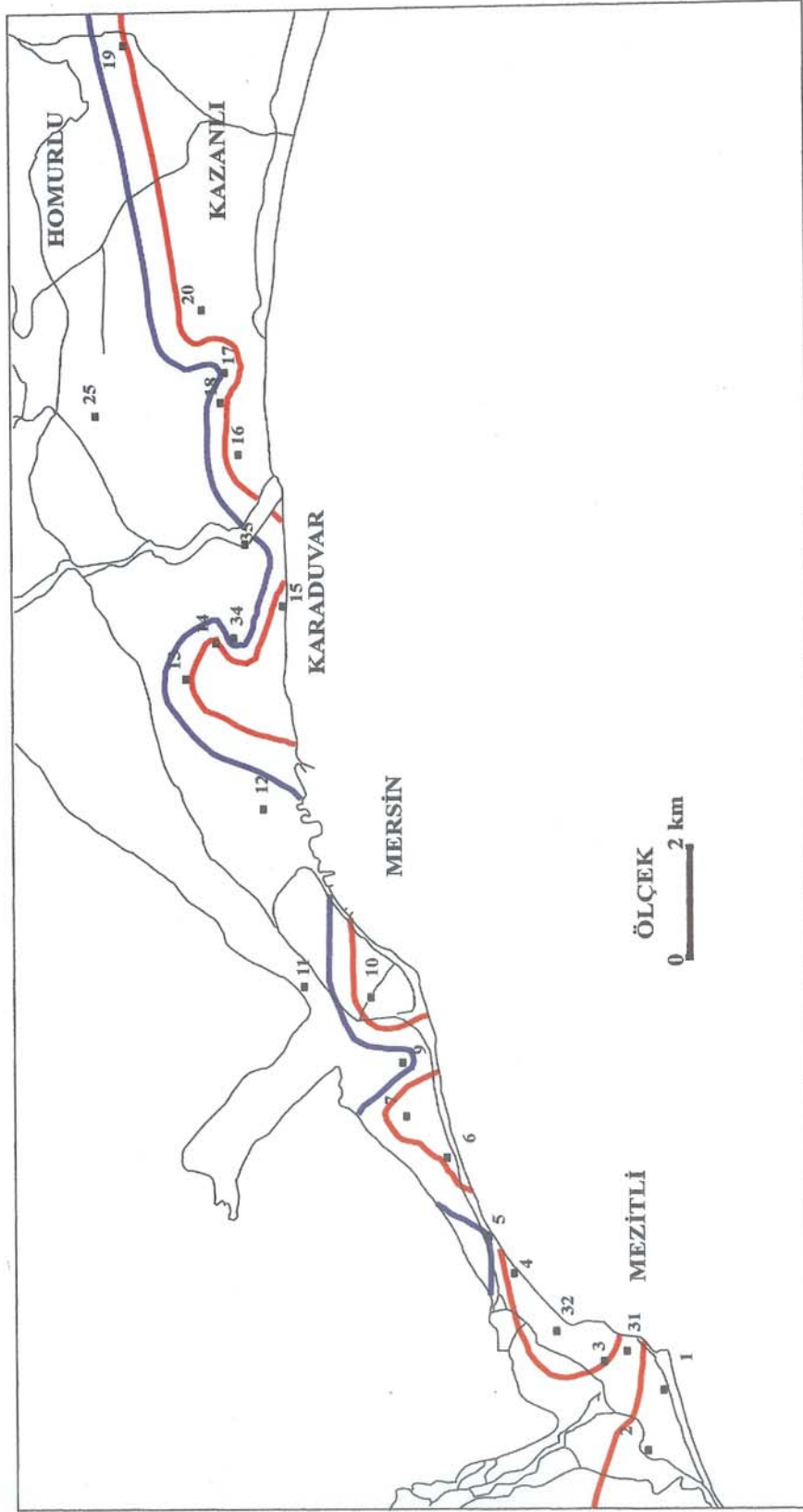
**Florür (F<sup>-</sup>)** : Sularda bulunan florür, miktarına bağılı olarak, faydalı veya zararlı olabilir. İçme suyu için tavsiye edilen değer WHO'ya göre 1,5 mg/L'dir. Bu değerin dişler için faydalı olduğu ve diş çürümelerini azalttığı bilinmektedir. Bunun yanında yüksek miktarlarda florür içeren suların insan sağlığına verdiği zararlar araştırmalarla ispatlanmıştır. Örneğin; 9 yaşın altındaki çocuklarda yapılan bir araştırma, 2 mg/L florür içeren suyun dişlerde kahverengi lekeler bıraktığını, 4 mg/L florür içeren suyun ise kemik bozukluklarına sebep olduğunu göstermiştir. Bu durumda araştırma sonuçlarına göre 1,5 mg/L'den fazla florür bulunan sular arıtılmalıdır.

Çalışma bölgesinde yapılan 3 periyot sonucundaki ölçümlerde Haziran ayında 19 nolu kuyuda 1,08 mg/L deniz suyunda 12,5 mg/L çıkmıştır fakat eylül ayında 2 ve 7 nolu kuyularda sınır değeri aşmıştır (izelge 4.1, izelge 4.2, Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14).



Şekil 4.12. 2004 Haziran ayı yeraltısuyu Flor (F) dağılımı

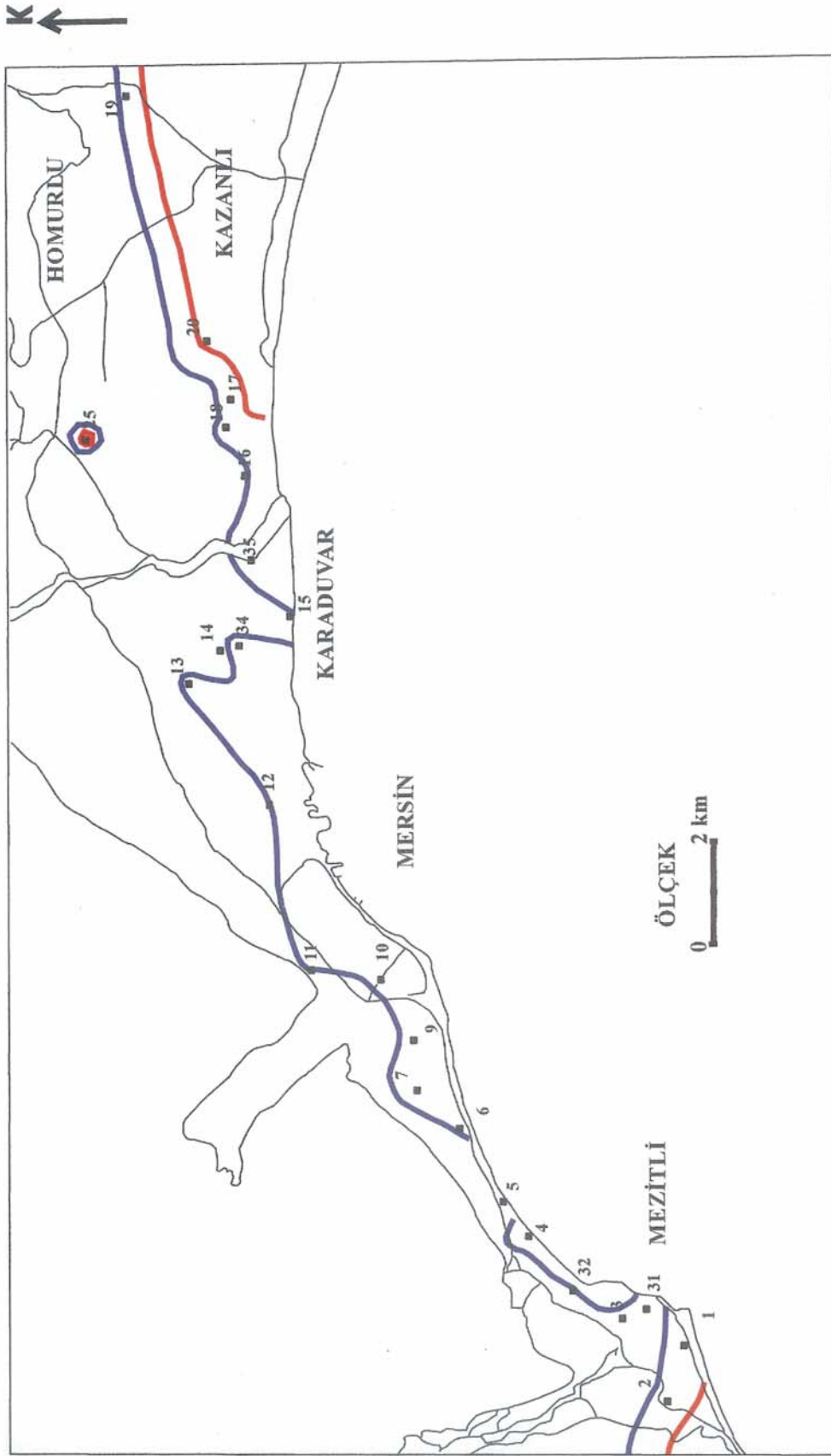
K  
↑



— F=0,3 mg/L

— F=0,5 mg/L

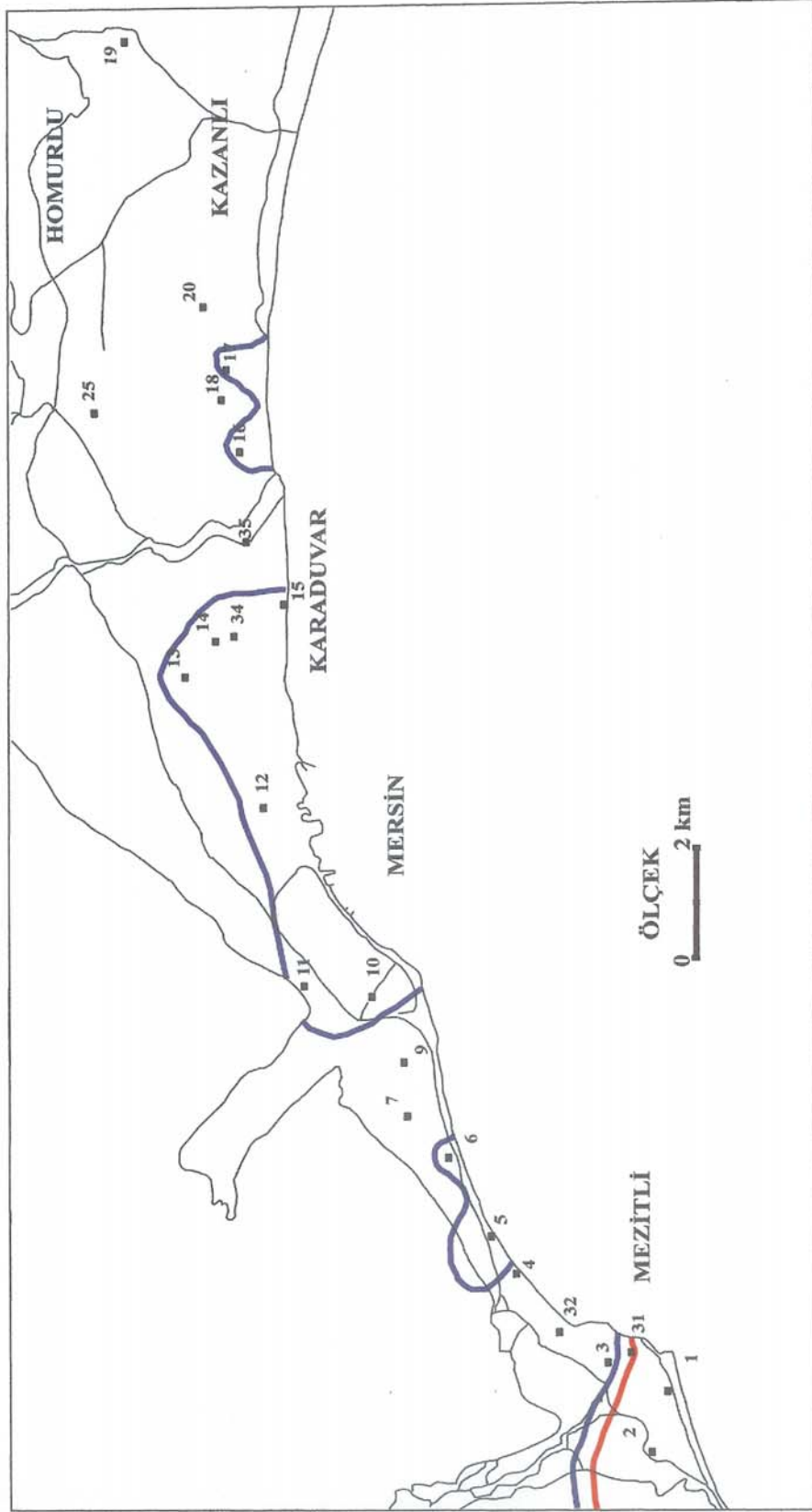
Şekil 4.13. 2004 Eylül ayı yeraltısuyu Flor (F) değişimi



