

**T.C.**  
**KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**KASTAMONU İLİNİN YERALTI SULARININ POTANSİYEL  
KALİTESİNİN İNCELENMESİ, KİRLETİCİ  
KONSANTRASYONLARININ TESPİTİ VE YERALTI  
SULARININ TARIMSAL SULAMA İÇİN UYGUNLUĞUNUN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**MEHMET SELAMİ GÜLER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DOÇ. DR. AYDIN TÜRKYILMAZ**

**TEMMUZ - 2023**

**KASTAMONU**

## TEZ ONAYI

**Mehmet Selami GÜLER** tarafından hazırlanan “**KASTAMONU İLİNİN YERALTI SULARININ POTANSİYEL KALİTESİNİN İNCELENMESİ, KİRLETİCİ KONSANTRASYONLARININ TESPİTİ VE YERALTI SULARININ TARIMSAL SULAMA İÇİN UYGUNLUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **11.07.2023** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

<b>Danışman</b>	Doç. Dr. Aydın TÜRKYILMAZ Kastamonu Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi</b>	Prof. Dr. Yasemin TURHAN Balıkesir Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi</b>	Dr. Öğr. Üyesi Kaan İŞINKARALAR Kastamonu Üniversitesi	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü V. Doç. Dr. Osman ÇİÇEK .....

## TAAHHÜTNAME

*Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.*

**Mehmet Selami GÜLER**

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### KASTAMONU İLİNİN YERALTI SULARININ POTANSİYEL KALİTESİNİN İNCELENMESİ, KİRLETİCİ KONSANTRASYONLARININ TESPİTİ VE YERALTI SULARININ TARIMSAL SULAMA İÇİN UYGUNLUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

MEHMET SELAMİ GÜLER

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI  
DANIŞMAN:DOÇ. DR. AYDIN TÜRKYILMAZ

Yeraltı suları tatlı su kaynakları arasında buzullar ve kar sularından sonra en ciddi kaynaktır. Bu kaynaklar en çok sulama suyu olarak tüketilir. İyi tarım uygulamalarının daha verimli, etkin ve sürdürülebilir hale gelmesi için kullanılan suların fiziko-kimyasal kalite özellikleri büyük önem arz etmektedir. Kızılırmak havzasının alt havzası olan Kastamonu ili yüzey suları bakımından zengin kaynaklara sahiptir. Ancak yüzey sularına erişim il bazında homojen ve dengeli dağılmamaktadır. Yüzey sularına erişimin kısıtlı olduğu bölgelerde içme-kullanma ve tarımsal sulama amaçlı kullanım için ihtiyaç duyulan suyun yeraltı sularından karşılanması zorunluluk haline gelmiştir. Bu çalışmada Kastamonu ili yeraltı suları kalite özellikleri tarımsal sulama kullanımı yönünden uluslararası kabul görmüş sınıflandırma sistemleri kullanılarak değerlendirilmiş, sular sınıflandırılmıştır. Kastamonu Alt Havzasında 12/11/2020 -19/05/2022 tarihleri arasında 4 Dönem Yüzey suyuna erişimi olmayan 27 noktadan alınan su numuneleri sulama suyu uygunluk kriteri açısından incelenmiştir. Buna ek olarak 2018-2022 yılları kurak ve yağışlı dönemlerde (Eylül –Nisan) 6 adet rasat gözlem istasyonu kuyularından alınan su numuneleri sulama suyu uygunluk değerlendirmesinin zaman bağlı değişimi değerlendirilmiştir. İnceleme amacıyla; pH, Elektriksel İletkenlik EC, Anyonlar F<sup>-</sup>-Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> Katyonlar Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> Karbonat Bikarbonat CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Bor (B) parametre analizleri kullanılmıştır. Bu parametre değerleri ile Sodyum Yüzdesi (% Na), Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), Kalıntı Sodyum Karbonat (RSC) değerleri, ABD tuzluluk laboratuvarı sınıflandırma sistemi, Wilcox (1948) grafik sistemi kullanılarak sulama suyu sınıflandırması yapılmıştır.

Çalışma sonucunda incelenen alandaki yeraltı sularının büyük bölümünün sulama suyu kullanımı için uygun olduğu Kastamonu Alt Havzası'nda RSC, SAR ve %Na değerinin sulama sezonu ile doğrudan etkilenmediği, Wilcox diyagramlarına göre havzada suların çoğunlukla "Çok İyi – İyi" ve "İyi Kullanılabilir" sular sınıfında. ABD Tuzluluk Lab. diyagramlarına göre ise çoğunlukla "C2S1" ve "C3S1" sınıfında yer aldığı görülmektedir. Uzun dönemli incelemelerde rasat kuyu numuneleri fizikokimyasal parametrelerinin zamana bağlı değişimi sınırlığı olduğu grafiklerle görülmüştür. Çalışma alanında yeraltı suyu karakteristikleri birbirine yakın olsa da kimyasal içerik bakımından farklılıklar göstermektedir. Yeraltı suyu

kullanılarak yapılan sulamalarda analiz sonuçları ile birlikte yetiştirilecek bitkinin suyun kalite özelliklerine uygunluğu, bitki dayanımı ve verimlilik potansiyeli dikkate alınmalıdır

**ANAHTAR KELİMELEER:**Kastamonu, Su kalitesi, Yeraltı suyu, Sulama suyu, Su kirliliği

Temmuz 2023, 92 Sayfa



## ABSTRACT

### MSC THESIS

# INVESTIGATION OF GROUNDWATER POTENTIAL AND QUALITY OF KASTAMONU PROVINCE, DETERMINATION OF WATER POLLUTANT CONCENTRATIONS AND EVALUATION OF THE SUITABILITY OF GROUNDWATER FOR AGRICULTURAL IRRIGATION

MEHMET SELAMİ GÜLER

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. AYDIN TURKYILMAZ

Groundwater is the most serious source of fresh water after glaciers and snow waters. These resources are mostly consumed as irrigation water. The physico-chemical quality characteristics of the waters used are of great importance for good agricultural practices to become more efficient, effective and sustainable. Kastamonu province, which is the sub-basin of the Kızılırmak basin, has rich resources in terms of surface waters. However, access to surface waters is not distributed homogeneously and evenly on a provincial basis. In regions where access to surface waters is limited, it has become a necessity to meet the water needed for drinking-use and agricultural irrigation purposes from groundwater. In this study, groundwater quality characteristics of Kastamonu province were classified using internationally accepted classification systems in terms of agricultural irrigation use. Water samples taken from 27 points without access to surface water for 4 periods in Kastamonu Sub-Basin between 12/11/2020 -19/05/2022 were examined in terms of Irrigation water suitability criteria. In addition, the time-dependent variation of the irrigation water suitability assessment of the water samples taken from the wells of 6 observation stations in the dry and rainy periods (September – April) of 2018-2022 were evaluated. Parameter analyzes of pH, Electrical Conductivity EC, Anions F<sup>-</sup> Fluoride Cl<sup>-</sup> Chloride Cl<sup>-</sup>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> Sulfate, Cations Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>Ca<sup>2+</sup> Carbonate Bicarbonate CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Boron (B) were used. With these parameter values, irrigation water classification was made using Sodium Percentage (% Na), Sodium Adsorption Rate (SAR), Residual Sodium Carbonate (RSC) values, US salinity laboratory classification system, Wilcox (1948) graphic system.

As a result of the study, in Kastamonu Sub-Basin, where most of the groundwater in the investigated area is suitable for irrigation water use, RSC. According to Wilcox diagrams, where the SAR and %Na values are not directly affected by the irrigation season, the waters in the basin are mostly in the "Very Good - Good" and "Good Usable" water class. USA Salinity Lab. According to the diagrams, it is seen that it is mostly in the "C2S1" and "C3S1" classes. In the long-term examinations, it was seen with the graphics that the time-dependent variation of the physicochemical parameters of the observation well samples was limited. Although the groundwater characteristics are close to each other in the study area, they differ in terms of chemical content. In irrigation using groundwater, together with the results of the

analysis, the quality characteristics of the water of the plant to be cultivated, the effects of plant resistance and productivity potential should be taken into consideration.

**KEYWORDS:** Kastamonu, waterquality, ground water, irrigation water, water pollution

July 2023, 92 Page



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenciliğim dönemince bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana rehberlik eden desteğini sabırla veren çok kıymetli akademik danışmanım Doç. Dr. AYDIN TÜRKYILMAZ saygılarımı, sevgilerimi sunar teşekkür ederim.

Yüksek lisans dersi aldığım değerli hocalarım Prof. Dr. Savaş CANBULAT (Bölüm Başkanı) Dr. Öğr. Üyesi Kaan IŞINKARALAR 'a bana olan katkı ve emeklerinden dolayı teşekkür ederim.

Çalışmamın kimyasal analizlerinin yapılmasında ve veri paylaşımında önümü açan DSİ 23. Bölge Müdürlüğü Kalite ve Kontrol Laboratuvarı Şube Müdürüm İsmail Bahçeci'ye minnettarım.

Kastamonu alt havzası etüt Proje çalışması yeraltı suları verilerini paylaştığı için Kastamonu 23. Devlet Su İşleri Bölge müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler Şube Müdürlüğü personeli Jeoloji Mühendisi Ahmet Remzi Mazman'a teşekkür ederim.

Uzun dönemli rasat kuyu sularının analizlerini birlikte çalıştığım Laboratuvar çalışma arkadaşlarım laborant ekibime; Gamze Kara, Yasemin Dilsizoğlu ve Pınar Işık'a teşekkür ederim.

Çalışmama sunduğu katkı ve desteklerinden dolayı İnşaat Mühendisi Hakan Aydın'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca maddi, manevi destek ile moral ve motivasyon sağlayarak hep yanımda olan hayat arkadaşım'a ve beni sürekli gelişmeye açık tutan çocuklarıma sonsuz teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında emeği olan, her anlamda bana inanan beni hiçbir kararında yalnız bırakmayan aileme sonsuz teşekkür ederim.

MEHMET SELAMİ GÜLER

Kastamonu, 2023



<b>5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA .....</b>	<b>84</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>89</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>92</b>



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1 Yeraltı Suları Üzerindeki Baskı ve Etkiler .....	8
Şekil 3.1 Kastamonu Alt Havzası Yerbulduru Haritası .....	18
Şekil 3.2 Kastamonu Alt Havzası Kalite İzleme Noktaları.....	20
Şekil 3.3 Gürleyik 1-2 Kaynakları – Kastamonu / Merkez.....	23
Şekil 3.4 Yürekveren Kaynağı – Kastamonu / Devrekâni .....	23
Şekil 3.5 Analizi Yapılan kuyu lokasyonları .....	28
Şekil 3.6 Kastamonu Alt Havzası Kalite İzleme Kastamonu / Daday ilçesi kuyuda numune alma çalışması .....	28
Şekil 3.7 pH Değerinin Tayini Cihazı.....	33
Şekil 3.8 Elektriksel İletkenlik Cihazı .....	33
Şekil 3.9 İyon Kromatografi Cihazı.....	34
Şekil 3.10 Otomatik Alkalinite Tayin Cihazı.....	35
Şekil 3.11 Spektrofotometre .....	35
Şekil 3.12 ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi, Sulama Suyu Sınıflandırılması .....	41
Şekil 3.13 Wilcox (1948) Grafik Sistemi.....	43
Şekil 4.1 Kastamonu alt havzası 1. Dönem ABD tuzluluk Lab. Grafik Sistemi .....	59
Şekil 4.2 Kastamonu alt havzası 2. Dönem ABD tuzluluk Lab. Grafik Sistemi .....	60
Şekil 4.3 Kastamonu alt havzası 3. Dönem ABD tuzluluk Lab. Grafik Sistemi .....	61
Şekil 4.4 Kastamonu alt havzası 4. Dönem ABD tuzluluk Lab. Grafik Sistemi .....	62
Şekil 4.5 Kastamonu Alt Havzası 1. Dönem Wilcock Grafik Sistemi.....	63
Şekil 4.6 Kastamonu Alt Havzası 2. Dönem Wilcock Grafik Sistemi.....	64
Şekil 4.7 Kastamonu Alt Havzası 3. Dönem Wilcock Grafik Sistemi.....	65
Şekil 4.8 Kastamonu Alt Havzası 4. Dönem Wilcock Grafik Sistemi.....	66

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa

Tablo 1.1 Yer Altı Sularının Kimyasal Yapısını Oluşturan Anyon ve Kanyonlar .....	6
Tablo 1.2 Yer Altı ve Deniz Suyunun Kimyasal yaygın kimyasal içeriği.....	6
Tablo 3.1 Arazi Varlığı Dağılımı .....	21
Tablo 3.2 Kastamonu Alt Havzası Kuyu Adedi .....	24
Tablo 3.3 Kastamonu Alt Havzası'ndaki Kuyuların Kullanım Amacı .....	24
Tablo 3.4 Araştırma kuyuları yerbildirim ve numune alma zamanları tablosu .....	26
Tablo 3.5 Rasat Uzun Dönemli İnceleme Numune Noktaları. ....	29
Tablo 3.6 Analiz Yöntem Standart Bilgileri .....	32
Tablo 3.7 Suların Elektriksel İletkenlik Değerine Göre Sınıflandırılması.....	36
Tablo 3.8 % Na Sınıflandırması.....	37
Tablo 3.9 Ekivalan Ağırlığı Tablosu.....	38
Tablo 3.10 Sodyum Adsorbsiyon Oranına Göre Suların Sınıflandırılması (TS 7739).....	38
Tablo 3.11 Sodyum Karbonat Değerlerine Göre Sulama Suyunun Özellikleri.....	39
Tablo 3.12 ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sınıflaması.....	39
Tablo 3.13 Bor Sınıflandırması.....	43
Tablo 4.1 Kastamonu Alt Havzası 1. Dönem Analiz Noktaları ve Kimyasal Fiziksel Parametre Analiz Sonuçları .....	46
Tablo 4.2 Kastamonu Alt Havzası 2. Dönem Analiz Noktaları ve Fiziksel - Kimyasal Parametre Ölçüm Sonuçları .....	48
Tablo 4.3 Kastamonu Alt Havzası 3. Dönem Analiz Noktaları ve Fiziksel - Kimyasal Parametre Ölçüm Sonuçları .....	50
Tablo 4.4 Kastamonu Alt Havzası 4. Dönem Analiz Noktaları ve Fiziksel Parametre Ölçüm Sonuçları .....	52
Tablo 4.5 Kastamonu Alt Havzası 1. Dönem Elektro Nötralite, EC/TDS, RSC, SAR ve Yüzde Sodyum Hesaplamaları .....	54
Tablo 4.6 Kastamonu Alt Havzası 2, Dönem Elektro Nötralite, EC/TDS, RSC, SAR ve Yüzde Sodyum hesaplamaları .....	55
Tablo 4.7 Kastamonu Alt Havzası 3, Dönem Elektro Nötralite, EC/TDS, RSC, SAR ve Yüzde Sodyum Hesaplamaları .....	56
Tablo 4.8 Kastamonu Alt Havzası 4, Dönem Elektro Nötralite, EC/TDS, RSC, SAR ve Yüzde Sodyum Hesaplamaları .....	57
Tablo 4.9 ABD Tuzluluk Lab. Diyagramlarından Elde Edilen Sınıf Açıklamaları .....	59
Tablo 4.10 ABD Tuzluluk Şab Grafik Sistemi ve Wilcocks Grafik Sistemi Değerlendirme Tablosu .....	67
Tablo 4.11 Uzun dönemli rasat araştırma kuyuları lokasyon bilgileri tablosu .....	69
Tablo 4.12 Kastamonu İli Uzun Dönemli (2018-2022) Rasat Noktaları Fizikokimyasal Parametre Analiz Sonuçları ve Değerlendirme Tablosu .....	70
Tablo 4.13 Kastamonu-Gölköy .....	71
Tablo 4.14 Daday-Boyalılar .....	72
Tablo 4.15 Tosya-Zincirlikuyu .....	73
Tablo 4.16 Tosya-Çaykapı .....	74

Tablo 4.17 Taşköprü-Hanönü Kuyuluş..... 75



## GRAFİKLER DİZİNİ

### Sayfa

Grafik 4.1	Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait PH .....	76
Grafik 4.2	Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait EC ( $\mu\text{S/cm}$ ).....	76
Grafik 4.3	Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait RSC Kalıcı Sodyum Karbonat .....	77
Grafik 4.4	Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait SAR Sodyum Adsorpsiyon Oranı .....	78
Grafik 4.5	Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait% Na (Sodyum Yüzdesi) Değerleri .....	78
Grafik 4.6	Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait Cl (mg/l) Değerleri.....	79
Grafik 4.7	Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait $\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l) Değerleri.....	79
Grafik 4.8	Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait Ca (mg/l) Değerleri.....	80
Grafik 4.9	Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait Mg(mg/l) Değerleri .....	81
Grafik 4.10	Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait Na(mg/l) Değerleri .....	81
Grafik 4.11	Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait K(mg/l) Değerleri.....	82
Grafik 4.12	Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait Bor (mg/l) Değerleri.....	82
Grafik 4.13	Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait $\text{HCO}_3^-$ (mg/l) Değerleri.....	83

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Kısaltmalar

<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>RSC</b>	: Residual Sodium Carbonate
<b>s</b>	: sayfa sayısı
<b>SAR</b>	: Sodium Adsorpsiyon Oranı
<b>EN</b>	: Elektro nötralite
<b>TSE</b>	: Türkiye Standartlar Enstitüsü
<b>vd</b>	: Ve diğerleri



## 1. GİRİŞ

Su, günümüzde ve gelecekte stratejik ve hayati bir kaynaktır. Özellikle modern tarımda sulama için vazgeçilmez bir rol oynamaktadır. Su, her canlının için temel bir ihtiyaçtır ve medeniyetlerin var olması, varlığını sürdürmesi ve hayatta kalması için gereklidir. Ancak suyun yeterli miktarda ve istenen kalitede olması, su kaynaklarına sağlıklı ve güvenilir erişim sağlanması ve suyun tükenebilecek bir kaynak olduğunun anlaşılması önemlidir (Aydoğdu vd., 2015).

Dünya yüzeyinin büyük bir kısmı okyanuslarla kaplıdır ve bu durum, suyun sonsuz bir kaynak gibi algılanmasına neden olabilir. Ancak, bu su tuzlu olduğu için doğrudan kullanılabilir değildir. Yeryüzündeki toplam su miktarının yaklaşık %96,5'i okyanuslar ve denizlerde bulunan tuzlu suyu oluşturur. Buzullar 24 milyon km<sup>3</sup> ve tuzlu yeraltı suyu ise 12 milyon 870 bin km<sup>3</sup> hacme sahip olup diğer ehemmiyetli su kaynaklarıdır. Bununla birlikte, insanların kullanabileceği güvenli su kaynakları, toplam su kaynaklarının sadece %2,5'ini oluşturmaktadır (Karaman vd., 2010).

Bu verilere göre, dünya su kaynaklarının yaklaşık %96'sı tuzlu su, tatlı su kaynaklarının %68'i buzullarda ve %30'u yer altı suyu şeklindedir. Tatlı su kaynaklarının geri kalanı göller, ırmaklar ve derelerdir, ancak dünyadaki toplam su miktarının sadece %1'ini oluştururlar. Yer altı suyu, faydalı tatlı suyun %95'lik oranın üstünde bir miktarı sağlamakta ve dünyada yaklaşık olarak yaşayan insanların %33'nün gereksiniminin tatlı su kaynağıdır. Avrupa kıtasında su rezervlerinin %65'i yer altı kaynaklarından elde edilmektedir.

Bu bağlamda, su kaynaklarının dünya genelinde insanlar ve ülkeler arasında dengeli bir şekilde dağılmadığı unutulmamalıdır. Bu durum, suyun ve su kullanımının ülkelerin politikalarını önemli ölçüde etkilediği açık bir gerçektir. Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte, su talebi mevcut kaynaklar üzerinde baskı oluşturmakta ve su potansiyeli bu isteği karşılamada beklendiği faydayı sağlamamaktadır.

Sonuç olarak, su rezervleri dünya için stratejik bir öneme sahiptir ve sınırlıdır. Su kaynaklarının etkili bir şekilde yönetilmesi, su talebinin karşılanması ve gelecek

nesillere sağlıklı su kaynaklarının bırakılması için önemlidir. Su kaynaklarının dengeli bir şekilde dağılımı, suyun verimli kullanımı, kirliliğin önlenmesi ve uluslararası iş birliği, su krizinin önlenmesi ve sürdürülebilir bir su kaynakları yönetiminin sağlanması için gereklidir (Chilton, vd., 2013).

Sonuç olarak, su rezervleri dünya için stratejik bir öneme sahiptir ve sınırlıdır. Su kaynaklarının etkili bir şekilde yönetilmesi, su talebinin karşılanması ve gelecek nesillere sağlıklı su kaynaklarının bırakılması için önemlidir. Su kaynaklarının dengeli bir şekilde dağılımı, suyun verimli kullanımı, kirliliğin önlenmesi ve uluslararası iş birliği, su krizinin önlenmesi ve sürdürülebilir bir su kaynakları yönetiminin sağlanması için gereklidir.

Ülkeler su kaynakları açısından farklı sınıflandırmalara tabi tutulmaktadır. Su yoksunu, yıllık bir kişi için değerlendirilecek su ölçüsü 1.000 m<sup>3</sup>'ten az olduğu ülkelerde yaşanan bir durumdur. Su azlığı ise yıllık bir kişi için değerlendirilecek faydalı su ölçüsü 2.000 m<sup>3</sup> ten az olduğu ülkelerde görülen bir durumdur. Su bolluğu ise yıllık bir kişi için değerlendirilecek faydalı su ölçüsü 8.000-10.000 m<sup>3</sup>'ten çok olduğu ülkeleri ifade eder. (Marco, 2017)

Yaygın kanıya bakılırsa, yıllık bir kişi için değerlendirilecek faydalı su ölçüsü 10.000 m<sup>3</sup>'ten çok olan devletler su bolluğu olan devletler olarak kabul edilmektedir. Bir devlette yıllık bir kişi için değerlendirilecek faydalı su ölçüsü 1.700 m<sup>3</sup>'ten az ise, o devlette "susuzluk alarmı" yaşanmaktadır ve bu miktar 1.000 m<sup>3</sup>'den az olduğunda düştüğünde "su açlığı" durumu olan tehlike seviyesinde olduğu kabul edilir (Shiklomanov, 2000).

Bu bağlamda ifade edilmek istenen, su kaynaklarının dünya genelinde eşit olarak dağılmadığı ve su kaynaklarının yönetimi, su talebi ve sürdürülebilirlik konularının önemli birer stratejik konu olduğudur.

Türkiye'de, yıllık bir kişi için 1500 m<sup>3</sup> faydalı su ölçüsüyle su azlığı olan devletler basamağında bulunmaktadır. Yaşadığımız dönemde, içme kullanma tarımsal sulama gibi faydalı kullanım sahalarında hesaplanan ve rantabl kullanılabilir yerüstü ve yeraltı suyu potansiyeli 112 milyar m<sup>3</sup> olarak kayıtlara geçmiştir. Ancak, araştırmalar

neticesinde bu potansiyelin sadece 44 milyar m<sup>3</sup> (%39) kullanılabilir. Bu kullanımın 32 milyar m<sup>3</sup>'ü tarımsal amaçlı, 7 milyar m<sup>3</sup>'ü içme ve diğer tüketim, 5 milyar m<sup>3</sup>'ü ise fabrika ve üretim tesislerinde kullanım için tahsis edilmektedir. Dolayısıyla ülkemiz su kaynaklarının yaklaşık olarak %73'ü tarımsal amaçlı, %11'i üretim/ fabrika ve %16'sı şehir yaşamı için harcanmaktadır. Bu yüzdeler dünya genelinde %70; %22; %8; Avrupa kıtasında ise %33; %51; %16 olduğu görülmektedir.

Ülkemiz topraklarının 78,5 milyon hektarlık yüzölçümü içerisinde, işlenen tarım toprakları 6 milyon hektarı oluşturmaktadır. Faydalı sulanabilir özellikteki 8,5 milyon hektarlık tarım alanının ise 3,3 milyon hektarı (%61) Devlet Su İşleri (DSİ), 1,1 milyon hektarı (%21) eski Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM) ve 1 milyon hektarı da (%18) vatandaş tarım faaliyetleri için kullanılmaktadır. Bu durumda, toplamda 5,5 milyon hektarlık arazi (%65) sulama amaçlarıyla kullanılmaktadır (Toprak ve Su Kaynakları, DSİ, 2018). Türkiye'mizde havzalara ayrılmış 25 nehir bölgesinin 25 nehir havzasının su varlığı bilgileri Şekil 1.1'de gösterilmektedir.

Yer altı suyu kaynakları açısından, Ülkemizde tahminlere göre en az 500 milyar m<sup>3</sup> dinamik rezervin ve 2-3 trilyon m<sup>3</sup> stabil rezervin olduğu düşünülmektedir. Dünya Bankası istatistik verilerine bakıldığında Türkiye hinterlandının 400 milyar dolarlık su rezervine sahip olduğu kaydedilmektedir (Koç, 2014).

Yeraltı suyu dünyada birçok bölgede hem şehir içi kullanım ihtiyacını hem şehir dışı tarımsal içme kullanma suyu gibi amaçlarla kullanılan öncül rezervler olduğu görülmektedir. Yeraltı suları yerüstü suları gibi kirlenme, bulaşma ile özellikleri değişebilmektedir (<https://cevreonline.com/yeralti-suyu-kirliligi/> (2021)).

Yeraltı suyunun kirlenmesi, dünyada ve ülkemizde bölgesel farklılıklar göstermesine rağmen ve yerel olarak önemli değişiklikler göstermesine rağmen, ana hatları ile genel başlıklarla kirlenmeler sınıflanabilmektedir. Toprak altı su rezervlerinde yaşanan kirlilikler ana hatları ile; şehirlerde ve sanayi bölgelerinde üretilen atıkların etrafa verildikten sonra çevresel koşulların etkisi ve zamanla yeraltına sızarak karışmasıdır.

Tarım ilaçlarının ve doğal olmayan gelişimi yardımcı maddelerin rastgele kullanımı evsel atıkların direk bulunduğu alana deşarjı ile sulara karışması ve sonrasında toprağa

sızması kirlilik bulaştırmanın diğer sebepleridir. Ülkemizde, yerüstü suyu kullanımının mümkün olmadığı veya izin verilen sahalarda kullanım ihtiyacı söz konusu olduğunda, yeraltı suyu kullanımı zorunlu hale gelmektedir.

Yer küremizde ve yurdumuzda suyun büyük çoğunluğunun tarımsal amaçlı tüketildiği aşikardır. 2. sırada içme kullanma suyu, son olarak endüstriyel tüketim gelir. (Anonim, 2005). Tarımsal amaçlı su kullanımının yaygınlığından, suyun iyi organize edilmesi ve yürütüm işlerinin sulama sistemleri üzerinden, performanslarının, değerlemesi, su kaynaklarının sürdürülebilirliği için gözardı edilmeyecek derecede önemlidir (Çakmak, 1998).

Sulama suyunun iletimi, dağıtımı, sistem işletimi ve uygulanması süreçlerinde sulama suyu kalitesi son derece hayati bir öneme sahiptir. Artan su kullanım ihtiyacına ile ilişkilendirilince, tarım yapılan sahalara su verilmesi için gereken su miktarı ve kalitesi düşmektedir. Ayrıca, bitki besin ekimi ve toprağın fiziksel kimyasal özellikleri tarımsal amaçlı kullanılan suyun kalitesine bağlıdır (Etteieb, vd., 2015). Tarımsal amaçlı su kullanımı ürün rekoltesi büyümesi direk veya indirekt etkilerle zehirlilik ve ürünlerin beslenimine engel teşkil etmesiyle görünmektedir (Asri vd., 2010; Emre ve Sözbilir, 2005).

Tarımsal materyaller olan toprak ve suların iyileştirilmesi tarımsal su kullanımından elde edilecek yararların etkinlik düzeyinin üst seviyeye çıkarılabilmesi projelerinde su kalitesinin araştırılması ve tarıma uygunluğunun değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Su kalitesinin belirlenmesi, uygulanan sulama projelerinde yatırım maliyetlerini azaltmak ve toprak ile suyun verimli kullanılmasını sağlamak için önemli bir yol göstericidir.

Sulama suyunda belirlenen kalite ve mevzuat değerleri, suyun kullanıma uygunluğunu gösterir. İyi ve doğru kalitede bir su, iyi toprak ve su kullanımı uygulamalarıyla birlikte en yüksek verimi sağlar. Tam tersi durumda, kötü kalitede su kullanılması toprak ve bitki yetiştirme sorunlarına neden olabilir ve bunun sonucunda verimde azalmalar meydana gelebilmektedir.

Su kalitesi açısından bir suyun uygunluğu, potansiyel sorunları ve özel kullanım uygulamalarına bağlı olarak verimde artış veya azalmaya yol açmasıyla belirlenir. Gelecek yıllarda, yerüstü su kaynaklarının azalması ve kirlilik baskılarının artması nedeniyle kirlilik düzeyi daha düşük olan yeraltı sularının kullanımında bir artış beklenmektedir. Yaşadığımız topraklarda yeraltı suları; temel su kullanım alanı olan tarımsal üretim ve insanı amaçlı tüketim fabrika ve üretim sektörlerinde yaygın olarak değerlendirilmektedir.

Yeraltı suyu tarımsal kullanım düzenlemeleri DSİ Genel Müdürlüğü ve Mülga KHGM tarafından yürütülmektedir. Ayrıca, mevcutta DSİ ve İl Özel İdarelerince yeraltı suyu sulama projeleri kurumlarımızın uhdesindedir. Hidrojeolojik su kaynakları sularının içme-kullanma alanında değerlendirilmesi organizasyonları da Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ve belediyelerce yürütülmektedir.

DSİ Genel Müdürlüğü tarafından 2016 yılı başında yapılan hidrojeolojik etütlere göre, ülkemizde 18,0 milyar m<sup>3</sup> yeraltı suyu potansiyeli raporlamıştır. Rezervin 9,8 milyar m<sup>3</sup>'ü Devlet Su İşlerine, bağlı çalışan sulama kooperatifleri, kamu kuruluşları ve belgeli bireysel sulamalarda kullanılmak üzere tahsis edilmiştir. Ayrıca, 3,9 milyar m<sup>3</sup> içme-kullanma suyu ve 1,3 milyar m<sup>3</sup> sanayi suyu ihtiyacı için ayrılmıştır. Toplamda 15,0 milyar m<sup>3</sup>'lük bir bölümün tahsis işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tarımsal sulama gibi suyun yoğun kullanıldığı durumlarda, uygun kriterlere sahip suya olan ihtiyaç artacaktır. Yeterli niteliklere sahip olmayan yeraltı suyu, insan sağlığı ve bitki gelişimi üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir (Richards, 1954).

