

**KONYA YOLU – ÇAYYOLU ARASINDAKİ (ANKARA)
AKİFERLERDE YERALTI SUYU KALİTESİNİN İNCELENMESİ**

Göklen Ece YILDIZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAYIS 2009
ANKARA**

**KONYA YOLU – ÇAYYOLU ARASINDAKİ (ANKARA)
AKİFERLERDE YERALTI SUYU KALİTESİNİN İNCELENMESİ**

Göklen Ece YILDIZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAYIS 2009
ANKARA**

Göklen Ece YILDIZ tarafından hazırlanan KONYA YOLU – ÇAYYOLU ARASINDAKİ (ANKARA) AKİFERLERDE YERALTI SUYU KALİTESİNİN İNCELENMESİ adlı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Nail ÜNSAL

Tez Danışmanı, Müh. Mim.Fak. İnşaat Müh. Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Çevre Bilimleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Atilla MURATHAN
(G.Ü.Müh.Mim.Fak.Kimya Müh.A.B.D)
Üye : Prof. Dr. Nail ÜNSAL
(Danışman)
(G.Ü.Müh.Mim.Fak.İnşaat Müh.A.B.D)
Üye : Yrd. Doç. Dr. Beril SALMAN AKIN
(G.Ü. Fen Bil. Enst.Çevre Bilimleri A.B.D)

Tarih: ... /... /2009

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nail ÜNSAL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Göklen Ece YILDIZ

**KONYA YOLU – ÇAYYOLU ARASINDAKİ (ANKARA)
AKİFERLERDE YERALTI SUYU KALİTESİNİN İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Göklen Ece YILDIZ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mayıs 2009**

ÖZET

Bu çalışma, Çayyolu-Konya Yolu arasındaki (Ankara) akiferlerde, yeraltı sularının kalitesinin incelenmesini kapsar. Kuyulardan alınan yeraltı suyu örneklerinin pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik parametreleri yerinde ölçülmüş, laboratuarda ise katyon ve anyon analizleri yapılmıştır. Sonuçlar grafiksel yöntemlerle, standartlar ve yönetmeliklerle karşılaştırılmıştır.

İnceleme alanına ait su kimyası verileri Piler, Schoeller, Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları çizilerek değerlendirmeleri yapılmış, yeraltı sularındaki baskın hidrokimyasal fasiyesin sodyum ve bikarbonat olduğu tespit edilmiştir.

Standart parametrelerin dışında, su örneklerinde bor ve florür analizleri de yapılmış ve yine içme suyu ve sulama suyu standartlarıyla karşılaştırılmıştır.

Hidrojeolojik incelemeler kapsamında, bölgedeki hidrojeolojik oluşumlar tanımlanmıştır. Bölgenin jeolojisi ile, suların mineral

doygunlukları karşılaştırılarak; su örneklerinin hangi jeolojiye ait akiferden geldiği yorumlanmıştır.

Bu çalışmada yapılan analizler su örneklerinin içme suyu olarak kullanılmasını saptamak için yeterli olmamakla beraber, elde edilen veriler genel anlamda fikir vermesi amacıyla içme suyu kriterleri yönünden de değerlendirilmiştir.

Bilim Kodu : 903.1.126

Anahtar Kelimeler : Hidrojeokimya, Yeraltı Suyu, Çayyolu, Kirlilik

Sayfa Adedi : 62

Tez Yöneticisi :Prof. Dr. Nail ÜNSAL

**INVESTIGATION OF GROUNDWATER QUALITY IN AQUIFERS
BETWEEN KONYA HIGHWAY AND ÇAYYOLU ROAD (ANKARA)**

(M.Sc. Thesis)

Göklen Ece YILDIZ

**GAZI UNIVERSITY
SCIENCE INSTITUTE**

May 2009

ABSTRACT

This study covers the investigation of groundwater quality in aquifers between Konya Highway and Çayyolu Road (Ankara). The pH, temperature and the electrical conductivity parameters of the groundwater samples collected from wells were calculated on site, and their cation and anion analyses have been carried out in the laboratory. By using graphical methods, the results are interpreted in comparison to standards and regulation.

After the water chemistry data from the research area are evaluated by drawing Piper, Schoeller, Wilcox and US Salinity Laboratory diagrams, it is determined that the dominant hydrochemical facies in the underground waters are sodium and bicarbonate type.

Other than the standard parameters, boron and fluoride analysis are also conducted on water samples, and the results are compared again with drinking and irrigation waters.

Within the framework of hydrogeological studies, hydrogeological formation in the region have been determined. Comparative study between the geological characteristics of the region and the mineral

saturation of the waters were used to interpret which water conduits the water samples came from and to which geology these water conduits belong.

Although the results of this study are not sufficient enough to determine whether the water samples can be used as drinking water or not; the results are also evaluate against drinking water standards to give a general idea.

Science Code : 903.1.126

Key Words :Hydrogeochemistry,Groundwater,Çayyolu, Pollution

Number of pages : 62

Adviser : Prof. Dr. Nail ÜNSAL

TEŞEKKÜRLER

Tez konusunun belirlenmesinde ve tezin her aşamasında teknik ve manevi desteğini esirgemeyen hocam Sayın Prof. Dr. Nail ÜNSAL'a, laboratuvar çalışmalarında tecrübelerine başvurduğum hocam Sayın Prof. Dr. M. ATİLLA MURATHAN'a, Tezin son haline ulaşana kadar her ayrıntısında maddi, manevi desteklerini eksik etmeyen arazi ve laboratuvar çalışmalarında sürekli benimle beraber olan babam Cemil YILDIZ'a, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Laboratuvarlarının tüm çalışanlarına, ayrıca her zaman her konuda sonsuz bir sabırla destek olan sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1.GİRİŞ.....	1
2.İNCELEME ALANI.....	5
2.1. İnceleme Alanına Ulaşım.....	6
2.2. İnceleme Alanın Sosyo-Ekonomik Özellikleri.....	8
2.3. İnceleme Alanının Coğrafi Özellikleri.....	9
2.3.1. Akarsular ve göller.....	9
2.3.2. İklim.....	10
2.3.3. Bitki örtüsü.....	11
2.3.4. Toprak yapısı.....	11
3. JEOLojİ.....	12
3.1. Genel Jeoloji.....	12
3.2. Hidroloji.....	16
3.3. Tektonik ve Depremsellik.....	17
4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA.....	20

4.1. Numune Alma ve Analiz.....	20
4.2. Su Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları.....	21
4.3. Su Analiz Sonuçlarının Diyagramlarla Yorumlanması.....	26
4. 3.1. Yarı logaritmik schoeller diyagramı.....	26
4.3.2. Piper diyagramı.....	29
4.4. Yeraltı Sularının Sulama Suyuna Uygunluğunun İncelenmesi.....	33
4.4.1. EC, %Na, RSC ve SAR değerlerinin yorumlanması....	33
4.4.2. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı.....	36
4.4.3 Wilcox Diyagramı.....	39
4.5. Yeraltı Sularının İçme Suyu Olarak Kullanılmasının İncelenmesi.....	44
4.6. Yeraltı Sularının Kayaçlarla İlişkisi ve Suların Mineral Doygunlukları Açısından incelenmesi.....	47
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR.....	57
EKLER.....	59
(İÇME SUYU STANDARTLARI).....	60
ÖZGEÇMİŞ.....	62

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Yeraltı suları lokasyonları, kuyu derinlikleri ve suyun debisi.....	7
Çizelge 4.1. Analiz Yöntemleri.....	21
Çizelge 4.2. İnceleme alanından alınan su numunelerinin anlık ve kimyasal analiz sonuçları ve EN(%) değerleri.....	22
Çizelge 4.3 Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre iyonların sıralaması.....	28
Çizelge 4.4. Su numunelerinin EC, Sodyum Yüzdeleri, RSC ve SAR değerleri.....	35
Çizelge 4.5. Suların tuzluluk ve sodyum miktarlarına göre sınıflandırılması.....	37
Çizelge 4.6. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre su numunelerinin sınıflandırılması.....	39
Çizelge 4.7. Wilcox Diyagramına göre su numunelerinin Sınıflandırılması.....	41
Çizelge 4.8. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan kalite kriterleri.....	42
Çizelge 4.9. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan kalite kriterlerine göre, suların sınıflandırılması...	43
Çizelge 4.10. İnceleme alanına ait su numunelerinde ölçüm ve analizi yapılan bazı parametreler.....	45
Çizelge 4.11. TS-266'ya göre su örneklerinin değerlendirilmesi	46
Çizelge 4.12. TSE, WHO, EPA ve EC İçme suyu standartları	46
Çizelge 4.13. İnceleme alanına ait kuyulardan derlenen su örneklerine ait SI değerleri.....	48

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. DİE'nin nüfus öngörülerine göre, kişi başına düşen su rezervi.....	3
Şekil 4.1. Su numunelerine ait yarı logaritmik Schoeller Diyagramı.....	27
Şekil 4.2. Su numunelerine ait Piper Diyagramı.....	30
Şekil 4.3. Piper Diyagramındaki bölümler.....	31
Şekil 4.4. Su numunelerine ait ABD Tuzluluk laboratuvarı Diyagramı.....	38
Şekil 4.5. Su numunelerine ait Wilcox Diyagramı.....	40
Şekil 4.6. İnceleme alanına ait kuyulardan derlenen su örneklerine ait mineral doygunluk diyagramı.....	49

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 2.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (ölçeksiz).....	5
Harita 2.2. Çalışma alanına ait harita ve örnekleme noktaları.....	8
Harita 3.1. İnceleme alanına ait jeoloji haritası.....	15
Harita.3.2. Ankara kenti ve yakın çevresinin akarsu ve durgun su yüzeyleri (1:500 000 ölçekli Türkiye Fiziki Haritası).....	17
Harita 3.3. Ankara İli Deprem Haritası (Ölçeksiz).....	19
Harita 3.4. Ankara İlinde 1933-2004 yılları arasında meydana gelen depremler.....	19

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

mek/l

miliekivalen/litre

mg/l

miligram/litre

Kısaltmalar

Açıklama

ABD

Amerika Birleşik Devletleri

DSİ

Devlet Su İşleri

EC

European Community

EN

Elektronötralite

EPA

Environmental Protection Agency

MTA

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü

RSC

Artıksal Sodyum Karbonat

SAR

Sodyum Adsorpsiyon Oranı

SKKY

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

TA

Toplam anyon

TK

Toplam katyon

TSE

Türk Standartları Enstitüsü

WHO

World Health Organization

YAS

Yeraltı Suları

1. GİRİŞ

Hayatın varlığı ve devamı için vazgeçilmez bir kaynak olan su toplumun ekonomik gelişme modelini de etkileyen doğal ve sınırlı bir kaynaktır. Dünyamızın geleceğini tehdit eden en önemli çevre felaketlerinden birisi, hızla artan dünya nüfusu karşısında tatlı su kaynaklarının hızla kirlenmesi ve tüketilmesidir. Yüzey sularının yetersiz kaldığı durumlarda tatlı su elde edebilmek için, yeraltı sularının kullanımı da oldukça artmaktadır [1].

Ülkemizde yeraltı suları, devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Yeraltı suları konusunda, 1961 yılında “167 sayılı Yeraltı suları Hakkında Kanun” kabul edilmiştir. Yeraltı suları Hakkında Kanun gereğince yeraltı suları ile ilgili her türlü işlemi devlet adına Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü yapmaktadır. Bu kanun kapsamında Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı özel ve tüzel kişilerin yeraltı suyu kullanım isteklerini “Yeraltı suları Tüzüğü” ve “Yeraltı suları Yönetmeliği” çerçevesinde inceleyerek “Yeraltı suyu Arama ve Kullanma Belgeleri”ni hazırlar ve bunların kontrol ve denetimini yapar [2].

Kullanımı artan yeraltı suları aynı zamanda çeşitli nedenler sonucunda da kirlenmektedirler. Bu nedenler doğal nedenler ve yapay nedenler olmak üzere 2 başlık altında toplanabilir [3].

Doğal Nedenler

- 1- Jeolojik formasyonlardan kirlenme: Tuzlu, jipsli, anhidritli, borlu ve turbalı formasyonlar içerdikleri yüksek miktardaki iyonlardan yeraltı sularına girişim söz konusudur.
- 2- Deniz suyu girişimi: Aşırı pompaj veya yeraltı suyu işletmesi, çevre akiferlerden ve denizden akifer içerisine su girişimine neden olmaktadır.

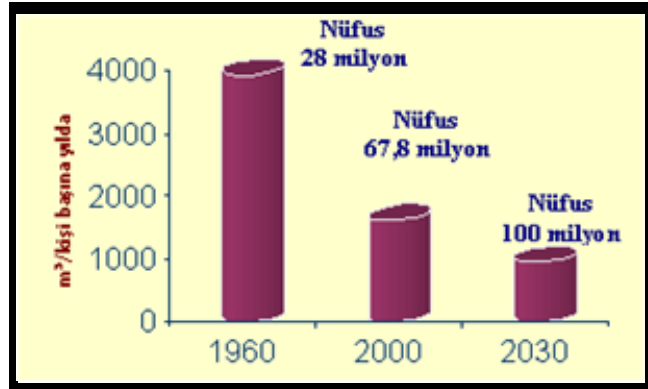
- 3- Kötü kaliteli akarsu, göl, bataklık etkileri: Endüstrinin gelişmesiyle birlikte çeşitli sanayi ve evsel atıkların kontrolsüzce akarsu ve göl gibi yüzey sularına boşaltımı ile kirlenen bu suların yeraltı suyunu beslemesi halinde kirlilik oluşmaktadır.
- 4- Jeotermal alan etkileri: Jeotermal suların yeraltı suları ile girişimleri sonucu, tarımsal kullanımı olumsuz etkileyen bor kirlenmesi ortaya çıkmaktadır [3].

Yapay Nedenler

- 1- Evsel atıklardan deterjan, kanalizasyon vb. atıkların kimyasalları
- 2- Tarımsal ilaç ile gübrelerden gelen pestisit, azot bileşikler vb. kimyasallar
- 3- Sanayi atıklarından gelen ağır metallerin kullanımı ve buzlu yollara atılan tuzlar, tarımsal gübreler, lağım ve fabrika atık suları, suları dezenfekte etmek, sertliğini düşürmek, çürütmeyi ve bazı çökelmeleri önlemek (veya çökeltilmeleri sağlamak) için kullanılan sodyumlu bileşiklerin yeraltı sularına karışması ile yapay olarak sodyum zenginleşmesi
- 4- Yeraltı suyu bulunduran havzalarda sondaj tekniğine uygun olmayan oldukça fazla kuyunun açılması ve işletilmesi ile koruma alanlarının belirlenmemiş olması [3].

Artan nüfusla birlikte, kişi başına düşen içme ve kullanma amaçlı su tüketimi de fazlalaşmaktadır. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) 2030 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda 2030 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1 120 m³/yıl civarında olacağı söylenebilir. Mevcut büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi faktörlerin etkisi ile su kaynakları üzerine olabilecek baskıları tahmin etmek mümkündür. Ayrıca bütün bu tahminler mevcut kaynakların 25 yıl sonrasına

hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir. Dolayısıyla Türkiye'nin gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanılması gerekmektedir [4].



Şekil.1.1. DİE'nin nüfus öngörülerine göre, kişi başına düşen su rezervi [4]

Yeraltı suyunun kullanım amacına uygun olup olmadığı, yapılacak olan fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik incelemeler sonucu belirlenir. Yeraltı suyunun niteliği belirlenirken, içerisinde bulunan maddelerin limit sınırlarına göre değerlendirme yapılmaktadır.

Yeraltı sularının fiziksel özellikleri; sıcaklık, renk, askıda katı madde, koku ve tatlıdır. Kimyasal özellikleri ise; pH, elektriksel iletkenlik (EC), sodyum (Na^+), potasyum (K^+), kalsiyum (Ca^{+2}), magnezyum (Mg^{+2}), karbonat (CO_3^{-2}), bikarbonat (HCO_3^-), sülfat (SO_4^{-2}) ve klorür (Cl^-) iyonlarından oluşmaktadır.

Yaptığımız bu çalışma kapsamında; yeraltı suyunun kalitesinin belirlenmesi ve korunmasına ışık tutabilmesi açısından, Ankara İli, Yenimahalle İlçesi, Çayyolu bölgesine ait yeraltı suyu kalitesi ve kirlilik parametrelerinin düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bölgeden alınan 36 adet kuyu suyu numunesi için, ağırlıklı olarak kimyasal analizler yapılmıştır. Ayrıca su örnekleri mineral doygunlukları açısından incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Tez çalışması, arazi öncesi çalışmaları, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve arazi sonrası çalışmaları şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Arazi öncesi çalışmalar, ağırlıklı olarak literatür taraması şeklinde olmuştur. Bu kapsamda bölgede yapılan çalışmalar ve konuyla ilgili yayınlar derlenerek, bölgenin jeolojisi, hidrojeolojik durumu ve mevcut kuyular hakkında bilgiler toplanmıştır.

