

**BAĞLICA (ETİMESGUT) YERALTI SULARININ
HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN VE BAZI KİRLİLİK
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

Meltem ÜNAL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MART 2007
ANKARA**

**BAĞLICA (ETİMESGUT) YERALTI SULARININ
HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN VE BAZI KİRLİLİK
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

Meltem ÜNAL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MART 2007
ANKARA**

Meltem ÜNAL tarafından hazırlanan BAĞLICA(ETİMESGUT) YERALTI SULARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN VE BAZI KİRLİLİK PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ adlı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof.Dr.Nail ÜNSAL
Tez Yöneticisi

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

Başkan : Prof.Dr. Beytiye ÖZGÜN_____

Üye : Prof.Dr. İbrahim GÜRER_____

Üye : Prof.Dr. Nail ÜNSAL_____

Üye : Doç.Dr. Mehmet ÇELİK_____

Üye : Yrd.Doç.Dr. Şule TÜDEŞ_____

Tarih : 02 / 03 / 2007

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

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.

Meltem ÜNAL

**BAĞLICA(ETİMESGUT) YERALTI SULARININ
HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN VE BAZI KİRLİLİK
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Meltem ÜNAL

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mart 2007**

ÖZET

Bu çalışma, Bağlıca (Etimesgut)'da seçilen inceleme alanında yeraltı sularının hidrojeokimyasal özelliklerinin ve bazı kirlilik parametrelerinin belirlenmesini kapsar. Kuyulardan alınan yeraltı suyu örneklerinin pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik parametreleri yerinde ölçülmüş, laboratuvarda ise katyon ve anyon analizleri yapılmıştır. Sonuçlar grafiksel yöntemlerle, standartlar ve yönetmeliklerle karşılaştırılmıştır.

İnceleme alanına ait su kimyası verilerinin değerlendirilmesi sonucu; yeraltı sularındaki baskın hidrokimyasal fasiyesin sodyum ve bikarbonat olduğu, yalnız bir örneğin sodyum ve sülfat fasiyesinde olduğu tesbit edilmiştir.

Standart parametrelerin dışında, su örneklerinde bor ve florür analizleri de yapılmış ve yine içmesuyu 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. Su örneklerinde aragonit, kalsit ve dolomit minerallerine doygunluk olduğu saptanmış; anhidrit, jips ve halite ise doygun olmadığı

sonucuna ulaşılmıştır. Su örneklerinin ait olduğu fasiyes ile doygunluk hesaplamaları değerdendirilmiş ve uyumluluk karşılaştırılması yapılmıştır. Tüm bu sonuçlar değerdendirildiğinde; su örneklerine ait hidrokimyasal fasiyeslerin, jeolojik birimlerde baskın olarak yer alan minerallerin çözünmesinden kaynaklandığı belirlenmiştir.

Bilim Kodu :903 . 1.126
Anahtar Kelimeler :Hidrojeokimya, Yeraltı Suyu, Bağhca, Kirlilik
Sayfa Adedi :64
Tez Yöneticisi :Prof.Dr.Nail ÜNSAL

**IDENTIFICATION OF HYDROGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS
AND POLLUTION PARAMETERS FOR BAGLICA (ETIMESGUT)
UNDERGROUND WATERS
(M.Sc. Thesis)**

Meltem ÜNAL

**GAZİ UNIVERSITY
SCIENCE INSTITUTE**

March 2007

ABSTRACT

This study comprises identification of hydrogeochemical characteristics and certain pollution parameters for the underground waters in the selected study area in Baglica (Etimesgut). The parameters for the pH value, temperature and electrical conductivity of the samples of underground water collected from wells were calculated on site, and their cation and anion analyses have been carried out in the laboratory. Using graphics methods the cross tabulation of the results against the standards and guidelines were generated.

The assessment of water chemistry data in the study area led to the conclusion that the dominant hydrochemical facies in the underground waters are sodium bicarbonate type; sodium sulphate water type was found only in one sample.

In addition to the standard parameters, quantity analyses for boron and fluoride have also been carried out and a cross comparison between the findings and the standards for drinking and irrigation water was computed.

Within the framework of hydrogeological studies, hydrogeological formations 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. While the water samples exhibited aragonite, calcite and dolomite saturation, they were unsaturated with respect to anhydride, gypsum and halide. Facies types and saturation calculations have been studied and a consistency comparison was performed. In conclusion of these results, it can be said that the facies types from the water samples originate from mineral saturations consistent with the geology of the area.

Science Code	:903 . 1.126
Key Words	:Hydrogeochemistry,Underground Water,Bağlıca,Pollution
Number of pages	:64
Adviser	:Prof.Dr.Nail ÜNSAL

TEŞEKKÜR

Tez konusu ve kapsamının belirlenmesinde, çalışmalar sırasında karşılaşılan her türlü problemin aşılmasında ve sonuçların değerlendirilmesindeki yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Sayın Prof.Dr.Nail ÜNSAL'a, tez çalışması sırasında pek çok konuda kıymetli tecrübelerine başvurduğum hocam Sayın Prof.Dr.Atilla MURATHAN'a, bölge hakkındaki ayrıntılı bilgilerini benimle paylaşarak tezi şekillendiren kuyu yerlerinin tesbitinde yardımcı olan An-Son Sondaj'a,Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Kimya Laboratuvarlarının tüm çalışanlarına, labaratuvar çalışmalarında emeği bulunan Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Su Laboratuvarı çalışanlarına, değerlendirme ve yorumlamalardaki katkılarından dolayı Jeoloji Yüksek Müh. Oktay ÇELMEN'e ve Sayın Jeoloji Müh. Eren ÜNVER'e, arazi çalışmalarına benimle katılan ve varlığıyla beni güçlendiren Sayın Necip ÜNAL'a ve ayrıca bana her zaman her konuda sonsuz bir sabırla destek olan çok sevgili aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1.GİRİŞ.....	1
2.İNCELEME ALANI.....	5
2.1.İnceleme Alanına Ulaşım.....	5
2.2. İnceleme Alanının Sosyo-Ekonomik Özellikleri.....	8
2.3.İnceleme Alanının Coğrafi Özellikleri.....	9
2.3.1.Yeryüzü şekilleri.....	9
2.3.2.Akarsular.....	9
2.3.3.Göller.....	10
2.3.4.İklim.....	10
2.3.5.Bitki örtüsü.....	11
2.3.6.Toprak özellikleri.....	11
3.JEOLOJİ.....	12
3.1.Genel Jeoloji.....	12

Sayfa

3.2.Jeomorfoloji.....	16
3.3.Hidroloji.....	18
3.4.Tektonik ve Depremsellik.....	20
4.SU KİMYASI.....	22
4.1. Numune Alma ve Analiz	22
4.2. Su Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları.....	23
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. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı.....	36
4.4.2. Wilcox Diyagramı.....	38
4.5. Yeraltı Sularının İçmesuyu Olarak İncelenmesi.....	45
4.6. Yeraltı Sularının Kayaçlarla İlişkisi ve Suların Mineral Doygunlukları Açısından İncelenmesi.....	48
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR.....	58
EKLER.....	61
EK-1 Bölgenin yüzey suları	62
EK-2 Bölgenin 1/5 000 ölçekli topoğrafik haritası	63
ÖZGEÇMİŞ.....	64

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Yeraltı suları lokasyonları, suyun debisi, kuyuların derinliği ve rakım.....	7
Çizelge 2.2. Etimesgut İlçesine ait nüfus dağılımı.....	8
Çizelge 4.1. Analiz yöntemleri.....	23
Çizelge 4.2. İnceleme alanından alınan su numunelerinin anlık ve kimyasal analiz sonuçları ve EN(%) değerleri.....	24
Çizelge 4.2.(Devam)İnceleme alanından alınan su numunelerinin anlık ve kimyasal analiz sonuçları ve EN(%) değerleri.....	25
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.....	36
Çizelge 4.6. ABD Tuzluluk Diyagramına göre su numunelerinin sınıflandırılması.....	38
Çizelge 4.7. Wilcox Diyagramına göre su numunelerinin sınıflandırılması.....	40
Çizelge 4.8. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan kalite kriterleri.....	41
Çizelge 4.9.Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan kalite kriterleri'ne göre, suların sınıflandırılması.....	42
Çizelge 4.10. SKKY Tablo 1:Kıtaçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.....	43
Çizelge 4.11. İnceleme alanına ait numunelerin SKKY Tablo:1'e göre sınıflandırılması.....	44
Çizelge 4.12. TS-266'ya göre su örneklerinin değerlendirilmesi.....	45
Çizelge 4.13. TSE, WHO, EPA ve EC İçmesuyu standartları.....	46
Çizelge 4.14. İnceleme alanına ait su numunelerinde ölçüm ve analizi yapılan bazı parametreler.....	47

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.15. İnceleme alanına ait kuyulardan derlenen su örneklerine ait SI değerleri.....	49

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. DİE'nin nüfus öngörülerine göre, kişi başına düşen su rezervi.....	2
Şekil 3.1. Harita 3.1'e ait harita birimlerinin açıklanması.....	15
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	37
Şekil 4.5. Su numunelerine ait Wilcox Diyagramı.....	39
Şekil 4.6. İnceleme alanına ait kuyulardan derlenen su örneklerine ait mineral doymunluk diyagramı.....	50

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 2.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	6
Harita 3.1. İnceleme alanının 1/50 000 ölçekli açınsama nitelikli jeoloji haritası.....	14
Harita 3.3. 1/50 000 ölçekli Ankara ve çevresine ait jeomorfolojik harita.....	16
Harita 3.4. Ankara kenti ve yakın çevresinin akarsu ve durgun su yüzeyleri (1:500 000 ölçekli Türkiye Fiziki Haritası).....	20
Harita 3.5. Bölgenin deprem haritası.....	21

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklamalar
mek/l	miliekivalen/litre

Kısaltmalar	Açıklama
DSİ	Devlet Su İşleri
EC	European Community
EPA	Environmental Protection Agency
MTA	Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü
RSC	Artıksal Sodyum Karbonat
SAR	Sodyum Adsorpsiyon Oranı
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
WHO	World Health Organization
YAS	Yeraltı Suyu

1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusu, kişi başına düşen içme ve kullanma amaçlı su tüketimini fazlaştırmaktadır. Bunun sonucu olarak; tatlısu elde edebilmek için, yüzey sularının kullanımının yetersiz kaldığı durumlarda, yeraltı sularından da faydalanmak gerekir. Ancak diğer dünya ülkelerinde olduğu gibi, Türkiye’de de yeraltı sularının kirlenmesi önemli bir çevre sorunudur.

Yeraltı sularının aranması ve korunması konusunda, ülkemizde 1961 yılında “167 sayılı Yeraltı suları Hakkında Kanun” kabul edilmiştir ve buna göre, yeraltı suları, devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Yeraltı suları Hakkında Kanun gereğince hazırlanmış olan tüzük ve yönetmeliklere göre yeraltı suları ile ilgili her türlü işlemi devlet adına Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü yapar. 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 [1].

Türkiye’de yeraltı suyu kirlenmesinin en önemli sebebi, evsel atıkların yer altı suyuna taşınmasıdır. Büyük kentlerde bile yetersiz kalan altyapı tesisleri, küçük yerleşim yerlerinde hemen hiç bulunmamakta, fosseptik çukurlardan sızarak yeraltı sularına ulaşabilmektedir. Bunun sonucu olarak su ile geçen bulaşıcı hastalıklara (Sarılık, bağırsak parazitleri) Türkiye’de sık rastlanmaktadır [2].

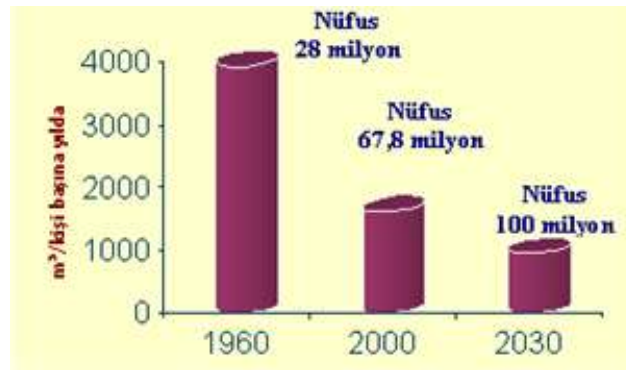
Yeraltı suyu kirlenmesinin nedenlerinden biri de endüstrilerdir. Endüstri kuruluşları, ulaşım imkanlarının iyi ve su kaynaklarının bol bulunduğu ovaları tercih etmekte, bazı durumlarda su kaynağının üzerine yerleşmektedirler. Bu durum, endüstriyel kirliliğe yol açmaktadır [2].

Türkiye, endüstrileşme yolunda, mesafeler kat etmekteyse de halen tarım ülkesi olma özelliğini de devam ettirmektedir. Özellikle son 20-25 yıldır ürün verimini artırma

amacıyla tarım ilaçları (pestisid) ile doğal ve yapay gübre kullanımındaki artış, önemli bir kirlenme kaynağı oluşturmaktadır [2].

Deniz kıyısına yakın yerlerde karşılaşılan bir problem de deniz suyu girişimidir. Tuzlu su girişimi yeraltı suyunun aşırı çekilmesi (kullanılması) sonucu meydana gelmektedir. Deniz kıyılarında, deniz suyu ile akarsu ve yeraltı suları arasında bir tatlı su-tuzlu su karışma bölgesi bulunmaktadır. Denize yakın akiferlerden aşırı miktarlarda su çekildiğinde, tatlı su basıncı düşmekte ve deniz suyu kara içinde ilerlemektedir. 167 sayılı kanun ile, DSİ'nin izni olmadan yeraltı suyu çekiminin, yasaklanmış olmasına rağmen, yapılan hesaplar Türkiye'de büyük miktarlarda kaçak çekim olduğunu ortaya koymaktadır. Bu da yeraltı suyu seviyesinin yıldan yıla düşmesi sonucunu doğurmaktadır [2].

Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) 2030 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda 2030 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1000 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 [3].



Şekil 1.1. DİE'nin nüfus öngörülerine göre, kişi başına düşen su rezervi [3]

DSİ Genel Müdürlüğü'nün 1991 yılı envanter çalışmalarına göre, Türkiye'de yeraltı suyunun işletilebilecek miktarı $11,6 \text{ km}^3$ olup, bunun $3,6 \text{ km}^3$ 'ü sulamaya ve 3 km^3 'ü de içme, kullanma ve sanayiye ayrılmıştır [4].

Yeraltı suyunun kullanım amacına uygun olup olmadığı, yapılacak olan fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik incelemeler sonucu belirlenir. Yeraltı suyunun belirli nitelikte olması, içerisinde bulunan maddelerin belirli limitler arasında kalmasını gerektirir.

Yeraltı sularının fiziksel özellikleri; sıcaklık, renk, askıda katı madde, koku ve tatdır. 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^-) iyonlarıdır.

Bu tez çalışması kapsamında; yeraltı suyunun kalitesinin belirlenmesi ve korunmasına ışık tutabilmesi açısından; Ankara İli, Etimesgut İlçesi, Bağlıca Köyü bölgesine ait yeraltı suyu kalitesi ve kirlilik parametrelerinin düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bölgeden alınan 20 adet kuyu suyu numunesi için, ağırlıklı olarak hidrokimyasal 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 çalışmaları, ağırlıklı olarak literatür taraması şeklinde olmuştur. Bu kapsamda bölgede yapılan çalışmalar ve konuyla ilgili yayınlar derlenerek, bölgenin jeolojisi, hidrojeolojik durumu, mevcut kuyular ve bölgedeki su problemleri hakkında ön bilgiler toplanmıştır.

İnceleme alanında tespit edilebilen su kuyuları hakkında en doğru bilgiye ulaşabilmek için, kuyuların açılmasını gerçekleştiren sondaj firmalarına ulaşılmış ve yetkili kişilerden her bir kuyunun özel bilgilerine (derinlik, debi, filtre kullanımı vb.) ulaşılmıştır.

5, 8, 15 ve 20 nolu kuyular hariç tutulursa örneklerin alındığı sondaj kuyuları, yüzeye yakın değildir ve derinlerdedir. Derin kuyu sondajlarından elde edilen sulardaki analiz sonuçlarında, zamana bağlı olarak, çok farklı değişimler gözlenmez. Bu sebeple inceleme alanından, su numuneleri 2006 yılının Temmuz ayında bir sefere mahsus olarak alınmıştır. Yerinde yapılabilen anlık ölçümler yapılmış, diğer parametreler için numuneler, standartlara uygun bir şekilde, analizin yapılacağı laboratuvarlara ulaştırılmıştır.

Yapılan analizlerin sonuçları; , Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları ile TS-266(1997)'ye 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.

2. İNCELEME ALANI

İnceleme alanının, içerisinde yer aldığı Etimesgut İlçesinin; Ankara'ya olan uzaklığı, 17 km olup, Ankara-İstanbul Karayolu ile Ankara-Eskişehir Karayolu arasında bulunmaktadır. İlçe, Ankara Büyükşehir Belediyesi sınırları içinde kentin batı koridorunda yer almaktadır. Ayrıca inceleme alanının Yer Bulduru Haritası, Harita2.1.de sunulmaktadır [5].