Şekil 4.17. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu Flor (F) değışimi

**Brom (Br)** : Brom klorür iyonu ile birlikte bromür iyonu halinde daha çok tuzlu sularda (deniz sularında yaklaşık olarak %0,01 kadar) ve bazı endüstri atıklarının karıştığı sularda bulunur. Doğal sularda ancak izlenebilecek miktarda bulunabilir. Kıyı kesimlerde açılan kuyu sularında, deniz suyunun kuyu suyuna karışması ile çeşitli miktarlarda bromüre rastlanır. Normal koşullarda içme sularında bulunan bromür miktarı ender olarak 1 mg/L değerini aşar. Dünya sağlık örgütüne göre içme suyundaki bromür sınır değeri 0,01 mg/L'dir [19].

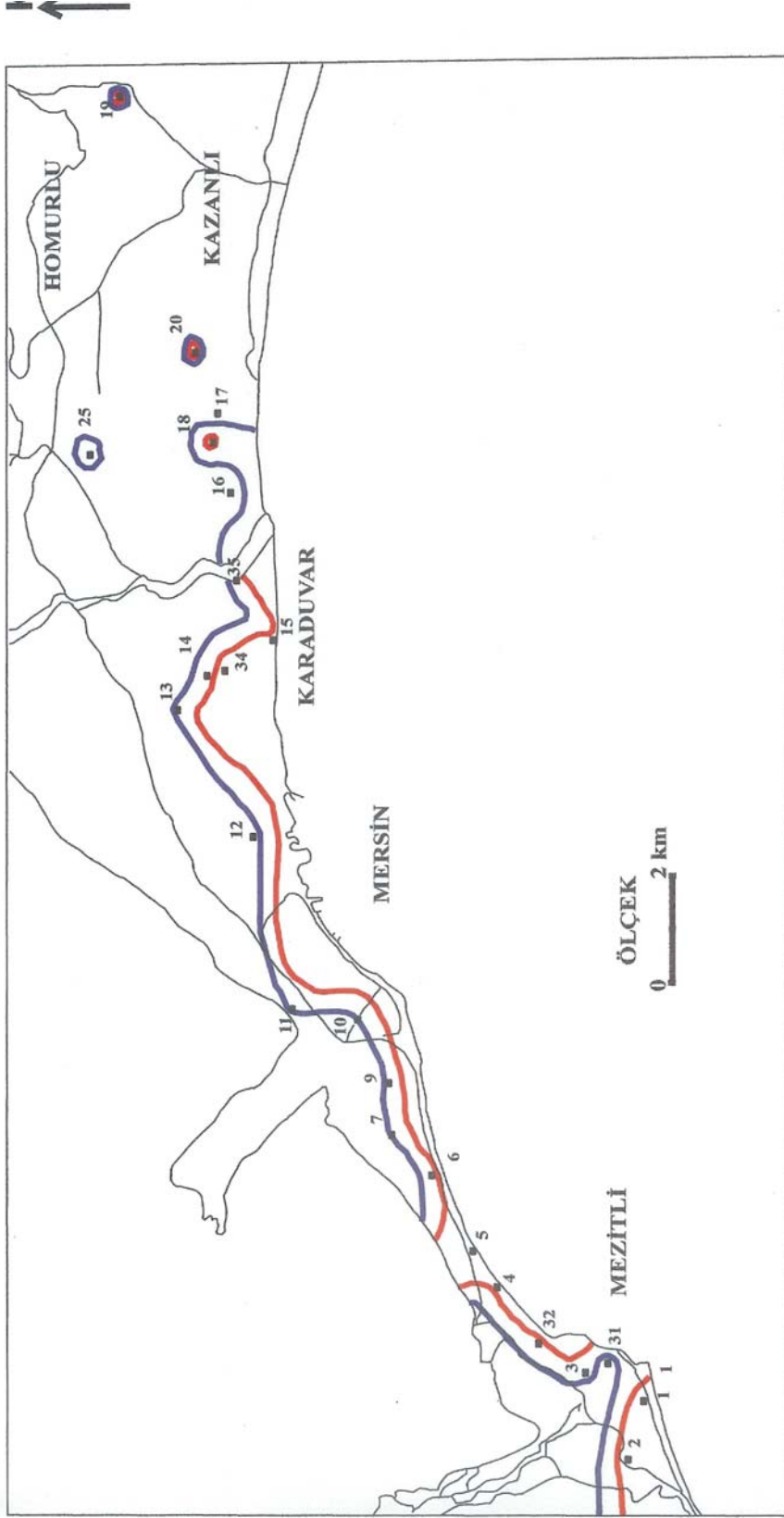
Çalışma bölgesinde yapılan Br ölçümlerinde hemen hemen bütün kuyularda bromüre rastlanmaktadır. Bir tek Haziran ayı ölçümlerinde 3,4,7,9,18,19,20 ve 25 nolu kuyularda 0 çıkmıştır (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17). Bromür analiz sonuçlarında bütün kuyularda sınır değeri aşmaktadır. Kıyı bölgelerdeki kuyularda aşırı ve bilinçsiz su çekiminden dolayı Bromür sonuçlarına da bakılarak deniz suyu girişiminin söz konusu olduğunu söylenebilir. Diğer kıyıya yakın olmayan kuyularda da çevredeki endüstri ve sanayi atıklarının yer altı suyuna karışmasından dolayıdır.



Şekil 4.15. 2004 Haziran ayı yeraltısuyu Brom (Br) değişimi

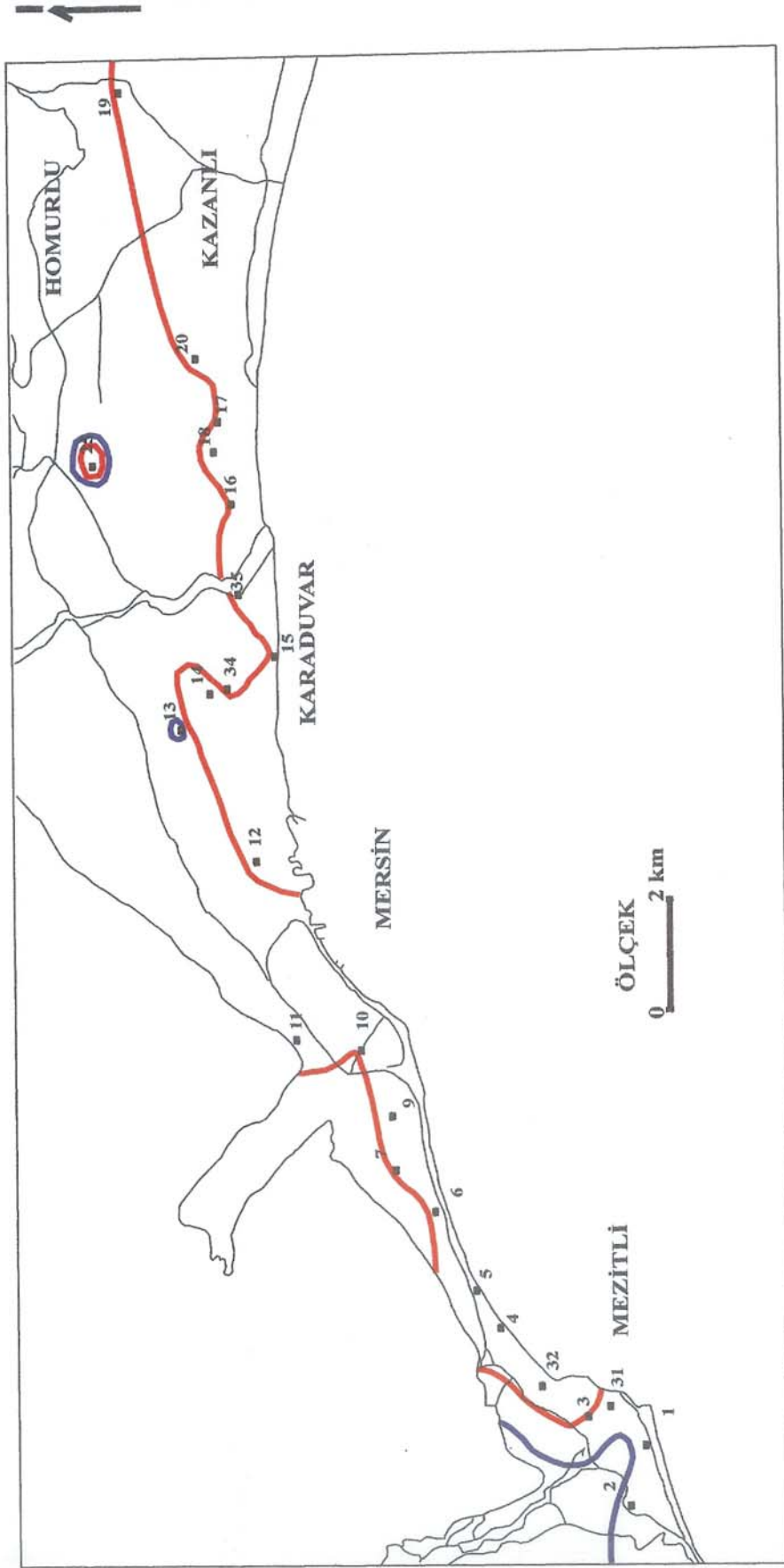
— Br=0,01 mg/L  
— Br= 0,1 mg/L





Şekil 4.16. 2004 Eylül ayı yeraltısuyu Brom (Br) değişimi

— Br=0,1 mg/l  
 — Br= 0,2 mg/l

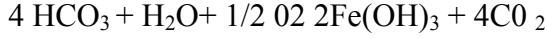


Br = 0,01 mg/L

Br = 0,1 mg/L

Şekil 4.17. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu Brom (Br) değişimi