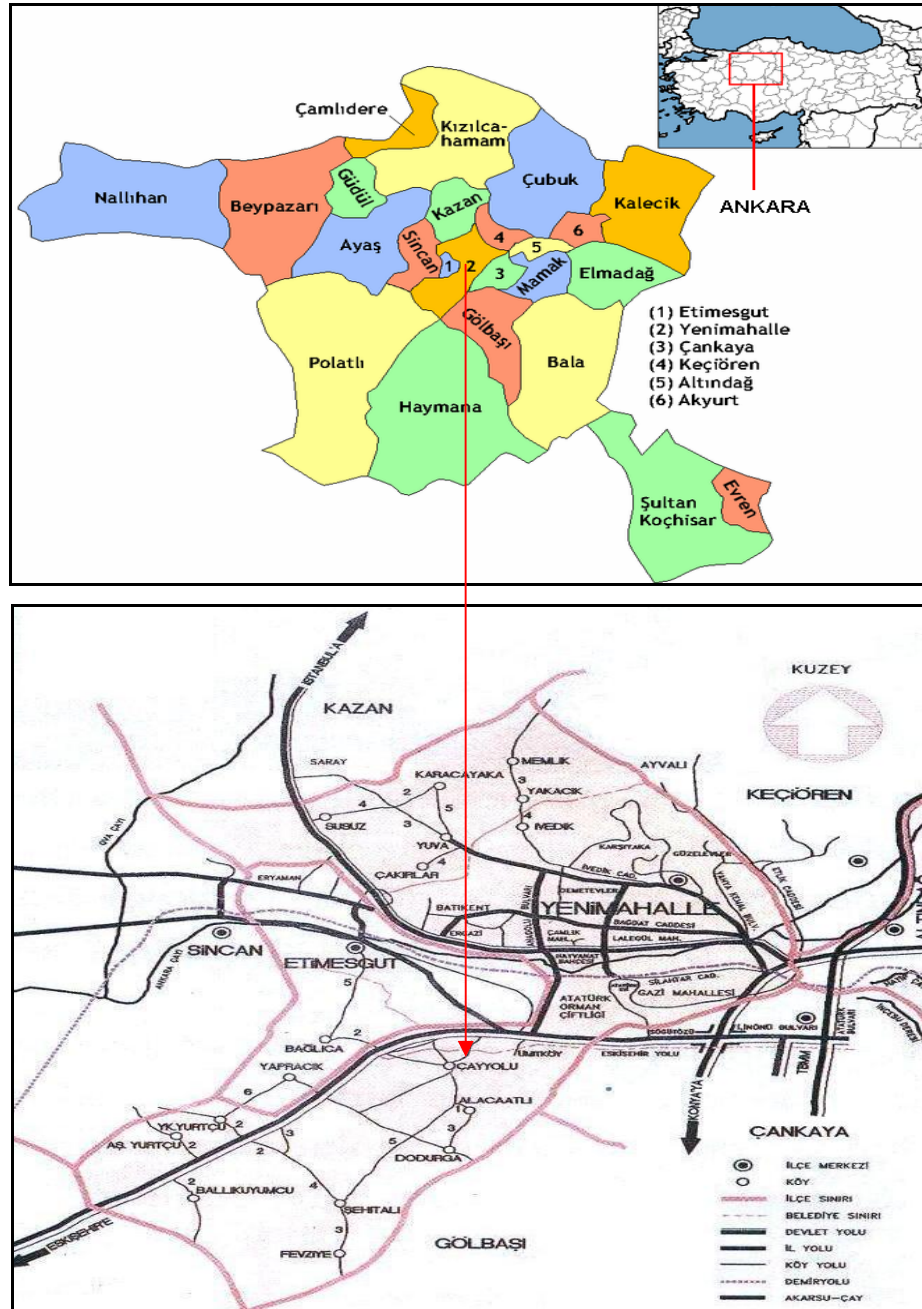
Örneklerin alındığı sondaj kuyuları, yüzeye yakın değildir ve derindirler. Derin kuyu sondajlarından elde edilen sulardaki analiz sonuçlarında, zamana bağlı olarak, çok farklı değişimler gözlenmez. Bu sebeple inceleme alanından, su numuneleri 2008 yılının Kasım ayında bir sefere mahsus olarak alınmıştır. Yerinde yapılabilen anlık ölçümler yapılmış, diğer parametreler için numuneler, standartlara uygun bir şekilde, analiz yapılacağı laboratuvarlara ulaştırılmıştır.

Yapılan analizlerin sonuçları; Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları ile TS-266 (1997)'ya göre, sulama ve içme suyu yönünden değerlendirilmiş; Piper (1944) ve Schoeller diyagramlarına göre ise yeraltı sularının fasiyesi ve kökensel yorumları yapılmıştır. Yeraltı sularında oluşan kimyasal tepkimeler, hidrokimyasal ortam hakkında yorum yapabilme olanağı sağlamaktadır. Bu amaçla inceleme alanındaki suların çeşitli minerallere göre doygunluk durumları incelenmiştir.

Analiz sonuçlarının bölge litolojisi ile ilişkisi, yeraltı sularının kalitesi ve kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla diyagramların çizilmesinde "Aq-QA Version 1.1.1.[1.1.5.1]" adlı bilgisayar programı, suların mineral doygunluk indisleri hesaplamasında Phreeqe Interactive 2.13.0 adlı bilgisayar programı kullanılmıştır.

2. İNCELEME ALANI

İnceleme alanının, içerisinde yer aldığı Yenimahalle İlçesinin Ankara'nın merkezine olan uzaklığı 5 km olup; Ankara-İstanbul Karayolu, Ankara-Konya Karayolu ve Ankara-Eskişehir Karayolları arasında kalmaktadır [5]. İnceleme alanının Yer Bulduru Haritası, Harita 2.1'de sunulmaktadır.



Harita.2.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (ölçeksiz) [6].

2.1. İnceleme Alanına Ulaşım

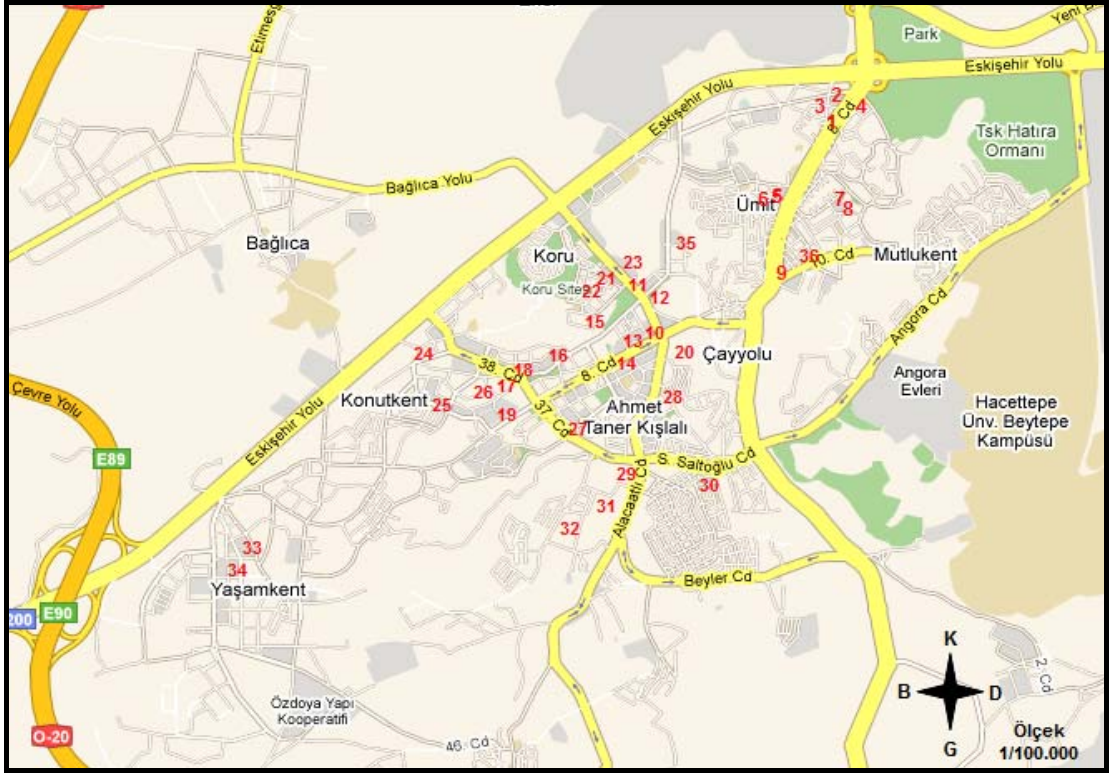
İnceleme alanına; Ankara-Eskişehir Karayolu ile ulaşım sağlanmaktadır. Numuneler, kuzeyden ve batıdan Ankara-Eskişehir Karayolu, güneyden Alacaatlı Mahallesi ve doğudan Konya Yolu ile sınırlandırılmış olan alandan alınmıştır.

İnceleme alanında numune alınan yeraltı suları lokasyonları ve kuyuların derinliği Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Örnekleme noktaları Şekil 2.1’de “Google Maps” programından elde edilen bölgeye ait harita üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Yeraltı suları lokasyonları, kuyu derinlikleri ve suyun debisi

Numune No	Koordinatlar		Kuyu Derinliği	Suyun Debisi (l/s)
	N	E		
1	4417077	475012	145	5
2	4417350	475030	225	2
3	4417109	474920	144	1
4	4417075	475510	185	2
5	4416600	474750	144	3
6	4416600	474600	140	3,3
7	4416340	474917	220	2
8	4416210	475080	220	1
9	4415910	47790	120	1,2
10	4415250	473220	80	1,5
11	4415636	473448	80	1
12	4415636	473520	75	1
13	4415190	473190	130	2
14	4415050	473220	105	1,5
15	4415210	472120	140	1
16	4415025	472010	140	2,4
17	4414820	471998	140	3
18	4414992	471995	160	1
19	4414570	472020	130	2
20	4415110	473540	150	1
21	4415680	473180	120	2
22	4415546	473168	120	1,5
23	4415750	473260	150	2
24	4415850	471175	200	4
25	4414720	471550	200	1
26	4414620	471790	150	1,5
27	4414020	472880	180	3
28	4414720	473540	120	1
29	4413675	473050	180	3
30	4413310	473780	130	2
31	4413200	472920	120	0,5
32	4413135	472750	240	2
33	4413132	469925	250	1,5
34	4413081	469786	220	0,5
35	4416020	473490	120	1
36	4415980	474910	80	2



Harita 2.2. Çalışma alanına ait harita ve örnekleme noktaları

2.2. İnceleme Alanının Sosyo-Ekonomik Özellikleri

İnceleme alanı Yenimahalle İlçesi sınırları içerisinde kalmaktadır. İlçe, Ankara'nın 8 merkez ilçesinden biri olup, 1957 yılında kurulmuştur. İlçede 1 Belediye Başkanlığı ve 64 mahalle bulunmaktadır. Köylerin yarısı arazi ve yerleşim durumu itibariyle ova üzerindedir. Diğer yarısı engebeli arazi üzerine kurulmuştur [7].

İlçede Ümitköy-Çayyolu bölgesinde daha çok üst veya orta-üst gelir grubu aileler, Batıkent ve Yenimahalle merkez bölgesinde orta gelir grubu aileler, Demetevler, Şentepe, Karşıyaka ve Yahyalar bölgelerinde ise genel olarak orta veya alt-orta gelir grubuna mensup aileler yaşamaktadır. Bu bölgede geliri asgari ücret düzeyinde ailelerin de bulunduğu bir gerçektir [7].

İlçenin şehir kesiminde oturanların çoğunluğu memur ve işçilerdir. Son yıllarda hızlı bir gelişme gösteren ilçe sınırları içerisinde ticaret ile uğraşanlar çoğalmıştır. İlçenin topraklarının tarıma elverişli olması nedeniyle, köylerde halk tarım ile uğraşmaktadır [7].

Son yıllarda Ankara İli'nin yeni yerleşim alanı olarak ön sıralara geçen ilçedeki, özellikle E-5 Devlet Karayolu çevresinde yerleşim alanları ve sanayi ağırlık kazanmaktadır. Batıkent yerleşim alanı, Aselsan ile tüzel ve özel kişilere ait fabrikaları ve özellikle Macun Mahallesi sınırları içerisinde kurulan Sanayi ve Ticaret Merkezi (OSTİM) ile İvedik Organize Sanayi Bölgesi ve GİMAT bulunmaktadır [7].

İlçenin 42 600 hektar arazisi olup, bunun 14 488 hektarında tarım yapılmaktadır. Esas tarım çeşidi tarla ziraatı olup, sırasıyla buğday, arpa, mercimek, patates, ayçiçeği ile üzü yurt çapında duyulan kavun ekilmektedir. Yine sulu arazide sebze ziraatı yapılır [7].

2.3. İnceleme Alanının Coğrafi Özellikleri

Ankara'nın 8 merkez ilçesinden biri olan Yenimahalle, şehir merkezi haricinde engebeli bir arazide kurulmuştur. Denizden yüksekliği 830 metredir.

2.3.1. Akarsular ve göller

Komşu illerden gelen Çubuk Çayı, Hatip Çayı ve İncesu Deresi, ilçenin Akköprü Mevkiinde birleştikten sonra Çiftlik, Güvercinlik ve Etimesgut'tan geçerek Sincan Osmaniye Köyü yakınında Akıncı Ovasından gelen Ova Çayı ile birleşerek Ankara Çayı adını alır ve Sakarya Irmağının büyük bir kolu olarak Polatlı sınırlarına girer [7].

İlçede doğal göl bulunmamaktadır.

2.3.2. İklim

Ankara ilinin geniş arazisinde yer yer iklim farklılıkları görülür. Güneyde, İç Anadolu ikliminin bariz özellikleri olan step iklimi, kuzeyde ise, Karadeniz ikliminin ılıman ve yağışlı halleri görülebilir. Kara ikliminin hüküm sürdüğü bu bölgede kış sıcaklıkları düşük, yaz ise sıcak geçer. En sıcak ay Temmuz-Ağustos, en soğuk ay ise Ocak ayıdır [8].

Bölgeye düşen yağış miktarları kuzey ve güney kesimlerde farklılık gösterir. Kuzeyde Kızılcahamam ve Çubuk, Karadeniz yağış rejimi özelliğini, güneyde ise İç Anadolu karakterini taşır. Bölgenin yapısı gereği özellikle kış aylarında sis olayı oldukça fazla görülür ve hayatı etkiler [8].

İl bazında ortalama sıcaklık 10-13 °C arasında, ortalama yağış miktarı da 370-565 mm arasındadır. En yüksek sıcaklık değeri 41,4 °C ile Sarıyar İstasyonunda; en düşük sıcaklık da 32,2 °C ile Esenboğa İstasyonunda kaydedilmiştir. Donlu günler sayısı yılda ortalama 60-114 arasında, karla örtülü günler sayısı ise yılda ortalama 17-42 gün arasında değişmektedir. En yüksek kar kalınlığı 82 cm. olarak Kızılcahamam istasyonunda kaydedilmiştir [8].

Yenimahalle ilçesinde ise kış mevsiminde en düşük sıcaklık Ocak ayında -25 °C, yaz mevsiminde en yüksek sıcaklık Temmuz ayında -40°C, yıllık ortalama sıcaklık, yaklaşık 12 °C 'dir [8].

İlçede havalar 7 ay kurak 3,5 ay yağışlı ve 1,5 ay kırılgılı ve sisli geçer. Yağışlar kış aylarında kar şeklinde düşer, fakat kalıcı değildir. Yıllık yağış miktarı, yaklaşık 360 milimetredir [6].

2.3.3. Bitki örtüsü

İlçede yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk geçmekte ve yağışlar nisbi olarak yetersiz olmaktadır. Bitki örtüsü de iklime bağlıdır. Sulama yetersiz olduğu için, bitki ve ağaç toplulukları çay ve dere kenarlarında yoğunlaşmıştır [6].

Şehir içindeki park ve bahçeler yıl boyunca yeşildir. Yol kenarları, hastane, okul, kamu kurum kuruluşlarının bahçeleri de ağaçlandırılmıştır. Sürekli bakımlı ve temizdir [6].

İlçenin engebeli bir arazisi vardır. Kent dışındaki arazi, bozkır dediğimiz sert yapraklı, kısa boylu çalılık ve susuzluğa dayanıklı otsu bitkilerle kaplıdır. Bunlar özellikle ekilmeyen tepelerde yaygındır. İlkbahardaki yeşilliklerin ömrü iki üç aydır [6].

2.3.4. Toprak yapısı

Ankara ili topraklarının bünyeleri incelendiğinde, topraklarının % 67,1' i tınlı ve % 29,5' i killi tınlıdır. Bölgedeki kumlu topraklarının oranı % 2,4 ve killi topraklarının oranı ise % 1'dir. Toprakların reaksiyonlarına (pH) bakıldığında, Ankara ili topraklarının %13,8'i nötr pH, % 85,4'ünün hafif alkalidir. Yöre topraklarının organik madde durumlarını bakıldığında Ankara ili topraklarının % 29,1'i çok az, % 5,1'i az, % 16,4' ü orta ancak ve ancak topraklarının % 2,6'sı iyi durumdadır. Kireç içeriklerine göre Ankara ili topraklarının %14,9'u kireçli ve % 78,7'si orta, fazla ve çok fazla topraklardır. Ankara ili topraklarının tuz kapsamı ise % 95,6'sı tuzsuz topraklardır. Yöre topraklarının % 3,8'i tuzludur [8].

3. JEOLOJİ

3.1. Genel Jeoloji

İnceleme alanına ait jeoloji haritası Harita 3.1’de verilmiş olup, alandaki mevcut jeolojik formasyonlara ait bilgiler aşağıdadır.

Alüvyon (Qa)

Birim, bölgedeki nehirlerin yataklarında tutturulmamış veya çok az tutturulmuş, kum, mil ve çakıllardan oluşur [9].

Akbayır Formasyonu (Ja)

Genel olarak, ince-orta tabakalı, çörtlü, hemipelajik biyomitritik kireçtaşları ile temsil edilen birim, ilk kez Akyürek ve diğ. tarafından Akbayır Formasyonu adı altında incelenmiştir. Akbayır formasyonu beyaz, krem, bej ve yer yer kırmızı renkli, midye kabuğu kırılmalı, ince-orta tabakalanmalı, yaygın olarak çört yumru ve bantları içeren killi kireçtaşı ve/veya biyomitritik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Hasanoğlan formasyonunun denizel yüzeyleri ile geçişli olduğu bölgelerde (Alacaatlı köyü kuzeydoğusu Derinedere), Akbayır formasyonunun alt seviyeleri sarı, kahve-yeşil renkli marn, silttaşı ve killi kireçtaşı aralanması ile başlanmaktadır. Bu killi ve siltli seviyeler üzerinde, formasyonun yaygın kayatürünü oluşturan hemipelajik kireçtaşı düzeyleri yer almaktadır. Porselenimsi görünümlü bu kireçtaşları içerisinde tektonik deformasyon (kırıklama ve kıvrımlanma) ve birincil sedimanter yapılar görülmektedir. Ayrıca Alacaatlı yöresinde türbiditik kalkerenit ara düzeyleri de bulunmaktadır. Tabaka kalınlıkları 5-40 cm arasında değişen kireçtaşları içerisinde, gri-kahverenkli çört mercek ve bantlarının bulunması formasyonun tipik özelliğini oluştururken, içerisinde Radiolaria, Spongia, Echinodermata ve Calpionellid fosil ve kırıntıları yaygın olarak görülmektedir. Akbayır formasyonu altta Hasanoğlan formasyonu ile geçişlidir. Bu dokanak

Alacaatlı ve Ballıkuyumcu köyleri civarında izlenebilmektedir. Akbayır formasyonu, Hasanoğlan formasyonunun oluşumunu sağlayan tektonosedimanter sürecin devamında gelişmiştir. Akbayır formasyonu, Jura kireçtaşı , Lalelik formasyonu ile eşdeğerdir [9].

