

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**TOPRAK EROZYON DUYARLILIĞININ KONUMSAL DEĞİŞİMİNİN
BELİRLENMESİ: PİLOT ÇALIŞMA; ASARTEPE BARAJ HAVZASI**

Sevinç MADENOĞLU

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**ANKARA
2013**

Her hakkı saklıdır

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

22/11/2013

Sevinç MADENOĞLU

ÖZET

Doktora Tezi

TOPRAK EROZYON DUYARLILIĞININ KONUMSAL DEĞİŞİMİNİN BELİRLENMESİ: PİLOT ÇALIŞMA; ASARTEPE BARAJ HAVZASI

Sevinç MADENOĞLU

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Günay ERPUL

Toprak erozyon duyarlılığı arazi kullanımı, topoğrafya ve toprak özellikleri tarafından büyük ölçüde etkilenmektedir. Bu değerlerin bilinmesinin yanında, konumsal değişiminin de belirlenmesi, alınacak kontrol önlemlerinin planlanmasında karar vericiler ve uygulayıcılar açısından önem taşımaktadır. Sakarya Havzası'na dahil olan İlhan Çayı Alt Havzası'nda yer alan Asartepe Baraj Havzasında yürütülen bu çalışmada toprak erozyon duyarlılığının konumsal değişimi incelenmiştir. Gridleme yöntemi ile beş farklı arazi kullanımından (nadas-ürün, bozuk meşelik, mera, alüviyal tarım, kolüviyal tarım alanlarında), 28 adet arazi çalışması süresince toplam 1280 adet yüzey örneği alınmış ve bu örneklerde organik madde, birincil tane dağılımları, hidrolik iletkenlik analizleri yapılarak (toplam 4096 adet laboratuvar analizi ile) dört farklı eşitlik ile toprak erozyon duyarlılık (K) değerleri hesaplanmıştır. Toprak özellikleri ve K değerlerinin konumsal değişimleri kriging ve simülasyon yöntemleri ile belirlenmiştir. Varyans analizi farklı arazi kullanımlarında toprak özellikleri ve erozyon duyarlılık değerleri ortalamalarının istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermiştir ($P<0.01$). Aynı arazi kullanımı içerisinde farklı eşitlikler ile istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı K değerleri elde edilmiştir. Toprak özellikleri ve K değerleri genelde çalışma alanı içerisinde anizotropik bir yapı göstermiştir. En yüksek konumsal bağımlılık mera alanında RUSLE eşitliği K değerinde (% 1,33), en düşük ise kolüviyal tarım alanında silt değişkeninde (%70,09) belirlenmiştir. En yüksek yapısal uzaklığı majör 65,53 m minör 58.15 m ile mera alanında kil özelliği, en düşüğü ise 4,24 m ile alüviyal tarım alanında hidrolik iletkenlik özelliği göstermiştir. En yüksek K değeri bozuk meşelik alanda ($0,0434 \pm 0,00031 \text{ t ha}^{-1} \text{ ha/MJ h mm}^{-1}$), en düşük ise nadas-ürün alanında ($0,0236 \pm 0,00032 \text{ t ha}^{-1} \text{ ha/MJ h mm}^{-1}$) belirlenmiştir.

Kasım 2013 , 340 sayfa

Anahtar Kelimeler : Toprak Erozyonu, Toprak Erozyon Duyarlılığı, Konumsal Değişim, Arazi Kullanımı, Jeostatistik

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

DETERMINATION OF SPATIAL VARIABILITY OF SOIL ERODIBILITY: CASE STUDY; THE ASARTEPE DAM BASIN

Sevinç MADENOĞLU

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor : Prof. Dr. Günay ERPUL

Soil erodibility has been affected significantly by land use, topography and soil properties. In addition to be known this value, determination of its spatial variability in field is essential to plan action to be taken for decision makers and practitioners. In this study, which was implemented in Asartepe Dam Basin located İlhan Çayı sub-catchment of Sakarya Basin, the spatial variability of soil erodibility factor was investigated. Total 1280 soil surface samples were taken using gridding method from five different lands uses (fallow-crop, oak forest, grassland, alluvial cropland, colluvial cropland) during 28 field studies. The soil samples were analysed to determine soil organic matter, hydraulic conductivity and particle size distribution (with total 4096 laboratory analyses). Soil erodibility values (K factor) were calculated for the soils of the sites by using four different empirical approaches. In addition spatial variation of the soil properties and the calculated soil erodibility values were determined using kriging and simulation. Analysis of variance showed that values are statistically different between soil properties and soil erodibility in different lands uses. K values that are statistically different has been obtained under same land use by using different equations. Generally, soil properties and K values showed anisotropy structure in the study field. The highest spatial dependence was determined in the geostatistically model result of K value that was calculated by RUSLE equation (%1,33) in grassland, while the lowest was determined of silt in colluvial cropland (%70,09). While the longest spatio-structural range (major 65,53 m, minor 58,15 m) obtained from clay in grassland, the shortest spatio-structural range (4,24 m) obtained from hydraulic conductivity in alluvial cropland. The highest K value $0,0434 \text{ t ha}^{-1} \text{ ha/MJ h mm}^{-1}$ was determined in oak forest area, while the smallest K value ($0,0236 \text{ t ha}^{-1} \text{ ha/MJ h mm}^{-1}$) was observed in fallow-crop land use.

November 2013, 340 pages

Key Words: Soil Erosion, Soil Erodibility, Spatial Variability, Land Use, Geostatistics

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren, her aşamada bilgi ve yardımlarıyla çalışmamın tamamlanmasında ve gelişmemde çözümleyici, destekleyici ve anlayışlı yaklaşımlarıyla büyük katkıları bulunan, doktora çalışmamın yanında diğer tüm bilimsel çalışmalarım da desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Günay ERPUL'a (Ankara Ü. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Bes. Böl.) çok teşekkür ediyorum. Bilimsel yaklaşımı öğrenmemdeki değerli katkıları için, destek ve yardımlarını esirgemeyen tez izleme komitesi üyelerim, kıymetli hocalarım Sayın Prof. Dr. A. Erhan TERCAN'a (Hacettepe Ü. Müh. Fak. Maden Müh. Böl.) ve Sayın Doç. Dr. İlhami BAYRAMİN'e (Ankara Ü. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Bes. Böl.) çok teşekkür eder saygılar sunarım. Tezime verdikleri katkılar için değerli jüri üyesi hocalarım Sayın Prof. Dr. Mustafa ÇANGA (Ankara Ü. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Bes. Böl.) ve Sayın Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN'e (Çankırı Karatekin Ü. Orman Fak. Orman Müh. Böl.) çok teşekkür ederim. Çalışmalarım süresince maddi ve manevi desteğini her zaman hissettiğim Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürü Sayın Dr. Bülent SÖNMEZ'e ve Müdür Yardımcısı Dr. Suat AKGÜL'e, her koşulda arazi çalışmalarına verdiği büyük katkı için çalışma arkadaşım Dr. Mehmet KEÇECİ'ye, çalışmam süresince her konudaki değerli destekleri nedeniyle çalışma arkadaşlarım Dr. Armağan KARABULUT'a, Dr. Gülen ÖZYAZICI'ya, Dr. Mustafa USUL'a, Ziraat Yüksek Mühendisi Aynur DİLSİZ'e ve Biyolog Şule KAYA'ya çok teşekkür ediyorum. Jeostatistiksel değerlendirme aşamasında uzakta da olsa yardımlarını esirgemeyen Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Öğretim üyesi Doç. Dr. Mustafa BAŞARAN'a, her zaman her konudaki yakın ve içten işbirliği ve dayanışması için Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araş. Gör. Dr. Selen DEVİREN SAYGIN'a, istatistiksel değerlendirme aşamasındaki değerli katkılarından dolayı hocam Prof. Dr. Muhip ÖZKAN (Ankara Ü. Ziraat Fak. Zootehni Böl.) ve Araş. Gör. Rabia ALBAYRAK'a teşekkür ediyorum. Verilerin işlenmesindeki katkılarından dolayı Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü Araş. Gör. Salih ALAN'a ve Makina Mühendisi Serdar TEKİN'e, jeostatistiksel analizler konusundaki desteği için Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Araş. Gör. Fırat ATALAY'a, teşekkür ederim. Arazi çalışmalarındaki özverili katkıları için Enstitü personelimiz Hüseyin ÜNSAL'a, verilerin bilgisayara işlenmesindeki değerli

yardımlarından dolayı Enstitümüz CBS ve UA laboratuvarı personelleri Dilek YATMAN ve Fatma ELBAŞI'ya, hem arazi hem de laboratuvar çalışmalarına verdikleri büyük destekten dolayı Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü'nün tüm arazi ve laboratuvar personeline ve diğer çalışma arkadaşlarıma ayrı ayrı teşekkür eder, şükranlarımı sunarım.

Son olarak, uzun çalışma sürem boyunca maddi ve manevi desteklerini hiç bir zaman esirmeyen ve her zamanki hoşgörülerini için sevgili anneme, babama ve kardeşime sonsuz teşekkür ediyorum.

Bu tez çalışması, 'Asartep Baraj Havzasında Arazi Kullanımı ve Topoğrafyaya Bağlı Olarak Toprak Erozyon Duyarlılığı ve Bazı Fiziksel Toprak Özelliklerinin Konumsal Değişimlerinin Belirlenmesi (GTHB, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü)' konulu proje tarafından desteklenmiştir.

Sevinç MADENOĞLU

Ankara, Kasım 2013

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ	11
2.1 Toprak Özelliklerine İlişkin Çalışmalar.....	11
2.2 Arazi Kullanımı ve Erozyon İlişkisine İlişkin Çalışmalar.....	16
2.3 Toprak Erozyon Duyarlılığına İlişkin Genel Çalışmalar.....	19
2.4 Toprak Erozyon Duyarlılığına İlişkin Jeostatistiksel Çalışmalar.....	24
2.5 Toprak Özelliklerine İlişkin Jeostatistiksel Çalışmalar.....	30
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	43
3.1 Materyal.....	43
3.1.1 Araştırma yeri.....	43
3.1.2 Araştırma yerinin iklim özellikleri.....	46
3.2 Yöntem.....	48
3.2.1 Toprak örneklerinin alınması.....	50
3.2.2 Toprak erozyon duyarlılığı faktörünün (K) belirlenmesi.....	53
3.2.2.1 Toprak Erozyon Duyarlılık Nomografi Eşitliği (Wischmeier vd. 1971).....	53
3.2.2. Renard (RUSLE) vd. (1997) tarafından geliştirilen eşitlik.....	54
3.2.2.3 Torri vd. (1997) tarafından geliştirilen eşitlik.....	55
3.2.2.4 Römken vd. (1986) tarafından geliştirilen eşitlik.....	56
3.2.3 Toprak analizleri.....	56
3.2.4 İstatistiksel analizler.....	57
3.2.5 Jeostatistiksel analizler.....	60

3.2.5.1 Uzaklığa bağlı ilişki fonksiyonu (Variogram).....	61
3.2.5.2 Variogram fonksiyonunun özellikleri.....	63
3.2.5.3 Deneyisel yarıvariogram.....	63
3.2.5.4 Variogram modelleri.....	64
3.2.5.5 Kriging ve simülasyon.....	65
3.2.5.6 Variogram modelinin çapraz doğrulanması (cross-validation).....	66
3.2.5.7 Tahmin edilen değerlerin ve gerçek değerler ile karşılaştırılması.....	66
3.2.5.8 Verilerin dönüştürülmesi.....	67
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	68
4.1 Çalışma Alanları Genel Toprak Özellikleri.....	68
4.2 Çalışma Alanları Özelliklerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler.....	70
4.3 Çalışma Alanları Özelliklerine Ait Korelasyon Analizi Sonuçları.....	79
4.4 Araştırma Alanlarında İncelenen Toprak Özellikleri.....	87
4.4.1 Toprak organik maddesi.....	87
4.4.2 Doygun hidrolik iletkenlik.....	89
4.4.3 Birincil tane dağılımları.....	92
4.4.4 Kireç.....	98
4.5 Toprak Erozyon Duyarlılığı Değerlendirmesi.....	98
4.5.1 Arazi kullanım şekline göre değerlendirme.....	98
4.5.1.1 RUSLE eşitliği sonuçları.....	98
4.5.1.2 Torri eşitliği sonuçları.....	100
4.5.1.3 Römken eşitliği sonuçları.....	102
4.5.1.4 Nomograf eşitliği sonuçları.....	103
4.5.2 Eşitliklere göre değerlendirme.....	105
4.5.2.1 Nadas-ürün alanı toprak erozyon duyarlılığı değerlendirme.....	106
4.5.2.2 Bozuk meşelik alan toprak erozyon duyarlılığı değerlendirme.....	107
4.5.2.3 Mera alanı toprak erozyon duyarlılığı değerlendirme.....	108
4.5.2.4 Alüviyal tarım alanı toprak erozyon duyarlılığı değerlendirme.....	109
4.5.2.5 Kolüviyal tarım alanı toprak erozyon duyarlılığı değerlendirme.....	110
4.6 Toprak Erozyon Duyarlılık Sonuçlarının Genel Değerlendirmesi.....	110
4.7 Jeostatistiksel Analizler.....	114
4.7.1 Nadas-ürün alanı toprak özellikleri jeostatistiksel analizleri.....	115

4.7.1.1 Toprak organik maddesi.....	116
4.7.1.2 Doygun hidrolik iletkenlik.....	120
4.7.1.3 Kum.....	123
4.7.1.4 Silt.....	126
4.7.1.5 Kil.....	129
4.7.1.6 Çok ince kum.....	131
4.7.2 Bozuk meşelik alan toprak özellikleri jeostatistiksel analizleri.....	134
4.7.2.1 Toprak organik maddesi.....	134
4.7.2.2 Doygun hidrolik iletkenlik.....	137
4.7.2.3 Kum.....	137
4.7.2.4 Silt	140
4.7.2.5 Kil.....	142
4.7.2.6 Çok ince kum	145
4.7.3 Mera alanı toprak özellikleri jeostatistiksel analizleri.....	148
4.7.3.1 Toprak organik maddesi.....	148
4.7.3.2 Doygun hidrolik iletkenlik.....	152
4.7.3.3 Kum.....	154
4.7.3.4 Silt.....	157
4.7.3.5 Kil.....	160
4.7.3.6 Çok ince kum.....	163
4.7.4 Alüviyal tarım alanı toprak özellikleri jeostatistiksel analizleri.....	166
4.7.4.1 Toprak organik maddesi.....	166
4.7.4.2 Doygun hidrolik iletkenlik.....	169
4.7.4.3 Kum.....	171
4.7.4.4 Silt.....	174
4.7.4.5 Kil.....	177
4.7.4.6 Çok ince kum	177
4.7.4.7 Kireç.....	178
4.7.5 Kolüviyal tarım alanı toprak özellikleri jeostatistiksel analizleri.....	181
4.7.5.1 Toprak organik maddesi.....	181
4.7.5.2 Doygun hidrolik iletkenlik.....	184
4.7.5.3 Kum.....	184

4.7.5.4 Silt.....	187
4.7.5.5 Kil.....	189
4.7.5.6 Çok ince kum.....	192
4.7.6 Nadas-ürün alanı K değerleri jeostatistiksel analizleri.....	194
4.7.6.1 RUSLE eşitliği K değeri	194
4.7.6.2 Torri eşitliği K değeri.....	197
4.7.6.3 Römkens eşitliği K değeri.....	200
4.7.6.4 Nomograf eşitliği K değeri.....	203
4.7.7 Bozuk meşelik alan K değerleri jeostatistiksel analizleri.....	206
4.7.7.1 RUSLE eşitliği K değeri.....	206
4.7.7.2 Torri eşitliği K değeri.....	209
4.7.7.3 Römkens eşitliği K değeri.....	212
4.7.7.4 Nomograf eşitliği K değeri.....	215
4.7.8 Mera alanı K değerleri jeostatistiksel analizleri.....	218
4.7.8.1 RUSLE eşitliği K değeri.....	218
4.7.8.2 Torri eşitliği K değeri.....	221
4.7.8.3 Römkens eşitliği K değeri.....	224
4.7.8.4 Nomograf eşitliği K değeri.....	226
4.7.9 Alüviyal tarım alanı K değerleri jeostatistiksel analizleri.....	229
4.7.9.1 RUSLE eşitliği K değeri	229
4.7.9.2 Torri eşitliği K değeri.....	232
4.7.9.3 Römkens eşitliği K değeri.....	232
4.7.9.4 Nomograf eşitliği K değeri.....	233
4.7.10 Kolüviyal tarım alanı K değerleri jeostatistiksel analizleri.....	234
4.7.10.1 RUSLE eşitliği K değeri.....	234
4.7.10.2 Torri eşitliği K değeri.....	237
4.7.10.3 Römkens eşitliği K değeri.....	240
4.7.10.4 Nomograf eşitliği K değeri.....	240
4.8 Jeostatistiksel Analizler Genel Değerlendirmesi.....	243
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	254
KAYNAKLAR.....	261
EKLER.....	276

EK 1 Nadas-ürün alanı jeoistatistiksel analizleri.....	278
EK 2 Bozuk meşelik alan jeoistatistiksel analizleri.....	284
EK 3 Mera alanı jeoistatistiksel analizleri.....	290
EK 4 Alüviyal tarım alanı jeoistatistiksel analizleri.....	296
EK 5 Kolüviyal tarım alanı jeoistatistiksel analizleri.....	303
EK 6 Nadas-ürün alanı K RUSLE eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri	309
EK 7 Nadas-ürün alanı Torri eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri.....	310
EK 8 Nadas-ürün alanı Römken eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri.....	311
EK 9 Nadas-ürün alanı Nomograf eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri	312
EK 10 Bozuk meşelik alan RUSLE eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri.....	313
EK 11 Bozuk meşelik alan Torri eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri.....	314
EK 12 Bozuk meşelik alan Römken eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri	315
EK 13 Bozuk meşelik alan Nomograf eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri.....	316
EK 14 Mera alanı RUSLE eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri.....	317
EK 15 Mera alanı Torri eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri.....	318
EK 16 Mera alanı Römken eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri.....	319
EK 17 Mera alanı Nomograf eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri.....	320
EK 18 Alüviyal tarım alanı RUSLE eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri.....	321
EK 19 Alüviyal tarım alanı Torri eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri.....	322
EK 20 Alüviyal tarım alanı Römken eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri	323
EK 21 Alüviyal tarım alanı Nomograf eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri.....	324
EK 22 Kolüviyal tarım alanı RUSLE eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri.....	325
EK 23 Kolüviyal tarım alanı Torri eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri	326
EK 24 Kolüviyal tarım alanı Römken eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri.....	327

EK 25 Kolüviyal tarım alanı Nomograf eşitliği K değeri jeostatistiksel analizleri.....	328
EK 26 Nadas-ürün alan çapraz karşılaştırma (cross –validation) Grafikleri.....	329
EK 27 Bozuk meşelik alan çapraz karşılaştırma (cross –validation) grafikleri	331
EK 28 Mera alanı çapraz karşılaştırma (cross –validation) grafikleri.....	333
EK 29 Alüviyal tarım alanı çapraz karşılaştırma (cross –validation) grafikleri.....	335
EK 30 Kolüviyal tarım alanı çapraz karşılaştırma (cross –validation) grafikleri.....	336
ÖZGEÇMİŞ.....	338

SİMGELER DİZİNİ

C	Bitki Örtüsü Faktörü
C	Kil
C	Kısmi Sill Değeri
C ₀	Külçe Etkisi
C ₀ + C	Sill Değeri
Ca ⁺²	Kalsiyum
CaCO ₃	Kireç (Kalsiyum Karbonat)
Cl ⁻	Klor
Cs	Sezyum
Dg	Ortalama Geometrik Tanecik Çapı
D _G	Ortalama Geometrik Tanecik Çapının Naperian Logaritması
d _i	İlgili Sınıfın Çapının Üst Sınırı
d _{i-1}	İlgili Sınıfın Çapının Alt Sınırı
FeSO ₄	Demir Sülfat
f _i	Temel Tanecik Büyüklük Fraksiyonları %'si
h	saat
ha	hektar
HCO ₃ ⁻	Bikarbonat
K	Toprak Erozyon Duyarlılığı Faktörü
K ⁺¹	Potasyum
Ks	Doygun Hidrolik İletkenlik
LS	Topografik Faktör
m	Metre
mg	Miligram
Mg ⁺²	Magnezyum
MJ	Megajoule
m _i	İlgili Sınıfının Tanecik Büyüklük Sınıflarının Aritmetik Ortalaması
mm	Milimetre
Na ⁺¹	Sodyum
P	Toprak Koruma Önlemleri Faktörü
p	Toprak Geçirgenlik Sınıfları
R	Yağış-Yüzey Akış Faktörü
r	Pearson korelasyon katsayısı
s	Toprak Yapı Sınıfları
t	Ton

Kısaltmalar

A MJ	Majör Yapısal Uzaklık
A MN	Minör Yapısal Uzaklık
ANB	Ardışık Normal Benzetim
BK	Basıklık Katsayısı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇDRM	Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli

ÇK	Çarpıklık Katsayısı
DK	Değişim Katsayısı
ETKE	Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği
exp	Üssel
Hİ	Hidrolik İletkenlik
KBD	Konumsal Bağımlılık Derecesi
KBS	Konumsal Bağımlılık Sınıfı
KDK	Katyon değişim kapasitesi
log	Logaritma
MAE	Ortalama Mutlak Hata
MSE	Hata Kareler Ortalaması
OK	Ordinary Kriging
OM	Organik Madde
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Equation
TOK	Toprak Organik Karbonu
TOM	Toprak Organik Maddesi
UK	Universal Kriging
USLE	Universal Soil Loss Equation
YETKE	Yenileştirilmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1	Araştırma yeri.....	43
Şekil 3.2	Asartepe baraj havzası.....	44
Şekil 3.3	Araştırma yeri toprak haritası.....	45
Şekil 3.4	Tez çalışması iş akış şeması.....	49
Şekil 3.5	Çalışma alanı Google Earth görüntüsü (2009) ve örnekleme alanları.....	51
Şekil 3.6	Toprak örneklemleri.....	52
Şekil 3.7	Variogram elemanları.....	62
Şekil 4.1	Nadas-ürün alanı tane büyüklük dağılımı örneği (Bouyoucos 1951).....	69
Şekil 4.2	Arazi kullanım türlerine göre organik madde değişimi.....	88
Şekil 4.3	Arazi kullanım türlerine göre hidrolik iletkenlik değişimi.....	91
Şekil 4.4	Arazi kullanım türlerine göre kum değişimi.....	93
Şekil 4.5	Arazi kullanım türlerine göre silt değişimi.....	94
Şekil 4.6	Arazi kullanım türlerine göre kil değişimi.....	95
Şekil 4.7	Arazi kullanım türlerine göre çok ince kum değişimi.....	96
Şekil 4.8	Arazi Kullanım türlerine göre K RUSLE değişimi.....	100
Şekil 4.9	Arazi kullanım türlerine göre K Torri değişimi.....	101
Şekil 4.10	Arazi kullanım türlerine göre K Römken's değişimi.....	103
Şekil 4.11	Arazi Kullanım türlerine göre K Nomograf değişimi.....	105
Şekil 4.12	Nadas-ürün alanı K değerleri.....	107
Şekil 4.13	Bozuk meşelik alan K değerleri.....	108
Şekil 4.14	Mera alanı K değerleri.....	108
Şekil 4.15	Alüviyal tarım alanı K değerleri.....	109
Şekil 4.16	Kolüviyal tarım alanı K değerleri.....	110
Şekil 4.17	Nadas-ürün alanı organik madde değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri.....	118
Şekil 4.18	Nadas-ürün alanı organik madde kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	119
Şekil 4.19	Nadas-ürün alanı hidrolik iletkenlik değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri.....	121
Şekil 4.20	Nadas-ürün alanı hidrolik iletkenlik kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	122
Şekil 4.21	Nadas-ürün alanı kum anizotropik yarıvariogram modelleri.....	124
Şekil 4.22	Nadas-ürün alanı kum kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	125
Şekil 4.23	Nadas-ürün alanı silt anizotropik yarıvariogram modelleri.....	127
Şekil 4.24	Nadas-ürün alanı silt kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	128
Şekil 4.25	Nadas-ürün alanı kil izotropik yarıvariogram modeli.....	129
Şekil 4.26	Nadas-ürün alanı kil kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	130
Şekil 4.27	Nadas-ürün alanı çok ince kum anizotropik yarıvariogram modelleri.....	132

Şekil 4.28	Nadas-ürün alanı çok ince kum kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	133
Şekil 4.29	Bozuk meşelik alan organik madde anizotropik yarıvariogram modelleri.....	135
Şekil 4.30	Bozuk meşelik alan organik madde kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	136
Şekil 4.31	Hidrolik iletkenlik tam kontrolsüz etki varyansı yarıvaryogramı.....	137
Şekil 4.32	Bozuk meşelik alan kum anizotropik yarıvariogram modelleri.....	138
Şekil 4.33	Bozuk meşelik alan kum kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	139
Şekil 4.34	Bozuk meşelik alan silt izotropik yarıvariogram modeli.....	140
Şekil 4.35	Bozuk meşelik alan silt kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	141
Şekil 4.36	Bozuk meşelik alan kil anizotropik yarıvariogram modelleri.....	143
Şekil 4.37	Bozuk meşelik alan kil kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	144
Şekil 4.38	Bozuk meşelik alan çok ince kum anizotropik yarıvariogram modelleri.....	146
Şekil 4.39	Bozuk meşelik alan kil kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	147
Şekil 4.40	Mera alanı organik madde anizotropik yarıvariogram modelleri.....	150
Şekil 4.41	Mera alanı organik madde kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	151
Şekil 4.42	Mera alanı hidrolik iletkenlik izotropik yarıvariogram modeli.....	152
Şekil 4.43	Mera alanı hidrolik iletkenlik kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	154
Şekil 4.44	Mera alanı kum anizotropik yarıvariogram modelleri.....	155
Şekil 4.45	Mera alanı kum kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	156
Şekil 4.46	Mera alanı silt anizotropik yarıvariogram modelleri.....	158
Şekil 4.47	Mera alanı silt kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	159
Şekil 4.48	Mera alanı kil anizotropik yarıvariogram modelleri.....	161
Şekil 4.49	Mera alanı kil kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	162
Şekil 4.50	Mera alanı çok ince kum anizotropik yarıvariogram modelleri.....	164
Şekil 4.51	Mera alanı çok ince kum kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	165
Şekil 4.52	Alüviyal tarım alanı organik madde anizotropik yarıvariogram modelleri.....	167
Şekil 4.53	Alüviyal tarım alanı organik madde kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	168

Şekil 4.54	Alüviyal tarım alanı hidrolik iletkenlik izotropik yarıvariogram modeli.....	169
Şekil 4.55	Alüviyal tarım alanı hidrolik iletkenlik kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	170
Şekil 4.56	Alüviyal tarım alanı kum anizotropik yarıvariogram modelleri.....	172
Şekil 4.57	Alüviyal tarım alanı kum kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	173
Şekil 4.58	Alüviyal tarım alanı silt anizotropik arıvariogram modelleri.....	175
Şekil 4.59	Alüviyal tarım alanı silt kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	176
Şekil 4.60	Alüviyal tarım alanı kil tam kontrolsüz etki varyansı yarıvaryogramı.....	177
Şekil 4.61	Alüviyal tarım alanı çok ince kum tam kontrolsüz etki varyansı yarıvaryogramı.....	178
Şekil 4.62	Alüviyal tarım alanı kireç anizotropik yarıvariogram modelleri.....	179
Şekil 4.63	Alüviyal tarım alanı kireç kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	180
Şekil 4.64	Kolüviyal tarım alanı organik madde anizotropik yarıvariogram modelleri.....	182
Şekil 4.65	Kolüviyal Tarım Alanı organik madde kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	183
Şekil 4.66	Kolüviyal tarım alanı hidrolik iletkenlik tam kontrolsüz etki varyansı yarıvariogramı.....	184
Şekil 4.67	Kolüviyal tarım alanı kum anizotropik yarıvariogram modelleri.....	185
Şekil 4.68	Kolüviyal tarım alanı kum kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	186
Şekil 4.69	Kolüviyal tarım alanı silt izotropik yarıvariogram modeli.....	187
Şekil 4.70	Kolüviyal tarım alanı silt kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	188
Şekil 4.71	Kolüviyal tarım alanı kil anizotropik yarıvariogram modelleri.....	190
Şekil 4.72	Kolüviyal tarım alanı kil kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	191
Şekil 4.73	Kolüviyal tarım alanı çok ince kum izotropik yarıvariogram modeli.....	192
Şekil 4.74	Kolüviyal tarım alanı kil kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	193
Şekil 4.75	Nadas-ürün alanı RUSLE K değerleri izotropik yarıvariogram modeli.....	195
Şekil 4.76	Nadas-ürün alanı RUSLE K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	196
Şekil 4.77	Nadas-ürün alanı Torri K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri.....	198

Şekil 4.78	Nadas-ürün alanı Torri K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	199
Şekil 4.79	Nadas-ürün alanı Römken K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri.....	201
Şekil 4.80	Nadas-ürün alanı Römken K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	202
Şekil 4.81	Nadas-ürün alanı Nomograf K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri.....	204
Şekil 4.82	Nadas-ürün alanı Nomograf K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	205
Şekil 4.83	Bozuk meşelik alan RUSLE K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri.....	207
Şekil 4.84	Bozuk meşelik alan RUSLE K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	208
Şekil 4.85	Bozuk meşelik alan Torri K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri.....	210
Şekil 4.86	Bozuk meşelik alan Torri K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	211
Şekil 4.87	Bozuk meşelik alan Römken K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri.....	213
Şekil 4.88	Bozuk meşelik alan Römken K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	214
Şekil 4.89	Bozuk meşelik alan Nomograf K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri.....	216
Şekil 4.90	Bozuk meşelik alan Nomograf K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	217
Şekil 4.91	Mera alanı RUSLE K değerleri izotropik yarıvariogram modeli.....	219
Şekil 4.92	Mera alanı RUSLE K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	220
Şekil 4.93	Mera alanı Torri K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri.....	222
Şekil 4.94	Mera alanı Torri K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	223
Şekil 4.95	Mera alanı Römken K değerleri izotropik yarıvariogram modeli.....	224
Şekil 4.96	Mera alanı Römken K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	225
Şekil 4.97	Mera alanı Nomograf K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri.....	227
Şekil 4.98	Mera alanı Nomograf K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	228
Şekil 4.99	Alüviyal tarım alanı RUSLE K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri.....	230
Şekil 4.100	Alüviyal tarım alanı RUSLE K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	231
Şekil 4.101	Torri K tam kontrolsüz etki varyansı yarıvariogramı.....	232

Şekil 4.102	Römkens K tam kontrolsüz etki varyansı yarıvariogramı.....	233
Şekil 4.103	Nomograf K tam kontrolsüz etki varyansı yarıvariogramı.....	234
Şekil 4.104	Kolüviyal tarım alanı alanı RUSLE K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri.....	235
Şekil 4.105	Kolüviyal tarım alanı RUSLE K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	236
Şekil 4.106	Kolüviyal tarım alanı RUSLE K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri.....	238
Şekil 4.107	Kolüviyal tarım alanı Torri K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	239
Şekil 4.108	Römkens K tam kontrolsüz etki varyansı yarıvaryogramı.....	240
Şekil 4.109	Kolüviyal tarım alanı Nomograf K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri.....	241
Şekil 4.110	Kolüviyal tarım alanı Nomograf K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları.....	242

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	Araştırma yeri uzun yıllar iklim elemanları.....	47
Çizelge 3.2	Toprak örneklemleri.....	52
Çizelge 3.3	Toprak organik madde içeriği ile ilgili kriterler.....	57
Çizelge 3.4	Toprakların hidrolik iletkenlik özelliği ile ilgili kriterler.....	57
Çizelge 4.1	Çalışma alanları topraklarına ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....	68
Çizelge 4.2	Nadas-ürün alanı toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	70
Çizelge 4.3	Bozuk meşelik alan toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	71
Çizelge 4.4	Mera alanı toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	72
Çizelge 4.5	Alüviyal tarım alanı toprak özelliklerine ait tanımlayıcı İstatistikler.....	73
Çizelge 4.6	Kolüviyal tarım alanı toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	73
Çizelge 4.7	Nadas-ürün alanı K değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	75
Çizelge 4.8	Bozuk meşelik alan K değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	75
Çizelge 4.9	Mera alanı K değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	77
Çizelge 4.10	Alüviyal tarım alanı K değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	77
Çizelge 4.11	Kolüviyal tarım alanı K değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	78
Çizelge 4.12	Nadas-ürün alanı özellikleri Pearson korelasyon katsayıları.....	81
Çizelge 4.13	Bozuk meşelik alan özellikleri Pearson korelasyon katsayıları.....	82
Çizelge 4.14	Mera alanı özellikleri Pearson korelasyon katsayıları.....	83
Çizelge 4.15	Alüviyal tarım alanı özellikleri Pearson korelasyon katsayıları.....	84
Çizelge 4.16	Kolüviyal tarım alanı özellikleri Pearson korelasyon katsayıları.....	85
Çizelge 4.17	Çalışma alanları özellikleri toplam Pearson korelasyon katsayıları.....	86
Çizelge 4.18	Organik madde değişkenine ait duncan testi.....	87
Çizelge 4.19	Hidrolik iletkenlik değişkenine ait duncan testi.....	90
Çizelge 4.20	Kum değişkenine ait duncan testi.....	93
Çizelge 4.21	Silt değişkenine ait duncan testi.....	94
Çizelge 4.22	Kil değişkenine ait duncan testi.....	95
Çizelge 4.23	Çok ince kum değişkenine ait duncan testi.....	96
Çizelge 4.24	K RUSLE değişkenine ait duncan testi.....	99
Çizelge 4.25	K Torri değişkenine ait duncan testi.....	101
Çizelge 4.26	K Römken's değişkenine ait duncan testi.....	102
Çizelge 4.27	K Nomograf değişkenine ait duncan testi.....	104
Çizelge 4.28	Çalışma alanları K değişkenlerine ait duncan testi.....	106

Çizelge 4.29	Nadas-ürün alanı toprak özellikleri model ve parametreleri.....	116
Çizelge 4.30	Bozuk meşelik alan toprak özellikleri model ve parametreleri.....	134
Çizelge 4.31	Mera alanı toprak özellikleri model ve parametreleri.....	148
Çizelge 4.32	Alüviyal tarım alanı toprak özellikleri model ve parametreleri.....	166
Çizelge 4.33	Kolüviyal tarım alanı toprak özellikleri model ve parametreleri.....	181
Çizelge 4.34	Nadas-ürün alanı K değerleri model ve parametreleri.....	194
Çizelge 4.35	Bozuk meşelik alan K değerleri model ve parametreleri.....	206
Çizelge 4.36	Mera Alanı K değerleri model ve parametreleri.....	218
Çizelge 4.37	Alüviyal tarım alanı K değerleri model ve parametreleri.....	229
Çizelge 4.38	Kolüviyal tarım alanı K değerleri model ve parametreleri.....	234
Çizelge 4.39	İncelenen toprak özelliklerine ait model ve parametreler.....	244
Çizelge 4.40	Toprak erozyon duyarlılığı eşitlikleri (RUSLE, Torri, Römken ve Nomograf) ortalama mutlak hata (MAE) ve hata kareler ortalaması (MSE) değerleri.....	253

1. GİRİŞ

Dünya’da birçok bölgede olduğu gibi, Türkiye’de de toprak kaybı sürecinin en önemli etkeni su erozyonudur. Arazi eğimi, iklim, bitki örtüsü ve toprak özelliklerinin karşılıklı etkileşimi sonucu oluşan doğal erozyonun yanında, insan müdahaleleri de erozyonu artırmaktadır. Amaç dışı arazi kullanımı, yanlış tarım teknikleri, kent, sanayi, ulaşım ve benzeri yatırımların yanlış konumlanması süreci ise erozyon hızını artırmaktadır. Türkiye, toprak erozyonu bakımından çok duyarlı bir konuma sahiptir. Bunda; ülkemizin iklimi, bitki örtüsü, jeomorfolojik yapısı, toprak özellikleri, arazinin topoğrafyası gibi doğal etkenler büyük önem taşımakla birlikte, Türkiye’nin yarı kurak iklim kuşağında bulunması, bitkilendirme güçlüğü ve düzensiz yağışlar gibi etkenler de erozyona karşı duyarlılığı artırmaktadır.

Türkiye kara yüzeyinin % 90’ında çeşitli şiddetlerde erozyon meydana gelmektedir. Arazilerin % 63’ü çok şiddetli ve şiddetli, % 20’si orta şiddetli, % 7’si ise hafif şiddetli erozyon ile karşı karşıyadır. Erozyon büyük ölçüde tarım alanlarında yaşanmaktadır. İşlenen tarım alanlarının %75’inde (yaklaşık 20 milyon ha) yoğun erozyon görülmekle birlikte, su ve rüzgar erozyonu tüm ülke topraklarının % 86,5’inde meydana gelmektedir (Anonim 2008).

Toprak erozyonu, şiddetli arazi bozunumu ve toprak verimliliği kaybına yol açmasının yanında, özellikle kırsal alanların sürdürülebilir gelişimini, toplumun sağlık ve geleceğini tehdit eden ciddi bir çevresel, ekonomik ve sosyal problemdir. Özellikle coğrafyamızda toprak erozyonu çölleşmenin en önemli nedenlerinden birini oluşturmaktadır. Toprak erozyon oran ve miktarlarının tahmin çalışmalarına 1920’li yıllarda Amerika Birleşik Devletleri’nde başlanmış olup, bu çalışmalar 1930’lu yıllarda hız kazanmıştır. O tarihten itibaren yürütülen toprak erozyon çalışmaları içerisinde toprak erozyon duyarlılığı, artan bir önem kazanarak toprak kayıplarının tahmin edilmesinde ve kontrol önlemlerinin uygulanmasında önemli bir parametre haline gelmiştir (Lal 1991, Tang 2004, Zheng vd. 2004, Jing vd. 2005, Meyer ve Harmon 1984, Meyer ve Moldenhauer 1985, Römkens 2010, Wang vd. 2013).

Erozyon modellerinin geliştirilmesinde, toprak özellikleri ile ilişkili olarak erozyon süreçleri üzerine yapılan çalışmalar toprak erozyon duyarlılığının daha iyi bir şekilde tanımlanmasına ve belirlenmesine olanak sağlamıştır (Römkens 1985, Morgan vd. 1987, Bryan vd. 1989, Lal 1991, Bryan 2000, Wang vd. 2013). Bununla birlikte toprak erozyon duyarlılığını bir çok faktör ve özellik etkilemektedir. Erozyon süreçlerinin karmaşıklığı, toprak erozyon duyarlılığının doğal karmaşık yapısı ve geçmişte konu ile ilgili yapılan pek çok araştırmadaki yetersiz veya eksik veri kümeleri nedeniyle, yararlanılabilir toprak kaybı tahminleri ve toprak koruma teknolojileri ile ihtiyaçlar arasında önemli boşluklar bulunmaktadır. Bu durum özellikle, farklı topoğrafyalar, toprak tipleri, ekim uygulama ve sistemleri ve erozyon şekilleri dikkate alındığında geçerli olmaktadır. Bu nedenle, toprak erozyon duyarlılığı kavramının güncellenmesi, tartışılması ve değerlendirilmesi oldukça yararlı ve gerekli bir konudur (Wang vd. 2013).

Toprak erozyon duyarlılığı genellikle toprakların aşınmaya duyarlılığı olarak kabul edilmektedir. Temel olarak birim yağış, yüzey akış ve sızma gibi erozyon oluşturan kuvvetlerle meydana gelen toprak kaybı miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bir başka ifade ile toprak erozyon duyarlılığı, birim hacim yağışın birim zamanda birim yüzey alanına aktardığı enerji sonucu ortaya çıkan toprak kaybı olarak ifade edilmektedir ($\text{ton ha}^{-1} \times \text{ha MJ}^{-1} \times \text{saat mm}^{-1}$). Diğer taraftan, erozyon oluşturan kuvvetlere toprak profilinin tepkisidir ve yıl içerisinde zaman ve arazi örtüsüne göre değişiklik gösteren devingen bir faktördür. Değişmeyen toprak özellikleri yanında (birincil toprak tanecik dağılımı), kolaylıkla değişebilir toprak özelliklerinin (organik madde, agregat büyüklük dağılımı (strüktür), ve hidrolik iletkenlik) karşılıklı etkileşimlerini açıklamaya çalışan önemli devingen bir parametredir. Arazi kullanım türleri ve arazi bozulması özellikle devingen toprak özelliklerini doğrudan etkilediği için, toprak erozyon duyarlılığı ile çölleşme arasında da ciddi bağlantılar bulunmaktadır. Bununla birlikte bu terim, çoğunlukla genel anlamda kullanılmaktadır (Dusan 1982, Bryan vd. 1989). Farklı erozyon oluşturan güçlerin birlikte işleyebildiği yerlerde, farklı yüzey ve hidrolojik koşullar ve ekim sistemleri altında oluşan çeşitli toprak erozyonu şekilleri yönünden kullanıldığında ise bir miktar farklılık oluşabilmektedir. Aynı zamanda, erozyon oluşturan güçler, toprak yüzey özellikleri konumsal ve zamansal olarak, hatta bir yağış

olayı esnasında değişebilmektedir. Bunun sonucu olarak da toprak erozyon duyarlılığı anlaşılması güç bir kavram haline gelmektedir (Wang vd. 2013). Arazi kullanım şekli ve arazi örtüsü de toprakların erozyona olan duyarlılıklarını etkileyen bir başka önemli faktördür. Bir toprağın tarım arazisi, orman veya mera olarak kullanılması o alanın erozyona olan duyarlılığını, dolayısıyla araziden erozyon ile kaybolabilecek toprak miktarını önemli ölçüde değiştirebilmektedir. Tarım arazilerinde sürekli toprak işleme, toprak kümelerinin daha küçük parçalara ayrılarak erozyona duyarlı hale gelmesine neden olmaktadır. Bunun yanında, diğer hatalı tarım teknikleri veya yetiştirilen bitkinin türü gibi faktörler de toprakların erozyona duyarlılığını etkilemektedir. Diğer taraftan arazi üzerinde bitki örtüsünün bulunup bulunmayışı, yoğunluğu veya türü toprak erozyon duyarlılığı değerini önemli oranda değiştirebilmektedir. Arazi kullanımı, özellikle Ap horizonundaki, agregat büyüklük dağılımı ve stabilitesi gibi toprak özelliklerini, sürüm yoğunluğu ve sıklığı, ürün cinsi gibi faktörler yoluyla güçlü bir şekilde etkilemektedir. Ürünler farklı kök yapıları, organik madde türleri, rizosfer süreçleri, toprağa ilave olan miktarlar ve yüzey toprağını koruyucu etkileri nedeniyle toprak yapısını farklı şekilde etkilemektedirler. Toprak strüktürü, tarımsal verimlilik ve çevresel bütünlük ile ilgili süreçler ve pek çok özellik ile ilişkili olması nedeniyle toprak kalitesinin temel göstergesidir. Buna ilave olarak, toprak agregasyonu organik maddeyi korumakta ve verimliliği sağlamakta, toprak havalanması, infiltrasyon oranları ve su tutma kapasitesi arasındaki dengeyi sağlayarak toprak erozyonunu azaltmaktadır.

İnsan etkileri nedeniyle arazi kullanımlarındaki uygun olmayan değişimler, ormanların veya meraların tahrip edilerek işlenen alanlara dönüştürülmesi bütün dünyada hala çok önemli bir problemi oluşturmaktadır. Arazi kullanım değişimleri bir çok doğal kaynak, yüzey akış ve erozyon gibi ekolojik süreçleri etkilemekte ve toprağın çevresel etkilere karşı direncini değiştirmektedir. Erozyon tahminlerinde ve toprak yönetim kararlarının alınmasında kullanılan önemli agregat özellikleri ve indekslerinin elde edilebilmesi için toprak agregat dağılımları kullanılmaktadır. Doğal otlak ekosistemlerinin işlenen alanlara dönüştürülmesiyle toprakta agregasyonu sağlayan ajanlar ve üst toprağın agregasyonu azalmaktadır. (Oades 1984, Fu vd. 2000, Zobeck vd. 2003, Lützow vd. 2006, Hacisalihoglu 2007, Korkanç vd. 2008, Spohn ve Giam 2010). Yapılan çalışmalar, doğal meraların tarım yapılan alanlara dönüştürülmesinin toprak yapısının

önemli derecede bozulmasına neden olduğunu, agregat yapısının bozulduğunu, bunun sonucu olarak su erozyonuna hasassiyetin, toprak erozyon duyarlılığının arttığını göstermektedir (Broersma vd. 1997, Başaran 2005, Bayramin vd. 2008, Fang vd. 2012, Gajic vd. 2013). Gajic vd. (2013), konu ile ilgili yürüttükleri çalışmalarında işlenen alanların toprak erozyon duyarlılık değerinin meralardan % 17 oranında daha büyük olduğunu belirtmişlerdir.

Topoğrafya; bakı ve yükseklik değişiklikleri nedeniyle toprak özelliklerini, toprakta organik aktivite koşullarını, toprağın rüzgâra maruz kalmasını, kar yağıışı ve kar birikintileri dâhil toprağın yağışa maruz kalmasını, doğal drenaj ve yüzey akış koşullarını, birikme ve birikintilerin taşınma koşullarını değiştirerek enerji dağılımını ve bitki örtüsünü etkilemekte ve erozyonda önemli rol oynamaktadır. Genelde, konu ile ilgili yürütülen çalışma sonuçları genelde, arazi eğimindeki artışla toprak erozyon duyarlılığı arasında pozitif bir ilişki bulunduğunu göstermektedir (Shabani vd. 2010, TaherNezami 2013).

Toprak erozyon duyarlılığının belirlenmesi için bugüne kadar geliştirilen ölçüm yöntemleri kendi içerisinde farklı koşulları gerektirmektedir. Bununla birlikte toprak erozyon duyarlılığı modelleri farklı arazi koşullarını temsil etmektedir. Toprak erozyon çalışmalarındaki parsel çalışmaları genellikle son derece kontrollü koşullara dayanmaktadır, bununla birlikte toprak erozyon duyarlılığını kapsayan toprak özellikleri de bir deney prosesi esnasında değişebilen toprak yüzeyi ile değişkenlik gösterebilmektedir (Wang vd. 2013). Doğal yüzey akış parsellerinde yapılan doğrudan ölçümler, uzun süreli (20-22 yıl) veri toplanmasını gerektirmektedir. Yapay yağmurlama çalışmaları gerekli uzunluktaki nadas koşullarının yerine getirilmesinde yetersiz olmaktadır. Konu ile ilgili olarak doğrudan ölçülen toprak erozyon duyarlılık değerleri ile fiziksel, kimyasal ve mineralojik toprak özellikleri arasındaki karşılıklı etkileşimleri inceleyen bir çok araştırma yapılmış, bu araştırmalar sonucunda toprak erozyon duyarlılığının hesaplanmasında kullanılmak üzere farklı özelliklere sahip topraklar için farklı toprak özelliklerini dikkate alan farklı denklemler geliştirilmiştir.

Toprak erozyon duyarlılığı; tane büyüklüğü dağılımı, agregat stabilitesi, kesme basıncı, geçirgenlik, organik madde içeriği ve kimyasal kompozisyon gibi farklı toprak

özelliklerinin bir bağıntısı olarak değerlendirilmektedir ve bu açıdan pek çok erozyon modelinde yer almaktadır. Bu modellerin farklı arazi koşullarını temsil etme yeteneğine sahip olmaları nedeniyle toprak erozyon duyarlılığının konumsal değişkenliği büyük önem taşımaktadır. Arazinin değişken konumsallığının hangi toprak erozyon duyarlılık modeli ile temsil edilebileceği konusunda fazla bir çalışma bulunmamaktadır. Toprak erozyon duyarlılığı en yaygın kullanılan toprak erozyon modellerinden olan Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (USLE) ve Yenileştirilmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (RUSLE) (ETKE ve YETKE)'nin bir bileşenidir ve USLE ve RUSLE'de erozyon duyarlılığı, toprağın tane büyüklük dağılımı, organik madde içeriği, strüktür ve geçirgenlik özelliklerinin bir fonksiyonu olan "K faktörü" olarak adlandırılmaktadır. Toprak erozyon duyarlılığını etkileyen temel toprak özelliklerinden organik madde, agregat büyüklük dağılımı ve hidrolik iletkenlik arazi kullanım şekli ve arazi bozulması gibi faktörler ile kolay bir şekilde değişim gösterirken, toprak bünyesi değişmeyen özellikler arasında yer almaktadır. Bu nedenle toprak erozyon duyarlılığı, hem erozyon hem de çölleşme göstergeleri açısından önemli bir parametreyi oluşturmaktadır. Bu model bundan başka topografik faktör (LS), bitki örtüsü faktörü (C), yağış-yüzey akış faktörü (R) ve toprak koruma önlemleri faktöründen (P) oluşmaktadır ve bu faktörler toprak erozyon duyarlılığı faktörü ile karşılıklı etkileşim halinde değerlendirilmektedir. Özet olarak, RUSLE'de toprak erozyon duyarlılığı faktörü K, fiziksel olarak erozyon süreçleri gözönünde bulundurulduğunda;

- özellikle yüzey toprağının erozyona duyarlılığını,
- toprak taneciklerinin parçalanabilirliği ve taşınabilirliğini ve
- bir yağış enerji girdisine bağlı olarak oluşabilecek yüzey akış miktarını ve oranını temsil etmektedir.

Jeoistatistiksel yöntemlerin geliştirilmesi ile, toprağın hem birincil hem de ikincil kalite özelliklerinin konumsal değişimlerini belirlemek mümkün olmuştur. Özellikle bu tür yaklaşımlar ile değişim sınırlarını gösteren haritaların elde edilmesi, toprak özellikleri açısından arazi bozulmasının yayılımı ve boyutunu belirlemek açısından çok önemli olacaktır. Toprak erozyon duyarlılık etmeni, ikincil ve bir bileşke toprak özelliği olduğu için, bu parametrenin konumsal değişimini belirlemek farklı kullanım türlerine sahip bir

arazide hem erozyonun hem de çölleşmenin değerlendirilmesi açısından önemli çıkarımların yapılmasına yol açabilecektir. Bununla birlikte, toprak özellikleri, toprak yapan faktörlerin değişimi nedeniyle konumsal olarak farklılık göstermektedir. Bu nedenle, belirli bir toprak için toprak erozyon duyarlılığı değeri de dinamik ve konumsal olarak değişebilmektedir. Daha hızlı bir şekilde insan etkileri veya arazi kullanım şekillerine bağlı olarak toprak özelliklerinde meydana gelen önemli değişimler de toprak erozyon duyarlılığı değerinin değişmesine neden olmaktadır. Bu açıdan toprak erozyon duyarlılığı, hem doğal hem de arazi kullanım türlerinden kaynaklanan değişimleri temsil etmede önemli bir parametreyi oluşturmaktadır. Özellikle bu değer, karbon dinamikleri, agregat dağılımındaki değişimler ve bu özelliklerden büyük ölçüde etkilenen hidrolik iletkenliğin arazi üzerindeki konumsal dağılımını etkileşimsel olarak temsil etme yeteneğine sahiptir. Özel bir alanın veri tabanından elde edilen toprak erozyon duyarlılığı değerlerinin kullanılması ise belirsizliğe yol açabilmektedir. Konumsal ve zamansal olarak toprak erozyon duyarlılığı değerinin güvenilir bir şekilde tahmin edilebilmesi için kullanılan yöntemler, toprak özelliklerinin konumsal değişebilirliğine dayandırılmalıdır. Konumsal istatistik yöntemleri, toprak erozyon duyarlılığının alansal dağılımı ve toprak oluşturan faktörler ile ne ölçülerde değiştiğinin bir ölçüsünü vermekte başarı ile kullanılabilmektedir. Herhangi bir parametrenin jeostatistiksel yöntemler ile konumsal değişimin modellenmesi, on yıldan fazla bir süredir, birçok disiplinde büyük önem kazanmıştır. Bu yöntemler konumsal jeolojide geliştirilmiş ve son zamanlarda toprak bilimine de yayılmıştır. Simülasyon ve tahmine dayanan bu yöntemler, sadece belirli alanlarda yararlanılabilir olan örnek verilerini kullanarak örneklenmemiş alanlarda tahmin yapmak için geliştirilmiştir (Wang vd. 2001).

Toprak erozyon duyarlılığının konumsal değişiminin jeostatistiksel olarak tahminine ve çeşitli ölçüm ve tahmin yöntemlerinin karşılaştırılmasına yönelik birçok çalışma bulunmaktadır (Torri vd. 1997, Rejman vd. 1998, Wang vd. 2001, Veihe 2002, Kohli 2006). Konumsal değişimin doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi açısından örneklem şekli ve örnek sayısı jeostatistiksel değerlendirmelerde büyük önem taşımaktadır. Konu ile ilgili yürütülen çeşitli araştırmaların sonuçlarına dayanarak; temsil edici bir örneklemeyi sağlayabilmek için tamamen rastlantısal bir örneklem deseni

jeoistatistiksel analizler açısından yeterli koşulu sağlamamaktadır. Bununla birlikte, gelecekte toprak özellikleri ve arazi kullanımları arasındaki dinamik ilişkileri tahmin etmek için yapılacak bir tahmin süreci içerisinde, yapısal varyans ve hatayı düşürebilmek için eşit olasılıklı koşul ile rastlantısal örneklemenin birlikte yer alması güçlü bir şekilde önerilmektedir (Tercan ve Saraç 1998, Bayramın vd. 2006). Bunun yanında, Bayramın vd. (2006), konumsal kapsam ve örnekleme üzerine sağlam öneriler yapabilmek ve jeoistatistiksel analizlerin içerdiği belirsizliği tanımlayabilmek için, belirlenen yarıvariogram parametre ve modellerinden sonra örnekleme yaparak bir doğrulama çalışması yapılmasını önermektedirler. Başkan vd. (2009), Akdeniz Havzası'nda Ardışık Normal Benzetim (ANB) yöntemi ile USLE/RUSLE toprak erozyon duyarlılığı faktörünü değerlendirdikleri çalışmalarında, geleneksel USLE/RUSLE K faktörü haritalarının yüksek belirsizlik oranlarının, bölgesel planlama amaçları için kullanılan toprak haritalarında toprak erozyon duyarlılığının konumsal değişiminin yansıtılmaması nedeniyle, birçok probleme yol açtığını belirtmektedirler. Bunun yanında, ANB yöntemi ile başarılı bir şekilde çalışma alanının konumsal tahmin haritasının üretildiği, bu yöntemin yumuşatma etkisi olmaksızın, konumsal haritalama ve belirsizlik analizleri için çok daha etkili bir yöntem olduğu, ancak USLE/RUSLE K faktörü üzerinde etkili olan dinamik toprak özellikleri arasındaki interaktif etkilerin unutulmaması gerektiği ve değerlerin belirsizliği düşürmek için düzenli olarak yenilenmesi gerektiğini vurgulamaktadırlar. Toprak erozyon duyarlılığını belirlemek için geliştirilen farklı eşitlikler, farklı toprak özelliklerini indeks olarak dikkate almaktadır. Bu açıdan, toprak erozyon duyarlılığının arazideki konumsal değişiminin doğru bir şekilde belirlenebilmesi arazide değişim gösteren özelliklerin eşitlik tarafından iyi bir şekilde temsil edilip edilmediğine bağlı olmaktadır. Diğer taraftan, bu değeri belirlemek için kullanılan farklı eşitlikler konumsal dağılımları da toprak erozyon duyarlılığı üzerinde etkili olan ve konumsal değişim gösteren toprak özelliklerini kapsama oranına göre farklı olarak üretebilecektir.

Son yıllarda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) ile model yaklaşımlarının işletilmesinde, jeoistatistiksel analizler ile dağılım yüzeylerinin elde edilmesi arazi bozulması, çölleşme, toprak erozyonu ve erozyon duyarlılık çalışmalarında önem kazanmıştır. Bununla birlikte son yıllarda, ulusal, bölgesel ve

havza ölçeğinde yapılan değerlendirmeler çok önemli olmaya başlamıştır. Özellikle üst ölçeklendirme çalışmaları ile büyük alanlar üzerinde değerlendirmeler yapılabilmektedir. Bu da arazi kullanım planlamalarında karar vericilere önemli veri altlıkları sağlamakta ve toprak ve su korumalı tarım sistemlerinin geliştirilmesinde yardımcı olmaktadır. Bu tür çalışmalarda değişkenlerden gelen hatalar, toprak kaybı tahmininde tüm sistem yoluyla birikmekte ve yayılmaktadır. Bu muhtemel hataların farkında olmak, karar vericiler açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle toprak kaybı tahmininin son aşamasında bu hatalar nedeniyle oluşabilecek belirsizlik belirlenmelidir. Jeostatistiksel değerlendirmede uzaktan algılama verileri ve sayısal yükselti modelleri içeren yardımcı veriler kullanılması, toprak kaybı tahmininde etkenlik ve hassasiyet sağlayabilmektedir. Konumsal belirsizlik tahminleri haritalama doğruluğunun konumsal değişimini yansıtabilmektedir (Campbell 1996, Steele vd. 1998, Wang vd. 2003).

Görüldüğü üzere konumsal K yüzeyleri sadece niceliksel toprak kayıplarının hesaplanmasında değil, aynı zamanda arazi bozulmasının (çölleşme) toprak özelliklerinin karşılıklı etkileşimleri açısından değerlendirilmesi açısından da çok önemlidir. Yani K değeri, bir model parametresi olmanın yanında, içerdiği kuramsal yaklaşımlar açısından arazi degradasyonu ve restorasyonu açısından da çok iyi bir şekilde değerlendirilebilmektedir. Uygulanacak erozyon kontrol önlemlerinin planlanması aşamasında ve erozyonun etkisinin değerlendirilmesinde bu yaklaşımlar, uygulayıcılar açısından büyük önem taşımaktadır. Bu değerın hesaplanmasında kullanılacak yaklaşımın seçimi ise gerçek değeri yansıtabilmesi açısından son derece önemlidir.

Toprak erozyon duyarlılığı araştırmaları ile ilgili birçok açılım bulunmaktadır. Bunlar;

- Bu tür çalışmalar çoğunlukla tarım arazilerinde yapılmasına karşın, K yaklaşımlarının arazinin dinamik süreçlerini temsil etme yeteneğinden dolayı, diğer arazi kullanım türlerinde de rahatlıkla başarı ile kullanılabilir. Bu da USLE parametrelerinin konumsal olarak çok rahatlıkla dağıtılabilir olduğunu göstermektedir. Arazi yüzeylerindeki değişimleri ve toprağın iklim, bitki örtüsü ve topoğrafya ile olan etkileşimlerini çok iyi temsil edebilme yeteneğine sahip olmasından dolayı üst

ölçeklendirme veya konumsal olarak dağıtılma yöntemlerine çok uygun bir parametredir.

- Arazi dinamiklerinin temsili açısından farklı K yaklaşımlarının konumsal olarak karşılaştırılması çok önemlidir.
- Su ve rüzgar erozyonunda toprak erozyon duyarlılığı üzerine yeterince çalışma bulunmasına karşın, jeostatistiksel yaklaşımlar açısından da bu verilerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Konumsal K değişimleri arazi bozulması dinamikleri açısından bir çok değerlendirmenin yapılmasına fırsat tanıyacaktır.

Bu nedenle gelecekte bu konuyla ilgili yapılacak çalışmaların, toprak erozyon duyarlılığının hesaplanması ve ölçülmesi için yöntemler geliştirilmesini, toprak erozyon duyarlılığının dinamikleri üzerine olan araştırmaların güçlendirilmesini ve su - rüzgar unsurlarının her ikisiyle oluşan toprak erozyon duyarlılığı üzerine daha fazla araştırmayı kapsamaması gerekmektedir (Yang vd. 2005). İçsel toprak özelliklerinden daha çok bünye açısından özellikle, seri ve tip düzeyinde birimlendirilen toprak haritalarında, toprak bünyesi ile büyük ölçüde değişen toprak erozyon duyarlılığının belirlenmesi, tip düzeyinde örneklemeyi gerektirmektedir. Tip düzeyinde belirlense bile, toprak haritalama birimleri (toprak serisi ve tipi) her zaman aynı arazi kullanımı altında olmayacağından, ikincil toprak kalite parametrelerinin (organik madde, agregat stabilitesi ve hidrolik iletkenlik) ciddi bir şekilde değişebileceği düşünülürse, YETKE – C faktörü ile YETKE - K faktörü arasındaki karşılıklı etkileşimler, sadece toprak haritası düşünülerek yapılan örneklemelerde, göz ardı edilecek ve yanlış yaklaşımlara neden olabilecektir. Benzer şekilde, YETKE – LS ile YETKE – K arasındaki karşılıklı etkileşimlerin ortaya konulabilmesi için, ilgili haritalama birimlerinin, yukarıda özetlendiği gibi, topoğrafya ile olan ilişkisinin belirlenmesini gerektirir. Görüldüğü gibi, ne yazık ki, toprak haritalarına dayandırılan geleneksel yaklaşımlar, YETKE – K'nın işlevsel toprak oluşturan faktörler ile değişim dinamiklerini açıklamada yeterli olmamaktadır. Dinamik özelliklerin arazi kullanım türlerine bağlı olarak değişim göstermesi nedeniyle toprak haritalarının da bu özellikleri yansıtacak şekilde güncellenmesi gerekmektedir. Bu yaklaşımlar aksi durumda, arazi yüzeyindeki işlevsel süreçleri temsil etmekte yetersiz kalacaktır. Bunun yanında, ana materyal, topoğrafya ve bitki örtüsü ile YETKE – K'daki konumsal değişimlerin belirlenmesi ve belirli ilişkilerinin ortaya konulması da,

hali-hazırdaki toprak haritalarının güncellenmesi açısından yararlı olacaktır. Günümüzde, havza, bölge ve ulusal ölçekli USLE/RUSLE metodolojilerine dayanan erozyon tahminleri ülkemizde de ilgili kuruluşlarca artan bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışma, bu anlamda konu ile ilgili çevrelere güncel veri ve önemli katkı sağlayabilecektir.

Sakarya Havzası'na dâhil olan İlhan Çayı Alt Havzası'nda yer alan Asarteppe Baraj Havzası'nda yürütülen bu çalışmada; farklı arazi kullanımları altında toprak erozyon duyarlılığının konumsal değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında arazi kullanımındaki değişimlerin toprak özellikleri ve toprak erozyon duyarlılığı üzerine olan etkilerini incelemek amacıyla, nadas-ürün, bozuk meşelik, mera, alüviyal tarım ve kolüviyal tarım alanı olmak üzere beş farklı arazi kullanımında belirlenen homojen alan içerisinde, her biri farklı toprak özelliklerini indeks olarak değerlendiren dört farklı toprak erozyon duyarlılığı eşitliği (Torri, RUSLE, Römken, Nomograf eşitlikleri) ile toprak erozyon duyarlılıkları belirlenmiştir. Bu değerlendirmede, önce aynı eşitlik ile farklı arazi kullanımlarında belirlenen toprak erozyon duyarlılıkları, daha sonra aynı arazi kullanımı içerisinde dört farklı eşitlik ile belirlenen o alana ait toprak erozyon duyarlılık değeri değişimleri incelenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, farklı arazi kullanımlarında farklı eşitlikler ile belirlenen toprak erozyon duyarlılık değerleri ve bu değerleri elde etmek için yararlanılan toprak özelliklerinin konumsal değişimleri kriging ve simülasyon yöntemleri ile belirlenmiş ve dağılım haritaları elde edilmiştir. Ayrıca, incelenen toprak özellikleri ve belirlenen K değerleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Toprak Özelliklerine İlişkin Çalışmalar

Toprak erozyon duyarlılığı, yağmur damlası vuruş etkisi, yüzey akış ve diğer erozyon proseslerine toprağın duyarlılığının bir göstergesidir ve toprakların tekstür, strüktür, organik madde, agregat stabilitesi, su içeriği, geçirgenlik özellikleri tarafından etkilenmektedir.

Toprak strüktürü ve fiziksel toprak özellikleri farklı toprak yönetim işlemlerinden etkilenebilmektedir (Li vd. 2007, Haghighi vd. 2010), doğal meraların 0-30 cm derinlikte işlenmesiyle agregat stabilitesinin önemli derecede (% 27-54) azaldığını ifade etmektedirler.

Dünya genelinde farklı iklim örtüsü ve ana materyaldeki orman örtüleri meralardan daha düşük hacim ağırlığı ve daha yüksek doygun hidrolik iletkenlik değerleri göstermektedir (Reiners vd. 1994, Godsey ve Elsenbeer 2002, Jimenez vd. 2006, Li ve Shao 2006, Abbasi vd. 2007, Price vd. 2010).

Toprak özelliklerinin arazi düzeyinde insan aktiviteleri tarafından etkilendiği çok iyi bilinmektedir. Bir çok çalışma göstermiştir ki aynı toprak tipi üzerinde, farklı arazi kullanımları ve yönetim stratejileriyle yönetilen araziler arasında toprak özellikleri büyük değişiklik göstermektedir (Nye ve Greenland 1960, Kotto-Same vd. 1997, Yemefack vd. 2005).

Toprak bünyesi toprak erozyon duyarlılığını etkileyen temel bir toprak özelliğidir. Yüksek kil içeriğine sahip ince bünyeli topraklar, taneciklerin parçalanmaya olan dirençleri nedeniyle düşük K değerlerine sahiptirler ($\approx 0,05-0,15$). Kumlu topraklar gibi kaba bünyeli topraklar, taneciklerin kolaylıkla parçalanabilmesine karşın, yüksek su geçirgenliğinin bir sonucu olarak düşük yüzey akış nedeniyle, düşük K değerlerine sahiptir ($\approx 0,05-0,2$). Siltli tın gibi orta bünyeli topraklar, taneciklerin parçalanmaya orta

derecede duyarlı olması ve orta düzeyde yüzey akış meydana getirmeleri nedeniyle orta K değerlerine sahiptir ($\approx 0,25-0,45$). Yüksek silt içeren topraklar ise özellikle erozyona duyarlıdırlar ve 0,45 değerini geçebilen ve 0,65'e kadar büyüeyebilen yüksek K değerlerine sahiptirler. Silt büyüklüğündeki tanecikler kolaylıkla parçalanmakta ve taşınmakta, kabuk oluşturabilmekte ve büyük hacimlerde ve oranlarda yüzey akış meydana getirmektedirler (Weesies 1998).

Stolte vd. (2003), tarafından Çin'in Loess Platosu'nda su koruma stratejileri ve alternatif arazi kullanımları geliştirmek amacıyla uygulanan EROCHINA pojesinin erozyon modeli LISEM'in duyarlılık analizinin, optimize doymun hidrolik iletkenliğin (K_s) standart sapması kullanılarak yapılması amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Çalışmada hidrolik iletkenlik ölçümleri; uygulamalara, bitki ve toprak farklılıkları dikkate alınarak belirlenen 1 x 1m lik grid aralıklarına sahip 100 x 100 m boyutlarındaki 12 örnekleme alanında, rastlantısal seçilen noktalarda yapılmıştır. Optimize edilen K_s 'nin standart sapması ölçülen K_s 'ninkinden çok daha düşük bulunmuştur. Sonuçlar, doymun hidrolik iletkenliğin hem toprak tipine, hem de arazi kullanımına bağlı olduğunu, bu değer in toprağın tekstürü ve strüktürü tarafından belirlendiğini göstermiştir.

Mueller ve Pierce (2003), farklı ölçeklerde toprak karbonunun tahminlerinin doğruluğunu artırmak için, ikincil değişken olarak bir çok arazi özelliği kullanmışlardır.

Meendoza-Vega ve Messing (2005), Meksika'nın güneyinde humid tropiklerde, arazi kullanımı ve nadas periyodunun kalkerli toprakların özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonuçları, ormanlar altında yüksek miktarlarda organik maddenin biriktiği kalkerli toprakların, arazi ormandan tarım alanına dönüştürüldüğünde bozunuma duyarlı hale geldiğini, tersi durumda ise yani arazi nadasa bırakıldığında organik madde artışına teşvik olduğunu göstermiştir.

Simbahan vd. (2006), çeşitli kaynaklardan elde ettikleri ikincil bilgilerden yararlanarak yüksek çözünürlüklü toprak organik karbon haritalarını oluşturmuşlardır.

Zehetner ve Miller (2006), Chai vd. (2008), toprak organik maddesi ve yükseklik arasında güçlü bir pozitif korelasyon bulunduğunu bildirmişlerdir.

Cotler ve Larrocea (2006), Meksika’da 2 farklı jeomorfolojik birim ve 3 farklı arazi kullanım altında toprak erozyonu, toprak özellikleri ve toprak agregat dağılımı arasındaki ilişkileri parsel ölçeğinde ölçümler yaparak ve havza ölçeğinde hava fotoğrafları kullanarak incelemişlerdir. Varyans analizi, jeomorfolojik birimler arasında toprak organik karbonu ve toprak nemi arasında, arazi ölçümleri de toprak tekstürü ve strüktürü arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Meksika’da son yıllarda tropikal kurak ormanların ekim alanlarına dönüştürülmesinin bir sonucu olarak artan toprak bozunumu ve erozyon nedeniyle, çalışma alanında da arazi kullanım değişiminin tuf üzerindeki tepe eğimlerde güçlü bir şekilde toprak özelliklerini ve toprak agregasyonunu değiştirdiği belirlenmiştir.

Başaran vd. (2008), orman ve mera alanlarının plantasyon, rekreasyon ve tarım alanlarına dönüştürüldüğü Çankırı İndağı Bölgesi’nde yürüttükleri çalışmalarında, arazi kullanımının toprak özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla 0-10, 10-20 cm derinliklerden 578 adet bozulmuş ve bozulmamış toprak örneği alarak, pH, organik madde, hacim ağırlığı ve tekstürel kompozisyon değişimlerini belirlemişlerdir. Toprak organik maddesinin en büyük değişim katsayısını gösterdiği, kil değişim katsayısının silt ve kumunkinden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Üst topraktaki organik madde azalmalarının arazi kullanımındaki değişimleri ve kriging tahminlerinin rekreasyon ve tarım alanlarındaki organik madde azalmalarını büyük ölçüde yansıttığını bildirmişlerdir.

Schulp ve Veldkamp (2008), araştırmalarında Hollanda’nın kuzeyinde 60 km²’lik kumlu bir alanda jeoloji, toprak ve arazi kullanım şekline göre toprak organik madde değişkenliğini belirlemek için peyzaj-arazi kullanımı etkileşimini incelemişlerdir. Bu çalışmada araştırmacılar, toprak, güncel ve geçmiş arazi kullanımları arasındaki ilişkilerin çoklu ölçekte TOM değişkenliğini hacmi ile açıklanabileceği tezini öne sürmüşlerdir ve çalışma alanında 230 yıl öncesine dayanan geçmiş arazi kullanımlarının

güncel TOM içeriğini etkilediğini belirtmişlerdir. Çalışma alanının 1:10 000 ölçekli toprak envanterlerinden alınan güncel TOM verileri bu tezi test etmek için kullanılmıştır. TOM değişkenliğinin % 20'sini arazi kullanım geçmişi, arazi ıslahının yediden yapılması ise % 13'ünü açıklamıştır. Çalışmada peyzaj ölçeğinde, geçmiş arazi kullanımı bu değişkenliğin yalnızca % 2'sini oluşturan güncel arazi kullanımından daha önemli bulunmuştur. Bu durum kısmen, biyofiziksel arazi kullanımı ve geçmiş arazi kullanım paternleri arasındaki interaksiyonun, kısmen de geçmiş arazi kullanımının biyofiziksel özelliklerden bağımsız olmasının sonucu olarak ifade edilmiştir. Bu nedenle TOM değişkenliği üzerine konumsal bilgi geliştirmek amacıyla kullanılabileceği ifade edilmiştir. Çalışmada ayrıca 50, 200 ve 500 m çözünürlüklerde TOM değişkenliğinin açıklanmasında farklı faktörler önemli bulunmuştur. 50 m çözünürlükte, arazinin TOM değişkenliğini en iyi toprak ve arazi kullanım süreci birlikte açıklarken, 500 m çözünürlükte; toprak, yeraltı suyu ve geçmiş arazi kullanımını dikkate alan bir model, 200 m çözünürlükte ise; toprak ve yer altı suyu verilerini kullanan bir model bu değişimi en iyi açıklayan sonuçları üretmiştir. Çalışma alanında, topoğrafya ve hidroloji geçmiş arazi kullanım paternini açıklamıştır ve arazi kullanım paterninin TOM değişkenliğini etkilediği belirlenmiştir. Sonuç olarak, peyzaj-arazi kullanım paterni etkileşimi, TOM havuzları üzerinde biyofiziksel özelliklerin etkisini değiştirebilmektedir ve bu özellikler genellikle TOM değişkenliğinin tahmininde kabul görmekte ve değerlendirilmektedir. Farklı çözünürlüklerde TOM değişkenliğini açıklayıcı faktörlerdeki farklılıklar TOM çalışmalarında dikkate alınmalıdır.

Glab vd. (2009), Polonya'nın güneyinde farklı arazi yönetim sistemlerinin toprak havası ve suyu üzerine etkilerini belirlemek üzere yürüttükleri çalışmalarında, toprağın çeşitli fiziksel parametreleri üzerine arazi yönetim stratejilerinin etkilerinin temel olarak 0-10 cm'deki üst katmanda meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Otlatmanın yapıldığı merada, makroporozitenin azalması sonucu, hacim ağırlığının artışı belirlenmiştir. Araştırma bulgularına göre; farklı arazi yönetim uygulamalarının hidrolik iletkenlik özelliği açısından istatistiksel olarak önemli farklılıklar oluşturmadığı ancak; toprakların geleneksel sürüm şeklinin farklı gübreleme sistemlerine tabi tutulan mera alanları ile karşılaştırıldığında toprakların hidrolik özellikleri üzerinde negatif etkiye sahip olduğu bildirilmiştir.

Zucca vd. (2010), İtalya Sardinia’da kırsal bir alanda yürüttükleri çalışmalarında arazi kullanım değişimlerinin toprak özellikleri üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Mevcut arazi kullanımı, arazi uygunluk sınıfları ve geçmiş arazi kullanım durumları belirlenen çalışma alanında, orman ve mera alanları topraklarının 1977 yılı öncesi ve sonrası bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri karşılaştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; çalışma alanının genelinde önemli bir toprak kaybı (toprak kalınlığı - % 22), organik karbon deposunda açık bir azalma (ortalama -% 64), hacim ağırlığında artış (+% 44) ve makroporozite ve onun dikey dağılımında bir değişim gözlenmiştir.

Dörner vd. (2010), büyük mekanizasyon ile birlikte yoğun arazi kullanımının ve toprak bozunumunun bulunduğu Güney Şili’de volkanik topraklar üzerinde, arazi kullanımının toprak strüktürüne bağlı özellikler üzerine etkilerini ve bu özelliklerin hidrolik koşullara bağlı olan değişkenliği üzerine bir araştırma yürütmüşlerdir. Bu amaçla seçilen doğal orman ve 50 yıldan uzun süredir mera olarak kullanılan iki farklı arazi kullanımından elde edilen araştırma sonuçları; her iki arazi kullanımı arasında aynı derinliklerde tane büyüklük dağılımı ve sulu alüminyum silikat miktarları arasında büyük farklılıklar bulunmadığını, bununla birlikte doğal ormandan meraya dönüşen arazi kullanımının toprağı daha büyük mekanik ve hidrolik baskı ile sonuç olarak da bozunum ile karşı karşıya bıraktığını göstermiştir. Çalışma sonuçları, arazi kullanımının boşluk sürekliliğini etkilemesine bağlı olarak, doygun hidrolik iletkenliğin azaldığını göstermiştir.

Toprak profilinin su geçirgenliği, yüzey akış oranlarını etkilediğı için K faktörünü de etkilemektedir. Toprak yapısı da toprak erozyon duyarlılığını etkilemektedir, çünkü parçalanma ve su geçirgenliğini değiştirmektedir. Stavi ve Lal (2011), toprağın fiziksel hidrolojik özelliklerinin değişimi yoluyla daha ileri derecede erozyona duyarlılık üzerine su erozyonunun etkisini değerlendirmek amacıyla Ohio’da 2009 yılında 25 yıl süreyle işlemez mısır tarımı yapılan bir alanda bir çalışma yürütmüşlerdir. Yaklaşık % 2 eğime sahip duyarlı ve duyarlı olmayan parsellerden 0-5 ve 5-10 cm derinliklerden alınan toprak örneklerinde fiziksel özellikler karşılaştırmışlardır. Duyarlı parsel ile karşılaştırıldığında, dayanıklı parselin toprağının daha düşük penetrasyon direnci, hacim ağırlığı, kum içeriğine ve daha yüksek kesme basıncı, hidrolik iletkenlik, toprak organik

karbonu, toplam azot, kil, silt ve çok ince kum içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. İlave olarak, erode olmayan ile karşılaştırıldığında, erode alanlardaki toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bozunuma uğradığı ve erozyona duyarlılığının arttığı bildirilmiştir.