Yeraltı suyuna kirleticilerin bulaşması, her ülkede her şehirde farklı tezahür etmesine rağmen, bulaşmanın ana sebepleri genel konu kapsamlarında açıklanabilmektedir. Şehirlerden ve üretim bölgelerinden kaynaklı atıkların etrafa verilmesi, metrolojik koşullara, toprak çeşitliği özelliğine ve dönemsellik ile ilişkilendirilerek toprak ve altı sulara sızması, yeraltı suyuna kirlilik bulaşması en belirgin nedenidir. Su parametre özelliklerinin izlenmesi, mevcut çerçeveyi görmenin yanı sıra sulara belirli kirleticilerin temasını kesmek için yapılacak projeler için önemli bir rehberdir. Sularda kalite demek; değerlendirileceği saha ile ilgili fizikokimyasal yaşam bilimsel

niteliklerinin sınıflandırılıp değerlendirilmesidir. Su yeraltına sızarken geçtiği katmanlarda çeşitli minerallerle organik kökenli bileşiklerle temas halinde olur. Bu temaslar sonucunda kalite belirleyici parametrelerde farklı sonuçlar oluşur.

Yer altı suyu araştırmaları suyun fiziki-kimyasal özelliklerinin tayini, suyun kullanım alanının; evsel, tarımsal sulama, hayvancılık ve endüstriyel faaliyetlere uygunluğun belirlenmesinde öncelikli ve önemlidir. Sulama yönetimin de tarımda kullanılan suyun kalitesi bitki toprak ve çevre üzerinde önemli etkilere sahiptir.

Yer altı sularının fizikokimyasal özellikleri buldukları, geçtikleri değdikleri kayaç morfolojisindeki özelliklerle etkileşim içinde bulunma süresine bağlı değişimler görülür. Yer altı sularının kimyasal içeriğinin %95'ini majör anyon katyonlar meydana getirir. Majör anyon katyonlar Tablo 1.1. ve Tablo 1.2'de görülmektedir (Sargın, 2004). Yer altı suyunda yaygın olarak ihtiva eden elementler ve bunların çeşitlemeleri aşağıda verilmiştir (Hem, 1989).

Tablo 1.1 Yer Altı Sularının Kimyasal Yapısını Oluşturan Anyon ve Kanyonlar

<b>Katyonlar</b>	<b>Anyonlar</b>
Sodyum (Na <sup>+</sup> )	Klorür (Cl <sup>-</sup> )
Kalsiyum Ca <sup>+2</sup>	Bikarbonat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
MagnezyumMg <sup>+2</sup>	Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )

**Kaynak:** (Sargın, 2004)

Tablo 1.2 Yer Altı ve Deniz Suyunun Kimyasal yaygın kimyasal içeriği

<b>Element (mg/L)</b>	<b>Yeraltı Suyunu (Mg/L)</b>	<b>Deniz Suyu (mg/L)</b>
Ca <sup>+2</sup>	10-100	400
Mg <sup>+2</sup>	1-100	1350
Str <sup>-2</sup>	<10	8
Na <sup>+</sup>	1-300	10500
K <sup>+</sup>	1-20	380
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0-5	<0,5
HCO <sub>3</sub>	80-400	142
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	10-100	2700
Cl <sup>-</sup>	1-150	19000
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0-0,60	<0,5
SiO <sub>2</sub>	10-30	6,4

**Kaynak:** (Hem, 1989)

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Yeraltı sularının içme kullanma, sulama ve hayvancılık amaçlı kullanımını değerlendiren çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

### 2.1 Yeraltı Suyunun Doğal Niteliği

Su, asidik çözücü özelliğine sahip olduğu için temas ettiği kayacın karakteristiklerini ve özelliklerini kendi içerisinde çözebilir. Bu sayede yeraltı sularının kimyasal bileşimi ve kökeni hakkında bilgi edinebiliriz. Yeraltı suları, toprakla temas ettikten sonra çeşitli kayaçlarla etkileşime girer. Ancak, yer altı suyunun kimyasal yapısının oluşumunda sadece 9 element önemli rol oynar. Yer altı suyunun %95'i ise 6 ana iyon içerir. Bu iyonlar, Sodyum (Na), Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg) ve Klorür (Cl) kimyasal bileşik halinde bulunur, Bikarbonat ve Sülfat'tan oluşur (Ünal, 2001).

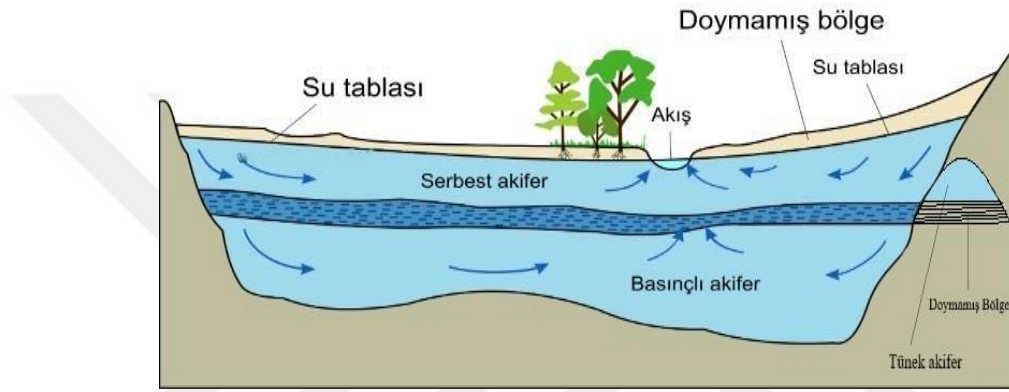
Akiferler, genel olarak su taşıyan sistemler olarak tanımlanır ve yeterli miktarda yeraltı suyu akışına veya kullanıma olanak sağlayan gözeneklilik ve geçirgenlik özelliklerine sahip litolojik birimlerdir (Öztaş, 1982). Akiferler, suyu depolayan ve ileten geçirgen kayaçlardır. Akiferler, su bulundurma şekillerine göre dört gruba ayrılır.

**Geçirimli Üst Katman Akiferleri:** Bu tür akiferlerde, sadece alt katmanlar geçirimsizdir ve üst katmanlar kireçtaşı, silt, çakıl ve kum gibi geçirimli yapılarla oluşur. Yağış sularının bu üst katmanlardan sızmasıyla akifer oluşur. Bu akiferler genellikle sığ derinliklerde bulunur. Karalarda yağmur sularının sızmasıyla oluşabileceği gibi, kıyı bölgelerinde denizin yükselip alçalmasıyla da değişebilir (Demir Yetiş, 2013).

**Geçirimli-Geçirimsiz Tabaka Akiferleri:** Bu tür akiferlerde hem üst kısım hem de alt kısım geçirimsiz yapıdadır. Akiferin iki ucu da yüzeyle temas eder ve su kaynağını bu yüzeyden alır. Bu tür akiferler derinlerde bulunur ve yeraltı suyu basınç altında bulunur (Demir Yetiş, 2013).

Sızıntılı Akiferler: Su temini yapılan bir akiferin yakınında, yarı geçirgen başka bir akiferden su giriş çıkışı varsa, bu tip akiferlere sızıntılı akifer denir. Eğer su temini yapılan akifer basınçlı ise "sızıntılı basınçlı akifer" adı verilir. Su temini yapılan akifer serbest yüzeyli ise "sızıntılı serbest akifer" olarak adlandırılır (Demir Yetiş, 2013).

Mercek Akiferler: Bu tür akiferler, serbest akiferin doymun olmayan kuşağında, geçirimsiz tabakalar üzerinde oluşan ve gözenekli kısımda yeraltı sularının birikmesiyle oluşur (Demir Yetiş, 2013; Öztaş, 1982).



Şekil 2.1 Yeraltı Suları Üzerindeki Baskı ve Etkiler

Su kaynakları üzerinde çeşitli baskılar ve etkiler bulunmaktadır. Baskı terimi, suyun hedefe ulaşmasını engelleyen faktörleri ifade eder. Yeraltı suları için noktasal ve yayılı kirlilik kaynakları "baskı" olarak adlandırılır. Suyun yüzeyden aşağıya doğru süzülmesi sırasında karşılaştığı kirleticiler nedeniyle kirlenir ve kalitesi bozulur, bu da canlı yaşamını olumsuz etkiler, bu durum ise "etki" olarak nitelendirilir. Bu neden-sonuç ilişkisi genellikle "Baskı ve Etki Analizi" olarak adlandırılır (Günhan, 2014).

İnsan etkinliklerinin sonucunda yüzey ve yeraltı sularında ortaya çıkan riskli durumlar, Baskı ve Etki Analizleri ile incelenir. Yeraltı kaynakları üzerinde alınacak önlemler, kirletici etkilerini ortadan kaldırmak veya minimize etmek amacıyla ortaya koyulan yöntemlerdir. Bu önlemler, su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamak, su kalitesini korumak ve gelecek nesillere temiz su kaynakları bırakmak için önemlidir. Baskı ve etki analizleri, su yönetimi ve koruma stratejilerinin belirlenmesi ve uygulanması için temel bir araç olarak kullanılır. İnsan etkinliklerinin sonucunda yüzey ve yeraltı sularında ortaya çıkan riskli durumlar, Baskı ve Etki Analizleri ile incelenir. Yeraltı kaynakları üzerinde alınacak önlemler, baskıları ortadan kaldırmak

veya en aza indirmek amacıyla geliştirilen yöntemlerdir. Bu önlemler, su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamak, su kalitesini korumak ve gelecek nesillere temiz su kaynakları bırakmak için önemlidir. Baskı ve etki analizleri, su yönetimi ve koruma stratejilerinin belirlenmesi ve uygulanması için temel bir araç olarak kullanılır. Kullanılabilir ve rantabl tedbirlerin belirlenmesi, su kaynaklarının sürdürülebilirliği için oldukça önemlidir (Sahtiyancı Özdemir vd., 2019).

Demir Yetiş (2013), Ceylanpınar Ovasında mevsimsel olarak bir yıl süreyle yürütmüş olduğu araştırmada yeraltı suyu (YAS) parametre niceliklerini gözlemek ve istenmeyen madde bulaşma ihtimalini bulmak gayesiyle YAS dağılım haritaları oluşturmuştur. Çalışmada, alınan yeraltı suyu örneklerinde laboratuvar çalışmaları ve hesaplamalar yapılmıştır. Çalışma çıktıları olan veriler, dünyada ve Türkiye’de yaygın olarak kullanılan sabitlenmiş ölçütlerle ve taksim edilmiş, alınan su numunelerinin hidrokimyasalfasiyes sınıfı (Piper ve Schoeller) ve tarımsal kullanım niteliği (Wilcox ve ABD tuzluluk Grafik Sistemi) kullanılarak taksim edilmiş tanımlanmıştır. Hidrokimyasalfasiyes içinse durum; Piper taksimatıyla, 5. tip Ca- HCO<sub>3</sub>’lı sular ve 9. tip karışık sular (Ca-Mg-Cl-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) olarak 2 farklı özellikte sular olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tarımsal kullanım yönünden Wilcox tablo grafiği açısından numuneler; 1 adet numune lokasyonu “şüpheli kullanılabilir”, 6 adet numune lokasyonu “iyi kullanılabilir” ve diğer örnekleme noktaları ise “çok iyi-iyi” olarak bulunmuştur. Suların tarımda sulama da değerlendirilebileceği kanısına varılmıştır.

Yetiş (2013) tarafından yapılan bu çalışmada, Balıklı Göl havzasında su kirliliğinin tespit edilmesi ve Balıklı Göl’e ne kadarının taşındığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında Nisan 2014-Ocak 2015 dönemlerinde havzanın farklı noktalarını karşılayan 8 su örneği alınmıştır. Bu örnekler laboratuvar ortamında analiz edilmiştir. Çalışma verileri dünyada ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan standartlara göre ve taksim edilmiş ve suyun hidrokimyasal bileşimi (Piper ve Schoeller yöntemiyle) ve tarımsal sulama değerlendirmesi (Wilcox ve ABD tuzluluk Grafik Sistemiyle) açısından sınıflandırılmıştır.

Neticede, su kalitesi parametrelerine göre elde edilen sonuçlar ulusal ve uluslararası sınırların altında olduğunu ve limit değerleri aşmadığını göstermektedir.

Hidrokimyasal bileşim açısından, su örnekleri Ca- HCO<sub>3</sub>- 'lu sular olarak belirlenmiştir ve tarımsal sulama için uygun oldukları ifade edilebilir. Bu sonuçlar, Balıklı Göl havzasında su kaynaklarının korunması ve yönetimi konusunda önemli bir bilgi sağlamaktadır. Taştekin (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Beyşehir (Konya) Ovası'nın jeolojik, hidrolojik, hidrojeolojik ve yeraltı suyu fizikokimyasal nitelikleri detaylı bir şekilde analizlenmiştir. Araştırma alanında sondaj kuyularında yeraltı suyu seviyeleri değerleri alınmış ve yeraltı suyunun Beyşehir Gölü yönüne gittiği görülmüştür. Ayrıca göl ve yeraltı sularının yeraltı suyu fizikokimyasal nitelikleri belirlemek amacıyla su numuneleri alınmış ve bu örneklerin yeraltı suyu fizikokimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analiz sonuçlarına göre, alandaki su kaynakları genellikle Ca-Mg- HCO<sub>3</sub> ve Ca- HCO<sub>3</sub> bileşimine sahip sulardır. İçme suyu limit değerleri TSE-266 ve Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) dizayn ettiği olan İçme Suyu Kalitesi Rehberini tarafından belirlenen standartlarla bakıldığında (WHO, 2011) su kaynaklarının genel olarak içilebilir nitelikte olduğu görülmüştür. Ancak, lokalize bakıldığında As ve Fe gibi bazı elementlerin oransal değerleri limiti aştığı bulunmuştur. Buradan bölgede su ile kayaçların etkileşim halinde olduğu anlaşılmaktadır, bölgedeki kaya-su etkileşiminden kaynaklanmaktadır.

Araştırma aynı zamanda suların kökenine göre tarımsal amaçlı olarak kullanımının sakıncasının olmadığını ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, Beyşehir Ovası'ndaki su kaynaklarının durumunu ve kullanılabilirliğini değerlendirerek, bölgedeki su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve korunması için önemli bir Şener ve Güneş (2014) tarafından yapılan araştırmada, Aksu (Isparta) Ovası'nın jeolojik, hidrolojik, hidrojeolojik ve yeraltı suyu fizikokimyasal analiz sonuçları ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Çalışmanın amacı, bölgedeki yeraltı suyunun dinamiğini, su kalitesini ve kullanılabilirliğini belirlemektir. Bu minvalde, 2013 yılı mayıs ayında su numune noktalarında yerinde ölçümler ve kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir.

Araştırma verileri ışığında, lokasyondaki su alınan noktalarda ki suların Mg- HCO<sub>3</sub>- Ca- HCO<sub>3</sub>- ve Mg-Ca- HCO<sub>3</sub>- bileşimlerini içerdiği tespit edilmiştir. Su kalitesi değerlendirmesi Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre yapılmış ve numune alınan yerlerdeki yüzey ve yeraltı suyu numunelerinin tamamının sülfür analiz sonuçlarından dolayı IV. su kalite sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak bölgede su kayaç temasından bulaşmalar olduğu anlamına gelmektedir.

Faylanma niteliklerince bakıldığında ise alınan su numunelerinin çoğunlukla içme ve tarımsal kullanım amaçlı kullanılabilir olduğu değerlendirilmektedir. Bu sonuçlar, Aksu Ovası'ndaki su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve kullanımı için önemli bilgiler sunmaktadır.

Bu çalışma, Aksu Ovası'nın su kaynaklarına ilişkin bilgilerin belirlenmesi ve bölgenin su kaynaklarının korunması ve yönetimi konusunda karar vericilere rehberlik etmek amacıyla yapılan önemli bir araştırmadır.

Güner (2016) tarafından yapılan çalışmada, Göksu ve Silifke bölgelerinde yeraltı suyunun kalitesi izlenmiş ve kirlenme potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma, Mayıs 2012 - Nisan 2013 tarihleri arasında bir yıl süresince gerçekleştirilmiştir. Göksu havzasında 13, Silifke alt havzasında ise 12 adet DSİ'ye ait yeraltı suyu gözlem kuyusu belirlenmiş ve yeraltı suyu numunelerinin fiziksel ve kimyasal parametreleri aylık periyotlarla izlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, SAR (Sodium Adsorpsiyon Oranı) ve RSC (Residual Sodium Carbonate) değerlerinin güven sınırları içinde olduğu gözlemlenmiştir. Sülfat değerlerinde belirgin dalgalanma olmaması ve yüksek seviyelere ulaşması, suyun deniz girişimine maruz kaldığını göstermektedir. Nitrat değerlerinin çok yüksek seviyelere ulaşmasa da tarımsal etkinin izlerini taşıdığı görülmüştür. Katyon analizleri sonucunda, sığ akifer sularının kalite değişiminde delta bölgesindeki insan etkileri ve kayaç çözünmesinin etkili olduğu belirlenmiştir.

Alüvyon akiferdeki kuyu suları, Türkiye'de ve dünyada kabul görmüş limit değerlerle mukayese edilmiştir. TSE'ye göre Na<sup>+</sup> iyonu hariç diğer parametrelerin sınırları

aşılmamıştır. Diyagram çalışmaları sonucunda suların deniz etkisi ile tuzlu sular sınıfındadır. Ağır metal analiz sonuçları genel olarak limit değerler altındadır.

Yıldız (2009) tarafından yapılan çalışmada ise Ankara'nın Çayyolu-Konya Yolu arasındaki akiferlerde yeraltı sularının kalitesi incelenmiştir. Çalışmada sondajlardan alınan yeraltı suyu numuneleri fiziksel ve kimyasal deneylerle ölçülmüş ve laboratuvar analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler, grafiksel metotlarla standartlar ve yönetmeliklerle mukayese edilmiştir. Piper, Schoeller, Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı çizelge grafikleri kullanılarak su kimyası değerlendirilmiş ve bölgedeki baskın yeraltı suyu fizikokimyasal fasiyesin sodyum ve bikarbonat olduğu belirlenmiştir. Su numunelerinin hangi jeolojik yapının akiferinden kaynaklandığı, bölgenin jeolojisiyle suyun mineral doyunluğu karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Her iki çalışma da yeraltı suyunun kalitesini belirlemeye yönelik olup, su kaynaklarının kullanılabilirliği ve kirlenme potansiyeli hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır.

Narsimha vd., (2012), çalışmalarında yer altı suyunun evsel ve tarımsal amaçlara uygunluğunun değerlendirmişlerdir. Yeraltı suyu, çalışma alanındaki evsel ve tarımsal faaliyetlerin ana kaynağıdır. Yeraltı suyu numunelerindeki F- miktarının %70'i 1,5 mg/L içilebilir limit içindedir. Yeraltı suyunun sulama amacına uygunluğu, toplam yeraltı suyunun %80'inin yüksek tuzluluk tehlikesi (C3) ve düşük sodyum tehlikesi (S1) türü bölgesinde düştüğünü gösteren ABD Tuzluluk Grafik Sistemine göre değerlendirilmiştir. Wilcox Grafik Sistemi, yeraltı sularının çoğunun (%70) sulama amaçlı izin verilenler kategorisine girdiğini göstermektedir. Yeraltı suyundaki kalıntı sodyum karbonat (RSC) 1,25 meq/ L' den azdır ve bu nedenle sulama için uygundur. Kalıntı sodyum bikarbonat konsantrasyonu, çalışma alanında -1,39 ile 0,86 meq/ L arasında değişmiştir. Çalışma alanından toplanan tüm numuneler sulama amaçları için tatmin edici (<5 meq / L) bulunmuştur.

## **2.2 Tuzlulukun Bitkiler Üzerine Etkileri**

Khalid (2019) çalışmasında, Pakistan'ın Baçolistanda tuğla imalatında kullanılan yeraltı suyu kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. 30 adet noktadan yeraltından

sondajla su numunesi alınmış ve su kalitesini belirlemek için 22 farklı parametre analiz edilmiştir. Sodyum Adsorbsiyon Oranına, Kalıcı Sodyum Karbonat, Yüzde Na, PI ve MH gibi değerler hesaplanarak su kalitesi değerlendirilmiş ve Piper Grafik Sistemi kullanılarak su tipi belirlenmiştir. Sonuçlar, Quetta'nın numunesinde CaCl, Pishin ve Mastung'un numunesinde ise NaCl tipinde olduğunu göstermiştir. Çalışmada alınan su numunelerinin içme ve sulama suyu olarak kullanımı için yeterli nitelikte olmadığı kullanılımasının sakıncalı olacağını ifade edilmiştir.

İslam vd., (2018) çalışmasında, Güney Bangladeş'teki yeraltı sularının sulamaya uygunluğu incelenmiştir. Su bolluğunun olduğu ve kuru periyotlarda toplam 46 adet yeraltı suyu numunesi alınmış ve pH, EC, TDS,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $F^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Ca^{+2}$   $Mg^{+2}$ ,  $K^+$  gibi parametreler analiz edilmiştir. Piper ve Gibbs grafikleri kullanılarak sulama potansiyeli belirlenmiştir. Finalde alınan örneklerin orta kademedeki kullanılabilir olduğu kanısına varılmıştır.

Abbasnia vd. (2019) çalışmasında ise Sistan ve Belucistan'da yeraltı sularının kalitesi incelenmiştir. 654 adet sondaj noktasından su örneği alınmış ve kimyasal parametreler analiz edilerek su kalite indeksleri hesaplanmıştır. Piper Grafik Sistemi kullanılarak su tipi belirlenmiş ve büyük çoğunluğunun NaCl ve Ca  $SO_4^{2-}$  tipinde olduğu gözlemlenmiştir. Harita alan tarama modellemelerinden faydalanarak tarımsal amaçlı kullanılan suyun kalitesine ait yayılım haritası oluşturulmuş ve kuyuların çoğunluğunun mükemmel ve iyi olarak sınıflandırıldığı belirlenmiştir.

Bu çalışmalar, yeraltı suyu kalitesinin belirlenmesi ve sulama potansiyelinin değerlendirilmesi için farklı parametrelerin analiz edildiğini ve su kalite indekslerinin kullanıldığını göstermektedir. Bu bilgiler, bölgesel su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve tarımsal sulama planlamasında önemli bir rol oynayabilir.

Elubid vd. (2019), CBS ve sayımlama metotları ile Sudanın doğu bölgesinde yeraltı suyu özelliklerini, araştırmak niyetiyle uygulamaları içeriğinde 40 adet yeraltı su kaynağından numune temin etmişler Suların parametrelerini araştırmak gayesiyle uygulamada Piper, Bivariate, Dendrogram ve Durov çizimlerinden faydalanmışlar ve lokasyonel dağılım krokileri düzenlemişler.

Şener ve Güneş (2014), yaptıkları çalışmalarında Isparta'dan bulunan aksu ovası lokasyonunda jeolojik, hidrolojik, yeraltı su jeolojisi ve yeraltı suyu fizikokimyasal parametreler araştırılmıştır. Buna ek olarak araştırma uygulamasında lokasyonda yeraltı suyu hareket özellikleri, anlık suyun niteliklerinin kullanıma uygunluğunu/uygunsuzluğunu bulmak hedeflenmiştir. Bu minvalde, 2013 yılı mayıs ayında su temin edilen noktalarda üzerinde insitu değerleri alınmış ve kimyasal deneyler uygulanmıştır. Verilere göre, araştırma yapılan alanda su temin lokasyonlarını Mg- HCO<sub>3</sub>, Ca- HCO<sub>3</sub> ve Mg-Ca- HCO<sub>3</sub> sular sınıfına girdiği değerlendirilmiştir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği sınıflandırma özelliklerine göre alın tüm numuneler sülfür değerinden dolayı IV. su kalite sınıfına girmektedir. Sonuçlar bu alanda var olan kaya-su ilişkisinden olduğunu göstermektedir. Diğer yandan kullanım durumuna göre bir yorumlama yapacak olursak alınan numune sular içme ve tarımsal amaçlı kullanılabilirlerdir.

Kawo ve Karuppanan (2018), çalışmalarında Etiyopya'da bulunan Modjo akarsuyunun olduğu bölgede yeraltı sularının içilebilirliğini ve tarımda kullanılabilirliğini değerlendirmek gayesiyle 31 yeraltı noktasından aldıkları suların alarak eksin ve artın deneylerini gerçekleştirmişler. Araştırmada numunelerin özelliklerini bulmak için Piper Grafik Sisteminden faydalanmışlardır. Ve eksin ve artın sonuçları ile bölgesel dağılım haritaları hazırlamışlardır. Piper Grafik Sistemine göre numune alınan alanlarda Ca – Na – HCO<sub>3</sub>, Na – Ca – HCO<sub>3</sub> (tümleşik) ve Na – HCO<sub>3</sub> su çeşitlerinin varlığını bulmuşlar. Araştırma neticesinde %97'sinin Sodyum Adsorbsiyon Oranı sonuçlarının tarımsal sulamada kullanılabilir olduğu, RSC sonucuna bakıldığında bölgenin %41,93'ünün tarımsal sulama için orta derece kullanmadan değerlendirilmesi gereken su ve %48,38'ünün ise tarımsal sulamada kullanılmaması gerektiğini belirtmişlerdir.

Misaghi vd. (2017), araştırmalarında İran'da bulunan Ghezal Ozan akarsuyunun tarımsal amaçlı sula kullanılabilirliğini bulmak için 4 ayrı lokasyonda uzun dönemli 45 yıllık su parametre analiz sonuçlarından faydalanmışlardır. Suların tarımda kullanılabilirliğini değerlendirmek için pH, EC, Na<sup>+</sup>Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SAR ve TDS deney sonuçlarını alarak su kalite indeksi verilerine dönüştürmüşlerdir. Araştırmalarında nehrin akış yönünde her noktasında değerlerin stabil olmadığını farklılıklar

gösterdiğini tespit etmişlerdir. Su özelliklerini belirlerken izleme çalışmalarının daha uzun soluklu yapılması gerektiği kanaatine varmışlardır.

Yeraltı suyu kirliliği, tarımsal, endüstriyel ve kentsel faaliyetlerin yanı sıra doğal kaynaklı kirlilikten de kaynaklanabilir. Doğal kaynaklı kirlilik, suyun yeryüzünden aşağıya doğru hareketi sırasında temas ettiği organik maddeleri, toprakları ve kayaçları içeren bileşenlerin suya geçmesiyle oluşur. Yeraltı suyu içerisinde bulunan tabiattan gelen istenmeyen maddeler; demir, manganez, alındığından sağlıkta bozucu etki yapan elementler ve işnetkin çekirdekler bulunur.

Jeolojik yapıdan kaynaklanan kirlenme, yeraltı suyunun doğal yollarla kirlenmesinin en önemli nedenidir. Bazı kayaçların aşınması sonucu yeraltı sularına tuzlu, gipsli, susuz kalsiyum sülfatlı ve borlu bileşikler girebilir. Bu durum, yeraltı suyunda istenmeyen minerallerin yüksek konsantrasyonlarda bulunmasına neden olur. Örneğin, kalsiyum ve magnezyum gibi elementlerin yüksek konsantrasyonları su sertliğine sebep olabilir. Yeraltı suları genellikle içme ve kullanma suyu olarak kullanıldığı için suyun sertlik parametresinin istenilen değerlerde olması önemlidir.

Toprakta bol miktarda bulunan demir elementi, yeraltı suyunda konsantrasyonu yüksekse suyun tadını ve görünümünü bozabilir, ancak sağlık açısından ciddi problemlere yol açmaz. Ancak, uzun süre yüksek miktarda selenyum içeren suya maruz kalmak sinir sisteminde bozulmalara neden olabilir. Florür ise düşük konsantrasyonlarda diş hastalıklarının önlenmesine yardımcı olmasına rağmen yüksek konsantrasyonlarda diş ve iskelet sisteminde hasara neden olabilir.

Bu nedenle, yeraltı suyunun içeriğini belirlemek için hidrojeoloji ve jeokimya çalışmaları oldukça önemlidir. Bu çalışmalar, yeraltı suyunun potansiyel kirleticileri ve kirlilik düzeyini belirlemek için yapılmaktadır. Kirleticilerin bulunduğu yeraltı suyu genellikle arıtıldıktan sonra içme suyu veya diğer amaçlar için kullanılabilir hale getirilir.

Yeraltı suyu kirliliği, çeşitli faktörlerden kaynaklanabilir. Bunlar arasında deniz suyu girişi, jeotermal alan etkileri ve antropojenik kaynaklı kirlilik bulunmaktadır.

Deniz suyu girişi, yeraltı sularının aşırı kullanıldığı durumlarda, komşu akiferlerden veya denizlerden akiferlere su girişi olarak ortaya çıkar. Bu durumda, deniz suyu içeren suyun akifer içine girmesi ve yeraltı suyunun tuzlanmasına neden olması söz konusu olabilir.

Jeotermal alan etkileri, özellikle tarımsal faaliyetlerde kullanılan yeraltı sularına jeotermal suların karışması sonucunda oluşabilir. Jeotermal sular, yer altından çıkan yüksek sıcaklığa sahip sulardır ve içerdikleri mineraller nedeniyle sularda bor kirlenmesine yol açabilir.

Antropojenik kaynaklı kirlilik, insan etkinlikleri sonucunda yeraltı sularının yapay yollarla kirlenmesidir. Bu kirlilik çeşitli kaynaklardan kaynaklanabilir. Evsel etkinliklerden kaynaklanan kimyasal atıklar (deterjanlar, kanalizasyon vb.), tarım alanlarında kullanılan pestisitler, azot bileşikleri ve gübreler, sanayi faaliyetleri sonucunda oluşan fabrika atık suları ve ağır metaller bu kaynaklara örnek olarak verilebilir. Ayrıca, yeraltı suyu havzalarında yapılan araştırma çalışmaları sırasında çok sayıda kuyunun açılması ve işletilmesi, havza koruma alanlarının belirlenmemesi gibi faktörler de yeraltı suyu kirliliğine katkıda bulunabilir.

Bu nedenlerle, yeraltı suyu kirliliği sorununu önlemek ve kontrol etmek için sürdürülebilir kullanım ve koruma stratejileri geliştirilmesi önemlidir.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1 Materyal**

##### **3.1.1 Çalışma Alanı Kastamonu Alt Havzası Hakkında Bilgiler**

Kastamonu Alt Havzası, Kızılırmak Havzasının batı bölgesinde yer alıp 2355 km<sup>2</sup>'lik yüzey alanına sahiptir. Aynı zamanda Kızılırmak Havzasının %2,8'ine denk gelmektedir. 36 zonda bulunan Kastamonu Alt Havzası, 46-06-514/45-43-992 enlemleri ile 52-13-17/59-76-35 boylamları arasında bulunmaktadır. Kastamonu Alt Havzasının doğusunda Taşköprü Alt Havzası yer alırken, güneyinde ise Tosya Alt Havzası yer almaktadır (Şekil 3-1).

