

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ENGİZ ÇAYI (ONDOKUZMAYIS-SAMSUN) AKİFERİNİN HİDROJEOLJİK  
VE HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeoloji Müh. Zeynep KARACA**

**HAZİRAN 2017**  
**TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ENGİZ ÇAYI (ONDOKUZMAYIS-SAMSUN) AKİFERİNİN HİDROJEOLJİK  
VE HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**Jeoloji Müh. Zeynep KARACA**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“JEOLOJİ YÜKSEK MÜHENDİSİ”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 30.05.2017  
Tezin Savunma Tarihi : 20.06.2017**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Arzu FIRAT ERSOY**

**Trabzon 2017**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**


**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında  
Zeynep KARACA Tarafından Hazırlanan**

**ENGİZ ÇAYI (ONDOKUZMAYIS-SAMSUN) AKİFERİNİN HİDROJEOLJİK  
VE HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 31/05/2017 gün ve 1704 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Doç. Dr. Arzu FIRAT ERSOY**

.....  


**Üye : Doç. Dr. Fatma GÜLTEKİN**

.....  


**Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayberk KAYA**

.....  


**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

“Engiz Çayı (Ondokuzmayıs-Samsun) Akiferinin Hidrojeolojik ve Hidrokimyasal Özellikleri Açısından İncelenmesi” başlıklı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmış ve KTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2016-5515 numaralı proje ile maddi olarak desteklenmiştir. Araştırmayı maddi açıdan destekleyen Karadeniz Teknik Üniversitesi Rektörlüğü’ne ve KTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (KTÜBAP)’ne teşekkür ederim.

Lisansüstü kariyerimin tüm aşamalarında ve tamamlanmasında değerli bilgileriyle ve tecrübelerini benimle paylaşarak en iyi şekilde yönlendiren, yardımlarını ve önerilerini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Arzu FIRAT ERSOY’a en içten duygularıyla teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Arazi çalışmalarının gerçekleştirilmesinde gerekli olan teknik donanım ve verilerin sağlanması, ulaşım ve arazi çalışmalarının yürütülmesini sağlayarak çalışmaların en iyi şekilde devam etmesine olanak sağlayan Devlet Su İşleri VII. Bölge Müdürlüğü’ne (Samsun) Yeraltısuları Şube Müdürlüğünde Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisi Mete TÜRKER, Jeoloji Mühendisi Cemalettin DEMİRCİ, Jeoloji (Hidrojeoloji) Yüksek Mühendisi Hülya BAŞAR’a ve Yeraltısuları Şubesi teknik personellerine şükranlarımı sunarım.

Çalışmamın kimyasal analizlerinin yapılmasında emeği geçen DSİ VII. Bölge Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü’ne (Samsun) ve Şube Müdürü Dr. Nazlı AYYILDIZ TURAN’a, Kimya Mühendisi Hava YILDIZ ÖZGÜL’e ve laboratuvar teknik ekibine çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince sürekli olarak yanımda olan ve her türlü desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında yanımda olduklarını bildiğim, varlıklarıyla bana güç veren, yaşamım boyunca benden manevi desteğini hiç esirgemeyen hayattaki rehberim sevgili babam Zekeriya KARACA’ya, ilk öğretmenim biricik annem Aysel KARACA’ya ve beni her zaman destekleyen biricik kardeşim Elif KARACA’ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Zeynep KARACA  
Trabzon, 2017

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Engiz Çayı (Ondokuzmayıs-Samsun) Akiferinin Hidrojeolojik ve Hidrokimyasal Özellikleri Açısından İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Arzu FIRAT ERSOY’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 20/06/2017

Zeynep KARACA

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VIII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu .....	1
1.3. Morfoloji.....	3
1.4. İklim ve Bitki Örtüsü .....	3
1.5. Önceki Çalışmalar .....	5
1.6. Genel Jeoloji .....	6
1.6.1. Tekkeköy Formasyonu .....	9
1.6.2. Eski Alüvyon .....	10
1.6.3. Alüvyon .....	10
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	11
2.1. Literatür Çalışmaları .....	11
2.2. Arazi Çalışmaları .....	11
2.3. Laboratuvar Çalışmaları .....	13
2.4. Büro Çalışmaları .....	13
3. BULGULAR VE İRDELEMELER .....	14
3.1. Hidrojeoloji.....	14
3.1.1. Bölgenin Evapotranspirasyon Değerinin Hesaplanması .....	14
3.1.2. Su Örnekleme Noktaları .....	16
3.1.3. Yeraltı Su Tablası Haritaları .....	18
3.2. Su Kalitesi.....	21
3.3. Hidrokimya .....	21
3.3.1. Suların Hidrokimyasal Özellikleri .....	21

3.3.1.1.	Suların Fiziksel Özellikleri .....	25
3.3.1.1.1.	Sıcaklık .....	25
3.3.1.1.2.	Elektriksel İletkenlik (EC).....	25
3.3.1.1.3.	Hidrojen İyon Konsantrasyon (pH) .....	27
3.3.1.1.4.	Sertlik.....	28
3.3.1.1.5.	Toplam Çözünmüş Madde.....	29
3.3.1.2.	Suların Kimyasal Özellikleri .....	31
3.3.1.2.1.	Anyonlar .....	31
3.3.1.2.1.1.	Alkalinite ( $\text{HCO}_3^-$ ve $\text{CO}_3^{2-}$ ) .....	31
3.3.1.2.1.2.	Klorür ( $\text{Cl}^-$ ) .....	32
3.3.1.2.1.3.	Sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) .....	34
3.3.1.2.2.	Katyonlar .....	35
3.3.1.2.2.1.	Kalsiyum ( $\text{Ca}^{2+}$ ).....	35
3.3.1.2.2.2.	Magnezyum ( $\text{Mg}^{2+}$ ) .....	36
3.3.1.2.2.3.	Potasyum ( $\text{K}^+$ ).....	37
3.3.1.2.2.4.	Sodyum ( $\text{Na}^+$ ) .....	38
3.3.1.3.	İnorganik Kirlenme Parametreleri .....	40
3.3.1.3.1.	Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ).....	43
3.3.1.3.2.	Amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ).....	43
3.3.1.3.3.	Kurşun (Pb).....	44
3.3.1.3.4.	Çinko (Zn) .....	45
3.3.1.3.5.	Krom (Cr) .....	45
3.3.1.3.6.	Mangan (Mn).....	46
3.3.1.3.7.	Demir (Fe) .....	47
3.3.1.3.8.	Bakır (Cu) .....	48
3.3.1.3.9.	Kadmiyum (Cd).....	48
3.3.1.3.10.	Nikel (Ni).....	49
3.3.1.3.11.	Alüminyum (Al) .....	49
3.3.1.3.12.	Arsenik (As).....	50
3.3.1.4.	Suların Sulamada Kullanım Özellikleri.....	51
3.3.1.4.1.	Sodyum Yüzdesi (%Na) .....	51
3.3.1.4.2.	Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR).....	52
3.3.1.4.3.	Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) .....	54
3.3.1.4.4.	Kelly İndeksi (KI).....	55

3.3.1.4.5.	Magnezyum Oranı (MR) .....	55
3.3.1.4.6.	Potansiyel Tuzluluk (PS) .....	56
3.3.1.5.	Yeraltı Sularının Sınıflandırılması.....	57
3.3.1.5.1.	Piper Diyagramı Değerlendirilmesi .....	58
3.3.1.5.2.	Schoeller Diyagramı Değerlendirilmesi .....	62
3.3.1.5.3.	ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı Değerlendirilmesi.....	64
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	68
5.	KAYNAKLAR .....	70
6.	EKLER .....	72
ÖZGEÇMİŞ		





Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

ENGİZ ÇAYI (ONDOKUZMAYIS-SAMSUN) AKİFERİNİN HİDROJEOLOJİK VE  
HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Zeynep KARACA

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Arzu FIRAT ERSOY  
2017, 71 Sayfa, 4 Ek Sayfa

Bu çalışmada Samsun İli Ondokuzmayıs İlçesi'nde bulunan Engiz Çayı akiferinin hidrojeolojik, hidrokimyasal açıdan incelenmesi ve su kalitesinin izlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanı içerisinde alınan 15 farklı noktadan alınan yeraltı suyu örneğinin fiziksel ve kimyasal ve kirlilik analizleri yapılmıştır. Engiz Çayı akiferinde yeraltı suların sıcaklıkları 22,1-26,7 °C; elektriksel iletkenlik (EC) 274-8400 µS/cm; pH 7-8; sertlik 15,11-151,21; toplam çözünmüş madde miktarı (TDS) 287,64-5712 mg/l arasında olduğu tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarından yararlanılarak suların sınıflandırılması ve su kalitesi belirlenmiştir. Bu analizlerin sonucunda Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'e ve TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği (2005)'e göre karşılaştırılmıştır. Ayrıca sulama suyu yönünden ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları, yeraltı sularının hidrojeokimyasal fasiyes ve kökensel yorumları ise Piper ve Schoeller diyagramlarına göre yapılmıştır. Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre Engiz Çayı yeraltı suları NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Pb, Zn, Cr ve Cd değerleri açısından I. Sınıf, Mn, Fe, Ni ve As değerleri açısından I ve II. Sınıf, Cu ve Al değerleri açısından I, II ve III. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır. Mn, Fe, Ni, Al ve As değerlerinin çevre şartlarından olumsuz etkilenerek sınır değerini aştığı tespit edilmiştir. Çalışmada yeraltısularının sulama suyu olarak kullanıma uygun olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hidrojeoloji, Hidrokimya, Su Kalitesi, Engiz Çayı (Samsun).

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF ENGİZ STREAM (ONDOKUZMAYIS-SAMSUN) AQUIFER IN TERMS  
OF HYDROGEOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL PROPERTIES

Zeynep KARACA

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Geological Engineering Graduate Program  
Supervisor: Assoc. Prof. Arzu FIRAT ERSOY  
2017, 71 Pages, 4 Appendix Pages

In this thesis, it was aimed to investigate the hydrogeological and hydrochemical aspects of the Engiz Stream Aquifer in the Ondokuzmayıs District of Samsun Province and to monitor water quality. Physical, chemical and pollution analyzes of groundwater samples taken from 15 different points in the study area were carried out. The groundwater temperatures of the Engiz Stream aquifer are 22,1-26,7 °C; electrical conductivity (EC) 274-8400  $\mu\text{S} / \text{cm}$ ; PH 7-8; Hardness 15,11-151,21; The total dissolved solids (TDS) was found to be between 287,64 and 5712 mg / l. Classification of water and water quality were determined by using analysis results. As a result of these analyzes, it was compared according to the Regulation on the Quality Control of Inland Water Resources (2004) and TS 266 Regulation on the Waters for Human Consumption (2005). In addition, US Salinity Laboratories diagrams in terms of irrigation water, hydrogeochemical facies of groundwater and their genetic interpretations are made according to Piper and Schoeller diagrams. According to the Regulation on the Quality Control of Inland Water Resources (2004), groundwater samples of Engiz Stream were classified as in terms of  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , Pb, Zn, Cr and Cd values Class I, in terms of Mn, Fe, Ni and As values Class I and II, in terms of Cu and Al values Class I, II and III. The class is located in the water class. Mn, Fe, Ni, Al and As values were found to be affected by environmental conditions and exceeding the limit value. It has been determined that groundwater is suitable for irrigation water.

**Key Words:** Hydrogeology, Hydrochemistry, Water Quality, Engiz Stream (Samsun).

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa No</b>
Şekil 1.	Çalışma alanının yer bulduru haritası..... 2
Şekil 2.	Samsun Meteoroloji Gözlem İstasyonunda 1950-2015 yılları arasında ölçülen ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi..... 4
Şekil 3.	Samsun Meteoroloji Gözlem İstasyonunda 1950-2015 yılları arasında ölçülen ortalama yağış değerlerinin aylara göre değişimi..... 5
Şekil 4.	Engiz Çayı'nın bulunduğu bölgenin stratigrafik dikme kesiti ..... 7
Şekil 5.	Engiz Çayı ve yakın çevresinin genel jeoloji haritası ..... 8
Şekil 6.	Engiz Çayı'nın bulunduğu bölgede A-A' hattındaki jeolojik kesit..... 9
Şekil 7.	Örneklerin alındığı su sondajı kuyuların yerini gösteren harita..... 12
Şekil 8.	Engiz Çayı akiferinin Haziran (2016) yeraltı su tablası haritası ..... 19
Şekil 9.	Engiz Çayı akiferinin Ekim (2016) yeraltı su tablası haritası ..... 20
Şekil 10.	Çalışma alanındaki yeraltı sularının $\text{HCO}_3^-$ iyon konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi ..... 32
Şekil 11.	Çalışma alanındaki yeraltı sularının $\text{Cl}^-$ iyon konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi ..... 34
Şekil 12.	Çalışma alanındaki yeraltı sularının $\text{SO}_4^{2-}$ iyon konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi ..... 35
Şekil 13.	Çalışma alanındaki yeraltı sularının $\text{Ca}^{2+}$ iyon konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi ..... 36
Şekil 14.	Çalışma alanındaki yeraltı sularının $\text{Mg}^{2+}$ iyon konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi ..... 37
Şekil 15.	Çalışma alanındaki yeraltı sularının $\text{K}^+$ iyon konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi ..... 38
Şekil 16.	Çalışma alanındaki yeraltı sularının $\text{Na}^+$ iyon konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi ..... 40
Şekil 17.	2016 yılı Haziran ayına ait Piper diyagramı..... 59
Şekil 18.	2016 yılı Ekim ayına ait Piper diyagramı..... 60
Şekil 19.	Piper diyagramı yardımıyla deniz suyu girişiminin belirlenmesi ..... 61
Şekil 20.	2016 yılı Haziran ayına ait Schoeller diyagramı ..... 62
Şekil 21.	2016 yılı Ekim ayına ait Schoeller diyagramı ..... 63
Şekil 22.	2016 yılı Haziran ayına ait ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı ..... 65
Şekil 23.	2016 yılı Ekim ayına ait ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı ..... 66

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1.	Samsun Meteoroloji Gözlem İstasyonunda 1950-2015 yılları arasında ölçülen ortalama yağış ve sıcaklık değerleri .....	4
Tablo 2.	Çalışma alanının enlem derecesine göre aylık güneşlenme faktör değerleri.....	15
Tablo 3.	Aylık evapotranspirasyon değerleri .....	15
Tablo 4.	Thornthwaite metodu ile aylık evapotranspirasyon ve yağışlardan yararlanılarak hesaplanan hidrolojik bilanço .....	15
Tablo 5.	Çalışma alanındaki kuyulara ait genel bilgiler .....	17
Tablo 6.	Çalışma alanındaki kuyuların Haziran (2016) ve Ekim (2016) statik su seviyeleri ve YST değerleri .....	18
Tablo 7.	Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) anyon ve katyon değerlerinin mg/l ve mek/ karşılıkları.....	23
Tablo 8.	Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Ekim (2016) anyon ve katyon değerlerinin mg/l ve mek/l karşılıkları.....	24
Tablo 9.	Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) sıcaklık değerleri .....	25
Tablo 10.	Suların özgül elektriksel iletkenliğine göre yapılan sınıflandırılma .....	26
Tablo 11.	Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) yeraltı sularının özgül elektriksel iletkenliğine göre yapılan sınıflandırılması.....	26
Tablo 12.	Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) pH değerleri.....	27
Tablo 13.	Suların sertlik değerlerine göre sınıflandırılması .....	28
Tablo 14.	Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) suların sertlik değerlerine göre sınıflandırılması.....	29
Tablo 15.	Çözülmüş toplam katı madde miktarına göre su sınıflaması .....	30
Tablo 16.	Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) çözülmüş toplam katı madde miktarına (TDS) göre su sınıflaması.....	30
Tablo 17.	Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının TDS değerlerinin Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre sınıflandırılması.....	31
Tablo 18.	Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Na <sup>+</sup> değerlerinin Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre sınıflandırılması.....	39

Tablo 19.	Engiz ayı akiferinden alınan yeraltı su rneklerinin Haziran (2016) iz element değerlerinin $\mu\text{g/l}$ karşılıkları .....	41
Tablo 20.	Engiz ayı akiferinden alınan yeraltı su rneklerinin Ekim (2016) iz element değerlerinin $\mu\text{g/l}$ karşılıkları .....	42
Tablo 21.	% Na değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılması .....	52
Tablo 22.	Engiz ayı akiferinden alınan yeraltı su rneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) suların % Na değerlerine göre sınıflandırılması.....	52
Tablo 23.	SAR değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılması .....	53
Tablo 24.	Engiz ayı akiferinden alınan yeraltı su rneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) suların SAR değerlerine göre sınıflandırılması.....	53
Tablo 25.	RSC değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılması.....	54
Tablo 26.	Engiz ayı akiferinden alınan yeraltı su rneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) suların RSC değerlerine göre sınıflandırılması .....	54
Tablo 27.	KI değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılması .....	55
Tablo 28.	Engiz ayı akiferinden alınan yeraltı su rneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) suların KI değerlerine göre sınıflandırılması .....	55
Tablo 29.	MR değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılması .....	56
Tablo 30.	Engiz ayı akiferinden alınan yeraltı su rneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) suların MR değerlerine göre sınıflandırılması .....	56
Tablo 31.	PS değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılması.....	57
Tablo 32.	Engiz ayı akiferinden alınan yeraltı su rneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) suların PS değerlerine göre sınıflandırılması .....	57

## SEMBOLLER DİZİNİ

<b>°C</b>	: Santigrat derece
<b>km<sup>2</sup></b>	: Kilometre kare
<b>km</b>	: Kilometre
<b>m</b>	: Metre
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>lt/sn</b>	: litre/saniye
<b>Q</b>	: Debi
<b>TDS</b>	: Toplam çözünmüş madde
<b>F°</b>	: Fransız sertlik derecesi
<b>EC</b>	: Elektriksel iletkenlik
<b>mek/l</b>	: miliekivalen/litre
<b>mg/l</b>	: miligram/litre
<b>µg/l</b>	: mikrogram/litre
<b>µS/cm</b>	: mikrosiemens/santimetre
<b>pH</b>	: H <sup>+</sup> iyonu aktivitesinin logaritması
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	: Kalsiyum iyonu
<b>Cl<sup>-</sup></b>	: Klorür iyonu
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	: Bikarbonat iyonu
<b>K<sup>+</sup></b>	: Potasyum iyonu
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	: Magnezyum iyonu
<b>Na<sup>+</sup></b>	: Sodyum iyonu
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	: Sülfat iyonu
<b>CO<sub>3</sub><sup>2-</sup></b>	: Karbonat iyonu
<b>Fe</b>	: Demir elementi
<b>Mn</b>	: Mangan elementi
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	: Nitrat iyonu
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	: Amonyum iyonu
<b>Pb</b>	: Kurşun elementi
<b>Zn</b>	: Çinko elementi
<b>Cr</b>	: Krom elementi
<b>Cu</b>	: Bakır elementi
<b>Cd</b>	: Kadmiyum elementi

<b>Ni</b>	: Nikel elementi
<b>Al</b>	: Alüminyum elementi
<b>As</b>	: Arsenik elementi
<b>%Na</b>	: Sodyum Yüzdesi
<b>SAR</b>	: Sodyum Adsorpsiyon oranı
<b>RSC</b>	: Kalıcı Sodyum Karbonat
<b>KI</b>	: Kelly İndeksi
<b>MR</b>	: Magnezyum Oranı
<b>PS</b>	: Potansiyel Tuzluluk
<b>MTA</b>	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
<b>DSİ</b>	: Devlet Su İşleri
<b>TS</b>	: Türk Standartları

## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1. Giriş**

Dünya'nın 2/3'ü su ile kaplıdır, fakat bu suların sadece %3'ü insanlar tarafından kullanılabilir. Son yıllarda artan kuraklık ve azalan yağış nedeniyle mevcut su kaynaklarının önemi giderek artmaktadır. Ülkemizde yerleşim merkezleri çoğunlukla sulak alanlara, yeraltı suyu havzalarına doğru yayılmakta ve gelişmektedir. Özellikle kıyı akiferlerinde aşırı miktarda yeraltı suyu çekiminin yapılması durumunda yeraltı suyu seviyesi düşmekte ve bunun sonucunda da deniz suyu akifer içine doğru hareket etmektedir. Bu nedenle kıyı bölgelerde yer alan akiferlerin yeraltı suyu özelliklerinin ve su seviyelerinin sürekli olarak izlenmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada Samsun İli Ondokuzmayıs İlçesi'nde bulunan Engiz Çayı akiferinin hidrojeolojik, hidrokimyasal açıdan incelenmesi ve su kalitesinin izlenmesi amaçlanmış ve bu amaç doğrultusunda; yeraltı sularının fiziksel, kimyasal özellikleri ve kirlilik parametre değerleri belirlenmesi, suların tarımsal sulama ve kullanmaya uygunlukları araştırılması ve bu çalışma alanındaki deniz suyu girişiminin araştırılmıştır. Analiz sonuçlarından yararlanılarak suların sınıflandırılması yapılmış ve su kalitesi belirlenmiştir.

### **1.2. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu**

Çalışma alanı, 1/25.000 ölçekli Samsun E36-d4 ve F36-a1 paftaları içerisinde yaklaşık 40 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır. Ondokuzmayıs İlçesi Samsun İlinin batısında bulunup, Samsun-Sinop devlet karayolunun 33.km'sinde yer almaktadır (Şekil 1). Engiz Çayı'nın toplam uzunluğu 31,8 km olup, su toplama alanı ise 151,4 km<sup>2</sup>'dir.





Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

### 1.3. Morfoloji

Engiz Çayı havzası, Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümünde, Samsun ili sınırları içerisinde yer alır. Çalışma alanı Engiz Çayı havzası su bölümü çizgileri ile sınırlandırılmıştır. Batısında Engiz Çayı Havzası'nın batı sırtlarındaki su bölümü çizgisi; doğusunda Engiz Çayı Havzası'nın doğu sırtlarındaki su bölümü çizgisi; kuzeyinde Yörükler; kuzeydoğusunda Karadeniz; güneyinde ise batıdan doğuya doğru Asar Tepe (1094m), Çakıldibi Tepe (1227 m), Yağbalan Tepe (1098 m), Hacıkaya Tepesi (1250 m), Böğürtlen Tepe (1309m), Kocadağ (1270m), Üçpınar Tepe (1244m), Kestane Tepe (1005 m), Alem Tepe (317 m) bulunur.

Çalışma alanının oluşum ve gelişiminde Engiz Çayı büyük rol oynamaktadır. Kocadağ mevkiinden doğan Erikli ve Kösedik derelerinin birleşmesiyle oluşan Engiz Çayı uzun süre kuzeydoğu-güneybatı yönüne doğru akmaktadır. Ondokuzmayıs ilçe merkezini geçtikten sonra yaklaşık 3 km doğu yönünde ilerledikten sonra Kumcağız Mahallesi'nin doğusundan Karadeniz'e dökülmektedir.

### 1.4. İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanı, Karadeniz kıyısında yer aldığı için genellikle ılıman bir iklime sahiptir. Ancak, sahil şeridi ve iç kesimlerinde iklim iki ayrı özellik gösterir. Sahil şeridinde (Merkez ilçe, Terme, Çarşamba, Bafra, Alaçam, Ondokuzmayıs, Tekkeköy ve Yakakent) Karadeniz ikliminin etkileri görülür. Bunun için sahil şeridinde yazlar sıcak, kışlar ılık ve yağışlı geçmektedir. İç kesimler (Vezirköprü, Havza, Ladik, Kavak, Asarcık ve Salıpazarı) yüksekliği 2000 metreyi bulan Akdağ ve 1500 metreyi bulan Canik dağlarının etkisi altında kalır. Buradaki dağların etkisinden dolayı kışlar soğuk, yağmur ve kar yağışlı, yazlar ise serin geçmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık yaklaşık 15°C'dir. İlin sahil kesiminde ölçülen sıcaklıklar ile sahilden 10-15 km iç kısımlarda ölçülen sıcaklıklar arasında 10 °C'ye varan farklılıklar bulunmaktadır. Özellikle kış aylarında deniz kıyısından uzaklaştıkça ve iç kısımlara doğru gidildiğinde sıcaklık değerleri büyük değişim göstermektedir.

İlçeye hâkim rüzgârlar mevsimlere göre farklılık gösterir. Güneybatı ve güney yönlerinden esen kuru ve sıcak rüzgârlar bölgedeki nemi düşürür.

