

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**OSMANKALFALAR GÖLETİ SULAMA SAHASI ARAZİLERİNİN TABAN
SUYU DERİNLİĞİ, TOPRAK VE SU PARAMETRELERİNİN
JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hasan Raşit TÜRKKAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYIS 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**OSMANKALFALAR GÖLETİ SULAMA SAHASI ARAZİLERİNİN TABAN
SUYU DERİNLİĞİ, TOPRAK VE SU PARAMETRELERİNİN
JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hasan Raşit TÜRKKAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYIS 2019

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OSMANKALFALAR GÖLETİ SULAMA SAHASI ARAZİLERİNİN TABAN
SUYU DERİNLİĞİ, TOPRAK VE SU PARAMETRELERİNİN
JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

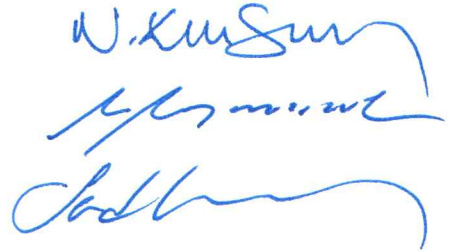
Hasan Raşit TÜRKKAN
UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 31./05/2019... tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ (Danışman)

Prof. Dr. Levent BAŞAYİĞİT

Dr. Öğr. Üyesi Serdar SELİM



ÖZET

OSMANKALFALAR GÖLETİ SULAMA SAHASI ARAZİLERİNİN TABAN SUYU DERİNLİĞİ, TOPRAK VE SU PARAMETRELERİNİN JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Hasan Raşit TÜRKKAN

Yüksek Lisans Tezi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

Mayıs 2019; 65 sayfa

Son yirmi yıldır gelişen teknolojiyle birlikte uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak su ve toprakların özelliklerinin belirlenmesinde ve örneklenmemiş alanlardaki özelliklerin tahmin edilmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle jeoistatistiksel modellemede kullanılan yarıvariogram ve kriging analizleri kullanılarak, su ve toprak özelliğinin mekânsal değişikliklerinin belirlenmesi ve bu özelliğin çalışma alanı içerisinde herhangi bir noktadaki değerinin tahmin edilmesi mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada, Osmankalfalar sulama projesi sahasında Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından açılan 20 adet gözlem kuyularından, haftalık olarak elde edilen taban suyu derinlik ölçümleri, su ve toprak örneklerine ait analiz sonuçlarının uzaysal değişkenlikleri jeoistatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir. Bu kapsamda, analizi yapılan bu verilerin mekânsal değişimlerinin tespiti amacı ile, tanımlayıcı istatistiklerden histogram, trend analizleri, Normal QQplot ile verilerin dağılımları, mekânsal istatistiklerden yarıvariogram, kovaryans, otokorelasyon ile mekânsal değişim sonuçları ve grafikleri ile değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışmada, jeoistatistiksel modelleme ve kriging enterpolasyon tekniği ile taban suyu derinliğinin eş seviye, kritik en yüksek ve en düşük eş derinlik ile su ve toprak tuzluluk dağılım haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, sulama sahasındaki taban suyunun genel akış doğrultusunun ve birbirine yakın konumdaki gözlem kuyularındaki ölçülen değerler arasındaki değişim belirlenmesi, sulama sezonundaki aylarda ölçülen değerler ile derinlik değişimlerinin etki alanları ve oluşabilecek sorunlu alanların tespiti, taban suyu ve toprak tuzluluk (EC) oranlarının dağılımı ve etkileri ortaya konulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Taban suyu, Tuzluluk, Jeoistatistik, Kriging,

JÜRİ: Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

Prof. Dr. Levent BAŞAYIĞIT

Dr. Öğr. Üyesi Serdar SELİM

ABSTRACT

EVALUATION OF GROUND WATER DEPTH, SOIL AND WATER PARAMETERS OF OSMANKALFALAR POND IRRIGATION AREAS WITH GEOSTATISTICAL METHODS

Hasan Raşit TÜRKKAN

MSc Thesis in Space Sciences and Technologies Department

Supervisor: Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

May 2019; 65 pages

In the last two decades, with the use of advanced technology, remote sensing and geographic information systems have been used to determine the properties of water and soils and to estimate the properties in non-sampled areas. It is possible to determine the spatial changes of water and soil properties by using semi-variogram and kriging analyses especially used in geostatistical modelling and to estimate its value at any point within the study area. In this study, the spatial variability of the results obtained from 20 observation wells, which were obtained by the General Directory of State Hydraulic Works (DSI) in the Osmankalfalar irrigation project area. The results of the analysis of the water depth measurements, and the soil samples were analysed by geostatistical methods. In this context, descriptive statistics and histogram, trend analysis, normal QQplot, semi variogram, covariance, autocorrelation results and graphs were evaluated with the aim of determining the spatial changes of these data. In this study, water and soil salinity distribution maps were formed with the equilibrium depth, the lowest and the lowest equilibrium depth with the kriging interpolation technique. According to the results obtained, the determination of the change in the general flow direction of the ground water in the irrigation area and the measured values in the observation wells close to each other, the values of the measured values and the effect areas of the depth changes in the irrigation season and the determination of the problematic areas that may occur, distribution of the baseline and soil salinity (EC) ratios and their effects were demonstrated.

KEYWORDS: Ground water, Salinity, Geostatistics, Kriging

COMMITTEE: Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

Prof. Dr. Levent BAŞAYIĞIT

Asst. Prof. Dr. Serdar SELİM

ÖNSÖZ

Öncelikle beni çalışma alanı olarak Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) konularına yönlendiren, bu tez çalışmasının her aşamasında yardım ve katkılarını esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ'e en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca çalışma alanına ait verileri temin ettiğim DSİ 13. Bölge Müdürlüğü amirleri ve personeline ayrıyeten bu kurumun Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) personellerinden Mühendis Mehmet ERDEM abimize teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu çalışma döneminde her türlü fedakârlıktan kaçınmayan, yüksek hoşgörü ve anlayışa sahip olduğunu düşündüğüm sevgili eşim ile çocuklarıma büyük minnet borçluyum.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Uzaktan Algılamanın Temelleri	2
1.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri	5
1.2.1. Jeostatistik	6
1.2.2. Enterpolasyon.....	6
1.2.3. Kriging	7
1.2.4. Variogram ve yarıvariogram	7
1.2.5. Ordinary kriging.....	8
1.2.6. Ortak kriging (Co-kriging).....	8
1.2.7. Yarıvariogram modeli uygunluk testi (cross validation).....	9
2. KAYNAK TARAMASI.....	10
3. MATERYAL VE METOT.....	14
3.1. Çalışma Alanı	14
3.2. Çalışma Alanı Genel Özellikleri	16
3.2.1. İklim.....	16
3.2.2. Jeoloji.....	16
3.2.3. Toprak yapısı	17
3.2.4. Mevcut durumda arazi sınıflandırması	19
3.2.5. Tarımsal kullanım.....	19
3.2.6. Drenaj etmenleri	20
3.3. Çalışmada Kullanılan Veriler	21
3.4. Metot	22
3.4.1. Veri toplama ve hazırlık	23
3.4.2. Tanımlayıcı istatistik	25

3.4.3. Geoistatistiksel modelleme	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	28
4.1. Taban Suyu Seviyelerin Değerlendirilmesi.....	28
4.1.1. Tanımlayıcı istatistik	28
4.1.2. Mekânsal istatistik	33
4.2. Taban Suyu Tuzluluk (EC) Değerlendirilmesi.....	45
4.2.1. Tanımlayıcı istatistik	45
4.2.2. Mekânsal istatistik	47
4.3. Gözlem kuyularındaki Toprak Tuzluğu (EC) Değerlendirilmesi.....	52
4.3.1. Tanımlayıcı istatistik	52
4.3.2. Mekânsal istatistik	53
5. SONUÇLAR	60
6. KAYNAKLAR	62
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Osmankalfalar Göleti Sulama Sahası Arazilerinin Taban Suyu Derinliği, Toprak Ve Su Parametrelerinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

31/05/2019

Hasan Raşit TÜRKKAN

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

cm : Santimetre

da : Dekar

ha : Hektar

m : Metre

mm: : Milimetre

nm : Nanometre

μm : Mikrometre

dS/m : Desisiemens/metre

dS/cm : Desisiemens/santimetre

$\mu\text{S/m}$: Mikrosiemens/metre

$\mu\text{S/cm}$: Mikrosiemens/santimetre

“01.01” Ondalık Ayırıcı

Kısaltmalar

AÜ : Akdeniz Üniversitesi

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri

DN : Digital Number

DSİ : Devlet Su İşleri-Antalya 13. Bölge Müdürlüğü

EC : Elektriksel İletkenlik (Electrical Conductivity)-Tuzluluk

GPS : Global Positioning System

IDW : Inverse Distance Weighted

MGM : Meteoroloji Genel Müdürlüğü

NNI : Natural Neighbour Interpolation

SAR : Sodyum Adsorbsiyon Oranı

UA : Uzaktan Algılama

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Elektromanyetik spektrum	3
Şekil 1.2. Analogdan dijital görüntüye dönüşüm.....	3
Şekil 1.3. Coğrafi bilgi sistemleri	5
Şekil 1.4. Raster ve vektör veri modeli.....	6
Şekil 3.1. Çalışma alanı	15
Şekil 3.3. Yöntem akış şeması	23
Şekil 3.4. Yöntem akış şeması	24
Şekil 3.5. Deneysel ve teorik yarıvariogram modeli	27
Şekil 4.1. Histogram dağılımı	30
Şekil 4.2. Normal QQ plot grafiği dağılımı	30
Şekil 4.3. Histogram dağılımı	31
Şekil 4.4. Normal QQ plot grafiği dağılımı	31
Şekil 4.5. Histogram dağılımı	32
Şekil 4.6. Normal QQ plot grafiği dağılımı	33
Şekil 4.7. Trend Analizi	34
Şekil 4.8. Otokorelasyon haritası	34
Şekil 4.9. Taban suyu derinliği eş seviye haritası	35
Şekil 4.10. Taban suyu derinliği eş seviye hata haritası	36
Şekil 4.11. Trend Analizi	37
Şekil 4.12. Otokorelasyon haritası	38
Şekil 4.13. Taban suyu kritik en yüksek eş derinlik haritası	39
Şekil 4.14. Tabansuyu kritik en yüksek eş derinlik hata haritası	40
Şekil 4.15. Trend Analizi	41
Şekil 4.16. Otokorelasyon haritası	42
Şekil 4.17. Taban suyu kritik en düşük eş derinlik haritası	43
Şekil 4.18. Taban suyu kritik en düşük eş derinlik hata haritası.....	44
Şekil 4.19. Histogram dağılımı	46
Şekil 4.21. Trend Analizi	48
Şekil 4.22. Otokorelasyon haritası	48
Şekil 4.23 Taban suyu tuzluluk haritası.....	49
Şekil 4.24. Taban suyu tuzluluk hata haritası	50
Şekil 4.26. Otokorelasyon haritası (0-30 cm)	54

Şekil 4.27. Otokorelasyon haritası (30-60 cm)	55
Şekil 4.28. Otokorelasyon haritası (60-90 cm)	56
Şekil 4.29. Otokorelasyon haritası (90-150 cm)	57
Şekil 4.30. Taban suyu tuzluluk haritası.....	58
Şekil 4.31. Taban suyu tuzluluk hata haritası	59



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Ortalama iklim verileri	16
Çizelge 3.2. Çalışma alanı toprakları bünye sınıf ve dağılımı	18
Çizelge 3.3. Çalışma alanı toprakları RAM hesaplaması	18
Çizelge 3.4. Mevcut durumda arazi sınıfları dağılımı	19
Çizelge 3.5. Mevcut ve planlanan bitki deseni	20
Çizelge 3.6. Penman yöntemine göre potansiyel evapotranspirasyon değerleri.....	20
Çizelge 3.7. Blaney Criddle yöntemine göre bitki su tüketimi.....	20
Çizelge 3.8. 2015 yılı taban suyu gözlem kuyuları derinlik ölçüm verileri.....	21
Çizelge 3.9. Taban suyu gözlem kuyuları su örneklerinin analiz verileri	22
Çizelge 3.10. Taban suyu gözlem kuyuları toprak örneklerinin analiz verileri.....	22
Çizelge 4.1. Taban suyu gözlem kuyuları tanımlayıcı istatistikleri.....	28
Çizelge 4.2. Taban suyu gözlem kuyuları zamansal korelasyon matrisi	29
Çizelge 4.3. Normal dağılım testleri	30
Çizelge 4.5. Normal dağılım testleri.....	33
Çizelge 4.6. Model uygunluk testi (çapraz doğrulama).....	36
Çizelge 4.7. Model uygunluk testi (çapraz doğrulama).....	40
Çizelge 4.8. Model uygunluk testi (çapraz doğrulama).....	44
Çizelge 4.9. Taban suyu tuzluluk tanımlayıcı istatistikleri.....	45
Çizelge 4.10. Taban suyu tuzluluk korelasyon matrisi.....	46
Çizelge 4.11. Normal dağılım testleri	47
Çizelge 4.12. Model uygunluk testi (çapraz doğrulama).....	50
Çizelge 4.13. ABD Riverside tuzluluk laboratuvarı tuzluluk sınıflandırma sistemine göre sulama suyu örneklerinin tuzluluk sınıfları ve dağılımı.....	52
Çizelge 4.14. Toprak analizleri tanımlayıcı istatistik verileri.....	52
Çizelge 4.15. Toprak analizleri korelasyon matrisi	53
Çizelge 4.16 Model uygunluk testi (çapraz doğrulama).....	59

1. GİRİŞ

Toprak, üzerinde bitkilerin büyüdüğü, mineral ve organik maddeler ile yaşayan organizmalardan oluşan, yer kabuğunun üzerine kaplayan dinamik bir yapıdır. Ayrıca toprak, bitki gelişimi için doğal bir ortam, iklim ve üzerinde yaşayan organizmaların uzun zaman içerisinde birbirleriyle etkileşimi sonucu belli özellikler kazanan doğal bir ünedir. Su, toprakta bulunan en önemli maddelerden biridir. Toprağın bitki gelişimine ev sahipliği yapabilmesi için içeriğinde belirli miktarda su olması gerekmektedir (Ergene 1993).

Toprakta bulunması gereken ve bitkiler için hayati öneme sahip suyun yağışlar yoluyla karşılanamadığı durumlarda bu ihtiyacın giderilmesinde sulama yöntemine başvurulmaktadır. Sulama esnasında toprağa ve bitkiye su ile birlikte suda çözünmüş halde bulunan tuzlar da verilmektedir. Sulama suyuyla toprağa verilen bu tuzlar, zamanla bitkiler için kötü koşulların oluşmasına neden olurlar ve sulama işlemi yapılan alanlarda tuzluluk problemi görülmesi kaçınılmaz bir durumdur. Tuzlu ve alkali toprakların ıslah edilmediği takdirde değeri ve üretkenliği azalabilmekte hatta bazıları tamamen tarımsal üretim koşullarını kaybedebilmektedirler. Bu durumda bulunan toprakların iyileştirilip eski haline dönebilmesi için toprak özelliklerinin analizler yardımıyla belirlenmesi gerekmektedir (Taş 2009).

Son yıllarda uzaktan algılama teknolojisinin geldiği nokta ve ürettiği verilerin bilimsel potansiyeli büyük bir gelişme göstermiştir. Toplumun ihtiyaçlarını daha iyi karşılayabilmek, küresel ve bölgesel modellerin farklı ölçeklerde öngörülebilir yeteneklerini geliştirmek ve çeşitli karar destek sistemleri aracılığıyla karar vermede yardımcı olmak için uydu verilerinin yüksek seviyeli ürünlere aktarılması gerekmektedir. Bu kapsamda günümüzde veri dağıtım merkezleri konumunda olan gerek devlet gerekse özel şirketler basit uydu görüntülerinden ziyade bunların işlenmesi sonucu elde edilen daha yüksek seviyeli ürünler sunmaktadır (Liang vd. 2012).

Günümüzde hemen her gün her ortamda mekânsal bir olgu ile karşılaşmaktadır. Karşılan bu konum, kalıplar eğilimler ve koşullar gibi mekânsal soruların cevabına harita ve CBS eklendiğinde ise daha da değerli bilgiler elde edilebilmektedir (Heywood 2011). Mekânsal verileri toplayan, yöneten ve analiz eden CBS, günümüzde dünyada çok geniş alanda kullanılan bir teknoloji durumundadır. CBS teknolojisine ilişkin çalışmalar ve üretilen coğrafi veriler pek çok alandaki çalışma için birincil veri kaynağı durumundadır (Çabuk vd. 2011).

Gerek UA gerekse yersel ölçümlerle elde edilen verilerin CBS ile analiz edilmesi mümkündür. Yeraltı suyu kalitesinin muhafazası için mekânsal ve zamansal dağılım hakkındaki veriler önemlidir. Bu kapsamda son yıllarda pek çok araştırmacı gerek tuzluluk gerekse taban suyu gibi toprak özellikleriyle ilgili dağılımın belirlenmesi, sonuç haritalarının ortaya konulması ve karar verici mekanizmalara destek olmak amacıyla CBS’de kullanılan jeostatistiksel analiz yöntemlerine başvurmaktadır. Son yıllarda sıkça başvurulmuş bu yöntemler, yeraltı suyu kalitesinin enterpolasyonu için en gelişmiş teknikler olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü jeostatistiksel analizler klasik istatistiksel analizlere göre noktalar ya da alanlar arasındaki uzaysal ilişkileri dikkate almaktadırlar (Jiang vd. 2013).

Yeraltı suyu aküferlerinin aşırı kullanımı, düşük kaliteli yeraltı sularına neden olabilmektedir. Klorür içeriği ve sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) en önemli su kalitesi parametrelerindendir. Bu nedenle bu iki parametrenin ölçüm ile tahmini ve Na^+ , Ca^{2+} ve Mg^{2+} konsantrasyonları su tuzluluğundan çok daha fazla zaman alıcı ve pahalıdır. Bu kapsamda, tuzluluk derecesini kullanarak SAR ve klorür miktarını tahmin etmek için jeostatiksel yöntemler başarılı bir şekilde kullanılabilir (Hooshmand vd. 2011).

Bu çalışmada, Osmankalfalar göleti sulaması sahası içerisinde DSİ tarafından açılan 20 adet gözlem kuyularından haftalık olarak elde edilen 2015 yılına ait taban suyu gözlem kuyularından alınan taban suyu seviye değerleri ile su ve toprak numunelerinin analizlerinin sonuç değerleri mekânsal değişimleri jeostatiksel yöntemlerle değerlendirilerek, sulama sahasındaki drenaj kanallarının ve ekim desenlerinin planlanmasına katkı sağlaması amaçlanmıştır. Çalışma, veri toplama ve hazırlık, jeostatiksel modelleme, mekânsal dağılım haritalarının çıkarımı ile sonuç ve değerlendirme olmak üzere dört temel aşamadan oluşmaktadır.

Çalışma kapsamında, ilk temel aşamasında verilerin elde edilmesi ve hazırlanması, ikinci temel aşamasında jeostatiksel modelleme ile verilerin dağılım analizleri, yarıvariogram dağılımı ve parametreleri belirleme, üçüncü temel aşamasında enterpolasyon (Kriging) tekniği ile taban suyu derinliğinin eş seviye, kritik en yüksek ve en düşük eş derinlik, taban suyu ve toprakların tuzluluk dağılım haritalarının çıkarımları yapılmış ve çapraz doğrulama (Cross validation) ile mekânsal dağılım haritalarının doğruluk değerlendirmesi yapılmıştır.

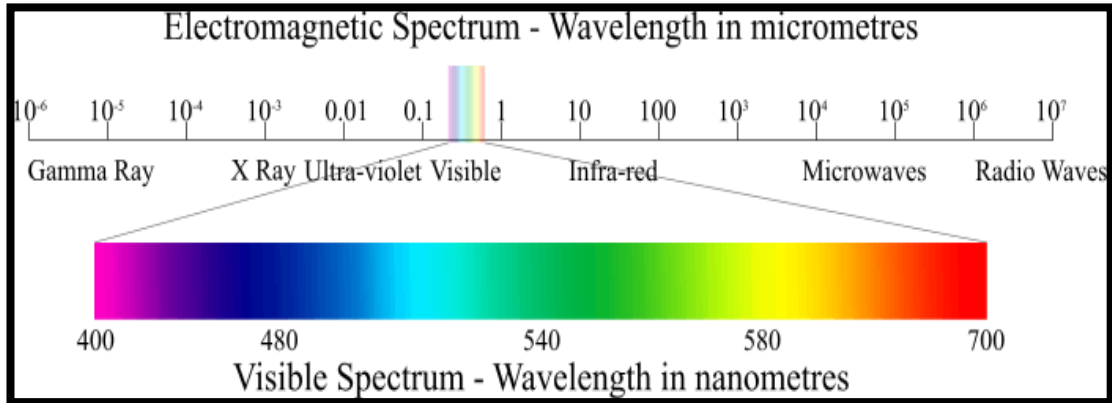
Sonuç olarak, taban suyu derinliklerinin, su ve toprak EC dağılımlarında meydana gelen değişimleri temel alınarak ilgili bölgedeki tarım alanlarında yapılacak yetiştiricilikte tuzluluk oranlarına en uygun bitkilerin seçimlerinin yapılması ve gerekli önlemlerin alınmasında rehber niteliği taşıyacağı öngörülmektedir. Elde edilen sonuçlar, bundan sonraki çalışmalar da kullanılabilir ve çalışmaları yönlendirebilir niteliktedir.

1.1. Uzaktan Algılamanın Temelleri

UA, incelenmek istenen bir nesneye herhangi bir fiziksel temas olmadan veriler elde edebilen ve bu verilerin analizine dayanan bir teknolojidir. Bu kapsamda UA teknolojisinde, verilerin önce temin edilmesi daha sonra bu verilerin analize tabi tutulması olmak üzere iki temel aşama sürecinden bahsedilmektedir. Bu iki temel aşamanın alt işlem adımları bulunmaktadır. Tüm aşamalardan geçen veriler bilgiye dönüştürülmek suretiyle genellikle CBS'n de altlık veri olarak kullanılırlar. Bu aşamaların sonunda UA yoluyla elde edilen bilgiler karar verici kademesindeki yöneticilere destek olmak amacıyla sunulmaktadır (Lillesand vd. 2004).

Güneşten gelen elektromanyetik radyasyonun Şekil 1.1' deki gibi yeryüzündeki nesnelerle üç tür ilişkisi bulunmaktadır. Eğer nesne tamamen ya da kısmen saydam ise radyasyon iletilir, fotosentez gibi işlemlerde kullanılmak üzere nesne tarafından emilebilir ya da UA' da kullanılan durum olan nesne tarafından yansıtılabilir. Bu durum genellikle her nesneye özgü bir durum olup nesneleri ayırt etmek ve özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla kullanılmaktadır. Yeryüzüne ulaşan elektromanyetik ışınımın etki eden en önemli etken atmosferdir. Bu ışınımın atmosferden geçebildiği bölgelere

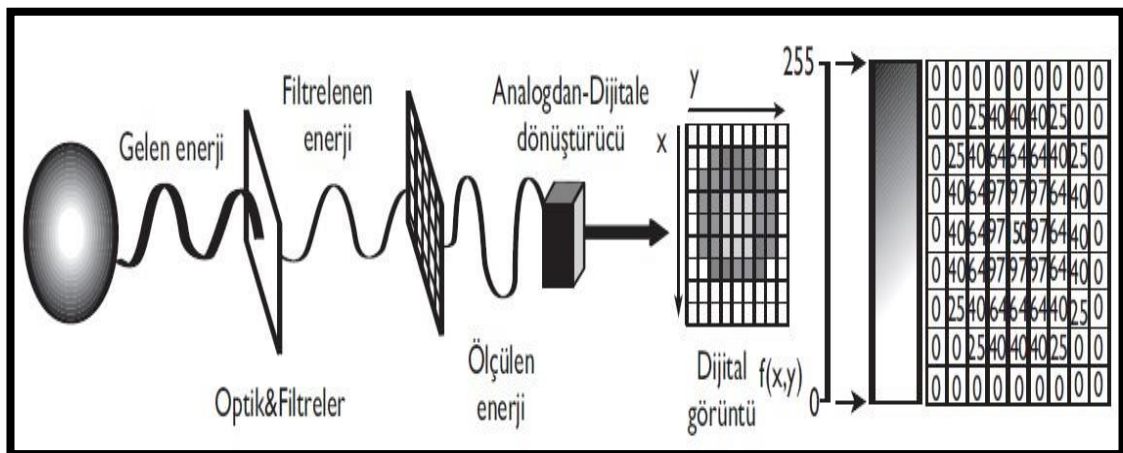
atmosferik pencere adı verilir. Her spektral bölge için farklı geçirimsiliğe sahip atmosferik pencere bulunmaktadır (Clevers 1986; Kamwi 2007).



Şekil 1.1. Elektromanyetik spektrum (Anonymous 1)

UA teknolojisinde veri toplama sistemi esas olarak sensör ve sensörün üzerinde bulunduğu platformdan oluşmaktadır. Bu platform duruma göre, yer, hava ya da uzay bazlı olabilmektedir. Bu maksatla kullanılan genellikle iki tip sensör vardır. Bunlardan pasif sensörler, güneş ışığı gibi başka bir kaynaktan yansıyan radyasyonu tespit ederler. Güneş ışığı, pasif sensörler tarafından algılanan en yaygın dış radyasyon kaynağıdır. Aktif sensörler ise pasif sensörlerden farklı olarak, gözlemledikleri nesneyi aydınlatmak için kendi elektromanyetik radyasyonlarını sağlarlar. Bu algılama sisteminde, sensörden nesneye bir enerji darbesi gönderilerek yansıyan veya geri saçılan ışınım tespit edilmektedir (Liang vd. 2012).

UA ile elde edilen görüntüler dijital görüntülerdir. Bu kapsamda analog görüntü örnekleme ve niceleme işlemlerinden geçirilerek dijitalleştirilir ve dijital uydu görüntüsü elde edilir (Şekil 1.2). Dijital görüntüler genel olarak en basit görüntü çeşidi olan binari, gri renk seviyeli, renkli, ve çok spektrumlu olmak üzere dört grupta toplanmaktadır. Çok spektrumlu görüntü, elektromanyetik spektrumun kızılötesi gibi görünür bölge dışında kalan dalga boylarından alınan görüntülerdir.



Şekil 1.2. Analogdan dijital görüntüye dönüşüm (Sunar vd. 2013)

Uzaktan algılama yoluyla elde edilen görüntüler için farklı kalite kavramlarından söz etmek mümkündür. Bunlardan en önemlisi çözünürlük olup, uydu görüntüleri için mekânsal, spektral, zamansal ve radyometrik olmak üzere dört tip çözünürlük bulunmaktadır (Sunar vd. 2013).

Mekânsal çözünürlük, görüntüdeki pikselin yeryüzünde kapladığı alana karşılık gelen ve görüntüdeki nesnelerin detayları ile ilgili olan çözünürlüktür. Uydu görüntüleme sistemleri mekânsal çözünürlük açısından düşük, orta ve yüksek mekânsal çözünürlüklü sistemler olarak adlandırılmaktadır. Algılayıcı tarafından spektrumda kaydedilen dalga boyunun genişliği ve band sayısı olarak adlandırılan çözünürlük, spektral çözünürlüktür. Algılamada kullanılan band sayısının fazla olması spektral çözünürlüğün artması demektir. Radyometrik çözünürlük, yeryüzünden yayılan ışınımındaki en ufak farklılıkları belirleyebilme çözünürlüğü olup bit ile ifade edilmektedir. Zamansal çözünürlük ise, uydunun aynı yerden bir dahaki geçiş zamanına kadar geçen süredir. Bu kapsamda bazı uyduların zamansal çözünürlüğü saat, bazılarının ise gün ile ifade edilmektedir (Sunar vd. 2013).

Algılayıcı platformlar tarafından algılanan ve bir takım işlemler sonucu elde edilen dijital görüntüler genellikle bilgisayar kullanılarak işlenirler. Dijital görüntünün analizi olan bu işlemin sınırsız şekli olsa da daha çok görüntü ön işleme, görüntü zenginleştirme ve görüntü sınıflandırma adımları uygulanmaktadır. Görüntü ön işleme, ham görüntüyü analize hazır hale getirmek ve görüntünün kalitesini artırmak amacıyla yapılan gerekli düzeltmeleri kapsar. Görüntü zenginleştirme, görüntüyü analizde daha etkili hale getirmek amacıyla bilgi içeriğinde yapılan değişikliklerdir. Görüntü sınıflandırma ise, analize hazır hale getirilen uydu görüntüsündeki anlamlı örüntü gruplarının tespit edilmesidir (Lillesand vd. 2004).

Görüntü sınıflandırma işleminde amaç, görüntüdeki pikselleri arazideki sınıflarına göre sınıflandırmaktır. Bu maksatla genellikle piksel ve nesne tabanlı sınıflandırma olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan piksel tabanlı sınıflandırma, eğitilmiş ve eğitimsiz olmak üzere iki şekilde uygulanabilmektedir. Eğitimsiz sınıflandırmada eğitim verisi olarak örnek alanlar kullanılmazken, eğitilmiş sınıflandırmada ilk olarak bu örnek alanlar belirlenmektedir.

Eğitimsiz sınıflandırmada belirlenen sınıflar, spektral sınıflar olup görüntüler sadece doğal olarak gruplandırılmaktadırlar. Bu maksatla kullanılan farklı kümeleme teknikleri vardır. Bunlardan en yaygın olanı K means algoritması olup, pikseller en yakın olan isteğe bağlı ortalama vektörünü kümelemek için atanır. Eğitimsiz sınıflandırma için K means algoritmasının farklı bir çeşidi olan ISODATA algoritması ise, kümeleme sayısını kaynaştırma, bölme ve silme gibi işlemlerle tekrardan değişime izin verir. Eğitilmiş sınıflandırmada ise, üç işlem aşaması bulunmaktadır. Bunlar eğitim aşaması, sınıflandırma aşaması ve çıktı aşamasıdır. Eğitilmiş sınıflandırma sıkça kullanılan teknik en yüksek olasılık (maximum likelihood) yöntemidir. Bu yöntemde pikseller en yüksek olasılık değerine sahip olduğu sınıfa atanmaktadır (Lillesand vd. 2004).

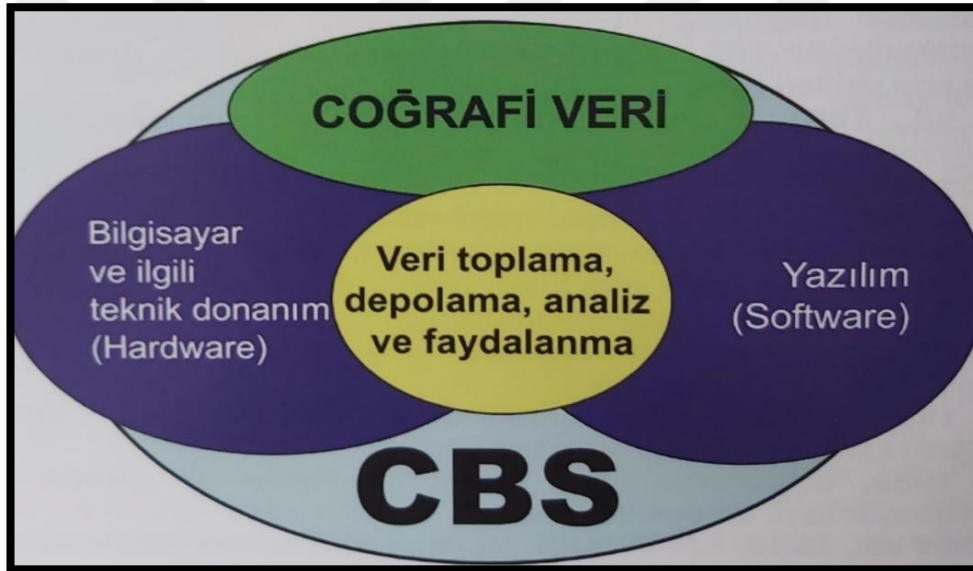
Görüntü analizinde piksel tabanlı sınıflandırmanın yanı sıra özellikle nesne tabanlı sınıflandırma tekniği de sıkça kullanılmaktadır. Nesne tabanlı sınıflandırmada, görüntü piksel gruplarından oluşan segmentlere ayrıldıktan sonra sınıflandırılmaktadır. Bu

sınıflandırma yönteminde özellikle yüksek çözünürlüklü görüntülerde piksellerin DN değerlerinin yanı sıra doku ve komşuluk özellikleri de kullanılmaktadır.

Sınıflandırma işlemi sonucunda elde edilen sonuç görüntülerinin güvenilirlik açısından doğruluk analizlerinin yapılması gerekmektedir. Doğruluk analizi, test alanlarına ilişkin değerlerin, referans olarak alınacak ve arazi hakkında kesin bilgi veren bir kaynakla karşılaştırılmasıdır. Doğruluk analizi ile genel doğruluk, üretici doğruluğu ve kullanıcı doğruluğu hesaplanmaktadır. Bu kapsamda genellikle hata matrisleri oluşturulmaktadır (Liang vd. 2012).

1.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri

CBS, mekânsal bilgiyi toplamaya, depolamaya, güncellemeye, işlemeye, oluşturmaya, analiz etmeye ve göstermeye yarayan, donanım, yazılım ve personelden oluşan ve kendine özgü yöntemi olan bilgi sistemine denir (Şekil 1.3). Coğrafi bilgi sistemi, planlama ve değerlendirme süreçlerinde karar vericilere destek olan bir yardımcıdır (Çabuk vd. 2011).