Havza sınırları içerisinde yer alan Daday Çayı havza çıkışında Gök Irmak'a boşalmaktadır. Doğusunda yer alan Taşköprü Alt Havzasına doğru akışa devam etmektedir. DSİ'nin 23. Bölge Müdürlüğü görev alanı içerisinde yer alan Kastamonu Alt Havzası, sırayla Çankırı ve Kastamonu il sınırları içerisinde yer almaktadır. Çankırı ilinin %0,22'si ile Kastamonu ilinin %99,78'i girmektedir. Genellikle Kastamonu ili engebeli arazilerden oluşmaktadır. İlin kuzey bölgesinde Batı Karadeniz Dağları yer almaktadır. Karadeniz kıyısına paralel olarak İsfendiyar (Küre) Dağları yer almaktadır. Münferit olarak Yaralıgöz Dağı (1985 m), Göynük Dağı (1770 m), Dikmen Dağı (1471 m), Kurtgirmez Dağı (1450 m), Güruh Dağı (1493 m.), Ballıdağ (1400 m), Isırganlı Dağı, Harami Dağı ve Elek Dağı önemli yükseltileri teşkil etmektedir. İlin güney bölgelerinde ise Ilgaz Dağları yer almaktadır. Devamlı ve yüksek olan bu dağlar o şekilde yer almaktadır. Kuzey bölgelerinde yer alan Araç Çayı ve Gökırmak, güney bölgelerinde ise Devrez Çayı vadileri ile çevrilmiştir. Çatalılgaz Tepesi ise 2565 m yükseklik ile en yüksek noktasıdır.

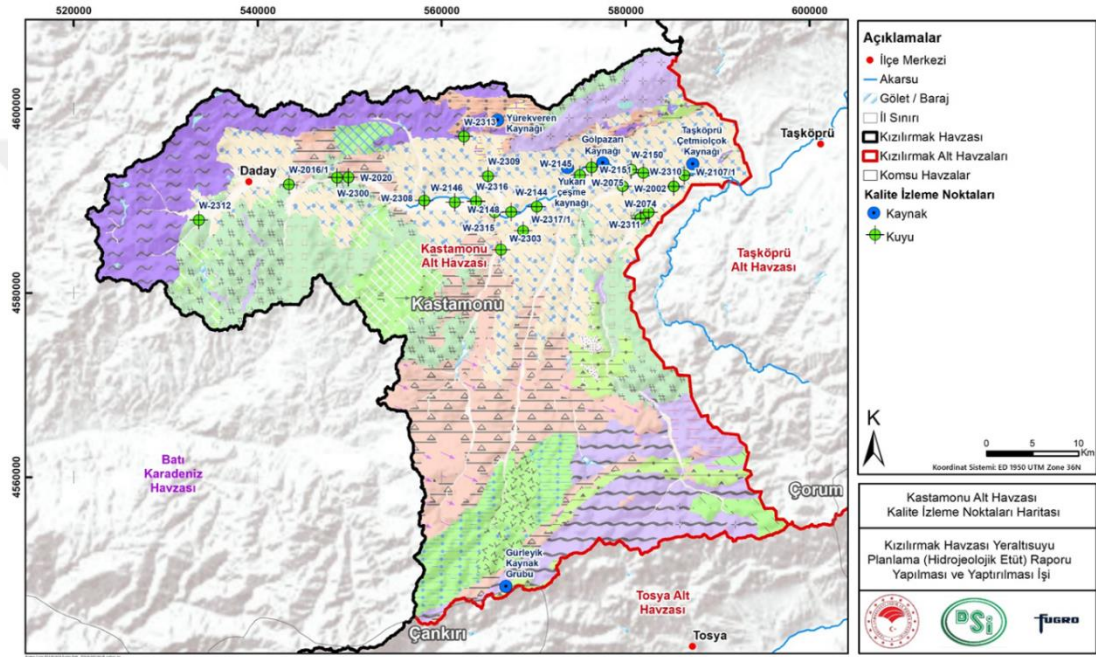


yapılan tahsislerin çıkarılması durumunda kalan rezerv miktarı 18,90 hm<sup>3</sup>/yıl şeklinde ifade edilmiştir.

Yapılan çalışmada Daday Ovasında yer altı suyu bulunduran seriler, Neojen ve Alüvyona ait formasyonlar şeklinde ifade edilmektedir. Alüvyonun kalınlığının zaman zaman 2-30 m arasında değişmesi ve ovada birinci akiferi teşkil ettiği ifade edilmiştir. 1964 yılında açılan araştırma sondaj kuyularında kuyuların verimlilikleri 10-30 l/sn arasında değişmesi ve alüvyonda açılan kuyuların tamamı su vermiştir. Kastamonu Ovasında Neojen'e ait olan serilerin genel olarak plastik yapılı, gri ve yeşil renkli, geçirimsiz, oldukça kalın killer ile gaz basınçlı su ihtiva eden kumlu çakıllı seviyelerden oluşmaktadır. Ova genelinde açılan tüm kuyularda alüvyon altında bu serilerin geçildiği ve doğuya kadar Karaköy mevkiinde Neojen serilerinin yerini Oligosene ait serilere bırakmıştır. Daday Ovası'nda açılan 3 adet kuyuda özgül verim değerleri 1,3 l/s/m ve 8,95 l/s/m arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Transmisibilite değerlerinin 80 m<sup>3</sup>/gün/m ve 1437 m<sup>3</sup>/gün/m arasında değiştiği belirtilmiştir. Kastamonu alt havzasında da görüldüğü üzere yüzey suyundan ve yağıştan süzülme şeklinde gerçekleşmesi ve toplam beslenme miktarlarının 11,90 hm<sup>3</sup>/yıl olduğu, boşalım hareketlerinin ise kuyularla yapılan çekimler (3,2 hm<sup>3</sup>/yıl) ve yeraltından ırmak ve derelere olan boşalım (8,70 hm<sup>3</sup>/yıl) şeklinde olması ve toplam besleme miktarı ile toplam boşalım miktarlarının eşit oldukları gözlemlenmiştir. Ova ile ilgili olarak hazırlanan raporlarda boşalım ve besleme miktarları göz önünde bulundurularak yer altı suyu emniyetli işletme rezervi 6,77 hm<sup>3</sup>/yıl olarak hesaplanmış ve ovada yapılan tahsislerin çıkartılması sonucunda geriye kalan rezerv miktarları 3,57 hm<sup>3</sup>/yıl olarak ifade edilmiştir. Etüt alanında bulunan kişilere ait olan sığ kuyulardan kurak periyot (Eylül-Ekim) ve yağışlı periyot (Nisan-Mayıs) statik ölçümler yapılmış ve elde edilen bulgulara göre her iki dönem için ayrı olacak şekilde su seviye haritaları hazırlanmıştır. Akım yönü hazırlanan haritalara göre Daday-Kastamonu-Taşköprü yönünde olduğu belirlenmiştir (Kastamonu-Daday-Taşköprü Havzaları Hidrojeolojik Revize Etüt Raporu (DSİ, 2008).

Kastamonu Alt Havzasında hazırlanan haritalara göre her iki dönemde de yer altı suları ana derenin membasından mansabına doğru hareket ettiği tespit edilmiştir. DSİ (2008) raporuna göre alt havzada boşalım ve besleme değerleri 117,64 hm<sup>3</sup>/yıl olarak tespit

edilmiştir. 2016 yılının ocak ayı itibarıyla tahsislerin çıkartılması durumunda geriye kalan yer altı suları 11,972 hm<sup>3</sup>/yıl olarak tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında hazırlanan yeraltı sularının seviye grafikleri incelendiğinde özellikle 2009-2015 yılları arasında devamlı dönüşüm hareketleri gözlemlenmektedir. Toplum dönüşüm bununla birlikte sadece 1 m olduğu ve çekimler nedeniyle ciddi dönüşüm hareketleri görülmemiştir (Kızılırmak Havzası Master Plan Raporu Hazırlanma İşi-Aşağı Kızılırmak Yüzeysel Suyu Alt Havzası (DSİ, 2014)).



Şekil 3.2 Kastamonu Alt Havzası Kalite İzleme Noktaları

### 3.1.2 İklim ve Bitki Örtüsü Özellikleri

Kastamonu ilinde iki farklı iklim görülmektedir. Güney bölgelerinde İç Anadolu’da da görülen karasal iklim hüküm sürerken, kuzey bölgelerinde ise Karadeniz iklimi hüküm sürmektedir. Kıyı bölgelerine paralel bir şekilde uzanan İsfendiyar Dağları iç bölgelere Karadeniz ikliminin girmesini önlemektedir. Yağışlar kıyı bölgelerde daha yaygındır. Yıl boyunca 20 gün kar yapmakta ve toprak 40 gün boyunca karla kaplı bir şekilde kalmaktadır (DSİ, 2014). Köppen-Geiger iklim gruplandırılmasına göre havza her mevsim yağışlı, kışları ılıman ve yazları ılık iklim sınıfında yer almaktadır (Cfb). Kastamonu Alt Havzasında görülen yıllık toplam yağış ortalama olarak 576 mm olmakla birlikte aylık olarak ortalama sıcaklık değerleri ağustos ayında 19°C

görülürken, en düşük sıcaklık ise ocak ayında -1°C olarak tespit edilmiştir. Fundalık ve ormanlar Kastamonu’da önemli miktarda bulunmaktadır. Kastamonu il merkezinin kuzey bölgelerinde sahil şeridi boyunca dağ silsilesi boyunca iyice sıklaşmakta ve bu bölgeler sık orman bölgeleri olarak isimlendirilmektedir. İlin güney bölgelerinde Ilgaz bölgesinde yaprağını dökmeyen oldukça sık bir orman örtüsü görülmektedir. Genel olarak Kastamonu ilinde orman ağaçları olarak karaçam, kızılçam, göknar, sarıçam, ardıç gibi ibreliler ile meşe, kayın, kestane, kavak ve çınar gibi yapraklı ağaçlardan oluşmaktadır. Aynı zamanda orman gülü, kocayemiş, böğürtlen, çobanpüskülü ve yabani fındık gibi ağaççıklarda görülmektedir. Nem ve yağış oranının yüksek olmasından dolayı zengin bir orman altı örtüsü bulunmaktadır (T.C. Kastamonu Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü 2018 Yılı Çalışma Raporu).

### 3.1.3 Arazi Varlığı ve Tarımsal Yapı Bilgileri

Tablo 3.1 Arazi Varlığı Dağılımı

<b>Kastamonu</b>	Alan (ha)	Yüzölçümüne Oranı (%)	Alan (ha)	Yüzölçümüne Oranı (%)
<b>Tarım</b>	24.437.000	27,60%	312.170	23,82%
<b>Çayır ve Mera</b>	14.617.000	18,60%	27.500	2,10%
<b>Orman</b>	21.678.134	31,10%	876.705	66,88%
<b>Diğer</b>	17.802.336	22,70%	94.935	7,24%
<b>Toplam</b>	<b>78.534.470</b>		<b>1.310.810</b>	

### 3.1.4 Su Kaynakları/Noktaları

#### 3.1.4.1 Akarsular

Daday Çayı ve Gökırmak havza sınırları içerisinde kalan en önemli akarsulardandır. Akarsular batıdan doğuya doğru akış göstermektedir. Kastamonu alt havzasında yer alan akarsular genel olarak 2. ve 3. Strahler sınıfında yer almaktadır.

### 3.1.4.2 Kaynaklar

Kaynak lokasyonları göz önünde bulundurulduğunda genel olarak alt havzanın güneyinde ve kuzeyinde yaygın bir şekilde görülmektedir. Daday ilçesi ve etrafında yer alan kaynak debileri 1 – 10 l/s arasında değişmekte olup tamamı kullanma ve içme suyu gibi amaçlarla depoya alınarak evlere dağıtımı gerçekleştirilmektedir. Diğer kaynaklar ise Kastamonu'nun merkez ilçesinde bulunmaktadır ve debileri ise 1 – 80 l/s arasında değişkenlik göstermektedir.

İlçenin güney bölgelerinde yer alan Gürleyik kaynakları alt havzanın önemli kaynakları arasında yer almaktadır. Debileri yaklaşık olarak 15 l/s oranında değişkenlik göstermektedir. Ilgaz Dağının üst kesimlerinde Üst Kretase – Paleosen yaşlı Pervanekaya formasyonu içinde bulunan dolomitik ve kireçtaşıdan beslenerek Bekirli formasyonu ile dokunağından boşalım sağlamaktadır. Kaynak sularının çıkış bölgelerinde depolara alınarak Kastamonu il merkezine kullanma ve içme suyu gibi amaçlarla taşınmaktadır. Diğer kalan kaynaklar ise köylere yine içme suyu amacıyla taşınmaktadır. Bu kaynaklar aynı zamanda Pervane kayası formasyonunun boşalım kaynaklarındandır.

Kastamonu ilçe merkezinin kuzey kıyılarında ise 15 l/s altında olan 9 adet kaynak kullanma ve içme amacıyla yakın mahallelere yönlendirilmektedir. Genel olarak bu kaynaklar Sakızdağ formasyonu, Çaylak formasyonları ve Kavak formasyonundan beslenmektedir. Gölpazarı (50 l/s) ve Yürekveren (80 l/s) kaynakları ise alt havzadaki en önemli kaynaklardır. Gölpazarı kaynağının çıkış noktasında oluşturulan göl alanının tabanından kaynaması sonucunda sulama kanalına taşınmaktadır. Yürekveren kaynağı ise Eosen-Paleosen yaşlı çaylak formasyonu üst kotlarından beslenmesi sonucunda çıkış noktalarında çeşitli balıkçılık tesislerinin kullanılması için kanallara ayrılmaktadır. Tesislerden arta kalan sular ise yüzey sularına bırakılmaktadır.



Şekil 3.3 Gürleyik 1-2 Kaynakları – Kastamonu / Merkez



Şekil 3.4 Yürekveren Kaynağı – Kastamonu / Devrekâni

### 3.1.4.3 Temel, araştırma ve su sondaj kuyuları

Yapılan arazi çalışmaları sonucunda alt havzada toplamda 383 adet kuyu tespiti yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda ise kuyularla ilgili olarak elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Aşağıdaki tablolarda kuyuların türleri ve kullanım amaçları verilmiştir.

Tablo 3.2 Kastamonu Alt Havzası Kuyu Adedi

<b>Tür</b>	<b>Adet</b>
DSİ Kuyusu	23
Belgeli Kuyular	318
Diğer Kuyular	42
Toplam	383

Tablo 3.3 Kastamonu Alt Havzası'ndaki Kuyuların Kullanım Amacı

<b>Kullanım Amacı</b>	<b>Adet</b>
Sulama Suyu	272
Kullanma	36
İçme Suyu	52
Endüstri	4
Araştırma	19

Kuyular genellikle alt havzanın orta bölgelerinde yer alan Holosen yaşlı alüvyon birimler üzerinde küçük bir bölümü de Miyosen-Oligosen yaşlı Sakızdağı formasyonu üzerinde açılmıştır. Alt havzada yer alan kuyu derinlikleri 2-250 metre arasında değişkenlik göstermektedir.

#### **3.1.4.3.1 Kısa dönemli izleme etüt raporu kapsamında analizlenen numuneler**

Kastamonu Alt Havzası'nda 1. Ara Rapor kapsamında kütle baskı durumları ve geçmiş dönemlerde DSİ Bölge Müdürlüklerince gerçekleştirilen kimyasal analizler dikkate alınarak alt havzayı temsil edebilecek 23 adet kuyu ve 4 adet kaynaktan yeraltı suyu kalite izlemesi yapılması planlanmıştır. Bu kapsamda alt havzada çalışmalar 1. Dönem (kurak) 12/11/2020 – 16/11/2020 tarihleri arasında, 27 noktadan 2. Dönem (yağışlı) 04/06/2021 – 08/06/2021 tarihleri arasında, 27 noktadan 3. Dönem 02/10/2021 – 06/10/2021 27 noktadan Kastamonu Alt Havzası 4. Dönem 18/05/2022-19/05/2022 27 noktadan numune alınarak analiz noktaları tarihleri arasında yürütülerek. Numune alınan noktalar Şekil 3.5'de Kastamonu Alt Havzası kalite izleme noktaları verilmiştir. Alınan bu numunelerinin analiz sonuçları sulama suyuna uygunluk açısından değerlendirilecektir.

- 1.Dönem (kurak) 13/09/2020 - 26/11/2020
- 2.Dönem (yağışlı) 06/04/2021 - 16/06/2021
- 3.Dönem (kurak) 01/09/2021 – 13/10/2021
- 4.Dönem (yağışlı) 14/04/2022 – 27/05/2022 tarihleri arasında yürütülmüştür.

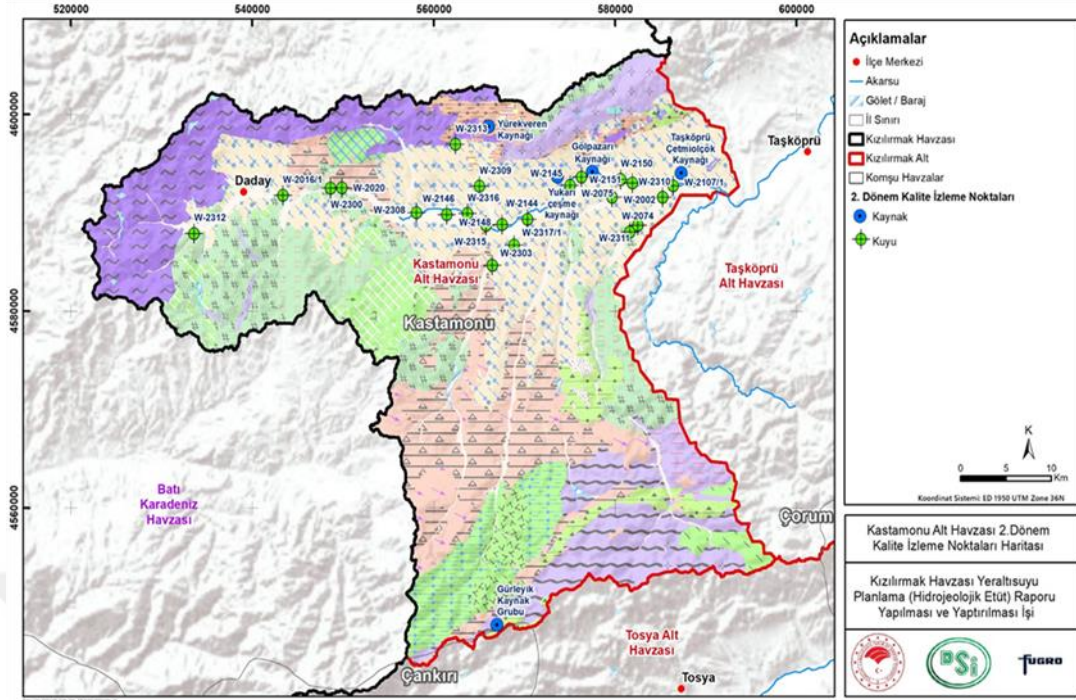


Tablo 3.4 Araştırma kuyuları yerbildirim ve numune alma zamanları tablosu

Kuyu Adı	Tür	Numune Kodu	Zon	X (UTM)	Y (UTM)	1.Alım Tarihi	2.Alım Tarihi	3.Alım Tarihi	4.Alım Tarihi
1.Halaçlı köyü içme suyu kuyusu	Kuyu	W-2002	36N	579669	4591433	15/11/2020	07/06/2021	05/10/2021	19/05/2022
2.Daday Fidanlık	Kuyu	W-2016/1	36N	543395	4591639	13/11/2020	07/06/2021	05/10/2021	18/05/2022
3.Afurozu Mahallesi İçme Suyu Kuyusu	Kuyu	W-2020	36N	549865	4592412	13/11/2020	07/06/2021	05/10/2021	19/05/2022
4.Recep Yılmaz	Kuyu	W-2074	36N	581618	4587921	14/11/2020	07/06/2021	04/10/2021	19/05/2022
5.Kastamonu Şeker Fabrikası	Kuyu	W-2075	36N	576302	4593494	15/11/2020	08/06/2021	05/10/2021	19/05/2022
6.Çoroğlu Köyü İçmesuyu	Kuyu	W-2107/1	36N	586375	4592624	13/11/2020	08/06/2021	04/10/2021	19/05/2022
7.Hasköy köyü icme suyu kuyusu	Kuyu	W-2144	36N	570335	4589207	16/11/2020	08/06/2021	04/10/2021	19/05/2022
8.İrfan Küllüoğlu	Kuyu	W-2145	36N	575037	4592658	15/11/2020	07/06/2021	05/10/2021	19/05/2022
9.Gölköy Köyü İçme Suyu Kuyusu	Kuyu	W-2146	36N	561429	4589689	13/11/2020	05/06/2021	05/10/2021	19/05/2022
10.Hocaköy Köyü İçme Suyu Kuyusu	Kuyu	W-2148	36N	567554	4588656	13/11/2020	08/06/2021	05/10/2021	19/05/2022
11.Ayvalı koyu asagi mahallesi icme suyu kuyusu	Kuyu	W-2150	36N	580608	4593264	15/11/2020	07/06/2021	05/10/2021	19/05/2022
12.Cavundur köyü icme suyu kuyusu	Kuyu	W-2151	36N	581920	4592884	15/11/2020	07/06/2021	05/10/2021	19/05/2022
13.Kizilorencik Mahallesi İçme Suyu Kuyusu	Kuyu	W-2300	36N	548626	4592378	13/11/2020	07/06/2021	05/10/2021	19/05/2022
14.Karayollari 15. Bölge Müdürlüğü Kastamonu	Kuyu	W-2303	36N	566449	4584553	14/11/2020	04/06/2021	05/10/2021	18/05/2022
15.Gocen-Numanlar Köyü İçme Suyu Kuyusu	Kuyu	W-2308	36N	558123	4589875	13/11/2020	07/06/2021	05/10/2021	19/05/2022
16.Arız Köyü İçme Suyu Kuyusu	Kuyu	W-2309	36N	565045	4592545	12/11/2020	05/06/2021	05/10/2021	18/05/2022
17.Akdeğirmen Mahallesi İçme Suyu Kuyusu	Kuyu	W-2310	36N	585235	4591426	14/11/2020	07/06/2021	04/10/2021	19/05/2022
18.Caycevhur Köyü Imam Mahallesi İçme Suyu Kuyusu	Kuyu	W-2311	36N	582503	4588603	14/11/2020	08/06/2021	04/10/2021	19/05/2022
19.Akpınar Mahallesi İçme Suyu Kuyusu	Kuyu	W-2312	36N	533602	4587761	12/11/2020	05/06/2021	04/10/2021	18/05/2022

Tablo 3.4'ün devamı

Kuyu Adı	Tür	Numune Kodu	Zon	X (UTM)	Y (UTM)	1.Alım Tarihi	2.Alım Tarihi	3.Alım Tarihi	4.Alım Tarihi
20.Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi Ve Tic. A.s.	Kuyu	W-2313	36N	562403	4596824	12/11/2020	05/06/2021	04/10/2021	18/05/2022
21.Sariömer Köyü İçme Suyu Kuyusu	Kuyu	W-2315	36N	565763	4588606	14/11/2020	08/06/2021	06/10/2021	19/05/2022
22.Emirler Köyü İçme Suyu Kuyusu	Kuyu	W-2316	36N	563739	4589786	13/11/2020	05/06/2021	05/10/2021	19/05/2022
23.Deha Öztosun	Kuyu	W-2317/1	36N	568843	4586605	16/11/2020	08/06/2021	05/10/2021	18/05/2022
24	Kaynak	Yürekveren Kaynağı	36N	566068	4598637	12/11/2020	05/06/2021	05/10/2021	18/05/2022
25	Kaynak	Gölpazarı Kaynağı	36N	577499	4594005	13/11/2020	07/06/2021	04/10/2021	19/05/2022
26	Kaynak	Gürleyik Kaynak Grubu	36N	566954	4548018	14/11/2020	05/06/2021	05/10/2021	19/05/2022
27	Kaynak	Taşköprü Çetmiolçok Kaynağı	36N	587271	4593880	14/11/2020	08/06/2021	02/10/2021	18/05/2022
Yukarı Çeşme Kaynağı	Kaynak	Yukarı Çeşme Kaynağı	36N	573627	4593507	16/11/2020	07/06/2021	04/10/2021	19/05/2022
Hüseyin Avni Kanat	Kuyu	W-2125	36N	536816	4590358	12/11/2020	-	-	18/05/2022



Şekil 3.5 Analizi Yapılan kuyu lokasyonları



Şekil 3.6 Kastamonu Alt Havzası Kalite İzleme Kastamonu / Daday ilçesi kuyuda numune alma çalışması

### 3.1.4.4 Uzun dönemli izlemede analizlenen numuneler

DSİ 23. Bölge Müdürlüğü sorumluluk sahası içinde bulunan Kastamonu alt havzasını temsilen uzun dönemli 2018-2022 yılları kurak ve yağışlı dönemlerde (Eylül –Nisan) gadet rasat kuyularından alınan su numuneleri parametre değişimleri ve sulama suyu uygunluk değerlendirmesi için bölge laboratuvarında yapılan analiz sonuçları değişimi gözlemlemek için değerlendirilecektir.

Tablo 3.5 Rasat Uzun Dönemli İnceleme Numune Noktaları.

Örneğin Alındığı Yer	HAVZALAR	İSTASYON NO	Koordinat (Doğu)	Koordinat (Kuzey)
KASTAMONU-KURTKÖY	KIZILIRMAK HAVZASI	59838	569833	4588535
KASTAMONU-GÖLKÖY	KIZILIRMAK HAVZASI	59840	561463	4589665
DADAY-BOYALILAR	KIZILIRMAK HAVZASI	59842	536834	4590147
TOSYA-ZİNCİRLİKUYU	KIZILIRMAK HAVZASI	57912	601226	4543753
TOSYA-ÇAYKAPI	KIZILIRMAK HAVZASI	57913	597766	4541059

## 3.2 Metot

### 3.2.1 Numune Alma Metodu

Numunelerin alınması, korunması ve analizleri 21.02.2015 tarihli ve 29274 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanarak yürürlüğe giren “Yerüstü Suları, Yeraltı Suları ve Sedimentten Numune Alma ve Biyolojik Örnekleme Tebliği”, “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz metotları Tebliği (Resmi gazete: 27372, tarih: 10.10.2009)” hükümleri esas alınarak yapılmıştır. Yeraltı suyu kuyularından alınan örneklerde pompalar bir müddet çalıştırılmış, pompa içinde ve borularda bulunan suların dışarı tamamen atılmasından 15-20 dakika sonra su örnekleri alınmıştır. Örnekler TS EN ISO 5667 Su Kalitesi-Numune Alma Standardına uygun olarak

alınmış, muhafaza edilmiş ve Kalite Laboratuvara soğuk zincir sağlanarak sevk edilmiştir. Numuneler kuyu isimlerine göre sahada etiketlenmiştir.

### **3.2.1.1 Yer altı suyundan kimyasal analiz için numune alma şartları**

**MADDE 10** – (1) Yer altı suyundan genel maksatlı numune alınmasına ilişkin işlemler “TS ISO 5667-11 Su Kalitesi -Numune Alma - Bölüm 11 – Yeraltı Sularından Numune Alma Kılavuzu’na ve “TS 9359 Su kalitesi – Yer altı Suyu Kontrol Kuyularından Numune Alma Rehberi ”ne göre yapılır.

(2) Kirlenmiş sahalardaki yer altı sularından numune alınmasına ilişkin işlemler “TS ISO 5667-18 Su Kalitesi - Numune alma - Bölüm 18: Kirlenmiş Sahalardaki Yeraltı Suyundan Numune Alma Kılavuzu’na göre yapılır.

(3) Kaynak suyu ve kaptajlarında, beslenme alanlarını karakterize edecek noktalardan numune alınır.

(4) Yer altı suyu kuyularından numune alımı işlemi aşağıdaki ilkelere göre yapılır:

a) Kuyu loglarındaki jeolojik formasyon geçişleri dikkate alınarak numune alınır.

b) Sürekli kullanılan yer altı suyu kuyularında, numune alımı öncesinde kuyu tahliyesine ihtiyaç yoktur.

c) Sürekli kullanımı olmayan yer altı suyu kuyularında, zamanla oluşabilecek muhtemel kimyasal ve biyokimyasal değişiklik akiferi temsil etmeyeceği için numune alınmasına başlamadan önce kuyu tahliyesi yapılır. Yer altı suyu kuyularında, kuyu muhafaza borusundaki durgun suyun boşaltılması için beş kuyu hacminde su tahliye edilir. Kuyu içindeki durgun su hacmi, kuyu derinliği ve kuyu muhafaza borusu iç çapı ölçümlerine göre hesaplanır. Bu hesaplamayı gösteren formül aşağıda yer almaktadır.

$$V = 0,0785D^2 (d_2 - d_1) \quad (3.1)$$

$V$  = Kuyu hacmi (litre)

$D$  = Kuyu muhafaza borusu iç çapı (cm)

$d_2$  = Toplam kuyu derinliği (m)

$d_1$  = Su yüzeyine kadar olan derinlik (m)

Kuyu hacmi hesaplandıktan sonra, beş kuyu hacmi miktarındaki durgun suyun pompalanması için gerekli olan kuyu tahliye süresi aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$Vt = 0,0833 - Q \quad (3.2)$$

$t$  = Tahliye süresi (dakika)

$V$  = Kuyu hacmi (litre)

$Q$  = Pompa debisi (litre/saniye)

ç) Sürekli kullanımı olmayan yer altı suyu kuyularında numune alımı ve kuyu tahliye işlemine başlamadan önce, kuyuda durgun halde bulunan suyun seviyesi ölçülür. Su yüzeyine kadar olan derinlik ölçülürken, kuyu muhafaza borusu iç kısmının üst noktasından su yüzeyine kadar olan derinlik ölçülür ve kaydedilir. Kuyu log bilgilerinin olmadığı durumlarda, toplam derinliği hesaplamak için kuyu muhafaza borusunun uzunluğu ölçülür ve kaydedilir.

d) Kuyu hacminin hesaplanamadığı durumlarda, pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, bulanıklık ve çözülmüş oksijen değerleri 2 dakika aralıklarla ölçülerek her bir parametre değeri sabitlenene kadar kuyu tahliyesine devam edilir.

### 3.2.1.2 Numune almanın genel esasları

Deneyler için en az iki litre numune alınmalıdır. Kimyasal ve renksiz olan su numuneleri temiz cam şişelerde saklanmalıdır. Sağlam olacak şekilde cam şişelerin ağzları tıpa ile kapatılmalıdır. Şişeler numune alınmadan önce maddelerin karışmasını engellemek için ve temizlenmesini sağlamak amacıyla en az üç defa numune alınacak su ile temizlenmesi gerekmektedir. Çalkalama işleminin gerçekleştirilmesinin ardından su ile doldurulan şişenin ağzına tıpa yerleştirilmektedir. Tıpanın şişeye girecek kısmına ve şişenin ağzına el ile ellenmemesi gerekmektedir. Deneyin yeniden

yapılması durumunda su numunesinin ilk alındığı şartlarda alınmasına önem verilmelidir.

Numunelerin alınıp tıpa ile kapatılmasının ardından şişeler üzerine etiket yapıştırılmakta ya da iple bağlanmaktadır. Okunaklı yazı ve kurşun kalemle etiketler yazılmalıdır. İstenilen bütün bilgilerin etiketin üzerine kaydedilmelidir. Şişelerde etiketlenme işleminin gerçekleştirilmesinin ardından özel sandıklara yerleştirilip laboratuvara sevk işlemi gerçekleştirilmektedir.

