



T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

NİĞDE İLİ YERALTI SU KİRLİLİĞİ

NURHAYAT İŞCAN

Eylül 2021

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

NİĞDE İLİ YERALTI SU KİRLİLİĞİ

NURHAYAT İŞCAN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman
Prof. Dr. Kenan KILIÇ

Eylül 2021

Nurhayat İŞCAN tarafından **Prof. Dr. Kenan KILIÇ** danışmanlığında hazırlanan “**Niğde İli Yeraltı Su Kirliliği**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Çevre Mühendisliği** Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Osman SÖNMEZ, Erciyes Üniversitesi, Seyrani Ziraat Fakültesi,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Üye : Prof. Dr. Kenan KILIÇ, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Üye : Doç. Dr. Ece Ümmü DEVECİ, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/...../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Prof. Dr. Murat BARUT
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel 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 bildiririm.

Nurhayat İŞCAN

ÖZET

NİĞDE İLİ YERALTI SU KİRLİLİĞİ

İŞCAN, Nurhayat

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman

:Prof. Dr. Kenan KILIÇ

Eylül 2021, 61 sayfa

Yüzey sularına oranla daha temiz ve mineral bakımından daha zengin olan yeraltı suları, su kaynakları arasında en fazla öneme sahip olan sulardır. Ayrıca, birçok su kaynağına göre kısa zamanda kullanıma sunulması için gerekli maliyetin daha düşük olmasından dolayı yeraltı sularına olan talep gün geçtikçe artmakta olup, su kaynakları arasında ön plana çıkmasına sebep olmaktadır. Bu çalışmada Niğde ilinin yeraltı suyu örneklerinde pH, elektriksel iletkenlik(EC), arsenik(As), sodyum(Na), sülfat(SO₄), klorür(Cl), demir(Fe) ve nitrat(NO₃) analiz sonuçları değerlendirilmiş, bu parametrelerin analiz sonuçları kullanılarak jeoistatistik modelleme metotlarından olan Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighting-IDW) ile tahmin haritaları üretilmiştir. Değerlendirme sonucunda; pH analizlerinden 4 örnekleme noktası standart değerlerini karşılamamakta ve bununla birlikte arsenik analizleri de standartlara uygun bulunmamıştır. Demir analiz sonuçları ile elde edilen değerler standart değerleri üzerinde bulunmuştur diğer parametreler ise standartlara uygun olup kirlilik tespit edilmemiştir. Jeostatistiksel olarak elde edilen tahmin haritalarında çalışma alanının yeraltı su kirliliğinin, arsenik analiz sonuçları dışındaki parametrelerin standartlara uygunluğu tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Yeraltı suyu, yeraltı su kirliliği, jeostatistiksel modelleme, IDW

SUMMARY

NİĞDE PROVINCE GROUNDWATER POLLUTION

İŞCAN, Nurhayat

Niğde Ömer Halisdemir University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Supervisor

:Prof. Dr. Kenan KILIÇ

September 2021, 61 pages

Groundwater, which is cleaner and richer in minerals compared to surface waters, is the most important water source among water resources. In addition, the demand for groundwater is increasing day by day due to the lower cost of making it available for use in a short time compared to many water resources, causing it to come to the fore among water resources. In this study, the results of pH, electrical conductivity, arsenic(As), sodium(Na), sulfate(SO₄), chloride(Cl), iron(Fe) and nitrate(NO₃) analysis results were evaluated in the groundwater samples of Niğde province. Using the Inverse Distance Weighting-IDW method, which is one of the geostatistical modeling methods, forecast maps were produced. As a result of the evaluation; Of the pH analyzes, 4 sampling points did not meet the standard values, and arsenic analyzes were also not found to comply with the standards. The values obtained with the iron analysis results were above the standard values, while the other parameters were in accordance with the standards and no pollution was detected. In the estimation maps obtained geostatistically, it was determined that the groundwater pollution of the study area and the parameters other than the arsenic analysis results were in compliance with the standards.

Keywords: Groundwater, groundwater pollution, geostatistical modeling, IDW

ÖN SÖZ

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, her alanda destek ve yardımlarını gördüğüm, tez çalışması boyunca yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım ve değerli hocam Sayın Prof. Dr. Kenan KILIÇ'a ve bu tez çalışmasında veri temini imkanı sunan Niğde Valiliği İl Sağlık Müdürlüğüne sonsuz şükranlarımı sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
SİMGE VE KISALTMALAR	iv
BÖLÜM I GİRİŞ	1
1.1 Genel Bilgiler.....	1
1.2 Önceki Çalışmalar.....	2
1.3 Çalışmanın Amacı.....	7
BÖLÜM II YERALTI SUYU, YERALTI SU KİRLİLİĞİ VE JEOİSTATİSTİK MODELLEME	88
2.1 Yeraltı Suyunun Genel Tanımı	8
2.2 Yeraltı Su Kirliliği	10
2.3 Jeoistatistik Modelleme	12
BÖLÜM III	14
MATERYAL VE METOT	14
3.1 Materyal	14
3.1.1 Çalışma alanının genel özellikleri	14
3.1.2 İklim özellikleri	15
3.1.3 Su kaynakları	15
3.2 Metot.....	17
3.2.1 Jeoistatistiksel analiz metotları.....	17
BÖLÜM IV	19
BULGULAR VE TARTIŞMA	19
4.1 Bulgular	19
4.1.1 pH	19
4.1.2 Elektriksel iletkenlik (EC)	23
4.1.3 Arsenik (As)	26

4.1.4 Sodyum (Na)	30
4.1.5 Sülfat (SO ₄)	33
4.1.6 Klorür (Cl)	36
4.1.7 Demir (Fe)	39
4.1.8 Nitrat (NO ₃)	42
4.2 Tartışma	50
BÖLÜM V	53
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR	56
ÖZ GEÇMİŞ	61



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Niğde ilinin yeraltı suyu potansiyeli (DSİ, 2016).....	9
Çizelge 3.1. Niğde ilinin akarsuları (DSİ, 2020)	16
Çizelge 4.1. Yeraltı suyunun pH değerleri için tanımlayıcı istatistikler.....	20
Çizelge 4.2. pH parametresinin ulusal ve uluslararası standartları	22
Çizelge 4.3. Yeraltı suyunun EC değerleri için tanımlayıcı istatistikler	24
Çizelge 4.4. EC ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerler	26
Çizelge 4.5. Yeraltı suyunun As değerleri için tanımlayıcı istatistikler	27
Çizelge 4.6. As ulusal ve uluslararası standart değerleri	29
Çizelge 4.7. Yeraltı suyunun Na değerleri için tanımlayıcı istatistikler	31
Çizelge 4.8. Na değişkeninin ulusal ve uluslararası sınır değerleri	32
Çizelge 4.9. Yeraltı suyunun SO ₄ değerleri için tanımlayıcı istatistikler	34
Çizelge 4.10. SO ₄ değişkeninin ulusal ve uluslararası sınır değerleri	35
Çizelge 4.11. Yeraltı suyunun Cl değerleri için tanımlayıcı istatistikler.....	37
Çizelge 4.12. Cl değişkeni ulusal ve uluslararası sınır değerleri	38
Çizelge 4.13. Yeraltı suyunun Fe değerleri için tanımlayıcı istatistikler.....	40
Çizelge 4.14. Fe değişkeninin ulusal ve uluslararası standart sınır değerleri	42
Çizelge 4.15. Yeraltı suyunun NO ₃ değerleri için tanımlayıcı istatistikler	43
Çizelge 4.16. NO ₃ ulusal ve uluslararası standartlar	45
Çizelge 4.17. Yeraltı suyunun özellikleri için jeostatistiksel analiz değerleri.....	46

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Geoistatistik modellemede kullanılan veriler	17
Şekil 3.2. Geoistatistik analizlerde izlenen akış şeması.....	18
Şekil 4.1. pH değerleri için dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı	19
Şekil 4.2. pH değerleri için normal olasılık dağılımı.....	20
Şekil 4.3. Yeraltı sularının pH içeriklerine ait yarıvariogram	21
Şekil 4.4. Yeraltı sularının pH değişimini gösteren IDW haritası	21
Şekil 4.5. EC değerleri için dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı	23
Şekil 4.6. EC değerleri için normal olasılık dağılımı	23
Şekil 4.7. Yeraltı sularının EC içeriklerine ait yarıvariogram	24
Şekil 4.8. Yeraltı sularının EC değişimini gösteren IDW haritası.....	25
Şekil 4.9. As değerleri için dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı.....	26
Şekil 4.10. As değerleri için normal olasılık dağılımı	27
Şekil 4.11. Yeraltı sularının As içeriklerine ait yarıvariogram	28
Şekil 4.12. Yeraltı sularının As değişimini gösteren IDW haritası	28
Şekil 4.13. Na değerleri için dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı.....	30
Şekil 4.14. Na değerleri için normal olasılık dağılımı	30
Şekil 4.15. Yeraltı sularının Na içeriklerine ait yarıvariogram.....	31
Şekil 4.16. Yeraltı sularının Na değişimini gösteren IDW haritası	32
Şekil 4.17. SO ₄ değerleri için dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı.....	33
Şekil 4.18. SO ₄ değerleri için normal olasılık dağılımı	33
Şekil 4.19. Yeraltı sularının SO ₄ içeriklerine ait yarıvariogram	34
Şekil 4.20. Yeraltı sularının SO ₄ değişimini gösteren IDW haritası	35
Şekil 4.21 Cl değerleri için dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı	36
Şekil 4.22 Cl değerleri için normal olasılık dağılımı.....	36
Şekil 4.23. Yeraltı sularının Cl içeriklerine ait yarıvariogram	37
Şekil 4.24. Yeraltı sularının Cl değişimini gösteren IDW haritası	38
Şekil 4.25. Fe değerleri için dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı	39
Şekil 4.26. Fe değerleri için normal olasılık dağılımı.....	39
Şekil 4.27. Yeraltı sularının Fe içeriklerine ait yarıvariogram	40
Şekil 4.28. Yeraltı sularının Fe değişimini gösteren IDW haritası	41

Şekil 4.29. NO ₃ değerleri için dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı	42
Şekil 4.30. NO ₃ değerleri için normal olasılık dağılımı	42
Şekil 4.31. Yeraltı sularının NO ₃ içeriklerine ait yarıvariogram	44
Şekil 4.32. NO ₃ değişimini gösteren IDW haritası	44



SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
Al	Alüminyum
As	Arsenik
B	Bor
Ba	Baryum
Ca	Kalsiyum
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
Cd	Kadmiyum
Cl	Klor
Co	Karbonmonoksit
Cr	Krom
Cu	Bakır
Ec	Elektriksel iletkenlik
F	Flor
Fe	Demir
GS+	Geoistatistics for the sciences (çevre bilimleri için jeoistatistik)
Ha	Hektar
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mg	Miligram
Mn	Manganez
Na	Sodyum
Ni	Nikel
NO ₃	Nitrat
Pb	Kurşun
pH	Hidrojenin gücü
R ²	Determinasyon katsayısı
Si	Silisyum

SO4

Sülfat

Zn

Çinko

Kısaltmalar

Açıklama

SKKY

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

TSE

Türk Standartları Enstitüsü

TS

Türk Standartları

IDW

Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi

WHO

Dünya Sağlık Örgütü

DSİ

Devlet Su İşleri

CBS

Coğrafi Bilgi Sistemi

EPA

Birleşik Amerika Çevre Koruma Örgütü

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1 Genel Bilgiler

Yeraltı sularından, geçmişten günümüze dünyada yaygın bir şekilde içme suyu kaynağı olarak yararlanılmıştır. Dünyada yeraltı suları evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerde su temini açısından önemli kaynaklardandır (Delgado vd., 2010).

Yeraltı suyunun savunmasızlığı; yer altı sularının doğal ortamdaki kirletici etkilere karşı bir miktar koruma sağlayabileceğini varsaymaktadır (Odling vd, 2015). Akifer korumasızlığında ise jeolojik; kaya bileşimi, dokusu ve yapısına, bağlı olarak değişebilir, hidrojeolojik süreçler; beslenme su tablası derinliğini, arazi kullanımı / arazi örtüsü ile ilgili de mevcut kirleticiler ve insan faaliyetleri etki etmektedir. (Green vd, 2011).

Yeraltı suları, yüzeysel sulara göre içerlerinde daha fazla erimiş madde bulundurmaları ve daha pahalı elde edilmelerine rağmen sıcaklıklarının mevsimlerde çok az değişmesi, renksiz ve berrak özellik göstermesi, temiz ve kirlenmesinin kolay olmaması, kimyasal bileşimlerinin değişmemesi gibi birçok sebeplerle yüzeysel sulardan daha fazla nitelikli olduğu söylenebilir. Fakat yapılan müdahaleler ve kirlilik fazlalığı bu avantajlarını riske dönüştürebilmektedir (Yavuz, 2017).

Yeraltı suyu kirliliği, yeraltı suyunun önceleri uygun olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin kullanım için fazla ölçülerde değişiklik göstermesi ve kullanımının yasak olduğu boyutlara ulaşmasını belirtmektedir. Yerleşim alanları, evsel, ticari, endüstriyel ve zirai gibi aktiviteler yeraltı suyunun kalitesine etki edebilmektedir. Yüzeyde var olan kaynakların kirletilmesi daha hızlı ve kolay iken, yeraltı su kaynaklarının kirletilmesi genel olarak daha yavaş ve zor koşullarda etki göstermektedir. Akiferin kendini yenilemesi düşük akım hızları sebebiyle oldukça güçtür. Yeraltına sızan kirletici maddeler noktasal ve noktasal olmayan kaynaklardan sızmaktadır. Bu kaynaklar, yeraltı

sularını geri dönüşümü oldukça zor olacak biçimde kirlenmesine sebep olmaktadır, kirliliğin giderilmesi yüksek maliyetler ve uzun süre gerektiren kirlilik sorunlarını ortaya çıkarmaktadır (Zaporozec ve Miller, 2000).

Yeraltı sularını en fazla kirleten kirleticilerden uçucu organik bileşikler, boyalar, deterjanlar, aerosoller, sanayide kullanılan çözücü ve yağlar gibi günlük işlerde kullanılan maddelerde bulunarak bu kirleticilerin bulaşmasına etki etmektedir. Tarımda ve ormancılıkta kullanılan ilaçların çoğu sentetik organik bileşikler grubunda yer almaktadır. İlaçların birçoğu az miktarda da olsa yüksek derecede zehirleyici etkidir. Çeşitli sanayi ürünlerinin imalatında ağır metaller, hammadde veya kimyasal işlemlerde katalizör olarak kullanılmaktadır. En fazla karşılaşılan ağır metal kirliliğine; Pb, As, Cr, Cd, Zn, Cu, Ba ve Ni bileşikleri etki etmektedir (Zaporozec ve Miller, 2000).

Niğde ilinin yeraltı sularından elde edilen örneklerin jeoistatistiksel yöntemlerle değerlendirilip, parametrelerin IDW (Inverse Distance Weighting) Enterpolasyon yöntemleri ile tahmin haritaları elde edilmiştir. Kullanılan Jeoistatistiksel metotlar, bir sahada elde edilmiş değerler kullanılarak bilinmeyen noktalardaki değerleri hesaplamak ve iki boyutlu veya üç boyutlu haritasının elde edilmesini sağlamaktadır.

Jeoistatistik genel olarak, örnekler arasındaki uzaysal korelasyonu istatistiksel ve çözümlemeli olarak kullanılan, rezerv hesaplama işlemini yapanlara oldukça yararlı bilgiler elde etmesini sağlayan ögelerden oluşan enterpolasyon ve ekstrapolasyon yöntemi olarak tanımlanmış ve jeoistatistiğin temel ögelerini; variogram, blok varyansı, tahmin varyansı ve krigging oluşturduğu tespit edilmiştir (Ersoy ve Yünsel, 2008).

1.2 Önceki Çalışmalar

Yeraltı su kirliliği ve jeoistatistik modelleme yapılarak hazırlanan çok sayıda yüksek lisans tezi, doktora tezi, araştırma ve geliştirme çalışmaları bulunmaktadır.

Topçu (2016) Çanakkale Biga ovasından 21 noktadan alınan yeraltı suyu örneklerinde elektriksel iletkenlik, pH, potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum, karbonat, bikarbonat, klorür, sülfat, nitrat ve bor analizleri yapılmış ve elde edilen veriler Su kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Sınıflandırma Sistemi dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

Bu sınıflandırmada tuzluluk parametresinde 21 kuyudan 11'i ikinci sınıf diğerleri birinci sınıf olarak belirtilmiştir. Bir diğer parametre olan geçirgenlikte ise 12 kuyu ikinci sınıf olarak belirtilmiştir. Özel iyon toksisitesi bakımından sodyum için 7 kuyu üçüncü sınıf, bor bakımından sadece Yeniçiftlik DSİ kuyusu üçüncü sınıf olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada jeostatistik kullanılarak çalışma alanının EC, pH, SAR ve nitrat haritaları hazırlanmış ve yeraltı sularında nitrat kirliliği dışında, çalışma sahası genelinde çok belirgin bir problem saptanmadığı belirtilmiştir.

Tekiner (2015), Şanlıurfa'nın Sarım ve Karataş köylerinde yeraltı suyunun bir yıl süreyle (2012-2013) mevsimsel değişimi izlenerek fiziksel ve kimyasal niteliklerinin özellikle florür açısından konsantrasyonunun belirlenmesi üzerinde çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma ile 65 örnekleme noktasında (kuyularda) yerinde pH, sıcaklık, EC ve florür konsantrasyonuna, laboratuvarında ise Al, Ba, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Si ve Zn gibi metaller (Ca, K, Mg, Na) ile (Cl), (F), (SO₄), alkalinite, nitrit, nitrat ve toplam fosfat gibi parametrelerin analizi yapılarak değerlendirmede bulunmuştur. Bu çalışmada sonuç olarak; florür konsantrasyonu 1.2 mg/L'den yüksek olan değerler Sarım merkezi kuyu (W-45), Karataş şahıs kuyusu (W-38) ve Kesmetaş şahıs kuyuları (W-10 ve W-11) köylerinde de uygun değerlerin üzerinde sonuçlar elde edilmiştir. EC açısından çalışma sahası yeraltı suları uygun sınırlar dahilinde olduğunu tespit etmiştir.

Kanber (2007), çalışmada Aydın Regülatörünün sağ sulama ana kanalı boyunca seçilen yaklaşık 5500 ha'lık bir alanın 15 yeraltı ve 4 yerüstü su kaynağından Mayıs-Temmuz aylarında olmak üzere toplam 40 örnek alınarak yeraltı ve yerüstü su kirlilik durumlarını belirtilmiştir. Alınan örneklerin Mn, Zn, B, Co, Cr, Ni, Cd, Pb, organik madde, nitrat, nitrit, karbonat, bikarbonat, geçici sertlik, kalıcı sertlik, EC, K, Mg, Na, SAR, ESP parametrelerin sulama suyu için belirlenmiş sınır değerlerin oldukça üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak 7 no'lu nokta olarak isimlendirilen kaynak hariç diğer su kaynaklarının sulama suyu olarak kullanılabilecek özellikte olmadığını belirlemiştir.

Büyük vd. (2016), yeraltı sularında nitrat kirliliği üzerine çalışma yapmışlardır. Konya Karapınar Bölgesi'nde, İç Anadolu, sulama için kullanılan yeraltı sularının nitrat kirliliği araştırılıp değerlendirmişlerdir. Bu çalışma 2009-2012 yıllarında Konya

havzasında sulamanın yoğun olarak yeraltı kuyularıyla yapıldığı Karapınar Bölgesi'ne gerçekleştirmişlerdir. Bölgenin yüksek azotlu gübre uygulaması ve nitratça zengin yeraltı sularıyla yapılan aşırı sulamadan dolayı yeraltı kuyularından gelen nitrat hesabında dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamış ve su kaynaklarının kirliliğini önlemek için kimyasal azot kullanımı özellikle şeker pancarı ve mısır tarımının yoğun olduğu bu bölgede sulama 10-12 kez ve her sulama 12-15 saat süreyle kuyu sularından yapıldığından optimize edilmesini ifade etmişlerdir.

