



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANA BİLİM DALI**

**YERALTI SULARININ SULAMAYA UYGUNLUKLARININ
MATEMATİKSEL EŞİTLİKLER VE GRAFİKSEL
YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Meltem GÜRLER ÇOLAK

Danışman
Prof. Dr. Hakan ARSLAN

SAMSUN
2021

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANA BİLİM DALI**



**YERALTI SULARININ SULAMAYA UYGUNLUKLARININ
MATEMATİKSEL EŞİTLİKLER VE GRAFİKSEL
YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Meltem GÜRLER ÇOLAK

Danışman

Prof. Dr. Hakan ARSLAN

SAMSUN
2021

TEZ KABUL VE ONAYI

Meltem GÜRLER ÇOLAK tarafından, Prof. Dr. Hakan ARSLAN danışmanlığında hazırlanan “Yeraltı Sularının Sulamaya Uygunluklarının Matematiksel Eşitlikler ve Grafıksel Yöntemlerle Belirlenmesi ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 12.7.2021 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliğı ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Bilal CEMEK		<input checked="" type="checkbox"/>
	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı		Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye (Danışman)	Prof. Dr. Hakan ARSLAN		<input checked="" type="checkbox"/>
	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı		Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Zeki GÖKALP		<input checked="" type="checkbox"/>
	Erciyes Üniversitesi Arazi ve Su Kaynakları Anabilim Dalı		Kabul <input type="checkbox"/> Ret

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

ONAY
... / ... / ...
Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

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

İmza

... / ... / 2021

Meltem GÜRLER ÇOLAK

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: Yeraltı Sularının Sulamaya Uygunluklarının Matematiksel Eşitlikler ve Grafikselleştirme Yöntemleriyle Belirlenmesi

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafındantarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 18

Tek kaynak oranı : % 4 çıkmıştır.

İmza

... / ... / 2021

Prof. Dr. Hakan ARSLAN

ÖZET

YERALTI SULARININ SULAMAYA UYGUNLUKLARININ MATEMATİKSEL EŞİTLİKLER VE GRAFİKSEL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Meltem GÜRLER ÇOLAK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Haziran/2021

Danışman: Prof. Dr. Hakan ARSLAN

Bu çalışma kapsamında, Çorum il merkezinin güney ve kuzeybatı bölgelerindeki yeraltı suyu kalitesinin belirlenmesi amacıyla Temmuz 2020 döneminde sulamada kullanılan 50 adet yeraltı suyu kuyusundan örnek alınmıştır. Alınan örneklerde elektriksel iletkenlik, pH, sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), klor (Cl), karbonat (CO_3), bikarbonat (HCO_3) ve nitrat (NO_3) değerleri belirlenmiştir.

Suların sulamada kullanılabilme durumlarını belirlemek amacıyla Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), Yüzde Sodyum Değeri (% Na), Artık Sodyum Karbonat Değeri (RSC), Kelly İndeksi (KI), Magnezyum Oranı (MR), Potansiyel Tuzluluk (PI), Langelier Satürasyon İndeksi (LSI) ve Permeabilite İndeksi (PI) değerleri hesaplanmıştır. Bununla birlikte Sulama Suyu Kalite İndeksi değerleri belirlenmiştir. Tüm parametrelerin birbiriyle ilişkisini belirlemek amacıyla Korelasyon Analizi uygulanmış ve Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak yeraltı sularının özelliklerine ait alansal dağılım haritaları hazırlanmıştır. Suların sulama açısından uygunluğunun belirlenmesi için USSS diyagramı, suların özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Piper diyagramı çizilmiştir.

Çalışma sonucunda alandaki yeraltı sularının elektriksel iletkenlik değerinin 1.5 ile 5.2 dS/m arasında değişim göstermiş ve incelenen alandaki yeraltı sularının büyük bölümünün tuzluluk açısından sorun oluşturduğu belirlenmiştir. Tuzluluk problemi olan kısımların daha fazla alanın kuzey ve güney yarısında yoğunlaştığı görülmüştür. Bununla birlikte alanın tamamında SAR değeri 10'dan düşük olmuş ve sodyumluluk açısından sorun olmadığı belirlenmiştir. Alandaki yeraltı suları genel olarak C_3S_1 , C_4S_1 ve C_4S_2 sınıflarında yer almışlardır. Çalışma alanının bazı bölgelerinde yeraltı sularının Magnezyum Oranı, Potansiyel Tuzluluk Değeri, Kalıcı Sodyum Karbonat ve Sulama Suyu Kalite İndeksi (IWQI) değerlerinin sulama açısından uygun olmadığı tespit edilmiştir. Piper diyagramına göre alandaki suların genelde Ca- HCO_3 , Ca-Mg-Cl ve Ca-Cl tipinde sular olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda alanın bazı bölgelerindeki yeraltı sularının tuzluluk değerlerinin yüksek olduğu ve tuzluluk zararının oluşmaması için, alternatif su kaynaklarının bulunması gerektiği yada bu alanlarda tuza dayanıklı bitkilerin ekilmesi önerilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Sulama Suyu Kalitesi, Tuzluluk, Coğrafi Bilgi Sistemi, Magnezyum Oranı

ABSTRACT

DETERMINING THE SUITABILITY OF GROUNDWATERS FOR IRRIGATION BY MATH EQUATIONS AND GRAPHIC METHODS

Meltem GÜRLER ÇOLAK

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Agriculture Structures and Irrigation

Master, June 2021

Supervisor: Prof. Dr. Hakan ARSLAN

In this study, samples were taken from 50 groundwater wells used for irrigation purposes in July 2020 in order to determine the groundwater quality in the south and northwest regions of Çorum city center. The electrical conductivity, pH, sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), chlorine (Cl), carbonate (CO₃), bicarbonate (HCO₃), and nitrate (NO₃) in the samples were measured.

Sodium Adsorption Rate (SAR), Percent Sodium Value (% Na), Residual Sodium Carbonate Value (RSC), Kelly Index (KI), Magnesium Ratio (MR), Potential Salinity (PI), and Permeability Index (PI) were calculated in order to determine the usability of groundwater water for irrigation. In addition, the Irrigation Water Quality Index was calculated using some hydrochemical properties.

In order to determine the relationship between parameters, correlation analysis was applied and spatial distribution maps of groundwater characteristics were prepared using the Geographical Information System.

The USSL diagram was drawn to determine the suitability of the waters for irrigation, and the Piper diagram was prepared to determine the properties of the waters.

Result of the study, the electrical conductivity value of the groundwater in the area varied between 1.5 and 5.2 dS/m, and it has been determined that the majority of the groundwater in the area is problematic in terms of salinity. It has been determined that the salinity problem is more prevalent in the northern and southern parts of the area. The SAR value in the groundwater was less than 10, and it was determined that there was no sodium problem. Groundwater was generally C₃S₁, C₄S₁, and C₄S₂ classification type.

The magnesium content, PI, RSC, and IWQI values of the groundwater were not suitable for irrigation. According to the Piper diagram, it has been observed that the waters in the area are generally Ca-HCO₃, Ca-Mg-Cl, and Ca-Cl types.

As a result of the study, it was found that the salinity values of the groundwater in some parts of the area are high and in order to prevent salinity damage, alternative water sources should be found or salt-resistant plants should be cultivated in these areas.

Keywords: Irrigation water quality, Salinity, Geographic information systems, Magnezium ratio.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans kariyerim boyunca kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan çok değerli akademik danışmanım Prof. Dr. Hakan ARSLAN 'a en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Yüksek lisans dersi aldığım değerli hocalarıma ve Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'ndeki tüm hocalarıma, bana olan katkı ve emeklerinden dolayı teşekkür ederim.

Çalışmamın kimyasal analizlerinin yapılmasında emeği geçen DSİ 7. Bölge Müdürlüğü Şube Müdürü Dr. Nazlı AYYILDIZ TURAN' a ve laboratuvar teknik ekibine çok teşekkür ederim.

Tez hazırlama sürecimin arazi çalışması kısmında, su örneklerinin alınması için yardımlarını ve manevi desteklerini esirgemeyen Sayın Erol SARI' ya teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca maddi, manevi destek ile moral ve motivasyon sağlayarak hep yanımda olan hayat arkadaşım Bahri ÇOLAK' a ve beni sabır ve sevgiyle bekleyen çocuklarıma sonsuz teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında emeği olan, her anlamda destekleriyle yanımda hissettiğim çok kıymetli aileme sonsuz teşekkür ederim.

Meltem GÜRLER ÇOLAK

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ	2
3. MATERYAL VE YÖNTEM	9
3.1. Materyal	9
3.1.1. Coğrafi konum ve Jeolojik özellikler	9
3.1.2. Meteorolojik özellikler	9
3.1.3. Sosyo-ekonomik yapı	10
3.2. Yöntem	11
3.2.1. Yeraltı suyu örneklerinin alınması.....	11
3.2.2. Su analiz yöntemleri	11
3.2.3. Suların sulamaya uygunlukları ve matematiksel eşitlikler	12
3.2.3.1. Elektriksel İletkenlik (EC).....	12
3.2.3.2. Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR).....	13
3.2.3.3. Yüzde Sodyum (% Na)	13
3.2.3.4. Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC)	14
3.2.3.5. Kelly İndeksi (KI).....	15
3.2.3.6. Magnezyum Oranı (MR).....	15
3.2.3.7. Potansiyel Tuzluluk (PS)	15
3.2.3.8. Sulama Suyu Kalite İndeksi (IWQI)	16
3.2.4. Grafikselsel Yöntemler	17
3.2.4.1. USSS Sınıflandırması.....	17
3.2.4.2. Piper diyagramı	18
3.2.4.3. Alansal dağılım haritalarının hazırlanması.....	18
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	19
4.1. Yeraltı Sularının Hidrokimyasal Özellikleri ve Alansal Dağılımları.....	19

4.2. Yeraltı Suyunun Sulama Açısından Değerlendirilmesi	31
4.3. Suların Özelliklerinin Grafikselleştirme ile Değerlendirilmesi	39
4.4. Korelasyon Analizi.....	41
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	43
KAYNAKLAR	46
ÖZ GEÇMİŞ.....	49

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

Ca	: Kalsiyum
Cl	: Klor
CO ₃ ⁻²	: Karbonat
EC	: Elektriksel İletkenlik
HCO ₃ ⁻	: Bikarbonat
K	: Potasyum
KI	: Kelly İndeksi
Mg	: Magnezyum
Na	: Sodyum
NH ₄	: Amonyum
NO ₃	: Nitrat
% Na	: Yüzde Sodyum
PS	: Potansiyel Tuzluluk
RSC	: Artık Sodyum Karbonat
SAR	: Sodyum Adsorbsiyon Oranı
SO ₄	: Sülfat
µS/cm	: Mikrosiemens/santimetre
meq/l	: Miliekivalanlitre

KISALTMALAR

DSİ	: Devlet Su İşleri
-----	--------------------

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanı ve örneklerin alındığı kuyular.....	11
Şekil 3.2. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı, sulama suyu sınıflandırılması	18
Şekil 4.1. Elektriksel iletkenlik değerinin alansal dağılımı.....	20
Şekil 4.2. pH değerinin alansal dağılımı	21
Şekil 4.3. Klor değerinin alansal dağılımı.....	22
Şekil 4.4. Sülfat değerinin alansal dağılımı	24
Şekil 4.5. Sodyum değerinin alansal dağılımı.....	25
Şekil 4.6. Potasyum değerinin alansal dağılımı	26
Şekil 4.7. Kalsiyum değerinin alansal dağılımı	27
Şekil 4.8. Magnezyum değerinin alansal dağılımı	28
Şekil 4.9. Bikarbonat değerinin alansal dağılımı	29
Şekil 4.10. Nitrat değerinin alansal dağılımı.....	30
Şekil 4.11. Sodyum adsorbsiyon oranı değerinin alansal dağılımı	32
Şekil 4.12. Kalıcı sodyum karbonat değerinin alansal dağılımı.....	33
Şekil 4.13. Yüzde sodyum değerinin alansal dağılımı.....	34
Şekil 4.14. Kelly indeksi değerinin alansal dağılımı	35
Şekil 4.15. Magnezyum zararı değerinin alansal dağılımı.....	36
Şekil 4.16. Potansiyel tuzluluk değerinin alansal dağılımı.	37
Şekil 4.17. Sulama suyu kalite indeksi değerinin alansal dağılımı	38
Şekil 4.18. Piper Diyagramı.....	39
Şekil 4.19. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı.....	40

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Çorum İline ait bazı meteorolojik veriler	9
Tablo 3.2 Çorum ilinde yetiştirilen ana ürünlerin ekim alanları ve üretim miktarları	10
Tablo 3.3. Yeraltı suyu numunelerinde yapılacak analizler.....	12
Tablo 3.4. Suların elektriksel iletkenlik değerine göre sınıflandırılması	13
Tablo 3.5. Sodyum adsorbsiyon oranına göre suların sınıflandırılması.....	13
Tablo 3.6. % Na sınıflandırması	14
Tablo 3.7. RSC Sınıflandırması	14
Tablo 3.8. PS Sınıflandırması	15
Tablo 3.9. Su kalite parametrelerin ağırlık değerleri	17
Tablo 3.10. Kalite ölçümleri için parametre sınır değerleri	17
Tablo 4.1. Yeraltı suyu örneklerine ait temel tanımlayıcı özellikler.....	19
Tablo 4.2. Sulamaya uygunluk değerleri	31
Tablo 4.3. Su kalite verilerinin korelasyon analizi	42

1.GİRİŞ

Dünya tatlı su kaynakları giderek azalış göstermekte olup, dünyadaki 1.4 milyar km³ olan toplam su miktarının %97.5 i okyanuslarda bulunmaktadır. Bununla birlikte dünyadaki tatlı su miktarı ise sadece toplam suyun %2.5 ine karşılık gelen 35.2 milyon km³ dür. Tatlı suyun ise % 68.3'ü buzullarda, %31.4 ü yeraltısularında ve geri kalan ise yüzey sularında bulunmaktadır. Bu değerler dünyadaki tatlı suyun önemini ortaya koyması açısından çok büyük önem taşımaktadır. Ayrıca tatlı su kaynaklarındaki kirlilik giderek büyük problemler oluşturmakta olup, başlıca kirletici kaynakların arasında ise endüstriyel atıklar, tarımda kullanılan ilaç ve gübreler ile farklı nedenlerden dolayı su kaynaklarının tuzlanması gelmektedir. Dünyadaki tatlı suların yaklaşık %70 lik kısmı tarımda sulama amacıyla kullanılırken, diğer kısımlar ise sanayide veya içme ve kullanma amacıyla kullanılmaktadır.

Toprağa çeşitli kaynaklardan iletilen ve toprakta biriken tuzlar, çözelti ozmotik basıncının artmasına neden olur ve ozmotik basıncın artması ise bitkinin topraktan suyu almasını zorlaştırır. Bu koşulda bitkiler topraktan yeterli miktarda suyu alamadıklarından, bitki yapraklarının sararması veya vejetatif gelişmenin azalması gibi kuraklık etkisine benzer sorunlar ortaya çıkmaktadır (Ayyıldız 1990).

Sulanan alanlarda, toprak tuzluluğunun artmasında etkili olan faktörlerden en önemlisi sulama suyunun kalitesidir. Profilde biriktirilen tuzların çok büyük bir bölümü, yüksek ve tuzlu bir taban suyu sorunu olmayan alanlarda, sulama suyu ile iletilmektedir. Bitki kullanımı ve evaporasyon ile tuzların çok küçük bir bölümü eksilmekte, kalan büyük çoğunluğu yıkama ile alandan uzaklaştırılmadığı sürece, toprak tuzluluğunun artmasına neden olmaktadır (Yurtseven ve Öztürk 2001).

Tarımsal üretim açısından su kaynaklarının ve özellikle de yeraltı sularının kalitelerinin sürekli olarak takip edilerek gözlem altında tutulması büyük önem taşımaktadır. Aksi halde yüksek maliyetler sonucunda sulamaya açılan alanlardan verim artışı beklenirken, çok kısa zaman içerisinde verimde azalma veya hiç verim alamama durumları ile karşılaşılabilmesi mümkün olmaktadır. Su kaynaklarının yönetiminde, problemin kaynağının belirlenmesinde ve kirlilik durumlarının daha net ortaya konulması amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri gibi teknolojilerden yararlanılması büyük önem taşımaktadır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

Sulama tarımda verimliliği artıran etmenlerin en önemlilerinden bir tanesidir. Bununla birlikte ise sulama suyunun temini kadar, sulamada kullanılan suların kalitesi de verimliliği çok fazla etkilemektedir. Sulama sularının kalitesi denildiğinde bir çok farklı parametrenin gözönünde bulundurulması gerekmektedir. Bu parametrelerin başında ise elektriksel iletkenlik, pH, temel anyon ve katyonlar gelmektedir. Bu nedenle sulama amaçlı kullanılan yeraltı ve yerüstü sularının kalitelerinin sürekli olarak incelenmesi gerekmektedir. Özellikle yeraltı sularının kalitelerinin takip edilmesi ve problemlili bölgelerin izlenmesi amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemlerinin mutlaka kullanılması gerekmektedir. Dünyada bir çok araştırmacı hem yerüstü hem de yeraltı sularının sulamaya uygunluklarının belirlenmesi amacıyla çalışma yürütmüşler ve bu çalışmalarda farklı indeksler kullanarak değerlendirme yapmışlardır.

Khalid (2019), Pakistan'ın Baçolistan bölgesindeki tuğla fırınlarının yeraltı suyu kalitesine etkilerinin belirlenmesi amacıyla 30 adet yeraltı kuyusundan su örneği almıştır. Çalışmada suların kalitelerini belirlemek amacıyla Cu, Cd, Zn, Ni, Pb, Cr, Fe, Mn, As, Hg, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ olmak üzere 22 adet parametre analiz etmişlerdir. Suların kalite değerlendirmesi yapmak için SAR, RSC, % Na, PI ve MH değerleri hesaplanmışlar ayrıca su tipinin belirlenmesi amacıyla Piper diyagramı hazırlamışlardır. Çalışma sonunda 3 bölgeden Quetta'nın suyunun CaCl, Pishin ve Mastung'un suyunun ise NaCl tipinde olduğu belirlemişlerdir. Yeraltı suyu kalite indeksine (WQI) göre yeraltı sularının içme için düşük kalitede olduğu belirlenmiş ve sulama açısından ise bazı bölgelerde sorun olabileceği belirlenmiştir.

Islam ve diğ. (2018), Güney Bangladeş'te coğrafi bilgi sistemleri kullanarak yeraltı sularının sulamaya uygunluğunu incelemişlerdir. Çalışma kapsamında yağışlı ve kurak dönemlerde toplam 46 adet yeraltı suyu numunesi almışlar ve sularında pH, EC, TDS, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻, F⁻, CO₃, HCO₃⁻, Ca₂, Mg₂, K⁺ değerlerini belirlemişlerdir. Bu değerleri kullanarak Piper ve Gibbs grafiklerinden yararlanarak suların sulamaya uygun olup olmadıklarını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda yeraltı suyunun sulama için orta derecede uygun olduğunu ifade etmişlerdir.

Abbasnia ve diğ. (2019), Sistan ve Belucistan' da yaptıkları çalışmada yeraltı sularının kalitesini incelemek amacıyla 654 kuyudan örnek almışlardır. Alınan örneklerin kimyasal parametrelerini analiz ederek su kalite indekslerini hesaplamışlardır. Suların tipini belirlemek amacıyla ayrıca Piper diyagramını

çizmişler ve su örneklerinin büyük oranda NaCl ve CaSO₄ tipinde olduğunu belirlemişlerdir. Coğrafi Bilgi Sistemlerini kullanarak sulama suyu kalite indeksine ait alansal dağılım haritası hazırlanmışlar ve sulama suyu kalite indeksine (IWQIF) göre kuyuların çoğunun mükemmel ve iyi olarak sınıflandırmışlardır.