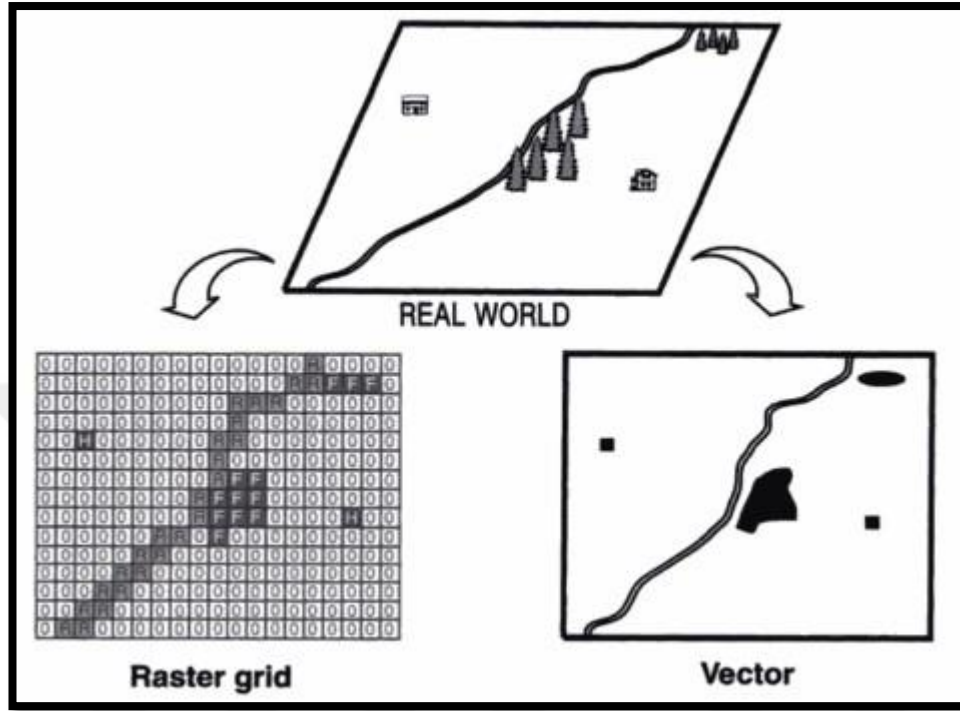


Şekil 1.3. Coğrafi bilgi sistemleri (Turoğlu 2016)

Diğer bilgi teknolojilerinde olduğu gibi CBS' nin de temelinde veri yatmaktadır. Bu kapsamda CBS'de veriyi depolamak ve analizde kullanmak amacıyla kullanılan iki veri modeli kullanılmaktadır. Bunlar raster ve vektör veri modelleridir. Raster veri modeli hücrelerden oluşur ve bu hücrelerin her birine piksel adı verilir. Piksel resmin en küçük parçasıdır. Raster veri modelinde verinin çözünürlüğü, piksel boyutuna göre belirlenmektedir (Turoğlu 2016). CBS' ni oluşturan sistemler Şekil 1.4' de verilmiştir.

Temel veri elemanı nokta olan vektör veri modeli, nokta ve noktaların birleşmesi ile oluşan diğer (çizgi, poligon) vektör elamanlardan oluşmaktadır. CBS' n de vektör veri modeli iki temel veri yapısından oluşur. Bunlar, nesnelerin mekânsal ilişkilerinin saklanmadığı spagetti veri yapısı ile veri elemanlarını mekânsal ilişkileri ile birlikte tanımlayan topoloji veri yapısıdır. Bu topolojik yapı, bağlantırlık, bitişiklik ve yakınlık ilkelerine dayanmaktadır.

CBS' n de mekânsal veriyi mekânsal bilgiye dönüştüren ve bunları karar destek mekanizmalarına ileten, yer seçimi, ağ, mekânsal kaynak, yüzey ve zamana bağlı mekânsal değişiklik analizi olmak üzere beş temel analiz tekniği bulunmaktadır (Çabuk vd. 2011).



Şekil 1.4. Raster ve vektör veri modeli (Davis 2001)

1.2.1. Jeostatistik

Bilinmeyen bir değerın hesaplanmasında kullanılan sayısal yöntemlerin tamamına istatistik denmektedir. İstatistiğin tanımından yola çıkılarak ölçmeye dayandığı ve bu kapsamda yapılacak gözlemlerle ifade edilebilmektedir. Ancak ne var ki bu klasik istatistik yöntemleri bir bölgedeki örneklerin uzamsal ilişkileri ile ilgili bilgi sağlamamaktadır. Bu kapsamda istatistiğin farklı bir kolu olan, bir noktadan başka bir noktayı tahmin etmeye yarayan ve enterpolasyon adı verilen yöntem ön plana çıkmaktadır. Bu yöntemi de içeren ve ölçülen bir değer ile diğer değerler arasındaki ilişkilere göre hesaplanması istenen noktanın değerini bulmaya yarayan istatistik koluna jeostatistik denmektedir. Bu yöntem ilk kez Krige tarafından maden endüstrisinde rezervdeki altın miktarını tespit etmek amacıyla kullanılmıştır (Yetgin 2004; Mulla ve McBratney 2001).

1.2.2. Enterpolasyon

CBS' nin temel mekânsal analizlerinden olan enterpolasyon, verilen veri setindeki değerler yardımıyla, verilmeyen değerleri bulma işlemidir. Burada verilen değerler CBS'deki konumsal değerlerdir. Bu kapsamda enterpolasyon yardımıyla konumsal olarak bilinen iki ya da daha fazla nokta arasında yer alabilecek ara değerler belirlenmektedir. Enterpolasyon için her ne kadar en az iki nokta gerekli olsa da,

noktaların sayılarının artması, bu kapsamda gerçekleştirilecek analizin hassasiyetini ve doğruluğunu da yükseltecek bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır.

Verilerin interpolasyon yoluyla analizinde genellikle iki yöntem uygulanmaktadır. Bunlar CBS’ de veri modellerinde olduğu gibi vektör ve raster interpolasyonlarıdır. Nokta temelli interpolasyon da denilen vektör interpolasyonunda, en az iki nokta kullanılarak bulunmak istenen noktanın sayısal olarak değeri hesaplanmaktadır. Alan temelli interpolasyon olan raster interpolasyon da ise, nokta interpolasyon ile raster ve vektör verilerin oluşturduğu alanların birbirleri ile ilişkileri söz konusudur. Bu kapsamda gerçekleştirilen interpolasyonda genellikle natural neighbour interpolation (NNI), inverse distance weighted (IDW), kriging ve spline yöntemlerinden biri kullanılmaktadır. Bu interpolasyon tekniklerinden en çok tercih edilenlerden biri olan IDW nokta verilerinin ortalamalarını temel almaktadır. En çok kullanılan ve en optimum sonuçlar veren bir diğer interpolasyon tekniği ise noktaların ağırlıklarının ortalamalarının istatistiksel olarak hesaplandığı yöntem olan kriging tekniğidir (Turoğlu 2016).

1.2.3. Kriging

Yerel interpolasyon yöntemlerinden olan kriging, mekânsal interpolasyon için jeostatistiksel bir yöntemdir. Kriging yöntemi tahmin hataları ile tahmin kalitesini değerlendirebildiği için bu özelliği ile diğer yöntemlerden ayrılmaktadır. Kriging, bir özniteliğin mekânsal değişkenliğinin tamamen ya da rastgele belirleyici olmadığını varsaymaktadır. Bu kapsamda kullanılan üç bileşenin yorumlanması mekânsal interpolasyonda farklı yöntemlerin oluşumuna neden olmuştur (Chang 2006).

Farklı mekânsal değişkenliklerde ve değişik amaçlarda kullanılan kriging metotları geliştirilmiştir. Değişkenin tek bir noktada değerinin tahmininde Ordinary ve Simple Kriging, belirli bir bölgesel alana ait değerlerin tahmin edilmesinde Block Kriging, verilerin lognormal dağılım gösteriminde Disjunctive Kriging, verilerde bir trend olduğunda Universal Kriging, belirli bir sınır değerler olduğunda Indicator Kriging, verilerin olasılıklarına göre Probability Kriging metotları kullanılmaktadır (Akbaş 2004; Yetgin 2004).

1.2.4. Variogram ve yarıvariogram

Jeoistatistiksel analizlerde değişkenler arasındaki bölgeselleşmiş ilişki variogram ile tahmin edilebilmektedir. Variogram ile değişkenlerin özellikleri belirlenebilmekte ve bulunması istenen noktaların değerleri hesaplanırken bu özellikler kullanılmaktadır. Variogram eşitliği 1.1’de görüldüğü gibidir (Konuk 2016).

$$2\gamma(h) = \frac{1}{n} \sum [z(x) - z(x + h)]^2 \quad (1.1)$$

Variogramın yarısına yarıvariogram denir ve eşitliği 1.2’de görüldüğü gibidir. Kriging, mekânsal otokorelasyonu ölçmek için yarıvariogramı kullanır ve mekânsal otokorelasyonun ölçüsü olarak semivaryogram bu kapsamda Moran’s I ve G istatistik değerleri ile örtüşmektedir (Chang 2006). Yarıvariogram ölçülen noktaların mekânsal otokorelasyonunu ifade etmektedir.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} N(h) \sum [z(x) - z(x+h)]^2 \quad (1.2)$$

1.2.5. Ordinary kriging

Altmışlı yılların başında Matheron tarafından geliştirilen, sabit bir modelle uyumlu, sadece variogramı içeren ve en çok kullanılan kriging yöntemidir. Kısaca, tahmin yerinin çevresindeki verileri kullanarak bir variogramın bulunduğu bir bölgedeki bir değeri tahmin etmek amacıyla kullanılır ve eşitliği 1.3'e göre hesaplanmaktadır (Wackernagel 1995).

$$z_x = \sum_{i=1}^s z_x W_x \quad (1.3)$$

1.2.6. Ortak kriging (Co-kriging)

Ortak kriging, mekânsal olarak ilişkili iki değişkene ait veriler kullanılarak değişkenlerden birinin mekânsal yapısının tahmin edilmesidir. Herhangi bir özelliğin mekânsal dağılımı benzer diğer mekânsal özellikler ile çok yakın ilişkili olabilmektedir. Ortak kriging genellikle ölçümü zor ve pahalı olan özelliklerin değer tahminlerinde kullanılmaktadır (Vieria vd. 1981; Trangmar vd. 1986; Isaaks ve Srivastava 1989; Mulla and McBratney 2001).

Ortak kriging tekniğinde, her iki özelliğin yarıvariogram modellerine ve bu özellikler arasındaki mekânsal bağımlılığı ifade eden çapraz yarıvariogram modeli kullanılmaktadır. Çapraz-yarıvariogram aşağıdaki eşitlik 1.4' e göre hesaplanmaktadır.

$$\gamma_{12} = \frac{1}{2} N(h) \sum [Z_{1X} - Z_{1X+h}] [Z_{2X} - Z_{2X+h}] \quad (1.4)$$

Eşitlik 1.4' de;

- γ_{12} : çapraz yarıvariogram,
- $N(h)$: h ayırma mesafesindeki çift sayısı
- h : x ile x+h arasındaki ayırma mesafesi (lag),
- Z_{1X} ve Z_{1X+h} : birinci özelliğin x ve x+h bölgesindeki ölçüm değerleri,
- Z_{2X} ve Z_{2X+h} : ikinci özelliğin x ve x+h bölgelerindeki ölçüm değerini belirtmektedir.

Ortak krigingde, her iki özelliğe ait ağırlık parametresini kullanarak seyrek örneklenmiş özelliğin örnek alınmamış noktadaki değerleri de aşağıda verilen 1.5' teki eşitlikle tahmin edilmektedir.

$$Z_{1(0)} = \sum Z_{1X} x W_{1X} + \sum Z_{2Y} x W_{2Y} \quad (1.5)$$

Eşitlik 1.5' de;

- $Z_{1(0)}$: birinci değişkene ait tahmin edilen değer,
- Z_{1X} : birinci değişkenin x bölgesindeki değeri,
- W_{1X} : birinci değişkenin x bölgesindeki ağırlığı,
- Z_{2Y} : ikinci değişkenin x bölgesindeki değeri,
- W_{2Y} : ikinci değişkenin x bölgesindeki ağırlığıdır.

1.2.7. Yarıvariogram modeli uygunluk testi (cross validation)

Belirlenen teorik yarıvariogramın çalışma alanını temsil etme niteliği çapraz doğrulama (jack-knifing) olarak da bilinen yöntemle (Deutsch vd. 1992) yapılmaktadır. Teknikte, bir konumdaki değer, veri setinden geçici olarak çıkarılmakta ve geriye kalan diğer değerler kullanılarak çıkartılan bu konum için tahmin yapılmaktadır. Bu işlem aynı şekilde geride kalan tüm örnekler için tekrarlanır (Isaaks and Srivastava 1989).

Bu uygunluk testinde, tahmin haritalarının değerlendirmesinde testte hesaplanan ME (Mean Error)-ortalama hata, RMSE (Root Mean Square Error)- kök ortalama kareler hatası, ASE (Average Standard Error)-standart hata ortalaması, MSE (Mean Standardized Error)-ortalama standart hata, RMSSE (Root Mean Square Standardized Error)-kök ortalama kareler standart hata ile performans sonuç değerlerine bakılmaktadır.

2. KAYNAK TARAMASI

Doğal kaynak yönetiminde ve özellikle tarımsal uygulamalarda CBS teknolojisinin ayrı bir önemi bulunmaktadır. Nitekim hemen hemen tüm tarımsal verilerin uzamsal bir bileşeni bulunmakta ve CBS yorumlanması zor olabilecek bu bilgileri görselleştirmeye imkân tanımaktadır. Son yıllarda teknolojiye kaydedilen ilerlemeler tarımsal faaliyetler süresince mekânsal verilerin toplanması, yönetimi ve analizi için ihtiyaç ve fırsatları artırdığından CBS' nin tarım sektörüne sağladığı katkı sürekli artarak devam etmektedir (Pierce ve Clay 2007).

İnalpulat ve Genç (2014) tarafından hidrolojik yapı ve potansiyel sulanabilir tarım alanlarının UA ve CBS yardımıyla belirlenmesi amacıyla bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Yürütülen bu çalışma kapsamında sayısal yüzey modeli elde edilmiş ve hidrolojik analizler ArcGIS yazılımında yer alan ArcHydro aracı ile yapılmıştır. Akım yönleri, akım birikimleri, havza hücreleri, havza poligonları, drenaj yolları ve drenaj noktaları belirlenmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında Landsat 5 TM uydu görüntüsünden arazi kullanımı ve arazi örtüsü haritası oluşturulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre alanda 206 havza olduğu, bu havzalar arasından suyun 47 havza üzerinde, 27 doğal veya insan yapımı su toplama biriminde toplandığı tespit edilmiştir. Araştırmacılar suyun bu birimlerden 136 havzaya iletilebildiğini, arazi kullanım kapasitesi değeri 1-3 ve eğim değerleri % 0-8 arasında değişen tarımsal alanların çalışmada potansiyel sulanabilir alanlar olarak tanımlanabileceğini belirtmişlerdir.

Asfawa vd. (2018) UA ve CBS teknolojileri toprak tuzluluk modellemesi ve haritalaması çalışmasını yapmışlardır. Çalışma kapsamında Landsat uydu görüntüsünün bantlarından farklı spektral indeksler hesaplanmıştır. Yürütülen bu çalışma, elektriksel iletkenliğin alansal ölçümü ile spektral indeksler arasındaki istatistiksel korelasyon, tuzluluk indeksinin EC ile en yüksek korelasyona sahip olduğunu göstermiştir. Araştırma sonuçları UA verilerinin CBS ile birlikte sulama alanlarındaki toprak tuzluluk değişimlerini modellemek ve haritalamak için etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Shit vd. (2016) CBS tabanlı jeoistatistiksel modeller kullanarak toprak özelliklerinin mekânsal analizini gerçekleştirmişlerdir. Yürütülen çalışma kapsamında alandan rastgele örneklemeyle 32 toprak örneği alınarak pH, toprak iletkenliği, fosfor, potasyum ve organik karbonun toprak özellikleri standart analitik yöntemler kullanılarak tahmin edilmiştir. Toprak özelliklerinin doğrudan görselleştirilmesi için ordinary kriging enterpolasyonu kullanılmıştır. Araştırmacılar, altı toprak özelliği için yarıvariogramların üssel eğriye uygun olduğunu ve karekök ortalama hata değerinin sifıra yakın olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca yürütülen çalışma kapsamında ordinary kriging enterpolasyonunun toprak özelliklerinin mekânsal dağılımını doğrudan ortaya koyabildiği ve bu örnek mesafesinin enterpolasyon için yeterli olduğu tespit edilmiştir.

Yetgin (2004) tarafından toprağın fiziksel özelliklerinin uzaysal değişkenliğinin jeoistatistiksel yöntemlerle belirlenmesi amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Bu maksatla 0-30 cm toprak derinliğinden alınan örneklerin kil, silt, kum içerikleri, doymuş hidrolik iletkenlik, hacim ağırlığı, gözeneklilik, tarla kapasitesi su içeriği, solma noktası su içeriği, bitkiye yarayışlı su içeriği, CaCO₃, pH, organik madde ve EC ölçümleri laboratuvarında

gerçekleştirilmiştir. Alınan her bir sonuç için istatistik tanımlanmıştır. Bu kapsamda ilk olarak yarivariogramlar oluşturulmuş daha sonra deneysel yarivariogramları temsil edecek teorik yarivariogramlar belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre, değişkenliği yüksek olan toprak özellikleri, % 42 ile CaCO_3 ve % 60 ile hidrolik iletkenlik en düşük ise % 1 ile pH olarak tespit edilmiştir. Toprak özelliklerinin ölçülmüş değerlerinden krigleme ile elde edilen değerlere ait yüzey harita sonuçları ile çapraz değerlendirme sonuçları kriglemenin çalışma alanındaki toprak özelliklerinin enterpolasyonu için güvenle kullanılabileceğini göstermiştir.

Yetgin (2011) tarafından yürütülen bir başka çalışmada, Serik ovasında (Antalya) nitrat yıkanma göstergelerinin uzaysal değişkenliğini belirlemek amacıyla 250 jeoreferanslı noktadan toprak ve eş zamanlı taban suyu örneği alınmıştır. Bu çalışma kapsamında jeostatistiksel modelleme ile oluşturulan yarivariogram parametreleri kullanılarak kriging haritaları elde edilmiştir. Araştırmacı bu çalışma sonuçlarına göre, aküferlerin nitratla kirlenme riskinin Serik ovası için risk oluşturduğunu tespit etmiştir.

Aras (2010) Aksu ovası taban suyu derinlik ve tuzluluk haritalarının CBS kullanılarak hazırlanması ve değerlendirilmesi çalışmasında, Antalya Devlet Su İşleri XIII. Bölge Müdürlüğü tarafından açılmış olan 107 adet taban suyu gözlem kuyusunu kullanmıştır. Yürütülen çalışma kapsamında, 2008 yılı boyunca aylık taban suyu seviye ölçümü yapılarak, sulamanın en yoğun olduğu Ağustos ayında da taban suyu tuzluluğunun belirlenmesi amacıyla elektriksel iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Çalışma sonucunda elde edilen taban suyu eş tuzluluk haritası sonucuna göre, sulamanın en yoğun olduğu Ağustos ayında, araştırma sahasının neredeyse tamamında taban suyu elektriksel iletkenlik değerinin 0-750 $\mu\text{mhos/cm}$ değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacı tarafından çalışma sonuçlarına göre, 2008 yılında yağışın kış döneminde yüksek olması ve makineli çalışmaların yoğun şekilde devam etmesi tuzluluk oranının düşük olmasına neden olduğu, tuzluluk sorununun tamamen ortadan kaldırılması, devamlılığının sağlanabilmesi için taban suyu derinlik ve tuzluluk değerlerinin gözlenmesine özenle devam edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Yalçın (2012) tarafından Amik ovasında tuzlulukla ilgili toprak özelliklerinin yersel ve zamansal değişiminin jeostatistik yöntemlerle araştırılması amacıyla 130 noktadan üç farklı zamanda ve üç farklı derinlikten alınan toprak örneklerinde tuzlulukla ilgili parametreler belirlenmiştir. Daha sonra bu veriler normal istatistik yöntemler ve jeostatistik yöntemler, kriging tekniği kullanılarak değerlendirilmiştir. Yürütülen bu çalışmada elde edilen bulgulara göre, tanımlayıcı istatistik analizler, her üç dönemde de en yüksek standart sapma ve ortalama değerlerin EC ve TDS parametresinde, en düşük standart sapma ve ortalamanın ise toplam tuz içeriğinde olduğunu göstermiştir. Diğer taraftan variogram analizleri, çalışma alanında her üç dönemde de incelenen toprak özelliklerinin isotropik bir değişime sahip olduğunu göstermiştir. Üç dönemde de alınan toprakların tuzlulukla ilgili parametrelerinin büyük bir kısmı normal dağılım göstermemiştir. Normal dağılım göstermeyen veri setlerine logaritmik veya karekök dönüşümü uygulanmıştır. Küresel ve üssel modellerin mesafeye bağlı değişimleri en az hata ile haritalanmasına izin veren modeller olduğu belirlenmiştir. Araştırmacıya göre sonuç olarak, tüm veriler bir arada değerlendirildiğinde, tuz içeriğinin 0-30 cm'den yıkanıp, 30-60 ve 60-90 cm derinlikte biriktiği ve bu durumun ovadaki yağış ve sulama sularının tuzları tamamen yıkamaya yetmediğini göstermiştir.

Miha'likova vd. (2015) tarafından yürütülen çalışmada, temel toprak hidrolik özelliklerinin tahminlerini farklı enterpolasyonlu jeostatistik modeller ve pedotransfer fonksiyonu kullanarak tahmin etmek ve değerlendirmesi amaçlanmıştır. Araştırmacılar tarafından bu çalışmada, 84 toprak örneğinde belirlenen toprak derinliği, bünye, organik madde, pH, elektrik iletkenliği, doygunluk derecesi, alan kapasitesi ve sürekli solma noktası verileri ve IDW, ordinary kriging ve cokriging olmak üzere üç enterpolasyon modeli kullanılmıştır.

Çetin vd. (2001) tarafından toprak ve taban suyuna ilişkin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerin yersel değişimlerinin jeostatistik yöntemlerle araştırılması gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar çalışmalarında, incelenen değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistiklerin yorumlanması, uygun olasılık dağılım fonksiyonlarının belirlenmesi, aykırı değerlerin saptanması, uzaysal bağımlılık yapılarının modellenmesi ve belirlenen yılları arasında meydana gelen değişimlerin haritalanarak alansal yayılım ve şiddetlerinin ortaya konulmasını amaçlamışlardır. Çalışma Aşağı Seyhan Ovasında yürütülmüş ve taban suyu tablası altındaki katmanların hidrolik iletkenliği, taban suyu derinliği, taban suyunun elektriksel iletkenliği, sodyum konsantrasyonu, sodyum adsorpsiyon oranı ve değişebilir sodyum yüzdesi gözlem değerleri kullanılmıştır.

Jiang vd. (2013) Huaihe nehri havzasındaki yeraltı suyu kalitesinin mekânsal dağılımının analizi belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu kapsamda, pH, tuzluluk, toplam sertlik, amonyak azotu, uçucu fenol, COD^{Mn} , SO_4^{2-} , Cl^- , F^- , nitrat azotu ve nitrit azotu gibi bazı yeraltı suyu özelliklerinin mekânsal dağılımını tahmin etmek için ordinary kriging tekniği kullanılmıştır. Yürütülen bu çalışmada, Huaihe nehri havzasında bulunan 45 kuyudan örnekleme verileri toplanarak istatistiksel analizler yapılmıştır. Araştırmacılar tarafından verilerin istatistiksel analizinden sonra, deneysel variograma uygun model ve enterpolasyon için en iyi yöntemi seçmek üzere çapraz doğrulama göstergeleri ve ek model parametreleri kullanılmıştır. Çalışma sonuçları ordinary kriging yöntemlerinin yer altı suyu kalitesinin mekânsal enterpolasyonuna uygun olduğunu göstermiştir.

Özçakal (2008) Gümüldür yöresi yeraltı sularına ait bazı sulama suyu kalite parametrelerinin jeostatistiksel analizi çalışmasında, 34 sulama kuyusundan üç yıl süreyle üç farklı ayda yer altı suyu kalite parametrelerinden EC, Na, Cl için jeostatistiksel yöntemlerden krigleme ile tahmin haritaları elde etmiştir. Krigleme işlemi kapsamında deneysel yarıvariogram, teorik yarıvariogram ve parametreler belirlenmiştir. Çalışmanın jeostatistiksel analiz sonuçlarına göre, tüm su kalite parametreleri için kontrolsüz etki içeren küresel modelin en uygun model olduğu ve ilgili parametrelerin çalışma alanı içerisinde benzer mekânsal değişkenlik tavrı gösterdikleri belirlenmiştir.

Singaraja (2015) tarafından Hindistan'da yeraltı suyunun hidrokimyası üzerine ayrıntılı bir CBS temelli çalışma gerçekleştirilmiştir. Yürütülen çalışma, tarımsal faaliyetin yoğun olduğu bu bölgede sulama amaçlı kullanılan yeraltı suyunun kalitesini ve uygunluğunu değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Araştırmacı tarafından çalışma alanına yayılmış yüz yeraltı suyu örneği toplanmış ve mekânsal dağılım haritaları oluşturmak için ordinary kriging yöntemini kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, elektriksel iletkenlik, sodyum yüzdesi, sodyum adsorpsiyon oranı, artık

sodyum karbonat, magnezyum tehlikesi ve Kelly oranının mekânsal dağılımı çalışma alanının doğu kısmının sulama amaçlı uygun olmadığını göstermiştir.

Nas ve Berktaş (2010) yer altı suyu kalitesi, pH, elektriksel iletkenlik Cl gibi yeraltı suyu kalitesi parametrelerinin uzaysal dağılımını belirlemek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada alandaki kuyulardan 177'sinden numune almışlardır. Araştırmacılar yeraltı suyu kalite parametrelerinin mekânsal dağılımını elde etmek için ordinary kriging enterpolasyon tekniğini kullanarak dağılım haritalarının çıkarımlarını yapmışlardır.

Narany vd. (2015) jeostatistiksel teknikler kullanarak yeraltı suyu sulama kalitesinin haritalanması amacıyla 154 kuyudan yeraltı suyu örnekleri toplanmışlardır. Çalışma kapsamında, su kalitesi için gösterge olarak sodyum yüzdesi, sodyum adsorpsiyon oranı, artık sodyum karbonat, magnezyum tehlikesi ve Kelly oranları kullanılmıştır. Araştırmacılar, mekânsal dağılım haritaları oluşturmak için ordinary kriging yöntemini tercih etmişlerdir. Çalışma sonuçları, tuzluluk tehlikesi, sodyum adsorpsiyon oranı ve sodyum yüzdesi tematik haritaları batı ve güney bölgelerinden ovaların doğusuna ve kuzey-doğusuna kadar artan bir konsantrasyon eğilimi olduğunu göstermiştir. Ayrıca araştırmacılar tarafından yürütülen bu çalışmadan elde edilen haritalara göre, yeraltı suyu kalitesinin batıdan ve güneyden kuzeydoğu tarafına doğru kademeli olarak azaldığı belirlenirken su kalitesi parametrelerinin mevsimsel değişimlerinde önemli bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir.

Hooshmand vd. (2011) yeraltı suyu kalite parametrelerinin mekânsal tahmininde kriging ve cokriging yöntemlerini uygulamışlardır. Boukan bölgesinde gerçekleştirilen çalışmada, klorit içeriği, yeraltı suyunun sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve sulama suyu tuzluluğu (EC_w) belirlenmiştir. Yürütülen çalışma sonucunda, hem SAR hem de Cl parametrelerinin tahmini için, cokriging yönteminin kriging yönteminden daha doğru olduğu tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanı

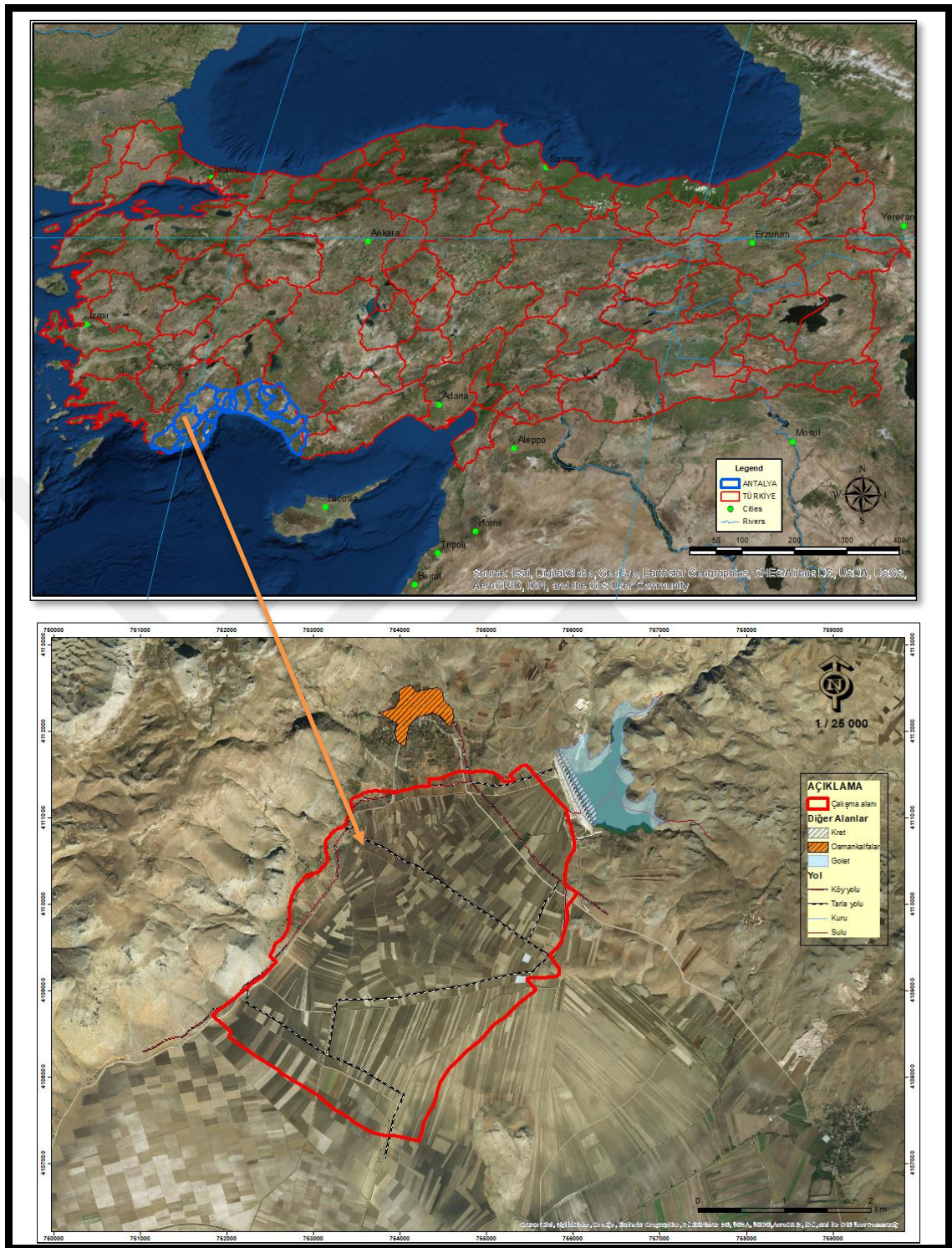
Bu çalışma, Antalya ili Korkuteli ilçesi sınırları içerisinde bulunan Osmankalfalar köyü, Osmankalfalar Göleti Sulama Sahası arazisinde yürütülmüş olup $37^{\circ}6'41.69''K$ ve $37^{\circ}4'32.53''K$ kuzey enlemleri ile $29^{\circ}51'6.45''D$ ve $29^{\circ}51'32.93''D$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Toplam 1074 ha alana sahiptir (Şekil 3.1).

Çalışmanın yürütüldüğü Korkuteli ilçesi, Antalya'nın kuzeybatısında ve 60 km. uzaklıkta yer almaktadır. Korkuteli ilçesinin yüzölçümü alanı 2471 km^2 'dir. Doğusunda Döşemealtı merkez ilçesi, güney doğusunda Kumluca ilçesi, güneyinde Elmalı ilçeleri ile güney batıda Muğla, batı ve kuzeyde de Burdur illeriyle çevrilidir. Korkuteli ilçesinin batısında birbirine paralel uzanan Akdağ ve Elmalı Dağı, doğusunda ise Beydağlarının kuzey uzantıları olan engebeli arazileri yer almaktadır (Anonim 1 2019).

Korkuteli ilçesinin TUIK 2018 yılı verilerine göre toplam nüfusu 55712'dir. İlçede ilkbahar yaz aylarında şehirden kırsal alana (yaylalara), sonbahar aylarında da kırsal alandan şehir merkezlerine geçici göçler yoğun olarak görülmektedir. İlçenin ekonomik olarak kalkınması 1960 yılından sonra başlayan meyvecilik ve makineli tarım ile birlikte ilçede son yıllarda sulama barajları ve göletlerin yapılması ile sulu tarım alanların artması sonucu hızlanmıştır. Bu gelişmelere paralel olarak da ilçe merkezi, kasaba ve köylerin de modern konutlaşma kendini göstermeye başlamıştır. Antalya ilindeki yoğun olan turistik hareketlilik yaz aylarında yazlıkçılar olarak ilçede yoğun olarak görülmektedir. Halkın genellikle uğraşı alanı tarım, meyvecilik, hayvancılık ve arıcılık ile orman işçiliğidir. Bölgede son yıllarda yaygınlaşan kültür mantarı üretimi de ilçe ekonomisine büyük katkılar sağlamaktadır. İlçede çok hızlı gelişen bu sektör ülke genelinde büyük bir paya sahiptir. İlçede üretilen kültür mantarı miktarı Türkiye'nin %70'i gibi büyük bir oranına sahiptir. Bu üretimin temel kaynağı çoğunlukla ev altı işletmeleri olduğu için, ailelerin ekonomiye katkısı büyüktür.

İlçede üretilen tarımsal ürünlerin önemlileri elma, armut, üzüm, buğday, arpa, fasulye, ayçiçeği, nohut, yulaf, şeker pancarıdır. İlçenin doğu kesimindeki Güllük Dağı Milli Parkı zengin doğal ve tarihsel değerleriyle önemli bir gezi ve tatil alanıdır. Düzlerçamı ormanlarında Alageyik ve Turaç üretme istasyonları vardır.