Benzer ve Benzer (2017), bu çalışmada Kütahya ili sınırları içerisinde yer alan yeraltı ve yüzeysel sulardaki nitrat düzeyini yapay sinir ağlarını kullanarak belirlemişlerdir. Çalışmada Avrupa Birliği tarafından uygulanan Nitrat Direktifi dikkate alınarak, Kütahya İl Tarım Müdürlüğü'nün 2012 ve 2013 yıllarına ait yer altı (23 istasyon) ve yüzey (10 istasyon) sularının ölçümlemleri kullanmışlardır. Kütahya İli'ne ait yeraltı ve yüzeysel sularındaki nitrat seviyelerinin İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğine uygun olduğunu tespit etmişlerdir. Nitrat verilerindeki bazı değerlerin ulusal ve uluslararası limit değerlerinden yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir.

Jeoistatistik yöntem ile yapılan çalışmalardan olan Çıtakoğlu vd. (2017), mevsimsel yağışların jeoistatistiksel metotla modellenmesi yapıp gözlemi olmayan noktaların tahmininde bulunmuşlardır. Bu çalışmada, Türkiye genelinde bulunan 20 yıl ve daha fazlası kayıt uzunluğuna sahip 200 adet yağış gözlem noktalarının Ocak-Aralık dönemine ait aylık ortalama yağış örnekleri kapsamında tahminde bulunmuşlardır. Dört mevsim yağış haritalarının Gaussian tip yarıvარიogram ile modelleme yapılabileceği ve mevsimsel yağışların mekansal değişiminin jeoistatistik metot ile yeterli doğrulukta tahmin edilebileceğini göstermişlerdir. Çalışmada, yağış ölçümü olmayan coğrafi konumlarda mevsimsel yağış miktarlarının kolaylıkla ve doğru bir şekilde tahmin edilebilmesini sağlamışlardır.

Çelik ve Hamidi (2018), Diyarbakır ilinin Silvan ilçesi ovasında yeraltı suyu potansiyeli ve tematik haritalarının coğrafi bilgi sistemi ile tespiti yapılmıştır. İlçenin sınırları içerisinde bulunan sondaj kuyuları verileri kullanılarak Silvan ilçesi ovasının statik su seviyesi, dinamik su seviyesi ve kuyu verimlerini tasnif etmişlerdir. Bu kuyulardaki örnek değerler Arc Info Coğrafi Bilgi Sistemi programı kullanılarak mesafe ile ters ağırlıklı Inverse Distance Weighted (IDW) enterpolasyon jeoistatistik metotla tematik

haritalar elde etmişlerdir. Bu çalışma ile statik su seviyesi, dinamik su seviyesi ve kuyu verimliliği sınıflandırılmış haritalar ile ağırlık oranları tespit etme yöntemi ile Overlay yapılarak işletme açısından uygun tematik haritalar tespit edilmiş ve yeraltı suyunun potansiyeli durumunu belirlenmiştir.

Hüsrevoğlu (2018), çalışmasında jeostatistik analiz ile yağış haritalarını görselleştirilmiştir. Bu çalışma Türkiye’de oluşan yağış olaylarının yağış miktarı türünden konumsal dağılımı jeostatistik metotlar ile incelenerek haritalandırma yapılmıştır. Çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden elde edilen verileri kullanılmıştır. 265 nokta meteoroloji gözlem istasyonunun 30 yılı kapsayan aylık ortalama yağış miktarından oluşmaktadır. Çalışmada jeostatistik yöntemlerinden Ordinary Kriging (OK), Simple Kriging (SK), Universal Kriging (UK) ve meteoroloji istasyonlarının yükseklik değerlerinin ikincil değişken olarak kullanıldığı Co-Ordinary Kriging (COK) yöntemleri kullanılmıştır. Jeostatistik metotların uygulama esasları ve dikkat edilmesi gereken hususlar ayrıntılı şekilde belirtilmiştir.

İlker vd. (2019), yapılan çalışmada Akdeniz Bölgesi’nde yağışın alansal dağılımının haritalandırılmasında enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Haritaların doğruluk analizi, determinasyon katsayısı (R^2) ve karekök ortalama hata değerlerine bakılarak yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, genel olarak IDW enterpolasyon yöntemi ile uygun sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir. Ayrıca, Kriging yöntemi de bazı istasyonlarda IDW yönteminden daha yüksek R^2 değerleri verdiği tespit edilmiştir. Bu çalışma ile Akdeniz Bölgesi’nde yağışın alansal dağılımında IDW enterpolasyon metodunun kullanılabilir olduğu belirtilmiştir.

Soyaslan ve Hepdeniz (2020), Batı Akdeniz Bölgesi’nde Burdur ilinin güneyinde bulunan Bucak Havzası’nda Bucak ve Çeltikçi yerleşim alanları ve çok sayıda köy bulunmaktadır. Bucak ilçesi içme suyu ihtiyacı, havza içerisinde yer alan iki kaynak ile ovada açılmış sondaj kuyuları aracılığı ile yeraltı suyundan karşılandığını tespit edilmiştir. Bucak Havzası içerisinde yer alan 20 adet kuyudan 2011-2012 yılında alınan yeraltı suyu örneklerinde CaCO_3 ve Fransız su sertlik değerleri tespit edilip sertlik değerleri Kriging enterpolasyon metodu kullanılarak analiz edilmiş ve tematik haritalar hazırlanmıştır. Ulusal ve uluslararası sınır değerleri kapsamında havzadaki yeraltı sularının sert-çok sert su sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir. Bu çalışma

sonucunda yüksek sertlik değerlerinin sebebinin karstik Davraz Kireçtaşı akiferini oluşturan formasyonlar ile yeraltı suları arasındaki kayaç-su etkileşiminin olduğu sonucuna varıldığını belirtilmiştir.

Taylan ve Damçayırı (2016), çalışmalarında Isparta ili ve çevresinde elde edilen uzun dönem ortalama yağışların tahminleri konusunda modeller üretilmiştir. Modellerin üretilmesi ile birlikte ulaşılan tahminler ile haritalar elde edilmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighting-IDW) ve Kriging Enterpolasyon yöntemi ile tahmin yapılmıştır. Tahminde oluşan sonuçları her iki yöntemle karşılaştırıp sonuçları değerlendirilmiştir. Çalışmada, daha iyi sonuçların IDW metodu ile elde edilen tahminler ve haritalarla elde edildiğini gözlemlenmiştir.

Passarella vd., (2002), yeraltı suyundaki nitrat konsantrasyonunun eşik değeri aşmasından dolayı yeraltı su kalitesinin bozulmasını değerlendirmesini Ayırıcı kriging metodu kullanılarak yapılmıştır. İtalya'nın kuzeyinde bulunan Modena'da, 1960-1996 yılları arasında sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde yılda iki kez örnekler alınan 90 adet kuyunun verileri kullanılarak Ayırıcı Kriging yönteminin uygulandığı belirtilmiştir. Çalışma alanındaki yeraltı sularının tarımsal faaliyetler sebebi ile oluşmuş yüksek nitrat konsantrasyonuna sahip olduğu ve bu suların içme suyu olarak kullanıma uygun olmadığı tespit edildiği belirtilmiştir.

Subramani ve Krishnamurhi (2014), Hindistan'ın Salem bölgesinde yeraltı suyu kirliliğini incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada yeraltı su kalitesi ile ilgili incelemede CBS kullanılarak jeostatistiksel model oluşturulmuştur. 1999'dan 2009 yılları arasında açılan kuyulardan alınan numunelerle çok sayıda kimyasal analiz yapılmış ve kimyasal analiz sonucunda Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün içme suları standartlarıyla karşılaştırarak değerlendirmede bulunulmuştur.

Bu tez çalışmasında Niğde ili yeraltı sularından elde edilen parametrelerin jeostatistiksel yöntemler ile haritalandırılarak değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma sahası ile ilgili aynı konuda başka bir çalışma bulunmamaktadır.

1.3 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada Niğde ilinin yeraltı su örneklerinden elde edilen parametrelerin jeoistatistik metotlarla haritalandırılıp yeraltı su kirliliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Kullanılan veriler Niğde Valiliği İl Sağlık Müdürlüğü'nün, yeraltı sularından aldığı örneklerin analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Bu analiz değerlerinin jeoistatistik modelleme ile haritaları elde edilip değerlendirme yapılmıştır. Buradaki amaç kullanılan yeraltı su kaynaklarının kirliliğinin değerlendirilmesi ve bilinen noktalardaki veriler ile bilinmeyen noktalardaki kirliliği tahmin etmektir. Ters mesafe ağırlıklı Enterpolasyon (Inverse Distance Weighting-IDW) tekniği ile haritalandırma yapıp, verileri bilinmeyen noktalarında tahmin edilmesi hedeflenmiştir.

Tezin diğer bölümünde yeraltı suları hakkında ve çalışma sahası ile ilgili bilgiler yer almaktadır. Sonraki bölümlerde jeoistatistik yöntemle elde edilen haritalar, bu haritaları oluşturmada kullanılan veriler, şekiller ve çizelgeler ile değerlendirilmesi ve sonuç kısmı bulunmaktadır.

BÖLÜM II

YERALTI SUYU, YERALTI SU KİRLİLİĞİ VE JEOİSTATİSTİK MODELLEME

2.1 Yeraltı Suyunun Genel Tanımı

Yağış halinde yeryüzüne düşen yağışın bir kısmı arazi yüzeyinden sızma yoluyla toprağa, oradan da daha derine inerek sızma yoluyla yeraltında su depolayan ve akifer diye adlandırılan yeraltındaki su taşıyan katmanlar yeraltı suyunu oluşturur (Bayazıt, 2003). Yeraltı suları genel olarak zemin yüzeyinden daha aşağıdaki su tablasının altında yer alan doygun zemindeki jeolojik formasyon içinde var olan su olarak tanımlandığı belirtilmektedir (Freeze ve Cherry, 2003). Nüfusun gün geçtikçe artması ve nüfus ile birlikte insanların ihtiyacını karşılamak amacı ile su tüketiminin de artması sonucu yüzeysel su kaynakları yetersiz olmaktadır. Bu durumlarda birçok ihtiyaçta yeraltı suları kullanılmakta ve yeraltı sularının önemi artmaktadır.

Yeraltı suların önemi sadece geniş alanlarda bulunması ve faydalanması değil suyun kaliteli olması da önemlidir. Suyun kalitesi kullanım amaçlarına göre suyun kimyasal, fiziksel ve biyolojik etkilere maruz kalarak su içeriğinde değişimler meydana gelmesi ile suyun kalitesini etkilemektedir (Sargın, 2010).

Yeraltı sularını teşekküllerine göre serbest, basınçlı ve sızıntı akiferler şeklinde sınıflamak mümkündür. Bu tür akiferlerde farklı özellikte oluşabilmekte, akiferler bir bölgede tek tip olarak bulunacağı gibi birçok tipi bulunduğu alanlarda rastlamak mümkündür (Yetiş, 2013).

Akifer, masif kayalar gibi gözenekli ve boşluklarında suların tutması ile oluşan, suyu tutması ile oluşan, su verme özelliği kazanan kayalar ortamına denilmektedir. Akifer yeraltı sularının toplanması ile oluşan doygun jeolojik birim olarak da adlandırılmaktadır (Freeze ve Cherry, 2003).

Yeraltı suları sadece doğal bir kaynak değil aynı zamanda doğal ortamın çok önemli bir bileşeni ve hidrolojik döngünün önemli bir parçasıdır. Bu yüzden su kaynaklarının dağılımı ile çevre kirlenmesinin bölgesel değerlendirilmesinde birleşik analizlerin geliştirilmesi isteniyorsa, bu döngünün anlaşılması zorunluluk haline gelmektedir. Yeraltı suları mühendislik açısından birçok problemin çözümüne katkı sunmaktadır. Örneğin yamaç duyarlılığı, oturma problemleri, depremlerin oluşumu, petrolün göçü, petrolün birikmesi ve bazı maden yataklarının oluşması gibi jeolojik süreçlerin anlaşılmasına katkısı söz konusudur (Freeze, 1979).

Çizelge 2.1. Niğde ilinin yeraltı suyu potansiyeli (DSİ, 2016)

Kaynağın İsmi	hm³/yıl
Hesaplanan rezerv	394.000.000,00
Tahsis edilen su miktarı (m ³ /yıl)	210.717.577,53
İzin verilen emniyetli rezerv miktarı (m ³ /yıl)	394.000.000,00
Kullanılan içme suyu miktarı (m ³ /yıl)	50.741.154,00
Kullanılan sulama suyu miktarı (m ³ /yıl)	572.592.750,00
Kullanılan toplam yer altı suyu miktarı (m ³ /yıl)	623.333.904,00
Yeraltı suyu kaynakları ile sulanan toplam alan (ha)	114.518,55
DSİ tarafından açılan kuyu sayısı, su miktarı ve sulama alanı	516-20230ha
Ruhsatlı kuyu sayısı	2125
Ruhsatsız kuyu sayısı	12041
Sulama birliği sayısı ve sulama alanı	-
Sulama kooperatif sayısı ve sulama alanı	58-20230
Planlanan açılacak (2023'e kadar) kuyu sayısı ve sulama alanı	-
Tahsis edilen içme suyu miktarı (m ³ /yıl)	50.741.154,00
Tahsis edilen sulama suyu miktarı (m ³ /yıl)	159.976.423,53

Niğde ilinde yağışın yıllık toplamının az oluşu ve mevsimlerdeki dengesiz dağılışı nedeniyle, ilde ekiliş alanı olarak kuru tarım sistemi mevcuttur. Fakat yeraltı sularının sulama amacı ile kullanılması üretim değeri açısından sulu tarım daha fazla olmaktadır (Niğde, 2016).

2.2 Yeraltı Su Kirliliği

Yeraltı suyu doğal kaynaklar veya sayısız tipteki insan faaliyetleri sonucu kirlenme oluşabilmektedir. Yerleşim alanları, evsel, ticari, endüstriyel ve zirai faaliyetler yeraltı suyu kalitesini etkileyebilir. Kirleticiler; endüstriyel atık depolama gibi toprak yüzeyinde bulunan faaliyetlerden veya kaynağı toprak yüzeyi altında fakat su tablasının üzerinde bulunan septik sistemler gibi faaliyetlerden veya su tablasının altındaki kuyular veya kirli su beslenmesinden dolayı yeraltı suyuna ulaşabilmektedir. Atmosfer ve yüzey suları kirliliği hakkında bilinçlenmeler olsa da bu konudaki aktiviteler henüz yeraltına yansımadağı ifade edilebilmektedir (Freeze ve Cherry, 2003).

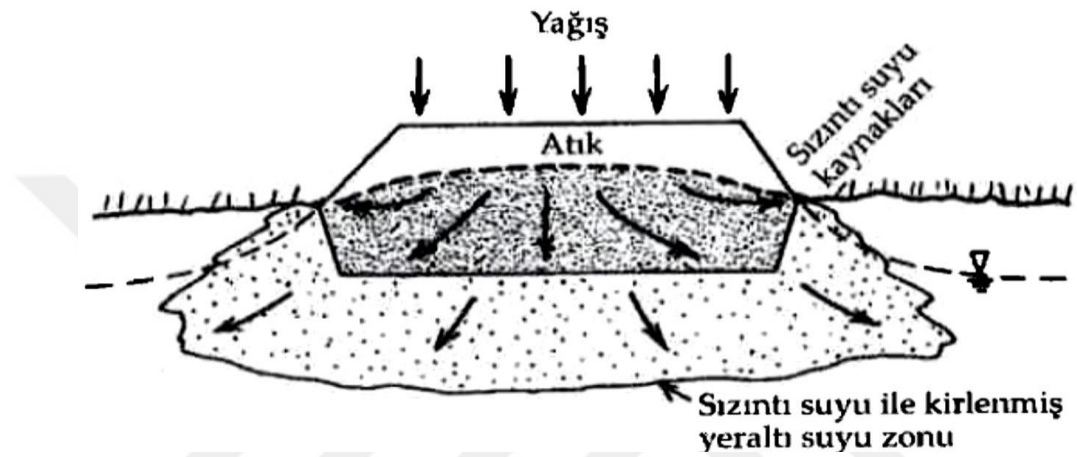
Genel olarak su kirliliği, suyun kullanım amacının da olumsuz etkiye neden olacak şekilde kalitesinin bozulmasına su kirliliği denilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Örgütüne (EPA) göre ise, su kalitesini ölçülebilecek oranda kötüleştiren oranda ya da konsantrasyonda zararlı ya da istenmeyen maddelerin eklenmesidir (Taş, 2013).

Yeraltı sularının kirlenmesi sadece doğal kirleticiler ile değil yapay olarak da kirliliğe sebep olan tarımsal kirleticiler, endüstri ve sanayi kaynaklı kirleticiler, evsel kullanım kökenli kirleticiler yeraltı su kirliliği sebeplerindendir.

Doğadaki kimyasal bileşikler suyun toprak ve kayalar içinden geçerek yeraltı sularının kalitesini bozacak miktarlarda birikebilirler. Zehirli elementler (arsenik, selenyum), florür veya radyoaktif çekirdekler (radyum, radon, uranyum) insan sağlığı için ciddi problemler ortaya çıkarabilmektedir. Demir ve manganez gibi eriyen maddelerin bir kısmı da küçük rahatsızlıklara neden olabilmektedir (Zaporozec ve Miller, 2000).

Şehir, sanayi ve ticari atıkların yüksek miktarda olması, bu atıkların yerleşim yerlerinin içerisinde ve çevresinde birikmesine sebep olur. Bu atıkları bertaraf etmenin en fazla kullanılan yolu ise atıkların çöp çukurlarına gömülmesi yöntemidir. Sanayi atıklarını depolamak için kullanılan çukurlar, özellikle ağır metaller ve solventler gibi çok fazla miktarda çok tehlikeli atıkların bulunması ile tehlikeli maddeler içerir. Sanayi atıklarının yığınlar halinde bertarafını sağlamak çok ciddi kirlilik sorunlarına yol açabilir. Bunun sebebi; sızıntılar oldukça asidik yapıda olup çeşitli zehirli metaller ve

yüksek konsantrasyonlarda sülfat içerebilmesinden kaynaklanmaktadır. Fabrikalarda biriktirilen malzemelerden, kimyasal madde ve petrol ürünlerinden, boru hatları ve birikimlerinden oluşan sızıntılar da yeraltı sularını kirleten tehlikeli kaynaklardandır. Bu kimyasalların kullanımı ya da taşınması sırasında oluşan sızıntılar yeraltı su kaynakları açısından büyük tehlikeler oluşturmaktadır. En bilindik potansiyel kirleticiler ise petrol ürünleri, organik kimyasallar, asitler ve ağır metaller olarak bilinmektedir (Zaporozec ve Miller, 2000).



Şekil 2.1. Bir atık depolama sahasının altındaki sızıntı suyu oluşumuna ve kirleticilerin yeraltı suyu kuşağında derinlere göç etmesine neden olan tümseğin oluşumu (Freeze, 1979)

Depolama alanlarının uygun hidrojeolojik şartlarda inşa edilmesi halinde, yeraltı ve yüzey suyu kirlenmelerinin engellenebileceği düşünülmektedir. Ancak, en uygun hidrojeolojik şartlara sahip sahaların seçilmesi genelde mümkün olmamaktadır. Pek çok bölgede bu şartlara sahip arazi ya makul bir taşıma mesafesi içinde değildir veya kamu tarafından kabul edilebilecek bir alanda değildir. Bu ve diğer nedenlerden ötürü çoğu depolama alanları ideal olmayan hidrojeolojik özellikteki araziler üzerine kurulabilmektedir (Freeze, 1979).