Islam ve diğ. (2017), Bangladesh' te yapmış oldukları çalışmada grafiksel, matematiksel ve çok değişkenli istatistiksel yöntemler suların kalitelerini incelemişlerdir. Piper diyagramı, Gibbs diyagramı hazırlamışlardır. Suların sulamaya uygun olup olmadığının belirlenmesi amacıyla ayrıca SAR, EC, %Na, TH, MR, RSC, PI, KI değerleri hesaplanmıştır. İncelenen parametrelere göre yeraltı suyunun sulama için uygun olduğunu tespit etmişlerdir.

Narsimha (2019), Telangana'da yeraltı suyu kalitesini belirlemek için yaptığı çalışmada 194 adet yeraltı suyu örneği almış, örnekler üzerinde anyon ve kation analizi yapmıştır. Piper diyagramına göre su örneklerinin büyük oranda Ca²⁺ - HCO₃⁻ tipinde olduğu belirtilmiştir. USSL diyagramına göre suların büyük kısmının C₂S₂ ve C₂S₃ sınıfında ve sulama amaçlı kullanıma uygun olduğunu bulmuştur. Nitrat ve florür konsantrasyonunun WHO ve Hindistan Standartları Bürosu tarafından izin verilen sınırların üzerinde olduğundan içme suyu olarak kullanımın uygun olmadığını belirlemiştir.

Boufekane ve Saighi (2018), Cezayir'in kuzeydoğusundaki yeraltı sularının EC ve SAR değerlerinin değişimini incelemek amacıyla 40 yeraltı su kuyusundan örnek almışlar ve Coğrafi Bilgi Sistemlerini kullanarak bu özelliklerin alansal dağılım haritalarını hazırlamışlardır.

Rabeiy (2018), Mısır da yaptıkları bir çalışmada yeraltı suyu kalitesini değerlendirmek amacıyla 812 adet yeraltı suyu kuyusundan örnek almış ve örneklerde EC, pH, Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Fe²⁺, Mn²⁺, Cl⁻ analizleri yapmıştır. Su örneklerinin sulama uygunluğunu incelemek amacıyla SAR, % Na, PI değerlerini hesaplamış, ayrıca suların içme suyuna uygunluğunu belirlemek amacıyla su kalite indeksi değerini hesaplamıştır. Su kalitesi indeksine (WQI) göre çalışma alanının %65 i iyi su iken, kalanının içme suyu açısında fakir ve zayıf arasında değişmekte olduğunu tespit etmiş, ayrıca SAR, % Na, PI değerlerine göre çalışma alanının %3 ünden daha azının sulama suyu olarak uygun olmadığını belirlemiştir.

Ferchichi ve diğ.(2018), Doğu Tunus'ta yaptıkları çalışmada grafiksel, matematiksel ve çok değişkenli istatistiksel yöntemlerle yeraltı sularının kalitelerini incelemek amacıyla Piper diyagramı ve Coğrafi Bilgi Sistemlerini kullanmışlardır.

Buhunia ve diğ. (2018) , İranın Neyshabur bölgesinde yeraltı suyu kalitesini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada 402 adet yeraltı suyu örneği almışlar ve örneklerin pH, kalsiyum (Ca^{2+}), magnezyum (Mg^{2+}), sodyum (Na^{+}), potasyum (K^{+}), bikarbonat (HCO^{3-}), klor (Cl^{-}), sülfat (SO_4^{2-}) değerlerini belirlemişlerdir. Çalışmada CBS kullanarak mekânsal dağılım haritaları hazırlamışlardır. Sonuç olarak çalışma alanında yeraltı sularının sulama açısından uygun olduğu, çalışma alanının %50 sinin WHO kalite standartlarına göre içme amacına uygun olduğunu belirlemişlerdir.

Khosravi ve diğ. (2016), Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) ve su kalitesi indeksinden (WQI) yararlanarak Birjant (İran) şehrindeki yeraltı su kalitesini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde 2 defa 19 adet yeraltı su kuyusundan örnek almışlardır. Örneklerin pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı miktarı (TDS), toplam sertlik (TH), bikarbonat, amonyum, sülfat, nitrat, kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyum değerlerini belirlemişler ve ArcGIS 10.2 yazılımı kullanarak her bir özelliğe ait alansal dağılım haritalarını oluşturmuşlardır.

Fallah ve diğ. (2019), Regina şehrinde (Kanada) yeraltı su kalitesini belirlemek amacıyla 27 adet yeraltı suyu kuyusundan örnek almışlar, örneklerin temel fizikokimyasal parametreleri ve ağır metal değerlerini belirleyerek, bu değerlerin alansal dağılımlarını Coğrafi Bilgi Sistemlerini kullanarak yapmışlardır. Çalışma sonucunda yeraltı suyunda metal kirliliği olduğu ve alanın kuzey ve batı kısımlarının metal kirleticiler açısından daha düşük yeraltı suyu kirliliğine sahip olduğunu belirlemişlerdir.,

Elubid ve diğ. (2019), CBS ve istatistiksel yöntemler ile Doğu Sudan'da yeraltı suyu kalitesini, incelemek amacıyla yaptıkları çalışma kapsamında 40 adet yeraltı suyu kuyusundan örnek almışlardır. Suların özelliklerini incelemek amacıyla çalışmada Piper, Bivariate, Dendrogram ve Durov diyagramları kullanmışlar ve alansal dağılım haritaları hazırlamışlardır.

Awais ve diğ. (2017), Pencap'ta 289 yeraltı su kuyusundan muson başlangıcından önce (haziran) ve musondan sonra (ekim) 2 dönemde aldıkları su örneklerinde elektriksel iletkenlik (EC), sodyum absorpsiyon oranı (SAR), artik

sodyum karbonat (RSC) değerlerini hesaplamışlar, jeostatistik yöntemlerden kriging yöntemini kullanarak alansal dağılım haritaları oluşturmuşlardır. Çalışma sonucunda Muson öncesi ve sonrası yeraltı suyu kalitesinde çok az değişiklik olduğu, sulama açısından yeraltı suyunun %49 unun marjinal kalitede olduğu, %10 luk alanın her iki dönemde de düşük kalitede olduğunu belirlemişlerdir.

Rahman ve diğ. (2017), Bangladeş'te farklı su kalitesi indeksleri ve jeostatistiksel yöntemler ile yeraltı sularının kalitesini araştırmak için yaptıkları çalışmada 60 kuyudan su örneği almışlar, su örneklerinin pH, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde (TDS), temel katyon ve anyon değerlerini tespit etmişlerdir. Suların sulamaya uygunluğunu incelemek amacıyla % Na, Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR), Artık Sodyum Bikarbonat (RSC), Toplam Sertlik (TH), Kelley Oranı (KR), Magnezyum Adsorpsiyon Oranı (MAR), Geçirgenlik İndeksi (PI) hesaplamışlar, ayrıca çalışma kapsamında grafiksel yöntemlerden olan Wilcox diyagramı ve Piper diyagramı kullanmışlardır. Sonuçta incelenen örneklerin büyük çoğunluğunun sulama için uygun olduğu ve herhangi bir sorun oluşturmadan sulamada kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

Guo ve diğ.(2017), Wuzhong kenti, Jinji yeraltı suyu kaynak bölgesinde yeraltı suyu kirlilik kaynaklarını belirlemek amacıyla 16 noktadan örnek alarak kimyasal içeriklerini belirlemişler ve farklı istatistiksel yöntemler kullanarak kirlilik kaynaklarını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda Pozitif Matris Faktörizasyon (PMF) modeli ile tarımsal ve endüstriyel kirlilik oranını %53 olduğunu bulmuşlardır.

Karakuş ve Yıldız (2019), Sivas'ta 35 yeraltı su kuyusundan yağışlı ve kurak dönemde aldıkları su örneklerinde Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR), Kelly Oranı (KR), Sodyum Yüzdesi (Na%), Geçirgenlik İndeksi (PI), Artık Sodyum Karbonat (RSC) ve Magnezyum Zararı değerlerini kullanarak suların sulamaya uygunluklarını değerlendirmişlerdir. Çalışma kapsamında ayrıca sulama suyu kalite indeksi değerini hesaplamışlar ve tüm parametrelerin alansal dağılım haritalarını hazırlamışlardır. İncelenen parametreler arasındaki ilişkiler belirlemek amacıyla korelasyon analizi yapmışlardır. Çalışma sonunda Sulama Suyu Kalite İndeksine (IWQI) göre yeraltı örneklerinin %45,7 sinin kurak dönem için zayıf, %42,9 unun çok zayıf kategoride olduğunu belirlemişlerdir.

Kawo ve Karuppanan (2018), Etiyopya'da Modjo nehri havzasında yeraltı sularının içme ve sulama yönünden uygunluklarını belirlemek amacıyla 31 yeraltı suyu numunesi alarak anyon ve katyon analizlerini yapmışlardır. Çalışmada suların tiplerini belirlemek amacıyla Piper diyagramı kullanmışlar ve anyon ile katyon değerlerine ait alansal dağılım haritaları hazırlamışlardır. Piper diyagramına göre çalışma alanında Ca – Na – HCO₃, Na – Ca – HCO₃ (karışık) ve Na – HCO₃ su türlerinin bulunduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda suların %97 sinin SAR değerlerinin sulama için uygun sınırlar arasında olduğu, RSC değerlerine göre alanın %41.93 ünün sulama açısından şüpheli ve %48.38 ünün ise sulamaya uygun olmadığını belirlenmiştir.

Misaghi ve diğ. (2017), yaptıkları çalışmada İran'daki Ghezel Ozan Nehri sularının sulamaya uygunluğunu belirlemek amacıyla 4 farklı istasyona ait 45 yıllık su kalite verilerini incelemişlerdir. Suların sulamaya uygunluğunu belirlemek için pH, EC, Na⁺, Cl⁻, HCO₃⁻, SAR ve TDS parametrelerini kullanarak su kalite indeksi değeri hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda nehir boyunca su kalite değerlerinin değişiklik gösterdiğini belirlemişler ve su kalite çalışmalarında uzun süreli çalışma yapılmasının gerekli olduğunu önermişlerdir.

Mousazadeh ve diğ. (2018), İran'da Kardeh baraj havzasında içme ve sulama amaçlı su kalitesini incelemek amacıyla 32 yüzey ve yeraltı suyu numunesi toplamışlar ve Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, HCO₃⁻, CO₃²⁻, Cl⁻ parametrelerini analiz etmişlerdir. Su kalite indeksi (WQI) hesaplamışlar, tüm değerlerin içme suyu kullanımına uygun olduğunu belirlemişlerdir. Sulama Suyu Kalite İndeksine göre ise suların genelde orta ve iyi kategorilerde olduğunu bulmuşlar ayrıca magnezyum değerlerine göre numunelerin %40 ından fazlasının ise sulama için uygun olmadığını belirlemişlerdir.

Naseh ve diğ. (2018), İran'ın Ghaen Ovasında yeraltı suyu kalitesinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada 16 kuyudan örnek almışlar ve sulara kimyasal analiz yapmışlardır. Su örneklerinin sınıflandırılmasında grafiksel yöntemlerden Wilcox ve Piper diyagramlarını kullanmışlar ve çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden temel bileşenler analizini uygulamışlardır. Sonuç olarak; çoğu su numunesinin EC seviyelerine göre orta ve çok yüksek tuzlu olarak sınıflandırmış, yeraltı suyunun sadece iyi drenaj altında tuza dayanıklı mahsullerin sulanması için uygun olduğunu belirlemişlerdir.

Kıy (2019), Çorum İli, Saray Ovasının yeraltı suyu kalitesini belirlemek amacıyla Temmuz ayında 50 adet yeraltı suyu kuyusundan örnek almıştır. Suların kimyasal parametrelerini analiz ederek USSL diyagramı hazırlamış ve Sodyum Adsorbsiyon Oranı, Yüzde Sodyum Değeri (% Na), Artık Sodyum Karbonat Değeri, Kelly İndeksi, Magnezyum Oranı, Potansiyel Tuzluluk, Langelier Satürasyon İndeksi ve Permeabilite İndeksi değerlerini hesaplamıştır. Hesaplanan değerlerin alansal dağılım haritalarını Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanarak hazırlanmış, suların özelliklerini belirlemek amacıyla Piper ve Durov diyagramları çizilmiştir. Çalışma sonucunda, çalışma alanının bazı bölgelerindeki su örneklerinin tuzluluk değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu alanlara tuza daha dayanıklı olan şekerpancarı bitkisi ekilmesi önerilmiştir.

Shah ve Joshi (2015), 2005-2008 yılları arasında ocak, nisan, temmuz, ekim aylarında 3 farklı istasyondan aldıkları su örneklerinde pH, çözünmüş oksijen (DO), biyokimyasal oksijen talebi (BOD), elektriksel iletkenlik, nitrat azotu ve toplam koliform parametrelerini kullanılarak su kalitesi indeksi (WQI) geliştirmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Nehir havzası boyunca WQI' yi bulmak için ağırlıklı aritmetik su kalitesi indeksi yöntemini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda su kalitesinin bozulmasının ana nedenlerinin nehirdeki insan faaliyetlerinin ve nehre atık su boşaltımının etkisi olduğunu, en düşük su kalitesi indeksinin kentsel alana en yakın istasyona ait olduğunu belirlemişlerdir.

Liu ve diğ. (2019), Çin'in Yulin şehrinin Aeolian-Kum bölgesinde yeraltı suyu kalitesini değerlendirmek amacıyla 42 adet yeraltı suyu örneği almışlar, çalışma sonucunda 33 örnek mükemmel, 5 örnek iyi, 4 örneğin kötü kategoride olduğunu belirlemişlerdir. WQI' nin yüksek çıktığı 4 örneğin bulunduğu alanda yoğun tarım ve hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklı aşırı azotlu gübre kullanımı ve hayvansal atıkların yeraltı suyu kirliliğine neden olduğunu ve kirliliğin zaman içinde diğer noktalara da yayılacağını belirtmişlerdir.

Şener ve diğ. (2017), Isparta'da Karacaören-1 Baraj Gölünü besleyen Aksu nehrinin su kalitesini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada nehrin akış yolu üzerinde 21 noktadan (Ekim 2011-Mayıs 2012 olmak üzere) 2 dönem aldıkları su örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizlerini yapmışlar, Dünya Sağlık Örgütü ve Türk İçme Suyu standartları tarafından izin verilen sınırlarla karşılaştırmışlardır. İçme amaçlı su kalitesi, Su Kalitesi İndeksi (WQI) yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) (ArcGIS yazılımı) ile hazırladıkları haritalar Karacaören-

1 baraj gölünün genel olarak iyi su kalitesine sahip olduğu, ancak nehir havzasının kuzeyinde su kalitesinin kötü, güneyinde ise çok kötü olduğunu belirlemişlerdir.

Wu ve diğ. (2017), kuzeybatı Çin’de yeraltı suyu kalitesini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada, 7 kuyudan yeraltı suyu örneği almışlardır. Yeraltı suyu kalite parametrelerinin mekansal-zamansal değişimini incelemek için istatistiksel ve grafik yöntemler kullanılmış, Pearson korelasyon analizi yapılmış, suların özelliklerini incelemek için Piper diyagramı kullanılmıştır. Çalışma sonunda, çalışma alanındaki yeraltı suyu tipinin Cl – Na, HCO₃ – Na, HCO₃ – Ca-Mg ve SO₄ -Cl – Ca . Mg su tipinde olduğu, bölgedeki yeraltı suyu yerel olarak florür, nitrit ve amonyak ile önemli ölçüde kirlenmiş olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında Çorum İlinin merkeze yakın bölgelerindeki yeraltı sularının kalite özelliklerini belirlemek ve sulamaya uygunluğunu incelemek amacıyla sulamada kullanılan 50 farklı yeraltı suyu kuyusundan örnekler alınmıştır. Araştırma kapsamında temel anyon ve katyon değerleri kullanılarak suların sulamaya uygunlukları incelenmiş, ayrıca SAR, RSC, KI, MR, %Na, PI ve sulama suyu kalite indeksi değerlerini hesaplanarak yine bu suların sulamaya uygunlukları incelenmiştir. İncelenen her bir özelliğe ait alansal dağılım haritaları hazırlanarak problemlili olan bölgeler belirlenmeye çalışılmış ve bölgenin yeraltı suyu yönetimi açısından önerilerde bulunulmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Coğrafi konum ve Jeolojik özellikler

Çalışma Çorum İl merkezin güneyinde Güveçli, Üyük, Uğrak, Karapınar ve kuzeybatısında Celilkırı, Ömerbey, Deliler Köylerini içine almakta olup Çorum İl Merkezine 6-11 km arasında değişen mesafelerde bulunmaktadır. Alan üzerinden Çorum Çayı geçmekte olup, deniz seviyesinden ortalama yüksekliği kuzeydoğuda 800 m, güneyde 720 m'dir. İnceleme yapılan bölge, 40°35' ve 40°25' kuzey enlemleri, 34°52' ve 35°57' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Ovanın toprakları genelde tınlı yapıya sahip olup su tutma kapasitesi ve geçirgenliği iyidir. Su örnekleri alınan bölge Şekil 3.1' de verilmiştir. Bu kapsamda çalışma yapılan toplam alan 1176 ha' dır.

3.1.2. Meteorolojik özellikler

Araştırma yapılan bölgede yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlı geçmekte olup, ortalama yıllık yağış miktarı 430.7 mm dir. Bölgede sıcaklığın en yüksek olduğu aylar Temmuz ve Ağustos ayları iken en düşük sıcaklığın olduğu aylar ise Ocak ve Şubat ayları olup, ortalama sıcaklık 10.8°C'dir. Çorum İline ait meteorolojik veriler Tablo 3.1' de verilmiştir (Anonim, 2020a).

Tablo 3.1 Çorum İline ait bazı meteorolojik veriler

Meteorolojik Parametreler	Aylar											
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Sıcaklık (°C)	-0,4	1,1	5	10,4	15	18,5	21,3	21,3	17,3	12,2	6,3	1,8
Max Sıcaklık (°C)	4,2	6,5	11,5	17,5	22,2	26	29,1	29,5	25,6	20	12,9	6,3
Min Sıcaklık (°C)	-4,4	-3,4	-0,8	3,6	7,5	10,3	12,5	12,6	9,2	5,3	0,9	-2,1
Güneşlenme Süresi (saat)	2,3	3,5	4,8	6,3	7,5	8,9	10,1	10	8,3	5,6	3,8	2,1
Yağışlı Gün Sayısı	12,9	11,6	12,9	13,6	15,5	11	4,9	3,8	5,9	8,4	9,6	12,8
Aylık Toplam Yağış Miktarı (mm)	39,1	29,6	38,4	46,6	62,2	53,8	19,9	15,2	21,9	27	33,2	43,8

3.1.3. Sosyo-ekonomik yapı

Çorum İlinde nüfusun büyük çoğunluğu tarım ile uğraşmakta olup, çoğunlukla şekerpancarı, buğday, arpa, ayçiçeği, nohut ve çeltik üretimi yapılmaktadır. Çorum İlinde yetiştirilen ürünlerden bazılarının ekim oranları Tablo 3.2' de gösterilmiştir (Anonim,2020b).