**Demir (Fe) :** Doğada çok bulunmasına rağmen, doğal suların kapsamında az miktarda bulunur. Bunun nedeni demirin suda hızla çökerek ayrılmasıdır. Suda demir 2 değerlikte olabilir. Bunlar, iki değerlikli demir (ferro) ve üç değerlikli demir (ferri) halidir. Ferro demir kararlı bir iyon olmayıp ortamda oksijen varsa

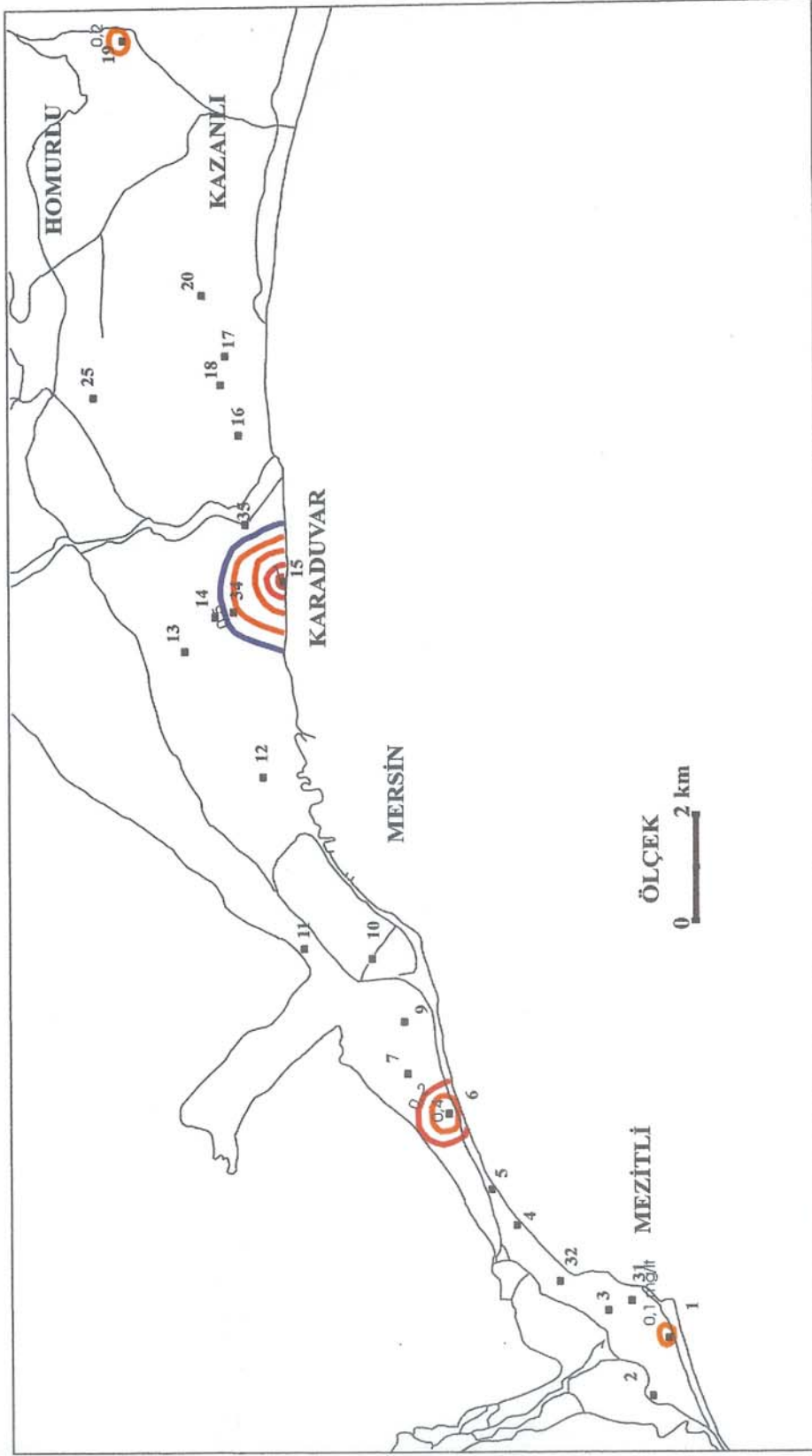


reaksiyonu gereğince demir -3- hidroksit halinde çökerek sudan ayrılır. İndirgeyici koşullar altında yukarıdaki reaksiyon tersine dönerek, suda bol miktarda ferro demir bulunabilir, pH değerinin 6-8 değerlikleri arasında üç değerlikli ferri demirin çözünürlüğü sınırlandırılmış olup, çözünürlük çarpımı  $4 \cdot 10^{10}$  dan  $5 \cdot 10^6$  dolayında olur. Daha düşük pH değerlerinde ferri demirin çözünürlüğü artar, çoğunlukla alkali karakterdeki sularda ferri demir, kolloidal halde görülür. Havanın etkisi veya klor ilavesiyle demir, ferri (+3) haline yükseltgenir ve hidrolize olarak çözünmeyen demir 3 oksit haline döner. Özel koşullar altında havadan sakınmaksızın toplanan laboratuvar numunelerinin çoğunda demir bu şekilde bulunur. Alkali yüzey sularında demir ender olarak 1 mg/L değerinden daha fazla konsantrasyonlarda bulunur. Diğer taraftan bazı yeraltı suları ve asidik yüzey sularında fazla miktarda Fe bulunabilir. Litrede 0.3 mg dan itibaren demir içeren suların lezzeti hoş değildir. Böyle sular sanayi ve günlük gereksinim bakımından kullanılmaya da uygun değildir. Çünkü bazı küçük canlıların oluşumuna yardım ettikleri gibi bunların çoğalarak (alg oluşumu) çöken hidroksitle beraber boruları tıkkama tehlikesi vardır. Dokuma, boya, yıkama, tutkal, yapay ipek, fotoğraf malzemesi, cam, seramik maddeleri imal eden sanayiler litresinde 0,1 mg dan daha fazla demirli suları kullanamazlar. Bu gibi sular çöküp tıkkama olasılığından dolayı kalorifer tesislerinde de kullanılmaz.

En uygun litresinde 0, 05 mg dan fazla demiri olmayan suları kullanmaktır. Demir insan organizmasında özellikle alyuvarların yapısında bulunan, hemoglobinin fonksiyonel bir parçası olması yönünden önemlidir. Bunun dışında demir, kasların myoglobininde, sitokrom, peroksidaz ve katalaz sistemlerinde yer alan yaşamsal önemde bir mineraldir. Bütün insan vücudundaki total miktarının ancak 4-5 gram arasında olmasına karşın bunun 700 mg kadarı karaciğerdedir. Demirin biyokimyasal reaksiyonlar yönünden özellikle solunum sistemi yönünden büyük görevleri vardır.

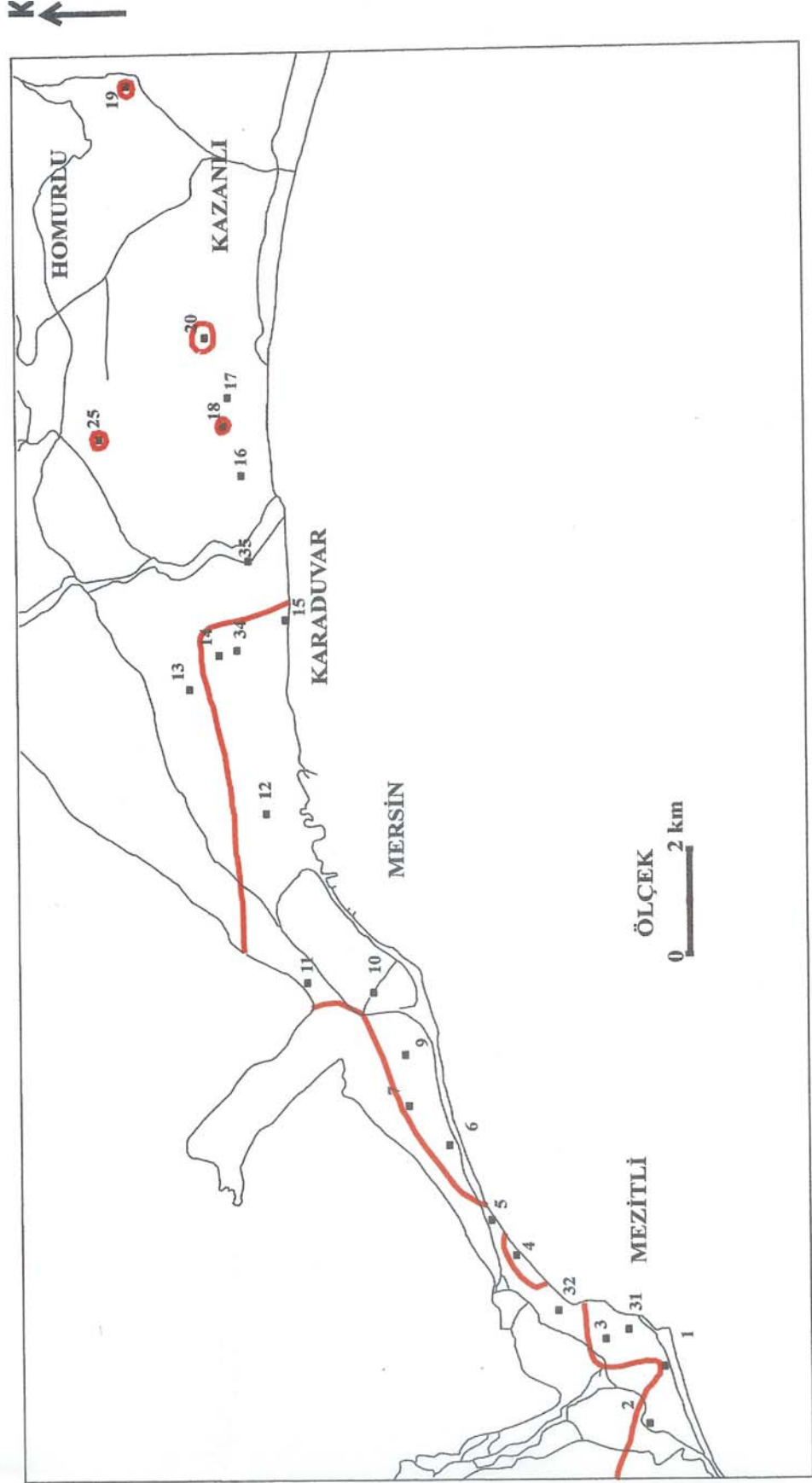
Hayvansal organizma büyük kısmıyla alyuvarlarda yer alan demir içeriğini tekrar tekrar kullanma yeteneğindedir. Bu nedenle günlük demir gereksinimi oldukça ufaktır. Bu çocuklar için 10-15 mg arasında değişir, büyüklerin demir gereksinimi de kadın, erkek, genç veya yaşlı oluşuna göre farklılık gösterir. Genç kadınlarda ve emziren annelerde 18 mg kadardır. Vücuttan dışkı, idrar ve terle atılan demir miktarı ise sadece 1 mg civarındadır. Fazlası karaciğer, kemik iliği ve dalak da toplanır. Demirin büyük miktarının sindirilmesi sonucu haemochromatosis olarak bilinen (normal düzenleyici mekanizmasının etkisiz işlemi) demir birikiminden dolayı dokuya zararlı durum ortaya çıkar. Demir ve manganez, suda birlikte veya ayrı olarak bulunurlar. Çamaşırı ve sıhhi tesisatı lekelemeleri ve suyun görüntüsünü bozmaları nedeniyle rahatsız edicidirler. Manganez demirden daha çok rahatsız edicidir. Tekstil, boyacılık, meşrubat ve kağıtçılık fabrikalarını besleyen suların demir ya da manganez içeriği 0.05 ppm den düşük olmalıdır. Su tabakası, şist tabakaları, kum taşı ya da diğer bazı kayalar içinde bulunduğu zaman yeraltı sularında yüksek demir ve manganez konsantrasyonlarına rastlanır. Demir ve manganezin alınmasının amacı, pompalarla dağıtım şebekesine gönderilen suyun kalitesini demir ve manganez içeriği bakımından uygun hale getirmektir [19],[20].