Alansal kirlilik artması yönünden tarımsal faaliyetler, yeraltı su kalitesini etkileyen en yaygın insan faaliyetlerinden oluşan kaynaklardandır (Zaporozec ve Miller, 2000). Yeraltı su kalitesinin bozulmasına sebep olan atıklar; tarımsal faaliyetler, gübre ve böcek ilaçlarının kullanımı ile büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının yüzeyde depolanması sayılabilmektedir. Gübre kullanımı en büyük etkiye sahiptir. Sanayileşmiş ülkelerde çoğu gübreler kimyasal olarak üretimi sağlanmaktadır. Bu tür gübreler

inorganik gübreler olarak belirtilmektedir. Daha az gelişmiş ülkelerde kullanılan ise hayvan ve insan atıkları organik gübre olarak belirtilmektedir (Taş, 2013).

Yeraltı suları bir kez kirlendiğinde temizlenmesi çok zor ve maliyeti yüksektir. Temizliğin başarılı sonuç vermesinde iki faktör öneme sahiptir; uygun teknoloji kullanımı ve sorumluluktur. Yeraltı sularındaki kirleticilerin izlenmesi ne kadar hızlı olursa kirleticinin taşınmış olduğu mesafe kısa olur ve bu durum kirleticilerin temizlenmesinde önem oluşturup sonucunda başarı elde edilmektedir. Başarılı sonuç almada etkili olan, uygun bir temizleme teknolojisinin seçimi ve tasarımı; yerin hidrojeolojisine, kirlilik kaynaklarının modeline, konsantrasyon ve dağılımına, yeraltı sularının yenilenme potansiyeline bağlı olarak etki etmektedir (Zaporozec ve Miller, 2000).

Yeraltı sularının kirlenmesi kaynaktan önlenmeli ve kirlilik yayılmadan önlemi alınıp giderilmelidir. Canlı yaşamının devamlılığı için yeraltı sularının kirletilmeden kalitesini koruyarak ve sürdürülebilirliği sağlanması önemlidir. Bunun için yeraltı sularının bilinçli ve doğru şekilde kullanımı gerçekleştirilmelidir.

2.3 Jeostatistik Modelleme

Yeraltı sularındaki değişim, belirli aralıklarla yapılan ölçümler ile tahmin edilmesi mümkündür. Bu tahminler yapılabilmesi için modellemelerden yararlanılmaktadır. Daha önce yapılan analiz değerleri kullanılarak modellemeler yapılp harita ve grafikler aracılığı ile tahmini bilgiler elde edilir.

Jeostatistik, yerbilimlerinde meydana gelen problemlerin üzümünde kullanılan istatistiğin bir dalı olup, yeraltı suyu kimyasının mekansal dağılımının modelini oluşturmak için kullanılan yöntemlerdendir. Başka bir ifade ile jeostatistiksel metotlar, mekansal verilere ait değişkenleri modelleme (variogram) ve bilinen değişkenlere ait veriler ile bilinmeyenleri tahmin etme (kriging) metodudur (Ongun, 2008).

Jeostatistiksel analizde ilk olarak, incelenen bölgedeki verilerin iyi biçimde organize edilmesi ve bilgi yönetiminin sağlanmasını oluşturmaktadır. Çalışma alanından elde edilen çeşitli kategorideki veriler uzaysal olarak birbirleri ile ilişkilendirilmeli ve yorumlanması yapılmaktadır ( etin, 1996).

Bu tez çalışmasında Niğde il genelinde yeraltı sularından alınan örnek değerlerin her bir parametresi jeoistatistik modelleme programlarından olan GS+ (Geostatistics for the Environmental Sciences) lisanslı paket programında uygun model tipleri analiz edilip belirlenerek tahmin haritaları ile değerlendirilecektir.

Gs+ paket programında her bir değişkene ait değerlere uygun model tipi seçimi yapılır ve bu model seçimi yapılırken değişkenlere ait izotropik semivariogramlar ve nugget (Co), sill (Co+Cs) ve range, hata değerleri ve R^2 değerleri kontrol edilerek uygun olan değerler ile model seçimi yapılacaktır.

jeoistatistik modellemede değişim haritalarının oluşturulmasında kullanılan enterpolasyon yöntemlerinden birisi IDW metodudur. IDW bilinen noktalardaki değerleri ve birbirleri arasındaki mesafeyi kullanarak, bilinmeyen noktalardaki değeri tahmin ederek haritalama oluşturmada kullanılır.

BÖLÜM III

MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışma alanının genel özellikleri

Çalışma alanı olan Niğde ili, Orta Anadolu'nun güneyinde yer almaktadır. Üç tarafı Torosların genç kıvrım dağları ile çevrilmektedir. Batı ucunda ise Konya ovası ile birleşik Emen Ovası yer almaktadır. Jeolojik yapıya volkanik tüfler ve bazalt akıntıları hakimdir. Ovalarda ise egemen olan yapı alüvyonlardır. 37° 25' Kuzey ve 38° 58' Kuzey paralelleri ile, batıda 33° 10' batı ve 35° 25' batı meridyenleri arasında yer almaktadır. Doğal bitki örtüsü dağlık alanlarda çam ve köknar, çay ve gölet kenarları söğüt ve kavak ağaçlarıdır. Düzlükler ise otsu bitkilerle kaplıdır. Meyve üretimi bol olmakla birlikte, elma ağacı sayısı ülkede ilk sırayı almaktadır. Türkiye'de yetiştirilen patatesin ¼'ü Niğde ilinde yetişmektedir. Niğde halkının esas geçim kaynağı tarımdır. Niğde ilinin batı kesimleri dalgalı düzlük, diğer kesimler ise dağlık bir yapıya sahip olmaktadır. Kuzeybatıda Aksaray, kuzeyde Nevşehir, kuzeydoğuda Kayseri, batı ve güneybatıda Konya, güneyde Mersin, güneydoğu ve doğuda Adana illeri bulunmaktadır(URL 1, 2021).

Niğde'de yıllık yağış ortalaması 330 mm olarak tespit edilmiştir. Yağışın en fazla olduğu ay ortalama olarak 47 mm ile Nisan, en az olduğu ay ise ortalama 4,5 mm ile ağustos ayı olarak bilinmektedir (URL 2, 2021).

Çalışmada kullanılan veriler Niğde il geneline ait olup değerlendirme il geneli üzerinden yapılmıştır.

3.1.2 İklim özellikleri

Niğde ilinde karasal iklim görülmektedir. Niğde ilinde, etrafını dağların çevirmiş olması ve deniz seviyesinden 1200 m yükseklik göstermesinden dolayı karasal iklim hakimdir. Denizin bunaltıcı etkilerini ve denizden gelen rüzgarları alamaması, kuzeyden gelen soğuk rüzgarlara açık olması da karasal iklim görülmesinin sebeplerindendir(URL 1, 2021).

3.1.3 Su kaynakları

Niğde ilinin su kaynakları, yüzeysel sulardan (akarsular, doğal göller, göletler ve rezervuarlar), yeraltı sularından oluşmaktadır. Akarsularda kültür balıkçılığı yapılmakta ve toplamda 10 işletme bulunmaktadır. Göller bakımından zengin olan Niğde oluşum ve gelişimleri birbirinden farklı göllere sahiptir. Aladağlar ve Bolkar dağları üzerinde buzul aşınması ile oluşmuş sirk gölleri bulunmaktadır. Akgöl, Alagöl, Çinigöl, Yedigöl, Karagöl başlıca göllerdendir. Kuzeyde bulunan Narlı göl ise volkanik çöküntü olarak oluşmuştur. Narlı göl yeraltından sıcak su kaynakları ile beslenmesinden dolayı mineralce zengin ve suları acı bir göldür (Niğde, 2020).

Çizelge 3. 1. Niğde ilinin akarsuları (DSİ, 2020)

Akarsu İsmi	Toplam Uzunluğu (km)	İl Sınırları İçindeki Uzunluğu (km)	Debisi (m³)	Kolu Olduğu Akarsu
Tabakhane deresi		27	1.258	
Uzandı deresi		20	0.145	
Ören deresi		18	0.152	
Ömerli deresi		17	0.690	
Murtaza suyu		12	0.180	
Uluağaç deresi		22	0.155	
Kovalık deresi		10	0.129	
Melendiz çayı		33,4	1,875	Ulurmak
Karapınar deresi		29	0,446	Kızılırmak
Ecemiş çayı		30	7,887	Seyhan
Çakıt suyu		36	7,038	Seyhan
Diğerleri				

Akarsu yatakları önüne inşa edilen sulama amacı ile kullanılan setlerin gerisinde de suların toplanması ile baraj gölleri oluştuğu belirlenmiştir. Melendiz dağlarından gelen Kırkpınar ve baldıra dereleri ile beslenen Gebere barajı 1939-1941 yılları arasında inşa edilmiştir. Gebere barajı Kırkpınar, Yeşilburç, Kayaardı bağlarını sulamaktadır. Gümüşler barajı ise yakınında bulunan dağlık alandan inen suların toplandığı, Gümüşler çevresinde elma ağaçlarının sulanması amacıyla inşa edilmiştir. Bir diğer baraj olan Akkaya barajı ise Bor ovasını sulamaktadır. Koyunlu, Dikilitaş, Azatlı, Hacıbeyli, Murtaza gölleri de sulama için yapılan diğer göllerdendir (Niğde, 2020).

3.2 Metot

Bu çalışmada; Niğde Valiliği İl Sağlık Müdürlüğü’nden temin edilen yeraltı suyu analiz verileri kullanılarak jeoistatistiksel modelleme ile haritalar elde edilmiştir. Kullanılan analiz parametreleri; pH, iletkenlik, arsenik(As), sodyum(Na), sülfat(SO₄), klorür(Cl), demir(Fe) ve nitrat(NO₃) değerlerinden oluşmaktadır. Bu analizler Niğde İl geneli çeşitli köy yerleşkelerine ait olup, 2018.09-2019.06 tarihleri arasında yapılmış ve 21 noktadan alınan analiz sonuçları değerlendirmeye alınmıştır. Analizlerin fiziksel ve kimyasal parametrelerin sayısal değerleri kullanılmıştır.

Data Records												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	X Coord	Y Coord								Z		
	Easting	Northing	pH	iletkenlik	Arsenik(AS)	Sodyum(Na)	Sülfat(SO4)	Klorür(Cl)	Demir (Fe)	Nitrat(NO3)		
1	38046886,00	34691253,00	6,58	275,00								
2	38046983,00	34691382,00	6,41	279,00								
3	38047083,00	34691347,00	6,15	297,00								
4	38221341,00	34703789,00	6,16	428,00								
5	38221306,00	34704055,00	6,76	285,00								
6	37916572,00	34966908,00	7,95	267,00	5,61	5,72	2,33	2,50	0,00			
7	38321052,00	34727564,00	7,30	199,00	10,30	17,10	6,25	6,87	71,40	14,90		
8	38326770,00	34446192,00	7,64	139,00								
9	38333943,00	34497834,00	7,83	179,00								
10	38032413,00	34983963,00	7,10	170,00	0,00	4,28	4,58	2,33	0,00	2,90		
11	37800192,00	34975567,00	7,60	502,00	0,00	29,90	22,30	18,80	0,00	23,00		
12	38055097,00	34331114,00	8,00	115,30	0,00	4,59	23,70	1,03	24,50	2,53		
13	37449268,00	34623934,00	7,80	238,00	0,00	1,60	3,00	2,50	0,00	1,50		
14	38135029,00	34677173,00	6,80	310,00	5,39	13,30	9,84	7,86	117,00	2,76		
15	38000847,00	34615287,00	7,90	75,00								
16	37997072,00	34588406,00	7,33	74,00								
17	38000551,00	34601683,00	7,60	72,60	0,00	2,83	1,53	1,40	0,00	3,05		
18	37678232,00	34973854,00	9,96	288,00	1,97	70,20	35,20	3,44	0,00	1,56		
19	37806912,00	34979160,00	7,60	502,00	0,00	29,90	22,30	18,80	0,00	23,00		
20	38022070,00	35086210,00	7,40	541,00	0,00	7,53	55,20	6,50	10,00	12,40		
21	37658509,00	34719924,00							31,20			
22												

Şekil 3.1. Jeostatistik modellemede kullanılan veriler

3.2.1 Jeostatistiksel analiz metotları

Çalışma alanındaki analizlerden her bir parametre değeri kullanılarak jeostatistiksel modellemesi yapılmıştır. Modelleme jeostatistiksel yazılım (GS+ 7.0, Gamma Tasarım Yazılımı) olan GS+ paket programı kullanılarak semivariogramları oluşturulmuştur. Her bir noktaya ait analiz parametrelerinin semivariogramlar modellenmiş, modelleme yapılırken her bir özellik tek tek incelenip modelleme seçimi yapılmıştır. Modelleme seçiminde modellere ait nugget (Co), sill (Co+C), range (A) değerleri ve r^2 ile RSS değerlerine bakılarak modelin uygunluğu test edilmiş ve model seçimi yapılmıştır.

Model seçimi yapılırken modelin uygunluğu her bir değişken için r^2 ve RSS değerlerine bakılmıştır. Model seçimi yapıldıktan sonra kriging oluşturulup IDW tekniği ile iki boyutlu haritalar çıkarılmıştır.



Şekil 3. 2. Jeostatistik analizlerde izlenen akış şeması

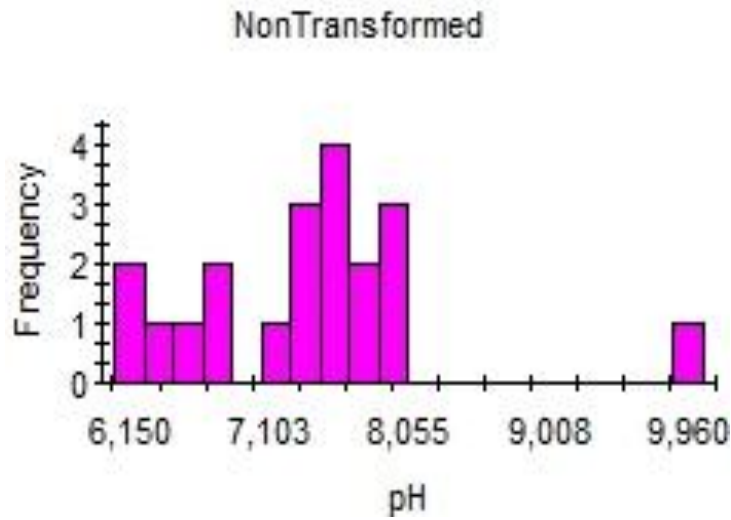
BÖLÜM IV

BULGULAR VE TARTIŞMA

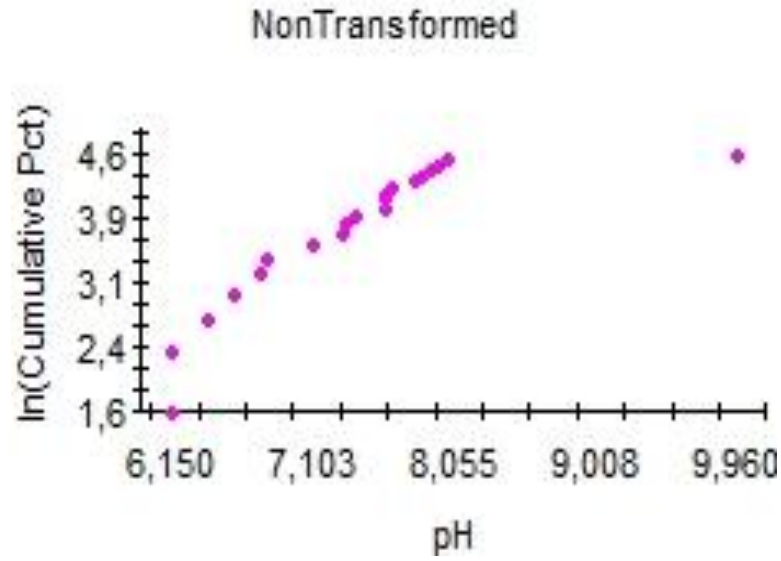
Çalışmamız Niğde il genelindeki yeraltı sularından alınan numune analiz sonuçları kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede kullanılan fiziksel ve kimyasal parametreler: pH, iletkenlik, As, Na, SO₄, Cl, Fe, NO₃. Fiziksel ve kimyasal parametreler jeoistatistik modelleme programı olan GS+ paket programı ile aşağıda açıklandığı şekilde haritalandırılmış ve değerlendirilmiştir. Bu program ile tanımsal istatistikler bulunup en düşük değer, en yüksek değer, standart sapma değeri ve ortalama değerler gibi istatistiksel veriler elde edilmiştir. Bu haritalar ve tablolardaki değerler jeoistatistik modelleme yazılımı ile yarıvariogramları oluşturulmuştur. Tüm parametrelerin haritalandırılması yapılırken öncelik olarak numune alınan 21 noktanın koordinatları ve analiz değerleri girilmiş ve daha sonra modelleme yapılarak haritaları üretilmiştir.

4.1 Bulgular

4.1.1 pH



Şekil 4.1. pH değerleri için dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı

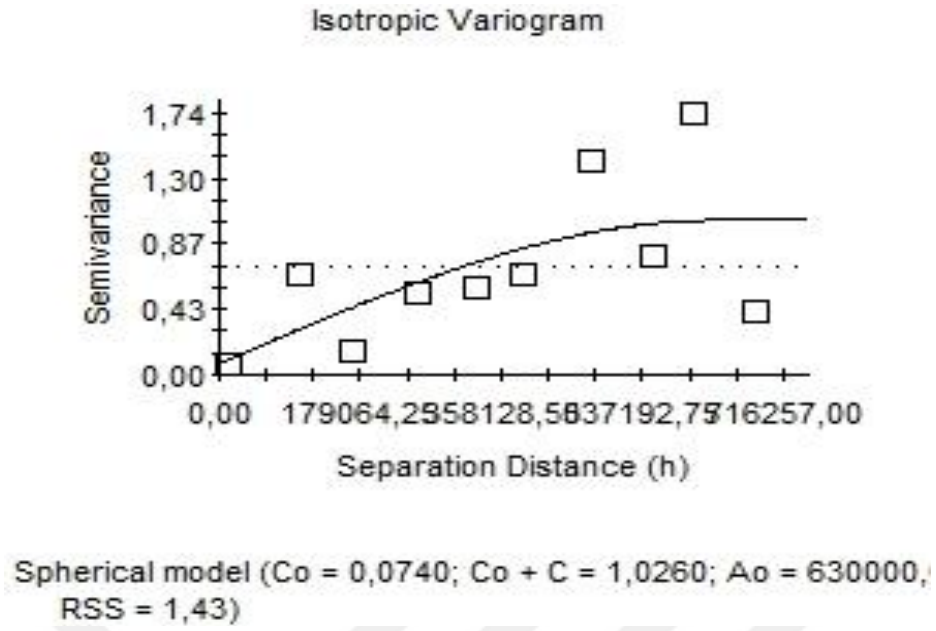


Şekil 4.2. pH değerleri için normal olasılık dağılımı

Bu tanımlayıcı istatistik grafiklerinde (şekil 4.1 ve şekil 4.2) en düşük değer 6,150, en yüksek değer 9,960, ortalama 7,39 ve standart sapma değeri 0,85 olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerin grafikleri oluşturulmasında iki şekil kullanılmıştır, biri dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı diğeri de kümülatif normal olasılık dağılım grafikleridir. Tanımlayıcı istatistik değerleri (çizelge 4.1) yeraltı sularının pH değerleri kullanılarak elde edilmiştir.