Tablo 3.2. Çorum ilinde yetiştirilen ana ürünlerin ekim alanları ve üretim miktarları

Grup	Ürün adı	Ekiliş Alanı (ha)	Üretim Miktarı (ton)
Tarla Bitkileri	Buğday	222.802	581.078
	Arpa	55.983	192.317
	Nohut	6.448	8.390
	Çeltik	6.913	57076 (34.250 Ton Pirinç)
	Mercimek	3.049	3.725
	Şekerpancarı	4.919	256.923
	Patates	1.212	41.675
	Ayçiçeği	30.726	75.157
	Haşhaş	529	194 (213 Ton Tohum)
Sebze	Soğan (Kuru)	4.351	134.001
	Domates	1.437	43.455
	Kavun	2.299	27.790
Sebze ve Meyve	Fasulye (Taze)	781	4,83
	Hıyar	446	17,924
	Karpuz	353	7,472
	Kabak (Çerezlik)	206	123
	Üzüm	3,947	15,279
	Ceviz	3,03	6.938
	Kiraz	719	4,622
	Elma	668	7,308
Yem Bitkileri	Fiğ Yeşil Ot	5.434	60.483
	Tritikale Dane	12.900	45.936
	Fiğ Dane	2.841	3.235
	Silajlık Mısır	2.156	125.874
	Yonca Yeşil Ot	1.666	66.858
	Yulaf Dane	887	2.065
	Korunga Yeşil Ot	492	6.172
	Tritikale Yeşil Ot	150	2.250
	Yulaf Yeşil Ot	1.066	10.908

Sıra no	Analiz	Metod	Kullanılan Cihazlar
1	Elektriksel İletkenlik (EC) Tayini	TS 9748 EN 27888	Hach –Lange HQ 440 d multi pH- EC-DO metre
2	pH Tayini	TS EN ISO 1523	Hach –Lange HQ 440 d multi pH- EC-DO metre
3	CO ₃ , HCO ₃	TS 3790 EN ISO 9963-1	Hach –Lange Alkalinite Titrator
4	Ca, Mg, Na, K, NH ₄	TS EN ISO 14911	Dionex 1000 İyon Kromatografi Cihazı
5	SO ₄ , Cl, NO ₃ , NO ₂ , O-PO ₄	TS EN ISO 10304-1	Dionex 1000 İyon Kromatografi Cihazı

Tablo 3.3. Yeraltı suyu numunelerinde yapılacak analizler

3.2.3. Suların Sulamaya Uygunlukları ve Matematiksel Eşitlikler

Sularının sulamaya uygun olup olmadıklarını belirlemek amacıyla su kalite indekslerinden yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında temel anyon ve katyon değerleri kullanılarak Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), Yüzde Sodyum Değeri (% Na), Artık Sodyum Karbonat Değeri (RSC), Kelly İndeksi (KI), Magnezyum Oranı (MR), Potansiyel Tuzluluk (PS) ve Permeabilite İndeksi (PI) değerleri hesaplanmıştır.

3.2.3.1. Elektriksel İletkenlik (EC)

Sularda tuzluluğun en iyi göstergesi elektriksel iletkenlik değeridir. EC değeri 0-0.25 dS/m arasında olan sular birinci sınıf olup her toprak ve her bitki için rahatlıkla kullanılabilir, 0.25-0.75 ds/m aralığında sular ise 2. sınıf olup, tuza hassas bitkiler haricindeki bitkilerin sulanmasında kullanılabilir. Elektriksel iletkenlik değeri 0.5 ile 2.25 dS/m aralığında yer alan sular 3. sınıf olup, drenaj problemi olmayan alanlarda kullanılırken, EC değeri 2.25 dS/m den büyük olan sular ise sadece tuza dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabilir. Suların sulamaya uygunluklarına ait değerler Tablo 3.4' te verilmiştir.

Tablo 3.4. Suların elektriksel iletkenlik değerine göre sınıflandırılması (Mass, 1990)

EC Değeri (dS/m)	Su Kalitesi
EC<0,25	I.Sınıf (1)
0,25<EC<0,75	II.Sınıf (2)
0,75<EC<2,25	III.Sınıf (3)
2,25<EC	IV.Sınıf (4)

3.2.3.2. Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)

Suların sulamaya uygunluğunun belirlenmesinde kullanılan diğer önemli bir parametere ise Sodyum Adsorbsiyon Oranıdır. SAR değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır;

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (3.1)$$

Hesaplama parametrelerin meq/l değerleri kullanılmaktadır.

Sulama sularının SAR değerlerine göre sınıflandırılması Tablo 3.5' te verilmiştir.

Tablo 3.5. Sodyum adsorbsiyon oranına göre suların sınıflandırılması (TS 7739)

SAR	Sulama Suyu Sınıfı	Su Kalitesi
SAR<10	MÜKEMMEL	I.Sınıf (1)
10<SAR<18	İYİ	II.Sınıf (2)
18<SAR<26	ŞÜPHELİ	III.Sınıf (3)
26<SAR	UYGUN DEĞİL	IV.Sınıf (4)

3.2.3.3. Yüzde Sodyum (% Na)

Sulama sularının olası sodyum zararını belirtmek amacıyla kullanılan diğer önemli parametre Yüzde Sodyum (% Na) değeridir. Suların % Na değerleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmakta olup, sulamaya uygunluklarına ait sınıflandırma Tablo 3.6' da verilmiştir.

$$\% Na = \frac{Na}{(Ca+Mg)+(Na+K)} \quad (3.2)$$

Tablo 3.6. % Na sınıflandırması

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

3.2.3.4. Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC)

Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC), kalsiyum, magnezyum, karbonat ve bikarbonat değerlerine bağlı olan önemli bir sulama suyu kriteridir. RSC değeri formül (3.3) ile hesaplanmaktadır.

$$RSC = (HCO_3 + CO_3) + (Ca + Mg) \quad (3.3)$$

hesaplama parametrelerin meq/l değerleri kullanılmaktadır. Sulama sularının RSC değerlerine ait sınıflandırma Tablo 3.7 de verilmiştir.

Tablo 3.7. RSC Sınıflandırması

RSC	Sulama Suyu Sınıfı
RSC < 1.25	İYİ
1.25 < RSC < 2.50	ŞÜPHELİ
2.50 < RSC	KULLANILAMAZ

3.2.3.5 Kelly İndeksi (KI)

Suların sulamaya uygunluğunun belirlenmesinde kullanılan Kelly İndeksi (KI) değeri formül (3.4) ile hesaplanmakta olup hesaplamada me^g/l değerleri kullanılmaktadır. KI değerinin 1' den küçük olduğu sular sulamaya uygun iken, KI değerinin 1' den büyük olduğu sular ise sulamaya uygun olmamaktadır (Kelley, 1963).

$$KI = \frac{Na}{Ca+Mg} \quad (3.4)$$

3.2.3.6. Magnezyum Oranı (MR)

Sulama sularının Mg miktarının belirlenmesinde kullanılan Magnezyum oranı (MR) hesaplanmasında eşitlik (3.5) kullanılmaktadır. MR değerinin %50' den düşük olduğu sular sulama açısından uygun olurken, MR değerinin %50' den fazla olduğu sular ise sulama açısından uygun değildirler.

$$MR = \frac{Mg}{Mg+Ca} \quad (3.5)$$

3.2.3.7. Potansiyel Tuzluluk (PS)

Sulama sularının kalite değerlendirilmesinde kullanılan önemli parametrelerden biridir. PS değeri formül (3.6) ile hesaplanmaktadır.

$$PS = Cl + \frac{SO_4}{2} \quad (3.6)$$

Sulama sularının Potansiyel Tuzluluk (PS) değerlerine ait sınıflandırma Tablo 3.8' de verilmiştir.

Tablo 3.8. PS Sınıflandırması

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

3.2.3.8. Sulama Suyu Kalite İndeksi (IWQI)

Suların sulamaya uygunluklarının belirlenmesinde her bir parametreyi ayrı ayrı değerlendirmek yerine bazı önemli parametreler birlikte değerlendirilerek su kalite indeksleri hesaplanmaktadır. Bu çalışmada sulardaki EC, SAR, Na, HCO₃ ve Cl değerleri kullanılarak sulama suyu kalite indeksi değeri hesaplanmıştır. IWQI hesaplanması aşağıdaki şekilde yapılmıştır. Öncelikle q_i değerleri aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir.

$$q_i = q_{max} - \left(\frac{[(x_{\bar{o}} - x_i) x q_{imap}]}{x_{amp}} \right)$$

Sonra sulama suyu kalite indeksi değerleri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$IWQI = \sum_{i=1}^n q_i w_i$$

Eşitlikte;

Q_{max} : Her bir parametre için sınıf aralıklarına ait maksimum değer

x_ö : Ölçülen değer

x_i : Her bir sınıf aralığı için en küçük değer

q_{imap} : Sınıflara ait aralık değerleri

x_{amp} : Parametrelere ait sınıf aralık değerleri

w_i : Parametrelerin ağırlık değerleri

IWQI : Sulama suyu kalite indeksi

Hesaplama kullanılan özelliklerin ağırlık değerleri Tablo 3.9. da ve sınır değerleri ise Tablo 3.10. da verilmiştir.

Tablo 3.9. Su kalite parametrelerinin ağırlık değerleri (Meireles et al. 2010).

Parametere	w_i
EC	0.211
Na	0.204
HCO ₃	0.202
Cl	0.194
SAR	0.189
Toplam	1

Tablo 3.10. Kalite ölçümleri için parametre sınır değerleri (Meireles ve diğ. 2010)

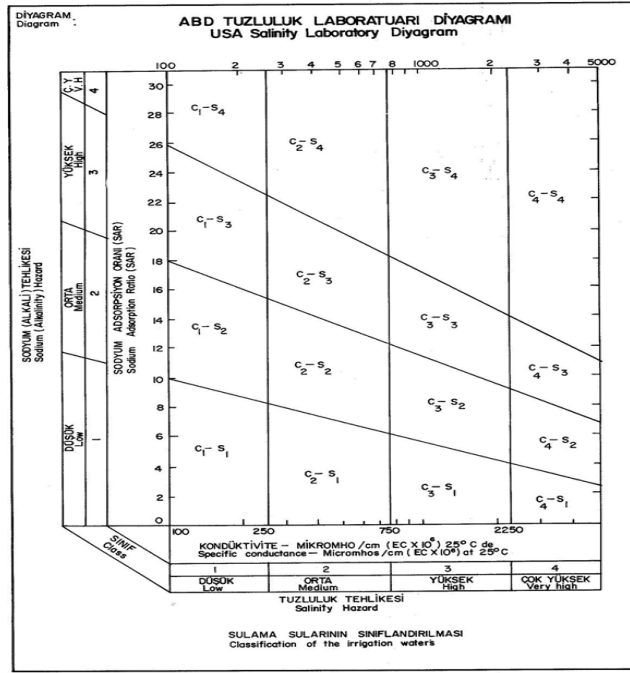
q_i	EC (dS/m)	SAR	Na (meq/L)	Cl (meq/L)	HCO ₃ (meq/L)
85-100	$0.2 \leq EC < 0.75$	$2 \leq SAR < 3$	$2 \leq Na < 3$	$1 \leq Cl < 4$	$1 \leq HCO_3 < 1.5$
60-85	$0.75 \leq EC < 1.50$	$3 \leq SAR < 6$	$3 \leq Na < 6$	$4 \leq Cl < 7$	$1.5 \leq HCO_3 < 4.5$
35-60	$1.50 \leq EC < 3.00$	$6 \leq SAR < 12$	$6 \leq Na < 12$	$7 \leq Cl < 10$	$4.5 \leq HCO_3 < 8.5$
0-35	EC < 0.20 or EC \geq 3.0	SAR < 2 or EC \geq 12	Na < 2 or Na \geq 12	Cl < 1 or Cl \geq 10	HCO ₃ < 1 or HCO ₃ \geq 8.5

Sulama Suyu Kalite İndeksi 5 farklı katagoride sınıflandırılmıştır. IWQI değeri 40 dan küçük olan sular normal şartlarda sulamada kullanılmaması gereken suları, 40 ile 55 arasında olan sular yüksek düzey kısıtlama (HR) olarak tanımlanmış ve tuza orta ve dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabilecek suları, 55 ile 70 arasında olan sular tuza orta dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabilecek orta düzey kısıtlama olarak tanımlanmış suları, 70 ile 85 arasında olan sular düşük kısıtlama (LR) şeklinde tanımlanmış ve tuza hassas bitkiler dışındaki bitkilerin sulanmasında kullanılabilecek suları ve 85-100 arasında olan sular ise No restriction (NR) şeklinde tanımlanmış ve bitkilerin sulanmasında herhangi bir olumsuz etkiye neden olmayacak suları tanımlamıştır.

3.2.4 Grafikselle Yöntemler

3.2.4.1 USSL Sınıflandırması

USSL Tuzluluk Diyagramı, bir su kaynağının sulamaya uygunluğunu belirleyen sınıflandırma sistemleri içinde dünyada kabul görmüş ve ülkemizde de kullanılmakta olan bir sınıflandırmadır. Bu sistemde hazırlanan grafikte sulama suları; yatay ekseninde tuzluluk zararı C₁, C₂, C₃ ve C₄ ve dikey ekseninde ise sodyumluluk zararı S₁, S₂, S₃ ve S₄ olmak üzere toplam 16 sınıfa ayrılmıştır.



Şekil 3.2. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı, sulama suyu sınıflandırılması (Anonymous, 1954)

3.2.4.2 Piper Diyagramı

Piper diyagramı (Piper, 1944) sulardaki temel anyon ve katyonların oranları kullanılarak oluşturulmuştur. Bu diyagram, anyon ve katyonlar için ayrılan iki eşkenar üçgen ve bir paralel kenardan oluşur. Anyon ve katyon değerleri % ile ifade edilmektedir. Her iki üçgende de değerler paralel kenar üzerinde kesiştirilerek suların sınıflaması yapılmaktadır.

3.2.4.3. Alansal Dağılım Haritalarının Hazırlanması

Çalışma kapsamında suların kimyasal özellikleri ve hesaplanmış olan sulama suyu indeks değerlerine ait alansal dağılım haritaları hazırlanmıştır. Hazırlanan alansal dağılım haritaları sayesinde alanda sorun olan bölgeler ve miktarları belirlenmiştir. Alansal dağılım haritaları ARCGIS yazılımı ile hazırlanmış olup, haritaların hazırlanmasında Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (IDW=Inverse Distance Weighted) yöntemi kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Yeraltı Sularının Hidrokimyasal Özellikleri ve Alansal Dağılımları

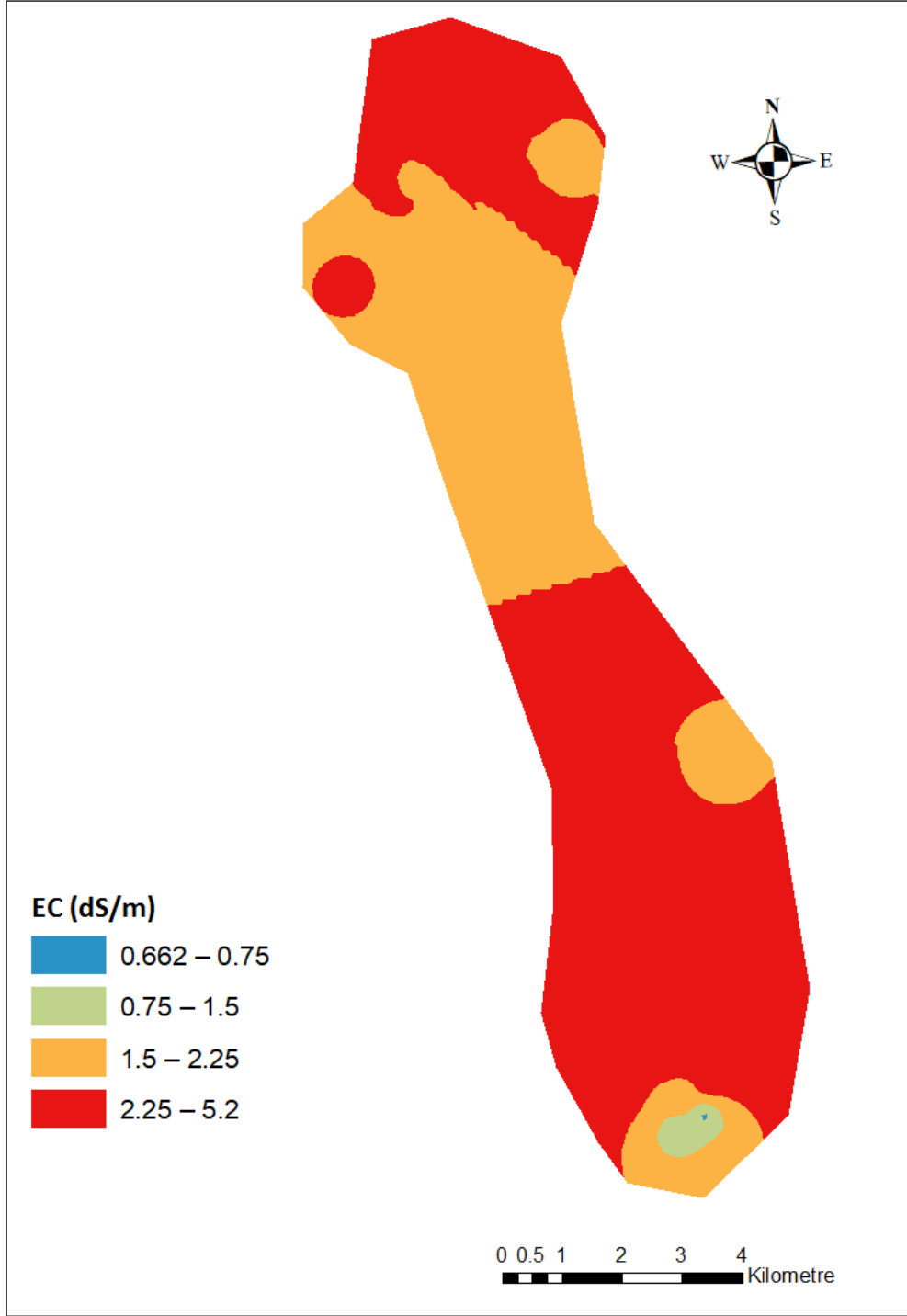
Çalışma alanında sulama amacıyla kullanılmakta olan 50 farklı yeraltı suyu kuyusundan örnekler alınmıştır. Yeraltı sularının temel hidrokimyasal özelliklerini gösterine ait bazı temel tanımlayıcı istatistiksel değerler Tablo 4.1. de verilmiştir.

