

**GEMİCİ KÖYÜ (BASKİL) ÇEVRESİ
YERALTI SULARININ
HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

Muhammed Nuri KÜÇÜKATABEY
091116105

Jeoloji Mühendisliği
Uygulamalı Jeoloji

Danışman: Prof. Dr. Bahattin ÇETİNDAG

TEMMUZ – 2012

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GEMİCİ KÖYÜ (BASKİL) ÇEVRESİ YERALTI SULARININ
HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Muhammed Nuri KÜÇÜKATABEY
091116105

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 13 Haziran 2012

Tezin Savunulduğu Tarih : 4 Temmuz 2012

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Bahattin ÇETİNDAG

Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Özlem ÖZTEKİN OKAN

Yrd. Doç.Dr. Yusuf SAATÇI

TEMMUZ-2012

ÖNSÖZ

“Gemici Köyü (Baskil) Çevresi Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Özellikleri” başlıklı bu çalışma, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalı, Uygulamalı Jeoloji (Hidrojeoloji) bilim dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmış ve Fırat Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından MF.11.02 no’lu proje ile desteklenmiştir. Araştırmayı maddi açıdan destekleyen Fırat Üniversitesi Rektörlüğü’ ne ve Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) birimine teşekkür ederim.

Bu çalışmanın hazırlanması, arazi ve büro çalışmalarında yönlendirici ve bilgilendirici katkı ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Bahattin ÇETİNDAG’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmalarımın farklı aşamalarında yardımlarını gördüğüm Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Öğretim Üyeleri, Araştırma Görevlileri ve tüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Bütün eğitim hayatım boyunca göstermiş oldukları sonsuz sabır ve manevi desteklerinden dolayı KÜÇÜKATABEY ailesine içtenlikle teşekkür ederim.

Muhammed Nuri KÜÇÜKATABEY

ELAZIĞ-2012

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	IV
ABSTRACT	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ	VII
FOTOĞRAF LİSTESİ	VIII
EKLER LİSTESİ	IX
SİMGELER	X
KISALTMALAR	XI
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE METOT	3
2.1. Çalışma Alanı.....	4
2.2. Bölge İle İlgili Önceki Çalışmalar.....	5
3. BULGULAR	10
3.1 Jeoloji.....	10
3.1.1. Elazığ Magmatitleri (Ke).....	12
3.1.2. Harami Formasyonu (Kh).....	13
3.1.3. Kuşçular Formasyonu (Tku).....	14
3.1.4. Kırkgeçit Formasyonu (Tk).....	16
3.1.5. Palu Formasyonu (PLQ).....	20
3.1.6. Yapısal Jeoloji.....	22
3.2. Hidrojeoloji.....	24
3.2.1. Yeraltı Suyu Taşıyan Formasyonlar.....	24
3.2.2. Kayaçların Hidrojeoloji Özellikleri.....	26
3.2.2.1. Geçirimsizlik.....	26
3.2.2.2. Gözeneklilik.....	27
3.2.3. Su Örnekleme Noktaları.....	27
3.3. Su Kimyası.....	29
3.3.1. Sularda Bulunan Başlıca İyonlar ve Kökenleri.....	32
3.3.1.1. Katyonlar.....	32
3.3.1.2. Anyonlar.....	37

3.3.2. Analiz Sonuçlarının Diyagramlarla Gösterilmesi ve Suların Sınıflandırılması.....	41
3.3.2.1. Schoeller Diyagramı.....	41
3.3.2.2. Piper Diyagramı.....	45
3.3.2.3. Dairesel Diyagram.....	47
3.3.2.4. Suların İçilebilme Diyagramı.....	47
3.3.2.5. Wilcox Diyagramı	50
3.3.2.6. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı	52
3.3.2.7. Suların Sertliği.....	55
3.3.2.8. Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH).....	56
3.3.2.9. Suların Elektriksel İletkenliği (EC).....	57
3.3.2.10.Sıcaklık (°C).....	57
3.4. Su Kirliliği.....	58
3.4.1. Amonyum (NH ₄).....	58
3.4.2. Nitrit (NO ₂).....	62
3.4.3. Nitrat (NO ₃).....	64
3.4.4. Fosfat (PO ₄ ⁻³).....	67
3.4.5. Yeraltı sularında Kirlenmeye Sebep Olan Diğer Elementler.....	69
3.4.5.1. Arsenik (As).....	69
3.4.5.2. Kurşun (Pb).....	69
3.4.5.3. Selenyum (Se).....	70
3.4.5.4. Krom (Cr).....	71
3.4.5.5. Demir (Fe).....	72
3.4.5.6. Mangan (Mn).....	73
3.4.5.7. Silisyum (Si).....	73
3.4.5.8. Bor (B).....	73
3.4.5.9. Suların İçme Suyu Standartlarına Göre Değerlendirilmesi.....	74
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	75
KAYNAKLAR.....	76
ÖZGEÇMİŞ.....	80

ÖZET

Gemici Köyü (Baskil) Çevresi Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Özellikleri

Hidrojeokimya, sulak alanların su tipini, beslenme-boşalma sınırlarını ve su-kayaç ilişkisinin tanımlanmasına yardımcı olur. Bu çalışma, Gemici köyü (Baskil) çevresinde seçilen araştırma alanında yeraltı sularının kimyasal özelliklerinin ve bazı kirlilik parametrelerinin incelenmesini 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 karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır.

İnceleme alanına ait su kimyası veriler kullanılarak, Piper, Schoeller, Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları çizilip değerlendirmeleri yapılmış, bazı yeraltı sularındaki baskın hidrojeokimyasal fasiyesin mevsimsel etkilerle değiştiği, genelinin ise değişmediği tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalar ışığında, bölgedeki hidrojeolojik oluşumlar tanımlanmıştır. Bölgenin jeolojisi ile suların mineral doygunlukları karşılaştırılarak, suların temas ettiği litolojik birimler belirlenmeye çalışılmıştır.

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.

İncelenen 11 kuyu ve 3 kaynak suyunun sıcaklıkları 14,70 °C ile 21,1 °C arasında, elektriksel iletkenlikleri 371,8 µS/cm ile 2144 µS/cm arasında değişmektedir. Sularda en fazla bulunan katyon Ca^{+2} , en fazla bulunan anyon ise HCO_3^{-} ' tır.

İnceleme alanındaki sularda NH_4 , NO_2 konsantrasyonları, dönemsel olarak incelenmiş ve konsantrasyonların artış gösterdiği belirlenmiştir. Aynı zamanda sulardaki NO_3 değerlerine göre suların yüzeyden bir kirletici tarafından kirletildiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidrojeokimya, Hidrojeoloji, Yeraltı suyu, Su kirliliği, Gemici köyü

ABSTRACT

The Hydrogeochemical Characteristics Of Groundwater İn Gemici Village (Baskil)

Hydrogeochemical properties help us to identify water type, discharge and recharge boundary, water-rock interactions. This study covers the investigation of chemical properties and some pollution parameters of groundwater from selected research areas in Gemici village (Baskil). The pH, temperature and 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 regulations.

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 structure on some groundwaters are not changed by seasonal effects , while some others are changed.

The hydrogeologic formations in the area are identified by hydrogeologic investigations. By comparing the geology of the area and the mineral saturation levels of groundwater, the lithological features the aquifer, are determined.

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 evaluated against drinking water standards to give a general idea.

In the studied are head waters temperatures and electrical conductivity are range from 14,70 °C to 21,1 °C and from 371,8 µS/cm to 2144 µS/cm. The abundant ions in waters are Ca^{+2} and HCO_3^- .

In the studied area waters, the NH_4 , NO_2 concentrations were examined periodically and increased concentrations were determined. According to NO_3 values in waters, pollutants from the surface was determined by the pollutant.

Keywords: Hydrogeochemistry, Hydrogeology, Ground water, Water pollution, Gemici Village

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1: İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	3
Şekil 2: İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti.....	11
Şekil 3: Kuşçular Formasyonu'nun şematik depolanma modelleri.....	16
Şekil 4: İnceleme alanı yakınındaki önemli tektonik yapılar.....	23
Şekil 5: Türkiye'nin topoğrafik su havzaları.....	24
Şekil 6: Ca^{+2} iyonunun dönemsel değişim grafiği.....	33
Şekil 7: Mg^{+2} iyonunun dönemsel değişim grafiği.....	34
Şekil 8: Na^{+} iyonunun dönemsel değişim grafiği.....	35
Şekil 9: K^{+} iyonunun dönemsel değişim grafiği.....	37
Şekil 10: Cl^{-} iyonunun dönemsel değişim grafiği.....	38
Şekil 11: SO_4^{-2} iyonunun dönemsel değişim grafiği.....	39
Şekil 12: HCO_3^{-} iyonunun dönemsel değişim grafiği.....	41
Şekil 13: Nisan-2011 döneminde yapılan analizlere ait Schoeller Diyagramı.....	42
Şekil 14: Kasım-2011 döneminde yapılan analizlere ait Schoeller Diyagramı.....	43
Şekil 15: Nisan-2011 döneminde yapılan analizlere ait Piper Diyagramı.....	45
Şekil 16: Kasım-2011 döneminde yapılan analizlere ait Piper Diyagramı.....	46
Şekil 17: Nisan-2011 dönemine ait analiz sonuçlarına göre içilebilirlik diyagramı.....	48
Şekil 18: Kasım-2011 dönemine ait analiz sonuçlarına göre içilebilirlik diyagramı.....	49
Şekil 19: Nisan-2011 dönemine ait analiz sonuçlarına göre Wilcox Diyagramı.....	50
Şekil 20: Kasım-2011 dönemine ait analiz sonuçlarına göre Wilcox Diyagramı.....	51
Şekil 21: Nisan-2011 dönemine analiz edilen örneklerle ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı.....	54
Şekil 22: Kasım-2011 dönemine analiz edilen örneklerle ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı	55
Şekil 23: Temmuz-2011 ve Kasım-2011 dönemindeki NH_4 dağılım haritası.....	61
Şekil 24: Temmuz-2011 ve Kasım-2011 dönemindeki NO_2 dağılım haritası	63
Şekil 25: Temmuz-2011 ve Kasım-2011 dönemindeki NO_3 dağılım haritası	66
Şekil 26: Temmuz-2011 ve Kasım-2011 dönemindeki PO_4 dağılım haritası.....	68

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1: İnceleme alanından alınan örneklerin geçirimsilik değerleri.....	26
Tablo 2: İnceleme alanından alınan örneklerin gözeneklilik, özgül verim (Qs) ve özgül tutum (Qr) değerleri.....	27
Tablo 3: Örneklemeye yapılan kuyu ve kaynakların debi ve koordinatları.....	28
Tablo 4: Nisan-2011 döneminde yapılan analiz sonuçları.....	30
Tablo 5: Kasım-2011 döneminde yapılan analiz sonuçları.....	31
Tablo 6: Nisan-2011 dönemine ait analiz sonuçlarına göre iyonların sıralanışı.....	44
Tablo 7: Kasım-2011 dönemine ait analiz sonuçlarına göre iyonların sıralanışı.....	44
Tablo 8: %Na sınıflaması.....	52
Tablo 9: SAR değerine göre sulama suyunun sınıflandırılması.....	52
Tablo 10: Suların tuzluluk ve sodyum miktarlarına göre sınıflandırılması.....	53
Tablo 11: Suların sertliklerine göre sınıflandırılması.....	56
Tablo 12: Suların pH ‘ a göre sınıflandırılması.....	56
Tablo 13: İnceleme alanındaki suların elektriksel iletkenliğe göre sınıflandırılması.....	57
Tablo 14: Yeraltısularının kirlenmesinde doğal ve yapay nedenler.....	58
Tablo 15: TSE 266, WHO ve Sağlık Bakanlığı Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre içme suyu standartları.....	71

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Foto 1: Hardi Çayı üzerinde inşaa edilen yeraltı barajı inşaatından bir görünüm.....	8
Foto 2: Hardi Çayı üzerine inşaa edilen yeraltı baraj yeri ve beslenme alanı.....	9
Foto 3: Kırkgeçit Formasyonu içerisinde gözlenen kireçtaşı olistoliti.....	18
Foto 4: Kırkgeçit Formasyonu'na ait konglomeralar.....	19
Foto 5: Palu Formasyonu'ndan bir görünüm	21
Foto 6: Hardi çayı sağ yamacında Kuşçular Formasyonu ile Palu Formasyonu arasındaki ilişki....	21
Foto 7: Elazığ Magmatitleri içerisinde gelişen kırık-çatlak sistemleri.....	25
Foto 8: Su örnekleme noktaları.....	28

EKLER LİSTESİ

- EK-1** : Gemici Köyü (Baskil) Çevresinin Jeoloji Haritası
EK-2 : Nisan-2011 Döneminde Alınan Örneklerin Dairesel Diyagramlarla Gösterimi
EK-3 : Kasım-2011 Döneminde Alınan Örneklerin Dairesel Diyagramlarla Gösterimi

SİMGELER

As	: Arsenik
B	: Bor
Ca	: Kalsiyum
Cl	: Klorür
CO₂	: Karbondioksit
Cr	: Krom
Fe	: Demir
HCO₃	: Bikarbonat
K	: Potasyum
Mg	: Magnezyum
Mn	: Mangan
Na	: Sodyum
N	: Azot
NH₃	: Amonyak
NH₄	: Amonyum
NO₃	: Nitrat
NO₂	: Nitrit
Pb	: Kurşun
PO₄	: Fosfat
SO₄	: Sülfat
S	: Kükürt
Se	: Selenyum
Si	: Silisyum
Zn	: Çinko

KISALTMALAR

DSİ	: Devlet Su İşleri
EC	: Elektriksel iletkenlik
MTA	: Maden Tetkik Arama
mek	: Miliekivalen
mek/l	: Miliekivale/litre
mg/l	: Miligram/litre
SAR	: Sodyum adsorbsiyon oranı
pH	: Hidrojen iyonu konsantrasyonu
%Na	: Sodyum iyon yüzdesi
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
°C	: Santigrat derece

1. GİRİŞ

Yaşamın devamı için vazgeçilmez bir kaynak olan su toplumun ekonomik gelişme modelini de etkileyen doğal fakat sınırlı bir kaynaktır. Dünyamızın geleceğini tehdit eden en önemli çevre felaketlerinden biri, hızla artan dünya nüfusu karşısında tatlı su kaynaklarının hızla kirlenmesi ve tüketilmesidir. Belki de önümüzdeki birkaç on yıl içerisinde bu gün devam eden petrol savaşlarının yerini su savaşları alacaktır.

Yeryüzünün 3/4'ü su ile kaplı olmasına rağmen bu suyun ancak %3'ü tatlı sudur. Tatlı suyun da %75'ini yeraltı suyu oluşturmaktadır. Ne yazık ki ülkemizde tatlı su rezervleri bilinçsizce kullanılarak tüketilmektedir. Söz konusu olan bölgede de durum farklı değildir.

Yüzey sularının yetersiz kaldığı durumlarda tatlı su elde edebilmek için, yeraltı sularının kullanımı da oldukça artmaktadır. Bununla beraber doğal ve yapay nedenlerle yeraltı suları da hızla kirlenmektedir.

1960-1997 yılları arasında dünya genelinde kişi başına kullanılabilir tatlı su yaklaşık %60 azalmıştır. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) nüfusumuzun 2025 yılında 80 milyon, 2030'da ise 100 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 2025'de 1300 m³/yıl 'e, 2030'da ise 1000 m³/yıl 'a düşeceği söylenebilir. Bu rakamlara göre Türkiye nüfusu yaklaşık 100 milyon olduğunda su sıkıntısı çeken ülkelerden birisi olacaktır (Çakmak ve diğ., 2005).

Yeraltının farklı derinliklerinde bulunan sular, buralardaki değişik bileşimli kayalarla sürekli temas halindedir. Bu kayaların suda eriyebilme derecelerine göre az ya da çok oranda erimiş madde yeraltı sularına karışır. İnsanların sağlıklı yaşamaları ve hayatlarını devam ettirebilmelerinde gerekli olan suyun kullanılabilmesi için fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin bilinmesi, kullanım amaçlarına uygun olarak bu özelliklerin belli sınırları aşmaması, özellikle içme sularının hastalık ve zararlı etki yapabilecek mikroorganizmalar ile mineral ve organik maddelerden arındırılmış olması gerekmektedir (Varol ve diğ., 2008).

Yeraltı suyunun içme, sulama ve kullanma suyu olarak kullanılabilirliği olduğu, fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik incelemeler sonucu belirlenir. Yeraltı suyunun niteliği belirlenirken, içerisinde bulunan maddelerin limit sınırlarına göre değerlendirme yapılmaktadır.

Yeraltı sularının fiziksel özellikleri; sıcaklık, renk, askıda kalan katı madde, koku ve tattır. Kimyasal özellikleri ise; pH, elektriksel iletkenlik (EC), sodyum (Na⁺), potasyum

(K⁺), kalsiyum (Ca⁺²), magnezyum (Mg⁺²), karbonat (CO₃⁻), bikarbonat (HCO₃⁻), sülfat (SO₄⁻²) ve klorür (Cl⁻) iyonlarından oluşmaktadırdır.

Yaptığımız bu çalışmada; 14 adet kuyudan farklı dönemlerde iki defa su numunesi alınmış, ağırlıklı olarak hidrokimyasal analizler yapılmış, bölgedeki mevsimsel farklılıkların yeraltı sularına etkisi incelenmiş, Gemici Köyü (Baskil) bölgesine ait yeraltı suyu hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Tez çalışması, arazi öncesi, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları şeklinde gerçekleştirilmiştir. Arazi öncesi çalışmalar, bölgenin jeolojisi, hidrojeolojik durumu, bölgede daha önce yapılan çalışmalar ve konuyla ilgili yayınlar incelenerek, mevcut kuyular ve bölgedeki yeraltı sularının kirlenmesine neden olabilecek doğal ve yapay faktörler hakkında ön bilgiler toplanmıştır.

Büro çalışmaları ile edinilen bilgiler ışığında arazi çalışmaları yapılarak bölgenin jeoloji haritası çizilmiştir. Arazide örnek alınan kaynak ve kuyu sularının koordinatları GPS (Küresel Konumlama Sistemi) yardımıyla belirlenmiştir. Sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik gibi bazı su kalitesi parametreleri sahada YSI marka Orion 63 model pH metre ile ölçülmüştür.

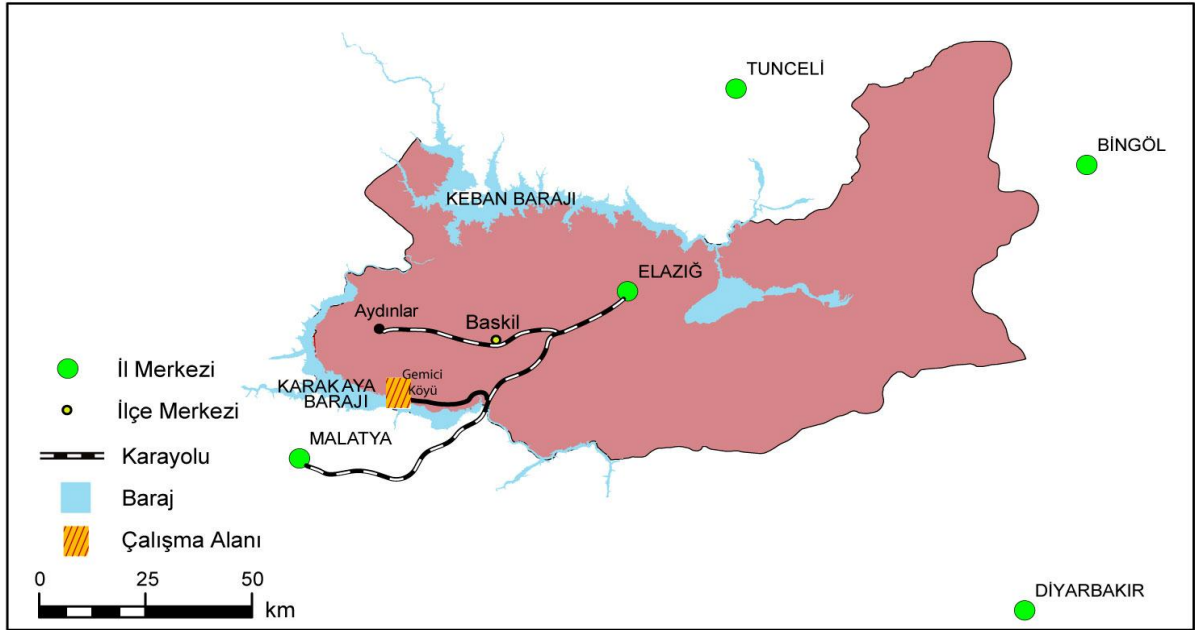
Bölgede Nisan-2011 döneminde 14, Kasım-2011 de 12 adet kuyudan, zamana bağlı değişimleri gözleyebilmek için iki ayrı dönemde su numunesi alınarak yerinde sıcaklık, pH, EC değerleri ölçülmüş ve laboratuvarında Nitrit (NO_2), Nitrat (NO_3), Fosfat (PO_4) ve Amonyum (NH_4) analizleri yapılmıştır. Suların majör anyon, katyon ve metal analizleri ACME (Kanada) laboratuvarlarında yaptırılmıştır.

Yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen değerler böroda sayısal ortama aktarılmıştır. Sayısallaştırma işleminde bölgenin jeoloji haritası çizilirken Adobe Illustrator CS5 programı kullanılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarının diyagramlara aktarılmasında AquaChem 3.70 programı kullanılmıştır. Kirlilik dağılım haritalarının oluşturulmasında Minitab 15.0 istatistik programı kullanılmıştır.

Analizlerin sonuçları; sulama suyu yönünden ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı, içme suyu yönünden Wilcox diyagramı ve TS-266(1997)'ye göre değerlendirilmiş, Piper(1944) ve Schoeller diyagramlarına göre ise yeraltı sularının hidrokimyasal fasiyesi ve kökensel yorumları yapılmıştır.

2.1. Çalışma Alanı

İnceleme alanı; Elazığ İlının güneybatısında olup Elazığ İl merkezine 74 km uzaklıktaki Baskil İlçesine bağlı Gemici köyü ve yakın çevresini içine almaktadır (Şekil 1). İnceleme alanı Malatya L41-a1 paftasında yer almaktadır. İnceleme sahası Türkiye'nin 26 Topoğrafik su havzasından biri olan Fırat havzasında yer almaktadır. İnceleme alanı yaklaşık olarak 30 km² lik bir alanı kapsamaktadır.



Şekil 1: İnceleme alanının yer bulduru haritası

Elazığ ili ile Gemici Köyü arası her mevsim ulaşım olanağı sağlayan asfalt bir yol ile demiryolu mevcuttur. Yörenin Malatya'ya ulaşımı ise Fırat nehri üzerinden feribotlarla ve demiryoluyla sağlanmaktadır.

İnceleme alanı güneyden Karakaya Baraj gölü ile sınırlanır. Kuzeyde Zeynel Abidin Ziyareti Tepe (1193 m.) sahanın topoğrafik olarak en yüksek kısmını oluşturur. Çalışma alanının belli başlı yükseltileri şunlardır; Olcan Tepe (1092 m), Sinalı Tepe (1033 m), Sinan Tepe (984 m), Ziyaret Tepe (962 m), Kara Tepe (937 m), Aşık Tepe (950 m). Horborik Tepe (962 m), Boz Tepe (934 m). İnceleme alanında irili ufaklı dereler sularını Karakaya Baraj gölüne boşaltırlar, bunlardan en önemlisi Hardi Çayı'dır.

Tipik karasal iklime sahip olan yörede kışlar soğuk, yazlar sıcak geçmektedir. Mayıs ayı başlarından Ekim ayı sonlarına kadar arazide çalışma olanağı vardır.

Arazinin genelindeki litolojik ve morfolojik yapısı kırsal yaşamı olumsuz yönde etkilemektedir. Yöre halkı geçimini tarım ve hayvancılıkla sağlamaktadır. Tarıma elverişli alanlar oldukça sınırlı olup, ekilebilir alanlarda kayısı ağacı, buğday ve arpa yetiştirilmektedir.

2.2.Bölge İle İlgili Önceki Çalışmalar

Torid tektonik birliği içerisinde yer alan ve Türkiye'nin önemli tektonik yapılarından Güneydoğu Anadolu Bindirme Kuşağı ve Doğu Anadolu Fay Zonu gibi iki önemli unsuru içerisinde bulunduran Elazığ ve yakın çevresi çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir.

İnceleme alanı ve çevresinde farklı amaçlı jeoloji çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar bölge jeolojisinin belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bölge ve çevresinde yapılmış başlıca jeoloji çalışmaları şöyledir:

Ketin (1966), bir yapısal model öne sürerek Pontidler (Kuzey ve Kuzeybatı Anadolu Kuşağı), Anatolidler (İç Anadolu Kuşağı), Toridler (Toroslar), Kenar kıvrımları (Güneydoğu Anadolu) olmak üzere Türkiye'yi dört ana tektonik bölgeye ayırmıştır. Bu sınıflandırmaya göre çalışma alanı, Doğu Toros Orojenik Kuşağı içerisinde yer almaktadır.

Yazgan (1981, 1983, 1984), Pötürge-Baskil ve Keban dolaylarında petrografik ve petrolojik bulgulara dayanarak bölgede Üst Kretase'de etkin kıta kenarına bağlı olarak Yüksekova Karmaşığı'nın oluştuğunu ve Orta Eosen'deki etkin kıta kenarının ise Maden Karmaşığı'nı oluşturduğunu savunmuştur. Yazgan Yüksekova Karmaşığı (Elazığ Magmatitleri)'nda ilk defa radyometrik yaş tayinini yapmıştır. Araştırmacı karmaşığın

magmatikler ve bunları üzerleyen konglomera, kumtaşı ve pelajik kireçtaşlarından oluştuğunu belirtmektedir. Araştırmacı bölgedeki kayaç birimlerini yapısal ve petrolojik bakımdan sınıflandırmıştır.

Hempton ve Savcı (1982), Elazığ çevresinde yaptıkları araştırmada Elazığ Magmatitleri'nin yüzey kayaçlarını Elazığ Volkanik Karmaşığı olarak adlandırıp bu kayaçların petrografi, petroloji ve tektonik özelliklerini açıklamışlardır.

Turan (1984), Baskil–Aydınlar (Elazığ) yöresinde yapmış olduğu çalışmada bölgenin tektoniğini, stratigrafisini ve paleocoğrafyasını aydınlığa kavuşturmuştur. Hor Bindirme Fayı, ilk defa bu araştırmacı tarafından saptanarak incelenmiştir.

Çetindağ (1985), Elazığ, Palu-Kovancılar dolayının hidrojeolojisini incelediği çalışmada, Kırkgeçit, Karabakır Formasyonlarının su taşıdığını ve bunların diğer formasyonlarla dokunaklarında küçük debili kaynakların oluştuğunu belirtmiştir.

Tatar (1987), 20.000 km²'lik bir alanda Landsat fotoğrafları üzerinde yaptığı çalışmada, Elazığ çevresinin genelleştirilmiş tektonik haritasını hazırlamıştır. Araştırmacı, Palu Antiklinali ile Baskil Antiklinali'nin 100 km'yi aşan uzunlukta büyük bir antiklinalin doğu ve batı uç kısımlarını oluşturabileceğini belirtmiştir. Ayrıca, araştırmacı haritalanan kırıklar üzerinde istatistiksel bir ön değerlendirme yapmış ve bu kırıklardan bazılarının büyük kıvrımlarla, bazılarının da doğrultu atımlı faylarla mekanik ilişki içinde bulunduklarını belirtmiştir.

Özkul (1988), Elazığ yöresinde geniş yayılım sunan Orta Eosen-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu'nun, inceleme alanının bir kısmını da içerisine alan Fırat nehri ile Baskil-Keban ilçeleri arasında kalan bölümlerinde yer alan derin-deniz kırıntılı fasiyes topluluklarına malzeme sağlayan eski akıntıları incelemiştir. Bu çalışmada formasyonda; iç, orta, dış yelpaze, yamaç, havza düzlüğü, karbonat şelfi ve şelf önü karbonat fasiyesleri belirlenmiştir.

Turan ve Bingöl (1991), ‘Kovancılar-Baskil (Elazığ) Arası Bölgenin Tektono-Stratigrafik Özellikleri” başlıklı çalışmalarında, bölgenin tüm Toroslar'da olduğu gibi yoğun tektonik olayların izlerini taşıdığını, özellikle Üst Kretase ve Miyosen'in tektonizmanın en şiddetli geçtiği dönemler olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle bölgede stratigrafik birimler arasında özellikle bindirme tektoniği ağırlıklı olmak üzere çok sık tektonik dokanaklar izlendiğini vurgulamışlardır.

Aksoy (1993), Elazığ batı ve güneyinin genel jeolojik özelliklerini incelediği çalışmada; bölgedeki bindirme faylarının, Geç Kretase sonrası ve Erken Miyosen

sonrası olmak üzere iki ayrı dönemde geliştiğini belirtmiştir. Araştırmacı aynı çalışmasında Kırkgeçit Formasyonu'nun oluşumundan sonraki dönemde bölgede etkili olan yaklaşık KD-GB doğrultulu basınç gerilmesiyle, KD-GB doğrultulu eksene sahip bir antiklinal oluşturacak şekilde kıvrımlandığını belirtmiştir.

İnceöz, 1994, Elazığ yakın kuzeyi ve doğusu'nun jeolojik özelliklerini inceleyerek, bölgedeki gerek kıvrımlı yapıların gerekse bindirme faylarının yaklaşık KKB-GGD doğrultulu basınç gerilmesi altında oluşmuş tektonik yapılar olduğunu ve bu yapıları oluşturan basınç gerilmesinin, Arabistan Levhası'nın kuzeye yönelik bağıl hareketinden kaynaklandığı görüşünü savunmuştur.

Turan ve Türkmen (1994), inceleme alanını da kapsayan Elazığ batısında yaptıkları çalışmada Kuşçular Formasyonu'nun stratigrafik ve sedimantolojik özelliklerini incelemiştir. Araştırmacılar, Alt Paleosende bölgede karasal bir evrenin geçtiğini belirterek, birimin bu dönemde tamamen karasal ve tektonizmanın kontrolü altındaki bir havzada çökeldiğini belirtmişlerdir.

Aksoy ve diğ., (1995), Elazığ Havzası'nda yüzeyleyen Tersiyer birimleri üzerinde yaptıkları çalışmalarla, havzanın bu dönemdeki gelişimini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, Elazığ Havzası'nın Tersiyer'deki gelişiminin büyük ölçüde Neotetis'in güney kolunun kapanmasını sağlayan olaylarla kontrol edildiğini belirtmişlerdir.

Çetindağ (1996), Haringet Havzası'nda yapmış olduğu çalışmada havzadaki yeraltı sularının kökenini, fiziko-kimyasal karakterlerini ve yan kayaçlarla ilişkilerini araştırmıştır. Kaynak ve kuyu sularında bulunan HCO_3^- , Mg^{+2} , Ca^{+2} , Na^+ ve K^+ en fazla iyonlar olduğunu ve Schoeller'in içilebilme diyagramına göre; 1. ve 2. kalite devamlı içilebilen sular bölgesinde gruplandıklarını belirtmiştir.