Toprak organik karbonu toprak erozyon duyarlılığını etkileyen en önemli özelliklerden bir tanesidir. Berhongaray vd. (2013), çevresel koşullara ve arazi kullanımı tarafından etkilenen Arjantin bozkır bölgelerinde yüzeyde ve derin toprak katmanlarında depolanan toprak organik ve inorganik karbonunun değişimini belirlemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada; ağaçlık alanlar, bitkisiz kontrol alanı, ekili çayırlar, ekili tarım alanları ve periyodik olarak taşkına uğrayan arazi kullanımları örneklenmiştir. Araştırma sonucunda, toprak organik karbonu (TOK) içerikleri açısından farklı arazi kullanımları arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Arazi kullanımı TOK stoğunu etkilemiştir, fakat derinlikle tabakanlanma paternini etkilememiştir. Örneklenen alanlarda kültivasyon, 50 cm’de TOK’un % 16 azalmasına neden olmuştur, 50-100 cm derinlikte ise istatistiksel olarak önemli değilse bile % 9 azaltmıştır. Toplam inorganik karbon toplam organik karbonun 1/3’ü olarak hesaplanmıştır ve arazi kullanım şekli toplam inorganik karbonun derinlik ile dağılım ve miktarını etkilememiştir.

2.2 Arazi Kullanımı ve Erozyon İlişkisine İlişkin Çalışmalar

Karagül (1999), tarafından Trabzon- Söğütödere havzasında yürütülen araştırmada farklı arazi kullanım şekilleri altında toprakların bazı özellikleri ve erozyon eğimleri incelenmiştir. Bu amaçla değerlendirilen toprak örnekleri araştırma sahasındaki üç farklı arazi kullanım şeklinden (orman, mera, işlemeli tarım) fizyografik koşullara göre havzayı temsil edecek şekilde alınmıştır. Alınan bu toprak örneklerinde; tekstür, toprak fraksiyonları, bazı erodibilite indeksleri, toprak nemi sabiteleri, geçirgenlik, hacim ağırlığı, özgül ağırlık, gözenek hacmi, yanma kaybı, organik madde ve pH gibi özellikler belirlenmiş ve istatistiksel testlerle irdelenmiştir. Yapılan arazi, laboratuvar çalışmaları ve istatistiksel değerlendirmelerden çıkarılan bazı sonuçlara göre; toprak özellikleri arazi kullanma şekline bağlı olarak önemli farklılıklar göstermiştir.

Laboratuvarında yapılan bazı erozyon eğilim indekslerine göre (dispersiyon oranı, kolloid/nem ekivalan oranı, erozyon oranı) araştırma havzası toprakları erozyona duyarlı bulunmuştur. Arazi kullanım şekillerine göre en düşük dispersiyon oranı orman topraklarında saptanmış, bunu mera toprakları izlemiş ve en yüksek dispersiyon oranı değerlerine tarım topraklarında rastlanmıştır. Bu sonuca göre orman topraklarının mera ve tarım alanlarına dönüştürülmesi erozyon eğilimini artırdığı bildirilmiştir.

Aburas vd. (2001), Libya'nın kuzeyinde % 12 ve % 9,35 eğime sahip iki farklı lokasyonda su erozyonu üzerine arazi kullanımının etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada her iki alan kendi içerisinde 3 parsel bölünerek, 3 farklı arazi kullanımı uygulanmıştır. İlk uygulama alanı orman ağaçları ile kaplı bırakılmış, ikinci uygulamada ağaçlar kesildikten sonra arpa ekimi yapılmış, üçüncü uygulamada ise arazi üzerindeki ağaçlar kesildikten sonra arazi çıplak bırakılmıştır. Deneme sonuçları, 1995/1996 ve 1996/1997 sezonlarında en fazla toprak ve su kayıplarının çıplak parsellerden meydana geldiğini göstermiştir. Yine çıplak parsellerde organik madde, toplam azot ve alınabilir fosfor kayıpları arpa ekili parsellere göre daha fazla olmuştur. Diğer taraftan önemli ölçüde yüksek organik madde içeriğine, infiltrasyon oranlarına ve agregat stabilitesine sahip olan orman parsellerinden pratik olarak kayıp meydana gelmemiştir. Her iki sezonda da % 9,35 eğime sahip alandan meydana gelen kayıplar, % 12 eğime sahip alandan meydana gelen kayıplardan çok daha düşük bulunmuştur.

Evrendilek vd. (2004), Türkiye' de Akdeniz Bölgesi'nde Toros dağlarının güneyinde 12 yıllık bir sürede mera alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesinin toprak erozyon duyarlılığını % 46,2 oranında artırdığını belirlemişlerdir.

Hoyos (2005), 2002 yılında Kolombiya'nın kahve yetiştirilen bölgelerinde, 58 km²'lik bir havzanın toprak erozyon potansiyelini RUSLE denklemi ile CBS ortamında belirlemiştir. Araştırmada, arazi kullanım değişiminin erozyon potansiyeli üzerine olabilecek etkisini tahmin etmek için mevcut arazi kullanımı ve topoğrafyaya dayanan iki model senaryosu işletilmiştir. Bu senaryolara göre; % 20 ve % 50'den daha düşük eğimlerde kahve yetiştirme alanlarının meraya dönüştürülmesinin havzanın erozyon

potansiyelini artıracakı belirlenmiştir. Sonuçlar her iki senaryo altında, ıslak ve kuru sezonda, potansiyel toprak kayıplarının en az $< 0,7 \text{ t ha}^{-1} \text{ mevsim}^{-1}$, en fazla ise $> 3,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ mevsim}^{-1}$ olabileceğini göstermiştir. Araştırma sonucunda, tarımsal kullanım altındaki arazilerde topoğrafyanın etkisi belirgin bir şekilde görülmüş olup, arazi kullanımının tek yıllık bitkiler gibi daha az koruyucu örtüye dönüştürülmesi durumunda, topoğrafya ve iklimin erozyon potansiyeli üzerine etkisini azaltmak için toprak koruma önlemleri alınması gerektiği belirtilmiştir.

Wasemael vd. (2006), tarafından Güney İspanya’da 21 ha büyüklüğünde 1970’lerin sonlarında badem yetiştiriciliğine dönüştürülen küçük bir havzada sürümle birlikte toprak özelliklerinin sistematik değişimi ve bu değişimin üretim sisteminin su dengesi üzerine etkileri incelenmiştir. Erozyon modeli WATEM, havza sınırları boyunca biriken ve uzaklaşan toprağın topoğrafik incelenmesinde kullanılmıştır. Ayrıca arazide toprak kalınlığı belirlenmiştir. Çalışmada tepe eğimlerde, yıllık sedimentasyon oranı $21,1 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ olarak belirlenirken, sürüm işlemleri ile kaybolan toprak miktarı $26,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ olmuştur. Tepe eğimlerde sedimentasyon ve erozyon arasındaki bu fark, sedimentin vadi tabanına doğru taşınması ve havzada bulunan 14 kontrol bendinde tutulmasıyla açıklanmıştır. Araştırma alanının marjinal topraklara sahip ağaç ürün plantasyonlarının yayıldığı tepelik alanlarında sürümle önemli miktarda toprağın arazi içerisinde yer değiştirdiği ($26,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$) ve bunun önemli miktarının ($5,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$) vadi tabanında biriktiği bildirilmiştir.

Wang vd. (2008a), Amerika’da araç kullanımının yoğun olduğu askeri eğitim sahalarında, toprak örtüsünün bozulması ve toprak erozyonu ve yüzey akışın artarak devam eden temel bir sorun olması nedeniyle, değişimin ve toprak erozyonunun geleneksel olarak izlendiği sabit parsellere alternatifler geliştirmek ve bu parsellerin yeterliliğini analiz etmek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu amaçla Kansas’da yer alan çalışma alanına toprak erozyonunun izlenmesi için konumsal ve zamansal olarak değişik örnekleme uzaklıklarına sahip olan referans örnekleme metodu uygulamışlar, 13 yıl boyunca sabit parsel ölçümleri ile referans örnekleri karşılaştırmışlardır. Sonuçlar; bu tür referans ölçümlerin, toprak örtüsünün lokal değişkenliğini belirlemeyi sağladığını

ve arazi koşullarının dinamiklerini belirlemede sabit parsellerden daha doğru sonuçlar ürettiğini göstermiştir.

Beskow vd. (2009), Brezilya'da Grande akarsu havzasında USLE yaklaşımı ile potansiyel toprak kayıplarını ve ileriki kayıpları en aza indirebilmek için adapte edilecek arazi yönetim uygulamaları açısından su erozyonuna duyarlı alanları ve sediment iletim oranını tahmin etmişlerdir. Çalışmada USLE modelinin K, C, LS ve P faktörleri toprak ve arazi kullanım haritaları ve sayısal yükseklik modelinden, R faktörü ise Fournier indeksten elde edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; havzanın büyük bir kısmının (yaklaşık % 53) yıllık ortalama toprak kaybı $5 \text{ t ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ 'dan düşük olarak tahmin edilmiştir. Mevcut durumda havzanın % 49'undaki toprak kaybı tahmininin tolere edilebilir sınırdan daha büyük olduğu ifade edilmiştir. Bu sonuç ise, havzada erozyon proseslerinin kritik olduğu zonların bulunduğunu ve bu kısımlarda arazi yönetim uygulamalarının ve arazi kullanım şeklinin doğru bir şekilde uygulanmadığını ortaya koymuştur.

Fang vd. (2012), 1995-2005 yılları arasında arazi kullanımının büyük ölçüde değiştiği, çeltik ekim ve tarım alanlarının azaldığı, ormanla kaplı alanların ve meyve bahçelerininse arttığı dağlık bir havzada (Çin'de) yağış rejimleri ve arazi kullanım değişimlerinin, 2000 yılı öncesi ve sonrasında, yüzey akış ve toprak kayıpları üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre; farklı yağış rejimleri altında farklı arazi kullanımlarından meydana gelen toprak kayıplarının önemli derecede değiştiği ve belirgin olarak bu çalışma periyodunda arazi kullanım değişimlerinin genel etkisinin araştırma havzasında meydana gelen yüzey akış ve toprak kayıplarını önemli derecede azalttığı bildirilmiştir.

2.3 Toprak Erozyon Duyarlılığına İlişkin Genel Çalışmalar

Toprak organik maddesi, toprakların erozyona olan duyarlılığını azaltmaktadır. Çünkü, tanecikleri bağlayıcı bileşikler meydana getirerek kümeleşmeyi artırmakta ve toprak taneciklerinin yüzey akış ve yağmur damlasının vuruş etkisiyle parçalanmaya

duyarlılığını azaltmaktadır. Aynı zamanda organik madde, toprakta biyolojik işlevleri geliştirmekte ve toprak su geçirgenliğini artırmaktadır. Bu da yüzey akış ve erozyonu azaltmaktadır. Torri vd. (1997), arazide ölçülen gerçek toprak erozyon duyarlılığı değerleri ile toprak organik maddesi, bünye ve kil içeriğine dayanan Yenileştirilmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (YETKE) ile bulunan tahmini YETKE - K değerlerini FUZKBAS programını kullanarak karşılaştırmışlardır.

Keli vd. (2002), Çin’de bir lös platosunda toprak kaybı miktarının tahmininde, erozyon üzerine toprak özelliklerinin etkisini gösteren bir indeks seçimi için yaptıkları çalışmada, değişik lokasyonlardaki yüzey akış parsellerinden elde edilen veriler ile toprak erodibilite değerlerini hesaplamışlardır. Lös alanının elde edilen K faktörü değerleri 0,3-0,7 arasında değişmiştir. Bu alanda toprakların tane büyüklüğü dağılımı analizlerine göre, genellikle kuzeyden güneye doğru toprak tanecikleri daha küçülmekte, kum fraksiyonu azalırken kil fraksiyonu artmakta, silt fraksiyonu ise önce artmakta daha sonra azalmaktadır. Bu nedenle silt fraksiyonun yüksek olduğu çalışma alanının orta kısımlarında ortalama K faktörü en yüksek değeri alarak 0,61 olmuştur. Çalışmada elde edilen ortalama K faktörü değerleri , kumlu tın tekstüre sahip kuzey yönde ise 0,531 değerine, killi tın tekstüre sahip güney yönde ise 0,3278 değerine, batı yönünde ise 0,4372 değerine düşmüştür.

Hoyos (2005), Kolombiya’ da, 58 km²’lik bir havzanın toprak erozyon potansiyelini RUSLE denklemi ile CBS ortamında belirlemiştir. Çalışma alanının K faktörü, arazide ölçülen toprak özelliklerinden, infiltrasyon ve suya dayanıklı agregat yüzdesine dayanan bir kalitatif indeks olarak CBS ortamında, bir erodibilite yüzeyi elde edilerek kestirilmiştir ve bu değer kahve yetiştirilen alanlarda 0,0009-0,0010, merada 0,0009-0,0012, doğal ormanda 0,0009-0,0012, tesis edilen ormanda ise 0,0009 olarak belirlenmiştir.

Kohli (2006), Hindistan’ın Punjab bölgesinde yapay yağmurlama ile toprak erozyon duyarlılığının modellemesini değerlendirmiştir. Bu araştırmada Punjab bölgesinden alınan 30 farklı toprak örneğinde yapay yağmurlama ile erozyon duyarlılık değerleri belirlenmiş, daha sonra bu değerler bir nomograf, bir amprik formül ve FUZKBAS

programı kullanılarak elde edilen fuzzy K frekans dağılım değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ölçülen toprak erozyon duyarlılık değerleri nomograftan elde edilen tahmini değerler ile önemli düzeyde korelasyon göstermiştir. Bunu yanında, fuzzy K frekans dağılımlarından elde edilen maksimum toprak erozyon duyarlılığı değeri ve FUZKBAS ile elde edilen fuzzy merkez değeri de ölçülen erozyon duyarlılığı değeri ile önemli düzeyde korelasyon göstermiştir. Tahmin edilen K değerleri ölçülen K değerlerinden dikkate değer oranda yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada kullanılan modeller ve ilişkilerin toprakların erozyona duyarlılığını göstermede sadece göreceli bir indeks olduğu, bunun yanında toprak erozyon duyarlılığının konumsal tahmininin ve belirsizlik analizlerinin yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Rodriguez vd. (2007), İspanya Madrid’de toprak taksonomisine göre sınıflandırılan Madrid toprak haritalarında yer alan toprak erozyon duyarlılığı ile ilişkili özelliklerin (kil, silt, ince ve kaba kum fraksiyonları, organik madde, geçirgenlik ve strüktür) değişimini incelemişlerdir.

Korkanç vd. (2008), Türkiye’de Karadeniz Bölgesi Bartın Iskalan deresi havzasında arazi kullanımı değişiminin toprak özellikleri ve toprak erozyon duyarlılığı üzerine etkilerini, toprak özellikleri ve bazı erozyon duyarlılık indisleri arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Bu amaçla, tarım alanı, mera ve orman arazi kullanımlarından 100 yüzey toprağı örneği alarak pH, tanecik büyüklük dağılımı, yanma kaybı, elektriksel iletkenlik, bünye gibi toprak özellikleri yanında dispersiyon oranı, koloid nem eşdeğer oranı ve erozyon oranı gibi erozyonduyarlılık indislerini belirlemişlerdir. Çalışma sonuçları arazi kullanımı değişimi ile toprak özelliklerinin değişim gösterdiğini, çalışma alanı topraklarının erozyona duyarlı bulunduğunu, kum ve kil oranlarının araştırma alanında erozyon duyarlılığının önemli göstergeleri olarak dikkate alınması gerektiğini göstermiştir. Erozyona en duyarlı alanların tarım alanları olarak belirlendiği bildirilmiştir.

Özcan vd. (2008), jeoistatistiksel yöntemle birlikte USLE/CBS teknolojilerini kullanarak Çankırı İndağı bölgesinde farklı arazi kullanımlarında toprak erozyon risk

değerlendirmesi yapmışlardır. Çalışmada elde edilen ortalama toprak kaybı tahmini haritalarına göre, toprak kaybı tahminlerini tarım, mera, rekreasyon, plantasyon ve orman alanlarında sırasıyla 1,99, 1,29, 1,21, 1,20, 0,89 t ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak belirlendiğini bildirmişlerdir.

Beskow vd. (2009), Brezilya'da Grande akarsu havzasında USLE yaklaşımı ile potansiyel toprak kayıplarını belirlemiştir. Çalışma alanının K faktörü haritası, Brezilya'nın farklı alanlarında çalışma havzasında bulunan toprak grupları ile aynı topraklar üzerinde yapılan çeşitli araştırmalardan elde edilen (8 farklı toprak grubu için ortalama olarak 0,010-0,0433 arasında değişen) K faktörü değerleri kullanılarak CBS ortamında oluşturulmuştur. Araştırmanın toprak erodibilite haritasına göre, havzada K faktörü değeri 0,03'den büyük önemli miktarda alan su erozyonuna yüksek derecede duyarlı alanlar olarak tanımlanmıştır. Erodibilite değeri 0,05'den büyük alanlar kaba tekstür ve çok sık derinliğe sahip toprakların bulunduğu havzanın menba kısmında belirlenmiştir. Menbaya ters kısımda hemen hemen düz röllyefe sahip alanlarda ise en düşük erodibilite değerleri belirlenmiştir.

Zhou vd. (2010), Çin'in Loess platosunda yarı kurak meralarda otlatmanın toprak erozyon duyarlılığı ve fiziksel toprak özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada, otlatılan ve otlatılmayan meralardan ve hayvanların geçiş yollarında bulunan topraklardan 0-5, 5-10 cm derinliklerden alınan toprak örneklerinin; hacim ağırlığı, nem, agregat stabilitesi ve infiltrasyon analizleri yapılmıştır. Bu sonuçlara göre; hayvanların geçiş yollarının bulunduğu topraklar, en yüksek hacim ağırlığına ve en düşük nem içeriğine, agregat stabilitesine ve infiltrasyon oranına sahip bulunmuştur. Otlatılmayan parseller, erozyonu azaltmak yönünde, bu özellikler açısından en iyi sonuçlara sahip olmuştur. Araştırmada sonuç olarak; toprak fiziksel özelliklerinin toprakların erozyona duyarlılıklarının belirlenmesinde önemli rol oynadığı belirtilmiştir.

Stavi ve Lal (2011), Ohio'da duyarlı ve duyarlı olmayan parsellerde toprak erozyon duyarlılık (K) faktörü USLE denklemi ile belirlemişlerdir. Sonuçlar, erozyonal fazın K faktörü üzerinde önemli etkiye sahip olmadığını, fakat duyarlı alanda ortalama K

değerinin dayanıklı alandakinden daha yüksek olduğunu göstermiştir (sırasıyla 0,00354 – 0,00327 $\text{mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$). Toprak derinliğinin erozyon duyarlılık faktörü üzerinde yüksek derecede önemli etkiye sahip bulunmuştur ve 0-5 cm'deki K değerinin 5-10 cm derinlikteki değerden daha küçük olduğu belirtilmiştir. Bu faktör üzerinde faz önemli etkiye sahip olmamasına karşın, derinlik x faz interaksiyonunun etkisi önemli bulunmuştur. Duyarlı alanlar 0-5 cm derinlikte önemli derecede, 5-10 cm'de ise az oranda erode olmayan alandan daha büyük K faktörü değerleri göstermiştir. Çalışma sonuçlarına göre, erozyonun bulunduğu alanların diğerlerine göre erozyonun artışına karşı çok daha duyarlı olduğu belirtilmiştir.

Bonilla ve Johnson (2012), erozyonun temel sorunlardan biri olduğu Orta Şili'de mevcut toprak verilerinden yararlanılarak bölgenin toprak erozyon duyarlılığını tahmin etmişler ve bu değer ile toprak özellikleri arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Çalışmada 535 toprak serisinin verileri kullanılmış ülkenin ekili alanlarının büyük kısmını kapsayan erozyon duyarlılık haritası oluşturulmuştur. K değerleri, yüzey topraklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerine dayanarak silt fraksiyonunun % 70'i geçmediği alanlarda Wishmeier ve Smith (1978) eşitliği ile diğer alanlarda ise Römken vd. (1997) eşitliği ile belirlenmiştir. Araştırma alanının ortalama K değerleri $0,039 \pm 0,11 \text{ t/ha*ha/MJ*h/mm}$, büyük bir kısmında bu değer $0,02-0,05 \text{ t/ha*ha/MJ*h/mm}$ arasında değişmiştir. Çalışmada K faktörü değerleri ile organik madde içerikleri arasında korelasyon bulunamamıştır ($r= 0,086$). Ters olarak, K değeri silt içeriği ile birlikte artmıştır ve birincil tanecik olarak siltin baskın olduğu alanlarda toprakların erozyona çok daha duyarlı olduğu belirlenmiştir. Kum içeriğinin artması ise erozyona duyarlılığı azaltmıştır. Topraklar tekstürlerine göre sınıflandırıldığında % 40'dan daha az silt içeren toprakların tamamı aynı erozyon duyarlılık değerini göstermiştir ve en az duyarlı toprakları oluşturmuştur. İnce tekstürlü (kil veya siltce zengin) topraklar kaba tekstürlü topraklardan daha yüksek organik madde içeriği göstermiştir ve tekstür ve organik madde arasındaki bu ilişki erodibilite faktörü ve organik madde arasında bir korelasyon bulunmasını açıklamaktadır. Buna ilave olarak, her bir toprak ordosunda geniş bir toprak sınıfının bulunmasının bir sonucu olarak, her bir ordodaki K faktörü değerleri de dikkate değer ölçüde değişkenlik göstermiştir ve bu değişkenlik tek bir toprağın erozyon duyarlılık değerinin sadece onun taksonomik sınıfına dayanarak tahmin etmenin

mümkün olmadığını açıklamaktadır. Araştırmada ayrıca 535 toprak serisinden elde edilen toprak özellikleri ve toprak erozyon duyarlılık değerleri ordinary kriging yöntemi ve doğrusal yarıvariogram modeli kullanılarak kestirilmiş ve alanın erozyon duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Elde edilen kestirim haritasının ortalama standart hatası 0,0029 t/ha*ha/MJ*h/mm olarak bulunmuştur.

Wang vd. (2013), Çin’ de 51 doğal yağış parselinden elde edilen K değerlerini, USLE, RUSLE, EPIC erozyon ve Dg (ortalama geometrik tanecik çapı) modelleri ile tahminleri karşılaştırmışlardır. Çalışmada model performansları istatistiksel olarak karşılaştırılmış, ölçülen K değerleri 0,015-0,035 arasında değişirken, modellerin bu değerlerden yüksek tahminler yaptığı belirtilmiştir. Ayrıca model performanslarına göre; Dg (ortalama geometrik tanecik çapı) ve OM (organik madde) değişkenlerinin kullanıldığı modelin (Dg-OM modeli) iyi sonuçlar ürettiği, dört erozyon duyarlılık modeli karşılaştırıldığında da yine bu modelin en iyi parametrelendirme ve doğruluğa sahip olduğu, bu nedenle Çin’de toprak erozyon duyarlılığının tahmini için uygun bulunduğu bildirilmiştir.

Yakupoğlu ve Demirci (2013), Kahramanmaraş-Narlı Ovası topraklarının erozyona duyarlılıkları ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Çalışma alanında işlenen alanların erozyon duyarlılıkları USLE K faktörü ve kil oranı göstergeleri ile belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre araştırma alanındaki toprakların erozyon duyarlılık değerleri geniş bir aralıkta değişim göstermiş olup, toprakların USLE-K değerleri 0,026-0,097 t ha⁻¹ ha MJ⁻¹ h mm⁻¹ arasında değişirken kil oranı değerleri ise 0,89-12,33 arasında belirlenmiştir. Bu geniş dağılımın toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimden kaynaklanabileceği ifade edilmiştir.

2.4 Toprak Erozyon Duyarlılığına İlişkin Jeostatistiksel Çalışmalar

Jeostatistik, temelleri durağan raslantı fonksiyonlarına dayanan bölgesel değişkenler teorisinin yer bilimleri problemlerine uygulanması şeklinde tanımlanmaktadır. Bölgesel değişkenler teorisi ilk olarak Matheron (1963) tarafından ortaya atılmış, daha

sonra Journel ve Huijbreghts (1978), David (1988), Cressie (1991), Isaacs ve Srivastava (1991), Wackernagel (1995), Armstrong (1997), Goaverts (1997), Kitanidis (1997) ve diğer araştırmacıların katkılarıyla şu anki düzeyine erişmiştir (Tercan ve Saraç 1998).

Kriging kestiricisi, veriler ve bu verilere atanacak ağırlıkların toplamından ibarettir. Ağırlıklar, yansızlık ve en küçük varyans kriterleri gözönüne alınarak oluşturulan doğrusal denklemler sisteminin çözümünden elde edilmektedir. Doğrusal denklem sisteminin katsayılarını variogram fonksiyonunun değerleri oluşturulmaktadır. Dolayısıyla optimum kriging ağırlıklarının seçiminde örneklerin birbirlerine uzaklıkları kadar kestirilecek nokta ya da bloğa göre uzaklıkları da dikkate alınmaktadır. Kriging yönteminin diğer kestirim yöntemlerine göre en önemli üstünlüğü esnek oluşudur. Ağırlıklar keyfi kurallara göre belirlenmemekte, veriler sistemli ve objektif bir şekilde önce analiz edilmekte ve bu analiz sonucunda variogram fonksiyonu belirlenmektedir. Kriging yönteminin bir diğer üstünlüğü ise, kriging varyansı aracılığıyla kestirim hatasının büyüklüğünü değerlendirecek bir olanak sunmasıdır. Kriging varyansı, verilerin gerçek değerlerine bağlı olmayan, daha çok veri sayısının ve veriler arasındaki uzaklığın bir fonksiyonudur (Tercan ve Saraç 1998).

Kestirilen bir değer, gerçek değere yakınlığı ve güvenilirliği, incelenen değişkenin ne kadar bilindiğine bağlı olmaktadır. Örneklenmemiş noktalarda gerçek ve kestirilen değerler arasında kaçınılmaz bir fark bulunmaktadır ve kriging bu farkı olanaklı olduğu kadar minimize etmeye çalışmaktadır. Kestirilen değer, değişkenliği, gerçek değerlere göre daha azdır. Değişkenliğin derecesi, saha içinden alınan örneklerin sayısına ve konumuna bağlı olmaktadır ve örnek sayısı arttıkça kestirilen değerlerin değişkenliği, gerçek değerlerin değişkenliğine yaklaşmaktadır.

Kriging kullanılarak, alanın her bir noktasında ilgili değişkenin en iyi kestirimleri elde edilebilmektedir. Ancak kriging ile kestirilen değerler her zaman arzu edilen değerler olmamaktadır. Bazı durumlarda gerekli olan, değişkenin kestirilmiş değerlerini elde etmek değil, değişkenin yapısına uyan ve gerçek değerlerle aynı değişkenliği gösteren

veriler üretmektir. Jeostatistiksel simülasyon teknikleri ile bu özellikleri sağlayan veri seti üretmek mümkündür. Simülasyon sonunda elde edilen değerler:

- i) Örneklenmiş noktalarda gerçek verilerle aynı değerlere,
- ii) Gerçek veriler gibi aynı histogram ve variograma sahip olabilirler.

Simülasyon yalnızca (ii) ölçütünü sağlıyorsa, koşulsuz; (i) ve (ii) ölçütlerini sağlıyorsa koşullu simülasyon adını almaktadır. Kriging ve simülasyon, farklı amaçlara hizmet eden iki tekniktir. Kestrimin amacı herhangi bir noktada değişkenin en iyi kestirim değerini elde etmek iken, simülasyonun amacı çeşitli ölçütleri sağlayan veri seti üretmektir. Simüle edilmiş değerler, kestirim değeri olarak kullanıldığında, aynı lokasyonda kriging ile kestirilmiş değerin hata varyansından iki kat daha büyük hata varyansı elde edilmektedir. Yani, kriging, simülasyondan, iki kat daha güvenilir kestirim değerleri üretmektedir (Tercan ve Saraç 1998).

Rejman vd. (1998), Polonya'da küçük bir tarım havzasında toprak erozyon duyarlılığının konumsal değişimini incelemişler, arazide doğrudan ölçümler sonucunda elde ettikleri yıllık toprak erozyon duyarlılık değerlerinin Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (ETKE) erozyon modeli nomografından elde edilen değerlerden 6-10 kez daha küçük olduğunu bildirmişlerdir.

Martinez-Mena vd. (1999), toprak agregatlarının fraktal boyutlarını toprak erozyon duyarlılığının bir göstergesi olarak kullanmışlar ve bu değerin toprak erozyon duyarlılığının tanımlanması ve karakterize edilmesinde kullanılabilecek yararlı bir indeks olduğunu ifade etmişlerdir.

Wang vd. (2001), Amerika Teksas'da toprak erozyon duyarlılığının konumsal değişimini jeostatistiksel olarak belirlemişler ve bazı toprak özelliklerine dayanan bir eşitlik ile buldukları değerler ile gerçek ölçüm değerlerini karşılaştırmışlardır. Çalışma alanının her iki ölçüm değerleri ile erozyon duyarlılık haritaları elde edilmiş, yapılan belirsizlik analizleri sonucunda jeostatistiksel tahminle güvenilir bir toprak erozyon duyarlılık haritası elde edildiği görülmüştür.

Veihe (2002), Ghana’da toprak erozyon duyarlılığının konumsal değişimi ve toprak tipleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Test alanından alınan 136 adet toprak örneği duyarlılık parametrelerini belirlemek amacıyla analiz edilmiş ve arazide yüzey karakteristikleri test edilmiştir. Çalışmada kum fraksiyonu, konumsal heterojenliği nedeniyle erozyon duyarlılığının en iyi göstergesi olarak belirlenmiştir.

Parysow vd. (2003), 1999 yılında Teksas’ da Ardışık Benzetim Simülasyon kestirim yöntemi ile toprak erozyon duyarlılığının konumsal değişim haritasını oluşturmak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma alanından 1999 yılı ağustos ayında toprak ve vejetasyon tiplerine dayanan tabakalı rastlantısal örnekleme yöntemiyle 192 toprak örneği alınmıştır. Araştırmacılar, K faktörünün mevsimsel değişimini gözününde bulundurarak, bu değer in ilkbaharda en yüksek, sonbahar ortası ve kışın en düşük olduğu kabulunden yola çıkarak ortalama yıllık K değerleri elde etmek için örneklemleri ağustos ayında yapmışlardır. Alınan toprak örneklerinde laboratuvar da tane büyüklük dağılımı, organik madde, geçirgenlik analizleri yapılmış, ve alanın K faktörü değeri Wishmeier ve Smith (1978) nomograf denklemi kullanılarak belirlenen toprak özellikleri ile hesaplanmıştır. Çalışmada daha sonra her bir toprak özelliğinin ve K faktörünün bağımsız konumsal simülasyon ve Ardışık Benzetim Simülasyon (ABS) kestirim yöntemleri ile konumsal değişimleri belirlenmiştir. Simülasyon yönteminde 500 gerçekleşme yapılarak toprak özellikleri tahminleri yapılmıştır. Toprak özellikleri arasında bağımsızlığı kabul eden konumsal simülasyon tahminlerine göre K değerleri 0,260-0,300 arasında (ortalama 0,279), K varyansları ise 0,010-0,015 (ortalama 0,013) arasında bulunmuştur. ABS tahminlerinden elde edilen K değerleri 0,260-0,299 (ortalama 0,276), K varyansları 0,005-0,008 (ortalama 0,006) olarak belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen bu sonuçlara göre; joint sequential simülasyon yöntemi ile belirlenen K faktörü varyansları, bağımsız simülasyon ile elde edilen varyansın yarısından daha az bulunmuştur. Ayrıca çalışmada, çok ince kum+ silt miktarı değişkeninin tüm çalışma alanında K faktörü değerinin belirsizliğinde en fazla katkısı olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar, K faktörü varyansına toprak özellikleri arasındaki interaksiyonlardan gelen varyansın katkısının pozitif veya negatif olabileceğini ve bu durumun bu toprak özellikleri arasındaki konumsal korelasyona bağlı olduğunu göstermiştir. Bunun yanında, bu interaksiyonlardan gelen kısmi katkının toprak

özellikleri arasındaki çapraz karşılaştırmalar için dikkate alınmasının toprak erozyon duyarlılık faktörünün belirsizlik bütçesi ve konumsal tahmini açısından büyük öneme sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, toprak erozyon duyarlılığının konumsal kesin tahminini Ardışık Benzetim Simülasyon yöntemi bağımsız simülasyon yönteminden 2 kat daha fazla hassas olarak yapmıştır.

Ayoubi ve Alizadeh (2005), İran'ın MEHR havzasında toprak erozyon duyarlılığının konumsal değişimini incelemişlerdir. Çalışma alanından 50, 100, 250 ve 500 m arayla sistematik örnekleme yaparak alınan 110 toprak örneğinde tane büyüklük dağılımı, organik madde analizleri yaparak toprak erozyon duyarlılığını belirlemişlerdir. Çalışmada toprak parametrelerinin konumsal değişimi çoğunlukla Gaussian, üssel ve küresel model ile modellenmiştir. Konumsal bağımlılık 320 ile 3200 m arasında değişmiştir. K faktörü Wischmeier ve Smith (1978)'e göre belirlenmiş ve toprak erozyon duyarlılığı değerleri 0,13 ile 0,91 arasında bulunmuştur. Çalışma alanının güney batısında bulunan daha yüksek toprak erozyon duyarlılığı değeri burada toprak koruma ve erozyon kontrolüne daha fazla ihtiyaç olduğunu göstermiştir.

Castrignano vd. (2007), tarafından İtalya Sardinya'da tekstür ve organik maddedeki belirsizliklerden yola çıkarak toprak erozyon duyarlılığı faktörü (K)'nün konumsal belirsizliğinin incelendiği araştırmada, 500 km²'lik bir alandan 152 toprak örneği alınmış Joint Stochastic Simülasyon yöntemi ile K'nın tahminlerinde ilave örnekleme stratejileri geliştirmek için bu değerlerin çalışma alanındaki belirsizliği ortaya konulmuştur.

Perez-Rodriguez vd. (2007), Madrid'de toprak haritasından yararlanarak, toprak erozyon duyarlılığının ve onunla ilişkili toprak özelliklerinin konumsal değişimini belirlemişlerdir. Çalışmada, 210 noktanın toprak erozyon duyarlılık değeri, Wischmeier ve Smith (1978) tarafından geliştirilen nomograf denklemi yardımı ile belirlenmiş, kriging kestirim yöntemi ile konumsal değişim tahminleri yapılmıştır. Sonuçlar, toprakların strüktür yapısı ve silt içeriği özelliklerinin alanın erozyona duyarlılığının belirlenmesi açısından anahtar faktörler olduğunu göstermiştir. Veri değişkenlikleri

arasındaki geniş aralık nedeniyle, organik madde veya kil gibi önemli faktörler arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunamamıştır. Jeostatistiksel değerlendirmede K faktörü küresel model ile modellenmiş, havzanın ortalama K faktörü $0,54 \pm 0,27$ olarak bulunurken, %70’inde ise bu değerin $>0,5$ olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında farklı fizyografik birimler üzerindeki K faktörü değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve ortalama K faktörü değerleri jipsik materyal üzerinde oluşan topraklarda $0,63 \pm 0,28$, yüksek plato topraklarında ise $0,40 \pm 0,18$ olarak belirlenmiştir.

Bayramin vd. (2008), yarı kurak bir ekosistemde, Çankırı İndağı Bölgesinde arazi kullanım değişiminin toprak erozyon duyarlılığı üzerine etkilerini incelemiştir. Beş farklı arazi kullanımında (tarım alanı, mera, orman, plantasyon ve rekreasyon alanları) yürütülen çalışmanın sonuçları, özellikle toprakların organik madde ve hidrolik iletkenlik özelliklerinde meydana gelen azalmalar nedeniyle, varyans analizlerinin toprak özellikleri ve RUSLE toprak erozyon duyarlılığı faktörünün(K) orman, mera ve plantasyon alanlarının erozyona daha duyarlı olan tarım ve rekreasyon alanlarına dönüştürülmesiyle istatistiksel olarak değiştiğini göstermiştir.

Bayramin vd. (2009), İç Anadolu yarı kurak koşullarında mera ve plantasyon alanlarında toprak organik karbon içeriği, hidrolik iletkenlik, tane büyüklük fraksiyonları ve USLE K değerlerini karşılaştırmışlardır. Bu amaçla 0-10, 10-20 cm derinliklerden düzensiz aralıklarla 302 adet bozulmuş toprak örneği almışlardır. Toprak organik maddesi yönünden, mera ve plantasyon arazi kullanımları arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmamakla birlikte, her bir arazi kullanımında organik maddenin derinlikle birlikte azaldığı bilirlmiştir ($P < 0,05$). Buna karşın, organik maddenin tersine USLE K değerleri arazi kullnımları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermiş, derinlikle herhangi bir değişim göstermemiştir. Ortalama USLE-K değerleri mera alanında $0,161 \text{ t ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, plantasyon alanında ise $0,126 \text{ t ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ olarak belirlenmiş, mera alanı topraklarının plantasyon alanı topraklarından erozyona daha duyarlı olduğu belirlenmiştir.

Başkan vd. (2010), Türkiye bir Batı Akdeniz Dalaman Havzası’nda USLE/RUSLE –K (toprak erozyon duyarlılığını) faktörünü koşullu simulasyon yöntemi ile

değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre; Sequential Gaussian simülasyon tekniğinin USLE/RUSLE- K değerlerinin haritalanmasında daha yararlı veriler ürettiğini, bu tekniğin kriging yönteminin yumuşatma etkisi olmaksızın konumsal paternlerin belirsizlik analizleri ve konumsal haritalama için daha etkili bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

2.5 Toprak Özelliklerine İlişkin Jeostatistiksel Çalışmalar

Stockton ve Warrick (1971), K_s 'nin değişkenliğini; deneysel ölçümlerdeki hataların yanında toprak derinliği ve arazideki pozisyonun bir fonksiyonu olarak ifade etmektedir.

Bouma (1973), K_s 'nin arazideki değişkenliği ve toprak su tutma eğrileri üzerine daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır.

Biggar ve Nielsen (1976), çeşitli toprak fiziksel özellikleri arasında, K_s ve ilişkili ölçümlerin en yüksek istatistiksel değişkenliği gösterdiğini bildirmektedir.

Campbell (1978), iki farklı toprak tipi için kum içeriğinin semivariogram aralıklarını 30 ve 40 m olarak bildirmiştir.

Journel ve Huijbregts (1978), jeostatistiksel değerlendirmede kullanılan veri sayısının 30 dan büyük olması gerektiğini bildirmişlerdir.

Cameron (1978), 225 m²'lik bir parselde, 5 grid örnekleme lokasyonunda 5 farklı derinlikte killi tınlı bir toprağı örneklemiş, K_s 'yi hesaplamak için -10 ile -500 kPa basınçlarda toprak su tutma eğrilerini belirlemek için desorpsiyon metodunu kullanmıştır. Fakat farklı lokasyonlarda ortalama su tutma eğrisinin şekil ve büyüklüğünün değiştiğini bildirmiştir.

Vieira vd. (1981), toprak hidrolik özelliklerinin konumsal değişimleri ile ilgili çalışmalarda; konumsal değişimin büyüklüğünü belirlemek için variogram, kriging ve co-kriging tekniklerini kullanmış ve 1280 arazi ölçümü için infiltrasyon oranının 50 m’de değiştiğini bildirmişlerdir.

Vauclin vd. (1983), 70x40 m’lik bir alanda 10 m’lik kare grid nodlarında örnekleme yapmışlar ve klasik ve jeostatistiksel teknikleri kullanarak kum, silt ve kil içeriklerinin, kullanılabilir su tutma kapasitesinin ve -33 kPa’daki su içeriğinin konumsal değişimini çalışmışlardır. En güçlü korelasyon kum içeriği ve kullanılabilir su tutma kapasitesi ($r=-0,83$) arasında bulunmuştur ve cross variogram göstermektedir ki kum içeriği – 33 kPa’daki toprak suyu içeriği ile yaklaşık 30 m’de ve yaklaşık 43 m’lik bir uzaklık içerisinde de kullanılabilir su tutma kapasitesi ile konumsal ilişki içerisinde.

Toprak özelliklerinin uzaklığa bağlı ilişkileri (konumsal bağımlılık dereceleri) külçe etkisi-sill oranı ile (C_0/C_0+C) belirlenebilmektedir. Bu değer; % 25’de küçük ise kuvvetli uzaklığa bağlı ilişki (yüksek konumsal bağımlı), özelliğin kısa yapısal uzaklıklarda fazla değişkenlik göstermediği, % 26-75 arasında ise orta uzaklığa bağlı ilişki, orta konumsal bağımlı, kısa yapısal uzaklıklarda değişkenlik gösterdiği, % 75’den büyük ise zayıf uzaklığa bağlı ilişki (düşük konumsal dağımlı) ve kısa yapısal uzaklıklarda büyük değişkenlik gösterdiği kabul edilmektedir. Konumsal bağımlılık değeri % 100 ise yani tam kontrolsüz etki varyansı belirlenmiş ise, toprak özelliğinin alansal olarak bağımlı olmadığı ve jeostatistiksel modelleme yönteminin diğer modellere göre avantajı bulunmadığı kabul edilmektedir (Trangmar vd. 1985, Karabulut 2010).

Oliver ve Webster (1991), yarivariogramın doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi için en az 100-200 örnekleme noktası önermektedirler.

Toprak heterojenliği çeşitli konumsal ve zamansal ölçekte faktörün interaksiyon ve işletimi nedeniyle uzun yıllardan bu yana tanımlanmaktadır. Toprak özelliklerinin konumsal değişkenliklerinin karakterize edilmesi, çevresel faktörler ve toprak

özellikleri arasındaki kompleks ilişkilerin daha iyi bir şekilde anlaşılabilmesi ve toprak kaynaklarının kullanımı açısından uygun yönetim uygulamalarının belirlenmesi için temeldir. Aynı zamanda, ekolojik, çevresel ve tarımsal çalışmalar için örnekleme desenlerinin uygulanmasına da imkan vermektedir. Buna ilave olarak, ekolojik modellerde ve çevresel yönetim sistemlerinde ölçek ve konumsal bağımlılığın katılımı ile toprakların konumsal dağılımı üzerine çok daha doğru bilgi elde etme isteği artmıştır. Çünkü değişim bazı ölçeklerde diğerlerinden çok daha büyük olabilmektedir. Topraklar açık bir şekilde bölgesel ölçekte farklılık göstermektedir ve büyük değişkenlik geniş ölçüde toprak yapan faktörlerin değişmesinin bir sonucu olarak açıklanmaktadır (Burrough 1993, Guimaraes Couto vd. 1997, Goovaerts 1998, Bouma vd. 1999, Stein ve Ettema, 2003, Godwin ve Miller 2003, Yemefack vd. 2005).

Shouse vd. (1995), siltli tınlı bir toprakta toprak suyu tutulmasını araştırmışlardır. 80 m uzunluğundaki bir hat boyunca, Ap horizonundan (0-17 cm) 30 cm ara ile 281 bozulmamış toprak örneği alarak, 6 farklı basınçta toprak suyu tutulumunu belirlemişlerdir. Tutulma işlevi parametreleri ve ölçülen toprak fiziksel özellikleri yaklaşık 15-30 m arasında oldukça benzer bulunmuştur.

Ana materyalin kimyasal ve mineralojik bileşimi, kendisini oluşturan tanelerin büyüklük dağılımı ve yapısı (birbirine göre diziliş), üzerinde oluşacak toprağın özelliklerini ve oluş hızını etkiler. Mineraloji, bazı topraklarda erozyon duyarlılığı üzerine önemli etkiye sahiptir. Örneğin, kaolinitin baskın olduğu topraklar normal olarak montmorillonitin baskın olduğu topraklardan daha fazla geçirgenliğe sahiptirler (Tanju 1996). Toprak geçirgenliği artıkça, yüzey akışların tanecik taşıma kapasitesi önemli oranda azalmaktadır.

Van Es vd. (1999), belirli koşullar altında altın sürüm ve zamansal etkilerin, arazi ölçekli konumsal değişikliklerden çok daha önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Amador vd. (2000), Rhode Island'da 1997 yılında yürüttükleri bir çalışmada fiziksel ve kimyasal bazı toprak özelliklerinin düşük ölçekte konumsal değişimlerini

incelemişlerdir. Araştırmada, 40x20 m² büyüklüğündeki çalışma alanı 4x4 m²'lik 50 parsel bölünmüştür. Her örnekleme tarihinde, örnekleme için 40 parsel tesadüfi olarak seçilmiştir ve bir parsel içerisindeki örnekleme noktası rastlantısal olarak x ve y koordinatı oluşturularak belirlenmiştir. Bu şekilde belirlenen örnekleme noktalarından çalışma yılı boyunca mayıs, ağustos ve kasım aylarında 0-10 cm derinlikten toprak örnekleri alınmış, alınan örneklerde hacim ağırlığı, organik madde, volumetrik su içeriği ve karbon mineralizasyon oranları laboratuvar analizleri ile belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre herhangi bir değişkenin varyasyon katsayısında mevsimsel farklılık bulunamamıştır. Varyasyon katsayı değerleri karbon mineralizasyon oranı > volumetrik su içeriği > organik madde yüzdesi > hacim ağırlığı sırasında elde edilmiştir. Sonuçlar, cm düzeyinde toprak özelliklerindeki değişkenliğin en düşük fiziksel toprak özelliklerinde en yüksek de biyolojik toprak özelliklerinde meydana geldiğini göstermiştir.

Heiskanen ve Makitalo (2002), -10 kPa basınç potansiyelinde su içeriği ve hava kuru porozite için 44 -100 m'lik bir mesafe bildirmişlerdir.

Sobieraj vd. (2002), farklı toprak tiplerinde toprak hidrolik iletkenliğinin konumsal değişimini incelemişlerdir. Bir transekt boyunca 20, 30, 50 ve 90 cm derinliklerde ölçülen doymuş hidrolik iletkenlik değerleri arasında, 90 cm derinlik ölçümleri hariç, toprak tipleri açısından önemli farklılıklar bulunmadığını bildirmişlerdir. Ordinary ve kuvvetli doğrusal regresyon modelleri uzaklıkla, topoğrafyanın bir fonksiyonu olarak doymuş hidrolik iletkenlikte önemli bir değişim göstermemiştir. Yarıvariogramlar doymuş hidrolik iletkenlik için tüm derinliklerde ≥ 25 m uzaklıkta konumsal yapı göstermemiştir. Bu çalışmada toprak tiplerinin güçlü topoğrafya bağıllığı ve birincil toprak özellikleri doymuş hidrolik iletkenlik ile benzer bir bağımlılığı yansıtmamıştır.

Erşahin (2003), Alüviyal bir alanda infiltrasyon oranlarının tahmininde ordinary kriging ve cokriging yöntemlerini karşılaştırdığı çalışmada, toprak özelliklerinin infiltrasyon oranları ile yüksek korelasyon gösterdiğini bildirmiştir. Çalışma sonuçları, cokriging yönteminin veriler yeterli olduğunda kriging yönteminden daha avantajlı olmadığını

göstermiştir. Bununla birlikte, sınırlı sayıda veriye sahip olduğunda ise, cokriging yönteminin infiltrasyon oranının tahmininde kriging yöntemine göre üstünlüğü bulunduğunu göstermiştir.

Godwin ve Miller (2003), tek bir arazi parseli içerisinde toprak özelliklerinin konumsal değişiminin toprak performansı ve ürün verimliliğini etkilediğini belirtmişlerdir.

Fiziksel özellikler genellikle kısa mesefeler içerisinde kimyasal özelliklerden çok daha az değişkenlik göstermektedir (Mapa ve Kumaraganage 1996, Van Groenigen vd. 2000, Godwin ve Miller 2003).

Toprağa karakter kazandıran kuvvetlerin etkisiyle toprak özellikleri zamansal ve konumsal olarak değişmekte ve iklim, organizmalar, topoğrafya ve ana materyaller tarafından etkilenmektedir. Toprak özelliklerinin konumsal değişkenliklerinin karakterize edilmesi, çevresel faktörler ve toprak özellikleri arasındaki kompleks ilişkilerin daha iyi bir şekilde anlaşılabilmesi ve toprak kaynaklarının kullanımı açısından uygun yönetim uygulamalarının belirlenmesi için temeldir. Aynı zamanda, ekolojik, çevresel ve tarımsal çalışmalar için örnekleme desenlerinin uygulanmasına da imkan vermektedir. Buna ilave olarak, ekolojik modellerde ve çevresel yönetim sistemlerinde ölçek ve konumsal bağımlılığın katılımı ile toprakların konumsal dağılımı üzerine çok daha doğru bilgi elde etme isteği artmıştır. Çünkü değişim bazı ölçeklerde diğerlerinden çok daha büyük olabilmektedir (Yemefack vd. 2005).

Öztekin ve Erşahin (2006), işlenen ve işlenmeyen alanlarda doygun hidrolik iletkenliğin (K_s) konumsal değişimini incelemişlerdir. Çalışma sonuçları, işlenen alanlardaki $\ln(K_s)$ değerlerinin (varyans=10,3) işlenmeyen alanlardakilerden (varyans=4,2) 2.5 kat daha fazla değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Bunun yanında, işlenen alan içerisinde de K_s değişkenliğinin çok büyük olduğunu, bu durumun tarla trafiği sonucu toprak sıkışması ve devamlı işleme nedeniyle homojen olmayan hacim ağırlığının bir sonucu olabileceğini bildirmişlerdir.

Hancock vd. (2007), toprak karbonunun konumsal değişimini, toprak tekstürel özellikleri, toprak erozyonu ile ilişkilerini Avusturalya’ da havza ölçeğinde arazi verileri ve modelleme yoluyla belirlemişlerdir. Çalışma sonuçları 4 yıl boyunca toprak örneklerinin alındığı transektler arasında karbon konsantrasyonları arasında çok az düşüş olduğunu göstermiştir. 10 m çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik modeli kullanıldığında eğim pozisyonu, karbon konsantrasyonu ve toprak erozyonu arasında düşük bir ilişki, yüksek çözünürlükler kullanıldığında ise tepe eğimlerin verileri arasında yüksek ilişkiler bulunmuştur.

Vieira ve Gonzalez (2003), toprak özelliklerindeki konumsal değişkenliği erozyon nedeniyle arazi degradasyonunun bir sonucu olarak bildirmektedir. Sao Paulo, Brezilya’da çeşitli ürünlerin yetiştirildiği yaklaşık 1 ve 2 ha’lık iki farklı alanda, toprak fiziksel özelliklerinin, toprak verimliğinin ve ürün veriminin konumsal değişimini incelemişlerdir. Toprak örneklerini 10 m’lik gridler şeklinde sistematik olarak hasat sonrası almışlar ve verileri semivariogram kriging interpolasyonu kullanarak analiz etmişlerdir.

Fraktal özellikler, toprak degradasyonu ve arazi çölleşmesinin belirlenmesi ve incelenmesinde önemli role sahiptir (Su vd. 2004).

Iqbal vd. (2005), doymun hidrolik iletkenliğin (K_{sat}), suyun taşınması ve tutulması açısından toprağın kapasitesini etkileyen önemli bir fiziksel özellik olduğunu bildirmektedir.

Mzuku vd. (2005), ABD Colorado’da sulu mısır tarımının yapıldığı 3 farklı alanda toprak fiziksel özelliklerinin konumsal değişimlerini belirlemişlerdir. Üç çalışma alanı topoğrafya, önceki ürün deseni ve toprak yönetimlerine göre farklı alana özgü yönetim bölgelerine ayrılmış, bu bölgelerde tekstür, hacim ağırlığı, cone indeksi, toprak rengi, organik karbon, sorptivite ve yüzey nem içeriği incelenmiştir. Toprak fiziksel özellikleri üretim alanlarında önemli konumsal farklılıklar göstermiştir.

Agyare vd. (2005), Ghana’da toprak fiziksel özelliklerinin konumsal değişimlerini belirlemek ve doymuş hidrolik iletkenliği tahmin edebilmek için gerekli önemli parametreleri ve uygun modelleri belirlemek için yürüttükleri çalışmalarında; 6 km² ve 0,64 km²’lik iki alanda 100m x 200m ve 40m x 40m boyutlarında grid paternlerinde 0-15 ve 30-45 cm’den toprak örneklerini almışlardır. Doymuş hidrolik iletkenliğin yüksek derecede konumsal değişkenlik gösterdiğini ve kum, silt, kil içeriği ve hacim ağırlığı ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Grego ve Vieira (2005), bir deneme parselinde toprak fiziksel özelliklerinin konumsal değişimini jeostatistik kullanarak incelemişlerdir. Geleneksel sürümün yapıldığı 30m x 30m boyutlarındaki bir deneme parselinde 5m x 5m kare gridler şeklinde toprak örneklerini almışlar ve nem içeriği, porozite, hacim ağırlığı, penetrasyon direnci ve su tutulumunu analiz etmişlerdir. Konumsal değişkenliği semivariogram ve kriging teknikleri ile değerlendirmişler ve veriler ile ilgili haritaları elde etmişlerdir. Su tutulumu ve hacim ağırlığının konumsal bağımlılığı arasında önemli pozitif korelasyon bulmuşlardır.

Yemefack vd. (2005), Güney Kamerun’da 2000 km²’lik bir alanda, her ölçek için farklı örnekleme deseni kullanarak (i) toprak yapan faktörler tarafından etkilenen bölgesel ölçekte, (ii) arazi kullanım şekli tarafından etkilenen lokal ölçekte, (iii) ürün deseni tarafından etkilenen parsel ölçeğinde ve (iv) laboratuvarla kalite kontrol ölçeğinde olmak üzere 4 farklı ölçekte, kriging kestirim yöntemi ile toprak özelliklerinin konumsal değişimlerini incelemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, toprak özellikleri parsel düzeyinde bile yüksek konumsal bağımlılık göstermiş, bununla birlikte yükseklik veya coğrafik koordinatlar ile modellenen toplam değişimin % 30-50’sini açıklayan belirgin bir bölgesel trend bulunmuştur. Toprak pH’ı ($r^2 = 0,68$) ve kil içeriği ($r^2 = 0,51$) toprak değişimini en iyi açıklayan bölgesel faktörler olmuştur. Jeostatistiksel analiz göstermiştir ki; arazi kullanımı, bölgesel trend veya çevresel eşdeğişkenlerden kaynaklanan bölgesel değişkenliğin haritalanması için daha sık örnekleme yoğunluğu gerekmektedir. Araştırma sonuçlarına göre; arazi kullanım şekillerinin köy ölçeğinde parseller arasında üst toprağın değişimini önemli derecede etkilediği belirlenmiştir ($p < 0,005$).

Wesemael vd. (2006), tarafından Güney İspanya’da toprak kalınlığının değişimine neden olan toprağın havza içerisinde yeniden dağılımının modellenmesi yoluyla, toprak özelliklerinin konumsal paternleri belirlenmiştir. Özelliklerdeki değişkenlikleri içeren 3 toprak profil örneği bu paternlerin bitkisiz topraklarda su dengesini etkilemediğini göstermiştir. Kumlu tınlı toprakların hidrolik iletkenlik değerleri dışbükey eğimlerde ortalama 541,9 mm/h, tepe eğimlerde 524,1 mm/h, vadide ise 632,6 mm/h bulunmuştur.

Wang vd. (2008b), farklı arazi kullanımları altında toprakların fraktal özelliklerini belirlemişlerdir. Çalışmanın sonuçları; arazi kullanımının tane büyüklük dağılımının fraktal boyutlarını ve diğer toprak özelliklerini önemli derecede etkilediğini göstermiştir.

Duffera vd. (2007), ABD’de Güneydoğu kıyı alanlarında arazi ölçeğinde yatay ve dikey olarak toprak fiziksel özelliklerinin konumsal değişimlerini ve toprak haritalama birimleriyle ilişkilerini, arazi içinde en fazla değişkenlik gösteren toprak özelliklerini belirlemek için bir çalışma yapmışlardır. Çalışmayı tüm Güneydoğu kıyı ovalarını temsil eden Norfolk tınlı kumu, Goldsboro tınlı kumu ve Lynchburg kumlu tını olmak üzere 12 ha büyüklüğünde üç alanda yürütmüşlerdir. 1 m’lik toprak profilinde 5 farklı derinlikten 60 toprak örneği alarak, bu örneklerde kum, silt, kil yüzdeleri, 33 kPa ve 1500 kPa’da toprak nem içeriği, yarayışlı su miktarı, doymun hidrolik iletkenlik, hacim ağırlığı ve toplam porozite analizlerini yapmışlardır. Sonuçlar toprak fiziksel özelliklerinin iki kategoriye ayrılabilceğini göstermektedir. İlk kategori, arazi içinde büyük değişkenliğe sahip olarak tanımlanmaktadır ve tane büyüklüğü dağılımı (tekstür), toprak nem içeriği, yarayışlı su miktarı ve cone indeksini içermektedir. İkinci kategorideki değişkenler hacim ağırlığı, toplam porozite ve doymun hidrolik iletkenliği kapsamaktadır ve bu özellikler arazide konumsal olarak korele değildir ve toprak haritalama birimleriyle ilişkili değildir.

Brus ve Heuvelink (2007) araştırmalarında, Hollanda’da farklı örnekleme desenlerinin ortalama universal kriging varyans değerlerini karşılaştırmışlardır. Bu amaçla, 25, 50, 100 olmak üzere 3 farklı örnekleme sayısına sahip paterni, universal kriging (UK),

ordinary kriging (OK) ve çoklu doğrusal regresyon modeli (ÇDRM) ile optimize etmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre UK paternleri coğrafik uzaklık ve özellik uzaklıklarındaki yayılımlar arasında iyi bir uyumluluk göstermiştir. UK paternleri ortalama evrensel kriging varyansları % 19 (n=25), % 7 (n=50) ve % 3 (n=100) olmak üzere OK paternlerinden daha düşük bulunmuştur. Aynı zamanda, UK paternleri çoklu regresyon model paternlerinden % 2 (n=25), % 4 (n=50) ve % 4 (n=100) daha düşük bulunmuştur.

Toprak organik maddesi topoğrafya ve doğal toprak değişkenliğinden etkilenen konumsal bir değişkendir (Chai vd. 2008). Toprak organik maddesinin konumsal değişkenliğinin doğru bir şekilde yapılması toprak kalitesinin değerlendirilmesi açısından (Hu vd. 2007, Huang vd. 2007) ve atmosferik karbonun karasal tutulumu üzerine olan tarımsal yönetim ve çevresel araştırmalar için önemli olan araziden bölgesel ölçeğe karbon tutulumunun değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Leifeld ve Kagel-Knabner 2005). Toprak organik maddesi hacim ağırlığı (Çelik vd. 2004), toprak agregasyonu (Lal ve Mathur 1989), toprak strüktürü (Chaudhary ve Ghildya 1969), su tutma kapasitesi (Hudson 1994) ve infiltrasyon oranı (Tiwari vd. 1998) üzerinde büyük etkiye sahiptir ve toprak erozyon duyarlılığını azaltarak su erozyonuna olan direnci artırmaktadır (Kadlec vd. 2012).

Mabit vd. (2008), Quebec’de yer alan 217 km²’lik bir havzada fallot radyonükleidleri (FRN) ve jeostatistiksel değerlendirme ile toprak erozyonu ve toprak organik madde içeriğinin konumsal değişimi incelemiştir. Çalışmada 0-20 cm’deki ¹³⁷Cs (Bqm⁻²) ile organik madde (%) içerikleri arasında önemli ilişkiler bulunmuştur. Ordinary kriging yöntemi ile yapılan değerlendirmede konumsal değişimi stabilize etmek açısından verilerin transferi gerekmemiştir ve herhangi bir değişken için anizotropi belirlenmemiştir. Yani değişkenler bütün yönlerde benzer şekilde değişmiş ve yarıvaryans yalnızca örnekleme noktaları arasındaki uzaklığa bağlı olmuştur. Haritalamada 3 test özelliği için (¹³⁷Cs , organik maddde, havzada toprağın yeniden dağılımı) önemli bir otokorelasyon ve güvenilir variogramlar elde edilmiştir ($0,87 \leq r^2 \leq 0,95$; $0,7 \leq \text{ölçek/sill} \leq 0,96$; $\%4 \leq \text{külçe etkisi-sill} \leq \%20$). İncelenen 3 özellikte küresel model ile modellenmiş, yapısal uzaklıklar ¹³⁷Cs için 30m , organik maddde için

38 m, havzada toprağın yeniden dağılımı için 65 m olarak belirlenmiştir. Araştırmada sonuç olarak, sedimentasyon proseslerinin ve erozyonun konumsal değişimini belirlemek açısından FRN kullanımının ve toprak biliminde jeostatistiksel değerlendirmenin güçlü bir araç olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada havza içerisinde FRN'lerin konumsal değişimlerine dayanarak bir sediment bütçesi oluşturmak için toprak dağılım haritasının elde edilmesine yönelik olarak jeostatistiksel değerlendirme ve CBS tekniği kullanılmıştır. Örneklem noktalarında, toprağın havza içerisinde yeniden dağılımının büyüklüğü, 62 t ha⁻¹yıl⁻¹ erozyon oranı ile 17 t ha⁻¹yıl⁻¹ birikim oranı arasında yer almıştır. Ayrıca kriging kestirim ve toprak dağılım haritasının alan ağırlıklandırma ortalaması kullanılarak tüm alan için bir sediment bütçesi tahmini yapılmıştır.

Kravchenko ve Hao (2008) tarafından yürütülen çalışmada, 16 yıl boyunca farklı arazi yönetim uygulamalarının yapıldığı bir alanda, bu uygulamaların karbon mineralizasyonunun konumsal değişkenliğine etkisi araştırılmıştır. Ayrıca topoğrafya, tekstür, bitki biomas girdisi ve toplam toprak karbonunun karbon mineralizasyonu üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre karbondioksit solunumlu karbon üzerine toplam karbonun pozitif direkt, kil ve silt toplamının negatif direkt etkisi olduğu belirlenmiş, topoğrafya veya biomasın önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Çalışma sonuçları, organik örtü + geleneksel sürüm uygulamalarında sadece geleneksel sürümün yapıldığı uygulamalardan daha yüksek karbon içeriği bulunduğunu göstermiştir. Karbonun nispeten zayıf olan konumsal dağılımları organik örtü+geleneksel sürüm uygulamalarında, geleneksel sürümün yapıldığı uygulamalardan daha yüksek bulunmuştur. Toplam karbon özelliği bu çalışmada, organik örtü + geleneksel sürüm uygulamalarında izotropik olarak Gauss modeli ile modellenmiş ve yapısal uzaklık 30 m olarak belirlenmiş, geleneksel sürümün yapıldığı uygulamalarda ise küresel model ile modellenmiş ve yapısal uzaklık 43 m olarak bulunmuştur.

Chai vd. (2008), Çin'de 933 km²'lik bir alanda toprak organik maddesinin tahmini için sayısal yükseklik modelinden elde ettikleri yükseklik, eğim ve topoğrafik ıslaklık indeksi verilerini değişken olarak kullanmışlardır. Çalışma alanı içerisinde, toprak organik maddesi yükseklik ve arazi eğimi ile pozitif olarak korele bulunurken,

topoğrafik ıslaklık indeksi ile negatif olarak korele bulunmuştur. Sonuçlar, arazi eğimi ve yükseklik verilerinin toprak organik maddesinin tahmininin kalitesini artırmak amacıyla kullanılabileceğini, toprak organik maddesi ve arazi özellikleri arasındaki korelasyonun alandan alana değişebileceğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada ayrıca, toprak organik maddesinin tahmini için, regresyon kriging yöntemi ile deneysel en iyi doğrusal yansız tahmin yaklaşımının (REML-EBLUB) performansları karşılaştırılmıştır. REML-EBLUB yaklaşımı her bir trend modelinde regresyon kriging yönteminden daha doğru variogram modeli üretmiştir. $R^2 > 0,45$ olduğunda iki yaklaşım arasında doğruluğun artırılmasında çok düşük bir fark bulunmasına karşın, $R^2 < 0,45$ olduğu durumda ise REML-EBLUB performansı regresyon kriging yönteminden önemli derecede daha iyi bulunmuştur.

Başaran vd. (2010), Çankırı Sarayköy sulama baraj havzasında toprak hidrolik iletkenliğinin konumsal değişimini kriging ve cokriging yöntemleri ile belirlemişlerdir. Bu amaçla, çalışma alanından düzensiz aralıklarla 300 adet yüzey toprağı örneğı (0-10 cm) almışlar, bu örneklerde kil, silt, kaba kum, ince kum, partiküler organik madde, mineralojik organik madde, suya dayanıklı agregat yüzdesi ve doymun hidrolik iletkenlik (K_s) özelliklerini belirlemişlerdir. Seçilen toprak özellikleri içerisinde Pearson korelasyon analizine göre; suya dayanıklı agregat yüzdesinin hidrolik iletkenlik ile en yüksek ilişkiyi göstermesi nedeniyle, bu özellik cokriging prosedüründe K_s 'yi kestirmek için yardımcı değişken olarak seçilmiştir. Buna ilave olarak araştırmada, cokriging yönteminin kriging yöntemine üstünlüğü olup olmadığını belirlemek için örnekleme yoğunluğu rastlantısal olarak K_s için $n=175$, $n=150$, $n=70$ ve $n=50$ olarak düşürülmüştür. İstatistiksel değerlendirme sonuçları, cokriging yönteminde K_s 'nin suya dayanıklı agregat yüzdesi ile yardımcı ilişkileri kullanıldığında, tüm azaltılan K_h değerlerinin tam K_s kadar iyi olduğunu göstermiştir ve bu durumda cokriging tekniğı kriging tekniğine göre daha iyi bir harita üretmiştir. Ayrıca ölçülen ve kestirilen değerler arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde, azaltılan K_s veri setleri açısından cokriging tekniğinin (0,954, 0,971, 0,981, 0,932) kriging yönteminin korelasyon katsayılarından (0,461, 0,445, 0,317, 0,285) çok daha büyük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Mubarak vd. (2010), Fransa Montpellier’de 17 yıl geleneksel olarak işlenen tınlı bir tarım toprağında doygun hidrolik iletkenliğin konumsal değişimi incelemişlerdir. Çalışmada 6x7,5 m boyutlarındaki gridlerin kesişim noktalarında 1990 ve 2007 yıllarında yapılan ölçümler (40 adet) karşılaştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; 2007 yılı ölçüm değerleri 1997 yılı ölçümlerinden önemli derecede küçük bulunmuştur. Jeostatistiksel değerlendirmede her iki ölçüm yılında da doygun hidrolik iletkenlik küresel model ile modellenmiş ve 30 m’lik bir yapısal uzaklık içerisinde korele olduğu belirlenmiştir. Çalışmada iki ölçüm tarihi arasında 17 yıllık bir ara bulunmasına karşın, yarıvariogramlar toprak hidrolik parametrelerinin, en azından bu çalışmanın agro-pedo-iklimsel içeriği içerisinde, zamansal olarak stabil olduğunu göstermiştir. Bu durum da, zamanla sabit kalan boşluk ağı, kuru hacim ağırlığı ve tane büyüklük dağılımı ile ilişkilendirilmiştir.

Li vd. (2010) geçmiş arazi kullanımlarının toprakların heterojenliği üzerine etkilerini belirlemek amacıyla işlenen tarımsal araziler, çam ve meşe ormanlarında yürüttükleri çalışmalarında, 243 toprak örneğiyle bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin konumsal değişimlerini belirlemişlerdir. Çalışma sonuçları, önceki arazi kullanım şekillerinin, toprak özelliklerinin merkezi eğilimlerini ve konumsal heterojenliklerini değiştirdiğini, varyasyon katsayıları ve Cochran testleri sonuçlarına göre parseller içerisindeki değişkenliklerin, orman alanlarında tarım alanlarına göre daha yüksek olduğunu kültivasyonun konumsal varyansı düşürdüğü göstermiştir. Çalışmada yarıvariogramların yapısal uzaklıkları 2-30 m arasında değişmiştir.

Jang vd. (2013), Tayvan’da Pingtung platosunda indikatör kriking yöntemi ile potansiyel yeraltı suyu beslenme zonlarını belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada araştırma alanını tekstür sınıfına göre 4 farklı bölüme (çakıllı, kaba-orta kumlu, ince-çok ince kumlu ve silt, balçık, kil olmak üzere) ayırarak indikatör kriking yöntemi ile bu bölümlerin geçirgenliğinin konumsal değişimlerini belirlemişlerdir. Çalışmada toprak geçirgenliği anizotropik özellik göstermiş olup, küresel model ile modellenmiştir. Maksimum ve minimum yapısal uzaklıklar 6-33 m arasında değişmiştir.

Liu vd. (2013), Çin’de küçük bir havzada hidrolik özellikler ve bazı toprak özellikleri üzerine vejetasyon paterninin etkisini araştırmışlardır. En düşük doygun hidrolik iletkenlik (K_s) değerleri havzanın aşağı kısımlarında belirlenirken, en yüksek değerler çalı örtüsüyle kaplı kuzey cephede belirlenmiş ve bu alanın K_s değerleri mera alanının değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Genelde K_s özelliği, havza alanında uzaklıkla farkedilir düzeyde değişkenlik göstermiştir, stokastik simülasyon yöntemi ile yapılan jeostatistiksel değerlendirme sonuçları Log (K_s)’nin havzada hemen hemen düzenli bir konumsal yapı gösterdiğini bildirmişlerdir.

Xu vd. (2013), ekim alanı, mera ve ormanlık alanda benzer toprak tiplerine sahip, 6 farklı bitki topluluğunun tane büyüklük dağılımının fraktal boyutlarını incelemişler, tane büyüklük dağılımının fraktal analizinin benzer toprak tipleri arasında toprak degradasyonunun derecesini değerlendirmede ve belirlemede yararlı bir yaklaşım olduğunu belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1. Araştırma yeri

Araştırma için; Sakarya Havzası'na dahil olan İlhan Çayı Alt Havzası'nda yer alan Asartepe Barajı Havzası'nın arazi kullanımı, topoğrafya ve ana materyal yönünden uygun olduğu belirlenmiş ve çalışma bu havzada belirlenen 5 farklı homojen alanda yürütülmüştür.



Şekil 3.1 Araştırma yeri

Asartepe Baraj Havzası (Şekil 3.1, 3.2), Ankara ili Ayaş ilçesi sınırları içerisinde olup, Ankara iline 47 km uzaklıktadır. Asartepe Barajı 1984 yılında hizmete açılmıştır, barajın amacı sulama olmakla beraber, kısmen taşkın koruma da düşünülmüştür (Anonim 1995).



Şekil 3.2 Asartepe baraj havzası

Havza büyüklüğü 22,894 ha olup, alan içerisindeki maksimum eğim dikliği % 47,87, ortalama havza eğimi ise % 8,47'dir. Havza yüksekliği 880-1652 m arasında değişmekte, ortalama yükseklik 1163 m'dir. Asartepe Baraj havzası, P.H. Davis'in Grid sisitemine göre A4 karesi içerisinde yer almaktadır (Davis 1988). Buradaki orman kuşağında, Orta Anadolu steplerinin çevresinde yaygın halde görülen Meşe taksonları (*Quercus petraea subsp.iberica* (Steven ex. Bieb.) Krassilin, *Quercus pubescens* Willd.), Karaçam (*Pinus nigra* Arn. Subsp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder) ormanlarıyla birlikte bulunmaktadır. Havzanın kuzeyinde ise orman alanlarında yapraklı orman (meşe), karışık orman (Meşe- karaçam) ve ibreli ormanlar (Karaçam-sarıçam) görülmektedir (Saygın 2013).

Şekil 3.3 Araştırma yeri toprak haritası

Çalışma alanında Kahverengi topraklar, Kireçsiz Kahverengi topraklar ve Alüviyal büyük toprak grupları yer almaktadır (Şekil 3.3). Topraklar Soil Survey Staff (1999)’a göre; “Lithic Xerorthents” olarak sınıflandırılmıştır. Havza içerisinde yer alan arazi kullanım şekilleri bozuk meşelik alan, işlemeli tarım alanları ve mera alanları olup, tepelik kısımlarda meşelik alanlar ve doğal mera alanları, daha alçak kesimlerde işlemeli tarım alanları yer almaktadır. Toprak örneklemelerinin yapıldığı arazi kullanımlarından doğal mera alanı, kısmen dik olup % 15-30 eğime sahiptir ve havzada diğer alanlara göre daha yüksek lokasyonda yer almaktadır. Bozuk meşelik alan çok dik eğime sahip olup (% 10-15) mera alanının alt kısmında yer almaktadır. Yem bitkileri, buğday ve nadas ürün deseninin uygulandığı nadas-ürün alanı, eğimli (%5-10) olarak tanımlanmaktadır. Havza içerisinde işlemeli tarımın yapıldığı alanlardan kolüviyal tarım alanı % 2-5 eğimde olup, havzanın etek kısmında yer almakta ve bu alanda kuru buğday tarımı yapılmaktadır. Havzanın taban kısmında düz, düze yakın eğimde (% 0-2) ise alüviyal tarım alanı yer almakta, bu arazi kullanımında ise sulu sebze tarımı yapılmaktadır.

3.1.2 Araştırma yerinin iklim  zellikleri

Araştırma yerinde karasal iklim egemendir. Buna göre yaz ayları sıcak, kış ve bahar ayları soğuk ve yağışlı geçmektedir. Araştırma yerinin sıcaklık, yağış, nisbi nem değerleri, donlu günler sayısı ve açık günler sayısı, uzun yıllar ortalaması olarak  izelge 3.1’de verilmiştir. Buna göre yıllık ortalama sıcaklık değeri 11,7  C’dir. Ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu aylar Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Araştırma yerine düşen yağışlar daha çok ilkbahar ve kış aylarında olmaktadır. Yıllık yağış uzun yıllar ortalaması olarak 377,8 mm’dir. Bu yağışın % 33,1’i Mayıs-Eylül ayları arasında düşmektedir. Araştırma yerindeki yıllık ortalama nisbi nem % 60’dır. Nisbi nemin en fazla olduğu aylar kış aylarıdır. Donlu günler sayısı uzun yıllar ortalaması olarak 84,9 gün olmuştur. Yıl içinde donlu gün sayısı en fazla ocak ayında olmaktadır. Açık günler sayısı uzun yıllar ortalaması ise 89,9’dur. Araştırma yerinde ilk don tarihi 5 Kasım, son don tarihi 7 Nisan’dır ( izelge 3.1) (Anonim 1995).

Çizelge 3.1 Araştırma yeri uzun yıllar iklim elemanları (Anonim 1995)

	AYLAR												Ortalama Yıllık Toplam
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık (⁰C) (1926-1992)	-0.2	1.2	5.4	11.1	15.8	19.8	23.0	23.0	18.4	12.8	7.3	2.3	11.7
Nisbi nem (%) (1926-1992)	78	74	65	58	57	51	44	42	47	58	69	78	60
Donlu gün sayısı (1926-1992)	22.8	18.6	13.7	2.8	-	-	-	-	-	1.5	7.9	17.6	84.9
Açık gün sayısı (1961-1992)	3.5	2.8	4.6	3.0	3.9	6.9	14.6	16.5	16.3	9.9	5.4	2.5	89.9

3.2 Yöntem

Çalışma Asarteppe Baraj Havzası'nda belirlenen bozuk meşelik alan, mera alanı, nadas-ürün alanı, alüviyal tarım alanı ve kolüviyal tarım alanı olmak üzere beş farklı arazi kullanımında yürütülmüştür.

Araştırmanın aşağıdaki ana başlıklar altında yürütülmesi planlanmıştır:

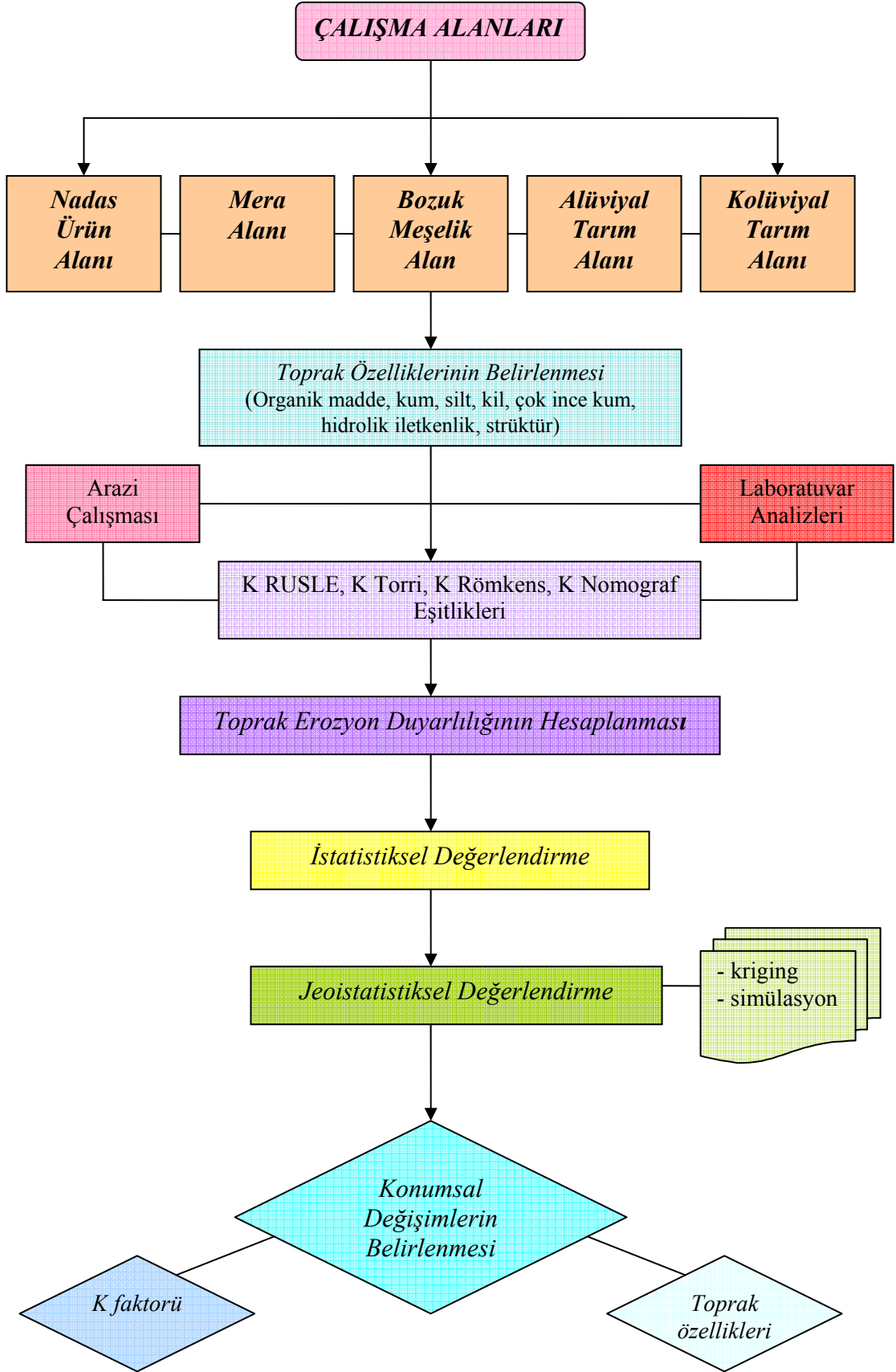
1. Toprak Örneklerinin Alınması
2. K Faktörünün Belirlenmesi
3. İstatiksel Analizler
4. Jeostatistiksel Analizler

Şekil 3.4'de tez çalışmasına ait iş akış şeması verilmiştir. Öncelikle alanların toprak erozyon duyarlılık değerlerinin belirlenmesi amacıyla gridleme yöntemi ile 0-20 cm derinlikten toprak örneklemeleri yapılmış, alınan toprak örnekleri laboratuvara getirilerek tane büyüklük dağılımı, organik madde, doymun hidrolik iletkenlik analizleri yapılmıştır. Ayrıca arazide her bir arazi kullanımının strüktür yapıları belirlenmiştir.