Tablo 4.1. Yeraltı suyu örneklerine ait temel tanımlayıcı özellikler

Parametre	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Standart Sapma
EC (dS/m)	0.66	5.20	2.64	1.05
PH	6.95	7.74	7.31	0.23
Cl (mg/l)	33.92	731.41	212.71	203.41
SO ₄ (mg/l)	36.11	5551.70	1008.88	853.92
Na (mg/l)	28.69	724.50	211.80	187.10
K (mg/l)	0.10	22.65	3.57	4.40
Mg (mg/l)	27.78	337.36	161.30	79.14
Ca (mg/l)	78.74	591.10	258.89	158.76
HCO ₃ (mg/l)	78.08	896.09	472.53	181.30

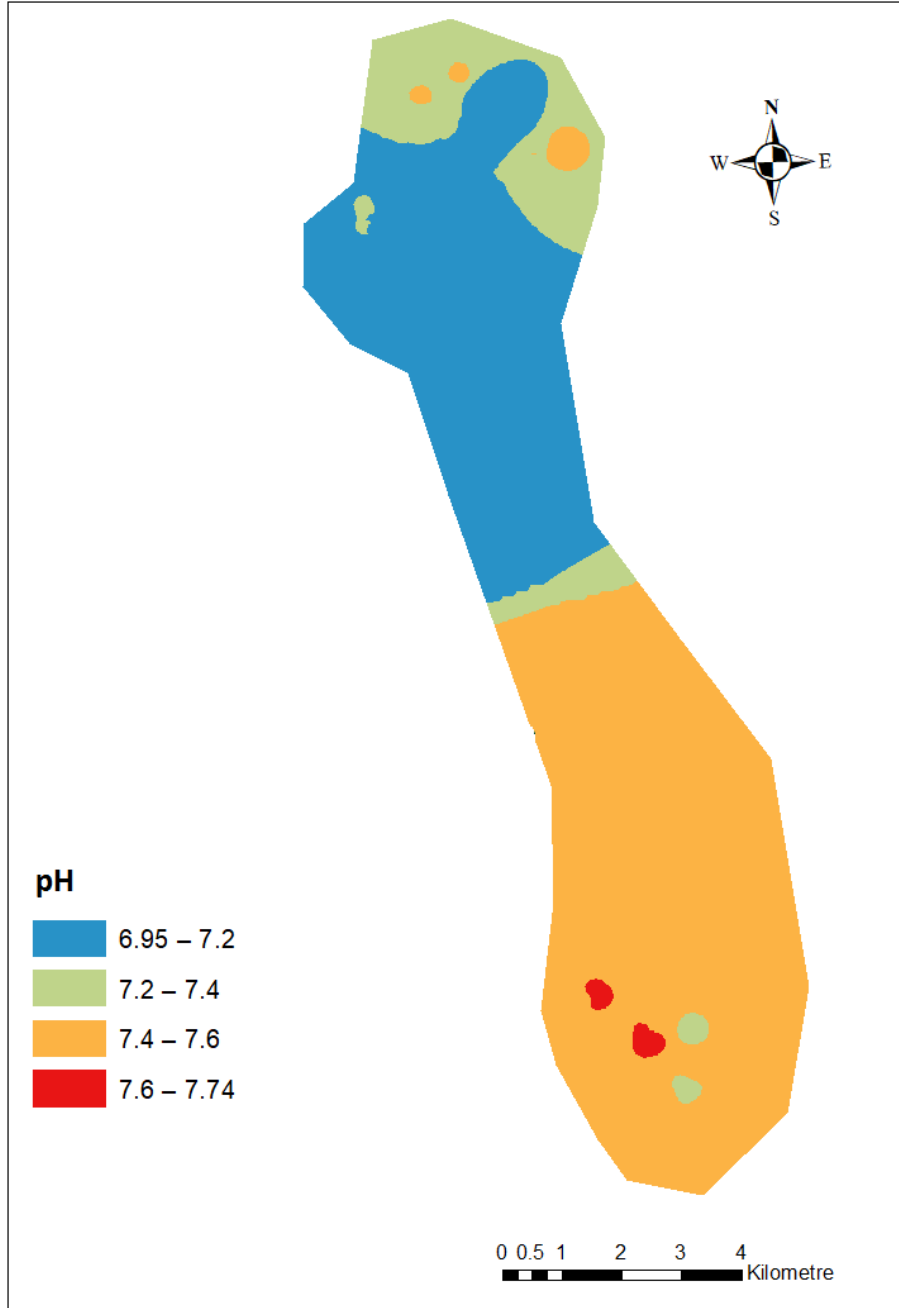
Çalışma alanındaki suların EC değerleri 0.66 dS/m ile 5.20 dS/m arasında değişim göstermiş ve ortalama değer ise 2.64 dS/m olduğu belirlenmiştir. EC değerleri 0.25 dS/m den küçük olan sular 1. Sınıf, 0.25-0.75 ds/m arasında olan sular 2. Sınıf, 0.75-2.25 dS/m arasında olan sular 3. Sınıf ve 2.25 dS/m den büyük olan sular 4. sınıf olarak nitelendirilmektedir. Çalışma alanındaki sular incelendiğinde alandaki kuyuların hiçbir tanesinin 1. sınıf su özelliğinde olmadığı, 12 nolu kuyunun 2. Sınıf, geriye kalanların 21 tanesinin 3.sınıf ve 28 tanesinin ise 4. Sınıfta olduğu belirlenmiştir. Buna göre alandaki incelenen kuyuların 12 nolu kuyu dışında tamamının sulama açısından 3. ve 4. sınıfta olduğu ve sulamada kullanılırken dikkat edilmesi gerektiği belirlenmiştir. 12 nolu yeraltı suyu tuza hassas bitkiler dışında sulama açısından uygundur.

Şekil 4.1. Elektriksel iletkenlik değerin alansal dağılımı



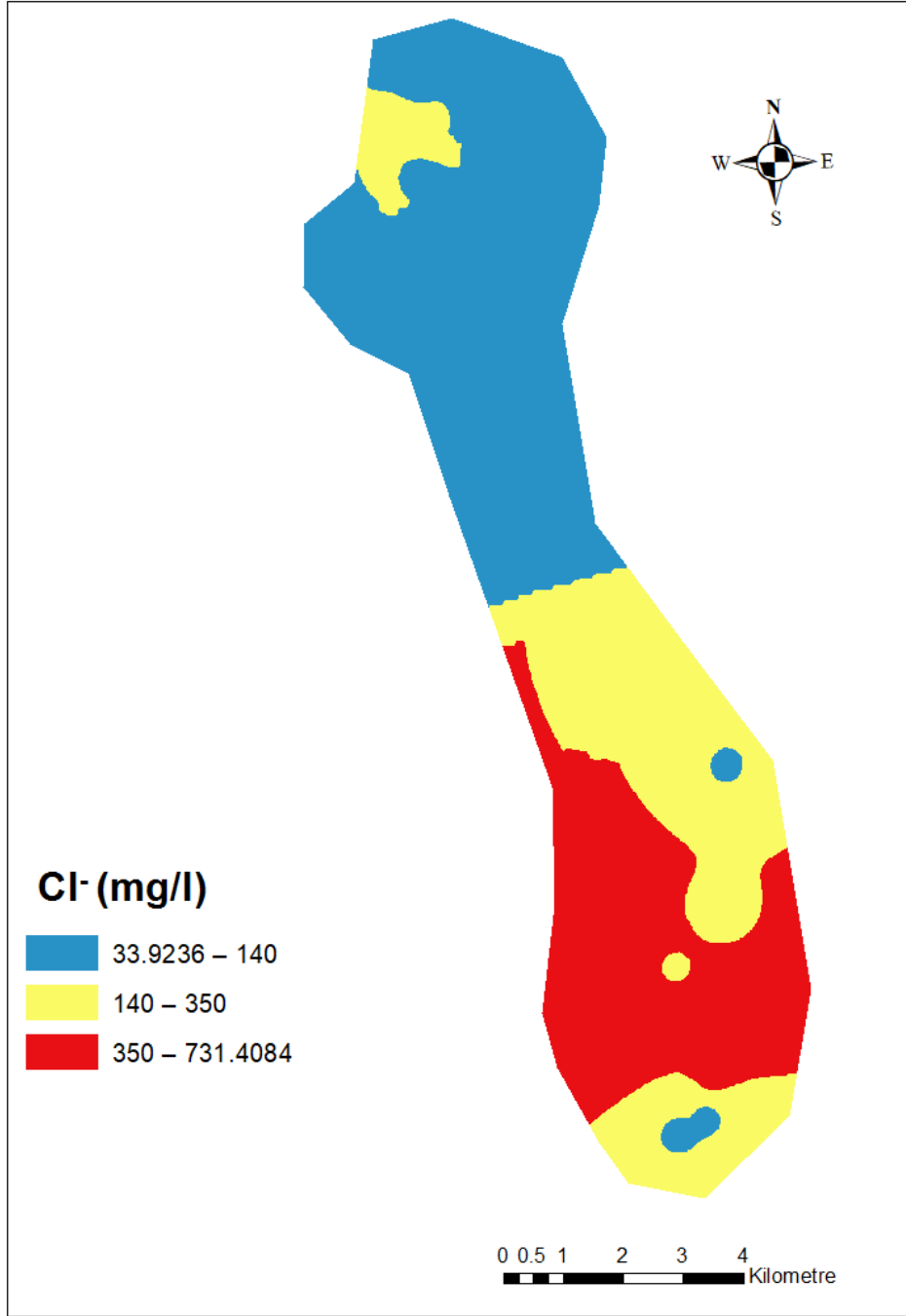
Çalışma alanındaki suların EC dağılımına ait harita Şekil 4.1’ de verilmektedir. Alanının 0.65 ha’ lık kısmında EC değerin 0.75 dS/m den daha küçük olduğu, 0.75 ile 1.5 dS/m aralığında bulunan alanların 65.11 ha olduğu belirlenmiştir. Suların EC

değerinin 1.5 dS/m ile 2.25 dS/m aralığında olduğu bölgelerin toplamının 3452.62 ha ve 2.25 dS/m den yüksek olduğu alanların miktarının ise 4242.62 ha olduğu bulunmuştur. Alanda sorunlu olan bölgelerin toplamının, alanın % 99.03'ünü oluşturduğu, yoğun olarak alanın kuzeyi ve güney yarısının fazla tuzluluk nedeniyle daha fazla sorunlu olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2. pH değerinin alansal dağılımı

Çalışma alanındaki yeraltı suyu örneklerinin pH değerlerinin 6.95 ile 7.74 arasında değiştiği görülmektedir. Sulama sularında pH değerinin 6.5 ile 8.4 arasında olması istenmektedir. Bu veriler incelendiğinde çalışma alanındaki suların pH açısından herhangi bir sorun içermediği belirlenmiştir. Yeraltı sularının pH değerlerinin Şekil 4.2' de verilen alansal dağılımına göre çalışma alanında pH değerlerinin 6.95 ile 7.74 arasında olduğu bölgelerin toplamının 6766 ha olduğu belirlenmiştir.

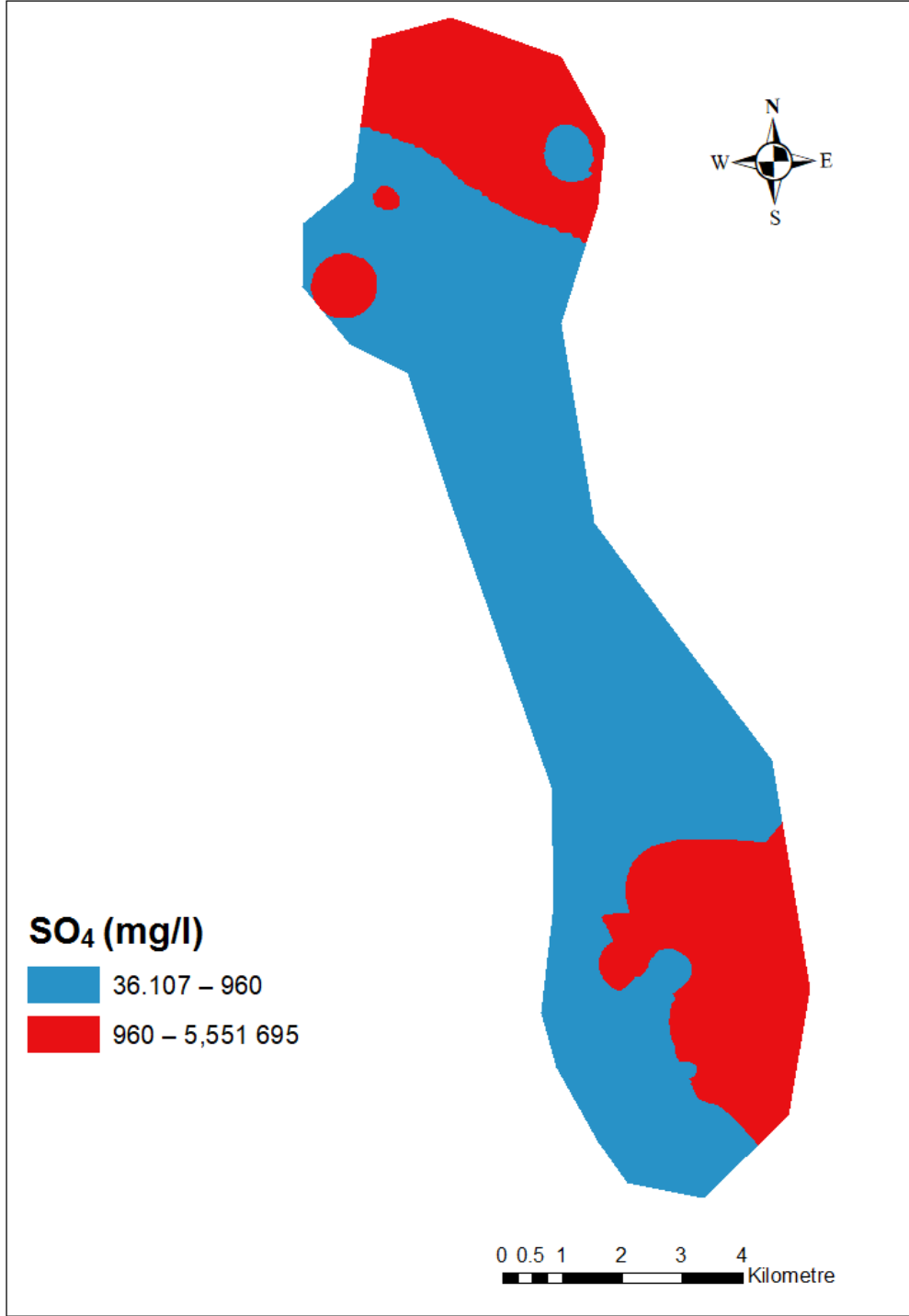


Şekil 4.3. Klor değerinin alansal dağılımı

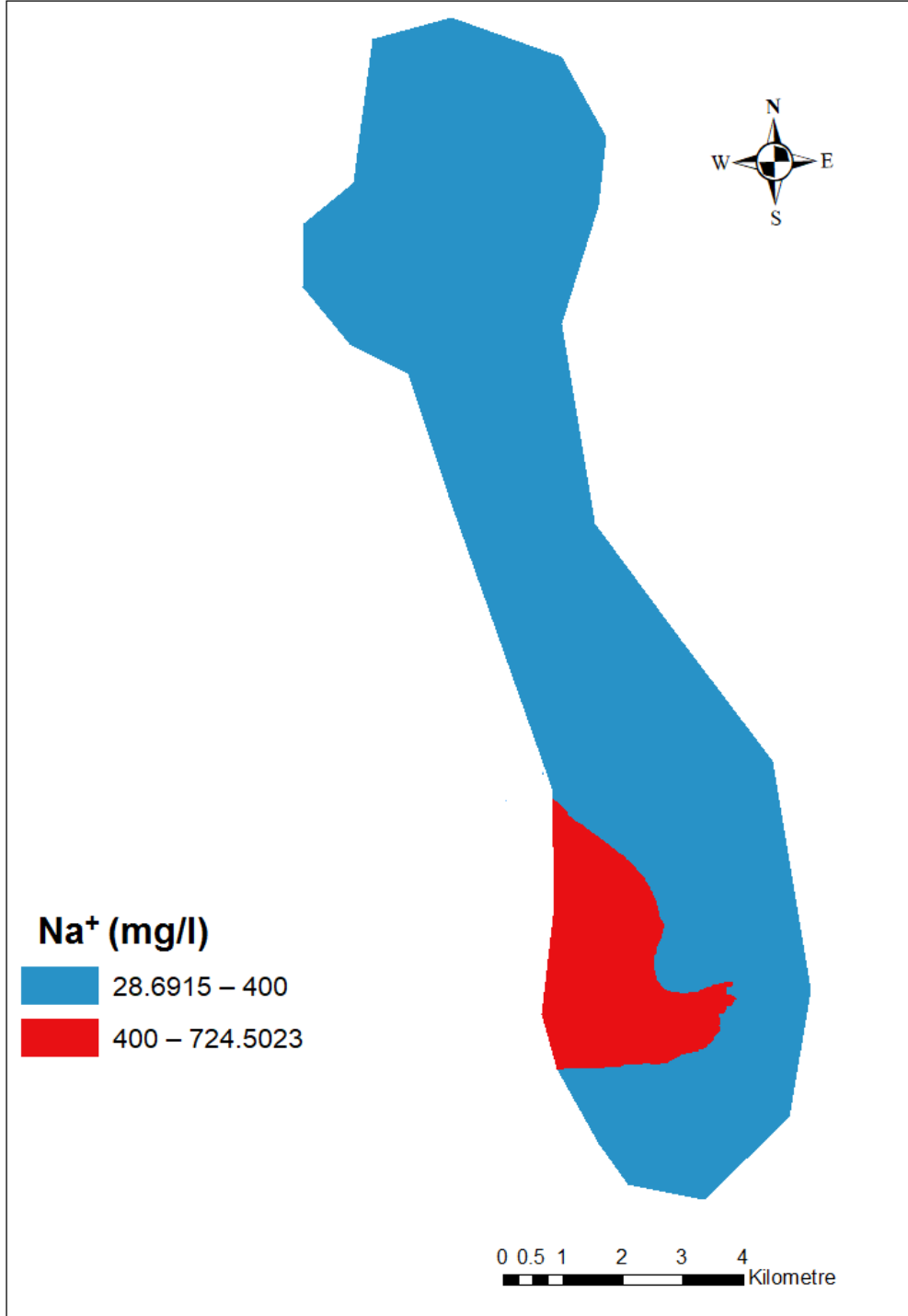
Çalışma alanındaki yeraltı sularının klor (Cl^-) değerlerinin 33.92 mg/l ile 731.40 mg/l arasında değiştiği görülmektedir. Sulama sularında klor değerinin 140 mg/l altında olması durumunda duyarlı bitkilerin, 140-350 mg/l arasındaki değere sahip suların orta hassas bitkilerin ve 350 mg/l' nin üzerindeki suların ise dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılması gerekmektedir (Mass, 1990). Çalışma alanındaki istasyonlara ait klor değerlerinden 8 tanesinin orta hassas bitkilerin sulanmasında; 12

tanenin dayanıklı bitkilerin sulanmasında; diğler 30 tanenin ise duyarlı bitkilerin sulanmasında kullanılmasının uygun olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.3'e göre çalışma alanının 2900 ha'lık kısmının Cl^- değeri 140 mg/l'den daha küçük olduğu, toplamda 2082 ha alanda Cl^- değeri 140 ile 350 mg/l aralığında bulunduğu ve 350 mg/l'den yüksek olduğu bölgelerin toplamının 1784 ha olduğu belirlenmiştir.

Yerleşim bölgelerinde evsel atık suların yüzeysel sulara boşaltılması veya çeşitli yollarla yeraltı suyuna sızması bu sulardaki sülfat derişimini yükseltmektedir. Yüksek konsantrasyonlarda sülfat iyonları kalsiyumun çökelmesine neden olur ve bitkilerde toksik olabilirler. Sulama sularında SO_4^{2-} değeri 0 ile 960 mg/l arasında olması istenmektedir (Anonymous, 1994). Çalışma alanındaki sülfat değeri 36.107 mg/l ile 5551.70 mg/l arasında değışim göstermiştir. Alandaki 21 istasyondaki sülfat değeri 960 mg/l den daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum doğal olarak jips ve diğler minerallerin yıkanması ve sanayi artıklarının sulama suyuna karışmış olabileceğini düşündürmektedir. Şekil 4.4' de verilen alansal dağılım haritasına göre arazinin 4664 ha'lık kısmında SO_4 değeri 960 mg/l'den daha küçük olduğu, 960 mg/l'den büyük alanların toplamının ise 2102 ha olduğu belirlenmiştir.



