



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**AMASYA İLİ GÜMÜŞHACIKÖY İLÇESİNDEKİ BELİRLİ
NOKTALARA AİT YERALTI SUYU KALİTE ÖZELLİKLERİNİN
ALANSAL VE ZAMANSAL OLARAK İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Ahmet KIDIK

Danışman

Doç. Dr. Emre Burcu ÖZKARAOVA

SAMSUN
2021

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



AMASYA İLİ GÜMÜŞHACIKÖY İLÇESİNDEKİ BELİRLİ
NOKTALARA AİT YERALTI SUYU KALİTE ÖZELLİKLERİNİN
ALANSAL VE ZAMANSAL OLARAK İNCELENMESİ

Yüksek Lisans Tezi

Ahmet KIDIK



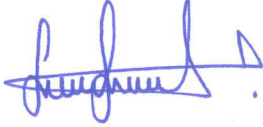
Danışman

Doç. Dr. Emre Burcu ÖZKARAOVA

SAMSUN
2021

TEZ KABUL VE ONAYI

Ahmet KIDIK tarafından, Doç. Dr. Emre Burcu ÖZKARAOVA danışmanlığında hazırlanan “AMASYA İLİ GÜMÜŞHACIKÖY İLÇESİNDEKİ BELİRLİ NOKTALARA AİT YERALTI SUYU KALİTE ÖZELLİKLERİNİN ALANSAL VE ZAMANSAL OLARAK İNCELENMESİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 12.1.2021 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Hakan Arslan Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye (Danışman)	Doç. Dr. Emre Burcu Özkaraova Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Dr. Öğretim Üyesi Sema Arıman Ondokuz Mayıs Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ...

Prof. Dr. Ali BOLAT

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım yüksek lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynaklarda gösterilenlerden oluştuğunu, enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği' nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

İmza

30 /01 / 2021

Ahmet KIDIK

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : AMASYA İLİ GÜMÜŞHACIKÖY İLÇESİNDEKİ BELİRLİ NOKTALARA AİT YERALTI SUYU KALİTE ÖZELLİKLERİNİN ALANSAL VE ZAMANSAL OLARAK İNCELENMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 30/01/2021 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 8

Tek kaynak oranı : % 3 çıkmıştır.



30 /01 / 2021

Danışman Adı SOYADI

Doç. Dr. Emre Burcu ÖZKARAOVA

ÖZET

AMASYA İLİ GÜMÜŞHACIKÖY İLÇESİNDEKİ BELİRLİ NOKTALARA AİT YERALTI SUYU KALİTE ÖZELLİKLERİNİN ALANSAL VE ZAMANSAL OLARAK İNCELENMESİ

Ahmet KIDIK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Yüksek Lisans, Aralık/2020

Danışman: Doç. Dr. Emre Burcu ÖZKARAOVA

Bu çalışmada Amasya ilinin Gümüşhacıköy bölgesinde halkın içme ve sulama suyu olarak kullandığı yeraltı suyunun kalitesinin ortaya konulması, kalite ve kirlenici parametrelerinin değerlendirilmesinin yapılması amaçlanmıştır.

Çalışma alanı Amasya ilinin Gümüşhacıköy ilçesi ve çevresindeki köyleri (Hayrettin, Bulak, Güblüce, Keçi, Eslemez) kapsamaktadır. Bölgede bulunan yeraltı suyu kuyu verileri Devlet Su İşleri 7. Bölge Müdürlüğüne yürütülen çalışma sonucunda elde edilmiştir. 2011 yılı Ekim ayından 2014 yılı Mayıs ayına kadar süren arazi çalışmaları sonucunda yağışlı ve kurak dönemlere ait yeraltı suyu verileri kullanılmıştır.

İnceleme alanlarında bulunan altı adet kuyunun yeraltı suyu kalitesi ve kirlenmesine neden olabilecek unsurların belirlenebilmesi ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Yeraltı suyu verileri ile her bir parametre için değişimlerin daha iyi görülebilmesi için eğim grafikleri, Wilcox diyagramları, A.B.D Tuzluluk diyagramları ve Schoeller diyagramları oluşturulmuştur. Bunlara göre su örneklerinin; her bir bölgedeki parametrelerin TS266 ve Dünya Sağlık Örgütü sınır değerlerine göre uygunluğu değerlendirilmiş, yeraltı sularının içme veya sulama suyu olarak kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Wilcox diyagramına göre yeraltı sularının çoğunlukla çok iyi ve iyi kullanılabilir sınıfta olduğu, A.B.D Tuzluluk diyagramına göre yeraltı sularının çoğunlukla C2S1-C3S1 bölgesine düşmekte olduğu ve Schoeller diyagramına göre yeraltı sularının anyon ve katyon verileri ile hangi kimyasal özelliklere sahip olduğu ve farklı kökenli olup olmadığı değerlendirilmiştir. Schoeller diyagramlarına göre çoğunlukla $Ca^{+2}>Mg^{+2}>Na^{+}+K^{+}$ ve $HCO_3^{-}+CO_3^{-2}>SO_4^{-2}>Cl^{-}$ trendini oluşturduğu anlaşılmıştır.

İnceleme alanından elde edilen pH, EC, TDS, Sertlik, %Na, Na^{+} , K^{+} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , CO_3^{-2} , HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{-2} ve NO_3^{-} verileriyle alansal değişim haritaları oluşturulmuştur. Her parametre için alansal değişim haritaları oluşturulmuştur. Alansal değişim haritaları 10/2011-05/2014 tarihleri arasındaki bütün ölçüm dönemlerinde oluşturulmuştur.

Ölçüm istasyonlarından Eslemez köyüne ait yeraltı suyu kuyusu dışındaki kuyularda bazı sınır değerlerin aşıldığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Gümüşhacıköy, Yeraltı suyu izleme, Yeraltı suyu kalitesi

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE UNDERGROUND WATER QUALITY CHARACTERISTICS OF SPECIFIC POINTS IN GÜMÜŞHACIKÖY, AMASYA PROVINCE

Ahmet KIDIK

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Environmental Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Emre Burcu ÖZKARAOVA

In this study, it is aimed to reveal the quality of the groundwater used by the people as drinking and irrigation water in Gümüşhacıköy region of Amasya province and to evaluate the quality and polluting parameters.

The study area covers Gümüşhacıköy district of Amasya and its surrounding villages (Hayrettin, Bulak, Güblüce, Keçi, Eslemez). The groundwater well data in the region was obtained as a result of the study carried out by the 7th Regional Directorate of State Hydraulic Works. As a result of the field studies that lasted from October 2011 to May 2014, groundwater data for rainy and dry periods were used.

The groundwater quality of six wells in the study areas and the factors that may cause pollution were determined and evaluated. Slope graphs, Wilcox diagrams, USA Salinity diagrams and Schoeller diagrams were created to better see the changes for each parameter with groundwater data. According to these, water samples; The suitability of the parameters in each region according to TS266 and World Health Organization limit values was evaluated, and the usability of groundwater as drinking or irrigation water was evaluated. According to the Wilcox diagram, it was evaluated that groundwater is mostly in very good and well-usable class, according to the U.S. Salinity diagram, groundwater mostly falls into the C2S1-C3S1 region, and according to the Schoeller diagram, the chemical properties of the groundwater with anion and cation data and whether it is of different origin. According to Schoeller diagrams, it is understood that $Ca^{+2} > Mg^{+2} > Na^{+} + K^{+}$ and $HCO_3^{-} + CO_3^{-2} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$ trend.

Spatial change maps were created with the data obtained from the study area, pH, EC, TDS, Sertlik, %Na, Na^{+} , K^{+} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , CO_3^{-2} , HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{-2} and NO_3^{-} . Spatial change maps were created for each parameter. Spatial change maps were created in all measurement periods between 10/2011-05/2014.

It was observed that some limit values were exceeded in wells other than the underground water well belonging to the village of Eslemez.

Keywords: Gümüşhacıköy, Groundwater monitoring, Groundwater quality

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Akademik eğitimimin lisans yıllarından yüksek lisans yıllarına kadar bütün aşamalarında her zaman yanımda bilgisini, sevgisini ve her türlü desteğini esirgmeden bana yardımcı, bilgisiyle bana yön veren, bütün eğitim süreçlerimde en iyi şekilde devam etmeme yardımcı olan çok sevgili ve çok değerli akademik danışmanım Doç. Dr. Emre Burcu ÖZKARAOVA' ya sonsuz teşekkürü borç bilirim.

Bu süreçte almam gereken kararlar ve atmam gereken adımlarda beni yalnız bırakmayarak desteğini esirgemeyen, yüksek lisans tezimin en önemli aşamalarında bana yol gösteren ve yeri geldiğinde abilik ve yeri geldiğinde bana dost olan çok değerli Mehmet TÜRKMEN' e ve Devlet Su İşleri 7. Bölge Müdürlüğü çalışanlarına teşekkürü borç bilirim.

Yüksek lisans tezimin en önemli aşamalarında tezimi bir adım ileriye götürebilmek için gerekli olan bilgileri samimiyetle temin etmemi sağlayan ve yeri geldiğinde abilik ve yeri geldiğinde bana dost olan çok değerli Serkan KULAKSIZ'a ve Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü çalışanlarına teşekkürü borç bilirim.

Hayatımın her anında ve eğitim hayatımda hiçbir şekilde maddi ve manevi desteği benden esirgemeyen, her zaman desteklerini yanımda hissettiğim çok kıymetli Ailem' e sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Yeraltı Suyu ve Kalitesi.....	3
2.2. Su Kalitesinde Fiziksel ve Kimyasal Parametreler	4
2.2.1. Anyon ve Katyonlar.....	4
2.2.1.1. Sodyum (Na^+).....	4
2.2.1.2. Potasyum (K^+)	4
2.2.1.3. Kalsiyum (Ca^{+2}).....	4
2.2.1.4. Magnezyum (Mg^{+2}).....	4
2.2.1.5. Sülfat (SO_4^{-2})	4
2.2.1.6. Karbonat (CO_3^{-2}) ve Bikarbonat (HCO_3^-)	5
2.2.1.7. Klorür (Cl^-).....	5
2.2.1.8. Nitrat (NO_3^-).....	5
2.2.2. Su Kalitesini Belirleyen İyon Özellikleri	5
2.2.2.1. Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH)	5
2.2.2.2. Elektriksel İletkenlik (EC)	6
2.2.2.3. Toplam Çözünmüş Katı Madde Miktarı (TDS).....	6
2.2.2.4. Sertlik.....	7
2.2.2.5. Sodyum Yüzdesi (%Na) ve Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)	7
2.3. Suların Kimyasal Sınıflaması.....	8
2.3.1. Schoeller (1955)' e Göre Suların Sınıflandırılması	8
2.3.2. Piper' a Göre Suların Sınıflandırılması	9
2.4. Suların Kullanım Özelliklerine Göre Sınıflandırılması.....	9
2.4.1. Suların İçilebilirlik Özelliklerine Göre Sınıflandırılması	9
2.4.1.1. Schoeller İçilebilirlik Diyagramına Göre Suların Sınıflandırılması	9
2.4.2. Suların Sulama Özelliklerine Göre Sınıflandırılması.....	9
2.4.2.1. Wilcox' a Göre Suların Sınıflandırılması	9
2.4.2.2. A.B.D Tuzluluk Laboratuvarına Göre Suların Sınıflandırılması.....	10
2.5. Yeraltı Sularının İzlenmesi.....	10
2.6. Yeraltı Suyu Kirliliği ve Kirlenme Kaynakları	11
2.6.1. Doğal Kirletici Faaliyetler	13

2.6.2. Antropojenik Kirletici Faaliyetler	13
2.6.3. Yeraltı Sularında Konsantasyonların Değişimi ve Kirliliğin Taşınması	13
2.7. Coğrafi Bilgi Sistemleri	14
2.7.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Yararlı Olduğu Alanlar.....	16
3. MATERYAL METOT	17
3.1. Çalışma Sahası ve Özellikleri	18
3.2. Gümüşhacıköy Bölgesinin Jeolojik Özellikleri	19
3.3. Gümüşhacıköy Bölgesinin Hidrojeolojik Özellikleri	20
3.4. Gümüşhacıköy Bölgesinin Hidrojeokimyasal Özellikleri	21
3.5. Gümüşhacıköy Bölgesindeki Verilerin Toplanması	21
3.6. Su Kalitesine Göre Sınıflandırma Çalışmaları	22
3.7. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemine Göre Sınıflandırma	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	24
4.1. Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Özellikleri	24
4.1.1. Yeraltı Sularındaki Majör İyon Özellikleri.....	24
4.1.1.1. Katyonlar.....	24
4.1.1.1.1. Sodyum (Na^+)	24
4.1.1.1.2. Potasyum (K^+)	25
4.1.1.1.3. Kalsiyum (Ca^{+2}).....	26
4.1.1.1.4. Magnezyum (Mg^{+2})	28
4.1.1.2. Anyonlar	29
4.1.1.2.1. Karbonat (CO_3^{-2})	29
4.1.1.2.2. Bikarbonat (HCO_3^-)	30
4.1.1.2.3. Klorür (Cl^-)	31
4.1.1.2.4. Sülfat (SO_4^{-2})	33
4.1.1.2.5. Nitrat (NO_3^-).....	34
4.1.2. Yeraltı Sularının Kalitesini Belirleyen İyon Özellikleri	35
4.1.2.1. Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH)	35
4.1.2.2. Elektriksel İletkenlik (EC)	37
4.1.2.3. Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS)	38
4.1.2.4. Sertlik.....	39
4.1.2.5. Sodyum Yüzdesi (%Na)	40

4.1.2.6. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR).....	42
4.1.3. Yeraltı Sularının Kimyasal Sınıflaması	43
4.1.3.1. Schoeller Yarı Logaritmik Diyagram İle Suların Sınıflaması.....	43
4.1.3.2. Piper Diyagramı İle Suların Sınıflaması	46
4.1.4. Suların Kullanım Özellikleri	50
4.1.4.1. Suların İçme Suyu Olarak Kullanılabilirliği	50
4.1.4.1.1. Suların Schoeller' e Göre İçilebilirliği	50
4.1.2.1. Wilcox Diyagramları.....	53
4.1.2.2. A.B.D Tuzluluk Diyagramları	57
4.1.3 Yeraltı Suyu Değerlerinin Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi	60
4.1.3.1. Hidrojen İyon Konsantrasyonunun (pH) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi.....	60
4.1.3.2. Elektriksel İletkenliğin (EC) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi.....	62
4.1.3.3. Toplam Çözünmüş Katı Maddenin (TDS) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi.....	63
4.1.3.4. Sertliğin Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi	64
4.1.3.5. Sodyum Yüzdesinin (%Na) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi	65
4.1.3.6. Sodyum Adsorpsiyon Oranının (SAR) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi.....	66
4.1.3.7. Katyonlar.....	67
4.1.3.7.1. Sodyumun (Na ⁺) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi	67
4.1.3.7.2. Potasyumun (K ⁺) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi	68
4.1.3.7.3. Kalsiyumun (Ca ⁺²) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi.....	69
4.1.3.7.4. Magnezyumun (Mg ⁺²) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi	70
4.1.3.8. Anyonlar	71
4.1.3.8.1. Bikarbonatın (HCO ₃ ⁻) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi	71
4.1.3.8.2. Klorürün (Cl ⁻) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi	72
4.1.3.8.3. Sülfatın (SO ₄ ⁻²) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi	73
4.1.3.8.4. Nitratın (NO ₃ ⁻) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi.....	74
5. SONUÇLAR.....	75
6. KAYNAKLAR.....	80

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

%	Yüzde
°C	Derece Santigrat
°Fr	Fransız Sertliği Birimi
%Na	Sodyum Yüzdesi
mg/L	milligram/litre
meq/L	miliekivalen/litre
µs/cm	mikrosiemens/santimetre
HCO ₃	Bikarbonat
Ca	Kalsiyum
CO ₃	Karbonat
Cl	Klorür
NO ₃	Nitrat
N ₂ O	Nitröz Oksit
Mg	Magnezyum
K	Potasyum
Na	Sodyum
SO ₄	Sülfat

KISALTMALAR

A.B.D	Amerika Birleşik Devletleri
CSB	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇOB	Çevresel Kirlilik Rehberi
DSİ	Devlet Su İşleri
EC	Electrical Conductivity (Elektriksel İletkenlik)
GMS Sistemi)	Groundwater Modeling System (Yeraltı Suyu Model
IDW Enterpolasyon Yöntemi)	Inverse Distance Weighted (Ters Mesafe Ağırlıklı
ISO Organizasyon Standardizasyonu)	International Standardization of Organization (Uluslararası
ITASHY	İnsani Tüketim Amaçlı Sular
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
SAR	Sodyum Adsorpsiyon Oranı
SÇD	Su Çerçeve Direktifi
TDS	Total Dissolved Solids (Toplam Çözünmüş Katı Madde)
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
USGS Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu)	United States Geological Survey (Amerika Birleşik
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Gümüşhacıköy bölgesi çalışma sahalarının 2019 uydu görüntüleri	19
Şekil 3.2. Gümüşhacıköy bölgesindeki akiferlere ait jeoloji haritası (Ersoy ve Ersoy, 2007)	20
Şekil 4.1. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden sodyum değişimi	25
Şekil 4.2. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden potasyum değişimi	26
Şekil 4.3. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden kalsiyum değişimi	27
Şekil 4.4. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden magnezyum değişimi	29
Şekil 4.5. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden karbonat değişimi	30
Şekil 4.6. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden bikarbonat değişimi	31
Şekil 4.7. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden klorür değişimi	32
Şekil 4.8. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden sülfat değişimi	33
Şekil 4.9. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden nitrat değişimi	35
Şekil 4.10. Çalışma sahasındaki kuyuların pH değişimi	36
Şekil 4.11. Çalışma sahasındaki kuyuların EC değişimi	37
Şekil 4.12. Çalışma sahasındaki kuyuların TDS değişimi	39
Şekil 4.13. Çalışma sahasındaki kuyuların sertlik değişimi	40
Şekil 4.14. Çalışma sahasındaki kuyuların %Na Değişimi	41
Şekil 4.15. Çalışma sahasındaki kuyuların SAR değişimi	43
Şekil 4.16. İstasyon noktalarının 06.10.2011 tarihli verilerine göre Yarı Logaritmik Schoeller diyagramı	44
Şekil 4.17. İstasyon noktalarının 27.04.2012 tarihli verilerine göre Yarı Logaritmik Schoeller diyagramı	44
Şekil 4. 18. İstasyon noktalarının 03.10.2012 tarihli verilerine göre Yarı Logaritmik Schoeller diyagramı	45
Şekil 4.19. İstasyon noktalarının 06.05.2013 tarihli verilerine göre Yarı Logaritmik Schoeller diyagramı	45
Şekil 4.20. İstasyon noktalarının 08.10.2013 tarihli verilerine göre Yarı Logaritmik Schoeller diyagramı	46
Şekil 4.21. İstasyon noktalarının 12.05.2014 tarihli verilerine göre Yarı Logaritmik Schoeller diyagramı	46
Şekil 4.22. İstasyon noktalarının 06.10.2011 tarihli verilerine göre Piper diyagramı	47
Şekil 4.23. İstasyon noktalarının 27.04.2012 tarihli verilerine göre Piper diyagramı	47
Şekil 4.24. İstasyon noktalarının 03.10.2012 tarihli verilerine göre Piper diyagramı	48

Şekil 4.25. İstasyon noktalarının 06.05.2013 tarihli verilerine göre Piper diyagramı	48
Şekil 4.26. İstasyon noktalarının 08.10.2013 tarihli verilerine göre Piper diyagramı	49
Şekil 4. 27. İstasyon noktalarının 12.05.2014 tarihli verilerine göre Piper diyagramı	49
Şekil 4.28. İstasyon noktalarının 06.10.2011 tarihli verilerine göre H. Schoeller İçilebilirlik diyagramı	50
Şekil 4.29. İstasyon noktalarının 27.04.2012 tarihli verilerine göre H. Schoeller İçilebilirlik diyagramı	51
Şekil 4.30. İstasyon noktalarının 03.10.2012 tarihli verilerine göre H. Schoeller İçilebilirlik diyagramı	51
Şekil 4.31. İstasyon noktalarının 06.05.2013 tarihli verilerine göre H. Schoeller İçilebilirlik diyagramı	52
Şekil 4.32. İstasyon noktalarının 08.10.2013 tarihli verilerine göre H. Schoeller İçilebilirlik diyagramı	52
Şekil 4.33. İstasyon noktalarının 12.05.2014 tarihli verilerine göre H. Schoeller İçilebilirlik diyagramı	53
Şekil 4.34. İstasyon noktalarının 06.10.2011 tarihli verilerine göre Wilcox diyagramı..	54
Şekil 4.35. İstasyon noktalarının 27.04.2012 tarihli verilerine göre Wilcox diyagramı..	54
Şekil 4.36. İstasyon noktalarının 03.10.2012 tarihli verilerin göre Wilcox diyagramı ...	55
Şekil 4.37. İstasyon noktalarının 06.05.2013 tarihli verilerine göre Wilcox diyagramı..	55
Şekil 4.38. İstasyon noktalarının 08.10.2013 tarihli verilerine göre Wilcox diyagramı..	56
Şekil 4.39. İstasyon noktalarının 12.05.2014 tarihi verilerine göre Wilcox diyagramı...	56
Şekil 4.40. İstasyon noktalarının 06.10.2011 tarihli verilerine göre A.B.D tuzluluk diyagramı	57
Şekil 4.41. İstasyon noktalarının 27.04.2012 tarihli verilerine göre A.B.D tuzluluk diyagramı	58
Şekil 4.42. İstasyon noktalarının 03.10.2012 tarihli verilerine göre A.B.D tuzluluk diyagramı	58
Şekil 4.43. İstasyon noktalarının 06.05.2013 tarihli verilerine göre A.B.D tuzluluk diyagramı	59
Şekil 4.44. İstasyon noktalarının 08.10.2013 tarihli verilerine göre A.B.D tuzluluk diyagramı	59
Şekil 4.45. İstasyon noktalarının 12.05.2014 tarihli verilerine göre A.B.D tuzluluk diyagramı	60
Şekil 4.46. pH değerlerinin alansal değişim haritaları	61
Şekil 4.47. EC değerlerinin alansal değişim haritaları.....	62
Şekil 4.48. TDS değerlerinin alansal değişim haritaları	63

Şekil 4.49. Sertlik değerlerinin alansal değişim haritaları	64
Şekil 4. 50. %Na değerlerinin alansal değişim haritaları	65
Şekil 4.51. SAR değerlerinin alansal değişim haritaları	66
Şekil 4.52. Na ⁺ değerlerinin alansal değişim haritaları.....	67
Şekil 4.53. K ⁺ değerlerinin alansal değişim haritaları	68
Şekil 4.54. Ca ⁺² değerlerinin alansal değişim haritaları.....	69
Şekil 4.55. Mg ⁺² değerlerinin alansal değişim haritaları	70
Şekil 4.56. HCO ₃ ⁻ değerlerinin alansal değişim haritaları.....	71
Şekil 4.57. Cl ⁻ değerlerinin alansal değişim haritaları	72
Şekil 4.58. SO ₄ ⁻² değerlerinin alansal değişim haritaları.....	73
Şekil 4.59. NO ₃ ⁻ değerlerinin alansal değişim haritaları	74

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Suların pH' ına göre sınıflandırılması (Erdogan, 2013).....	6
Tablo 2.2. Suların EC'ye göre sınıflandırılması (Pransanth vd., 2012).....	6
Tablo 2.3. Suların TDS'e göre sınıflandırılması (David ve de Wiest, 1966)	7
Tablo 2.4. Suların Fransız Sertliğine göre sınıflandırılması (Pransanth, vd., 2012).....	7
Tablo 2.5. Suların tuz içeriğine göre sınıflaması (Şener ve Güneş, 2015)	7
Tablo 2.6. Suların Na%'e göre sınıflandırılması (Wilcox, 1955).....	8
Tablo 2. 7. Schoeller (1955) klorür, sülfat ve karbonat miktarlarına göre suların sınıflaması	8
Tablo 2.8. YAS kirlenme kaynakları (Yetiş, 2013)	12
Tablo 3.1. Gümüşhacıköy bölgesinde isyasyon adı, kısaltmaları ve koordinatları.....	22
Tablo 3.2. 2011-2014 tarihli Merzifon 17083 istasyonu yağış verileri (MGM, 2020)....	22
Tablo 4.1. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden sodyum değerleri.....	24
Tablo 4.2. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden potasyum değerleri.....	25
Tablo 4.3. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden kalsiyum değerleri.....	27
Tablo 4.4. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden magnezyum değerleri.....	28
Tablo 4.5. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden karbonat değerleri	29
Tablo 4.6. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden bikarbonat değerleri	30
Tablo 4.7. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden klorür değerleri.....	32
Tablo 4.8. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden sülfat değerleri.....	33
Tablo 4.9. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden nitrat değerleri	34
Tablo 4.10. Çalışma sahasına ait kuyuların pH değerleri	35
Tablo 4.11. Çalışma sahasına ait kuyuların EC değerleri	37
Tablo 4.12. Çalışma sahasına ait kuyuların TDS değerleri.....	38
Tablo 4.13. Çalışma sahasına ait kuyuların sertlik değerleri	39
Tablo 4.14. Çalışma sahasına ait kuyuların %Na değerleri	41
Tablo 4.15. Çalışma sahasına ait kuyuların SAR değerleri	42
Tablo 4.16. TSE266 ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) İçme suyu Standartlarının İstasyon Verileri İle Kıyaslaması	50

1. GİRİŞ

Dünya üzerindeki bütün canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için en temel gereksinimlerinden biri olan tatlı su kaynakları (göl, akarsu, yeraltı suyu) insan etkileri ve diğer doğal yollar nedeniyle kalitesini kaybetmekte ve kirlenmektedir. Tatlı su kaynaklarımızın verimli şekilde kullanılması gerekmektedir. Böylece, tatlı su kaynaklarımız hem gelecek nesillere daha kaliteli bir şekilde aktarılacak hem de ekosistem ve insan sağlığı için olumlu yönde etkiler gösterecektir.

Yeraltı suları dünyanın ve ülkemizin birçok yerinde bol miktarlarda bulunmakta olan su kaynaklarından. Ülkemizde yıllık ortalama yağışın yaklaşık 643 mm civarında olduğu için su rejimi düzensiz bir yapı sergilemekte ve bölgeden bölgeye yağışın zamana göre dağılımı değişkenlik göstermektedir. Uzun yıllar boyunca kaydedilen gözlemler sonucunda ülkemizin 12.0 milyar m³/yıl yeraltı suyu potansiyel rezervi bulunmaktadır (Salman, 2019).

Yeraltı sularının kirlenmesine neden olan etkenlerin ve etki alanlarının belirlenmesinde klasik çalışmaların yanı sıra coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) kullanılması çalışma sahalarından elde edilen verilerin geniş sahalardaki su kalitesini izleme açısından faydalı olmaktadır. Geçtiğimiz yıllara oranla son zamanlarda yeraltı sularının izlenmesinde ve değerlendirmesinde coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılması yaygınlaşmıştır.

Yeraltı sularının daha geniş sahalarda haritalandırılmasında ve izlenmesinde coğrafi bilgi sistemlerinin çeşitli veritabanları kullanılmaktadır. Bu veri tabanları jeoistatistiksel yöntemler olarak adlandırılmaktadır. Jeoistatistik, klasik istatistik yöntemleri yanı sıra örnekler arası ilişkiyi, örneklerin konumlarını hesaba katarak istatistiksel hesaplamalarla uygulayan bir yöntemdir. Jeoistatistiksel enterpolasyon yöntemleri Ters Mesafe Ağırlıklı, Kriging, Cokriging ve benzeri gibi sıralanabilir. Bu yöntemler yeraltı sularının geniş sahalardaki dağılımını ve izlenmesi üzerine tahminlerin elde edilmesinde kullanılmaktadır.

Gümüşhacıköy bölgesinde yapılan çalışmada yeraltı suyu kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CSB) ve diyagramlar (eğim, Wilcox, A.B.D Tuzluluk ve Schoeller) kullanılarak değerlendirilmesi ve sonuçların ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışma

sahasındaki yeraltı sularının kurak ve yağışlı dönemlerdeki örneklemeleri ve analizleri sonucunda elde edilen verileri ile örneklemelerin yapıldığı kuyuların koordinatları CBS (ArGIS 10.5) uygulaması yardımı ile işlenerek elde edilmek istenen haritalamalar yapılmıştır. CBS ve diyagramlar ile yapılmış çalışmalarda, çalışma sahasındaki kuyulardan elde edilen verilerle yeraltı suyu kalitesi yorumlanmıştır. Nitrat konsantrasyonları dönemlik olarak değerlendirilmiş ve suların kullanım durumlarına yönelik değerlendirmeleri yapılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Yeraltı Suyu ve Kalitesi

Yeraltı suyu, yağış halinde yeryüzüne düşen veya yeryüzünde bulunmakta olan suların yerçekimi yardımıyla topraktan yeraltına sızarak orada birikmesi sonucu meydana gelen sulardır. Yeraltı sularının oluşabilmeleri için depolanma ve beslenme koşullarının uygun olması gerekmektedir. Depolanma koşulları; bitki örtüsü, yüzey geçirgenliği ve yüzey eğimine bağlıdır (Salman, 2019).

Yağışlar, yeraltı suları ve yüzey sularının kaynağıdır. Yeraltı suları yüzey sularına oranla daha fazla mineral içermektedir. Yağışların düşmesinin ardından sular zeminden yeraltına süzülürken temas ettiği maddelerle etkileşime geçerler. Yerçekimi yardımıyla yeraltına çekilen sular süzülürken suya mineral kazandırır. Yeraltı sularını oluşturan kimyasal maddeler; suyun temas ettiği litolojilerin bileşenleri, temas süresi ve özelliklerine bağlıdır. Süzülen suların temas süresi arttıkça, etkileşim süresinde arttığı için daha fazla madde yeraltı sularına karışır (Sargin, 2010).

Tabii halinde olan yeraltı sularının arıtıma duyduğu ihtiyaç daha azdır. Fazla derinlikte bulunmayan ve kirlenmeye maruz kalmamış yeraltı sularının dağıtım ve pompalama maliyetleri daha azdır ve kullanıcılara daha uygun bir kullanım imkanı sağlar. Yeraltına duyulan ihtiyacın fazla olmasının bir başka sebebi de, güvenilir, sabit ve geniş alanlara yayılıyor olmasıdır (Freeze ve Cherry, 2003).

Yeraltı sularının değeri sadece yaygın olması ve faydalanılması ile değil, kalitesinin iyi olması ile ölçülmektedir. Yeraltı suyunun kalitesi ifadesi, kullanım amacı ile ilişkili olarak suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik karakteristiklerini belirtmektedir. Yeraltı sularının doğal niteliği, yağış olarak yeryüzüne düşen suyun kalitesi ile tayin edilmektedir. Süzülen su belli bir zaman aralığında, kayalar, toprak ve organik maddelerle temas halindedir ve bunun neticesinde yeraltı suyunun kalitesinde değişiklikler oluşmaktadır. Yeraltı suyunun kalitesinin korunabilmesi için, kirleticilerin veya kirliliğin yayılma pozisyonunu kavramak için sistematik bir izleme programları gerekmektedir. Yeraltı suyunun etkili yönetimini sağlamak için; verimli bir şekilde çözümlenebilir, güncellenebilir, saklanabilir ve idare-kontrol edilebilir bir Coğrafi Bilgi Sistemi gereklidir (Salman, 2019).

