

**KARABÜK VE ÇEVRESİNDEKİ
YERALTI SULARININ İÇME SUYU
VE SULAMA SUYU AÇISINDAN
KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**2017
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

Cemalettin GÖKÇEKLİ

**KARABÜK VE ÇEVRESİNDEKİ YERALTI SULARININ
İÇME SUYU VE SULAMA SUYU AÇISINDAN
KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

Cemalettin GÖKÇEKLİ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Aralık 2017**

Cemalettin GÖKÇEKLİ tarafından hazırlanan "KARABÜK ve ÇEVRESİNDEKİ YERALTI SULARININ İÇME SUYU ve SULAMA SUYU AÇISINDAN KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ" başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğu onaylanmıştır.

Yrd.Doç.Dr. Ertuğrul ESMERAY
Tez Danışmanı, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 15/12/2017

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

Başkan : Prof. Dr. Şükrü DURSUN (SÜ)

Üye : Prof. Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul ESMERAY (KBÜ)

İmzası



...../...../2017

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönerim Kurulu, bu tezi ile, Yüksek Lisans derecesini onaylanmıştır.

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü ✓



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Cemalettin GÖKÇEKLi

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KARABÜK VE ÇEVRESİNDEKİ YERALTI SULARININ İÇME SUYU VE SULAMA SUYU AÇISINDAN KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELEMESİ

Cemalettin GÖKÇEKLİ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul ESMERAY

Aralık 2017, 83 sayfa

Çevre yönetimi açısından kirletici kaynakların tespiti, taşınımı ve kirleticilerin konsantrasyonlarının belirlenmesi büyük önem arzeder. Karabük İlinde büyük demir çelik ve metal endüstrilerinin olması, bu endüstrilerin ildeki yeraltı suları üzerine etkisinin incelenmesi açısından oldukça önemlidir. Bunlara ilave olarak, ilin coğrafi konumunun kirlilik birikimine müsait olmasına karşılık bölge için endüstriyel kirlilik ve etkileri konusunda yeterli çevresel çalışma ve değerlendirme bulunmamaktadır.

Çalışma alanı, Karabük ili ve çevresindeki içme suyu ve sulama suyu amaçlı kullanılan yeraltı sularını kapsamaktadır. Karabük ilinde farklı sektörlerin yanında, özellikle demir çelik fabrikası ve haddehaneler ağırlıklı olarak bulunmaktadır. Bu durum araştırma alanı üzerindeki sanayi etkilerinin ve kirlilik taşınımının değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, Karabük ilindeki kuyuların yerleri tespit edilerek, endüstriyel ve tarımsal kirliliğinin yeraltı suları üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Endüstri kaynaklı kirliliğinin etkilerini tespit etmek için farklı 22 adet örnekleme noktası seçilmiştir. Buralarda numune alımı ve analizlerin yapılabilmesi için Kastamonu DSİ Bölge Müdürlüğü gerekli izinler alınmıştır. Seçilen örnekleme noktalarından 12 aylık proje süresince mevsimsel olarak (yağışlı ve kurak dönem) örnekler alınmıştır.

Su örneklerinin alımının ve analizinin öncelikle yağışlı ve kurak dönemleri temsil etmesine dikkat edilmiştir. Yeraltı suyu kalitesinin saptanması için yerinde, debi, sıcaklık (T), pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş madde miktarı (TDS) ve pH ölçümü yapılmıştır. Kimyasal özelliklerin araştırılabilmesi için su örneklerinde , major iyonlar (Ca, Mg, Na, K, CO₃, HCO₃, Cl, SO₄), iz elementler (Li, B, Sr, Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, As, Se, Hg, Ag, Cr, Co, Cd vb.), nitrit (NO₂), nitrat (NO₃) analizleri yaptırılmıştır. Elde edilen veriler yardımıyla sular içme ve sulama suyu açısından değerlendirilmiştir.

Yapılan yağışlı dönem değerlendirmelerinde, K22’de pH (9.62), K11’de Sülfat (476 mg/l) ve Demir (0.28 mg/l) değerinin yüksek olduğu görülmüştür. Yapılan kurak dönem değerlendirmelerinde, K 10 (9.62) ve K 22’de pH (9.77), K19’da Sülfat (614 mg/L), K17’de Nitrat (50.50 mg/l) ve K6’da Demir (0.439 mg/l) değerlerinin de yüksek olduğu görülmüştür. Diğer tüm değerlerin içme suyu açısından üst limitlerin altında olduğu tespit edilmiştir.

Yeraltı sularımızın sulama suyu olarak değerlendirilmesi sonucunda yağışlı dönemde sadece K5 yeraltı suyunun “Kullanılabilir-Şüpheli” sınıfında olduğu görülmüştür. Diğer yeraltı sularının hem yağışlı hem de kurak dönemde sulama suyu açısından kullanılmasında sakınca bulunmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Karabük, yeraltı suyu, içme suyu, sulama suyu, su kalitesi, risk değerlendirmesi.

Bilim Kodu : 903.5.074

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION OF THE USABILITY OF GROUNDWATER FOR DRINKING AND IRRIGATION PURPOSES IN KARABÜK AND SURROUNDING AREAS

Cemalettin GÖKÇEKİ

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Ertuğrul ESMERAY

December 2017, 83 pages

Determination of pollutant sources, transport and determination of concentrations of pollutants is of great importance in terms of environmental management. The existence of large iron and steel and metal industries in Karabük province is very important in terms of exploring the effect of these industries on the underlying ground waters. In addition to this, although the geographical location of the province is suitable for the accumulation of pollution, there is not enough environmental study and assesment on the industrial pollution and its effects for the region.

The study area includes ground waters used for drinking water and irrigation water in and around Karabük. There are mainly iron and steel factories and rolling mills beside different sectors in Karabük. This is important from the point of view of the

study carried out, in terms of the assessment of industrial influences and pollution transport.

In this study, the locations of wells in Karabük province were determined and the effects of industrial and agricultural pollution on groundwater were evaluated. 22 different sampling points were selected to determine the effects of industrial pollution. The necessary permits were obtained from the Kastamonu DSİ Regional Directorate for sampling and analysis. Samples were collected seasonally (rainy and dry season) during the 12 month project from selected sampling points.

It has been noted that the sampling and analysis of water samples primarily represent wet and dry periods. Flow rate, temperature (T), pH, electrical conductivity (EC), total dissolved matter (TDS) and pH measurement were performed in situ for the determination of groundwater quality. Analyses of major ions (Ca, Mg, Na, K, CO₃, HCO₃, Cl, SO₄), trace elements (B, Li, Sr, Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, As, Se, Ag, Hg, Cr, Cd, Co, etc.), nitrite (NO₂) and nitrate (NO₃) in water samples are carried out to investigate chemical properties. With the help of the obtained data, the water was evaluated in terms of drinking and irrigation water.

As a result of the analyses, K22 PH (9.62), K11 Sulphate (476 mg/l) and Iron (0.28 mg/l) values were found to be high in the rainy term evaluations. Furthermore, pH (K 10 (9.62) and K 22 (9.77)), K19 Sulphate (614 mg/L), K17 Nitrate (50.50 mg/l) and K6 Iron (0.439 mg/l) values were found to be in the arid period evaluations. All other values have been found to be below the upper limits in terms of drinking water.

As a result of evaluating underground waters as irrigation water showed that only K5 groundwater was found to be in the "Usable-Doubtful" class during the rainy season. Also, It has been determined that there is no drawback in using other ground waters in terms of irrigation water in both rainy and dry season.

Key Word : Karabuk, drinking water, ground water, irrigation water, water quality, risk assesment.

Science Code : 903.5.074

TEŞEKKÜR

Çalışmamıza “KBÜBAP-17-YL-266 Kod Nolu Proje” kapsamında maddi destek sağlayan Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasının her safhasında bana yardımcı olan, ilgi ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini aktaran, beni yönlendirip bilgilendirerek çalışmalarımı bilimsel olarak şekillendiren değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul ESMERAY’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Geçmişte Çevre Mühendisliğimiz Akademik Personeli olarak görev yapmakta iken bize tüm imkan ve bilgilerini sunan Doç. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN hanımefendi’ye teşekkürlerimi sunarım.

Çevre Mühendisliğimiz Akademik Personeli olarak görev yapan ve her türlü yardımı esirgemeyen tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Karabük İl Özel İdaresi Genel Sekreter Yardımcımız İsmail KÖKCÜ beyefendiye, Karabük İl Özel İdaresi Su ve Kanal İşleri Müdürü Yılmaz AKSOY’a, Kastamonu DSİ Bölge Müdürlüğü Müdür Yardımcısı İsmail BAHÇECİ’ye ve çalışma alanı içerisinde bulunan köy muhtarlıklarına ve köy halkına çok teşekkür ederim.

Çalışmam süresince hertürlü desteklerini esirgemeyen ailemede çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
BÖLÜM 1	1
ÇALIŞMANIN AMACI	1
1.1. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI.....	1
1.1.1. Çalışma Alanının Yeri	1
1.1.2. İklim.....	4
1.2. ÇALIŞMA VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ.....	5
1.3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
BÖLÜM 2	12
JEOLOJİ.....	12
2.1. LİTOSTRATİGRAFİK BİRİMLER.....	12
2.1.1. Yedigöller Formasyonu (PCy).....	14
2.1.2. Soğuksu Formasyonu (Os)	14
2.1.3. Aydos Formasyonu (Oa).....	15
2.1.4. Ereğli Formasyonu (ODe)	16
2.1.5. Ferizli Formasyonu (Df)	17
2.1.6. Yılanlı Formasyonu (DCy)	18
2.1.7. Bürnük Formasyonu (Jb)	19
2.1.8. Ulus Formasyonu (Ku)	20
2.1.8.1. Ahmetusta Üyesi (Kua).....	20

	<u>Sayfa</u>
2.1.8.2. Sunduk Üyesi (Kus).....	21
2.1.9. Abant Formasyonu (KTab).....	22
2.1.10. Kışlaköy Formasyonu (Tek).....	22
2.1.11. Safranbolu Formasyonu (Tes)	24
2.1.12. Karabük Formasyonu (Teka).....	25
2.1.12.1. Çerçen Üyesi (Tekaç)	25
2.1.13. Soğanlı Formasyonu (Teso).....	26
2.1.14. Akçapınar Formasyonu (Tea).....	27
2.1.15. Yunuslar Formasyonu (Teyu).....	28
2.1.16. Örencik Formasyonu (Tplö)	29
2.1.16.1. Yörük Üyesi (Tplöy).....	30
2.1.17. Traverten (Qtr).....	30
2.1.18. Alüvyon (Qal).....	30
2.2. BÖLGESEL ÖLÇEKTE YAPISAL JEOLOJİ	31
BÖLÜM 3	32
HİDROJEOLOJİ.....	32
3.1. YERALTI SULARININ ÇALIŞMA ALANLARINDAN GÖRÜNTÜLER.....	32
3.2. YERALTI SULARININ NUMUNE ANALİZLERİ	34
BÖLÜM 4	53
YERALTI SULARININ KİMYASI.....	53
4.1. YERALTI SULARIMIZ	55
4.1.1. İçme Suyu Açısından Değerlendirme.....	55
4.1.2. Sulama Suyu Açısından Değerlendirme	66
BÖLÜM 5	75
SONUÇLAR	75
KAYNAKLAR	78
ÖZGEÇMİŞ	83

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Çalışma alanı ve çevresinin yer bulduru haritası	2
Şekil 1.2. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası	2
Şekil 1.3. Karabük ilinin aylar bazında (yıllık) yağış grafiği.....	4
Şekil 1.4. Karabük ilinin aylar bazında (yıllık) ortalama sıcaklık grafiği.....	4
Şekil 1.5. Karabük ilinin aylar bazında ortalama düşük-yüksek sıcaklıkları ve yağış miktarları grafiği.....	5
Şekil 3.1. Çalışma alanındaki yeraltı kuyu suları ve ölçüm fotoğrafları.....	32
Şekil 4.1. Çalışma alanındaki yeraltı sularının Piper diyagramı (yağışlı dönem)....	62
Şekil 4.2. Çalışma alanındaki yeraltı sularının Schoeller diyag. (yağışlı dönem) ...	63
Şekil 4.3. Çalışma alanındaki yeraltı sularının Piper diyagramı (kurak dönem)	64
Şekil 4.4. Çalışma alanındaki yeraltı sularının Schoeller diyag. (kurak dönem).....	65
Şekil 4.5. Çalışma alanındaki yeraltı sularının Wilcox diyag. (yağışlı dönem).....	68
Şekil 4.6. Çalışma alanındaki yeraltı sularının ABD sulama suyu diyagramı (yağışlı dönem)	69
Şekil 4.7. Çalışma alanındaki yeraltı sularının Wilcox diyag. (kurak dönem)	70
Şekil 4.8. Çalışma alanındaki yeraltı sularının ABD sulama suyu diyagramı (kurak dönem)	71
Şekil 4.9. Karabük ili ve çevresi için yağışlı dönem yeraltı suyu kimyasal durum haritası	73
Şekil 4.10. Karabük ili ve çevresi için kurak dönem yeraltı suyu kimyasal durum haritası	74

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1.	İnceleme alanında yer alan yeraltı suları listesi ve koordinat bilgileri.....	3
Çizelge 3.1.	Çalışma alanındaki yeraltı sularından 1-11 sular yağışlı dönem kimyasal analiz ve iz element sonuçları (mg/L)	35
Çizelge 3.2.	Çalışma alanındaki yeraltı sularından 12-22 sular yağışlı dönem kimyasal analiz ve iz element sonuçları (mg/L)	38
Çizelge 3.3.	Çalışma alanındaki yeraltı sularından 1-11. sular kurak dönem kimyasal analiz ve iz element sonuçları (mg/L)	41
Çizelge 3.4.	Çalışma alanındaki yeraltı sularından 12-22 sular kurak dönem kimyasal analiz ve iz element sonuçları (mg/L)	44
Çizelge 3.5.	Çalışma alanındaki yeraltı sularının Piper ve Schoeller diyagramları için yağışlı dönem sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum analiz sonuçları.....	47
Çizelge 3.6.	Çalışma alanındaki yeraltı sularının yağışlı dönem sodyum yüzdesi, özgül elektriksel iletkenlik ve SAR değerleri.....	48
Çizelge 3.7.	Çalışma alanındaki yeraltı sularının Piper ve Schoeller diyagramları için yağışlı dönem bikarbonat, sülfat, klorür analiz sonuçları.....	49
Çizelge 3.8.	Çalışma alanındaki yeraltı sularının Piper ve Schoeller diyagramları için kurak dönem sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum analiz sonuçları.....	50
Çizelge 3.9.	Çalışma alanındaki yeraltı sularının kurak dönem sodyum yüzdesi, özgül elektriksel iletkenlik ve SAR değerleri.....	51
Çizelge 3.10.	Çalışma alanındaki yeraltı sularının Piper ve Schoeller diyagramları için kurak dönem bikarbonat, sülfat, klorür analiz sonuçları.....	52
Çizelge 4.1.	Türk insani tüketim amaçlı sular standartları ve dünya sağlık örgütü standartları	54

BÖLÜM 1

ÇALIŞMANIN AMACI

Karabük, ildeki demir çelik entegre tesisi ve metal endüstrileri nedeniyle endüstriyel kirlilik açısından özel dikkat gösterilmesi gereken başka bir ifadeyle hassas bölgelerden birisidir.

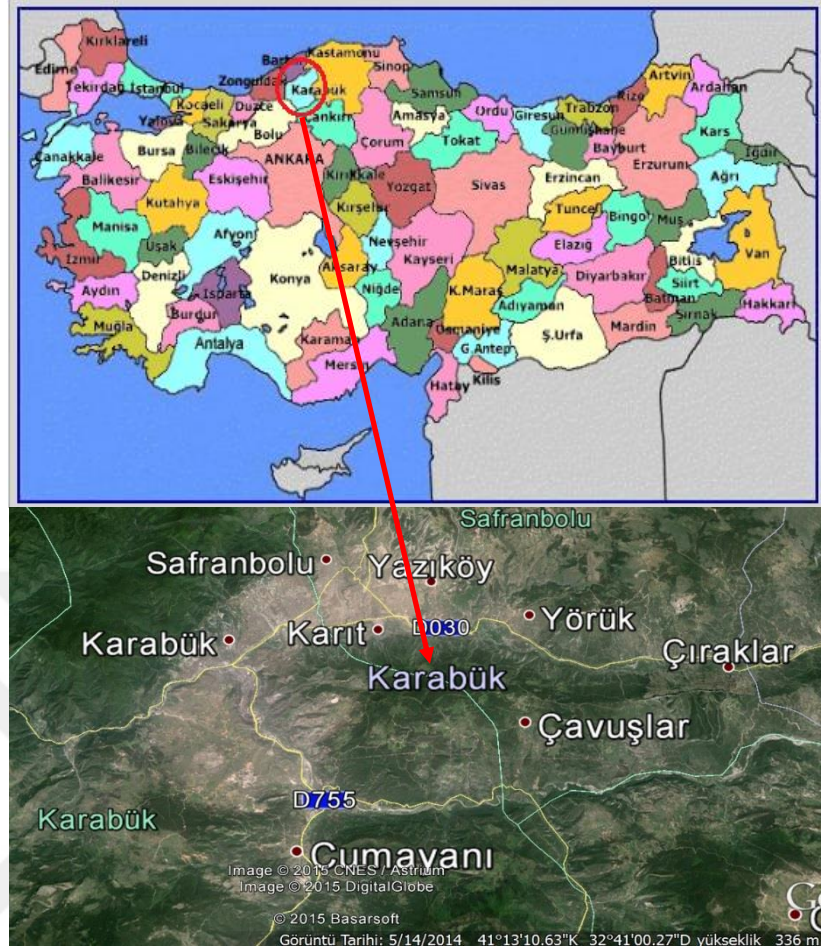
Önerilen projenin amacı; Karabük ilinde kullanma ve içme suyu temini amacıyla kullanılan yeraltı sularının kalitesinin tespiti, risk altında olan yeraltı sularında bulunan kirleticilerin konsantrasyonlarının saptanması, kirlilik göstergelerindeki eğilimlerin tespit edilmesi ve olası etkileri değerlendirilmesidir.

Çalışmanın amacını oluşturan ana bölüm su kimyası ve su kirliliği değerlendirmeleri olup, çalışma alanındaki yeraltı sularının fiziksel özellikleri arazide ölçülecek olup major iyonlar ve iz elementler akredite laboratuarda analiz edilecektir. Elde edilen sonuçlar neticesinde suların ulusal ve uluslararası içme suyu standartları açısından değerlendirilecek ve içmeye uygun olup olmadıkları saptanacaktır. Ayrıca sulardaki kirliliklerin kökenleri araştırılarak ve ildeki kirlilik kaynaklarının yeraltı suları üzerindeki etkileri incelenerek kimyasal durum haritaları oluşturulacaktır.

1.1. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI

1.1.1. Çalışma Alanının Yeri

Çalışma alanı Karabük İlinin merkezi ve çevresinde yeralan 22 Adet yeraltı suyunu ve çevresini kapsamakta olup, F-29 Jeolojik Haritası Paftasında Yer almaktadır (Şekil 1.4, Şekil 1.5). Bölgede Demir Çelik üzerine çalışan fabrika ve çok sayıda haddehane bulunmaktadır.



Şekil 1.1. Çalışma alanı ve çevresinin yer bulduru haritası (<https://maps.google.com>).



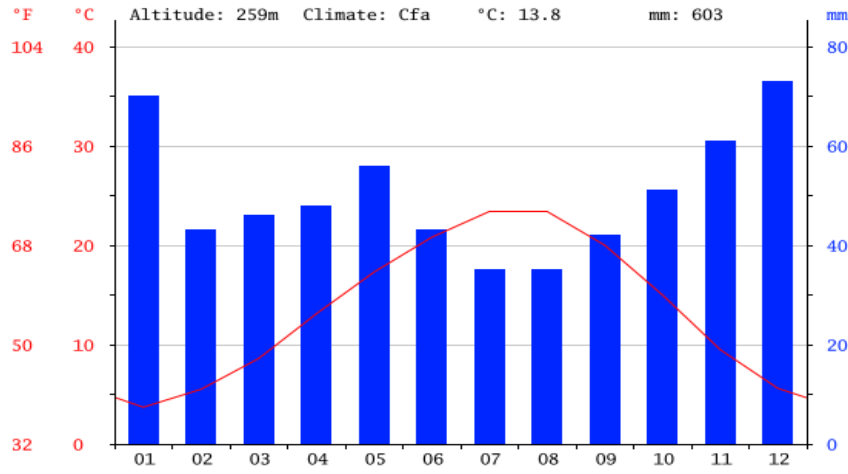
Şekil 1.2. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası.

Çizelge 1.1. İnceleme alanında yer alan yeraltı suları listesi ve koordinat bilgileri.

K.No	Yeraltı Suyu (Kuyu) Adı	kuzey	doğu
1	Karabük Merkez Cemaller Köyü 1	53594	73105
2	Karabük Merkez Cemaller Köyü 2	53407	72854
3	Karabük Merkez Cumayanı Köyü 1	49532	72488
4	Karabük Merkez Cumayanı Köyü 2	50326	72390
5	Karabük Kapullu Mah. Mehmet YILMAZ	64061	68665
6	Karabük Merkez Kılavuzlar Köyü	62601	72480
7	Karabük Merkez Kızılcaören K. Merkez Mahalle	58280	70072
8	Karabük Merkez Kızılcaören Köyü Yeni Mahalle	56117	71965
9	Karabük Merkez Köy Hizmetleri Binası	55007	72304
10	Karabük Merkez Zobran Köyü Hamzalar Mh.	53089	72126
11	Karabük Safranbolu Akören Köyü	61101	87736
12	Karabük Safranbolu Bostanbükü Köyü	62513	73383
13	Karabük Safranbolu Çıraklar Köyü	61080	92522
14	Karabük Safranbolu Davutobası Köyü	61358	89891
15	Karabük Safranbolu Davutobası Köprübaşı Mh.	61679	89309
16	Karabük Safranbolu Kadıbükü Köyü	60825	88174
17	Karabük Safranbolu Karacatepe Köyü	63821	90664
18	Karabük Safranbolu Kaş Çiftliği Kenan KAŞ	61644	87464
19	Karabük Safranbolu Navsaklar Köyü	62949	78244
20	Karabük Safranbolu Toprakcuma Köyü	61361	92246
21	KARDEMİR Meşeler Düzü 6 No.lu kuyu	56263	71033
22	KARDEMİR Meşeler Düzü 11 No.lu kuyu	56990	70173

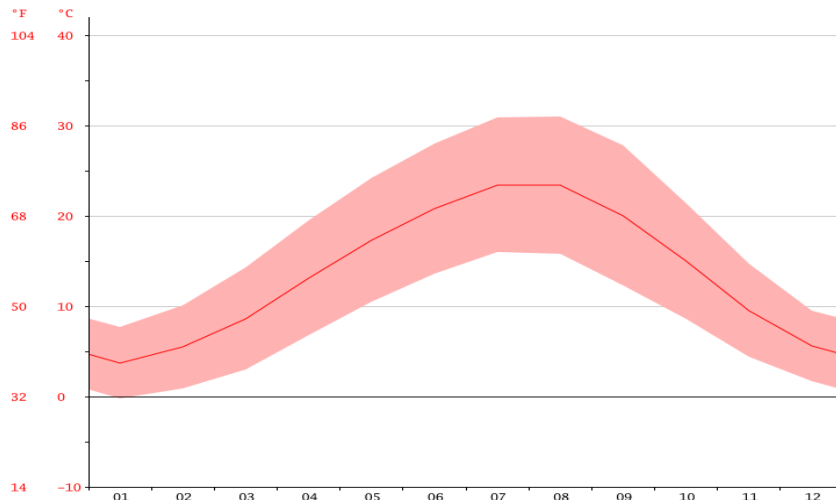
1.1.2. İklim

Karabük şehrinde sıcak ve ılıman iklim görülmektedir. Karabük İlinde belirgin yağış görülmektedir. En kurak aylarda bile yağış miktarı oldukça fazladır. Karabük İlının yıllık ortalama sıcaklığı 13.8'dir. Yıllık ortalama yağış miktarı: 603 mm'dir. (<https://tr.climate-data.org/location/264>).



Şekil 1.3. Karabük İlının aylar bazında (yıllık) yağış grafiği.

35 mm yağışla Temmuz yılın en kurak ayıdır. Ortalama 73 yağış miktarıyla en fazla yağış Aralık ayında görülmektedir.