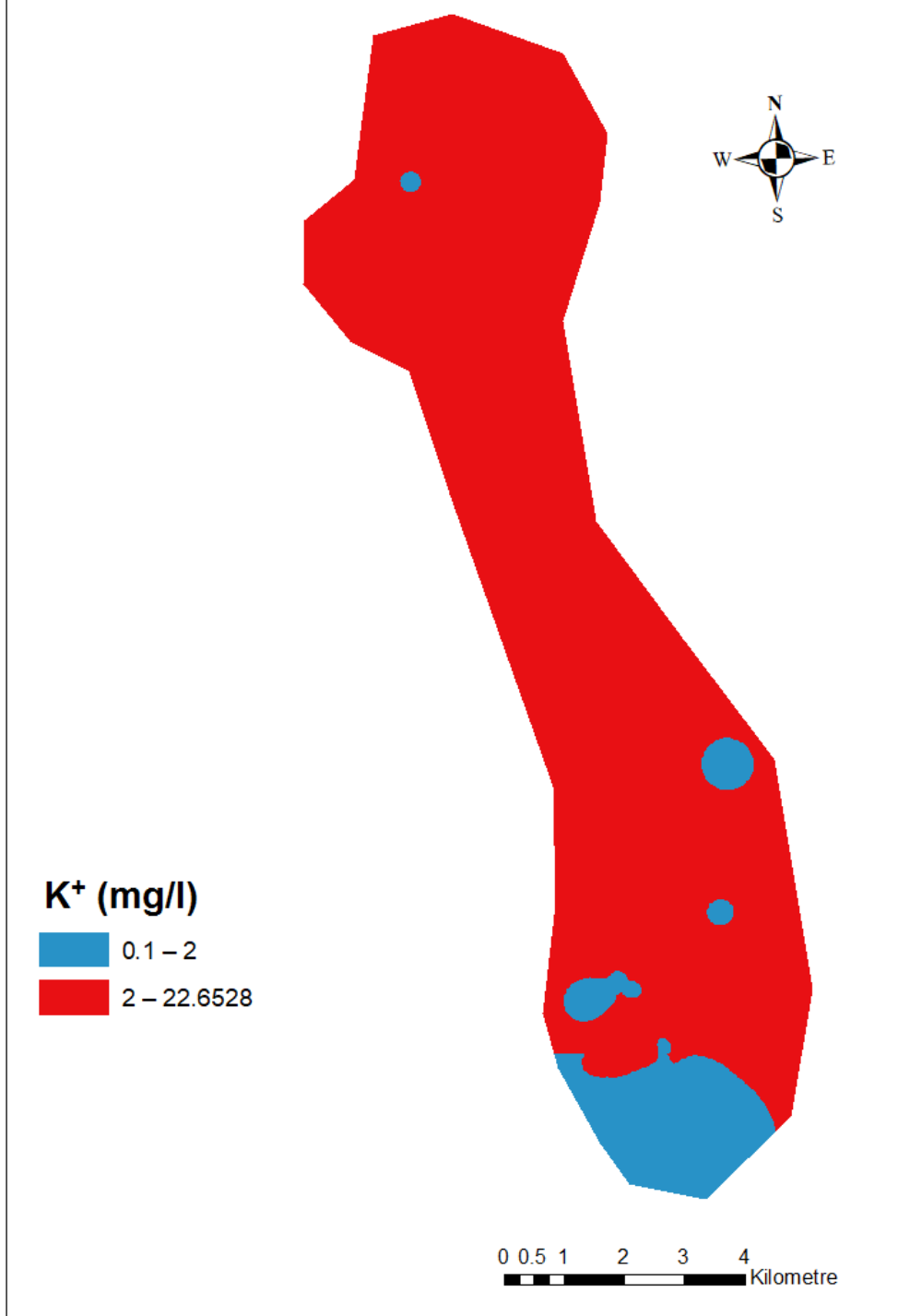
Şekil 4.4. Sülfat değerinin alansal dağılımı



Şekil 4.5. Sodyum değerinin alansal dağılımı

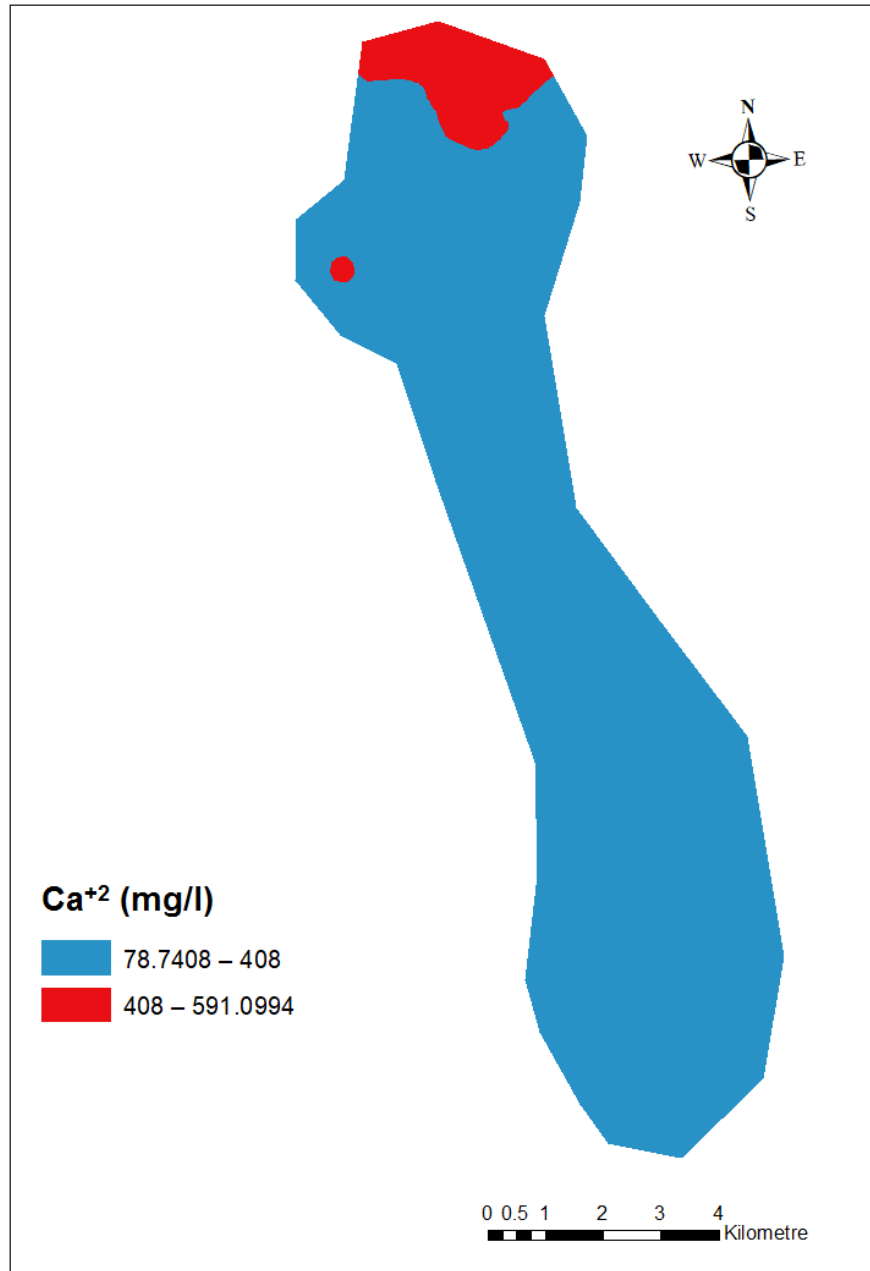
Çalışma alanındaki sodyum değerleri 28.69 mg/l ile 724.50 mg/l arasında değişmektedir. Sulardaki Na⁺ değerinin 920 mg/l' nin üzerinde olduğu sular, sulama açısından uygun değildir (FAO, 1994). Bu verilere göre çalışma alanındaki suların sodyum açısından bir sorun yaratmadığı tespit edilmiştir. Şekil 4.5'te verilen alansal

dağılım haritası incelendiğinde çalışma alanının 5989 ha'lık kısmının Na^+ değerinin 400 mg/l'den daha küçük olduğu, 777 ha'lık kısmının da 400 mg/l den büyük olduğu belirlenmiştir.



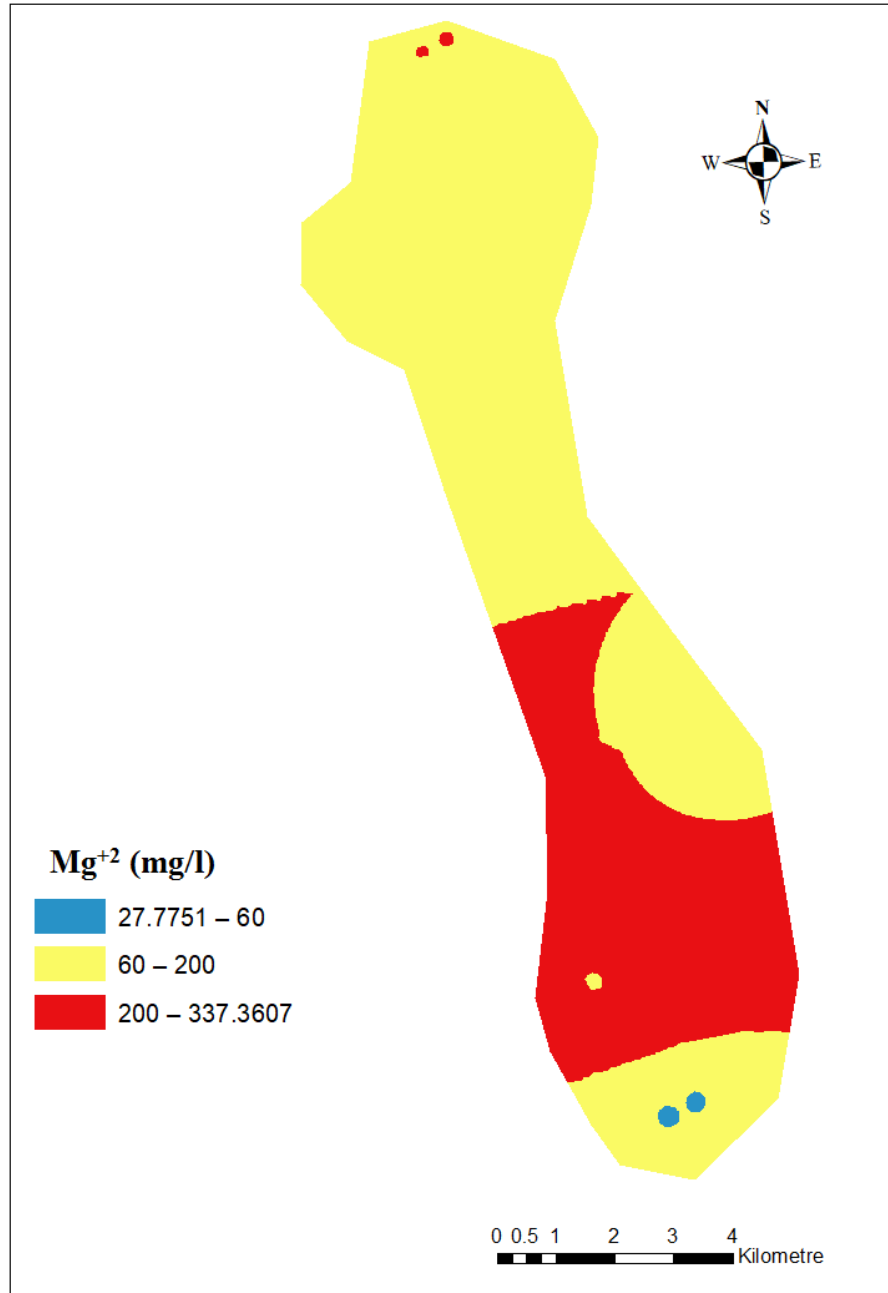
Şekil 4.6. Potasyum değerinin alansal dağılımı

Çalışma alanından alınan sulardaki Potasyum (K^+) değerleri 0.16 mg/l ile 22.65 mg/l arasında değişim göstermiştir. Potasyum değeri 2 mg/l den düşük olan sular sulamada sorun teşkil etmemektedir. Bu değerlere göre 2, 3, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 28, 36 numaralı yeraltı kuyu sularında potasyum açısından sorun olduğu görülmektedir. Alansal dağılım haritasına göre 740 ha'lık kısmının 2 mg/l'den küçük olup K^+ açısından sorun bulunmadığı, alanın %89.06'ini oluşturan 60.26 ha'lık kısmının sulama açısından sorunlu olduğu tespit edilmiştir.



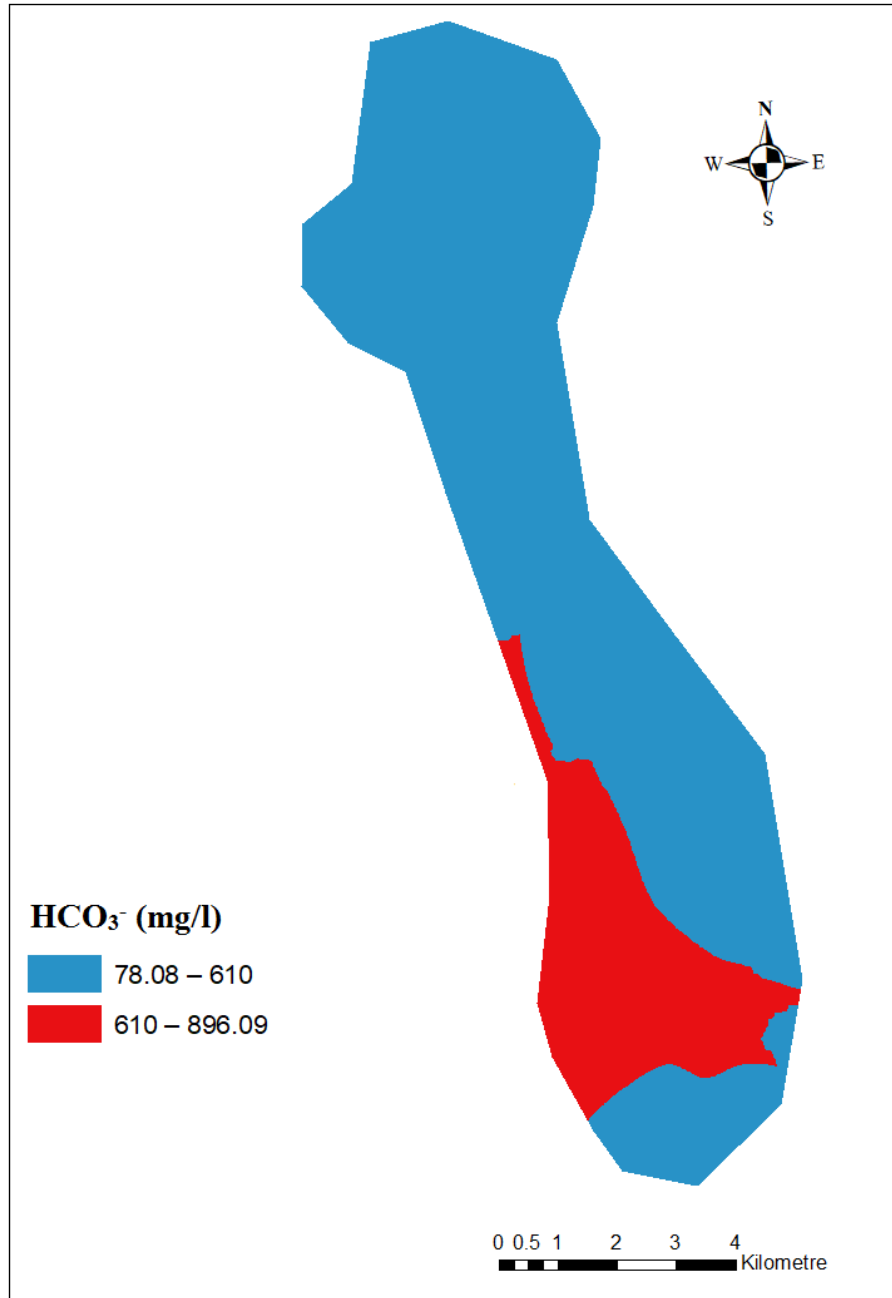
Şekil 4.7. Kalsiyum değerinin alansal dağılımı

Yeraltı sularının Kalsiyum (Ca^{+2}) değerlerinin 78.74 mg/l ile 591.10 mg/l arasında değiştiği görülmektedir. Sulama sularında kalsiyum değerinin 408 mg/l nin üzerinde olması halinde kullanılması sakıncalıdır (Mass, 1990). Şekil 4.7 de verilen alansal dağılım haritası incelenirse Ca^{+2} değerlerinin 408 mg/l'den büyük olduğu alanın kuzeyinde yer alan 436 ha'lık kısmının Ca^{+2} açısından sorunlu olduğu belirlenmiştir. Alanın 6330 ha olan %93.56 lık kısmındaki suların sulama suyu olarak kullanılmasında herhangi bir sakınca bulunmamaktadır.



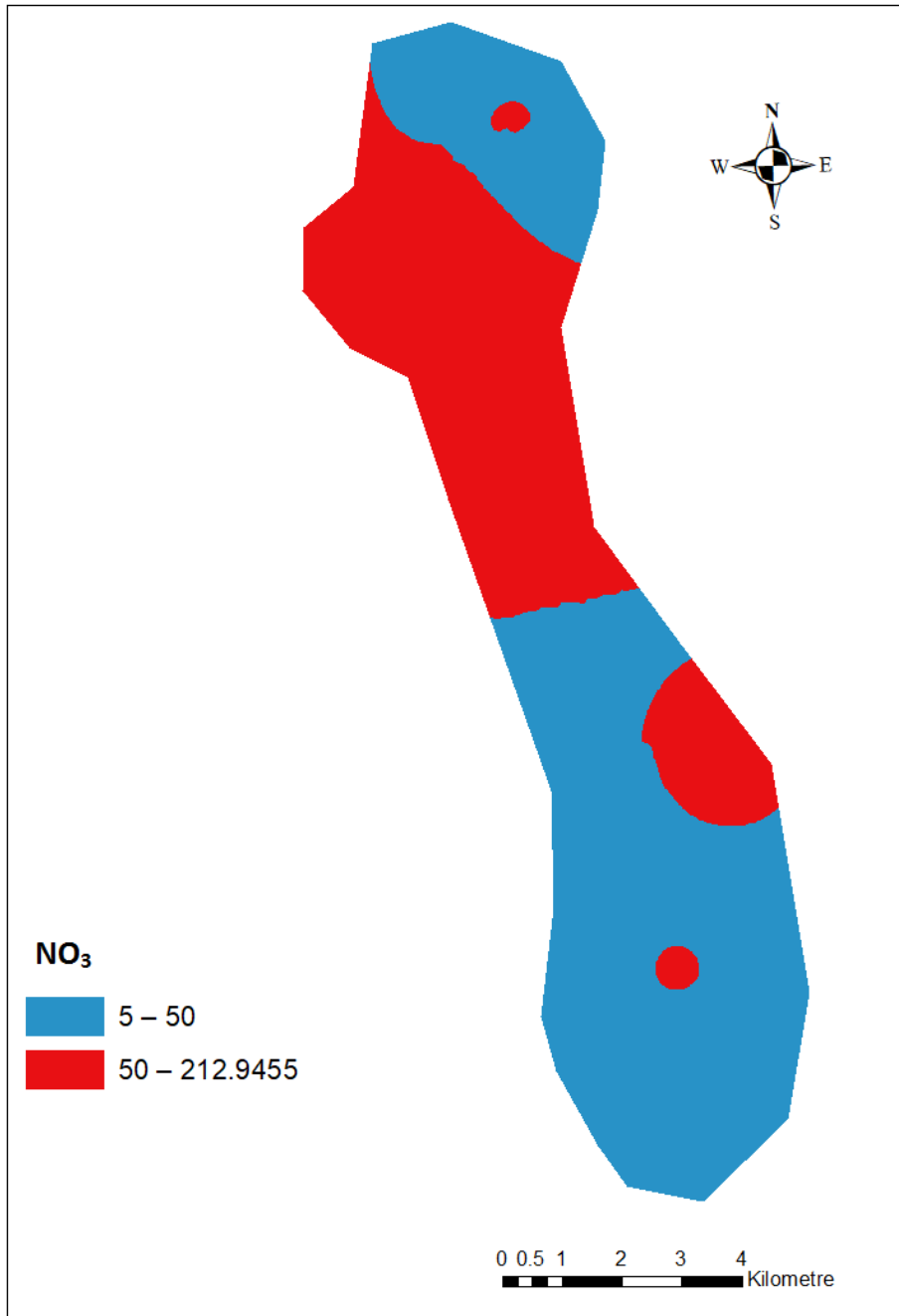
Şekil 4.8. Magnezyum değerinin alansal dağılımı

Çalışma alanındaki yeraltı sularının Magnezyum (Mg^{+2}) değerlerinin 27.78 mg/l ile 337.36 mg/l arasında değiştiği görülmüştür. Sulama sularında magnezyumun 60 mg/l den fazla olması istenmemektedir (Mass,1990). Alanın magnezyum değerlerinin 60 mg/l'den düşük olduğu 18 ha'lık kısmında sulama açısından sorun olmamakla birlikte, alanın %99.73'ünü oluşturan kısmında magnezyum açısından sorun olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.9. Bikarbonat değerinin alansal dağılımı

Suların Bikarbonat (HCO_3^-) değerleri 78.08 mg/l ile 896.09 mg/l arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.9). Bikarbonat değerinin 610 mg/l nin altındaki sulama suları sulamaya uygundur (FAO, 1994). Buna göre alanın 1368 ha'lık kısmında HCO_3^- değeri 610 mg/l den yüksek olup HCO_3^- açısından sorunlu olduğu görülmektedir. HCO_3^- miktarının 610 mg/l den düşük olduğu 5398 ha'lık alanda sulamaya uygunluk açısından bir problem bulunmamaktadır.