2.2. Su Kalitesinde Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

2.2.1. Anyon ve Katyonlar

2.2.1.1. Sodyum (Na⁺)

Doğada en çok bulunan sodyum klorürdür ve suda çok hızlı çözünmektedir. Bu sebepler yeraltı sularının analizlerinde sodyum (Na⁺) fazla görülmektedir. İnsanlar üzerinde sodyum iyonunun fazla bir etkisi bulunmamaktadır, ancak tansiyon problem yaşayan insanlarda dikkat edilmesi ve içeriğinde fazla sodyum bulunan suların içilmemesi gerekmektedir (Soyaslan, 2004).

2.2.1.2. Potasyum (K⁺)

Mikalarda, killerde ve feldispatlarda potasyum (K⁺) iyonu fazlasıyla bulunmaktadır. Genellikle içme sularında bulunma oranları 0,3 ile 2.8 ppm arasında değişmektedir (Tuğrul, 2019).

2.2.1.3. Kalsiyum (Ca⁺²)

Yeraltı sularında 1 ile 1000 ppm arasında ve genellikle amfibol, aragonit, dolomit, albit, kalsit, anhidrit, piroksende Kalsiyum (Ca⁺²) iyonu bulunabilmektedir (Tuğrul, 2019).

2.2.1.4. Magnezyum (Mg⁺²)

Dolomit kaynaklı yeraltı sularında en çok bulunan iyon magnezyumdur (Mg⁺²). Olivinler, metamorfik kayalar,serpantinler, amfiboller, mikalar, talklar, magmatik kayalar magnezyum (Mg⁺²) kaynakları arasındadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

2.2.1.5. Sülfat (SO₄⁻²)

Sülfatın (SO₄⁻²) en büyük kaynakları arasında anhidritler ve jipsler yer almaktadır. Tarımsal arazilerde kullanılan sulama sularında bulunması istenmez çünkü toprağın tozunu arttırma gibi sorunlar yaratmaktadır. İçme sularında bulunması istenilen maksimum değeri 250 ppm' dir. Sadece sulama sularında 250 ppm' e kadar olması bitkiler için faydalı olabilmektedir (Şekerci, 2018).

2.2.1.6. Karbonat (CO_3^{-2}) ve Bikarbonat (HCO_3^-)

Karbonat (CO_3^{-2}) ve Bikarbonatlar (HCO_3^-) yeraltı sularında genellikle kayaç çözünmesi gibi durumlarda ve toprak ile havadaki karbondioksitten meydana geldiği bilinmektedir. Bikarbonatlar (HCO_3^-) sulama suları olarak kullanılması bitkiler için yararlıdır, fakat fazla olması durumunda kireç problemleri yaşanmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

2.2.1.7. Klorür (Cl^-)

Yeraltı sularında klorür (Cl^-) yağmur ve deniz suları kaynaklı olmak üzere çeşitli kaynakları mevcuttur. İçme sularında 700 ppm' e kadar zararı olduğu bitkiler için görülmemiştir (Tuğrul, 2019).

2.2.1.8. Nitrat (NO_3^-)

Nitrat molekülleri doğal olarak suda, besinlerde ve toprakta bulunmaktadır (Peterson, vd., 2007). Bitkilerin en önemli besin maddelerindedir. Bütün bitkilerde farklı konsantrasyonlarda bulunmakta ve azot döngüsünün en önemli parçalarından biridir. Azot döngüsünde bakterilerin azotu nitrata dönüştürmesiyle bitkiler tarafından dokularına dahil edilmektedir (WHO, 2004). Azotun topraktaki en hareketli hali nitrat formundadır. Suların en önemli kirleticilerinden biri olarak kabul edilmesinin en önemli sebeplerinden biride budur. Deniz ve tatlı su ekosisteminde ötrofikasyona katkısı fazlasıyla bulunmaktadır.

1970'ten günümüze kadar, yeraltı sularındaki nitrat kirliliği, ülkemizde ve dünyanın birçok bölgesinde en önemli çevre sorunu haline gelmeyi başarmıştır (Rivett, vd., 2008). Suda kolay çözünmesi ve evsel veya endüstriyel atıksulardan dolayı yeraltı sularına kolayca taşınabilmektedir (Glass ve Silverstein, 1999).

2.2.2. Su Kalitesini Belirleyen İyon Özellikleri

2.2.2.1. Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH)

Suların içerisindeki hidrojen (H^+) ve hidroksit (OH^-) iyon konsantrasyonlarının artması veya azalmasına bağlı olarak suların bazik veya asidik özelliğe sahip olma özelliğidir (Küçükatabey, 2012). pH, içme sularının estetik kalitesini ve koroziyonunu

belirlemede önemli bir faktördür. İçme suyu kaynaklarında önerilen pH aralığı 6,5-8,5'tir (DeSimone, vd., 2020).

Tablo 2.1. Suların pH'ına göre sınıflandırılması (Erdogan, 2013)

pH	Sınıfı
>8	Bazik
8,5-7	Bazik Karakterli
7	Nötr
7-4,5	Asit Karakterli
<4,5	Asidik

2.2.2.2. Elektriksel İletkenlik (EC)

Suların elektriği iletebilme özelliklerine elektriksel iletkenlik denilmektedir. Bütün maddelerin elektriği iletme kapasiteleri ve özellikleri farklıdır. Suların elektriksel iletkenlikleri sıcaklığa, derişime ve iyon cinsine göre değişkenlik göstermektedir (Şener ve Güneş, 2015). Elektriksel iletkenlik Tablo2.2' deki gibi sınıflandırılabilir.

Tablo 2.2. Suların EC'ye göre sınıflandırılması (Pransanth vd., 2012)

EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Sınıfı
< 1500	I- düşük
1500-3000	II- orta
> 3000	III- yüksek

2.2.2.3. Toplam Çözünmüş Katı Madde Miktarı (TDS)

Suyun içinde çözülmüş olan katı maddelerin toplam konsantrasyonunu TDS temsil etmektedir. Bazı yeraltı suları demir ve TDS bakımından zengindir. Bazı laboratuvar sonuçlarına göre kurak dönemlerde yeraltı sularında TDS miktarı daha fazla çıkmaktadır (El-Shrakawy, vd., 2013).

Yeraltı sularından alınan TDS örnekleri derin yeraltı suyu sistemlerinde bölgedeki değişiklikleri karakterize etmekte ve kalitesini analiz etmede yardımcı olmaktadır. TDS verileri yeraltı sularındaki alınan su örneklerinin halihazırda gelişmemiş tatlı veya acı su varlığını belirlemede faydalı olmaktadır (Bloomfield, vd., 2020).

Tablo 2.3. Suların TDS'e göre sınıflandırılması (David ve de Wiest, 1966)

TDS (mg/l)	Su Sınıfı
< 500	İçme suyu olarak tercihli bir su
500-1000	İçme için izin verilebilir su
< 3000	Sulama için elverişli su
> 3000	İçme ve sulama için elverişsiz su

2.2.2.4. Sertlik

Yeraltı suları dünyadaki önemli içme suyu kaynaklarından ve florür (F) gibi çeşitli kirleticiler suların sertliğine neden olan elementlerdir ve ağır metallerin kirliliğide suların su sertliğine neden olmaktadır. Sudaki kalıcı sertliğe değerliği yüksek çözünmüş kalsiyum ve magnezyum katyonları neden olmaktadır. Sertliğin doğrudan insan sağlığı üzerinde olumsuz etkisi olmamasına rağmen, endüstriyel ve evsel ekipman ve boru hatlarında korozyon ve tahribata neden olabilmektedir. Sudaki sertlik dereceleri kalsiyum (Ca^{+2}) ve magnezyumun (Mg^{+2}) oluşturduğu, eşdeğer kalsiyumkarbonat ($CaCO_3$) konsantrasyonu aralığına göre orta derece sert, sert, çok sert olarak kategorize edilebilmektedir (Amarasooriya ve Kawakami, 2019).

Tablo 2.4. Suların Fransız Sertliğine göre sınıflandırılması (Prasanth, vd., 2012)

Fransız Sertliği	$CaCO_3$ (mg/l)	Su Sınıfı
0,0-7,2	<75	Çok yumuşak
7,2-14,5		Yumuşak
14,5-21,5	75-150	Az sert
21,5-32,5		Oldukça sert
32,5-54,0	150-300	Sert
54' den fazla	>300	Çok sert

2.2.2.5. Sodyum Yüzdesi (%Na) ve Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

Yeraltı sularının tarımsal kullanımı için uygunluğu sodyum yüzdesi (%Na) ile sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) kullanılarak belirlenir (Jamaa, vd., 2020). SAR sulama için kullanılacak olan suyun açığa çıkartacağı sodyum zararının bir ifadesidir (Yinanç, 2013).

Tablo 2.5. Suların tuz içeriğine göre sınıflaması (Şener ve Güneş, 2015)

Sulama Suyu Sınıfı	SAR %
Çok iyi özellikte sulama suları	< 10
İyi özellikte sulama suları	10-18
Orta özellikte sulama suları	18-26
Fena özellikte sulama suları	> 26

Toprağın yapısında biriken sodyum toprak yapısını bozmaktadır ve sulamadan sonra toprak üzerinde tabaka oluşumuna neden olmaktadır. Sodyum yüzdesinin (%Na) artışı topraktaki magnezyum ve kalsiyum ile birlikte baz değişikliğine neden olmaktadır bu yüzden istenmemektedir (Şener ve Güneş, 2015). Sodyum yüzdesine göre suyun sınıflandırması Tablo 2.6’da verilmiştir (Prasanth, vd., 2012).

Tablo 2.6. Suların Na%'e göre sınıflandırılması (Wilcox, 1955)

Na %	Su Sınıfı
< 20	mükemmel
20-40	iyi
40-60	izin verilebilir
60-80	şüpheli
> 80	uygunsuz

2.3. Suların Kimyasal Sınıflaması

2.3.1. Schoeller (1955)' e Göre Suların Sınıflandırılması

Yeraltı suyu örneklemelerinde çözülmüş iyonların seviyeleri, litolojik durumlar, yeraltı suyu akışı ve kalitesi, jeokimyasal reaksiyonların doğası, tuzların çözünürlüğü ve insansal rutin faaliyetler tarafından değişmektedir. Schoeller diyagramı yeraltı suyu tipini değerlendirilmesi için çok iyi yardımcı bir araçtır. Schoeller diyagramı iyon hareketlerinin değerlendirilmesi için kullanılan bir araç olmasının yanında kalsiyum karbonatın doygunluk derecesinin belirlenmesi şeklinde de uygulanmaktadır (Zidi, vd., 2020).

Tablo 2.7. Schoeller (1955) klorür, sülfat ve karbonat miktarlarına göre suların sınıflaması

	Klorür Miktarı		Sülfat Miktarı		Karbonat Miktarı
Hiperklorlu Sular	>700 mek/l	Hiposülfath Sular	>58 mek/l	Hiperkarbonath Sular	<7 mek/l
Klorotalastik Sular	420-700 mek/l	Sülfath Sular	24-58 mek/l	Normal Karbonath Sular	2-7 mek/l
Klorürce Zengin Sular	140-420 mek/l	OligoSülfath Sular	6-24 mek/l	HipoKarbonath Sular	<2 mek/l
Orta Klorürlü Sular	40-140 mek/l	Normal Sülfath Sular	<6 mek/l		
Oligoklorürlü Sular	15-40 mek/l				
Normal Klorürlü Sular	<15 mek/l				

2.3.2. Piper' a Göre Suların Sınıflandırılması

Çalışma sahalarındaki su kaynaklarının litoloji ile ilişkileri ve döngüsel sistemleri boyunca meydana gelen hidrojeokimyasal değişim süreçlerinin açıklanmasında Piper diyagramı kullanılmaktadır (Şekerci, 2018).

Su fasiyeslerinin belirlenmesinde suların genel anyon ve katyon içeriğini dikkate alarak piper diyagramı oluşturulur (Şener ve Güneş, 2015). Diyagramda katyonlar ve anyonlar için birer eşkenar üçgen ve bunlarla birlikte paralel kenarlardan oluşur. Katyon ve anyonlar meq/l cinsine çevrilerek diyagramda işaretlemeleri yapılır. İki eşkenar üçgende işaretlenen değerler paralel kenar üzerinde kesiştirilerek sınıflama işlemi yapılır (Tuğrul, 2019).

2.4. Suların Kullanım Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

2.4.1. Suların İçilebilirlik Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

İçme suyu olarak kullanılacak sular, renksiz, kokusuz, berrak olmalıdır. Ayrıca sağlığa zararlı olabilecek kimyasal kirleticiler ve mikrobiyolojik canlılardan arıtılmış olması gerekmektedir (Şener ve Güneş, 2015). İçme suyu olarak kullanılacak olan suların Türkiye'de TSE veya WHO tarafından belirlenen içme suyu standartlarına uygun olması istenmektedir (Tuğrul, 2019).

2.4.1.1. Schoeller İçilebilirlik Diyagramına Göre Suların Sınıflandırılması

Schoeller içilebilirlik diyagramına göre sular EC, sertlik, Na, Cl ve SO₄ parametrelerine göre içilmeyen, zorunlu olmadıkça içilmeyen, kötü kaliteli, orta kaliteli, iyi kalitede ve çok iyi kaliteli sular olmak üzere sınıflandırılmaktadır (Şekerci, 2018).

2.4.2. Suların Sulama Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

2.4.2.1. Wilcox' a Göre Suların Sınıflandırılması

Wilcox diyagramıyla tarım sektöründe kullanılan yeraltı sularının kalite sınıfları gösterilmektedir (Nalivan, vd., 2019). Toprak yapısında, havalandırma ve geçirimsilikte değişikliğe neden olan tuzların toprak üzerindeki etkisi bitki büyümesini doğrudan etkilediği için bu diyagramla değerlendirilmesi yapılır. Wilcox diyagramı sulama suyunun sınıflandırılması için elektriksel iletkenlik (EC) ve sodyum yüzdesine (%Na) karşı çizilir (Singh, vd., 2020).

2.4.2.2. A.B.D Tuzluluk Laboratuvarına Göre Suların Sınıflandırılması

Sulama suyu olarak kullanılacak olan yeraltı sularının sınıflandırılmasında faydalanılan A.B.D Tuzluluk diyagramı suyun 25 °C' deki elektriksel iletkenliği (EC) ile sodyum adsorpsiyon oranına (SAR) karşı çizilir. ABD Tuzluluk diyagramıyla suların yağışlı ve kurak dönemlerde ne kadar etkilendiğinin değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Sulama sırasında sodyuma duyarlı tarımsal ürünler için önlem alınmasında faydalı bir diyagramdır (Pınarkaya, 2014).

2.5. Yeraltı Sularının İzlenmesi

Yeraltı sularının kalitesinin doğal veya insanların faaliyetleri sonucunda giderek bozulması, bu faaliyetlerden kaynaklanan baskıların su kalitesi üzerindeki etki düzeyinin belirlenmesi adına su kalitesi izleme programlarının uygulanması gerekli hale gelmiştir. Su kalitesi üzerine izlemenin çeşitli kaynaklarda değişik tanımları bulunmaktadır. Çevresel kirlilik rehberinde izleme, bir veya daha fazla çevresel parametrelerin gidişatını belirlemek amacıyla belli zaman aralıklarında ve sıklıkta fiziksel, kimyasal ve biyolojik verilerle envanterin oluşturulması ve analizlerinin yapılması anlamına gelmektedir. Uluslararası Standartlar Teşkilatı (ISO)' a göre belirli hedeflerin uygunluğunun değerlendirilebilmesi için programı oluşturulmuş numune alma, ölçüm ve alınan su örneklerinin kayıt altında tutulması olarak ifade edilmektedir. Genel olarak su kalitesinin izlenmesi, su kümelerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin zamana bağlı olarak değişimleri hakkında verilerin oluşturulup bir envanter hazırlanması olarak tanımlanabilmektedir.

Yeraltı sularının izlenmesi, yeraltı sularının miktarı ve kalitesi hakkındaki verilerin toplanması ve değerlendirilmesi işlemlerinden oluşmaktadır.

Yeraltı sularının izlenmesiyle aşağıdaki gibi birçok önemli bilgi elde edilmektedir:

- Doğal etkilere bağlı değişimlerden insan kaynaklı değişimlerin ayırt edilebilmesi için tarihsel veri

- Yeraltısuyu miktarı ve kalitesine insan kaynaklı etki ve risklerin belirlenmesi ve denetimi

- İşletme alanlarında yeraltısuyu depolaması, akımı ve kalitesindeki değişimlerin belirlenmesi

- Yeraltısuyu sisteminin zaman içindeki davranışı konusunda bilgilerin tamamlanarak kurgulanan kavramsal modelin gözden geçirilerek düzeltilmesi

Yeraltı sularında çeşitli izleme metotları öngörülmektedir. Temel olarak izleme metotları aşağıdaki gibi sınıflara ayrılabilir:

- Temel izleme: Sistemin doğal davranışının izlenmesi amacıyla gerçekleştirilen temel izleme, uzun dönemli izleme verilerine ulaşmayı sağlar.

- Doğrulama amaçlı izleme: Yasal mevzuat gerekliliklerine uyumun gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğinin tespiti amacıyla gerçekleştirilen izlemedir.

- Özel amaçlı izleme: Koruma alanlarının durumu; kirlilik kaynağının etki alanı, yeraltısuyu seviyesinin rehabilitasyonu gibi özel bir amaca uygun olarak gerçekleştirilen izlemedir.

- Erken uyarı amaçlı izleme: Kirleticilerin yeraltısuyuna ulaşmadan önce tespiti amacıyla özellikle vadoz bölgesinde gerçekleştirilen izlemedir (Soyturk, 2014).

2.6. Yeraltı Suyu Kirliliği ve Kirlenme Kaynakları

Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifinde (SÇD) yeraltı suları da hedefler arasında yerini almış ve bu kapsamda yeraltı sularının korunması, iyileştirilmesi, restorasyonu ve yeraltı suyu çekimi ve besleme dengesinin kurulması ve yeraltı suyunun kirliliğinin azaltılması hedeflenmiştir (Dalkılıç ve Harmancıoğlu, 2008).

Yeraltı suyu kirliliğinin büyük bir bölümü insan faaliyetleri sonucu oluşmaktadır. Nüfusun ve arazi kullanımının yoğun olduğu bölgelerde yeraltı suyu kirliliğinin hassasiyeti yüksektir. Yeraltı sularının herhangi bir kirletici ile birleşmesi sonucunda kirletici yeraltı suları ile birlikte hareket etmekte ve bir noktadan başka bir noktaya taşınmaktadır. Yeraltı sularının kontrolünün sağlanması yüzey sularına göre daha zordur ve daha uzun sürelerde olmaktadır (Baş, 2018).

Birçok yeraltı suyu kirletici kaynağı bulunmaktadır. Bunlar şehir atıkları, sanayi atıkları ve tarımsal kirleticiler olarak sınıflandırılabilir. Kirlilik kaynakları ya noktasal

olarak adlandırdığımız bir adet noktadan ya da yayılı kaynaklar olarak adlandırdığımız geniş alana yayılmış sayısız noktadan oluşmaktadır. Endüstriyel gelişimin az ve kamu hizmetlerinin sınırlı olduğu gelişmekte olan ülkelerde, atık su lagünleri, arazi atık çukurları ve yeraltı depolama sahaları gibi noktasal kirlilik kaynaklarına fazla rastlanılmamaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde yeraltı suyu kirliliği riskinin büyük bölümünü kanalizasyon şebekelerinin olmaması, tarımsal faaliyetler ve kirlenmiş bölgelerdeki yüzey akışları gibi noktasal olmayan kaynaklar oluşturmaktadır (Sargın, 2010).

Tablo 2.8. YAS kirlenme kaynakları (Yetiş, 2013)

Kirlenme Kaynağı ve Nedeni	Kirlenme Geometrisi			Depolama Yöntemi						
	Noktasal	Çizgisel	Dağınık	Sızıntı Havuzları	Yüzey Yayılması ve Sulama	Sızdırma Çukurları ve Hendekler	Dere Kum Yatakları	Atık Sahaları	Atık Kuyuları	Endeksiyon Kuyuları
Kentsel										
Kanalizasyondan Sızma	x	x								
Sıvı Atıklar	x	x	x	x	x	x	x		x	
Katı Atıklar	x							x		
Endüstriyel										
Sıvı Atıklar	x			x		x			x	x
Depo ve Boru Hatları										
Sızma/Sızıntı	x	x								
Maden Çalışmaları	x	x	x	x		x	x	x	x	x
Petrol Salamurası	x	x	x	x	x	x	x			x
Tarımsal										
Sulama Geri Dönüş Suyu			x		x					
Hayvan Atıkları	x		x	x	x	x		x		
Gübreleme ve Toprak Düzenlemeleri			x		x					
Pestisitler			x		x					
Çeşitli										
Kaza Sonucu Kirletici Yayılımı	x									
Yüzey Malzememe Depolaması	x									
Foseptik ve Lağım Çukurları	x		x		x	x		x		
Yolların Tuzlanması		x	x							

Yeraltı suyu kirleticileri kategori olarak doğal faaliyetler ve antropojenik faaliyetler sonucu oluşan kirlilikler olarak sınıflandırılabilir.

2.6.1. Doğal Kirletici Faaliyetler

Yeraltı suları insan faaliyetleri dışında diğer doğal yollarla etkilenebilmektedir. Doğal kirliliklerin çeşitleri ve konsantrasyonları, yeraltı suyunun hareket ettiği jeolojik yapıya ve deşarj olan suyun kalitesine bağlıdır. Kayaçlardan ve topraktan geçen yeraltı suları magnezyum, kalsiyum ve kloritler gibi çeşitli bileşiklerden süzülürken etkilenmektedir. Bazı akifer türleri arsenik, bor ve selenyum gibi doğal çözülmüş bileşiklere sahiptir. Bu doğal kirletici kaynaklarının yeraltı suyu üzerindeki etkisi kirletici türü ve konsantrasyonuna göre değişmektedir (Baş, 2018).

2.6.2. Antropojenik Kirletici Faaliyetler

Sahaların, insan faaliyetleriyle tarımsal ve endüstriyel olarak kullanılması kirlilik oluşumuna neden olmaktadır. Bu kaynakların büyük bir kısmını noktasal kirletici kaynakları içine almaktadır. Arazilerin nüfus artışıyla beraber kontrolsüz kullanılması sonucunda yeraltı suları olumsuz yönde etkilenmektedir. Antropojenik kirletici kaynakların en önemlileri şunlardır;

- Atık Depolama Sahaları
- Septik Sistemler
- Endüstriyel Alanlar
- Tarımsal Faaliyetler (Baş, 2018).

2.6.3. Yeraltı Sularında Konsantrasyonların Değişimi ve Kirliliğin Taşınması

Yeraltı suyu kirliliğinin oluşumundaki kirletici maddeler ile yeraltındaki toprak bileşenleri, yeraltı suyu akımı ve mevcut olan rutubet karşılıklı etkileşim halindedir. Yeraltı suyu kirliliği yer yüzeyinde, yeraltında ancak yeraltı suyu seviyesinin üzerinde veya yeraltı suyu seviyesinin altında oluşabilir. Yeraltı suyu kirliliği meydana gelirken 3 aşama geçerlidir; doğrudan intikal, süzülme ve akiferler arası karışımlardır.

Meydana gelen en yaygın yeraltı suyu kirliliği süzülme kaynaklıdır. Yüzeyde bulunan kirleticiler topraktaki gözenekli yapıların içinden veya arasından süzülerek ve

yerçekimi etkisi ile doygun bölgeye ulaşınca kadar doygun olmayan bölge içinde aşağıya doğru hareket halindedir. Kirleticiler bu bölgeden geçip doygun bölgeye geldiklerinde yeraltı suyu akış yönünde hareket etmeye başlarlar ve hareketlerini bu yönde devam ettirirler.

Kirleticiler yeraltında yeraltı suyu seviyesine yakın bir bölgeye veya doygun bölgeye bırakıldıklarında doğrudan yeraltı suyuna karışırlar. Eski veya tahrip olmuş kuyuların tekniğine uygun şekilde kapatılmaması sonucunda, kirleticiler direkt olarak akifere intikal ederler. Bu tür kirlilikler kirli olan suyun bir diğer kuyuya geçmesine neden olmaktadır.

Kirleticiler taşınırken toprak katmanlarından, kayaç zonlarından ve diğer materyallerin arasından geçmek zorunda kalırlar. Kirleticiler bu katmanlardan yeraltı suyuna ulaşınca kadar kirleticilerin etkilerini azaltan birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemden geçmektedirler. Kirleticilerin etkilerinin azaltılması, kirletici maddelerin yeraltı suyuna ulaşınca kadar geçtiği süre ve mesafeye göre değişmektedir. Geçen süre ve mesafe ne kadar artarsa kirlilik etkisi o kadar azaltılmış olmaktadır (Yetiş, 2013).

2.7. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Amerika Birleşik Devletlerinde 1950' li yılların sonlarına doğru ulaşım üzerine planlamacıları trafik verileri ve trafiğin akışına yönelik haritaları sayısallaştırmaya başlamıştır. Washington Üniversitesinde mekansal istesistik ve bilgisayar destekli taramalar ile ilgili çalışmalara Coğrafta bölümünde ilk adımlar 1950' li yılların sonlarına doğru atılmıştır. Kanada Coğrafi Bilgi Sistemi 1960' ların ilk dönemlerinde gelişmeye başlamış ve ilk olarak bölgelerdeki azalmakta veya tükenmekte olan habitat verileriyle ve doğal kaynakların oluşturulabilmesi için bir envanter hazırlanmış ve bu bilgi sistemi kullanılmaya başlamıştır. Bu yükseltmeler veri tabanının yapısı, alan hesaplamaları ve çakıştırma, katman yapıları, grafik ve öznitelik veri ayrımı, vektör veri üretimi ile verilerin taranmasına yönelik poligon yapıların sorgulanması ve veri girişlerinin uygulanmaya ilk defa başlandığı dönemdir. Minnetosa planlama dairesinde aynı dönemlerde CGIS yazılımına benzeyen bir arazi yönetimi bilgi sistemi geliştirilmiştir. ABD nüfus bürosu sayısal nüfus alanlarının hesaplanabilmesi için 1960' larda bir system

geliştirmiştir. Jeokodlama yazılımı ile adreslerin eşleştirilmesinde kolaylık sağlayan bir system kurulmaya başlanmıştır. Harward Üniversitesi Computer Graphics and Spatial Analysis Laboratuvarı 1964 yılında SYSMAP adlı bir yazılım üzerinde gelişim sağlanmaya başlamış ve bu laboratuvarında 1960 yılının sonlarına doğru GRID, CALFORM, SYMVU yazılımlarıyla 1970 yılının başlarında POLYVRT, ortalarında ODYSSEY yazılımları ile Coğrafi Bilgi Sistemlerinin ilk iskeletinin yazılımları yavaş yavaş oluşturulmaya başlanmıştır. 1970 yılında Amerika Birleşik Devletleri nüfus sayımı için DIME veri alt yapıları kullanmaya başlamış ve kent nüfusunun atlasının hazırlanmasında bu yapı sayesinde olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri ordusunda 1970 yılında uydu görüntüleri hücreye dayalı veri sistemi alt yapısında saklanması için geliştirmeler başlanmıştır. Açık kaynak kodlarına sahip GRASS Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı US Army Corps of Engineers tarafınca geliştirilmeye başlamıştır. İlk özel sektör girişimi 1969 yılında ESRI firması kurulmuş ve Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı geliştirilmeye başlamıştır ve ArcInfo yazılımı 1982 yılında ticari olarak satışa sunulmuştur. Yazılımlar 1980 yıllarından sonra yavaş yavaş ticari olarak açık kaynak kodlu Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımları ve uygulamaları kullanılmaya başlamıştır.

Herhangi bir konuma dayalı gözlem ve izlemelerle elde edilen grafik olan veya olmayan bilgilerin toplanması, işlenmesi, saklanması ve kullanıcıya sunulması gibi işlevselliği yüksek olan sistemler Coğrafi Bilgi Sistemleridir (Yomraliöglu, 2000).

Kullanıcıların farklı uygulama gruplarında (farklı disiplinlerden) olmas sebebiyle, Coğrafi Bilgi Sistemleri farklı şekillerde tanımlanabilmektedir. Dünya üzerinde konumsal bilgi sistemleriyle ilgilenen şahıs, kurum ve kuruluşlar arasında geniş merak uyandırması, ticari beklentilerin yüksek olması, farklı fikir ve uygulamalar ve sistem yükseltmelerindeki hızlı değişiklikler Coğrafi Bilgi Sistemlerinin sabit bir tanımının yapılmasına engel olmuştur. Coğrafi Bilgi Sistemi, birçok araştırmacıya göre coğrafik bilgi irdeleyici ve konumsal bilgi sistemlerinin çoğunu içeren bilimsel bir tanım, bazı araştırmacılara göre ise; konumsal bilgileri dijital yapıya kavuşturan bilgisayar tabanlı bir araç, diğeri bir takım araştırmacıya göre de; organizasyonlarda yardımcı bir araç olarak veri tabanı yönetim yazılımı olarak adlandırılmaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri yönetim, teknoloji ve fonksiyonel olarak üç farklı bileşenden meydana gelmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veri depolama, işleme ve aktarma, coğrafi veri sunma ve analiz bileşenleri fonksiyonel kısmında, bu fonksiyonların oluşturulmasını sağlayan yazılım ve donanım araçları teknoloji kısmında, fonksiyonel ve teknolojik araçlar dışında mali ve insan kaynaklarının yönetiminin oluşturulması ve bir amaca hizmet etmesinin sağlanmasında yönetim kısmında meydana gelmektedir (Salman, 2019).

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin iki tipi bulunmaktadır. Bunlardan birincisi yeryüzüne ait olan bilgiler, ikincisi ise yeryüzüne ait olmayan bilgilerdir. Örneğin bu bilgi yeryüzüne ait bir nokta verisine ait olabileceği gibi çizgi veya alan verisine de ait olabilmektedir (Slagle, 2000).

2.7.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Yararlı Olduğu Alanlar

Coğrafi bir yapıya ait sorunlar Coğrafi Bilgi Sisteminin hedefleri arasındadır ve basit sorunların yanı sıra karmaşık sorunlarında çözümünde katkıda bulunmaktadır:

- Yatırım için en uygun yerin belirlenmesinde,
- Herhangi bir bölge veya noktada nelerin var olduğunun belirlenmesinde,
- Elde edilmiş olan verilerin şekillerinin ve dağılım yöntemlerinin nasıl olduğunun gösterilmesinde,
- Herhangi bir bölge veya herhangi bir nesnenin kaç adet olduğuna dair bilgi vermekte,
- Herhangi bir çalışma için karar alınacağında/alındığında etkilenen alanların bilgilendirilmesinde,
- Yeni yapılacak olan konut, okul...vs bölgenin, belirli mesafelerine göre yapılması gereken çalışmaların belirlenmesinde katkıda bulunmaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin ana prensibi çizgi, alan ve nokta kavramlarına dayandığı için kuruluşların çalışmalarında coğrafi verilere bağlı bilgilendirmeleriyle katkıda bulunmaktadır. Bu sebeple Coğrafi Bilgi Sistemleri hem güçlü bir coğrafi analiz yeteneği, yüksek kaliteli çizimleri ve veri tabanı yönetimiyle karar vermede destek

sağlamaktadır. Böylelikle Coğrafi Bilgi Sistemleri diğer sistemlerden önemli olmaktadır. Çeşitli sahalarda çeşitli amaçlar için kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemlerinin çoğunlukla 3 ana amaç için kullanılmaktadır:

- Coğrafi veri tabanlarında yönetimi geliştirmeye,
- Coğrafi veriler kullanılırken karar verme aşamasında daha iyi bir strateji oluşturulmasının sağlanmasında,
- Üretkenliğin arttırılmasına katkıda bulunması için harita ve coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılmasının seçilmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır.