Şekil 1.4. Karabük İlının aylar bazında (yıllık) ortalama sıcaklık grafiği.

23.4 sıcaklıkla Temmuz yılın en sıcak ayıdır. Ocak ayında ortalama sıcaklık 3.7 olup yılın en düşük ortalamasıdır.

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Avg. Temperature (°C)	3.7	5.5	8.6	13.1	17.3	20.8	23.4	23.4	20	15	9.5	5.6
Min. Temperature (°C)	-0.2	0.9	3	6.8	10.5	13.6	16	15.8	12.3	8.6	4.4	1.7
Max. Temperature (°C)	7.7	10.1	14.3	19.5	24.2	28	30.9	31	27.8	21.4	14.7	9.5
Avg. Temperature (°F)	38.7	41.9	47.5	55.6	63.1	69.4	74.1	74.1	68.0	59.0	49.1	42.1
Min. Temperature (°F)	31.6	33.6	37.4	44.2	50.9	56.5	60.8	60.4	54.1	47.5	39.9	35.1
Max. Temperature (°F)	45.9	50.2	57.7	67.1	75.6	82.4	87.6	87.8	82.0	70.5	58.5	49.1
Precipitation / Rainfall (mm)	70	43	46	48	56	43	35	35	42	51	61	73

Şekil 1.5. Karabük İlının aylar bazında ortalama düşük-yüksek sıcaklıkları ve yağış miktarları grafiği.

Yılın en kurak ve en yağışlı ayı arasındaki yağış miktarı: 38 mm Yıl boyunca ortalama sıcaklık 19.7 dolaylarında değişim göstermektedir.

1.2. ÇALIŞMA VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Karabük ili merkezi ve çevresi için yeraltı suyu kalitesini konu alan araştırmanın arazi çalışmaları kurak ve yağışlı dönemleri kapsayacak şekilde, Mayıs 2016 tarihinde başlamış olup Ekim 2016 tarihinde tamamlanmıştır. Bu çalışmada, Erol TİMUR ve Ahmet AKSAY'ın hazırlamış oldukları 1:100 000 ölçekli Zonguldak F 29 paftası MTA jeoloji haritasından faydalanılarak alanın 1:100 000 ölçekli hidrojeoloji haritası oluşturulmuştur.

Bölgedeki yeraltı sularının yerleri ve isimleri İl Özel İdaresine müracaat edilerek öğrenilmiştir. Bu yeraltı sularının ilde bulunan Demir Çelik Enstitüsü kurum ve kuruluşlarına konum itibarı ile uzaklıkları dikkate alınarak 22 tanesi çalışma noktalarımızı oluşturmuştur. Sonrasında bu noktalardan su numunesi alımı ve analizleri için Kastamonu Devlet Su İşleri Bölge Müdürlüğü'nden gerekli izinler resmi yazışmalar ile alınmıştır. 22 adet yeraltı suyu kaynağından elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş madde miktarı (TDS), pH, ORP (Eh) ve sıcaklık ölçümleri YSI 256 model çok parametre ölçen cihaz ile yerinde yapılmıştır. Yine yeraltı sularının major iyon, iz element analizleri için su örnekleri sızdırmaz kapaklı polietilen şişelere alınmıştır. Portatif taşınabilen YSI 256 model çok parametre ölçen cihaz EC ve pH ölçümleri için problemleri araziye çıkmadan önce kalibrasyon çözeltisi ile kalibre edilmiştir. Cihazımız Eh ölçümleri için zobell (potasyum klorür, potasyum ferrosiyanit trihidrat, potasyum ferrosiyanit) referans çözeltisi kullanılarak kalibre edilmiştir. Cihazımızla ORP değerleri tespit edilirken yaklaşık 200 mV eklenerek Eh'a dönüştürülmüştür. Major iyon ve iz element analizleri için su örnekleri Çınar Çevre Laboratuvarında, yüksek performanslı iyon kromatografi cihazı kullanarak majör, anyon-katyon ve iz element analizleri gerçekleştirilmiştir. Suların fiziksel, kimyasal bileşimleri yardımıyla ilgili diyagram ve grafikler kullanılarak suların çeşitli özellikleri saptanmış ve ayrıca Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standartları (Sağlık Bakanlığı, 2005) ve 29 Nisan 2005'de revize edilen Dünya Sağlık Örgütü Standartları (WHO-2006) ile karşılaştırılarak içme suyuna uygun olup olmadıkları saptanmıştır.

Yeraltı sularımızın sulama suyu açısından değerlendirilmesi için öncelikle Sodyum Adsorbsiyon Oranları (SAR), Sodyum Yüzdesi ve Özgül Elektriksel İletkenlik (EC) değerleri 22 adet yeraltı suyumuz için ayrı ayrı tablolar halinde hesaplanmıştır.

Çalışma alanı içerisinde yeralan yeraltısularımızın sulama suyu açısından değerlendirilebilmesi için SAR ve EC esas alınarak ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı (Şekil 4.6., Şekil 4.8.) ve %Na ve EC esas alınarak Wilcox Diyagramı (Şekil 4.5. Şekil 4.7.) çizilmiş ve yorumlanmıştır.

1.3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tüm canlılar için vazgeçilmez bir kaynak olan su toplumun ekonomik gelişme modelini de etkileyen doğal ve sınırlı bir kaynaktır. Dünyamızın geleceğini tehdit eden en önemli çevre felaketlerinden birisi, hızla artan dünya nüfusu karşısında tatlı su kaynaklarının hızla kirlenmesi ve tüketilmesidir. Yüzey sularının yetersiz kaldığı durumlarda tatlı su elde edebilmek için, yeraltı sularının kullanımı da oldukça artmaktadır. Ayrıca yeraltı suyu evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerde de su temini açısından önemli bir kaynak olarak kullanılır. Yeraltı suyu genel olarak yüzeyden daha aşağıda; su tablasının altındaki doygun zemin veya jeolojik formasyon içinde bulunan su olarak tanımlanır. Kullanımı artan yeraltı suları aynı zamanda çeşitli nedenler sonucunda da kirlenmektedirler.

5491 sayılı Kanunla değişik 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 9 uncu maddesinde "Madde 9 - (Değişik madde: 26/04/2006 - 5491 S.K/6.mad) Ülkenin deniz, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının ve su ürünleri istihsal alanlarının korunarak kullanılmasının sağlanması ve kirlenmeye karşı korunması esastır. Atıksu yönetimi ile ilgili politikaların oluşturulması ve koordinasyonunun sağlanması Bakanlığın sorumluluğundadır." hükmü yer almaktadır. Bu çerçevede, 7 Nisan 2012 tarih ve 28257 sayılı Resmi gazetede "Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik" yayımlanmıştır. Yönetmeliğin "GEÇİCİ MADDE 1 – (1) YAS kütlelerinin ve hidrojeolojik özelliklerinin belirlenmesi ile karakterizasyonu bu Yönetmeliğin yayımı tarihinden itibaren beş yıl içerisinde tamamlanır." ifadesi yer almaktadır". Yönetmelik ayrıca, kirliliğin kontrolü konusunda izleme, yaptırım ve kurumsal güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma alanında şu ana kadar yapılmış herhangi yeraltı suyu karakterizasyonu ve kimyasal durum değerlendirmesi çalışması bulunmamaktadır.

Karabük ili çevresel etkilerin değerlendirilmesi anlamında ki ilk çalışma Zonguldak Karaelmas Üniversitesi tarafından 1998-2000 yılları arasında DPT desteği ile yapılan hava kirliliği çalışmasıdır. Bu proje ile şehrin PM ve SO₂ kirliliği iki yıl süreyle sürekli incelenmiş ve bu hava kirleticilerinin kanser ölümleri ile ilişkisi araştırılmıştır (Kadı, 1998). Elde edilen sonuçlara göre hava kirliliğinin bölgede oldukça ciddi bir

problem olduğu görülmüştür. Sanayi kaynaklı emisyonların bölgenin coğrafi yapısına bağılı olarak oluşan özel meteorolojik koşullarla birleşmesi sonucu kirletici düzeylerinin zaman zaman çok yükseldiğı belirtilmiştir.

Karabük ili için yapılan bir diğerk çalışma Aralık 2004 ve Şubat 2005 yılları arasında yapılan ön değerkendirme çalışmasıdır. Bu çalışmada 14 gün süreyle alınan PM10 numunelerin altı tanesinde bazı ağır metaller için ölçümler yapılmıştır. Raporda, ilde bulunan endüstride metalürjik prosesler olduğı için bölgede daha uzun vadede ağır metal (özellikle Pb, Ni) ölçümünün gerekliliğı açıklanmıştır (Nielsen vd., 2005).

Arı ve çalışma grubunun Hollanda Hükümeti Dışışleri Bakanlığı MATRA programı tarafından desteklenen projesi kapsamında yaptığı çalışmada 06.05.2008 - 21.05.2008 tarihleri arasında, İskenderun ve Payas'ta dört farklı noktada atmosferik PM2,5 ve PM10 örnekleri toplanmış ve kütsel derişimler belirlenmiştir. Özellikle PM10 için Payas'ta oldukça yüksek derişimlere rastlanmıştır. Payas'ta ölçülen yüksek derişimlerin sebebinin büyük bir olasılıkla bölgeye oldukça yakın olan demir-çelik endüstrisi olduğı düşünölmüştür (Arı vd., 2008). Karabük ili demir çelik endüstrisini bünyesinde bulundurduğı için partiköl madde içeriğinde bulunan ağır metal içeriğı uzun vadede ildeki toprak ve yeraltısuyu kirliliğı üzerinde etkisi olacaktır.

Karabük ilinde entegre demir çelik tesisinin yanında irili ufaklı birçok haddehane yerleşim merkezi içinde yer almaktadır. Bölgede önemli toz kaynağı durumundaki bu tesisler sadece çöken tozları değerk, farklı boyutlardaki PM değerklerini de belli oranda etkilemektedir. Yapılan bazı araştırmalarda çöken tozların kurşun ve kadmiyum içeriklerinin çok yüksek olduğı ve bunun kaynağının da demir çelik tesisleri olduğı fikri öne sürölmüştür (Bozlaker vd., 2008; Çetin vd., 2007). Bu sebeple proje kapsamında bölgedeki değerkşik noktalardan alınan yeraltısuyu örnekleri iz element içeriklerinin tespiti yapılarak kirlilik taşınımı yorumlanacaktır.

Ağır metallerin çevrede birikmesinde ve çevreyi oluşturan alt birimlerdeki dağılımı bölgenin yağış miktarı, hâkim rüzgârların yönü ve hızları gibi iklim koşulları ile yükseklik ve bitki örtüsü önemli rol oynamaktadır. Atmosferdeki çeşitli partiköllere

bağlı olarak bulunabilen ağır metaller, partikülün büyüklüğüne ve fiziksel durumuna göre bölgesel olarak birikebilirler. Bunun yanında çeşitli meteorolojik olaylara bağlı olarak uzak mesafelerde taşınabilirler. Karabük demir çelik tesisi, çeşitli metal sektörleri ve haddehaneler dolayısıyla bölgedeki ağır metal dağılımı üzerinde önemli etkiye sahiptir. Dış ortam havasında bulunan eser elementlerin konsantrasyonlarının (Mn, Zn, Pb, Hg, Cr ve Cd) hava kirliliğinin derecesini belirleyen güvenilir bir rehber ve kentlerin hava kirliliğinin basit ve etkili bir göstergesi olduğu bildirilmiştir. Tüm bu bilgiler temelinde Karabük ili için endüstriyel kirleticilerinin yeraltı suyu üzerine etkilerinin izlenip değerlendirilmesi daha sonraki çalışmalar için referans noktası olacaktır.

Havada bulunan partiküllerin % 0.01-3'ü sağlık yönünden çok toksik etkiler gösteren eser elementlerden meydana gelmektedir. Bunların sağlık yönünden önemi insan dokularında birikime uğramalarından ve muhtemel sinerjik etkilerinden kaynaklanmaktadır. Atmosfer, ağır metal taşınımı, çökmesi ve çevriminde önemli bir rol oynamaktadır. Bu bileşiklerin atmosferik taşınmaları onların karakteristiklerine ve meteorolojik faktörlere bağlıdır. Kirleticilerin atmosferdeki miktarları, atmosferden kuru (yerçekimine ve rüzgâra bağlı olarak) ve yağ (yağışa bağlı olarak) birikme ile azalmaktadır (Kamal vd., 2000). Atmosferik çökme, özellikle şehir ve endüstrileşmiş alanların, rüzgar yönündeki uzak okyanusların, haliçler ve göller gibi yüzey sularının önemli bir kirlilik kaynağıdır (Pekey vd., 2004). Polskowka ve grubu yağmur ve kar sularında yaptıkları araştırmada en yüksek kirliliğin kış aylarında olduğunu ve karakteristik kirliliklerin ise endüstri bölgelerinde olduğunu tespit etmişlerdir (Polskowka vd., 2000). Kirleticilerin yağmurla çökmesi ve bu çökelmenin neden olacağı sonuçlar, ülkemizde çok az bilgi birikimi olan konulardan bir tanesidir. Özellikle endüstrinin yoğun olduğu bölgelerde bu tarz kirleticilerin izlenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında bölgede belirli kuyulardan alınan yeraltısu numunelerinin özellikleri araştırılarak bölgedeki yeraltı suyu kalitesi ve endüstriyel kirlilik arasındaki ilişki yorumlanacaktır.

Yeraltısu içme, sulama ve endüstriyel kullanma suyu olarak yaygın kullanılan önemli bir su kaynağıdır. Yeraltı ve yüzey sularının fiziksel, kimyasal ve biyolojik

parametrelerin uygunluğu yaşayan organizmaların kullanımı açısından oldukça önemlidir (Keskin 2010). Yeraltı suyu kullanımının toplam su kullanımına oranı son yıllarda önemli artış göstermiştir, çünkü bir taraftan kalite olarak yüzeysel sulara göre genellikle daha uygun olabilmektedir, diğer taraftan da kullanılabilir yüzeysel su kaynakları kirlenme nedeniyle azalmaktadır. Günümüzün en önemli sorunlarından biri temiz ve sürdürülebilir su kaynaklarına olan ihtiyaçtır. Özellikle dünya genelinde etkileri gözlenmeye başlanan iklim değişikliği, artan sulama suyu ihtiyaı, kullanılmış suların gelişigüzel doğal ortama verilmesi gibi faktörlere bağlı olarak kullanılabilir yüzeysel su kaynaklarının miktarı azalmakta ve kalitesi de bozulmaktadır (Ahmad vd., 2010).

Yeraltı sularının kullanımı açısından uygunluğunun araştırılmasında ağır metaller önemli bir yere sahiptir. Son yıllarda yapılan çalışmalar suların ağır metaller açısından sanayiden olumsuz olarak etkilendiğini göstermektedir (Yılmaz ve Yaman 1997; Yağız 1998). Yeraltı suyu kirliliğinin doğal kaynakları deniz suyu girişimi, kirlenmiş gl ve akarsulardan, jeotermal sular ve minerallerin çözünmesi olarak tanımlanabilir. Yeraltı suyunun major antropojenik kaynakları ise tarımsal pestisitler ve gübreler, madencilik atıkları, endüstriyel atıklar, foseptikler ve kötü yapılmış kuyulardan meydana gelen kirlilikler olarak tanımlanabilir. Düzensiz yapılaşma nedeni ile Karabük ilinde altyapı hizmetleri, evre düzenlemesi vb. gibi belediye tarafından verilen hizmetler yetersiz kalmıştır. Belediyenin olanakları içme ve kullanma suyu sağlamaya yetmemekte, birçok ile su ihtiyaını yeraltı suyu kaynaklarından karşılamaktadırlar.

Karabük'n ilçesi olan Eskipazar çevresindeki yeraltı ve yüzey sularını inceleyerek tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan nitrat ve B, Pb, Hg, Se gibi bazı iz element kirlilikleri saptamıştır. Araştırıcı ayrıca, kömür madeni bulunan Bartın çevresindeki suları inceleyerek, kömürlü ve volkanik birimlerden boşalan sularda Al, Fe, Mn, Pb ve bir miktar As kirlilikleri belirlemiştir (Keskin 2011).

Amerikan evre Koruma Ajansı (EPA) tarafından yapılan çalışmada demir elik endüstrisi atıksularının doğrudan yada dolaylı şekilde alıcı ortama deşarjından kaynaklanan kirliliğinin alıcı ortamdaki sucul hayat üzerindeki toksiklik etkisi,

biyobirikim veya biyolojik yıkım potansiyeli gibi etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışmada deşarj sonrası alıcı ortamdaki alüminyum, demir, civa, kurşun, magnezyum, mangan, nikel, talyum, arsenik kadmiyum, krom ve bakır miktarları ölçülmüştür (Environmental Protection Agency, 2002).

Yapılan çalışmalar endüstriyel faktörlerin yeraltı suyu üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Yinede hem ulusal hemde uluslararası ölçekte bu alanda yeteri kadar çalışma bulunmamaktadır. Planlanan çalışma özellikle demir çelik gibi kirletici vasfı yüksek endüstriyel sektörlerin bulunduğu bölgelerdeki yeraltı suyu kalitesi çalışmaları için yol gösterici olacaktır.

Günümüzde yaşanan hızlı nüfus artışı, düzensiz şehirleşme, yerleşim alanlarındaki plansızlık gibi etkenlerin artması, teknolojik gelişmeler, doğal kaynakların bilinçsizce kullanılması, üretimin hızla artması ve sanayileşme, sanayinin belli noktalarda yoğunlaşması ve insanların refah seviyelerini yükseltme isteği doğal dengenin bozulmasını ve çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Yerleşim birimlerinin su gereksinimi yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarından karşılanmaktadır. Buna bağlı olarak su kaynaklarının korunması zorunlu hale gelmiştir. Su kaynaklarının kullanılabilmesi ve maksimum faydanın elde edilebilmesi için kaynakların ve havzaların iyi tanınması, nitelik ve nicelik değişimlerinin bilinmesi gerekir. Bilgiye erişim internet vasıtasıyla çok daha kolay olmaktadır. Proje kapsamında elde edilecek verileri ilgili kişi ve kurumların kullanımına sunulması planlanmaktadır. Böylece elde edilen bilgi ve proje çıktılarının paylaşılması planlanmaktadır.

BÖLÜM 2

JEOLOJİ

2.1. LİTOSTRATİGRAFİK BİRİMLER

Karabük, Safranbolu, Eflani, Ovacık yerleşim merkezleri içinde olan Zonguldak – F29 paftası ve çevresi değişik amaçlı birçok araştırmaya konu olmuştur.

Bölgede yapılan en son çalışma ise MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı'nın 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Zonguldak paftası projesi kapsamında gerçekleşmiştir. Bu proje çalışması sonunda bölgede daha önce yapılmış araştırmalarda göz önüne alınarak formasyon adlanmasında birliktelik sağlanmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda mümkün olduğunca önceki isimlendirmelerin kullanılmasına özen gösterilmiştir. Zonguldak-F29 paftası ile ilgili sunulan veriler adı geçen projede elde edilen sonuçların bir kısmını oluşturmaktadır.

1. Yedigöller Formasyonu (PCy)
2. Soğuksu Formasyonu (Os)
3. Aydos formasyonu (Oa)
4. Ereğli formasyonu (ODe)
5. Ferizli Formasyonu (Df)
6. Yılanlı Formasyonu (DCy)
7. Bürnük Formasyonu (Jb)
8. Ulus Formasyonu (Ku)
 - 8.1. Ahmetusta Üyesi (Kua)
 - 8.2. Sunduk Üyesi (Kus)
9. Abant Formasyonu (KTab)
10. Kışlaköy Formasyonu (Tek)
11. Safranbolu Formasyonu (Tes)

12. Karabük Formasyonu (Teka)

12.1. Çerçen Üyesi (Tekaç)

13. Soğanlı Formasyonu (Teso)

14. Akçapınar Formasyonu (Tea)

15. Yunuslar Formasyonu (Teyu)

16. Örencik Formasyonu (Tplö)

16.1. Yörük Üyesi (Tplöy)

17. Traverten (Qtr)

18. Alüvyon (Qal)

Karabük, Safranbolu, Eflani, Ovacık arasında yeralan inceleme alanında prekambriyen'den kuvaterner'e kadar oluşan değişik yaşlarda çeşitli kaya türleri gözlenir. Çalışma alanında ayırt edilen kaya birimleri alttan üste doğru prekambriyen yaşlı kabul edilen amfibolit, gnays, migmatit, metalav, şist ve mermerden oluşan Yedigöller formasyonu, Alt Ordovisiyen yaşlı kumtaşı ve şeyl ardalanmasından oluşan Soğuksu formasyonu, orta Ordovisiyen – alt devoniyen yaşlı kum taşı şeyl ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan Ereğli formasyonu, alt devoniyen yaşlı dolomit, kumtaşı, oolitli ve algli demir taşından oluşan Ferizli formasyonu, orta devoniyen-alt karbonifer yaşlı kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomitten oluşan Yılanlı formasyonu, Dogger-Malm yaşlı konglomera ve kumtaşından oluşan Bürnük formasyonu, Alt Kretase yaşlı kumtaşı, şeyl ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan Ulus formasyonu bu birim içersinde konglomeradan oluşan Ahmet usta ve kireçtaşlarından oluşan sunduk üyeleri, Üst Daniyen-tanesiyen yaşlı konlomera, kumtaşı, çamur taşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan Kışla köy formasyonu, Alt Orta Eosen yaşlı bol Nummuties'li ve yer yer resifal karakter gösteren kireçtaşlarından oluşan Safranbolu formasyonu, konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşan Karabük formasyonu; bu birim içinde konglomera, kumtaşı ve çamurtaşından oluşan Çerken üyesi, Orta Eosen yaşlı neritik kireçtaşından oluşan Soğanlı formasyonu, aynı yaşta dolomitikkilli kireçtaşı, çört ve jipsten oluşan Yunuslar formasyonu ile aynı yaşta konglomera, kumtaşı ve kireçtaşından oluşan Örencik formasyonu, görsel kireçtaşından oluşan Yörük üyesi ve kuvaterner yaşlı traverten ve alüvyonlar ile temsil edilir.

İnceleme alanında 16 adet formasyon ve 4 adet üye ayırtlanmıştır. Aşağıda bu kaya birimleri yaşlıdan gence doğru ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

2.1.1. Yedigöller Formasyonu (PCy)

Amfibolit, gnays, migmatit, metavolkanit, mermer, şist vb. kaya türlerinden oluşan birim, serdar ve demir (1983) tarafından adlandırılmıştır.

Amfibolit ve gnays ar dalanması şeklinde olan yüksek derecede metamorfik bir toplulukla, bunları kesen yeşil şist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış granit ve lavlardan; yeni yeşil şist fasiyesinde metamorfizmaya geçirmiş volkanik lastik kırıntılı ve karbonatlı kayalardan oluşan birim İstanbul Zonguldak paleozoyik istifinin temelinde, sünnicedağ'da yaygın olarak, Dirgine Devrek Mengen Yenice arasında ki alanda ve Eflani güneybatısında (yağlıca, Alaçat ve Sinikler köyleri arasında) gözlenir.

Tektonik olarak bir araya gelmiş çeşitli kaya topluluklarından oluşan, birimin kalınlığı hakkında bir şey söylenemez. Birimin yaşı, stratigrafik konumuna göre prekambriyen olarak düşünülmektedir. Çünkü üzerinde açısal uyumsuz olan Bolu Zonguldak arasında alt Ordovisiyen yaşlı karasal kırıntıdan oluşan Kurtköy formasyonu, Eflani yöresinde ise yine alt ordovisiyen yaşlı sığ denizel seyl ve kumtaşından oluşan soğuksu formasyonu yer alır. Yedigöller formasyonuna eşdeğer birimlerde biri Karadere'de (Safranbolu-Araç arası) ilk kez Arpat (1978) tarafından paleozoyik öncesi yaşı metamorfik kayalar olarak belirtilen birimdir. Ayrıca Daday-Devrekani metasedimander grubunun Gürleyik gnaysı (Yılmaz, 1979) da Yedigöller formasyonuna eşdeğer birimler arasında kabul edilir.

2.1.2. Soğuksu Formasyonu (Os)

Yeşilimsi gri, bej ve pembemsi mor renkli kumtaşı-seyl ar dalanmasından oluşan birim ilk kez Kaya (1982) tarafından adlandırılmıştır. Çamdağ bölgesinde ayırtlanan kuzey ve güney istiflerinde kuzeyde bulunan Kocatöngel ve Kurtköy formasyonlarının, güney istifindeki eşdeğeri olan Soğuksu formasyonu inceleme

alanında Eflani kuzeybatısındaki Yağlıca köyünün güneyinde dar bir alanda yüzeyleyir.