Belirlenen toprak özellikleri kullanılarak toprak erozyon duyarlılığının belirlenmesinde geliştirilmiş olan ve her biri farklı toprak indekslerini bu değeri belirlemede kullanan, RUSLE, Torri, Römken, Nomograf eşitlikleri ile alanlara ait toprak erozyon duyarlılık değerleri (K Faktörü) hesaplanmıştır.

Her bir alanda belirlenen toprak özellikleri ve K faktörü değerleri varyans analizi tekniği (ANOVA) ve duncan testi ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Daha sonra belirlenen toprak erozyon duyarlılıkları ve toprak özelliklerinin konumsal değişimleri ise kriging ve simülasyon yöntemleri ile belirlenmiş, dağılım haritaları elde edilmiştir.



Şekil 3.4 Tez çalışması iş akış şeması

3.2.1 Toprak örneklerinin alınması

Asartepe baraj Havzası'nda seçilen örnekleme alanları ve her bir alanda uygulanan örnekleme deseni şekil 3.5'de verilmiştir. Toprak örneklerinin alınmasında toprak yapan faktörlerden YETKE - K faktörünü etkileyen,

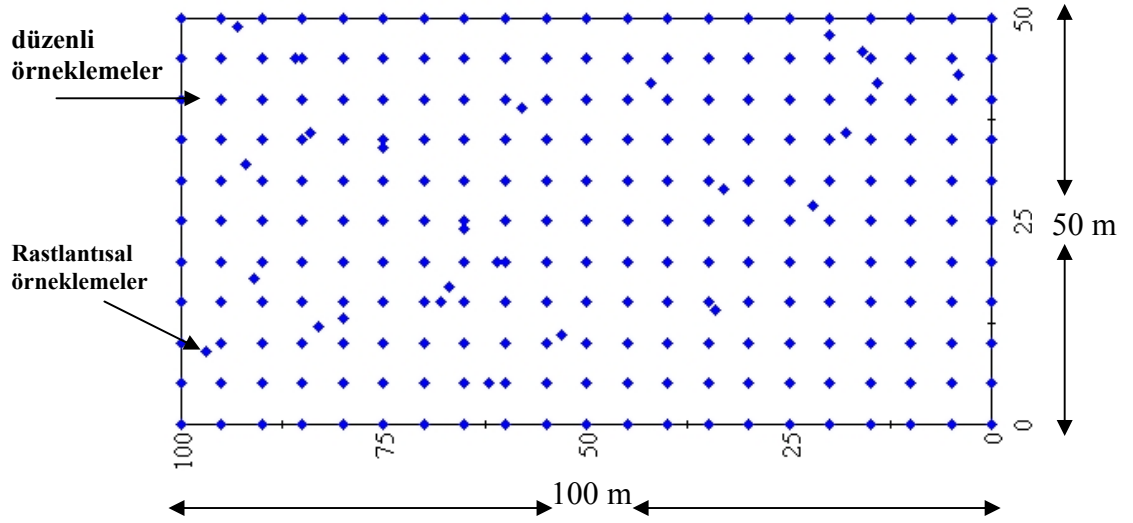
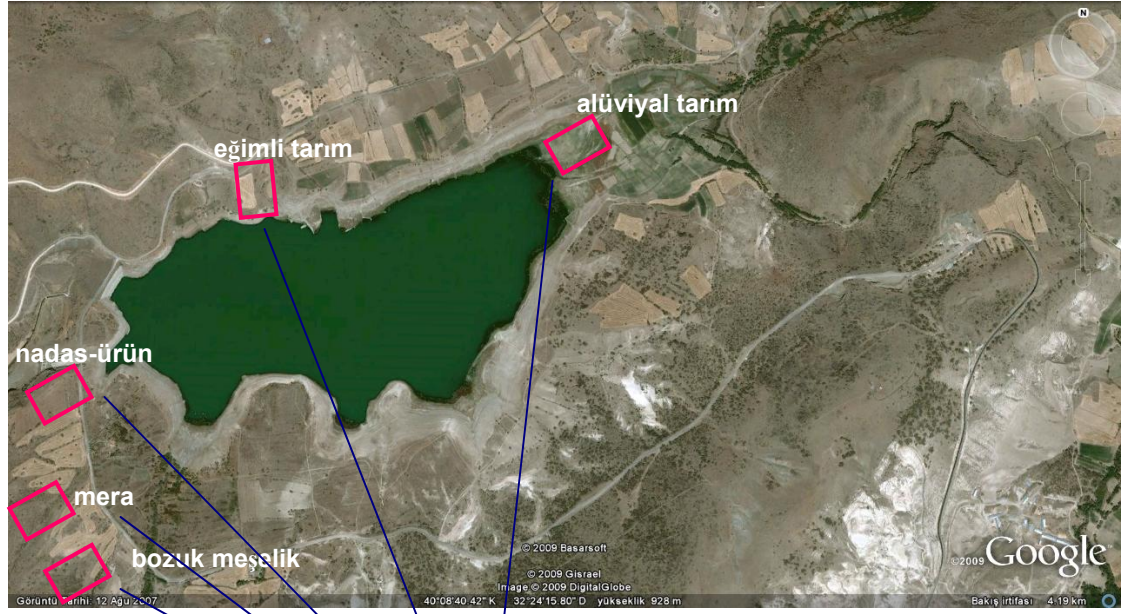
- arazi kullanımı
- topoğrafya ve
- ana materyal

değişimleri gözönünde bulundurularak, arazi kendi içerisinde homojen alanlara bölünmüş, bu alanlardan gridleme yöntemi ve rastgele olmak üzere toprak örneklermeleri yapılmıştır. Böylece istatistiksel analizler, hem eşit sayıda toprak örnekleri hem de rastgele toprak örneklmeleri ile yapılabilmektedir.

Örnekleme alanları;

- nadas-ürün alanı
- bozuk meşelik alan
- mera alanı
- alüviyal tarım alanı
- kolüviyal tarım alanı'dır.

- Toprak örneklmelerinin yapıldığı her bir homojen alanın büyüklüğü 50 m x 100 m'dir.
- Öncelikle her bir homojen alanda gridleme yöntemi uygulanmış, grid aralıkları 5 m x 5 m olarak belirlenmiş ve bu gridlerin kesişim noktalarından düzenli örnekleme yapılmıştır. Bu şekilde her bir homojen alandan 231 adet toprak örneği alınmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.5 Çalışma alanı Google Earth görüntüsü (2009) ve örnekleme alanları



Şekil 3.6 Toprak örneklemeleri

- Her bir homojen alanda yapılan düzenli örnekleme sayısının yaklaşık % 5'i (25 adet) kadar örnek ise rastgele bir şekilde gridler üzerinden veya gridler arası alanlardan alınmıştır. Rastlantısal örneklerin her bir örnekleme alanı içerisindeki örnekleme noktası, rastlantısal olarak x ve y koordinatı oluşturularak belirlenmiştir (Amador vd. 2000). Toprak örnekleri 0-20 cm derinlikten alınmıştır, her bir alandan 231 sistematik, 25 rastlantısal olmak üzere toplam 256 adet toprak örneği alınmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 Toprak örneklemeleri

Örnekleme Alanı	Düzenli Örnek Sayısı	Rastlantısal Örnek Sayısı	Toplam Örnek Sayısı
nadas-ürün alanı	231	25	256
bozuk meşelik alan	231	25	256
mera alanı	231	25	256
alüviyal tarım alanı	231	25	256
koluviyal tarım alanı	231	25	256
toplam örnek sayısı	1155	125	1280

3.2.2 Toprak erozyon duyarlılığı faktörünün (K) belirlenmesi:

Alınan toprak örneklerinde;

- üst toprak yapısı
- hidrolik iletkenlik
- tane büyüklüğü dağılımı
- organik madde

analizleri yapılarak, aşağıdaki eşitlikler yardımı ile K faktörü hesaplanmıştır. Bu eşitlikler çeşitli araştırmacılar tarafından dünyanın çeşitli bölgelerinde yürütülen çalışmaların sonuçlarına dayanarak geliştirilmiştir. K faktörünün hesaplanmasında kullanılacak olan 4 eşitlik arasındaki temel fark, her bir eşitliğin bu değeri hesaplamada farklı toprak özelliklerini K faktörünün bir indeksi olarak kabul etmesidir. 1950’lerden bu yana toprak erozyon duyarlılığı çalışmalarında toprak erozyon modelleri kullanılmaktadır.

3.2.2.1 Toprak erozyon duyarlılık nomografi eşitliği (Wischmeier vd. 1971)

1958’de Amerikan Toprak Koruma Servisi tarafından kabul edilen ve 20 yıl süreyle, farklı ürün ve üretim sistemlerinde, 10.000’den fazla parselde yapılan doğrudan t ölçümler sonucunda geliştirilen Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (ETKE)’nde belirlenen K Faktörü değerlerinin toprak özellikleri ile olan ilişkilerinin incelenmesi sonucu bir nomograf geliştirilmiştir. Bu nomograf ölçülen K faktörlerinin toprak özellikleri ile olan ilişkilerini inceleyen bir çok çalışmadan en fazla kullanılanıdır ve eşitlik (3.1) bu nomografin matematiksel ifadesidir. Nomografda K faktörü; organik madde, toprak yapısı ve geçirgenliğinin bir fonksiyonu olarak değerlendirilmektedir. Bu toprak özelliklerinin tümü toprak erozyon duyarlılığı üzerinde önemli etkiye sahiptir.

$$K = 2,1 \cdot 10^{-4} (12 - OM) M^{1,14} + 3,25(s - 2) + 2,5(p - 3) / 7,59 * 100 \quad (3.1)$$

Nomograf beş adet toprak ve toprak profil parametresini içermektedir:

- Modifiye edilmiş silt %'si (0,002-0,1 mm)
- Modifiye edilmiş kum %'si (0,1-2 mm)
- Organik madde %'si (OM)
- Toprak yapı sınıfları (s)
- Toprak geçirgenlik sınıfları (p)
- M = temel toprak tanecik fraksiyonlarının çarpımı :
(% modifiye edilmiş silt) x (% silt + % kum)

3.2.2.2 Renard (RUSLE) vd. (1997) tarafından geliştirilen eşitlik

ETKE'yi takiben geliştirilen erozyon modeli Yenileştirilmiş Evrensel Toprak Kayıpları Eşitliği (YETKE)'nde dünyanın çeşitli bölgelerinde doğal ve yapay yağmurlama koşullarında ölçülen K faktörleri bünye gruplarına ayrılmış, erozyon duyarlılık faktörlerinin ortalama değerleri her bir bünye sınıfının ortalama geometrik tanecik çapı ile ilişkilendirilerek eşitlik (3.2) ve (3.3) elde edilmiştir. Bu eşitlikler ile toprak erozyon duyarlılığı değerlendirilirken sadece toprak bünyesi dikkate alınmaktadır. Toprak bünyesi toprakların erozyona olan duyarlılıklarında çok büyük öneme sahip olmasına karşın; son 50 yıldır konu ile ilgili yapılan çalışmalar toprak erozyon duyarlılığının bir çok toprak özelliği tarafından etkilenen karmaşık bir kavram olduğunu ortaya koymaktadır.

$$Dg(mm) = \exp\left(0,01 \sum f_i \ln m_i\right) \quad r^2 = 0,983 \quad (3.2)$$

Dg: ortalama geometrik tanecik çapı;

f_i : temel tanecik büyüklük fraksiyonları %'si;

m_i: ilgili sınıfının tanecik büyüklük sınıflarının aritmetik ortalaması

(Shirazi ve Boersma, 1984),

$$K = 7,594 \left\{ 0,0034 + 0,0405 \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\log Dg + 1,659}{0,7101} \right)^2 \right) \right\} \quad (3.3)$$

3.2.2.3 Torri vd. (1997) tarafından geliştirilen eşitlik

$$D_G = \sum_i f_i \log_{10} (\sqrt{d_i d_{i-1}}) \quad (3.4)$$

D_G = ortalama geometrik tanecik çapının Napierian logaritması

d_i ve d_{i-1} = sırasıyla ilgili sınıfın çapının üst ve alt sınırını göstermektedir (mm),

f_i : temel tanecik büyüklük fraksiyonları %'si;

(Shirazi vd. 1988)

$$K = 0,029 \left(0,65 - D_G + 0,24 D_G^2 \right) \times \exp \left\{ -0,002 \frac{OM}{C} - 0,0003 \left(\frac{OM}{C} \right)^2 - 4,02C + 1,72C^2 \right\} \quad (3.5)$$

$$r^2 = 0,41$$

OM = organik madde içeriği

C = kil yüzdesi

(Torri vd. 1997)

Eşitlik (3.4) ve (3.5)'de toprak erozyon duyarlılığının hesaplanmasında toprak bünyesini oluşturan taneciklerin büyüklük dağılımları, toprağın organik madde içeriği, kil yüzdesi ve ortalama geometrik tanecik çapı arasındaki ilişki değerlendirilmektedir. Organik madde toprakta kümeleşmeyi ve geçirgenliği artırıcı, kil yüzdesi ise kümeleşmeyi artırıcı etkilerinden dolayı toprak erozyon duyarlılığını etkileyen oldukça önemli parametrelerdir. Bu nedenle bu özellikler ve hesaplanan toprak erozyon duyarlılığı değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli ilişkiler belirlenmiştir.

3.2.2.4 Römken vd. (1986) tarafından geliştirilen eşitlik

$$Dg = \exp \left[\sum f_i \ln \left(\frac{d_i + d_{i-1}}{2} \right) \right] \quad (3.6)$$

Burada, d_i ve d_{i-1} sırasıyla kum, silt ve kil çapının üst ve alt sınırını göstermektedir (mm), (Römken vd. 1986)

Dg : ortalama geometrik tanecik çapı;

f_i : temel tanecik büyüklük fraksiyonları %'si;

$$K = 0,0035 + 0,0388 \exp \left\{ -0,5 \left(\frac{\log(Dg) + 1,519}{0,7584} \right)^2 \right\} \quad (3.7)$$

Eşitlik (3.6) ve (3.7)'de ise, toprak tanecik büyüklük dağılımları ortalama geometrik tanecik çapı ile ilişkilendirilerek toprak erozyon duyarlılığı hesaplanmaktadır. Eşitlik (3.4) ve (3.6)'nın her ikisinde de toprak tanecik büyüklük dağılımları ortalama geometrik tanecik çapı ile ilişkilendirilmekte; fakat farklı denklemler kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar ortalama geometrik tanecik çapı hesaplamasında eşitlik (3.4)'ün daha kararlı tahminler yaptığını göstermiştir (Torri vd.1997).

Sonuç olarak; bu çalışmada toprak erozyon duyarlılığının hesaplanmasında kullanılacak eşitliklerin her birinde farklı toprak parametreleri indeks olarak alınmaktadır. Bu değeri hesaplamada farklı denklemlerin seçilmesindeki amaç, farklı arazi kullanımlarının ve seçilen alan için her bir indeksin veya kullanılan birden fazla indeks arasındaki etkileşimin toprak erozyon duyarlılığı üzerindeki etkisini ortaya koymaktır.

3.2.3 Toprak analizleri

- üst toprak yapısı: Soil Survey Staff (1996)'da belirtildiği şekilde belirlenmiştir.

- organik madde (%): Tüzüner (1990)' a göre modifiye edilmiş Walkley-Black metoduna göre FeSO_4 ile titre edilerek yapılmıştır.
- tane büyüklüğü dağılımı: Day (1950) tarafından bildirildiği şekilde Hidrometre metodu ile yapılmıştır.
- hidrolik iletkenlik: Klute (1986) tarafından bildirildiği şekilde bozulmuş toprak örneklerinde belirlenmiştir.

Çizelge 3.3-3.4'de toprakların organik madde ve hidrolik iletkenlik özelliklerine ilişkin sınıflamalar verilmiştir.

Çizelge 3.3 Toprak organik madde içeriği ile ilgili kriterler (Ülgen ve Yurtseven 1995)

% Organik Madde	Sınıfı
< 1	Çok az
1-2	Az
2-3	Orta
3-4	İyi
> 4	Yüksek

Çizelge 3.4 Toprakların hidrolik iletkenlik özelliği ile ilgili kriterler (Tüzüner 1990)

Hidrolik İletkenlik (HI) (cm/saat)	Sınıfı
< 0.125	Çok yavaş
0.125 - 0.50	Yavaş
0.50 - 2.00	Orta yavaş
2.00 - 6.25	Orta
6.25 - 12.5	Orta hızlı
12.5 - 25	Hızlı
>25	Çok hızlı

3.2.4 İstatiksel analizler

Tez çalışmasında elde edilen veriler aşağıdaki istatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir:

- Varyans analizi

- Tanımlayıcı istatistik
- Jeostatistik

Üzerinde durulan özellikler bakımından çalışma alanları arasındaki farklılıkların istatistik olarak önemli olup olmadığı varyans analizi tekniği (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Farklı çalışma alanlarının belirlenmesinde Duncan testi kullanılmıştır. Çalışmada değişim, Pearson korelasyon, çarpıklık ve basıklık katsayıları aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır:

Değişim katsayısı (DK): Değişim katsayıları eşitlik (3.8)'de belirtilen formül ile belirlenmiştir.

$$DK = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 \quad (3.8)$$

S = standart sapma

$\bar{X}$ = ortalama

Pearson korelasyon katsayısı (r): Verilerin Pearson korelasyon katsayıları eşitlik (3.9)'da verilen formül ile belirlenmiştir.

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (3.9)$$

- r 'nin değeri -1 ile +1 arasında değişir
- r 'nin işareti değişkenlerden biri artarken ötekini de arttığını (pozitif) veya azaldığını (negatif) gösterir.
- r 'nin büyüklüğü serpiştirme grafiğinde noktaların düz bir hatta ne kadar yakın olduğunu gösterir. +1 veya -1 olması arada mükemmel bir ilişki olduğunu gösterir (pratikte genelde mümkün değil). 0 olması ise arada doğrusal bir ilişki olmadığını

gösterir. r 'nin mutlak değeri arttıkça iki değişken arasındaki ilişki de daha kuvvetli demektir.

- r 'nin herhangi bir birimi yoktur.
- r 'nin değeri sadece örneklemedeki değişkenlerin en az ve en çok değerleri arasında geçerlidir. Örneklemedekinden daha küçük veya büyük değerler için bir yorum yapılamaz.
- x ve y 'nin yerlerinin değiştirilmesi r 'nin değerini değiştirmez.
- x ve y arasında bir korelasyonun olması, bir sebep-sonuç ilişkisi olduğu anlamına gelmez (Anonim 2013).

Çarpıklık katsayısı: Veri setlerinin çarpıklık miktarı aşağıda verilen formülle bulunmuştur (Eşitlik 3.10).

$$ÇK = \frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^3}{S^3} \bigg/ n \quad (3.10)$$

ÇK= çarpıklık katsayısı

X_j = j inci gözlemin değeri

S^3 = standart sapmanın kübü

ÇK= 0 ise dağılım simetriktir.

ÇK<0 ise dağılım sola (eksi yöne) çarpıktır.

ÇK>0 ise dağılım sağa (artı yöne) çarpıktır.

Basıklık katsayısı: Veri setlerinin basıklığının ölçüsü aşağıda verilen formülle bulunmuştur (Eşitlik 3.11).

$$BK = \frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^4}{S^4} \cdot \frac{n}{n} \quad (3.11)$$

BK= basıklık katsayısı

X_j = j inci gözlemin değeri

S^4 = standart sapmanın dördüncü kuvveti

BK= 3 ise dağılımın basıklığı normal dağılım ile aynıdır.

BK>3 ise dağılım normal dağılımdan daha diktir.

BK<3 ise dağılım normal dağılımdan daha basıktır.

(<http://tbf.baskent.edu.tr>)

3.2.5 Jeoistatistiksel analizler

Toprak özellikleri ve toprak erozyon duyarlılığı çeşitli faktörler nedeniyle bölgesel olarak değişkenlik göstermektedirler ve konumsal davranışları jeoistatistik teorisiyle açıklanabilmektedir. Bu tür değişkenler belli bir bölgeye özgü olmaları ve en azından bir koordinatla ifade edilebilmeleri nedeniyle bölgesel değişkenler olarak adlandırılmaktadırlar. Bölgesel değişkenlerin örneklenen noktalardaki değerleri bilinmektedir ve örneklenmeyen noktalardaki değerlerin hesaplanması bu değerler yardımı ile yapılmaktadır ve bu işlem kestirim olarak adlandırılmaktadır.

Genel kestirim işleminde, bölgesel değişkenlerin uzaklığa bağlı değişimleri basit bir fonksiyonal gösterimle ifade edilemeyecek kadar karmaşık ve düzensizdir. Bununla birlikte, gerçekte bölgesel değişkenler lokal olarak çok düzensiz, buna karşın global ölçekte yapı gösteren bir davranış sergilemektedirler.

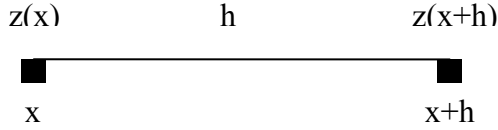
Bölgesel değişkenlerin birbirine zıt bu iki özelliği (yapısal ve gelişigüzel davranış) dikkate alındığında, uzaklığa bağlı değişimi modelleyecek en ideal yaklaşımın

olasılıksal bir dil kullanan yaklaşım olduğu ortaya çıkmaktadır. Jeoistatistikte toprak özelliklerinin uzaklığa bağlı değişimleri durağan rastlantı fonksiyonlarının olasılıksal çatısı altında modellenmektedir (Tercan ve Saraç 1998).

Tez çalışmasında toprak özellikleri ve toprak erozyon duyarlılıklarının jeoistatistiksel analizleri, 3.2.5.1-3.2.5.8 konu başlıkları altında açıklanan kuramlar uygulanarak yapılmıştır.

3.2.5.1 Uzaklığa bağlı ilişki fonksiyonu (Variogram)

Birbirinden h kadar mesafe ile örneklenmiş (x) ve $(x+h)$ toprak özellikleri noktalarının değerleri arasında uzaklığa bağlı bir ilişki vardır ve uzaklık azaldıkça değerlerin birbirine daha yakın olması, arttıkça değerlerin birbirinden farklılaşması beklenmektedir.



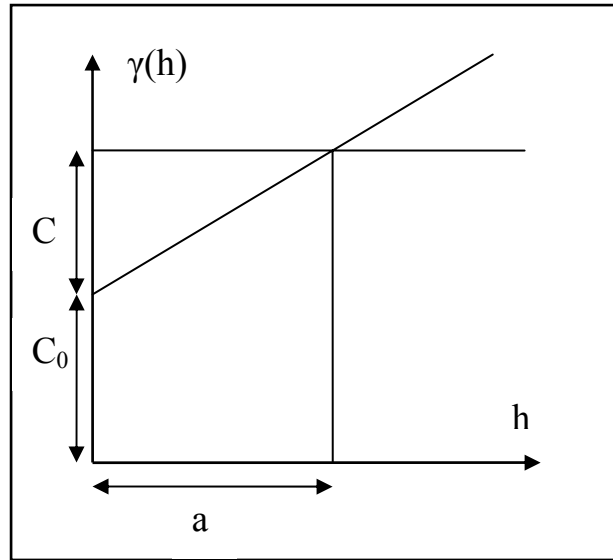
Jeoistatistikte toprak özelliklerinin bölgesel değerleri arasındaki farkın uzaklığa bağlı değişimleri variogram fonksiyonu ile ortaya konulmaktadır. Variogram fonksiyonu birbirinden h uzaklığı ile ayrılmış iki rastlantı değişkeni arasındaki farkın varyansı şeklinde ifade edilmektedir (Eşitlik 3.12).

$$2\gamma(h)=\text{Var}[Z(x)-Z(x+h)] \quad (3.12)$$

Variogram fonksiyonu tez kapsamında incelenen toprak özelliklerinin ve toprak erozyon duyarlılıklarının nasıl özellikler gösterdiğini belirlemede kullanılmakta ve bu fonksiyon bilindiğinde özelliğin, homojenlik ve izotropluk dereceleri, düzenliliği ve bir

örneğin etkili olduğu uzaklık sayısal olarak belirlenebilmektedir (Tercan ve Saraç 1998).

Teorik olarak $h=0$ olduğunda variogramın değeri sıfıra eşittir ($\gamma(0)=0$). Bununla birlikte, uzaklığa bağlı değişimin verilerden belirlenebileceği sınır bir uzaklık vardır ve bu sınır uzaklık, bütün mevcut örnekler içinde, birbirine en yakın iki örnek arasındaki uzaklıktır. Pratik olarak, bu uzaklıktan daha küçük uzaklıklarda, değerler arasındaki farkın değişimi, veri olmadığı için belirlenemez ve bu durum variogramın orijininde süreksizliğe (0 dan farklı pozitif bir değer almasına) yol açmaktadır. Orijindeki süreksizliğin bir diğer nedeni de örnekleme ve analiz hatalarıdır. Süreksizliğin bu iki kaynağını birbirinden ayırt etmek mümkün değildir ve variogramda bu durum külçe (nugget) etkisi C_0 şeklinde ortaya çıkmaktadır. Toprak özelliği variogramı zengin ve yoksul bölgeler şeklinde geçişli bir yapı gösteriyorsa variogram belirli bir uzaklıktan sonra artışını durdurmakta ve sill (C_0+C) (tepe varyansı) değeri çevresinde değerler almaya başlamaktadır. Variogramın sill değerine ulaştığı uzaklık yapısal uzaklık (range, a) olarak adlandırılmakta ve fiziksel olarak bir örneğin etki zone kavramına karşılık gelmektedir. Yapısal uzaklıktan büyük uzaklıklarda bir değer diğer değeri üzerinde hiç bir etkisi bulunmamakta ve değerler arasında ilişkisizlik egemen olmaktadır (Şekil 3.7), (Tercan ve Saraç 1998).



Şekil 3.7 Variogram elemanları (Tercan ve Saraç 1998)

3.2.5.2 Variogram fonksiyonunun özellikleri

Variogramın $h=0$ uzaklığındaki değeri sıfıra eşittir.

$$\gamma(0)=0$$

Variogram iki rastlantı değişkeni arasındaki farkın varyansı olarak tanımlandığı için hiç bir zaman negatif değerler alamaz.

$$\gamma(h) \geq 0$$

Variogram simetrik bir fonksiyondur.

$$\gamma(h) = \gamma(-h)$$

Variogramın sonsuzdaki artışı h^2 'nin artışından daha yavaştır.

$$\lim_{h \rightarrow 0} \gamma(h) / h^2 = 0$$

$$h \rightarrow 0$$

3.2.5.3 Deneysel yarıvariogram

Variogram bulutunu çeşitli uzaklık sınıflarına ayırıp, her bir uzaklık sınıfı içinde ortalama değeri hesaplayarak deneysel variogram elde edilmiştir. Her bir h uzaklığı için deneysel variogram aşağıdaki formülle Journel ve Huijbregts (1978) ve Trangmar vd. (1987)'e göre hesaplanmıştır (Eşitlik 3.13).

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (3.13)$$

Bu eşitlikte $N(h)$; h uzaklığına karşılık gelen örnek çifti sayısını göstermektedir.

Deneysel yarıvariogram değerleri, 0° (kuzey-güney), 45° (kuzey doğu-güney batı), 90° (doğu-batı) ve 135° (güney doğu-kuzey batı) olmak üzere dört farklı yönde (azimut açılarında) hesaplanmıştır. Verilerin izotropik veya anizotropik davranış gösterip göstermedikleri belirlenmiştir.

3.2.5.4 Variogram modelleri

Toprak özelliklerine ait deneysel variogramlarda variogram değerleri belirli uzaklıklar için hesaplanmakta ve bunun dışındaki uzaklıklarda variogram değerleri bilinmemektedir. Toprak değişkeninin özelliklerinin belirlenmesinde ve özellikle örneklenmemiş noktalardaki değerlerinin kestiriminde, variogramı bütün uzaklıklarda bilmek gerekmektedir. Bu ise variogram modellemeyi yani deneysel variogram değerlerine bir fonksiyon uyarlamayı gerektirmektedir. Variogram her zaman pozitif değerler aldığı için seçilecek fonksiyonunda pozitif tanımlı bir fonksiyon olması gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında deneysel variogramlar küresel, üssel ve Gauss modelleri ile modellenmiş olup, matematiksel eşitlikleri aşağıda verilmiştir:

Küresel Model: Yaygın bir şekilde kullanılan variogram modelidir (Eşitlik 3.14-3.16).

$$\gamma(h)=0 \quad h = 0 \quad (3.14)$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1.5 \frac{h}{a} - 0.5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] \quad h \leq a \quad (3.15)$$

$$\gamma(h)=C_0+C \quad h > a \quad (3.16)$$

Üssel Model: Bu modelde variogram fonksiyonu (Eşitlik 3.17)

$$\gamma(h) = C(1-e^{-(h/\ell)}) \quad (3.17)$$

Yapısal uzaklık $a \approx 3 \ell$ ye eşittir.

Gauss Modeli: Gauss modeli eşitliği (3.18)'de verilmiştir.

$$\gamma(h)= C(1-e^{-(h^*/\ell^*\ell)}) \quad (3.18)$$

Yapısal uzaklık $a \approx 7\ell/4$ olmak üzere tanımlanmaktadır ve bu model orijinde parabolik davranış gösteren tek variogram modelidir.

Eşitliklerde, a = yapısal uzaklığı, C_0 : külçe etkisini, C : kısmi sill değerini (variogramın en yüksek değerini), $C_0 + C$: sill değerini ve en yüksek ilişkili uzaklığı göstermektedir (Samra vd. 1988). Küresel variogram, orijinden başlayarak artan h uzaklığı ile artmakta, yapısal uzaklığa ulaşıldığında artışını durdurmaktadır. Bu uzaklıkta, variogramın değeri C 'ye eşit olmaktadır.

En uygun yarıvariogram modelinin kalibrasyonu, variogram model parametrelerinin (C_0 , C_0+C , aktif adım uzaklığı (h), model tipi) değiştirilerek yapılmıştır. Anizotropik variogram modellemesinde ise, majör yapısal uzaklık yönünde C_0 ve C_0+C değerleri kalibre edilerek, aynı kontrolsüz etki varyansı ve yapısal varyans değerleri ile minör yapısal uzaklık yönündeki variogram modellenmiştir (Karabulut 2010).

İncelenen özelliklere ait en uygun modelin belirlenmesinde örnek çiftlerinin oluşturduğu eğriler kullanılmış olup, bununla birlikte model belirlemede en önemli etkenin tecrübe olduğu bildirilmektedir (Webster ve Oliver 2004, Başaran 2005).

3.2.5.5 Kriging ve simülasyon

Araştırma alanlarının önce noktasal olarak belirlenen toprak özellikleri ve K faktörleri, jeostatistik paket programı kullanılarak noktasal kriging ve simülasyon yöntemleri ile yüzey haline getirilmiştir.

Variogram fonksiyonu, bölgesel değişkenin çeşitli özelliklerinin sayısal olarak belirlenmesi yanında, örneklenmemiş nokralardaki bilinmeyen değerlerin kestirimi amacıyla da kullanılmıştır. Genel olarak kestirim işlemi, bilinen değerlerin ağırlıklı ortalaması alınarak yapılmaktadır ve kriging ve kestirim hatası varyansı matematiksel olarak aşağıdaki eşitlik (3.19)-(3.20) ile hesaplanmıştır:

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad (3.19)$$

$$\sigma_k^2(x_0) = \mu + \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(x_0 - x_i) \quad (3.20)$$

Eşitliklerde ; $z^*(x_0)$; x_0 noktasında bilinmeyen ancak kestirilen değeri, $z(x_i)$; x_0 noktasının kestiriminde kullanılacak verileri ve λ_i ; x_i noktası için atanacak ağırlıkları, μ : Lagrange sabitesini, $\gamma(x_0 - x_i)$ ise x_0 ve x_i noktaları ile uyumlu variogram değerini göstermektedir (Vauclin vd. 1983, Agrawal vd. 1995, Tercan ve Saraç 1998).

İncelenen özelliklerin kestirim yüzeyleri oluşturulmadan önce anizotropi giderilmiş, daha sonra kriging ve simülasyon yöntemleri ile kestirim yüzeyleri elde edilmiştir.

3.2.5.6 Variogram modelinin çapraz doğrulanması (cross-validation)

Variogram model parametrelerinin belirlenmesinde çapraz doğrulama tekniği kullanılmıştır. Bu yöntemde ilk olarak gerçek variogram fonksiyonuna ilişkin bir model ve bu modele ilişkin parametreler seçilmiş, daha sonra ise veri setinden bir örnek uzaklaştırılarak bu lokasyondaki değer, seçilen variogram modeli ve geri kalan veriler kullanılarak yeniden kestirilmiştir. Kestirim yapılan her bir toprak parametresi için lokasyonda gerçek değerle kestirilen değer arasındaki fark (kestirim hatası) hesaplanmış ve bu işlem veri içeren diğer bütün lokasyonlar ve aday variogram modelleri için tekrar edilerek ve kestirim hatalarının istatistiğine bakılmıştır.

3.2.5.7 Tahmin edilen değerlerin ve gerçek değerler ile karşılaştırılması

Tahmin edilen ve gerçek değerlerin tanımlayıcı istatistiklerinin karşılaştırılmasında, sapma ve hata dağılımını kapsayan iki ilave istatistik metodu olan, hataların mutlak değerinin ortalaması, MAE (ortalama mutlak hata) ve hataların kareleri toplamının ortalaması, MSE (hata kareler ortalaması) değerleri kullanılmıştır. Bu değerler eşitlik (3.21)-(3.22) ile hesaplanmıştır (Charles vd. 2008).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \hat{z} - z \right| \quad (3.21)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\hat{z} - z \right)^2 \quad (3.22)$$

$\hat{z}$ = tahmin edilen değerler

z = gerçek değerler

3.2.5.8 Verilerin dönüştürülmesi

Tez kapsamında incelenen toprak özelliklerinin variogram modellemesi aşamasında, incelenen özelliklerin frekans dağılım ve eklenik örnek dağılımı grafikleri incelenerek, variogram modellemesi açısından avantaj oluşturması yönünde normal dağılımdan uzaklaşma gösteren verilere, çarpıklık ve basıklık değerlerinin dereceleri değerlendirilerek aşağıdaki kriterlere göre karekök veya logaritmik dönüşüm uygulanmış, deneysel yarıvariogramlar bu veriler kullanılarak hesaplanmıştır.

çarpıklık katsayısı = $| 0 - 0.5 |$ ise verilere dönüşüm uygulanmamıştır.

çarpıklık katsayısı = $| 0.5 - 1.0 |$ ise verilere karekök dönüşüm uygulanmıştır.

çarpıklık katsayısı = $| > 1.0 |$ ise verilere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır.

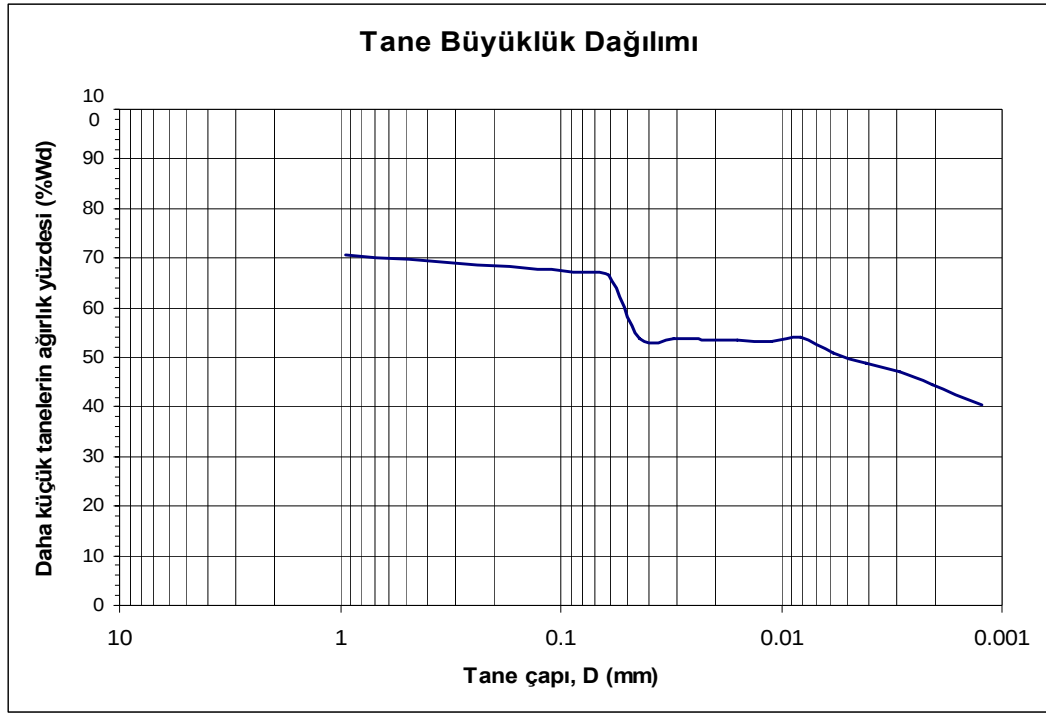
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Çalışma Alanları Genel Toprak Özellikleri

Araştırma havzasında örneklenen çalışma alanları topraklarına ait bazı fiziksel ve kimyasal toprak analiz sonuçları çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Çalışma alanları topraklarına ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Çalışma alanları					
Analizler	Nadas- ürün	Bozuk meşelik	Mera	Alüviyal tarım	Kolüviyal tarım
Süzük pH	7,92	7,43	7,51	7,23	7,32
Çamur pH	6,72	6,46	6,40	7,29	6,63
EC (dS/m)	0,94	1,01	0,61	0,94	1,61
Organik Madde (%)	2,80	2,91	2,60	1,92	1,81
Kum (%)	29,83	36,02	39,39	11,55	18,82
Silt (%)	36,84	47,31	47,70	52,84	39,75
Kil (%)	33,33	16,67	12,91	35,61	41,43
Tekstür sınıfı	Killi tın	Tın	Tın	Siltli killi tın	Killi
Hidrolik iletkenlik (cm/h)	2,04	5,65	4,19	2,44	1,17
CaCO ₃ (%)	0,81	1,03	0,88	16,57	0,73
Çözünabilir İyonlar (me/l)	Ca ⁺²	7,67	5,31	3,00	5,20
	Mg ⁺²	2,25	2,64	3,17	3,04
	Na ⁺¹	1,00	0,65	0,83	1,43
	K ⁺¹	0,33	0,87	0,18	0,41
	HCO ₃ ⁻	3,77	2,91	1,57	3,45
	Cl ⁻	0,51	0,51	0,59	0,62
Değişebilir Kasyonlar (%)	SO ₄ ⁻²	6,97	6,03	5,02	6,01
	Ca ⁺²	70,05	76,85	71,22	68,55
	Mg ⁺²	24,11	19,48	25,23	27,35
	Na ⁺¹	1,23	1,05	1,45	0,93
	K ⁺¹	4,60	2,62	2,10	3,16
KDK (me/100gr)	40,22	28,54	28,64	38,41	45,01
Fosfor (P ₂ O ₅) (kg/da)	5,19	46,27	33,01	7,03	8,15
Potasyum (K ₂ O) (kg/da)	55,13	201,27	215,23	145,90	77,10



Şekil 4.1 Nadas-ürün alanı tane büyüklük dağılımı örneği (Bouyoucos 1951)

Çalışma alanları toprakları genellikle hafif alkalin, karakterli, orta bünyeli olup, tuzluluk problemi bulunmamaktadır. En düşük organik madde düzeyleri yoğun tarımsal işlemlerin uygulandığı alüviyal ve kolüviyal tarım alanlarında (az seviyede) belirlenmiştir. Yine bu alanların hidrolik iletkenlikleri diğer arazi kullanımlarına göre daha düşük olması toprak erozyonuna duyarlılıklarını artırmaktadır.

Tez çalışmasında toprak örneklerinin tane büyüklük dağılımları 2 mm'den küçük taneler için süsüpsiyon içerisinde yapılan hidrometre okumaları ile (24. saate kadar) ve elek analizleri ile belirlenmiştir. Şekil 4.1'de elde edilen tane büyüklük dağılımı eğrileri için örnek verilmiştir.

4.2 Çalışma Alanları Özelliklerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Araştırma havzasında örneklenen beş farklı arazi kullanımında incelenen toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler çizelge 4.2-4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere nadas-ürün alanında incelenen toprak özellikleri tanımlayıcı istatistik değerlerine göre; en yüksek varyans, standart hata ve standart sapma değerleri silt özelliği için belirlenmiştir. En yüksek değişim katsayısı ise, hidrolik iletkenlik özelliğinde belirlenmiştir. Toprak özelliklerinin normal dağılıma uygunluğu incelendiğinde; çarpıklık değerlerine göre kil dışındaki özellikler sağa çarpık dağılım, kil ise sola çarpık dağılım göstermiştir. Basıklık değerlerine göre ise, organik madde, kil ve çok ince kum özellikleri normal dağılımdan daha dik, diğer özellikler ise daha basık dağılım göstermişlerdir.

Çizelge 4.2 Nadas-ürün alanı toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	Organik Madde (%)	Hidrolik İletkenlik (cm/h)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Çok İnce Kum (%)
Ortalama	2,80	2,04	29,83	36,84	33,33	3,31
Standart Hata	0,06	0,08	0,33	0,35	0,32	0,06
Ortanca	2,61	1,81	28,96	37,30	33,83	3,10
Standart Sapma	0,96	1,27	5,28	5,60	5,11	0,93
Varyans	0,93	1,60	27,86	31,37	26,10	0,86
Değişim Katsayısı	34,35	61,98	17,69	15,20	15,33	28,03
Basıklık	4,89	1,81	-0,28	2,57	3,53	9,79
Çarpıklık	1,63	1,18	0,50	0,05	-0,94	1,94
Aralık	7,32	7,38	25,74	42,90	41,04	8,70
Minimum Değer	0,72	0,17	19,84	19,14	8,52	1,22
Maksimum Değer	8,04	7,55	45,58	62,03	49,56	9,93

Çizelge 4.3 Bozuk meşelik alan toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	Organik Madde (%)	Hidrolik İletkenlik (cm/h)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Çok İnce Kum (%)
Ortalama	2,91	5,65	36,02	47,31	16,67	3,04
Standart Hata	0,07	0,15	0,37	0,23	0,30	0,05
Ortanca	2,80	5,41	35,96	47,41	16,57	2,93
Standart Sapma	1,05	2,37	5,95	3,62	4,83	0,75
Varyans	1,09	5,64	35,43	13,13	23,35	0,57
Değişim Katsayısı	35,95	42,04	16,52	7,66	28,98	24,74
Basıklık	1,14	3,91	0,03	0,00	0,22	2,20
Çarpıklık	0,74	1,13	0,05	-0,29	0,31	0,64
Aralık	7,00	17,42	38,79	19,77	32,94	6,08
Minimum Değer	0,82	0,79	14,98	35,55	2,50	0,36
Maksimum Değer	7,82	18,21	53,77	55,33	35,44	6,44

Bozuk meşelik alan toprak özellikleri tanımlayıcı istatistik değerlerine göre; en yüksek standart hata, standart sapma ve varyans değerlerini kum özelliği gösterirken, en yüksek değişkenlik katsayısı ise hidrolik iletkenlik özelliğinde belirlenmiştir. Çarpıklık değerlerine göre silt sola, diğer özellikler sağa çarpık dağılım göstermişlerdir. Basıklık değerlerine göre, hidrolik iletkenlik normal dağılımdan daha dik, diğer özellikler ise daha basık dağılım göstermişlerdir (Çizelge 4.3).

Mera alanı toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistiklerin yer aldığı çizelge 4.4 incelendiğinde, en yüksek standart hata, varyans ve standart sapmanın kum özelliğinde, en yüksek değişim katsayısının ise hidrolik iletkenlik özelliğinde belirlendiği görülmektedir. Bu alandaki toprak özelliklerinden silt sola, diğer özellikler sağa çarpık dağılım, basıklık değerlerine göre ise silt normal dağılımdan daha dik, diğer özellikler daha basık dağılım göstermişlerdir.

Çizelge 4.4 Mera alanı toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	Organik Madde (%)	Hidrolik İletkenlik (cm/h)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Çok İnce Kum (%)
Ortalama	2,60	4,19	39,39	47,70	12,91	3,66
Standart Hata	0,07	0,15	0,55	0,50	0,30	0,11
Ortanca	2,36	3,75	38,87	48,16	12,26	3,37
Standart Sapma	1,13	2,45	8,80	8,05	4,75	1,69
Varyans	1,27	6,01	77,40	64,84	22,61	2,87
Değişim Katsayısı	43,38	58,47	22,34	16,88	36,83	46,32
Basıklık	1,13	1,63	0,29	4,38	1,21	6,17
Çarpıklık	0,88	1,15	0,22	-0,28	0,96	1,76
Aralık	7,25	14,23	50,77	73,49	26,95	13,76
Minimum Değer	0,34	0,31	14,41	3,69	4,18	0,17
Maksimum Değer	7,59	14,54	65,19	77,19	31,12	13,92

Alüviyal tarım alanında incelenen toprak özellikleri içerisinde en yüksek standart hata, standart sapma ve varyans silt özelliğinde belirlenirken, en yüksek değişim katsayısını hidrolik iletkenlik özelliği göstermiştir. Özelliklerin normal dağılıma uygunlukları açısından basıklık ve çarpıklık değerleri incelendiğinde ise, kireç ve kil sola çarpık, diğer özellikler sağa çarpık dağılım , basıklık değerlerine göre ise organik madde, kil ve çok ince kum normal dağılımdan daha dik, diğer özellikler daha basık dağılım göstermişlerdir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.6’da yer alan kolüviyal tarım alanı toprak özellikleri tanımlayıcı istatistiklerine göre; en yüksek değişim katsayısını diğer dört çalışma alanında olduğu gibi, hidrolik iletkenlik özelliği göstermiştir. Silt özelliğinde en yüksek standart hata, standart sapma ve varyans değerleri gözlenmiştir. Bu çalışma alanında kil özelliği negatif diğer özellikler pozitif yönde çarpık dağılım, basıklık değerlerine göre ise organik madde ve hidrolik iletkenlik normal dağılımdan daha basık diğer özellikler daha dik dağılım göstermişlerdir (Çizelge 4.5).

Tüm arazi kullanımları arasında incelenen toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde (Çizelge 4.2-4.6) en yüksek değişim katsayısı (DK) hidrolik iletkenlik değerlerinde belirlenmiştir. Benzer sonuç, Saygın vd. (2010) tarafından da

belirlenmiştir. Doygun hidrolik iletkenliğin konumsal ve zamansal değişimi üzerine yürütülen bir çok çalışmanın sonuçlarına göre bu değerin, hidrolojik toprak özellikleri arasında, toprak tiplerine, arazi kullanımlarına, arazinin konumuna, derinliklere, ölçüm metod ve ekipmanlarına ve deneysel hatalara bağlı olarak istatistiksel olarak en büyük değişkenliğe sahip olduğu ifade edilmiştir (Stockton ve Warrick 1971, Biggar ve Nielsen 1972, Deb ve Shukla 2012).

Çizelge 4.5 Alüviyal tarım alanı toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	Organik Madde (%)	Kireç (%)	Hidrolik İletkenlik (cm/h)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Çok İnce Kum (%)
Ortalama	1,92	16,57	2,44	11,54	52,84	35,61	3,00
Standart Hata	0,03	0,19	0,08	0,23	0,35	0,33	0,06
Ortanca	1,92	17,05	2,36	11,36	52,75	36,36	2,96
Standart Sapma	0,43	3,02	1,32	3,69	5,58	5,35	0,98
Varyans	0,18	9,10	1,74	13,61	31,14	28,59	0,97
Değişim Katsayısı	22,21	18,21	54,06	31,95	10,56	15,01	32,71
Basıklık	9,11	-0,51	-0,99	0,03	2,08	5,84	5,25
Çarpıklık	1,60	-0,34	0,22	0,33	0,70	-2,00	1,44
Aralık	3,82	15,80	5,53	20,51	38,81	33,32	7,63
Minimum Değer	0,90	7,82	0,21	3,79	36,44	13,17	0,85
Maksimum Değer	4,72	23,62	5,73	24,30	75,25	46,49	8,48

Çizelge 4.6 Kolüviyal tarım alanı toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	Organik Madde (%)	Hidrolik İletkenlik (cm/h)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Çok İnce Kum (%)
Ortalama	1,81	1,17	18,82	39,75	41,43	2,09
Standart Hata	0,02	0,04	0,35	0,53	0,62	0,07
Ortanca	1,80	1,11	17,59	38,13	44,28	1,89
Standart Sapma	0,35	0,67	5,59	8,53	9,84	1,09
Varyans	0,12	0,45	31,24	72,84	96,83	1,18
Değişim Katsayısı	19,23	57,13	29,70	21,47	23,75	52,09
Basıklık	0,09	0,94	18,97	4,41	4,50	67,86
Çarpıklık	0,11	0,67	3,80	1,47	-2,32	6,99
Aralık	2,01	3,58	50,23	67,13	45,99	13,84
Minimum Değer	0,75	0,01	11,82	11,16	5,74	0,54
Maksimum Değer	2,76	3,59	62,04	78,29	51,73	14,38

Bununla birlikte her bir çalışma alanında incelenen toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri kendi içerisinde incelendiğinde (Çizelge 4.2-4.6) ise, yine doymuş hidrolik iletkenlik değeri aynı arazi kullanımı içerisinde en yüksek değişim katsayısını göstermiştir. Doymuş hidrolik iletkenlik değerinin aynı arazi kullanımı içerisinde belirlenen yüksek değişkenliği, bu özelliğin diğer toprak özelliklerinden tekstür, organik madde, hacim ağırlığı, makro porozite (por yapısı, por ağlarının sürekliliği) ile çok yakından ilişkili olmasının sonucu olarak, işlenen alanlarda tarımsal faaliyetler sonucu (işleme, araç trafiği vb.) toprak fiziksel yapısının ve homojenliğinin değişmesiyle açıklanabilir. Dörner vd. (2010), arazi kullanımının boşluk sürekliliğini etkilemesine bağlı olarak, doymuş hidrolik iletkenliğin azaldığını bildirmişlerdir.

Bununla birlikte, Stolte vd. (2003) tarafından spesifik toprak tipleri üzerindeki farklı ürün alanlarının hiç birinin Ks değerlerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermediği ve bu durumun tüm araziler için aynı sürüm tekniklerinin uygulanmasıyla açıklanabileceği belirtilmiştir.

Çalışmada incelenen toprak özelliklerinin değişim katsayıları arazi kullanım şekline göre değerlendirilecek olunursa; organik madde özelliği en yüksek değişim katsayısını nadas alanında, en düşüğü ise kolüviyal tarım alanında; doymuş hidrolik iletkenlik özelliği en yüksek değişim katsayısını nadas alanında, en düşüğü bozuk meşelik alanda; kum özelliği en yüksek değişim katsayısını alüviyal tarım alanında, en değişim katsayısını ise bozuk meşelik alanda; silt özelliği en yüksek değişim katsayısını kolüviyal tarım alanında, en düşüğü bozuk meşelik alanda; kil özelliği en yüksek değişim katsayısını mera alanında, en düşüğü alüviyal tarım alanında; çok ince kum özelliği ise en yüksek değişim katsayısını kolüviyal tarım alanında, en düşük değişim katsayısını ise bozuk meşelik alanda göstermiştir (Çizelge 4.2-4.6).

Çizelge 4.7 Nadas-ürün alanı K değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	K DEĞERLERİ (t/ha*ha/MJ*h/mm)			
	RUSLE	Torri	Römkens	Nomograf
Ortalama	0,0395870	0,0341069	0,0416216	0,0235983
Standart Hata	0,0001021	0,0001807	0,0000529	0,0003225
Ortanca	0,0402300	0,0341464	0,0418940	0,0237296
Standart Sapma	0,0016330	0,0028907	0,0008459	0,0051597
Varyans	0,0000027	0,0000084	0,0000007	0,0000266
Değişim Katsayısı	4,13	8,48	2,03	21,86
Basıklık	22,54	4,71	27,91	3,17
Çarpıklık	-3,93	0,63	-3,96	0,81
Aralık	0,0145346	0,0247345	0,0083949	0,0368582
Minimum Değer	0,0259654	0,0248169	0,0339051	0,0129710
Maksimum Değer	0,0405000	0,0495515	0,0422999	0,0498292

Çizelge 4.8 Bozuk meşelik alan K değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	K DEĞERLERİ (t/ha*ha/MJ*h/mm)			
	RUSLE	Torri	Römkens	Nomograf
Ortalama	0,0336261	0,0434410	0,0391976	0,0337767
Standart Hata	0,0002584	0,0003142	0,0001655	0,0003301
Ortanca	0,0343790	0,0440394	0,0399762	0,0340799
Standart Sapma	0,0041347	0,0050264	0,0026473	0,0052817
Varyans	0,0000171	0,0000253	0,0000070	0,0000279
Değişim Katsayısı	12,30	11,57	6,75	15,64
Basıklık	-0,35	14,39	0,58	-0,23
Çarpıklık	-0,53	-2,73	-0,97	-0,20
Aralık	0,0194938	0,0444211	0,0127053	0,0293762
Minimum Değer	0,0209443	0,0074736	0,0295947	0,0184663
Maksimum Değer	0,0404381	0,0518948	0,0423000	0,0478425

Nadas- ürün alanı K değerlerine ait tanımlayıcı istatistik verilerinin yer aldığı çizelge 4.7 incelendiğinde; nomograf yaklaşımı ile elde edilen K değerlerinin en yüksek standart hata, varyans ve değişim katsayısını, K Torri değerlerinin ise en yüksek standart sapma değerini gösterdiği gözlemlenmektedir. En düşük değişim katsayısı ise K Römkens değerlerinde belirlenirken, basıklık ve çarpıklık değerlerine göre bu alanda

dört yaklaşımın hiçbirisi normal dağılıma uygunluk göstermemiştir. Çarpıklık değerlerine göre, K RUSLE ve K Römken değerlerinde önemli derecede negatif yönde, K Torri ve K Nomograf değerlerinde ise pozitif yönde normal dağılımdan uzaklaşma belirlenmiştir.

Tanımlayıcı istatistik değerlendirmelerine göre bozuk meşelik alanda en yüksek standart hata, standart sapma, varyans ve değişim katsayısı değerleri nomograf yaklaşımı ile belirlenen K değerlerinde belirlenmiştir. Bununla birlikte veriler bu alanda basıklık ve çarpıklık değerlerine göre normal dağılıma uygunluk göstermemiştir. Çarpıklık değerlerine göre verilerin negatif yönde normal dağılımdan uzaklaştıkları belirlenmiştir. En düşük değişim katsayısı K Römken değerinde gözlemlenmiştir. (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.9’da görüldüğü üzere, mera alanında belirlenen K değerleri içerisinde; nomograf yaklaşımı ile elde edilen değerler en yüksek standart hata, standart sapma, varyans ve değişim katsayıları değerlerini göstermiştir. En düşük değişim katsayısı K Römken değerlerinde belirlenmiştir. Çarpıklık değerlerine göre verilerin negatif yönde normal dağılımdan uzaklaştıkları belirlenmiştir.

Alüvyal tarım alanı tanımlayıcı istatistik değerlerine göre; nomograf yaklaşımı değerleri en yüksek standart hata, standart sapma, varyan ve değişim katsayısı değerlerini göstermiştir. Bu çalışma alanında belirlenen en düşük değişim katsayısı RUSLE yaklaşımı ile elde edilen değerlerde belirlenmiştir. K değerlerini belirlemede kullanılan dört yaklaşım sonuçları içerisinde çarpıklık değerlerine göre RUSLE değerlerinin negatif yönde, diğer değerlerin pozitif yönde normal dağılımdan uzaklaştıkları belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.9 Mera alanı K değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	K DEĞERLERİ (t/ha*ha/MJ*h/mm)			
	RUSLE	Torri	Römkens	Nomograf
Ortalama	0,0304943	0,0437052	0,0370103	0,0388656
Standart Hata	0,0003363	0,0004856	0,0002450	0,0005301
Ortanca	0,0310952	0,0445647	0,0378070	0,0390266
Standart Sapma	0,0053814	0,0077697	0,0039200	0,0084816
Varyans	0,0000290	0,0000604	0,0000154	0,0000719
Değişim Katsayısı	17,65	17,78	10,59	21,82
Basıklık	-0,20	3,93	0,55	2,42
Çarpıklık	-0,45	-1,32	-0,90	0,16
Aralık	0,0265313	0,0569151	0,0196605	0,0695642
Minimum Değer	0,0138111	0,0080420	0,0226389	0,0016587
Maksimum Değer	0,0403424	0,0649570	0,0422994	0,0712229

Çizelge 4.10 Alüviyal tarım alanı K değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	K DEĞERLERİ (t/ha*ha/MJ*h/mm)			
	RUSLE	Torri	Römkens	Nomograf
Ortalama	0,0378133	0,0382119	0,0374001	0,0301747
Standart Hata	0,0000941	0,0002906	0,0001256	0,0004225
Ortanca	0,0380355	0,0376391	0,0374584	0,0291532
Standart Sapma	0,0015058	0,0046501	0,0020097	0,0067598
Varyans	0,0000023	0,0000216	0,0000040	0,0000457
Değişim Katsayısı	3,98	12,17	5,37	22,40
Basıklık	-0,57	8,78	-0,10	5,97
Çarpıklık	-0,40	2,60	0,24	1,86
Aralık	0,0065640	0,0315043	0,0093240	0,0484846
Minimum Değer	0,0339220	0,0299786	0,0329636	0,0135698
Maksimum Değer	0,0404860	0,0614830	0,0422876	0,0620544

Çizelge 4.11 Kolüviyal tarım alanı K değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	K DEĞERLERİ (t/ha*ha/MJ*h/mm)			
	RUSLE	Torri	Römkens	Nomograf
Ortalama	0,0373908	0,0328364	0,0373217	0,0263408
Standart Hata	0,0001238	0,0004392	0,0001258	0,0006327
Ortanca	0,0375783	0,0307148	0,0370873	0,0234823
Standart Sapma	0,0019805	0,0070277	0,0020132	0,0101239
Varyans	0,0000039	0,0000494	0,0000041	0,0001025
Değişim Katsayısı	5,30	21,40	5,39	38,43
Basıklık	40,55	5,98	3,53	5,85
Çarpıklık	-4,53	2,62	0,14	2,47
Aralık	0,0231194	0,0374677	0,0160758	0,0585979
Minimum Değer	0,0173463	0,0250607	0,0262161	0,0118319
Maksimum Değer	0,0404657	0,0625285	0,0422919	0,0704298

Kolüviyal tarım alanında K değerleri için en yüksek standart hata, en yüksek standart sapma, varyans ve değişim katsayısı değerlerini nomograf yaklaşımı ile elde edilen değerler göstermiştir. Bu alanda en düşük değişim katsayısı RUSLE yaklaşımı değerlerinde belirlenmiştir. Basıklık ve çarpıklık değerlerine göre K değerleri bu alanda normal dağılıma uygunluk göstermemişlerdir (Çizelge 4.11).

Farklı arazi kullanımları açısından, her bir çalışma alanında RUSLE, Torri, Römkens ve Nomograf yaklaşımları ile elde edilen K değerleri arasında Nomograf yaklaşımı ile belirlenen K değerleri 5 farklı arazi kullanımında da en yüksek standart hata, standart sapma, varyans ve değişkenlik katsayısı değerlerini göstermiştir. Bu yaklaşım ile toprak erozyon duyarlılığının belirlenmesinde indeks olarak, toprak tekstürü, hidrolik iletkenlik, organik madde ve strüktür sınıfı özellikleri dikkate alınırken, RUSLE ve Römkens yaklaşımlarında yalnızca birincil tane dağılımları, Torri yaklaşımında ise, birincil tane dağılımları, kil ve organik madde yüzdesi dikkate alınmaktadır. Farklı arazi kullanımları arasında nomograf denkleminde yer alan toprak özelliklerinin genelde yüksek değişkenlik göstermesinin bu sonuçta etkili olduğu düşünülmüştür. Bu sonuç, Saygın vd. (2010) tarafından elde sonuçlarla da uyumlu bulunmuştur.

4.3 Çalışma Alanları Özelliklerine Ait Korelasyon Analizi Sonuçları

Araştırma havzasında farklı topoğrafya ve arazi kullanımlarına sahip çalışma alanlarında incelenen toprak özellikleri ve bu özelliklerden yararlanarak dört farklı yaklaşımla belirlenen erozyon duyarlılık değerleri arasındaki ilişkileri belirleyebilmek için, Pearson korelasyon katsayıları eşitlik (3.9) ile hesaplanmıştır. Bu değerlendirmede önce, her bir çalışma alanı içerisinde incelenen özelliklerin kendi aralarındaki ilişkiler belirlenerek (Çizelge 4.12-4.16) ve daha sonra da beş çalışma alanındaki tüm özellikler bir arada değerlendirilerek yapılmıştır (Çizelge 4.17). Elde edilen Pearson korelasyon katsayısı değerlerine göre özellikler arasında $P<0,01$ ve $P<0,05$ düzeylerinde önemli bulunan ilişkiler çizelgelerde belirtilmiştir.

Çizelge 4.13’de yer bozuk meşelik alan özellikleri korelasyon sonuçlarına göre, toprak özellikleri ve K değeri yaklaşımları arasında genelde önemli derecede ilişkiler elde edilmiştir. Bu çalışma alanında özellikle, toprağın kum ve kil içeriği, K RUSLE, Römken ve Nomograf yaklaşımları tüm özellikler ile önemli derecede ilişkiler göstermişlerdir. Organik madde içeriği tüm özellikler arasında ile önemli derecede ilişkiler bulunurken, aynı ilişki hidrolik iletkenlik değeri için elde edilememiştir.

Mera alanında, hidrolik iletkenlik değeri K Nomograf değerleri ile önemli derecede ilişki gösterirken diğer özelliklerin hiç biri ile aynı ilişkiyi yansıtmamıştır. Diğer özellikler ise birbirleri ile önemli derecede ilişkiler göstermişlerdir (Çizelge 4.14). Alüviyal ve kolüviyal tarım alanlarının her birinde incelenen özelliklerin de yine birbirleri ile önemli derecede ilişkili olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.15-4.16).

Çizelge 4.17’de yer alan toplam Pearson korelasyon katsayıları ise, araştırma havzasında örneklenen beş farklı arazi kullanımında incelenen toprak özellikleri ve K değeri sonuçlarının birlikte değerlendirilmesiyle elde edilmiştir. Çizelgede de görüldüğü üzere, her bir çalışma alanı kendi içerisinde değerlendirildiğinde incelenen özellikler arasında bulunan önemli ilişkiler alanların toplam korelasyon değerlendirmesinde de elde edilmiştir. Yapılan bir çok çalışmanın sonuçlarında da belirtildiği gibi (Veihe 2002,

Stolte vd. 2003, Zhou vd. 2010, Price vd. 2010, Bonilla ve Johnson 2012) çalışma alanlarında, incelenen toprak özelliklerinin kendi içerisinde ve toprak erozyon duyarlılık değerleri ile negatif veya pozitif olarak korele olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.12 Nadas-ürün alanı özellikleri Pearson korelasyon katsayıları

Özellikler		Korelasyonlar								
		OM	HI	Kum	Silt	Kil	Çok İnce Kum	K RUSLE	K Torri	K Römkins
OM	Pearson K.									
	Sig. (2-tailed)									
HI	Pearson K.	,173**								
	Sig. (2-tailed)	,006								
Kum	Pearson K.	-,201**	,327**							
	Sig. (2-tailed)	,001	,000							
Silt	Pearson K.	,247**	-,030	-,560**						
	Sig. (2-tailed)	,000	,630	,000						
Kil	Pearson K.	-,064	-,305**	-,419**	-,517**					
	Sig. (2-tailed)	,311	,000	,000	,000					
Çok İnce Kum	Pearson K.	-,211**	,176**	,430**	-,295**	-,121				
	Sig. (2-tailed)	,001	,005	,000	,000	,053				
K RUSLE	Pearson K.	,073	-,324**	-,691**	-,002	,716**	-,338**			
	Sig. (2-tailed)	,243	,000	,000	,975	,000	,000			
K Torri	Pearson K.	-,213**	,154*	,047	,644**	-,755**	,105	-,392**		
	Sig. (2-tailed)	,001	,014	,453	,000	,000	,093	,000		
K Römkins	Pearson K.	-,011	-,007	,069	-,130*	,071	-,110	,547**	-,049	
	Sig. (2-tailed)	,861	,909	,271	,038	,257	,078	,000	,433	
K Nomograf	Pearson K.	-,442**	-,315**	-,159*	,628**	-,525**	,071	-,256**	,757**	-,198**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,011	,000	,000	,261	,000	,000	,001

**. Korelasyonlar önemli P< 0,01

*. Korelasyonlar önemli P< 0,05

N= 256

Çizelge 4.13 Bozuk meşelik alan özellikleri Pearson korelasyon katsayıları

Özellikler		Korelasyonlar								
		OM	HI	Kum	Silt	Kil	Çok İnce Kum	K RUSLE	K Torri	K Römkens
OM	Pearson K.									
	Sig. (2-tailed)									
HI	Pearson K.	-,081								
	Sig. (2-tailed)	,197								
Kum	Pearson K.	-,568**	,101							
	Sig. (2-tailed)	,000	,105							
Silt	Pearson K.	,471**	,006	-,584**						
	Sig. (2-tailed)	,000	,921	,000						
Kil	Pearson K.	,346**	-,130*	-,794**	-,030					
	Sig. (2-tailed)	,000	,038	,000	,634					
Çok İnce Kum	Pearson K.	-,427**	,075	,449**	-,270**	-,350**				
	Sig. (2-tailed)	,000	,234	,000	,000	,000				
K RUSLE	Pearson K.	,498**	-,133*	-,952**	,360**	,903**	-,393**			
	Sig. (2-tailed)	,000	,034	,000	,000	,000	,000			
K Torri	Pearson K.	-,600**	,078	,189**	-,053	-,193**	,318**	-,168**		
	Sig. (2-tailed)	,000	,211	,002	,401	,002	,000	,007		
K Römkens	Pearson K.	,483**	-,152*	-,921**	,366**	,860**	-,353**	,988**	-,130*	
	Sig. (2-tailed)	,000	,015	,000	,000	,000	,000	,000	,038	
K Nomograf	Pearson K.	-,673**	-,143*	,477**	,147*	-,698**	,409**	-,578**	,510**	-,542**
	Sig. (2-tailed)	,000	,022	,000	,019	,000	,000	,000	,000	,000

****.** Korelasyonlar önemli P< 0,01

***.** Korelasyonlar önemli P< 0,05

N=256

Çizelge 4.14 Mera alanı özellikleri Pearson korelasyon katsayıları

Özellikler		Korelasyonlar								
		OM	HI	Kum	Silt	Kil	Çok İnce Kum	K RUSLE	K Torri	K Römkens
OM	Pearson K.									
	Sig. (2-tailed)									
HI	Pearson K.	,005								
	Sig. (2-tailed)	,939								
Kum	Pearson K.	-,189**	-,088							
	Sig. (2-tailed)	,002	,162							
Silt	Pearson K.	,114	,039	-,844**						
	Sig. (2-tailed)	,068	,533	,000						
Kil	Pearson K.	,157*	,096	-,420**	-,131*					
	Sig. (2-tailed)	,012	,126	,000	,036					
Çok İnce Kum	Pearson K.	-,018	-,115	,331**	-,284**	-,133*				
	Sig. (2-tailed)	,770	,066	,000	,000	,034				
K RUSLE	Pearson K.	,232**	,100	-,943**	,630**	,679**	-,288**			
	Sig. (2-tailed)	,000	,110	,000	,000	,000	,000			
K Torri	Pearson K.	-,700**	-,003	-,247**	,275**	-,009	-,073	,192**		
	Sig. (2-tailed)	,000	,961	,000	,000	,884	,244	,002		
K Römkens	Pearson K.	,250**	,085	-,933**	,637**	,646**	-,253**	,992**	,193**	
	Sig. (2-tailed)	,000	,174	,000	,000	,000	,000	,000	,002	
K Nomograf	Pearson K.	-,499**	-,214**	-,370**	,682**	-,471**	,018	,126*	,596**	,142*
	Sig. (2-tailed)	,000	,001	,000	,000	,000	,774	,044	,000	,023

** . Korelasyonlar önemli P< 0,01

* . Korelasyonlar önemli P< 0,05

N=256

Çizelge 4.15 Alüviyal tarım alanı özellikleri Pearson korelasyon katsayıları

Özellikler		Korelasyonlar									
		OM	HI	Kum	Silt	Kil	Çok İnce Kum	K RUSLE	K Torri	K Römken	K Nomograf
OM	Pearson K.										
	Sig. (2-tailed)										
HI	Pearson K.	-,036									
	Sig. (2-tailed)	,563									
Kum	Pearson K.	,217**	-,084								
	Sig. (2-tailed)	,000	,180								
Silt	Pearson K.	-,114	,308**	-,392**							
	Sig. (2-tailed)	,069	,000	,000							
Kil	Pearson K.	-,031	-,264**	-,280**	-,773**						
	Sig. (2-tailed)	,625	,000	,000	,000						
Çok İnce Kum	Pearson K.	,027	-,108	,378**	-,093	-,164**					
	Sig. (2-tailed)	,664	,085	,000	,136	,009					
K RUSLE	Pearson K.	,217**	,105	,757**	,104	-,631**	,369**				
	Sig. (2-tailed)	,000	,093	,000	,096	,000	,000				
K Torri	Pearson K.	-,042	,272**	,077	,876**	-,968**	,082	,440**			
	Sig. (2-tailed)	,499	,000	,217	,000	,000	,194	,000			
K Römken	Pearson K.	,187**	,127*	,778**	,218**	-,764**	,359**	,967**	,594**		
	Sig. (2-tailed)	,003	,043	,000	,000	,000	,000	,000	,000		
K Nomograf	Pearson K.	-,251**	,051	-,028	,858**	-,876**	,160*	,337**	,930**	,478**	
	Sig. (2-tailed)	,000	,419	,652	,000	,000	,010	,000	,000	,000	
CaCO ₃	Pearson K.	-,384**	,132*	-,491**	,419**	-,099	-,070	-,285**	,190**	-,253**	,286**
	Sig. (2-tailed)	,000	,034	,000	,000	,115	,268	,000	,002	,000	,000

** . Korelasyonlar önemli P< 0,01

* . Korelasyonlar önemli P< 0,05

N=256

Çizelge 4.16 Kolüviyal tarım alanı özellikleri Pearson korelasyon katsayıları

Özellikler		Korelasyonlar								
		OM	HI	Kum	Silt	Kil	Çok İnce Kum	K RUSLE	K Torri	K Römkens
OM	Pearson K.									
	Sig. (2-tailed)									
HI	Pearson K.	-,010								
	Sig. (2-tailed)	,878								
Kum	Pearson K.	,137*	,127*							
	Sig. (2-tailed)	,029	,043							
Silt	Pearson K.	,167**	,114	-,076						
	Sig. (2-tailed)	,008	,069	,225						
Kil	Pearson K.	-,222**	-,171**	-,502**	-,824**					
	Sig. (2-tailed)	,000	,006	,000	,000					
Çok İnce Kum	Pearson K.	,097	,127*	,453**	-,060	-,206**				
	Sig. (2-tailed)	,122	,042	,000	,341	,001				
K RUSLE	Pearson K.	-,101	-,021	-,390**	,059	,170**	,013			
	Sig. (2-tailed)	,106	,734	,000	,346	,006	,840			
K Torri	Pearson K.	,179**	,146*	,285**	,920**	-,960**	,111	-,066		
	Sig. (2-tailed)	,004	,019	,000	,000	,000	,078	,296		
K Römkens	Pearson K.	,076	,124*	,272**	,500**	-,588**	,288**	,648**	,597**	
	Sig. (2-tailed)	,223	,047	,000	,000	,000	,000	,000	,000	
K Nomograf	Pearson K.	,154*	-,038	,208**	,917**	-,913**	,093	-,048	,966**	,560**
	Sig. (2-tailed)	,014	,540	,001	,000	,000	,138	,449	,000	,000

**. Korelasyonlar önemli P< 0,01

*. Korelasyonlar önemli P< 0,05

N=256

Çizelge 4.17 Çalışma alanları özellikleri toplam Pearson korelasyon katsayıları

Özellikler		Toplam Korelasyonlar								
		OM	HI	Kum	Silt	Kil	Çok İnce Kum	K RUSLE	K Torri	K Römkins
OM	Pearson K.									
	Sig. (2-tailed)									
HI	Pearson K.	,222**								
	Sig. (2-tailed)	.000								
Kum	Pearson K.	,250**	,425**							
	Sig. (2-tailed)	.000	.000							
Silt	Pearson K.	.051	,250**	-,279**						
	Sig. (2-tailed)	.066	.000	.000						
Kil	Pearson K.	-,272**	-,573**	-,756**	-,418**					
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000					
Çok İnce Kum	Pearson K.	.050	,140**	,396**	-.054	-,338**				
	Sig. (2-tailed)	.073	.000	.000	.052	.000				
K RUSLE	Pearson K.	.054	-,365**	-,683**	-.041	,674**	-,263**			
	Sig. (2-tailed)	.054	.000	.000	.139	.000	.000			
K Torri	Pearson K.	-,121**	,435**	,337**	,605**	-,732**	,202**	-,351**		
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		
K Römkins	Pearson K.	,354**	.006	-,077**	.027	.054	-.003	,735**	,062*	
	Sig. (2-tailed)	.000	.836	.006	.331	.054	.918	.000	.025	
K Nomograf	Pearson K.	-,175**	,229**	,265**	,711**	-,735**	,203**	-,429**	,822**	-,089**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	0.000	.001

****.** Korelasyonlar önemli P< 0,01

***.** Korelasyonlar önemli P< 0,05

N=1280

4.4 Araştırma Alanında İncelenen Toprak Özellikleri

4.4.1 Toprak organik maddesi (TOM)

Toprak organik maddesi organik atıkların karışımından oluşan kompleks bir yapıdır ve en önemli toprak kalitesi ve verimlilik göstergesidir. Genellikle, TOM topraktaki humus yüzdesi olarak tanımlanmaktadır ve bir çok nedenden dolayı toprak sistemi işlevlerinde çok önemlidir. Toprakta poroziteyi artırmakta, dolayısı ile infiltrasyon ve toprağın su tutma kapasitesi artmakta, bitkilerin sudan daha fazla yararlanması sağlanmakta ve daha az potansiyel yüzey akış ve agrokimyasal kirliliği meydana gelmektedir (Lal vd. 1998, Jankauskas vd. 2007). TOM hem yönetilen hem de yönetilmeyen karasal ekosistemlerin önemli bir bileşenidir, fakat toprakların erozyona duyarlılığını etkilemesi açısından özellikle önemlidir.

TOM, toprak agregat stabilitesinin devamlılığında ve su tutulumunun artırılmasında esas faktördür. TOM'deki bir azalma, hacim ağırlığının artmasına ve toplam porozitenin azalmasına, böylece toprak infiltrasyonunun düşmesine neden olmaktadır (Çelik 2005, Li vd. 2007). Erozyona uğramış topraktaki organik madde, bozulmamış topraktakinden daha büyük oranda ayrılmıştır ve aşınabilir ince yüzey fraksiyonundaki organik karbon içeriği genellikle yaklaşık % 1-2 düzeyindedir (Boyle 2002, Jankauskas vd. 2007).