EPA'nın içme sularında izin verdiği sınır değer 0,3 mg/L'dir. Çalışma bölgesinde yapılan ölçümlerde Çizelgelerde ve Şekillerde de görüleceği gibi bir çok kuyuda sınır değeri aşmıştır ( Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20). Özellikle Haziran ayında yapılan Fe ölçümlerinde 15,16 ve 18 nolu kuyularda aşırı derecede yüksek değerler çıkmıştır. 15 ve 18 nolu kuyular benzin istasyonu ve petrol dolum tesisi 16 nolu kuyu ise kromsan civarında sera yapılmakta olan bir noktadadır. Bu kuyulardaki Fe kaynağı formasyon, Fe içeren suni gübreler ve atıklardan kaynaklandığı söylenebilir. Fe kirlenmesinin insan sağlığı üzerine etkileri karaciğer yetmezliği, mide krampları, baş dönmesi, kusma, şok ve komaya girme olarak sıralanabilir.



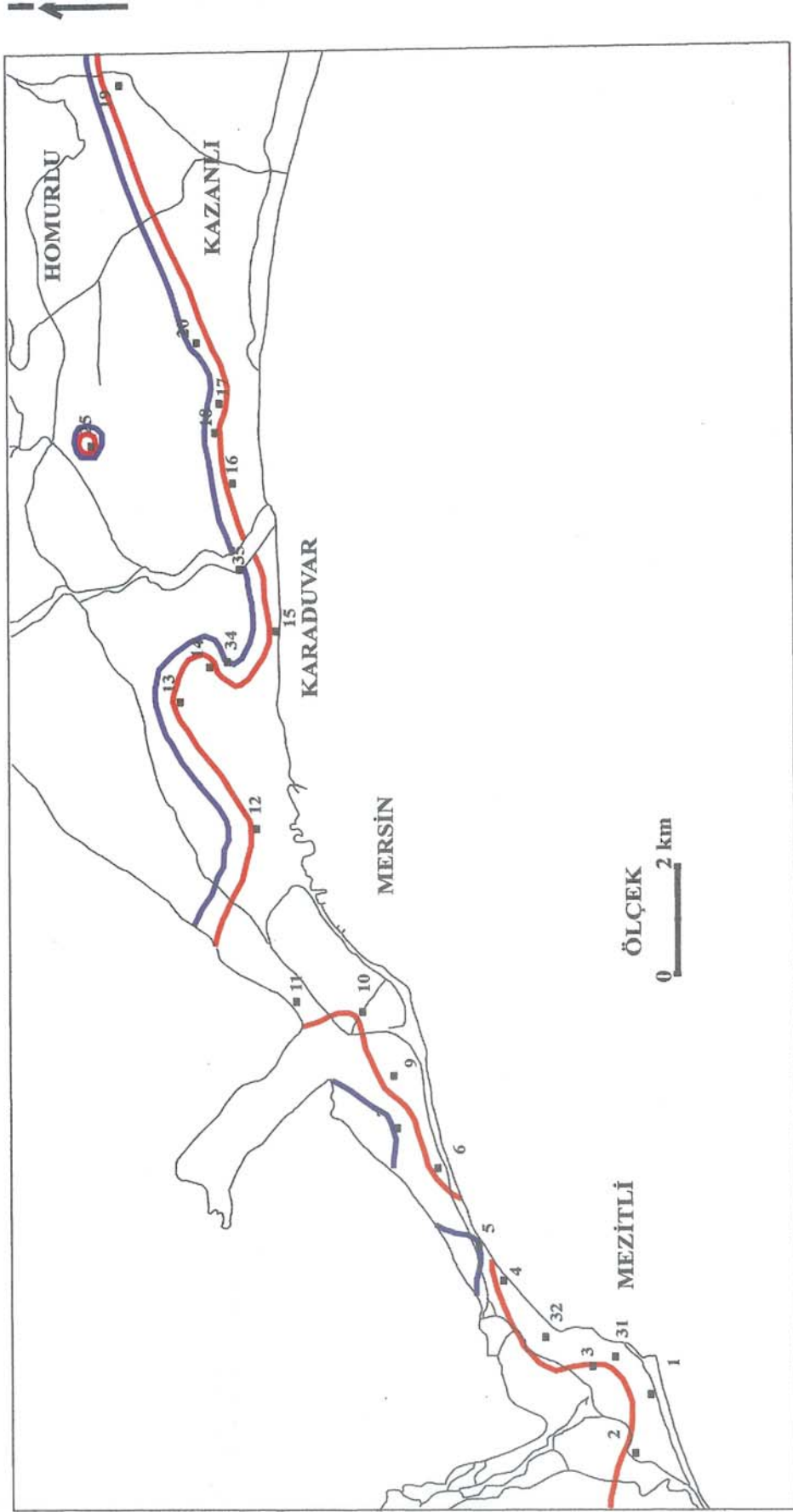
- Fe = 0,5 mg/L
- Fe = 1 mg/L

Şekil 4.18. 2004 Haziran ayı yeraltı suyu Demir (Fe) değişimi



Şekil 4.19. 2004 Eylül ayı yeraltısuyu Demir (Fe) değişimi

— Fe = 0,2 mg/L



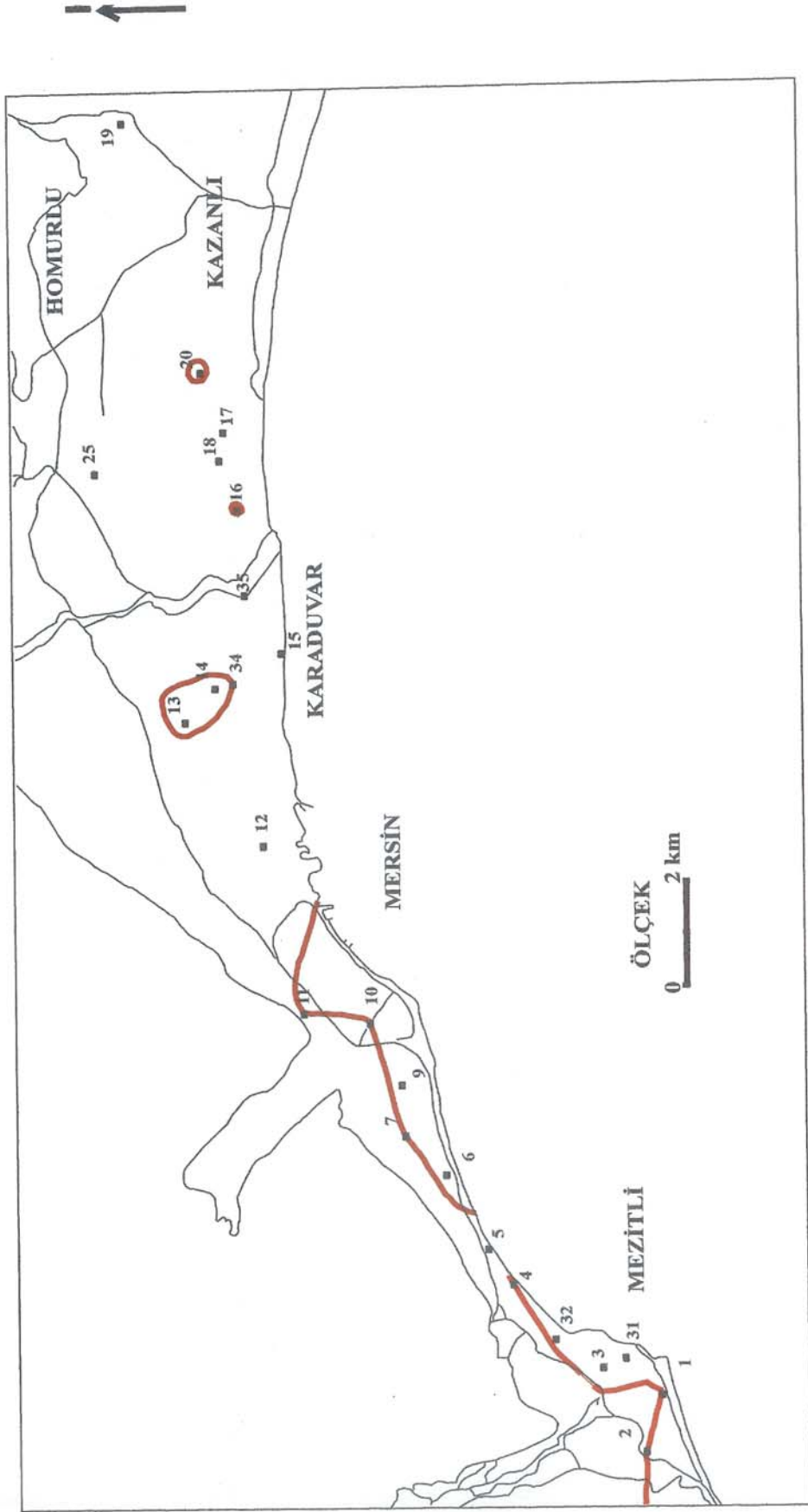
Şekil 4.20. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu Demir (Fe) değışimi