Tabanı görülmeven ve yaklaşık 2500 m'nin zerinde kalınlığı olan birimin tipik yüzeylemeleri Çamdağ bölgesinde Kiliserik dere ve Sakaoğlu derede gözlenir. Birimin üst seviyeleri Aydos formasyonuna tedrici geçiş gösterir. İnceleme alanında alt ve üst dokanağı tektoniktir.

Kalın ve monoton bir çökel istiften oluşın soğuksu formasyonunun tabanını yeşilimsi gri v bej renkli, ince-orta tabakalı, ince taneli, bol kuvarslı kumtaşı ve paralel-ondüleli laminalı şeyl ardalanması oluşturur. Birinin orta-üst kesimleri ise yeşil-pembemsi mor renkli, laminalı ve ince tabakalı şeyllerle, ince taneli kumtaşı ardalanması ile temsil edilir. Bu seviyedeki kum taşı tabakalarının tabanın aşınması olup, şeyl parçaları içerir. Şeyller genelde paralel laminalı olmakla birlikte, yer yer çapraz ve ondüleli, laminalı, kuruma çatlaklı, dalga ripıllı, tüysü ve merceksi tabakalanmalıdır.

İçersin de fosil saptanamayan birim için, eşdeğeri kabul edilen Safranbolu-araç arasında ki Karadere'den tanımlanan Bakacak formasyonunun (Dean ve diğ.. 1997) Alt Ordovisiyen (Tremadosiyen) yaşı gerekli kabul edilir.

Soğuksu formasyonun alt seviyeleri şelf, orta ve üst seviyeleri ise gelgit etkili bir delta ortamını temsil eder (Gedik ve Önalın 2001).

2.1.3. Aydos Formasyonu (Oa)

Kuvarsitik kumtaşı, konglomera ve çamurtaşından oluşın birim, Aydos kuvars arenit birimi (Kaya 1978) olarak, daha sonra bu çalışmada kullanılan şekliyle Önalın (1982) tarafından adlandırılmıştır.

Çamdağ bölgesinde Bıçkıdere, Kalabakdere, Büyükyenidağ ve küçükyenidağ köyleri kuzeyinde iyi yüzlekler verir. İnceleme alanında Yağlıca köyünün kuzeyinde çok dar bir alanda yüzeyleyir sunar. Birim genellikle kuvars arenitlerden oluşur. Ayrıca yer

yer çakıllı kuvars kumtaşı, konglomera ile çamurtaşı ve şeyller kapsar. Formasyon beyaz açık gri ve yer yer kırmızı pembe renklerde olup orta- kalın tabakalıdır.

Aydos formasyonunu alt da Kurtköy ve Soğuksu üste ise Ereğli formasyonlarıyla geçişlidir. Kalınlığı 50-200 m arasında değişen birim fosil içermez. Ancak üzerine geçişli olarak gelen Ereğli formasyonunun yaşını Orta Ordovisiyen-Alt Devoniyen olması nedeniyle Alt Ordovisiyen yaşlı olarak kabul edilmiştir.

Birim sahil-sığ deniz ortamında çökelmiştir (Gedik ve Önalın 2001).

Kalın ve monoton bir çökel istiften oluşan soğuksu formasyonun tabanını yeşilimsi gri ve bej renkli, ince-orda tabakalı, ince taneli, bol kuvarşlı kumtaşı ve paralel-ondüleli laminalı şeyl ardalanması oluşturur. Birimin orta üst kesimleri yeşil pembemsi mor renkli, laminalı ve ince tabakalı şeylerle, ince taneli kumtaşı ardalanması ile temsil edilir. Bu seviyedeki kumtaşı tabakalarının tabanı aşınmalı olup, şeyl parçaları içerir. Şeyller genelde paralel laminalı olmakla birlikte, yer yer çapraz ve ondüleli, laminalı, kuruma çatlaklı, dalga ripillı, tüysü ve mercekli tabakalıdır.

İçinde fosil saplanmayan birim için eşdeğer kabul edilen Safranbolu-Araç arasındaki Karadere'den tanımlanan Bakacak formasyonu (Dean ve diğ. 1997) Alt Ordovisiyen (Tremadosiyen) yaşı geçerli kabul edilir.

Soğuksu formasyonu alt seviyeleri şelf, orta ve üst seviyeleri ise gelgit etkili bir delta ortamını temsil eder (Gedik ve Önalın, 2001).

2.1.4. Ereğli formasyonu (ODe)

Şeyl, kumtaşı ve kireçtaşlarından oluşan birim, ilk defa Serdar ve Demir (1983) tarafından adlandırılmıştır.

Ereğli güneydoğusundaki fındıklı köyü dolayı, Eflani güneyi ve güney batısı ile Çamdağ'daki Bıçkıdere'de en iyi mostralarını veren birim, alttan üste doğru

yeşilimsi gri renkli, ince tabakalı, laminalı şeyl ile seyrek gri renkli, ince-orta tabakalı kumtaşı ardalanması; koyu gri, siyah renkli şeyl ve seyrek kumtaşı ile aynı renkte, Orthoceras'lı kireçtaşı merceklerinden oluşan bölüm ve yeşilimsi gri renkli, ince tabakalı, laminalı, brachiopodlu şeyl ve seyrek kumtaşı ardalanması şeklinde üç bölümden oluşur (Gedik ve Önal, 2001).

Altta Aydos, üstte ise Ferizli formasyonlarıyla geçirimli olan birimin kalınlığı 300-540 m arasında değişir.

Çamdağ'daki güney istifte yüzeylenen birimin alt yüzeyinde Gedik ve Önal (2001) tarafından bulunan pterineid (pelecypod) fosillerine (det: C. Sayar) göre birimin yaşlı orta Ordovisiyen'den başlamakta, kapsadığı Orthoceras ve Monograptus fosilleriyle (aynı çalışma) Silüriyen'i içine almakta ve üst seviyelerinden toplanan Brachiopod fosillerine göre Alt Devoniyen'le son bulmaktadır. Buna göre birinin yaşı Orta Ordoviyen-Alt Devoniyen'dir.

Ereğli formasyonu Yayla ve Bıçkı formasyonlarının (Kipman, 1974) oluşturduğu istif, kartal formasyonu ve tabakadaki Eskibağlar üyesi (Yazman ve Çokuğraş, 1983). Kabalakdere ve Kartal formasyonlarının (Derman 1997, Derman ve Özçelik 1993) oluşturduğu istifin, demirli çökenler dışındaki bölümü, fındıklı formasyonu (Gedik ve Önal, 2001). Gözdağ formasyonu (Önal, 1982) ve Karadere, Ketencikdere ile Fındıklı formasyonlarının oluşturduğu birime karşılık gelir.

Birim alttan üste doğru sığ şelf, derinleşen şelf, havza yamacı, muhtemelen havza ve tekrar şelf ortamına geçişler gösterir (Gedik ve Önal, 2001).

2.1.5. Ferizli Formasyonu (Df)

Dolomit, kumtaşı, oolitli ve algli demirtaşı seviyesinden oluşan birim, Gedik ve Önal (2001) tarafından adlandırılmıştır.

Ferizli formasyonu inceleme alanında Eflani güneyinde Bozarmut köyü güneyi civarında yüzeylenir. En iyi mostraları Çamdağ'da Ferizli beldesi dolayında gözlenir.

Ferizli formasyonu altta kırmızı ve gri renkli silttaşı, şeyl ve seyrek olarak kumtaşı ardalanmasıyla başlayarak üste doğru merccekler halin de kırmızı renkli algli demirtaşı seviyeleri içeren dolomitik kireçtaşı-kuvarslı kumtaşı ardallanmasıyla devam eder. Formasyon oolitik ve algli demirtaşı seviyeleriyle son bulur. 100 m kadar bir kalınlığa sahip olan birim alttan Ereğli formasyonu, üstten Yılanlı formasyonuyla geçişlidir.

Birimde Kipman (1974) tarafından *Uncinulus* sp., *megastrophia* sp. Ve *solenopora* sp. (orta devoniyen); Gedik ve Önalın (2001) tarafından *Hysterolites* ve *Rhinconellid* (Alt Devoniyen) fosilleri bulunmuştur. Bu çalışmada birimin yaşı Alt Devoniyen olarak kabul edilmiştir.

Ferizli formasyonu orta-yüksek enerjili (çalkantılı) sığ bir denizde çökelmiştir (Gedik ve Önalın, 2001)

2.1.6. Yılanlı Formasyonu (DCy)

Kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomitten oluşan birim ilk kez Saner (1980) tarafından adlandırılmıştır.

Yılanlı formasyonu inceleme alanında Eflani güneyinde ve batısında yüzeyleir. Tip mostraları bartın dolayında Yılanlı burnunda izlenen birim, altta şeyl, silttaşı ve yumrulu kireçtaşı ardalanmasıyla başlar. Üste doğru gri-siyah renkli, laminalı, orta-kalın tabakalı kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit ardalanması şeklinde devam etmektedir.

Birimin alt seviyelerindeki şeyl, silttaşı ve yumrulu kireçtaşından oluşan bölümün kalınlığı 70-100 m arasında olup; bu bölümün yaşı *spiroceras* aff. *Giganteum* FLAVER, *stropheodonta* of *interstitialis* SCHUCHERT, *calceola* *sandalina*, *Megastrophia* sp. Vb. fosil bulgularıyla Orta Devoniyen'dir (Kipman, 1974).

Birimin daha üstteki ve kalınlığı yaklaşık 1000 m kadar olan kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit ardalanmasından oluşan bölümde Aydın ve diğ. (1987)

tarafından *Endothyra* sp., *Calsisphaera* sp., *Diplophaerina* sp., *Girvanella* of *wetheredi* CHAPMAN nb. Fosilleri bulunmuş ve formasyon orta üst Devoniyen-alt karbonifer yaşı verilmiştir.

Çalışma alanı dışında birim, alttan Ferizli formasyonu ile geçişli üstte Alacaagzı formasyonu ile da genelde gözlenen faylı dokanaklara rağmen geçişlidir.

Birimin alt bölümleri şelf-yamaç, üst bölümleri şelf ortamını temsil eder (Gedik ve Önal, 2001).

2.1.7. Bürnük Formasyonu (Jb)

Çakıltası, kumtaşı ve karbonatlı kumtaşından oluşan birim, ilk kez Ketin ve Gümüş (1963) tarafından adlandırılmıştır.

Birim, kırmızı, yer yer sarı renkli, çok tür bileşenli konglomera, kumtaşı ve silttaşı ile karbonatlı kumtaşından oluşur. Çakıltalarının çakılları, iyi yuvarlanmış, kötü boylanmalı, boyutları birkaç cm ile 20 cm arasında olup, alttaki birimlerden türeme kuvarsit, metavolkanik, granit, kireçtaşı ve dolomit kökenlidir. Birim alt seviyelerinde orta-kalın tabakalı, çöktür bileşenli kumtaşı, ara katlı çakıltaları ile temsil edilirken, üste ince-orta tabakalı karbonatlı kumtaşı ve kalkarenitler egemendir.

Görünür kalınlığı 200 m ye kadar ulaşan birim, yalı birimlere açısal uyumsuzlukla örter. Üst dokanağı için eski çalışmalarda farklı görüşler ileri sürünür. Gediz ve Korkmaz (1984), Yılmaz (1980) ve Tüysüz (1993) birim üst akkaya kireçtaşı ve eşdeğeri İnaltı formasyonu ile geçişli olduğunu; Yergök ve diğ. (1987) Aydın ve diğ. (1987) isteki Zonguldak formasyonu ve eşdeğeri inaltı formasyonu tarafından aşınımlı, paralel veya az açılı uyumsuzlukla örtüldüğü belirtilir. Bize göre ise birimi, üzerinde bulunan inaltı formasyonu veya Ulus formasyonuna ait Ahmet usta ve sanduk üyelerine geçişli taban teşkil eder.

Birim tüm çalışmalarda (üst seviyelerde bulunan fosillere dayanarak) Geç Dogger-Malm yaşıta kabul edilir.

Bürnük formasyonu alüviyal-flüviyal bir ortamın üste doğru sığ denizel ortama geçişini temsil eder.

2.1.8. Ulus Formasyonu (Ku)

Şeyl, kıltaşı, marn, kireçtaşı gibi yerinde çökelmiş sedimanlarla kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve konglomera gibi türbiditik çökellerin ardallanmasından oluşan ve çeşitli olistolitler içeren birimi Akyol ve diğ. (1974) tarafından adlandırılmıştır. Birim orta pontidler'de daha önce Ketin ve Gümüş (1963) tarafından Çağlayan formasyonu olarak tanımlanmıştır. Ulus formasyonu içerisindeki kireçtaşları sunduk üyesi, konglomeralar ise Ahmetusta üyesi olarak tanımlanmıştır.

Birim genellikle kumlu kireçtaşı ara tabakalı, grimsi yeşil, gri ve siyah renkli kumtaşı, şeyl, marn ve konglomeralardan oluşur. Yer yer bol kireçtaşı, daha az oranda mermer, granit, volkanik ve metamorfik kaya blokları kapsar. Kumtaşları tabaka altı yapıları, derecelenme, paralel ve konvolüt laminalanma gösterir. Birimin kütle akma mekanizmalarıyla veya gravite ile yer değiştirme yoluyla yamaç-yamaçaltı ortamlara yerleşen ve kireçtaşı megabreşleri veya olistolitleri içeren ara seviyeleri Sunduk üyesi olarak; polijenik konglomeralardan ibaret, daha yaşlı birimden çakıllar taşıyan bölümü Ahmet usta üyesi olarak ayırtlanmıştır.

2.1.8.1. Ahmetusta Üyesi (Kua)

Konglomeralardan oluşan birim, Saner ve diğ. (1980) tarafından Ahmetusta konglomera ve kirge üyesi olarak adlandırılmıştır. Tarafımızdan her iki birim Ulus formasyonu içerisinde tek ad altında Ahmetusta üyesi olarak adlandırılıp kullanılmıştır. Ulus formasyonu, içerisinde ara seviye halinde konglomeralar, gri, sarı, kahverengimsi sarı renklerde orta-kalın katmanlı ve masif görünümlüdür. Çakılları iyi yuvarlanmış olan birim kötü boyutlanmalıdır. Konglomera genellikle çöktür bileşenli olup yer yer tektür bileşenli (jura, Devon kireçtaşı gibi) olanları da vardır. Çimento karbonat veya silistir. Stratigrafik konumuna göre Alt Kretase yaştaki birim, yamaçta gelişmiş moloz akma çökelleridir.

2.1.8.2. Sunduk Üyesi (Kus)

Kireçtaşlarından oluşan birim bu çalışmada adlandırılmıştır. Gri, bej renkli, orta-kalın katmanlı ve masif görünümlü kireçtaşları inaltı formasyonundan türemiş olup, platformdan kütle akması yoluyla ve/veya bloklar halinde Ulus formasyonu içine taşınarak yeniden çökelmiş kayaçları temsil eder. Bu kireçtaşlarının tane ve çamur akması yoluyla çökelmiş olanları, Ulus formasyonun kırıntılarıyla uyumluluk gösterir. Birimin yaşlı inaltı formasyonun orta-üst kesiminin yaşı ve Ulus formasyonun yaşı ile eşdeğerdir (alt kretase).

İnaltı formasyonu ile yanal ve düşey olarak geçişli olan Ulus formasyonu, daha yaşlı kaya birimlerini uyumsuz olarak üzerler. Birim, Kışlaköy, Safranbolu ve Abant formasyonları tarafından uyumsuz olarak örtülür. Birimin veya eşdeğer birimler üzerinde uyumsuz olarak yer aldığı görüşünde olanlar (Akyol ve diğ. 1974; Gedik ve Korkmaz, 1984; Akman, 1992), bu ilişkinin yersel diskordans olduğunu öne süren bir çalışma (Tüysüz, 1993) ve uyumlu ya da geçişli olduğunu kabul eden çalışmalar (Saner ve diğ. 1981; Yergök ve diğ. 1987) vardır.

Kalınlığı yaklaşık 2000 m ye ulaştığı tahmin edilen birim fosil bakımından yeterince bilinir değildir. Yerinde çökelmiş kaya türleri de ve/veya konglomera, olistostromal ve konglomera gibi kayaçların çimentosunda veya matriksinde ciddi şekilde fosil aranması ve tanımlanması biçiminde bir çalışma literatürde bilinmemektedir. Bununla birlikte İnaltı formasyonu ile eş zamanlı olarak çökelmiş bölümlerin yaşı ilgili oldukça veri vardır. Birim, stratigrafik konumda değerlendirilerek tarafından Alt Kretase yaşı kabul edilmiştir.

Birime, Zonguldak dolayında son derece düzenli bir stratigrafiye sahip ve eş yaştaki Kilimli formasyonu ve Velibey, Sapça ve Tasmaca üyeleri karşılık gelir. Bu birimler Akyol ve diğ. (1974) tarafından ayırtılmamış, tümü Ulus formasyonu adı altında haritalanmış ve tanımlanmıştır.

Birim yamaç ve yamaçaltı-havza çökelleriyle temsil edilmiştir.

2.1.9. Abant Formasyonu (KTab)

Bloklu konglomera, kumtaşı, silt, marn vb. kaya türlerinden oluşan birim, bu çalışmada adlandırılmıştır.

Sarımsı gri, kahverengi, kırmızı, mor, açık-koyu gri, yeşilimsi gri renklerde kırıntılı ve karbonat türü kayalar içeren birim, olistostromal kesimlerden, düzgün fliş istifli özelliği gösteren düzeylerden, karasal sığ deniz fasiyeslerindeki çökel paketlerinden oluşur.

Olistostromalar çeşitli cins, köken ve yaşta bloklar içeren türbiditik çökeller, moloz akma çökelleri, pelajik çamurtaşı, mikrit ve marnlardan oluşur. Bu çökellerde akma, kayma yapıları gözlenir. Olistostromal kesimde alacalı renk yaygın olup konglomeralar, kırmızı mikrit ve çamurtaşları, marnlar ve çeşitli tür ve boyutlarda bloklar yer alır. Blokların bir kısmı platform türü kireçtaşlarını temsil eder ve bunlarda permien, üst jura-alt kretase, alt kretase ve üst kretase yaşları elde edilmiştir. Yaşı bilinmeyen renkrystalize kireçtaşı ve mermer blokları da gözlenir. Ayrıca birimde granit, gabro, amfibolit, serpantin, volkanik ve metamorfik kaya blokları da gözlenir. Birimi, granit damar, dayk ve stoklar halinde kesmiştir. Alt dokanağı uyumsuz olan birimde Göncüoğlu ve diğ. (1986) buldukları, *Lepidorbitoides* sp., *sidololites* sp., *orbitoides* sp., fosillerine göre maastrichtiyen yaşını elde etmişlerdir. Üst dokanağında ise üst paleosen-alt eosen yaştaki çökellerle uyumsuz olarak örtülen birimin yaşı üst kampaniyen –maastrichtiyen'dir.

Birim, ikisu formasyonu, bakacak olistostromu, asmalidere formasyonu, Çankaya formasyonu, Kazımiye graniti, kirazlı kuvarsiti ve Yörüktepe mermeri , bakacak formasyonu, abant karmaşığı, arkotdağ formasyonu, soğucak formasyonu, melanj ile değiştirilebilir.

2.1.10. Kışlaköy Formasyonu (Tek)

Karabük Safranbolu tersiyel havzasının tabanını oluşturan konglomera, marn, kumtaşı, kireçtaşı, silttaşı ve kilttaşları ile temsil edilen istif Kışlaköy formasyonu adı altında incelenmiştir. Burada tanımlanan kışlaköy formasyonu, Saner ve diğ. (1980)

tarafından adlandırılan Mıcık, Çingiller, Kışlaköy ve Alkısarak formasyonlarının hepsine birden karşılık gelmektedir.

Kışlaköy formasyonunun tip kesiti Ovacık ilçesi batısında Mıcık-Alizaim köyü arasında izlenmektedir. Bu birime havzanın sadece güneyinde raslanır. Havzanın kuyeyinde bu birim çökelmemiştir.

Formasyonun tabanını, kırmızı, sarı, yeşil renkli konglomeralardan oluşur. Konglomeralar orta-kalın tabakalı, çok değişik boyutlu çakıllı (kötü boylanmalı) oğunlukla tane destekli ve sıkı tuturulmuştur. Çaklılar köseli az yuvarlak olup, kuvars, kireçtaşı, granit, marn, metamorfik kaya gibi çok çeşitli litojilerden türemiştir. Bu seviyenin üzerine dereceli olarak sarımsı renkli kiltası, silttaşı ve marn ardalanması gelir. Bu kesimdeki kaya türleri ince-orta tabakalı ve yer yer kireçtaşı ara seviyeleri içerir. Siltaşlarında bol miktarda kavkı parçaları ve canlı eşeleme izleri görünür. Çok nadir olarak konglomera ara seviyeleri kapsar. Marnlar kolay dağılgan ve yaprağımsı ayrışmalı olup yer yer ince-orta tabakalı, ince taneli ve karbonat cimentolu kumtaşı ara seviyeleri içerir. Kışlaköy formasyonun en üst seviyelerinde ise kırmızı renkli kumtaşı, konglomera ve çamurtaşları geçer. Buradaki çakıllar çok değişik boyutlu, orta derecede yuvarlanmış ve tane desteklidir.

Kışlaköy formasyonu, Alt Kretase yaşlı Ulus formasyonu üzerinde açısız uyumsuzlukla yer almakta olup, Eosen yaşlı Safranbolu formasyonu ile tedrici geçişlidir. Birim kalınlığı yanal yönde çok değişiklik sunmakla birlikte birimde en fazla 1500 m civarındadır.

Kışlaköy formasyonun karbonatlı seviyelerden; *Morozovella* sp. *Globigerina* sp. *Planarbulina* sp. *Mississippina* sp. *Anomalina* sp. *Distichoplax biserialis* DIETRICH, *Rotaliidae*, *Textularidae*, *Miliolidae*, *Discorbidae*, *Ostracoda*, *Sphenolithus radians* Deflandre, *Chiasmolithus grandis* (Bramlette ve Riadel), *Ericsonia formosa* (kamptner), *Coccolithus eopelagicus* (Bramlette ve Riedel), *Rhabdosphaera bigelowi* (Gran ve Braarud) ve *Discoaster* sp. Fosilleri tespit edilmiş ve üst Daniyen-Tanesiyen yaşı verilmiştir.

Kışlaköy formasyonuun alt seviyeleri hızlı bir akarsu yığılması ile tektonik olarak alçalan bir alanda çökelmiş alüvyon yelpazesi çökellerden oluşur. Birimin orta kesimindeki kireçtaşı ara seviyeli marnlar şelf ortamında çökelmiştir. İstifin üst kesimi ise menderesli akarsu çökelmelerinden oluşur. Buradaki kırmızı renkli konglomera ve kumtaşları kanal dolgusu, çamurtaşları ise taşkın ovası çökeli olarak yorumlanmıştır.

2.1.11. Safranbolu Formasyonu (Tes)

Safranbolu ilcesinin civarında geniş alanları kapsayan Alt-Orta Eosen yaşlı kireçtaşları bu çalışmada Safranbolu formasyonu adıyla tanımlanmıştır. Birim, safranbolu kireçtaşı (Saner ve diğ. 1980) Evri kireçtaşı ve Aşılık formasyonu, (kaya ve Dizer, 1981/1982) ve Sazlar formasyonu'na (Cerit,1983;Erendil ve diğ. 1991) karşılık gelir.

Safranbolu formasyonu altta çok ince bir konglomera-kumtaşı seviyesi ile başlar ve üste doğru karbonatlı kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve kireçtaşına geçer. Genellikle, orta-kalın tabakalı, sarımsı, beyaz, açık gri-pembe renkli olup, yumrulu yapıdadır. Özellikle havzanın güney kesimlerinde doğu-batı uzanımlı resifal kireçtaşları yaygın olarak görünür. Kireçtaşları içerisinde çok bol Nummulites ve Alveolina fosilleri bulunur. Rasifal kireçtaşları dışındaki kesimler kırıntılı karbonat niteliğindedir. Bazı seviyeler karbonatlı silttaşı özeliğinde olup, bu seviyeler değerlerine oranla daha bol Nummulites fosili içerir. Kireçtaşı içerisinde yer yer çok ince ara seviyeler şeklinde ince taneli konglomera seviyeleri gözlenir.