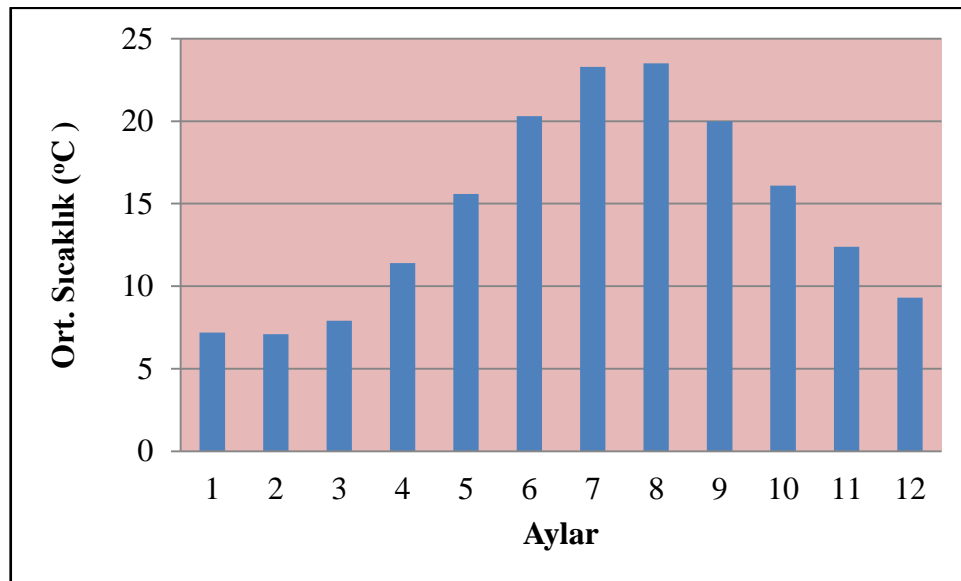
Bitki örtüsünü genelde makiler oluşturmaktadır. Makilerin gerisinde zengin ormanlar mevcuttur. Yaklaşık 700 metre yüksekliğe kadar yapraklı ağaçlar; özellikle akçağaç, kızılğaç, kestane, ıhlamur, meşe türleri, gürgen, dişbudak, çınar ve nemli yerlerde de kayın bulunmaktadır. 1000 metreden sonra ise karaçam, köknar ve sarıçam ağaçlarına rastlanır.

Karadeniz'in karakteristik özelliği olan yağış ise 19 Mayıs'a en çok Ekim ve Kasım ayında düşer. Bu bölgede yıllık ortalama 700 mm civarında yağış alır.

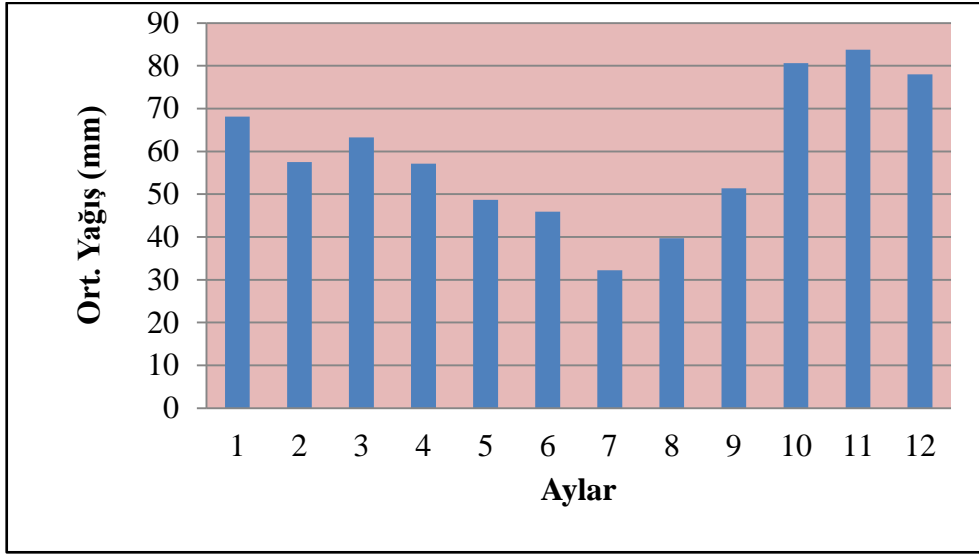
Samsun Meteoroloji Gözlem İstasyonunda 1950-2015 yılları arasında ölçülen ortalama yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak tablo hazırlanmıştır (Tablo 1). Bu tabloya göre sıcaklığın en yüksek olduğu ay 23,5 °C ile Ağustos ayı, en düşük olduğu ay ise 7,1 °C ile Şubat ayı (Şekil 2), yağışın en fazla olduğu ay 83,8 mm ile Kasım ayı, en az olduğu ay ise 32,2 mm ile Temmuz ayıdır (Şekil 3 ve URL-1).

Tablo 1. Samsun Meteoroloji Gözlem İstasyonunda 1950-2015 yılları arasında ölçülen ortalama yağış ve sıcaklık değerleri

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Ort. Sıcaklık (°C)	7.2	7.1	7.9	11.4	15.6	20.3	23.3	23.5	20.0	16.1	12.4	9.3	14.51
Ort. Yağış (mm.)	68.1	57.5	63.3	57.1	48.7	45.9	32.2	39.7	51.4	80.6	83.8	78.0	706.3



Şekil 2. Samsun Meteoroloji Gözlem İstasyonunda 1950-2015 yılları arasında ölçülen ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi



Şekil 3. Samsun Meteoroloji Gözlem İstasyonunda 1950-2015 yılları arasında ölçülen ortalama yağış değerlerinin aylara göre değişimi

### 1.5. Önceki Çalışmalar

Engiz Çayı Havzasını içine alan bölgede yapılmış çalışmalardan bazıları aşağıda özet olarak sunulmuştur;

Blumenthal (1948), “Bolu civarı ile aşağı Kızılırmak mecrası arasındaki Kuzey Anadolu silsilelerinin jeolojisi” isimli çalışmasında 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamış ve kaya birimlerini ayırtlamıştır.

Yalçınlar (1958), “Samsun Bölgesinin Neojen ve Kuvaterner Kıyı Depoları” genel jeoloji amaçlı bir çalışma yapmıştır.

Dsi Yeraltı Suları Daire Başkanlığı (1959), “Bafra Ovası Hidrojeolojik Etüdü” raporunu yayınlamıştır.

Ketin (1962), Türkiye jeoloji haritası izahnamesi (Sinop paftası) 1/500.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamıştır.

DSİ Yeraltı Suları Daire Başkanlığı (1964), “Bafra Ovası Yeraltı suyu Rezerv” raporunu yayınlamıştır.

Gedik ve diğerleri (1984), "Samsun-Sinop Havzasının Jeolojisi ve Petrol Olanakları" volkanik kayaçların petrolojisini anlatan bir araştırma yapmışlardır.

Yoldaş ve diğerleri (1985), Samsun ve dolaylarının (Kızılırmak ve Yeşilirmak) jeolojisi ve petrol olanakları hakkında bir araştırma yapmışlardır.

Öner (1996) “Samsun ve Çevresinin Jeomorfolojisi” başlıklı çalışmasında Kızılırmak ve Yeşilirmak deltaları arasındaki alanın jeolojisi ve jeomorfolojisini incelemiştir. Üç aşınım yüzeyinden bahsetmektedir. Özellikle kıyı bölümünde 100-130 m’lerden başlayıp 200-250 m’lere kadar ulaşan bir aşınım yüzeyi bulunduğunu kıyıya yakın kesimlerde ise 30-35 m ve 5-8 m seviyelerinde iki kıyı sekisini gözlemlediğini ifade etmiştir.

Aylar (1996) araştırma sahasının kuzeydoğu kesimini de içine alan “Değirmendere I ile Engiz Çayı Arası Kıyı Kesiminin Jeomorfolojisi” adlı yüksek lisans tezinde sahada yüzeylenen en eski kayaçların Üst Kretase yaşlı volkanitler olduğunu ve bu kayaçların Erikli deresi vadisini tamamen kapladığını belirtmiştir. Ayrıca 8-10 ve 30-35 m’lerde sekilere rastladığını belirtmiştir.

Özdemir (2010) “Kızılırmak Deltası’nda Aktüel Kıyı Çizgisi Değişiklikleri ve Sonuçları” adlı yüksek lisans tezinde Engiz Çayı’nın asıl kaynağını güneydeki dağlık alandan aldığını ve Kızılırmak Deltası’nı oluşturan çok sayıda akarsudan biri olduğunu belirtmiştir.

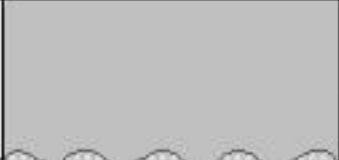

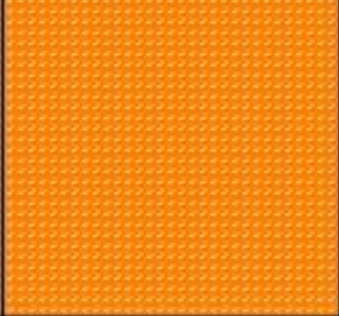
Şenel (2011) “Samsun 19 Mayıs Projesi Revize Planlama Raporu” adlı Dsi projesinde araştırma sahası içinde kurulması planlanan baraj ve kurulacağı çevre ile ilgili çalışmalara yer vermiş, baraj yerinde anakaya sert, sağlam aglomera-tüf-volkanik breş karmaşığı kaya birimlerinden oluştuğunu ifade etmiştir.

## 1.6. Genel Jeoloji

MTA tarafından yapılan çalışmalara göre (Yoldaş ve diğerleri (1985)) Samsun ilinde, genç delta ovalarında alüvyonlar bulunmakla birlikte dik yamaçlarla ayrılmış taraçalarda eski alüvyonlar görülmektedir. Çalışma alanında yaşlıdan gence doğru,

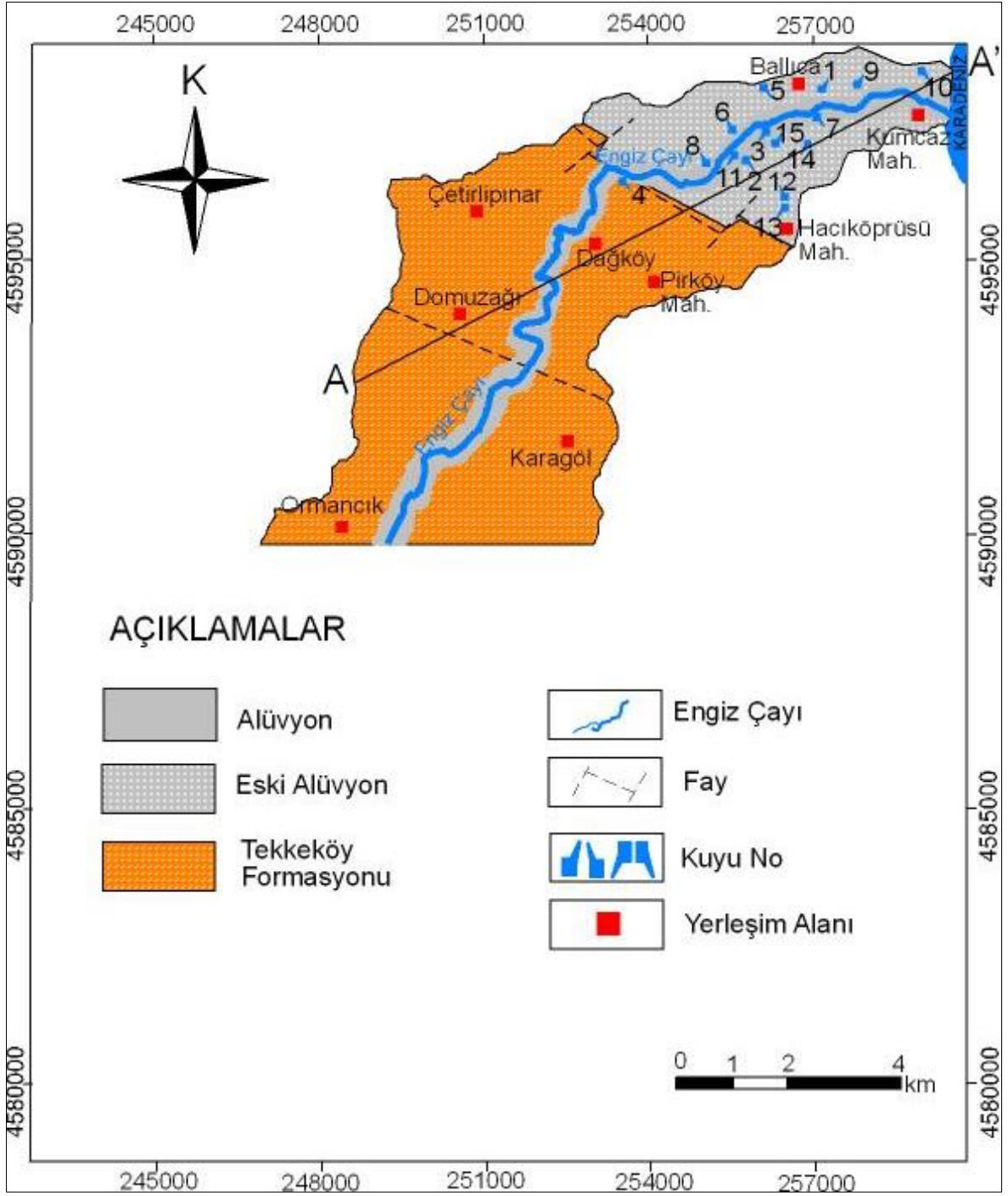
- Tekkeköy Formasyonu (Eosen)
- Eski Alüvyon (Kuvaterner)
- Alüvyon (Kuvaterner)

birimleri yüzeylenmektedir. Çalışma alanı ve yakın çevresini kapsayan stratigrafik dikme kesit Şekil 4’te, jeoloji haritası Şekil 5 ve jeolojik kesiti Şekil 6’da verilmiştir.

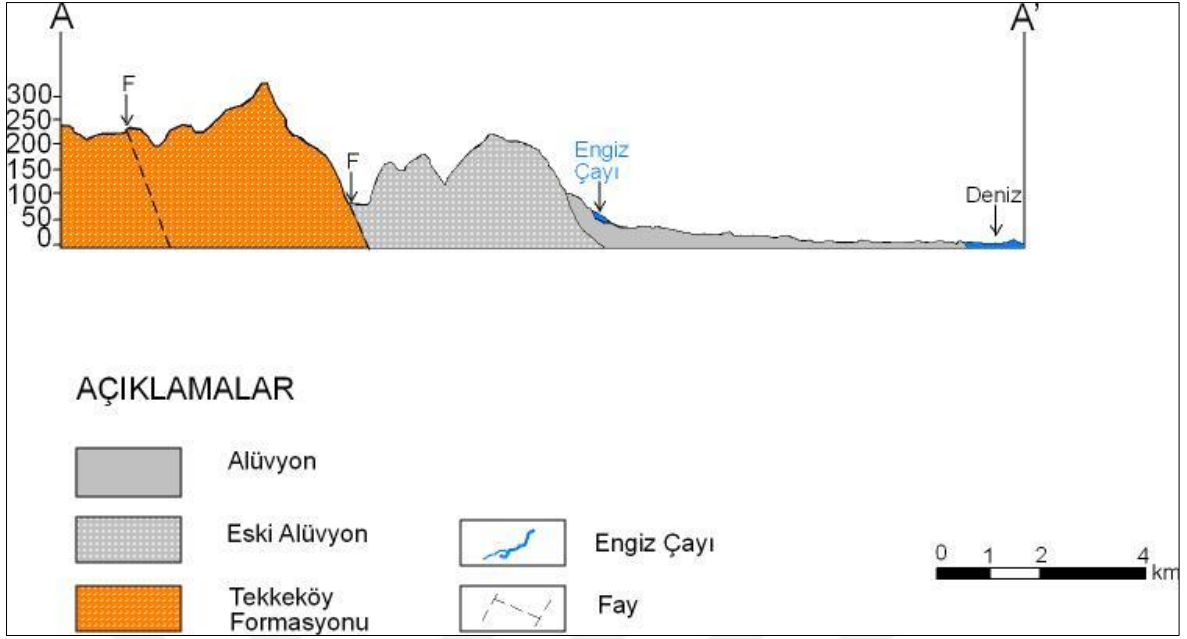
SENZOYİK				LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON		
TERSIYER	KUVATERNER	HOLOSEN			Altıvyon, Çakıl,kum,kil,silt
		PLEİSTOSEN			Eski Altıvyon
	EOSEN	TEKKEKÖY			Kuntaşı,mam,tüfit,bazalt, aglomera
					ÖLÇEKSİZ

Şekil 4. Engiz Çayı'nın bulunduğu bölgenin stratigrafik dikme kesiti (MTA 2011 ve Doyuran ve diğerleri 1985'ten değiştirilerek alınmıştır).





Şekil 5. Engiz Çayı ve yakın çevresinin genel jeoloji haritası (MTA'dan değiştirilerek alınmıştır).



Şekil 6. Engiz Çayı'nın bulunduğu bölgede A-A' hattındaki jeolojik kesit

### 1.6.1. Tekkeköy Formasyonu

Kumtaşı, marn ve tüfit ardalanması ile bazalt ve aglomeralardan oluşan formasyon ilk defa Yoldaş ve diğerleri (1985) tarafından adlandırılmıştır. Birim KB-GD doğrultusunda uzanan Erikli Fayı ile Karadeniz arasında kalan geniş bir alanda yüzeylenmektedir. Formasyon tabanda ince tabakalı kumtaşı, marn ve kalın tabakalı tüfit şeklindedir. Birimin 200 m seviyesinde kalınlıkları 20-25 m olan iki tüfit tabakası yer almaktadır. Bu istif üst seviyelere doğru bazalt, aglomera ve tuf şeklinde devam etmektedir. Aglomeralar tuf bir matriks içerisinde andezit, bazalt, çakıl ve bloklardan meydana gelmiştir. Kötu boylanmalı, yer yer kalın ve belirgin olmayan tabakalanma göstermektedir.

Yoldaş ve diğerleri (1985), formasyonun yaşı Orta-Geç Eosen olarak kabul edilmiştir. Birim volkanik ve volkanotortul bir istiftir (Keskin, 2011).



### **1.6.2. Eski Alüvyon**

Yeşilirmak, Kızılırmak ve Terme çayının eski kanal çökelleridir. Az tutturulmuş kumtaşı, çakıltaşı, kum ve çakıllardan oluşmaktadır. Yeşilirmak ve Kızılırmak deltalarında kanallar halinde gözlenmektedir (Keskin, 2011).

### **1.6.3. Alüvyon**

Delta ovasıyla, yan dere ve Kızılırmak'ın yataklarında biriktirdiği alüvyon ve yer yer görülen taraçalar çalışma sahasında Kuvaterneri temsil eder.

Alüvyon silt, kum, çakıl, blok ve bunların değişik oranlardaki karışımından oluşur.

Alüvyonlar akarsu boylarında ve kıyı kesimlerde yer tutmaktadır. Özellikle iklim değişmelerine bağlı olarak akarsu ağızlarında yoğunluk kazanmışlardır. Kuvaterner arazileri bu alüvyonlardan oluşmaktadır. Akarsuyun kıyı ovasına açıldığı Dağköy'ün 2 km kadar kuzeyinden denize kadar yatak boyunca devam ederler (Keskin, 2011).

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

“Engiz Çayı (Ondokuzmayıs-Samsun) Akiferinin Hidrojeolojik ve Hidrokimyasal Açından İncelenmesi” başlıklı bu çalışma; literatür araştırmaları, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir;

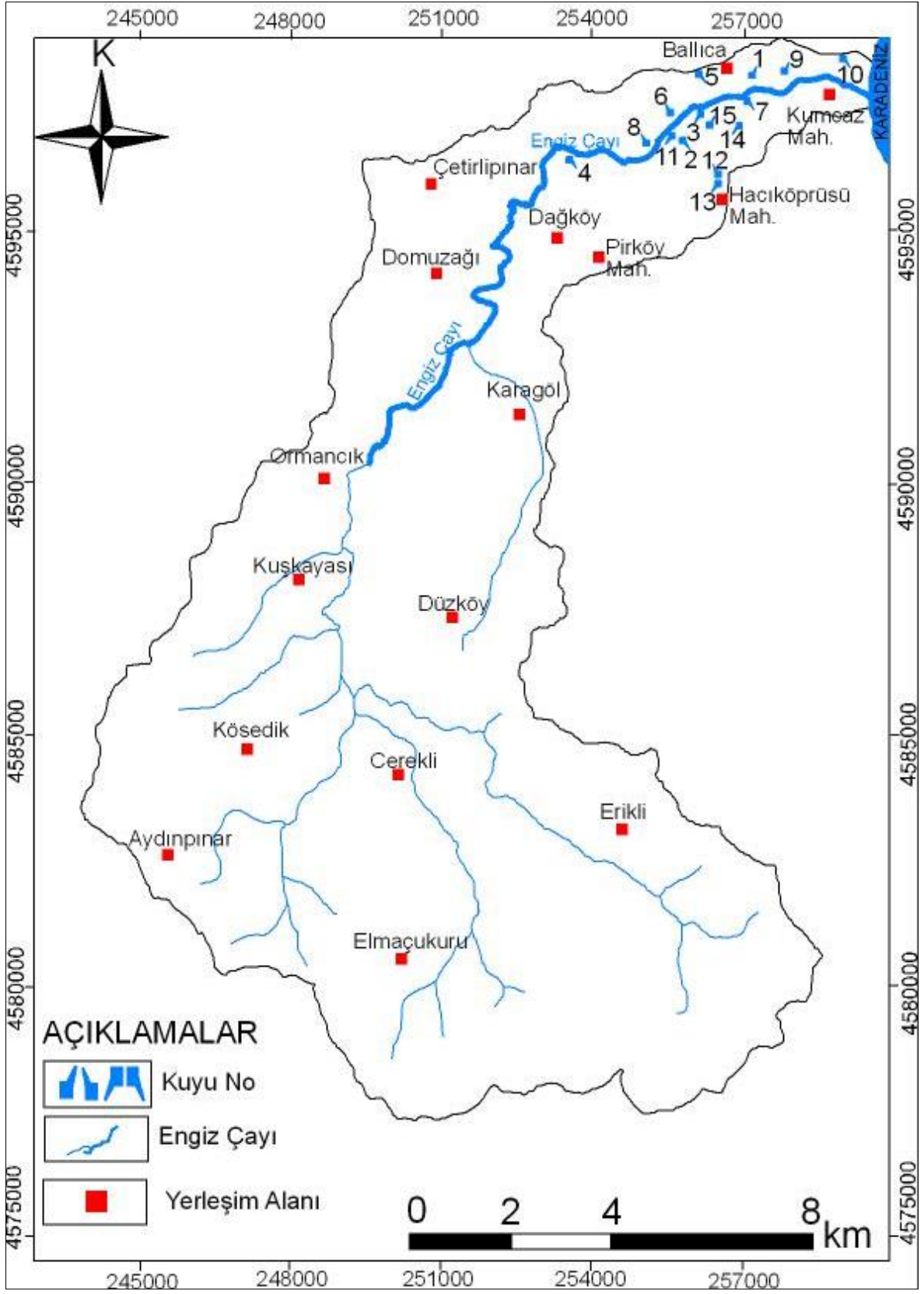
### **2.1. Literatür Çalışmaları**

Literatür araştırmaları, arazi çalışmalarından önce başlatılmış ve çalışmanın her aşamasında devam etmiştir. Bu çalışma kapsamında inceleme alanı ve yakın çevresinin jeoloji ve hidrojeolojisini konu alan rapor, makale, kitap vb. gibi çalışmalar derlenmiştir.

### **2.2. Arazi Çalışmaları**

Arazi çalışmalarında, çalışma sahası yaklaşık 40 km<sup>2</sup>’ lik bir alanda Engiz Çayı akiferinin 15 ayrı noktadan yeraltı suyu örnekleri alınmıştır. Yeraltı suyu örnekleme yapılan noktaların yerleri haritaya işlenmiştir (Şekil 7).

1/25 000 ölçekli topoğrafik paftalarda Engiz Çayı akiferinde örnekleme yapılan 15 adet kuyu noktası işaretlenerek örnek alım haritası oluşturulmuştur. Engiz Çayı alüvyonlarında açılmış olan ve bu çalışma kapsamında örnekleme yapılan kuyu noktalarının koordinat ve kot bilgileri GPS yardımı ile haritaya işlenmiştir. Çalışma kapsamında incelenen kuyularda su örnekleri, (Haziran ve Ekim aylarında) yani kurak ve yağışlı mevsimi temsil edecek şekilde alınmıştır. Örnek alma işleminde TS 266 (2005) ‘da önerilen yöntemler izlenmiştir. Majör anyon-katyon ve iz element analizleri için 2 litrelik polietilen şişeler kullanılmıştır. Kuyulardaki statik su seviyeleri düdüklü şerit metre kullanılarak ölçülmüştür.



Şekil 7. Örneklerin alındığı su sondajı kuyuların yerini gösteren harita

### 2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Engiz Çayı akiferinde açılmış 15 adet su sondajı kuyusundan Haziran (2016) ve Ekim (2016) tarihinde su örnekleri alınarak DSİ 7. Bölge Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü ve DSİ 22. Bölge Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü tarafından kimyasal analizleri yapılmıştır. Su örnekleme, yeraltı suyunun mevsimsel değişimi ve bölgedeki tarımsal faaliyetler dikkate alınarak yapılmıştır. Su örnekleri alınan kuyuların hemen hemen tümü tarım faaliyetlerinin yoğun olduğu bölgelerde bulunmaktadır.