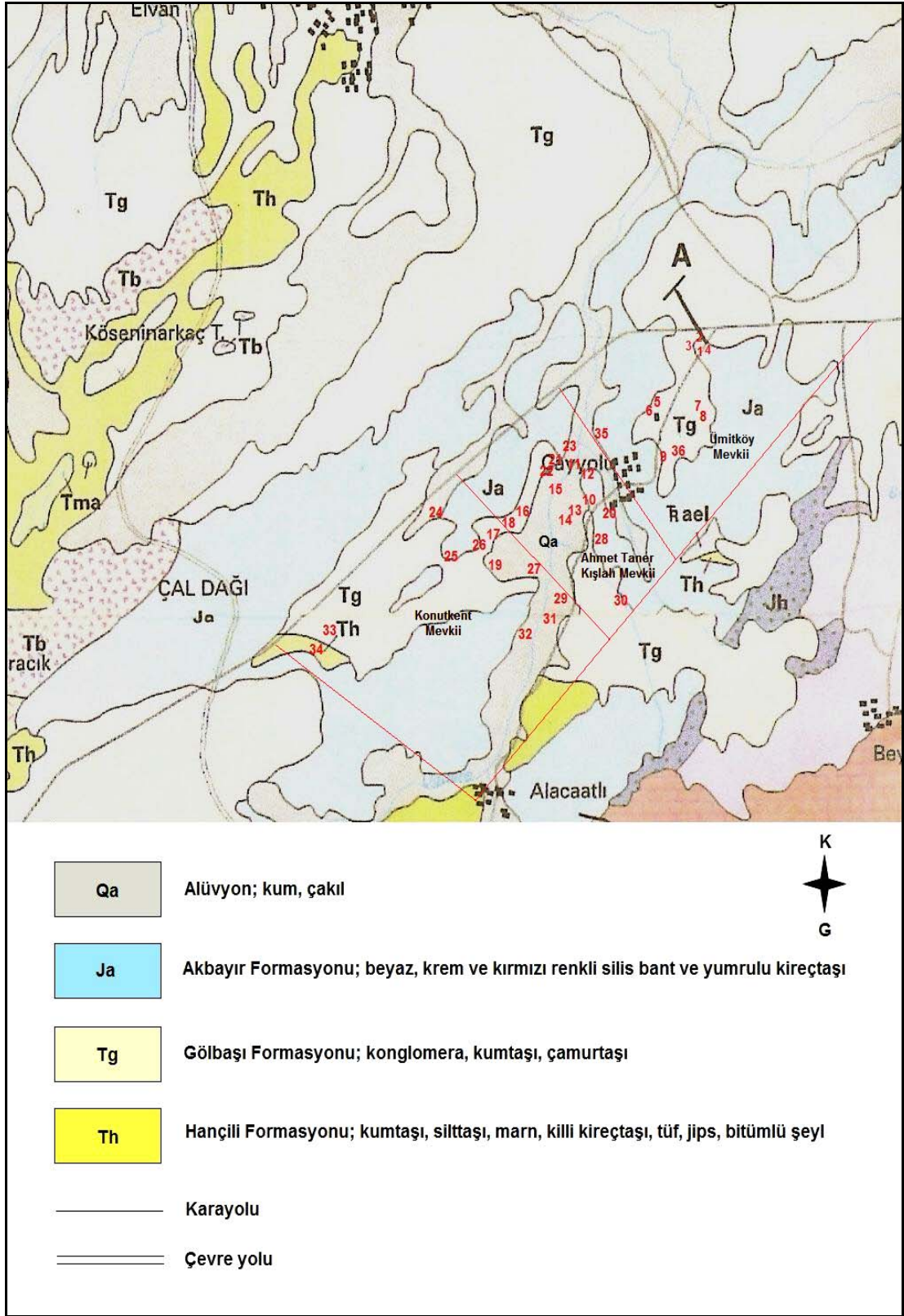
Gölbaşı Formasyonu (Tg)

İlk kez Akyürek ve diğ. (1982, 1984) tarafından adlandırılan birim, gri, boz, kırmızı renkli, tutturulmamış veya az tutturulmuş değişik boyda, farklı kökenli konglomera, kumtaşı, çamurtaşından oluşur. Çoğunlukla tabakalanmasız olup bazı yerlerde yatay tabakalıdır. Kumtaşları ve çamurtaşları arasında moloz akması süreçleriyle oluşmuş konglomeralar yaygındır. Kumtaşı ve konglomeranın tane ve çakıllarını kuvarsit, bazalt, çeşitli kireçtaşları, diyabaz, metamorfik kayaç parçaları, radyolarit, serpantinit, gabro oluşturur. Çimento, kalsit ve kilden oluşmaktadır. Gölbaşı formasyonu çoğunlukla ayrıışmış olarak izlenir. Gölbaşı formasyonu, Bozdağ bazaltı ve daha eski birimler üzerine uyumsuz olarak gelir. Üst sınırı ise izlenemez. Yanal devamlılığında Gölbaşı formasyonunu oluşturan kaya türlerinde değişimler izlenir. Gölbaşı formasyonunda çalışmalar sırasında fosile rastlanmamıştır. Birimin yaşı, stratigrafideki yeri ve eski çalışmalar göz önüne alındığında Pliyosen olarak kabul edilebilir. Gölbaşı formasyonu alüvyon yelpazesi ve akarsu çökellerinden oluşmuştur. Önünde değişik kaynak alanın kayatürüne bağlı olan çakıl içeriği gelişmiştir. Gölbaşı formasyonu “yamaç molozu birimi” ve Büyükyakalı formasyonu ile deneştirilebilir [9].

Hançili Formasyonu (Th)

Hançili formasyonu ilk kez Akyürek ve diğ. (1980) tarafından adlandırılmıştır. Birim killi kireçtaşı, marn, silttaşı, kumtaşı, konglomera ve tüfit ardalanmasından oluşmaktadır ve yer yer jips, bitümlüşeyl içerir. Bu ardalanmada yerel olarak yerel olarak bazı kaya türleri egemen duruma geçmektedir. Ayrıca birim içinde andezit silleri gözlenmiştir. Killi kireçtaşı ve

marnlar, beyaz, sarımsı beyaz renklerde, orta tutturulmuş, ince tabakalı ve laminelidir. Konglomera ve kumtaşları sarımsı, boz renkli, az tutturulmuş ve tabakalanması belirsizdir. Hançili formasyonu altta ve yanalda Kumartaş formasyonu ile, yanalda ise Mamak formasyonu ile giriktir. Üstte ise Mamak ve Gölbaşı formasyonları tarafından örtölür. Hançili formasyonu içinde *Candona steinheimensis* Sierep *Candona convexa* Livental, *Candona* sp. fosilleri ile Serraveliyen-Tortoniyen yaşı saptanmıştır. Hançili formasyonu, kenarlarında alüvyon yelpazelerinin (Kumartaş formasyonu) geliştiğı karasal bir havzadaki ırmak ve gölde çökelmiştir. Göl ortamı, akarsu ortamına göre daha egemen olmuş ve havza giderek tümüyle göl karakterine geçmiştir. Gölde çökelim devam ederken, bölgede etkinliğini sürdüren volkanizmanın ürünlerinden tüfitler ökelime katılmış, andezitler ise siler halinde çökellerin arasına girmiştir. Hançili formasyonu, göl kireçtaşları , Alt Pliyosen ökelleri, Kavaklı formasyonu Akyürek ve diğ., 1982,1984) ile deneştirilebilir [9].

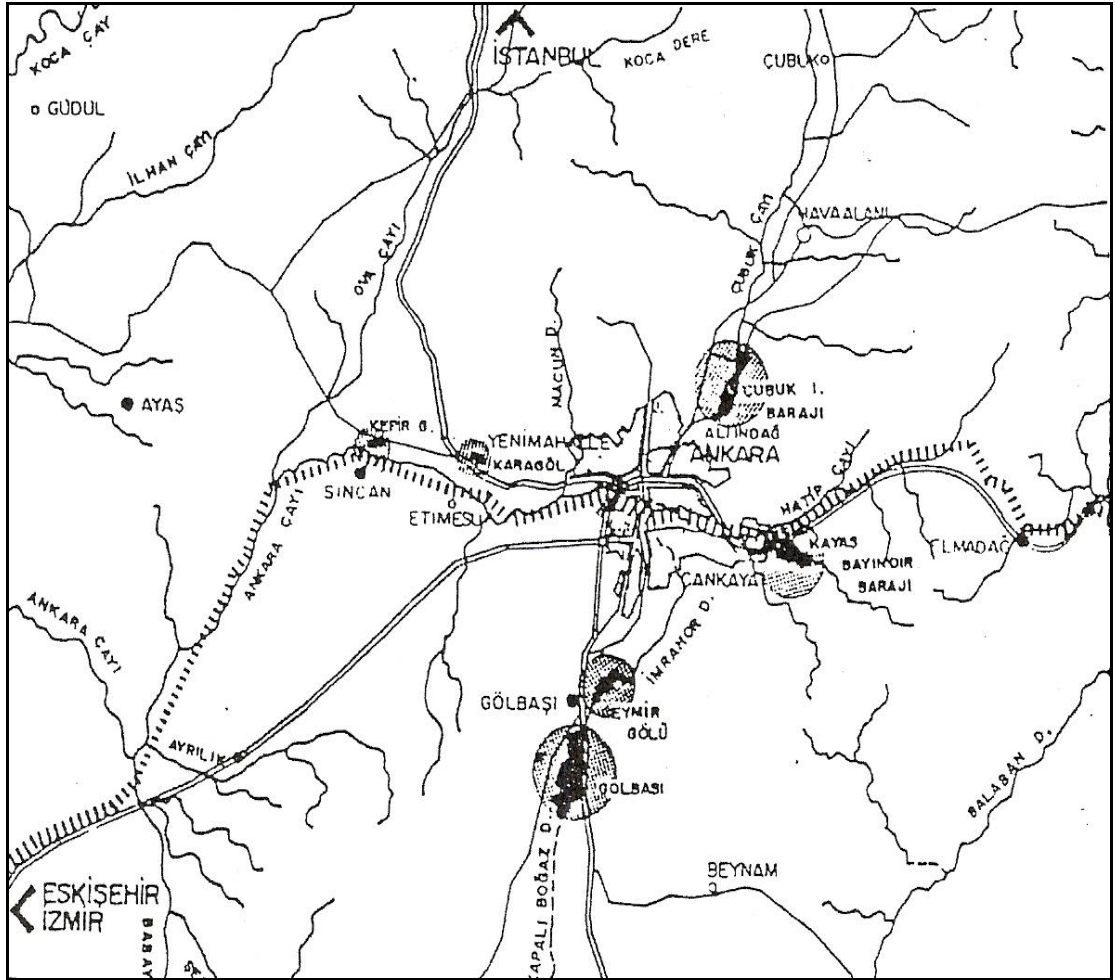


Harita 3.1. İnceleme alanına ait jeoloji haritası [9]

3.2. Hidroloji

Güney'den doğu-batı yönünde devam eden Ankara Çayı ayrı tutulursa, bölgede devamlı akan bir akarsu yoktur [10]. Kuzey ve güney yamaçlarda sızıntılarla beslenen Ankara Çayı, batıda andezit eşliğinde Ova Çayı ile birleşir. Ova Çayı ile Ankara Çayının birleşmesinden meydana gelen Ankara suyu, büyük Ankara çukurluğunun ve Mürted Ovası'nın sularını toplayarak ileride Sakarya Nehri ile birleşir [11].

Ankara kenti ve yakın çevresinin akarsu ve durgun su yüzeyleri Harita 3.2'de verilmiştir.

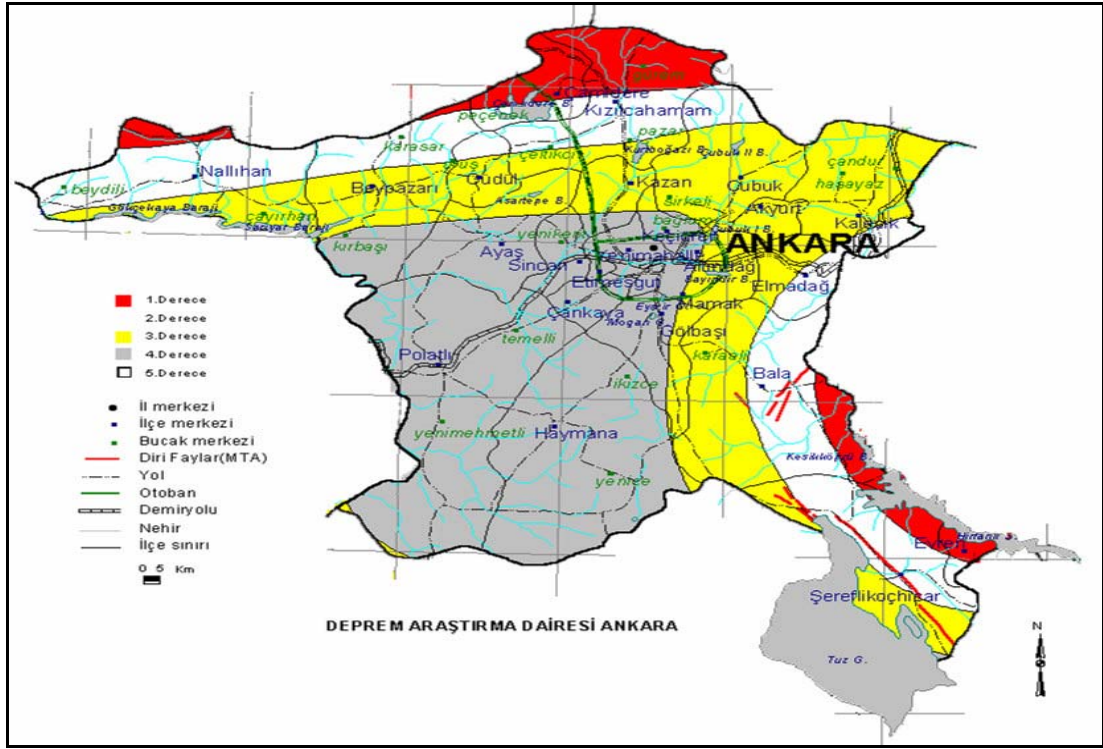


Harita.3.2. Ankara kenti ve yakın çevresinin akarsu ve durgun su yüzeyleri (1:500 000 ölçekli Türkiye Fiziki Haritası) [12]

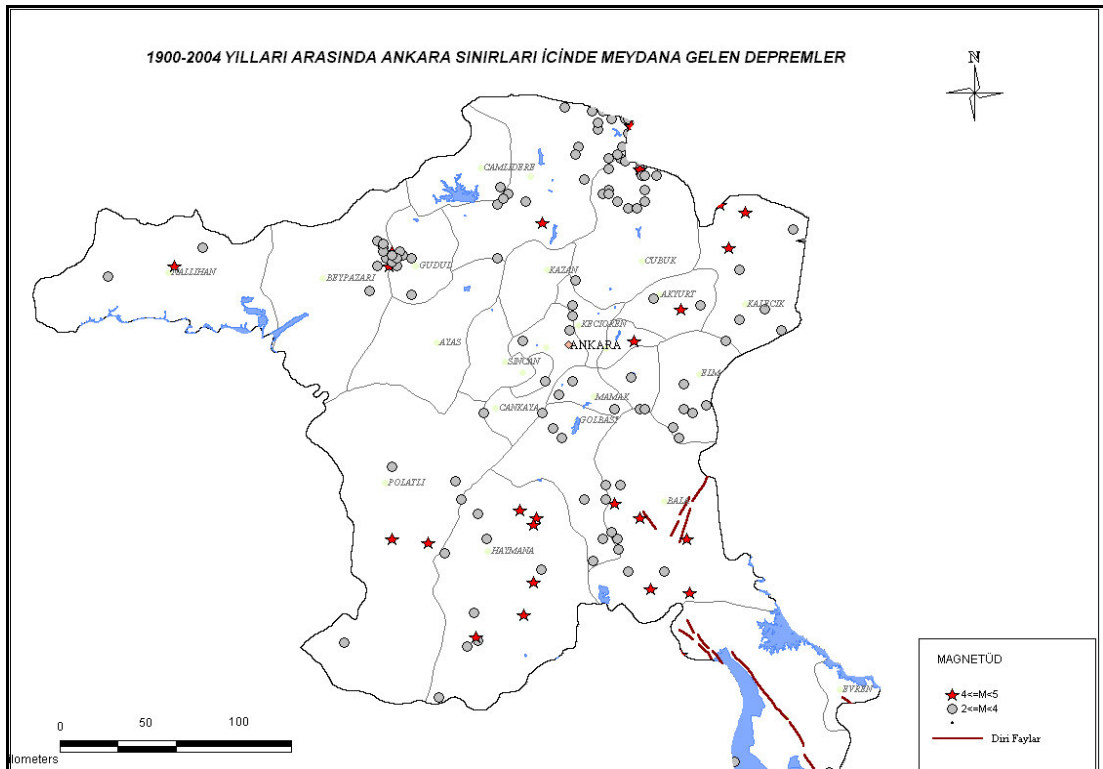
3.3. Tektonik ve Depremsellik

Ankara bölgesinde, Kaledoniyen hareketleri sonucu epimetamorfik şistlerde görülen kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu tektonik hat Alpin hareketleri sonucunda oluşmuştur. Liyaz transgresyonu sonucu denizel ortam haline gelmiş olan bölgede Jura Alt Kretase yaşlı kayalar çökelmiştir. Bu sedimantasyon süresi boyunca, Alpin hareketlerinin etkili olduğunu gösteren kanıtlar bulunmaktadır. Alt Kretase’de bölgeye ofiyolitli melanj yerleşmiş ve daha sonra Üst Kretase’den başlayan, Eosen sonlarına kadar süren denizel bir çökme ortamı söz konusu olmuş, bu ortamda Üst Kretase-Alt Tersiyer yaşlı fliş çökelmiştir [10].

