



T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**AMİK OVASINDA TUZLULUKLA İLGİLİ TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN
YERSEL VE ZAMANSAL DEĞİŞİMİNİN JEOİSTATİSTİK YÖNTEMLERLE
ARAŞTIRILMASI**

MEHMET YALÇIN

DOKTORA TEZİ

Antakya/HATAY
ARALIK-2012

T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AMİK OVASINDA TUZLULUKLA İLGİLİ TOPRAK
ÖZELLİKLERİNİN YERSEL VE ZAMANSAL DEĞİŞİMİNİN
JEOİSTATİSTİK YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI

Mehmet YALÇIN
DOKTORA TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

Doç. Dr. Veli UYGUR danışmanlığında hazırlanan bu tez 27.12.2012 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Veli UYGUR
Başkan

Prof. Dr. Sadık USTA
Üye

Doç. Dr. Berkant ÖDEMİŞ
Üye

Yrd. Doç. Dr. Rıfat AKIŞ
Üye

Yrd. Doç. Dr. Zeki AYDIN
Üye

Bu tez Enstitümüz Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No: 1001D0102

Prof. Dr. İlhan ÜREMİŞ
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca Desteklenmiştir.

Proje No: 1001D0102

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirilerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
1. GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Tuzdan Etkilenmiş Topraklar	7
2.2. Jeostatistik	12
2.3. Jeostatistik Yöntemlerle Yapılan Tuzluluk Çalışmaları.....	14
2.4. Diğer Yöntemlerle Yapılan Tuzluluk Çalışmaları.....	20
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	22
3.1. Materyal.....	22
3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu	22
3.1.2. Çalışma Alanının İklim Özellikleri	22
3.1.3. Çalışma Alanının Bitki Örtüsü.....	23
3.1.4. Çalışma Alanın Jeolojik Özellikleri ve Topoğrafik Özellikleri	24
3.2. Yöntem	26
3.2.1. Toprak ve Su Örneklerinin Alınması	26
3.2.2. Toprak ve Su Analiz Yöntemleri	28
3.2.3. Verilerin Değerlendirilmesi	29
3.2.3.1. Variogram Modelleme süreci	29
3.2.4. Yarıvariogram Analizi.....	30
3.2.5. Kriging Yöntemi	32
3.2.5.1. Kullanılan Kriging Tahmincisi	32
3.2.5.2. Modelin Doğrulaması (Kros-Validasyon)	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	35
4.1. Tanımlayıcı İstatistik Analiz Sonuçları	35
4.1.1. Toprakların Temel Özellikleri.....	35
4.1.2. Tuzlulukla ilgili toprak parametrelerine zamanın etkisi	36

4.1.3. Toprakların Tuzlulukla İlgili Özellikleri.....	41
4.1.3.1. Sulama Öncesi (Mayıs 2010).....	41
4.1.3.2. Sulama Dönemi (Ağustos 2010).....	43
4.1.3.3. Sulama Sonrası (Kasım 2010)	44
4.1.4. Çalışma Alanındaki Taban Sularının Özellikleri	47
4.2. Toprakların Özelliklerinin Jeostatistiksel Değerlendirilmesi	49
4.2.1. Toprakların Temel Özellikleri.....	50
4.2.1.1. KDK.....	50
4.2.1.2. Kireç	52
4.2.1.3. Kum	53
4.2.1.4. Kil	55
4.2.1.5. Silt.....	56
4.2.2. Toprakların Tuzlulukla İlgili Özellikleri.....	58
4.2.2.1. Sulama Öncesi (Mayıs 2010).....	58
4.2.2.1.1. pH	58
4.2.2.1.2. Elektriksel iletkenlik (EC)	60
4.2.2.1.3. Toplam Çözünebilir Katı (TDS).....	63
4.2.2.1.4. Toplam Tuz.....	65
4.2.2.1.5. Değişebilir Katyonlar	68
4.2.2.1.5.1. Değişebilir Sodyum (Na).....	68
4.2.2.1.5.2. Değişebilir Potasyum (K)	69
4.2.2.1.6. Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP).....	71
4.2.2.1.7. Çözünebilir Katyonlar ve Toplam Katyon Konsantrasyonu (TKK).....	72
4.2.2.1.7.1. Çözünebilir Sodyum (Na).....	72
4.2.2.1.7.2. Çözünebilir Potasyum (K)	73
4.2.2.1.7.3. Çözünebilir Kalsiyum (Ca).....	74
4.2.2.1.7.4. Çözünebilir Magnezyum (Mg)	75
4.2.2.1.7.5. Toplam Katyon Konsantrasyonu (TKK)	77
4.2.2.1.8. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR).....	78
4.2.2.1.9. Çözünebilir Anyonlar	80
4.2.2.1.9.1. Karbonat (CO ₃).....	80

4.2.2.1.9.2. Bikarbonat (HCO_3)	82
4.2.2.1.9.3. Klor (Cl).....	84
4.2.2.2. Sulama Dönemi (Ağustos 2010).....	86
4.2.2.2.1. pH	86
4.2.2.2.2. Elektriksel iletkenlik (EC)	87
4.2.2.2.3. Toplam Çözünebilir Katı (TDS).....	88
4.2.2.2.4. Toplam Tuz.....	90
4.2.2.2.5. Değişebilir Katyonlar.....	90
4.2.2.2.5.1. Değişebilir Sodyum (Na).....	90
4.2.2.2.5.2. Değişebilir Potasyum (K)	91
4.2.2.2.6. Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP).....	94
4.2.2.2.7. Çözünebilir Katyonlar ve Toplam Katyon Konsantrasyonu (TKK)	95
4.2.2.2.7.1. Çözünebilir Sodyum (Na).....	95
4.2.2.2.7.2. Çözünebilir Potasyum (K)	96
4.2.2.2.7.3. Çözünebilir Kalsiyum (Ca).....	99
4.2.2.2.7.4. Çözünebilir Magnezyum (Mg)	100
4.2.2.2.7.5. Toplam Katyon Konsantrasyonu (TKK)	101
4.2.2.2.8. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)	102
4.2.2.3. Sulama Sonrası (Kasım 2010)	105
4.2.2.3.1. pH	105
4.2.2.3.2. Elektriksel iletkenlik (EC)	106
4.2.2.3.3. Toplam Çözünebilir Katı (TDS).....	107
4.2.2.3.4. Toplam Tuz.....	108
4.2.2.3.5. Değişebilir Katyonlar.....	109
4.2.2.3.5.1. Değişebilir Sodyum (Na).....	109
4.2.2.3.5.2. Değişebilir Potasyum (K)	110
4.2.2.3.6. Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP).....	111
4.2.2.3.7. Çözünebilir Katyonlar ve Toplam Katyon Konsantrasyonu (TKK)	113
4.2.2.3.7.1. Çözünebilir Sodyum (Na).....	113
4.2.2.3.7.2. Çözünebilir Potasyum (K)	114

4.2.2.3.7.3. Çözünebilir Kalsiyum (Ca).....	116
4.2.2.3.7.4. Çözünebilir Magnezyum (Mg)	117
4.2.2.3.7.5. Toplam Katyon Konsantrasyonu (TKK)	118
4.2.2.3.8. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)	119
4.2.2.3.9. Çözünebilir Anyonlar	121
4.2.2.3.9.1. Karbonat (CO_3).....	121
4.2.2.3.9.2. Bikarbonat (HCO_3)	122
4.2.2.3.9.3. Klor (Cl).....	123
4.3. Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler.....	124
4.3.1. Sulama Öncesi (Mayıs 2010)	124
4.3.2. Sulama Dönemi (Ağustos 2010)	126
4.3.3. Sulama Sonrası (Kasım 2010).....	128
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	131
KAYNAKLAR	136
TEŞEKKÜR	145
ÖZGEÇMİŞ.....	146

ÖZET**AMİK OVASINDA TUZLULUKLA İLGİLİ TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN
YERSEL VE ZAMANSAL DEĞİŞİMİNİN JEOİSTATİSTİK YÖNTEMLERLE
ARAŞTIRILMASI**

Amik Ovası, topoğrafyası, iklim özellikleri, sulama ve belirli dönemlerde kısmen yetersiz drenaj sistemi nedeniyle tuzluluk riski yüksek olan bir tarım alanıdır. Bu sebeple Amik Ovasının tuzlaşmanın potansiyel risk olabileceği tahmin edilen, eski göl aynası ve çevresindeki 17500 ha'lık bölümünde bu çalışma yürütülmüştür. Çalışmada, toplam 130 noktadan üç farklı zamanda (Nisan-Mayıs-2010, sulama öncesi; Temmuz-Ağustos-2010, sulama dönemi; Ekim-Kasım2010, sulama sonrası) ve üç farklı derinlikten (0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm) alınan toprak örneklerinde tuzlulukla ilgili parametreler belirlenmiştir. Elde edilen veriler normal istatistik yöntemler ve jeostatistik yöntemler, kriging, kullanılarak değerlendirilmiştir.

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. Variogram analizleri, çalışma alanında her üç dönemde de incelenen toprak özelliklerinin isotropik bir değişime sahip olduğunu göstermiştir. Çalışma alanından üç dönemde de alınan toprakların tuzlulukla ilgili parametrelerinin büyük bir kısmı normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle, jeostatistik analizlerinden önce normal dağılım göstermeyen veri setlerine, normal dağılımı sağlamak için logaritmik veya karekök dönüşümü uygulanmıştır. Küresel ve üssel modellerin mesafeye bağlı değişimleri en az hata ile haritalanmasına izin veren modeller olduğu belirlenmiştir.

Her üç dönemdeki veriler bir arada değerlendirildiğinde; tuz içeriğinin 0-30 cm'den yikanıp, 30-60 ve 60-90 cm derinlikte biriktiği görülmüştür. Bu durum, ovadaki yağış ve sulama sularının tuzları tamamen profilden yikanmaya yetmediğini göstermiştir.

2012, 146 sayfa

Anahtar Kelimeler: Tuzluluk, Amik ovası, Jeostatistik, Toprak özellikleri, Kriging,

ABSTRACT**THE RESEARCH OF TEMPORAL AND SPATIAL CHANGES OF THE SOIL PROPERTIES ABOUT THE SALINITY WITH GEOSTATISTICAL METHODS ON AMİK PLAIN**

Amik Plain is an agricultural area with a high risk of salinity due to its topography, climatic features, irrigation and partially insufficient drainage system. Therefore, this study was conducted in the area of 17500 hectares around the ex-Amik lake bed on Amik Plain. It is an area which is predicted to be potentially risky for salinity. In the study, the parameters inducing salinity were determined from the sampled soils from totally 130 spots at 3 different periods (April-May 2010, before the irrigation period; July-August 2010 during the irrigation period; October-November 2010, after the irrigation period) and from 3 different depths (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm). The obtained data was examined through descriptive statistics, geostatistical methods and Kriging method.

Descriptive statistical analyses show that the highest standart deviation and average values are in EC and TDS parameters whereas the lowest standart deviation and average are in total salinity content in all three periods. Variogram analyses show that the examined soil samples in the study areas through all three periods have an isotropic change. Most of the salinity parametres of the sampled soils from the study areas in three periods showed normal distribution. Thus, before the geostatistical analyses logarithmic and square root transformation were applied to the data sets with high scewness in order to normalite the distribution. It is determined that spherical ve exponential models allowed to map the spatial changes with minimum error.

When all the data in each three periods were assessed, the salt content at 0-30 cm-depth leached-down trough 30-60 and 60-90 cm depths. This shows that the rainfall and irrigation water is insufficient to wash the salt from the whole profile.

2012, 146 pages

Key Words: Salinity, Amik Plain, Geostatistics, Soil features, Kriging

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Toprakların temel özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri.....	36
Çizelge 4.2. Toprak özelliklerinin zamana göre değişiminin karşılaştırılması.....	37
Çizelge 4.3. Toprakların sulama öncesindeki (Mayıs 2010) tanımlayıcı istatistikleri.....	41
Çizelge 4.4. Toprakların sulama dönemindeki (Ağustos 2010) tanımlayıcı istatistikleri.....	43
Çizelge 4.5. Toprakların sulama sonrasındaki (Kasım 2010) tanımlayıcı istatistikleri.....	46
Çizelge 4.6. Taban suyu tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları	48
Çizelge 4.7. KDK değerlerine ait variogram parametreleri	50
Çizelge 4.8. Kireç içeriklerine ait variogram parametreleri.....	52
Çizelge 4.9. Kum içeriklerine ait variogram parametreleri.....	55
Çizelge 4.10. Kil içeriklerine ait variogram parametreleri	55
Çizelge 4.11. Silt içeriklerine ait variogram parametreleri	57
Çizelge 4.12. pH değerlerine ait variogram parametreleri	59
Çizelge 4.13. EC değerlerine ait variogram parametreleri.....	61
Çizelge 4.14. TDS değerlerine ait variogram parametreleri	64
Çizelge 4.15. Toplam tuz içeriklerine ait variogram parametreleri	66
Çizelge 4.16. Değişebilir Na ⁺ içeriklerine ait variogram parametreleri.....	68
Çizelge 4.17. Değişebilir K ⁺ içeriklerine ait variogram parametreleri	70
Çizelge 4.18. ESP içeriklerine ait variogram parametreleri.....	71
Çizelge 4.19. Çözünebilir Na ⁺ içeriklerine ait variogram parametreleri	72
Çizelge 4.20. Çözünebilir K ⁺ içeriklerine ait variogram parametreleri	74
Çizelge 4.21. Çözünebilir Ca ⁺² içeriklerine ait variogram parametreleri	75
Çizelge 4.22. Çözünebilir Mg ⁺² içeriklerine ait variogram parametreleri	76
Çizelge 4.23. TTK değerlerine ait variogram parametreleri.....	78
Çizelge 4.24. SAR değerlerine ait variogram parametreleri.....	79
Çizelge 4.25. CO ₃ ⁻² içeriklerine ait variogram parametreleri	81
Çizelge 4.26. HCO ₃ ⁻ içeriklerine ait variogram parametreleri	82
Çizelge 4.27. Cl ⁻ içeriklerine ait variogram parametreleri	84
Çizelge 4.28. pH içeriklerine ait variogram parametreleri.....	86

Çizelge 4.29. EC değerlerine ait variogram parametreleri.....	87
Çizelge 4.30. TDS değerlerine ait variogram parametreleri	89
Çizelge 4.31. Toplam tuz içeriklerine ait variogram parametreleri	90
Çizelge 4.32. Değişebilir Na^+ içeriklerine ait variogram parametreleri.....	91
Çizelge 4.33. Değişebilir K^+ içeriklerine ait variogram parametreleri	92
Çizelge 4.34. ESP içeriklerine ait variogram parametreleri.....	94
Çizelge 4.35. Çözünebilir Na^+ içeriklerine ait variogram parametreleri	96
Çizelge 4.36. Çözünebilir K^+ içeriklerine ait variogram parametreleri	98
Çizelge 4.37. Çözünebilir Ca^{+2} içeriklerine ait variogram parametreleri	99
Çizelge 4.38. Çözünebilir Mg^{+2} içeriklerine ait variogram parametreleri	101
Çizelge 4.39. TKK değerlerine ait variogram parametreleri.....	102
Çizelge 4.40. SAR değerlerine ait variogram parametreleri	103
Çizelge 4.41. pH değerlerine ait variogram parametreleri	105
Çizelge 4.42. EC değerlerine ait variogram parametreleri.....	106
Çizelge 4.43. TDS değerlerine ait variogram parametreleri	107
Çizelge 4.44. Toplam tuz içeriklerine ait variogram parametreleri	108
Çizelge 4.45. Değişebilir Na^+ içeriklerine ait variogram parametreleri.....	109
Çizelge 4.46. Değişebilir K^+ içeriklerine ait variogram parametreleri	111
Çizelge 4.47. ESP içeriklerine ait variogram parametreleri.....	113
Çizelge 4.48. Çözünebilir Na^+ içeriklerine ait variogram parametreleri	114
Çizelge 4.49. Çözünebilir K^+ içeriklerine ait variogram parametreleri	115
Çizelge 4.50. Çözünebilir Ca^{+2} içeriklerine ait variogram parametreleri	117
Çizelge 4.51. Çözünebilir Mg^{+2} içeriklerine ait variogram parametreleri	118
Çizelge 4.52. TKK değerlerine ait variogram parametreleri.....	119
Çizelge 4.53. SAR değerlerine ait variogram parametreleri	120
Çizelge 4.54. CO_3^{-2} içeriklerine ait variogram parametreleri	122
Çizelge 4.55. HCO_3^- içeriklerine ait variogram parametreleri	123
Çizelge 4.56. Cl^- içeriklerine ait variogram parametreleri.....	124
Çizelge 4.57. Sulama öncesi (Mayıs 2010) topraklarının 0-30 cm korelasyon analiz sonuçları	125
Çizelge 4.58. Sulama öncesi topraklarının (Mayıs 2010) 30-60 cm korelasyon analiz sonuçları	125

Çizelge 4.59. Sulama öncesi topraklarının (Mayıs 2010) 60-90 cm korelasyon analiz sonuçları	126
Çizelge 4.60. Sulama dönemi topraklarının (Ağustos 2010) 0-30 cm korelasyon analiz sonuçları	127
Çizelge 4.61. Sulama dönemi topraklarının (Ağustos 2010) 30-60 cm korelasyon analiz sonuçları	127
Çizelge 4.62. Sulama dönemi topraklarının (Ağustos 2010) 60-90 cm korelasyon analiz sonuçları	128
Çizelge 4.63. Sulama sonrası topraklarının (Kasım 2010) 0-30 cm korelasyon analiz sonuçları	128
Çizelge 4.64. Sulama sonrası topraklarının (Kasım 2010) 30-60 cm korelasyon analiz sonuçları	129
Çizelge 4.65. Sulama sonrası topraklarının (Kasım 2010) 60-90 cm korelasyon analiz sonuçları	129

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Türkiye jeoloji haritası	25
Şekil 3.2. Çalışma alanının coğrafi konumu ve örnekleme noktaları	27
Şekil 3.3. Taban suyu örnek alma aleti	28
Şekil 3.4. Küresel yarıvariogram modeli	32
Şekil 4.1. Çalışma alanındaki toprakların KDK değerlerine ait variogramlar	51
Şekil 4.2. Çalışma alanı topraklarının KDK değerleri dağılım haritası	51
Şekil 4.3. Çalışma alanındaki toprakların kireç içeriklerine ait variogramlar	54
Şekil 4.4. Çalışma alanı topraklarının kireç içeriklerinin dağılım haritası	54
Şekil 4.5. Çalışma alanındaki toprakların kil içeriklerine ait variogramlar	56
Şekil 4.6. Çalışma alanı topraklarının kil içeriklerinin dağılım haritası	56
Şekil 4.7. A- Çalışma alanındaki toprakların silt içeriğine ait variogramlar,	58
B- Çalışma alanı topraklarının silt içeriği dağılım haritası.....	58
Şekil 4.8. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki pH değerine ait variogram,	61
B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki pH değeri dağılım haritası	61
Şekil 4.9. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki EC değerine ait yarıvariogram,.....	63
B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki EC değerleri dağılım haritası	63
Şekil 4.10. Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemde TDS değerlerine ait variogramlar.....	64
Şekil 4.11. Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemde TDS değerleri dağılım haritası	65
Şekil 4.12. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki tuz içeriğine ait variogram.....	67
B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki tuz içeriği dağılım haritası	67
Şekil 4.13. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki değişebilir Na içeriğine ait variogram	69

B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki	
değişebilir Na içeriği dağılım haritası	69
Şekil 4.14. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki	
çözünebilir Na içeriğine ait variogram	73
B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki	
çözünebilir Na içeriği dağılım haritası	73
Şekil 4.15. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki	
Çözünebilir Ca içeriğine ait variogram	76
B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki	
çözünebilir Ca içeriği dağılım haritası.....	76
Şekil 4.16. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki	
çözünebilir Mg içeriğine ait variogram	77
B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki	
çözünebilir Mg içeriği dağılım haritası	77
Şekil 4.17. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki	
TKK değerine ait variogram.....	78
Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki TKK	
değeri dağılım haritası	78
Şekil 4.18. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki	
SAR değerine ait variogram	80
B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki SAR	
değeri dağılım haritası	80
Şekil 4.19. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki	
CO ₃ içeriğine ait variogram	81
B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki CO ₃	
içeriği dağılım haritası	81
Şekil 4.20. Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki HCO ₃	
içeriklerine ait variogramlar	83
Şekil 4.21. Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki HCO ₃	
içerikleri dağılım haritası.....	83
Şekil 4.22. Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki Cl	
içeriklerine ait variogramlar	85

Şekil 4.23. Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki Cl içerikleri dağılım haritası.....	85
Şekil 4.24. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki EC değerine ait variogram	88
B- Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki EC değeri dağılım haritası	88
Şekil 4.25. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki TDS değerine ait variogram	89
B- Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki TDS değeri dağılım haritası	89
Şekil 4.26. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki değişebilir Na içeriğine ait variogram	92
B- Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki değişebilir Na içeriği dağılım haritası	92
Şekil 4.27. Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki değişebilir K içeriklerine ait variogramlar.....	93
Şekil 4.28. Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki değişebilir K içeriklerinin dağılım haritası.....	93
Şekil 4.29. Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki ESP değerlerine ait variogramlar.....	95
Şekil 4.30. Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki ESP değerleri dağılım haritası	95
Şekil 4.31. Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki çözünebilir Na içeriklerine ait variogramlar.....	97
Şekil 4.32. Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki çözünebilir Na içeriklerinin dağılım haritası	97
Şekil 4.33. Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki çözünebilir K içeriklerine ait variogramlar	98
Şekil 4.34. Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki çözünebilir K içeriklerinin dağılım haritası.....	98
Şekil 4.35. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki çözünebilir Ca içeriğine ait variogram	100

B- Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki çözünabilir Ca içeriği dağılım haritası.....	100
Şekil 4.36. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki çözünabilir Mg içeriğine ait variogram	101
B- Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki çözünabilir Mg içeriği dağılım haritası	101
Şekil 4.37. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki TKK değerine ait variogramlar.....	103
B- Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki TKK değeri dağılım haritası	103
Şekil 4.38. Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki SAR değerlerine ait variogramlar.....	104
Şekil 4.39. Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki SAR değerleri dağılım haritası	104
Şekil 4.40. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki değişebilir Na içeriğine ait variogram	110
B- Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki değişebilir Na içeriği dağılım haritası	110
Şekil 4.41. Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki değişebilir K içeriklerine ait variogramlar.....	112
Şekil 4.42. Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki değişebilir K içeriklerinin dağılım haritası.....	112
Şekil 4.43. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki ESP değerine ait variogram	113
B- Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki ESP değeri dağılım haritası	113
Şekil 4.44. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki çözünabilir Na içeriğine ait variogram	115
B- Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki çözünabilir Na içeriği dağılım haritası	115
Şekil 4.45. Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki çözünabilir K içeriklerine ait variogramlar	116

Şekil 4.46. Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki çözünabilir K içeriklerinin dağılım haritası.....	116
Şekil 4.47. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki TKK değerine ait variogram.....	119
B- Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki TKK değeri dağılım haritası	119
Şekil 4.48. Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki SAR değerlerine ait variogramlar.....	120
Şekil 4.49. Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki SAR değerleri dağılım haritası	121
Şekil 4.50. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki HCO ₃ içeriğine ait variogram	123
B- Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki HCO ₃ içeriği dağılım haritası	123

1. GİRİŞ

Tarımsal açıdan toprak; ana materyal, bitki örtüsü, iklim, zaman ve topografya gibi etkenler ile oluşmuş, kendine özgü karakteristik özelliği olan ve kendi kendini yenileyemeyen, üç boyutlu, doğal, canlı ve dinamik bir sistem olup, bitkiler için doğal yaşam ve beslenme ortamı ve aynı zamanda tarımsal üretimin en önemli öğelerinden biridir (Ağca, 1998). Gerek dünyada gerekse ülkemizde tarımsal üretime açılacak alanlar kalmamıştır. Bu nedenle, tarımsal üretimi artırmanın en önemli yolu, birim alandan en yüksek verimi alacak çalışmaların yapılmasıdır. Topraklardan en yüksek verimi alabilmek için; diğer faktörlerin yanı sıra, onların özelliklerini ve sorunlarını bilmek ve olası sorunlarını çözümlemek gerekir.

Tuzluluk ve alkalilik kurak ve yarı kurak bölgelerde, tarımsal üretime etki eden en önemli sorunlardan ikisi olup, sürdürülebilir tarım için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Tarımsal alanların büyük çoğunluğu sulama suyu kalitesi, yeraltı-suyu seviyesi, topografya ve iklim gibi faktörlerin bir veya daha fazlasının etkisiyle sürekli artan tuzluluk ve alkalilik sorunlarına içermektedir (Kılıç ve Kılıç, 2007; Wang ve Liu, 2008). Topraklarda tuzluluk hem tarımsal üretimi önemli ölçüde azaltmakta, hem de ekosistem ve çevre sağlığına değişen boyutlarda zararlar vermektedir. Tüm bu sonuçlar ise toplumda sosyal ve ekonomik sorunlara neden olmaktadır. Tuzluluk tüm dünyada olduğu gibi Türkiye topraklarında da önemli bir sorundur. Tuzlu topraklarda az da olsa üretim yapılabilmektedir. Ancak, tuzluluğun ileriki aşamalarında ortaya çıkan, alkalilik sorunu olan topraklarda ise üretim yapmak mümkün olmamaktadır.

Dünyada ve Türkiye’de bulunan topraklardaki tuzluluk ve alkalilik sorunu gün geçtikçe çoğalmaktadır. Örneğin, Türkiye’de tuzlu ve alkali toprakların oranı 1978 yılında 1.5 milyon hektar iken günümüzde daha da arttığı tahmin edilmektedir (Ağca ve ark., 2000). FAO/UNESCO tarafından hazırlanan dünya toprak haritası verilerine göre; dünyadaki toprakların yaklaşık olarak 954 milyon ha’lık bölümü tuzdan etkilenmiş ve üretkenliği kısıtlanmıştır. Bu şekilde tuzdan etkilenmiş olan topraklar, Avustralya’da 357.3 milyon, Amerika’da 146.9 milyon, Avrupa’da 50.8 milyon, Asya’da 319.3 milyon ve Afrika kıtasında ise 80.5 milyon hektar alan kaplamaktadır (Sönmez ve Beyazgül, 2008). Dünya topraklarının %10’undan fazlasında tuzluluk sorunu

görülmektedir ve önlemler alınmadığı taktirde bu oran sürekli artacaktır (Liu, ve ark., 2009).

Tuzlu ve alkali topraklar genel olarak, yıllık evapotranspirasyonun (buharlaşıma ve terleme) yıllık yağıştan yüksek olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde oluşmaktadır. Bu bölgelerde yağışın yetersiz olması nedeniyle toprakta bulunan tuzlar, yıkanamamakta ve profil boyunca belirli derinliklerde veya toprak yüzeyinde birirmektedir. Toprakta tuz veya sodyum birikimi bitkilerin büyümesini önleyecek düzeyde bulunduğu takdirde, bu durum toprağın tuzlulaştığını veya alkalileştiğini gösterir. Bu şekilde tuzlulaşan veya alkalileşen toprakların normal tarım toprağı haline dönebilmesi için ise toprakta biriken tuz ve sodyumun topraktan uzaklaştırılması gerekir. Tüm bu işlemler için ise toprakların tuzlulukla ilgili özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Toprak özellikleri en doğru olarak laboratuvar analizleriyle mümkün olabilir. Bununla birlikte, topraklar heterojen bir yapıya sahip olduğundan kısa mesafelerde özelliklerinde önemli değişimler olmaktadır. Heterojenliğin getirdiği olumsuzluğun giderilmesi kısa mesafelerde yapılacak toprak örneklemeleriyle giderilebilir. Ancak bu durum uygulamada ne zamansal açıdan ne de ekonomik açıdan pek mümkün görülmemektedir.

Klasik istatistik yöntemlerle yapılan değerlendirmelerde, toprak özelliklerinin mesafe ile olan ilişkisi dikkate alınmamaktadır. Bir alanda her hangi bir noktanın özelliklerinin diğer noktalarla ilişkili olmadığı kabul edilir. Oysa herhangi bir toprak özelliğinin bir noktadaki ölçüm değeri, onun uzaysal konumunun bir fonksiyonudur. Bu durum toprak özelliklerinin arazide süreklilik gösterdiğini belirtmektedir (Öztaş, 1995). Diğer bir ifade ile birbirlerine yakın iki noktadan alınan örnekler, birbirlerinden daha uzakta alınanlara göre daha fazla benzerlik gösterirler. Örneklem noktaları arasındaki uzaklıklar arttıkça, benzerlikler giderek azalmakta ve belirli bir noktadan sonra benzerlik bulunmamaktadır. Buda, belirli hata sınırları içerisinde alınabilecek en uygun örneklem yoğunluğunun belirlenmesinde ve en az örnekten en fazla bilginin elde edilmesinde önemlidir. Zira, bu özelliklerden yararlanarak toprak özelliklerinin belirlenmesinde, örneklenmemiş alanlardaki özellikleri de tahmin eden yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. İşte jeostatistiksel analiz, örnekler arasında yersel bağımlılığın belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin genel adıdır.

Yaklaşık 20 yıldan fazla süredir toprak biliminde kullanılmakta olan jeoistatistiksel yöntemler tesadüfi bir yöntem olarak toprak özelliklerinin yersel ve zamansal değişkenliklerini dikkate almaktadır. Yersel tesadüfi örneklemeden jeoistatistiksel veriler yersel model analizleri için kullanılabilir (Wang ve Liu, 2008).

Jeoistatistik, ilk olarak yerkürenin tahmini sorunlarının çözülmesinde uygulamalı bir istatistik dalı olarak kullanılmıştır. Jeostatistiksel analizlerle, gözlemler arası korelasyon ve gözlemlerin yapıldığı noktaların yerleri göz önünde bulundurularak yansız ve minimum varyanslı tahminler yapabilmektedir. Jeostatistiksel çalışmaların temellerinden bazılarını, variogram yapısına teorik bir model uydurulması ve gözlem verilerinin deneysel yapısının belirlenmesi oluşturmaktadır (Yaprak ve Arslan, 2008).

Jeoistatistik, klasik istatistiğin bir devamı olup, örneklerin birbirlerine bağımlı olmasına bağlı olarak nüfus parametrelerinin tahmin edilmesi bir başka söyleyişle, mesafe ile değişimin tesadüfî olmadığı ve bu değişimin matematiksel olarak anlatılması amacına dayanır (Dikici, 2001).

Topraklardaki tuzluluk sorununun dağılımının ve oranının iyi belirlenmesi, sorunun büyüklüğünün değerlendirilmesi, alınacak önlem ve ıslah yöntemleri için oldukça önemlidir. Son yıllarda birçok araştırmacı tarafından, topraklardaki tuzlulukla ilgili özelliklerin dağılımının belirlenmesi ve haritalanmasının yapılması amacıyla jeostatistiksel yöntemler kullanılmaktadır.

Amik Ovası Türkiye'deki en verimli ovalardan biridir. Yaklaşık 75.000 hektar alan kaplayan ovada, 1955-1980 yılları arasındaki çalışmalarda tarım alanı kazanılması amacıyla, önemli bir sulak alan olan Amik Gölü, drenaj kanalları açılarak kurutulmuştur. Gölün kurutulmasıyla önemli ölçüde tarım alanı kazanılmış olmasına rağmen, başta eski göl tabanı olmak üzere ovanın önemli bir bölümünde tuzluluk sorunları görülmeye başlamıştır. Topraklarda tuzluluk hem tarımsal üretimi önemli ölçüde azaltmakta, hem de ekosistem ve çevreye önemli zararlar vermektedir. Tüm bu sonuçlar ise toplumda sosyal ve ekonomik sorunlara neden olmaktadır. Tuzluluk tüm dünyada olduğu gibi Türkiye topraklarında da önemli bir sorundur. Tuzlu topraklarda az da olsa üretim yapılabilir. Ancak, tuzluluğun ileriki aşamalarında ortaya çıkan alkalilik sorunu olan topraklarda ise üretim yapmak mümkün olmamaktadır.

Bu çalışma; Amik ovasının tuzluluk riski yüksek olan yaklaşık 17500 ha'lık bölümünde yürütülmüştür. Çalışmada, anılan bölgedeki tuzlulukla ilgili toprak özellikleri belirlenmiş ve bunların yersel ve zamansal değişimi jeostatistiksel yöntemlerle incelenmiştir. Ayrıca, anılan toprak özelliklerinin çalışma alanındaki dağılım haritaları oluşturulmuştur. Yapılan çalışma sonunda, elde edilen veriler, tarımsal üretimin yönlendirilmesinde ve üretim planlamasında yol gösterici olacaktır. Ayrıca, toprakların tuzlulukla ilgili özellikleri değişken olduğundan ve projede jeostatistiksel yöntemler kullanılacağından, ileride aynı alanda tuzluluk ve alkalilik ile ilgili yapılacak çalışmalar ile sorunun uzun zaman içindeki değişimi rahatlıkla izlenebilecektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tuzluluk ve alkalilik geçmişte olduğu gibi bugün de birçok ülkede problem olmaya devam etmektedir. Dünyanın değişik topraklarında sulamanın başlaması ile birkaç yıl sonra daha önce hiç rastlanılmamış olan tuzluluk ve alkalilik problemlerini ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, tuzluluk ve alkalilik problemi olan alanlarda gerekli önlemler alınmadığında, bu alanların yayılım alanları artmakta ve sorun giderek daha da çoğalmaktadır (Özcan ve ark. 2000).

Toprak tuzluluğu, dünyada ve özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde en önemli çevresel sorunlardan biridir. Bu nedenle toprak tuzluluğunun yersel değişkenliğini tahmin etmek çevre bilimlerinde çok önemlidir (Wang ve ark. 2008). Topraklarda tuz birikiminin topraklara ve bitkisel üretime direk etkisi vardır. Genellikle tuzların toprak yüzeyinde veya yüzeye yakın kısımlarda birikme eğilimi vardır. Toprak tuzluluğundaki artış, bitkisel üretimin azalmasına, arazi verimliliğinin kaybolmasına ve arazi bozulmalarına neden olmaktadır (Thomas ve Middleton 1993; Lesch ve ark. 1995).

Toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yersel değişimi, toprak bilimcilerinin en önemli araştırma konularından birisidir. Yersel heterojenlik, toprak özelliklerinde başlıca karakterlerden biridir. Toprak özelliklerinin heterojenliğinin iki nedeni vardır. Bunlardan birincisi; ana materyal gibi toprak oluşum faktörleri diğeri ise, toprak yönetimi uygulamaları (gübreleme, sulama ve bitki rotasyonu) gibi dış faktörlerdir (Corwin ve Lesch 2005).

Toprak özellikleri, eğer değişkenlik katsayısı 0.1'den küçük ise, düşük değişkenlik göstermektedir. Değişkenlik katsayısı 0.9'dan büyük ise yüksek değişkenlik göstermektedir. Değişkenlik katsayısı 0.1 ile 0.9 arasında ise orta düzeyde değişkenlik göstermektedir (Wang 2001).

Yaklaşık 25 yıldır toprak biliminde kullanılan jeostatistik yöntemler, tesadüfi prosesler olarak, toprak özelliklerinin yersel-zamansal değişimini dikkate almaktadır (Goovaerts 1999). Jeostatistiğin en önemli katkısı, örneklenmemiş alanlardaki bilinmeyen değerlerin tahmin edilmesidir. (Castrignano ve ark. 2002). Jeostatistikteki en önemli araç yarıvariogramdır. Yarıvariogramlar her bir noktanın komşu noktalar üzerindeki yersel değişkenliğini vermektedir (Wang ve ark. 2008).

Jeoistatistik örneklenmemiş alanlardaki toprak özelliklerinin tahmin edilmesinde ve haritalanmasında kullanılmaktadır (Goovaerts 1999). Jeostatistik teknikleri arasında kriging yöntemi, örneklenmemiş alanlarda en iyi sonuçlar veren doğrusal entropolasyon tekniğidir. Kriging tahmininde örneklenmiş komşu noktadaki verilerin ağırlıklı toplamı kullanılır (Liu ve ark. 2004).

Nugget varyans, ölçüm hatalarından veya örnekleme noktaları arasındaki incelenen mesafenin toprak özelliğinin yersel bağımlılık derecesini belirlemek için uygun olmamasından kaynaklanmaktadır. Toprak özelliklerinin yersel değişkenliği toprak ana materyali gibi toprak oluşum faktörleri ve gübreleme, toprak yönetimi gibi dış faktörler tarafından etkilenebilir. Genellikle, toprak özelliklerinin güçlü yersel bağımlılığı toprak oluşum faktörlerini, zayıf yersel bağımlılığı ise dış faktörler tarafından etkilendiğini belirtmektedir (Liu ve ark. 2004).

Yarıvariogramların değişim aralıkları (range) söz konusu özelliğin ölçülen iki nokta arasında birbirleri ile ilişkili olabileceği maksimum mesafeyi göstermektedir. Diğer bir deyişle, belirlenen değişim aralığından daha büyük mesafe ile ayrılan iki örneğin birbirinden bağımsız olacağı, daha kısa mesafeler içerisinde ise bir korelasyon mevcut olabileceğini işaret etmektedir (Akgül ve ark. 1995).

Yarıvariogramların en önemli iki üstünlüğü bulunmaktadır. Bunlardan birisi, incelenen bir özellik için örnekleme çiftlerinin birbirleri ile ilişkili olabileceği maksimum mesafeyi (range) belirlemeye imkân vermesi, ikincisi ise kriging işlemi için gerekli parametreleri sağlamasıdır (Akgül ve ark. 1995).

Jeoistatistiksel analizler iki aşamada yapılmaktadır. Birinci aşamada, inceleme konusu olan toprak özelliğinin ölçülen noktaları arasındaki otokorelasyonun, diğer bir deyişle, doğal olarak bulunan yersel bağımlılığın derecesi belirlenir. Bu amaçla yarıvariogramlar kullanılmaktadır. İkinci aşamada ise, gelişmiş bir interpolasyon tekniği yardımı ile incelenen toprak özelliğinin örneklenmeyen alanlardaki değeri tahmin edilerek, bu özelliğin çalışma alanındaki dağılım modeli belirlenmeye çalışır. Bu amaçla da kriging analizi en fazla kullanılan yöntemlerden birisidir (Öztaş, 1995).

Kriging, incelenen herhangi bir özelliğin; ölçüm yapılan noktaları arasındaki yersel (uzaysal) bağımlılığın derecesinden yararlanılarak, örneklenmeyen nokta veya alanlardaki değerlerinin tahmininde kullanılan bir interpolasyon tekniğidir (Oliver, 1987). Kriging analizini diğer interpolasyon tekniklerinden ayıran en önemli özellik,

tahmin edilen her nokta veya alan için bir varyans değerinin hesaplanabilmesidir. Bu da tahmin edilen güven derecesinin bir ölçüsüdür. Eğer bir nokta veya alan için hesaplanan varyans değeri, gerçek değerler arasındaki varyanstan daha küçük ise özelliğin ölçülemeyen nokta veya alanı için tahmin edilen değer güvenilir olduğu kabul edilir (Campbell, 1978).

2.1. Tuzdan Etkilenmiş Topraklar

Çözeltilisinde tuz ve katyon değişim yüzeylerinde fazla miktarda sodyum (Na) içeren topraklar “tuzdan etkilenmiş topraklar” olarak tanımlanır. Tuzdan etkilenmiş topraklarda bulunan baskın katyonlar; sodyum (Na^+), Kalsiyum (Ca^{++}), magnezyum (Mg^{++}) ve daha az yaygın olarak potasyum (K^+) dur. Bu topraklardaki baskın anyonlar ise; klor (Cl^-), sülfat (SO_4^{--}), bikarbonat (HCO_3^-), karbonat (CO_3^{--}) ve nitrat (NO_3^-)’dır (Qadir ve ark. 2000).

Tuzdan etkilenmiş topraklar genel olarak yıllık yağışın, yıllık evapotranspirasyonu karşılamaya yeterli olmadığı kurak ve yarı-kurak bölgelerde oluşurlar. İklimin bu özelliği nedeniyle, tuzlar topraktan yıkanamazlar ve toprak profilinin belirli derinliklerinde veya toprak yüzeyinde birikirler. Bitki büyümesini önleyecek derecede tuz veya sodyum birikmesi toprağın tuzlaştığını veya sodikleştiğini gösterir. Bu topraklar; iklim, ana materyal, drenaj yetersizliği, tuzlu veya kalitesiz sulama suyu kullanılması, gereğinden fazla sulama suyu kullanılması, akarsuların ve denizlerin etkisi, yüksek taban suyu ve uygun olmayan fizyografya gibi nedenlere bağlı olarak dünyanın her yerinde birkaç metrekaleden binlerce hektarlık alanlara kadar değişen boyutlarda oluşabilmektedir (Richards 1954).

Tuzlu-alkali topraklarda Na oranının artması sodikleşmeye neden olmaktadır. Sodikleşme, genellikle tuzlulaşma olayından sonra oluşmaktadır. Tuzlu topraklarda, hatta kurak iklimlerdeki normal topraklarda hakim durumda bulunan Ca ve Mg’un yerine, bozuk drenaj koşullarında zamanla biriken Na geçmektedir. Değişim materyalinde Na’un hakim duruma geçmesi ile toprak sodikleşmektedir. Bu durumda toprak çözeltisindeki Ca ve Mg tuzları çökelerek ortamdan uzaklaşır (Sezen 1995).

Topraklardaki tüm tuzların ana kaynağı yer kabuğunun yüzeyindeki birincil minerallerdir. Hidroliz, hidrasyon, oksidasyon, karbonasyon gibi kimyasal ayrışma

işlemleri işlemleri sırasında tuz bileşenleri yavaş yavaş serbest kalırlar. Serbest kalan bu tuzlar yüzey veya yeraltı suları ile kaynaklarından taşınırlar (Abrol ve ark. 1988).

Tuzdan etkilenmiş toprakların sınıflandırılmasında genellikle toprak reaksiyonu, toprak çözeltisinin elektriksel iletkenliği (EC) ile değişebilir Na yüzdesi ölçü olarak alınır. Toprakların doygunluk çamurunun pH'sı toprakların sınıflandırılmasında önemli ölçütlerden birisidir. Tuz çözeltilerindeki tuz içeriği ile çözeltisinin elektriksel iletkenliği (EC) arasında ilişkiler mevcuttur. Elektriksel iletkenlik, ölçüm kolaylığı sağladığından, çözeltilerin tuz konsantrasyonunu belirlemede kullanılmaktadır. Elektriksel iletkenlik, doygunluk çamurundan vakum ile çıkartılan toprak çözeltisinde ölçülür ve desiSimens/metre (dS/m) veya milimhos/cm (mmho/cm) birimleri ile ifade edilir. Bu iki birim sayısal olarak birbirine eşittir (Qadir ve ark. 2000).

Tuzdan etkilenmiş topraklar; tuzlu, sodik ve tuzlu-sodik topraklar olmak üzere üç gruba ayrılır. Tuzlu topraklar, birçok bitkinin gelişmesine engel olacak miktarda tuz içeren, fakat toprağın özelliğini değiştirecek ölçüde Na içermeyen topraklara tuzlu topraklar denir. Tuzlu topraklar dünyadaki tuzdan etkilenmiş alanların yaklaşık % 40'ını oluşturmaktadır. Bu topraklarda, saturasyon ekstarktının elektriksel iletkenliği (EC) 4 dS/m'den (25 °C) fazla, değişebilir Na yüzdesi (ESP) 15 'den azdır. Bu topraklarda pH genellikle 8,5'den düşüktür. Bitkilerin gelişmesine engel olacak miktarda değişebilir Na içeren, fakat toprağın özelliğini değiştirecek ölçüde tuz içermeyen topraklara sodik topraklar denir. Bu topraklarda doygunluk süzüğünün elektriksel iletkenliği (EC) 4 dS/m'den (25 °C) az, değişebilir Na yüzdesi (ESP) 15 'den fazladır. Sodik topraklar dünyadaki tuzdan etkilenmiş alanların yaklaşık % 60'ını oluşturmaktadır. Tuzlu-sodik topraklar ise, birçok bitkinin gelişmesine engel olacak miktarda tuz ve ayrıca toprağın özelliğini değiştirecek miktarda Na içeren topraklara tuzlu-sodik topraklar denir. Bu toprakların saturasyon ekstraktının elektriksel iletkenliği 4 dS/m'den, değişebilir Na yüzdesi 15'den fazla ve pH'ları 8,5'dan az olan topraklardır. Sodik ve tuzlu-sodik topraklarda ayrıca sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değerleri de genellikle 13'ün üzerindedir (Qadir ve ark. 2008).

Bielorai ve ark. (1983) yaptıkları çalışmada, yüksek oranda sodyum içeren sulama suyunun toprak tuzluluğuna ve Oldun üzüm bağı etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucuna göre; kullanılan suyun yüksek ESP değerlerinin üzüm hasadını etkilemediğini, ancak topraktaki toplam tuz konsantrasyonunu etkilediği belirlenmiştir.

Cangir ve ark. (1989) İpsala taşkın ovası çorak topraklarında yaptıkları araştırmada, ovanın kuzeyinde tuzsuz ve az tuzlu toprakların yer aldığını, güneyine doğru tuzluluğun arttığını; yöre topraklarında, yüksek taban suyuna bağlı drenaj sorunun bulunduğunu belirlemişlerdir.

Akay (1995) yapmış olduğu çalışmada, Kumluca ve Finike yörelerindeki seraların toprak tuzluluğu ve mevsimsel değişimini incelemiştir. Çalışma sonucuna göre, sera topraklarının ortalama tuz içeriği Eylül ayından Haziran ayına doğru yükselmiş olup yöredeki sera toprağı tuzluluğunun bitki yetiştirme dönemi içerisinde önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir.

Saltalı (2006) tarafından Tokat Kazova yöresinde yapılan araştırmada, toprakların tuz dinamiğı ve sodikleşme eğilimi belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, toprakların önemli bir kısmında tuzluluk sorunu olduğu saptanmıştır. Ayrıca, ovada sulu tarım yapılması nedeniyle, tarım yapılan alanlarda yazın bitki hasadından sonra, tuzların kılcal yükselme ile yukarılara taşındığını, kışın ise yağışlarla bu hareketin engellendiğı görülmüştür. Topraklardaki sodikleşme eğilimi en yüksek 30-60 cm’de, en düşük ise 0-15 cm derinlikte olduğu belirlenmiştir.

Demirtaş (1999) Anadolu Tarım İşletmesi topraklarında yapmış olduğu bir çalışmanın sonucunda; bölge topraklarında önemli tuzluluk sorununun bulunmadığını, ancak çalışma alanının bazı bölümlerinde alkalilik sorunu olduğunu belirlemiştir.

Ağca ve ark. (2000) yapmış oldukları çalışmada, Amik ovasında yer alan bazı topraklarda tuzlaşma ve alkalileşmenin boyutlarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda, toprakların tamamında alkalilik ve önemli bir kısmında ise tuzluluk sorunu olmadığını ve tuzluluk sorunu olan toprakların tamamına yakınının ise hafif tuzlu sınıfına girdiğini saptamışlardır.

Onkware (2000) Kenya Bogoria Gölü Milli Rezervindeki Loburu deltasında farklı düzeylerdeki toprak tuzluluğı ve neminin bitki çeşit dağılımı, üretimi, tekrar üretim stratejisini ve atık parçalamaya etkisini araştırmıştır. Çalışma sonuçlarına göre; bölge topraklarında toprak tuzluluğunun, biyokütlenin üretken dağılımını etkilemediğı ve düşük nemin tuzsuz toprakta biyokütle üretimini sınırlandırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, tuz içeriğı yüksek olan topraklarda tuzun, düşük üretimden sorumlu olduğu sonucuna varmıştır.

Ertek ve Kanber (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, pamuk sulamasında damla sulama sisteminin toprak profilinde tuz birikimine olan etkisinin saptaması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda, pamuk bitkisinin damla sulama yöntemiyle sulanması durumunda, genellikle tuz birikiminin ıslak hacim sınırı dışında ve üst toprak katmanında yoğunlaştığını belirlenmiştir. Öte yandan damlatıcıdan 15 cm uzakta ise genellikle tuz birikiminin üst katmanlardan alt katmanlara doğru azaldığı ve buralarda yoğunlaştığını belirlemişlerdir.

Zhang ve ark. (2005) toprakların saturasyon çamuru ve 1:1 toprak:su karışım ekstraksiyonundaki tuz içeriği arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışma sonucuna göre; saturasyon ekstraktının EC'si ile 1:1 toprak:su ekstraksiyonunun EC'si ($r^2 = 0.85$, $P < 0.001$) arasında çok yüksek bir ilişki bulunmuştur. Ayrıca, saturasyon çamuru ile 1:1 toprak:su ekstraksiyonunda farklı iyonlar arasında önemli ilişkiler belirlenmiştir.

Sadık ve ark. (2007) Pakistan'ın Teshil Pindi Bhattian eyaletinde bulunan üç farklı çalışma alanında, ürün büyüme periyodu boyunca sülfürik asit uygulaması yapılmayan veya jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ihtiyacının % 20'sini karşılayan sülfürik asit uygulanması ile tuzlu-alkali toprakların düzeltilmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucuna göre; uygulamanın yapıldığı 2.5 yıl içinde pirinç ve buğday tane veriminde artış, tuzluluk parametrelerinin (elektriksel iletkenlik, pH ve sodyum adsorbsiyon oranı) değerlerinde ise bir azalma olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca sülfürik asit uygulamasının tuzlu-sodik toprakların düzeltilmesini hızlı bir şekilde sağladığını belirlemişlerdir.

Yakupoğlu ve Özdemir (2007) tuzluluk ve alkaliliğin toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, topraktaki yüksek sodyum konsantrasyonunun, toprağın tekstürü, strüktürü, çözeltideki Ca ve Mg konsantrasyonu gibi birçok faktörle ilişkili olarak, toprağın infiltrasyon ve hidrolik iletkenlik değerlerini düşürdüğü, kaymak tabakası oluşumunu ve dispersiyonu teşvik ettiği belirlenmiştir. Ayrıca, sulama suyunun EC değerindeki artışa paralel olarak toprakta agregat oluşumunun teşvik edildiği, yüzey akış değerinin ise azaldığı görülmüştür.

Arslan ve ark. (2008) Bafra ovasında bulunan tarım arazilerinin tuzluluk durumu, sulamanın taban suyu tuzluluğuna etkisi ve bunların yıllık değişimlerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucuna göre, ovada tuzluluk sorunun olduğu

alanların +2 m kotu ve altı alanlar olduğu ve bu alanların drenaj sisteminin tamamlanması ile tuzluluk sorununun giderilebileceğini belirtmişlerdir.

Bahçeci ve Bal (2008) Harran ovasında yüzey altı drenaj sistemi kurulmuş alanlarda drenaj suyu ve toprak tuzluluğunun mevsimsel değişimini araştırılmışlardır. Araştırma sonucuna göre; drenaj sularının topraklardan daha fazla tuz içerdiği ve toprak tuzluluğunun mevsim sonunda azaldığı belirlenmiştir. Bu durumun ise toprakta tuz yıkanmasının olabileceğinin kanıtı olarak değerlendiren araştırmacılar drenaj suyuna yer altı suyundan karışma olabileceğini göstermiştir.

Boem ve ark. (2008) toprak tuzluluk düzeyindeki artışın kolzanın çimlenmesi, filizi, kök gelişimi ve hasat kompozisyonu üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucuna göre; toprakların EC değeri 6 dS/m'den yüksek seviyeye çıktığında, kolzaların kök gelişiminin olumsuz yönde etkilendiği belirlenmiştir. Ayrıca araştırmacılar; yaprak ve ilk görünebilir boğumda bir gecikme olduğunu gözlemlemişlerdir.

Çeliker ve Çullu (2008) Şanlıurfa'nın Harran ovasındaki tuzluluk ve drenaj sorunları üzerine yapmış oldukları çalışma sonucuna göre; zamana bağlı olarak aşırı sulama yapılan yerlerde yüksek taban suyu sorunlarının büyük boyutlara ulaştığını ve toprakların tuz içeriğinin artma eğiliminde olduğunu belirlemişlerdir.