Aksoy ve Turan (1997), Van ve Elazığ yörelerinde geniş yayılımlar sunan Kırkgeçit Formasyonundaki olistolit yerleşimlerini inceledikleri çalışmada, incleme alanının yaklaşık 20 km kuzeyindeki (Slik Tepe) olistolitlerin derin deniz çökelleri içinde yer aldıklarını belirtmişlerdir. Bu olistolitlerin, blok faylanmayla yükselmiş ve havza tabanını oluşturan Keban Metamorfikleri'nden türemiş olduklarını savunmuşlardır.

Türkmen ve diğ., (2001), Toros Orojenik Kuşağı'nın doğu kesiminde geniş yayılıma sahip Neotetis'e ait Tersiyer çökellerinin Elazığ çevresindeki yüzeylemelerinde yaptıkları çalışmada, Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı Seske Formasyonu ile Orta Eosen-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu arasındaki ilişkinin uyumsuz olduğunu belirtmişlerdir.

Kaymakçı ve diğ., (2006), inceleme alanının yakın batısında yaptıkları çalışmada, Malatya Havzası'nın üç boyutlu mimarisini ortaya koyabilmek için ayrıntılı paleostres çalışmaları yapmışlardır. Araştırmacılar, havzada ilki Erken-Orta Miyosen arasında olan KB-GD doğrultulu genişleme dönemi, ikincisi Geç Miyosen ile Orta Pliyosen evresinde DGD-BKB doğrultulu sıkışma dönemi ve üçüncüsü ise Geç Pliyosen'de başlayıp günümüze değin süren bindirme ağırlıklı doğrultu atım tektoniği dönemi olmak üzere 3 farklı deformasyon döneminin etkili olduğunu belirtmişlerdir. İnceleme alanındaki kıvrımlı yapıların, Aydınlar Bindirme Fayı'na bağlı olarak geliştiğini savunmuşlardır.

Ayrıca inceleme konusu olan bölgede Hardi Çayı üzerinde 2010 yılında Deliktaş köyü ve Gemici köyü Deşt Mezrasına sulama suyu temini amacıyla bir yeraltı barajı inşa edilmiştir (Foto 1).

Bölgede yapılan çalışmalar kapsamında yeraltı barajı yeri seçiminde vadi şekli faktörü, ekonomik parametreler ve bu barajdan alınan su ile sulanacak alanlar dikkate alınarak Hardi Çayı'nın en dar olduğu yer seçilmiştir (Foto 2). Böylece dolguda kullanılacak kilden tasarruf edildiği gibi nakliyesi yapılan alüvyon miktarı da daha azdır.

Bölgede inşaat çalışmaları sırasında yapılan gözlemlerde vadi içerisinde 37 m alüvyon derinliği tespit edilmiştir. Yapılan baraj ile mevcut vadi içerisindeki alüvyon boşluklarında 300.000 m³ suyun depolanması ve bu suyun sulamada kullanılması amaçlanmıştır.



Foto 1: Hardi çayında inşaa edilen yeraltı barajı inşaatından bir görünüm, (Kara yolunun 500 m K'i Bakış KD'ya).

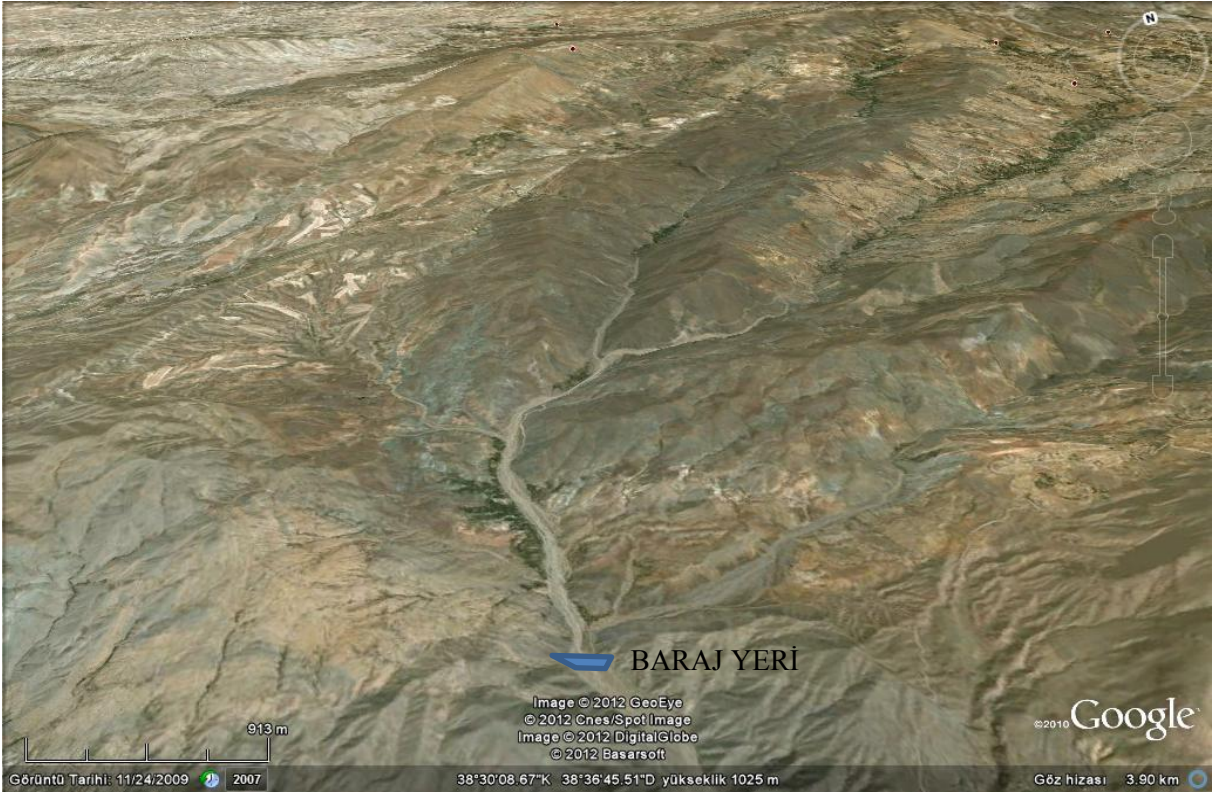


Foto 2: Hardi Çayı üzerine inşaa edilen yeraltı baraj yeri ve beslenme alanı ([Url:1](#))

3. BULGULAR

3.1. Jeoloji

Bu çalışmada kaya stratigrafisi birimlerinin ayrımı esas alınmıştır. İnceleme alanında yüzeyleyen ve 1/10.000 ölçekli ayrıntılı jeolojik haritaya işlenen birimlerin adlandırılması yapılırken Elazıē ve çevresinde son yıllarda yapılmış olan çalışmalarda genel kabul görmüş litostratigrafik adlandırmalar kullanılmıştır. Böylece bölgesel ölçekli yorumlamalarda, yerel formasyon adlandırmalarının yol aacaēı karışıklıkların önlenmesi amaçlanmıştır.

İnceleme alanındaki birimler yaşlıdan gence doēru şu şekilde sıralanır: Senoniyen yaşlı Elazıē Magmatitleri, Maastrichtiyen yaşlı Harami Formasyonu, Alt Paleosen yaşlı Kuşçular Formasyonu, Orta Eosen-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Palu Formasyonu ve günümüz alvyonlarıdır (şekil 2).

YAŞ	BİRİM	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
HOLOSEN			Alüvyon
PLİYO - KUVATERNER	PALU FORMASYONU		Diskordans
			Polijenik heterojen konglomera
			Diskordans
ORTA EOSEN - OLİGOSEN	KIRKGEÇİT FORMASYONU		Kumtaşı-Marn Ardalanması
			Kireçtaşı olistolitleri ve blokları içeren konglomera
			Diskordans
ALT PALEOSEN	KUŞÇULAR FORMASYONU		Konglomera
			Diskordans
MAASTRİHTİYEN	HARAMİ FORMASYONU		Kireçtaşı
			Diskordans
SENONİYEN	ELAZIĞ MAGMATİTLERİ		Diyorit, Gabro ve Bunları kesen Granit

Şekil 2: İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Ölçeksiz)

3.1.1. Elazığ Magmatitleri (Ke)

Birim, ilk defa Perinçek (1979 b) tarafından Hakkari ili Yüksekova ilçesi yakınlarında tanımlanmış ve ‘‘Yüksekova Karmaşığı’’ olarak adlandırılmıştır. Sivrice çevresinde Hempton ve Savcı (1982) ve Hempton (1983, 1984, 1985) tarafından ‘‘Elazığ Volkanik Karmaşığı’’ adı altında incelenmiştir.

Aksoy (1997) Elazığ ve çevresinde ki yüzeylemelerinde birimin, Yüksekova Karmaşığı’na eşdeğer olduğunu belirtmekle beraber, Van yöresindeki Yüksekova Karmaşığı’na göre daha düzenli bir içyapıya sahip olmasından dolayı birimi Elazığ Magmatitleri ismi altında incelemiştir.

Doğuda Hakkari’den başlayarak batıda Elbistan’a kadar Doğu Toroslar üzerinde oldukça geniş bir alanda yayılım gösteren birim, litolojik özellikler bakımından bölgesel farklılıklar göstermektedir. Birimin Elazığ ve çevresinde göstermiş olduğu özelliklere ve son yıllarda bölgede yapılmış olan çalışmalara dayanılarak, bu çalışmada ‘‘Elazığ Magmatitleri’’ ismi kullanılmıştır.

Elazığ Magmatitleri başlıca monzonit, gabro ve diyorit arasında bileşimleri değişen derinlik kayaları ve bunları kesen granit ve gabro arasında bileşimleri değişen yarı derinlik kaya topluluğu: aplit, mikrogranit, mikro-diyorit, lamprofir, diyabaz ve mikro-gabrolar ile temsil edilmektedir (MTA,1986).

Elazığ Magmatitleri inceleme alanında; başlıca derinlik ve yarı derinlik kayaları ile temsil edilmektedir. Çalışma sahasında yapılan gözlemlerde Elazığ Magmatitleri’nin bölgeye öncelikli olarak yerleşmiş olan diyorit-gabro, diyorit ve bunları kesen granitlerle temsil edilmektedir. Nisbi olarak granitler, diyorit ve gabro diyoritlerden daha gençtir. Elazığ Magmatitleri çalışma alanının orta kısımlarını ve KD kesimlerinde görülmektedir (EK-1).

İnceleme alanında Elazığ Magmatitleri, Hardi çayı sağ yamacında Çekavreş dereye Harami Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmekte, kuzeyde ve kuzeybatıda Kırkgeçit Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmekte ve güneyde ise Palu Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

Yazgan (1981) ve Bingöl (1984) araştırmalarında farklı değerler kullanmalarına rağmen hemen hemen aynı sonuca ulaşarak, birimin, aktif bir kıta kenarında fazla kalın olmayan bir kıtasal kabuk ile kısmen de okyanus kabuk üzerinde meydana gelen ada yayı ürünleri olduğu noktasında birleşmişlerdir. Bu bilgiye dayanarak birimin inceleme

sahasındaki litolojisi dikkate alındığında Elazığ Magmatitleri'nin inceleme konusu olan bölgede ada yayı oluşumunun son evresinde bölgeye yerleştiğini söylemek mümkündür.

Turan (1984), Baskil-Aydınlar çevresinde yapmış olduğu çalışmada, Baskil Magmatitleri'nin piroklastik üyesi içerisinde yer alan kırmızı renkli mikritik kireçtaşlarında, birime yaş verebilecek fosillere rastlayamamış ancak birimin diğer birimlerle olan stratigrafik ilişkisine dayanarak Senoniye yaşının verilmesinin uygun olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada da birimin yaşı Senoniye olarak kabul edilmiştir.

3.1.2. Harami Formasyonu (Kh)

Birim ilk defa Erdoğan (1975) tarafından tanımlanmış ve "Harami Formasyonu" olarak adlandırılmıştır. Doğu Toros orojenik kuşağında yapılan pek çok çalışmada (Perinçek, 1979a-1980a; Yazgan, 1983a-1983b; Bingöl, 1982-1984; Turan, 1984; Özkul, 1988; İnceöz, 1994) formasyon aynı adla benimsenmiş ve kullanılmıştır.

Bu çalışmada, bölgesel literatür açısından herhangi bir karışıklık oluşturmamak için birim "Harami Formasyonu" adı altında incelenmiştir.

Birim inceleme alanında çok dar bir alanda yüzeyleme vermektedir. Harita alanının Kuzey Doğu kesiminde Hardi çayı sağ yamacında Çekavreş dere ile Horborik tepe arasında en iyi yüzeylemesini vermektedir (EK-1).

İnceleme alanında kireçtaşları ile temsil edilen birim harita alanının dışında Konalga Köyü'nün yaklaşık 500 m kuzeyinde tabanda fan delta ürünü kırmızı renkli konglomeralar ile başlayıp kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Birim inceleme alanında yaklaşık olarak 35 derece eğimle GB'ya dalımlı olup Senoniye yaşlı Elazığ Magmatitleri'ni uyumsuz olarak örtmekte ve Alt Paleosen yaşlı Kuşçular Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

Harami Formasyonu, litolojik özellikleri ve içerdiği fauna topluluğuna göre, fazla derin olmayan ve başlangıçta yüksek enerjili bir ortamdan sonra giderek enerjisi düşen bir ortamda çökelmiştir. Formasyonun tabanındaki düzensiz boylanmalı konglomera ve kumtaşları yüksek enerjili ortamları karakterize ederken, üstteki resifal kireçtaşları sığ ve berrak ortamda, resifin açık denize bakan kısmında oluşmuş platform tipi kireçtaşlarını karakterize etmektedir (Turan, 1984).

Turan (1984) Baskil-Aydınlar bölgesinde yapmış olduğu çalışmada Harami Formasyonu'nun tavanını oluşturan kireçtaşlarından derlenen örneklerde; *Globotruncana sp.*, *Orbitoides sp.*, *Rotalia*, *Stomiosphaera*, *Rudist* kavkılar gibi fosilleri saptayarak birime Üst Maastrichtiyen yaşını vermiştir.

Bu çalışmada da birimin yaşı Üst Maastrichtiyen olarak kabul edilmiştir.

3.1.3. Kuşçular Formasyonu (Tku)

İlk defa Alkumru (1962) Keban baraj yeri ile ilgili çalışmaları sırasında, Keban'a bağlı Kuşçular köyü civarında Paleosen-Eosen yaşını verdiği birim için Kuşçu Formasyonu adını kullanmıştır.

Perinçek (1979) ve Turan (1984) Elazığ bölgesinde yaptıkları çalışmalarda, Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Seske Formasyonu'nun tabanında kırmızı renkli bir konglomera seviyesinin varlığından söz etmişler ve bu konglomeraları Seske Formasyonu'nun taban konglomeraları olarak ele almışlardır. Daha sonra geniş sahalarda yapılan çalışmalarda (Asutay, 1985; Özkul, 1988; Turan ve Bingöl, 1991; Turan ve Türkmen, 1994) bölgede Erken Paleosen'de karasal ortam koşullarının egemen olduğunu ve bu koşullarda kırmızı renkli konglomeralar ile temsil edilen birimin Alkumru (1962)'nin bahsettiği konglomeralarla aynı birim olduğu görüşünden hareketle, ilk tanımlandığı Kuşçu Formasyonu adında küçük bir değişiklik yaparak birimi Kuşçular Formasyonu adı altında incelemişlerdir.

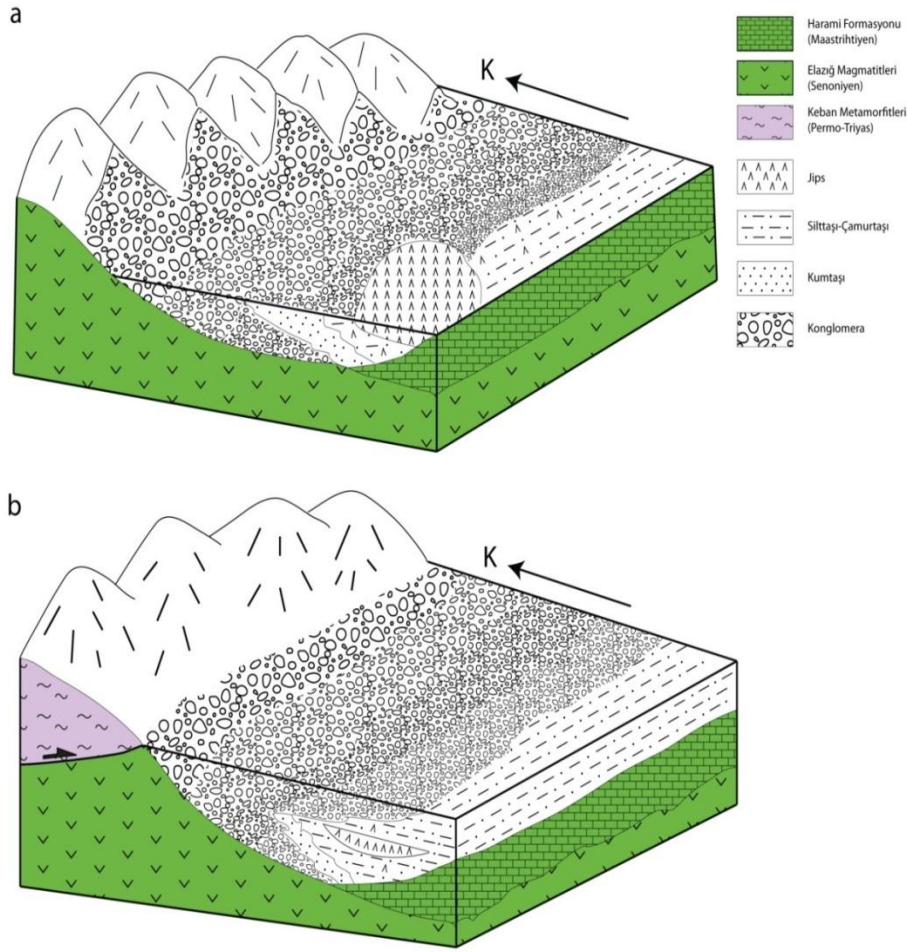
Son zamanlarda daha geniş alanlarda yapılan çalışmalar birimin karasal ortam çökelleri olduğunu göstermiştir. Bu nedenle bu çalışmada birim, Kuşçular Formasyonu adı altında incelenmiştir.

Birim Hardi çayı sol yamacında Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri'ni, sağ yamacında ise Maastrichtiyen yaşlı Harami Formasyonu'nu uyumsuz olarak örtmektedir. Birim, inceleme alanında tipik kırmızı rengi ile kolaylıkla diğer birimlerden ayırt edilebilen konglomeralarla temsil edilmektedir. Konglomeralara bu rengi veren çimento ara maddesi olup, renk homojenliği formasyonun bütün yüzleği boyunca değişmeden korunmaktadır. Yapılan çalışmalarda inceleme alanında bulunan konglomeraların bağlayıcısının karasal ortamı karakterize eden kırmızı renkli demir oksit olduğu belirlenmiştir.

Formasyonun çakılları kendisinden daha yaşlı formasyonların çakıllarından türemiştir. Bu çakılların genellikle Keban Metamorfikleri'nden, kısmende Elazığ

Magmatitleri ve Harami Formasyonu'na ait birimlerden türediği belirlenmiştir. Bu nedenle konglomeralar; metamorfik, magmatik ve tortul kökenli çakılların heterojen bir karışımı şeklindeir.

Elazığ'ın GB'sında Kuşçular Formasyonu'nun stratigrafik ve sedimantolojik  zellikleriini inceleyen Turan ve Türkmen (1994), bölgedeki alüvyal yelpaze çökelleri olarak yorumlanan fasiyes topluluğu ile içerisindeki geçici tuz g llerini playa kompleksi olarak yorumlamışlardır (şekil 3.a). İlerleyen dönemlerde havzaya hızlı malzeme taşınması sonucunda dış yelpaze ve playa çökelleri, konglomera ve kumtaşlarından kurulu orta yelpaze tortulları tarafından  zerlenmişlerdir. İnceleme alanının kuzeyinde, Keban Metamorfite'lerinin (Permo-Triyas) Elazığ Magmatitleri (Senoniyen)  zerine Alt Paleosen'de kuzeyden güneye doğru bindirdiği (Pertek Bindirme Fayı) bilinmektedir. Bu bindirme Kırkgeçit Formasyonu tarafından örtülmüştür. Araştırmacılar; Alt Paleosen yaşlı Kuşçular Formasyonu'nda yer alan konglomeraların, bu bindirme cephesinde bindirmeye bağı olarak oluştuğunu savunarak (şekil 3.b) yukarı doğru kabalaşan istifin üst kısımlarında Keban Metamorfite'lerinden türemiş çakılların yoğun olarak gözlenmesini buna delil olarak göstermişlerdir.



Şekil 3: Kuşçular Formasyonu'nun şematik depolanma modelleri

- Başlangıçta normal malzeme gelimi ile oluşan playa kompleksi
- Havzaya hızlı malzeme taşınması sonucunda oluşan dış yelpaze ve playa çökelleri (Turan ve Türkmen, 1994).

Turan (1984) bu formasyonu Seske Formasyonu kapsamında incelemiştir. Araştırmacı, bu formasyonu da Paleosen içerisinde göstermiştir. Turan ve Türkmen (1994) birimin, Üst Maastrichtiyen yaşlı Harami Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmesinden, tavanında ise Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Seske Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülmesinden dolayı birime Alt Paleosen yaşını vermişlerdir.

Bu çalışmada, Turan ve Türkmen (1994)'in kabulleri dikkate alınarak birimin yaşı Alt Paleosen olarak kabul edilmiştir.

3.1.4. Kırkgeçit Formasyonu (Tk)

Elazığ ve çevresinde geniş yayılımlar sunan formasyon ilk olarak Van'ın güneydoğusunda Kırkgeçit Köyü çevresinde TPAO (1978) jeologları tarafından

tanımlanmış ve ‘‘Kırkgeçit Formasyonu’’ olarak adlandırılmıştır. Daha sonraki yıllarda Doğu Toroslar’da yapılan araştırmalarda formasyon aynı isim altında incelenmiştir (Asutay, 1985; zkul, 1988; Aksoy, 1988-1993; Turan ve Bingöl, 1991; Turan ve diğ. 1993; İnceöz, 1994).

Turan (1984), alışma alanının doğu kesimlerini içerisine alan bölgede yapmış olduğu çalışmada, Kırkgeçit Formasyonu’nu Konglomera ve Fliş Üyesi olmak üzere iki üyeye ayırmış ve haritalamıştır. Asutay (1985), Baskil çevresinde yaptığı çalışmada, Kırkgeçit Formasyonu’na ait konglomeraları Marik Üyesi, kumtaşı-kiltaşı-marn ardalanmasından oluşan birimleri ise Filiş Üyesi olarak ayırmış ve haritalamıştır. zkul (1988) alışma alanının bir kısmını içerisine alan Elazığ batısında yaptığı çalışmada Kırkgeçit Formasyonu’nu alttan üste doğru Marik Üyesi, Seherdağı Üyesi, Kekliktepe Üyesi ve Gökbelen Üyesi olmak üzere dört üyeye ayırarak incelemiştir. İnceöz (1994) Elazığ yakın kuzeyi ve doğusunda yaptığı çalışmada birimi; Marik, Seherdağı ve çömlek üyelerine ayırarak incelemiştir.

İnceleme konusu olan bölgede harita alanı içerisinde sadece Kırkgeçit Formasyonu’na ait konglomeralar yer aldığından bu çalışmada daha önceki araştırmacıların yapmış olduğu gibi bir ayrıma gidilmemiştir. Birim alt sınıflara ayrılmadan Kırkgeçit Formasyonu olarak haritalanmış ve yorumlanmıştır.

Birim arazide alacalı bir renk sunan konglomeralardan oluşmaktadır. Bu konglomeraları oluşturan çakılların asıl kaynağını Keban Metamorfikleri ve Elazığ Magmatikleri oluşturmakla birlikte, Harami Formasyonu’na ait kireçtaşı çakılları ve Harami Formasyonu’na ait kireçtaşı olistolit ve blokları da bulunmaktadır (Foto 3).

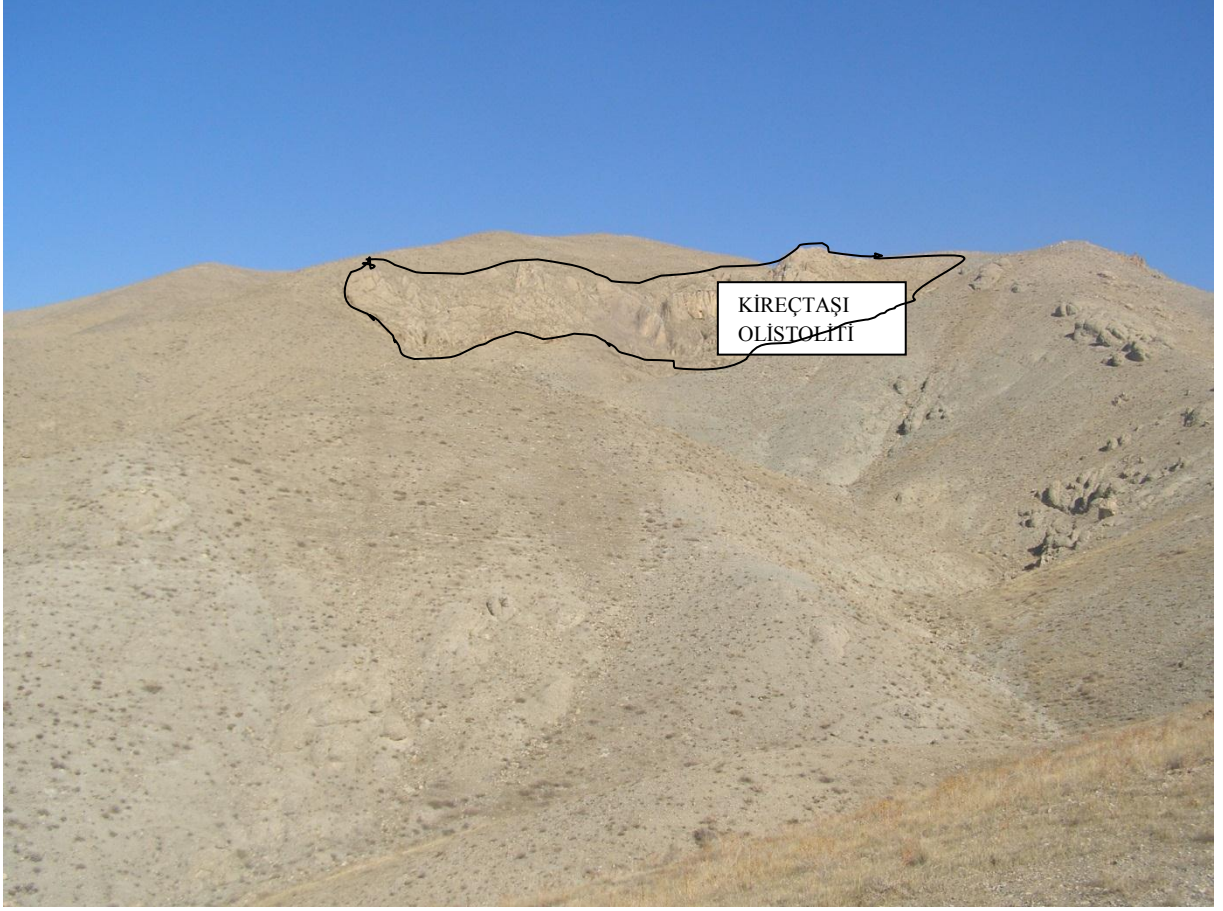


Foto 3: Kırkgeçit Formasyonu içerisinde gözlenen kireçtaşı olistoliti (Ali Baba Mahallesinin 1km B'sı, Bakış K'e)

Konglomeralar içerisinde yer yer kumtaşı seviyeleri de gözlenmektedir. Bu konglomeralarda tabakalanma düzlemleri iyi gelişmemiş olup, ölçü alımına elverişsizdirler. Konglomeralar, farklı büyüklükteki köşeli ve yuvarlak çakıllardan oluşmaktadır (Foto 4). Çakıl boyutları, iri kum boyundan 1 m'ye kadar varabilen çok iri blok boyutu arasında değişmektedir. Çakıl boyutları birimin tabanından tavanına doğru giderek küçüldüğü ve yuvarlaklaşma derecesinin arttığı belirlenmiştir.

Kırkgeçit Formasyonunu meydana getiren litolojik birimler ve bunların içerdiği fosil topluluğu, formasyonun çökeldiği havzada farklı fasiyeslerin hüküm sürdüğünü göstermektedir. Birim, yanal ve düşey yönde sürekli birbirlerine dereceli geçiş sunan kayaç topluluklarıyla temsil edilmektedir. Bu kayaçlardan bir kısmı oldukça sığ ortam çökellerini, bir kısmıda filiş fasiyesinde türbiditik akıntılarla oluşmuş derin deniz çökellerini karakterize etmektedir. Bu durum Kırkgeçit Formasyonu'nun oluştuğu ortamın zaman ve mekan içinde önemli fasiyes değişimleri sunduğunu ortaya koymaktadır (Turan, 1984).

Elde edilen veriler formasyonun çökelme ortamının; başlangıçta sığ ve yüksek enerjili bir ortam olduğunu göstermiştir. Bu ortamda birime ait düzensiz boyplanmalı konglomeralar çökelmiştir. Konglomeralar içerisinde ara seviyeler halinde bulunan kumtaşlarının bolca neritik ortam Foraminiferleri içermesi, çökelmenin sığ bir ortamda gerçekleştiğinin kanıtıdır (Turan, 1984).



Foto 4: Kırkgeçit Formasyonuna ait konglomeralar (Ali Baba Mahallesinin 1 km KB' sı, Bakış B'ya)

Formasyonu ilk defa tanımlayan araştırmacılar (T.P.A.O. Jeologları, 1978), formasyon içinde belirlediği fosillere dayanarak formasyonu Üst Eosen-Oligosen olarak yaşlandırmışlardır.

Turan (1984), Baskil-Aydınlar çevresinde yaptığı çalışmada formasyondan derlediği örneklerle belirlediği; *Nummulites ex. gr. Fabiani*, *Nummulites fichteli* MİC, *Alveolina sp.*, *Assilina sp.*, *Globorotalia sp.*, *Orbitoides sp.*, *Gypsina sp.*, *Discocyclina sp.*, *Miliolidae*, *Algae* gibi fosillere dayanarak birime, Lütésiyen-Üst Oligosen yaşını vermiştir.

Asutay (1985), Baskil çevresinde yaptığı çalışmalarda, Kırkgeçit Formasyonu' nun farklı kesimlerinde derlediği örneklerde saptadığı fosillere dayanarak birime Orta Eosen- Üst Oligosen yaşını vermiştir.