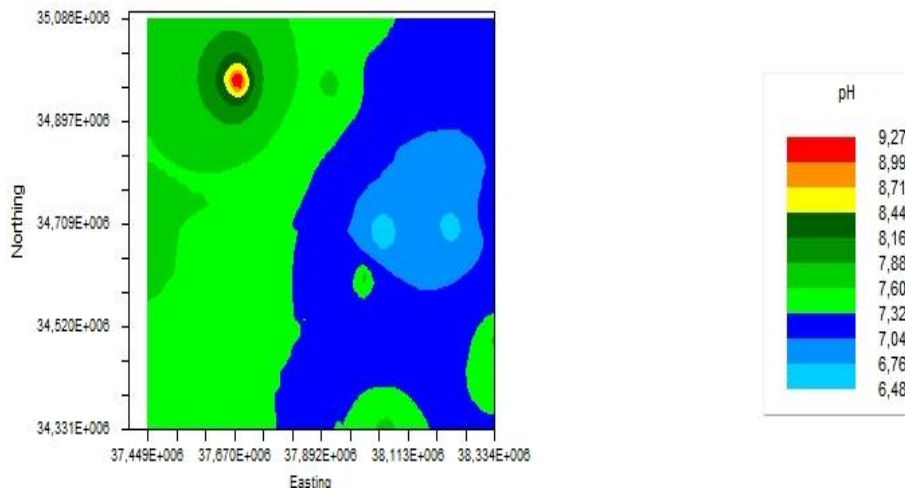
Çizelge 4.1. Yeraltı suyunun pH değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Summary Statistics	
	Untransformed
Mean	7,3935
Std deviation	0,8465
Sample variance	0,7166
Minmum value	6,150
Maximum value	9,960
n (n missing or excluded)	20(1)
Skewness (se)	1,05(0,51)
Kurtosis (se)	2,41(0,99)



Şekil 4.3. Yeraltı sularının pH içeriklerine ait yarıvariogram

pH değerleri kullanılarak hazırlanan yarıvariogram modellemesinde Spherical model kullanılmıştır. Bu model seçimi diğer model seçenekleri ile karşılaştırılarak en uygun model olarak seçilmiştir. Model seçimi yapılırken uygunluğunu gösteren değerlere bakılmıştır. Bu değerlerden en uygun olanı Spherical model tipi belirlenmiştir (şekil 4.3). Haritalandırma iki boyutlu olarak yapılmış ve uzaysal tahmin haritası oluşturulmuştur (şekil 4.4).



Şekil 4. 4. Yeraltı sularının pH değişimini gösteren IDW haritası

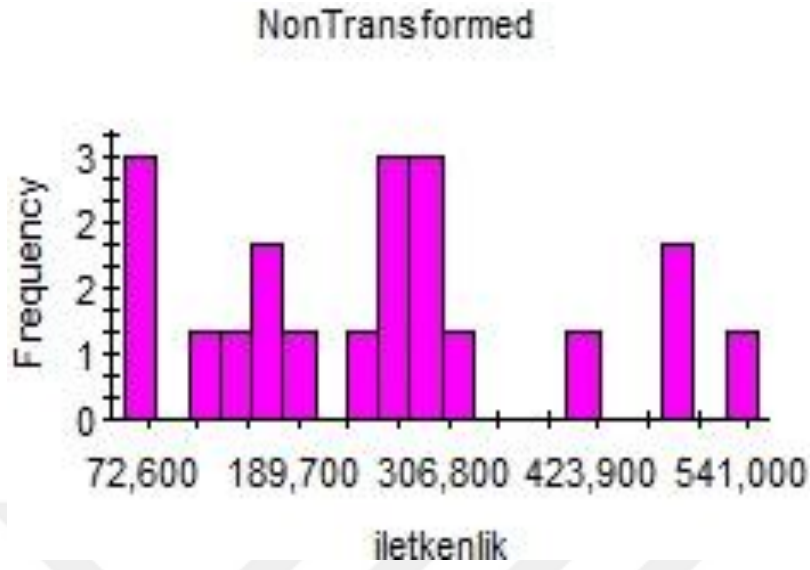
Bizim çalışmamızda analizi yapılan yeraltı sularının pH değerleri 9,96-6,15 değerler arasındadır. İnsani tüketim amaçlı kullanılan suların standartları (çizelge 4.2) dikkate alınarak pH parametresinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmada değerlendirilen yeraltı suları pH analiz sonuçlarından 16 noktadan alınan numune analiz sonucu standart değerleri aralıklarındandır, diğer analiz sonuçlarından 3 noktadaki pH değeri standart değerlerin altında bir tanesi ise standart değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

IDW tekniğiyle elde ettiğimiz tahmin haritalarında pH değerlerinin ortalama olarak 7,39 bulunmuştur. Genel olarak çalışma alanındaki tahmin haritasından elde edilen pH değerleri standartlara uygun bulunmuştur.

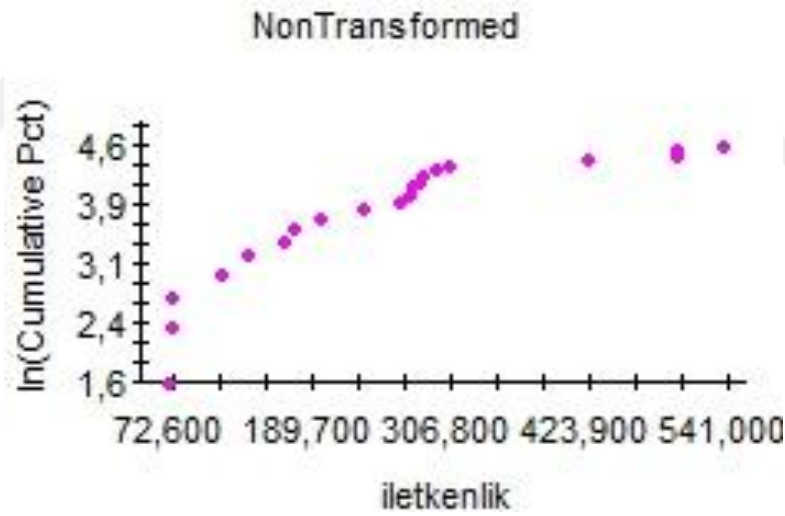
Çizelge 4.2. pH parametresinin ulusal ve uluslararası standartları

pH	SKKY (2004)				Sağlık Bakanlığı (2005)	TS 266 (TSE, 2005)	WHO (2011)
	I	II	III	IV	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-8,5
	6,5- 8,5	6,5- 8,5	6,5- 9,0	6,5-8,5 dışında			

4.1.2 Elektrksel iletkenlik (EC)



Şekil 4. 5. EC değerleri için dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı

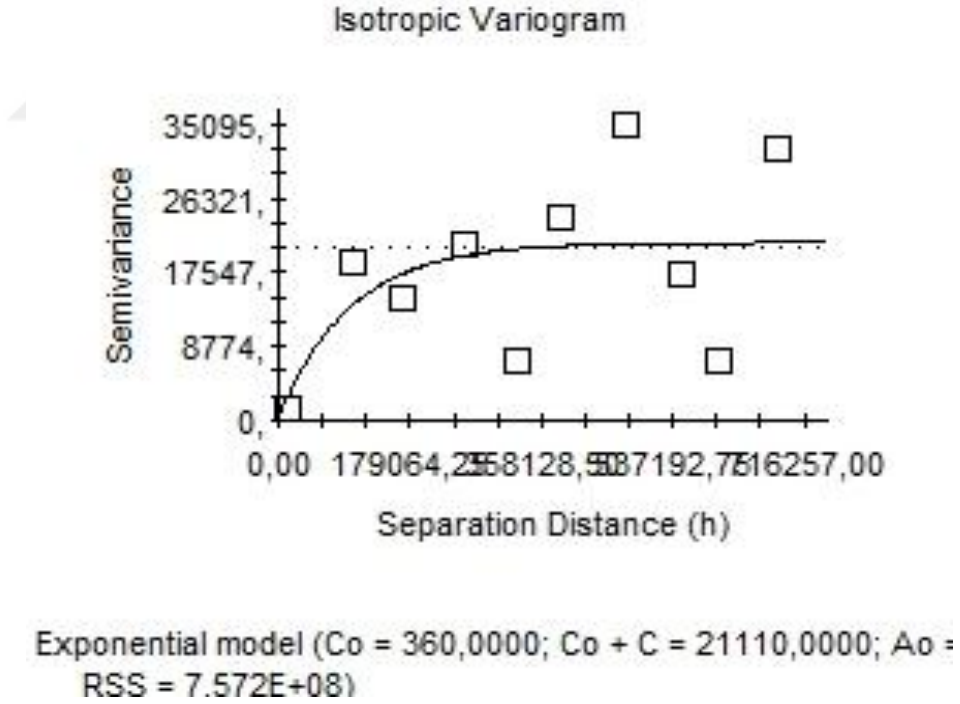


Şekil 4. 6. EC değerleri için normal olasılık dağılımı

Ölçülen EC değerlerine ait tanımlayıcı istatistik grafiklerinde (şekil 4.5 ve şekil 4.6) en düşük değer 72,6, en yüksek değer 541,0, ortalama 261,8, örnek varyans 20449,8, n değeri 20(1), çarpıklık 0,51, basıklık -0,61(0,99) ve standart sapma değeri 143,0 olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerin grafikleri oluşturulmasında iki şekil kullanılmıştır, biri dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı diğeri de kümülatif normal olasılık dağılım grafikleridir. Tanımlayıcı istatistik değerleri (çizelge 4.3) yeraltı sularının EC değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu değerler istatistiksel olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3. Yeraltı suyunun EC değerleri için tanımlayıcı istatistikler

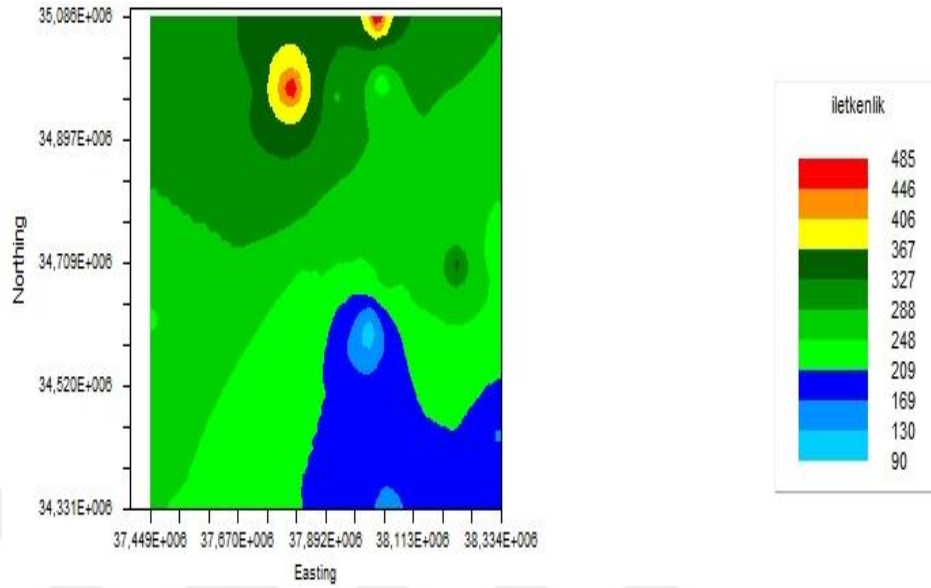
Summary Statistics	
	Untransformed
Mean	261,7950
Std deviation	143,0028
Sample variance	20449,8110
Minmum value	72,600
Maximum value	541,000
n (n missing or excluded)	20(1)
Skewness (se)	0,51(0,51)
Kurtosis (se)	-0,61(0,99)



Şekil 4.7. Yeraltı sularının EC içeriklerine ait yarıvariogram

EC değerleri kullanılarak hazırlanan yarıvariogram modellemesinde Exponential model kullanılmıştır. Model seçimi yapılırken uygunluğunu gösteren değerlere bakılmıştır (r^2 ve RSS değerler gibi). Bu değerlere göre en uygun model olarak Exponential model tipi

seçilmiştir (şekil 4.7). Haritalandırma iki boyutlu olarak yapılmış ve uzaysal tahmin haritası oluşturulmuştur (şekil 4.8).



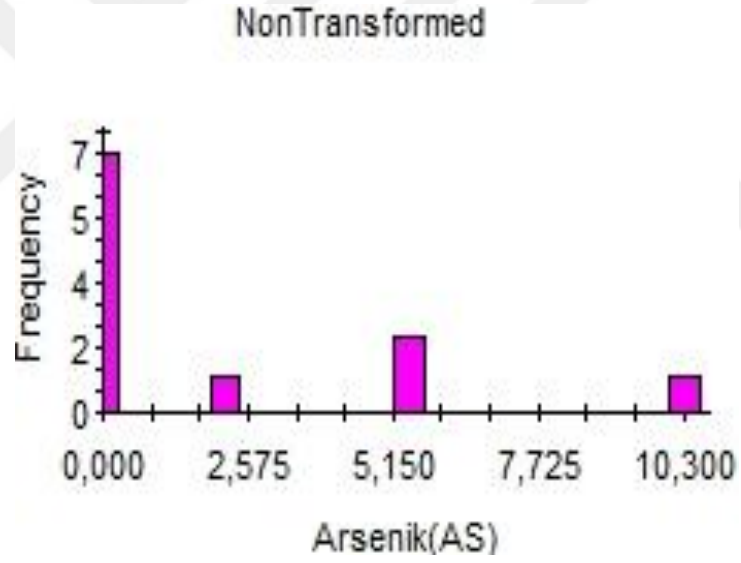
Şekil 4.8. Yeraltı sularının EC değişimini gösteren IDW haritası

EC analiz sonuçlarından elde edilen değerlerden standartlardaki (çizelge4.4) sınır değerleri aşmamaktadır. Analiz sonuçlarından en düşük EC değeri 72,60, en yüksek EC değeri ise 541,00 ortalama iletkenlik değeri ise 261,7950 olarak belirlenmiştir. IDW enterpolasyon metodu ile hazırlanan EC tahmin haritası değerleri 90-485 değerleri arasındadır ve bu değerler ulusal ve uluslararası standart sınır değerlere uygundur.

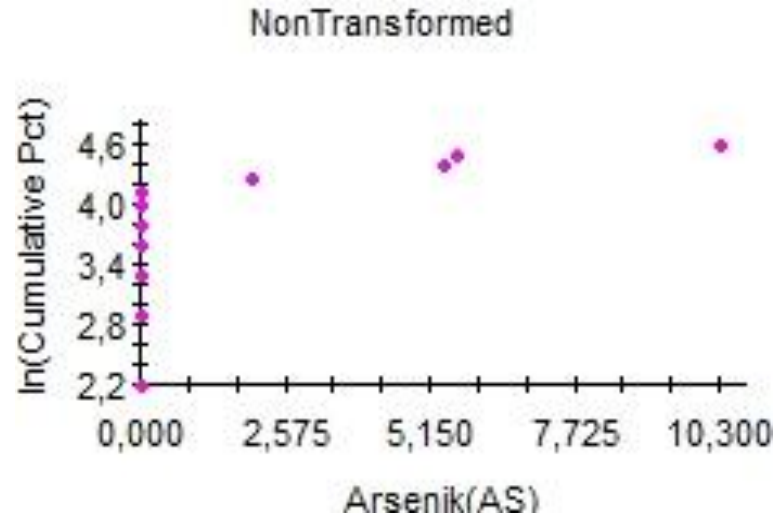
Çizelge 4. 4. EC ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerler

	Sağlık Bakanlığı (2005)	TS 266 (TSE, 2005)	WHO (2011)
Elektriksel İletkenlik (EC)	2500	2500	-

4.1.3 Arsenik (As)



Şekil 4. 9. As değerleri için dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı

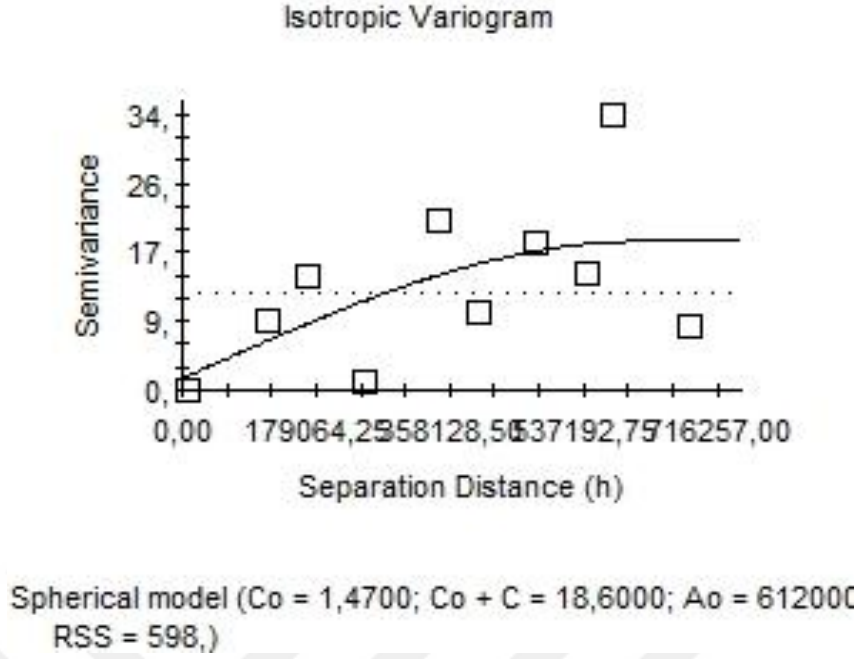


Şekil 4. 10. As değerleri için normal olasılık dağılımı

As değerlerine ait tanımlayıcı istatistik grafiklerinde (şekil 4.9 ve şekil 4.10) en düşük değer 0,000, en yüksek değer 10,300, ortalama 2,116, örnek varyans 12,127, n değeri 11(1), çarpıklık 4,39, basıklık 0,66(1,28) ve standart sapma değeri 3,48 olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerin dağılımlarını göstermek amacı ile iki istatistiksel parametre kullanılmıştır, biri dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı diğeri de kümülatif normal olasılık dağılım grafikleridir. Tanımlayıcı istatistik değerleri (çizelge 4.3) yeraltı sularının As değerleri kullanılarak elde edilmiştir.

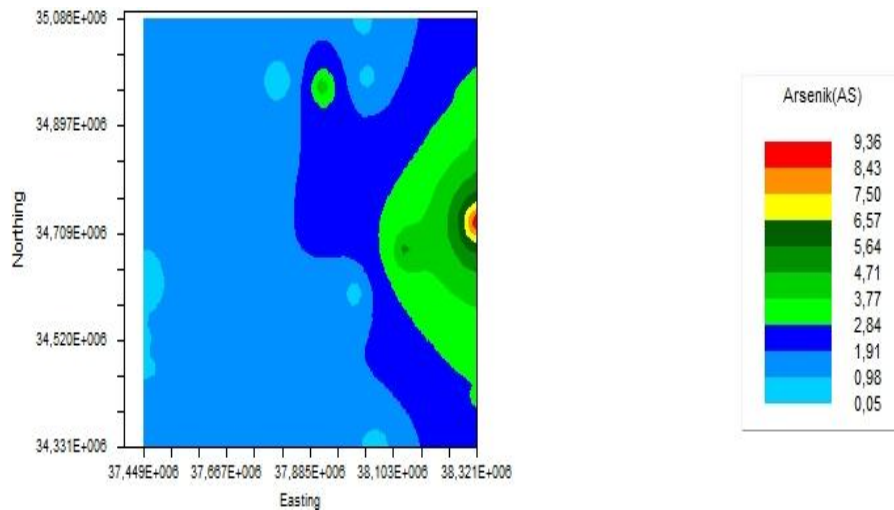
Çizelge 4.5. Yeraltı suyunun As değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Summary Statistics	
	Untransformed
Mean	2,1155
Std deviation	3,4824
Sample variance	12,1268
Minmum value	0,000
Maximum value	10,300
n (n missing or excluded)	11(1)
Skewness (se)	4,39(0,66)
Kurtosis (se)	0,66(1,28)



Şekil 4.11. Yeraltı sularının As içeriklerine ait yarıvariogram

As değerleri ile hazırlanan yarıvariogram modellemesinde Spherical model kullanılmıştır. Model seçimi diğer model seçenekleri ile karşılaştırılarak en uygun model olarak seçilmiştir. Model seçimi yapılırken uygunluğunu gösteren değerlere bakılmıştır (r^2 ve RSS değerler gibi). Haritalandırma iki boyutlu olarak yapılmış ve uzaysal tahmin haritası oluşturulmuştur (şekil 4.12).