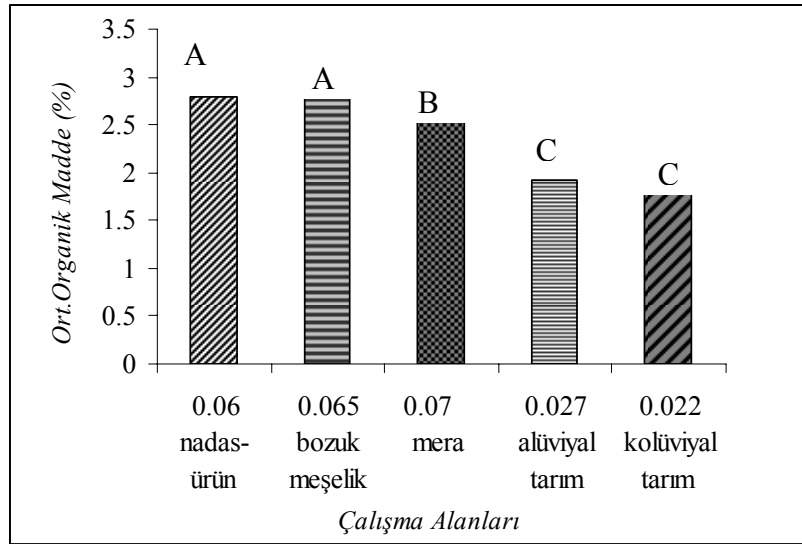
Organik maddenin arazi kullanımlarına göre değişimi duncan testi ile belirlenmiş ve çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18 Organik madde değişkenine ait duncan testi

Özellik	ÇALIŞMA ALANLARI				
	Nadas-Ürün Alanı	Bozuk Meşelik Alan	Mera Alanı	Alüviyal Tarım Alanı	Kolüviyal Tarım Alanı
Organik Madde (%)	2,80 ± 0,060 A	2,91 ± 0,065 A	2,60 ± 0,070 B	1,92 ± 0,027 C	1,81 ± 0,022 C

A,B,C alanlar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Araştırma sonuçlarına göre; çalışma alanları arasında en yüksek ortalama organik madde içeriği bozuk meşelik alanda belirlenmiştir (% 2,91). Sırasıyla bu alanı ortalama % 2,80 organik madde içeriğine sahip nadas-ürün alanı, mera alanı (% 2,60), alüviyal tarım alanı (% 1,92) ve kolüviyal tarım alanı (% 1,81) izlemiştir. Alanların organik madde içerikleri istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, ortalamalar arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Duncan testi sonuçlarına göre ise, nadas-ürün alanı ile bozuk meşelik alan arasında ve alüviyal tarım alanı ile kolüviyal tarım alanı arasında fark yok iken, mera alanı ile bu alanlar arasında önemli düzeyde farklılık bulunmaktadır (Çizelge 4.18).



Şekil 4.2 Arazi kullanım türlerine göre organik madde değişimi

Araştırmadan elde edilen sonuçlar, bitki örtüsünün daha yoğun olduğu bozuk meşelik alan, mera alanı ve nadas - ürün alanındaki ortalama organik madde miktarlarının sürekli işlenen tarım alanlarından daha yüksek olduğunu göstermiştir. Nadas-ürün alanı (% 2,80), bozuk meşelik alan (% 2,91) ve mera alanının (% 2,60) organik madde içerikleri orta sınıfta yer alırken, alüviyal tarım alanı (% 1.92) ve kolüviyal tarım alanı değerleri ise az sınıfta yer almıştır (Şekil 4.2).

Arazi kullanım şeklinin artık girdi miktar ve kalitesini, ayrışma oranlarını değiştirmesi nedeniyle toprak organik madde içeriğini etkileyen en önemli faktör olduğu

bilinmektedir. Çalışma sonuçları arazi kullanımının toprak organik maddesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir, bu durum işlenen alanlarda toprağa organik madde girdisinin azalması ve organik madde korunumunu azalmasıyla açıklanabilir. Guo ve Gifford (2002), ormanlardan tarımsal kullanım alanına dönüşümün, üst topraktaki TOM'un önemli miktarda azalmasına neden olduğunu, ormandan ve meradan tarım alanına dönüştürülen toprakların TOM stoklarının sırasıyla % 42 ve % 59 oranında kaybolduğunu bildirmektedirler.

Chibsa ve Ta (2009), tarafından yürütülen çalışmada TOM içeriği en fazla tarımsal alanlarda azalmış ve tüm toprak derinliklerinde aşağıya doğru TOM miktarında bir azalma paterni görülmüştür. Çelik (2005), tarafından Türkiye Güneydoğu Akdeniz'in yüksek arazilerinde yürütülen bir çalışmanın sonuçları, meradan işlemeli tarım alanına çevrilen alanlarda 12 yıl sonra; işlenen alanların 0-20 cm'deki TOM havuzunun önemli miktarda azaldığını göstermiştir, ortalama olarak mera alanlarının TOM içeriği % 49 azalmıştır.

4.4.2 Hidrolik iletkenlik

Doygun hidrolik iletkenlik toprak-su-bitki ilişkileri, toprak profili boyunca su ve kirleticilerin hareketi, ve tutulumu açısından en önemli toprak özelliklerinden biridir. Bu özellik ayrıca, doğal olarak doymun olmayan vadoz zon boyunca akış modellemesi için, gerekli olan çeşitli diğer hidrolojik toprak parametrelerinin tahmini için kritik olarak önemlidir. Birbirleriyle ilişkili olan toprak özelliklerinden tekstür, doymun hidrolik iletkenlik, hacim ağırlığı ve makro porozite yüksek arazi ve havza hidrolojilerini etkilemektedirler. Bu özellikler; yüzey altı depolamasında yağışın sızma ve muhafaza edilme oranının ve suyun akarsu ağlarına iletim oranlarını belirlemektedir, böylece hem şiddetli akım oluşumu ve taban akımın devamlılığı etkilenmektedir (Price vd. 2010).

Bir çok araştırmacı tarafından yürütülen çalışmalarda, farklı hidrolojik toprak özellikleri arasında doymun hidrolik iletkenliğin; toprak tiplerine, arazi kullanımlarına, arazinin

konumuna, derinliklere, ölçüm metod ve ekipmanlarına ve deneysel hatalara bağlı olarak istatistiksel olarak en büyük değişkenliğe sahip olduğu ifade edilmektedir (Stockton ve Warrick 1971, Deb ve Shukla, 2012). Organik maddenin arazi kullanımlarına göre değişimi duncan testi ile belirlenmiş ve çizelge 4.19’da verilmiştir.

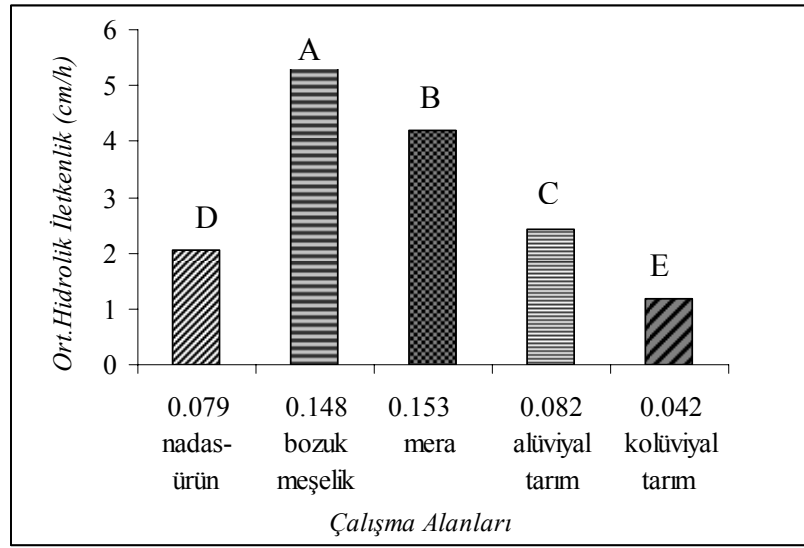
Çizelge 4.19 Hidrolik iletkenlik değişkenine ait duncan testi

Özellik	ÇALIŞMA ALANLARI				
	Nadas-Ürün Alanı	Bozuk Meşelik Alan	Mera Alanı	Alüviyal Tarım Alanı	Kolüviyal Tarım Alanı
Hidrolik İletkenlik (cm/h)	2,04 ± 0,079 D	5,65 ± 0,148 A	4,19 ± 0,153 B	2,44 ± 0,082 C	1,17 ± 0,042 E

A, B, C, D, E alanlar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çalışma alanlarının belirlenen hidrolik iletkenlik değerleri arazi kullanım türlerine göre değişiklik göstermiştir ve varyans analiz sonuçlarına göre ortalamalar arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Çizelge 4.19’da görüldüğü üzere duncan testi sonuçları ortalama hidrolik iletkenlik değerleri açısından tüm alanlar arasında fark bulunduğunu göstermiştir.

Çalışma alanında farklı arazi kullanım türlerine göre incelendiğinde, en yüksek ortalama hidrolik iletkenlik değerine sahip arazi kullanım türü ortalama 5,5 cm/h ile bozuk meşelik alan olmuştur. Bu arazi kullanımı sıra ile, mera alanı 4,19 cm/h, alüviyal tarım alanı 2,44 cm/h, nadas-ürün alanı 2,04 cm/h ve kolüviyal tarım alanı 1,17 cm/h izlemiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.3 Arazi kullanım türlerine göre hidrolik iletkenlik değişimi

Arazi kullanım türleri arasında bozuk meşelik alanın en yüksek hidrolik iletkenlik değerine sahip olmasında, bu alanın yüksek organik madde içeriğine ve düşük hacim ağırlığına sahip olmasının belirleyici olduğu düşünülmektedir.

Bunun yanında; ağaçlık vejetasyonunun kök gelişiminin çalışma alanındaki diğer bitkilerden derinlik, çap ve yayılım açısından daha büyük olmasının, üzerinde yoğun insan ve hayvan trafiğinin olmaması dolayısıyla diğer alanlara göre daha iyi boşluk gelişimine sahip olmasının da bu alanın yüksek hidrolik iletkenlik değerine sahip olmasında önemli etkiye sahip olduğu düşünülmektedir.

Mera alanı ise, çalışma alanında işlemeli tarımın yapıldığı diğer üç alana göre her ne kadar otlatma dönemlerinde hayvan trafiğine maruz kalsa da, yüksek organik madde içeriğine ve orta bünyeye sahip olması nedeniyle diğer alandan daha yüksek hidrolik iletkenlik değeri göstermiştir. Çalışmalar göstermiştir ki, meralar geleneksel olarak işlenen alanlardan daha yüksek infiltrasyon oranlarına sahiptir (Sonneveld vd. 2003). Çelik (2005), Haghighi vd. (2010), doğal meraların ekili tarım alanlarına dönüştürülmesi toprak organik madde miktarı, agregat stabilitesi ve hidrolik iletkenlikte bir azalmaya yol açtığını belirlemişlerdir. Başaran (2005) çalışmasında, farklı arazi

kullanım türleri arasında en yüksek ortalama hidrolik iletkenlik değerini (6,00 cm/h) doğal ormanda, en düşük değeri ise tarım alanında (0,84 cm/h) belirlemiştir.

Çalışma alanları içerisinde işlemeli tarımın yapıldığı üç alanda, bozuk meşelik ve mera alanlarından daha düşük hidrolik iletkenlik değerleri belirlenmiştir. Bu alanlarda, araç trafiğinin toprağı sıkıştırması, işleme ile birlikte toprağın por yapısının bozulması veya tıkanmasının, özellikle kolüviyal tarım ve alüviyal tarım alanlarının daha düşük organik madde içeriklerine sahip olmalarının düşük hidrolik iletkenlik değerleri göstermelerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Toprak tekstürü ile hidrolik iletkenlik arasındaki yakın ilişki açısından değerlendirildiğinde ise, tüm alanlar içerisinde en düşük değere sahip olan eğimli tarım arazisi aynı zamanda en yüksek kil içeriğine ve en ağır bünyeye sahip alan olarak belirlenmiştir. Yüksek kil içeriğinin de bu alanda belirlenen en düşük hidrolik iletkenlik değeri üzerinde önemli etkisi olduğu düşünülmektedir.

4.4.3 Birincil tane dağılımları

Toprak tanecik büyüklük dağılımı, su hareketi, verimlilik ve toprak erozyonu üzerinde büyük etkiye sahip olması nedeniyle en önemli fiziksel toprak özelliklerinden birisidir ve toprak özellikleriyle ilgili çeşitli tahminlerde olduğu kadar toprak sınıflandırılmasında da kullanılmaktadır. Yüksek derecede toprak erozyonuna maruz kalan alanlarda, ince fraksiyonlar (beraberinde besin elementleri) toprak erozyon prosesleri boyunca selektif olarak taşınmakta veya depolanmaktadır (Hillel 1980, Wang vd. 2008b). Farklı arazi kullanımları ve vejetasyon tipleri, toprak erozyonunu artırması veya engellemesi yoluyla tane büyüklük dağılımını önemli derecede etkilemektedir (Wang vd. 2008b). Kumun arazi kullanımlarına göre değişimi duncan testi ile belirlenmiş ve çizelge 4.20’de verilmiştir.

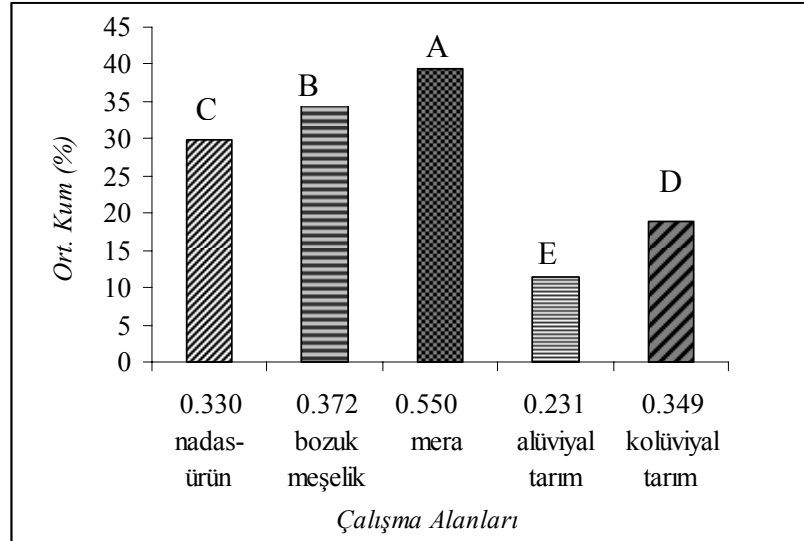
Çizelge 4.20 Kum değişkenine ait duncan testi

Özellik	ÇALIŞMA ALANLARI				
	Nadas-Ürün Alanı	Bozuk Meşelik Alan	Mera Alanı	Alüviyal Tarım Alanı	Kolüviyal Tarım Alanı
Kum (%)	29,83 ± 0,330 C	36,02 ± 0,372 B	39,39 ± 0,550 A	11,54 ± 0,231 E	18,82 ± 0,349 D

A, B, C, D, E alanlar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çalışma alanı toprakları kum içerikleri yönünden değerlendirildiğinde, varyans analiz sonuçlarına göre, alanlara ait ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Duncan testi sonuçlarına göre ise, tüm arazi kullanımları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 4.20).

Şekil 4.4’de görüldüğü üzere, tüm çalışma alanları içerisinde en yüksek kum içeriğine mera alanı sahiptir (% 39,39). Bu alanı bozuk meşelik alan (% 36,02), nadas – ürün alanı (% 29,83), kolüviyal tarım alanı (%18,82) ve alüviyal tarım alanı (%11,54) izlemiştir.



Şekil 4.4 Arazi kullanım türlerine göre kum değişimi

Siltin arazi kullanımlarına göre değişimi duncan testi ile belirlenmiş ve çizelge 4.21’de verilmiştir. Silt içeriği varyans analiz sonuçlarına göre, alanların ortalamaları arasındaki

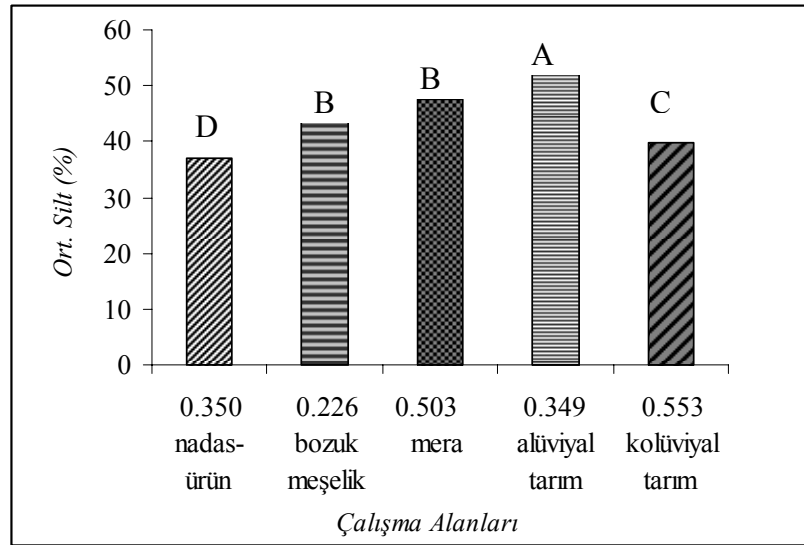
farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Çizelge 4.21’de görüldüğü üzere, arazi kullanımları açısından, bozuk meşelik alan ve mera alanı arasında fark bulunmaz iken, diğer kullanımlar arasındaki farklar önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.21 Silt değişkenine ait duncan testi

Özellik	ÇALIŞMA ALANLARI				
	Nadas-Ürün Alanı	Bozuk Meşelik Alan	Mera Alanı	Alüviyal Tarım Alanı	Kolüviyal Tarım Alanı
Silt (%)	36,84 ± 0,350 D	47,31 ± 0,226 B	47,70 ± 0,503 B	52,84 ± 0,349 A	39,75 ± 0,553 C

A, B, C, D alanlar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çalışma alanında en yüksek silt içeriği % 52,84 değeri ile alüviyal tarım alanında belirlenmiştir. Daha sonra bu alanı mera alanı (% 47,70), bozuk meşelik alan (% 47,31), kolüviyal tarım alanı (% 39,85) ve nadas-ürün alanı (% 36,84) izlemiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Arazi kullanım türlerine göre silt değişimi

Kilin arazi kullanımlarına göre değişimi duncan testi ile belirlenmiş ve çizelge 4.22’de verilmiştir.

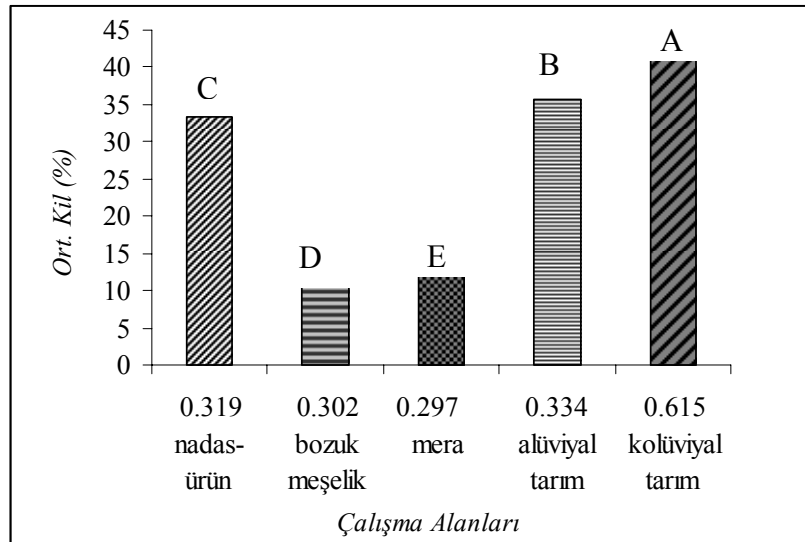
Çizelge 4.22 Kil değişkenine ait duncan testi

Özellik	ÇALIŞMA ALANLARI				
	Nadas-Ürün Alanı	Bozuk Meşelik Alan	Mera Alanı	Alüviyal Tarım Alanı	Kolüviyal Tarım Alanı
Kil (%)	33,33 ± 0,319 C	16,67 ± 0,302 D	12,91 ± 0,297 E	35,61 ± 0,334 B	41,43 ± 0,615 A

A, B, C, D, E alanlar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Alanların kil içeriği ortalamalarına ait farklar, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Arazi kullanımları yönünden kil içerikleri değerlendirildiğinde, Duncan testi sonuçlarına göre tüm alanların ortalama değerleri arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur (Çizelge 4.22).

Arazi kullanım şekillerine göre en yüksek kil içeriği % 41,43 değeri ile kolüviyal tarım alanında belirlenmiştir. Bu değer sırasıyla alüviyal tarım alanında % 35,61, nadas-ürün alanında % 33,33, bozuk meşelik alanda % 16,67 ve en düşük değer olarak da mera alanında % 12,91 düzeyinde belirlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Arazi kullanım türlerine göre kil değişimi

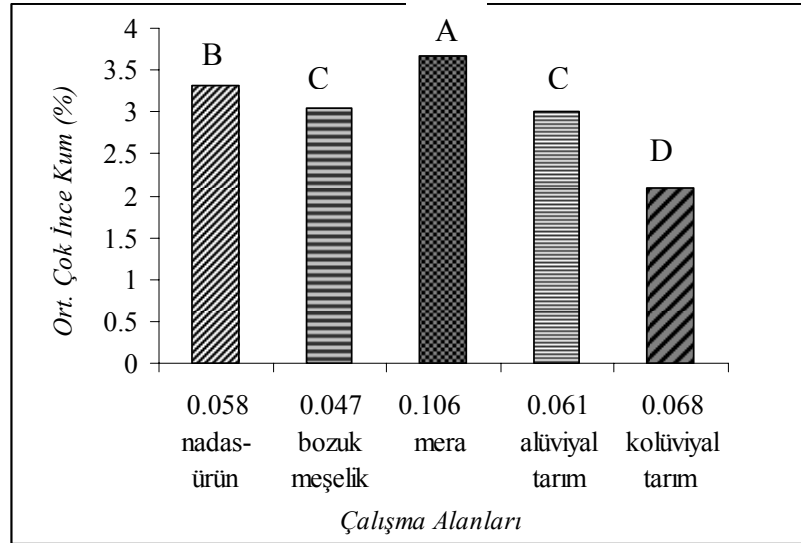
Çok ince kum değişkeninin arazi kullanımlarına göre değişimi duncan testi ile belirlenmiş ve çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çok ince kum içeriğine ait varyans analiz sonuçlarına göre, alanların ortalamalarına ait farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Arazi kullanımları açısından ise, bozuk meşelik alan ve alüviyal tarım alanı arasındaki farklar önemsiz bulunurken nadas-ürün alanı, kolüviyal tarım alanı ve mera alanı arasındaki farklar ve bu alanların bozuk meşelik alan ve alüviyal tarım alanı ile arasındaki farklar önemli bulunmuştur. (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.23 Çok ince kum değişkenine ait duncan testi

Özellik	ÇALIŞMA ALANLARI				
	Nadas-Ürün Alanı	Bozuk Meşelik Alan	Mera Alanı	Alüviyal Tarım Alanı	Kolüviyal Tarım Alanı
Çok İnce Kum (%)	3,31 ± 0,058 B	3,04 ± 0,047 C	3,66 ± 0,106 A	3,00 ± 0,061 C	2,09 ± 0,068 D

A, B, C, D alanlar arasındaki farklılıkları göstermektedir.



Şekil 4.7 Arazi kullanım türlerine göre çok ince kum değişimi

Şekil 4.7’de görüldüğü üzere en yüksek çok ince kum içeriği mera alanında (% 3,66) belirlenmiştir. Mera alanını sırasıyla nadas-ürün alanı (% 3,31), bozuk meşelik alan (% 3,04) ve alüviyal tarım alanı (% 3,00) izlemiştir. En düşük çok ince kum içeriği ise kolüviyal tarım alanında (% 2,09) belirlenmiştir.

Araştırma havzasında seçilen çalışma alanları havza içerisindeki topoğrafik özellikleri yönünden incelendiğinde, mera alanı havzanın diğer arazi kullanımlarına göre en üst noktada yer almakta (kısmen dik eğimli, % 15-30), bozuk meşelik alan ise bu alandan biraz daha aşağı kısımda yer almakta (kısmen dik eğimli, % 15-30), bozuk meşelik alanın bitiminde ise nadas-ürün alanı (eğimli % 5-10) ve havzanın etek kısmında da kolüviyal tarım alanı (hafif eğimli % 2-6) yer almaktadır. Alüviyal tarım arazisi ise havzanın üst kısımlardan taşınan toprakların oluşturduğu (düz düze yakın % 0-2) bir alandır.

Çalışma alanlarının birincil tane dağılım içeriklerini arazi kullanımlarının topoğrafik özellikleri açısından değerlendirildiğinde, kum ve çok ince kum içerikleri üst kısımlarda yer alan mera ve bozuk meşelik alanlardan alüviyal tarım alanına azalarak sıralanmışlardır, tersi olarak çalışma alanlarının kil içerikleri ise havza tabanından üst kısımlara doğru genel olarak artma göstermiştir. Bu durumun, kısmen ince taneciklerin yüksek eğimlerde meydana gelen yüzey akışlar ile havzanın aşağı kısımlarına taşınmış olabileceği ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür. Arazi kullanım şeklinin ve topoğrafyanın yağış-yüzey akış koşullarını önemli derecede etkilemesinin yanında, ana materyalin kimyasal ve mineralojik bileşimin de üzerinde oluşan toprağın özelliklerini etkilemesi nedeniyle çalışma alanlarının birincil tane dağılımları üzerindeki etkisinin de dikkate alınması gerektiği düşünülmüştür.

Diğer taraftan, farklı arazi kullanımları arasında en yüksek silt içeriği alüviyal tarım alanında (% 52,84) belirlenmiştir. Yapılan birçok çalışma yüksek silt içeren toprakların, bu büyüklükteki taneciklerin kolaylıkla parçalanabilmeleri ve taşınabilmeleri, arazi yüzeyinde kabuk oluşturabilmeleri ve büyük oranlarda yüzey akış meydana getirebilmeleri nedeniyle özellikle erozyona duyarlı olduğunu göstermiştir (Ross vd.1988, FDER 1988, Weesies 1998, Duiker vd. 2001, Neyshabouri vd. 2011). Alüviyal tarım alanında en yüksek silt içeriğinin belirlenmesi, bu büyüklükteki tanecikleri yüzey akış ile üst kısımlarda taşınarak bu alanda birikmesi ile ilişkilendirilmiştir. Bu sonuçlar Saygın vd. (2010) ile de uyumlu bulunmuştur.

4.4.4 Kireç

Alüviyal tarım alanı hariç çalışma alanlarının tümünün CaCO_3 içerikleri analiz edilemeyecek kadar düşük çıkmıştır. Alüviyal tarım alanında ise ortalama CaCO_3 içeriği % 16,57 (fazla kireçli) olarak belirlenmiştir.

4.5 Toprak Erozyon Duyarlılığı Değerlendirmesi

4.5.1 Arazi kullanım şekline göre değerlendirme

Toprak erozyon duyarlılığının belirlenmesinde kullanılan RUSLE, Torri, Römken ve Nomograf eşitlikleri ile 5 farklı arazi kullanımında elde edilen değerler ayrı ayrı değerlendirilmiş, farklı yöntemler ile belirlenen toprak erozyon duyarlılık değerlerinin arazi kullanımları açısından farklılıkları ortaya konulmuştur.

4.5.1.1 RUSLE eşitliği sonuçları

Bu eşitlikte, konu ile ilgili dünyada yapılan bir çok araştırmada 225 toprak için doğal ve yapay yağmurlama parsellerinde ölçülen K değerleri ilgili veriler bir araya getirilerek tekstür sınıflarına ayrılmış ve daha sonra erozyon duyarlılık faktörlerinin ortalama değeri her bir bünye sınıfının ortalama geometrik tanecik çapı ile ilişkilendirilmiştir. RUSLE yaklaşımı ile belirlenen toprak erozyon duyarlılık değişkenine ait varyans analiz sonuçlarına göre, alanların ortalamalarına ait farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). K RUSLE değişkeninin arazi kullanımlarına göre değişimi duncan testi ile belirlenmiş ve çizelge 4.24'de verilmiştir.

Arazi kullanımları açısından ise, alüviyal tarım alanı ve kolüviyal tarım alanı arasındaki farklar önemsiz bulunurken nadas-ürün alanı, bozuk meşelik alan ve mera alanı arasındaki farklar ve bu alanların alüviyal ve eğimli tarım alanları ile arasındaki farklar önemli bulunmuştur (Çizelge 4.24). Çalışma sonuçları, arazi kullanım şeklinin

değişmesinin toprakların erozyona olan duyarlıklarının da değişmesine yol açtığını göstermiştir.

Çizelge 4.24 K RUSLE değişkenine ait duncan testi

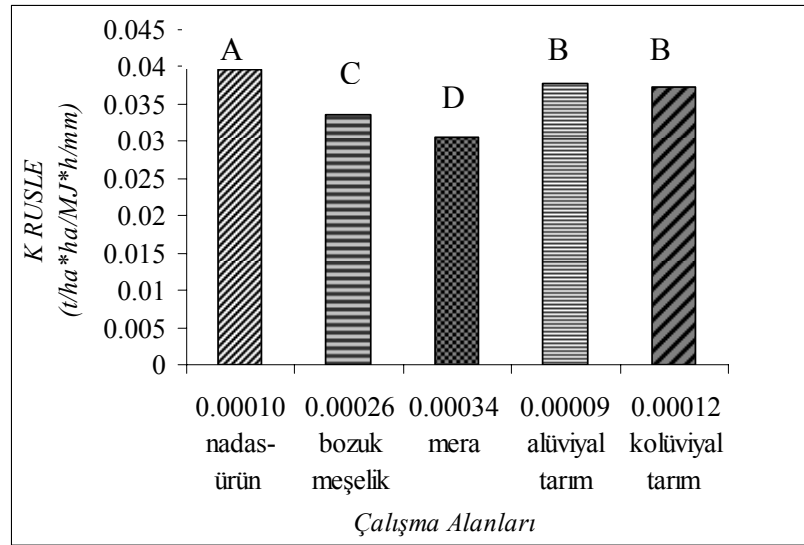
Özellik	ÇALIŞMA ALANLARI				
	Nadas- Ürün Alanı	Bozuk Meşelik Alan	Mera Alanı	Alüviyal Tarım Alanı	Kolüviyal Tarım Alanı
K RUSLE (t/ha*ha/MJ*h/mm)	0,0396 ± 0,00010 A	0,0336 ± 0,00026 C	0,0305 ± 0,00034 D	0,0378 ± 0,00009 B	0,0374 ± 0,00012 B

A, B, C, D alanlar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Şekil 4.8’de de görüldüğü üzere beş farklı arazi kullanımı arasında RUSLE yaklaşımı ile hesaplanan en yüksek K faktörü değerleri tarım yapılan 3 alanda belirlenmiştir. Bozuk meşelik alanında ve mera alanında ise bu değerlerden istatistiksel olarak da önemli derecede daha düşük değerler elde edilmiştir. En yüksek ortalama K faktörü değerinin belirlendiği nadas-ürün alanını (0,0396), sırasıyla alüviyal tarım alanı (0,0378), kolüviyal tarım alanı (0,0374), bozuk meşelik alan (0,0336) ve mera alanı (0,0305) izlemiştir (Şekil 4.8). Ortalama K değerlerine ait en düşük standart sapma alüviyal tarım alanında belirlenmiştir (0,00009).

RUSLE yaklaşımı ile toprakların erozyon duyarlılık değerleri belirlenirken sadece toprak bünyesi dikkate alınmaktadır. Toprak bünyesi, toprakların erozyona olan duyarlılıklarında çok önemli etkiye sahip baskın bir toprak özelliği olmasına karşın; uzun yıllardan bu yana konu ile ilgili yapılan çalışmalar toprak erozyon duyarlılığının organik madde, hidrolik iletkenlik gibi birçok fiziksel ve kimyasal toprak özelliği tarafından etkilenen kompleks bir kavram olduğunu ortaya koymaktadır .

RUSLE yaklaşımı ile belirlenen K faktörü değerlerinin çalışma alanları arasında tarım yapılan alanlarda doğal vejetasyon altındaki orman ve mera alanlarından daha yüksek çıkmasının, bu yaklaşımla değerlendirmenin toprakların birincil tane dağılımları dikkate



Şekil 4.8 Arazi Kullanım türlerine göre K_RUSLE değişimi

alınarak yapılması açısından, tarım alanlarının diğer alanlara göre daha fazla ince fraksiyon, bozuk meşelik ve mera alanlarının işlenen alanlarda daha fazla kaba fraksiyon içermeleri ile ilişkili olduğu düşünülmüştür.

Farklı arazi kullanımları ve vejetasyon türlerinin toprak erozyonu üzerindeki engelleyici veya artırıcı etkilerinin sonucu olarak birincil tane dağılımlarını etkileyebilmesi nedeniyle, RUSLE yaklaşımı ile toprakların tekstür özelliği dikkate alınarak yapılan değerlendirmede çalışma alanlarının toprak erozyon duyarlılıklarının da birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir.

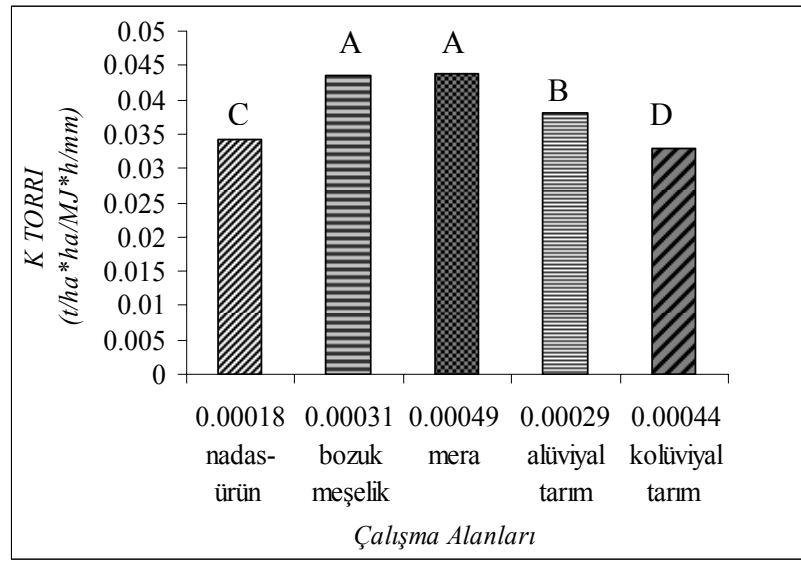
4.5.1.2 Torri eşitliği sonuçları

Torri yaklaşımı ile belirlenen toprak erozyon duyarlılık değişkenine ait varyans analiz sonuçlarına göre, alanların ortalamalarına ait farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Torri eşitliği ile elde edilen K değerlerinin arazi kullanımlarına göre değişimi duncan testi ile belirlenmiş ve çizelge 4.25’de verilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre ise, bozuk meşelik alan ve mera alanı arasındaki farklar önemsiz bulunurken, diğer alanlar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25 K Torri değişkenine ait duncan testi

Özellik	ÇALIŞMA ALANLARI				
	Nadas-Ürün Alanı	Bozuk Meşelik Alan	Mera Alanı	Alüviyal Tarım Alanı	Kolüviyal Tarım Alanı
K TORRI (t/ha*ha/MJ*h/mm)	0,0341 ± 0,00018 C	0,0434 ± 0,00031 A	0,0437 ± 0,00049 A	0,0382 ± 0,00029 B	0,0328 ± 0,00044 D

A, B, C, D alanlar arasındaki farklılıkları göstermektedir.



Şekil 4.9 Arazi kullanım türlerine göre K Torri değişimi

Torri yaklaşımı ile belirlenen toprak erozyon duyarlılık değerleri arazi kullanımları açısından değerlendirildiğinde ise, en yüksek duyarlılık değeri mera alanında 0,0437 olarak belirlenmiştir. Bu yaklaşımla belirlenen K faktörü değerleri bozuk meşelik alanında 0,0434, alüviyal tarım alanında 0,0382, nadas-ürün alanında 0,0341, kolüviyal tarım alanında ise; 0,0328 değerlerini almıştır (Şekil 4.9). En düşük standart sapma değeri nadas-ürün alanında 0,00018 olarak belirlenmiştir.

Toprak erozyon duyarlılığı belirlenirken Torri yaklaşımında, toprağın birincil tane dağılımları, organik madde içeriği ve kil yüzdesi dikkate alınmaktadır. Bu özelliklerin çalışma alanlarında istatistiksel değerlendirmelere göre genellikle farklı arazi kullanımları yönünden önemli farklılıklar göstermesinin bir sonucu olarak, bu

yaklaşım ile elde edilen erozyon duyarlılık değerleri de farklı alanlar arasında farklılık göstermiştir.

Wang vd. (2013), Çin’ de doğal yağış parselinden elde edilen K değerlerini, farklı model değerleri karşılaştırmışlar, ölçülen K değerlerinin 0,015-0,035 arasında değiştiğini, model performanslarına göre; Dg (ortalama geometrik tanecik çapı) ve OM (organik madde) değişkenlerinin kullanıldığı modelin (Dg-OM modeli) (Römkens, 1997) diğer modellerden (USLE, RUSLE 2, EPIC) daha iyi sonuçlar ürettiğini, en iyi parametrelendirme ve doğruluğa sahip olduğunu belirlemişlerdir.

4.5.1.3 Römkens eşitliği sonuçları

Çalışma alanlarında, Römkens matematiksel eşitliği ile belirlenen toprak erozyon duyarlılık değişkeni varyans analiz sonuçlarına göre, alanların ortalamalarına ait farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Römkens eşitliği ile belirlenen K değerlerinin arazi kullanımlarına göre değişimi duncan testi ile belirlenmiş ve çizelge 4.26’da verilmiştir.

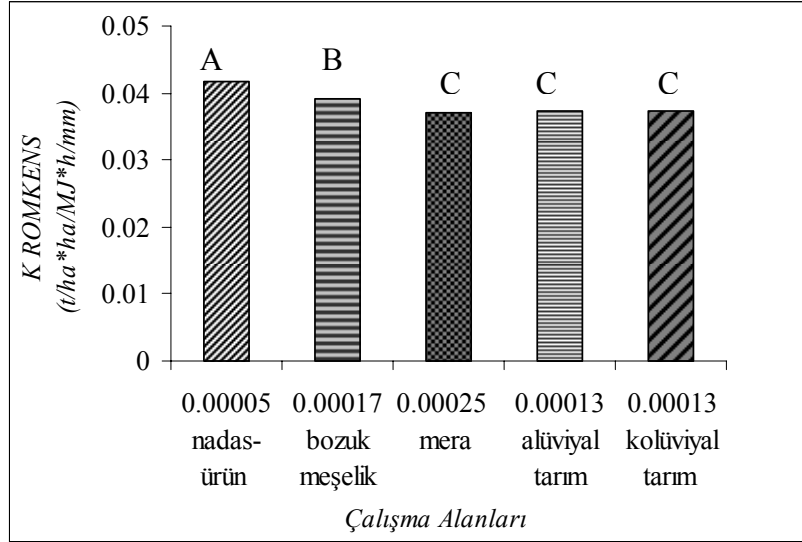
Çizelge 4.26 K Römkens değişkenine ait duncan testi

Özellik	ÇALIŞMA ALANLARI				
	Nadas-Ürün Alanı	Bozuk Meşelik Alanı	Mera Alanı	Alüviyal Tarım Alanı	Kolüviyal Tarım Alanı
K RÖMKENS	0,0416	0,0392	0,0370	0,0374	0,0373
(t/ha*ha/MJ*h/mm)	±	±	±	±	±
	0,00005 A	0,00017 B	0,00025 C	0,00013 C	0,00013 C

A, B, C alanlar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.26’da görüldüğü üzere duncan testi sonuçlarına göre, mera, alüviyal ve eğimli tarım alanları arasındaki farklar önemsiz bulunurken, nadas-ürün alanı ve bozuk meşelik alan arasındaki farklar ise önemli bulunmuştur (Çizelge 4.26). En yüksek K 0,0416 değeri ile nadas-ürün alanında belirlenmiştir. Bu alanı 0,0392 değeri ile bozuk meşelik alan, 0,0374 değeri ile alüviyal tarım alanı, 0,0373 değeri ile kolüviyal tarım alanı

izlemiştir, en düşük K değeri ise 0,0370 olarak mera alanında belirlenmiştir (Şekil 4.10). Ortalamaların standart sapma değerlerine göre ise en düşük değer nadas-ürün alanında belirlenen ortalama K değerine ait olmuştur (0,00005).



Şekil 4.10 Arazi kullanım türlerine göre K Römken's değişimi

RUSLE eşitliğinde olduğu gibi Römken's yaklaşımında da, erozyon duyarlılığının belirlenmesinde toprak birincil tane dağılımlarının ortalama geometrik çapları dikkate alınmaktadır. Yapılan analizler sonucunda, farklı arazi kullanımlarının toprak tekstür sınıflarında belirlenen farklılıkların bazı alanlarda farklı K değerlerinin bulunmasında etkili olduğu düşünülmüştür.

4.5.1.4 Nomograf eşitliği sonuçları

Çalışmada K değerlerinin belirlenmesinde kullanılan bir diğer eşitlik erozyon araştırmalarında yaygın kullanıma sahip olan nomograf eşitliğidir (Wishmeier ve Smith 1971). Bu yaklaşım ile belirlenen toprak erozyon duyarlılık değişkenine ait varyans analiz sonuçlarına göre, alanların ortalamalarına ait farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Nomograf eşitliği K değerlerinin arazi kullanımlarına göre değişimi duncan testi ile belirlenmiş ve çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.27 K Nomograf değişkenine ait duncan testi

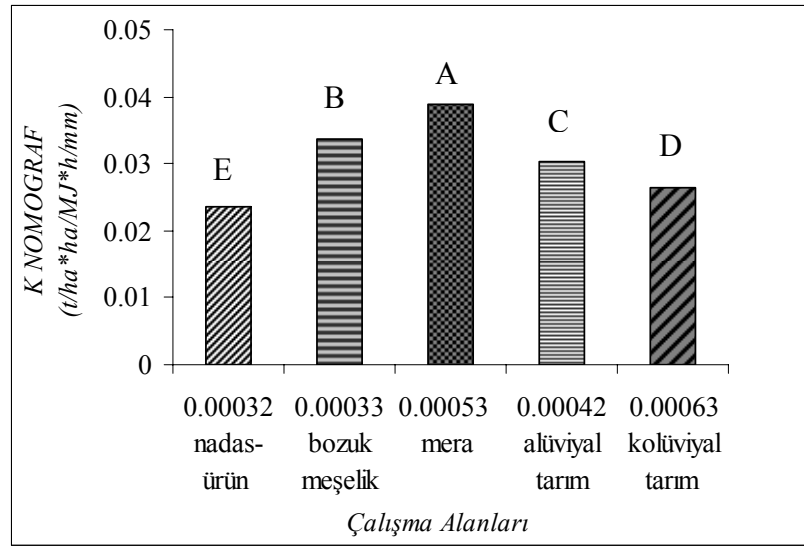
ÇALIŞMA ALANLARI					
Özellik	Nadas-Ürün Alanı	Bozuk Meşelik Alan	Mera Alanı	Alüviyal Tarım Alanı	Kolüviyal Tarım Alanı
K NOMOGRAF	0,0236	0,0338	0,0389	0,0302	0,0263
(t/ha*ha/MJ*h/mm)	±	±	±	±	±
	0,00032 E	0,00033 B	0,00053 A	0,00042 C	0,00063 D

A, B, C, D, E alanlar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Duncan testi sonuçlarına göre ise tüm alanların ortalama K değerleri arasındaki farklar önemli bulunmuştur (Çizelge 4.27). Arazi kullanımları arasında en yüksek K değeri mera alanında belirlenirken (0,0389), bu alanı bozuk meşelik alan (0,0338), alüviyal tarım alanı (0,0302), kolüviyal tarım alanı (0,0263) ve nadas-ürün alanı izlemiştir (0,0236) (Şekil 4.11). Çizelge 4.27’de görüldüğü üzere, nomograf değerlerine en yüksek ortalama standart sapma değeri 0,00032 olarak nadas-ürün alanında belirlenmiştir.

Nomograf denklemi ile K değerinin belirlenmesi için; diğer 3 denklemden farklı olarak toprak tekstürünün yanı sıra, organik madde içeriği, geçirgenlik sınıfları, toprak yapısı sınıfları da değerlendirilmektedir. Bu özelliklerin arazi kullanım şekline bağlı olarak, önemli derecede değişim göstermeleri ve yapılan korelasyon testleri sonuçlarına göre aralarında bulunmuş olan güçlü ilişkilerin K değerlerine yansıdığı, sonuç olarak da her bir arazi kullanımında K değerinin istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir.

Mera alanında toprakların erozyona duyarlılıklarının diğer arazi kullanımlarından yüksek bulunması Başaran (2005) tarafından bildirilen sonuçlar ile de uyumlu bulunmuştur. Römken (1985), Amerika’da çeşitli toprak tekstürlerinde bir çok araştırmacı tarafından yapılan (Wischmeier vd.1971, El-Swaify ve Dangler 1976, Young ve Mutchler 1977, Römken vd. 1975) toprak erozyon duyarlılığı ölçümlerini nomograf tahminleri ile karşılaştırmıştır.



Şekil 4.11 Arazi Kullanım türlerine göre K Nomograf değişimi

Kohli (2006), Çin’de yürüttüğü çalışma sonuçlarına göre ölçülen toprak erozyon duyarlılık değerlerinin nomograf ile tahmin edilen değerler ile önemli derecede korelasyon gösterdiğini, bununla birlikte tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlerden daha yüksek bulunduğunu; toprak erozyon duyarlılığının belirlenmesinde kullanılan model ve ilişkilerin göreceli birer indeks olduğunu, bunun yanında K faktörünün konumsal tahmininin ve belirsizlik analizlerinin yapılması gerektiğini bildirmiştir.

K hesaplamasındaki toprak özelliklerinin sayısı arttıkça, arazi kullanım türlerinin duyarlılıklarının belirlenmesindeki değişimler de artmaktadır. Sadece tane büyüklüğü ve tane büyüklüğü organik madde ilişkisine dayanan eşitlikler, bunların interaksyonu olarak ortaya çıkan hidrolik iletkenlik ve yapısal dayanım (agregat stabilitesi) gibi çok önemli toprak kalite parametrelerinin erozyon üzerine etkilerini göz ardı edebilmektedir.

4.5.2 Eşitliklere göre değerlendirme

Çalışma alanında incelenen farklı arazi kullanımlarını oluşturan nadas-ürün, bozuk meşelik, mera, alüviyal tarım ve eğimli tarım alanlarında toprak erozyon duyarlılığının belirlenmesinde kullanılan RUSLE, Torri, Römken ve Nomograf eşitlikleri ile belirlenen K değerleri sonuçları her bir arazi kullanımı içerisinde karşılaştırılmıştır.

Çalışma alanlarında farklı eşitlikler ile belirlenen K değişkenlerine ait Duncan testi sonuçları çizelge 4.28’de verilmiştir.

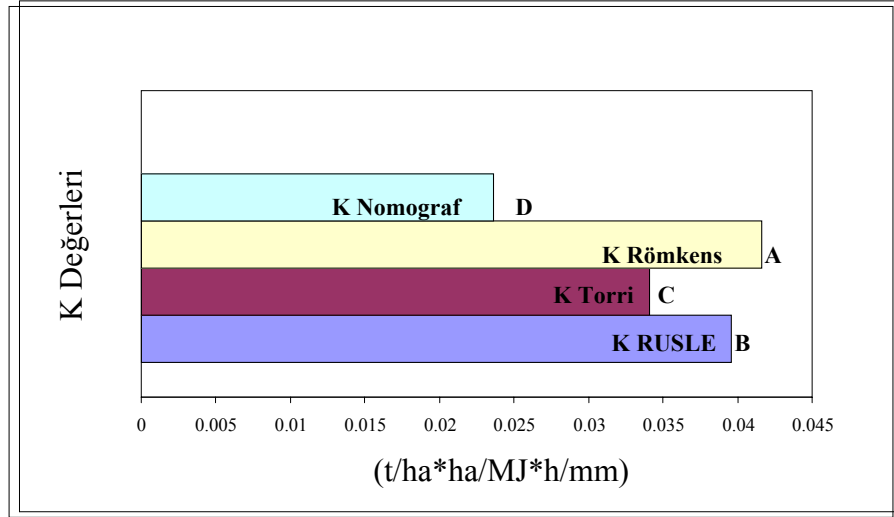
Çizelge 4.28 Çalışma alanları K değişkenlerine ait duncan testi

ÇALIŞMA ALANLARI	K DEĞERLERİ (t/ha*ha/MJ*h/mm)			
	K RUSLE	K TORRI	K RÖMKENS	K NOMOGRAF
Nadas-Ürün Alanı	0,0396 ± 0,00010 B	0,0341 ± 0,00018 C	0,0416 ± 0,00005 A	0,0236 ± 0,00032 D
Bozuk Meşelik Alan	0,0336 ± 0,00026 C	0,0434 ± 0,00031 A	0,0392 ± 0,00017 B	0,0338 ± 0,00033 C
Mera Alanı	0,0305 ± 0,00034 D	0,0437 ± 0,00049 A	0,0370 ± 0,00025 C	0,0389 ± 0,00053 B
Alüviyal Tarım Alanı	0,0378 ± 0,00009 AB	0,0382 ± 0,00029 A	0,0374 ± 0,00013 B	0,0302 ± 0,00042 C
Kolüviyal Tarım Alanı	0,0374 ± 0,00012 A	0,0328 ± 0,00044 B	0,0373 ± 0,00013 A	0,0263 ± 0,00063 C

A, B, C, D, E her bir çalışma alanı için eşitliklere ait K değerleri arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4.5.2.1 Nadas-ürün alanı toprak erozyon duyarlılığı değerlendirmesi

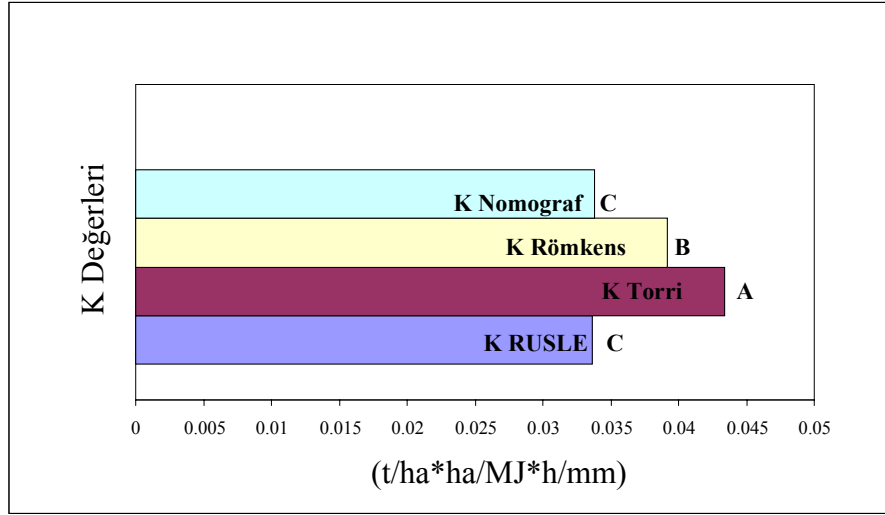
Nadas-ürün alanında farklı eşitlikler ile belirlenen toprak erozyon duyarlılık değişkenine ait varyans analiz sonuçlarına göre, K değerinin ortalamalarına ait farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Duncan testi sonuçlarına göre eşitliklere ait K değerleri arasındaki farklar önemli bulunmuştur (Çizelge 4.28). Şekil 4.12’de nadas-ürün alanında farklı eşitlikler ile belirlenen K değerleri ortalamaları arasındaki farklar verilmiştir. Bu arazi kullanımında en düşük K değeri Nomograf eşitliği ile elde edilirken (0,0236), Römken eşitliği ile bu değerden yaklaşık 2 kat daha büyük K değeri elde edilmiştir. RUSLE (0,0396) ve Torri (0,0341) eşitlikleri elde edilen değerler ise bu iki değer arasında bulunmuştur (Şekil 4.11). Bu alanda, en yüksek standart sapma değeri nomograf eşitliği ile elde edilen K değerinde belirlenmiştir.



Şekil 4.12 Nadas-ürün alanı K değerleri

4.5.2.2 Bozuk meşelik alan toprak erozyon duyarlılığı değerlendirmesi

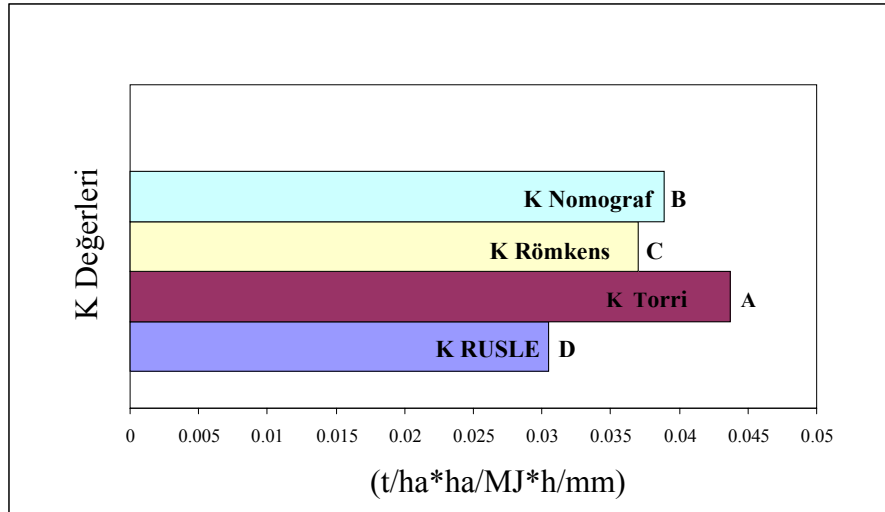
Bozuk meşelik arazi kullanımında varyans analiz sonuçlarına göre farklı eşitlikler ile elde edilen K değerinin ortalamalarına ait farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Çizelge 4.28’de görüldüğü üzere, duncan testi sonuçlarına göre bu alanda RUSLE ve Nomograf eşitlikleri ile belirlenen K değerleri arasındaki farklar önemsiz, diğerleri ise önemli bulunmuştur. Şekil 4.13’de bozuk meşelik alanda belirlenen K değerleri ortalamaları arasındaki farklar verilmiştir. Bu arazi kullanımında toprak erozyon duyarlılığı değeri Torri eşitliği ile 0,0434 olarak belirlenirken, Römken (0,0392), Nomograf (0,0338) ve RUSLE (0,0336) eşitlikleri ile daha düşük sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 Bozuk meşelik alan K değerleri

4.5.2.3 Mera alanı toprak erozyon duyarlılığı değerlendirmesi

Varyans analiz sonuçlarına göre mera alanında farklı eşitliklere ait K değerlerinin ortalamalarına ait farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Duncan testi sonuçlarına göre ise eşitlikler arasındaki farklar önemli bulunmuştur (Çizelge 4.28). Mera alanı K değerleri ortalamaları arasındaki farklar şekil 4.14’de verilmiştir.



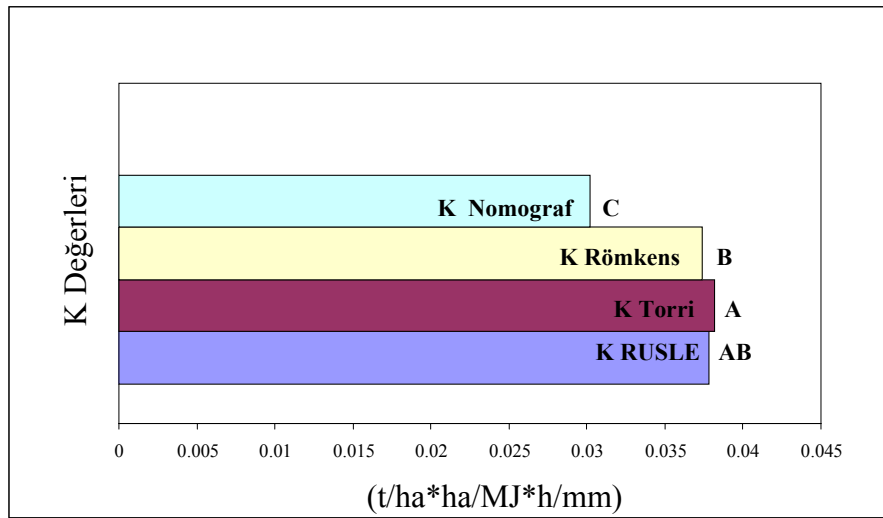
Şekil 4.14 Mera alanı K değerleri

Mera alanında farklı eşitlikler ile belirlenen K değerleri 0.0305-0.0437 arasında değişirken, Torri eşitliği mera alanında en yüksek K değerini (0.0437) vermiştir. Diğer eşitlikler ile sırasıyla Nomograf (0,0389), Römken (0,0370) ve RUSLE (0,0305) olmak üzere daha düşük sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4.13). Bu alanda tüm eşitlikler ile belirlenen K değerleri Başaran (2005) tarafından mera alanlarında belirlenen değerlerden çok daha düşük bulunmuştur. Hoyos (2005), Kolombiya’ da, RUSLE denklemi ile mera alanlarında K faktörü değerini 0,0009-0,0012 olarak belirlemiştir.

4.5.2.4 Alüviyal tarım alanı toprak erozyon duyarlılığı değerlendirmesi

Alüviyal tarım alanında dört farklı eşitlik ile belirlenen K değerleri ortalamalarına ait farklar varyans analiz sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Bu alanda RUSLE değeri ile Torri ve Römken değerleri arasındaki farklar önemsiz bulunurken diğerleri arasındaki farklar ise önemli bulunmuştur (Çizelge 4.28).

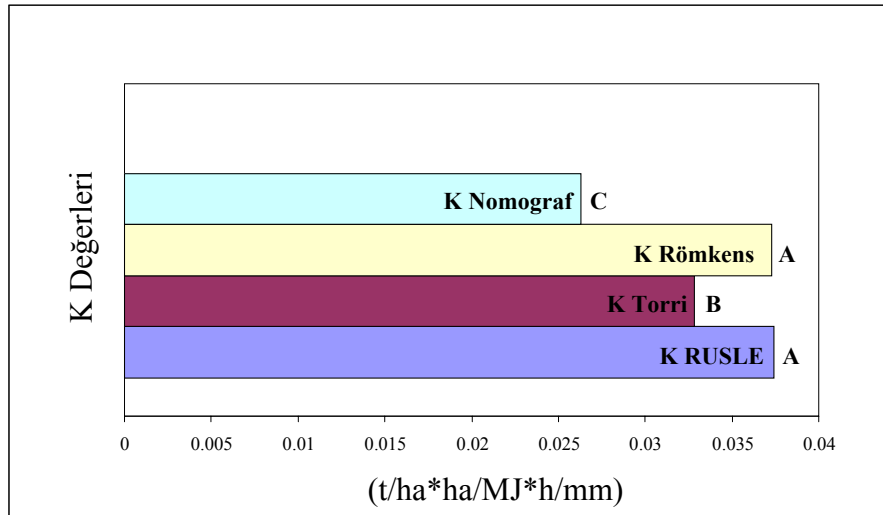
Şekil 4.15’de alüviyal tarım alanı K değerleri ortalamaları arasındaki farklar verilmiştir. Bu alanda Torri eşitliği ile elde edilen K değeri diğer eşitlikler ile belirlenen değerlerinden daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.15). En yüksek standart sapma nomograf eşitliği K değerine ait olmuştur (0,00042).



Şekil 4.15 Alüviyal tarım alanı K değerleri

4.5.2.5 Kolüviyal tarım alanı toprak erozyon duyarlılığı değerlendirmesi

Varyans analiz sonuçlarına göre kolüviyal tarım alanında farklı eşitlikler ile belirlenen K değerleri ortalamalarına ait farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Duncan testi sonuçları, Römken ve RUSLE eşitlikleri arasındaki farkın önemsiz diğerlerinin ise önemli olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.28). Şekil 4.16’da bu alanda belirlenen K değerleri ortalamaları arasındaki farklar verilmiştir. Bu arazi kullanımı için RUSLE eşitliği K değerini 0,374 olarak belirlerken, bu değer Römken eşitliği ile 0,0373, Torri ile 0,0328 ve nomograf ile 0,0263 olarak bulunmuştur (Şekil 4.16). En yüksek standart sapma değeri nomograf eşitliği K değerine ait olmuştur (0,00063).



Şekil 4.16 Kolüviyal tarım alanı K değerleri

4.6 Toprak Erozyon Duyarlılık Sonuçları Genel Değerlendirmesi

K faktörünün en iyi şekilde arazi testleri ile belirlenebilmesinin yanında, bu testlerin bulunmaması ve uzun süre gerektirmesi nedeniyle, dünyanın bir çok bölgesinde doğal veya yapay yağış parsellerinden elde edilen verilerden oluşturulan ve bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerine dayanan eşitliklerin kullanılması yoluyla da toprak erozyon duyarlılığının belirlenmesi mümkün olabilmektedir (Bonilla ve Johnson, 2012).

Çalışma kapsamında toprak erozyon duyarlılığı ; beş farklı arazi kullanımında (nadas-ürün alanı, bozuk meşelik alan, mera alanı, alüviyal tarım alanı ve kolüviyal tarım alanı) dört farklı eşitlik (RUSLE, Torri, Römken, Nomograf) ile belirlenmiştir. Genel olarak; arazi kullanımının değişmesiyle birlikte toprak erozyon duyarlılığının istatistiksel olarak önemli bulunan düzeylerde değiştiği, bununla birlikte aynı arazi kullanımı içerisinde farklı toprak özelliklerinin indeks olarak yer aldığı farklı eşitliklerin kullanılmasının da farklı duyarlılık sonuçlarının ürettiği belirlenmiştir.

Toprak erozyon duyarlılığının belirlenmesinde birincil tane dağılımlarının ortalama geometrik tanecik çapını (Dg) dikkate alan RUSLE eşitliği ile tüm arazi kullanımlarında istatistiksel olarak farklı K değerleri elde edilmiştir. Arazi kullanımları açısından toprakların kum, silt ve kil içerikleri de istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermiştir. Dg'ye bağlı olan bu eşitlik ile işlenen tarım alanlarında (nadas-ürün, alüviyal tarım ve eğimli tarım alanları; 0,0396, 0,0378, 0,0374) bozuk meşelik ve mera alanlarındakilerden daha yüksek K değerlerinin bulunması alanların daha düşük kum içeriklerine sahip olmaları ile ilişkilendirilmiştir.

RUSLE eşitliği ile en düşük K değerinin mera alanında belirlenmesi; korelasyon analizi sonuçlarına göre hem her bir alan içerisinde hem de toplam korelasyon değerlendirmesine göre K RUSLE değerleri ile kum içeriği arasında tüm arazi kullanımlarında güçlü ilişkilerin bulunması (Çizelge 4.12-4.17), bu eşitlikte kum içeriğinin daha etkin olması ve bu alanın tüm arazi kullanımları arasında en yüksek kum içeriğine sahip olmasıyla açıklanabilir.

Torri eşitliği ile K değeri belirlenirken toprağın organik madde içeriği ve kil yüzdesi Dg ile ilişkilendirilmektedir. Bu eşitlik ile elde edilen K değerleri arazi kullanımları açısından mera alanı ve bozuk meşelik alan arasında farklılık göstermezken diğerleri arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Özellikle arazi kullanımları arasında kil içeriğinin önemli derecede değişmesinin bunda etkili olduğu düşünülmüştür. Bunun yanında, korelasyon analizi sonuçları kil içeriği ve organik madde yüzdesinin Torri eşitliği ile elde edilen K değerleri ile genelde negatif olarak korele olduğunu göstermiştir (Çizelge

4.12-4.17) . Daha düşük kil içeriğine sahip olan bozuk meşelik ve mera alanlarında (% 16,67 ve % 12,91) bu eşitlik ile daha yüksek toprak erozyon duyarlılığı değerlerinin bulunması (0,0434 ve 0,0437) bu durumla ilişkilendirilmiştir.

Römkens eşitliğinde de RUSLE eşitliği gibi, K faktörü değerini hesaplamada birincil tane dağılımları Dg ile ilişkilendirilmekle birlikte, kullanılan denklemler arasında farklılık bulunmaktadır. Arazi kullanımları açısından bu eşitlik ile belirlenen K değerleri istatistiksel olarak mera, alüviyal tarım, eğimli tarım alanları arasında farklılık göstermezken diğer alanların değerleri bu alanlardan farklı bulunmuştur.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre RUSLE eşitliği ile elde edilen K değerleri alanların kum, silt ve kil içeriği ile tüm alanlarda (özellikle silt içeriği ile) pozitif veya negatif olarak ilişkili bulunmuştur (Çizelge 4.12-4.17). Nadas –ürün alanında bu eşitlik ile en yüksek K değerinin elde edilmesi (0,0416) bu alandaki daha düşük silt içeriği (% 36,84) ile ilişkilendirilmiştir.

Çalışmada K faktörünün belirlenmesinde kullanılan bir diğer eşitlik olan nomograf eşitliği ile belirlenen değerler tüm arazi kullanımları için istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmuştur. Toprakların organik madde içeriği, geçirgenlik, toprak yapısı ve tekstür özelliklerine dayanan bu eşitlik ile farklı arazi kullanımlarında istatistiksel olarak farklı toprak erozyon duyarlılığı değerleri belirlenmiştir.

Genel olarak, arazi kullanımları arasında bu eşitlikte yer alan toprak özellikleri açısından belirlenen önemli farklılıkların eşitliğe yansıdığı görülmüştür. Ayrıca, korelasyon analizleri sonuçlarına göre de K nomograf değerlerinin toprak özellikleri ile korele olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.12-4.17). Nomograf eşitliği ile işlenen tarım alanlarında, bozuk meşelik alan ve mera alanlarından daha düşük K değerleri elde edilmiştir. Bu değerler Başaran (2005) tarafından bildirilen sonuçlar ile uyum göstermemiştir. Bu eşitlik ile belirlenen K değerleri 0,0236-0,0389 arasında değişmiştir.

Her bir arazi kullanımı için 4 farklı eşitlik ile belirlenen toprak erozyon duyarlılık değerleri açısından değerlendirildiğinde, nadas-ürün, bozuk meşelik ve mera alanlarında

farklı eşitlikler ile belirlenen K değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.28). Farklı eşitliklerin toprak erozyon duyarlılığının belirlenmesinde farklı toprak özelliklerini indeks olarak dikkate alması ve bu alanlarda daha heterojen olan toprak yapısının korunması bu sonuç üzerinde etkili olmuştur.

Daha yoğun işlemeye maruz kalan alüviyal tarım alanında ise, birincil tane dağılımlarının Dg ile ilişkilendirildiği RUSLE ve Römken eşitlikleri ile belirlenen K değerleri arasında (0,0378 ve 0,0374) önemli bir fark bulunmamıştır. Yine bu alanda RUSLE ve Torri eşitlikleri sonuçları arasında (0,0378 ve 0,0382) istatistiksel olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. Diğer taraftan; Torri, Römken ve Nomograf eşitlikleri ile aynı arazi kullanımı için istatistiksel olarak önemli derecede farklı K değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4.28).

Kolüviyal Tarım Alanında; farklı eşitlikler olmakla birlikte her ikisinde de birincil tane dağılımlarının Dg ile ilişkilendirildiği RUSLE ve Römken eşitlikleri ile alüviyal atrım alanında olduğu gibi istatistiksel olarak farklı olmayan toprak erozyon duyarlılık değerleri elde edilmiştir. Yine eşitliklerde farklı toprak özelliklerinin kullanıldığı Torri, Römken ve Nomograf K değerleri kolüviyal tarım alanı için istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmuştur (Çizelge 4.28).

Üzerinde yoğun tarımsal faaliyetlerin yapıldığı alüviyal ve eğimli tarım alanlarında diğer arazi kullanımlarından farklı olarak özellikle toprak erozyon duyarlılığının indeksi olarak birincil tane dağılımlarının kullanıldığı eşitliklerden istatistiksel olarak farklı olmayan K değerleri elde edilmesi, toprak işleme, tarla trafiği gibi tarımsal faaliyetler sonucu toprak agregat yapısının bozulması, heterojen yapının bozularak birincil tane dağılımlarının değişmesi ile ilişkilendirilmiştir.

Bununla birlikte her bi arazi kullanımında farklı eşitlikler ile belirlenen K değerleri arasında nadas-ürün, bozuk meşelik ve mera alanlarında en düşük standart sapmaya (0,00005; 0,0017 ve 0,00025) Römken eşitliği ile belirlenen K değerlerinde; alüviyal ve eğimli tarım alanlarında ise (0,00009 ve 0,00012) RUSLE eşitliği ile elde edilen K değerlerinde belirlenmiştir (Çizelge 4.28).

Sonuç olarak; arazi kullanımının değişmesi, genel olarak tüm eşitliklerle belirlenen K değerlerinin de istatistiksel olarak önemli derecede değişmesine neden olmuştur. Arazi kullanım şeklinin toprakların özellikleri üzerinde önemli değişimlere neden olmak yoluyla erozyona olan duyarlılığı da değiştirdiği gözlemlenmiştir.

Toprak erozyon duyarlılığının belirlenmesi amacıyla aynı arazi kullanımı içinde, farklı toprak özelliklerinin indeks olarak alındığı farklı eşitlikler kullanıldığında ise genellikle istatistiksel olarak farklı K değerleri belirlenmiştir. Bu eşitliklerden hangisinin alanı K değeri yönünden en iyi temsil ettiği açısından düşünöldüğünde, değerlendirme yönteminin toprak özelliklerinin karşılıklı etkileşimlerini içermesi gerekmektedir. Toprak erozyon duyarlılığı bünye, organik madde, strüktür, hidrolik iletkenlik gibi önemli toprak özelliklerinin karşılıklı etkileşimleri sonucu meydana geldiği için, kısıtlı parametrelerin bu değeri belirlemesi beklenmektedir. Diğer bir ifadeyle, toprak özellikleri arasındaki etkileşimler toprak erozyonunu daha iyi tanımlamaktadır ve bireysel parametrelerden daha çok istatistiksel olarak karşılıklı etkileşimlerin önemli bulunması bu değerin yorumlanmasında çok büyük önem taşımaktadır.

Aynı arazi kullanımı içerisinde farklı eşitliklerin farklı sonuçlar ürettiği durumlar için, toprak erozyon duyarlılığı değerinin ana materyal, topoğrafya, bitki örtüsü ve bir çok toprak özelliği tarafından etkilenen kompleks bir kavram olduğu dikkate alındığında, bu çalışmada kullanılan eşitlikler içerisinde en fazla indeksin yer aldığı nomograf eşitliğinin tercih edilmesinin K faktörünün en doğru şekilde belirlenebilmesi açısından daha doğru olacağı düşünölmüştür. Ancak verilerin kısıtlı olduğu alanlarda az parametrelili eşitlikler de bu değerin belirlenmesinde kullanılabilir.

4.7 Jeostatistiksel Analizler

Tez çalışmasının jeostatistiksel analiz değerlendirmesi bölümünde nadas-ürün, bozuk meşelik, mera, alüviyal tarım ve kolüviyal tarım alanlarında laboratuvar analizleri ile belirlenen, organik madde, hidrolik iletkenlik, kum, kil, silt ve çok ince kum toprak özellikleri ile RUSLE, Torri, Römken ve Nomograf eşitlikleri ile hesaplanan K değerlerinin konumsal değişimleri kriging ve simölasyon yöntemleri ile belirlenmiş,

dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda genel olarak aşağıdaki sonuçlar belirlenmiştir.

İncelenen toprak özellikleri ve erozyon duyarlılık değerlerinin bir çoğunun değişik azimut açılarında yönün bir fonksiyonu olarak değiştiği ve geometrik anizotropik bir davranış gösterdiği belirlenmiştir (Tercan ve Saraç 1998).

Örnekleme noktaları arasındaki uzaklığın incelenen özelliğin konumsal bağımlılık derecesini belirlemek için uygun olmaması, ölçüm hataları veya özelliğin kendi doğasından kaynaklanan varyasyon nedeni ile çalışma alanlarında toprak özellikleri ve erozyon duyarlılık değerleri için farklı oranlarda külçe etkisi (kontROLSÜZ etki varyansı) meydana gelmiştir (Trangmar vd. 1985, ÖZTAŞ 1995, Oliver 1999, Karabulut 2010).

Bozuk meşelik alanda doymuş hidrolik iletkenlik özelliği, alüvyal tarım alanında kil, çok ince kum özellikleri ve Torri, Römken ve Nomograf eşitlikleri ile elde edilen K değerleri, kolüvyal tarım alanında ise doymuş hidrolik iletkenlik özelliği ve Römken eşitliği ile belirlenen K değeri variogram sonuçlarında tam kontROLSÜZ etki varyansı (pure nugget) belirlenmiştir. İncelenen özelliklere ait çapraz karşılaştırma grafikleri Ek 52-56'da verilmiştir.

Çalışma alanlarının genelinde arazi kullanım şekline göre değişmekle birlikte, incelenen toprak özellikleri ve belirlenen K değerlerinin genellikle Gauss ve üssel modeller ile en iyi uyumu gösterdikleri belirlenmiştir. Toprak özellikleri ve K değerleri çalışma alanlarında genellikle orta derecede uzaklığa bağlı ilişki göstermişlerdir.

4.7.1 Nadas-ürün alanı toprak özellikleri jeostatistiksel analizleri

Nadas-ürün alanında jeostatistiksel analizi yapılan organik madde, hidrolik iletkenlik, kum, kil, silt ve çok ince kum özelliklerine ait model ve parametreleri çizelge 4.29'da verilmiştir.

Çizelge 4.29 Nadas-ürün alanı toprak özellikleri model ve parametreleri

Özellik	Model	C ₀	C ₀ + C	C ₁	$\frac{C_1}{(C_0+C)}$	A _MJ	A _MN	KBD	KBS
Organik Madde	Üssel	0,05	0,10	0,050	0,49	10,33	9,67	50,87	Orta
Doy.Hidrolik İletkenlik	Üssel	0,057	0,183	0,126	0,689	19,31	14,47	31,10	Orta
Kum	Küresel	5,74	27,71	21,97	0,793	42,46	37,02	20,74	Yüksek
Silt	Gauss	14,60	31,23	16,63	0,533	22,71	20,55	46,75	Orta
Kil	Üssel	12,37	31,16	18,79	0,603	26,58		39,70	Orta
Çok ince kum	Gauss	0,022	0,062	0,040	0,644	36,53	28,02	35,60	Orta

C₀: kontrolsüz etki varyansı (külçe etkisi), C₀+C: tepe varyansı (sill), C₁: yapısal varyans, A MJ: majör yapısal uzaklık (m), A MN: minör yapısal uzaklık (m), KBD: konumsal bağımlılık derecesi (%), KBS: konumsal bağımlılık sınıfı

Özelliklerin, dönüşüm uygulanmış veri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 1-6'da verilmiştir.

4.7.1.1 Toprak organik maddesi (TOM) (%)

Nadas-ürün alanı organik madde özelliği tanımlayıcı istatistikleri Ek 1'de verilmiştir. Organik madde yüzdesi bu arazi kullanımında % 0,72-2,80 arasında değişmiş, değişim katsayısı % 34,35 olarak belirlenmiştir. Organik madde değişkeni için 1,63 olarak belirlenen çarpıklık katsayısı ile pozitif yönde normal dağılımdan uzaklaşma gösteren (sağa çarpık dağılım) verilere deneysel yarıvariogramların hesaplanmasında avantaj sağlaması açısından logaritmik dönüşüm uygulanmıştır.

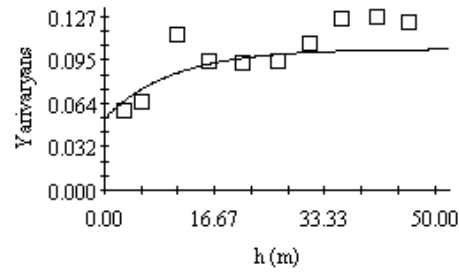
Özelliğin, dönüşüm uygulanmış tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 1'de verilmiştir.

Toprakta organik maddenin konumsal yapısında yöne bağlı değişim (anizotropi) olup olmadığı gözlenmiş olup, azimut açısı 90⁰ ötelendiğinde major ve minör yapısal uzaklık arasında 1,62 oranında fark gözlenmiş olup, organik maddenin anizotropik bir yapı sergilediği belirlenmiştir.

Bu çalışma alanında organik madde değişkeni deneysel yarıvaryogramları üssel model ile modellenmiştir. Yarıvaryogramlar şekil 4.17’de görülmektedir. Modelde kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 0,05$, yapısal varyans $C_1 = 0,05$, tepe varyansı $C = 0,10$ olarak belirlenmiştir. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 10,33 m, minör yapısal uzaklık ise 9,67 m olarak bulunmuştur (Çizelge 4.29).