Günümüzde kullanılan Coğrafi Bilgi Sisteminin içeriğinde bulunan bazı karakteristik özellikler şunlardır:

- Herhangi bir noktada alakalı veya alakasız verilerle ilgilenmeyi amaç edinir.
- Sistemlerinde geniş veri tabanları kullanmayı tercih eder.
- Kendine özgü Coğrafi Bilgi Sistemleri fonksiyonlarına sahiptir.
- Analiz etme, transfer etme, seçme ve sunma gibi işlemleri yapmaktadır.
- Bünyesinde analitik ve modelleme kabiliyetleri mevcuttur.
- Herhangi bir şeyde alınan kararları destekleyecek altyapıya sahiptir.
- Değişik isteklere göre değişim özelliklerine sahip kaliteli çıktılar oluşturulmasını sağlar (Aslan, 2018).

3. MATERYAL METOT

Gümüşhacıköy bölgesinde 2006 yılından itibaren tarımda sulama, içme ve kullanma suyu olmak üzere kullanılmak için açılmış olan 167 adetten fazla sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyu sularının 37 adet ve dahasında Devlet Su İşleri tarafından kimyasal analizler yapılmıştır (Ersoy ve Ersoy, 2007). Bu çalışmada ArcGIS uygulanması için Devlet Su İşlerinden alınmış Hayrettin, Bulak, Güblüce, Keçi, Merkez ve Eslemez köylerinde bulunan altı kuyu için analiz sonuçlarıyla elde edilen pH, EC, TDS, Sertlik, %Na, Na⁺, K⁺, Ca⁺², Mg⁺², CO₃⁻², HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄⁻² ve NO₃⁻ verileri kullanılmıştır. Kullanılan analiz sonuçlarıyla, ArcGIS modelinin araçlarından olan

alansal tahminleme yöntemi olan IDW yöntemiyle pH, EC, TDS, Sertlik, %Na, Na⁺, K⁺, Ca⁺², Mg⁺², CO₃⁻², HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄⁻² ve NO₃⁻ değerlerinin değişimleri 6 dönem için alansal haritaları hazırlanmıştır. Suların içilebilirliğinin belirlenmesinde Schoellere göre sınıflandırma yapılmıştır. Suların tarımsal kullanım özelliklerine göre değerlendirilebilmesi için A.B.D Tuzluluk Laboratuvar Diyagramı ve Wilcox Diyagramları hazırlanmıştır.

3.1. Çalışma Sahası ve Özellikleri

Gümüşhacıköy Amasya iline 35 km uzaklıkta, Samsun İli' nin 100 km güneybatısında Orta Karadeniz Bölümü içerisinde yer almaktadır. Havza 1060.44 km², lik alanı kapsamakta ve beslenme alanı Çorum G34 ve G35 paftalarında yer almaktadır. Havzanın doğu tarafında Merzifon ilçesi bulunmaktadır. Merzifon akiferi olarak isimlendirilen serbest akiferin yakın çevresinde yer almaktadır. Havzanın batı tarafında Gümüşhacıköy Akiferi olarak isimlendirilen serberst ve basınçlı akifer yer almaktadır. Gümüşhacıköy akiferi 300.225 km², lik, Merzifon Akiferi ise 40.43 km², lik bir alanda yayılım göstermektedir (Ersoy ve Ersoy, 2007).

Bölgede bulunan Gümüşsuyu Deresi akiferi batıdan doğuya kadar kat eden ve havzada sürekli bir akış gösteren en önemli akarsudur. Bu derenin mevsimlik akış gösteren iki ana kolu İmirler Deresi ve Köseler Deresidir.

Çalışma sahasındaki iklim özellikleri İç Anadolu ve Karadeniz iklim kuşağının geçiş bölgesinde tam arada yer almaktadır. Kışlar soğuk ve yağışlı ve yazlar sıcak geçmektedir. Merzifon Meteoroloji İstasyonunda yapılan çalışmalara ait yıllık veriler incelendiğinde rasatların ortalaması; yıllık ortalama sıcaklık 13,5 °C ve toplam yıllık yağış 463,7 mm olarak hesaplanmıştır (MGM, 2019).



Şekil 3.1. Gümüşhacıköy bölgesi çalışma sahalarının 2019 Google Maps görüntüleri

3.2. Gümüşhacıköy Bölgesinin Jeolojik Özellikleri

Gümüşhacıköy sahasında en yaşlı birim olarak bilinen yüzeylenen kayaç Paleozoyik yaşlı metamorfik kayaçlardır. Bu metamorfik kayaçlardaki birimler, mermer, rekristaliza kireçtaşları, şist ve killi şist, klorit şist ve yeşil şistlerden oluşmaktadır. Metamorfik kayaçlar ince ve oldukça sert tabakalı kireçtaşları, fosilli kireçtaşları Geç Jura-Erken Kretase yaşlı kalın tabakalı kireçtaşlarının üzerinde bulunmaktadır. Kayaç litolojisi incelendiğinde yaşlı erken kretase biriminin üst kısmında aglomeralar, tüfler, kireçtaşları, marn arakatkılı ve fosilli kumtaşları, arakatkılı andezitler ve yaşlı konglomera geç kretase birimi bulunmaktadır. Sahada Orta Eosen döneminde kireçtaşı, kumtaşı ve konglomeralardan oluşan birimler meydana gelmiştir. Orta Eosen yaşlı biriminin üzerinde, aglomera, tuf, yaşlı andezit geç eosen birimi ve bunlar ile birlikte arakatkılı kumtaşı ve kireçtaşları bulunmaktadır. Akiferde Miyosen dönemine ait mavi renkli marnlar veince katmanlı kilttaşları oluşmuştur. Miyosen ait bu birimin üstünde yaşlı ve gevşek Pliyosen malzemedan oluşan çakıl, kum ve kil bulunmaktadır. Çalışma sahasındaki en genç birim yaşlı Kuvaternet alüvyonlarıdır. Altuğ ve Atalay (1974)' ten değiştirilerek hazırlanan Gümüşhacıköy Akiferi' ne ait jeoloji haritası Şekil 3.2' de görülmektedir (Ersoy ve Ersoy, 2007).

Gümüşhacıköy Akifer' i, İmirler Deresi, Köseler Deresi, Alıcık Deresi ve mevsimlik akış gösteren yan derelerin çevre formasyonlardan getirdikleri blok, çakıl, kum, silt ve kil boyutlu gevşek yapılı malzemedен oluşmaktadır. Gümüşhacıköy Akiferi' nde yeraltı suyu akım yönü İmirler Vadisi' nde kuzeybatıdan güneydoğuya doğru; Köseler Vadisi' nde güneybatıdan kuzeydoğuya doğru ve Gümüşsuyu Vadisi'nde batıdan doğuya doğrudur (DSİ, 1973).

Bu çalışmada kullanılmak üzere Devlet Su İşleri 7. Bölge Müdürlüğünden alınan Hayrettin 30714, Bulak Halil Morgöz, Güblüce Köy, Keçiköy 20175, Gümüşhacıköy, Eslemez 50228/A kuyularının analiz sonuçları düzenli olarak devam etmekte olan sondaj kuyularıdır.

3.4. Gümüşhacıköy Bölgesinin Hidrojeokimyasal Özellikleri

Yüzey ve yeraltı sularının kendine özgü kimyasal özellikleri vardır. Bu özellikler birçok etkileşim sonucu değişebilmekte olup, suların buldukları derinlik, etkileşim halinde oldukları jeolojik birimlerin litolojik özelliklerine ve geçtikleri ortamlara göre değişiklik gösterirler (Ersoy ve Ersoy, 2007).

Çalışma sahasında yeraltı suyu sondaj kuyularının hidrojeokimyasal özelliklerini ve su kalite özelliklerini belirleyebilmek için Gümüşhacıköy Merkez ve Köyleri dahil olmak üzere 6 adet kuyudan 6 adet ardışık ölçüm sonuçları Devlet Su İşleri 7. Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Çalışma sahasında kuyulardan alınan yeraltı suyu örneklerinin özelliklerinin belirlenmesinde öncelikle sertlik, hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH), özgül elektriksel iletkenlik (EC), Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS), Sertlik, sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve sodyum iyon yüzdesi (%Na) gibi genel kimyasal özellikleri incelenmiştir. Bunlarla birlikte, yeraltı sularının düşey-yarı logaritmik Schoeller diyagramı kullanılarak sınıflandırılmasında su örneklerinin katyon ve anyon analiz sonuçları kullanılmıştır.

3.5. Gümüşhacıköy Bölgesindeki Verilerin Toplanması

Devlet Su İşleri 7. Bölge Müdürlüğü tarafından 04/10/2011-07/05/2014 tarihleri arasında ardışık yeraltı suyu kuyu örneklemeleri ve analizleri yapılmıştır. Gümüşhacıköy mevkinde bulunan Hayrettin 30714 Kuyusu, Bulak Halil Morgöz Kuyusu, Güblüce Köy Kuyusu, Keçiköy 20175 Kuyusu, Gümüşhacıköy Kuyusu ve Eslemez 50228/A

Kuyusu adlı kuyuların örnekleme ve analizleri yapılmıştır. Çalışılan kuyuların isimleri, numune alma amaçları ve koordinatları Tablo 3.1.'de verilmiştir. Örnekleme yapılan kuyuların uydu görüntüleri Şekil 3.1' de verilmiştir.

Tablo 3.1. Gümüşhacıköy bölgesinde isyasyon adı, kısaltmaları ve koordinatları

İstasyon Adı	İstasyon Kısaltması	KUZEY	DOGU
Hayrettin 30714 Kuyusu	YS1	4520653	703602
Bulak Halil Morgöz Kuyusu	YS2	4518598	692786
Güplüce Köy Kuyusu	YS3	4524809	692182
Keçiköy 20175 Kuyusu	YS4	4523071	689877
Gümüşhacıköy Kuyusu	YS5	4528419	685425
Eslemez 50228/A Kuyusu	YS6	4523509	691475

Meteoroloji verilerine göre bölgeye düşen ortalama yıllık yağış 463.7 mm seviyesindedir. Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğünden alınan Merzifon 17083 istasyonuna ait yağış verileri Tablo 3.2' de verilmiştir.

Tablo 3.2. 2011-2014 tarihli Merzifon 17083 istasyonu yağış verileri (MGM, 2020)

Yıl/Ay (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2011						17,8	14,8	0,6	5,2	6,2	2,4	17,6
2012	8,2	20,6	7,8	9,4	15,2	15,8	36,0	3,8	1,6	7,6	22,2	19,2
2013	13,0	13,0	9,4	22,2	14,4	23,4	8,0	0,4	8,6	16,4	17,0	2,8
2014	5,6	23,2	22,0	12,6	40,4	16,2	5,6	20,4	30,4			

3.6. Su Kalitesine Göre Sınıflandırma Çalışmaları

Gümüşhacıköy bölgesi yaşlı kayaların oluşturduğu jeolojik birimlere sahip olduğu için yeraltı suyu kalite standartlarını kayaç ve su etkileşimi doğrudan etkileyebilmektedir. Bölgede yağışlı ve kurak dönemlerde olmak üzere altı dönem boyunca yapılan örnekleme ve analizler sonucunda elde edilen veriler ışığında suların fiziksel ve kimyasal değişimleri incelenmiştir.

Bulguların ışığında suların kullanım ve içilebilirlik özelliklerine göre:

- ✓ Hesaplanan sodyum yüzdesi (düşey eksen) ile ölçülen elektriksel iletkenlik (yatay eksen) değerleri, kullanılarak Wilcox diyagramı çizilmiştir. Analizi

yapılan kuyuların diyagram yardımıyla şüpheli, kullanılamaz veya kullanılabilirlik özellikleri değerlendirilmiştir.

- ✓ Hesaplanan sodyum adsorpsiyon oranı (düşey eksen) ile ölçülen elektriksel iletkenlik (yatay eksen) değeri kullanılarak A.B.D Tuzluluk diyagramı çizilmiştir. Analizi yapılan kuyuların diyagram yardımıyla çok iyi, iyi, orta ve kötü özellikte sulama suyu olup olmadığı değerlendirilmiştir.
- ✓ Analiz sonucu ile elde edilmiş iyonların bilgisi ışığında, düşey ekseninde logaritmik konsantrasyon yatay ekseninde rCa^{+2} , rMg^{+2} , $r(Na^{+} + K^{+})$, rCl^{-} , rSO_4^{-2} ve $r(CO_3^{-} + HCO_3^{-})$ iyonları kullanılarak Schoeller diyagramı çizilmiştir. Schoeller diyagramıyla kuyu sularının içilebilirlik özellikleri değerlendirilmiştir.

3.7. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemine Göre Sınıflandırma

IDW yöntemi ile birbirine komşu koordinatlar üzerinden tahmin yürüten bir yöntemdir. Ters ağırlıklı enterpolasyon yöntemi ile enterpole edilecek bölgede yakındaki bölgenin uzaktaki bölgelere göre daha fazla konsantrasyona sahip olması esas alınmaktadır (Kazancı ve Kayıkçı, 2012). Modelde tahmin edilen değerler, komşu bölgelerdeki noktaların büyüklüğü ve uzaklığının bir fonksiyonudur. Uzaklığın artması ile tahmini yapılacak olan hücre üzerindeki önem ve etki azalmaktadır. Ters mesafe ağırlıklı yöntemde verilen genel dağılımı, eğilimi, anizotropi ve kümelenmesi gibi parametreler incelenmektedir. Bu yöntemde veriler yerel olarak değerlendirilip karşılaştırılması yapılmaktadır. IDW tam bir ara değer oluşturucusudur. Yani enterpolatördür. Öyle ki olan veri değerlerini pekiştirmektedir.

Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemine göre Gümüşhacıköy bölgesinde seçilmiş altı adet kuyunun altı dönem boyunca haritalamaları yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Özellikleri

4.1.1. Yeraltı Sularındaki Majör İyon Özellikleri

4.1.1.1. Katyonlar

4.1.1.1.1. Sodyum (Na⁺)

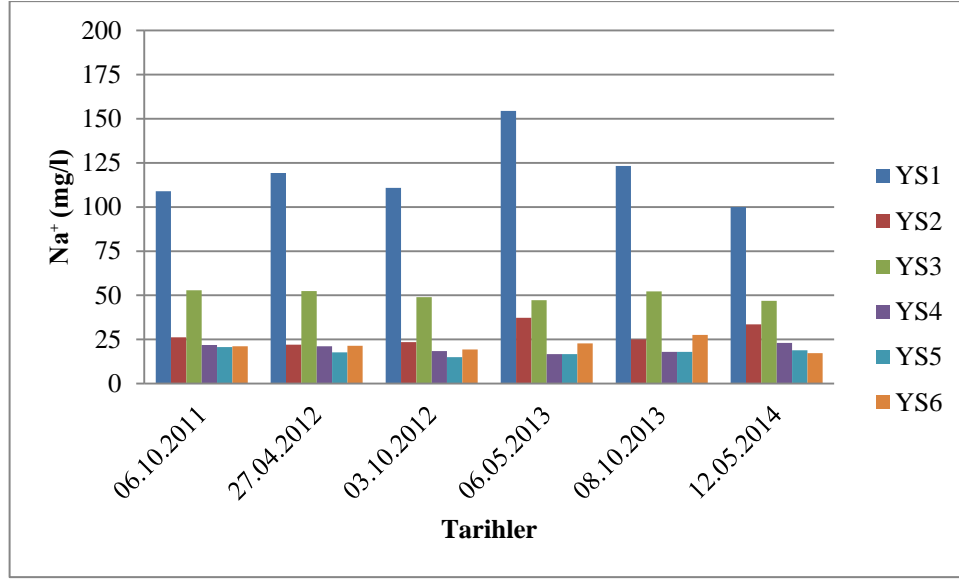
Yeraltı sularında sodyum değerlerinin artışında bölge habitatında sodyum klorürün bulunduğu konsantrasyon değeri çok önemlidir çünkü suda iyi çözünmektedirler. Yeraltı sularında diğer bir sodyum artışı sodyumplajyoksın ayrışması kaynaklı ve kil minerali içeriği kaynaklıdır (Foster, 1950).

Tablo 4.1. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden sodyum değerleri

Kuyular	Na ⁺ (mg/l)					
	Örnekleme Tarihleri					
	06.10.2011	27.04.2012	03.10.2012	06.05.2013	08.10.2013	12.05.2014
YS1	108,97	119,32	110,81	154,42	12,23	100,01
YS2	26,21	22,07	23,45	37,24	25,06	33,57
YS3	52,88	52,42	48,97	47,23	52,19	46,90
YS4	21,84	21,15	18,39	16,73	17,93	22,99
YS5	20,69	17,70	14,94	16,66	17,93	18,85
YS6	21,15	21,38	19,31	22,77	27,59	17,24

Çalışma sahasındaki örnekleme noktaları incelendiği zaman en yüksek sodyum değeri 06.05.2013 tarihli YS1 istasyonuna ait 154,42 mg/l ve en düşük sodyum değeri 03.10.2012 tarihli YS5 istasyonuna ait 14,94 mg/l' dir.

Yeraltı sularında tavsiye edilen sodyum değeri 20 mg/l' dir. Yeraltı sularında maksimum 175 mg/l' ye kadar sodyum konsantrasyonuna izin verilmektedir. Çalışma sahasındaki kuyular incelendiği zaman maksimum izin verilen değeri geçen kuyu görülmemektedir. Tablo 4.1' de mg/l cinsinden sodyum değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden sodyum değişimi

4.1.1.1.2 Potasyum (K^+)

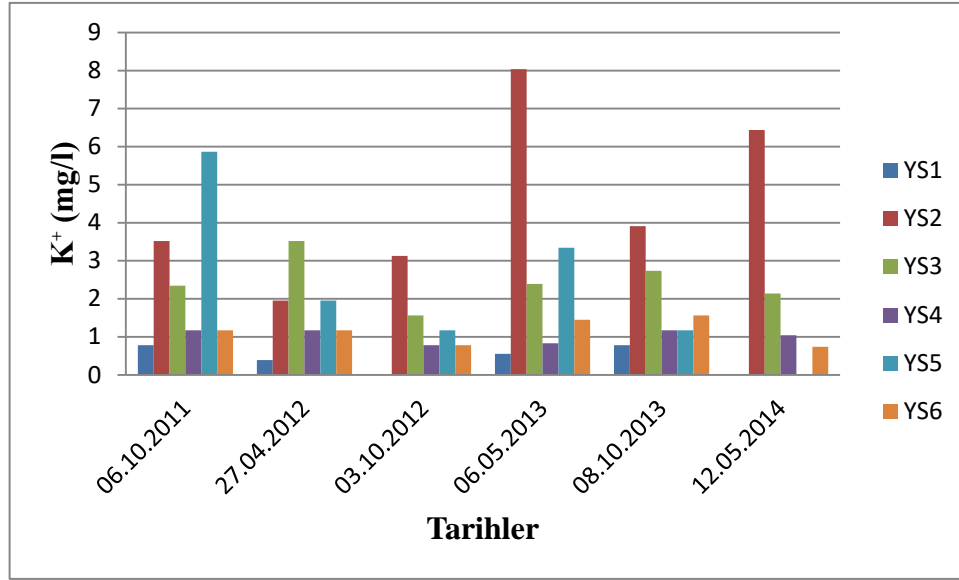
Yeraltı sularında potasyum artışıdaki en büyük etkenlerden biri topraktan süzülürken temasa geçtiği kil, mika, feldispat vb. minerallerdir. Yağışların veya sulamanın etkisiyle toprak bileşenlerinden potasyumun çözülebildiği ve bu çözülmenin litholoji ve tekstür durumlarına göre değişebildiği bilimsel araştırmalarla tespit edilmiştir. Buna göre, toprak yapısında bulunan potasyum süzülen suyun miktarının artmasıyla aratabileceği ortaya konmuştur. Ayrıca ince bünyeli topraklarda da yeraltı suyuna çözünen potasyumda artış belirlenmiştir (Rosolem, vd., 2010).

Tablo 4.2. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden potasyum değerleri

Kuyular	K^+ (mg/l)					
	Örnekleme Tarihleri					
	06.10.2011	27.04.2012	03.10.2012	06.05.2013	08.10.2013	12.05.2014
YS1	0,78	0,39	0,00	0,55	0,78	0,00
YS2	3,52	1,96	3,13	8,04	3,91	6,44
YS3	2,35	3,52	1,56	2,39	2,74	2,14
YS4	1,17	1,17	0,78	0,83	1,17	1,04
YS5	5,87	1,96	1,17	3,34	1,17	0,00
YS6	1,17	1,17	0,78	1,45	1,56	0,74

Çalışma sahasındaki örnekleme noktaları incelendiğinde en yüksek potasyum değeri 06.05.2013 tarihli YS2 istasyonuna ait 8,04 mg/l ve en düşük potasyum değeri 03.10.2012 ve 12.05.2014 tarihli YS1 istasyonuna ait 0 mg/l' dir.

İçme ve sulama sularında tavsiye edilen potasyum değeri 10 mg/l ve maksimum izin verilen potasyum değeri 12 mg/l' dir. Çalışma sahasındaki kuyuların potasyum değerleri incelendiğinde tavsiye edilen değerlerden daha düşük çıktığı Tablo 4.2' de görülmektedir. Sınır değer aşılmamış olsa da 06.05.2013 ve 12.05.2014 tarihlerinde YS2 istasyonu ve 06.10.2011 tarihinde YS5 istasyonunda ani yükselmeler Şekil 4.2' de görülmektedir.



Şekil 4.2. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden potasyum değişimi

4.1.1.1.3. Kalsiyum (Ca⁺²)

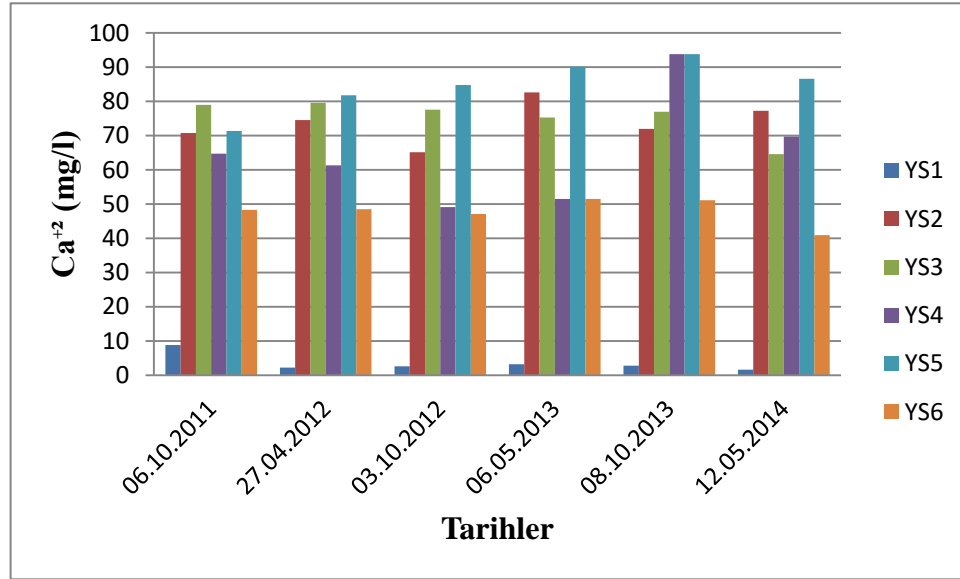
Yeraltı sularında kalsiyumun artışı dolomit, kalsit, jips vb. minerallerin bozunmasıyla meydana gelmektedir (Al-Khashman ve Jaradat, 2013).

Tablo 4.3. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden kalsiyum değerleri

Kuyular	Ca ⁺² (mg/l)					
	Örnekleme Tarihleri					
	06.10.2011	27.04.2012	03.10.2012	06.05.2013	08.10.2013	12.05.2014
YS1	8,82	2,20	2,61	3,22	2,81	1,61
YS2	70,74	74,55	65,13	82,60	71,94	77,23
YS3	78,96	79,56	77,55	75,30	76,95	64,58
YS4	64,73	61,32	49,10	51,47	93,79	69,71
YS5	71,34	81,76	84,77	90,13	93,79	86,57
YS6	48,30	48,50	47,09	51,47	51,10	40,90

Çalışma sahasında örnekleme noktaları incelendiğinde en yüksek kalsiyum değeri 08.10.2013 tarihli YS4 ve YS5 istasyonuna ait 93,79 mg/l ve en düşük kalsiyum değeri 12.05.2014 tarihli YS1 istasyonuna ait 1,61 mg/l' dir.

Yeraltı sularında tavsiye edilen kalsiyum değeri 100 mg/l' dir. Çalışma sahasındaki kuyular incelendiğinde sınır ve tavsiye edilen kalsiyum değerlerinin geçilmediği Tablo 4.3' de görülmektedir.



Şekil 4.3. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden kalsiyum değişimi

4.1.1.1.4. Magnezyum (Mg^{+2})

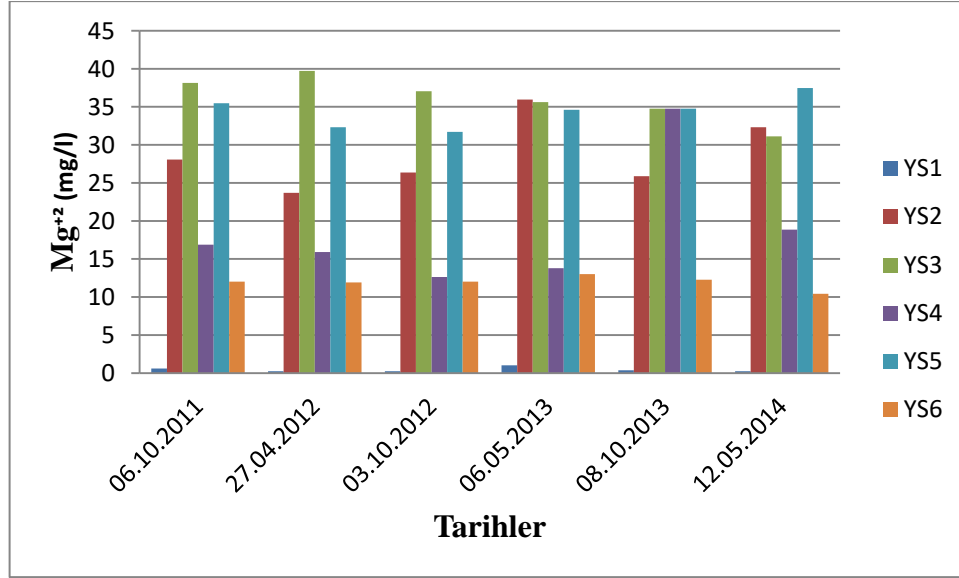
Yeraltı sularında genellikle kalsiyumdan sonra katyon olarak en fazla bulunan iyon magnezyumdur. Geneli itibariyle yeraltı sularında magnezyumun kaynağı evaropit, dolomit ve magmatik kayaç mineralleridir (Şekerci, 2018).

Tablo 4.4. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden magnezyum değerleri

Kuyular	Mg^{+2} (mg/l)					
	Örnekleme Tarihleri					
	06.10.2011	27.04.2012	03.10.2012	06.05.2013	08.10.2013	12.05.2014
YS1	0,61	0,24	0,24	1,03	0,36	0,24
YS2	28,07	23,69	26,37	35,95	25,88	32,32
YS3	38,15	39,73	37,06	35,62	34,75	31,12
YS4	16,89	15,92	12,64	13,79	34,75	18,86
YS5	35,48	32,32	31,71	34,62	34,75	37,48
YS6	12,03	11,91	12,03	13,00	12,27	10,42

Çalışma sahasındaki örnekleme noktaları incelendiğinde en yüksek magnezyum değeri 27.04.2012 tarihli YS3 istasyonuna ait 39,73 mg/l ve en düşük magnezyum değeri 27.04.2012, 03.10.2013 ve 12.05.2014 tarihli YS1 istasyonuna ait 0,24 mg/l' dir.

Yeraltı sularında tavsiye edilen magnezyum değeri 30 mg/l ve maksimum izin verilen değer 50mg/l' dir. Kuyular incelendiğinde izin verilen değer üstüne çıkan herhangi bir kuyu bulunmamaktadır. Fakat başta YS3 istasyonu olmak üzere YS5 istasyonu değerleri tavsiye edilen değer üstündedir. Bu iki kuyu dışında 06.05.2013 ve 12.05.2014 tarihlerinde YS2 istasyonu değerleri tavsiye edilen değer üstüne çıkmıştır. 08.10.2013 tarihinde YS4 istasyonu değeri de tavsiye edilen değer üstündedir. Sınır değerler geçilmemesine rağmen yeraltı sularında magnezyum ne kadar artarsa sular o kadar acılaşımaktadır.



Şekil 4.4. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden magnezyum değişimi

4.1.1.2. Anyonlar

4.1.1.2.1. Karbonat (CO_3^{-2})

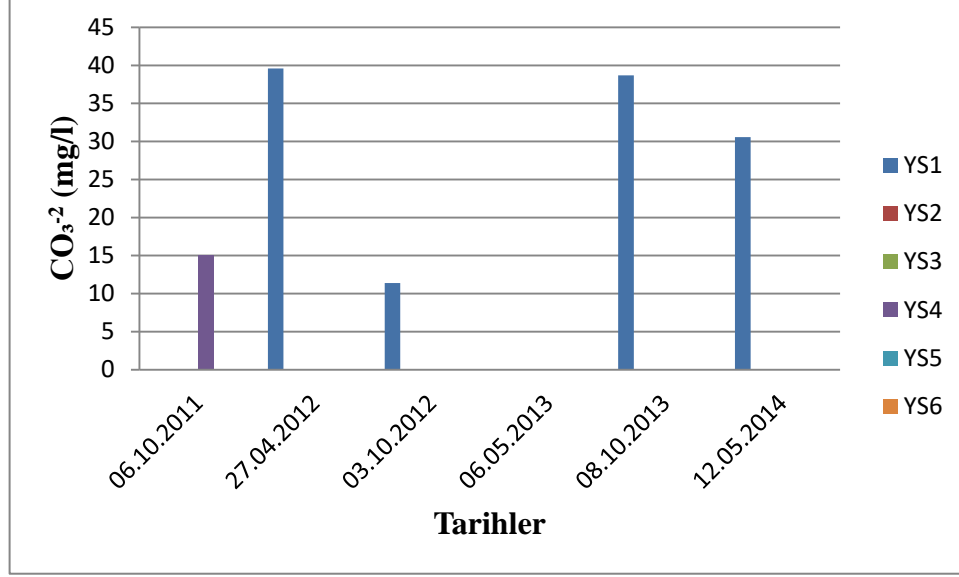
Yeraltı sularında karbonat değişimi suyun pH' ına ve sudaki CO_2 miktarına bağlı olarak değişebilmektedir. Karbonat ve bikarbonat konsantrasyonlarındaki artış silikat kayaların ayrışması ve karbonatlı toprak bileşenlerin su ile etkileşimi neticesinde çözünmesinden kaynaklandığı rapor edilmiştir (Jeong, 2001).