Ankara bölgesi, Eosen sonlarında kara haline gelmiş ve Oligosen’de yer yer oluşan ve kaybolan lagüner ve evaporitik ortamlara ait jipsli ve bazı karasal çökellerin olduğu görülmüştür. Miyosen’de ise bölgede karasal koşullar hakim olmuş ve göl çökellerinin yanı sıra Miyosen volkanizma ürünleri de görülmektedir. Alpin hareketlerini izleyen ve Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner’de etkin olan hareketler epirojenik hareketlerdir. Ankara ve yakın çevresindeki Orta Pliyosen düzlüklerini Radonik Faz hareketleri etkilemiştir. Yükselen antiklinoryumlar ve çukurlaşan senklinoryumlar arasına sıkışma fayları ve kıvrımlanmalar söz konusu olmuştur. Radonik Faz sonucunda gelişen çukurlarda Üst Pliyosen yaşlı akarsu ve göl çökelleri meydana gelmiştir. Üst Pliyosen sonlarında, bölgede Vallakiyen hareketleri ile açıklanan bir yükselme dönemi başlamış ve bu hareketler sonucunda dağlar ve ovalar arasındaki eski fay zonlarında oynamalar meydana gelmiştir. Kuvaterner’deki iklim değişimlerinin etkisi ile de önemli aşınmayla, Ankara bölgesindeki Pleyistosen akarsu şekilleri meydana gelmiştir [10]. İnceleme alanı Harita 3.5 de verildiği gibi “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası” verilerine göre 4. Derece deprem bölgesinde yer almaktadır [13]. Ayrıca Ankara İlinde 1933-2004 yılları arasında meydana gelen depremleri gösterir harita aşağıda verilmiştir [8].



Harita 3.3. Ankara İli Deprem Haritası (Ölçeksiz) [13]



Harita 3.4. Ankara ilinde 1933-2004 yılları arasında meydana gelen depremler [8]

4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Numune Alma ve Analiz

İnceleme alanında 36 adet farklı kuyudan 2008 yılı, Kasım ayında yeraltı suyu numuneleri alınmış ve analiz edilmiştir. Bölgedeki kuyuların tümü özel şahsa ait olup, devlet kurumları tarafından açılan kuyu bulunmamaktadır.

Numuneler alınırken 3 ayrı şişede, birer litre olacak şekilde alınmıştır. Numune alma işlemi için su ile kimyasal tepkimeye girmeyen ve çift tapalı örnek şişeleri kullanılmıştır. Numuneleri örnek şişelerine koymadan önce, şişeler alınacak numune suyu ile birkaç defa çalkalanarak durulanmış, şişeler tamamen su ile doldurularak hiç hava kabarcığı bırakılmamıştır.

Yeraltı suyunun örnekleme yönteminde numune alma ve numuneyi saklama işleminde, Çevre ve Orman Bakanlığının yayınlamış olduğu “Numune Alma Kılavuzu”nda belirtilen hususlara uyulmuştur [14]. Numuneler yeraltı suyu numunesi olduğu için, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Madde 10’da belirtilen “Yeraltı Suları Numune Alma Esasları”na ve “Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği”ne uyulmuştur [15-16].

Numunelerin pH, elektriksel iletkenlik (EC), sıcaklık gibi parametreleri, Sension 156 cihazı ile anlık olarak ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Diğer parametreler ise Gazi Üniversitesi M.M.F. Kimya Laboratuvarlarında yapılan kimyasal analizler sonucunda elde edilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Analiz yöntemleri

Parametre	Yöntem
Kalsiyum (Ca^{+2})	Titrimetrik
Magnezyum (Mg^{+2})	Titrimetrik
Sülfat (SO_4^{+2})	Fotometrik
Nitrat (NO_3^-)	Fotometrik
Nitrit (NO_2^-)	Fotometrik
Klorür (Cl^-)	Titrimetrik
Sodyum (Na^+)	Alev Fotometresi
Potasyum (K^+)	Alev Fotometresi
Karbonat (CO_3^{--})	Titrimetrik
Bikarbonat (HCO_3^-)	Titrimetrik
Bor (B)	Fotometrik
Florür (F)	Fotometrik

4.2. Su Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları

Yeraltı sularının kimyasal özelliklerini araştırmak amacıyla 36 ayrı sondaj kuyusundan su örnekleri alınmıştır. Analiz sonuçları değerlendirmelerinden önce her bir numunenin aşağıdaki formüle göre iyon dengesi kontrol edilmiştir [17].

$$(\text{EN},\%) = [(\text{TK}-\text{TA}) / (\text{TK}+\text{TA})] * 100 \quad (4.1)$$

EN: Elektronötralite

TK: Toplam katyon (mek/l)

TA: Toplam anyon (mek/l)

Eş. 4.1, su numunelerinin kimyasal analiz sonuçlarına uygulandığında, EN(%) değerlerinin 2'den küçük olduğu, herhangi bir iyon dengesizliği olmadığı görülmüştür. İnceleme alanından alınan 36 adet numunenin anlık ölçüm ve kimyasal analiz sonuçları ile EN(%) değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. İnceleme alanından alınan su numunelerinin anlık ve kimyasal analiz sonuçları ve EN(%) değerleri

Parametre	Birim	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 6	No 7	No 8	No 9	No 10
pH		7,68	7,89	7,90	7,78	7,87	8,05	7,90	7,84	7,99	7,94
Sıcaklık	C°	14,8	17,3	16,0	17,0	14,6	14,8	16,8	17,4	13,5	14,2
EC	µs/cm	636	1762	919	702	949	1047	562	498	571	621
Kalsiyum	mek/l	1,1	0,6	1,0	1,4	1,1	1,0	1,2	1,3	1,3	1,4
Magnezyum	mek/l	3,9	2,2	2,4	2,5	2,0	1,1	1,4	1,6	1,4	1,9
Sodyum	mek/l	1,2	5,4	4,1	2,1	4,8	5,5	1,5	1,0	2,1	1,8
Potasyum	mek/l	0	0,21	0,11	0,11	0,11	0,14	0,13	0,10	0,16	0,14
Klorür	mek/l	1,82	2,38	1,54	1,4	1,96	1,26	0,98	0,84	1,4	1,4
Sülfat	mek/l	1,24	2,95	1,74	1,45	2,28	2,95	0,41	0,41	1,18	0,72
Bikarbonat	mek/l	3,1	3,1	4,3	3,3	3,7	3,5	2,9	2,7	2,4	3,1
Karbonat	mek/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrit	mg/l	0,05	0,02	0,26	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,10
Nitrat	mg/l	0,64	0,32	0,59	0,96	0,81	0,67	0,74	0,88	0,95	0,92
Fosfat	mg/l	0,43	0,57	0,34	0,21	0,12	0,38	0,45	0,61	0,49	0,52
Bor	mg/l	0,55	0,75	0,80	0,50	0,70	0,60	0,30	0,40	0,50	0,50
Florür	mg/l	1,11	1,11	1,01	1,30	1,05	1,12	0,88	0,90	0,95	0,86
EN	%	0,324	-0,119	0,197	-0,326	0,438	0,194	-0,704	0,628	-0,201	0,191

Çizelge 4.2. (Devamı) İnceleme alanından alınan su numunelerinin anlık ve kimyasal analiz sonuçları ve EN(%) değerleri

Parametre	Birim	No 11	No 12	No 13	No 14	No 15	No 16	No 17	No 18	No 19	No 20
pH		7,60	7,84	7,69	7,84	7,94	7,98	7,73	7,80	7,37	7,88
Sıcaklık	C°	16,3	15,3	14,7	16,2	13,7	16,1	14,1	16,8	17,6	14,6
EC	µs/cm	1167	1118	1018	584	805	779	1012	906	756	685
Kalsiyum	mek/l	2,1	2,8	2,2	1,6	1,3	1,5	1,9	1,5	1,5	1,9
Magnezyum	mek/l	4,3	2,3	2,2	1,2	1,5	1,0	1,2	1,7	1,5	0,7
Sodyum	mek/l	4,4	5,2	3,9	2,0	4,0	3,9	5,3	5,6	3,0	2,9
Potasyum	mek/l	0,21	0,20	0,16	0,14	0,20	0,25	0,17	0,16	0,16	0,17
Klorür	mek/l	3,08	3,36	2,52	1,4	1,68	1,26	2,1	3,92	1,40	1,26
Sülfat	mek/l	2,99	2,78	1,56	0,68	1,60	2,08	1,70	2,45	0,79	1,12
Bikarbonat	mek/l	4,9	4,4	4,4	2,9	3,7	3,3	4,7	2,6	3,9	3,3
Karbonat	mek/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrit	mg/l	0,07	0	0	0,02	0,02	0	0,02	0	0,01	0,01
Nitrat	mg/l	0,88	0,83	0,98	0,86	1,01	0,80	0,93	0,97	0,84	0,98
Fosfat	mg/l	0,38	0,64	0,29	0,53	0,46	0,28	0,35	0,45	0,50	0,31
Bor	mg/l	0,55	0,55	0,70	0,40	0,55	0,45	0,55	0,50	0,50	0,30
Florür	mg/l	1,11	1,06	0,74	0,95	1,39	0,86	1,03	1,1	1,07	0,90
EN	%	0,182	-0,190	-0,118	-0,403	0,143	0,075	0,410	-0,055	0,571	-0,088

Çizelge 4.2. (Devamı) İnceleme alanından alınan su numunelerinin anlık ve kimyasal analiz sonuçları ve EN(%) değerleri

Parametre	Birim	No 21	No 22	No 23	No 24	No 25	No 26	No 27	No 28	No 29	No 30
pH		7,90	7,80	7,76	8,90	7,87	7,75	7,83	8,60	7,51	8,20
Sıcaklık	C°	15,3	14,4	16,9	9,8	17	16,7	15,1	14,9	16,3	13,4
EC	µs/cm	1114	1050	736	651	606	632	896	712	1021	755
Kalsiyum	mek/l	1,4	2,5	1,4	1,7	0,6	1,3	2,6	1,8	2,8	1,1
Magnezyum	mek/l	1,8	0,8	0,6	1,0	2,4	1,9	2,5	1,7	1,5	1,2
Sodyum	mek/l	5,4	4,9	3,4	2,8	2,2	1,7	1,4	2,5	4,5	3,2
Potasyum	mek/l	0,27	0,11	0,10	0,12	0,11	0,11	0,25	0,14	0,16	0,20
Klorür	mek/l	2,66	1,45	1,26	1,68	1,4	1,12	1,84	1,94	3,2	1,72
Sülfat	mek/l	3,12	2,91	0,95	0,89	1,04	0,98	1,38	1,53	2,98	1,86
Bikarbonat	mek/l	3,1	4,0	3,3	3,0	2,8	2,9	3,5	2,7	2,8	2,1
Karbonat	mek/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrit	mg/l	0,01	0	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,05	0,02
Nitrat	mg/l	0,14	0,18	0,66	0,78	0,60	0,55	0,70	0,85	0,73	0,88
Fosfat	mg/l	0,37	0,56	0,63	0,35	0,24	0,43	0,23	0,39	0,42	0,51
Bor	mg/l	0,60	0,75	0,25	0,10	0,50	0,25	0,15	0,35	0,65	0,30
Florür	mg/l	0,68	1,23	1,28	1,14	0,78	1,25	0,86	1,18	1,08	1,15
EN	%	0,396	-0,299	-0,091	0,446	0,663	0,099	0,222	-0,243	-0,105	0,175

Çizelge 4.2. (Devamı) İnceleme alanından alınan su numunelerinin anlık ve kimyasal analiz sonuçları ve EN(%) değerleri

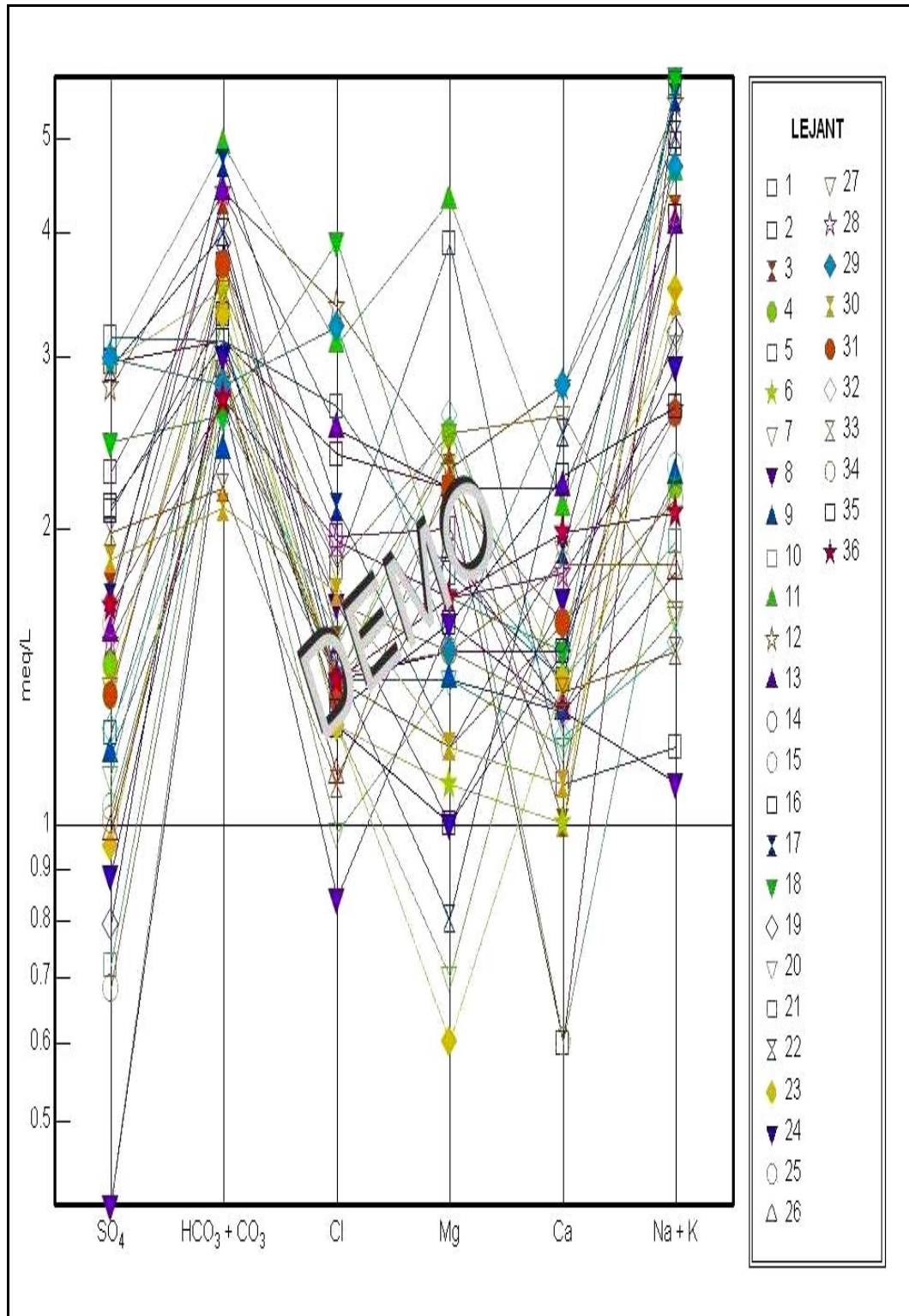
Parametre	Birim	No 31	No 32	No 33	No 34	No 35	No 36
pH		7,45	7,21	7,32	8,64	7,92	7,84
Sıcaklık	C°	14,2	13,1	14,8	15,1	16,4	16,7
EC	µs/cm	821	736	811	827	698	645
Kalsiyum	mek/l	1,6	1,23	1,36	1,84	2,26	1,98
Magnezyum	mek/l	2,2	2,6	2,5	1,5	1,6	1,7
Sodyum	mek/l	2,5	1,4	1,4	1,7	2,5	1,9
Potasyum	mek/l	0,12	0,13	0,10	0,14	0,16	0,17
Klorür	mek/l	1,34	1,56	1,1	1,42	1,30	1,40
Sülfat	mek/l	1,35	1,25	1,98	1,01	2,11	1,66
Bikarbonat	mek/l	3,7	2,6	2,2	2,8	3,1	2,7
Karbonat	mek/l	0	0	0	0	0	0
Nitrit	mg/l	0,03	0,01	0,01	0,02	0,04	0,03
Nitrat	mg/l	0,65	0,58	0,71	0,62	0,74	0,9
Fosfat	mg/l	0,37	0,55	0,43	0,48	0,58	0,68
Bor	mg/l	0,40	0,50	0,40	0,10	0,20	0,40
Florür	mg/l	1,25	1,22	1,05	1,13	0,94	0,85
EN	%	0,234	-0,464	0,657	-0,480	0,077	0,087

4.3. Su Analiz Sonuçlarının Diyagramlarla Yorumlanması

Yeraltı suyu incelemelerinde, sıkça kullanılan yöntem kimyasal verilerin derlenmesi ve uygun bir şekilde görsel olarak sunulmasıdır. Bu amaç için geliştirilmiş birçok grafiksel gösterim yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler içerisinde birden çok analizin aynı diyagramda grafik olarak sunulmasını sağlayanlar Piper ve Schoeller diyagramlarıdır. Bu diyagramların ikisi de pek çok örneğe katyon ve anyon bileşimlerini bir grafik üzerinde temsil etme imkanı vermektedir [17].