### 3.2.1.3 Analiz metotları/yapılan analizler yöntem standart bilgileri

Tablo 3.6 Analiz Yöntem Standart Bilgileri

SIRA NO	ANALİZ	KULLANILAN CİHAZLAR /MARKA MODEL	METOD/ STANDART
1	pH Değerinin Tayini	Ph Metre/WTW Inolab Ph 730	TS EN ISO 10523
2	Elektriksel İletkenlik, micromhos/cm (25 ° C) Tayini	İletkenlik Cihazı/ WTW Inolab cond 730	TS-9748 EN 27888
3	F- Florür Cl <sup>-</sup> KlorürCl <sup>-</sup> • SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Sülfat Anyonların Tayini	İyon Kromatografi Cihazı/ Metrohm 940 Professional IC Vario	TS EN ISO 10304-1
4	Katyonların Tayini, Na <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> K <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> Ca Kalsiyum • Mg- Magnezyum • Na- Sodyum • K- Potasyum	İyon Kromatografi Cihazı /Metrohm 940 Professional IC Vario	TS EN ISO 14911'e
5	Karbonat ve Bikarbonat Tayini CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Otomatik Alkalinite Tayin Cihazı/ Titroline 7000 D-82362	TS-3790 EN ISO 9963-1
6	Bor Tayini	Spektrofotometre /Hach Lange Contains DR6000	BOR KİT İLE



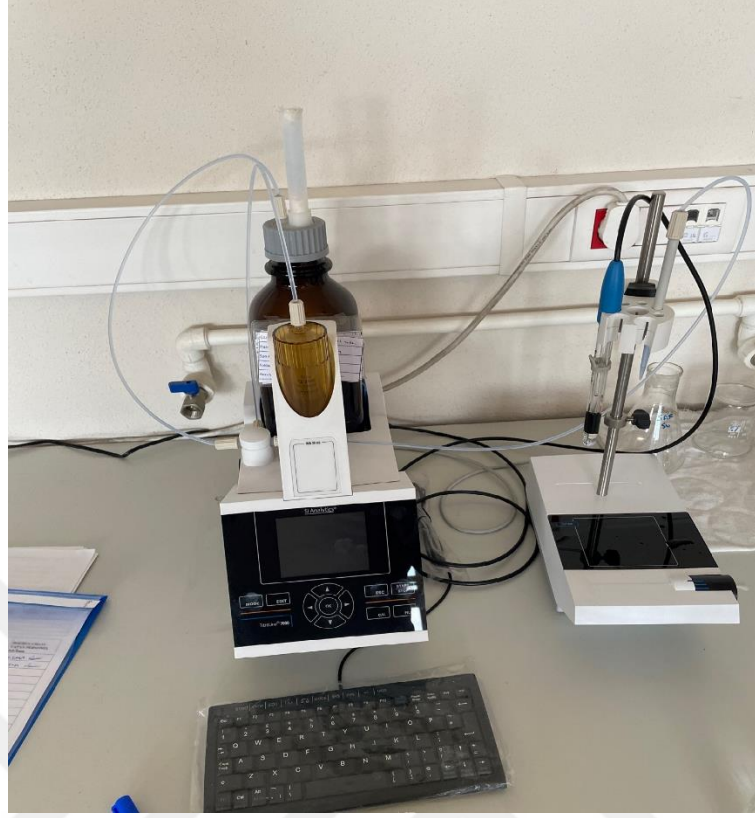
Şekil 3.7 pH Değerinin Tayini Cihazı



Şekil 3.8 Elektriksel İletkenlik Cihazı



Şekil 3.9 İyon Kromatografi Cihazı



Şekil 3.10 Otomatik Alkalinite Tayin Cihazı



Şekil 3.11 Spektrofotometre

### 3.2.1.4 Analiz sonuçlarını değerlendirme yöntemleri/ metotlar

Sulama sularında bir hayli fazla olan çözülmüş iyonlar, toprağın kimyasal ve fiziksel yapısını ve bitkilerin gelişimini olumsuz açılardan etkilemektedir. Sulama için yer altı sularının uygun olması, suyun mineral açıdan konsantrasyonlarının bitkiler ve toprak üzerindeki etkisine bağlıdır (Al-Ahmadi, 2013).

Yapılan analiz çalışmalarında sulama suyu olarak yer altı suyunun kullanıma uygun olabilmesi için yüzde Sodyum (%Na) Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve Kalıntı sodyum karbonat (RSC), değerleri hesaplanmış, ayrıca Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları kullanılarak su sınıfları belirlenmiştir. Yer altı sularının kirliliğinin ve kullanılabilirliğinin ortaya konulabilmesi için kullanılan ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları, su örneklerinin elektriksel iletkenlik ve sodyum değerlerini baz almakta ve sulama amacıyla kullanılabilirliğinin tespit edilmesi amacıyla kullanılmaktadır.

#### 3.2.1.4.1 Elektriksel iletkenlik (EC)

Elektriksel iletkenlik değeri sulara tuzluluğun en iyi olduğu göstergedir. EC değeri 0-0,25 dS/m arasında değişen sular birinci derece sulardır. Ayrıca her bitki ve toprak için rahatlıkla kullanılabilir. İkinci derece suların ise EC değeri 0,25-0,75 arasında değişkenlik göstermektedir. Tuzlara hassas bitkilerin dışında kalan bitkilerin sulama işlemlerinde kullanılmaktadır. Elektriksel iletkenlik değeri 0,5-2,25 arasında olan sular ise üçüncü sınıf sular olarak nitelendirilmekte ve drenaj sorunu olmayan bölgelerde kullanılmaktadır. Elektriksel iletkenlik değeri 2,25'den büyük olan sular ise yalnızca tuza dayanıklı olan bitkilerin sulanmasında kullanılmaktadır. Suların sulamaya uygunluk değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.7 Suların Elektriksel İletkenlik Değerine Göre Sınıflandırılması

EC Değeri (ds/m)	Su kalitesi
EC<0,25	I. Sınıf (1)
0,25<EC<0,75	II. Sınıf (1)
0,75<EC<2,225	III. Sınıf (1)
2,225<EC	IV. Sınıf (1)

**Kaynak:** (Mass, 1990)

**Sodyum Yüzdesi (% Na):** Tarımsal sulama faaliyetlerinin uygunluğunun belirlenmesi için sodyum kullanılmaktadır (Wilcox, 1955). Sodyum miktarının sulama suyunda yüksek olması kil parçacıkları tarafından absorbe edilmektedir. Bunun sonucunda ise kalsiyum ve magnezyum iyonları ile yer değiştirmektedir. Suda bulunan sodyum ile toprakta bulunan magnezyum ve kalsiyumun yer değiştirmesiyle geçirgenlik azalmaktadır (Collins ve Jenkins 1996; Saleh vd., 1999; Todd, 1980).

% Na değeri Eşitlik 3.3 ile hesaplanır (Todd, 1960; Wilcox, 1955):

$$\%Na = \frac{(Na+)x 100}{(Na++Ca+2+Mg+2+K+)} \quad (3.3)$$

Tablo 3.8 % Na Sınıflandırması

%Na	Sulama Suyu Sınıfı
%Na<20	MÜKEMMEL
20<%Na<40	İYİ
40<%Na<60	İZİN VERİLEBİLİR
60<%Na<80	ŞÜPHELİ
80<%Na	KULLANILMAZ

**Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR):** Sodyumun bitki ve toprak üzerindeki etkilerinden dolayı sulama suyundaki önemli bir etkidir (Richards 1954). Sodyumun yüksek olması geçirgenliği azaltarak bitkilerin gelişimini olumsuz etkilemekte ve toprağın işlenmesini zorlaştırmaktadır (Berhe vd., 2015; Todd,1980; Todd ve Mays 2005). Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), alkali-sodyum tehlikesini ölçmesinden dolayı sulama suyu amacıyla yer altı suyunun kullanılmasından dolayı uygunluğunu belirleyen önemli bir etkidir (Subrahmani vd., 2005). Sar değeri aşağıda verilen formül üzerinden hesaplanmaktadır (Richards, 1954);

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{2}}} \quad (3.4)$$

Formülde yer alan iyonik konstrasyonların değeri meq/1 olarak alınmıştır.

**Miliekiv alan litre (Meqveyame):** 1 M çözeltinin her bir mililitresinde 0,001 ekiv alan veya 1mili ekiv alan madde ihtiva eden eriyik olarak tanımlanır.

1ekiv alan=1000meq.Anyonlar ekivalan ağırlıkları

Tablo 3.9 Ekivalan Ağırlığı Tablosu

Ekivalan ağırlığı	Anyonlar				Kasyonlar			
	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>
	30	61	35,5	48	23	39	20	12

Tablo 3.10 Sodyum Adsorbsiyon Oranına Göre Suların Sınıflandırılması (TS 7739)

Sodyumlu (Alkali) Sularda Sınıf Özellikleri
- 1. Sınıf - Düşük Sodyumlu Sular (A1)-SAO (0-10)
- 2. Sınıf - Orta Sodyumlu Sular (A2)-SAO (10-18)
- 3. Sınıf - Yüksek Sodyumlu Sular (A3)-SAO (18-26)
- 4. Sınıf - Çok Yüksek Sodyumlu Sular (A4)-SAO (26'dan fazla)

**Kalıntı Sodyum Karbonat (RSC):** Kalıntı Sodyum Karbonat, sulama suyunda bulunan karbonat ve bikarbonatın su kalitesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. RSC, aşağıda verilen eşitlik ile ifade edilmektedir. Yer altı sularında bulunan karbonat ve bikarbonat değerlerinin magnezyum ve kalsiyumdan daha fazla olması, yer altı suyunun sulama için uygun olmasını denetlemektedir. RSC değeri aşağıdaki eşitli ile hesaplanmaktadır (Aghazadeh ve Mo- goddam, 2010; Eaton, 1950; Ragunath, 1987):

$$RSC=(CO_3^{--}+HCO_3^-) - (Ca^{++}+Mg^{++}) \quad (3.5)$$

Burada tüm iyonik konsantrasyonlar meq/l'dir.

Aşağıdaki tabloda Sodyum karbonat değerlerine göre sulama suyunun özellikleri verilmiştir (TS 7739/Aralık 1989).

Tablo 3.11 Sodyum Karbonat Değerlerine Göre Sulama Suyunun Özellikleri

Sınıfı	Sodyum Karbonat Değeri(me/l)
1. Sınıf Sulamaya uygun	1,25'den az
2. Sınıf Sulamaya orta derecede uygun	1,25 – 2,50
3. Sınıf Sulamaya uygun olmayan	2,50'den fazla

### 3.2.1.5 Anonymous (1954) – ABD tuzluluk laboratuvarı sınıflandırma sistemi

Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan Tuzluluk Laboratuvarı tarafından geliştirilen sistemin uygulamaya konulmasının ardından pek çok ülke tarafından bu sistem kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde de yaygın bir şekilde kullanım alanı bulmakta olup, günümüzde de kullanılmaya devam etmektedir. Sulama suları sistemde SAR ve EC değerleri göz önünde bulundurularak incelenmektedir. Her iki kriterde dört farklı sınıfta gruplandırılmıştır. Sodyumluk zararı S1-S4 arasında belirtilirken, tuzluluk zararı ise C1-C4 arasında ifade edilmektedir. Aşağıda söz konusu sınıfların değerlendirilmesi yapılmaktadır.

Tablo 3.12 ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sınıflaması

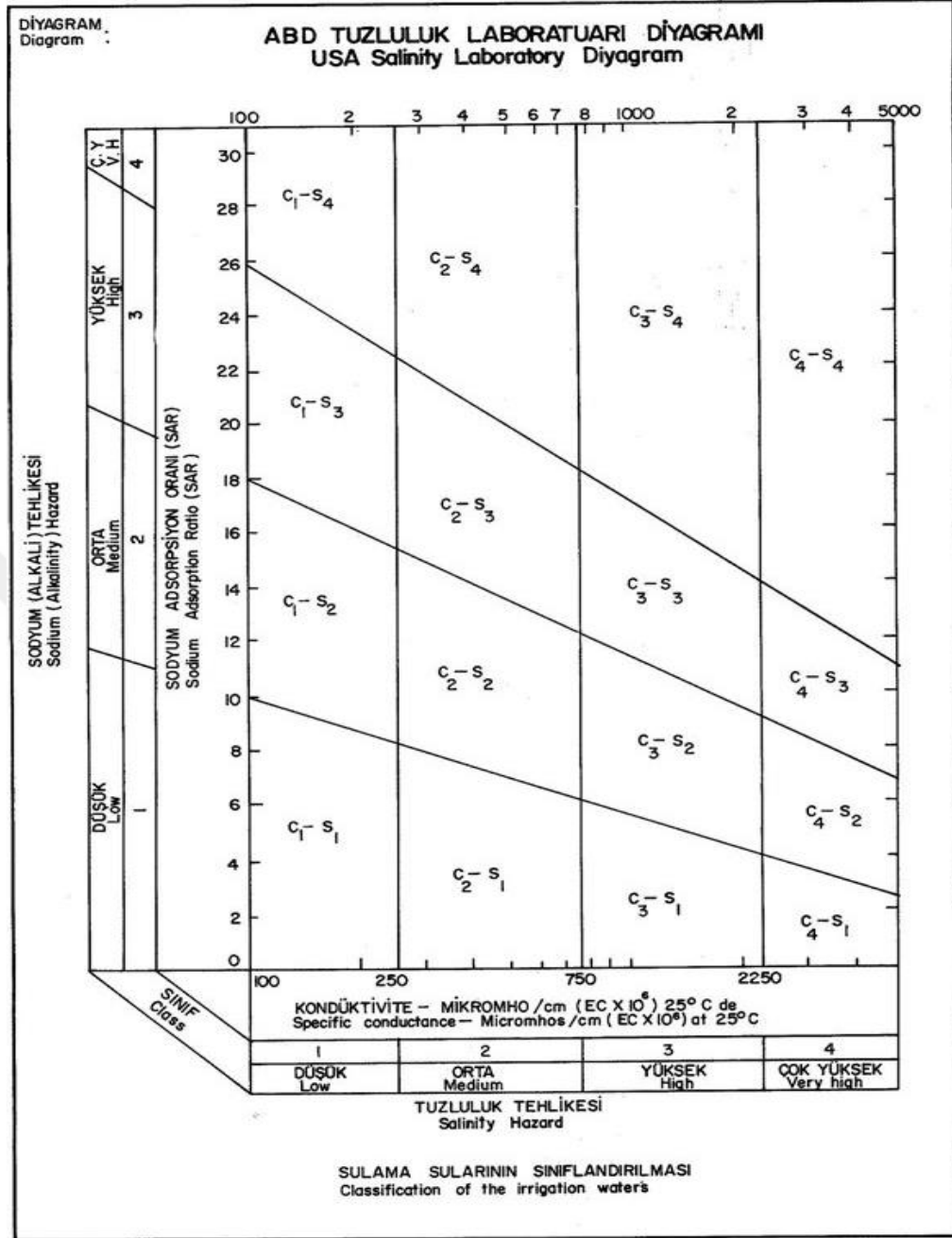
1. Sınıf	2. Açıklama	3. Sınıf	4. Açıklama
C1	Az Tuzlu Su	S1	Az Sodyumlu Su
C2	Orta Tuzlu Su	S2	Orta Sodyumlu Su
C3	Yüksek Tuzlu Su	S3	Yüksek Sodyumlu Su
C4	Çok Yüksek Tuzlu Su	S4	Çok Yüksek Sodyumlu Su

**C1 Düşük Tuzlu Sular:** 0-250 Mikromho/cm arasında elektrik iletkenlik değerine sahip olan sulardır. Her toprak ve bitki için uygun olup tuzluluk problemi oluşturmadan uzun yıllar boyunca güvenli bir şekilde kullanılabilirler.

**C2 Orta Tuzlu Sular:** 250-750 Mikromho/cm arasında elektrik iletkenlik değerine sahip olan sulardır. Orta derecede tuza duyarlılığı olan bitkilerde herhangi bir problem olmadan kullanılmaktadır. Fakat tuza karşı duyarlılığı olan bitkilerde ise yıkanmaları gerekmektedir.

**C3 Yüksek Tuzlu Sular:** 750-2250 Mikromho/cm arasında elektrik iletkenlik değerine sahip olan tuzlardır. Oldukça fazla miktarda tuz içeren sulardır. Devamlı olarak kullanılmaları durumunda tuzluluk sorunu olmaması için sürekli olarak özel toprak işleme ve yıkama işlemlerinin uygulanması gerekmektedir. Yetiştirilecek bitkilerin tuza karşı duyarlı olmaları gerekmektedir. Özellikle de drenajın yeterli olmadığı yerlerde kullanılmaması gerekmektedir.

**C4 Çok yüksek Tuzlu Sular:** 2250 Mikromho/cm'den fazla elektrik iletkenliği olan sulardır. Bu sular normal şartlarda sulamaya uygun değildir. Kullanılma durumları çok özel şartları kapsamaktadır. Örnek vermek gerekirse tuzluluğa dayanımı yüksek olan bitkilerin yer aldığı ve drenajı iyi olan ve fazla miktarda yıkama suyu uygulanan alanda kullanılmaktadır.



Şekil 3.12 ABD Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi, Sulama Suyu Sınıflandırılması (Anonymous, 1954)

S1 Düşük Sodyumlu Sular: Sodyum yönünden bu sular her toprak ve bitki şartlarında bir zarar olmadan kullanılabilir.

S2 Orta Sodyumlu Sular: Yüksek geçirgenlikli ve kaba bünyeli organik topraklarda sorun oluşturmadan kullanılabilirler.

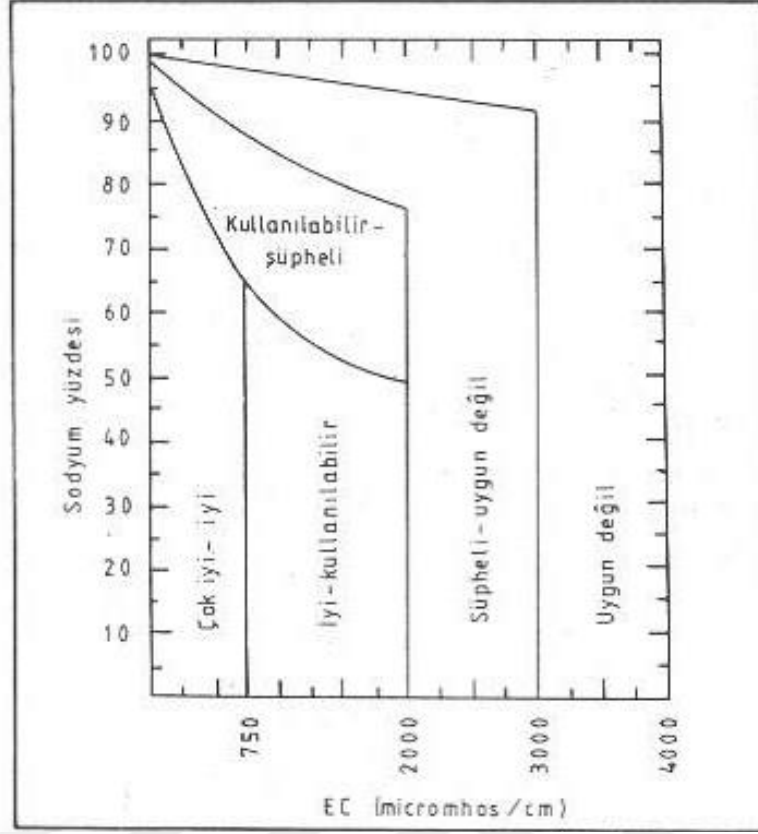
S3 Yüksek Sodyumlu Sular: Geçirgenliği yüksek olan kumlu topraklarda kullanılabilirler. Toprak tuzluluğunun da düşük olması gerekmektedir. Genel olarak ise uygun drenaj fazla yıkama ve organik madde ilavesi gibi bazı özel toprak işleme programlarının uygulanmaması durumunda bu suların kullanılmamaları gerekmektedir. İçerisinde jips bulunmayan topraklarda kimyasal ıslah maddeleri kullanılmalıdır.

S4 Çok Yüksek Sodyumlu Sular: Bu sular sulamaya uygun değildir sadece toplam tuz değeri düşük eriyebilir kalsiyum miktarı yüksek topraklarda yıkama ile birlikte kimyasal ıslah maddelerinin de uygulanması şartıyla kullanılabilirler.

Grafik üzerinden de yapılacak incelemeler sonucunda toplam tuzluluk oranlarının artması durumunda Sodyum açısından müsaade edilen sınıf değeri daha düşük değerde olmaktadır. Örneğin SAR değeri sekiz olan bir sulama suyunun toplam tuzluluk değeri 25 mS/cm den az iken, S1 sınıfında ise EC değeri 4000 mS/cm'den büyük olması durumunda ise S3 sınıfında bulunmaktadır.

### **3.2.1.6 Wilcox (1948) grafik sistemi**

1948 yılında Wilcox sisteminde grafik bir sınıflandırma önerisinde bulunmuştur. Bu sistemde %Na ve EC değeri göz önüne alınmaktadır. EC değeri düşük olan sulama suları bu sisteme göre yüksek oranda sodyum içermesi durumunda çok iyi olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 3.13 Wilcox (1948) Grafik Sistemi

### 3.2.1.7 Borlu suların sınıf değerlendirilmesi

Sulama sularının bor konstrasyonuna göre bitkilerin bor iyonuna hassas, dayanıklı ve yarı dayanıklı olmalarına göre özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.13 Bor Sınıflandırması

Sınıfı	Bitkiler İçin Bor Konsantrasyonu (m>m)		
	Hassas	Yarı Dayanıklı	Dayanıklı
1. Sınıf Sulamaya iyi derecede uygun	0,33'den az	0,67'den az	1,00'den az
2. Sınıf Sulamaya uygun	0,33-0,67	0,67-1,33	1,00-2,00
3. Sınıf Sulamaya orta derecede uygun	0,67-1,00	1,33-2,00	2,00-3,00
4. Sınıf Sulamada şüpheli	1,00-1,25	2,00-2,50	3,00-3,75
5. Sınıf Sulamaya uygun olmayan	1,25'den fazla	2,50'den fazla	3,75'den fazla

### 3.2.1.8 Analiz sonuçlarının doğruluk değerlendirmesi metodu

Kimyasal analizlerde sonuçların doğruluğunu kontrol etmek amacıyla Elektro-Nötralite ve EC – TDS dengesi hesaplanmıştır. Elektro nötralite analizi doğal su örneklerinde iyonik formdaki anyon ve katyonların birbirine eşit olması gerekliliğini ifade eder. EN değeri sıfıra yaklaştıkça analizlerin doğruluk payı artmaktadır. Elektro nötralite (EN) değeri aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$E.N. (\%) = \frac{\Sigma \text{Katyon} - \Sigma \text{anyon}}{\Sigma \text{katon} + \Sigma \text{anyon}} \times 100 \quad (3.6)$$

## 4. BULGULAR

Kastamonu havzasında Tablo 4.1’de verilen su kuyusu noktalarından alınan su numunelerinin fiziksel analizleri yapılmış sonuçları aşağıda verilmiştir. Tüm veriler 23. Kastamonu Devlet su işleri Bölge Müdürlüğü Etüt raporu çalışmalarından alınmış etüt raporu çalışmaları 23. Bölge Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları şube müdürlüğüne yaptırılmış.

### 4.1 Kısa Dönemli İzleme Etüt Raporu Kapsamında Analizlenen Numunelerin Analiz Sonuç ve Hesaplanan Parametreleri

Tablo 4.1 Kastamonu Alt Havzası 1. Dönem Analiz Noktaları ve Kimyasal Fiziksel Parametre Analiz Sonuçları

Numune Kodu	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Bor (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	pH	Sıcaklık (°C)	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)
Gölpazarı Kaynağı	4,43	58,02	<10	68,57	23,72	13,71	1,43	0,014	239	8,01	16,1	463	272
Gürleyik Kaynak Grubu	<1	4,48	<10	19,15	10,76	1,08	0,29	<0,02	89	9,49	5,2	107,8	82,1
Taşköprü Çetmiolçok Kaynağı	21,84	86,06	<10	73,44	50,18	34,23	0,88	0,1136	352	7,98	13,9	760	480
W-2002	10,10	60,49	<10	55,93	32,08	19,45	2,42	0,0734	242	7,76	11,9	599	401
W-2016/1	8,82	18,96	<10	190,98	46,57	39,52	3,53	0,4086	786	7	12,1	993	658
W-2020	7,31	23,77	<10	106,61	20,51	10,31	1,90	0,049	361	7,89	14,4	527	325
W-2074	5,13	31,00	<10	94,11	29,25	9,16	1,87	0,0315	341	8,16	12,9	520	330
W-2075	17,73	72,10	<10	108,00	33,49	29,67	2,18	0,1367	385	7,71	13,2	707	452
W-2107/1	8,31	49,74	<10	83,48	39,61	13,32	1,94	0,0377	369	7,73	13,4	588	369
W-2125	3,21	4,92	<10	115,81	37,81	5,35	1,11	0,0452	477	7,39	10	649	452
W-2144	18,91	104,35	<10	100,32	77,44	51,46	1,64	0,2258	548	7,86	12,3	952	609
W-2145	9,96	55,31	<10	101,32	24,12	19,44	1,95	0,0795	331	7,63	13,1	575	366
W-2146	13,14	58,15	<10	101,25	38,27	25,00	1,49	0,1256	425	7,89	12,2	646	422
W-2148	29,95	77,82	<10	137,25	32,65	31,29	0,99	0,2071	433	7,9	11	707	480
W-2150	20,75	81,55	<10	114,55	34,20	28,33	2,16	0,1116	388	7,58	12,6	712	456
W-2151	18,81	82,30	<10	111,00	36,02	26,64	2,98	0,1216	384	8,06	11,7	679	450
W-2300	7,75	25,54	<10	106,67	24,24	12,78	1,64	0,0344	382	7,92	10,8	514	348
W-2303	32,99	142,10	<10	143,84	41,88	43,84	13,99	0,1441	451	7,4	12,3	899	601
W-2308	8,18	41,67	<10	108,25	28,06	14,68	1,75	0,0685	380	8,03	12	559	360

Tablo 4.1'in devamı

Numune Kodu	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Bor (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	pH	Sıcaklık (°C)	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)
W-2309	11,30	19,42	<10	123,38	19,50	12,77	1,01	0,1691	400	7,24	12,5	580	377
W-2310	8,72	49,48	<10	97,12	34,36	12,10	1,75	0,0389	379	8,17	12,8	605	385
W-2311	6,01	37,82	<10	98,11	30,19	9,66	2,10	0,0346	363	7,92	12,7	358	553
W-2312	1,94	7,18	<10	72,57	10,46	4,16	0,74	<0,02	234	8,87	10,2	309	210,2
W-2313	4,51	24,58	<10	80,73	9,11	10,45	0,38	0,0289	234	7,94	12,8	376	245
W-2315	22,05	71,99	<10	117,48	32,06	30,17	1,94	0,1103	399	8,42	12,9	695	450
W-2316	20,67	57,37	<10	110,24	39,55	33,19	3,95	0,1282	443	8,11	11,9	673	443
W-2317/1	25,46	94,74	<10	94,13	41,71	41,89	5,38	0,1588	396	7,49	12,5	776	498
Yukarı Çeşme Kaynağı	1,79	34,73	10,40	54,21	26,17	9,94	1,57	0,0214	215	8,05	12,3	379	242
Yürekveren Kaynağı	3,25	4,93	<10	94,31	3,77	3,14	0,54	<0,02	255	8,28	11,6	357	234

Tablo 4.2 Kastamonu Alt Havzası 2. Dönem Analiz Noktaları ve Fiziksel -Kimyasal Parametre Ölçüm Sonuçları

Numune Kodu	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Bor (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	pH	Sıcaklık (°C)	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)
Gölpazarı Kaynağı	5,76	65,66	12,8	70,25	26,41	15,20	1,49	0,08	231	7,67	16,9	490	278
Gürleyik Kaynak Grubu	<1	4,93	<10	23,60	7,65	0,51	0,18	<0,02	93,6	8,52	9,5	126,2	85,4
Taşköprü Çetmiolçok Kaynağı	25,71	96,85	<10	86,28	55,30	45,74	0,89	0,18	372	7,45	17,1	864	439
W-2002	10,41	56,51	<10	92,16	22,75	15,31	1,63	0,08	346	7,42	16,5	631	368
W-2016/1	22,97	18,63	<10	350,09	120,01	160,04	7,4161	1,92	1836	6,48	13,3	1976	1150
W-2020	9,53	27,67	<10	96,92	16,29	9,85	1,64	0,04	331	7,75	15,4	568	357
W-2074	6,65	37,48	<10	83,85	23,77	8,00	1,42	<0,02	321	7,68	18,2	603	340
W-2075	19,53	81,52	<10	104,11	27,31	26,44	1,80	0,16	387	7,58	15,2	856	426
W-2107/1	9,00	54,90	<10	68,95	34,41	12,77	1,76	0,05	350	8,34	14,5	582	342
W-2144	23,21	119,07	<10	62,58	79,49	62,26	1,71	0,19	542	7,27	14	936	583
W-2145	14,04	64,96	<10	103,55	21,98	20,21	1,65	0,13	356	7,36	14,8	640	387
W-2146	17,98	58,62	<10	110,36	35,09	27,68	1,42	0,21	403	8,22	15,6	850	428
W-2148	37,28	89,44	<10	122,86	22,51	23,56	0,74	0,14	405	7,39	14,9	787	479
W-2150	24,87	76,29	<10	119,01	32,72	33,37	2,73	0,12	407	7,3	16,6	780	457
W-2151	18,01	93,19	<10	120,01	34,78	28,02	2,72	0,08	397	7,65	16,8	787	462
W-2300	10,22	30,35	<10	100,61	19,72	10,60	1,14	<0,02	353	7,77	15,8	537	318
W-2303	33,93	140,69	<10	123,30	37,71	45,59	13,21	0,18	406	7,14	14,2	872	546
W-2308	8,85	42,70	<10	95,00	21,72	12,38	1,30	0,03	342	8	13,6	571	363
W-2309	13,14	24,01	<10	107,26	19,65	13,71	0,91	0,37	375	7,08	13,9	523	341

Tablo 4.2'nin devamı

Numune Kodu	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Bor (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	pH	Sıcaklık (°C)	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)
W-2310	9,87	55,91	<10	100,70	31,90	12,03	1,58	0,05	373	7,39	17,1	679	394
W-2311	7,39	39,87	<10	84,11	24,42	8,18	1,48	<0,02	308	8,92	12,2	497	299
W-2312	2,54	9,18	<10	70,29	10,03	4,60	0,70	<0,02	225	8,01	13,8	406	203
W-2313	40,73	29,90	<10	331,86	176,65	369,46	8,27	13,42	2514	7	16,8	2970	1854
W-2315	28,32	85,41	17,6	105,40	27,24	25,23	1,40	0,04	351	7,79	15,2	692	430
W-2316	15,55	49,93	<10	98,07	32,12	26,15	3,00	0,22	381	7,12	15,7	610	289
W-2317/1	36,23	111,47	<10	97,64	41,11	47,95	5,03	0,15	377	7,46	13,4	784	498
Yukarı Çeşme Kaynağı	3,63	40,16	14,8	55,62	25,01	11,25	1,64	0,04	206	7,66	15,3	408	244
Yürekveren Kaynağı	3,69	6,75	<10	84,77	3,44	2,56	0,37	<0,02	238	8,7	11,9	328	212