Tablo 4.5. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden karbonat değerleri

Kuyular	CO_3^{-2} (mg/l)					
	Örnekleme Tarihleri					
	06.10.2011	27.04.2012	03.10.2012	06.05.2013	08.10.2013	12.05.2014
YS1	0,00	39,60	11,40	0,00	38,70	30,57
YS2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
YS3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
YS4	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
YS5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
YS6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çalışma sahasındaki örnekleme noktaları incelendiğinde çoğu bölgede karbonat konsantrasyonu değerleri gözlemlenmemiştir. Çalışma sahasındaki en yüksek karbonat konsantrasyonu 27.04.2012 tarihli YS1 istasyonuna ait 39,60 mg/l ve en düşük karbonat

konsantrasyonu 0 mg/l değeri dışında 03.10.2012 tarihli YS1 istasyonuna aittir. Çalışma sahasında YS1 istasyonu dışında sadece 06.10.2011 tarihinde YS4 istasyonunda 15 mg/l' lik karbonat konsantrasyonu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.5. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden karbonat değişimi

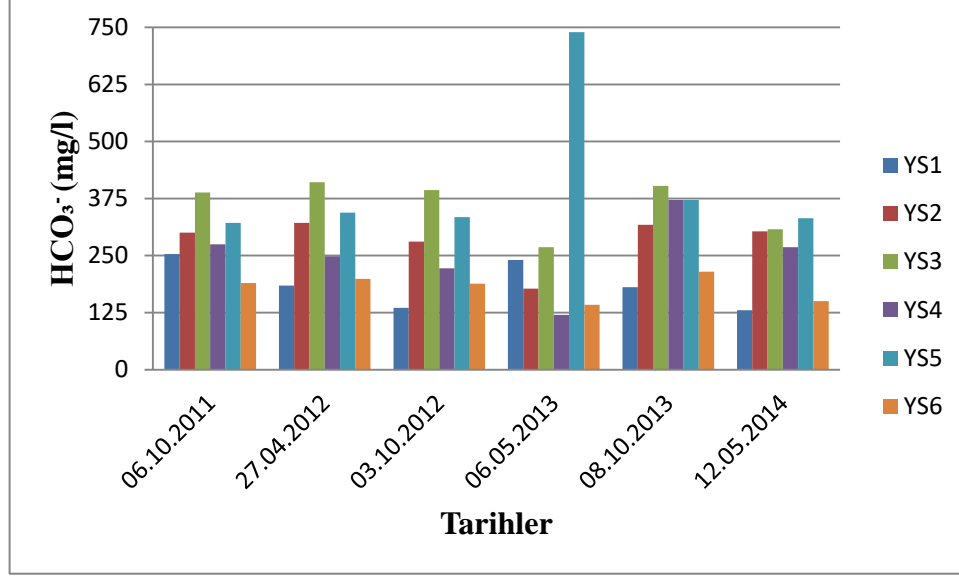
4.1.1.2.2. Bikarbonat (HCO_3^-)

Karbonatta olduğu gibi yeraltı sularında bikarbonat konsantrasyonu değişimi atmosfer ve toprakta bulunan CO_2 miktarına ve pH değerine göre değişiklik göstermektedir (Erdogan, 2013).

Tablo 4.6. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden bikarbonat değerleri

Kuyular	HCO_3^- (mg/l)					
	rnekleme Tarihleri					
	06.10.2011	27.04.2012	03.10.2012	06.05.2013	08.10.2013	12.05.2014
YS1	253,23	184,28	135,46	240,37	180,62	130,22
YS2	300,22	321,58	280,69	177,53	317,30	302,90
YS3	388,09	410,66	393,58	268,43	402,73	307,58
YS4	274,59	248,35	222,11	120,18	371,61	268,30
YS5	321,58	344,15	334,39	739,40	371,61	331,95
YS6	189,77	198,93	188,55	142,15	214,79	150,38

Çalışma sahasındaki örnekleme noktaları incelendiğinde en yüksek bikarbonat değeri 06.05.2013 tarihli YS5 istasyonuna ait 739,40 mg/l ve en düşük bikarbonat değeri 06.05.2013 tarihli YS4 istasyonuna ait 120,18 mg/l' dir.



Şekil 4.6. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden bikarbonat değişimi

Çalışma sahası incelendiğinde 06.05.2013 tarihinde YS5 istasyonunda ani bir yükseliş olduğu Şekil 4.6.' da görülmektedir. Sulama amacı ile kullanılan yeraltı sularında bikarbonat oranı yararlıdır. Fakat fazla olması durumunda toprağın yapısına bağlı olarak toprakta kireç birikimine neden olabilmektedir (Erdogan, 2013).

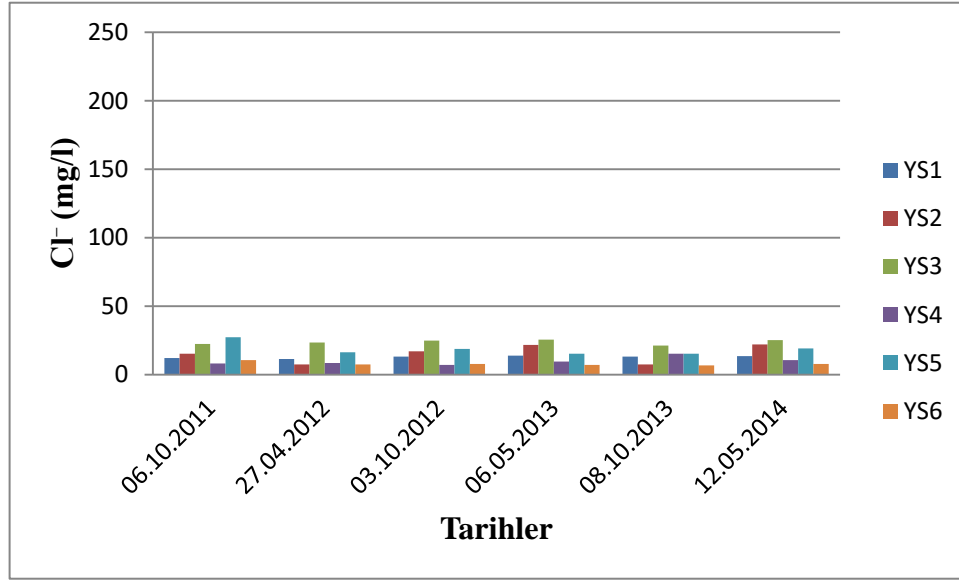
4.1.1.2.3. Klorür (Cl⁻)

Yeraltı sularında klorür konsantrasyonunun değişimi yağmur suları veya atmosferden, deniz sularından ve evaporitlerden meydana gelebilmektedir (Tuğrul, 2019).

Tablo 4.7. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden klorür değerleri

Kuyular	Cl ⁻ (mg/l)					
	Örnekleme Tarihleri					
	06.10.2011	27.04.2012	03.10.2012	06.05.2013	08.10.2013	12.05.2014
YS1	12,05	11,34	13,12	13,83	13,12	13,47
YS2	15,24	7,44	17,02	21,62	7,44	21,98
YS3	22,33	23,40	24,82	25,52	21,27	25,17
YS4	8,15	8,51	7,09	9,57	15,24	10,64
YS5	27,30	16,31	18,79	15,24	15,24	19,14
YS6	10,64	7,44	7,80	7,09	6,74	7,80

Çalışma sahasındaki örnekleme noktaları incelendiğinde en yüksek klorür değeri 06.10.2011 tarihli YS5 istasyonuna ait 27,30 mg/l ve en düşük klorür değeri 03.10.2012 tarihli YS4 istasyonu ve 06.05.2013 tarihli YS6 istasyonuna ait 7,09 mg/l' dir.



Şekil 4.7. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden klorür değişimi

Yeraltı sularında tavsiye edilen klorür konsantrasyonu 25 mg/l ve maksimum izin verilen değer 600 mg/l' dir. Çalışma sahasındaki kuyular incelendiği zaman bütün değerler maksimum izin verilen değerinin altındadır. Bölgede YS3 istasyonunda 06.05.2013 ve 12.05.2014 tarihlerinde tavsiye edilen klorür değerinin üstüne çıkmıştır. Diğer bir kuyu olan YS5 istasyonunda 06.10.2011 tarihinde klorür değeri tavsiye edilen değerinin üstündedir.

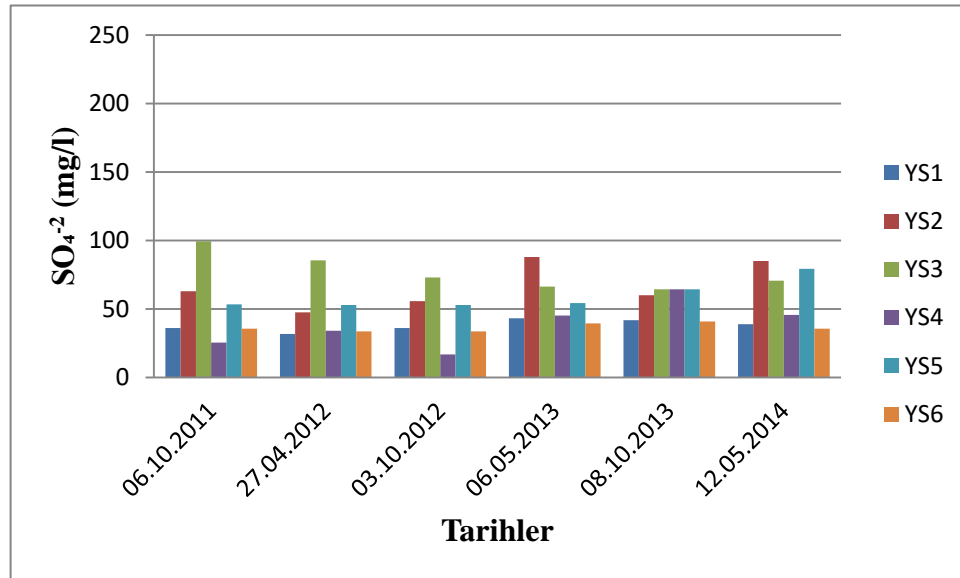
4.1.1.2.4. Sülfat (SO_4^{-2})

Yeraltı sularında sülfatın konsantrasyonunun değişimine etki eden ana maddeler anhidritler ve jipslerdir (Yeşilova ve Helvacı, 2013). Bununla birlikte suni gübre uygulamaları ve atık su sızıntılarından da artabilmektedir.

Tablo 4.8. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden sülfat değerleri

Kuyular	SO_4^{-2} (mg/l)					
	Örnekleme Tarihleri					
	06.10.2011	27.04.2012	03.10.2012	06.05.2013	08.10.2013	12.05.2014
YS1	36,02	31,70	36,02	43,23	41,79	38,90
YS2	62,92	47,55	55,71	87,89	60,04	85,01
YS3	99,42	85,49	73,01	66,28	64,36	70,60
YS4	25,46	34,10	16,81	45,15	64,36	45,63
YS5	53,31	52,83	52,83	54,27	64,36	79,25
YS6	35,54	33,62	33,62	39,38	40,83	35,54

Çalışma sahasındaki örnekleme noktaları incelendiğinde en yüksek sülfat değeri 06.10.2011 tarihli YS3 istasyonuna ait 99,42 mg/l ve en düşük sülfat değeri 03.10.2012 tarihli YS4 istasyonuna ait 16,81 mg/l' dir.



Şekil 4.8. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden sülfat değişimi

Yeraltı sularında tavsiye edilen sülfat konsantrasyonu 25 mg/l ve maksimum izin verilen sülfat konsantrasyonu 250 mg/l' dir. Çalışma sahasında analizi yapılan suların hepsi maksimum izin verilen değer in altındadır.

4.1.1.2.5. Nitrat (NO₃⁻)

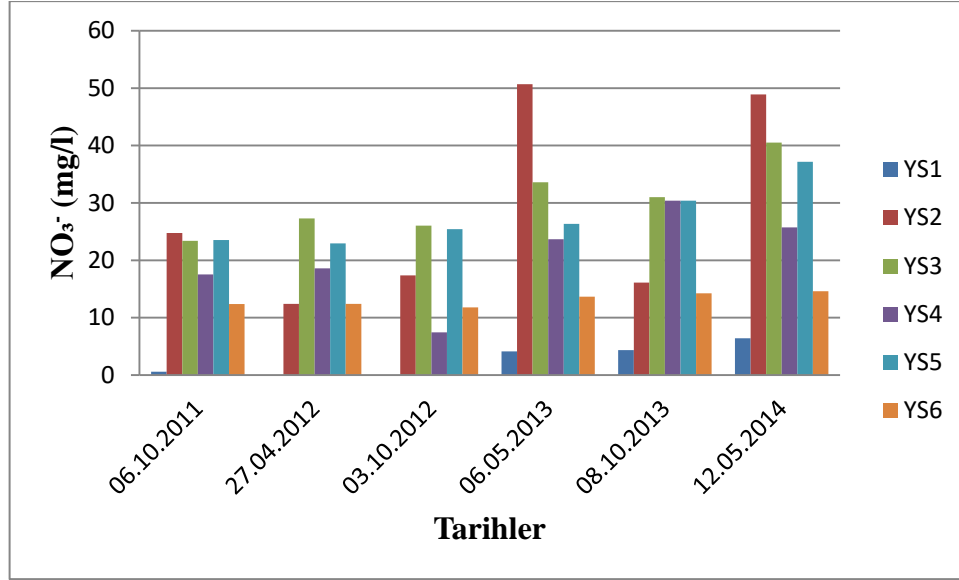
Nitratın suda çözünme özelliğinin yüksek olmasından dolayı tarımsal, evsel ve endüstriyel faaliyetler sonucunda yüksek konsantrasyonlarda görülme olasılığı yüksektir (Ardıç, 2013).

Tablo 4.9. Çalışma sahasına ait kuyuların mg/l cinsinden nitrat değerleri

Kuyular	NO ₃ ⁻ (mg/l)					
	Örnekleme Tarihleri					
	06.10.2011	27.04.2012	03.10.2012	06.05.2013	08.10.2013	12.05.2014
YS1	0,587	0,000	0,000	4,126	4,340	6,404
YS2	24,770	12,402	17,363	50,699	16,120	48,913
YS3	23,399	27,284	26,044	33,598	31,005	40,516
YS4	17,544	18,603	7,441	23,661	30,380	25,739
YS5	23,523	22,944	25,424	26,337	30,380	37,175
YS6	12,371	12,402	11,782	13,672	14,260	14,618

Çalışma sahasındaki örnekleme noktaları incelendiğinde en yüksek nitrat değeri 06.05.2013 tarihli YS2 istasyonuna ait 50,699 mg/l ve en düşük nitrat değeri 27.04.2012 ve 03.10.2012 tarihli YS1 istasyonuna ait 0 mg/l' dir.

Yeraltı sularında tavsiye edilen nitrat konsantrasyonu 25 mg/l ve maksimum izin verilen nitrat konsantrasyonu 50 mg/l'dir. Çalışma sahasındaki kuyular incelendiğinde bölgedeki maksimum nitrat konsantrasyonunun geçildiği tek değer 06.05.2013 tarihinde YS2 istasyonunda gözlemlenmiştir. YS2 istasyonu 06.05.2013 ve 12.05.2014 tarihli nitrat değerlerine bakıldığında diğer değerlerden daha yüksektir. Nitrat konsantrasyonlarının yüksek olmasının sebebi bu dönemlerde yağış miktarının yüksek olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.9. Çalışma sahasındaki kuyuların mg/l cinsinden nitrat değişimi

4.1.2. Yeraltı Sularının Kalitesini Belirleyen İyon Özellikleri

4.1.2.1. Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH)

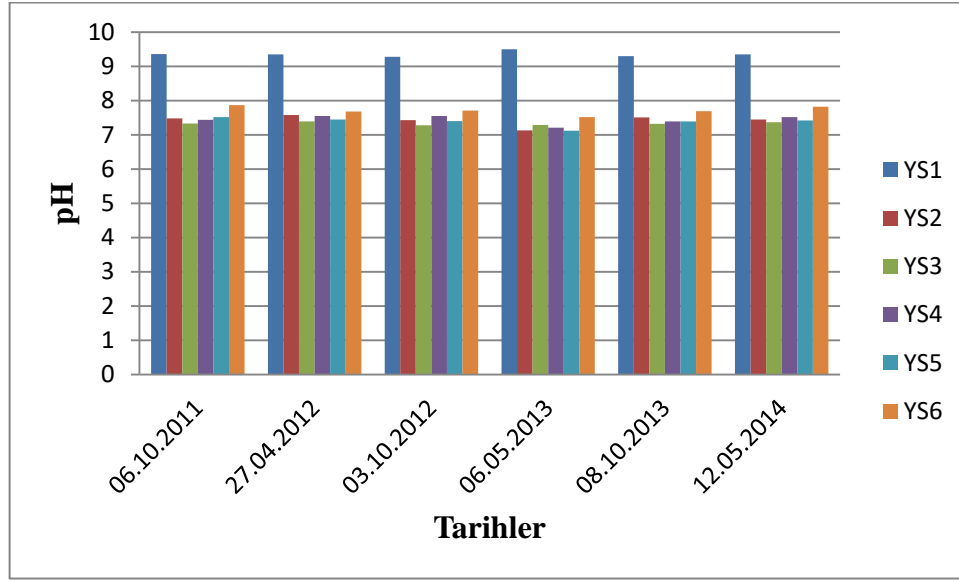
Sudaki birçok kimyasal ve biyolojik olayı etkileyen parameter hidrojen iyon konsantrasyonudur. Gümüşhacıköy Bölgesinde ait altı adet kuyunun altı döneme pH analiz sonuçları Tablo 4.10.' da verilmiştir.

Tablo 4.10. Çalışma sahasına ait kuyuların pH değerleri

Kuyular	pH					
	Örnekleme Tarihleri					
	06.10.2011	27.04.2012	03.10.2012	06.05.2013	08.10.2013	12.05.2014
YS1	9,36	9,35	9,28	9,5	9,3	9,35
YS2	7,48	7,58	7,43	7,13	7,51	7,45
YS3	7,33	7,39	7,28	7,29	7,32	7,37
YS4	7,44	7,55	7,55	7,21	7,39	7,52
YS5	7,52	7,45	7,4	7,12	7,39	7,42
YS6	7,87	7,68	7,71	7,52	7,69	7,82

Genel standartlara göre yeraltı sularında içme ve kullanma için 6,5-8,5 pH ve sulama için 6,5-8,4 pH aralığında olması istenmektedir. Bölgelere bakıldığında yeraltı sularının bazik özellikte olduğu görülmektedir. Çalışma sahasında yapılan örnekleme

sonucunda en yüksek pH değeri 06.05.2013 tarihli YS1 istasyonuna ait 9,5 değeri ve en düşük pH değeri 06.05.2013 tarihli YS5 istasyonuna ait 7,12 değeridir.



Şekil 4.10. Çalışma sahasındaki kuyuların pH değişimi

Çalışma sahasında yapılan örnekleme sonuçlarındaki pH değerlerine bakıldığında zaman zaman sonuç değerlerinin birbirine yakın seyrettiği görülmektedir. Diğerlerine oranla en yüksek ve istenilen sınırlar dışındaki pH değerleri YS1 istasyonunda ölçülmüştür. Bu kuyu dışındaki kuyulardaki suların pH değerlerine göre değerlendirilmesinde içme, kullanma ve sulama için sorun teşkil etmediği görülmektedir. Hayrettin Köyündeki örnekleme noktası diğer bölgelere göre Merzifon bölgesine ve akiferine daha yakındır. Bu pH farklılığı bölgedeki mevsimsel değişiklikler ve havzaların boşalma ve beslenme türüne göre değişim gösterebilmektedir. Bu değişikliğin diğer sebepleri; pH değerinin CO₂ gazının suda çözünme miktarıyla etkileşim halinde olması ve kuyudan yapılan pompaj miktarı olduğu düşünülmektedir. Çalışma alanında karbonat değeri sadece YS1 istasyonunda gözlemlenmiştir. Bu nedenle toprakta çözünmeyen karbonatların yüksekliğinin pH’ ıda yükseltebileceği düşünülmektedir. YS1 istasyonundaki sodyum değerinin yüksekliğide yeraltı suyunun alkalileşmesine neden olabileceği düşünülmektedir.

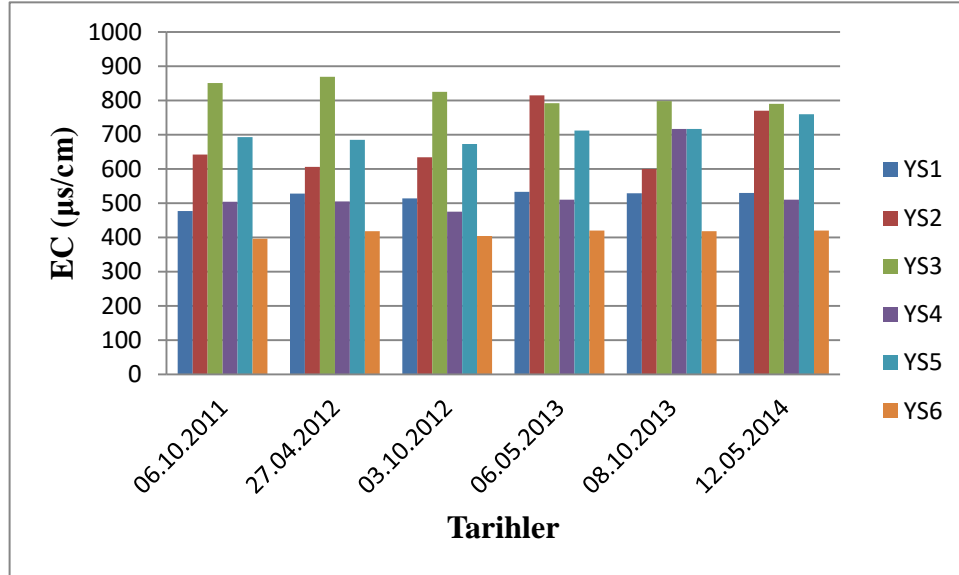
4.1.2.2. Elektriksel İletkenlik (EC)

Sulardaki iyonların derişimi arttıkça suyun elektriksel iletkenliğide artmaktadır. Dolayısıyla iyon konsantrasyonu için iyi bir göstergedir (Day ve Nightingale, 1984).

Tablo 4.11. Çalışma sahasına ait kuyuların EC değerleri

Kuyular	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)					
	Örnekleme Tarihleri					
	06.10.2011	27.04.2012	03.10.2012	06.05.2013	08.10.2013	12.05.2014
YS1	477	528	514	533	529	530
YS2	642	606	634	815	600	770
YS3	851	869	825	792	798	790
YS4	504	505	475	510	717	510
YS5	693	685	673	712	717	760
YS6	396	418	404	420	418	420

Çalışma sahasında yapılan örnekleme kuyularına bakıldığında mevsimsel ölçümler sonucunda en yüksek elektriksel iletkenlik değeri 27.04.2012 tarihli 869 $\mu\text{s}/\text{cm}$ YS3 istasyonuna ve en düşük elektriksel iletkenlik değeri 06.10.2011 tarihli 396 $\mu\text{s}/\text{cm}$ YS6 istasyonuna aittir. YS3 istasyonunda elektriksel iletkenlik değerleri diğer kuyulara oranla daha yüksektir ve bundan dolayı istasyondaki suyun daha fazla çözünmüş inorganik içerdiği düşünülmektedir.



Şekil 4.11. Çalışma sahasındaki kuyuların EC değışimi

Yönetmelikte istenen maksimum elektriksel iletkenlik değeri 2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ' dir. Çalışma sahaslarındaki elektriksel iletkenlik değerleri incelendiğinde sınır değer in fazlasıyla altında bulunmaktadır.

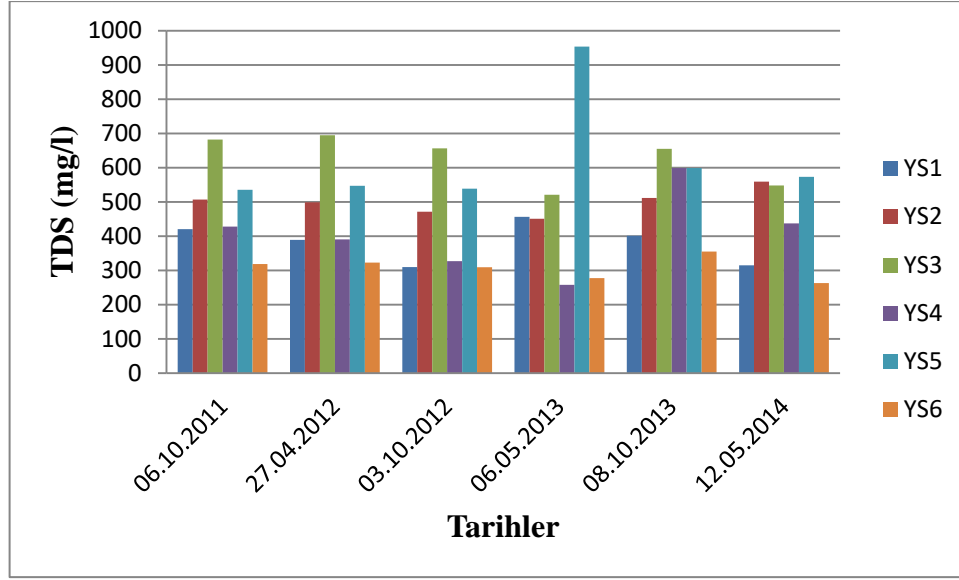
4.1.2.3. Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS)

Çalışma sahasına ait toplam çözünmüş katı madde miktarları Tablo 4.12.' de mg/l cinsinden verilmiştir. Çalışma sahasındaki örnekleme sonuçları incelendiği zaman en yüksek değerdeki TDS değeri 06.05.2013 tarihli 953,67 mg/l YS5 istasyona ve en düşük TDS değeri 12.05.2014 tarihli 263,02 mg/l YS6 istasyonuna ait olduğu görülmektedir. TDS değerleri elektriksel iletkenlikle eşit ölçüde artıp azalmaktadır.

Tablo 4.12. Çalışma sahasına ait kuyuların TDS değerleri

Kuyular	TDS (mg/l)					
	Örnekleme Tarihleri					
	06.10.2011	27.04.2012	03.10.2012	06.05.2013	08.10.2013	12.05.2014
YS1	420,49	389,08	309,66	456,64	401,40	315,02
YS2	506,92	498,84	471,50	450,89	511,58	559,45
YS3	682,17	694,78	656,54	520,78	654,99	548,10
YS4	427,83	390,52	326,92	257,72	598,86	437,17
YS5	535,56	547,03	538,61	953,67	598,86	573,25
YS6	318,60	322,95	309,19	277,31	354,88	263,02

Çalışma sahasındaki örneklenen kuyularda bütün değerler TDS değerlerine göre sulama suyu açısından elverişli sular sınıfına girmektedir. İçme suyu açısından YS1 istasyonundaki sular içme için elverişli sular sınıfında, YS2 istasyonundaki sular 27.04.2012, 03.10.2012 ve 06.05.2013 tarihlerinde içme için elverişli sular sınıfında diğer dönemlerde içme için izin verilebilir sular sınıfında, YS3 istasyonundaki sular içme için izin verilebilir sular sınıfında, YS4 istasyonundaki sular 08.10.2013 tarihinde içme için izin verilebilir sular sınıfında diğer dönemlerde içme için elverişli sular sınıfında, YS5 istasyonundaki sular içme için izin verilebilir sular sınıfında ve YS6 istasyonundaki sular içme için elverişli sular sınıfında yer almaktadır.



Şekil 4.12. Çalışma sahasındaki kuyuların TDS değişimi

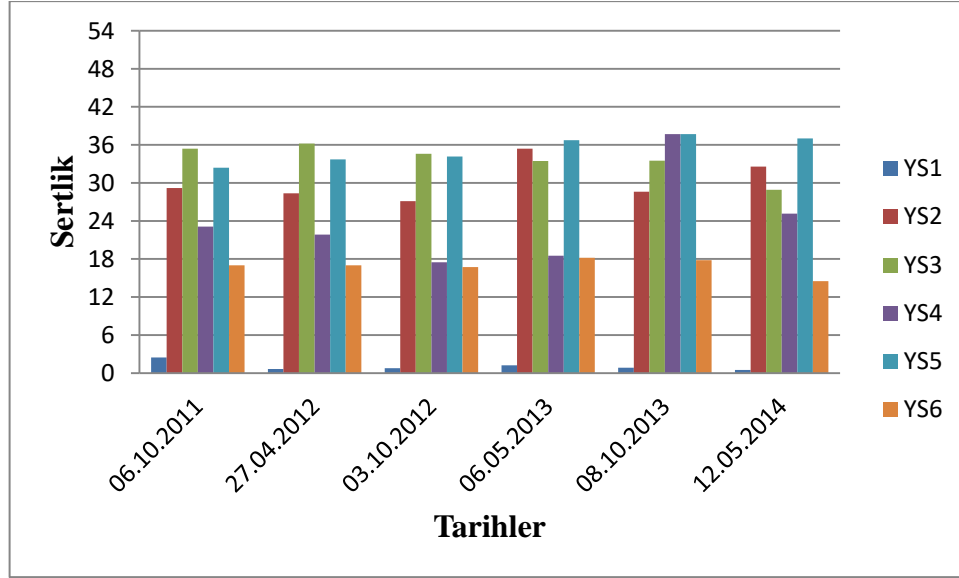
4.1.2.4. Sertlik

Örneklenen kuyulardaki yüksek sertlik değerlerinin bulunduğu bölgedeki sularda kalsiyum ve magnezyum iyonlarının varlığı incelenmelidir, çünkü bu iyonlarla ilişkilendirilir (Al-Khashman ve Jaradat, 2014). Toplam sertliğin büyük bir bölümünü bu iyonlar oluşturmaktadır.

Tablo 4.13. Çalışma sahasına ait kuyuların sertlik değerleri

Kuyular	Sertlik					
	Örnekleme Tarihleri					
	06.10.2011	27.04.2012	03.10.2012	06.05.2013	08.10.2013	12.05.2014
YS1	2,45	0,65	0,78	1,2255	0,85	0,5
YS2	29,20	28,35	27,11	35,406	28,6	32,569
YS3	35,40	36,20	34,59	33,447	33,5	28,9215
YS4	23,10	21,85	17,48	18,5175	37,7	25,1555
YS5	32,40	33,70	34,17	36,734	37,7	37,0235
YS6	17,00	17,00	16,72	18,1925	17,8	14,493

Çalışma sahasında örneklenen kuyulardaki analiz sonuçları değerlendirildiğinde; en yüksek sertlik değeri 08.10.2013 tarihli 37,7 değeri YS4 ve YS5 istasyonuna ve en düşük sertlik değeri 12.05.2014 tarihli 0,5 değeri YS1 istasyonuna ait olduğu Tablo 4.13' de görülmektedir.



Şekil 4.13. Çalışma sahasındaki kuyuların sertlik değişimi

YS4 istasyonunda 08.10.2013 tarihli dönemde ani bir yükseliş görülmektedir. YS4 istasyonunun sertliğinin bu ani yükselişi o dönemde yeraltı suyuna yüksek kalsiyum iyonunun birikimi olduğu düşünülmektedir.

Çalışma sahasındaki yapılan örnekleme sonuçları Fransız Sertliğine göre değerlendirildiğinde; YS1 istasyonu çok yumuşak, YS2 istasyonu oldukça sert ve sert, YS3 istasyonu oldukça sert ve sert, YS4 istasyonu az sert, oldukça sert ve sert, YS5 istasyonu sert, YS6 istasyonu az sert sular olarak sınıflandırılabilir.