Bu çalışmada birimin yaşı Orta Eosen- Oligosen olarak kabul edilmiştir.

3.1.5. Palu Formasyonu (PLQ)

Elazığ çevresinin formasyon mertebesinde tanımlanan en genç birimi olup, ilk defa Çetindağ (1985) tarafından Palu İlçesi civarında tanımlanmış ve “Palu Formasyonu” adı altında incelenmiştir. Elazığ ve çevresinde yapılan diğer çalışmalarda da (Türkmen, 1988; Türkmen, 1991; İnceöz 1994) formasyon aynı adla benimsenmiş ve kullanılmıştır.

İnceleme alanının kuzey kesimlerinde yapmış olduğu çalışmada Turan (1984), birimi “Pliyosen Konglomeraları” olarak adlandırmıştır. Araştırmacı, birimin çalışılan sahada ufak kalıntılar halinde gözlenmesini ve tavan ilişkilerinin belirgin olmamasını neden göstererek birimi herhangi bir formasyon mertebesinde incelememiştir.

Bu çalışmada polijenik heterojen konglomeralarla temsil edilen birim “Palu Formasyonu” adı altında incelenmiştir.

Birim, harita alanının güney kesimlerinde geniş yüzeylemeler sunmaktadır. Bu bölgedeki en iyi yüzeylemesini Hocanın dere boyunca (Foto 5) ve Hardi çayı sağ yamacında Reşit değirmeninin yaklaşık 100 m doğusunda vermektedir (Foto 6).

İnceleme alanında Palu Formasyonu çoğunlukla Elazığ Magmatitleri ve Kırkgeçit Formasyonu'na ait çakıllardan oluşmaktadır.

Palu Formasyonunun Baskil Antiklinali'nin çekirdek kısmındaki konumu dikkate alındığında bu formasyonun antiklinali oluşturan yaklaşık kuzey-güney doğrultulu sıkışma rejiminden etkilenmediğini göstermektedir.



Foto 5: Palu Formasyonu'ndan bir görünüm. (Ali Baba Mahallesinin 1,5 km G'i, Hocanın Dere Sağ yamacı, Bakış KD'ya).



Foto 6: Hardi çayı sağ yamacında Kuşçular Formasyonu ile Palu Formasyonu arasındaki ilişki (Reşit değirmeninin yaklaşık 100 m doğusu, Bakış D'ya).

İnceleme alanında yatay bir duruşa sahip olan Palu Formasyonu; Elazığ Magmatileri, Kuşçular Formasyonu ve Kırkgeçit Formasyonu üzerine açılmal uyumsuzlukla oturmakta olup, hiçbir birim tarafından örtölmemektedir.

Çetindağ (1985), Elazığ, Palu-Kovancılar dolayının hidrojeolojisini incelediği çalışmasında formasyonun diğer formasyonlarla olan ilişkisini göz önünde bulundurarak formasyonu Pliyo-Kuvaterner olarak yaşlandırmıştır.

Bu çalışmada da Formasyonun yaşı Pliyo-Kuvaterner olarak kabul edilmiştir.

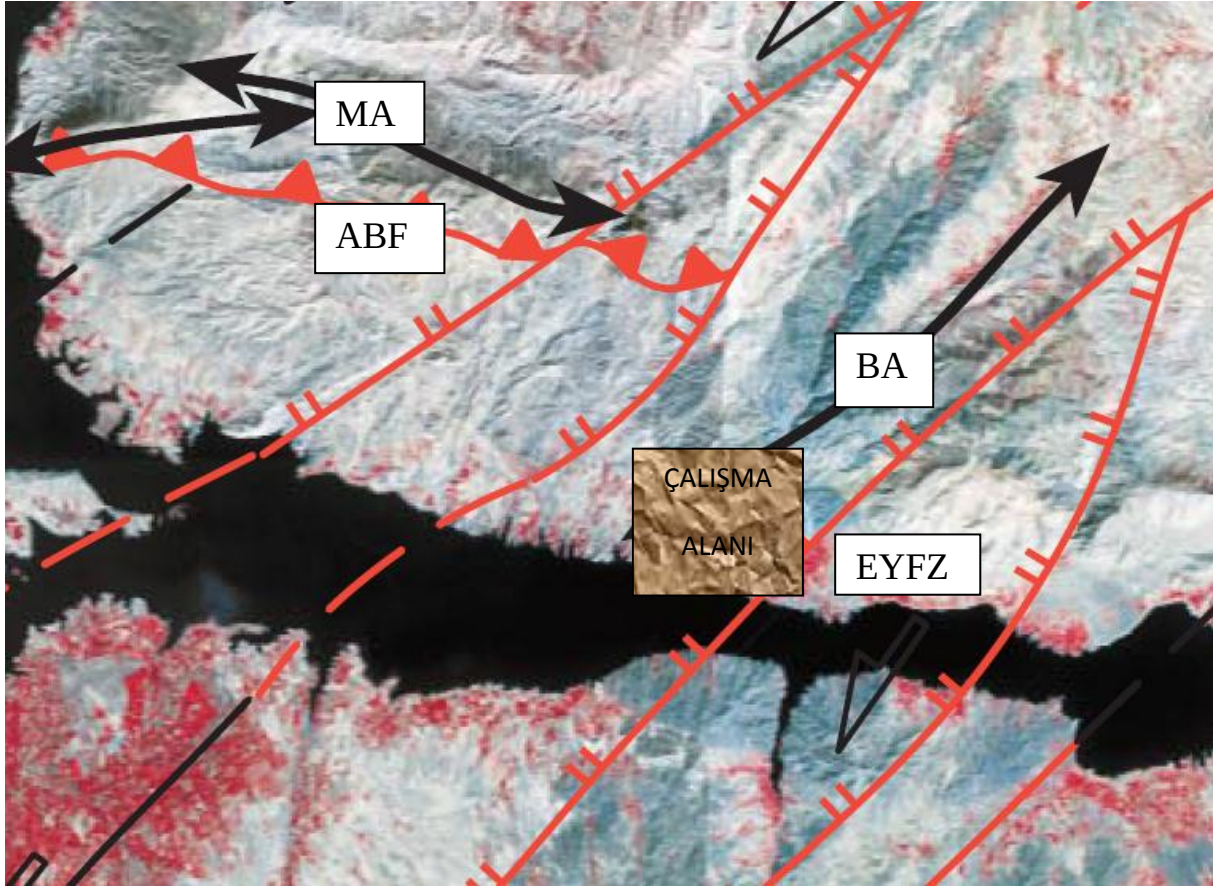
3.1.6. Yapısal Jeoloji

İnceleme alanı, Türkiye' nin dört tektonik birliğinden biri olan Toridlerin doğu kesiminde yer almaktadır. Bölge, Üst Kretase'den itibaren yaklaşık kuzey-güney doğrultulu sıkışma rejimi etkisinde kalmış olup bu sıkışma rejimi günümüze kadar devam etmektedir. Buna bağlı olarak diskordanslar, kıvrımlanmalar, magmatik faaliyetler ve bu ana olaylara bağlı daha küçük boyutlu yapısal öğeler gelişmiştir (Gerçek, 2005).

Asutay (1985); bölgede meydana gelen yapısal hareketleri, birinci dönem yapısal hareketler ve ikinci dönem yapısal hareketler olarak ikiye ayırmıştır. Araştırmacıya göre; birinci dönem hareketleri bölgedeki magmatizmanın oluşumundan sonra sona ermiştir ve bu oluşumlar Maastrihtiyen' den daha yaşlıdır. Çalışma alanının bugünkü topografyasını kazandıran hareketler ise ikinci dönem hareketlerdir ve Miyosen'de gerçekleşen hareketlerle sağlandığını belirtmiştir.

Çalışma alanının da içinde bulunduğu Güneydoğu Anadolu, Alpin dağ oluşumunun etkisinde kalmış ve hareketlere bağlı olarak kıvrımlanmıştır. Alpin dönemi Triyas' tan başlayıp Tersiyer sonlarına kadar devam etmiştir. Doğu Anadolu' da yapılan araştırmalar sonucu bölgede Triyas' tan sonra tektonik hareketlerin etkili olduğu ortaya çıkmıştır. İnceleme alanın en önemli tektonik yapıları; Elazığ Yeşilyurt Fay Zonu (EYFZ), Baskil Antiklinali (BA), Muşar Antiklinali (MA) ve Aydınlar Bindirmesi' dir (ABF) (Şekil 4).

Harita alanı içerisinde Zagor dere boyunca Elazığ Magmatitleri ile Kırkgeçit Formasyonunu yan yana getiren olası bir düşey atımlı fay ile bu fayı da kesen yaklaşık olarak 1 km uzunluğunda sağ yanal doğrultu atımlı bir fay haritalanmıştır. Elazığ Magmatitleri içerisinde hava fotoğrafları üzerinde bile ayırt edilebilecek düzeyde birçok kırık ve çatlak sistemi gözlenmiştir (Foto 7).

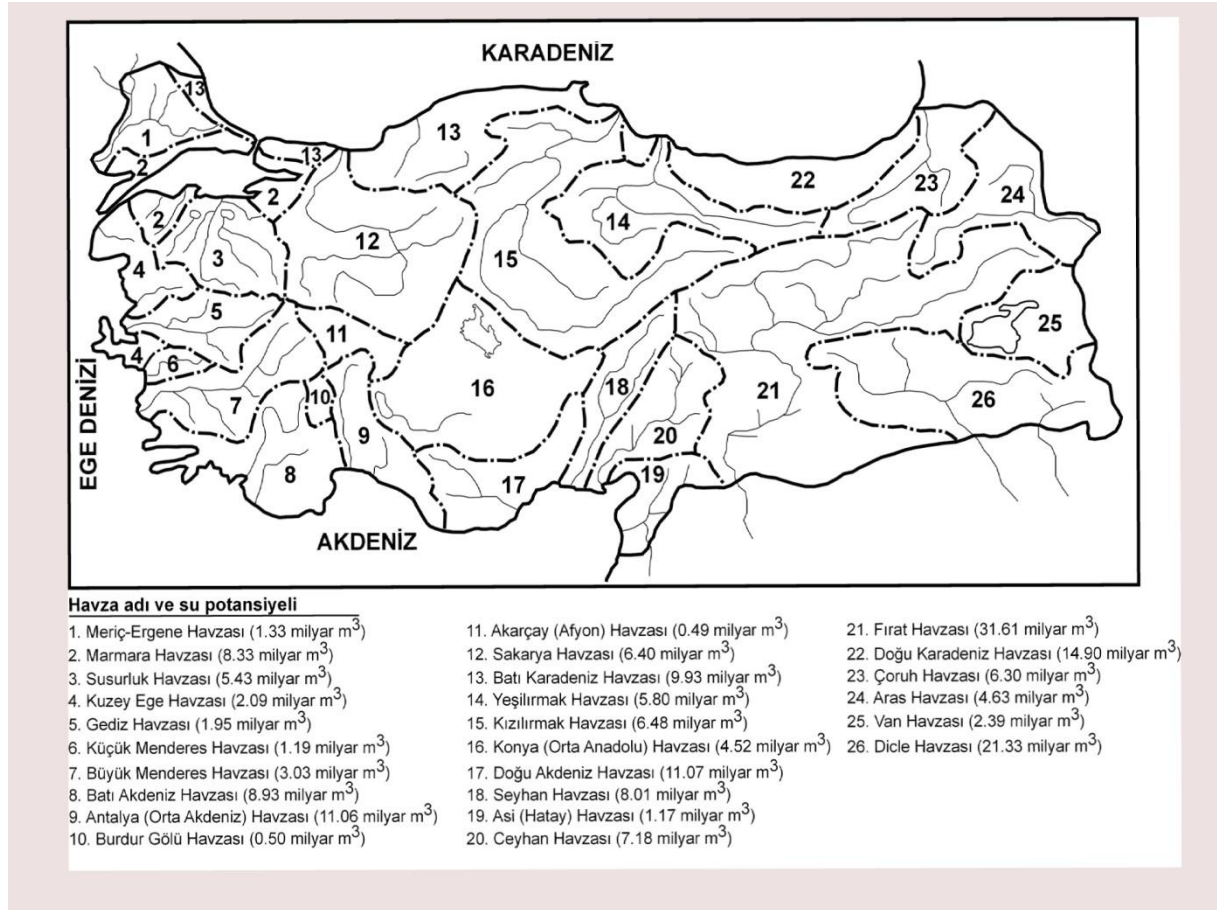


Şekil 4: İnceleme alanı yakınındaki önemli tektonik yapılar (Kaymakçı ve diğ., 2006'dan değiştirilerek)

Baskil çevresindeki tektonik yapılardan; Elazığ Yeşilyurt Fay Zonu (EYFZ) yaklaşık K60 °D doğrultusunda Doğu Anadolu Fay (DAF) sistemine paralel olarak uzanan sol yönlü yaklaşık 120 km'lik bir uzunluğa sahip bir doğrultu atımlı fay zonudur. Fay zonu birbirine paralel/yarı paralel fay segmentlerinden oluşmaktadır. KD'da Elazığ, orta bölümde Baskil ve GB bölümünde Malatya havzasını kontrol eden Elazığ Yeşilyurt Fay Zonu (EYFZ), neotektonik dönemde oluşmuş ve günümüzde halen aktivitesini sürdürmektedir. Baskil havzasını güneyde sınırlayan fay zonu boyunca Kretase yaşlı magmatik birimler ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı havza dolgusu çökelleri karşı karşıya gelmiştir. Önemli oranda normal bileşeni olan fayın güney bloğundan kuzey bloğuna doğru çok sayıda alüvyal yelpazeler gelişmiştir (Kaymakçı ve diğ., 2006).

3.2. Hidrojeoloji

İnceleme konusu olan bölge Türkiye'nin 26 topoğrafik su havzasından en büyüğü olan Fırat havzasında yer almaktadır (Şekil 5).



Şekil 5: Türkiye'nin Topoğrafik su havzaları (Akın ve Akın, 2007).

Bölge genel olarak engebeli bir topografya sunmakta olup, mezotermal bir iklimin etkisindedir. Bu iklim tipinin karakteristik özelliği, yaz aylarında yüksek su eksikliği, kış aylarında ise su fazlalığının görülmesidir (Çetindağ, 1989).

3.2.1. Yeraltı Suyu Taşıyan Formasyonlar

İnceleme alanının da yeraltı suyu taşıyan formasyonlar; Elazığ Magmatitleri, Kırkgeçit Formasyonu, Palu Formasyonu ve güncel alüvyonlardır.

Elazığ Magmatitleri'ne ait magmatik kayaların birincil gözeneklilikleri oldukça düşüktür. Ancak bu kayalarda gelişen alterasyon, çatlak ve kırık sistemleri ikincil gözeneklilik ve geçirimsizlik oluşturmuşlardır. Bu nedenle bu kayalar da yeraltı suyunu depolayabilmektedirler. İnceleme konusu olan bölgede Elazığ Magmatitleri içerisinde

gelişmiş makaslama kırık ve çatlak sistemleri bu birimin ikincil gözenekliliğini oldukça arttırmış ve birimin bir akifer formasyon olma özelliğini arttırmıştır (Foto 7). Nitekim inceleme sahasında kaynaklar K-1(G12), K-2(G13) ve K-3(G14) ile S-3(G3) ve S-7(G7) nolu örnekler tamamen Elazığ magmatitlerine ait birimler içerisinde gelmektedir.



Foto 7: Elazığ Magmatitleri içerisinde gelişen kırık-çatlak sistemleri (Url:1)

Kırkgeçit Formasyonu inceleme alanında konglomeralar ile temsil edilmekte olup bunlar iyi bir akifer olup su depolamaktadırlar. Ancak birimin üst seviyelerinde kumtaşı ara tabakaları içeren marınların geçirimsizlikleri oldukça düşük olduğundan iyi bir akifer formasyon özelliği gösterememektedirler. İnceleme sahası içerisinde S-11(G11) nolu kuyu Kırkgeçit Formasyonu’ndan beslenmektedir. Ayrıca S-8(G8) ve S-9(G9) nolu kuyuların da derinde Kırkgeçit Formasyonu’nu kestikleri düşünülmektedir.

Palu Formasyonunu oluşturan pelajik konglomeralar oldukça kumlu, çakıllı ve zayıf bir çimento ile kısmen de serbest halde bulunmaları nedeniyle gözeneklilik ve geçirimsizlik oldukça yüksektir. Bu nedenle oldukça iyi bir akifer özelliğine sahip olup, su depolamaktadırlar. İnceleme sahasında örnek alınan kuyular S-2(G2), S-4(G4), S-6(G6), S-8(G8) ve S-9(G9) nolu kuyular Palu Formasyonu’ndan beslenmektedir.

Güncel alüvyonlar ince-orta taneli çekilları ve zayıf çimentolu halleriyle iyi bir akifer formasyon özelliği göstermektedirler. İnceleme sahasında S-1(G1) ve S-5(G5) güncel alüvyonlardan beslenmektedir

3.2.2. Kayaçların Hidrojeoloji Özellikleri

İnceleme alanındaki akifer formasyonlarda depolanan suyun miktarının tespit edilebilmesi için bazı hidrojeoloji karakteristiklerinin hesaplanmasına ihtiyaç vardır. Bunlar gözeneklilik, geçirimsilik, vb. dir.

İnceleme alanında bu gibi özelliklerin tespit edilebilmesi için arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılmıştır.

3.2.2.1.Geçirimsilik

İnceleme alanında alüvyon ve Pliyosen çökellerine ait gevşek, tutturulmamış seviyelerden alınan 7 adet numunenin geçirimsilikleri tabanı delikli kutu yardımıyla aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$K = L/t \log_e (1 + (h/L)) \text{ (Schoeller, 1962).}$$

K= Geçirimsilik katsayısı (m/s)

L= Numunenin kutudaki kalınlığı (m)

t= Suyun numunenin üst yüzeyinde kaybolması için geçen zaman (s)

h= Numune üzerindeki suyun kalınlığı (m)

Tabanı delikli kutu ile yapılan ve yukarıdaki formülle hesaplanan geçirimsilik değerleri Tablo 1’ de verilmiştir. Pliyosen çökellerindeki geçirimsilik değerleri $1.3 \cdot 10^{-4}$ - $5.3 \cdot 10^{-3}$ m/s arasında değişmekte olup geçirimli zemin sınıfına girmektedirler.

Tablo 1: İnceleme alanından alınan örneklerin geçirimsilik değerleri

Örnek No	Malzeme	Geçirimsilik (m/s)
1	Pliyosen çökelleri	$1.6 \cdot 10^{-3}$
2	Pliyosen çökelleri	$1.3 \cdot 10^{-4}$
3	Pliyosen çökelleri	$5.3 \cdot 10^{-3}$
4	Pliyosen çökelleri	$1.2 \cdot 10^{-3}$
5	Pliyosen çökelleri	$2.9 \cdot 10^{-4}$
6	Pliyosen çökelleri	$1.0 \cdot 10^{-3}$
7	Pliyosen çökelleri	$1.8 \cdot 10^{-3}$

3.2.2.2. Gözeneklilik

Alüvyon ve Pliyosen çökellerine ait gevşek, tutturulmamış seviyelerden alınan 7 adet numunenin gözeneklilikleri sıkılama yöntemiyle ölçülmüştür. Araziden alınan numuneler 110°C sıcaklıkta 24 saat etüvde bekletilerek numuneler gözeneklilik deneyi için hazır hale getirilmiştir. Sıkılama yöntemiyle gözeneklilik, özgül verim (Q_s) ve özgül tutum (Q_r) değerleri tespit edilmiştir. Analizleri yapılan örneklerin gözeneklilikleri %27-%35 arasında değişim göstermektedir (Tablo 2).

Tablo 2: İnceleme alanından alınan örneklerin gözeneklilik, özgül verim (Q_s) ve özgül tutum (Q_r) değerleri

Örnek No	Malzeme	Gözeneklilik(%)	Q_s (%)	Q_r (%)
1	Pliyosen çökelleri	35	22.40	12.60
2	Pliyosen çökelleri	35	21.00	14.00
3	Pliyosen çökelleri	35	23.80	11,20
4	Pliyosen çökelleri	32	21.12	10.88
5	Pliyosen çökelleri	27	18.90	8.10
6	Pliyosen çökelleri	32	23.04	8.96
7	Pliyosen çökelleri	30	21.00	9.00

3.2.3. Su Örnekleme Noktaları

Örnekleme, çalışmanın amacına göre çeşitli kuyu ve kaynak sularından alınmıştır. Örnekleme, Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri'nden alınan 3 kaynak 2 kuyu, Orta Eosen-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu'ndan alınan 1 kuyu, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Palu Formasyonu'ndan alınan 5 kuyu ve güncel alüvyonlardan alınan 2 kuyu suyunda yapılmıştır.

İklimsel özellikleri nedeniyle bölgede mevsimsel akış gösteren akarsu bulunmakla birlikte, örnekleme yapılan dönemlerde akış görülmediğinden örnek alınamamıştır. Örnekleme yapılan kaynak ve kuyuların debileri 0.2 ile 9.5 lt/sn arasında değişmektedir (Tablo 3). Örnek noktaları seçilirken mümkün oldukça bölgeyi temsil edebilecek homojenliğe özen gösterilmiştir (Foto 8).

Tablo 3: Örnekleme yapılan kuyu ve kaynakların debi ve koordinatları

ÖRNEK NO		(X) KUZEYSEL	(Y) DOĞRUSAL	(Z) RAKIM (m)	POMPA DEBİSİ (l/sn)
S-1 (1)	G1	4258094	0464426	728	8,4
S-2 (2)	G2	4258421	0464299	749	7.0
S-3 (3)	G3	4259158	0463726	774	4.0
S-4 (4)	G4	4257885	0463443	705	9.0
S-5 (5)	G5	4257941	0463940	722	9.5
S-6 (6)	G6	4259643	0462580	766	4.7
S-7 (7)	G7	4259798	0462703	782	5.0
S-8 (8)	G8	4259564	0461275	723	3.5
S-9 (9)	G9	4259547	0461797	737	6.0
S-10 (10)	G10	4258882	0462756	735	5.5
S-11 (11)	G11	4260540	0462282	842	3.0
K-1 (12)	G12	4259460	0464044	819	0.2
K-2 (13)	G13	4260126	0462663	821	0.8
K-3 (14)	G14	4259930	0463213	819	2.0

K: Kaynak S: Sondaj

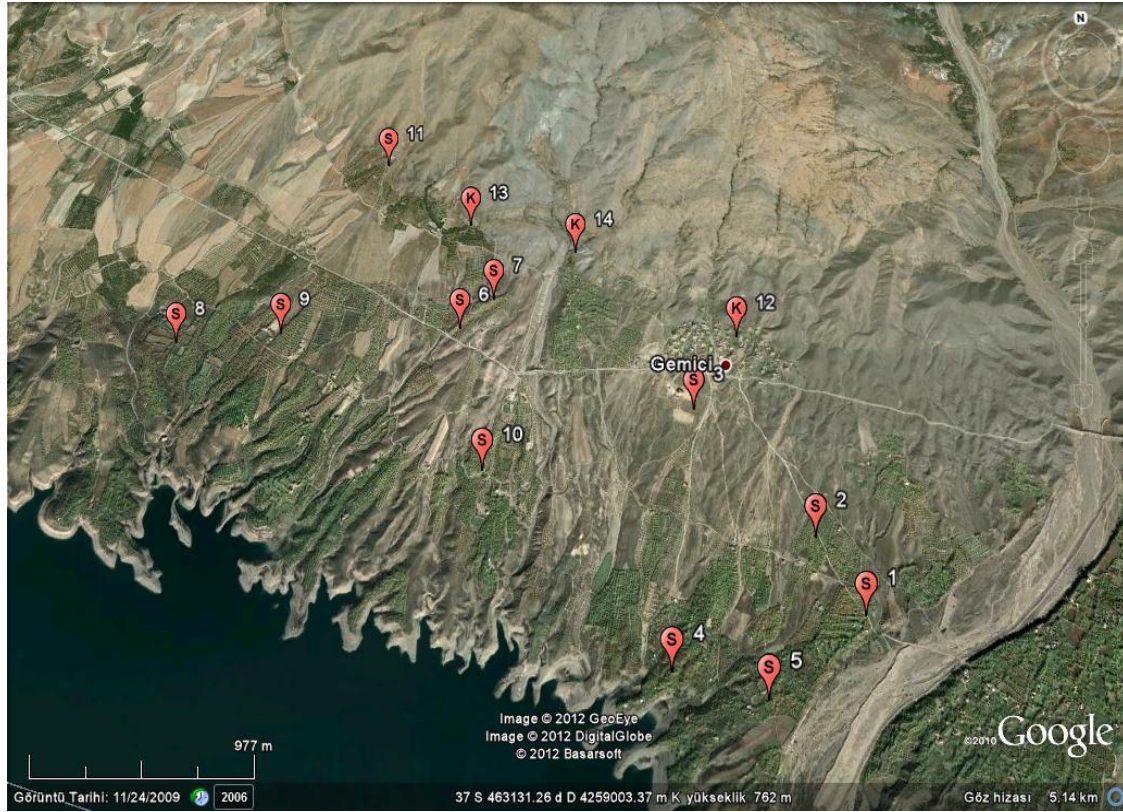


Foto 8: Su örnekleme noktaları (Url:1)

3.3. Su Kimyası

Gemici köyü (Baskil) ve yakın çevresinde bulunan kuyu ve kaynak sularından Nisan 2001 ve Kasım-2001 tarihlerinde su örnekleri alınarak kimyasal analizleri yapılmıştır. Su örneklemeleri akifelerdeki kimyasal değişimi belirlemek amacı ile yağışların son bulduğu ve başladığı iki farklı dönemde yapılmıştır.

Suların kullanım amacına göre kalitesinin belirlenmesi için sularda bulunan anyonlar (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}) ve katyonlar (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2}) Schoeller, Piper, ABD tuzluluk laboratuvarı ve Wilcox diyagramları üzerinde yorumlanmıştır. Örneklem noktalarına ait analiz değerleri, %Na ve SAR değerleri Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 4: Nisan-2011 döneminde yapılan analiz sonuçları

Örnek Noktaları	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14
Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	620,80	546,00	503,60	628,00	563,20	383,90	403,10	2144,00	603,00	393,50	744,00	491,60	529,00	371,80
Sıcaklık (°C)	16,20	18,00	19,80	16,30	14,70	20,20	20,80	21,10	21,10	20,40	21,20	19,70	21,10	20,10
pH	7,40	7,82	7,15	7,70	7,53	7,60	7,50	6,75	7,50	7,48	7,25	7,45	7,60	7,60
Toplam sertlik d/h Fr	28,85	14,30	20,80	23,30	29,50	13,10	14,30	48,95	20,50	13,35	37,90	18,25	18,50	14,80
Ca ⁺²	mg/l	63,29	32,71	50,27	65,10	29,43	35,60	81,42	29,10	28,12	48,88	40,29	26,68	34,26
	mek/l	3,16	1,64	2,43	2,51	3,26	1,78	4,07	1,46	1,41	2,44	2,02	1,33	1,71
Mg ⁺²	%mek/l	24,08	16,77	23,72	19,99	24,69	22,50	9,28	13,83	17,42	14,86	22,45	12,65	22,39
	mg/l	31,30	14,67	20,76	25,84	31,65	12,99	68,61	31,63	15,16	61,70	19,59	28,45	14,97
	mek/l	2,61	1,22	1,73	2,15	2,64	1,08	5,72	2,64	1,26	5,14	1,63	2,37	1,25
	%mek/l	19,89	12,47	16,89	17,13	20,00	13,65	13,04	25,00	15,57	31,31	18,11	22,54	16,36
Na ⁺¹	mg/l	33,70	61,39	42,63	54,73	32,70	39,13	326,20	48,73	47,86	30,99	31,36	47,80	29,21
	mek/l	1,47	2,67	1,85	2,38	1,42	1,70	14,18	2,12	2,08	1,35	1,36	2,08	1,27
	%mek/l	11,20	27,30	18,06	18,96	10,76	21,49	32,33	20,08	25,69	8,22	15,11	19,78	16,63
	mg/l	1,35	0,86	1,28	1,29	1,38	1,77	5,44	4,16	1,58	9,01	1,04	4,78	2,12
K ⁺¹	mek/l	0,03	0,00	0,03	0,03	0,04	0,05	0,14	0,11	0,04	0,23	0,03	0,12	0,05
	%mek/l	0,26	0,02	0,31	0,26	0,27	0,57	0,32	1,00	0,51	1,41	0,29	1,17	0,71
Cl ⁻¹	mg/l	7,00	6,00	20,00	16,00	7,00	7,00	65,00	14,00	9,00	9,00	4,00	5,00	3,00
	mek/l	0,20	0,17	0,56	0,45	0,20	0,20	1,83	0,39	0,25	0,25	0,11	0,14	0,09
	%mek/l	1,50	1,73	5,50	3,59	1,49	1,93	4,17	3,73	3,14	1,55	1,26	1,34	1,11
	mg/l	120,00	54,00	37,00	110,00	120,00	21,00	730,00	49,00	38,00	110,00	25,00	51,00	17,00
SO ₄ ⁻	mek/l	2,50	1,13	0,77	2,29	2,50	0,31	15,21	1,02	0,79	2,29	0,52	1,06	0,35
	%mek/l	19,05	11,55	7,52	18,24	18,94	4,24	34,68	9,66	9,76	13,95	5,78	10,08	4,58
HCO ₃ ⁻	mg/l	192,00	180,00	175,00	167,00	192,00	163,00	165,00	172,00	138,00	287,00	203,00	208,00	178,00
	mek/l	3,15	2,95	2,87	2,74	3,15	2,59	2,71	2,82	2,26	4,71	3,33	3,41	2,92
%Na	mek/l	24,01	30,16	28,01	21,83	23,86	35,43	6,18	26,70	27,92	28,69	37,00	32,43	38,22
	%mek/l	20,68	48,30	31,15	34,12	19,78	38,64	59,39	35,19	44,27	17,26	27,52	37,32	30,91
SAR		0,87	2,23	1,28	1,56	0,83	1,41	1,42	6,41	1,80	0,69	1,01	1,53	1,04
NH ₄	mg/l	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,10	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
NH ₃	mg/l	0,02	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03	0,04
NO ₃	mg/l	27,01	39,41	63,77	34,99	23,91	30,11	35,43	105,84	55,80	38,97	29,23	31,44	31,44
PO ₄	mg/l	0,00	0,06	0,09	0,03	0,03	0,06	0,06	0,18	0,09	0,06	0,00	0,18	0,03
As	ppb	1,0	3,8	3,2	1,5	1,0	3,8	2,7	2,1	3,1	1,1	3,5	3,5	1,6
Pb	ppb	0,1	0,1	0,5	<0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	<0,1	0,6	2,2	<0,1	0,4
Se	ppb	1,3	1,5	<0,5	1,8	1,4	0,7	10,0	2,3	1,5	3,5	0,5	1,9	<0,5
Cr	ppb	0,8	1,5	1,6	2,4	0,9	2,3	31,4	6,3	3,6	0,9	<0,5	0,9	<0,5
Fe	ppb	<10	<10	37	<10	<10	42	46	66	<10	<10	<10	<10	<10
Mn	ppb	<0,05	0,56	0,48	0,27	0,17	2,41	1,59	2,32	0,49	0,62	0,11	0,20	2,94
Zn	ppb	114,3	68,8	150,0	73,9	96,9	66,8	147,5	60,1	63,6	1524	61,0	58,5	63,0
Si	mg/l	10,25	11,13	13,69	10,65	10,68	12,42	8,12	8,47	9,02	14,26	14,25	12,79	11,03
B	mg/l	0,07	0,06	0,04	0,07	0,07	0,05	0,35	0,06	0,04	0,05	0,03	0,07	0,03
S	mg/l	40,00	17,00	12,00	37,00	43,00	6,00	263,00	16,00	12,00	38,00	8,00	17,00	6,00