Tablo 4.3 Kastamonu Alt Havzası 3. Dönem Analiz Noktaları ve Fiziksel -Kimyasal Parametre Ölçüm Sonuçları

Numune Kodu	Na	K	Ca	Mg	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Bor	pH	Sıcaklık (°C)	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)
Gölpazarı Kaynağı	15,20	1,49	70,25	26,41	12,8	231	5,76	65,66	0,0838	7,91	13,8	457	283
Gürleyik Kaynak Grubu	0,51	0,18	23,60	7,65	<10	93,6	<1	4,93	<0,02	8,55	13	157	80
Taşköprü Çetmiolçok Kaynağı	45,74	0,89	86,28	55,30	<10	372	25,71	96,85	0,1753	7,92	14,4	778	441
W-2002	15,31	1,63	92,16	22,75	<10	346	10,41	56,51	0,0830	7,65	13,7	554	347
W-2016/1	160,04	7,42	350,09	120,01	<10	1836	22,97	18,63	1,9207	6,18	14	2350	1200
W-2020	9,85	1,64	96,92	16,29	<10	331	9,53	27,67	0,0404	7,28	15,1	680	340
W-2074	8,00	1,42	83,85	23,77	<10	321	6,65	37,48	<0,02	8,11	13,8	535	341
W-2075	26,44	1,80	104,11	27,31	<10	387	19,53	81,52	0,1601	7,68	14,3	733	452
W-2107/1	12,77	1,76	68,95	34,41	<10	350	9,00	54,90	0,0453	7,69	6,38	774	401
W-2125/3	91,59804	10,1813	312,6856	65,18802	<10	1358	31,8933	13,2659	0,77455	7,12	10,2	623	422
W-2144	62,26	1,71	62,58	79,49	<10	542	23,21	119,07	0,1924	7,74	15,15	943	625
W-2145	20,21	1,65	103,55	21,98	<10	356	14,04	64,96	0,1289	7,61	13,5	564	352
W-2146	27,68	1,42	110,36	35,09	<10	403	17,98	58,62	0,2142	7,12	16	852	428
W-2148	23,56	0,74	122,86	22,51	<10	405	37,28	89,44	0,1354	7,81	12,3	720	503
W-2150	33,37	2,73	119,01	32,72	<10	407	24,87	76,29	0,1234	7,58	15,5	682	401
W-2151	28,02	2,72	120,01	34,78	<10	397	18,01	93,19	0,0839	8,1	13,5	660	416
W-2300	10,60	1,14	100,61	19,72	<10	353	10,22	30,35	<0,02	7,14	15,4	740	370
W-2303	45,59	13,21	123,30	37,71	<10	406	33,93	140,69	0,1809	7,32	13,7	785	494
W-2308	12,38	1,30	95,00	21,72	<10	342	8,85	42,70	0,0324	7,25	16,8	669	335
W-2309	13,71	0,91	107,26	19,65	<10	375	13,14	24,01	0,3662	7,62	14,3	529	326

Tablo 4.3'ün devamı

Numune Kodu	Na	K	Ca	Mg	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Bor	pH	Sıcaklık (°C)	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)
W-2310	12,03	1,58	100,70	31,90	<10	373	9,87	55,91	0,0468	8,11	13,5	625	430
W-2311	8,18	1,48	84,11	24,42	<10	308	7,39	39,87	<0,02	7,88	13,3	568	374
W-2312	4,60	0,70	70,29	10,03	<10	225	2,54	9,18	<0,02	7,79	16,9	372	196
W-2313	369,46	8,27	331,86	176,65	<10	2514	40,73	29,90	13,4166	6,35	16,7	2280	1393
W-2315	25,23	1,40	105,40	27,24	17,6	351	28,32	85,41	0,0387	7,73	13,4	607	385
W-2316	26,15	3,00	98,07	32,12	<10	381	15,55	49,93	0,2207	7,77	12,1	539	347
W-2317/1	47,95	5,03	97,64	41,11	<10	377	36,23	111,47	0,1507	7,42	13,4	782	526
Yürekveren Kaynağı	2,56	0,37	84,77	3,44	<10	238	3,69	6,75	<0,02	7,85	12,2	315	199

Tablo 4.4 Kastamonu Alt Havzası 4. Dönem Analiz Noktaları ve Fiziksel Parametre Ölçüm Sonuçları

Numune Kodu	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Bor (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	pH	Sıcaklık (°C)	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)
Gölpazarı Kaynağı	4,43	58,02	<10	68,57	23,72	13,71	1,43	0,058	239	7,97	14,3	429	211
Gürleyik Kaynak Grubu	<1	4,48	<10	19,15	10,76	1,08	0,29	<0,02	89	8,62	3,6	126	76
Taşköprü Çetmiolçok Kaynağı	21,84	86,06	<10	73,44	50,18	34,23	0,88	0,1136	352	7,9	20,6	771	402
W-2002	10,10	60,49	<10	55,93	32,08	19,45	2,42	0,0734	242	7,63	18,3	584	301
W-2016/1	8,82	18,96	<10	190,98	46,57	39,52	3,53	0,4086	786	6,58	14	2580	1742
W-2020	7,31	23,77	<10	106,61	20,51	10,31	1,90	0,049	361	7,23	14,3	702	345
W-2074	5,13	31,00	<10	94,11	29,25	9,16	1,87	0,0315	341	8,14	14,9	544	291
W-2075	17,73	72,10	<10	108,00	33,49	29,67	2,18	0,1367	385	7,52	12,5	756	379
W-2107/1	25,46	94,74	<10	94,13	41,71	41,89	5,38	0,1588	396	7,75	14	762	389
W-2125	3,21	4,92	<10	115,81	37,81	5,35	1,11	0,0452	477	7,25	11	631	374
W-2144	18,91	104,35	<10	100,32	77,44	51,46	1,64	0,2258	548	7,67	13,1	956	471
W-2145	9,96	55,31	<10	101,32	24,12	19,44	1,95	0,0795	331	7,52	12,1	601	304
W-2146	13,14	58,15	<10	101,25	38,27	25,00	1,49	0,1256	425	7,12	15	864	438
W-2148	29,95	77,82	<10	137,25	32,65	31,29	0,99	0,2071	433	7,6	14,1	712	357
W-2150	20,75	81,55	<10	114,55	34,20	28,33	2,16	0,1116	388	7,58	14,05	697	428,5
W-2151	18,81	82,30	<10	111,00	36,02	26,64	2,98	0,1216	384	7,96	17,3	695	406
W-2300	7,75	25,54	<10	106,67	24,24	12,78	1,64	0,0344	382	7,23	14,6	765	421
W-2303	32,99	142,10	<10	143,84	41,88	43,84	13,99	0,1441	451	7,33	16,7	923	448
W-2308	8,18	41,67	<10	108,25	28,06	14,68	1,75	0,0685	380	7,18	14,6	684	361

Tablo 4.4'ün devamı

Numune Kodu	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Bor (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	pH	Sıcaklık (°C)	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)
W-2309	11,30	19,42	<10	123,38	19,50	12,77	1,01	0,1691	400	7,4	13,6	540	342
W-2310	8,72	49,48	<10	97,12	34,36	12,10	1,75	0,0389	379	8,19	16,8	644	359
W-2311	6,01	37,82	<10	98,11	30,19	9,66	2,10	0,0346	363	7,74	14,9	585	306
W-2312	1,94	7,18	<10	72,57	10,46	4,16	0,74	<0,02	234	7,68	15,3	324	211
W-2313	4,51	24,58	<10	80,73	9,11	10,45	0,38	0,0289	234	8,1	15,2	462	226
W-2315	22,05	71,99	<10	117,48	32,06	30,17	1,94	0,1103	399	8,01	12,3	493	244
W-2316	20,67	57,37	<10	110,24	39,55	33,19	3,95	0,1282	443	7,68	14,6	550	312
W-2317/1	8,31	49,74	<10	83,48	39,61	13,32	1,94	0,0377	369	7,5	14,3	814	408
Yukarı Çeşme Kaynağı	1,79	34,73	10,40	54,21	26,17	9,94	1,57	0,0214	215	8,01	13,2	393	194
Yürekveren Kaynağı	3,25	4,93	<10	94,31	3,77	3,14	0,54	<0,02	255	7,9	11,9	392	242

## 4.2 Hidrojeokimyasal Yorumlamalar

Alt Havza genelinde 4 dönem boyunca gerçekleştirilen 115 adet analiz sonucunun doğruluğunu kontrol etmek amacıyla Elektro- Nötralite ve EC – TDS dengesi hesaplanmıştır. Yapılan değerlendirmelere göre Kastamonu Alt Havzası'nda alınan tüm numune sonuçlarının değerlendirmeye uygun olduğu görülmektedir (Tablo 4.5- Tablo 4.8). Gerçekleştirilen analizler ile yeraltı suyunun sulama suyu olarak kullanıma uygunluğunun ortaya konulabilmesi için RSC, SAR ve yüzde Sodyum değerleri hesaplanmış, aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.5 Kastamonu Alt Havzası 1. Dönem Elektro Nötralite, EC/TDS, RSC, SAR ve Yüzde Sodyum Hesaplamaları

Numune Kodu	Dönemi	$\Sigma$ Anyon (meq/l)	$\Sigma$ Katyon (meq/l)	Elektro – Nötralite	EC/TDS	RSC	SAR	Yüzde Sodyum
Gölpazarı Kaynağı	1. Dönem	5,48	6,01	4,69	1,70	-1,30	0,36	9,91
Gürleyik Kaynak Grubu	1. Dönem	1,77	1,90	3,36	1,31	-0,22	0,05	2,48
Taşköprü Çetmiolçok Kaynağı	1. Dönem	9,23	9,31	0,42	1,58	-1,87	0,75	15,98
W-2002	1. Dönem	5,77	6,34	4,78	1,49	-1,30	0,51	13,33
W-2016/1	1. Dönem	13,75	15,19	4,99	1,51	-0,33	0,66	11,31
W-2020	1. Dönem	6,84	7,52	4,72	1,62	-0,94	0,24	5,97
W-2074	1. Dönem	7,01	7,56	3,80	1,58	-1,36	0,21	5,27
W-2075	1. Dönem	8,69	9,50	4,48	1,56	-1,68	0,64	13,57
W-2107/1	1. Dönem	7,58	8,06	3,11	1,59	-1,22	0,30	7,18
W-2125	1. Dönem	8,30	9,16	4,95	1,44	-0,92	0,11	2,54
W-2144	1. Dönem	12,40	13,67	4,87	1,56	-2,24	0,94	16,37
W-2145	1. Dönem	7,19	7,95	5,01	1,57	-1,46	0,45	10,63
W-2146	1. Dönem	8,95	9,34	2,13	1,53	-1,08	0,54	11,64
W-2148	1. Dönem	9,95	10,94	4,73	1,47	-2,29	0,62	12,44
W-2150	1. Dönem	8,97	9,83	4,55	1,56	-2,02	0,60	12,53
W-2151	1. Dönem	8,86	9,75	4,77	1,51	-2,05	0,56	11,88
W-2300	1. Dönem	7,23	7,93	4,62	1,48	-0,90	0,29	7,01

Tablo 4.5'in devamı

Numune Kodu	Dönemi	$\Sigma$ Anyon (meq/l)	$\Sigma$ Katyon (meq/l)	Elektro – Nötralite	EC/TDS	RSC	SAR	Yüzde Sodyum
W-2303	1. Dönem	12,05	12,90	3,43	1,50	-3,08	0,83	14,77
W-2308	1. Dönem	7,65	8,40	4,72	1,55	-1,33	0,32	7,59
W-2309	1. Dönem	7,61	8,35	4,70	1,54	-1,05	0,28	6,65
W-2310	1. Dönem	7,78	8,25	2,98	1,57	-1,31	0,27	6,37
W-2311	1. Dönem	7,20	7,86	4,42	0,65	-1,27	0,22	5,34
W-2312	1. Dönem	4,24	4,69	5,06	1,47	-0,49	0,12	3,86
W-2313	1. Dönem	4,80	5,25	4,52	1,53	-0,78	0,29	8,65
W-2315	1. Dönem	8,93	9,87	5,03	1,54	-1,81	0,64	13,28
W-2316	1. Dönem	9,33	10,31	5,02	1,52	-1,34	0,69	13,99
W-2317/1	1. Dönem	9,61	10,10	2,49	1,56	-1,48	0,90	18,04
Yukarı çeşme kaynağı	1. Dönem	4,84	5,34	4,92	1,57	-0,99	0,28	8,10
Yürekveren Kaynağı	1. Dönem	4,68	5,18	5,02	1,53	-0,68	0,09	2,63

Tablo 4.6 Kastamonu Alt Havzası 2, Dönem Elektro Nötralite, EC/TDS, RSC, SAR ve Yüzde Sodyum hesaplamaları

Numune Kodu	Dönemi	$\Sigma$ Anyon (meq/l)	$\Sigma$ Katyon (meq/l)	Elektro – Nötralite	EC/TDS	RSC	SAR	Yüzde Sodyum
Gölpazarı Kaynağı	2. Dönem	5,81	6,39	4,75	1,76	-1,47	0,39	10,35
Gürleyik Kaynak Grubu	2. Dönem	1,84	1,84	0,06	1,48	-0,11	0,02	1,20
Taşköprü Çetmiolçok Kaynağı	2. Dönem	9,88	10,88	4,79	1,97	-2,60	0,94	18,28
W-2002	2. Dönem	7,44	7,19	1,70	1,71	-0,64	0,37	9,26
W-2016/1	2. Dönem	31,30	34,53	4,91	1,72	2,88	1,88	20,15
W-2020	2. Dönem	6,48	6,66	1,35	1,59	-0,60	0,24	6,43
W-2074	2. Dönem	6,49	6,53	0,33	1,77	-0,72	0,20	5,33
W-2075	2. Dönem	9,02	8,65	2,09	2,01	-0,94	0,60	13,29
W-2107/1	2. Dönem	7,41	6,88	3,69	1,70	-0,38	0,31	8,07
W-2144	2. Dönem	12,80	12,42	1,49	1,61	-0,62	1,23	21,79
W-2145	2. Dönem	7,86	7,91	0,28	1,65	-0,99	0,47	11,11
W-2146	2. Dönem	8,73	9,65	4,99	1,99	-1,63	0,59	12,48

Tablo 4.6'nın devamı

Numune Kodu	Dönemi	$\Sigma$ Anyon (meq/l)	$\Sigma$ Katyon (meq/l)	Elektro – Nötralite	EC/TDS	RSC	SAR	Yüzde Sodyum
W-2148	2. Dönem	9,93	9,04	4,71	1,64	-1,19	0,51	11,33
W-2150	2. Dönem	9,22	10,16	4,88	1,71	-1,81	0,70	14,27
W-2151	2. Dönem	9,28	10,15	4,47	1,70	-2,19	0,58	12,00
W-2300	2. Dönem	6,90	7,14	1,74	1,69	-0,70	0,25	6,45
W-2303	2. Dönem	11,22	11,59	1,64	1,60	-2,45	0,92	17,10
W-2308	2. Dönem	7,05	7,11	0,39	1,57	-0,77	0,30	7,57
W-2309	2. Dönem	7,31	7,60	1,97	1,53	-0,67	0,32	7,84
W-2310	2. Dönem	7,86	8,22	2,28	1,72	-1,38	0,27	6,36
W-2311	2. Dönem	6,36	6,61	1,88	1,66	-1,00	0,20	5,38
W-2312	2. Dönem	4,15	4,56	4,66	2,00	-0,49	0,14	4,39
W-2313	2. Dönem	43,21	47,41	4,64	1,60	10,24	4,07	33,88
W-2315	2. Dönem	9,02	8,64	2,11	1,61	-1,17	0,57	12,69
W-2316	2. Dönem	7,96	8,76	4,78	2,11	-1,14	0,59	12,98
W-2317/1	2. Dönem	10,02	10,48	2,23	1,57	-1,92	1,03	19,89

Tablo 4.7 Kastamonu Alt Havzası 3, Dönem Elektro Nötralite, EC/TDS, RSC, SAR ve Yüzde Sodyum Hesaplamaları

Numune Kodu	Dönemi	$\Sigma$ Anyon (meq/l)	$\Sigma$ Katyon (meq/l)	Elektro – Nötralite	EC/TDS	RSC	SAR	Yüzde Sodyum
Gölpazarı Kaynağı	3. Dönem	5,83	6,44	4,93	1,61	-1,67	0,43	11,30
Gürleyik Kaynak Grubu	3. Dönem	1,82	1,95	3,60	1,96	-0,24	0,02	0,98
Taşköprü Çetmiolçok Kaynağı	3. Dönem	10,37	11,45	4,96	1,76	-3,11	0,97	18,30
W-2002	3. Dönem	7,56	6,95	4,20	1,60	-0,30	0,51	12,77
W-2016/1	3. Dönem	29,49	32,54	4,91	1,96	1,93	1,72	19,13
W-2020	3. Dönem	7,18	7,46	1,92	2,00	-0,85	0,35	8,68
W-2074	3. Dönem	6,62	7,02	2,95	1,57	-1,03	0,27	6,84
W-2075	3. Dönem	8,72	9,62	4,90	1,62	-1,83	0,71	14,88
W-2107/1	3. Dönem	7,99	8,25	1,58	1,93	-1,66	0,32	7,60
W-2125/3	3. Dönem	23,88	25,24	2,77	1,48	1,42	1,23	15,78

Tablo 4.7'nin devamı

Numune Kodu	Dönemi	$\Sigma$ Anyon (meq/l)	$\Sigma$ Katyon (meq/l)	Elektro – Nötralite	EC/TDS	RSC	SAR	Yüzde Sodyum
W-2144	3. Dönem	13,29	12,06	4,82	1,51	-1,01	1,05	19,12
W-2145	3. Dönem	7,37	8,03	4,30	1,60	-1,06	0,61	14,07
W-2146	3. Dönem	8,94	9,79	4,53	1,99	-1,84	0,48	10,20
W-2148	3. Dönem	10,12	11,17	4,95	1,43	-2,46	0,78	15,19
W-2150	3. Dönem	9,47	10,40	4,66	1,70	-2,19	0,72	14,54
W-2151	3. Dönem	9,42	10,29	4,43	1,59	-2,18	0,73	14,87
W-2300	3. Dönem	6,63	7,22	4,23	2,00	-0,56	0,31	7,78
W-2303	3. Dönem	12,07	13,29	4,80	1,59	-3,49	1,04	17,96
W-2308	3. Dönem	7,36	8,09	4,72	2,00	-1,45	0,34	8,14
W-2309	3. Dönem	7,58	8,39	5,06	1,62	-1,29	0,34	7,97
W-2310	3. Dönem	7,93	8,69	4,56	1,45	-1,68	0,35	7,94
W-2311	3. Dönem	8,27	9,07	4,60	1,52	-2,66	0,28	6,35
W-2312	3. Dönem	4,33	4,71	4,27	1,90	-0,65	0,15	4,70
W-2313	3. Dönem	35,69	35,34	0,49	0,00	12,39	4,23	39,11
W-2315	3. Dönem	9,03	9,88	4,51	1,58	-2,00	0,65	13,52
W-2316	3. Dönem	8,13	8,93	4,67	1,55	-1,14	0,61	13,43
W-2317/1	3. Dönem	10,26	11,23	4,51	1,49	-2,17	1,15	21,32
Yürekveren Kaynağı	3. Dönem	4,51	4,96	4,73	1,58	-0,75	0,09	2,88

Tablo 4.8 Kastamonu Alt Havzası 4, Dönem Elektro Nötralite, EC/TDS, RSC, SAR ve Yüzde Sodyum Hesaplamaları

Numune Kodu	Dönemi	$\Sigma$ Anyon (meq/l)	$\Sigma$ Katyon (meq/l)	Elektro – Nötralite	EC/TDS	RSC	SAR	Yüzde Sodyum
Gölpazarı Kaynağı	4. Dönem	5,80	5,52	2,50	2,03	-0,78	0,36	10,32
Gürleyik Kaynak Grubu	4. Dönem	1,97	1,87	2,63	1,66	-0,02	0,02	1,00
Taşköprü Çetmiolçok Kaynağı	4. Dönem	9,87	9,66	1,06	1,92	-1,61	0,89	18,28
W-2002	4. Dönem	7,53	7,41	0,79	1,94	-0,90	0,37	9,15
W-2016/1	4. Dönem	31,54	30,75	1,27	1,48	5,46	1,69	19,23

Tablo 4.8'in devamı

Numune Kodu	Dönemi	$\Sigma$ Anyon (meq/l)	$\Sigma$ Katyon (meq/l)	Elektro – Nötralite	EC/TDS	RSC	SAR	Yüzde Sodyum
W-2020	4. Dönem	6,69	6,67	0,17	2,03	-0,36	0,26	6,91
W-2074	4. Dönem	6,31	6,21	0,84	1,87	-0,56	0,20	5,48
W-2075	4. Dönem	8,53	8,15	2,25	1,99	-0,77	0,58	13,23
W-2107/1	4. Dönem	7,82	7,72	0,65	1,96	-0,98	0,27	6,64
W-2125	4. Dönem	9,42	10,39	4,88	1,69	-1,10	0,12	2,56
W-2144	4. Dönem	12,62	13,44	3,13	2,03	-2,43	0,97	16,96
W-2145	4. Dönem	7,53	7,37	1,07	1,98	-0,53	0,47	11,50
W-2146	4. Dönem	9,13	8,92	1,18	1,97	-0,65	0,52	11,46
W-2148	4. Dönem	10,17	9,81	1,80	1,99	-1,35	0,62	12,98
W-2150	4. Dönem	9,41	8,96	2,40	1,63	-1,08	0,61	13,43
W-2151	4. Dönem	8,77	8,15	3,67	1,71	-0,83	0,55	12,59
W-2300	4. Dönem	6,67	6,72	0,38	1,82	-0,44	0,26	6,86
W-2303	4. Dönem	12,11	11,30	3,47	2,06	-2,00	0,83	15,70
W-2308	4. Dönem	7,16	7,20	0,23	1,89	-0,97	0,31	7,85
W-2309	4. Dönem	7,78	7,89	0,70	1,58	-0,76	0,30	7,27
W-2310	4. Dönem	8,07	7,87	1,25	1,79	-0,90	0,28	6,69
W-2311	4. Dönem	6,01	5,87	1,24	1,91	-0,46	0,19	5,42
W-2312	4. Dönem	4,09	4,13	0,51	1,54	-0,19	0,11	3,78
W-2313	4. Dönem	16,55	18,28	4,98	2,04	1,58	1,79	25,45
W-2315	4. Dönem	7,26	7,05	1,48	2,02	-0,64	0,50	12,46
W-2316	4. Dönem	7,73	7,80	0,47	1,76	-0,55	0,47	11,15
W-2317/1	4. Dönem	10,94	12,08	4,97	2,00	-4,44	0,57	10,97
Yukarı Çeşme Kaynağı	4. Dönem	4,91	4,64	2,80	2,03	-0,38	0,28	8,82
Yürekveren Kaynağı	4. Dönem	4,77	4,73	0,43	1,62	-0,32	0,10	3,20

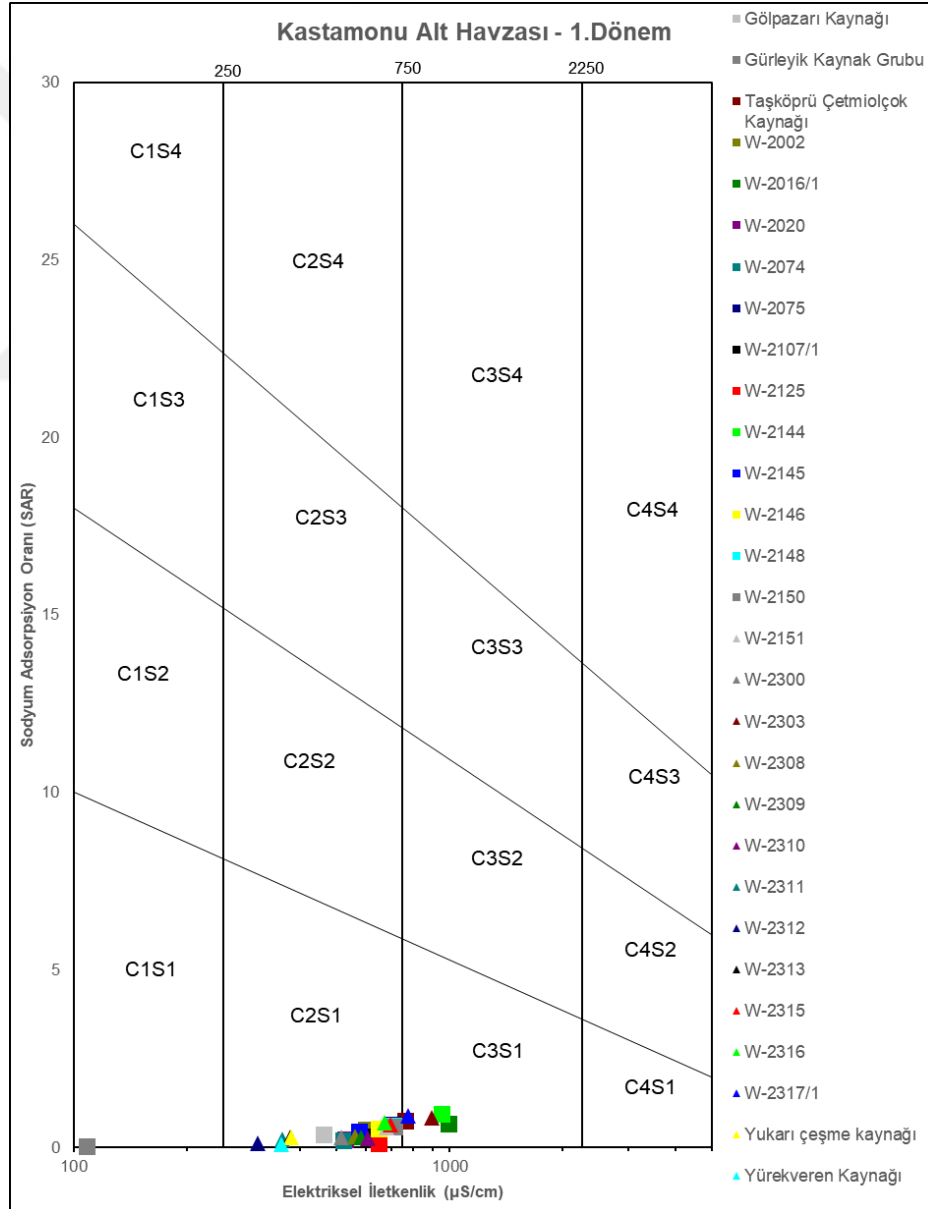
#### 4.2.1 Yeraltı Suyu Kullanılabilirlik Durumu

Gerçekleştirilen analizler ile yeraltı suyunun sulama suyu olarak kullanıma uygunluğunun ortaya konulabilmesi için RSC, SAR ve yüzde Sodyum değerleri hesaplanmış, ayrıca Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları kullanılarak su sınıfları belirlenmiştir. Yeraltı suyu kullanılabilirlik durumu ve kirliliğinin ortaya konulması amacıyla kullanılan Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları,

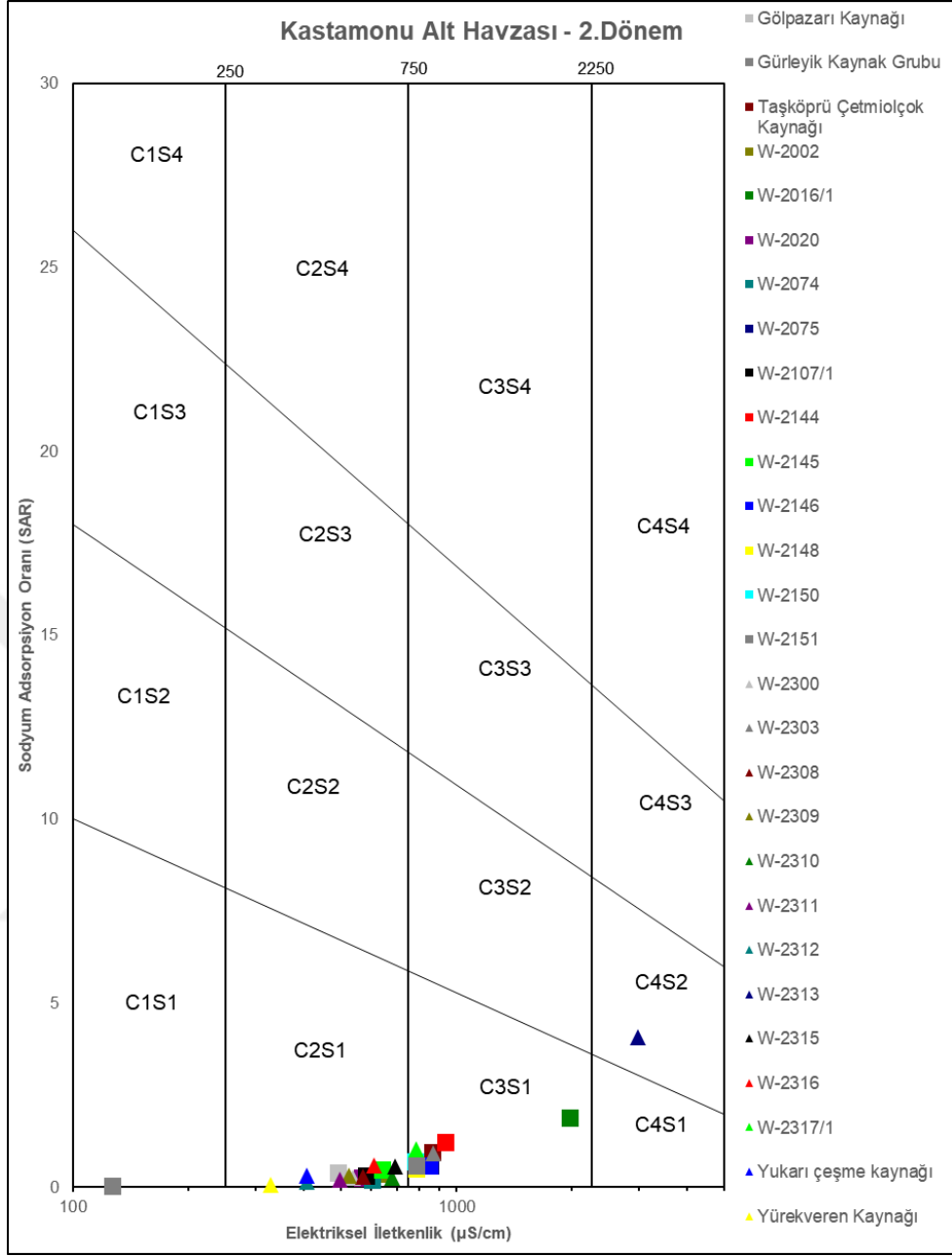
su örneğinin sodyum ve elektriksel iletkenlik değerlerini baz alır ve sulama amacıyla kullanıma uygunluğunu sınıflandırmak için kullanılır. ABD Tuzluluk Lab, diyagramlarından elde edilen sınıf açıklamaları Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9 ABD Tuzluluk Lab. Diyagramlarından Elde Edilen Sınıf Açıklamaları