4.3.1. Yarı logaritmik schoeller diyagramı

Su numunelerine ait kimyasal analiz sonuçlarının yarı logaritmik Schoeller diyagramı çizilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil.4.1. Su numunelerine ait yarı logaritmik Schoeller Diyagramı

Çizelge 4.3 Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre iyonların sıralaması

No	Hidrokimyasal Fasiyes	Katyonlar	Anyonlar
1	$Mg^{+2} + HCO_3^-$	$r(Mg^{+2}) > r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
2	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Mg^{+2}) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(SO_4^-) > r(Cl^-)$
3	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Mg^{+2}) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(SO_4^-) > r(Cl^-)$
4	$Mg^{+2} + HCO_3^-$	$r(Mg^{+2}) > r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(SO_4^-) > r(Cl^-)$
5	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Mg^{+2}) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(SO_4^-) > r(Cl^-)$
6	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Mg^{+2}) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(SO_4^-) > r(Cl^-)$
7	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Mg^{+2}) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
8	$Mg^{+2} + HCO_3^-$	$r(Mg^{+2}) > r(Ca^{+2}) > r(Na^+ + K^+)$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
9	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Mg^{+2}) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
10	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Mg^{+2}) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
11	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Mg^{+2}) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
12	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2}) > r(Mg^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
13	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Mg^{+2}) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
14	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2}) > r(Mg^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
15	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Mg^{+2}) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
16	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2}) > r(Mg^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(SO_4^-) > r(Cl^-)$
17	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2}) > r(Mg^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
18	$Na^+ + Cl^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Mg^{+2}) > r(Ca^{+2})$	$r(Cl^-) > r(HCO_3^-) > r(SO_4^-)$
19	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2}) > r(Mg^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
20	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2}) > r(Mg^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
21	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2}) > r(Mg^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
22	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2}) > r(Mg^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(SO_4^-) > r(Cl^-)$
23	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2}) > r(Mg^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
24	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2}) > r(Mg^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
25	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Mg^{+2}) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
26	$Mg^{+2} + HCO_3^-$	$r(Mg^{+2}) > r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
27	$Ca^{+2} + HCO_3^-$	$r(Ca^{+2}) > r(Mg^{+2}) > r(Na^+ + K^+)$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
28	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2}) > r(Mg^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
29	$Na^+ + Cl^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2}) > r(Mg^{+2})$	$r(Cl^-) > r(SO_4^-) > r(HCO_3^-)$
30	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Mg^{+2}) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(SO_4^-) > r(Cl^-)$
31	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Mg^{+2}) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(SO_4^-) > r(Cl^-)$
32	$Mg^{+2} + HCO_3^-$	$r(Mg^{+2}) > r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
33	$Mg^{+2} + HCO_3^-$	$r(Mg^{+2}) > r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(SO_4^-) > r(Cl^-)$
34	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2}) > r(Mg^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(Cl^-) > r(SO_4^-)$
35	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2}) > r(Mg^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(SO_4^-) > r(Cl^-)$
36	$Na^+ + HCO_3^-$	$r(Na^+ + K^+) > r(Ca^{+2}) > r(Mg^{+2})$	$r(HCO_3^-) > r(SO_4^-) > r(Cl^-)$

Yarı Logaritmik Schoeller Diyagramı'nda birbirine paralel oluşturan su örneklerinin köken bakımından benzer olduğu kabul edilmektedir. Bu kabul göz önünde bulundurulduğunda şu şekilde bir sonuca ulaşılmaktadır:

Çizelge 4.3 'deki iyon sıralamaları ve hidrokimyasal fasiyes incelendiğinde (2, 3, 5, 6, 30, 31) numaralı örnekler, (7, 9, 10, 11, 13, 15, 25) numaralı örnekler, (12, 14, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 34) numaralı örnekler ve (16, 22, 35, 36) numaralı örnekler kendi aralarında paralel oluştururken, baskın iyonların Na^+ ve HCO_3^- olduğu görülmektedir. (4, 33) numaralı örnekler ve (26, 32) numaralı örnekler de, kendi aralarında paralel oluşturmuş ve ancak bu örneklerdeki baskın iyonların Mg^{+2} ve HCO_3^- olduğu gözlenmiştir. (1, 8, 18, 27, 28, 29) numaralı örnekler, diyagramda başka bir su örneği ile bir paralellik oluşturmazken, baskın iyonlarının ekseriyetle Mg^{+2} ve Na^+ olduğu gözlenmiştir.

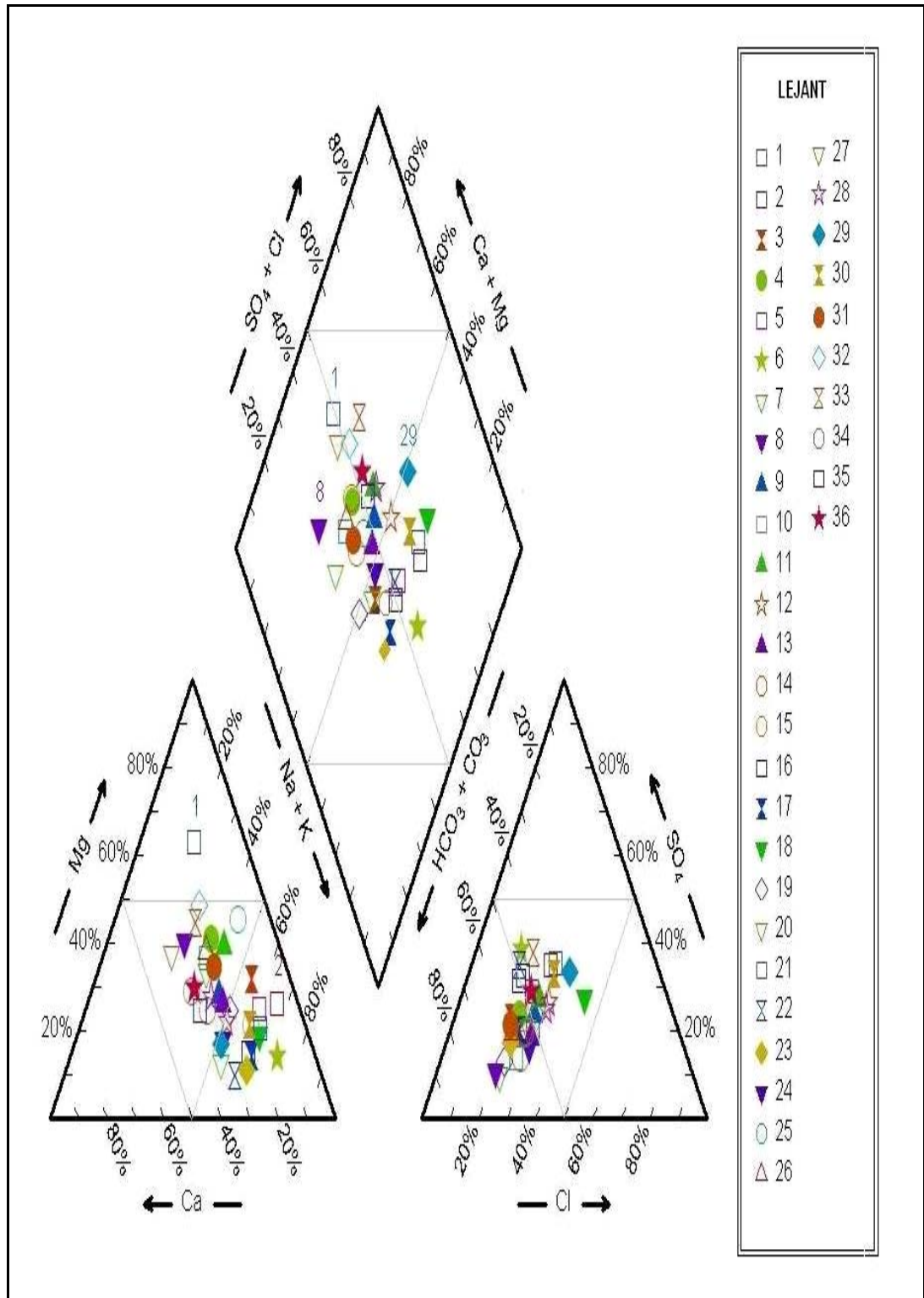
4.3.2. Piper diyagramı

Su numunelerine ait kimyasal analiz sonuçlarının Piper diyagramı çizilmiştir (Şekil 4.2). Çizilen diyagramın bölümlerinin nasıl yorumlanacağı ise Şekil 4.3'de verilmiştir.

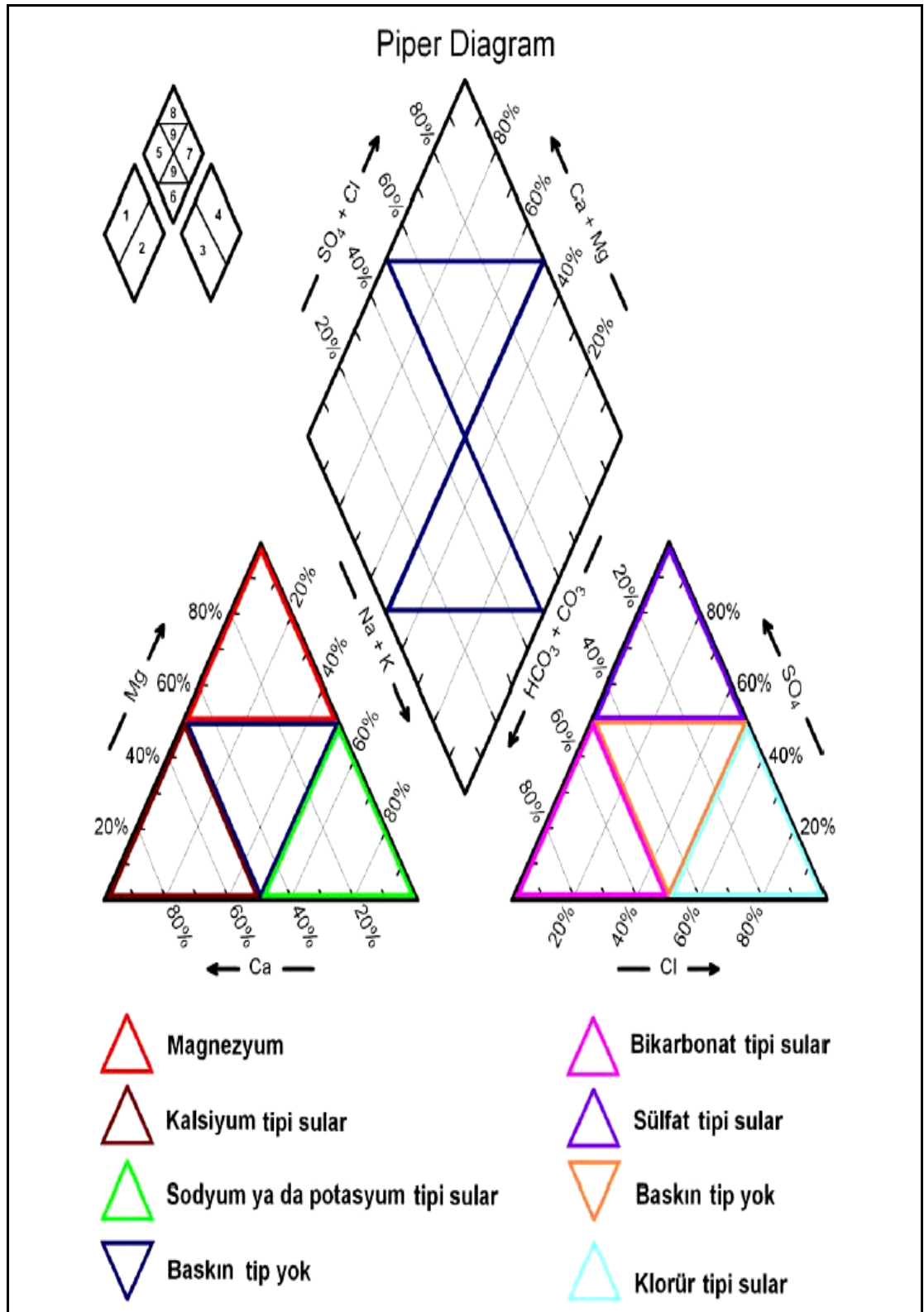
Piper diyagramı, biri anyonları diğeri ise katyonları içeren iki üçgen ve bir merkezi eşkenar dörtgen şeklindeki şekilden oluşur (Şekil 4.3). Katyonlar, Ca^{+2} - Mg^{+2} - (Na^+ + K^+) üçgeninde yüzde olarak çizilir, anyonlar ise HCO_3^- - SO_4^{-2} - Cl^- üçgeninde yüzde olarak çizilir. Yüzdesi hesaplanan konsantrasyonlar, mek/l cinsindendir. Anyon ve katyon diyagramlarındaki noktalar yukarıdaki eşkenar dörtgende kesişene kadar uzatılır ve birleştirilir [18].

Piper diyagramının avantajları;

- Birden fazla su analizinin aynı diyagramda çizilebilmesi
- Suları sınıflandırmak için kullanılabilir olması
- Suların karışımını belirlemek için kullanılabilmesidir [18].



Şekil 4.2. Su numunelerine ait Piper Diyagramı



Şekil 4.3. Piper Diyagramındaki bölümler

Piper diyagramında ayrılan bölgelerin açıklaması şu şekildedir:

1. bölgede; $(Ca^{+2} + Mg^{+2}) > (Na^{+} + K^{+})$ olup bu kısma giren sular, karbonatlı ve sülfatlı sulardır.
2. bölgede; $(Na^{+} + K^{+}) > (Ca^{+2} + Mg^{+2})$ olup bu kısma giren sular tuzlu ve sodalıdır.
3. bölgede; $(HCO_3^{-} + CO_3^{-2}) > (Cl^{-} + SO_4^{-2})$ 'tür.
4. bölgede; $(Cl^{-} + SO_4^{-2}) > (HCO_3^{-} + CO_3^{-2})$ 'tür.
5. bölgede; karbonat sertliği > karbonat olmayan sertlik vardır. Bu tip sular $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ 'lü sulardır.
6. bölgede; karbonat olmayan sertlik > karbonat sertliği vardır. Bu tip sular $CaSO_4$ ve $MgSO_4$ 'lü sulardır.
7. bölgede; karbonat olmayan alkaliliği > karbonat alkaliliği vardır. Na^{+} , Cl^{-} , Na_2 , SO_4 ve KCl 'li sulardır.
8. bölgede; karbonat alkaliliği > karbonat olmayan alkalilik vardır.
9. bölgede; hiçbir iyonu %50'yi geçmeyen sular bulunur.

İnceleme alanından alınan 36 adet su numunesinin kimyasal analiz sonuçları Piper Diyagramına göre değerlendirilmiştir.

(1, 9, 11, 28, 32, 33, 35, 36) numaralı numuneler diyagram açıklamalarına göre $(Ca^{+2} + Mg^{+2}) > (Na^{+} + K^{+})$ olup, karbonatlı ve sülfatlı sulardır. Ayrıca $(Cl^{-} + SO_4^{-2}) > (HCO_3^{-} + CO_3^{-2})$ olup, hiçbir iyonu %50'yi geçmeyen sulardır.

(2, 5, 6, 12, 16, 18, 21, 22, 29, 30) numaralı numunelerde, karbonat olmayan alkaliliği > karbonat alkaliliği vardır. Na^{+} , Cl^{-} , Na_2 , SO_4 ve KCl 'li sulardır. $(Na^{+} + K^{+}) > (Ca^{+2} + Mg^{+2})$ olup sular tuzlu ve sodalıdır. Ayrıca $(Cl^{-} + SO_4^{-2}) > (HCO_3^{-} + CO_3^{-2})$ 'tür.

(3, 15, 17, 19, 20, 23, 24) numaralı numunelerde ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) > ($\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$) olup bu kısma giren sular tuzlu ve sodalıdır. Ayrıca ; ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}$) > ($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{-2}$) olup, hiçbir iyon yüzdesi %50'yi geçmemektedir.

(4, 7, 8, 10, 13, 14, 25, 26, 27, 31, 34) numaralı numunelerde karbonat sertliği > karbonat olmayan sertlik vardır. Bu sular CaCO_3 ve MgCO_3 'lu sulardır. Sularda, ($\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$) > ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) olup, sular, karbonatlı ve sülfatlı sulardır. Ayrıca ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}$) > ($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{-2}$)'tür.

4.4. Yeraltı Sularının Sulama Suyuna Uygunluğunun İncelenmesi

4.4.1. EC, %Na, RSC ve SAR değerlerinin yorumlanması

Sodyum yüzdesi (%Na); sulama sularında sodyum miktarı olarak önemli bir yer tutmaktadır. Sodyum toprağın yapısını bozarak geçirgenliğini azaltarak sulamadan sonra zeminin üst seviyelerinde soğrulmakta, toprak yüzeyinde kaymak şeklinde sert bir kabuğun oluşmasına neden olmakta ve bitki köklerinin havalanmasını engellemektedir [19].

Sudaki sodyum yüzdesi ise şu şekilde hesaplanır.

$$\%r \text{ Na} = [(r\text{Na} + r\text{K}) \cdot 100] / [r\text{Ca} + r\text{Mg} + r\text{Na} + r\text{K}] \quad (4.2)$$

Sulama sularının sınıflandırılmasında en çok ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı kullanılır. Bu diyagram için, Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) kullanılır. Bu değer, direkt olarak sodyumun toprak tarafından adsorbe edilmesi ile ilgilidir [20].

SAR; sodyum iyonunun değişim reaksiyonlarındaki aktifliğinin ifadesi olup, sodiklik tehlikesi yüzünden sulama sularının sınıflandırılmasında en fazla kullanılan bir ölçüdür ve şu şekilde ifade edilir [21]:

$$SAR = Na / \sqrt{[(Ca + Mg) / 2]} \quad (4.3)$$

SAR'na göre sulama suyunun sınıflandırılması aşağıda gösterildiği şekildedir:

SAR < 10	: Çok iyi özellikte sulama suları
10 < SAR < 18	: İyi özellikte sulama suları
18 < SAR < 26	: Orta özellikte sulama suları
26 < SAR	: Kötü özellikte sulama suları [21].

Artıksal sodyum karbonat (RSC), toprakta sodyum oranının artma olasılığını önceden tahmin edilmesini sağlar. Yüksek RSC toprakta sodikleşmeye yol açacağından sulama suyunda istenmez. Sodikleşme toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilemektedir. Bu tür topraklarda sodyum oranı yükseldikçe, toprağın geçirgenliği azalmakta, toprağın havalanması güçleşmektedir. Toprak ıslanınca yapışkan, kuruyunca çatlaklı ve kabuksu bir yapı kazanmaktadır [19].

RSC suyun $Ca^{+2} + Mg^{+2}$ toplamına karşılık gelen karbonatından fazla olan karbonat miktarını göstermektedir. Bu karbonat Na^+ katyonu ile kimyasal reaksiyona girerek sodikleşmeyi artırmaktadır [19].

$$RSC = (CO_3^{-2} + HCO_3^-) - (Ca^{+2} + Mg^{+2}) \quad (4.4)$$

RSC'a göre sulama suyunun sınıflandırılması aşağıda gösterildiği şekildedir:

< 1,25	: çok iyi (I. Sınıf su)
1,25-2,5	: iyi (II. Sınıf su)
> 2,5	: kullanılabilir (III. Sınıf su)

İnceleme alanındaki yeraltı sularının sulama suyu olarak uygunluğu incelenirken su örneklerine ait sodyum yüzdesi ve sodyum adsorpsiyon oranı, artıksal sodyum karbonat değerleri hesaplanmış ve daha sonra bu

değerlerin grafiklerde beraber yorumlanacağı elektriksel iletkenlik değerleri ile birlikte Çizelge 4.4'te, verilmiştir.