Tablo 5: Kasım-2011 döneminde yapılan analiz sonuçları

Örnek Noktaları	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14
Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	*	503,2	576	615	643,2	377,3	*	2275	589,4	423,4	808	460,7	549,2	398,4
Sıcaklık (°C)	*	18,1	18,7	15,8	14,4	18,8	*	18,6	19,5	19	18,5	18,2	18,4	17,6
pH	*	7,6	7,06	7,44	7,4	7,2	*	5,04	7,6	8,06	6,4	7,45	7,4	6,8
Toplam sertlik d ⁹ H Fr	*	15,71	22,14	24,13	26,43	12,93	*	53,59	17,90	12,92	36,77	17,00	18,56	15,67
mg/l	*	36,37	49,84	53,03	59,48	26,73	*	83,31	26,56	26,18	50,56	38,12	28,08	36,76
mek/l	*	1,82	2,49	2,65	2,97	1,34	*	4,17	1,33	1,31	2,53	1,91	1,40	1,84
%mek/l	*	16,42	19,35	17,96	19,32	15,63	*	11,76	11,88	15,52	15,56	18,45	11,32	22,68
mg/l	*	15,88	23,23	26,1	27,75	14,99	*	78,62	27,03	15,29	57,91	17,93	27,69	15,54
mek/l	*	1,32	1,94	2,18	2,31	1,25	*	6,55	2,25	1,27	4,83	1,49	2,31	1,30
%mek/l	*	11,95	15,03	14,73	15,03	14,61	*	18,49	20,15	15,11	29,70	14,46	18,61	15,98
Na ⁺¹	*	60,854	54,988	43,022	31,415	46,204	*	157,662	43,152	42,287	29,4	29,383	48,649	28,493
mek/l	*	2,65	2,39	1,87	1,37	2,01	*	6,85	1,88	1,84	1,28	1,28	2,12	1,24
%mek/l	*	23,89	18,57	12,67	8,88	23,49	*	19,35	16,78	21,80	7,87	12,37	17,06	15,29
K ⁺¹	*	0,86	1,53	1,26	1,35	1,95	*	4,39	4,59	1,87	9,01	0,91	4,96	2,31
mg/l	*	0,022	0,039	0,032	0,035	0,050	*	0,113	0,118	0,048	0,231	0,023	0,127	0,059
%mek/l	*	0,199	0,305	0,219	0,225	0,585	*	0,318	1,053	0,569	1,422	0,226	1,026	0,731
mg/l	*	9	28	11	9	6	*	46	13	5	9	6	6	5
mek/l	*	0,254	0,789	0,310	0,254	0,169	*	1,296	0,366	0,141	0,254	0,169	0,169	0,141
%mek/l	*	2,29	6,13	2,10	1,65	1,98	*	3,66	3,28	1,67	1,56	1,64	1,36	1,74
mg/l	*	88	84	222	227	46	*	654	97	51	111	49	115	38
mek/l	*	1,83	1,75	4,63	4,73	0,96	*	13,63	2,02	1,06	2,31	1,02	2,40	0,79
%mek/l	*	16,55	13,59	31,33	30,73	11,21	*	38,46	18,07	12,60	14,23	9,88	19,32	9,77
mg/l	*	193,98	212,28	189,1	226,92	169,58	*	172,02	196,42	168,36	294,02	270,84	236,68	167,14
mek/l	*	3,18	3,48	3,1	3,72	2,78	*	2,82	3,22	2,76	4,82	4,44	3,88	2,74
%mek/l	*	28,71	27,03	21,00	24,17	32,51	*	7,96	28,80	32,73	29,66	42,98	31,29	33,81
%Na	*	45,92	35,43	28,28	20,94	44,33	*	39,40	35,77	42,21	17,03	27,67	37,66	29,29
SAR	*	2,11	1,61	1,20	0,84	1,77	*	2,96	1,40	1,62	0,67	0,98	1,55	0,99
NH ₄	*	0,09	0,01	0,14	0,05	0,09	*	0,04	0,06	0,04	0,05	0,04	0,06	0,06
NO ₂	*	0,05	0,02	0,06	0,02	0,02	*	0,03	0,03	0,04	0,03	0,13	0,03	0,05
NO ₃	*	20,37	50,93	17,27	5,76	11,07	*	124,89	69,09	18,60	19,93	6,64	12,40	7,97
PO ₄	*	0,15	0,12	0,31	0,18	0,18	*	0,25	0,28	0,15	0,00	0,25	0,00	0,03
As	*	3,1	3,4	1,1	0,9	3,8	*	1,0	1,9	2,7	1,0	3,2	3,4	1,6
Pb	*	<0,1	0,5	0,3	0,2	0,1	*	0,7	<0,1	<0,1	0,4	<0,1	<0,1	<0,1
Se	*	1,2	0,6	1,3	1,0	0,7	*	6,1	1,9	0,7	2,9	<0,5	1,7	<0,5
Cr	*	1,4	1,8	1,7	1,1	2,6	*	18,7	5,0	2,4	0,9	<0,5	0,8	0,5
Fe	*	24	70	<10	17	<10	*	710	377	<10	<10	<10	<10	<10
Mn	*	0,71	1,06	0,48	0,87	0,64	*	2,89	4,43	0,53	0,59	0,37	0,17	0,34
Zn	*	45,0	71,5	18,8	37,9	10,2	*	404,7	21,9	9,3	1165	11,0	8,7	13,4
Si	*	10,68	15,02	10,53	10,56	12,35	*	7,92	8,35	11,48	16,05	15,39	14,36	13,16
B	*	0,05	0,04	0,06	0,06	0,06	*	0,12	0,06	0,04	0,05	0,02	0,07	0,03
S	*	29,00	15,00	43,00	43,00	7,00	*	204,00	13,00	6,00	39,00	7,00	19,00	6,00

• Analiz edilmedi

3.3.1. Sulara Bulunan Başlıca İyonlar ve Kökenleri

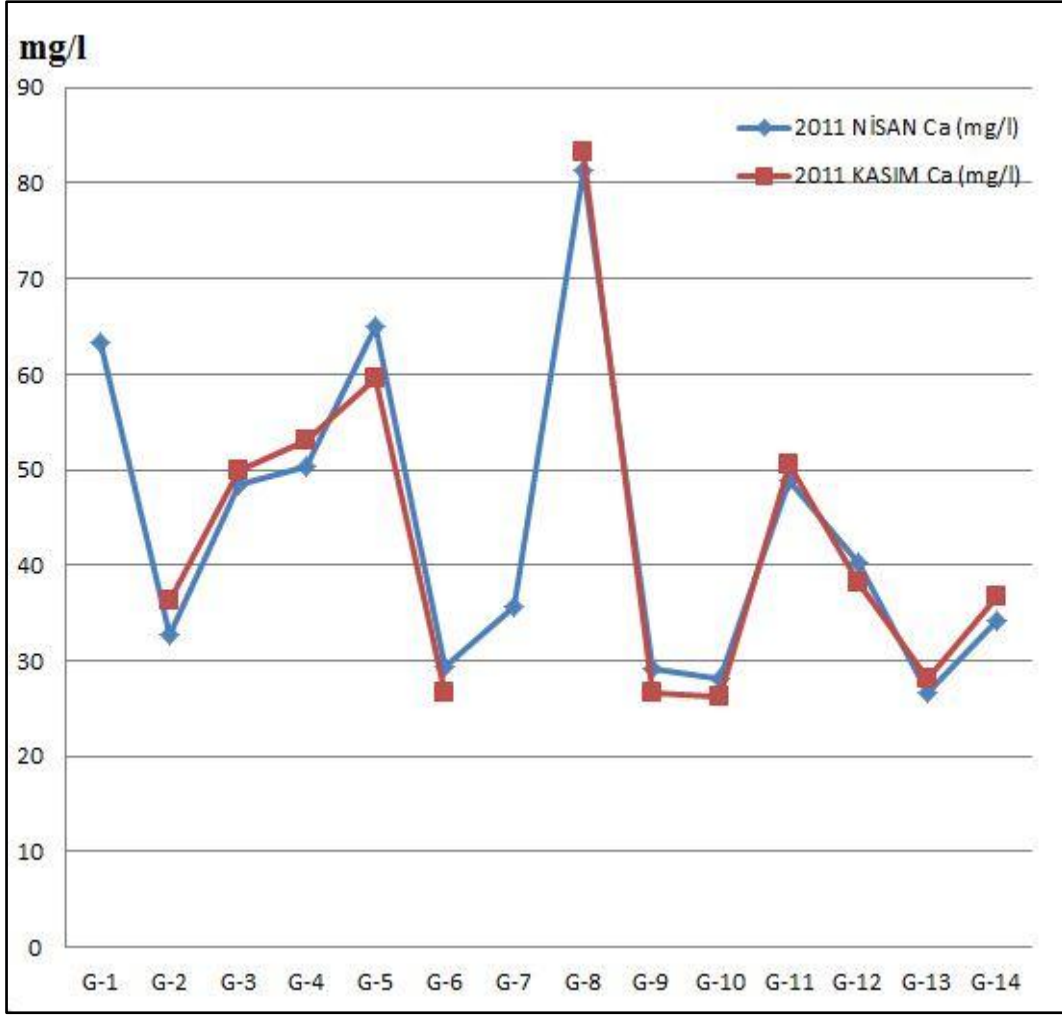
3.3.1.1. Katyonlar

Kalsiyum (Ca^{+2})

Ca^{+2} yeraltı sularına kalsit, aragonit, dolomit, jips, anhidrit, fluorit gibi silikatlı olmayan minerallerin ve albit, anortit, piroksen ve amfibol gibi silikatlı minerallerdeki kalsiyumun çözünmesi ile karışabilir. Suda H^{+} iyonunun bulunması Ca^{+2} un çözünmesini kolaylaştırır (Erguvanlı ve diğ, 1973).

İncelenen suların Nisan-2011 yani beslenmenin olduğu dönem içerisindeki kimyasal analiz sonuçlarına göre Ca^{+2} iyonu toplam iyonların miliekivalen değerinin %9,28-%24,69'unu oluşturmaktadır (Tablo 4). Beslenmenin olmadığı Kasım-2011 analiz sonuçlarına göre; Ca^{+2} iyonu toplam iyonların miliekivalen değerinin %11,32-%22,68'ini oluşturmaktadır (Tablo 5). Ca^{+2} iyonunun kökeni Elazığ Magmatitleri içerisindeki amfibol, piroksen, plajiyoklas gibi silikat minerallerinin bünyesinde bulunan Ca^{+2} 'un çözünmesi olabileceği gibi Kırkgeçit ve Palu Formasyonları içerisindeki kireçtaşı çakıl ve bloklarının CO_2 tarafından eritilmesiyle de yeraltı sularına geçmiş olabilir.

Yapılan analizlerde, çalışma alanından alınan su örneklerindeki Ca^{+2} değerinin Nisan-2011 döneminde 81,42-26,68 mg/l arasında, Kasım-2011 döneminde 83,31-26,18 mg/l arasında değiştiği görülmüştür. Kalsiyum iyonunun örnek noktalarındaki dönemsel değişim grafiği Şekil 6'da verilmiştir.



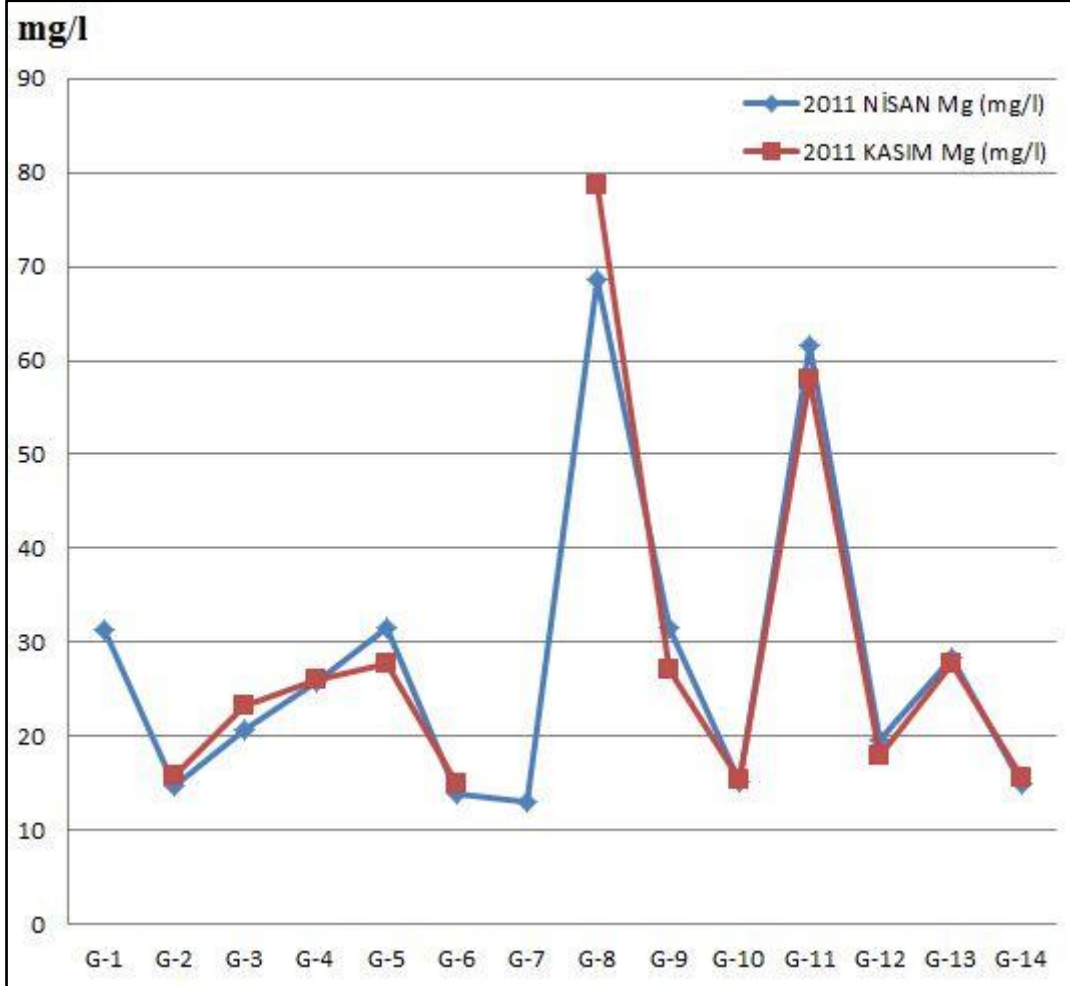
Şekil 6: Ca⁺² iyonunun dönemsel değişim grafiği

Magnezyum (Mg⁺²)

Yeraltı sularında Ca⁺², dan sonra en fazla rastlanan katyondur. Yeraltı sularında Mg⁺², un kaynağı dolomit ve evaporit, magmatik kayaç minerallerinden olivin, biyotit, hornblend, ojit ve metamorfik kayalarda bulunan serpantin, talk, diyopsit, tremolit gibi minerallerdir. MgSO₄ ve MgCl₂ suda rahat çözülür. Fazla Mg'lu suların tadı acıdır (Şahinci, 1991).

İncelenen suların Nisan-2011 dönemindeki kimyasal analiz sonuçlarına göre Mg⁺² iyonu toplam iyonların miliekivalen değerinin %12,47-%25,00'ini oluşturmaktadır (Tablo 4). Kasım-2011 dönemindeki analiz sonuçlarına göre Mg⁺² iyonu %11,95-%29,70 değerleri arasında değişmektedir (Tablo 5). Mg⁺² iyonunun kökeni Elazığ Magmatitleri içinde yer alan kayalardaki olivin, amfibol, koyu renkli mikalar ve silikat mineralleri olabilir.

Yapılan analizlerde, çalışma alanından alınan su örneklerindeki Mg^{+2} değerinin Nisan-2011 döneminde 12,99 - 68,61 mg/lt arasında, Kasım-2011 döneminde 14,99 -78,62 mg/l arasında değiştiği görülmüştür. Mg^{+2} iyonunun örnek noktalarındaki dönemsel değişim grafiği Şekil 7 de verilmiştir.



Şekil 7: Mg^{+2} iyonunun dönemsel değişim grafiği

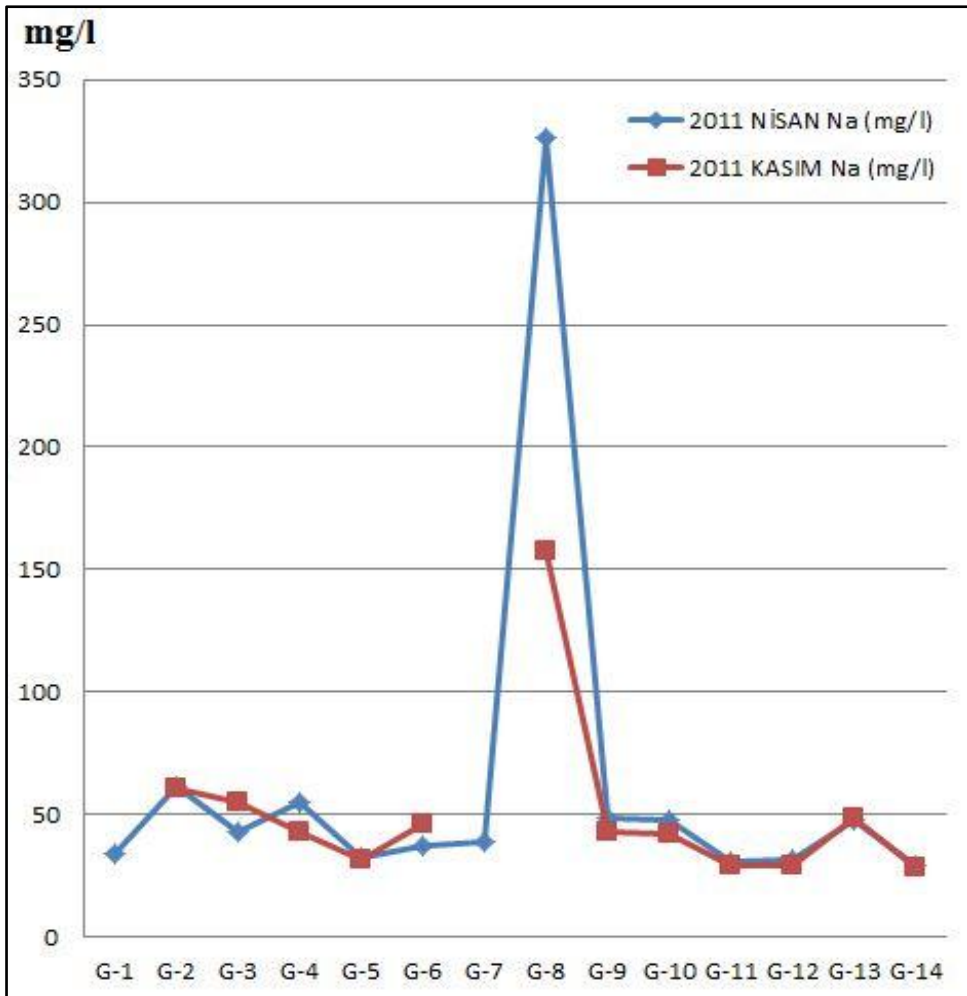
Sodyum (Na^+)

Na^+ en fazla deniz suyunda bulunur. Yeraltı sularına en çok plajiyoklasların ayrışması ve kil minerallerinin baz değişimi sonucu karışır. Magmatik ve metamorfik kayalar içinden çıkan bazı kaynaklarda 1-20 mg/l Na^+ bulunur. Deniz suyunda bu miktar 10.000 mg/l ye kadar çıkmaktadır. Su analizlerinin çoğunda $Ca^{+2} + Mg^{+2}$ iyonları toplam şeklinde belirlendikten sonra bunu %100'e tamamlayan miktar ($Na^+ + K^+$) olarak verilmektedir (Erguvanlı ve diğ. 1973).

Doğal sularda birincil olarak bulunan Na^+ , alkali metaller (Li, K, Rb, Cs) arasında yer kabuğunda en fazla bulunandır. Evaporitlerin ve sodyum içeren minerallerin yağış suları tarafından kimyasal olarak çözünmesi ile doğal sulara karışırlar. Bunlar Na^+ içeren feldispat, plajiyoklas, nefelin, sodalit, stilbit, natrolit, jadelit ve benzeri minerallerdir (Şahinci, 1991).

Na^+ kökeni inceleme sahasındaki Elazığ Magmatitleri içerisindeki plajiyoklas mineralleridir. Özellikle 8 nolu örnek noktasındaki Na^+ kökeni marnlar içerisinde yer alan kil mineralleri olabilir.

İnceleme alanındaki suların Nisan-2011 ayındaki kimyasal analiz sonuçlarına göre; Na^+ iyonu, toplam iyonların miliekivalen değerinin % 8,22-% 32,33'sini oluşturmaktadır (Tablo 4). Kasım-2011 ayındaki analiz sonuçlarına göre; Na^+ iyonu toplam iyonların % 7,87-% 23,89 değerleri arasında değişmektedir (Tablo 5). Sodyum iyonunun örnek noktalarındaki dönemsel değişim grafiği Şekil 8 de verilmiştir.



Şekil 8: Na^+ iyonunun dönemsel değişim grafiği

Yapılan analizlerde, çalışma alanından alınan su örneklerindeki sodyum değerinin Nisan-2011 döneminde 29,21- 326,2mg/lt arasında, Kasım-2011 döneminde 28,49-157,662 mg/l arasında değiştiği görülmüştür.

Potasyum (K^+)

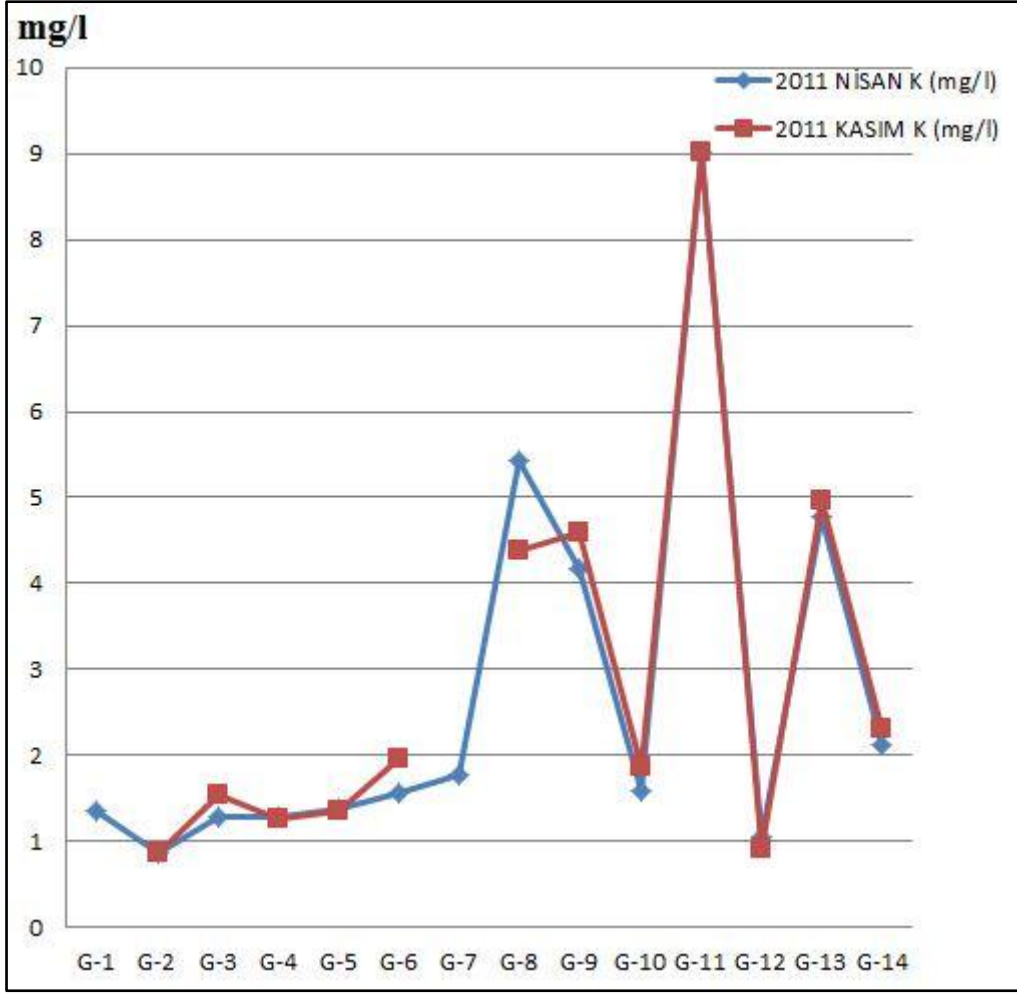
K^+ , yerkabuğunda en çok bulunan elementler sırasında yedincidir. Bununla beraber doğal sularda K^+ miktarı azdır (Kahvecioğlu ve diğ., 2003; Çeliker, 2008'den). K^+ ve Na^+ yerkabuğunda eşit miktarda bulunurken, magmatik kayalarda Na^+ , tortul kayalarda K^+ egemendir (Şahinci, 1991).

İnceleme alanında 11 nolu örnek noktasında K^+ değerinin yüksek çıkmasının nedeni bu örnek noktasının Kırkgeçit Formasyonuna ait konglomeralar ve Elazığ Magmatitleri'ne ait yarı derinlik kayaçları içerisinde ki K-Feldispatlardan kaynaklanıyor olmalıdır.

Doğal sularda ikincil olarak bulunan K^+ , yerkabuğunda yaklaşık Na^+ ile eşit miktarda bulunurken; K^+ içeren silikat alüminosilikat minerallerinin bozunması, Na^+ içerenlere oranla oldukça zordur (Yüksel, 2007).

İnceleme alanındaki suların Nisan-2011 ayındaki kimyasal analiz sonuçlarına göre; K^+ iyonu, toplam iyonların miliekivalen değerinin % 0,02-% 1,41'sini oluşturmaktadır (Tablo 4). Kasım-2011 ayındaki analiz sonuçlarına göre; K^+ iyonu toplam iyonların miliekivalen değerlerinin % 0,219-% 1,422'ünü oluşturmaktadır (Tablo 5).

Yapılan analizlerde, çalışma alanından alınan su örneklerindeki K^+ değerinin Nisan-2011 döneminde 0,86-9,01 mg/lt arasında, Kasım-2011 döneminde 0,86-9,01 mg/l arasında değiştiği yani en yüksek ve en düşük değerin değişmediği görülmüştür. K^+ iyonunun örnek noktalarındaki dönemsel değişim grafiği Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9: K⁺ iyonunun dönemsel değişim grafiği

3.3.1.2. Anyonlar

Klorür (Cl⁻)

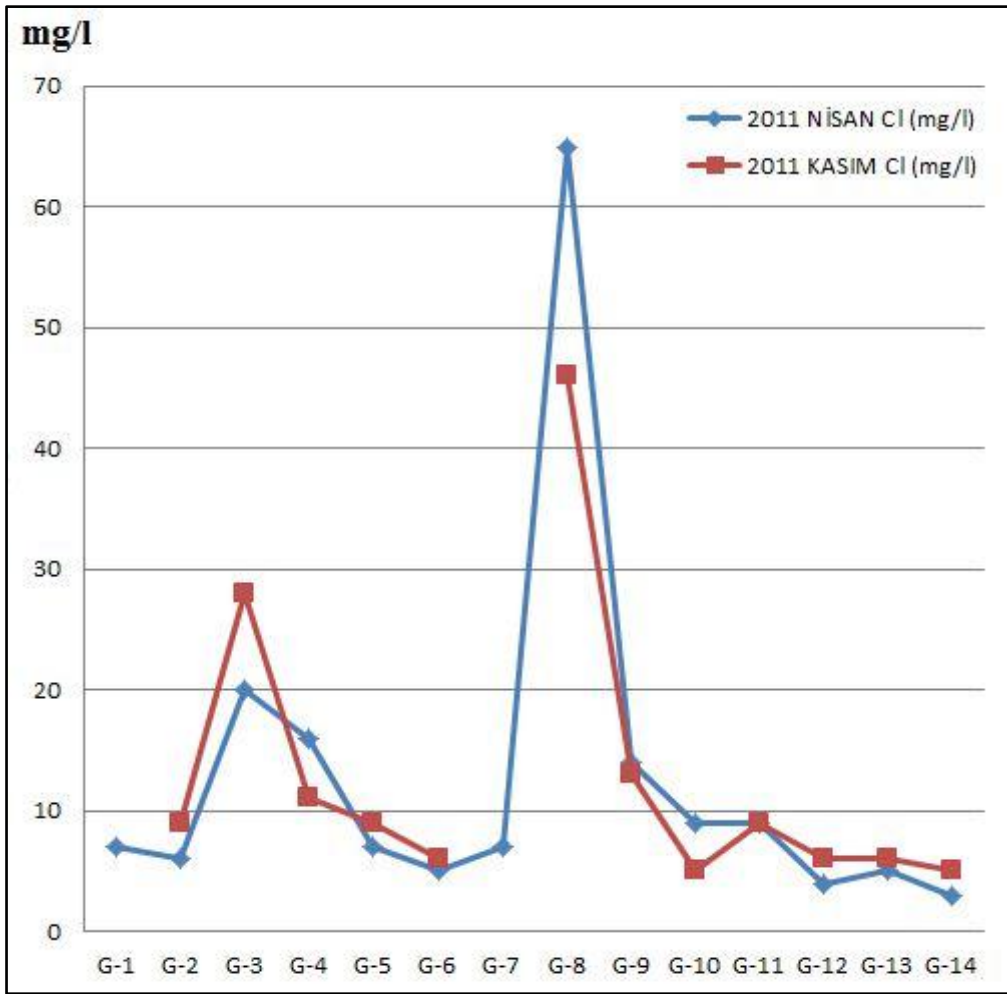
Yeraltı sularındaki Cl⁻, deniz suyundan, evaporitlerden, yağmur ve kar suyundan ya da atmosferden gelebilir. Bunların içinde yeraltı suyuna en fazla Cl⁻ veren kaynak deniz suyudur. Bu bakımdan kıyılardan uzaklaştıkça yeraltı sularındaki Cl⁻ miktarı önemli oranda azalır.