Şekil 4. 12.Yeraltı sularının As değişimini gösteren IDW haritası

Arsenik'in mesafeye bağılı değişimleri incelendiğinde çalışma alanının doğu taraflarında değerlerin en yüksek ve orta olduğu diğer bölge ve yönlerde ise en düşük değerlerin olduğu belirlenmiştir.

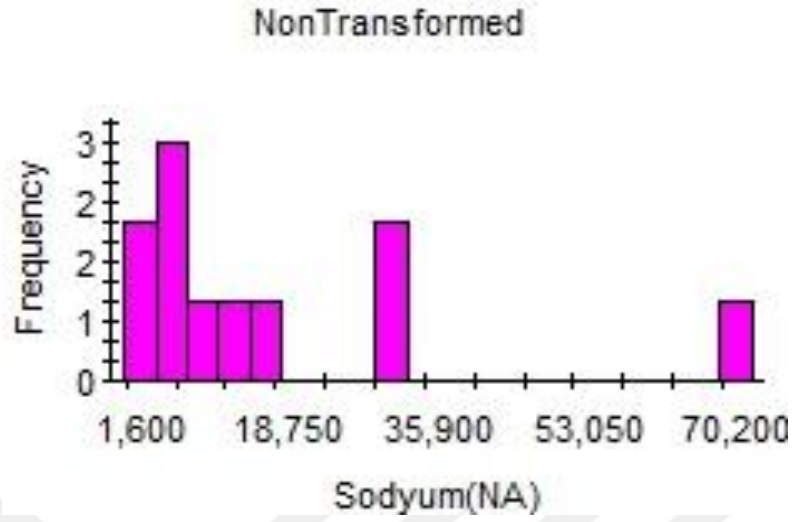
As analiz sonuçları değerlendirmeye alındığında 11 noktada As parametresi analiz sonucu bulunmaktadır. Bu analiz sonuçlarından 7 noktada as tespit edilmemiştir, diğer 4 noktada ise bulunan sonuçlar TS 266 ve WHO (Çizelge 4.6) standartlar sınır değerlerine uyum sağlamamaktadır. 4 noktadan alınan As analiz sonuçları 1,97-10,30 arasında olduğundan SKKY'ne göre I. kalite su sınıfında yer almaktadır.

Jeoistatistik analiz sonuçlarına göre As değerlendirmesi tanımlayıcı istatistik değerlerden alınan sonuçlar ile ortalama değer 2,116 bulunduğundan buradaki SKKY'ne göre çalışma alanımızın As parametresi I. kalitede yer aldığı tespit edilmiştir. Fakat As jeoistatistik analiz sonucu TS 266 ve WHO standartlarının sınır değerlerini karşılamamaktadır. Çalışma alanımızın elde edilen jeoistatistiksel tahmin haritasında tahmin edilen genel As değerleri 9,36-0,05 değerlerinde tespit edilmiştir. Bu değerler dahilinde tahmin haritalarında As değerleri TS 266 ve WHO standartlarını karşılamayıp, SKKY'ne göre I. kalite sınıfta yer almaktadır. Bununla beraber As değerleri normal standart değerlere göre oldukça yüksek bulunmuştur ve çalışma alanında çok yüksek bir toksik etki gösterebileceği belirlenmiştir.

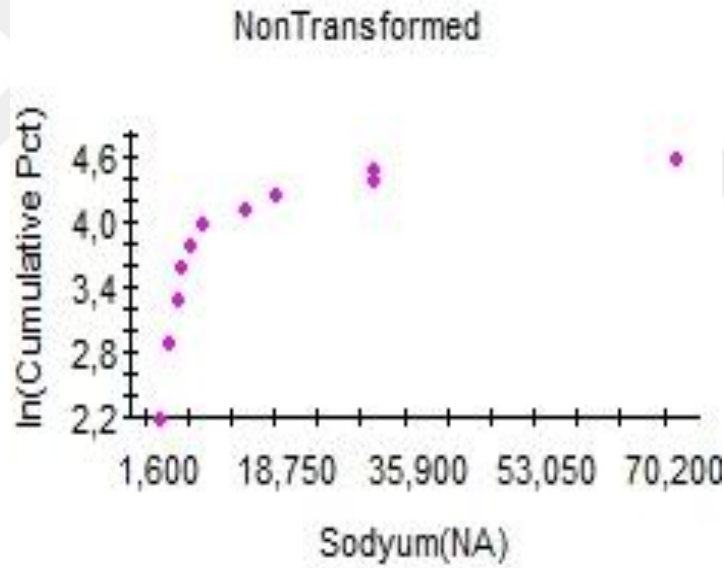
Çizelge 4.6. As ulusal ve uluslararası standart değerleri

Arsenik (mg/L)	SKKY (2004)				TS 266 (TSE, 2005)	WHO (2011)
	I	II	III	IV	0,01	0,01
	20	50	100	>100		

4.1.4 Sodyum (Na)



Şekil 4. 13. Na değerleri için dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı

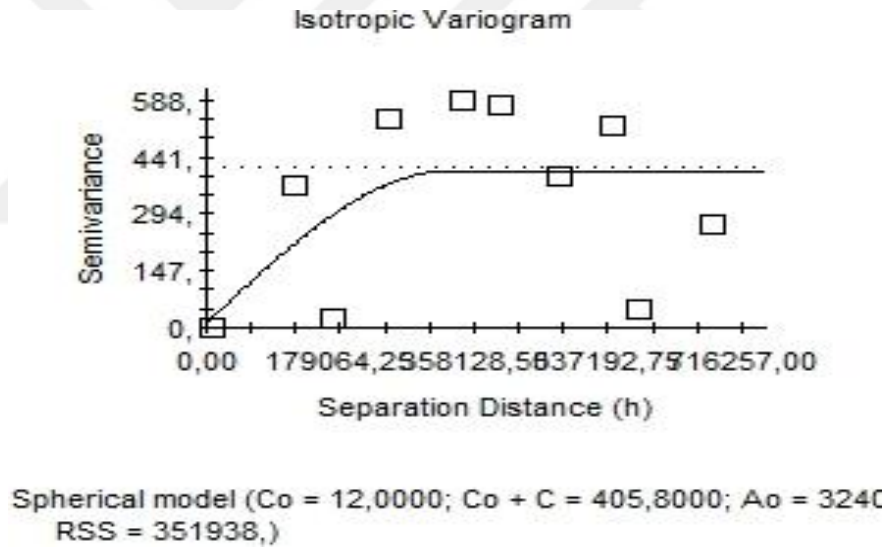


Şekil 4. 14. Na değerleri için normal olasılık dağılımı

Na değerlerine ait tanımlayıcı istatistik grafiklerinde (şekil 4.13 ve şekil 4.14) en düşük değer 1,600, en yüksek değer 70,200, ortalama 16,996, örnek varyans 414,743, n değeri 11(10), çarpıklık 1,76(0,66), basıklık 2,27(1,28) ve standart sapma değeri 20,365 olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerin grafikleri oluşturulmasında iki şekil kullanılmıştır, biri dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı diğeri de kümülatif normal olasılık dağılım grafikleridir. Tanımlayıcı istatistik değerleri (çizelge 4.7) yeraltı sularının Na değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu değerler istatistiksel olarak tespit edilmiştir.

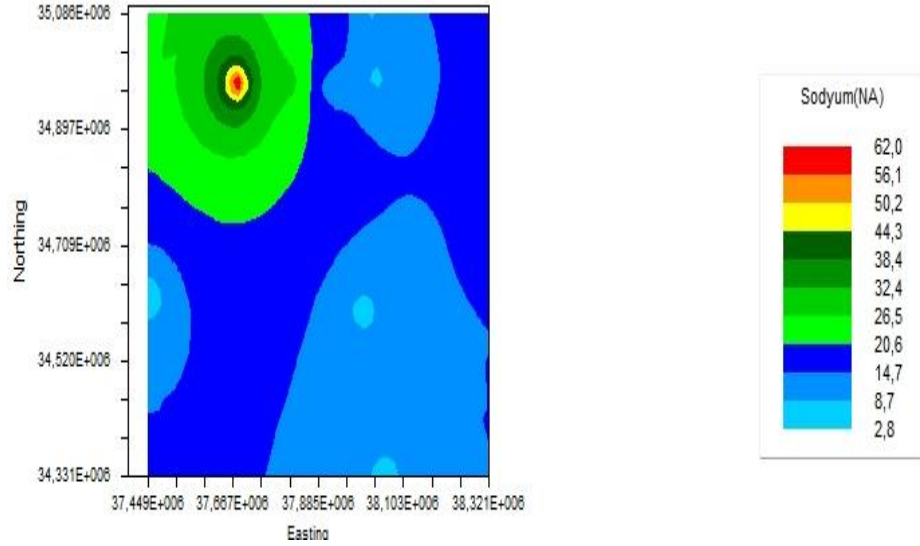
Çizelge 4.7. Yeraltı suyunun Na değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Summary Statistics	
	Untransformed
Mean	16,9955
Std deviation	20,3653
Sample variance	414,7434
Minmum value	1,600
Maximum value	70,200
n (n missing or excluded)	11(10)
Skewness (se)	1,76(0,66)
Kurtosis (se)	2,27(1,28)



Şekil 4.15. Yeraltı sularının Na içeriklerine ait yarıvariogram

Na değerleri kullanılarak hazırlanan yarıvariogram modellemesinde Spherical model kullanılmıştır. Model seçimi yapılırken uygunluğunu gösteren değerlere bakılmıştır (r^2 ve RSS değerler gibi). Haritalandırma iki boyutlu olarak yapılmış ve uzaysal tahmin haritası oluşturulmuştur (şekil 4.16).



Şekil 4. 16. Yeraltı sularının Na değişimini gösteren IDW haritası

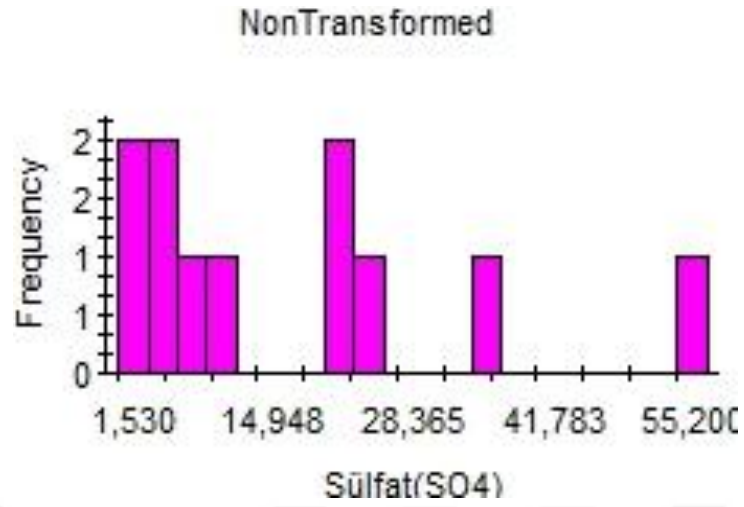
Na değerlerinin çalışma alanının Kuzey-batı yüksek ve orta olduğu, diğer kısımlarda ise en düşük değerlerin olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanında 11 noktanın Na analiz sonuçları mevcuttur. Bu analiz sonuçlarının tamamı 100'ün altında sonuç vermiştir. Standartlarda yer alan sınır değerleri aşmamaktadır ve SKKY'ne göre I. kalite su grubundadır. Jeoistatistik analizle elde edilen tanımsal değerlerde ortalama olarak 16,995 sonuç tespit edilmiştir. Çalışma alanımızın jeoistatistik tahmin metoduyla elde edilen haritasında ise Na değeri 62,0-2,8 aralığında değer elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler standartların altında sonuç vermiştir ve I. kalitede su sınıfında yer almaktadır.

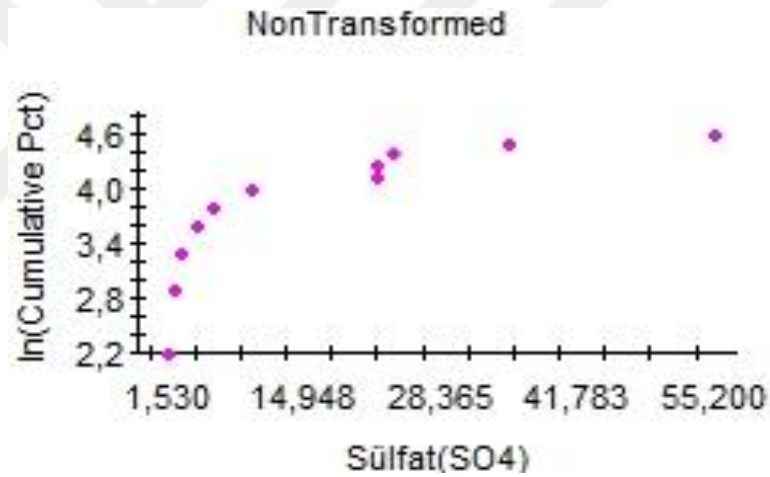
Çizelge 4.8. Na değişkeninin ulusal ve uluslararası sınır değerleri

Sodyum(Na) (mg/L)	SKKY (2004)				Sağlık Bakanlığı (2005)	TS 266 (TSE, 2005)	WHO (2011)
	I	II	III	IV			
	125	125	250	>250	200	200	200

4.1.5 Sülfat (SO₄)



Şekil 4.17. SO₄ değerleri için dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı

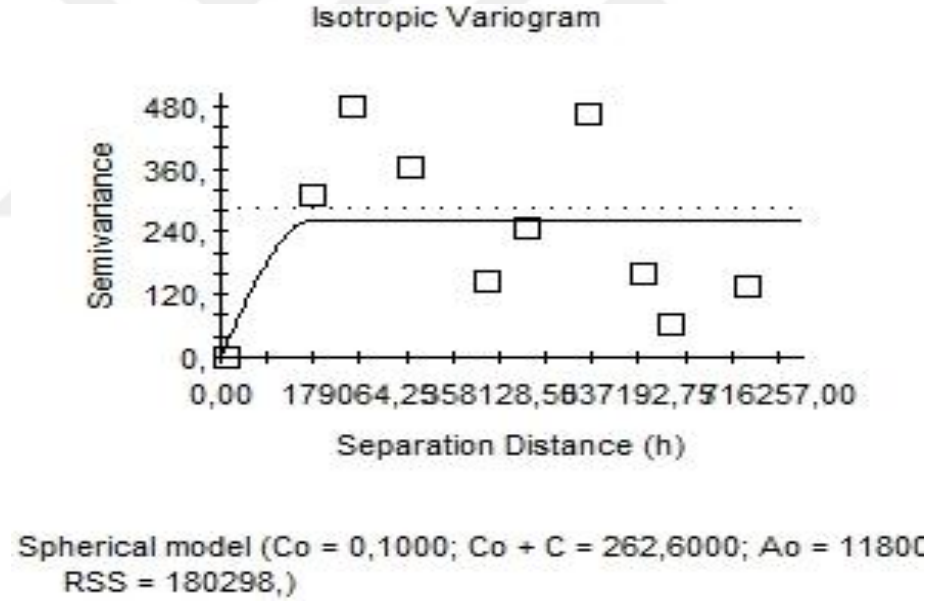


Şekil 4.18. SO₄ değerleri için normal olasılık dağılımı

SO₄ değerlerine ait tanımlayıcı istatistik grafiklerinde (şekil 4.17 ve şekil 4.18) en düşük değer 1,530, en yüksek değer 55,200, ortalama 16,930, örnek varyans 286,311, n değeri 11(10), çarpıklık 1,08(0,66), basıklık 0,27(1,28) ve standart sapma değeri 16,920 olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerin grafikleri oluşturulmasında iki şekil kullanılmıştır, biri dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı diğeri de kümülatif normal olasılık dağılım grafikleridir. Tanımlayıcı istatistik değerleri (çizelge 4.9) yeraltı sularının SO₄ değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu değerler istatistiksel olarak tespit edilmiştir.

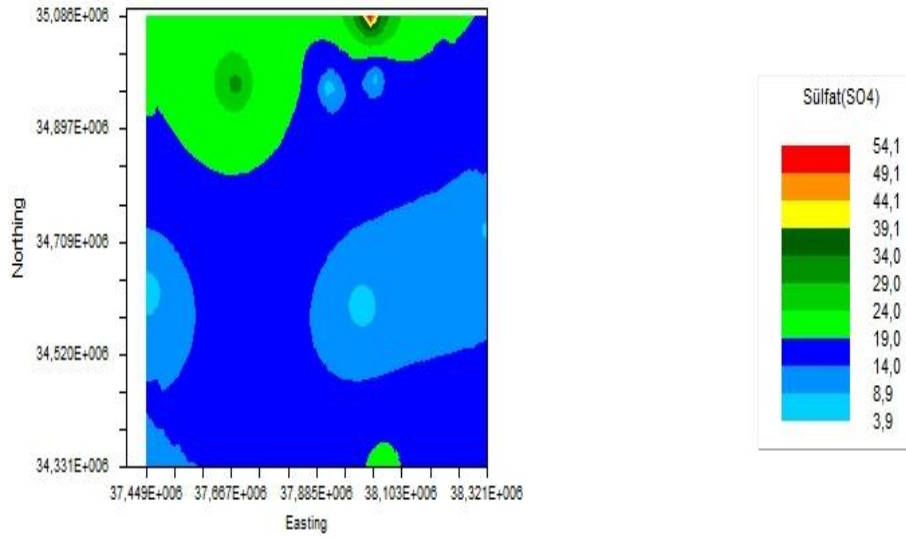
Çizelge 4.9. Yeraltı suyunun SO₄ değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Summary Statistics	
	Untransformed
Mean	16,9300
Std deviation	16,9207
Sample variance	286,3110
Minmum value	1,530
Maximum value	55,200
n (n missing or excluded)	11(10)
Skewness (se)	1,08(0,66)
Kurtosis (se)	0,27(1,28)



Şekil 4. 19. Yeraltı sularının SO₄ içeriklerine ait yarıvariogram

SO₄ değerleri kullanılarak hazırlanan yarıvariogram modellemesinde Spherical model kullanılmıştır. Model seçimi diğer model seçenekleri ile karşılaştırılarak en uygun model olarak seçilmiştir. Model seçimi yapılırken uygunluğunu gösteren değerlere bakılmıştır. Haritalandırma iki boyutlu olarak yapılmış ve uzaysal tahmin haritası oluşturulmuştur (şekil 4.20).