— Fe = 0,2 mg/L  
— Fe = 0,5 mg/L

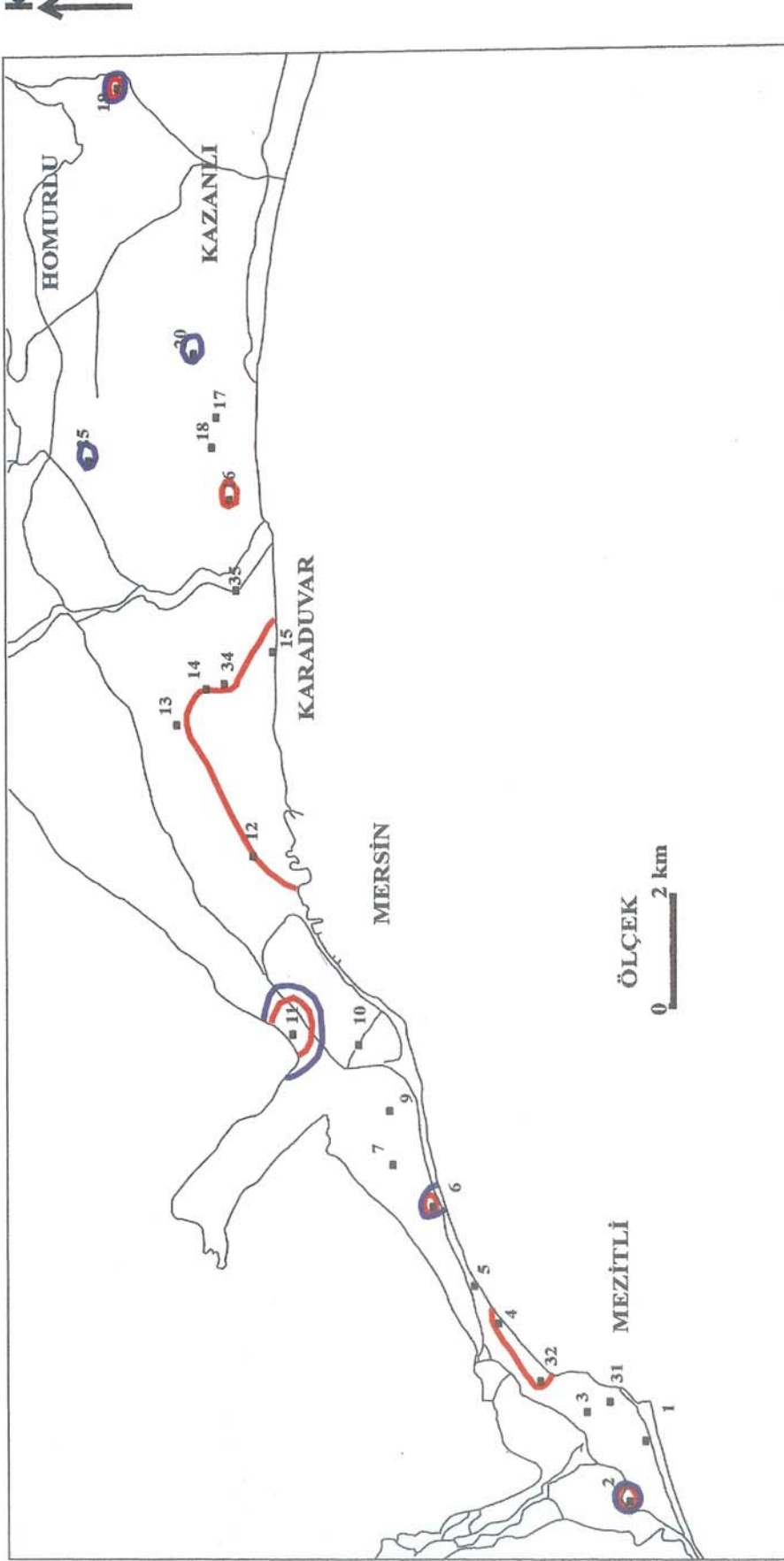
**Mangan (Mn) :** Toprakta minerallerden geçmiş mangana rastlanır. Toprak veya tortul kütlelerdeki mangan atmosferik olayların etkisiyle çözünerek suya geçer. Demiri fazla olan sularda, çok defa mangana rastlanır. Fakat miktarı çok az olup; litrede 0,3 mg geçmez. Yeraltı sularında bulunan mangan ortamda oksijenin bulunmayışı nedeniyle iki değerlidir. Yüzeysel sularda, özellikle göl ve baraj gibi rezervuarların dip çökeltisi çamurları içerisinde bulunur ve indirgeyici ortamda çamurdan suya geçer. Manganın suda bulunmasının zararı endüstri sularında hemen hemen demirin etkisinin aynısıdır. Bu da suda bazı bakterilerin çoğalmasına yardım ettiği gibi, boruların tıkanmasına demirden fazla neden olur. 0. 5 mg/L mangan dan fazlası sulara kötü bir lezzet verir. Çay ve kahve hazırlamaya, çamaşır yıkamaya uygun değildir. Endüstride manganlı suların arıtımı gerekmektedir. İçme sularındaki sınır değer Dünya sağlık örgütüne göre 0,4 mg/L EPA'ya göre ise 0,02 mg/L'dir. İnsan ve hayvanlarda mangan esas elementtir. Ancak alınan manganın % 3 ü absorbe edilir. Kalp damar hastalıklarında ölüme mani olmak için içme sularında mangan bulunması önerilmektedir. Mangan en az zehirli elementtir. Birkaç olay dışında sudaki mangandan dolayı bir zehirlilik görülmemiştir. 1941 yılında Japonya'da beyinle ilgili hastalık nedeni 14 mg/L manganla kirlenmiş kuyu suyuna bağlanmıştır [21], [22].

Çalışma bölgesinde yapılan Mn ölçümlerine genel olarak baktığımızda eylül ayında yapılan ölçümler hariç Haziran ve nisan aylarında yapılan ölçümlerde 5,12 ve 19 nolu kuyularda 0 çıkmış diğer kuyularda ise içme suyundaki sınır değerleri aşmıştır ( Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.21, Şekil 4.22). Mangan'a yer altı suyunda rastlanma sebebi Formasyon, Mn içeren suni gübrelerden ve endüstri, sanayi atıklarından kaynaklanmaktadır. Çalışma bölgesi, tarım açısından ve sanayi açısından faal bir bölge olduğu açıkça görüldüğünden bu Mn değerlerine rastlanması muhtemeldir.





Şekil 4.21. 2004 Haziran ayı yeraltısuyu Mangan (Mn) değışimi



Şekil 4.22. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu Mangan (Mn) değişimi

— Mn = 0,1 mg/L

— Mn = 0.2 mg/L

**Nikel (Ni) :** Nikel her yerde bulunur, başlıca alaşımları arsenid ve suliit dir. Madenlerin işlemleri sonucu çevreye yayılabilir. Nikel bazı alaşımlarda katalisit olarak metal kaplamalarda kullanılmaktadır. Gıda, konserve ve fabrikalarındaki tesisatta nikel kullanılması gıdalarda kontaminasyon yapabilir. Nikel tuzlarının pek çoğu suda eriyebilir, bu nedenle bulaşma kolay olur, özellikle nikel içeren bileşiklerin nehirlere atılması bu bulaşmada rol oynar. Yüzey sularında 1 mg/L gibi yüksek oranlar bildirilmiştir. Günde 2 L su içildiği dikkate alınır normal olarak içme suyu ile alınabilecek miktarı 10-20 mikrogramı geçmez. Hayvan beslenmesinde nikel esansiyel bir madde olduğuna göre muhtemelen insanlar içinde gerekli olan bir maddedir. Mide bağırsaklardan emilmesi çok zordur. İnsan ve hayvanlarda metabolizması tam olarak bilinmemektedir. Daha çok gaita ve birazda idrarla dışarı atılır. Gıda ve sularda bulunan nikelin ciddi bir sağlık problemi yaratacağı düşünülemez. Ancak gıdalarıyla 1600 mg/kg olarak deney hayvanlarına verildiğinde örneğin yavru adedinde azalma gibi bazı toksik etkisi bildirilmiştir. Sağlık bakanlığından alınan bilgilerde nikelin insan sağlığı üzerindeki etkileri astım, burun ve gırtlak kanseri, alerjik deri hastalıkları olarak sıralanmıştır. Rat ve farelere hayatları boyunca litrede 5 mg nikel olan su içirilmiş yine de sağlığa zararlı bir etkisi görülmemiştir. İçme suyundaki nikel sınır değeri Dünya sağlık örgütüne göre 0,02 mg/L EPA'ya göre 0,1 mg/L'dir. Yer altı suyundaki nikel kaynakları formasyon ve endüstriyel atıklar olarak bilinmektedir.

Çalışma bölgesinde yapılan nikel ölçümlerinde özellikle nisan ayında 1,3,5,11,12,18 ve 34 nolu kuyular hariç diğer bütün kuyularda WHO'nun içme suyu standartlarına göre sınır değeri aştığı gözlenmektedir( Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3). Çalışma bölgesinde nikel kaynaklarının endüstriyel ve sanayi atıklarından meydana geldiği düşünülmektedir.

**Çinko (Zn):** Bol miktarda bulunan çinko yeryüzü kabuğunun % 0, 004 ünü oluşturur. En çok bulunan minerali sfalerit (ZnS) dir. Bu bileşik Pb, Cu, Cd ve demir sülfürle beraberdir. Topraktaki çinko miktarı 1-300 mikrogram/gr arasında hesaplanmıştır. Atmosferdeki çinko miktarı kaynak noktasına bağlı olarak değişir. Çinkosülfür, oksit ve karbonatları yüksek klorürlü suda çözünür, çinko sülfat tuzları çinko hidroksit ve çinko karbonat şeklinde hidrolize olmaya meyillidir. Doğal

sularda çinko az bulunur. Adsorbsiyonla çözülmüş çinkonun miktarı düşer. Musluk suyunda çinko miktarı, galvanizli pirinç borular ve diğer çinkolu yapılardan gelen çinko nedeniyle yüzey sularından daha fazladır. Musluk suyunda çinko miktarı 0, 01-1mg/L arasında genel olarak değişiklik gösterir. İnsanlarda çinko zehirlenmesinin belirtisi, kusma, su eksikliği, elektrolit dengesizliği, karın ağrısı, bulantı, uyuşukluk, baş dönmesi, adale kondisyonunda eksiklik şeklinde görülür. Çinko klorürün neden olduğu böbrek yetersizliği görülmüştür. Sağlık bakanlığı bilgilerine göre içme suyundaki sınır değer üstündeki Zn damar rahatsızlığı, iştahsızlık ve zehirlenme gibi sağlık problemleriyle ortaya çıkarmaktadır. 150 mg günlük çinko dozu bakır ve demir metabolizmasında karışıklık yapar, çünkü bu iki metale metabolizmada ters etki gösterir. Çinko kadmiyum metabolizmasında ters etki gösterir. Çevreden alınan kadmiyumun zehirli etkilerine karşı yüksek çinko dozu belki bazı önlemler getirebilir. Çinko suya arzu edilmeyen ilaç tadı verir. Litrede 5 mg dan fazla çinko opelesans görünüşe neden olur. Ve kaynama esnasında yağlı bir film tabakası meydana getirir. Bu değer tavsiye edilen limit değer olup problem çıkmaması için çinko miktarı bu değer altında tutulmalıdır [20], [23].

EPA'ya göre içme suyundaki Zn sınır değeri 5 mg/L olarak verilmiştir. Çalışma bölgesinde yapılan ölçümlerde genel olarak bu sınır değer hiçbir kuyuda aşılmamıştır fakat Haziran ve Nisan ayında yapılan ölçümlerin hepsinde Zn elementine azda olsa rastlanmıştır( Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3). Çinko kaynakları formasyon ve Çinko ile çalışan sanayi atıklarından kaynaklanmaktadır.

**Bakır (Cu) :** Bakır ve bileşikleri çevrede dolayısıyla yüzeysel sularda bulunabilirler. Sudaki bakır, suyun pH sı ve karbonat konsantrasyonu ve diğer anyonlarla ilgilidir. Musluk suyunda bulunan bakır miktarı ham su kaynağında ve arıtılmış suda bulunan bakır miktarından fazla olabilir. Çünkü bakır tuzları dağıtım sistemlerindeki çamur kontrolü ve manganezin yükseltgenmesini katalizlemesi yönünden, depolardaki bakteri büyümelerinin kontrolünde kullanılır. Pirinç, bronz borular ve bağlantılarının korozyonu sonucunda, suda ölçülebilecek miktarlarda bakır bulunabilir.