Çetin ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada, düşük kaliteli sulama sularının sulamada kullanılmasının neden olabileceği olası taban suyu ve tuzluluk sorunları incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda; sulama mevsimi başlangıcında arazinin % 97.7'sinde taban suyu tuzluluğu, % 80.3'ünde ise toprak tuzluluğu sorunu olduğu belirlenmiştir.

Mostafazadeh-Fard ve ark. (2009) tarafından Isfahan (İran) da yapılan bir çalışmada, sulama suyu tuzluluğu ve yıkamanın toprak tuzluluğu üzerine etkileri belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre; sulama suyu tuzluluğu arttıkça buna paralel olarak toprak tuzluluğunun yükseldiği; tane verimi, saman verimi, 1.000-tane ağırlığı, bitki boyu, başaklanma süresi gibi verim bileşenlerinin ise önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Yıkama ise verim bileşenlerini önemli ölçüde arttırmıştır.

Pang ve ark. (2009) Kuzey Çin Ovası'ndaki güvenli ve etkili tuzlu su kullanımının belirlenmesi için tuzlu suyla sulamanın ve çöple malç lamanın kışlık buğday ve yazlık mısır rotasyonunda, toprak tuzluluğuna ve ürün hasadı ile ekilen ürünlere etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda; topraklarda iki büyüme sezonu

boyunca tuzlu suyla sulamanın toprağın 1 m'lik üst yüzeyindeki farklı toprak derinliklerinde tuz içeriğini önemli ölçüde artırdığını belirlemişlerdir. Ayrıca, toprağa uygulanan çöp malçlama, tuzlu suyla sulamalarda toprağın tuz içeriğini etkilediği belirlenmiştir. Çöp malç uygulamasında 0-100 cm toprak derinliğindeki ortalama tuz içeriğinin (% 14.0); uygulanmayan topraklardan (% 1.8) daha az olduğunu belirlemişlerdir.

Çullu ve ark. (2010) Harran ovasındaki dört yaygın toprak serisinde mevsimsel tuz dinamikleri üzerine yer altı suyu dalgalanmalarının etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda; topraklardaki tuz dinamiklerinde önemli mevsimsel değişiklikler, yer altı suyu seviyelerinde ki dalgalanmalara bağlı olarak belirlendi.

Romero ve Navas (2010) Venezüella'nın Aragua eyaletinde Taiguaiquay sulama sistemindeki toprak tuzluluğunun yersel değişkenliklerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucuna göre; aluviyal bölge toprakları % 65'i oranında normal toprak ($EC \leq 2 \text{ dS/m}^{-1}$), % 28'i oranında hafiften-orta düzeye kadar tuz konsantrasyonlarından ($EC 2-8 \text{ dS/m}^{-1}$) ve % 7'sinin ise çok tuzlu ($EC > 8 \text{ dS/m}^{-1}$) olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, göl bölgesindeki topraklar ise normal toprakların ($EC \leq 2 \text{ dS/m}^{-1}$) % 38'ini ve tuzların hafif-orta konsantrasyonlarının ($EC 2-8 \text{ dS/m}^{-1}$) % 62'sini içerdiği görülmüştür.

Wang ve ark. (2011) Kuzeybatı Çin'deki tuzlu alanlarda, damla sulama yöntemi ile farklı sulama düzeylerinin pamuk vejetasyonunda topraktaki tuz dağılımına ve pamuğun gelişimine etkisi araştırmışlardır. Denemelerin sonunda, sulamaların etkisi ile yetiştirme periyodunda toprakta tuz yıkaması olmuştur. Bu durum, derinliğe bağlı olarak tuz içeriğinin arttığını göstermiştir. Üç yıl süren araştırma sonunda, -5 ve (-) 25 kPa arasında toprak matrik potansiyellerinin, tuzun toprak profilindeki dağılımını ve pamuk gelişimini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir.

2.2. Jeostatistik

Jeostatistik genel anlamda yersel değişkenliğin uygulanabilen tekniği olarak bilinir. Jeostatistik yöntemler, başlarda maden yatakları için uygulanmış daha sonraları toprak biliminde kullanılmıştır. Son dönemlerde meteoroloji, deniz bilimleri ve yer bilimlerinde geniş çapta uygulama alanları bulunmuştur. Mesafeye bağlı değişimin bir

ifadesi olan yarıvariogramlar, jeostatistiğin temel unsurlarındandır (Ortaş ve Berkman 1995).

Dikici (2001)'ye göre, arazilerde toprak özellikleri tesadüf bir dağılım göstermedikleri gibi, toprakların yersel değişkenlikleri de jeolojik ve pedolojik işlevler sonucunda oluşurlar. Topraklara uygulanan kültürel tedbirler sayesinde, topraklar mesafe ve zamanla değişkenlik gösterirler. Jeostatistik; örnekler arasındaki yersel korelasyonu belirlemek ve bu korelasyon yardımıyla örneklenmemiş alanlardaki toprak özelliklerini tahmin etmede faydalanılan uygulamalı istatistiklerin bir birimidir. Bu işlemler yersel modelleme ve yersel interpolasyon ile iki aşamada gerçekleşmektedir. Yarıvaryans, örnek varyansının mesafe ile değişiminin bir ölçüsüdür. Yakın mesafedeki örnekler uzak olanlara oranla benzer değerler gösterirler iken genelde varyans örnekler arasındaki mesafe ile bir artış gösterir. Kriging yöntemi ise yarıvaryans hesapları ile elde edilen örnekler arasındaki yersel yapının örnekleme yapılmamış noktalardaki toprak özelliklerini tahmin etmede kullanılmasıdır.

Lark (2002) yüksek olasılıkla variogramın hesaplanması için toprağın en iyi şekilde yersel olarak örneklenmesi gerektiğini belirtmiştir. Çalışma sonucunda, pratik uygulamalar için tekniği kullanmanın en verimli yolunun, variogramın ilk tahminini sağlayan basit sistematik dizaynlarına ekleme yapmak olduğu ortaya konulmuştur.

Ersoy ve Yünsel (2006)'göre jeostatistik, toprak katmanının altında ve üstünde yer alan doğal kaynakların jeolojik, geometrik ve miktarsal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan istatistiksel bir araçtır. Söz konusu yöntem genel olarak maden, ziraat, jeoloji ve çevre mühendisliği alanlarında kullanılmaktadır. Temel olarak, örnekler arasındaki değerlerin uzaysal mesafe ve yöne bağlı olarak nasıl değiştiğini istatistiksel olarak belirler. Jeostatistik yöntemlerinin, oluşan hata miktarının belirli güven düzeylerinde belirlenebilmesi gibi avantajları vardır.

Haining ve ark. (2010)'na göre Jeostatistik, yersel istatistik alanında belirleyici bir yöntem bilimidir. Geçmişte, jeostatistik yersel veri tipleri ve özel problemlerle (kriging ile yersel interpolasyon) doğrudan ilişkili olmuştur. Jeostatistik, veri tiplerinin doğallığından dolayı coğrafyacılar tarafından fiziksel olarak daha fazla kullanıma sahiptir. Jeostatistikçiler bir şeyin iç yüzünü sağlamasından dolayı yersel değişim analizleri ve araştırma için variogram model ve hesaplamalara çok büyük önem verirler.

2.3. Jeostatistik Yöntemlerle Yapılan Tuzluluk Çalışmaları

Utset ve ark. (1998) Toprak tuzluluğunun örnek alan mesafesini belirlemek için bir jeostatistik yönteminin kullanıldığı araştırmada, bir doğrusal yarıvariogramın beklenen toprak tuzluluk dağılımı ile platonun topoğrafik eğim ile uygun olduğu doğu-batı kesitinde tuzluluk-sensör elektriksel iletkenliği için gözlendiğini ortaya koymuş. Ayrıca laboratuarda ölçülen toprak EC'sinin yersel yapısı ile uyushmaktadır. Çapraz geçerlilik ölçüsü analizleri FEP ölçümlerinden gözlenen EC yarıvariogramları laboratuarda ölçülen toprak EC'sinin yarıvariogramları olarak benzer bir yolda toprak EC'sinin yersel dağılım karakteristiği olduğunu belirlenmiştir.

Pozdnyakova ve Zhang (1999) Kaliforniya'nın merkez bölgesinde Kings nehri havzasında bulunan sulak tarıma elverişli arazilerdeki toprak tuzluluğunun jeostatistik analizlerle belirlenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucuna göre, çeşitli şekilde azaltılmış veri kümeleri ile jeostatistiksel yöntemler kullanılarak sodyum adsorbsiyon oranının tahmini (yersel dağılımı geniş arazide) yaygın tuzluluk ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucuna göre örnek maliyetinin önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir.

Özbek ve Öztaş (2002) yapmış oldukları çalışmada, Erzurum-Karasu ovasındaki taban suyu özelliklerinin yersel değişim parametrelerinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucuna göre; taban suyunun EC, SAR ve pH değerlerinin toprak tuzluluğu ve alkaliliği için sorun oluşturduğu bölgelerin, özellikle çalışma alanının güneydoğusu ve Karasu ana tahliye bölümünün güney kesiminde bulunduğunu belirlemişlerdir.

Ardahanlıoğlu ve ark. (2003) yaptıkları bir çalışmada, Iğdır ovasında tuzluluk ve alkalilikten etkilenmiş 1000x1000 m'lik bir alandaki toprakların ESP, EC, pH ve Bor içeriklerinin yersel dağılım desenlerini jeostatistik yöntemlerle belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada blok kriging yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre; yapılan yarı değişkenlik analizleri, toprakların ESP, EC, pH ve Bor içeriklerinin yersel değişkenlik deseninde benzerlikler olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca kriging değerlerinden üretilen dağılım haritaları, ölçülen toprak özelliklerinin, pH değerleri hariç, dağılım desenlerinin çok farklı olmadığını göstermiştir.

Özcan ve Uygun (2004) Çanakkale-Kumkale Ovasında yapmış oldukları çalışmada, toprakta bitkisel üretimi kısıtlayan önemli toprak karakteristiklerinden biri olan tuzluluğun toprak profilindeki yersel ve zamansal değişimini ve bu değişimde etkili olan faktörleri belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre; toprakların tuzluluk içeriğinin, tuzsuzdan çok şiddetli tuzluya ve pH'nın ise 6.5-9.5 arasında değişim gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Aynı zamanda, deniz ve drenaj kanallarının toprak tuzluluğu üzerine çok etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Shi ve ark. (2005) tarafından Çin'de yapılan bir çalışmada, tuzlu bir alanda toprak tuzluluğunun yersel ve zamansal değişkenliğinin dağılımı incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre; toprak tuzluluğunun değişkenliğinin oldukça yüksek olduğu ve tuzluluğun kıştan bahara doğru arttığı tuzluluğun yersel değişiminin de fazla olduğu saptanmıştır.

Vela ve ark. (2005) tarafından Güneydoğu İspanya'da yapılan bir araştırmada, toprak tuzluluğunun yersel dağılımı belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, 30-60 cm derinliğindeki EC ve TDS değerleri, 0-30 ve 30-60 cm derinliklerdekinden daha büyük bulunmuştur. Topraklardaki tuz birikimini etkileyen faktörler; sadece uygulanan su miktarına bağlı değil, aynı zamanda toprak gözenekliliğine ve iyonların çeşidine de bağlı olduğu bulunmuştur. Araştırma sonuçlarında, iyonlardan Na^+ , Mg^{+2} , Cl^- ve SO_4^{-2} konsantrasyonlarının alt toprak tabakalarında (30-60 ve 60-90 cm) hemen hemen eşit olduğu, Ca^{+2} , K^+ , ve NO_3^- konsantrasyonlarının ise tüm derinliklerde benzer olduğu saptanmıştır.

Başaran ve Özcan (2006) yapmış oldukları çalışmada, düşük kalite sulama suyu kullanılan Ladin (*Picea pungens*) üretim parselinde, sulama sezonu boyunca toprakta tuz yoğunluğunun değişimi ve dağılımının, jeostatistik ve coğrafik bilgi sistemleri yöntemleri ile belirlenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre; sulama sezonu boyunca toprak tuzluluğunun değişiminin istatistiksel açıdan önemli bulunduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Toprak tuzluluğu, variogram model ve parametreleri ile oluşturulmuş kriging haritalarında coğrafik bilgi sistemleri teknikleri ile değerlendirilmesi sonucunda toprakların EC değeri ile örnekleme dönemleri arasında kuvvetli ilişkiler olduğunu belirlemişlerdir.

Çamoğlu ve ark. (2006) yapmış oldukları çalışmada, Menemen Sulama Sistemlerinde yer alan Maltepe ana kanalı hizmet alanının taban suyu derinlik ve

tuzluluk değerlerinin jeoistatistiksel yöntemlerle değerlendirmesini amaçlamışlardır. Taban suyu derinliğinin mekânsal olarak incelenmesi sonucunda, tuzluluk açısından sorunlu olan bölgelerin aynı zamanda taban suyu seviyelerinin de en yüksek olduğu bölgeler içinde yer aldığını bunun da, taban suyunun yükselmesinin tuzlaşmayı ne derece etkilediğinin açıkça ispatı olarak değerlendirmişlerdir.

Cemek ve ark. (2007) Türkiye'nin kuzeyindeki Bafra ovasında toprak tuzluluğu ve alkaliliği ile ilgili olarak bazı toprak özelliklerinde yersel değişimini jeoistatistiksel yöntemle belirlemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre; tüm derinlikler için toprak pH'sı minimum, hidrolik iletkenlik (Ks) ise maksimum değişkenlik göstermiştir. Toprak derinliğine bağlı olarak ortalama EC, ESP pH ve Ks değerleri yükselirken, KDK'nın ise azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca EC, ESP ve KDK değerlerinin küçük mesafeler için de oldukça değişken olduğu gözlenmiştir. Özelliklerin çoğu için en uygun modeller exponential ve spherical olarak belirlenmiştir.

Liu ve ark. (2007) yapmış oldukları çalışmada, Kuzeydoğu Çin'in Horgin kum arazisindeki ıslah edilmiş çimlik alanların topraklarındaki tuzluluk ve alkalilikle ilgili olan toprak özelliklerinin yersel dağılımını belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada; en yüksek varyasyon katsayısı değişebilir sodyum, en düşük varyasyon katsayısı ise pH değerlerinde belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik dışında diğer tüm özellikler için en uygun varyogram modeli exponential olarak belirlenmiştir. Yersel bağımlılık pH dışındaki tüm özelliklerde orta, pH değerlerinde ise zayıf olarak belirlenmiştir.

Kılıç ve Kılıç (2007) tarafından Tokat Kazova'da yapılan bir çalışmada, ova topraklarının tuzluluk, alkalilik ve tuzluluk ve alkaliliği etkileyen toprak özelliklerinin yersel dağılımı incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, en düşük varyasyon pH, en yüksek varyasyon ise organik madde ve kum içeriklerinde olduğu görülmektedir. Ayrıca, varyasyon katsayısının genellikle toprak derinliğine bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Yine, toprak derinliğine bağlı olarak EC ve ESP değerlerindeki farklılıklar önemli bulunmuştur. Değişkenler için en uygun yarıvaryogram modelleri ise daha çok spherical ve exponential olarak belirlenmiştir.

Navarro-Pedreño ve ark. (2007) İspanya'nın yarı kurak iklime sahip olan Alicnate eyaletinde yaptıkları bir çalışmada, toprakların tuz (EC) ve Na içeriğinin yersel dağılımını incelemişlerdir. Çalışmada, her iki parametre için de en uygun

yarıvaryogram modelinin spherical, range değerinin ise EC için 37.6 km, Na için ise 26.2 km olduğu belirlenmiştir.

Tahboub ve ark. (2007) yapmış oldukları çalışmada, Ürdün'ün merkezindeki kuzey vadisinde yer alan Zerka nehrinin aşağı bölümlerinde bulunan toprakların yüzey katmanlarında SAR, pH, Na^{+2} , Ca^{+2} , Mg^{+2} ve toprak tuzluluğunun yersel değişkenliğini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda; ölçülmüş toprak parametrelerinin, çalışma alanının kuzey ve kuzey doğusunda ki küçük bölgeler dışında yüksek olmadığı belirlenmiştir.

Emadi ve ark. (2008) İran'ın güneyinde yapmış oldukları bir çalışmada, Arsanjan Ovasındaki tuzlu ve alkali topraklarda, bazı toprak özelliklerinin yersel değişiminin jeostatistikle belirlenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre; bütün derinliklerde toprak pH'sı minimum, ESP ise maksimum düzeyde değişkenlik göstermiştir. Ayrıca, toprak özelliklerinin orta ve kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir. Yine toprak EC'sinin üç derinlikte de orta düzeyde bağımlılık gösterdiği; ESP ile pH'nın ise 0-30 cm de orta, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde ise kuvvetli yersel bağımlılık gösterdiği saptanmıştır. Diğer yandan, kil ve KDK 0-30 cm derinlikte kuvvetli, 30-60 ile 60-90 cm derinliklerde ise zayıf yersel değişkenlik göstermiştir.

Wang ve ark. (2008) Kuzey Çin'deki Sangong nehir havzasındaki tarım topraklarında yaptıkları araştırmada, tuz içeriğinin yersel değişimi incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, toprakların tuz içeriğindeki varyasyon 1.53, en uygun yarıvaryogram modeli ise exponential, range değeri ise 3.49 km olarak belirlenmiştir.

Wang ve Liu (2008) Çin'de yapmış oldukları çalışmada, Sarı nehir deltasında toprak tuzluluğunun multi-ölçekli değişkenlik nedenlerini jeostatistik analizler ile belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucu, toprak tuzluluğunun değişkenliklerinin 3 ölçek ve farklı çevresel faktörler tarafından etkilenmiş olduğunu göstermiştir. Sınırlı ölçekte (örnekleme aralıkları 0.04 ve 0.2 km) toprak tuzluluğunun küçük yersel bağımlılığa sahip olduğu belirlenmiştir. Geniş ölçekte ise (örnekleme aralıkları 6 km) tuzluluk dağılımları güçlü bir yapı göstermektedir. Bunun nedeni de, yükselti ve yüksek yersel bağımlılığı olan arazi kullanım tipinden etkilenmiş olması olarak bulunmuştur.

Sokouti ve Mahdian (2009) yapmış oldukları bir araştırmada; toprak tuzluluğunun yersel dağılımını tahmini ve haritalarının hazırlanmasında farklı

jeoistatistiksel yöntemlerin etkisini incelemeyi amaçlamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre; örnekleme yapılmamış yerlerdeki toprak tuzluluğunun tahmini için kullandıkları kriging yönteminin, toprak yüzeyi tuzluluğu ve onun kesinliğinin tahmininde doğru bir yöntem olduğunu belirlemişlerdir.

Zheng ve ark. (2009) tarafından kuzeybatı Çin’de yapılan bir çalışmada, pamuk ekili bir tarlada damla sulama koşullarında, 2007 yılındaki toprak tuzluluğunun değişimini incelemişlerdir. Çalışmada, 10 farklı dönemde alınan toprak örneklerinde elektriksel iletkenlik (EC) analizleri yapılmıştır. Veriler temel istatistik analizler uygulanmış ve ayrıca dağılımları jeoistatistik yöntemle belirlenmiştir. Jeoistatistik analizlerde, örnekleme noktalarının tahmininde ve EC’nin haritalanmasında kriging yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, örnekleme zamanlarına bağlı olarak, EC’deki en yüksek varyasyon (% 64.5) Eylül, en düşük varyasyon (% 45.2) ise Nisan ayında alınan örneklerde görülmüştür. Ayrıca, örnekleme zamanlarının tamamında en uygun varyogram modelinin exponential olduğu ve bir dönem hariç tüm dönemlerde orta düzeyde yersel bağımlılığın olduğu belirlenmiştir.

Akbarzadeh ve Taghizadeh Mehrjardi (2010) yaptıkları çalışmada, İran’ın Yazd şehrinin Khezrbad bölgesindeki topraklarında jeoistatistik yöntemler kullanarak kum, silt ile kil, sodyum adsorbsiyon oranı, saturasyon yüzdesi ve tuzluluğun yersel dağılımının tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre; kriging ve Co-kriging yöntemlerinin, toprak özelliklerinin tahmini için IDW yönteminden daha iyi olduğunu belirlemişlerdir. Buna ek olarak, saturasyon doygunluğu ve toprak tekstürü kriging yöntemi ile daha iyi tahmin edilmiş olup toprak tuzluluğu ve sodyum adsorbsiyon oranının ise cokriging yöntemi ile daha iyi belirlendiğini ortaya koymuşlardır.

Pisinaras ve ark. (2010) tarafından Kuzey Yunanistan’daki Rhodope bölgesinde yapılan bir çalışmada, tarım alanlarındaki toprak tuzluluğunun yersel ve zamansal değişimi incelenmiştir. Çalışma sonuçlarında, EC değerlerinin 0.35 (12 Aralık 2006) ile 25.7 mS/cm (6 Eylül 2006), pH değerlerinin ise 7.59 (10 Haziran 2006) ile 8.44 (30 Mart 2007) arasında değiştiği görülmüştür. Ayrıca topraklardaki eriyebilir iyonların zamana bağlı konsantrasyonları geniş sınırlar içinde değişmiştir. Ayrıca, tuzluğun yersel dağılımının ise yeraltı suyunun tuzluluğuna bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir.

Sarmadian ve ark. (2010) İran'ın yarıkurak bir bölgesinde yaptıkları çalışmada, yüzey toprağının kireç içeriği ve EC değerlerinin jeostatistiksel yöntemlerle yersel dağılımı incelenmiştir. Çalışma sonuçlarında, kireç için en uygun yarıvaryogram modeli spherical, EC için ise exponansiyel olarak belirlenmiştir. Yine range değerleri kireç için 1 km, EC için ise 15 km olarak saptanmıştır.

Sheng ve ark. (2010) kuzey Çin'de yaptıkları bir çalışmada, toprakların bünyeleri ile tuz içeriklerinin yersel dağılımı incelenmiştir. Araştırmada üç farklı derinlikten alınan toprak örneklerinde parçacık dağılımı (kum, silt, kil) için en uygun yarıvaryogram modelin çoğunlukla exponential olduğu belirlenmiştir. Toprakların tuz ve bünye dağılımına göre incelemesi yapıldığında, en fazla alanın hafif tuzlu ve tın bünyeli topraklar ile orta tuzlu ve tın bünyeli topraklar olduğu belirlenmiştir.

Zare-Mehrjardi ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, Güney İran'da jeostatistiksel tekniklerle toprak pH'sı ve tuzluluğunun (EC) yersel dağılımı incelenmiş ve dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çalışmada her iki parametre de normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle, pH değerlerine karekök, EC değerlerine ise logaritmik düzeltmeler yapılmıştır. Her iki toprak özelliği için de en uygun yarıvaryogram modeli guassian, range değerleri ise pH için 50.3 km, EC için 65.2 km olarak belirlenmiştir. Her iki parametre de kuvvetli yersel bağımlılık göstermiştir.

Akramkhanov ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, yüzey sulaması yapılan alanlarda, toprak tuzluluğunun yersel dağılımını etkileyen çevresel faktörler incelenmiştir. Araştırma sonuçlarında jeostatistik analizlerle yapılan toprak tuzluluğunun yersel dağılım özelliklerine göre, yüzey toprak tuzluluğunun daha fazla değişkenlik gösterirken daha alt derinliklerdeki tuzluluktaki varyasyon daha düşük olduğu belirlenmiştir. Toprak tekstürü, topoğrafya ve taban suyu tuzluluğu, toprak tuzluluğunu önemli ölçüde etkilemiştir.

Akramkhanov ve ark. (2008) Khiva'da (Özbekistan) yaptıkları çalışmada, topraklardaki tuz içeriğinin ve tuzluluğun yersel dağılımını belirlemişlerdir. Araştırma bulgularına göre, toprakların % 53'ünün hafif ve orta tuzlu olduğu belirlenmiştir. Tuzluluğun yersel bağımlılık gösterdiği en uzun aralık 448 m ile 571 m arasında değişmiştir.

Li ve ark. (2011) Entisollerde yaptıkları bir çalışmada, bazı toprak özellikleri ve tuzluluğun yersel dağılımı incelenmiştir. Çalışmada tüm parametrelerin normal dağılım

gösterdiği belirlenmiştir. En düşük varyasyon (% 4.3) pH, en yüksek varyasyon ise toplam azot içeriğinde görülmüştür. Ayrıca, incelenen toprak özelliklerinden pH için en uygun yarıvaryogram modelinin üssel; tuzluluk, organik karbon, toplam azot ve alınabilir fosfor için ise küresel olduğu belirlenmiştir.

Kai-Li ve ark. (2011) Çin’de yaptıkları bir çalışmada, Henan şehrindeki aluviyal ovada, toprak tuzluluğunun yersel dağılımı incelenmiştir. 2 x 2 km şeklinde oluşturulan gritlerden alınan toplam 293 yüzey toprak örneğinde elektriksel iletkenlik (EC) değerleri belirlenmiş ve bu değerlerden Ordinary Kriging Interpolasyon tekniği kullanılarak, tuzluluk haritası oluşturulmuştur. Ayrıca, ovada beş farklı derinlikte 1981 yılındaki tuzluluk ile 2008 yılındaki tuzluluk düzeyleri karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda, yüzey katmanlarındaki tuzluluk, 27 yıllık süreçte, çarpıcı biçimde azaldığı görülmüştür.

Fan ve ark. (2012) Çin’deki Sarı Nehir deltasında yaptıkları çalışmada, son yirmi yıllık dönemde, toprak tuzluluğunun farklı dönemlerdeki yersel dağılımı incelenmiş, 1985-2006 yılları arasında toprak tuzluluğundaki değişimin derecesi belirlenmiştir. 1985-2006 yılları arasında şiddetli tuzlu alanların miktarı 486 km²’den 2060 km²’ye yükselmiştir. Sonuç olarak, araştırma alanı son yirmi yılda tuzlulaşma nedeniyle hızlı bir arazi bozulması oluşmuştur. Üç km aralıklarla alınan toprak örneklerinin tuzluluk değerlerinin jeostatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre; range değerinin 35 km, en uygun yarıvaryogram modelinin exponential ve yersel otokorelasyonun ise orta düzeyde olduğu belirlenmiştir.

2.4. Diğer Yöntemlerle Yapılan Tuzluluk Çalışmaları

Ağca ve ark. (2000) tarafından yapılan bir çalışmada, Amik ovasında yer alan bazı topraklarda tuzlulaşma ve alkalileşmenin boyutları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, toprakların tamamında alkalilik ve önemli bir kısmında ise tuzluluk sorunu olmadığı ve tuzluluk sorunu olan toprakların tamamına yakınının ise hafif tuzlu sınıfına girdiği saptanmıştır. Aynı zamanda toprakların tuzlulukla ilgili diğer özellikleri arasında önemli bir korelasyon belirlenmiştir.

Cemek ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada, Bafra ovası sağ sahil sulama alanında yer alan tarım arazilerinin tuzluluk durumunu ve bunların mevsimsel olarak

değişimlerini coğrafik Bilgi Sistemleri kullanarak belirlemeyi amaçlamışlardır. Yapmış oldukları çalışma sonucunda; çalışma bölgesinin % 17'sini temsil eden alanın Ağustos 2003 tarihindeki toprak tuzluluğu 4 dS/m'den yüksek iken Mart 2004 tarihinde ise aynı tuzluluk değerine sahip alanın % 1'e düştüğünü belirlemişlerdir. Toprak profilleri göz önüne alındığında yüzeyden aşağıya doğru gidildikçe tuzluluğun arttığını belirlemişlerdir.

Sugimori ve ark. (2008) Kazakistan'da yaptıkları bir çalışmada, sulanan alanlarda toprak tuzluluğu dinamiğini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, çeltik topraklarının çoğunda toprak tuzluluğu; sulamadan önce 3 dS/m civarında iken, sulamadan sonra tuzluluğun toprak yüzeyinden kaybolduğu belirlenmiştir. Ancak, çeltik yetiştirilmeyen bazı kamışlık alanlarda tuzluluk daha yüksek bulunmuştur.

Douaik ve ark. (2006) tarafından doğu Macaristan'da Hortobágy ulusal parkında yaptıkları bir çalışmada, araziye yerleştirilen problarla ve laboratuvarında analiz yoluyla belirlenen EC değerlerinden tuzluluğun değişimini incelemişlerdir. Laboratuvarında belirlenen EC değerlerinin değişkenliği, arazide belirlenenlerden daha düşük bulunmuştur. Ayrıca, her iki yöntemde de EC değerleri toprak derinliği ile birlikte artmıştır. Toprakların 0-40 cm derinliğinde arazide belirlenen EC değerlerinin ortalaması 1.94 dS/m iken, laboratuvarında belirlenen EC değerlerinin ortalaması ise 2.01 dS/m olmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafik Konumu

Çalışma alanını da içerisinde bulunduran Amik Ovası, Doğu Akdeniz Bölgesinde 36° 12' 15" ile 36° 35' 00" Doğu boylamları ve 36° 12' 50" ile 36° 30' 59" Kuzey enlemleri arasında bulunmakta olup, Hatay il sınırları içerisinde. Çalışma alanı; Güneyde Antakya, Doğuda Reyhanlı, Batıda Serinyol Beldesi ve Kuzeyde ise Kırıkhan tarafından sınırlandırılmıştır. Hatay ilinin en geniş ve en verimli topraklarına sahip olan Amik ovasındaki çalışma alanının, denizden yüksekliği yaklaşık olarak 77 ile 83 m arasında değişmektedir (Gün ve Erdem, 2003).

3.1.2. Çalışma Alanının İklim Özellikleri

Türkiye'nin güneyinde Akdeniz bölgesinde bulunan ve Akdeniz iklim kuşağında yer alan Hatay ilinde, yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı geçmektedir (Anonim, 1998).

Çalışma alanı Akdeniz iklimi özellikleri görülmekte olup, yağışlar daha çok, kış ve bahar aylarında düşer. Bitki gelişimi için kritik kabul edilen Haziran-Ağustos döneminde ortalama yağış son derece düşük olmakla beraber metrekareye 50 mm'yi geçmemektedir (Gün ve ark., 2004).

Hatay ilinde 1955-2003 yılları arasında görülen en yüksek sıcaklık değeri 43.9 °C, en düşük sıcaklık -14.6 °C olmuştur. Çalışma alanının; donlu gün sayısı en fazla 7 gün, karlı gün sayısı 2 gün olarak belirlenmiştir (Gün ve Erdem, 2003).

Amik Ovasında yıllık ortalama yağış 1124.1 mm olup, yıllık ortalama buharlaşma 1876.3 mm, oransal nem % 69, ortalama sıcaklık ise 18.1 °C'dir. Amik Ovasında özellikle Mayıs-Eylül ayları arasında etkili olan, rüzgarın hızı 5.0-7.7 m/s arasında değişmektedir. Rüzgar yönü; tüm yıl süresince güney-batı yönünde etkili

olmasına rağmen, Haziran ayı içerisinde batı, güney-batı, Ağustos ayı içerisinde ise güney, güney-batı yönünde etkili olmaktadır (Kılıç, 1999).

Toprak Taksonomisine göre, çalışma alanının toprak nem rejimi “Xeric”, 50 cm’deki yıllık ortalama toprak sıcaklığının 15°C ile 22°C arasında olması nedeniyle toprak sıcaklık rejimi de “Thermic” olarak sınıflandırılmıştır (Kılıç, 1999).

Çalışma alanında uzun yıllar iklim verileri değerlendirildiğinde en fazla yağışın Aralık ile Mayıs ayları arasında bölgeye düştüğü görülmüştür (Gün ve Erdem, 2004).

3.1.3. Çalışma Alanının Bitki Örtüsü

Hatay ilindeki arazilerin % 50’sini tarım alanları, % 38’ini orman ve makiler ve % 10’unu ise çayır ve mera arazileri oluşturmaktadır (Süral ve İnci, 2006). Hatay’da pamuk, buğday, zeytin, mısır, yaş sebze-meyve ve narenciye üretimi yapılmakla birlikte Türkiye pamuk üretiminin % 11’ini, zeytinin % 7.5 ve turunçgiller % 16’sını karşılamaktadır (Süral ve İnci, 2006).

Hatay ilinin, 318,655 hektarlık arazisinin 12.092 hektarı ikinci ürün ve ara ziraat ürünleri ekilmiş olup, genel kültür arazisinin toplamı 306.563 hektardır. Ekilmiş alanının % 56.18’i tarla, % 11.57’si sebze, % 1.5’i bağ, % 9.67’si zeytinlik, % 7.7’si meyvelik ve % 13.38’i ise çayır-mera arazisidir. İlde 263.926 hektarlık tarıma elverişli arazinin halen 140.337 hektarı sulanabilmektedir. Sulanabilir arazi ise 201.079 hektardır (Anonim,1997).

Büyük kısmı tarım kültürü altında bulunan Amik ovası topraklarında, yetiştirilen bitkiler arasında Akdeniz iklimine uyum sağlayan bitkiler büyük çoğunluktadır. Başlıca tarımı yapılan bitkiler: tahıllar, zeytin, meyve, yem bitkileri, sebze ve soya türleridir (Dinç ve ark. 1997). Aynı zamanda; pamuk, buğday, II. Ürün mısır, bir miktar arpa, yulaf ve ayçiçeği gibi tarla bitkileri ve biber, soğan ve bamya gibi sebzelerde yetiştirilmektedir (Gün ve Erdem, 2003).

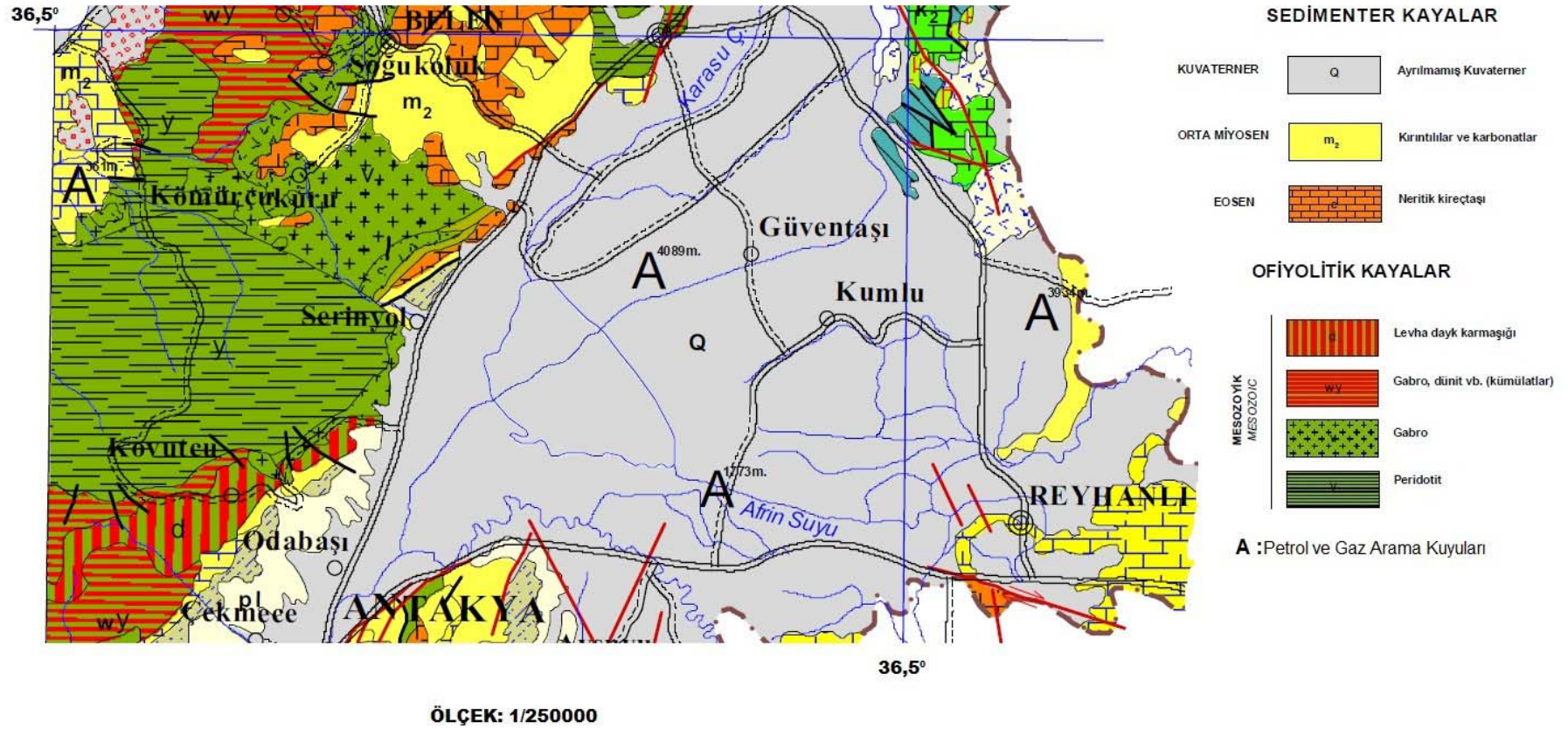
3.1.4. Çalışma Alanın Jeolojik ve Topoğrafik Özellikleri

Amik Ovası içerisinde bulunan çalışma alanında, Kuvaterner dönemdeki Akarsuların etkisiyle oluşmuş Aluviyal topraklar bulunmaktadır. Ovanın geri kalan kısmı ve eski göl tabanının bulunduğu bölgede (Şekil 3.1) Laküstrin depozitler yayılım göstermektedir.

Amik Ovasının kuzeyinden Karasu çayı, güneyinden Asi nehri, doğusundan ise Afrin çayı çevrelemektedir. (Kılıç ve ark., 2008).

Çalışma alanı çoğunlukla genç allakton materyallerden oluşmaktadır. Amik ovasının Batısında yer alan Nur Dağları'nın Serinyol Beldesi kesiminde Mesozoik zamanın üst Kretase devrine ait Diyabaz dayk kompleksi, Kümülat (gabro, diorit, diyabaz) ve Tektonit (peridotit, serpantin, piroksen) materyalleri yer almaktadır. Amik ovasının doğusundan başlayıp güneyinden denize dökülen Asi Nehrinin etkisinde kalan alanlarda Kuvaterner dönemde oluşmuş aluviyal materyal yer almaktadır. Ovanın doğusunda yer alan Nacar Dağı ve onun güneye doğru uzantısında Neosen devrin, orta miyosen devresine ait Tepehan formasyonu kum taşı, marn, killi kireç taşı ile paleojen devri alt-orta Lutesiyen devresine ait Okçular formasyonu kireçtaşı yer almaktadır (Kılıç, 1999).

Amik Ovasının yer aldığı Hatay ilinin doğal bitki örtüsünü makiler ve ormanlar oluşturur. Bitki örtüsünü oluşturan Maki türleri; 800 m yükselti kuşağında bulunmakla birlikte, boyları 4–5 metreye kadar uzayan, sert ve tüylü yapraklı ağaçlardır. Maki türleri içerisinde bölgede en çok bulunan çeşitleri; Mersin, kısa meşe, defne, kermes, zakkum, sakız, keçiboynuzu, çitlembik, yabani zeytin, alıç, akça meşe ve pırnal meşeleridir (Gün ve Erdem, 2003). Hatay ilinde doğal örtüyü oluşturan ormanlar, daha çok Amanos Dağları ile Keldağ'da yoğunlaşmaktadır. Amanos dağlarının denize bakan yamaçlarında, makilik alanlardan sonra; ardıç gibi iğne yapraklı ağaçlarla; meşe, kavak, kayın, kızılıçık, çınar ve tespih gibi geniş yapraklı ağaçlarda 800 metre ile 1200 metre arasındaki yüksekliklerde oluşan ormanlar bulunur (Gün ve Erdem, 2003).



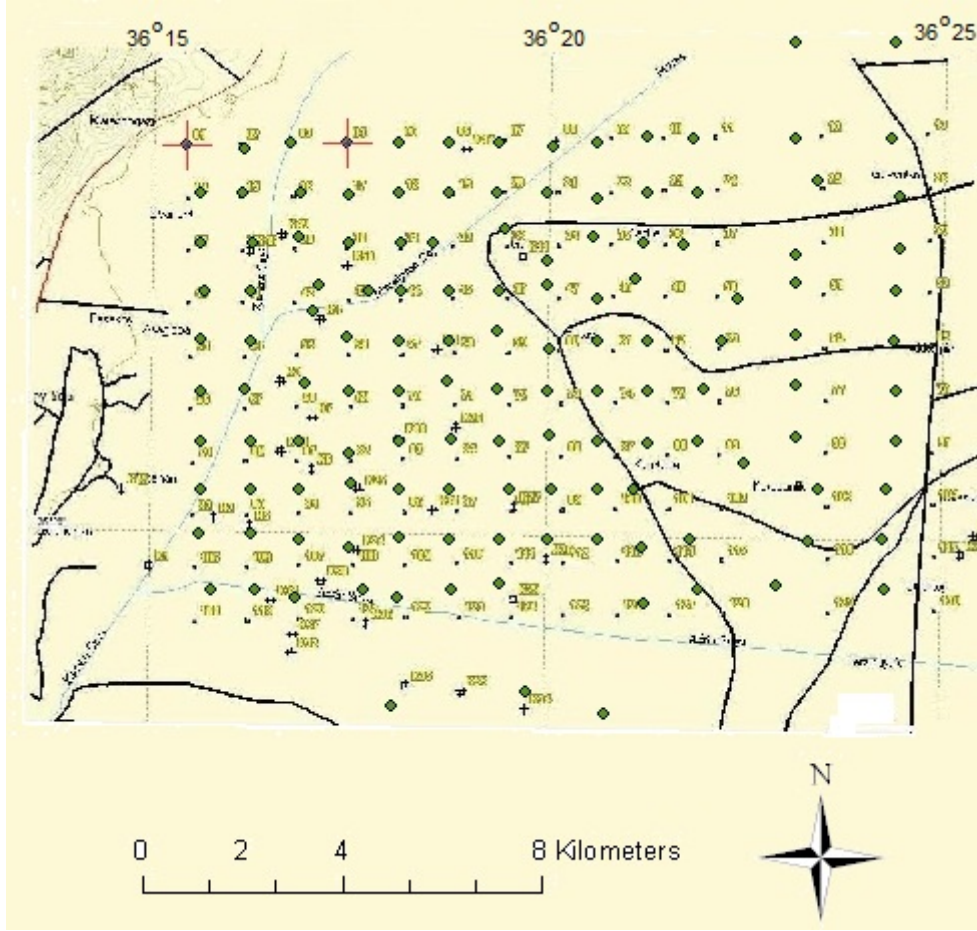
3.1. Türkiye jeoloji haritası (Anonim, 2002)

1200 metrenin üzerinde ise iğne yapraklı ağaçlardan kızılçam, karaçam, sedir ve yer yer ardıçlardan oluşan geniş orman alanları bulunmaktadır. Keldağ'ın Akdeniz'e bakan kesimlerinde yaklaşık 900 metreye kadar, maki türü ağaçlardan mersin ve defne çok yaygındır. Bu yükselti basamağının üzerinde, bazı iğne yapraklı ağaçlarla, meşe ve kayın gibi yapraklı ağaçlardan oluşan ormanlar bulunmaktadır (Gün ve Erdem, 2003).

3.2. Yöntem

3.2.1 Toprak ve Su Örneklerinin Alınması

Çalışma alanında daha önce toprak özellikleri ile ilgili olarak yapılan çalışmalar (Anonim, 1983; Anonim, 1986; Ağca ve ark., 2000; Kılıç ve ark., 2008) incelenmiştir. Ayrıca, Devlet Su İşleri 6. Bölge Müdürlüğü tarafından, potansiyel tuzlu alanlarda açılan taban suyu gözlem kuyularında su seviyeleri belirlenmiş ve su örnekleri bu kuyulardan alınarak, bunların tuzluluk ile ilgili özellikleri saptanmıştır. Tüm bu veriler değerlendirilerek Amik Ovası'nda, tuzluluk riskinin yüksek olduğu bölgeler saptanmış ve bu alanlar Amik Ovası'na ait topoğrafik harita üzerinde belirlenmiştir. Sonra belirlenen bu alanlarda (Şekil 3.2) 1000x1000 m aralıklarla oluşturulan gridlerin kesim noktalarından (nod) 0–30, 30–60 ve 60–90 cm derinliklerden bozulmuş toprak örnekleri kürek ve burguyla alınmıştır. Ayrıca çalışma alanının doğusunda kalan ve tuzluluk sorunu olan lokal alanlarda 2000 x 2000 m aralıklarla oluşturulan iki hattan örnekler de alınmıştır. Toprak örneklerinin alındığı noktaların coğrafi koordinatları 2009 yılı Amerika Birleşik Devletleri yapımı; GPS aleti (Magellan GPS Explorist 200 ($\pm$ 5m), USA) ile belirlenmiştir.



Şekil 3.2. Çalışma alanının coğrafi konumu ve örnekleme noktaları

Toprak örnekleri;

Tuzluluk ile ilgili özelliklerin zamansal değişiminin izlenebilmesi amacı ile aynı noktalardan sulama öncesi (Mayıs 2010), sulama dönemi (Ağustos 2010) ve sulama sonrası (Ekim 2010) olmak üzere üç farklı dönemde alınmıştır. Birinci Dönem (Sulama Öncesi): 10-18 Mayıs 2010, İkinci Dönem (Sulama Dönemi): 23-30 Ağustos 2010, Üçüncü Dönem (Sulama Sonrası): 11-17 Ekim 2010 zaman aralıkları olarak seçilmiştir. Ayrıca çalışma alanında, toprak örneklerinin alındığı dönemlerde örnek alınan alanların ürün deseni gözlem yoluyla belirlenmiştir.

Çalışma alanında, örnekleme dönemleri içerisinde daha önce DSİ Bölge Müdürlüğünce açılmış olan taban suyu gözlem kuyularından üç dönemde de taban suyu seviyesi gözlemleri yapılmış ve su örnekleri alınmıştır. DSİ Bölge Müdürlüğünce toprak yüzeyinden 4 m derinliğe kadar açılmış olan bu kuyulardan, kendilerinin geliştirmiş

olduğu bir taban suyu örnek alma aleti (Şekil 3.3) yardımı ile kuyulardaki taban suyunun seviyesi ölçülmüş olup analiz için de su örnekleri alınmıştır. Bu kuyulardan taban suyu almak için kullanılan alet; uzun paslanmaz çelik bir boru, bu borunun alt kısmında kapaklı bir bölme ile bu bölmenin açılıp kapanmasını sağlayan çelik bir tel ve üst kısmında ise gözlem kuyusuna daldırılıp su ile dolduktan sonra yukarı çekmek için kullanılan çelik boruya bağlı bir ipten oluşmaktadır.



Şekil 3.3. Taban suyu örnek alma aleti

3.2.2. Toprak ve Su Analiz Yöntemleri

Toprak örneklerinde toplam çözülebilir tuz miktarı saturasyon çamurunun iletkenlik aletinde ölçülen direnç değerlerinden belirlenmiş, pH ise saturasyon ekstraktında pH-metre ile ölçülmüştür (Richards, 1954). Bünye hidrometre yöntemi ile (Bouyoucos, 1952), kireç Scheibler kalsimetresi (Allison ve Moode, 1965) ile belirlenmiştir. Katyon değişim kapasitesi (KDK) sodyum asetat (1N pH: 8.2) ekstraksiyon yöntemi (Chapman, 1965), değişebilir katyonlardan Na ve K ise amonyum asetat (1N pH: 7.0) ekstraksiyonu (Knudsen ve ark., 1982) ile saptanmıştır. Çözünebilir katyon ve anyonlar ise saturasyon ekstraktında belirlenmiştir (Richards,

1954). Toprak örneklerinde anyon analizleri sadece birinci (Mayıs 2010) ve üçüncü (Ekim 2010) dönemlerde alınan toprak örneklerinde yapılmıştır.

Ayrıca, değişebilir Na ve KDK değerlerinden, değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) değerleri (Bower, 1959)'e göre [Eş.1], çözünebilir Na, Ca ve Mg değerlerinden ise sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değerleri (Harron ve ark., 1983)'e göre [Eş.2] yardımıyla hesaplanmıştır.

$$ESP = \frac{Na}{KDK} \times 100 \quad [Eş. 1]$$

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad [Eş. 2]$$

Alınan su örneklerinde pH, EC, katyon (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+1} ve K^{+1}) ve anyon (CO_3^{-2} , HCO_3^{-1} , Cl^{-1} ve SO_4^{-2}) analizleri yapılmıştır. Su örneklerinin pH ve EC'si laboratuvarında pH-metre ve EC metre ile ölçülmüş, Na ve K içerikleri fleymfotometre (Jenway-PFP7), Ca-Mg içerikleri ise ICP-AES (Varian liberty series II, axially viewed) ile belirlenmiştir. Anyonlardan [CO_3 , HCO_3 ve Cl] titrasyonla belirlenmiş, SO_4 ise katyonlar ve anyonların analiz sonuçlarından sonra toplam katyonlardan toplam anyonların çıkarılması ile hesaplanmıştır (Richards, 1954).

3.2.3. Verilerin Değerlendirilmesi:

3.2.3.1. Variogram Modelleme Süreci

Toprakların tuzluluk ile ilgili özelliklerine ait en az, en fazla, ortalama, ortanca, standart sapma, basıklık ve yatıklık gibi tanımlayıcı istatistik analizleri SPSS 11.5 istatistik paket programı ile yapılmıştır.

Toprak özelliklerinin yersel değişkenliği jeostatistik yöntemlerle belirlenmiştir. Toprak özelliklerinin yersel bağımlılıklarını belirlemek için önce yarıvariogram analizleri yapılmıştır. Deneyisel yarıvariogramlar aşağıdaki eşitlikle tanımlanmaktadır:

$$r(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad [\text{Eş.3}] \text{ Journel ve Huijbregts (1978)}$$

Denklemde $N(h)$, h mesafe vektörüyle birbirinden ayrılan örnek çifti sayısı ve $Z(x_i)$ ile $Z(x_i+h)$ ise h mesafe vektörüyle ayrılan bir örnek çiftinin değerleridir. Yarı variogram, mesafeye karşı yarı değişkenliğin grafikte gösterimidir (Lark ve ark. 2003). Daha sonra bu deneysel variogram her bir değişken için teorik bir variograma fit edilmiştir. Sonra, r^2 (açıklanabilen varyans) ve RSS (residual sum of squares (kalıntı hatalar toplamının karesi) değerleri dikkate alınarak deneysel variogramlardan; en uygun model belirlenmiştir (Wang, 1999). Daha sonra örneklenmemiş noktalarındaki değerler kriging yöntemi (4 x 4 blok kriging) ile tahmin edilmiş ve kros-validasyon süreciyle modeller doğrulanmıştır. Her bir özellik ve her bir derinlik için dağılım haritaları oluşturulmuştur. Tüm jeostatistiksel analizler GS+ (9.0) (Gamma Design Software, 2008) jeostatistik paket programı ile yapılmıştır

3.2.4. Variogram Analizi

Alan ve zaman içinde dağılmış bir değişkenin değerlerinin tahmin ve analizinde bu değerlerin arasında korelasyon olduğu varsayılır. Yapısal analizden sonra, örnek alınmayan yerlerdeki tahminler kriging tekniği kullanılarak elde edilir. Variogram, örnekler arasındaki konumsal bağımlılık derecesinin bir sonucudur. Örnekler arasındaki variogram büyüklüğü, örnekleme noktaları arasındaki mesafeye bağlıdır. Örnekleme noktaları arasında ki mesafe küçüldükçe variogram azalır, mesafe büyüdükçe artar. Variogramların mesafeye bağlı olarak bir grafik üzerinde gösterilmesiyle elde edilen şekle variogramlar denir. Variogram ve mesafe vektörü kullanılarak, değişkenin örnek alınmayan bir noktadaki değerini tahmin etmede kullanılan tahmin sürecinde kriging kullanılmıştır (Yeşilırmak ve ark., 2009).