Korkuteli İlçesinin 101465 ha tarım alanı, 5800 ha mera ve çayır, 100337 ha orman ve fundalık alanlar, 351 ha su yüzeyleri, 145835 ha tarım dışı alanlar ve meskun sahalar oluşturmaktadır. Tarım alanlarının 1166 ha alanı orman sahası içerisinde yer almaktadır (Anonim 2 2019).



Şekil 3.1. Çalışma alanı

3.2. Çalışma Alanı Genel Özellikleri

3.2.1. İklim

Çalışma alanının ve çevresinde genelde Akdeniz ikliminin karasal iklimle geçiş gösterdiği karasal iklim özellikleri görülmekte olup, kışları ılık ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kuraktır. Çalışma sahasının ortalama yıllık yağış değeri 384.7 mm olup, yıllık buharlaşma değeri 1168.4 mm’ dir. Ortalama yıllık sıcaklık 12, 5 °C’dir. Çalışma alanının bulunduğu bölgede özellikle yaz aylarındaki yağışların 15–20 kat üzerinde buharlaşma oluşmakta ve bu iklimsel özellik bitkilerin yetiştiriciliğinde sulamayı zorunlu kılmaktadır.

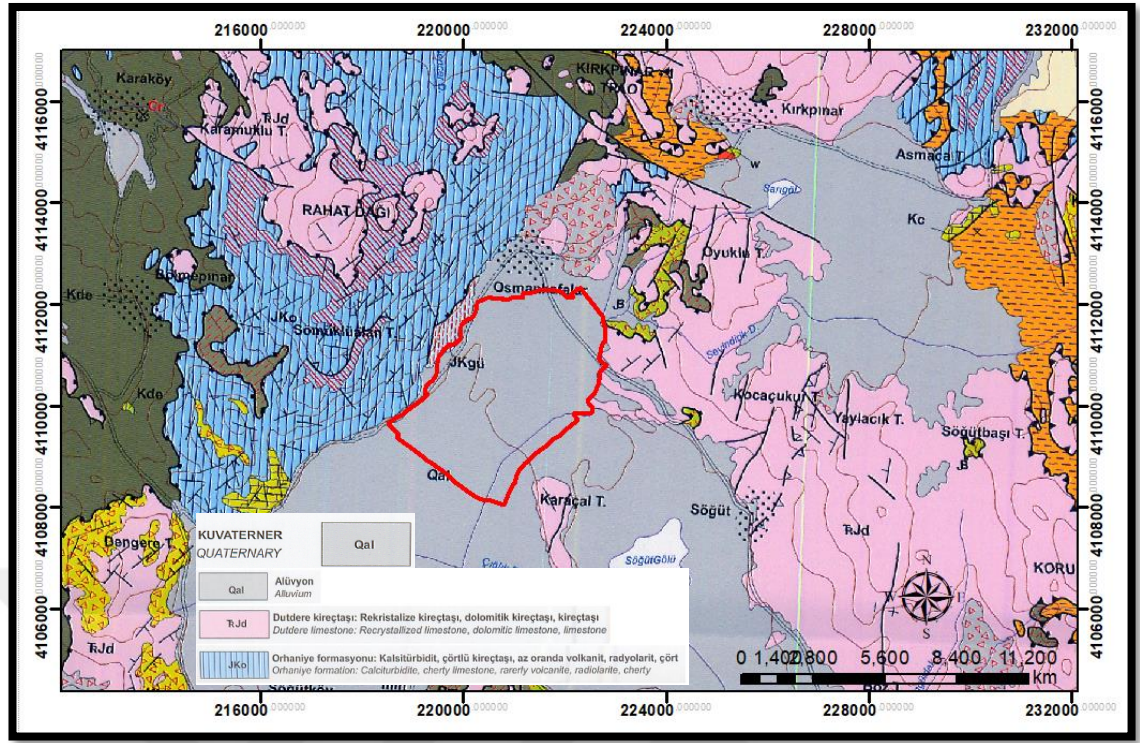
Çalışma alanı için Antalya Meteoroloji 4. Bölge Müdürlüğü’nden temin edilen ortalama iklim verileri Çizelge 3.1’ de verilmiştir. Çalışma alanında aylık 50 mm’ nin üzerindeki yağışlar Ocak ve Aralık aylarında düşmektedir. Buharlaşma ve sıcaklık değerleri Korkuteli ilçesine ait olup, yağış değerleri ise çalışma alanına en yakın olan Kızılcadağ meteorolojik istasyon verilerinden alınmıştır (Anonim 3 2019).

Çizelge 3.1. Ortalama iklim verileri

İklim Verileri	AYLAR												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Yağış (mm)	56.0	46.3	35.0	43.0	32.1	23.9	13.5	12.2	11.5	24.3	29.4	57.8	384.7
Sıcaklık (C)	2.5	3.3	6.5	10.6	15.7	20.6	23.7	23.2	19.0	13.5	7.6	3.9	12.5
Buharlaşma (mm)	-	-	-	93.4	146.0	203.3	246.1	225.8	158.0	95.8	-	-	1168.4
Nispi nem (%)	66.60	66.80	64.60	61.10	59.20	53.50	51.40	51.30	51.70	56.40	63.00	62.20	59.32

3.2.2. Jeoloji

Çalışma alanının ve çevresinin genel jeolojik yapısı, Mezozoik Triyas Jura yaşlı Dutdere Kireçtaşı Formasyonu, Jura-Kretase yaşlı Orhaniye Formasyonu, Kretase yaşlı Kızılcadağ Melanj ve Olistostromu; Senozoik-Tersiyer yaşlı Mamatlar Formasyonu Varsak yayla Formasyonu ile Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozundan oluşan yüzlek birikintileri içermektedir (Anonim 4 2019). Şekil 3.2 ’de alana ait jeolojik formasyonlar verilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışma alanı ve çevresi jeoloji haritası

3.2.3. Toprak yapısı

3.2.3.1. Toprak oluşumu

Çalışma alanı sahası taban arazi özelliğinde ve eski bir göl yatağıdır. Çalışma sahasındaki ova toprakları çevredeki derelerin bu havzaya getirmiş oldukları sedimentlerden oluşan alüvyal ağırlıklı topraklardan meydana gelmiştir.

3.2.3.2. Fiziksel özellikler

DSİ tarafından çalışma sahasında yapılan detaylı toprak etüt çalışmaları ve analiz sonuçlarına göre, çalışma sahası topraklarının üst toprak bünyesi ağırdan hafife kadar değişmekte olup, alt toprak bünyesi ağır ve orta özellikte olduğu belirlenmiştir.

Çalışma sahası topraklarının bünye dağılımı, 882 ha alanda (genel alanın % 82.11'i) üst ve alt toprak bünyesi ağır (h/h), 66 ha alanda (genel alanın % 6.15'i) üst bünye orta, alt bünyesi ağır (m/h), 50 ha alanda (genel alanın % 4.66'sı) üst bünye hafif, alt bünyesi ağır (L/h), 76 ha alanda (genel alanın % 7.08'i) üst bünye hafif, alt bünyesi orta (L/m) yapıya sahip olup, sulanamaz (6. sınıf) özellikte arazi bulunmamaktadır. Çalışma sahası toprakların bünye dağılımı Çizelge 3.2' de verilmiştir (Anonim 4 2019).

Proje alanında tüm sahanın profil derinliği 150 cm' den daha fazladır. Etüt sahası topraklarında kahverengi ve açık kahverenginin tonları hâkimdir. Toprakların strüktürü üst profillerde granüler, alt profillerde blok yapıdadır.

Bozulmuş toprak örneklerinde yapılan hidrolik geçirgenlik testlerine göre, 524 ha alanda geçirgenlik 0.50 cm/h fazla, 550 ha alanda 0.50 cm/h daha az geçirgenliğe sahiptir. Düşük geçirgenlik gösteren alanların dağılımı ise, 143 ha alanda geçirgenlik 0.39 cm/h (hp2), 407 ha alanda geçirgenlik 0.00-0.26 cm/h (hp3) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.2. Çalışma alanı toprakları bünye sınıf ve dağılımı

Bünye	ha	%
h/h	882	82.11
m/h	66	6.15
L/h	50	4.66
L/m	76	7.08
6. Sınıf	-	0.00
Toplam	1074	100.00

Belirli bir toprak derinliğindeki iki toprak nemi arasında (tarla kapasitesi ile solma noktası arasında) tutulan su miktarı “ toplam kullanılabilir nem (TAM)” olarak, bu nem miktarının bitkide strese neden olmadan kullanılabilecek olan ve tarla kapasitesi ile kritik seviye arasında tutulan su miktarına karşılık gelen bölümüne ise “ izin verilen tüketim (RAM) olarak adlandırılır (Anonim 5 2019).

Çalışma alanı etüt sahası topraklarının su tutma kapasitesi-toplam kullanılabilir nem (TAM) ağır bünyeli topraklarda 6.57 cm, orta bünyeli topraklarda 4.98 cm ve hafif bünyeli topraklarda 3.88 cm’ dir. Sulama sahası için ortalama kök derinliğinin ihtiyacı olan mm su değeri için yapılan RAM hesaplamasında 67 mm/ ortalama kök derinliği olarak bulunmuştur (Anonim 4 2019).

Projeli koşullarda bitki su gereksinimleri dikkate alınarak, her sulamada verilecek su miktarı ve sulama aralığının tespiti amacıyla, etüt alanının değişik konumlarından her bünye grubunu temsil edecek şekilde alınan toprak örneklerinde, faydalı su tutma kapasitesi izin verilen tüketim (RAM) analizleri yaptırılmıştır. Çalışma sahasındaki bu topraklar için RAM hesaplaması Çizelge 3.3’ de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Çalışma alanı toprakları RAM hesaplaması

Bünye	Derinlik (cm)	Alan (ha)	Oran (%)	Kritik zon RAM değeri	Çarpım (cm) (oran% x kritik zone RAM)
h	120	882	82.11	6.57	5.3946
m	120	66	6.15	4.98	0.3057
L	120	126	11.74	3.88	0.4555
Toplam		1074	100.00		6.1558

Bu RAM değerlerine bağlı, ortalama kök derinliğinin ihtiyacı olan mm su değeri ise $6.1558 \times 0.70 / 0.40 = 10.77 \text{ cm} = 108 \text{ mm}$ ortalama kök derinliği olarak bulunmuştur.

3.2.3.3. Kimyasal özellikler

Çalışma sahasındaki toprakların çamur pH' ları 7.90-9.25 1/5'lik sulu çözeltideki pH'ları ise 8.44-9.75 arasında değişmekte olup, bitkilerin yetişmesinde toprak içerisindeki bitki besin maddelerinin çözünürlüğü ve bitki tarafından alınabilmesi için bitkilere göre değişiklik göstermek üzere optimum uygun pH aralığı 5.5-8.5 arasında değişmektedir. Buna göre elde çalışma alanındaki toprakların çamur pH değerleri genelde ortalama 8.5 seviyelerinde ve bazı toprak derinlik profillerinde 8.5 üzerinde olduğundan uygun ortam oluşturmamaktadır. Topraklar kireç içerikleri bakımından zayıf, organik maddece orta düzeydedir (Anonim 4 2019).

3.2.4. Mevcut durumda arazi sınıflandırması

Çalışma alanının da bulunduğu Söğüt Ovasında 9394 ha alanda planlama kademesinde DSİ XVIII. Bölge Müdürlüğü tarafından 1973 yılında arazi sınıflama çalışması yapılmış ve bu rapora çalışma alanı olan Osmankalfalar göleti sulama sahası da dahil edilmiştir.

Çalışma alanında, DSİ 13. Bölge Müdürlüğü tarafından drenaj etütleri yapılmasına karşılık, elde edilen bilgiler değerlendirilerek revize planlama düzeyinde arazi sınıflandırma bilgileri çıkarılmıştır. Çalışma alanı sulama sahasının arazi sınıflama değerlerinin dağılımları 76 ha alan 1 sınıf, 526 ha alan 2 sınıf ve 472 ha alan 3 sınıf olarak Çizelge 3.4 ' de verilmiştir. (Anonim 4 2019).

Çizelge 3.4. Mevcut durumda arazi sınıfları dağılımı

Sulanabilir alan					Geçici sulanamaz alan	Sulanamaz alan	Toplam
Sınıf	1	2	3	1+2+3	5	6	
Ha	76	526	472	1074	0	0	1074
%	7.08	48.98	43.94	100.00	0.0	0.00	100.00

3.2.5. Tarımsal kullanım

Çalışma alanında en önemli gelir kaynağı tarımdır. Mevcut koşullarda tarım arazilerinin %22'si nadasa bırakılmakta, %44'ü hububat alanı olarak kullanılmakta, %20'si üzerinde sebze, %12'si üzerinde anason yetiştiriciliği ile %2' si üzerinde sera yapıları içerisinde örtü altı yetiştiriciliği yapılmaktadır. Çalışma alanı içerisinde planlanan proje sonucunda ise mevcut bitki desenlerine yonca, meyve bahçesi, bostan ve patates bitkileri yetiştiriciliği planlanarak üretim deseninde değişiklik öngörülmüştür. DSİ' den alınan çalışma alanına ait mevcut bitki deseni ve çalışma alanında planlanan proje sonucunda öngörülen bitki deseni ve dağılım oranları Çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Mevcut ve planlanan bitki deseni

ÜRÜNLER	MEVCUT		PLANLANAN		Gelişme Süreci (gün/ay)
	Dağılım (%)	Verim (kg/da)	Dağılım (%)	Verim (kg/da)	
HUBUBAT	44	300	10	375	05.11-05-07
SEBZE	20	3500	23	4000	15.04-15.08
SERA	2	9500	6	11000	01.04-15.07
ANASON	12	100	13	135	15.03-10.08
YONCA			9	1800	01.04-15.10
MEYVE			16	2500	01.04-15.11
BOSTAN			11	2750	10.04-15.08
PATATES			12	2500	15.04-15.08
NADAS	22				
TOPLAM	100		100		

Yine DSİ'nden çalışma alanı için temin edilen, Penman yöntemine göre hazırlanmış potansiyel evapotranspirasyon değerleri Çizelge 3.6' da, Blaney Cridde yöntemine göre bitki su tüketimleri değerleri Çizelge 3.7' de verilmiştir (Anonim 4 2019).

Çizelge 3.6. Penman yöntemine göre potansiyel evapotranspirasyon değerleri(mm)
(Tarla Bitkileri)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Toplam
Potansiyel evapotranspirasyon	5	12	42	65	100	117	124	120	68	60	45	7	765

Çizelge 3.7. Blaney Criddle yöntemine göre bitki su tüketimi(mm)

Bitki türü ve oran	AYLAR												Yıllık toplam
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
HUBUBAT	11.88	13.92	26.53	67.97	122.18	99.22	5.67				17.62	14.24	244.38
SEBZE				10.36	57.48	108.28	127.33	37.30					340.75
ANASON			8.11	19.91	47.74	88.89	114.88	17.05					288.47
YONCA				51.60	90.82	136.66	174.15	166.59	111.11	39.21			801.73
MEYVE				37.12	78.39	129.28	163.66	133.13	67.29	26.24	11.59		640.32
BOSTAN				13.33	39.83	91.75	69.61	33.21					212.52
PATATES				13.69	51.98	115.89	153.65	74.12					479.72

3.2.6. Drenaj etmenleri

Çalışma sahasında özellikle ilkbahar aylarında taban suyu bitki kök bölgesinde kalarak arazinin işlenmesini geciktirmekte ve bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Arazi gözlemleri ve kuyu rasatları birlikte değerlendirildiğinde taban suyu mevsimsel yağışlarla birlikte gölet tabanından sulama sahasına ciddi bir sızmanın olduğu görülmektedir. Bu olumsuzluğu gidermek adına DSİ tarafından programlı ve programsız çok sayıda tahliye kanalı işletme sahasında açılmıştır.

Çalışma sahasında yapılan gözlemlerde, taban suyunu düşürmek amaçlı açılan tahliye kanalları parsellere ulaşmaları engellemiştir. Tahliye kanalları geçişlerine çözüm için büz ve menfezler kullanılmıştır. Bu büz ve menfezlerin tahliye kanallarına gömülmemesi için yapıların alt eşiklerine taş ve moloz konarak kanal eşikleri yükseltilmiştir. Bu uygulama açılmış olan tahliye kanallarının görevini tam yapamamasına neden olmaktadır. Birde buna tahliye kanallarının saz ve otlanmaları eklenmesi sonucu tahliye kanalları büyük oranda işlevini yapamaz hale gelmiş durumdadır (Anonim 4 2019).

3.3. Çalışmada Kullanılan Veriler

Çalışmada temel veri olarak, DSİ 13.Bölge Müdürlüğü tarafından 2015 yılı içerisinde açılmış olan taban suyu gözlem kuyularından alınan Çizelge 3.8’ de verilen taban suyu derinlik ölçüm verileri, 22.05.2015 tarihinde yani taban suyu gözlem kuyularının ölçümlerinin başladığı ilk tarihte her bir taban suyu gözlem kuyularından alınan örneklerle ait Çizelge 3.9’da verilen su örneklerinin analiz sonuçları verileri ile Çizelge 3.10’ da verilen 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm ve 90-150 cm derinliklerden alınan toprak numuneleri analizleri verileri, sayısal veriler (sulama kanalları, drenaj kanalları, kadastro parsel verileri vb) ile DEM (sayısal yükseklik) ve uydu görüntüleri verileri kullanılmıştır.

Çalışmada, ön işleme ve görüntü zenginleştirme aşamaları ile jeoistatistik analizlerinde Erdas 2011 ve ArcGIS 10.5 yazılımların ilgili modüllerinden, istatistiksel analizlerde SPSS programından yararlanılmıştır.

Çizelge 3.8. 2015 yılı taban suyu gözlem kuyuları derinlik ölçüm verileri

Kuyu No.	Kuyu der. (cm)	Zemin Kotu (m.)	22/05	02/06	17/06	24/06	02/07	09/07	15/07	23/07	30/07	06/08	14/08	20/08	27/08	03/09	18/09	01/10	09/10	17/11
1	290	1412.88	K*	K	K	266	264	257	258	260	259	250	251	252	246	246	254	257	260	260
2	300	1406.33	224	211	185	181	179	177	175	172	168	162	159	158	158	157	154	154	155	170
3	290	1410.20	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
4	300	1408.92	300	202	166	162	158	155	149	144	136	130	126	127	128	130	125	123	132	155
5	230	1408.41	98	82	67	73	73	75	72	73	69	60	62	65	67	68	71	71	70	72
6	250	1404.65	126	126	126	126	136	141	142	146	149	135	149	158	162	159	149	146	143	142
7	290	1405.57	80	79	74	71	72	70	72	75	74	80	87	90	73	74	73	62	68	61
8	300	1404.53	K	284	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
9	250	1400.39	111	120	110	110	126	119	128	130	130	126	124	125	130	127	129	122	122	119
10	260	1399.94	145	150	143	136	159	147	149	155	157	143	150	153	160	149	150	148	142	140
11	265	1400.24	88	98	90	83	93	92	97	107	100	100	101	109	112	111	110	111	107	107
12	300	1398.16	189	197	184	172	192	198	209	217	222	212	221	227	227	230	237	241	243	242
13	220	1398.16	122	128	124	121	129	134	139	144	139	133	135	140	139	138	142	135	127	126
14	180	1397.74	120	132	126	119	132	137	145	151	154	153	157	160	158	157	163	163	164	163
15	230	1396.64	102	113	98	94	94	100	102	109	114	109	96	100	105	110	110	108	107	110
16	290	1396.48	139	146	130	115	134	147	155	163	164	157	166	166	169	165	182	181	179	190
17	292	1396.02	94	113	92	90	106	125	119	108	118	140	124	127	131	137	153	157	154	155
18	200	1396.40	111	121	116	111	123	130	136	145	147	150	156	161	158	164	171	162	160	169
19	250	1401.52	85	86	81	77	77	82	83	82	79	73	72	73	73	70	69	66	69	70
20	280	1402.73	120	122	114	107	113	119	115	122	116	101	107	113	114	116	117	102	105	96

*K: Taban suyu gözlem kuyusunda kuyu derinliğinin altındaki su seviyesi “kuru” olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 3.9. Taban suyu gözlem kuyuları su örneklerinin analiz verileri

Kuyu No.	Kuyu der. (cm)	Zemin Kotu (m.)	EC(m S/m)2 5°C-(2)	pH(23 °C)-(1)	Na(m g/L) (9)	K(mg/L)-(9)	Ca (mg/L) -(9)	Mg(mg /L)-(9)	Cl(mg /L)-(8)	Sülfat _SO4 (mg/L) -(8)	Nitrat _NO3(mg/L) -(8)	Toplam Sertlik(Ca CO3)(mg/L) -(10)	Toplam Alkalinite (CaCO3) (mg/L)	Su Sınıfı
1	290	1412.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Kuru
2	300	1406.33	64.5	7.5	17.3	1.9	77.6	29.4	7.6	53.6	5.1	315.0	132.5	C2S2
3	290	1410.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Kuru
4	300	1408.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Kuru
5	230	1408.41	59.6	7.5	8.1	nd*	98.5	17.8	11.8	35.4	17.1	319.2	113.0	C2S1
6	250	1404.65	70.5	7.4	13.0	nd*	115.9	22.7	18.2	47.0	4.6	383.0	143.5	C2S1
7	290	1405.57	48.3	7.5	6.0	nd*	85.1	13.3	7.9	12.6	10.7	267.2	113.5	C2S1
8	300	1404.53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Kuru
9	250	1400.39	79.2	7.5	35.8	nd*	63.6	57.1	19.9	44.6	4.9	394.0	118.5	C3S1
10	260	1399.94	97.6	7.7	79.8	2.3	41.9	71.5	29.6	102.6	4.8	398.9	134.5	C3S1
11	265	1400.24	80.0	7.7	57.9	2.2	43.0	62.6	24.7	23.5	4.3	365.4	140.0	C3S1
12	300	1398.16	71.1	7.6	33.5	2.8	155.1	93.4	16.0	49.2	5.5	772.2	114.5	C2S1
13	220	1398.16	99.4	7.5	84.8	2.4	57.2	65.4	19.0	73.9	4.1	412.0	146.5	C3S1
14	180	1397.74	77.3	7.4	25.9	1.9	67.3	59.1	25.2	105.3	3.9	411.6	104.5	C3S1
15	230	1396.64	124.0	7.5	82.4	2.4	33.7	122.3	23.9	115.1	20.7	587.8	144.5	C3S1
16	290	1396.48	83.4	7.7	22.7	nd*	79.0	63.1	12.2	83.1	9.5	456.9	108.0	C3S1
17	292	1396.02	166.4	7.6	60.5	3.4	57.9	212.1	12.2	206.2	41.5	1018.0	111.5	C3S1
18	200	1396.40	105.4	7.5	32.9	1.7	41.5	120.8	7.9	80.7	13.5	601.1	127.5	C3S1
19	250	1401.52	79.0	7.5	21.1	5.6	75.6	57.8	24.6	31.9	4.5	426.5	107.5	C3S1
20	280	1402.73	87.0	7.7	91.4	5.0	34.6	58.1	22.6	46.1	5.6	325.5	102.5	C3S1

*nd: Ölçme cihazının tayin sınırından küçük olduğunu ifade eder.

Çizelge 3.10. Taban suyu gözlem kuyuları toprak örneklerinin analiz verileri

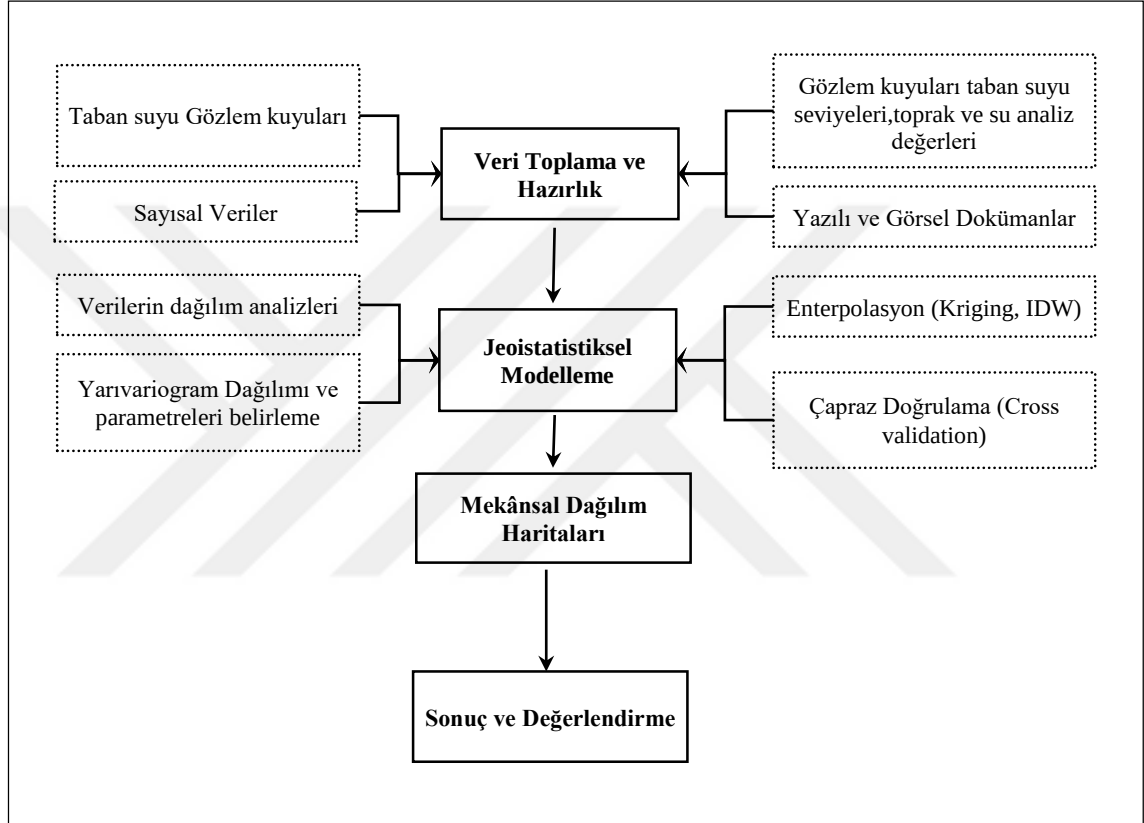
Kuyu No.	Kuyu der. (cm)	Zemin Kotu (m.)	Su İle Doygunluk (%)				Toplam Tuz(%)				pH Çamur				pH 1/5			
			0-30	30-60	60-90	90-150	0-30	30-60	60-90	90-150	0-30	30-60	60-90	90-150	0-30	30-60	60-90	90-150
1	290	1412.88	42	42	36	57	0.046	0.046	0.039	0.061	7.9	8.1	8.2	8.23	8.37	8.62	8.72	8.75
2	300	1406.33	40	46	48	53	0.048	0.047	0.05	0.05	8.15	8.07	8.05	8.24	8.68	8.62	8.57	8.72
3	290	1410.20	49	52	57	49	0.054	0.049	0.051	0.062	8.03	8.07	8.22	8.21	8.68	8.69	8.85	8.61
4	300	1408.92	59	55	52	48	0.073	0.073	0.053	0.06	8.22	8.17	8.05	8.02	8.77	8.68	8.67	8.44
5	230	1408.41	57	55	59	62	0.061	0.065	0.065	0.071	8.16	8.15	8.18	8.17	8.65	8.6	8.7	8.71
6	250	1404.65	70	79	77	86	0.073	0.069	0.088	0.091	8.18	8.35	8.21	8.28	8.68	8.8	8.63	8.8
7	290	1405.57	79	84	81	79	0.069	0.088	0.097	0.112	8.22	8.25	8.28	8.25	8.76	8.7	8.8	8.7
8	300	1404.53	51	53	60	55	0.057	0.071	0.059	0.079	8.23	8.04	8.21	8.14	8.73	8.65	8.9	8.8
9	250	1400.39	65	63	63	67	0.059	0.067	0.071	0.067	8.47	8.48	8.45	8.54	8.92	9.08	9.3	9.03
10	260	1399.94	58	60	69	84	0.077	0.056	0.083	0.083	8.25	8.41	8.31	8.42	8.8	8.92	9.29	9.06
11	265	1400.24	85	132	119	137	0.112	0.219	0.141	0.108	8.62	9.25	9.03	9.27	9.25	9.75	9.56	9.75
12	300	1398.16	91	93	77	93	0.108	0.074	0.116	0.132	8.26	8.45	8.21	8.38	9.25	9.12	8.8	8.87
13	220	1398.16	55	62	74	49	0.059	0.069	0.097	0.048	8.3	8.28	8.32	8.3	8.95	9.18	9.27	9.28
14	180	1397.74	62	64	52	53	0.091	0.077	0.054	0.114	8.3	8.45	8.49	8.34	9.02	9.04	9.25	8.98
15	230	1396.64	66	58	55	86	0.114	0.079	0.094	0.162	8.22	8.47	8.44	8.64	8.9	9.08	9.27	9.17
16	290	1396.48	69	74	77	86	0.079	0.061	0.097	0.097	8.2	8.49	8.48	8.34	9	9.09	9.04	8.98
17	292	1396.02	74	93	96	99	0.141	0.104	0.091	0.132	8.08	8.44	8.49	8.63	8.66	8.99	9.12	9.16
18	200	1396.40	48	57	100	97	0.048	0.062	0.112	0.104	8.23	8.26	8.22	8.46	8.97	8.88	9.02	8.97
19	250	1401.52	100	80	96	107	0.08	0.076	0.083	0.091	8.28	8.2	8.28	8.58	9.18	9.15	9.08	9.25
20	280	1402.73	86	88	71	76	0.104	0.108	0.100	0.121	8.35	8.48	8.47	8.6	9.3	9.47	8.98	9.22

3.4. Metot

Çalışma veri toplama ve hazırlık, jeostatistiksel modelleme, mekansal dağılım haritaları çıkarımı ile sonuç ve değerlendirme olmak üzere 4 temel aşamadan oluşmaktadır (şekil 4).

Çalışmanın ilk aşamasında, çalışma alanına ait taban suyu gözlem kuyularının konum verileri girilmiş ve taban suyu seviye ölçümleri verileri ile su ve toprak analizleri verileri girişleri yapılarak CBS ortamında veri tabanı oluşturulmuştur. İkinci aşamada, yersel istatistik hesaplamaları yapılarak verilerin ilişkileri ve dağılımları incelenmiş, SPSS kullanılarak özet tablolar (Tabios vd. 1985) oluşturulmuştur. Mekânsal istatistik

değerlendirmesinde korelasyon ve otokorelasyon analizleri yapılarak değişken verilerin ilişki ve katsayıları bulunmuştur. Çalışmanın üçüncü aşamasında, verilerin mekânsal bağımlılıkları için yarıvariogram analizleri yapılarak parametreler ve en uygun model çıkarımları yapılmıştır. Elde edilen yarıvariogram modeline göre Ordinary (sıradan) Kriging ve Co-Kriging metodu (Isaaks and Srivastava 1989) ile enterpolasyon yapılarak taban suyu eş derinlik ve eş seviye haritaları, taban suyu ve toprak tuzluluk haritaları dağılımı ile hata tahmin haritaları üretilmiştir. Çalışmanın son dördüncü aşamasında ise elde edilen taban suyu ve tuzluluk haritalarına göre çalışma alanındaki mevcut bitki ürün desenin değerlendirilmesi ve planlaması yapılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Yöntem akış şeması

3.4.1. Veri toplama ve hazırlık

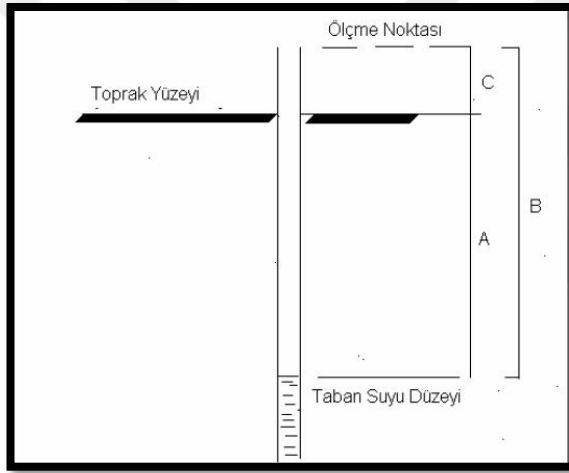
3.4.1.1. Taban suyu seviyelerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi

DSİ tarafından gerçekleştirilen ölçümler, taban suyu gözlem kuyularındaki taban suyu su seviyeleri 20 adet taban suyu gözlem kuyularından Mayıs ayından başlayarak Kasım ayına kadar haftalık olarak 18 ayrı zamanda yapılmıştır. Taban suyu sevi ölçümleri taban suyu gözlem kuyuları derinlikleri en düşük 180 cm ile en yüksek 300 cm olan farklı taban suyu gözlem kuyularında ölçümleri yapılarak kaydedilmiştir. Taban suyu gözlem kuyuları derinliğinin altındaki taban suyu ölçümleri ise “kuru” olarak belirtilmiştir. Bu ifade de ölçüm yapılan gözlem kuyularında su olmadığının ve gözlem kuyusu derinliğinin altında taban suyu seviyesinin bulunduğu göstergesidir. 0-150 cm aralığında yapılmış taban suyu seviye ölçümleri, taban suyunun toprak yüzeyine yakınlığı ve taban suyu

sorunlarının olduğu alanları, 150-300 cm aralığında yapılmış taban suyu seviye ölçümleri, taban suyunun toprak yüzeyinden uzaklaştığı ve taban suyu sorunlarının olmadığı alanları göstermektedir.

En kritik dönemin belirlenmesinde her kuyunun taban suyunun en yüksek olduğu değer alınarak belirlenmiştir. Bu değerlere bakıldığında, 5 kuyuda (K-5, K-7, K-11, K-17 ve K-19) en az bir defa taban suyu 90 cm ve daha küçük değer ölçülmüştür. Taban suyu 5 kuyuda (K-9, K-14, K-15, K-16, K-18 ve K-20) en kötü koşullarda 90-120 cm'ler arasında seyretmiş olduğu belirlenmiş olup, 4 kuyuda (K-4, K-6, K-10 ve K-13) taban suyu en kötü koşullarda 120-150 cm' ler arasında seyretmiş olduğu görülmüştür. Geriye kalan kuyularda ise taban suyunun 150 cm' den daha yüksek olduğu görülmüş ve bu kuyular kuru olduğundan ölçüm değeri alınamamıştır.