Cl⁻ yerkabuğunu üst seviyelerinde, özellikle asidik kayalar içinde birikir. Magmatik kayalarda önemli Cl⁻ kaynağı Feldispatoid Sodalit (Na₈(Cl₂(Al(SiO₄))₆)) ve Klorapatit (Ca₅(PO₄)₃Cl) gibi minerallerdir. Cl/ F oranı, bazik kayalardan, asidik kayalara doğru azalır (Erguvanlı ve diğ., 1973).

İnceleme alanındaki suların Nisan-2011 dönemindeki kimyasal analiz sonuçlarına göre; Cl⁻ iyonu, toplam iyonların miliekivalen değerinin % 1,11 - % 5,50'sini

oluşturmaktadır (Tablo 4). Kasım-2011 ayındaki analiz sonuçlarına göre; Cl^- iyonu toplam iyonların miliekivalen değerlerinin -% 1,36 - % 6,13'sını oluşturmaktadır (Tablo 5).

Yapılan analizlerde, çalışma alanından alınan su örneklerindeki Cl^- değerinin Nisan-2011 döneminde 3,00 - 65,00 mg/l arasında, Kasım-2011 döneminde 5,00 - 46,00 mg/l arasında değiştiği görülmüştür. Cl^- iyonunun örnek noktalarındaki dönemsel değişim grafiği Şekil 10'da verilmiştir. İnceleme alanında G8 nolu örnekte Cl^- değerinin yüksek çıkmasının nedeni Kırkgeçit Formasyonuna ait marnlar içerisinde yer alan kil minerallerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 10: Cl^- iyonunun dönemsel değişim grafiği

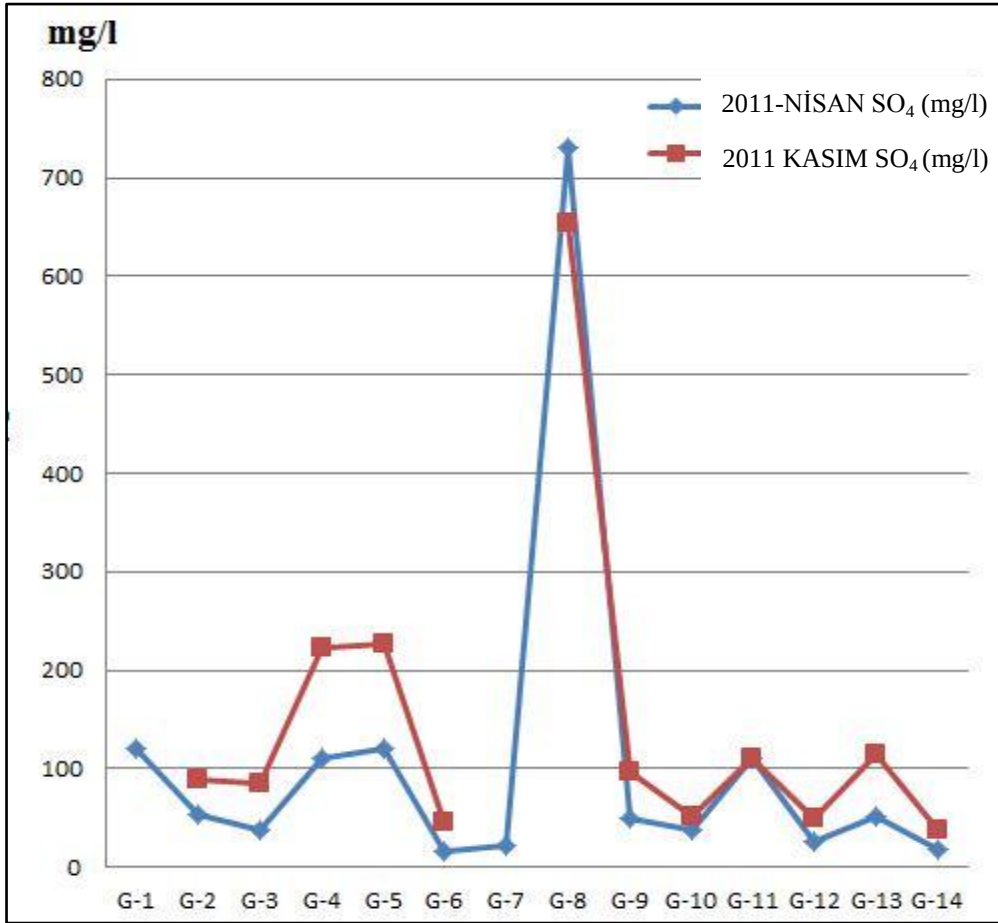
Sülfat (SO_4^{2-})

Yeraltı sularındaki SO_4^{2-} 'ın büyük bir kısmı jips ve anhidritten gelmektedir (Erguvanlı ve diğ., 1973). Bunların dışında az miktarda piritin oksidasyonu ile oluşan demir sülfattan, magnezyum ve sodyum sülfattan ileri gelebilir. Magmatik ve metamorfik

kayalardan veya bunların ürünlerinden oluşan tortul kayalardaki yeraltı sularında 100 mg/l' den az SO_4^{-2} bulunur (Şahinci, 1991).

İnceleme alanındaki suların Nisan-2011 dönemindeki kimyasal analiz sonuçlarına göre; SO_4^{-2} iyonu, toplam iyonların miliekivalen değerinin % 4,24 - % 34,68'ünü oluşturmaktadır (Tablo 4). Kasım-2011 ayındaki analiz sonuçlarına göre; SO_4^{-2} iyonu toplam iyonların miliekivalen değerlerinin % 9,77 - % 38,46'sini oluşturmaktadır (Tablo 5).

Yapılan analizlerde, çalışma alanından alınan su örneklerindeki SO_4^{-2} değerinin Nisan-2011 döneminde 15,00 - 730,0mg/lt arasında, Kasım-2011 döneminde 38,00 - 654,0 mg/l arasında değiştiği görülmüştür. SO_4^{-2} iyonunun örnek noktalarındaki dönemsel değişim grafiği Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11: SO_4^{-2} iyonunun dönemsel değişim grafiği

G8 nolu örnek noktasında SO_4^{-2} değerinin yüksek çıkmasının nedeni sondaj kuyusunun derinlerde Kırkgeçit Formasyonu'na ait marnları kesmiş olması ve suyun marnlarla etkileşim halinde olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer noktadaki SO_4^{-2} 'in kökeni her ne kadar inceleme sahasında görülmemiş olsa bile Elazığ

Magmatitleri içerisindeki sülfürlü cevherleşmelere bağlı olabilir. Nitekim inceleme sahasının 20 km doğusunda Geli çayı sol yamacında Elazığ Magmatitleri içerisinde sülfürlü cevherleşmelere bağlı olarak gelişen demir şapka ve ikincil jips mineralleri gözlenmiştir.

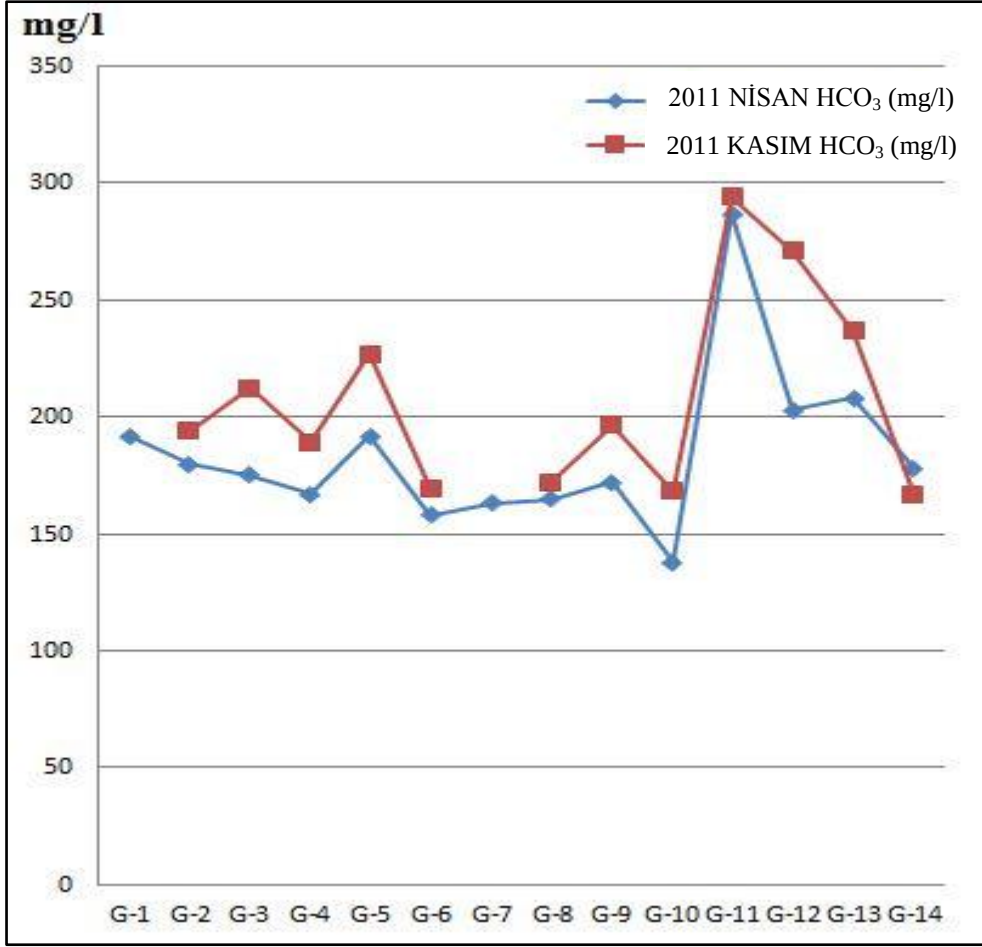
Bikarbonat ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$)

Yeraltı sularındaki CO_3^{2-} ve HCO_3^- iyonlarının çoğu atmosfer ve topraktaki CO_2 'den ve karbonatlı kütlelerin erimesinden oluşmaktadır. Dolayısıyla CO_3^{2-} ve HCO_3^- miktarı CO_2 miktarına ve suyun pH'ına bağlıdır (Erguvanlı ve diğ., 1973).

İnceleme alanındaki suların Nisan-2011 dönemindeki kimyasal analiz sonuçlarına göre; HCO_3^- iyonu, toplam iyonların miliekivalen değerinin % 6,18% - 38,22'sini oluşturmaktadır (Tablo 4). Kasım-2011 ayındaki analiz sonuçlarına göre; HCO_3^- iyonu toplam iyonların miliekivalen değerlerinin % 7,96 - % 42,98'ini oluşturmaktadır (Tablo 5).

Yapılan analizlerde, çalışma alanından alınan su örneklerindeki HCO_3^- değerinin Nisan-2011 döneminde 138,00 - 287,00 mg/l arasında, Kasım-2011 döneminde 167,14 - 294,02 mg/l arasında değiştiği görülmüştür. HCO_3^- iyonunun örnek noktalarındaki dönemsel değişim grafiği Şekil 12'de verilmiştir. İnceleme alanında HCO_3^- değerinin yüksek çıkmasının nedeni Kırkgeçit Formasyonu içerisindeki kireçtaşı çakıl, blok ve olistolitleridir.

İçerisindeki CO_3^{2-} ve HCO_3^- toplamı 500 mg/l'ten fazla olan ve yalnız CO_3^{2-} miktarı 300 mg/l'te çıkan sular içilebilmektedir. HCO_3^- anyonu, sulama suları için yararlıdır. Fazla miktarda bulunması toprakta kireç birikimi yapar. Böylece toprağın geçirgenliği azalır ve nem tutma kapasitesi yükselmiş olur.



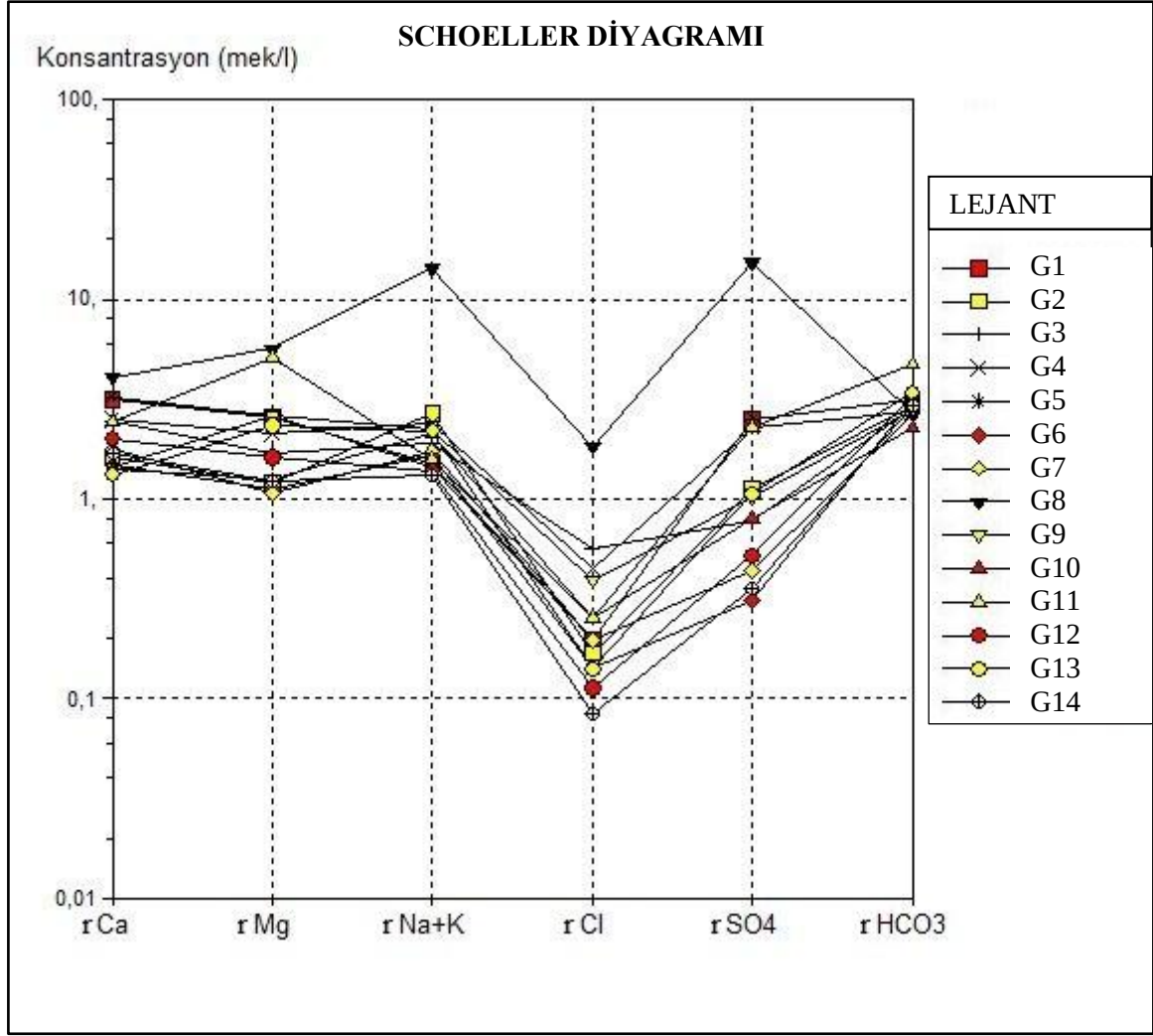
Şekil 12: HCO₃⁻² iyonunun dönemsel değişim grafiği

3.4. Analiz Sonuçlarının Diyagramlarla Gösterilmesi ve Suların Sınıflandırılması

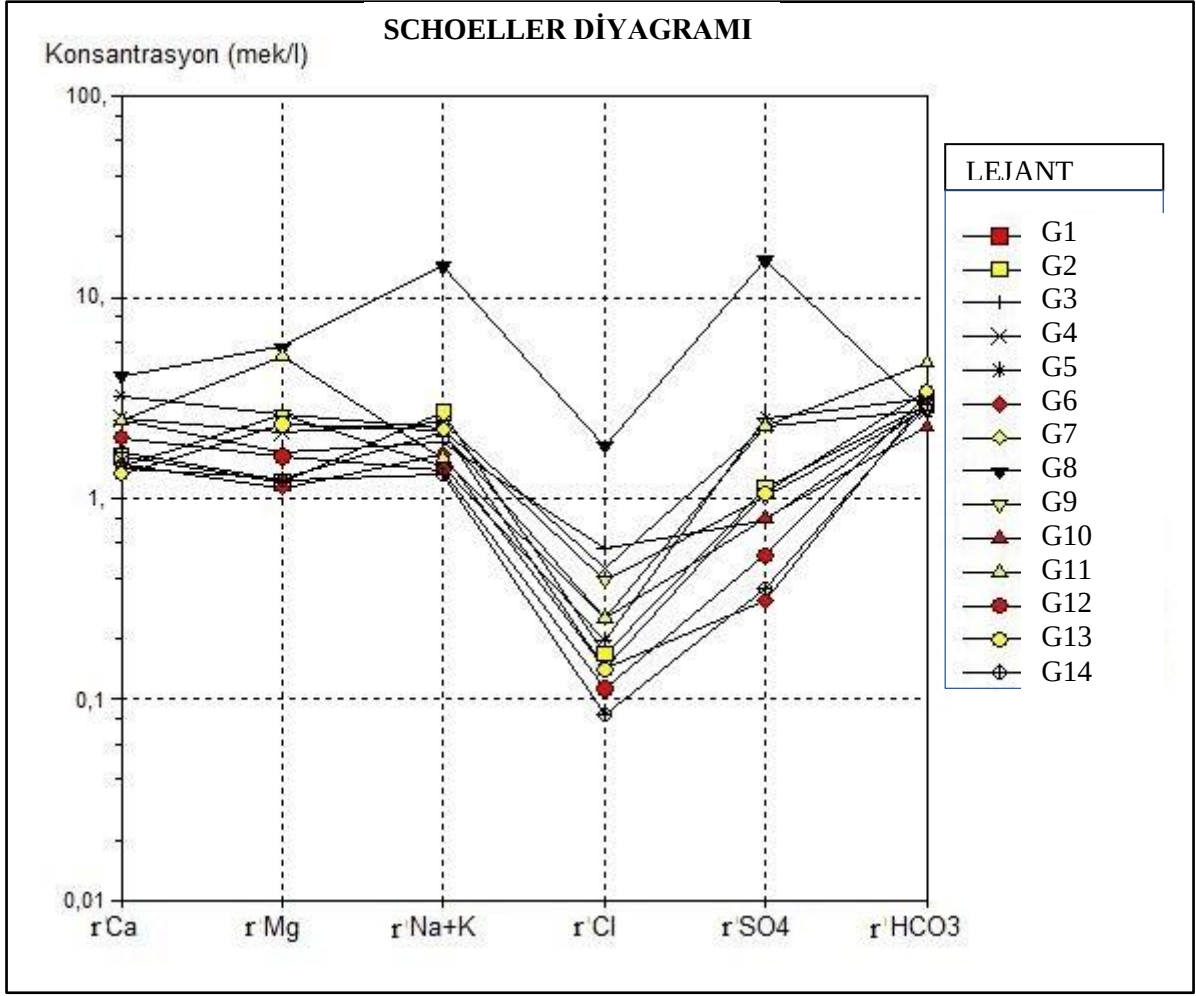
Farklı su noktalarından alınan numunelerin kimyasal analizi yapılarak, bu suları birbirleri ile karşılaştırmak için türlü grafiklerle sunulmuştur. Çalışma alanındaki suların analiz sonuçları çeşitli diyagramlar üzerinde gösterilerek yorumlanmıştır.

3.4.1. Schoeller Diyagramı

Schoeller Diyagramı (1955); düşey eksen logaritmik, yatay eksen aritmetik ölçekli kağıt üzerine eşit aralıklarla yatay eksen üzerine sırasıyla rCa^{+2} , rMg^{+2} , $r(Na^{+} + K^{+})$, rCl^{-} , rSO_4^{-2} ve $r(CO_3^{-} + HCO_3^{-})$ iyonları yerleştirilmesiyle hazırlanmaktadır. Analizleri yapılan kaynak ve kuyu sularının Nisan-2011 ve Kasım-2011 dönemine ait Schoeller Diyagramı çizilmiştir (Şekil 13 ve Şekil 14). Örneklere ait iyonları sıralanışı Tablo 6 ve Tablo 7’de verilmiştir.



Şekil 13: Nisan-2011 döneminde yapılan analizlere ait Schoeller Diyagramı



Şekil 14: Kasım-2011 döneminde yapılan analizlere ait Schoeller Diyagramı

Nisan-2011 ve Kasım-2011 dönemindeki Schoeller Diyagramına bakıldığında zaman tüm örnek sularının bir birine paralellik gösterdiği ancak G8 nolu örneğin iyon konsantrasyonunun oldukça yüksek olduğu görülmektedir. G8 nolu örnek Palu Formasyonu içerisinde yer almasına rağmen diğer örneklerden iyon konsantrasyonu açısından farklılık göstermesinin nedeni açılan kuyunun derinlerde Kırkgeçit Formasyonuna ait marn ve killeri kesmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Marn ve kil ince taneli birimler olması nedeniyle bunlar içerisinde hareket halinde bulunan yeraltı suyu daha çok mineral ile temas etmekte ve bu mineralleri bünyesine katmaktadır.

Tablo 6: Nisan-2011 dönemine ait analiz sonuçlarına göre iyonların sıralanışı

ÖRNEK NO	Hidro-kimyasal fasiyes	KATYONLAR	ANYONLAR
G1	$\text{Ca}^{+2}-\text{HCO}_3^-$	$r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G2	$\text{Na}^+ - \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2}$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G3	$\text{Ca}^{+2}-\text{HCO}_3^-$	$r\text{Ca}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Mg}^{+2}$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G4	$\text{Ca}^{+2}-\text{HCO}_3^-$	$r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G5	$\text{Ca}^{+2}-\text{HCO}_3^-$	$r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G6	$\text{Na}^+ - \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2}$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G7	$\text{Ca}^{+2}-\text{HCO}_3^-$	$r\text{Ca}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Mg}^{+2}$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G8	$\text{Na}^+ - \text{SO}_4^{-2}$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2}$	$r\text{SO}_4^{-2} > r\text{HCO}_3^- > r\text{Cl}^-$
G9	$\text{Mg}^{+2} - \text{HCO}_3^-$	$r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{+2}$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G10	$\text{Na}^+ - \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2}$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G11	$\text{Mg}^{+2} - \text{HCO}_3^-$	$r\text{Mg}^{+2} > r\text{Ca}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G12	$\text{Ca}^{+2}-\text{HCO}_3^-$	$r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G13	$\text{Mg}^{+2} - \text{HCO}_3^-$	$r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{+2}$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G14	$\text{Ca}^{+2}-\text{HCO}_3^-$	$r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$

Tablo 7: Kasım 2011 dönemine ait analiz sonuçlarına göre iyonların sıralanışı

ÖRNEK NO	Hidro-kimyasal fasiyes	KATYONLAR	ANYONLAR
G1	*	*	*
G2	$\text{Na}^+ - \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2}$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G3	$\text{Ca}^{+2}-\text{HCO}_3^-$	$r\text{Ca}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Mg}^{+2}$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G4	$\text{Ca}^{+2}-\text{SO}_4^{-2}$	$r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	$r\text{SO}_4^{-2} > r\text{HCO}_3^- > r\text{Cl}^-$
G5	$\text{Ca}^{+2}-\text{SO}_4^{-2}$	$r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	$r\text{SO}_4^{-2} > r\text{HCO}_3^- > r\text{Cl}^-$
G6	$\text{Na}^+ - \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2}$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G7	*	*	*
G8	$\text{Na}^+ - \text{SO}_4^{-2}$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Mg}^{+2} > r\text{Ca}^{+2}$	$r\text{SO}_4^{-2} > r\text{HCO}_3^- > r\text{Cl}^-$
G9	$\text{Mg}^{+2} - \text{HCO}_3^-$	$r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{+2}$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G10	$\text{Na}^+ - \text{HCO}_3^-$	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2}$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G11	$\text{Mg}^{+2} - \text{HCO}_3^-$	$r\text{Mg}^{+2} > r\text{Ca}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G12	$\text{Ca}^{+2}-\text{HCO}_3^-$	$r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G13	$\text{Mg}^{+2} - \text{HCO}_3^-$	$r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{+2}$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$
G14	$\text{Ca}^{+2}-\text{HCO}_3^-$	$r\text{Ca}^{+2} > r\text{Mg}^{+2} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	$r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^-$

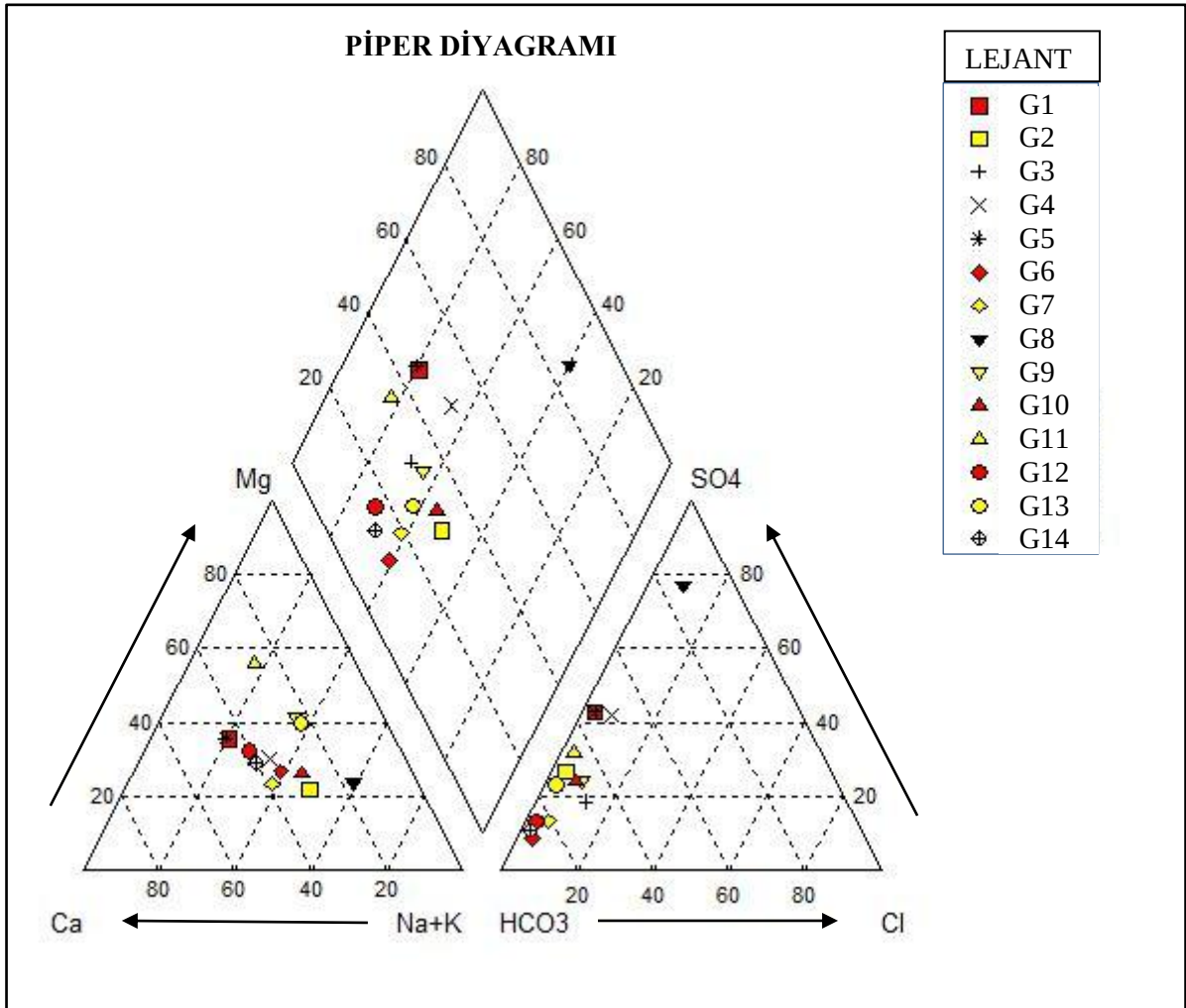
*Analiz edilmedi

Yapılan analiz sonuçlarına göre inceleme sahası içerisindeki baskın majör anyon ve katyon sıralamalarında sadece G4 ve G5 nolu örneklerde değişme olduğu gözlenmiştir. Bu

iki örnek noktasındaki sular beslenmenin olduğu dönemlerde $\text{Ca}-\text{HCO}_3$ 'lı olan sular, beslenmenin olmadığı dönemlerde ise SO_4^{2-} baskın anyon durumuna geçmiş ve sular $\text{Ca}-\text{SO}_4$ 'lı sular haline gelmiştir.

3.4.2. Piper Diyagramı

Suların genel anyon-katyon yapısını gösterebilmek amacıyla Piper Diyagramı kullanılmıştır. Bu diyagramda eşkenar bir üçgenin her kenarı 50 eşit parçaya bölünerek bir diyagram hazırlanmıştır. Anyon ve katyonları % mek/l değerleri diyagram üzerinde gösterilerek suların Piper' e göre sınıflaması yapılır. Nisan-2011 ve Kasım-2011 dönemine ait Piper diyagramları çizilmiştir (Şekil 15 ve Şekil 16).