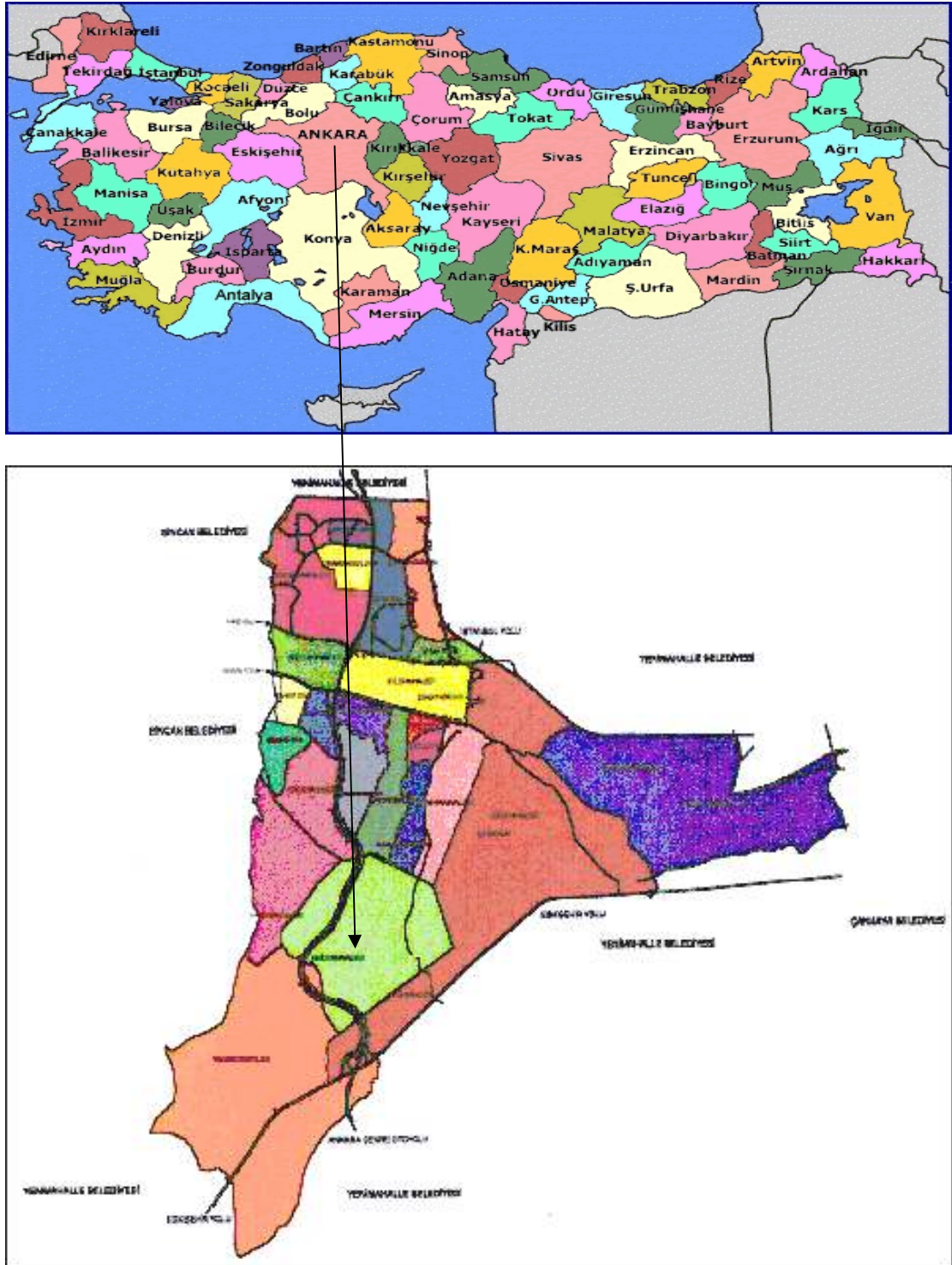
2.1. İnceleme Alanına Ulaşım

İnceleme alanına, Ankara-İstanbul Karayolu ve Ankara-Eskişehir Karayolu ile ulaşım sağlanabilme imkanı vardır. Ankara-İstanbul demiryolu hattı ilçenin ortasından geçmektedir.

İlçe Ankara Merkeze 17 km uzaklıkta yer alan ve çevresinde önemli Devlet Yolları bulunan bir yerleşim birimidir. Güneyinde Eskişehir karayolu ile kuzeyinde İstanbul E-5 karayolu ve Ankara – Sincan karayolu, batısında da TEM otoyolu ile irtibatlandırılmıştır [5].

Etimesgut AŞTİ yolundan Zırhlı Birlikler ve Eğitim Tümen Komutanlığından geçerek İstasyon ve Doğu Caddesine devam eden yolda 35 metre gidiş gelişli yol projelendirilmiştir [6].

Ayaş Yolu Kavşak Düzenleme Çalışmaları planlanmış ve mevcut yol 4 gidiş, 4 geliş olmak üzere genişletme çalışmaları tamamlanmak üzeredir [6].



Harita 2.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (Ölçeksiz) [5]

İnceleme alanında numune alınan yeraltı suları lokasyonları, kuyuların derinliği, rakım ve suyun debisi ise Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Yeraltı suları lokasyonları, rakım, kuyuların derinliği ve suyun debisi

<i>Numune No</i>	<i>Koordinatlar (Y-X)</i>	<i>Rakım(m)</i>	<i>Kuyu Derinliği(m)</i>	<i>Suyun Debisi(l/s)</i>
1	364685-Y 4416457-X	913	172	2,5
2	364701-Y 4416556-X	923	200	2,5
3	364699-Y 4416555-X	908	70	1
4	364700-Y 4417495-X	902	80	1
5	364696-Y 4417665-X	904	12	2,5
6	364673-Y 4415653-X	943	140	3
7	364699-Y 4416166-X	935	175	2,5
8	364701-Y 4415968-X	947	15	2,5
9	364704-Y 4415190-X	967	230	5,5
10	364707-Y 4415396-X	978	215	6
11	364713-Y 4416100-X	945	432	2,5
12	364715-Y 4416295-X	1096	327	5,5
13	364707-Y 4415668-X	922	240	6
14	364701-Y 4415240-X	1045	280	6
15	364686-Y 4418749-X	906	15	3,5
16	364699-Y 4415777-X	977	120	2
17	364707-Y 4416124-X	947	320	5,5
18	364691-Y 4415531-X	965	142	3
19	364699-Y 4416387-X	917	90	1
20	364703-Y 4418645-X	898	8	3,5

2.2. İnceleme Alanının Sosyo-Ekonomik Özellikleri

17 Temmuz 1990 tarihinde ilk kaymakamı göreve başlamış, 4 Ağustos 1990 tarihinde İlçe teşkilatının kuruluşu tamamlanmış, 19 Ağustos 1990 tarihinde yapılan Belediye Başkanlığı seçimi ile Belediye teşkilatı kurulmuştur [7].

Çizelge 2.2. Etimesgut İlçesine ait nüfus dağılımı [6]

	1990	1997	2000
Merkez	69,960	126,182	169,615
Bağlıca Köyü	522	548	938
Yapracık Köyü	840	665	740
<i>TOPLAM</i>	<i>71,322</i>	<i>127,395</i>	<i>171,293</i>

İlk Genel Nüfus Sayımının yapıldığı 1927 yılında 200 olan Etimesgut Nüfusu 1990 yılında 69.960, 1997 yılında 126.182, 2000 yılı genel nüfus sayımı sonuçlarına göre 171.293'dür [6].

Mahalle ve Köyleri;

İlçede 24 adet mahalle muhtarlığı mevcuttur. Etimesgut'a bağlı iki köy bulunmaktadır. Bu köyler;

- 1- *Bağlıca Köyü* : Etimesgut'a uzaklığı 7 km olan köyün imar çalışmaları Bağlıca 1.Etap ve Bağlıca 2.Etap olarak yapılmış ve tamamlanmıştır.
- 2- *Yapracık Köyü* : Etimesgut'a uzaklığı 18 km'dir. Köy içi planlaması yapılmakta olup, köy çevresinde kalan 2 800 hektarlık alan plansız olup, belediye mücavir alanı sınırları içerisindedir [5].

İlçede konut sıkıntısı yoktur. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığınca Eryaman semtinde tahsis edilen yerlere Etaplar halinde konut yapımına devam edilmektedir.

İlçe merkezinde yaşayan halkın çoğunluğunu orta gelirli işçi, memur ve küçük esnaf teşkil etmektedir. Yurdun hemen hemen her köşesinden gelip ilçeye yerleşen insanları görmek mümkündür. İlçede sosyal yaşantı Türkiye standartlarındadır.

Atatürk'ün emriyle 1924-1928 yıllarında iskana açılan 1923 yılında nahiye statüsü kazanan Etimesgut, 11 bağlı köyü ile bölgede hareketli ve canlı bir konumda iken 1968 yılında Yenimahalle İlçesine bağlı bir mahalleye dönüştürüldükten sonra ekonomik gelişmesini büyük ölçüde kaybetmiştir [5].

2.3. İnceleme Alanının Coğrafi Özellikleri

Etimesgut ilçesi Ankara'nın batısında toplam 10300 hektar yüzölçümüne sahip Ankara metropolünün merkez ilçelerinden biridir. Batısında Sincan, kuzey, güney ve doğusunda Yenimahalle ilçeleri ile komşudur [8].

2.3.1. Yeryüzü şekilleri

Etimesgut ilçesi, Doğudan batıya doğru eğimi azalan çanak şeklinde bir oluk vadi görünümündedir. Vadinin tabanına oturmuş Ankara çayına dik tepe aralarından uzanan yan vadilerle bütünleşen Ankara Ovası yer alır. İlçenin ortalama yüksekliği ise 807 metredir [8].

2.3.2. Akarsular

Etimesgut doğudan batıya %3 eğimi ile geçen Ankara Çayı, Çubuk, İncesu ve Hatip Çaylarının birleşmesiyle oluşmuştur [8].

İlçe sınırları içerisinde inceleme alanı olarak seçilen Bağlıca Köyü'nün ise; bu yüzey sularından Kütük Deresi ile daha uzak mesafedeki Kutuğun Çayı'ndan etkilenmesi muhtemeldir. Bu yüzey suları ise Ankara çayına dökülmektedir. Bölgeye ait yüzey sularını gösteren Jeolojik harita EK-1'de sunulmuştur.

2.3.3. Göller

İlçede doğal göl yoktur. Eryaman Mahallesiinde killi bir yapı üzerinde, daha çok yağmur suları ile beslenen Susuz Göleti bulunur. Gölet çevresi tatil günlerinde Etimesgut halkının dinlenme yeridir [8].

2.3.4. İklim

Etimesgut'ta İç Anadolu karasal ikliminin genel özellikleri görülür. Yazları sıcak ve kurak kışları soğuk geçer. Yağış daha çok kış ve ilkbahar aylarında düşer. Yazın ve sonbaharda yağışlar iyice azalır. 1993 yılı ve öncesini kapsayan 41 yıllık yağış ortalaması 369,1mm. olup aylara göre en düşük ve en yüksek ortalamalar, sırasıyla, 9,8mm.(ağustos) ve 47,0mm.(mayıs)'dır. Kış aylarında don olayı görülür. Sıcaklık ocak ayında nadiren de olsa -15°C 'ye kadar düşer. En çok kar yağışı Ocak ayında olmaktadır. Gündüz ile gece, yaz ile kış mevsimleri arasındaki sıcaklık farkları önemli ölçüde büyüktür [9].

34 yıllık gözlemler sonucu yıllık ortalama sıcaklık $11,2^{\circ}\text{C}$ olarak saptanmıştır. Aylara göre sıcaklık ortalamaları ise en düşük Ocak ayında $-1,1^{\circ}\text{C}$, en yüksek Temmuz ayında $22,7^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenmiştir. Sıcaklığın sıfırın altında olduğu gün sayısı 121,6 gün, açık gün sayısı 104,1 gün, kapalı gün sayısı 85,1 gündür [9].

Yıllık ortalama nem oranı %66'dır. Orantılı nemin en düşük olduğu ay Temmuz(%50), en fazla olduğu ay Aralık(%80)'tir [9].

Ankara genellikle Kuzeydoğu rüzgarlarının etkisi altındadır.Kuzey doğu rüzgarları mevsimlere göre değişkenlik göstermekte, yaz aylarında rüzgarın esme hızı ve sayısı kış aylarına oranla artmaktadır. Kuzey rüzgarlarının esme sayısının fazla olmasına karşın şiddetleri azdır, ayrıca mevsimlere göre farklılık göstermezler. Güney rüzgarlarının sayıları az olmakla birlikte özellikle bahar aylarında şiddetleri fazladır. Ankara'da ortalama rüzgar hızı 3,2m/sn'dir [9].

2.3.5. Bitki örtüsü

Ankara-Etimesgut bölgesi, orman geçit bölgesine yaklaşan Mürted ve Çubuk Ovası bölgeleri kadar zengin bir doğal bitki örtüsüne sahip değildir. Genellikle step ve stebin yüksek, arızalı düzlüklerini içeren bu bölgenin bitki örtüsü, ancak gelişmesine en elverişli bulunduğu ekolojik alanlarda barınabilmiştir. Bu nedenle, doğal bitki örtüsü yönünden, doğal peyzaj içinde kuvvetli bitki topluluklarına hemen hemen hiç rastlanmaz [8].

Bölgede Ankara Ovası'nı ve Etimesgut Ovası'nı çevreleyen arazi yükselmeleri üzerindeki bitki örtüsünde görülen tür fakirliği, step sırtlarındaki sert iklim şartlarının sonucudur. Buna karşılık vadi içleriyle verimli dere kenarlarında ise nispeten daha zengin bitki topluluklarına rastlanır [8].

Ankara ve yakın çevresini kaplayan step yamaçları ve platoların üzerinde, doğal bitki örtüsünün temel bitkilerini otsu step bitkileri oluşturur [10]. Yağışlı dönemlerde yeşillenen, kurak yaz döneminde sararıp kuruyan otlardır. Artemisia (Yavşan otu), ocanthalimon (Çoban yastığı) bitki türleri oldukça yaygındır.

2.3.6. Toprak özellikleri

İç Anadolu'nun gerçek step alanlarındaki en yaygın toprak türü Kahverengi Zonal topraklardır. Başlıca elemanı kalsiyum karbonatlı kil olan topraklar humusça fakirdir [8].

3. JEOLojİ

3.1. Genel Jeoloji

Harita 3.1. İnceleme Alanının 1/50.000 ölçekli açınısma nitelikli jeoloji haritası incelendiğinde; Etimesgut ve çevresinin yerleştiği jeolojik yapının, beş farklı birimden oluştuğu görülür. Bu birimler; Hançili Formasyonu (Th), Akbayır Formasyonu (Ja), Bozdağ Bazaltı (Tb), Gölbaşı Formasyonu (Tg) ve Alüvyon (Qa)'dur.

Hançili Formasyonu (Th)

Bu formasyon ilk kez Akyürek ve diğ.,(1980) tarafından adlandırılmıştır. Birim killi kireçtaşı, marn, silttaşı, kumtaşı, konglomera ve tüfit ardalanmasından oluşmaktadır ve yer yer jips ve bitümlüşeyl içerir [11]. Bu ardalanmada yerel olarak bazı kaya türleri egemen duruma geçmektedir. Ayrıca birim içinde andezit silleri gözlenmiştir. Killi kireçtaşı ve marnlar beyaz, sarımsı beyaz renklerde, ortaç tutturulmuş ince ve orta tabakalı olup silttaşı-kumtaşları ile ardalanmalıdır. Silttaşları gri renkli, az tutturulmuş, ince tabakalı ve laminalıdır. Konglomera ve kumtaşları sarımsı, boz renkli, az tutturulmuş ve tabakalanması belirsizdir. Hançili Formasyonu içinde Candona (Candona) steinheimensis Sierap Candona (Candona) convexa Livental, Candona sp. Fosilleri ile Serravaliyen-Tortoniyen yaşı saptanmıştır [12].

Akbayır Formasyonu (Ja)

Genel olarak, ince-orta tabakalı, çörtlü, hemipelajik biyomitritik kireçtaşları ile temsil edilen birim, ilk kez Akyürek ve diğ.(1982) tarafından Akbayır Formasyonu adı altında incelenmiştir [13].

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. Tabaka kalınlıkları

5-40 cm. arasında değişen bu kireçtaşları içerisinde gri-kahverengi çört mercek ve bantlarının bulunması formasyonun tipik bir özelliğidir. Formasyon içerisinde Radiololaria, Spongia, Echinodermata ve Calpionellid fosil ve kırıntıları yaygın olarak görülmektedir.