Variogramlar bir h mesafesiyle birbirinden ayrılan örnek çiftleri arasındaki varyansın bir ölçüsüdür. Bir başka ifade ile örnek çiftleri arasındaki mesafenin fonksiyonu olarak yersel bağımlılığı gösterir. Bir variogramda, örnekleme çiftleri

arasındaki mesafe arttıkça yarıvaryans değeri artar ve belli bir mesafeden sonra sabit değere ulaşır. Bu mesafeye range denir. Bu noktadan sonra yarıvaryans değeri örnekleme çiftleri arasındaki mesafe artışından etkilenmez (Journel ve Huijbregts, 1978).

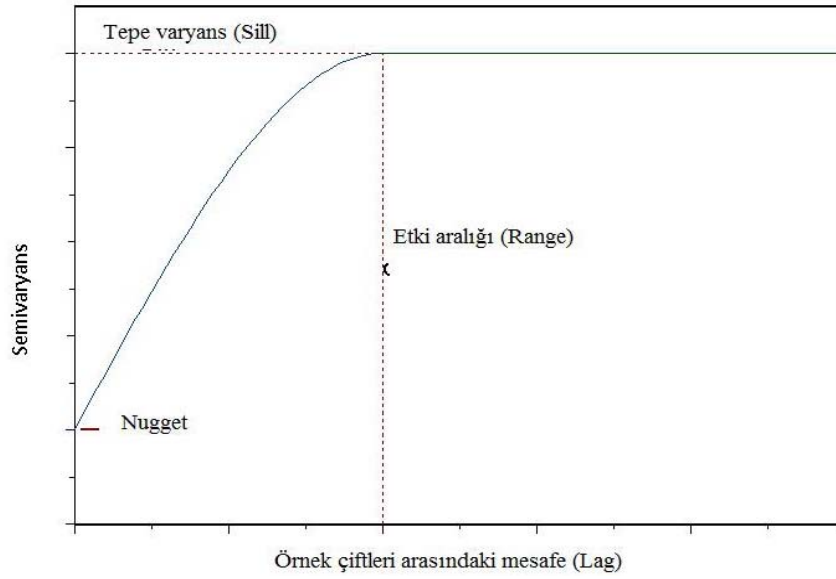
Variogram incelenen toprak özelliği için örnekleme çiftlerinin birbirleri ile ilişkili olabileceği en üst düzeyi belirlemeye imkan verir (Akgül ve ark, 1995). İsootropik variogram Şekil 3.4.'de görüldüğü biçimdedir (Babagil, 2008).

Nugget Varyans (Co): örnekler arası mesafe vektörü (h) sıfır değerine eşit olduğunda yarıvaryans değeri kesinlikle sıfırdır, fakat yarıvaryans değeri sıfır değerine ölçülemeyecek kadar yakın olduğu zaman yarıvaryans değeri sıfırdan farklıdır. Nugget varyans doğal değişkenliğin (örnekleme mesafesinden daha kısa mesafede alınan örneklerden kaynaklanan hatalar, örnek çiftleri arasındaki doğal varyanstan) ve toprak işleme ve toprak yönetiminden ileri gelen enstrümental (aletsel ölçümler) hatalardan kaynaklanan varyansın toplamıdır (Rao ve Wagnet, 1985).

Sill (Co+C): Kısaca, sill grafiğın aldığı maksimum yarıvaryans değeridir ve burada C yapısalvaryansı ifade etmektedir. Yapısal varyans konumsal heterojenliğin bir ölçüsüdür ve örnekler arasındaki mesafeye bağlı otomatik korelasyondan (autocorrelation) kaynaklanmaktadır (Zheng ve ark. 2009).

Range (Etki aralığı): yarıvaryansın sill değerine ulaştığı mesafedir ve bu mesafeden sonra örnek çiftleri arasında korelasyon bulunmaz (Zheng ve ark. 2009).

Variogramda ideal olarak, örnekleme çiftleri arasındaki mesafe arttıkça (h, 2h, 3h..h) yarıvaryans değeri de artar ve belli bir mesafeden sonra sabit bir değere ulaşır (Şekil 3.4.). Bu mesafenin büyüklüğüne variogramın range değeri denir.



Şekil 3.4. Küresel variogram modeli

Teorik semivariogram modelinin seçimi için hesaplanmış olan deneysel semivariogram değerleri, mesafeye karşı grafiklenmektedir (Turgut, 2008).

3.2.5. Kriging Yöntemi

3.2.5.1. Kullanılan Kriging Tahmincisi

Tarafsız bir tahmin yapma sürecinde kriging metodu kullanılırken yapılması gereken bazı kabuller vardır. Bunların başında “ikinci derece değişmezlik (second order stationary)” kuralı gelmektedir. Bu kurala göre datanın tahmin süreci bir kovaryans fonksiyonuna bağlıdır ve örnekler arasında kovaryans vardır. Bu nedenle variogramın sınırları bellidir. Başka bir deyişle, variogram bu sınırların dışına çıkamaz ve artan bir fonksiyondur.

Kriging interpolasyonu minimum varyansla tarafsız tahmin yapmak için kullanılabilecek en iyi tahmincidir (Stein ve Corsten, 1991) ve blok kriging interpolasyonu yapılan nokta etrafında yoğunlaşmış yada ayrılmış bir alanın tahminini vermektedir. En az 8 komşu nokta kullanılarak bir enterpolasyon yapılmıştır [Eş.4].

$$Z_{OK}^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad [E\text{ş.4}]$$

$Z^*(x_0)$ değeri örneklenmemiş noktanın tahmin edilen değeridir. N tahmini yapılan koordinattaki örnek değerinin tahmininde kullanımlı komşu örnek noktaları sayısıdır. λ_i komşu örneğe $z(x_0)$ uygulanan ağırlık katsayısıdır. Ağırlık katsayıları $z^*(x_0)$ tahmini değerlerinin tarafsız olabilmesi için seçilirler. Böylece tahmin edilen değerle ölçülen değer arasındaki beklenen fark sıfırdır [Eş.5].

$$E \left[Z^*(x_0) - Z(x_0) \right] = 0 \quad [E\text{ş.5}]$$

Ve bu nedenle tahmin edilen $z^*(x_0)$ değer ve x_0 koordinatındaki ölçülen değer arasındaki varyans aşağıdaki gibi minimize edilir [Eş.6]:

$$\text{var} \left[Z^*(x_0) - Z(x_0) \right] = \text{Minimum} \quad [E\text{ş.6}]$$

Toplam ağırlıklar 1 olur ve bu ağırlıkların özel kombinasyonları minimum varyansı oluşturacak şekilde kriging sistemini oluştururlar [Eş.7].

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j C(x_i, x_j) - \mu = C(x_i, x_0) \text{ için } i = 1, 2, 3, \dots, n, \quad \sum \lambda_j = 1 \quad [E\text{ş.7}]$$

$C(x_i, x_j)$ ve $C(x_i, x_0)$ sırasıyla x_i noktasında ölçülen değişkenle ve tahminin yapıldığı koordinattaki (x_0) örnek arasındaki kovaryans fonksiyonlarıdır. μ is Lagrange çarpanıdır.

Kriging, incelenen toprak özelliğinin ölçüm yapılan noktaları arasındaki uzaysal bağımlılık derecesinden faydalanılarak örneklenmeyen nokta veya alanlardaki tahminlerde kullanılan bir interpolasyon tekniğidir (Öztaş, 1995; Yaprak ve Arslan, 2008).

Kriging tahmincisi veriler ve bu verilere atanacak ağırlıkların toplamından oluşur. En küçük varyans ölçütleri temel alınarak oluşturulan doğrusal denklemler sisteminin çözümünden ağırlıklar elde edilir. Doğrusal denklem sisteminin katsayılarını variogram fonksiyonunun değerleri oluşturur. En uygun kriging ağırlıklarının seçiminde örneklerin birbirlerine uzaklıkları kadar tahmin edilecek noktaya ya da bloğa göre uzaklıkları da dikkate alınır (Ersoy ve Yünsel, 2006).

3.2.5.2. Modelin Doğrulaması (Kros-Validasyon)

Kriging kros-validasyon sürecini yöneten işlemdir. Ancak bu işlemde sonra karar verilen model kalıcı ve değişimlere karşı dirençli olur. Kriging sisteminin seçimine karar verildikten sonra (ki bu çalışmada ordinary kriging yöntemi seçilmiştir) model seçimi gerçekleştirilmiştir. Kros-validasyon süreci tanımlayıcı istatistikler üretir ve bu istatistiklere bağlı olarak modelin yeteneğine karar verilir. Uygun variogram modelinin seçimi deneysel variyogram modelinin en iyi tahmini verebileceğine inanılan modele görsel olarak uydurulmasıyla başlanabilir. Validasyonda temel kriterler azaltılmış ortalama hata ve azaltılmış varyanstır (Journel ve Huijbregts, 1978).

Kros-validasyon süreci geçici olarak datasetindeki bir örnek noktasını geçici olarak siler kriging sürecinde seçilmiş olan modeli kalan verilere uydurur (fit eder). Böylece sildiği değeri tahmin etmeye çalışır. Daha sonra silinen örnek değerini yerine koyar ve sıradaki değerle aynı işlemi datasetindeki bütün noktalar için yapar. Buna bire-bir doğrulama denir. Sonuçları bir h-serpinti diyagramında gösterir ve bu grafiğinde doğrusal denklemini üretir. Bu özelliklerinden dolayı kros-validasyon bir sayışım sürecidir (Journel ve Huijbregts, 1978).

4- ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Tanımlayıcı İstatistik Analiz Sonuçları

4.1.1. Toprakların Temel Özellikleri

Çalışma alanında 130 nokta ve 3 farklı derinlikten alınan örneklerin temel toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Toprakların ortalama kum ve silt içerikleri derinliğe bağlı olarak yüzeyden aşağı doğru artarken, kil içeriği ise azalmıştır. Toprak örneklerinde ortalama kireç içeriği ve ortalama KDK değerlerinde ise derinliğe bağlı düzenli bir değişim görülmemiştir.

Temel özellikler arasında en düşük varyasyon katsayısı değerlerine 30-60 cm derinliğin KDK değerlerinde, en yüksek değişkenlik değerine ise 60-90 cm derinliğin kum içeriğinde görülmüştür. Akbaş ve Yıldız (2004)’a göre; değişkenlik katsayısı 3 grupta toplanmaktadır. Yüzde değişkenlik katsayısı 15’den küçük olanlar az değişken, 16-35 arasında olanlar orta derecede değişken ve 36’dan büyük olanlar ise yüksek derecede değişken olarak sınıflandırılırlar. Bu değerlendirmeye göre kil, kum ve silt içerikleri yüksek derecede değişkenlik gösterirken kireç ve KDK içerikleri orta derecede değişkenlik göstermektedir.

Toprakların temel özelliklerinin çarpıklık değerlerinin çok yüksek olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.1.). En yüksek çarpıklık değeri 30-60 cm derinlikteki kum içeriğinde, en düşük ise 30-60 cm derinlikteki KDK değerlerinde görülmüştür (Çizelge 4.1.). Bu durum, bu özelliklerin değerlerinin normal dağılıma yakın bir dağılım gösterdiğini belirtmektedir.

Çarpıklık normal dağılıшта simetrikliğin bozulma derecesi olarak bilinir. Dağılışı sağa doğru uzun kuyruklu ise pozitif çarpıklık ve sağa çarpık, eğer sola doğru uzun kuyruklu ise negatif çarpıklık ve sola çarpık dağılışı denir. $\gamma_3=0$ ise veri setinin dağılımı simetrik, $\gamma_3>0$ ise sağa çarpık ve $\gamma_3<0$ ise sola çarpık demektir. Basıklık ise normal dağılışı eğrisinin sivrilik veya basıklık derecesini ifade eder. $\gamma_4=0$ normal, $\gamma_4>0$ ise sivri ve $\gamma_4<0$ ise basık dağılımı gösterir (Yıldız ve Bircan, 1994).

Çizelge 4.1. Toprakların temel özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri

Toprak Özellikleri	Derinlik (cm)	n	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	SS	VK (%)	Çarpıklık	Basıklık
Kil (%)	0-30	130	12,6	85,4	57,3	16,0	28,0	-0,80	0,19
	30-60	130	11,5	82,4	56,7	15,2	26,8	-0,51	-0,01
	60-90	130	8,70	84,2	51,5	19,3	37,5	-0,44	-0,63
Kum (%)	0-30	130	0,10	75,0	16,9	14,2	83,5	1,82	3,85
	30-60	130	0,30	72,7	17,4	13,3	76,6	1,80	3,88
	60-90	130	0,10	83,1	21,1	17,9	85,1	1,58	2,52
Silt (%)	0-30	130	7,50	72,7	25,8	8,6	33,5	1,47	5,96
	30-60	130	8,30	56,7	25,9	9,3	35,7	0,77	0,58
	60-90	130	5,80	80,5	27,5	12,4	45,1	1,36	3,08
Kireç (%)	0-30	130	7,30	54,6	33,9	10,3	30,5	-0,36	-0,09
	30-60	130	7,70	55,5	34,6	10,4	30,0	-0,25	-0,46
	60-90	130	6,50	53,8	34,3	10,3	30,1	-0,52	-0,05
KDK (me/100g)	0-30	130	10,4	64,7	36,6	10,4	28,4	0,23	0,25
	30-60	130	12,8	60,6	39,9	9,9	24,9	-0,08	-0,26
	60-90	130	10,1	80,2	37,8	13,1	34,6	0,18	0,19

SS: Standart sapma; VK (%): Varyasyon katsayısı; n: Örnek sayısı

4.1.2. Tuzlulukla ilgili toprak parametrelerine zamanın etkisi

Çalışma alanı tuzlulukla ilgili toprak parametrelerine zamanın etkisi Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Dönemler arasında, toprağın toplam tuz içeriği bakımından yapılan karşılaştırmada birinci dönem örneklemede alınan topraklar ile diğer iki dönemde alınan topraklar arasındaki farklılığın istatistikî olarak önemli olduğu ($P<0.01$), ikinci ve üçüncü dönem örneklemleri arasındaki farklılığın ise istatistikî olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir.

Farklı dönemlerde alınan toprak örneklerinin, saturasyon çamuru pH içeriği bakımından yapılan karşılaştırmasında ortaya çıkan farklılıklar istatistiki açıdan çok önemli ($P<0.01$) bulunmuştur. Duncan testine göre yapılan değerlendirmede ise her 3 dönemde yapılan örneklemlerin birbirilerinden farklı olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışma alanı topraklarının alındığı dönemler arasında, toprağın değişebilir Na içeriği bakımından yapılan karşılaştırmada ikinci dönem örneklemede alınan

topraklar ile diğer iki dönemde alınan topraklar arasındaki farklılığın istatistiki olarak çok önemli olduğu ($P < 0.01$), birinci ve üçüncü dönem örneklemeleri arasındaki farklılığın ise istatistiki olarak önemli olmadığı ($P > 0.05$) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2. Toprak özelliklerinin zamana göre değişiminin karşılaştırılması

Toprak Özellikleri	Dönemler			P Değeri
	1	2	3	
Tuz	$0,07 \pm 0,00$ a	$0,09 \pm 0,00$ b	$0,09 \pm 0,00$ b	0,01
pH	$7,89 \pm 0,19$ b	$7,77 \pm 0,01$ a	$8,05 \pm 0,01$ c	0,00
Na (me/100 g)	$0,61 \pm 0,03$ a	$0,93 \pm 0,04$ b	$0,64 \pm 0,03$ a	0,00
K (me/100g)	$0,43 \pm 0,02$ a	$0,64 \pm 0,02$ b	$0,78 \pm 0,02$ c	0,00
Na (me/L)	$5,52 \pm 0,34$ a	$8,02 \pm 0,46$ b	$8,89 \pm 0,54$ b	0,00
K (me/L)	$0,22 \pm 0,01$ a	$0,27 \pm 0,01$ b	$0,37 \pm 0,01$ c	0,00
Ca (me/L)	$9,16 \pm 0,52$ a	$9,39 \pm 0,42$ a	$11,19 \pm 0,58$ b	0,01
Mg (me/L)	$8,66 \pm 0,55$ a	$10,35 \pm 0,56$ b	$10,78 \pm 0,66$ b	0,03
SAR	$1,77 \pm 0,66$ a	$2,10 \pm 0,08$ b	$2,46 \pm 0,10$ c	0,00
TKK (me/L)	$23,56 \pm 1,31$ a	$28,03 \pm 1,33$ b	$31,23 \pm 1,60$ b	0,00
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	$1783 \pm 86,53$ a	$2229 \pm 90,16$ b	2384 ± 101 b	0,00
ESP	$1,65 \pm 0,09$ a	$2,68 \pm 0,13$ b	$1,81 \pm 0,09$ a	0,00
KDK (me/100g)	$38,13 \pm 0,57$ a	$37,49 \pm 0,56$ a	$37,47 \pm 0,57$ a	Ö.D.*

* Ö.D. = Önemli değil

Amik Ovası topraklarından 3 farklı dönemde alınan toprak örnekleri karşılaştırıldığında, değişebilir K değerleri bakımından gözlemlenen farklılıklar istatistiki olarak çok önemli bulunmuş ($P < 0.01$), çoklu karşılaştırma Duncan testine göre yapılan değerlendirmede ise her 3 dönemde yapılan örneklemelerin birbirlerinden farklı olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışma dönemleri arasında, çözünebilir Na içeriği bakımından yapılan karşılaştırmada birinci dönem örneklemeinde alınan topraklar ile diğer iki dönemde alınan topraklar arasındaki farklılığın istatistiki olarak çok önemli olduğu ($P<0.01$), ikinci ve üçüncü dönem örneklemeinde arasındaki farklılığın ise istatistiki olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir.

Çalışma alanı topraklarından 3 farklı dönemde alınan toprak örnekleri karşılaştırıldığında, çözünebilir K değerleri bakımından gözlemlenen farklılıklar istatistiki olarak çok önemli bulunmuş ($P<0.01$), çoklu karşılaştırma Duncan testine göre yapılan değerlendirmede ise her 3 dönemde yapılan örneklemeinde birbirilerinden farklı olduğu sonucuna varılmıştır.

Amik ovası topraklarının alındığı dönemler arasında, toprağın çözünebilir Ca içeriği bakımından yapılan karşılaştırmada üçüncü dönem örneklemeinde alınan topraklar ile diğer iki dönemde alınan topraklar arasındaki farklılığın istatistiki olarak çok önemli olduğu ($P<0.01$), birinci ve ikinci dönem örneklemeinde arasındaki farklılığın ise istatistiki olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir.

Çalışma alanı topraklarının alındığı dönemler arasında, toprağın çözünebilir Mg içeriği bakımından yapılan karşılaştırmada birinci dönem örneklemeinde alınan topraklar ile diğer iki dönemde alınan topraklar arasındaki farklılığın istatistiki olarak önemli olduğu ($P>0.05$), ikinci ve üçüncü dönem örneklemeinde arasındaki farklılığın ise istatistiki olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir.

Amik Ovası topraklarından 3 farklı dönemde alınan örnekler karşılaştırıldığında, SAR değerleri bakımından gözlemlenen farklılıklar istatistiki olarak çok önemli bulunmuş ($P<0.01$), çoklu karşılaştırma Duncan testine göre yapılan değerlendirmede ise her 3 dönemde yapılan örneklemeinde birbirilerinden farklı olduğu sonucuna varılmıştır.

Topraklarının alındığı dönemler arasında, toprağın TKK içeriği bakımından yapılan karşılaştırmada birinci dönem örneklemeinde alınan topraklar ile diğer iki dönemde alınan topraklar arasındaki farklılığın istatistiki olarak çok önemli olduğu ($P<0.01$), ikinci ve üçüncü dönem örneklemeinde arasındaki farklılığın ise istatistiki olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir.

Dönemler arasında, toprağın EC içeriği bakımından yapılan karşılaştırmada birinci dönem örneklemeinde alınan topraklar ile diğer iki dönemde alınan topraklar

arasındaki farklılığın istatistiki olarak çok önemli olduğu ($P<0.01$), ikinci ve üçüncü dönem örneklemeleri arasındaki farklılığın ise istatistiki olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir.

Çalışma alanı topraklarının alındığı dönemler arasında, toprağın ESP içeriği bakımından yapılan karşılaştırmada ikinci dönem örneklemeinde alınan topraklar ile diğer iki dönemde alınan topraklar arasındaki farklılığın istatistiki olarak çok önemli olduğu ($P<0.01$), birinci ve üçüncü dönem örneklemeleri arasındaki farklılığın ise istatistiki olarak önemli olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir.

Amik ovasından üç farklı dönemde yapılan örneklemlere ait sonuçlar karşılaştırıldığında, Katyon Değişim Kapasitesi (KDK) değerleri bakımından gözlemlenen farklılığın istatistiki olarak önemsiz ($P>0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Bu şekilde ortaya çıkan değişimin temel nedeninin Kasım-nisan süresince yağan yer yer 1000 mm'ye ulaşan yağmurlarla ve bölgede sulama maksadıyla kullanılmakta olan suların kalitesiyle ilgili olduğu düşünülmektedir. Bilindiği üzere yağmur suları genelde yüksek kaliteli tuzluluk açısından T1 kalitesinde ve EC değerleri 0,100 dS/m den daha küçüktür. Bu değerlere bağlı olarak çözünebilir tuzlar için oluşan dönemler arası farklılıkların en büyük nedeni olarak yağışlar ve sulama suyu kalitesinden söz edilebilir. Özellikle Kasım ile Nisan ayı arasında çalışma alanına düşen yağış miktarının fazla olması çözünebilir tuzların yıkanmasına neden olmuştur. Ancak sulama ve sulama sonrası dönemlerde ise yağışın yetersiz olması çözünebilir tuzların ortamdan yıkanarak uzaklaşmasına imkan sağlamadığından ve sulamada kullanılan suyunun kalitesiz ve yetersiz olmasından dolayı çözünebilir tuzlar yıkanamayarak birikmişlerdir. Sönmez ve Kaplan (2004), Demre yöresindeki seralarda kullanılan toprak ve sulama sularının tuz içeriklerinin yetiştirme dönemindeki değişimini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, araştırma alanından seçilen 28 seradan; 3 dönemde, 2 derinlikte toplam 168 toprak ve 84 sulama suyu örneklerinde EC analizleri yapmışlardır. Toprak örneklerinin tuz içeriklerinde dönemsel farklılıklar olmakla birlikte sera topraklarının tuz bakımından sorunlu görüldüğünü, ayrıca sera sulama sularının da büyük bir çoğunluğunun tuzluluk bakımından sorun teşkil edecek nitelikte olduğu belirleyerek benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Ayrıca kalitesiz sulama suları ile ortama çözünebilir tuz eklenerek çözünebilir tuzların birikmesine neden olmuştur. Bahçeci ve ark. (2007) Konya ovasında yaptıkları bir çalışmada, yüzey altı drenaj sistemleri ile tuz yıkanması

ile drenaj sularının çevreye olası etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, suların tuz yüklerinin mevsime bağlı hafif artma eğilimi gösterdiği ve sulama döneminin sonlarında tuz yükünün artışının sulama suyunun tuzlu olmasından ileri geldiğini belirleyerek benzer sonuçlara varmışlardır. Aynı şekilde değişebilir katyonlar içinde benzer şeylerden söz etmek mümkündür. Bu sebeplerden dolayı yetersiz yağış miktarı, kalitesiz sulama suyu ve yetersiz drenaj koşulları sulama ve sulama sonrası dönemlerde çözünebilir katyonlar ve değişebilir katyonların neden yüksek değerler gösterdiğini açıklamaktadır. Cemek ve ark. (2006(a)) Samsun Bafra Ovası'nda 8187 hektarlık sulanan bir alanda taban suyu tuzluluğu, taban suyu derinliği ve toprak tuzluluğunun mekânsal değişimini 60 farklı noktadan ölçülen değerler yardımıyla belirlemişlerdir. Çalışma sonuçları ile drenaj, sulama sistemi ve mikro topoğrafyanın toprak tuzluluğuna neden olabilecek en önemli faktörler olduğunu belirleyerek benzer sonuçlar bulmuşlardır. Aynı zamanda çalışma alanındaki toprakların pH içeriğinin dönemler arası farklarının en önemli nedenleri yağmur suları ve kalitesiz sulama suları olarak görülmektedir. Özellikle sulama öncesi aşırı yağışların neden olduğu yıkanmaya ek olarak bilindiği üzere yağmur sularının etkisi ile toprakların asit karakter kazanarak pH'nın yağışlar döneminde düşmesinin en önemli nedenidir. Özcan ve Uygun (2004) Kumkale ovasının kuzeyinde Çanakkale Boğazına etkileşimli 400 ha arazide, 13 örnekleme noktasında, 5 farklı derinlikte ve 7 ayrı ayda alınan toprak örneklerinde tuzluluğun profil de yersel ve zamansal değişimlerinin incelenmesi ve bu değişimde etkili olan faktörlerin belirlenmesi için tuz ve pH analizleri yapılmışlardır. Çalışma sonucuna göre, pH'nın arazi kullanım türü ve toprak amenajman tekniklerince çok etkilendiği belirleyerek benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Bunun yanı sıra sulama ve sulama sonrası yağışların yetersiz olması ve kalitesiz sulama suları kullanılması toprakların çözünebilir ve değişebilir Na içeriğinin yükselmesine ve ortamdan yıkanarak uzaklaşamaması dolayısıyla birikmesine neden olduğundan toprağın alkali özellik kazanmasına sebep olmaktadır. Bu durumda sulama ve sulama sonrası toprakların pH içeriklerinin yükselmesinin en önemli nedenidir.

4.1.3. Toprakların Tuzlulukla İlgili Özellikleri

Toprakların tuzluluk ile ilgili özellikleri örneklerin alınma dönemlerine göre ayrı ayrı incelenmiştir.

4.1.3.1. Sulama Öncesi (Mayıs 2010)

Sulama öncesi (Mayıs 2010) çalışma alanından alınan toprak örneklerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Toprakların ortalama pH, EC, TDS, toplam tuz, ESP, Ca, Mg ve TTK derinliğe bağlı olarak yüzeyden alta doğru arttığı buna karşın değişebilir ve çözünabilir K değerlerinin ise yüzeyden aşağılara doğru belirgin bir şekilde azaldığı görülmüştür (Çizelge 4.3.). Diğer toprak özelliklerinde ise derinliğe bağlı düzenli bir değişim görülmemiştir.

Bu dönemde tuzlulukla ilgili toprak özellikleri arasında en düşük varyasyon katsayısının 30-60 cm derinlikteki pH değerlerinde, en yüksek varyasyon katsayısı değerleri ise 30-60 cm derinlikteki Cl değerlerinde görülmüştür.

Çizelge 4.3. Toprakların sulama öncesindeki (Mayıs 2010) tanımlayıcı istatistikleri

Toprak Özellikleri	Derinlik (cm)	n	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	SS	VK (%)	Çarpıklık	Basıklık
pH	0-30	130	6,88	8,64	7,72	0,42	5,5	0,43	-0,75
	30-60	130	7,25	8,63	7,98	0,36	4,5	-0,10	-1,07
	60-90	130	7,15	8,92	8,04	0,39	4,9	0,10	-0,57
EC (µS/cm)	0-30	130	319	6452	1269	1092	86,1	2,60	7,71
	30-60	130	402	10441	1904	1940	102	2,15	4,56
	60-90	130	334	9268	2175	1847	84,9	1,30	1,40
Tuz (%)	0-30	130	0,01	0,28	0,06	0,05	87,6	2,75	8,77
	30-60	130	0,01	0,40	0,08	0,07	99,4	2,28	5,15
	60-90	130	0,01	0,48	0,09	0,08	92,4	2,08	5,65
TDS (mg/L)	0-30	130	288	5836	1144	986	86,2	2,61	7,78
	30-60	130	362	9405	1713	1748	102	2,16	4,58
	60-90	130	310	8352	1928	1658	86,0	1,35	1,54
Na (mmol/kg)	0-30	130	1,00	29,3	4,80	4,70	97,1	2,22	6,10
	30-60	130	1,10	40,9	6,80	7,10	104	2,52	7,45
	60-90	130	1,00	65,7	6,70	8,30	123	4,34	24,7

Çizelge 4.3. (Devam) Toprakların sulama öncesindeki (Mayıs 2010) tanımlayıcı istatistikleri

Toprak Özellikleri	Derinlik (cm)	n	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	SS	VK (%)	Çarpıklık	Basıklık
K (mmol/kg)	0-30	130	1,00	28,8	6,10	3,20	53,1	2,83	17,8
	30-60	130	0,50	28,5	4,10	3,00	72,0	4,60	34,3
	60-90	130	0,20	36,6	2,50	3,40	135	7,97	77,4
ESP	0-30	130	0,18	11,0	1,32	1,30	98,7	3,90	23,6
	30-60	130	0,25	8,88	1,68	1,60	95,7	2,46	7,18
	60-90	129	0,24	14,1	1,87	1,99	106	3,05	12,8
Na (me/L)	0-30	130	0,40	31,6	3,74	4,74	127	3,36	14,6
	30-60	130	0,55	34,9	6,34	7,83	124	2,08	3,31
	60-90	128	0,50	26,9	6,06	5,97	98,4	1,61	2,16
K (me/L)	0-30	130	0,08	1,77	0,33	0,23	70,5	2,82	12,5
	30-60	130	0,03	1,16	0,21	0,17	79,6	2,54	9,42
	60-90	128	0,02	0,41	0,12	0,08	66,9	1,22	1,21
Ca (me/L)	0-30	130	1,06	29,8	6,44	6,04	93,9	2,42	5,70
	30-60	130	1,29	39,0	8,85	9,55	108	1,69	1,76
	60-90	130	0,20	66,6	12,2	13,0	107	1,57	2,58
Mg (me/L)	0-30	130	0,55	33,4	5,49	5,69	104	3,24	12,1
	30-60	130	0,80	68,2	9,46	12,9	136	2,58	7,19
	60-90	130	1,03	76,9	11,0	12,0	109	2,03	6,77
SAR	0-30	130	0,22	7,53	1,43	1,23	85,8	2,01	5,58
	30-60	130	0,37	6,44	1,96	1,35	68,8	1,36	1,39
	60-90	128	0,39	5,40	1,85	1,14	61,5	1,02	0,49
TKK (me/L)	0-30	130	3,76	90,7	16,0	15,4	96,4	2,82	9,00
	30-60	130	3,80	138	24,9	29,1	117	2,08	3,84
	60-90	128	3,20	101	28,2	25,9	91,9	0,99	-0,16
CO₃ (me/L)	0-30	130	0,50	3,00	0,90	0,48	53,8	1,61	3,31
	30-60	130	0,50	3,00	0,92	0,44	47,3	1,31	3,19
	60-90	130	0,50	2,50	0,73	0,34	46,2	1,81	5,11
HCO₃ (me/L)	0-30	130	1,00	11,3	3,82	1,52	39,6	1,39	3,94
	30-60	130	0,75	8,00	3,44	1,32	38,5	0,54	0,54
	60-90	130	0,50	6,00	2,47	1,01	41,1	1,03	2,08
Cl (me/L)	0-30	130	0,25	44,9	4,93	6,88	140	3,37	13,9
	30-60	130	0,38	48,4	6,43	10,2	159	2,65	6,43
	60-90	130	0,50	43,1	4,60	6,81	148	2,93	10,3
SO₄ (me/L)	0-30	130	0,22	56,4	6,39	9,84	154	3,27	11,4
	30-60	130	0,06	95,2	14,1	20,1	143	1,97	3,35
	60-90	130	0,18	103	22,0	24,1	110	1,22	0,93

SS: Standart sapma; VK (%): Varyasyon katsayısı; n:Örnek sayısı

4.1.3.2. Sulama Dönemi (Ağustos 2010)

Toprakların sulama dönemi (Ağustos 2010) tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Bu dönemde toprakların tuzlulukla ilgili özelliklerinden EC, TDS, değişebilir K, çözünebilir Na, K ve Ca ile TTK değerleri derinliğe bağlı olarak yüzeyden aşağılara doğru düzenli bir şekilde azalmıştır. Diğer özelliklerin değerlerinde ise derinliğe bağlı düzenli bir değişim görülmemiştir.

Bu dönemde en düşük varyasyon katsayısı 30-60 cm derinlikteki pH, en yüksek varyasyon katsayısı ise 30-60 cm derinlikteki çözünebilir Na değerlerinde görülmüştür (Çizelge 4.4.). Ongun (2008)’de yaptığı çalışmada en düşük değişkenliğin pH, en yüksek değişkenliğin ise Na içeriğinde belirlemiştir. Varyasyon katsayısının genelde yüksek olması, incelenen özelliklerin klasik istatistik kullanılarak yorumlanmasında hata payını yükseltmektedir.

Çizelge 4.4. Toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki tanımlayıcı istatistikleri

Toprak Özellikleri	Derinlik (cm)	n	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	SS	VK (%)	Çarpıklık	Basıklık
pH	0-30	130	7,33	8,60	8,11	0,25	3,10	-0,58	0,16
	30-60	130	7,51	8,58	8,10	0,22	2,80	-0,45	-0,16
	60-90	130	7,65	9,00	8,28	0,26	3,10	0,26	0,03
EC (µS/cm)	0-30	130	490	11729	2416	1875	77,6	2,21	5,82
	30-60	130	387	10735	2238	1910	85,3	2,33	5,96
	60-90	130	501	9817	2034	1524	74,9	2,03	5,49
Tuz (%)	0-30	130	0,02	0,43	0,08	0,06	73,2	2,39	8,43
	30-60	130	0,01	0,39	0,09	0,08	87,6	2,11	4,25
	60-90	130	0,01	0,44	0,09	0,08	93,3	2,40	6,43
TDS (mg/L)	0-30	128	441	7823	2059	1451	70,5	1,91	3,85
	30-60	130	349	9661	2009	1726	85,9	2,33	5,95
	60-90	130	451	8839	1850	1385	74,9	1,96	5,13
Na (mmol/kg)	0-30	130	1,30	37,1	9,10	6,70	73,3	1,72	3,31
	30-60	130	1,20	47,7	9,40	8,40	89,8	2,05	5,04
	60-90	130	1,00	47,4	9,40	9,50	100	2,25	5,16
K (mmol/kg)	0-30	130	1,80	20,0	7,60	3,30	43,7	0,80	1,33
	30-60	130	1,10	21,5	6,40	3,50	54,2	1,13	2,51
	60-90	130	1,00	21,7	5,10	3,70	72,8	1,99	5,63
ESP	0-30	130	0,37	13,9	2,70	2,15	79,6	2,37	7,68
	30-60	130	0,31	10,7	2,49	2,16	86,6	1,71	2,85
	60-90	130	0,25	19,7	2,85	3,21	113	2,69	8,24

Çizelge 4.4. (Devam) Toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki tanımlayıcı istatistikleri

Toprak Özellikleri	Derinlik (cm)	n	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	SS	VK (%)	Çarpıklık	Basıklık
Na (me/L)	0-30	130	0,54	66,8	8,83	9,47	107	2,70	11,0
	30-60	130	0,54	53,1	8,19	9,88	121	2,35	5,96
	60-90	130	0,48	41,9	7,03	8,04	114	2,27	5,20
K (me/L)	0-30	130	0,07	1,14	0,37	0,21	57,3	1,39	2,38
	30-60	130	0,03	1,16	0,24	0,17	72,5	2,38	8,58
	60-90	130	0,03	1,05	0,20	0,17	83,9	2,23	6,50
Ca (me/L)	0-30	130	1,33	73,0	10,6	9,58	90,6	2,81	13,2
	30-60	130	0,83	35,9	9,27	7,95	85,8	1,51	1,36
	60-90	130	1,18	30,5	8,33	6,97	83,6	1,29	0,76
Mg (me/L)	0-30	130	0,84	70,9	10,5	10,8	104	3,13	12,5
	30-60	130	0,74	56,1	10,1	10,8	107	2,37	5,47
	60-90	130	1,17	76,5	10,5	11,4	108	2,60	9,06
TKK (me/L)	0-30	130	3,40	169	30,2	27,4	90,4	2,22	6,00
	30-60	130	2,52	130	27,8	27,1	97,6	1,93	3,18
	60-90	130	4,12	147	26,1	24,5	93,9	2,00	4,76
SAR	0-30	130	0,29	6,67	1,78	1,16	65,0	1,05	1,55
	30-60	130	0,32	10,2	2,36	1,87	79,5	1,63	3,01
	60-90	130	0,32	7,13	2,15	1,61	75,0	1,35	1,23

SS: Standart sapma; VK (%): Varyasyon katsayısı; n: Örnek sayısı

4.1.3.3. Sulama Sonrası (Kasım 2010)

Toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Buna göre, toprakların maximum ve minumum pH değeri 8.41-8.52 arasında değişmekte olup toprakların ortalama toplam tuz içeriği ise % 0.08-0.09 değerleri arasında değişmiştir. Toprakların ortalama TDS değerleri toprak derinliği ile birlikte profil boyunca düzensiz bir dağılım göstermiştir. Toprakların ortalama değişebilir K içerikleri 7.30-8.80 mmol/kg arasında değişmiş olup ortalama değişebilir Na içerikleri ise derinliğe göre artmıştır. Aynı zamanda toprakların ortalama çözünebilir Na ve K içerikleri toprak derinliği ile düzensiz bir dağılım göstermiştir. Bunun yanı sıra toprakların ortalama çözünebilir Ca içerikleri toprak derinliği ile birlikte düzenli bir artış göstermesine karşın Mg içeriği ise toprak derinliği ile düzensiz bir dağılım göstermiştir. Toprakların ortalama SAR % 2.29-2.61 ve ortalama TKK değerleri %

30.1-31.9 arasında değişmiş olup her iki parametrede derinlikle birlikte dzensiz bir dağılım gstermiştir. Toprakların ortalama EC değerleri toprak derinliği ile dzensiz bir dağılım gstermiş ortalama ESP değerleri ise toprak derinliği ile artmıştır. Toprakların ortalama CO_3 iğeriği 0.54-0.71 me/L; HCO_3 iğeriği ise 2.49-3.18 me/L arasında değişmektedir. Ortalama SO_4 iğeriği derinlikle birlikte arttuğı belirlenmiştir.

Ayrıca sulama sonrası toprakların tüm derinliklerinde yapılan değerlendirme sonucu elde edilen değişkenlik katsayısı değerlerine göre, pH'sı 60-90 cm derinlikte en düşük değişkenliğe sahip iken, çzünebilir Na iğeriği 30-60 cm derinlikte en yüksek değişkenlik gösteren toprak özelliğidir (Çizelge 4.4). Ayrıca toprakların pH, değişkenlik katsayısı toprak derinliği ile azalırken toplam tuz iğeriği değişkenlik katsayısı toprak derinliği ile artmıştır. Bunun yanında topraklardaki değişebilir Na ve TDS içerikleri değişkenlik katsayısı derinlikle birlikte dzensiz bir dağılım gösterirken değişebilir K'un değişkenlik katsayısı toprak profilinde artmıştır. Buna karşın topraklardaki çzünebilir K'un değişkenlik katsayısı derinlikle birlikte düzenli bir artış gösterirken bu durum çzünebilir Na iğeriğinde toprak derinliği arttıkça dzensiz bir dağılım göstermektedir. Toprakların çzünebilir Ca iğeriği değişkenlik katsayısı derinlik ile dzensiz bir dağılım gösterirken çzünebilir Mg iğeriği değişkenlik katsayısı toprak derinliği ile düzenli bir artış göstermektedir. Toprakların satrasyon ekstraktı pH ve EC içerikleri değişkenlik katsayıları toprak derinliği ile dzensiz bir dağılım gstermiştir. Aynı zamanda toprakların SAR, ESP ve TKK içerikleri değişkenlik katsayıları derinlik ile birlikte dzensiz bir dağılım gstermiştir. Çalışma alanı topraklarının CO_3 ve HCO_3 konsantrasyonları değişkenlik katsayısı derinlikle birlikte dzensiz bir dağılım gösterirken toprakların Cl ve SO_4 iğeriğinin değişkenlik katsayısı derinlikle birlikte artış göstermektedir.

Toprakların tuzluluk ile ilgili özelliklerinin zamana bağlı değişimi incelendiğinde; değişebilir K, çzünebilir K ve SAR değerlerinde zamana bağlı olarak düzenli bir artış belirlenmiştir. Toplam tuz, EC, TDS, çzünebilir Na, çzünebilir Mg ve TKK değerlerinin sulama öncesi dönemde, sulama ve sulama sonrası dönemlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Değişebilir Na ve ESP değerlerinin sulama döneminde, sulama öncesi ve sonrası döneme göre daha yüksek olduğu görölmüştür. Çzünebilir Ca değerleri ise sulama sonrası dönemde, sulama öncesi ve sulama dönemlerine oranla daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Toprakların sulama sonrasındaki (Kasım 2010) tanımlayıcı istatistikleri

Toprak Özellikleri	Derinlik (cm)	n	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	SS	VK (%)	Çarpıklık	Basıklık
pH	0-30	130	7,59	9,13	8,52	0,24	2,80	-0,45	1,83
	30-60	130	7,89	8,91	8,41	0,22	2,70	-0,02	-0,61
	60-90	130	8,03	8,93	8,47	0,21	2,50	-0,05	-0,93
Tuz (%)	0-30	130	0,01	0,39	0,08	0,07	78,5	2,18	5,19
	30-60	130	0,01	0,38	0,08	0,07	82,3	2,51	6,91
	60-90	130	0,01	0,38	0,09	0,07	84,2	2,12	4,66
EC (µS/cm)	0-30	130	739	12191	2357	1867	79,2	2,34	6,79
	30-60	127	610	9503	2258	1697	75,1	2,21	5,43
	60-90	130	601	10608	2326	1929	83,0	2,12	4,88
TDS (mg/L)	0-30	130	662	10945	2118	1685	79,5	2,34	6,72
	30-60	130	549	10751	2217	1957	88,3	2,52	6,74
	60-90	130	541	9452	2093	1747	83,4	2,11	4,72
Na (mmol/kg)	0-30	130	1,00	41,0	5,30	5,50	103	3,38	15,7
	30-60	130	1,10	28,0	6,60	5,40	81,8	1,76	3,25
	60-90	130	1,20	44,0	7,20	6,50	89,9	2,74	10,1
K (mmol/kg)	0-30	130	2,70	29,3	8,80	4,20	48,0	1,51	4,15
	30-60	130	1,30	28,3	7,30	4,00	54,8	2,02	6,71
	60-90	130	0,90	30,1	7,30	4,00	55,1	2,02	7,88
Na (me/L)	0-30	130	0,57	46,1	8,72	9,59	110	1,89	3,59
	30-60	130	0,54	55,8	8,52	10,6	124	2,39	5,96
	60-90	130	0,58	55,1	9,43	11,7	124	2,23	4,89
K (me/L)	0-30	130	0,08	1,17	0,44	0,26	59,2	0,97	0,18
	30-60	130	0,04	1,22	0,36	0,24	65,9	1,58	2,66
	60-90	130	0,04	1,17	0,31	0,22	69,5	1,80	3,93
Ca (me/L)	0-30	128	1,83	36,4	9,97	8,59	86,2	1,59	1,36
	30-60	127	2,25	46,2	10,5	8,87	84,3	1,90	3,30
	60-90	130	2,03	65,6	11,0	11,0	100	2,35	7,32
Mg (me/L)	0-30	130	1,52	102	10,3	11,7	114	4,37	29,2
	30-60	130	1,50	107	11,1	13,6	122	4,20	23,7
	60-90	130	1,49	90,3	11,0	13,5	124	3,63	17,2
SAR	0-30	130	0,33	8,40	2,48	1,91	77,1	1,17	0,65
	30-60	130	0,24	9,63	2,29	1,92	84,1	1,58	2,59
	60-90	130	0,25	9,79	2,61	2,23	85,2	1,40	1,55
TKK (me/L)	0-30	130	5,61	175	30,1	28,9	95,8	2,09	5,17
	30-60	130	5,59	181	31,9	33,4	105	2,51	6,90
	60-90	130	5,00	165	31,7	32,6	103	2,07	4,40
ESP	0-30	130	0,29	9,26	1,49	1,41	94,7	3,18	12,9
	30-60	130	0,23	8,23	1,79	1,58	87,8	2,06	4,60
	60-90	130	0,26	17,0	2,13	2,20	103	3,52	17,6

SS: Standart sapma; VK (%): Varyasyon katsayısı; n: Örnek sayısı

Çizelge 4.5. (Devam) Toprakların sulama sonrasındaki (Kasım 2010) tanımlayıcı istatistikleri

Toprak Özellikleri	Derinlik (cm)	n	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	SS	VK (%)	Çarpıklık	Basıklık
CO ₃ (me/L)	0-30	130	0,50	2,50	0,71	0,35	49,6	2,49	9,05
	30-60	130	0,50	1,50	0,54	0,15	28,2	3,81	15,3
	60-90	130	0,50	1,50	0,61	0,25	41,1	2,22	4,21
HCO ₃ (me/L)	0-30	130	0,25	6,25	2,49	0,89	35,5	1,17	2,68
	30-60	130	1,25	5,75	3,18	0,96	30,2	0,44	-0,07
	60-90	130	1,00	7,25	3,06	1,22	39,8	0,95	0,62
Cl (me/L)	0-30	130	0,50	49,9	7,16	8,24	115	2,80	8,96
	30-60	130	0,50	47,1	8,18	9,61	117	2,39	5,58
	60-90	130	0,88	45,4	7,65	9,12	119	2,69	7,22
SO ₄ (me/L)	0-30	130	0,24	137	19,8	22,3	113	2,12	6,01
	30-60	130	0,26	137	20,0	24,6	123	2,55	7,62
	60-90	130	0,11	144	20,3	25,8	127	2,22	5,77

SS: Standart sapma; VK (%): Varyasyon katsayısı; n: Örnek sayısı

Tüm dönemler dikkate alınarak değişkenlerin toprak derinliğine bağlı değişimi incelendiğinde; pH, tuz ve çözünebilir Mg değerlerinin derinliğe bağlı olarak arttığı, değişebilir ve çözünebilir K değerlerinin ise azaldığı görülmüştür. SAR değerlerinin 0-30 cm derinlikteki değeri diğer derinliklerden küçük, 60-90 cm derinliğindeki ESP değerlerinin ise diğer derinliklerden büyük olduğu görülmüştür. Çözünebilir Na, çözünebilir Ca, EC ve TKK değerlerinde derinliğe bağlı olarak önemli bir değişim görülmemiştir.

4.1.4. Çalışma Alanındaki Taban Sularının Özellikleri

Amik ovasında yer alan taban suyu gözlem kuyularından 1., 2. ve 3. dönemde alınan su örneklerinin özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları Çizelge 4.6'de verilmiştir.

Birinci dönemdeki taban sularının özellikleri içerisinde, en düşük varyasyon katsayısı pH, en yüksek varyasyon katsayısı ise çözünebilir K değerlerinde görülmüştür.

Çizelge 4.6. Taban suyu tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları

Taban Suyu Özellikleri	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	SS	VK (%)	Çarpıklık	Basıklık
Sulama Dönemi (Mayıs 2010) Taban Suyu (n=40)							
pH	7,32	8,44	7,96	0,25	3,20	-0,66	0,30
EC (µS/cm)	1523	18340	5640	3094	54,9	2,12	6,52
Na (mg/L)	6,10	2481	174	442	255	4,14	18,8
K (mg/L)	0,70	362	14,6	56,5	387	6,24	39,3
Ca (mg/L)	39,7	723	343	187	54,5	0,15	-0,95
Mg (mg/L)	77,1	1859	518	399	77	1,74	3,25
Sulama Dönemi (Ağustos 2010) Taban Suyu (n=34)							
pH	7,41	8,83	7,95	0,29	3,60	1,21	2,23
EC (µS/cm)	1324	21781	6305	4215	66,8	2,00	5,22
Na (mg/L)	62,5	4047	681	783	115	3,13	11,14
K (mg/L)	0,80	389	19,7	65,7	334	5,70	32,9
Ca (mg/L)	45,4	696	345	208	60,3	0,06	-1,42
Mg (mg/L)	56,3	2191	615	576	93,6	1,67	2,19
Sulama Sonrası (Kasım 2010) Dönemi Taban Suyu (n=20)							
pH	7,72	9,10	8,46	0,37	4,30	-0,16	-0,59
EC µS/cm	2317	25703	8796	5530	62,9	1,89	3,98
Na (mg/L)	165	989	499	245	49,1	0,44	-0,93
K (mg/L)	0,90	32,3	5,81	7,33	126	2,89	9,22
Ca (mg/L)	84,4	777	428	193	45,1	-0,35	-0,77
Mg (mg/L)	110	2338	757	633	83,7	1,26	0,83

SS: Standart sapma; VK (%): Varyasyon katsayısı; n:Örnek sayısı

Taban sularının katyon içerikleri, pH değerleri ve EC değerleri sulama öncesi dönemden, sulama sonrası döneme doğru artmıştır.

Taban sularının üç dönemdeki özellikleri incelendiğinde; EC değerlerinin 1324 ile 25703 $\mu\text{S}/\text{cm}$; ortalama EC değerinin ise 6913 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olduğu görülecektir. Bu değerler taban suyu tuzluluğunun çok yüksek olduğunu göstermektedir. Nacar ve ark. (2000), GAP Bölgesi Harran Ovası'nda toprak, tuz ve su dengesinin izlenmesi ve değerlendirilmesi ile kapalı drenaj projelenme kriterlerinin belirlenmesi amacıyla yapmış oldukları çalışmada, taban suyunun tuz kapsamının, 2800-35000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değiştiği saptayarak, taban sularının büyük bir bölümünün yüksek düzeyde tuz içerdiğini belirleyerek benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Ayrıca, Arslan ve ark. (2008) Bafra Ovası Sağ Sahil sulama alanında bulunan tarım arazilerinin tuzluluk durumu, sulamanın taban suyu tuzluluğuna etkisi ve bunların yıllık değişimlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanında sulamanın taban suyu tuzluluğuna etkisini belirlemek için sulama mevsiminin başlangıcında, sulamanın en yoğun olduğu ayda ve sulama mevsiminin sonundaki tuzluluk değerleri CBS yardımıyla haritalanarak karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda, sulama mevsiminin başlaması ile ovadaki taban suyu tuzluluğunun arttığı, sulama mevsiminin sona ermesinden sonra oluşan sonbahar ve kış yağışları ile de tuzluluğun yıkandığını belirleyerek benzer sonuçlar bulmuşlardır.

Taban suyu örneklerine ait ikinci dönem tanımlayıcı istatistik analiz sonuçlarına göre; en düşük değişkenlik katsayısı değerleri pH, çözünabilir K değerleri ise en yüksek değişkenlik göstermiştir.

4.2. Toprak Özelliklerinin Jeostatistik Değerlendirmesi

Bu bölümde önce çalışma alanı topraklarının temel özelliklerinin, daha sonra ise tuzlulukla ilgili özelliklerinin yersel dağılımı incelenmiştir. İncelenen özelliklerin tamamı izotropik modellerle tanımlanmıştır. Ayrıca tüm özellikler için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla tüm dönemlerde ve derinliklerde aktif ayırma mesafesi GS+ programında belirtilen 8336 m olarak alınmıştır.

4.2.1. Toprakların Temel Özellikleri

4.2.1.1. KDK (Kasyon Değişim Kapasitesi)

Çalışma alanı topraklarının 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinliklerindeki KDK değerlerine ait çarpıklık katsayıları sırasıyla 0.22, -0.08 ve 0.18'dir. Bu değerlere göre KDK her üç derinlikteki topraklarda normal dağılım göstermektedir. Bu nedenle, verilere jeostatistiksel değerlendirmeden önce herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır.

Toprakların KDK değerleri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla, ayırma mesafeleri 0-30 cm için 451 m, 30-60 cm derinlik için 456 m, 60-90 cm derinlik için ise 438 m olarak belirlenmiştir.