### 2.4. Büro Çalışmaları

Büro çalışmalarında önceki çalışmalara bağlı olarak derlenen bölgenin 1/25.000'lik 2 pafta birleştirilmiş ve arazi çalışmaları ile mevcut jeoloji haritası ve stratigrafik dikme kesiti oluşturulmuş ve örnek alınan su noktaları 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritaya işaretlenip bir örnekleme haritası hazırlanmıştır. Tüm harita ve kesitler bilgisayara aktararak çizim programları kullanılarak çizilmiştir. Arazi ve laboratuvar çalışmaları ile elde edilen veriler ilgili grafik ve tablolar hazırlanmış, fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları çeşitli diyagramlarda ve formüller yardımıyla yorumlanmış ve değerlendirilmiştir. Suların kimyasal analiz sonuçlarının yorumlanmasında AquaChem 2014.1 bilgisayar programı yardımıyla değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre; Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'e göre sınıflandırılmıştır. Sulama suyu yönünden ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları, içme suyu yönünden TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği (2005)'e göre değerlendirilmiştir. Yeraltı sularının hidrojeokimyasal fasiyes ve kökensel yorumları ise Piper (1944) ve Schoeller diyagramlarına göre yapılmıştır.

Bu çalışmalar sonucunda literatür, arazi, laboratuvar ve büro çalışmalarıyla elde edilen veriler yorumlanarak tez yazım aşamasına geçilmiştir.

### 3. BULGULAR VE İRDELEMELER

#### 3.1. Hidrojeoloji

Suyu iletmek ve depolamak için yeterli derecede gözenekli ve geçirimli olan ve kullanılabilir miktarlarda (ekonomik değerde) su verecek şekilde yeraltı suyu içeren formasyonlara akifer denir. Engiz Çayı akiferi serbest akiferdir. Serbest akiferlerde geçirimsiz tabanın üzerinde birikmiş olan akifer malzemesinin boşluklarını dolduran yeraltı suyunun yüzeyi atmosferle ilişkilidir. Bu nedenle serbest bir akiferde açılan bir kuyuda su seviyesi yükselmez ve buradaki su basıncı atmosfer basıncına eşittir. Bir akiferin serbest akifer olması akiferin yapısal özelliklerine ve beslenme koşullarına bağlıdır.

##### 3.1.1. Bölgenin Evapotranspirasyon Değerinin Hesaplanması

Bir bölgede terleme ve buharlaşma yolu ile meydana gelen toplam su kayıplarına evapotranspirasyon kayıpları denir. Evapotranspirasyon kayıpları potansiyel ve gerçek olmak üzere ikiye ayrılır. Her zaman yeterli zemin nemi bulunduğu anda meydana gelen kayba potansiyel evapotranspirasyon, yeterli su olmadığı zaman yani bölgedeki mevcut su koşullarında meydana gelen kayıplara ise gerçek evapotranspirasyon kayıpları denir. Thornthwaite'e (1948) göre çalışma alanına ait hidrolojik bilanço hazırlanmıştır (Tablo 2,3,4).

$$U= 1.6 G (10t/I)^a \quad (1)$$

$$i= (t/5)^{1.514} \quad (2)$$

$$I= \sum i \quad (3)$$

$$a= 0.49239+(1.792*10^{-2})I-(7.71*10^{-5})I^2+(6.75*10^{-7})I^3 \quad (4)$$

$G$ = Aylık güneşlenme faktörüdür ve enlem derecesine göre değişir. Çalışma alanı  $41^\circ$  enlemindedir (Tablo 4).

Burada;  $U$ : Aylık evapotranspirasyon (cm),  $t$ : Aylık ortalama sıcaklık ( $^\circ\text{C}$ ),  $I$ : Yıllık termik indis,  $a$ : Sabit katsayı

Tablo 2. Çalışma alanının enlem derecesine göre aylık güneşlenme faktör değerleri

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$G (41^\circ)$	0.83	0.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	0.96	0.82	0.80

Tablo 3. Aylık evapotranspirasyon değerleri

AYLAR	Sıcaklık ( $^\circ\text{C}$ )	Aylık termik indis (i)	Güneşlenme faktörü (G)	U
Ocak	7,2	1,74	0,83	1,58
Şubat	7,1	1,70	0,83	1,55
Mart	7,9	2,00	1,03	2,26
Nisan	11,4	3,48	1,11	4,22
Mayıs	15,6	5,60	1,25	7,61
Haziran	20,3	8,34	1,26	11,39
Temmuz	23,3	10,28	1,27	14,12
Ağustos	23,5	10,41	1,19	13,40
Eylül	20	8,16	1,04	9,19
Ekim	16,1	5,87	0,96	6,13
Kasım	12,4	3,96	0,82	3,53
Aralık	9,3	2,56	0,80	2,24
Yıllık termik indis (I)	64,10			
Sabit sayı (a)	1,50			

Tablo 4. Thornthwaite metodu ile aylık evapotranspirasyon ve yağışlardan yararlanılarak hesaplanan hidrolojik bilanço

AYLAR	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	Yıllık Top.
Yağış(mm)	68	57	63	57	49	46	32	40	51	81	84	78	706
Pot.Buh.(Up)	16	16	23	42	76	114	141	134	92	61	35	22	772
Top.Su Rez.Değ.	—	—	—	—	-27	-68	-5	—	—	20	49	31	0
Top. Fay. Su Rez	100	100	100	100	73	5	0	0	0	20	69	100	667
Ger.Buh.Ter.(Ug)	16	16	23	42	76	114	37	40	51	61	35	22	533
Su Açığı (mm)	—	—	—	—	—	—	104	94	41	—	—	—	239
Su Faz. (mm)	52	41	40	15	—	—	—	—	—	—	—	25	173
Akış (mm)	32	37	38	27	13	7	3	2	1	1		12	173

### 3.1.2. Su rnekleme Noktaları

Samsun İli Ondokuzmayıs İlçesi'nde sulama suyu gereksinimi yeraltı suyundan karşılanmaktadır. Bu amaçla değişik yıllara ait açılan su kuyulardan yararlanılmaktadır. Çalışma kapsamında, DSİ 7. Bölge Müdürlüğü ve özel şirketler tarafından açılmış, su sondajı kuyularından yararlanılmıştır.

Çalışma alanı içerisinde açılmış 12 adet derin kuyudan ve 3 adet sığ kuyudan su örnekleri alınmıştır. İncelenen sondaj kuyularının derinlikleri 24-60 m arasında değişmekte olup, debileri 1 lt/sn ile 16 lt/sn arasında değişmektedir (Tablo 5 ).



Tablo 5. Çalışma alanındaki kuyulara ait genel bilgiler

KUYU NO	KUYU TİPİ	DERİNLİK (m)	DEBİ (lt/sn)	X	Y	Z	Statik seviye (m)	Dinamik Seviye (m)
1	Derin kuyu	52	12	257158	4598101	10,58	18	30
2	Derin kuyu	40	7	255433	4597016	20	4	10
3	Sığ kuyu	ölçülemedi	ölçülemedi	255934	4597433	14,08	ölçülemedi	ölçülemedi
4	Sığ kuyu	ölçülemedi	ölçülemedi	253532	4596624	43,18	ölçülemedi	ölçülemedi
5	Derin kuyu	60	6	255931	4598215	14,63	8	23
6	Sığ kuyu	ölçülemedi	ölçülemedi	255529	4597369	28,29	ölçülemedi	ölçülemedi
7	Derin kuyu	47	16	256929	4597781	10	6	19
8	Derin kuyu	24	5	255017	4596770	28,63	3	7
9	Derin kuyu	35	15	257834	4598170	10	4	12
10	Derin kuyu	60	6	259026	4598615	7	12	30
11	Derin kuyu	60	6	255369	4597025	20	12	30
12	Derin kuyu	48	4	256423	4596112	20	12	28,38
13	Derin kuyu	36	1	256432	4595950	24,50	8	17
14	Derin kuyu	ölçülemedi	ölçülemedi	256884	4597076	15	ölçülemedi	ölçülemedi
15	Derin kuyu	ölçülemedi	ölçülemedi	256096	4597352	10	ölçülemedi	ölçülemedi



### 3.1.3. Yeraltı Su Tablası Haritaları

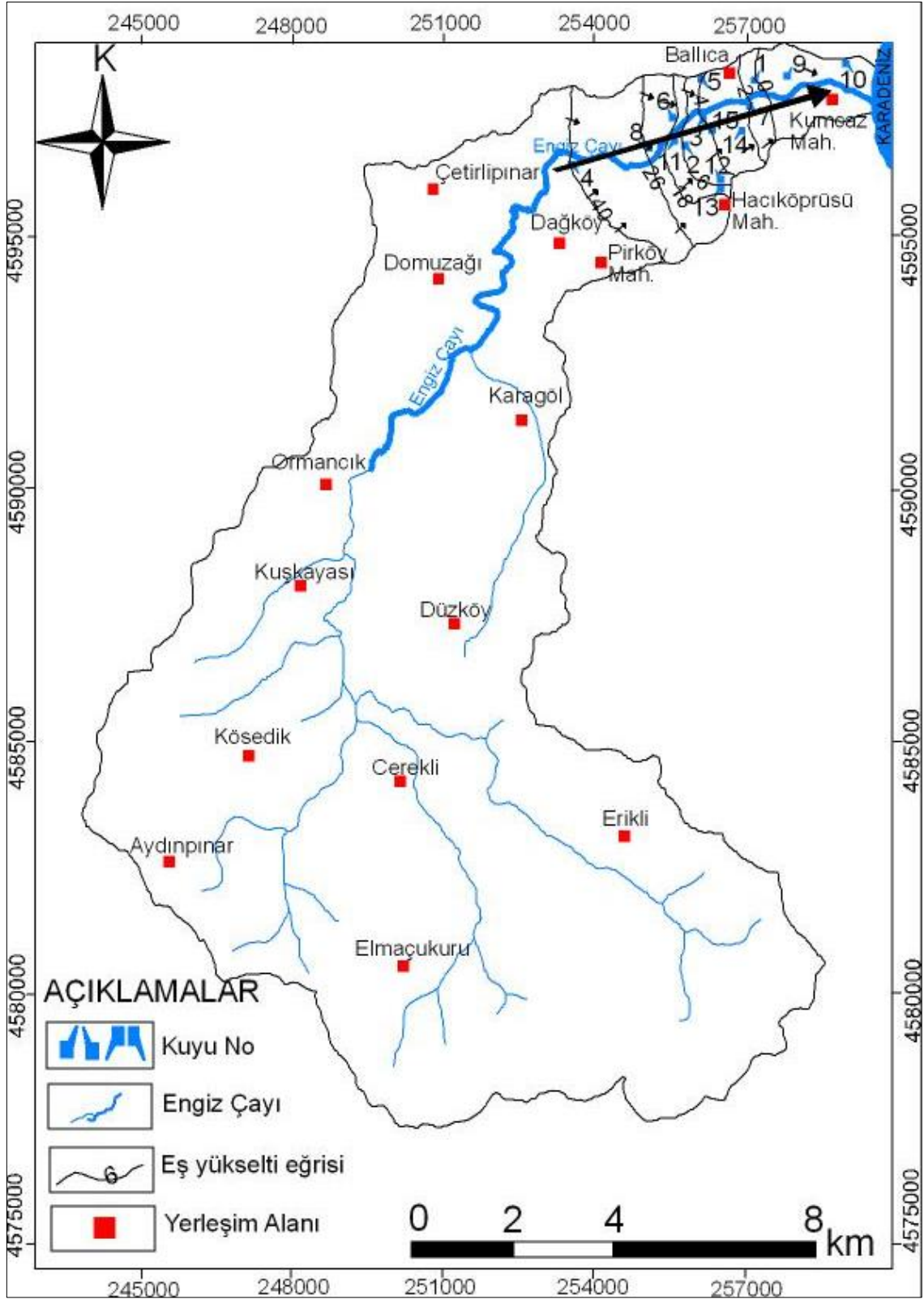
Akiferlerde yer altı su tablası haritaları, yer altı suyunun akış yönünü bulmak, akiferin beslenme ve boşalma bölgelerini belirlemek, yeni kuyu yerlerini tespit etmek ve benzeri gibi akifere ait hidrojeolojik bilgileri elde etmek için kullanılır. Kuyularda statik su seviyesinin ölçülmesi kuyu ağız ile su seviyesi arasındaki uzaklığın belirlenmesine dayanır. Serbest akiferlerde kuyu kotu ile yeraltı su düzeyi arasındaki fark yeraltı suyu kotudur.

Çalışma alanı içerisinde Engiz Çayı akiferinde açılmış toplam 15 kuyuda statik su seviyeleri düdüklü şerit metre aleti ile ölçülerek Haziran ve Ekim (2016) ait yeraltı su tablası haritaları yapılmıştır (Şekil 8 ve Şekil 9).

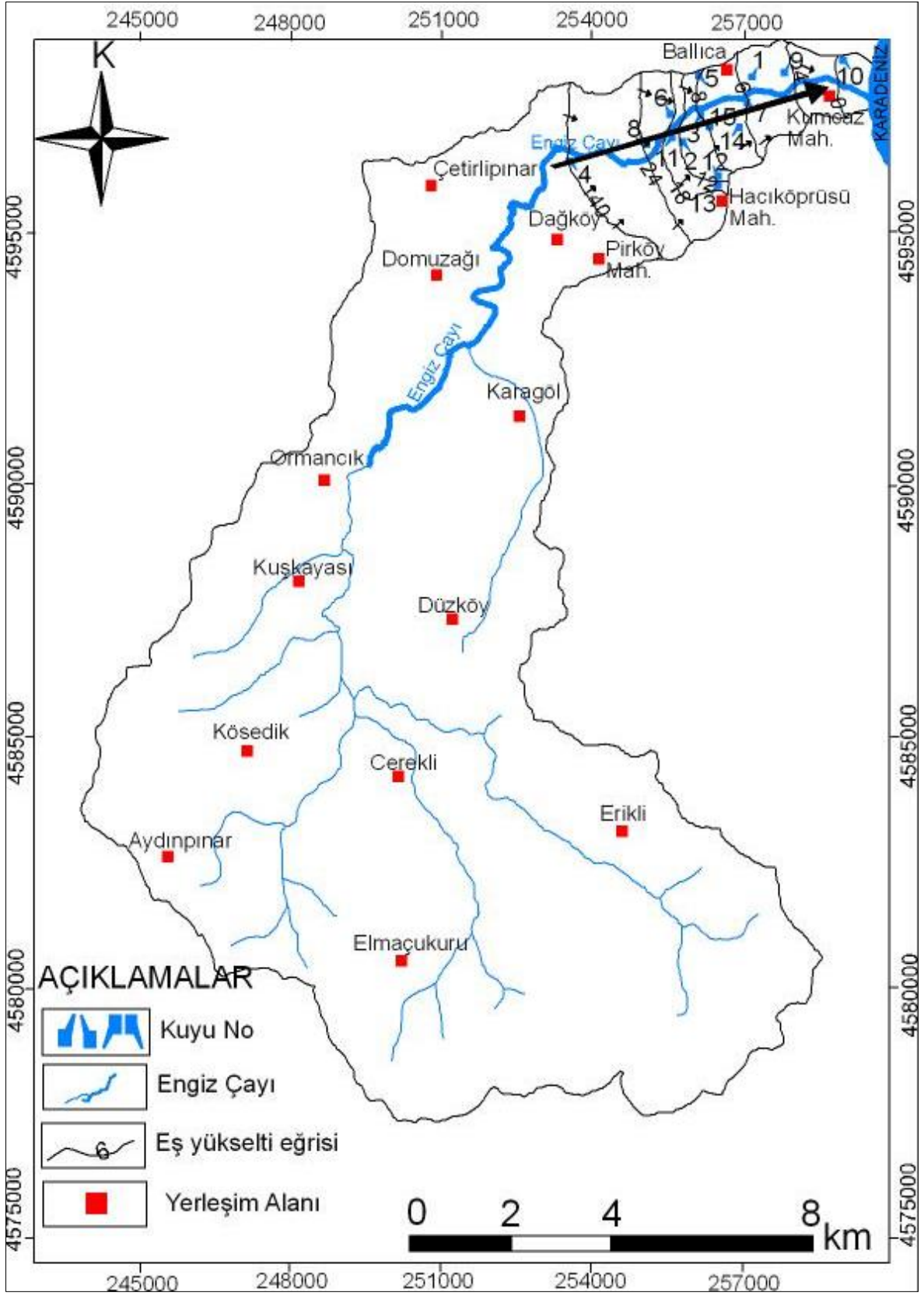
Kuyularda statik su seviye ölçümleri kurak ve yağışlı dönemleri temsil eden Haziran ve Ekim aylarında yapılmıştır (Tablo 6).

Tablo 6. Çalışma alanındaki kuyuların Haziran (2016) ve Ekim (2016) statik su seviyeleri ve YST değerleri

KUYU NO	Kuyu Kotu (m)	Haziran 2016 – Statik seviye (m)	YST (m)	Ekim 2016 – Statik seviye (m)	YST (m)
1	10,58	10,05	0,53	4,50	6,08
2	20	8,35	11,65	7,97	12,03
3	14,08	9,05	5,03	10,90	3,18
4	43,18	4,90	38,28	3,05	40,13
5	14,63	7,74	6,89	7,27	7,36
6	28,29	9,50	18,79	11,18	17,11
7	10	6,25	3,75	6,25	3,75
8	28,63	3,85	24,78	4,70	23,93
9	10	3,13	6,87	3,10	6,9
10	7	ölçülemedi	ölçülemedi	ölçülemedi	ölçülemedi
11	20	5,60	14,4	7,23	12,77
12	20	9,60	10,4	14	6
13	24,50	12,65	11,85	11,50	13
14	15	8,50	6,5	9,30	5,7
15	10	4,20	5,8	6,43	3,57



Şekil 8. Engiz Çayı akiferinin Haziran (2016) yeraltı su tablası haritası



Şekil 9. Engiz Çayı akiferinin Ekim (2016) yeraltı su tablası haritası

Bu verilerden yararlanılarak havza sınırları belirlenmiştir. Sınırları belirlenen havza içerisinde kuyu yerleri işlenerek YAS ana akım yönü belirlenmiştir. Engiz Çayı akiferinin beslenme bölgesi G-GB yönünden gerçekleşmekte, boşalma bölgesi ise KD'ya doğru olmaktadır. YAST akış yönü GB-KD yönündedir. Yeraltısu tablası haritası incelendiğinde akiferin akarsuyu beslediği görülmüştür.

### **3.2. Su Kalitesi**

Su kalitesi; toprak, bitki, mikroorganizma, madensel tuzlar, tarımsal etkinlik sonucu gübreleme ve tarımsal ilaçlar gibi faktörlerle belirlenen parametredir. Bu faktörler suların kirlenmesine neden olur. Sularda meydana gelen bu kirlenmeler su kalitesi kavramı ve su standartlarının ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Bu çalışmada Samsun ili sınırları içerisinde bulunan Engiz Çayı akiferindeki yeraltı suyu; fiziksel ve kimyasal parametreler açısından değerlendirilerek Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'e göre sınıflandırılmıştır. Ayrıca, sınıflaması yapılan yeraltı suları TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği (2005) nolu standardına göre de değerlendirilmiştir.

Su kalite değerlendirilmesinin yapılabilmesi için su örneklerinin fiziksel parametrelerinin yanı sıra kimyasal ve inorganik kirlenme parametreleri de dikkate alınmaktadır.

### **3.3. Hidrokimya**

#### **3.3.1. Suların Hidrokimyasal Özellikleri**

Çalışma alanından alınan 15 adet kuyu suyu örneğinin fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına göre sularda bulunan başlıca iyonlar ve kökenleri belirlenerek, iyonların çalışma sahasındaki birimlerle olan ilişkisi araştırılmıştır.

Suların fiziksel özellikleri; renk, koku, tat ve bulanıklığın belirlenmesi ile tayin edilir. Bulanıklık suyun içindeki kolloidal maddelerden meydana gelir. Koku ve tat ise suda bulunan bazı iyonlar ve gazlardan kaynaklanır. Engiz Çayı akiferinde açılan

kuyulardaki suların kimyasal özellikleri DSİ 7. Bölge Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü ve DSİ 22. Bölge Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü tarafından analizlerle belirlenmiştir.

Su örnekleri alınan kuyuların hemen hemen tümü tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde bulunmaktadır. Kullanılan gübre ve ilaçlar yağışlarla ve yüzey sularıyla birlikte taşınarak yeraltına süzülme ile yeraltı sularına geçmekte ve suların kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Suların kullanım amacına göre kalitesinin belirlenmesi için sulara bulunan başlıca anyonlar ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) ve katyonlar ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) Piper, Schoeller, ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları üzerinde değerlendirilerek yorumlanmıştır.

Engiz Çayı akiferinde belirlenen kuyulardan Haziran (2016) ve Ekim (2016) tarihlerinde su örnekleri alınarak kimyasal analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda, yeraltı suları hakkında diyagramlar kullanılarak yorum yapılabilmesi için anyon ve katyon değerlerini mg/l ve mg/l cinsinden elde edilen sonuçlar mek/l'ye çevrilmiştir (Tablo 7 ve 8).

$$\text{Mek/l} = \frac{\text{mg/l}}{\text{Ekivalant ağırlık}} \quad (5)$$

$$\text{Ekivalant ağırlık} = \frac{\text{Atom veya molekül ağırlığı}}{\text{İyon yükü}} \quad (6)$$

Tablo 7. Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) anyon ve katyon değerlerinin mg/l ve mek/ karşılıkları

HAZİRAN 2016 – ANYONLAR ve KATYONLAR															
KUYU NO	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mek/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mek/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mek/l)	Na <sup>+</sup> (mek/l)	K <sup>+</sup> (mek/l)	Mg <sup>2+</sup> (mek/l)	Ca <sup>2+</sup> (mek/l)
1	4,81	0	11,18	3,43	51,95	3,40	17,53	88,27	0,14	0,18	0,07	2,26	0,09	1,46	4,41
2	6,50	0	23,82	10,97	30,50	3,21	18,58	77,92	0,18	0,39	0,23	1,33	0,08	1,55	3,90
3	2,45	0	10,5	5,05	15,85	1,51	9,50	44,84	0,07	0,17	0,11	0,69	0,04	0,79	2,24
4	3,80	0,5	6,03	3,50	22,32	9,63	16,09	62,96	0,11	0,10	0,07	0,97	0,25	1,34	3,15
5	5,62	0	6,68	15,69	29,51	2,80	23,45	81,63	0,16	0,11	0,33	1,28	0,07	1,95	4,08
6	27,46	0	8,94	11,01	61,71	3,10	28,69	133,12	0,77	0,15	0,23	2,68	0,08	2,39	6,66
7	5,64	0	21,77	49,03	26,44	3,37	17,89	80,41	0,16	0,36	1,02	1,15	0,09	1,49	4,02
8	6,44	0	10,46	9,77	28,92	1,72	20,26	90,76	0,18	0,17	0,20	1,26	0,04	1,69	4,54
9	12,92	0	17,81	9,40	35,45	3,99	28,50	109,90	0,36	0,29	0,20	1,54	0,10	2,37	5,49
10	57,74	0	18,16	58,94	174,60	32,91	142,38	371,02	1,63	0,30	1,23	7,59	0,84	11,87	18,55
11	140,56	0,46	20,2	6,60	376,15	21,49	58,61	32,64	3,96	0,33	0,14	16,35	0,55	4,88	1,63
12	13,09	0	6,41	33,23	56,47	5,69	33,47	211,99	0,37	0,11	0,69	2,46	0,15	2,79	10,60
13	51,74	0	6,75	28,59	122,33	2,79	89,44	174,04	1,46	0,11	0,60	5,32	0,07	7,45	8,70
14	65,23	0	7,64	18,42	188,37	1,22	58,09	91,28	1,84	0,13	0,38	8,19	0,03	4,84	4,56
15	5,35	0	6,58	18,15	29,62	2,22	21,44	169,14	0,15	0,11	0,38	1,29	0,06	1,79	8,46

Tablo 8. Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Ekim (2016) anyon ve katyon değerlerinin mg/l ve mek/l karşılıkları

KUYU NO	EKİM 2016 – ANYONLAR ve KATYONLAR														
	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mek/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mek/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mek/l)	Na <sup>+</sup> (mek/l)	K <sup>+</sup> (mek/l)	Mg <sup>2+</sup> (mek/l)	Ca <sup>2+</sup> (mek/l)
1	28,79	0	9,59	22,61	49,33	2,94	18,07	101,26	0,81	0,16	0,47	2,14	0,08	1,51	5,06
2	33,02	0	6,67	55,74	31,16	1,89	20,67	149,14	0,93	0,11	1,16	1,35	0,05	1,72	7,46
3	15,42	0	6,74	30,74	16,54	1,80	7,91	60,19	0,43	0,11	0,64	0,72	0,05	0,66	3,01
4	40,07	0	12,26	34,46	31,10	10,56	25,82	98,81	1,13	0,20	0,72	1,35	0,27	2,15	4,94
5	31,92	0	6,92	84,14	28,26	1,73	27,36	175,52	0,90	0,11	1,75	1,23	0,04	2,28	8,78
6	141,36	0	13,01	66,07	68,02	3,00	31,38	198,17	3,98	0,21	1,38	2,96	0,08	2,62	9,91
7	26,96	0	6,79	53,16	23,95	1,27	14,13	118,17	0,76	0,11	1,11	1,04	0,03	1,18	5,91
8	68,22	0	14,29	52,57	32,68	3,43	28,95	190,30	1,92	0,23	1,10	1,42	0,09	2,41	9,51
9	78,02	0	19,59	91,68	46,63	8,51	36,56	138,90	2,20	0,32	1,91	2,03	0,22	3,05	6,95
10	791,10	0	6,96	171,73	2672,44	96,86	200,23	101,53	22,28	0,11	3,58	116,19	2,48	16,69	5,08
11	28,85	0	8,58	72,57	25,42	2,48	17,64	153,78	0,81	0,14	1,51	1,11	0,06	1,47	7,69
12	252,27	0,44	2,34	130,32	96,06	2,53	80,14	246,55	7,11	0,04	2,71	4,18	0,06	6,68	12,33
13	702,35	0	6,03	189,76	397,89	4,39	119,45	188,38	19,78	0,10	3,95	17,30	0,11	9,95	9,42
14	43,46	0	9,25	42,63	33,09	4,61	39,79	54,69	1,22	0,15	0,89	1,44	0,12	3,32	2,73
15	26,27	0	11,28	76,60	26,95	1,91	18,65	106,51	0,74	0,18	1,60	1,17	0,05	1,55	5,33

### 3.3.1.1. Suların Fiziksel Özellikleri

#### 3.3.1.1.1. Sıcaklık

Suların sıcaklığı su tablasının derinliğine, coğrafik enleme, yüksekliğe ve etkin volkanizmaya bağlıdır (Şahinci, 1991).