Bozdağ Bazaltı (Tb)

Birim ilk kez Akyürek ve diğ.,(1982,1984) tarafından adlandırılmıştır [13,14]. Bozdağ bazaltı; koyu siyah, sert, masif ve sarımsı ayrılma renklidir. Bol gaz boşluklu ve boşlukları kalsit ile doludur. Bazaltlarda yer yer akma yapıları ve altıgen soğuma eklemleri ile çok az da olsa andezit, bazaltik tf, aglomera gözlenir. Bozdağ bazaltı, çoğunlukla Miyosen yaşlı volkanitler, tortullar ve volkanotortul kayaçlar üzerinde izlenir. st Miyosen yaşlı okellerin de üzerinde olması nedeniyle birimin yaşı Pliyosen olarak kabul edilmiştir.

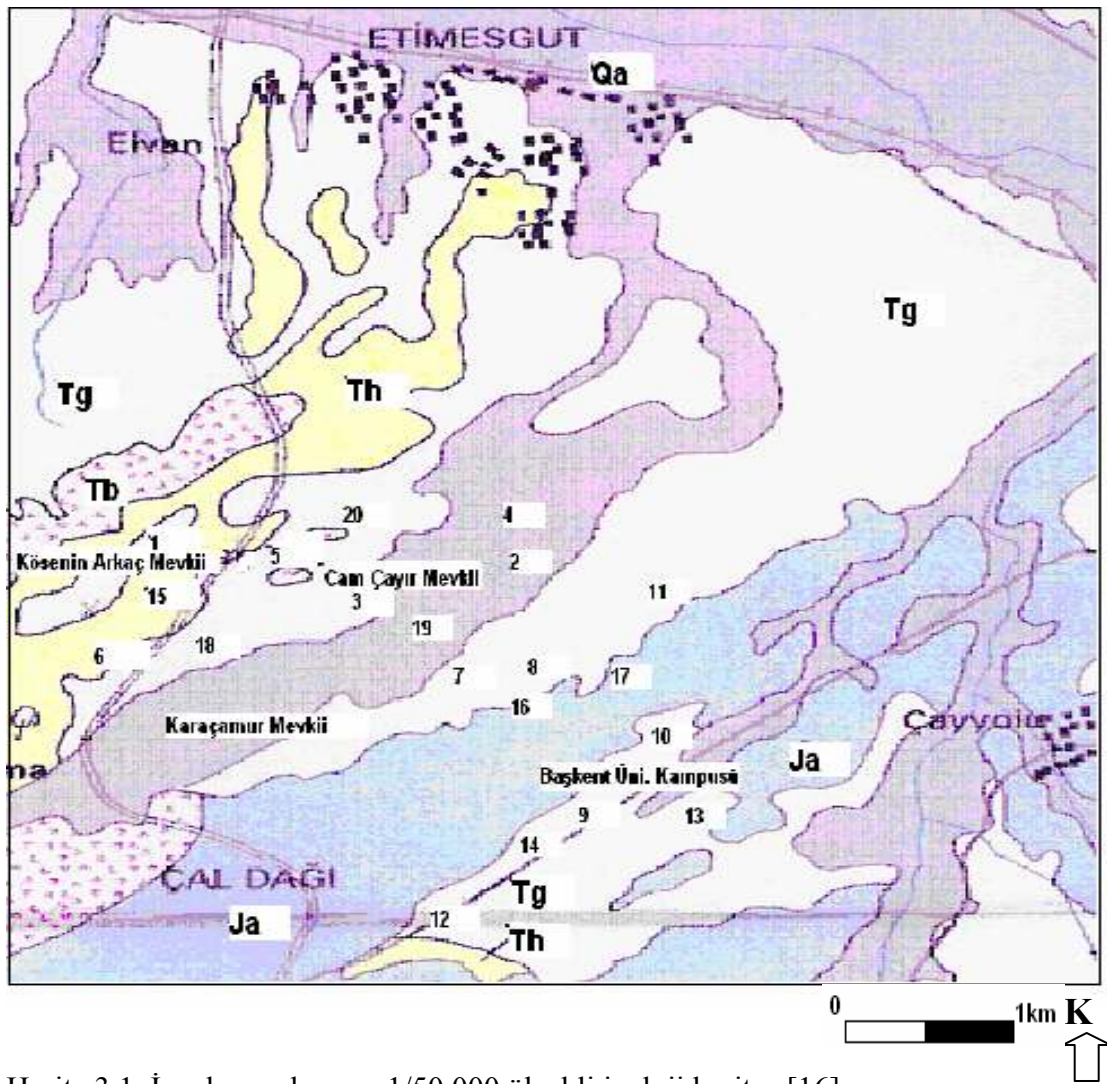
Gölbaşı Formasyonu (Tg)

İlk kez Akyürek ve diğ.,(1982,1984) tarafından adlandırılan birim, gri, boz, kırmızı renkli, tutturulmamış ve az tutturulmuş değişik boyda, farklı kökenli konglomera, kumtaşı, çamurtaşından oluşur [13,14]. Çoğunlukla tabakalanmasız olup bazı yerlerde yatay tabakalıdır. Kumtaşları ve çamurtaşları arasında moloz akması süreçleriyle oluşmuş konglomeralar yaygındır. Kumtaşı ve konglomeraların tane ve çakıllarını kuvarsit, bazalt, çeşitli kireçtaşları, diyabaz, metamorfik kayaç parçaları, radyolarit, serpantinit, gabro oluşturur. Çimento, kalsit ve kilden oluşmaktadır. Gölbaşı formasyonu çoğunlukla ayrışmış olarak izlenir. Gölbaşı formasyonu Bozdağ bazaltı ve daha eski birimler üzerine uyumsuz olarak gelir. Birimin st sınırı ise izlenemez. Yanal devamlılığında Gölbaşı formasyonunu oluşturan kayatrlerinde değişimler izlenir. Gölbaşı Formasyonunda alışmalar sırasında fosile rastlanmamıştır. Aynı birim içinde Pliyosen yaşlı mastodon fosilleri bulmuştur [15]. Birimin yaşı, stratigrafideki yeri ve eski çalışmalar göz önüne alındığında Pliyosen olarak kabul edilebilir. Gölbaşı formasyonu alüvyon yelpazesi ve akarsu

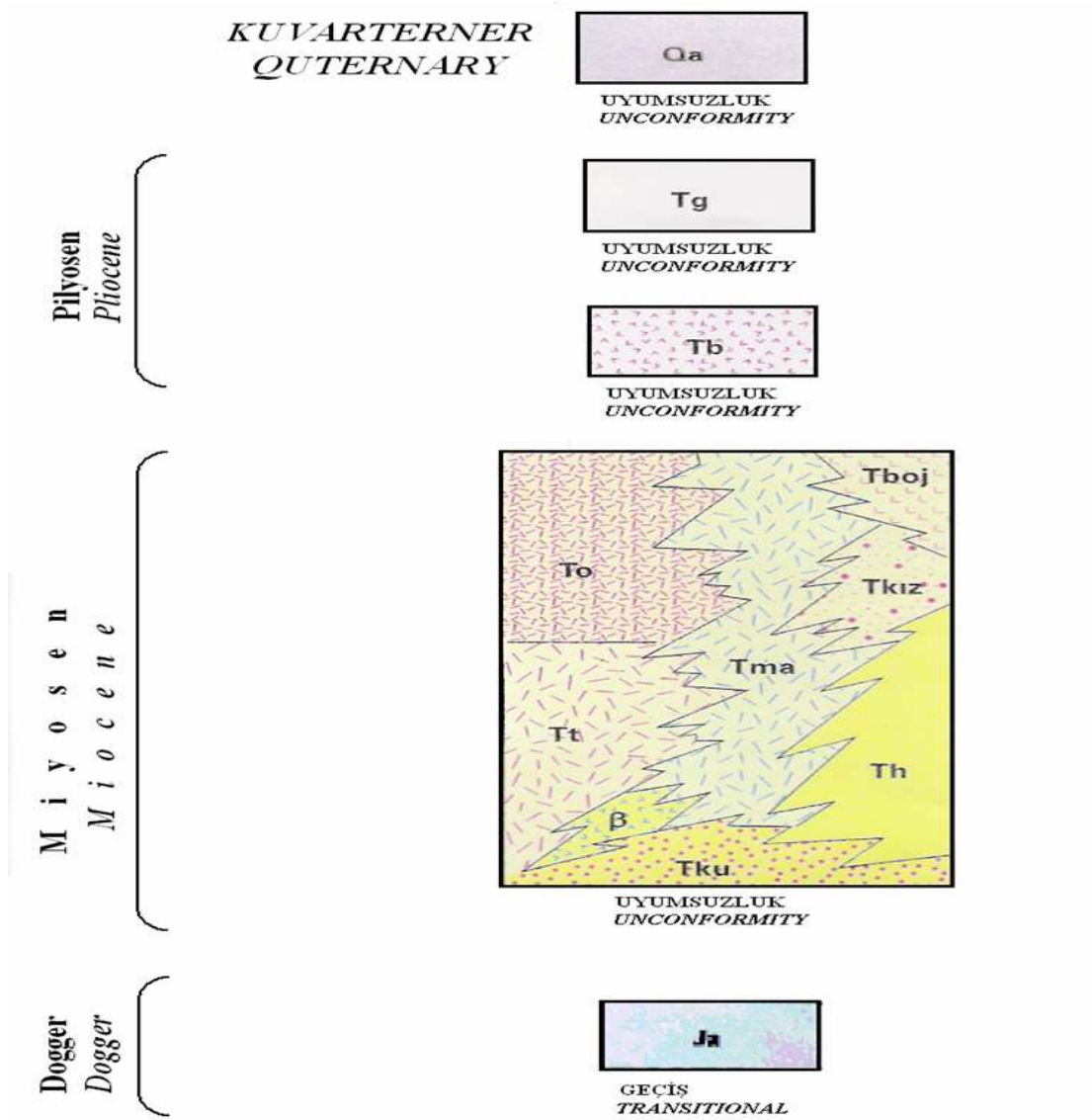
çökellerinden oluşmuştur. Önünde geliştiği kaynak alanın kayatürüne bağlı olan çakıl içeriği gelişmiştir.

Alüvyon (Qa)

Birim, karmaşık bir yapı gösterir ve çakıl, kum, 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.



Harita 3.1. İnceleme alanının 1/50 000 ölçekli jeoloji haritası[16]



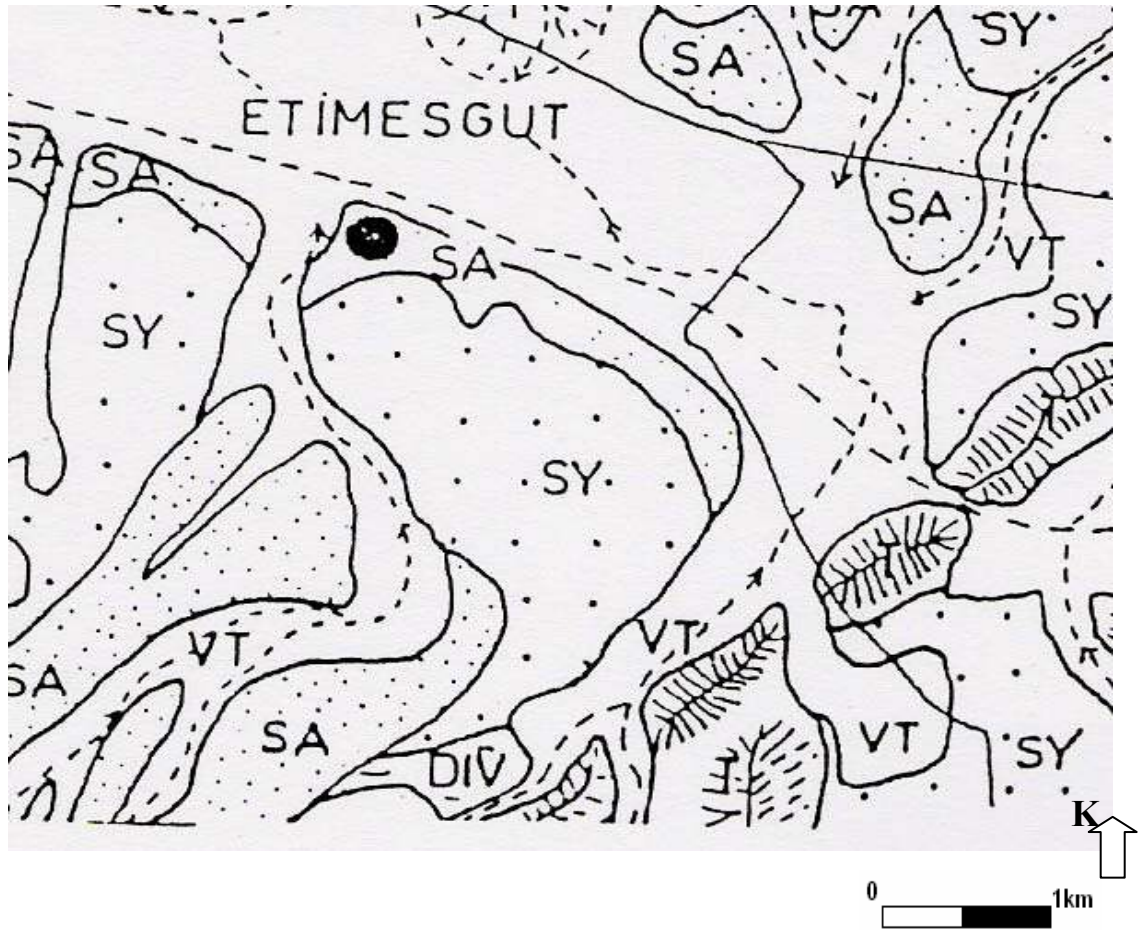
Şekil 3.1. Harita 3.1'e ait harita birimlerinin açıklanması [16]

Qa: Alüvyon, kum, çakıl; Tg: Gölbaşı Formasyonu, konglomera, kumtaşı, çamurtaşı; Tb: Bozdağ bazaltı, bazalt; Th: Hançili Formasyonu, kumtaşı, silttaşı, marn, killi kireçtaşı, tüf, jips, bitümlü şeyl; Ja: Akbayır Formasyonu, silis bant ve yumrulu kireçtaşı.

İnceleme alanına ait 1/5 000 ölçekli topoğrafik harita EK-2 olarak sunulmuştur [17].

3.2. Jeomorfoloji

1/50 000 ölçekli Ankara ve çevresine ait jeomorfolojik harita incelendiğinde, Etimesgut ilçesi ve çevresinin vadi tabanı düzlükleri (VT), alçak (SA) ve yüksek (SY) sekiler, alçak platolardan (D IV) oluştuğu görülmektedir [8].



Harita 3.3. 1/50 000 ölçekli Ankara ve çevresine ait jeomorfolojik harita [8]

VT: Vadi Tabanı Düzlükleri, SA: Alçak Sekiler, SY: Yüksek sekiler,
D IV: Alçak Platolar

Vadi tabanı düzlükleri (VT) (Holosen) : Bu düzlükler, akarsu yataklarının iki tarafında birkaç yüz metreden başlayıp, bazen 7-8km.'ye varan genişliklere sahip arazi halinde belirmiştir. Jeolojik bakımdan dağınık çakıl, kum, mil ve kil birikintilerinden müteşekkil olup, kazılıp işlenmesi çok kolaydır.

Vadi tabanları, çevrenin en çukur yerlerini teşkil ettiği ve su geçiren dağınık kum, çakıl gibi tanecikler, içinde fazlaca bulunduğu için, taban suyu bakımından oldukça zengindir. Bu su yüzeye çok yakındır.

İklim bakımından bu arazi çevresinin en ılık-sıcak ve az rüzgarlı bölümünü teşkil eder. Zengin taban suyu ve ağaçlıklar sebebiyle buraları çevredeki yüksek yerlere oranla daha nemlidir, özellikle dar derin vadiler içinde, taban arazide ılık iklim şartları isteyen bitkilerin yetişmesine imkan verir.

Ziraat bakımından vadi tabanları, taban suyunun bolluğu, nispeten ılık ve rüzgarlara karşı korunmuş olması sebebiyle, bahçe ve sebze ziraatine imkan verir. Su boylarındaki söğüt ve kavaklar bazen orman görünümü almıştır. Ağaç bulunmadığı yerlerde bu taban arazi doğal çayırliklar, bazen de çoraklık veya bataklıklar halinde göze çarpar.

Ulaşım yönünden taban arazisi, çevresinin en müsait yerleridir. Yerleşme ve inşaat bakımından taban arazisi, topoğrafik hiçbir engel arz etmez. Ancak temelin gevşek-dağınık kum, kil ve çakıllardan meydana gelmiş olması, tabansuyunun yüzeye çok yakın oluşu ve hava kirlenmesine müsait yerler teşkil etmesi, sık taşkınlara uğrama ihtimali bu taban arazide ağır sanayi tesislerinin kurulmasının olumsuz yönlerini teşkil eder. Bu arazide geniş oturma alanlarının kurulması da aynı sebeplerden sakıncalıdır.