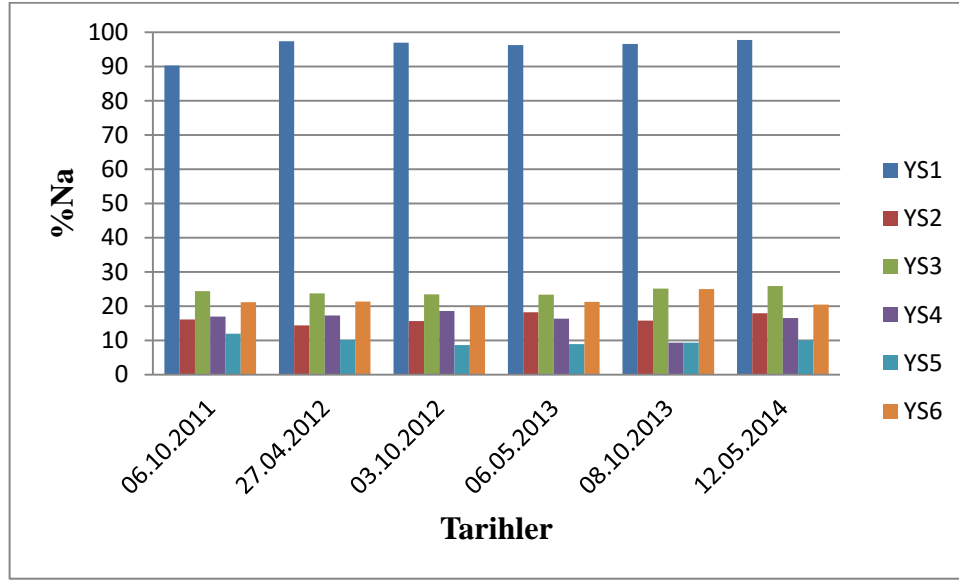
4.1.2.5. Sodyum Yüzdesi (%Na)

Sulama suyu olarak kullanılan sular için sodyum yüzdesi önemli bir kriterdir. Sulama sularında sodyum yüzdesinin fazla olması veya artışı durumunda topraktaki magnezyum ve kalsiyum ile birlikte baz değişimine neden olabilmektedir (Tuğrul, 2019).

Tablo 4.14. Çalışma sahasına ait kuyuların %Na değerleri

Kuyular	Sodyum Yüzdesi (%Na)					
	Örneklem Tarihleri					
	06.10.2011	27.04.2012	03.10.2012	06.05.2013	08.10.2013	12.05.2014
YS1	90,29	97,37	96,98	96,28	96,58	97,75
YS2	16,12	14,37	15,64	18,19	15,77	17,94
YS3	24,36	23,73	23,43	23,33	25,11	25,89
YS4	16,96	17,29	18,56	16,34	9,34	16,51
YS5	11,95	10,19	8,64	8,88	9,34	9,97
YS6	21,15	21,33	20,00	21,22	25,00	20,45

Çalışma sahasında yapılan örneklemeler sonucunda en yüksek sodyum yüzdesi değeri 12.05.2014 tarihli YS1 istasyonuna ait %97,75 ve en düşük sodyum yüzdesi değeri 06.05.2013 tarihli YS5 istasyonuna ait %8,88' tir.



Şekil 4.14. Çalışma sahasındaki kuyuların %Na Değişimi

Sodyum yüzdesi 80' ten fazla olan sular şüpheli su kategorisine girmektedir. Genellikle sodyum yüzdesi 20 ve ona yakın sular fevkalade sular olarak nitelendirilmektedir. Çalışma sahasındaki kuyulardan YS1 istasyonu sodyum yüzdesi bakımından üçüncü sınıf su kategorisindedir ve sulama için elverişsiz su kategorisindedir. Çalışma sahasındaki diğer sular sodyum yüzdesi bakımından normal şartları sağlamaktadır.

4.1.2.6. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

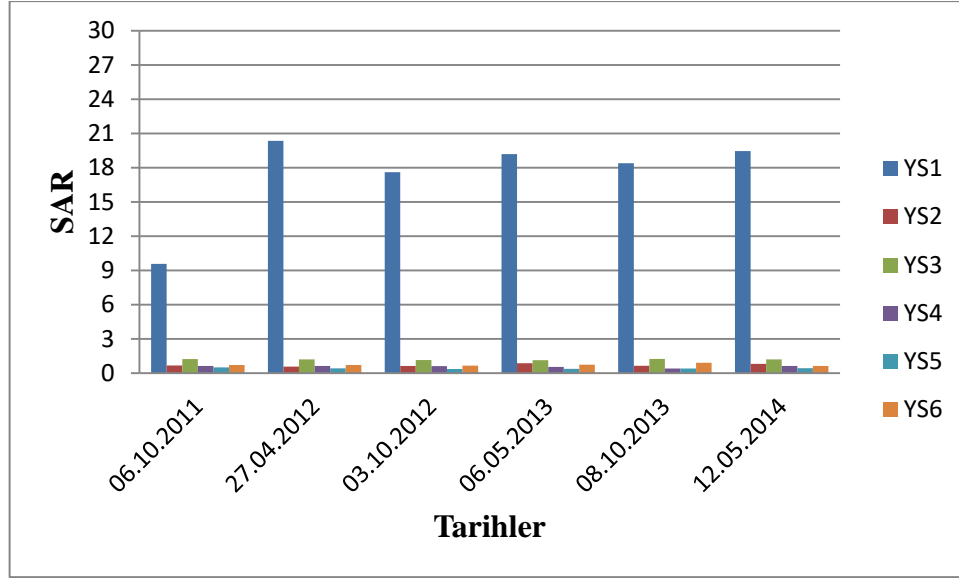
Sodyum adsorpsiyon oranı sulama suları için önemli bir kalite parametresidir. 26' dan fazla SAR değerine sahip sular riskli sulardır. En iyi özellikte sulama suyu olarak kullanılmak istenen suların SAR değerinin 10' dan küçük olması beklenmektedir (Şener ve Güneş, 2015).

Tablo 4.15. Çalışma sahasına ait kuyuların SAR değerleri

Kuyular	Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)					
	Örnekleme Tarihleri					
	06.10.2011	27.04.2012	03.10.2012	06.05.2013	08.10.2013	12.05.2014
YS1	9,58	20,36	17,60	19,19	18,38	19,45
YS2	0,67	0,57	0,62	0,86	0,64	0,81
YS3	1,22	1,20	1,15	1,12	1,24	1,20
YS4	0,63	0,62	0,61	0,53	0,40	0,63
YS5	0,50	0,42	0,35	0,38	0,40	0,43
YS6	0,71	0,71	0,65	0,73	0,90	0,62

Çalışma sahasındaki örnekleme sonuçlarında en yüksek SAR değeri 27.04.2012 tarihli YS1 istasyonuna ait 20,36 ve en düşük SAR değeri 03.10.2012 tarihli YS5 istasyonuna ait 0,35' tir. Çalışma sahasındaki en yüksek ve en düşük değer sodyum yüzdesindeki gibi aynı dönem ve aynı bölgelerde görülmüştür. Çünkü sodyum yüzdesi ve sodyum adsorpsiyon oranı suyun içerisinde bulunan sodyum konsantrasyonuna göre değişmektedir.

Çalışma sahasındaki kuyular incelendiğinde bütün kuyuların 26' dan küçük olduğu görülmektedir. Fakat YS1 istasyonu kuyu suları orta özellikte su sınıfına girmektedir. YS1 istasyonu dışındaki sular SAR değerine göre değerlendirildiğinde çok iyi özellikte su sınıfına girmektedir.



Şekil 4.15. Çalışma sahasındaki kuyuların SAR değişimi

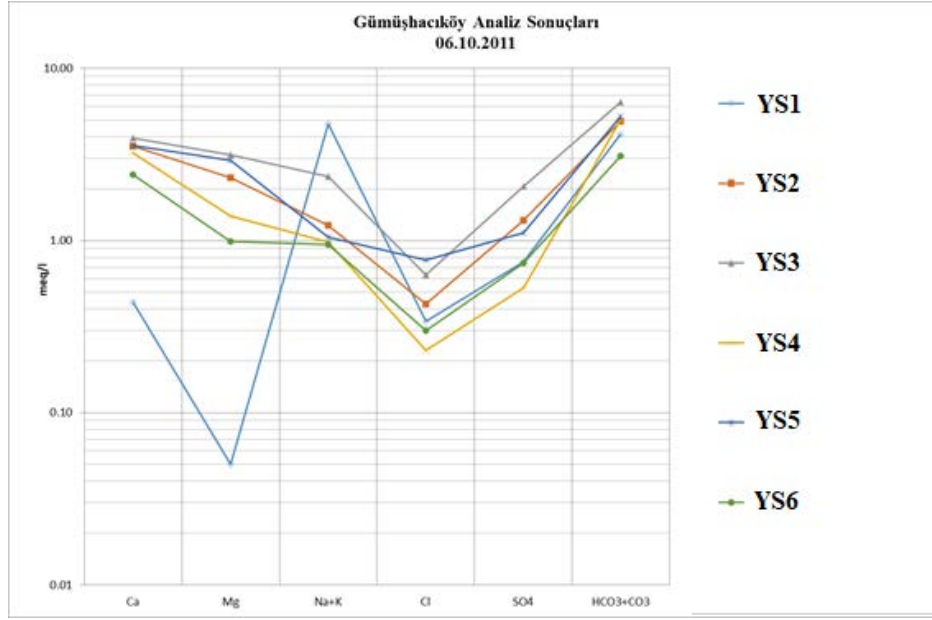
4.1.3. Yeraltı Sularının Kimyasal Sınıflaması

4.1.3.1. Schoeller Yarı Logaritmik Diyagram İle Suların Sınıflaması

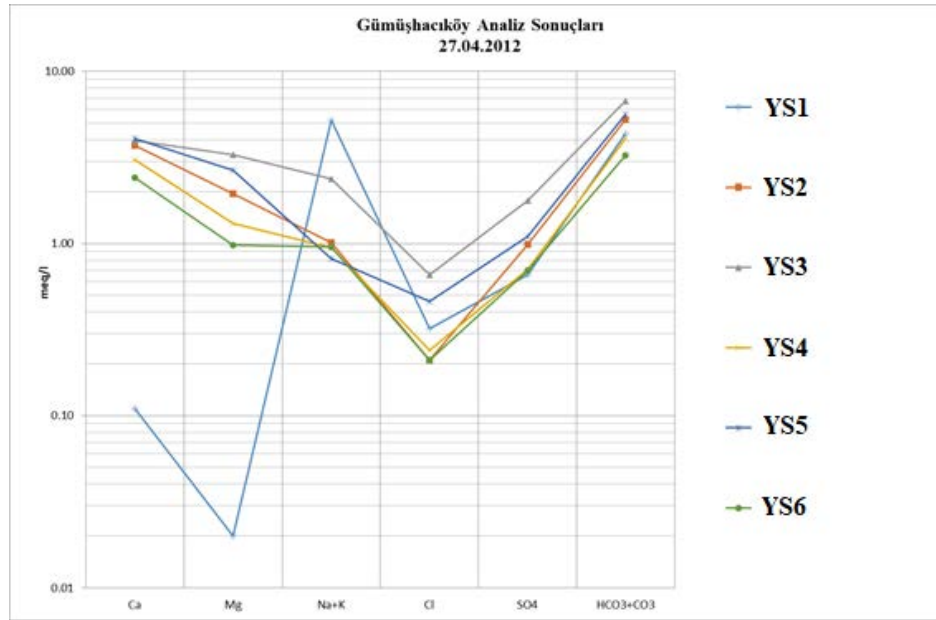
Ana katyon ve anyonların kullanıldığı bu metot yer bilimciler tarafından tercih edilen bir metottur. Bu metotta ve diyagramda analiz edilmiş suların aynı veya farklı kökenli olup olmadığı ve muhtemel olarak ne tip formasyonlarla temasta olduğu konularında bir yaklaşımın yapılması sağlanmaktadır. Schoeller diyagramına göre analizi yapılmış tüm örnekler, klorür içerisine göre Olağan Klorürlü Sular, sülfat konsantrasyonları bakımından, Olağan Sülfatlı Sular sınıfına girmektedir (Şekerci, 2018).

YS1 istasyonundaki kuyu dışındaki kuyularda genel olarak bütün dönemlerde Schoeller diyagramına göre ; $Ca^{+2} > Mg^{+2} > Na^{+} + K^{+}$ ve $HCO_3^{-} + CO_3^{-2} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$ trendi oluşturmuştur. Bütün dönemlerde genel olarak Schoeller diyagramına göre YS1 istasyonunda $Na^{+} + K^{+} > Ca^{+2} > Mg^{+2}$ ve $HCO_3^{-} > CO_3^{-2} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$ trendi oluşmuştur.

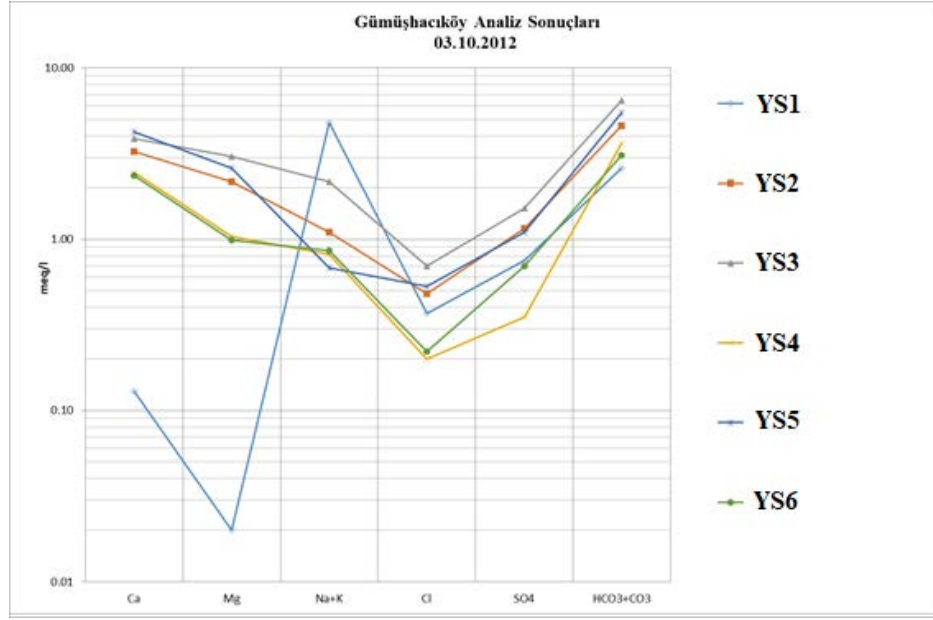
Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre YS2, YS3, YS4, YS5 ve YS6 istasyonlarındaki su örneklerinde iyonların dağılımları ve trendleri paralellik gösterdiği için bu örnekler için aynı tür kayalar ile temas ettiğini söyleyebiliriz.



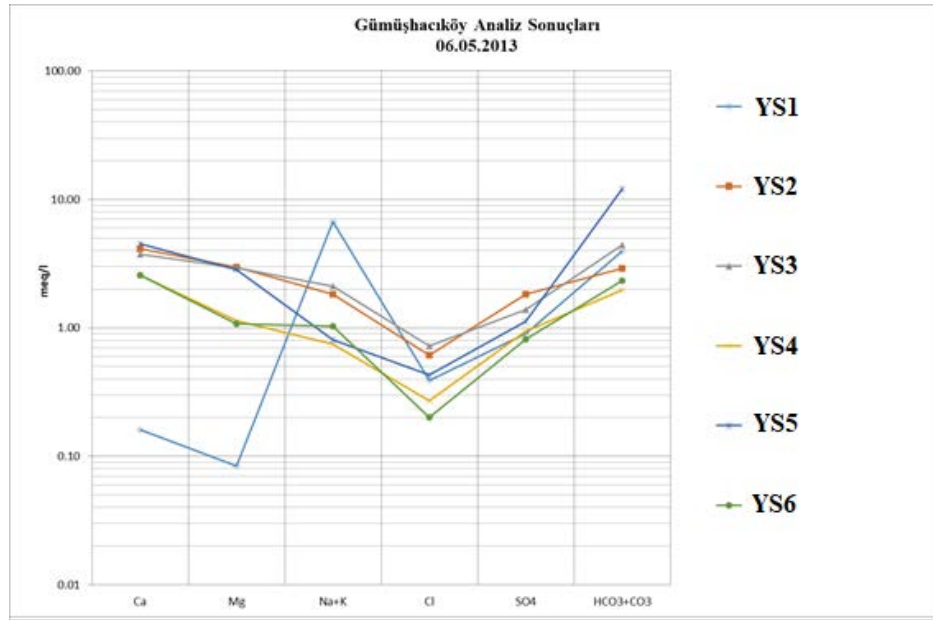
Şekil 4.16. İstasyon noktalarının 06.10.2011 tarihli verilerine göre Yarı Logaritmik Schoeller diyagramı



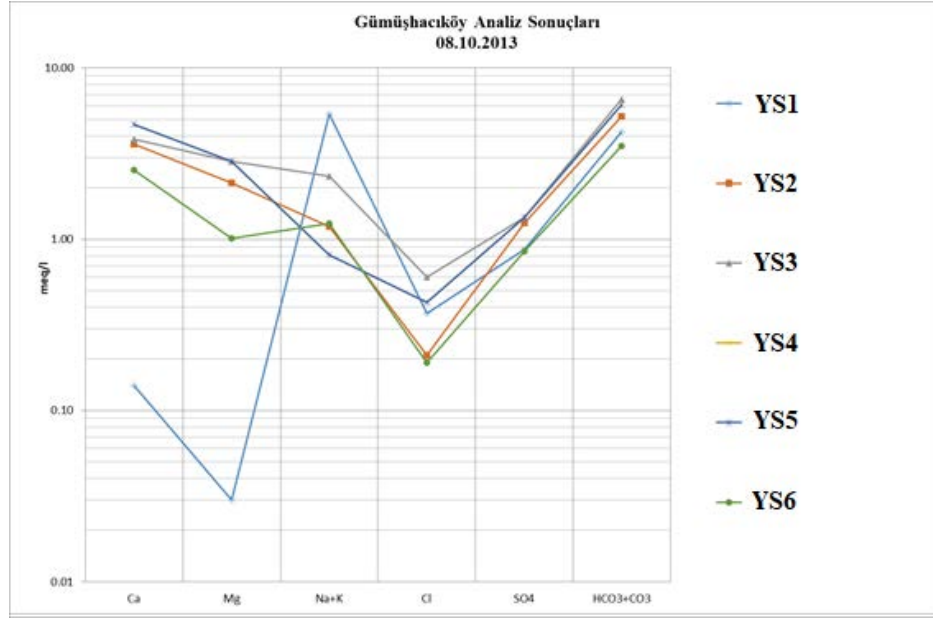
Şekil 4.17. İstasyon noktalarının 27.04.2012 tarihli verilerine göre Yarı Logaritmik Schoeller diyagramı



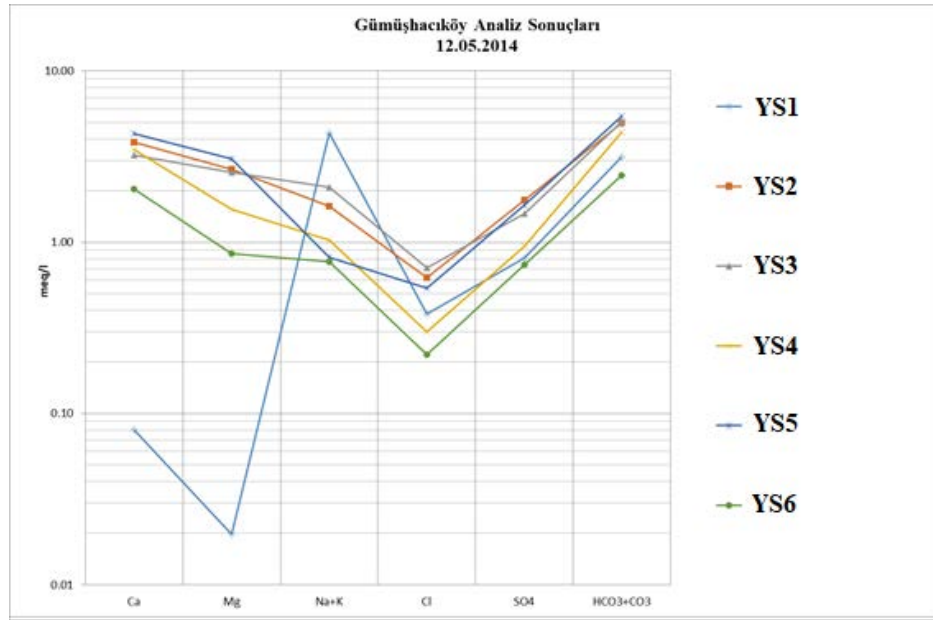
Şekil 4.18. İstasyon noktalarının 03.10.2012 tarihli verilerine göre Yarı Logaritmik Schoeller diyagramı



Şekil 4.19. İstasyon noktalarının 06.05.2013 tarihli verilerine göre Yarı Logaritmik Schoeller diyagramı



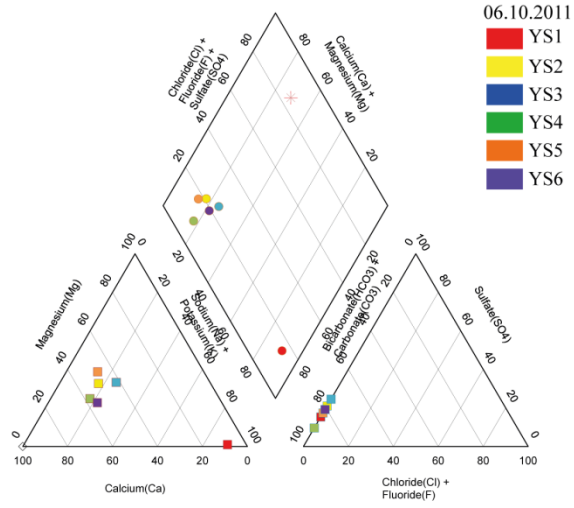
Şekil 4.20. İstasyon noktalarının 08.10.2013 tarihli verilerine göre Yarı Logaritmik Schoeller diyagramı



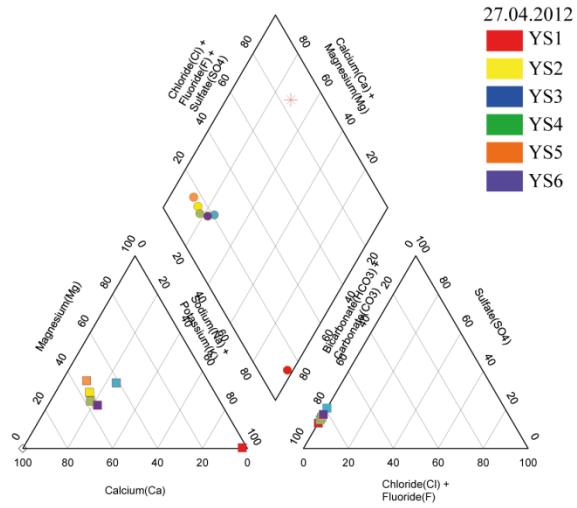
Şekil 4.21. İstasyon noktalarının 12.05.2014 tarihli verilerine göre Yarı Logaritmik Schoeller diyagramı

4.1.3.2. Piper Diyagramı İle Suların Sınıflaması

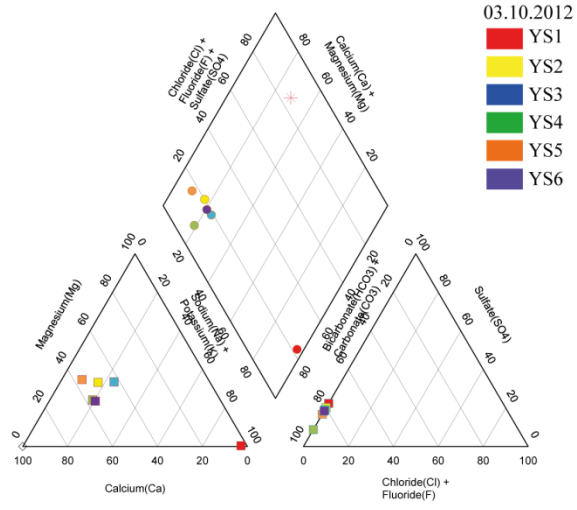
İstasyon noktalarındaki kuyuların sınıflaması için hazırlanan Piper diyagramı incelendiğinde görüldüğü üzere YS1 istasyonu dışındaki suların Ca(Mg)-HCO₃'lü sular sınıfında yer aldığı gözlemlenmiştir.



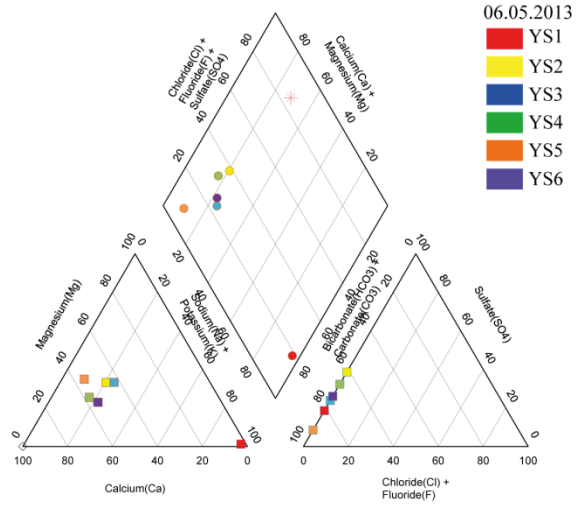
Şekil 4.22. İstasyon noktalarının 06.10.2011 tarihli verilerine göre Piper diyagramı



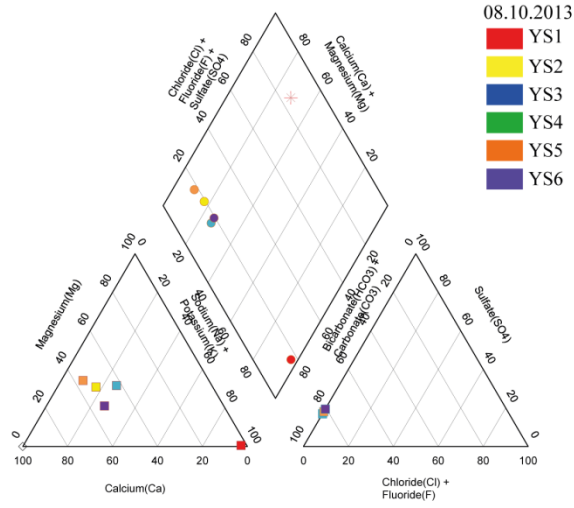
Şekil 4.23. İstasyon noktalarının 27.04.2012 tarihli verilerine göre Piper diyagramı



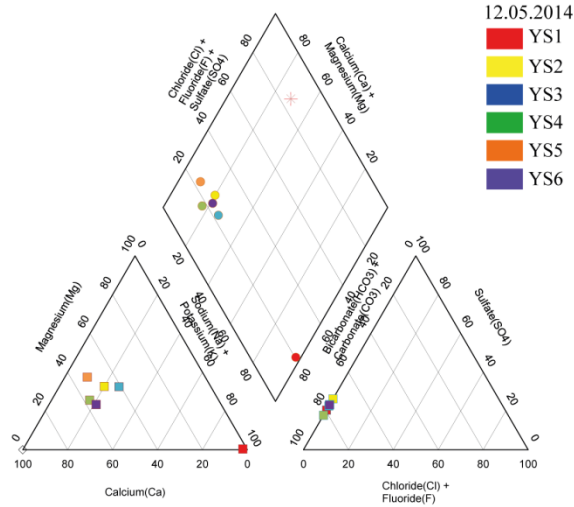
Şekil 4.24. İstasyon noktalarının 03.10.2012 tarihli verilerine göre Piper diyagramı



Şekil 4.25. İstasyon noktalarının 06.05.2013 tarihli verilerine göre Piper diyagramı



Şekil 4.26. İstasyon noktalarının 08.10.2013 tarihli verilerine göre Piper diyagramı



Şekil 4. 27. İstasyon noktalarının 12.05.2014 tarihli verilerine göre Piper diyagramı

YS1 istasyonundaki suyun $\text{Na}+\text{K}-\text{HCO}_3$ lı su sınıfında olduğu görülmektedir. Piper diyagramlarında ortaya çıkan sonuç ile Schoeller diyagramında ortaya çıkan sonuç birbiriyle örtüşmektedir. YS1 istasyonu sodyum ve potasyum, YS1 dışındaki istasyonlardaki suların bileşiminde karbonatlı kayaçların etkili olduğu anlaşılmıştır.

4.1.4. Suların Kullanım Özellikleri

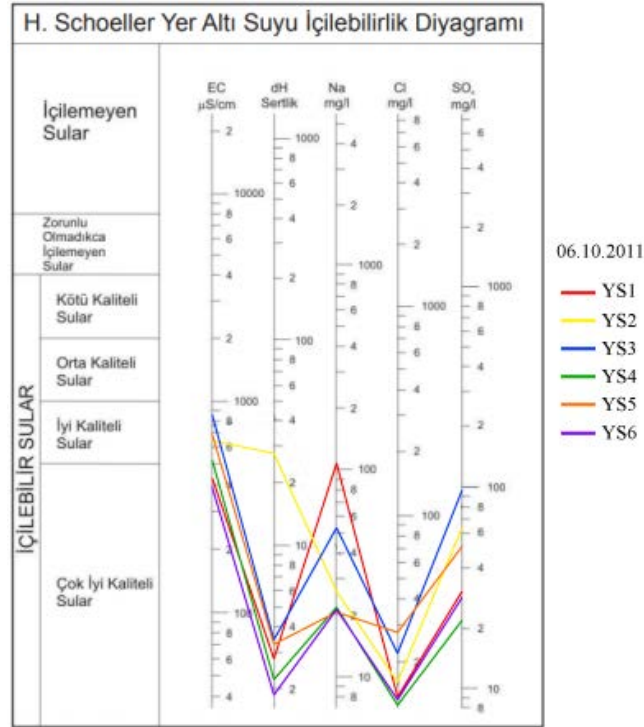
4.1.4.1. Suların İçme Suyu Olarak Kullanılabilirliği

Veri setimizde bulunan parametrelerin içme suyu standartlarına göre (TSE266, Avrupa Birliği ve WHO) kıyaslaması Tablo 4.16’da gösterilmiştir.