Yeraltı sularındaki sıcaklık değişimleri su örneklerinin alındığı tarihteki hava sıcaklığı ile ilişkili olup, Engiz Çayı akiferinde incelenen yeraltı sularında Haziran 2016 ve Ekim 2016'da yapılan ölçümlerde suların sıcaklıkları verilmiştir (Tablo 9).

Engiz Çayı akiferinin yeraltı suları sıcaklık değerleri bakımından örnekleme yapılan kuyulardan görüldüğü gibi mevsimlere göre bir değerlendirme yapılacak olursa Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'e göre ise I., II. ve III. sınıf kalitedeki sular kapsamında yer almaktadır (Ek Tablo 1).

Tablo 9. Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) sıcaklık değerleri

KUYU NO	HAZİRAN 2016 - °C	EKİM 2016 - °C
1	23,6	22,5
2	23	22,6
3	24	22,5
4	23,5	22,5
5	23,7	22,5
6	23,8	22,4
7	24,3	22,5
8	24,8	22,5
9	25,6	22,5
10	25,6	22,1
11	26,7	22,3
12	25	22,4
13	24,8	22,5
14	24,9	22,4
15	25	22,5

#### 3.3.1.1.2. Elektriksel İletkenlik (EC)

Elektriksel iletkenlik, suyun elektrik akımını iletme kapasitesidir. Bu özellik suda çözülmüş olarak bulunan iyonların cinsine, konsantrasyonuna ve sıcaklığa bağlıdır. Sudaki



iyon konsantrasyonu arttıkça iletkenlik değeri artmaktadır. Bundan dolayı elektriksel iletkenlik, suyun içinde iyon halinde bulunan toplam katı maddelerin konsantrasyonu hakkında bilgi verir.

İletkenlik birimi mho veya Siemens'tir.  $1S=1/Ohm=1mho$  olduğundan, öz iletkenlik  $mho.cm^{-1}$  veya  $S.cm^{-1}$  birimi ile ifade edilir. Doğal suların iletkenliği çok az olduğundan özgül iletkenliğin birimi olarak  $\mu mho/cm$  veya  $\mu S/cm$  kullanılır.

Suların özgül elektriksel iletkenliği esas alınarak su sınıflandırılması yapılabilir (Tablo 10). Engiz Çayı akiferinde açılan kuyulardan alınan numuneler üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre 15 örnekleme için su sınıflandırılması yapılmıştır ve Tablo 11'e göre değerlendirilmiştir (Tablo 11).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS 266, 2005)' na göre Engiz Çayı'nın yeraltı sularının EC değerleri Ekim (2016)'da ölçülen 10 ve 13 nolu kuyular hariç uygun sınırlar içerisindedir (Ek Tablo 2).

Tablo 10. Suların özgül elektriksel iletkenliğine göre yapılan sınıflandırılma (Erguvanlı ve Yüzer, 1980).

Elektriksel İletkenlik (EC) (25 °C de $\mu S/cm$ )	Sınıf
250' den az	ÇOK İYİ
250-750	İYİ
750-2000	KULLANILABİLİR
2000-3000	ŞÜPHELİ
3000' den fazla	KULLANILAMAZ

Tablo 11. Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) yeraltı sularının özgül elektriksel iletkenliğine göre yapılan sınıflandırılması

KUYU NO	Haziran 2016-EC ( $\mu S/cm$ )	Sınıf	Ekim 2016-EC ( $\mu S/cm$ )	Sınıf
1	616	İYİ	701	İYİ
2	746	İYİ	816	KULLANILABİLİR
3	467	İYİ	423	İYİ
4	525	İYİ	695	İYİ
5	1036	KULLANILABİLİR	998	KULLANILABİLİR
6	1394	KULLANILABİLİR	1337	KULLANILABİLİR
7	878	KULLANILABİLİR	648	İYİ
8	1028	KULLANILABİLİR	1085	KULLANILABİLİR
9	1141	KULLANILABİLİR	1172	KULLANILABİLİR
10	579	İYİ	8400	KULLANILAMAZ

Tablo 11'in devamı

KUYU NO	Haziran 2016-EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	Sınıf	Ekim 2016-EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	Sınıf
11	763	KULLANILABİLİR	809	KULLANILABİLİR
12	1594	KULLANILABİLİR	1615	KULLANILABİLİR
13	274	İYİ	2730	ŞÜPHELİ
14	968	KULLANILABİLİR	879	KULLANILABİLİR
15	904	KULLANILABİLİR	760	KULLANILABİLİR

### 3.3.1.1.3. Hidrojen İyon Konsantrasyon (pH)

pH, sudaki serbest hidrojen konsantrasyonunun negatif logaritmasıdır. Sudaki serbest  $\text{H}^+$  konsantrasyonuna bağlı olan pH sıcaklıkla değişir. Sulardaki  $\text{H}^+$  iyonu konsantrasyonunun artmasıyla pH değeri 7'nin altında yani asidik karakterli;  $\text{OH}^-$  iyonu konsantrasyonunun artmasıyla ise pH değeri 7'nin üzerinde yani bazik karakterli özellik kazanır.

Çalışma alanında yeraltı sularının ortalama pH'ı 7-8 değerleri arasındadır (Tablo 12). İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS-266, 2005)'na göre değerlendirildiğinde tüm yeraltı suların pH değerleri açısından uygun sınırlar içerisinde olduğu görülmektedir (Ek Tablo 2).

Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre Engiz Çayı yeraltı suları pH değerleri açısından I. ve II. sınıf kalitedeki sular kapsamında yer almaktadır (Ek Tablo 1).

Tablo 12. Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) pH değerleri

KUYU NO	Haziran 2016 - pH	Ekim 2016 - pH
1	7,36	7,67
2	7,26	7,27
3	7,48	7,61
4	7,33	7,28
5	7,08	7,12
6	7,09	7,46
7	7,35	7,44
8	7,31	7,22
9	7,34	7,23
10	7,54	7,67

Tablo 12'nin devamı

KUYU NO	Haziran 2016 - pH	Ekim 2016 – pH
11	7,30	7,30
12	7,13	7,17
13	7,07	7,12
14	7,29	7,35
15	7,21	7,30

#### 3.3.1.1.4. Sertlik

Suların sertliği içinde çözülmüş bulunan iyonlara bağlıdır. Suların sertliği geçici sertlik, kalıcı sertlik ve toplam sertlik olmak üzere üç çeşittir.

Geçici sertlik; sulardaki  $\text{CO}_3$  ve  $\text{HCO}_3$  iyonlarından meydana gelen sertliktir. Bu sertlik suların kaynatılması ile  $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{MgCO}_3$  şeklinde çözülen maddelerin çökmesi sonucu giderilir.

Kalıcı sertlik;  $\text{CO}_3$  ve  $\text{HCO}_3$  iyonlarına bağlı olmayan iyonlardan ileri gelen sertliktir. Kalıcı sertlik suların kaynatılmasıyla giderilmez. Geçici sertlik ile kalıcı sertliğin toplamı ise toplam sertliği verir. Toplam sertlik aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$\text{Toplam Sertlik}(\text{CaCO}_3 \text{ 'a eşdeğerli}) = 2,495\text{Ca}^{2+} + 4,115\text{Mg}^{2+} + 1,792\text{Fe} + 1,822\text{Mn}$$

Suların sertlik değerini belirtmek için değişik birimler kullanılır. 10 mg/l  $\text{CaCO}_3$ 'a karşılık gelen sertlik derecesine 1 Fransız sertlik derecesi ( $\text{F}^0$ ) denir. Ülkemizde de bu sertlik derecesi kullanılmaktadır.

$$1 \text{ F}^0 = 10 \text{ mg/l CaCO}_3$$

Tablo 13. Suların sertlik değerlerine göre sınıflandırılması (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

Suyun Kalitesi	Sertlik derecesi ( $\text{F}^0$ )
ÇOK YUMUŞAK SU	0-7
YUMUŞAK SU	7-14
ORTA YUMUŞAK SU	14-22
SERTİMSİ SU	22-30
SERT SU	30-54
ÇOK SERT SU	>54

Engiz ayı akiferinden alınan numuneler üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre 15 örnekleme için 4 farklı sertlik değeri hesaplanmıştır ve Tablo 13'e göre değerlendirilmiştir (Tablo 14).

Tablo 14. Engiz ayı akiferinden alınan yeraltı su rneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) suların sertlik değerlerine göre sınıflandırılması

KUYU NO	HAZİRAN 2016 - SERTLİK		EKİM 2016 - SERTLİK	
	SERTLİK DERECEĞİ	SUYUN KALİTESİ	SERTLİK DERECEĞİ	SUYUN KALİTESİ
1	29,30	SERTİMSİ SU	32,86	SERT SU
2	27,12	SERTİMSİ SU	45,74	SERT SU
3	15,11	ORTA YUMUŞAK SU	18,35	ORTA YUMUŞAK SU
4	22,34	SERTİMSİ SU	35,54	SERT SU
5	30,14	SERT SU	55,32	ÇOK SERT SU
6	45,03	SERT SU	62,38	ÇOK SERT SU
7	27,58	SERTİMSİ SU	35,57	SERT SU
8	31,01	SERT SU	59,51	ÇOK SERT SU
9	39,30	SERT SU	49,84	SERT SU
10	151,21	ÇOK SERT SU	107,82	ÇOK SERT SU
11	32,32	SERT SU	45,89	SERT SU
12	66,68	ÇOK SERT SU	94,52	ÇOK SERT SU
13	80,25	ÇOK SERT SU	96,18	ÇOK SERT SU
14	46,71	SERT SU	30,06	SERT SU
15	51,24	SERT SU	34,51	SERT SU

### 3.3.1.1.5. Toplam znmş Madde

Sudaki znmş maddeler, suda çözünmüş az miktardaki organik madde ve anorganik tuzların varlığından kaynaklanmaktadır. Çözünmüş maddeler suyun tat, sertlik, korozyon gibi özelliklerine etki ederler.

Toplam znmş maddeler, doğal kaynaklardan, lağım atıklarından, şehir drenaj sularından ve endüstriyel sulardan kaynaklanmaktadır. Çözünmüş maddeler suyun lezzetinde de etkilidir (Güler ve obanoğlu, 1997).

Sular, toplam çözünmüş madde miktarına göre sınıflandırılabilirler (Tablo 15).

Tablo 15. Çözünmüş toplam katı madde miktarına göre su sınıflaması (Freeze ve Cherry, 1979).

Katı Madde Miktarı (mg/l)	Sınıf
0-1000	TATLI SU
1000-10000	ACI SU
10000-100000	TUZLU SU
100000' den fazla	DENİZ SUYU

Engiz Çayı akiferi yeraltı sularından alınan örneklerdeki toplam çözünmüş madde (TDS) miktarı 287,64 - 5712 mg/l arasında değişmektedir. Katı madde miktarına göre 'Tatlı Su ve Acı Su' sınıfında yer alır (Tablo 16).

Engiz Çayı akiferinden alınan numuneler üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004) göre yeraltı suları sınıflandırılması yapılmıştır (Tablo 17).

Tablo 16. Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) çözünmüş toplam katı madde miktarına (TDS) göre su sınıflaması

KUYU NO	HAZİRAN 2016 - TDS	Sınıf	EKİM 2016 – TDS	Sınıf
1	418,88	TATLI SU	476,68	TATLI SU
2	507,28	TATLI SU	554,88	TATLI SU
3	317,56	TATLI SU	287,64	TATLI SU
4	357	TATLI SU	472,6	TATLI SU
5	704,48	TATLI SU	678,64	TATLI SU
6	947,92	TATLI SU	909,16	TATLI SU
7	597,04	TATLI SU	440,64	TATLI SU
8	699,04	TATLI SU	737,8	TATLI SU
9	775,88	TATLI SU	796,96	TATLI SU
10	393,72	TATLI SU	5712	ACI SU
11	518,84	TATLI SU	550,12	TATLI SU
12	1083,92	ACI SU	1098,2	ACI SU
13	186,32	TATLI SU	1856,4	ACI SU
14	658,24	TATLI SU	597,72	TATLI SU
15	614,72	TATLI SU	516,8	TATLI SU

Tablo 17. Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının TDS değerlerinin Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre sınıflandırılması

KUYU NO	HAZİRAN 2016 - TDS	Sınıf	EKİM 2016 – TDS	Sınıf
1	418,88	I	476,68	I
2	507,28	II	554,88	II
3	317,56	I	287,64	I
4	357	I	472,6	I
5	704,48	II	678,64	II
6	947,92	II	909,16	II
7	597,04	II	440,64	I
8	699,04	II	737,8	II
9	775,88	II	796,96	II
10	393,72	I	5712	IV
11	518,84	II	550,12	II
12	1083,92	II	1098,2	II
13	186,32	I	1856,4	III
14	658,24	II	597,72	II
15	614,72	II	516,8	II

### 3.3.1.2. Suların Kimyasal Özellikleri

#### 3.3.1.2.1. Anyonlar

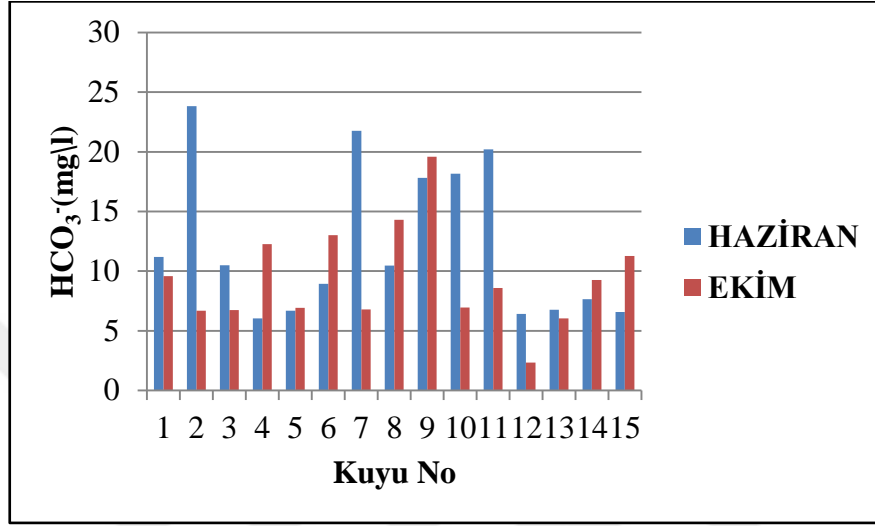
##### 3.3.1.2.1.1. Alkalinite ( $\text{HCO}_3^-$ ve $\text{CO}_3^{2-}$ )

Suların alkalinitesi, içerdiği çözünmüş maddelerin asitlerle tepkimeye girme ve nötrleştirme kapasitesine denir. Hemen hemen bütün doğal sularda bulunan alkalinite, karbonat ve hidroksit iyonlarından dolayı ortaya çıkmaktadır. Alkaliniteyi oluşturan temel unsur, atmosferik karbondioksit ile toprak ve doymun olmayan bölgede üretilen gazlardır (Freeze ve Cherry, 1979).

Yeraltı sularındaki  $\text{CO}_3^{2-}$  ve  $\text{HCO}_3^-$ 'ün çoğu atmosfer ve topraktaki  $\text{CO}_2$ 'den ve karbonatlı kayaçların erimesinden oluşmaktadır. Dolayısıyla  $\text{CO}_3^{2-}$  ve  $\text{HCO}_3^-$  miktarı  $\text{CO}_2$  miktarına ve suyun pH'ına bağlı kalmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1984).

Çalışma alanındaki yeraltı sularının  $\text{HCO}_3^-$  değerleri Haziran (2016) ayında 6,03-23,82 mg/l arasında; Ekim (2016) ayında ise 2,34-19,59 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 7 ve Tablo 8).

Şekil 10'da suların  $\text{HCO}_3^-$  konsantrasyonlarında mevsimsel değişimlerin olduğu görülmektedir. Haziran (2016) ayında 2,7,10 ve 11 no'lu kuyularda, Ekim (2016) ayında ise 9 no'lu kuyuda  $\text{HCO}_3^-$  iyonu diğer kuyu sularına oranla yüksek  $\text{HCO}_3^-$  içeriğine sahiptir.



Şekil 10. Çalışma alanındaki yeraltı sularının  $\text{HCO}_3^-$  iyon konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

### 3.3.1.2.1.2. Klorür ( $\text{Cl}^-$ )

Bütün doğal sularda  $\text{Cl}^-$  bulunur.  $\text{Cl}^-$  tuzlarının çözünürlüğü fazla olduğundan sularda en çok bulunan iyonlardan biridir. Normal sularda 1 mg/ L'den birkaç bin mg /L'ye rastlandığı olmuştur. Suyun tadına etki eden önemli bir iyonudur (Şahinci, 1991).

Sularda aniden yükselen  $\text{Cl}^-$  konsantrasyonu o suyun etkilendiğini gösterir. Yeraltı sularındaki  $\text{Cl}^-$  konsantrasyonundaki azalma yalnızca yağmura bağlı olabilir. Bu da kaynak sularının izlenmesine yardımcı veri olabilir (Şahinci, 1991).

Yeraltı sularındaki  $\text{Cl}^-$ , deniz suyundan, evaporitlerden, yağmur ve kar suyundan ya da atmosferden gelebilir. Bunların içinden yeraltı suyuna en fazla  $\text{Cl}^-$  veren kaynak deniz suyudur. Bu bakımdan kıyılardan uzaklaştıkça yeraltı sularındaki  $\text{Cl}^-$  miktarı önemli oranda azalır.  $\text{Cl}^-$ 'ün tüm tuzları pH'tan bağımsız olarak kolayca çözünürler (Şahinci, 1991).

Genel olarak kayalardan doğal sulara taşınan  $Cl^-$  önemsizdir. Eksi yükü sebebiyle kolloidler tarafından tutulmazlar.  $Cl^-$  toprakta birikme eğiliminde olmalarına karşın sulamanın yoğun olduğu yerlerde çözünerek sulara karışırlar (Şahinci, 1991).

Yeraltı suyuna deniz suyu girişiminin tespit edilmesinde kullanılabilir en kolay yöntem suyun  $Cl$  miktarının ölçülmesidir. Kıyılardan uzaklaştıkça yeraltı suyundaki  $Cl$  miktarı önemli miktarda azalır. Yağmur suyunda 1 mg/l olan klor, deniz suyunda 19 000 mg/l ye kadar yükselebilir. Yapılan çalışmalarda  $Cl$  konsantrasyonuna göre yeraltı suları 3 sınıfa ayrılmıştır (Gualbert, 2001).

- 1-  $Cl \leq 250$  mg/l (tatlı su)
- 2-  $250 < Cl < 10\ 000$  mg/l (hafif tuzlu- acı su)
- 3-  $Cl \geq 10\ 000$  mg/l (tuzlu su)

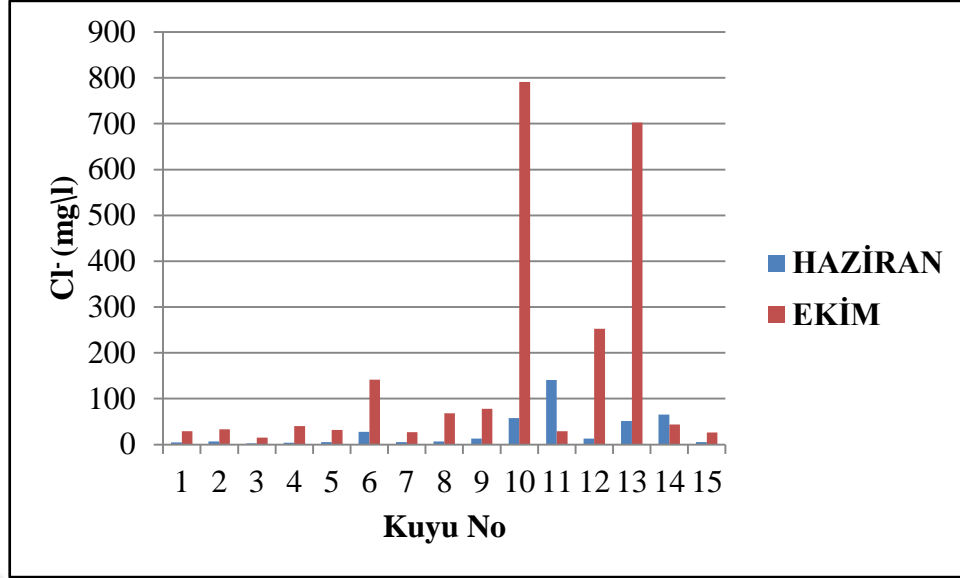
Çalışma alanındaki yeraltı sularının  $Cl^-$  değerleri Haziran (2016) ayında 2,45-140,56 mg/l arasında; Ekim (2016) ayında ise 15,42-791,10 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 7 ve Tablo 8).

Şekil 11'de suların  $Cl^-$  konsantrasyonlarında mevsimsel değişimlerin olduğu görülmektedir. Ekim (2016) ayında 10,12 ve 13 no'lu kuyularda  $Cl^-$  iyonu diğer kuyu sularına oranla yüksek  $Cl^-$  içeriğine sahiptir.

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS 266, 2005)' na göre Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının  $Cl^-$  değerleri Ekim (2016) da ölçülen 10,12 ve 13 no'lu kuyular hariç uygun sınırlar içerisindedir (Ek Tablo 2).

Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre Engiz Çayı akiferinin yeraltı suları  $Cl^-$  değerleri açısından I, II ve III sınıf kalitedeki sular kapsamında yer almaktadır (Ek Tablo 1).





Şekil 11. Çalışma alanındaki yeraltı sularının Cl<sup>-</sup> iyon konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

### 3.3.1.2.1.3. Sülfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

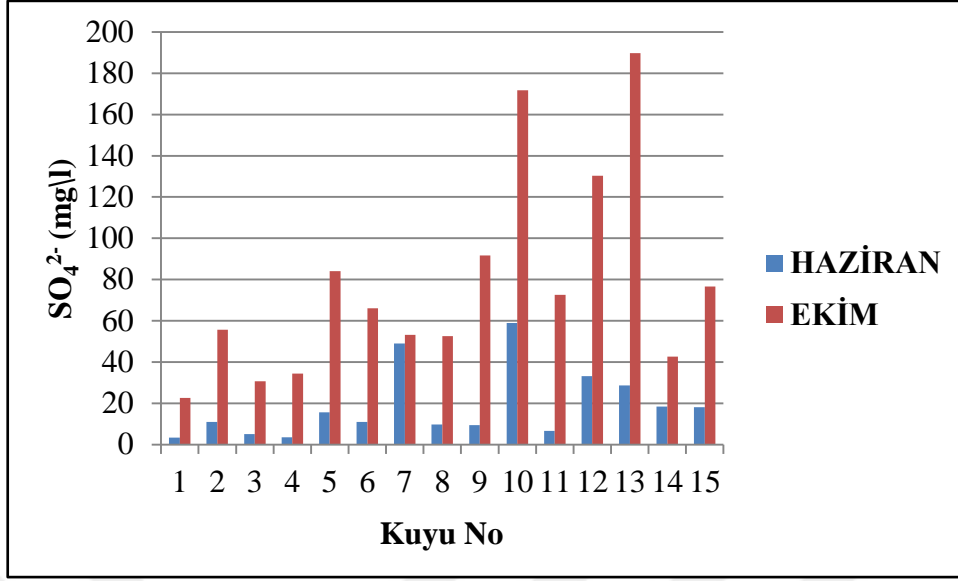
Yeraltı sularındaki SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>'ün büyük bir kısmı jips ve anhidritten ileri gelmektedir. Bunların dışında az miktarda piritin oksidasyonu ile oluşan FeSO<sub>4</sub>'ten, MgSO<sub>4</sub> ve Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'ten de gelebilir (Erguvanlı ve Yüzer, 1984).

Çalışma alanındaki yeraltı sularının SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> değerleri Haziran (2016) ayında 3,43-58,94 mg/l arasında; Ekim (2016) ayında ise 22,61-189,76 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 7 ve Tablo 8).

Şekil 12'de suların SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> konsantrasyonlarında mevsimsel değişimlerin olduğu görülmektedir. Ekim (2016) ayında 10,12 ve 13 no'lu kuyularda SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> iyonu diğer kuyu sularına oranla yüksek SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> içeriğine sahiptir.

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS 266, 2005)'na göre Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> değerleri uygun sınırlar içerisindedir (Ek Tablo 2).

Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre Engiz Çayı akiferinin yeraltı suları SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> değerleri açısından I. ve II. sınıf kalitedeki sular kapsamında yer almaktadır (Ek Tablo 1).



Şekil 12. Çalışma alanındaki yeraltı sularının  $SO_4^{2-}$  iyon konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

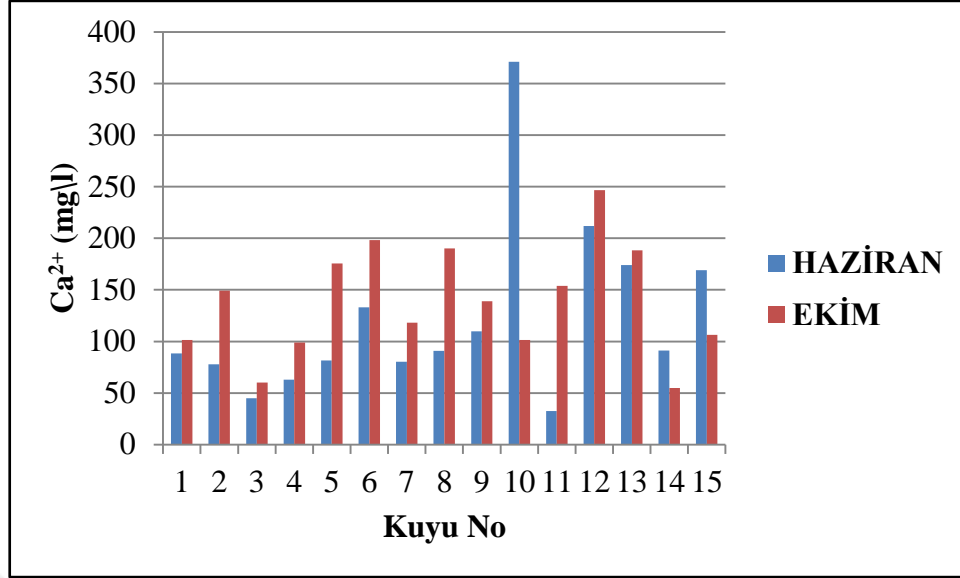
### 3.3.1.2.2. Katyonlar

#### 3.3.1.2.2.1. Kalsiyum ( $Ca^{2+}$ )

$Ca^{2+}$ , normal suların başlıca katyonudur. Doğadaki başlıca  $Ca^{2+}$  kaynakları karbonatlar ( $CaCO_3$  yani kireçtaşı ve mermer), aragonit, dolomit, jips, anhidrit ve apatit mineralleridir. Ayrıca silikat içeren kayalarda %1-10  $Ca^{2+}$  içeren kalsiyum silikatlar şeklinde bulunur.  $Ca^{2+}$  silikatlar hava ve su ile çözünebilen  $Ca^{2+}$  tuzlarına ve kil minerallerine dönüşür. Genellikle sudaki  $Ca^{2+}$  iyonu kaynağını karbonatlı ve sülfatlı  $Ca^{2+}$  mineralleri teşkil eder. Bu nedenle sularda çok farklı oranlarda  $Ca^{2+}$  bulunabilir.  $Ca^{2+}$  suya sertlik veren en önemli iyonudur.  $Ca^{2+}$  lu sularda karbonat ve sülfat da bulunursa  $CaCO_3$  ve  $CaSO_4$  çökerek kabuk meydana getirir.  $Ca^{2+}$ , sulama sularında toprağın yapısı ve geçirgenliği yönünden yararlıdır (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Çalışma alanındaki yeraltı sularının  $Ca^{2+}$  değerleri Haziran (2016) ayında 32,64-371,02 mg/l arasında; Ekim (2016) ayında ise 54,69-246,55 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 7 ve Tablo 8).

Şekil 13'te suların  $Ca^{2+}$  konsantrasyonlarında mevsimsel değişimlerin olduğu görülmektedir. Haziran (2016) ayında 10 no'lu kuyuda  $Ca^{2+}$  iyonu diğer kuyu sularına oranla yüksek  $Ca^{2+}$  içeriğine sahiptir.



Şekil 13. Çalışma alanındaki yeraltı sularının  $Ca^{2+}$  iyon konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

### 3.3.1.2.2.2. Magnezyum ( $Mg^{2+}$ )

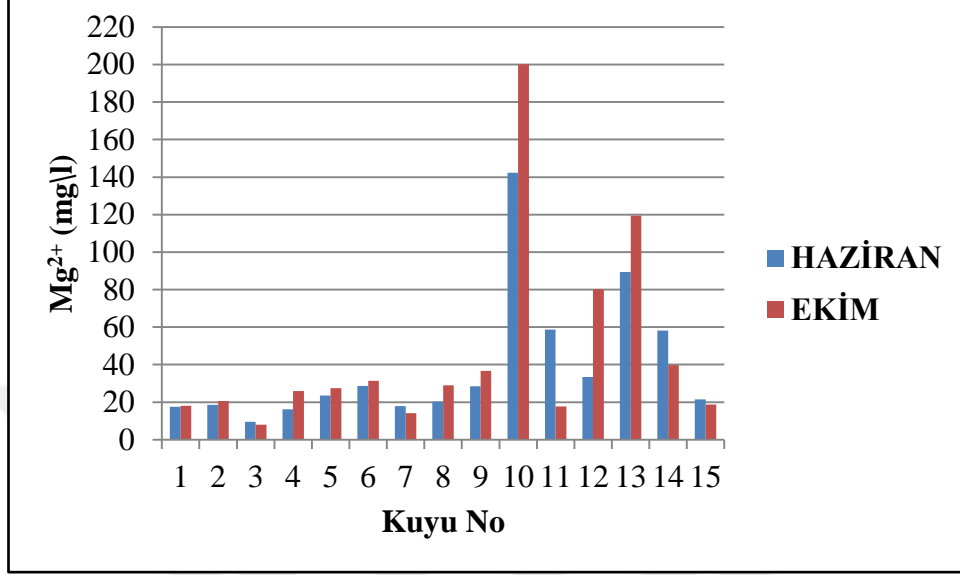
$Mg^{2+}$ , yerkabuğu ve tatlı sularda en fazla bulunan elementler sıralamasında sekizinci sıradadır.  $Mg^{2+}$  iyonlarının çapı,  $Na^+$  ve  $Ca^{2+}$  iyonlarının çapından küçük olmasına karşın, özgül elektriksel yükünün yüksekliği nedeniyle, su molekülleri tarafından hidratlaşma güçlüdür. Doğal sularda  $Mg^{2+}$  kaynakları; dolomit, evaporit, magmatik kaya mineralleri (olivin, biotit, hornblend, ojit) ve metamorfik kayalarda bulunan serpantin, talk, diyopsit, tremolit mineralleridir (Şahinci, 1991).

$Mg^{2+}$  suyun sertliğini meydana getiren iyonlardan biridir. Sıcak sularda kırılğan bir kabuk oluşturur. Suda bulunan  $CO_2$ , karbonatlı ve silikatlı minerallerin bünyesindeki  $Mg^{2+}$ 'un suya geçmesinde rol oynar. Granit ve silisli kayalarda bulunan sularda 5 mg  $Mg^{2+}$  bulunur.  $Mg^{2+}$  'un sülfat ve klorürleri suda rahat çözülür. Fazla  $Mg^{2+}$  'lu suların tadı acıdır (Şahinci, 1991).

Çalışma alanındaki yeraltı sularının  $Mg^{2+}$  değerleri Haziran (2016) ayında 9,50-142,38 mg/l arasında; Ekim (2016) ayında ise 7,91-200,23 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 7 ve Tablo 8).

Şekil 14'te suların  $Mg^{2+}$  konsantrasyonlarında mevsimsel değişimlerin olduğu görülmektedir. Haziran (2016) ayında 10 ve 13 no'lu kuyularda, Ekim (2016) ayında ise 10

ve 13 no'lu kuyularda  $Mg^{2+}$  iyonu diğer kuyu sularına oranla yüksek  $Mg^{2+}$  içeriğine sahiptir.



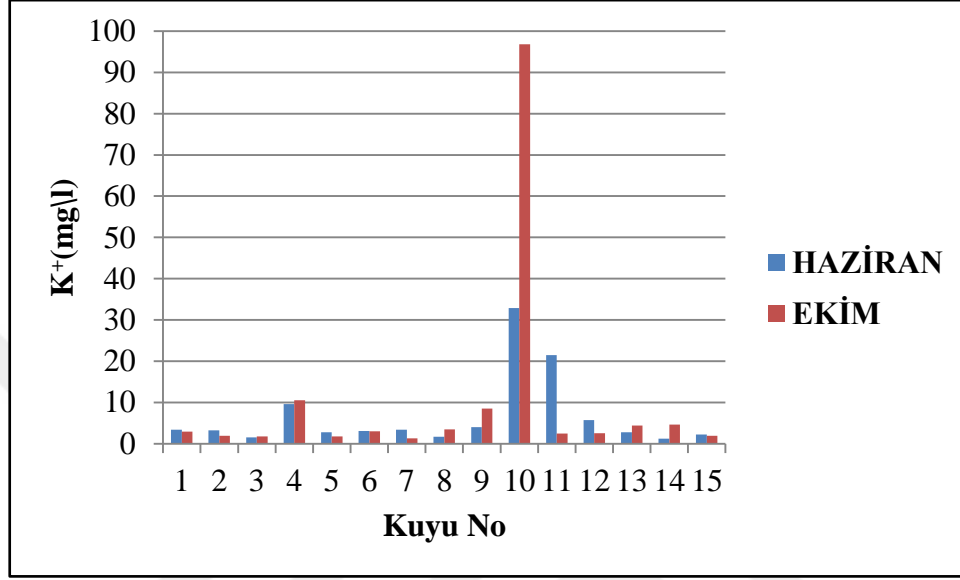
Şekil 14. Çalışma alanındaki yeraltı sularının  $Mg^{2+}$  iyon konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

### 3.3.1.2.2.3. Potasyum ( $K^+$ )

Yeraltı sularındaki potasyum miktarı, potasyum içeren minerallerin (potasyumlu feldispatlar gibi) bozunumuna, duraylı potasyum minerallerinin oluşmasına, iyon değişimine ve gözenek sularının yeraltı sularını beslemesine bağlıdır. Doğada oldukça yaygın bulunmasına karşın doğal sularda genellikle birkaç mg/L düzeyinde bulunur. Sulardaki orta derecedeki potasyum derişimi suyun kullanımını olumsuz yönde etkilemez. Potasyum bitki ve hayvan yaşamı için ana besinlerden biridir. Toprak zeminini oluşturan ana kayalarda K miktarı, Na'dan fazla bulunmaktadır. Buna karşın zeminde K iyonlarının bitkiler ve killer nedeniyle soğurulmasından dolayı, suda Na iyonları K iyonlarından fazladır (Şahinci, 1991).

Çalışma alanındaki yeraltı sularının  $K^+$  değerleri Haziran (2016) ayında 1,22-32,91 mg/l arasında; Ekim (2016) ayında ise 1,27-96,86 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 7 ve Tablo 8).

Şekil 15'te suların  $K^+$  konsantrasyonlarında mevsimsel değişimlerin olduğu görülmektedir. Haziran (2016) ayında 10 ve 11 no'lu kuyularda, Ekim (2016) ayında ise 10 no'lu kuyuda  $K^+$  iyonu diğer kuyu sularına oranla yüksek  $K^+$  içeriğine sahiptir.



Şekil 15. Çalışma alanındaki yeraltı sularının  $K^+$  iyon konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

#### 3.3.1.2.2.4. Sodyum ( $Na^+$ )

$Na^+$ , yerkabuğunda en fazla bulunan elementlerdendir. Deniz suyunda % 2,6-2,7 arasında  $NaCl$  vardır.  $Na^+$ 'un toplam katyona oranı tarımsal açıdan önemlidir. Ayrıca  $Na^+$ 'un yüksek olması geçirgenliği etkiler. Fazlası tat problemi oluşturur, tuzluluk hissi verir (Şahinci, 1991).

Sodyum doğada bulunan en yaygın alkali metaldir. Bütün sodyum bileşikleri suda kolayca çözünürler. Doğal suların hepsi bir miktar sodyum içerir. Yeraltındaki sodyumun bulunuşu mineral cinsine ve miktarına, pH'a, bozunum süresine, yeraltı suları akım hızına, ortamdaki kalsiyum iyon değişimine, yapay ve doğal kirlenme gibi etkenlere bağlıdır (Şahinci, 1991).

Çalışma alanındaki yeraltı sularının  $Na^+$  değerleri Haziran (2016) ayında 15,85-376,15 mg/l arasında; Ekim (2016) ayında ise 16,54-2672,44 mg/l arasında değişmektedir (Tablo 7 ve Tablo 8).

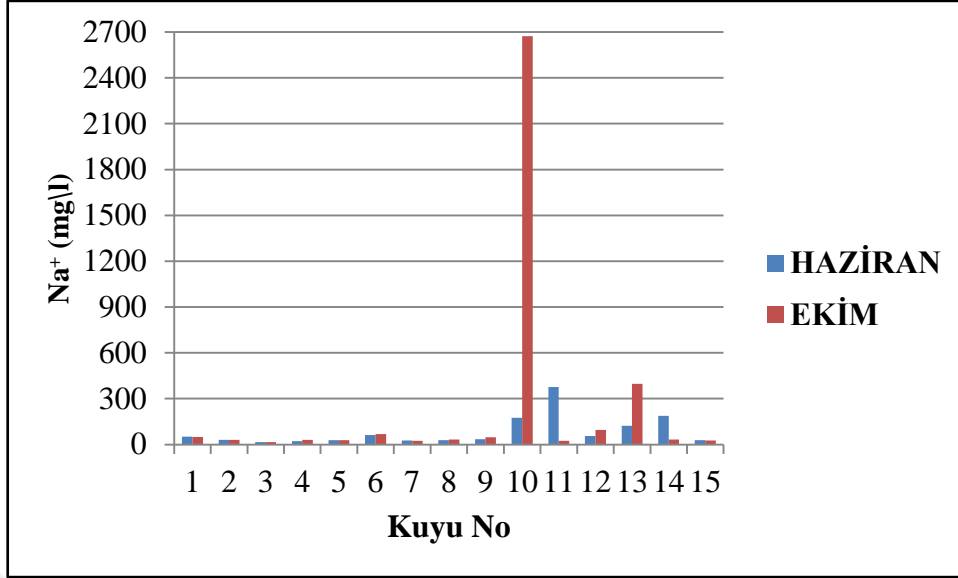
Şekil 16’da suların  $\text{Na}^+$  konsantrasyonlarında mevsimsel değişimlerin olduğu görülmektedir. Haziran (2016) ayında 11 no’lu kuyuda, Ekim (2016) ayında ise 10 ve 13 no’lu kuyularda  $\text{Na}^+$  iyonu diğer kuyu sularına oranla yüksek  $\text{Na}^+$  içeriğine sahiptir.

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS 266, 2005)’na göre Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının  $\text{Na}^+$  değerleri Haziran (2016) da ölçülen 11 no’lu kuyu, Ekim (2016) ayında ise 10 ve 13 no’lu kuyular hariç uygun sınırlar içerisindedir (Ek Tablo 2).

Engiz Çayı akiferinden alınan numuneler üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004) göre yeraltı suları sınıflandırılması yapılmıştır (Ek Tablo 1 ve Tablo 18).

Tablo 18. Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının  $\text{Na}^+$  değerlerinin Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)’ne göre sınıflandırılması

<b>KUYU NO</b>	<b>HAZİRAN 2016 - <math>\text{Na}^+</math></b>	<b>Sınıf</b>	<b>EKİM 2016 - <math>\text{Na}^+</math></b>	<b>Sınıf</b>
<b>1</b>	51,9456	I- II	49,3289	I- II
<b>2</b>	30,4978	I- II	31,1603	I- II
<b>3</b>	15,8509	I- II	16,5414	I- II
<b>4</b>	22,3206	I- II	31,1042	I- II
<b>5</b>	29,5075	I- II	28,2566	I- II
<b>6</b>	61,7071	I- II	68,0223	I- II
<b>7</b>	26,4363	I- II	23,9539	I- II
<b>8</b>	28,9228	I- II	32,6806	I- II
<b>9</b>	35,4486	I- II	46,6251	I- II
<b>10</b>	174,601	III	2672,4415	IV
<b>11</b>	376,153	IV	25,4223	I- II
<b>12</b>	56,4681	I- II	96,0609	I- II
<b>13</b>	122,332	I- II	397,8852	IV
<b>14</b>	188,372	III	33,0913	I- II
<b>15</b>	29,623	I- II	26,9466	I- II



Şekil 16. Çalışma alanındaki yeraltı sularının  $\text{Na}^+$  iyon konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

### 3.3.1.3. İnorganik Kirlenme Parametreleri

Engiz Çayı akiferinde açılan kuyulardan Haziran (2016) ve Ekim (2016) tarihlerinde su örnekleri alınarak iz elementlerin içeriklerini belirlemek amacıyla kimyasal analizleri yapılmıştır. (Tablo 19 ve 20 ).

Tablo 19. Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) iz element değerlerinin  $\mu\text{g/l}$  karşılıkları

KUYU NO	HAZİRAN 2016 – İZ ELEMENTLER ( $\mu\text{g/l}$ )													
	$\text{NO}_3^-$	$\text{NH}_4^+$	Pb	Zn	Cr	Mn	Fe	Cu	Cd	Ni	Al	As		
1	3,85	-	0,7	35,86	-	297,29	33,89	2,94	1,87	9,85	5,98	2,15		
2	4,52	-	4,67	42,2	1,53	20,24	147,73	5,29	1,89	16,49	43,03	10,1		
3	1,37	0,08	0,89	21,91	3,59	40,09	28,34	18,91	1,87	11,69	0,71	26,5		
4	1,78	-	0,8	4,85	2,1	31,23	29,21	16,16	1,87	8,61	-	-		
5	3,34	-	0,65	5,57	0,78	664,18	23,33	1,26	1,88	21,6	-	-		
6	6,82	0,37	0,7	12,28	0,86	16,93	31,08	3,21	1,88	22,32	-	-		
7	2,59	8,24	0,86	12,18	0,66	804,72	40,17	8,21	1,87	17,64	8,32	-		
8	2,61	-	0,69	18,69	1,27	87,31	37,77	1,96	1,88	21,78	-	10,22		
9	4,85	-	0,78	13,03	-	771,36	71,02	7,38	1,9	7,38	5,57	-		
10	11,51	-	1,06	6,91	4,33	182,25	75,69	27,97	1,87	13,16	20,22	20,45		
11	3,90	-	1,03	23,87	3,99	241,72	59,5	7,78	1,91	19,98	13,4	-		
12	7,38	-	0,77	18,32	2,39	26,26	48,95	14,15	1,87	22,02	16,98	13,62		
13	10,83	-	0,83	40,12	7,25	17,86	79,09	18,42	1,87	22,52	47,27	-		
14	4,07	-	0,98	17,31	3,53	141,35	56,97	22,24	1,88	17,34	20,01	-		
15	-	-	0,9	22,99	4,47	1035,83	128,97	5,57	1,89	22,72	25,24	-		



Tablo 20. Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Ekim (2016) iz element değerlerinin  $\mu\text{g/l}$  karşılıkları

KUYU NO	EKİM 2016 – İZ ELEMENTLER ( $\mu\text{g/l}$ )													
	$\text{NO}_3^-$	$\text{NH}_4^+$	Pb	Zn	Cr	Mn	Fe	Cu	Cd	Ni	Al	As		
1	17,82	-	0,41	35,99	1,58	570,37	319,32	8,22	-	4,16	39,26	1,72		
2	17,27	-	0,55	32,77	1,53	25,84	123,65	50,58	-	5,64	42,77	-		
3	5,18	-	1,08	38,71	1,04	143,84	265,8	38,77	-	3,22	155,49	-		
4	22,90	-	2,3	29,92	2,39	609,83	826,4	19,99	-	7,3	558,17	-		
5	14,87	-	1,57	26,73	1,39	1257,9	222,19	55,21	-	9,71	84,48	-		
6	40,76	-	0,38	28,78	1,58	6,26	117,16	9,18	-	7,37	45,19	-		
7	14,22	-	0,24	55,84	1,22	905,66	621,82	-	-	17,73	243,37	0,3		
8	27,21	-	0,55	47,8	0,91	464,51	165,08	7,47	-	10,41	51,18	-		
9	16,82	-	0,71	35,53	1,06	595,75	168,25	29	-	7,12	65,6	29,32		
10	51,92	8,82	2,06	24,4	7,43	218,31	334,28	22,2	-	5,43	94,14	20,86		
11	13,02	-	-	37,35	1,25	932,12	530,55	23,05	-	6,95	484,52	0,86		
12	51,70	-	0,37	22,73	1,13	12,65	117,32	37,1	-	6,72	45,98	-		
13	43,37	-	-	24,32	2,33	4,99	144,32	-	-	5,65	38,19	1,63		
14	18,05	-	2,04	53,37	0,91	109,14	128,72	5,4	-	5,29	37,57	1,34		
15	13,13	-	0,71	42,99	1,27	826,35	612,9	1,12	-	9,1	282,5	0,34		

### 3.3.1.3.1. Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )

Azot bileşiklerinin en ileri oksitlenme ürünü olan nitrat suda kolay çözünürler. Suda fazla miktarda nitrat iyonları kirlenmeyi işaret eder. Yeraltı sularında nitratın başlıca kaynağı ayrılmış bitki ve hayvan artıklarının tarımda kullanılan nitratlı gübrelerin, endüstri artıklarının ve lağım sularının yeraltına süzülmesidir (Şahinci, 1991).

Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının  $\text{NO}_3^-$  değerleri Haziran (2016) ayında 1,37-11,51  $\mu\text{g/l}$  arasında; Ekim (2016) ayında ise 5,18-51,92  $\mu\text{g/l}$  arasında değişmektedir (Tablo 19 ve Tablo 20).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS 266, 2005)'na göre Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının  $\text{NO}_3^-$  değerleri Haziran (2016) ve Ekim (2016) aylarındaki uygun sınırlar içerisindedir (Ek Tablo 2).

Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre Engiz Çayı akiferinin yeraltı suları  $\text{NO}_3^-$  değerleri açısından I. sınıf kalitedeki sular sınıfında yer almaktadır (Ek Tablo 1).

Çalışma alanındaki suların  $\text{NO}_3^-$  içerikleri standartların altında olduğu için herhangi bir kirlilik oluşturmamaktadır.

### 3.3.1.3.2. Amonyum ( $\text{NH}_4^+$ )

Su içinde azot genellikle amonyum, amin, nitrit ve nitrat halinde bulunur. Amonyum, azotlu organik bileşiklerin genellikle mikrobiyolojik aktiviteler ile bozunması yoluyla suya girmektedir. Azotlu organik bileşiklerin suda parçalanmasıyla amonyak oluşur, oluşan bu amonyak su içinde çözülerek su ile reaksiyona girer ve amonyum hidroksit oluşturur.

Amonyak azotunun iki şeklinin (serbest amonyak ve amonyum iyonu) oranları pH'a bağlı olarak değişmektedir. Doğal suların pH derecesi 8 civarında olduğundan bu sular içinde bulunan amonyak büyük bir yüzde ile amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) iyonu halinde bulunur. Bazı yüzey ve yeraltı suları 0,1 mg/l den az amonyum azotu içerirler. Daha yüksek miktardaki amonyum tuzları serbest amonyak organik azot içeren endüstriyel atıklar ve kanalizasyonla kirlenen sularda görülür. Suda amonyak azotunun bulunması suyun yeni kirlenmiş olduğunu gösterir (Atabey, 2005).

Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının  $\text{NH}_4^+$  değerleri Haziran (2016) ayında 0,08-8,24  $\mu\text{g/l}$  arasında; Ekim (2016) ayında ise 0-8,82  $\mu\text{g/l}$  arasında değişmektedir (Tablo 19 ve Tablo 20).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS 266, 2005)' na göre Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının  $\text{NH}_4^+$  değerleri Haziran (2016) ve Ekim (2016) aylarındaki uygun sınırlar içerisinde (Ek Tablo 2).

Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre Engiz Çayı akiferinin yeraltı suları  $\text{NH}_4^+$  değerleri açısından I. sınıf kalitedeki sular kapsamında yer almaktadır (Ek Tablo 1).

Çalışma alanındaki suların  $\text{NH}_4^+$  içerikleri standartların altında olduğu için herhangi bir kirlilik oluşturmamaktadır.

### 3.3.1.3.3. Kurşun (Pb)

Yerkabuğunun doğal bileşeni olan kurşun doğal sulara bulunmazken çevre kirliliği nedeni ile sulara karışmaktadır. Endüstriyel atık deşarjları, kurşun boruların korozyona uğraması ve yanma olayları (özellikle kurşunlu benzinin yanması) sonucu içme sularına, akarsulara ve yeraltı sularına karışır. Evlere verilen çeşme suyunda ise, eğer dağıtım Pb borularla yapılıyorsa veya kurşunla kaplı depolarda bekletiliyorsa bu miktar daha yüksek olmaktadır. Özellikle bu miktar suyun yumuşak, bol oksijenli, nitrat miktarı fazla ve asidik karakterde olması durumunda korozyonun artmasından dolayı daha fazla olmaktadır. Kurşun borular su dağıtımında artık genelde kullanılmasa da bazı ülkelerde henüz kullanılmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Pb değerleri Haziran (2016) ayında 0,65-4,67  $\mu\text{g/l}$  arasında; Ekim (2016) ayında ise 0,24-2,30  $\mu\text{g/l}$  arasında değişmektedir (Tablo 19 ve Tablo 20).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS 266, 2005)'na göre Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Pb değerleri Haziran (2016) ve Ekim (2016) aylarındaki uygun sınırlar içerisinde (Ek Tablo 2).

Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre Engiz Çayı akiferinin yeraltı suları Pb değerleri açısından I. sınıf kalitedeki sular sınıfında yer almaktadır (Ek Tablo 1).

Çalışma alanındaki suların Pb içerikleri standartların altında olduğu için herhangi bir kirlilik oluşturmamaktadır.

#### **3.3.1.3.4. Çinko (Zn)**

Doğal sularda çinko az bulunur. Adsorpsiyonla çözülmüş çinkonun miktarı düşer. Musluk suyunda çinko miktarı, galvanizli pirinç borular ve diğer çinkolu yapılardan gelen çinko nedeniyle yüzey sularından daha fazladır (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Zn değerleri Haziran (2016) ayında 4,85-42,2 µg/l arasında; Ekim (2016) ayında ise 22,73-55,84 µg/l arasında değişmektedir (Tablo 19 ve Tablo 20).

Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre Engiz Çayı akiferinin yeraltı suları Zn değerleri açısından I. sınıf kalitedeki sular kapsamında yer almaktadır (Ek Tablo 1).

Çalışma alanındaki suların Zn içerikleri standartların altında olduğu için herhangi bir kirlilik oluşturmamaktadır.

#### **3.3.1.3.5. Krom (Cr)**

Krom doğal sularda çok az çözünür; ancak çok oksitleyici ve asit ortamlarda kromat iyonu şeklinde bulunabilir (Şahinci, 1991).

Krom, sularda  $Cr^{3+}$  ve  $Cr^{6+}$  iyonları halinde bulunabilir. Ancak 3 değerlikli kroma çok nadir rastlanırken, 6 değerlikli krom kanserojenik özelliktedir. Bu nedenle içme sularının krom kirliliğinden korunması gerekmektedir. pH değeri düşük doğal sularda eser miktarda bulunabilir. Krom tuzları özellikle metalik kaplamalarda, boya fabrikalarında, boyalarda, patlayıcı maddeler, seramik ve kağıt gibi endüstrilerde kullanılır. Bu nedenle suya krom endüstriyel atıklardan kaynaklanan kirlilikle karışmaktadır. Sularda kromat bileşiklerinin bulunuşu ancak suyun kirlenmesi sonucunda olabilir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Cr değerleri Haziran (2016) ayında 0,66-7,25 µg/l arasında; Ekim (2016) ayında ise 0,91-7,43 µg/l arasında değişmektedir (Tablo 19 ve Tablo 20).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS 266, 2005)'na göre Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Cr değerleri Haziran (2016) ve Ekim (2016) aylarındaki kuyular uygun sınırlar içerisindedir (Ek Tablo 2).

Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre Engiz Çayı akiferinin yeraltı suları Cr değerleri açısından I. sınıf kalitedeki sular sınıfında yer almaktadır (Ek Tablo 1).

Çalışma alanındaki suların Cr içerikleri standartların altında olduğu için herhangi bir kirlilik oluşturmamaktadır.

### **3.3.1.3.6. Mangan (Mn)**

Mangan, yeraltı sularına jeolojik formasyonlardan ve mangan içeren suni gübrelerden karışmaktadır. Mangan içeren sular ile yıkanmış eşyalarda, elbiselerde ve tabaklarda lekeler meydana gelir ve borular içinde oluşturdukları kabuklanmalar ile boruların tıkanmasına yol açarlar (Sargın, 2010).

Toprakta minerallerden geçmiş mangana rastlanır. Toprak veya tortul kütlelerdeki mangan atmosferik olayların etkisiyle çözünerek suya geçer. Demiri fazla olan sularda, çok defa mangana rastlanır. Yeraltı sularında bulunan mangan ortamda oksijenin bulunmayışı nedeniyle iki değerliklidir. Yüzeysel sularda, özellikle göl ve baraj gibi rezervuarların dip çökeltisi çamurları içerisinde bulunur ve indirgeyici ortamda çamurdan suya geçer. Manganın suda bulunmasının zararı endüstri sularında hemen hemen demirin etkisinin aynısıdır. Bu da suda bazı bakterilerin çoğalmasına yardım ettiği gibi, boruların tıkanmasına demirden fazla neden olur. 0.5 mg/lt mangan dan fazlası sulara kötü bir lezzet verir. Çay ve kahve hazırlamaya, çamaşır yıkamaya uygun değildir. Endüstride manganlı suların arıtımı gerekmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Mn değerleri Haziran (2016) ayında 16,93-1035,83 µg/l arasında; Ekim (2016) ayında ise 4,99-1257,9 µg/l arasında değişmektedir (Tablo 19 ve Tablo 20).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS 266, 2005)' na göre Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Mn değerleri Haziran (2016) da ölçülen 2, 3, 4, 6, 12 ve 13 no'lu kuyular, Ekim (2016) ayında ise 2, 6, 12 ve 13 no'lu kuyular uygun sınırlar içerisindedir (Ek Tablo 2).

Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre Engiz Çayı akiferinin yeraltı suları Mn değerleri açısından I ve II. sınıf kalitedeki sular kapsamında yer almaktadır (Ek Tablo 1).

Haziran (2016) ayında 1, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 14 ve 15 no'lu ve Ekim (2016) ayında ise 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 14 ve 15 no'lu kuyularda yeraltı sularının Mn konsantrasyonlarında artış görülmektedir. Bunun nedeni yeraltı sularına jeolojik formasyonlardan ve mangan içeren suni gübrelere etkilendiğini işaret etmektedir.

### 3.3.1.3.7. Demir (Fe)

Yerkabuğunda yaygın olarak demir bulunduğu yeraltı sularında da demir bileşiklerine bol miktarda rastlanmaktadır. Yeraltı sularında demir konsantrasyonunun 0,3 mg/L'den fazla olması genel bir sorundur. Demir bileşikleri sağlık açısından problemlere yol açmaz ancak fazla miktarda olduğunda suyun tadını ve görünümünü bozabilirler. Demir oksitler havayla temas edince kırmızımsı kahverengine dönüşürler ve suyun rengini bozarlar. Bu tür sular ile yıkanmış eşyalarda, elbiselerde ve tabaklarda lekeler meydana gelir ve borular içinde oluşturdukları kabuklanmalar ile boruların tıkanmasına yol açarlar (Sargın, 2010).

Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Fe değerleri Haziran (2016) ayında 23,33-147,73 µg/l arasında; Ekim (2016) ayında ise 117,16-826,4 µg/l arasında değişmektedir (Tablo 19 ve Tablo 20).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS 266, 2005)'na göre Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Fe değerleri Ekim (2016) de ölçülen 1, 3, 4, 5, 7, 10, 11 ve 15 no'lu kuyular hariç uygun sınırlar içerisindedir (Ek Tablo 2).

Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre Engiz Çayı akiferinin yeraltı suları Fe değerleri açısından I ve II. sınıf kalitedeki sular sınıfında yer almaktadır (Ek Tablo 1).

Ekim (2016) ayında 1, 3, 4, 5, 7, 10, 11 ve 15 no'lu kuyularda yeraltı sularının Fe konsantrasyonlarında artış görülmektedir.

### 3.3.1.3.8. Bakır (Cu)

Bakır ve bileşikleri çevrede dolayısıyla yüzeysel sularda bulunabilirler. Sudaki bakır, suyun pH'sı ve karbonat konsantrasyonu ve diğer anyonlarla ilgilidir. Musluk suyunda bulunan bakır miktarı ham su kaynağında ve arıtılmış suda bulunan bakır miktarından fazla olabilir. Çünkü bakır tuzları dağıtım sistemlerindeki çamur kontrolü ve manganezin yükseltgenmesini katalizlemesi yönünden, depolardaki bakteri büyümelerinin kontrolünde kullanılır. Jeolojik konuma, sanayiye ve gübre kullanımına, yiyeceğe göre topraktan değişik miktarlarda bakır alınır, inorganik esaslı gübrelerde Cu miktarı 0.01-0.05 mg/gr'dır. Suda bulunan bakır zararlı değildir. Ancak alüminyum, çinko gibi boruların korozyonunu artırır (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Cu değerleri Haziran (2016) ayında 1,26-27,97 µg/l arasında; Ekim (2016) ayında ise 1,12-55,21 µg/l arasında değişmektedir (Tablo 19 ve Tablo 20).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS 266, 2005)'na göre Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Cu değerleri Haziran (2016) ve Ekim (2016) aylarındaki kuyular uygun sınırlar içerisindedir (Ek Tablo 2).

Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre Engiz Çayı akiferi yeraltı suları Cu değerleri açısından I, II ve III. sınıf kalitedeki sular kapsamında yer almaktadır (Ek Tablo 1).

Çalışma alanındaki suların Cu içerikleri standartların altında olduğu için herhangi bir kirlilik oluşturmamaktadır.

### 3.3.1.3.9. Kadmiyum (Cd)

Doğada kadmiyum yalnızca bileşikler halinde bulunur ve bazı durumlarda diğer bir kısım elementlerin ( $Zn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ) yerini alır.

Toksik potansiyele sahip kadmiyum suya bazı galvanize boruların bozunması, plastik sanayinde stabilizatör maddesi olarak kullanılmasından ve endüstri artıklarının karıştırılmasından gelebilir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Cd değerleri Haziran (2016) ayında 1,87-1,91 µg/l arasında; Ekim (2016) ayında ise element için ölçme sonucunun, ölçme cihazının tayin sınırından küçük olduğu için değer verilmemiştir (Tablo 19 ve Tablo 20).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS 266, 2005)'na göre Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Cd değerleri Haziran (2016) ve Ekim (2016) aylarındaki kuyular uygun sınırlar içerisinde (Ek Tablo 2).

Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre Engiz Çayı akiferinin yeraltı suları Cd değerleri açısından I. sınıf kalitedeki sular sınıfında yer almaktadır (Ek Tablo 1).

Çalışma alanındaki suların Cd içerikleri standartların altında olduğu için herhangi bir kirlilik oluşturmamaktadır.

### **3.3.1.3.10. Nikel (Ni)**

Nikel doğal sulara nikel genellikle Ni<sup>+2</sup> şeklinde bulunur (Şahinci, 1991).

Her yerde kolayca bulunabilen nikel bileşikleri pratik olarak suda çözünmez. Suda çözünebilir tuzları, klorür, sülfat ve nitrattır. Nikel içeren bu bileşiklerin endüstriyel atıklarla nehirlere atılması ile nikel suya karışır. (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Ni değerleri Haziran (2016) ayında 7,38-22,72 µg/l arasında; Ekim (2016) ayında ise 3,22-17,73 µg/l arasında değişmektedir (Tablo 19 ve Tablo 20).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS 266, 2005)' na göre Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Ni değerleri Haziran (2016) da ölçülen 5, 6, 8, 12, 13 ve 15 no'lu kuyular hariç uygun sınırlar içerisinde (Ek Tablo 2).

Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre Engiz Çayı akiferinin yeraltı suları Ni değerleri açısından I ve II. sınıf kalitedeki sular kapsamında yer almaktadır (Ek Tablo 1).

Haziran (2016) ayında 5, 6, 8, 12, 13 ve 15 no'lu kuyularda yeraltı sularının Ni konsantrasyonlarında artış görülmektedir.

### **3.3.1.3.11. Alüminyum (Al)**

Yeraltı sularında doğal süzülme nedeniyle alüminyum oldukça azdır. Alüminyum yer kabuğunda önemli miktarda bulunmasına karşın (% 8,6), az çözünmesi nedeniyle yeraltı



sularında önemsiz miktarda bulunur. Alüminyumun suda bulunuşu, özellikle suyun kökeni ve maden yatakları hakkında bilgi vermesi bakımından önemlidir (Şahinci, 1991).

Engiz Çayı akiferinin yeraltı sularının Al değerleri Haziran (2016) ayında 0,71-47,27 µg/l arasında; Ekim (2016) ayında ise 37,57-558,17 µg/l arasında değişmektedir (Tablo 19 ve Tablo 20).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS 266, 2005)' na göre Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının Al değerleri Ekim (2016) de ölçülen 4, 7, 11 ve 15 no'lu kuyular hariç uygun sınırlar içerisinde (Ek Tablo 2).

Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre Engiz Çayı akiferinin yeraltı suları Al değerleri açısından I, II ve III. sınıf kalitedeki sular sınıfında yer almaktadır (Ek Tablo 1).

Ekim (2016) ayında 4, 7, 11 ve 15 no'lu kuyularda yeraltı sularının Al konsantrasyonlarında artış görülmektedir.

### 3.3.1.3.12. Arsenik (As)

Doğada bitki ve hayvanlarda, toprakta, atmosferde, volkanik patlamalardan çıkan toprak ve kaya parçacıklarında ve maden atıklarında yaygın olarak bulunan arsenik, metal olarak özellikle toz halinde zehirsizdir. Ancak su, hatta havadaki nem ile birleştiği zaman çok zehirli bir madde olan arsenik trioksit ( $As_2O_3$ ) dönüşür.

Ayrıca arsenik havaya fosil yakıtlarının yanması sonucu yayıldığı gibi, madencilik, tarım ve atık yakma işlemlerinden dolayı da kirlilik olarak havaya ve suya karışabilir (Brown, 2002)

Yer üstü suları, yer altı sularına göre nispeten daha düşük oranlarda arsenik içerirler. Bunun sebebi, toprağın yapısındaki arseniğin çözünerek yer altı ve kuyu sularına daha kolaylıkla geçmesidir. Arseniğin vücuda alınmasındaki en büyük kaynak içme suyudur. Bunu yanında gıdalar, deniz ürünleri, tütün ve solunum yolu da etkilidir (Brown, 2002).

Engiz Çayı akiferinin yeraltı sularının As değerleri Haziran (2016) ayında 2,15-26,5 µg/l arasında; Ekim (2016) ayında ise 0,3-29,32 µg/l arasında değişmektedir (Tablo 19 ve Tablo 20).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS 266, 2005)'na göre Engiz Çayı akiferi yeraltı sularının As değerleri Haziran (2016) da ölçülen 2, 3, 8, 10 ve 12 no'lu kuyular,

Ekim (2016) ayında ise 9 ve 10 no'lu kuyular hariç uygun sınırlar içerisindedir (Ek Tablo 2).

Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre Engiz Çayı akiferinin yeraltı suları As değerleri açısından I ve II. sınıf kalitedeki sular kapsamında yer almaktadır (Ek Tablo 1).

Haziran (2016) ayında 2, 3, 8, 10 ve 12 no'lu ve Ekim (2016) ayında ise 9 ve 10 no'lu kuyularda yeraltı sularının As konsantrasyonlarında artış görülmektedir. Bunun nedeni toprağın yapısındaki arseniğin çözünmesinden, sanayiden, pestisitlerden ve tarım ve atık yakma işlemlerinden dolayı da kirlilik olarak havaya ve suya karışabilir.

### 3.3.1.4. Suların Sulamada Kullanım Özellikleri

#### 3.3.1.4.1. Sodyum Yüzdesi (%Na)

Yeraltı sularının sulama suyu olarak kullanılmasında içerdiği iyonların bitki ve toprak üzerindeki etkileri göz önünde bulundurulur. Suların içerdiği tuz bitki hücrelerinde osmotik basıncı azaltır ve suyun köklerden dal ve yapraklara çıkmasını zorlaştırır. Tuzlar toprağın geçirimliliğini azaltır ve kalitesini bozar. Buna rağmen bitkilerin yeraltı suyundaki tuzluluğa dayanıklılığı farklı farklıdır. Toprağın drenaj sisteminin iyi yapılması kullanılan sudaki tuzun zararını azaltır.

Sulama sularının sınıflandırılmasında  $\text{Na}^+$  konsantrasyonu önemlidir. Çünkü  $\text{Na}^+$  topraktaki bileşiklerle reaksiyona girerek toprağın geçirimliliğini azaltır. Fazla miktarda  $\text{Na}^+$  ve  $\text{CO}_3^-$  içeren topraklar alkali topraklardır.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  ve  $\text{SO}_4^-$  içeren topraklar ise tuzlu topraklar olarak adlandırılır. Ne tür toprak olursa olsun sodyumca zengin bir toprakta bitkiler gelişmez. Yeraltı sularında  $\text{Na}^+$ , %Na olarak adlandırılır ve aşağıdaki bağıntı ile iyonların mek/l değerleri kullanılmaktadır.

$$\% \text{Na} = \frac{\text{Na}+\text{K}}{\text{Na}+\text{K}+\text{Ca}+\text{Mg}} * 100 \quad (7)$$

Suların sulama suyu açısından % Na değerlerine göre sınıflandırılması Tablo 21' de verilmiştir.

Tablo 21. % Na değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılması

Su Kalitesi	% Na (mek/l)
ÇOK İYİ	<20
İYİ	20-40
MÜSAADE EDİLEBİLİR	40-60
ŞÜPHELİ	60-80
KULLANILMAZ	>80

Tablo 22. Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) suların % Na değerlerine göre sınıflandırılması

HAZİRAN ve EKİM (2016) % Na				
KUYU NO	% Na	Suyun Kalitesi	% Na	Suyun Kalitesi
1	28,54	İYİ	25,26	İYİ
2	20,55	İYİ	13,26	ÇOK İYİ
3	19,35	ÇOK İYİ	17,26	ÇOK İYİ
4	21,33	İYİ	18,62	ÇOK İYİ
5	18,33	ÇOK İYİ	10,32	ÇOK İYİ
6	23,39	İYİ	19,5	ÇOK İYİ
7	18,32	ÇOK İYİ	13,16	ÇOK İYİ
8	17,29	ÇOK İYİ	11,23	ÇOK İYİ
9	17,28	ÇOK İYİ	18,35	ÇOK İYİ
10	21,71	İYİ	84,5	KULLANILMAZ
11	72,18	ŞÜPHELİ	11,32	ÇOK İYİ
12	16,27	ÇOK İYİ	18,24	ÇOK İYİ
13	25,02	İYİ	47,33	MÜSAADE EDİLEBİLİR
14	46,64	MÜSAADE EDİLEBİLİR	20,47	İYİ
15	11,60	ÇOK İYİ	15,07	ÇOK İYİ

### 3.3.1.4.2. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

Yeraltı sularının sulama suyu olarak kullanılmasının uygunluğunu belirlemede sodyum adsorpsiyon oranı önemli bir parametre olup sulama sularının olası sodyum zararını belirtmek amacıyla kullanılır. Sulama sularında sodyum miktarı önemli bir yer tutar. Toprağın yapısını bozarak, geçirgenliğini azaltan ve sulamadan sonra zeminin üst seviyelerinde soğrulan sodyum, toprak yüzeyinde kaymak şeklinde sert bir kabuğun oluşmasına neden olur ve bitki köklerinin havalanması engellenir; ayrıca, sodyum, bitkiler için zehirli bir ortam yaratır (Richard L. A.,1954; Şahinci, 1991).

ABD Ziraat Bakanlığı Tuzluluk laboratuvarı sulama sularının sınıflandırılmasında Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) değerini önermektedirler. SAR değeri aşağıdaki bağıntı ile iyonların mek/l değerleri kullanılmaktadır.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (8)$$

Suların sulama suyu açısından SAR değerlerine göre sınıflandırılması Tablo 23'te verilmiştir.

Tablo 23. SAR değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılması

Su Kalitesi	SAR (mek/l)
ÇOK İYİ	<10
İYİ	10-18
ŞÜPHELİ	18-26
UYGUN DEĞİL	>26

Tablo 24. Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) suların SAR değerlerine göre sınıflandırılması

HAZİRAN ve EKİM (2016) SAR				
KUYU NO	SAR	Suyun Kalitesi	SAR	Suyun Kalitesi
1	1,32	ÇOK İYİ	1,18	ÇOK İYİ
2	0,80	ÇOK İYİ	0,63	ÇOK İYİ
3	0,56	ÇOK İYİ	0,53	ÇOK İYİ
4	0,65	ÇOK İYİ	0,72	ÇOK İYİ
5	0,74	ÇOK İYİ	0,52	ÇOK İYİ
6	1,26	ÇOK İYİ	1,18	ÇOK İYİ
7	0,69	ÇOK İYİ	0,55	ÇOK İYİ
8	0,71	ÇOK İYİ	0,58	ÇOK İYİ
9	0,78	ÇOK İYİ	0,91	ÇOK İYİ
10	1,95	ÇOK İYİ	35,22	UYGUN DEĞİL
11	9,06	ÇOK İYİ	0,52	ÇOK İYİ
12	0,95	ÇOK İYİ	1,35	ÇOK İYİ
13	1,87	ÇOK İYİ	5,56	ÇOK İYİ
14	3,78	ÇOK İYİ	0,83	ÇOK İYİ
15	0,57	ÇOK İYİ	0,63	ÇOK İYİ

### 3.3.1.4.3. Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC)

Sulama suyu kalite sınıflandırılmasında bazı araştırmacılar tarafından önerilen bir parametredir. Ortamda bulunan  $\text{CO}_3^{2-}$  ve  $\text{HCO}_3^-$  konsantrasyonu ile  $\text{Ca}^{2+}$  ve  $\text{Mg}^{2+}$  konsantrasyonu arasındaki farka bakılarak olası sodyum karbonat oluşması olayı incelenir. RSC değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır (Eaton F.M.,1950);

$$\text{RSC} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \quad (9)$$

Burada değerler mek/l olarak verilmektedir. Eşitliğin (+) çıkması demek ortamda sodyum ile birleşip kalıcı sodyum karbonat oluşturabilecek miktarda karbonat ve bikarbonat bulunmaktadır ve bu oluşum da sodyum zararı yaratabilecek bir risk faktörüdür. Sonucun (-) çıkması halinde ise herhangi bir  $\text{Na}^+$  zararı olasılığı yoktur anlamına gelmektedir.