Çizelge 4.4. Su numunelerinin EC, Sodyum Yüzdeleri, RSC ve SAR değerleri

Numune No	EC ($\mu\text{S/cm}$)	%r Na	RSC (mek/l)	SAR
1	636	19,354	-1,9	0,759
2	1762	66,706	0,3	4,564
3	919	55,321	0,9	3,465
4	702	36,170	-0,6	1,503
5	949	61,298	0,6	3,855
6	1047	72,868	1,4	5,367
7	562	38,534	0,3	1,315
8	498	27,500	-0,2	0,830
9	571	45,565	-0,3	1,807
10	621	37,023	-0,2	1,401
11	1167	41,871	-1,5	2,459
12	1118	51,428	-0,7	3,256
13	1018	47,991	0,0	2,629
14	584	43,319	0,1	1,690
15	805	60,000	0,9	3,381
16	779	62,406	0,8	3,488
17	1012	63,827	1,6	4,257
18	906	64,285	-0,6	4,427
19	756	51,298	0,9	2,449
20	685	54,144	0,7	2,543
21	1114	63,923	-0,1	4,269
22	1050	60,288	0,7	3,814
23	736	63,636	1,3	3,4
24	651	51,957	0,3	2,409
25	606	43,502	-0,2	1,796
26	632	36,127	-0,3	1,343
27	896	24,444	-2,2	0,876
28	712	42,996	-0,8	1,889
29	1021	52,008	-1,5	3,068
30	755	59,649	-0,2	2,984
31	821	40,810	-0,1	1,813
32	736	28,544	-1,23	1,011
33	811	27,798	-1,66	1,007
34	827	35,521	-0,54	1,315
35	698	40,797	-0,76	1,799
36	645	36,000	-0,98	1,400

Çizelge 4.4 incelendiğinde SAR'a göre örneklerin tümü "Çok iyi özellikte sulama suları" sınıfında yer almaktadır. Bu nedenle SAR'a göre sulama suyu olarak kullanımları uygundur.

SAR değerleri için mevkiler arası karşılaştırma yapıldığında sıralama aşağıdaki gibidir;

Konutkent Mevkii SAR değerleri < Ümitköy Mevkii SAR değerleri < Ahmet Taner Kışlalı Mevkii SAR değerleri

RSC'ye göre ise yalnızca (6, 17) nolu örnekler II. sınıf sulama suyu olup, diğer örneklerin tamamı I. sınıf sulama suyudur.

RSC değerleri için mevkiler arası karşılaştırma yapıldığında sıralama aşağıdaki gibidir;

Konutkent Mevkii RSC değerleri < Ahmet Taner Kışlalı Mevkii RSC değerleri < Ümitköy Mevkii RSC değerleri

Sıralamalardan da görüldüğü gibi SAR ve RSC değerleri bakımından en iyi özellikteki sular Konutkent Mevkiine ait sulardır.

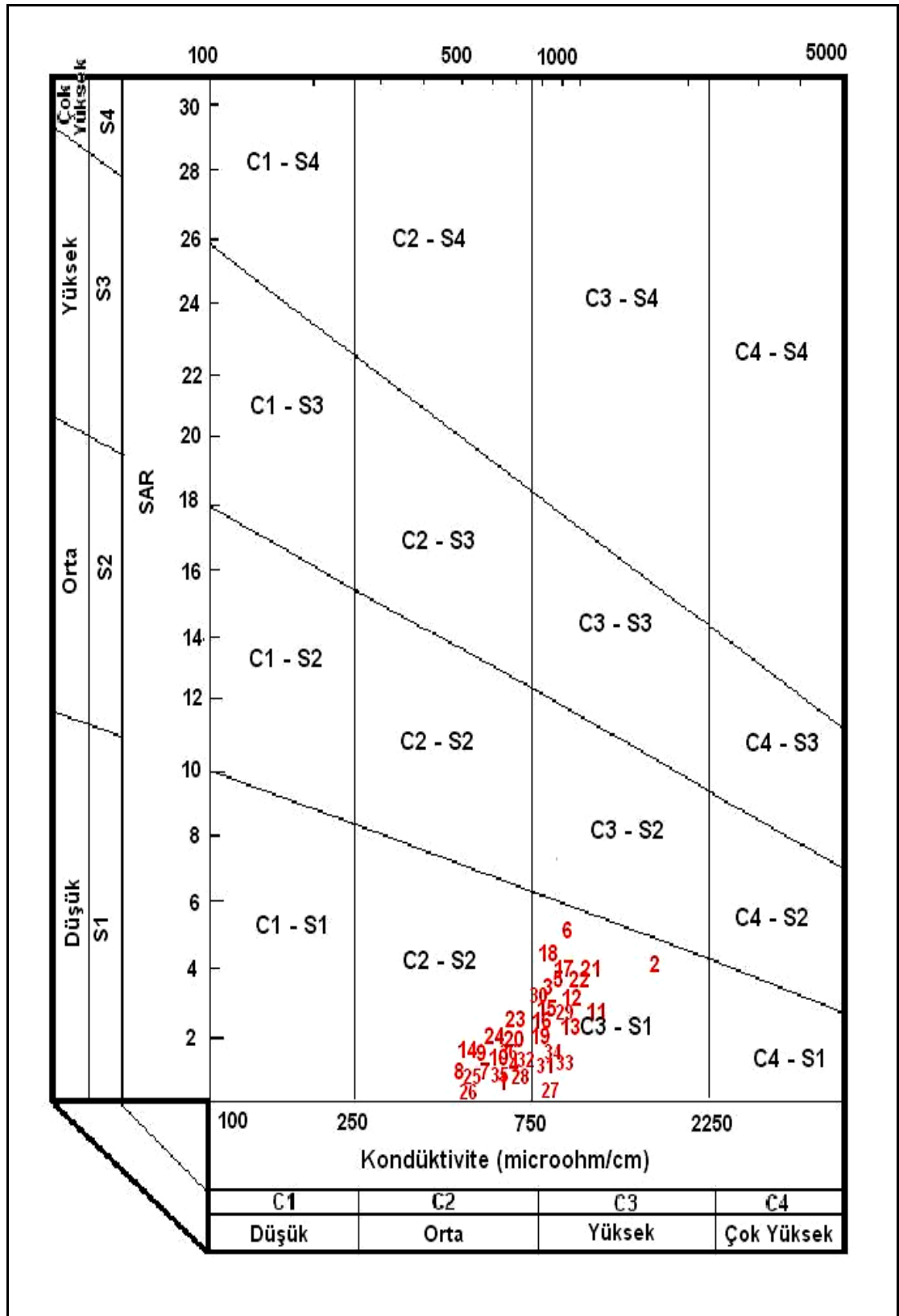
4.4.2. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı

Bu diyagramda sular 16 ayrı kategoriye ayrılmaktadır. Yatay ekseninde suyun EC değeri, düşey ekseninde SAR değeri bulunmaktadır. ABD Laboratuvarı Diyagramı'nda bulunan tuzluluk ve sodyum sınıflarının anlamı aşağıda açıklanmaktadır. Çizelge 4.5'de; C1, C2, C3 ve C4 tuzluluğa göre alt sınıfları, S1, S2, S3 ve S4 sodyum miktarına göre alt sınıfları oluşturur.

Çizelge 4.5. Suların tuzluluk ve sodyum miktarlarına göre sınıflandırılması [18]

C1	Az tuzlu su. Bitkilerin çoğu için sulama suyu olarak kullanılabilir.
C2	Orta tuzlulukta su. Orta derecede suya ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir.
C3	Fazla tuzlu su. Drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılamaz. Bazı bitkiler için kullanılabilir.
C4	Çok fazla tuzlu su. Sulama suyu için uygun değil. Ancak çok iyi drenaj yapılmış olanlarda bazı bitkiler yetişebilir.
S1	Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun
S2	Orta derecede sodyumlu su. Permeabilitesi iyi olan jipsli arazi için uygun.
S3	Fazla sodyumlu su. Ender hallerde sulama suyu olarak kullanılabilir.
S4	Çok fazla sodyumlu su. Çok düşük tuzluluk hallerinin dışında sulama suyu olarak kullanılmaz

Su numunelerine ait verilerin Çizelge 4.5'daki sınıflandırma esaslarına göre, hangi sınıfa ait olduğunun belirlenmesi amacıyla, numunelere ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı (Şekil 4.4) oluşturulmuştur.



Şekil 4.4. Su numunelerine ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

Çizelge 4.5'deki sınıflandırma esasları dikkate alınarak Şekil 4.4'ün değerlendirilmesi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir.

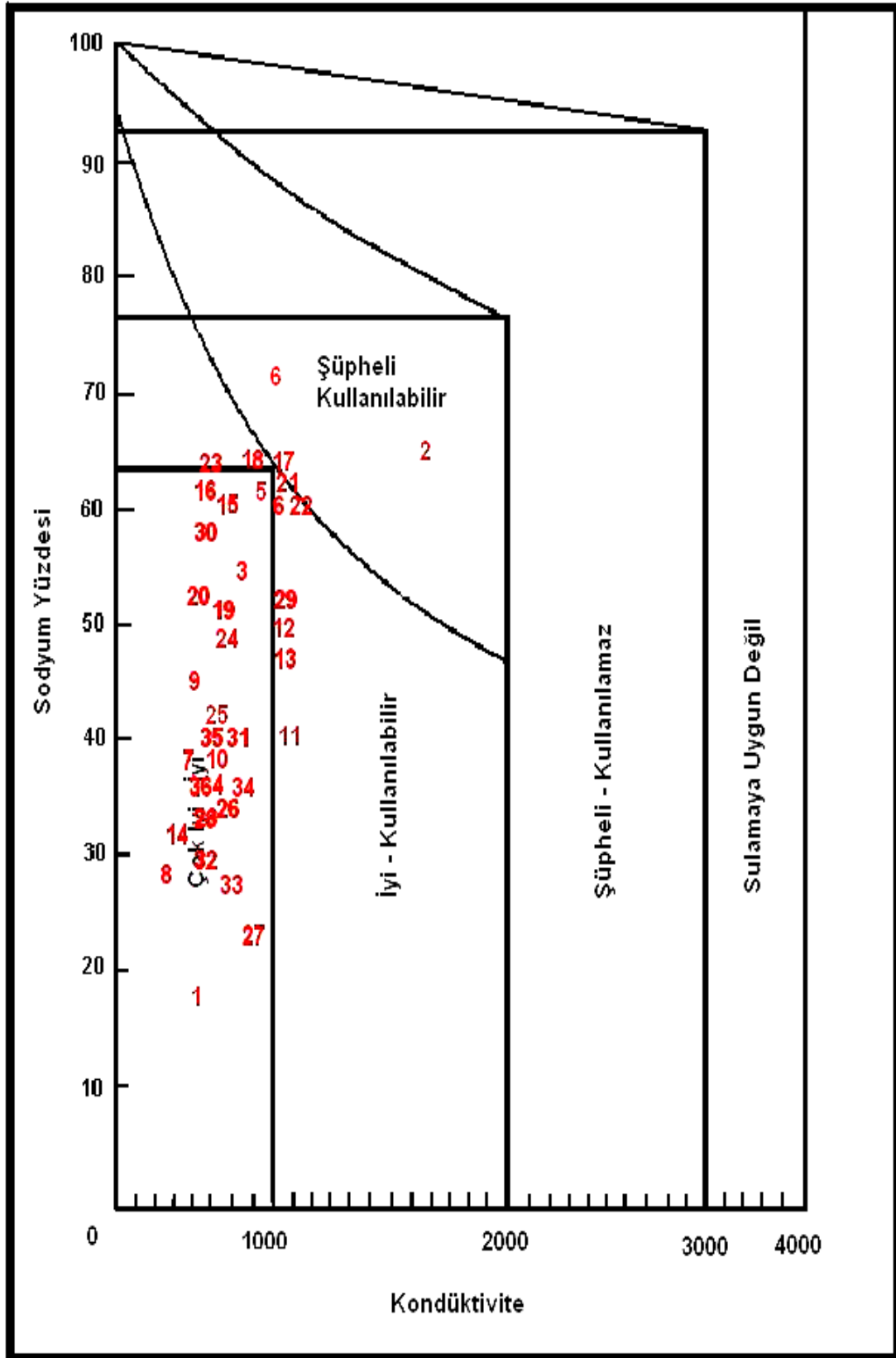
Çizelge 4.6. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre su numunelerinin sınıflandırılması

Numune No	Sınıfı	Açıklama
1, 4, 7, 8, 9, 10, 14, 20, 23, 24, 25, 26, 28, 35, 36	C2 – S2	Orta tuzlulukta, orta derecede sodyumlu su
2, 3, 5, 6, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34	C3 – S1	Fazla tuzlu az sodyumlu su

4.4.3 Wilcox diyagramı

Wilcox Diyagramı, suların sodyum yüzdesi ve elektriksel iletkenliğine göre sulama sularının sınıflandırılmasını sağlayan diyagramdır [18].

Bu diyagramda; yatay eksen EC değeri, düşey eksen üzerinde sodyum yüzdesi değeri işaretlenir. Wilcox Diyagramı'nda sulama suları, çok iyi-iyi, iyi-kullanılabilir, şüpheli-kullanılabilir, şüpheli-kullanılamaz, sulamaya uygun değil şeklinde sınıflandırılabilir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Su numunelerine ait Wilcox Diyagramı

Wilcox Diyagramına işaretlenen değerler sonucunda, su örnekleri hakkında şu sonuçlara varılabilir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Wilcox Diyagramına göre su numunelerinin sınıflandırılması

Numune No	Sınıfı
1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 19, 20, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36	Çok iyi – İyi
11, 12, 13, 18, 21, 22, 23, 29	İyi – Kullanılabilir
2, 6, 17	Şüpheli Kullanılabilir

Su ürünlerine zarar veren maddelerin kabul edilebilir değerlerini içeren ilk yasa, 22.03.1971 yılında yürürlüğe giren 1380 sayılı “Su Ürünleri Kanunu” ve 1973 yılında çıkarılan tüzüktür. Çevre Kanunu’nun 11.08.1988’de yürürlüğe giren “Su Kirliliği Yönetmeliği”nin amacı da ülkemizin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin her türlü kullanım amacıyla korunmasını sağlamak, su kirliliği kontrolü esaslarını belirlemektir. Bu yönetmeliğe göre kıta içi yüzeysel sular sınıflandırılmaya tabi tutulmuş ve sınıflandırma için gerekli su kalite parametreleri belirtilmiştir. Yönetmeliğin 12. Maddesi’nde yeraltı suları kalite parametreleri 3 sınıfa ayrılmaktadır.

Sınıf YAS I - Yüksek Kaliteli Yeraltı Suları: Bu sınıf sular içme suyu temini ve gıda sanayi dahil diğer her türlü kullanım amacına uygun sulardır. Yalnız içme suyu temininde uygun bir dezenfeksiyon gerekir. Sınıf I yüzeysel sulara ait kalite parametreleri ve sınıf değerler, I.Sınıf yeraltı suları içinde kullanılır [15].

Sınıf YAS II - Orta Kaliteli Yeraltı Suları: Bu sınıf sular uygun bir arıtma işleminden sonra içme suyu olarak kullanılabilir. Sınıf II yüzeysel sulara ait kalite parametreleri II.Sınıf yeraltı suları içinde kullanılabilir. Fakat demir, amonyum, mangan ve çözünmüş oksijen için konulmuş sınıflar, bu sınıf sular için gerekli değildir [15].

Sınıf YAS III - Düşük Kaliteli Yeraltı Suları: I ve II yeraltı sularına nazaran daha kötü özellik taşır. Bu suların kullanım yeri ekonomik, teknolojik ve sağlık açısından sağlanabilecek arıtma derecesi ile belirlenebilir [15].

Çizelge 4.8. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan kalite kriterleri [15]

Sulama suyu sınıfı kalite Kriterleri	I. sınıf su (çok iyi)	II. sınıf su (iyi)	III. sınıf su (kullanılabilir)	IV. sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı)	V. sınıf su (Zararlı uygun değil)
EC	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	>3000
%Na	<20	20-40	40-60	60-80	>80
SAR	<10	10-18	18-26	>26	
RSC(mek/l)	<1,25	1,25-2,5	>2,5		
Klorür(mek/l)	0-4	4-7	7-12	12-20	>20
Sülfat(mek/l)	0-4	4-7	7-12	12-20	>20
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6-9	<6veya>9

Çizelge 4.8'deki değerler sulama suyu sınıflandırması yapılacak olursa şöyle bir sonuçla karşılaşılabilir.

Çizelge 4.9. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan kalite kriterleri'ne göre, suların sınıflandırılması [15].

Numune No	EC	pH	%rNa	RSC (mek/l)	SAR	Klorür (mek/l)	Sülfat (mek/l)
1	636	7,68	19,354	-1,9	0,759	1,82	1,24
2	1762	7,89	66,706	0,3	4,564	2,38	2,95
3	919	7,90	55,321	0,9	3,465	1,54	1,74
4	702	7,78	36,170	-0,6	1,503	1,4	1,45
5	949	7,87	61,298	0,6	3,855	1,96	2,28
6	1047	8,05	72,868	1,4	5,367	1,26	2,95
7	562	7,90	38,534	0,3	1,315	0,98	0,41
8	498	7,84	27,500	-0,2	0,830	0,84	0,41
9	571	7,99	45,565	-0,3	1,807	1,4	1,18
10	621	7,94	37,023	-0,2	1,401	1,4	0,72
11	1167	7,60	41,871	-1,5	2,459	3,08	2,99
12	1118	7,84	51,428	-0,7	3,256	3,36	2,78
13	1018	7,69	47,991	0,0	2,629	2,52	1,56
14	584	7,84	43,319	0,1	1,690	1,4	0,68
15	805	7,94	60,000	0,9	3,381	1,68	1,60
16	779	7,98	62,406	0,8	3,488	1,26	2,08
17	1012	7,73	63,827	1,6	4,257	2,1	1,70
18	906	7,80	64,285	-0,6	4,427	3,92	2,45
19	756	7,37	51,298	0,9	2,449	1,4	0,79
20	685	7,88	54,144	0,7	2,543	1,26	1,12
21	1114	7,90	63,923	-0,1	4,269	2,66	3,12
22	1050	7,80	60,288	0,7	3,814	1,45	2,91
23	736	7,76	63,636	1,3	3,4	1,26	0,95
24	651	8,90	51,957	0,3	2,409	1,68	0,89
25	606	7,87	43,502	-0,2	1,796	1,4	1,04
26	632	7,75	36,127	-0,3	1,343	1,12	0,98
27	896	7,83	24,444	-2,2	0,876	1,84	1,38
28	712	8,60	42,996	-0,8	1,889	1,94	1,53
29	1021	7,51	52,008	-1,5	3,068	3,2	2,98
30	755	8,20	59,649	-0,2	2,984	1,72	1,86
31	821	7,45	40,810	-0,1	1,813	1,34	1,35
32	736	7,21	28,544	-1,23	1,011	1,56	1,25
33	811	7,32	27,798	-1,66	1,007	1,1	1,98
34	827	8,64	35,521	-0,54	1,315	1,42	1,01
35	698	7,92	40,797	-0,76	1,799	1,3	2,11
36	645	7,84	36,000	-0,98	1,400	1,4	1,66

1. sınıf su 2. sınıf su 3. sınıf su 4. sınıf su 5. sınıf su

Çizelge 4.9'a göre inceleme alanından alınan numunelerin tamamı; SAR, Klorür ve Sülfat değerleri göre 1. sınıf sudur.