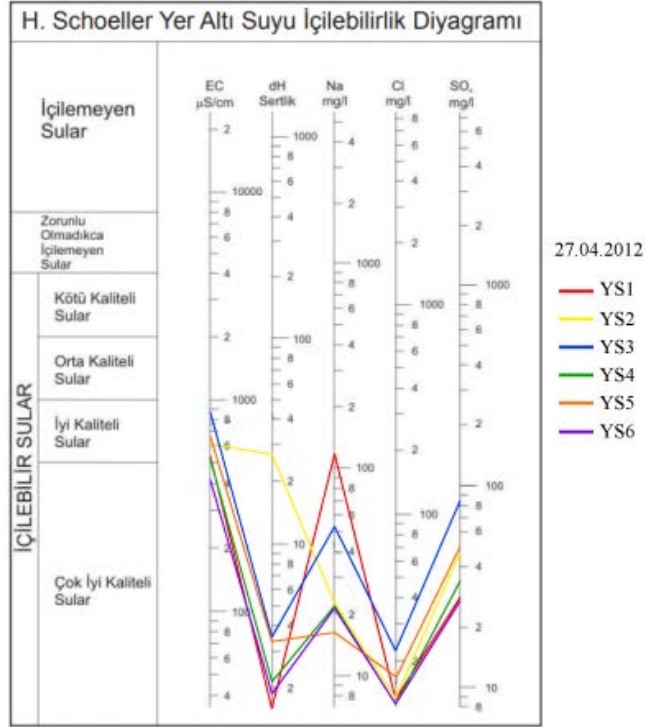
Tablo 4.16. TSE266 ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) İçme suyu Standartlarının İstasyon Verileri İle Kıyaslaması

Parametre	Birim	TSE266		WHO	Alınan Örneklerin Min-Max Değerleri
		Tavsiye Edilen	Maksimum İzin Verilen		
pH		6,5	8,5	-	7,12-9,5
EC	µs/cm	400	2000	-	396-869
Klorür	mg/l	25	600	250	7,09-27,30
Sülfat	mg/l	25	250	250	16,81-99,42
Kalsiyum	mg/l	100	200	-	1,61-93,79
Magnezyum	mg/l	30	50	-	0,24-39,73
Sodyum	mg/l	20	175	200	14,94-154,24
Potasyum	mg/l	10	12	-	0-8,04
Nitrat	mg/l	25	50	50	0-50,699

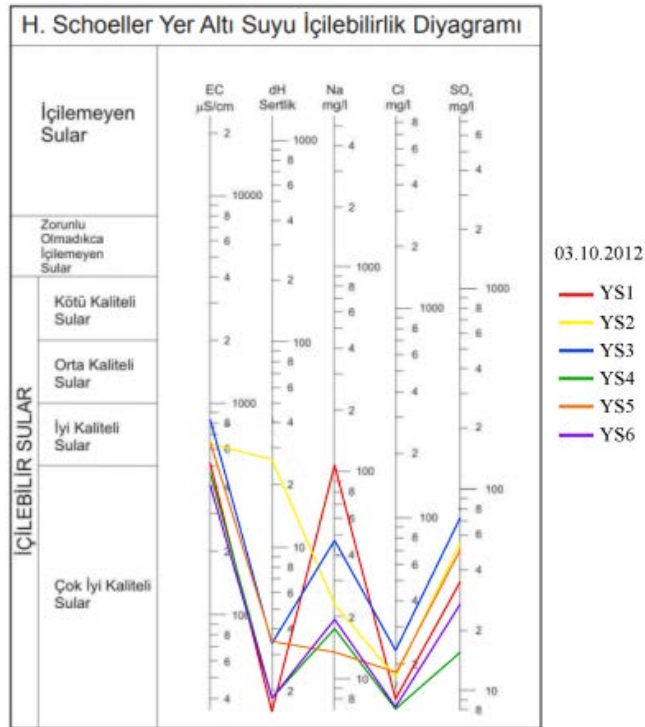
4.1.4.1.1. Suların Schoeller’ e Göre İçilebilirliği



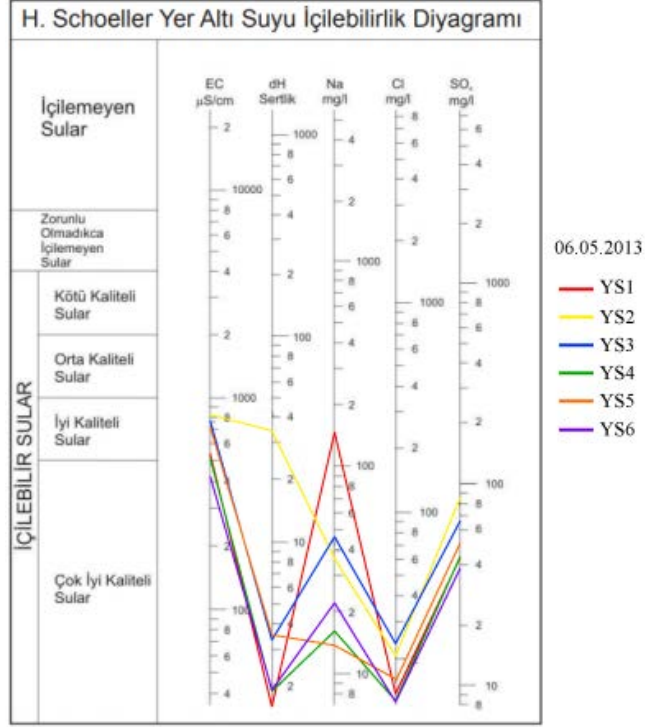
Şekil 4.28. İstasyon noktalarının 06.10.2011 tarihli verilerine göre H. Schoeller İçilebilirlik diyagramı



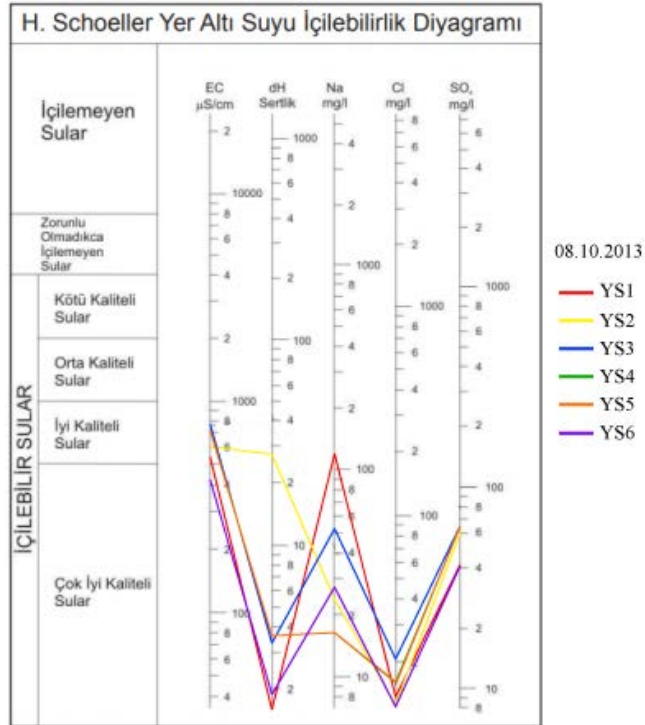
Şekil 4.29. İstasyon noktalarının 27.04.2012 tarihli verilerine göre H. Schoeller İçilebilirlik diyagramı



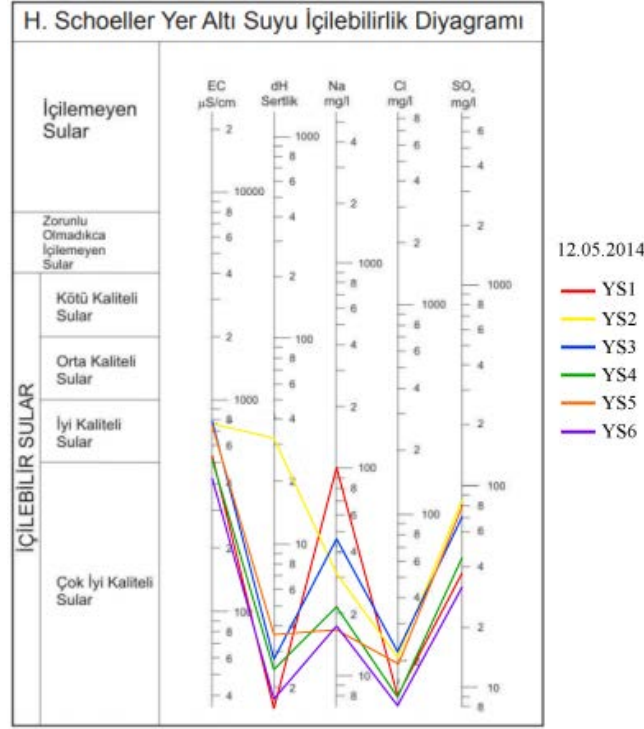
Şekil 4.30. İstasyon noktalarının 03.10.2012 tarihli verilerine göre H. Schoeller İçilebilirlik diyagramı



Şekil 4.31. İstasyon noktalarının 06.05.2013 tarihli verilerine göre H. Schoeller İçilebilirlik diyagramı



Şekil 4.32. İstasyon noktalarının 08.10.2013 tarihli verilerine göre H. Schoeller İçilebilirlik diyagramı



Şekil 4.33. İstasyon noktalarının 12.05.2014 tarihli verilerine göre H. Schoeller İçilebilirlik diyagramı

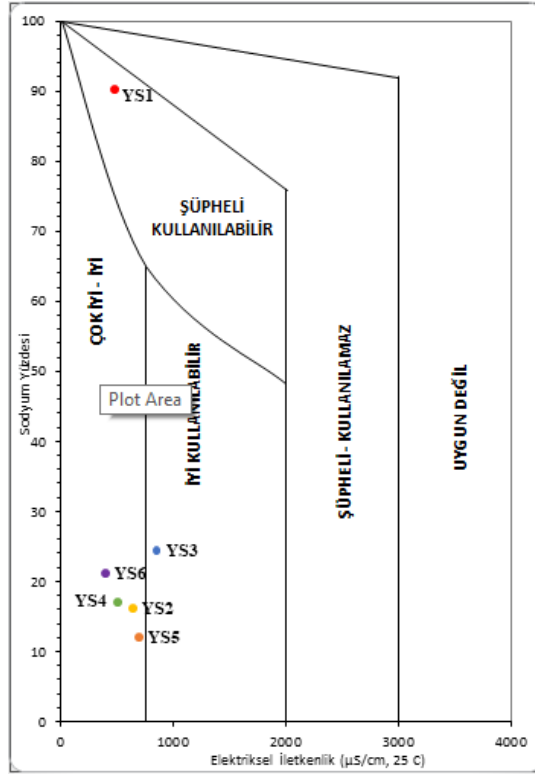
Çalışma sahasındaki sular H. Schoeller diyagramına göre değerlendirildiğinde tüm istasyonlara ait kuyulardaki suların iyi-çok iyi kaliteli sular sınıfında yer aldığı görülmüştür.

4.1.4.2. Suların Sulama Suyu Olarak Kullanılabilirliği

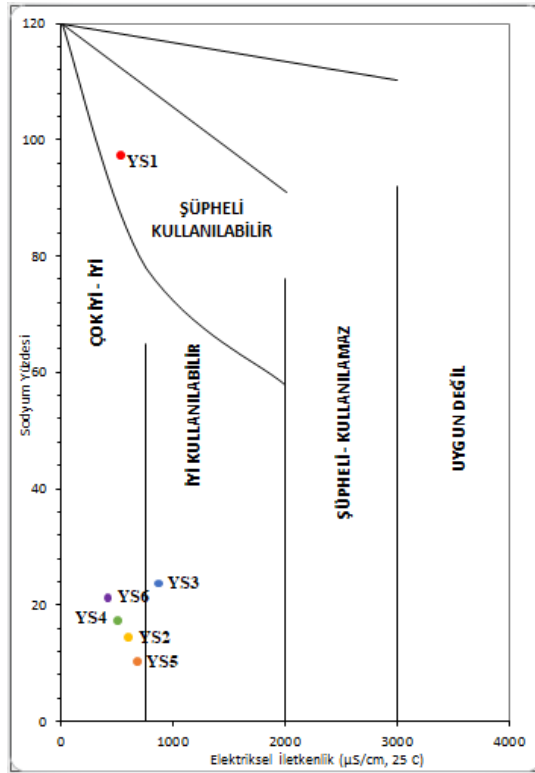
4.1.2.1. Wilcox Diyagramları

Gümüşhacıköy bölgesinde yapılan 6 dönemlik analiz sonuçlarıyla elde edilen elektriksel iletkenlik (EC) ve sodyum yüzdesi (%Na) değerleriyle Wilcox diyagramı oluşturulmuş ve sular 5 sınıfa ayrılmıştır.

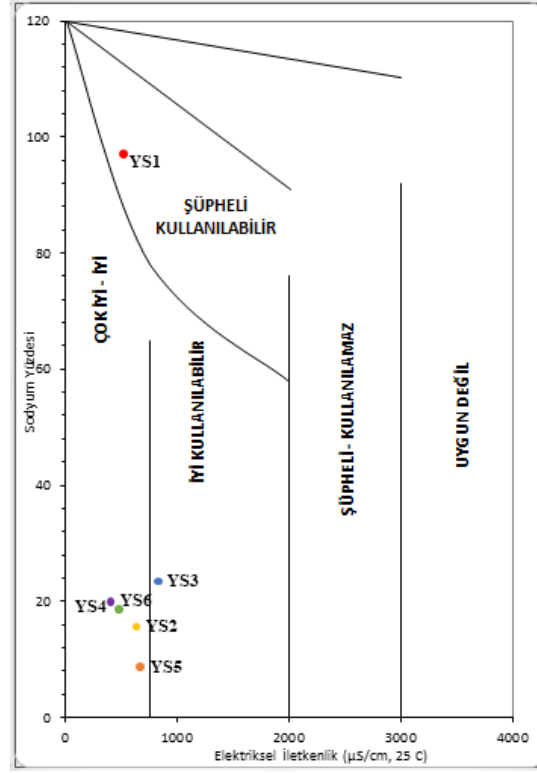
Gümüşhacıköy bölgesinde yapılan kuyu analizlerinde YS1 istasyonu dışındaki kuyuların sodyum yüzdeleri birbirine yakın aralıklarlarda olduğu görülmüştür. Yapılan 6 dönemlik ölçümlerde de YS1 istasyonu dışındaki kuyuların sodyum yüzdelerinin birbirine yakın değerlerde olduğu gözlemlenmiştir.



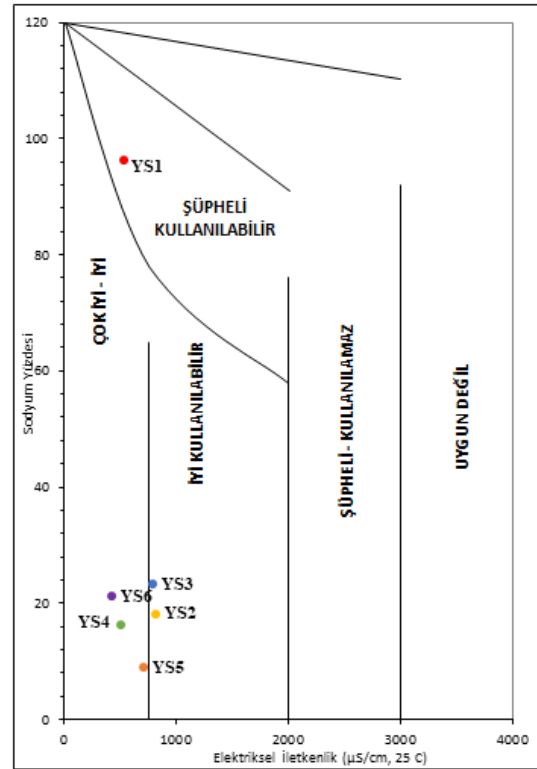
Şekil 4.34. İstasyon noktalarının 06.10.2011 tarihli verilerine göre Wilcox diyagramı



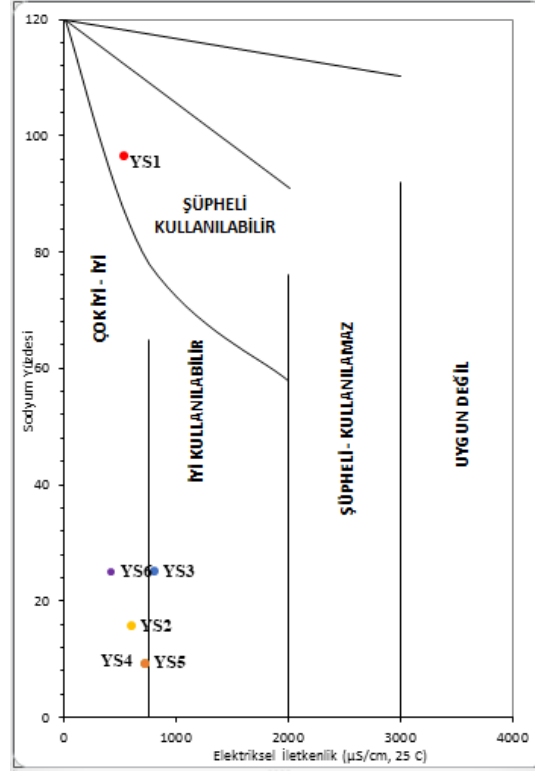
Şekil 4.35. İstasyon noktalarının 27.04.2012 tarihli verilerine göre Wilcox diyagramı



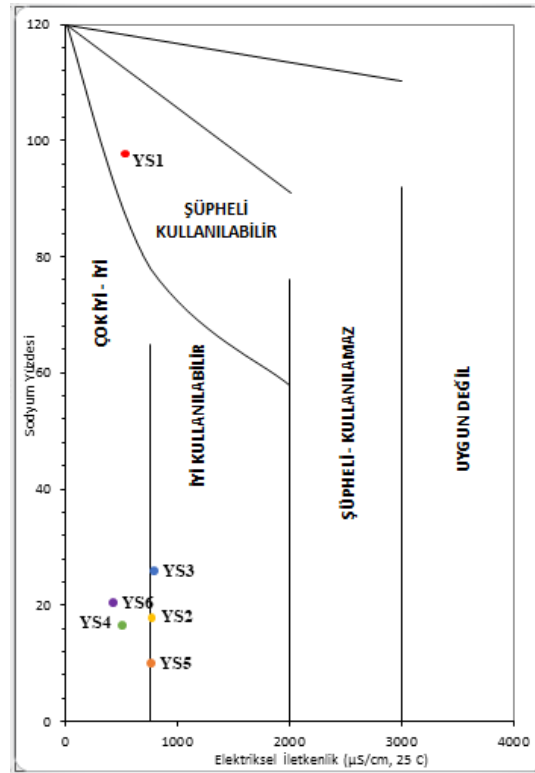
Şekil 4.36. İstasyon noktalarının 03.10.2012 tarihli verilerin göre Wilcox diyagramı



Şekil 4.37. İstasyon noktalarının 06.05.2013 tarihli verilerine göre Wilcox diyagramı



Şekil 4.38. İstasyon noktalarının 08.10.2013 tarihli verilerine göre Wilcox diyagramı

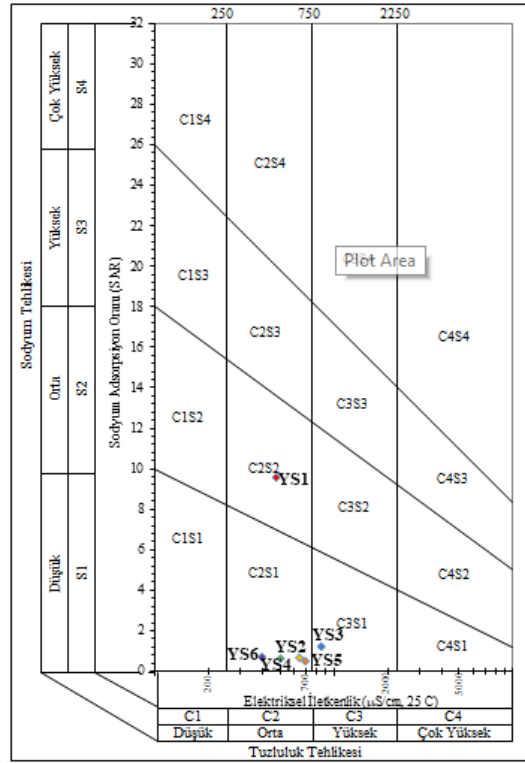


Şekil 4.39. İstasyon noktalarının 12.05.2014 tarihi verilerine göre Wilcox diyagramı

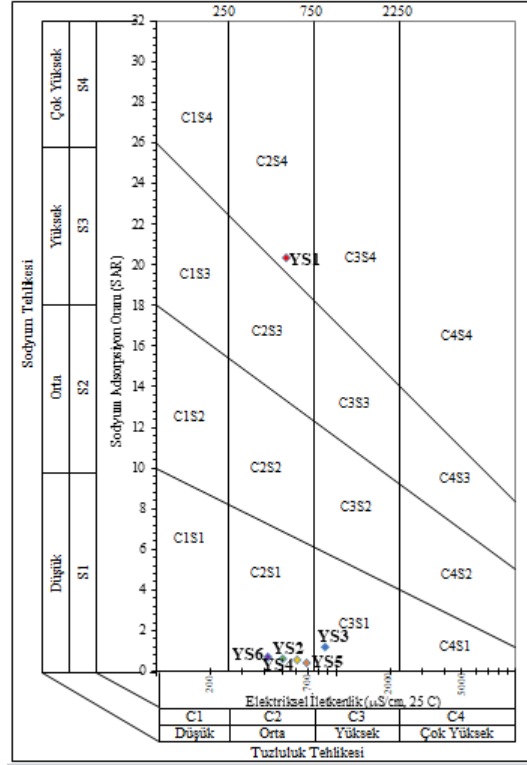
Wilcox diyagramında sular, çok iyi-iyi iyi-kullanılabilir, şüpheli-kullanılamaz, şüpheli-kullanılabilir ve uygun değil şeklinde sınıflandırılmıştır. 6 dönemlik sonuçlarla elde edilen verilerde YS1 istasyonu dışındaki sular çok iyi-iyi ve iyi-kullanılabilir sınıftadır. YS1 istasyonu şüpheli-kullanılabilir sınıfına girmiştir.

4.1.2.2. A.B.D Tuzluluk Diyagramları

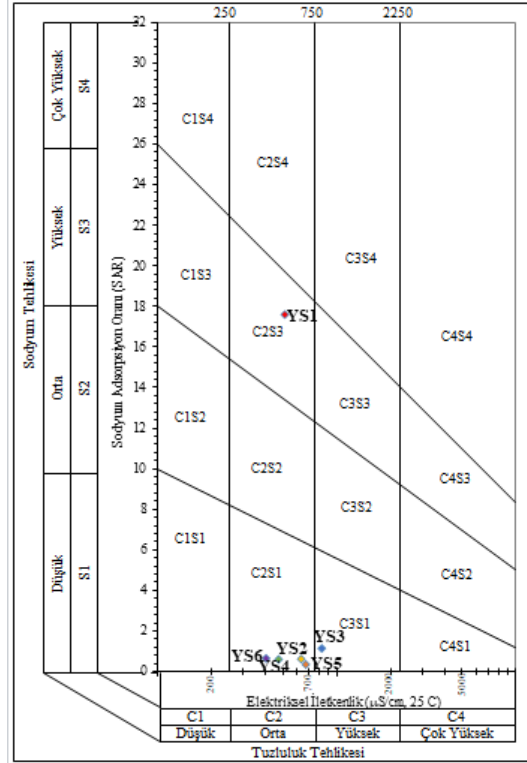
Gümüşhacıköy bölgesinde yapılan 6 dönemlik analiz sonuçlarıyla elde edilen elektriksel iletkenlik (EC) ve hesaplanan sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) sonucunda oluşturulan A.B.D Tuzluluk Diyagramı (Sodyum Tehlikesi Diyagramı) oluşturulmuştur. Yapılan analizler sonucu YS1 istasyonu dışındaki kuyularda sodyum değerleri 16,7367-52,877 mg/l arasında değişmektedir. YS1 istasyonu nda yapılan 6 dönemlik analiz sonuçlarında ölçülen sodyum değerleri 100,007-154,424 mg/l arasında değişmektedir. Gümüşhacıköy bölgesindeki YS1 istasyonu suyunun C2S2-C2S3-C2S4 bölgelerinde, diğer kuyuların C2S1-C3S1 bölgelerinde bulunduğu görülmüştür. A.B.D Tuzluluk Diyagramına göre YS1 istasyonu dışındaki kuyuların sulama suyu olarak kullanılmasında bir sakınca olmadığı görülmüştür.



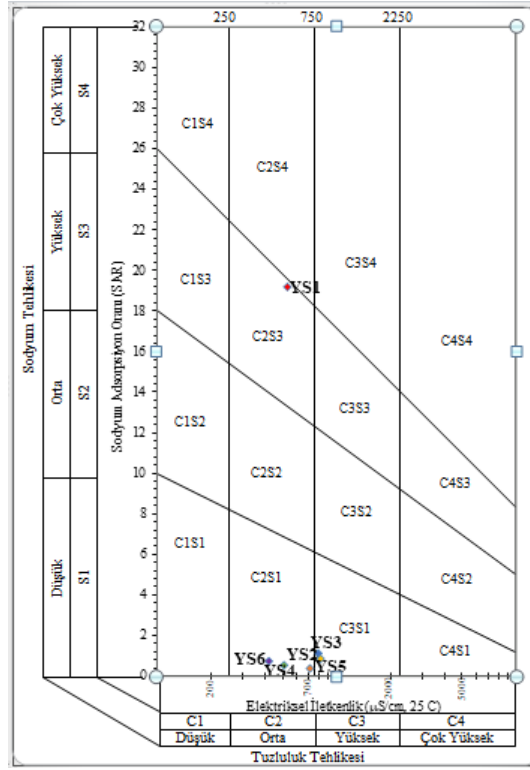
Şekil 4.40. İstasyon noktalarının 06.10.2011 tarihli verilerine göre A.B.D tuzluluk diyagramı



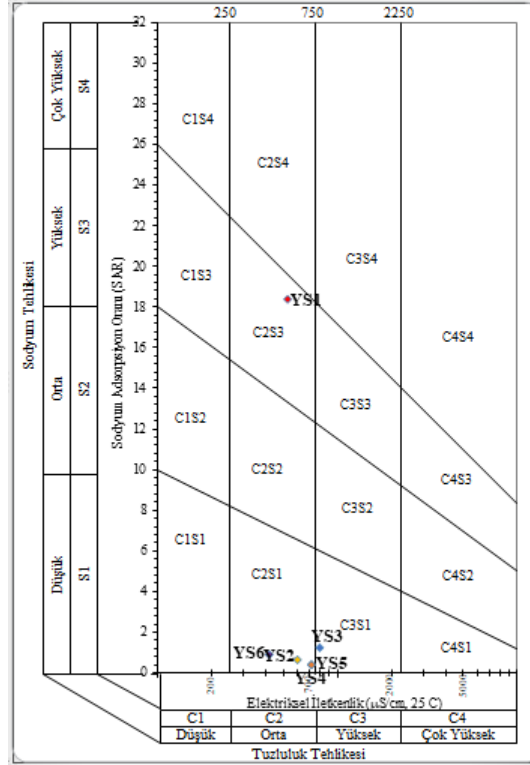
Şekil 4.41. İstasyon noktalarının 27.04.2012 tarihli verilerine göre A.B.D tuzluluk diyagramı



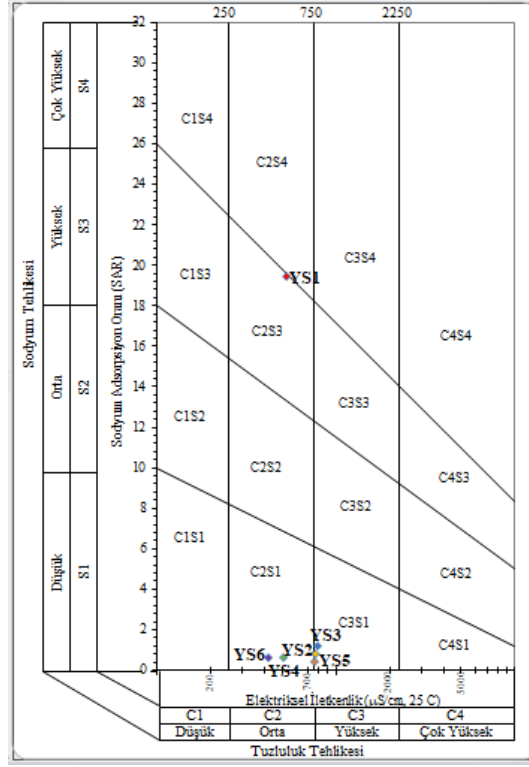
Şekil 4.42. İstasyon noktalarının 03.10.2012 tarihli verilerine göre A.B.D tuzluluk diyagramı



Şekil 4.43. İstasyon noktalarının 06.05.2013 tarihli verilerine göre A.B.D tuzluluk diyagramı



Şekil 4.44. İstasyon noktalarının 08.10.2013 tarihli verilerine göre A.B.D tuzluluk diyagramı



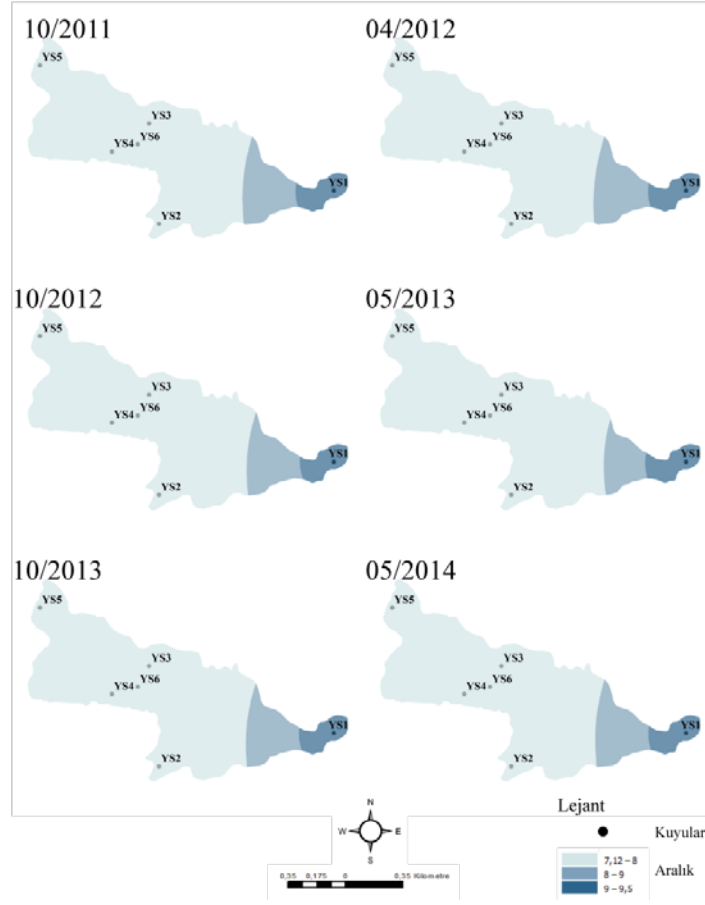
Şekil 4.45. İstasyon noktalarının 12.05.2014 tarihli verilerine göre A.B.D tuzluluk diyagramı

Bu sınıflamaya göre Gümüşhacıköy bölgesinde analizleri yapılan kuyu sularının orta ve yüksek derecede tuza ihtiyacı olan bitkiler için kullanılabilen orta ve yüksek tuzlulukta su ve sodyuma karşı çok duyarlı olmayan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun olan bazı bölgelerde orta ve bazı bölgelerde yüksek sodyumlu su özelliğinde olup bu sınıflamaya göre genel anlamda sulama faaliyetlerinde kullanılacak sular olduğu gözlemlenmiştir.

4.1.3 Yeraltı Suyu Değerlerinin Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi

4.1.3.1. Hidrojen İyon Konsantrasyonunun (pH) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi

pH Alansal Değişim



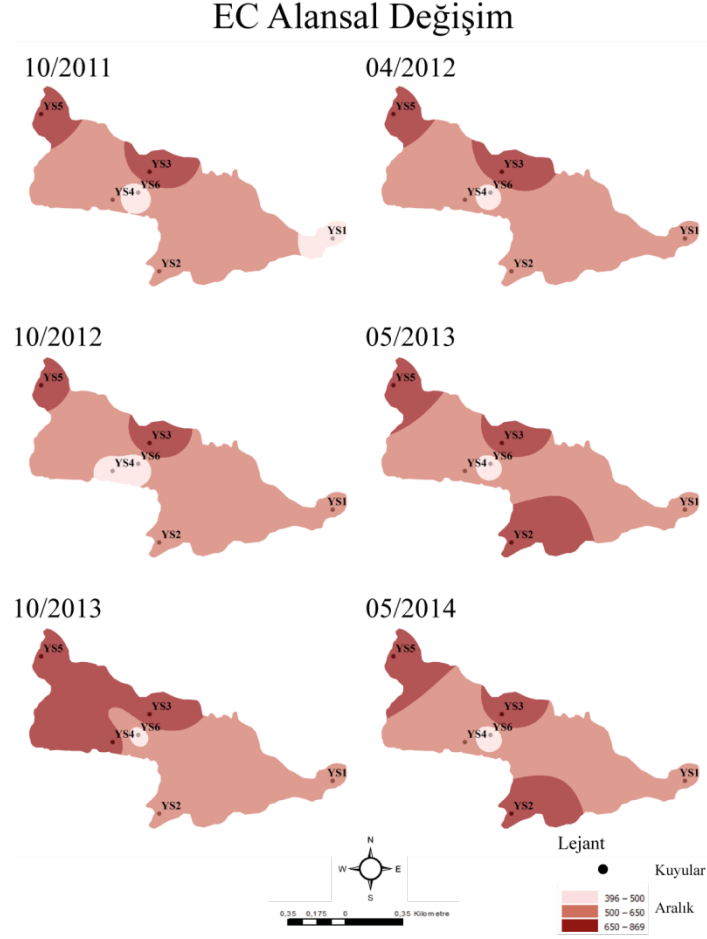
Şekil 4.46. pH değerlerinin alansal değişim haritaları

Gümüşhacıköy çalışma sahasında elde edilen pH değerlerine göre IDW yöntemi kullanılarak alansal değişim haritaları hazırlanmıştır. Alansal haritalar hazırlanırken minimum ve maksimum pH değerleri kullanılmıştır. 7,12' den başlayarak 9,5' a kadar 3 birim aralıklarla altı istasyon için altı dönem olarak Şekil 4.46' daki gibi haritalandırılmıştır.