Şekil 4.10. Nitrat değerinin alansal dağılımı

Çalışma alanındaki yeraltı sularının nitrat değerleri 15.35 mg/l ile 212.95 arasında değişmektedir. Alansal dağılım haritası incelendiğinde alanın %59.71'lik kısmında nitrat miktarının risk sınırının altında olduğu, %40.29'luk Nitrat değerleri TS 266'ya ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından risk sınır değeri olarak belirtilen 50 mg/l'nin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

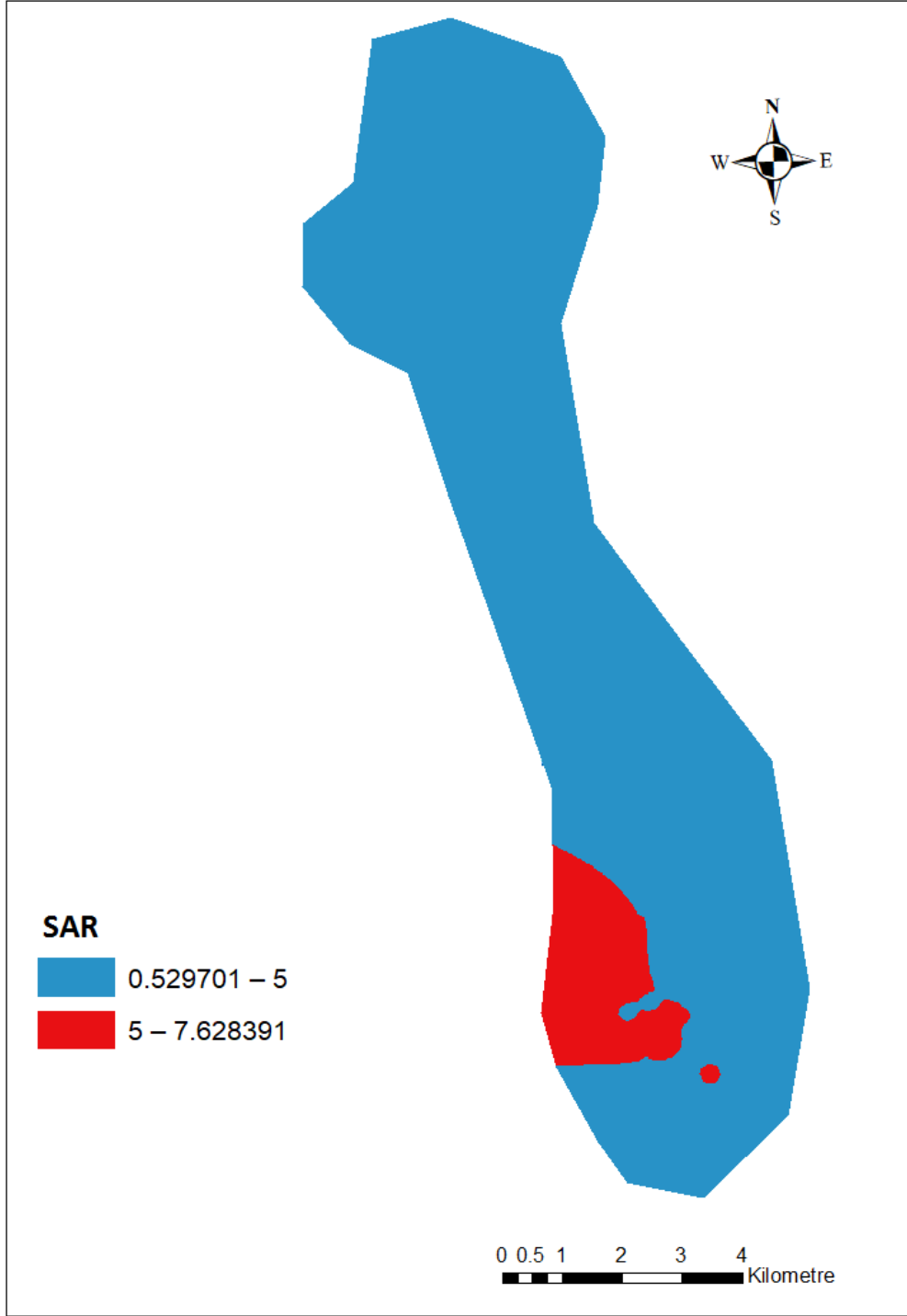
4.2. Yeraltı Suyunun Sulama Açısından Değerlendirilmesi

Çalışma alanındaki yeraltı sularının sulamada kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla suların SAR, RSC, Kelly İndeksi, Magnezyum Zararı, Permeabilite İndeksi, Yüzde Sodyum, Potansiyel Tuzluluk, Sulama Suyu Kalite İndeksi değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlere ait temel istatistiksel değerler Tablo.4.2' de verilmiştir.

Tablo.4.2. Sulamaya uygunluk değerleri

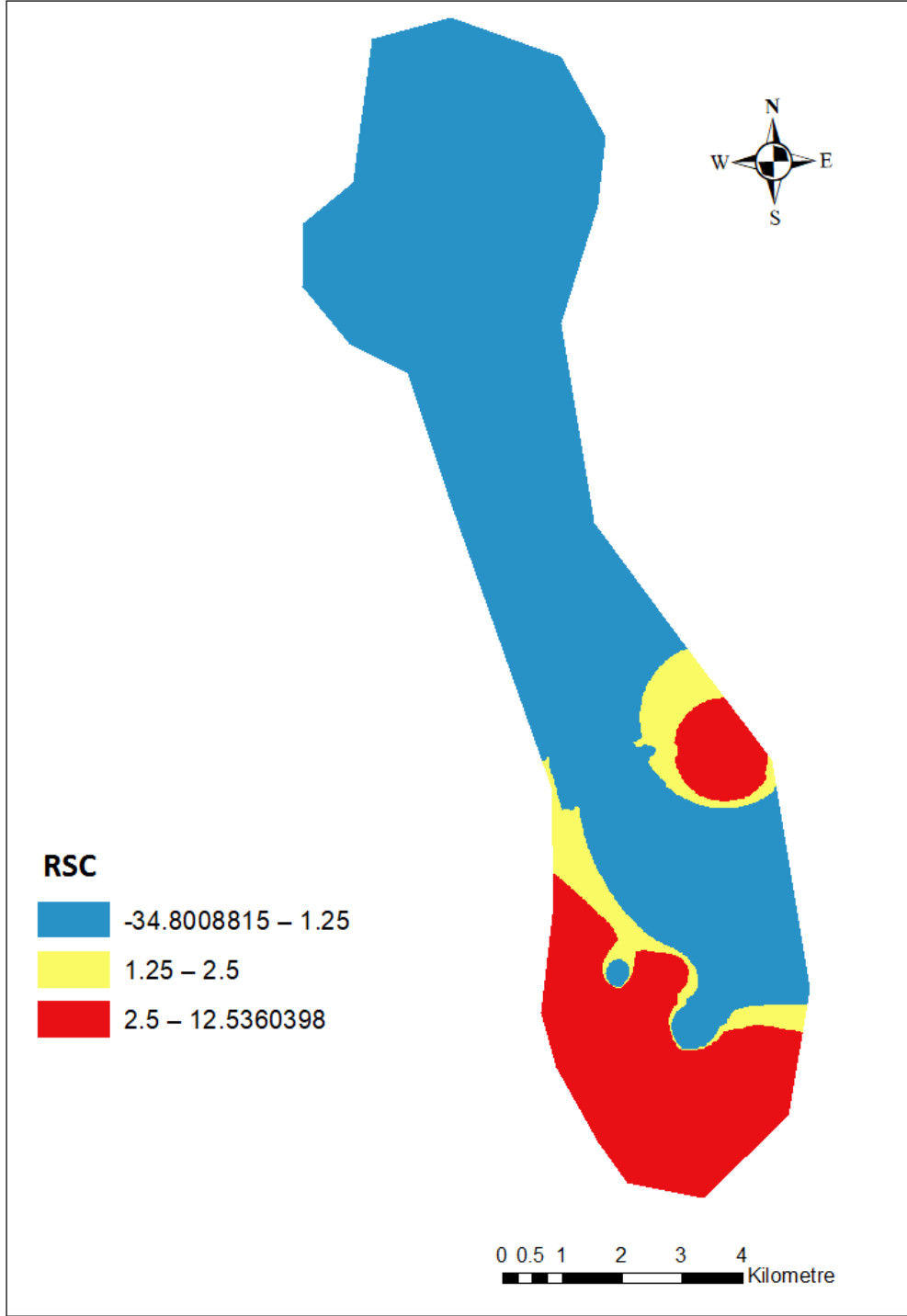
	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Standart Sapma
Nitrat	5.00	212.95	46.52	35.76
SAR	0.53	7.63	2.54	2.18
% Na	7.03	55.07	22.96	15.22
RSC	-34.80	12.54	-5.46	13.53
PS	1.33	70.82	16.49	11.55
PI	13.61	62.07	32.55	14.21
KI	0.08	1.18	0.36	0.31
MR	22.13	85.42	51.26	18.50
WQI	17.20	67.88	47.58	13.15

Çalışma alanındaki suların SAR değerlerinin 0.52 ile 7.63 arasında değişim göstermiş ve ortalama ise 2.53 olduğu görülmektedir. Bu değerlere göre çalışma alanındaki bütün yeraltı sularının “Mükemmel” sulama suyu sınıfında ve I. Sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.11. Sodyum adsorbsiyon oranı değerinin alansal dağılımı

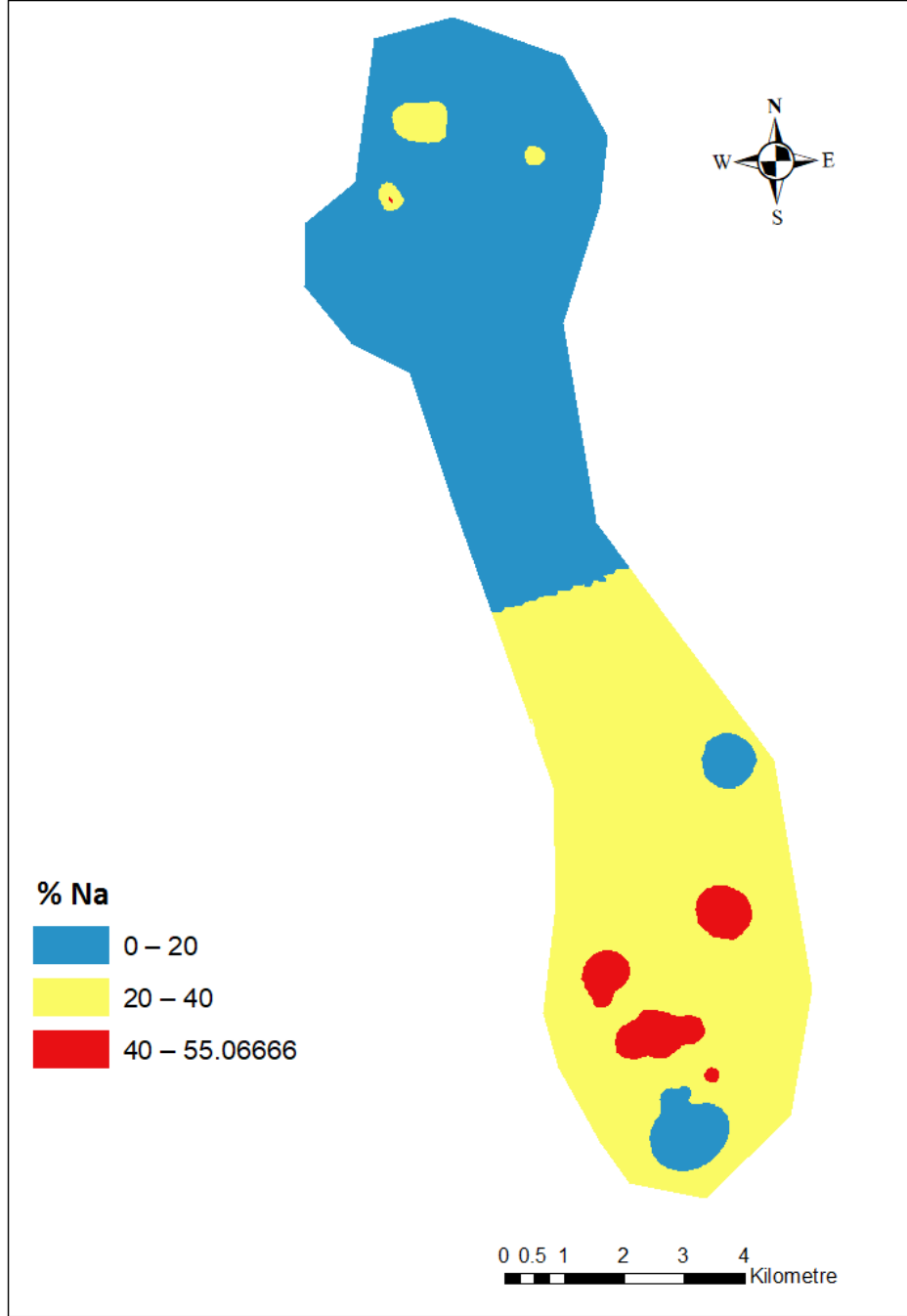
Çalışma alanındaki suların SAR değerlerinin alansal dağılım haritası incelendiğinde SAR değerlerinin alanın %91.83'lik kısmında 5' den düşük olup, %8.17' lik kısmında 5 ile 7.63 arasında değişim gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.12. Kalıcı sodyum karbonat değerinin alansal dağılımı

Tablo 4.2 incelendiğinde yeraltı sularının RSC değerlerinin -34.80 ile 12.54 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Suların sulamaya uygun olması için RSC değerinin 1.25 den küçük olması gerekmektedir. RSC değerinin alansal dağılım

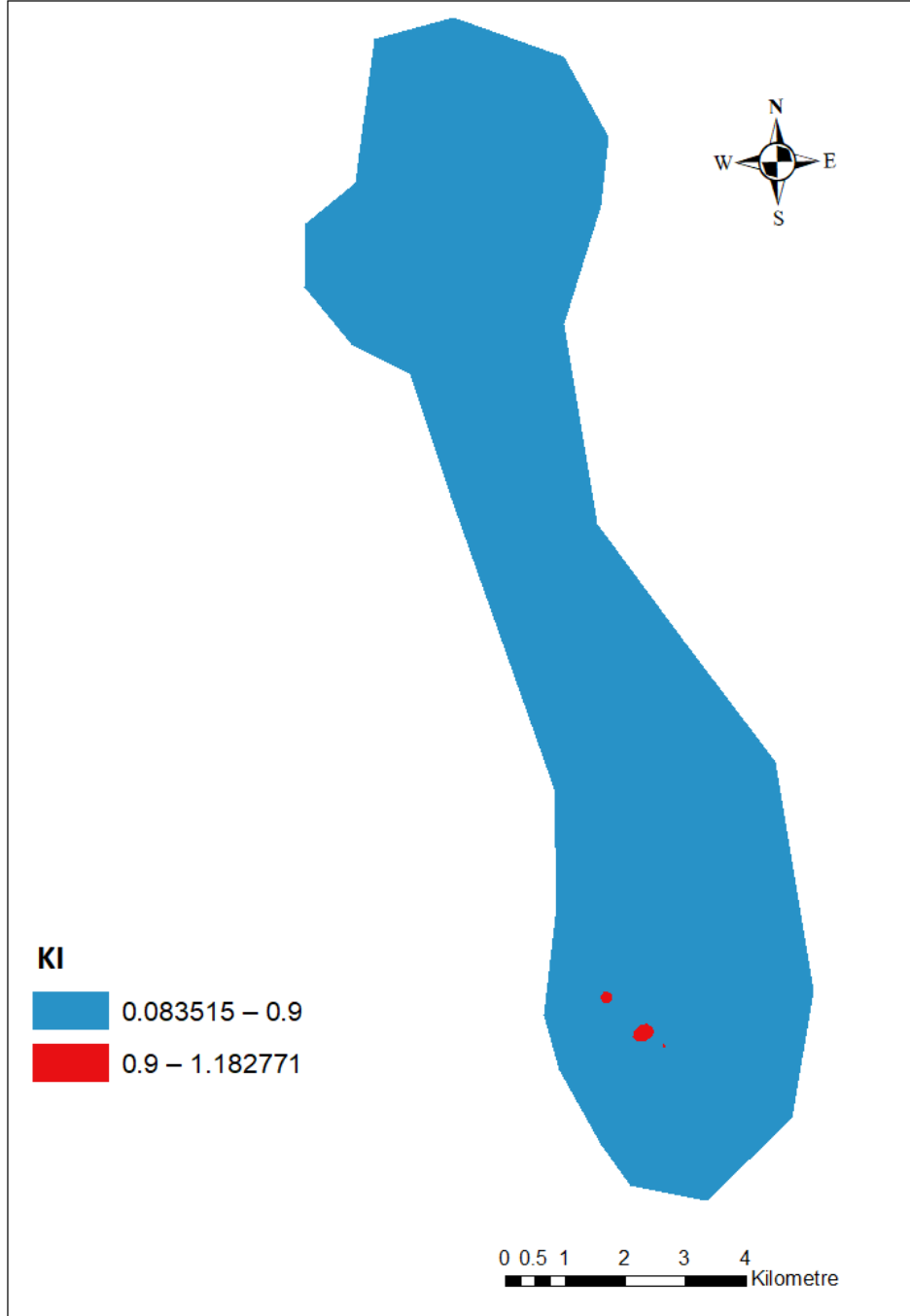
haritası incelendiğinde alanın %73.59'lük kısmında sulama açısından sorun olmadığı görülmektedir (Şekil 4.11). Çoğunluğu alanın güneyinde yer alan, toplamda %26.42'lik kısmının sulama açısından kullanılamaz olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.13. Yüzde sodyum değerinin alansal dağılımı