Numunelerin EC ve %rNa değerleri ise kalite kriterlere göre 2., 3. ve 4. sınıf su limit değerleri içerisinde yer almaktadır. Suların sahip olduğu EC değeri, suda erimiş toplam tuz miktarının bir göstergesi olduğundan, bu iki değer birbirine paralel olarak değişim göstermektedir.

Çizelgedeki veriler, numunelerin alındığı mevkilerin karşılaştırılmasında kullanılacak olursa; en iyi özellikteki suların Ümitköy Mevkiinden alınan sular olduğu sonucuna varılmıştır.

4.5. Yeraltı Sularının İçme Suyu Olarak Kullanılmasının İncelenmesi

Tez çalışması kapsamında analizi yapılan parametreler, içme suyu kalitesinin belirlenmesi amacıyla yapılan analizlerin bazılarıyla aynı olduğundan, sadece bu parametreler yönünden numunelerin içme suyu olarak kullanılabilirliği de araştırılmıştır. Ölçüm ve analizi yapılan parametreler Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. İnceleme alanına ait su numunelerinde ölçüm ve analizi yapılan bazı parametreler

Ör no	pH	Kalsiyum	Magnezyum	Sodyum	Potasyum	Sülfat	Klorür	Nitrat	Florür
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1	7,68	22	47	27	0	60	65	0,64	1,11
2	7,89	12	26	125	8,07	142	85	0,32	1,11
3	7,90	20	29	95	4,23	84	55	0,59	1,01
4	7,78	28	30	48	4,23	70	50	0,96	1,30
5	7,87	22	24	111	4,23	110	70	0,81	1,05
6	8,05	20	13	127	5,38	142	45	0,67	1,12
7	7,90	24	17	34	5	20	35	0,74	0,88
8	7,84	26	19	23	3,8	20	30	0,68	0,9
9	7,99	26	17	48	6,15	57	50	0,95	0,95
10	7,94	28	3	41	5,38	34	50	0,92	0,86
11	7,60	42	52	102	8,07	144	110	0,88	1,11
12	7,84	56	27	120	7,69	134	120	0,83	1,06
13	7,69	44	26	90	6,15	75	90	0,98	0,74
14	7,84	32	14	46	5,38	33	50	0,86	0,95
15	7,94	26	18	93	7,69	77	60	1,01	1,39
16	7,98	30	12	90	9,61	100	45	0,80	1,42
17	7,73	38	14	123	6,53	82	75	0,93	1,03
18	7,80	30	20	130	6,15	118	140	0,97	1,1
19	7,37	30	18	69	6,15	38	50	0,84	1,07
20	7,88	38	8	67	6,53	54	45	0,98	1,05
21	7,90	28	21	125	10,38	150	95	0,14	1,43
22	7,80	50	10	113	4,23	140	52	0,18	1,23
23	7,76	28	7	79	3,8	46	45	0,66	1,28
24	8,90	34	12	65	4,61	43	60	0,78	1,14
25	7,87	12	29	51	4,23	50	50	0,60	1,22
26	7,75	26	22	39	4,23	47	40	0,55	1,25
27	7,83	52	30	32	9,61	66	65	0,7	1,3
28	8,60	36	20	58	5,38	73	69	0,85	1,18
29	7,51	54	18	104	6,15	106	114	0,73	1,08
30	8,20	22	14	74	7,69	66	61	0,88	1,15
31	7,45	32	26	58	4,61	48	47	0,65	1,25
32	7,21	24,6	31	32	5	60	55	0,58	1,25
33	7,32	27,2	30	32	3,84	95	39	0,71	1,05
34	8,64	36,8	18	39	5,38	48	50	0,62	1,13
35	7,92	45,2	19	58	6,15	101	46	0,74	1,18
36	7,84	39,6	20	44	6,53	79	50	0,9	1,26

İnceleme alanına ait örneklerin içilebilirlik özellikleri, su analiz sonuçlarındaki bazı kimyasal özellikler ve temel iyonlara bağlı olarak Türk Standartları Enstitüsü'nün benimsediği suların içilebilirlik esasları (TS-266 1997) dikkate alınarak incelenmiştir.

Çizelge 4.11. TS-266'ya göre su örneklerinin değerlendirilmesi [23]

Parametre	Birim	Tavsiye edilen değer	Maksimum değer	TS-266'ya uymayan örnekler (max değere göre)
Kondüktivite(EC)	µS/cm	400	2000	Tamamı uygun
Kalsiyum	mg/l	100	200	Tamamı uygun
Magnezyum	mg/l	30	50	11
Sodyum	mg/l	20	175	Tamamı uygun
pH		6,5-8,5	6,5-9,2	Tamamı uygun
Potasyum	mg/l	10	12	Tamamı uygun
Klorür	mg/l	25	600	Tamamı uygun
Sülfat	mg/l	25	250	Tamamı uygun

Ancak; Çizelge 4.11 incelendiğinde, örneklerin genelinde içme suyu olarak kullanılmaya yönelik bir uygunluk var gibi görünse bile, bir suyun içme suyu olabilmesi için daha fazla standartları sağlaması gerekir. Suların içme suyu olarak kullanılabilirliğine yönelik TSE (Türk Standartları Enstitüsü), WHO (Dünya Sağlık Örgütü), EPA (Amerika Çevre Koruma Ajansı) ve Avrupa Birliği limitleri Çizelge 4.12'de sunulmuştur.

Çizelge 4.12. TSE, WHO, EPA ve EC İçme suyu standartları [22,23,24,25]

Parametre	TSE 266	WHO	EPA	EC Avrupa Birliği
BİRİNCİL STANDARTLAR (İNORGANİK KİMYASALLAR) mg/l				
Florür	1,5	1,5	4	1,5
Nitrat	50	50	10	50
İKİNCİL STANDARTLAR (ESTETİK) mg/l				
Klorür	600	250	250	250
pH	6,5-9,2	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-9,5
Sülfat	250	250	250	250
İLAVE PARAMETRELER mg/l				
Kalsiyum	200			
Magnezyum	50			
Sodyum	175	200		200
Potasyum	12			

Çizelge 4.10'deki veriler, Çizelge 4.12 ile karşılaştırıldığında; TSE'ye göre; 11 nolu numunede magnezyum miktarının standardın üstünde olduğu görülmektedir. WHO ve EPA'ya göre (24, 28, 34) nolu numunelerde pH değeri standart değerlerin üzerindedir. Bu nedenle içme suyu olarak kullanılamazlar.

4.6. Yeraltı Sularının Kayaçlarla İlişkisi ve Suların Mineral Doygunlukları Açısından incelenmesi

Yeraltı sularında oluşan kimyasal tepkimeler, hidrokimyasal ortam hakkında yorum yapabilme olanağı sağlamaktadır. Bu amaçla inceleme alanındaki suların çeşitli minerallere göre doyguluk durumları incelenmiştir. Doygunluk indisi (Saturation index,SI); her mineral için özellikle sıcaklıkla ve kısmen de basınçla değişen değerler içermektedir.

Bilgisayar programında elde edilen SI sonuçları Çizelge 4.13'de verilmiştir. Sonuçların değerlendirilmesinde; suların anhidrit, aragonit, kalsit, dolomit, jips ve halit minerallerine doygulukları esas alınarak sonuçların değerlendirileceği grafik oluşturulmuştur (Şekil 4.6)

Grafik incelendiğinde şöyle bir yoruma ulaşılmıştır. Su örnekleri; anhidrit, jips ve halite doygun değildir. Kalsite doygun olan örnekler genellikle dolomite de doygundur, ki bu durum zaten minerallerin kimyaları açısından da, olması muhtemel bir durumdur. Tüm sular incelendiğinde genel anlamda, (1, 5, 26) numaralı numunelerin kendi aralarında, (2, 18, 19, 29, 31, 32, 33) numaralı numunelerin kendi aralarında, (3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 21, 30, 36) numaralı numunelerin kendi aralarında ve (12, 13, 16, 22, 24, 27, 28, 34, 35) numaralı numunelerin kendi aralarında benzer özellikler gösterdiği görülmektedir.

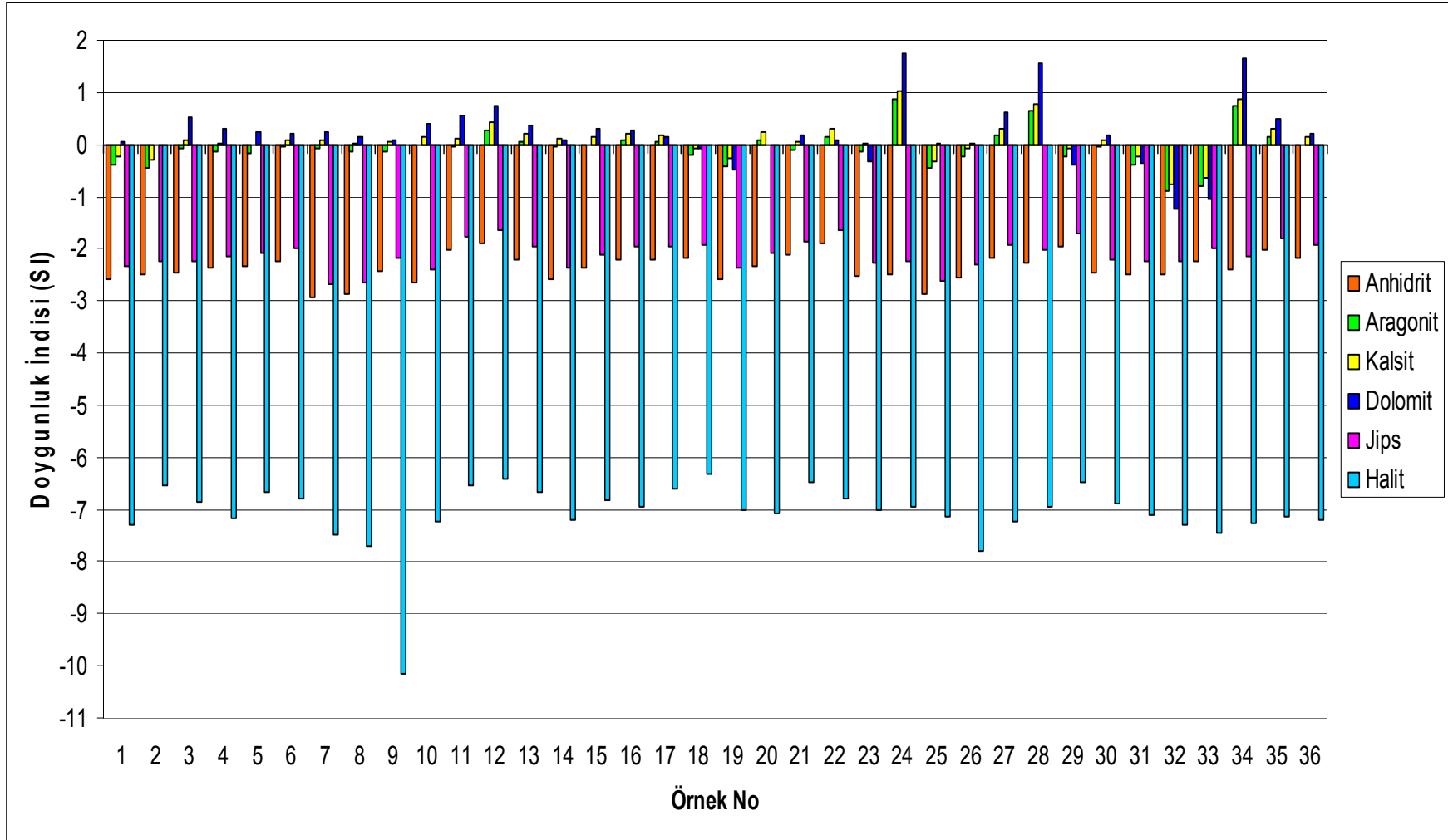
Çizelge 4.13. İnceleme alanına ait kuyulardan derlenen su örneklerine ait SI değerleri

	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 6	No 7	No 8	No 9	No 10
Anhidrit	-2,57	-2,48	-2,47	-2,38	-2,32	-2,24	-2,92	-2,88	-2,43	-2,66
Aragonit	-0,39	-0,45	-0,08	-0,13	-0,16	-0,05	-0,08	-0,13	-0,12	-0,01
Kalsit	-0,24	-0,30	0,07	0,02	-0,01	0,10	0,07	0,02	0,04	0,14
Dolomit	0,05	-0,02	0,53	0,30	0,23	0,22	0,23	0,15	0,07	0,39
Jips	-2,32	-2,24	-2,23	-2,14	-2,07	-1,99	-2,67	-2,64	-2,18	-2,41
Halit	-7,31	-6,54	-6,85	-7,18	-6,67	-6,80	-7,47	-7,71	-10,16	-7,23

	No 11	No 12	No 13	No 14	No 15	No 16	No 17	No 18	No 19	No 20
Anhidrit	-2,02	-1,90	-2,20	-2,60	-2,37	-2,20	-2,21	-2,17	-2,59	-2,33
Aragonit	-0,04	0,27	0,04	-0,04	-0,01	0,07	0,04	-0,21	-0,41	0,08
Kalsit	0,11	0,42	0,20	0,11	0,14	0,22	0,19	-0,06	-0,26	0,23
Dolomit	0,55	0,74	0,37	0,09	0,30	0,28	0,14	-0,07	-0,49	-0,02
Jips	-1,77	-1,65	-1,95	-2,35	-2,12	-1,95	-1,96	-1,92	-2,35	-2,08
Halit	-6,53	-6,42	-6,66	-7,19	-6,81	-6,95	-6,60	-6,31	-7,02	-7,07

	No 21	No 22	No 23	No 24	No 25	No 26	No 27	No 28	No 29	No 30
Anhidrit	-2,10	-1,88	-2,51	-2,48	-2,86	-2,54	-2,17	-2,26	-1,96	-2,47
Aragonit	-0,11	0,14	-0,12	0,88	-0,46	-0,22	0,17	0,64	-0,22	-0,05
Kalsit	0,04	0,30	0,03	1,03	-0,31	-0,07	0,32	0,79	-0,07	0,10
Dolomit	0,18	0,09	-0,31	1,75	0,01	0,01	0,62	1,55	-0,39	0,18
Jips	-1,85	-1,63	-2,27	-2,23	-2,62	-2,30	-1,92	-2,01	-1,72	-2,21
Halit	-6,49	-6,79	-7,00	-6,94	-7,15	-7,79	-7,24	-6,95	-6,49	-6,89

	No 31	No 32	No 33	No 34	No 35	No 36
Anhidrit	-2,48	-2,48	-2,25	-2,41	-2,03	-2,17
Aragonit	-0,39	-0,90	-0,80	0,73	0,16	-0,01
Kalsit	-0,23	-0,75	-0,65	0,88	0,31	0,14
Dolomit	-0,36	-1,22	-1,06	1,66	0,48	0,22
Jips	-2,23	-2,23	-2,00	-2,16	-1,79	-1,93
Halit	-7,12	-7,30	-7,45	-7,26	-7,13	-7,21



Şekil 4.6. İnceleme alanına ait kuyulardan derlenen su örneklerine ait mineral doygunluk diyagramı

Bölgenin litolojisi açısından örnekler incelenirken, inceleme alanı 3 farklı mevkii ile adlandırılmıştır. Bu mevkilerin yerleştiği jeolojiler Harita 3.1.'de açıkça görülmektedir. Mevkiyi belirterek yapılan değerlendirmelerde, o mevkii'nin jeolojik yapısının, mevkiiye ait su örneklerindeki mineral doygunlukları nasıl etkilediği araştırılmıştır.

Ümitköy Mevkii'nden alınan su örnekleri genel olarak Kalsit ve Dolomite doygunluk göstermektedir. Bu mevkideki formasyonlar Gölbaşı Formasyonu (Tg) ve Akbayır Formasyonu (Ja)'dur. Gölbaşı Formasyonu çok fazla doygunluk beklenen bir birim değildir. Ancak numune alınan noktaların Akbayır Formasyonu'na yakın olmalarından ve Akbayır Formasyonun kireçtaşı içermesinden dolayı, sular genel olarak kalsit ve dolomite doygunluk göstermektedirler. Akbayır Formasyonu aynı zamanda alttan Hasanoğlu Formasyonu ile girik durumdadır ve bu formasyon da kireçtaşı ihtiva etmektedir.

Ahmet Taner Kışlalı Mevkii'ne ait su örnekleri genel yapı itibariyle kalsit, dolomite ve aragonite doygunluk göstermektedir. Bunun nedeni mevkii'nin kireçtaşı ihtiva eden Akbayır Formasyonu (Ja) ve Alüvyon (Qa) biriminden oluşmasıdır. Alüvyon birimi karmaşık bir yapı gösterir ve çakıl, kul, kil ve silt bir arada bulunur. Alüvyonu meydana getiren malzemelerin kökenleri farklı olabilir. Bu oluşuklar, yağışlarla kendi yüzeylerinden beslendikleri gibi, ayrıca akarsu ve diğer akiferlerin sularını alüvyonlara boşaltabilir. Böylece, alüvyon suları değişik noktalarda kimyasal farklılıklar gösterebilir. Genel olarak SO_4^{-2} , Cl^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ iyonları önemli olabilir.