Taban suyu derinliğinin saptanması için ölçümler ölçme noktalarında Şekil 8'de gösterildiği gibi yapılmıştır.



Şekil 3.4. Yöntem akış şeması

$$A = B - C$$

A= Taban suyu derinliği (cm)

B= Taban suyunun ölçme noktasına göre yüksekliği (cm)

C= Ölçme noktasının toprak yüzeyine göre yüksekliği (cm)

Taban suyunun ölçümlerinde, her bir taban suyu gözlem kuyularının ölçüm noktasından GPS aleti ile koordinatları ve yükseklik değerleri alınmıştır. GPS aleti ile alınan yükseklik değerlerinden her bir taban suyu gözlem kuyusunun toprak yüzeyi ile arasındaki yükseklikleri çıkarılarak zemin kotları elde edilmiş ve veri tabanına bu şekilde aktarılmıştır.

3.4.1.2. Taban suyu su örneklerinin alınması ve analizleri

Çalışmada, DSİ tarafından 22.05.2015 tarihinde yani taban suyu gözlem kuyularının ölçümlerinin başladığı ilk tarihte kuru olan 1, 3, 4 ve 8 nolu taban suyu gözlem kuyuları hariç toplam 16 adet taban suyu gözlem kuyusundan su örnekleri alınmıştır. Gözlem kuyularından alınan su örneklerinden DSİ 13. Bölge Müdürlüğü

laboratuvarında EC(mS/m)25°C-(2), pH(23°C)-(1), Na(mg/L)-(9), K(mg/L)-(9), Ca (mg/L)-(9), Mg(mg/L)-(9), Cl(mg/L)-(8), Sülfat_SO₄ (mg/L)-(8), Nitrat_NO₃(mg/L)-(8), Toplam Sertlik(CaCO₃)(mg/L)-(10), Toplam Alkalinite (CaCO₃)(mg/L) ve Su Sınıfı analizleri yapılmıştır. Analizlerde kullanılan metotlar ise, (1) TS EN ISO 10523, (2) TS 9748 EN 27888, (8) TS EN ISO 10304-1, (9) TS EN ISO 14911, (10) HESAP YÖNTEMİ olarak belirtilmiştir.

3.4.1.3. Taban suyu gözlem kuyuları toprak örneklerinin alınması ve analizleri

Çalışmada ayrıca taban suyu gözlem kuyularının ölçümlerinin başladığı ilk tarihte 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm ve 90-150 cm derinliklerden DSI tarafından toprak numuneleri de alınmıştır. Gözlem kuyularından alınan toprak örnekleri DSİ 13. Bölge Müdürlüğü laboratuvarında, Su İle Doygunluk (%), Toplam Tuz(%), pH Çamur, pH 1/5 analizleri yapılmıştır. Analizlerde kullanılan metotlar ise, su ile doymunluk tayini TS 8333:1990' a göre, toplam çözünmüş tuz miktarı tayini TS 8334: 1990' a göre ve toprak reaksiyonu (pH) tayini TS 8332:1990' a göre gerçekleştiği belirtilmiştir.

3.4.2. Tanımlayıcı istatistik

Tanımlayıcı istatistikler, verilerin sınıflandırılıp özet tabloların oluşturulmasını, eğilim ve dağılım ölçülerinin elde edilmesini sağlarlar (Tabios vd. 1985). Tanımlayıcı istatistik ile verilerin aritmetik ortalama, mod, medyan, standart sapma, çarpıklık katsayısı, basıklık katsayısı gibi ölçülerinin değerlendirilmesi yapılır. Niceliksel verilerde değişkenin ortalama değeri en anlamlı parametredir. Çünkü değişkenin merkezi, gözlem değerlerinin çevresinde dağılacağı değeri gösterir (Çıtakoğlu vd. 2017, Çetin vd. 2001).

Varyans, verilerin aritmetik ortalamadan uzaklıklarının karesinin toplam veri sayısına bölünmesi ile hesaplanmakta ve bu değerin kara kökü standart sapmayı, değerini vermektedir. Varyasyon katsayısı ise standart sapmanın aritmetik ortalamaya bölünüp 100 ile çarpılması sonucu elde edilmektedir. Farklı ölçüm birimleri (kg, cm vb.) ve farklı büyüklüklerdeki özelliklerin değişkenlerini kıyaslamayı mümkün kılmaktadır (Budak 2012).

Toprak özelliklerindeki değişkenliğin gösteren varyasyon katsayısı 3 gruba ayrılmaktadır. Yüzde varyasyon katsayısı <%15 olanlar düşük derecede değişken, %16-35 arası orta derecede değişken % 36'dan büyük değerler ise yüksek derecede değişken olduğu kabul edilmektedir (Wilding vd. 1994).

Tanımlayıcı istatistiklerdeki çarpıklık katsayısı verileri sıfır ise normal, sıfırdan büyük ise sağa çarpık, sıfırdan küçük ise sola çarpık bir dağılım göstermektedir. Bu durumda sağa çarpık dağılım gösteren veri setlerinde veriler ortalamadan daha küçük anlamına gelmekte, sola çarpık dağılım durumunda ise veriler ortalamadan daha yüksek anlamına gelmektedir. Basıklık değeri ise, veri setlerine ait değerlerin ortalamanın çevresinde nasıl dağıldıklarını göstermektedir. Basıklık kat sayısı 3 olduğunda normal bir dağılım, 3'ten büyük olduğunda yayvan bir dağılım, 3'ten küçük olduğunda ise sivri bir dağılım göstermektedir (Günel vd. 2008, Budak 2012).

3.4.3. Jeostatistiksel modelleme

Kriging analizi:

Bu analiz, değeri bilinen lokasyonlardan, değeri bilinmeyen lokasyonlardaki değişkenlerin değerini tahmin etmek için bilinen değerlerin ağırlık ortalaması alınarak yapılmaktadır (Türkoğlu vd. 2016). Temel eşitlik 3.1’ de aşağıda gösterilmiştir.

$$Z(x_o) = \sum_{i=1}^N W_i Z(x_i) \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte $Z(x_o)$ noktasına ilişkin Kriging değerini; $Z(x_i)$ değişkenlerin her bir noktasında gözlenen değerleri; W_i , her bir $Z(x_i)$ ’ye karşılık gelen değerlerini; N ise, $Z(x_o)$ ’nin Kriging tahmininde kullanılarak nokta sayısını ifade etmektedir. Tahmin ile elde edilen hatanın Kriging varyansı aşağıdaki eşitlik 3.2’ de verilen formüldeki gibi ifade edilir (Lichtenstern 2013).

$$(\sigma_K^2) = 2 \sum_{i=1}^N w_i \gamma(x_o - x_i) - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \gamma(x_i - x_j) = \sum_{i=1}^N w_i \gamma(x_o - x_i) + \lambda \quad (3.2)$$

Jeostatistiksel analizlerin ilk aşaması, yarıvariogram analizlerinin yapılıp en uygun parametrelerinin belirlenip, uzaysal bağımlılıklarının ortaya konularak modellenmesini içerir.

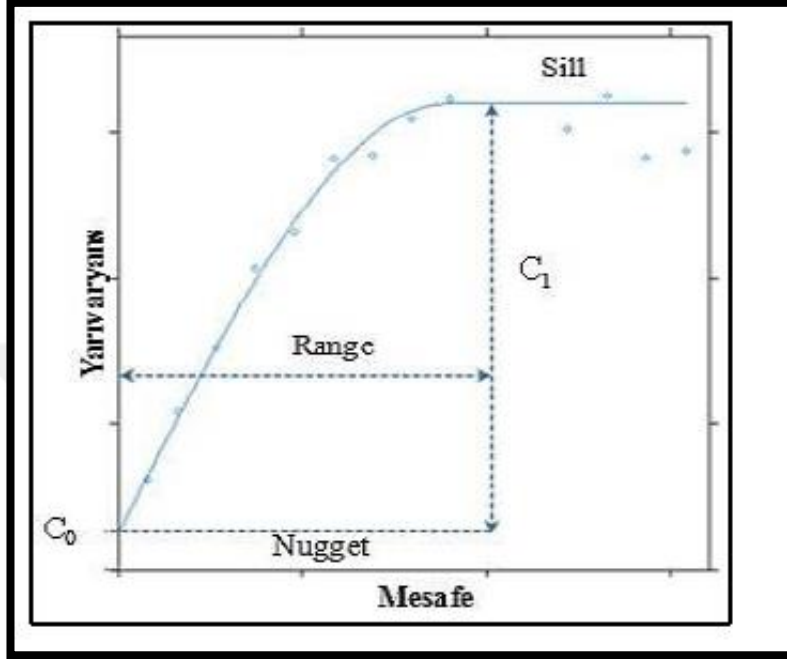
Yarıvariogram analizi:

Yarıvariogram/Kovaryans bulutu, artan mesafe ile ilişkide meydana gelen değişimi ölçmede kullanılan en önemli araçtır. Yarıvariogram bulutu mümkün olabilecek tüm gözlem çiftlerinin arasındaki farkın karesinin bu çiftlerin ayırım mesafesine (h) göre gösterilmesiyle elde edilir. Ölçüm alınan veri sayısı arttıkça, uzaklığı ve değerinin grafik üzerinde gösterimi ve yorumu güçleşmektedir. Bu nedenle, uygulamada uygun sınıf aralıkları belirlenerek deneysel yarıvariogramın oluşturulması yoluna gidilir. Yarıvariogram bulutunun yarıvaryans değerlerinin belirli sınıf aralığına (**lag distance**) ayrılıp, o mesafeye düşen yarıvaryans değerlerinin ortalamasının alınması **“deneysel yarıvariogram”** grafiğini vermektedir (Ayдын ve Çiçek, 2013).

Mekânsal modelin oluşturulması için mekânda bulunan bağımlılık kuralının bulunması yani, teorik yarıvariogramın belirlenmesi gerekmektedir. Bu yarıvariogram, matematik modelini temel alır ve deneysel yarıvariograma oturtularak elde edilir (Bailey ve Gatrell 1995; Hengl 2009; Fotheringham vd. 2000; Kalkhan 2011; Chun ve Griffith 2013). Teorik ve deneysel yarıvariogramların modellerinin gösterimi Şekil 3.5’te verilmiştir.

Birçok araştırmacı yarıvariogram analizleri ile yapılan çalışmalarda, örnekler arasındaki mesafenin azaldıkça benzerliğin arttığını, örnekler arasındaki mesafenin arttıkça benzerliğin azaldığını ve belirli bir mesafeden sonra ise değişmediğini ortaya koymuşlardır. Yarıvariogramlar modellerinden elde edilen bu değişkenlikler Şekil 3.5’te verildiği gibi “sill”, “nugget” ve “range” ile ifade edilmektedir. “lag” örnekler arasındaki mesafe değeri arttıkça yarıvariogram değeri de artmakta ve belirli bir

noktadan sonra sabit bir değere ulaşmakta ve değişmemektedir. Yarıvariogram değerinin sabit kaldığı ve değişmediği bu noktadaki değerine “sill” denilmekte, “sill” değeri karşılık gelen mesafe ise “range” değeri olarak ifade edilmektedir. Ayrıca “range” değeri mekânsal (uzaysal) bağımlılığın mesafesini belirtmektedir (Budak 2012, Deutsch ve Journel 1998, Bohling 2005).



Şekil 3.5. Deneysel ve teorik yarıvariogram modeli

Bu çalışmada Ordinary Kriging (OK), Simple Kriging (SK), Universal Kriging (UK), Block Kriging (BK), Indicator Kriging (IK), Co-Kriging (CK) vb gibi çeşitleri bulunan kriging varyanslarından Ordinary Kriging (OK) ve Co-Kriging (CK) teknikleri kullanılmıştır. Ayrıca yarivariogram modelleri olan Linear (doğrusal), Exponential (üssel), Gaussian (kuramsal) ve Spherical (küresel) modellerinden verilerin dağılımlarına göre en uygun model seçimi yapılmış ve analizlerde kullanılmıştır.

Yarıvariogram Modeli Uygunluk Testi (Cross Validation):

Çalışmada, tahmin haritalarının uygunluk testi değerlendirmesinde hesaplanan ME (Mean Error)-ortalama hata, RMSE (Root Mean Square Error)- kök ortalama kareler hatası, ASE (Average Standard Error)-standart hata ortalaması, MSE (Mean Standardized Error)-ortalama standart hata, RMSSE (Root Mean Square Standardized Error)-kök ortalama kareler standart hata ile performans sonuç değerlerine bakılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Taban Suyu Seviyelerin Değerlendirilmesi

4.1.1. Tanımlayıcı istatistik

Çalışma alanında Devlet Su İşleri tarafından açılmış olan toplam 20 adet taban suyu gözlem kuyusundan, 18 farklı zamanda alınan taban suyu derinlik ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçları Çizelge 4.1’ de verilmiştir. Tanımlayıcı istatistiklerin değerlendirilmesinde kuyu derinlikleri 290 cm ve 300 cm olan 1, 3, 4 ve 8 nolu taban suyu gözlem kuyularında “kuru” olarak gözlem yapılan taban suyu seviyeleri her biri için derinlik ölçüm gözlem değerleri 300 cm olarak girilerek analizler yapılmıştır.

Bu elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistik sonuçları değerlerinin zamana göre incelenmesinde, standart sapmalarının 66.69-80.55 arasında ve varyanslarının 4447-6488 arasında almış olduğu değerlerle ortalamalardan sapmalarının yüksek olduğu, verilerin büyük çoğunluğunun çarpıklık katsayılarının 1 değeri çevresinde olduğu ve 0 değerinden büyük olduğundan sağa çarpık ve simetrik olmadığı ve basıklık katsayılarının ise 0 ile 1 arasında olduğu ve 3 değerinden çok düşük olduklarından ortalama değer çevresinde sivri basıklık gösterdiği görülmüştür. Ayrıca yüzde varyasyon katsayılarının incelendiğinde hepsinin %36 dan büyük olduğundan zamansal olarak ölçüm değerleri yüksek derecede değişkenlik gösterdiği görülmüştür.

Çizelge 4.1. Taban suyu gözlem kuyuları tanımlayıcı istatistikleri

	22/5	02/6	17/6	24/6	02/7	09/7	15/7	23/7	30/7	06/8	14/8	20/8	27/8	03/9	18/9	01/10	09/10	17/11
İstatistik																		
Min	80	79	67	71	72	70	72	73	69	60	62	65	67	68	69	62	68	61
Max	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Medyan	121	127	125	117	131	136	141	145	143	138	142	147	149	144	150	147	143	149
Mod	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	158	158	157	300	300	300	300
Aritmetik Ort.	158	156	146	141	148	150	152	155	155	151	152	155	156	155	158	155	155	157
Varyans	6488	4953	5436	5042	4748	4499	4502	4447	4541	4536	4615	4499	4485	4476	4627	4940	4921	5028
Std. Sapma	80.5	70.3	73.7	71.0	68.9	67.0	67.1	66.6	67.3	67.3	67.9	67.0	66.9	66.9	68.0	70.2	70.1	70.9
Basıklık	-0.44	0.21	0.84	1.08	0.84	0.95	0.79	0.65	0.58	0.85	0.60	0.54	0.53	0.57	0.26	0.14	0.16	-0.06
Çarpıklık	1.08	1.14	1.35	1.42	1.25	1.24	1.17	1.11	1.07	1.14	1.08	1.04	0.97	0.99	0.89	0.87	0.94	0.79
Varyasyon Katsayısı	51.0	45.2	50.4	50.4	46.5	44.6	44.0	42.9	43.5	44.6	44.6	43.2	43.0	43.0	43.0	45.2	45.1	45.0

Ayrıca çalışmada, verilerin zamansal olarak SSPS programı üzerinde Pearson analizi ile korelasyonlarına bakılmıştır. Pearson analizinde çıkan korelasyon katsayısı (r) değerleri $0.5 \leq |r| < 1$ ise kuvvetli bir ilişki, $0 < |r| < 0.5$ arasında ise zayıf bir ilişki olduğu belirtilmiştir. Pearson analizinden elde edilen korelasyon katsayısı sonuçlarında taban suyu gözlem kuyularından elde edilen taban suyu derinlik verileri arasında zamansal olarak $p=0.01$ güven düzeyinde kuvvetli bir ilişki olduğu görülmüştür (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Taban suyu gözlem kuyuları zamansal korelasyon matrisi

	22/5	02/6	17/6	24/6	02/7	09/7	15/7	23/7	30/7	06/8	14/8	20/8	27/8	03/9	18/9	01/10	09/10	17/10
Zaman																		
2/5	1																	
02/6	.957*	1																
17/6	.924*	.990*	1															
24/6	.924*	.983*	.994*	1														
02/7	.901*	.976*	.990*	.993*	1													
09/7	.886*	.969*	.982*	.986*	.995*	1												
15/7	.868*	.960*	.977*	.979*	.993*	.997*	1											
23/7	.848*	.949*	.971*	.969*	.987*	.990*	.997*	1										
30/7	.828*	.938*	.961*	.959*	.980*	.987*	.995*	.998*	1									
06/8	.810*	.926*	.948*	.949*	.970*	.982*	.989*	.987*	.992*	1								
14/8	.798*	.915*	.942*	.942*	.967*	.977*	.987*	.990*	.994*	.994*	1							
20/8	.787*	.906*	.936*	.935*	.962*	.973*	.983*	.988*	.993*	.992*	.999*	1						
27/8	.783*	.903*	.931*	.931*	.961*	.973*	.983*	.988*	.993*	.991*	.996*	.997*	1					
03/9	.783*	.902*	.928*	.930*	.957*	.972*	.981*	.985*	.992*	.992*	.995*	.997*	.998*	1				
18/9	.757*	.886*	.911*	.907*	.940*	.960*	.971*	.975*	.984*	.989*	.990*	.991*	.993*	.996*	1			
01/10	.759*	.887*	.908*	.904*	.937*	.957*	.968*	.970*	.980*	.987*	.986*	.986*	.990*	.992*	.998*	1		
09/10	.781*	.901*	.919*	.914*	.944*	.963*	.973*	.974*	.983*	.990*	.988*	.987*	.989*	.992*	.997*	.998*	1	
17/11	.812*	.913*	.920*	.915*	.942*	.962*	.970*	.968*	.976*	.983*	.979*	.977*	.979*	.984*	.988*	.992*	.995*	1

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

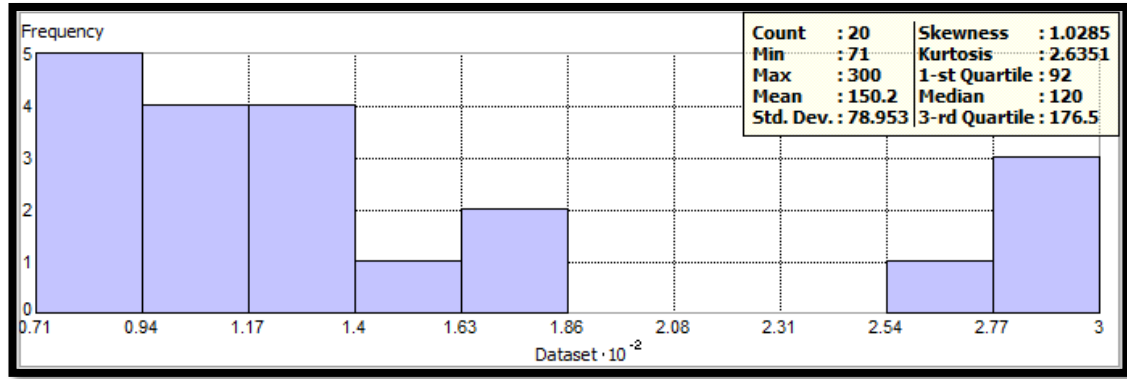
Çalışma alanında tanımlayıcı istatistik sonuçları ve gözlem verilerinin incelenmesi sonucunda, taban suyu eş seviye, kritik en yüksek ve en düşük eş derinlik haritalarının çıkarımları yapılmıştır. Taban suyu eş seviye haritalarının elde edilmesinde taban suyu derinliğinin en yüksek olduğu 24/06/2015 tarihindeki gözlem kuyuları seviye ölçüm verileri kullanılmıştır. Taban suyu kritik en yüksek eş derinlik haritalarının elde edilmesinde gözlem kuyularından zamansal olarak ölçüm yapılan “en küçük” ölçüm değerleri, taban suyu kritik en düşük eş derinlik haritalarının elde edilmesinde ise gözlem kuyularından zamansal olarak ölçüm yapılan “en büyük” ölçüm değerleri kullanılmıştır.

Bu aşamalarda eş seviye, kritik en yüksek ve en düşük eş derinlik haritalarının çıkarımında kullanılan verilerin normal dağılımlarının test edilmesi için tanımlayıcı istatistik olarak histogram dağılımları, Normal QQ plot grafiği ve Kolmogorov-Smirnov ile Shapiro-Wilk testi sınaması yapılmıştır.

4.1.1.1. Eş seviye haritası verileri tanımlayıcı istatistikleri

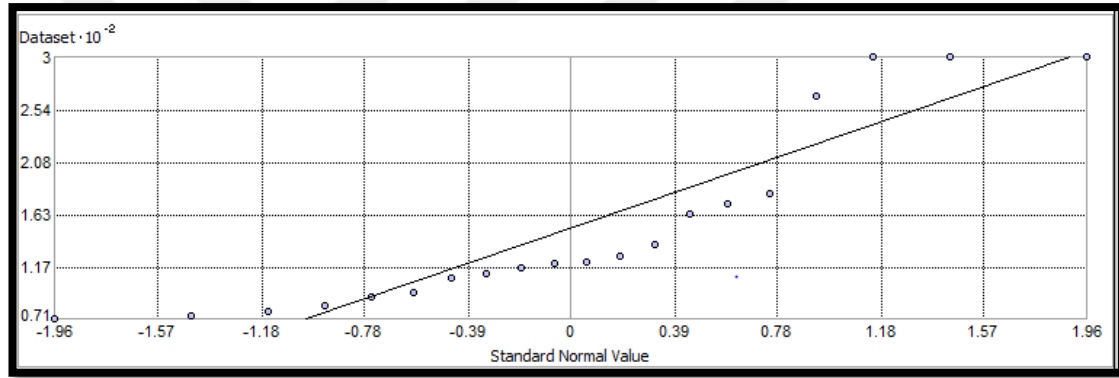
Çalışmada taban suyu eş seviye haritalarının elde edilmesinde taban suyu derinliğinin en yüksek olduğu 24/06/2015 tarihindeki gözlem kuyuları seviye ölçüm verileri kullanılmıştır.

Eş seviye haritalarında kullanılan taban suyu ölçüm verilerinin incelenmesi sonucunda, histogram dağılımında büyük bir kısmının normal dağılıma uygun şekilde sol tarafta yığıldığı ve histogramın sol tarafında yığılma olduğu ve sağ uç bölgelerinde çok az sayıda verilerin dağılım simetrik olmasını önlediği, çarpıklık katsayısı 1.03 değeri ile çok çarpık ve simetrik olmadığı, basıklık katsayısı 2.63 değeri ile ortalama değer çevresinde sivri basık bir dağılım gösterdiği, ayrıca ortalama değer ile ortanca değerlerin birbirine yakın olmadığı görülmüştür (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Histogram dağılımı

Bu verilerin, Normal QQ plot dağılım grafiğinde de normal dağılım çizgisi etrafında yoğunlaştığı ancak veriler içerisinde taban suyu derinliğinin çevresindeki gözlem kuyularına yüksek değişim gösterdiği 3 gözlem kuyusu (1, 8, 9 nolu) verilerinin normalden hafif saptığı belirlenmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Normal QQ plot grafiği dağılımı

Kolmogorov-Smirnov ile Shapiro-Wilk normallik testi sınavasında $p > 0.05$ ise normal dağılım gösterdiği belirtilmiştir. Ancak bu Kolmogorov-Smirnov normallik testi sonucunda bulunan değer 0.006 ve 0.001 ile $p < 0.05$ olduğundan normal dağılım göstermediği görülmüştür (Çizelge 4.3).

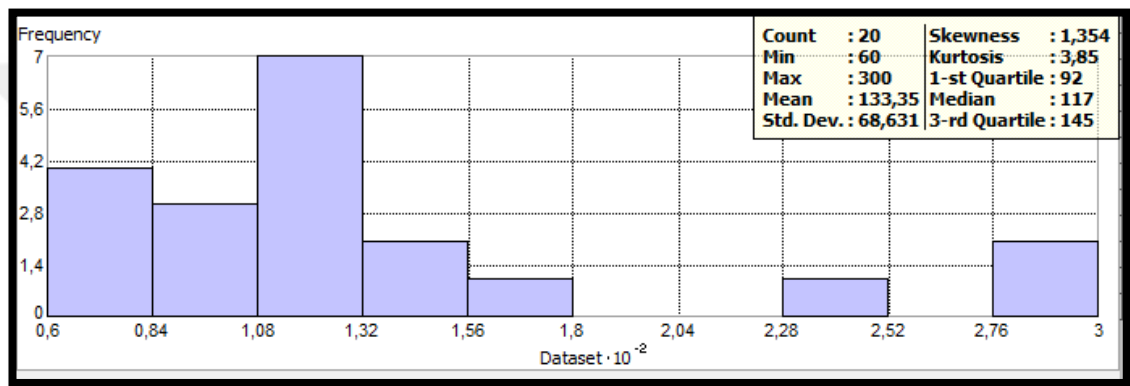
Çizelge 4.3. Normal dağılım testleri

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
24/6	.232	20	.006	.805	20	.001
a. Lilliefors Significance Correction						

4.1.1.2. Kritik en yüksek eş derinlik haritası verileri tanımlayıcı istatistikleri

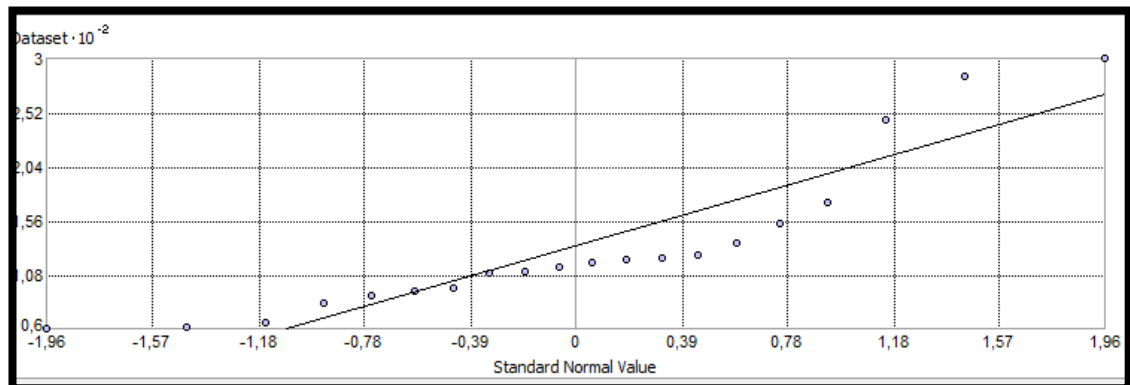
Çalışmada taban suyu kritik en yüksek eş derinlik haritalarının elde edilmesinde gözlem kuyularından zamansal olarak ölçüm yapılan “en küçük” ölçüm değerleri verileri kullanılmıştır.

Kritik en yüksek eş derinlik haritalarında kullanılan taban suyu ölçüm verilerinin incelenmesi sonucunda, histogram dağılımında büyük bir kısmının normal dağılıma uygun şekilde sol tarafa yığıldığı ve histogramın sağ tarafında çok az sayıda verilerin dağılım simetrik olmasını önlediği, çarpıklık katsayısı 1.35 değeri ile çok çarpık ve simetrik olmadığı, basıklık katsayısı 3.85 değeri ile ortalama değer çevresinde yayvan basık bir dağılım gösterdiği, ayrıca ortalama değer ile ortanca değerlerin birbirine yakın olmadığı görülmüştür (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Histogram dağılımı

Bu verilerin, Normal QQ plot dağılım grafiğinde de normal dağılım çizgisi etrafında yoğunlaştığı belirlenmiştir (Şekil 4.4). Kolmogorov-Smirnov ile Shapiro-Wilk normallik testi sonucunda $p > 0.05$ ise normal dağılım gösterdiği belirtilmiştir. Ancak bu Kolmogorov-Smirnov normallik testi sonucunda bulunan değer 0.003 ve 0.002 ile $p < 0.05$ olduğundan normal dağılım göstermediği görülmüştür (Çizelge 4.4).



Şekil 4.4. Normal QQ plot grafiği dağılımı

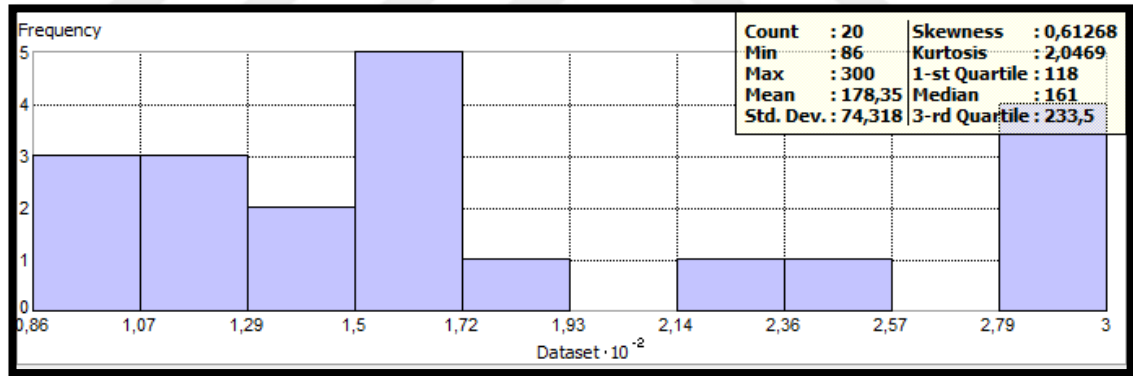
Çizelge 4.4. Normal dağılım testleri

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
En küçük değer	.243	20	.003	.819	20	.002
a. Lilliefors Significance Correction						

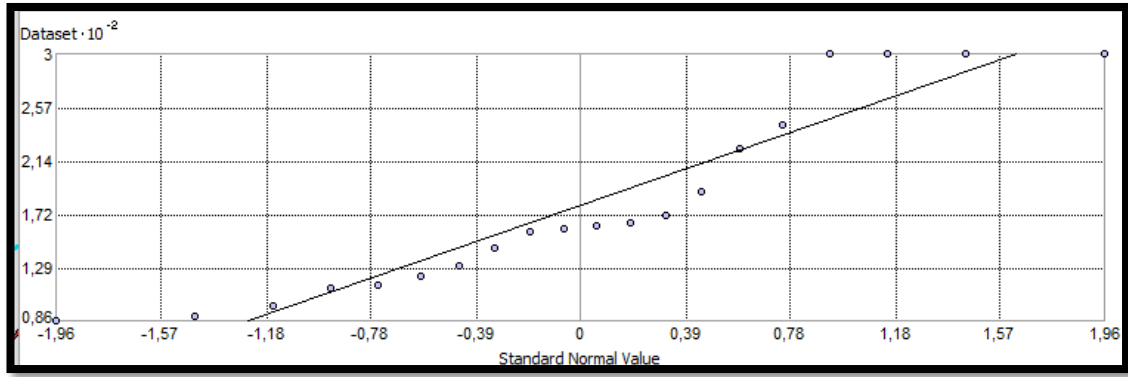
4.1.1.3. Kritik en düşük eş derinlik haritası verileri tanımlayıcı istatistikleri

Çalışmada taban suyu kritik en düşük eş derinlik haritalarının elde edilmesinde gözlem kuyularından zamansal olarak ölçüm yapılan “en büyük” ölçüm değerleri verileri kullanılmıştır.

Kritik en düşük eş derinlik haritalarında kullanılan taban suyu ölçüm verilerinin incelenmesi sonucunda, histogram dağılımında büyük bir kısmının normal dağılıma uygun şekilde sol tarafta yığıldığı ve histogramın sağ uç bölgesinde çok az sayıdaki verilerin dağılım simetrik olmasını önlediği, çarpıklık katsayısı 0.61 değeri ile hafif çarpık ve simetrik olmadığı, basıklık katsayısı 2.04 değeri ile ortalama değer çevresinde sivri basık bir dağılım gösterdiği, ayrıca ortalama değer ile ortanca değerlerin birbirine yakın olmadığı görülmüştür (Şekil 4.5).