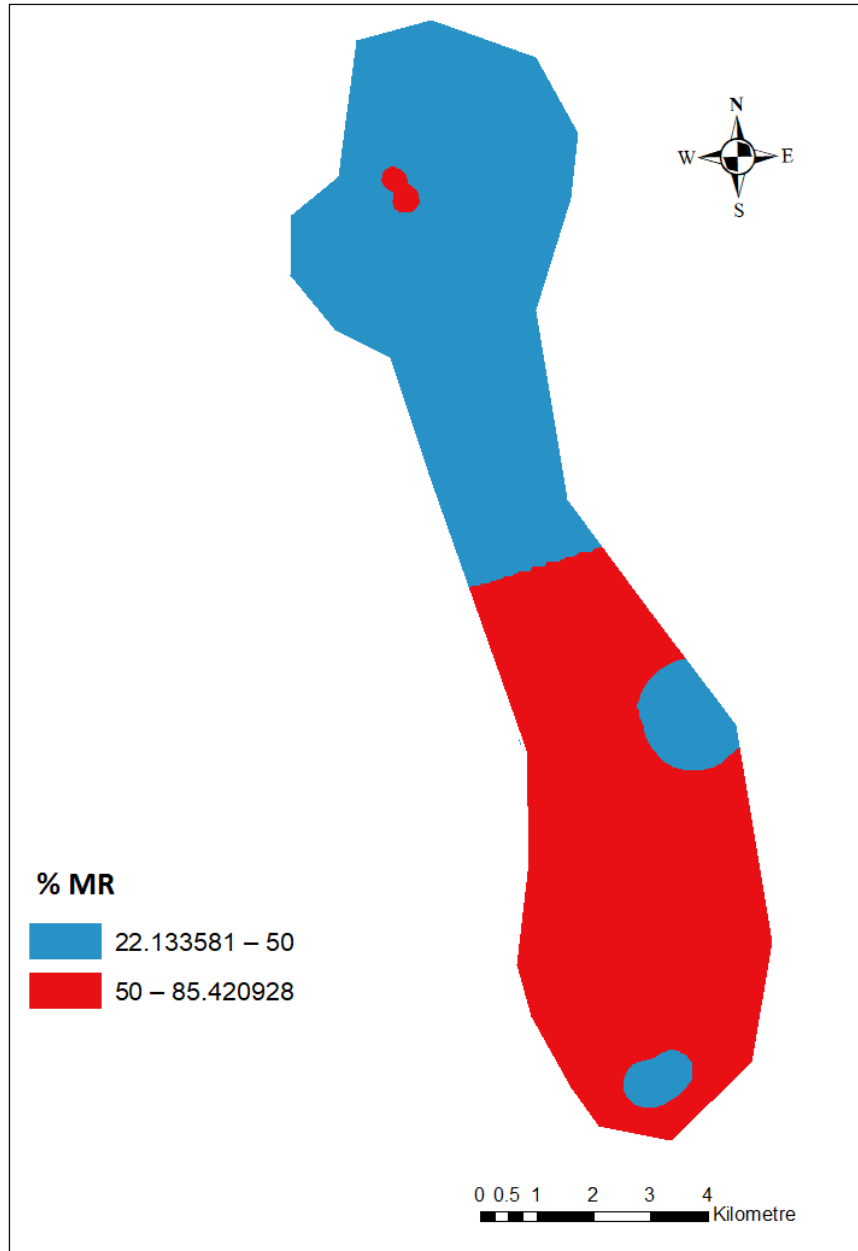
Çalışma alanındaki sulara ait % Na değerleri % 07.03 ile % 55.07 arasında değişim göstermiştir. Çalışma alanındaki yeraltı suyu verilerine göre; 2, 3, 4, 6, 7, 15, 17, 19, 32 nolu sular sulama için izin verilebilir; 1, 5, 8, 9, 16, 18, 21, 22, 23, 24, 25,

26, 27, 28, 29, 30, 31, 35, 38, 41, 48 49 nolu yeraltı suları sulama açısından iyi; 11, 12, 13, 14, 20, 33, 34, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 50 nolu yeraltı suları sulama için mükemmel olarak sınıflandırılmıştır. Şekil 4.12' de verilen yüzde sodyum değerlerinin alansal dağılımına göre, alanın % 47.92'sinde yüzde sodyum değerleri 20'nin altında, %49.02'sinde 20 ile 40 arasında, %3.06'lık kısmında ise 40 ile 55.07 arasında değişim göstermiştir.



Şekil 4.14. Kelly indeksi değerlerinin alansal dağılımı

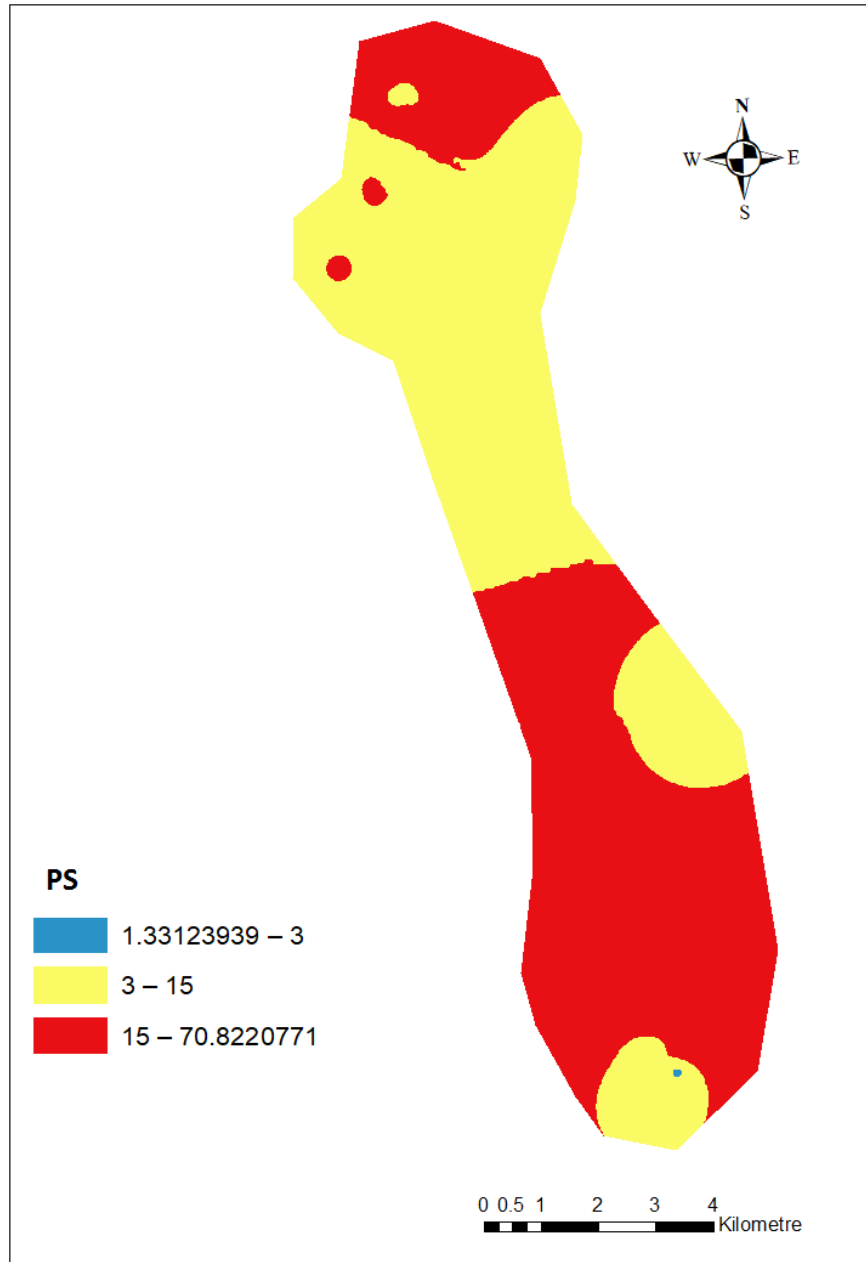
Alamnda yeraltı sularının Kelly indeksi değerlerinin 0.08 ile 1.18 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. KI değerleri 1 den küçük olan sular sulama açısından uygun olup, 1 den büyük olan sular ise sulamaya uygun olmamaktadır. Alansal dağılım haritasına göre KI değerinin 1 den küçük olduğu alanların toplamının 6760 ha olduğu ve 6 ha lık kısımda ise KI değerinin 1 den büyük olduğu görülmektedir. Alandaki suların %99.91 lik kısmının sulama açısından uygun olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.15. Magnezyum zararı değerlerinin alansal dağılımı

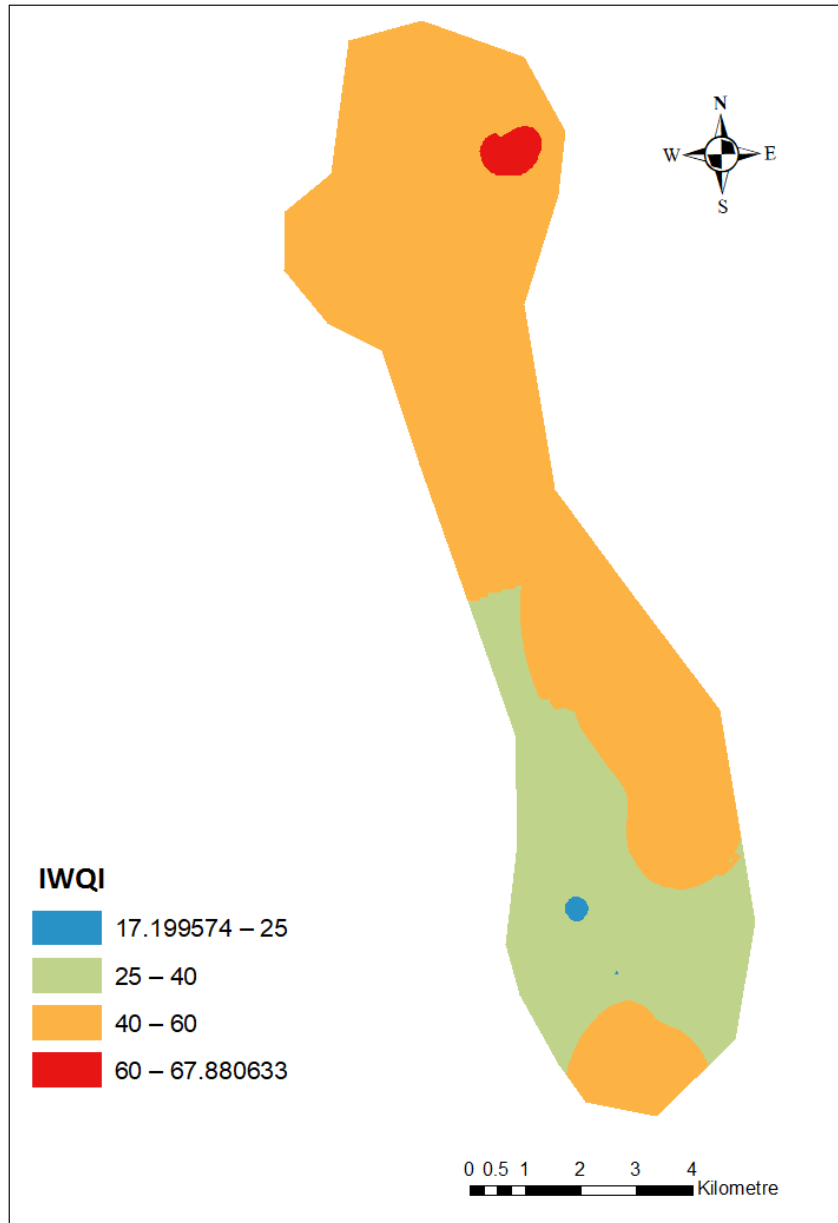
Çalışma alanındaki suların MR değerleri %22 ile %85 aralığında değişim göstermektedir. MR değerinin %50' den fazla olduğu suların sulama açısından sakınca oluşturmaktadır. 19 yeraltı suyunun MR değerinin %50 den yüksek olduğu sulama açısından uygun olmadığı belirlenmiştir.

Alansal dağılım haritası incelendiğinde alanın % 50.64'ünde magnezyum zararı açısından sorun olmadığı, alanın güney yarısında yer alan yaklaşık %49.36'lık kısmında ise MR değerlerinin %50'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.16. Potansiyel tuzluluk değerlerinin alansal dağılımı

Alandaki suların PS değerleri 1.33 ile 70.82 arasında değişim göstermiştir. PS değeri 3 den küçük olan sular iyi, 3 ile 15 arasında olan sular orta ve 15 den büyük olan sular ise sulama açısından uygun olmamaktadır. Alansal dağılım haritası incelendiğinde PS açısından alanın %0.03'lük kısmının iyi sınıfta, %48.42'sindeki suların orta sınıfta olup sulamaya uygun olduğu, %51.55'lik kısmındaki yeraltı sularının PS değerlerinin 15'in üzerinde olup sulama açısından uygun olmadığı tespit edilmiştir.

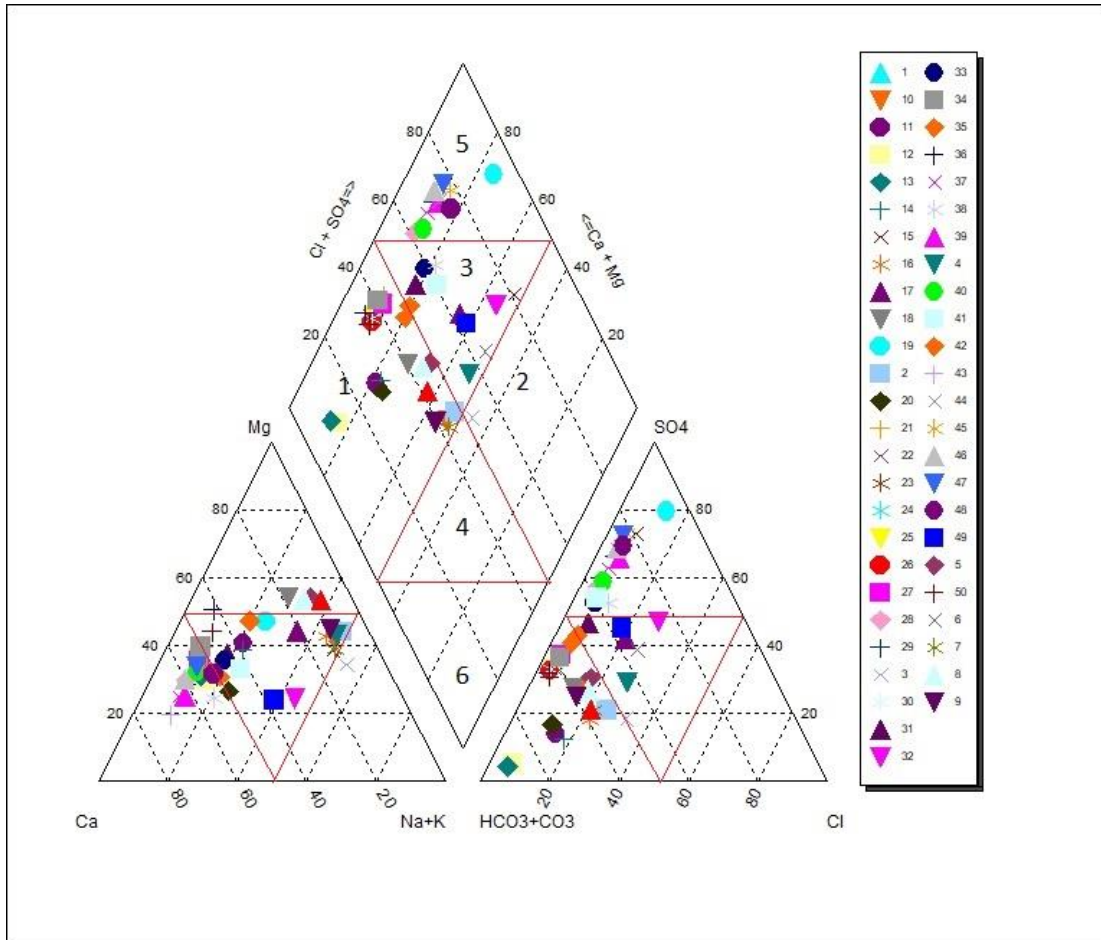


Şekil 4.17. Sulama suyu kalite indeksi değerlerinin alansal dağılımı

Yeraltı suyunun sulamaya uygunluğunu belirlemek amacıyla sulama suyu kalite indeksi hesaplanmıştır. IWQI değerleri 17.20 ile 67.88 arasında değişim göstermiş; tamamı çalışma alanının güney yarısında bulunan 14 adet kuyunun IWQI değerleri 40'ın altında olup sulama açısından uygun olmadığı, 21 adet kuyunun IWQI değerlerinin 40-55 arasında (yüksek düzey kısıtlama) ve 15 adet kuyunun IWQI değerlerinin 55-70 arasında (orta düzey kısıtlama) olup yüksek geçirgenlikli topraklarda sulama yapılabileceği belirlenmiştir. Alansal dağılım haritası incelendiğinde alanın %0.16'lık kısmında IWQI değerinin 25'in altında, %27.24'lük kısmında 1843 ha alanda 25 ile 40 arasında, %71.56'lük kısmında 4842 ha alanda 40 ile 60 arasında, %1.03'lük kısmında 60 ile 68 arasında olduğu tespit edilmiştir.

4.3. Suların Özelliklerinin Grafikselleştirme ile Değerlendirilmesi

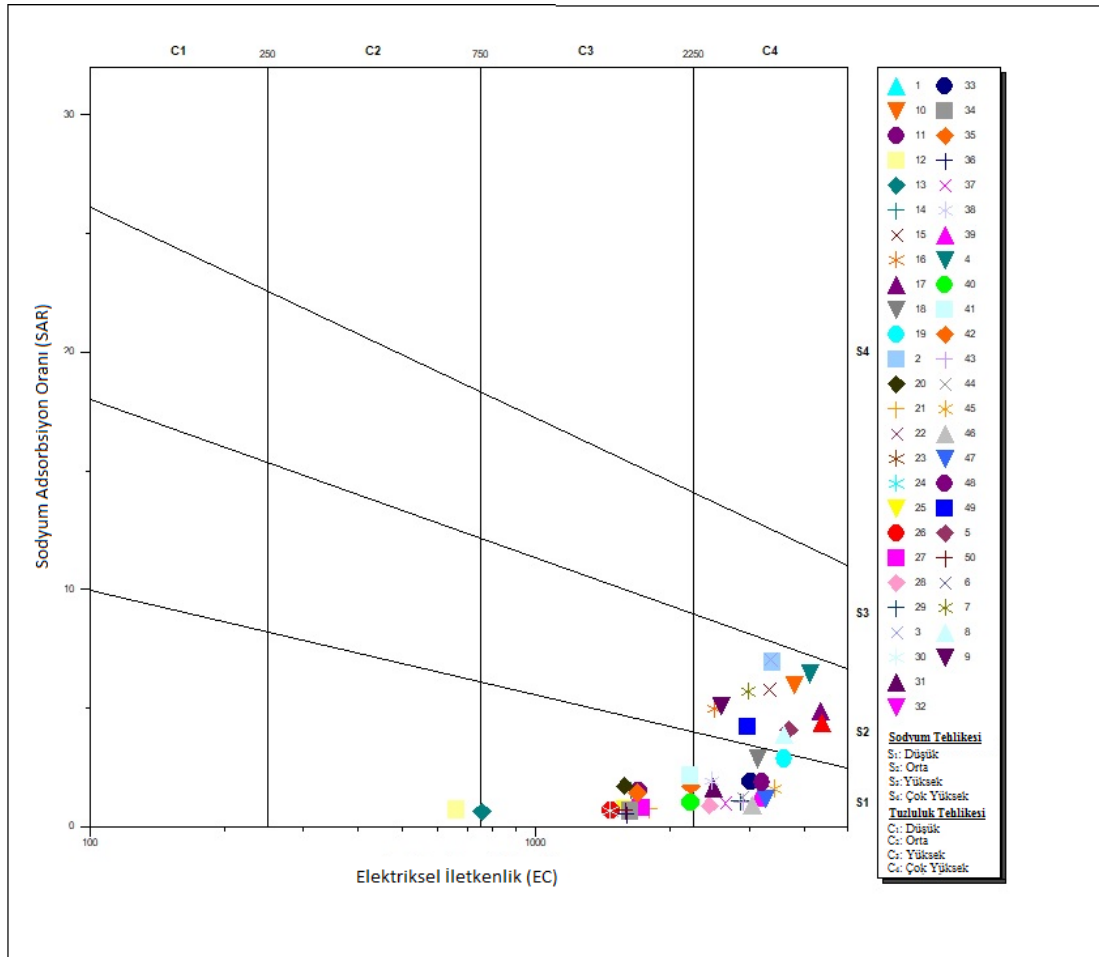
Suların kalitelerinin değerlendirmesinde kullanılan grafikselleştirme yöntemlerinden en çok kullanılmakta olan Piper diyagramı ve USSSL diyagramı kullanılarak suların özellikleri incelenmiştir.