Tablo 25. RSC değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılması

Suyun Sınıfı	RSC (mek/l)
1.Sınıf (İYİ)	<1,25
2. Sınıf (ORTA)	1,25-2,50
3. Sınıf (UYGUN DEĞİL)	>2,50

Tablo 26. Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) suların RSC değerlerine göre sınıflandırılması

HAZİRAN ve EKİM (2016) RSC				
KUYU NO	RSC	Suyun Kalitesi	RSC	Suyun Kalitesi
1	-5,69	İYİ	-6,41	İYİ
2	-5,06	İYİ	-9,07	İYİ
3	-2,86	İYİ	-3,56	İYİ
4	-4,39	İYİ	-6,89	İYİ
5	-5,92	İYİ	-10,95	İYİ
6	-8,9	İYİ	-12,32	İYİ
7	-5,15	İYİ	-6,98	İYİ
8	-6,06	İYİ	-11,69	İYİ
9	-7,57	İYİ	-9,68	İYİ
10	-30,2	İYİ	-21,67	İYİ
11	-6,18	İYİ	-9,02	İYİ
12	-13,28	İYİ	-18,94	İYİ
13	-16,04	İYİ	-19,27	İYİ
14	-9,27	İYİ	-5,9	İYİ
15	-10,14	İYİ	-6,7	İYİ

### 3.3.1.4.4. Kelly İndeksi (KI)

Suların sulamaya uygunluğunun belirlenmesi açısından kullanılır. Burada değerler mek/l olarak verilmektedir. KI değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır (Kelly W.P. 1940);

$$KI = \frac{Na}{Ca+Mg} \quad (10)$$

Tablo 27. KI değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılması

Sulama Suyu Sınıfı	KI
UYGUN	<1
UYGUN DEĞİL	>1

Tablo 28. Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) suların KI değerlerine göre sınıflandırılması

HAZİRAN ve EKİM (2016) KI				
KUYU NO	KI	Suyun Kalitesi	KI	Suyun Kalitesi
1	0,39	UYGUN	0,33	UYGUN
2	0,24	UYGUN	0,15	UYGUN
3	0,23	UYGUN	0,20	UYGUN
4	0,22	UYGUN	0,19	UYGUN
5	0,21	UYGUN	0,11	UYGUN
6	0,30	UYGUN	0,24	UYGUN
7	0,21	UYGUN	0,15	UYGUN
8	0,20	UYGUN	0,12	UYGUN
9	0,20	UYGUN	0,20	UYGUN
10	0,25	UYGUN	5,33	UYGUN DEĞİL
11	2,52	UYGUN DEĞİL	0,12	UYGUN
12	0,18	UYGUN	0,22	UYGUN
13	0,33	UYGUN	0,89	UYGUN
14	0,87	UYGUN	0,24	UYGUN
15	0,13	UYGUN	0,17	UYGUN

### 3.3.1.4.5. Magnezyum Oranı (MR)

Sulamada kullanılacak suların Magnezyum miktarının hangi oranda olduğunun belirlenmesinde kullanılır. Burada değerler mek/l olarak verilmektedir. MR değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır (Szabolcs I. and Darab C., 1964);

$$MR = \frac{Mg}{Ca+Mg} \quad (11)$$

Tablo 29. MR değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılması

Sulama Suyu Sınıfı	MR
UYGUN	<% 50
UYGUN DEĞİL	>% 50

Tablo 30. Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) suların MR değerlerine göre sınıflandırılması

HAZİRAN ve EKİM (2016) MR				
KUYU NO	MR	Suyun Kalitesi	MR	Suyun Kalitesi
1	0,25	UYGUN	0,23	UYGUN
2	0,28	UYGUN	0,19	UYGUN
3	0,26	UYGUN	0,18	UYGUN
4	0,30	UYGUN	0,30	UYGUN
5	0,32	UYGUN	0,21	UYGUN
6	0,26	UYGUN	0,21	UYGUN
7	0,27	UYGUN	0,17	UYGUN
8	0,27	UYGUN	0,20	UYGUN
9	0,30	UYGUN	0,31	UYGUN
10	0,39	UYGUN	0,77	UYGUN DEĞİL
11	0,75	UYGUN DEĞİL	0,16	UYGUN
12	0,21	UYGUN	0,35	UYGUN
13	0,46	UYGUN	0,51	UYGUN DEĞİL
14	0,51	UYGUN DEĞİL	0,55	UYGUN DEĞİL
15	0,17	UYGUN	0,23	UYGUN

### 3.3.1.4.6. Potansiyel Tuzluluk (PS)

Sulamada kullanılacak suların kalite değerlendirilmesinde kullanılır. Burada değerler mek/l olarak verilmektedir. PS değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır (Delgado C., Pacheco J., Cabrea A., Baltlori E., Orellana R. and Baustista F., 2010);

$$PS = Cl^- + (SO_4^{2-} / 2) \quad (12)$$

Tablo 31. PS değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılması

Sulama Suyu Sınıfı	PS
İYİ	< 3
ORTA	3 < PS < 15
UYGUN DEĞİL	>15

Tablo 32. Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı su örneklerinin Haziran (2016) ve Ekim (2016) suların PS değerlerine göre sınıflandırılması

HAZİRAN ve EKİM (2016) PS				
KUYU NO	PS	Suyun Kalitesi	PS	Suyun Kalitesi
1	0,18	İYİ	1,05	İYİ
2	0,30	İYİ	1,51	İYİ
3	0,13	İYİ	0,75	İYİ
4	0,15	İYİ	1,49	İYİ
5	0,33	İYİ	1,78	İYİ
6	0,89	İYİ	4,67	ORTA
7	0,67	İYİ	1,32	İYİ
8	0,28	İYİ	2,47	İYİ
9	0,46	İYİ	3,16	ORTA
10	2,25	İYİ	24,09	UYGUN DEĞİL
11	4,03	ORTA	1,57	İYİ
12	0,72	İYİ	8,47	ORTA
13	1,76	İYİ	21,78	UYGUN DEĞİL
14	2,03	İYİ	1,67	İYİ
15	0,34	İYİ	1,54	İYİ

### 3.3.1.5. Yeraltı Sularının Sınıflandırılması

Engiz Çayı akiferinden alınan yeraltı sularının kimyasal analiz sonuçlarından yararlanılarak hidrokimyasal fasiyesleri belirlenmiştir. Hidrokimyasal fasiyes kavramı ilk olarak suların üçgen diyagramlardaki izdüşüm yerine göre Back (1966) tarafından geliştirilmiştir. Suda çözünen başlıca iyonlardan anyonlar ve katyonlar ayrı ayrı olmak üzere litrede eşdeğer gram cinsinden toplam çözünmüşlerin % 50' sinden fazla olan iyonlar hidrokimyasal fasiyes tipini belirtmektedir. İyonların hiçbiri miktar olarak % 50'yi geçmiyorsa karışık su tipini belirtmektedir.

Bu çalışmada, yeraltı sularını sınıflamak ve hidrojeokimyasal işlevlerini tanımlamak amacıyla Piper Diyagramı (1944), suların kimyasal içeriklerini karşılaştırmak amacıyla Schoeller Diyagramı (1962), suların sulama suları açısından sınıflaması amacıyla da ABD



Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı kullanılmıştır. Analiz sonuçlarından yararlanılarak Schoeller, Piper ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları AquaChem 2014.1 programında çizilerek birbirleri ile karşılaştırılmış ve kökensel olarak yorumlanmıştır.

### 3.3.1.5.1. Piper Diyagramı Değerlendirilmesi

Piper Diyagramı anyon ve katyonların (% mek/l cinsinden) ayrı ayrı gösterildiği iki ayrı üçgenden ve tüm iyonların ortaklaşa gösterildiği bir eşkenar dörtgenden oluşmaktadır. Üçgen diyagramlar suların hidrokimyasal fasiyes tiplerinin görülmesinde, suların sınıflamasında ve karşılaştırılmasında kolaylık sağlamaktadır.

Çalışma alanından örnekleme yapılan suların tahlillerine göre mek/l değerlerinden yararlanılarak (Tablo 7 ve Tablo 8) Piper diyagramları çizilmiştir (Şekil 17 ve Şekil 18).

Piper diyagramı üzerindeki bölgelerin özellikleri şu şekilde açıklanmaktadır.

1. Bölge sularının özellikleri: Bu bölge sularında toprak alkaliler, alkalilerden fazla olup,

$Ca^{2+} + Mg^{2+} > Na^{+} + K^{+}$ 'dir. Bunlar karbonatlı ( $CO_3^{2-}$ ) ve sülfatlı ( $SO_4^{2-}$ ) sulardır.

2. Bölge sularının özellikleri: Bu bölge sularında alkaliler, toprak alkalilerden fazla olup,

$Ca^{2+} + Mg^{2+} < Na^{+} + K^{+}$ 'dir. Bunlar tuzlu ve sodalı sulardır.

3. Bölge sularının özellikleri: Bu bölgede zayıf asit kökleri, kuvvetli asit köklerinden fazla olup,  $HCO_3^{-} + CO_3^{2-} > Cl^{-} + SO_4^{2-}$ 'dir.

4. Bölge sularının özellikleri: Bu bölgede kuvvetli asit kökleri, zayıf asit köklerinden fazla olup,  $HCO_3^{-} + CO_3^{2-} < Cl^{-} + SO_4^{2-}$ 'dir.

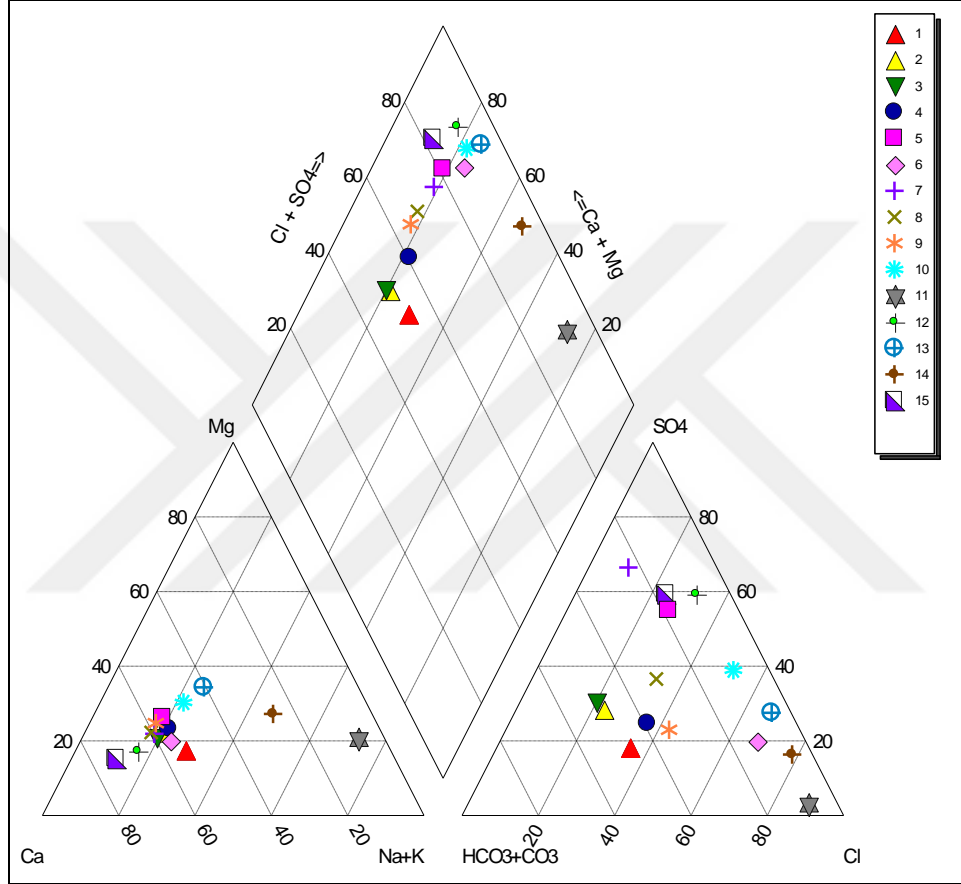
5. Bölge sularının özellikleri: Karbonat sertliği > Karbonat olmayan sertlik. Karbonat sertliği %50'den fazla olan sulardır. Bunlar  $CaCO_3$  ve  $MgCO_3$ 'lü sulardır.

6. Bölge sularının özellikleri: Karbonat sertliği < Karbonat olmayan sertlik. Karbonat olmayan sertliği %50'den fazla olan sulardır. Bunlar  $CaSO_4$ ,  $CaCl_2$ ,  $MgCl_2$  ve  $MgSO_4$ 'lü sulardır.

7. Bölge sularının özellikleri: Karbonat olmayan alkalinite > Karbonat alkalitesi. Karbonat olmayan alkalitesi %50'den fazla olan sulardır. Alkaliler ve güçlü asitler egemendir. Deniz ve çok acı sular bu alanda yer alır. Bunlar  $NaCl$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $KCl$ 'lü sulardır.

8. Bölge sularının özellikleri: Karbonat alkaliliği > Karbonat olmayan alkalilik. Doğada az rastlanan aşırı yumuşak sulardır. Karbonatlı alkaliler %50'den fazladır. Bunlar  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ 'lı sulardır.

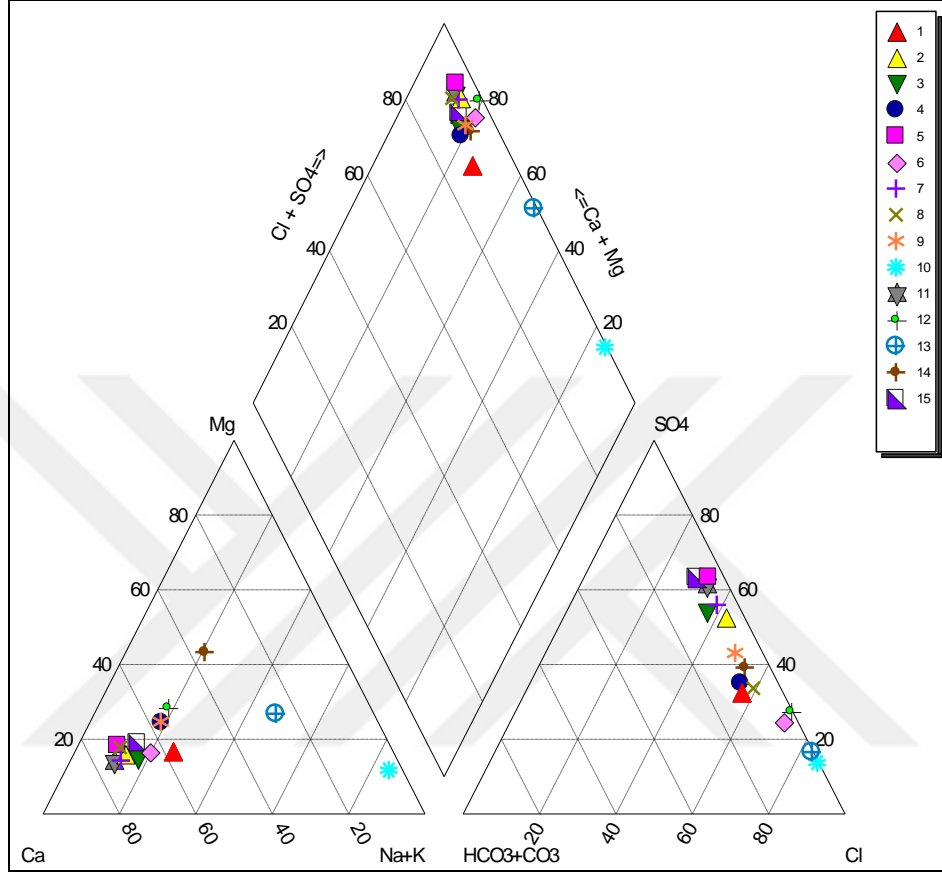
9. Bölge sularının özellikleri: İyonların hiçbiri %50'yi geçmeyen karışık bileşimli sulardır (Şahinci,1991).



Şekil 17. 2016 yılı Haziran ayına ait Piper diyagramı

Piper Diyagramı'na göre Haziran-2016 tarihinde 1, 2, 3, 4, 9 ve 14 no'lu su örnekleri 9. bölgede yer almakta, iyonların hiçbiri %50'yi geçmeyen karışık bileşimli sulardır. 11 no'lu su örneği 7. bölgede yer almakta, Karbonat olmayan alkalinite > Karbonat alkalinitesi bölgesinde bulunmaktadır. Karbonat olmayan alkalinitesi %50'den fazla olan sulardır. Alkaliler ve güçlü asitler egemendir. Deniz ve çok acı sular bu alanda yer alır. Bunlar NaCl,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , KCl'li sulardır. 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13 ve 15 no'lu su örnekleri 6.bölgede yer almakta, Karbonat sertliği < Karbonat olmayan sertlik bölgesinde yer

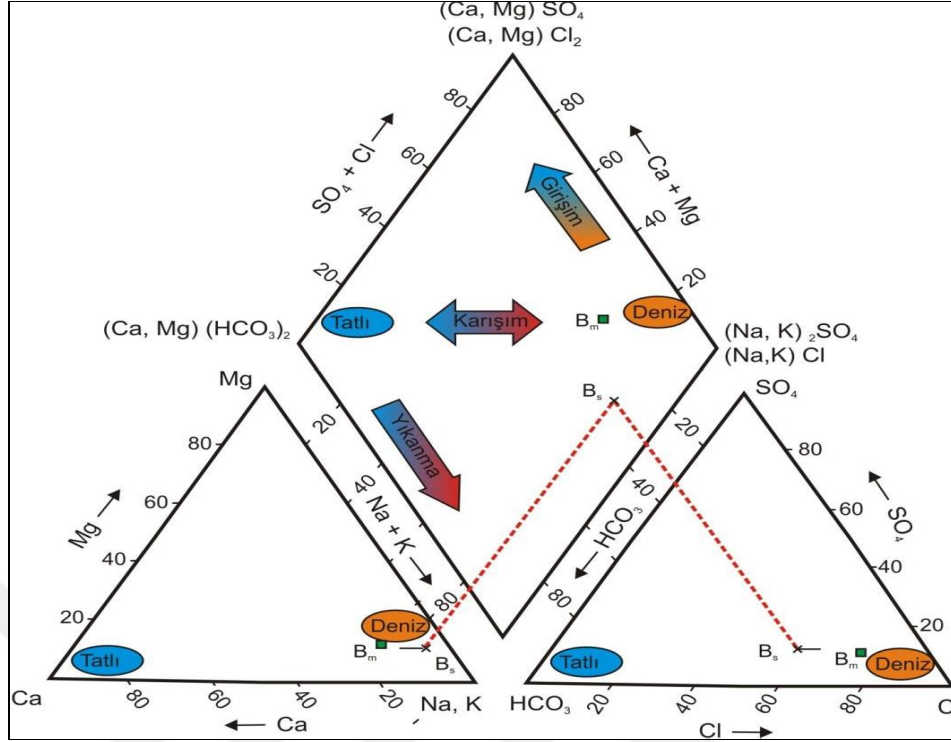
almaktadır. Karbonat olmayan sertliği %50'den fazla olan sulardır. Bunlar  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  ve  $\text{MgSO}_4$ 'lı sulardır.



Şekil 18. 2016 yılı Ekim ayına ait Piper diyagramı

Ekim-2016 tarihinde 10 no'lu su örneği 7.bölgede yer almakta, Karbonat olmayan alkalinite > Karbonat alkalinitesi bölgesinde bulunmaktadır. Karbonat olmayan alkalinitesi %50'den fazla olan sulardır. Alkaliler ve güçlü asitler egemendir. Deniz ve çok acı sular bu alanda yer alır. Bunlar  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KCl}$ 'lü sulardır. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14 ve 15 no'lu su örnekleri 6.bölgede yer almakta, Karbonat sertliği < Karbonat olmayan sertlik bölgesinde yer almaktadır. Karbonat olmayan sertliği %50'den fazla olan sulardır. Bunlar  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  ve  $\text{MgSO}_4$ 'lı sulardır.

Deniz suyu girişiminin belirlenmesinde kullanılan birinci yöntem Piper diyagramıdır. Bu diyagram sayesinde çalışma sahasındaki deniz suyu girişim durumu belirlenmiştir. Suların kimyasal özelliklerine bağlı olarak deniz suyu girişim durumu Şekil 19'daki diyagramda verilmiştir.



Şekil 19. Piper diyagramı yardımıyla deniz suyu girişiminin belirlenmesi (Ekmekçi, 2008).

Suların bulunduğu bölgeye göre suların tipleri tanımlanmaktadır. Haziran-2016 tarihine ait bu diyagramda; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14 ve 15 no'lu Ca-Na-Mg karışım tip su olarak, 11 no'lu Na-Mg-Cl karışım tip su olarak, 7 no'lu Ca-Mg-Na-SO<sub>4</sub> karışım tip su şeklinde kalite sınıflandırılması yapılmıştır.

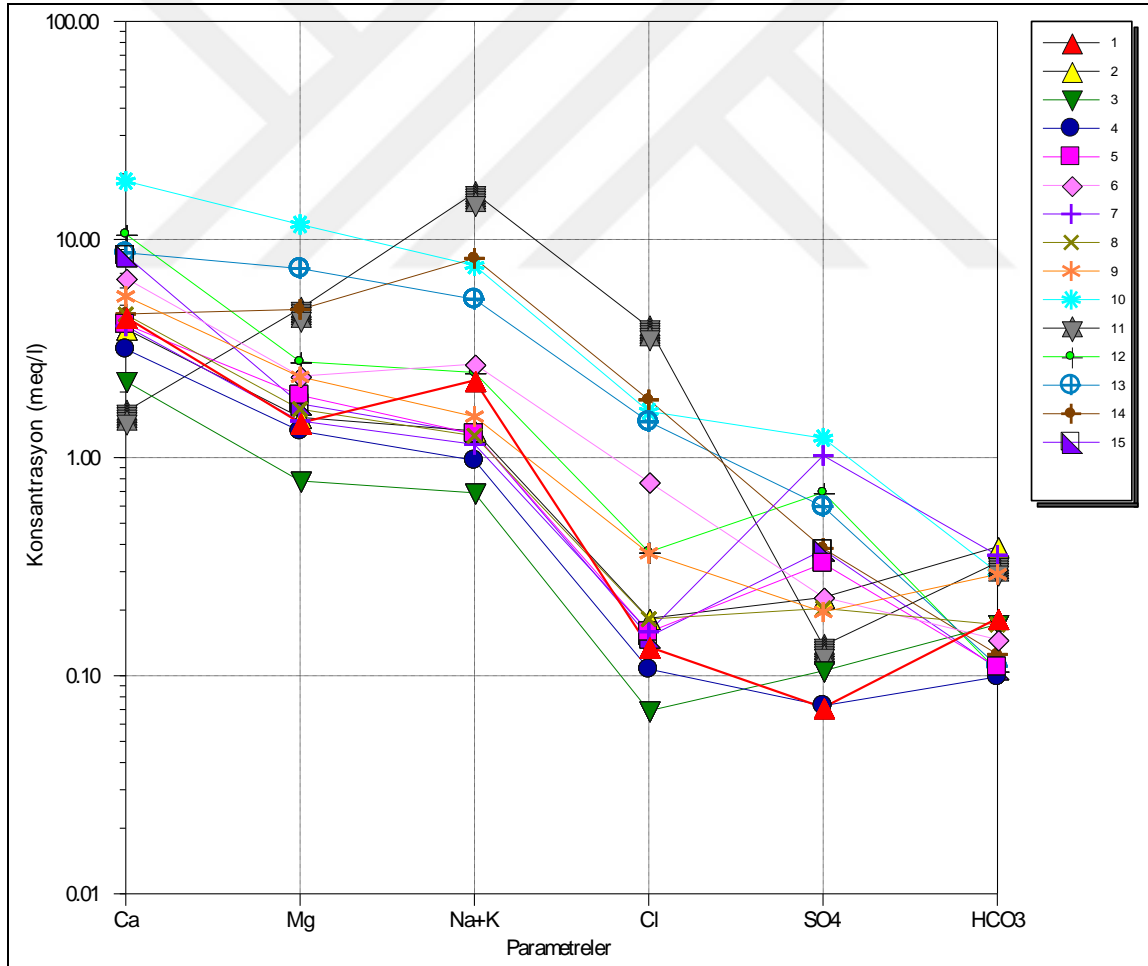
Ekim-2016 tarihine ait bu diyagramda; 1 ve 2 no'lu Ca-Na-Mg karışım tip su olarak, 10 no'lu Na-Cl tip su olarak, 5,11 no'lu Ca-Mg-SO<sub>4</sub> karışım tip su olarak, 4, 6, 12, 13 ve 14 no'lu Ca-Mg-Na-Cl karışım tip su olarak, 3,7,9, ve 15 no'lu Ca-Mg-Na-SO<sub>4</sub> karışım tip su olarak, 8 no'lu Ca-Mg-Cl karışım tip su şeklinde kalite sınıflandırılması yapılmıştır.

Suların karışım tipinde olması sulamada sorunsuzca kullanılacağını ifade etmektedir. Bununla birlikte suların Na-Cl tipinde olması ise tuzlu su özelliğinde olduğu ve sulamada kullanılırken dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle Ekim-2016 tarihine ait 10 no'lu Na-Cl tipinde olan sulamada kullanılırken dikkatli olunması gerektiği tespit edilmiştir.

### 3.3.1.5.2. Schoeller Diyagramı Değerlendirilmesi

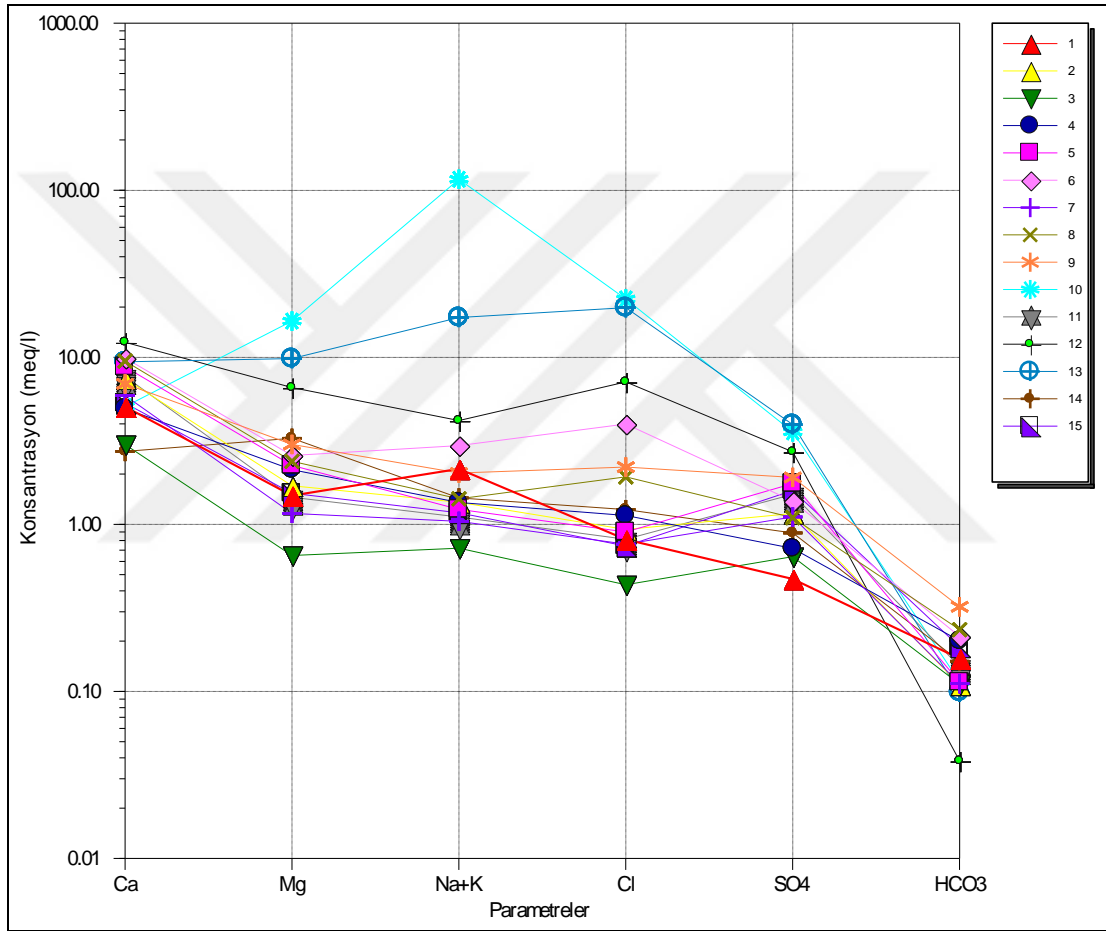
Yarı-logaritmik diyagramlarda, farklı sular ilk bakışta ayırt edilebilir. Buna karşın, yüzde ile gösterilen diyagramlarda, kökenleri ve kimyasal özellikleri çok farklı olan sular bir arada bulunabilir. Ayrıca, bu diyagramda benzer sular kırık paralel çizgiler meydana getirirler (Şahinci, 1991).