Jeolojik konuma, sanayiye ve gübre kullanımına, yiyeceğe göre topraktan değişik miktarlarda bakır alınır, inorganik esaslı gübrelerde Cu miktarı 0,01-0,05 mg/gr dır. Suda bulunan bakır zararlı değildir. Ancak alüminyum, çinko gibi boruların korozyonunu artırır. Suda litrede 1 mg'dan daha fazla bakır çamaşırlarda leke yapar. Bu değer 5mg/L olması halinde bakır suya belirgin bir şekilde acı bir tat verir. Fazla miktarda alınması halinde mukoza iltihaplanması, damar hastalıkları, karaciğer ve böbrek hastalıkları ve depresyonla seyreden merkezi sinir sistemi irritasyonları görülebilir. Ayrıca eklem hastalığı ve cücelik gibi sonuçlar da ortaya çıkmıştır. Dünya sağlık örgütünün içme suyundaki Cu sınır değeri 2 mg/L'dir. EPA'ya göre ise 1-1,3mg/L arasında olması gerekmektedir. Bakır kaynakları endüstriyel sanayi atıkları, borular, bakır içeren suni gübreler yani tarım ve formasyondan kaynaklanabilmektedir [23], [24].

Çalışma bölgesinde yapılan ölçümlerde bakır, yer altı suyunda sınır değeri aşmamıştır. Fakat bütün kuyularda azda olsa rastlanmıştır( Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3). Bunun sebebi de diğer metallerde olduğu gibi tarımsal, endüstriyel ve sanayi kaynaklıdır.

**Krom(Cr) :** Krom suda 3 ve 6 değerlikli hallerde bulunur. Ancak 3 değerlikli kroma çok nadir rastlanır. Krom 6 tuzları kanserojenik özelliktedir. Bu nedenle içme sularının krom kirliliğinden korunması gerekir. pH değeri düşük doğal sularda eser miktarda bulunabilir. Sularda kromat bileşiklerinin bulunuşu ancak suyun kirlenmesi sonucunda olabilir. Krom tuzları endüstriyel proseslerde çok miktarda kullanılır. Krom (25) tuzları özellikle metalik kaplamalarda, boya fabrikalarında, boyalarda, patlayıcı maddeler, seramik kağıt gibi endüstrilerde kullanılır. Krom 3 tuzları da tekstil boyalarında mordan olarak, cam ve seramik endüstrisinde ve fotoğrafçılıkta kullanılır. Soğutma sularının korozyon kontrolünde da suya sık sık krom tuzları ilave edilir.

İnsanlara zararlı etki yapabilecek krom sulardaki hexavalan (+6) kromdur. Trivalan krom ise nispeten daha az toksik ve lokal veya yaygın sistemik bir etkisi olmayan ve gerekli olan krom şeklidir. Nefrit karaciğer çürümesi ve sindirim yolu

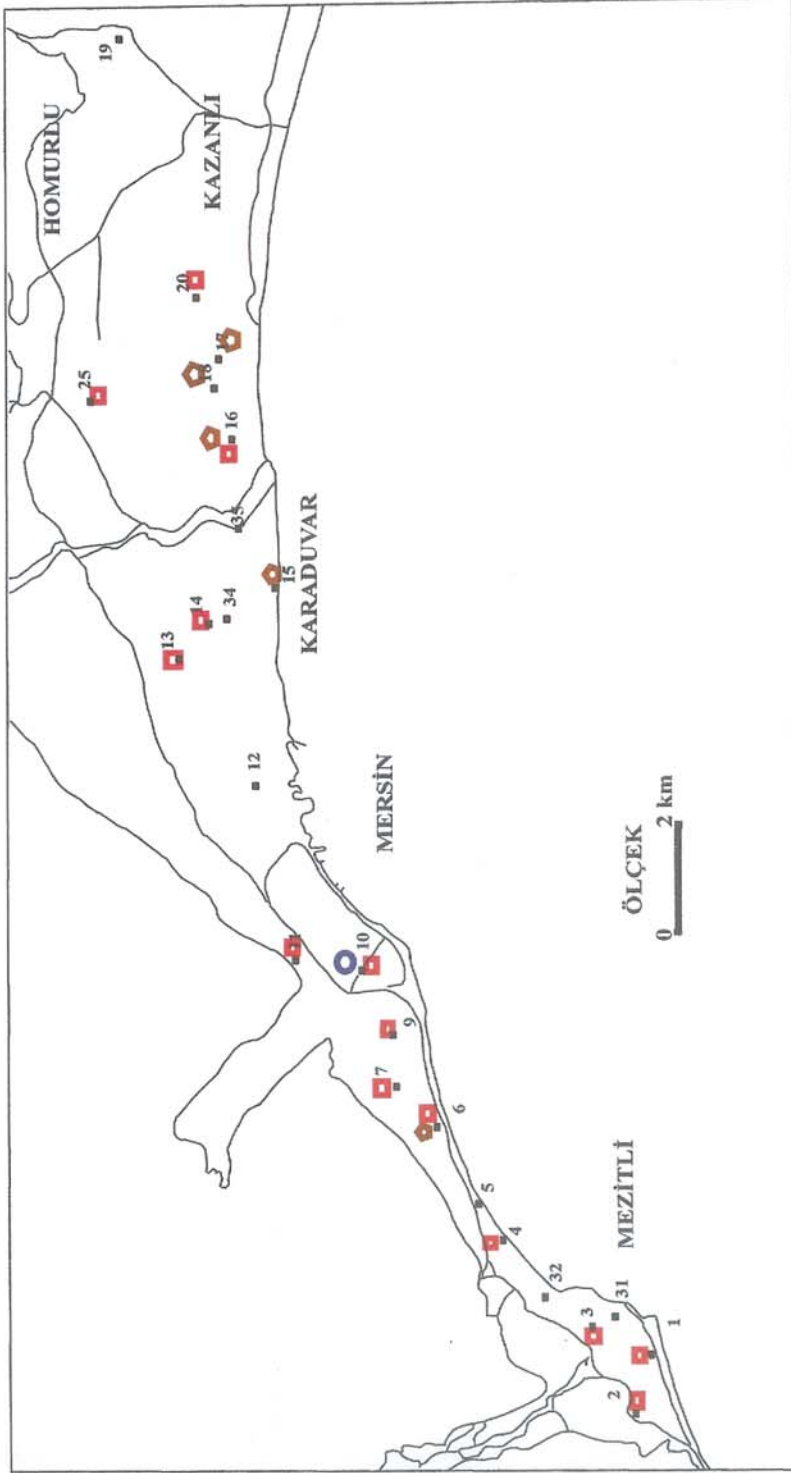
kanseri yol açtığı sağlık problemlerindedir. Dünya sağlık örgütüne göre içme suyu içindeki Cr sınır değeri 0,05 mg/L, EPA'ya göre ise 0,1 mg/L'dir. Krom kirlenmesi formasyon ve endüstriyel atıklardan meydana gelmektedir [19].

Çalışma bölgesinde hiç krom'a rastlanmamıştır ( Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge4.3). Bunun sebebi ise Kromsan fabrikasının depolama alanının denize çok yakın olması ve depolama alanındaki yer altı suyunun akış yönünde numune alamamamızdan kaynaklanmaktadır.




**Molibden (Mo) :** Suda çözünen molibdatlar gibi molibden bileşikleri ağız yoluyla alındığında hafif zehirleyici olabilirler. Molibdenin zehirleyici özelliği laboratuvar çalışmalarına göre, ağır metallere oranla daha düşüktür. Molibden zehirlenmesi ile ilgili herhangi bir vakaya rastlanmamıştır. Sağlık kuruluşları da molibden için bir sınır değeri vermemişlerdir.

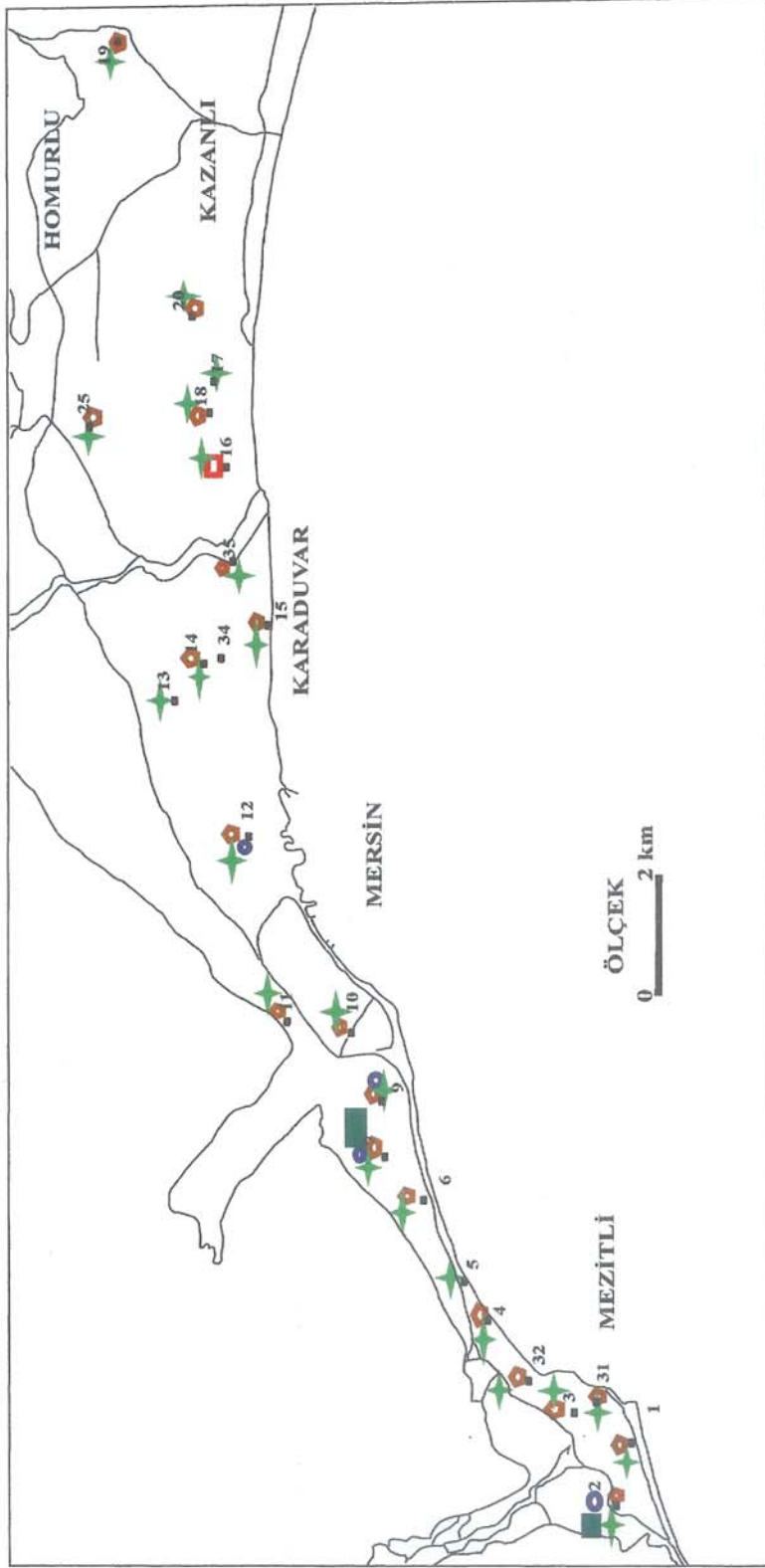
Çalışma bölgesinde yapılan ölçümlerde Molibden değeri 0,1 – 1,6 mg/L arasında değişim göstermektedir ( Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3). Haziran 2004 de 1,3,6,13,15,20 nolu kuyularda rastlanırken Eylül 2004 de bu oran artmış ve Nisan 2005 de yine azalmıştır. Eylül ayında su ihtiyacının çoğalması, tarımsal gübreleme ve sulamanın artmasıyla yer altına süzülen suların molibdenle zenginleşerek akifere karıştığını işaret etmektedir

Çalışma bölgesinde yapılan, ağır metal ve çözünmüş maddelerin analizleri sonucunda EPA' nın belirlemiş olduğu sınır değerleri aştığı noktalar, her 3 periyoda göre (Haziran 2004, Eylül 2004 ve Nisan 2005) Şekiller üzerinde gösterilmiştir (Şekil 12.1, Şekil 12.2, Şekil 12.3). Bu şekillerde de gözlenmektedir ki en fazla kirlenme Eylül 2004 ve Nisan 2005 aylarında meydana gelmiştir.