**Şekil 4.5.** Histogram dağılımı

Bu verilerin, Normal QQ plot dağılım grafiğinde de normal dağılım çizgisi etrafında yoğunlaştığı belirlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Normal QQ plot grafiği dağılımı

Kolmogorov-Smirnov ile Shapiro-Wilk normallik testi sınamasında $p > 0.05$ ise normal dağılım gösterdiği belirtilmiştir. Ancak bu Kolmogorov-Smirnov normallik testi sonucunda bulunan değer 0.58 ile $p > 0.05$ olduğundan normal bir dağılım gösterdiği, Shapiro-Wilk normallik testi sonucunda ise 0.016 değeri ile $p < 0.05$ olduğundan normal dağılım göstermediği görülmüştür (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Normal dağılım testleri

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
En büyük değer	.189	20	.058	.877	20	.016

a. Lilliefors Significance Correction

4.1.2. Mekânsal istatistik

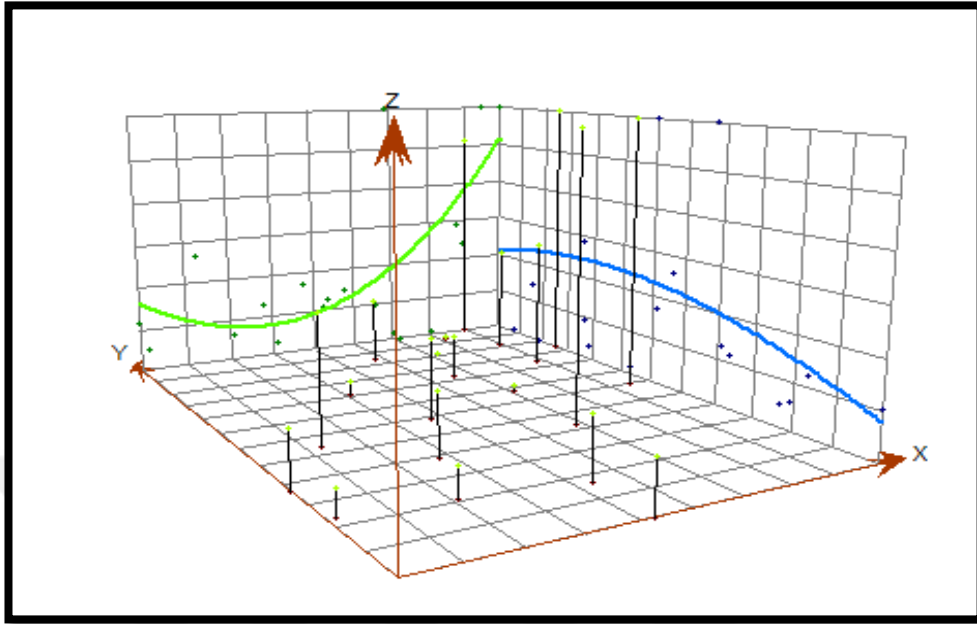
Çalışmanın mekânsal istatistik bölümünde verilerinin, trend analizi ve Getis-Ord G^* istatistiği konumlarına göre otokorelasyonları incelemesi yapılarak jeostatistiksel modelleme ile taban suyu derinliklerinin eş seviye, kritik en yüksek eş derinlik ve kritik en düşük eş derinlik haritaları ile hata haritaları oluşturulmuş ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

4.1.2.1. Eş seviye haritası verileri mekânsal istatistik

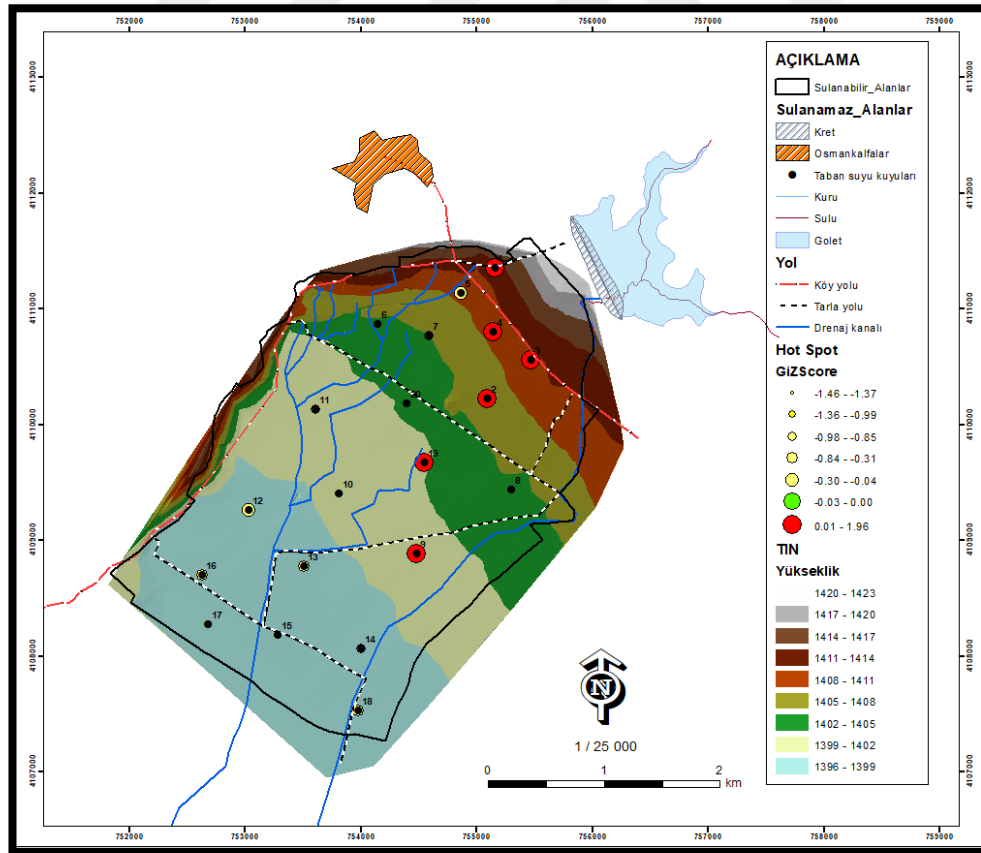
a) Trend analizi ve otokorelasyon

Yapılan analizler sonucunda, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’ de verilen trend analizi ve otokorelasyon haritasında görüldüğü gibi G_i^* değerlerinde pozitif değerlerin bulunduğu koyu kırmızı renkle belirtilen 1, 2, 3, 4, 9 ve 19 nolu gözlem kuyularının yüksek değişken değerine, negatif değerlerin bulunduğu gözlem kuyularının da düşük değişkenlik değerlerine sahip olduğu ve %95 ($\alpha = 0.05$) güven düzeyi çift kuyruklu (normal dağılım) z -istatistiği eşik değeri 1.960 olduğu belirlenmiştir. Buna göre eş seviye haritalarının oluşturulmasında kullanılan 24/06/2015 tarihindeki taban suyu derinlik değerlerinin aynı

tarihteki yakın noktalarındaki taban suyu derinlik değerleri arasında bir ilişkinin olmadığı ve dağılımları rastlantısal olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.7. Trend Analizi

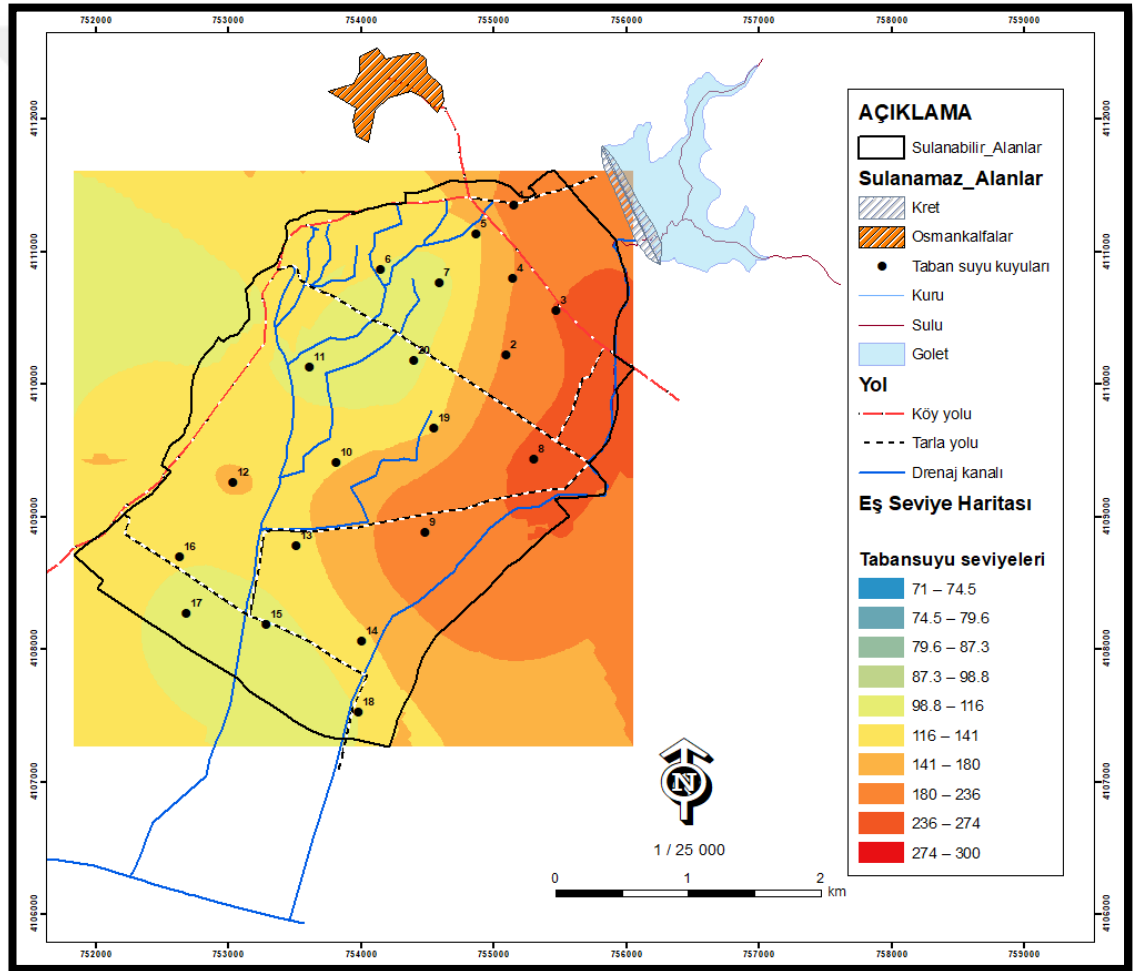


Şekil 4.8. Otokorelasyon haritası

b) Jeostatistiksel modelleme

Jeostatistiksel modellemede, eş seviye haritalarının çıkarımında kullanılan taban suyu seviyelerinin dağılımlarının tespit edilmesi ve haritalanmasında Ordinary (OK) kriging ve Spherical (küresel) yarıvariogram modeli kullanılmış, adım sayısı 12, adım aralığı 211.26 m, Nugget (Co) değeri 2875, Partial Sill (C) değeri 4494, Major range (a) değeri 2012 m olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerler sonucunda çalışma alanına ait taban suyu eş seviye haritası elde edilmiştir (Şekil 4.9).

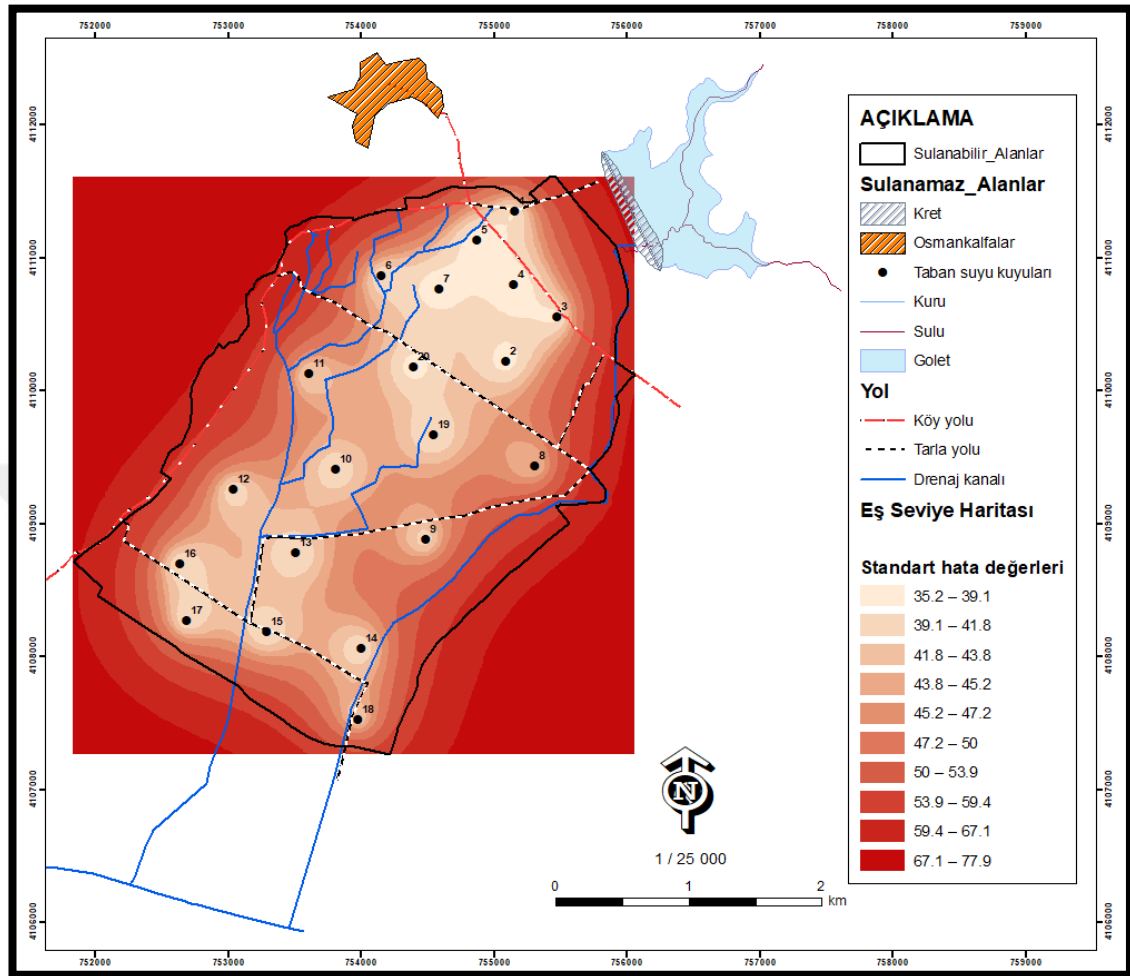
Çalışma sonucunda elde edilen taban suyu eş seviye haritasında, sulama göletinin bulunduğu bölge ile özellikle çalışma alanının doğu sınırı bölgesinde bulunan 1, 2, 3, 4, 8 ve 9 nolu gözlem kuyuları ve çevresinde taban suyu su seviyelerinin çok düşük olduğu, sulama sahasının batısı, alt ve güney mansap bölgesinde ise taban suyu su seviyesinin yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 4.9. Taban suyu derinliği eş seviye haritası

Yapılan jeostatistiksel modellemesinde elde edilen hata tahmin haritalarında ise genellikle taban suyu gözlem kuyularının bulunduğu bölgeler ve çevresinde çok düşük oranda 35.2 ile 50.0 cm aralıklarında düşük hata tahminleri yapıldığı, çalışma alanının sınır

bölgelerinde ise bu bölgelerin taban suyu gözlem kuyularından uzaklaştığından 50.0 ile 77.9 cm aralıklarında yüksek hata tahminleri yapıldığı görülmüştür (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Taban suyu derinliği eş seviye hata haritası

Çalışmanın son aşamasında, gerçekleştirilen taban suyu eş seviye haritalarının çıkarımında kullanılan yapılan analizlerinin yarivariogram modeli uygunluk testi (çapraz doğrulama-cross validation) sonuçları da Çizelge 4.6’ da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Model uygunluk testi (çapraz doğrulama)

Eş seviye haritası	Uygulanan Model	RMSE	ME	MSE	RMSSE	ASE
20 adet gözlem kuyusu analizi	Ordinary Kriging "Spherical"	71.38	-3.88	-0.029	0.94	75.55

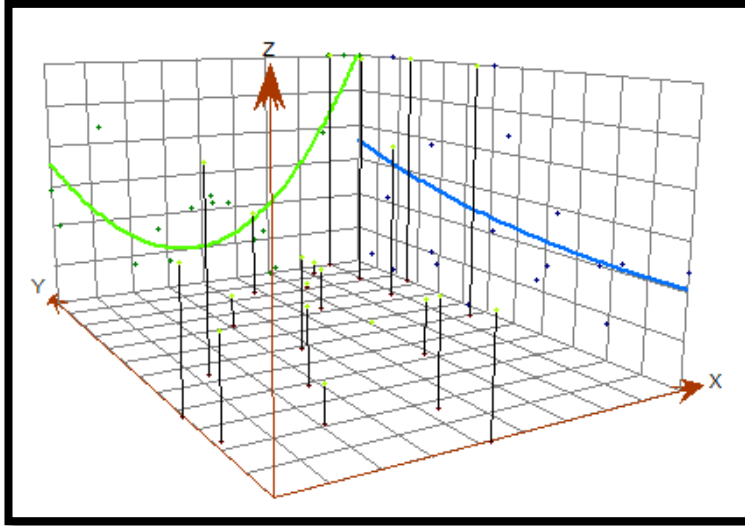
Yapılan analiz sonucunda tahmin haritalarının uygunluk testi değerlendirilmesinde kök ortalama kareler hatası (RMSE) değeri 71.38 olarak verilmiştir. Bu değer, seçilen modelin ölçülen değerleri ne kadar yakın tahmin ettiğini vermektedir. Bu değer ne kadar küçükse o kadar iyi tahmin edildiğini göstermektedir. Standartlaştırılmış-indirgenmiş hata ortalaması (MSE) değeri ise analiz sonucunda -0.029 olarak elde edilmiştir. Bu değer 0'a yakın değer almalı ve ne kadar yakın hata oranı o kadar düşüktür.

Bu çalışmada elde edilen düşük hata tahmin haritası ve model uygunluk testi sonuçları taban suyu eş seviye haritalarının elde edilmesinde uygulanan Ordinary Kriging yöntemi ve analiz tahmin modelinin geçerliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

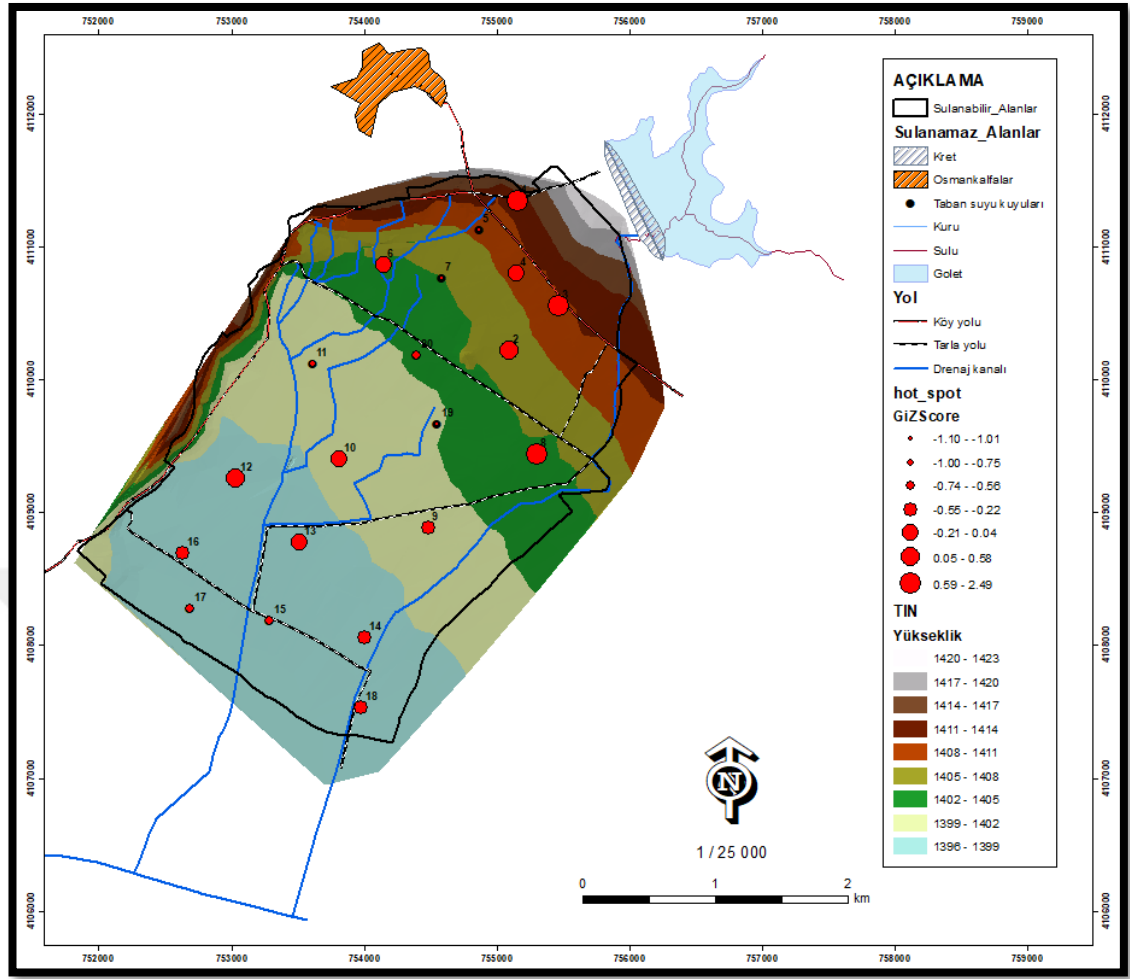
4.1.2.2. Kritik en yüksek eş derinlik haritası verileri mekânsal istatistik

a) Trend analizi ve otokorelasyon

Yapılan analizler sonucunda, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’ de verilen trend analizi ve otokorelasyon haritasında görüldüğü gibi G_i^* değerlerinde pozitif değerlerin bulunduğu koyu kırmızı renkle belirtilen 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12 ve 13 nolu gözlem kuyularının yüksek değişken değerine, negatif değerlerin bulunduğu gözlem kuyularının da düşük değişkenlik değerlerine sahip olduğu ve %95 ($\alpha = 0.05$) güven düzeyi çift kuyruklu (normal dağılım) z-istatistiği eşik değeri 2.49 olduğu belirlenmiştir. Buna göre kritik en yüksek eş derinlik haritalarının oluşturulmasında kullanılan en düşük taban suyu derinlik değerlerinin aynı tarihteki yakın noktalardaki taban suyu derinlik değerleri arasında bir ilişkinin olmadığı ve dağılımları rastlantısal olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.11. Trend Analizi

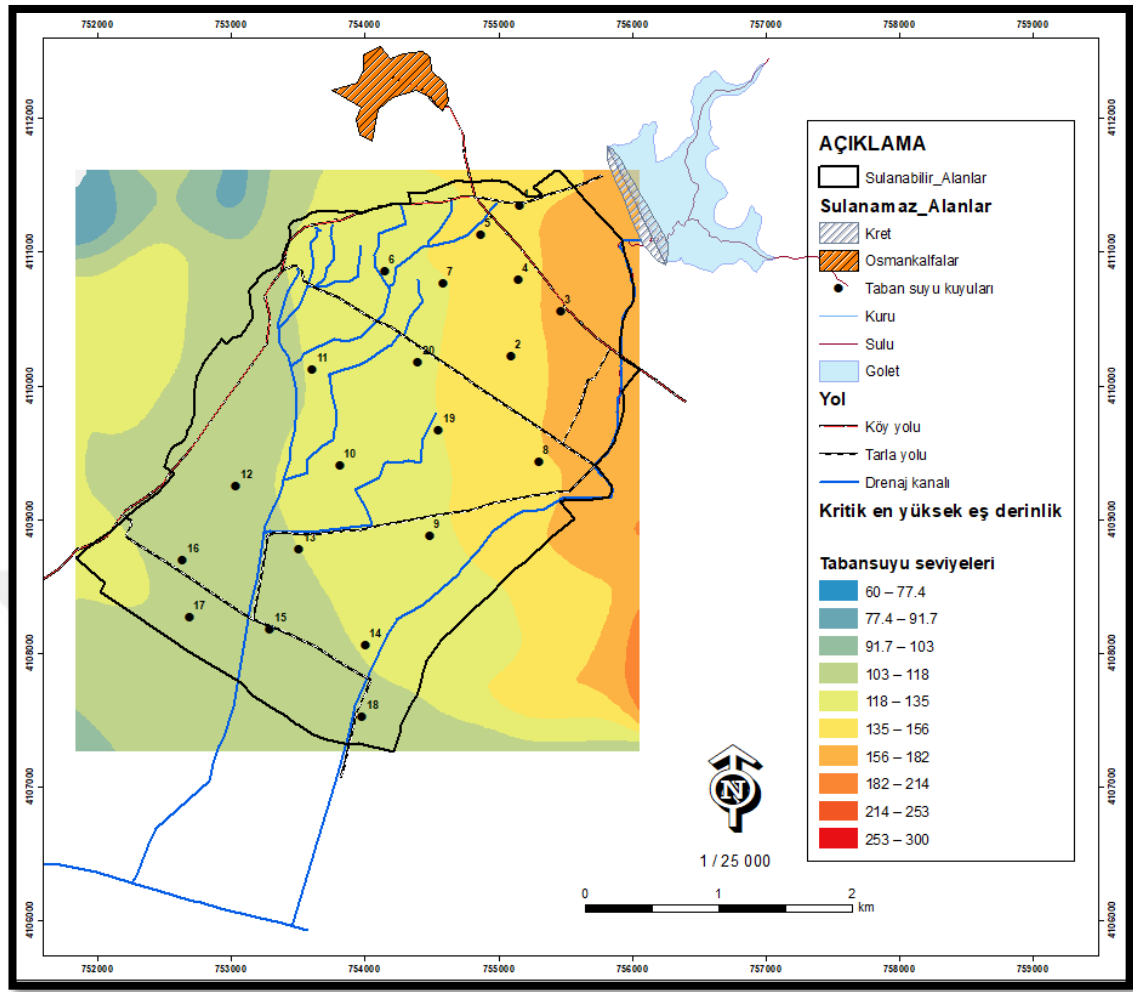


Şekil 4.12. Otokorelasyon haritası

b) Geoistatistiksel modelleme

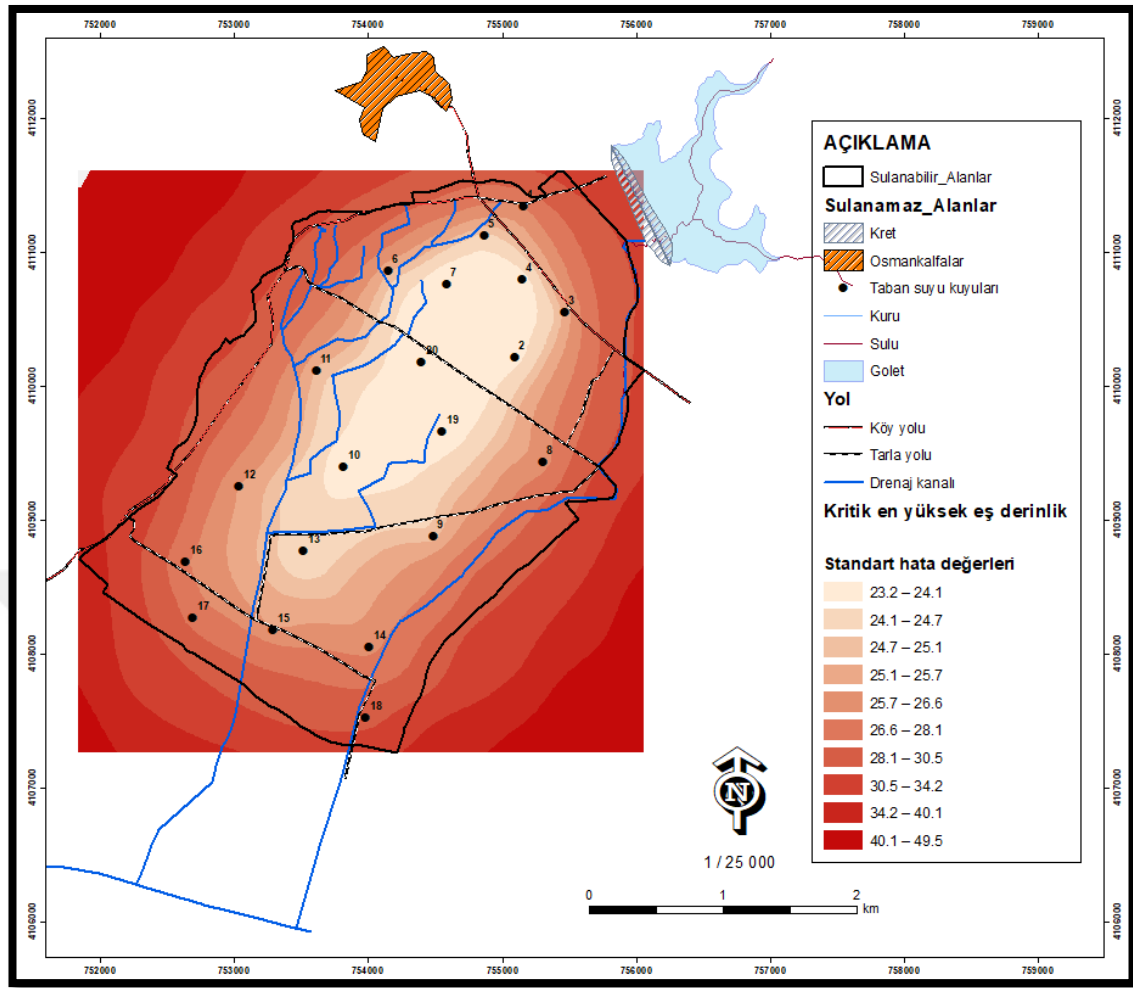
Jeoistatistiksel modellemede, kritik en yüksek eş derinlik haritası çıkarımında kullanılan taban suyu seviyelerinin dağılımlarının tespit edilmesi ve haritalanmasında Ordinary (OK) kriging ve Spherical (küresel) yarıvariogram modeli kullanılmış, adım sayısı 12, adım aralığı 214.88 m, Nugget (Co) değeri 4098.38, Partial Sill (C) değeri 533.51, Major range (a) değeri 1997.65 m olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerler sonucunda çalışma alanına ait kritik en yüksek eş derinlik haritası elde edilmiştir (Şekil 4.13).

Çalışma sonucunda elde edilen kritik en yüksek eş derinlik haritasında, sulama göletinin bulunduğu bölgede bulunan 3 ve 8 nolu gözlem kuyuları ve çevresinde taban suyu su seviyelerinin düşük olduğu, sulama sahasının orta ve güney mansap bölgesinde ise taban suyu su seviyesinin yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 4.13. Taban suyu kritik en yüksek eş derinlik haritası

Yapılan jeostatistiksel modellemesinde elde edilen hata tahmin haritalarında ise genellikle taban suyu gözlem kuyularının bulunduğu orta bölgeler ve çevresinde çok düşük oranda 23.2 ile 30.5 cm aralıklarında düşük hata tahminleri yapıldığı, çalışma alanının sınır bölgelerinde ise bu bölgelerin taban suyu gözlem kuyularından uzaklaştığından 30.5 ile 49.5 cm aralıklarında yüksek hata tahminleri yapıldığı görülmüştür (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Tabansuyu kritik en yüksek eş derinlik haritası

Çalışmanın son aşamasında, kritik en yüksek eş derinlik haritalarının çıkarımında yapılan analizler ve yarıvariogram modeli uygunluk testi (çapraz doğrulama-cross validation) sonuçları çizelge 4.7 'te verilmiştir.

Çizelge 4.7. Model uygunluk testi (çapraz doğrulama)

Kritik en yüksek eş derinlik haritası	Uygulanan Model	RMSE	ME	MSE	RMSSE	ASE
20 adet gözlem kuyusu analizi	Ordinary Kriging "Spherical"	70.12	-3.23	-0.04	1.00	69.68

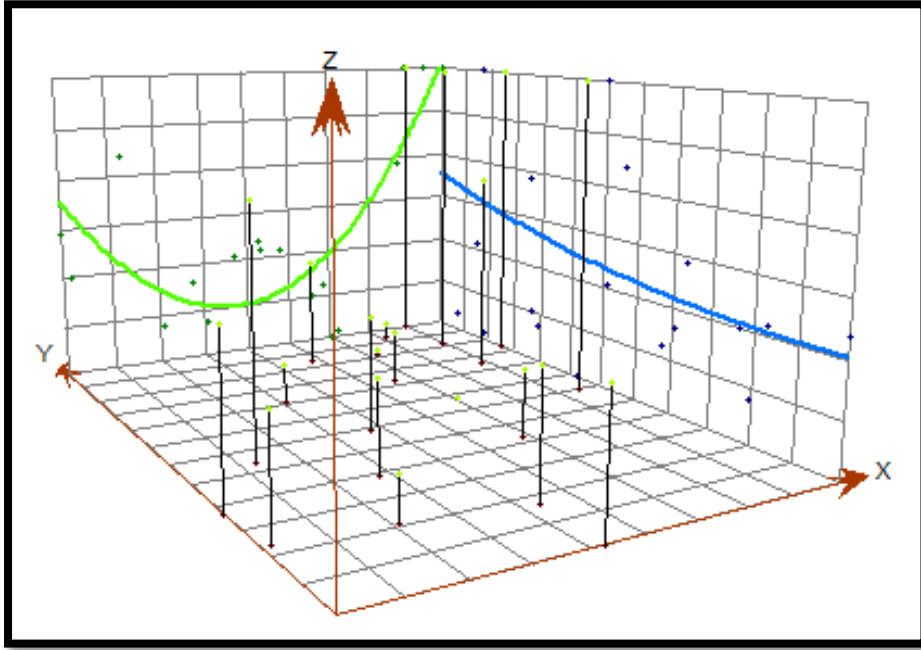
Yapılan analiz sonucunda tahmin haritalarının uygunluk testi değerlendirmesinde, kök ortalama kareler hatası (RMSE) değeri 70.12 olarak verilmiştir. Bu değer seçilen modelin ölçülen değerleri ne kadar yakın tahmin ettiğini vermektedir. Bu değer ne kadar küçükse o kadar iyi tahmin edildiğini göstermektedir. Standartlaştırılmış-indirgenmiş hata ortalaması (MSE) değeri ise analiz sonucunda -0.04 olarak elde edilmiştir. Bu değer 0'a yakın değer almalı ve ne kadar yakın hata oranı o kadar düşüktür.