Yukarıda açıklanan bu hususlar göz önüne alınınca taban araziden daha ziyade parklar, stadyum, hipodrom, hava alanı gibi geniş düzlükler veya yeşillikler isteyen tesisler, fazla ağır ve dumanlı olmayan bazı çalışma alanları, hızlı ulaşım sistemlerinin yerleştirilmesi yönünden faydalanılmalıdır [8].

Alçak sekiler (SA) (Genç Pleistosen) : Alçak sekiler(taraçalar) genellikle 30 metreden az derin vadilerle yarılmış eski alüvyal taban araziye teşkil eder. Bazı kesintilere rağmen bu eski düzlükler çok zaman genişliği birkaç kilometreyi aşan düz yüzeyler halinde kalmıştır.

Jeolojik bakımdan, seki düzlüklerinin yüzünde, kalınlığı bazen 3 metreyi bulan çakıl ve kumlar yer yer doğal olarak çimentolaşmış, sertleşmiş, yani konglomera halini almıştır. Sertleşmediği yerlerde bu çakıllarda kazılarak inşaatde kullanılmıştır. Etimesgut-Sincanköy arasındaki yol boyunca böyle işletilmiş eski ocaklar hala görülür.

Alçak seki alanları, yer altı suları bakımından taban araziye oranla fakirdir. Ancak çakıllar arasına sızan yamaçlarda meydana çıkması ile bazı kaynaklar teşekkül etmiştir. Bu suların miktarı az fakat kalitesi taban sularına oranla daha iyidir. Olumlu drenaj şartları dolayısıyla buralarda zemin kurudur. Modern inşaat ve yerleşme bakımından buraları en müsait yerlerdir [8].

Yüksek sekiler (SY) (Yaşlı Pleistosen) : Yüksek sekiler doğuş bakımından alçak sekilere benzerler. Buraları yaşlı pleistosen a ait taban arazinin sonradan akarsularla yarılmaması sonucunda meydana gelmiştir [8].

Alçak platolar (D IV) (Pliokvaterner, Villafrankien) : Buraları ortalama 1000-1100 metreler arasında gelişmiş ve genellikle 100-125 metre derinlikte vadilerle yarılmış, Pliosen sonları ile Kuaterner başlarına ait plato düzlükleridir [8].

3.3. Hidroloji

Güney'den doğu-batı yönünde devam eden Ankara Çayı ayrı tutulursa, bölgede devamlı akan bir akarsu yoktur [19]. Kuzey ve güney yamaçlarda sızıntılarla beslenen Ankara Çayı, batıda andezit eşiğinde 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 [10].

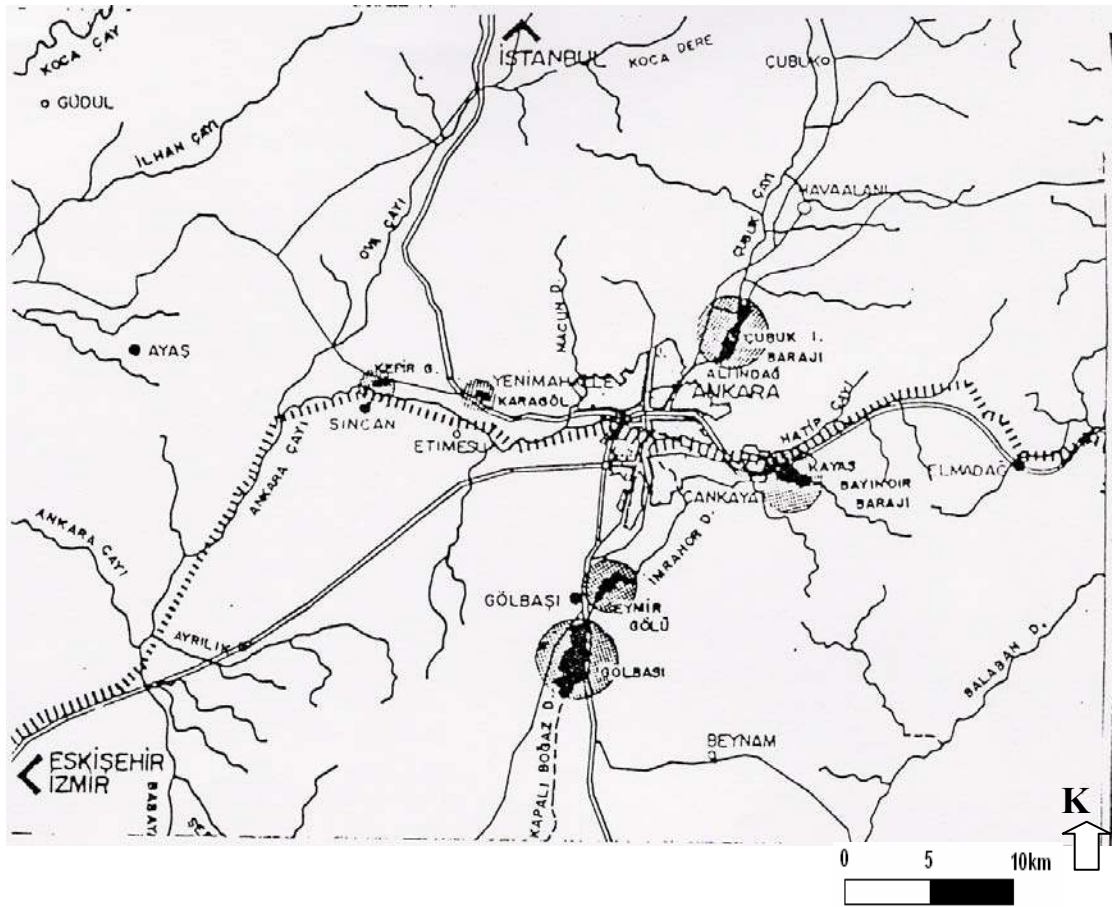
Tokmaklı Deresi ve Sacayağı Tepe civarında beslenip, güneyde Kumluklar mevkiinde birleşen Ergazi Deresi, Ergazi köyünün doğusunda bulunan Çobanevi

Deresi yağışlı mevsimler dışında kuru derelerdir. Bu dereler birer yan dere olarak güneye doğru ilerleyip Ankara Çayı'na karışırlar [18].

Etimesgut Ovası'nın Sincanköy çevresindeki çukur satırlarında yaz aylarında kuruyan Kepir Göleti de yağışlı mevsimlerde nispeten geniş bir su yüzeyi etkisi gösterir [10].

Ankara-İstanbul karayolunun 20. kilometresinde Susuz Köy arazisi içinde bulunan ve geniş bir su yüzeyi içeren Susuz Göleti ve çevresi Ankaralıların ve yakın köylerin değişik rekreasyonel aktivitelerine az da olsa cevap verdiği gibi uluslararası karayolu üzerinde bulunması nedeniyle turizm açısından konaklama yeri olma özelliğine sahiptir [8].

Ankara kenti ve yakın çevresinin akarsu ve durgun su yüzeyleri Harita 3.4'de verilmiştir.



Harita 3.4. Ankara kenti ve yakın çevresinin akarsu ve durgun su yüzeyleri (1:500 000 ölçekli Türkiye Fiziki Haritası) [8]

3.4. Tektonik ve Depremsellik

Ankara bölgesinde, Kaledoniyen hareketleri sonucu epimetamorfik şistlerde görülen kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu tektonik hat Alpin hareketleri sonucunda oluşmuştur. Liyas transgresyonu sonucu denizel ortam haline gelmiş olan bölgede Jura ve 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 [19].

4. SU KİMYASI

4.1. Numune Alma ve Analiz

İnceleme alanına ait 20 adet farklı kuyudan 2006 yılı, Temmuz 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 durulanmıştır. Örneklemelerde yeni şişeler kullanılmıştır. 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 Klavuzu”nda belirtilen hususlara uyulmuştur [21]. 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 [22,23].

Numunelerin pH, elektriksel iletkenlik (EC), sıcaklık gibi parametreleri, Sension 156 cihazı ile anlık olarak ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Diğer parametreler ise Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Su Laboratuvarı ve Gazi Üniversitesi M.M.F. Kimya Laboratuvarlarında yapılan kimyasal analizler sonucunda elde edilmiştir. Analiz yöntemleri aşağıda verildiği şekildedir.

Çizelge 4.1. Analiz yöntemleri

<i>Parametre</i>	<i>Yöntem</i>
Kalsiyum(Ca^{+2})	EDTA-Titrasyon
Magnezyum(Mg^{+2})	EDTA-Titrasyon
Sülfat(SO_4^{-2})	Palintest Photometre İşlemi
Nitrat(NO_3^-)	Palintest Photometre İşlemi
Nitrit(NO_2^-)	Palintest Photometre İşlemi
Klorür(Cl^-)	AgNO_3 - Titrasyon
Sodyum(Na^+)	Alev Fotometresi
Potasyum(K^+)	Alev Fotometresi
Karbonat(CO_3^{-2})	Asit-Titrasyon
Bikarbonat(HCO_3^-)	Asit-Titrasyon
Bor(B)	Palintest Photometre İşlemi
Fluorür(F)	Palintest Photometre İşlemi

4.2. Su Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları

Yeraltı sularının kimyasal özelliklerini araştırmak amacıyla 20 ayrı sondaj kuyusundan su örnekleri alınmıştır. Analiz sonuçları değerlendirmelerinden önce her bir numunenin aşağıdaki formüle göre iyon dengesizliği kontrol edilmiştir [24].

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

EN: Elektronötralite

TK:Toplam katyon (mek/l)

TA:Toplam anyon (mek/l)

EŞ 4.1, su numunelerinin kimyasal analiz sonuçlarına uygulandığında, bir iyon dengesizliği olmadığı görülmüştür. İnceleme alanından alınan 20 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

<i>Parametre</i>	<i>Birim</i>	<i>No 1</i>	<i>No 2</i>	<i>No 3</i>	<i>No 4</i>	<i>No 5</i>	<i>No 6</i>	<i>No 7</i>	<i>No 8</i>	<i>No 9</i>	<i>No10</i>
<i>pH</i>		8,01	8,05	8,02	8,18	7,51	7,62	7,14	7,29	9,12	7,74
<i>Sıcaklık</i>	(°C)	16,7	18,1	19,2	16,4	16,8	18,9	17,8	17,5	17,2	16,9
<i>EC</i>	(µS/cm)	1739	200	1930	1236	1115	891	289	802	581	628
<i>Kalsiyum</i>	(mek/l)	0,752	0,902	0,301	0,451	1,002	1,002	2,609	1,403	0,501	0,255
<i>Magnezyum</i>	(mek/l)	0,203	0,203	1,215	0,101	0,203	1,266	1,120	2,379	2,450	1,468
<i>Sodyum</i>	(mek/l)	11,932	6,812	10,220	10,800	9,110	6,370	5,480	2,955	2,720	4,525
<i>Potasyum</i>	(mek/l)	0,140	0,070	0,110	0,100	0,050	0,070	0,660	0,200	0,120	0,130
<i>Klorür</i>	(mek/l)	1,296	1,352	1,296	1,239	1,380	0,775	1,394	1,380	0,901	0,690
<i>Sülfat</i>	(mek/l)	4,146	4,167	4,167	1,917	2,500	1,250	3,854	1,396	0,667	1,021
<i>Bikarbonat</i>	(mek/l)	7,60	2,50	6,40	8,20	6,60	6,80	4,60	4,20	4,20	4,60
<i>Karbonat</i>	(mek/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nitrit</i>	(mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nitrat</i>	(mg/l)	0,850	0,820	0,300	1,200	0,860	0,850	0,270	2,700	1,640	0,950
<i>Fosfat</i>	(mg/l)	1,350	0,420	0,610	1,100	0,470	0,570	2,600	0,840	0,680	0,760
<i>Bor</i>	(mg/l)	2,420	2,300	2,400	1,750	1,050	0,700	1,200	0,350	0,500	0,500
<i>Fluorür</i>	(mg/l)	1,340	1,480	1,430	1,490	1,040	0,470	1,230	0,750	1,350	1,460
<i>EN(%)</i>		-0,057	-0,200	-0,072	0,421	-0,553	-0,667	0,105	-0,282	0,199	0,528

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

<i>Parametre</i>	<i>Birim</i>	<i>No11</i>	<i>No12</i>	<i>No13</i>	<i>No14</i>	<i>No15</i>	<i>No16</i>	<i>No17</i>	<i>No18</i>	<i>No19</i>	<i>No20</i>
<i>pH</i>		7,92	7,86	7,71	7,84	8,00	7,71	8,22	7,92	7,25	7,78
<i>Sıcaklık</i>	(⁰ C)	17,0	16,9	16,4	17,2	16,2	17,5	17,8	16,5	17,2	15,9
<i>EC</i>	(µS/cm)	649	692	474	421	537	487	607	736	248	991
<i>Kalsiyum</i>	(mek/l)	0,601	0,501	0,451	0,301	0,802	0,551	0,451	0,651	2,756	0,701
<i>Magnezyum</i>	(mek/l)	0,456	0,405	0,810	0,810	2,112	1,974	1,114	1,823	3,493	1,924
<i>Sodyum</i>	(mek/l)	5,625	6,150	3,230	2,850	2,470	2,210	4,850	5,100	5,640	6,930
<i>Potasyum</i>	(mek/l)	0,130	0,140	0,110	0,090	0,050	0,080	0,160	0,150	1,875	0,290
<i>Klorür</i>	(mek/l)	0,817	0,620	0,422	0,296	0,451	0,563	0,408	1,408	1,394	1,352
<i>Sülfat</i>	(mek/l)	1,083	1,229	0,750	0,708	0,450	0,729	1,292	1,125	4,167	1,604
<i>Bikarbonat</i>	(mek/l)	4,90	5,30	3,50	3,00	4,50	3,60	4,80	5,20	8,20	6,80
<i>Karbonat</i>	(mek/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nitrit</i>	(mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nitrat</i>	(mg/l)	0,600	0,070	0,225	0,230	0,600	1,700	0,055	1,000	1,900	1,700
<i>Fosfat</i>	(mg/l)	0,780	0,740	0,250	0,370	0,860	0,470	0,230	0,680	0,320	0,760
<i>Bor</i>	(mg/l)	5,500	0,600	0,400	0,450	0,400	0,300	0,650	0,700	0,850	0,650
<i>Fluorür</i>	(mg/l)	1,480	1,470	1,170	1,090	0,630	0,910	1,440	0,970	1,260	0,460
<i>EN(%)</i>		0,088	0,328	-0,766	0,583	0,305	-0,793	0,574	-0,058	0,011	0,454

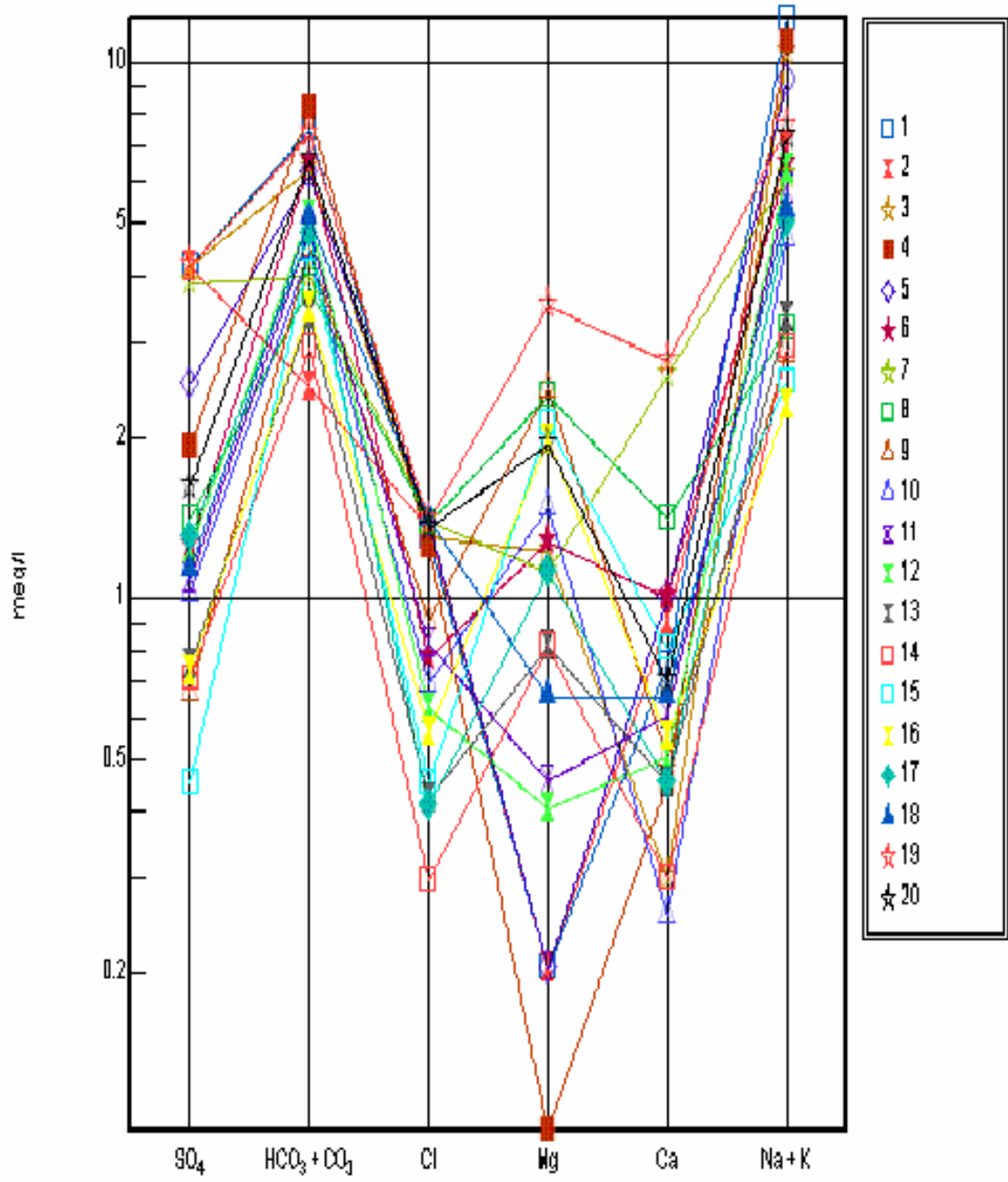
4.3. Su Analiz Sonuçlarının Diyagramlarla Yorumlanması

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 verir [24].