Şekil 4.20. Yeraltı sularının SO_4 değişimini gösteren IDW haritası

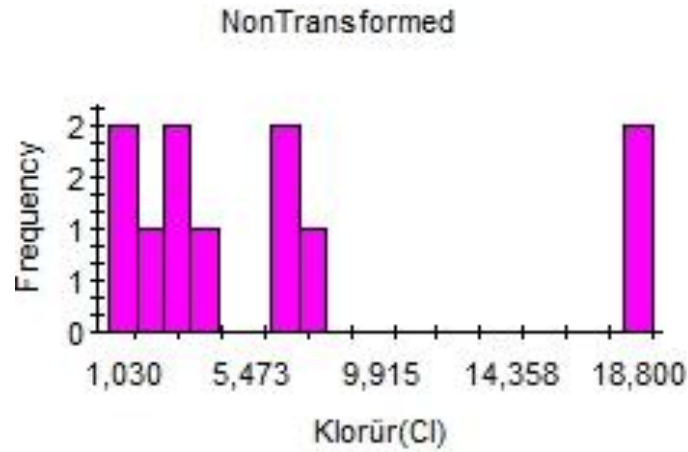
Çalışma alanının Kuzey bölümlerinde SO_4 değerlerinin yüksek, Kuzey-Batı'da orta, diğer bölümlerde ise düşük değerlerin olduğu belirlenmiştir.

Çalışmamızda değerlendirilen SO_4 analiz sonuçları 55,20-1,53 değerleri arasındadır. Analiz sonucu elde edilmiş bu analiz değerleri standart sınır değerleri altındadır. SKKY'ne göre I. kalite sınıfta yer almaktadır. IDW tekniği ile hazırlanan tahmin haritasında çalışma alanının genel olarak SO_4 değeri 54,1-3,9 arasında değerler elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler standart sınır değerler altındadır ve SKKY'ne göre I. kalitede yer almaktadır.

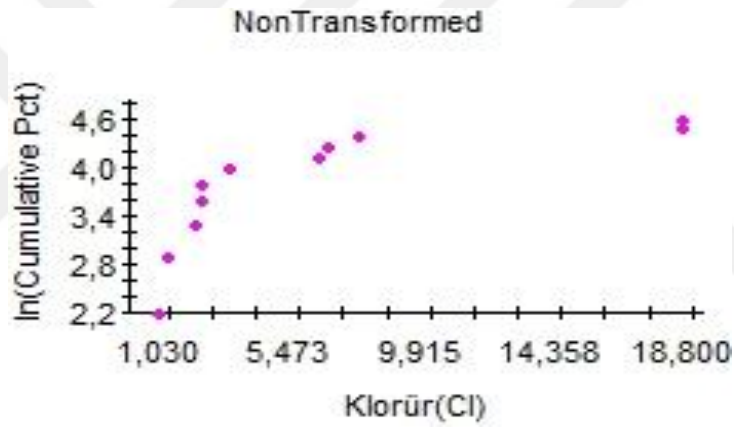
Çizelge 4.10. SO_4 değişkeninin ulusal ve uluslararası sınır değerleri

Sülfat(SO_4) (mg/L)	SKKY (2004)				Sağlık Bakanlığı (2005)	TS 266 (TSE, 2005)	WHO (2011)
	I	II	III	IV	250	250	250
	200	200	400	>400			

4.1.6 Klorür (Cl)



Şekil 4.21 Cl değerleri için dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı

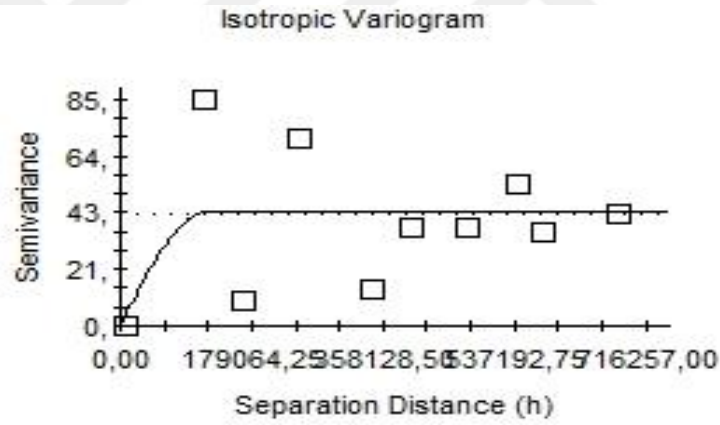


Şekil 4.22 Cl değerleri için normal olasılık dağılımı

Cl değerlerine ait tanımlayıcı istatistik grafiklerinde (şekil 4.21 ve şekil 4.22) en düşük değer 1,030, en yüksek değer 18,800, ortalama 6,548, örnek varyans 41,92, n değeri 11(10), çarpıklık 1,21(0,66), basıklık -0,02(1,28) ve standart sapma değeri 6,475 olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerin grafikleri oluşturulmasında iki şekil kullanılmıştır, biri dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı diğeri de kümülatif normal olasılık dağılım grafikleridir. Tanımlayıcı istatistik değerleri (çizelge 4.11) yeraltı sularının Cl değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu değerler istatistiksel olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. Yeraltı suyunun Cl değerleri için tanımlayıcı istatistikler

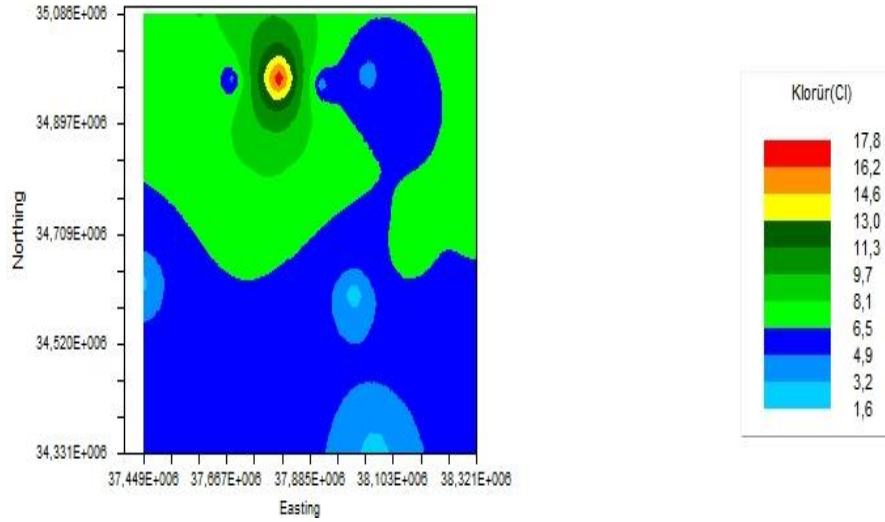
Summary Statistics	
	Untransformed
Mean	6,5482
Std deviation	6,4748
Sample variance	41,9224
Minmum value	1,030
Maximum value	18,800
n (n missing or excluded)	11(10)
Skewness (se)	1,21(0,66)
Kurtosis (se)	-0,02(1,28)



Spherical model ($C_0 = 0,1000$; $C_0 + C = 42,6700$; $A_0 = 117000$
 RSS = 4754,)

Şekil 4.23. Yeraltı sularının Cl içeriklerine ait yarıvariogram

Cl değerleri kullanılarak hazırlanan yarıvariogram modellemesinde Spherical model kullanılmıştır. Model seçimi yapılırken uygunluğunu gösteren değerlere bakılmıştır (r^2 ve RSS değerler gibi). Haritalandırma iki boyutlu olarak yapılmış ve uzaysal tahmin haritası oluşturulmuştur (şekil 4.24).



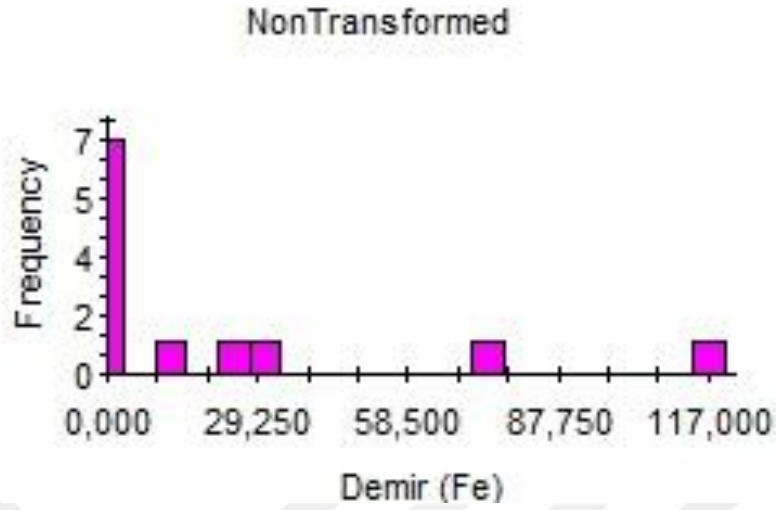
Şekil 4.24. Yeraltı sularının Cl değişimini gösteren IDW haritası

Cl değişkeninin 11 noktada yapılmış olan ölçümlerinde 18,80-1,03 arasında sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar standart sınır değerlerini aşmamaktadır. Değerlendirmeye alınan çalışma alanımızın klorür analizinden elde edilen değerler SKKY'ne göre I. kalitede yer almaktadır. Çalışma alanımızın klorür analiz sonuçları ile elde edilen jeostatistik IDW tahmin haritasında 17,8-1,5 arasında değerler tespit edilmiştir. Bu değerler standart sınır değerlerini aşmamaktadır ve SKKY'ne göre I. kalite sınıfta yer almaktadır. Tanımlayıcı istatistik değerlerde ortalama olarak klorür değeri 6,548 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu değer ulusal ve uluslararası sınır değerleri aşmamakta ve SKKY'ne göre I. kalite sınıfta yer aldığı tahmin metotları ile tespit edilmiştir.

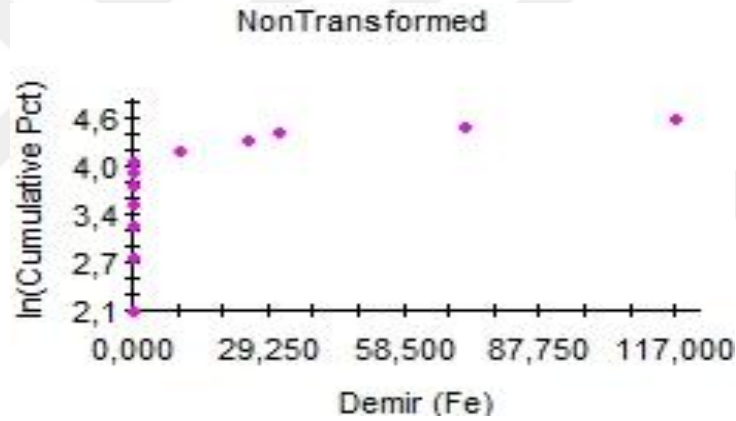
Çizelge 4.12. Cl değişkeni ulusal ve uluslararası sınır değerleri

Klorür(Cl) (mg/L)	SKKY (2004)				Sağlık Bakanlığı (2005)	TS 266 (TSE, 2005)	WHO (2011)
	I	II	III	IV	250	250	250
	25	200	400	>400			

4.1.7 Demir (Fe)



Şekil 4.25. Fe değerleri için dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı

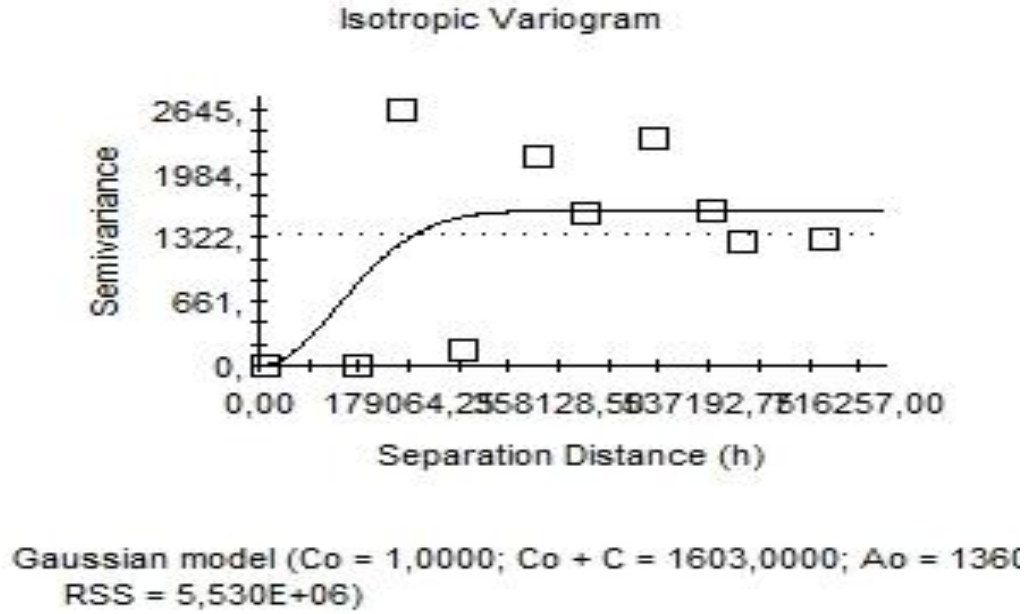


Şekil 4.26. Fe değerleri için normal olasılık dağılımı

Fe değerlerine ait tanımlayıcı istatistik grafiklerinde (şekil 4.25 ve şekil 4.26) en düşük değer 0,000, en yüksek değer 117,000, ortalama 21,175, örnek varyans 1370,917, n değeri 12(9), çarpıklık 1,76(0,64), basıklık 1,86(1,23) ve standart sapma değeri 37,026 olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerin grafikleri oluşturulmasında iki şekil kullanılmıştır, biri dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı diğeri de kümülatif normal olasılık dağılım grafikleridir. Tanımlayıcı istatistik değerleri (çizelge 4.13) yeraltı sularının Fe değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu değerler istatistiksel olarak tespit edilmiştir.

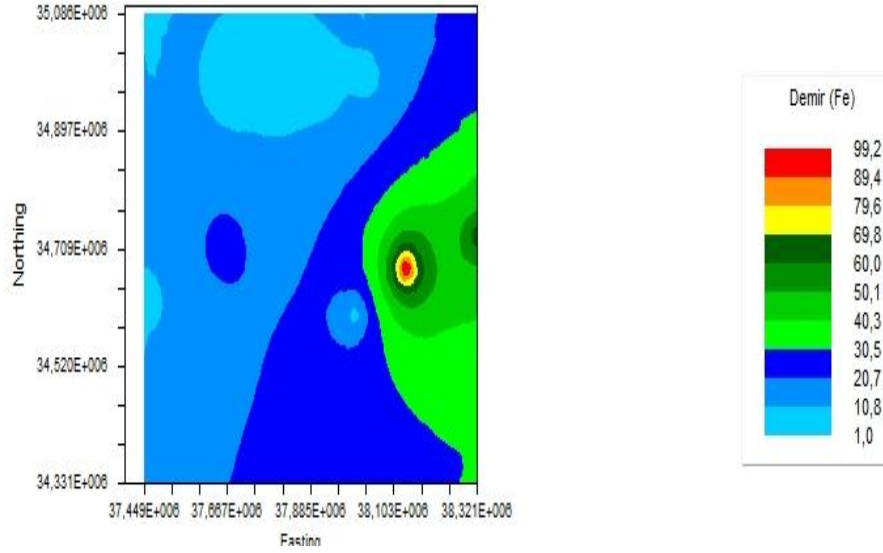
Çizelge 4.13. Yeraltı suyunun Fe değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Summary Statistics	
	Untransformed
Mean	21,1750
Std deviation	37,0259
Sample variance	1370,9166
Minmum value	0,000
Maximum value	117,000
n (n missing or excluded)	12(9)
Skewness (se)	1,76(0,64)
Kurtosis (se)	1,86(1,23)



Şekil 4.27. Yeraltı sularının Fe içeriklerine ait yarıvariogram

Fe değerleri kullanılarak hazırlanan yarıvariogram modellemesinde Gaussian model kullanılmıştır. Haritalandırma iki boyutlu olarak yapılmıştır. Bu haritalandırma ile gerçek Fe değerleri kullanılarak tahmin değerleri hesaplanmış ve uzaysal tahmin haritası oluşturulmuştur (şekil 4.28).



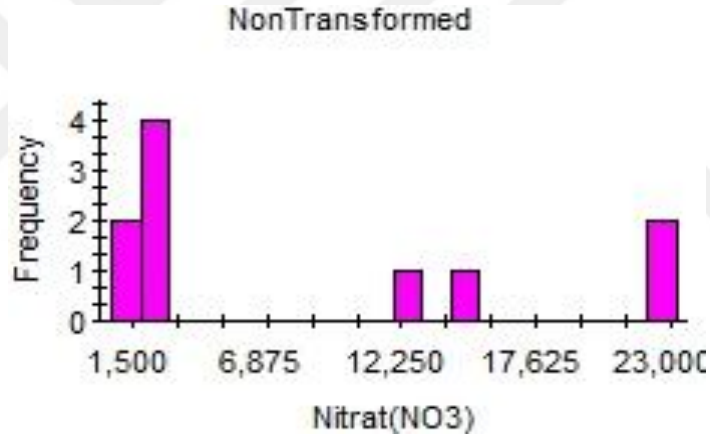
Şekil 4.28. Yeraltı sularının Fe değişimini gösteren IDW haritası

Çalışma alanımızdan değerlendirmeye alınan 12 noktadaki analiz sonuçlarındaki Fe değerlerinin 5 noktadaki sonuçlar 117,00-10,00 arasındadır. Diğer 7 noktada ise Fe değişkeni tespit edilmemiştir(0,00). Çalışma alanımızda 5 noktadan elde edilen analiz sonuçları standart sınır değerlerinin üzerinde tespit edilmiştir. Jeostatistik metotlarla elde edilen tanımsal değerlerde ortalama olarak bulunan Fe 21,175 olarak tespit edilmiştir. Bu değer standart değerlerin sınırları altında bulunmaktadır. SKKY'ne göre jeostatistik ortalama değeri I. kalite sınıf grubuna girmektedir. Jeostatistik metotlarla hazırlanan IDW tahmin haritasında Fe değişken değerleri 99,2-1,0 aralığında bulunmuştur. Çalışma alanı için oluşturulan IDW tahmin haritasında Fe değeri standart sınır değerlerin altındadır. SKKY'ne göre Fe tahmin aralığı I. kalite sınıfta yer almaktadır.