Şekil 4.2.3. 2004 Haziran ayı yeraltısuyu Mn, Fe ve Ni elementlerinin sınır değerlerini aştığı noktaların şematik gösterir

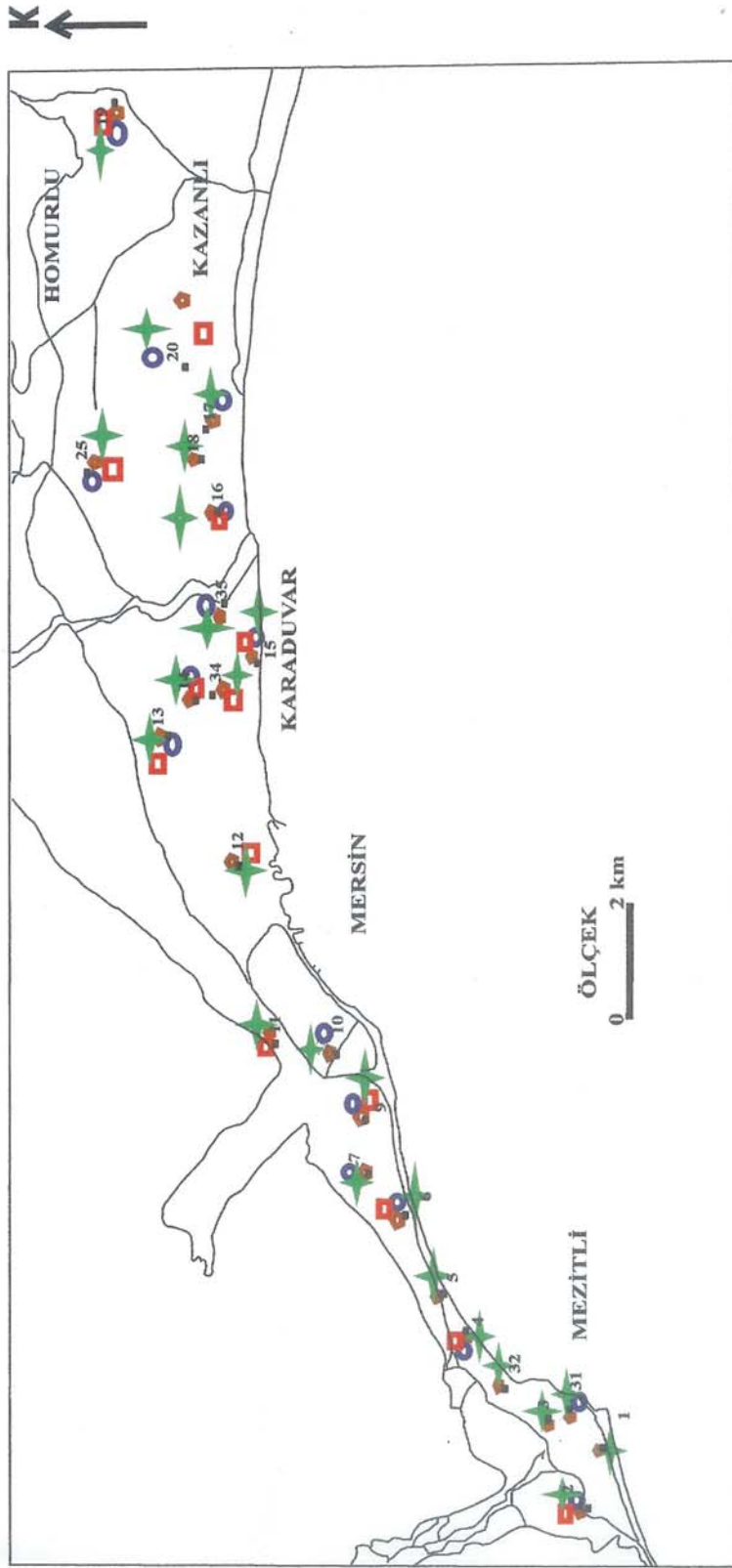
-  Fe>0,2 mg/L
-  Ni>0,02 mg/L
-  Mn>0,05 mg/L



Şekil 4.24. 2004 Eylül ayı yeraltı suyu Ni, Fe, F, Mn ve Br elementlerinin sınır değeri aştığı noktaların şematik gösteriminin

- Flor > 1,5 mg/L
- Fe > 0,2 mg/L
- Ni > 0,02 mg/L
- Mn > 0,05 mg/L
- Br > 0,01 mg/L





Şekil 4.25. 2005 Nisan ayı yeraltısuyu Fe, Ni, Mn ve Br elementlerinin sınır değeri aştığı noktaların şematik gösterim

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

- Çalışma bölgesinde yapılan sıcaklık ölçümlerinde Haziran ve eylül aylarında değerler 20-30 °C arasında çıkmıştır (Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3). Haziran ve eylül aylarının yaz dönemine gelmesi sıcaklığın yüksek olmasında en önemli etkidir. Sıcaklığı yüksek yüzey sularının yer altında hareket eden normal derecedeki akifer sularına karışmasıyla akifer sularını sıcaklığını önemli ölçüde yükseltecektir. Aynı şekilde zemin ısı da akifer suyunun sıcaklığını etkileyecektir. Yer altında hareket eden su geçtiği zemine göre ısı alışverişi yaparak sıcaklığını değiştirecektir. Aynı şekilde yaz döneminde aşırı su ihtiyacı ve kontrolsüz yer altı suyu çekimi de, bu kuyulardaki suları sıcaklığının yüksek olması deniz suyu girişimini de işaret etmektedir. Nisan ayında yapılan ölçümlerde ise değerler 15-20 °C arasında çıkmıştır. Bunun sebebi ise nisan ayının kış dönemi sonuna denk gelmesiyle yağmış olan karların yavaş yavaş eriyerek akifer sularına karışması ve yer altındaki suyun sıcaklığını düşürmesi sonucudur. Bu sıcaklık sonuçları normal içme suyu standartları için uygun değildir fakat tek olarak sıcaklık değerlerine göre karar vermekte mümkün değildir.
- Çalışma bölgesinde yapılan ölçümlerde pH değeri 6,5 ile 8,5 arasında değişmektedir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6.). Haziran ayında pH değeri 6, 10, 12 nolu kuyularda, eylül ayında 4, 6, 33 nolu kuyularda pH<7 olarak ölçülmüştür bu kuyularda H<sup>+</sup> iyonları daha yoğundur yani asidik özellik sunmaktadır. Diğer kuyularda ise pH>7 olarak ölçülmüş olup OH<sup>-</sup> iyonları daha yoğundur ve bazik özellik sunmaktadırlar. Bu parametre içme suyu hakkında doğrudan bilgi vermez. Ölçü değerleri de EPA'nın pH açısından vermiş olduğu standartlara uymaktadır.

- Çalışma bölgesinde yapılan elektriksel iletkenlik ölçümlerde kuyu sularında EC 700 ile 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında değişmektedir. Tek olarak Kasım ekenler sitesinde EC 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  civarındadır. Karaduvvar civarında Deniz suyunda yapılan ölçümde EC = 50000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Deniz suyu girişimi elektriksel iletkenliğe bağlı olarak alındığında ve sınır değeri de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak düşünüldüğünde çalışma bölgesindeki 1, 4, 6,16, 17, 31 nolu kuyuların aylara göre değişken olmak şartıyla deniz suyu girişimi olduğunu işaret etmekte ve tehlike arz etmektedir.
- $\text{NH}_3$ 'ün içme suyundaki sınır değeri dünya sağlık örgütüne göre 0,5 mg/L dir. Haziran ayında yapılan  $\text{NH}_3$  ölçümlerinde 14,15,18,19,20 ve 25 nolu kuyularda rastlanmış fakat sınır değeri aşmamıştır( Çizelge 4.3). Yine eylül ayında yapılan ölçümlerde hemen hemen bütün kuyularda ölçülmüştür fakat yine sınır değerinin altındadır (Çizelge 4.2). Nisan ayında yapılan  $\text{NH}_3$  ölçümlerinde kuyuların hepsinde rastlanmış fakat sınır değeri aşmamıştır değerler 0,1 ile 0,3 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 4.3, Şekil 4.7). Kirlenmenin giderek çoğaldığı açıkça gözlenmektedir. Bu kirlenme devam eder ve gerekli önlemler alınmasa sağlık açısından risk teşkil edeceği açıkça görülmektedir.
- Nitritin içme suyundaki sınır değeri Dünya Sağlık Örgütüne göre 0,2 mg/L'dir. Nisan ayında yapılan  $\text{NO}_2$  ölçümlerinde 1,2,6,10,11,17,32 ve 35 nolu kuyularda rastlanmış olup sınır değeri aşmamıştır (Çizelge 4.2). Kirlenme devam ettiği takdirde sağlık açısından tehlike arzedecektir.
- $\text{NO}_3$  'e bütün kuyularda rastlanmıştır. Buda bize açıkça söylemektedir ki uzun süreli bir kirlenme söz konusudur.  $\text{NO}_3$ 'ün dünya sağlık örgütüne göre içme suyundaki sınır değeri 50 mg/L dir. Buna göre çalışma bölgesindeki kuyularda nisan ayında yapılan ölçümlerde 4,7,10,11,15 ve 25 nolu kuyularda bu sınır değeri fazlasıyla aşmış olup sağlık açısından tehlike söz konusudur (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.8) Diğer kuyularda

aynı şekilde kirlenmeye devam eder ve önlem alınmasa ilerde bu sınır değeri aşacaklar ve bu kuyularda tehlike arz edeceklerdir.