Bu çalışmada elde edilen düşük hata tahmin haritası ve model uygunluk testi sonuçları kritik en yüksek eş derinlik haritası elde edilmesinde uygulanan Ordinary Kriging yöntemi ve analiz tahmin modelinin geçerliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

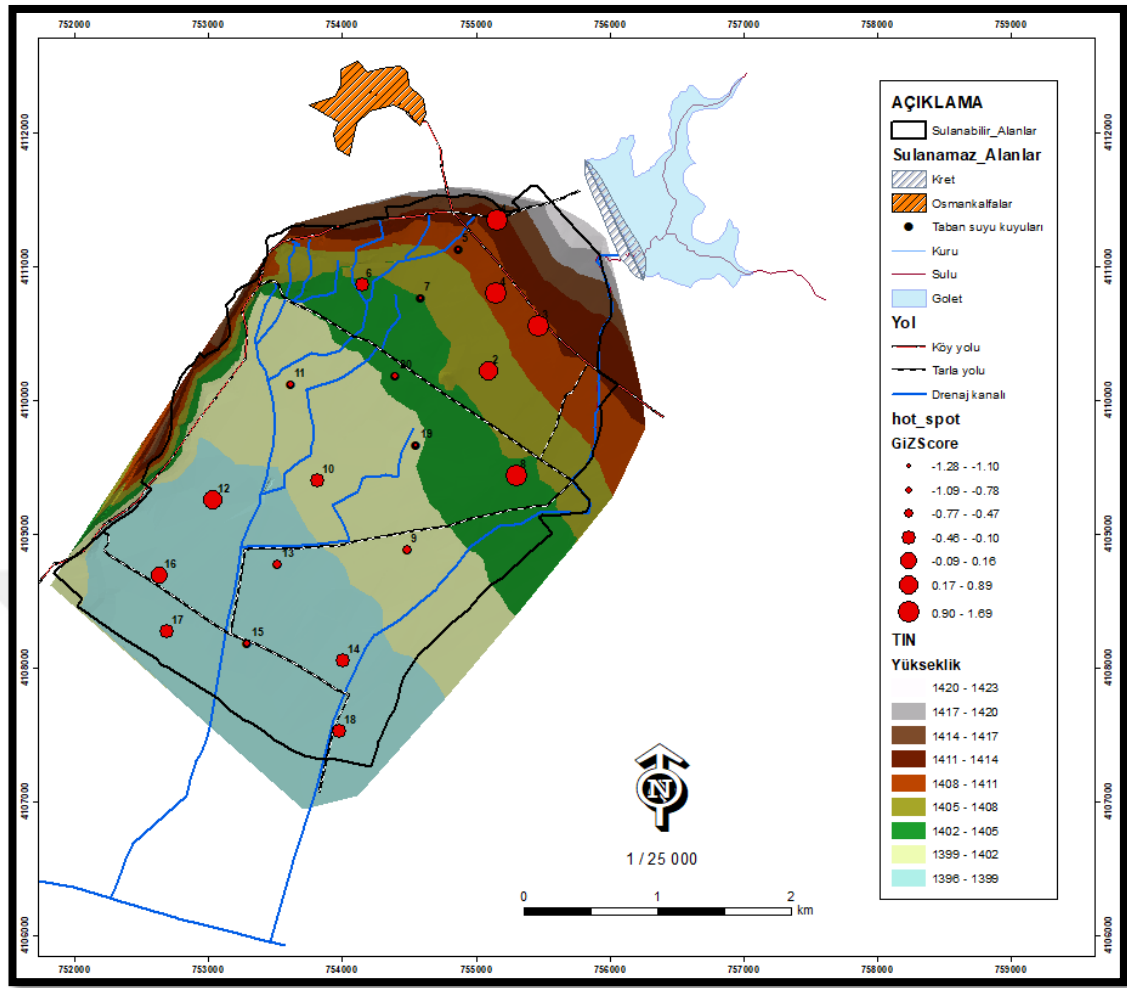
4.1.2.3. Kritik en düşük eş derinlik haritası verileri mekânsal istatistik

a) Trend analizi ve otokorelasyon

Yapılan analizler sonucunda, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’ da verilen trend analizi ve otokorelasyon haritasında görüldüğü gibi G_i^* değerlerinde pozitif değerlerin bulunduğu koyu kırmızı renkle belirtilen gölet bölgesindeki 1, 2, 3, 4, 6, 8, nolu gözlem kuyuları ile 10, 12 ve 16 nolu gözlem kuyularında yüksek değişken değerine, negatif değerlerin bulunduğu gözlem kuyularının da düşük değişkenlik değerlerine sahip olduğu ve %95 ($\alpha = 0.05$) güven düzeyi çift kuyruklu (normal dağılım) z-istatistiği eşik değeri 1.69 olduğu belirlenmiştir. Buna göre kritik en düşük eş derinlik haritalarının oluşturulmasında kullanılan en düşük taban suyu derinlik değerlerinin aynı tarihteki yakın noktalardaki taban suyu derinlik değerleri arasında bir ilişkinin olmadığı ve dağılımları rastlantısal olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.15. Trend Analizi

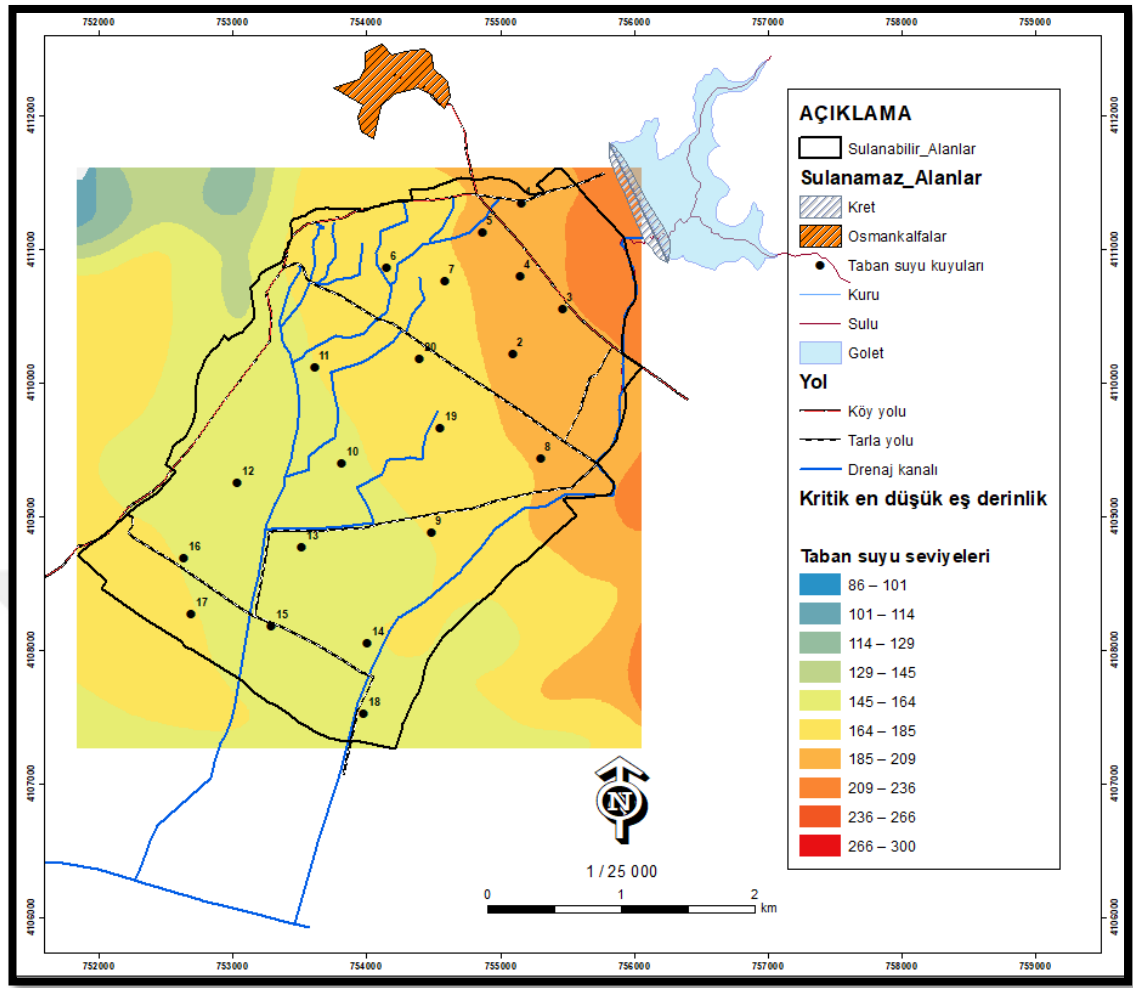


Şekil 4.16. Otokorelasyon haritası

b) Jeostatistiksel modelleme

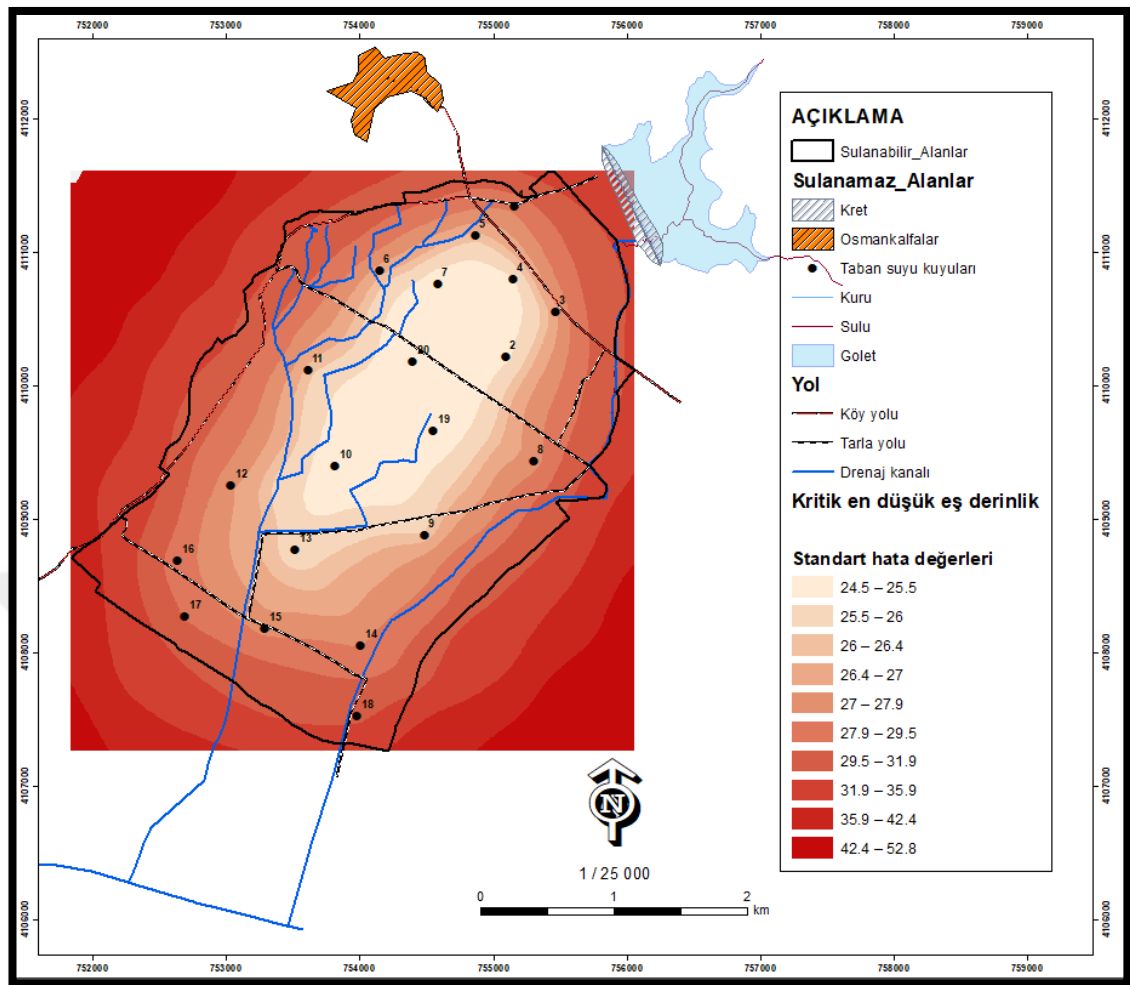
Jeoistatistiksel modellemede, kritik en düşük eş derinlik haritalarının çıkarımında taban suyu seviyelerinin dağılımlarının tespit edilmesi ve haritalanmasında Ordinary (OK) kriging ve Spherical (küresel) yarıvariogram modeli kullanılmış, adım sayısı 12, adım aralığı 226.15 m, Nugget (Co) değeri 5025.40, Partial Sill (C) değeri 526.25, Major range (a) değeri 2001 m olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerler sonucunda çalışma alanına ait kritik en düşük eş derinlik haritası elde edilmiştir (Şekil 4.17).

Çalışma sonucunda elde edilen kritik en düşük eş derinlik haritasında, sulama göletinin bulunduğu bölgede bulunan 1, 2, 3, 4 ve 8 nolu gözlem kuyuları ve çevresinde taban suyu su seviyelerinin düşük olduğu, sulama sahasının orta ve güney mansap bölgesinde ise taban suyu su seviyesinin yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 4.17. Taban suyu kritik en düşük eş derinlik haritası

Yapılan jeostatistiksel modellemede elde edilen hata tahmin haritalarında ise, genellikle taban suyu gözlem kuyularının bulunduğu bölgeler ve çevresinde çok düşük oranda 24.5 ile 31.9 cm aralıklarında düşük hata tahminleri yapıldığı, çalışma alanının sınır bölgelerinde ise bu bölgelerin taban suyu gözlem kuyularından uzaklaştığından 31.9 ile 52.8 cm aralıklarında yüksek hata tahminleri yapıldığı görülmüştür (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Taban suyu kritik en düşük eş derinlik hata haritası

Çalışmanın son aşamasında, gerçekleştirilen, taban suyu kritik en düşük eş derinlik haritalarının çıkarımında yapılan analizler ve yarivariogram modeli uygunluk testi (çapraz doğrulama-cross validation) sonuçları da Çizelge 4.8’te verilmiştir.

Çizelge 4.8. Model uygunluk testi (çapraz doğrulama)

Kritik en düşük eş derinlik haritası	Uygulanan Model	RMSE	ME	MSE	RMSSE	ASE
20 adet gözlem kuyusu analizi	Ordinary Kriging “Spherical”	75.23	-5.31	-0.066	0.98	76.57

Yapılan analiz sonucunda tahmin haritalarının uygunluk testi değerlendirilmesinde kök ortalama kareler hatası (RMSE) değeri 75.23 olarak verilmiştir. Bu değer, seçilen modelin ölçülen değerleri ne kadar yakın tahmin ettiğini vermektedir. Bu değer ne kadar küçükse o kadar iyi tahmin edildiğini göstermektedir. Standartlaştırılmış-indirgenmiş hata ortalaması (MSE) değeri ise analiz sonucunda -0.066 olarak elde edilmiştir. Bu değer 0'a yakın değer almalı ve ne kadar yakın hata oranı o kadar düşüktür.

Bu çalışmada elde edilen düşük hata tahmin haritası ve model uygunluk testi sonuçları taban suyu kritik en düşük eş derinlik haritalarının elde edilmesinde uygulanan Ordinary Kriging yöntemi ve analiz tahmin modelinin geçerliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

4.2. Taban Suyu Tuzluluk (EC) Değerlendirilmesi

4.2.1. Tanımlayıcı istatistik

Çalışma alanında açılmış olan toplam 20 adet taban suyu gözlem kuyusundan kuru olan 1, 3, 4 ve 8 nolu gözlem kuyuları dışında toplam 16 adet gözlem kuyusundan alınan taban suyu örneklerinin analiz değerlerinin tanımlayıcı istatistik sonuçları Çizelge 4.9’ da verilmiştir.

Taban suyu su analizleri verilerin tanımlayıcı istatistik sonuçları değerlerinin incelenmesinde, pH, K, Cl ve Nitrat değerlerinde standart sapmalarının ve varyansların düşük değerler aldığı bu değerler sonucunda ortalamalardan sapmalarının düşük olduğu, çarpıklık katsayılarında 0 ile 2.5 değeri arasında olduğundan sağa çarpık oldukları ve simetrik olmadığı yine EC, Mg, nitrat ve setlik değerlerinde basıklık katsayılarının 3 değerinden büyük olduğundan yayvan basıklık gösterdiği, diğer değerlerin ise 3 değerinden küçük ve ortalama değer çevresinde sivri basıklık dağılım gösterdiği görülmüştür. Ayrıca yüzde varyasyon katsayılarına baktığımızda pH ve alkalinite değerlerinin %1’ den küçük olduğundan düşük derecede, EC değerinin % 15’ ten büyük %36’ dan küçük olduğunda orta derecede, diğer değerlerin ise %36’dan büyük olduğundan yüksek derecede değişkenlik göstermektedir.

Çizelge 4.9. Taban suyu tuzluluk tanımlayıcı istatistikleri

İstatistik	EC(mS/ m)25°C	pH(2 3°C)	Na(mg /L)	K(mg/ L)	Ca (mg/L)	Mg(mg/L)	Cl(mg /L)	Sülfat_SO4 (mg/L)	Nitrat_N O3(mg/L)	Toplam Sertlik(CaC O3)(mg/L)	Toplam Alkalinite(CaCO3)(mg /L)
Min	48	7	6	2	34	13	8	13	4	267	103
Max	166	8	91	6	155	212	30	206	41	1018	147
Medyan	80	8	33	2	65	61	19	51	5	405	117
Mod	-	7.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aritmetik Ort.	87.0	7.6	42.1	2.9	70.5	70.4	17.7	69.4	10.0	465.9	122.7
Varyans	789.2	0.0	872.4	1.7	1054.6	2438.1	50.7	2250.6	96.7	37952.5	240.5
Std. Sapma	28.09	0.10	29.54	1.29	32.47	49.38	7.12	47.44	9.83	194.81	15.51
Basıklık	3.47	- 0.99	-1.27	1.08	1.83	3.72	-1.28	3.71	6.98	3.58	-1.52
Çarpıklık	1.57	0.41	0.53	1.47	1.24	1.65	-0.07	1.65	2.50	1.87	0.34
Varyasyon Katsayısı	32.27	1.37	70.19	45.09	46.08	70.13	40.19	68.35	98.07	41.82	12.64

Çalışmada, su analizi yapılan verilerin birbirleri ile ilgili ilişkilerinin belirlenmesinde SSPS programı üzerinde Pearson analizi ile korelasyonlarına bakılmıştır. Pearson analizinde çıkan korelasyon katsayısı (r) değerleri $0.5 \leq |r| < 1$ ise kuvvetli bir ilişki, $0 < |r| < 0.5$ arasında ise zayıf bir ilişki olduğu belirtilmiştir. Pearson analizinden elde edilen korelasyon katsayısı sonuçlarında taban suyu gözlem kuyularından elde edilen su analizleri verileri arasında, EC ile Mg arsında en yüksek olmak üzere, EC ile SO₄, EC ile NO₃, EC ile Toplam Sertlik, Mg ile SO₄ ve Mg ile toplam sertlik değerleri aralarında p=0.01 güven düzeyinde kuvvetli bir ilişki olduğu görülmüştür (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Taban suyu tuzluluk korelasyon matrisi

	EC(mS/m) 25°C	pH(23 °C)	Na(mg /L)	Ca (mg/ L)	Mg(mg /L)	Cl(mg /L)	Sülfat_ SO4 (mg/L)	Nitrat_NO3(mg/L)	Toplam Sertlik(CaCO3)(mg/L)	Toplam Alkalinite(CaCO3) (mg/L)
EC(mS/m)25°C	1									
pH(23°C)	.205	1								
Na(mg/L)	.607*	.485	1							
Ca (mg/L)	-.493	-.272	-.638**	1						
Mg(mg/L)	.934**	.223	.460	.302	1					
Cl(mg/L)	.123	.195	.549*	.334	.000	1				
Sülfat SO4 (mg/L)	.889**	.079	.397	.315	.842**	.040	1			
Nitrat_NO3(mg/L)	.740**	.044	.122	.162	.750**	-.343	.731**	1		
Toplam Sertlik(CaCO3)(m g/L)	.770**	.120	.215	.101	.918**	-.139	.747**	.716**	1	
Toplam Alkalinite(CaCO3) (mg/L)	.134	-.138	.317	.186	-.017	.150	-.008	-.126	-.095	1

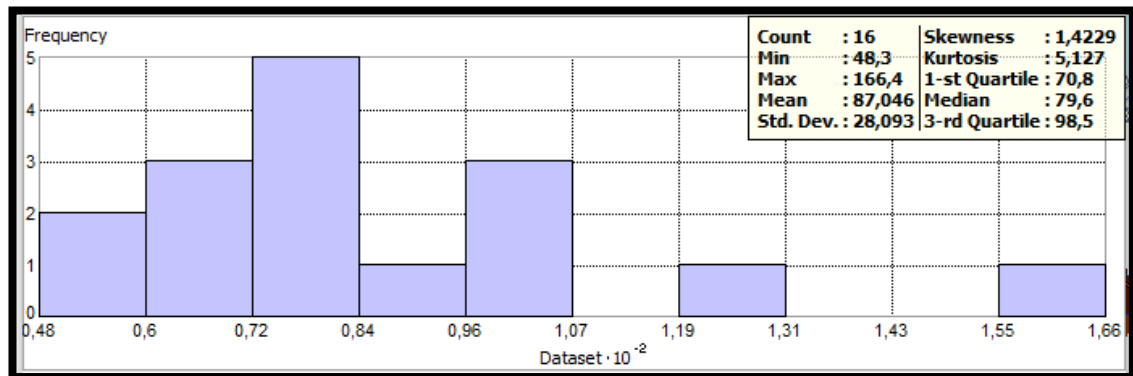
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

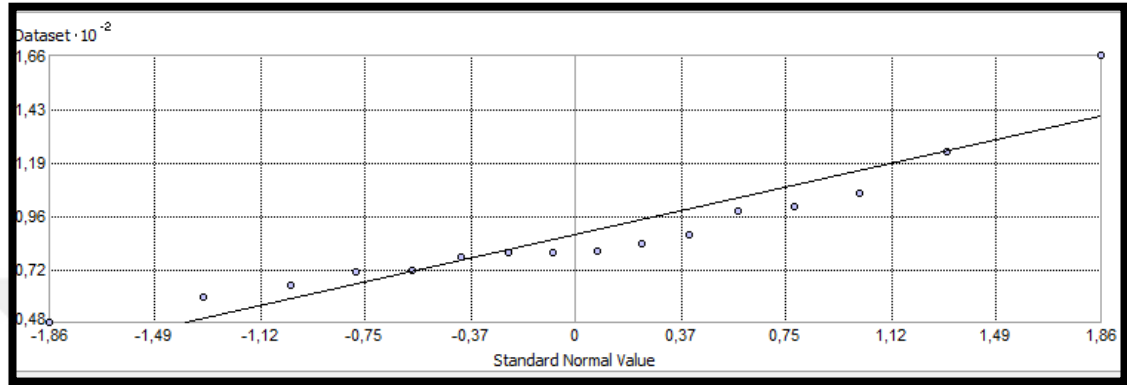
4.2.1.1. Taban suyu tuzluluk haritası verileri tanımlayıcı istatistikleri

Çalışmada taban suyu tuzluluk haritalarının elde edilmesinde, taban suyu gözlem kuyularında su analiz örnekleri alınabilen toplam 16 adet gözlem kuyu su analiz verileri kullanılmıştır. Su analizleri yapılan veriler üzerinde, korelasyon analizleri yapılmış ve sonucunda EC değeri ile en yüksek korelasyona yani en yüksek ilişkili olan Mg, SO₄ ve NO₃ değerleri de analizlere dahil edilerek tuzluluk haritası çıkarımları yapılmıştır. Burada sadece taban suyu analizleri sonuçlarındaki EC değerlerinin normal dağılıma uygunlukları incelenmesi verilmiştir.

Eş seviye haritalarında kullanılan taban suyu su analiz verilerinin incelenmesi sonucunda, histogram dağılımında büyük bir kısmının normal dağılıma uygun şekilde sol tarafta yığıldığı ve sağ uç bölgelerinde çok az sayıdaki verilerin dağılım simetrik olmasını önlediği, çarpıklık katsayısı 1.42 değeri ile çok çarpık ve simetrik olmadığı, basıklık katsayısı 5.12 değeri ile ortalama değer çevresinde yayvan basık bir dağılım gösterdiği, ayrıca ortalama değer ile ortanca değerlerin birbirine yakın olmadığı görülmüştür (Şekil 4.19).

**Şekil 4.19.** Histogram dağılımı

Bu verilerin, Normal QQ plot dağılım grafiğinde de normal dağılım çizgisi etrafında yoğunlaştığı belirlenmiştir (Şekil 4.20). Kolmogorov-Smirnov ile Shapiro-Wilk normallik testi sınavında $p>0.05$ ise normal dağılım gösterdiği belirtilmiştir. Ancak bu Kolmogorov-Smirnov normallik testi sonucunda bulunan değer 0.13 ile $p>0.05$ olduğundan normal dağılım gösterdiği, Shapiro-Wilk normallik testi sonucunda ise bulunan 0.035 değerinin $p<0.05$ olduğundan normal dağılım göstermediği sonucu bulunmuştur. (Çizelge 4.11).



Şekil 4.20. Normal QQ plot grafiği dağılımı

Çizelge 4.11. Normal dağılım testleri

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
EC (mS/m)25°C	.188	16	.133	.877	16	.035
a. Lilliefors Significance Correction						

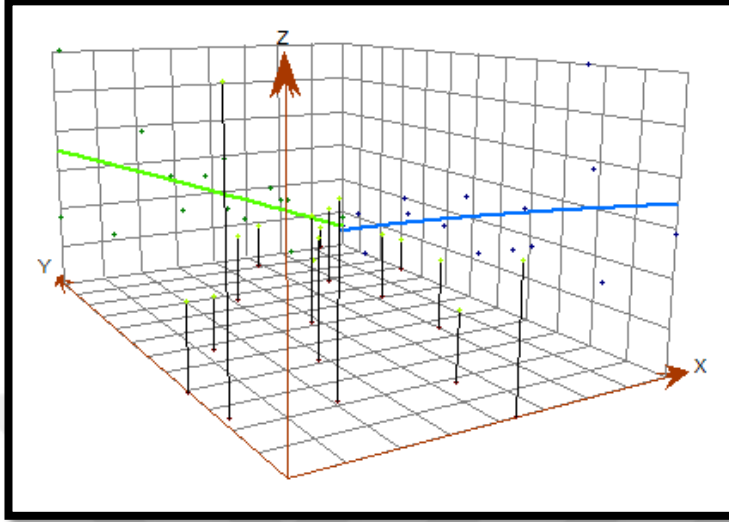
4.2.2. Mekânsal istatistik

Çalışmanın mekânsal istatistik bölümünde verilerinin, trend analizi ve Getis-Ord G^* istatistiği konumlarına göre otokorelasyonları incelemesi yapılarak jeostatistiksel modelleme ile taban suyu tuzluluk haritaları ile hata haritaları oluşturulmuş ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

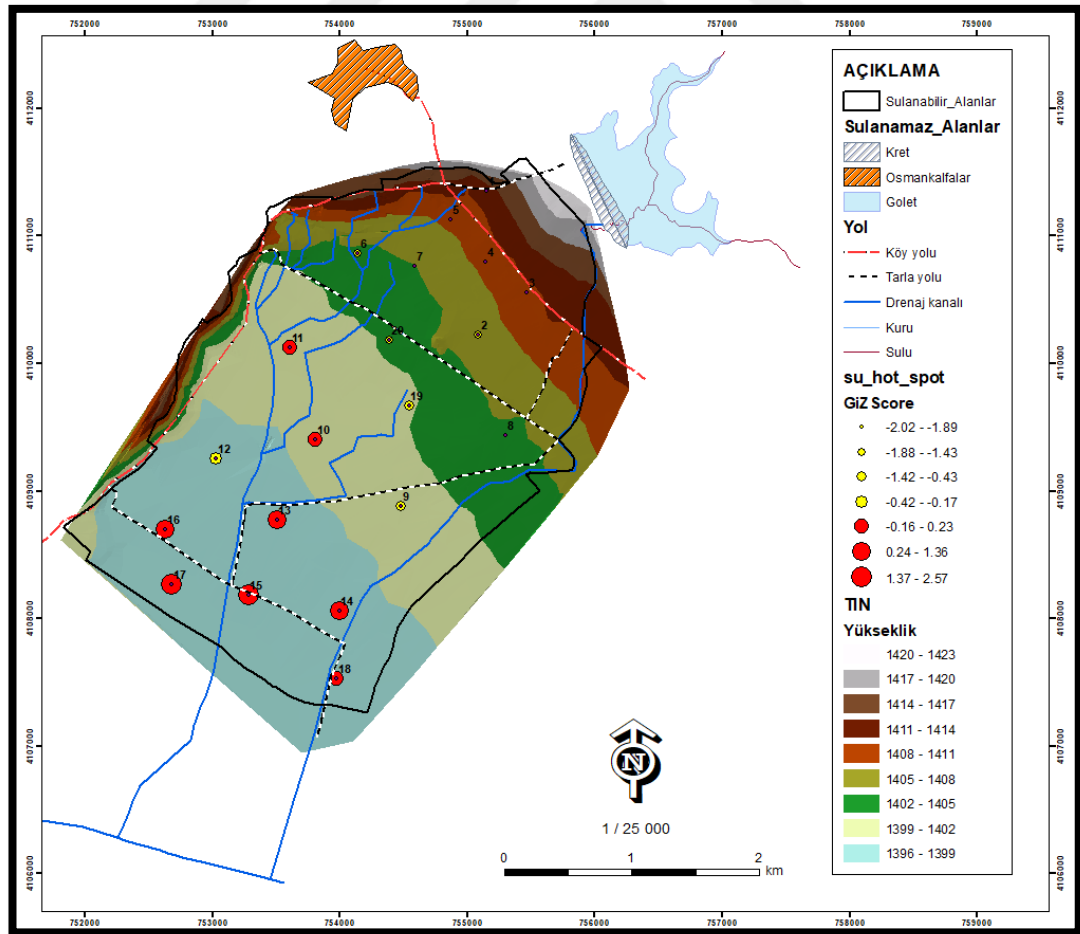
4.2.2.1. Taban suyu tuzluluk haritası trend analizi ve otokorelasyon

Yapılan analizler sonucunda, Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’ de verilen trend analizi ve otokorelasyon haritasında görüldüğü gibi G_i^* değerlerinde pozitif değerlerin bulunduğu koyu kırmızı renkle belirtilen ve çalışma alanının orta bölgesinde bulunan 10 ve 11 nolu gözlem kuyuları ile güneyinde mansap bölgesinde yer alan 13, 14, 15, 16, 17 ve 18 nolu gözlem kuyuları ve çevresinde yüksek değişken değerine, negatif değerlerin bulunduğu gözlem kuyularının da düşük değişkenlik değerlerine sahip olduğu ve %95 ($\alpha = 0.05$) güven düzeyi çift kuyruklu (normal dağılım) z -istatistiği eşik değeri 2.57 olduğu belirlenmiştir. Buna göre taban suyu tuzluluk haritalarının oluşturulmasında kullanılan EC değerlerinin özellikle güney mansap bölgesinde su tuzluluğun yüksek değişkenlik

göstermesinin bu bölgelerdeki taban suyu seviyelerinin yüksek olması ve üst bölgelerden topraktan yıkanarak birikmesinden kaynaklandığı görülmüştür. Taban suyu tuzluluğunun yakın noktalardaki taban suyu derinlik değerleri arasında bir ilişkinin olmadığı ve dağılımları rastlantısal olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.21. Trend Analizi

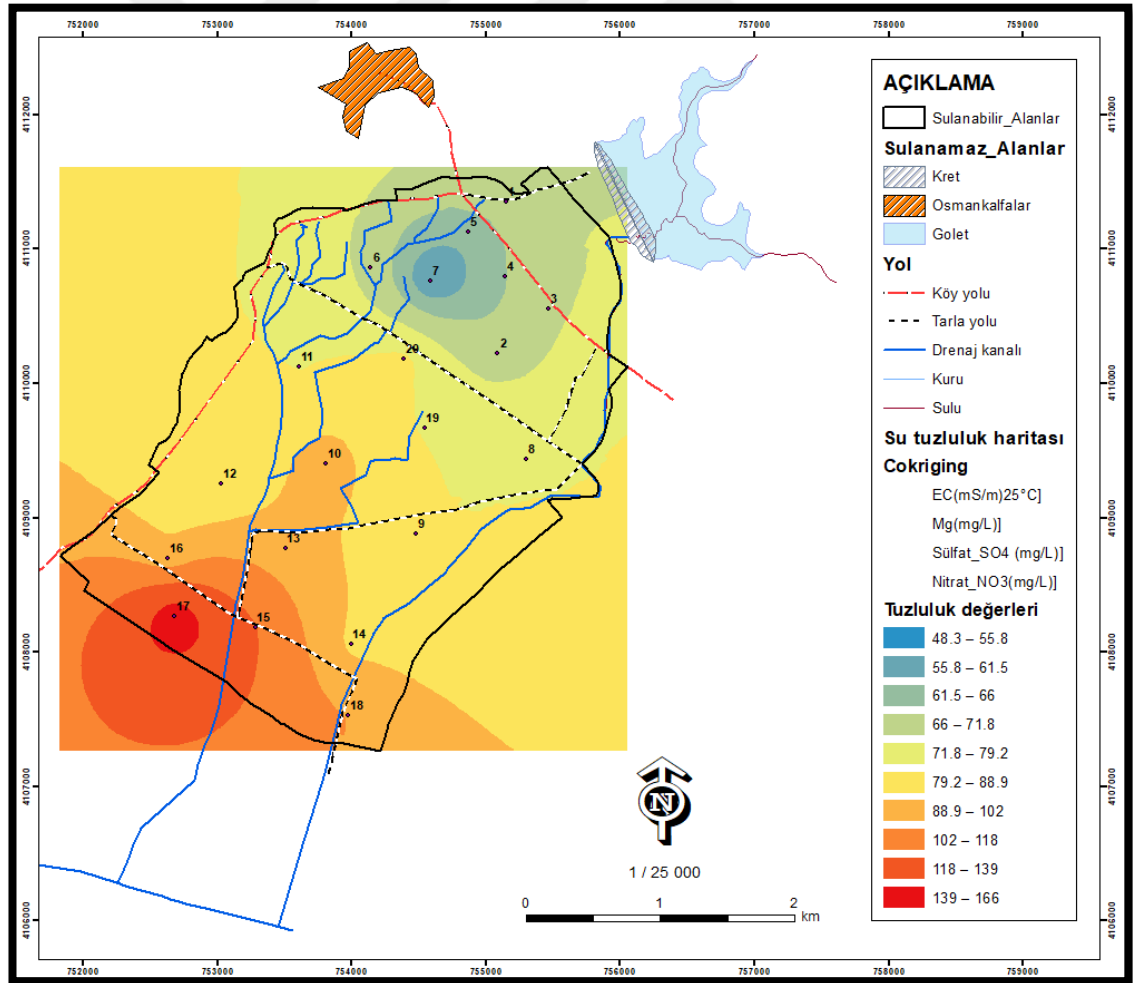


Şekil 4.22. Otokorelasyon haritası

4.2.2.2. Jeostatistiksel modelleme

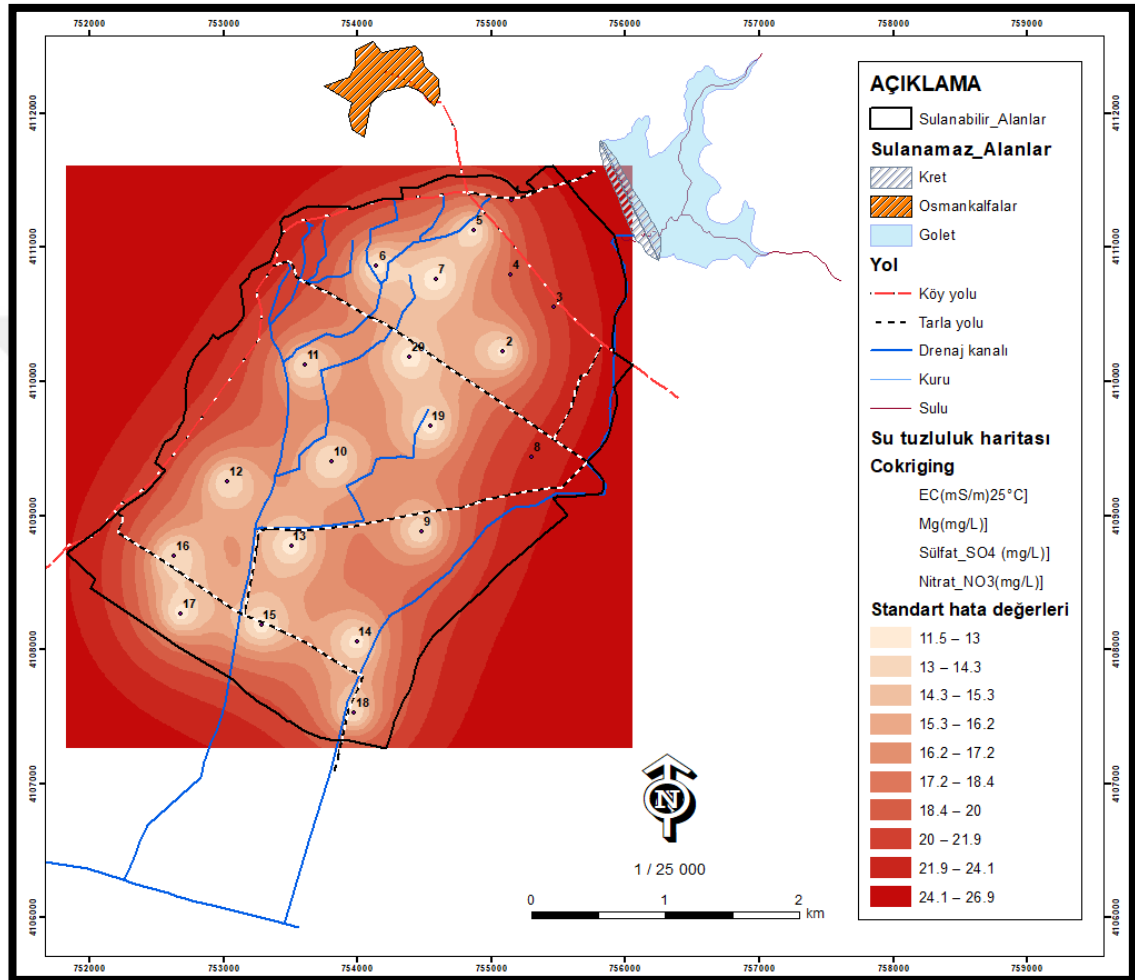
Jeoistatistiksel modellemede, taban suyu tuz dağılımlarının tespit edilmesi ve haritalanmasında taba suyu EC analiz değerleri ile birlikte en yüksek korelasyona sahip olan Mg, SO₄ ve NO₃ analiz verileri ile birlikte kullanılan Co-kriging (CK) ve Exponential (üssel) yarıvariogram modeli kullanılmıştır. Bu modelde, adım sayısı 12, adım aralığı 363.49 m, Nugget (Co) değerleri EC’de 243.59, Mg’ da 284.59, SO₄’ de 131.78, NO₃’ de 69.92, Partial Sill (C) değerleri EC’de 721.69, Mg’ da 702.47, SO₄’ de 657.68, NO₃’ de 702.47, Major range (a) değerleri 4361.95 m ve 3694.16 m olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerler sonucunda çalışma alanına ait taban suyu tuzluluk haritası elde edilmiştir (Şekil 4.23).