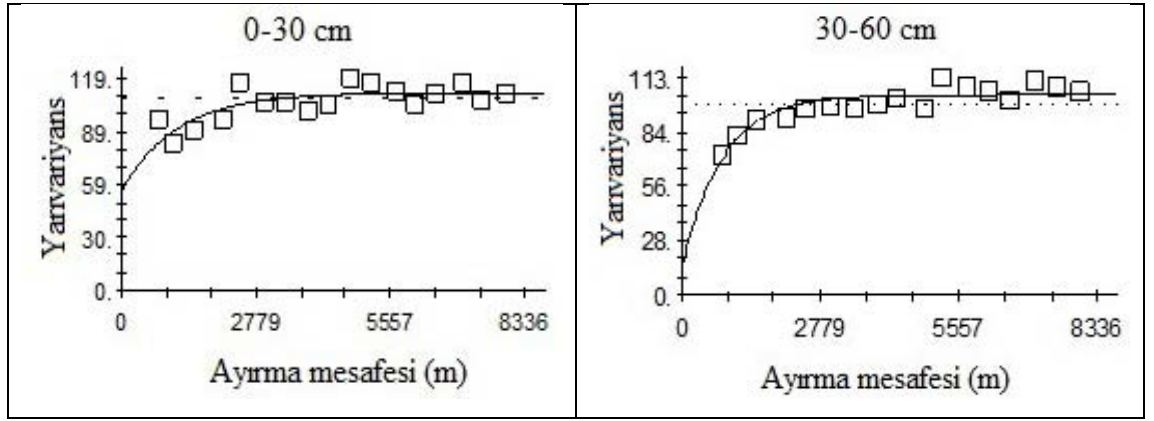
Çalışma alanı topraklarının KDK değerlerine ait variogram analiz sonucu parametreleri Çizelge 4.7 ve Şekil 4.1'de verilmiştir. Toprakların KDK'ları için variogram modelleri incelendiğinde; derinliklerin tümü için mesafeye bağlı değişimlerinin dağılımı üssel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Uzaysal bağımlılığın devam ettiği mesafeyi gösteren etki aralığı (A) değerleri derine doğru inildikçe azalmıştır. Tüm derinliklerdeki KDK için etki aralığı değerleri 650-1150 m arasında değişmiştir. En düşük nugget değeri 30-60 cm ve en yüksek sill değeri ise 60-90 cm derinlikte görülmektedir. KDK değeri 30-60 ve 60-90 cm derinlikte güçlü, 0-30 cm derinlikte ise orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir. 60-90 cm derinlikte nugget ve sill varyansı birlikte artmıştır.

Çizelge 4.7. KDK değerlerine ait variogram parametreleri

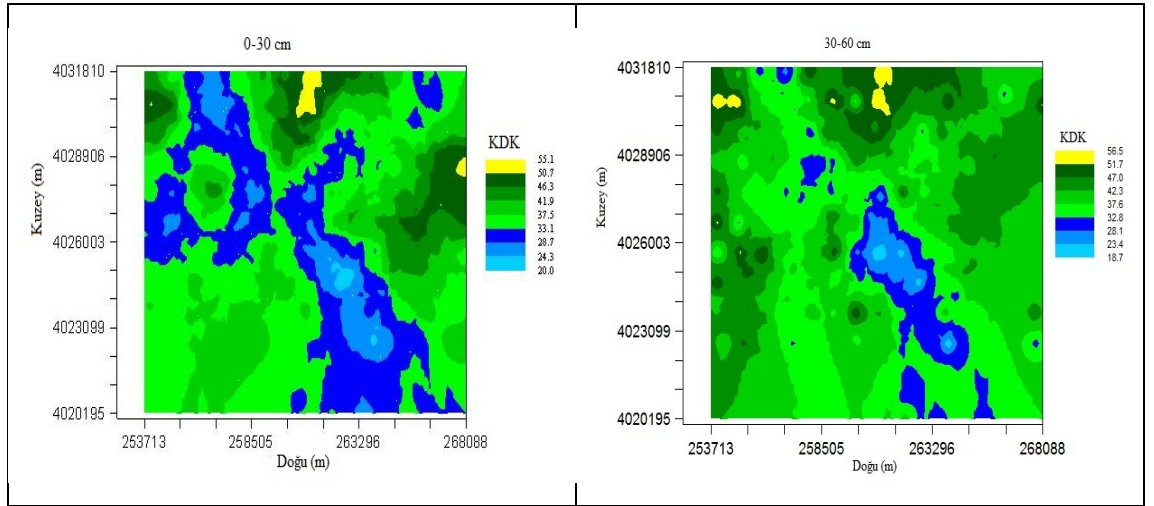
Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
KDK (mg/100g)	0-30	Üssel	1150	55.300	110.700	50.0	0.54
	30-60	Üssel	820	14.600	104.000	14.0	0.80
	60-90	Üssel	650	17.200	175.000	9.8	0.46

Çalışma alanı topraklarının KDK değerlerinin dağılım haritaları Şekil 4.2'de verilmiştir. Dağılım haritalarına göre, 0-30 cm derinlikteki toprakların KDK değerleri çalışma alanının kuzey ve doğu kısımlarında, güneydoğu ve kuzeybatı kısımlarından yüksek değerlere sahiptir. Çalışma alanı topraklarının genelinde KDK değerinin yüksek

olması; toprakların kil ve organik madde içeriğinden kaynaklanmaktadır. Tan (1993)'a göre, kil ve organik madde topraklarda iyi birer katyon değişimi yapan negatif yüklerin bulunduğu fraksiyonlardır. Toprakların kil içeriği yükseldikçe KDK değeri de artmaktadır (Akbaş ve Yıldız 2004). Buda gösteriyor ki; Amik Ovası topraklarının KDK değerinin yüksek olması çalışma alanı topraklarının kil içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.1. Çalışma alanındaki toprakların KDK değerlerine ait variogramlar



Şekil 4.2. Çalışma alanı topraklarının KDK değerleri dağılım haritası

4.2.1.2. Kireç

Çalışma alanı topraklarının 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinliklerindeki kireç içeriğine ait çarpıklık katsayıları sırasıyla -0.35, -0.25 ve -0.51'dir. Çarpıklık katsayılarının düşük olması nedeniyle bu değerlere göre toprakların kireç içeriği her üç derinlikte de normal dağılım göstermektedir. Bu nedenle, verilere jeostatistiksel değerlendirmeden önce herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır.

Toprakların kireç içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 560 m, 30-60 cm derinlik için 530 m, 60-90 cm derinlik için ise 431 m olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanı topraklarının incelenen temel toprak özelliklerinden kireç içeriklerine ait yapılan variogram analiz sonucu parametreleri Çizelge 4.8 ve Şekil 4.3'de verilmiştir. Toprakların kireç içerikleri için en uygun model 0-30 cm ve 30-60 cm derinliklerinde küresel, 60-90 cm katmanının da ise üssel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Etki aralığı (A) değerleri incelendiğinde, modellerin bağımlı olduğu uzaklık değerleri toprak yüzeyinden profil boyunca derine doğru inildikçe azaldığı görülmektedir. Kireç içerikleri 0-30 cm derinlikte güçlü, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde ise orta düzeyde uzaysal bağımlılık göstermektedir.

Çizelge 4.8. Kireç içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
Kireç (%)	0-30	Küresel	6340	26.20	114.20	22.9	0.89
	30-60	Küresel	5430	33.30	107.60	31.0	0.83
	60-90	Üssel	1670	39.60	110.10	36.0	0.67

Çalışma alanı topraklarının kireç içeriği dağılım haritaları Şekil 4.4'de sunulmuştur. Dağılım haritasına göre, çalışma alanının yüzey toprakları kireç içeriği yönünden özellikle güney batı ve orta kısımlarında çok yüksek değerlere sahip iken kuzeybatı ve kuzeydoğu bölgelerinde ise düşük olduğu görülmektedir. Çalışma alanının 30-60 cm derinlikteki topraklarının kireç içeriği, alanın güneybatı bölgesinde çok yüksek, doğu ve kuzey batı kesimlerinde ise düşük değerlere sahiptir. Bunun yanı sıra 60-90 cm derinlikteki kireç içeriği ise kuzeybatı ve güneydoğu bölgelerinde düşük iken,

Çalışma alanının orta bölgelerinde yüksek değere sahiptir. 60-90 cm derinlikte sill ve nugget varyans birlikte artmıştır. Çalışma alanının her üç derinliğinde de haritalar incelendiğinde, kireç içeriğinin bölge genelinde yüksek konsantrasyon değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Kılıç ve ark. (2008) göre, Amik Ovası topraklarının bu durumunun büyük bir olasılıkla ana materyalden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.1.3. Kum

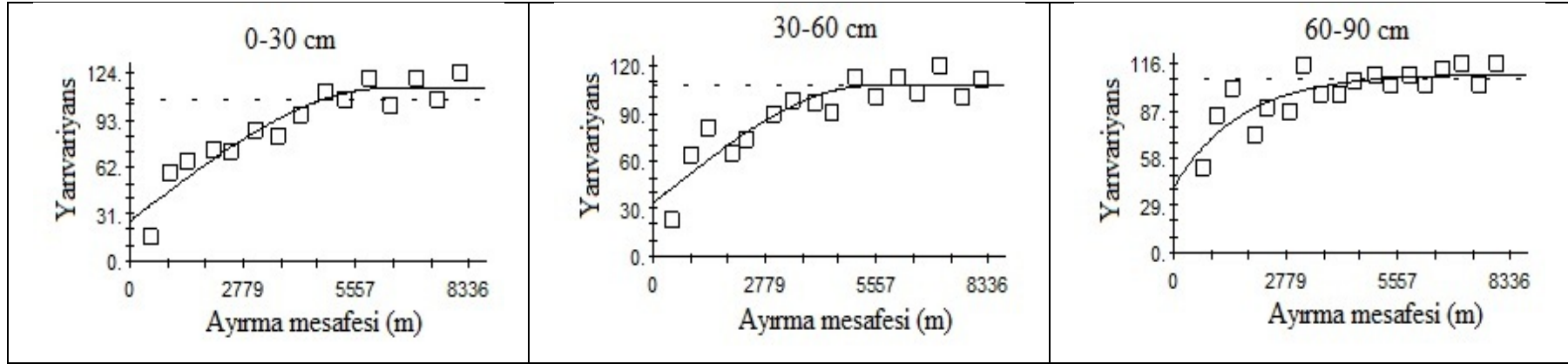
Çalışma alanı topraklarının kum içerikleri hiçbir derinlikte normal dağılım göstermemiştir. Toprakların 0-30 cm derinlikteki arpıklık değeri 1.80'den karekök dönüşümü yapılarak 0.73'e, 30-60 cm derinlikteki arpıklık değeri 1.78'den logaritmik dönüşüm yapılarak -0.79'a, 60-90 cm derinlikteki arpıklık değeri ise 1.56'dan karekök dönüşümü yapılarak 0.61'e dönüştürülmüştür.

Toprakların kum içerikleri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm derinlik için 558 m, 30-60 cm derinlik için 550 m, 60-90 cm derinlik için ise 447 m olarak belirlenmiştir.

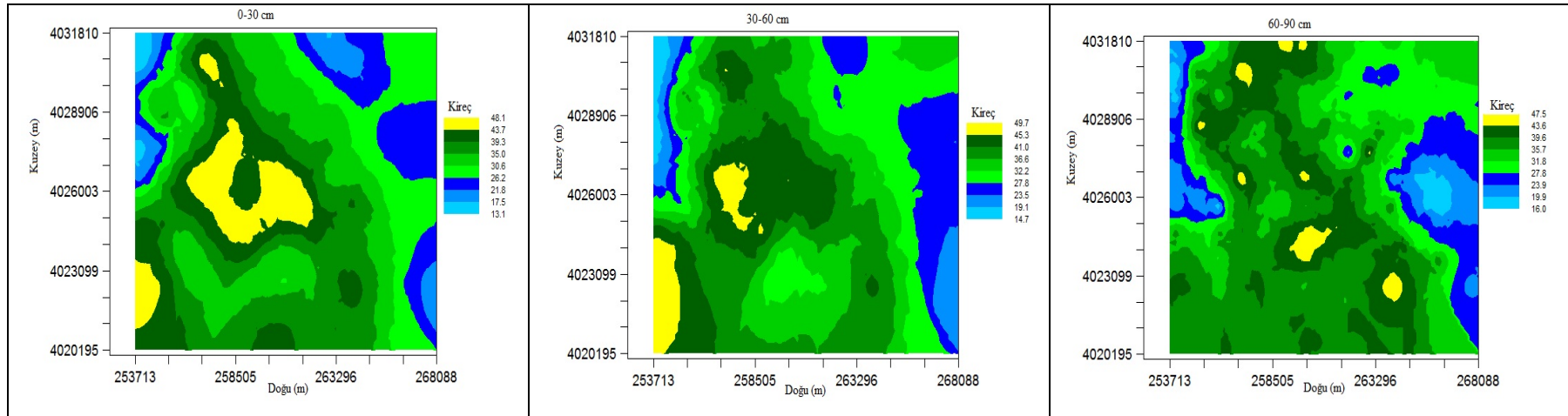
Çalışma alanı topraklarının kum içeriklerine ait variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri izelge 4.9 ve Şekil 4.5' de verilmiştir.

Toprakların kum içerikleri için en uygun model 0-30 cm ve 60-90 cm derinliklerinde üssel model, 30-60 cm katmanının da ise küresel olarak belirlenmiştir (izelge 4.9). Tüm derinliklerde kum içeriği için örneklerin birbirleri ile bağımlı olduğu uzaklık 600 m ile 1.5 km arasında değişmiştir.

Buna göre küresel model en düşük nugget ve sill değerini vermektedir. Nugget etkisi 0.001-0.310 olup ölçüm hatalarının ve örnekler arasındaki örnekleme mesafeden daha kısa mesafede olan örnek noktalarından kaynaklanan varyans düşük bulunmuştur. Çalışma alanı toprakları kum içeriği tüm derinliklerde çok kuvvetli bağımlılık göstermektedirler.



Şekil 4.3. Çalışma alanındaki toprakların kireç içeriklerine ait variogramlar



Şekil 4.4. Çalışma alanı topraklarının kireç içerikleri dağılım haritası

Çizelge 4.9. Kum içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r2
Kum (%)	0-30	Üssel	1060	0.001	2.624	0.1	0.89
	30-60	Küresel	1530	0.001	0.619	0.2	0.79
	60-90	Üssel	630	0.310	3.481	8.9	0.54

Çalışma alanı topraklarının kum içeriğindeki değişim genelde variogram analizleri nugget model olarak görüldüğünden dağılım haritaları oluşturulamamıştır.

4.2.1.4. Kil

Çalışma alanı topraklarının 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinliklerindeki kil içeriğine ait çarpıklık katsayıları sırasıyla -0.79, -0.50 ve -0.43'dir. Bu değerlere göre kil içeriği tüm derinliklerde normal dağılım göstermektedir. Bu nedenle, verilere jeostatistiksel değerlendirmeden önce herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır.

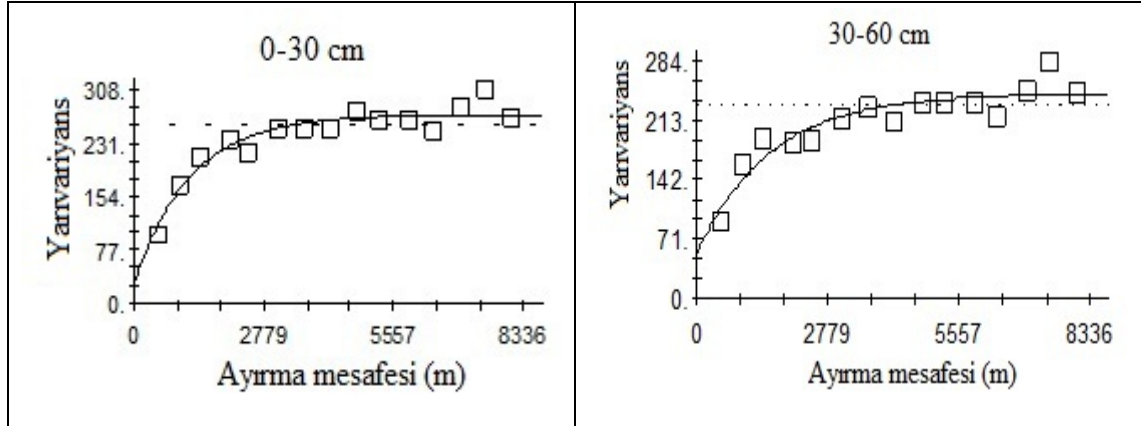
Toprakların kil içerikleri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 558 m, 30-60 cm derinlik için 556 m ve 60-90 cm derinlik için 447 m olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanı topraklarının incelenen temel toprak özelliklerinden kil içeriklerine ait variogram analiz ve parametreleri Çizelge 4.10 ve Şekil 4.5'de verilmiştir. Toprakların kil içerikleri için en uygun model tüm derinlik için üssel olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Etki aralığı değerleri 870-1550 m arasında değişmiştir. Toprakların kil içeriklerinin en yüksek nugget değeri 30-60 cm derinlikte ve en yüksek sill ise 60-90 cm derinlikte belirlenmiştir. Kil içeriği her üç derinlikte de kuvvetli uzaysal bağımlılık göstermiştir.

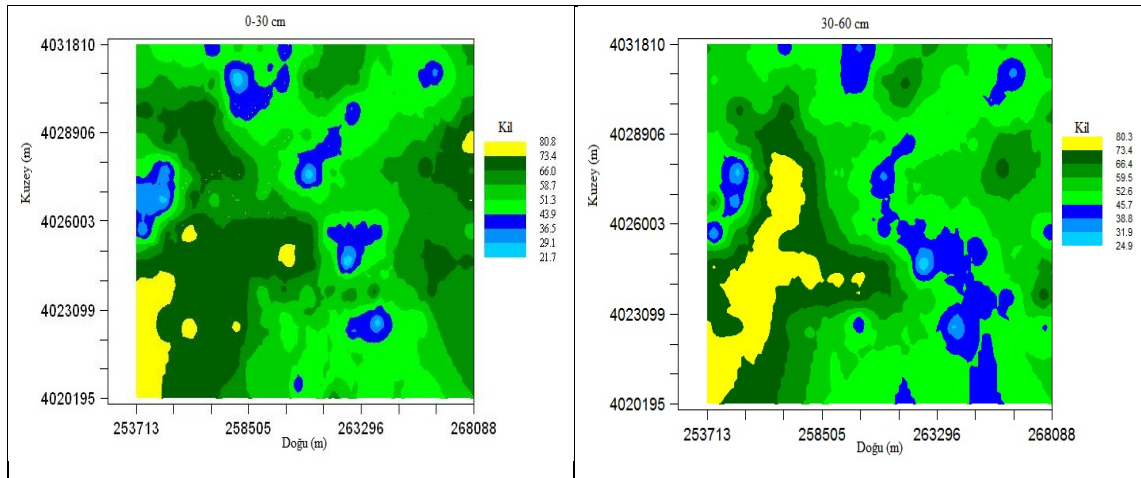
Çizelge 4.10. Kil içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r2
Kil (%)	0-30	Üssel	1220	30.20	272.0	7.5	0.91
	30-60	Üssel	1550	52.60	244.9	21.5	0.86
	60-90	Üssel	870	40.00	384.2	10.4	0.80

Çalışma alanı topraklarının kil içeriği dağılım haritaları Şekil 4.6'de gösterilmiştir. Dağılım haritasına göre; 0-30 ve 30-60 cm derinlikteki toprakların kil içeriğinde güneybatı kısımlarında en yüksek değerler sahiptir.



Şekil 4.5. Çalışma alanındaki toprakların kil içeriklerine ait variogramlar



Şekil 4.6. Çalışma alanı topraklarının kil içerikleri dağılım haritası

4.2.1.5. Silt

Çalışma alanı topraklarının silt içerikleri; hiçbir derinlikte normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle; 0-30 cm derinlikte toprakların çarpıklık değeri 1.45'den logaritmik dönüşüm yapılarak -0.23'e, 30-60 cm derinlikte 0.76'dan karekök dönüşümü

yapılarak 0.29'a, 60-90 cm derinlikteki topraklarda ise 1.35'den logaritmik dönüşüm yapılarak -0.23'e dönüştürülmüştür.

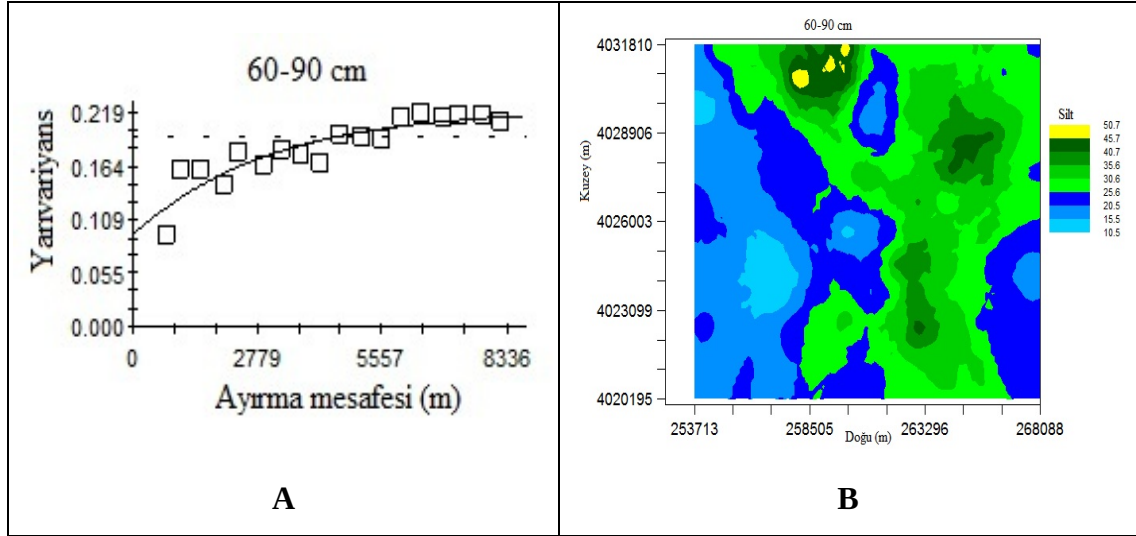
Toprakların silt içerikleri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 556 m, 30-60 cm derinlik için 560 m, ve 60-90 cm derinlik için 444 m olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanı topraklarının silt içeriklerine ait variogram analiz sonucu ve parametreleri Çizelge 4.11 ve Şekil 4.7'de verilmiştir. Toprakların silt içerikleri için en uygun variogram modeli 30-60 cm ve 60-90 cm derinliklerinde üssel, 0-30 cm katmanında ise küresel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Etki aralığı değerleri 1310-3040 m arasında değişmektedir. Toprakların silt içeriğinin nugget değerleri profil derinliklerine doğru düzenli bir artış gösterirken sill değerleri profil boyunca düzensiz bir dağılım sergilemiştir. Topraklar silt içeriği 0-30 cm ve 30-60 cm derinliklerde oldukça kuvvetli, 60-90 cm derinlikte ise orta kuvvetli uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.11. Silt içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
Silt (%)	0-30	Küresel	1770	0.0001	0.104	0.1	0.73
	30-60	Üssel	1340	0.001	0.794	0.1	0.70
	60-90	Üssel	3010	0.093	0.222	41.9	0.80

Çalışma alanı topraklarında silt dağılımını görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.7'de sunulmuştur. Dağılım haritasına göre, toprakların silt içerikleri 0-30 ve 30-60 cm derinlikleri için variogram analizleri nugget model olduğundan haritaları oluşturulamamıştır. 60-90 cm derinliklerde toprakların silt içeriği ise çalışma alanının batı bölümlerinde düşük düzeylerde dir.



Şekil 4.7. A- Çalışma alanındaki toprakların silt içeriğine ait variogramlar, B- Çalışma alanı topraklarının silt içeriği dağılım haritası

4.2.2. Toprakların Tuzlulukla İlgili Özellikleri

4.2.2.1. Sulama Öncesi (Mayıs 2010)

4.2.2.1.1. pH

Sulama öncesi dönemde çalışma alanı topraklarının 0-30 cm ve 30-60 cm derinliklerindeki pH değerlerine ait çarpıklık katsayıları sırasıyla 0.43 ve -0.10'dur. Buna göre pH değerleri 0-30 cm ve 30-60 cm derinlikteki topraklarda normal dağılım göstermektedir. Bu nedenle, verilere jeoistatistiksel değerlendirmeden önce herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır. Ancak 60-90 cm derinlikteki pH değerlerine karekök dönüşümü uygulandıktan sonra jeoistatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların pH değerleri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 554 m, 30-60 cm derinlik için 552 m, ve 60-90 cm derinlik içinse 1008 m olarak belirlenmiştir.

Sulama öncesi çalışma alanı topraklarının pH variogram analiz sonucu ve parametreleri Çizelge 4.12 ve Şekil 4.8'de verilmiştir. Toprakların pH değerleri için en uygun variogram modelinin tüm derinlikler için küresel model olduğu belirlenmiştir.

(Çizelge 4.12). Toprak pH'sının ölçülen iki nokta arasında ilişkili olabileceği maksimum uzaklığı gösteren etki aralığı değeri (A) 0-30 cm için 1420 m, 30-60 cm için 1160 m ve 60-90 cm için ise 1400 m olarak belirlenmiştir. Toprakların pH'sının nugget ve sill değerleri yüzeyden derine inildikçe azalmaktadır. Saturasyon ekstraktı pH içeriği 0-30 cm derinlikte orta, 30-60 ve 60-90 cm derinlikte ise çok güçlü uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.12. pH değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r2
pH	0-30	Küresel	1420	0.0492	0.179	27.5	0.75
	30-60	Küresel	1160	0.0009	0.128	0.7	0.78
	60-90	Küresel	1400	0.0003	0.005	6.0	0.66

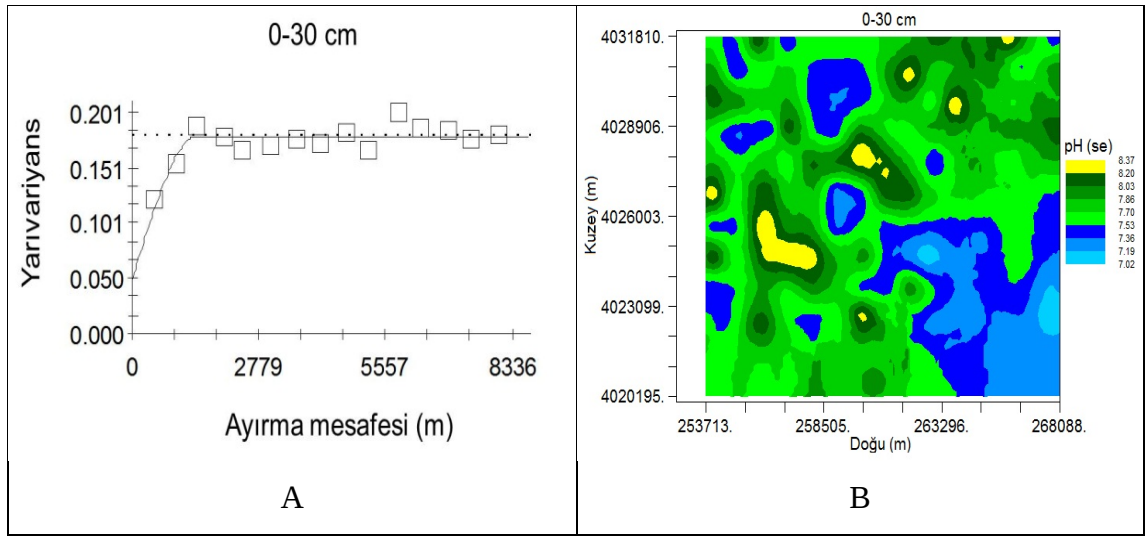
Çalışma alanı topraklarının pH değerleri değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.8'de verilmiştir. Dağılım haritasına göre, 0-30 cm derinlikteki toprakların pH değerleri çalışma alanının güneydoğu bölümü dışında genelde yüksek değerlere sahiptir. Toprakların 30-60 cm derinliğindeki pH değerlerinin birkaç nokta dışında tüm alanda yüksek olduğu belirlenmiştir ve bunu gösteren modelde zayıf bir modeldir. 60-90 cm derinlikte ki pH değerleri 30-60 cm derinlikteki dağılıma benzerdir ve uzun mesafelerde homojen davranmaktadır. Başka bir deyişle, uzun mesafede pH değişmemektedir. Ancak seçilen modeller 30-60 cm derinlik için arazinin bir kısmını tahmin ederken, 60-90 cm derinlik için araziden daha büyük bir alanı tahmin etmektedir. Gübreleme, gübre çeşit ve miktarları, bitkisel üretim, bitki türleri, sulama suyu kalitesi, yağış, taban suyu ve kalitesi, toprakların ana materyali topraklardaki pH değişimi üzerinde etkili olmaktadır (Özbek ve ark. 1993). Çalışma alanındaki toprakların genelinde pH 7'nin üstündedir. Bunun en önemli nedeni toprakların büyük çoğunluğunun fazla miktarda kireç içermesidir. Yine, toprakların bazılarında pH 8.5'in üzerine çıkmıştır. Büyük olasılıkla, bu toprakların sodyumdan fazla etkilenmesindendir. Diğer bir ifadeyle, değişebilir Na içeriklerinin yüksek olmasıdır. pH sadece sodyumdan etkilenmiş topraklarda 8.5'in üzerine çıkmaktadır. Kireç içeren topraklarda pH; kirecin (CaCO_3) çözünürlüğü ve CO_2 'nin kısmi basıncı tarafından belirlenmektedir. Çoğu kireçli topraklarda pH değerleri 7.3 ile 8.5 arasında değişmektedir (Lindsay, 1979).

Topraklarda değişebilir sodyum, CaCO_3 ve su ile reaksiyona girerek hidroliz yoluyla pH'nın yükselmesine neden olan NaHCO_3 ve Na_2CO_3 'ü oluşturmaktadır (Bower, 1969). Toprakların yüksek pH içeriğine sahip olmasının en önemli nedeni kireç ve ekstrakte edilebilir Na içeriğinin yüksek olmasıdır (Ongun, 2008). Topraklarda pH'nın 9,0 veya daha yüksek olması durumunda, toprakların yapısında bozulma, verimde düşme, toprak işleminde zorlaşma ve yetersiz drenaj koşulları meydana gelmektedir (Gedikoğlu, 1999).

Ayrıca sulama dönemi öncesi topraklarda oluşan düşük pH içeriğinin özellikle sonbahardan ilkbahara kadar olan iklim şartlarına ve toprakta oluşan redox potansiyeline bağlamak mümkün olabilmektedir. Özellikle Kasım ayından Nisan ayına kadar olan periyotta çalışma alanının almış olduğu yüksek yağışların arazi şartlarına bağli olarak toprakta sürekli bir yıkanma sürecini devam ettirmesi pH'nın düşmesine neden olmaktadır. Aynı zamanda aşırı yağışla meydana gelen devamlı sulu ortam toprakların sürekli indirgen koşullarda olmasına neden olur. Bununla birlikte ortama var olan asit karakterli yağışlar ve devamlı indirgen koşullardaki toprak asit karakter kazanır. Asit karakterdeki toprak redox potansiyeline bağli olarak pH'yı nötre doğru hareket ettirmektedir. Bundan dolayı devamlı indirgen koşullar topraktaki düşük pH içeriğinin nedeni olarak açıklanabilmektedir. Ancak sulama ve sulama sonrası dönemlerde ise aşırı yağışların olmaması, sulama suyu kullanımı ve topraklardaki havalanmadan dolayı toprakta bir oksitlenme olayı başlar. Bu olay sonucu ve ortamda yıkanmanın azlığından dolayı toprak eski bazik karakterini tekrar kazanmaya başlayarak pH'nın yükselmesine neden olur.

4.2.2.1.2. Elektriksel İletkenlik (EC)

Sulama öncesi dönemde topraklarının EC değerleri, hiçbir derinlikte normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle, bütün derinliklerdeki veri setleri logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.



Şekil 4.8. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemde pH değerine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemde pH dağılım haritası

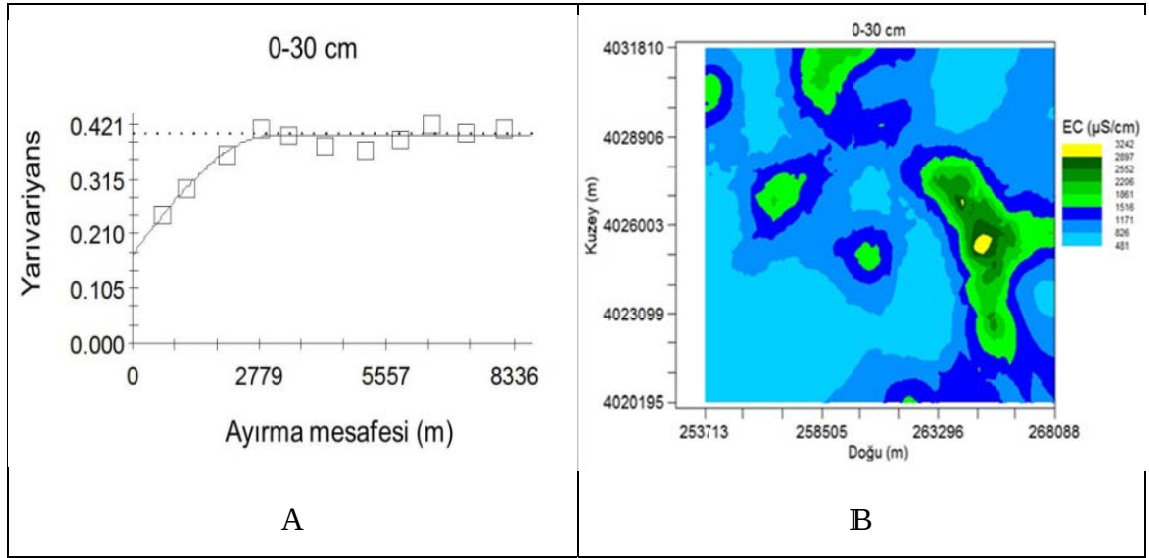
Toprakların EC değeri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 775 m, 30-60 cm derinlik için 715 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 714 m olarak alınmıştır.

Topraklarının EC variogram analiz sonucu parametreleri ve parametreleri Çizelge 4.13 ve Şekil 4.9’da verilmiştir. Toprakların EC değeri için en uygun variogram modeli 0-30 cm ve 30-60 cm derinliklerde üssel, 60-90 cm derinlikte ise küresel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.13). Etki mesafesi (A) değerleri tüm derinliklerde 750 m - 3 km arasında değişmiştir. Bu modele göre en düşük nugget değerini 30-60 cm ve en yüksek sill değerini 60-90 cm derinlikte görülmektedir. EC içeriği 0-30 cm derinlik için orta, 30-60 ve 60-90 cm derinlikler için ise kuvvetli derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir. Emadi ve ark. (2008) 0-30 cm de benzer; 30-60 ve 60-90 cm de farklı uzaysal bağımlılık sonuçları bulmuşlardır.

Çizelge 4.13. EC değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r2
EC (µS/cm)	0-30	Küresel	2990	0.172	0.398	43.2	0.92
	30-60	Üssel	780	0.001	0.627	0.2	0.59
	60-90	Küresel	1110	0.020	0.695	2.9	0.71

Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi dönemdeki EC değişimini dağılım haritaları Şekil 4.9'da sunulmuştur. Dağılım haritasına göre, 0-30 cm derinlikteki toprakların EC değerleri çalışma alanının doğusunda en yüksek iken güney batısında en düşük değerlere sahiptir. Pisinaras ve ark. (2010) Yunanistan'ın kuzey doğusunda yaptıkları çalışmada EC'nin topraklar için, tuzlu yer altı suyunun etkisini gösteren sulama periyodu içinde nisan ayından eylül ayına kadar yükselme eğiliminde olduğunu ortaya koymuşlardır. Emadi ve ark. (2008) İsrail'de yaptıkları çalışmada 30-60 cm derinlikte benzer; diğer derinliklerde ise EC değeri açısından farklı sonuçlar bulmuşlardır. Fan ve ark. (2012) göre, tuzlu toprak gelişimi ve dağılımının yer altı suyu dinamikleri ile çok yakından ilgili olduğunu, aynı zamanda toprak tuzluluğunun kötüleşmesinin yükselen yeraltı suyu tablası ve çoğalan TDS ile ilgili olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca; Yang ve ark. (2011) göre, topraklardaki EC, toprak tuzluluğu ve SAR içeriği arasında önemli ilişkiler olduğu görülmüştür. Isaac ve ark. (2011) Hindistan'da yaptıkları bir çalışma ile toprağın EC'sinin toprağın derinliklerinde arttığını ve daha sonra azaldığını buna karşın 0-20 cm derinlikte çoğalma eğilimine sahip olduğunu belirtmiş olup bizim çalışmamızla benzer sonuçlar bulmuştur. Fayrap ve ark. (2008) göre, çalışma alanı topraklarının EC değerlerinin toprak profilinden aşağıya doğru inildikçe azaldığı ve buna karşın gübreleme uygulamasının olduğu bazı yerlerde, yüzeye yakın noktalarda tuzluluk yönünden sınır değerleri aşmasa bile diğer noktalara göre yüksek tuzluluk değerlerine rastlandığı belirtilerek benzer sonuçlar bulunmuştur. Kurak ve yarı kurak bölgelerde en önemli sorunlardan birisi kaliteli sulama suyu yetersizliğidir. Bu bölgelerde düşük kaliteli sulama suyu kullanımı, sıcaklığın yüksek ve yağışın düşük olduğu yaz aylarında ise kapilarite ile toprak profilinin derin katmanlarında biriken veya taban suyu kaynaklı tuzların yüzeye çıkması toprakların tuzlulaşmasına neden olabilmektedir (Başaran ve Özcan, 2006). Uygan ve ark. (2006) Eskişehir'de yaptıkları çalışmada, toprakların EC değerlerinin sulama öncesi ve sonrasında çok fazla değişmediğini ve dönemler arasında fark olmamasının, çiftçilerin yüzey sulama yöntemleriyle uyguladıkları fazla sulama suyundan kaynaklandığını bildirmektedirler.



Şekil 4.9. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemde EC değerine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemi EC değeri dağılım haritası

4.2.2.1.3. Toplam Çözünebilir Katı (TDS)

Çalışma alanının sulama öncesi TDS değerleri tüm derinliklerdeki topraklarda normal dağılım göstermemiştir. Toprakların 0-30 cm derinlikteki çarpıklık değeri 2.58'den logaritmik dönüşüm yapılarak 0.82'e, 30-60 cm derinlikteki çarpıklık değeri 2.13'den logaritmik dönüşüm yapılarak 0.81'e, 60-90 cm derinlikteki çarpıklık değeri ise 1.33'den karekök dönüşümü yapılarak 0.74'e dönüştürülmüştür.

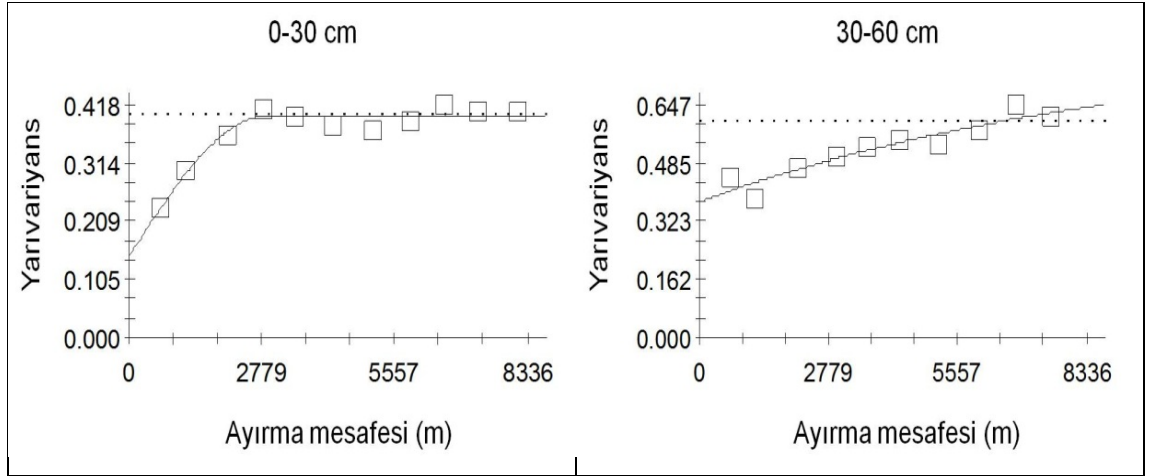
Toprakların TDS değerleri için uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 778 m, 30-60 cm derinlik için 800 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 529 m olarak belirlenmiştir.

Topraklarının TDS variogram analiz sonucu ve parametreleri Çizelge 4.14 ve Şekil 4.10'da verilmiştir. Toprakların TDS değerleri için en uygun variogram modeli 0-30 ve 30-60 cm derinlikler için küresel, 30-60 cm derinlik içinse üssel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.14). Etki mesafesi etki aralığı (A) değerleri bakımından TDS değerleri tüm derinliklerde 1160 m ile 9580 m değişmektedir. Bu modele göre en düşük nugget değerini 60-90 cm ve en yüksek sill değerini 60-90 cm derinlikte görülmektedir. TDS değerleri 0-30 ve 30-60 cm derinlikler için orta derecede, 60-90 cm derinlik için ise kuvvetli derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir.

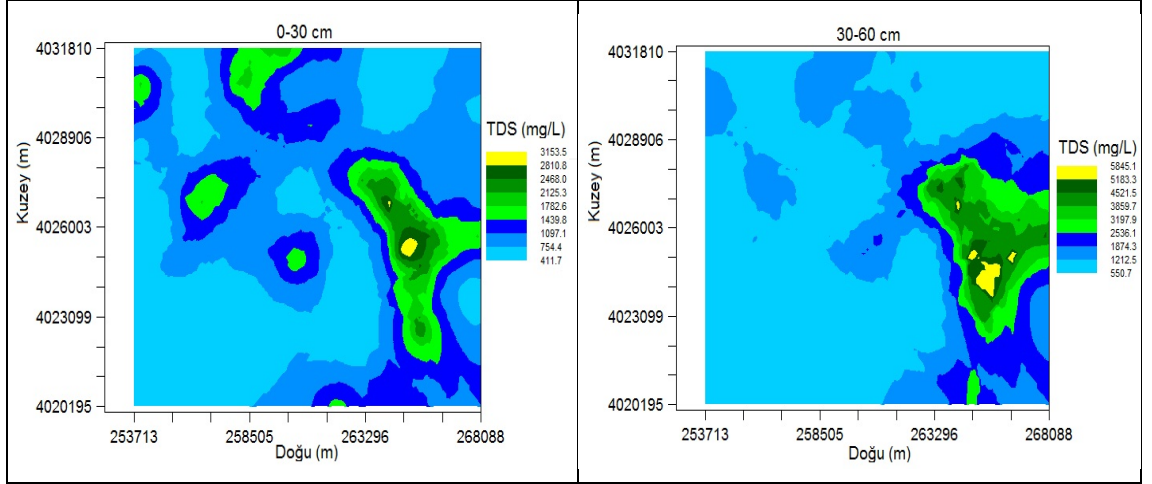
Çizelge 4.14. TDS değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
TDS (mg/L)	0-30	Küresel	2850	0.147	0.397	37.0	0.94
	30-60	Üssel	9580	0.377	0.820	46.0	0.89
	60-90	Küresel	1160	0.100	269.9	0.1	0.58

Çalışma alanı topraklarının TDS dağılım haritaları Şekil 4.11’de verilmiştir. Dağılım haritalarına göre, 0-30 ve 30-60 cm derinliklerdeki toprakların TDS değerleri çalışma alanının doğusunda en yüksek iken, güney ve güney batısında en düşük düzeydedir. Fan ve ark. (2011) göre, tuzlu toprak gelişimi ve dağılımının yer altı suyu dinamikleri ile çok yakından ilgili olduğunu, aynı zamanda toprak tuzluluğunun kötüleşmesinin yükselen yeraltı suyu tablası ve artan TDS ile ilgili olduğunu ortaya koymuşlardır.



Şekil 4.10. Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemde TDS değerlerine ait variogramlar



Şekil 4.11. Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemde TDS değerleri dağılım haritası

4.2.2.1.4. Toplam Tuz

Çalışma alanı topraklarının toplam tuz içerikleri hiçbir derinlikte normal dağılım göstermemiştir. Toplam tuz içeriğinin 0-30 cm derinlikteki çarpıklık değeri 2.70'den logaritmik dönüşüm yapılarak 0.25'e, 30-60 cm derinlikteki çarpıklık değeri 2.28'den logaritmik dönüşüm yapılarak 0.50'e, 60-90 cm derinlikteki çarpıklık değeri ise 2.06'dan karekök dönüşümü yapılarak 1.01'e dönüştürülmüştür.

Toprakların toplam tuz için uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm 968 m, 30-60 cm derinlik için 798 m, 60-90 cm derinlik içinse 850 m olarak belirlenmiştir.

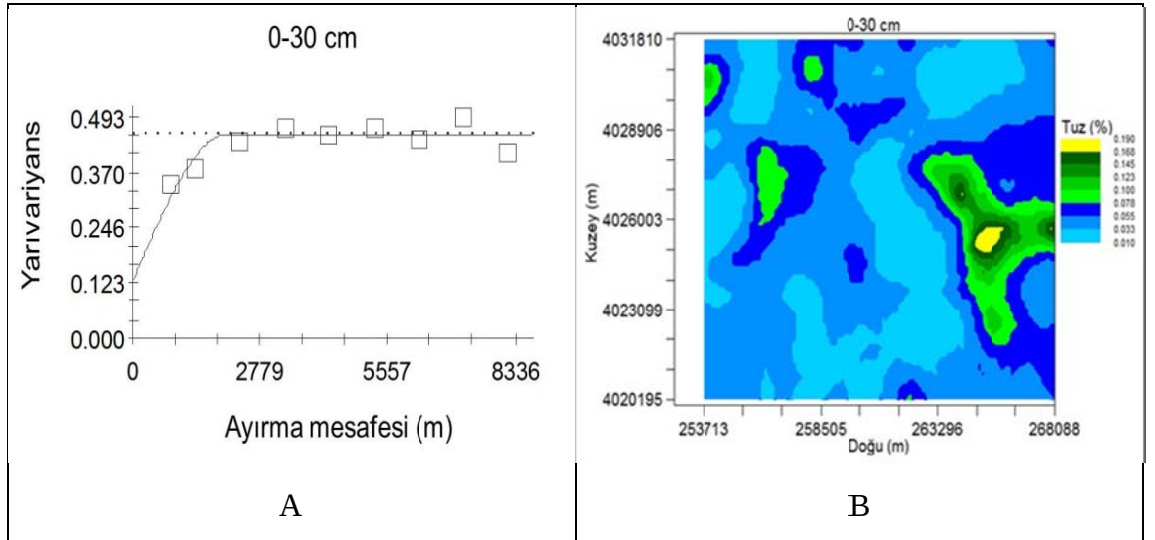
Sulama öncesi, toprakların toplam tuz içeriklerine variogram analiz sonucu ve parametreleri Çizelge 4.15 ve Şekil 4.12'de verilmiştir. Toprakların toplam tuz içerikleri için en uygun variogram model 0-30 ve 60-90 cm derinliklerde küresel, 0-30 cm derinlikte ise üssel olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.15). Etki mesafesi etki aralığı (A) değerleri toplam tuz içeriği için tüm derinliklerde 640 m ile 2060 m arasında değişmektedir. Toplam tuz içeriğinin nugget değerleri yüzeyden derine inildikçe artmakta olup sill değerleri ise profil boyunca düzensiz bir dağılım göstermektedir. Toprakların toplam tuz içeriği 30-60 ve 60-90 cm derinlikte güçlü, 0-30 cm derinlikte orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir. Cemek ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada uzaysal bağımlılık yönünden farklı sonuçlar bulmuşlardır.

Çizelge 4.15. Toplam tuz içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
Tuz (%)	0-30	Küresel	2060	0.127	0.454	28.0	0.73
	30-60	Üssel	640	0.001	0.638	0.2	0.54
	60-90	Küresel	1140	0.0006	0.014	4.3	0.60

Çalışma alanı topraklarının toplam tuz içeriği değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.12’de sunulmuştur. Dağılım haritasına göre, 0-30 cm derinlikteki toprakların toplam tuz içeriği çalışma alanının doğusunda yüksek iken, güney ve orta kısımda düşük değerlere sahiptir. Toplam tuz içeriği derinlere inildikçe nugget model olmasından dolayı haritalanamamıştır. Özellikle yeryüzü şekilleri model oluşturmada etkin rol oynamaktadır. Düz ve düze yakın topoğrafya ile eğimli bir topoğrafyaya sahip bir arazinin benzer modeller ile tanımlanması çok doğru değildir. Çalışma alanının ortasında yer alan göl aynası geçirimsiz tabakaya sahip bir topoğrafya görevi görmektedir. Yağışlarla gelen yıkama suları 90 cm’deki geçirimsiz tabakaya denk geldiklerinde yıkanarak çözünen tuzların 90-100 cm’den sonra ortamdan uzaklaşmasını engelliyor. Bu engelleme neticesinde yıkanan tuzlar toprakta yatay konumda hareket etmeye devam ediyor. Bundan dolayıdır ki özellikle su hareketinin olduğu bir ortamdaki hareketliliği belirli bir modelle tanımlamak çokta doğru olmayacaktır. Bu çalışmada toprak tuzluluğunu küresel ve üssel modelle açıklayabilmekteyiz. Çünkü en uygun model mesafeye bağlı örnek çiftleri arasındaki uzaysal bağımlılığın zayıf olmasından dolayı başka bir modelle açıklanamamaktadır. Çalışma alanındaki örnek çiftlerinin düşük mesafelerde daha kuvvetli uzaysal bağımlılık göstermesinden dolayı bizim çalışma alanındaki mesafe aralığının fazla olması düzgün bir model oluşmasına neden olmamaktadır. Çalışma alanın tuz içeriğinin yüzeyden profil boyunca derinlere doğru artış göstermektedir. Bunun en önemli nedeni; yıllık yağışın önemli bir bölümünün düştüğü kış ve ilkbaharda yağmur suları tuzları profilde belirli bir derinliğe kadar yıkamaktadır ve drenaj kanallarının yeterli olmaması nedeniyle tuzun ortamdan uzaklaştırılamaması olabilir (Ağca ve ark. 2000). Çalışma alanında tuzluluğun nedenleri; iklim koşulları, toprak özellikleri, taban suyunun yüksek olması, sulama sularının kalitesiz olması, yanlış ve aşırı sulama, morfolojik özellikler, arazinin yanlış kullanılması ve sulama sonucu biriken suların uzaklaştırılamaması

olarak gösterilebilir (Akış ve ark. 2005). Çalışma alanında Keskin ve ark. (1999) ve Ağca ve ark. (2000) tarafından yapılan çalışmalarda da bu konu ile ilgili benzer sonuçlar bulunmuştur. Ongun (2008) İzmir menemende yaptığı çalışmada tuzluluk yönünden benzer sonuçlara ulaşmıştır. Liu ve ark. (2011) göre sulamadan sonra, yüzey tuzlarının iyi yıkandığı ve 40 cm altındaki derinlik için su ile aşağıya doğru hareket ettiği belirtilmiştir. Muyen ve ark. (2011) göre topraklar düşük yıkanma, yüksek terleme ve düşük yağış karakteristiğinden dolayı daha yüksek tuz birikimine sahip olma eğiliminde olabileceğini öne sürmüşlerdir. Fayrap ve ark. (2008) göre, sulamada kullanılan suyun fazla miktarda tuz içermesi durumunda toprakta tuz birikmesini önlemek için bitki su tüketiminden daha fazla su verilmeli ve toprak yıkanarak istenilen tuz konsantrasyon değeri sağlanmalıdır. Özcan ve Uygun (2004) kurak dönemde tuzun kapilarite nedeniyle yüzeyde maksimum olurken derinlere doğru azaldığını ortaya koymuşlardır. Yağışlı dönemde yıkanma nedeniyle derinlere doğru artış olurken diğer dönemlerde yüzeyde artmakta ve derinlikle çok az bir değişim olduğu görülmektedir. Bahçeci ve Bal (2008) Harran ve Akçakale arasında 6 toplayıcı dren çıkışında drenaj sularının tuzluluğunun sulama mevsimi boyunca toprak tuzluluğunun nasıl etkilendiğini belirlemeyi amaçlamışlar. Çalışma sonunda, toprak tuzluluğunun sulama mevsimi sonunda azaldığını belirleyerek benzer olmayan sonuçlar bulmuşlardır.