Safranbolu formasyonu Safranbolu-Karabük havzasının kuzeyinde Ulus formasyonu üzerinde açılal uyumsuzlukla yer almakta olup, havzanın güneyinde ise Kışlaköy formasyonu uyumlu olarak örter. Birim üste doğru yanal ve düşey yönde Karabük formasyonuna geçer. Formasyonun kalınlığı 50-500 m arasında değişir.

Çok bol fosili olan Safranbolu formasyonu içerisinde aşağıdaki fosiller tespit edilmiştir; Nummulites cf, beaumonti ARCHİAC ve HAİME, Nummulites cf, milecaput BOUBEE (A ve B formları), Nummulites sp., Orbitolites complanatus

LAMAECK, *Distichoplax biserialis* DIETRICH, *Assilina exponens* (SOWERBY), *Sphaerogypsina* sp., *Globigerina* sp., *Lockhartia* sp.,

2.1.12. Karabük Formasyonu (Teka)

Gri-haki yeşil, alt seviyeleri marnlı, üste doğru kilitaşı ve kumtaşı ardalanmasına geçen isrif, Saner ve diğ. (1980) tarafından adlandırılmıştır. Adı geçen yazarların Çerçen formasyonu olarak ayırtladıkları renkli konglomera ve şeyl ardalanması bu çalışmada Karabük formasyonu dahil edilmiş ve Çerçen üyesi adı altında incelenmiştir. Birim Karabük ili çevresinde tip yüzeylenim sunar.

Karabük formasyonun alt kesimleri çoğunlukla marnlardan oluşur. Marnlar çok az kumtaşı ara seviyeleri içerir. Üst kesimlere doğru kumtaşı ara katkıları artar. En üst kesimlerde ise tamamen kumtaşı karakterdedir. Birim genel olarak gri ve yeşil renkli olup orta-kalın tabakalanma gösterir. Kumtaşı, gevşek çimentolu, kolay ayrışan, gözenekli, yarı yuvarlak-yuvarlak taneli, iyi boyanmalıdır. En üst kesiminde kumtaşı çakıllıdır. Kumtaşlarında paralel ve çapraz laminanma, tabaka lat yapıları (akıntı izleri) ve canlı eşeleme izleri yaygın olarak görülür. Kumtaşı tabakaları üst dogrusiltaşı ve kilitaşına geçer. Birim içerisinde yer yer Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşlarından türemiş çeşitli boyutlarda olistolitler izlenir. Formasyonun üst kesimlerinde ince kömür ara seviyeleri de bulunur.

2.1.12.1. Çerçen Üyesi (Tekaç)

Kırmızı renkli karasal konglomera, kumtaşı, kilitaşı ve çamurtaşı ardalanması bu çalışmada Çerçen üyesi adı ile ayırtlanmıştır. Aynı isrif, Saner ve diğ. (1980) tarafından Çerçen formasyonu adı ile tanımlanmıştır. Birimin tip kesiti Araç nehrinin güney kesimlerinde izlenir.

Çerçen üyesi, kırmızı yer yer renkli konglomera, kumtaşı, siltaşı, kilitaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşur. Çerçen üyesi içerisindeki konglomera ve kumtaşları polijenik elemanlıdır. Taneler kireçtaşı, granit, ofiyolit, radyolarit ve kuvarsit kökenlidir. Üye çoğunlukla az tutturulmuş, yer yer ise sıkı tutturulmuştur. Az tutturulmuş kesimlerde

sık sık heyelanlar gelişmiştir. Kumulu ve çakıllı seviyeler, kötü boyanmalı olup, taneler iyi yuvarlanmıştır. Merceksi kanal çökelleri, büyük ölçekli çapraz tabakalanma ve paralel laminanma birim içerisinde yaygın olarak gözlenir. Aşınma tabanlı konglomera tabakaları üste doğru kırmızı çamurtaşlarına geçiş gösterir. Çerçen üyesi Karabük formasyonunun üst kesiminde tedrici geçişli olarak yer alır. Soğanlı formasyonu, birim üzerinde uyumlu olarak bulunur. Birimin kalınlığı 450 m. civarındadır. Çerçen üyesi herhangi bir fosil bulgusuna rastlanmamıştır, çerçen üyesi, kırmızı rengi, katırlı özellikleri ve içerisinde gözlenen birincil sedimenter yapıları ile akarsu ortamını karakterize etmektedir.

Karabük formasyonu tedrici geçişli olarak Safranolu Formasyonu üzerinde yer alır ve Soganlı formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenir.

Saner ve diğ.(1980), formasyon kalınlığının havzanın kuzeyinde 1500 m. Güneyinde ise 450 m. Olduğunu belirtmişlerdir. Adı geçen yazarlar birim içerisinde derledikleri yıkama örneklerinde *Nummulites globulus* LEYMERRIE, *Nummulites pinfoldi* DAVIES, *Nummulites uronensis* A.HEİM, *Assilina placentula* DESHAYES, *NUMMULITES* SP. VE *Discocyclina* sp. Fosillerini tespit etmişler ve Alt-Orta Eosen yaşını vermişlerdir. Yergök ve diğ. (1987) Karabük formasyonu içerisinde ; *Reticulofenestra coenura*(Rheinhardy), *Reticulofenestra reticulate* (Gartnet-Smith), *Pemma rotundum* Kleenpp, *Cyclicargotius floridonus* (Roth- Hay), *Pantusphaena multiporo* (Komptner) , *Discoaster taninodifer* Bramlette-Riedel nanno fosillerini tespit etmişler ve Orta Eosen yaşını vermişlerdir.

Birim arasındaki kumtaşları dış sahil kumları, en üsttekiler ise regresif kırıntılı sahil çizgisi ve deltayık özellikler sunar.

2.1.13. Soğanlı Formasyonu (Teso)

Orta Eosen yaşlı, kalın tabakalı kireçtaşı Saner ve diğ. (1980) tarafından Soğanlı kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada Soğanlı formasyonu adı kullanılmıştır. Birim, Soğanlı çayının kuzey ve güney yamaşlarında tip kesit verir. Sert morfolojileri nedeni ile kolay ayırtlanmaktadır.

Soğanlı formasyonu tamamen kireçtaşı ile temsil edilir. Formasyonun alt kesimlerinde detritik kireçtaşı seviyeleri yer alır. Üst kesimlere doğru tedrici olarak mikritik kireçtaşına geçer. Beyaz, açık gri, sarımsı renkli, masif orta, kalıntabakanmalıdır. Kireçtaşı tabakalarının arasında mam ara seviyeleri izlenir. Bol Nummulites ve Alveolina fosilleri içeren kireçtaşları Safranbolu formasyonu ile benzerlikler göstermektedir. Yer yer makro kavk parçalarının yığılmasından oluşmuş kokina seviyeleri içerir. Bazı seviyelerde sarımsı boz renkli siltaşı ve kiltası ara tabakaları kapsar. Kiltaları içinde eklem sistemi ve derin karst yapıları gelişmiştir.

Soğanlı formasyonu tabanda Karabük formasyonu Çerçen üyesi ile tavanda ise Akçapınar formasyonun kalınlığı ortalama 150 m. civarındadır.

Soğanlı formasyonu içerisinde aşağıdaki fosiller tespit edilmiştir. Nummulites beaumonti d'ARCHIAC ve HAIME, Nummulites ef. pinfoldi DAVIES, Nummulites sp., Sphaerogysina globulus REUSS, Eurupertia magma LE CALVEZ, Fabiania cassis (OPPENHEIM), Alveolina sp., Fabiania sp., Orbitolites sp., Miliolidae, Rotaliidae, Textularidae, Valvulinidae, Peneroplidae, Annelidae. Bu fosil kapsamına dayanarak birime Orta Eosen (lütesiye) yaşı verilmiştir.

Formasyon, Teke formasyonu (Barkurt ve diğ., 1990) ve tokmaklar formasyonunun bir bölümü (Erendil ve diğ., 1991) ile denetirilebilir.

Orbitolites sp., Operculina sp., Flosculina sp., Anomalina sp., Rotaliidae, Valvulinidae, Textularidae ve Miliolidae, bu fosillere dayanarak birim, Alt-Orta Eosen yaşı verilmiştir.

Fosil kapsamı ve kaya türü özellikleri Safranbolu formasyonunun dış shelf ortamında çökeldiğini gösterir.

2.1.14. Akçapınar Formasyonu (Tea)

Beyaz, sarımsı gri renkli, killi kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve çört bantları ile karakterize edilen istif, Saner ve diğ. (1980) tarafından adlandırılmıştır.

Bener istif Barkurt ve diğ. (1990) tarafından ise Şıhlar formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Birim tip kesiti, Akçapınar mahallesinin 1 km güneydoğusundaki Kelağ değirmeni yöresinde izlenir.

Akçapınar formasyonu, ağırlıklı olarak killi kireçtaşı olmak üzere, dolomitik kireçtaşı, kiltası, çamurtaşı ve marn gibi kaya türlerinden oluşur. Bölgedeki diğer karbonatlı istiflerden, sileksit bant ve yumruları taşınması ve ayrıca yer yer jips ara katkıları kapsamı nedeniyle kolayca ayrılmaktadır. Birime beyaz, sarımsı gri ve bej renkler hakimdir. Belirgin ince tabakalı olup yer yer laminalıdır. Sert, köşeli ve mitye kabuğu şeklinde kırılma yüzeyli, fosilsiz, mikritik ve kireçtaşı görünümündedir. Sileksit bantları istifin üstüne doğru azalmaktadır. Jips ara seviyeleri doğruya doğru artmakta ve kalınlaşmaktadır.

Soğanlı formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunan Akçapınar formasyonu, üstte tedrici olarak Yunuslar formasyonu geçer. Doğuya doğru incelmekte olan birimin kalınlığı 150-200 m arasında değişmektedir.

Akçapınar formasyonu içersinde fosil tespit edilememiştir. Stratigrafik konumuna dayanarak birim Orta Eosen yaşlı kabul edilmiştir. Formasyonun litolojik özellikleri, birincil sedimanter yapıları ve geometrisi göz önünde bulundurulduğunda evaporitik şartların egemen olduğu lagün-gelgit düzlüğü ortamlarında çökelediği söylenebilir.

2.1.15. Yunuslar Formasyonu (Teyu)

Karasal ortamda çökelen ve konglomera, kumtaşı, şeyl arıalanmasından oluşan birim, Saner ve diğ. (1980) tarafından adlandırılmıştır. Aynı birim Güven (1980) tarafından Boyalı formasyonu, Erendil ve diğ. (1991) tarafından ise Tokmaklar formasyonu olarak tanımlanmıştır. Birimin tip kesiti Yunuslar köyü civarında izlenir. Yunuslar formasyonu genelde kırmızı renkli, yer yer ise sarımsı gri renkli konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, marn, şeyl arıalanmasından oluşur. Birim tabanda

masif görünümlü, üste doğru ise ince tabakalıdır. Marn-kumtaşı ardalanmalı kesimler 15-50 cm arası kalınlık gösterir. Konglomera ve kumtaşı akarsu kanal doğusu olarak, çamurtaşları taşkın ovası çökelleri olarak çökelmiştir. Marn ve kumtaşı ardalanmasının olduğu kesimlerde ripple-mark, çapraz ve paralel laminalanmalar gözlenir. Kumtaşları tabanlı, kötü boylanmalı ve çok az tuturulmuştur.

Formasyon, Akçapınar formasyonu üzerinde tedrici geçişli olarak yer alır. Üst dokanak ilişkisi aşınmalı olması nedeniyle izlenememiştir. Birim, incelenme alanında 200 m civarında bir kalınlığı sahiptir.

Yunuslar formasyonu içersinde herhangi bir fosil saptanamamıştır. Stratigrafik konumuna göre birim Orta Eosen yaşı kabul edilmiştir.

Yunuslar formasyonu kaya türü özellikleri, menderesli akarsu ortamını yansıtır.

2.1.16. Örencik Formasyonu (Tplö)

Bölgenin en genç çökellerini oluşturan karasal konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ardalanması Aydın ve diğ. (1987) tarafından adlandırılmıştır. Benzer kayatürlei Kipman (1974) tarafından Kırmacıdere formasyonu olarak tanımlanmıştır. Bölgedeki Örencik formasyonu ile ilişkili gölsel kireçtaşları Yörük üyesi adı ile ayırtlanmıştır. Safranbolu ve Karabük civarlarındaki sırtlarda korunmuş olarak gözlenen birimin bu kesimlerde tip kesitleri izlenir.

Örencik formasyonu, kırmızı sarımsı kırmızı, kahve renkli konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ardalanması ile temsil edilir. Birim genelde çok az tutturulmuş olup, orta-kalın tabakalanma gösterir. Yer yer tabakalanma belirsizdir. Konglomeralar, aşınmalıtabanlı, kötü boylanmalı olup çakılları yuvarlak az yuvarlaktır. Üste doğru kumtaşlarına ve çamur taşlarına derecelenme gösterir. Kumtaşlarında sarımsı kırmızı renk hakim olup, ince orta kaba tanelidir. Kumtaşı tabakalarında paralel ve çapraz laminalar sıkça gözlenir.

2.1.16.1. Yörük Üyesi (Tplöy)

Bölgede gözlenen genç gölsel kireçtaşları Yörük üyesi olarak ayıtlanmıştır. Saner ve diğ. (1990) aynı birimin Yörük formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Birimin tip tesiti Yörük köyü doğusundaki Kepez tepede izlenir. Yörük üyesi tabanda konglomera ile başlar, üste doğru kireçtaşlarına geçer. Sarımsı, boz, kırmızımsı renklerde ve orta- kalın tabakalıdır. Çakıllar iyi yuvarlanmış, kötü boylanmalı ve gevşek tutturulmuştur. Killi kireçtaşı özelliklerinde olan kesimler boz ve kül rengide, kalın tabakalı kırınan ve dağılgan özelliktedir. Bunlar içinde kalsit jeodları gelişmiştir. Normal kireçtaşı özelliklerindeki seviyeler gri renkli ve bol eklemlidir. Bol eklem nedeniyle kıymıksı ayırma özelliği kazanmıştır. Kireçtaşları yer yer sarımsı boz renkli olup travertenimsi görünümündedir. Yörük üyesi, kendinden yaşlı tüm birimler üzerinde açısal uyumsuzlukla yer almaktadır. Birimin tavanı aşınmalı olup, üzerinde herhangi bir birim gözlenememiştir. Birim 100 m civarında bir kalınlığa sahiptir. Yörük üyesi içinde yaş elde edilebilecek bir fosil tespit edilememiştir. Stratigrafik konumuna dayanarak birime Pliyonen yaşı verilmiştir.

Yörük üyesini oluşturan karbonatlar göl ortamını karakterize etmektedir. Formasyon 50-100 m arasında bir kalınlığa sahiptir. Formasyon içersinde fosil tespit edilememiştir. Bu nedenle stratigrafik konumuna dayanarak Pliyosen yaşı verilmiştir. Örencik formasyonunun kayatürü özellikleri birimin akarsu ortamında çökelmiş olduğunu gösterir.

2.1.17. Traverten (Qtr)

Özellikle fay hatlarındaki sıcak su çıkışlarına bağlı olarak gelişen karbonat birikimleridir.

2.1.18. Alüvyon (Qal)

Akarsu yataklarında, eski çukurluklar üzerine gelişmiş düz alanlardaki çakıl, kum, çamur çökelleridir.

2.2. BÖLGESEL ÖLÇEKTE YAPISAL JEOLojİ

İnceleme alanının kuzeydoğusu ve güneyi Alt Kretase yaşlı Ulus formasyonu tarafından sınırlandırılmış olup, orta kesimde Karabük-Safranbolu Tersiyer havzası çökelleri yer alır.

İnceleme alanında gözlenen yapısal şekiller Tersiyen ve sonrasında oluşmuşlardır. Karabük-Safranbolu Tersiyer havzasındaki yapısal şekiller doğu-batı uzanımdır. Havzadaki sendinallerin daha belirgin olduğu, antiklinallerin ise daha dar olduğu veya itkilerle daraldığı gözlenir. Kıvrımların gidişleri, devrik konumları ve itkiler kuzey-güney yönünde varolmuş kompresyon kuvvetlerini gösterir (Saner ve diğ., 1980). Bölgede etkin olan K-G yönlü sıkışmaya bağlı olarak inceleme alanının güneyinde Ulus formasyonu D-B doğrultulu, güneye eğimli bir ters fayla Tersiyen yaşlı çökeller üzerine itilmiştir. Buna bağlı olarak Tersiyer çökelleri kıvrımlanmış, devrilmiş ve kuzeye doğu birbiri üzerine ekatlanmıştır. Tersiyer havzasının kuzey sınırında özellikle Karabük civarında sıkışmaya bağlı olarak Tersiyer kayaçları, kuzey kanadı güneye devrik bir senklinal oluşturmuştur. Bunu devrik kanadı kesen ve kuzey bloğu yükselmiş, güney bloğu düşmüş KD-GB doğrultulu bir düşey atımlı fayın oluşumu izlemiştir. Yukarıda anlatılan tektonik gelişmelere bağlı olarak Karabük-Safranbolu Tersiyer havzasının güneybatı kesimi devrik kıvrımlar ve ters faylarla daralırken, kuzeydoğu kesimi daha geniş kalmıştır.

BÖLÜM 3

HİDROJEOLOJİ

3.1. YERALTI SULARININ ÇALIŞMA ALANLARINDAN GÖRÜNTÜLER



(a)

(b)

(c)

Şekil 3.1. Çalışma alanındaki yeraltı kuyu suları ve ölçüm fotoğrafları. a) Cemaller 2, b) Cemaller 1, c) YSI marka ölçüm cihazı, d) Karabük Safranbolu Karacatepe Köyü, e) Karabük Safranbolu Kadıbükü Köyü, f) Karabük Safranbolu Çıraklar Köyü, g) Karabük Safranbolu Toprakcuma Köyü, h) Karabük Safranbolu Davutobası Köyü, ı) Karabük Safranbolu Bostanbükü Köyü, i) Karabük Merkez Kılavuzlar Köyü, j) Karabük Merkez Köy Hizmetleri Binası k) Karabük Merkez Zobran Köyü Hamzalar Mahalle, l) Karabük Cumayanı Köyü 2, m) Karabük Cumayanı Köyü 1.



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)



(i)



(j)

Şekil 3.1. (devam ediyor).



(k)



(l)



(m)

Şekil 3.1. (devam ediyor).

3.2. YERALTI SULARININ NUMUNE ANALİZLERİ

22 adet yeraltı suyu kaynağından elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş madde miktarı (TDS), pH, ORP (Eh) ve sıcaklık ölçümleri YSI 256 model çok parametre ölçen cihaz ile yerinde yapılmıştır.

Yine yeraltı sularının major iyon, iz element analizleri için su örnekleri sızdırmaz kapaklı polietilen şişelere alınmıştır. Çınar Çevre Laboratuvarında, yüksek performanslı iyon kromatografi cihazı kullanarak majör, anyon-katyon ve iz element analizleri gerçekleştirilmiştir.

Yeraltı sularından alınan numunelerin yağışlı ve kurak dönem laboratuvar kimyasal analiz ve iz element sonuçları, Piper ve Schoeller diyagramları için hazırlanan çizelgeler, Wilcox ve ABD sulama suyu diyagramları için hazırlanan çizelgeler aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışma alanındaki yeraltı sularından 1-11. sular yağışlı dönem kimyasal analiz ve iz element sonuçları (mg/L).

	Cemaller Köyü 1	Cemaller Köyü 2	Cumayanı Köyü 1	Cumayanı Köyü 2	Karabük M.Kapullu Mah. M. YILMAZ	Karabük Merkez Kılavuzlar Köyü	Kızılcaören Köyü Merkez Mahallesi	Kızılcaören Köyü Yenimahalle	Köy Hizmetleri Binası	Zobran Köyü Hamzalar Mahallesi	Safranbolu Akören Köyü
Çözünmüş Oksijen mg/L	13,78	15,71	13,01	13,17	13,26	15,61	13,85	13,51	13,87	12,45	13,31
pH	7,64	7,57	7,79	7,64	7,45	8,34	7,83	7,79	7,62	8,63	7,53
İletkenlik $\mu\text{S} / \text{cm}$	875	994	827	930	1288	796	984	941	770	570	1275
Bikarbonat, HCO_3	290	307	82,0	308	389,2	292	137	271	238	189	577
Karbonat, CO_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitrat, NO_3	7,38	11,3	5,40	7,40	20,55	20,2	7,43	31,9	5,95	44,2	8,72
Nitrit, NO_2	<0,01	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,426
Sülfat, SO_4	148	210	213	172	179,67	91,4	171	68,3	125	63,6	476
Klorür, Cl	25,2	20,4	11,7	13,2	48,85	21,4	70,2	<1	26,8	20,7	23,4

Çizelge 3.1. (devam ediyor).

Demir, Fe	0,101	0,114	0,111	0,105	0,063	0,125	0,093	0,082	0,094	0,04	0,28
Civa, Hg	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Amonyum, NH ₄	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061
Magnezyum, Mg	29,9	33,5	28,3	31,4	29,834	25,1	29,0	28,2	26,8	32,5	53,3
Sodyum, Na	40,6	53,1	37,8	43,7	174,24	20,0	67,9	71,5	41,4	24,9	73,2
Potasyum, K	2,73	2,56	2,48	2,45	3,706	2,52	3,65	2,73	2,59	1,32	2,10
Lityum, Li	0,023	0,028	0,029	0,027	0,029	0,014	0,016	0,021	0,022	0,053	0,013
Molibden, Mo	0,001	0,001	<0,0005	<0,0005	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	<0,0005
Bor, B	0,212	0,302	0,247	0,298	0,417	0,112	0,299	0,232	0,187	0,103	0,105
Stronsyum, Sr	0,921	1,02	0,9	0,942	1,818	0,777	0,828	0,854	0,805	0,826	1,33
Mangan, Mn	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,001	0,001	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,004
Bakır, Cu	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Çinko, Zn	0,027	0,072	0,01	<0,005	0,009	<0,005	<0,005	0,008	<0,005	<0,005	0,051

Çizelge 3.1. (devam ediyor).

Kobalt, Co	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Nikel, Ni	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Arsenik, As	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,002	<0,0005	<0,0005	0,002	<0,0005
Kadmiyum, Cd	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Krom, Cr (Toplam)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001
Kurşun, Pb	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Selenyum, Se	0,001	0,002	0,001	0,001	<0,0005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002
Baryum, Ba	0,041	0,033	0,05	0,043	0,0128	0,0049	0,066	0,041	0,036	0,059	0,041
Kalsiyum, Ca	84,1	93,6	92,6	89,0	54,955	100	79,3	70,4	73,1	36,1	124

Çizelge 3.2. Çalışma alanındaki yeraltı sularından 12-22. sular yağışlı dönem kimyasal analiz ve iz element sonuçları (mg/L).

	Safranbolu Bostanbükü Köyü	Safranbolu Çıraklar Köyü	Safranbolu Davutobası Köyü	Safranbolu Davutobası Köyü Köprübaşı Mahallesi	Safranbolu Kadımbükü Köyü	Safranbolu Karacatepe Köyü	Safranbolu Kaş Çiftliği Kenan KAŞ	Safranbolu Navsaklar Köyü	Safranbolu Toprakcuma Köyü	KARDEMİR 6 Nolu Kuyu	KARDEMİR 11 Nolu Kuyu
Çözünmüş Oksijen mg/L	13,56	15,39	13,81	14,01	16,54	16,59	12,67	12,99	14,50	15,30	15,39
pH	7,79	7,71	7,58	7,45	7,69	7,40	7,72	7,51	7,49	8,46	9,62
İletkenlik µS / cm	909	807	1074	1010	875	1084	881	1713	840	759	911
Bikarbonat, HCO ₃	271	347	19	340	324	386,6	231	382	348	169	143
Karbonat, CO ₃	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0
Nitrat, NO ₃	20,7	3,09	2,78	4,03	2,52	28,27	4,69	29,4	2,50	3,74	3,96
Nitrit, NO ₂	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sülfat, SO ₄	187	45,8	134	210	130	49,66	228	<1	65,7	106	127
Klorür, Cl	18,6	9,22	52,5	10,5	14,9	64,04	11,5	38,6	6,65	<1	69,5

Çizelge 3.2. (devam ediyor).