Şekil 15: Nisan-2011 döneminde yapılan analizlere ait Piper Diyagramı

İnceleme alanına ait Nisan-2011 analiz sonuçlarının Piper Diyagramındaki dağılımında; örnek sularından G8 ve G10 nolu örnek noktası dışındaki tüm örnek noktaları aynı bölge içinde yoğunlaştıkları ve temel katyonlar açısından su tipinin karışık kökenli,

3.4.3. Dairesel Diyagram

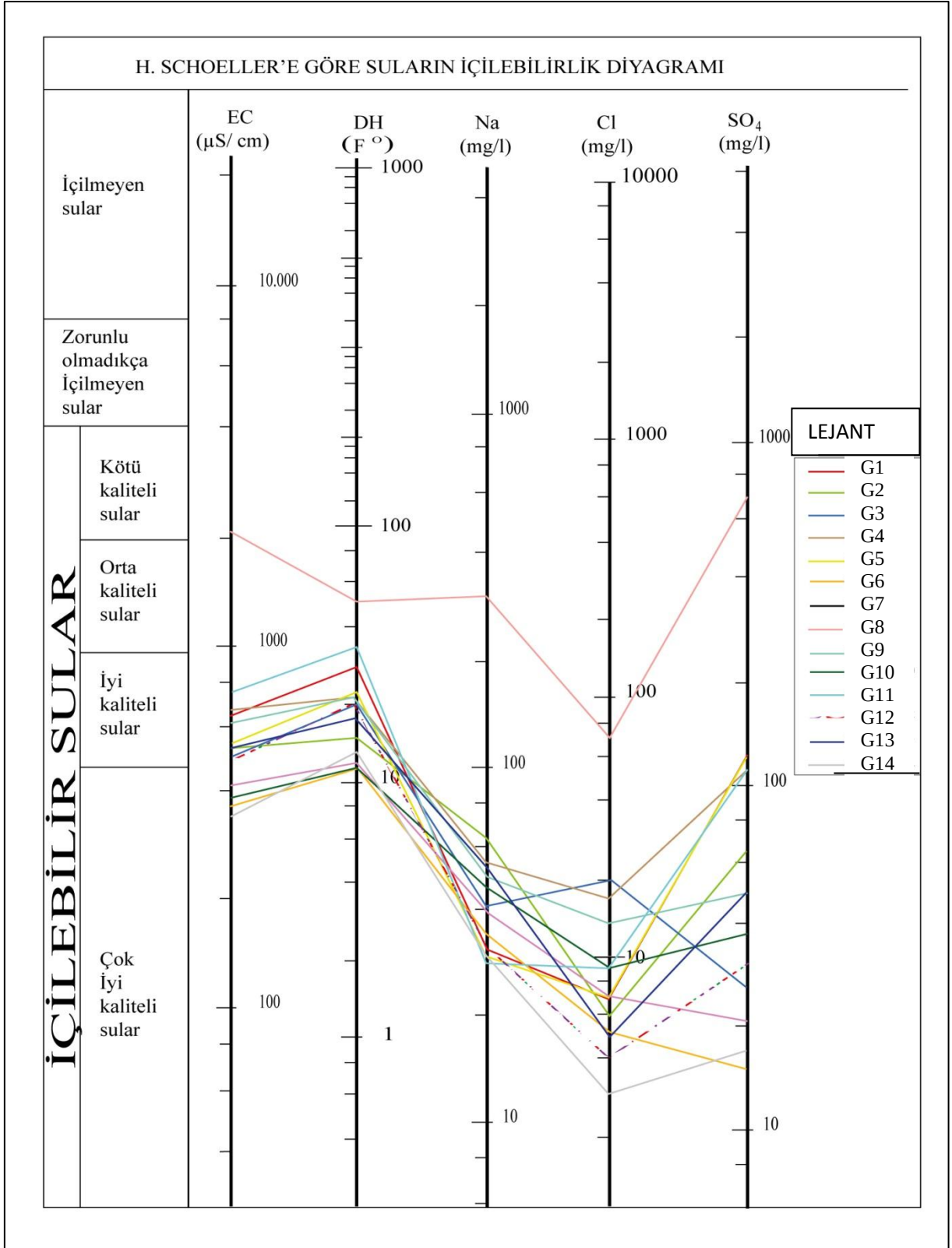
Bu diyagramda yayların genişliği %mek/l , dairenin yarı çapı ise toplam iyon içeriğine göre belirlenmektedir (Çetindağ., 1989; Canik., 2003).

Bu diyagramın avantajı her örnek noktası için ayrı ayrı çizilen dairelerin o örnek noktası için toplam iyon içeriği ile ilgili fikir vermesidir. Dolayısıyla örnek noktasındaki dairenin yarıçapı büyüdükçe içerisinde çözünmüş halde bulunan iyon miktarının arttığını söylemek mümkündür. Benzer şekilde her bir daireyi ayrı ayrı yorumlama olanağı sağlayan daire yayları bir örnek noktası için ayrı baskın anyon ve katyonu %mek/l olarak belirleme olanağı da sağlar. Elde edilen dairelerin örnekleme noktalarına yerleştirilmesi ile kabaca bölgedeki yeraltı suyunun akım yönü de belirlenmiş olur.

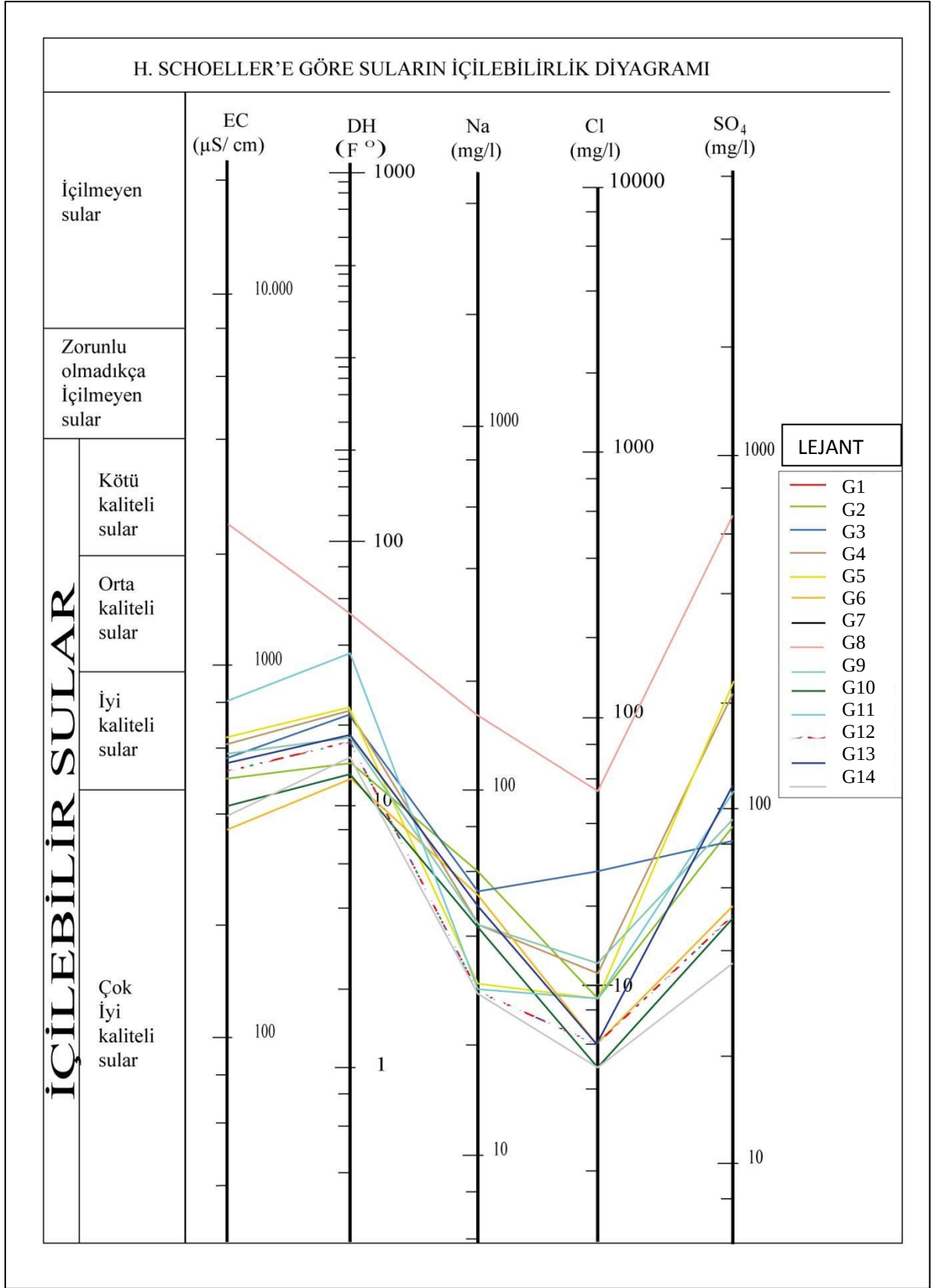
İnceleme alanındaki örneklere ait dairese diyagramlar EK-2 ve EK-3 te verilmiştir. İnceleme sahasındaki örneklere ait dairese diyagramlar incelendiğinde, inceleme sahasında genel itibarı ile kuzeyden güneye ilerledikçe yeraltı sularının içerisinde çözünmüş halde bulunan madde miktarı artmaktadır. Dolayısıyla bölgede yeraltı suyu akımının yaklaşık olarak kuzeyden güneye doğru olduğunu söylemek mümkündür.

3.4.4. Suların İçilebilme Diyagramı

Kaynak ve kuyu sularının içilebilme özelliklerini araştırmak amacıyla Schoeller' in yaptığı sınıflamaya göre suların içilebilme diyagramları çizilmiştir. Diyagramlar incelendiğinde; Nisan-2011 ve Kasım-2011 analiz sonuçlarına göre incelenen sular; “Devamlı içilebilen iyi kaliteli sular” sınıfında yer almaktadır. Ancak G8 nolu örnek “Devamlı içilebilen kötü kaliteli sular” grubuna girmektedir. (Şekil 17 ve Şekil 18).



Şekil 17: Nisan-2011 dönemine ait analiz sonuçlarına göre içilebilirlik diyagramı

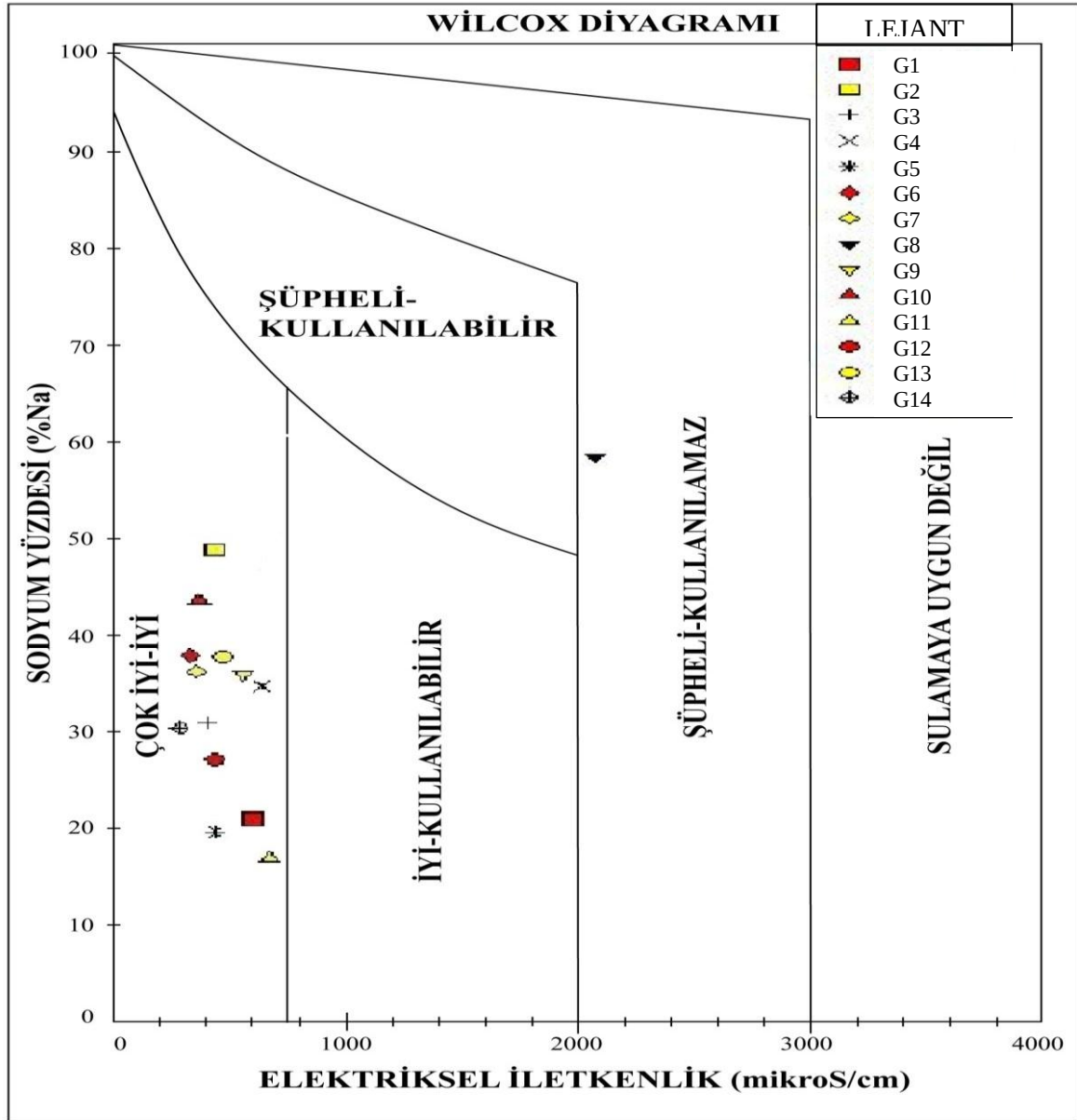


Şekil 18: Kasım-2011 dönemine ait analiz sonuçlarına göre içilebilirlik diyagramı

3.4.5. Wilcox Diyagramı

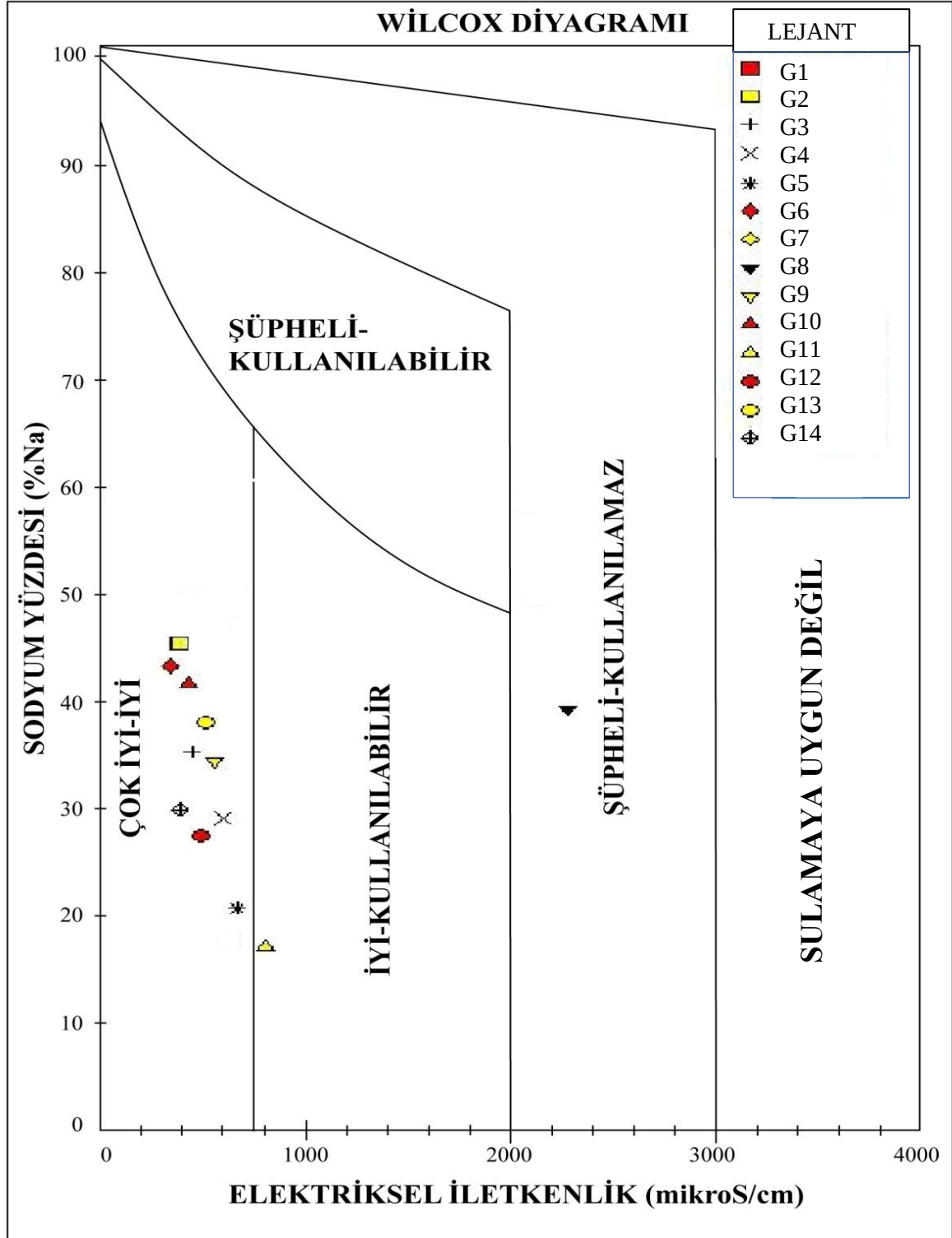
Wilcox Diyagramı, sulama suyu uygunluğunu ortaya koymak için kimyasal analizlerin diyagrama taşınmasıyla elde edilir. Düşey eksende sodyum yüzdesi ve yatay eksende özgül elektriksel iletkenlik kullanılarak sulama sularının doğrudan yorumunun yapılmasını sağlar.

Wilcox Diyagramına göre sular aynı karakterde olup diyagramda, Nisan döneminde alınan sulardan G8 nolu örnek; Şüpheli- Kullanılamaz sular sınıfında yer alırken diğer örnekler “Çok İyi- İyi” sular sınıfında yer almaktadır (Şekil 19).



Şekil 19: Nisan-2011dönemine ait analiz sonuçlarına göre Wilcox Diyagramı

Kasım döneminde ise G8 nolu örnek ; Şüpheli-Kullanılamaz sular sınıfında, G11 nolu örnek; İyi-Kullanılabilir sular sınıfında, diğer örnekler ise “Çok iyi-iyi” sular sınıfında yer almaktadır (Şekil 20).



Şekil 20: Kasım-2011 dönemine ait analiz sonuçlarına göre Wilcox Diyagramı

Na⁺ iyon yüzdesi, sulama suları için önemli bir özelliktir. Sulama sularında Na⁺ yüzdesinin artışı topraktaki Ca⁺² ve Mg⁺²,la baz değişimine neden olur. Na⁺ oranı 50' den küçük olan sular sulamaya uygun kabul edilir. Na⁺ yüzdesi;

$$\%Na = \frac{rNa + rK \times 100}{rNa + rK + rCa + rMg} \quad \text{formülü ile hesaplanır.}$$

İnceleme alanındaki suların Na⁺ yüzdesi açısından sınıflandırılması Tablo 8 de verilmiştir.

Tablo 8: %Na sınıflaması

Sulama suyu sınıfı	Değişebilir Na Yüzdesi		NİSAN-2011	KASIM-2011
1. Sınıf Su	< 20	(Çok İyi)	G5, G11	G11
2. Sınıf Su	20-40	(İyi)	Diğerleri	Diğerleri
3. Sınıf Su	40-60	(Kullanılabilir)	G2, G8, G10	G2, G6, G10
4. Sınıf Su	60-80	(İhtiyatlı Kullanılmalı)		
5. Sınıf Su	>80	(Zararlı Kullanılmaz)		

İncelenen suların Nisan-2011dönemi için %Na değeri %17,26 - %48,30 arasında, Kasım-2011 dönemi için %Na değeri ise; %20,94 - %45,92arasında değişmektedir (Tablo 4 ve Tablo 5).

3.4.6. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramında sular, sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve özgül EC değerleri göz önüne alınarak, sınıflandırılmaktadır (Tablo 8). İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramındaki dağılımı Şekil 21 ve Şekil 22 de verilmiştir.

Bu diyagramda sular 16 ayrı kategoriye ayrılmaktadır. Yatay ekseninde suyun EC değeri, düşey ekseninde SAR değeri bulunmaktadır. SAR değeri;

$$SAR = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{rCa + rMg}{2}}} \quad \text{formülüne göre hesaplanır.}$$

Tablo 9: SAR değerine göre sulama suyunun sınıflandırılması

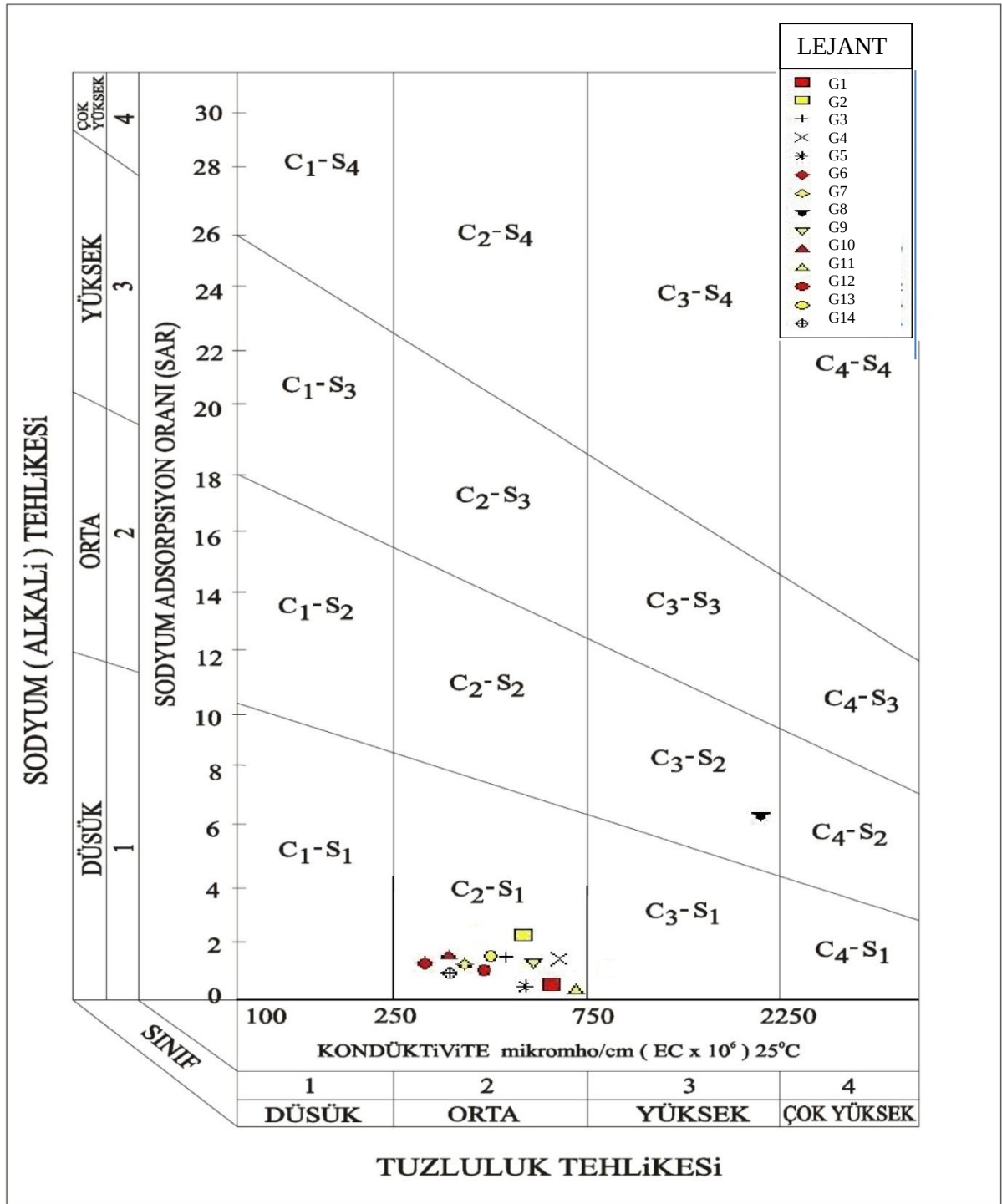
SAR değeri	Su sınıfı
SAR < 10	Çok iyi özellikte sulama suları
10 < SAR < 18	İyi özellikte sulama suları
18 < SAR < 26	Orta özellikte sulama suları
26 < SAR	Kötü özellikte sulama suları

İnceleme alanından alınan su örneklerinin SAR değerleri formülden hesaplandığında değerlerin Nisan-2011 döneminde 0,69 – 6,41 arasında Kasım-2011 döneminde ise 0,67-2,96 arasında değiştiği görülmüştür. Bu oranlara göre sular SAR sınıflamasına göre çok iyi özellikteki sulama suları sınıfındadır.

Tablo 10: Suların tuzluluk ve sodyum miktarlarına göre sınıflandırılması.

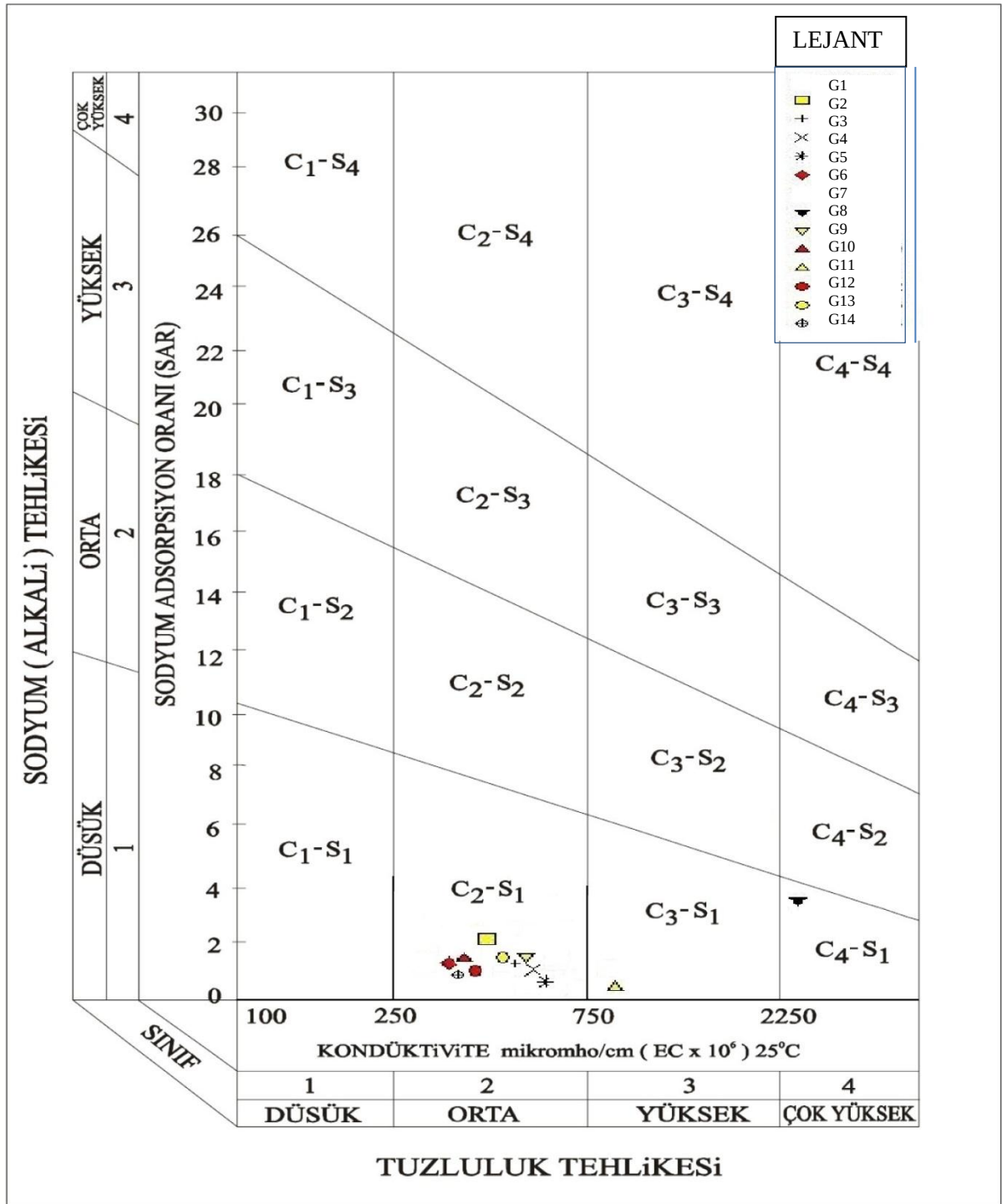
Tuzluluğa Göre Alt Sınıflama		Sodyum Miktarına Göre Alt Sınıflama	
C1	Az tuzlu su	S1	Az sodyumlu su
C2	Orta tuzlulukta su	S2	Orta derecede sodyumlu su
C3	Fazla tuzlu su	S3	Fazla sodyumlu su.
C4	Çok fazla tuzlu su	S4	Çok fazla sodyumlu su.

Nisan-2011 döneminde yapılan analizlerde G8 nolu örnek; fazla tuzlu-orta derecede sodyumlu su sınıfına girerken diğer örnekler; orta tuzlulukta-az sodyumlu su sınıfına girmektedirler (Şekil 21).



Şekil 21: Nisan-2011 dönemine analiz edilen örneklere ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

Kasım-2011 döneminde yapılan analizlerde G8 nolu örnek; Çok fazla tuzlu-Az sodyumlu su sınıfında, G11 nolu örnek Fazla tuzlu-Az sodyumlu su sınıfında, diğer örnekler ise Orta tuzlulukta-Az sodyumlu su sınıfına girmektedirler (Şekil 22).



Şekil. 22: Kasım-2011 dönemine analiz edilen örneklere ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

3.4.7. Suların Sertliği

Sertlik, su içinde çözünmüş halde bulunan Ca ve Mg bileşiklerinden gelen bir özelliktir. Bu bileşiklerin çoğu Ca ve Mg'un meydana getirdikleri bikarbonatlar, sülfatlar, klorürler ve nitratlardır. Ülkemizde suların sertlik derecelerini belirtmek için Fransız Sertlik Derecesi (F°) kullanılmaktadır. 1 Fransız Sertlik Derecesi = 1 lt suda, 10 mg Ca ve

$Mg(HCO_3)_2$ veya buna eşdeğer diğer sertlik verici iyonların bulunmasıdır. Sert sulardaki toprak alkali iyonları sabunu meydana getiren yağ asitleri ile birleşir ve suda çözünmeyen çökeller meydana getirerek köpürmeyi geciktirirler.

Suyun sertliğinin sağlık üzerine herhangi bir etkisi yoktur ancak; içimi hoş olan sular daha çok orta sertlikte sulardır. Sert sular fazla sabun sarfına neden olmaları ve endüstriyel kullanıma uygun olmamaları nedeniyle tercih edilmezler (Tekbaş ve Güleç, 2004).

İnceleme alanında yapılan araştırmalar sonucunda yer altı suyunun sertliği Nisan-2011 döneminde 48,95-13,10 F^0 arasında, Kasım-2011 döneminde ise 53,59-12,92 F^0 değişmektedir. Şahinci (1991)' e göre inceleme alanındaki suların sertlik açısından sınıflandırılması Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11: Suların sertliklerine göre sınıflandırılması (Şahinci,1991)

Fransız Sertliği	Suyun Sınıfı	NİSAN-2011	KASIM-2011
0.0-7.2	Çok yumuşak		
7.2-14.5	Yumuşak	G2, G6, G7, G10	G6, G10
14.5-21.5	Az sert	G3, G9, G12, G13, G14	G2, G9, G12, G13, G14
21.5-32.5	Oldukça sert	G1, G4, G5	G3, G4, G5
32.5 - 54.0	Sert	G8, G11	G8, G11
54'den fazla	Çok sert		

3.4.8. Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH)

Hidrojen iyon konsantrasyonu, su içerisinde bulunan H^+ ve OH^- iyon konsantrasyonlarının azalıp artmasına bağlı olarak suyun asit yada bazik özelliğe sahip olmasıdır. Yeraltı suları genel olarak $pH < 7$ olan asidik özelliğe sahip iken yerüstü suları $pH > 8$ olan bazik özellikteki sulardır. İnceleme alanındaki suların pH açısından sınıflandırılması Tablo 12'de verilmiştir.