- Çalışma bölgesinde yapılan fosfat analizlerinde eylül 2004 ve nisan 2005 ölçümlerinde hemen hemen bütün kuyularda yoğun bir şekilde gözlenmektedir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11). Eylül ayında tarımsal sulamadan dolayı gübre kaynaklı oluşu söylenebilir. Nisan ayında ise yağın yağmurların yer altına süzülürken beraberinde götürdüğü hem tarımsal hem de endüstriyel atıkların sebep olduğu bir fosfat kirlenmesi söz konusudur ve kirlenme devam ettiği takdirde içme suyu açısından bir sorun teşkil edecektir.
- Çalışma bölgesinde yapılan 3 periyot sonucundaki F ölçümlerde Haziran ayında 19 nolu kuyuda 1,08 mg/L deniz suyunda 12,5 mg/L çıkmıştır fakat eylül ayında 2 ve 7 nolu kuyularda sınır değeri aşmıştır (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14). WHO'ya göre F içme suyundaki sınır değeri 1,5 mg/L'dir. Bu değerin dışlar için faydalı olduğu ve dış çürümelerini azalttığı bilinmektedir.
- Çalışma bölgesinde yapılan Br ölçümlerinde hemen hemen bütün kuyularda bromüre rastlanmaktadır. Bir tek Haziran ayı ölçümlerinde 3,4,7,9,18,19,20 ve 25 nolu kuyularda 0 çıkmıştır (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17). Bromür analiz sonuçlarında bütün kuyularda sınır değeri aşmaktadır. Kıyı bölgelerdeki kuyularda aşırı ve bilinçsiz su çekiminden dolayı Bromür sonuçlarına da bakılarak deniz suyu girişimi söz konusu olduğunu söylenebilir. Diğer kıyıya yakın olmayan kuyularda da çevredeki endüstri ve sanayi atıklarının yer altı suyuna karışmasından dolayıdır.

- EPA'nın 0,3 mg/L olarak belirlediği sınır değeri Çalışma bölgesinde yapılan Fe ölçümlerinde Çizelgelerde ve Şekillerde de görebileceğimiz gibi bir çok kuyuda sınır değeri aşılmıştır. ( Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20). Özellikle Haziran ayında yapılan Fe ölçümlerinde 15,16 ve 18 nolu kuyularda aşırı derecede yüksek değerler çıkmıştır. 15 ve 18 nolu kuyular benzin istasyonu ve petrol dolum tesisi 16 nolu kuyu ise kromsan civarında sera yapılmakta olan bir noktadadır. Bu kuyulardaki Fe kaynağı; formasyon, Fe içeren suni gübreler ve atıklardan kaynaklandığı söylenebilir.
- Çalışma bölgesinde yapılan Mn ölçümlerine genel olarak baktığımızda eylül ayında yapılan ölçümler hariç Haziran ve nisan aylarında yapılan ölçümlerde 5,12 ve 19 nolu kuyularda 0 çıkmış diğer kuyularda ise içme suyundaki sınır değerleri raşmıştır ( Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Şekil 4.21, Şekil 4.22). Mangan'a yer altı suyunda rastlanma sebebi Formasyon, Mn içeren suni gübrelerden ve endüstri, sanayi atıklarından kaynaklanmaktadır. Çalışma bölgesi, tarım açısından ve sanayi açısından faal bir bölge olduğu açıkça görüldüğünden bu Mn değerlerine rastlanması muhtemeldir.
- Çalışma bölgesinde yapılan nikel ölçümlerinde özellikle nisan ayında 1,3,5,11,12,18 ve 34 nolu kuyular hariç diğer bütün kuyularda WHO'nun içme suyu standartlarına göre sınır değeri aştığı gözlenmektedir( Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3). Çalışma bölgesinde nikel kaynaklarının endüstriyel ve sanayi atıklarından meydana geldiği düşünülmektedir. Yapılan analiz sonuçları, sanayi kurumlarının atıklarının akifere karışarak yer altı suyunu kirlettiğine işaret etmektedir.
- EPA'ya göre içme suyundaki Zn sınır değeri 5 mg/L olarak verilmiştir. Çalışma bölgesinde yapılan ölçümlerde genel olarak bu sınır değeri hiçbir kuyuda aşılmamıştır fakat Haziran 2004 ve Nisan 2005 ayında yapılan

ölçümlerin hepsinde Zn elementine azda olsa rastlanmıştır ( Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3). Bu kirlenme devam ettiği sürece ve önlem alınmadığı takdirde tehlike yaratabilir.Çinko kaynakları formasyon ve Çinko ile çalışan sanayi atıklarından kaynaklanmaktadır.

- Çalışma bölgesinde yapılan ölçümlerde bakır, yer altı suyunda sınır değeri aşmamıştır. Fakat bütün kuyularda azda olsa rastlanmıştır( Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3). Bunun sebebi de diğer metallerde olduğu gibi tarımsal, endüstriyel ve sanayi kaynaklıdır.
- Çalışma bölgesinde Kromsan sanayi kuruluşu olması ve atıklarını arazide açık bir şekilde depolamasına rağmen yapılan ölçümlerde hiç Krom'a rastlanmamıştır. Bunun sebebi ise depolama alanının denize çok yakın olması ve depolama alanındaki yer altı suyunun akış yönünde numune alamamamızdan kaynaklanmaktadır. Dünya sağlık örgütüne göre içme suyu içindeki Cr sınır değeri 0,05 mg/L, EPA'ya göre ise 0,1 mg/L'dir. Krom kirlenmesi formasyon ve endüstriyel atıklardan meydana gelmektedir [32].
- Çalışma bölgesinde yapılan ölçümlerde Molibden değeri 0,1 – 1,6 mg/L arasında değişim göstermektedir ( Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3). Haziran 2004 de 1,3,6,13,15,20 nolu kuyularda rastlanırken Eylül 2004 de bu oran artmış ve Nisan 2005 de yine azalmıştır. Eylül ayında su ihtiyacının çoğalması, tarımsal gübreleme ve sulamanın artmasıyla yer altına süzülen suların molibden zenginleşerek akifere karıştığını işaret etmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Türkmen, G., “Mersin Berdan ve Efrenk Ovaları Hidrojeoloji Etüt Raporu”, D.S.İ. Genel Müdürlüğü.
- [2] Demirel, Z., “Mersin-Tarsus Arasında Bazı Sanayi Tesislerinde Kullanılan Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Sanayiden Kaynaklanan Etkiler”, Mersin Üniversitesi Ulusal Sanayi-Çevre Sempozyumu ve Sergisi, Bildiriler Kitabı, s 18, (2001)
- [3] Erguvanlı, K, Yüzer. E., “Yeraltısuları Jeolojisi (Hidrojeoloji)”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yayın No:23, İstanbul, Nisan 1987
- [4] Schmidt, G., “VII. Adana Petrol Bölgesinin Stratigrafik Nomenklaturü”, Petrol Der. Yay.6.47 – 63, Ankara. (1961)
- [5] İlker, S., “Adana Baseni Kuzeybatısının Jeoloji ve Petrol Olanakları”, T.P.A.O. Arama Arşiv No: 973, 63 s., (Yayımlanmamış), Ankara. (1975)
- [6] Görür, N., “Karaisalı Kireçtaşının (Miyosen) Diyajenezi Evrimi”, Türkiye 5. Petrol Kongresi Tebliğleri, s. 123 – 128. (1980)
- [7] Yetiş, C. ve Demirkol, C., “Adana Baseni Kuzey – Kuzeybatı Kesiminin Temel Stratigrafisine İlişkin Bazı Gözlemler”, T. J. K. 38. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri, s. 59 – 61, Ankara. (1984)
- [8] Ünlügenç, U. C., “Kızıldağ Yayla (Adana) Dolayının Jeolojik İncelemesi”, Ç. Ü. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, 77s., Adana. (1986)
- [9] Yetiş, C. ve Demirkol, C., “Adana Baseni Batı Kesiminin Detay Jeoloji Etüdü” MTA. Rap. No: 8037 (Yayımlanmamış). (1986)

- [10] Şenol, M., Kapur, S. ve Şahin, Ş., “Adana Havzası Kuvaterneri”, İ. T. Ü. Maden Fak. Türkiye Kuvaterneri Workshop Bildiri Özleri, s. 24 – 27, İstanbul. (1993)
- [11] Şafak, Ü. ve Nazik, A., “Eshab – ı Kehf (Tarsus – Mersin) Dolayı Neojen İstifinin Ortamsal Yorumu”, Ç. Ü. 15. Yıl Sempozyumu, s. 291 – 300, Adana. (1994)
- [12] Şenol, M., Şahin, Ş., Duman, T., Albayrak, Ş., Akça, İ. ve Taşkın,Ş., “Adana-Mersin Dolayının Jeolojik Etüd Raporu”. Maden Tetkik ve Arama Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü, 46s. (1998)
- [13] Demirel, Z., “Mersin Dolayının Hidrojeolojisi”, 53. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, TMMOB JMO, (2000)
- [14] Demirel, Z., “Mersin Akiferinde Yeraltısı Kirliliği ve ASM (Aquifer Simulation Model) Uygulaması”; İTÜ I. Türkiye Su Kongresi-Bildiri Kitabı, İSKİ Yayınları No:37, S. 557, İstanbul, (2001)
- [15] Demirel, Z., “Mersin-Tarsus Organize Sanayi Bölgesinin Hidrojeolojisi ve Yeraltısıyü Üzerinde Olumsuz Etkilerinin WELLz Simulatörü ile İncelenmesi”, Mersin Üniversitesi Ulusal Sanayi-Çevre Sempozyumu ve Sergisi, Bildiriler Kitabı, s 630, (2001)
- [16] Maden Teknik Arama Enstitüsü, Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü İnternet Sayfası, Jeolojik Haritalar Bölümü, Erişim: [http// www.Mta.Gov.tr](http://www.Mta.Gov.tr) [25 haziran 2006]
- [17] T.C. Manisa İl Çevre ve Orman Müdürlüğü İnternet Sayfası (17 ocak 2006)  
Çevre yönetimi,T-C-MANİSA İL ÇEVRE VE ORMAN MÜDÜRLÜĞÜ.RAR [24 ocak 2006]
- [18] Samsunlu, A., " Biyolojik Arıtma Sistemlerinde Azot Giderimi", TÜBİTAK Ulusal Çevre Sempozyumu", Çukurova Üniversitesi, Adana. (1984)



[19] WHO, Guidelines for Drinking-Water Quality Vol 2. (Health Criteria and Other Supporting Information) Geneva, 1984

[20] Dumlu, G., Kirli Su El Kitabı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1975

[21-] WHO, Guidelines for Drinking-Water Quality Vol. 1. (Recommendations), Geneva, 1984

[22] ICAIR, Life Systems, Inc, Drinking Water Criteria Document on Nitrate/Nitrite, Final Draft, EPA, Office of Drinking Water, Washington DC,1987.

[23] GUIDELINES FOR DRINKING- WATER QUALITY, Volume 2, Health Criteria and Other Supporting Information, Second ed. WHO, Geneva, 1996.

[24] İÇME SULARI, TS 266/Haziran 1984 ( Nisan 1986, Son değişiklik (1996) )

## ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Mersin'in Erdemli ilçesinde doğdum. İlk ve orta öğrenimini Erdemli ilçesinin Elvanlı köyünde, Lise öğrenimini Mersin'in Çesmeli kasabasındaki Çesmeli lisesinde tamamladım. 1998 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümüne girdim. 2002 yılında bu bölümden mezun oldum ve aynı sene Mersin üniversitesi Fen Bilimleri enstitüsü jeoloji mühendisliği ana bilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladım.

Özel bir şirkette jeoloji mühendisi olarak çalışmaktayım ve yüksek lisans öğrenimine devam etmekteyim.