Çizilen Schoeller diyagramına göre sulara ait iyonların meq/l değerlerini birleştiren doğrular birbirlerine paralel ya da paralele yakın geçmektedir. Bu durum suların aynı kaynaktan beslendiğini, aynı tür formasyondan geldiğini ve suların benzer karakterde oldukları göstermektedir. Kimyasal analizleri yapılan yeraltı sularının Haziran ve Ekim aylarına ait Schoeller Diyagramları çizilmiştir (Şekil 20 ve 21).



Şekil 20. 2016 yılı Haziran ayına ait Schoeller diyagramı

Haziran-2016 tarihine ait bu diyagramda; 10 nolu su örneğinde  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ve  $\text{Ca}^{2+}$  katyonları en yüksek değere sahiptir. 11 nolu su örneğinde  $\text{Na}^+$  katyonu,  $\text{Cl}^-$  anyonu en yüksek değere sahipken,  $\text{Ca}^{2+}$  katyonu en düşük değere sahiptir. 2 ve 7 nolu su örneklerinde  $\text{HCO}_3^-$  anyonu en yüksek değere sahip iken 4 nolu en düşük değere sahiptir. 3 nolu su örneğinde  $\text{Mg}^{2+}$  ve  $\text{Na}^+$  katyonları,  $\text{Cl}^-$  anyonu en düşük değere sahiptir. 1 nolu su örneğinde  $\text{SO}_4^{2-}$  anyonu en düşük değere sahiptir.



Şekil 21. 2016 yılı Ekim ayına ait Schoeller diyagramı

Ekim-2016 tarihine ait bu diyagramda; 10 nolu su örneğinde  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  katyonları ve  $\text{Cl}^-$  anyonu en yüksek değere sahiptir. 12 nolu su örneğinde  $\text{Ca}^{2+}$  katyonu en yüksek değere sahipken,  $\text{HCO}_3^-$  anyonu en düşük değere sahiptir. 3 nolu su örneğinde  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ve  $\text{Mg}^{2+}$  katyonları,  $\text{Cl}^-$  anyonu en düşük değere sahiptir. 13 nolu su örneğinde  $\text{SO}_4^{2-}$  anyonu en yüksek değere sahipken, 1 nolu su örneğinde en düşük değere sahiptir. 14 nolu su

örneğinde  $\text{Ca}^{2+}$  katyonu en düşük değere sahiptir. 9 nolu su örneğinde  $\text{HCO}_3^-$  anyonu en yüksek değere sahiptir.

### 3.3.1.5.3. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı Değerlendirilmesi

Wilcox diyagramında bazı değişiklikler yapılarak hazırlanan bu diyagramda sulama suları 16 sınıfa ayrılmıştır. Düşey ekseninde SAR (kısaca S) değeri, yatay ekseninde ise elektriksel iletkenlik (EC) bulunur. Suyun sınıfının saptanması, Wilcox diyagramında olduğu gibidir. Bu diyagramın yorumu şöyledir:

Genel tuzluluk özellikleri:

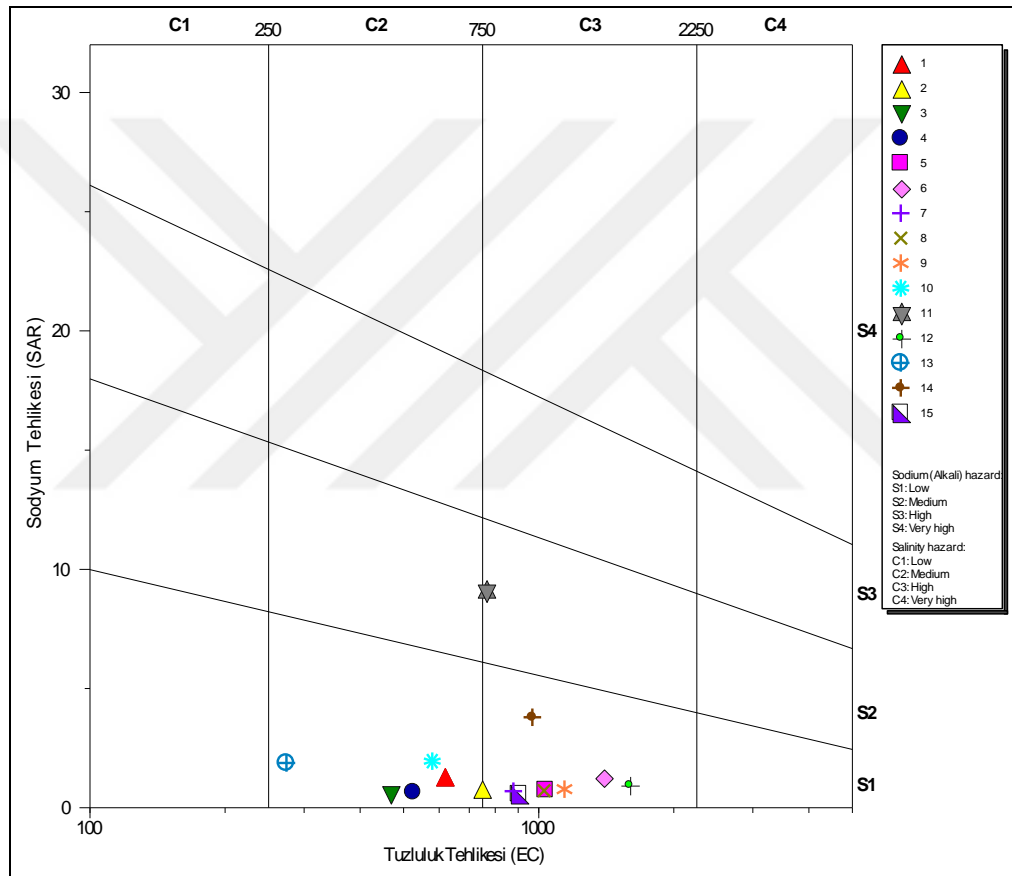
- C1 (EC 250 mikromho/cm'den az), az tuzlu sular: Her toprakta, tüm bitkilerin sulanmasına uygundur,
- C2 (EC 250-750 mikromho/cm arası), orta tuzlu sular: Orta drenaj özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir,
- C3 (EC 750-2250 mikromho/cm arası), tuzlu sular: Drenajı kötü olan arazilerde, sulamada kullanılamaz. Zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerekebilir. Bu özellikteki sular kullanılacaksa, tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir,
- C4 (EC 2250 mikromho/cm'den fazla), çok tuzlu sular: Geçirgenliği ve drenajı çok iyi topraklarda, zeminin yıkanmasını sağlamak için bol su verilmelidir ve tuza fazla dayanıklı bitki türleri seçilmelidir.

Genel sodyum tehlikesi özellikleri;

- S1, az sodyumlu sular: Hemen tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir,
- S2, orta sodyumlu sular: Geçirgen veya bol jipsli arazilerde kullanılabilir. Yıkama ile toprağın tuzluluğu azaltılıyorsa, özellikle bu tip sular kullanılmalıdır,
- S3, yüksek sodyumlu sular: Birçok toprak cinslerinde sodyum tehlikesi olabilir. Çok iyi geçirgen ve drenaj gösteren arazilerde bol su kullanarak, belirli sürelerde yapılacak kimyasal analizlerle sodyum tehlikesi denetlenmelidir,
- S4 çok yüksek sodyumlu sular: Genel olarak, sulama için uygun değildir. Ancak, suyun toplam tuz miktarı düşük ise, sulamada kullanılabilir.

Böylece,  $C_1S_1$ ,  $C_2S_1$ ,  $C_3S_1$  her türlü sulamada,  $C_4S_1$ ,  $C_3S_2$  bazı özel koşullarda kullanılabilir.  $C_4S_2$ ,  $C_4S_3$  sulamada kullanılamaz. Ancak, Türkiye gibi yarı-kurak ülkeler,

oldukça tuzlu suları sulamada kullanmak zorundadırlar. Suyun pH'ı, sulamada önemli bir yer tutar ve genel olarak pH 9'u geçmemelidir. Toplam iyon miktarı 7.5 mek/1'den az sular, genellikle her türlü sulamaya uygundur. İyon miktarı arttıkça suyun sulama özelliği azalır ve bu değer 22.5 mek/1'yi geçtiğinde sulama için elverişli değildir. Bu sınıflamadan yararlanarak, değişik bitki türlerinin tuza karşı duyarlılıkları belirlenmiştir (Şahinci,1991). Bu çalışmada, sular, sulama amacıyla yukarıda belirtilen sınıflamalara tabi tutularak ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı çizilmiştir (Şekil 22 ve 23).

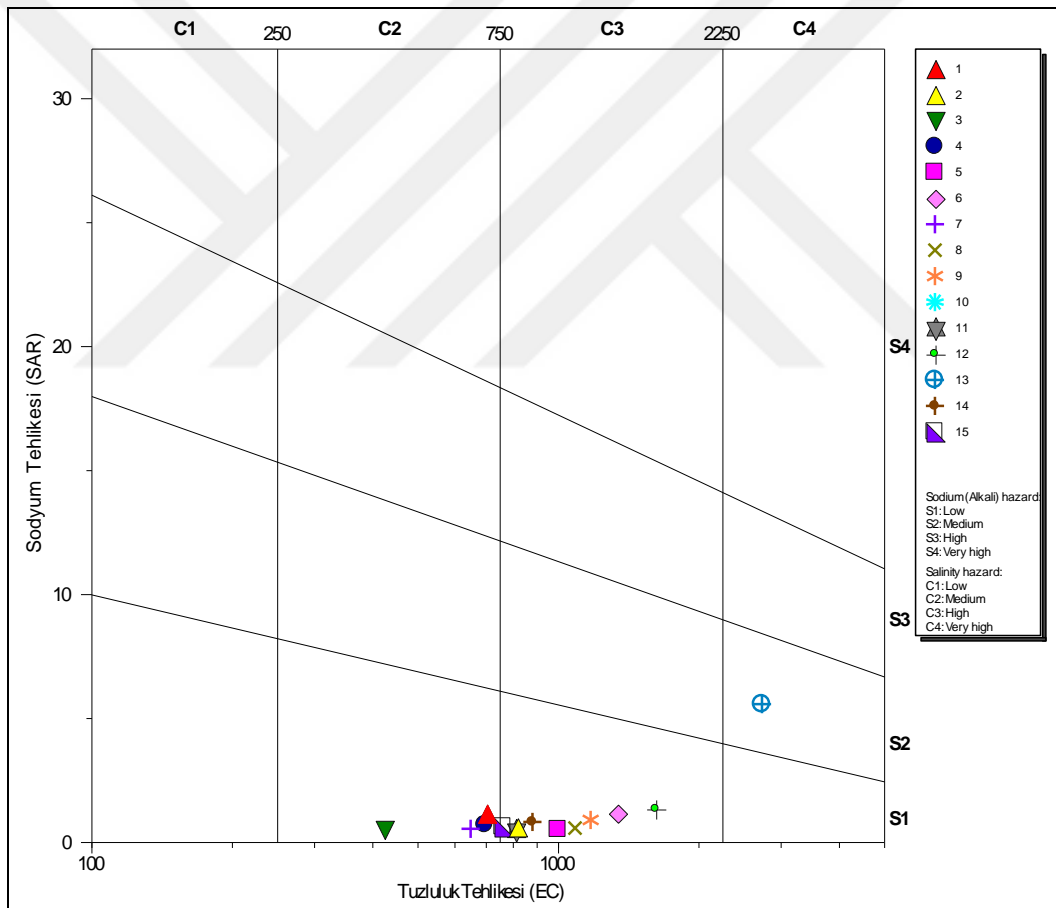


Şekil 22. 2016 yılı Haziran ayına ait ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı

ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı'na göre Haziran-2016 tarihinde  $C_2S_1$ - $C_3S_1$  gruplarında yer almaktadırlar.  $C_2S_1$  grubu suları orta tuzlu, az sodyumlu suları içerirken,  $C_3S_1$  grubu sular ise tuzlu, az sodyumlu sular olup her iki grup sular da tuzluluk ve sodyum tehlikesi olmadan sulamada kullanılabilirler.  $C_2S_1$  sınıfı orta tuzlu sularda orta drenaj özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir ve az sodyumlu sularda ise tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir.  $C_3S_1$



sınıfı tuzlu sularda drenajı kötü olan arazilerde, sulamada kullanılamaz. Zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerekebilir. Bu özellikteki sular kullanılacaksa, tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir ve az sodyumlu sularda ise tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir. 11 nolu örnek ise  $C_3S_2$  grubu sularda tuzluluk ve sodyum tehlikesi bakımından sulamada bazı özel koşullarda kullanılabilir.  $C_3S_2$  sınıfı tuzlu sularda drenajı kötü olan arazilerde, sulamada kullanılamaz. Zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerekebilir. Bu özellikteki sular kullanılacaksa, tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir ve orta sodyumlu sularda ise geçirgen veya bol jipsli arazilerde kullanılabilir. Yıkama ile toprağın tuzluluğu azaltılıyorsa, özellikle bu tip sular kullanılmalıdır.



Şekil 23. 2016 yılı Ekim ayına ait ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı

Ekim-2016 tarihinde  $C_2S_1$ - $C_3S_1$  gruplarında yer almaktadırlar.  $C_2S_1$  grubu suları orta tuzlu, az sodyumlu suları içerirken,  $C_3S_1$  grubu sular ise tuzlu, az sodyumlu sular olup her iki grup sular da tuzluluk ve sodyum tehlikesi olmadan sulamada kullanılabilirler.  $C_2S_1$

sınıfı orta tuzlu sularda orta drenaj özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir ve az sodyumlu sularda ise tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir.  $C_3S_1$  sınıfı tuzlu sularda drenajı kötü olan arazilerde, sulamada kullanılamaz. Zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerekebilir. Bu özellikteki sular kullanılacaksa, tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir ve az sodyumlu sularda ise tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir. 13 nolu örnek ise  $C_4S_2$  grubu sularda tuzluluk ve sodyum tehlikesi bakımından sulamada kullanılamaz.  $C_4S_2$  sınıfı çok tuzlu sularda geçirgenliği ve drenajı çok iyi topraklarda, zeminin yıkanmasını sağlamak için bol su verilmelidir ve tuza fazla dayanıklı bitki türleri seçilmelidir ve orta sodyumlu sularda ise geçirgen veya bol jipsli arazilerde kullanılabilir. Yıkama ile toprağın tuzluluğu azaltılıyorsa, özellikle bu tip sular kullanılmalıdır.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Samsun İli Ondokuzmayıs İlçesi'nde bulunan Engiz Çayı akiferinin hidrojeolojik, hidrokimyasal açıdan incelemesi ve su kalitesinin izlenmesi amaçlanmış ve bu amaç doğrultusunda; yeraltı sularının fiziksel, kimyasal özellikleri ve kirlilik parametre değerleri tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarından yararlanılarak yeraltı sularının Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'e ve içme suyu yönünden TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği (2005)'e göre sınıflaması yapılmış ve suların fiziksel, kimyasal özellikleri ve kirlilik parametrelerine göre su kalitesi belirlenerek elde edilen sonuçlar ve çalışma alanındaki toplumu ve çevreyi ilgilendiren öneriler aşağıda sunulmuştur:

1. Çalışma alanında görülen birimler yaşlıdan gence doğru; Eosen yaşlı Tekkeköy Formasyonu ve bu birimi uyumsuz üzerleyen Kuvaterner yaşlı Eski Alüvyon ve en üstte ise yine uyumsuz olarak gelen aynı yaşlı alüvyon yer almaktadır.
2. Bölgenin aylık evapotranspirasyon ve yağışlardan yararlanarak hidrolojik bilançoya göre bölgeye düşen ortalama yıllık yağış miktarı 706 mm, gerçek buharlaşma-terleme 533 mm, su fazlasının olduğu dönemde sellenme miktarı ise 173 mm olarak hesaplanmıştır.
3. Engiz Çayı akiferinde incelenen yeraltı sularında Haziran 2016 ve Ekim 2016'da yapılan ölçümlerde; suların sıcaklıkları 22,1-26,7 °C, elektriksel iletkenlik değerleri (EC) 274-8400 µS/cm, ortalama pH değerleri 7-8, sertlik değerleri 15,11-151,21, toplam çözünmüş madde miktarı (TDS) 287,64-5712 mg/l arasında olduğu tespit edilmiştir.
4. Samsun/Ondokuzmayıs İlçesi genelinde değerlendirildiğinde yeraltı suları anyonlar ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) ve katyonlar ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) değerleri açısından Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kontrol Yönetmeliği (2004)'e ve içme suyu yönünden TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği (2005)'e göre çoğu parametre açısından uygun sınırlar içerisindedir. Ancak az da olsa yeraltı sularının bazı parametreler açısından sınır değerleri aştığı tespit edilmiştir.
5. Topoğrafik ve iklimsel olarak tuzluluk riski bulunan bölgelerde yapılacak sulamalarda sulama suyu kalitesi yanında mutlaka toprağın tuz içeriği de

ölçülerek izlenmelidir. Yüksek EC ve tuzluluğa sahip kuyuların sebep olduğu özellikle düşük verim alınan bölgelere tuzluluğa dayanıklı bitki türleri seçilmesi daha uygun olacağı düşünülmektedir.

6. Yeraltı suyu kirliliğini önlemek için uygun inşa edilmemiş olan kuyular gözden geçirilerek tecrit edilmelidir.
7. Derin kuyulardan aşırı yeraltı suyun çekimi yapılmaması, derin kuyuların bulunduğu dere yataklarından alüvyon malzemelerinin alınmaması gerekmektedir.
8. Sulama suyu olarak kullanılan kuyuların iyi korunması, tarımsal gübre ve ilaçların daha dikkatli kullanılması ile yapılacak olan her türlü faaliyet (büyük ve küçükbaş hayvancılık, tavukçuluk, zirai gübreleme, fosseptik vb) kontrol altında olmalı ve gelecekte oluşabilecek kirlilik riskinin önüne geçilmesi planlanmalıdır.

## 5. KAYNAKLAR

- Atabey, E., 2005. Tıbbi Jeoloji, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 124-134, Ankara.
- Brown, K., 2002. Arsenic, Drinking Water and Health (A Report Prepared for ACHS), USA.
- Delgado C., Pacheco J., Cabrea A., Baltlori E., Orellana R. and Baustista F., 2010. Quality of groundwater for irrigation in tropical karst environment; the case of Yucatan, Mexico, *Agricultural Water Management*, 97, 1423–1433.
- Dilek, R. ve Gültekin, F., 2002. Hidrojeoloji Ders Notları, KTÜ, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon, s. 144.
- Eaton F.M. 1950. Significance of carbonates in irrigated waters, *Soil Science*, 69, 127–128. doi:10.1097/ 00010694-195002000-00004.
- Ekmekçi, M., 2008. Tuzlu Su Girişimi Problemlerinde İzotop Tekniklerinin Kullanılması, III. Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, Ekim, Ankara, 285-291
- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1973. Yeraltı Suları Jeolojisi (Hidrojeoloji), İTÜ Kütüphanesi, 967, 340 s.
- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1984. Yeraltı Suları Jeolojisi, İTÜ Maden Fakültesi, Ofset Atölyesi, İstanbul.
- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1987. Yeraltı Suları Jeolojisi, İTÜ, Maden Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Freeze, R.A. ve Cherry, J.A., 1979. *Groundwater*, Prentice-Hall, USA, 78p.
- Gualbert, H.P. and Oude, E., 2001. Improving fresh groundwater supply-problems and solutions, *Ocean & Coastal Management* 44, 5-6, 429-449.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1997. Su Kalitesi, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, Ankara, No:43.
- Kelly W.P. 1940, Permissible composition and concentration of irrigated waters. In: *Proceedings of the A.S.C.F* 607.
- Keskin, İ., 2011. 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:149 Samsun E 36 ve F36 Paftaları, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

- Piper, A.M. 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis, Trans. Amer.Geophys. Union, Vol 25, p914-923.
- Richard L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. In: Agricultural hand book, 60. USDA, Washington, DC, 160.
- Sargın A.H., 2010. “Yeraltıları”, DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltıları Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye.
- Sarı, E. 2008. “Samsun’un Genel Jeolojisi ve İmar Planı”, Samsun.
- Schoeller, H. 1962. Les eaux souterraines. Masson, Paris.
- Resmi Gazete, 2004. Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği, Başbakanlık Basımevi, 25687.
- Resmi Gazete, 2004. Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği, Başbakanlık Basımevi, 26786.
- Szabolcs I. and Darab C., 1964, The influence of irrigation water of high sodium carbonate content on soils. In I. Szabolcs (Ed.), Proc 8th International Congress Soil Science Sodics Soils, Res Inst Soil Sci Agric Chem Hungarian Acad Sci, ISSS Trans II, 1964, 802–812.
- Şahinci, A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası. Reform Matbaası, İzmir, 548.
- Thorntwaite, C.W., 1948. An approach a rational classification of climate, The Geographical review, Vol. 38, New York.
- TSE, 2005. İnsani Amaçlı Tüketim Suları Standartları, TS 266, Ankara.
- Wilcox L. V., 1955. Classification and use of irrigation waters. USDA, circular 969, Washington, DC, USA
- URL-1,<https://www.mgm.gov.tr/veri-değerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=Samsun>  
15 Ekim 2016

## 6. EKLER

**Ek Tablo 1. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği**

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

Ek Tablo 1'in devamı

<b>EK 1: KITAİÇİ SU KAYNAKLARININ SINIFLARINA GÖRE KALİTE KRİTERLERİ</b>				
SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
20) Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (pCi/L)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	20000	100000	> 100000

- (a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.  
(b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.  
(c) PH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH<sub>3</sub> N/L değerini geçmemelidir.  
(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.  
(e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 µg/L'ye kadar düşürmek gerekebilir.



**Ek Tablo 2. TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği (2005)**

**Parametreler ve Parametrik Değerler**

**a) Kimyasal Parametreler**

Parametre	Parametrik değer	Birim	Notlar
Akrilamid	0.1	µg/L	Not-1 ve 2
Antimon	5.0	µg/L	
Arsenik	10	µg/L	
Benzen	1.0	µg/L	
Benzo (a) piren	0,010	µg/L	
Bor	1	mg/L	
Bromat	10	µg/L	Not 2
Kadmiyum	5,0	µg/L	
Krom	50	µg/L	
Bakır	2	mg/L	Not 3
Siyanür	50	µg/L	
1,2-dikloretan	3,0	µg/L	
Epikloridin	0,10	µg/L	Not 1 ve 2
Florür	1,5	mg/L	
Kurşun	10 (içme-kullanma suları için 31 Aralık 2012 tarihine kadar 25 µg/L olarak uygulanır)	µg/L	Not 3 ve 4
Cıva	1,0	µg/L	Not 2
Nikel	20	µg/L	Not 3
Nitrat	50	mg/L	Not 5
Nitrit	0,50	mg/L	Not 5
Pestisitler	0,10	µg/L	Not 2, 6 ve 7
Toplam pestisitler	0,50	µg/L	Not 2, 6 ve 8
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	0,10	µg/L	Belli bileşiklerin konsantrasyon toplamı; Not 9
Selenyum	10	µg/L	Not 2
Tetrakloretan ve trikloretan	10	µg/L	Belli parametrelerin konsantrasyon toplamı
Trihalometanlar-toplam	100 (içme-kullanma suları için 31 Aralık 2012 tarihine kadar 150 µg/L olarak uygulanır)	µg/L	Belli bileşiklerin konsantrasyon toplamı; Not 10
Vinil Klorür	0,50	µg/L	Not 1 ve 2

Ek Tablo 2'nin devamı

**b) Gösterge parametreleri**

Parametre	Parametrik Değer	Birim	Notlar
Alüminyum	200	µg/L	
Amonyum	0,50	mg/L	
Klorür	250	mg/L	Not 1
C. perfringens (sporlular dahil)	0	sayı/100 ml	Not 2
Renk	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok		
İletkenlik	2500	20 °C'de µS / cm	Not 1
PH	≥6,5 ve ≤ 9,5	pH birimleri	Notlar 1 ve 3
Demir	200	µg/L	
Mangan	50	µg/L	
Koku	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok		
Oksitlenebilirlik	5,0	mg/L O <sub>2</sub>	Not 4
Sülfat	250	mg/L	Not 1
Sodyum	200	mg/L	
Tat	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok		
22 °C'de koloni sayımı	Anormal değişim yok		Not 11
Koliform bakteri	0	Sayı/100 ml	Not 5
Toplam Organik Karbon (TOC)	Anormal değişim yok		Not 6
Bulanıklık	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok		Not 7

## ÖZGEÇMİŞ

Zeynep KARACA 1990 yılında Samsun'da doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini 2007 yılında tamamladıktan sonra 2008 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı ve 2014 yılında mezun oldu. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilimdalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. İyi derecede İngilizce bilmektedir.