Şekil 4.18. Piper Diyagramı

Piper diyagramına göre su kalitesi 6 çeşit gruba ayrılmıştır. Bunlar (1) Ca-HCO₃ tip, (2) Na-Cl tip, (3) Ca-Mg-Cl tip, (4) Ca-Na-3 tip, (5) Ca-Cl tip ve (6) Na-HCO₃ tipdir.

Şekil 4.18 de diyagram incelendiğinde alandaki suların genelde Ca-HCO₃, Ca-Mg-Cl ve Ca-Cl tipinde olduğu görülmektedir. Yeraltı suyu kuyularından 2,5,7,8,9,10,11,12,13,14,18,20,21,25,26,27,30,34,35,36 numaralı kuyular Ca-HCO₃ tipinde olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte 4,6,15,17,31,32,33,38,41,49 numaralı kuyuların ise Ca-Mg-Cl tipinde sular olduğu, diğer kuyuların ise Ca-Cl tipinde oldukları belirlenmiştir.



Şekil 4.19. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

Sulama sularının niteliklerinin sınıflandırılması için geliştirilen sistemlerden dünyada ve ülkemizde en çok kullanılan “USSL Grafik Sistemi” sınıflandırmasıdır.

Bu grafik sistemi ile sulama suyu EC ve SAR değerleri kullanılarak suyun hangi sınıfta ne tür özellikte olduğu belirlenmektedir.

Çalışma alanında 50 adet yeraltı kuyusuna ait sulama sularının SAR değerleri 0.52 ile 7.63 arasında; EC değerleri 0.66 dS/m ile 5.20 dS/m arasında değişmektedir. Şekil 4.19’da yeralan diyagram incelendiğinde alandaki suların genelde C3S1, C4S1 ve C4S2 sınıfında olduğu belirlenmiştir. C3S1 sınıfında olan sular tuzluluk açısından 3. sınıf, sodyumluluk açısından ise 1. sınıf özellikler taşımaktadır. C4S1 sınıfında olan sular ise tuzluluk açısından 4. sınıf, sodyumluluk açısından 1. sınıf özellikler taşımaktadır. C4S2 sınıfında olan sular ise tuzluluk açısından 4. sınıf, sodyumluluk açısından 2. sınıf özellikler taşımaktadır.

4.4. Korelasyon Analizi

Çalışmada incelenen özellikler arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile ortaya konulmuş ve sonuçlar Tablo 4.3 da verilmiştir.

EC ile Cl, SO, Na ve Mg arasında istatistiksel olarak pozitif yönde %1 önem derecesinde ilişki vardır. EC ile CO₃, HCO₃ arasında istatistiksel olarak %5 önem derecesinde pozitif yönde bir ilişki vardır. Bununla birlikte EC ile pH, K, Ca ve Nitrat arasında istatistiksel olarak herhangi bir ilişki bulunmamaktadır.

Sulardaki pH ile Mg arasında istatistiksel olarak %5 önem derecesinde pozitif yönlü bir ilişki olurken, pH ile Ca ve Nitrat arasında ise istatistiksel olarak %5 önem derecesinde negatif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Yeraltısularındaki Cl ile Na, Mg, CO₃ ve HCO₃ arasında istatistiksel olarak pozitif yönde %1 önem derecesinde ilişki varken, Cl ile Ca arasında ise istatistiksel olarak %5 önem derecesinde ve negatif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanında SO₄ ile Ca arasında istatistiksel olarak pozitif yönde %1 önem derecesinde ilişki bulunurken SO₄ ile Mg arasında ise istatistiksel olarak %5 önem derecesinde ve pozitif yönde bir ilişki olmuştur. Na ile Mg, CO₃ ve HCO₃ arasında istatistiksel olarak pozitif yönde %1 önem derecesinde ilişki bulunurken, Na ile Ca arasında ise negatif yönde %5 seviyesinde istatistiksel bir ilişki olmuştur.

Tablo 4.3. Su kalite verilerinin korelasyon analizi

* (P<0.05), ** (P<0.01)

	EC	PH	Cl	SO	Na	K	Mg	Ca	CO3	HCO3	Nitrat
EC	1										
PH	0,166	1									
Cl	0,793**	0,251	1								
SO	0,481**	0,027	0,214	1							
Na	0,842**	0,26100	0,977**	0,260	1						
K	0,146	-0,170	-0,066	0,125	-0,071	1					
Mg	0,841**	0,333*	0,717**	0,315*	0,751**	0,187	1				
Ca	0,164	-0,334*	-0,356*	0,402**	-0,298*	0,304*	-0,091	1			
CO3	0,355*	0,029	0,652**	-0,101	0,607**	0,048	0,562**	-0,659**	1		
HCO3	0,355*	0,035	0,647**	-0,104	0,612**	0,053	0,562**	-0,669**	0,995**	1	
Nitrat	0,065	-0,292*	-0,146	0,076	-0,110	0,227	-0,011	0,318*	-0,144	-0,151	1

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sulama suyu tuzluluğunun yüksek olması durumunda, kök bölgesinde biriken tuz miktarının yüksek oranlara ulaşması nedeniyle bitkinin toprakta mevcut bulunan suyu alamamasından kaynaklanan verim kayıpları oluşmaktadır. Yarı kurak iklim koşullarında yeterli yağış olmadığından, sulama yapılan alanlarda sulama suyu tuzluluğunun etkisi, sadece ürün verimini düşürmekle kalmayıp, arazilerin tuzlulaşması, toprağın ve suyun bozulması ve yeraltı su kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır.

Orta Karadeniz bölgesinde Yeşilirmak Havzası ve Orta Kızılırmak Havzası içinde yeralan Çorum ili, tarımsal faaliyetler açısından verimli toprakları ve ürün çeşitliliğinin fazlalığı ile Türkiye için önemli paya sahiptir. Bu çalışma ile birlikte; hem Çorum hem de Türkiye için, üretim olanakları ile önemli pazara sahip olan Çorum ovasında, tarımsal sulama amacıyla kullanılan yeraltı kuyu sularının; su kalitesi, kirlilik etmenleri ve sulamada kullanılabilirliği incelenmiştir. Bunun için Temmuz 2020 tarihinde sulamada kullanılan 50 adet yeraltı kuyusundan su örnekleri alınmıştır. Her bir su örneğine ait 17 tane kalite parametresi belirlenmiştir. Elde edilen veriler; matematiksel eşitlikler, grafiksel yöntemler ve alansal dağılım haritaları ile yorumlanarak suların sulamada kullanılabilirliği belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda; çalışma alanında Na ve pH değerlerinin alansal olarak herhangi bir sorun içermediği belirlenmiştir. Çalışma alanındaki sular incelendiğinde, tuzluluk miktarını belirleyen EC parametresine göre alandaki kuyuların hiçbir tanesinin 1. sınıf su özelliğinde olmadığı, 12 nolu kuyunun 2. Sınıf, geriye kalanların 21 tanesinin 3.sınıf ve 28 tanesinin ise 4. Sınıfta olduğu belirlenmiştir. Buna göre alandaki incelenen kuyuların 12 nolu kuyu dışında tamamının sulama açısından 3. ve 4. sınıfta olduğu ve sulamada kullanılırken dikkat edilmesi gerektiği belirlenmiştir. 12 nolu yeraltı suyu tuza hassas bitkiler dışında sulama açısından uygundur. Yoğun olarak alanın kuzeyi ve güney yarısının fazla tuzluluk nedeniyle daha fazla sorunlu olduğu görülmektedir.

Sulama sularında olması izin verilen üst sınırın 920 mg/l olarak belirlendiği sodyum açısından yeraltı kuyularından örnek alınan sular da herhangi bir sorun bulunmamaktadır. Çalışma alanının 5989 ha'lık kısmının Na değeri 400 mg/l'den daha küçük olduğu, 400 ile 724.50 mg/l aralığında bulunan alanların toplamının ise 777 ha olduğu belirlenmiştir. Yeraltı kuyu suları Piper diyagramına göre sulama suyu

kalitesi açısından sınıflandırılmıştır. Ovardaki yeraltı kuyu sularının Piper diyagramına göre Ca-HCO₃, Ca-Mg-Cl ve Ca-Cl tipinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yeraltı suları, tuzluluk ve sodyum adsorbsiyon oranı parametreleri ile USSS diyagramında değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda; çalışma alanında 50 adet yeraltı kuyusuna ait sulama sularının SAR değerleri 0.52 ile 7.63 arasında; EC değerleri 0.66 dS/m ile 5.20 dS/m arasında değişmektedir. Şekil 4.18 de yer alan diyagram incelendiğinde alandaki suların genelde C₃S₁, C₄S₁ ve C₄S₂ sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki sulara ait % Na değerleri % 7.03 ile % 55.07 arasında değişim göstermiştir. Bu değerlere göre; % Na değerleri; çalışma alanının %47.92'sinde % 20 nin altında ve 'Mükemmel' sulama suyu, % 49.02'sinde % 20 ile % 60 değerleri arasında ve 'İyi' sulama suyu, % 3.06'sında % 40 ile % 55.06 arasında ve 'İzin verilebilir' sulama suyu sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

Alandaki yeraltı sularının sulamaya uygunluğunu belirlemek amacıyla sulama suyu kalite indeksi hesaplanmıştır. IWQI değerleri 17.20 ile 67.88 arasında değişim göstermiştir. Alanın % 27.40'lık kısmında IWQI değerinin 40'ın altında olduğu ve normal koşullarda kullanılmaması gerektiği belirlenmiştir. Alanın % 71.56'lık kısmındaki suların ise IWQI değerinin 40 ile 60 arasında olduğu ve bu suların sadece tuza orta dayanıklı ve dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabileceği belirlenmiştir. Alanın % 1.03'lük kısmında ise IWQI değerinin 60 ile 68 arasında olduğu ve tuza orta dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılacak sular sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma alanındaki su kalitesinin bazı bölgelerde çok yüksek düzeyde tuzlu olduğu ve bununla birlikte diğer su kalite indekslerine göre de alandaki yeraltısuyunun sulama açısından sorun oluşturduğu belirlenmiştir. Bunun için aşırı tuzluluk sorunu olan bölgelerde farklı su kaynaklarının kullanılması önerilmektedir. Bu suların sulamada kullanılmaya devam edilmesi durumunda ise topraklarda aşırı tuzlanma problemi olması kaçınılmaz bir son olarak karşımıza çıkabilecektir. Bununla birlikte tuzlu olan suların sulamada kullanılacak ise mutlaka tuza dayanıklı bitkilerden olan şekerpancarı ve buğday gibi bitkilerin ekilmesi ve bu alanlarda drenaj şebekesinin kurulması ve mutlaka yıkama yapılması gerekmektedir. Ayrıca tuzluluk problemi olan bölgelerde mısır ve soğan gibi tuza dayanıksız bitkilerin ekilmemesi de tuzluluk yönetimi açısından önem taşımaktadır.

Tatlı su kaynaklarının giderek azalmasının önüne geçilebilmesi için hem yüzey hemde yeraltısularının kaliteleri sürekli olarak ölçülmesi gerekmekte olup yeraltı

sularının yönetiminde ise mutlaka Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanılması gerekmektedir.

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.
- Anonim,(2020a).<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=CORUM>
- Anonim,(2020b)
(<https://corum.tarimorman.gov.tr/Belgeler/2017%20YILI%20BRİFİNG%20RAPORU.pdf>)
- Anonim, (2005a). İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. *Resmi Gazete Tarihi/Sayısı*: 17.02.2005/25730, Ankara.
- Anonymous, (1954). U.S.Salinity Lab. Staff. Diagnosis and improvement saline and alkali soils. *Agriculture Handbook* 60, USA.
- Awais, M., Arshad, M., Shah, S., Anwar-ul-Haq, M. (2017). Evaluating groundwater quality for irrigated agriculture: spatio-temporal investigations using GIS and geostatistics in Punjab, Pakistan. *Arabian Journal of Geosciences*, 10. doi: 10.1007/s12517-017-3280-x.
- Ayyıldız,M. (1990). Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Ankara Üniv. Ziraat Fak.Yayımları: 1196, Ders Kitabı: 344, Ankara, 282s.
- Bhunja, G., Keshavarzi, A., Shit, P., Omran, E.S., Bagherzadeh, A. (2018). Evaluation of Groundwater Quality and Its Suitability for Drinking and Irrigation Using GIS and Geostatistics Techniques in Semiarid Region of Neyshabur, Iran. *Applied Water Science*, 8. doi: 10.1007/s13201-018-0795-6.
- Boufekane, A., Saighi, O., (2018). Assessing groundwater quality for irrigation using geostatistical method - Case of wadi Nil Plain (North-East Algeria). *Groundwater for Sustainable Development*, 8. doi: 10.1016/j.gsd.2018.11.003.
- EC, (1998). Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption, OJ L 330, p. 32.
- 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
- Fallah, B., Richter, A., Ng, K., Amgad, S. (2019). Effects of groundwater metal contaminant spatial distribution on overlaying kriged maps. *Environmental Science and Pollution Research*. 26(4): 1-13. doi: 10.1007/s11356-019-05541-z.
- FAO, (1994). FAO, Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage Paper, No:29, Rome.
- Ferchichi, H., Ben Hamouda, Mohamed, F., Ben Mammou, A. (2018). Assessment of groundwater salinity using GIS and multivariate statistics in a coastal Mediterranean aquifer. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 15(3). doi: 10.1007/s13762-018-1767-y.
- Guo, X., Zuo, R., Shan, D., Cao, Y., Wang, J. Teng, Y., Fu, Q., Zheng, B. (2017). Source Apportionment of Pollution in Groundwater Source Area using Factor

Analysis and Positive Matrix Factorization Methods. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. 23(2). doi: 10.1080/10807039.2017.1322894.

- Islam, A. R. M., Shen, S., Bodrud-Doza, M., Rahman, M.. (2017). Assessing irrigation water quality in Faridpur district of Bangladesh using several indices and statistical approaches. *Arabian Journal of Geosciences*. doi: 10.1007/s12517-017-3199-2.
- Narsimha, A. (2019). Groundwater Quality for Drinking and Irrigation Purposes and Potential Health Risks Assessment: A Case Study from Semi-Arid Region of South India. *Water Quality Exposure and Health*. doi: 10.1007/s12403-018-0288-8.
- Islam, Md. A., Rahman, Md. M., Bodrud-Doza, Md., Muhib, Md I., Shammi, M., Zahid, A., Akter, Y., Kurasaki, M. (2017). A study of groundwater irrigation water quality in south-central Bangladesh: a geo-statistical model approach using GIS and multivariate statistics. *ACTA Geochimica*. doi: 10.1007/s11631-017-0201-3.
- Karakus, C., Yıldız, S. (2019). Evaluation for Irrigation Water Purposes of Groundwater Quality in the Vicinity of Sivas City Centre (Turkey) by Using Gis and an Irrigation Water Quality Index. *Irrigation and Drainage*. 69. doi: 10.1002/ird.2386.
- Kawo, N., Karuppanan, 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.
- Kelley, W.P. (1963). Use of saline irrigation water. *Soilscience* 95(6), 385-391.
- Khanoranga, Khalid, S. (2018). An assessment of groundwater quality for irrigation and drinking purposes around brick kilns in three districts of Balochistan province, Pakistan, through water quality index and multivariate statistical approaches. *Journal of Geochemical Exploration* 197. doi:10.1016/j.gexplo.2018.11.007.
- Khosravi, R., Eslami, H., Almodaresi, S., Heidari, Mo., Fallahzadeh, R., Taghavi, M., Khodadadi, M., Peirovi Minaee, R. (2017). Use of geographic information system and water quality index to assess groundwater quality for drinking purpose in Birjand City, Iran. *Desalination and water treatment* 67. 74-83.
- Kıy, M. (2019). Çorum İli Ovasaray Bölgesindeki Yeraltı Sularının Sulama Suyu Olarak Kullanılabilirliği. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 57, Samsun.
- Liu, J., Gao, M., Jin, D., Wang, T., Yang, J. (2020). Assessment of Groundwater Quality and Human Health Risk in the Aeolian-Sand Area of Yulin City, Northwest China. *Exposure and Health*. 12. 1-10. doi:10.1007/s12403-019-00326-8.
- Mass, (1990). Crop Salt Tolerance. Agricultural Salinity Assessment and Management ASCE, New York. Pp 262-304.
- Meireles, A., Andrade, E.M., Chaves, L., Frischkorn, H., Crisostomo, L.A. (2010). A new proposal of the classification of irrigation water. *Revista Ciência Agrônômica*, 41(3), 349–357. doi:10.1590/S1806-66902010000300005
- Mousazadeh, H., Gharaie, M., Mosaedi, A., Moussavi-Harami, R. (2019). Hydrochemical assessment of surface and ground waters used for drinking and irrigation in Kardeh Dam Basin (NE Iran). *Environmental Geochemistry and Health*. 41. doi: 10.1007/s10653-018-0214-9.

- Piper, A. M. (1944). A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water-Analyses. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, vol 25, 914-928.
- Rabeiy, R. (2018). Assessment and modeling of groundwater quality using WQI and GIS in Upper Egypt area. *Environmental science and pollution research international*. 25. doi:10.1007/s11356-017-8617-1.
- Rahman, M., Saha, N., Islam, A. R. Md., Shen, S., Bodrud-Doza, Md. (2017). Evaluation of Water Quality for Sustainable Agriculture in Bangladesh. *Water Air and Soil Pollution*. 228. doi:10.1007/s11270-017-3543-x.
- Razzaghmanesh, M., Myers, B., Misaghi, F. (2017). Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A case study of the Ghezel Ozan River. *Science of The Total Environment*. 589. 107-116. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.02.226.
- Shah, K.A., Joshi, G.S. (2017). Evaluation of water quality index for River Sabarmati, Gujarat, India. *Appl Water Sci* **7**, 1349–1358. doi:10.1007/s13201-015-0318-7
- Şener, Ş., Sener, E., Davraz, A. (2017). Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey). *Science of The Total Environment*. 584-585. 131-144. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.01.102.
- Vesali N., Mohammad R., Noori, R., Berndtsson, R., Adamowski, J., Sadatipour, E. (2018). Groundwater Pollution Sources Apportionment in the Ghaen Plain, Iran. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 15. 172. doi:10.3390/ijerph15010172.
- WHO, (2004). Guidelines for Drinking Water Quality, World Health Organization (WHO), Geneva.
- Wu, J., Wang, L., Wang, S., Tian, R., Xue, C., Feng, W., Li, Y. (2017). Spatiotemporal variation of groundwater quality in an arid area experiencing long-term paper wastewater irrigation, northwest China. *Environmental Earth Sciences*. 76. doi:10.1007/s12665-017-6787-2.
- Yurtseven, E., Öztürk, H.S., Demir, K., Kasım, M.U., (2001b). Sulama Suyu Tuzluluğunun Tınlı Toprakta Profil Tuzluluğuna Etkisi. *Ankara Üniv. Tarım Bilimleri Dergisi*. 7:3:1-8

ÖZ GEÇMİŞ

Meltem GÜRLER ÇOLAK, Ankara'da doğdu. Kayseri Lisesi'ni bitirdikten sonra Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nden 1999 yılında mezun oldu. 2017 yılında OMÜ Tarımsal Yapılar ve Sulama Yüksek Lisans programına girdi. Orta derecede İngilizce bilmektedir.

İletişim Bilgileri

E mail : meltemgurler52@gmail.com

Öğrenci No : 17211037

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0003-1656-994X>