Demir, Fe	0,123	0,134	0,141	0,148	0,101	0,173	0,126	0,183	0,136	0,063	0,068
Civa, Hg	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Amonyum, NH ₄	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061
Magnezyum, Mg	28,4	22,1	29,1	35,6	25,4	29,89	30,2	70,1	27,6	20,9	22,9
Sodyum, Na	33,5	12,4	72,2	30,9	51,6	24,94	35,1	136	11,1	41,8	48,3
Potasyum, K	2,64	1,40	1,71	1,97	1,40	1,042	1,91	2,49	1,50	2,54	3,68
Lityum, Li	0,008	0,007	0,009	0,008	0,007	0,019	0,009	0,019	0,008	0,014	0,014
Molibden, Mo	0,001	<0,0005	0,001	<0,0005	0,001	<0,0005	<0,0005	0,001	<0,0005	0,0007	0,0016
Bor, B	0,061	0,055	0,092	0,058	0,152	<0,02	0,035	0,209	0,051	0,125	0,234
Stronsyum, Sr	0,831	0,455	0,584	0,713	0,553	1,008	0,708	1,58	0,612	0,645	0,716
Mangan, Mn	<0,0005	<0,0005	0,002	<0,0005	<0,0005	0,0006	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0011	<0,0005
Bakır, Cu	0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,0013	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Çinko, Zn	0,007	<0,005	0,01	<0,005	0,007	0,098	<0,005	0,007	<0,005	0,014	0,0051

Çizelge 3.2. (devam ediyor).

Kobalt, Co	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Nikel, Ni	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,0069
Arsenik, As	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0005	0,00063	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Kadmiyum, Cd	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Krom, Cr (Toplam)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001
Kurşun, Pb	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Selenyum, Se	0,001	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,001	0,006	<0,0005	0,0007	0,0009
Baryum, Ba	0,055	0,031	0,042	0,047	0,033	0,0103	0,04	0,041	0,031	0,045	0,06
Kalsiyum, Ca	99,3	109	104	120	83,1	137,43	102	140	110	55,6	65,4

Çizelge 3.3. Çalışma alanındaki yeraltı sularından 1-11. sular kurak dönem kimyasal analiz ve iz element sonuçları (mg/L).

	Cemaller Köyü 1	Cemaller Köyü 2	Cumayani Köyü 1	Cumayani Köyü 2	Karabük M.Kapullu Mah. M. YILMAZ	Karabük Merkez Kılavuzlar Köyü	Kızılcaören Köyü Merkez Mahallesi	Kızılcaören Köyü Yenimahalle	Köy Hizmetleri Binası	Zobran Köyü Hamzalar Mahallesi	Safranbolu Akören Köyü
Çözünmüş Oksijen mg/L	15,06	17,65	15,82	17,56	16,83	15,73	10,95	11,54	15,20	16,42	17,08
pH	8,50	8,81	8,78	8,65	9,05	8,38	8,91	8,77	8,54	9,62	8,65
İletkenlik $\mu\text{S} / \text{cm}$	846	932	910	903	1126	815	762	871	793	815	519
Bikarbonat, HCO_3	328	319	329	151	456	342	214	294	299	188	283
Karbonat, CO_3	0	0	0	0	0	0	15,2	13,6	0	11,2	0
Nitrat, NO_3	11,1	7,53	7,53	8,63	29,4	22,7	1,03	5,36	6,08	44,3	<0,45
Nitrit, NO_2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sülfat, SO_4	167	127	157	153	131	80,6	149	163	145	32,9	30,3
Klorür, Cl	14	18,9	12,8	19,3	22,0	22,4	40,9	32,8	19,3	17,5	2,87

Çizelge 3.3. (devam ediyor).

Demir, Fe	0,045	0,046	0,045	0,042	0,027	0,439	0,034	0,034	0,034	0,03	0,033
Civa, Hg	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Amonyum, NH ₄	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061
Magnezyum, Mg	29,7	27,4	28,1	28,8	30,2	21,7	20,5	24,6	24,6	29,4	12,7
Sodyum, Na	49,9	40,0	40,3	41,0	113	19,7	51,5	66,8	38,1	23,2	3,97
Potasyum, K	2,47	2,85	2,54	2,59	3,66	2,72	3,00	2,51	2,48	1,24	0,561
Lityum, Li	0,024	0,025	0,024	0,026	0,023	0,013	0,015	0,016	0,02	0,048	0,006
Molibden, Mo	0,0006	0,001	<0,0005	<0,0005	0,002	0,0008	0,002	0,001	0,001	0,003	<0,0005
Bor, B	0,341	0,263	0,306	0,31	0,322	0,166	0,881	0,255	0,226	0,135	<0,02
Stronsyum, Sr	1,01	1,00	0,983	1,02	2,16	0,904	0,678	0,899	0,891	0,885	0,481
Mangan, Mn	<0,0005	0,003	<0,0005	<0,0005	0,0025	<0,0005	0,0007	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Bakır, Cu	<0,001	0,014	0,001	<0,001	0,0028	0,004	0,008	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Çinko, Zn	0,042	1,97	0,015	<0,005	0,019	0,008	0,069	0,13	<0,005	0,024	<0,005

Çizelge 3.3. (devam ediyor).

Kobalt, Co	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Nikel, Ni	<0,005	0,012	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Arsenik, As	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,002	0,001
Kadmiyum, Cd	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Krom, Cr (Toplam)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001
Kurşun, Pb	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Selenyum, Se	0,002	0,001	0,001	0,001	0,0007	0,0008	<0,0005	0,001	0,001	0,002	<0,0005
Baryum, Ba	0,037	0,05	0,049	0,05	0,016	0,062	0,054	0,045	0,0362	0,067	0,05
Kalsiyum, Ca	80,9	75,4	81,2	83,3	54,6	88,3	54,4	60,2	63,5	33,2	67,7

Çizelge 3.4. Çalışma alanındaki yeraltı sularından 12-22. sular kurak dönem kimyasal analiz ve iz element sonuçları (mg/L).

	Safranbolu Bostanbükü Köyü	Safranbolu Çıraklar Köyü	Safranbolu Davutobası Köyü	Safranbolu Davutobası Köyü Köprübaşı Mahallesi	Safranbolu Kadibükü Köyü	Safranbolu Karacatepe Köyü	Safranbolu Kaş Çiftliği Kenan KAŞ	Safranbolu Navsaklar Köyü	Safranbolu Toprakcuma Köyü	KARDEMİR 6 Nolu Kuyu	KARDEMİR 11 Nolu Kuyu
Çözülmüş Oksijen mg/L	17,68	16,06	15,54	15,76	19,17	17,09	14,49	15,65	17,23	17,26	12,91
pH	8,45	8,71	8,66	8,28	8,96	8,49	8,37	8,12	8,53	9,24	9,77
İletkenlik $\mu\text{S} / \text{cm}$	879	774	611	924	855	1054	839	1723	868	717	890
Bikarbonat, HCO_3	291	404	331	398	375	424	250	406	420	269	273
Karbonat, CO_3	0	0	0	0	0	0	18,8	0	0	0	6,40
Nitrat, NO_3	19,1	3,10	2,26	4,11	2,92	50,5	4,60	31,5	3,96	1,11	2,12
Nitrit, NO_2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sülfat, SO_4	157	37,3	5,93	133	88,8	55,6	196	614	65,5	101	107
Klorür, Cl	15,4	7,33	6,49	8,65	13,9	61,0	11,1	28,4	7,54	25,6	58,0

Çizelge 3.4. (devam ediyor).

Demir, Fe	0,046	0,051	0,045	0,05	0,036	0,091	0,056	0,084	0,056	0,089	0,041
Civa, Hg	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Amonyum, NH ₄	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061	<0,061
Magnezyum, Mg	24,7	19,6	10,3	28,6	21,5	26,5	24,3	59,4	26,4	20,5	20,2
Sodyum, Na	33,8	12,2	6,82	29,0	57,2	23,1	32,4	119	12,7	41,1	65,5
Potasyum, K	2,13	1,56	0,398	1,69	1,29	0,668	1,68	2,24	1,65	3,09	5,46
Lityum, Li	0,007	0,005	0,008	0,006	0,007	0,014	0,008	0,018	0,007	0,019	0,014
Molibden, Mo	0,0007	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0007	<0,0005	0,0005	0,0008	<0,0005	0,0009	0,004
Bor, B	0,105	0,107	<0,02	0,102	0,214	0,051	0,076	0,246	0,101	0,216	0,336
Stronsyum, Sr	0,889	0,473	0,427	0,703	0,584	1,07	0,757	1,71	0,73	0,714	0,707
Mangan, Mn	<0,0005	0,0006	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0006	<0,0005	0,019	0,001
Bakır, Cu	0,002	0,0015	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	0,0017	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Çinko, Zn	<0,0005	<0,0005	<0,005	0,011	0,009	0,029	<0,005	0,015	<0,005	<0,005	<0,005

Çizelge 3.4. (devam ediyor).

Kobalt, Co	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Nikel, Ni	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Arsenik, As	<0,0005	<0,0005	0,0005	<0,0005	0,0007	0,0008	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Kadmiyum, Cd	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Krom, Cr (Toplam)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Kurşun, Pb	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Selenyum, Se	0,001	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0008	0,0059	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Baryum, Ba	0,06	0,036	0,039	0,049	0,036	0,102	0,042	0,054	0,039	0,051	0,066
Kalsiyum, Ca	86,5	98,5	81,0	97,4	69,5	120	77,3	118	105	54,3	56,3

Çizelge 3.5. Çalışma alanındaki yeraltı sularının Piper ve Schoeller diyagramları için yağışlı dönem sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum analiz sonuçları.

	derişimler mg/L				derişimler meq/l			
	Sodyum	Potasyum	Kalsiyum	Magnezyum	Sodyum	Potasyum	Kalsiyum	Magnezyum
K 1	40,6	2,73	84,1	29,9	1,77	0,07	4,21	2,49
K 2	53,1	2,56	93,6	33,5	2,31	0,07	4,68	2,79
K 3	37,8	2,48	92,6	28,3	1,64	0,06	4,63	2,36
K 4	43,7	2,45	89	31,4	1,90	0,06	4,45	2,62
K 5	174,24	3,706	54,955	29,834	7,58	0,10	2,75	2,49
K 6	20	2,52	100	25,1	0,87	0,06	5,00	2,09
K 7	67,9	3,65	79,3	29	2,95	0,09	3,97	2,42
K 8	71,5	2,73	70,4	28,2	3,11	0,07	3,52	2,35
K 9	41,4	2,59	73,1	26,8	1,80	0,07	3,66	2,23
K 10	24,9	1,32	36,1	32,5	1,08	0,03	1,81	2,71
K 11	73,2	2,1	124	53,3	3,18	0,05	6,20	4,44
K 12	33,5	2,64	99,3	28,4	1,46	0,07	4,97	2,37
K 13	12,4	1,4	109	22,1	0,54	0,04	5,45	1,84
K 14	72,2	1,71	104	29,1	3,14	0,04	5,20	2,43
K 15	30,9	1,97	120	35,6	1,34	0,05	6,00	2,97
K 16	51,6	1,4	83,1	25,4	2,24	0,04	4,16	2,12
K 17	24,94	1,042	137,43	29,89	1,08	0,03	6,87	2,49
K 18	35,1	1,91	102	30,2	1,53	0,05	5,10	2,52
K 19	136	2,49	140	70,1	5,91	0,06	7,00	5,84
K 20	11,1	1,5	110	27,6	0,48	0,04	5,50	2,30
K 21	41,8	2,54	55,6	20,9	1,82	0,07	2,78	1,74
K 22	48,3	3,68	65,4	22,9	2,10	0,09	3,27	1,91

Çizelge 3.6. Çalışma alanındaki yeraltı sularının yağışlı dönem sodyum yüzdesi, özgül elektriksel iletkenlik ve SAR değerleri.

	%Na = [Na / (Na+K+Ca+Mg)]*100	Özgöl Elektriksel İletkenlik	SAR
K 1	20,69	875	0,96
K 2	23,45	994	1,19
K 3	18,90	827	0,88
K 4	21,04	930	1,01
K 5	58,71	1288	4,68
K 6	10,83	796	0,46
K 7	31,31	984	1,65
K 8	34,36	941	1,81
K 9	23,21	770	1,05
K 10	19,23	570	0,72
K 11	22,93	1275	1,38
K 12	16,45	909	0,76
K 13	6,85	807	0,28
K 14	29,04	1074	1,61
K 15	12,97	1010	0,63
K 16	26,24	875	1,27
K 17	10,35	1084	0,50
K 18	16,60	881	0,78
K 19	31,42	1713	2,33
K 20	5,80	840	0,24
K 21	28,38	759	1,21
K 22	28,48	911	1,31

Çizelge 3.7. Çalışma alanındaki yeraltı sularının Piper ve Schoeller diyagramları için yağışlı dönem bikarbonat, sülfat, klorür analiz sonuçları.

	derişimler mg/L			derişimler meq/l		
	Bikarbonat	Sülfat	Klorür	Bikarbonat	Sülfat	Klorür
K 1	290	148	25,2	4,75	3,08	0,71
K 2	307	210	20,4	5,03	4,38	0,57
K 3	82	213	11,7	1,34	4,44	0,33
K 4	308	172	13,2	5,05	3,58	0,37
K 5	389,2	179,67	48,85	6,38	3,74	1,38
K 6	292	91,4	21,4	4,79	1,90	0,60
K 7	137	171	70,2	2,25	3,56	1,98
K 8	271	68,3	1	4,44	1,42	0,03
K 9	238	125	26,8	3,90	2,60	0,75
K 10	189	63,6	20,7	3,10	1,33	0,58
K 11	577	476	23,4	9,46	9,92	0,66
K 12	271	187	18,6	4,44	3,90	0,52
K 13	347	45,8	9,22	5,69	0,95	0,26
K 14	19	134	52,5	0,31	2,79	1,48
K 15	340	210	10,5	5,57	4,38	0,30
K 16	324	130	14,9	5,31	2,71	0,42
K 17	386,6	49,66	64,04	6,34	1,03	1,80
K 18	231	228	11,5	3,79	4,75	0,32
K 19	382	1	38,6	6,26	0,02	1,09
K 20	348	65,7	6,65	5,70	1,37	0,19
K 21	169	106	1	2,77	2,21	0,03
K 22	143	127	69,5	2,34	2,65	1,96

Çizelge 3.8. Çalışma alanındaki yeraltı sularının Piper ve Schoeller diyagramları için kurak dönem sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum analiz sonuçları.

	derişimler mg/L				derişimler meq/l			
	Sodyum	Potasyum	Kalsiyum	Magnezyum	Sodyum	Potasyum	Kalsiyum	Magnezyum
K 1	49,9	2,47	80,9	29,7	2,17	0,06	4,05	2,48
K 2	40	2,85	75,4	27,4	1,74	0,07	3,77	2,28
K 3	40,3	2,54	81,2	28,1	1,75	0,07	4,06	2,34
K 4	41	2,59	83,3	28,8	1,78	0,07	4,17	2,40
K 5	113	3,66	54,6	30,2	4,91	0,09	2,73	2,52
K 6	19,7	2,72	88,3	21,7	0,86	0,07	4,42	1,81
K 7	51,5	3	54,4	20,5	2,24	0,08	2,72	1,71
K 8	66,8	2,51	60,2	24,6	2,90	0,06	3,01	2,05
K 9	38,1	2,48	63,5	24,6	1,66	0,06	3,18	2,05
K 10	23,2	1,24	33,2	29,4	1,01	0,03	1,66	2,45
K 11	3,97	0,561	67,7	12,7	0,17	0,01	3,39	1,06
K 12	33,8	2,13	86,5	24,7	1,47	0,05	4,33	2,06
K 13	12,2	1,56	98,5	19,6	0,53	0,04	4,93	1,63
K 14	6,82	0,398	81	10,3	0,30	0,01	4,05	0,86
K 15	29	1,69	97,4	28,6	1,26	0,04	4,87	2,38
K 16	57,2	1,29	69,5	21,5	2,49	0,03	3,48	1,79
K 17	23,1	0,668	120	26,5	1,00	0,02	6,00	2,21
K 18	32,4	1,68	77,3	24,3	1,41	0,04	3,87	2,03
K 19	119	2,24	118	59,4	5,17	0,06	5,90	4,95
K 20	12,7	1,65	105	26,4	0,55	0,04	5,25	2,20
K 21	41,1	3,09	54,3	20,5	1,79	0,08	2,72	1,71
K 22	65,5	5,46	56,3	20,2	2,85	0,14	2,82	1,68

Çizelge 3.9. Çalışma alanındaki yeraltı sularının kurak dönem sodyum yüzdesi, özgül elektriksel iletkenlik ve SAR değerleri.

	%Na = [Na / (Na+K+Ca+Mg)]*100	Özgül Elektriksel İletkenlik	SAR
K 1	24,79	846	1,20
K 2	22,11	932	1,00
K 3	21,32	910	0,98
K 4	21,19	903	0,98
K 5	47,92	1126	3,03
K 6	11,98	815	0,49
K 7	33,20	762	1,50
K 8	36,17	871	1,83
K 9	23,85	793	1,02
K 10	19,58	539	0,70
K 11	3,73	519	0,12
K 12	18,58	879	0,82
K 13	7,44	774	0,29
K 14	5,69	611	0,19
K 15	14,73	924	0,66
K 16	31,94	855	1,53
K 17	10,88	1054	0,50
K 18	19,19	839	0,82
K 19	32,17	1723	2,22
K 20	6,86	868	0,29
K 21	28,41	717	1,20
K 22	38,04	890	1,90

Çizelge 3.10. Çalışma alanındaki yeraltı sularının pPiper ve Schoeller diyagramları için kurak dönem bikarbonat, sülfat, klorür analiz sonuçları.

	derişimler mg/L			derişimler meq/l		
	Bikarbonat	Sülfat	Klorür	Bikarbonat	Sülfat	Klorür
K 1	328	167	14	5,38	3,48	0,39
K 2	319	127	18,9	5,23	2,65	0,53
K 3	329	157	12,8	5,39	3,27	0,36
K 4	151	153	19,3	2,48	3,19	0,54
K 5	456	131	22	7,48	2,73	0,62
K 6	342	80,6	22,4	5,61	1,68	0,63
K 7	214	149	40,9	3,51	3,10	1,15
K 8	294	163	32,8	4,82	3,40	0,92
K 9	299	145	19,3	4,90	3,02	0,54
K 10	188	32,9	17,5	3,08	0,69	0,49
K 11	283	30,3	2,87	4,64	0,63	0,08
K 12	291	157	15,4	4,77	3,27	0,43
K 13	404	37,3	7,33	6,62	0,78	0,21
K 14	331	5,93	6,49	5,43	0,12	0,18
K 15	398	133	8,65	6,52	2,77	0,24
K 16	375	88,8	13,9	6,15	1,85	0,39
K 17	424	55,6	61	6,95	1,16	1,72
K 18	250	196	11,1	4,10	4,08	0,31
K 19	406	614	28,4	6,66	12,79	0,80
K 20	420	65,5	7,54	6,89	1,36	0,21
K 21	269	101	25,6	4,41	2,10	0,72
K 22	273	107	58	4,48	2,23	1,63

BÖLÜM 4

YERALTI SULARININ KİMYASI

Çalışmamız kapsamında bölgemizde bulunan 22 adet yeraltı suyunun kimyasal özelliklerini belirlemek ve kalitesini ortaya koymak amacıyla 2016 yılı yağışlı döneminde (Mayıs) ve kurak döneminde (Ekim) sıcaklık (T), pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katılar (TDS), yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (ORP-Eh) değerleri yerinde ölçülmüş ve major anyon-kasyon, iz element analizleri amacıyla su örneklemeleri 2'şer adet olarak sızdırmaz kapaklı polietilen şişelere alınmıştır.

Laboratuara gönderilen su örneklerinin analizleri sonucunda gelen yeraltı sularının major anyon-kasyon analizleri ve iz element sonuçları Çizelge 3.1. , 3.2. , 3.3. ve 3.4.'e işlenmiştir. Bunun yanında Çizelge 4.1.'de Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (Sağlık Bakanlığı, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü İçme Suyu Standartları (WHO, 2006) yer almaktadır. Bu standartlar kapsamında 22 yeraltı suyu içme suyu açısından değerlendirilmiştir, ayrıca suların sulama suyu açısından sınıflaması ABD Tuzluluk diyagramı ve Wilcox Diyagramı göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir.

Yeraltı sularımızın sulama suyu açısından değerlendirilmesi için öncelikle Sodyum Adsorbsiyon Oranları (SAR), Sodyum Yüzdesi ve Özgül Elektriksel İletkenlik (EC) değerleri 22 adet yeraltı suyumuz için ayrı ayrı tablolar halinde hesaplanmıştır.

Çalışma alanı içerisinde yeralan yeraltısularımızın sulama suyu açısından değerlendirilebilmesi için SAR ve EC esas alınarak ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı (Şekil 4.6., Şekil 4.8.) ve %Na ve EC esas alınarak Wilcox Diyagramı (Şekil 4.5. Şekil 4.7.) çizilmiş ve yorumlanmıştır.

Çizelge 4.1. Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standartları (Sağlık Bakanlığı, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü Standartları (WHO-2006).

STANDART	TS 266-2005	WHO-2006
Maddenin Adı	İzin Verilebilecek Max. Miktar (mg/l)	Yönetmelik Değeri
1. Organoleptik Özellikler		
Berrak, tortusuz, kendine has renkte ve kokusuz olmalıdır		
2. Mikrobiyolojik Özellikler		
2.1. Escherichia coli (E. Coli)	0	
2.2. Enterococci	0	
2.3. Pseudomonas aeruginosa	(-)	
2.4. Koloni sayımı, 22 °C'de	(-)	
2.5. Koloni sayımı, 37 °C'de	(-)	
3. Kimyasal Özellikler		
3.1. Antimon (Sb)	0.005	0.02
3.2. Arsenik (As)	0.01	0.01
3.3. Baryum (Ba)		0.7
3.3. Benzen	0.001	0.01
3.4. Bor (B)	1	0.5
3.5. Bromat (BrO ₃)	0.01	0.01
3.6. Kadmiyum (Cd)	0.005	0.003
3.7. Krom (Cr)	0.05	0.05
3.8. Bakır (Cu)	2	2
3.9. Siyanür (CN)	0.05	0.07
3.10. Florür (F)	1.5	1.5
3.11. Kurşun (Pb)	0.01	0.01
3.12. Civa (Hg)	0.001	0.006
3.13. Molibden (Mo)		0.07
3.14. Nikel (Ni)	0.02	0.07
3.15. Nitrat (NO ₃)	50	50
3.16. Nitrit (NO ₂)	0.5	3 - 0.2
3.17. Pestisitler	0.0001	
3.18. Toplam Pestisit	0.0005	
3.19. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar	0.0001	
3.20. Selenyum (Se)	0.01	0.01
4. Yukarıdaki Standartlara Uygunluğun İzlenmesinde Dikkate Alınacak Özellikler		
4.1. Alüminyum (Al)	0.2	0.2
4.2. Amonyum (NH ₄)	0.5	
4.3. Klorür (Cl)	250	
4.4. Clostridium perfringens	0	
4.5. Renk	20 (pt-Co) skalası	
4.6. İletkenlik	2500 µS/cm	
4.7. pH	6,5 - 9,5	
4.8. Demir (Fe)	0.2	
4.9. Mangan (Mn)	0.05	0.4
4.10. Koku	Suyun kokusunda fark edilebilir bir değişiklik olmamalıdır	
4.11. Sülfat (SO ₄)	250	
4.12. Sodyum (Na)	200	
4.13. Tat	Suyun kendine has tadında fark edilebilir değişiklik olmamalıdır	
4.14. Koloni sayımı 22 °C 'de	Fark edilebilir bir değişiklik olmamalıdır	
4.15. Koliform bakteri	0	
4.16. Toplam organik karbon	Fark edilebilir bir değişiklik olmamalıdır	
4.17. Bulanıklık	5 NTU	
4.18. Tritiyum (³ H)	100 Bq/L	
4.19. Toplam gösterge dozu	0,1 mSv/yıl	
4.20. Alfa aktivitesi	0,1 Bq/L	
4.21. Beta Aktivitesi	1 Bq/L	
4.22 Uranyum		0.015

(-) işareti bu özelliğin aranmayacağı, boş alanlar ise yönetmelikte herhangi bir değer olmadığını ifade etmektedir.

4.1. YERALTI SULARIMIZ

4.1.1. İçme Suyu Açısından Değerlendirme

Suların tercihinde içiminin haz vermesi, içeni rahatlatması ve içinde canlıya zarar verecek herhangi bir maddenin bulunmaması önem arz etmektedir. Ayrıca canlı sağlığı açısından gerekli mineralleri bulundurması gerekir. Suyun canlıya herhangi bir zararının dokunmaması için kimyasal ve biyolojik yönden uygun olması gerekir. Ağır metaller suların ihtiva ettiği miktarlara göre tehlike arz edebilirler. Bunların bazıları çok düşük konsantrasyonlarda dahi oldukça tehlikelidir. Bu kirleticilerin varlığı ilerleyen süreçte canlıların sağlığını ve yaşamını tehdit edebilir. Buradan yola çıkarak biz de çalışmamızda yeraltı sularımızın analiz sonuçlarına göre değerlendirmeler yapacağız.