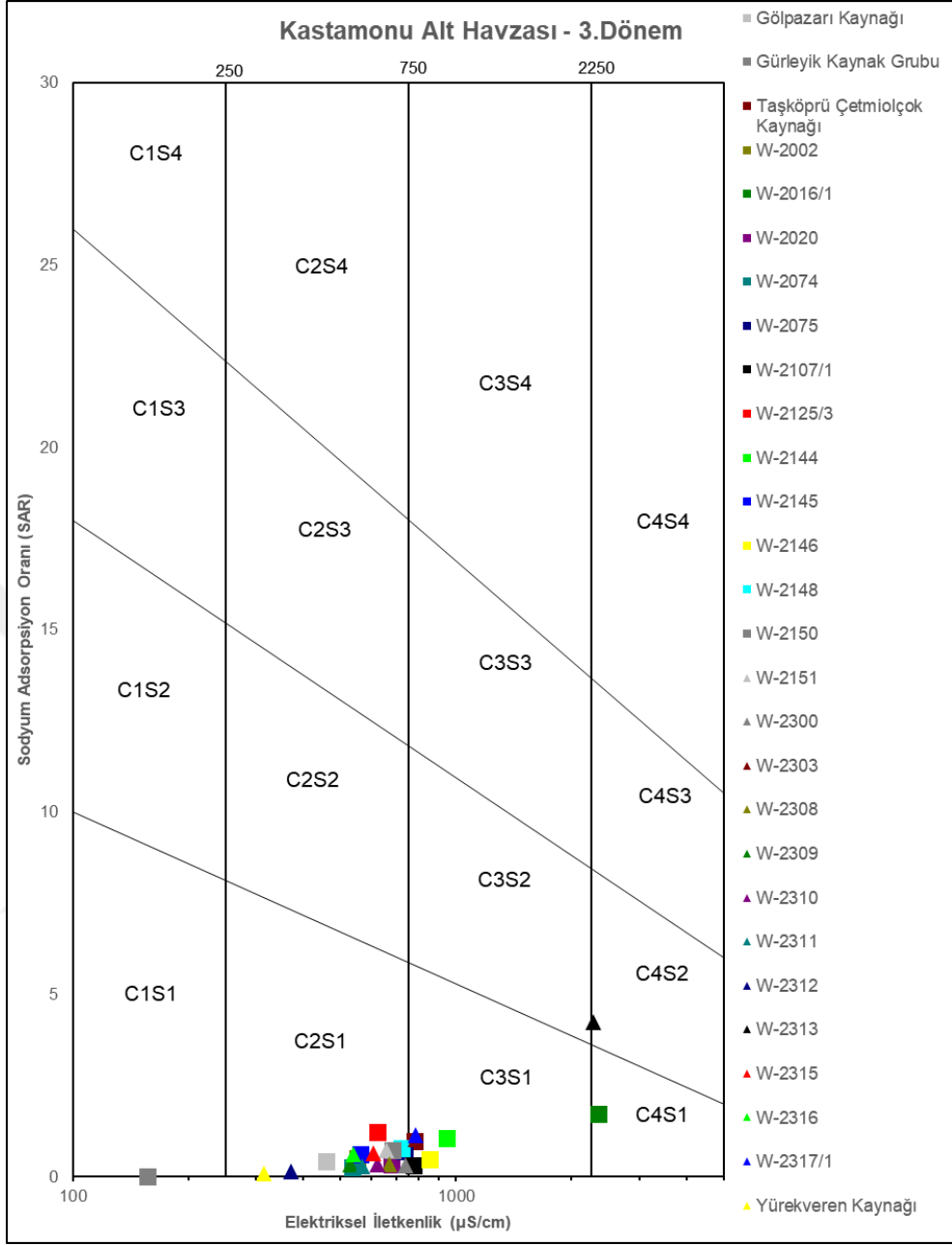
Sınıf	Açıklama	Sınıf	Açıklama
C1	Az Tuzlu Su	S1	Az Sodyumlu Su
C2	Orta Tuzlu Su	S2	Orta Sodyumlu Su
C3	Yüksek Tuzlu Su	S3	Yüksek Sodyumlu Su
C4	Çok Yüksek Tuzlu Su	S4	Çok Yüksek Sodyumlu Su



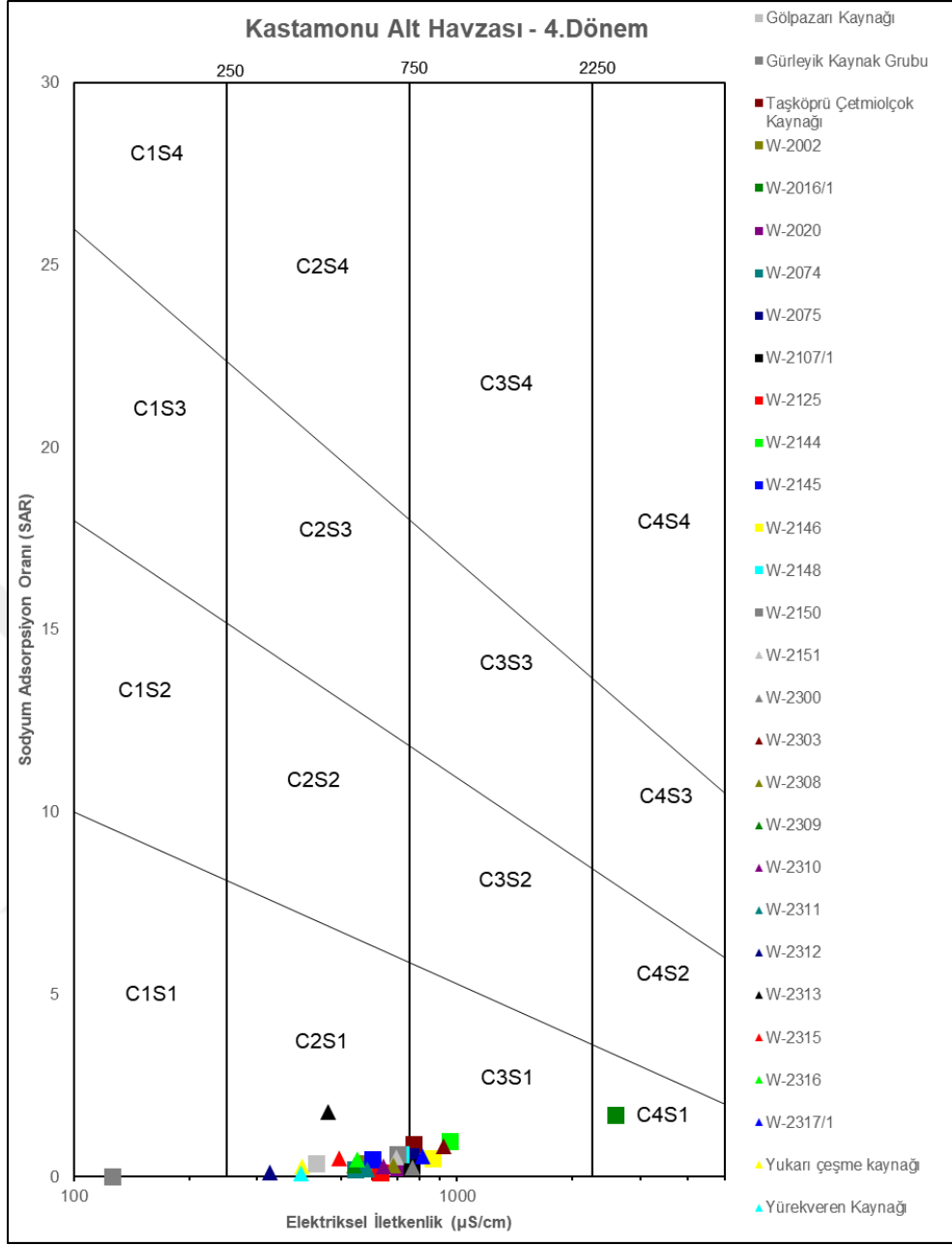
Şekil 4.1 Kastamonu alt havzası 1. Dönem ABD tuzluluk Lab. Grafik Sistemi



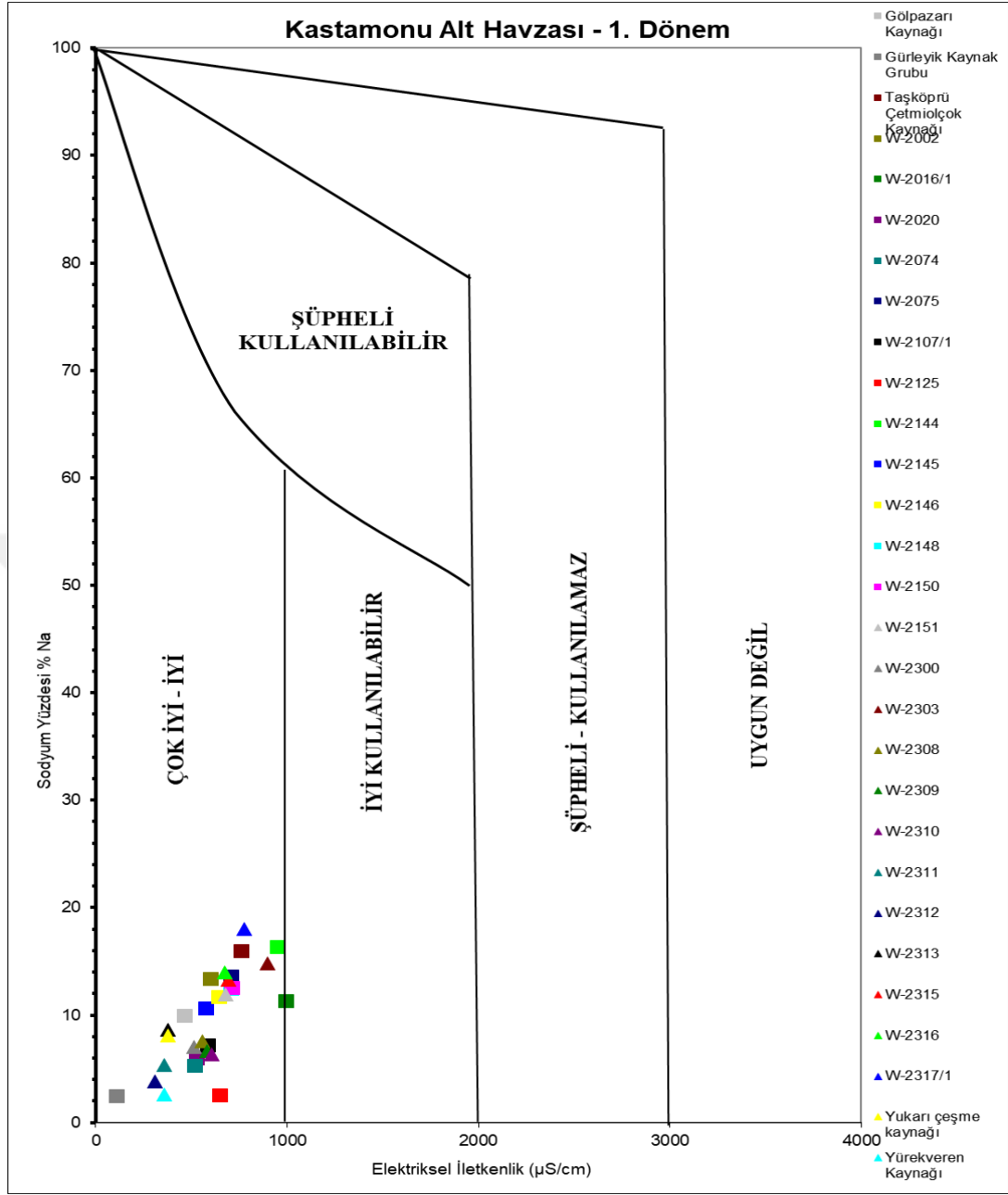
Şekil 4.2 Kastamonu alt havzası 2. Dönem ABD tuzluluk Lab. Grafik Sistemi



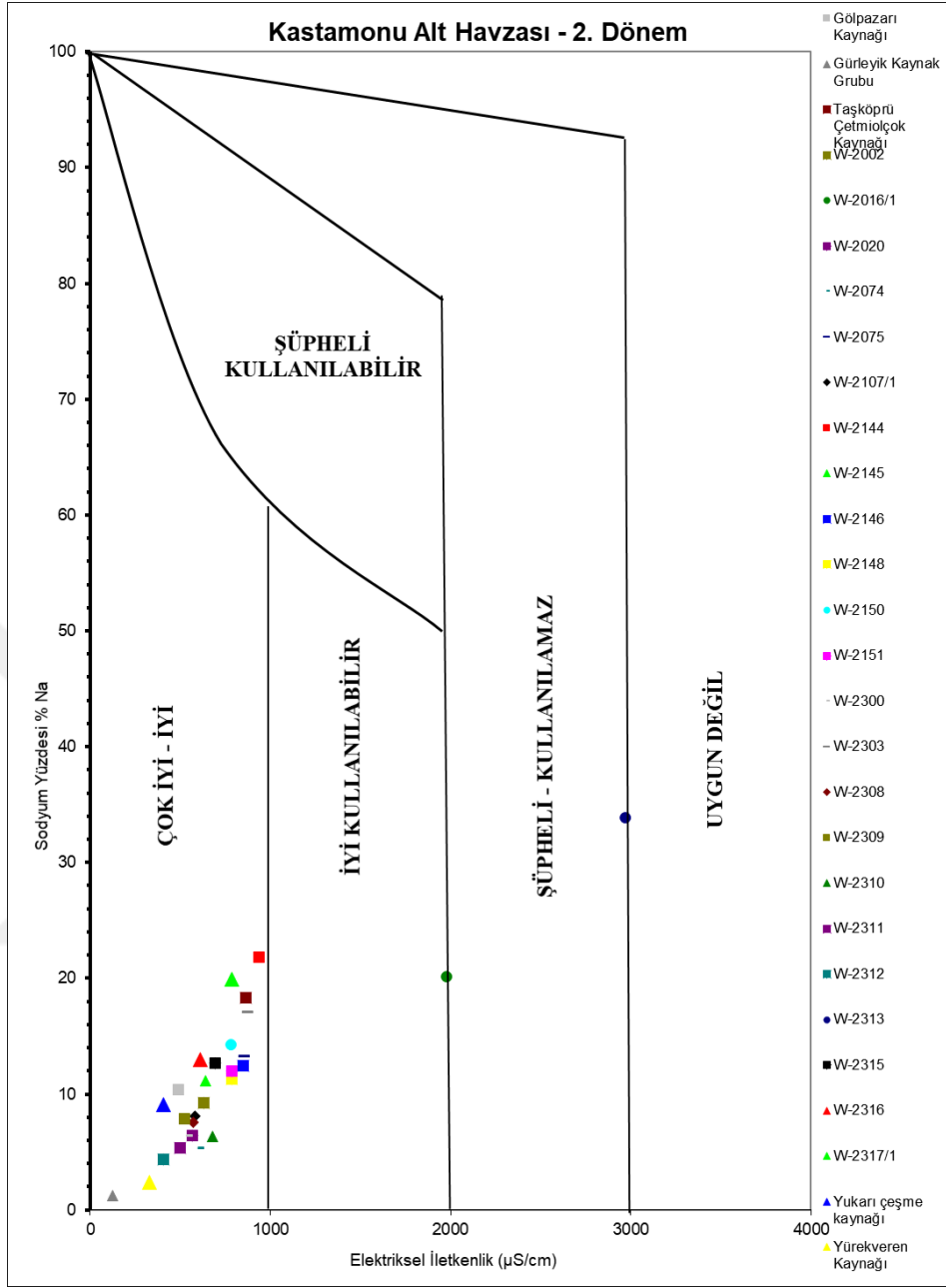
Şekil 4.3 Kastamonu alt havzası 3. Dönem ABD tuzluluk Lab. Grafik Sistemi



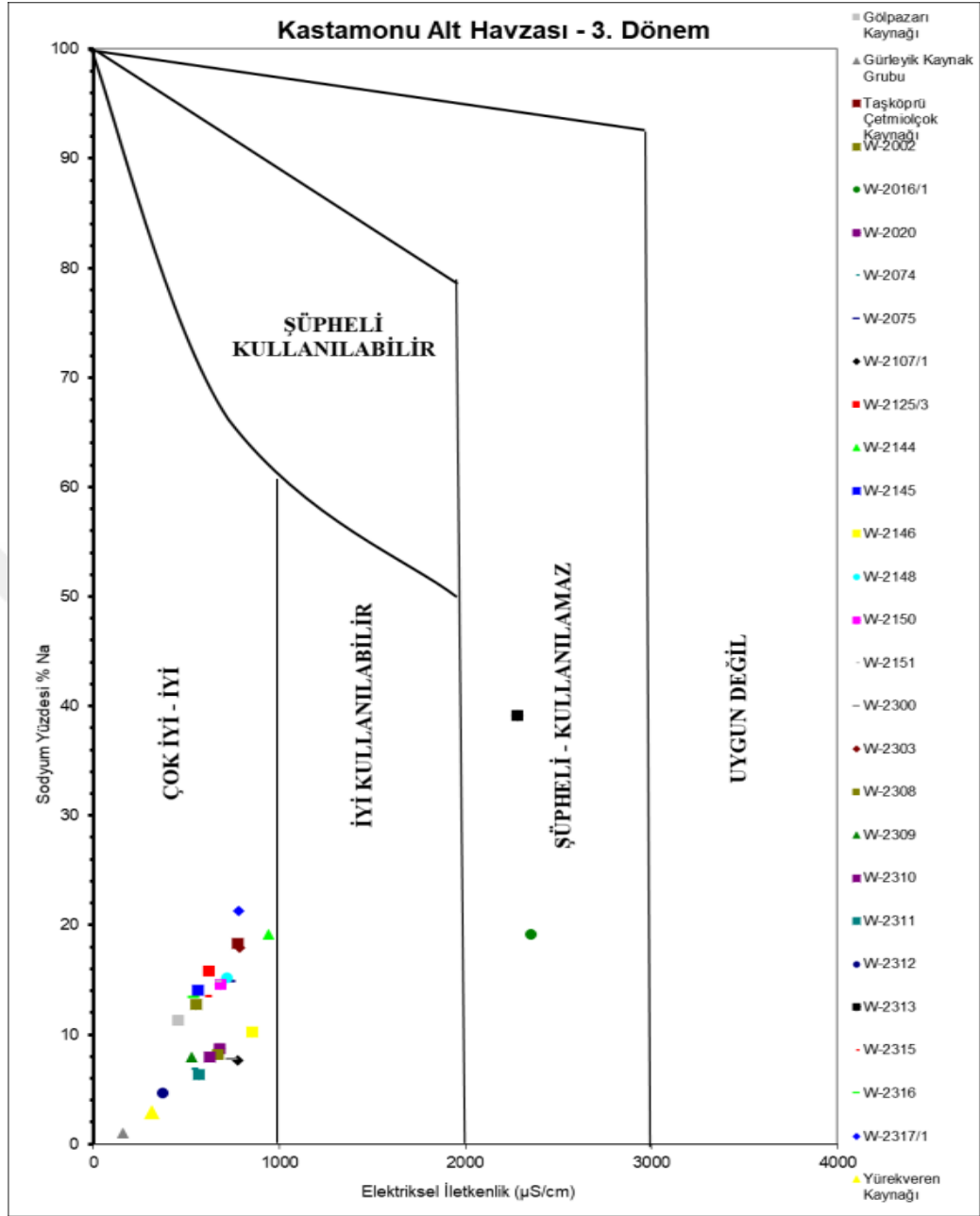
Şekil 4.4 Kastamonu alt havzası 4. Dönem ABD tuzluluk Lab. Grafik Sistemi



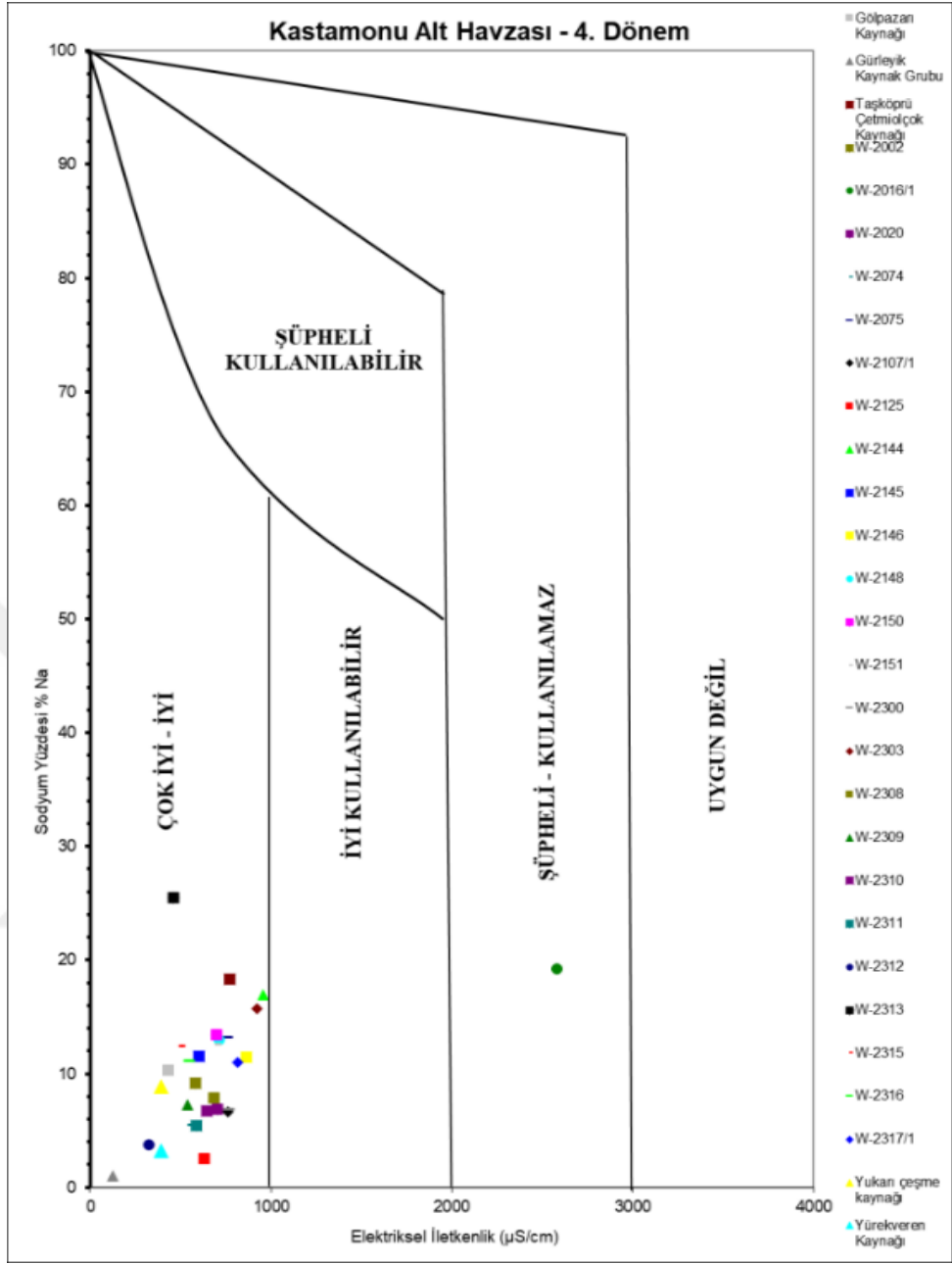
Şekil 4.5 Kastamonu Alt Havzası 1. Dönem Wilcock Grafik Sistemi



Şekil 4.6 Kastamonu Alt Havzası 2. Dönem Wilcock Grafik Sistemi



Şekil 4.7 Kastamonu Alt Havzası 3. Dönem Wilcock Grafik Sistemi



Şekil 4.8 Kastamonu Alt Havzası 4. Dönem Wilcock Grafik Sistemi

Tablo 4.10 ABD Tuzluluk Şab Grafik Sistemi ve Wilcocks Grafik Sistemi Değerlendirme Tablosu

Numune Kodu	ABD Tuz. Lab. Sınıf (1. Dönem)	ABD Tuz. Lab. Sınıf (2. Dönem)	ABD Tuz. Lab. Sınıf (3. Dönem)	ABD Tuz. Lab. Sınıf (4. Dönem)	Wilcox Sınıf (1. Dönem)	Wilcox Sınıf (2. Dönem)	Wilcox Sınıf (3. Dönem)	Wilcox Sınıf (4. Dönem)
Gölpazarı Kaynağı	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
Gürleyik Kaynak Grubu	C2S1	C1S1	C1S1	C1S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
Taşköprü Çetmiolçok Kaynağı	C2S1	C3S1	C3S1	C3S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2002	C3S1	C2S1	C2S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2016/1	C3S1	C3S1	C4S1	C4S1	Çok İyi - İyi	İyi - Kullanılabilir	Şüpheli Kullanılmaz	Çok İyi - İyi
W-2020	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Şüpheli Kullanılmaz
W-2074	C1S1	C2S1	C2S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2075	C3S1	C3S1	C2S1	C3S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2107/1	C2S1	C2S1	C3S1	C3S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2125	C2S1	-	-	C2S1	Çok İyi - İyi	-	-	Çok İyi - İyi
W-2125/3	-	-	C2S1	-	-	-	Çok İyi - İyi	-
W-2144	C2S1	C3S1	C3S1	C3S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2145	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi

Tablo 4.10'un devamı

Numune Kodu	ABD Tuz. Lab. Sınıf (1. Dönem)	ABD Tuz. Lab. Sınıf (2. Dönem)	ABD Tuz. Lab. Sınıf (3. Dönem)	ABD Tuz. Lab. Sınıf (4. Dönem)	Wilcox Sınıf (1. Dönem)	Wilcox Sınıf (2. Dönem)	Wilcox Sınıf (3. Dönem)	Wilcox Sınıf (4. Dönem)
W-2146	C2S1	C3S1	C3S1	C3S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2148	C2S1	C3S1	C2S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2150	C2S1	C3S1	C2S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2151	C3S1	C3S1	C2S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2300	C3S1	C2S1	C2S1	C3S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2303	C2S1	C3S1	C3S1	C3S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2308	C3S1	C2S1	C2S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2309	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2310	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	İyi Kullanılabilir
W-2311	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2312	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2313	C2S1	C4S1	C1S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Şüpheli - Kullanılamaz	Şüpheli Kullanılamaz	Çok İyi - İyi
W-2315	C2S2	C2S1	C2S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2316	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi
W-2317/1	C2S1	C3S1	C3S1	C3S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Şüpheli Kullanılamaz
Yukarı Çeşme Kaynağı	C2S1	C2S1	-	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	-	Çok İyi - İyi
Yürekveren Kaynağı	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	Çok İyi - İyi	İyi Kullanılabilir

### 4.3 Rasat Kuyuları Uzun Dönemli Alınan Numuneler

2018-2021 yılları arasında aşağıda tabloda belirtilen rasat kuyularında kurak-yağışlı dönem olmak üzere yılda iki defa rasat su numunesi alınmış 23. Bölge müdürlüğü kalite kontrol laboratuvarı su-kimya laboratuvarından analizlenmiş analiz sonuçları ve değerlendirmeler aşağıda verilmiştir. Gerçekleştirilen analizler ile yeraltı suyunun sulama suyu olarak kullanıma uygunluğunun ortaya konulabilmesi için majör anyon kation değerlerine bikarbonat. Sodyum karbonat değerlerine bakılmış. RSC. SAR ve yüzde Sodyum değerleri hesaplanmış yıllar içinde değişiklikler grafiklerle incelenmiştir. Her bir kuyu için analiz sonuçları ve sulama suyu hesaplamaları 8 analiz dönemi için yapılmıştır.