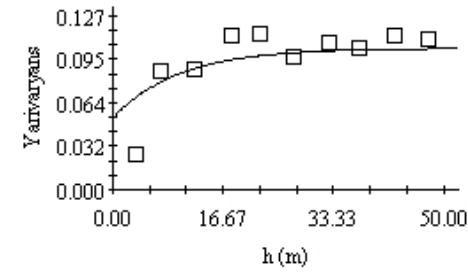
Organik madde değişkeni nadas-ürün alanında orta derecede konumsal bağımlılık göstermiştir (%50,87). Toplam varyansın % 51’ini kontrolsüz etki varyansı, % 49’unu yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.29). Deneysel yarıvaryogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenen organik madde dağılım yüzeylerine göre iki dağılım yüzeyi arasında farklılıklar bulunduğu ve simülasyon tekniği ile belirlenen dağılımın daha homojen olarak % 0,72-3,41 arasında değiştiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.18.a,b).

Organik Madde (%) Anizotropik Variogram (90°)



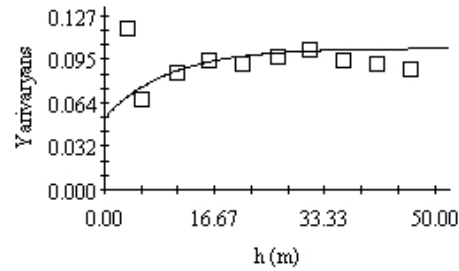
Exponentialmodel($C_0 = 0.05264$; $C_0 + C = 0.10348$; $AM_{Major} = 10.33$;
 $AM_{Minor} = 9.67$; $r^2 = 0.615$; $RSS = 8.403E-03$)

Organik Madde (%) Anizotropik Variogram (135°)



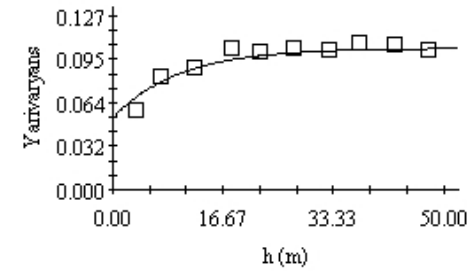
Exponentialmodel($C_0 = 0.05264$; $C_0 + C = 0.10348$; $AM_{Major} = 10.33$;
 $AM_{Minor} = 9.67$; $r^2 = 0.615$; $RSS = 8.403E-03$)

Organik Madde (%) Anizotropik Variogram (180°)



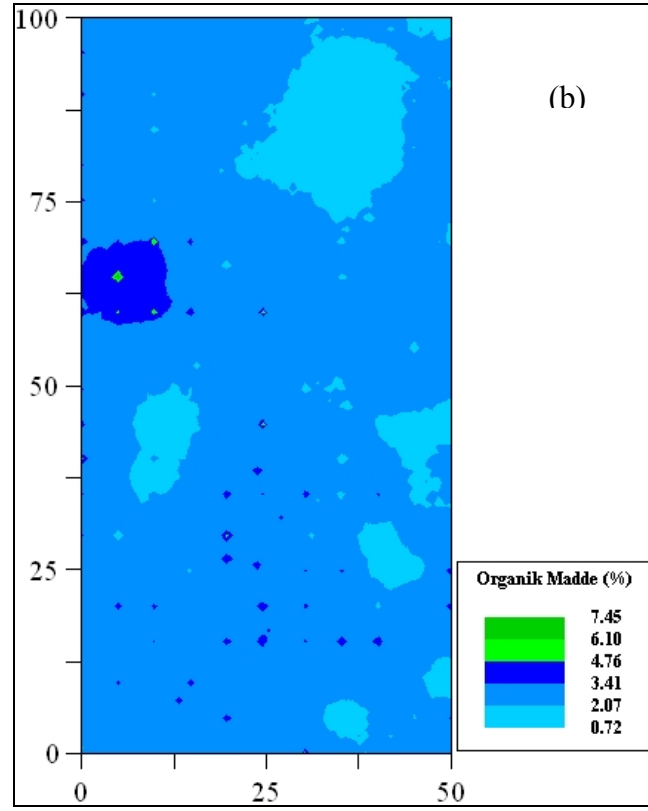
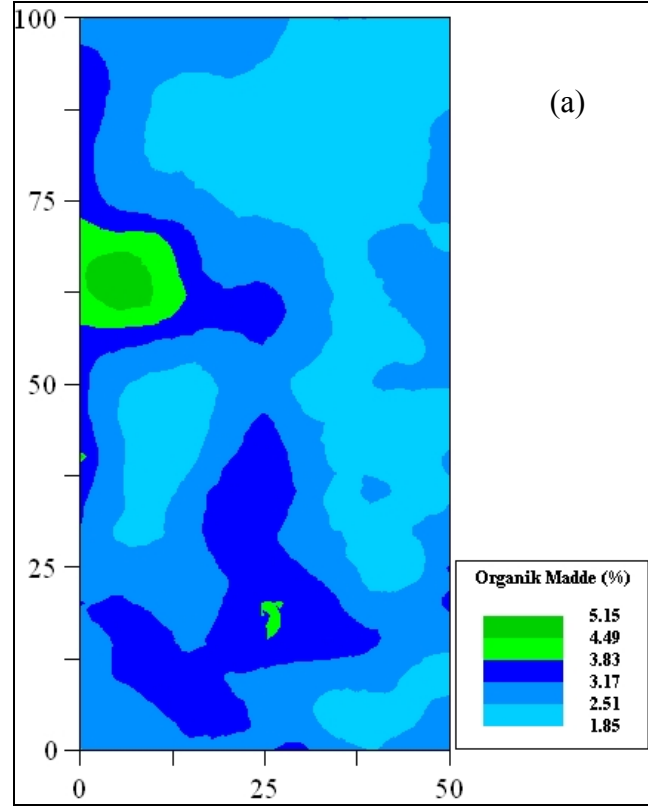
Exponentialmodel($C_0 = 0.05264$; $C_0 + C = 0.10348$; $AM_{Major} = 10.33$;
 $AM_{Minor} = 9.67$; $r^2 = 0.615$; $RSS = 8.403E-03$)

Organik Madde(%) Anizotropik Variogram (225°)



Exponentialmodel($C_0 = 0.05264$; $C_0 + C = 0.10348$; $AM_{Major} = 10.33$;
 $AM_{Minor} = 9.67$; $r^2 = 0.615$; $RSS = 8.403E-03$)

Şekil 4.17 Nadas-ürün alanı organik madde değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri



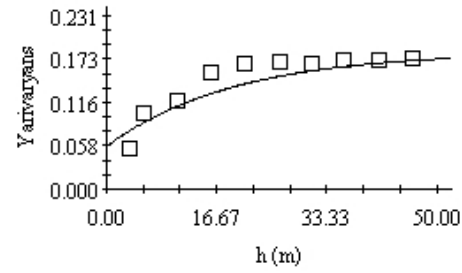
Şekil 4.18 Nadas-ürün alanı organik madde kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.1.2 Doygun hidrolik iletkenlik (Ks) (cm/h)

Hidrolik iletkenliğin konumsal ve zamansal değişimi; örnekleme etkileri, bunun yanında ölçüm metod ve ekipmanlarının, toprakların, arazi kullanımı ve tarımsal uygulamaların hidrolik iletkenlik üzerine olan etkileri değerlendirilmektedir. Ölçüm metodları değişkenliği önemli derecede etkilemektedir. Arazide belirlenen hidrolik iletkenlik, laboratuvar ölçümlerinden çok daha büyük değişkenlik gösterebilmektedir. Hidrolik iletkenliğin konumsal ve zamansal değişimleri ve toprak özellikleri, arazi kullanımları, tarımsal uygulamalar, iklim ve çevre koşulları ve ölçüm metodları arasındaki ilişkiler oldukça karmaşıktır ve bir çok faktörün dikkate alınması gerekmektedir (Deb ve Shukla, 2012). Nadas-ürün alanında doymuş hidrolik iletkenlik özelliğinin, dönüşüm uygulanmış tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 2’de verilmiştir. Doygun hidrolik iletkenlik dağılımı bu çalışma alanında 0,17-7,55 cm/h arasında değişmiş olup, değişim katsayısı % 61,98 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı doymuş hidrolik iletkenlik değişkeni için 1,18 olarak belirlenmiş ve veriler pozitif yönde normal dağılımdan uzaklaşma (sağa çarpık dağılım) göstermiştir. Deneysel yarıvariogramlar verilere karekök dönüşüm uygulanarak hesaplanmıştır. Doygun hidrolik iletkenlik özelliği bu alanda yöne bağlı değişim (anizotropi) göstermiş olup, kuzey-güney yönünde major ve minör yapısal uzaklık arasında 1,43 oranında fark belirlenmiştir.

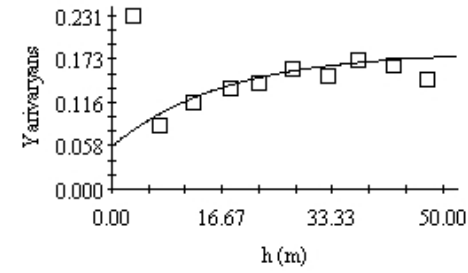
Nadas-ürün alanında hidrolik iletkenlik değişkeni deneysel variogramları ile en iyi uyumu üssel model göstermiştir. Yarıvariogramlar şekil 4.19’da görülmektedir. Modelde kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 0,057$, yapısal varyans $C_1 = 0,126$, tepe varyansı $C = 0,183$ olarak belirlenmiştir. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 19,31 m, minör yapısal uzaklık ise 14,47 m olarak bulunmuştur (Çizelge 4.29). Hidrolik iletkenlik değişkeni nadas-ürün alanında orta derecede konumsal bağımlılık göstermiştir (% 31,10). Toplam varyansın % 31,1’ini kontrolsüz etki varyansı, % 68,9’unu yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.29). Deneysel yarıvariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenen hidrolik iletkenlik dağılım yüzeyleri arasında benzerlik bulunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.20.a,b).

Hidrolik İletkenlik (cm/h) Anizotropik Variogram (0°)



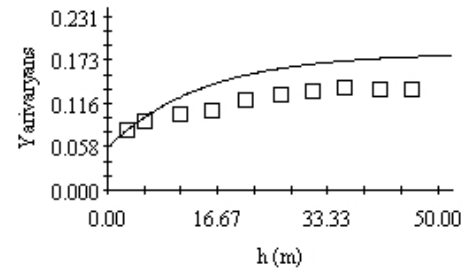
Exponentialmodel($C_0 = 0.0569$; $C_0 + C = 0.1828$; $AMajor = 19.31$;
 $AMinor = 14.47$; $r_2 = 0.650$; $RSS = 0.0402$)

Hidrolik İletkenlik (cm/h) Anizotropik Variogram (45°)



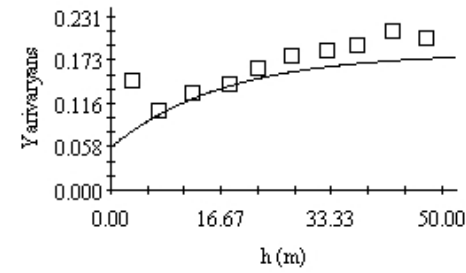
Exponentialmodel($C_0 = 0.0569$; $C_0 + C = 0.1828$; $AMajor = 19.31$;
 $AMinor = 14.47$; $r_2 = 0.650$; $RSS = 0.0402$)

Hidrolik İletkenlik (cm/h) Anizotropik Variogram (90°)



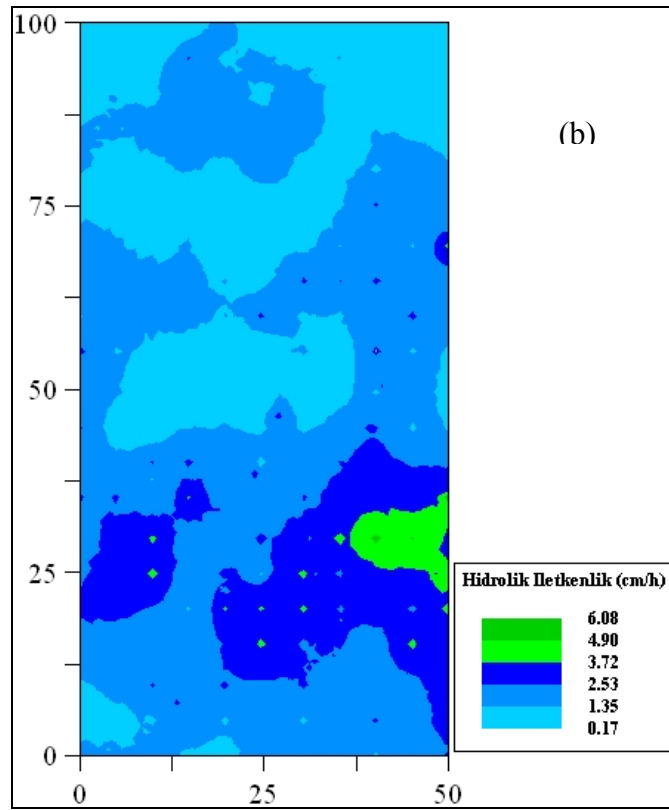
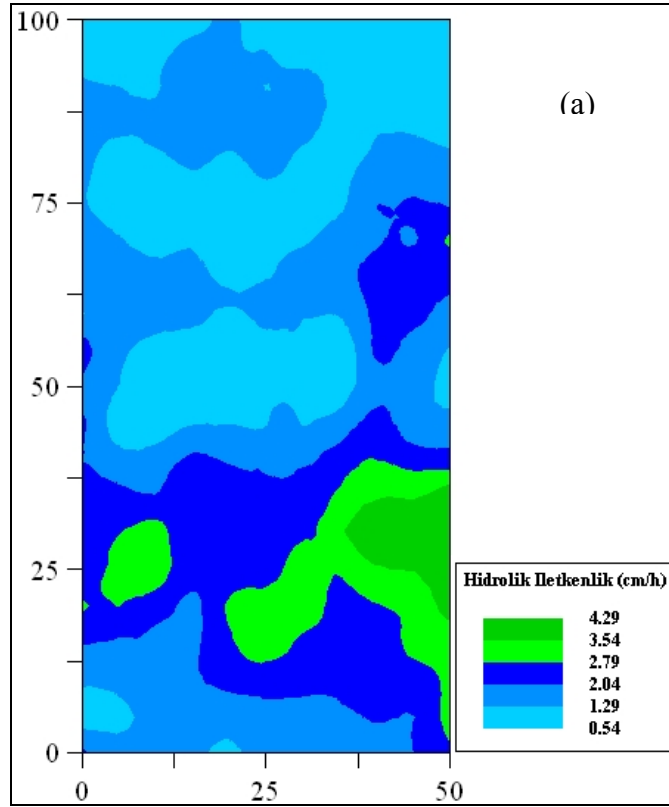
Exponentialmodel($C_0 = 0.0569$; $C_0 + C = 0.1828$; $AMajor = 19.31$;
 $AMinor = 14.47$; $r_2 = 0.650$; $RSS = 0.0402$)

Hidrolik İletkenlik (cm/h) Anizotropik Variogram (135°)



Exponentialmodel($C_0 = 0.0569$; $C_0 + C = 0.1828$; $AMajor = 19.31$;
 $AMinor = 14.47$; $r_2 = 0.650$; $RSS = 0.0402$)

Şekil 4.19 Nadas-ürün alanı hidrolik iletkenlik değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.20 Nadas-ürün alanı hidrolik iletkenlik kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

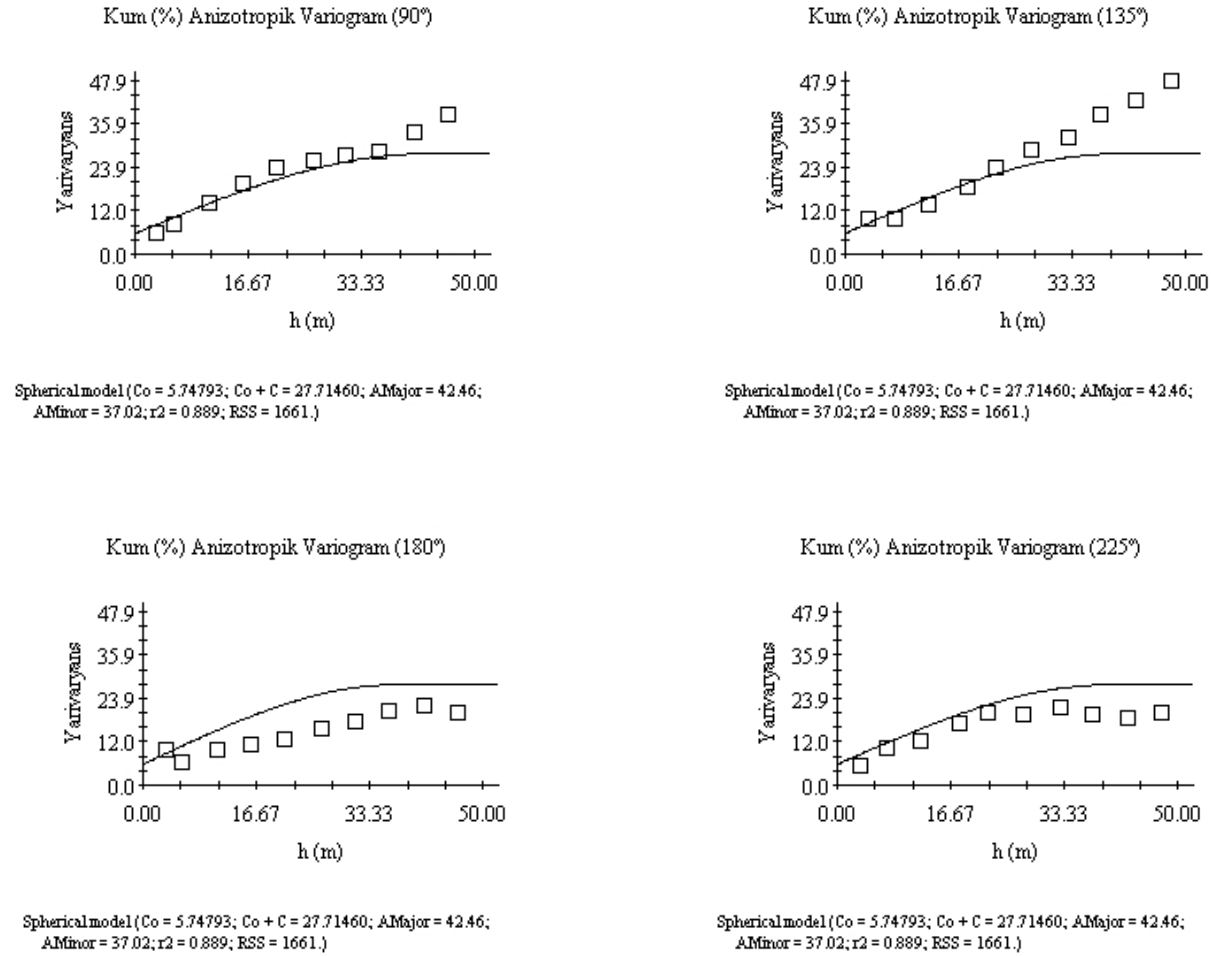
4.7.1.3 Kum (%)

Nadas-ürün alanında kum özelliğinin, tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 3’de verilmiştir.

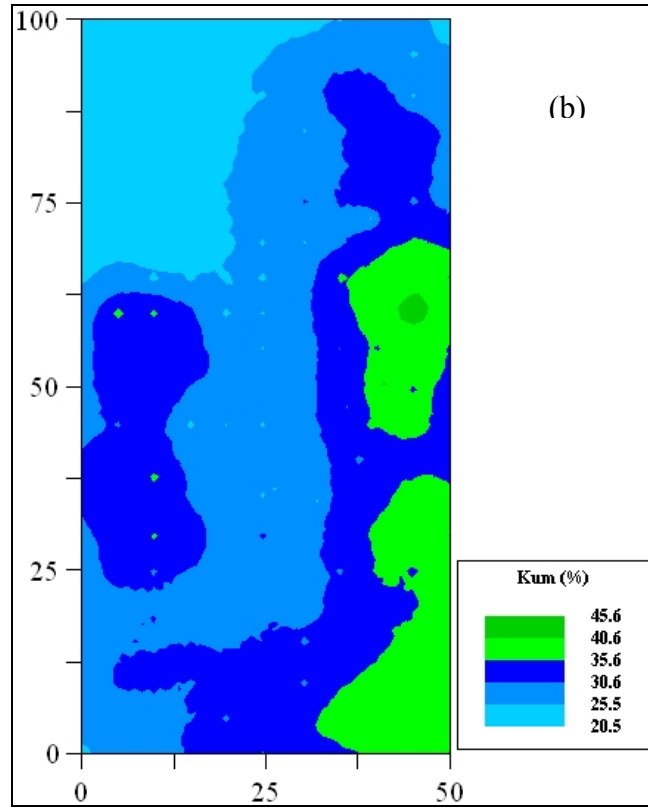
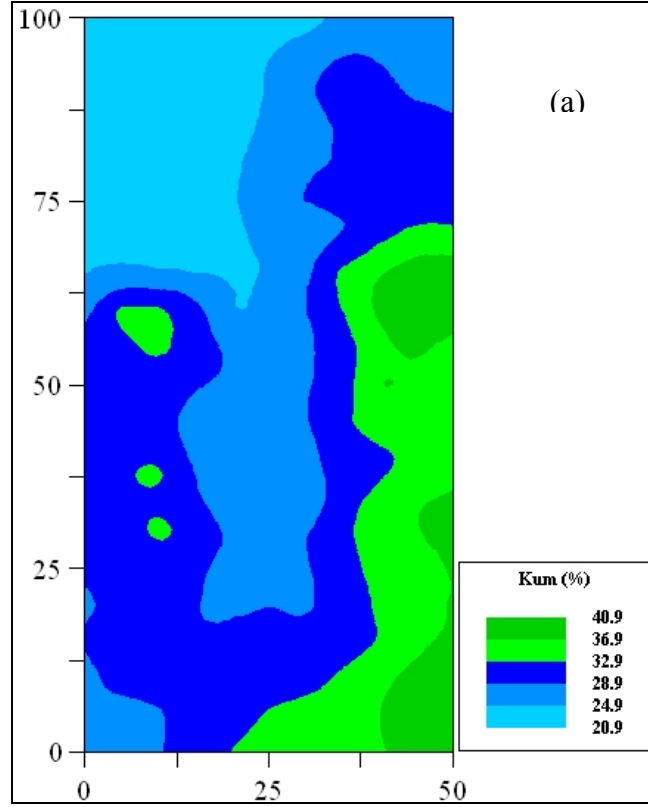
Nadas-ürün alanında kum değerleri % 19,84-45,58 arasında değişmiş olup, değişim katsayısı % 17,69 olarak belirlenmiştir. Bu değişken için 0.50 olarak belirlenen çarpıklık katsayısı değeri kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer aldığı için deneysel yarivariogramlar ham veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Kum değerleri bu arazi kullanımında yöne bağlı değişim (anizotropi) göstermiş olup, azimut açısı kuzeyden itibaren 90^0 ötelendiğinde major ve minör yapısal uzaklık arasında 1,60 oranında fark belirlenmiştir.

Nadas-ürün alanında kum değişkeni deneysel variogramları ile en iyi uyumu küresel model göstermiştir. Yarivariogramlar şekil 4.21’de görülmektedir. Modelde kontrolsüz etki varyansı $C_0= 5,74$, yapısal varyans $C_1= 21,97$, tepe varyansı $C= 27,71$ olarak belirlenmiştir. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 42,46 m, minör yapısal uzaklık ise 37,02 m olarak belirlenmiştir. Kum değişkeni nadas-ürün alanında yüksek derecede konumsal bağımlılık göstermiş (% 20,74), yani kısa yapısal uzaklıklarda fazla değişkenlik gözlenmemiştir. Toplam varyansın % 20,7’ini kontrolsüz etki varyansı, % 79,3’ünü yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.29).

Deneysel yarivariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenen kum değerleri dağılım yüzeyleri arasında benzerlik bulunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.22.a,b).



Şekil 4.21 Nadas-ürün alanı kum anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.22 Nadas-ürün alanı kum kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.1.4 Silt (%)

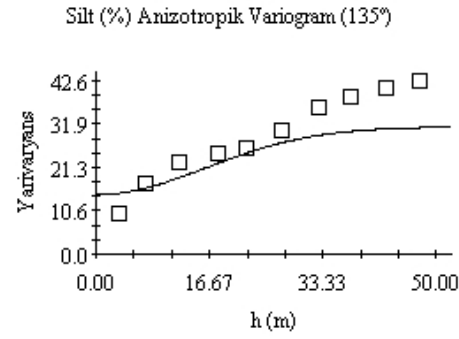
Nadas-ürün alanında silt özelliğinin, tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 4’de verilmiştir.

Bu arazi kullanımında silt değerleri % 19,14-62,03 arasında değişmiş olup, değişim katsayısı % 15,20 olarak belirlenmiştir. Bu değişken için 0,05 olarak belirlenen çarpıklık katsayısı değeri kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer almıştır. Bu nedenle deneysel yarivariogramların hesaplanmasında ham verilerden yararlanılmıştır. Bu arazi kullanımında silt değişkeninin yöne bağlı değişimi incelenmiş olup, azimut açısı kuzeyden itibaren 135^0 ötelendiğinde major ve minör yapısal uzaklık arasında 2,17 oranında fark belirlenmiştir.

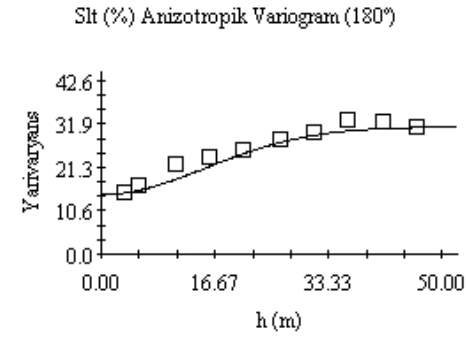
Nadas-ürün alanında silt değişkeni deneysel variogramları Gauss model ile modellenmiştir. Yarivariogramlar şekil 4.23’de görülmektedir. Modelde kontrolsüz etki varyansı $C_0= 14,60$, yapısal varyans $C_1= 16,63$, tepe varyansı $C= 31,23$ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.29).

Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 22,71 m, minör yapısal uzaklık ise 20,55 m olarak belirlenmiştir. Silt değişkeni nadas-ürün alanında orta derecede konumsal bağımlılık (% 20,74) göstermiştir. Toplam varyansın % 46,70’ini kontrolsüz etki varyansı, % 53,3’ünü yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.29).

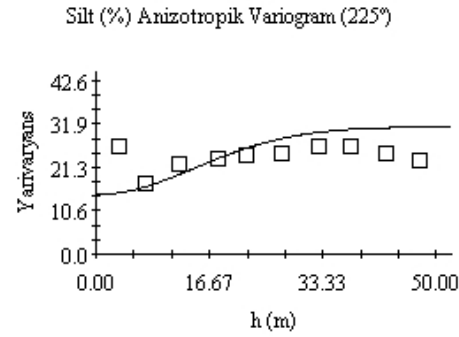
Deneysel yarivariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenen kum değerleri dağılım yüzeyleri incelendiğinde aralarında fark bulunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.24.a,b).



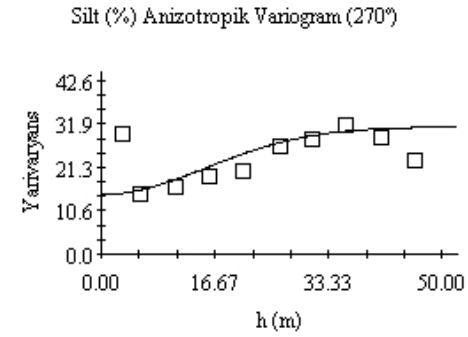
Gaussianmodel(Co = 14.60241; Co + C = 31.23553; AMajor = 22.71;
AMinor = 20.55; r2 = 0.599; RSS = 990.)



Gaussianmodel(Co = 14.60241; Co + C = 31.23553; AMajor = 22.71;
AMinor = 20.55; r2 = 0.599; RSS = 990.)

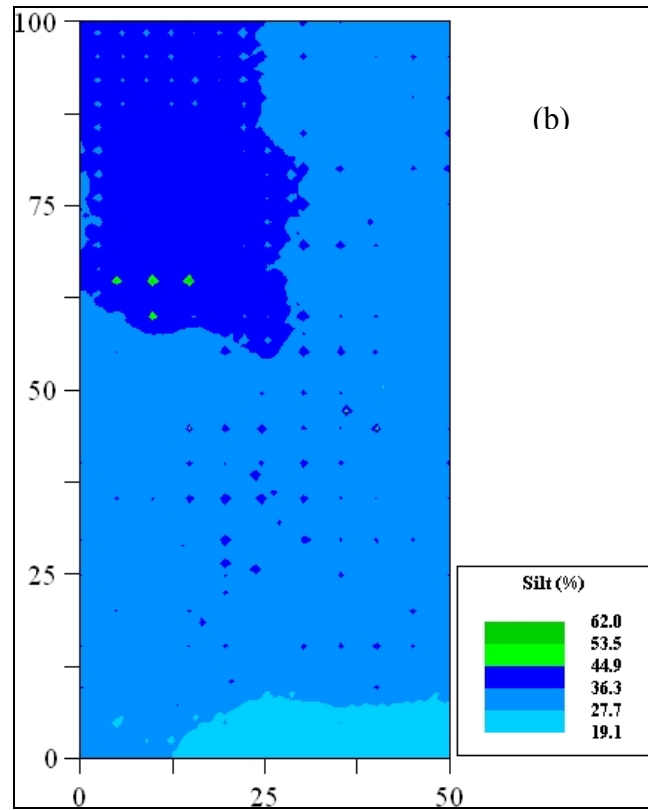
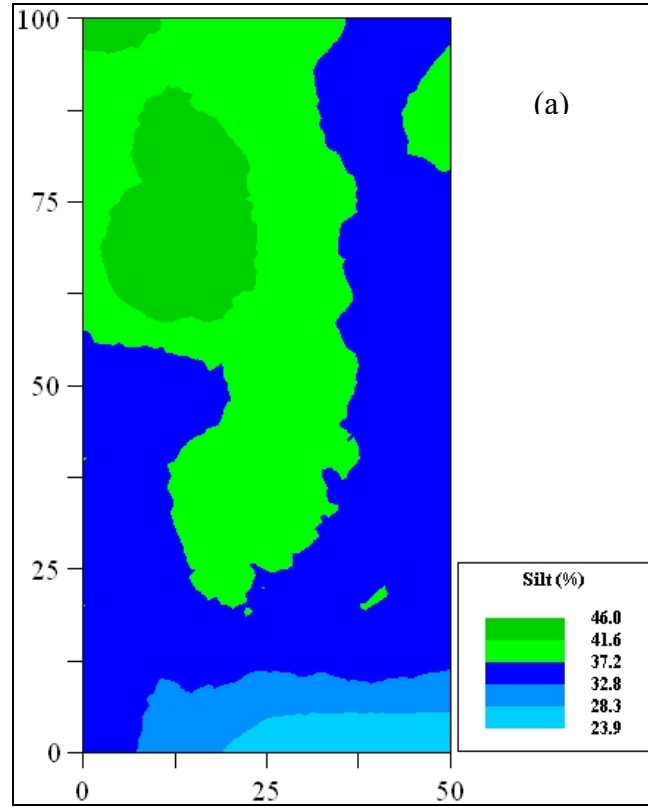


Gaussianmodel(Co = 14.60241; Co + C = 31.23553; AMajor = 22.71;
AMinor = 20.55; r2 = 0.599; RSS = 990.)



Gaussianmodel(Co = 14.60241; Co + C = 31.23553; AMajor = 22.71;
AMinor = 20.55; r2 = 0.599; RSS = 990.)

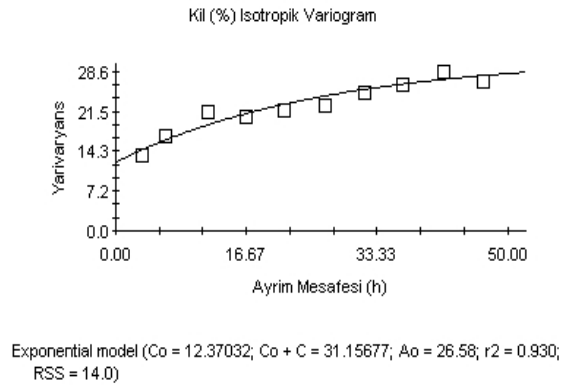
Şekil 4.23 Nadas-ürün alanı silt anizotropik yarıvariogram modelleri



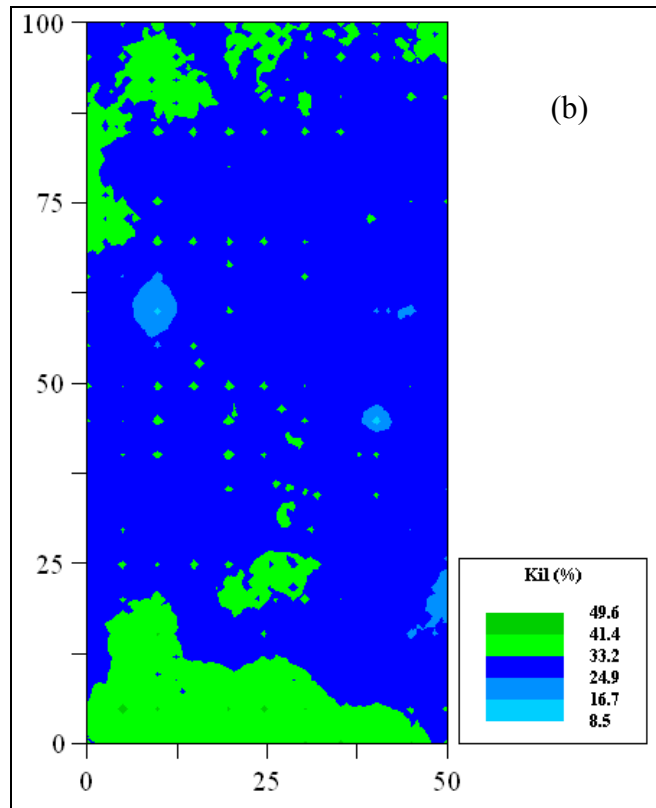
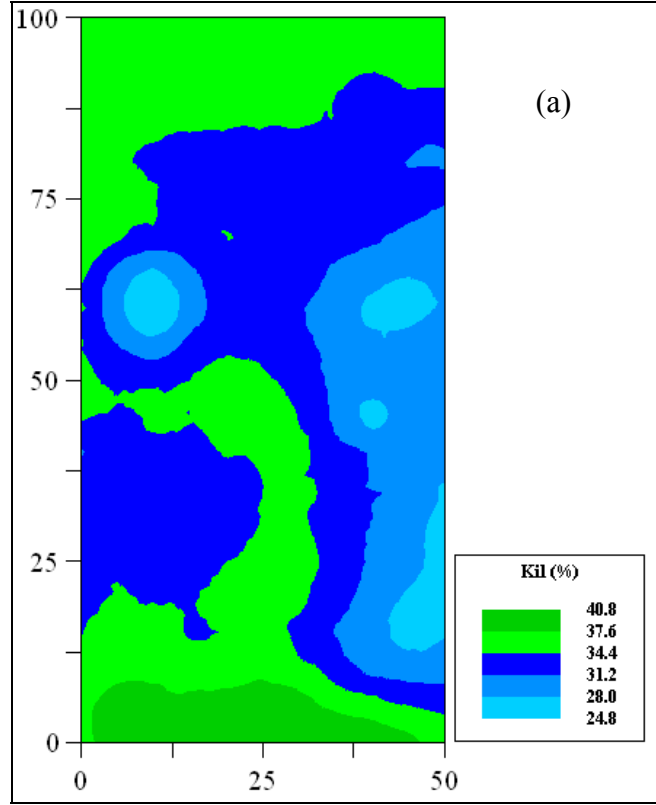
Şekil 4.24 Nadas-ürün alanı silt kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.1.5 Kil (%)

Nadas-ürün alanında kil özelliğinin, tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri ve Ek 5’de verilmiştir. Bu arazi kullanımında % 8,52-49,56 arasında değişmiş olan kil değerlerinin değişim katsayısı % 15,33 olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında kil değerlerinin -0,94 olarak hesaplanan çarpıklık katsayısına göre, veriler sola çarpık dağılım göstererek normal dağılımdan uzaklaşmışlardır. Ancak, uygulanan dönüşüm işlemlerinin hiçbiri bu çarpıklığı gidermediği için yarıvariogramların hesaplanmasında ham veriler kullanılmıştır. Bu arazi kullanımında kil değişkeninin yöne bağlı değişimi incelenmiş olup, değişkenin yöne bağlı olarak değişim göstermediği belirlenmiştir. Nadas-ürün alanında kil değerleri dağılımı deneysel variogramlarının üssel model ile modellenen yarıvariogramı şekil 4.25’de görülmektedir. Modelde kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 12,37$, yapısal varyans $C_1 = 18,79$, tepe varyansı $C = 31,16$ olarak belirlenmiştir. Model sonuçlarına göre yapısal uzaklık 26,58 m olarak belirlenmiştir. Bu değişken nadas-ürün alanında orta derecede konumsal bağımlılık göstermiş (% 39,70) olup, toplam varyansın % 39,7’sini kontrolsüz etki varyansı, % 60,3’ünü yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.29). Deneysel yarıvariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenen kil değerleri dağılım yüzeyleri incelendiğinde aralarında fark bulunduğu, kriging kestirim yüzeyinde daha heterojen bir dağılım gözlenirken, simülasyon dağılımında alanın büyük kısmının kil içeriğinin % 24,9-33,2 arasında kestirildiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.26.a,b).



Şekil 4.25 Nadas-ürün alanı kil izotropik yarıvariogram modeli



Şekil 4.26 Nadas-ürün alanı kil kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.1.6 Çok ince kum (%)

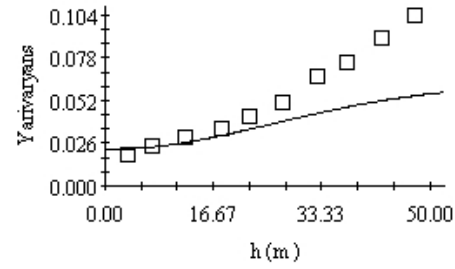
Nadas-ürün alanında çok ince kum özelliğinin, tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri ve variogram haritası Ek 6'da verilmiştir.

Çalışma alanında çok ince kum değerleri dağılımı % 1,22-9,93 arasında değişim göstermiş ve değişim katsayısı % 28,33 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı 1,94 olarak belirlenen ve normal dağılımdan pozitif yönde uzaklaşma gösteren verilere logaritmik dönüşüm uygulanarak deneysel yarivariogramlar hesaplanmıştır. Toprakta çok ince kum değişkeninin konumsal yapısında yöne bağlı değişim (anizotropi) olup olmadığı incelenmiş, azimut açısı 135^0 ötelendiğinde major ve minör yapısal uzaklıklar arasında 2,09 oranında fark belirlenerek, anizotropik bir yapı sergilediği gözlemlenmiştir.

Çok ince kum değerleri dağılımının deneysel variogramları nadas-ürün alanında Gauss model ile en iyi uyumu göstermiştir. Modellenen yarivariogramlar şekil 4.27'de görülmektedir. Modelde kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 0,022$, yapısal varyans $C_1 = 0,040$, tepe varyansı $C = 0,062$ olarak belirlenmiştir. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 36,53 m, minör yapısal uzaklık ise 28,02 m olarak belirlenmiştir. Çok ince kum değişkeni bu alanda orta derecede konumsal bağımlılık göstermiş (% 35,60) olup, toplam varyansın % 35,6'sını kontrolsüz etki varyansı, % 64,4'ünü yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.29).

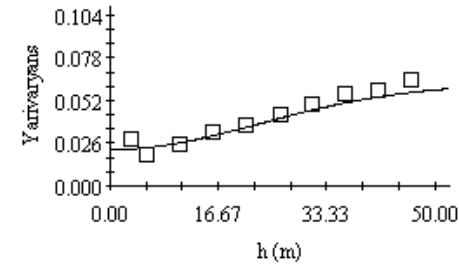
Deneysel yarivariogram parametrelerine göre çok ince kum değerleri dağılımlarının noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenen yüzeyleri incelendiğinde aralarında fark bulunduğu görülmektedir. Kriging kestirim yüzeyinde daha yüksek içeriklerin daha fazla dağılım alanı kapladığı gözlenirken, simülasyon ile belirlenen dağılım yüzeyinde alanın büyük kısmının çok ince kum içeriğinin % 2,17-3,12 arasında değiştiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.28.a,b).

Cok Ince Kum (%) Anizotropik Variogram (135°)



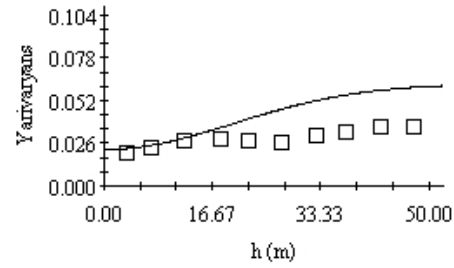
Gaussianmodel($C_0 = 0.02205$; $C_0 + C = 0.06194$; $AMajor = 36.53$;
 $AMinor = 28.02$; $r^2 = 0.921$; $RSS = 5.214E-03$)

Cok Ince Kum (%) Anizotropik Variogram (180°)



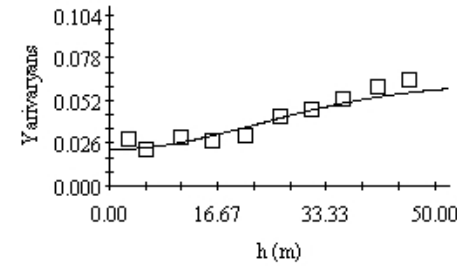
Gaussianmodel($C_0 = 0.02205$; $C_0 + C = 0.06194$; $AMajor = 36.53$;
 $AMinor = 28.02$; $r^2 = 0.921$; $RSS = 5.214E-03$)

Cok Ince Kum (%) Anizotropik Variogram (225°)



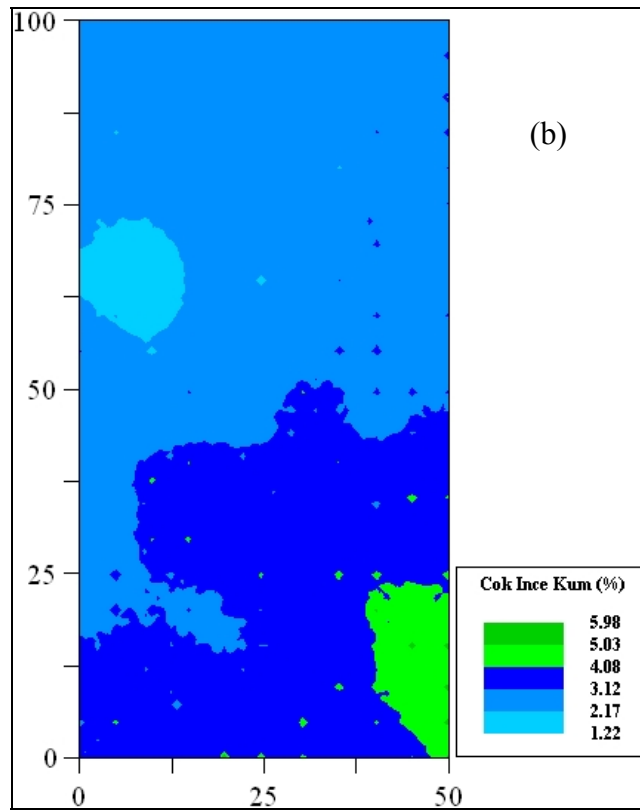
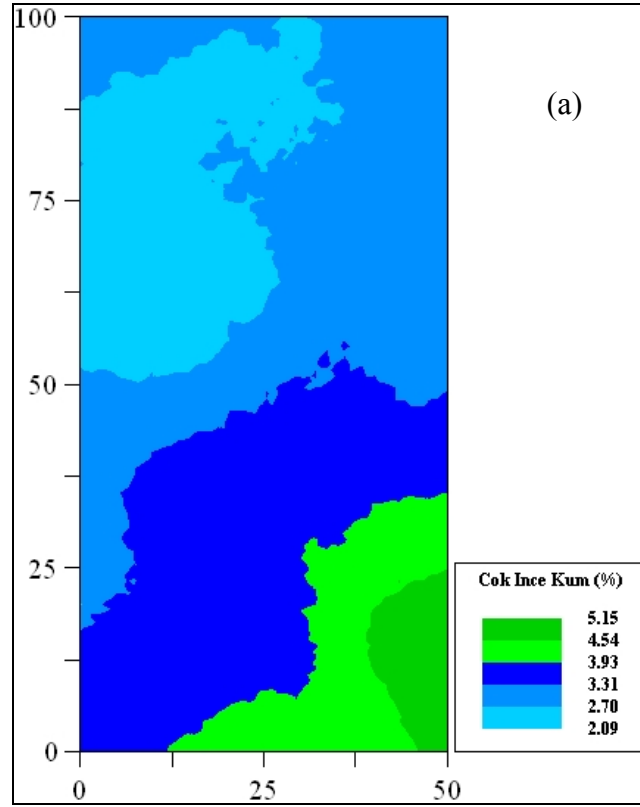
Gaussianmodel($C_0 = 0.02205$; $C_0 + C = 0.06194$; $AMajor = 36.53$;
 $AMinor = 28.02$; $r^2 = 0.921$; $RSS = 5.214E-03$)

Cok Ince Kum (%) Anizotropik Variogram (270°)



Gaussianmodel($C_0 = 0.02205$; $C_0 + C = 0.06194$; $AMajor = 36.53$;
 $AMinor = 28.02$; $r^2 = 0.921$; $RSS = 5.214E-03$)

Şekil 4.27 Nadas-ürün alanı çok ince kum anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.28 Nadas-ürün alanı çok ince kum kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.2 Bozuk meşelik alan toprak özellikleri jeostatistiksel analizleri

Bozuk meşelik alanda jeostatistiksel analizi yapılan organik madde, hidrolik iletkenlik, kum, kil, silt ve çok ince kum özelliklerine ait model ve parametreleri çizelge 4.30’da verilmiştir. Özelliklerin, dönüşüm uygulanmış tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 7-12’de verilmiştir.

Çizelge 4.30 Bozuk meşelik alan toprak özellikleri model ve parametreleri

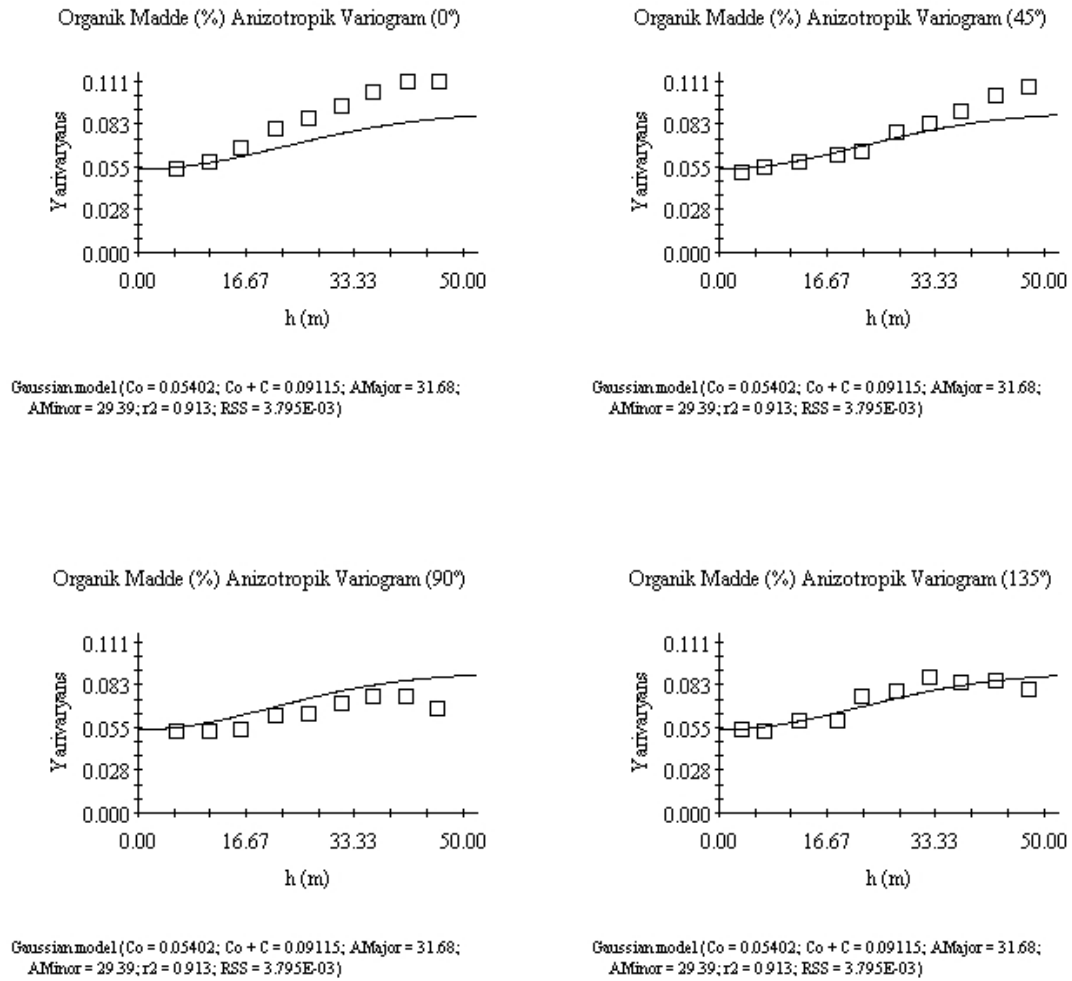
Özellik	Model	C_0	$C_0 + C$	C_1	$\frac{C_1}{(C_0+C)}$	A_MJ	A_MN	KBD	KBS
Organik madde	Gauss	0,054	0,091	0,037	0,407	31,68	29,39	59,27	Orta
Doygun hidrolik iletkenlik					tam kontrolsüz etki varyansı				
Kum	Gauss	15,67	35,13	19,46	0,554	32,68	30,82	44,59	Orta
Silt	Üssel	5,63	13,28	7,65	0,576	9,70		42,40	Orta
Kil	Gauss	9,71	21,47	11,76	0,548	36,74	34,61	45,22	Orta
Çok ince kum	Gauss	0,032	0,046	0,014	0,303	55,20	47,85	69,72	Orta

C_0 : kontrolsüz etki varyansı (külçe etkisi), C_0+C : tepe varyansı (sill), C_1 : yapısal varyans, A MJ: majör yapısal uzaklık (m), A MN: minör yapısal uzaklık (m), KBD: konumsal bağımlılık derecesi (%), KBS: konumsal bağımlılık sınıfı

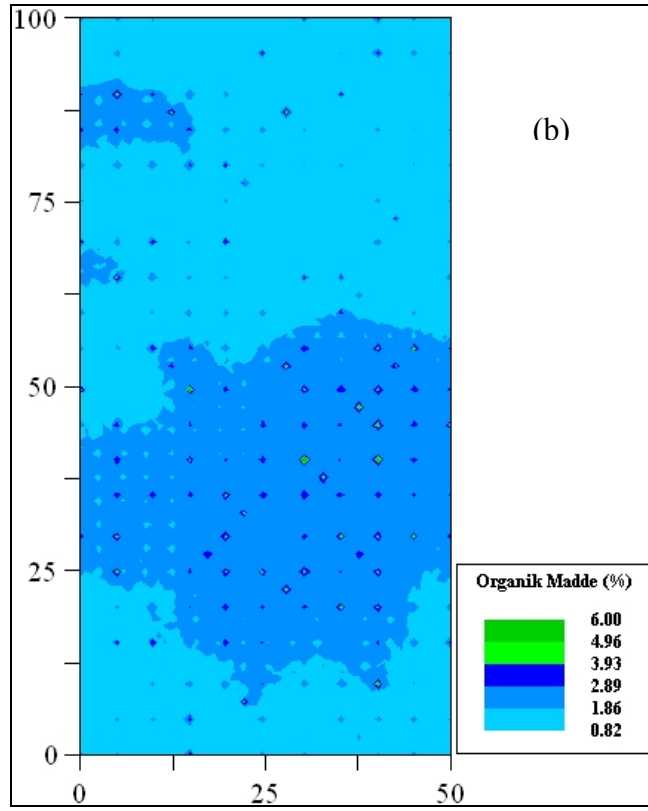
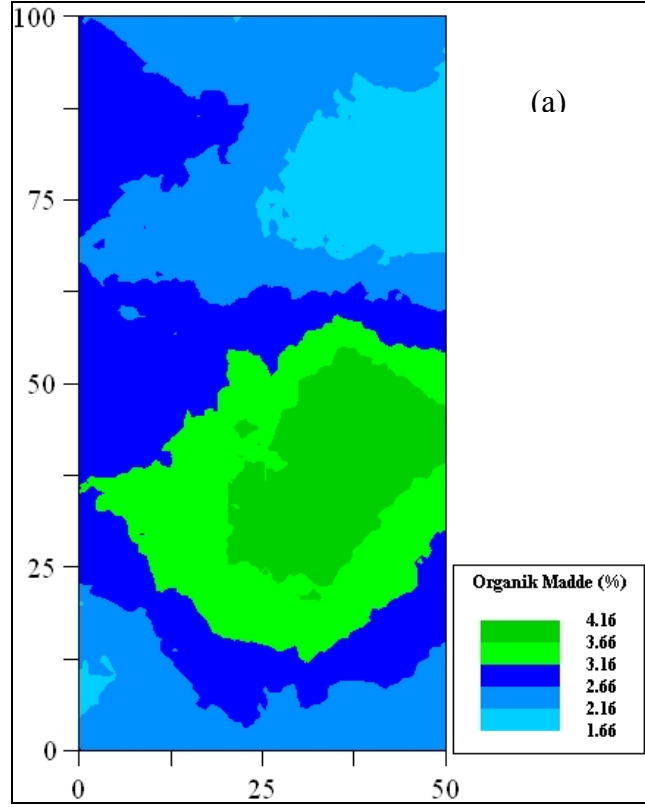
4.7.2.1 Toprak organik maddesi (TOM) (%)

Bozuk meşelik alanda organik madde özelliğinin, tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 7’de verilmiştir. Bozuk meşelik alanda organik madde değerleri dağılımı % 0,82-7,82 arasında değişim göstermiştir. Değişim katsayısı % 28,33 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı 0,74 olarak belirlenen ve normal dağılımdan pozitif yönde uzaklaşma gösteren verilere logaritmik dönüşüm uygulanmış, deneysel yarıvariogramlar dönüşüm uygulanan bu veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Organik madde değişkeni bu alanda yöne göre değişim göstermiş olup, kuzey-güney yönünde, major ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,7 oranında fark belirlenmiştir. Deneysel yarıvariogramlar organik madde değerleri için bozuk meşelik alanda Gauss model ile tanımlanmıştır. Modellenen yarıvariogramlar Şekil 4.29’da görülmektedir. Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0= 0,054$, yapısal varyans $C_1=$

0,0370, tepe varyansı $C = 0,091$ olarak belirlenmiştir. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 31,68 m, minör yapısal uzaklık ise 29,39 m olarak bulunmuştur. Organik madde değişkeni bu alanında orta derecede konumsal bağımlılık göstermiştir (% 59,27). Toplam varyansın % 59,3'ünü kontrolsüz etki varyansı, % 40,7'sini yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.30). Kontrolsüz etki varyansının yüksek bulunması organik madde değerlerinin kısa mesafeler içerisinde değişim göstermesinden kaynaklanmıştır. Deneysel yarıvariogram parametrelerine göre çok ince kum değerleri dağılımlarının noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenen yüzeyleri incelendiğinde aralarında fark bulunduğu görülmektedir. Kriging kestirim yüzeyinde daha heterojen bir dağılım yüzeyi gözlenirken, simülasyon tekniği organik maddenin alandaki dağılımının genel olarak % 0,82-2,09 arasında belirlemiştir (Şekil 4.30.a,b).



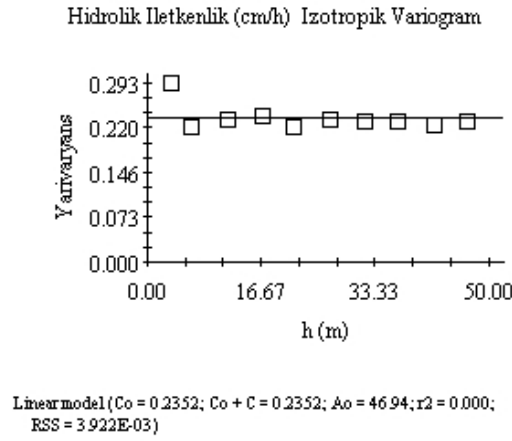
Şekil 4.29 Bozuk meşelik alan organik madde anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.30 Bozuk meşelik alan organik madde kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.2.2 Doygun hidrolik iletkenlik (cm/h)

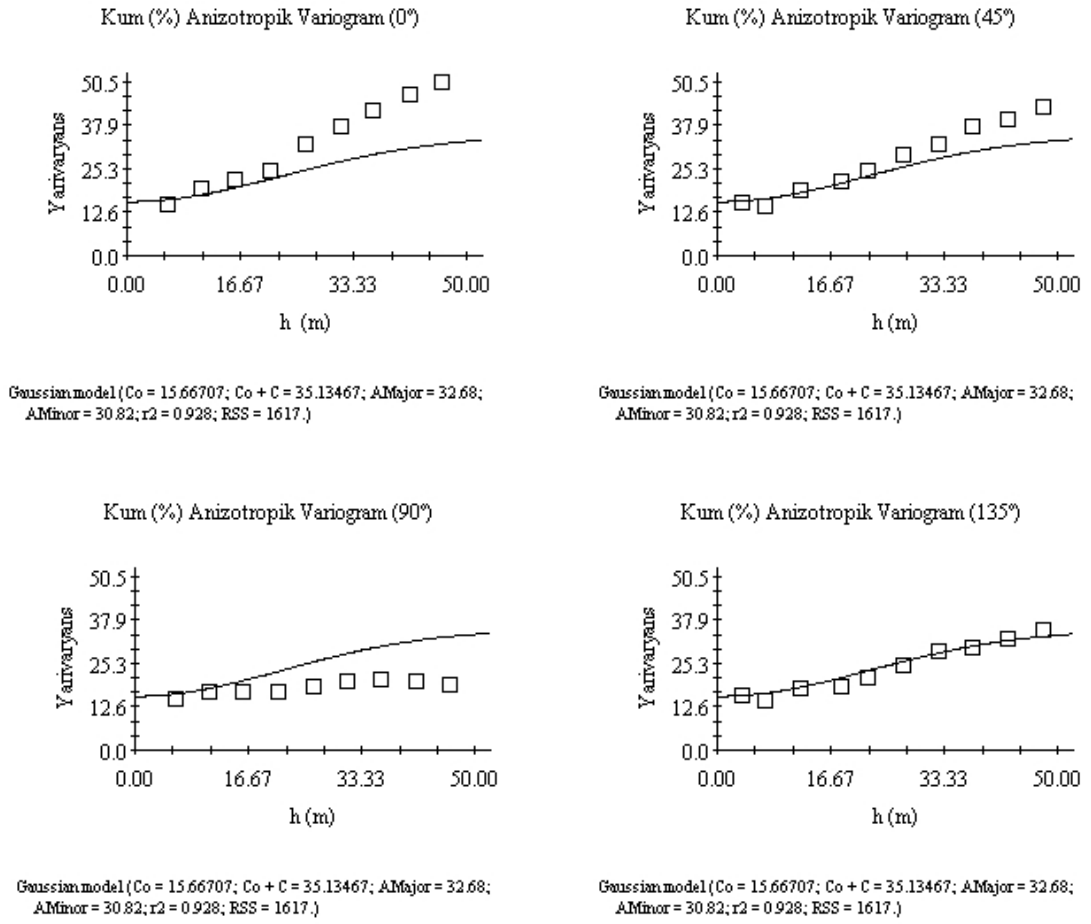
Bozuk meşelik alanda hidrolik iletkenlik özelliğinin, tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 8’de verilmiştir. Bozuk meşelik alanda doygun hidrolik iletkenlik değerleri % 0,79-18,21 arasında değişim göstermiştir. Değişim katsayısı % 42,04 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı 1,13 olarak belirlenen veriler normal dağılımdan pozitif yönde uzaklaşma göstermişlerdir. Hidrolik iletkenlik değişkeni bu alanda tam kontrolsüz etki varyansı (pure nugget) göstermiş olup, bu nedenle jeostatistiksel modelleme uygulanmamıştır (Şekil 4.31).



Şekil 4.31 Hidrolik iletkenlik tam kontrolsüz etki varyansı yarıvaryogramı

4.7.2.3 Kum (%)

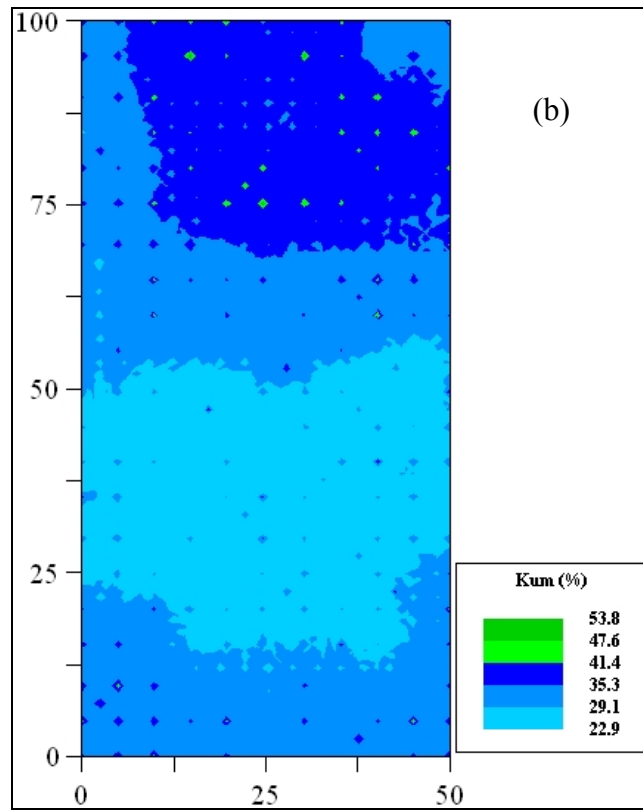
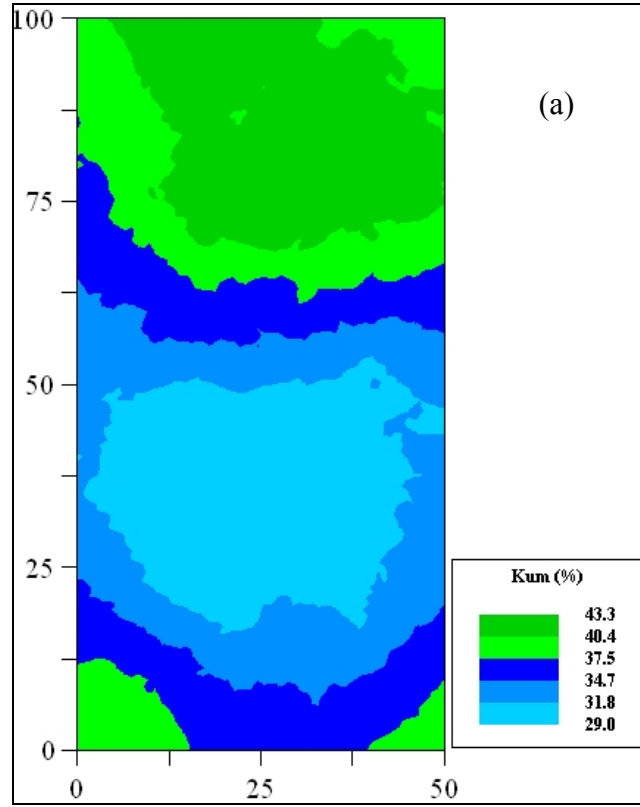
Bozuk meşelik alanda kum özelliğinin, tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 9’da verilmiştir. Bozuk meşelik alanda kum değerleri dağılımı % 14,98-53,77 arasında değişim göstermiştir. Değişim katsayısı % 16,52 olarak belirlenmiştir. Belirlenen 0,05 çarpıklık katsayısı ile veriler normal dağılım göstermişlerdir ve deneysel yarıvariogramlar ham veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Kum değişkeni bu alanda yöne göre değişim göstermiş olup, kuzey-güney yönünde, major ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,98 oranında fark belirlenmiştir.



Şekil 4.32 Bozuk meşelik alan kum anizotropik yarıvariogram modelleri

Deneysel yarıvariogramlar kum değerleri için bozuk meşelik alanda Gauss model ile tanımlanmıştır. Modellenen yarıvariogramlar şekil 4.32’de görülmektedir. Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 15,67$, yapısal varyans $C_1 = 19,46$, tepe varyansı $C = 35,13$ olarak belirlenmiştir. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 32,68 m, minör yapısal uzaklık ise 30,82 m olarak belirlenmiştir. Kum değişkeni bu alanında orta derecede konumsal bağımlılık göstermiştir (% 44,59). Toplam varyansın % 44,6’sını kontrolsüz etki varyansı, % 55,4’ünü yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.30).

Deneysel yarıvariogram parametrelerine göre kum değerleri dağılımlarının noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenen yüzeyleri incelendiğinde aralarında benzerlik bulunduğu görülmektedir (Şekil 4.33.a,b).

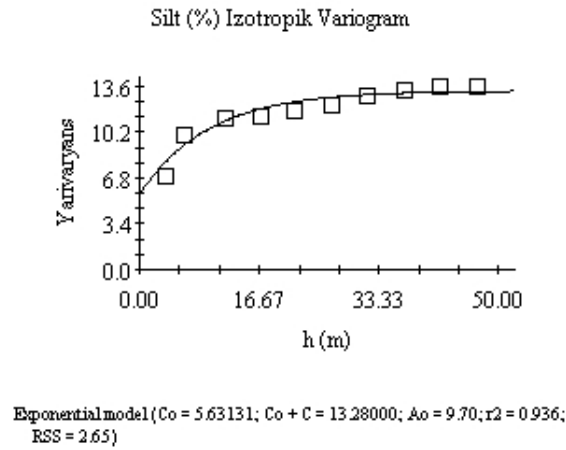


Şekil 4.33 Bozuk meşelik alan kum kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.2.4 Silt (%)

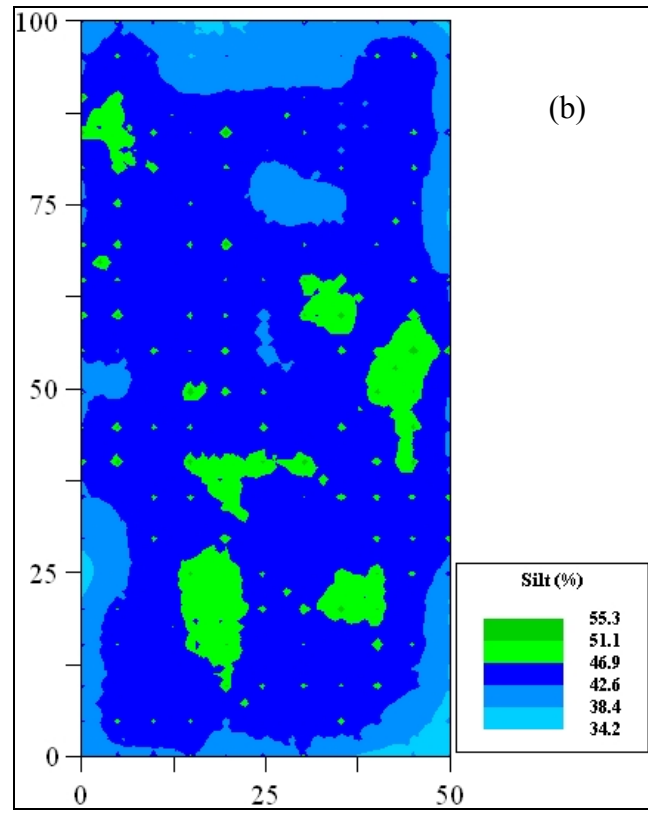
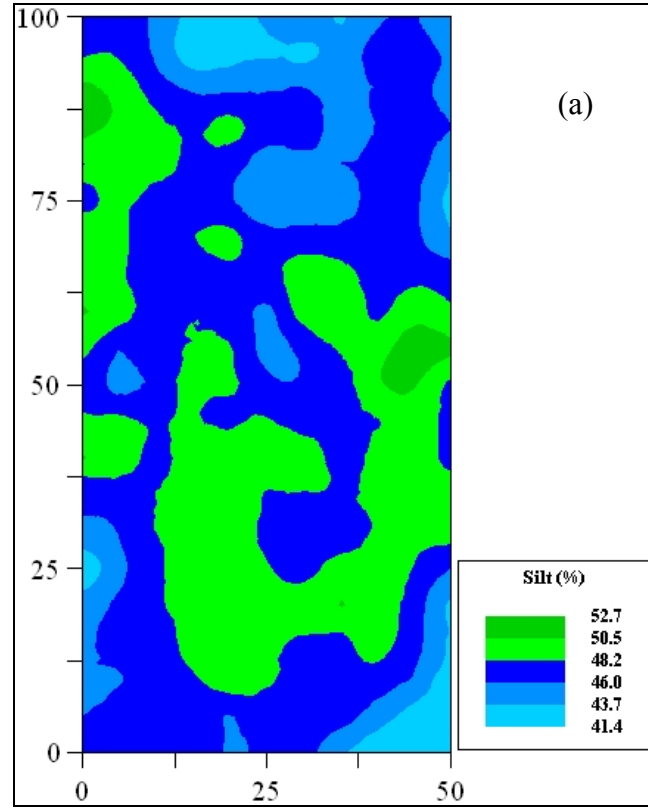
Bozuk meşelik alanda silt özelliğinin, tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 10'da verilmiştir. Bu alanda silt değerleri dağılımı % 35,55-55,33 arasında değişim göstermiş ve değişim katsayısı % 7,66 olarak belirlenmiştir. Belirlenen -0,29 çarpıklık katsayısı normal dağılım için kabul edilebilir sınırlar içerisinde bulunduğu için deneysel yarivariogramlar ham veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Silt değişkeni bu alanda yöne göre değişim göstermemiştir.

Silt değerleri için bozuk meşelik alanda deneysel yarivaryogram üssel model ile tanımlanmıştır. Modellenen yarivariogram şekil 4.34'de görülmektedir. Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 5,63$, yapısal varyans $C_1 = 7,65$, tepe varyansı $C = 13,28$ olarak belirlenmiştir. Model sonuçlarına silt yüzdesinin etki alanı 9,70 m olarak belirlenmiştir. Silt değişkeni bu alanında orta derecede konumsal bağımlılık göstermiştir (% 42,40). Toplam varyansın % 42,4'ünü kontrolsüz etki varyansı, % 57,6'sını yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.30).



Şekil 4.34 Bozuk meşelik alan silt izotropik yarivariogram modeli

Deneysel yarivariogram parametrelerine göre silt değerleri dağılımlarının noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenen Şekil 4.35.a,b'de verilen dağılım yüzeyleri incelendiğinde aralarında farklılıklar bulunduğu görülmektedir.



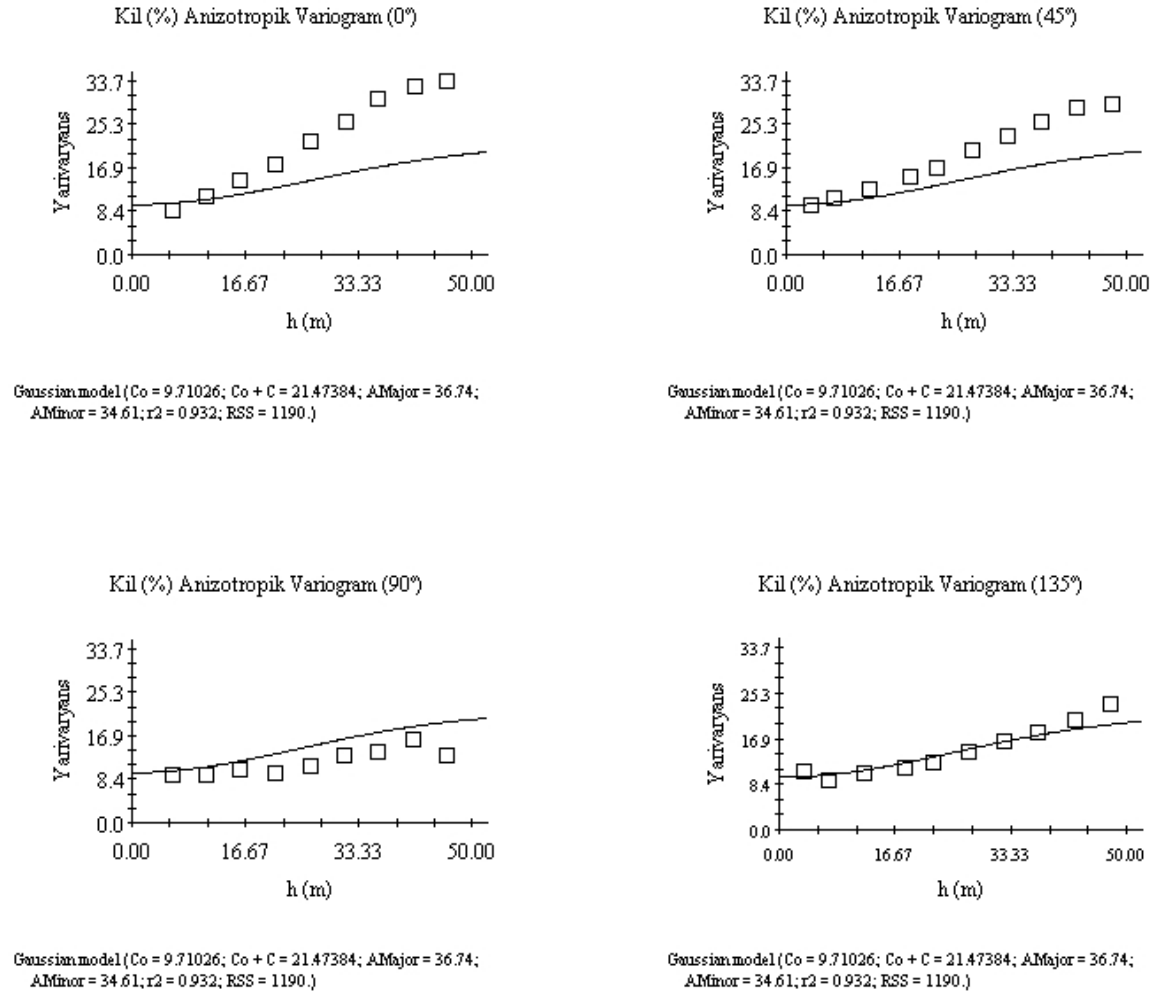
Şekil 4.35 Bozuk meşelik alan silt kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.2.5 Kil (%)

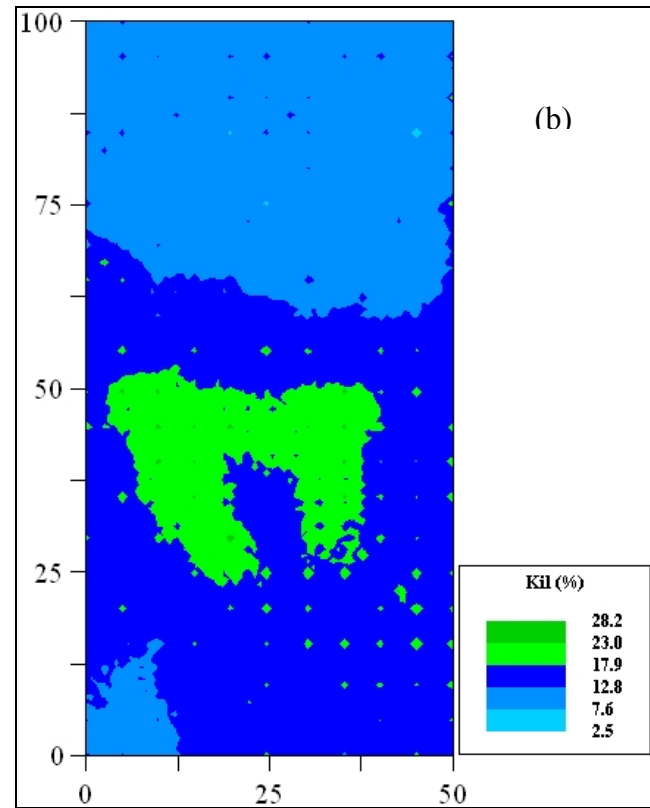
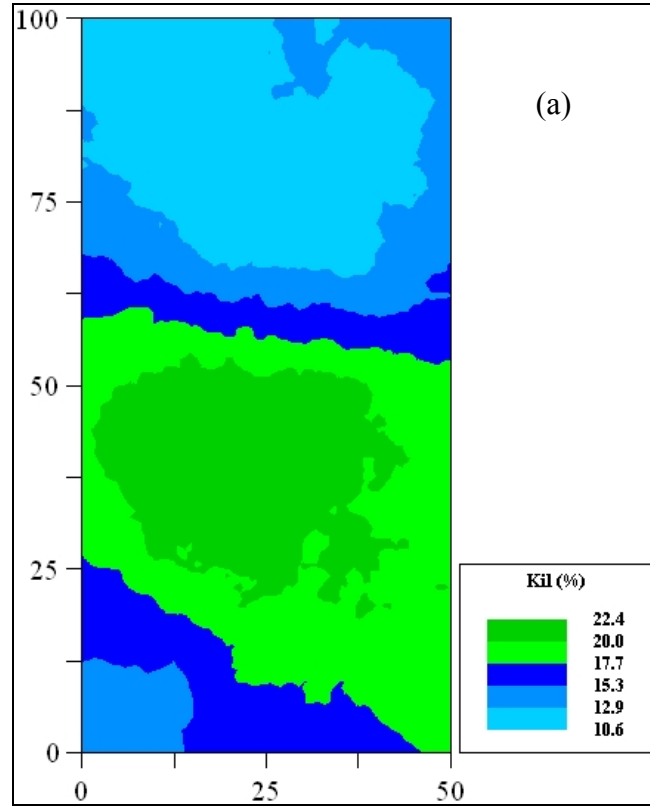
Bozuk meşelik alanda kil özelliğinin, tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 11’de verilmiştir. Kil değerleri dağılımı % 2,5-35,44 arasında değişim göstermiş ve değişim katsayısı % 28,98 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı 0,31 olarak belirlenmiştir ve bu değer normal dağılım için kabul edilebilir sınırlar içerisinde bulunduğu için deneysel yarivariogramlar ham veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Kil değişkeni bozuk meşelik arazi kullanımında yöne göre değişim göstermiş olup, kuzey-güney yönünde major ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,94 oranında fark gözlemlenmiştir.