Kimyasal analiz sonuçları diyagramlarda değerlendirilerek, analiz sonuçlarının bölge litolojisi ile ilişkisi ve yeraltı sularının kalitesi ve kullanılabilirliği belirlenecektir. Bu diyagramların çizilmesinde Aq-QA adlı bilgisayar programının “Version 1.1.1.[1.1.5.1]” yazılımı kullanılmıştır.

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	Hidro-kimyasal Fasiyes	Katyonlar	Anyonlar
1	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Ca}^{+2}) > r(\text{Mg}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
2	$\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{-2}$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Ca}^{+2}) > r(\text{Mg}^{+2})$	$r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
3	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Ca}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
4	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Ca}^{+2}) > r(\text{Mg}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
5	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Ca}^{+2}) > r(\text{Mg}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
6	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Ca}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
7	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Ca}^{+2}) > r(\text{Mg}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
8	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Ca}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
9	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Ca}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{Cl}^-) > r(\text{SO}_4^{-2})$
10	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Ca}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
11	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Ca}^{+2}) > r(\text{Mg}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
12	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Ca}^{+2}) > r(\text{Mg}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
13	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Ca}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
14	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Ca}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
15	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Ca}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{Cl}^-) > r(\text{SO}_4^{-2})$
16	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Ca}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
17	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Ca}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
18	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Ca}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{Cl}^-) > r(\text{SO}_4^{-2})$
19	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Ca}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$
20	$\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r(\text{Mg}^{+2}) > r(\text{Ca}^{+2})$	$r(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > r(\text{SO}_4^{-2}) > r(\text{Cl}^-)$

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:

(1,4,5,7,11,12) nolu örneklerin birbirine paralel doğrular oluşturdıkları görülmektedir. Çizelge 4.3'deki iyon sıralamaları ve fasiyes incelendiğinde; (1,4,5,7,11,12) nolu su örneklerinde baskın iyonlar Na^+ ve HCO_3^- 'dir. Benzer şekilde diyagramda paraleller oluşturan (3,6,8,10,13,14,16,17,19,20) nolu örneklerde de baskın iyonun yine Na^+ ve HCO_3^- olduğu ortaya çıkmıştır. Diyagramda, (9,15,18) nolu örneklerde kendi aralarında paraleller oluşturmaktadır ve baskın iyon yine Na^+

ve HCO_3^- 'dir. (2) nolu örnek, diyagramda başka bir su örneği ile bir paralellik oluşturmamaktadır ve baskın iyon Na^+ ve SO_4^{2-} olarak farklılık gösterir.

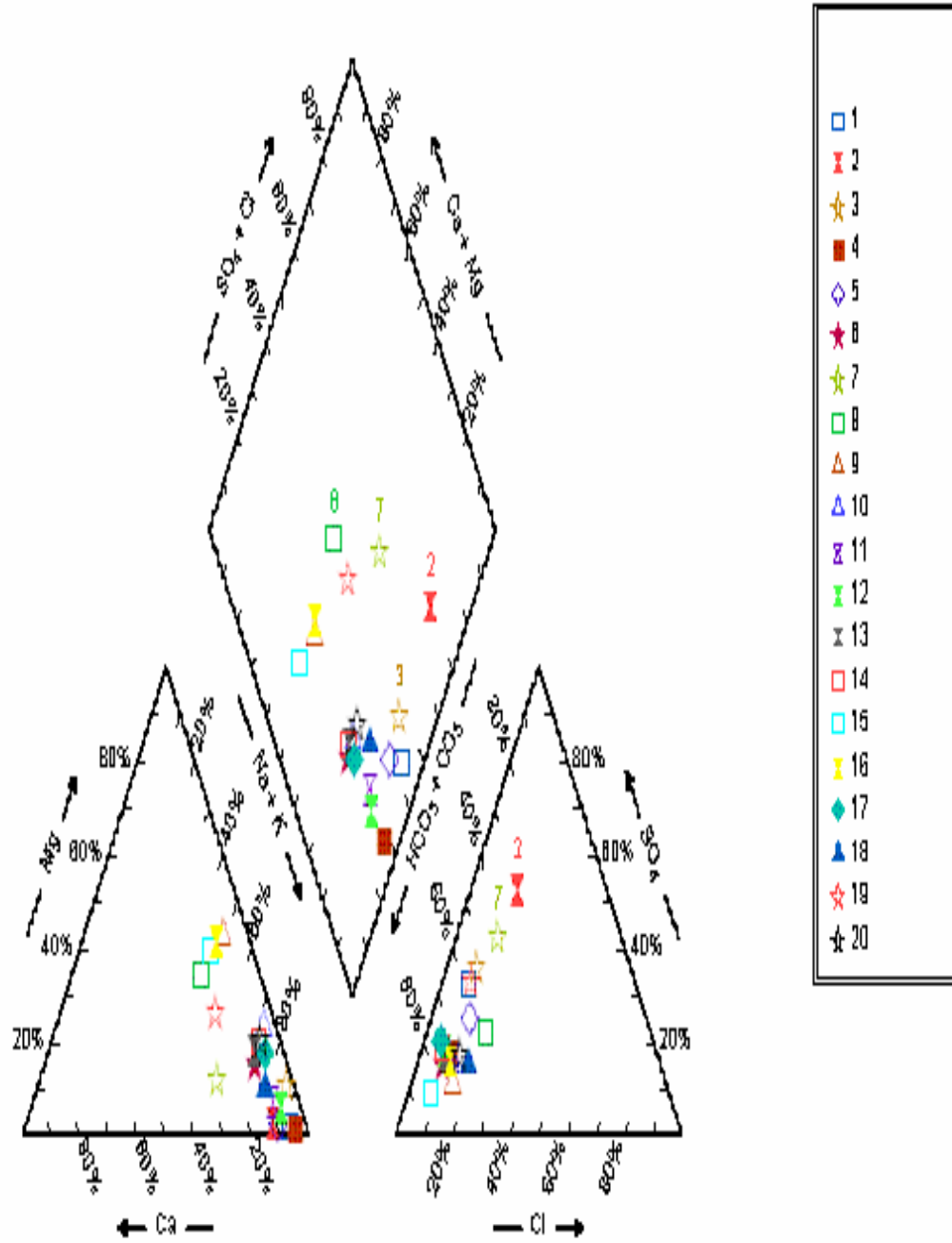
4.3.2. Piper Diyagramı

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

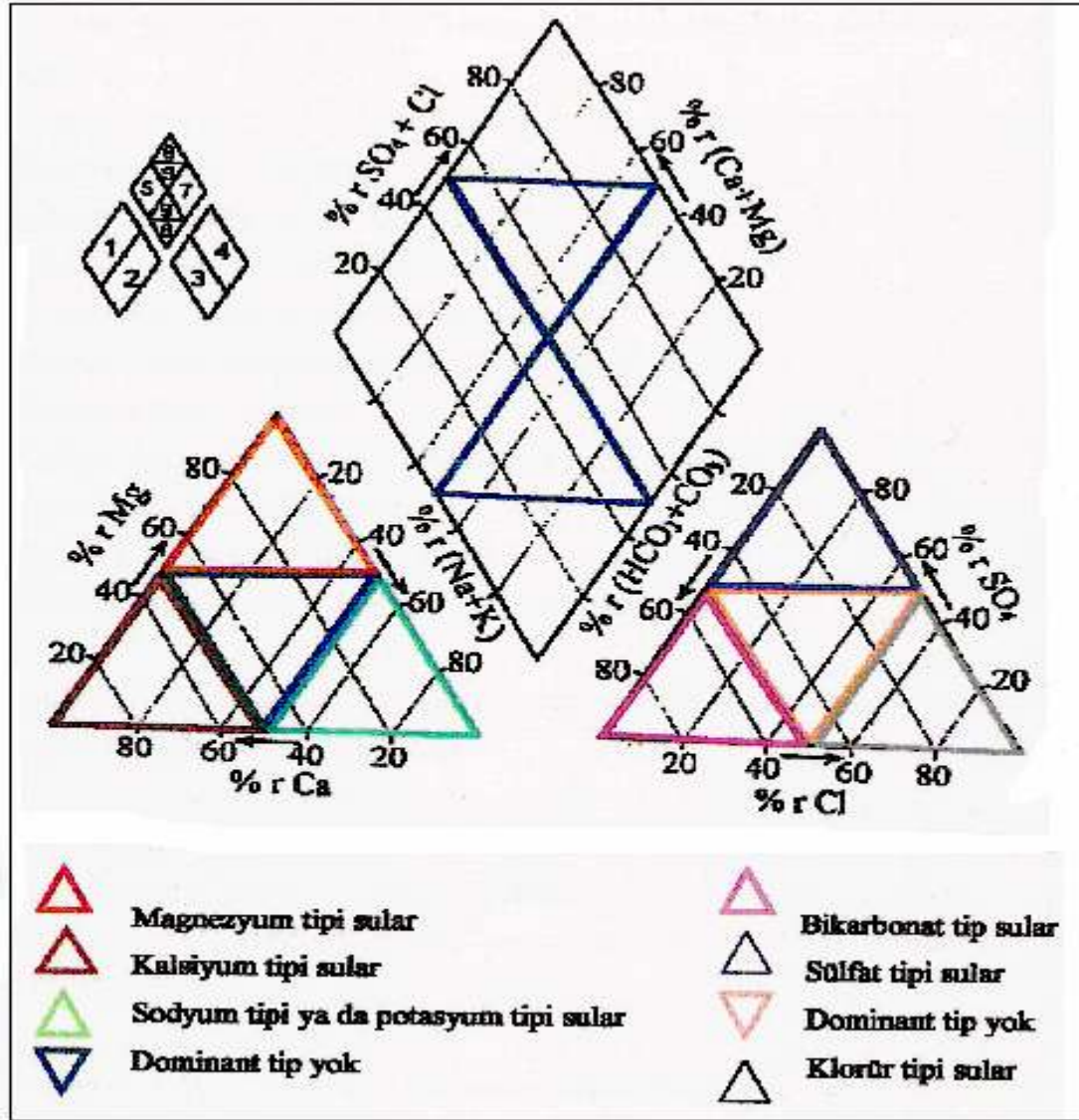
Piper diyagramı, biri anyonları diğeri ise katyonları içeren iki üçgen ve bir merkezi eşkenar dörtgen şeklindeki şekilden oluşur (Şekil 4.3). Katyonlar, Ca^{+2} - Mg^{+2} - $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ üçgeninde yüzde olarak çizilir, anyonlar ise HCO_3^- - SO_4^{2-} - Cl^- üçgeninde yüzde olarak çizilir. Yüzdesi hesaplanan konsantrasyonlar, mek/l cinsindendir. Anyon ve katyon diyagramlarındaki noktalar yukarıdaki eşkenar dörtgende kesişene kadar uzatılır ve birleştirilir [25].

Piper diyagramının avantajları;

- i)Birden fazla su analizinin aynı diyagramda çizilebilmesi
- ii)Suları sınıflandırmak için kullanılabilir olması
- iii)Suların karışımını belirlemek için kullanılabilmesidir [25].



Şekil 4.2. Su numunelerine ait Piper Diyagramı



Şekil 4.3. Piper Diyagramındaki bölümler

Piper diyagramında ayrılan bölgeler farklı anlamlar ifade etmektedir. Bu ifadeler 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 'lı sulardır.
6. bölgede; karbonat olmayan sertlik > karbonat sertliği vardır. Bu tip sular CaSO_4 ve MgSO_4 'lı sulardır.
- 7.bölgede; karbonat olmayan alkaliliği > karbonat alkaliliği vardır. Na^+ , Cl^- , $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ ve KCl 'li sulardır.
- 8.bölgede; karbonat alkaliliği > karbonat olmayan alkalilik vardır.
9. bölgede; hiçbir iyonu %50'yi geçmeyen sular bulunur.

İnceleme alanından alınan 20 adet su numunesinin kimyasal analiz sonuçları Piper Diyagramına göre değerlendirilmiştir.

(1,4,5,11,12,17) nolu numuneler diyagram açıklamalarına göre $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$ olup bu sular tuzlu ve sodalıdır. Ayrıca $(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{-2})$ olup, karbonat alkaliliği > karbonat olmayan alkalilik vardır.

(2,7) nolu numunelerde karbonat olmayan alkaliliği > karbonat alkaliliği vardır. Na^+ , Cl^- , $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ ve KCl 'li sulardır. $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$ olup bu kısma giren sular ise tuzlu ve sodalıdır. Ayrıca bu sularda $(\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{-2}) > (\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2})$ 'tür

(3,6,10,13,14,18-20) nolu numuneler diyagram açıklamalarına göre $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$ olup bu sular tuzlu ve sodalıdır. Ayrıca $(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{-2}) > (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{-2})$ 'tür.

(8,9,15,16) nolu su numunelerinde karbonat sertliği > karbonat olmayan sertlik vardır. Bu sular CaCO_3 ve MgCO_3 'lı 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

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 [26].

Sudaki sodyum yüzdesi ise şu şekilde hesaplanır.

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

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 [27].

SAR; sodyum iyonunun değişim reaksiyonlarındaki aktifliğinin ifadesi olup, sodiklik tehlikesi yüzünden sulama sularının sınıflandırılmasında en fazla kullanılan bir ölçüdür ve şu şekilde ifade edilir [28]:

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

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 [28].

Artıksal sodyum karbonat (RSC), toprakta sodyum oranının artma olasılığını önceden tahmin etmeye yarayan bir kavramdır. 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 [26].

RSC suyun $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ toplamına karşılık gelen karbonatından fazla olan karbonat miktarını göstermektedir. Bu karbonat Na^+ katyonu ile kimyasal reaksiyona girerek sodikleşmeyi artırmaktadır [26].

$$\text{RSC} = (\text{CO}_3^{-2} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}) \quad (4.4)$$

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 elektriksel iletkenlikle birlikte Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Su numunelerinin EC, sodyum yüzdeleri,RSC ve SAR değerleri

<i>Numune no</i>	<i>EC (μS/cm)</i>	<i>%r Na</i>	<i>RSC (mek/l)</i>	<i>SAR</i>
1	1739	92,669	6,645	17,267
2	200	86,165	1,395	3,164
3	1930	87,202	4,884	11,739
4	1236	95,180	7,648	20,557
5	1115	88,374	5,395	11,737
6	891	73,955	4,532	5,982
7	289	62,215	0,871	4,013
8	802	45,481	0,418	2,149
9	581	49,042	1,249	2,239
10	628	72,985	2,877	4,875
11	649	84,483	3,843	7,737
12	692	87,410	4,394	9,137
13	474	72,593	2,239	4,068
14	421	72,575	1,889	3,824
15	537	46,375	1,586	2,046
16	487	47,560	1,075	1,967
17	607	76,197	3,235	5,483
18	736	67,970	2,726	4,585
19	248	54,599	1,951	3,191
20	991	73,337	4,175	6,049

Çizelge 4.4 incelendiğinde; SAR'na göre örneklerin tümü (1,3,5 kontrollü olarak kullanılabilir olmak üzere), sulama suyu olarak kullanılmaya uygun iken; yalnızca 4 nolu örneğin orta özellikte sulama suyu olarak kullanılmaya uygun olduğu görülür. RSC'a göre ise (7-9,16) nolu örnekler I. Sınıf sulama suyu, (2,13-15,19) nolu örnekler II. Sınıf sulama suyudur. Kalan (1,3-6,10-12,17,18,20) nolu örnekler ise III. Sınıf sulama suyudur ve zorunlu haller dışında kullanılması uygun değildir.