Şekil 4.12. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki tuz içeriğine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki tuz içeriği dağılım haritası

4.2.2.1.5. Değişebilir Katyonlar

4.2.2.1.5.1. Değişebilir Sodyum (Na)

Sulama öncesi topraklarının değişebilir Na içerikleri, hiçbir derinlikte normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle bütün derinliklerdeki veri setleri logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların değişebilir Na içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 537 m, 30-60 cm derinlik için 539 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 1500 m olarak belirlenmiştir.

Sulama öncesi çalışma alanı topraklarının incelenen tuzluluk ile ilgili özelliklerinden değişebilir Na içeriklerine ait variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.16 ve Şekil 4.13’de verilmiştir. Toprakların değişebilir Na içerikleri için en uygun variogram model 0-30 ve 60-90 cm derinlikler için üssel, 30-60 cm derinlik için ise küresel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.16). Etki mesafesi A değerleri değişebilir Na içeriği için tüm derinliklerde 410 m ile 1010 m arasında değişmektedir. Nugget değeri derinlikle artış gösterirken sill değerleri profil boyunca düzensiz bir dağılım göstermiştir. Değişebilir Na içeriği her üç toprak derinliğinde de çok güçlü uzaysal bağımlılık göstermektedir.

Çizelge 4.16. Değişebilir Na içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
Na (me/100g)	0-30	Üssel	1010	0.001	0.614	0.2	0.75
	30-60	Küresel	1000	0.048	0.724	6.6	0.55
	60-90	Üssel	410	0.067	0.670	10.0	0.77

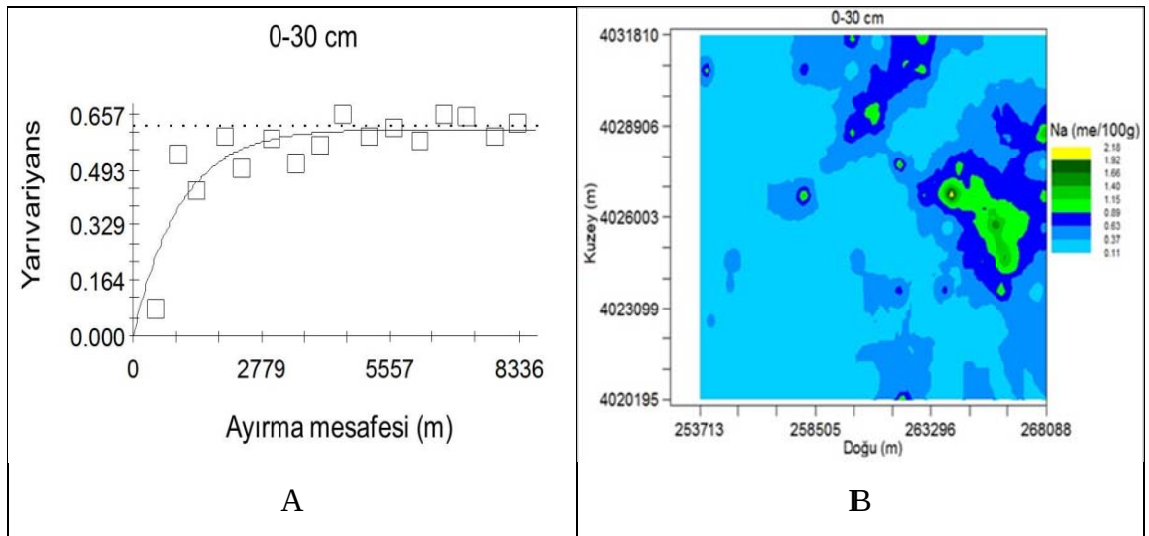
Çalışma alanı topraklarının değişebilir Na içeriği değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.13’de verilmiştir. Dağılım haritalarına göre, topraklarının 0-30 derinliğinde değişebilir Na içeriği çalışma alanının doğusunda ve orta kısmında birkaç bölge dışında düşük değerlere sahiptir. Amik ovasında yer alan bazı topraklarda Ağca ve ark. (2000) tarafından yapılan çalışmada ise toprakların değişebilir Na içerikleri daha düşük (0.11-1.84 me/100 g) bulunmuştur. Robert ve Uleman (2011)

göre toprakta tuzun artması ile Na içeriği de artış göstermektedir. Liu ve ark. (2007) yaptığı çalışmada toprağın değişebilir Na içeriği ile ESP arasında olumlu ilişkiler belirlemiştir. Angın ve Yağanoğlu (2009) Iğdır’da 2004-2007 yılları arasında yaptıkları çalışmada, bizim çalışmamızın tersine toprakta değişebilir Na yüzdesini yüksek bulmuşlardır.

4.2.2.1.5.2. Değişebilir Potasyum (K)

Sulama öncesi topraklarının değişebilir K içerikleri, tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle bütün derinliklerdeki veri setleri logaritmik dönüşüm yapılmış ve jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların değişebilir K içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 500 m, 30-60 cm derinlik için 556 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 794 m olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.13. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki değişebilir Na içeriğine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki değişebilir Na içeriği dağılım haritası

Sulama öncesi çalışma alanı topraklarının değişebilir K içeriklerine ait variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.17’de

verilmiştir. Toprakların değişebilir K içerikleri için en uygun variogram modelinin tüm derinlikler için küresel model olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.17).

Uzaysal bağımlılığın devam ettiği mesafeyi gösteren A değerleri bakımından değişebilir K içeriği incelendiğinde, toprak yüzeyinden derine doğru inildikçe azaldığı görülmektedir. İki nokta arasında ilişki olabilecek maksimum uzaklığı gösteren etki aralığı değeri (A) tüm derinliklerde 940 m ile 1450 m arasında değişmiştir. Ölçüm hatalarının ve örnekler arasındaki örnekleme mesafesinden daha kısa mesafede olan örnek noktalarından kaynaklanan hatalar (nugget etkisi) ve sill değeri toprak derinliğine doğru inildikçe artış göstermektedir. Değişebilir K içeriği tüm derinliklerde çok kuvvetli bir mesafeye bağlı bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.17. Değişebilir K içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
K (me/100g)	0-30	Küresel	1450	0.0001	0.250	0.1	0.69
	30-60	Küresel	1020	0.014	0.334	4.2	0.63
	60-90	Küresel	940	0.021	0.552	3.8	0.52

Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi değişebilir K içeriği değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritası varyans analizi sonucu nugget model olması nedeniyle oluşturulamamıştır. Çalışma alanı topraklarının değişebilir K içeriği özellikle yüzeyden derine doğru inildikçe tüm bölge boyunca çok düşük değerlere sahiptir. Örnekleme bölgesi topraklarının her bir derinliği için değişebilir K içeriği, küçük lokal alanlar dışında örnekleme alanının çok büyük bir kısmında çok düşük değerlere sahiptir. Robert ve Uleman (2011) göre toprakta tuz seviyesinin yükselmesi değişebilir K seviyesinin düşmesine neden olmaktadır. Çalışma alanı toprakların değişebilir K içeriği yüzey topraklarında yüksek iken derinlikle azalma eğilimi göstermiştir.

4.2.2.1.6. Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP)

Sulama öncesi topraklarının ESP değerleri, tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle bütün derinliklerdeki veri setleri logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların ESP değeri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 706 m, 30-60 cm derinlik için 538 m, 60-90 cm derinlik için ise 1004 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların ESP değerlerine variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.18’de verilmiştir. Toprakların ESP değerleri için en uygun variogram model 0-30 cm ve 30-60 cm derinliklerde üssel, 60-90 cm derinlikte ise küresel model olarak belirlenmiştir. Örnek çiftleri arasındaki korelasyonların çok büyük bir kısmı sıfır çıktığından, çok az sayıdaki örnek çiftiyle geliştirilen bu modeller daha fazla örnekleme yapılması gerektiğini göstermektedirler.

Çizelge 4.18. ESP değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
ESP	0-30	Üssel	980	0.001	0.538	0.2	0.80
	30-60	Üssel	500	0.001	0.674	0.2	0.66
	60-90	Küresel	1290	0.032	0.738	4.3	0.44

Çalışma alanı topraklarının ESP değerlerinin değişimini gösteren dağılım haritaları nugget model olması nedeniyle oluşturulamamıştır. Çalışma alanının tüm derinlikleri yönünden bakıldığında, derinlikler boyunca birkaç lokal alan dışında düşük değerlere sahiptir. Bielorai ve ark. (1983) göre, yüksek ESP oranının özellikle topraktaki toplam tuz konsantrasyonu tarafından etkilendiği sonucunu ortaya koymuşlardır. Saltalı ve Derici (1999)’ye göre, toprakların ESP içeriğinin yüzeyden toprak derinliğine doğru artış gösterdiğini ve bunun en önemli nedeninin ise toprak yüzeyinin sürekli işlenmesi ve sulanması ile iyonların alt katmanlara doğru yıkanması olarak ortaya koymuşlardır.

4.2.2.1.7. Çözünebilir Katyonlar ve Toplam Katyon Konsantrasyonu (TKK)

4.2.2.1.7.1. Çözünebilir Sodyum (Na)

Sulama öncesi, topraklarının çözünebilir Na içerikleri, hiçbir derinlikte normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle bütün derinliklerdeki veri setlerine logaritmik dönüşüm uygulandıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

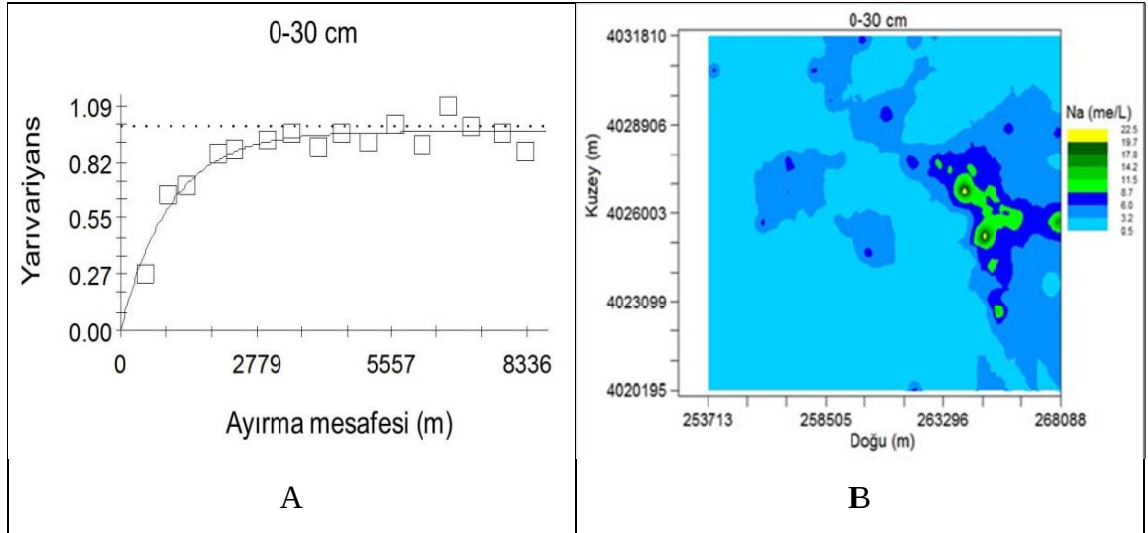
Toprakların çözünebilir Na içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 537 m, 30-60 cm derinlik için 535 m, 60-90 cm derinlik için ise 758 m olarak belirlenmiştir.

Topraklarının çözünebilir Na içeriklerine variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.19 ve Şekil 4.14’de verilmiştir. Çözünebilir Na içerikleri için en uygun variogram model 0-30 cm derinlikte üssel, 30-60 ile 60-90 cm derinliklerde ise küresel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.19). İki nokta arasında ilişki olabilecek maksimum uzaklığı gösteren A değerleri tüm derinliklerde 950 m ile 1190 m arasında değişmiştir. Çalışma alanı çözünebilir Na içeriği bakımından en düşük nugget değeri 0-30 cm; en yüksek sill değeri ise 30-60 cm derinlikte belirlenmiştir. Çözünebilir Na içeriği tüm derinlik için güçlü uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.19. Çözünebilir Na içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
Na (me/L)	0-30	Üssel	1020	0.001	0.969	0.1	0.91
	30-60	Küresel	950	0.074	1.011	7.3	0.46
	60-90	Küresel	1190	0.013	0.883	1.5	0.78

Dağılım haritasına (Şekil 4.14) göre, Toprakların 0-30 cm derinlikteki çözünebilir Na içeriği çalışma alanının doğusunda küçük bir kısım dışında düşük değerlere sahiptir.



Şekil 4.14. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki çözünabilir Na içeriğine ait variogram, B-Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki çözünabilir Na içeriği dağılım haritası

4.2.2.1.7.2. Çözünabilir Potasyum (K)

Çalışma alanında sulama öncesi çözünabilir K içerikleri tüm derinliklerdeki topraklarda normal dağılım göstermemiştir. Toprakların 0-30 cm derinlikteki çarpıklık değeri 2.79'dan logaritmik dönüşüm yapıldığında 0.31'e, 30-60 cm derinlikteki çarpıklık değeri 2.51'den logaritmik dönüşüm yapıldığında 0.08'e, 60-90 cm derinlikteki çarpıklık değeri ise 4.20'den karekök dönüşümü yapıldığında 1.55'e düşmüştü.

Toprakların çözünabilir K değeri için uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 489 m, 30-60 cm derinlik için 572 m, 60-90 cm derinlik için ise 875 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların çözünabilir K içeriklerine ait variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.20'de verilmiştir. Çözünabilir K içerikleri için en uygun variogram model; 0-30 cm derinlikte üssel, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde ise küresel model olarak bulunmuştur (Çizelge 4.20). etki mesafesi (A) değerleri tüm derinliklerde 1010 m ile 1210 m arasında değişmiştir. En düşük nugget değeri 0-30 cm ve en yüksek sill değeri de 30-60 cm derinlikte görülmektedir. Çözünabilir K içeriği tüm derinliklerde çok güçlü uzaysal bağımlılık göstermektedir. En

düşük nugget değeri 0-30 cm ve en yüksek sill değeri de 30-60 cm derinlikte görülmektedir. Çözünebilir K içeriği tüm derinliklerde çok güçlü uzaysal bağımlılık göstermektedir.

Çizelge 4.20. Çözünebilir K içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
K (me/L)	0-30	Üssel	1120	0.001	0.344	0.3	0.88
	30-60	Küresel	1010	0.014	0.500	2.8	0.64
	60-90	Küresel	1210	0.004	0.436	0.9	0.54

Çalışma alanı topraklarının çözünebilir K içeriği değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları varyans analiz neticesinde nugget model olması nedeniyle oluşturulamamıştır.

4.2.2.1.7.3. Çözünebilir Kalsiyum (Ca)

Sulama öncesi topraklarının çözünebilir Ca içerikleri, hiçbir derinlikte normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle tüm derinliklerdeki veri setlerine logaritmik dönüşüm yapılmış ve sonra jeoistatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların çözünebilir Ca içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 888 m, 30-60 cm derinlik için 700 m, 60-90 cm derinlik için ise 780 m olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanı topraklarının çözünebilir Ca içeriklerine ait variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.21 ve Şekil 4.15’de verilmiştir. Toprakların çözünebilir Ca içerikleri için en uygun variogram modelinin tüm derinlikler için üssel model olduğu görülmüştür (Çizelge 4.21). Etki mesafesi (A) değerleri tüm derinliklerde 710 m ile 1020 m arasında değişmiştir. Derinlik arttıkça nugget azalırken sill değerleri düzensiz bir dağılım göstermektedir. Çalışma alanı toprakları çözünebilir Ca içeriği yönünden tüm derinlikler boyunca çok güçlü uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.21. Çözünebilir Ca içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
Ca (me/L)	0-30	Üssel	1020	0.042	0.472	8.9	0.96
	30-60	Üssel	710	0.001	0.853	0.1	0.60
	60-90	Üssel	710	0.001	1.307	0.1	0.68

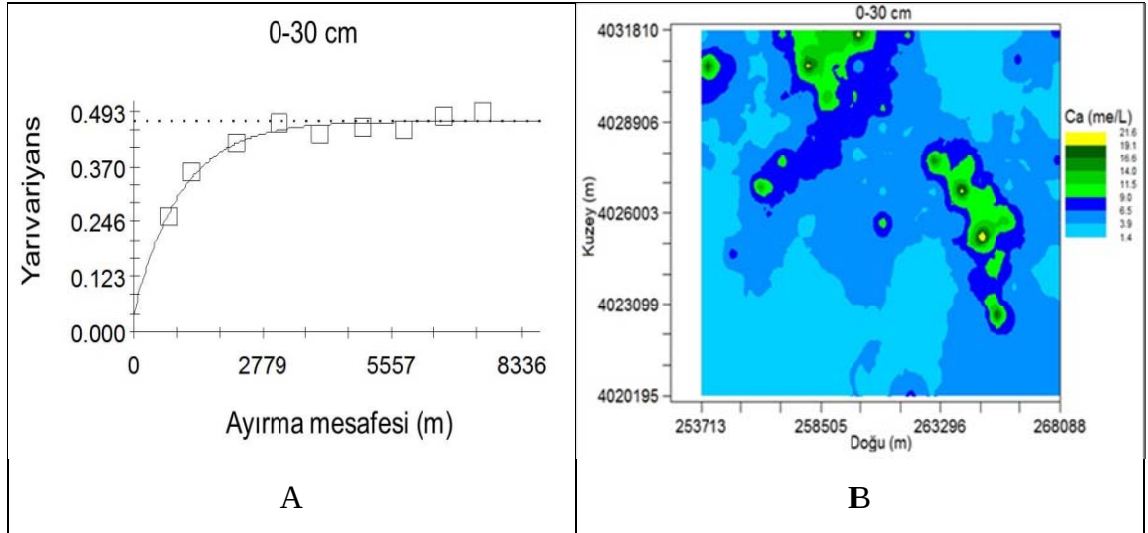
Çalışma alanı topraklarının çözünebilir Ca içeriği değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.15’de sunulmuştur. Dağılım haritalarına göre, toprakların 0-30 cm derinlikteki toprakların çözünebilir Ca içeriği çalışma alanının kuzey ve doğusunda yüksek diğer kesimlerde düşüktür. Isaac ve ark. (2011) Hindistan’da yaptıkları bir çalışma ile toprağın Ca içeriğinin toprağın derinliklerinde arttığını ve daha sonra azaldığını buna karşın 0-20 cm derinlikte çoğalma eğilimine sahip olduğunu belirterek benzer sonuçlar bulunmuştur.

4.2.2.1.7.4. Çözünebilir Magnezyum (Mg)

Sulama öncesi, toprakların çözünebilir Mg içerikleri tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle, bütün derinliklerdeki veri setleri logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların çözünebilir Mg içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 775 m, 30-60 cm derinlik için 715 m, 60-90 cm derinlik için ise 706 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların çözünebilir Mg içeriklerine variogram ve variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.22 ve Şekil 4.16’da verilmiştir. Toprakların çözünebilir Mg içerikleri için en uygun variogram modelinin tüm derinlikler için üssel model olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.22). Etki mesafesi (A) değerleri tüm derinliklerde yaklaşık olarak 470 m ile 2790 m arasında değişmiştir.



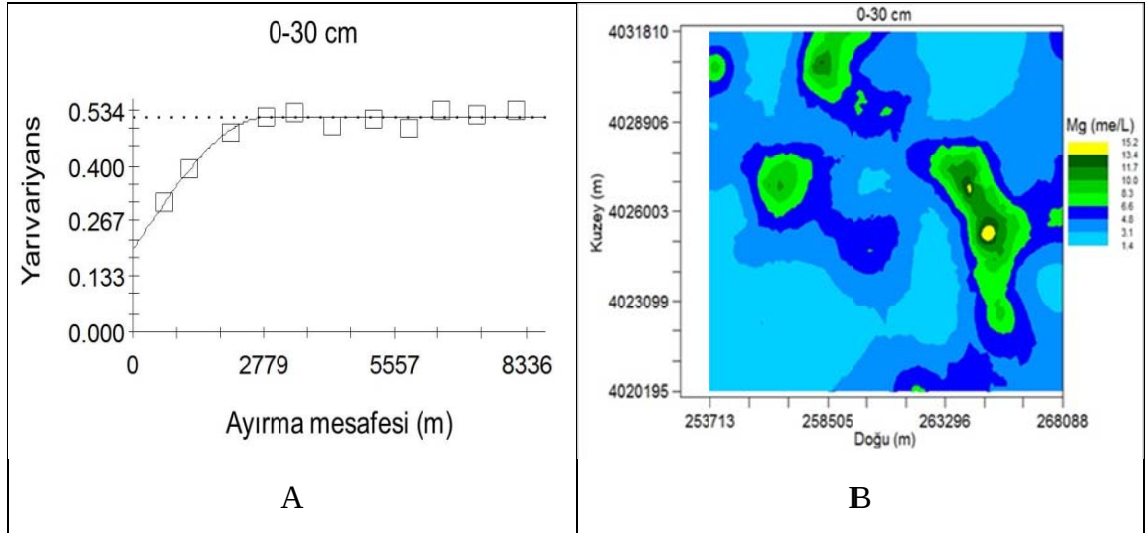
Şekil 4.15. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki çözünabilir Ca içeriğine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki çözünabilir Ca içeriği dağılım haritası

Nugget etkisi düşük bulunurken, Bunun tersine sill değerleri toprak yüzeyinden derine inildikçe artış göstermektedir. Çözünabilir Mg içeriği 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde güçlü, 0-30 cm toprak derinliğinde ise orta derecede uzaysal bağımlılık göstermektedir.

Çizelge 4.22. Çözünabilir Mg içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r2
Mg (me/L)	0-30	Küresel	2790	0.198	0.517	38.3	0.96
	30-60	Üssel	700	0.001	1.058	0.1	0.61
	60-90	Üssel	470	0.099	1.231	8.042	0.67

Çalışma alanı topraklarının çözünabilir Mg içeriği değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.16'da incelenmiştir. Dağılım haritalarına göre, toprakların 0-30 cm derinlikteki çözünabilir Mg içeriği çalışma alanının kuzey ve doğusunda yüksek diğer kısımlarda düşüktür.



Şekil 4.16. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki çözünabilir Mg içeriğine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki çözünabilir Mg içeriği dağılım haritası

4.2.2.1.7.5. Toplam Katyon Konsantrasyonu (TKK)

Sulama öncesi topraklarının TKK değerleri, tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle bütün derinliklerdeki veri setleri logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

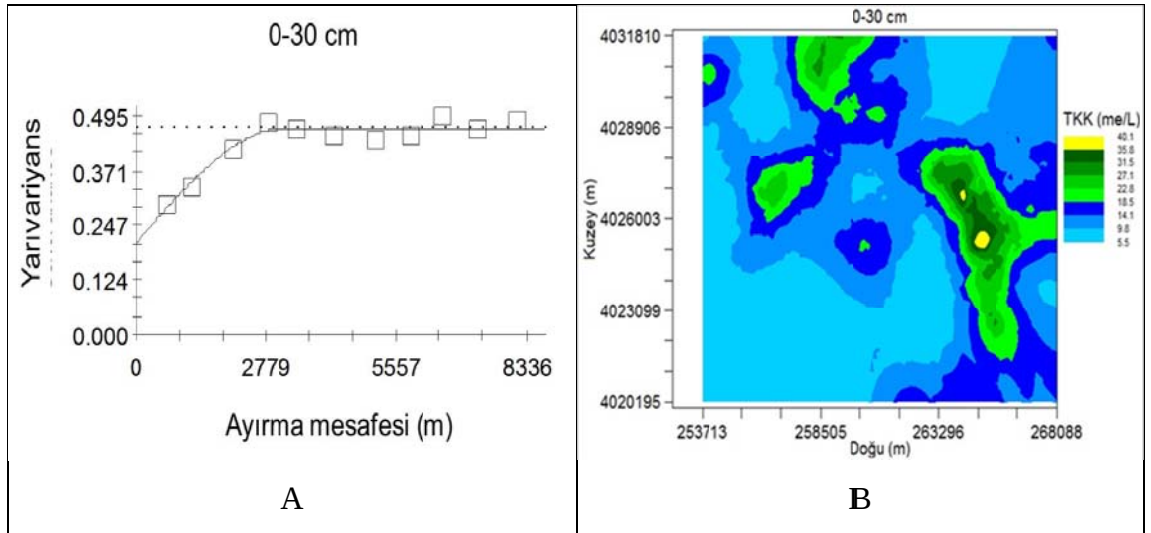
Toprakların TKK değerleri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 775 m, 30-60 cm derinlik için 715 m, 60-90 cm derinlik için ise 700 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların TKK değerlerine variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.23 ve Şekil 4.17’de verilmiştir. Toprakların TKK değerleri için en uygun variogram model; 0-30 cm derinlikte küresel, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde ise üssel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.23). Etki mesafesi (A) değerleri tüm derinliklerde 720 m ile 3150 m arasında değişmiştir. Nugget değerleri derinlik arttıkça azalmakta olup buna karşın sill değerleri derinlikle birlikte artış göstermiştir. TKK değerleri 0-30 cm derinlik için orta, 30-60 ve 60-90 cm derinlikler için ise güçlü uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.23. TKK değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r2
TKK (me/L)	0-30	Küresel	3150	0.207	0.466	44.4	0.93
	30-60	Üssel	720	0.001	0.866	0.1	0.59
	60-90	Üssel	750	0.001	0.996	0.1	0.60

Toprakların TKK değerlerinin değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.17’de incelenmiştir. Dağılım haritalarına göre, toprakların 0-30 cm derinlikteki çözünebilir TKK değerleri çalışma alanının kuzey ve doğusunda yüksek diğer kısımlarda düşüktür.



Şekil 4.17. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki TKK değerine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki TKK değeri dağılım haritası

4.2.2.1.8. Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)

Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi SAR değerleri tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Toprakların 0-30 cm derinlikteki çarpıklık değeri 1.99’dan logaritmik dönüşüm yapılarak 0.13’e, 30-60 cm derinlikteki çarpıklık değeri 1.35’den logaritmik dönüşüm yapılarak 0.09’e, 60-90 cm derinlikteki çarpıklık değeri ise 1.01’den karekök dönüşümü yapılarak 0.46’e dönüştürülmüştür.

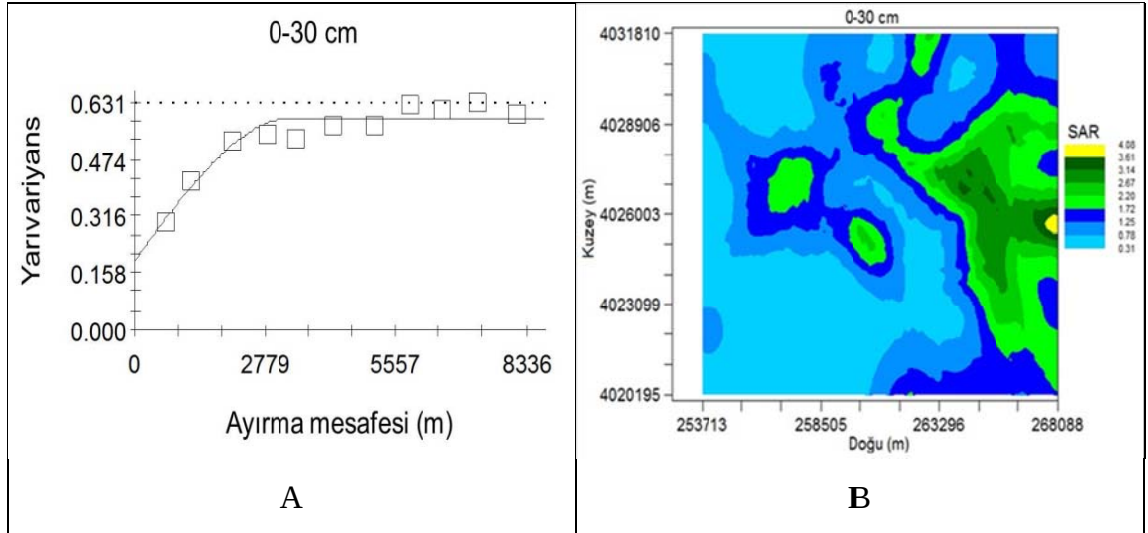
Toprakların SAR değeri için uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 775 m, 30-60 cm derinlik için 475 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 1001 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların SAR değerlerine variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.24 ve Şekil 4.18’de verilmiştir. Toprakların SAR değerleri için en uygun variogram modelinin tüm derinlikler için küresel model olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.24). İki nokta arasında ilişki olabilecek maksimum uzaklığı gösteren A değerleri tüm derinliklerde 870 m ile 3330 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi 0.001 ile 0.030 düşük bulunurken sill derinlikle birlikte azalmaktadır. SAR değeri 0-30 cm derinlikte orta, 30-60 ve 60-90 cm derinlikte ise güçlü uzaysal bağımlılık göstermektedir.

Çizelge 4.24. SAR değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
SAR	0-30	Küresel	3330	0.194	0.588	33.0	0.90
	30-60	Küresel	870	0.030	0.444	6.8	0.49
	60-90	Küresel	1370	0.001	0.159	0.6	0.46

Toprakların SAR değerlerinin değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.18’de sunulmuştur. Dağılım haritalarına göre, toprakların 0-30 cm derinlikteki SAR değeri çalışma alanının doğu kesimine doğru yüksek olup güneybatı ve kuzeybatı kısımlarda düşüktür. Çalışma alanı topraklarının SAR içeriğinin tuzluluk ile benzer değerler gösterdiği görülmektedir. Shouse ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada toprak tuzluluğu ve SAR’ın arazide yüksek ilişkili olarak olduğu sonucunu ortaya koymuşlar ve SAR’da gözlenen yersel ve zamansal değişimlerin arazi içinde toprak tekstür değişimlerinin yaygın bir ürünü ve onların gözle görünür yıkama faktörlerinde ki değişimlerle ilişkili olduğu görmüşlerdir.



Şekil 4.18. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki SAR değerine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki SAR değeri dağılım haritası

4.2.2.1.9. Çözünebilir Anyonlar

4.2.2.1.9.1. Karbonat (CO_3)

Sulama öncesi dönemi topraklarının CO_3 içerikleri tüm derinliklerdeki topraklarda normal dağılım göstermemiştir. CO_3 içeriklerinin 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm çarpıklık katsayıları sırasıyla 1.59, 1.30 ile 1.79 olarak bulunmuş ve tüm derinliklerdeki veri setleri için logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların CO_3 içeriği için uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 1000 m, 30-60 cm derinlik için 954 m, 60-90 cm derinlik için ise 565 m olarak belirlenmiştir.

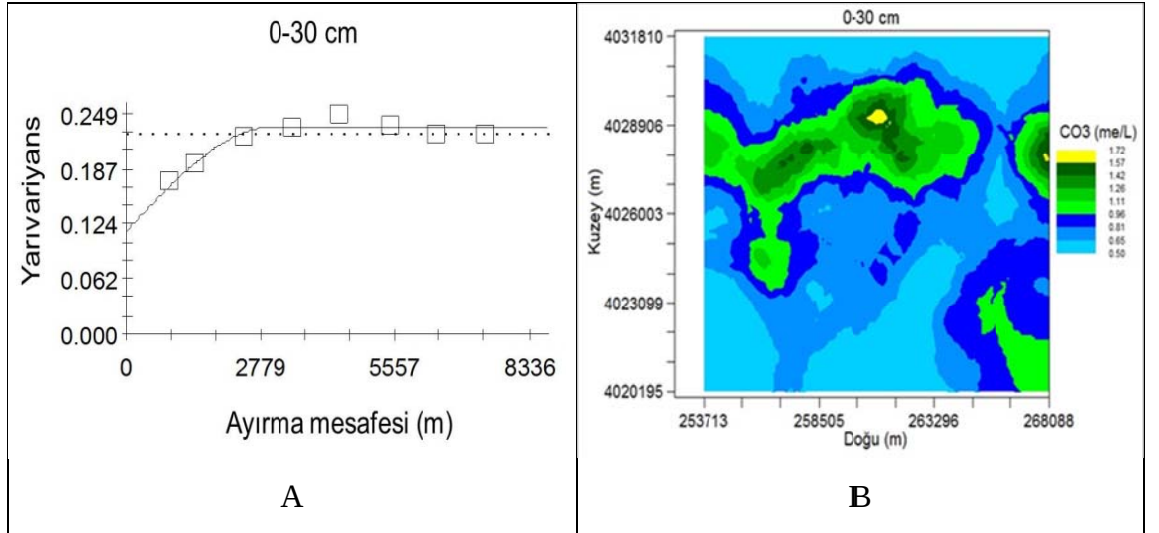
Toprakların CO_3 içeriklerine variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.25 ve Şekil 4.19'da verilmiştir. Toprakların CO_3 içerikleri için en uygun variogram modeli 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde küresel, 60-90 cm derinlikte ise üssel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.25). İki nokta arasında ilişki olabilecek maksimum uzaklığı gösteren A değerleri tüm derinliklerde 1070 m ile 3020 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi ve sill değeri toprak derinliklerine doğru inildikçe

düşüş göstermektedir. CO₃ içeriği 0-30 cm derinlikte orta, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde ise çok kuvvetli uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.25. CO₃ içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
CO ₃ (me/L)	0-30	Küresel	3020	0.1170	0.234	50.0	0.91
	30-60	Küresel	1420	0.0001	0.196	0.1	0.71
	60-90	Üssel	1070	0.0001	0.150	0.1	0.67

Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi CO₃ içeriği değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.19'da verilmiştir. Dağılım haritalarına göre, toprakların 0-30 cm CO₃ içeriği çalışma alanının orta, batı ve doğu kısımlarında yüksek, diğer kesimlerde düşüktür. Bu durum Amik Ovasının jeomorfolojisi ve jeolojisiyle ilişkili bir sonuçtur. Buda ovanın batısında ve doğusunda bulunan kireçli yükseltilerden ileri gelmektedir. Şeker ve Karakaplan (1999) Konya'da yaptıkları çalışmada toprakların CO₃ değerleri açısından farklı sonuçlar bulmuşlardır.



Şekil 4.19. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki CO₃ içeriğine ait variogram, B-Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki CO₃ içeriği dağılım haritası

4.2.2.1.9.2. Bikarbonat (HCO_3)

Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi HCO_3 içerikleri hiçbir derinlikte normal dağılım göstermemiştir. Toprakların 0-30 cm derinlikteki çarpıklık değeri 1.38'den logaritmik dönüşüm yapılarak 0.15'e, 30-60 cm derinlikteki çarpıklık değeri 0.53'den karekök dönüşümü uygulanarak 0.05'e, 60-90 cm derinlikteki çarpıklık logaritmik dönüşüm değeri ise 1.02'den yapılarak 0.65'e dönüştürülmüştür.

Toprakların HCO_3 içeriği için uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 1050 m, 30-60 cm derinlik için 945 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 900 m olarak belirlenmiştir.

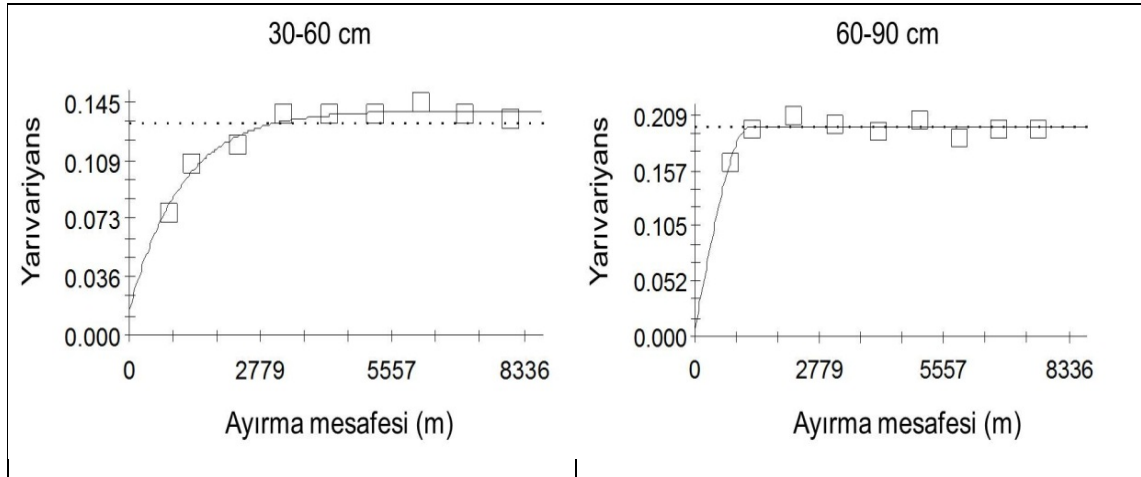
Toprakların HCO_3 içeriklerine variogram analizi sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.26 ve Şekil 4.20'de verilmiştir. Toprakların HCO_3 içerikleri için en uygun variogram modeli 0-30 ve 60-90 cm derinliklerde küresel, 30-60 cm derinlikte ise üssel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.26). Yüzey toprağı olan 0-30 cm derinlik çok daha fazla örnekleme gerektirmektedir. Daha fazla örnek çiftine ihtiyaç vardır. İki nokta arasında ilişki olabilecek maksimum uzaklığı gösteren A değerleri tüm derinliklerde 1120 m ile 1410 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi 0.0001 ile 0.016 arasında olup sill derinlikle birlikte düzensiz dağılım göstermiştir. Mesafeye bağlı değişim modelinin gücü, HCO_3 içeriği yönünden tüm derinliklerde çok kuvvetli derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir. Bunun yanında bikarbonat dağılımı yüzey altı toprak katmanları için daha anlamlı bir desen oluşturmaktadır.

Çizelge 4.26. HCO_3 içeriklerine ait variogram parametreleri

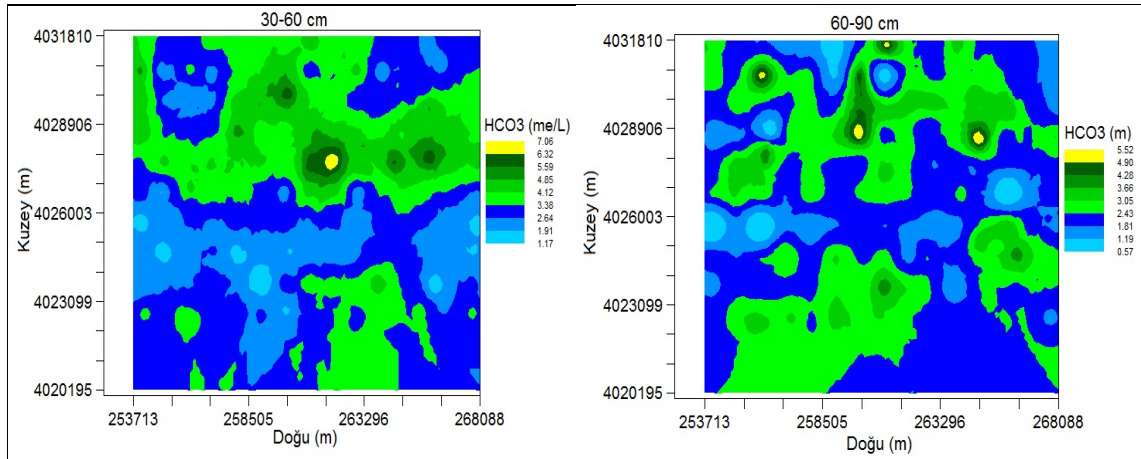
Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
HCO_3 (me/L)	0-30	Küresel	1410	0.0001	0.143	0.1	0.77
	30-60	Üssel	1120	0.016	0.140	11.4	0.96
	60-90	Küresel	1230	0.006	0.198	3.0	0.78

Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi HCO_3 içeriği değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.21'de sunulmuştur. Dağılım haritalarına göre, toprakların 30-60 cm derinlikte HCO_3 içeriği çalışma alanının kuzey ve güney kısımlarında ki değerleri yüksek, diğer kısımlarında ise düşüktür. Buna karşın 60-90 cm

derinlikte ise HCO_3 değerleri tüm bölge genelinde birkaç küçük alan dışında yüksek değerlerdedir. Şeker ve Karakaplan (1999) yaptıkları çalışma ile HCO_3 içeriği yönünden benzer sonuçlar bulmuşlardır.



Şekil 4.20. Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki HCO_3 içeriklerine ait variogramlar



Şekil 4.21. Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki HCO_3 içerikleri dağılım haritası

4.2.2.1.9.3. Klor (Cl)

Sulama öncesi çalışma alanı topraklarının Cl içerikleri, tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle bütün derinliklerdeki veri setleri logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

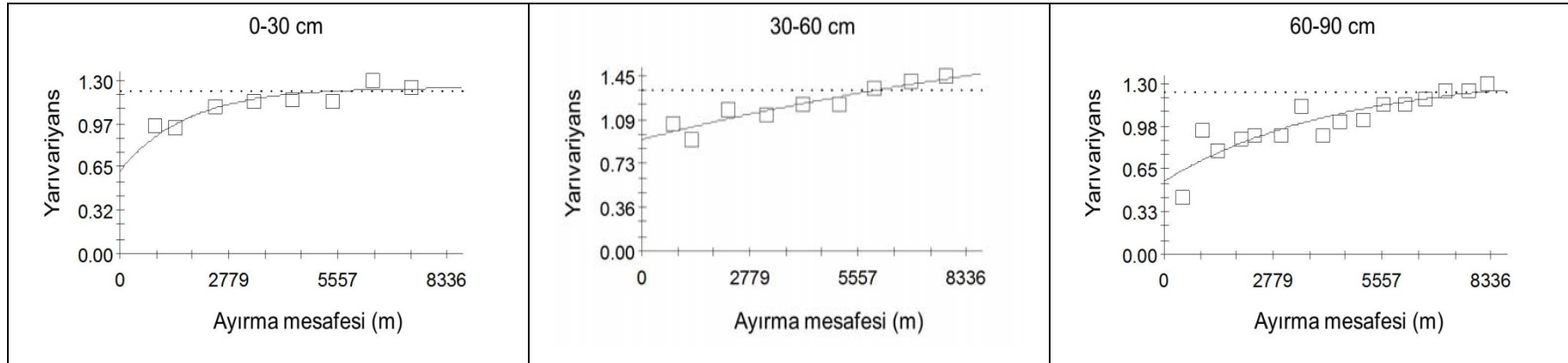
Toprakların Cl içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 1000 m, 30-60 cm derinlik için 912 m, 60-90 cm derinlik için ise 535 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların Cl içeriklerine variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.27 ve Şekil 4.22’de verilmiştir. Toprakların Cl içerikleri için en uygun variogram modelinin tüm derinlikler için üssel model olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.27). İki nokta arasında ilişki olabilecek maksimum uzaklığı gösteren etki aralığı A değerleri tüm derinliklerde 1740 m ile 14970 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi ve sill değeri toprak derinliklerine doğru inildikçe düzensiz bir dağılım göstermektedir. Mesafeye bağlı değişim modelinin gücü, Cl içeriği yönünden tüm derinliklerde orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir.

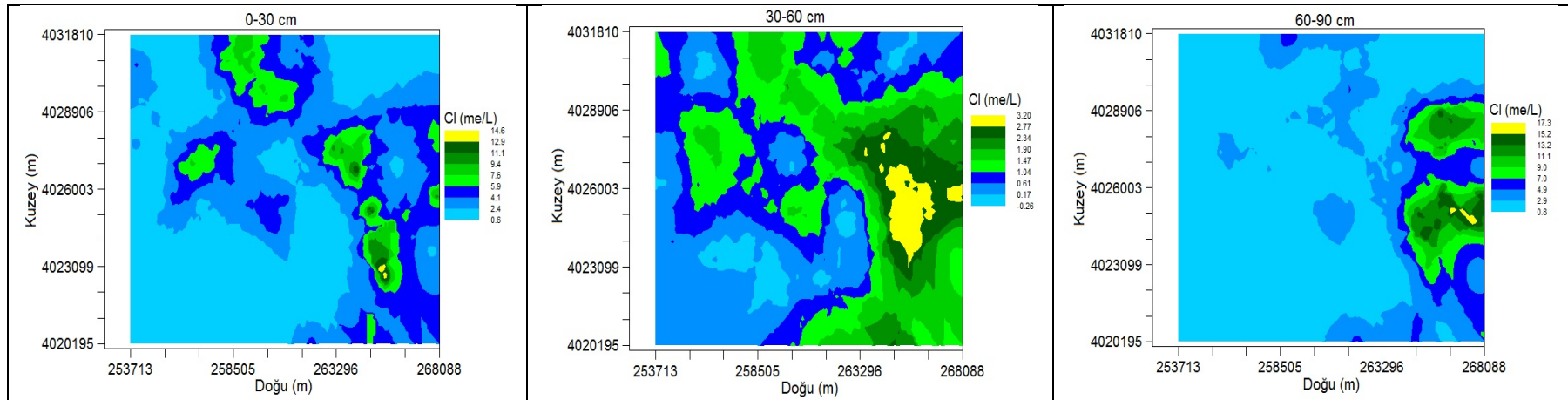
Çizelge 4.27. Cl içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
Cl (me/L)	0-30	Üssel	1740	0.622	1.245	50.0	0.82
	30-60	Üssel	14970	0.928	2.161	42.9	0.88
	60-90	Üssel	4440	0.561	1.371	40.9	0.79

Çalışma alanı topraklarının Cl içeriği değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.23’de verilmiştir. Dağılım haritalarına göre, toprakların 0-30 cm derinlikteki Cl içeriği çalışma alanının ortası, doğu ve kuzey kısımlarında yüksek, diğer kesimlerde düşük değerlerdedir. Toprakların 30-60 cm derinlikte Cl içeriği çalışma alanının güneybatı, kuzeybatı ve kuzeydoğu kısımlarında ki değerleri düşük, geri kalan kesimlerde ise yüksektir. Buna karşın 60-90 cm derinlikte ise Cl içeriği çalışma alanının doğu kısmı dışında düşük değerler sahiptir. Yurtseven ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada toprak yüzeyinin sulama suyu tuzluluğu ile Cl yönünden artış



Şekil 4.22. Çalışma alanındaki toprakların sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki Cl içeriklerine ait variogramlar



Şekil 4.23. Çalışma alanı topraklarının sulama öncesi (Mayıs 2010) dönemdeki Cl içerikleri dağılım haritası

gösterdiğini ancak toprağın yıkanması işlemi ile toprak derinliklerine doğru çok kolay şekilde yıkanarak derinlerde biriktiğini belirlemişlerdir.

4.2.2.2. Sulama Dönemi (Ağustos 2010)

4.2.2.2.1. pH

Sulama dönemi topraklarının 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinliklerindeki pH değerine ait çarpıklık katsayıları sırasıyla -0.57, -0.44 ve 0.25'dir. Bu değerlere göre pH değeri 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinlikteki topraklarda normal dağılım göstermektedir. Bu nedenle, verilere jeoistatistiksel değerlendirmeden önce herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır.

Toprakların pH değeri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 1020 m, 30-60 cm derinlik için 1021 m, 60-90 cm derinlik için ise 1032 m olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanı topraklarının pH değerlerine ait variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.28'de verilmiştir. Toprakların pH değerleri için en uygun variogram modelinin tüm derinliklerde küresel model olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.28). İki nokta arasında ilişki olabilecek maksimum uzaklığı gösteren etki aralığı A değerleri tüm derinliklerde 1290 m ile 1420 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi bu derinlik için 0.0001-0.0014 olup düşük bulunmuştur. Bunun tersine sill 0.0483-0.0665 bulunmuştur. pH değerleri tüm derinliklerde güçlü uzaysal bağımlılık göstermektedir.

Çizelge 4.28. pH değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
pH	0-30	Küresel	1290	0.0001	0.0595	0.2	0.32
	30-60	Küresel	1420	0.0001	0.0483	0.2	0.73
	60-90	Küresel	1350	0.0014	0.0665	2.1	0.61

Çalışma alanı topraklarının pH değerlerinin değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları varyans analizi sonuçlarının nugget model olmasından dolayı oluşturulamamışlardır.

4.2.2.2.2. Elektriksel İletkenlik (EC)

Sulama döneminde toprakların EC değerleri tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Sulama döneminde bu parametrenin normal dağılıma yaklaşması beklenir. Bu nedenle, bütün derinliklerdeki veri setleri logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların EC değerleri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm 956 m, 30-60 cm derinlik için 925 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 955 m olarak belirlenmiştir.

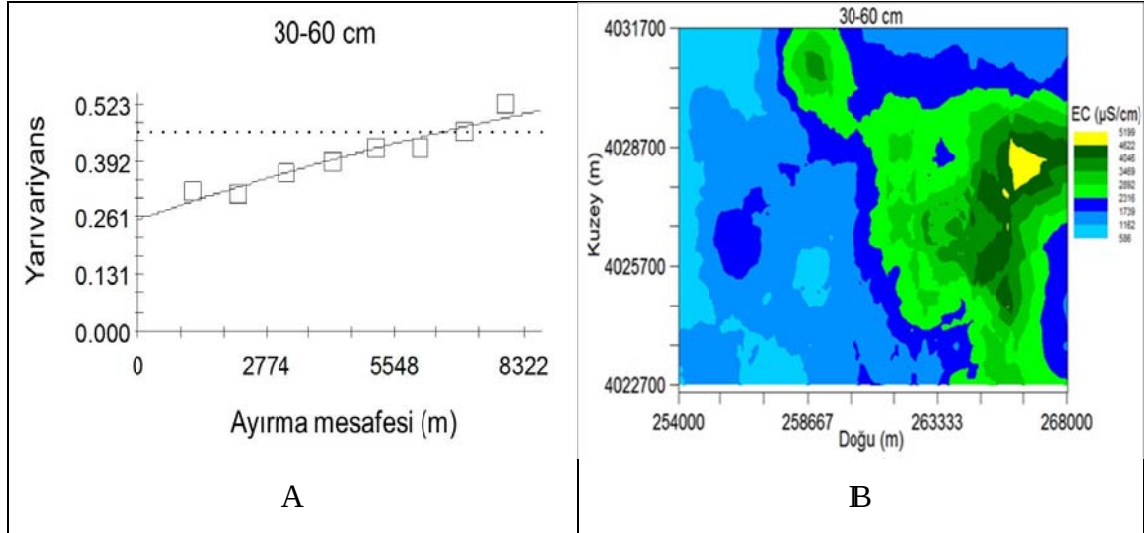
Toprakların EC değerlerine variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.29 ve Şekil 4.24’de verilmiştir. Bu dönemde toprakların EC değerleri için en uygun variogram modeli 0-30 ve 30-60 cm derinlikler için üssel, 60-90 cm derinlik için ise küresel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.29). İki nokta arasında ilişki olabilecek maksimum uzaklığı gösteren etki aralığı A değerleri tüm derinliklerde 800 m ile 15600 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi 0.001-0.256 arasında olup düşük bulunmuştur. Bunun tersine sill 0.375-0.844 aralığında bulunmuştur. Toprakların EC değerleri 0-30 ve 60-90 cm derinliklerde güçlü, 30-60 cm derinlikte ise orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.29. EC değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
EC (µS/cm)	0-30	Üssel	800	0.012	0.375	3.200	0.52
	30-60	Üssel	15600	0.256	0.844	30.332	0.93
	60-90	Küresel	1710	0.001	0.410	0.244	0.68

Çalışma alanı topraklarının EC değerlerinin değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.24’de verilmiştir. Dağılım haritalarına göre, toprakların 30-60 cm derinlikteki EC değerleri çalışma alanının güneydoğu kısmı dışında genel olarak

düşük değerler sahiptir. Sulama dönemi öncesine göre 30-60 cm derinlikte EC azalırken diğer derinliklerde değişmemiştir.