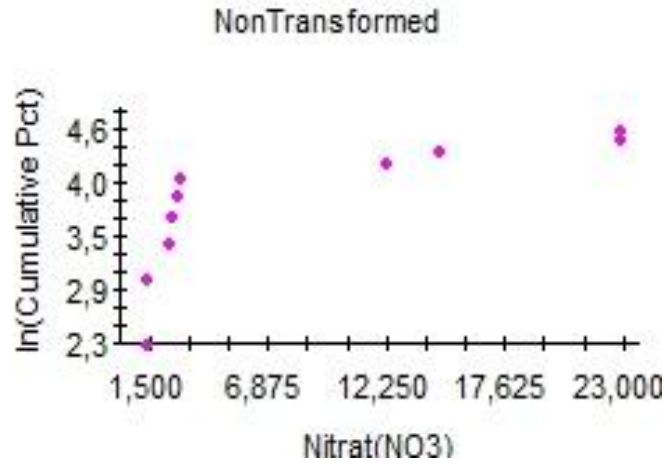
Çizelge 4.14. Fe değişkeninin ulusal ve uluslararası standart sınır değerleri

	SKKY (2004)				TS 266 (TSE, 2005)	WHO (2011)
Demir (Fe) (µg/L)	I	II	III	IV	200	300
	300	1000	5000	>5000		

4.1.8 Nitrat (NO₃)



Şekil 4.29. NO₃ değerleri için dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı

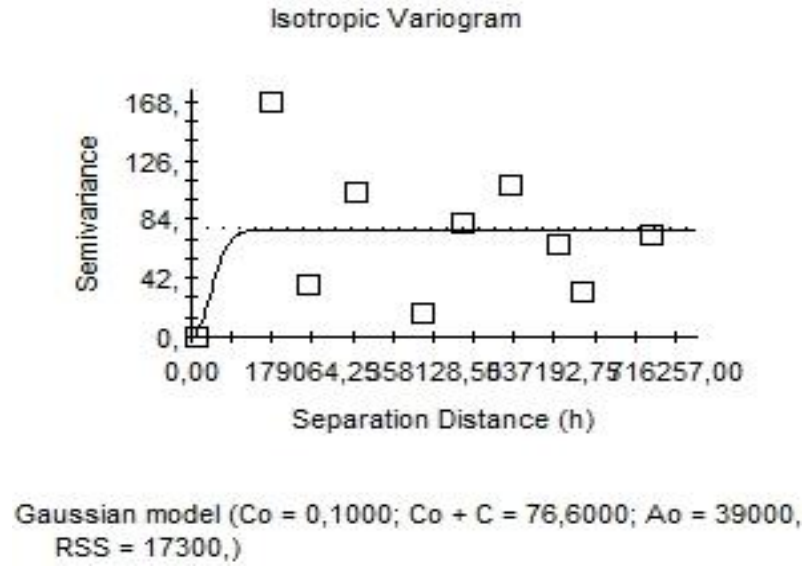


Şekil 4.30. NO₃ değerleri için normal olasılık dağılımı

NO₃ değerlerine ait tanımlayıcı istatistik grafiklerinde (şekil 4.29 ve şekil 4.30) en düşük değer 1,500, en yüksek değer 23,000, ortalama 8,760, örnek varyans 78,090, n değeri 10(11), çarpıklık 0,76(0,69), basıklık -1,09(1,33) ve standart sapma değeri 8,837 olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerin grafikleri oluşturulmasında iki şekil kullanılmıştır, biri dönüştürülmemiş sıklık frekans dağılımı diğeri de kümülatif normal olasılık dağılım grafikleridir. Tanımlayıcı istatistik değerleri (çizelge 4.15) yeraltı sularının NO₃ değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu değerler istatistiksel olarak tespit edilmiştir.

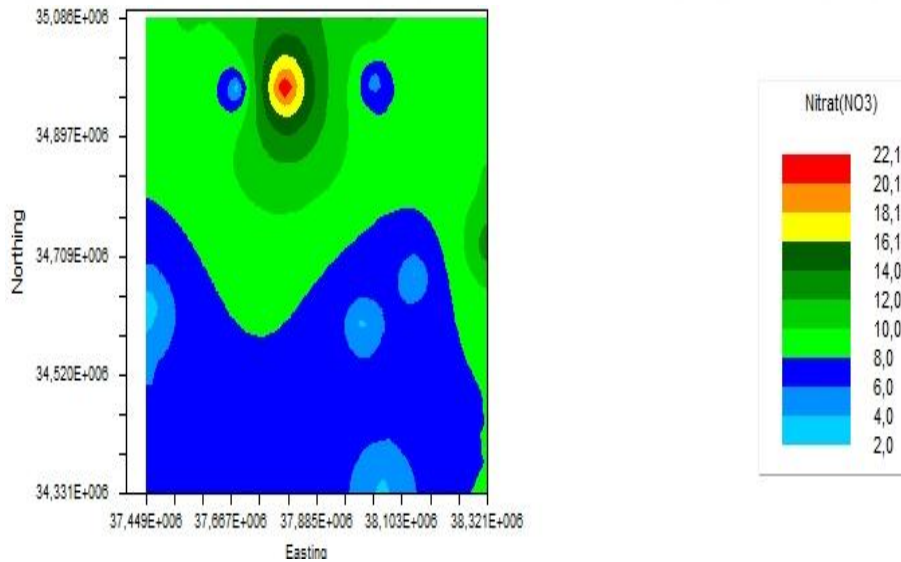
Çizelge 4.15. Yeraltı suyunun NO₃ değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Summary Statistics	
	Untransformed
Mean	8,7600
Std deviation	8,8368
Sample variance	78,0898
Minmum value	1,500
Maximum value	23,000
n (n missing or excluded)	10(11)
Skewness (se)	0,76(0,69)
Kurtosis (se)	-1,09(1,33)



Şekil 4.31. Yeraltı sularının NO_3 içeriklerine ait yarıvariogram

NO_3 değerleri kullanılarak hazırlanan yarıvariogram modellemesinde Gaussian model kullanılmıştır. Model seçimi yapılırken uygunluğunu gösteren değerlere bakılmıştır (r^2 ve RSS değerler gibi). Haritalandırma iki boyutlu olarak yapılmış ve uzaysal tahmin haritası oluşturulmuştur (şekil 4.32).



Şekil 4.32. NO_3 değişimini gösteren IDW haritası

Çalışma bölgemizde yapılan 10 noktanın NO_3 analiz sonuçları 23,00-1,50 arasında değer elde edilmiştir. Bu değerler standart sınır değerleri altında sonuç vermiştir. Bulunan NO_3 analiz sonuçları SKKY'ne göre 2 noktadan alınan örnekler II. Kalite,

diğer 8 noktanın analiz sonuçları ise I. kalite sınıfta yer almaktadır. Jeostatistiksel analiz sonuçlarında NO₃ ortalama değeri 8,760 olarak tespit edilmiştir. Bu değer standart sınır değerlerini aşmamaktadır ve SKKY'ne göre I. kalite sınıfta yer almaktadır. Çalışma alanımızın 10 örneklem noktasından elde edilen NO₃ analiz sonuçları kullanılarak hazırlanan IDW tahmin haritalarında NO₃ değerleri 22,1-2,0 aralığında tespit edilmiştir. Bölgenin tahmini NO₃ tespitinde oluşturulan bu değerler genel olarak I. kalite sınıfta olduğu tespit edilmiştir. Standart sınır değerleri de aşmamaktadır.

Çizelge 4.16. NO₃ ulusal ve uluslararası standartlar

Nitrat (NO ₃) (mg/L)	SKKY (2004)				Sağlık Bakanlığı (2005)	TS 266 (TSE, 2005)	WHO (2011)
	I	II	III	IV	50	50	50
	20	45	80	>80			

Çizelge 4.17. Yeraltı suyunun özellikleri için jeostatistiksel analiz değerleri

Değişken	Model	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	Range (A)	RSS	r^2
pH	Spherical	0,0740	1,0260	630000,0	1,43	0,409
İletkenlik	Exponential	360	21110,000	294000,00	7,572E+08	0,293
Arsenik (AS)	Spherical	1,4700	18,6000	612000,0	598,	0,351
Sodyum (Na)	Spherical	12,0000	405,8000	324000,0	351938,	0,302
Sülfat (SO ₄)	Spherical	0,1000	262,6000	118000,0	180298,	0,257
Klorür (Cl)	Spherical	0,1000	42,6700	117000,0	4754,	0,257
Demir (Fe)	Gaussian	1,0000	1603,0000	235558,9098	5,530E+06	0,347
Nitrat (NO ₃)	Gaussian	0,10000	76,6000	67549,9815	17300,	0,234

pH değişkeninin jeostatistik analizi yapılırken elde edilen yarıvariogram modellemesinde Co, RSS ve r^2 değerlerine bakılıp uygun değerler seçilip modeller belirlenmiştir. Burada seçilen Co değeri örnekler arasındaki değişim özelliğini gösterdiği için değişimin en az olduğu Co değeri model tipi olarak seçilmiştir, r^2 değeri ise örnekler arasındaki ilişkinin derecesini göstermektedir ve bunun 1'e yakın olması istenmektedir. Modelin uygunluğu için bakılan bir diğer değer ise RSS değeridir. pH değişkeni için yarıvariogram model tipi seçiminde, Co: 0,074, Co+C: 1,026, range(a): 630000,0, RSS: 1,43, r^2 : 0,409 değerleri ile Spherical model tipi uygun bulunmuştur(çizelge 4.17).

pH için oluşturulan yarıvariogram modellemesinden sonra IDW tahmin haritası oluşturulmuştur (şekil 4.4). Oluşturulan tahmin haritasında pH değerinin kuzey batı yönünde yükseldiği, kuzey doğuya doğru gidildikçe ise azaldığı gözlemlenmektedir. pH değerleri için oluşturulan tahmin haritasında Co değerinin düşük olması sebebi ile

örnekleme mesafesinden daha kısa mesafelerdeki değişimin düşük olduğu belirlenebilmektedir. pH değişkeninin range değerine bakılarak örnekleme mesafesini görüp, bundan sonraki çalışmalarda örnek almak gerekirse burada bulunan range değeri kadar mesafede örnek alınabileceği anlamına gelmektedir.

EC değişkeninin yarivariogram modellemesinde Co; 360,0000 ile örnekler arasındaki değişim değeri, eşik değer olan Co+C değeri; 21110,0000, örnekler arasındaki mesafe (range); 294000,0000, modelin uygunluğunu belirten RSS değeri 7,572E+08, örnekler arası ilişki derecesini gösteren r^2 değeri; 0,293 olarak en uygun değerler belirlenip Exponential yarivariogram modeli seçilmiştir (çizelge 4.17).

Jeoistatistiksel analiz ile hazırlanan EC tahmin haritasına (şekil 4.8) göre güney doğu yönünde ilerledikçe iletkenlik değeri azalmış, kuzey doğu yönünde ise iletkenlik değeri artma gösterdiği tespit edilmiştir. Bu tahminler neticesinde iletkenlik değişkeninin EC değerinin yüksek bulunması örnekleme mesafesinden daha kısa mesafelerde değişim yüksek bulunabileceği sonucuna ulaşılmıştır. EC için range değerine bakılarak bundan sonraki çalışmalarda örnekleme mesafesi range değeri kadar kabul edilebilir.

As değişkeni analiz sonuçları ile oluşturulan yarivariogram modellemesinde değerlendirilen Co; 1,4700, Co+C; 18,6000, range; 612000,0 ile örnekleme mesafesi, RSS; 598, r^2 ; 0,351 örnekler arasındaki ilişki olarak bulunmuştur. Bu değerlerin seçimi yapılırken model tipleri incelenip en uygun olanı Spherical yarivariogram modeli olarak belirlenmiştir(çizelge 4.17).

IDW tahmin haritasında (şekil 4.12) kuzey batıya doğru gidildikçe As değeri azalmaktadır, kuzey doğu yönünde ise orta ve düşük değerlerde As değerleri gözlemlenmektedir. Bu analiz sonuçlarında Co değerinin çok yüksek bulunmaması daha kısa mesafelerdeki örneklemeelerde yüksek değişim gözlenmeyeceği sonucuna ulaşılabilir. Aynı zamanda yapılması planlanacak başka çalışmalarda, bu çalışmada elde edilen range değeri örnekleme mesafesi olarak kabul edilebilir.

Na analiz değerleri ile çalışılan yarivariogram modellemesinde Co; 12,0000 ile örnekler arası değişim, Co+C; 405,8000 eşik değer, range; 324000,0 ile örnekler arası mesafe, RSS;351938, r^2 ;0,302 ile örnekler arasındaki ilişki değerleri, jeostatistiksel

analizleri yapıp uygun olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerin yarivariogram modelleme tipi ise Spherical model tipi olarak seçilmiştir (Çizelge 4.17).

IDW tahmin haritalarında (şekil 4.16) Na değerlerinin kuzey batı yönünde orta ve yüksek değerlerde, güney doğu yönünde ise düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Jeostatistiksel analiz değerleri sonucunda daha kısa mesafelerde alınan örneklerin çok yüksek değişim göstermeyeceği ve gelecekte yapılacak çalışmalarda burada tespit edilen örnekleme mesafesi kullanılabileceği tespit edilmiştir.

SO₄ değerleri ile oluşturulan yarivariogram model seçiminde Co;0,1000 ile örnekler arası değişiklik, Co+C;262,6000 ile eşik değeri, range(a);118000,0 ile örnekleme mesafesi, RSS; 180298, r^2 ; 0,257 ile örnekler arası ilişki değeri uygun olarak tespit edilip Spherical model seçimi yapılmıştır (Çizelge 4.17). Co değeri çok yüksek bulunmadığından daha kısa mesafelerdeki örneklemlerde yüksek bulunmayacağı tahmini elde edilmiştir.

IDW tahmin haritalarında (şekil 4.20) kuzey doğuya doğru gidildikçe SO₄ değeri orta ve yüksek değerlerde, güney batıya doğru gidildikçe ise düşük değerler tespit edilmiştir. SO₄ analiz sonuçları ile elde edilen range değeri, başka çalışmalarda örnekleme mesafesi olarak kabul edilebileceği tespitinde bulunulmuştur.

Cl değerleri kullanılarak oluşturulan yarivariogram modellemesinde seçilen Co; 0,1000, Co+C; 42,6700, a;117000,0, RSS;4754, r^2 ;0,257 olarak uygun bulunmuştur. Bu tespitler sonucunda yarivariogram model seçimi Spherical model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.17). Uygun bulunan bu modelleme tipinde örnekler arasındaki değeri(r^2), örnekleme mesafesi(range), eşik değeri(sill) gibi değerlerin uygunluğu tespit edilerek belirlenmiştir. Burada tespit edilen ve uygun bulunan jeostatistik analiz değerlerinin örnekler arasındaki değişiklik olan Co değeri yüksek bulunmadığından daha kısa mesafelerdeki örneklemlerde yüksek olmayacağı sonucuna ulaşılmaktadır.

IDW tahmin haritasında (şekil 4.24), Cl değerinin kuzey batı yönünde orta ve yüksek değerlerde, güney doğu yönünde düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada tahmin metodları ile tespit edilen Cl örnekleme mesafesi başka çalışmalarda da kullanılabileceği anlamı taşımaktadır.

Fe analiz değerleri kullanılarak oluşturulan yarivarigram model belirlemede nugget, RSS ve r^2 değerleri incelenmiş ve uygun olan model seçimi yapılmıştır. Uygun bulunan Gaussian model tipinde nugget;1,0000 ile örnekler arasındaki ilişki, Co+C;1603,0000 eşik değer, range;235558,9098 ile örnekleme mesafesi, RSS; 5,530E+06, r^2 ;0,347 ile örnekler arasındaki ilişki değerleri belirlenmiştir(Çizelge 4.17). Co değerinin çok yüksek bulunmaması üzerine daha kısa mesafelerdeki örneklemlerdeki değişimde çok yüksek bulunmayacağı belirlenmektedir.

Fe IDW tahmin haritasında (şekil 4.28), güney doğu yönünde orta ve yüksek değerler, kuzey batı yönünde ise düşük değerler tespit edilmiştir. Bu çalışmadan sonraki çalışmalarda örnek alınacaksa, bu çalışmada tespit edilen range örnekleme mesafesi değeri kadar mesafelerde örnek alınabileceği anlamı taşımaktadır.

NO₃ değişkeni değerleri ile elde edilen yarivarigram modellemesinde, Co; 0,10000 ile örnekler arasındaki değişiklik, Co+C; 76,6000 ile eşik değer, range; 67549,9815 ile örnekler arasındaki mesafe, RSS; 17300, r^2 ; 0,234 ile örnekler arasındaki ilişki değeri uygun bulunan değerlerdir. Bu değerlerin bulunduğu model tipi ise Gaussian yarivarigram modelidir. Co değerinin düşük bulunması örnekleme mesafesinden daha kısa mesafelerdeki değişikliğin düşük olduğunu göstermektedir.

NO₃ tahmin haritalarında(şekil 4.32), NO₃ değerlerinde güney doğu yönünde düşük, kuzey doğu yönünde orta, kuzey batı yönünde ise yüksek değerler bulunmuştur. Yapılan bu analiz değerleri sonucunda, yapılacak başka bir çalışmada örnek alınacaksa çalışmamızda tespit edilen range değeri kadar mesafeden örnek alınabilir.

Elde edilen analiz sonuçları ile yarivarigram değeri hesaplama kolaylığı için bir model seçimi yapılmıştır, bu model seçimi yapılırken Co, RSS ve r^2 değerlerine bakılmıştır. Co+C eşik değeri, değişimin son bulduğu ya da sabit bir şekilde devam ettiği noktanın y eksenini keştiği yer olması ile bilinir. Tepe varyansı olarak da adlandırılır ve sill değerinin kitle varyansına yakın olması istenir (Çetin, 1996; Çetin vd., 2004). Jeostatistik analiz değerlerinden olan range (a), etki mesafesi olarak bilinir. Range(a) değeri yarivarigramın sill (tepe noktasına) ulaştığı “h” uzaklığı olarak bilinir. Örnekler arasında oluşan etki mesafesine kadar olan uzaklıklarda örnekler arasında bir ilişkinin (korelasyon) olduğu (birbirlerini tanımlayıcı) ve aralarında bu mesafeden daha fazla

mesafe olan diğer örneklerin birbirileri ile ilişkileri olmadığı kabul edilir (Çetin, 1996). pH, As, Na, SO₄ ve Cl değişkenleri için Spherical model seçimi yapılmıştır. Spherical model küresel model tiplerinden olup bu değişkenler için uygun değerler tespit edilmiş ve seçilmiştir. EC değişkeni için uygun bulunan modelleme tipi Exponential modelidir. Bu modelleme üssel modellemelerdendir. Fe ve NO₃ değişkenleri için ise Gaussian model seçilmiştir. Jeostatistik analiz değerlerine bakılarak bu model tipi uygun bulunmuştur. Bu model devamlı olarak bir artış göstermektedir. Elde edilen bu variogram modellemeleri oluşturulduktan sonra haritalandırma yapılmıştır. Haritalandırma IDW tekniği ile yapılp tahminde bulunmayı kolaylaştırmıştır

4.2 Tartışma

Bu çalışmada elde edilen haritalar ile çalışma alanının pH, iletkenlik, As, Na, SO₄, Cl, Fe ve NO₃ değişkenlerinin alansal dağılımları hakkında tahminlerde bulunulmuştur. Çalışmada elde edilen tahminler gerçek analiz verileri kullanılarak tespit edilmiştir.

Jeoistatistiksel modelleme yöntemleri kullanılarak yeraltı su kirliliğini değerlendirmesi yapılan benzer çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan (Çobaner vd., 2011) Göksu deltasında bazı yeraltı suyu kalitelerinin jeostatistik metotlarla değerlendirilmesi yapılan çalışmada Cl konsantrasyonu 426 mg/L'den büyük ve uzaysal değişimin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada Cl konsantrasyonu 18,8 mg/L'yi aşmamaktadır. Jeostatistiksel analiz ile elde edilen değerlerde ise en yüksek 17,8 olarak tespit edilmiştir. Çalışma alanında bazı bölgelerdeki Cl değerlerinin artış göstermesinin tarımda kullanılan ilaçlardan kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir.

Bir diğer çalışmada Demer ve Hepdeniz (2018), Isparta il merkezinin yeraltı su kalitesini coğrafi bilgi sistemleri ve jeostatistiksel metotlar kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Çalışmada 25 noktanın su analiz sonuçları Ca, Mg, Na, Cl ve NO₃, EC ve T değişkenleri ile değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda Na:33,49, Cl:34,5, NO₃ : 53,3 (çalışmamız ile ortak olan parametreler) istatistiksel olarak maksimum değerler elde edilmiştir. Na içeriğinin yüksek değerleri, volkanik malzemelerden oluşan ova çökellerinin yayılımının olduğu bölgelerde tespit edilmektedir. Cl parametresinin yüksek bulunduğu noktaların arıtma tesisinden dolayı olduğu düşünüldüğü belirtilmektedir. Çalışma alanında NO₃ düzeyinin yüksek bulunması ise tarımın yaygın

olduğu bölgelerde tespit edildiği belirtilmektedir. Bizim çalışmamızda ise; Na:70,200, Cl:18,800, NO₃:23,000 değerleri istatistiksel olarak maksimum düzeyde tespit edilmiştir. Maksimum Na değerinin bulunduğu bölgede temel kayalardan veya kil minerallerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Benzer ve Benzer (2009) çalışmalarında, Kütahya ili yeraltı suyu ve yüzey sularının tahmini NO₃ kirliliği belirlemesi yapılmıştır. Toplamda 33 noktadan alınan örnek değerleri kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen tahmini olarak yeraltı suyu NO₃ değeri 12.227 mg/l olarak tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda ise tahmini NO₃ değeri 23.000 mg/l belirlenmektedir. Bunun nedeni tarımsal faaliyetin yoğunluğu olabileceği düşünülmektedir.