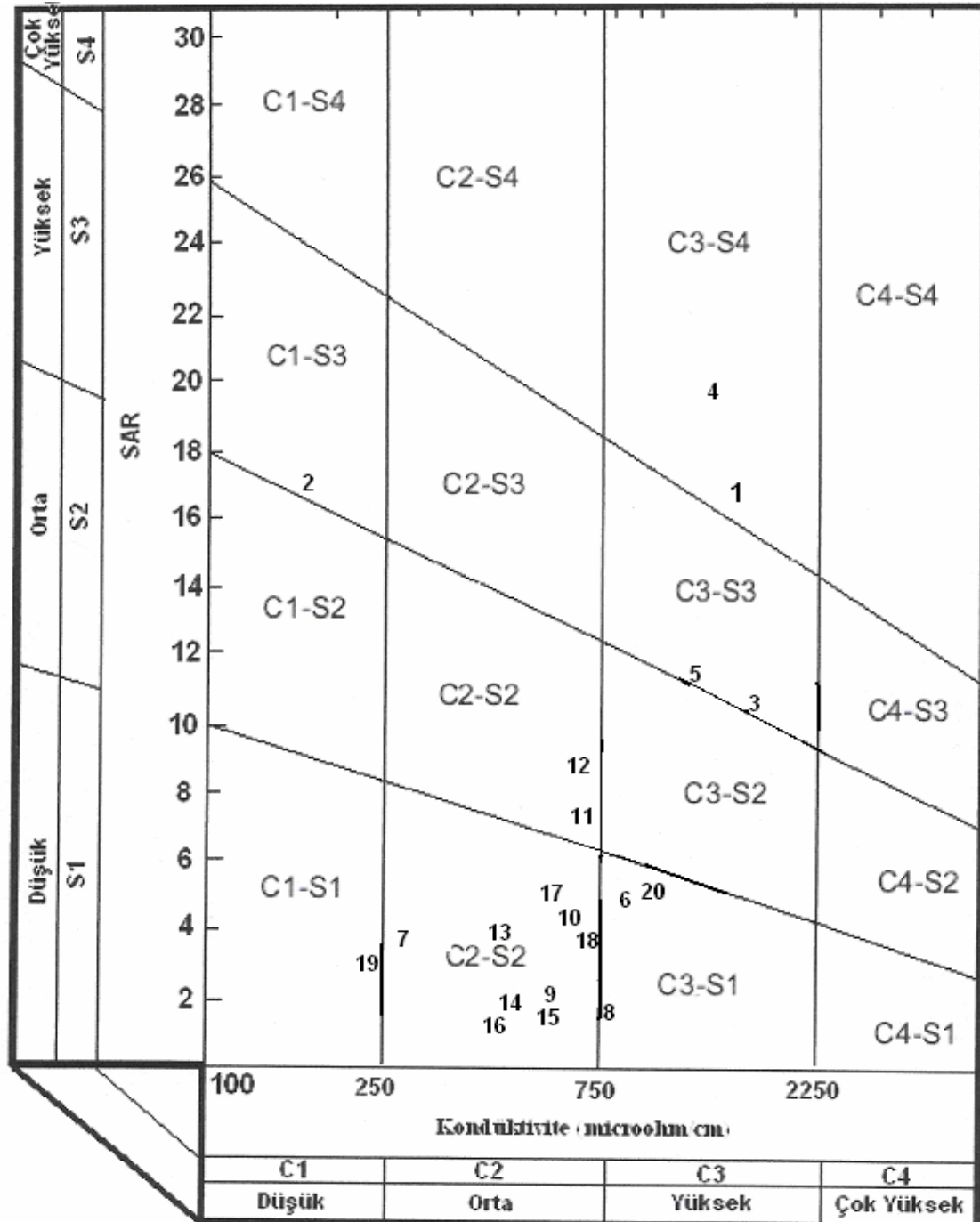
4.4.1. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

Bu diyagramda sular 16 ayrı kategoriye ayrılmaktadır. Yatay ekseninde suyun EC değeri, dikey ekseninde SAR değeri bulunmaktadır. ABD Laboratuvarı Diyagramı'nda bulunan EC (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 [25]

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' deki 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 yapılacak olursa şu şekilde bir sonuç ile karşılaşılmaktadır (Çizelge 4.6).

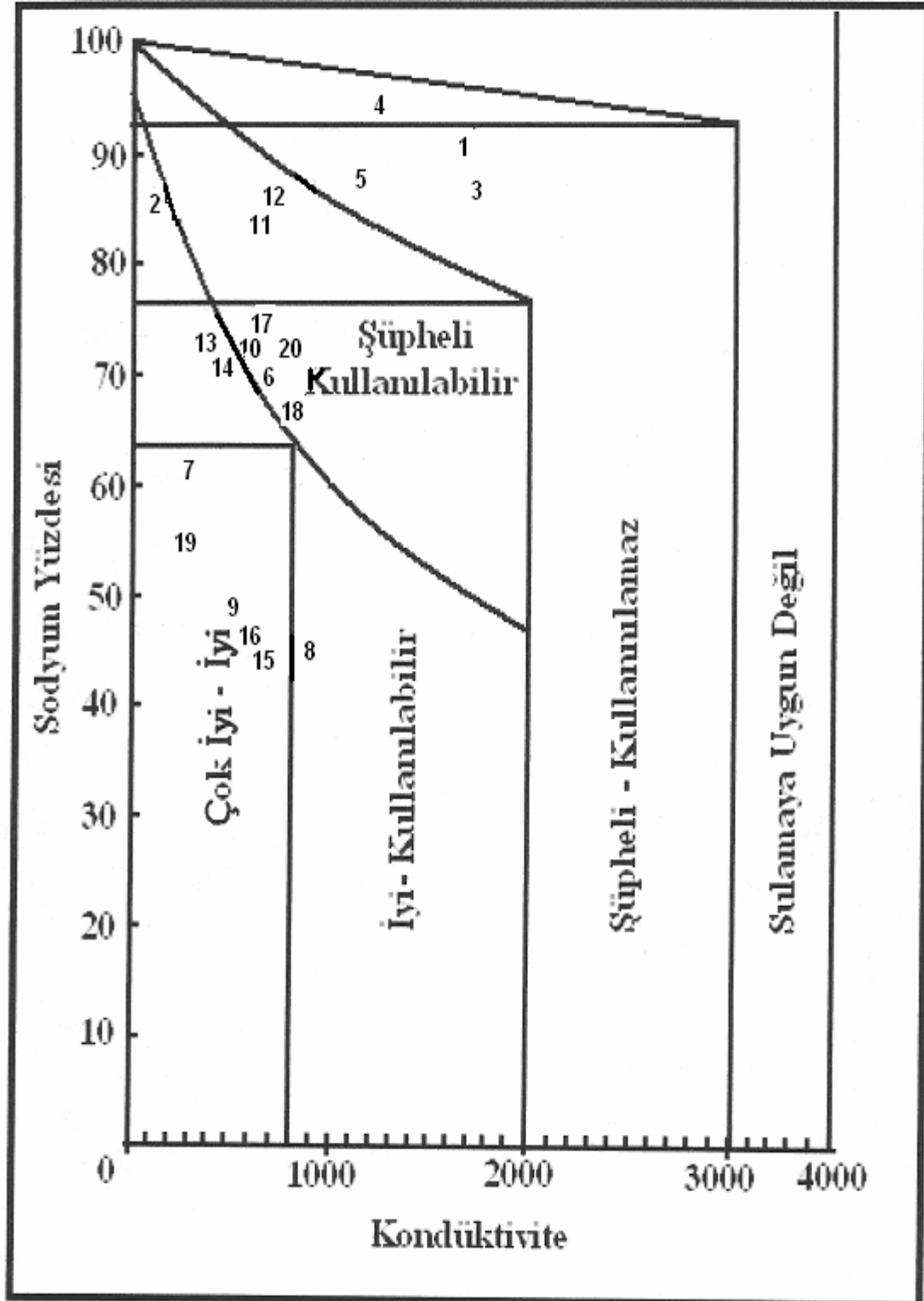
Çizelge 4.6. ABD Tuzluluk Diyagramına göre su numunelerinin sınıflandırılması

<i>Numune no</i>	<i>Sınıfı</i>	<i>Açıklama</i>
1,4	C3-S4	Fazla tuzlu, çok fazla sodyumlu su
2	C1-S3	Az tuzlu, fazla sodyumlu su
3,5	C3-S3	Fazla tuzlu, fazla sodyumlu su
6,8,20	C3-S1	Fazla tuzlu az sodyumlu su
7,9-18	C2-S2	Orta tuzlulukta, orta derece sodyumlu su
19	C1-S1	Az tuzlu, az sodyumlu su

4.4.2. Wilcox Diyagramı

Wilcox Diyagramı, suların sodyum yüzdesi ve elektriksel iletkenliğine bakarak sulama sularının sınıflandırılmasını sağlayan diyagramdır [25].

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

<i>Numune no</i>	<i>Sınıfı</i>
1,3-5	Şüpheli-kullanılamaz
6,10-12,17,18,20	Şüpheli-kullanılabilir.
2,7,9,13-16,19	Çok iyi-iyi
8	İyi-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.

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.

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.

Çizelge 4.8. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan kalite kriterleri [22]

<i>Sulama suyu sınıfı kalite kriterleri</i>	<i>I. sınıf su (çok iyi)</i>	<i>II. sınıf su (iyi)</i>	<i>III. sınıf su (kullanılabilir)</i>	<i>IV. sınıf su (ihtiyatla kullanılmal)</i>	<i>V. sınıf su (zararlı uygun değil)</i>
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 kullanılarak sulama suyu sınıflandırması yapılacak olursa, şöyle bir sonuçla karşılaşılır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan kalite kriterleri'ne göre, suların sınıflandırılması [22]

Numune no	EC	pH	%r Na	RSC (mek/l)	SAR	Klorür (mek/l)	Sülfat (mek/l)
1	1739	8,010	92,669	6,645	17,267	1,296	4,146
2	200	8,050	86,165	1,395	3,164	1,352	4,167
3	1930	8,020	87,202	4,884	11,739	1,296	4,167
4	1236	8,180	95,180	7,648	20,557	1,239	1,917
5	1115	7,510	88,374	5,395	11,737	1,380	2,500
6	891	7,620	73,955	4,532	5,982	0,775	1,250
7	289	7,140	62,215	0,871	4,013	1,394	3,854
8	802	7,290	45,481	0,418	2,149	1,380	1,396
9	581	9,120	49,042	1,249	2,239	0,901	0,667
10	628	7,740	72,985	2,877	4,875	0,690	1,021
11	649	7,920	84,483	3,843	7,737	0,817	1,083
12	692	7,860	87,410	4,394	9,137	0,620	1,229
13	474	7,710	72,593	2,239	4,068	0,422	0,750
14	421	7,840	72,575	1,889	3,824	0,296	0,708
15	537	8,000	46,375	1,586	2,046	0,451	0,450
16	487	7,710	47,560	1,075	1,967	0,563	0,729
17	607	8,220	76,197	3,235	5,483	0,408	1,292
18	736	7,920	67,970	2,726	4,585	1,408	1,125
19	248	7,250	54,599	1,951	3,191	1,394	4,167
20	991	7,780	73,337	4,175	6,049	1,352	1,604

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

Kıtaîçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri, yani Çizelge 4.10 esas alınarak inceleme alanına ait numunelerin sınıflandırılması yapılmıştır (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.10. SKKY Tablo 1:Kıtaçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri[27]

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal parametreler				
1. Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2. pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3. Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /l) ^a	8	6	3	< 3
4. Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5. Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /l)	25	200	400 ^b	> 400
6. Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁻ /l)	200	200	400	> 400
7. Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/l)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8. Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/l)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9. Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/l)	5	10	20	> 20
10. Toplam fosfor (mg PO ₄ ⁻³ -P/l)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11. Toplam çözünmüş madde (mg/l)	500	1500	5000	> 5000
12. Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13. Sodyum (mg Na ⁺ /l)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1. KOİ (mg/l)	25	50	70	> 70
2. BOİ (mg/l)	4	8	20	> 20
3. Organik karbon (mg/l)	5	8	12	> 12
4. Toplam Kjeldahl-azotu (mg/l)	0.5	1.5	5	> 5
5. Emülsifiye yağ ve gres (mg/l)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6. Metilen mavisi aktif maddeleri (MBAS) (mg/l)	0.05	0.2	1	> 1.5
7. Fenolik maddeler (uçucu) (mg/l)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8. Mineral yağlar ve türevleri (mg/l)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9. Toplam pestisid (mg/l)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri ^d				
1. Civa (µg Hg/l)	0.1	0.5	2	> 2
2. Kadmiyum (µg Cd/l)	3	5	10	> 10
3. Kurşun (µg Pb/l)	10	20	50	> 50
4. Arsenik (µg As/l)	20	50	100	> 100
5. Bakır (µg Cu/l)	20	50	200	> 200
6. Krom (toplam) (µg Cr/l)	20	50	200	> 200
7. Krom (µg Cr ⁺⁶ /l)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8. Kobalt (µg Co/l)	10	20	200	> 200
9. Nikel (µg Ni/l)	20	50	200	> 200
10. Çinko (µg Zn/l)	200	500	2000	> 2000
11. Siyanür (toplam) (µg CN/l)	10	50	100	> 100
12. Florür (µg F ⁻ /l)	1000	1500	2000	> 2000
13. Serbest klor (µg Cl ₂ /l)	10	10	50	> 50
14. Sülfür (µg S ⁼ /l)	2	2	10	> 10
15. Demir (µg Fe/l)	300	1000	5000	> 5000
16. Mangan (µg Mn/l)	100	500	3000	> 3000
17. Bor (µg B/l)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18. Selenyum (µg Se/l)	10	10	20	> 20
19. Baryum (µg Ba/l)	1000	2000	2000	> 2000
20. Alüminyum (mg Al/l)	0.3	0.3	1	> 1
21. Radyoaktivite (pCi/l)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100

Çizelge 4.11. İnceleme alanına ait numunelerin SKKY Tablo:1'e göre sınıflandırılması

Parametre	Su 1	Su 2	Su 3	Su 4	Su 5	Su 6	Su 7	Su 8	Su 9	Su 10
pH	8,010	8,050	8,020	8,180	7,510	7,620	7,140	7,290	9,120	7,740
Sıcaklık (°C)	16,7	18,1	19,2	16,4	16,8	18,9	17,8	17,5	17,2	16,9
Sülfat(mg/l)	199	200	200	92	120	60	185	67	32	49
Nitrat(mg/l)	0,850	0,820	0,300	1,200	0,860	0,850	0,270	2,700	1,640	0,950
Nitrit(mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sodyum(mg/l)	274,436	156,676	235,060	248,400	209,530	146,510	126,040	67,965	62,560	104,075
Klorür(mg/l)	46	48	46	44	49	27,5	49,5	49	32	24,5
Florür(mg/l)	1,340	1,480	1,430	1,490	1,040	0,470	1,230	0,750	1,350	1,460

Parametre	Su 11	Su 12	Su 13	Su 14	Su 15	Su 16	Su 17	Su 18	Su 19	Su 20
pH	7,920	7,860	7,710	7,840	8,000	7,710	8,220	7,920	7,250	7,780
Sıcaklık	17,0	16,9	16,4	17,2	16,2	17,5	17,8	16,5	17,2	15,9
Sülfat(mg/l)	52	59	36	34	21,6	35	62	54	200	77
Nitrat(mg/l)	0,600	0,070	0,225	0,230	0,600	1,700	0,055	1,000	1,900	1,700
Nitrit(mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sodyum(mg/l)	129,375	141,450	74,290	65,550	56,810	50,830	111,550	117,300	129,720	159,390
Klorür(mg/l)	29	22	15	10,5	16	20	14,5	50	49,5	48
Florür(mg/l)	1,480	1,470	1,170	1,090	0,630	0,910	1,490	0,970	1,260	0,460

■ Yas 1
 ■ Yas 2
 ■ Yas 3
 ■ Yas 4

4.5. Yeraltı Sularının İçmesuyu Olarak İncelenmesi

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

Çizelge 4.12. TS-266'ya göre su örneklerinin değerlendirilmesi [29]

<i>Parametre</i>	<i>Birim</i>	<i>Tavsiye edilen değer</i>	<i>Maksimum değer</i>	<i>TS-266'ya uymayan örnek (max. değere göre)</i>
Kondüktivite(EC)	µS/cm	400	2000	Tamamı uygun
Kalsiyum	mg/l	100	200	Tamamı uygun
Magnezyum	mg/l	30	50	Tamamı uygun
Sodyum	mg/l	20	175	1,3-5
pH		6,5-8,5	6,5-9,2	Tamamı uygun
Potasyum	mg/l	10	12	7,19
Klorür	mg/l	25	600	Tamamı uygun
Sülfat	mg/l	25	250	Tamamı uygun

Tez çalışmasının amacı inceleme bölgesindeki yeraltı suların sulama suyu olarak kullanılabilirliğini araştırmak olduğu için yapılan fiziksel ve kimyasal analizlerde bu amaca uygun şekilde çalışılmıştır. Ancak analizi yapılan parametreler, içmesuyu kalitesinin belirlenmesi amacıyla yapılan analizlerle aynılık gösterdiği için, bu başlık altında numunelerin içmesuyu olarak kullanılabilirliği de araştırılmıştır. Ancak; Çizelge 4.12 incelendiğinde, örneklerin genelinde içmesuyu olarak kullanılmaya yönelik bir uygunluk var gibi görünse bile, bir suyun içmesuyu olabilmesi için daha fazla standartları sağlaması gerekir. Suların içmesuyu olarak kullanılabilirliğine yönelik bu TSE (Türk Standartları Enstitüsü), WHO (Dünya Sağlık Örgütü), EPA (Amerika Çevre Koruma Ajansı) ve Avrupa Birliği limitleri Çizelge 4.13'de sunulmuştur. Çizelge 4.13'de belirtilen standartlar içerisinde bu çalışmada analizi yapılan parametreler ise Çizelge 4.14'de sunulmuştur.