Şekil 4.24. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki EC değerine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki EC değeri dağılım haritası

4.2.2.2.3. Toplam Çözünebilir Katı (TDS)

Sulama döneminde toprakların TDS değerleri tüm derinliklerdeki normal dağılım göstermemiştir. TDS içeriği 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm çarpıklık katsayıları sırasıyla 1.89, 1.26 ve 1.94 olarak bulunmuş ve tüm derinliklerdeki veri setleri için logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların TDS içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 996 m, 30-60 cm derinlik için 971 m, 60-90 cm derinlik için ise 975 m olarak belirlenmiştir.

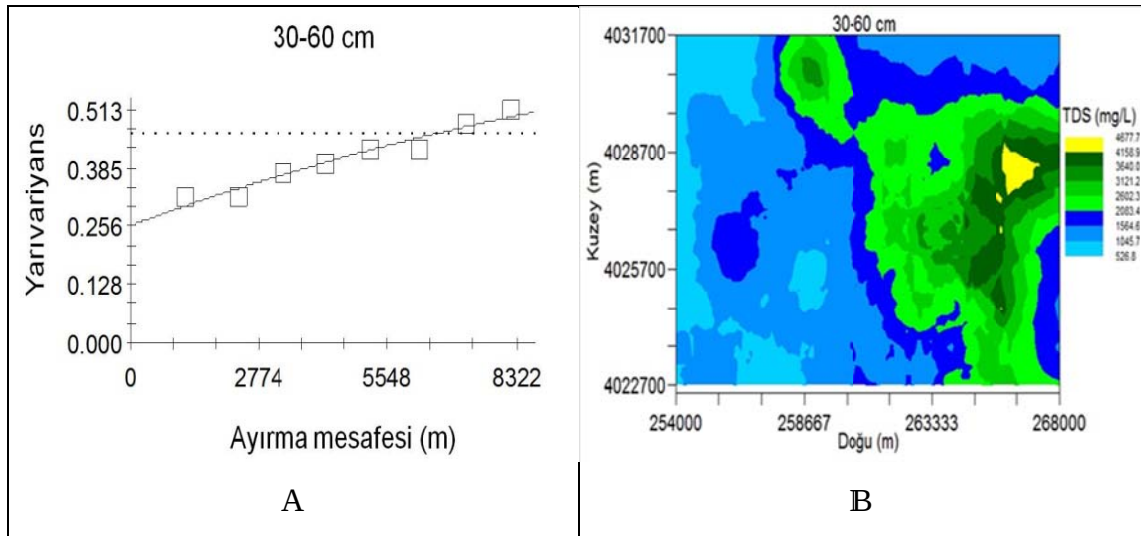
Topraklarının TDS değerlerine variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.30 ve Şekil 4.25’de verilmiştir. Toprakların TDS değerleri için en uygun variogram model 0-30 cm ve 60-90 cm derinlikler için küresel, 30-60 cm derinlikte ise üssel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.30). Etki mesafesi (A) değerleri tüm derinliklerde 1620 m ile 14320 m arasında değişmiştir. TDS içeriğinin

Nugget ve sill değerleri toprak yüzeyinden alt derinliklere doğru düzensiz dağılım göstermektedir. Toprakların TDS değerleri 30-60 cm derinlik için orta, 0-30 ve 60-90 cm derinlikler için ise kuvvetli derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.30. TDS değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r2
TDS (mg/L)	0-30	Küresel	1620	0.001	0.328	0.3	0.46
	30-60	Üssel	14320	0.257	0.806	31.9	0.95
	60-90	Küresel	1690	0.001	0.417	0.2	0.70

Çalışma alanı topraklarının sulama döneminde TDS değerlerinin değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.25’de sunulmuştur. Dağılım haritalarına göre, toprakların 30-60 cm derinlikte TDS değerleri çalışma alanının doğu ve güneydoğu kısımlarının büyük bir bölümünde yüksek değerlerde iken diğer kesimlerde düşüktür.



Şekil 4.25. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki TDS değerine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki TDS değeri dağılım haritası

4.2.2.2.4. Toplam Tuz

Sulama döneminde topraklarının toplam tuz içerikleri tüm toprak derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Toplam tuz içeriklerinin 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm çarpıklık katsayıları sırasıyla 2.33, 2.08 ve 2.38 olarak bulunmuş ve tüm derinliklerdeki veri setleri için logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların toplam tuz içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 1000 m, 30-60 cm derinlik için 1116 m, 60-90 cm derinlik için ise 1005 m olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanı topraklarının toplam tuz içeriklerine ait variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.31’da verilmiştir.

Toprakların toplam tuz içerikleri için en uygun variogram modeli 0-30 cm ve 60-90 cm derinlikler için küresel, 30-60 cm derinlikte ise üssel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.31). Etki aralığı (A) değerleri tüm derinliklerde 490 m ile 1610 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi bu derinlik için 0.001-0.018 olup düşük bulunmuştur. Bunun tersine sill profil boyunca derinlikle birlikte artmıştır. Toplam tuz içeriği tüm derinliklerde güçlü uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.31. Toplam tuz içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
Tuz (%)	0-30	Küresel	1610	0.001	0.350	0.3	0.42
	30-60	Üssel	490	0.018	0.488	3.7	0.30
	60-90	Küresel	1460	0.003	0.589	0.5	0.56

4.2.2.2.5. Değişebilir Katyonlar

4.2.2.2.5.1. Değişebilir Sodyum (Na)

Sulama döneminde çalışma alanı topraklarının değişebilir Na içerikleri her üç derinlikteki topraklarda da normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle, bütün

derinliklerdeki veri setleri logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların Na içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 967 m, 30-60 cm derinlik için 970 m, 60-90 cm derinlik için ise 1000 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların değişebilir Na içerikleri için en uygun variogram model; 0-30 cm derinlik için üssel, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde ise küresel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.32). Etki aralığı (A) değerleri tüm derinliklerde 880 m ile 10570 m arasında değişmiştir. En düşük nugget değeri 60-90 cm ve en yüksek sill değeri 30-60 cm derinliklerinde görülmektedir. Modellerin tüm çalışma alanında kapsayıcı olması için örnek çifti sayısı açısından daha fazla örnek alınması ve aykırı değerlerin belirlenmesine ihtiyaç vardır.

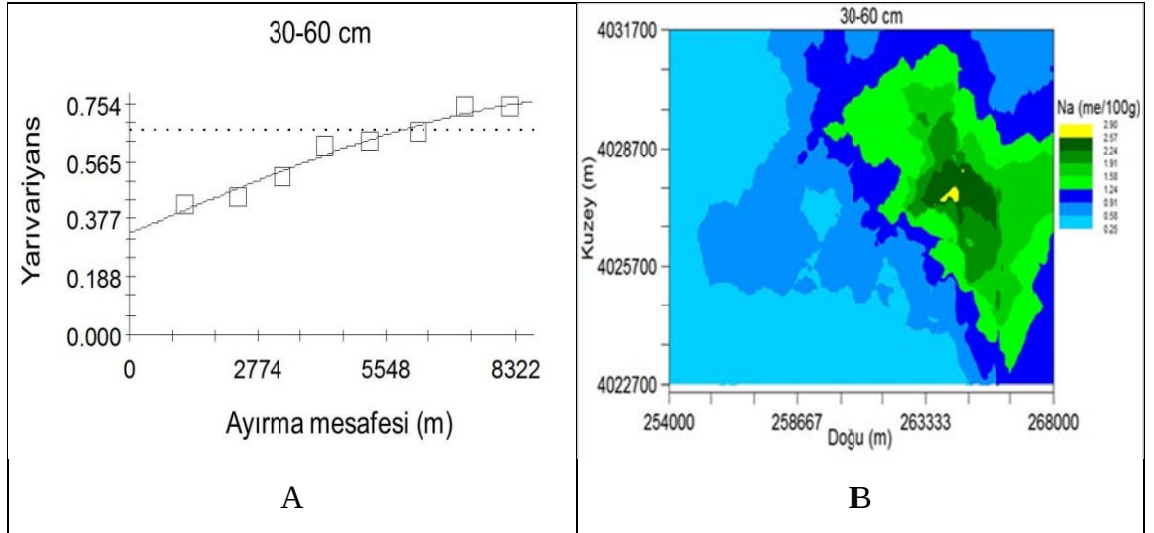
Çizelge 4.32. Değişebilir Na içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
Na (me/100g)	0-30	Üssel	880	0.030	0.482	6.2	0.51
	30-60	Küresel	10570	0.331	0.782	42.3	0.97
	60-90	Küresel	1900	0.001	0.645	0.2	0.62

Dağılım haritasına göre, toprakların 30-60 cm derinlikte ki değişebilir Na içeriği çalışma alanının doğu kısmında yüksek, geri kalan kesimlerde ise düşük değerlere sahiptir (Şekil 4.26).

4.2.2.2.5.2. Değişebilir Potasyum (K)

Çalışma alanı topraklarının 0-30 cm ve 30-60 cm derinliklerindeki değişebilir K değerlerine ait çarpıklık katsayıları sırasıyla 0.79 ve 1.11 olarak belirlenmiş ve veri setlerine karekök dönüşümü uygulanmıştır. Değişebilir K içeriğinin 60-90 cm derinlikteki çarpıklık katsayısı ise 1.97 olarak belirlenmiş ve veri setine logaritmik dönüşüm uygulanarak jeostatistik analize hazırlanmıştır.



Şekil 4.26. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki değişebilir Na içeriğine ait variogram, B-Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki değişebilir Na içeriği dağılım haritası

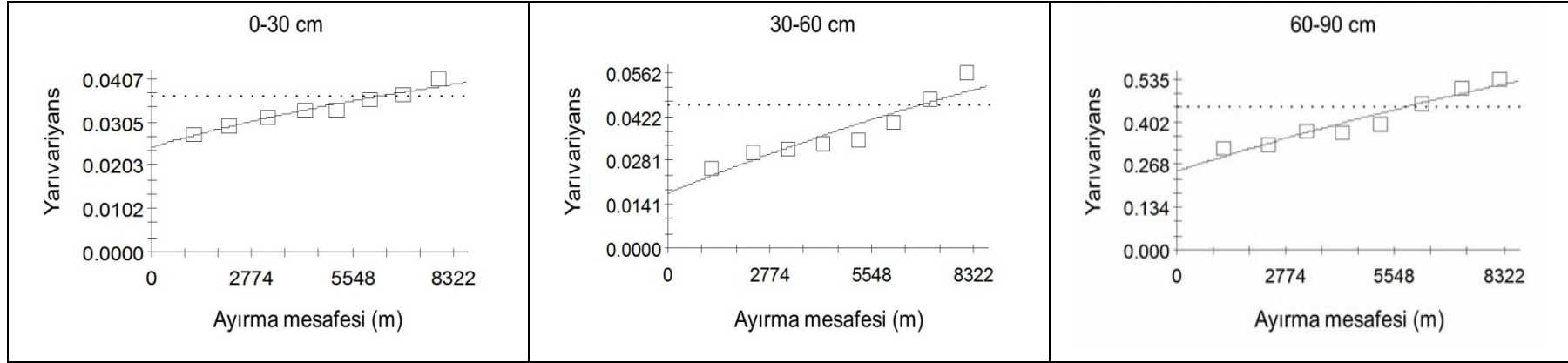
Toprakların değişebilir K içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 911 m, 30-60 cm derinlik için 955 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 960 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların değişebilir K içerikleri için en uygun variogram modelinin tüm derinlikler için üssel model olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.33). İki nokta arasında ilişki olabilecek maksimum uzaklığı gösteren etki aralığı A değerleri tüm derinliklerde 12150 m ile 21100 m arasında değişmiştir. Modelin Nugget ve sill değerleri yüzeyden derine inildikçe artış göstermiştir. Değişebilir K içeriği 0-30 cm derinlik için orta, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde ise güçlü uzaysal bağımlılık göstermiştir.

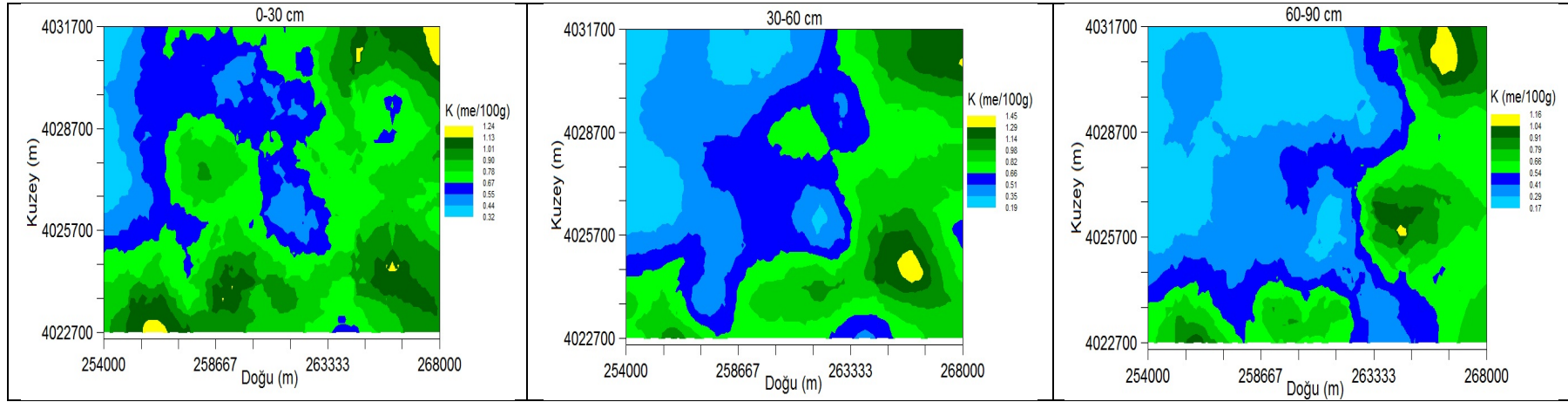
Çizelge 4.33. Değişebilir K içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
K (me/100g)	0-30	Üssel	12150	0.025	0.054	46.3	0.95
	30-60	Üssel	21100	0.018	0.119	15.1	0.87
	60-90	Üssel	21100	0.247	1.086	22.7	0.92

Çalışma alanı topraklarının sulama dönemindeki değişebilir K içeriğinin değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.28'de verilmiştir. Dağılım haritasına göre, toprakların her üç derinlikteki değişebilir K içeriği çalışma



Şekil 4.27. Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki değişebilir K içeriklerine ait variogramlar



Şekil 4.28. Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki değişebilir K içerikleri dağılım haritası

alanının özellikle kuzeybatı kısmında ki değerleri düşük, diğer geri kalan kesimlerinde ise yüksek değerlere sahiptir.

4.2.2.2.6. Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP)

Sulama döneminde toprakların ESP değerleri tüm derinliklerdeki topraklarda normal dağılım göstermemiştir. Toprakların ESP değerlerinin 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm çarpıklık katsayıları sırasıyla 2.34, 2.65 ile 1.69 olarak bulunmuş ve tüm derinliklerdeki veri setlerine logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

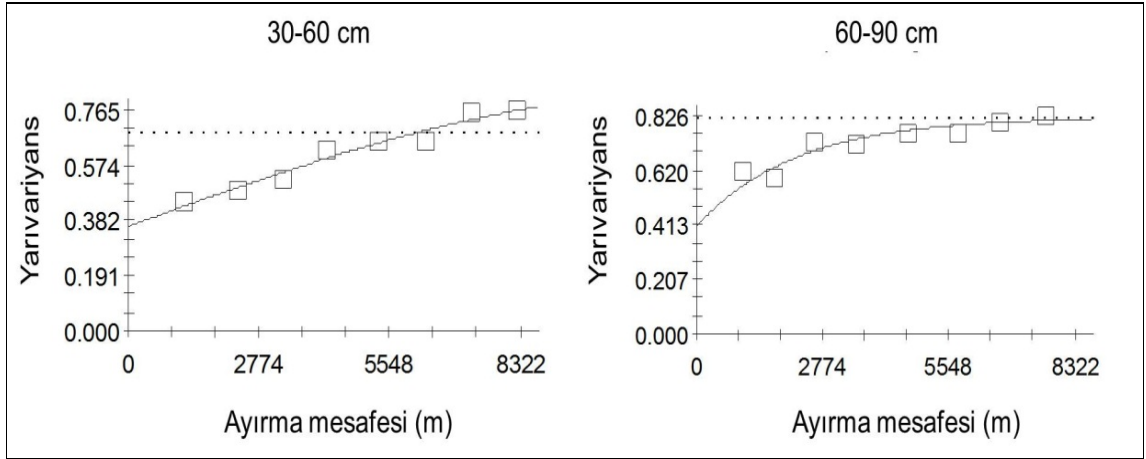
Toprakların ESP değerleri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm 919 m, 30-60 cm derinlik için 979 m, 60-90 cm derinlik içinse 1025 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların ESP değerleri için en uygun variogram modeli 0-30 cm ve 60-90 cm derinliklerde üssel, 30-60 cm derinlik ise küresel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.34). İki nokta arasında ilişki olabilecek maksimum uzaklığı gösteren etki aralığı A değerleri tüm derinliklerde 850 m ile 11650 m arasında değişmiştir. Modelde nugget ve sill değerleri toprak yüzeyinden profil boyunca derinlere doğru inildikçe düzenli bir artış göstermiştir. ESP değerleri 0-30 cm derinlikte güçlü, 30-60 ve 60-90 cm derinlikte ise orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir.

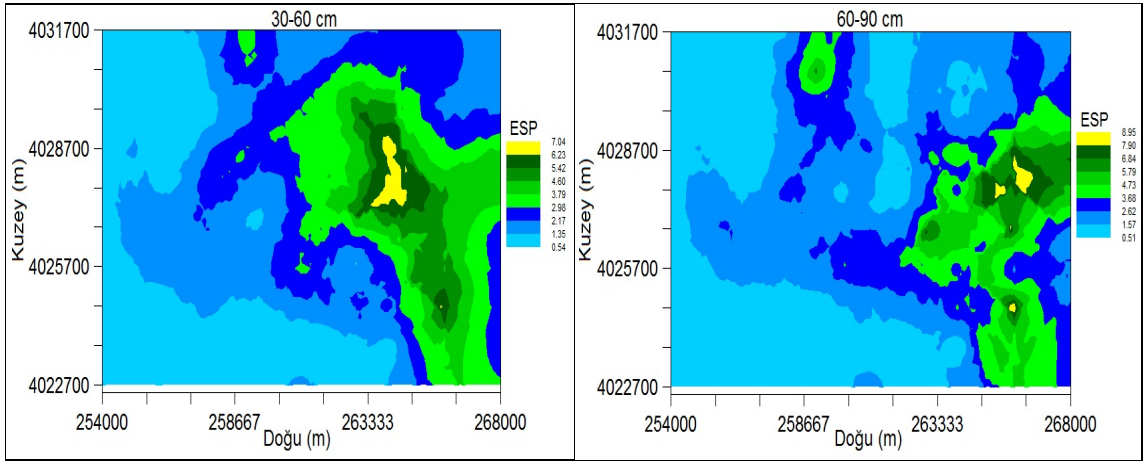
Çizelge 4.34. ESP değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
ESP	0-30	Üssel	850	0.053	0.522	10.2	0.48
	30-60	Küresel	11650	0.363	0.815	44.5	0.96
	60-90	Üssel	2180	0.409	0.819	49.9	0.87

Dağılım haritasına göre (Şekil 4.30), toprakların 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde ESP değerleri çalışma alanının doğu ve güneydoğu kısımlarında değerler yüksek, diğer kesimlerde düşüktür.



Şekil 4.29. Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki ESP değerine ait variogramlar



Şekil 4.30. Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki ESP değerlerinin dağılım haritası

4.2.2.2.7. Çözünebilir Katyonlar ve Toplam Katyon Konsantrasyonu (TKK)

4.2.2.2.7.1. Çözünebilir Sodyum (Na)

Sulama döneminde toprakların çözünebilir Na içerikleri tüm toprak derinliklerinde normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle, bütün derinliklerdeki veri setleri logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların çözünabilir Na içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 974 m, 30-60 cm derinlik için 960 m, 60-90 cm derinlik için ise 981 m olarak belirlenmiştir.

. Toprakların çözünabilir Na içerikleri için en uygun variogram modeli 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde üssel, 60-90 cm derinlikte ise küresel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.35). Etki aralığı (A) değerleri tüm derinliklerde 1880 m ile 17960 m arasında değişmiştir.

Nugget değeri toprak derinliği ile azalmakta olup sill değeri ise derinlikle birlikte düzensiz dağılım göstermektedir. Çözünabilir Na içeriği 30-60 ve 60-90 cm derinlikte güçlü, 0-30 cm derinlikte ise orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.35. Çözünabilir Na içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
Na (me/L)	0-30	Üssel	16630	0.544	1.877	29.0	0.95
	30-60	Üssel	17960	0.469	2.694	17.4	0.97
	60-90	Küresel	1880	0.001	0.922	0.1	0.60

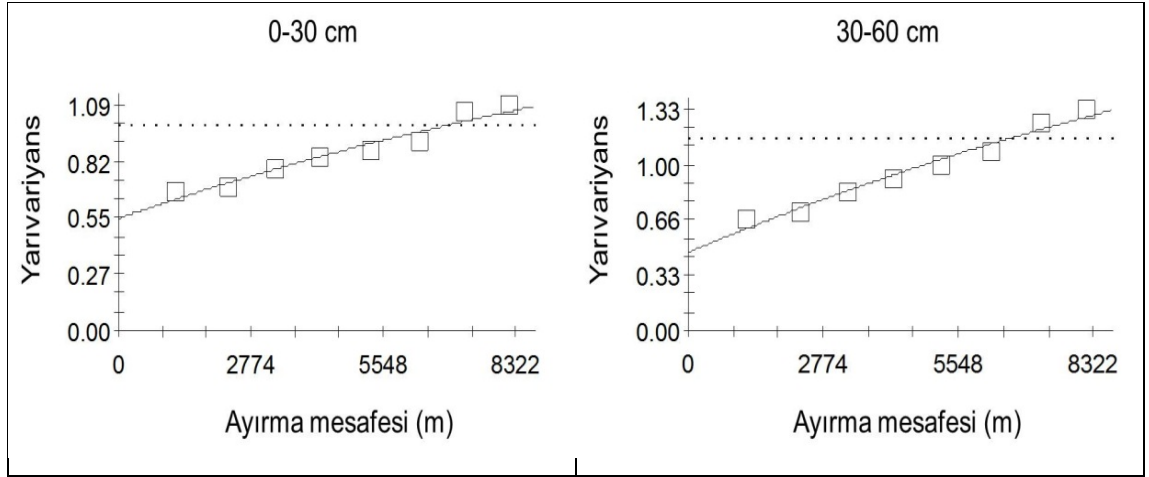
Dağılım haritasına göre (Şekil 4.32), toprakların 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde çözünabilir Na içerikleri çalışma alanının özellikle doğu ve güneydoğu kısımlarında yüksek, diğer kesimlerde düşüktür ve bu nedenle seçilen model çalışma alanının küçük bir kısmını tahmin etmektedir.

4.2.2.2.7.2. Çözünabilir Potasyum (K)

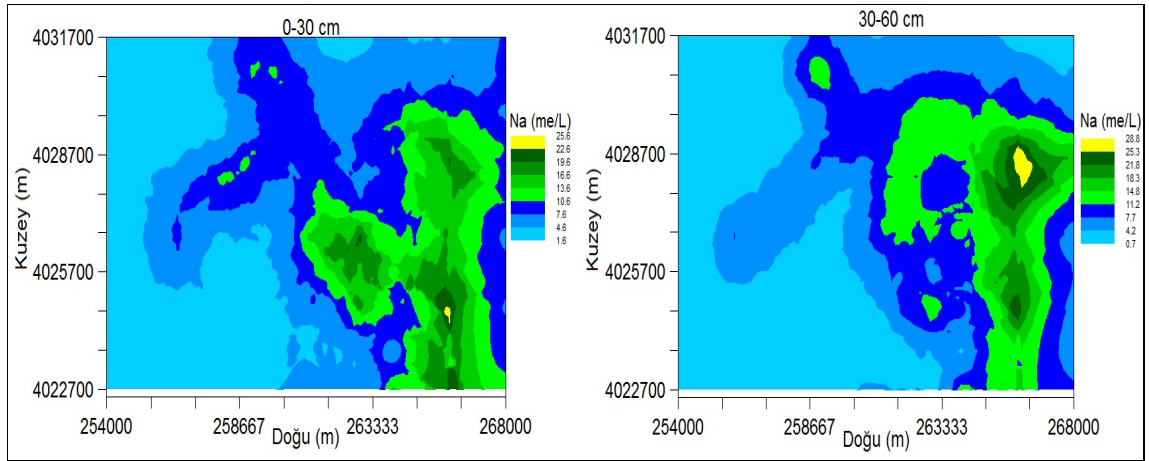
Sulama döneminde toprakların çözünabilir K içerikleri tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle, bütün derinliklerdeki veri setleri logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların çözünabilir K içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 981 m, 30-60 cm derinlik için 957 m, 60-90 cm derinlik için ise 916 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların çözünabilir K içerikleri için en uygun variogram modeli 0-30 cm derinliklerde küresel, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde ise üssel model olarak



Şekil 4.31. Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki çözünebilir Na içeriklerine ait variogramlar



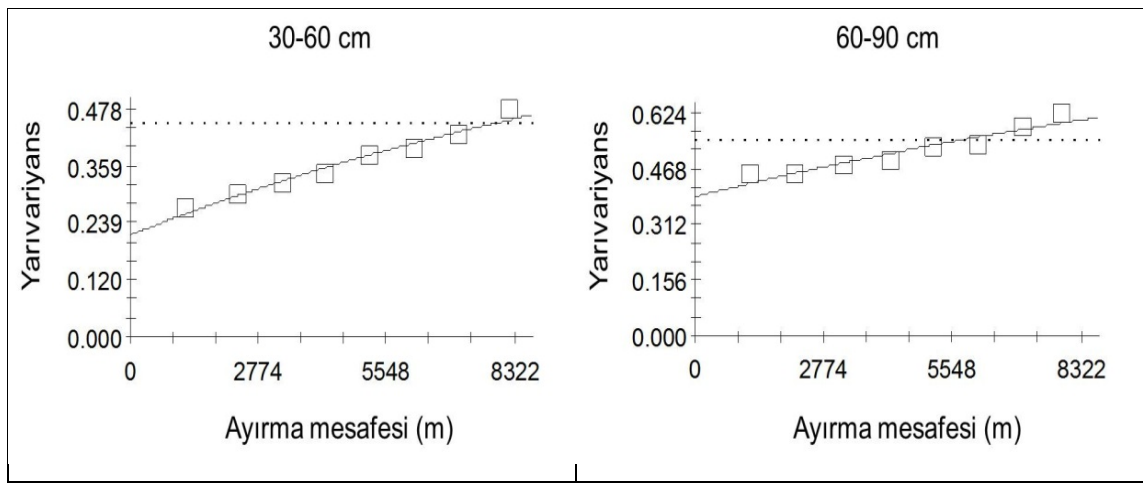
Şekil 4.32. Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki çözünebilir Na içerikleri dağılım haritası

belirlenmiştir (Çizelge 4.36). Etki aralığı (A) değerleri tüm derinliklerde 1700 m ile 17810 m arasında değişmiştir. Çözünebilir K içeriğinin bu modele göre nugget ve sill değerleri toprak yüzeyinden toprağın derinlerine doğru gidildikçe artış göstermektedir. Çözünebilir K içeriği 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde orta, 0-30 cm derinlikte ise çok güçlü uzaysal bağımlılık göstermektedir.

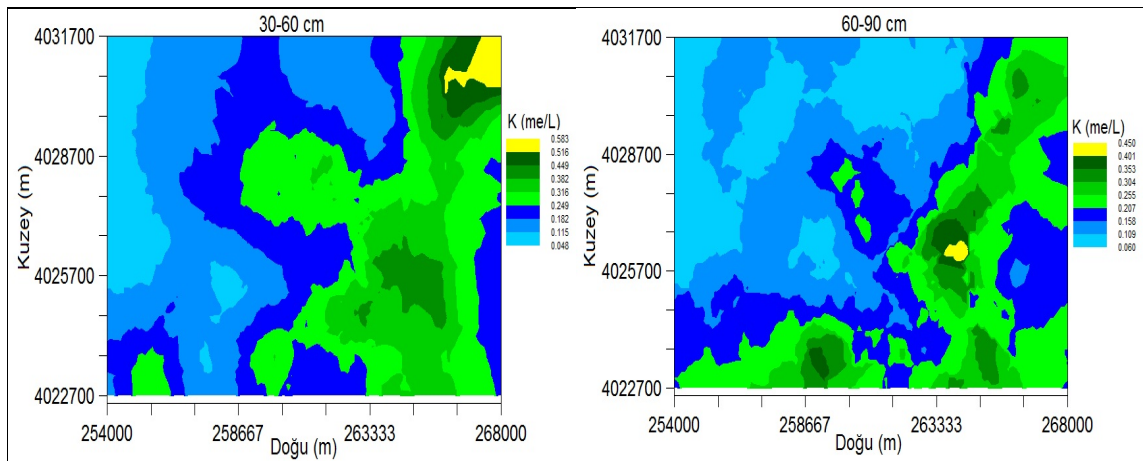
Çizelge 4.36. Çözünebilir K içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r2
K (me/L)	0-30	Küresel	1700	0.001	0.312	0.3	0.50
	30-60	Üssel	14750	0.214	0.779	27.5	0.97
	60-90	Üssel	17810	0.390	0.965	40.4	0.91

Dağılım haritasına göre (Şekil 4.34), toprakların 30-60 ve 60-90 cm derinlikte çözünebilir K içeriği çalışma alanının kuzeybatı kısmı dışında yüksek değerlerdedir.



Şekil 4.33. Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki çözünebilir K içeriklerine ait variogramlar



Şekil 4.34. Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki çözünebilir K içerikleri dağılım haritası

4.2.2.2.7.3. Çözünebilir Kalsiyum (Ca)

Sulama döneminde toprakların çözünebilir Ca içerikleri tüm toprak derinliklerinde normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle, bütün derinliklerdeki veri setleri logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların çözünebilir Ca içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 1042 m, 30-60 cm derinlik için 980 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 1008 m olarak belirlenmiştir.

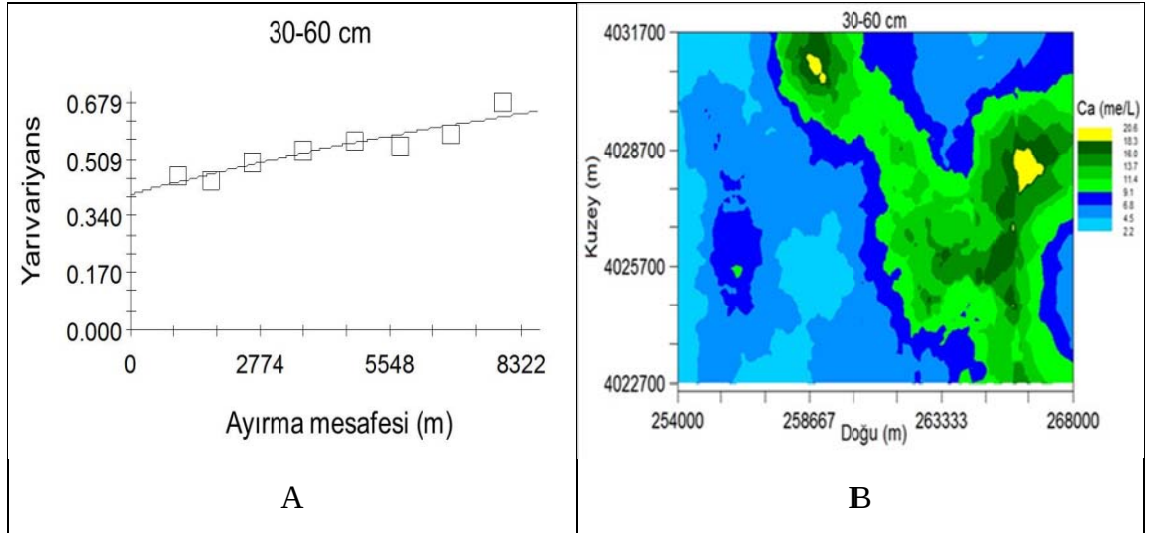
Toprakların çözünebilir Ca içerikleri için en uygun variogram modeli 0-30 ve 60-90 cm derinliklerde küresel, 0-30 cm derinlikte ise üssel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.37). İki nokta arasında ilişki olabilecek maksimum uzaklığı gösteren etki aralığı A değerleri tüm derinliklerde 1490 m ile 14710 m arasında değişmiştir.

Çözünebilir Ca içeriğinin Nugget ve sill değerleri toprak yüzeyinden alt derinliklere doğru düzensiz dağılım göstermektedir. Çözünebilir Ca içeriği 0-30 ve 60-90 cm derinliklerde (ama çalışma alanının bir kısmında) güçlü, 30-60 cm derinlikte ise orta derecede uzaysal bağımlılık göstermektedir.

Çizelge 4.37. Çözünebilir Ca içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
Ca (me/L)	0-30	Küresel	1580	0.001	0.533	0.2	0.80
	30-60	Üssel	14710	0.405	0.959	42.2	0.87
	60-90	Küresel	1490	0.020	0.649	3.1	0.56

Dağılım haritasına göre (Şekil 4.35), toprakların 30-60 cm derinlikte çözünebilir Ca içeriği kuzeybatı, batı ve güneybatı kısmı ıssında yüksek değerler sahiptir. Diğer derinliklerde nugget model belirlenmesi nedeniyle harita oluşturulamamıştır.



Şekil 4.35. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki çözünabilir Ca içeriğine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki çözünabilir Ca içeriği dağılım haritası

4.2.2.2.7.4. Çözünabilir Magnezyum (Mg)

Sulama döneminde çalışma alanı topraklarının çözünabilir Mg içerikleri tüm derinliklerinde normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle, bütün derinliklerdeki veri setleri logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların çözünabilir Mg içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 980 m, 30-60 cm derinlik için 1058 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 1044 m olarak belirlenmiştir.

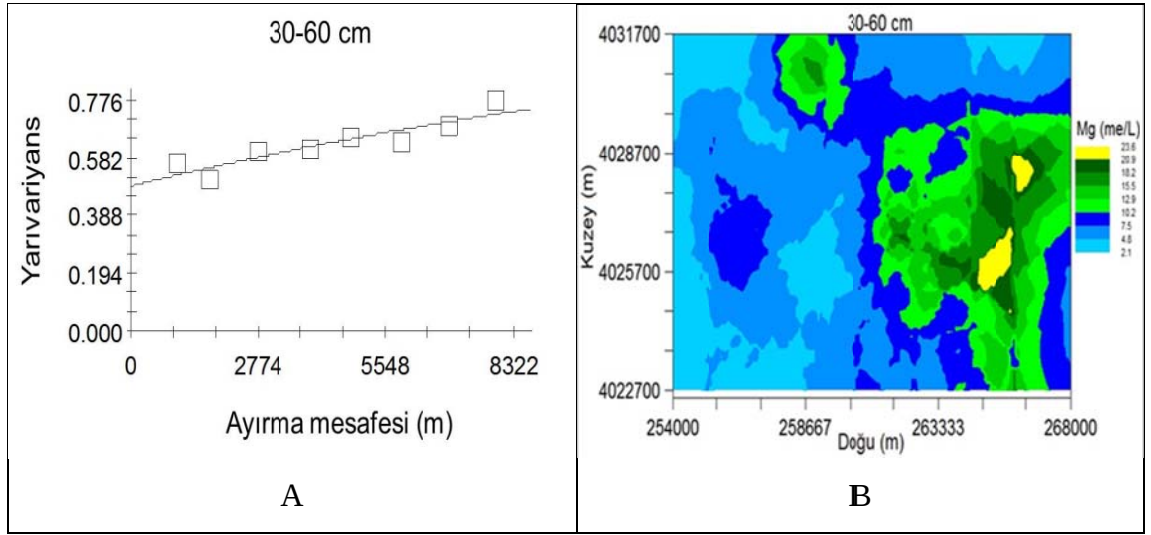
Toprakların çözünabilir Mg içerikleri için en uygun variogram model 0-30 cm ve 60-90 cm derinliklerde küresel, 30-60 cm derinlik için ise üssel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.38).

İki nokta arasında ilişki olabilecek maksimum uzaklığı gösteren etki aralığı A değerleri tüm derinliklerde 1470 m ile 17980 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi 0.001-0.488 arasında değişirken sill profil boyunca yüzeyden derine inildikçe düzensiz dağılım göstermektedir. Çözünabilir Mg içeriği 0-30 ve 60-90 cm derinlik boyunca güçlü, 30-60 cm derinlikte ise orta derecede uzaysal bağımlılık göstermektedir.

Çizelge 4.38. Çözünebilir Mg içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r2
Mg (me/L)	0-30	Küresel	1680	0.001	0.570	0.2	0.59
	30-60	Üssel	17980	0.488	1.164	41.9	0.82
	60-90	Küresel	1470	0.010	0.784	1.3	0.58

Dağılım haritasına göre (Şekil 4.36), toprakların 30-60 cm derinlikte çözünebilir Mg içeriği özellikle çalışma alanının doğu ve güneydoğu kısmında ki değerler yüksek, diğer kesimlerde düşüktür.



Şekil 4.36. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki çözünebilir Mg içeriğine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki çözünebilir Mg içeriği dağılım haritası

4.2.2.2.7.5. Toplam Katyon Konsantrasyonu (TKK)

Sulama döneminde toprakların TKK değerleri tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Toprakların TKK değerlerinin 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm çarpıklık katsayıları sırasıyla 2.20, 1.91 ile 1.98 olarak bulunmuş ve tüm derinliklerdeki veri setleri için logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların TKK değerleri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm 982 m, 30-60 cm derinlik için 940 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 955 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların TKK değerleri için en uygun variogram modeli 0-30 ve 60-90 cm derinliklerde küresel, 30-60 cm derinlikte ise üssel model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.39). etki aralığı (A) değerleri tüm derinliklerde 1730 m ile 16290 m arasında değişmiştir. En düşük nugget değerini 0-30 ile 60-90 cm ve en yüksek sill değerini 30-60 cm derinlikte görmek mümkündür. Toprakların sulama dönemindeki TKK değerleri 0-30 ve 60-90 cm derinlikte (çalışma alanının bir kısmında) güçlü, 30-60 cm derinlikte ise orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.39. TKK değerlerine ait variogram parametreleri

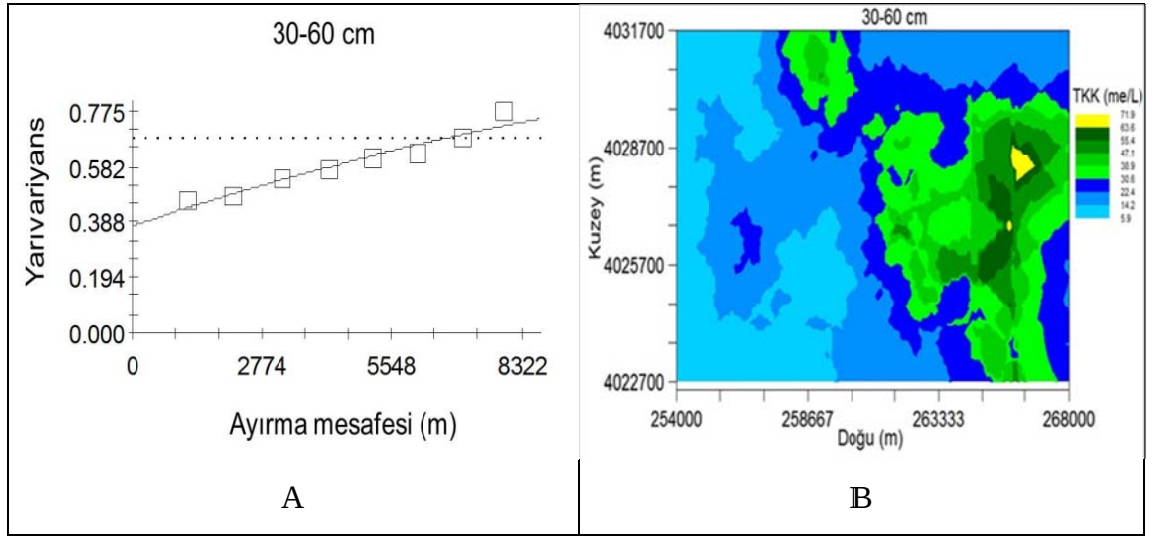
Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
TKK (me/L)	0-30	Küresel	1750	0.001	0.503	0.2	0.53
	30-60	Üssel	16290	0.374	1.282	29.2	0.94
	60-90	Küresel	1730	0.001	0.655	0.2	0.59

Dağılım haritasına göre (Şekil 4.37), toprakların 30-60 cm derinlikte TKK değerleri özellikle çalışma alanının doğu ve güneydoğu kısmında ki değerler yüksek, diğer kesimlerde düşüktür.

4.2.2.2.8. Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)

Sulama döneminde topraklarının SAR değerleri tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Toprakların 0-30 cm derinlikteki çarpıklık değeri 1.04'den karekök dönüşümü yapılarak 0.27'e, 30-60 cm derinlikteki çarpıklık değeri 1.61'den logaritmik dönüşüm yapılarak -0.03'e, 60-90 cm derinlikteki çarpıklık değeri ise 1.34'dan karekök dönüşümü yapılarak 0.04'e dönüştürülmüştür.

Toprakların SAR değerleri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm 978 m, 30-60 cm derinlik için 884 m ve 60-90 cm derinlik için ise 1040 m olarak belirlenmiştir.



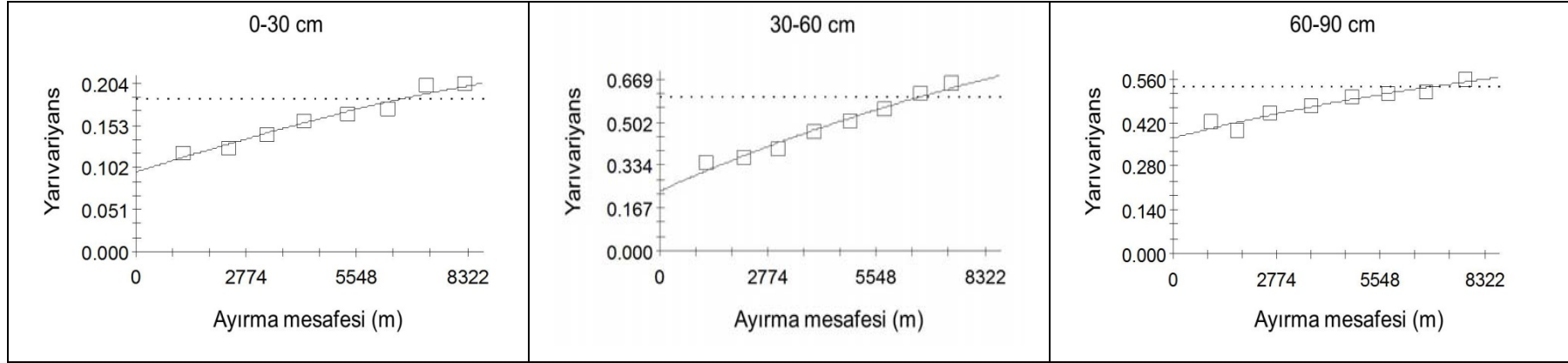
Şekil 4.37. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki TKK değerine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki TKK değeri dağılım haritası

Toprakların SAR değerleri için variogram modeli 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde üssel, 0-30 cm derinlikte ise küresel model olarak bulunmuştur (Çizelge 4.40). Etki aralığı A değerleri tüm derinliklerde 11730 m ile 14470 m arasında değişmiştir. Bu modeller göre, nugget değeri çalışma alanındaki topraklarda yüzeyden derine doğru inildikçe artış gösterir iken sill değeri ise profil boyunca düzensiz dağılım göstermektedir. Toprakların SAR değeri 30-60 cm derinlikte güçlü, 0-30 ve 60-90 cm derinlikte ise orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir.

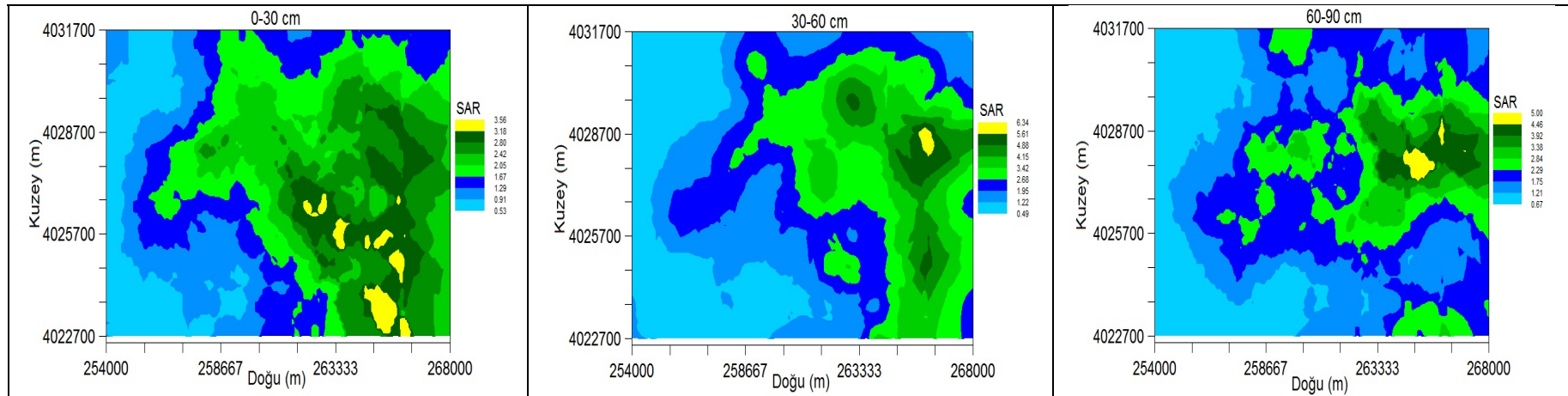
Çizelge 4.40. SAR değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r2
SAR	0-30	Küresel	12690	0.097	0.220	44.1	0.96
	30-60	Üssel	14470	0.234	1.228	19.1	0.98
	60-90	Üssel	11730	0.371	0.743	49.9	0.93

Dağılım haritasına göre (Şekil 4.39), toprakları her üç derinlikteki SAR değerleri çalışma alanının kuzeybatı, batı ve güney batı kısımlarındaki değerleri dışında yüksek değerlere sahiptir.



Şekil 4.38. Çalışma alanındaki toprakların sulama (Ağustos 2010) dönemindeki SAR değerlerine ait variogramlar



Şekil 4.39. Çalışma alanı topraklarının sulama (Ağustos 2010) dönemindeki SAR değerleri dağılım haritası

4.2.2.3. Sulama Sonrası Dönemi (Kasım 2010)

4.2.2.3.1. pH

Sulama sonrası dönemde çalışma alanı topraklarının 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinliklerindeki pH değerlerine ait çarpıklık katsayıları sırasıyla -0.45, -0.02 ve -0.05'dir. Bu değerlere göre pH her üç derinlikteki topraklarda da normal dağılım göstermiştir. Bu nedenle, verilere jeoistatistiksel değerlendirmeden önce herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır.

Toprakların pH değeri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 1055 m, 30-60 cm derinlik için 1152 m, 60-90 cm derinlik için ise 980 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların pH değerleri için en uygun variogram modelinin tüm derinlikler için küresel model olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.41). İki nokta arasında ilişki olabilecek maksimum uzaklığı gösteren etki aralığı A değerleri tüm derinliklerde 1270 m ile 1510 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi bu derinlik için 0.001-0.003 değerleri arasında olup ölçüm hatalarının ve örnekler arasındaki örnekleme mesafeden daha kısa mesafede olan örnek noktalarından kaynaklanan varyans düşük bulunmuştur. Bununla birlikte sill değerleri profil boyunca derinlikle azalmaktadır. pH değerleri bu dönemde tüm derinliklerde güçlü uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.41. pH değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
pH	0-30	Küresel	1330	0.003	0.058	5.2	0.37
	30-60	Küresel	1270	0.002	0.051	3.9	0.55
	60-90	Küresel	1510	0.001	0.046	2.2	0.40

Çalışma alanı topraklarının pH içeriğindeki değişim genelde variogram analizleri nugget model olarak görüldüğünden dağılım haritaları oluşturulamamıştır.

4.2.2.3.2. Elektriksel İletkenlik (EC)

Sulama sonrası dönemde çalışma alanı topraklarının EC değerleri tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle, bütün derinliklerdeki veri setleri logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların bu dönemdeki EC değerleri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 1012 m, 30-60 cm derinlik için 1015 m, 60-90 cm derinlik için ise 876 m olarak belirlenmiştir.

Sulama sonrası dönemde topraklarının EC değerlerine ait variogram analiz sonucunda elde edilen modeller ve parametreleri Çizelge 4.41 ve Şekil 4.71’de verilmiştir. Toprakların EC değerleri için en uygun variogram model 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde küresel, 60-90 cm derinlik için ise üssel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.42). İki nokta arasında ilişki olabilecek maksimum uzaklığı gösteren etki aralığı A değerleri tüm derinliklerde 1000 m ile 1430 m arasında değişmiştir.

Nugget etkisi 0.001-0.025 arasında olup ölçüm hatalarının ve örnekler arasındaki örnekleme mesafeden daha kısa mesafede olan örnek noktalarından kaynaklanan varyans düşük bulunmuştur. Bunun tersine sill 0.348-0.423 değerleri arasında bulunmuştur. EC değeri tüm derinlikler için güçlü uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.42. EC değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
EC (µS/cm)	0-30	Küresel	1410	0.001	0.362	0.3	0.52
	30-60	Küresel	1430	0.001	0.348	0.3	0.75
	60-90	Üssel	1000	0.025	0.423	5.9	0.49

Çalışma alanı topraklarının EC değerleri genelde variogram analizleri nugget model olarak görüldüğünden dağılım haritaları oluşturulamamıştır. Toprak EC si sulama öncesi, sırası ve sonrasında hep normal olmayan bir dağılım göstermiştir. Sulama sırasında ve sonrasında modelin etkili mesafe değerleri (A) değişerek 3 km den 1400 m ye düşmüştür. Ancak nugget hiç değişmezken ve sill hemen hemen aynı kalma eğilimindedir.

4.2.2.3.3. Toplam Çözünabilir Katı (TDS)

Sulama sonrası dönemde çalışma alanı topraklarının TDS değerleri tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Toprakların TDS değerleri 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm çarpıklık katsayıları sırasıyla 2.31, 2.49 ve 2.08 olarak bulunmuş ve tüm derinliklerdeki veri setleri için logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların TDS değerleri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 1042 m, 30-60 cm derinlik için 1205 m, 60-90 cm derinlik için ise 1011 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların TDS değerleri için en uygun variogram modelin tüm derinlikler için küresel model olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.43). İki nokta arasında ilişki olabilecek maksimum uzaklığı gösteren etki aralığı A değerleri tüm derinliklerde 1380 m ile 1580 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi tüm derinlikler için 0.001 değerlerinde olup ölçüm hatalarının ve örnekler arasındaki örnekleme mesafeden daha kısa mesafede olan örnek noktalarından kaynaklanan varyans düşük bulunmuştur. Buna karşın sill değerleri derinlikle birlikte düzenli bir şekilde artmıştır. Buna rağmen modeller 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde arazinin bir kısmını tahmin etme yeteneğindeyken, 60-90 cm derinlikte arazi sınırlarını aşarak daha geniş bir alanı tahmin etmiştir.

Çizelge 4.43. TDS değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
TDS (mg/L)	0-30	Küresel	1420	0.001	0.363	0.3	0.53
	30-60	Küresel	1380	0.001	0.403	0.3	0.39
	60-90	Küresel	1580	0.001	0.404	0.3	0.37

Çalışma alanı topraklarının TDS değerlerindeki değişim genelde variogram analizleri nugget model olarak görüldüğünden dağılım haritaları oluşturulamamıştır.