Şekil 4.46' dan da anlaşılacağı gibi renk koyulaştıkça pH değerinin o kadar yükseldiği anlaşılmaktadır. Çalışma sahasında en yüksek pH değerinin bulunduğu bölge YS1 istasyonunun olduğu bölgedir. Alansal değişim haritaları hazırlanırken IDW yöntemine göre YS1 istasyonunun olduğu bölgeden diğer yakın olan kuyular arasındaki mesafeye göre arada kalan bilmediğimiz bölgelerin hangi pH değerleri arasında olabileceği gösterilmiştir. Sadece en yüksek pH değerine sahip olan bölgeden düşük olan pH değerinin bulunduğu bölgeye değil diğer bölgelerde mesafeye bağlı olarak kendi

bölgeleri ve birbirine olan uzaklıklarına göre arada kalan bilinmeyen noktalarında hangi pH değerleri arasında olabileceği IDW yöntemine göre tahmin ettirilmiştir.

4.1.3.2. Elektriksel İletkenliğin (EC) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi

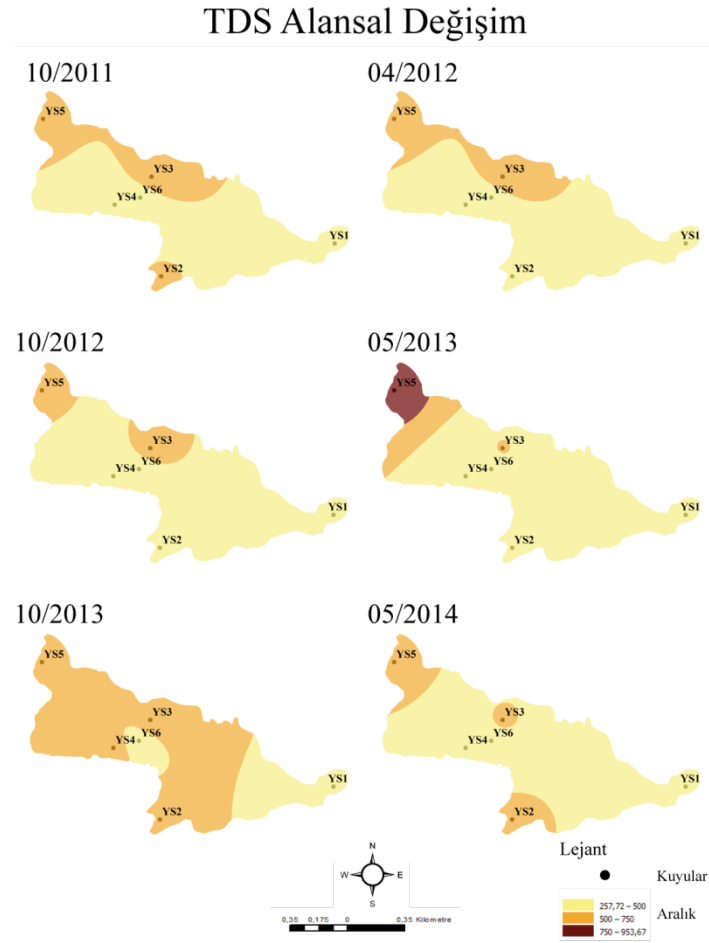


Şekil 4.47. EC değerlerinin alansal değişim haritaları

Gümüşhacıköy çalışma sahasında elde edilen EC değerlerine göre IDW yöntemi kullanılarak alansal değişim haritaları hazırlanmıştır. Kullanıma uygun suların yönetmelikte geçilmemesi gereken elektriksel iletkenlik değeri 2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 'dir. Gümüşhacıköy çalışma sahasında yapılan örneklemeler sonucunda alınan EC değerleri bu değerin fazlasıyla altındadır. Bu sebeple çalışma sahasında örneklemeleri yapılan kuyuların en yüksek ve en düşük değerleri arasında alansal değişim haritaları IDW yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. 396' dan başlayarak 869' a kadar 3 birim aralıklarla altı istasyon için altı dönem olarak Şekil 4.47' deki gibi haritalandırılmıştır. En yüksek

EC değeri koyu kırmızı renkte ve en düşük konsantrasyon değeri açık kırmızı renkte diğer konsantrasyon değerleri de 4.47’ de görülen renklerle gösterilmiştir. Şekil 4.47’ de gösterildiği gibi EC değeri arttıkça haritalarda bulunan kırmızı renklerin koyulaştığı ve kuyuların aralarındaki bilinmeyen noktalarında birbirine olan mesafeleri kullanarak hangi değerlerde olabileceği koyudan açık renge doğru gösterilmektedir.

4.1.3.3. Toplam Çözülmüş Katı Maddenin (TDS) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi



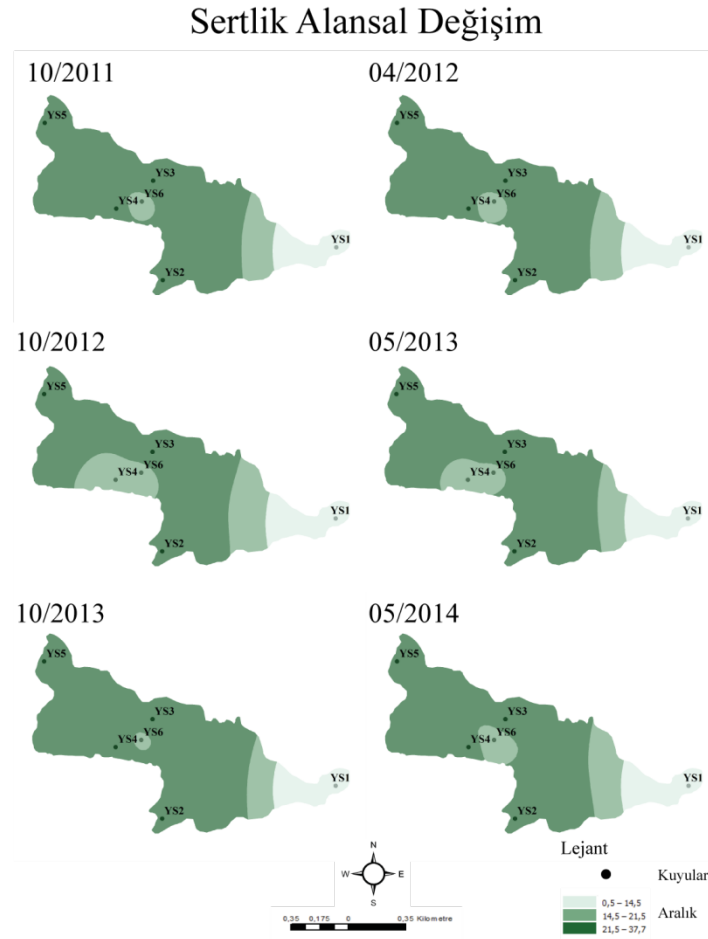
Şekil 4.48. TDS değerlerinin alansal değişim haritaları

Gümüşhacıköy çalışma sahasında elde edilen TDS değerlerine göre IDW yöntemi kullanılarak alansal değişim haritaları hazırlanmıştır. Alansal değişim haritaları hazırlanırken istasyon noktalarına ait kuyu verilerinin minimum ve maksimum TDS değerleri kullanılmıştır. 257,72’ den başlayarak 953,67’ ye kadar 3 birim aralıklarla altı

istasyon için altı dönem olarak Şekil 4.48’ daki gibi haritalandırılmıştır. En yüksek TDS değerinin koyu kahverengi ve en düşük konsantrasyon değerinin sarı renkte diğer konsantrasyon değerleride Şekil 4.48 ’ de görülen renklerle gösterilmiştir.

İstasyon noktalarına ait kuyu suları TDS konsantrasyonları açısından sulama için uygundur. Alansal değişim haritası üzerinde kahverengi rengi dışında görülen bölgeler TDS konsantrasyonları açısından içme suyu için elverişli ve izin verilebilir sular sınıfındadır.

4.1.3.4. Sertliğin Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi



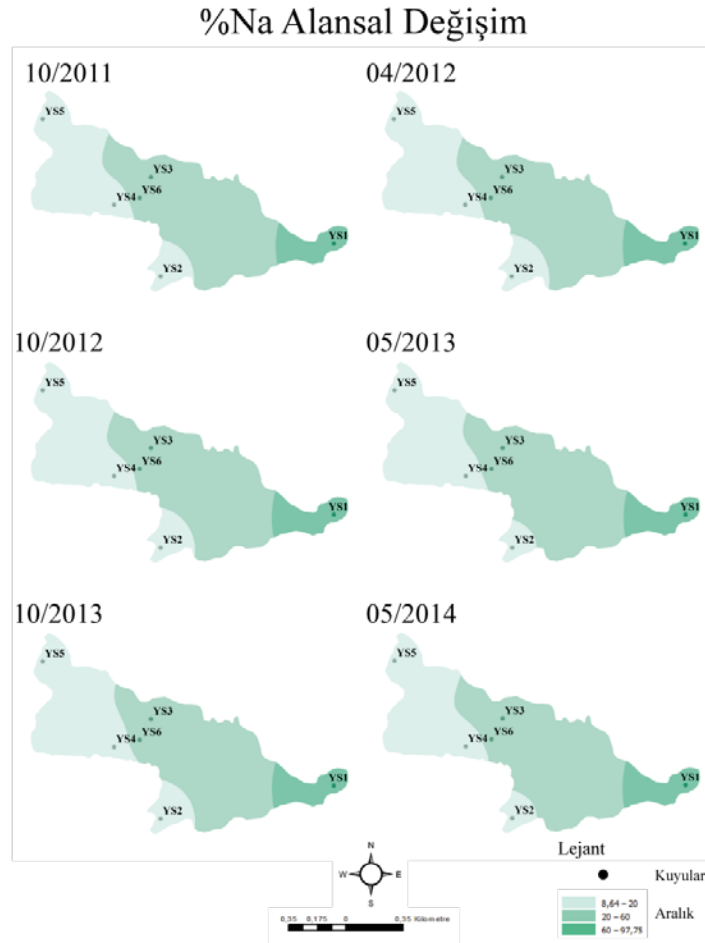
Şekil 4.49. Sertlik değerlerinin alansal değişim haritaları

Gümüşhacıköy çalışma sahasında elde edilen Sertlik değerlerine göre IDW yöntemi kullanılarak alansal değişim haritaları hazırlanmıştır. Alansal değişim haritaları hazırlanırken istasyonlara ait kuyuların minimum ve maksimum sertlik değerleri

kullanılmıştır. 0,5' ten başlayarak 37,7' ye kadar 3 birim aralıklarla altı istasyon için altı dönem olarak Şekil 4.49' daki gibi haritalandırılmıştır. En yüksek sertlik değerinin koyu yeşil ve en düşük konsantrasyon değerinin açık gri diğer konsantrasyon değerleri Şekil 4.49' da görülen renklerle gösterilmiştir.

İstasyon noktalarına ait kuyu sularının alansal sertlik değerlendirmesinde açık gri renkte bulunan bölgelerin çok yumuşak-yumuşak sular, açık yeşil renk renkte bulunan bölgelerin orta sert sular ve koyu yeşil renkte bulunan bölgelerinde oldukça sert sular sınıfındadır.

4.1.3.5. Sodyum Yüzdesinin (%Na) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi



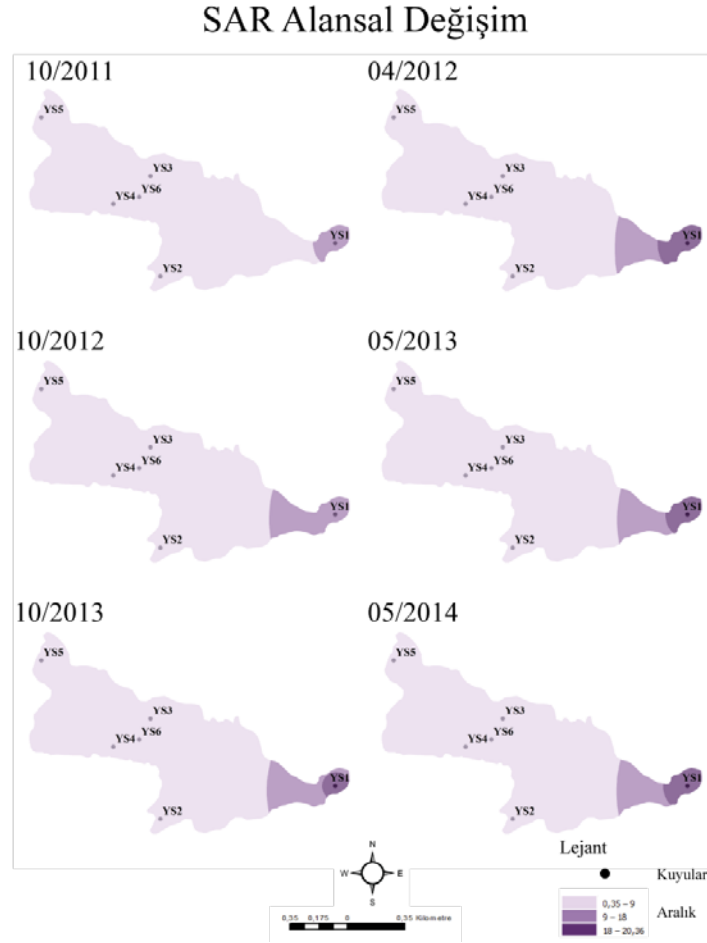
Şekil 4. 50. %Na değerlerinin alansal değişim haritaları

Gümüşhacıköy çalışma sahasında elde edilen %Na değerlerine göre IDW yöntemi kullanılarak alansal değişim haritaları hazırlanmıştır. Alansal değişim haritaları

hazırlanırken istasyonlara ait kuyuların minimum ve maksimum %Na değerleri kullanılmıştır. 8,64' ten başlayarak 97,75' e kadar 3 birim aralıklarla altı istasyon için altı dönem olarak Şekil 4.50' daki gibi haritalandırılmıştır. En yüksek %Na değerinin yeşil renkte ve en düşük konsantrasyon değerinin açık gri renkte diğer konsantrasyon değerleride Şekil 4.50' de görülen renklerle gösterilmiştir.

İstasyon noktalarına ait kuyu sularının alansal %Na değerlendirmesinde açık gri renkteki bölgelerin mükemmel sular, açık yeşil renkteki bölgelerin iyi-izin verilebilir sular ve daha koyu yeşil renkte olan bölgedeki sular şüpheli sular sınıfındadır.

4.1.3.6. Sodyum Adsorpsiyon Oranının (SAR) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi



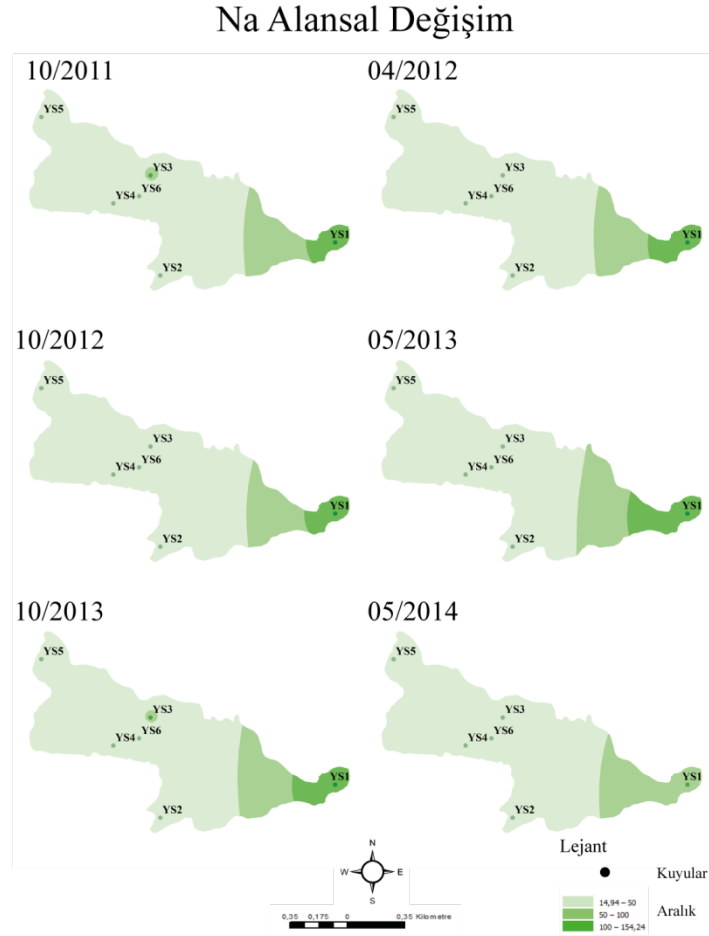
Şekil 4.51. SAR değerlerinin alansal değişim haritaları

Gümüşhacıköy çalışma sahasında elde edilen SAR değerlerine göre IDW yöntemi kullanılarak alansal değişim haritaları hazırlanmıştır. Alansal değişim haritaları hazırlanırken istasyon noktalarındaki kuyulara ait veriler kullanılmıştır. 0,35' ten başlayarak 20,36' ya kadar 3 birim aralıklarla altı istasyon için altı dönem olarak Şekil 4.51' daki gibi haritalandırılmıştır. En yüksek SAR değerinin mor renkte ve en düşük konsantrasyon değerinin açık mor renkte diğer konsantrasyon değerleride Şekil 4.51' de görülen renklerle gösterilmiştir.

İstasyon noktalarına ait kuyuların alansal SAR değerlendirmesinde açık ve orta açık mor renkteki bölgelerdeki sular çok iyi-iyi özellikte sulama suları ve mor renkteki bölgelerdeki sular orta özellikte sulama suları sınıfındadır.

4.1.3.7. Katyonlar

4.1.3.7.1. Sodyumun (Na^+) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi

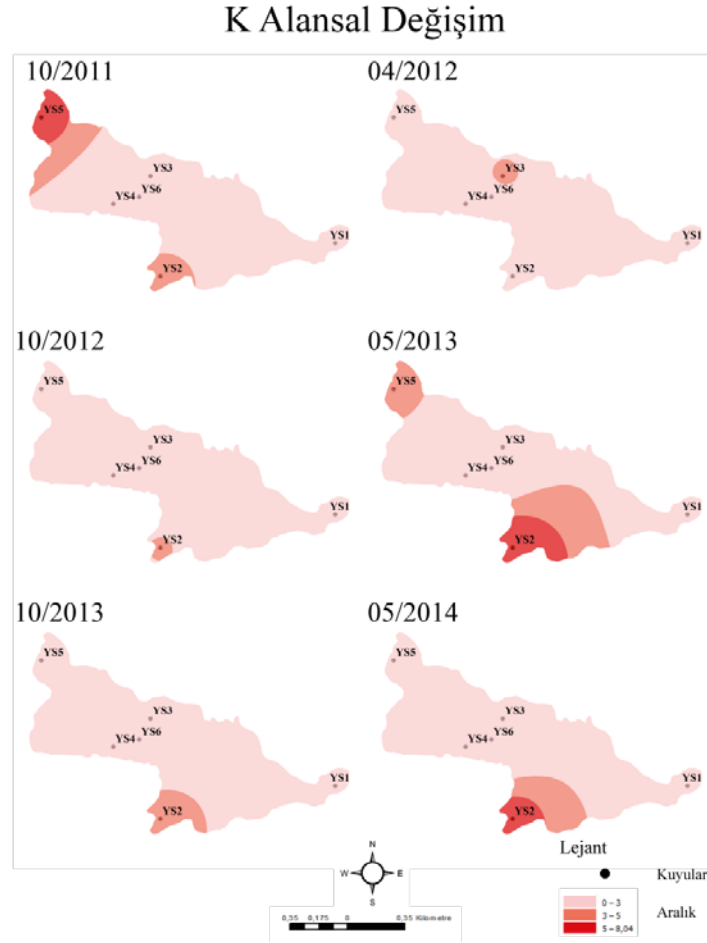


Şekil 4.52. Na^+ değerlerinin alansal değişim haritaları

Gümüşhacıköy çalışma sahasında elde edilen Na^+ değerlerine göre IDW yöntemi kullanılarak alansal değişim haritaları hazırlanmıştır. Alansal değişim haritaları hazırlanırken istasyon noktalarındaki kuyulara ait veriler kullanılmıştır. 14,94' ten başlayarak 154,24' e kadar 3 birim aralıklarla altı istasyon için altı dönem olarak Şekil 4.52' deki gibi haritalandırılmıştır. En yüksek Na değerinin yeşil renkte ve en düşük konsantrasyon değerinin açık gri renkte diğer konsantrasyon değerleride Şekil 4.52' de görülen renklerle gösterilmiştir.

İstasyonlara ait kuyu sularının Na^+ değerleri izin verilen değeri aşmadığı için aralık birimleri Şekil 4.52' deki gibi seçilmiştir.

4.1.3.7.2. Potasyumun (K^+) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi

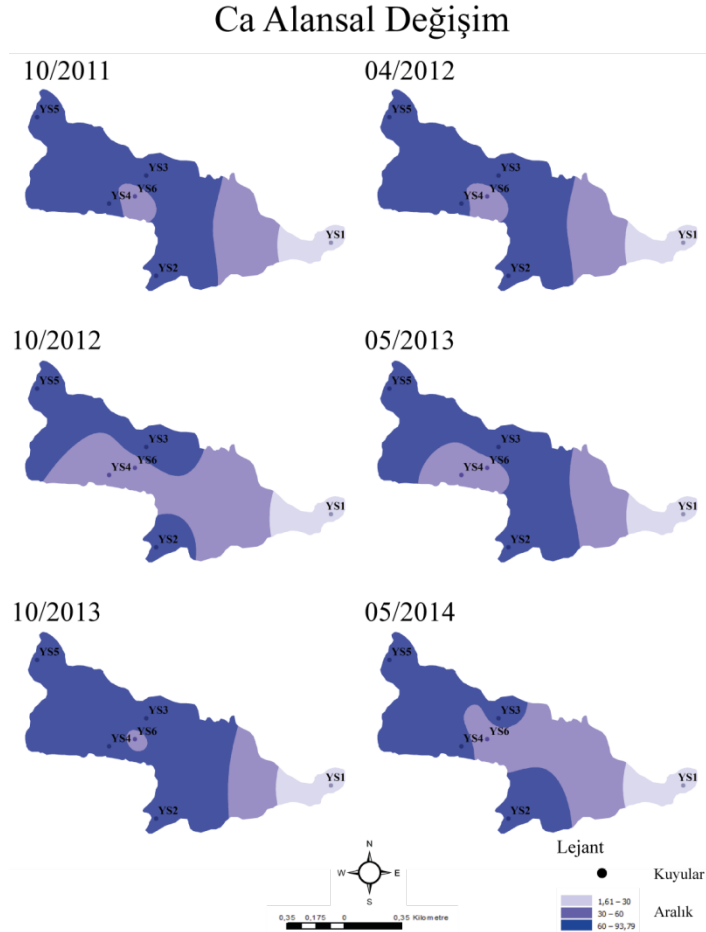


Şekil 4.53. K^+ değerlerinin alansal değişim haritaları

Gümüşhacıköy çalışma sahasında elde edilen K^+ değerlerine göre IDW yöntemi kullanılarak alansal değişim haritaları hazırlanmıştır. Alansal değişim haritaları hazırlanırken istasyon noktalarındaki kuyulara ait veriler kullanılmıştır. 0' dan başlayarak 8,04' e kadar 3 birim aralıklarla altı istasyon için altı dönem olarak Şekil 4.53' deki gibi haritalandırılmıştır. En yüksek konsantrasyon değerinin kırmızı renkte ve en düşük konsantrasyon değerinin açık kırmızı diğer konsantrasyon değerleride Şekil 4.53' de görülen renklerle gösterilmiştir.

İstasyonlara ait kuyu sularının K^+ değerleri izin verilen değeri aşmadığı için aralık birimleri Şekil 4.53' deki gibi seçilmiştir.

4.1.3.7.3. Kalsiyumun (Ca^{+2}) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi

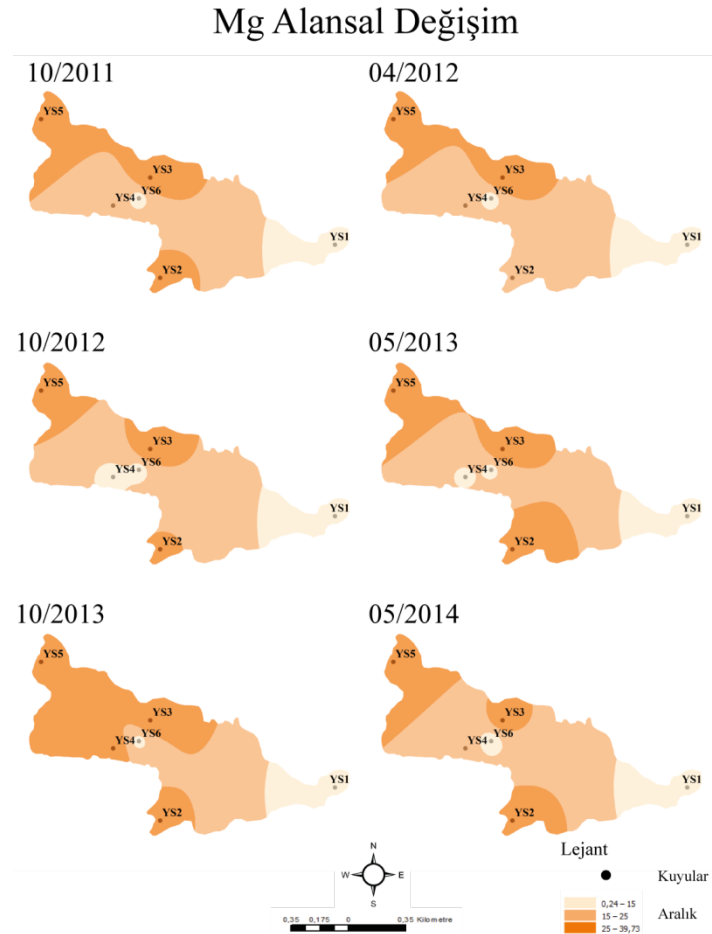


Şekil 4.54. Ca^{+2} değerlerinin alansal değişim haritaları

Gümüşhacıköy çalışma sahasında elde edilen Ca^{+2} değerlerine göre IDW yöntemi kullanılarak alansal değişim haritaları hazırlanmıştır. Alansal değişim haritaları hazırlanırken istasyon noktalarındaki kuyulara ait veriler kullanılmıştır. 1,61' den başlayarak 93,79' a kadar 3 birim aralıklarla altı istasyon için altı dönem olarak Şekil 4.54' deki gibi haritalandırılmıştır. En yüksek konsantrasyon değerinin Lacivert renkte ve en düşük konsantrasyon değerinin açık mavi renkte diğer konsantrasyon değerleride Şekil 4.54' de görülen renklerle gösterilmiştir.

İstasyonlara ait kuyu sularının Ca^{+2} değerleri izin verilen değeri aşmadığı için aralık birimleri Şekil 4.54' deki gibi seçilmiştir.

4.1.3.7.4. Magnezyumun (Mg^{+2}) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi



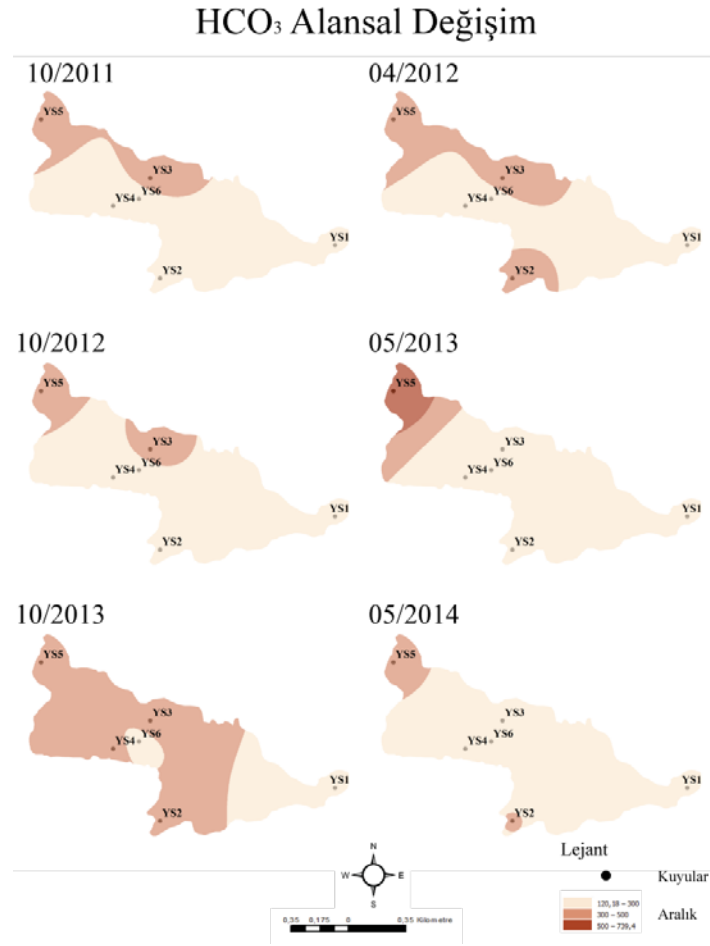
Şekil 4.55. Mg^{+2} değerlerinin alansal değişim haritaları

Gümüşhacıköy çalışma sahasında elde edilen Mg^{+2} değerlerine göre IDW yöntemi kullanılarak alansal değişim haritaları hazırlanmıştır. Alansal değişim haritaları hazırlanırken istasyon noktalarındaki kuyulara ait veriler kullanılmıştır. 0,24' ten başlayarak 39,73' e kadar 3 birim aralıklarla altı istasyon için altı dönem olarak Şekil 4.55' deki gibi haritalandırılmıştır. En yüksek konsantrasyon değerinin turuncu renkte ve en düşük konsantrasyon değerinin açık turuncu renkte diğer konsantrasyon değerleride Şekil 4.55' de görülen renklerle gösterilmiştir.

İstasyonlara ait kuyu sularının Mg^{+2} değerleri izin verilen değeri aşmadığı için aralık birimleri Şekil 4.55' deki gibi seçilmiştir.