Tablo 4.11 Uzun dönemli rasat araştırma kuyuları lokasyon bilgileri tablosu

<b>Örneğin Alındığı Yer</b>	<b>İSTASYON NO</b>	<b>Koordinat (Doğu)</b>	<b>Koordinat (Kuzey)</b>
<b>KASTAMONU-KURTKÖY</b>	59838	569833	4588535
<b>KASTAMONU-GÖLKÖY</b>	59840	561463	4589665
<b>DADAY-BOYALILAR</b>	59842	536834	4590147
<b>TOSYA-ZİNCİRLİKUYU</b>	57912	601226	4543753
<b>TOSYA-ÇAYKAPI</b>	57913	597766	4541059
<b>6.TAŞKÖPRÜ-HANÖNÜ KUYLUŞ</b>	59848	610260	4604175

Tablo 4.12 Kastamonu İli Uzun Dönemli (2018-2022) Rasat Noktaları Fizikokimyasal Parametre Analiz Sonuçları ve Değerlendirme Tablosu

1.KASTAMONU-KURTKÖY	KURAK/YAĞIŞLI DÖNEM 2018-2021 ANALİZ SONUÇLARI							
	14.04.2018	26.09.2018	12.04.2019	16.09.2019	21.04.2020	21.09.2020	21.04.2021	21.09.2021
Ph	7,82	7,37	8,14	7,26	8,42	7,4	8,29	7,3
EC (µS/cm)	1235	962	1246	1254	1248	1015	1321	1033
RSC	7,16	5,70	7,91	7,60	8,25	4,18	15,00	4,54
SAR	8,01	1,85	9,96	6,55	16,86	0,92	9,786	0,917
Yüzde Sodyum	76,58	31,49	81,49	69,49	92,02	17,09	80,763	16,993
Cl (mg/l)	89,366	32,64	102,42	83,9	104,2	17,89	100,84	18,46
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	77,29	50,24	74,49	77,3	76,44	83,87	73,89	82,86
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	0	0	0	0	9	0	602,07	0
Ca (mg/l)	28,52	72,98	26,2	37,13	5,85	87,5	21,81	91,55
Mg (mg/l)	18,916	53,24	14,74	27,32	8,57	68,55	19,23	66,41
Na (mg/l)	224,969	85,27	257,15	215,63	273,74	47,52	260,14	47,27
K (mg/l)	0,385	1,53	<0,700	<0,700	1,34	<0,700	0,86	<0,700
Bor (mg/l)	1,53	0,465	1,55	1,32	1,8	0,316	1,88	0,495
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	527,65	592,31	559,37	588,65	528,26	559,98	602,07	582,55
ABD Tuz. Lab. Sınıf	C3S2	C3S1	C3S2	C3S2	C3S3	C3S1	C3S2	C3S1
RSC SINIF TS 7739/Aralık 1989 'e göre	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF
BOR SINIF TS 7739/Aralık 1989 'e göre	3. SINIF YARI DAYANIKLI UYGUN	1. SINIF YARI DAYANIKLI UYGUN	2. SINIF DAYANIKLI UYGUN	1. SINIF YARI DAYANIKLI UYGUN	2. SINIF YARI DAYANIKLI UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	2. SINIF DAYANIKLI UYGUN	1. SINIF YARI DAYANIKLI UYGUN

Tablo 4.13 Kastamonu-Gölköy

2.KASTAMONU-GÖLKÖY	KURAK/YAĞIŞLI DÖNEM 2018-2021 ANALİZ SONUÇLARI							
	13.04.2018	26.09.2018	12.04.2019	16.09.2019	21.04.2020	17.09.2020	21.04.2021	21.09.2021
Ph	7,32	7,26	7,47	7,41	8,00	7,67	8,03	7,7
EC ( $\mu$ S/cm)	738	817	737	1057	999	977	1199	1002
RSC	3,66	4,35	4,15	5,98	5,81	5,36	6,25	6,31
SAR	0,543	0,501	0,513	4,049	5,874	4,324	4,955	5,137
Yüzde Sodyum	12,633	10,816	12,068	56,413	69,096	59,178	61,954	64,07
Cl (mg/l)	14,143	15,58	13,99	35,43	41,05	34,92	39,77	38,77
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	34,124	28,68	5,82	100,53	112,69	106,4	111,52	115,47
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca (mg/l)	85,364	114,32	84,53	56,49	29,52	49,95	50,13	48,65
Mg (mg/l)	33,591	33,78	32,93	24,4	22,27	22,69	24,57	20,15
Na (mg/l)	23,423	23,74	21,98	144,73	173,73	146,89	171,46	168,95
K (mg/l)	0,471	0	1,13	1,2	2,77	1,64	1,99	1,16
Bor (mg/l)	0,152	0,166	0,071	0,594	0,838	0,911	3,35	0,934
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	436,76	522,16	463,6	511,18	455,06	459,33	519,11	509,35
ABD Tuz. Lab. Sınıf	C2S1	C3A2	C2S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1
RSC SINIF TS 7739/Aralık 1989 'e göre	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF
BOR SINIF TS 7739/Aralık 1989 'e göre	2. SINIF DAYANIKLI UYGUN	2. SINIF DAYANIKLI UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF DAYANIKLI UYGUN	1. SINIF DAYANIKLI UYGUN	3. SINIF DAYANIKLI UYGUN	1. SINIF DAYANIKLI UYGUN

Tablo 4.14 Daday-Boyalılar

3.DADAY-BOYALILAR	KURAK/YAĞIŞLI DÖNEM 2018-2021 ANALİZ SONUÇLARI							
	13.04.2018	26.09.2018	12.04.2019	16.09.2019	21.04.2020	17.09.2020	21.04.2021	21.09.2021
Ph	6,54	6,5	6,58	6,58	6,96	6,69	6,8	6,81
EC (µS/cm)	4590	4580	5660	4910	7860	4340	5940	4420
RSC	40,47	38,26	36,19	28,78	47,48	34,98	36,66	35,38
SAR	0,29	1,993	2,184	2,331	2,942	2,104	2,076	2,237
Yüzde Sodyum	5,797	16,468	18,102	19,963	19,197	16,947	16,415	17,947
Cl (mg/l)	7,18	73,86	78,67	79,82	15,91	78,43	77,83	80,58
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	53,587	7,37	23,02	4,89	5,41	6,23	4,77	5,08
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	0	0	0			0	0	0
Ca (mg/l)	149,8	597,74	623,27	533,07	996,48	702,21	752,13	671,53
Mg (mg/l)	44,2	254,21	192,93	197,18	310,22	211,61	213	220,24
Na (mg/l)	15,74	230,96	246,2	248,17	415,3	247,96	250,64	261,56
K (mg/l)	<0,7	5,58	15,58	15,25	26,01	12,59	14,35	11,92
Bor (mg/l)	2,82	3,17	2,5	3,05	3,11	3,07	0,915	3,22
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	2806	3875	3631,33	3054,88	5177,07	3722,83	3904	3723,44
ABD Tuz. Lab. Sınıf	C4S1	C4S1	C4S1	C4S1	C4S1	C4S1	C4S1	C4S2
RSC SINIF TS 7739/Aralık 1989 'e göre	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF
BOR SINIF TS 7739/Aralık 1989 'e göre	5. SINIF YARI DAYANIKLI UYGUN	4. SINIF DAYANIKLI UYGUN	4. SINIF YARI DAYANIKLI UYGUN	4. SINIF DAYANIKLI UYGUN	4. SINIF DAYANIKLI UYGUN	4. SINIF DAYANIKLI UYGUN	2. SINIF YARI DAYANIKLI UYGUN	4. SINIF DAYANIKLI UYGUN

Tablo 4.15 Tosya-Zincirlikuyu

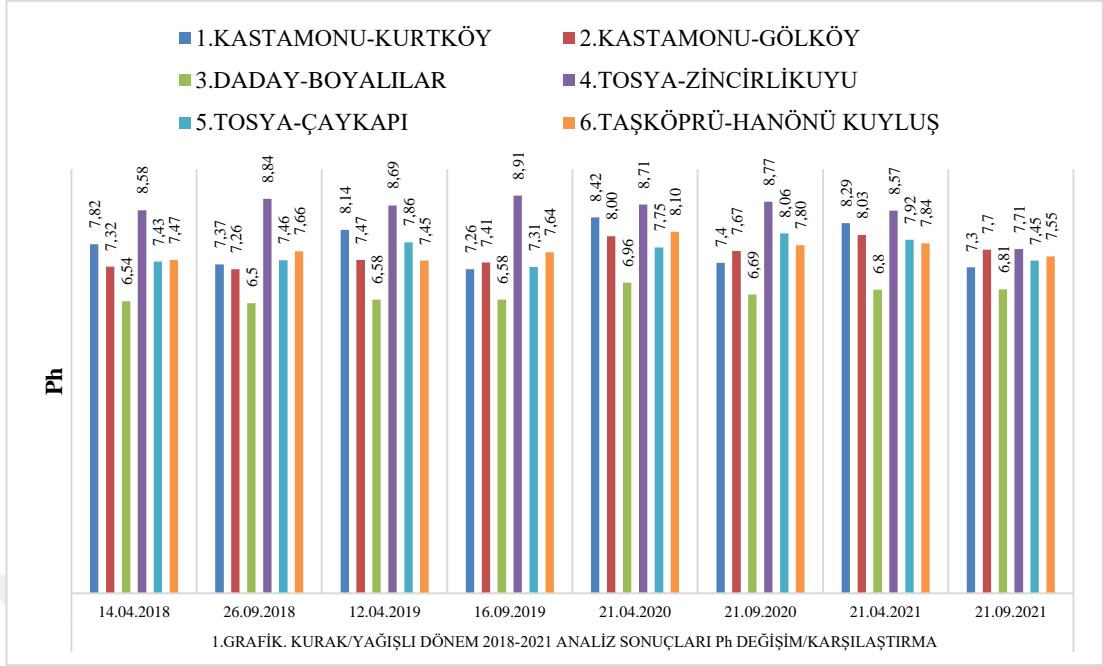
4.TOSYA-ZİNCİRLİKUYU	KURAK/YAĞIŞLI DÖNEM 2018-2021 ANALİZ SONUÇLARI							
	13.04.2018	26.09.2018	12.04.2019	16.09.2019	6.04.2020	16.09.2020	21.04.2021	21.09.2021
Ph	8,58	8,84	8,69	8,91	8,71	8,77	8,57	7,71
EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	360	327	333	297	356	344	438	459
RSC	1,43	1,27	1,23	1,40	1,31	1,35	1,65	2,50
SAR	0,842	0,897	0,914	0,868	0,858	0,812	0,73	1,273
Yüzde Sodyum	26,056	28,609	28,763	28,648	26,62	26,052	21,194	32,419
Cl (mg/l)	14,43	15,5	14,47	28,648	14,95	14,67	14,57	18,02
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	25,161	17,73	16,51	12,19	20,43	13,9	31,87	21,98
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	7,2	19	10,8	1,8	9	6,6	6,6	0
Ca (mg/l)	8,464	7,63	11,19	7,59	10,12	9,4	17,39	31,33
Mg (mg/l)	28,792	24,75	23,2	22,75	26,71	25,57	32,92	20,98
Na (mg/l)	22,888	22,69	23,35	21,17	22,93	21,18	22,45	37,57
K (mg/l)	1,289	1,75	1,83	<0,700	1,78	1,6	2,05	4,42
Bor (mg/l)	0,132	0,088	0,12	0,199	0,126	0,166	0,276	0,408
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	168,6	139,69	143,96	153,72	157,38	157,38	206,18	252,54
ABD Tuz. Lab. Sınıf	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1
RSC SINIF TS 7739/Aralık 1989 'e göre	2. SINIF	2. SINIF	1. SINIF	2. SINIF	2. SINIF	2. SINIF	2. SINIF	2. SINIF
BOR SINIF TS 7739/Aralık 1989 'e göre	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF YARI DAYANIKLI UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF YARI DAYANIKLI UYGUN

Tablo 4.16 Tosya-Çaykırı

5.TOSYA-ÇAYKIRI	KURAK/YAĞIŞLI DÖNEM 2018-2021 ANALİZ SONUÇLARI							
	13.04.2018	26.09.2018	12.04.2019	16.09.2019	6.04.2020	29.09.2020	21.04.2021	21.09.2021
Ph	7,43	7,46	7,86	7,31	7,75	8,06	7,92	7,45
EC (µS/cm)	758	630	541	831	672	668	690	796
RSC	4,26	4,08	3,22	5,95	3,24	3,09	3,14	3,75
SAR	0,9	2,015	0,898	0,869	0,796	0,96	0,884	0,92
Yüzde Sodyum	19,70	37,71	23,007	21,784	19,215	21,981	20,011	17,959
Cl (mg/l)	15,26	95,02	15,38	21,3	16,74	16,88	12,74	18,44
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	16,44	16,22	3,95	5,37	27,44	41,17	35,92	92,23
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	0	0	0		0	0	0	0
Ca (mg/l)	79,18	55,24	39,85	44,84	52,93	70,28	78,54	116,15
Mg (mg/l)	32,03	31,34	28,36	25,88	32,52	26,51	26,73	36,52
Na (mg/l)	37,76	75,74	30,38	29,54	29,86	37,24	35,6	44,43
K (mg/l)	4,617	3,91	3,73	9,41	5,36	2,06	2,41	<0,700
Bor (mg/l)	0,202	0,13	0,085	0,418	0,164	0,18	0,177	0,149
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	460	411,14	328,18	495,93	359,29	361,12	376,98	495,32
ABD Tuz. Lab. Sınıf	C3S1	C2S1	C2S1	C3S1	C2S1	C2S1	C2S1	C3S1
RSC SINIF TS 7739/Aralık 1989 'e göre	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF
BOR SINIF TS 7739/Aralık 1989 'e göre	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF YARI DAYANIKLI UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF YARI DAYANIKLI UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN

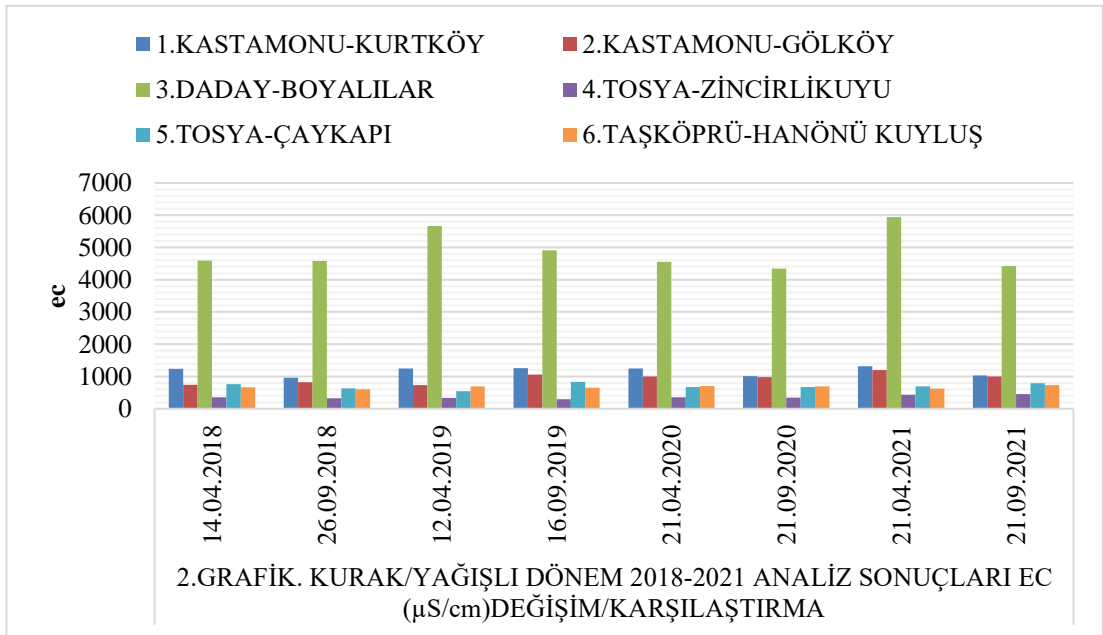
Tablo 4.17 Taşköprü-Hanönü Kuyluş

6.TAŞKÖPRÜ-HANÖNÜ KUYLUŞ	KURAK/YAĞIŞLI DÖNEM 2018-2021 ANALİZ SONUÇLARI							
	13.04.2018	26.09.2018	12.04.2019	16.09.2019	21.04.2020	17.09.2020	21.04.2021	21.09.2021
Ph	7,47	7,66	7,45	7,64	8,10	7,80	7,84	7,55
EC ( $\mu$ S/cm)	666	600	694	655	705	695	628	729
RSC	2,63	3,03	2,75	2,90	2,97	2,95	2,65	1,74
SAR	0,511	0,592	0,57	0,559	0,539	0,533	0,6	0,643
Yüzde Sodyum	12,35	14,90	13,512	13,776	12,946	12,816	14,534	14,794
Cl (mg/l)	12,754	13,91	13,84	13,1	12,74	13,25	14,75	20,14
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	55,4	42,42	55,56	44,16	54,76	52,84	40,9	91,64
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca (mg/l)	84,725	69,79	85,24	73,92	84,17	83,36	76,18	89,1
Mg (mg/l)	27,618	26,14	27,89	27,85	27,24	28,11	28,4	28,45
Na (mg/l)	21,183	22,88	23,72	22,26	22,24	22,08	24,2	27,27
K (mg/l)	1,135	1,61	1,77	2,78	2,09	1,98	1,67	1,33
Bor (mg/l)	0,069	0,051	0,007	0,06	0,097	0,116	0,508	0,098
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	357,46	355,63	366	358,07	376,37	376,37	347,7	311,71
ABD Tuz. Lab. Sınıf	C2S1	C2S1	C2S1	C2S1	C2A1	C2S1	C2S1	C2S1
RSC SINIF TS 7739/Aralık 1989 'e göre	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	3. SINIF	2. SINIF
BOR SINIF TS 7739/Aralık 1989 'e göre	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN	1. SINIF YARI DAYANIKLI UYGUN	1. SINIF HASSAS UYGUN



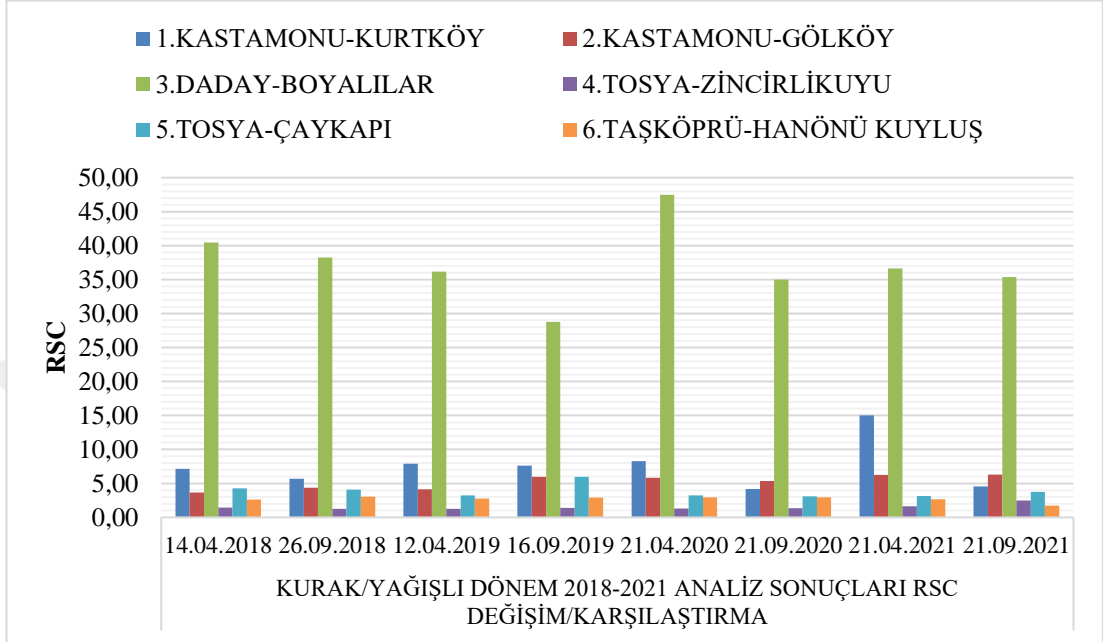
Grafik 4.1 Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait PH

İncelenen noktalarda Ph değerleri her bir nokta için dönemsel verilerde belirli aralıklarda kaldığı ancak numune noktalarında farklılıklar mevcuttur. Sonuçlar Boyalılar Köyü noktası hariç sulama suyu için uygun aralıklarda olduğu görülmektedir.



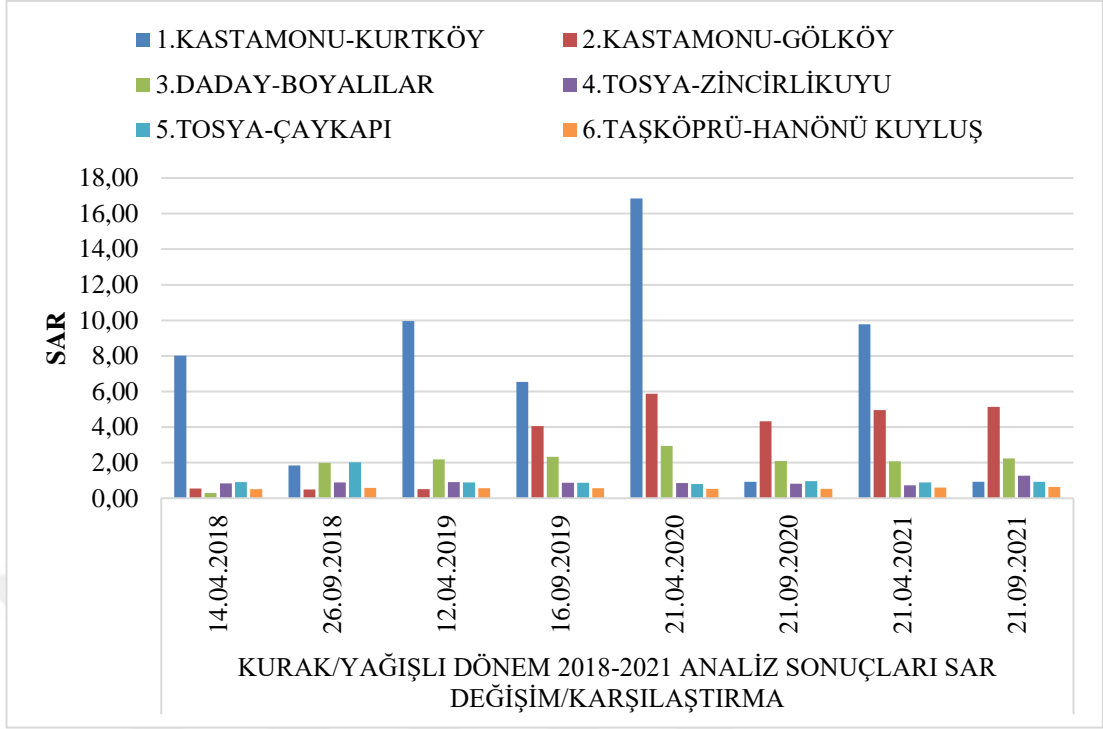
Grafik 4.2 Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait EC (µS/cm)

Elektiriksel iletkenlik değerleri dönemsel değişim göstermemiş noktasal farklılıklar herbir nokta için vardır. Boyalılar köyü noktası hariç kuyular sulama suyu açısından stabildir.



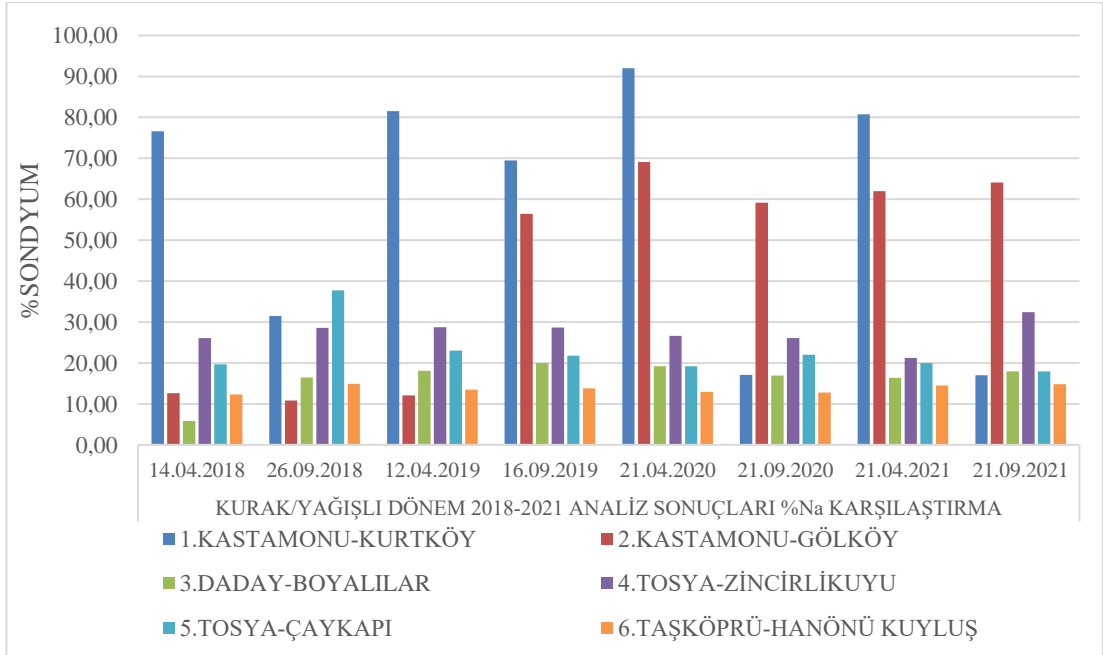
Grafik 4.3 Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait RSC Kalıcı Sodyum Karbonat

Kalıcı sodyum karbonat değerleri Daday Boyalılar noktası hariç sulama suyu için değerlendirilebilecek aralıkta dönemsel olarak stabildir.



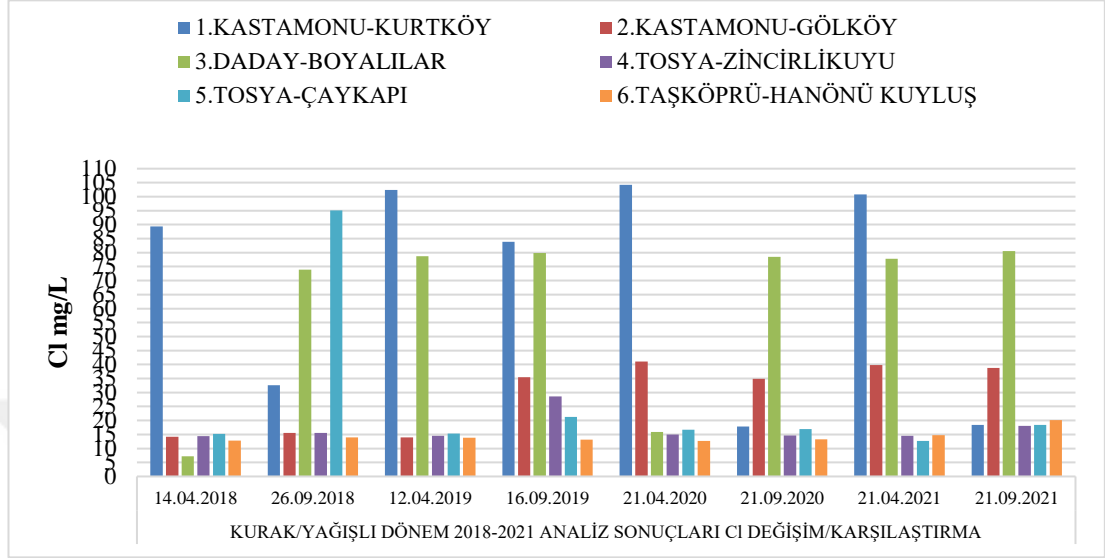
Grafik 4.4 Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait SAR Sodyum Adsorpsiyon Oranı

Sodyum adsorpsiyon oranı Kastamonu Kurköy Noktası hariç sulama suyu için uygun sınırlarda dönemsel olarak stabildir.



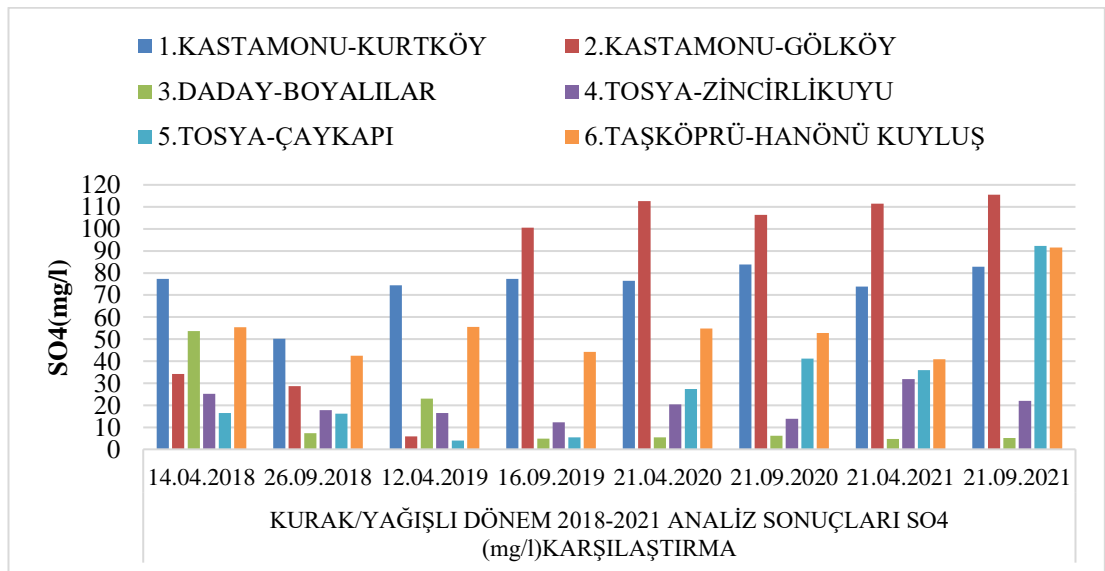
Grafik 4.5 Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait % Na (Sodyum Yüzdesi) Değerleri

%Na değerleri dönemsel olarak herbir nokta için stabildir. Noktasal farklılıklar mevcut Kurtköy noktası için sodyum yüzdesi değerleri yüksek çıkmıştır.



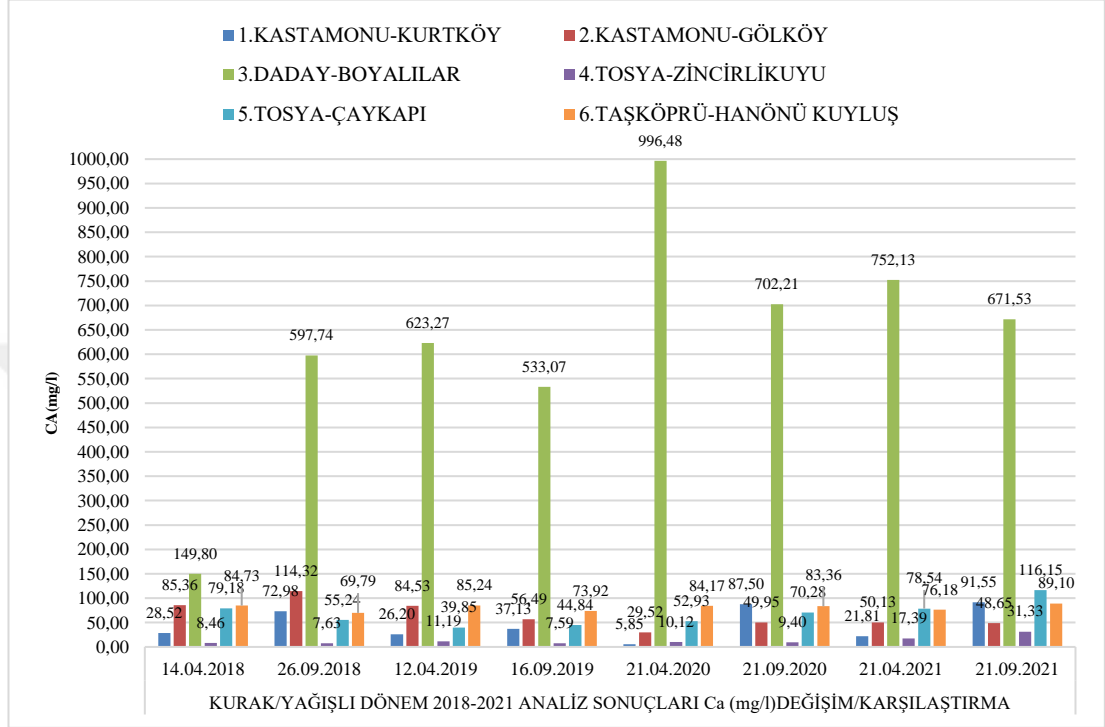
Grafik 4.6 Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait Cl (mg/l) Değerleri

Cl değerleri noktasal ve dönemsel farklılıklar göstermektedir. Kurtköy noktası 2019-2021nisan dönemlerinde çok yüksek değerler göstermiştir. Kurtköy Gölköy Tosya çatkapı noktalarında genel olarak daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.