İnceleme alanından alınan su örneklerinin pH değerleri Nisan-2011 döneminde 6,75-7,82 Kasım-2011 döneminde ise 5,04-7,6 arasında değişmektedir (Tablo 4 ve Tablo 5).

Tablo 12: Suların pH 'a göre sınıflandırılması

pH	Sınıfı	NİSAN-2011	KASIM-2011
> 8	Bazik		G10
8,5 – 7	Bazik karakterli	Diğerleri	Diğerleri
7	Nötr		
7 – 4,5	Asit karakterli	G8	G8, G11, G14
< 4,5	Asidik		

3.4.9. Suların Elektriksel İletkenliği (EC)

Elektriksel iletkenlik, +25 °C 'de 1 cm³ suyun iletkenliğidir. EC suyun içinde bulunan çözünmüş iyon miktarıyla doğru orantılıdır. Saf suyun elektriksel iletkenliği 0.5–5 micromho/cm, içme sularında elektriksel iletkenlik ise 30 – 2000 µS/cm arasında bulunmaktadır (Ala, 2001).

İnceleme alanındaki suların EC'ye göre sınıflaması Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13: İnceleme alanındaki suların EC'ye göre sınıflandırılması

EC (µS/cm)	Sınıfı	NİSAN-2011	KASIM-2011
0-250	Çok iyi		
250-750	İyi	Diğerleri	Diğerleri
750-2000	Kullanılabilir		G11
2000-3000	İhtiyatla kullanılmalı	G8	G8
>3000	Kesinlikle kullanılamaz		

*(Kalkan ve Olgun, 1994).

İnceleme alanındaki suların EC değerleri Nisan-2011 döneminde 371,80 ile 2144,00 µS/cm arasında iken Kasım-2011 döneminde ise 377,3 ile 2275 µS/cm arasındadır (Tablo 4 ve Tablo 5).

3.4.10. Sıcaklık (°C)

Genel olarak suların sıcaklığı su tablasının derinliğine, coğrafik enleme, yüksekliğe ve etkin volkanizmaya bağlıdır. Çok soğuk sular (+5'ye kadar), soğuk sular (+10'ye kadar), çok az ılık sular (+18'ye kadar), az ılık sular (+25'ye kadar), ılık sular (+37'ye kadar) ve +40'den fazla olan sular, sıcak sular diye gruplandırılır (Şahinci, 1991).

İnceleme alanında ölçülen suların sıcaklık değerleri (Tablo 4 ve Tablo 5) göz önüne alındığında sular çok az ılık ve az ılık sular grubuna girmektedirler.

3.5. Su Kirliliği

Yeryüzünü saran ve okyanuslarda, denizlerde, göllerde, akarsularda ve yeraltı sularında bulunan sularla atmosferdeki su buharının tümüne hidrosfer (su küre) adı verilir.

Yeryüzündeki sular, güneşin sağladığı enerji ile sürekli bir döngü içinde bulunur. İnsanlar, ihtiyaçları için, suyu bu döngüden alır ve kullandıktan sonra tekrar aynı döngüye iade ederler. Bu süreç sırasında suya karışan maddeler, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek “su kirliliği” olarak adlandırılan durum ortaya çıkarırlar. Su kirlenmesi, su kaynağının fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde olmaktadır.

Üretim ve tüketim arttıkça, kirlenmenin boyutu da artmaktadır. Su kirlenmesinde nüfus artışının önemli bir rolünün olduğunu söyleyebiliriz.

Buradan hareketle , su kirliliğine neden olan faktörleri şu şekilde özetleyebiliriz :

Tablo 14:Yeraltısularının kirlenmesinde doğal ve yapay nedenler (Varol ve diğ., 2008).

DOĞAL NEDENLER	YAPAY NEDENLER
1-Jeolojik formasyonlardan kirlenme: Tuzlu, jipsli, anhidritli, borlu ve turbalı formasyonlar içerdikleri yüksek miktardaki iyonlardan yeraltısularına girişim söz konusudur.	1-Evsel atıklardan deterjan, kanalizasyon vb. atıkların kimyasalları,
2-Deniz suyu girişi: aşırı pompaj veya yeraltısuyu işletmesi, çevre akiferlerden ve denizden akifer içerisine su girişimine neden olmaktadır	2-Tarımsal ilaç ile gübrelerden gelen pestisit, Azot bileşikleri vb. kimyasallar
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 yeraltısuyunu beslemesi halinde kirlilik oluşmaktadır	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 çökelmeleri sağlamak) için kullanılan sodyumlu bileşiklerin yeraltısularına karışması ile yapay olarak sodyum zenginleşmesi izlenir.
4-Jeotermal alan etkileri: Jeotermal suların yeraltı suları ile girişimleri sonucu, tarımsal kullanımı olumsuz etkileyen bor kirlenmesi ortaya çıkmaktadır.	4-Yeraltısuyu bulunduran havzalarda sondaj tekniğine uygun olmayan oldukça fazla kuyunun açılması ve işletilmesi ile koruma alanlarının belirlenmemiş olmasıdır.

Yeraltı sularında çok rastlanan kirletici maddeler; azot bileşikleri (nitrat, nitrit, amonyak), fosfatlar, ağır metaller, zehirli bileşikler, organik maddeler ve mikroorganizmalardır. Yeraltı sularında nitrat derişimi, tarımsal faaliyetler ve evsel atıkların toprağa ya da toprağın altındaki boşluklara verilmesi gibi nedenlerle giderek artmaktadır. İnceleme sahası içerisinde analizleri yapılan sular bu bileşenlere ve Sağlık Bakanlığı'nın Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliğine göre incelenip değerlendirilmiştir.

Bitki gelişimini teşvik, daha bol ve kaliteli ürün elde etmek ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısını en iyi durumda tutmak için toprağa verilen gübreler toprak kirlenmesine sebep olan etkenlerden birisidir. Gereğinden fazla ve yanlış kullanılan gübreler, çeşitli şekillerde olumsuz etkide bulunmaktadırlar. Yüksek düzeyde azotlu gübre kullanılması sonucu topraktan yıkanmalarla, içme suları ve akarsulara karışan nitrat miktarı artmaktadır. Yine fosforlu gübrelerin yüzey akışlarıyla taşınması sonucu içme suları ve diğer akarsularda bulunan fosfat miktarı yükselmektedir. İnceleme konusu olan bölgede de durum farklı değildir.

Tarımsal üretimde birim alanda verimi artırmada en önemli girdilerin başında su gelmektedir. Suyun verimi artırma özelliğinin yanında kurak koşullarda yetiştirilemeyen bitkilerin tarımına imkân sağlaması bakımından da ayrı bir önemi bulunmaktadır. Ancak aşırı sulama taban suyu seviyesinde yükselmelere, tarımsal üretimi arttırmada kullanılan pestisit ve gübrelerin topraktan yıkanarak yeraltı sularına karışmasına neden olmaktadır.

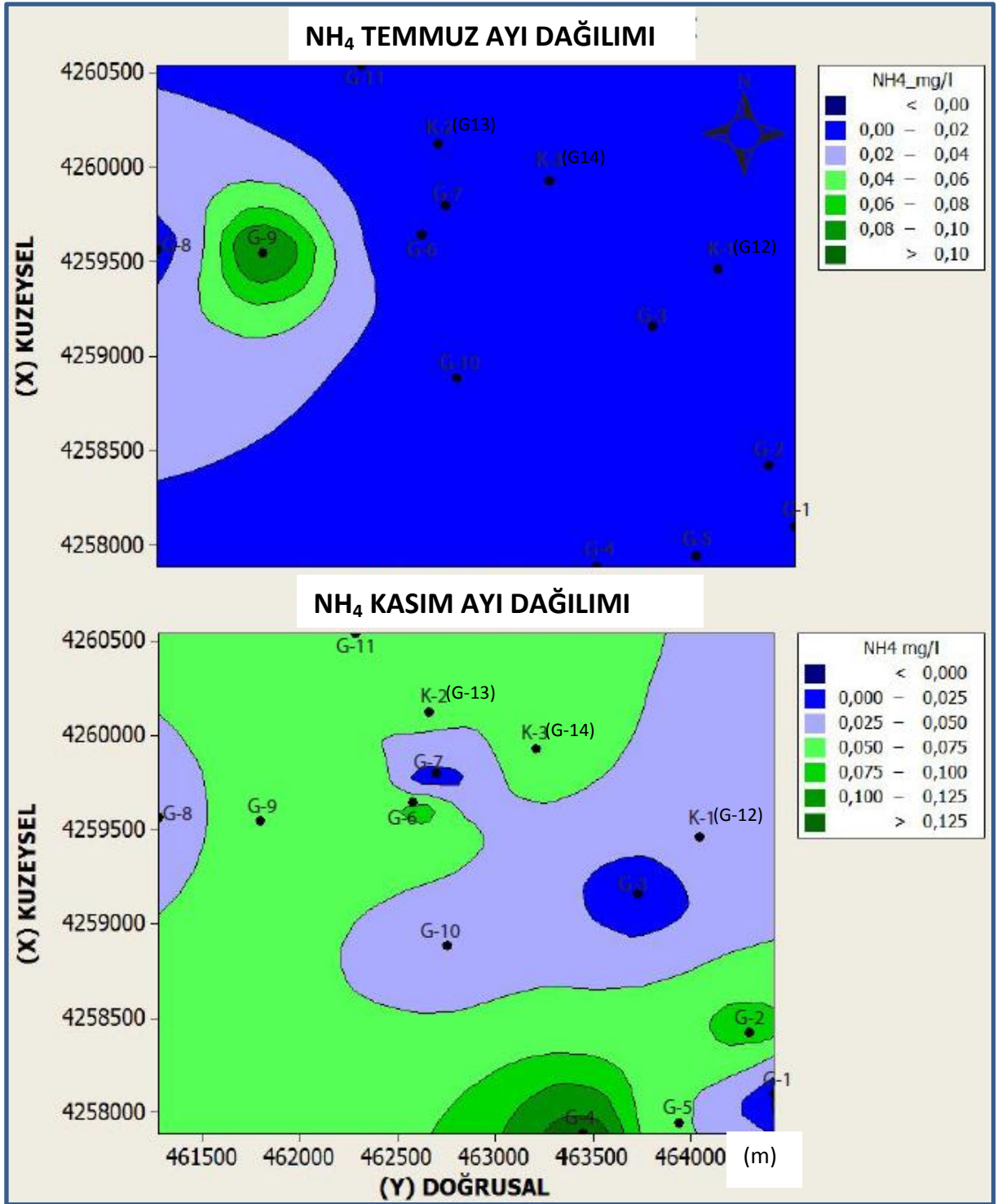
3.5.1. Amonyum (NH₄)

Sularda NH₄ bulunması genellikle yeni bir kirlenmeyi gösterir. Bu bakımdan düşük miktarlarda bile olsa NH₄ bulunan suların kirliliğinden şüphe edilmelidir. Sularda serbest NH₄ bulunması sudaki yakın kirlenmenin göstergesidir. Serbest NH₄ ve NO₂ düşük miktarlarda bile yüksek toksik etki yapmaktadır. TS 266'ya göre içme sularında NH₄ ve NO₂'in hiç bulunmaması istenmektedir (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

İnceleme alanında yapılan analizler sonuçlarına göre amonyum değerlerinin dönemsel dağılımının; Temmuz-2011 analiz sonuçları, Kasım-2011 dönemindeki analiz sonuçlarına göre daha düşük değerler gösterdiği gözlenmiştir. Ancak 9 no' lu örnek noktasında NH₄ değerinin Kasım-2011 analiz sonucuna göre yüksek olduğu gözlenmiştir (Tablo 4 ve Tablo 5). İnceleme alanındaki suların NH₄ değerlerinin dağılımı Şekil 23'te verilmiştir. Şekil 23 incelendiğinde Temmuz döneminde NH₄ değerleri oldukça düşükken

Kasım döneminde oldukça yüksektir. Bunun nedeni akiferde meydana gelen aşırı pompaj olabileceği gibi tarımda kullanılan gübrelerin yeraltı sularına ulaşma süreleri ile de ilişkili olabilir. Ancak beslenme alanlarında tarım arazisi bulunmayan noktalarda bile NH_4 değerlerinin Kasım döneminde yüksek çıkması, akiferlere beslenmenin olmadığı ve boşalmanın fazla olduğu kanaatini güçlendirmektedir.

NH_4 iki basamaklı biyolojik oksidasyon ile uygun reaksiyon şartlarında kolaylıkla önce NO_2 'e sonrasın da ise NO_3 'a dönüşür. Oluşan NO_2 , bebeklerde ölümcül mavi hastalığa sebep olurken, yetişkinlerde ise amin ve amidlerle birleşerek kanser yapıcı nitrozaminlerin sentezlenmesinde aktif rol oynar (Bartsch ve diğ., 1989; Kurama ve Poetzschke., 2002'den).



Şekil 23: Temmuz-2011 ve Kasım-2011 dönemindeki NH₄ dağılım haritası

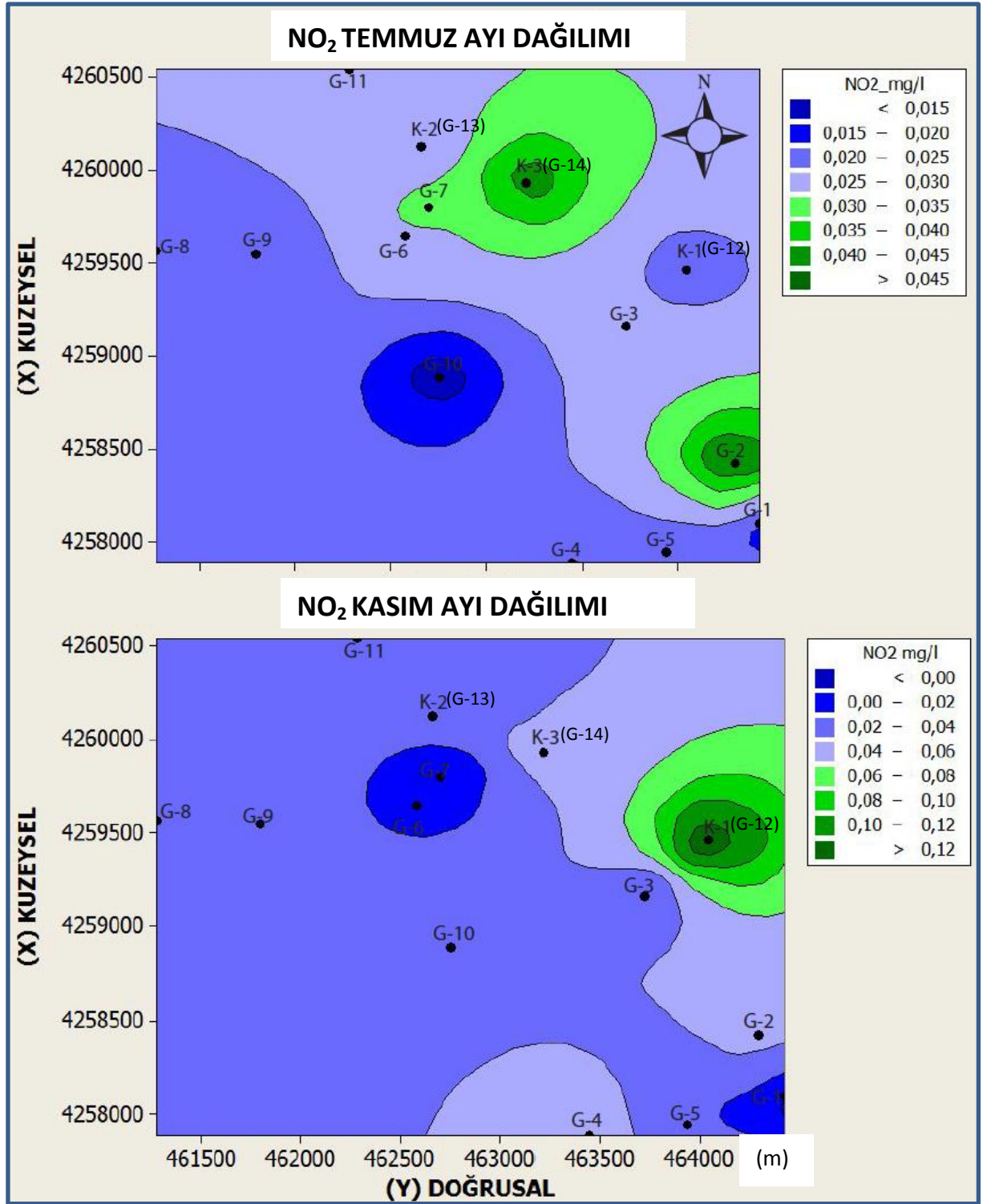
3.5.2. Nitrit (NO₂)

NO₂ ve NH₃'ün suda mevcudiyeti daha ziyade suların dışkı maddeleriyle kirlendiğini akla getirir. Aslında bu bileşiklerin kendisi sağlık bakımından zararlı olmasa bile kirlenme indikatör vazifesi gördüğü için önemlidir. Bu sebeple içilecek suyun NO₂ ve NH₃ konsantrasyonu sıfır olmalıdır (Muslu, 1985; Öztekin, 1998; Bakır, 2010'dan).

NO₃ ve NO₂ doğal azot döngüsünde yaygın olarak oluşan maddelerdendir. Bir suda NH₃ bulunması yeni başlayan kirlenmeyi gösterir. NO₃ organik azotun en son oksidasyon ürünüdür. Organik azotun çürümesi sonucu serbest NH₃, serbest NH₃'in oksidasyonu ile NO₂, NO₂'in oksidasyonu ile NO₃ oluşur.

NO₂ iyonunun varlığı ortamda aktif bir biyolojik olayın işaretidir. Çok düşük NO₂ değerlerde bulunsan bile, kirlenmenin başladığını ve biyolojik olayların sürdüğünü belirtir (Tamgaç ve diğ., 1994; Çeliker, 2008'den).

İnceleme sahasında Temmuz-2011 döneminde yapılan analizlerde suların NO₂ konsantrasyonları 0,01-0,05 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 4). Kasım-2011 döneminde ise NO₂ konsantrasyonları 0,02-0,06 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 5). NO₂'nin inceleme alanı içindeki sulardaki dönemsel dağılımında; analizlerin ilk yapıldığı dönem olan Temmuz ayında oldukça düşük değerlerde görülmekte; ancak sonraki dönemi ifade eden Kasım ayındaki analiz sonuçlarında NO₂ miktarı az da olsa artmıştır. Bu da yeraltı sularının gübrelemeden azda olsa etkilendiğini ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla akiferleri besleyen sular arasında tarımsal sulamada kullanılan sularında etkili olduğunu söylemek mümkündür. Ancak inceleme sahası içerisindeki hiçbir noktada analiz yapılan her iki dönemde de TSE-266 ve Sağlık Bakanlığı'nın belirlediği NO₂ sınır değerlerinin aşılmadığı gözlenmiştir.



Şekil 24: Temmuz-2011 ve Kasım-2011 dönemindeki NO₂ dağılım haritası

3.5.3. Nitrat (NO_3)

Yeraltı sularına NO_3 çoğunlukla canlıların artıkları ve suni gübreler yolu ile geçer. Sularda 5-10 mg/l' nin üzerinde NO_3 'ın bulunması, bu suyun dışarıdan kirletildiğini gösterir. NO_3 , bitkilerin esas besin maddesidir. Bu bakımdan sulama sularında fazla bulunması zararlı değildir. Çoğu zaman toprağa ve suya gübre olarak NO_3 karıştırılır (Erguvanlı ve diğ., 1973).

Tarımın gelişmesine paralel olarak NO_3 'lı yapay gübrelerin yaygın kullanımı ve yabancı ot ilacı olarak 2,4-D (2,4-diklorofenoksiasetik asit) ve 2,4,5- T (2,4,5-triklorofenoksiasetik asit) gibi fenoksi asetik türevi ilaçların kullanılması, sakıncalı ölçülerde NO_3 ve NO_2 'lerle yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesine neden olmaktadır (Kaya ve Akar., 1998; Omurtag., 1992; Şanlı., 2002; Özdemir ve diğ., 2004'ten).

Sularda 5-10 mg/l'tnin üzerinde nitratin bulunması bu suyun dışarıdan kirletildiğini gösterir. İçme sularında nitrat konsantrasyonunun TSE'nin içme suyu standartlarına göre 45 mg/l'tyi aşmaması istenmektedir. Nitratin içme sularında 45 mg/l'ten fazla bulunması durumunda çocuklarda methemoglobinemia (karbondioksit zehirlenmesi) hastalığına sebep olduğu tesbit edilmiştir (Uslu ve Türkman, 1987).

Suni gübre kullanımındaki artış, atıkların yok edilmesi ve toprak kullanımındaki değişiklikler son 20 yıllık süreçte yeraltı suyundaki nitrat düzeylerinin gittikçe artması için esas sebeplerdir. Tarımsal aktiviteler sonucunda nitrat konsantrasyonu kolaylıkla birkaç yüz mg/l'ye ulaşabilir (Özdemir ve diğ., 2004).

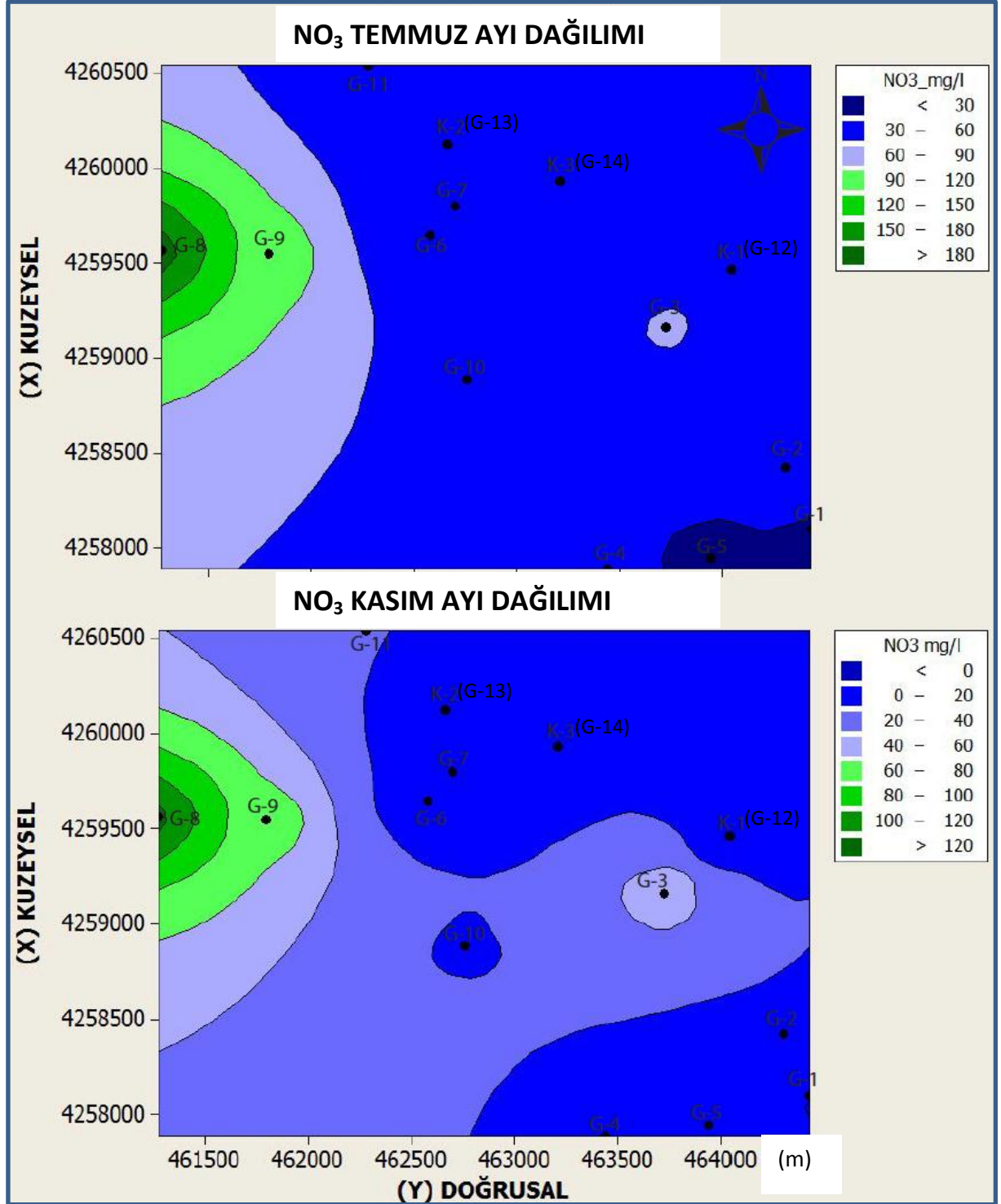
Gübrelerden kaynaklanan kirlilik içerisinde ise üzerinde en fazla durulan suların nitrat (NO_3) ile kirlenmesidir. Çünkü NO_3 , tarımsal üretimde kullanılan gübrelerle gün geçtikçe artan miktarda uygulanmakta ve toprakta NO_3 birikmektedir. Biriken bu NO_3 'ün koşullara göre değişen miktarları yıkanarak toprak derinliğine hareket etmekte ve bir bölümü yeraltı ve yerüstü sularına ulaşmaktadır.

Kuzey Amerika'da bir çok bölgede yapılan çalışmalarda azotlu gübre kullanımının artması ile drenaj kanallarındaki NO_3 içeriğinin yükseldiğini ve bu yolla hektardan 20-100 kg. NO_3 -N kaybının olduğu belirlenmiştir (Logan ve diğ., 1980)

Fazlaca NO_3 bulunan bir suyun yüzeyden kirlenip kirlenmediği konusunda emin olmak için suyun Cl^- konsantrasyonuna bakılmalıdır. Fazlaca miktarda NO_3 ile birlikte

yine fazla miktarda Cl^- bulunması, bir suyun lağım ve kanalizasyon kaçaklarından sızmalarla kirlenmiş olduğunun en kuvvetli belirtisidir (Polat ve diğ., 2007; Bakır, 2010'dan).

İnceleme alanı içindeki örnek suların NO_3 ve Cl^- değerlerine bakıldığında; G3,G8, G9 ve G10 nolu örneklerin diğer örnek noktalarına göre fark edilir ölçüde yüksek değerlerde olduğu gözlenmiştir (Tablo 4 ve Tablo 5). Buna göre G3 nolu örnek noktası Gemici Köyü'nün güneyinde olduğundan bu suya kanalizasyon veya lağımlardan sızan sular karışmış olabilir. Ancak G8, G9 ve G10 nolu örnek noktalarında bu değerlerin yüksek çıkmasının nedeni daha çok tarımda kullanılan gübrelerin yağmur ve sulama suyu ile yıkanarak akifere ulaşmasından kaynaklandığı düşündürmektedir. NO_3 değerlerinin yüksek çıktığı bu noktaların içme suyu olarak kullanılması TSE 266, Sağlık Bakanlığı Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve WHO ya göre sakıncalıdır.



Şekil 25: Temmuz-2011 ve Kasım-2011 dönemindeki NO₃ dağılım haritası

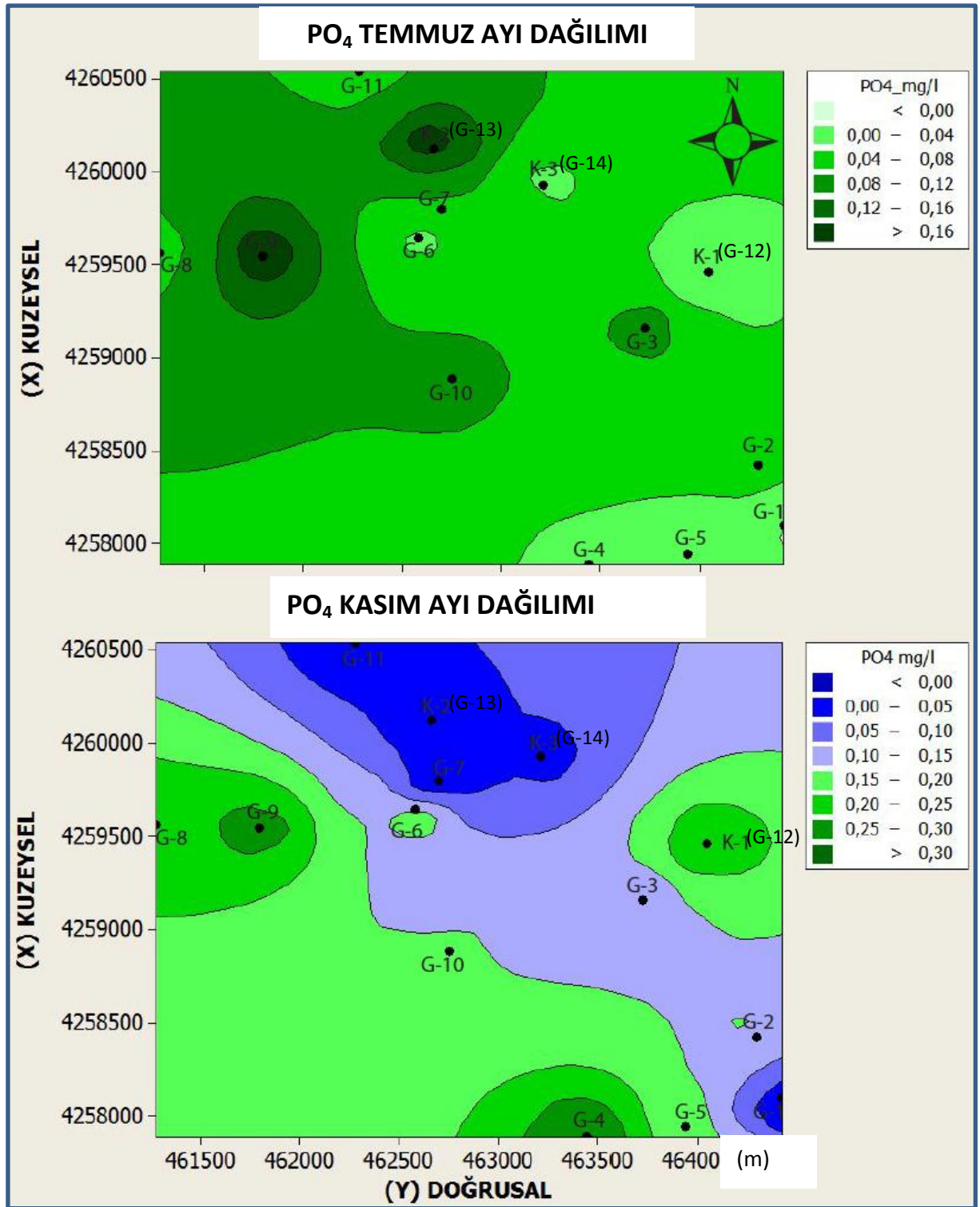
3.5.4. Fosfat (PO_4^{-3})

Ülkemiz toprakları P' ca fakir olup çoğu tarım alanlarımızın bu nitelikli gübrelerle gübrelenme zorunluluğu bulunmaktadır. P, topraklarda az hareketli bitki besin maddelerindendir. Bu nedenle çevre kirliliği üzerindeki etkisi, toprağa uygulanan gübrelerin aşırı yağış suları ile yıkanması veya toprak erozyonu ile su kaynaklarına taşınması şeklinde olmaktadır. P'lu gübre kaynaklı çevre kirliliği de bazı sahalarda; gereğinden fazla bilinçsiz P'lu gübre kullanılması, bunların bir kısmının yüzey akışı ile su kaynaklarına ulaşabilmeleri ve P' lu gübre ile tarım alanlarına bulaşan kimi ağır metallerin toprakta kararlılığını uzun yıllar sürdürmelerinden kaynaklanmaktadır.