4.1.3.8. Anyonlar

4.1.3.8.1. Bikarbonatın (HCO_3^-) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi

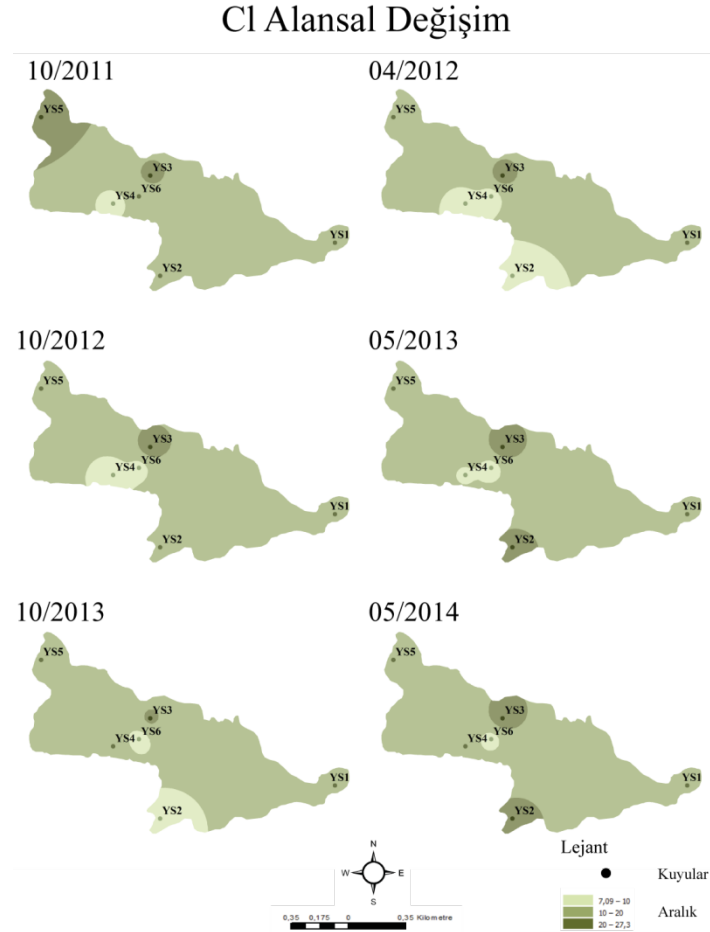


Şekil 4.56. HCO_3^- değerlerinin alansal değişim haritaları

Gümüşhacıköy çalışma sahasında elde edilen HCO_3^- değerlerine göre IDW yöntemi kullanılarak alansal değişim haritaları hazırlanmıştır. Alansal değişim haritaları hazırlanırken istasyon noktalarındaki kuyulara ait veriler kullanılmıştır. 120,18' ten başlayarak 739,4' e kadar 3 birim aralıklarla altı istasyon için altı dönem olarak Şekil 4.56' deki gibi haritalandırılmıştır. En yüksek konsantrasyon değerinin kırmızı renkte ve en düşük konsantrasyon değerinin açık kırmızı renkte diğer konsantrasyon değerleride Şekil 4.56' de görülen renklerle gösterilmiştir.

İstasyonlara ait kuyu sularının HCO_3^- değerleri izin verilen değeri aşmadığı için aralık birimleri Şekil 4.56' deki gibi seçilmiştir.

4.1.3.8.2. Klorürün (Cl^-) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi

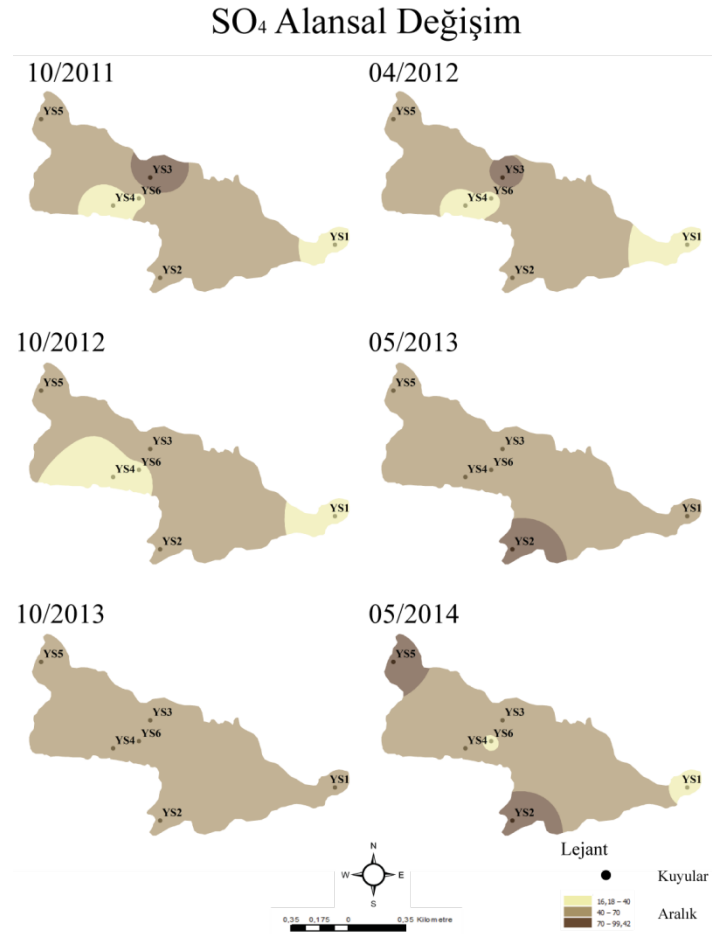


Şekil 4.57. Cl^- değerlerinin alansal değişim haritaları

Gümüşhacıköy çalışma sahasında elde edilen Cl⁻ değerlerine göre IDW yöntemi kullanılarak alansal değişim haritaları hazırlanmıştır. Alansal değişim haritaları hazırlanırken istasyon noktalarındaki kuyulara ait veriler kullanılmıştır. 7,09' dan başlayarak 27,3' e kadar 3 birim aralıklarla altı istasyon için altı dönem olarak Şekil 4.57' deki gibi haritalandırılmıştır. En yüksek konsantrasyon değerinin haki renkte ve en düşük konsantrasyon değerinin açık gri renkte diğer konsantrasyon değerleride Şekil 4.57' de görülen renklerle gösterilmiştir.

İstasyonlara ait kuyu sularının Cl⁻ değerleri izin verilen değeri aşmadığı için aralık birimleri Şekil 4.57' deki gibi seçilmiştir.

4.1.3.8.3. Sülfatın (SO₄⁻²) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi

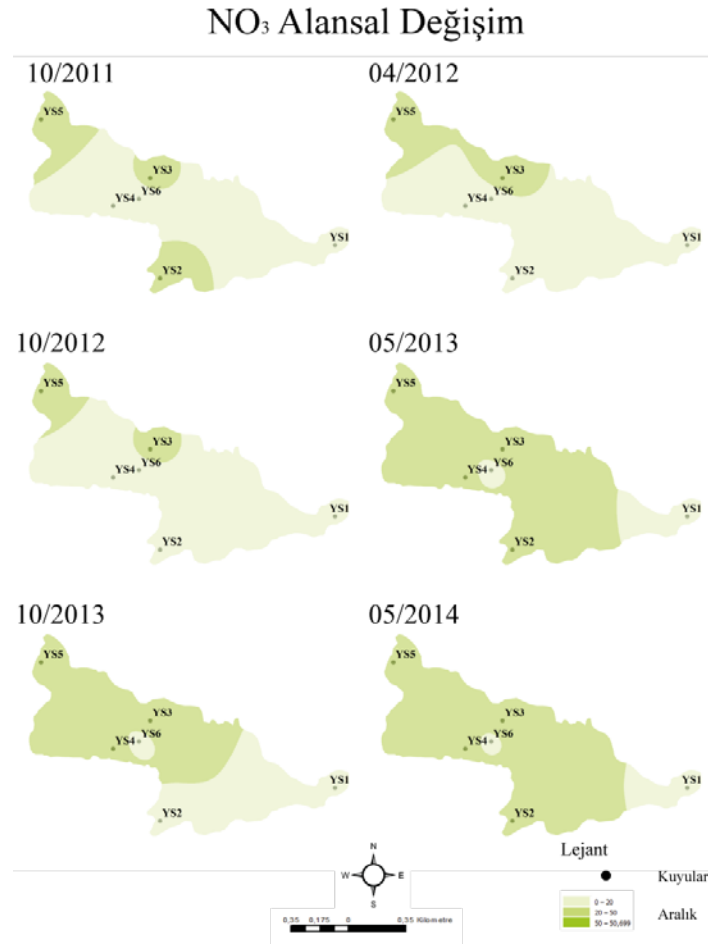


Şekil 4.58. SO₄⁻² değerlerinin alansal değişim haritaları

Gümüşhacıköy çalışma sahasında elde edilen SO_4^{-2} değerlerine göre IDW yöntemi kullanılarak alansal değişim haritaları hazırlanmıştır. Alansal değişim haritaları hazırlanırken istasyon noktalarındaki kuyulara ait veriler kullanılmıştır. 16,18' den başlayarak 99,42' ye kadar 3 birim aralıklarla altı istasyon için altı dönem olarak Şekil 4.58' deki gibi haritalandırılmıştır. En yüksek konsantrasyon değerinin haki renkte ve en düşük konsantrasyon değerinin açık gri renkte diğer konsantrasyon değerleride Şekil 4.58' de görülen renklerle gösterilmiştir.

İstasyonlara ait kuyu sularının SO_4^{-2} değerleri izin verilen değeri aşmadığı için aralık birimleri Şekil 4.58' deki gibi seçilmiştir.

4.1.3.8.4. Nitratın (NO_3^-) Alansal Değişiminin Değerlendirilmesi



Şekil 4.59. NO_3^- değerlerinin alansal değişim haritaları

Gümüşhacıköy çalışma sahasında elde edilen NO_3^- değerlerine göre IDW yöntemi kullanılarak alansal değişim haritaları hazırlanmıştır. Alansal değişim haritaları hazırlanırken istasyon noktalarındaki kuyulara ait veriler kullanılmıştır. 0' dan başlayarak 50,699' ye kadar 3 birim aralıklarla altı istasyon için altı dönem olarak Şekil 4.59' deki gibi haritalandırılmıştır. En yüksek konsantrasyon değerinin yeşil renkte ve en düşük konsantrasyon değerinin açık gri renkte diğer konsantrasyon değerleride Şekil 4.59' de görülen renklerle gösterilmiştir.

İstasyonlara ait kuyu sularının NO_3^- değerleri izin verilen değer YS2 istasyonunda 27.04.2012 tarihinde 50.699 mg/l olarak aşılmaktadır. Bu dönem ve istasyon dışında herhangi bir dönem ve tarihte NO_3^- sınır değeri aşılmamıştır. Aralık birimleri Şekil 4.59' da görülmektedir.

5. SONUÇLAR

Amasya ili Gümüşhacıköy bölgesindeki çalışma sahasına ait YS1 istasyon noktası havzanın doğu tarafında bulunan Merzifon Akiferine daha yakındır, diğer istasyon noktaları Gümüşhacıköy Akiferine daha yakın konumlardadır. Bu nedenle YS1 istasyonunun bazı parametreleri farklılıklar göstermektedir.

YS1 istasyonuna ait çalışma sahasındaki kuyunun pH değeri diğer kuyulara oranla daha yüksek aralıklarda değişmektedir ve su kalitesi yönünden istenilen pH değerinin üstündedir. Çalışma sahasındaki kuyu suyunun yüksek pH değerine sahip olması suyunun içeriğindeki CO_3^{-2} konsantrasyonunun yüksekliğinde göstermektedir. Çalışma sahası genel anlamda yağışlı ve tarımsal bir bölge olduğu ve topraktaki kireç miktarının yüksek olma ihtimalinin ve diğer bölgelere oranla daha yüksek sodyum değerine sahip olmasının pH değerini etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Çalışma sahasındaki sodyum içeriği en yüksek kuyulardan biri de YS1 istasyonuna aittir. Sodyum içeriğini arttıran birçok etken olabilmektedir. Çalışma sahasındaki yüksek Na^{+2} içeriği sahadaki toprağın killi yapısından kaynaklı kil minerallerinin baz değişikliği etkisinden ve yağış değerleri ile orantılı tarımsal faaliyetler sonucunda tuz birikimi kaynaklı olabileceği düşünülmelidir. Çalışma sahasındaki kuyu suyundaki Na^{+2} fazlalığı %Na ve SAR değerlerindeki dolaylı olarak etkilemektedir. YS1 istasyonunun ilk dönem Ca^{+2} ölçümlerinin diğer dönemlere göre fazla olması ilk dönem SAR değerinin

diğerlerine göre daha düşük olması yönünde etki göstermiştir. Çalışma sahasındaki kuyu suları diyagramlar ve grafiklerle incelendiğinde sulama suyu için kullanılması şüpheli sınıfta yer aldığını göstermiştir. Çalışma sahasında diğer bölgelere oranla analiz edilen diğer yüksek konsantrasyonda CO_3^{-2} varlığıdır. Diğer bölgelerde bazı kuyularda sonuçlarına ulaşılamasada YS1 istasyonunda CO_3^{-2} varlığı kendini belli etmektedir. Bu da dolaylı olarak yeraltı suyundaki pH değeri ile birlikte diğer parametreler üzerinde etkisini göstermektedir.

YS2 istasyonuna ait çalışma sahasındaki kuyuda incelenen parametreler kıyaslandığında NO_3^- değerinde en yüksek değeri ve sınır değer üstünde bir değer görülmektedir. Analiz edilen NO_3^- değerleri yağışın az ve çok olduğu dönemlerde değişiklik göstermiştir. Meteoroloji verileri incelendiğinde 06.05.2013 ve 12.05.2014 tarihli yağış verilerinde bölgenin diğer dönemlere oranla yüksek yağış aldığı görülmektedir. Analiz edilen en yüksek NO_3^- konsantrasyonlarına da bu dönemlerde rastlanmaktadır. Sahanın yeraltı sularındaki NO_3^- konsantrasyonunu etkileyen en önemli faktörlerden birisi tarımsal faaliyetler sonucunda topraktan yeraltı suyuna gübrelerin ve kimyasal ilaçların sızmasıdır. Bulak bölgesinde tarımsal üretim vazgeçilmez bir unsurdur ve gübre yeraltı sularındaki NO_3^- seviyeleri üzerinde etkili olmaktadır. Diğer kuyu değerleri sınır değeri geçmemesine rağmen bahar ayı tarım faaliyetleri sonunda kurak dönemde alınan örneklerde değerlerin her geçen gün daha da arttığı ve bilinç düzeyi arttırılmaması durumunda daha da artacağı hesaba katılmalıdır. Gümüşhacıköy bölgesinin tarım ve hayvancılık üzerine devam edecek olan faaliyetleri göz önünde bulundurulmalı ve yeraltı suyu NO_3^- seviyesindeki artışın önüne geçilebilecek çalışmalar yapılmalıdır. Sınır değerlerin şuanki ölçümlerde geçilmemesi ilerki dönemlerde de geçilmeyecek gibi bir algı yaratmamalı kurak dönemlerde alınan örnekler ve ani yükselişler dikkate alınmalıdır. Çalışma sahasında tarımsal faaliyetlerin başladığı bahar aylarındaki meteorolojik olaylar ve kurak dönemlerdeki NO_3^- artışını sınır değer in ötesine gitmemesi için çalışmalar yapılmalı ve üreticilerin bilinç seviyeleri bu konuda yükseltilmelidir. Yüzey altı sularının büyük bir çoğunluğu tarımsal faaliyetlerde kullanılan Gümüşhacıköy bölgesi gibi yerlerde ekosistem üzerine, çevreci tarımsal destek politikalarının planlanması, uygulanması ve eğitimlerinin oluşturulması gibi sürdürülebilir bir çalışma yapılmalıdır.

YS3 istasyonuna ait çalışma sahasında EC, Mg^{+2} , HCO_3^- , Cl^- ve SO_4^{-2} parametrelerini içeren kuyunun en yüksek değeri barındırdığı tablo ve grafiklerle görülmüştür. YS3 istasyonuna ait kuyunun EC değerleri diğer kuyulara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Her ne kadar izin verilen sınır değerinin fazlasıyla altında gibi bir durum olsa da değerlerin daha yüksek olduğu görülmüştür. Çalışma sahasındaki elektriksel iletkenliğin diğer kuyulara göre daha fazla olması suda bulunan bazı anyon ve katyonların diğer bölgelere göre daha yüksek değerlerde olduğundan kaynaklanabileceği düşünülmelidir. Çalışma sahasındaki kuyuda Mg^{+2} konsantrasyonunda en yüksek değeri barındıran bölge YS3 istasyonudur. Diğer kuyulardaki Mg^{+2} konsantrasyonlarıyla aralarında fazla bir fark olmamasına rağmen diğerlerine göre en yüksek değer bu bölgede bulunmaktadır. Normal şartlarda Mg^{+2} konsantrasyonu için maksimum izin verilen değer 50 mg/l' dir ve bölgedeki kuyuların Mg^{+2} değerleri bu sınır değerlerin altında bulunmaktadır. Çalışma sahasındaki en yüksek Mg^{+2} değeride bu değerden düşüktür. Gene de sularda Mg^{+2} ' un artışı bölgenin sularındaki sertliği etkileyecek ve kalp rahatsızlığı olan insanlarda olumsuz etkilerin görülme olasılığı düşünülmelidir. Genel olarak bu sulardaki Mg^{+2} , un artışı bölgenin jeolojik açısından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Çalışma sahasının killi toprak yapısı ve yağışlı bir bölge olması nedeniyle $MgCO_3$ ' in toprakta erimesiyle yeraltı sularına karıştığı düşünülmektedir. Cl^- konsantrasyonu açısından en yüksek değere sahip kuyu YS3 istasyonuna ait değildir. Fakat genel olarak konsantrasyonları diğer bölgelerden daha yükseklerde seyretmektedir. Cl^- konsantrasyonlarının en fazla yayılma olasılığı yağmur ve deniz suları kaynaklıdır. Fakat çalışma sahası yeraltı sularına deniz suları kaynaklı bir giriş olmadığı için konsantrasyonun yağmur suları kaynaklı olduğu düşünülmektedir. YS3 istasyonunun ve diğer kuyuların sahip olduğu Cl^- değerleri maksimum izin verilen 600 mg/l değerinin fazlasıyla altındadır. YS3 istasyonu SO_4^{-2} konsantrasyonlarında en yüksek değeri içermektedir. Tabi bu değer izin verilen değerinin fazlasıyla altındadır. Bölgedeki SO_4^{-2} konsantrasyonunun diğer bölgelere göre daha fazla olmasının en büyük sebeplerinden biri bölgenin bulunduğu coğrafyanın toprak özellikleri ve yeraltı suyuna bu topraktan süzülen suyun barındırdığı konsantrasyon değerleridir. YS3 istasyonu ve diğer bölgelerdeki kuyulardaki SO_4^{-2} değerleri izin verilen maksimum değerinin fazlasıyla altındadır. YS3 istasyonu değerleri incelendiğinde

bölgedeki NO_3^- konsantrasyonları düzenli bir şekilde artış ve azalış göstermektedir. Fakat çalışma sahasındaki NO_3^- konsantrasyonları diğer bölgelere oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Bu çalışma sahasındaki NO_3^- konsantrasyonlarının daha fazla olmasının en büyük nedeni diğer bölgeler gibi tarım ve hayvancılık faaliyetleri dışında bölgenin topraktan yeraltına süzulebilecek olan gübre, kimyasal ilaçlar, hayvan dışkıları vb. yeraltı suyunun NO_3^- konsantrasyonunu etkileyecek maddeler için önlemlerin düşük seviyede tutulmasıdır. Üreticilerin ve yerel halkın yeraltı suyu kirliliği ve NO_3^- kirliliği hakkındaki bilinç düzeyinin daha da yükseltilmesi gerekmektedir.

YS4 istasyonuna ait çalışma sahasında Ca^{+2} iyonu diğer bölgelere göre en yüksek değeri barındırmaktadır. Diğer bölgelere oranla Ca^{+2} iyonu konsantrasyonunun en yüksek değerini barındırsa da sadece tek bir dönemde en yüksek değerdedir. Ca^{+2} konsantrasyonu dolaylı olarak kuyunun suyundaki sertliği etkileyecektir. Keçiköy bölgesinin jeolojik haritası incelendiğinde birçok mineralli katmanın arasında kaldığı ve kuyu suyunun bu katmanlardan beslendiği göz önüne alınmalıdır. YS4 istasyonuna bakıldığı zaman NO_3^- konsantrasyonlarında YS2 istasyonu kadar ani yükselişler olmasada halk sağlığını etkileyebilecek düzeyde yükselişler mevcuttur. Bu bölgedeki artış ve azalışın sebebi de tarımsal faaliyetler ve hayvancılık faaliyetleri dışında bölgenin jeolojisi, meteorolojik olaylar ve üreticilerin bilinç düzeyi gibi birçok etkene bağlı olarak değişebilmektedir.

YS5 istasyonuna ait TDS oranı diğer bölge değerleri ve kendi değerlerine oranla 06.05.2013 tarihli dönemde üst seviyelere yükselmiştir. Genel olarak yeraltı sularında 600-900 mg/l arasında görülmektedir. 500 mg/l altındaki sular içme suyu için sakıncası bulunmayan sulardır. Çalışma sahasına ait TDS değerleri incelendiğinde 500 mg/l değeri aşan TDS değerleri bulunmaktadır. Fakat bu değerler de 500-1000 mg/l arasındadır ve içme için müsaade edilebilir sular sınıfındadır. En yüksek TDS değeri 06.05.2013 tarihinde YS4 istasyonuna aittir. Bu yükselen değeri anlamak için diğer iyonlar incelendiğinde HCO_3^- konsantrasyonunun TDS değerini en fazla etkileyen değer olduğu görülmüştür. Bölgede anlık düzenli olarak seyreden HCO_3^- değerinin bir dönemde yükselmesi ve sonraki dönemde eski değerleriyle aynı doğrultuda devam etmesi bölgenin o dönemde diğer dönemlere oranla fazlasıyla yağış aldığı veya analizlerde sapma olma olasılığını düşündürmüştür. Meteoroloji verileri incelendiğinde 06.05.2013

tarıhli dönemde bölgenin yüksek yağış aldığı görülmektedir. Bölgede bir diğer yüksek konsantrasyon Ca^{+2} iyonunda bulunmaktadırdır. YS4 istasyonu ile aynı dönemde ve aynı değere sahip konsantrasyon görülmüştür. Bu yükselişin sebebininde yağış oranı olduğu düşünülmektedir. Bölgede sınır değer aşılmasada en yüksek Cl^{-} iyonu konsantrasyonunu barındıran bölgedir. Msade edilen ve maksimum izin verilen değerlerin fazlasıyla altında olduğu için herhangi bir risk oluşturmamaktadır. Gümüşhacıköy (Merkez) İçme Suyu kuyusu incelendiği zaman her dönemde NO_3^{-} konsantrasyonunun düzenli bir eğride arttığı görülmektedir. Tarım ve hayvancılık faaliyetleri dışında Merkez bölgesindeki nüfus artışı bu konsantrasyon değerlerinin giderek artmasına neden olmaktadır.

YS6 istasyonuna ait değerler diğer bölgelere yakın değerlerde olsada en yüksek değerin bulunduğu bir dönem gözlemlenmemiştir.

6. KAYNAKLAR

- Al-Khashman., O.A., Jaradat., A.Q. (2014). Assessment of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural uses in arid environment. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. (2014). 28:743-753.
- Amarasooriya., A.A.G.D., Kawakami., T. (2019). Removal of fluoride, hardness and alkalinity from groundwater by electrolysis. *Groundwater for Sustainable Development*. 9 (2019), 100231.
- Ardıç, C. (2013). İçme Suyundaki Nitrat Konsantrasyonunun İnsan Sağlığı Üzerine Oluşturduğu Risklerin Belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 120s.
- Aslan, V. (2018). Harran Ovası yeraltı suyu potansiyeli ve kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi destekli çok kriterli karar verme yöntemi ile modellenmesi. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Baş, S. (2018). Karstik bölgeler için yeraltı suyu azot kirliliği yönetimi: Antalya – Altınova bölgesi uygulaması. *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Antalya 2018.
- Bloomfield., J. P., Lewis., M.A., Newell., A.J., Loveless., S.E., Stuart., M.E. (2020). Characterising variations in the salinity of deep groundwatersystems: A case study from Great Britain (GB). *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 28 (2020), 100684.
- Dalkiliç, Y., Harmancıoğlu, N. (2008). Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifinin Türkiye’de Uygulama Olanakları. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*. ISBN: 978-9944-89-512-5. Ankara.
- Day, B. A., Nightingale, H. I. (1984). Relationships Between Ground-Water Silica, Total Dissolved Solids, and Specific Electrical Conductivity. *Ground Water*, 22: 80–85. doi: 10.1111/j.1745-6584.1984.tb01479.
- DeSimone., L.A., Pope., J.P., Ransom., K.M. (2020). Machine-learning models to map pH and redox conditions in groundwater in a layered aquifer system, Northern Atlantic Coastal Plain, eastern USA. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 30 (2020), 100697.
- El-Shrakawy., A., Ebaid., Y.Y., Burnett., W.C., Aldaihan., S.K. (2013). A rapid and inexpensive method for ²²⁶Ra and ²²⁸Ra measurements of high TDS groundwaters. *Applied Radiation and Isotopes*. 77 (2013), 89-93.
- Erguvanlı, K., Yüzer, E. (1987). Yeraltı suları jeolojisi, İ.T.Ü. *Maden Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 1987.
- Ersoy, A.F., Ersoy, H. (2007). Gümüşhacıköy (AMASYA) akiferi'nin yeraltısuyu akım modeli. Karadeniz Teknik Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- Freeze, A. R., Cherry, J. A., (2003). *Groundwater*, Prentice- Hall, Inc., New Jersey USA, s604.
- Foster, M. D. (1950). The origin of high sodium bicarbonate waters in the Atlantic and Gulf Coastal Plains. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1, 33-48.

Glass, C., & Silverstein, J. (1999). Denitrification of high-nitrate, high-salinity wastewater. *Water Research*, 33 (1), 233-229.

Jamaa., H., El Achlebi., A., Namr K.I. (2020). Spatial variation of groundwater quality and assessment of water table fluctuations in Plio-Quaternary aquifer formations in Doukkala Plain, Morocco. *Groundwater for Sustainable Development*. 11 (2020), 100398.

Jeong., C. H. (2001). Effect of Land Use and Urbanization on Hydrochemistry and Contamination of Groundwater from Taejon Area, Korea. *Journal of Hydrology*. 253(1-4):194-210.

Kazancı., S.Z., Kayıkcı., E.T. (2012). Konumsal enterpolasyon yöntemleri uygulamalarında optimum parametre seçimi: Doğu Karadeniz bölgesi günlük ortalama sıcaklık verileri örneği. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon, 2012.

Küçükatabey., M.N. (2012). Gemici köyü (Baskil) çevresi yeraltı sularının hidrojeokimyasal özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ, 2012.

Nalivan., O.A., Mollaefar., E., Soltani., E., Karvarinasab., M. (2019). Data on assessment of corrosion-scalingpotential and chemical parameters ofgroundwater quality for industrial andagricultural sectors in the Piranshahr Watershedin the West Azerbaijan province, Iran. *Data In Frief*. 27 (2019), 104627.

Peterson, J., MacDonell, M.,Haroun, L., Monette, F., Hildebrand, R.D,&Taboas, A. (2007). Radiological and chemical fact sheets to support health risk analyses for contaminated areas. Argonne National Laboratory Enviromental Science Divisions,113.

Pınarkaya., Ş.Y. (2014). Batman merkezi yeraltısuyunun hidrokimyasal incelenmesi. Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Batman, 2014.

Prasanth., S.V.S., Magesh., N.S., Jitheshlal., K.V., Chandrasekar., N., Gangadhar., K. (2012). Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in the coastal stretch of Alappuzha District, Kerala, India. 2: 165-175.

Rivett, M. O., Buss, S. R., Morgan, P., Smith, J. W., & Bemment, C. D. (2008). Nitrate attenuation in groundwater: a review of biogeochemical controlling processes. *Water research*, 42 (16), 4215-4232.

Rosolem., C.A., Sgariboldi., T., Garcia., R. A., Calonego., J. C. (2010). Potassium Leaching as Affected by Soil Texture and Residual Fertilization in Tropical Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. ISSN: 0010-3624.

Salman, G.İ. (2019). Kaman (Kırşehir) bölgesi yeraltı suyu kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak değerlendirilmesi. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kırşehir 2019.

Sargın, A. H., (2010). Yeraltı Suları Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı, Ankara, s200.

Singh., S., Hariteja., N., Prasad., R., Raju., N.J., Ramakrishna., Ch. (2020). Impact assessment of faecal sludge on groundwater and river water quality in Lucknow environs, Uttar Pradesh, India. *Groundwater for Sustainable Development*. 25 (2020), 100461.

Slagle, M., (2000). Gis In community-based school planning, Cornell University, Kansas.

Soyturk, O. (2014). Su çerçeve direktifine göre yeraltı sularının izlenmesi ve Türkiye için bir değerlendirme. *Orman ve Su İşleri Bakanlığı*, Ankara 2019.

Soyaslan, İ. (2004). Eğirdir Gölü doğusunun hidrojeoloji incelemesi ve yeraltı suyu modellenmesi. Doktora Tezi, SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2004.

Şener., Ş., Güneş., D. (2015). Aksu(Isparta) Ovası yüzey ve yeraltı sularının hidrojeokimyasal özellikleri ve su kalitesi. Pamukkale Üniversitesi, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 21(6), 260-269.

Şekerci., M. (2018). Korkuteli (Antalya) Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Kullanılabilirliğinin. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta, 2018.

Tuğrul., T. (2019). Yenicekent (Denizli)- Atça (Aydın) arasındaki yüzey ve yeraltı suyu kirliliğinin ve taşınımının incelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Denizli, 2019.

Yeşilova., P.G., Helvacı., C. (2013). Germik Formasyonu Oligosen Evaporitlerinin (Kurtalan, GB Siirt) Diyajenezi ve Paleocoğrafik Gelişimi, Türkiye. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*. 34 (1), 1-22.

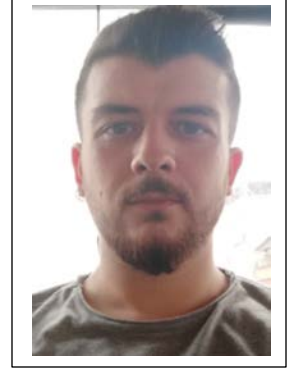
Yetiş, A.D. (2013). Ceylanpınar Ovası yeraltı suyu kalitesinin ve kirlenme potansiyelinin belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Adana 2013.

Yinanç., K. (2013). Kahramanmaraş sağ sahil sulama alanında yeraltı suyu kalitesi ve sulamada kullanılabilirliğin araştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş, 2013.

World Health Organization. (2004). Guidelines for drinking-water quality(Vol. 1). World Health Organization.

Zidi., C., Jamrah., A., Al-Issai., L. (2020). Hydrochemical assessment of groundwater, case study Al-Zaroub aquifer, Buraimi Governorate, Sultanate of Oman. *Groundwater for Sustainable Development*. 11 (2020), 100450.

ÖZ GEÇMİŞ



Ahmet Kıdık, 06.05.1993 tarihinde Trabzon'da doğdu. Trabzon Fatih Lisesi'ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nden 2016 yılında mezun oldu. Mezuniyetinden sonra 2016-2017 tarihleri arasında Nen Mühendislik ve Laboratuvar Hizmetleri Ltd. Şti firmasında saha mühendisi olarak göre yaptı.

İletişim Bilgileri

E mail : kidikahmet@gmail.com

Telefon : 05079676272

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1910-5067>.