4.2.2.3.4. Toplam Tuz

Sulama sonrası dönemde toprakların tuz içerikleri tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Toplam tuz içeriklerinin 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm çarpıklık katsayıları sırasıyla 2.20, 2.48 ve 2.07 olarak bulunmuş ve tüm derinliklerdeki veri setleri için logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların toplam tuz içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 1010 m, 30-60 cm derinlik için 1000 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 984 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların toplam tuz içerikleri için en uygun variogram modelinin tüm derinliklerde küresel model olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.44). Etki aralığı A değerleri tüm derinliklerde 1470 m ile 1880 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi tüm derinlik için 0.001 değerine sahip olup ölçüm hatalarının ve örnekler arasındaki örnekleme mesafeden daha kısa mesafede olan örnek noktalarından kaynaklanan varyans düşük bulunmuştur. Bunun tersine sill profil boyunca derinlikle birlikte düzensiz bir dağılım göstermiştir. Toplam tuz içeriği tüm derinlikte güçlü uzaysal bağımlılık göstermiştir. Sulama sonrası toplam tuz teorik olarak sulama sonrası TDS variogramının aynısıdır ve modeller orta kuvvette bir bağımlılığı ifade etmektedirler. Bu nedenle de arazinin tamamını tahmin etme yeteneğinde değillerdir.

Çizelge 4.44. Toplam tuz içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
Tuz (%)	0-30	Küresel	1470	0.001	0.391	0.3	0.64
	30-60	Küresel	1760	0.001	0.383	0.3	0.54
	60-90	Küresel	1880	0.001	0.480	0.2	0.60

Çalışma alanı topraklarının toplam tuz içeriğindeki değişim genelde variogram analizleri nugget model olarak görüldüğünden dağılım haritaları oluşturulamamıştır.

4.2.2.3.5. Değişebilir Katyonlar

4.2.2.3.5.1. Değişebilir Sodyum (Na)

Sulama sonrası dönemde çalışma alanı topraklarının değişebilir Na içeriği, her üç derinlikteki veri setlerinde de normal dağılım göstermemiştir. Çarpıklık katsayıları sırasıyla, 0-30 cm derinlikte 3.34, 30-60 cm derinlikte 1.74 ve 60-90 cm derinlikte ise 2.71 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayılarının yüksek olması nedeniyle, her üç derinlikteki veri setlerine de logaritmik dönüşüm uygulanarak jeostatistik analize hazırlanmıştır.

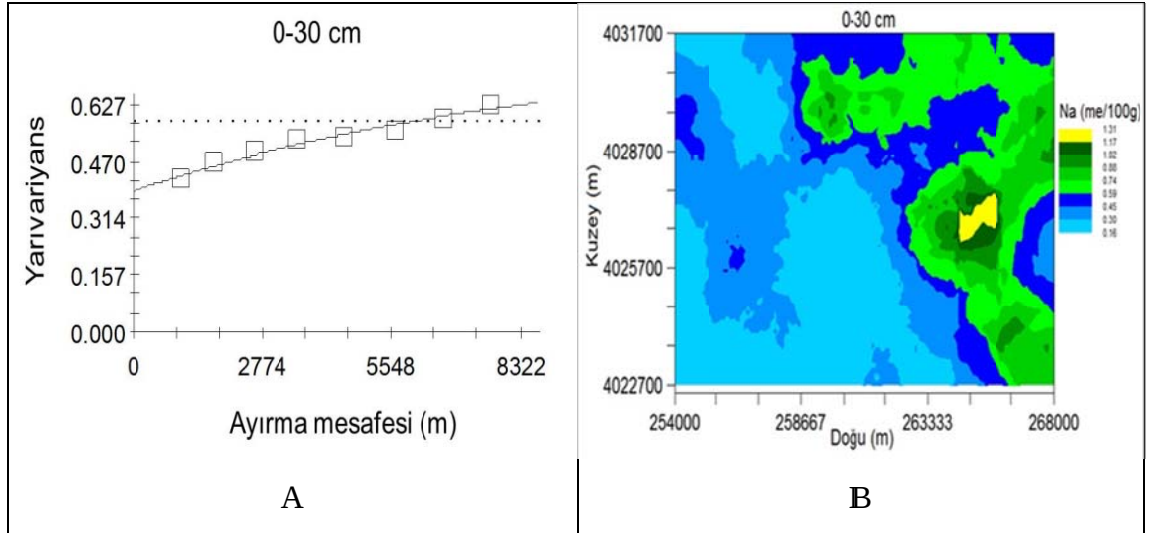
Toprakların değişebilir Na içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 1015 m, 30-60 cm derinlik için 1005 m, 60-90 cm derinlik için ise 1000 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların değişebilir Na içerikleri için en uygun variogram modeli 0-30 cm derinlik için üssel, 30-60 ve 60-90 cm derinlikler için ise küresel olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.45). Etki aralığı A değerleri tüm derinliklerde 2030 m ile 8840 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi 0.001-0.389 değerleri arasında olup düşük bulunmuştur. Sill değerleri ise derinlikle birlikte düşmektedir. Değişebilir Na içeriği içeriği model parametreleri sulama öncesi, sırası ve sonrasında çok karmaşık bir biçimde toprak profilinde değişmektedirler. Ancak etki mesafeleri sulama öncesi duruma göre sulama sonrasında 8800 m ye ulaşmıştır. Bu durum nugget değerlerin yükselmesinden de kaynaklanabilir.

Çizelge 4.45. Değişebilir Na içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
Na (me/100g)	0-30	Üssel	8840	0.389	0.779	49.9	0.97
	30-60	Küresel	4060	0.266	0.532	50.0	0.81
	60-90	Küresel	2030	0.001	0.460	0.2	0.69

Dağılım haritasına göre (Şekil 4.40), toprakların 0-30 cm derinlikteki değişebilir Na içeriği çalışma alanının kuzey doğu, doğu ve güneydoğu kısmındaki değerleri yüksek, diğer kesimlerde ise düşüktür.



Şekil 4.40. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki değişebilir Na içeriklerine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki değişebilir Na içerikleri dağılım haritası

4.2.2.3.5.2. Değişebilir Potasyum (K)

Sulama sonrası dönemde çalışma alanı topraklarının değişebilir K içeriği, her üç derinlikteki veri setlerinde normal dağılım göstermemiştir. Çarpıklık katsayıları sırasıyla, 0-30 cm derinlikte 1.50, 30-60 cm derinlikte 1.99 ve 60-90 cm derinlikte ise 2.00 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayılarının yüksek olması nedeniyle, her üç derinlikteki veri setlerine de logaritmik dönüşüm uygulanarak jeostatistik analize hazırlanmıştır.

Toprakların değişebilir K içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri eşit şekilde 0-30 cm için 1020 m, 30-60 cm derinlik için 1005 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 959 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların değişebilir K içerikleri için en uygun variogram modelinin tüm derinlikler için üssel model olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.46). İki nokta arasında ilişki olabilecek maksimum uzaklığı gösteren etki aralığı (A) değerleri tüm derinliklerde 10460 m ile 21100 m arasında değişmiştir.

Modelin nugget değerleri profil boyunca düzensiz bir dağılım gösterir iken sill değerleri yüzeyden derine inildikçe artış göstermiştir. Değişebilir K içeriği tüm derinlikler için orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.46. Değişebilir K içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
K (me/100g)	0-30	Üssel	10460	0.141	0.297	47.5	0.85
	30-60	Üssel	17310	0.180	0.426	42.3	0.80
	60-90	Üssel	21100	0.179	0.597	30.0	0.85

Dağılım haritasına göre (Şekil 4.42), toprakların her üç derinlikte ki değişebilir K içeriği çalışma alanının kuzeydoğu kısmı dışında kalan diğer kesimlerinde yüksek değerlere sahiptir.

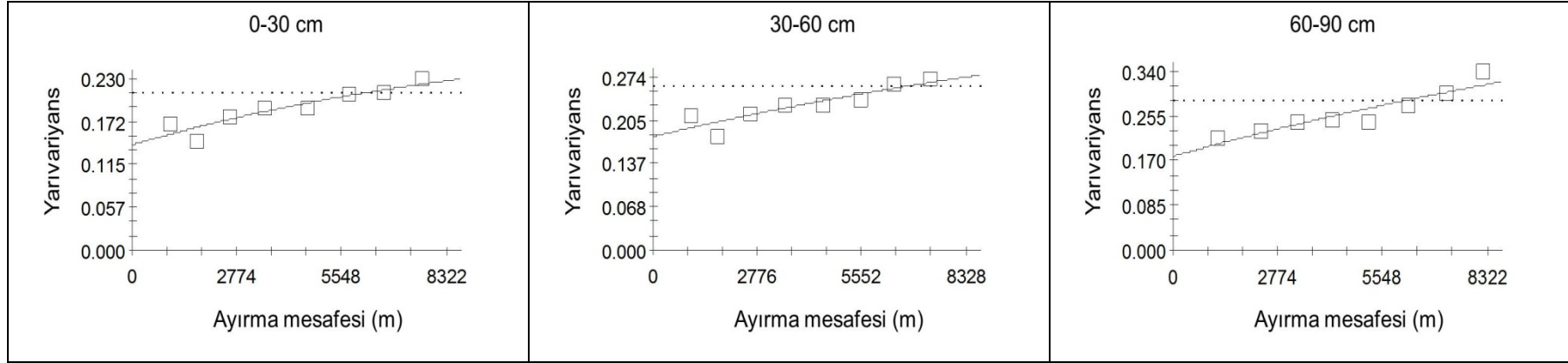
4.2.2.3.6. Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP)

Sulama sonrası dönemde topraklarının ESP değerleri tüm toprak derinliklerinde normal dağılım göstermemiştir. ESP değerlerinin 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm çarpıklık katsayıları sırasıyla 3.14, 2.04 ile 3.48 olarak bulunmuş ve tüm derinliklerdeki veri setleri için logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

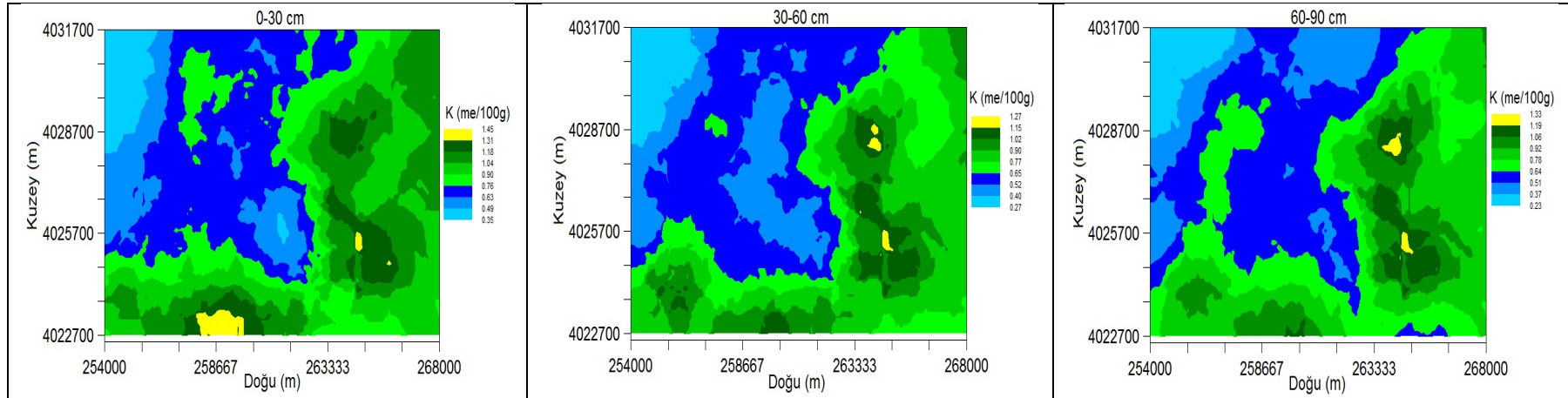
Toprakların ESP değerleri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm 1012 m, 30-60 cm derinlik için 960 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 890 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların ESP değerleri için en uygun variogram model 0-30 cm ve 60-90 cm derinlikler için küresel, 30-60 cm derinlik ise üssel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.47).

Toprakların ESP değerlerinin etki aralığı değeri (A) 0-30 cm için 1610 m, 30-60 cm için 12350 m ve 60-90 cm için ise 1870 m olarak belirlenmiştir. Modelde en düşük nugget değeri 0-30 ile 60-90 cm ve en yüksek sill değeri ise 30-60 cm derinlikte görülmektedir. ESP içeriği 0-30 ve 60-90 cm derinlikte (arazinin bir kısmında) güçlü, 30-60 cm derinlikte ise orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir.



Şekil 4.41. Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki değişebilir K içeriklerine ait variogramlar

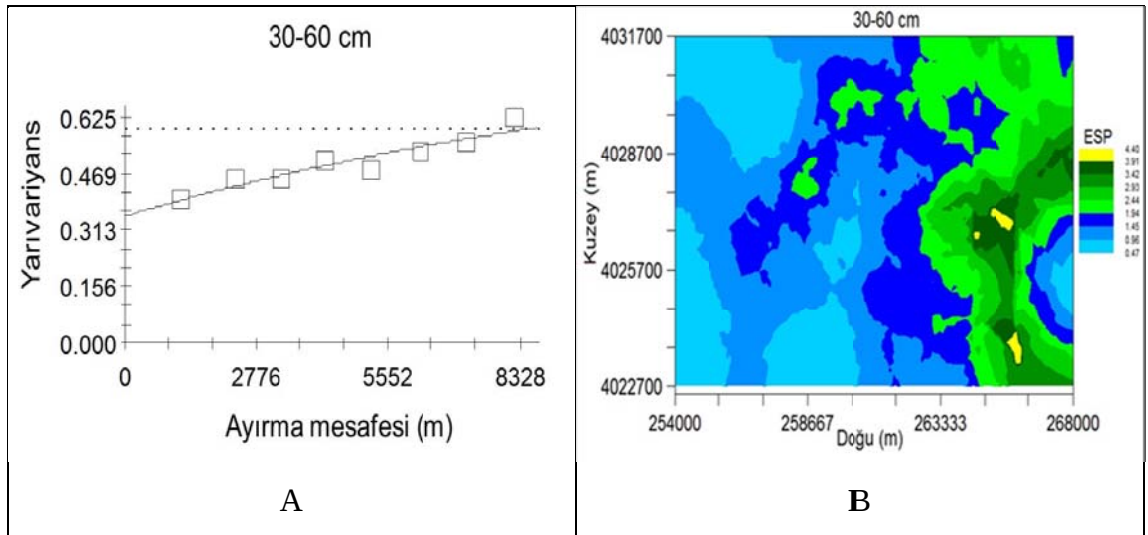


Şekil 4.42. Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki değişebilir K içerikleri dağılım haritası

Çizelge 4.47. ESP değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r2
ESP	0-30	Küresel	1610	0.001	0.491	0.2	0.50
	30-60	Üssel	12350	0.351	0.838	41.9	0.88
	60-90	Küresel	1870	0.001	0.556	0.2	0.49

Çalışma alanı topraklarının ESP değerleri değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.43'de incelenmiştir. Dağılım haritasına göre, toprakların 30-60 cm derinlikte ESP içeriği çalışma alanının kuzeybatı, güneybatı ve güney kısımları dışında yüksek değerlere sahiptir.



Şekil 4.43. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki ESP değerine ait variogram, B-. Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki ESP değeri dağılım haritası

4.2.2.3.7. Çözünebilir Katyonlar ve Toplam Katyon Konsantrasyonu (TKK)

4.2.2.3.7.1. Çözünebilir Sodyum (Na)

Sulama sonrası dönemde çalışma alanı topraklarının çözünebilir Na içeriği, her üç derinlikteki veri setlerinde de normal dağılım göstermemiştir. Çarpıklık katsayıları sırasıyla, 0-30 cm derinlikte 1.87, 30-60 cm derinlikte 2.36 ve 60-90 cm derinlikte ise

2.20 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayılarının yüksek olması nedeniyle, her üç derinlikteki veri setlerine de logaritmik dönüşüm uygulanarak jeoistatistik analize hazırlanmıştır.

Toprakların çözünabilir Na içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 1005 m, 30-60 cm derinlik için 1005 m, 60-90 cm derinlik için ise 961 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların çözünabilir Na içerikleri için en uygun variogram modeli 30-60 ve 60-90 cm derinlikleri için üssel, 0-30 cm derinlik için ise küresel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.48). Etki aralığı (A) değerleri tüm derinliklerde 1710 m ile 14070 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi ve sill değerleri toprak yüzeyinden derinlikle birlikte profil boyunca artış göstermektedir. Çözünabilir Na içeriği tüm derinliklerde orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir.

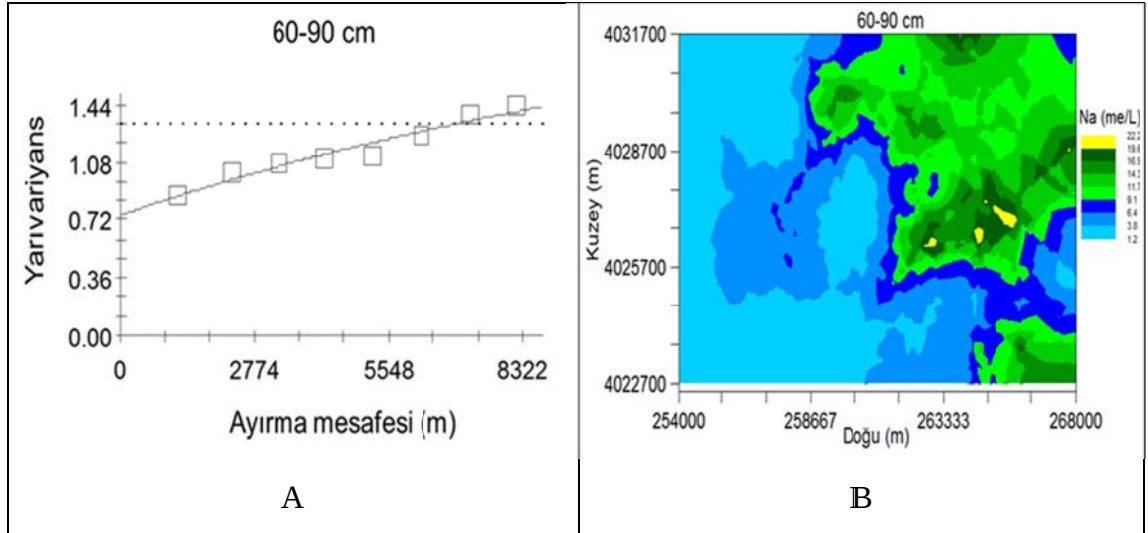
Çizelge 4.48. Çözünabilir Na içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
Na (me/L)	0-30	Küresel	2300	0.278	1.032	26.9	0.74
	30-60	Üssel	1710	0.520	1.168	44.5	0.88
	60-90	Üssel	14070	0.748	2.224	33.6	0.95

Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası dönemde çözünabilir Na içeriği değişimini görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.44'de verilmiştir. Dağılım haritasına göre, toprakların 60-90 cm derinlikteki çözünabilir Na içeriği çalışma alanı kuzeybatı, batı ve güneybatı kısımları dışındaki alanlarda yüksek değerlere sahiptir.

4.2.2.3.7.2. Çözünabilir Potasyum (K)

Sulama sonrası dönemde topraklarının çözünabilir K içerikleri tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle, bütün derinliklerdeki veri setleri logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeoistatistiksel analizlerde kullanılmıştır.



Şekil 4.44. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki çözünabilir Na içeriğine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki çözünabilir Na içeriği dağılım haritası

Toprakların çözünabilir K içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 960 m, 30-60 cm derinlik için 1000 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 976 m olarak belirlenmiştir.

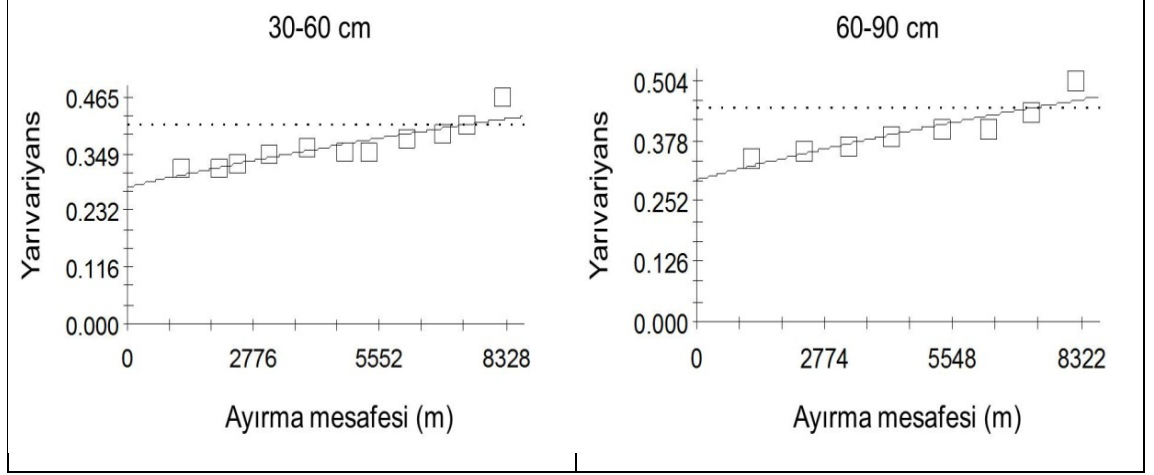
Toprakların çözünabilir K içerikleri için variogram modelinin tüm derinlikler için üssel model olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.49). Çözünabilir K içeriğine ait etki aralığı (A) değerleri derinliğe bağlı olarak 460 m ile 17940 m arasında değişmiştir. Aynı şekilde nugget etkisi ve sill değerleri toprak yüzeyinde derine doğru düzenli bir artışa sahiptir. Çözünabilir K içeriği 0-30 cm derinlikte güçlü, 30-60 ve 60-90 cm derinlikte ise orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.49. Çözünabilir K içeriklerine ait variogram parametreleri

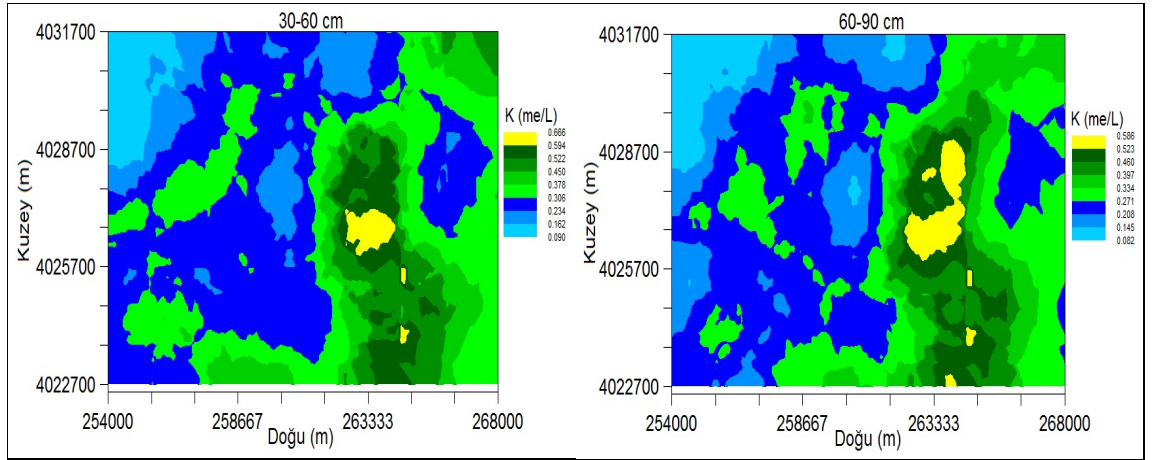
Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
K (me/L)	0-30	Üssel	460	0.011	0.352	3.1	0.20
	30-60	Üssel	17310	0.281	0.646	43.5	0.81
	60-90	Üssel	17940	0.297	0.747	39.8	0.84

Çalışma alanı topraklarının çözünabilir K içeriğinin değişimini görmek amacıyla oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.46'da verilmiştir. Dağılım haritasına göre,

toprakların 30-60 ve 60-90 cm derinlikteki çözünebilir K içeriği çalışma alanının kuzeybatı ve batı kısımları dışındaki alanlarda yüksek değerlere sahiptir.



Şekil 4.45. Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki çözünebilir K içeriklerine ait variogramlar



Şekil 4.46. Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki çözünebilir K içerikleri dağılım haritası

4.2.2.3.7.3. Çözünebilir Kalsiyum (Ca)

Sulama sonrası dönemde çalışma alanı topraklarının çözünebilir Ca içeriği, her üç derinlikteki veri setlerinde de normal dağılım göstermemiştir. Çarpıklık katsayıları sırasıyla, 0-30 cm derinlikte 1.57, 30-60 cm derinlikte 1.88 ve 60-90 cm derinlikte ise 2.33 olarak belirlenmiştir.

Çarpıklık katsayılarının yüksek olması nedeniyle, her üç derinlikteki veri setlerine de logaritmik dönüşüm uygulanarak jeoistatistik analize hazırlanmıştır.

Toprakların çözünabilir Ca içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 977 m, 30-60 cm derinlik için 1032 m ve 60-90 cm derinlik için ise 1002 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların çözünabilir Ca içerikleri için variogram modelinin tüm derinliklerde küresel model olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.50). Etki aralığı (A) değerleri derinlikler arasında 1420 m ile 1640 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi bu derinlik için 0.001-0.003 değerleri arasında olup düşük bulunmuştur.

Sill değerleri ise profil boyunca düzensiz bir dağılım göstermiştir. Çözünabilir Ca içeriği tüm derinliklerde ama arazinin bir kısmında güçlü uzaysal bağımlılık göstermiştir. Bu nedenle haritalanmamışlardır.

Çizelge 4.50. Çözünabilir Ca içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
Ca (me/L)	0-30	Küresel	1640	0.003	0.514	0.6	0.55
	30-60	Küresel	1420	0.003	0.477	0.6	0.71
	60-90	Küresel	1550	0.001	0.618	0.2	0.49

4.2.2.3.7.4. Çözünabilir Magnezyum (Mg)

Sulama sonrası dönemde çalışma alanı topraklarının çözünabilir Mg içerikleri her üç derinlikte normal dağılım göstermemiştir. Çarpıklık katsayıları sırasıyla, 0-30 cm derinlikte 4.32, 30-60 cm derinlikte 4.16 ve 60-90 cm derinlikte ise 3.58 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayılarının yüksek olması nedeniyle, her üç derinlikteki veri setlerine de logaritmik dönüşüm uygulanarak jeoistatistik analize hazırlanmıştır.

Toprakların çözünabilir Mg içeriği için uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 1010 m, 30-60 cm derinlik için 1012 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 1022 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların çözünabilir Mg içerikleri için en uygun variogram modelinin tüm derinlikler için küresel model olarak saptanmıştır (Çizelge 4.51). Etki aralığı (A) değerleri derinlikler arasında 1370 m-1530 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi bu

derinlik için 0.001-0.002 değerleri arasında olup ölçüm hatalarının ve örnekler arasındaki örnekleme mesafeden daha kısa mesafede olan örnek noktalarından kaynaklanan varyans düşük bulunmuştur.

Buna karşın sill değerleri profil boyunca yüzeyden derine inildikçe artış göstermektedir. Çözünabilir Mg içeriği tüm derinlik boyunca arazinin bir kısmında güçlü uzaysal bağımlılık göstermiştir. Bu nedenle haritalanmamışlardır.

Çizelge 4.51. Çözünabilir Mg içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r2
Mg (me/L)	0-30	Küresel	1500	0.002	0.629	0.3	0.90
	30-60	Küresel	1370	0.001	0.675	0.2	0.75
	60-90	Küresel	1530	0.001	0.736	0.1	0.65

4.2.2.3.7.5. Toplam Katyon Konsantrasyonu (TKK)

Sulama sonrası dönemde topraklarının TKK değerleri tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Toprakların TKK değerlerinin 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm çarpıklık katsayıları sırasıyla 2.07, 2.48 ile 2.04 olarak bulunmuş ve tüm derinliklerdeki veri setleri için logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

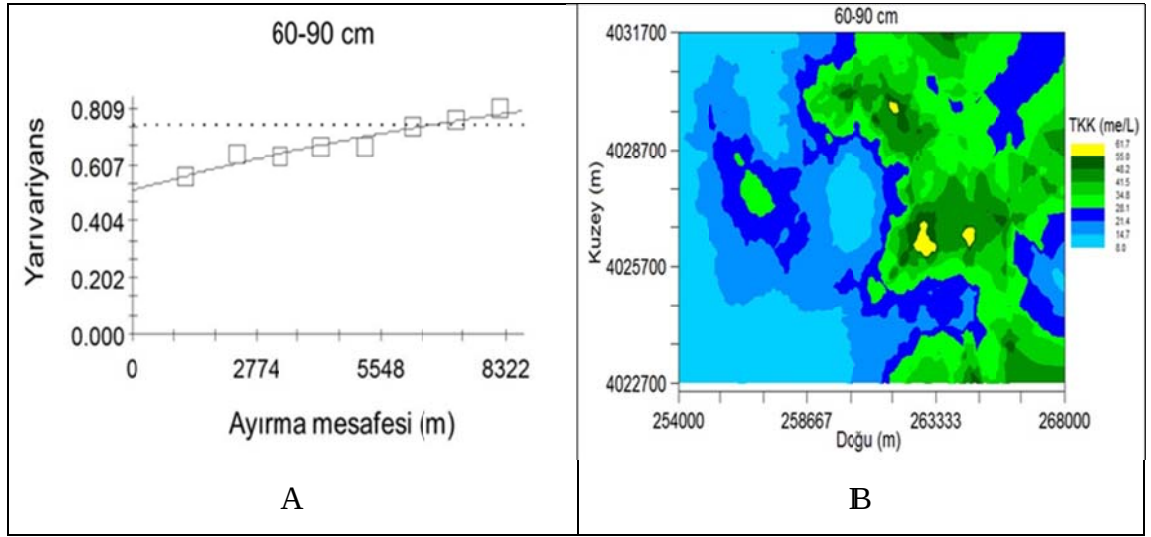
Toprakların TKK değerleri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 845 m, 30-60 cm derinlik için 1013 m ve 60-90 cm derinlik için ise 960 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların TKK değerleri için en uygun variogram model 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde küresel, 60-90 cm derinlikte ise üssel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.52). Etki aralığı (A) değerleri derinlikler arasında 1460 m ile 11630 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi bu derinlik için 0.001 ile 0.513 değerleri arasında olup ölçüm hatalarının ve örnekler arasındaki örnekleme mesafeden daha kısa mesafede olan örnek noktalarından kaynaklanan varyans düşük bulunmuştur. Buna karşın sill değerleri profil boyunca derinlikle birlikte artış göstermiştir. Toprakların TKK değerleri 0-30 ve 30-60 cm derinlikte arazinin bir kısmında güçlü, 60-90 cm derinlikte ise orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.52. TKK değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r2
TKK (me/L)	0-30	Küresel	1670	0.001	0.604	0.2	0.52
	30-60	Küresel	1460	0.001	0.617	0.2	0.52
	60-90	Üssel	11630	0.513	1.056	48.6	0.92

Dağılım haritasına göre (Şekil 4.47), toprakların 60-90 cm derinlikte ise TKK değerleri çalışma alanının kuzeybatı, batı ve güneybatı kısımları dışında ki alanlarda yüksek değerlere sahiptir.



Şekil 4.47. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki TKK değerine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki TKK değeri dağılım haritası

4.2.2.3.8. Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)

Sulama sonrası dönemde topraklarının SAR değerleri tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Toprakların 0-30 cm derinlikteki çarpıklık değeri 1.15'den logaritmik dönüşüm yapılarak 0.05'e, 30-60 cm derinlikteki çarpıklık değeri 1.56'den logaritmik dönüşüm yapılarak -0.03'e, 60-90 cm derinlikteki çarpıklık değeri ise 1.38'den logaritmik dönüşüm yapılarak -0.03'e dönüştürülmüştür.

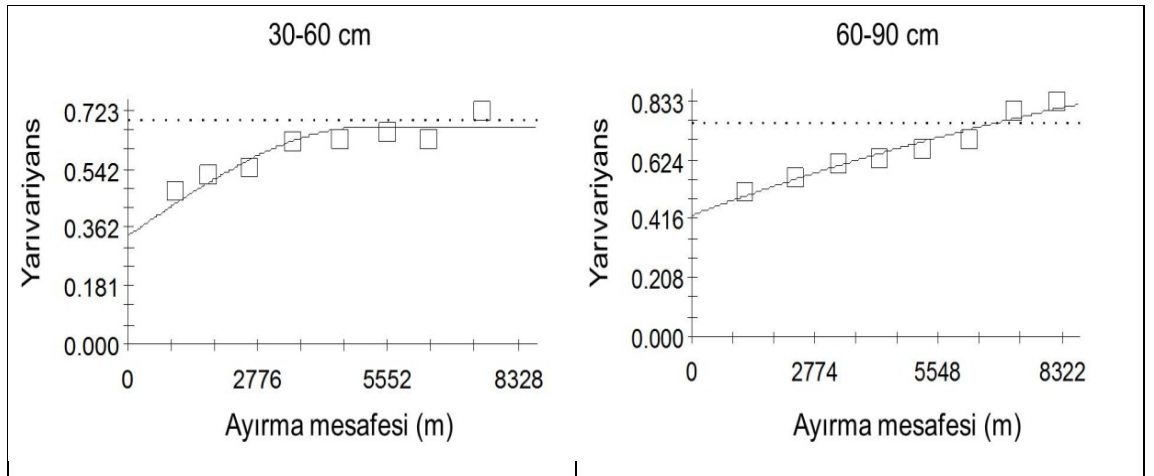
Toprakların SAR değerleri için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 980 m, 30-60 cm derinlik için 1010 m ve 60-90 cm derinlik için ise 964 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların SAR değerleri için en uygun variogram model 0-30 ve 30-60 cm derinlikleri için küresel, 60-90 cm derinlikte ise üssel model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.53). Etki aralığı (A) değerleri derinlikler arasında 2160 m ile 15440 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi ve sill değerleri profil boyunca düzenli şekilde artmıştır. SAR değerleri 30-60 ve 60-90 cm derinlikte orta, 0-30 cm derinlikte ise güçlü uzaysal bağımlılık göstermiştir.

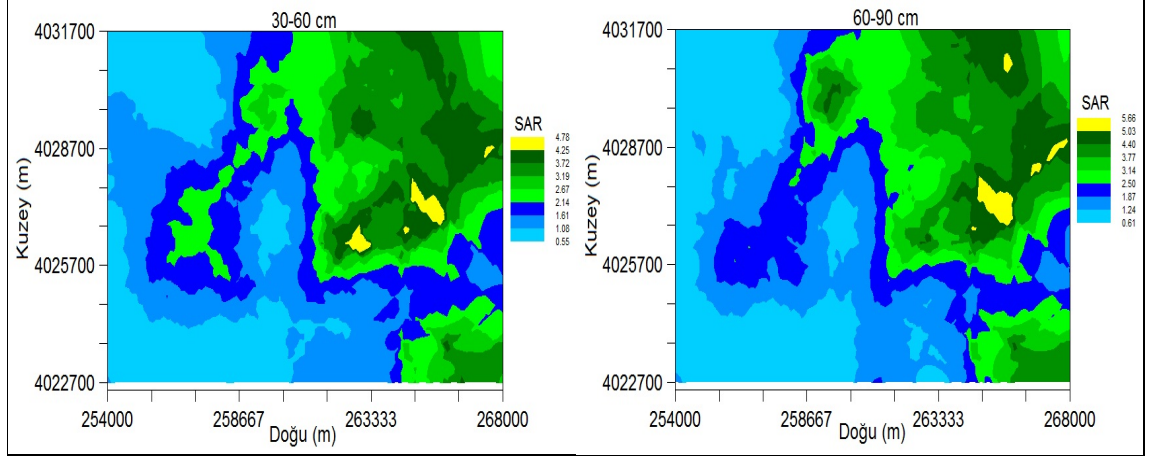
Çizelge 4.53. SAR değerlerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
SAR	0-30	Küresel	2160	0.001	0.547	0.2	0.70
	30-60	Küresel	5100	0.336	0.673	49.9	0.87
	60-90	Üssel	15440	0.429	1.343	31.9	0.95

Dağılım haritasına göre (Şekil 4.49), toprakların 30-60 ve 60-90 cm derinlikteki SAR değerleri çalışma alanının kuzeybatı, batı ve güneybatı kısımları dışında kalan yerlerde yüksek değerlere sahiptir.



Şekil 4.48. Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki SAR değerlerine ait variogramlar



Şekil 4.49. Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki SAR değerleri için dağılım haritası

4.2.2.3.9. Çözünebilir Anyonlar

4.2.2.3.9.1. Karbonat (CO_3)

Sulama sonrası dönemde toprakların CO_3 içerikleri tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. CO_3 içeriklerinin 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm çarpıklık katsayıları sırasıyla 2.46, 3.77 ile 2.20 olarak bulunmuş ve tüm derinliklerdeki veri setleri için logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların CO_3 içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 980 m, 30-60 cm derinlik için 1038 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 1169 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların CO_3 içerikleri için en uygun variogram modeli 0-30 ve 30-60 cm derinliklerde küresel, 60-90 cm derinlikte ise doğrusal model olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.54).

Etki aralığı (A) değerleri derinlikler arasında 1340 m ile 7545 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi 0.001 ile 0.103 aralığının da olup ölçüm hatalarının ve örnekler arasındaki örnekleme mesafeden daha kısa mesafede olan örnek noktalarından kaynaklanan varyans düşük bulunmuştur. Bunun tersine sill derinlikle birlikte düzensiz bir dağılım göstermektedir. CO_3 içeriği 0-30 ve 30-60 cm derinlikte arazinin bir

kısımında güçlü, 60-90 cm derinlikte ise çok zayıf derecede uzaysal bağımlılık göstermektedir. Bu nedenle haritalanmamışlardır.

Çizelge 4.54. CO₃ içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
CO ₃ (me/L)	0-30	Küresel	1720	0.0001	0.148	0.1	0.63
	30-60	Küresel	1340	0.003	0.042	7.1	0.30
	60-90	Doğrusal	7545	0.103	0.103	100	0.36

4.2.2.3.9.2. Bikarbonat (HCO₃)

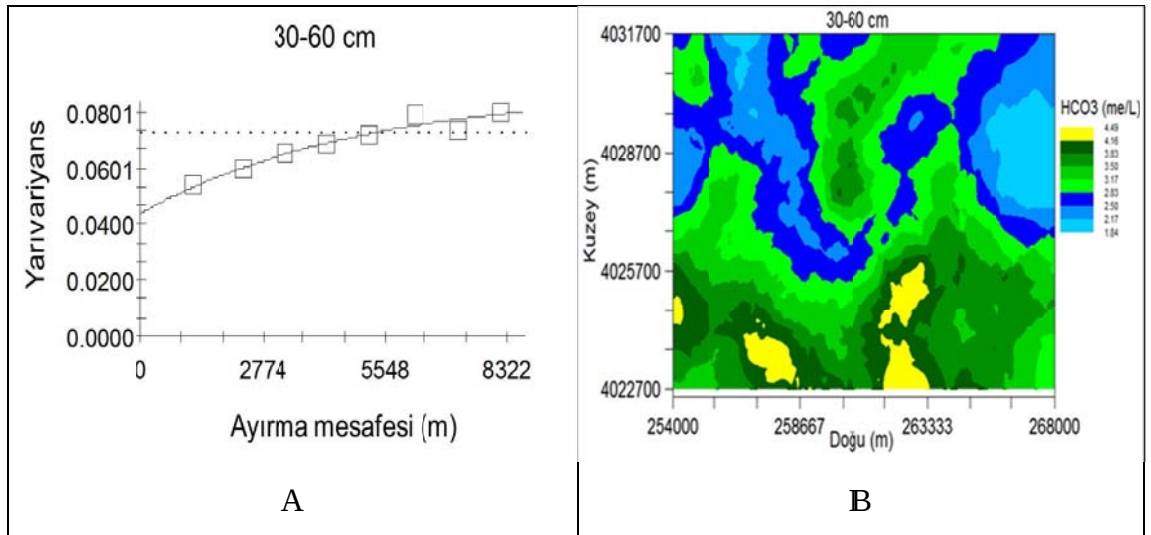
Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası dönemde HCO₃ içerikleri tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Toprakların 0-30 cm derinlikteki çarpıklık değeri 1.15'den karekök dönüşüm yapılarak 0.24'e, 30-60 cm derinlikteki çarpıklık değeri 0.43'den karekök dönüşüm yapılarak 0.05'a, 60-90 cm derinlikteki ise çarpıklık değeri ise 0.94'den logaritmik dönüşümü yapılarak 0.07'e dönüştürülmüştür.

Toprakların HCO₃ içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 1070 m, 30-60 cm derinlik için 960 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 1114 m olarak belirlenmiştir. Toprakların HCO₃ içerikleri için en uygun variogram modeli 0-30 ve 60-90 cm derinlikler için küresel, 30-60 cm derinlikte ise üssel model olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.55). Etki aralığı (A) değerleri derinlikler arasında 1330 m ile 5030 m arasında değişmiştir. Nugget etkisi 0.0001 ile 0.044 olup ölçüm hatalarının ve örnekler arasındaki örnekleme mesafeden daha kısa mesafede olan örnek noktalarından kaynaklanan varyans düşük bulunmuştur. Bunun tersine sill derinlikle birlikte yükselmiştir. Toprakların HCO₃ içeriği 30-60 cm derinlikte orta kuvvetteyken diğer derinliklerde az bir örnek çifti kullanarak tahmin yapıldığından ilişki güçlü görünmektedir. Bu nedenle haritalanmamışlardır.

Çizelge 4.55. HCO_3 içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özelliği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
HCO_3 (me/L)	0-30	Küresel	1330	0.0001	0.072	0.1	0.51
	30-60	Üssel	5030	0.044	0.088	50.0	0.94
	60-90	Küresel	1520	0.001	0.152	0.7	0.58

Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası dönemdeki HCO_3 içeriğinin dağılımını görmek üzere oluşturulan dağılım haritaları Şekil 4.50’de sunulmuştur. Dağılım haritasına göre, toprakların 30-60 cm derinlikte HCO_3 içeriği çalışma alanının doğu kısmı dışındaki alanlarda yüksek değerlere sahiptir.



Şekil 4.50. A- Çalışma alanındaki toprakların sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki HCO_3 içeriğine ait variogram, B- Çalışma alanı topraklarının sulama sonrası (Kasım 2010) dönemdeki HCO_3 içeriği dağılım haritası

4.2.2.3.9.3. Klor (Cl)

Sulama sonrası dönemde topraklarının Cl içerikleri tüm derinliklerde normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle, bütün derinliklerdeki veri setleri logaritmik dönüşüm yapıldıktan sonra jeostatistiksel analizlerde kullanılmıştır.

Toprakların Cl içeriği için en uygun variogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri 0-30 cm için 955 m, 30-60 cm derinlik için 980 m, ve 60-90 cm derinlik için ise 985 m olarak belirlenmiştir.

Toprakların Cl içerikleri için en uygun variogram modelinin tüm derinlikler için küresel model olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.56). Etki aralığı (A) değerleri derinlikler arasında 1730 m ile 2110 m arasında değişmiştir. Mesafeye bağlı değişim modelinin gücü, Cl içeriği yönünden tüm derinliklerde yetersiz örnek çifti sayısı ile modellendiği görülmektedir. Bu nedenle haritalanamamışlardır.

Çizelge 4.56. Klor (Cl) içeriklerine ait variogram parametreleri

Toprak Özellği	Derinlik (cm)	Model	A (m)	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	(Co)/(Co+C)*100	r ²
Cl (me/L)	0-30	Küresel	1750	0.001	0.734	0.1	0.73
	30-60	Küresel	1730	0.001	0.815	0.1	0.78
	60-90	Küresel	2110	0.001	0.711	0.1	0.74

4.4. Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Çalışma alanından alınan toprak örneklerinin alındığı dönemler göre topraklar arasındaki ilişkilerini görmek amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır.

4.4.1. Sulama Öncesi (Mayıs 2010)

Sulama öncesi dönemde 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde tuzluluk ve alkalilikle ilgili parametreler arasındaki korelasyon derecesi Çizelge 4.57, Çizelge 4.58 ve Çizelge 4.59'da verilmiştir.

Çizelge 4.57. Sulama öncesi (Mayıs 2010) topraklarının 0-30 cm korelasyon analizi sonuçları (n= 130)

	pH	EC (μ S/cm)	Na (me/100g)	ESP	Na (me/L)	Ca (me/L)	SAR	Cl (me/L)	SO ₄ (me/L)
EC (μ S/cm)	-0,09								
Na (me/100g)	0,09	0,47**							
ESP	0,05	0,35**	0,84**						
Na (me/L)	-0,08	0,90**	0,57**	0,43**					
Ca (me/L)	-0,13	0,92**	0,33**	0,23**	0,71**				
SAR	-0,01	0,64**	0,62**	0,47**	0,87**	0,39**			
Cl (me/L)	-0,11	0,87**	0,37**	0,28**	0,87**	0,76**	0,67**		
SO ₄ (me/L)	-0,09	0,87**	0,44**	0,32**	0,71**	0,88**	0,43**	0,57**	
TDS (mg/L)	-0,09	1,00**	0,47**	0,35**	0,90**	0,92**	0,64**	0,87**	0,87**

* 0,05 düzeyinde önemli, ** 0,01 düzeyinde önemli

0-30 cm derinlikte toprak pH'sı ile diğer toprak özellikleri arasında önemli düzeyde hiçbir ilişki belirlenememiştir. Değişebilir Na, ESP, çözünebilir Na,, Ca, Mg, SAR, Cl, SO₄ ve TDS değişkenlikleri ile EC değişkeni arasında yüksek oranda pozitif doğrusal korelasyon olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.58. Sulama öncesi (Mayıs 2010) topraklarının 30-60 cm korelasyon analiz sonuçları (n= 130)

	pH	EC (μ S/cm)	Na (me/100g)	ESP	Na (me/L)	Ca (me/L)	SAR	Cl (me/L)	SO ₄ (me/L)
EC (μ S/cm)	-0,38**								
Na (me/100g)	-0,17	0,80**							
ESP	-0,19*	0,79**	0,97**						
Na (me/L)	-0,35**	0,93**	0,79**	0,79**					
Ca (me/L)	-0,43**	0,94**	0,66**	0,64**	0,82**				
SAR	-0,25**	0,69**	0,67**	0,68**	0,87**	0,54**			
Cl (me/L)	-0,30**	0,90**	0,78**	0,76**	0,90**	0,83**	0,66**		
SO ₄ (me/L)	-0,41**	0,97**	0,73**	0,72**	0,89**	0,95**	0,63**	0,81**	
TDS (mg/L)	-0,38**	1,00**	0,80**	0,79**	0,93**	0,94**	0,69**	0,90**	0,97**

* 0,05 düzeyinde önemli, ** 0,01 düzeyinde önemli

Derinlerde doğru inildikçe özellikle 30-60 cm derinlikte toprak pH'sı ile EC, çözünebilir Na, Ca, SAR, Cl, SO₄ ve TDS arasında istatistiksel olarak 0,01düzeyinde önemli negatif ilişki olduğu belirlenmiştir. Değişebilir Na, ESP, çözünebilir Na, Ca,

SAR, Cl, SO₄ ve TDS değişkenlikleri ile EC değişkeni arasında yüksek oranda pozitif doğrusal korelasyon olduğu saptanmıştır.

60-90 cm derinlikte ise toprak pH'sı ile EC, değişebilir Na, ESP, çözünebilir Na, Ca, Cl, SO₄ ve TDS arasında istatistiksel olarak % 5 ve daha önemli düzeyde negatif ilişki olduğu belirlenmiştir. Değişebilir Na, ESP, çözünebilir Na, Ca, SAR, Cl, SO₄ ve TDS değişkenlikleri ile EC değişkeni arasında yüksek oranda pozitif doğrusal korelasyon olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.59. Sulama öncesi (Mayıs 2010) topraklarının 60-90 cm korelasyon analiz sonuçları (n= 130)

	pH	EC (µS/cm)	Na (me/100g)	ESP	Na (me/L)	Ca (me/L)	SAR	Cl (me/L)	SO ₄ (me/L)
EC (µS/cm)	-0,40**								
Na (me/100g)	-0,24**	0,56**							
ESP	-0,20*	0,44**	0,82**						
Na (me/L)	-0,27**	0,84**	0,69**	0,57**					
Ca (me/L)	-0,42**	0,88**	0,26**	0,17	0,57**				
SAR	-0,11	0,49**	0,58**	0,54**	0,82**	0,19*			
Cl (me/L)	-0,34**	0,77**	0,63**	0,53**	0,80**	0,53**	0,55**		
SO ₄ (me/L)	-0,38**	0,96**	0,44**	0,33**	0,78**	0,93**	0,41**	0,61**	
TDS (mg/L)	-0,40**	0,99**	0,57**	0,45**	0,83**	0,87**	0,49**	0,76**	0,95**

* 0,05 düzeyinde önemli, ** 0,01 düzeyinde önemli

4.3.2. Sulama Dönemi (Ağustos 2010)

Sulama dönemde 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde tuzluluk ve alkalilikle ilgili parametreler arasındaki korelasyon derecesi Çizelge 4.60, Çizelge 4.61 ve Çizelge 4.62'de verilmiştir.

0-30 cm derinlikte toprak pH'sı ile EC, çözünebilir Na, Ca, SAR ve TDS arasında istatistiksel % 5 ve daha önemli düzeyde negatif ilişki olduğu belirlenmiştir. Değişebilir Na, ESP, çözünebilir Na, Ca, Mg, SAR, Cl, SO₄ ve TDS değişkenlikleri ile EC değişkeni arasında yüksek oranda pozitif doğrusal korelasyon olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.60. Sulama (Ağustos 2010) dönemi toprakları 0-30 cm korelasyon analiz sonuçları (n= 130)

	pH	Na (me/100g)	Na (me/L)	Ca (me/L)	SAR	EC (µS/cm)	ESP
Na (me/100g)	-0,03						
Na (me/L)	-0,35**	0,53**					
Ca (me/L)	-0,47**	0,18*	0,63**				
SAR	-0,22*	0,65**	0,91**	0,43**			
EC (µS/cm)	-0,43**	0,36**	0,90**	0,85**	0,73**		
ESP	-0,03	0,84**	0,52**	0,16	0,63**	0,35**	
TDS (mg/L)	-0,42**	0,37**	0,89**	0,84**	0,71**	0,96**	0,35**

* 0,05 düzeyinde önemli, ** 0,01 düzeyinde önemli

30-60 cm derinlikte toprak pH'sı ile EC, çözünebilir Na, Ca ve TDS arasında istatistiksel olarak % 5 ve daha önemli düzeyde negatif ilişki olduğu belirlenmiştir. Değişebilir Na, ESP, çözünebilir Na, Ca, Mg, SAR ve TDS değişkenlikleri ile EC değişkeni arasında yüksek oranda pozitif doğrusal korelasyon olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.61. Sulama (Ağustos 2010) dönemi toprakları 30-60 cm korelasyon analiz sonuçları (n= 130)

	pH	Na (me/100g)	Na (me/L)	Ca (me/L)	SAR	EC (µS/cm)	ESP
Na (me/100g)	0,01						
Na (me/L)	-0,19*	0,67**					
Ca (me/L)	-0,33**	0,55**	0,78**				
SAR	-0,09	0,66**	0,91**	0,57**			
EC (µS/cm)	-0,27**	0,71**	0,90**	0,90**	0,73**		
ESP	0,00	0,92**	0,64**	0,53**	0,68**	0,64**	
TDS (mg/L)	-0,27**	0,71**	0,90**	0,90**	0,72**	1,00**	0,64**

* 0,05 düzeyinde önemli, ** 0,01 düzeyinde önemli

60-90 cm derinlikte ise toprak pH'sı ile EC, çözünebilir Na, Ca ve TDS arasında istatistiksel olarak % 5 ve daha önemli düzeyde negatif ilişki olduğu belirlenmiştir. Değişebilir Na, ESP, çözünebilir Na, Ca, Mg, SAR ve TDS değişkenlikleri ile EC değişkeni arasında yüksek oranda pozitif doğrusal korelasyon olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.62. Sulama (Ağustos 2010) dönemi toprakları 60-90 cm korelasyon analiz sonuçları (n= 130)

	pH	Na (me/100g)	Na (me/L)	Ca (me/L)	SAR	EC (µS/cm)	ESP
Na (me/100g)	0,05						
Na (me/L)	-0,19*	0,78**					
Ca (me/L)	-0,29**	0,36**	0,64**				
SAR	-0,07	0,74**	0,88**	0,37**			
EC (µS/cm)	-0,24**	0,66**	0,90**	0,85**	0,67**		
ESP	0,04	0,91**	0,70**	0,31**	0,66**	0,59**	
TDS (mg/L)	-0,23**	0,66**	0,90**	0,84**	0,67**	0,99**	0,58**

* 0,05 düzeyinde önemli, ** 0,01 düzeyinde önemli

4.3.3. Sulama Dönemi Sonrası (Kasım 2010)

Sulama dönemi sonrası 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde tuzluluk ve alkalilikle ilgili parametreler arasındaki korelasyon derecesi Çizelge 4.63, Çizelge 4.64 ve Çizelge 4.65’de verilmiştir.