Basibuyuk ve Ark. (2020) Seyfe Gölü çevresinin(Kırşehir) yer altı suyu kalitesinin coğrafi bilgi sistemi kullanılarak belirlenmesi üzerine çalışma yapılmıştır. Çalışma alanından alınan yeraltı su örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarını TS 266-2005 ve WHO-2006 standartlarına göre değerlendirip IDW tekniği ile tahmin haritaları oluşturulmuştur. Tahmin haritaları oluşturulurken kullanılan kimyasal parametreler; Na, K, Mg, Ca, Cl, NO₃, SO₄, F, As, K, ve U elementleridir. Bizim çalışmamız ile ortak olan parametreler Na, Cl, SO₄ ve NO₃ değerleridir. Bu çalışmada; Na değeri maksimum değerde 314,6 mg/l olarak tespit edilmiş ve oluşturulan tahmin haritalarında kuzey doğu bölgesinde artış tespit edilmiş ve bunun sebebi çalışma bölgesinin kuzey doğusunda bulunan kayalardan kaynaklanabileceği, Cl elementi 95,31 mg/l değerinde tahmini değer elde edilmiş ve Cl elementindeki artış tahmin haritalara göre orta doğu kesimlerde belirlenmiştir, SO₄ 1043 mg/l maksimum tahmini değer tespit edilmiş ve kuzey bölgesinde artış gösterdiği Kızılırmak içerisindeki jipsli ve tuzlu seviyelerin sebep olduğu düşünülmekte, NO₃ 91,66 mg/l maksimum tahmin değeri belirlenmiştir. Yaptığımız çalışmada ise Na:70,200 mg/l, SO₄:55,200 mg/l, Cl:18,800 mg/l ve NO₃:23,000 mg/l maksimum jeostatistik değerler belirlenmiştir. Çalışmamız tahmin haritalarında değişimleri; Na, Cl ve NO₃ çalışma alanının kuzey batı yönünde, SO₄ ise kuzey doğu yönünde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu artışın sebebi tarımda kullanılan gübreler olduğu düşünülmektedir.

Özçakal ve Ark. (2009), Gümüşdüz-Büyükalan yöresi yeraltı suyu kalitesinin jeostatistiksel metodu kullanılarak tarımsal alanlarda kullanılan sulama suyu

değerlendirilmiştir. Değerlendirmede; 34 sulama kuyusundan, 1995, 1996 ve 1997 yıllarında elde edilen su örnekleri ele alınmıştır. EC, Na ve Cl parametreleri ile su kalitesi değerlendirilip mekansal değişkenlikleri hakkında tahmin haritaları ile değerlendirme yapılmıştır. Her bir parametre değerleri için tahmin haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar oluşturulurken Co, Co+C, a yarıvariogram değerleri elde edilmiştir. Değerlendirilen parametlerden olan Na parametresinin belirlenen yarıvariogram analiz değerleri Co (kontROLSÜZ etki): 2.8, Co+C (eşik değeri):4.5, a (etki uzaklığı):1800 olarak bulunmuştur. Jeostatistiksel tahmin değeri olarak Na: 4,79 me/l, Cl:10,40 me/l belirtilmiştir. Çalışmamızda ise tanımlayıcı istatistik değerler; Na: 70,200 mg/l, Cl:18,800 mg/l olarak belirlenmiş ve yarıvariogram değerleri Na için Co:12,0000 , Co+C :405,8000 a: 324000,0, Cl Co:0,1000, Co+C:42,670, a:117000,0 tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen tahmin haritaları neticesinde Na ve Cl değerlerinin kuzey batı yönünde artışlar olduğu tespit edilmiş ve bunun nedeni bölgede yapılan tarım faaliyetlerinde kullanılan gübreler olduğu düşünülmektedir.

Farklı yaklaşımlar ile oluşturulan jeostatistik analiz metotlarında IDW tekniği kullanılarak hazırlanan tahmin haritalarının oluşturulmasında seçilen yarıvariogram modellerinin doğruluk analizleri yapıp nasıl etkilediği belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında 21 noktadan örnekler alınan numune sonuçları kullanılarak haritalandırılıp 8 parametre üzerinde yeraltı su kirliliği değerlendirmesi yapıp haritalandırmalar ile tahminde bulunulmuştur. Bu yöntem kullanılarak farklı çalışmalarda da ve birçok alanda değerlendirmeler yapılmıştır. Günümüzde su ihtiyacı artması ile yeraltı sularının önemi de artmaktadır. Yeraltı doğal kaynak olması açısından kullanımı yaygınlaşmaktadır. Yeraltı sularının kirliliğini tespitinin uzun zaman alması açısından, bu çalışmada kullanılan tahmin yöntemi kolaylık sağlamaktadır.

BÖLÜM V

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmamızda Niğde ilinde bulunan yeraltı su gözlem kuyularından alınan sularla yapılan bazı kirlilik parametrelerinin istatistiksel ve jeostatistiksel değerlendirmesi ve analizleri yapılarak IDW modelleme ve tahmin metoduna göre mesafeye bağlı değişim haritaları elde edilmiştir. Bu analizler Niğde il geneli çeşitli köy yerleşkelerine ait olup, 2018.09-2019.06 tarihleri arasında yapılmış ve 21 noktadan alınan analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda her bir parametrenin mesafeye bağlı değişim haritaları oluşturulmuştur.

Çalışma bölgemiz olan Niğde il genelinden daha önce yapılmış olan yeraltı su kaynaklarından alınan örneklerin analiz sonuçları değerlendirilmiştir ve jeostatistik metotlar kullanılarak tahmin haritaları elde edilmiştir. Bu tahmin haritaları elde edilirken variogram ve jeostatistik analiz değerleri elde edilmiştir. Bu çalışmamızda Niğde il genelinde yer alan yeraltı sularının kalite standartları kapsamında suyun insani tüketim amaçlı kullanımına uygunluğu değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda alınan örneklem noktalarındaki numune analiz sonuçları Na, SO₄ ve Cl parametreleri uygun bulunmuştur. Bu parametrelerin standartlara uygun bulunması sebebiyle insani tüketim amaçlı kullanım içinde uygun olduğu tespit edilmektedir.

pH parametresinden 3 noktadan alınan numuneler istenilen değerler dışında sonuç vermiş, diğerleri ise uygun bulunmuştur. İstenilen değerler dışında bulunan noktalar, ikisi asit düzeyine yakın diğeri ise baz özelliğinde olduğundan insani tüketim amaçlı kullanıma uygun olmadığı tespit edilmiştir. As analiz sonuçlarından 4 noktadan alınan örneklemeler sınır değerlere uygunluk sağlamamış fakat su kalitesi I. sınıfta yer almaktadır. As değerleri standartlara uygun olmayan noktaların kullanıma uygun olmadığı ve bunun nedeni olarak kayaç litolojisi ve tarımda kullanılan ilaçlar olabileceği düşünülmektedir. Fe değişkeni analiz sonuçlarından 5 nokta sınır değerler üzerindedir IDW tahmin haritası analiz değerleri istenilen değerlerde elde edilmiştir. NO₃ iki noktadan alınan numune analiz sonuçları II. Kalite sınıfta yer almakta diğer 8

nokta I. kalite sınıftadır.

Bu haritalar ile çalışma bölgesinde yer alan yeraltı sularının değerlendirmesi yapılan parametrelerin (pH, iletkenlik, As, Na, SO₄, Cl, Fe, NO₃) yn dağılımı ve miktarı üzerinde tahminlerde bulunulmuş ve yeraltı su kirliliği değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak çalışma alanının yeraltı su kirliliği TS 266 ve WHO standartlarına göre değerlendirilmiş ve birkaç analiz noktası dışında genel olarak standartlara uygun bulunmuştur. pH analizlerinden 4 nokta standart değerlerini karşılamamakta ve bununla birlikte As analizleri de standartlara uygun bulunmamıştır. Fe analiz sonuçları ile elde edilen değerler standart değerleri üzerinde bulunmuştur diğer parametreler ise standartlara uygun olup kirlilik tespit edilmemiştir.

Jeoistatistiksel olarak elde edilen tahmin haritalarında çalışma alanının yeraltı su kirliliğinin, As analiz sonuçları dışındaki diğer parametrelerin standartlara uygunluğu tespit edilmiştir. Elde edilen tahmin haritalarında ynsel dağılım genel olarak güney yönünde düşük, kuzey yönünde ise orta ve yüksek değerler tespit edilmiştir. Standart değerlere uygun olmayan değerlerin tespit edildiği bölgelerde yeraltı sularının kullanımı risk teşkil edeceği ve sulama suyu olarak kullanılmasında dahi bitki yolu ile insan vücuduna girip insan sağlığına zarar verebileceği belirtilmektedir. Standartlara uygun bulunmayan noktalardaki yeraltı sularının tarımda sulama amaçlı kullanımı tarımın devamlılığında sıkıntı oluşturacağı düşünülmektedir.

Yeraltı sularının korunması için alınması gereken nlemler;

Yapılan çalışma sonucunda As sonuçlarının standart değerleri sağlamadığı tespit edilmiştir. Bu durum yeraltı sularında kirlilik oluşturmakta ve insani amaçlı kullanıma uygunluk oluşturmamaktadır. As değerinin yüksek bulunması tarımsal amaçlı kullanılan gübrelerden veya kayaların aşınması sonucu yeraltı suyundaki As miktarını etkileyebileceği düşünülmektedir. İstenmeyen durumun önlenmesi için tarım ilaçları kullanımının su kaynaklarının kirletlenmesinin veya kalitenin etkilenmesinin önüne geçilerek duruma çözüm elde edilebilir. Bu kirliliğin devamı durumunda sulama suları ile bitkilere karışması ve oradan da insan vücuduna nüfuz ederek hastalıklara sebep olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmada yapılan değerlendirme sonucunda bazı noktalardaki pH değerinin standart değerleri çok fazla farkla olmamakla birlikte sağlamadığı tespit edilmektedir. Yeraltı sularında var olan pH değerlerinin yüksek olması sıcaklık farklılıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Diğer analiz sonuçlarının insani tüketim amaçlı kullanıma uygun olduğu ve bu durumun korunması için düzenli değerlendirmeler ile istenmeyen durumların oluşmaması için tedbir ve su kalitesinin kontrol edilerek izlenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Yeraltı sularında bulunan birçok kirlilik sebebi olan elementlerin varlığına tarımda kullanılan gübreler olduğu belirlenmektedir. Yeraltı sularında bulunan NO_3 kirliliğinin tarımda kullanılan yanlış gübreleme ve sulama faaliyetlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Yeraltı sularında bulunan SO_4 , Na, Cl, elementlerinin istenmeyen değerlerde bulunmasının önlenmesi ve kirliliğin oluşmaması için bilinçli gübreleme ve sulama yapılması önleyici etkilere sahiptir. Tarımın devamlılığı için sağlıklı gübreleme ve sulama çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlara göre Niğde İli yeraltı sularının korunması ve kullanımının sürdürülebilir olması açısından sulama çalışmalarının kontrollü ve tarımsal faaliyetlerin bilinçli uygulamalar ile sağlanabileceği düşünülmektedir. Bölgedeki yeraltı sularının sulamada kullanılması ile üretimde etkili olduğu belirlenmektedir. Gübre kullanımı ve pestisit kirlenmelerinin sonucunda yeraltı sularının kalitesi değişmektedir. Kirlilik oluşumunun engellenmesi pestisit miktarının azaltılması veya önlenabilir çalışmalarda bulunulması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Başıbüyük, Z., Ekincioğlu, G. and Yavasli, D., D., “ Determination of groundwater quality around Seyfe Lake (Kırşehir) using geographical information systems (GIS)”, *Aksaray University Journal of Science and Engineering* 4, 77-89, 2020.

Bayazıt, M., Hidroloji, *Birsan Yayınevi*, İstanbul, 2003.

Benzer, R., ve Benzer, S., “ Yeraltı suyu ve yüzey sularının nitrat kirliliği tahmini; Kütahya örneği”, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi* 8, 279-287, 2018.

Büyük, G., Akça, E., Kume, T., and Nagano, T., “Investigation of nitrate pollution in groundwater used for irrigation in Konya-Karapınar Region, Central Anatolia”, *Ksü Doğa Bil. Derg.* 19(2), 168-173, 2016.

Çelik, R., ve Hamidi, N., “Silvan ilçesi ovası yeraltı suyu potansiyeli ve tematik haritalarının coğrafi bilgi sistemi ile belirlenmesi”, *Dümf Mühendislik Dergisi* 9:2, 929-937, 2018.

Çetin, M., Jeoistatistiksel yöntem ile nokta ve alansal yağışların saptanması ve stokastik olarak modellenmesi örnek havza uygulamaları, Doktora Tezi, *Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, s. 127, 1996.

Çıtakoğlu, H., Çetin, M., Çobaner, M., ve Haktanır, T., “Mevsimsel yağışların jeoistatistiksel yöntemle modellenmesi ve gözlemi olmayan noktalarda tahmin edilmesi”, *İMO Teknik Dergi* 469, 7725-7745, 2017.

Çobaner, M., Çakar, A., Çetin, M., ve Yurtal, R., “Göksu deltasında bazı yeraltı suyu kalite öğelerinin probabilistik ve jeostatistik yöntemlerle irdelenmesi”, *İMO Teknik Dergi* 341, 5259-5283, 2011.

Delgado, C., Pacheco, J., Cabrera, A., Batllori, E., Orellana, R. and Bautista, F., “Quality of groundwater for irrigation in tropical karst environment: The case of Yucatan”, *Agricultural Water Management*, Mexico 97, 1423–1433, 2010.

Demir, S. ve Hepdeniz, K., “İsparta il merkezi yeraltısuyu kalitesinin jeostatistiksel yöntemler kullanılarak coğrafi bilgi sistemleri ile haritalanması”, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2, 757-771, 2018.

Devlet Su İşleri, IV. Bölge Müdürlüğü, *DSİ*, Konya, 2016.

Devlet Su İşleri, IV. Bölge Müdürlüğü, *DSİ*, Konya, 2020.

Ersoy, A. ve Yünsel, T.Y., Maden Rezerv Hesapları: Klasik ve Jeostatistik Yöntemler, *Nobel Kitapevi Yayınları*, Adana, 2008.

Freeze, A.R. and Cherry, J.A., Groundwater, *Prentice-Hall, Inc*, New Jersey USA, 604, 2003.

Freeze, A.R. and Cherry, J.A., Groundwater, *Prentice Hall Inc*, Upper Saddle River, USA, NJ 07458, 1979.

Green, T. R.; Taniguchi, M.; Kooi, H.; Gurdak, J. J.; Allen, D. M.; Hiscock, K. and Howard, K. W. F., “Urban groundwater issues - an introduction in Current problems of hydrology in urban areas, urban agglomerates and industrial centres” *Netherlands: Springer*. India p.1-16, 2002.

Hüsrevoğlu, M., Jeostatistik analiz ile yağış haritalarının görselleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, s. 93-97, 2018.

İlker, A., Terzi, Ö., ve Şener, E., “Yağışın alansal dağılımının haritalandırılmasında enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması: Akdeniz bölgesi örneği”, *Teknik Dergi* 540, 9213-9219, 2019.

Kanber, P., Aydın ili bazı yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının kirlilik durumlarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi *Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü* Aydın, s. 87-90, 2007.

Niğde Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Niğde ili 2019 yılı çevre durum raporu, *Ç.Ş.M.*, Niğde, 16-17, 2020.

Odling, N. E., Serrano, R. P. Hussein, M. E. A., Riva, M. and Guadagnini, A., “Detecting the vulnerability of groundwater in semi-confined aquifers using barometric response functions”, *Journal of Hydrology* 520, 143-156, 2015.

Ongun, A.R., Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin jeostatistiksel yöntemlerle uzaysal değişkenliğinin saptanması, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, s.141, 2008.

Özçakal E., Anaç S., ve Kurttaş Y. S. K., “Gümüşdüz-Büyükalan yöresi yeraltı suyu kalitesinin jeostatistiksel analizi”, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 2009.

Passarella G., Vurro, M., Agostino V.D., Giuliano G. and Barcelona M.J., “A probabilistic methodology to assess the risk of groundwater quality degradation”, *Environmental Monitoring and Assessment* 79, 57-74, 2002.

Sargın, A.H., Yeraltı suları, DSİ, *Yeraltı Suları Dairesi*, Ankara, 200, 2010.

Soyaslan, İ., İ., ve Hepdeniz, K., “Coğrafi bilgi sistemleri(CBS) kullanılarak Bucak Havzası yeraltı suyu sertlik haritasının hazırlanması ve kayaç-su etkileşiminin yorumlanması”, *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi* 18, 99-108, 2020.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, *Resmi Gazete*, Ankara 25687, 31.12.2004

Subramani, T., And Krishnamurthi, P., “Geostatical modelling for groundwater pollution in Salemby using GIS”, *International Journal of Engineering Researchand Applications* 4(6), 165-172, 2014.

Taş, İ., Su Kaynaklarının Kirlenmesi Ders Notları, *COMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2013.

Taylan, E. D. ve Damçayırı, D., “İsparta bölgesi yağış değerlerinin IDW ve Kriging enterpolasyon yöntemleri ile tahmini”, *İMO Teknik Dergi* 459, 7551-7559, 2016.

Tekiner, İ. S., Yeraltı sularında florür kirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Şanlıurfa , s. 39-42, 2015.

Topçu, E., Çanakkale-Biga ovasının yeraltı su kalitesinin sulama suyu açısından değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ç.O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Çanakkale, s. 43-49, 2016.

TS-266, İnsani Tüketim Amaçlı Sular, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 2005.

Url-1,<https://www.nitso.org.tr/index.php/tr/nigde-2/302-nigde-genelbilgiler#:~:text=7.312%20kilometrekare%20alana%20sahip%20Ni%C4%9Fde,do%C4%9Fuda%20Adana%20illeri%20ile%20kom%C5%9Fudur>, 21 Haziran 2021

Url- 2, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Ni%C4%9Fde_\(il\)#Konum](https://tr.wikipedia.org/wiki/Ni%C4%9Fde_(il)#Konum), 6Temmuz 2021

WHO, The Guidelines for Drinking-Water Quality, fourth edition, *WHO* , India, 2011.

Yavuz, V. S., Batman ovasının yeraltı suyu potansiyeli ve kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile modellenmesi, Doktora tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Diyarbakır, 2017.

Yetiş, D.A., Ceylanpınar ovası yeraltı suyu kalitesinin ve kirlenme potansiyelinin belirlenmesi, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, s.1-4, 2013.

Zaporozec A. and Miller, J.C., Groundwater Pollution, *UNESCO-IHP*, 44p, 2000.



ÖZ GEÇMİŞ

Nurhayat İŞCAN ... tarihinde ... doğdu. İlk ve orta öğretimini Aktaş İlköğretim Okulu'nda Hatay'da tamamladı. Lise öğretimini ise Hatay Reyhanlı Meslek Lisesi'nde tamamladı. Ardahan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünden 2015, Gıda Mühendisliği Bölümünden de 2016 yılında mezun oldu. 2018-2019 Eğitim-Öğretim yılında Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği AnaBilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı.