Kil değerleri dağılımı bozuk meşelik alanda Gauss tip deneysel yarivaryogram ile tanımlanmıştır. Modellenen yarivariogramlar şekil 4.36’da verilmiştir. Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 9,71$, yapısal varyans $C_1 = 11,76$, tepe varyansı $C = 21,47$ olarak belirlenmiştir. Model sonuçlarına kil yüzdesi için major yapısal uzaklık 36,74 m, minör yapısal uzaklık ise 34,61 m olarak belirlenmiştir. Kil değişkeni bu alanında orta derecede konumsal bağımlılık göstermiştir (% 45,22). Toplam varyansın % 45,2’sini kontrolsüz etki varyansı, % 54,8’ini yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.30).

Deneysel yarivariogram parametrelerine göre kil değerleri dağılımlarının noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenen dağılım yüzeyleri incelendiğinde; kriging tahminine göre alanın büyük bir kısmının kil içeriği % 17,7-22,4 arasında değişirken, simülasyon tahminlerine göre ise bu değer genelde % 2,5-17,9 arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.37.a,b).



Şekil 4.36 Bozuk meşelik alan kil anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.37 Bozuk meşelik alan kil kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

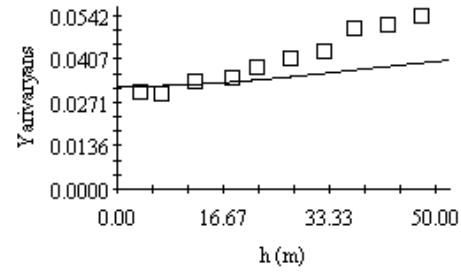
4.7.2.6 Çok ince kum

Bozuk meşelik alanda çok ince kum özelliğinin, tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 12’de verilmiştir. Çok ince kum değerleri dağılımı bozuk meşelik alanda % 0,36-6,44 arasında değişim göstermiştir. Değişim katsayısı % 24,74 olarak belirlenmiştir. Verilerin çarpıklık katsayısı 0,64 bulunmuş, normal dağılımdan pozitif yönde uzaklaşma belirlendiği için verilere karekök dönüşüm uygulanarak deneysel yarıvariogramlar hesaplanmıştır. Çok ince kum değişkeni bu alanda yöne göre değişim göstermiş olup, azimut açısı kuzeyden itibaren 45^0 derece ötelendiğinde, major ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,42 oranında fark belirlenmiştir.

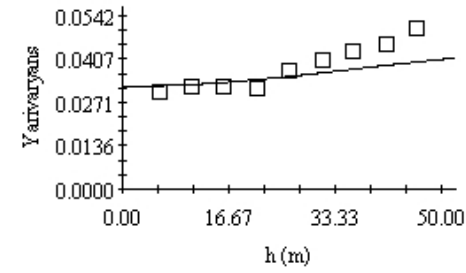
Deneysel yarıvariogramlar çok ince kum değerleri için bozuk meşelik alanda Gauss model ile tanımlanmıştır. Modellenen yarıvariogramlar şekil 4.38’de görülmektedir. Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 0,032$, yapısal varyans $C_1 = 0,014$, tepe varyansı $C = 0,046$ olarak belirlenmiştir. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 55,20 m, minör yapısal uzaklık ise 47,85 m olarak belirlenmiştir. Kum değişkeni bu alanında orta derecede konumsal bağımlılık göstermiştir (% 69,72). Toplam varyansın % 69,7’sini kontrolsüz etki varyansı, % 30,3’ünü yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.30).

Deneysel yarıvariogram parametrelerine göre kum değerleri dağılımlarının noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenen yüzeyleri incelendiğinde aralarında farklılıklar bulunduğu görülmektedir. Kriging kestirimlerine göre bu değişken alanda heterojen ve daha yüksek değerlerde dağılım gösterirken, simülasyon dağılım yüzeyinin homojen olduğu ve çok ince kum değerlerinin genelde % 0,36-2,28 arasında değiştiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.39.a,b).

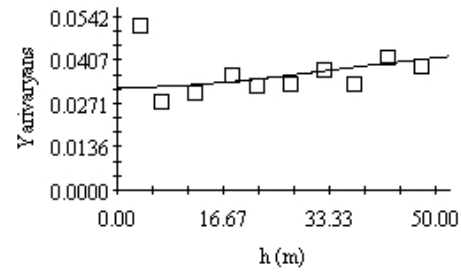
Çok İnce Kum (%) Anizotropik Variogram (45°)



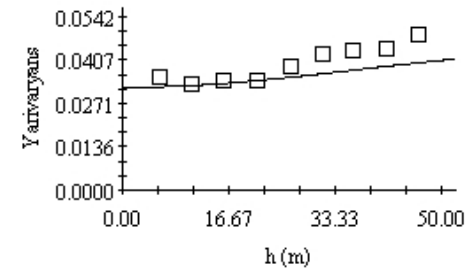
Çok İnce Kum (%) Anizotropik Variogram (90°)



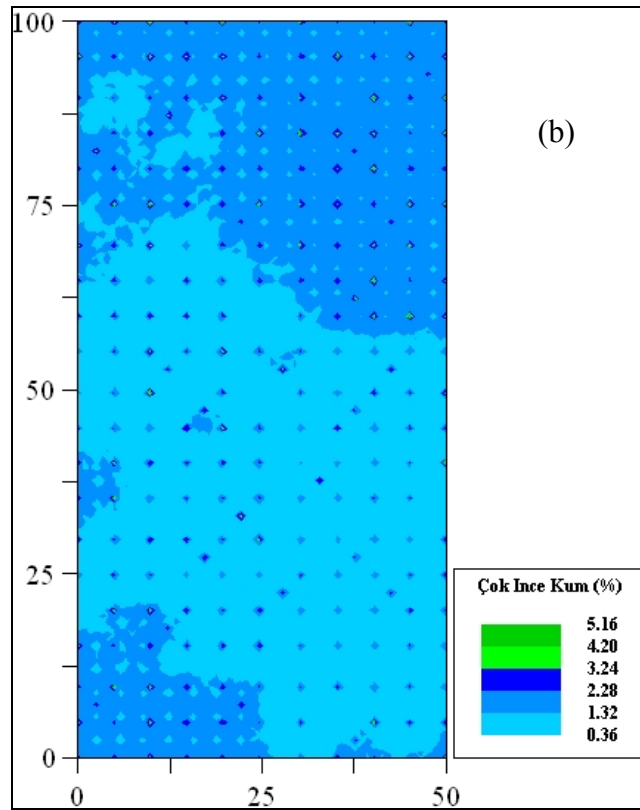
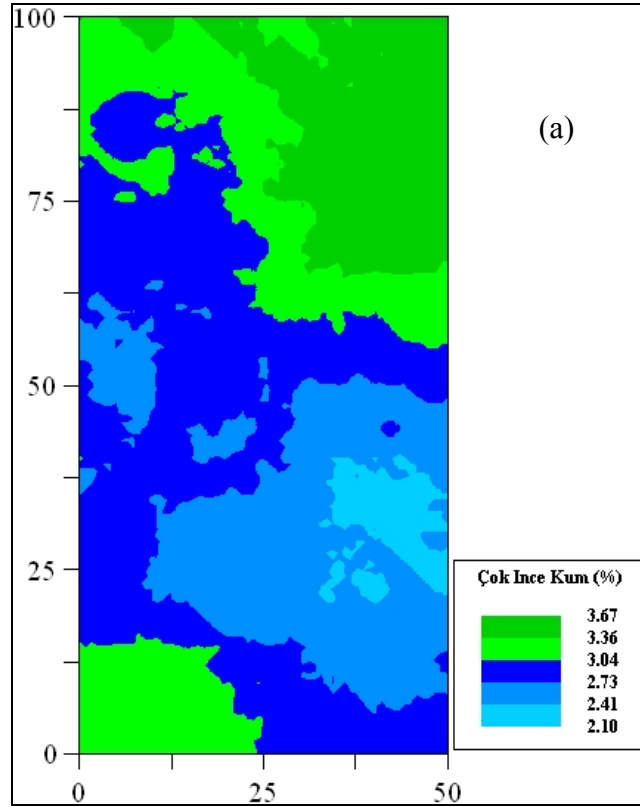
Çok İnce Kum (%) Anizotropik Variogram (135°)



Çok İnce Kum (%) Anizotropik Variogram (180°)



Şekil 4.38 Bozuk meşelik alan çok ince kum anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.39 Bozuk meşelik alan kil kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.3 Mera alanı toprak özellikleri jeoistatistiksel analizleri

Mera alanında jeoistatistiksel analizi yapılan organik madde, hidrolik iletkenlik, kum, kil, silt ve çok ince kum özelliklerine ait model ve parametreleri çizelge 4.31’de verilmiştir.

Özelliklerin, dönüşüm uygulanmış tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 13-18’de verilmiştir.

Çizelge 4.31 Mera alanı toprak özellikleri model ve parametreleri

Özellik	Model	C_0	$C_0 + C$	C_1	$\frac{C_1}{(C_0 + C)}$	A _MJ	A _MN	KBD	KBS
Organik madde	Üssel	0,077	0,112	0,035	0,313	21,65	19,65	68,66	Orta
Hidrolik iletkenlik	Üssel	0,17	0,34	0,17	0,485	13,45		51,51	Orta
Kum	Üssel	3,69	78,75	75,06	0,953	13,79	11,65	4,69	Yüksek
Silt	Üssel	13,78	64,58	50,8	0,787	18,09	12,71	21,34	Yüksek
Kil	Küresel	0,13	0,42	0,29	0,694	65,53	58,15	30,61	Orta
Çok ince kum	Üssel	0,037	0,178	0,141	0,794	28,33	26,73	20,60	Yüksek

C_0 : kontrolsüz etki varyansı (külçe etkisi), C_0+C : tepe varyansı (sill), C_1 : yapısal varyans, A MJ: majör yapısal uzaklık (m), A MN: minör yapısal uzaklık (m), KBD: konumsal bağımlılık derecesi (%), KBS: konumsal bağımlılık sınıfı

4.7.3.1 Toprak organik maddesi (TOM) (%)

Mera alanında organik madde özelliğinin, tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 13’de verilmiştir.

Toprak organik madde değerleri dağılımı mera alanında % 0,34-7,59 arasında değişmiş, değişim katsayısı % 43,38 olarak belirlenmiştir. Verilerin çarpıklık katsayısı 0,88 bulunmuş, normal dağılımdan pozitif yönde uzaklaşma belirlendiği için deneysel yarıvariogramlar verilere karekök dönüşüm uygulanarak hesaplanmıştır.

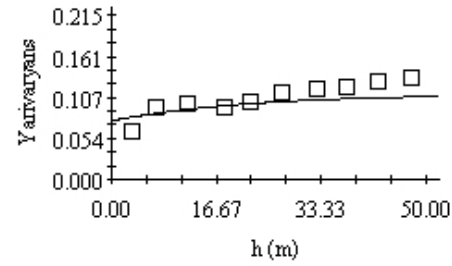
Organik madde değişkeni bu alanda yöne göre değişim göstermiştir. Azimut açısı kuzeyden itibaren 135^0 derece ötelendiğinde, major ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,64 oranında fark belirlenmiştir.

Mera alanında organik madde değerleri için deneysel yarivariogramlar Gauss model ile tanımlanmiştır. Modellenen yarivariogramlar şekil 4.40'da görülmektedir. Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 0,077$, yapısal varyans $C_1 = 0,035$, tepe varyansı $C = 0,112$ olarak belirlenmiştir. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 21,65 m, minör yapısal uzaklık ise 19,65 m olarak belirlenmiştir.

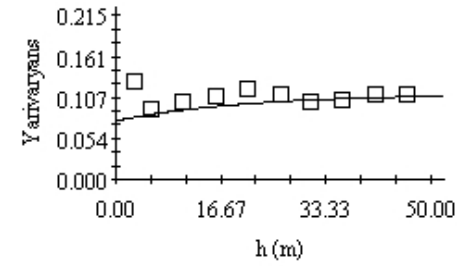
Organik madde değişkeninin bu alandaki konumsal bağımlılık derecesi % 68,66 olarak belirlenmiş yani orta derecede konumsal bağımlılık göstermiştir. Toplam varyansın % 68,7'sini kontrolsüz etki varyansı, % 31,3'n yapısal varyans oluşturmuştur (izelge 4.31).

Deneysel yarivariogram parametrelerine göre organik madde değerleri dağılımlarının noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenen yüzeyleri incelendiğinde aralarında farklılıklar bulunduğu görülmektedir. Kriging kestirimlerine göre değişkenin dağılımı heterojenlik gösterirken, simülasyon dağılım yüzeyinin homojen olduğu ve organik madde değerlerinin çok daha düşük olarak % 0,34-1,79 sınırı arasında değiştiği gözlemlenmiştir (şekil 4.41.a,b).

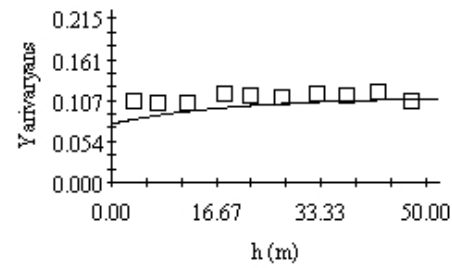
Organik Madde (%) Anizotropik Variogram (135°)



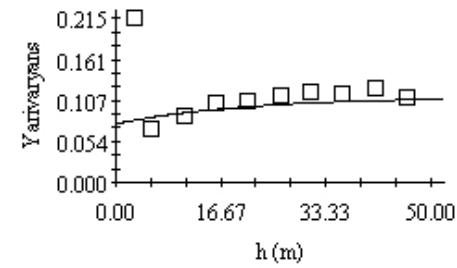
Organik Madde (%) Anizotropik Variogram (180°)



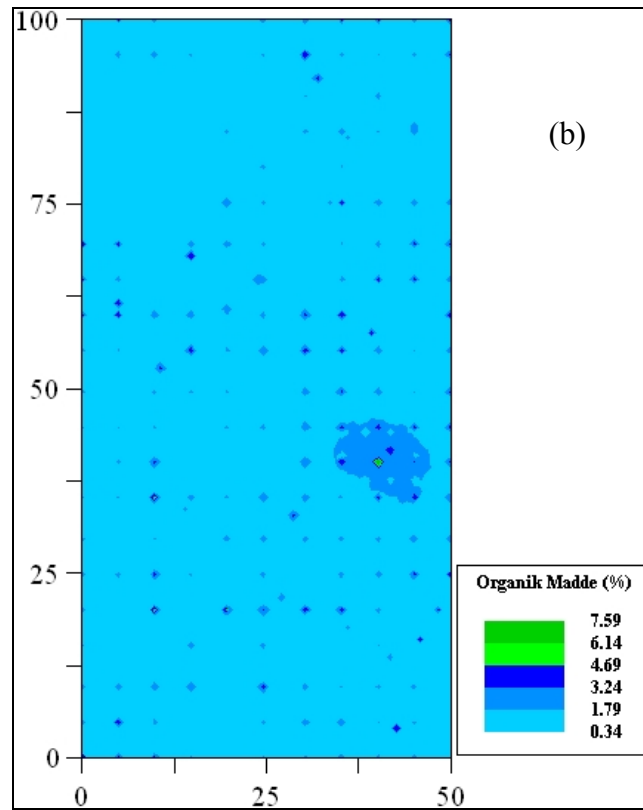
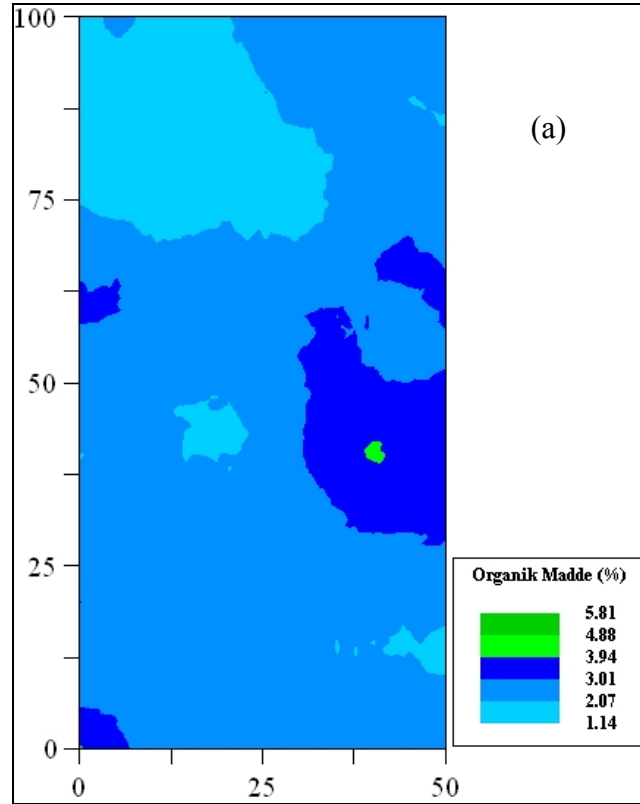
Organik Madde (%) Anizotropik Variogram (225°)



Organik Madde (%) Anizotropik Variogram (270°)



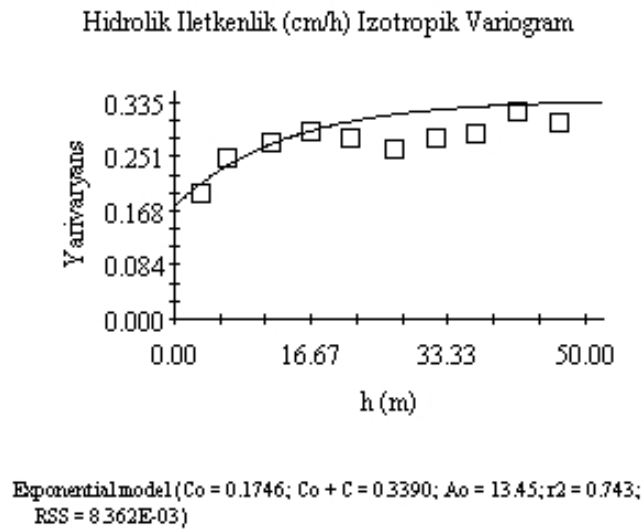
Şekil 4.40 Mera alanı organik madde anizotropik yarıvariogram modelleri



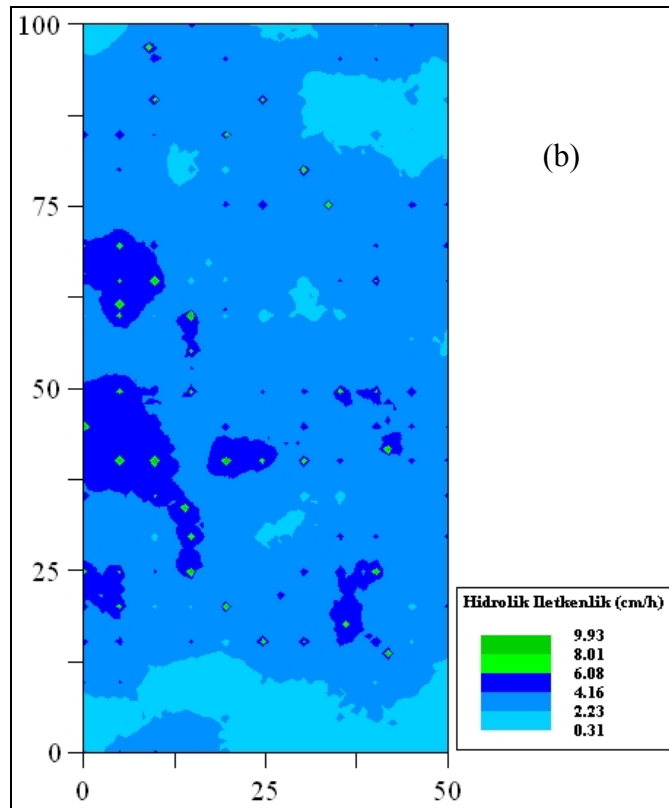
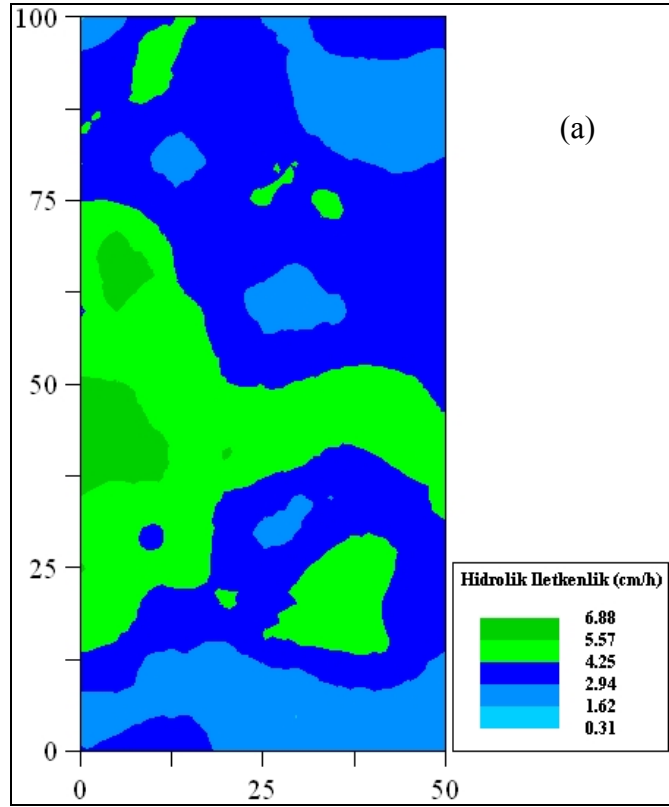
Şekil 4.41 Mera alanı organik madde kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.3.2 Doygun hidrolik iletkenlik (cm/h)

Mera alanında hidrolik iletkenlik özelliğinin, tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 14’de verilmiştir. Bu alanda doymuş hidrolik iletkenlik değerleri dağılımı % 0,31-14-54 arasında değişmiş, değişim katsayısı % 58,47 olarak belirlenmiştir. Deneysel yarıvariogramlar çarpıklık katsayısı 1,15 olarak belirlenen verilere karekök dönüşüm uygulanarak hesaplanmıştır. Hidrolik iletkenlik değişkeni için mera alanında her yönde değişim incelenmiş, değişkenin izotropik özellik gösterdiği belirlenmiştir. Mera alanında hidrolik iletkenlik değerleri için deneysel yarıvariogram üssel model ile modellenmiştir. Modellenen yarıvariogram şekil 4.42’de görülmektedir. Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 0,17$, yapısal varyans $C_1 = 0,17$, tepe varyansı $C = 0,34$ olarak belirlenmiştir. Model sonuçlarına göre bu özelliğin ilişkili olduğu 13,45 m olarak belirlenmiştir. Değişkenin bu alanındaki konumsal bağımlılık derecesi % 51,51 olarak belirlenmiş yani orta derecede konumsal bağımlılık göstermiştir. Toplam varyansın % 51,50’sini kontrolsüz etki varyansı, % 48,50’sini yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.31). Mera alanında deneysel yarıvariogram parametrelerine göre hidrolik iletkenlik değerleri dağılımlarının noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenen yüzeyleri incelendiğinde, kriging kestirimlerine göre değişkenin dağılımının daha heterojen olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.43.a,b).



Şekil 4.42 Mera alanı hidrolik iletkenlik izotropik yarıvariogram modeli



Şekil 4.43 Mera alanı hidrolik iletkenlik kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.3.3 Kum (%)

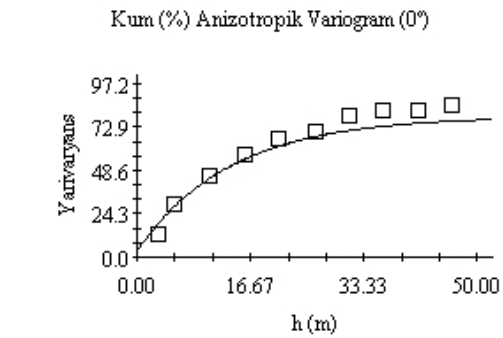
Mera alanında kum özelliğinin, tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 15’de verilmiştir. Mera alanında kum değerleri dağılımı % 14,41-65,19 arasında değişmiş, değişim katsayısı % 22,34 olarak belirlenmiştir.

Çarpıklık katsayısı 0,22 olarak belirlenen veriler normal dağılım göstermiştir. Kum değişkeni mera alanında yöne göre değişim göstermiş olup, kuzey-güney yönünde, major ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,60 oranında fark belirlenmiştir.

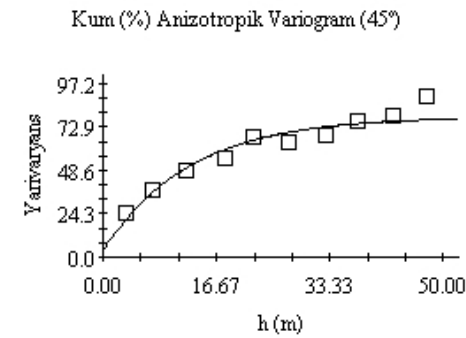
Mera alanında kum değerleri için deneysel yarivariogramlar üssel model ile tanımlanmıştır. Modellenen yarivariogramlar şekil 4.44’de görülmektedir. Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 3,69$, yapısal varyans $C_1 = 75,06$, tepe varyansı $C = 78,75$ olarak belirlenmiştir. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 13,79 m, minör yapısal uzaklık ise 11,65 m olarak belirlenmiştir.

Kum değişkeninin bu alandaki konumsal bağımlılık derecesi % 4,69 olarak belirlenmiş yani değişken yüksek derecede konumsal bağımlılık göstermiştir. Toplam varyansın % 4,7’sini kontrolsüz etki varyansı, % 95,3’ünü yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.31).

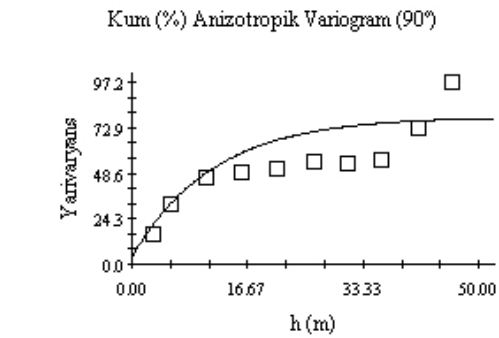
Deneysel yarivariogram parametrelerine göre kum değerleri dağılımlarının noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenen yüzeyleri incelendiğinde benzer oldukları görülmektedir (Şekil 4.45.a,b).



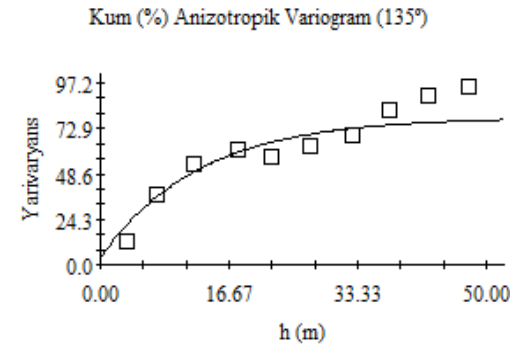
Exponential model (Co = 3.69171; Co + C = 78.75969; AMajor = 13.79; AMinor = 11.65; r2 = 0.883; RSS = 2701.)



Exponential model (Co = 3.69171; Co + C = 78.75969; AMajor = 13.79; AMinor = 11.65; r2 = 0.883; RSS = 2701.)

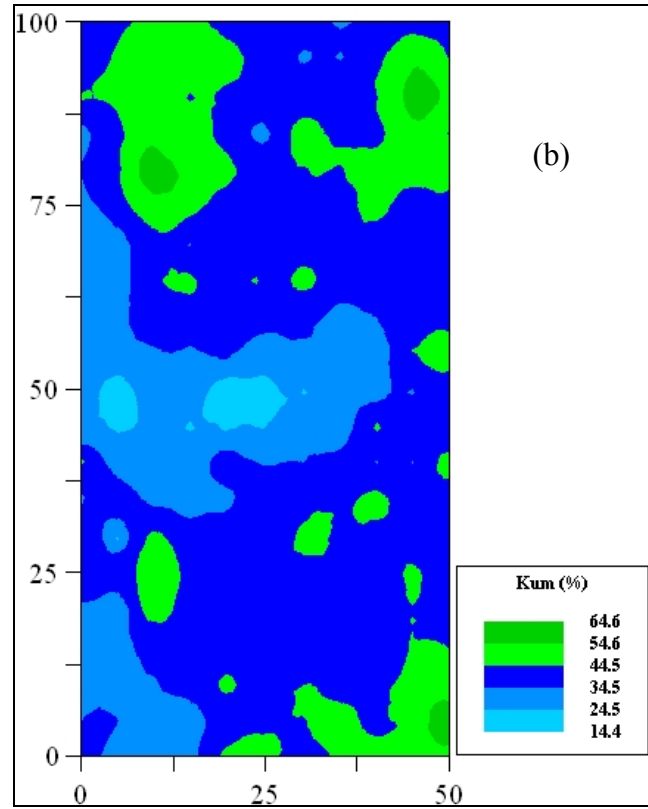
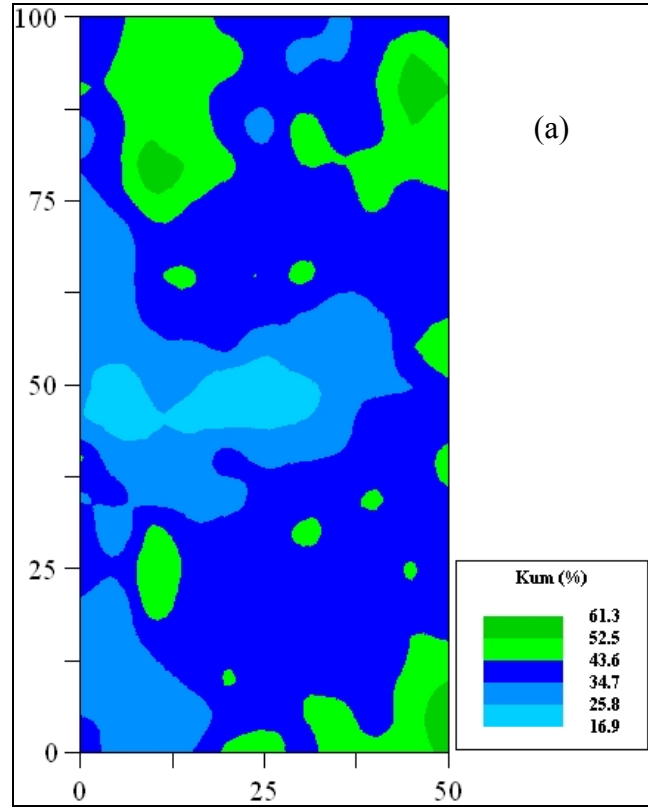


Exponential model (Co = 3.69171; Co + C = 78.75969; AMajor = 13.79; AMinor = 11.65; r2 = 0.883; RSS = 2701.)



Exponential model (Co = 3.6917090000; Co + C = 78.7596880000; AMajor = 13.79; AMinor = 11.6462667; r2 = 0.883; RSS = 2701.)

Şekil 4.44 Mera alanı kum anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.45 Mera alanı kum kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.3.4 Silt (%)

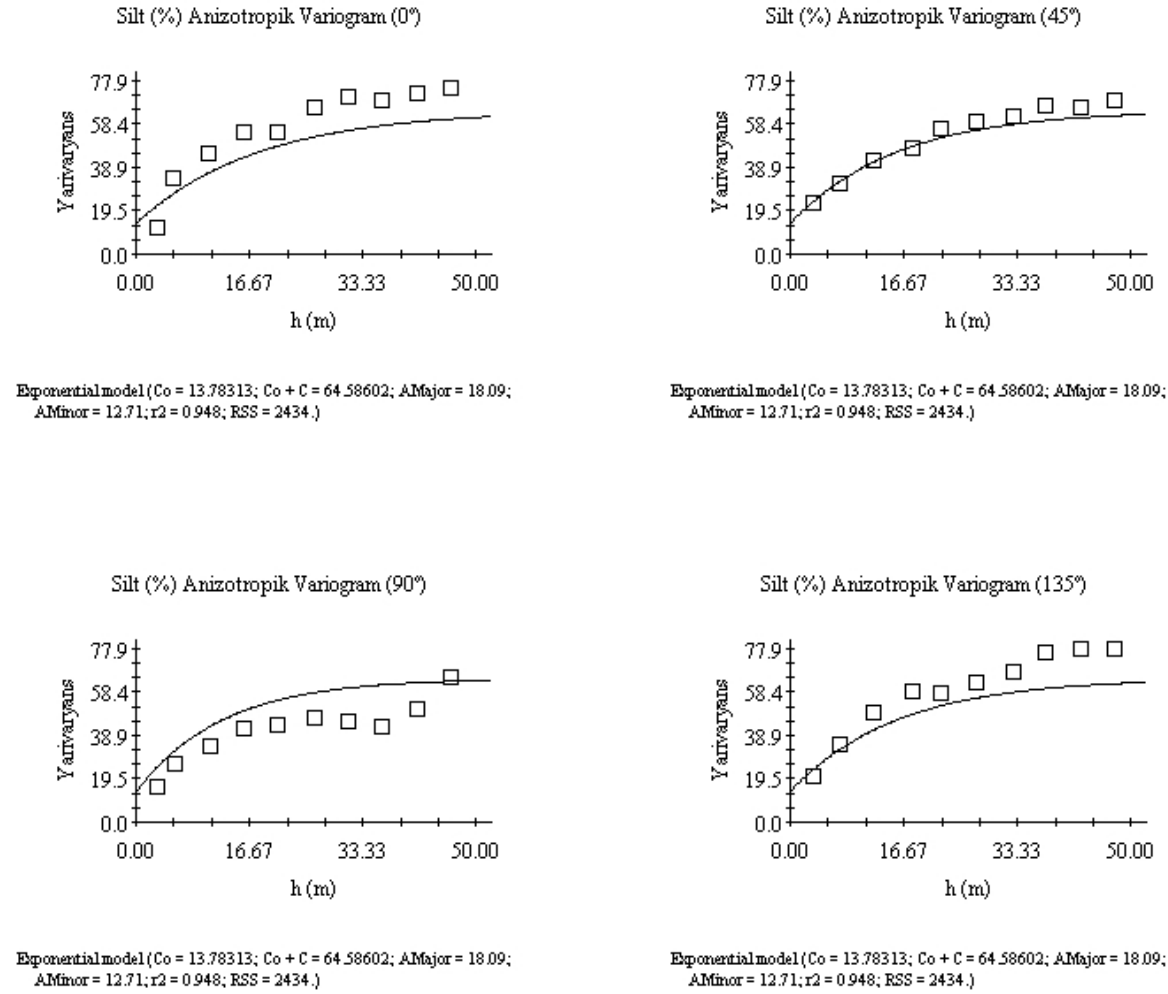
Mera alanında silt özelliğine ait, tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 16'da verilmiştir. Silt değerleri mera alanında % 3,69-77,19 arasında değişmiş, değişim katsayısı % 16,88 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı -0,28 olarak belirlenen verilerin normal dağılıma uygunluk açısından kabul edilebilir sınırlar içinde yer alması nedeniyle, deneysel yarıvariogramların hesaplanmasında ham veriler kullanılmıştır.

Değişken mera alanında yöne göre değişim göstermiş olup, kuzey-güney yönünde, major ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,95 oranında fark belirlenmiştir.

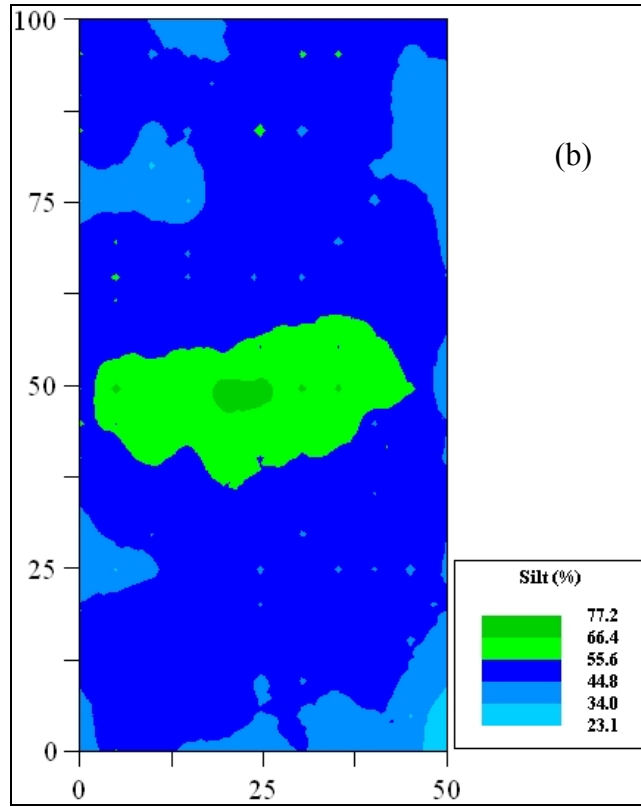
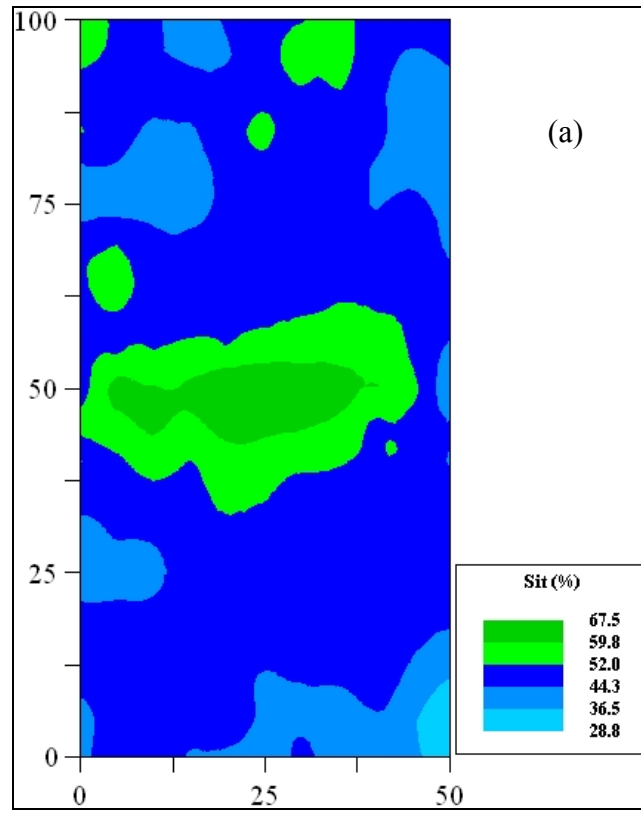
Mera alanında silt değerleri için deneysel yarıvariogramları üssel model ile modellenmiştir. Modellenen yarıvariogramlar şekil 4.46'da verilmiştir. Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 13,78$, yapısal varyans $C_1 = 50,8$, tepe varyansı $C = 64,58$, majör yapısal uzaklık 18,09 m, minör yapısal uzaklık ise 12,71 m olarak belirlenmiştir. Silt değişkeninin bu alandaki konumsal bağımlılık derecesi % 21,34 olarak belirlenmiş, değişken yüksek derecede konumsal bağımlılık göstermiştir.

Toplam varyansın % 21,3'ünü kontrolsüz etki varyansı, % 78,7'sini yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.31).

Deneysel yarıvariogram parametrelerine göre silt değerlerinin noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenen dağılım yüzeyleri incelendiğinde benzer oldukları görülmektedir (Şekil 4.47.a,b).



Şekil 4.46 Mera alanı silt anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.47 Mera alanı silt kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

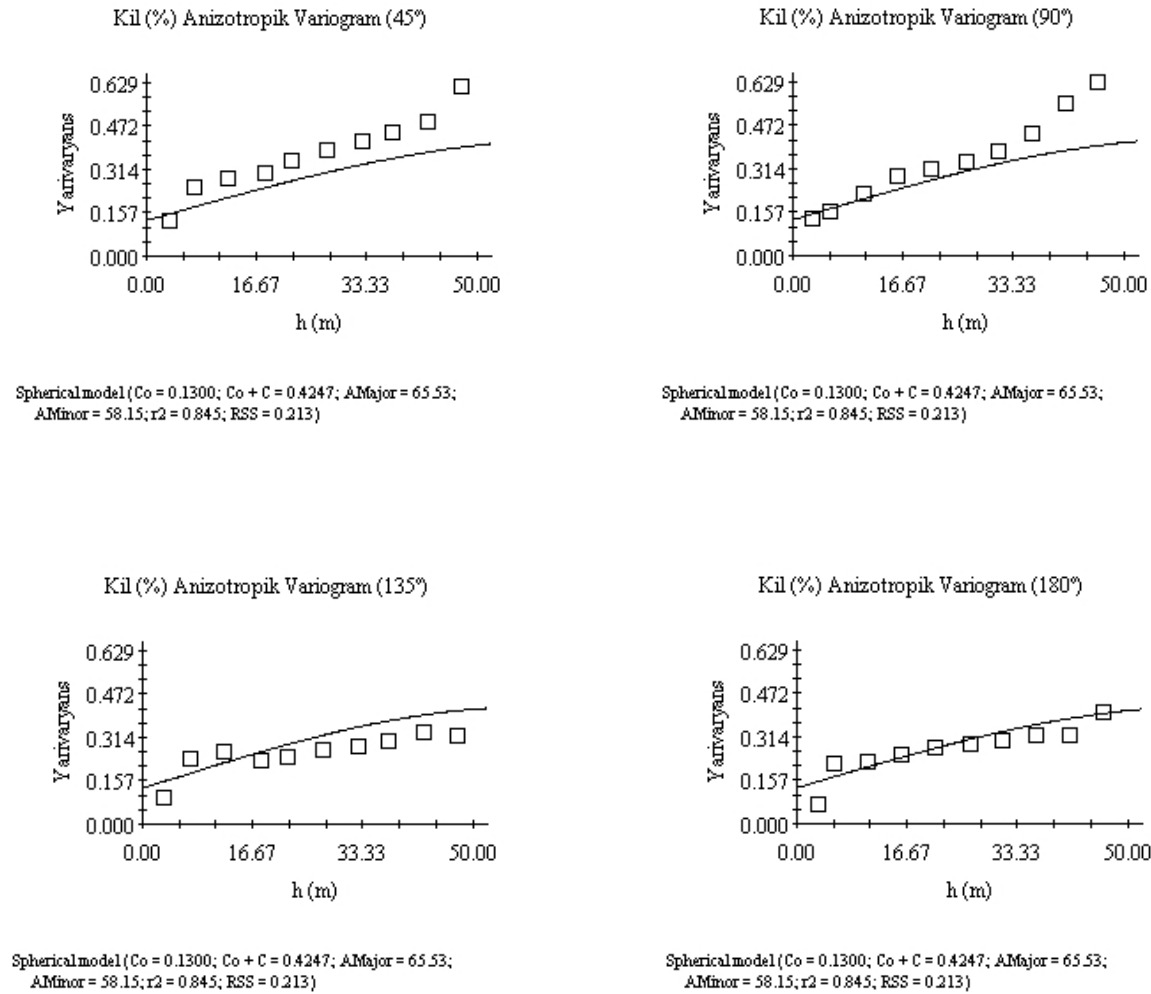
4.7.3.5 Kil (%)

Mera alanı kil özelliği tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 17’de verilmiştir. Kil değerleri dağılımı % 4,18-21,12 arasında değişmiş, değişim katsayısı % 36,83 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı 0,96 olarak belirlenen verilere deneysel yarivariogramların hesaplanmasında avantaj oluşturması açısından karekök dönüşüm uygulanmıştır.

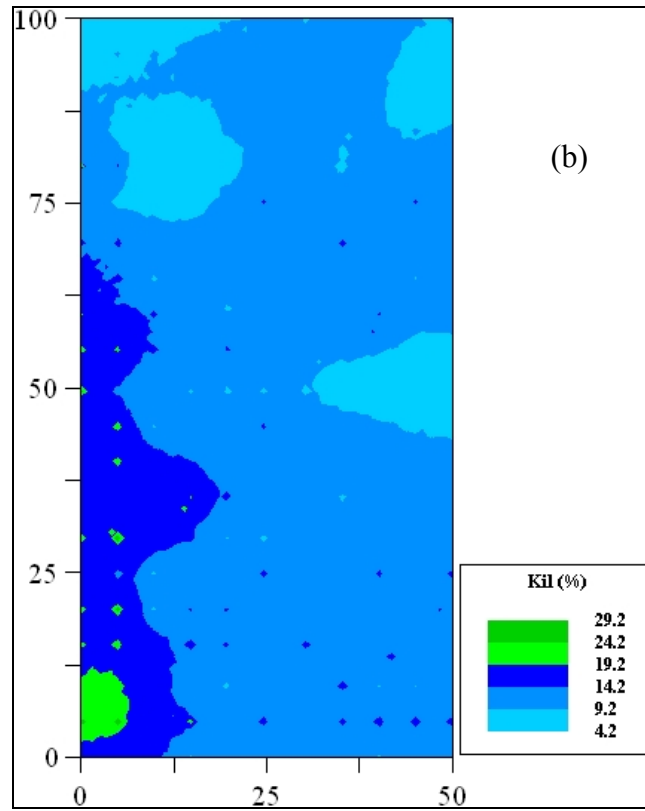
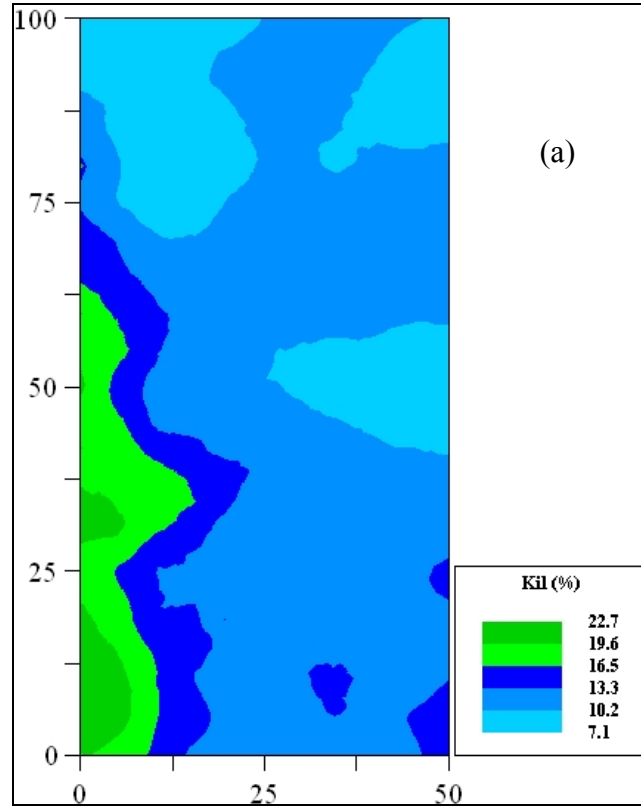
Kil değişkeni mera alanında yöne göre değişim göstermiş olup, azimut açısı 45^0 ötelendiğinde major ve minör yapısal uzaklıklar arasındaki fark 1,62 olarak belirlenmiştir.

Mera alanında kil değerleri deneysel yarivariogramları küresel tip model ile modellenmiştir. Modellenen yarivariogramlar şekil 4.48’de görülmektedir. Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 0,13$, yapısal varyans $C_1 = 0,29$, tepe varyansı $C = 0,42$, değişkenin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 65,53 m, minör yapısal uzaklık ise 58,15 m olarak belirlenmiştir. Kil değişkeni bu alanda orta derecede konumsal bağımlılık (% 30,61) göstermiştir. Toplam varyansın % 30,6’sını kontrolsüz etki varyansı, % 69,4’ünü yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.31).

Deneysel yarivariogram parametrelerine göre kil değerlerinin noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenen dağılım yüzeyleri benzerlikler göstermiştir (Şekil 4.49.a,b).



Şekil 4.48 Mera alanı kil anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.49 Mera alanı kil kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.3.6 Çok İnce Kum (%)

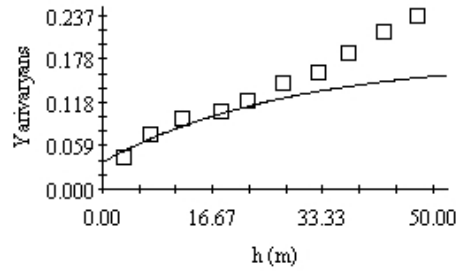
Çok ince kum özelliğine ait tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 18’de verilmiştir. Mera alanında çok ince kum değerleri dağılımı % 0,17-13,92 arasında değişim göstermiştir. Verilerin değişim katsayısı ise % 46,32, çarpıklık katsayısı 1,76 olarak belirlenmiştir. Deneysel yarivariogramların hesaplanması için pozitif yönde normal dağılımdan uzaklaşma gösteren verilere karekök dönüşüm uygulanarak yapılmıştır.

Bu değişken mera alanında yöne göre değişim göstermiştir. Azimut açısı 135^0 ötelendiğinde majör ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,94 oranında fark belirlenmiştir.

Mera alanında çok ince kum değerleri deneysel yarivariogramları küresel tip model ile modellenmiştir (Şekil 4.50). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 0,037$, yapısal varyans $C_1 = 0,141$, tepe varyansı $C = 0,178$, değişkenin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 28,33 m, minör yapısal uzaklık ise 26,73 m olarak belirlenmiştir. Çok ince kum değişkeni bu alanda yüksek derecede konumsal bağımlılık (% 20,60) göstermiştir. Toplam varyansın % 20,6’sını kontrolsüz etki varyansı, % 79,4’ünü yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.31).

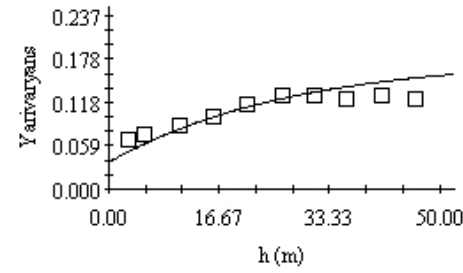
Deneysel yarivariogram parametrelerine göre, noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan çok ince kum değerlerine ait Şekil 4.51.a,b’de verilen dağılım yüzeyleri arasında benzerlik bulunduğu gözlemlenmiştir.

Çok İnce Kum (%) Anizotropik Variogram (135°)



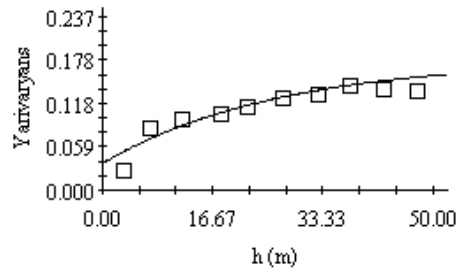
Exponential model ($C_0 = 0.0367$; $C_0 + C = 0.1783$; $AM_{\text{Major}} = 28.33$;
 $AM_{\text{Minor}} = 26.73$; $r^2 = 0.909$; $RSS = 0.0214$)

Çok İnce Kum (%) Anizotropik Variogram (180°)



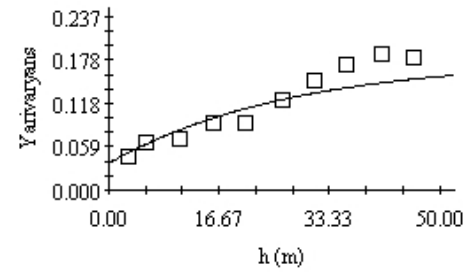
Exponential model ($C_0 = 0.0367$; $C_0 + C = 0.1783$; $AM_{\text{Major}} = 28.33$;
 $AM_{\text{Minor}} = 26.73$; $r^2 = 0.909$; $RSS = 0.0214$)

Çok İnce Kum (%) Anizotropik Variogram (225°)



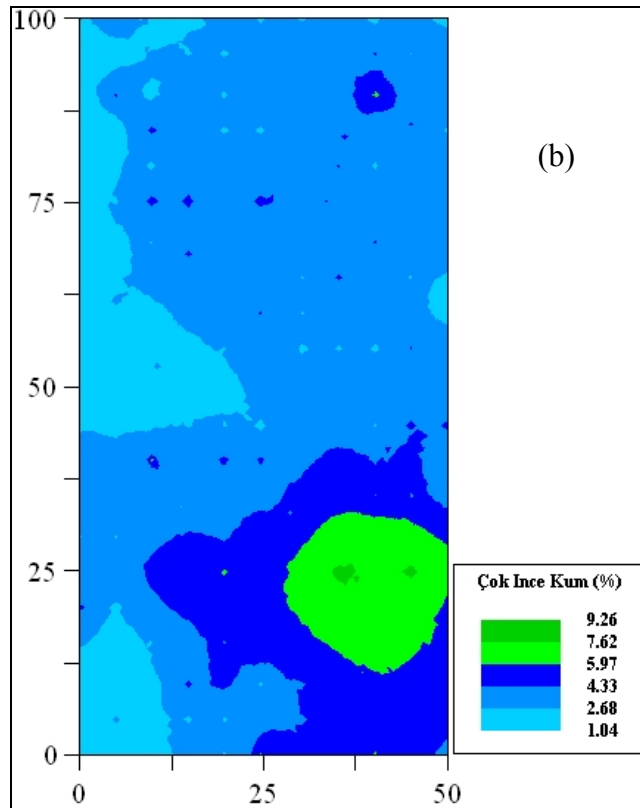
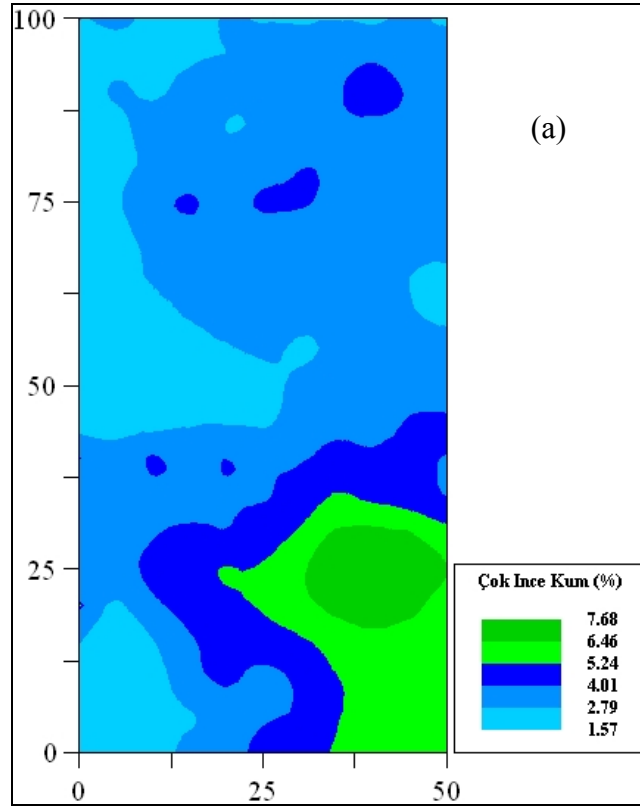
Exponential model ($C_0 = 0.0367$; $C_0 + C = 0.1783$; $AM_{\text{Major}} = 28.33$;
 $AM_{\text{Minor}} = 26.73$; $r^2 = 0.909$; $RSS = 0.0214$)

Çok İnce Kum (%) Anizotropik Variogram (270°)



Exponential model ($C_0 = 0.0367$; $C_0 + C = 0.1783$; $AM_{\text{Major}} = 28.33$;
 $AM_{\text{Minor}} = 26.73$; $r^2 = 0.909$; $RSS = 0.0214$)

Şekil 4.50 Mera alanı çok ince kum anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.51 Mera alanı çok ince kum kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.4 Alüviyal tarım alanı toprak özellikleri jeostatistiksel analizleri

Çizelge 4.32 Alüviyal tarım alanı toprak özellikleri model ve parametreleri

Özellik	Model	C_0	$C_0 + C$	C_1	$\frac{C_1}{(C_0 + C)}$	A _MJ	A _MN	KBD	KBS
Organik madde	Gauss	0,021	0,046	0,025	0,536	47,91	45,70	46,41	Orta
Hidrolik iletkenlik	Üssel	1,16	1,71	0,55	0,319	4,24		68,11	Orta
Kum	Gauss	4,26	13,46	9,2	0,683	48,93	44,56	31,65	Orta
Silt	Gauss	4,58	9,53	4,95	0,519	57,44	52,31	48,06	Orta
Kil									tam kontrolsüz etki varyansı
Çok ince kum									tam kontrolsüz etki varyansı
Kireç	Gauss	2,07	9,26	7,19	0,777	48,24	46,59	22,35	Yüksek

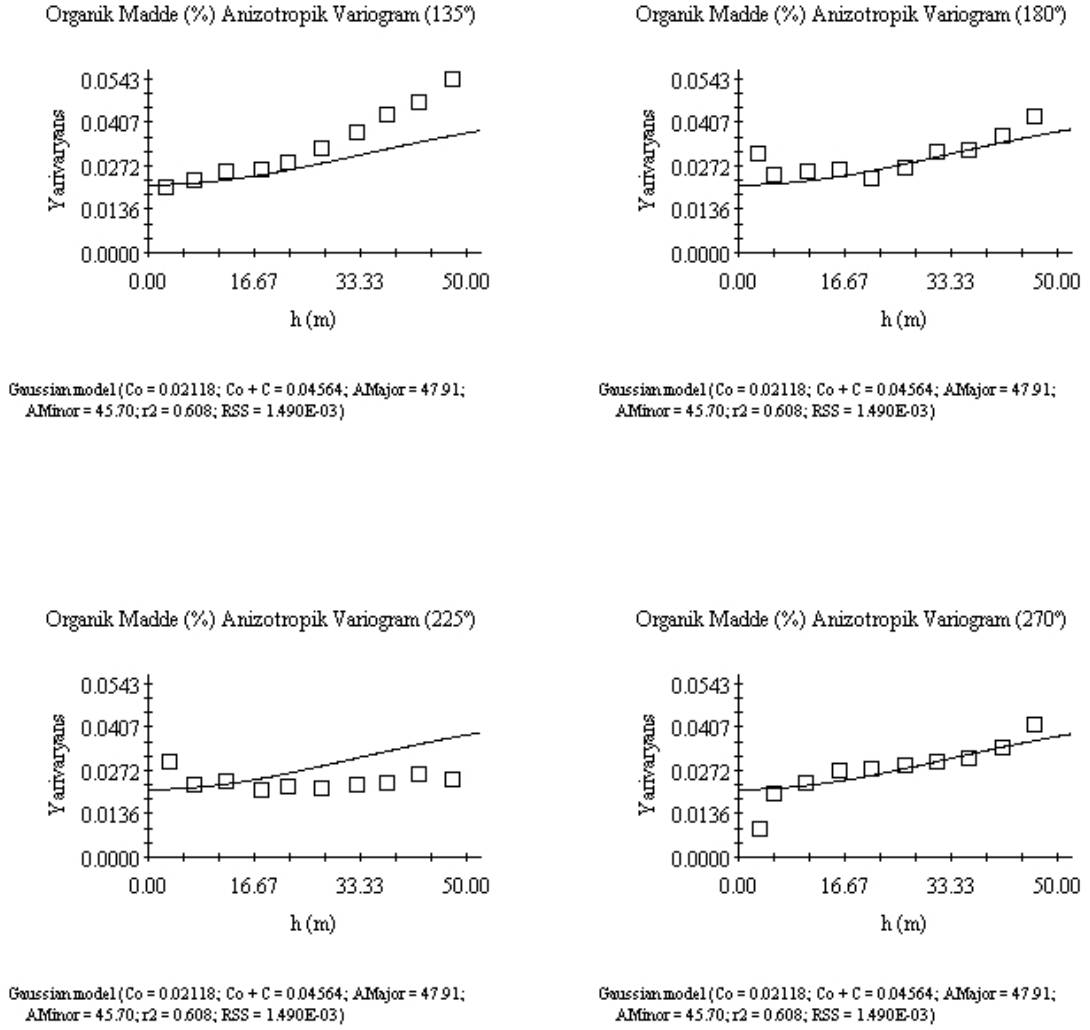
C_0 : kontrolsüz etki varyansı (külçe etkisi), C_0+C : tepe varyansı (sill), C_1 : yapısal varyans, A MJ: majör yapısal uzaklık (m), A MN: minör yapısal uzaklık (m), KBD: konumsal bağımlılık derecesi (%), KBS: konumsal bağımlılık sınıfı

Alüviyal tarım alanında jeostatistiksel analizi yapılan organik madde, hidrolik iletkenlik, kum, kil, silt, çok ince kum ve kireç özelliklerine ait model ve parametreleri çizelge 4.32’de verilmiştir. Özelliklerin, dönüşüm uygulanmış tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 19-25’de verilmiştir.

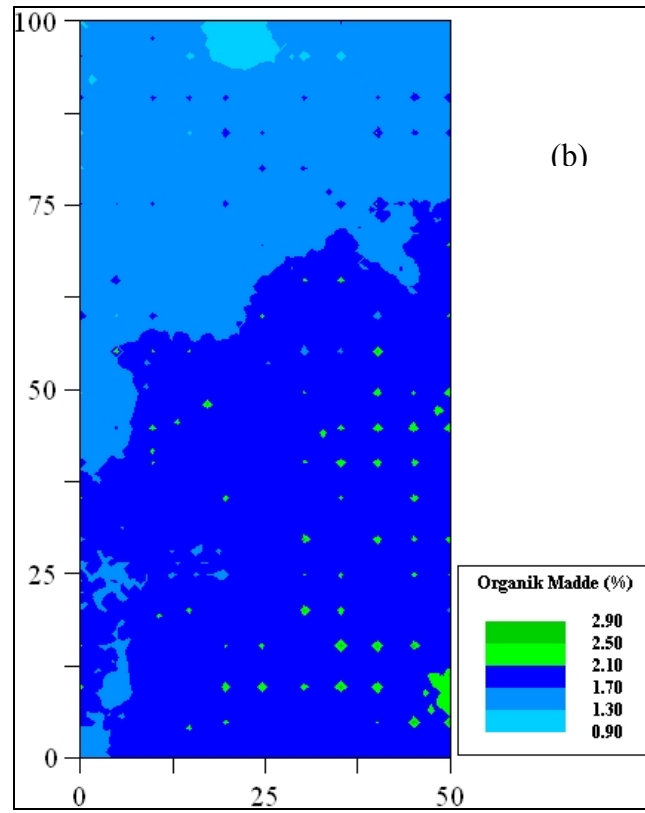
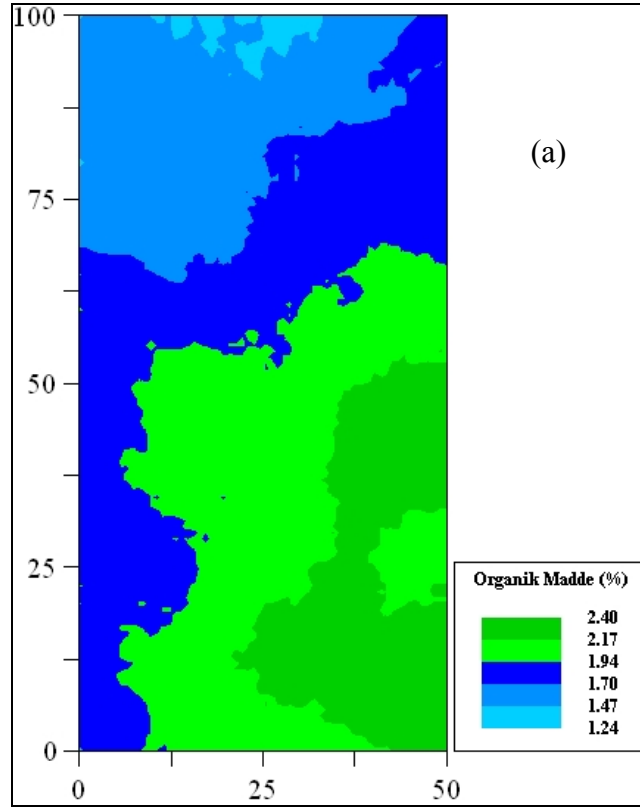
4.7.4.1 Toprak organik maddesi (%) (TOM)

Alüviyal tarım alanı organik madde özelliğine ait tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 19’da verilmiştir. Bu arazi kullanımında organik madde değerleri dağılımı % 0,90-4,72 arasında değişim göstermiş, değişim katsayısı ise % 22,21 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı 1,6 olarak belirlenen ve pozitif yönde normal dağılımdan uzaklaşma gösteren verilere deneysel yarıvariogramların hesaplanması yönünden avantaj oluşturması yönünden logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Bu arazi kullanımında organik madde değişkeni yöne göre değişim göstermiş olup, azimut açısı 135^0 ötelendiğinde majör ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,91 oranında fark belirlenmiştir.

Alüviyal tarım alanında organik madde değerleri deneysel yarivariogramları Gauss tip model ile modellenmiştir, yarivariogram modelleri şekil 4.52’de verilmiştir. Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 0,021$, yapısal varyans $C_1 = 0,025$, tepe varyansı $C = 0,046$, değişkenin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 47,91 m, minör yapısal uzaklık ise 45,70 m olarak belirlenmiştir. Organik madde değişkeni bu alanda orta derecede konumsal bağımlılık (% 46,41) göstermiştir. Toplam varyansın % 46,40’ını kontrolsüz etki varyansı, % 53,60’ını yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.32). Alüviyal tarım alanında deneysel yarivariogram parametrelerine göre, noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan çok ince kum değerlerine ait Şekil 4.53.a,b’de verilen dağılım yüzeyleri arasında benzerlik bulunduğu gözlemlenmiştir.



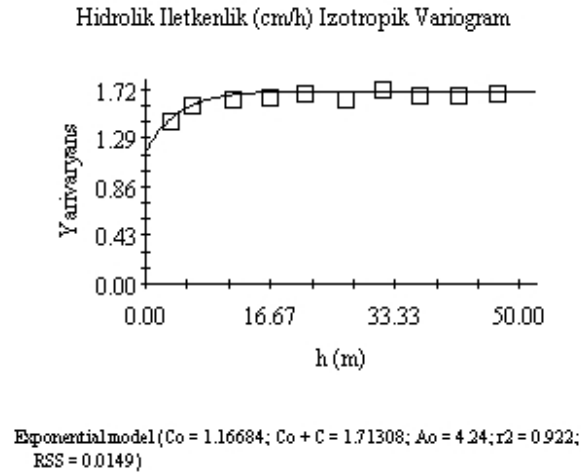
Şekil 4.52 Alüviyal tarım alanı organik madde anizotropik yarivariogram modelleri



Şekil 4.53 Alüviyal tarım alanı organik madde kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

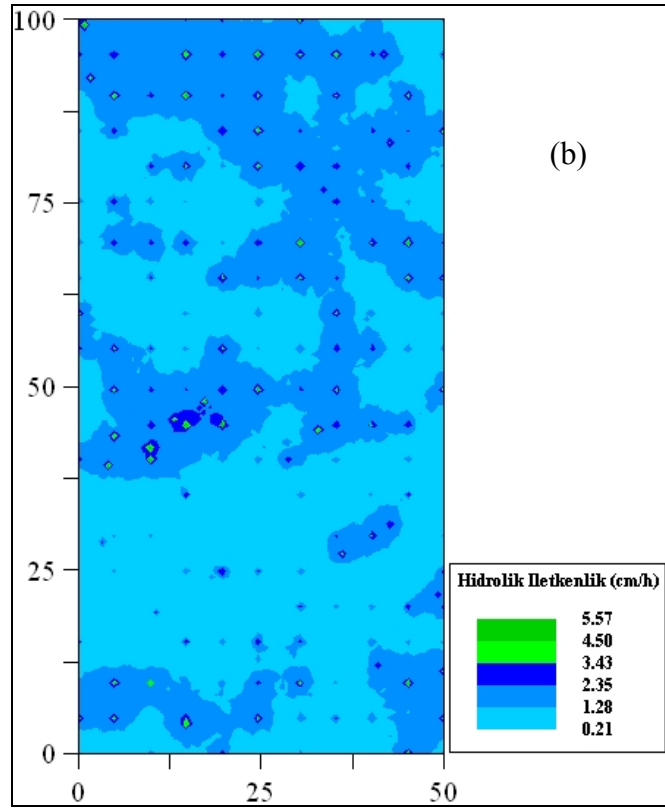
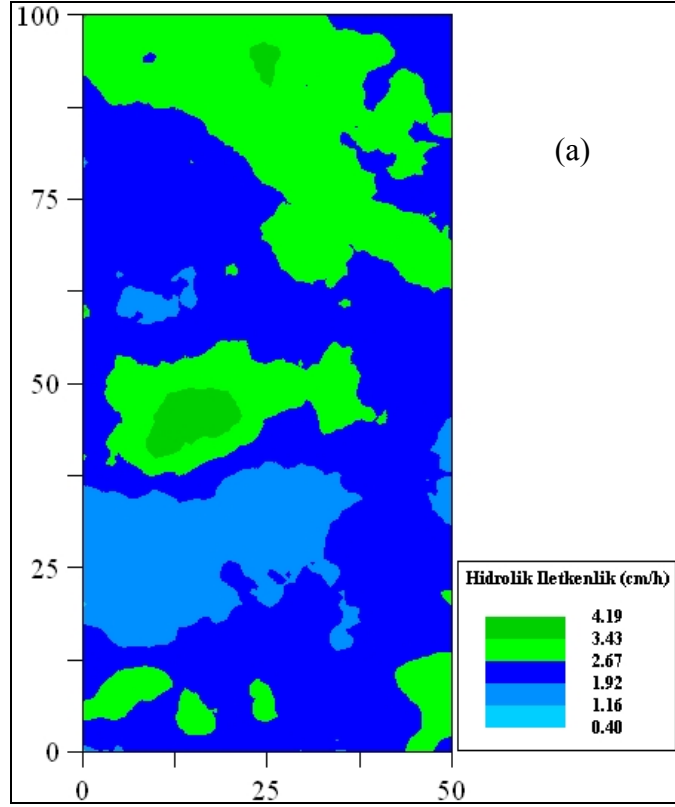
4.7.4.2 Doygun hidrolik iletkenlik (cm/h)

Alüviyal tarım alanı hidrolik iletkenlik özelliği tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 20’de verilmiştir. Alüviyal tarım alanında doymuş hidrolik iletkenlik değerleri dağılımı % 0,21-5,73 arasında değişim göstermiştir. Değişim katsayısı ise özelliğin arazide kısa mesafeler içerisinde yüksek değişim göstermesi nedeniyle % 54,06 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı 0,22 olarak belirlenen verilerin normal dağılıma uygunluk açısından kabul edilebilir sınırlar içinde yer alması nedeniyle, deneysel yarıvariogramların hesaplanmasında ham veriler kullanılmıştır. Bu arazi kullanımında hidrolik iletkenlik değişkeni yöne göre değişim göstermemiştir. Alüviyal tarım alanında hidrolik değerleri deneysel yarıvariogramı üssel tip model ile modellenmiştir (Şekil 4.54). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 1,16$, yapısal varyans $C_1 = 0,55$, tepe varyansı $C = 1,71$, değişkenin ilişkili olduğu yapısal uzaklık ise 4,24 m olarak belirlenmiştir. Hidrolik iletkenlik değişkeni bu alanda orta derecede konumsal bağımlılık (% 68,11) göstermiştir. Toplam varyansın % 68,10’ini kontrolsüz etki varyansı, % 31,90’nı yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.32).



Şekil 4.54 Alüviyal tarım alanı hidrolik iletkenlik izotropik yarıvariogram modeli

Alüviyal tarım alanında deneysel yarıvariogram parametrelerine göre, noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan hidrolik iletkenlik değerlerine ait şekil 4.55.a.b’de verilen dağılım yüzeyleri arasında farklılıklar bulunduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.55 Alüviyal tarım alanı hidrolik iletkenlik kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.4.3 Kum (%)

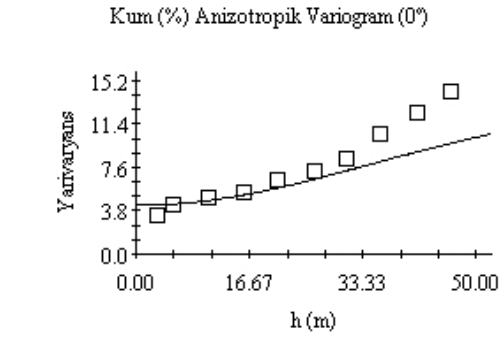
Alüviyal tarım alanı kum özelliğine ait tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 21’de verilmiştir. Alüviyal tarım alanında kum değerleri dağılımı % 3,79-24,3 arasında değişim göstermiştir. Değişim katsayısı % 31,95 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı 0,33 olarak belirlenmiş, deneysel yarıvariogramların hesaplanmasında ham veriler kullanılmıştır.

Alüviyal tarım alanında kum değişkeni yöne göre değişim göstermiş olup, kuzey-güney yönünde majör ve minör yapısal uzaklıklar arasında 2,04 oranında fark belirlenmiştir.

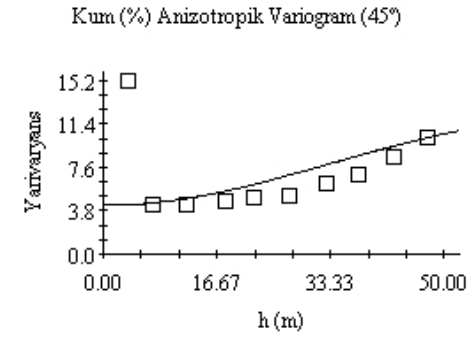
Alüviyal tarım alanında kum dağılımı Gauss tip deneysel yarıvariogram modeli ile modellenmiştir (Şekil 4.56).

Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 4,26$, yapısal varyans $C_1 = 9,2$, tepe varyansı $C = 13,46$ olarak belirlenmiştir. Değişkenin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 48,93 m, minör yapısal uzaklık ise 44,56 m olarak bulunmuştur. Kum değişkeni bu alanda orta derecede konumsal bağımlılık (% 31,65) göstermiştir. Toplam varyansın % 31,70’ini kontrolsüz etki varyansı, % 68,30’unu yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.32).

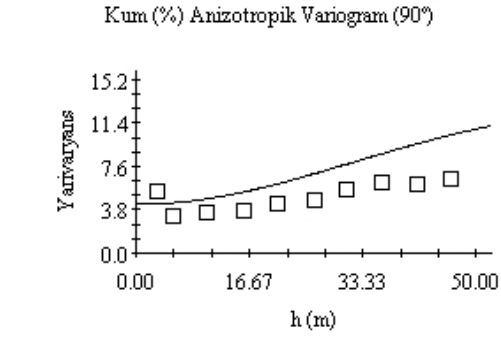
Alüviyal tarım alanında deneysel yarıvariogram parametrelerine göre, noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan kum değerlerine ait dağılım yüzeyleri arasında benzerlik bulunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.57.a,b).



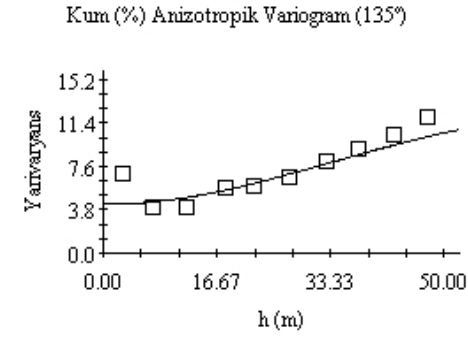
Gaussian model (Co = 4.26059; Co + C = 13.45952; A_{Major} = 48.93; A_{Minor} = 44.56; r₂ = 0.633; RSS = 207.)



Gaussian model (Co = 4.26059; Co + C = 13.45952; A_{Major} = 48.93; A_{Minor} = 44.56; r₂ = 0.633; RSS = 207.)