Çalışma sonucunda elde edilen taban suyu tuzluluk haritası haritasında, sulama göletinin altındaki bölgede bulunan 5 ve 7 nolu gözlem kuyuları ve çevresinde taban suyu tuzluluk seviyelerinin 48-61 EC(mS/m) 25°C arası en düşük olduğu, güneyinde drenaj kanallarının mansap bölgesinde özellikle 17 nolu gözlem kuyusu çevresinde taban suyu tuzluğunun en yüksek 138 ile 166 EC(mS/m) 25°C düzeyinde, yine mansabın orta bölgesinde 10 ve 13 nolu gözlem kuyuları çevresinde 88-117 EC(mS/m) 25°C arasındaki orta değerlerde bulunduğu görülmüştür.



Şekil 4.23 Taban suyu tuzluluk haritası

Yapılan jeoistatistiksel modellemede elde edilen hata tahmin haritalarında ise genellikle taban suyu gözlem kuyularının bulunduğu bölgeler ve çevresinde çok düşük oranda 11.5 ile 16.2 aralıklarında düşük hata tahminleri yapıldığı, çalışma alanının sınır bölgelerinde özellikle gölet bölgesinde bu bölgelerin taban suyu gözlem kuyularından uzaklaştığından 16.2 ile 26.9 aralıklarında yüksek hata tahminleri yapıldığı görülmüştür (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Taban suyu tuzluluk hata haritası

Çalışmanın son aşamasında, gerçekleştirilen taban suyu tuzluluk haritalarının çıkarımında kullanılan yapılan analizler ve yarıvariogram modeli uygunluk testi (çapraz doğrulama-cross validation) sonuçları da Çizelge 4.12 'de verilmiştir.

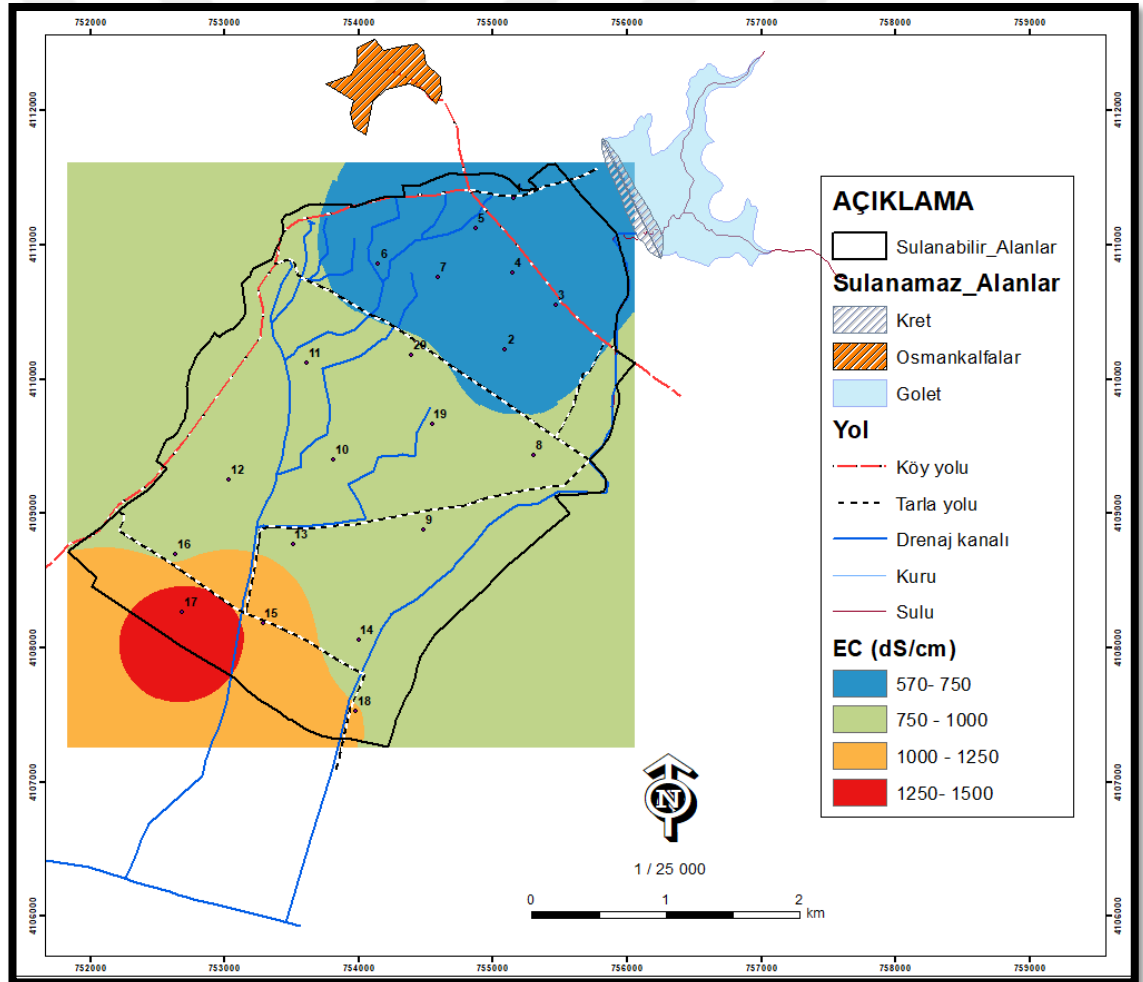
Çizelge 4.12. Model uygunluk testi (çapraz doğrulama)

Taban suyu tuzluluk haritası	Uygulanan Model	RMSE	ME	MSE	RMSSE	ASE
16 adet gözlem kuvusu analizi	Ordinary Kriging “Exponential”	14.23	0.37	0.01	0.62	23.14

Yapılan analiz sonucunda tahmin haritalarının uygunluk testi değerlendirmesinde kök ortalama kareler hatası (RMSE) değeri 14.23 olarak verilmiştir. Bu değer, seçilen modelin ölçülen değerleri ne kadar yakın tahmin ettiğini vermektedir. Bu değer ne kadar küçükse o kadar iyi tahmin edildiğini göstermektedir. Standartlaştırılmış-indirgenmiş hata ortalaması (MSE) değeri ise analiz sonucunda 0.01 olarak elde edilmiştir. Bu değer 0'a yakın değer almalı ve ne kadar yakın hata oranı o kadar düşüktür.

Bu çalışmada elde edilen düşük hata tahmin haritası ve model uygunluk testi sonuçları taban suyu tuzluluk haritalarının elde edilmesinde uygulanan Co-kriging yöntemi ve analiz tahmin modelinin geçerliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Ayrıca elde edilen taban suyu tuzluluk haritası verileri ABD Riverside Tuzluluk Laboratuvarı Tuzluluk Sınıflandırma Sistemindeki Anonymous (1954)' tarafından oluşturulan sulama suyu tuzluluk sınıflamasına göre tuzluluk dağılım haritası Şekil 4.25' de görüldüğü gibi, çalışma alanındaki alansal dağılımları da Çizelge 4.13' de verildiği gibi oluşturulmuştur.



Şekil 4.25. Taban suyu tuzluluk sınıflandırma haritası

Çizelge 4.13. ABD Riverside tuzluluk laboratuvarı tuzluluk sınıflandırma sistemine göre sulama suyu örneklerinin tuzluluk sınıfları ve dağılımı. (Anonymous 1954)

Tuzluluk Sınıfları	EC x 106. 25 °C dS/cm	Alan (ha)
C1 (Az Tuzlu)	<250	-
C2 (Orta Tuzlu)	250-750	291.81
C3 (Fazla Tuzlu)	750-2250	782.19
C4 (Çok Fazla Tuzlu)	2250<	-
		TOPLAM: 1074.00

4.3. Gözlem kuyularındaki Toprak Tuzluğu (EC) Değerlendirilmesi

4.3.1. Tanımlayıcı istatistik

Çalışma alanında açılmış olan toplam 20 adet taban suyu gözlem kuyusundan alınan taban suyu toprak örneklerinin analiz değerlerinin tanımlayıcı istatistik sonuçları Çizelge 4.14’ de verilmiştir.

Taban suyu toprak analizleri verilerin tanımlayıcı istatistik sonuçları değerlerinin incelenmesinde, standart sapmalarının 0-21.3 ve varyansların ise yüzde su ile doygunluk değerleri dışında 0-0.1 arasında çok düşük değerler aldığı bu değerler sonucunda ortalamalardan sapmalarının çok düşük olduğu, çarpıklık katsayılarında 0.1 ile 2.1 değeri arasında olduğundan sağa çarpık oldukları ve simetrik olmadığı, 30-60 cm profildeki toplam tuz yüzdesi, 30-60 cm ve 90-150 cm profildeki pH çamur değerlerinde basıklık katsayılarının 3 değerinden büyük sivri basıklık gösterdiği, diğer değerlerin ise 3 değerinden küçük ve ortalama değer çevresinde basık dağılım gösterdiği görülmüştür.

Çizelge 4.14. Toprak analizleri tanımlayıcı istatistik verileri

	40.0	42.0	36.0	48.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	8.0	8.1	8.0	8.4	8.6	8.6	8.4
Min																
Max	100.0	132.0	119.0	137.0	0.1	0.2	0.1	0.2	8.6	9.3	9.0	9.3	9.3	9.8	9.6	9.8
Medyan	63.5	62.5	70.0	77.5	0.1	0.1	0.1	0.1	8.2	8.3	8.3	8.3	8.9	9.0	9.0	9.0
Mod	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aritmetik Ort.	65.3	69.5	71.0	76.2	0.1	0.1	0.1	0.1	8.2	8.3	8.3	8.4	8.9	9.0	9.0	9.0
Varyans	274.3	452.6	414.4	562.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Std. Sapma	16.6	21.3	20.4	23.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3
Basıklık	-0.5	2.5	0.3	0.5	0.1	11.9	-0.3	-0.3	2.3	6.7	5.1	4.9	-0.3	1.0	-0.8	1.3
Çarpıklık	0.5	1.4	0.6	0.8	0.9	3.2	0.3	0.5	0.4	2.1	1.8	1.8	0.1	1.0	0.2	0.7
Varyasyon Katsayısı	25.4	30.6	28.7	31.2	33.9	47.4	32.1	33.5	1.8	3.2	2.6	3.2	2.7	3.4	3.1	3.3

Çalışmada, toprak analizi yapılan verilerin birbirleri ile ilgili ilişkilerinin belirlenmesinde SSPS programı üzerinde Pearson analizi ile korelasyonlarına bakılmıştır. Pearson analizinde çıkan korelasyon katsayısı (r) değerleri $0.5 \leq |r| < 1$ ise kuvvetli bir ilişki. $0 < |r| < 0.5$ arasında ise zayıf bir ilişki olduğu belirtilmiştir. Pearson analizinden elde edilen korelasyon katsayısı sonuçlarında taban suyu gözlem kuyularından elde edilen toprak analizleri verileri arasında, farklı toprak profilleri arasında ve su ile doygunluk

yüzdeleri, toplam tuz yüzdesi ile pH değerleri arasında aralarında büyük çoğunluğu $p=0.01$ ve $p=0.05$ güven düzeyinde kuvvetli bir ilişki olduğu görülmüştür (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Toprak analizleri korelasyon matrisi

		Su İle Doy.(%)				Toplam Tuz(%)				pH_Çamur				pH_1/5			
		0-30	30-60	60-90	90-150	0-30	30-60	60-90	90-150	0-30	30-60	60-90	90-150	0-30	30-60	60-90	90-150
Su İle Doy.(%)	0-30	1															
	30-60	.805*	1														
	60-90	.610*	.799*	1													
	90-150	.675*	.802*	.860*	1												
Toplam Tuz(%)	0-30	.668*	.703*	.433	.582*	1											
	30-60	.539*	.862*	.664*	.677*	.594*	1										
	60-90	.627*	.798*	.842*	.816*	.531*	.654*	1									
	90-150	.583*	.525*	.383	.593*	.801*	.394	.577*	1								
pH_Çamur	0-30	.496*	.606*	.521*	.456*	.293	.680*	.598*	.200	1							
	30-60	.526*	.819*	.610*	.722*	.635*	.854*	.735*	.483	.737*	1						
	60-90	.456*	.743*	.569*	.634*	.595*	.840*	.607*	.452	.655*	.919*	1					
	90-150	.537*	.761*	.693*	.820*	.612*	.825*	.707*	.505	.647*	.874*	.881*	1				
pH_1/5	0-30	.713*	.630*	.549*	.520*	.461*	.512*	.687*	.454	.761*	.605*	.522*	.584*	1			
	30-60	.654*	.766*	.614*	.640*	.614*	.747*	.741*	.453	.759*	.855*	.836*	.853*	.839*	1		
	60-90	.288	.425	.460*	.458*	.433	.536*	.493*	.334	.653*	.708*	.809*	.741*	.515*	.746*	1	
	90-150	.498*	.665*	.659*	.689*	.540*	.713*	.694*	.397	.658*	.783*	.841*	.902*	.633*	.897*	.837*	1

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

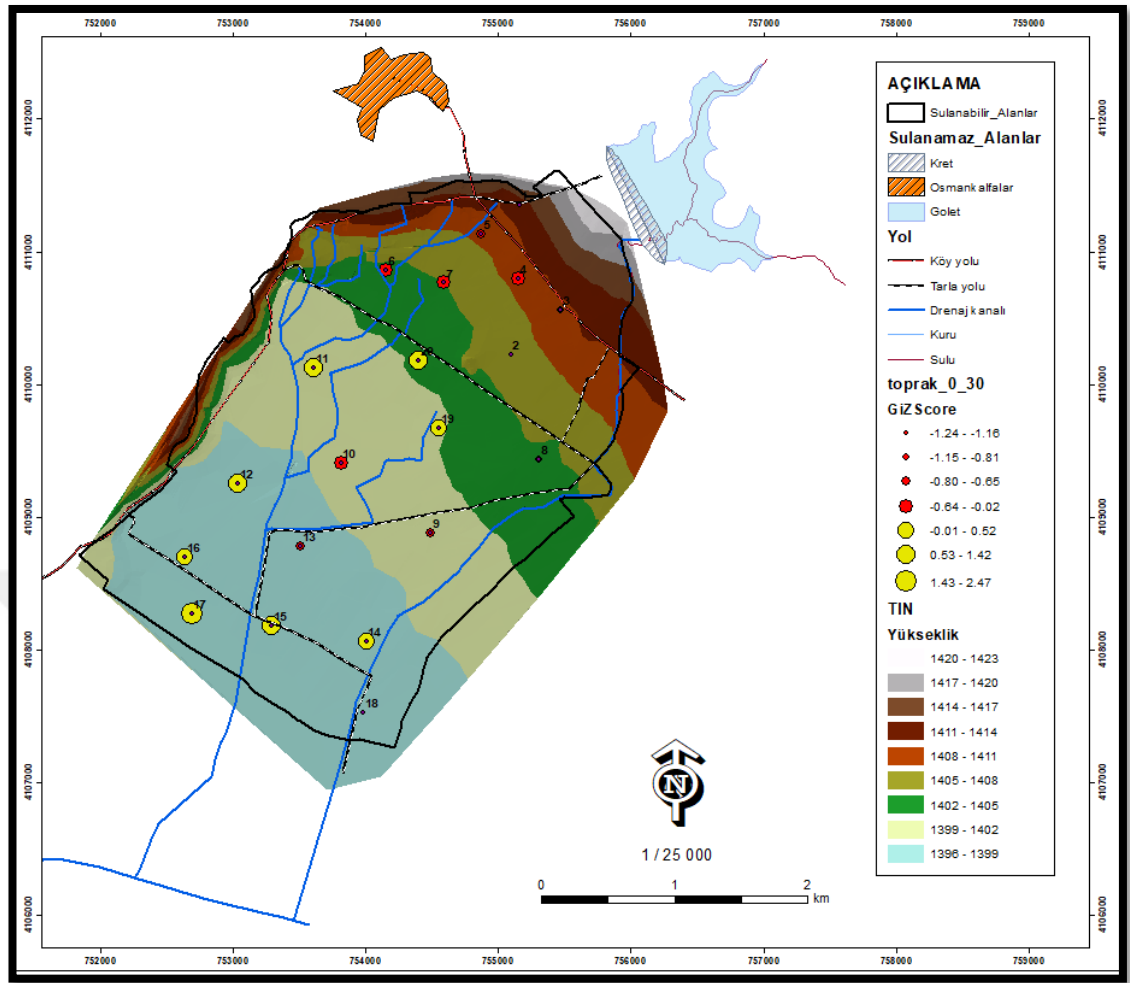
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

4.3.2. Mekânsal istatistik

Çalışmanın mekânsal istatistik bölümünde toprak profilinin 0-30 cm. 30-60 cm. 60-90 cm ve 90-150 cm derinliklerinden alınan verilerin, trend analizi ve Getis-Ord G^* istatistiği konumlarına göre otokorelasyonları incelemesi yapılarak jeostatistiksel modelleme ile toprak tuzluluk haritaları ile hata haritaları oluşturulmuş ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

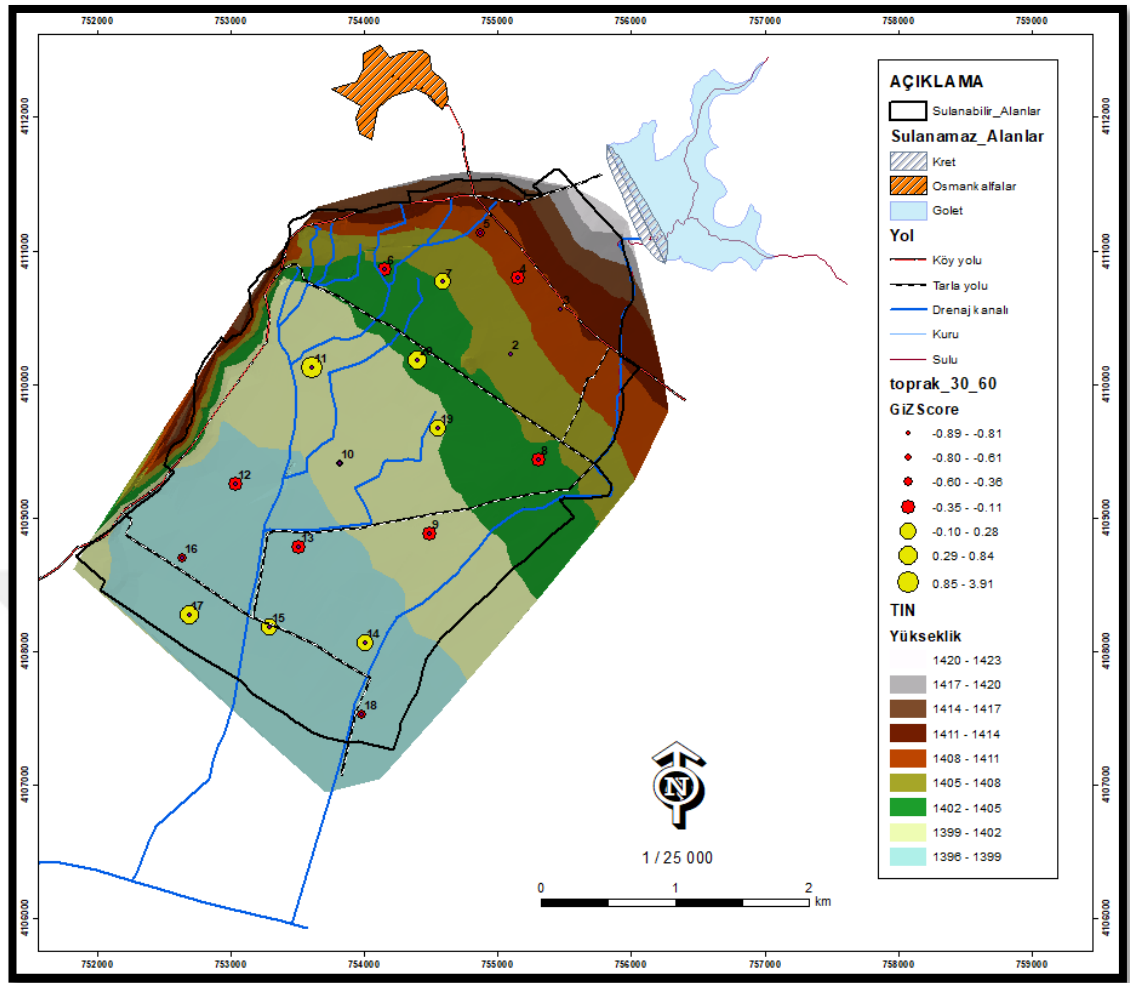
4.3.2.1. Taban suyu tuzluluk haritası verileri trend analizi ve otokorelasyon

Yapılan analizler sonucunda. Şekil 4.26' da verilen otokorelasyon haritasında görüldüğü gibi G_i^* değerlerinde. 0-30 cm derinlikte pozitif değerlerin bulunduğu koyu sarı renkle belirtilen 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19 ve 20 nolu gözlem kuyuları ve çevresindeki topraklarda tuzluluk değerinin yüksek değişken değerine, negatif değerlerin bulunduğu diğer gözlem kuyuları çevresindeki topraklarda düşük değişkenlik değerlerine sahip olduğu ve %95 ($\alpha = 0.05$) güven düzeyi çift kuyruklu (normal dağılım) z-istatistiği eşik değeri 2.47 olduğu belirlenmiştir.



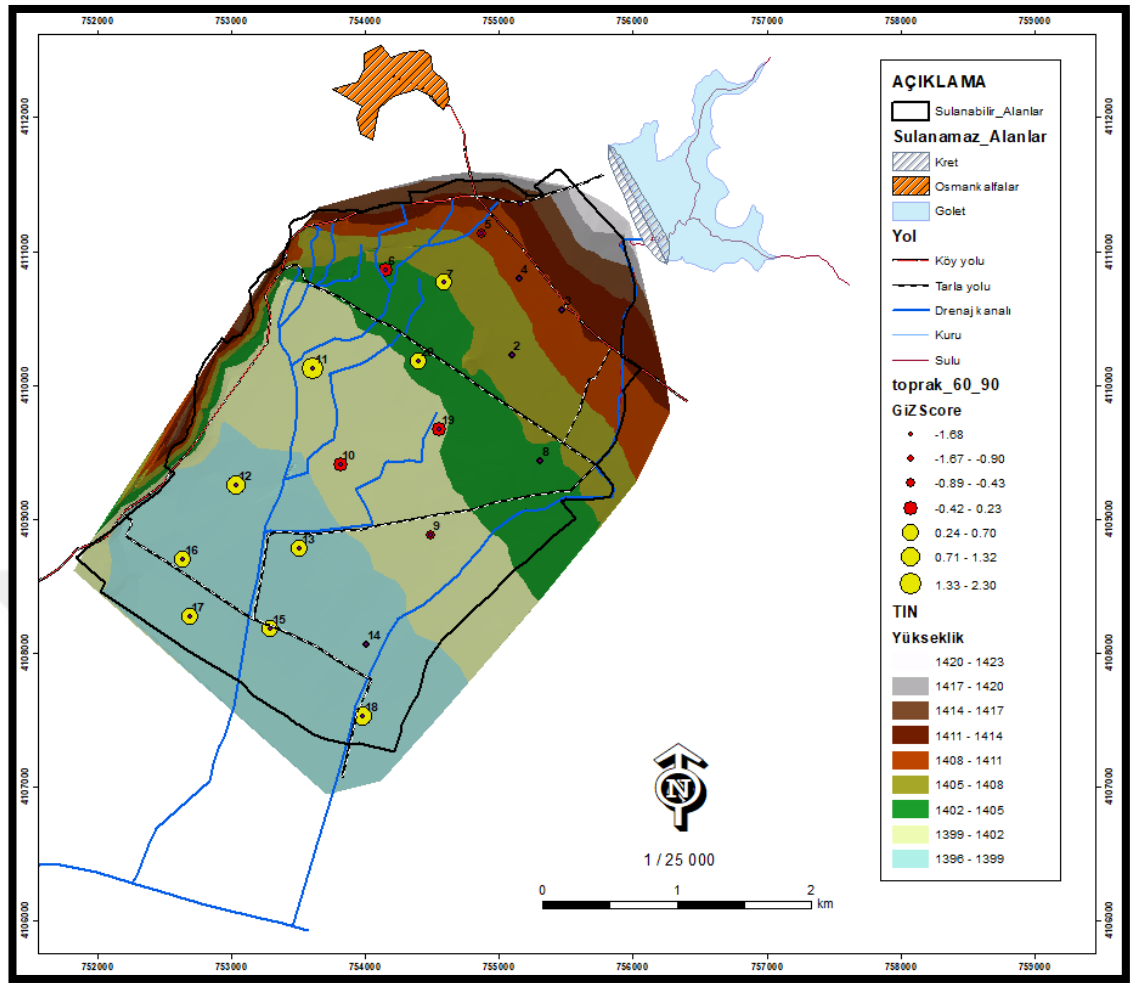
Şekil 4.26. Otokorelasyon haritası (0-30 cm)

30-60 cm derinlikte pozitif değerlerin bulunduğu koyu sarı renkle belirtilen 7, 11, 14, 15, 17, 19 ve 20 nolu gözlem kuyuları ve çevresindeki topraklarda tuzluluk değerinin yüksek değişken değerine, negatif değerlerin bulunduğu diğer gözlem kuyuları çevresindeki topraklarda düşük değişkenlik değerlerine sahip olduğu ve %95 ($\alpha = 0.05$) güven düzeyi çift kuyruklu (normal dağılım) z-istatistiği eşik değeri 3.91 olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.27).



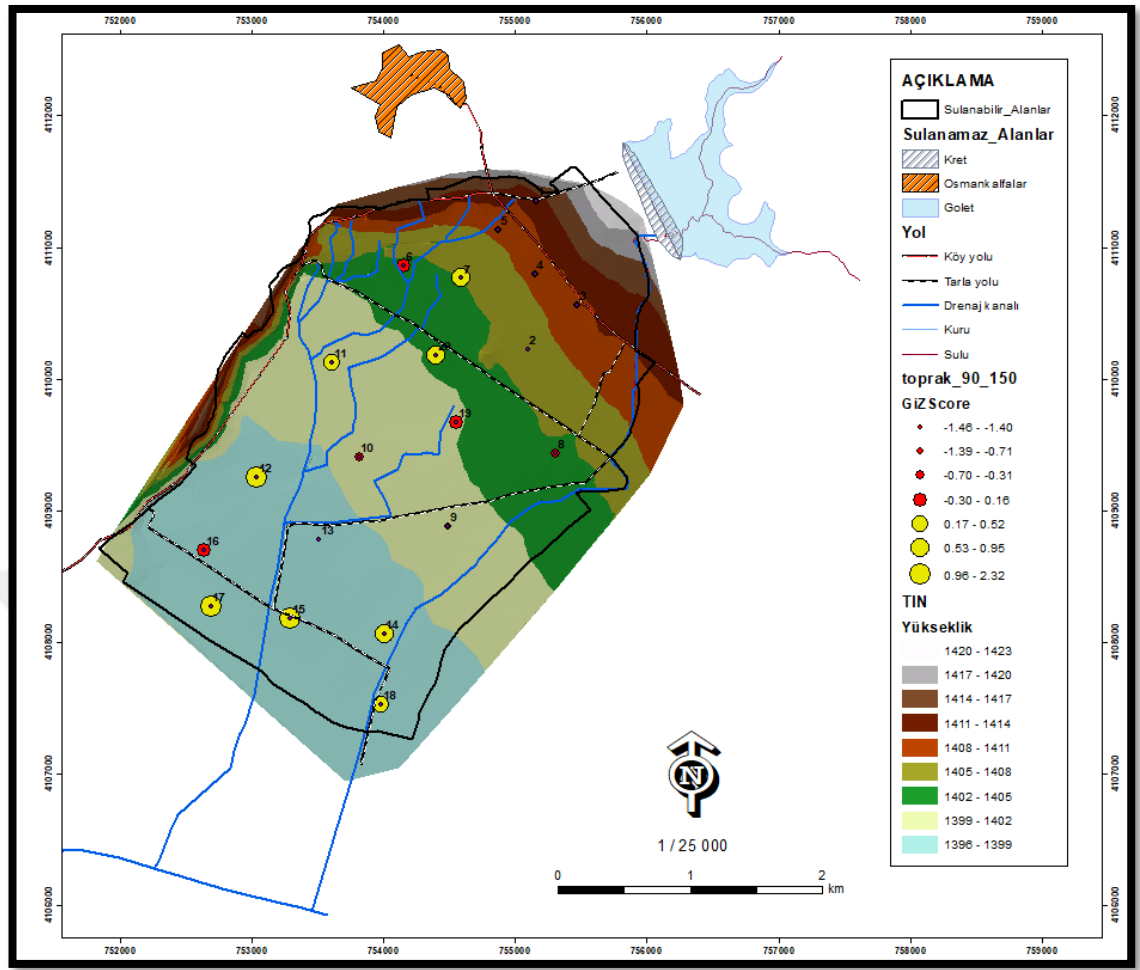
Şekil 4.27. Otokorelasyon haritası (30-60 cm)

60-90 cm derinlikte pozitif değerlerin bulunduğu koyu sarı renkle belirtilen 7, 11, 12, 14, 15, 16, 17 ve 20 nolu gözlem kuyuları ve çevresindeki topraklarda tuzluluk değerinin yüksek değişken değerine, negatif değerlerin bulunduğu diğer gözlem kuyuları çevresindeki topraklarda düşük değişkenlik değerlerine sahip olduğu ve %95 ($\alpha = 0.05$) güven düzeyi çift kuyruklu (normal dağılım) z-istatistiği eşik değeri 2.30 olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Otokorelasyon haritası (60-90 cm)

90-150 cm derinlikte pozitif değerlerin bulunduğu koyu sarı renkle belirtilen 7, 11, 12, 14, 15, 17, 18, ve 20 nolu gözlem kuyuları ve çevresindeki topraklarda tuzluluk değerinin yüksek değişken değerine, negatif değerlerin bulunduğu diğer gözlem kuyuları çevresindeki topraklarda düşük değişkenlik değerlerine sahip olduğu ve %95 ($\alpha = 0.05$) güven düzeyi çift kuyruklu (normal dağılım) z-istatistiği eşik değeri 2.32 olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.29).