İçme suyu olarak kullanılacak suların ihtiva ettikleri maddeler açısından değerlendirilmesinde farklı sınırlandırmalar, alt ve üst limitler mevcuttur. Bunlar değişik ülkelerde farklılıklar göstermektedir. Yeraltı sularımızı içme suyu açısından değerlendirilirken Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (Sağlık Bakanlığı, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü İçme Suyu Standartları (WHO, 2006) göz önünde bulunduracak ve buna göre değerlendirmelerimizi yapacağız. Göz önünde bulunduracağımız bu standartlar Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1.'de verilen Türk ve Dünya İçme Suyu Standartları ile Karabük İli merkezi ve çevresinde bulunan 22 adet yeraltı suyunun yağışlı ve kurak dönemlerdeki numune analizlerinden elde edilen değerleri karşılaştırılmıştır. Buna göre yeraltı sularının yağışlı dönem EC değerleri 570-1713 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standartlarında (Sağlık Bakanlığı, 2005) verilen 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ üst sınır değerini aşmamaktadır. Yeraltı sularının kurak dönem EC değerleri 519-1723 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standartlarında (Sağlık Bakanlığı, 2005) verilen 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ üst sınır değerini aşmamaktadır.

Yeraltı Sularımızın pH değerleri yağışlı dönemde 7.40-9.62 arasında olup sadece K 22'de 9.62 ile Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değerinin (9.5) üstünde

kalmaktadır. Kurak dönemde ise pH değerleri 8.12-9.77 arasında değişmekte olup, K 10'da 9.62 ve K 22'de 9.77 ile Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değerinin (9.5) üstünde kalmaktadır.

Aşağıda sırası ile Yeraltı Sularımızın Analiz Sonuçlarına göre tüm maddelerin değerlendirilmesine yer verilmiştir.

Yeraltı Sularımızın Bikarbonat değerleri yağışlı dönemde 19-577 mg/L arasında, Kurak dönemde ise 151-456 mg/L arasında değişmektedir.

Yeraltı Sularımızın Karbonat değerleri yağışlı dönemde 0-14 mg/L arasında, Kurak dönemde ise 0-18.8 mg/L arasında değişmektedir.

Yeraltı sularının Nitrat değerleri yağışlı dönemde 2.50-44.20 mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 50 mg/L'yi aşmamaktadırlar. Kurak dönemde ise <0.45-50.5 mg/L arasında değişmekte olup sadece K 17'de 50.50 ile Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değerinin (50 mg/L) % 1 oranında üstünde kalmaktadır. Nitrat, azot bulunduran organik bileşiklerde sonuncu yükseltgenme ürünüdür. Nitrattaki azot suda kolayca çözünür ve su içinde tehlike belirtisidir. Sudaki nitratin konsantrasyonunun artma sebebi, tarımda kullanılmakta olan gübre, evsel ve endüstri kaynaklı atıklardır. Devamlı yüksek miktarda nitrat ihtiva eden suları tüketmek ölüme sebep olabilir. Bakterilerin bazıları nitrati nitrite indirger. Oluşan bol miktardaki nitrit kanımızdaki hemoglobini methemoglobine çevirir ve oksijenin dokulara taşınmasına engel olur. Bebeklerde Mavi Bebek denen hastalığa sebep olup, ölümlere yol açabilmektedir.

Yeraltı sularının Nitrit değerleri yağışlı dönemde <0.01-0.426 mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 0.5 mg/L'yi aşmamaktadırlar. Kurak dönemde ise tümünün <0.01 mg/L olduğu görülmektedir. Nitrit sularımızda biyolojik kirlenmenin bir göstergesidir ve bu açıdan önemlidir. İçme sularımızda nitrit olması istenmez. Nitritler bol miktarda organik madde ile birlikte bulunursa daha büyük çaplı bir kirlenme söz konusudur. Normal dezenfektanlarla beraber oksidasyonu oldukça kolaydır. Bu sebepten dolayı nitrit

bulunan suların dezenfeksiyonuna dikkat edilmelidir. Nitratlara yakın etkileri vardır; ancak daha çok tehlikelidir. Septisemiye (kanın zehirlenmesi) neden olmaktadır.

Yeraltı Sularımızın Sülfat değerleri yağışlı dönemde $<1-476$ mg/L arasında olup sadece K 11'de 476 mg/L (yaklaşık 2 kat) ile Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değerinin (250 mg/L) üstünde kalmaktadır. Kurak dönemde ise 5.93-614 mg/L arasında olup sadece K 19'da 614 mg/L (yaklaşık 3 kat) ile Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değerinin (250 mg/L) üstünde kalmaktadır. Fazla Sülfat suyun tadında istenmeyen değişiklikler meydana getirir. Yeraltı Sularında yüksek oranda NaSO_4 ve MgSO_4 'ın bulunması insanlar üzerinde mushil etkisi gösterebilmektedir (Atabey, 2005).

Yeraltı Sularımızın Klorür değerleri yağışlı dönemde $<1-70.2$ mg/L arasında, kurak dönemde ise 6.49-61.0 mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standartlarına göre üst sınır olan 250 mg/L değerini aşmamaktadır.

Yeraltı sularımızda Demir konsantrasyonu yağışlı dönemde 0.04-0.28 mg/L arasında değişmekte olup sadece K 11'de 0.28 ile Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değerinin (0.2 mg/L) % 40 oranında üstünde kalmaktadır. Kurak dönemde ise 0.027-0.439 mg/L arasında değişmekte olup sadece K 6'da 0.439 ile Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değerinin (0.2 mg/L) yaklaşık % 120 oranında üstünde kalmaktadır. Buradaki yüksek Demir konsantrasyonunun yakınlarda bulunan Demir Çelik Endüstrisinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Suların litresinde 0.3 mg' dan daha çok demir olması; lezzetini bozar, bazı küçük canlıların oluşmasına ve hızla çoğalmasına (alg oluşumlarına) sebep olur, çökelen hidroksitle birlikte borularda tıkanmamalar meydana getirir. Bu nedenlerle bu miktarlardan fazla olması sanayi ve günlük gereksinimlerin karşılanmasında uygun olmaz.

Çalışma alanındaki Yeraltı sularımızın Civa değerleri, hem yağışlı hem de kurak dönemde <0.0001 mg/L'dir. Hiçbirinde Kurşun konsantrasyonu Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 0.001 mg/L'yi bulmamıştır.

Çalışma alanındaki Yeraltı sularımızda Amonyum değerleri, hem yağışlı hem de kurak dönemde <0.061 mg/L'dir. Hiçbirinde Amonyum konsantrasyonu Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 0.5 mg/L'yi bulmamıştır.

Magnezyum için Türk İçme Suyu Standardında üst limit değeri belirtilmemiştir.

İçme sularında miktarının fazla olması durumlarında göz tahribatına yol açmaktadır. Fazla miktarlardaki Magnezyum ishale neden olur. Sularımızdaki magnezyum miktarı, irtibatlı oldukları toprağın yapısı ile bağlantılıdır. Suyun tadında acılığa neden olur. Yeraltı sularının Magnezyum değerleri yağışlı dönemde 20.9-70.1 mg/L arasında değişmektedir. Kurak dönemde ise 10.3-59.4 mg/L arasında değişmektedir.

Yeraltı Sularımızın Sodyum değerleri yağışlı dönemde 11.1-174.24 mg/L arasında, Kurak dönemde ise 3.97-119 mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standartlarına göre üst sınır olan 200 mg/L'yi geçmemektedir.

Potasyum için Türk İçme Suyu Standardında üst limit değeri belirtilmemiştir.

Yeraltı sularının Potasyum değerleri yağışlı dönemde 1.042-3.706 mg/L arasında değişmektedir. Kurak dönemde ise 0.398-5.46 mg/L arasında değişmektedir.

Lityum için Türk İçme Suyu Standardında üst limit değeri belirtilmemiştir.

Yeraltı sularının Lityum değerleri yağışlı dönemde 0.007-0.053 mg/L arasında değişmektedir. Kurak dönemde ise 0.005-0.048 mg/L arasında değişmektedir.

Molibden için Türk İçme Suyu Standardında üst limit değeri belirtilmemiştir. Ancak Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006) standartlarındaki üst limit değeri 0.7 mg/L'dir. Molibden değerleri yağışlı dönemde <0.0005 -0.002 mg/L arasında değişmekte olup Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006) standartlarındaki üst limit değeri 0.07 mg/L'yi aşmamaktadır. Kurak dönemde de <0.0005 -0.004 mg/L arasında değişmekte olup Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006) standartlarındaki üst limit değeri 0.07 mg/L'yi aşmamaktadır.

Yeraltı sularımızda Bor konsantrasyonu yağışlı dönemde <0.02-0.417 mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 1 mg/L'yi aşmamaktadır. Kurak dönemde ise <0.02-0.881 mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 1 mg/L'yi aşmamaktadır.

Yeraltı sularının Stronsiyum değerleri yağışlı dönemde 0.455-1.818 mg/L arasında değişmektedir. Kurak dönemde ise 0.427-2.16 mg/L arasında değişmektedir.

Yeraltı sularının Mangan değerleri yağışlı dönemde <0.0005-0.004 mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 0.05 mg/L'yi aşmamaktadırlar. Kurak dönemde ise <0.0005-0.019 mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 0.05 mg/L'yi aşmamaktadırlar. Mangan, insan ve hayvan beslenmesinde ana elementlerden biridir (WHO, 1984 a., McNeely vd., 1979). Mangan eksikliğinde büyümede yavaşlama, sinir sisteminde bozukluklar, anemi, çocuklarda kemiklerde bozukluklara yol açarken, limit değeri aşması durumunda alzheimer'a ve bakteri büyümesine neden olmaktadır. Ayrıca suyun tadını bozmakta, koku oluşturmakta, bulanıklılık oluşturmakta ve mutfak malzemelerinde pas oluşumuna neden olmaktadır (McNeely vd., 1979, Griffin, 1960; Wolfe, 1960; WHO 1984 b, Akpınar, 2007).

Yeraltı sularımızda Bakır konsantrasyonu yağışlı dönemde <0.001-0.002 mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 2 mg/L'yi aşmamaktadır. Kurak dönemde ise <0.001-0.014 mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 2 mg/L'yi aşmamaktadır.

Yeraltı sularımızda Çinko konsantrasyonu yağışlı dönemde <0.005-0.098 mg/L arasında değişmektedir. TSE ve Sağlık Bakanlığı bu konuda bir sınırlandırma getirmemiştir. EPA çinko için limit değer 5 mg./lt."dir. Hiçbir su Üst limit değeri olan 5 mg/L'yi aşmamaktadır. Kurak dönemde ise <0.005-1.97 mg/L arasında değişmekte olup Hiçbir su Üst limit değeri olan 5 mg/L'yi aşmamaktadır. Normal bir insanın, günde aldığı gıdalarda 12 mg çinko olması gerekir. Çoğu besinde bol miktarlarda bulunmakta olan çinko bağışıklık sistemimizde anahtar rol oynar, zindelik verir, verim artırır. Bağışıklık sistemimizin düzenli olarak çalışabilmesi için

vücudumuzda bol miktarda çinko olması gerekse de bir litre suyun içinde 15 mg'dan fazla bulunan çinko kabızlık rahatsızlığına neden olur.

Çalışma alanındaki Yeraltı sularımızın Kobalt değerleri, hem yağışlı hem de kurak dönemde <0.0005 mg/L'dir.

Yeraltı sularının Nikel konsantrasyonları yağışlı dönemde $<0.005-0.0069$ mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 0.02 mg/L'yi aşmamaktadırlar. Kurak dönemde ise $<0.005-0.012$ mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 0.02 mg/L'yi aşmamaktadırlar.

Yeraltı sularının Arsenik değerleri yağışlı dönemde $<0.0005-0.002$ mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 0.01 mg/L'yi aşmamaktadırlar. Kurak dönemde de aynı şekilde $<0.0005-0.002$ mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 0.01 mg/L'yi aşmamaktadırlar.

Çalışma alanındaki Yeraltı sularımızda Kadmiyum değerleri, hem yağışlı hem de kurak dönemde <0.0005 mg/L'dir. Hiçbirinde Kadmiyum konsantrasyonu Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 0.005 mg/L'yi bulmamıştır.

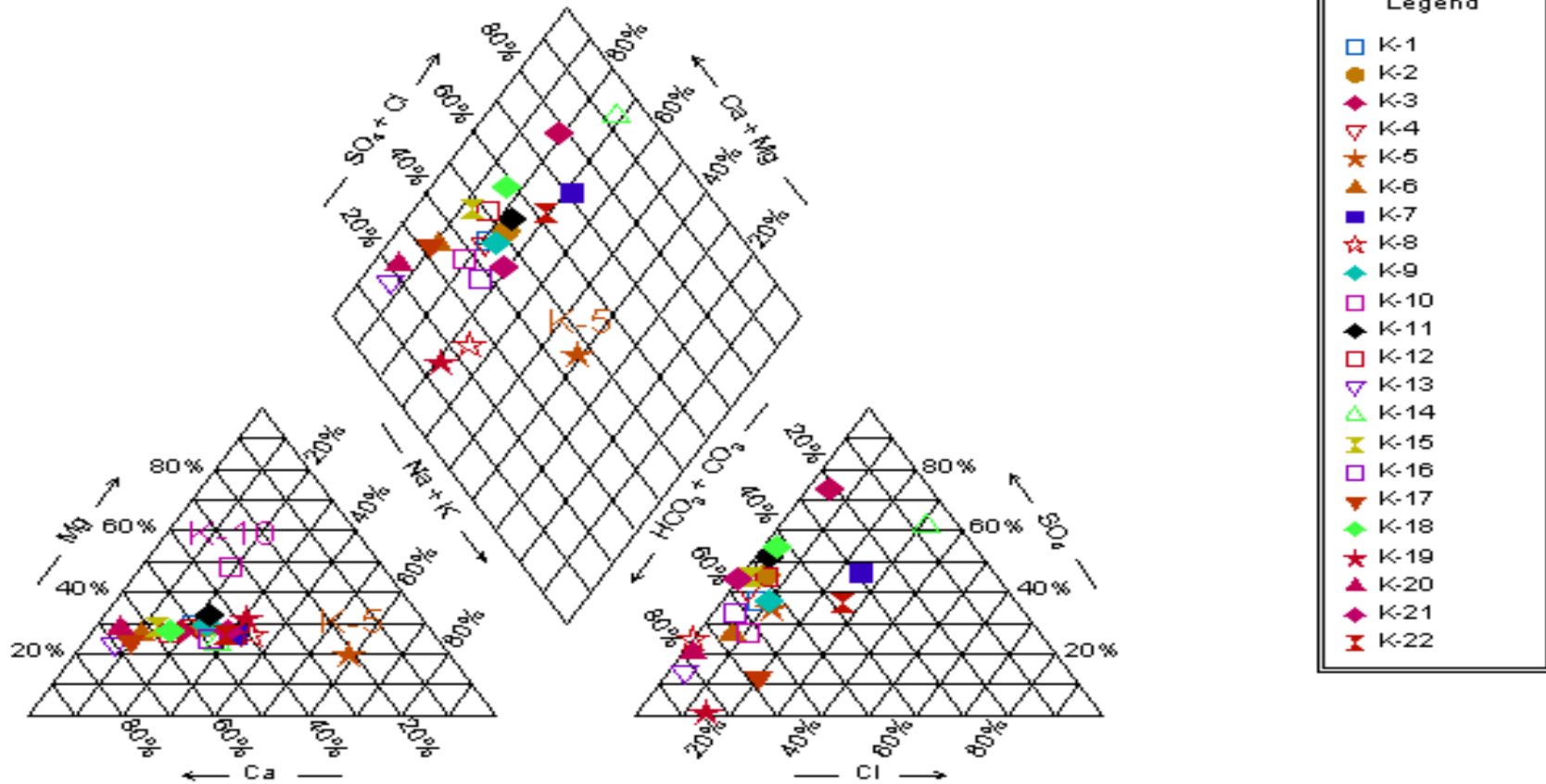
Yeraltı sularımızda Krom konsantrasyonu yağışlı dönemde $<0.001-0.002$ mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 0.05 mg/L'yi aşmamaktadır. Kurak dönemde de aynı şekilde $<0.001-0.002$ mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 0.005 mg/L'yi aşmamaktadır.

Çalışma alanındaki Yeraltı sularımızın Kurşun değerleri, hem yağışlı hem de kurak dönemde <0.0005 mg/L'dir. Hiçbirinde Kurşun konsantrasyonu Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 0.01 mg/L'yi bulmamıştır.

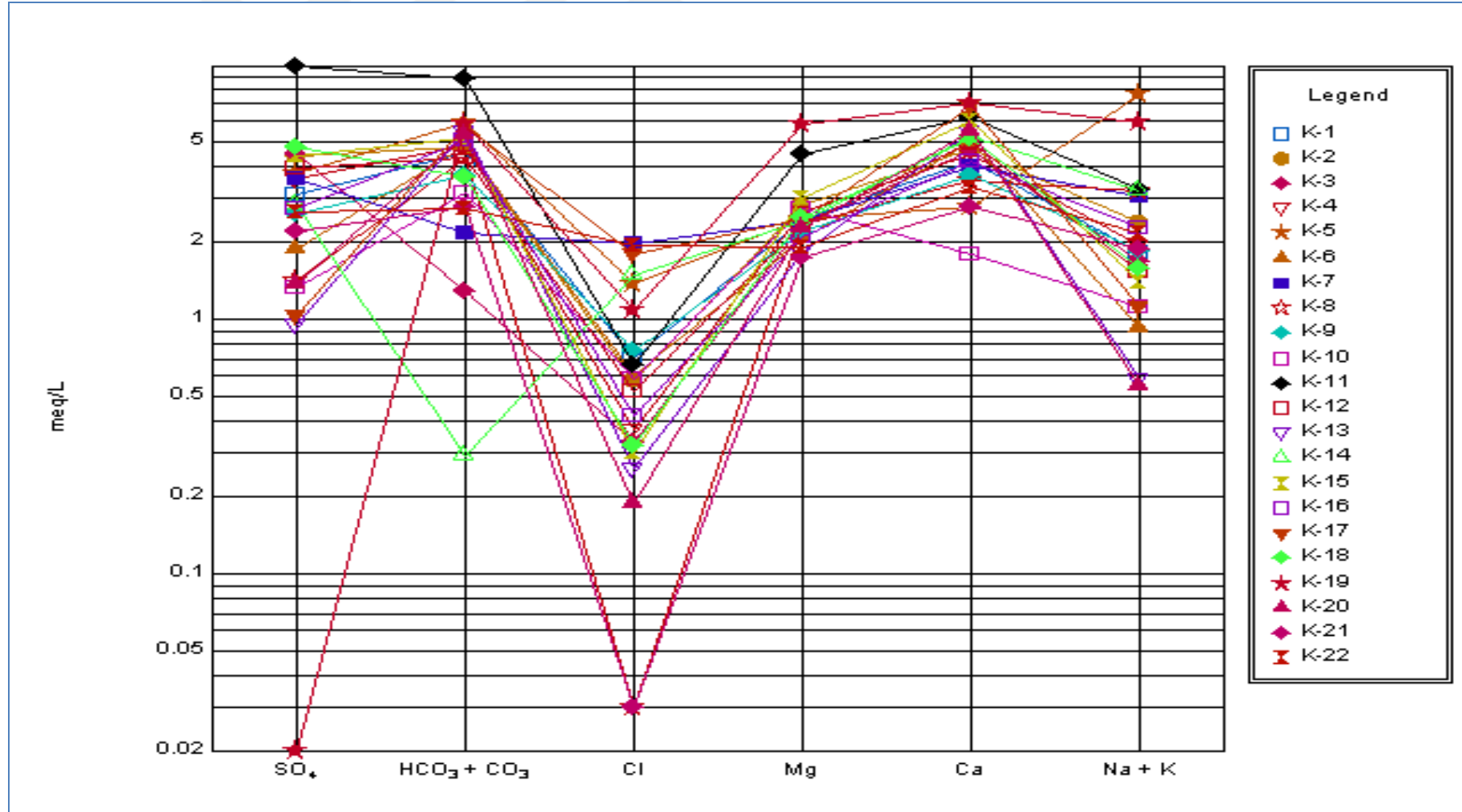
Yeraltı sularının Selenyum değerleri yağışlı dönemde <0.0005-0.006 mg/L arasında değişmekte olup Türk   me Suyu Standardındaki  st limit değeri olan 0.01 mg/L'yi aşmamaktadırlar. Kurak dönemde ise <0.0005-0.0059 mg/L arasında değişmekte olup Türk   me Suyu Standardındaki  st limit değeri olan 0.01 mg/L'yi aşmamaktadırlar.

Yeraltı sularının Baryum konsantrasyonları, yağışlı dönemde 0.0049-0.066 mg/L arasında değişmekte olup, Dünya Sağlık  rg t  (WHO, 2006) standartlardaki 0.7 mg/L değerini aşmamaktadırlar. Kurak dönemde ise 0.016-0.102 mg/L arasında değişmekte olup Dünya Sağlık  rg t  (WHO, 2006) standartlardaki 0.7 mg/L değerini aşmamaktadırlar.

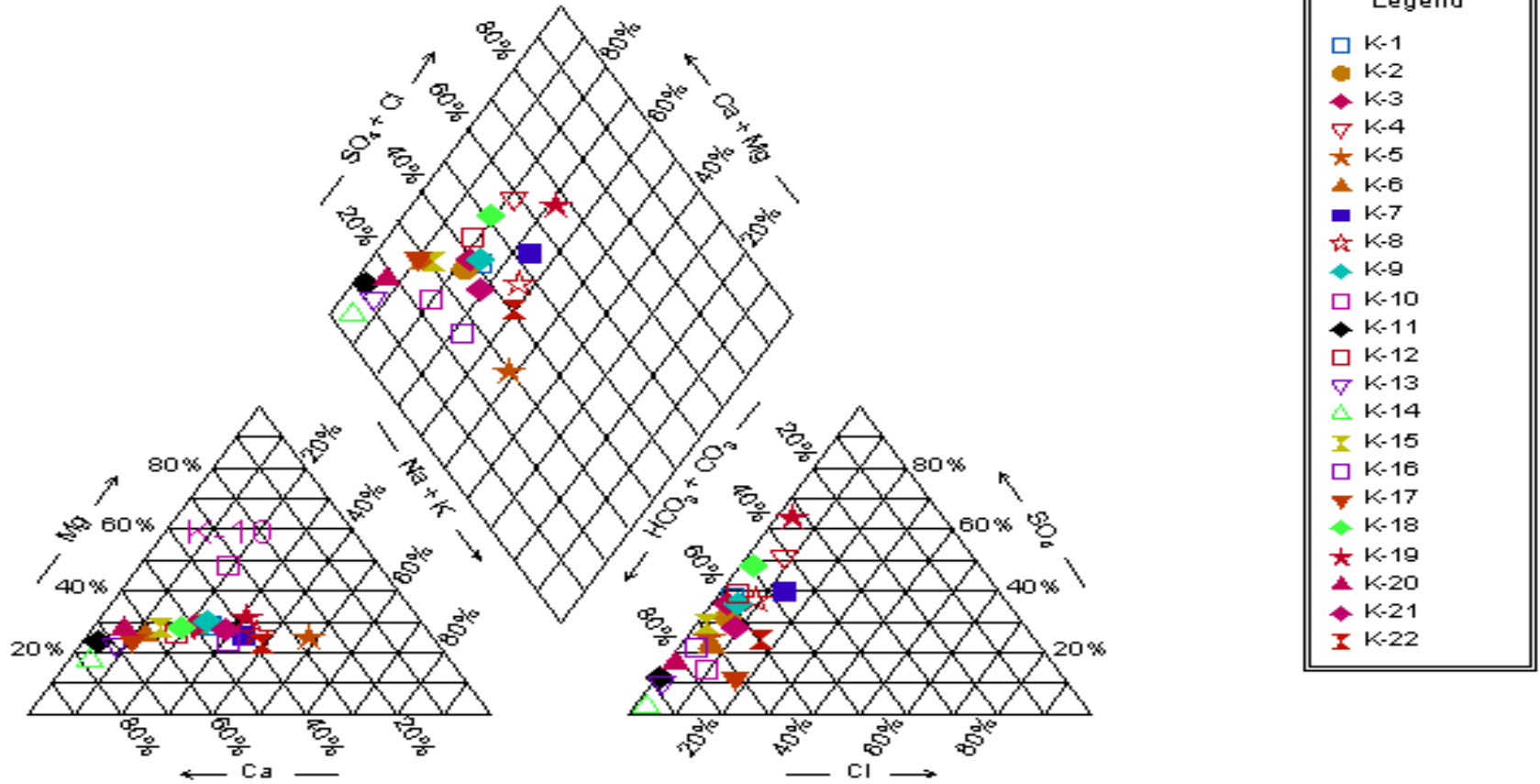
Kalsiyum için Türk   me Suyu Standardında  st limit değer belirtilmemiştir. Kalsiyum vücudumuza doğrudan zarar vermediği kemiklerimizin sağlığı açısından faydalıdır.   me sularının içinde fazla miktarlarda bulunması i im hoşluğu bakımından istenmemektedir. Sularımızdaki fazla kalsiyum miktarı vücudumuzun çeşitli organlarında taş oluşumuna sebep olur. Buda ciddi sağlık problemlerine neden olabilir. Miktarın düşük olması sonucunda aşındırıcı etkiler ortaya çıkabilir. Sulardaki kalsiyum miktarı, suların irtibatlı oldukları toprağın yapısına bağlıdır. Yeraltı sularının Kalsiyum değerleri yağışlı dönemde 36.1-140 mg/L arasında değişmektedir. Kurak dönemde ise 33.2-120 mg/L arasında değişmektedir.