Çizelge 4.13. TSE, WHO, EPA ve EC İçmesuyu standartları [29,32]

Parametre	Türk Standartları TSE 266	WHO	EPA	EC Avrupa Birliği
Bulanıklık (NTU)	25	5	5	5
BİRİNCİL STANDARTLAR (MİKROBİYOLOJİK) EMS/100 ml				
Koliform Bakteri	<1	0	5%4	0
BİRİNCİL STANDARTLAR (ORGANİK KİMYASALLAR)				
Toplam Trihalometanlar		460	80	100
BİRİNCİL STANDARTLAR (İNORGANİK KİMYASALLAR) mg/l				
Alüminyum	0,2	0,2	0,2	0,2
Arsenik	0,05	0,01	0,01	0,01
Antimon	0,01	0,005	0,006	0,005
Baryum	0,3	0,7	2	
Berilyum			0,004	
Civa	0,001	0,001	0,002	0,001
Florür	1,5	1,5	4	1,5
Gümüş	0,01		0,05	
Kadmiyum	0,005	0,003	0,005	0,005
Krom (Toplam)	0,05	0,05	0,01	0,05
Kurşun	0,05	0,01	0,015	0,01
Selenyum	0,01	0,01	0,05	0,01
Nitrat (NO ₃)	50	50	10	50
İKİNCİL STANDARTLAR (ESTETİK) mg/l				
Bakır	3	2	1	2
Çinko	5		5	
Demir	0,2		0,3	0,2
Deterjanlar	0,2		0,5	
Klorür	600	250	250	250
Koku eşik değeri		Zararı hissedilmeyecek	3	Zararı hissedilmeyecek
Mangan	0,05	0,5	0,05	0,05
pH	6,5-9,2	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-9,5
Renk (birim)	20	15	15	
Sülfat	250	250	250	250
Toplam çözünmüş madde	1500	1000	500	
İLAVE PARAMETRELER mg/l				
Amonyum	0,5			0,5
Bakiye klor	0,5	5		
Kalsiyum	200			
Magnezyum	50			
Sertlik (CaCO ₃)	150			
Sodyum	175	200		200
Potasyum	12			

Çizelge 4.14. İnceleme alanına ait su numunelerinde ölçüm ve analizi yapılan bazı parametreler

<i>Parametre</i>	<i>Su 1</i>	<i>Su 2</i>	<i>Su 3</i>	<i>Su 4</i>	<i>Su 5</i>	<i>Su 6</i>	<i>Su 7</i>	<i>Su 8</i>	<i>Su 9</i>	<i>Su 10</i>
pH	8,010	8,050	8,020	8,180	7,510	7,620	7,140	7,290	9,120	7,740
Kalsiyum(mg/l)	15,040	18,040	6,020	9,020	20,040	20,040	52,180	28,060	10,020	5,100
Magnezyum(mg/l)	2,436	2,436	14,580	1,212	2,436	15,192	13,440	28,548	29,400	17,616
Sodyum(mg/l)	274,436	156,676	235,060	248,400	209,530	146,510	126,040	67,965	62,560	104,075
Potasyum(mg/l)	5,460	2,730	4,290	3,900	1,950	2,730	25,740	7,800	4,680	5,070
Sülfat(mg/l)	199	200	200	92	120	60	185	67	32	49
Klorür(mg/l)	46	48	46	44	49	27,5	49,5	49	32	24,5
Nitrat(mg/l)	0,850	0,820	0,300	1,200	0,860	0,850	0,270	2,700	1,640	0,950
Florür(mg/l)	1,340	1,480	1,430	1,490	1,040	0,470	1,230	0,750	1,350	1,460

<i>Parametre</i>	<i>Su 11</i>	<i>Su 12</i>	<i>Su 13</i>	<i>Su 14</i>	<i>Su 15</i>	<i>Su 16</i>	<i>Su 17</i>	<i>Su 18</i>	<i>Su 19</i>	<i>Su 20</i>
pH	7,920	7,860	7,710	7,840	8,000	7,710	8,220	7,920	7,250	7,780
Kalsiyum(mg/l)	12,020	10,020	9,020	6,020	16,040	11,020	9,020	13,020	55,120	14,020
Magnezyum(mg/l)	5,472	4,860	9,720	9,720	25,344	23,688	13,368	21,876	41,916	23,088
Sodyum(mg/l)	129,375	141,450	74,290	65,550	56,810	50,830	111,550	117,300	129,720	159,390
Potasyum(mg/l)	5,070	5,460	4,290	3,510	1,950	3,120	6,240	5,850	73,125	11,310
Sülfat(mg/l)	52	59	36	34	21,6	35	62	54	200	77
Klorür(mg/l)	29	22	15	10,5	16	20	14,5	50	49,5	48
Nitrat(mg/l)	0,600	0,070	0,225	0,230	0,600	1,700	0,055	1,000	1,900	1,700
Florür(mg/l)	1,480	1,470	1,170	1,090	0,630	0,910	1,490	0,970	1,260	0,460

Çizelge 4.13'deki veriler, Çizelge 4.14'le karşılaştırıldığında; TSE'ye göre; 19 nolu numunede potasyum, (1-5) nolu numunelerde ise sodyum miktarı standartların üzerinde olduğu görülür. WHO ve EC'ye göre (1,3-5) nolu numunelerde sodyum miktarı standart değerlerin üzerindedir. Bu sebeple içmesuyu olarak kullanılamazlar.

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

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

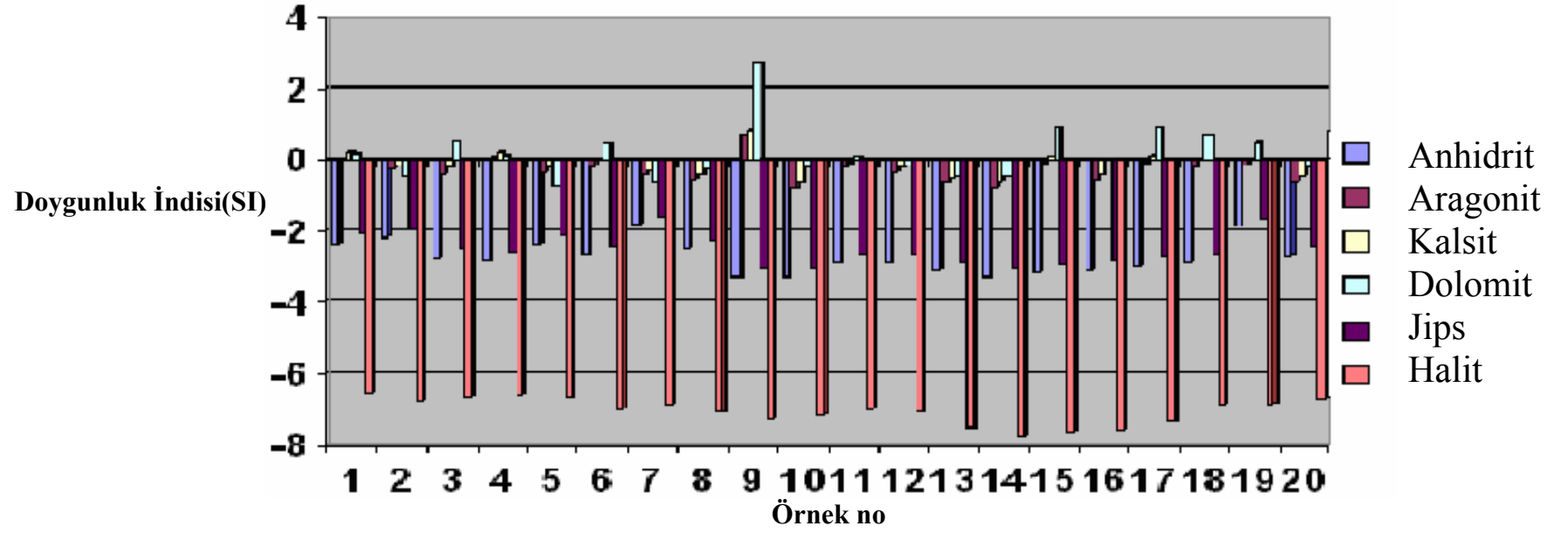
İnceleme alanında yer alan suların mineral doygunluk indisleri hesaplamasında Phreeqc Interactive 2.13.0 adlı bilgisayar programı kullanılmıştır. Bilgisayar programında elde edilen SI sonuçları Çizelge 4.15'de verilmiştir. Sonuçların değerlendirilmesinde; suların anhidrit, aragonit, kalsit, dolomit, jips ve halit minerallerine doygunlukları esas alınarak sonuçların değerlendirileceği grafik oluşturulmuştur.

Grafik incelendiğinde şöyle bir yoruma ulaşılmıştır. Su örnekleri; anhidrit, jips ve halite doygun değildir. Kalsite doygun olan örnekler genellikle dolomite de doygun, ki bu durum zaten minerallerin kimyaları açısından da, olması muhtemel bir durumdur. Tüm sular incelendiğinde genel anlamda (3,6,15,17-19) nolu numunelerin benzer özellikte olduğu görülmektedir. (2,5,7,8,10,12-14,20) nolu numuneler ise ölçümü yapılan hiçbir minerale doygun değildir.

Çizelge 4.15. İnceleme alanına ait kuyulardan derlenen su örneklerine ait SI değerleri

	<i>No 1</i>	<i>No 2</i>	<i>No 3</i>	<i>No 4</i>	<i>No 5</i>	<i>No 6</i>	<i>No 7</i>	<i>No 8</i>	<i>No 9</i>	<i>No 10</i>
<i>Anhidrit</i>	-2,31	-2,15	-2,71	-2,81	-2,34	-2,65	-1,79	-2,47	-3,25	-3,28
<i>Aragonit</i>	0,07	-0,22	-0,35	0,08	-0,31	-0,14	-0,42	-0,54	0,7	-0,78
<i>Kalsit</i>	0,22	-0,07	-0,2	0,23	-0,16	0,01	-0,27	-0,39	0,85	-0,63
<i>Dolomit</i>	0,19	-0,45	0,56	0,13	-0,7	0,47	-0,58	-0,22	2,73	-0,18
<i>Jips</i>	-2,06	-1,91	-2,47	-2,57	-2,1	-2,41	-1,55	-2,22	-3,01	-3,03
<i>Halit</i>	-6,49	-6,7	-6,56	-6,54	-6,56	-6,97	-6,79	-7,05	-7,26	-7,16

	<i>No 11</i>	<i>No 12</i>	<i>No 13</i>	<i>No 14</i>	<i>No 15</i>	<i>No 16</i>	<i>No 17</i>	<i>No 18</i>	<i>No 19</i>	<i>No 20</i>
<i>Anhidrit</i>	-2,85	-2,88	-3,1	-3,28	-3,15	-3,09	-2,93	-2,87	-1,85	-2,69
<i>Aragonit</i>	-0,2	-0,31	-0,65	-0,74	-0,04	-0,56	-0,03	-0,17	-0,1	-0,59
<i>Kalsit</i>	-0,05	-0,16	-0,5	-0,59	0,11	-0,41	0,12	-0,02	0,05	-0,44
<i>Dolomit</i>	0,11	-0,09	-0,44	-0,43	0,95	0,07	0,96	0,72	0,53	-0,15
<i>Jips</i>	-2,61	-2,64	-2,85	-3,04	-2,91	-2,84	-2,69	-2,63	-1,61	-2,44
<i>Halit</i>	-6,99	-7,07	-7,5	-7,71	-7,6	-7,55	-7,36	-6,8	-6,79	-6,68



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

Bölgenin litolojisi açısından örnekler incelenirken, inceleme alanını 4 farklı mevkii ile adlandırılmıştır. Bu mevkilerin yerleştiği jeolojiler Harita 3.1’de açıkça görülmektedir. Mevkiyi belirterek yapılan değerlendirmelerde, o mevkiinin jeolojik yapısının, mevkiye ait su örneklerindeki mineral doygunluklarını nasıl etkilediği araştırılmıştır.

Kösenin Arkaç Mevkii’nden alınan su örneklerinde (1,6,15,18) kalsit ve dolomite doygunluk görülmektedir. Bunun sebebinin; mevkiinin jeolojisindeki Hançili Formasyonunun içerdiği kireçtaşı olabileceği düşünülmektedir.

Cam Çayır Mevkii’ne ait su örnekleri (2-5,19,20), genel olarak incelendiğinde, belirgin mineral doygunlukları olmayan örneklerdir. Bu mevkiinin Gölbaşı Formasyonu ve Alüvyon’dur ki; aslında doygunluk hesaplarında Gölbaşı Formasyonu çok fazla doygunluk beklenebilen bir birim değildir. Alüvyonal birim karmaşık bir yapı gösterirler ve çakıl, kum, 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 [28].

Karaçamur Mevkii’ne ait su örnekleri (7,8,16) yine Gölbaşı Formasyonundadır. Ve bu jeolojinin doğal bir sonucu olarak belirgin bir mineral doygunluğu söz konusu değildir. 16 nolu numunenin yalnızca dolomite doygun olmasının sebebinin, numunenin alındığı noktanın Ja yapıya yakın olmasından kaynaklanabileceği, ve bu yapıdaki kireçtaşının etkisiyle, bir miktar doygunluğunun oluşabileceği düşünülmüştür.

Başkent Üniversitesi Kampusü ve çevresine ait su örnekleri (9-14,17) Gölbaşı Formasyonu ve Akbayır Formasyonunda yer almaktadır ve buna bağlı olarak örneklerin doygunlukları değişkenlik göstermektedir. Mesela (10,12-14) nolu su örnekleri hiçbir minerale doygun değildir. Bunun sebebinin Gölbaşı

Formasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. (9,11,17) nolu su örneklerinin ise kalsit ve dolomite doygunluklarına Akbayır Formasyonundaki kireçtaşının sebep olduğu düşünülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnceleme alanındaki alınan su noktalarında 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 içmesuyu 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, (1,4,5,7,11,12) nolu örneklerin birbirine paralel doğrular oluşturdukları görülmektedir. Çizelge 4.4 deki iyon sıralamaları ve fasiyes incelendiğinde; (1,4,5,7,11,12) nolu su örneklerinde baskın iyon Na^+ ve HCO_3^- 'dir. Benzer şekilde diyagramda paraleller oluşturan (3,6,8,10,13,14,16,17,19,20) nolu örneklerde ise baskın iyonun yine Na^+ ve HCO_3^- olduğu ortaya çıkmıştır. Diyagramda, (9,15,18) nolu örneklerde kendi aralarında paraleller oluşturmaktadır ve baskın iyon yine Na^+ ve HCO_3^- 'dir. (2) nolu örnek, diyagramda başka bir su örneği ile bir paralellik oluşturmamaktadır ve baskın iyon Na^+ ve SO_4^{2-} olarak farklılık gösterir.

Piper Diyagramına göre; (1,4,5,11,12,17) nolu numunelerde $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$ olup bu sular tuzlu ve sodalıdır. Ayrıca $(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}) > (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$ olup, karbonat alkaliliği > karbonat olmayan alkalilik vardır. (2,7) nolu numunelerde karbonat olmayan alkaliliği > karbonat alkaliliği vardır. Bunlar; Na^+ , Cl^- , Na_2SO_4 ve KCl 'li sulardır. $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$ olup bu kısma giren sular ise tuzlu ve sodalıdır. Ayrıca bu sularda $(\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) > (\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-})$ 'tür. (3,6,10,13,14,18-20) nolu numuneler ise diyagram açıklamalarına göre $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$ olup bu sular tuzlu ve sodalıdır. Ayrıca $(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}) > (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$ 'tür. (8,9,15,16) nolu su numunelerinde karbonat sertliği > karbonat olmayan sertlik vardır. Bu sular CaCO_3 ve MgCO_3 'lü 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.