Şekil 4.29. Otokorelasyon haritası (90-150 cm)

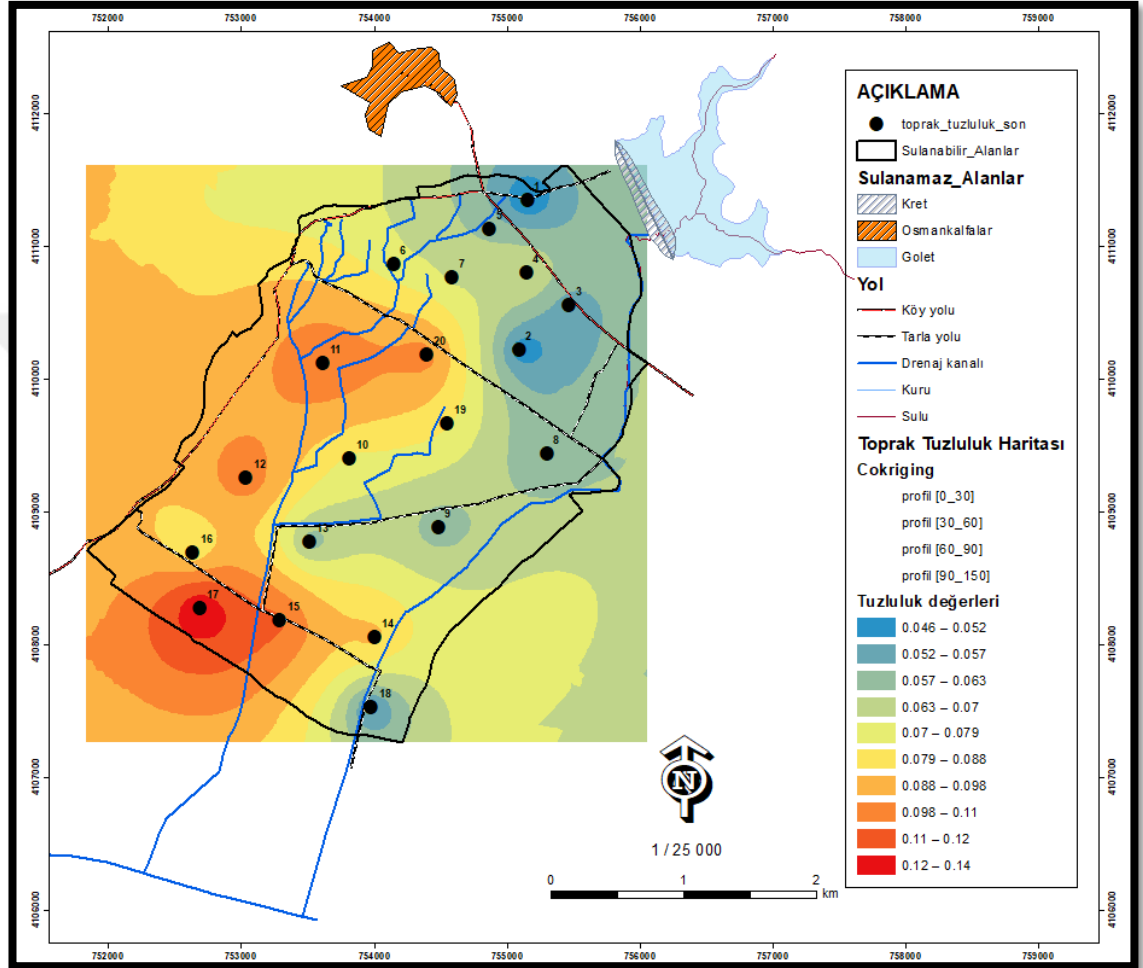
Buna göre toprak tuzluluk haritalarının oluşturulmasında kullanılan toprak EC değerlerinin özellikle güney mansap bölgesinde toprak tuzluluğun yüksek değişkenlik göstermesinin bu bölgelerdeki taban suyu seviyelerinin yüksek olmasından ve üst bölgelerden topraktan yıkanarak drenaj hatları boyunca birikmesinden kaynaklandığı görülmüştür.

4.3.2.2. Jeoistatistiksel modelleme

Jeoistatistiksel modellemede, toprak tuz dağılımlarının tespit edilmesi ve haritalanmasında toprak EC analiz değerlerinde 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-150 cm profil derinliklerindeki toprakların tuz değerleri arasında 0.05 düzeyinde yüksek korelasyona sahip olduğundan birlikte kullanılan Co-kriging (CK) ve Exponential (üssel) yarıvariogram modeli kullanılmıştır.

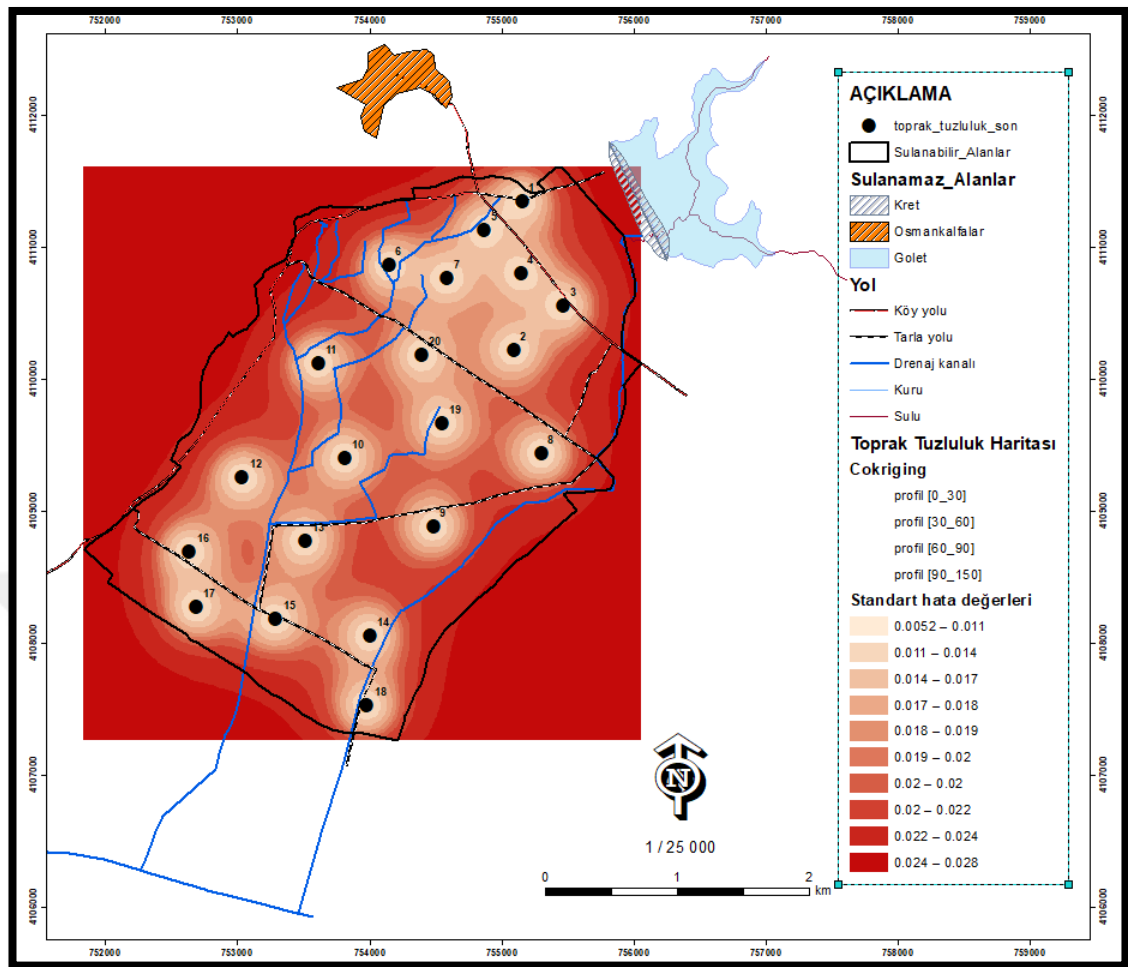
Bu modelde, adım sayısı 12, adım aralığı 237.99 m, Nugget (Co) ve Partial Sill (C) değerleri 0, Major range (a) değerleri 1761.55 m ve 2855.95 m olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerler sonucunda çalışma alanına ait toprak tuzluluk haritası elde edilmiştir (Şekil 4.30).

Çalışma sonucunda elde edilen toprak tuzluluk haritasında, sulama göletinin altındaki bölgede bulunan 1, 2, 3 nolu gözlem kuyuları ile 8, 9, 13 ve 18 nolu gözlem kuyuları ve çevresinde toprak toplam tuzluluk yüzdelerinin 0.045-0.063 arasında en düşük olduğu, güneyinde drenaj kanallarının mansap bölgesinde özellikle 17 nolu gözlem kuyusu çevresinde ise toprak toplam tuzluluk yüzdelik değerinin 0.11-0.14 arasında bulunduğu görülmüştür.



Şekil 4.30. Taban suyu tuzluluk haritası

Yapılan jeostatistiksel modellemede elde edilen hata tahmin haritalarında ise, genellikle taban suyu gözlem kuyularının bulunduğu bölgeler ve çevresinde çok düşük oranda 0.011 ile 0.02 yüzdelik değerlerinde düşük hata tahminleri yapıldığı, çalışma alanının sınır bölgelerinde özellikle gölet bölgesinde bu bölgelerin taban suyu gözlem kuyularından uzaklaştığından 0.02 ile 0.028 yüzdelik değer aralıklarında yüksek hata tahminleri yapıldığı görülmüştür (Şekil 4.31).



Şekil 4.31. Taban suyu tuzluluk hata haritası

Çalışmanın son aşamasında, gerçekleştirilen taban suyu tuzluluk haritalarının çıkarımında yapılan analizleri ve yarıvariogram modeli uygunluk testi (çapraz doğrulama-cross validation) sonuçları da Çizelge 4.16 'da verilmiştir.

Çizelge 4.16 Model uygunluk testi (çapraz doğrulama)

Toprak tuzluluk haritası	Uygulanan Model	RMSE	ME	MSE	RMSSE	ASE
20 adet gözlem kuyusu analizi	Ordinary Kriging “Exponential”	0.019	0.00	0.02	1.28	0.15

Yapılan analiz sonucunda tahmin haritalarının uygunluk testi değerlendirilmesinde kök ortalama kareler hatası (RMSE) değeri 0.19 olarak verilmiştir. Bu değer, seçilen modelin ölçülen değerleri ne kadar yakın tahmin ettiğini vermektedir. Bu değer ne kadar küçükse o kadar iyi tahmin edildiğini göstermektedir. Standartlaştırılmış-indirgenmiş hata ortalaması (MSE) değeri ise analiz sonucunda 0.02 olarak elde edilmiştir. Bu değer 0'a yakın değer almalı ve ne kadar yakın hata oranı o kadar düşüktür. Bu çalışmada elde edilen düşük hata tahmin haritası ve model uygunluk testi sonuçları toprak tuzluluk haritalarının elde edilmesinde uygulanan Co-kriging yöntemi ve analiz tahmin modelinin geçerliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇLAR

Çalışma alanına ait topoğrafik haritaları, sayısal yükseklik modellerinin ve toprak haritalarının incelenmesi neticesinde ve çalışma sahasında DSİ tarafından yapılan detaylı toprak etüt çalışmaları ve analiz sonuçlarına göre, çalışma sahasının alüvyal büyük toprak grubunda, topraklarının üst toprak bünyesi ağırdan hafife kadar değişmekte olup, alt toprak bünyesi ağır ve orta özellikte olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki topraklarının, bünye dağılımlarında 882 ha alanda (genel alanın %82.11'i) üst ve alt toprak bünyesi ağır (h/h), 66 ha alanda (genel alanın %6.15'i) üst bünye orta, alt bünyesi ağır (m/h), 50 ha alanda (genel alanın %4.66'sı) üst bünye hafif, alt bünyesi ağır (L/h), 76 ha alanda (genel alanın %7.08'i) üst bünye hafif, alt bünyesi orta (L/m) yapıya sahip olup, sulanamaz (6. sınıf) özellikte arazilerin olmadığı belirlenmiştir. Tüm sahanın profil derinliği 150 cm'den daha fazla olup, toprak etütlerinde saha topraklarında kahverengi ve açık kahverenginin tonları hâkimdir. Toprakların yapıları üst profillerde granüller, alt profillerde blok yapıdadır. Bozulmuş toprak örneklerinde yapılan geçirgenlik testlerine göre, 524 ha alanda geçirgenlik 0.50 cm/h fazla, 550 ha alanda 0.50 cm/h daha az geçirgenliğe sahiptir. Düşük geçirgenlik gösteren alanların dağılımı ise, 143 ha alanda geçirgenlik 0.39 cm/h (hp2). 407 ha alanda geçirgenlik 0.00-0.26 cm/h (hp3) olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanında kuzeyden güneye doğru inildikçe arazi yüksekliğinde önemli bir değişimin olduğu belirlenmiştir. Nitekim alanın en kuzeyindeki yükseklik 1430 m iken, güney kısmındaki yükseklik 1400 m civarındadır. Sahanın kuzey ile güney sınır bölgeleri arasında yaklaşık 4500 m bir mesafe bulunmaktadır. Bu kapsamda alanın kuzey ile güney bölgeleri arasında % 2.1' lik bir eğim olduğu, bu eğimle birlikte kuzey bölgesinden güneye doğru gidildikçe taban suyu seviyesinde, su ve toprak tuzluluk oranlarında artışlar olduğu görülmüştür. Söz konusu bu lokasyonlar aynı zamanda alanın topoğrafik yapısına bağlı olarak taban suyu özelliklerinin değişiminin ortaya konulması açısından da önem taşımaktadır.

Çalışmada bölge içerisindeki taban suyu seviyeli, su ve topraklardaki EC dağılım haritalarının çıkarılmasında, örneklerin alındığı analiz kuyularının mekânsal (uzaysal) konumlarının ve birbirleri arasındaki mesafelerinde hesaplamaya alınarak yapılan jeostatistiksel modellemeler ile bölgeler arasındaki dağılımları ve ayırım noktaları çok düşük hata oranları ile belirlenmiştir. Bu çalışma sahasında yapılan jeostatistiksel modellemeler sonuçlarında üretilen haritalar ile taban suyu seviyeleri, su ve toprak elektriksel iletkenliklerinin (EC), arazinin topoğrafyasına bağlı olarak kuzeyden güneye doğru gidildikçe artış gösterdiği ortaya konmuştur.

Çalışma sonucunda üretilen taban suyu derinliği eş seviye haritalarında, sulama göletinin bulunduğu bölge ile özellikle çalışma alanının doğu sınırı bölgesinde bulunan 1, 2, 3, 4, 8 ve 9 nolu gözlem kuyuları ve çevresinde taban suyu su seviyelerinin çok düşük olduğu, sulama sahasının batısı, alt ve güney mansap bölgesinde ise taban suyu su seviyesinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Taban suyu kritik en düşük ve en yüksek eş derinlik haritalarında ise yine taban suyu derinliklerinin kuzey ve doğu bölgesinde düşük olduğu, orta bölgelerinde hafif yükselme göstererek güney bölgesinde çalışma alanının sonunda yani drenaj tahliye kanallarının çıkış bölgesinde iyice yükseldiği görülmüştür.

Çalışma sahasında taban suyu ve toprakların EC değerlerinin alan içerisindeki dağılımlarının tahminlerinde, saha içerisinde açılmış olan 20 adet gözlem kuyularından alınan su ve toprak analizleri değerleri ile 1074 ha alanın tuzluluk (EC) dağılımlarının haritaları üretilmiştir. Çalışma sahasında gözlem kuyularının az olmalarına karşın EC dağılımlarına etki eden diğer taban suyu analiz verileri arasındaki korelasyonlara bakılarak su analizlerinde EC ile en yüksek ilişkili olan Mg, SO₄ ve NO₃ değerleri de analizlere dahil edilerek Co-Kriging enterpolasyon tekniği ile taban suyu tuzluluk haritası çıkarımları yapılmıştır. Taban suyu EC sonuç haritalarında, sulama göletinin altındaki bölgede bulunan 5 ve 7 nolu gözlem kuyuları ve çevresinde taban suyu tuzluluk seviyelerinin 48-61 EC(mS/m) 25°C arası en düşük olduğu, güneyinde drenaj kanallarının mansap bölgesinde özellikle 17 nolu gözlem kuyusu çevresinde taban suyu tuzluluğunun en yüksek 138 ile 166 EC(mS/m)25°C düzeyinde, yine mansabın orta bölgesinde 10 ve 13 nolu gözlem kuyuları çevresinde 88-117 EC(mS/m) 25°C arasındaki orta değerlerde bulunduğu görülmüştür. Su tuzluluk haritasının ABD Riverside Tuzluluk Laboratuvarı Tuzluluk Sınıflandırma Sistemine göre sınıflandırılması sonucunda 291.81 ha alanın C2 (orta tuzlu) ve 782.19 ha olan büyük bir alanın ise C3 (fazla) tuzlu olduğu ortaya konmuştur. Toprak tuzluluğu dağılımlarının çıkarımında ise 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-150 cm profillerinden alınan toprak örnekleri analiz sonuçlarının korelasyonlarına bakıldığında yüksel ilişkili olduğundan hepsi jeoistatistiksel modellemeye dahil edilip Co-Kriging enterpolasyon tekniği ile toprak tuzluluk haritaları elde edilmiştir. Toprak tuzluluklarında sulama göletinin altındaki bölgede bulunan 1, 2, 3 nolu gözlem kuyuları ile 8, 9, 13 ve 18 nolu gözlem kuyuları ve çevresinde toprak toplam tuzluluk yüzdelerinin 0.045-0.063 arasında en düşük olduğu, güneyinde drenaj kanallarının mansap bölgesinde özellikle 17 nolu gözlem kuyusu çevresinde ise toprak toplam tuzluluk yüzdelik değerinin 0.11-0.14 arasında bulunduğu görülmüştür.

Taban suyu EC değerlerine ilişkili Mg, SO₄ ve NO₃ yardımcı verilerin ve toprak EC değerlerinde ise bütün profillerdeki EC değerlerinin model içerisine dahil edilmesinin, jeoistatistiksel modellemede taban suyu ve toprak tuzluluk EC tahmin haritalarının doğruluklarını daha da artırdığı EC tahmin haritalarının düşük hatalarla ve gerçeğe daha yakın olarak üretildiğini göstermiştir.

Bu çalışma sonuçlarının, çalışma alanı özelinde, alanlar içerisindeki taban suyu derinliklerinin, su ve toprak EC dağılımlarında meydana gelen değişimleri temel alınarak bu bölgedeki tarım alanlarında yapılacak yetiştiricilikte tuzluluk oranlarına en uygun bitkilerin seçimlerinin yapılması ve gerekli önlemlerin alınmasında rehber niteliği taşıyacağı öngörülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Anonim 1: <http://www.korkuteli.gov.tr/kisaca-korkuteli> [Son erişim tarihi: 29.04.2019].
- Anonim 2: <http://www.antalyakulturturizm.gov.tr/TR-68087/genel-bilgiler.html>
[Son erişim tarihi: 29.04.2019].
- Anonim 3: İklim verileri. Meteoroloji 4. Bölge Müdürlüğü, Antalya.
- Anonim 4: Çalışma alanı verileri. DSİ 13. Bölge Müdürlüğü, Antalya.
- Anonim 5: https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/36048/mod_resource/content/0/KONU%202.pdf) [Son erişim tarihi: 29.04.2019].
- Anonymous 1: Elektromanyetikspektrum.https://www.ctahr.hawaii.edu/miuralab/projects/makaha/intro_RS.html. [Son erişim tarihi: 10.05.2019].
- Anonymous, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agr. Handbook No: 60, USA.
- Akbaş, F. 2004. Entisol ordosuna ait bir arazide bazı toprak özelliklerinin değişiminin geleneksel ve jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Aras, G. 2010. Aksu ovası taban suyu derinlik ve tuzluluk haritalarının coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak hazırlanması ve değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi,, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Asfawa, A., Suryabhadgavan, K.V. and Argaw, M. 2018. Soil salinity modeling and mapping using remote sensing and GIS: The case of Wonji sugar cane irrigation farm, Ethiopia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17, 250–258.
- Aydın, O. ve Çiçek, İ. 2013. Ege bölgesi'nde yağışın mekansal dağılımı. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, CBD 11/2, 101-120.
- Bailey, T.C. and Gatrell, A.C. 1995. Interactive spatial data analysis. Addison Wesley Longman Limited, Harlow, UK.
- Bohling, G. 2005. Introduction to geostatistics and variogram analysis. Kansas Geological Survey. 864-2093.
- Budak, M. 2012. Tuzlu alkali toprakların oluşumu, sınıflandırılması ve klasik toprak etüd ve jeostatistik yöntemlerle haritalanması. Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Chang, K. 2006. Introduction to geographic information systems. Third Edition, USA.
- Chun, Y. and Griffirith, D.A. 2013. Spatial Statistics and Geostatistics. SAGE, London.
- Clevers, J.G.P.W. (1986). Application of remote sensing to agricultural field trials. Agricultural University Wageningen. papers 86-4, 227 p.
- Çabuk, K.M., Çabuk, A., Güney, Y., Avdan, U., Uyguçgil, H. ve Işık, Ö. 2011. Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2206, Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 1214, ISBN 978-975-06-0884-1.

- Çetin, M., Özcan, H. ve Tülücü, K. 2001. Aşağı Seyhan Ovası (ASO) IV. Merhale Proje Alanında toprak ve taban suyuna ilişkin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerin yersel değişimlerinin jeostatistik yöntemle araştırılması. Münferit Araştırma Projesi Sonuç Raporu, Adana.
- Çıtakoğlu, H., Çetin, M., Çobaner, M. ve Haktanır, T. 2017. Mevsimsel yağışların jeostatistiksel yöntemle modellenmesi ve gözlemi olmayan noktalarda tahmin edilmesi. *İMO Teknik Dergisi*, 469, 7725-7745.
- Davis, B.E. 2001. GIS: A Visual Approach. Second Edition, Kanada.
- Deutsch, C.V., and Journel, A.G. 1992. Geostatistical Software Library and User's Guide. Oxford University Press, Inc., New York.
- Deutsch, C.V., and Journel, A.G. 1998. Geostatistical Software Library and User's Guide. Oxford University Press, New York. NY. pp. 340.
- Ergene, A. 1993. Toprak Biliminin Esasları. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.
- Fotheringham, A., Brunson, C. and Charlton, M. 2000. Quantitative Geography Perspectives on Spatial Data Analysis. SAGE, London.
- Günel, H., Akbaş, F., Özgöz E., Ünlükara A., Yıldız H., Kurunç A., Çetin M., Erşahin S., 2008. Kazova'da sürdürülebilir tarımsal üretim için gerekli güncel veri tabanının oluşturulması. Tübitak Projesi., Proje No 105O607.
- Hengl, T. 2009. A Practical Guide to Geostatistical Mapping. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Heywood, I., Cornelius, S. and Carver, S. 2011. An Introduction to Geographical Information Systems. Fourth Edition, England.
- Hooshmand, A., Delghandi, M., Izadi, A., Aali, K.A. 2011. Application of kriging and cokriging in spatial estimation of groundwater quality parameters. *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 6(14), pp. 3402-3408.
- Isaaks, E. and Srivastava, R. 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, New York.
- İnalpulat, M. and Genç, L. 2014. Simulating hydrological patterns and potential irrigable agricultural lands using remote sensing and GIS. *Turkish Journal of Agricultural And Natural Sciences*, 1(2): 150–155.
- Jiang, Y., Ma, W., Luo, H. and Huang, W. 2013. Analysis of spatial distribution of groundwater quality in Huaihe river basin. *International Conference on Geoinformatics*. 1-7. 10.1109/Geoinformatics, 6626133.
- Kalkhan, M.A. 2011. Spatial Statistics Geospatial Information Modelling and Thematic Mapping, CRC Press, USA.
- Kamwi, J.M. 2007. The use of high-resolution satellite imagery in forest inventory: A case of Hans Kanyinga Community Forest-Namibia. *Degree of Master of Science in Forestry at the University of Stellenbosch*.
- Konuk, A. 2016. Coğrafi Bilgi Sistemleri İçin Temel İstatistik. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2326, Eskişehir.

- Liang, S., Li, X. and Wang, J. 2012. Advanced Remote Sensing Terrestrial Information Extraction and Applications (First Edition), ISBN: 978-0-12-385954-9. USA.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R. and Chipman, J. 2004. Remote Sensing and Image Interpretation (Fifth Edition). 10.2307/634969. USA.
- Linchtenstern, A. 2013. Kriging Methods in Spatial Statistics. Bachelor's Thesis, Technische Universität München, Department of Mathematics, Germany.
- Miha'likova', M., Başkan, O. and Dengiz, O. 2015. Capability of different interpolation models and pedotransfer functions to estimate soil hydraulic properties in Büyükçay Watershed. *Environ Earth Sci.*, 74:2425–2437.
- Mulla, D.J. and McBratney, A.B. 2001. Soil Spatial Variability. Handbook of Soil Science CRS Pres, 321-352.
- Narany, T.S., Ramli, M.F., Aris, A.Z., Sulaiman, W.N.A. and Fakharian, K. 2015. Groundwater irrigation quality mapping using geostatistical techniques in Amol–Babol Plain, Iran. *Arab J Geosci.*, 8:961–976.
- Nas, B., Berktaş, A. 2010. Groundwater quality mapping in urban groundwater using GIS. *Environ., Monit., Assess.*, 160:215–227.
- Özçakal, E. 2008. Gümüldür yöresi yeraltı sularına ait bazı sulama suyu kalite parametrelerinin jeostatistiksel analizi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Pierce, F.J. and Clay, D. 2007. GIS Applications in Agriculture. Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742.
- Shit, P.K., Bhunia, G.S. and Maiti, R. 2016. Spatial analysis of soil properties using GIS based geostatistics models. *Earth Syst. Environ.*, 2: 107.
- Singaraja, C. 2015. GIS-based suitability measurement of groundwater resources for irrigation in Thoothukudi District, Tamil Nadu, India. *Water Qual Expo Health*, 7:389–405.
- Sunar, F., Özkan, C. ve Osmanoğlu, B. 2013. Uzaktan Algılama (2.Baskı). T.C. Anadolu Üniversitesi, Yayın No: 2320, Açıköğretim Fakültesi Yayın No:1317, Eskişehir.
- Tabios III, G.Q., and Salas, J.D. 1985. A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. *Water Resources Bulletin*, 21(3), 365-380.
- Taş, İ. 2009. Karaman-Ayrancı tuzlu alkali topraklarının mevcut durumunun ve yıkama etkinliğinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Trangmar, B.B., Yost, R.S. and Uehara, G.1986. Spatial dependence and interpolation of soil properties in West Sumatra, Indonesia: II. Co-Regionalization and Co-Kriging. *Soil Sci.Soc. Am. J.*, 50:1396-1400.
- Turoğlu, H., 2016. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları, Genişletilmiş 4. Baskı. Çantay Yayınları: 12327, İstanbul, 351 s.
- Türkoğlu, N., Aydın, O., Duman, N. ve Çiçek, İ. 2016. Türkiye’ de yağışın farklı mekansal enterpolasyon yöntemleriyle karşılaştırılması. *Journal Of Human Sciences*. V.13/3.

- Vieira, S.R., Neilsen, D.R. and Biggar, J.W. 1981. Spatial variability of field-measured infiltration rate. *Soil Sci. Soc. Am.J*, 45, 1040-1048.
- Wackernagel, H. 1995. Mapping with Kriging. In: Multivariate Geostatistics. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Wilding, L.P., Bouma, J. And Goss , D.W. 1994. Impact of Spatial Variability on Interpretative Modelling. 65-75, In: Quantitative Modelling of Soil Forming Processes. R.B. Bryant and Arnold R.W. (eds) *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Special Publication Number 39, Madison Wisconsin, USA.
- Yalçın, M. 2012. Amik ovasında tuzlulukla ilgili toprak özelliklerinin yersel ve zamansal değişiminin jeostatistik yöntemlerle araştırılması. Doktora Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Yetgin, B. 2004. Toprak fiziksel özelliklerinin uzaysal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemlerle analizi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.
- Yetgin, B. 2011. Serik Ovasında (Antalya) NLEAP bilgisayar modeli ile simule edilen nitrat yıkanma göstergelerinin uzaysal değişkenliği. Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.

ÖZGEÇMİŞ

Hasan Raşit TÜRKKAN
hasanrasit@akdeniz.edu.tr



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2014-2019	Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2014-2016	Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Anadolu Üniversitesi
2012-2016	İktisat Fakültesi, Kamu Yönetimi Bölümü, Eskişehir
Lisans	Harran Üniversitesi
1999-2003	Ziraat Fakültesi, Tarım Teknolojisi Bölümü, Şanlıurfa

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Mühendis	Akdeniz Üniversitesi
2011-Devam Ediyor	Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi (AKUZAL), Antalya
Mühendis	Tarım ve Orman Bakanlığı
2004-2011	İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Antalya

ESERLER

SCI. SSCI. AHCI indekslerine giren dergilerde yayınlanan makaleler

Diğer dergilerde yayınlanan makaleler

Hakemli kongre/sempozyumların bildiri kitaplarında yer alan yayınlar

Çoşlu M., Sönmez N.K., **Türkkan H.R.**, "Analysis Of Forest Fire With Remote Sensing And Geographical Information Systems", International Academic Research Congress, Türkiye, , vol.1, pp.1827-1834. 2018.

Sönmez N.K., Sönmez S., Çoşlu M., **Türkkan H.R.**, "Determination Of Appropriate Areas Of Apple (Malus Domestica) Cultivation With Ahp And Gıs Techniques", International Conference on "Agriculture, Forestry Life Sciences", Budapeşte, Macaristan, vol.1, pp.130-138. 2018.

Türkkan H.R., Sönmez N.K., **Çoşlu M.**, "Determination Of Time Changes In The Surface Of Burdur Lakewith Different Remote Sensing Techniques", International Academic research Congress, Türkiye, vol.1, pp.2140-2147. 2018.

Türkkan H.R., Sönmez N.K., **Çoşlu M.**, "Determination Of Groundwater Deposit And Water Analysis By Spatial Statistical Methods Korkuteli-Antalya Example", International Academic Research Congress, Türkiye, , vol.1, pp.2356-2363. 2018.

Çoşlu M. , Yelboğa M.N.M., **Türkkan H.R.**, "Organik Tarım Faaliyetinde Bulunan Ticari İşletmelerin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Mekânsal Analizi", Fen, Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Araştırmaları, Çiftçi, N., Kara, Y., Yalçınkaya, İ., Şahin, M., Ağaayak, T., Ed., Ed., Çizgi Kitabevi Yayınları, Antalya, ss.263-270, 2017.

Onur I., Sönmez N.K., **Türkkan H.R.**, "Change Detection By Using Multi-Temporal Remotely Sensed Imagery: A Case Study In Alanya, Turkey", International Research Congress, TÜRKİYE, , vol.1, pp.2173-2179.

Sönmez N.K., **Türkkan H.R.**, Selim S., "Yıllık Yağışların Yersel Değişimlerinin Jeostatistiksel Yöntemle Belirlenmesi ve CBS Tabanlı Analizi Antalya Örneği", International Academic Research Congress 2017, Antalya, TÜRKİYE, , pp.1081-1089

Sönmez N.K., Selim S., Türkkan H.R., Onur I., "Köyceğiz-Dalyan ÖÇKB Arazi Örtüsü Değişiminin UA ve CBS ile Belirlenmesi ", 1st International Academic Research Congress, ANTALYA, TÜRKİYE, 3-5 Kasım 2016, vol.1, pp.718-724 (Link)

Sönmez N.K., Selim S., Türkkan H.R., Onur I., "Gazipaşa-Alanya Bölgesinde 2004-2016 Yılları Arasındaki Muz Ekili Arazi Kullanım Değişimlerinin UA ve CBS İle Belirlenmesi", VI. UZAL-CBS Sempozyumu, ADANA, TÜRKİYE, 5-7 Ekim 2016, cilt.1, ss.650-660 (Link)

Sönmez N.K., Sönmez S., **Türkkan H.R.**, Selçuk H.T., "Spatial Variation of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Contents of Tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) Plants Grown in Greenhouses (Springs) in Elmalı-Antalya Region", 18th International Conference on Agricultural, Biotechnology, Biological and Biosystems Engineering, Paris, FRANSA, 29-30 Aralık 2016, pp.3456-3456

Ardahanlioğlu Z.R., Karakuş N., Selim S., Çınar İ., **Türkkan H.R.**, "Kentsel Tarım Alanlarının CBS Teknolojileri Kullanılarak Dağılımının Değerlendirilmesi: Seydikemer Örneği", Fen, Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Araştırmaları 2017, Çiftçi, N., Kara, Y., Yalçinkaya, İ., Şahin, M., Ağaçayak, T., Ed., Çizgi Kitabevi Yayınları, Antalya, ss.198-205, 2017 (Link)

Kitap ve kitap bölümleri

Türkkan H.R., Sönmez N.K., Coşlu M., "Nar (*Punica Granatum*) Yetiştiriciliğine Uygun Alanların AHP Ve CBS Teknikleri İle Belirlenmesi", Mühendislik Ve Mimarlık Çalışmaları, 2018, Nizamettin ÇİFTÇİ, Yusuf YANAR, Ed., Çizgi Kitabevi, ss.157-165.