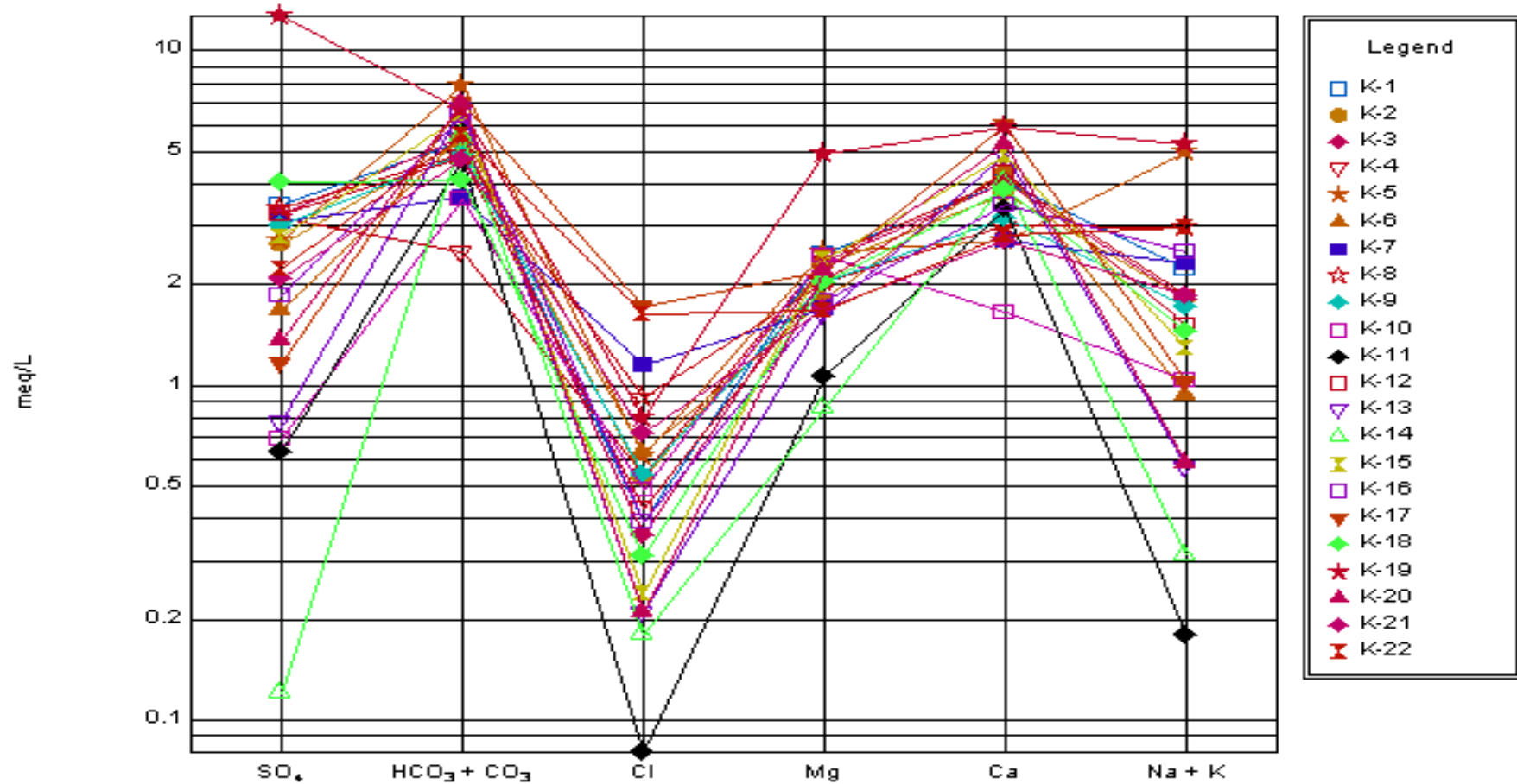
Şekil 4.1. Çalışma alanındaki yeraltı sularının Piper diyagramı (yağışlı dönem).



Şekil 4.2. Çalışma alanındaki yeraltı sularının Schoeller diyagramı (yağışlı dönem).



Şekil 4.3. Çalışma alanındaki yeraltı sularının Piper diyagramı (kurak dönem).



Şekil 4.4. Çalışma alanındaki yeraltı sularının Schoeller diyagramı (kurak dönem).

4.1.2. Sulama Suyu Açısından Değerlendirme

Yeraltı sularımızın sulama suyu açısından değerlendirilmesi için öncelikle Sodyum Adsorbsiyon Oranları (SAR), Sodyum Yüzdesi ve Özgül Elektriksel İletkenlik (EC) değerleri 22 adet yeraltı suyumuz için ayrı ayrı tablolar halinde hesaplanmıştır.

Sodyum toprağın yapısında değişiklikler meydana getirmektedir. Toprağın yapısını bozarak geçirgenliğini azaltır ve toprak yüzeyinde kaymağımsı bir tabaka oluşturur. Bu durum sulama sularının etkileri bakımından istenmeyen bir durumdur.

Sulama suyundaki sodyum zararının belirlenmesinde Sodyum Adsorbsiyon Oranları (SAR) önemlidir.

Sodyum Adsorbsiyon Oranları (SAR) aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$SAR = Na^{+} / [(Ca^{++} + Mg^{++})]^{1/2} \quad (4.1)$$

Sodyum Adsorbsiyon Oranlarına (SAR) göre sular 4 sınıfta değerlendirilmektedir.

Bunlar sırasıyla;

1. 0-10 arası sular çok iyi derecede sulama sularını,
2. 10-18 arası sular iyi derecede sulama sularını,
3. 18-26 arası sular orta derecede sulama sularını,
4. 26' dan yüksek olanlar kötü derecede sulama sularını ifade etmektedir.

Yeraltı sularımızın sulama suyu açısından değerlendirilmesinde dikkate alınan diğer bir özellikte “sodyum yüzdesi” değeridir.

Bu değer,

$$\% Na = (Na^{+} / \sum Katyon) \text{ şeklinde hesaplanır.} \quad (4.2)$$

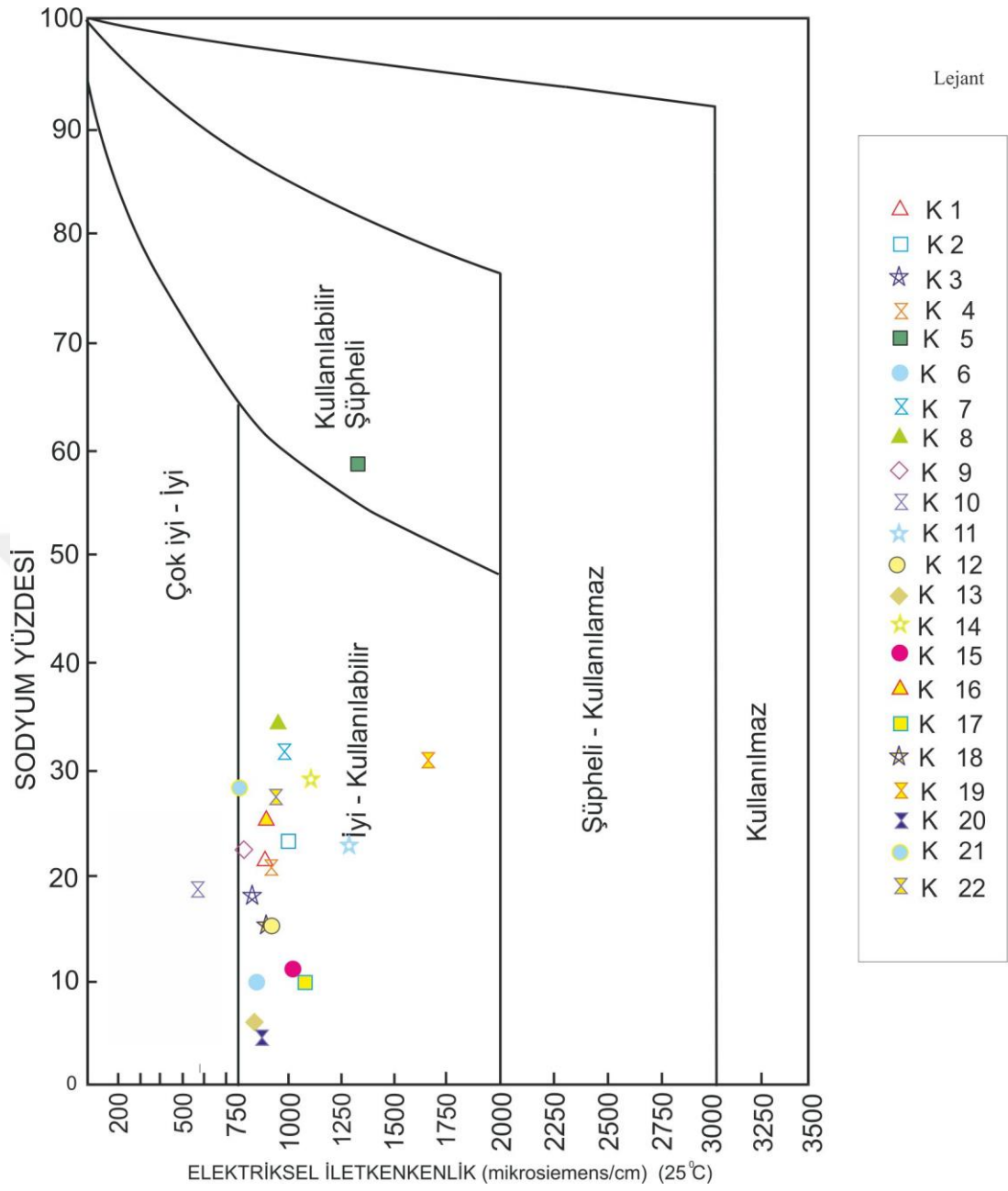
40-60 aralığında olması uygun görülmektedir.

Elektriksel iletkenlik (EC) ye göre yapılan değerlendirme de 4 sınıftır.

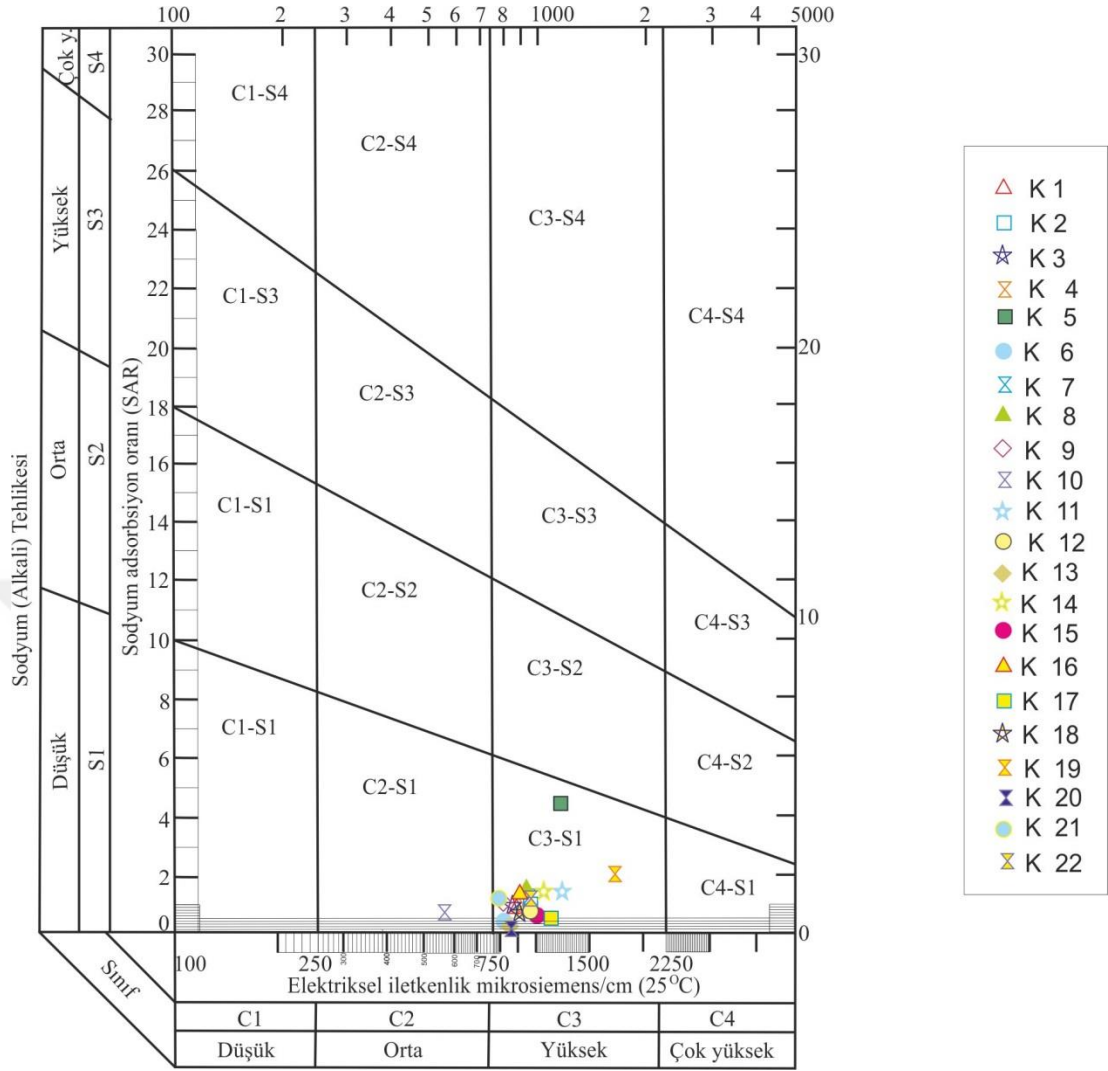
Bunlar sırasıyla;

1. EC'si 250 den küçük sular düşük, tuzlu sulamada en uygun suları,
2. EC'si 250-750 arası sular orta tuzlu, yıkama ile kullanılabilecek suları,
3. EC'si 750-2250 arası sular y   k tuzlu, tuza dayanıklı bitkilerde kullanılabilecek suları,
4. EC'si 2250'den y   k sular   k y   k tuzlu, sulamada kullanılamayacak suları ifade etmektedir.

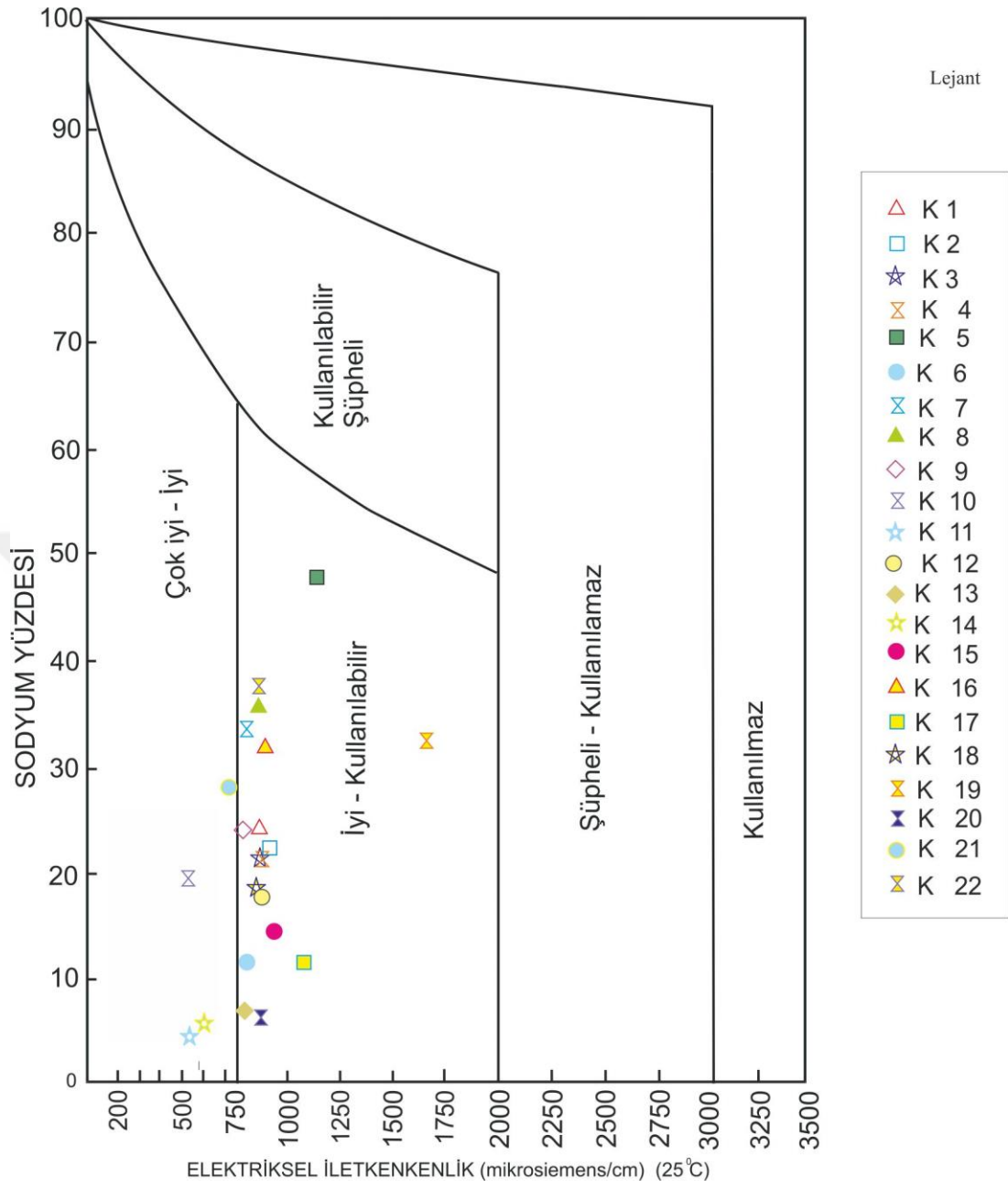
Çalışma alanı içerisinde yeralan yeraltısularımızın sulama suyu açısından değerlendirilebilmesi için SAR ve EC esas alınarak ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı ( ekil 4.6.,  ekil 4.8.) ve %Na ve EC esas alınarakta Wilcox Diyagramı ( ekil 4.5. Şekil 4.7.)  izilmi tir.



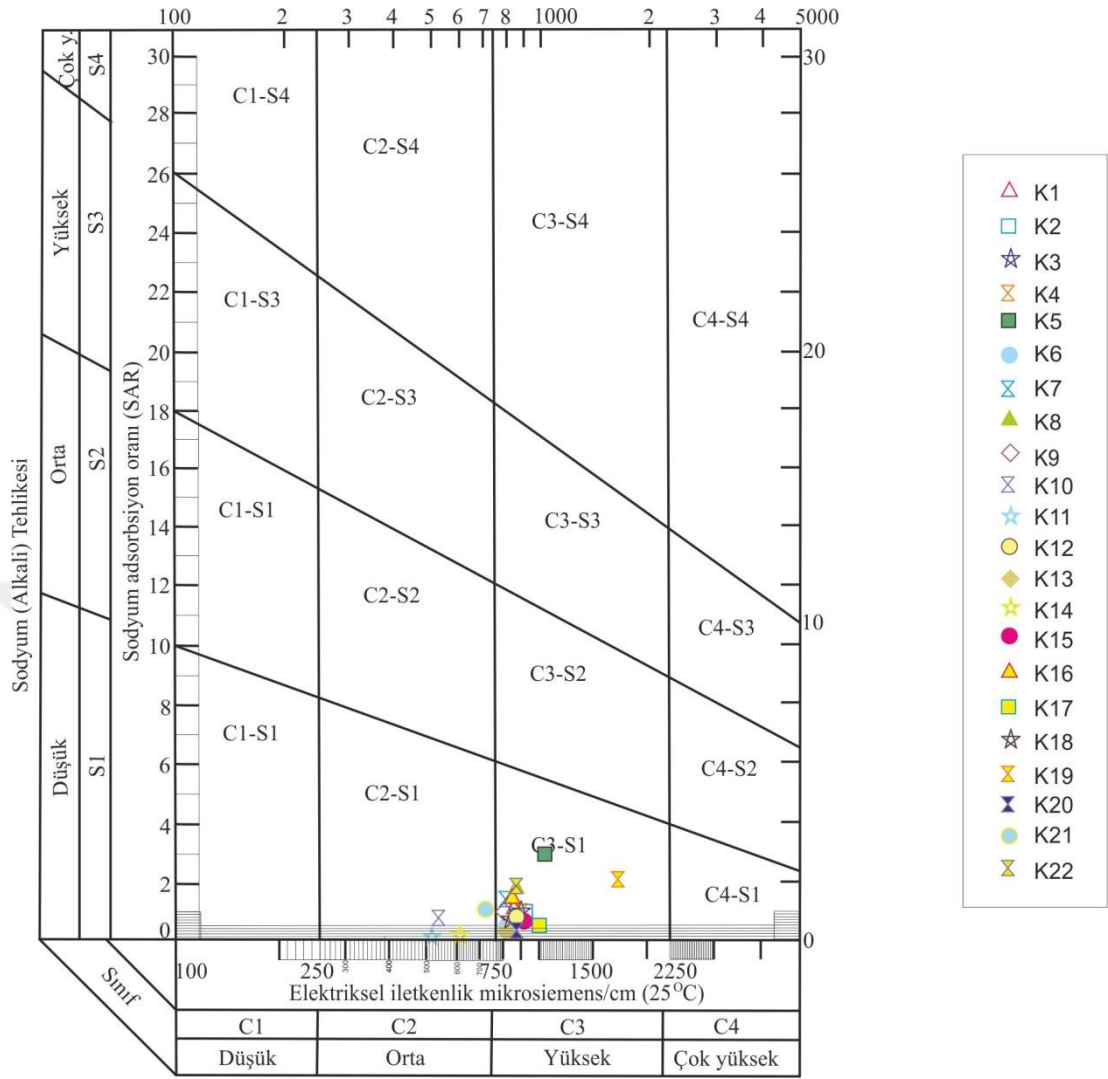
Şekil 4.5. Çalışma alanındaki yeraltı sularının Wilcox diyagramı (yağışlı dönem).



Şekil 4.6. Çalışma alanındaki yeraltı sularının ABD sulama suyu diyagramı (yağışlı dönem).



Şekil 4.7. Çalışma alanındaki yeraltı sularının Wilcox diyagramı (kurak dönem).



Şekil 4.8. Çalışma alanındaki yeraltı sularının ABD sulama suyu diyagramı (kurak dönem).

Yağışlı dönemde ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı kullanılarak yapılan Yeraltı sularının sulama suyu sınıflamasına göre, çalışma alanımızda bulunan suların yağışlı dönemde sadece K 10 yeraltı suyunun “düşük sodyumlu-orta tuzlu” yani C2-S1 sınıfında yer aldığı , diğer 21 adet yeraltı suyunun “düşük sodyumlu-yüksek tuzlu” C3-S1 sınıfında bulunduğu görülmüştür.