Tarım topraklarında verimi artırmak amacıyla kullanılan fosforlu gübreler diamonyum fosfat (DAP), triple süper fosfat (TSP) ve kompoze gübrelerdir. Gerek tarım topraklarındaki P miktarının az olması (%0,04-0,30) gerekse suda çözünürlüğünün düşük olması nedeniyle, toprağa uygulanan fosforlu gübrelerin ancak %5-25'inden bitkiler yararlanabilmektedir. Bu nedenle her yıl toprağa aşırı ve bilinçsiz bir şekilde fosforlu gübre uygulanmaktadır. Fosforlu gübrenin toprağa uygulanması, toprağın özellikle üst kısmındaki toksik metal konsantrasyonunu artırmaktadır (Camelo ve diğ., 1997; Köleli ve Kantar., 2005'ten).

Gereğinden fazla ve yanlış kullanılan gübreler, çeşitli şekillerde olumsuz etkiye bulunmaktadırlar. Yüksek düzeyde azotlu gübre kullanılması sonucu topraktan yıkanmalarla, içme suları ve akarsulara karışan nitrat miktarı artmaktadır. Yine fosforlu gübrelerin yüzey akışlarıyla taşınması sonucu içme suları ve diğer akarsularda bulunan fosfat miktarı yükselmektedir (Sayılı ve Akman., 1994).

İnceleme sahası içerisinde yapılan analizlerde PO_4 değerinin Temmuz-2011 döneminde analiz edilen en yüksek değeri 0,18 mg/l'dir (Tablo 4). Kasım-2011 döneminde ise analiz edilen en yüksek değer 0.31 mg/l'dir (Tablo 5). İnceleme alanındaki örneklere ait PO_4 dağılım haritası şekil 26'da verilmiştir.



Şekil 26: Temmuz-2011 ve Kasım-2011 dönemindeki PO₄⁻³ dağılım haritası

3.5.5. Yeraltı Sularında Kirlenmeye Sebep Olan Diğer Elementler

Yeraltı sularının doğal niteliği, yağış olarak yeryüzüne düşen suyun kalitesi ile tayin edilir. Su belli bir süre organik madde, toprak ve kayalar ile temas halinde bulunur ve bunun neticesi olarak yeraltı suyu kalitesinde değişiklikler meydana gelir.

Yüzey ve yeraltı sularının kaynağı yağışlar olmasına rağmen, yeraltı suları yüzey sularından daha fazla miktarda mineral madde içerir. Yağmurun yere düşmesi, süzülmenin başlaması ve suyun toprak ve kayaların boşluklarından geçmesiyle su temas ettiği bazı maddeleri eritir. Böylece, yerçekimine bağlı olarak aşağıya doğru süzülen suya mineraller eklenir.

Su içerisinde bulunan bazı elementler miktarına ve etkileşim süresine bağlı olarak sınır değerleri aştığı için zehirli etki yapabilmektedir (As, Cd, Cr, Pb, Hg, Ba, NO₂, NO₃, NH₄, F, Cl, radyoaktif maddeler gibi) (Varol ve diğ., 2008).

3.5.5.1. Arsenik (As)

Arsenik yeryüzünde yaygın olarak genellikle sülfatlı bileşikler halinde bulunur. Yeraltı sularında arsenik zenginleşmesi genelde sülfür minerallerinin bozulması ve jeotermal alanlardan kaynaklanır (Smedley., 2001; Varol ve diğ., 2008). Konsantrasyonu 0.01 mg/l'nin üzerinde olan arsenikli sular kuvvetli zehirleyici olup yüksek dozajlarda ani ölümlere sebep olmaktadır. Düşük konsantrasyonlardaki arsenik bile kronik zehirlenmelere, deride yüzeysel yaralara ve deri kanserine yol açmaktadır (Sargın 2010).

İnceleme alanındaki sularda yapılan analizlerde Arsenik değeri Nisan-2011 ve Kasım-2011 döneminde 1,0-3,8 ppb arasında değişmektedir (Tablo 4 ve Tablo 5). Bu değerler dikkate alındığında inceleme alanındaki sularda Arsenik; TSE 266, WHO ve Sağlık Bakanlığı Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre içme suyu standartlarına (Tablo15) göre bir tehlike oluşturmamaktadır.

3.5.5.2. Kurşun (Pb)

Jeolojik unsurlardan K-feldispatlar ve magmatik kayalardan yeraltı sularına karışan kurşun, ayrıca endüstriyel atıklar vasıtasıyla da yeraltı sularına ulaşabilmektedir (Varol ve diğ., 2008).

Kurşun yeraltı suları içerisinde Fosforlu gübrelerdeki toksik metal konsantrasyonuna bağlı olarak da bulunmaktadır. Fosforlu gübre üretmek için tamamen yurt dışından ithal edilen ham fosfat kayasının maksimum Cd, Pb, Ni ve As konsantrasyonu sırayla 358, 335, 386 ve 531 mg/kg P olarak belirlenmiştir. (Köleli ve Kantar., 2005)

İnceleme alanındaki sularda yapılan analizlerde Kurşun değeri Nisan-2011’de <0,1-2,2 ppb, Kasım-2011 döneminde ise <0,1-0,7 ppb aralığında değişmektedir (Tablo 4 ve Tablo 5). Analizler sonucunda elde edilen kurşun değerleri dikkate alındığında inceleme alanındaki suların Tablo 15’e göre kurşun kaynaklı bir tehlike arz etmediği görülmektedir.

3.5.5.3. Selenyum (Se)

Se’un ana kaynağı volkanik aktivitelerdir. Toprakta ve kayalarda ametal olarak doğal halde bulunan eser miktarlarda Se’un insan ve hayvanların beslenmesinde gerekli olduğuna inanılır ancak düşük konsantrasyonlarda bile (0.01 mg/l) zehirleyici olabilmektedir (Sargın., 2010).

Kandaki düşük konsantrasyonları kalp hastalığı için bir risk faktörü olarak kabul edilmektedir. Çin’in kuzeydoğusundaki Keşan eyaletinde yaygın olarak görülen Keşan Hastalığı’nın selenyum eksikliğinden kaynaklandığı saptanmıştır. Se eksikliği insanda kas ve iskelet sisteminde deformasyon şeklinde görülür (Varol ve diğ., 2008).

İnceleme alanındaki sularda yapılan analizlerde Se miktarı Nisan-2011’de <0,5-10,0 ppb, Kasım-2011 döneminde ise <0,5-6,1 ppb aralığında değişmektedir (Tablo 4 ve Tablo 5). Analizler sonucunda elde edilen Se değerleri dikkate alındığında inceleme alanındaki suların Tablo 15’e göre Se kaynaklı bir tehlike oluşturmadığı görülmektedir.

Tablo 15: TSE 266, WHO ve Sağlık Bakanlığı Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe göre içme suyu standartları

Madde ismi	TSE 266		Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik	WHO
	Müsaade edilebilen değer	Maksimum değer	Parametrik Değer	Tavsiye edilen konsantrasyon sınırı ^a (mg/l)
1. Zehirli maddeler				
Kurşun (Pb)	-	0,05 mg/l	10 µg/l	0,05 mg/l
Selenyum (Se)	-	0,01 mg/l	10 µg/l	0,01 mg/l
Arsenik (As)	-	0,05 mg/l	10 µg/l	0,05 mg/l
Krom (Cr)	-	0,02 mg/l	50 µg/l	0,05 mg/l
2. Sağlığa etki eden maddeler				
Florür (F)	1,0 mg/l	1,5 mg/l	1500 µg/l	1,4–2,4
Nitrat (NO ₃)	-	45,0 mg/l	50 mg/l	45
3. İçilebilme özelliğine etki eden faktörler				
Renk	5 birim	50 birim	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok	50 birim
Bulanıklık	5 birim	25 birim		25 birim
Koku ve tad	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz
Buharlaştırma kalıntısı	500 mg/l	1500 mg /l	-	normal
Demir (Fe)	0,3 mg/l	1 mg/l	200 µg/l	
Mangan (Mn)	0,1 mg/l	1,5 mg/l	50 µg/l	0,3 mg/l
Bakır (Cu)	1,0 mg/l	1,5 mg/l	2000 µg/l	0,05 mg/l
Çinko (Zn)	5,0 mg/l	15,0 mg/l	-	1,0 mg/l
Kalsiyum (Ca)	75,0 mg/l	200,0 mg/l	-	5,0 mg/l
Magnezyum (Mg)	50,0 mg/l	150,0 mg/l	-	75,0-200,0 mg/l
Sülfat (SO ₄)	200,0 mg/l	400,0 mg/l	250 mg/l	
Klorür (Cl)	200,0 mg/l	600,0 mg/l	250 mg/l	
PH	7,0–8,5	6,5–9,2	6,5–9,2	250 mg/l
Bakiye Klor	0,1 mg/l	0,5 mg/l	-	250 mg/l
Fenolik maddeler	-	0,002 mg/l	-	6,5–9,2
Alkil benzen sülfonat	0,5 mg/l	1 mg/l	-	
Mg + Na ₂ SO ₄	500 mg/l	1000 mg/l	-	0,001-0,002 mg/l
4. Kirlenmeyi belirten maddeler				
Toplam organik madde	3,5 mg/l	-	-	-
Nitrit	-	-	0,5 mg/l	-
Amonyak	-	-	0,5 mg/l	-

3.5.5.4. Krom (Cr)

Kromun ana kaynağı gabbro, dünit, harzburgit gibi bazik-ultrabazik kayalar içerisinde yer alan kromitten kaynaklanmaktadır.

Yeraltı sularında az miktarda bulunmasına rağmen, atık sulara bağlı olarak besin zinciri ile insan vücudunda yüksek miktarlarda bulunabilmektedir. Günlük krom ihtiyacı 50–200 mikrogram arasındadır. Yüksek dozlarda alınması halinde gastrointestinal sistemi hastalıkları ve kanserleri, kanama diatezi ve ciltte alerjik reaksiyonlara sebebiyet verebilir (Sulinus ve diğ., 2005; Varol ve diğ., 2008'den).

İnceleme alanındaki sularda yapılan analizlerde Krom değeri Nisan-2011'de <0,5-31,4 ppb, Kasım-2011 döneminde ise <0,5-18,7 ppb aralığında değişmektedir (Tablo 4 ve Tablo 5). Analizler sonucunda elde edilen Krom değerleri dikkate alındığında inceleme alanındaki suların Tablo 15'e göre Krom kaynaklı bir tehlike oluşturmadığı görülmektedir.

3.5.5.5. Demir (Fe)

Jeolojik formasyonlardan ve demir içeren suni gübrelerden içme suyuna karışmaktadır. Demir'in vücuttaki yetersizliğinde anemi, halsizlik, yorgunluk, nefes darlığı, müzmin baş ağrıları, uyku düzensizlikleri, çabuk tırnak kırılmaları ve saç dökülmesine, demirin fazla alınmasında ise karaciğer yetersizliği, baş dönmesi ve mide ağrılarına sebep olabilir (Atabey., 2005; Finkelman ve diğ., 2001; Varol ve diğ., 2008'den).

Yerkabuğunda yaygın olarak demir bulunduğundan yeraltı sularında da demir bileşiklerine bol miktarda rastlanmaktadır. Yeraltı sularında demir konsantrasyonunun 0.3 mg/l'den fazla olması genel bir sorundur. Demir bileşikleri sağlık açısından problemlere yol açmaz ancak fazla miktarda olduğunda suyun tadını ve görünümünü bozabilirler. Demiroksitler havayla temas edince kırmızımsı kahverengine dönüşürler ve suyun rengini bozarlar. Bu tür sular ile yıkanmış eşyalarda, elbiselerde ve tabaklarda lekeler meydana gelir ve borular içinde oluşturdukları kabuklanmalar ile boruların tıkanmasına yol açarlar (Sargın., 2010).

İnceleme alanındaki sularda yapılan analizlerde Demir değeri Nisan-2011'de <10-46 ppb, Kasım-2011 döneminde ise <10-710 ppb aralığında değişmektedir (Tablo 4 ve Tablo 5). Analizler sonucunda elde edilen Demir değerleri dikkate alındığında inceleme alanındaki suların Tablo 15'e göre Nisan-2011 döneminde bir tehlike oluşturmadığı ancak Kasım-2011 dönemindeki sonuçlar dikkate alındığında G3 noktasında artışın meydana geldiği ancak bu artışın tehlike oluşturacak düzeyde olmadığı belirlenmiştir. G8 ve G9

noktalarındaki Fe değerleri dikkate alındığında bu suların Tablo 15'e göre tüketim amaçlı kullanılması sakıncalıdır.

3.5.5.6. Mangan (Mn)

Jeolojik formasyonlardan ve mangan içeren suni gübrelerden içme suyuna karışmakta ve yüksek konsantrasyonlarda Alzheimer hastalığına yol açabilmektedir (Finkelman ve diğ., 2001; Varol ve diğ., 2008'den).

Mangan içeren sularda tıpkı Demirli sular gibidir. Bu tür sular ile yıkanmış eşyalarda, elbiselerde ve tabaklarda lekeler meydana gelir ve borular içinde oluşturdukları kabuklanmalar ile boruların tıkanmasına yol açarlar (Sargın., 2010).

İnceleme alanındaki sularda yapılan analizlerde Mangan değeri Nisan-2011'de <0,05-2,94 ppb, Kasım-2011 döneminde ise 0,17-4,43 ppb aralığında değişmektedir (Tablo 4 ve Tablo 5). Analizler sonucunda elde edilen Mangan değerleri dikkate alındığında inceleme alanındaki suların Tablo 15'e göre tehlike oluşturmadığı görülmektedir.

3.5.5.7. Silisyum (Si)

Silis yerkabuğunda en fazla bulunan elementtir. Buna karşın suda çok zor erimesi nedeni ile yeraltı sularında 20 mg/l'den az bulunur. Bu miktardaki silisin içme sulama sularında zararlı bir etkisi yoktur. Ancak silis içeriği yüksek olan sular endüstride kazan suyu olarak kullanıldıklarında zararlı olmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer., 1984).

İnceleme alanındaki sularda yapılan analizlerde Silisyum değeri Nisan-2011de 8,116-14,265 mg/l, Kasım-2011 döneminde ise 7,92-16,053 mg/l aralığında değişmektedir (Tablo 4 ve Tablo 5). Analizler sonucunda elde edilen Silisyum değerlerini Elazığ Magmatitleri'nin olduğu bölgelerde daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Buradaki silisyumun ana kaynağı kuvars (SiO₂) mineralleridir.

3.5.5.8. Bor (B)

Bor yeraltı sularında borik asit (H₃BO₃), borat (BO₄) ya da tetra borat (B₄O₇) şeklinde ender olarak bulunur. Genellikle bu miktar 1 mg/l'den azdır. Ancak bu miktarın bile bitkiler üzerinde çok zararlı etkisi vardır. Diğer taraftan sulama sularında 0,1-0,2 mg/l bor bulunması zararlı değil hatta yararlıdır (Erguvanlı ve Yüzer., 1984).

Bor elementi genellikle yeraltı sularında borat (BO_3^{-3}) anyonu formunda bulunmaktadır. Borat son derece yüksek hareketliliğe sahip bir iyondur. Bor mineralleri yüksek çözünürlükleri nedeniyle zor çökelir ve bu nedenle doğada geniş bir yayılım gösterebilirler (Doğdu ve diğ., 2008).

İnceleme alanındaki sularda yapılan analizlerde Bor değeri Nisan-2011 de 0,03-0,35 mg/l, Kasım-2011 döneminde ise 0,02-0,12 mg/l aralığında değişmektedir (Tablo 4 ve Tablo 5). Analizler sonucunda elde edilen Bor değerleri bir tehlike oluşturmamaktadır.

3.5.5.9. Suların İçme Suyu Standartlarına Göre Değerlendirilmesi

İçme sularının fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özellikleri çeşitli standartlarla tespit edilmiştir. Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü (TSE)'nin içme suları için belirlediği standart değerleri Tablo 15'te verilmiştir.

İncelenen suların kimyasal analiz sonuçlarını standartlara göre değerlendirildiğinde kaynak sularının tamamı, kuyu sularının ise büyük çoğunluğu içmeye uygun sular grubunda yer almaktadır. Ancak G-3, G-8, G-9 ve G-10 nolu örnekler de nitrat içerikleri dikkate alındığında bunların içme suyu olarak tüketilmesi sakıncalıdır. TSE ve Uluslararası standartlara göre bu örnek noktalarındaki nitrat miktarı oldukça yüksektir.

Suların içerisinde bulunduğu halde zehirli etki yapan kurşun, selenyum, arsenik ve krom değerleri (Tablo 4 ve Tablo 5) analiz edilen her iki dönemde de standartların üzerinde izlenmemiştir.

Yukarıda belirtilen elementler dışında suların içilme özelliğine etki eden Demir (Fe), Mangan (Mn), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg), Sülfat (SO_4) ve Klorür (Cl) analizleri de yapılmıştır (Tablo 4 ve Tablo 5). İncelenen sularda bu element konsantrasyonlarının her iki dönemde de G8 nolu örnek noktası hariç, suların özelliği ile ilgili standart değerlerinin üzerinde olmadığı belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnceleme alanında yaşıldan gence doğru Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri, Maastrichtiyen yaşlı Harami Formasyonu, Alt Paleosen yaşlı Kuşçular Formasyonu, Orta Eosen-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Palu Formasyonu ve Güncel alüvyonlar haritalanmıştır.

İnceleme alanı EYFZ içerisinde yer almakta olup, bölgenin en büyük yapısal unsuru Baskil Antiklinalidir.

Yarı Logaritmik Schoeller Diyagramı ve Piper Diyagramı değerlendirildiğinde; inceleme alanındaki suların her iki dönemde de yaklaşık olarak birbirine paralel eğriler oluşturduğunu ve aynı kökenli oldukları görülmüştür.

Dairesel Diyagramlar incelendiğinde bölgedeki yeraltı sularının akımının kuzeyden güneye doğru olduğunu söylemek mümkündür.

İnceleme sahasındaki örnek noktaları ve bunların içlerinden geldikleri litolojiler değerlendirildiğinde, daha ince taneli akiferlerden gelen suların iyon içerikleri, daha iri taneli litolojilerden gelen suların iyon içeriğinden yüksektir.

Her iki döneme ait analiz sonuçları incelendiğinde baskın katyon Ca^{+2} , baskın anyon ise HCO_3^- 'tır.

İnceleme alanındaki sular kirlilik parametreleri yönünden değerlendirildiğinde G-3, G-8, G-9 ve G-10 noktalarındaki sular kullanılamaz. Bunlardan G-3 nolu örnek noktasındaki kirliliğin kaynağı evsel atıklardır.

Bu çalışma bölgede gelecek yıllarda yapılacak çalışmalar için bir veri niteliğindedir. Bölgede bundan sonra yapılacak kirlilik çalışmalarında aylık peryotlarla alınacak su örneklerin kimyasal analiz sonuçları bölgede oluşması muhtemel kirliliğin boyutunu tespit edilmesine olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Akın, M., ve Akın, G., 2007** Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları Ve Su Kirliliği Ankara Üniversitesi Dil Ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi 47, 2 (2007) 105-118
- Aksoy, E., 1993.** Elazığ batı ve güneyinin Jeolojik özellikleri. TÜBİTAK Yerbil. Derg., 1,1, 113 - 123.
- Ala, Z., 2001.** Burdur yerleşim alanı ve çevresinin hidrojeoloji incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, S.D.Ü. Fen Bil. Enst., 75s., (yayınlanmamış).
- Alkumru, A., 1962,** Fırat-Keban baraj yeri ve çevresinin jeolojik araştırmaları, E.İ.E. yayını.
- Aksoy E., Turan, M., Türkmen, İ ve Özkul, M., 1995,** Elazığ Havzasının Tersiyer'deki Evrimi., KTÜ Jeoloji Müh. Bölümü 30. Yıl Sempozyumu (16-20 Ekim 1995) Bildirileri, 293-310.
- Aksoy E., Turan, M., 1997,** Van ve Elazığ yörelerinde Kırkgeçit Formasyonundaki olistolit yerleşimlerinin tektonik önemi. Selçuk Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, 20.Yıl Jeoloji Semp., Bildiriler, 35-44.
- Asutay, H.J., 1986.** Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojisi ve Baskil magmatitlerinin petrolojisi, M.T.A Dergisi, 107, Ankara ,49-72.
- Bakır, S., 2010.** Baskil (Elazığ) ve Yakın Çevresindeki Tarım Arazilerinde Gübre Kullanımının Yeraltı ve Yerüstü Sularında Oluşturduğu Kirlilik, Yüksek lisans Tezi, F.Ü. Fen Bil. Enst. 86 s., (yayınlanmamış).
- Bingöl, A. F. 1982.** Elazığ- Pertek- Kovancılar arası volkanik kayaların petrolojisi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1, 9- 21.
- Bingöl, A.F., 1984.** Geology Of The Elazığ Area İn The Eastern Taurus Region: Proceedings Of The Int. Symposium On The Geology Of The Taurus Belt (Edited By Tekeli, O. And Göncüoğlu, M.C.) 26-29 September 1983, Ankara-Turkey, 209-216.
- Canik, B., 2003.** Hidrojeoloji (Yeraltı sularının Aranması, İşletilmesi, Kimyası), A.Ü. Fen Fak., Jeoloji Müh. Bölümü, Ankara, 286s.
- Çakmak, B., Aküzüm, T., Çiftçi, N., Zaimoğlu, Z., Acar, B., Şahin, M., Gökalp, Z., 2005.** “Su Kaynaklarının Geliştirilmesi ve Kullanımı” TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği VI.Teknik Kongresi, Ankara, 1:191-211.
- Çetindağ, B., 1985,** Palu-Kovancılar (Elazığ) dolayının hidrojeoloji incelemesi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Elazığ, 117s (Yayınlanmamış).

- Çetindağ, B., 1989.** Elazığ-Ören çayı çevresinin hidrojeoloji incelemesi, Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bil. Enst., 270s., (yayınlanmamış).
- Çetindağ, B., 1996.** Elazığ-Kovancılar ovasının hidrojeoloji incelemesi, İçme suyu Sempozyumu (7-10 Ekim 1996) İSKİ, İstanbul, 269-278.
- Çeliker, M., 2008.** Uluova'nın (Elazığ) hidrojeolojisinin coğrafi bilgi sistemleri ile incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bil. Enst., 102s., (yayınlanmamış).
- Doğdu, M.Ş.Yiğitler,O. Görkmen,A. 2008;** Gediz Havzası Yeraltısularında Bor (B) Kirliliği. 5.Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Havza Kirliliği Konferansı İzmir 2008
- Erdoğan, T., 1975.** Gölbaşı yöresinin jeolojisi, TPAO Arşiv Rap. 229 (yayımlanmamış), Ankara
- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1973.** Yeraltı suları Jeolojisi (Hidrojeoloji), İTÜ Kütüphanesi, sayı 967, 340s.
- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1987.** Yeraltısuları Jeolojisi, İTÜ Yayın No: 23, İstanbul, 339s.
- Gerçek, E., 2005.** Yolçatı-Baskil-Kömürhan (Elazığ) arası Elazığ Magmatitlerinden kaynaklanan suların hidrojeokimyasal prospeksiyon parametreleri, Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bil. Enst., 166s., (yayınlanmamış).
- Hempton, M.R. ve Savcı, g., 1982,** Elazığ volkanik karmaşığının petrolojik ve yapısal özellikleri. T.J.K. Bült, 25, Ankara.
- İnceöz, M., 1994,** Harput (Elazığ) yakın kuzeyi ve doğusunun jeolojik özellikleri, Doktora tezi (yayımlanmamış). F.Ü. Fen Bil. Enst., 112s.
- Kaplan, M., Sönmez, S. ve Tokmak, S., 1999,** Antalya–Kumluca Yöresi Kuyu Sularının Nitrat İçerikleri, Tr. J. of Agriculture and Forestry 23 (1999) 309–313 © TÜBİTAK
- Kaymakcı, N., İnceöz, M. and Ertepinar, P., 2006.** 3D-Architecture and Neojen evolution of the Malatya Basin: İnferences for the kinematics of the Malatya and Ovacık Fault zones, Turkish Journal of Earth Sciences, Vol. 15, pp. 123-154.
- Ketin, İ., 1966,** Anadolunun tektonik birlikleri. M.T.A., Enst. Derg. No:66, 20-34, Ankara.
- Köleli, N. ve Kantar, Ç., 2005.** Fosfat Kayası, Fosforik Asit Ve Fosforlu Gübrelerdeki Toksik Ağır Metal (Cd, Pb, Ni, As) Konsantrasyonu, Çevkor Ekoloji14, 55, 1-5
- Kurama, H., ve Poetzschke, J., 2002.** İçme Sularından Amonyum İyonlarının Uzaklaştırılmasında Membran Filtrasyon Uygulaması, ÇEV-KOR Cilt: 11 Sayı: 42, 45-48
- Özdemir, M., Yavuz, H. ve İnce, S., 2004,** Afyon Bölgesi Kuyu Sularında Nitrat Ve Nitrit Düzeylerinin Belirlenmesi Ankara Üniv Vet Fak Derg, 51, 25-28,
- Özkul, M., 1988,** Elazığ batısında Kırkgeçit Formasyonu üzerinde sedimantolojik incelemeler. Doktora tezi (Yayımlanmamış), F.Ü. Fen Bil. Enst., 186s.

- Öztekin Okan, Ö., 2010,** Haroğlu Kaynak Alanının Kirlilik Açısından Değerlendirilmesi ve Koruma Alanlarının Belirlenmesi. Fırat Üniv. Mühendislik Bilimleri Dergisi (Fırat Univ. Journal of Engineering) 22 (1), 45-53
- Perinçek, D., 1979a,** Palu- Karakoçan- Elazığ- Sivrice- Malatya alanının jeolojisi ve petrol imkanları. TPAO Arşivi, Rapor No: 1361, 33 s.
- Perinçek, D., 1979b,** The geology of Hazro-Karudag-Çüngüs-Maden-Ergani-Hazar-Elazığ- Malatya area. Guide Book TJK Yayını, Ankara.
- Sargın. A. H., 2010.** Yeraltı Suları, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı Ankara 208 s.
- Schoeller, H., 1962.** Les Eaux Souterraines. Mason Et Cie, Paris.
- Sayılı, M., ve Akman, Z., 1994,** Tarımsal Uygulamalar ve Çevreye Olan Etkileri, Ekoloji Dergisi Temmuz-Ağustos-Eylül (1994) Sayı: 12, 28-32
- Şahinci, A., 1991.** Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, İzmir, 548s.
- Tatar, Y., 1987,** Elazığ bölgesinin genel tektonik yapıları ve Landsat fotoğratları üzerinde yapılan bazı gözlemler. Yerbilimleri. 14, 295–308.
- Tekbaş, F. ve Güleç, M., 2004,** Suların Sertlik Dereceleri Ve Sağlık Etkileri, TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 2004: 3 (7) 156-161,
- Turan, M., 1984,** Baskil Aydınlar (Elazığ) Yöresinin stratigrafisi ve tektoniği. Doktora Tezi (Yayımlanmamış), F.Ü Fen bilimleri enst., Elazığ.
- Turan, M., ve Bingöl, A.F., 1991.** Kovancılar-Baskil (Elazığ) Arası Bölgenin Tektono-stratigrafik Özellikleri. Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu, Bildiriler, Çukurova Üniversitesi, Adana, 212-227.
- Turan, M., Aksoy, E., ve Bingöl, A.F., 1993.** Doğu Toroslar'ın Jeodinamik Evriminin Elazığ Civarındaki Özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7 (2), 1-23.
- Türkmen, İ., 1991.** Elazığ Doğusunda Çaybağı Formasyonu'nun (Üst Miyosen- Pliyosen) Stratigrafisi Ve Sedimentolojisi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 34, 1, 45- 53.
- Turan, M., ve Türkmen, İ., 1996.** Stratigraphi and sedimentological features of Kuşçular Formation (Lower Paleocene). Turkish Journal of Earth Sciences 5, 109–121. (in Turkish with English abstract).
- Türkmen, İ. İnçöz, M. Aksoy, E., ve Kaya, M., 2001,** Elazığ yöresinin Eosen stratigrafisi ve paleocografyası ile ilgili yeni bulgular. H.Ü. Yerbilimleri, 24,81-95.
- Uslu, O. ve Türkman A., 1987.** Su Kirliliği ve Kontrolü, TC. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi, Ankara, 364s.
- Varol, S., Ayşen Davraz, A. ve Ercan Varol, E., 2008,** Yeraltı suyu Kimyası ve Sağlığa Etkisinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi, TAF Prev Med Bull 2008; 7(4):351-356

Yazgan, E., 1981, Dogu toroslarda etkin bir paleo-kıta kenarı etüdü. Hacettepe Üniv. Yerbilimleri, 7, 83-104.

Yazgan, E., 1983, A geotraverse between the Arabian platform and the Munzur Nappes. Int. Symp. on the geology of the Taurus Belt Field Guide Book Excursion, Ankara.

Yazgan, E., 1984, Geodynamics evolution of the Eastern Taurus region . _nt. Symp. on the geology of the taurus belt. Bildiriler, 199-208, Ankara.

Yüksel, A., 2007. Üçtepe Yöresinin (İmamoğlu – Adana) Hidrojeolojik İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bil. Enst. 61 s., (Yayınlanmamış).

[Url:1:www.googleearth.com](http://www.googleearth.com)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : KÜÇÜKATABEY, Muhammed Nuri

Doğum Yeri : Elazığ/Baskil

Doğum Tarihi : 1984

Adres : Tandoğan Mahallesi Okul Sokak 2.Ara No:6 Malatya/Merkez

Cep Tel : 90 537 671 99 02

E-Posta : atabey_0323@hotmail.com

Eğitim Bilgileri

Üniversite	Fırat Üniversitesi - (Örgün Öğretim)	Diploma Notu
2003 - 2007	Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği	74,67 / 100
Lise	Malatya Fatih Lisesi	
1998-2002	Fen Bilimleri	2,87 / 5

Deneyim

2011 - 2012	BC Grup İnşaat Nakliyat Bilişim Ltd. Şti	Ankara
2009 – 2010	Ahsa Mühendislik Ltd. Şti	Elazığ

Hobiler

Kitap okumak, spor yapmak, müzik dinlemek.