0-30 cm derinlikte toprak pH’sı ile EC, çözünebilir Na, Ca, Cl, SO₄ ve TDS arasında istatistiksel olarak 0.01 düzeyde önemli negatif ilişki olduğu belirlenmiştir. Değişebilir Na, ESP, çözünebilir Na,, Ca, Mg, SAR, Cl, SO₄ ve TDS değişkenlikleri ile EC değişkeni arasında yüksek oranda pozitif doğrusal korelasyon olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.63. Sulama sonrası (Kasım 2010) toprakları 0-30 cm korelasyon sonuçları (n= 130)

	pH	Na (me/100g)	Na (me/L)	Ca (me/L)	SAR	EC (µS/cm)	ESP	Cl (me/L)	SO ₄ (me/L)
Na (me/100g)	0,02								
Na (me/L)	-0,29**	0,67**							
Ca (me/L)	-0,55**	0,23**	0,71**						
SAR	-0,13	0,71**	0,90**	0,45**					
EC (µS/cm)	-0,43**	0,42**	0,86**	0,90**	0,62**				
ESP	-0,01	0,91**	0,64**	0,21*	0,72**	0,39**			
Cl (me/L)	-0,29**	0,57**	0,89**	0,73**	0,69**	0,88**	0,53**		
SO ₄ (me/L)	-0,46**	0,38**	0,83**	0,91**	0,60**	0,96**	0,33**	0,77**	
TDS (mg/L)	-0,43**	0,42**	0,86**	0,90**	0,62**	1,00**	0,39**	0,88**	0,96**

* 0,05 düzeyinde önemli, ** 0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.64. Sulama sonrası (Kasım 2010) topraklarının 30-60 cm korelasyon sonuçları (n= 130)

	pH	Na (me/100g)	Na (me/L)	Ca (me/L)	SAR	EC (µS/cm)	ESP	Cl (me/L)	SO ₄ (me/L)
Na (me/100g)	-0,02								
Na (me/L)	-0,25**	0,70**							
Ca (me/L)	-0,42**	0,32**	0,66**						
SAR	-0,13	0,78**	0,90**	0,41**					
EC (µS/cm)	-0,36**	0,51**	0,86**	0,90**	0,65**				
ESP	-0,05	0,92**	0,71**	0,41**	0,77**	0,54**			
Cl (me/L)	-0,32**	0,59**	0,93**	0,79**	0,75**	0,94**	0,62**		
SO ₄ (me/L)	-0,38**	0,43**	0,83**	0,90**	0,59**	0,96**	0,46**	0,88**	
TDS (mg/L)	-0,36**	0,51**	0,86**	0,90**	0,65**	1,00**	0,54**	0,94**	0,96**

* 0,05 düzeyinde önemli; ** 0,01 düzeyinde önemli

30-60 cm derinlikte toprak pH'sı ile EC, çözünebilir Na, Ca, Cl, SO₄ ve TDS arasında istatistiksel olarak 0.01 düzeyde önemli negatif ilişki olduğu belirlenmiştir. Değişebilir Na, ESP, çözünebilir Na, Ca, Mg, SAR, Cl, SO₄ ve TDS değişkenlikleri ile EC değişkeni arasında yüksek oranda pozitif doğrusal korelasyon olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.65. Sulama sonrası (Kasım 2010) topraklarının 60-90 cm korelasyon sonuçları (n= 130)

	pH	Na (me/100g)	Na (me/L)	Ca (me/L)	SAR	EC (µS/cm)	ESP	Cl (me/L)	SO ₄ (me/L)
Na (me/100g)	0,04								
Na (me/L)	-0,29**	0,70**							
Ca (me/L)	-0,37**	0,32**	0,65**						
SAR	-0,22*	0,74**	0,91**	0,43**					
EC (µS/cm)	-0,37**	0,56**	0,91**	0,79**	0,72**				
ESP	-0,02	0,77**	0,60**	0,29**	0,64**	0,52**			
Cl (me/L)	-0,29**	0,58**	0,90**	0,64**	0,77**	0,84**	0,47**		
SO ₄ (me/L)	-0,33**	0,43**	0,75**	0,92**	0,55**	0,85**	0,40**	0,65**	
TDS (mg/L)	-0,38**	0,55**	0,91**	0,79**	0,72**	1,00**	0,51**	0,84**	0,85**

* 0,05 düzeyinde önemli; ** 0,01 düzeyinde önemli

60-90 cm derinlikte ise toprak pH'sı ile EC, çözünebilir Na, Ca ve TDS arasında istatistiksel olarak 0.01 düzeyde önemli negatif ilişki olduğu belirlenmiştir. Değişebilir Na, ESP, çözünebilir Na,, Ca, Mg, SAR ve TDS değişkenlikleri ile EC değişkeni arasında yüksek oranda pozitif doğrusal korelasyon olduğu saptanmıştır.

5- SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma alanının da 130 nokta 3 farklı dönem ve 3 farklı derinlikten alınan toprak örnekleri ile toprakların tuzluluk ve alkalilik içeriklerinin zamansal ve yersel dağılımı belirlenmiştir.

Toprakların temel özelliklerine uygulanan analiz sonuçlarına göre en düşük varyasyon katsayılarının kum içeriği dışında birbirine benzer ve çok yüksek olmadığı görülmektedir. Bu durum toprakların kil, silt, kireç ve KDK değerlerinin de çok fazla değişimin olmadığını göstermiştir.

Amik ovasının tuzluluk ile ilgili özelliklerin yersel değişiminin izlenebilmesi amacı ile aynı noktalardan sulama öncesi (Nisan-Mayıs 2010), sulama dönemi (Temmuz-Ağustos 2010) ve sulama sonrası (Ekim-Kasım 2010) olmak üzere üç farklı dönemde toprak örnekleri alınmıştır. Alınan bu toprak örneklerinin pH değerleri 6.88-9.13, EC değerleri 319-12191, toplam tuz içeriği 0.01-0.48, TDS değerleri 288-10945, değişebilir Na içeriği 1.00-65.7, değişebilir K içeriği 0.20-36.6, ESP içeriği 0.18-19.73, eriyebilir Na içeriği 0.40-66.6, eriyebilir K içeriği 0.02-1.77, eriyebilir Ca içeriği 0.20-73.0, eriyebilir Mg içeriği 0.55-107, SAR değerleri 0.22-10.2, TKK değerleri 2.52-181, kil içeriği 8.70-85.4, silt içeriği 5.80- 80.5, kum içeriği 0.10-83.1, kireç içeriği 6.50-55.5, KDK değerleri 10.1-80.2, CO₃ içeriği 0.50-3.00, HCO₃ içeriği 0.25-11.3, Cl içeriği 0.25-49.9 ve SO₄ içeriği ise 0.06-144 arasında değişmiştir.

Çalışma alanının 130 noktada 3 farklı dönemde ve 3 farklı derinlikten alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarının tanımlayıcı istatistik analizleri yapılmıştır. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre her üç dönemde de en yüksek standart sapma ve ortalama değerleri EC ve TDS değerlerinde, en düşük standart sapma ve ortalama ise toplam tuz içeriğinde görülmüştür.

Yapılan istatistik değerlendirme sonucu elde edilen değişkenlik katsayılarının en yüksek değerleri sulama öncesi dönemde Cl ve SO₄; sulama döneminde eriyebilir Na içeriğinde; sulama sonrası dönemde ise eriyebilir Na ve SO₄ içeriğinde olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında, her üç dönemde de en düşük değişkenlik katsayısı pH değerlerinde olmuştur. Her 3 dönemde de en düşük değişkenlik katsayısı içeriğine sahip olduğu gözlenen pH'nın çalışma alanında oldukça homojen dağıldığı söylenebilir.

Çalışma alanının her üç dönemde de incelenen toprak özelliklerinin variogram analizlerinin hesaplamaları yapılmış ve tüm toprak özelliklerinin isotropik bir değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Sulama öncesi dönemde toprakların tuzlulukla ilgili özelliklerinin büyük bir kısmı normal dağılım göstermemiştir. Normal dağılım göstermeyen veri setlerine, jeostatistik analizlerden önce, logaritmik veya karekök dönüşümler uygulanmıştır. Yine her üç dönemde de değişkenler için en uygun modelin küresel ve üssel olduğu belirlenmiştir. Bu dönemde en yüksek range değerine 30-60 cm derinlikteki Cl içeriğinde (14970 m), en düşük range değerine ise 60-90 cm derinlikte bulunan değişebilir Na içeriği (410 m) olduğu belirlenmiştir. Sulama öncesi toprakların sill değerleri bakımından incelendiğinde en yüksek sill değerlerine 60-90 cm derinlikteki TDS (269.9) sahip iken en düşük sill değerine ise 60-90 cm derinlikteki pH değerleri (0.005) sahiptir. Ölçüm hatalarının ve örnekler arasındaki örnekleme mesafesinden daha kısa mesafede olan örnek noktalarından kaynaklanan nugget etkisi değerleri incelendiğinde en yüksek nugget etkisine 30-60 cm derinlikte Cl (0.928) içeriği sahip iken en düşük nugget etkisine 0-30 cm derinlikte değişebilir K, 0-30 ile 30-60 cm derinlikte CO₃ ve 0-30 cm derinlikte ki HCO₃ (0.0001) değerleri sahiptir. Uzaysal bağımlılık yönünden sulama öncesi toprakları kuvvetli ve orta uzaysal bağımlılık göstermişlerdir. TDS ve EC modelleri her bir derinlik için benzer desenli dağılımlar gösteriyor. Sadece variogram model değerleri değişiktir. Modeller uzaysal bağımlılığı gösterme açısından benzerdirler. Değişebilir Na ovanın ortasında yüzey toprakta yüksek değere sahiptir. Değişebilir K 60-90 cm'de kısa mesafelerde değişirken 0-30 cm derinlikte daha homojen dağılmaktadır ve 1 km'den daha kısa mesafelerde örneklenmelidir.

Sulama döneminde toprakların tuzlulukla ilgili özelliklerinin büyük bir kısmı normal dağılım göstermemiştir. Normal dağılım göstermeyen veri setlerine, jeostatistik analizlerden önce, logaritmik veya karekök dönüşümler uygulanmıştır. En yüksek range değerine 30-60 ve 60-90 cm derinlikteki değişebilir K içeriği sahipken (21100 m), en düşük range değerine ise 30-60 cm derinlikte bulunan toplam tuz içeriği sahiptir (410 m). Sulama dönemi toprakların sill değerleri bakımından incelendiğinde en yüksek sill değerlerine 30-60 cm derinlikteki eriyebilir Na (2.694) sahip iken en düşük sill değerine ise 30-60 cm derinlikteki pH değerine (0.048) sahiptir. Ölçüm hatalarının ve örnekler

arasındaki örnekleme mesafesinden daha kısa mesafede olan örnek noktalarından kaynaklanan nugget etkisi değerleri incelendiğinde en yüksek nugget etkisine 0-30 cm derinlikte eriyebilir Na içeriği (0.544) sahip iken en düşük nugget etkisine 0-30 ve 30-60 cm derinlikte pH değerine (0.0001) sahiptir. Uzaysal bağımlılık yönünden sulama dönemi toprakları kuvvetli ve orta uzaysal bağımlılık göstermişlerdir. EC yüzey toprakta azalıyor ve sulama öncesi döneme göre daha kısa mesafede dağılım gösteriyor (yüzey toprakta). Ancak sulama öncesi döneme göre, sulama sırasında 30-60 cm derinliklerdeki tuzlar çok hareketleniyor ve çok uzun mesafeli örnek çiftleri oluşturuyor. Bu durum tuzların sulama döneminde çok uzun mesafelerde birbirine bağımlı oluşturduğunu göstermektedir.

Sulama döneminde sonrası toprakların tuzlulukla ilgili özelliklerinin büyük bir kısmı normal dağılım göstermemiştir. Normal dağılım göstermeyen veri setlerine, jeoistatistik analizlerden önce, logaritmik veya karekök dönüşümler uygulanmıştır. Çalışma alanının sulama dönemi sonrası topraklarının yapılan jeoistatistiksel değerlendirmesi sonucu 60-90 cm derinlikteki CO_3 dışında diğer tüm değişkenler küresel ve üssel modele olarak belirlenmiştir. En yüksek etki aralığı (A) değerine 60-90 cm derinlikteki değişebilir K içeriği (21100 m), en düşük etki aralığı (A) değerine ise 0-30 cm derinlikte bulunan eriyebilir K içeriği (460 m) olduğu belirlenmiştir. Sulama dönemi sonrası toprakların sill değerleri bakımından incelendiğinde en yüksek sill değerlerine 60-90 cm derinlikteki eriyebilir Na (2.224) sahip iken en düşük sill değerine ise 30-60 cm derinlikteki CO_3 içeriği (0.042) sahiptir. Ölçüm hatalarının ve örnekler arasındaki örnekleme mesafesinden daha kısa mesafede olan örnek noktalarından kaynaklanan nugget etkisi değerleri incelendiğinde en yüksek nugget etkisine 60-90 cm derinlikte eriyebilir Na içeriği (0.748) sahip iken en düşük nugget etkisine 0-30 cm derinlikte CO_3 ve HCO_3 (0.0001) değerleri sahiptir. Uzaysal bağımlılık yönünden sulama dönemi sonrası 60-90 cm derinlikteki CO_3 içeriği zayıf uzaysal bağımlılığa sahip iken diğer değişkenlerin toprakları kuvvetli ve orta uzaysal bağımlılık göstermişlerdir. Yüzey toprak katmanı (0-30 cm) tekrar sulama öncesi dönemde olduğu gibi uzun mesafe ilişkili örnekler oluşturuyor. Diğer derinlikler EC dağılım deseni açısından sulama öncesi döneme çok benzer bir durum göstermektedirler. Sulama öncesi, sulama ve sulama sonrasında toprak EC'si normal dağılım göstermediğinden sulamanın Ec üzerine etkisini görmek için daha fazla zamana, sulama sıklığına ve su

miktarına ihtiyaç olduğu ortaya çıkmaktadır. Jeostatistik olarak, nugget ve sill değerlerinin sulama öncesine göre küçülmesi ve range değerinin de artması için daha fazla zaman gerekmektedir.

Çalışma alanında tuzluluk dağılımı ile ilgili kriging haritaları incelendiğinde, sulama öncesi dönemde özellikle kış ve ilkbahar aylarında düşen yağışla birlikte tuzların yüzeyden yıkanarak alt katmanlarda biriktiği görülmektedir. Aynı zamanda aşırı yağışlar ile birlikte yüksek taban suyu seviyesi tuzların birikmesine neden olmuştur. Sulama döneminde ise yağışın yetersiz olması, kapiler yükselme ve sulamada drenaj sularının kullanılması doğrultusunda topraklarda tuz birikimi artış göstermiştir. Sulama sonrası ise özellikle kurak yaz aylarında yeterli drenaj kanallarının olmaması, tuzlu sularla yapılan sulama ve yüksek kapilarite toprak katmanlarında tuzların birikmesine neden olmuştur. Bu çalışma sonucunda görülmektedir ki çalışma alanı topraklarının tuzluluk kontrolü amacıyla, iyi bir drenaj sistemine ve temiz kaliteli su ile sulama yapılmasına gereksinimi vardır. Özellikle tuza dayanıklı bitki kullanımı önemli bir davranıştır.

Sulama öncesi dönemde düşük olan tuz içeriğinin, sulama ve sulamadan sonraki dönemde arttığı belirlenmiştir. Tuzlulukla ilgili diğer özelliklerde de benzer bir zamansal değişim olduğu gözlemlenmiştir.

Diğer yandan her üç dönemdeki veriler bir arada değerlendirildiğinde; tuz içeriğinin 0-30 cm'den yıkanıp, 30-60 ve 60-90 cm derinlikte biriktiği görülmüştür. Bu durum, ovadaki yağış ve sulama sularının tuzları tamamen profilden yıkanmaya yetmediğini göstermiştir. Tuzlulukla ilgili diğer toprak özelliklerinin çoğunda da benzer bir durum olduğu görülmektedir.

Toprakların ortalama EC değerleri 1783 ile 2384 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmiştir. Bu değerler çalışma alanında çok yüksek tuzlu bölgelerin fazla olmadığını belirtmektedir. Ancak EC'lerini dağılımı incelendiğinde; bazı alanlarda oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Çalışma alanı topraklarında, sodikleşmenin kriterlerinden olan ESP ve SAR değerlerinin birkaç nokta dışında çok yüksek olmadığı belirlenmiştir. Bu durumda, çalışma alanı topraklarında sodikleşme sorunu olmadığını göstermektedir.

Toprak özelliklerine ait varyasyon katsayıları (VK) ile çarpıklık değerleri arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Diğer bir deyişle; arazideki değişkenliği

düşük olan özelliklerin dağılımı, normal dağılıma daha yakındır. Örneğin, her üç dönemde de en düşük VK değerlerine sahip olan pH değerlerinin çarpıklığı 0.5'in altındadır. Hatta bazı dönemlerde bu değer 0.1'den de düşüktür.

Toprak özelliklerinin etki aralığı değerleri toprak derinliğine ve zamana bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Etki aralığı değerlerinin derinliğe bağlı değişimi düzenli değildir. Zamana bağlı değişim incelendiğinde ise genellikle sulama ve sulama sonrası etki aralığı değerlerinin, sulama öncesindekilerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bilindiği gibi, etki aralığı değerlerinin örnekleme mesafesinden küçük olması, örnekleme aralıklarının azaltılması gerektiğini belirtmektedir.

Bu çalışma sonucunda jeostatistiksel yöntemlerin, hassas tarım uygulamaları için ihtiyaç duyulan yersel değişkenlik dağılım haritalarının hazırlanmasında etkin bir metodoloji olduğunu ve Amik Ovası topraklarında yapılan tuzluluk ile ilgili çalışmalara yön verecek çalışma alanlarında temel toprak verilerine ait tuzluluğun yersel dağılımların ortaya konulması açısından önem taşımaktadır.

Yapılan çalışma sonucunda topraklarda tuzluluk ve alkalilik açısından herhangi bir problem olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak çalışma alanının tuzluluk ve alkalilik riski taşıyan bölgelerinde Şekil 3.2'de görüldüğü gibi birçok büyük drenaj kanalı geçmekte olduğu belirlenmiş. Ancak bunların tuzluluk ve alkalilik sorununun giderilmesinde yetersiz olmasından dolayı özellikle bu bölge topraklarında tuzluluğun topraktan yıkanarak uzaklaştırılmadığı ortaya çıkmıştır. Buda göstermiştir ki tuzluluk ve alkalilik problemleri için iyi bir şekilde işi gören yeni drenaj kanalları sistemlerinin yapılması bu problemin çözümü açısından oldukça önemli olduğu ortaya çıkmıştır.

Sulama dönemi öncesi zamana bağlı olarak kış aylarındaki yüksek yağış suları ile toprakta yer alan çözünebilir maddeler yıkanarak ortamdan uzaklaşmaktadır. Buda sulama öncesi tuzluluğun yıkanma ile drenaj kanalları yardımı ile ortamdan uzaklaşmasına sebep olmaktadır. Buna karşın sulama döneminde iklim koşulları nedeni ile yağışın olmaması yazların kurak geçmesi nedeniyle drenaj ile ortamdan uzaklaştırılacak su olmadığından çiftçilerin su yetersizliğine karşın aşırı sulama yapması ile toprağa tekrar tuz verilir buda toprakta tuzlanmaya neden olur. Sulama sonrası ise ciddi bir yağış ve sulama olmadığı için sulama öncesi ve sulama dönemine benzer sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abrol, I.P., Yadav, J.S.P. and Massoud F.I. 1988. Salt-Affected soils and their management. **FAO Soils Bulletin** No: 39.
- Ağca, N., 1998. Atık suların toprak ekosistemine etkileri. **Kayseri I. Atık Su Sempozyumu (Ed. Atlı., Belenli, I.)**, s. 5. Kayseri.
- Ağca, N., Doğan, K. ve Akgöl, A., 2000. Amik ovasında yer alan bazı topraklarda tuzluluk ve alkaliliğin boyutları üzerine bir araştırma. **Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 5 (1-2): 29-40.
- Allison, L.E. and Moode, C.D., 1965. Carbonate. (ed: c.a. black), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy Series No. 9*, ASA: 1379-1396, Wisconsin, USA.
- Akay, S., 1995. Kumluca ve Finike yörelerindeki seraların toprak tuzluluğu ve mevsimsel değişimi. **İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu Bildiri Kitabı Cilt 1**. 27-28 Eylül 1995, Ankara, 289-298.
- Akbarzadeh, A. and Taghizadeh Mehrjardi, R., (2010). Spatial distribution of some soil properties, using geostatistical methods in Khezarabad region (Yazd) of Iran. **Proenvironment**, 3: 100-109.
- Akbaş, F. ve Yıldız, H., 2004. Toprak özelliklerinin haritalanmasında jeostatistiksel tekniklerin kullanımı. **3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri**, 6-9 Ekim 2004, s. 1-10.
- Akış, A., Kaya, B., Seferov, R. ve Başkan, H.O., 2005. Harran ovası ve çevresindeki tarım arazilerinde tuzluluk problemi ve bu problemin iklim özellikleriyle ilişkisi. **Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 14: 21-38.
- Akramkhanov, A., Sommer, R., Martius, C., Hendrickx, J.M.H. and Vlek, P. L. G., 2008. Comparison and sensitivity of measurement techniques for spatial distribution of soil salinity. **Irrigation Drainage System**, 22: 115-126.
- Akramkhanov, A., Martius, C., Park, S.J. and Hendrick, J.M.H., 2011. Environmental factors of spatial distribution of soil salinity on flat irrigated terrain. **Geoderma**, 163: 55-62.
- Angın, İ. ve Yağanoğlu, A. V. 2009. Arıtma çamurlarının fiziksel ve kimyasal toprak düzenleyicisi olarak kullanımı. **Ekoloji** 19, 73: 39-47.
- Anonim, 1983. Amik projesi amik gölü düzenlemesi planlama arazi sınıflandırma raporu. **Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü**, VI. Bölge Müdürlüğü, Proje No: 1901.01. 40 S., Adana.
- Anonim, 1986. Amik projesi amik ovası ek alan planlama arazi sınıflandırma raporu. **Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü**, VI. Bölge Müdürlüğü Proje No: 1901. 167 S, Adana.
- Anonim, 1997. Hatay ili raporu. **Ankara Devlet Planlama Teşkilatı**, Yayın No. Dpt:2468. Bölgesel Gelişme ve Yapısal Uyum Genel Müdürlüğü, Nisan 1997. 54 S.
- Anonim, 1998. Hatay ili arazi varlığı. **T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü**, Yayın No: 31, 100 S, Ankara.
- Anonim, 2002. Türkiye jeoloji haritası. **Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü**, Ankara. <http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/jed/images/urunler/yeni500/buyuk/HATAY.pdf>
- Ardahanlıoğlu, O., Öztaş, T., Evren, S., Yılmaz, H., and Yıldırım, Z., N., 2003. Spatial variability of exchangeable sodium, electrical conductivity, soil pH and boron

- content in salt-and sodium-affected areas of the Iğdır Plain (Turkey). **Journal of Arid Environments**, 54 (3): 495-503.
- Arslan, H., Hacıömeroğlu, G. ve Bahadır, M., 2008. Bafra ovasında sulamanın taban suyu tuzluluğu üzerine etkisinin ve tuzluluğun yıllık değişiminin coğrafi bilgi sistemleri (cbs) kullanılarak belirlenmesi. **Sulama ve Tuzlanma Konferansı**, 12-13 Haziran 2008, Şanlıurfa. 33-44 S.
- Babagil, G.E., 2008. Toprak özelliklerindeki yersel değişkenliğin buğday verim paterni üzerine etkisinin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. **Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi**, Erzurum, 133 s.
- Bahçeci, İ., Tarı, A. F. ve Dinç, N. 2007. Konya ovası yüzeyaltı drenaj sistemlerinde tabansuyu ve drenaj sularının sulamada kullanılma olanakları. **Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi** 21 (43): 7-13.
- Bahçeci, İ. ve Bal, M.N., 2008. Harran ovasında yüzey altı drenaj sistemi kurulmuş alanlarda drenaj suyu ve toprak tuzluluğunun mevsimsel değişimi. **Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 12(3): 19-26.
- Başaran, M. ve Özcan, A.U., 2006. Düşük kaliteli sulama suyu ile sulanan bir ladin (*picea pungens engelm.*) fidanlığında tuzluluğun konumsal ve mevsimsel değişimlerinin belirlenmesi. **Journal of Forestry Faculty**, Gazi Üniversitesi Kastamonu, 6 (1): 1303-2399.
- Bielorai, H., Shalhevet, J. and Levy, Y., 1983. The effect of high sodium irrigation water on soil salinity and yield of mature grapefruit orchard. **Irrigation Science**, 4: 255-266.
- Boem, F.H.G., Scheiner, J.D. and Lavado, R.S., 2008. Some effects of soil salinity on growth, development and yield of rapeseed (*brassica napus L.*). **Journal of Agronomy and Crop Science**, 172 (3): 182-187.
- Bouyoucos, G.J., 1952. A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soil. **Agronomy Journal**, 43 (9): 434-438.
- Bower, C.A., 1959. Cation exchange equilibrium in soils. Affected by sodium salts. **Soil Science**, 88: 32-35.
- Bower, C.A., 1969. Origin, Properties and Amelioration of Sodic Soils. **Symposium on The Reclamation of Sodic and Soda-Saline Soils**, 69-72, Yerevan, Budapest.
- Campbell, J.B. 1978. Spatial variation of sand content and pH with in single contiguous delineation of two mapping units. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 42: 460-464.
- Cangir, C., Girgin, A. ve Ekinçi, H., 1989. İpsala (Edirne) taşkın ovası çorak toprakları. **Toprak İlimi Derneği 10. Bilimsel Toplantı Tebliğleri**, 5: 13.1-13.9.
- Castrignano, A., Maiorana, M., Fornaro F. and Lopez, N. 2002. 3D spatial variability of soil strength and its change over time in a durum wheat field in southern Italy. **Soil and Tillage Research**, 65: 95-108.
- Cemek, B., Güler, M. ve Arslan, H., 2006. Bafra ovası sağ sahil sulama alanındaki tuzluluk dağılımının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) belirlenmesi. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 37(1): 63-72.
- Cemek., B., Demir, Y., Ersahin, S., Arslan, H. and Güler, M., 2006 (a). Spatial variability of groundwater salinity and groundwater depth, soil salinity in irrigated soils of Bafra plain in northern Turkey. **International Symposium on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture in memory of Prof. Dr. Osman Tekinel**. April 4-8 Adana, Turkey.

- Cemek, B., Güler, M. ve Kılıç, K., 2007. Assessment of spatial variability in some soil properties as related to soil salinity and alkalinity in Bafra Plain in northern Turkey. **Environmental Monitoring and Assessment**, 124: 223-234.
- Chapman, H.D., 1965. Cation exchange capacity. in: c.a. black et al. (ed.). in: methods of soil analysis. **ASA, Inc. Agronomy**, 9: 891-901, Wisconsin, USA.
- Corwin, D. L. and Lesch, S. M., 2005. Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity part II. case study. **Computers and Electronics in Agriculture**, 46: 135-152.
- Çamoğlu, G., Ölgün, M.K., Karataş, B.S. ve Aşık, Ş., 2006. Menemen sulama sisteminde taban suyunun zamana ve mekana göre değişiminin jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi: maltepe ana kanalı örneği. **4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri**, 13-16 Eylül 2006, Fatih Üniversitesi. İstanbul-Türkiye. s: 1-8.
- Çeliker, M. ve Çullu, M.A., 2008. Şanlıurfa harran ovaları tuzluluk ve drenaj sorunları. **Sulama ve Tuzlanma Konferansı**, 12-13 Haziran 2008, Şanlıurfa. s: 87-100.
- Çetin, M. Kırdar, C. Efe, H. ve Topçu, S., 2008. Düşük kaliteli suların sulamada kullanılmasının neden olabileceği olası tuzluluk sorununun coğrafi bilgi sistemi ortamında irdelenmesi. **TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi**, 20-22 Mart 2008, 471-481 s, Ankara.
- Çullu, M.A., Aydemir, S., Qadir, M., Almaca, A., Öztürkmen, A. R., Bilgiç, A. ve Ağca, N., 2010. Implication of groundwater fluctuation on the seasonal salt dynamic in the harran plain, South Eastern Turkey. **Irrigation and Drainage**, 59: 465-476.
- Demirtaş, D., 1999. Anadolu tarım işletmesi topraklarının önemli fiziksel, kimyasal özellikleri ve arazi değerlendirilmesi. **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Toprak Anabilim Dalı, 129 S, Adana.
- Dikici, H., 2001. Toprak biliminde kullanılan bazı jeostatistik yöntemleri. **Tarımda Bilişim Teknolojileri 4. Sempozyumu**, s. 76-82.
- Dinç, U., Şenol, S., Aydın, M., Akça, E., Çelik, İ., Dingil, M., Öztekin, E., Kılıç, Ş., Günal, H., Metin, İ., Nozoğlu, M., Yılmaz, M.N., Güler, F., Böcügözlü, A., Özdemir, İ. ve Durulmuş, G., 1997. Hatay tarım işletmesi topraklarının detaylı toprak etüd ve haritalaması. **Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü**, s: 24, Ankara.
- Douaik, A., Van Meirvenne, M. and Toth, T., 2006. Temporal stability of spatial patterns of soil salinity determined from laboratory and field electrolytic conductivity. **Arid Land Research and Management**, 20: 1-13.
- Emadi, M., Baghernejad, M., Emadi, M. and Manouchehr, M., 2008. Assessment of some soil properties by spatial variability in saline and sodic soils in arsanjan plain, southern Iran. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, 11(2): 238-243.
- Ersoy, A. ve Yünsel, T. Y., 2006. Üretim ve işletme planlaması için maden tenörlerinin ve rezervlerinin, jeostatistik yöntemlerle modellenmesi ve değerlendirilmesi. **Mehmet Kemal Dedeman Araştırma ve Geliştirme Proje Yarışması**, Madencilik Sektörü 3. Ödülü, 57 s.
- Ertek, A. ve Kanber, R., 2002. Damla sulama yönetiminin pamuk sulamasında topraktaki tuz dağılımına etkileri. **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi**, 12 (2): 21-31.

- Fan, X., Pedroli, B., Liu, G., Liu, Q., Liu, H. and Shu, L., 2012. Soil salinity development in the yellow river delta in relation to groundwater dynamics. **Land Degradation and Development**, 23: 175-189.
- Fayrap, A., Karagöz, Y., Devlet, Y. ve Hanay, A. 2008. Açık ve kapalı sistem drenaj alanı topraklarının tuzluluk ve alkalilik parametrelerinin karşılaştırılması. **Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci DSİ Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları Sulama-Drenaj Konferansı**, 10-11 Nisan 2008, Adana, 96-109 S.
- Gamma Design Software., 2008. Geostatistic for the environmental sciences. **Plainwell**, Michigan USA
- Gedikoglu, N. 1999. Toprak laboratuvarlarında yapılan analizler ve tarımdaki değerlendirilmeleri. DSİ Genel Müdürlüğü, 1-19, Ankara.
- Goovaerts, P., 1999. Geostatistics in soil science: state of the art and perspectives. **Geoderma**, 89: 1-45. .
- Gün, M. ve Erdem, A.M., 2003. Hatay tarım mastır planı. **Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı ve Hatay Tarım İl Müdürlüğü**, İl Tarım ve Kırsal Kalkınma Mastır Planlarının Hazırlanmasına Destek Projesi, 194 S.
- Gün, M., Erdem, A.M., Deliktaş, G., Bahar, T. ve Artvinli, T., 2004. Hatay ili tarımsal mastır planı. **Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Araştırma Planlama ve Koordinasyon Kurulu Başkanlığı**, Hatay Tarım İl Müdürlüğü, Temmuz 2004, 233 S.
- Haining, R.P., Kerry, R. and Oliver, M.A., 2010. Geography, spatial data analysis and geostatistics: an overview. **Geographical Analysis**, 42: 7-31.
- Harron, W.R.A., Webster, G.R. and Cairns, R.R., 1983. Relationships between exchangeable sodium and sodium adsorption ratio in a solonetzic soil association. **Canadian Journal of Soil Science**, 63: 461-467.
- Isaac, R. K., Kumar, D. and Azmi, S. M., 2011. Spatial variation of salts in a Gyanpur canal command area. **Environmental Monitoring Assessment**, 174: 517-527.
- Journel, A.G. and Huijbregts, C.J. 1978. Mining geostatistics academic press, London.
- Kai-Li, L., Jie, C., Man-Zhi, T., Bing-Zi, Z., Shu-Xiao, M. and Xue-Zheng, S., 2011. Spatio-temporal variability of soil salinity in alluvial plain of the lower reaches of the Yellow river- a case study. **Pedosphere**, 21(6): 793-801.
- Keskin, F., Aydın, M. ve Ağca, N., 1999. Amik Ovasında tuzdan etkilenmiş topraklardan bir kesit. **MKÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi**, 4 (1-2): 55-70.
- Kılıç, K. ve Kılıç, S., 2007. Spatial variability of salinity and alkalinity of a field having salination risk in semi-arid climate in northern Turkey. **Environmental Monitoring Assessement**, 127: 55-65.
- Kılıç, Ş., Ağca, N., Karanlık, S., Şenol, S., Aydın, M., Yalçın, M., Çelik, İ., Evrendilek, F., Uygur, V., Doğan, K., Aslan, S. ve Çullu, M.A., 2008. Amik ovasının detaylı toprak etütleri, verimlilik çalışması ve arazi kullanım planlaması. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, **Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Proje No: DPT 2002k120480**, Eylül, 2008.
- Kılıç, Ş., 1999. Antakya çevresinin temel toprak etütleri ile arazi kullanım planlamasının uzaktan algılama/gıs teknikleri kullanılarak yapılması. **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Doktora Tezi, 215 S. Adana.
- Knudsen, D., Peterson, G.A. and Pratt, P.F., 1982. Lithium, sodium, and potassium. in: a.l. page (editor). *Methods of Soil Analysis*, part 2. Chemical and

- Microbiological Properties. **Second Edition ASA, Inc.**, 9: 225-246, Wisconsin, USA.
- Lark, R. M., 2002. Optimized spatial sampling of soil for estimation of the variogram by maximum likelihood. **Geoderma**, 105: 49-80.
- Lark, R.M., Kaffka, S.R. and Corwin, D.L., 2003. Multi-resolution analysis of data on electrical conductivity of soil using wavelets. **Journal of Hydrology**, 272: 276-290.
- Lesch, S. M., Rhoades, J. D., Lund, I. J. and Corwin, D. L. 1995. Mapping soil salinity using calibrated electromagnetic measurements. **Soil Science Society of American Journal**, 56: 540-548.
- Li, C., Li, Y. and Ma, J. 2011. Spatial heterogeneity of soil chemical properties at fine scales induced by haloxylon ammodendron (chenopodiaceae) plants in a sandy desert. **Ecological Research**, 26: 385-394.
- Lindsay, W.L., 1979. **Chemical Equilibria in Soils**. John Willey and Sons Inc., 449 p, New York.
- Liu, X.M., Xu, J.M., Zhang, M.K., Huang, J.H., Shi, J.C. and Yu, X.F. 2004. Application of geostatistics and gis technique to characterize spatial variabilities of bioavailable micronutrients in paddy soils. **Environmental Geology**, 46: 189-194.
- Liu, X., Shi, C., Liang, W., Jiang, Y., Jiang, D. and Steinberger, Y., 2007. Spatial variability of soil properties related to salinity and alkalinity in meliorated grasslands of horqin sand land, northeast China. **Agricultural Journal**, 2 (5): 564-569.
- Liu, Q., Cui, B. and Yang, Z., 2009. Dynamics of the soil water and solute in the sodic saline soil in the songnen plain, China. **Environmental Earth Science**, 59 (4): 837-845.
- Liu, S., Kang, Y., Wan, S., Wang, Z., Liang, Z. and Sun, X., 2011. Water and salt regulation and its effects on leymus chinensis growth under drip irrigation in saline-sodic soils of the Songnen Plain. **Agricultural Water Management**, 98: 1469-1476.
- Mostafazadeh-Fard, B., Mansouri, H., Mousavi, S.F. and Feizi, M., 2009. Effects of different levels of irrigation water salinity and leaching on yield and yield components of wheat in an arid region. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, 135 (1): 32-38.
- Muyen, Z., Moore, G.A. and Wrigley, R.J., 2011. Soil salinity and sodicity effects of wastewater irrigation in south east Australia. **Agricultural Water Management**, 99: 33-41.
- Nacar, A. S., Çelik, S., Bilgel, L., Sevgilioğlu, M. 2000. GAP bölgesi Harran ovasında toprak tuz ve su dengesinin izlenmesi ve değerlendirilmesi ve kapalı drenaj projelendirme kriterlerinin belirlenmesi. **Yıllık Sonuç Raporu**, köy hizmetleri araştırma projesi no. 99 230 J01, 12 s.
- Navarro-Pedreno, J., Jordan, M.M., Melendez-Pastor, I., Gomez, I., Juan, P. and Mateu, J., 2007. Estimation of soil salinity in semi-arid land using a geostatistical model. **Land Degradation and Development**, 18: 339– 353.
- Oliver, M. A. 1987. Geoistatistics and its application to soil science. **Soil Use and Management**, 3: 8-19.

- Ongun, A. R. 2008. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin jeostatistiksel yöntemlerle uzaysal değişkenliğinin saptanması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İzmir, 141 s.
- Onkware, A.O., 2000. Effect of soil salinity on plant distribution and production at loburu delta, lake bogoria national reserve, Kenya. **Australya Ecology**, 25: 140-149.
- Ortaş, İ ve BERKMAN, A., 1995. Jeostatistik tekniklerin toprak biliminde yersel değişkenliğin arazide) kullanımı. **İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu Bildiri Kitabı**, Cilt 1. s. 281-288.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan, H. 1993. *Toprak Bilimi*. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No.73, Ders Kitapları Yayın No:16. Adana, 815 s.
- Özbek, A.K. ve Öztaş, T., 2002. Karasu ovası taban suyu özelliklerinin yersel değişim parametrelerinin belirlenmesi. **Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu**, 18-20 Eylül 2002, Antakya-Hatay. 579-584 S.
- Özcan, H ve Çetin, M. 2000. The relationship between groundwater and soil salinity in the eastern mediterranean coastal region, Turkey. **M. Şefik Yeşilsoy International Symposium an Arid Region Soil**, 21-24 september menemen, İzmir, 370-374.
- Özcan, H. ve Uygun, R., 2004. Çanakkale-kumkale ovasında toprak profilinde tuz hareketinin yersel ve zamansal değişimlerinin izleme ve değerlendirilmesi. **Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 8 (2): 33-41.
- Öztaş, T., 1995. Jeostatistiğin toprak bilimindeki önemi ve uygulaması. **İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu Bildiri Kitabı**, Cilt 1. s. 271-280.
- Pang, H. C., Li, Y. Y., Yang, J. S. and Liang, Y. S., 2009. Effect of brackish water irrigation and straw mulching on soil salinity and crop yields under monsoonal climatic conditions. **Agricultural Water Management**.
- Pisinaras, V., Tsihrintzis, V. A., Petalas, C. and Ouzounis, K., 2010. Soil salinization in the agricultural lands of Rhodope district, northeastern Greece. **Environment Monitoring Assessment**, 166: 79-94.
- Pozdnyakona, L. and Zhang, R., 1999. Geostatistical analyses of soil salinity in a large field. **Precision Agriculture**, 1: 153-165.
- Qadir, M., Ghafoor, A. and Murtaza, G. 2000. Amelioration strategies for saline soils: a review. **Land Degradation and Development**, 19: 429-453.
- Qadir, M., Tubeileh, A., Akhtar, J., Larbi, A., Minhas, P.S. and Khan, M.A. 2008. Productivity enhancement of salt-affected environments through crop diversification. **Land Degradation and Development**, 19: 429-453.
- Rao, P.S.C. and Wagnet, R.J., 1985. Spatial variability of pesticides in field soils: methods for data analysis and consequences. **Weed Sciences**, 33 (2): 18-24.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. **USDA Handbook**. 60 P.
- Robert, O.E. and Ullman, O.A., 2011. Response of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis* hook f) to sodium chloride (NaCl) application. **Agricultural Journal**, 6 (6): 288-293.
- Romero, F.M. and Navas, F.Z., 2010. Salinity spatial variability in soils irrigated with residual waters from the taiguaguay irrigation system, Venezuela. **Interciencia**, 35 (5): 357-362.

- Sadıq, M., Hassan, G., Mehdi, S. M., Hussain, N. and Jamil, M., 2007. Amelioration of saline-sodic soils with tillage implements and sulfuric acid application. **Pedosphere**, 17(2): 182-190.
- Saltalı, K. 2006. Tokat Kazova yöresi topraklarında tuz dinamiği ve sodikleşme eğiliminin belirlenmesi. **Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi**, 95 sayfa.
- Saltalı, K. ve Derici, M.R., 1999. Tokat-Kozova topraklarının alkalileşme durumunun belirlenmesi. **Tr. Journal of Agriculture and Forestry**, 23 (3): 657-663.
- Sarmadian, C., Keshavarzi, A. and Malekian, A. 2010. Continuous mapping of topsoil calcium carbonate using geostatistical techniques in a semi-arid region. **Australian Journal of Crop Science**, 4 (8): 603-608.
- Sezen, Y. 1995. Toprak kimyası. **Atatürk Üniversitesi yayınları No: 790**. Ziraat fakültesi yayın no: 322. Ders kitapları serisi no: 71.
- Shen, G., Xu, J., Qian, Z. and Huang, D., 2010. Spatial analysis and assessment of soil fertility by using gis and kriging method. **World Automation Congress (WAC)**, 2010, 19-23 September 2010, Page 19-23.
- Shi, Z., Li, Y., Wang, Y.C. and Makeschine, F., 2005. Assessment of temporal and spatial variability of soil salinity in a coastal saline field. **Environmental Geology**, 48: 171-178.
- Shouse, P. J., Goldberg, S., Skaggs, T. H., Soppe, R. W. O. and Ayars, J. E., 2010. Changes in spatial and temporal variability of SAR affected by shallow groundwater management of an irrigated field, California. **Agricultural Water Management**, 97: 673-680.
- Sokouti, R. and Mahdian, M.H., 2009. Comparative efficacy of some geostatistical methods for the estimation of spatial variability of topsoil salinity. **Journal of Applied Sciences**, 9(3): 588-592.
- Sönmez, İ. ve Kaplan, M. 2004. Demre yöresi seralarında toprak ve sulama sularının tuz içeriğinin belirlenmesi. **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 17(2): 155-160.
- Sönmez, B. ve Beyazgül, M., 2008. Türkiye’de tuzlu ve sodyumlu toprakların ıslahı ve yönetimi. **Sulama ve Tuzlanma Konferansı**, 12-13 Haziran 2008, Şanlıurfa. 263-278 S.
- Süral, H. C. ve İnci, N., 2006. Hatay sosyo-ekonomik rapor 2005. **Antakya Ticaret Ve Sanayi Odası**, Ocak 2006. 117 S.
- Sugimori, Y., Funakawa, S., Pachikin, K.M., Ishida, N. and Kosaki, T. 2008. Soil salinity dynamics in irrigated fields and its effects on paddy-based rotation systems in southern Kazakhstan. **Land Degradation and Development**, 19: 305-320.
- Stein, A. and Corsten, L.C.A. 1991. Universal kriging and cokriging as regression procedure. **Biometrics**, 47: 575-587.
- Şeker, C ve Karakaplan, S. 1999. Konya ovasında toprak özellikleri ile kırılma değerleri arasındaki ilişkiler. **Turkey Journal of Agriculture and Forestry**, 23: 183-190.
- Tahboub, A.A., Abbassi, B.E., Ta’any, A.A. And Saffaarini, G.A., 2007. Spatial variability of topsoil salinity in the lower reaches of zerka river, central jordan valley. **Journal of Food Agriculture and Environment**, 5 (3-4): 368-373.
- Tan, K. H., 1993. **Principles of Soil Chemistry**. Marcel Dekker, Inc. 362 p, New York, USA.

- Thomas, D. S. G. and Middleton, N. J. 1993. Salinization: new perspectives on a major desertification issue. **Journal Arid Environment**, 24: 95-105.
- Turgut, B., 2008. Toprak penetrasyon direncine etki eden toprak özelliklerinin yersel değişim paternlerinin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. **Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi, Erzurum, 228 S.
- Utset, A., Ruiz, M. E., Herrera, J. and De Leon, D. P., 1998. A geostatistical method for soil salinity sample site spacing. **Geoderma**, 86: 143-151.
- Uygan, D., Hakgören, F. ve Büyüktaş, D. 2006. Eskişehir sulama şebekesinde drenaj sularının kirlenme durumu ve sulamada kullanma olanaklarının belirlenmesi. **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 19(1): 47-58.
- Vela, N., Hernadez, J., Palazon, J.A., Vicente, M. and Ortiz, R. 2005. Spatial variability of salinity in cultivated soils of semiarid murcia, se Spain. Sustainable Use and Management of Soils-Arid and Semiarid Regions. **A Cooperating Series of the International Union of Soil Science (IUSS)**, pages 545-558.
- Wang, Z.C., 1999. Geostatistics and its application in ecology (in Chinese). Science Press. Beijing, pp. 35-149.
- Wang, Z. Q. 2001. Geostatistics and its application in ecology. **Science Press**, Beijing, pp 162-192.
- Wang, H. and Liu, G., 2008. Geostatistical analysis on multi-scale variations of soil salinity in the Yellow river delta. **Bioinformatics and Biomedical Engineering, ICBBE 2008**. The 2. International Conference On, 16-18 May 2008, 4669-4673.
- Wang, Y., Li, Y. and Xiao, D., 2008. Catchment scale spatial variability of soil salt content in agricultural oasis, northwest China. **Environmental Geology**, 56: 439-446.
- Wang, R., Kang, Y., Wan, S., Hu, W., Liu, S. and Liu, S., 2011. Salt distribution and the growth of cotton under different drip irrigation regimes in a saline area. **Agricultural Water Management**, 100: 58-69.
- Yakupoglu, T. ve Özdemir, N., 2007. Tuzluluk ve alkaliliğin toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. **19 Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 22(1): 132-138
- Yang, F., Zhang, G., Yin, X. and Liu, Z., 2011. Field-scale spatial variation of saline-sodic soil and its relation with environmental factors in western songnen plain of China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 8: 374-387.
- Yaprak, S. ve Arslan, E., 2008. Kriging yöntemi ve geoit yüksekliklerinin enterpolasyonu. **Hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi**, 98: 36-42.
- Yeşilirmak, E., Anaç, S. ve Solow, R., 2009. Büyük menderes akarsuyu'nda tuzluluğun mekansal değişimi. **Tmmob Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi**, 02-06 Kasım 2009, İzmir.
- Yurtseven, E., Öztürk, H. S., Avcı, S., Altınok, S. ve Selenay, M: F. 2012. Farklı sulama suyu kalitesi ve yıkama oranı uygulamalarında profil tuzluluğunun değişimi. **Toprak Su Dergisi**, 1 (1): 38-46.
- Yıldız, N. ve Bircan, H. 1994. Uygulamalı istatistik. **Atatürk Üniversitesi yayınları** no: 704.
- Zare-Mehrjardi, M., Taghizadeh-Mehrjardi, R. and Akbarzadeh, A., 2010. Evaluation of geostatistical techniques for mapping spatial distribution of soil pH, salinity and

plant cover affected by environmental factors in southern Iran. **Notulae Science Biological**, 2 (4): 92-103.

Zhang, H., Schroder, J.L., Pittman, J.J., Wang, J.J. and Payton, M., E., 2005. Soil salinity using saturated paste and 1:1 soil to water extracts. **Soil Science Society of America Journal**, 69(4): 1146-1151.

Zheng, Z., Zhang, F., Ma, F., Chi, X., Zhu, Z., Shi, J. and Zhang, S., 2009. Spatiotemporal changes in soil salinity in a drip-irrigated field. **Geoderma**, 149: 243-248.

TEŞEKKÜR

Doktora çalışmalarım başlangıcından Ekim 2012'ye kadar olan süreçte danışmanlığımı yürüten, eski danışman hocam Prof. Dr. Necat AĞCA'ya çalışmalarımın her aşamasında gösterdiği anlayış, destek, sabır ve özverileri nedeniyle teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın her aşamasında büyük bir titizlik, sabır ve özveriyle bana destek olan, yol gösteren ve iyi bir bilimsel çalışma ortamı sağlayan danışman hocam Sayın Doç.Dr. Veli UYGUR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında değerli görüş, katkı ve bilgilerini esirgemeyen hocalarım Sayın Doç.Dr. Berkant ÖDEMİŞ'e ve Yrd. Doç. Dr. Rıfat AKIŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuar çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Yrd.Doç.Dr. Yusuf Ziya GÜZEY ve Yrd.Doç.Dr. Yaşar AKIŞCAN'a teşekkürlerimi belirtmek isterim. Ayrıca, analizler sırasında özveriyle yardımda bulunan Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı öğrencileri Hasan HÜSEYİNOĞLU ve Hamit BONCUKLU'ya teşekkürlerimi belirtirim.

Her konuda yanımda olan hayatım boyunca sevgisini hiç eksik etmeyen babam Hüseyin YALÇIN'a, beni sevgiyle büyüten beni çok seven annem Fatma YALÇIN'a, her zorlukta bana yardım eli uzatan beni çok seven ablam Filiz Arzu YALÇIN'a ve çok değerli kardeşlerim Figen YALÇIN, Fisun YALÇIN ile Funda YALÇIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında manevi desteğini esirgemeyen hayatımın her aşamasında destek olan hayat arkadaşım çok sevgili eşim Gamze Güven YALÇIN'a, benim biricik, dünyalar tatlısı ve hayatımın anlamı kızım Dilara YALÇIN'A sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Kayseri’de doğdum. İlk, orta ve lise eğitimini Adana’da tamamladım. 1995 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü’nde lisans öğrenimime başladım. 2000 yılında lisans öğrenimimi tamamladıktan sonra aynı yıl Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladım. 2001 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladım. 2004 yılının Ağustos ayında yüksek lisansımı bitirdi. 2006 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalında Doktora öğrenimine başladım. Halen anılan Enstitünün Toprak Anabilim Dalında Doktora yapmaktayım. Temmuz 2007 yılında Gamze Güven YALÇIN ile evlendim. Bu evliliğimden Dilara adında 2 yaşında bir kızım bulunmakta.