Wilcox Diyagramı kullanılarak yapılan sulama suyu sınıflamasına göre K 10 yeraltı suyunun “Çok iyi-iyi” sınıfında , K 5 yeraltı suyunun “Kullanılabilir-Şüpheli” sınıfında ve geri kalan 20 adet yeraltı suyunun “iyi-Kullanılabilir” sınıfında yer aldığı görülmüştür.

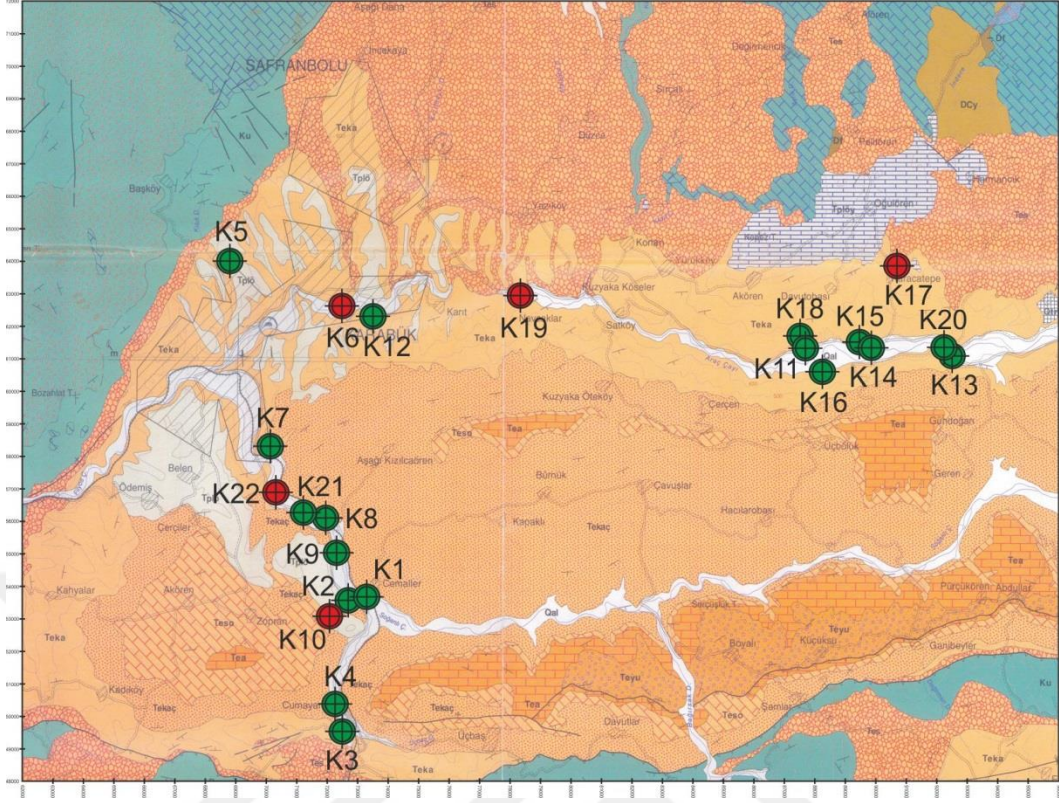
Kurak dönemde ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı kullanılarak yapılan Yeraltı sularının sulama suyu sınıflamasına göre, çalışma alanımızda bulunan suların yağışlı dönemde K 10, K 11, K 14 ve K 21 yeraltı sularının “düşük sodyumlu-orta tuzlu” yani C2-S1 sınıfında yer aldığı , diğer 18 adet yeraltı suyunun “düşük sodyumlu-yüksek tuzlu” C3-S1 sınıfında bulunduğu görülmüştür.

Wilcox Diyagramı kullanılarak yapılan sulama suyu sınıflamasına göre K 10, K 11, K 14, K 21 yeraltı sularının “Çok iyi-iyi” sınıfında ve geri kalan 18 adet yeraltı suyunun “iyi-Kullanılabilir” sınıfında yer aldığı görülmüştür.

ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı ve Wilcox Diyagramlarından, yağışlı dönemde yeraltı sularının çoğunlukla sulama açısından uygun olduğu sonucuna varılabilmektedir.

Sadece yağışlı dönem Wilcox diyagramında K 5 yeraltı suyunun “Kullanılabilir-Şüpheli” sınıfında olduğu görülmüştür. Dönemin yağışlı dönem olmasından dolayı ilgili yeraltı suyunun sulama suyu olarak kullanılmadığı bilinmektedir.

Kurak dönemde de ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı ve Wilcox Diyagramlarından yeraltı sularının tamamının sulama açısından uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.10. Karabük ili merkezi ve çevresi için kurak dönem yeraltı suyu kimyasal durum haritası.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR

Karabük İlimizde Demir ve Çelik sektöründe çalışmakta olan çok sayıda kurum ve kuruluş bulunmaktadır. Bu kurum ve kuruluşların yeraltı suyu kaynaklarımıza olan olası etkileri araştırma konumuz olmuştur. Bu kapsamda Tez çalışmamızda Karabük ili ve çevresinde bulunan 22 adet yeraltı suyu tespit edilmiştir. Tespit edilen yeraltı sularından yağışlı ve kurak olmak üzere iki dönem yerinde, usulüne uygun olarak numuneler alınmıştır. Alınan numuneler daha önceden resmi prosedürler kapsamında anlaşılan akredite laboratuara gönderilmiştir. Laboraturadan gelen analizlerin sonucunda;

1. Çalışma alanındaki Yeraltı Sularının yağışlı dönem EC değerleri 570-1713 $\mu\text{S/cm}$ arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standartlarında (Sağlık Bakanlığı, 2005) verilen 2500 $\mu\text{S/cm}$ üst sınır değerini aşmamaktadır. Yeraltı sularının kurak dönem EC değerleri 519-1723 $\mu\text{S/cm}$ arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standartlarında (Sağlık Bakanlığı, 2005) verilen 2500 $\mu\text{S/cm}$ üst sınır değerini aşmadığı görülmüştür.
2. Yeraltı Sularımızın pH değerleri yağışlı dönemde 7.40-9.62 arasında olup, sadece K 22'de 9.62 ile Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değerinin (9.5) üstünde kaldığı belirlenmiştir. Kurak dönemde ise pH değerleri 8.12-9.77 arasında değişmekte olup, K 10'da 9.62 ve K 22'de 9.77 ile Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değerinin (9.5) üstünde kaldığı belirlenmiştir. Hem yağışlı hem de kurak dönemde toplam 3 adet Yeraltı suyunun Alkali Bazik olduğu görülmektedir.
3. Yeraltı Sularımızın Sülfat değerleri yağışlı dönemde <1-476 mg/L arasında olup sadece K 11'de 476 mg/L (yaklaşık 2 kat) ile Türk İçme Suyu

Standardındaki üst limit değerin (250 mg/L) üstünde olduğu tespit edilmiştir. Kurak dönemde ise 5.93-614 mg/L arasında olup sadece K 19'da 614 mg/L (yaklaşık 3 kat) ile Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değerin (250 mg/L) üstünde olduğu tespit edilmiştir. Yukarıda tespit edilen her iki kaynağın konum itibarı ile tarım faaliyetlerinin sürdürüldüğü alanlarda olduğu bilinmektedir. Tarım faaliyetleri esnasında kullanılan gübreler toprakta Sülfat miktarını artırmaktadır. Toprakta bulunan Sülfatın farklı etkiler sonucunda yeraltı sularına ulaştığı ve her iki kaynaktada Sülfat miktarını üst limit değerlerin üzerine çıkardığı düşünülmektedir.

4. Yeraltı sularının Nitrat değerleri yağışlı dönemde 2.50-44.20 mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değeri olan 50 mg/L'yi aşmamaktadırlar. Kurak dönemde ise <0.45-50.5 mg/L arasında değişmekte olup sadece K 17'de 50.50 ile Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değerin (50 mg/L) % 1 oranında üstünde olduğu tespit edilmiştir. Bu değerin tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre kaynaklı olduğu düşünülmektedir.
5. Yeraltı sularımızda Demir konsantrasyonu yağışlı dönemde 0.04-0.28 mg/L arasında değişmekte olup sadece K 11'de 0.28 ile Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değerin (0.2 mg/L) % 40 oranında üstünde kalmaktadır. Kurak dönemde ise 0.027-0.439 mg/L arasında değişmekte olup sadece K 6'da 0.439 ile Türk İçme Suyu Standardındaki üst limit değerin (0.2 mg/L) yaklaşık % 120 oranında üstünde kalmaktadır. Buradaki yüksek Demir konsantrasyonunun yakınlarda bulunan Demir Çelik Endüstrisinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Aynı zamanda yeraltı suyu muza, çok yakın bir mesafede ilimizde bulunan Demir Çelik Endüstrisi etkilerine maruz kalan Araç Çayı bulunmaktadır. Araç Çayı'ndan K 6 yeraltı suyu muza sularının azaldığı kurak dönemde bir sızmanın olduğu düşünülmektedir.
6. Geride kalan analizleri gerçekleştirilmiş bütün maddelerin Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (Sağlık Bakanlığı, 2005) ve Dünya Sağlık

Örgütü İçme Suyu Standartları (WHO, 2006) çerçevesinde üst limit değerleri hem yağışlı hem de kurak dönemde aşmadıkları görülmüştür.

7. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı ve Wilcox Diyagramlarından, yağışlı dönemde yeraltı sularının tamamının sulama açısından uygun olduğu sonucuna varılabilmektedir. Sadece yağışlı dönem Wilcox diyagramında K 5 yeraltı suyunun “Kullanılabilir-Şüpheli” sınıfında olduğu görülmüştür. Dönemin yağışlı dönem olmasından dolayı ilgili yeraltı suyunun sulama suyu olarak kullanılmadığı bilinmektedir.
8. Kurak dönemde de ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı ve Wilcox Diyagramlarından yeraltı sularının tamamının sulama açısından uygun olduğu görülmektedir.
9. Tezimize başlamadan evvel çalışma alanımız içindeki yeraltı sularımızda, Demir Çelik Endüstrisi kapsamında bulunan irili ufaklı İşletmelerden kaynaklı ağır metal kirliliğinin olabileceğini düşündük.

Bu kapsamda önceden yapılan farklı çalışmalar bulunmaktadır. Hava kirliliğinin bölgede oldukça ciddi bir problem olduğu görülmüştür. Sanayi kaynaklı emisyonların bölgenin coğrafi yapısına bağlı olarak oluşan özel meteorolojik koşullarla birleşmesi sonucu kirletici düzeylerinin zaman zaman çok yükseldiği belirtilmiştir.

Karabük ilinde entegre demir çelik tesisinin yanında irili ufaklı birçok haddehane yerleşim merkezi içinde yer almaktadır. Bölgede önemli toz kaynağı durumundaki bu tesisler sadece çöken tozları değil, farklı boyutlardaki PM değerlerini de belli oranda etkilemektedir. Yapılan bazı araştırmalarda çöken tozların kurşun ve kadmiyum içeriklerinin çok yüksek olduğu ve bunun kaynağının da demir çelik tesisleri olduğu fikri öne sürülmüştür.

Yaptığımız çalışma sonucunda; yeraltı sularımızda, kirletici bu etmenlerden kaynaklanan büyük ölçekli bir kirlenmenin oluşmadığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

Ahmad, A.G., Abdul-Wahab, O.R., Mohammed, K.H. "Determination of selected heavy metals in air samples from the northern part of Jordan", *Environmental Monitoring and Assessment*, 160, 425-429 (2010).

Akman, Ü., Amasra-Arıt arasının jeolojisi. *Ankara Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi (yayımlanmamış) (1993).

Akyol, Z., Arpat, E., Erdoğan, B., Göğer, E., Güner, Y., Şaroğlu, F., Şentürk, İ., Tütüncü, K., Uysal, Ş., 1:50 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Serisi. *MTA Yayınları* (1974).

Arı, A., Argante, J., Meliefste, K., Gaga, O.E., Yay, D.O., Örnektekin, Ş., Döğeroğlu, T., Doorn, W. "İskenderun ve Payas'ta Atmosferik PM10 ve PM2.5 Derişimlerinin İncelenmesi", *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, 54-63 (2008).

Arpat, E., Tütüncü, K., Uysal, Ş., Göğer, E., Safranbolu yöresinde Kambriyen-Devoniyen istifi. *Türkiye Jeoloji Kurumu 32. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri*, s. 67-68 (1978).

Aydın, M., Serdar, H. S., Şahintürk, Ö., Yazman, M., Çokuğraş, R., Demir, O. Ve Özçelik, Y., Çamdağ (Sakarya)-Sünnicedağ (Bolu) yöresinin jeolojisi. *TJK Bülteni*, 30(1), 1-14 (1987).

Barkurt, M. Y., Bilginer, E., Pehlivan, Ş., Orçen, S., Can, B., Dağır, Z., Bilgi, C., Karabıyıkoglu, M. Ve Süer, T., Kastamonu-Araç ve güneyinin jeolojisi. *MTA Rap. No:9079* (yayımlanmamış) (1990).

Bozlaker, A., Muezzinoglu, A., Odabaşı, M. "Atmospheric concentrations, dry deposition and air-soil exchange of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an industrial region in Turkey", *Journal of Hazardous Materials*, 153, 1093-1102 (2008).

Cerit, O., Mengen (Bolu NE) yöresinin jeolojik incelenmesi. Yük. Müh. Tezi. *H. Ü. Fen. Bil. Enst.* 160 s.(yayımlanmamış) (1983).

Çetin, B., Yatkın, S., Bayram, A., Odabaşı, M. "Ambient concentrations and source apportionment of PCBs and trace elements around an industrial area in Izmir, Turkey", *Chemosphere*, 69, 1267-1277 (2007).

Dean, W. T., Martin, F., Monod, O., Demir, O., Rickards, R. B., Bultynck, P. and Bozdoğan, N., Lower Paleozoic Stratigraphy, Karadere-Zirze Area, Central Pontides, Northern Turkey. Early Paleozoic Evolution in nw Gondwana, IGCP (1997)

Project No:351, III International Meeting, November 5-11, M. C. Göncüoğlu and A. S. Derman, **Turkish Association of Petroleum Geologist, Special Publication** No:3, Ankara-Turkey, 32-38 (1995).

Derman, A. S. and Sayılı, A., İnaltı Formation: A key unit for regional geology. **Geology of the Black Sea Region**. 104-108 (1995).

Derman, A. S., 1997, Sedimentary Characteristics of Early Paleozoic Rocks in the Western Black Sea Region, Turkey. Early Paleozoic Evolution in nw Gondwana, IGCP Project No:351, III International Meeting, November 5-11, M. C. Göncüoğlu and A. S. Derman, **Turkish Association of Petroleum Geologist, Special Publication** No:3, Ankara-Turkey, 24-31 (1995).

Derman, A. S., ve Özçelik, Y., Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki Paleozoik birimlerin stratigrafisi, sedimantolojik özellikleri ve yörenin muhtemel paleocoğrafik evrimi. A. Suat Erk Jeoloji Simpozyumu Bildirileri, 2-5 Eylül 1991, **A. Ü. Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü**, Beşevler –ANKARA, 11-20 (1993).

Doğan L., “Hidrojeolojide Su Kimyası”, **Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları**, 906.178s. Ankara (1991).

Environmental Protection Agency. “Environmental assessment of the final effluent guidelines for the iron and steel industry”, **Final Report Washington**, U.S. EPA (2002).

Erendil, M., Aksay, A., Oral, A., Tunay, G., Temren, A. Ve Kuşçu, İ., Bolu masifi ve çevresinin jeolojisi. **MTA Rap. No:9425**, 55 s.(yayımlanmamış) (1991).

Erözel Z., “Sulamada su kalitesi ve tuzluluk sorunları”, Kültürteknik Giriş, **Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayını No.996**: 96-110 (1986).

Gedik, A. Ve Korkmaz, S., Sinop Havzasının jeolojisi ve petrol olanakları: **Jeoloji Mühendisliği**, Cilt 19 (1984).

Gedik, İ. Ve Önalın, M., Çamdağ (Sakarya ili) Palezoik stratigrafisine yeni bir yaklaşım. **İ. Ü. Müh. Fak.** (baskıda), Yerbilimleri Dergisi (2001).

Göncüoğlu, M. C., Erendil M., Tekeli, O., Ürgün, B. M., Aksay, A. Ve Kuşçu İ., Armutlu Yarımadasının doğu kesiminin jeolojisi. **MTA Rap. No:7786** (yayımlanmamış) (1986).

Güven, A., Karabük formasyonunun fasiyes analizi; 50 milyon yıl önceki bir akarsu delta kompleksinin izleri. **Türkiye 5. Petrol Kong., Jeoloji-Jeofizik Bildirileri**, 95-109 (1980).

He Z.L., Yang X.E., Stoffella P.J., “Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment”, **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology** 19:125-140 (2005).

İnternet: Climate Data Org, “İklim: Karabük”, <https://tr.climate-data.org/location/264>.

Kadı, İ. “Karabük Hava Kirliliği Araştırması” **DPT Projesi**, 98K123170, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi (1998).

Kamal, A.M., Anwar, G.J., Qasem, M.J. “Atmospheric deposition of Pb, Zn, Cu and Cd in Amman, Jordan”, **Turk. J. Chem.**, 24, 231-237 (2000).

Kaya, O., İstanbul Ordovisiyen ve Silüriyen. **Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Enstitüsü Yayın Organı**, 4 (1-2), 1-22 (1978).

Kaya, O., ve Dizer, A., Bolu kuzeyi Üst Kretase ve Paleojen kayalarının stratigrafisi. **MTA Dergisi Sayı:97/98** (1981/1982).

Keskin, T.E. “Nitrate and heavy metal pollution resulting from agricultural activity: a case study from Eskipazar (Karabuk, Turkey)”, **Environmental Earth Sciences**, 61, 703-721 (2010).

Keskin T.E., “Nitrate and heavy metal pollution resulting from agricultural activity: a case study from Eskipazar (Karabuk, Turkey)”, **Environmental Earth Sciences**, 61 ,703-721 (2010).

Keskin, T. Bartın ve Çevresinin Hidrojeoloji İncelemesi. **Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı (CÜBAP) Proje Sonuç Raporu** (2011).

Ketin, İ. Ve Gümüş, A., Sinop-Ayancık arasında III. Bölgeye dahil sahaların jeolojisi. **TPAO Raporu**, No:288, (yayımlanmamış), 37 s (1963).

Kipman, E., Sakarya Çamdağ (Kestanepınar-Yassıgeçit köyleri arası) deniz çökeltisi demir cevherinin jeolojisi. **İ. Ü. Fen. Fak. Mobografileri**, 25, 1-72 (1974).

Nielsen, C.W., Clark, D., Tokçae, E., Alp, K., Mikkelsen, M., Kerestecioglu, M., Kendall, M., Jacobsen, M. **“Preliminary Assessment of Ambient Air Quality in Karabük”**, 1-98 (2005).

Önalın, M., Pendik bölgesi ile adaların jeolojisi ve sedimenter özellikleri. **İ. Ü. Yer Bilimleri Fak. Jeolojik Bölümü**, Doçentlik tezi (yayımlanmamış), İstanbul (1982).

Pekey, H., Karakas, D., Bakoglu, M. “Source apportionment of trace elements in surface waters of a polluted stream using multivariate statistical analyses”, **Marine Pollution Bulletin**, 49(9-10), 809-818 (2004).

Piper A.M., “A graphical procedure in the geochemical interpretation of water analyses”, **American Geophysical Union Trans**, 25, 914-923 (1944).

Polkowska, A.K., Wierowski, M., Wolska, L., Woowska, K., Namienik, J. "Organic pollutants in precipitation: Determination of pesticides and PAHs in Poland", *Atmospheric Environment*, 34(8), 1233-1245 (2000).

Sağlık Bakanlığı "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara (2005).

Saner, S., Batı pontidlerin ve komşu havzaların oluşumlarının levha tektoniği kavramı ile açıklanması, Kuzeybatı Türkiye: *Maden Tektik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, Cilt 93/94, 1-19 (1979/1980).

Saner, S., Mudurnu-Göynük havzasının Jura ve sonrası çökelim nitelikleriyle paleocoğrafik yorumlanması. *TJK Bülteni*, 23/1, 39-52 (1980).

Saner, S., Siyako M., Aksoy, Z., Bürkan K., Demir, O., *Zonguldak dolayının jeolojisi TPAO Rap* (1981).

Saner, S., Taner, İ., Aksoy, Z., Siyako M., Bürkan K. A., Karabük-Safranbolu bölgesinin jeolojisi. *TPAO Rap. No:1322* (yayımlanmamış) (1979).

Saner, S., Taner, İ., Aksoy, Z., Siyako M., Bürkan K. A., Karabük-Safranbolu bölgesinin jeolojisi. *Türkiye 5. Petrol Kongresi*, S:111-122 (1980).

Schoeller H., "Geochimie des eaux sauterraines", *Rev. Inst. Franc. Petrolei*, Paris, 10, no.3, pp. 181-213 and 10, no.4, pp. 219-246 (1955).

Schoeller H., "Les Eaux souterraines", *Mason et Cie*, Paris (1962).

Serdar, H. S. ve Demir, O., Bolu, Mengen, Devrek dolayının jeolojisi ve petrol olanakları. *TPAO Rap. No:1322* (yayımlanmamış) (1983).

Tokay, M., Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Gerede ile Ilgaz arasındaki kısmında Jeolojik gözlemler. *Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Simpozyumu (29,30,31 Mart 1972-Ankara) MTA yayını*. S.12-29 (1973).

Tüysüz, O., Stratigraphic and petrological characteristics of two parallel magnetic belt in Central Anatolia and their significance in the tectonic evolution of Anatolian Neo-Tethys, *EUG Terra Abstracts*, 5,271 (1993).

WHO, "Guidelines for Drinking-Water Quality", *First Addendum to Third Edition, 1, Recommendation*. Geneva Switzerland (2006).

Yağız E. "Türkiye'de Bir Koruma Alanında Yersel ve Uzaktan Algılama Verilerine Dayalı Coğrafi Bilgi Sistemi Oluşturulması", *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul (1998).

Yazman, M. Ve Çokuğraş, R., Adapazarı-Kandıra-Düzce-Akçakoca yerleşim merkezleriyle sınırlı alanın jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. **TPAO Rap. No: 1747** (yayımlanmamış) (1983).

Yergök, A. F., Akman, Ü., Tekin, F., Karabalık, N. N., Arbas, A., Akat, U., Armağan, F., Karakullukçu, H., **Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi I. MTA Rap. No:8273** (yayımlanmamış) (1987).

Yılmaz, D. ve Yaman, S. “Ceyhan Nehri suları ve asılı katıların ağır metal içeriği ve kullanıma etkileri”, **TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Bakırköy Çevre Koruma Müdürlüğü, Su ve Çevre Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, İstanbul, 347-356 (1997).

Yılmaz, O., Daday-Devrekani masifi kuzeydoğu kesimi metamorfizmaları: **H. Ü. Doç. Tezi** 243 s.4 ek (yayımlanmamış) Ankara (1979).

Yılmaz, Y., Ofiyolit Sempozyumu. **Yeryuvarı ve insan**, 5/1-2 s. 64-67 (1980).

Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Gözübol, A. M. ve Yiğitbaş, E., Abant (Bolu)-Dokurcun (Sakarya) arasındaki Kuzey Anadolu Fay Zonunun kuzey ve güneyinde kalan tektonik birliklerin jeolojik evrimi. **İstanbul yerbilimleri**, 2/3-4, 239-261 (1981).

Yılmaz, Y., Gürpınar, O., Genç, Ş. C., Bozcu, M., Yılmaz, K., Şeker, İ., Yiğitbaş, E. ve Keskin, M., Armutlu Yarımadası ve dolayının jeolojisi. **İTÜ YBK UYG-AR Merkezi-TPAO Rap.** 210 s. (yayımlanmamış) (1990).

ÖZGEÇMİŞ

Cemalettin GÖKÇEKLİ 1976 yılında Çankırı ilinin Çerkeş ilçesinde doğdu. İlkokulu Karabük Kapullu Köyü İlkokulunda, ortaokulu Karabük Yenişehir Ortaokulunda ve Lise öğrenimini Karabük Demir Çelik Lisesinde bitirmiştir. 1993 – 1994 Öğretim Yılı itibarı ile Selçuk Üniversitesi Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği Bölümüne başlamış ve 1997 yılı Haziran ayında bitirmiştir. Şu anda Karabük Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde Yüksek lisans yapıyor.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Yeşil Mahalle.Ahmet Yılmaz Caddesi
Tunç Sitesi. Zeynep Apartmanı.
Kat 4/8 Merkez/KARABÜK

Tel : (505) 352 62 78

E-posta : mfat1265@[hotmail.com](mailto:mfat1265@hotmail.com)