Konutkent Mevkii'nden alınan su örneklerinde bir kısmı kalsit, dolomit ve aragonite doygunluk gösterirken, bir kısmının da belirgin bir minerale doygunluk göstermediği belirlenmiştir. Doygunluk göstermeyen su örnekleri Gölbaşı Formasyonu (Tg)'nda yer almaktadır ki, bu da beklenen bir durumdur. Çünkü bu formasyon çok fazla doygunluk beklenen bir birim değildir. Kalsit, dolomit ve aragonite doygunluk gösteren su örnekleri ise;

kireçtaşı ihtiva eden Akbayır Formasyonu ve Hañçili Formasyonu üzerinde yer almaktadır.

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnceleme alanından alınan su örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmeye çalışılmış ve bu fiziksel ve kimyasal analizlerin sonuçları kullanılarak hidrojeokimyasal açıdan değerlendirmeler yapılmıştır. Bu kapsamda elde edilen analiz sonuçlarına göre grafiksel yorumlamalar yapılmış, sonuçlar hem sulama suyu hem de içme suyu kriterleri açısından ilgili yönetmelik ve standartlarla karşılaştırılmıştır. Bölgenin jeolojisi ile, suların mineral doygunlukları karşılaştırılarak su örneklerinin hangi jeolojiye ait akiferden geldiği yorumlanmıştır.

Yarı logaritmik Schoeller Diyagramı değerlendirildiğinde, bölgedeki jeolojik formasyonların içerdiği kireçtaşlarının etkisiyle ekseriyetle baskın iyonun Na^+ ve HCO_3^- olduğu tespit edilmiştir. Ahmet Taner Kışlalı mevkisinin merkez bölümünden alınan örnekler kendi aralarında ve Ümitköy Mevkisinin merkez bölümünden alınan su örnekleri de kendi aralarında birbirlerine paralel oluşturmaktadır ki, bunun sebebinin aynı formasyondan gelmeleri olarak düşünülebilir.

Piper Diyagramına göre; Ümitköy Mevkisinde 8. cadde altında kalan bölümünden alınan numuneler diyagram açıklamalarına göre $(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}) > (\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ olup karbonatlı ve sülfatlı sulardır, üst bölümünde olanlar $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$ olup sular tuzlu ve sodalıdır. Ahmet Taner Kışlalı Mevkisinden alınan su numunelerinin çoğunluğu $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$ olup sular tuzlu ve sodalıdır. Ayrıca $(\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{-2}) > (\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2})$ 'tür. Konutkent Mevkisinden alınan numunelerde de çoğunluk $(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}) > (\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ olup, sular, karbonatlı ve sülfatlı sulardır. Ayrıca Ayrıca $(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{-2})$ 'tür.

ABD Tuzluluk laboratuvarı Diyagramı'nı esas alarak yapılan değerlendirmelere göre; Ümitköy Mevkisinde 8. cadde altında kalan bölümünden alınan numuneler orta tuzlulukta su; orta derecede suya ihtiyaç gösteren bitkiler için

kullanılabilir; orta derecede sodyumlu sudur, permeabilitesi iyi olan jipsli arazi için uygundur. Caddenin üst kısmından alınan numuneler ise fazla tuzlu, drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılamaz; Az sodyumlu sudu, sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygundur. Ahmet Taner Kışlalı ve Konutkent Mevkisinden alınan su numunelerinin çoğunluğu da fazla tuzlu, drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılamaz; az sodyumlu sudu, sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygundur.

Wilcox Diyagramına göre inceleme alanından alınan su numunelerinin sulamaya uygun olup olmadığı araştırılırken, bu sulara ait sodyum yüzdesi (%Na) ve sodyum adsorpsiyon değerleri (SAR) hesaplanmıştır. Hesaplamalar ve diyagram yorumuna göre; inceleme alanından alınan 36 adet numunenin 25'i "çok iyi-iyi" sınıfında yer almaktadır. Numunelerin 8 adedi ise "iyi- kullanılabilir" sınıfındadır ve bu numuneler Ahmet Taner Kışlalı Mevkisinden alınmış olan numunelerdir. Geriye kalan 3 adet numune ise "şüpheli kullanılabilir" sınıfında olup; bu numunelerin 2 adedi Ümitköy Mevkisinden, 1 adedi de Konutkent Mevkisinden alınan numunelerdir.

İnceleme alanından alınan su numunelerinin bazı fiziksel ve kimyasal analizlerinin yapılmasındaki genel amaç, bu bölgedeki suların sulama amaçlı kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Ancak elde edilen verilerin bir kısmı içme suyu olarak kullanılabilirliği hakkında fikir vermektedir. Elde edilen veriler standartlarla karşılaştırıldığında; TSE'ye göre Ahmet Taner Kışlalı mevkiinden alınan 11 nolu numunede magnezyum miktarının standardın üstünde olduğu görülmektedir. WHO ve EPA'ya göre (24, 28, 34) nolu numunelerde pH değeri standart değerlerin üzerindedir. Bu nedenle içme suyu olarak kullanılamazlar.

Standart parametrelerin dışında su örneklerinde yapılan diğer kimyasal analizler sudaki bor ve florür miktarının belirlenmesidir. Analiz sonuçlarına göre; alınan 36 numuneden 23 adedindeki bor miktarı (mg/l) sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kriterlerine göre 1. sınıf sudur

(0-0,5 mg/l) ve “çok iyi” grubunda, sulamaya uygun sulardır. Bu numunelerin 7 adedi Ümitköy mevki, 8 adedi Ahmet Taner Kışlalı Mevkii ve 9 adedi de Konutkent mevkiine ait numunelerdir. Geriye kalan 13 adet numune ise 2. sınıf sudur (0,5-1,12 mg/l) ve “iyi” grubunda sulamaya uygun sulardır ve bu özellikteki suların çoğunluğu Ahmet Taner Kışlalı mevkiindedir.

Florür için ise içme sularında kabul edilebilir en yüksek değerler 1 mg/l, müsaade edilebilen en yüksek değer 1,5 mg/l’dir. Bu kriterlere göre numunelerin 12 adeti içme suyu açısından kabul edilebilir sınırlar içerisindeyken; 24 adedi müsaade edilebilen en yüksek değerler içerisinde.

Florür analizlerinin sonuçları yeraltı sularındaki standart değerlere göre değerlendirildiğinde ise; içme suyu standartlarına göre kabul edilebilir sınıftaki 12 adet numunenin, 1. sınıf sular içinde yer aldığı ve “Yüksek kaliteli su” olarak, yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini, alabalık üretimi, rekreasyonel amaçlar, hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı ile diğer amaçlar için kullanılan sular olduğu belirlenmiş; geriye kalan ve yine içme suyu standartlarına göre müsaade edilebilen en yüksek değerler içerisinde yer alan 24 adet numunenin, “Az kirlenmiş su” olarak, ileri uygun bir arıtma ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık dışında balık üretimi, teknik usuller tebliğinde verilecek olan sulama suyu kalitesini kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Bölgenin litolojisi açısından örneklerle bakıldığında ise; Ümitköy Mevkii’nden alınan su örnekleri genel olarak Kalsit ve Dolomite doygunluk göstermektedir. Bu mevkideki formasyonlar Gölbaşı Formasyonu (Tg) ve Akbayır Formasyonu (Ja)’dur. Gölbaşı Formasyonu çok fazla doygunluk beklenen bir birim değildir. Ancak numune alınan noktaların Akbayır Formasyonu’na yakın olmalarından ve Akbayır Formasyonun kireçtaşı içermesinden dolayı, sular genel olarak kalsit ve dolomite doygunluk göstermektedirler. Akbayır Formasyonu aynı zamanda alttan Hasanoğlu Formasyonu ile girik durumdadır ve bu formasyon kireçtaşı ihtiva etmektedir.

Ahmet Taner Kışlalı Mevkii'ne ait su örnekleri genel yapı itibariyle kalsit, dolomite ve aragonite doygunluk göstermektedir. Bunun nedeni mevkiinin kireçtaşı ihtiva eden Akbayır Formasyonu (Ja) ve Alüvyon (Qa) biriminden oluşmasıdır. Alüvyon birimi karmaşık bir yapı gösterir ve çakıl, kul, kil ve silt bir arada bulunur. Alüvyonu meydana getiren malzemelerin kökenleri farklı olabilir. Bu oluşuklar, yağışlarla kendi yüzeylerinden beslendikleri gibi, ayrıca akarsu ve diğer akiferlerin sularını alüvyonlara boşaltabilir. Böylece, alüvyon suları değişik noktalarda kimyasal farklılıklar gösterebilir. Genel olarak SO_4^{-2} , Cl^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ iyonları önemli olabilir.

Konutkent Mevkii'nden alınan su örneklerinde bir kısmı kalsit, dolomit ve aragonite doygunluk gösterirken, bir kısmının da belirgin bir minerale doygunluk göstermediği belirlenmiştir. Doygunluk göstermeyen su örnekleri Gölbaşı Formasyonu (Tg)'nda yer almaktadır ki, bu da beklenen bir durumdur. Çünkü bu formasyon çok fazla doygunluk beklenen bir birim değildir. Kalsit, dolomit ve aragonite doygunluk gösteren su örnekleri ise; kireçtaşı ihtiva eden Akbayır Formasyonu ve Hançili Formasyonu üzerinde yer almaktadır.

Numunelere ait fasiyes ve mineral doygunlukları sonuçlarının da uyum içinde olduğu görülmüştür. Su örneklerinin 27 adedinde hakim fasiyes ($\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$), 6 adedinde ($\text{Mg}^{+2} + \text{HCO}_3^-$), 1 adedinde ($\text{Ca}^{+2} + \text{HCO}_3^-$) ve 2 adedinde ($\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$) 'dür. Su örneklerinde aragonit, kalsit ve dolomit minerallerine doygunluk olduğu saptanmış; anhidrit, jips ve halite ise doygun olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Aragonit (CaCO_3), kalsit (CaCO_3) ve dolomit $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ 'e ait kimyasallar formüllerin, (HCO_3^-) fasiyesi ile uyumlu olması da, sonuçları daha da güçlendirmektedir.

Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde; sulama suyu olarak kullanıma en uygun yeraltı sularının Konutkent mevkiine ait olduğu tespit edilmiştir. Ancak; bu mevkide bulunan sular diğer mevkilerdeki sularda olduğu gibi, ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına göre 'fazla tuzlu sular' sınıfına girdiğinden,

drenajın yeterli bulunduğu durumlarda ve tuza dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesinde kullanımı önerilmektedir.

Tez çalışması kapsamında analizi yapılan parametreler, içme suyu kalitesinin belirlenmesi amacıyla yapılan analizlerin bazılarıyla aynı olduğundan, sadece bu parametreler yönünden numunelerin içme suyu olarak kullanılabilirliği de araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre de içme suyu olarak kullanım için; en iyi özellikteki yeraltı sularının Ümitköy Mevkiine ait olduğü tespit edilmiştir. Ancak; suların içme suyu olarak kullanılabilmesi için ölçülen ve değeriendirilen bu parametrelerin yanı sıra TS-266'daki tüm limit değeriilerin sağlanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Çakmak, B., Aküzüm, T., Çiftçi, N., Zaimoğlu, Z., Acar, B., Şahin, M., Gökalp, Z., “Su Kaynaklarının Geliştirilmesi ve Kullanımı” **TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği VI.Teknik Kongresi**, Ankara, 1:191-211 (2005).
2. “Yeraltı suyu Arama Faaliyetleri”, DSI Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı, Etüt ve Değerlendirme Şube Müdürlüğü, **DSİ Yayınları**, Ankara, 23 (1999).
3. Varol, S., Varol, E., Davraz, A., “Yeraltı suyu Kimyası ve Sağlığa Etkisinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi” **TAF Preventive Medicine Bulletin**, 7(4):351-356, (2008)
4. İnternet: Devlet Su İşleri “Toprak ve Su Kaynakları” <http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm> (2007)
5. İnternet : Wikipediada “Yenimahalle, Ankara” <http://tr.wikipedia.org/wiki/Yenimahalle,Ankara>
6. İnternet: Yenimahalle Belediyesi “İlçe Haritası” <http://www.yenimahalle.bel.tr/icerik.aspx?icerikid=280> (2008)
7. İnternet: Yenimahalle Kaymakamlığı “ İlçemizi Tanıyın” <http://www.yenimahalle.gov.tr/ilcemiz.html>
8. “Ankara İl Çevre Durum Raporu”, **T.C. Ankara Valiliği, İl Çevre Ve Orman Müdürlüğü Basımevi**, Ankara (2007)
9. Akyürek B.ve arkadaşları, “1:100 000 ölçekli Açınımsal Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları No:55 Ankara-F15 Paftası” Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, **MTA Jeoloji Etütleri Dairesi Basımevi**, Ankara, 12,17,25, (1997).
10. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Sarıaslan, M., “Ankara İlilnin Çevre Jeolojisi ve doğal Kaynakları”, **MTA Jeoloji Etütleri Dairesi Basımevi** , Ankara, 55 (1999)
11. Vural, S., “Ankara ve Çevresinin Zirai Peyzaj Özellikleri”, **A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları**, Ankara, 476 (1972).
12. Aytekin Emekçi, K., Ankara Etimesgut İlçesinde Açık-Yeşil Alan Problemleri ve Peyzaj Mimarlığı Açısından Alınması Gerekli Önlemler, Yüksek Lisans Tezi, **A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı**, Ankara, 21-35 (1995)

13. İnternet: Afet İşleri Genel Müdürlüğü “Deprem Bölgeleri Haritası” (<http://www.gov.tr/linkhart.htm>), (2007)
14. İnternet: Çevre ve Orman Bakanlığı “ Numune Alma Klavuzu” <http://www.lab-cevreorman.gov.tr/download/numune.pdf> (2007).
15. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” **4 Eylül 1988 Tarihli ve 19919 Sayılı Resmi Gazete**, Ankara (1988)
16. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği”, **7 Ocak 1991 tarihli ve 20748 sayılı Resmî Gazete**, Ankara, (1991)
17. Clark, I., Fritz, P., “Environmental Isotopes in Hydrogeology”, **Lewis Publishers**, New York, 328 (1997).
18. Nadastepe, Ö., “Kazan Ankara Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Özelliklerinin ve Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 38 (2004).
19. Çuhadar, G. ve Tamgaç, S., “Hidrojeolojik Etütlerde Su Kimyası Verilerini Toplama ve Değerlendirme Yöntemleri”, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, **DSİ Yayınları**, Ankara, 1-22 (1994).
20. Todd, D.M., “Groundwater Hydrology”, Çeviri Editörü; A. Özkan, **DSİ Matbaası**, Ankara, 198-217 (1965).
21. Şahinci, A., “Doğal Suların Jeokimyası” Akdeniz Üniversitesi, Isparta Mühendislik Fakültesi, **Reform Matbaası**, İzmir, 228-280 (1991).
22. İnternet: Amerika Çevre Koruma Ajansı, “İçme Suyu Standardı” <http://www.epa.gov/safewater/consumer/mcl.pdf>(2007).
<http://www.epa.gov/safewater/consumer/2ndstandards.html> (2007).
23. Türk Standartları Enstitüsü, “TS 266, Sular-İçme ve Kullanma Suları”, TSE, **TSE Yayınları**, Ankara, (1997).
24. İnternet: “Avrupa Birliği İçme Suyu Standardı” <http://www.lenntech.com/EU's-drinking-water-standards.htm> (2007).
25. İnternet: Dünya Sağlık Örgütü, “İçme Suyu Standardı” http://who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/ (2007).
http://who.int/water_sanitation_health/dwq/en/gdwq3_8.pdf (2007).
http://who.int/water_sanitation_health/dwq/en/gdwq3_10.pdf (2007).

EKLER

İÇME SUYU STANDARTLARI

Parametreler mg/l	Türk TSE	Avrupa Birliği	WHO	EPA/USA
Kalsiyum	100-200	100	--	--
Magnezyum	30-50	50	30-50	--
Sodyum	20-175	20-150	200	--
Potasyum	12	12	--	--
Alüminyum	0,2	0,2	0,2	--
Demir	0,3	0,2	0,3	0,3
Manganez	0,1	0,05	0,1	0,05
Bakır	1	--	1	1
Çinko	5	--	5	5
Baryum	0,3	0,1	0,7	2
Bor	0,1-0,3	1	0,3	--
Klor	30	--	250	--
Sülfad	20	250	400	--
Florid	1	1,5	1,5	4
Nitrat	25	50	10	10
Fosfat	0,4-5	0,4-5	--	--
Amonyak	0,05-0,5	0,05-0,5	0,2	--
Nitrit	0,05	0,1	--	1
Organik Madde	2	5	--	--
TOKSİT MADDELER				
Arsenik	0,05	0,01	0,05	0,05
Kadmiyum	0,005	0,005	0,005	0,005
Siyanürler	0,05	0,05	0,1	0,2
Civa	0,001	0,001	0,001	--

Nikel	0,05	0,05	0,02	--
Kurşun	0,05	0,01	0,05	--
Antimon	0,01	0,005	0,004	0,006
Selenyum	0,01	0,1	0,01	0,05
Gümüş	--	--	--	0,1
Krom	0,05	0,05	--	0,1
Turbitidy (Bulanıklık)	5,25 NTU	04-4 NTU	5 NTU	0,5- NTU
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLER (KİRLETİCİ)				
Sıcaklık	C 12-25	C 12-25	--	--
Ph	6,5-9,2	6,5-8,5	6,5-9,5	6,5-8,5
Renk (Pt-Co)	1-20 R	1-20 R	15 R	15 R
Bulanıklık	5-25	0,4-4	5	--
İletkenlik ms/xm	400-200	400	--	--
Klorürler	25-600	25	250	250
Serbest klor	0,1-0,5	--	--	--
Sülfatlar	25-250	250	--	250
Kalsiyum	100-200	100	--	--
Magnezyum	30-50	30-50	--	--
Sodyum	20-175	20-150	200	--
Potasyum	10-12	10-12	--	--
Alüminyum	0,05-0,2	00,2	--	0,05-0,2
Buharlaştırma kalıntısı	1500	--	--	500 (TDS)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : YILDIZ, Göklen Ece
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 09.04.1983 Ankara
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 231 00 95
 e-mail : ece.yildiz@yahoo.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Anadolu Üniversitesi	
	Çevre Mühendisliği Bölümü	2006
Lise	Ayrancı Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2006-2007	Çev-Test Ölçüm Laboratuvarı	Raportör (Emisyon Raporları)
2007-2008	Vadi Mühendislik İnş.San. ve Tic.Ltd.Şti	Raportör (ÇED Raporları)
2009-.....	İstanbul Büyükşehir Belediyesi	Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Spor, Müzik, Fotoğrafçılık, Kitap