ABD Tuzluluk laboratuvarı Diyagramı'nı esas alarak yapılan değerlendirmelere göre; (1,4) nolu numuneler fazla tuzlu, drenaj yapılmadan bitkiler için kullanılamaz; çok fazla sodyumlu sudur, çok düşük tuzluluk hallerinin dışında sulama suyu olarak kullanılamaz. (2) nolu numune az tuzlu, fazla sodyumlu sudur, ender hallerde sulama suyu olarak kullanılabilir. (3,5) nolu numuneler fazla tuzlu, drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılamaz; fazla sodyumlu sudur, ender hallerde sulama suyu olarak kullanılabilir. (6,8,20) nolu numuneler fazla tuzlu, drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılamaz; az sodyumlu sudur, sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her tarım için uygundur. (7,9-18) nolu numuneler orta tuzlulukta su, orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir; orta derecede sodyumlu sudur, geçirgenliği uygun olan jipsli arazi için uygundur. (19) nolu numune ise; az tuzlu, bitkilerin çoğu için sulama suyu olarak kullanılabilir; az sodyumlu sudur, sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her 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. (1,3-5) nolu numuneler şüpheli-kullanılamaz, (6,10-12,17,18,20) nolu numuneler şüpheli-kullanılabilir, (2,7,9,13-16,19) nolu numuneler çok iyi-iyi, (8) nolu numune ise iyi-kullanılabilir sınıftadır. Ayrıca rnekler; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre sınıflandırma ve Kıtaii Su Kaynaklarının kalite kriterlerine göre sınıflandırma ilkelerine göre sınıflandırılmış ve çizelgeler halinde sunulmuştur.

İnceleme alanından alınan su numunelerinin bazı fiziksel ve kimyasal analizlerinin yapılmasındaki temel amaç, bu bölgedeki suların sulama amaçlı kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Ancak elde edilen verilerin bir kısmı içmesuyu olarak kullanılabilirliği hakkında fikir vermektedir. Elde edilen veriler standartlarla karşılaştırıldığında; TSE'ye göre; 19 nolu numunede potasyum, (1,2-5) nolu numunelerde ise sodyum miktarı standartların üzerindedir. WHO ve EC'ye göre (1,3-5) nolu numunelerde sodyum miktarı standart değerlerin üzerindedir. Bu sebeple içmesuyu olarak kullanılamazlar.

Standart parametrelerin dışında su örneklerinde yapılan diğer kimyasal analizler sudaki bor ve florür miktarının belirlenmesidir. Analiz sonuçlarına göre (8-10,13-16) nolu örneklerdeki bor miktarı (mg/l) sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kriterlerine göre 1. sınıf sudur (0-0,5mg/l) ve “çok iyi” grubunda, sulamaya uygun sulardır. (5,6,12,17-20) nolu su örnekleri 2. sınıf sudur (0,5-1,12mg/l) ve “iyi” grubunda sulamaya uygun sulardır. (4,7) nolu su örnekleri 3. sınıf sudur (1,12-2mg/l) ve “kullanılabilir”dir. (1-3,11) nolu su örnekleri 4. ve 5. sınıf sulardır, bor içeriği 2mg/l’den fazladır, kullanılmaya uygun değildir, ancak zorunlu hallerde ihtiyatlı kullanılmalıdır. Florür için ise içme sularında kabul edilebilir en yüksek değer 1mg/l, müsaade edilebilen en yüksek değer ise 1,5mg/l’dir. Bu kriterlere göre (6,8,15,16,18,20) nolu su örnekleri içmesuyu açısından kabul edilebilir sınırlar içerisindeyken; (1-5,7,9-14,17,19) nolu su örnekleri ise müsaade edilebilen en yüksek değerler içerisindeyken. Florür analizlerinin sonuçları yeraltı sularındaki standart değerlere göre değerlendirildiğinde ise; (6,8,15,16,18,20) nolu su örnekleri, 1. sınıf sular içinde yer alırlar 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 sulardır. (1-5,7,9-14,17,19) nolu su örnekleri ise florür analizi sonuçlarına göre “Az kirlenmiş su” olarak, ileri veya 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 kullanılan sulardır.

Bölgenin litolojisi açısından örneklerle bakıldığında ise; Kösenin Arkaç Mevkii’nden alınan su örneklerinde (1,6,15,18) kalsit ve dolomite doygunluk görülmektedir. Bunun sebebinin; mevkiinin jeolojisindeki Hançili Formasyonunun içerdiği kireçtaşı olabileceği düşünülmektedir.

Cam Çayır Mevkii’ne ait su örnekleri (2-5,19,20), genel olarak incelendiğinde, belirgin mineral doygunlukları olmayan örneklerdir. Bu mevkiinin Gölbaşı Formasyonu ve Alüvyon’dur ki; aslında doygunluk hesaplarında Gölbaşı Formasyonu çok fazla doygunluk beklenebilen bir birim değildir. Alüvyonal birim karmaşık bir yapı gösterirler ve çakıl, kum, 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.

Karaçamur Mevkii'ne ait su örnekleri (7,8,16) yine Gölbaşı Formasyonundadır. Ve bu jeolojinin doğal bir sonucu olarak belirgin bir mineral doygunluğu söz konusu değildir. 16 nolu numunenin yalnızca dolomite doygun olmasının sebebinin, numunenin alındığı noktanın Ja yapıya yakın olmasından kaynaklanabileceği, ve bu yapıdaki kireçtaşının etkisiyle, bir miktar doygunluğunun oluşabileceği düşünülmüştür.

Başkent Üniversitesi Kampusü ve çevresine ait su örnekleri (9-14,17) Gölbaşı Formasyonu ve Akbayır Formasyonunda yer almaktadır ve buna bağlı olarak örneklerin doygunlukları değişkenlik göstermektedir. Mesela (10,12-14) nolu su örnekleri hiçbir minerale doygun değildir. Bunun sebebinin Gölbaşı Formasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. (9,11,17) nolu su örneklerinin ise kalsit ve dolomite doygunluklarına Akbayır Formasyonundaki kireçtaşının sebep olduğu düşünülmektedir.

Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde; su örneklerine ait fasiyes ve mineral doygunlukları sonuçlarının uyum içinde olduğu görülmüştür. Su örneklerinin 19 adetinde hakim olan fasiyes ($\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$)'dır, yalnızca 2 nolu su örneğine ait fasiyes (Na^+ ve SO_4^{-2}) olarak değişkenlik göstermektedir. 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 kimyasal formullerin, (HCO_3^-) fasiyesi ile uyumlu olması, sonuçları daha güçlendirici kılmıştır. Ayrıca; inceleme alanının jeolojisinde Hançili Formasyonu gibi, kil içeren yapılar vardır. Killerin gözenekliliği fazla, geçirgenliği az, daneleri ufak olması nedeniyle suyla uzun süre beraber olacağından; ayrıca killerin koloidal yapılarının Cl^- , SO_4^{-2} iyonlarını soğurması, bu

kayalardan gelen suların tuz iyonlarınca zenginleşeceğini gösterir. Sulardaki sülfat fazlalığı Ca^{+2} , Mg^{+2} ’un; klorürün yükselmesi ise Na^{+} iyonlarının artmasına sebep olmaktadır. Killi arazilerde iyon değişimi önemlidir; sodyumlu killi, suyun Ca^{+2} ve Mg^{+2} ’u ile iyon değişimi yaparak suları Na^{+} iyonlarınca zenginleştirir. İnceleme alanına ait 19 adet örneğin Na^{+} fasiyesinde olması da bu şekilde açıklanabilir. Tek başına farklılık gösteren 2 nolu örnekte ise fasiyes (Na^{+} ve SO_4^{-2}) olarak değişkenlik göstermektedir. Bu örneğin alüvyon yapıya ait olması sebebiyle değişken malzemeler içerisindeki özel yapılardan etkilendiği düşünülmektedir. Farklı kimyasal içeriğine sahip alüvyon zemin bu örneği fasiyesi (Na^{+} ve SO_4^{-2}) olacak şekilde etkilemiştir.

KAYNAKLAR

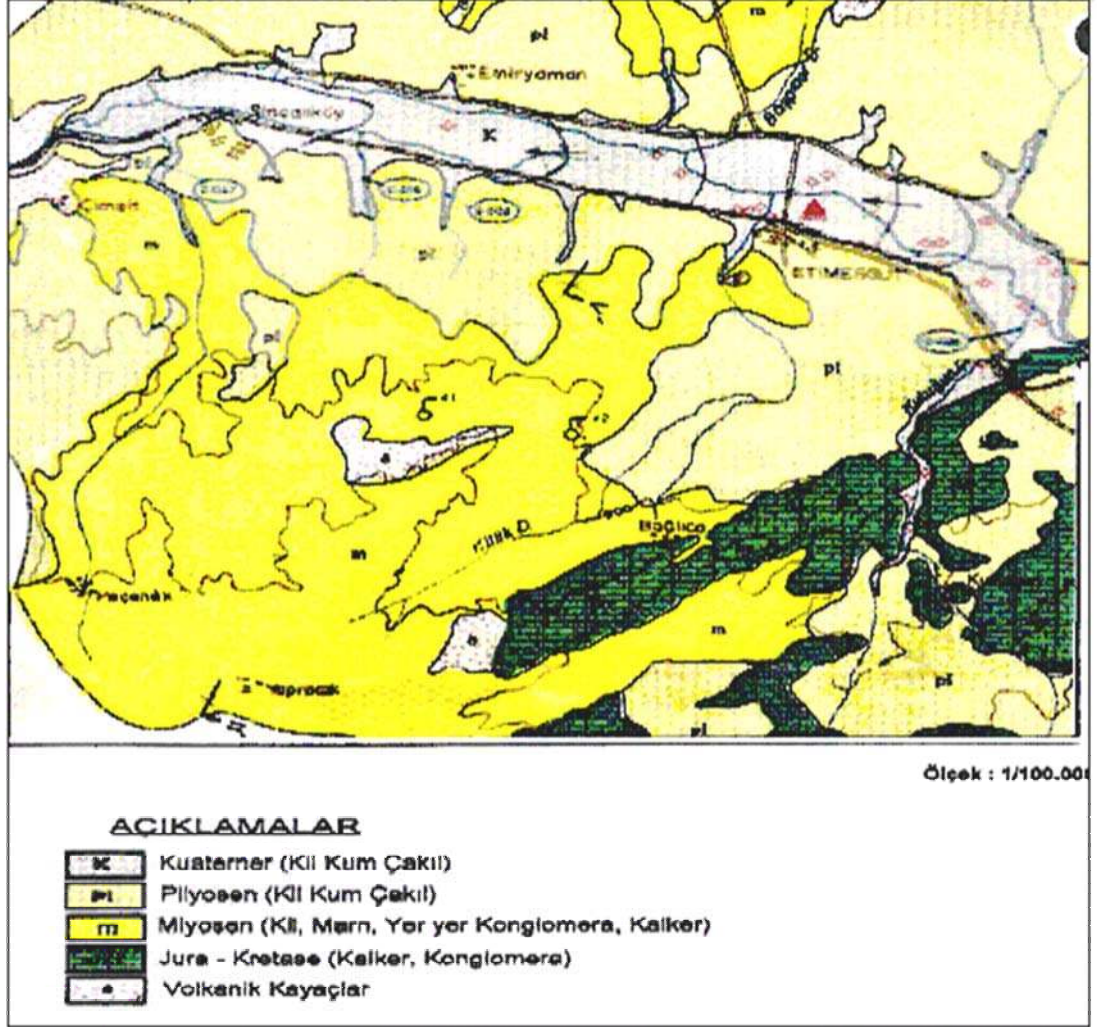
1. DSI Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, Etüt ve Değerlendirme Şube Müdürlüğü, “Yeraltısuyu Arama Faaliyetleri”, **DSİ, Ankara**, 23 (1999).
2. İnternet: Gazi Üniversitesi “Yeraltı Suyu Kirliliği” (<http://www.gazi.edu.tr/web/alperal/cevre6.htm>) (2007).
3. İnternet: Devlet Su İşleri “Toprak ve Su Kaynakları” (<http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm>) (2006).
4. Canik, B., “Hidrojeoloji Yeraltı Sularının Aranması, İşletilmesi, Kimyası”, **A.Ü.Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü**, Ankara, 5 (1998).
5. İnternet: Etimesgut Kaymakamlığı “İlçemiz” (<http://www.etimesgut.gov.tr/ilcemiz.html>), (2006).
6. İnternet: Etimesgut Kaymakamlığı “Faaliyetlerimiz” (<http://www.etimesgut.gov.tr/faaliyetlerimiz.html>), (2006).
7. İnternet: Etimesgut Belediyesi “Etimesgut” (<http://www.etimesgut.bel.tr/index.php>), (2006).
8. 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).
9. Etimesgut Meteoroloji İstasyonu, “İklim Değerleri Bülteni”, **Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara**, 24 (1994).
10. Vural, S., “Ankara ve Çevresinin Zirai Peyzaj Özellikleri”, **A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları**, Ankara, 476 (1972).
11. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, “Akyürek, B.ve diğ., Eldivan-Şabanözü(Çankırı) Hasayaz-Çandır(Kalecik-Ankara) Dolayının Jeolojisi”, **MTA Derleme, Ankara**, 12-31 (1980).
12. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, “Akyürek, B.ve diğ., Ankara İlının Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynaklar Projesi(1994 yılı jeoloji grubu çalışmaları)”, **MTA Derleme, Ankara**, 24-36 (1996).
13. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, “Akyürek, B.ve diğ., Ankara-Elmadağ-Kalecik Dolayının Jeolojisi”, **MTA No:7298, Ankara**, 12-25 (1982).

14. Akyürek, B.ve diğ., “Ankara-Elmadağ-Kalecik Dolayının Temel Jeoloji Özellikleri”, *AÜ. Jeoloji Mühendisliği, Ankara*, 20, 31-46 (1984).
15. Calvin, S.W. ve Kleinsorge, H., “Geologische und hydrologische Beobachtungen über zentralanatolische Ova”, *MTA, 19, Ankara*, 186-212, (1940)
16. “1:50 000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları”, *MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı*, Ankara, 55.
17. “İnceleme alanına ait 1/5 000 ölçekli topoğrafik harita”, *Harita Şube Müdürlüğü, İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı*, Ankara, (29-a-13-b)-(29-a-09-d).
18. Çil, A., “Batıkent Toplukonut Alanında Açık ve Yeşil Alanların İrdelenmesi Üzerine Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, *A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı*, Ankara, 32 (1990).
19. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Sarıaslan, M., “Ankara İlinin Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları”, *MTA Jeoloji Etütleri Dairesi*, Ankara, 55 (1999).
20. İnternet: Afet İşleri Genel Müdürlüğü “Deprem Bölgeleri Haritası” (<http://www.deprem.gov.tr/linkhart.htm>), (2007).
21. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Numune Alma Klavuzu”, *Çevre Referans Laboratuvarı*, Ankara (2001).
22. Çevre Bakanlığı, “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”, *4 Eylül 1988 Tarihli ve 19919 Sayılı Resmi Gazete*, Ankara (1988).
23. Çevre Bakanlığı, “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği”, *7 Ocak 1991 Tarihli ve 20748 Sayılı Resmi Gazete*, Ankara (1991).
24. Clark, I., Fritz, P., “Environmental Isotopes in Hydrogeology”, *Lewis Publishers*, New York, 328 (1997).
25. Nadastepe, Ö., “Kazan Ankara Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Özelliklerinin ve Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 38 (2004).
26. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Çuhadar, G. ve Tamgaç, S., “Hidrojeolojik Etütlerde Su Kimyası Verilerini Toplama ve Değerlendirme Yöntemleri”, *DSİ*, Ankara, 1-22 (1994).

27. Todd, D.M., “Groundwater Hydrology”, Çeviri Editörü; A. Özkan, **DSİ Matbaası**, Ankara, 198-217 (1965).
28. Şahinci, A., Doğal Suların Jeokimyası, **Akdeniz Üniversitesi, Isparta Mühendislik Fakültesi**, İzmir, 228-280 (1991)
29. Türk Standartları Enstitüsü, TS 266, “Sular-İçme ve Kullanma Suları”, **TSE**, Ankara, (1997).
30. İnternet: “Amerika Çevre Koruma Ajansı”, “İçme Suyu Standardı”
<http://www.epa.gov/safewater/consumer/mcl.pdf>
<http://www.epa.gov/safewater/consumer/2ndstandards.html>
31. İnternet: “Dünya Sağlık Örgütü”, “İçme Suyu Standardı”
http://who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/
http://who.int/water_sanitation_health/dwq/en/gdwq3_8.pdf
http://who.int/water_sanitation_health/dwq/en/gdwq3_10.pdf
32. İnternet: “Avrupa Birliği İçme Suyu Standardı”
<http://www.lenntech.com/EU's-drinking-water-standards.htm>

EKLER

EK-1 Bölgenin yüzey suları



Harita 1.1. İnceleme alanına ait 1/100 000 ölçekli yüzey sularını gösteren jeolojik harita

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÜNAL, Meltem
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 01.01.1979 Kayseri
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (312) 283 49 69
e-mail : meltemunal79@hotmail.com

Eğitim

Derece

Lisans

Lise

Eğitim Birimi

Cumhuriyet Üniversitesi
Çevre Mühendisliği Bölümü
Kongre Lisesi

Mezuniyet tarihi

2002

1996

İş Deneyimi

Yıl

2002-2004

Yer

Banka-Finans

Görev

Uzman

Yabancı Dil

İngilizce