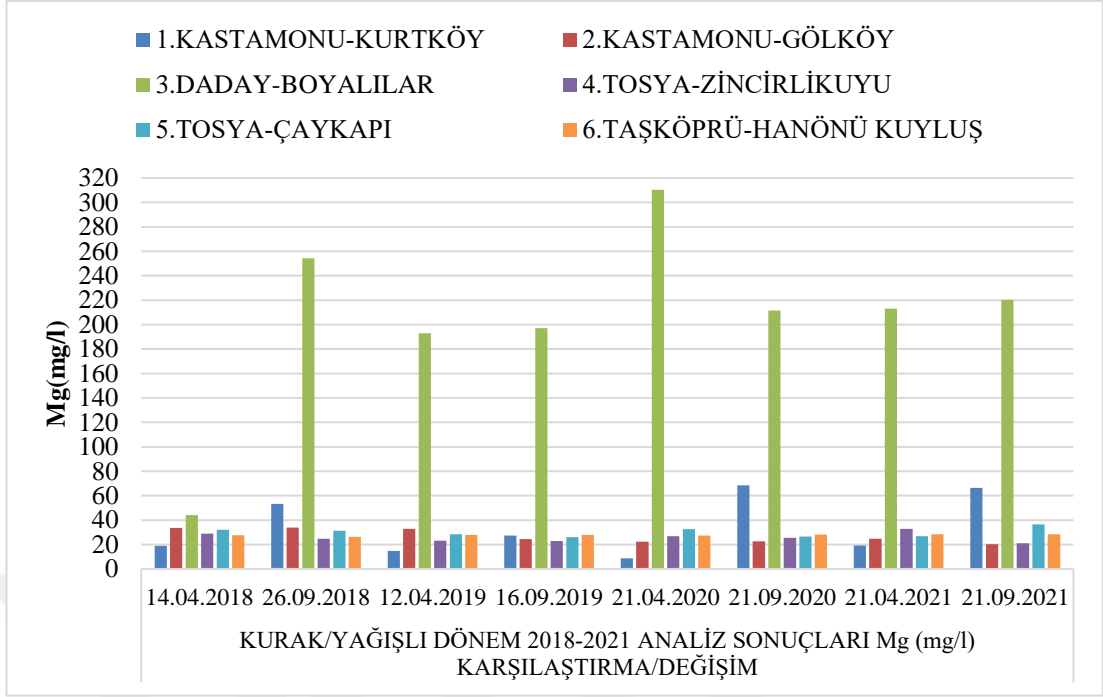
Grafik 4.7 Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>(mg/l) Değerleri

Sülfat değerleri dönemsel ve noktasal farklılıklar göstermektedir.2018-2019 dönemlerinde daha düşük olan Kurtköy Gölköy noktalarında 2020 sonrasında bariz artış gözlemlenmektedir.



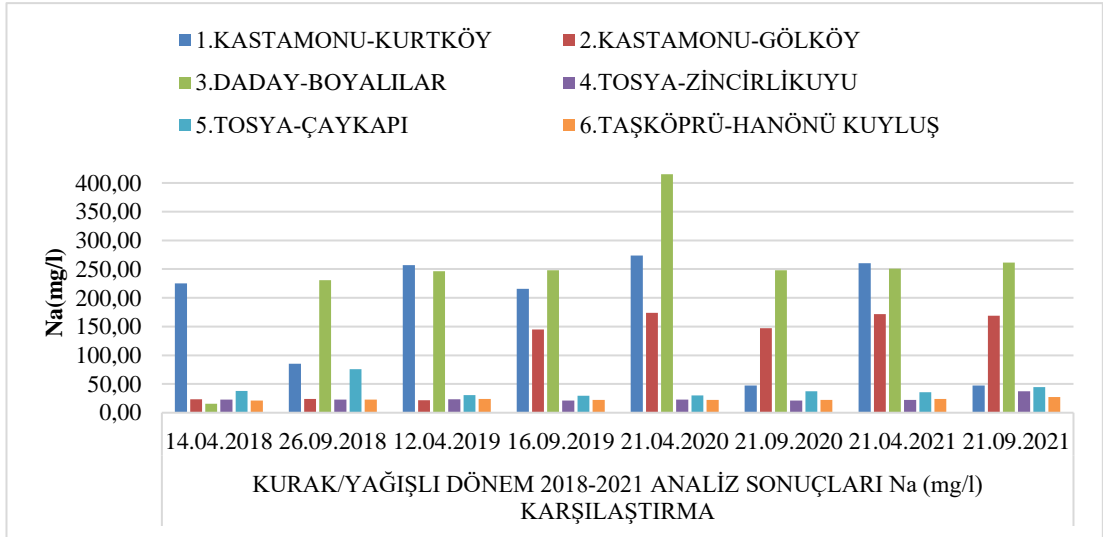
Grafik 4.8 Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait Ca (mg/l) Değerleri

Kalsiyum değerleri Daday Boyalılar noktası hariç dönemsel ve noktasal olarak stabildir Daday Boyalılar noktasında çok yüksek değerler gözlemlenmiştir.



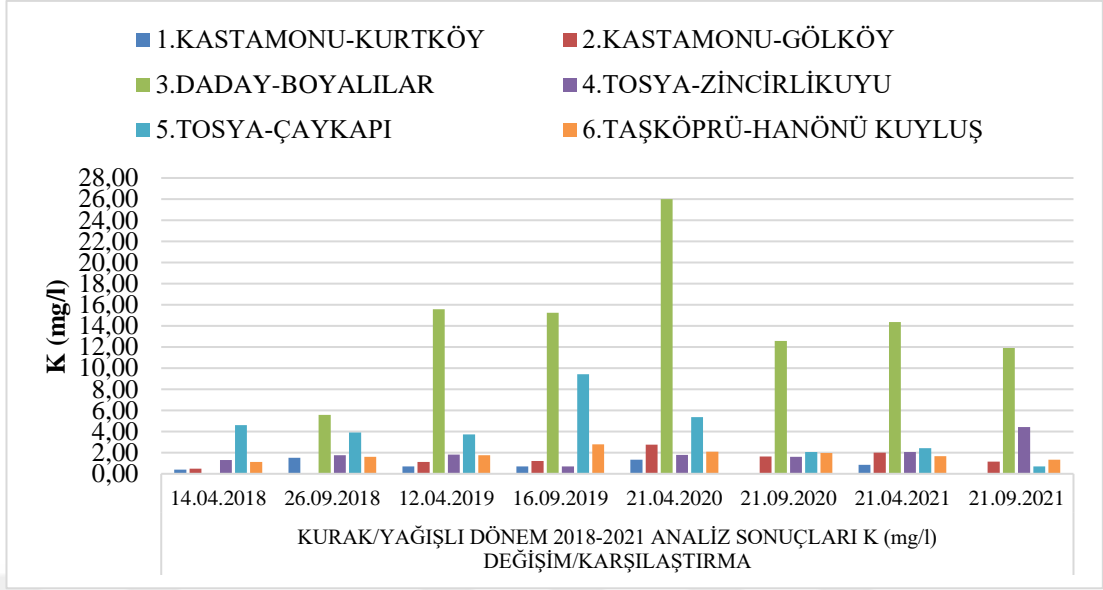
Grafik 4.9 Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait Mg(mg/l) Değerleri

Magnezyum değerleri Daday Boyalılar noktası hariç dönemsel ve noktasal olarak stabildir Daday Boyalılar noktasında çok yüksek değerler gözlemlenmiştir



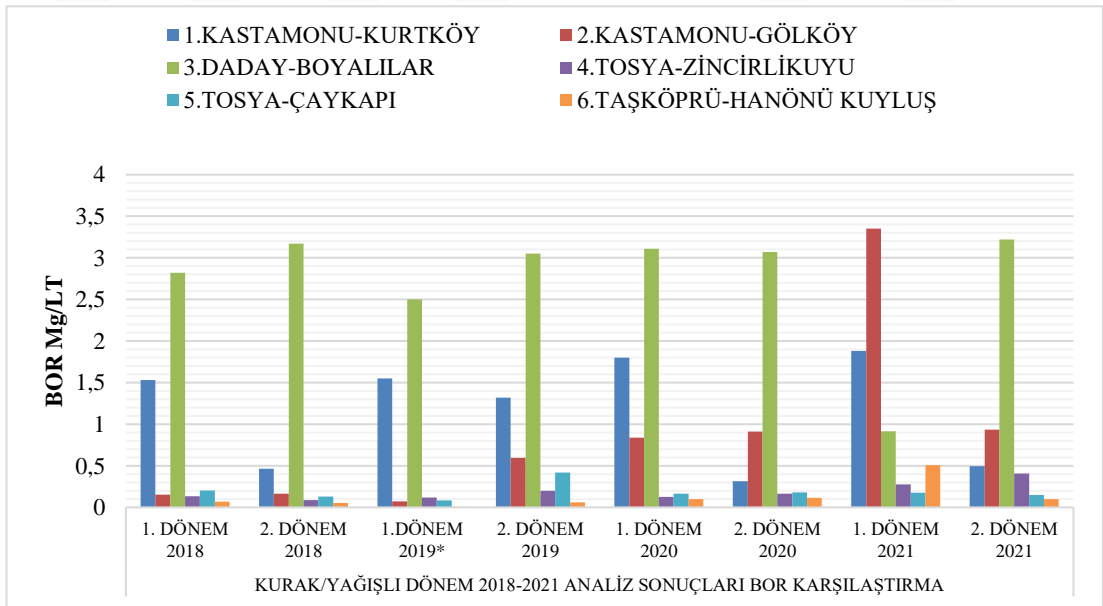
Grafik 4.10 Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait Na(mg/l) Değerleri

Sodyum değerleri her bir nokta için dönemsel stabildir. Kurtköy, Boyalılar noktalarında diğer noktalara nazaran çok yüksek değerler elde edilmiştir.



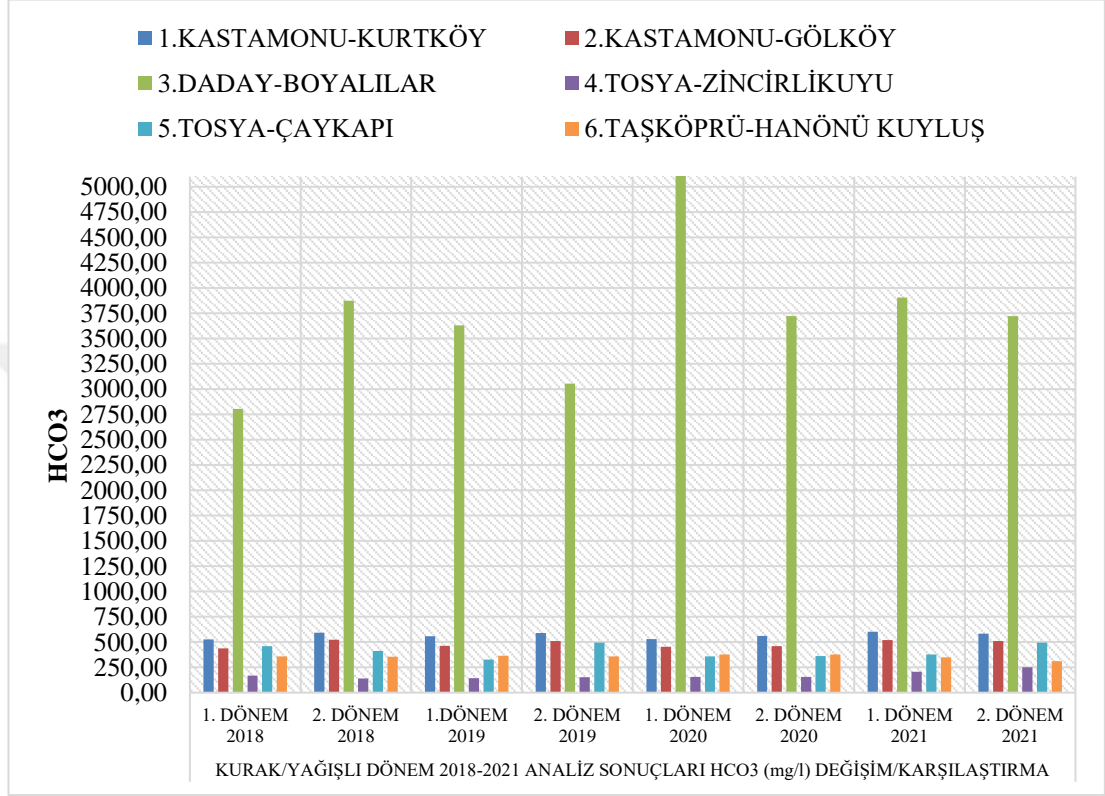
Grafik 4.11 Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait K(mg/l) Değerleri

Potasyum değerleri her bir nokta da dönemsel küçük artışlar olmuş ancak belirli aralıklarda kalmıştır. Boyalılar noktası diğer noktalarla karşılaştırılınca yüksek potasyum değerine sahiptir.



Grafik 4.12 Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait Bor (mg/l) Değerleri

Bor değerleri Kurtköy boyalılar noktalarında yüksek diğer noktalarda düşük olduğu görülmüştür. 1. Dönem 2021 de Gölköy noktasında diğer dönemlere nazaran yüksek değer elde edilmiştir.



Grafik 4.13 Örnekleme Noktalarının 2018-2021 Dönemsel Ortalamasına Ait HCO<sub>3</sub>-(mg/l) Değerleri

Bikarbonat değerleri her bir nokta için dönemsel olarak stabildir. Daday Boyalılar noktası hariç noktalar arasında çok küçük farklılıklar vardır. Boyalılar noktası Bikarbonat yönünden zengindir.

## 5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Kastamonu ili yeraltı suları açısından zengin bir bölgedir. Ancak yeraltı su kaynaklarının potansiyeli kalitesi kirletici konsantrasyonlarının tespiti ve tarımsal sulama için uygunluğunun değerlendirilmesi için ayrıntılı bir inceleme yapılması gerekmektedir. Bu tür bir inceleme genellikle yeraltı suyu izleme ve değerlendirme programları çerçevesinde gerçekleştirilir. Yeraltı suyu potansiyeli yeraltı suyunun varlığı miktarı ve yenilenebilirliği ile ilgilidir. Bu su tablasının derinliği yeraltı suyu akış hızı ve rezervuar kapasitesi gibi faktörlerin belirlenmesini içerir. Potansiyelin belirlenmesi genellikle hidrojeolojik çalışmalar kuyu testleri ve hidrolojik modellerin kullanımını içerir.

Yeraltı suyu kalitesi suyun içerdiği kirleticilerin miktarı ve türüne bağlıdır. Kirleticiler endüstriyel atıklar tarım ilaçları gübreler ve diğer kaynaklar tarafından suya karışabilir. Kalitenin değerlendirilmesi su numunelerinin laboratuvar analizleri yoluyla gerçekleştirilir. Bu analizler, pH elektriksel iletkenlik besin maddeleri (azot fosfor) ağır metaller organik kirleticiler ve mikrobiyolojik parametreler gibi çeşitli parametreleri içerebilir.

Kirletici konsantrasyonlarının tespiti yeraltı suyu kaynaklarının belli kirleticilerle kontamine olup olmadığını belirlemek için yapılır. Bu çalışmalar su numunelerinin laboratuvar testleri ve saha ölçümleriyle gerçekleştirilir. Konsantrasyonlar belirlenir ve ulusal veya uluslararası su kalitesi standartlarıyla karşılaştırılır.

Yeraltı sularının tarımsal sulama için uygunluğunun değerlendirilmesi suyun bitki büyümesi için gerekli parametreleri karşılayıp karşılamadığının belirlenmesini içerir. Bu pH tuzluluk (elektriksel iletkenlik) sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) kireçlenme ve toksik element konsantrasyonlarının değerlendirilmesini içerir. Tarımsal sulama için uygun olmayan su kaynakları bitki büyümesini olumsuz etkileyebilir veya toprağın tuzlanmasına neden olabilir.

Yeraltı sularının potansiyeli kalitesi kirletici konsantrasyonları ve tarımsal sulama için uygunluğunun değerlendirilmesi için yerel yetkililer hidrojeologlar çevre mühendisleri

ve su kaynakları uzmanlarıyla çalışmanız önemlidir. Bu uzmanlar saha çalışmaları yapabilir numune toplayabilir ve analiz sonuçlarını değerlendirerek yeraltı su kaynaklarının durumu hakkında bilgi sağlayabilirler.

Yapmış olduğumuz çalışmanın bulgularına göre; Kastamonu Alt Havzası'nda RSC, SAR ve %Na değerinin sulama sezon ile doğrudan etkilenmediği görülmekte ve yalnızca W-2313 kodlu kuyudan ikinci ve üçüncü dönem alınan örneğin yüksek RSC değeri sebebiyle sulama suyu amacıyla kullanıma uygun olmadığı görülmektedir.

"Foster, vd., (2006) Groundwater in International Law: Compilation of Treaties and Other Legal Instruments" adlı çalışma yeraltı sularının uluslararası hukuktaki durumunu ve bu alanda yapılan anlaşmaları derleyen bir kaynaktır. Bu çalışma, UNESCO International Hydrological Programme (IHP) tarafından yayınlanmıştır. Kitap yeraltı sularının uluslararası hukuki çerçevesini ele alarak bu alanda mevcut olan uluslararası anlaşmaları yasaları ve diğer hukuki araçları derlemektedir. Yeraltı sularının yönetimi kullanımı ve korunması gibi konuları ele alan bu hukuki araçlar ülkeler arasındaki sınırların ötesine geçen su kaynaklarının sürdürülebilir ve adil bir şekilde yönetilmesini amaçlamaktadır. Çalışma yeraltı suyu yönetimi ve uluslararası hukuk alanında bir kaynak olarak araştırmacılar hukukçular politika yapıcılar ve su kaynakları yöneticileri için önemli bir referans niteliği taşımaktadır. Bu derleme yeraltı sularının uluslararası boyutunu anlamak ve uygun politika ve hukuki çerçeveler oluşturmak için bilgi sağlamaktadır. Bu çalışma bulguları ile verilerimiz örtüşmektedir.

Bir başka çalışma; Ragab ve Prudhomme (2002) Soil and Water Science: An Overview" adlı çalışma "Toprak ve Su Bilimi: Bütünleşik Bir Yaklaşım" başlıklı kitabın içinde yer almaktadır. Bu çalışma, CABI Publishing tarafından yayınlanmıştır. Bu çalışma toprak ve su biliminin genel bir bakış açısı sunmaktadır. Kitabın bir bölümü olarak yer alan bu çalışma toprak ve su arasındaki etkileşimleri toprak ve su kaynaklarının özelliklerini kullanımını ve yönetimini ele almaktadır. Bu konular tarımsal sulama su kalitesi erozyon kontrolü toprak verimliliği ve sürdürülebilir tarım gibi alanlarda önemli rol oynayan temel kavramları içermektedir. Çalışma toprak ve su bilimi alanına giriş niteliğinde olup toprak ve su kaynaklarının yönetimiyle ilgilenen

araştırmacılar öğrenciler ve uzmanlar için faydalı bir kaynaktır. Bu çalışma toprak ve su biliminin temel prensiplerini anlamak ve bu alanlarda uygulanan entegre yaklaşımları keşfetmek isteyenlere genel bir anlayış sağlamaktadır.

Kimyasal analizlere ait diyagramlar sunulmuş olup. Wilcox diyagramlarına göre havzada suların çoğunlukla “Çok İyi – İyi” ve “İyi Kullanılabilir” sular sınıfında. ABD Tuzluluk Lab. diyagramlarına göre ise çoğunlukla “C2S1” ve “C3S1” sınıfında yer aldığı görölmektedir. Yalnızca W-2313 kodlu kuyuda ikinci dönem yükselen sodyum içeriği sebebiyle “C4S1” ve “şüpheli – Kullanılmaz” sınıfında bulunmaktadır. İkinci ve üçüncü dönemlerde W2016/1 kodlu kuyuda da kalite düşümü ve sınıf değişimi gözlenmektedir.

"Lamaddalena, vd., (2008) Guidelines for Integrated Management of Groundwater Resources" adlı çalışma UNESCO tarafından yayınlanmıştır. Kitap yeraltı su kaynaklarının bütünlüşük yönetimi konusunda rehberlik sunmaktadır. Bu çalışma yeraltı su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için kılavuz niteliği taşımaktadır. Farklı yazarlar tarafından kaleme alınan bölümler yeraltı suyu yönetimiyle ilgili temel prensipleri teknikleri ve stratejileri ele almaktadır. Yeraltı suyu kaynaklarının korunması izlenmesi modellemesi kullanımı su kaynakları planlaması ve politika oluşturma gibi konular bu kılavuzda ele alınmaktadır. Kitap yeraltı suyu yönetimiyle ilgilenen uzmanlara politika yapıcılara su kaynakları yöneticilerine ve planlamacılara yönelik bilgiler içermektedir. Bütünlüşük bir yaklaşımla yeraltı suyu kaynaklarının etkili bir şekilde yönetilmesine odaklanırken bu kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve korunmasına da vurgu yapmaktadır.

Bu çalışma. Kastamonu ili yeraltı sularının potansiyeli kalitesi kirletici konsantrasyonları ve tarımsal sulama için uygunluğunu incelemeyi amaçlamaktadır. Yapılan araştırma ve analizler sonucunda aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Potansiyel Değerlendirmesi: Kastamonu ilindeki yeraltı suyu potansiyeli derin kuyular ve akiferlerdeki yeterli su miktarı ile belirlenmiştir. Saha çalışmaları ve hidrolojik veriler. Kastamonu ilinin tarımsal sulama için uygun bir yeraltı suyu potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Su Kalitesi Analizi: Yeraltı suyu kalitesi analizi çeşitli fiziksel kimyasal ve biyolojik parametrelerin incelenmesini içermiştir. Kastamonu ilindeki yeraltı sularının genel olarak iyi bir kaliteye sahip olduğu bulunmuştur. Ancak bazı noktalarda tespit edilen kirletici maddeler ve yüksek mineral içeriği gibi bölgesel farklılıklar gözlemlenmiştir.

Kirletici Konsantrasyonlarının Tespiti: Çalışma kapsamında yapılan analizlerde. Kastamonu ilinde bazı bölgelerde kirletici konsantrasyonlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Özellikle tarım ilaçları endüstriyel atıklar ve çiftlik faaliyetlerinden kaynaklanan kirlilikler gözlemlenmiştir.

Bu tez çalışmasının sonuçlarına dayanarak. Kastamonu ili yeraltı sularının tarımsal sulama için uygunluğunu artırmak için aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

Yeraltı Su Kaynaklarının Korunması: Kirletici konsantrasyonlarının tespit edildiği bölgelerde kirliliğin kaynaklarının belirlenmesi ve kontrol edilmesi için düzenli izleme ve denetim faaliyetleri yürütülmelidir. Tarım ilaçları endüstriyel atıklar ve çiftlik faaliyetleri gibi potansiyel kirlilik kaynaklarına yönelik önlemler alınmalıdır.

Sulama Suyu Kalitesinin İyileştirilmesi: Yeraltı suyu kullanılarak tarımsal sulama yapılacaksa su kalitesi ile ilgili sorunların önüne geçmek için uygun arıtma yöntemleri kullanılmalıdır. Arıtma sistemleri kirleticilerin giderilmesi ve su kalitesinin yükseltilmesi için etkili bir şekilde tasarlanmalı ve düzenli olarak bakımı yapılmalıdır.

Bilinçli Su Kullanımı ve Yönetimi: Tarımsal sulama faaliyetlerinde su kaynaklarının sürdürülebilir şekilde kullanılması için etkili su yönetimi stratejileri benimsenmelidir. Verimli sulama tekniklerinin kullanımı teşvik edilmeli su tasarrufu sağlayan uygulamalar yaygınlaştırılmalı ve çiftçilere su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı konusunda eğitim verilmelidir.

Sürekli İzleme ve Değerlendirme: Kastamonu ilindeki yeraltı sularının potansiyeli kalitesi ve kirletici konsantrasyonları düzenli olarak izlenmelidir. Bu izleme faaliyetleri su kaynaklarının durumunu takip etmek erken uyarı sistemleri geliştirmek ve gerektiğinde önlemler almak için önemlidir.

Bu önerilerin hayata geçirilmesi. Kastamonu ilinde yeraltı su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini sağlayacak ve tarımsal sulama için uygunluğunu artıracaktır. Bu şekilde çiftçilerin verimli ve sürdürülebilir tarımsal üretim yapmalarına destek olunacak ve su kaynaklarının korunması hedeflenerek gelecek nesillere temiz ve sağlıklı bir çevre bırakılması sağlanacaktır.



## KAYNAKLAR

- Abbasnia, A., Yousefi, N., Mahvi, A., Nabizadeh, R., Radfarad, M., Yousefi, M. & Alimohammadi, M., (2018). Evaluation of groundwater quality using water quality index and its suitability for assessing water for drinking and irrigation purposes: Case study of Sistan and Baluchistan province (Iran). *Human and Ecological Risk Assessment An International Journal*. 25. 1-18. doi:10.1080/10807039.2018.1458596.
- Asri, F.Ö., Demirtaş, E.I., Ari, N., Arpacioğlu, A.E. & Özkan, C.F., (2010). Antalya-Serik Yöresi Seralarında Kullanılan Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 23(2). 145–150.
- Aydoğdu M.H., Mancı A.R. & Aydoğdu M. (2015). Tarımsal Su Yönetiminde Deşimler Sulama Birlikleri Fiyatlandırma ve Özelleştirme Süreci *Kış-2015* 14 (52)146-160.
- Çakmak, C., (1998). Türkiye’de Su Kaynakları Potansiyeli ve Developmanı. *TMH*, 391:34-39.
- Demir Yetiş, A., (2013). Ceylanpınar Ovası Yeraltı Suyu Kalitesinin ve Kirlenme Potansiyelinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Adana.
- Elubid, B., Huag, T., Ahmed, E., Zhao, J., Elhag, K., Abbass, W. & Babiker, M., (2019). Geospatial Distributions of Groundwater Quality in Gedaref State Using Geographic Information System (GIS) and Drinking Water Quality Index (DWQI). *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(5):731. doi: 10.3390/ijerph16050731
- Emre, T., Sözbilir, H., (2005). Kütahya Ovası’ndaki yüzey ve yer altı sularının sulama suyu kalitesi açısından incelenmesi. *MTA Dergisi*. 131. 1–19.
- Etteieb, S., Cherif, S., & Tarhouni, J, (2015). *Hydrochemical assessment of water quality for irrigation: a case study of the Medjerda River in Tunisia*. *Applied Water Science*. 1–12.
- Foster, S., Louw, D. & Van Steenberg, F., (2006). Groundwater in international law: Compilation of treaties and other legal instruments. UNESCO-IHP.
- Güner, ED., (2016). Göksu Deltasındaki Yeraltı Su Kalitesi Düzeylerinin Saptanması ve Dağılımlarının Belirlenmesi. Doktora Tezi. *Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü*. Adana.
- Günhan Ö. 2014. Yeraltı Sularının Kalitesinin Değerlendirilmesi Açısından Uygun Bir Metodoloji Araştırması. Uzmanlık Tezi. *Orman ve Su İşleri Bakanlığı*. Ankara.

- Hem, D., (1989). *Study and Interpretation the Chemical of Natural of Characteristics Water*. Geological Survey Water-Supply Paper 2254. <https://pubs.usgs.gov/wsp/wsp2254/pdf/wsp2254a.pdf>. [Erişim 25 Mayıs 2023].
- Karaman S., Gökalp Z. (2010). Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 3 (1), 59-66, 2010 ISSN: 1308-3945, E-ISSN: 1308-027X, [www.nobel.gen.tr](http://www.nobel.gen.tr)
- Kawo, N., Karuppattan, S., (2018). *Groundwater Quality Assessment Using Water Quality Index and GIS Technique in Modjo River Basin*. Central Ethiopia. *Journal of African Earth Sciences* 147. doi:10.1016/j.jafrearsci.2018.06.034.
- Lamaddalena, N., Todorovic, M. & Van Dam, J. C., (Eds.). (2008). *Guidelines for integrated management of groundwater resources*. UNESCO.
- Marco, J. L. ve ark., “Monitoring water resources and water use from earth observation in the belt and road countries.”, *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, Cilt 32, s. 62-73, 2017.
- Narsimha, A., Sudarshan, V., Srinivasulu, P., Vishnu, B., Kumar, MR., & Kumar, S.N. (2012). Ground water Quality and its Suitability for Drinking and Agricultural Purposearound Chityal Area. Nalgonda District. *Andhra Pradesh. India. Water Research& Development*. ISSN: 2249-2003 Vol. 2 (3) 68-75.
- Öztaş, T., (1982). *Yeraltı suları Açısından Jeolojik Ortamlar ve Akiferlerin Sınıflanması*. İstanbul Teknik Üniversitesi. Jeoloji Mühendisliği Bölümü. İstanbul.
- Ragab, R., & Prudhomme, C., (2002). *Soil and water science: An overview. In Soil and water sciences: An integrated approach* (pp. 1-16). CABI Publishing.
- Richards, L.A., (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. (L. A. Richards. Ed.). Washington. D.C.: United States Department of Agriculture.
- Sahtiyancı Özdemir, ÖH., Gökdereli, G., Günhan, Ö. & Karaaslan, Y., (2019). Ekosistem Esaslı Su Kalitesi Yönetimi. 123- 145. içinde: *Su Kalitesi Üzerindeki Baskılar* (eds: Selek Z.). Tarım ve Orman Bakanlığı. Ankara.
- Sargın, A.H., (2004). *Sahil Akiferlerinde Tuzlu Su Girişimi*. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu. DSİ Genel Müdürlüğü.2004.191-200. Ankara.
- Shiklomanov, I. A. (2000), “Appraisal and Assessment of World Water Resources”, *Water International*, 25(1) 11-32.
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz metotları Tebliği (Resmi Gazete: 27372, tarih: 10.10.2009
- Şener, MF., Şener, M., & Uysal, BT., (2017). Kapadokya Jeotermal İlinin Anadolu (Türkiye) evrimi: jeokimyasal ve jeolojik kanıtlar. *Hidrojeoloji Dergisi* 25 (8): 2323-2345.

Şener, Ş. & Güneş, D., (2014). Aksu (Isparta) Ovası Yüzey ve Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Su Kalitesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 21(6). 260-269. Isparta.

Taştekin, N., (2019). Beyşehir (Konya) Ovasının Hidrojeolojik- Hidrojeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü*. Isparta.

TS 266 Sular - İnsani amaçlı kullanım sular

TS 9359 Su kalitesi – Yer altı Suyu Kontrol Kuyularından Numune Alma Rehberi

TS EN ISO 10304-1: Su kalitesi-Çözünmüş florür, klorür, nitrit, ortofosfat, bromür, nitrat ve sülfat iyonlarının sıvı iyon kromatografisi ile tayini bölüm 1-Az kirlenmiş sular için metot

TS EN ISO 10523- Su kalitesi - Ph tayini

TS EN ISO 14911: Su kalitesi- Su ve atık sularda çözünmüş Li, Na, NH<sub>4</sub>, K, Mn, Ca, Mg, Sr ve Ba 'nin tayini- İyon kromatografisi metodu

TS EN ISO 5667 Su Kalitesi-Numune Alma Standardı

TS-3790 EN ISO 9963-1: Su kalitesi-Alkalinitik tayini bölüm 1: Toplam ve bileşik alkalanitenin tayini

TS-9748 EN 27888 : Su kalitesi-Elektriksel iletkenlik tayini

Ünal, A A., (2001). Su ve Sağlık. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. Ankara.

WHO (2011) Guidelines for Drinking-water Quality 4th Edition. World Health Organization, Geneva

Yerüstü Suları, Yeraltı Suları ve Sedimentten Numune Alma ve Biyolojik Örnekleme Tebliği 21.02.2015 tarihli ve 29274 sayılı Resmi Gazete

Yıldız, GE., (2009). Konya Yolu – Çayyolu Arasındaki (Ankara) Akiferlerde Yeraltı Suyu Kalitesinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Gazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü*. Ankara.