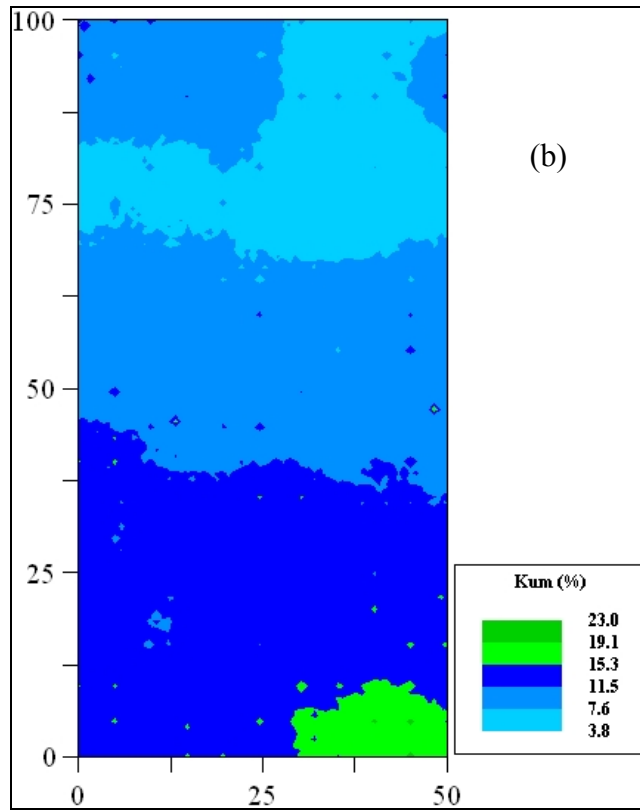
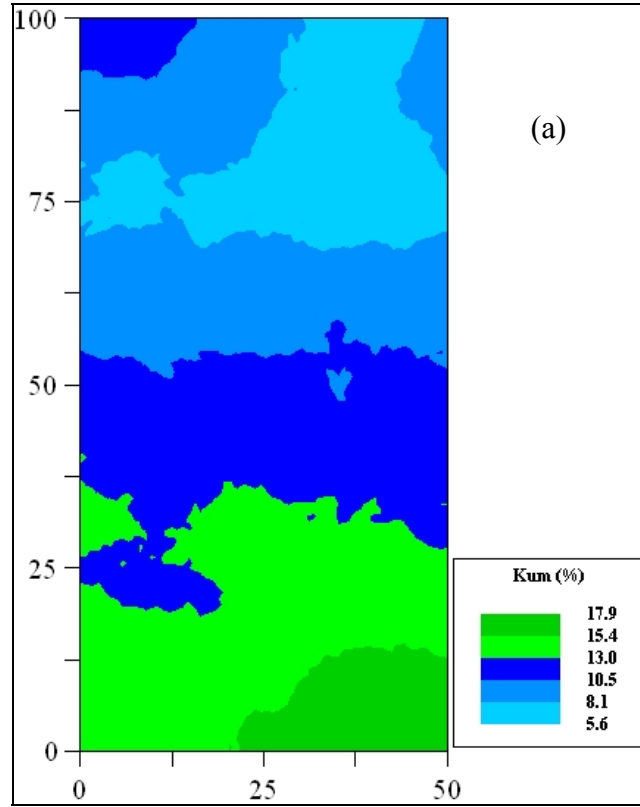


Gaussian model (Co = 4.26059; Co + C = 13.45952; A_{Major} = 48.93; A_{Minor} = 44.56; r₂ = 0.633; RSS = 207.)



Gaussian model (Co = 4.26059; Co + C = 13.45952; A_{Major} = 48.93; A_{Minor} = 44.56; r₂ = 0.633; RSS = 207.)

Şekil 4.56 Alüviyal tarım alanı kum anizotropik yarıvariogram modelleri



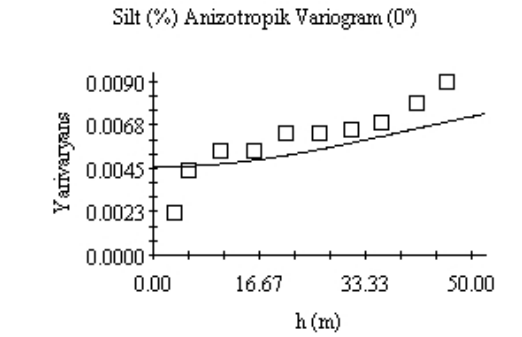
Şekil 4.57 Alüviyal tarım alanı kum kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.4.4 Silt (%)

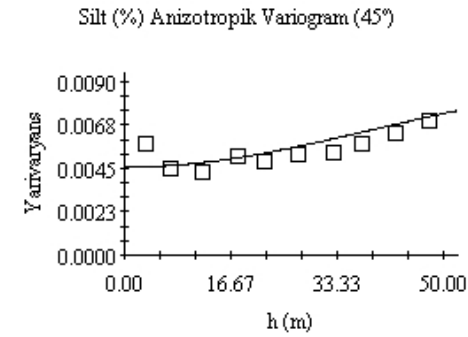
Alüviyal tarım alanı silt özelliğine ait tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 22’de verilmiştir. Silt değerlerinin bu alandaki dağılımı % 36,44-75,25 arasında değişim göstermiştir. Değişim katsayısı % 10,5695 olarak belirlenmiştir. Deneysel yarivariogramların hesaplanması için verilerin çarpıklık katsayısının normal dağılımdan pozitif yönde sapma göstermesi nedeniyle (0,70) logaritmik dönüşüm uygulanmış veriler kullanılmıştır. Toprakta silt değişkeninin konumsal yapısında yöne bağlı değişim (anizotropi) gözlenmiş olup, kuzey-güney yönünde majör ve minör yapısal uzaklıklar arasında 3,65 oranında fark belirlenmiştir.

Alüviyal tarım alanında silt değişkeni deneysel yarivariogramları ile en iyi uyumu Gauss modeli göstermiştir (Şekil 4.58). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 4,58$, yapısal varyans $C_1 = 4,95$, tepe varyansı $C = 9,53$ olarak belirlenmiştir. Değişkenin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 57,44 m, minör yapısal uzaklık ise 52,31 m olarak bulunmuştur. Silt değişkeni alandaki konumsal bağımlılık derecesi % 48,06 (orta) olarak belirlenmiştir. Toplam varyansın % 48,10’unu kontrolsüz etki varyansı, % 51,90’ını yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.32).

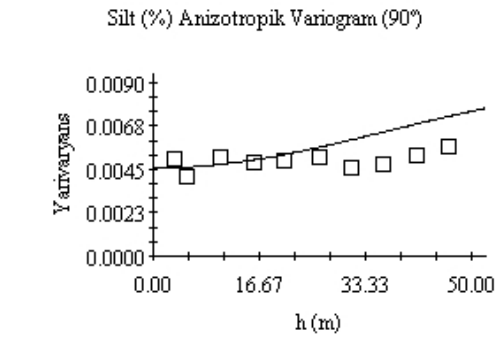
Alüviyal tarım alanında deneysel yarivariogram parametrelerine göre, noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan silt değerlerine ait dağılım yüzeyleri arasında farklılıklar bulunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.59.a,b). Kriging dağılım yüzeyine göre silt değerlerinin alanının % 50’sinde daha büyük bir kısmında % 53,00-58,10 arasında değiştiği gözlenirken, simülasyon yüzeyinde değişkenin değerlerinin % 20,00-38,00 arasında dağılım gösterdiği görülmektedir. Silt değişkeninin bu alandaki simülasyon dağılım yüzeyinde gerçek örnekleme noktalarının yer aldığı görülmektedir. Bu tür yüzeyler elde edildiği durumlarda simülasyon işleminin hatalı olup olmadığını kontrol etmek amacıyla simüle edilmiş değerlerin gerçek değerler ile aynı histogram ve variograma sahip olup olmadıkları kontrol edilmiş, bu koşulu sağladıkları görülmüştür. Bunun yanında aynı veriler başka bir jeostatistik paket programı kullanılarak simüle edilmiş, benzer haritalar elde edilmiştir.



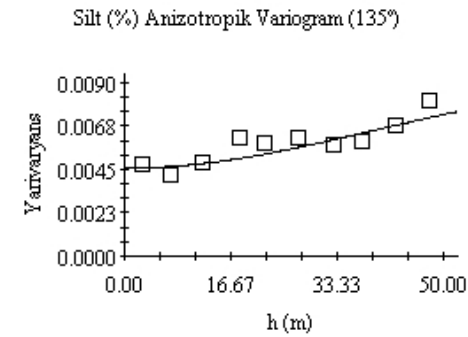
Gaussian model($C_0 = 4.580\text{E-}003$; $C_0 + C = 9.530\text{E-}003$; $AM_{\text{Major}} = 57.44$; $AM_{\text{Minor}} = 52.31$; $r^2 = 0.622$; $RSS = 2.636\text{E-}05$)



Gaussian model($C_0 = 4.580\text{E-}003$; $C_0 + C = 9.530\text{E-}003$; $AM_{\text{Major}} = 57.44$; $AM_{\text{Minor}} = 52.31$; $r^2 = 0.622$; $RSS = 2.636\text{E-}05$)

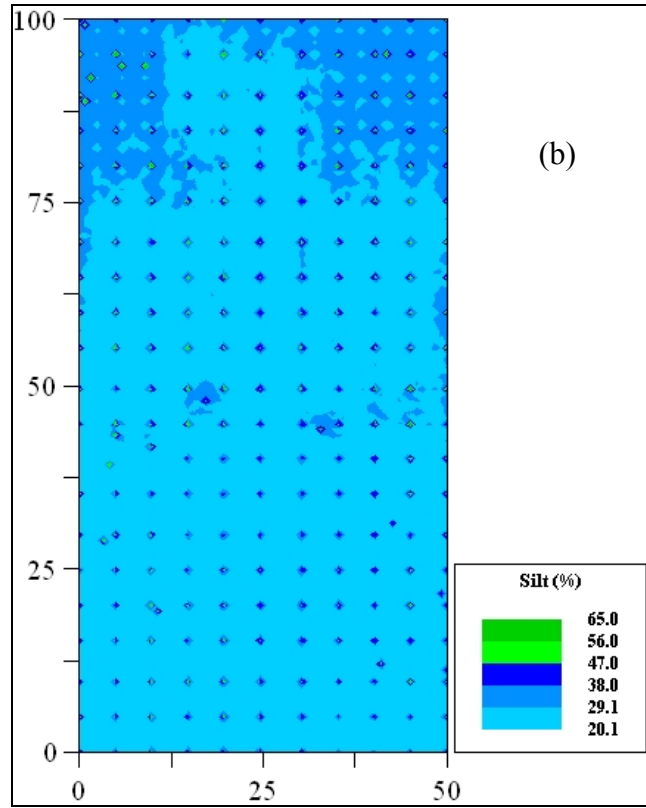
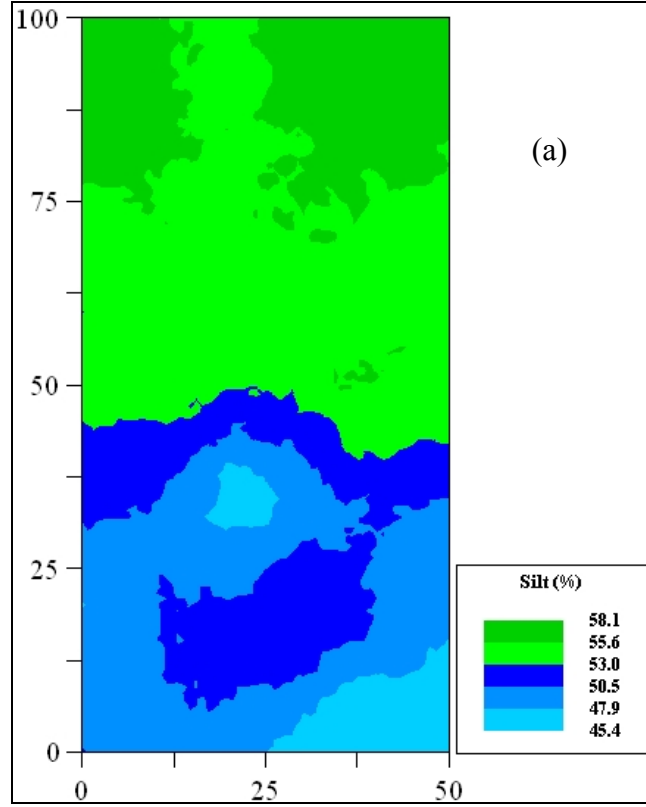


Gaussian model($C_0 = 4.580\text{E-}003$; $C_0 + C = 9.530\text{E-}003$; $AM_{\text{Major}} = 57.44$; $AM_{\text{Minor}} = 52.31$; $r^2 = 0.622$; $RSS = 2.636\text{E-}05$)



Gaussian model($C_0 = 4.580\text{E-}003$; $C_0 + C = 9.530\text{E-}003$; $AM_{\text{Major}} = 57.44$; $AM_{\text{Minor}} = 52.31$; $r^2 = 0.622$; $RSS = 2.636\text{E-}05$)

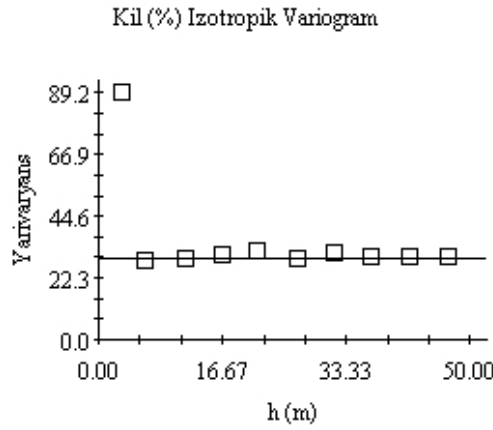
Şekil 4.58 Alüviyal tarım alanı silt anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.59 Alüvyal tarım alanı silt kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.4.5 Kil (%)

Alüviyal tarım alanı kil özelliği tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 23’de verilmiştir. Alüviyal tarım alanında kil değerleri % 13,17-46,49 arasında değişim göstermiştir. Değişim katsayısı % 15,01 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı -2,00 olarak belirlenen veriler normal dağılımdan pozitif yönde uzaklaşma göstermişlerdir. Dönüşüm işlemleri verilerin çarpıklığını gidermemiştir. Kil değişkeni bu alanda tam kontrolsüz etki varyansı (pure nugget) göstermiş olup, bu nedenle jeostatistiksel modelleme uygulanmamıştır (Şekil 4.60).

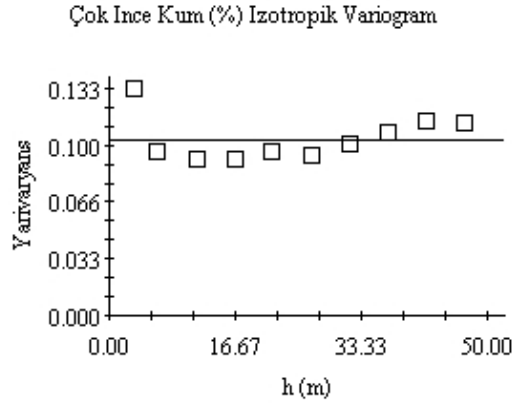


Şekil 4.60 Alüviyal tarım alanı kil tam kontrolsüz etki varyansı yarivaryogramı

4.7.4.6 Çok ince kum (%)

Alüviyal tarım alanında çok ince kum özelliğine ait tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 24’de verilmiştir. Değişim katsayısı % 32,71 olan çok ince kum değerleri alüviyal tarım alanında % 0,85-8,48 arasında değişim göstermiştir. Çarpıklık katsayısı 1,44 olarak belirlenmiştir. Normal dağılımdan sağa çarpık olarak uzaklaşma gösteren verilere deneysel yarivriogramların hesaplanması için logaritmik dönüşüm uygulanmıştır.

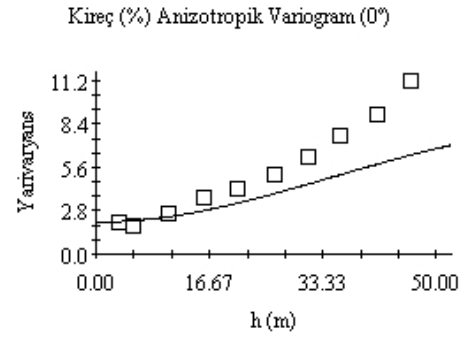
Çok ince kum değişkeni bu alanda tam kontrolsüz etki varyansı (pure nugget) göstermiş olup, bu nedenle jeostatistiksel modelleme uygulanmamıştır (Şekil 4.61).



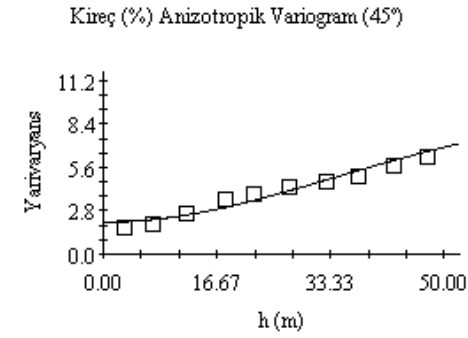
Şekil 4.61 Alüviyal tarım alanı çok ince kum tam kontrolsüz etki varyansı yarıvaryogramı

4.7.4.7 Kireç (CaCO_3) (%)

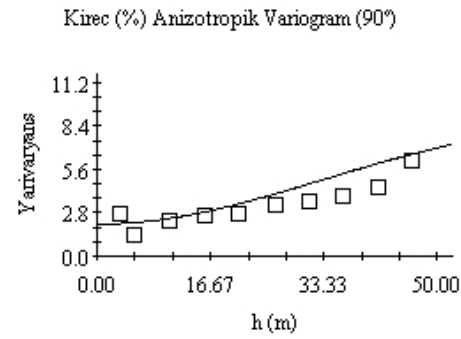
Alüviyal tarım alanında kireç özelliğine ait tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 25’de verilmiştir. Değişim katsayısı % 18,21 olarak belirlenen kireç değerleri bu alanda % 7,82-23,62 arasında değişim göstermiştir. Çarpıklık katsayısı -0,34 olarak belirlenen veriler normal dağılıma yakın dağılım göstermiştir. Toprakta bu değişkenin konumsal yapısında yöne bağlı değişim (anizotropi) gözlenmiş olup, kuzey-güney yönünde majör ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,51 oranında fark belirlenmiştir. Kireç değişkeni deneysel yarıvariogramları alüviyal tarım alanında Gauss modeli ile modellenmiştir (Şekil 4.62). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 2,07$, yapısal varyans $C_1 = 7,19$, tepe varyansı $C = 9,26$ olarak belirlenmiştir. Değişkenin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 48,24 m, minör yapısal uzaklık ise 46,59 m olarak bulunmuştur. Kalsiyum karbonat değişkeninin bu alandaki konumsal bağımlılık derecesi % 22,35 (yüksek) olarak belirlenmiştir. Toplam varyansın % 22,30’unu kontrolsüz etki varyansı, % 77,70’ini yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.32). Kireç değişkenine ait noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan dağılım yüzeyleri arasında benzerlik bulunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.63.a,b).



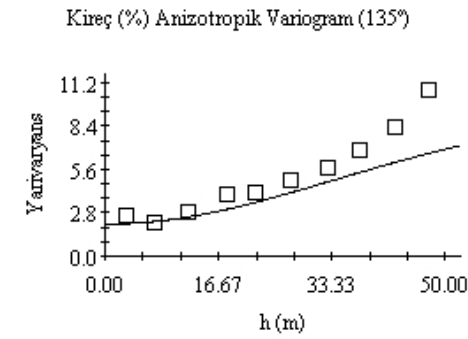
Gaussian model($C_0 = 2.07000$; $C_0 + C = 9.26221$; $AM_{Major} = 48.24$;
 $AM_{Minor} = 46.59$; $r^2 = 0.935$; $RSS = 76.0$)



Gaussian model($C_0 = 2.07000$; $C_0 + C = 9.26221$; $AM_{Major} = 48.24$;
 $AM_{Minor} = 46.59$; $r^2 = 0.935$; $RSS = 76.0$)

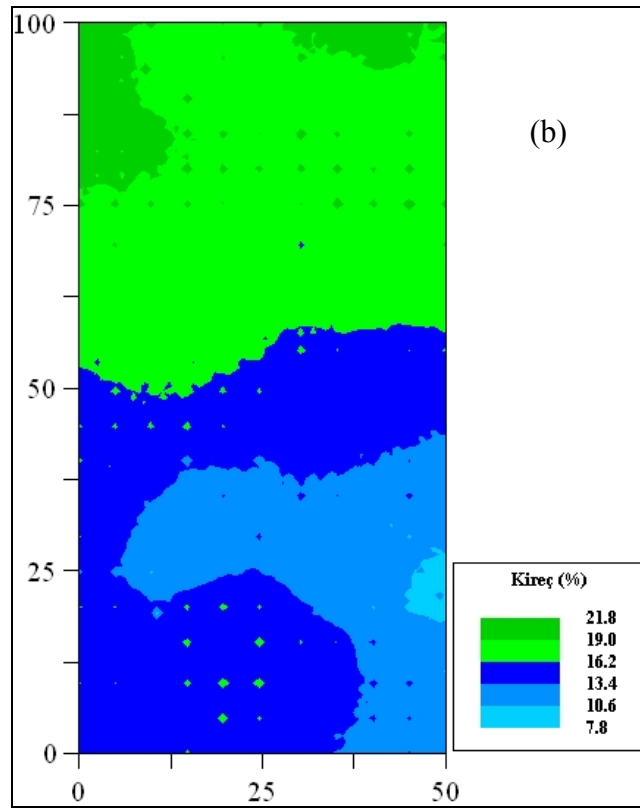
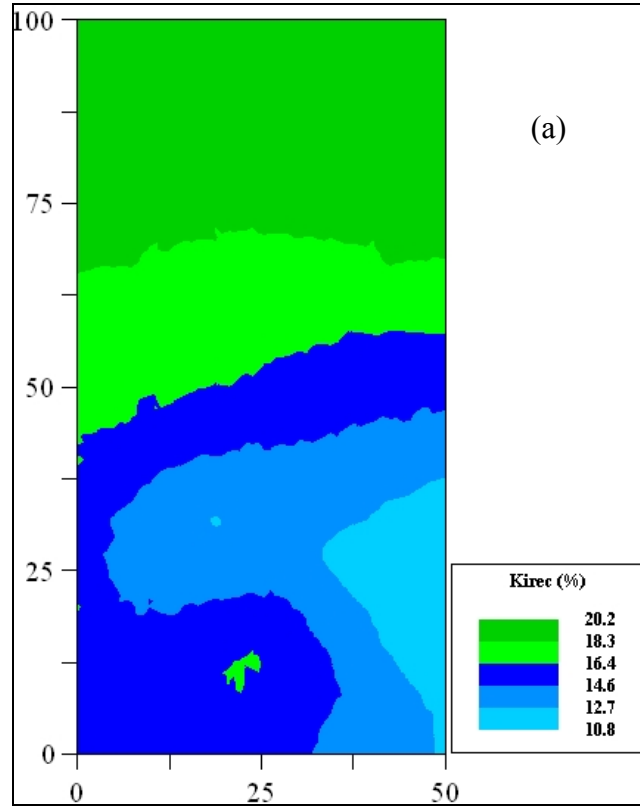


Gaussian model($C_0 = 2.07000$; $C_0 + C = 9.26221$; $AM_{Major} = 48.24$;
 $AM_{Minor} = 46.59$; $r^2 = 0.935$; $RSS = 76.0$)



Gaussian model($C_0 = 2.07000$; $C_0 + C = 9.26221$; $AM_{Major} = 48.24$;
 $AM_{Minor} = 46.59$; $r^2 = 0.935$; $RSS = 76.0$)

Şekil 4.62 Alüviyal tarım alanı kireç anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.63 Alüviyal tarım alanı kireç kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.5 Kolüviyal tarım alanı toprak özellikleri jeostatistiksel analizleri

Kolüviyal tarım alanında jeostatistiksel analizi yapılan organik madde, hidrolik iletkenlik, kum, kil, silt ve çok ince kum özelliklerine ait model ve parametreleri çizelge 4.33’de verilmiştir. Özelliklere ait dönüşüm uygulanmış tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 26-31’de verilmiştir.

Çizelge 4.33 Kolüviyal tarım alanı toprak özellikleri model ve parametreleri

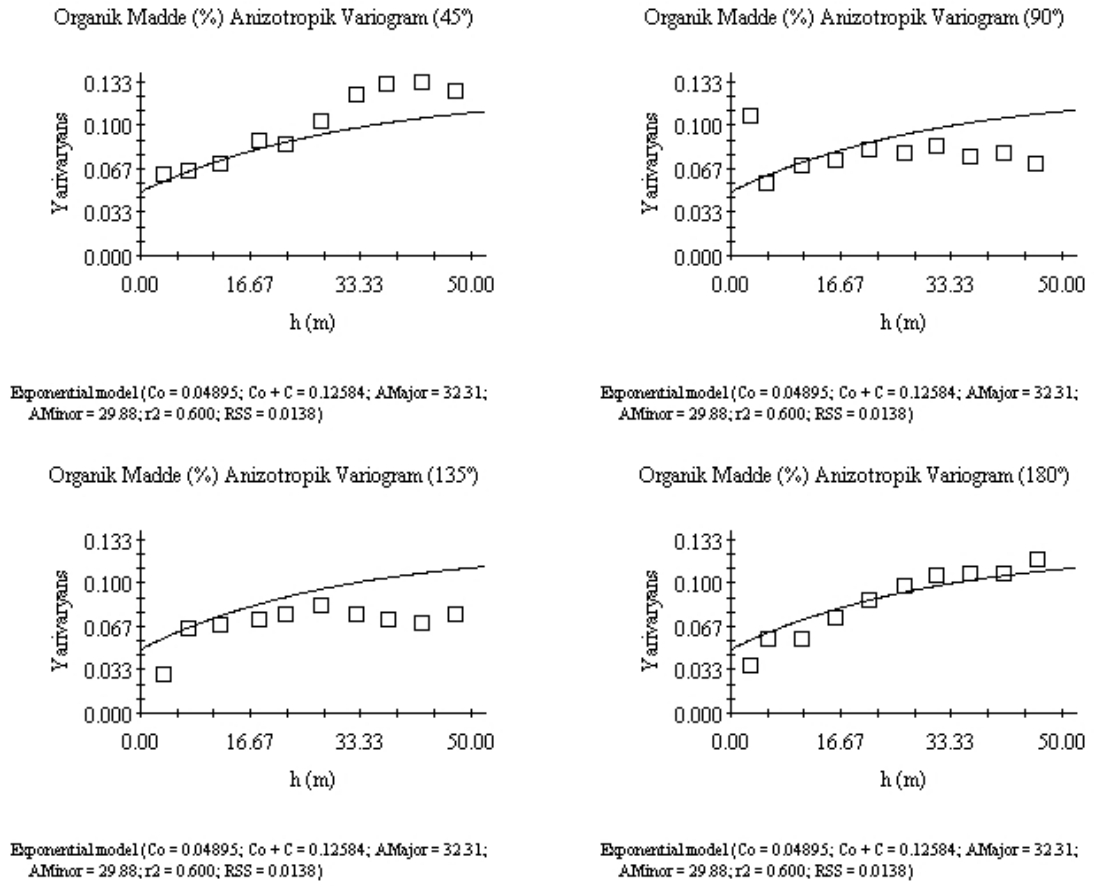
Özellik	Model	C ₀	C ₀ +C	C ₁	$\frac{C_1}{(C_0+C)}$	A _MJ	A _MN	KBD	KBS
Organik madde	Üssel	0,048	0,125	0,077	0,611	32,31	29,88	38,90	Orta
Hidrolik iletkenlik					tam kontrolsüz etki varyansı				
Kum	Üssel	0,009	0,044	0,035	0,786	12,25	9,59	21,44	Yüksek
Silt	Gauss	0,30	0,43	0,13	0,30	52,91		70,09	Orta
Kil	Üssel	16,63	87,01	70,38	0,809	24,17	22,72	19,11	Yüksek
Çok ince kum	Gauss	0,068	0,101	0,033	0,323	39,40		67,70	Orta

C₀: kontrolsüz etki varyansı (külçe etkisi), C₀+C: tepe varyansı (sill), C₁: yapısal varyans, A MJ: majör yapısal uzaklık (m), A MN: minör yapısal uzaklık (m), KBD: konumsal bağımlılık derecesi (%), KBS: konumsal bağımlılık sınıfı

4.7.5.1 Toprak organik maddesi (TOM) (%)

Kolüviyal tarım alanı organik madde özelliğine ait tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 26’da verilmiştir. Toprak organik madde değerleri bu arazi kullanımında % 0,75-2,76 arasında değişim göstermiştir. Değişim katsayısı % 19,23 olarak belirlenen veriler 0,11 çarpıklık katsayısı ile normal dağılım göstermiştir.

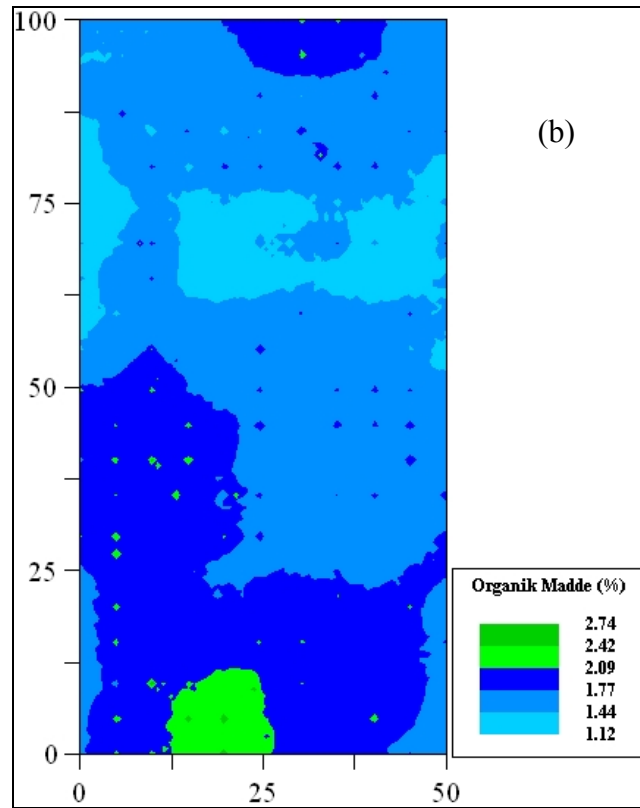
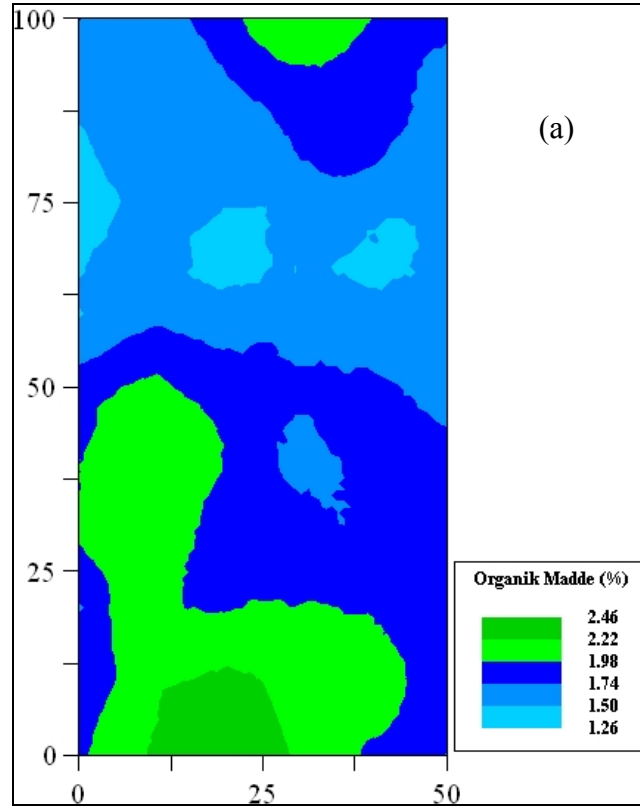
Kolüviyal tarım alanında organik madde değişkenin konumsal yapısında yöne bağlı değişim (anizotropi) gözlenmiş olup, azimut açısı 45⁰ ötelendiğinde majör ve minör yapısal uzaklıklar arasında 2,47 oranında fark belirlenmiştir.



Şekil 4.64 Kolüviyal tarım alanı organik madde anizotropik yarıvariogram modelleri

Kolüviyal tarım alanında organik madde değişkeni deneysel yarıvariogramları üssel model ile modellenmiştir (Şekil 4.64). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 0,048$, yapısal varyans $C_1 = 0,077$, tepe varyansı $C = 0,125$ olarak belirlenmiştir. Majör yapısal uzaklık 32,31 m, minör yapısal uzaklık ise 29,88 m olarak bulunmuştur. Organik madde değişkeninin bu alandaki konumsal bağımlılık derecesi % 38,90 (orta) olarak belirlenmiştir. Toplam varyansın % 38,90'ını kontrolsüz etki varyansı, % 61,10'unu yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.33).

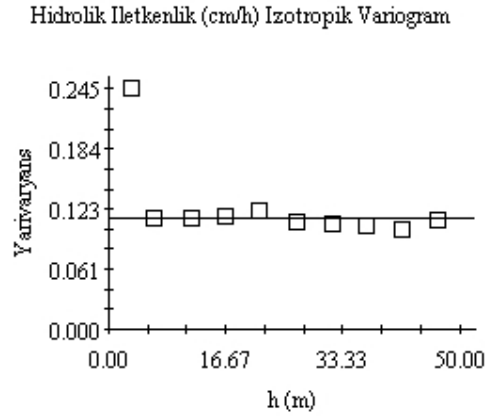
Bu arazi kullanımında organik madde değişkenine ait deneysel yarıvariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan dağılım yüzeyleri arasında farklılık bulunduğu, simülasyon dağılımlarının daha düşük düzeylerde olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.65.a,b).



Şekil 4.65 Kolüviyal Tarım Alanı organik madde kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.5.2 Doygun hidrolik iletkenlik (cm/h)

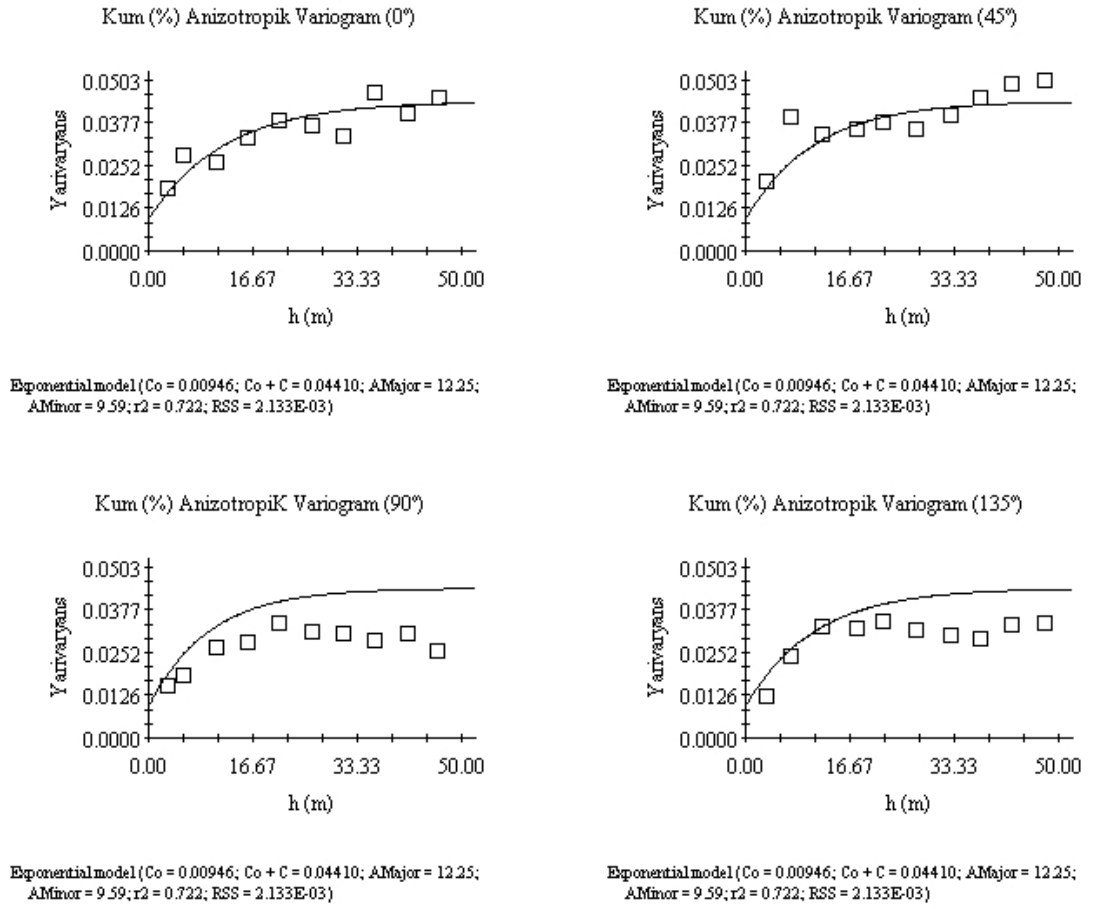
Kollüviyal tarım alanı hidrolik iletkenlik özelliğine ait tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 27’de verilmiştir. Kolüviyal tarım alanında % 0,01-3,59 arasında değerler alan hidrolik iletkenlik değişkeni için değişim katsayısı % 57,13 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı 0,67 olan ve normal dağılımdan sağa çarpık olarak sapma gösteren değişken verilerine karekök dönüşüm uygulanmıştır. Bu değişken kolüviyal tarım alanında tam kontrolsüz etki varyansı (pure nugget) göstermiş olup, bu nedenle jeostatistiksel modelleme uygulanmamıştır (Şekil 4.66).



Şekil 4.66 Kolüviyal tarım alanı hidrolik iletkenlik tam kontrolsüz etki varyansı yarıvaryogramı

4.7.5.3 Kum (%)

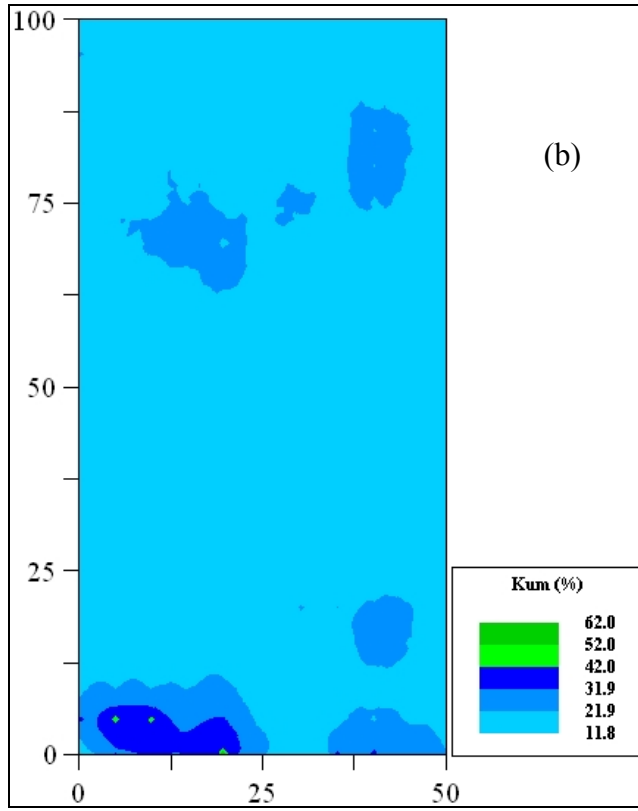
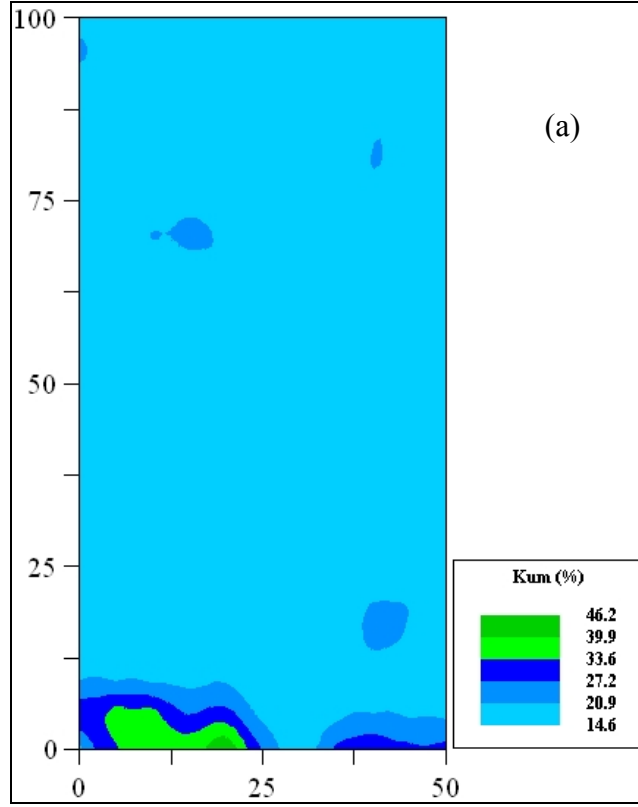
Kollüviyal tarım alanı kum özelliği tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 28’de verilmiştir. Bu alanında kum değerleri % 11,82-62,04 arasında değişmiş, değişim katsayısı % 29,70 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı 3,80 olarak belirlenmiş olup, veriler normal dağılımdan sapma gösterdiği için variogram parametrelerini belirlemek için verilere logaritmik dönüşüm uygulanmış, çarpıklık katsayısı 2,30’a kadar düşürülebilmektedir. Kolüviyal tarım alanında kum değişkeninin konumsal yapısında yöne bağlı değişim (anizotropi) gözlenmiş olup, kuzey-güney yönünde majör ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,99 oranında fark belirlenmiştir.



Şekil 4.67 Kolüviyal tarım alanı kum anizotropik yarıvariogram modelleri

Bu arazi kullanımında kum değişkeni deneysel yarıvariogramları Gauss modeli ile modellenmiştir (Şekil 4.67). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 0,009$, yapısal varyans $C_1 = 0,035$, tepe varyansı $C = 0,044$ olarak belirlenmiştir. Değişkenin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 12,25 m, minör yapısal uzaklık ise 9,59 m olarak bulunmuştur. Kum değişkeni bu alanda yüksek konumsal bağımlılık sınıfında yer almış olup, konumsal bağımlılık derecesi % 21,44 olarak belirlenmiştir. Toplam varyansın % 21,40'ını kontrolsüz etki varyansı, % 78,60'ını yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.33).

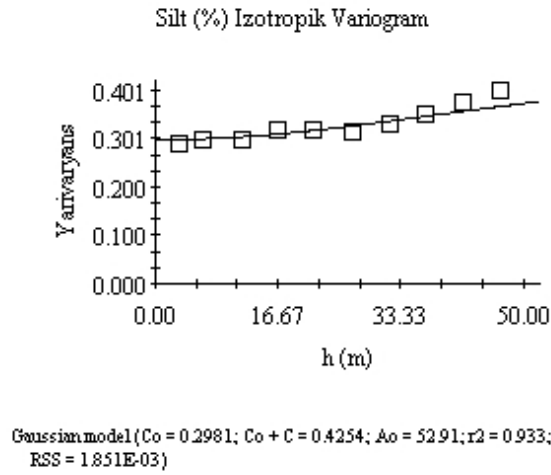
Kum değişkenine ait deneysel yarıvariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan dağılım yüzeyleri arasında benzerlik bulunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.68.a,b).



Şekil 4.68 Kolüviyal tarım alanı kum kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

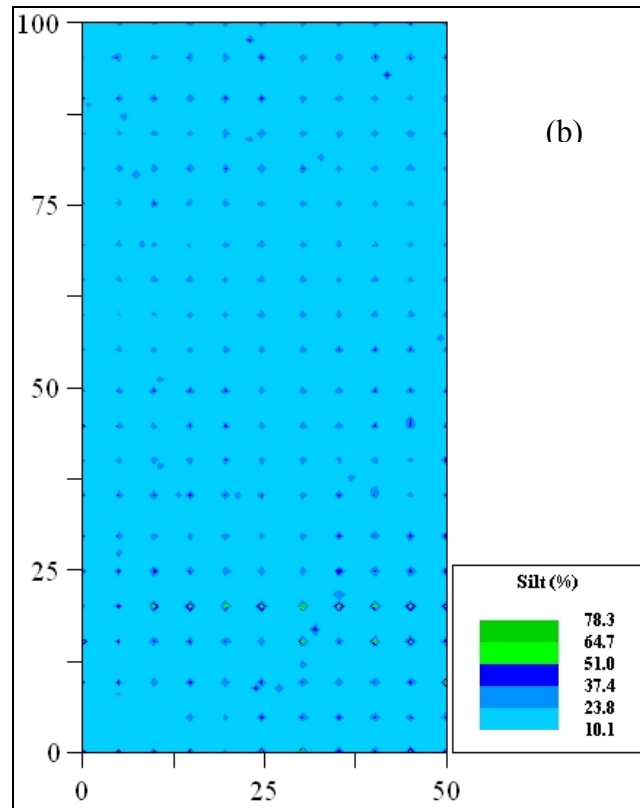
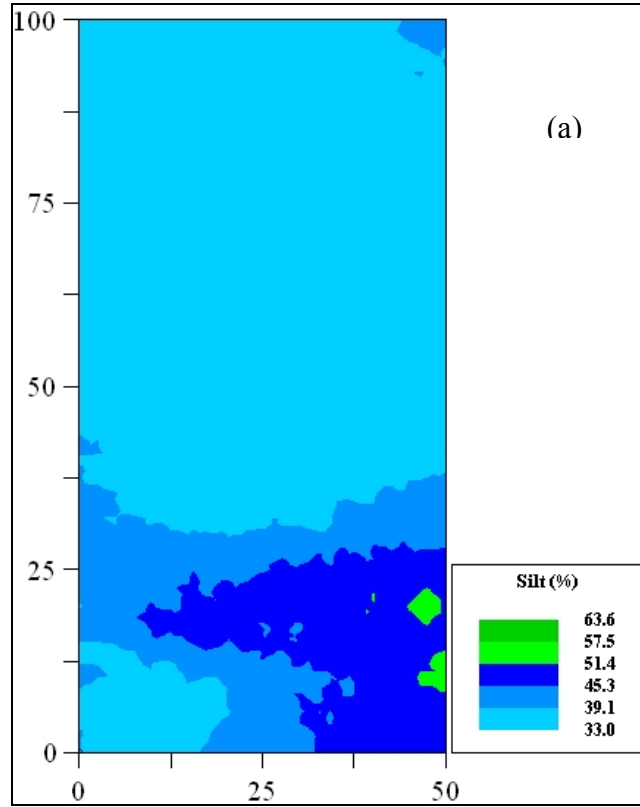
4.7.5.4 Silt (%)

Silt özelliğine ait tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 29’da verilmiştir. Kolüviyal tarım alanında % 11,16-78,29 arasında değişen silt değerlerinin değişim katsayısı % 21,47 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı ise 1,47 olarak belirlenmiş olup, deneysel yarıvariogramların hesaplanmasında avantaj oluşturması için verilere karekök dönüşüm uygulanmış, çarpıklık katsayısı 0,62’ye kadar düşürülebilmektedir. Bu arazi kullanımında silt değişkeninin konumsal yapısında yöne bağlı değişim gözlenmemiş olup, izotropik bir yapı belirlenmiştir.



Şekil 4.69 Kolüviyal tarım alanı silt izotropik yarıvariogram modeli

Kolüviyal tarım alanında silt değişkeni deneysel yarıvariogramı Gauss modeli ile modellenmiştir (Şekil 4.69). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 0,30$, yapısal varyans $C_1 = 0,13$, tepe varyansı $C = 0,43$ olarak belirlenmiştir. Değişkenin ilişkili olduğu yapısal uzaklık 52,91 m olarak bulunmuştur. Silt değişkeni bu alanda düşük konumsal bağımlılık sınıfında yer almış olup, konumsal bağımlılık derecesi % 70,09 olarak belirlenmiştir. Toplam varyansın % 29,91’ini kontrolsüz etki varyansı, % 70,09’unu yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.33). Kolüviyal tarım alanında silt değişkenine ait noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan dağılım yüzeyleri arasında farklılık bulunduğu gözlemlenmiştir. Simulasyon yüzeyinde değişkenin tahmin değerlerinin % 10,1-23,08 arasında değiştiği gözlenirken, kriging tekniği bu özelliği alanda daha heterojen olarak % 33,00-63,60 arasında tahmin etmiştir (Şekil 4.70.a,b).



Şekil 4.70 Kolüviyal tarım alanı silt kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

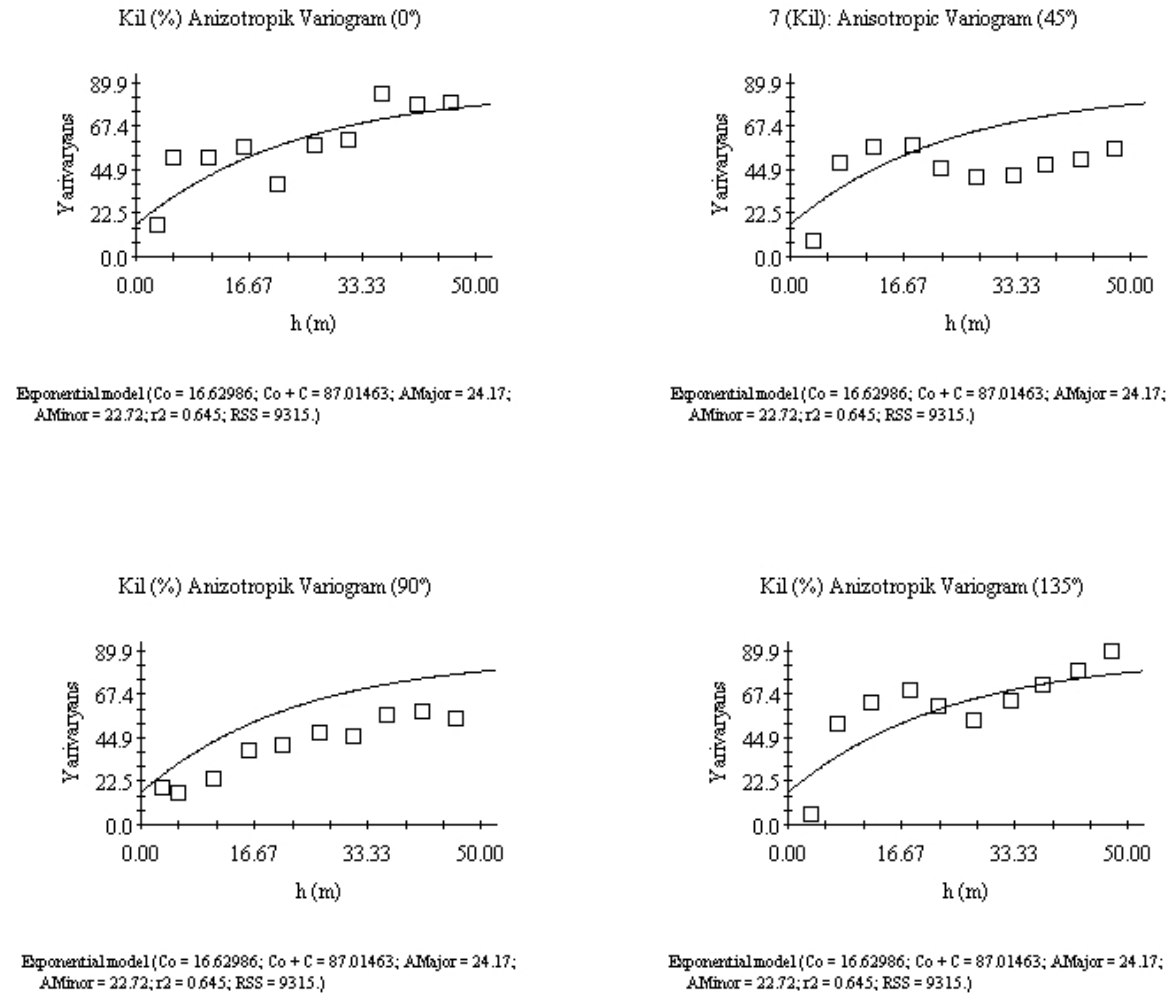
4.7.5.5 Kil (%)

Kil özelliğine ait tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 30'da verilmiştir. Kolüviyal tarım alanında kil değerleri % 5,74-51,73 arasında değişmiştir. Değişim katsayısı % 23,75 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı -2,32 olarak belirlenmiş olup, veriler normal dağılımdan sağa çarpık olarak uzaklaşmışlardır. Bununla birlikte dönüşüm metodlarının hiçbirisi çarpıklığı gidermede yeterli olmadığı için deneysel yarivariogramların hesaplanmasında ham veriler kullanılmıştır.

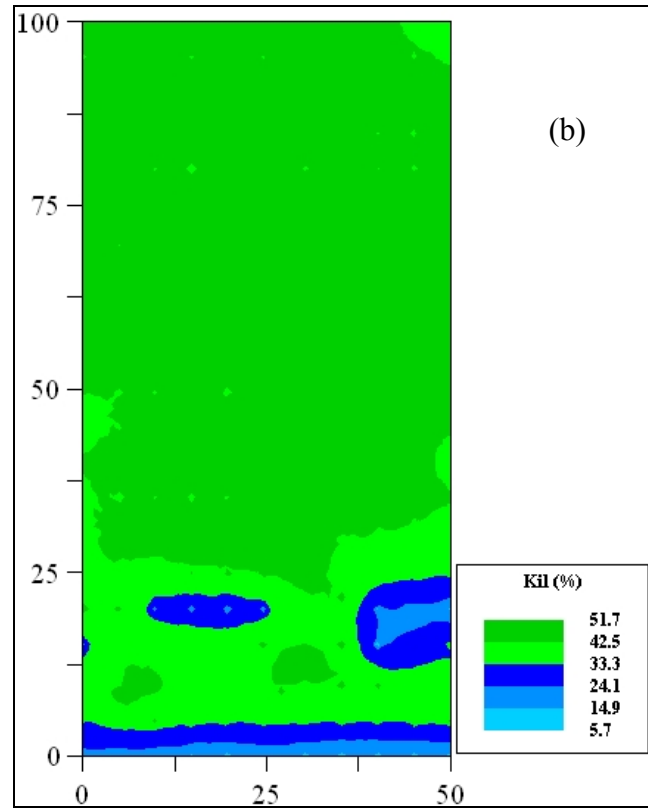
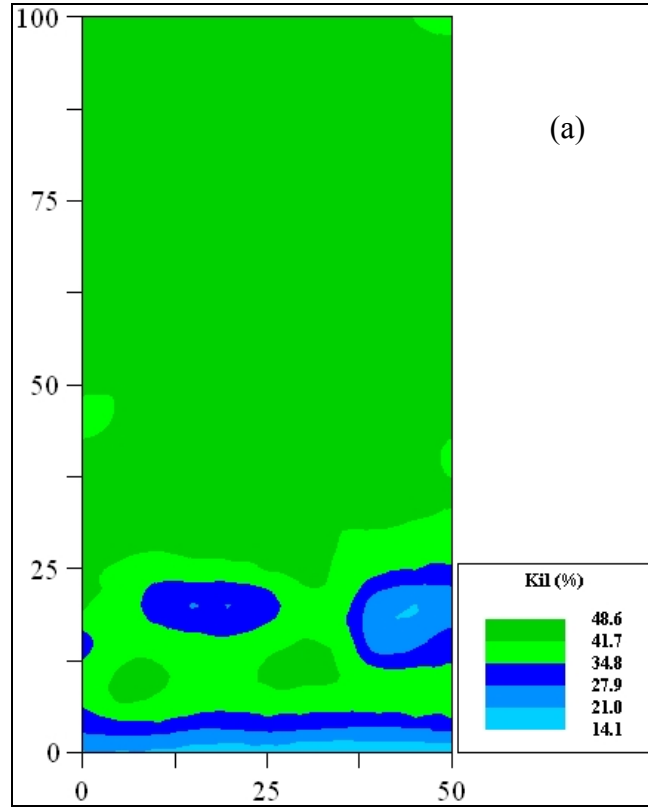
Kolüviyal tarım alanında kil değişkeninin konumsal yapısında yöne bağlı değişim gözlenmiş olup, kuzey-güney yönünde majör ve minör yapısal uzaklıklar arasında 2,06 oranında fark belirlenmiştir.

Kil değişkeni deneysel yarivariogramları bu arazi kullanımında üssel model ile modellenmiştir (Şekil 4.71). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 16,63$, yapısal varyans $C_1 = 70,38$, tepe varyansı $C = 87,01$ olarak belirlenmiştir. Majör yapısal uzaklık 24,17 m, minör yapısal uzaklık ise 22,72 m olarak bulunmuştur. Değişken bu alanda yüksek konumsal bağımlılık sınıfında yer almış olup, konumsal bağımlılık derecesi % 19,11 olarak belirlenmiştir. Toplam varyansın % 19,10'unu kontrolsüz etki varyansı, % 80,90'ını yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.33).

Kolüviyal tarım alanında kil değişkeni deneysel yarivariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan dağılım yüzeyleri arasında benzerlik bulunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.72.a,b).



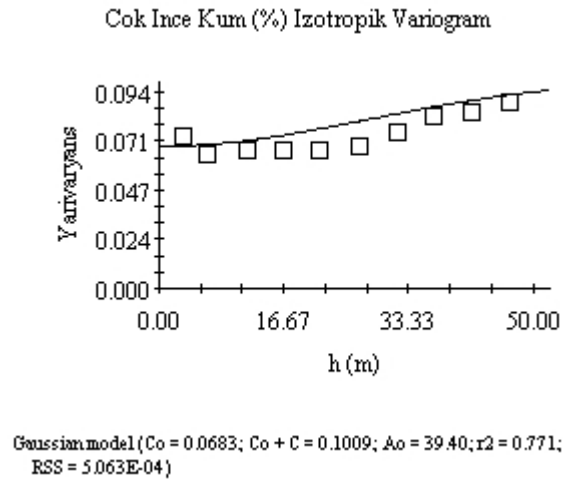
Şekil 4.71 Kolüviyal tarım alanı kil anizotropik yarıvariogram modelleri



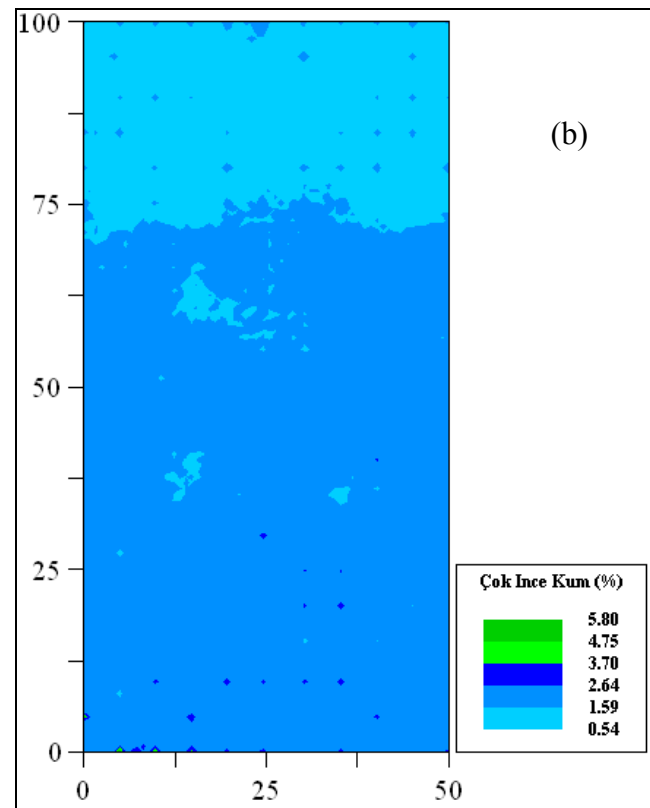
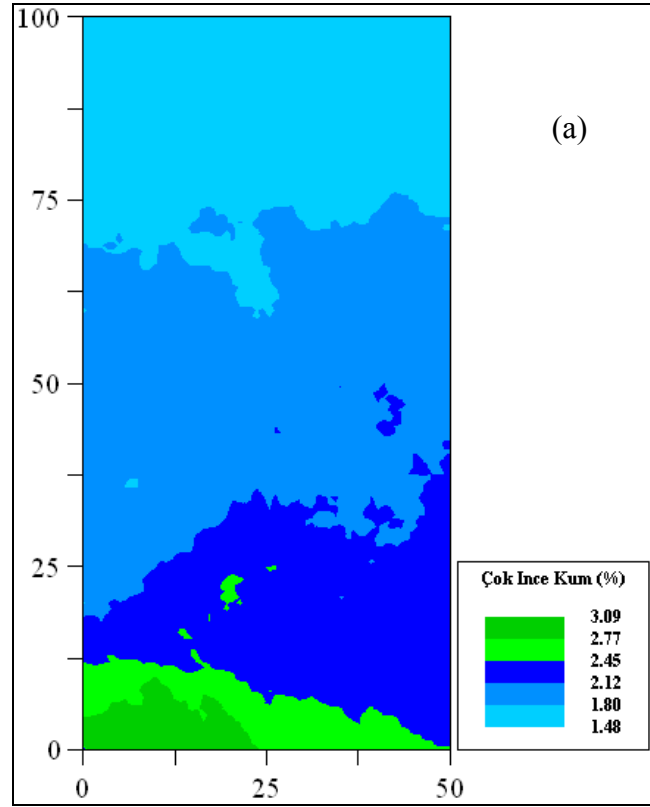
Şekil 4.72 Kolüviyal tarım alanı kil kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.5.6 Çok ince kum (%)

Çok ince kum özelliği tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 31’de verilmiştir. Çok ince kum değerlerinin % 0,54-14,38 arasında değiştiği kolüviyal tarım alanında, aynı değişkenin değişim katsayısı % 52,09 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı 6,99 olarak belirlenmiş olup, veriler normal dağılımdan sapma göstermişlerdir. Bu nedenle deneysel variogramların hesaplanması için verilere logaritmik dönüşüm uygulanmış çarpıklık katsayısı 1.47’ye düşürülerek veriler normal dağılıma yaklaştırılmıştır. Kolüviyal tarım alanında bu değişkenin konumsal yapısında yöne bağlı değişim gözlenmemiş olup, izotropik olduğu belirlenmiştir. Çok ince kum değişkeni deneysel yarivariogramı Gauss model ile modellenmiştir (Şekil 4.73). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 0,068$, yapısal varyans $C_1 = 0,033$, tepe varyansı $C = 0,101$ olarak belirlenmiştir. Değişkenin bu alanda ilişkili olduğu yapısal uzaklık 39,40 m olarak bulunmuştur. Çok ince kum değişkeni bu alanda orta konumsal bağımlılık sınıfında yer almış olup, konumsal bağımlılık derecesi % 67,70 olarak belirlenmiştir. Toplam varyansın % 67,70’ini kontrolsüz etki varyansı, % 32,30’unu yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.33). Kolüviyal tarım alanında kil değişkenine noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan dağılım yüzeyleri arasında farklılık bulunduğu, değişkenin kriging dağılım yüzeyinin daha heterojen olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.74.a.b).



Şekil 4.73 Kolüviyal tarım alanı çok ince kum izotropik yarivariogram modeli



Şekil 4.74 Kolüviyal tarım alanı kil kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.6 Nadas-ürün alanı K değerleri jeostatistiksel analizleri

Nadas-ürün alanında jeostatistiksel analizi yapılan RUSLE, Torri, Römken ve Nomograf eşitlikleri ile elde edilen K değerleri model ve parametreleri çizelge 4.34’de verilmiştir. K değerlerine ait dönüşüm uygulanmış tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 32-35’de verilmiştir.

Çizelge 4.34 Nadas-ürün alanı K değerleri model ve parametreleri

Özellik	Model	C_0	$C_0 + C$	C_1	$\frac{C_1}{(C_0 + C)}$	A	KBD	KBS
RUSLE K	Küresel	$2,99 \times 10^{-7}$	$1,46 \times 10^{-6}$	$1,16 \times 10^{-6}$	0,795	43,5	20,51	Yüksek
Torri K	Küresel	$2,78 \times 10^{-5}$	$6,09 \times 10^{-5}$	$3,31 \times 10^{-5}$	0,543	55,19	43,41	Orta
Römken K	Gauss	$2,98 \times 10^{-7}$	$7,03 \times 10^{-7}$	$4,05 \times 10^{-7}$	0,576	54,60	44,39	Orta
Nomograf K	Üssel	$1,03 \times 10^{-4}$	$2,44 \times 10^{-4}$	$1,41 \times 10^{-4}$	0,579	32,14	26,84	Orta

C_0 : kontrolsüz etki varyansı (külçe etkisi), C_0+C : tepe varyansı (sill), C_1 : yapısal varyans, A: yapısal uzaklık (m), KBD: konumsal bağımlılık derecesi (%), KBS: konumsal bağımlılık sınıfı

4.7.6.1 RUSLE eşitliği K değeri

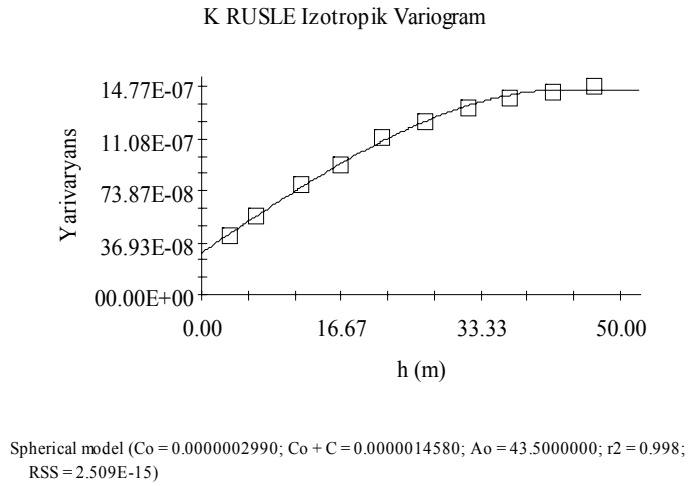
RUSLE eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 32’de verilmiştir. Nadas-ürün alanında RUSLE eşitliği ile belirlenen K değerleri 0,0259-0,0405 arasında değişmiş, değişim katsayısı % 4,13 olarak belirlenmiştir.

Çarpıklık katsayısı -3,93 olarak belirlenmiş olup, veriler normal dağılımdan negatif yönde sapma göstermişlerdir. Dönüşüm şekilleri verilerin çarpıklığını değiştirmemiş, deneysel yarıvariogram hesaplamaları ham veriler kullanılarak yapılmıştır.

Bu değişken nadas-ürün alanında yöne bağlı değişim göstermemiş olup, izotropik olduğu belirlenmiştir.

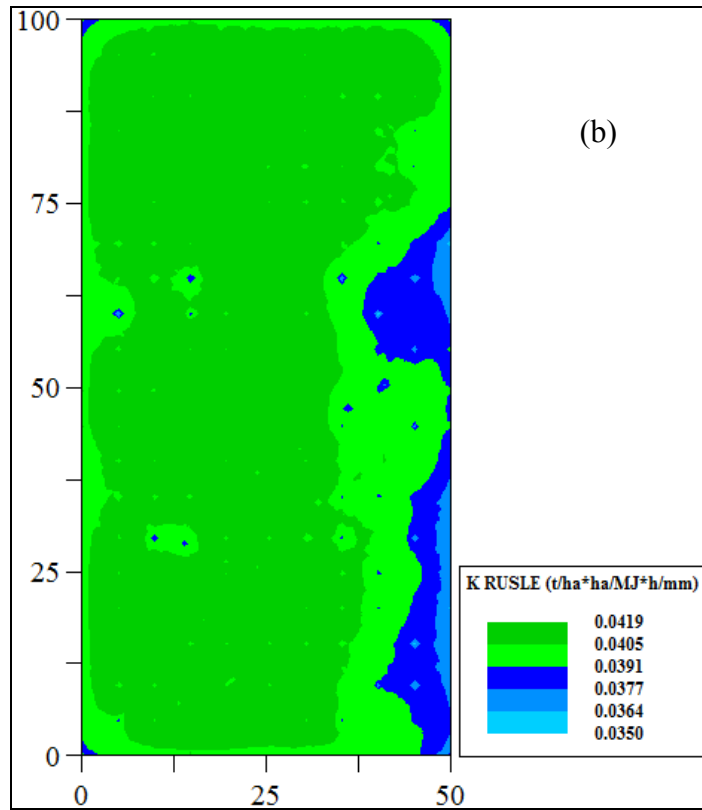
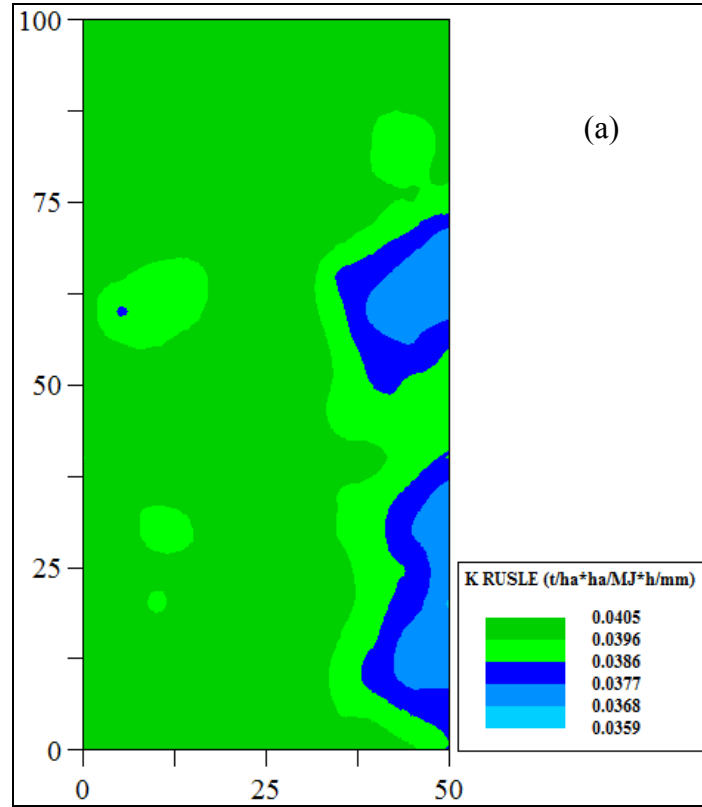
Nadas-ürün alanında RUSLE eşitliği K değerleri deneysel yarıvariogramı küresel tip model ile modellenmiştir (Şekil 4.75). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 2,99 \times 10^{-7}$

yapısal varyans $C_1 = 1,16 \times 10^{-6}$, tepe varyansı $C = 1,46 \times 10^{-6}$ olarak belirlenmiştir. Bu alanda değişkenin ilişkili olduğu yapısal uzaklık 43,50 m'dir. RUSLE eşitliği K değişkeni bu alanda yüksek düzeyde konumsal bağımlılık göstermiş olup, konumsal bağımlılık derecesi % 20,51 olarak belirlenmiştir. Toplam varyansın % 20,50'sini kontrolsüz etki varyansı, % 79,50'sini yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.34).



Şekil 4.75 Nadas-ürün alanı RUSLE K değerleri izotropik yarıvariogram modeli

Bu arazi kullanımında RUSLE K değişkeni deneysel yarıvariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan dağılım yüzeylerinin benzer oldukları gözlemlenmiştir. Kriging yüzeyinde RUSLE K değerleri genel olarak, 0,0386-0,0405 arasında, simülasyon yüzeyinde ise 0,0391-0,0419 arasında tahmin edilmiştir (Şekil 4.76.a,b).



Şekil 4.76 Nadas-ürün alanı RUSLE K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

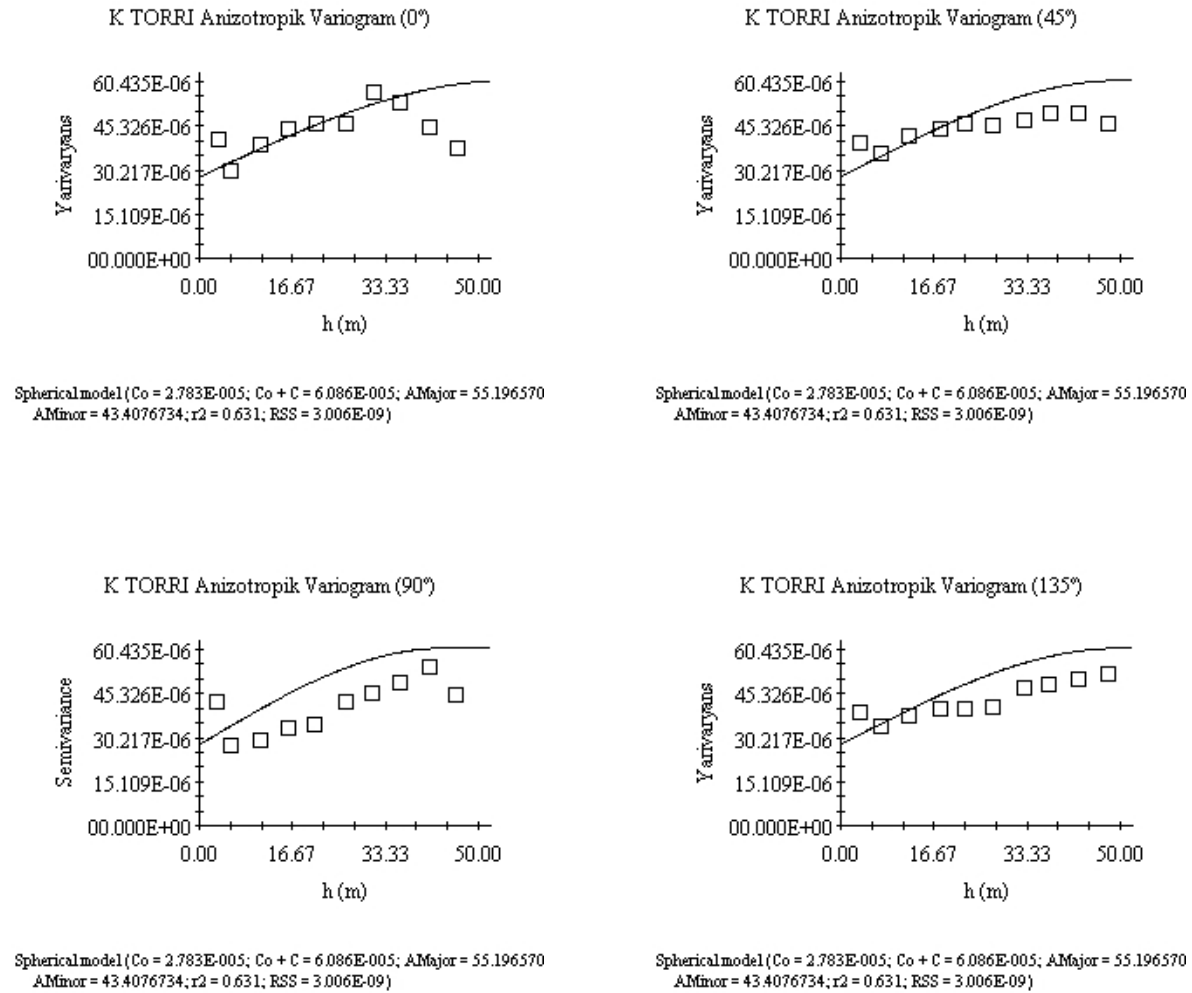
4.7.6.2 Torri eşitliği K değeri

Torri eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 33’de verilmiştir. Nadas-ürün alanında Torri eşitliği ile belirlenen K değerleri 0,0248-0,0495 arasında değerler almıştır. Değişim katsayısı % 8,48 olarak belirlenmiştir. Deneysel yarivariogram hesaplamaları normal dağılım göstermeyen ve çarpıklık katsayısı 0,63 olarak belirlenen verilere karekök dönüşüm uygulanarak yapılmıştır.

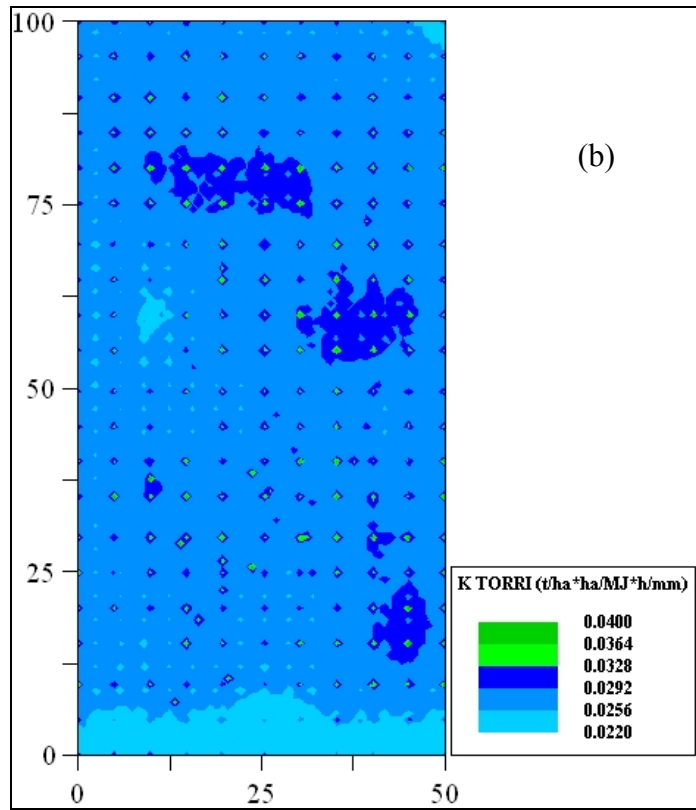
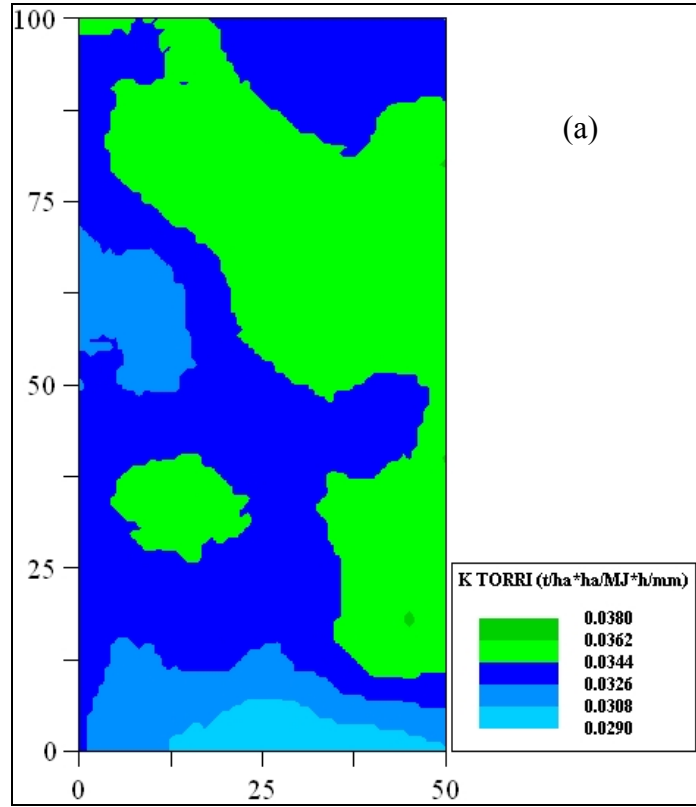
Bu değişken nadas-ürün alanında anizotropik bir yapı göstermiş olup, kuzey-güney yönünde majör ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,74 oranında fark belirlenmiştir. Torri eşitliği ile nadas-ürün alanında belirlenen K değerleri deneysel yarivariogramları küresel tip model ile tanımlanmıştır (Şekil 4.77).

Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 2,78 \times 10^{-5}$, yapısal varyans $C_1 = 3,31 \times 10^{-5}$, tepe varyansı $C = 6,09 \times 10^{-5}$ olarak belirlenmiştir. Değişkenin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 55,19 m, minör yapısal uzaklık 43,41 m olarak belirlenmiştir. Torri eşitliği K değişkeni bu alanda orta düzeyde konumsal bağımlılık göstermiş olup, konumsal bağımlılık derecesi % 45,73 olarak belirlenmiştir. Toplam varyansın % 45,70’ini kontrolsüz etki varyansı, % 54,30’unu yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.34).

Bu arazi kullanımında deneysel yarivariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan Torri K değişkeni dağılım yüzeyleri arasında farklılık bulunduğu, simülasyon yüzeyinde Torri K tahminlerinin daha düşük değerler aldığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.78.a,b).



Şekil 4.77 Nadas-ürün alanı Torri K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.78 Nadas-ürün alanı Torri K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

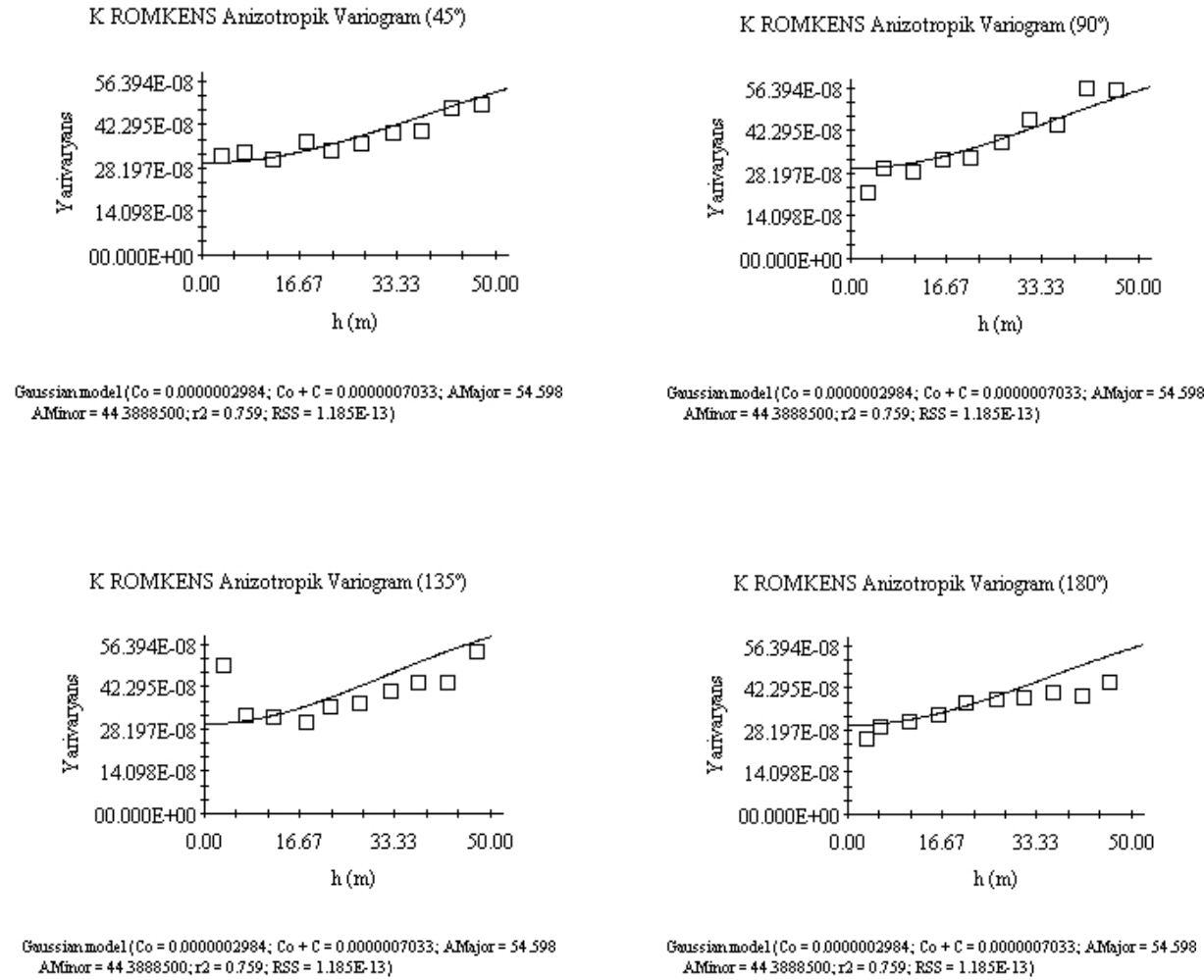
4.7.6.3 RÖMKENS eşitliği K değeri

Römkens eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 34’de verilmiştir. Römkens eşitliği kullanılarak belirlenen K değerleri nadas-ürün alanında 0,0339-0,0423 arasında değerler almış, değişim katsayısı % 2,03 olarak belirlenmiştir. Verilerin çarpıklık katsayısı -3,96 olarak belirlenmiş ve normal dağılım göstermemişlerdir. Buna karşın dönüşüm işlemleri çarpıklık değerini değiştirmede için deneysel yarivariogram hesaplamaları ham veriler kullanılarak yapılmıştır.

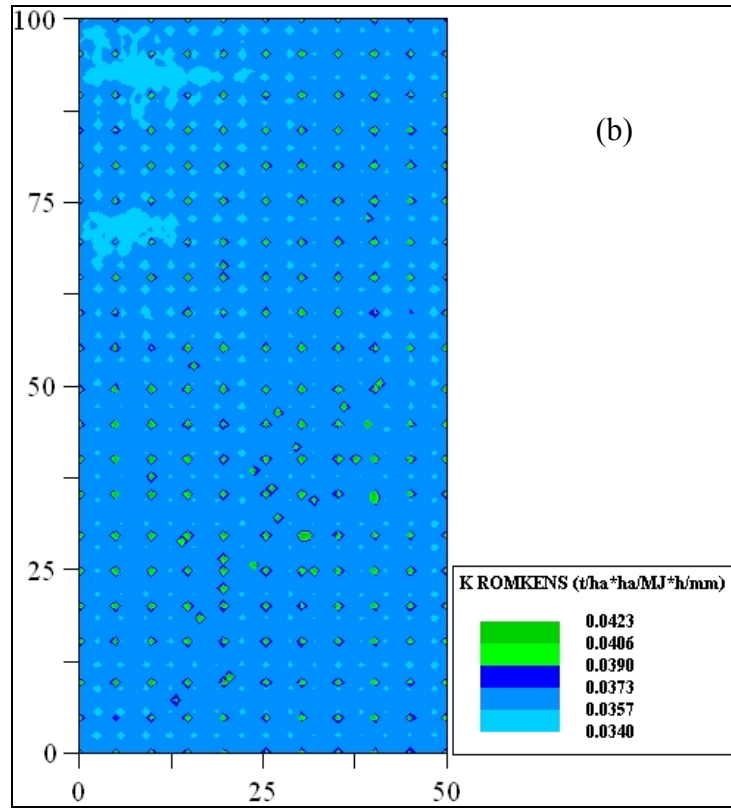
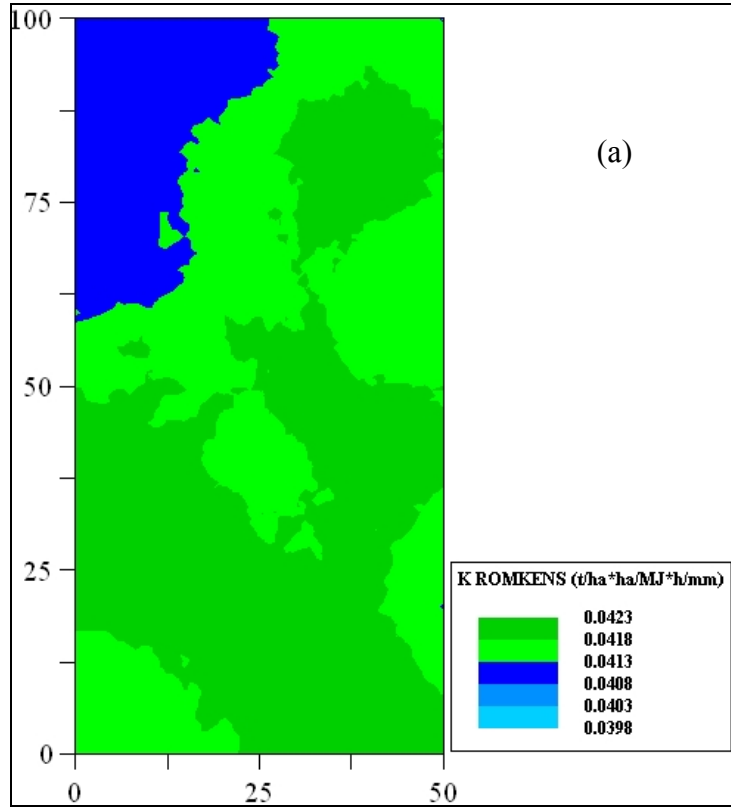
Bu değişkenin nadas-ürün alanında yöne göre konumsal değişimi incelendiğinde anizotropik bir yapı gösterdiği, azimut açısı 45^0 ötelendiğinde majör ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,71 oranında fark bulunduğu belirlenmiştir.

Nadas-ürün alanında Römkens eşitliği ile belirlenen K değerleri deneysel yarivariogramları üssel tip model ile modellenmiştir (Şekil 4.79). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 2,98 \times 10^{-7}$, yapısal varyans $C_1 = 4,05 \times 10^{-7}$, tepe varyansı $C = 7,03 \times 10^{-7}$ olarak belirlenmiştir. Değişkenin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 54,60 m, minör yapısal uzaklık 44,39 m olarak belirlenmiştir. Römkens eşitliği K değişkeni bu alanda orta düzeyde konumsal bağımlılık göstermiştir. Konumsal bağımlılık derecesi % 42,37 olarak belirlenmiştir. Toplam varyansın % 42,40’ını kontrolsüz etki varyansı, % 57,60’ını yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.34).

Deneysel yarivariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan Römkens K değişkeni dağılım yüzeyleri arasında farklılık bulunduğu, kriging tahminlerine göre K değerlerinin genelde 0,0413-0,0423 arasında, simülasyon tahminlerine göre ise daha düşük olarak 0,0340-0,0373 arasında değiştiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.80.a,b).



Şekil 4.79 Nadas-ürün alanı Römken K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.80 Nadas-ürün alanı Römken K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

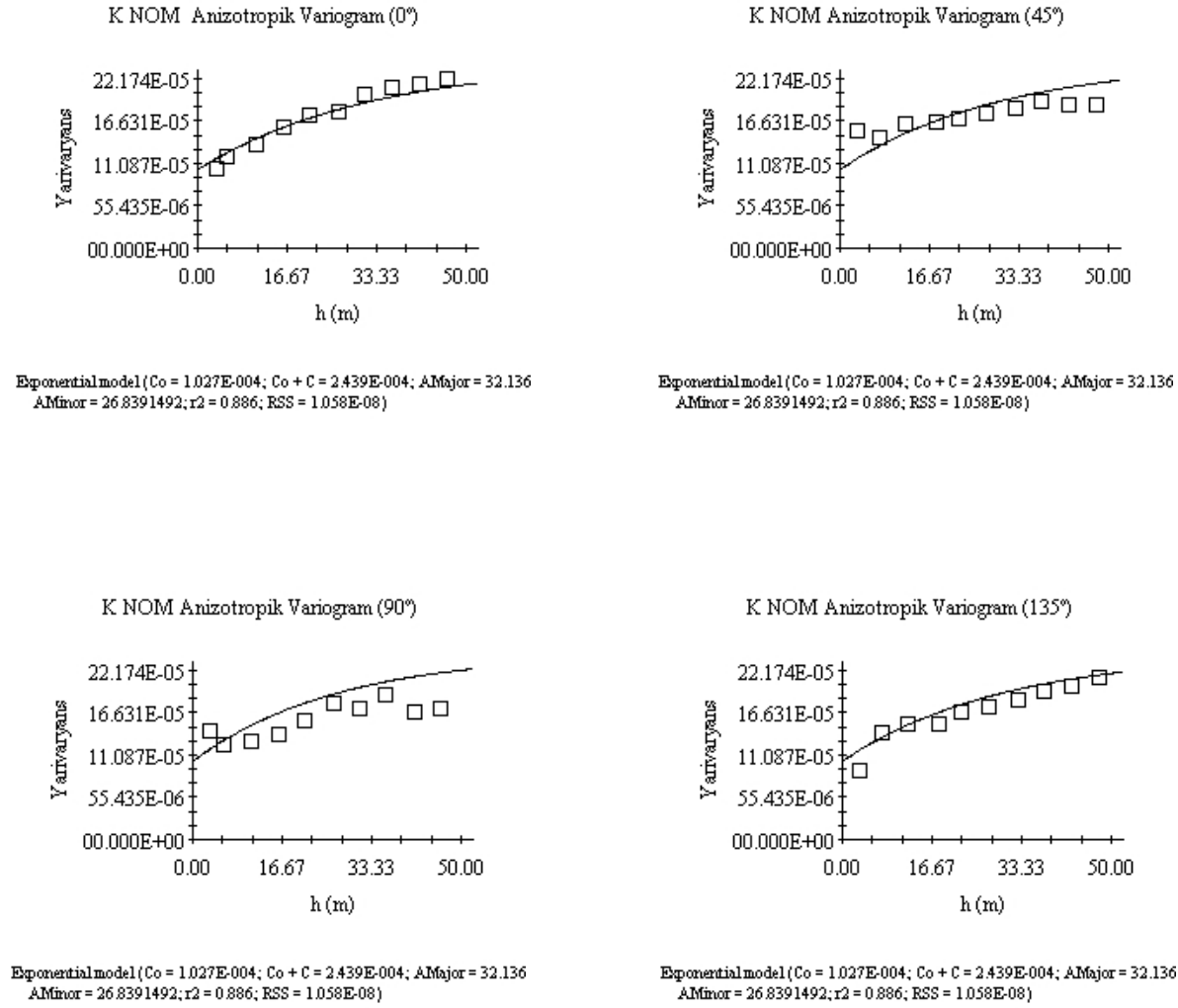
4.7.6.4 Nomograf eşitliği K değerleri

Nomograf eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 35’de verilmiştir. Nadas-ürün alanında Nomograf eşitliği ile belirlenen K değerleri dağılımı 0,0129-0,0498 arasında değişmiştir. Değişim katsayısı % 21,86 olarak belirlenen veriler 0,81 çarpıklık katsayısı ile normal dağılım göstermemişlerdir. Deneysel yarivariogram hesaplamaları için verilere karekök dönüşüm uygulanmıştır.

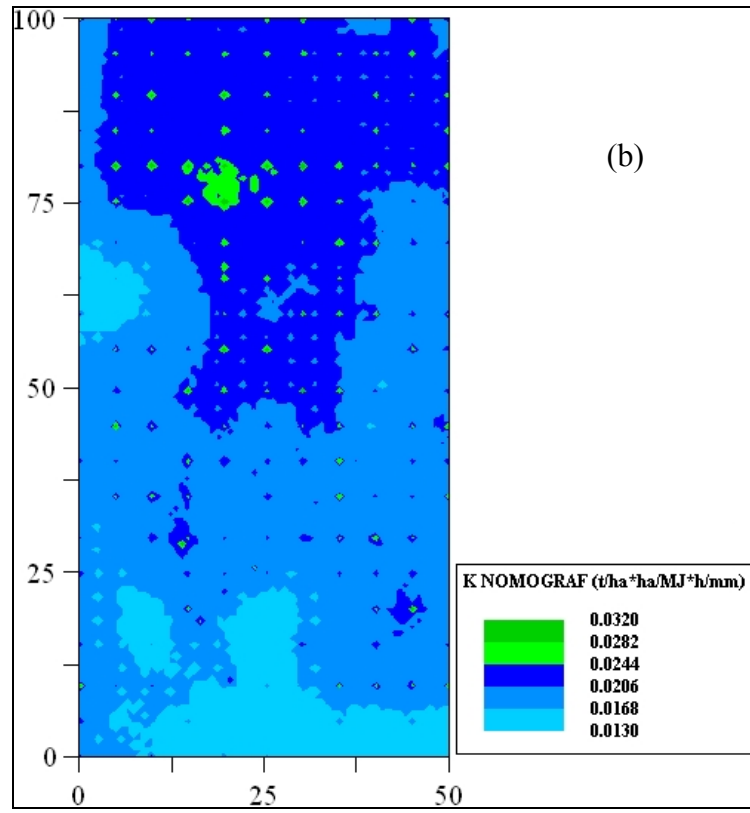
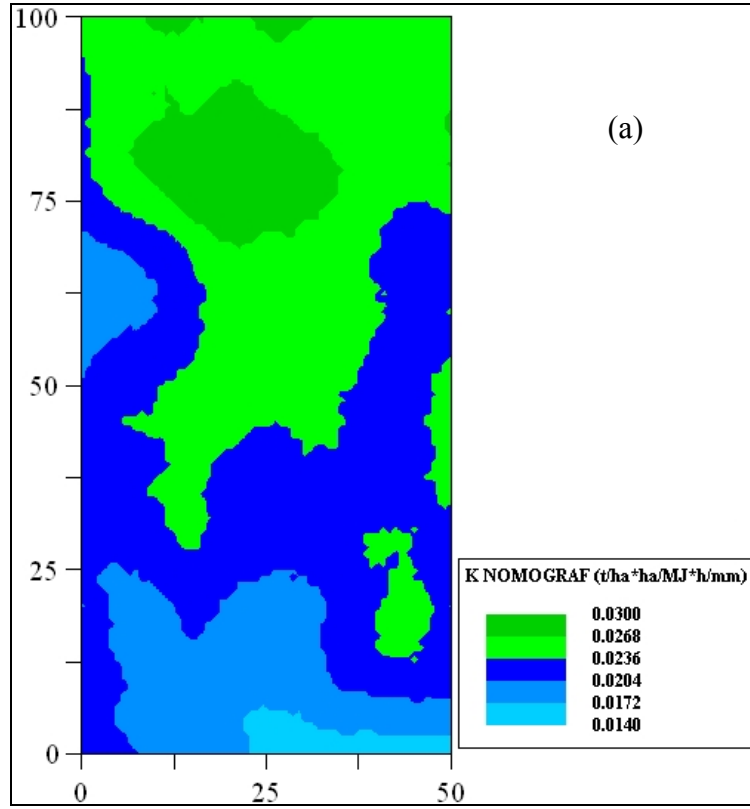
Bu değişkenin bu çalışma alanında anizotropik bir yapı göstermiş olup, kuzey-güney yönünde majör ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,86 oranında fark bulunduğu belirlenmiştir.

Nadas-ürün alanında Nomograf eşitliği ile belirlenen K değerleri deneysel yarivariogramları üssel tip model ile modellenmiştir (Şekil 4.81) ve modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 1,03 \times 10^{-4}$, yapısal varyans $C_1 = 1,41 \times 10^{-4}$, tepe varyansı $C = 2,44 \times 10^{-4}$ olarak bulunmuştur. Değişkenin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 32,14 m, minör yapısal uzaklık 26,84 m olarak belirlenmiştir. Nomograf K değişkeni bu alanda orta düzeyde konumsal bağımlılık göstermiş, konumsal bağımlılık derecesi % 42,11 olarak belirlenmiştir. Toplam varyansın % 42,10’unu kontrolsüz etki varyansı, % 57,90’ını yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.34).

Deneysel yarivariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan Nomograf K değişkeni dağılım yüzeyleri arasında farklılık bulunmaktadır. Kriging K değerleri tahminlerinin simülasyon tahminlerinden daha yüksek değerler aldığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.82.a,b).



Şekil 4.81 Nadas-ürün alanı Nomograf K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.82 Nadas-ürün alanı Nomograf K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.7 Bozuk meşelik alan K değerleri jeostatistiksel analizleri

Bozuk meşelik arazi kullanımında jeostatistiksel analizi yapılan RUSLE, Torri, Römken ve Nomograf eşitlikleri ile elde edilen K değerleri model ve parametreleri çizelge 4.35’de verilmiştir.

K değerlerine ait dönüşüm uygulanmış tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 36-39’da verilmiştir.

Çizelge 4.35 Bozuk meşelik alan K değerleri model ve parametreleri

Özellik	Model	C_0	$C_0 + C$	C_1	$\frac{C_1}{(C_0 + C)}$	A_MJ	A_MN	KBD	KBS
RUSLE K	Gauss	$6,95 \times 10^{-6}$	$1,78 \times 10^{-5}$	$1,09 \times 10^{-5}$	0,610	37,33	35,70	38,99	Orta
Torri K	Gauss	$9,26 \times 10^{-6}$	$2,66 \times 10^{-5}$	$1,73 \times 10^{-5}$	0,651	53,53	46,70	34,85	Orta
Römken K	Gauss	$3,00 \times 10^{-6}$	$7,19 \times 10^{-6}$	$4,19 \times 10^{-6}$	0,582	42,05	30,79	41,74	Orta
Nomograf K	Gauss	$1,65 \times 10^{-5}$	$2,73 \times 10^{-5}$	$1,09 \times 10^{-5}$	0,397	48,84	33,65	60,33	Orta

C_0 : kontrolsüz etki varyansı (külçe etkisi), C_0+C : tepe varyansı (sill), C_1 : yapısal varyans, A MJ: majör yapısal uzaklık (m), A MN: minör yapısal uzaklık (m), KBD: konumsal bağımlılık derecesi (%), KBS: konumsal bağımlılık sınıfı

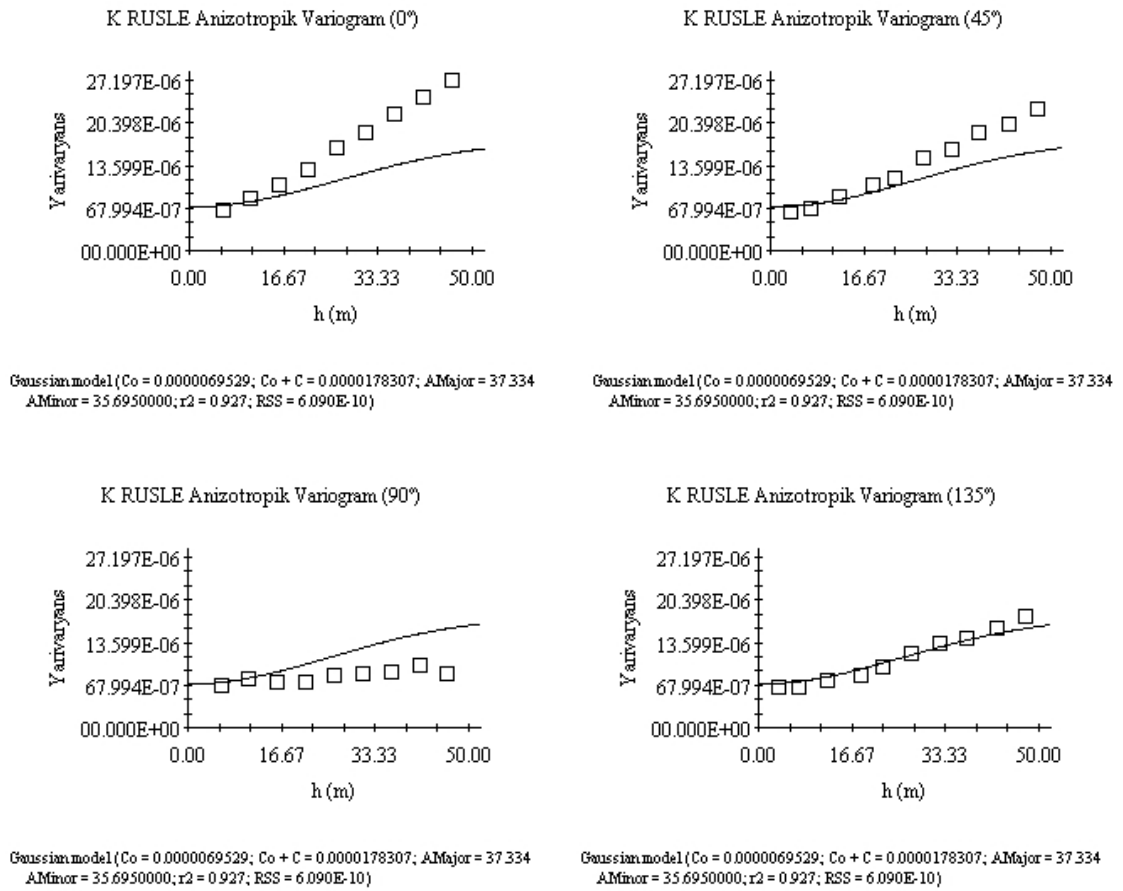
4.7.7.1 RUSLE eşitliği K değeri

RUSLE eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 36’da verilmiştir. Bozuk meşelik alanda RUSLE eşitliği ile belirlenen K değerleri dağılımı 0,0209-0,0404 arasında değişmiştir. Değişim katsayısı % 12,30 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı -0,53 olarak belirlenen veriler normal dağılıma yakın bir dağılım göstermişlerdir.

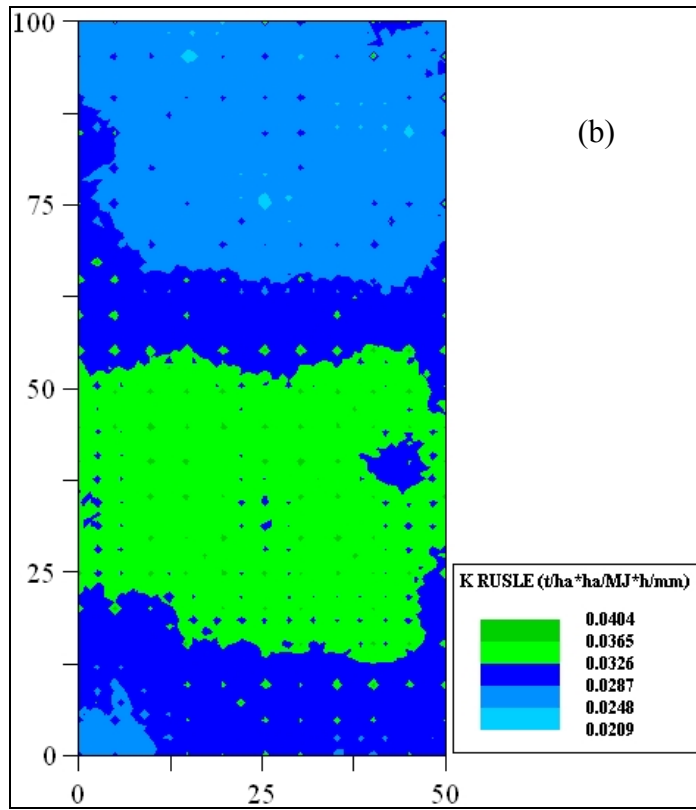
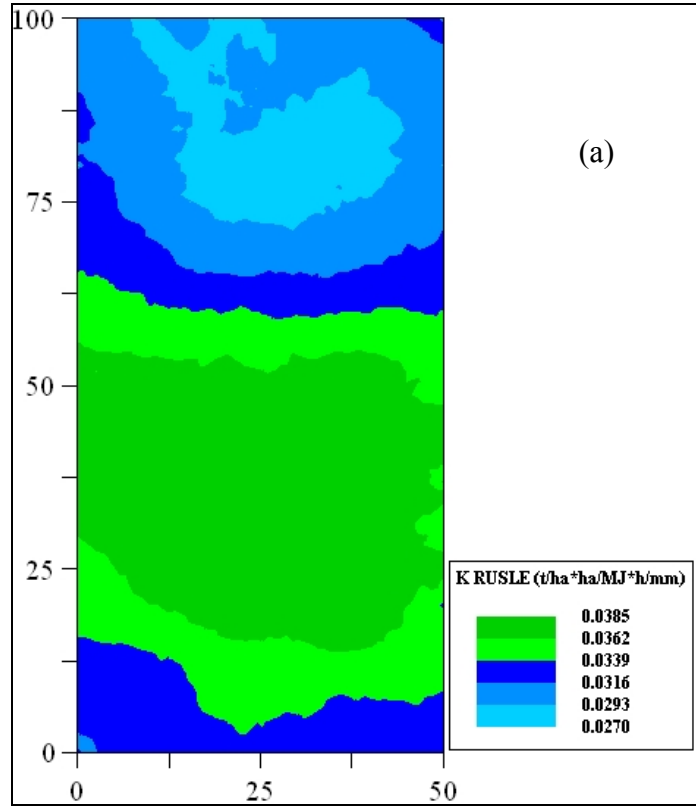
Değişken bu çalışma alanında anizotropik bir yapı göstermiştir. Kuzey-güney yönünde majör ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,99 oranında fark bulunduğu belirlenmiştir.

RUSLE eşitliği ile belirlenen K değerlerinin bozuk meşelik alanda deneysel yarivariogramlarının hesaplanmasında en iyi uyumu üssel tip model sağlamıştır (Şekil 4.83). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 6,95 \times 10^{-6}$, yapısal varyans $C_1 = 1,09 \times 10^{-5}$, tepe varyansı $C = 1,78 \times 10^{-5}$ olarak bulunmuştur. Değişkenin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 37,33 m, minör yapısal uzaklık 35,70 m olarak belirlenmiştir. Bu alanda değişken orta düzeyde konumsal bağımlılık göstermiştir ve konumsal bağımlılık derecesi % 38,99 olarak belirlenmiştir. Toplam varyansın % 39,00'unu kontrolsüz etki varyansı, % 61,00'ini yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.35).

Deneysel yarivariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan RUSLE K değişkeni dağılım yüzeyleri arasında benzerlik bulunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.84.a,b).



Şekil 4.83 Bozuk meşelik alan RUSLE K değerleri anizotropik yarivariogram modelleri



Şekil 4.84 Bozuk meşelik alan RUSLE K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.7.2 Torri eşitliği K değerleri

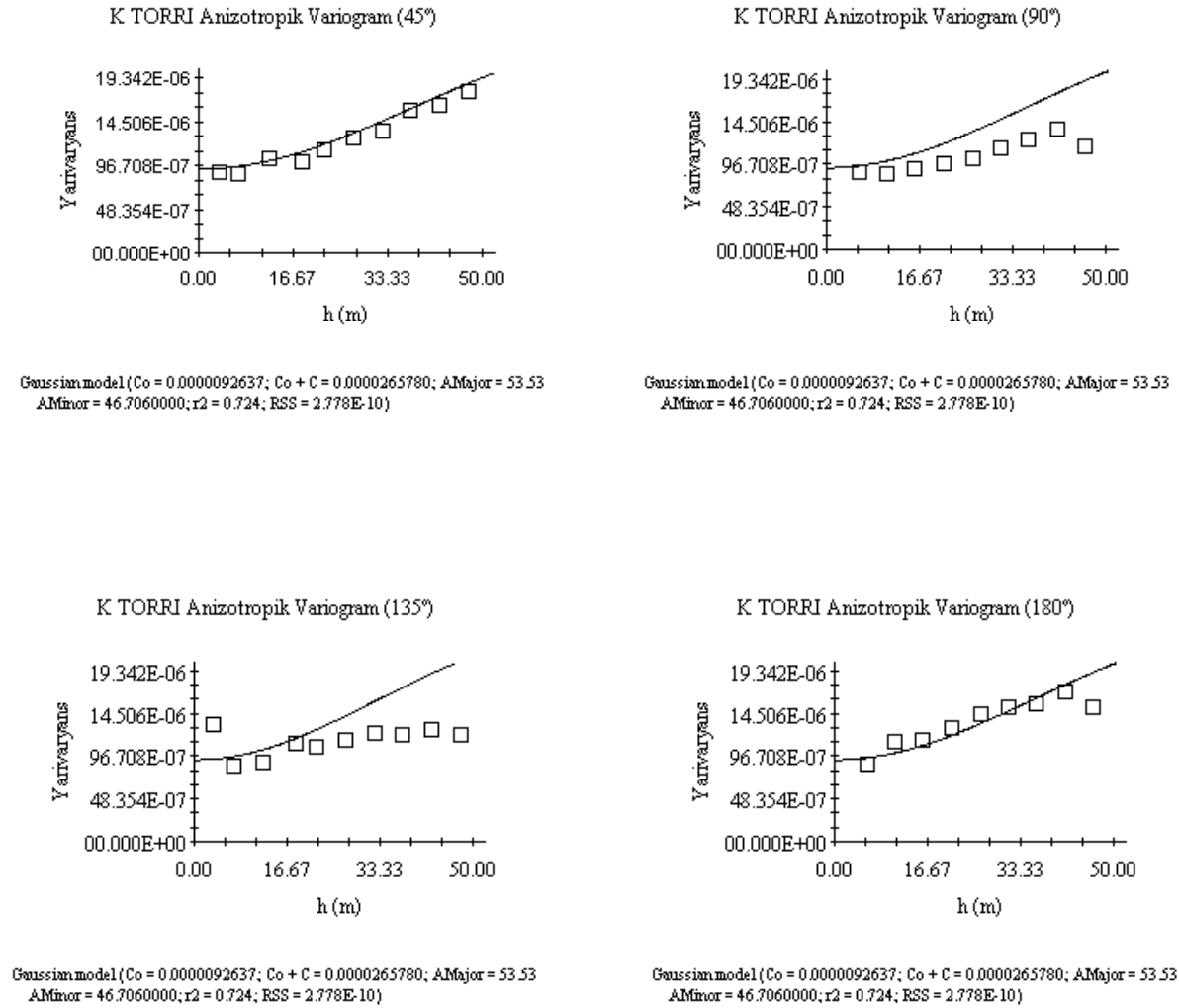
Bozuk meşelik alanda belirlenen Torri eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 37’de verilmiştir. Bozuk meşelik alanda Torri eşitliği K değerleri dağılımı 0,0074-0,0518 arasında değişmiştir. Değişim katsayısı % 11,57 olarak belirlenmiştir.

Çarpıklık katsayısı -2,73 olarak belirlenen veriler normal dağılımdan negatif yönde sapma göstermişlerdir. Bununla birlikte verilere uygulanan dönüştürme işlemleri çarpıklığı gidermemiş, bu nedenle deneysel yarivariogramların hesaplanmasında ham verilerden yararlanılmıştır.

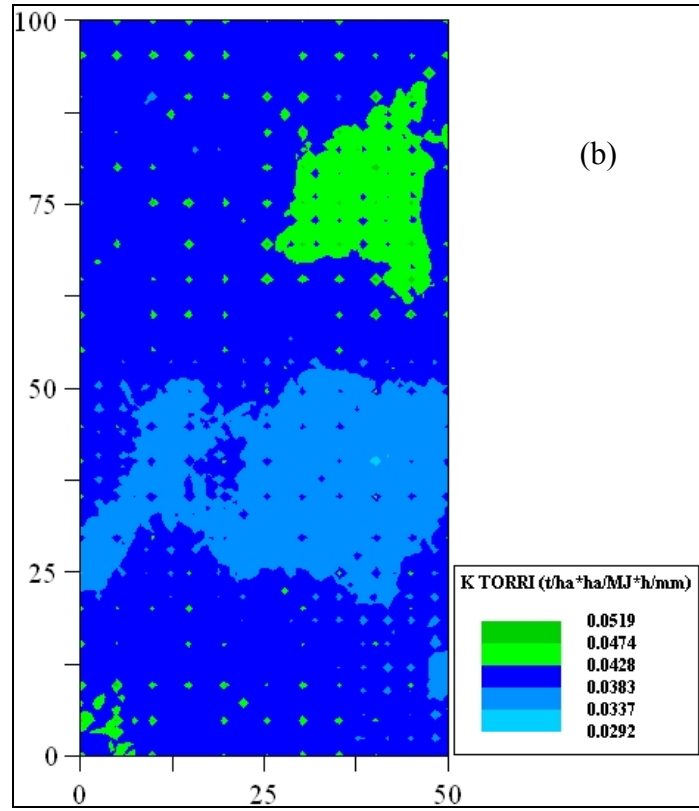
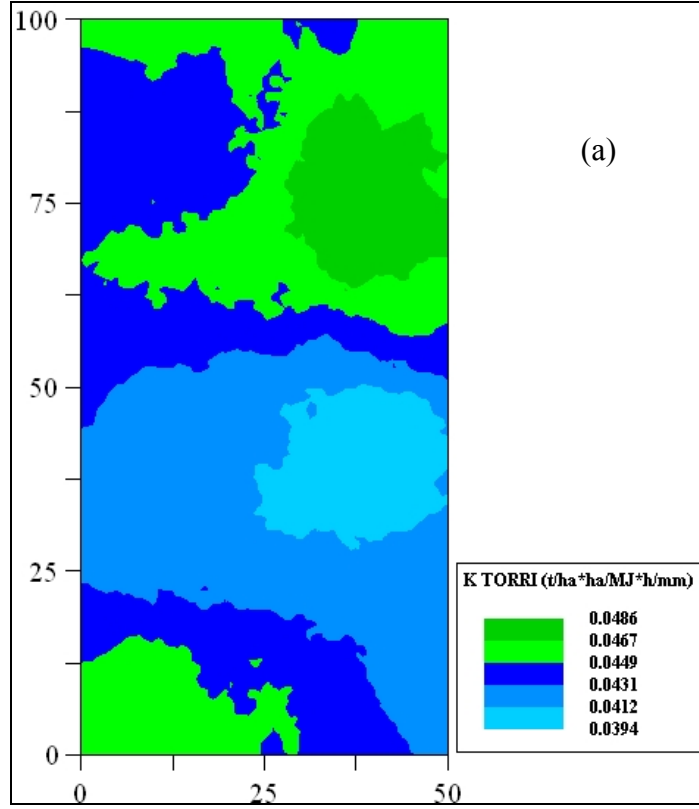
Değişken bu çalışma alanında yöne bağlı değişim göstermiştir. Azimut açısı 45^0 ötelendiğinde majör ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,46 oranında fark bulunduğu belirlenmiştir.

Bozuk meşelik alanda Torri eşitliği ile belirlenen K değerlerinin deneysel yarivariogramları Gauss tip model ile modellenmiştir (Şekil 4.85). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0= 9,26 \times 10^{-6}$, yapısal varyans $C_1= 1,73 \times 10^{-5}$, tepe varyansı $C=2,66 \times 10^{-5}$ olarak bulunmuştur. Değişkenin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 53,53 m, minör yapısal uzaklık 46,70 m olarak belirlenmiştir. Torri K değişkeni bu alanda orta düzeyde konumsal bağımlılık göstermiştir ve konumsal bağımlılık derecesi % 34,85 olarak belirlenmiştir. Toplam varyansın % 34,90’ını kontrolsüz etki varyansı, % 65,10’unu yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.35).

Deneysel yarivariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan Torri K değişkeni dağılım yüzeyleri arasında farklılık bulunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.86.a,b).



Şekil 4.85 Bozuk meşelik alan Torri K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.86 Bozuk meşelik alan Torri K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

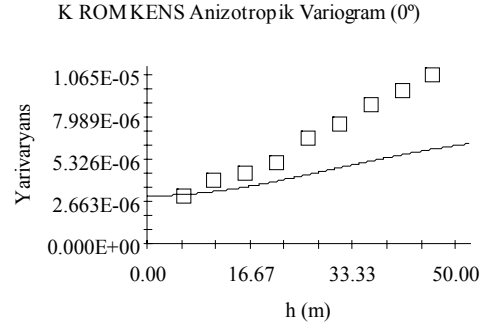
4.7.7.3 Römken eşitliği K değerleri

Römken eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 38’de verilmiştir. Römken eşitliği K değerleri bozuk meşelik alanda 0,0295-0,0423 arasında değişmiştir. Değişim katsayısı % 6,75 olarak belirlenmiştir. Normal dağılıma uygun olmayan verilerin çarpıklık katsayısı – 0,97 olarak belirlenmiştir. Verilere uygulanan dönüştürme işlemleri çarpıklığı değiştirmedigi için deneysel yarivariogramların hesaplanmasında ham veriler kullanılmıştır.

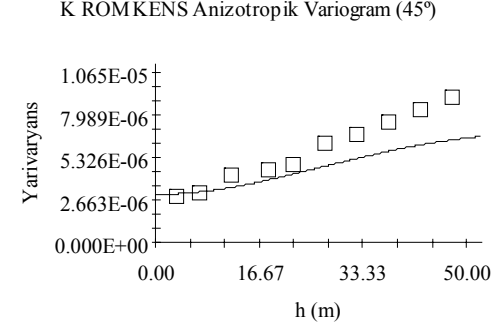
Değişkenin bu çalışma alanında yöne bağlı değişim gösterip göstermediği incelendiğinde, kuzey-güney yönünde majör ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,96 oranında fark bulunduğu belirlenmiştir.

Römken eşitliği ile belirlenen K değerlerinin deneysel yarivariogramları Gauss tip model ile modellenmiştir (Şekil 4.87). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 3,00 \times 10^{-6}$, yapısal varyans $C_1 = 4,19 \times 10^{-6}$, tepe varyansı $C = 7,19 \times 10^{-6}$ olarak bulunmuştur. Değişkenin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 42,05 m, minör yapısal uzaklık 30,79 m olarak belirlenmiştir. Konumsal bağımlılık derecesi % 41,74 olarak belirlenen Torri K değişkeni bu alanda orta düzeyde konumsal bağımlılık göstermiştir. Toplam varyansın % 41,80’ini kontrolsüz etki varyansı, % 58,20’sini yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.35).

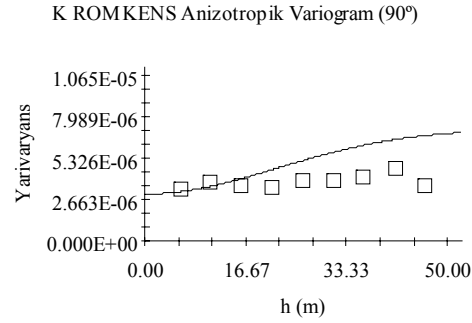
Deneysel yarivariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan Römken K değişkeni dağılım yüzeyleri arasında farklılık bulunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.88.a,b).



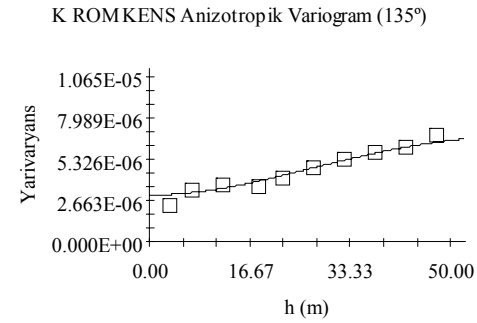
Gaussian model (Co = 0.0000030038; Co + C = 0.0000071941; AMajor = 42.0596000;
AMinor = 30.7945000; r2 = 0.813; RSS = 6.924E-11)



Gaussian model (Co = 0.0000030038; Co + C = 0.0000071941; AMajor = 42.0596000;
AMinor = 30.7945000; r2 = 0.813; RSS = 6.924E-11)

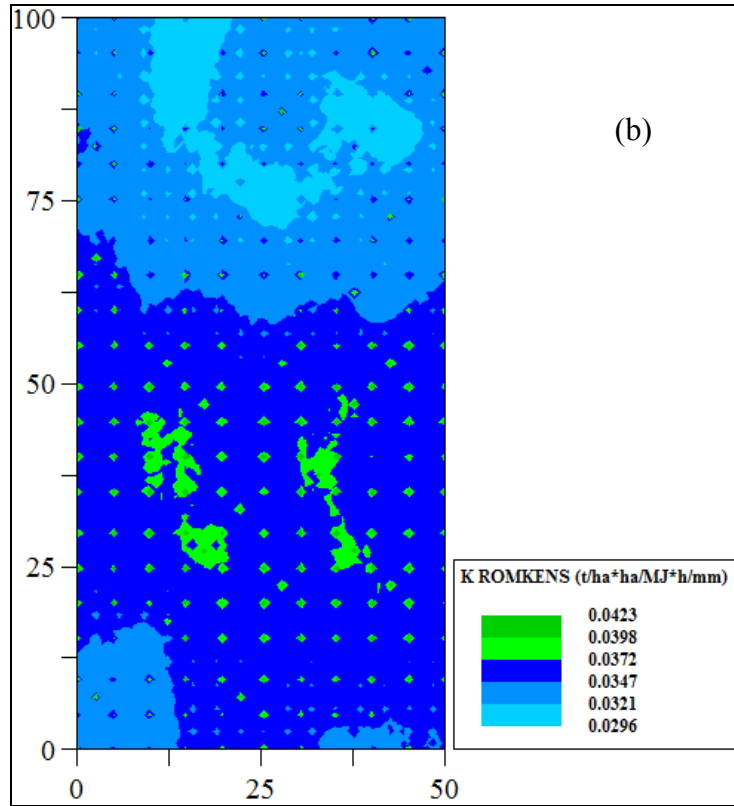
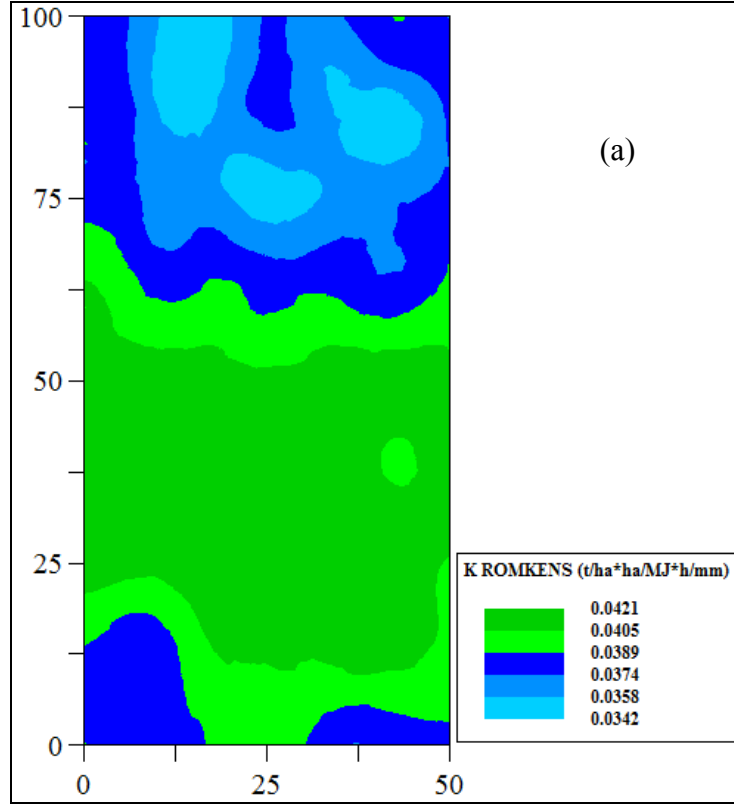


Gaussian model (Co = 0.0000030038; Co + C = 0.0000071941; AMajor = 42.0596000;
AMinor = 30.7945000; r2 = 0.813; RSS = 6.924E-11)



Gaussian model (Co = 0.0000030038; Co + C = 0.0000071941; AMajor = 42.0596000;
AMinor = 30.7945000; r2 = 0.813; RSS = 6.924E-11)

Şekil 4.87 Bozuk meşelik alan Römken K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.88 Bozuk meşelik alan Römken K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

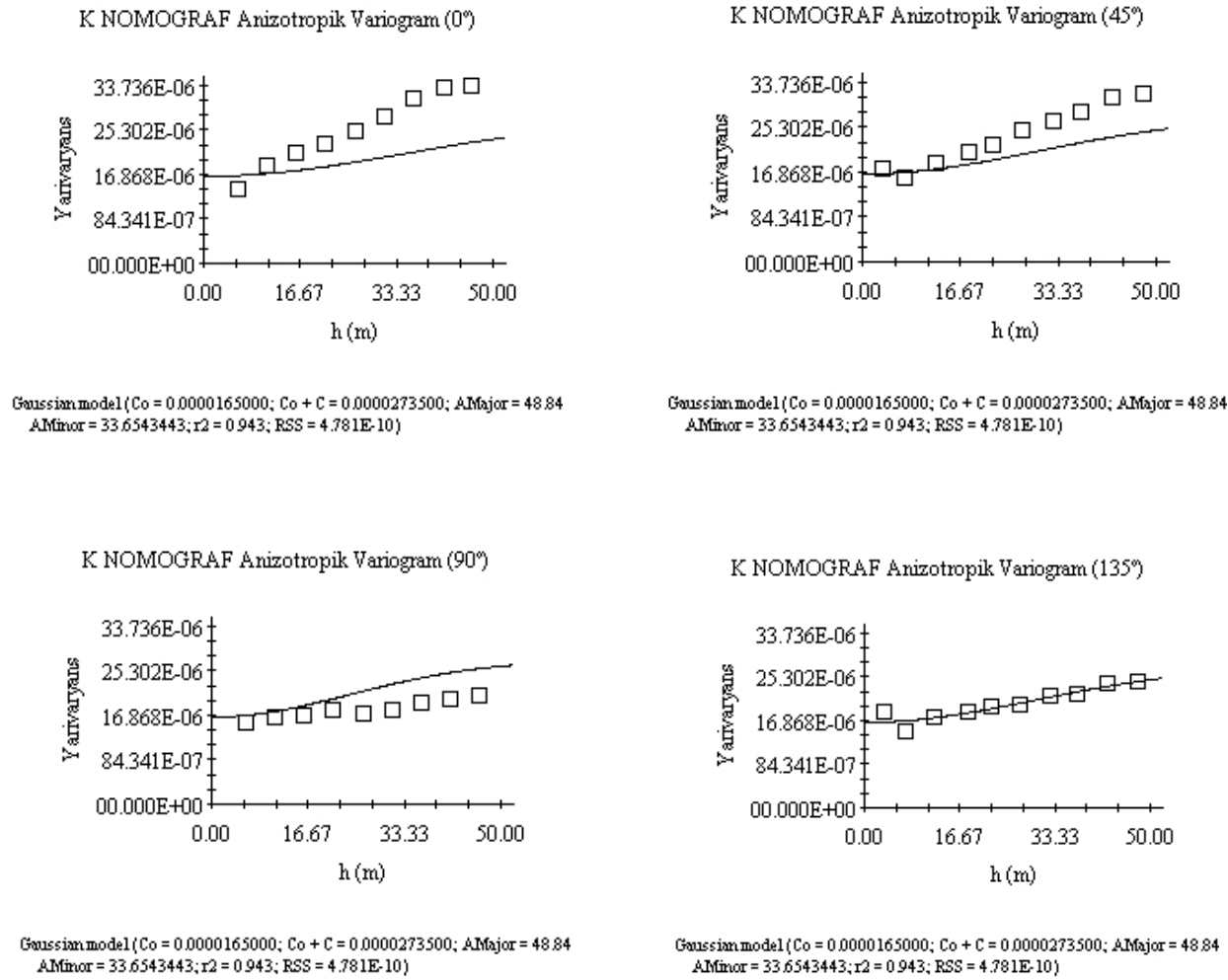
4.7.7.4 Nomograf eşitliği K değerleri

Nomograf eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 39'da verilmiştir. Nomograf eşitliği ile belirlenen K değerleri bozuk meşelik alanda 0,0184-0,0478 arasında değerler almıştır ve değişim katsayısı % 15,64 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı -0,2 olarak belirlenen veriler normal dağılım göstermiştir.

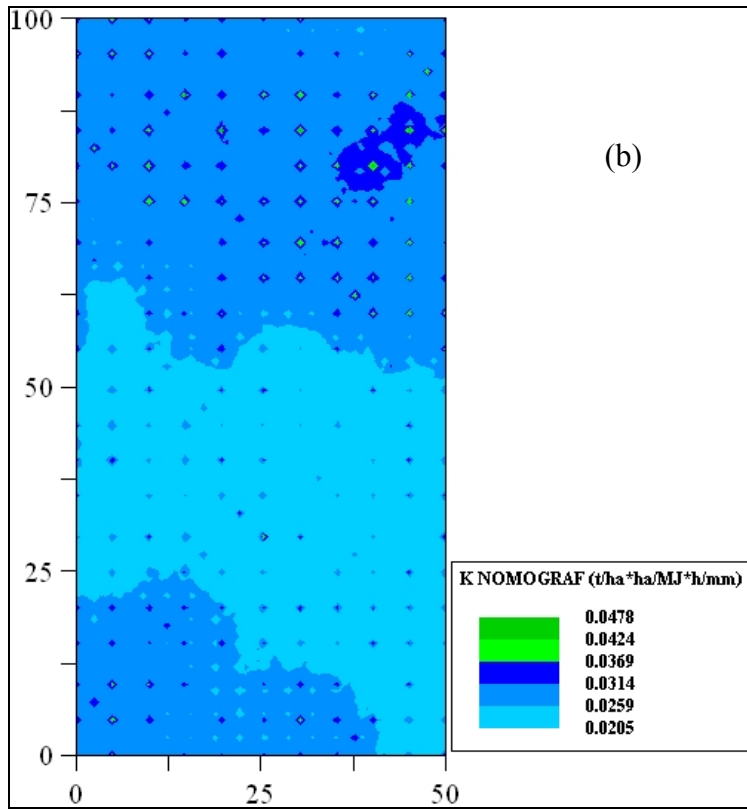
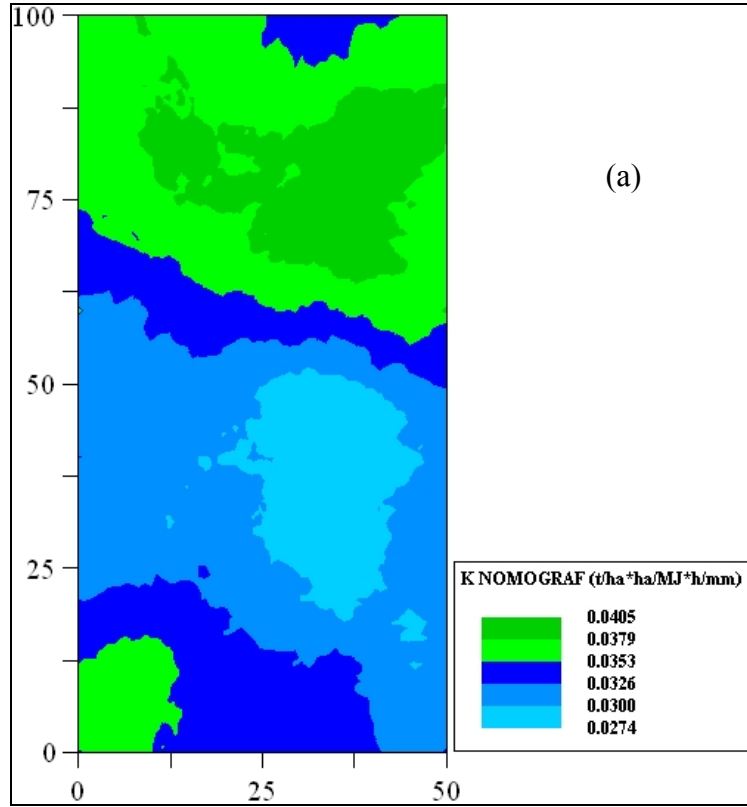
Değişken bu çalışma alanında yöne bağlı değişim göstermiştir. Kuzey-güney yönünde majör ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,96 oranında fark bulunduğu belirlenmiştir.

Nomograf eşitliği K değerlerinin deneysel yarivariogramları bozuk meşelik alanda Gauss tip model ile en iyi uyumu sağlamıştır (Şekil 4.89). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 1,65 \times 10^{-5}$, yapısal varyans $C_1 = 1,09 \times 10^{-5}$, tepe varyansı $C = 2,73 \times 10^{-5}$ olarak belirlenmiştir. Değişkenin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 48,84 m, minör yapısal uzaklık 33,65 m olarak belirlenmiştir. Nomograf K değişkeni bu alanda orta düzeyde konumsal bağımlılık göstermiştir (% 60,33). Toplam varyansın % 60,30'unu kontrolsüz etki varyansı, % 39,70'ini ise yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.35).

Deneysel yarivariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan Nomograf K değişkeni dağılım yüzeyleri arasında farklılık bulunduğu gözlemlenmiştir. Simülasyon yüzeyinde değişkenin daha düşük düzeylerde ve homojen dağıldığı gözlenirken, kriging yüzeyinde ise heterojen ve yüksek değerlerde bir dağılımın bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 4.90.a,b).



Şekil 4.89 Bozuk meşelik alan Nomograf K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.90 Bozuk meşelik alan Nomograf K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.8 Mera alanı K değerleri jeoistatistiksel analizleri

Mera alanında jeoistatistiksel analizi yapılan RUSLE, Torri, Römken ve Nomograf eşitlikleri ile elde edilen K değerleri model ve parametreleri çizelge 4.36’da verilmiştir. K değerlerine ait dönüşüm uygulanmış tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 40-43’de verilmiştir.

Çizelge 4.36 Mera Alanı K değerleri model ve parametreleri

Özellik	Model	C_0	$C_0 + C$	C_1	$\frac{C_1}{(C_0+C)}$	A	KBD	KBS
RUSLE K	Üssel	$4,24 \times 10^{-7}$	$3,2 \times 10^{-5}$	$3,16 \times 10^{-5}$	0,867	14,70	1,33	Yüksek
Torri K	Üssel	$3,24 \times 10^{-5}$	$6,00 \times 10^{-5}$	$2,76 \times 10^{-5}$	0,460	19,96 11,13	53,99	Orta
Römken K	Üssel	$1,27 \times 10^{-6}$	$1,58 \times 10^{-5}$	$1,45 \times 10^{-5}$	0,919	8,90	8,06	Yüksek
Nomograf K	Üssel	$2,53 \times 10^{-5}$	$7,27 \times 10^{-5}$	$4,73 \times 10^{-5}$	0,651	9,30 7,70	34,89	Orta

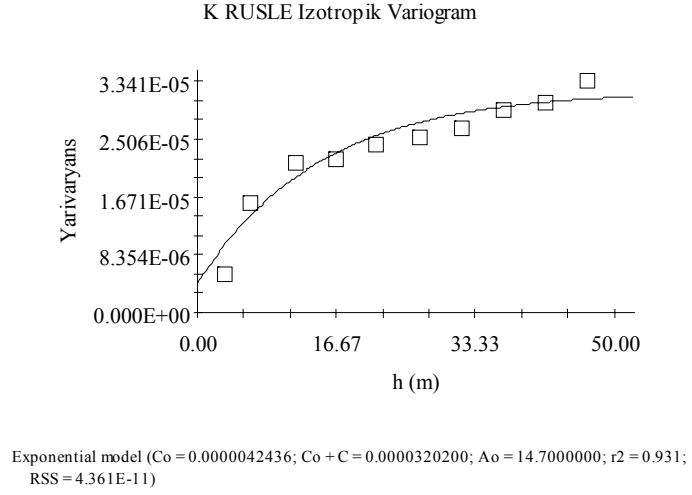
C_0 : kontrolsüz etki varyansı (külçe etkisi), C_0+C : tepe varyansı (sill), C_1 : yapısal varyans, A: yapısal uzaklık (m), KBD: konumsal bağımlılık derecesi (%), KBS: konumsal bağımlılık sınıfı

4.7.8.1 RUSLE eşitliği K değeri

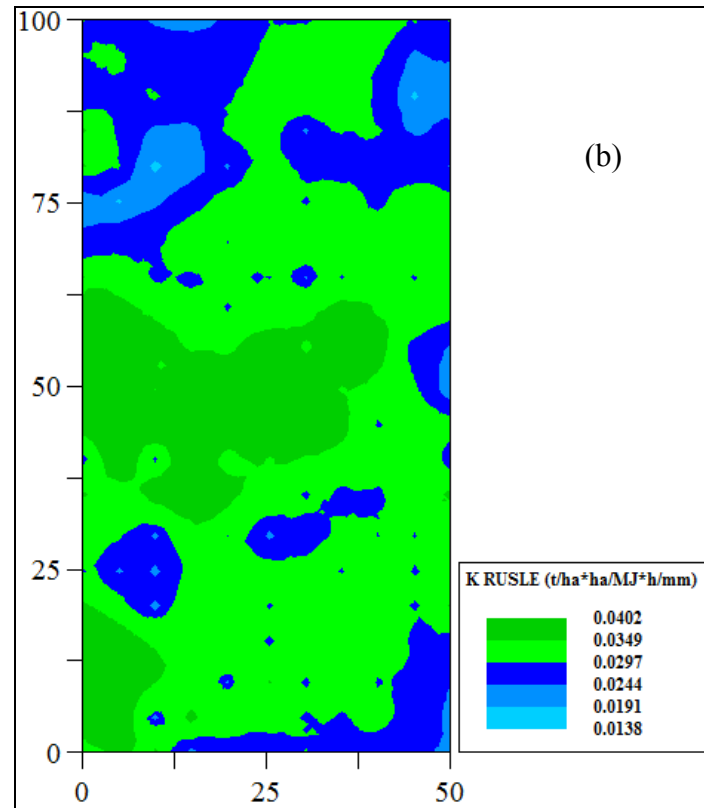
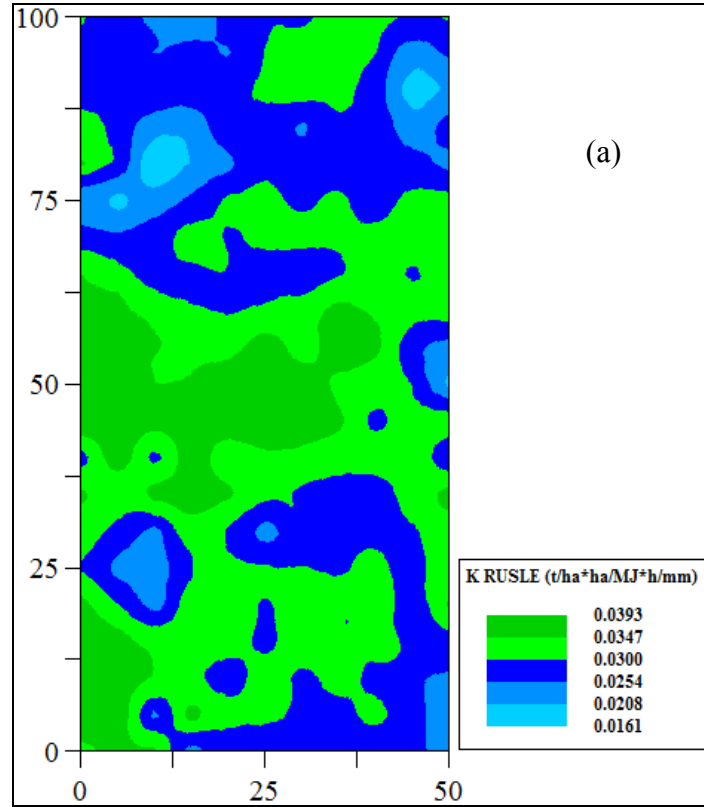
RUSLE eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 40’da verilmiştir. Mera arazi kullanımında RUSLE eşitliği ile belirlenen K değerleri 0,0138-0,0403 arasında değişmiştir. Değişim katsayısı % 17,65 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı düşük olan (-0,45) veriler normal dağılım göstermiştir.

K değişkeni bu çalışma alanında yöne bağlı değişim göstermemiştir. RUSLE eşitliği K değerlerinin deneysel yarivariogramı mera alanında üssel tip model ile tanımlanmıştır (Şekil 4.91). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 4,24 \times 10^{-7}$, yapısal varyans $C_1 = 3,16 \times 10^{-5}$, tepe varyansı $C = 3,2 \times 10^{-5}$, değişkenin ilişkili olduğu yapısal uzaklık 14,70 m olarak belirlenmiştir. RUSLE K değişkeni bu alanda yüksek düzeyde konumsal bağımlılık göstermiştir (% 1,33). Toplam varyansın % 13,30’unu kontrolsüz etki varyansı, % 86,70’ini ise yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.36).

Deneysel yarivariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan mera alanı RUSLE K değişkeni dağılım yüzeyleri arasında benzerlik bulunduğu gözlemlenmiştir.(Şekil 4.92.a,b).



Şekil 4.91 Mera alanı RUSLE K değerleri izotropik yarivariogram modeli



Şekil 4.92 Mera alanı RUSLE K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

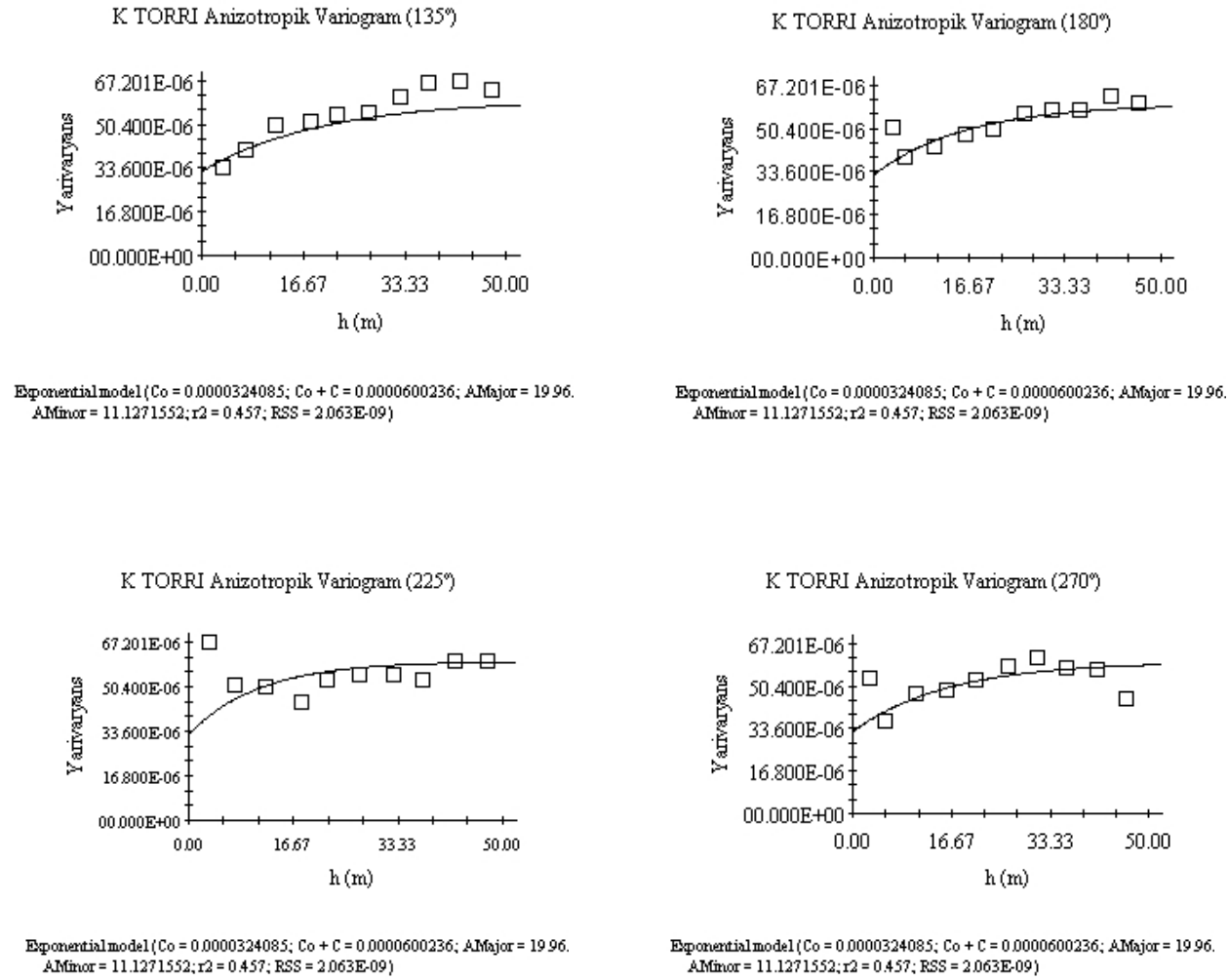
4.7.8.2 Torri eşitliği K değeri

Torri eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 41’de verilmiştir. Mera alanında Torri eşitliği K değerleri 0,0080-0,0649 arasında değerler almıştır. Değişim katsayısı % 17,78 olarak belirlenen veriler -1,32 çarpıklık katsayısı değeri ile negatif yönde normal dağılımdan uzaklaşma göstermişlerdir. Ancak veri dönüştürme yöntemleri ile çarpıklık değeri düşürülemediği için deneysel yarivariogram hesaplamaları ham veriler kullanılarak yapılmıştır.

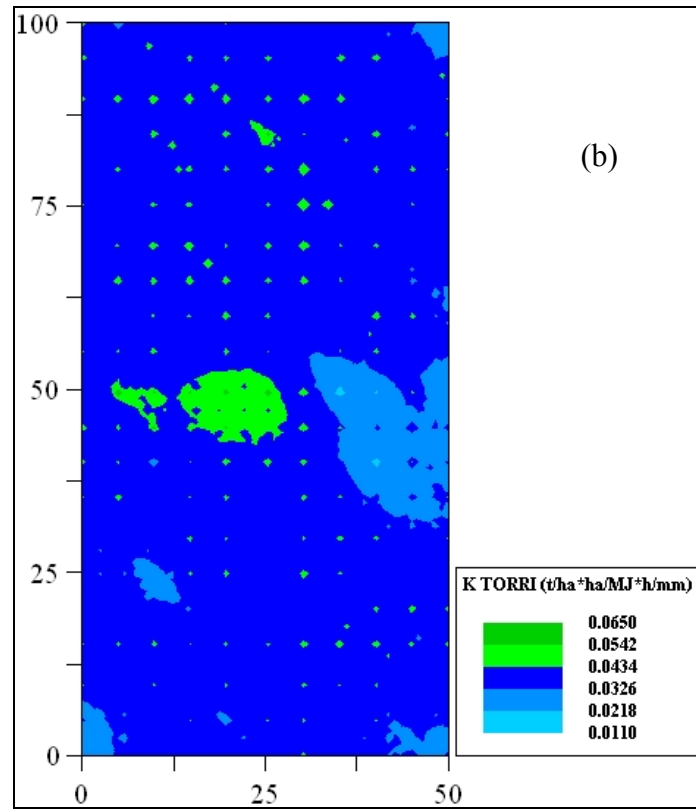
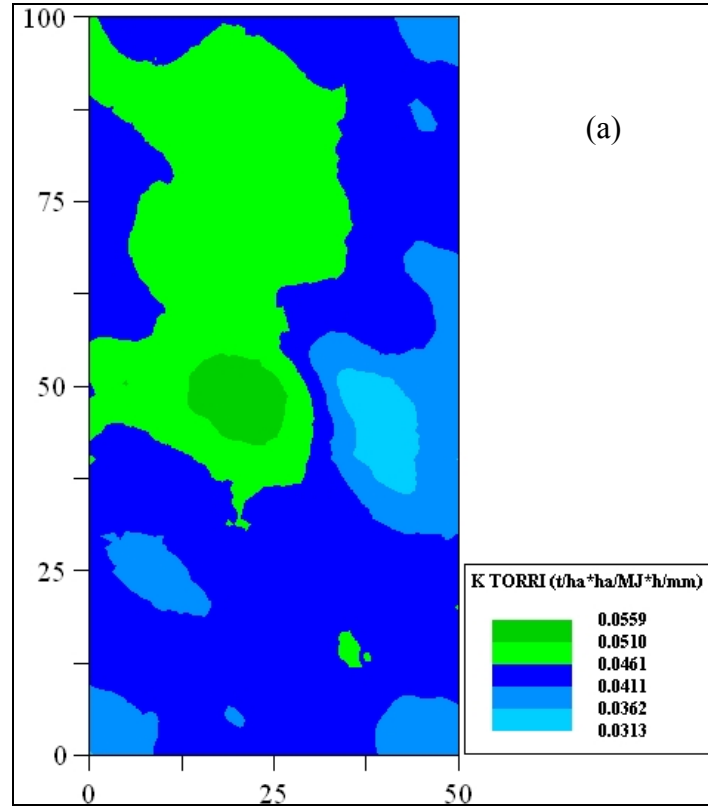
Torri K değişkeni bu çalışma alanında anizotropik bir yapı göstermiş olup, azimut açısı 135^0 ötelendiğinde majör ve minör yapısal uzaklıklar arasında 1,65 oranında fark belirlenmiştir.

Mera alanında Torri eşitliği K değerleri deneysel yarivariogramı üssel tip model ile tanımlanmıştır (Şekil 4.93). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0= 3,24 \times 10^{-5}$, yapısal varyans $C_1= 2,76 \times 10^{-5}$, tepe varyansı $C= 6,00 \times 10^{-5}$ olarak belirlenmiştir. Bu alanda K değişkeninin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 19,96 m, minör yapısal uzaklık ise 11,13 m olarak bulunmuştur. Değişkenin bu alanda konumsal bağımlılık derecesi % 53,99 (orta) olarak belirlenmiştir. Toplam varyansın % 54,00’ünü kontrolsüz etki varyansı, % 46,00’sini ise yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.36).

Deneysel yarivariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan mera alanı Torri K değişkeni dağılım yüzeyleri arasında farklılık bulunduğu gözlemlenmiştir. Simülasyon yüzeyinde değişkenin dağılımının daha düşük düzeyde ve homojen olduğu gözlemlenirken, kriging yüzeyinde değişken daha yüksek değerler almıştır (Şekil 4.94.a,b).



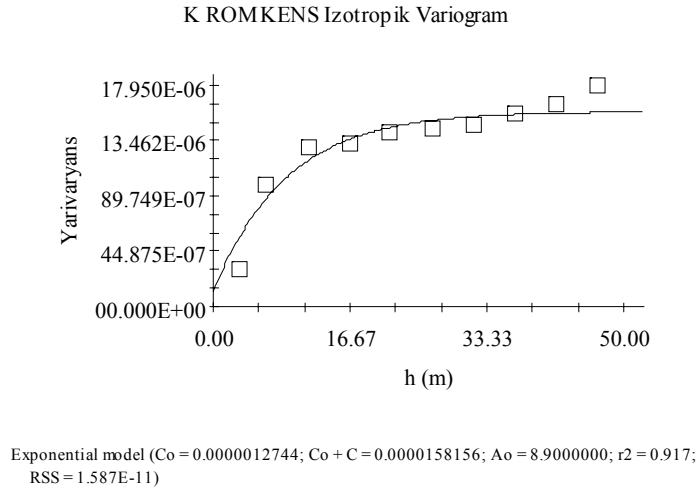
Şekil 4.93 Mera alanı Torri K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.94 Mera alanı Torri K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

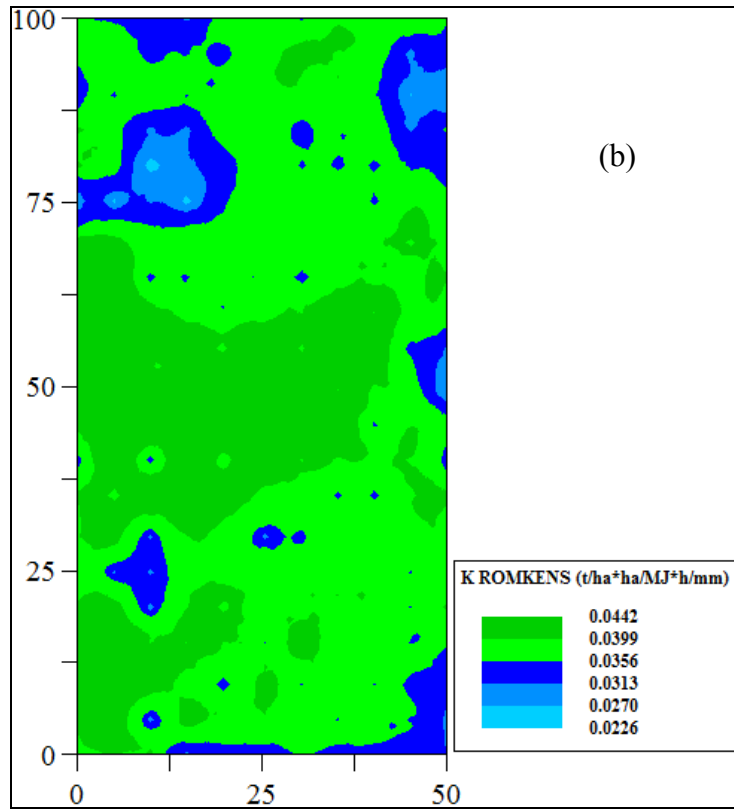
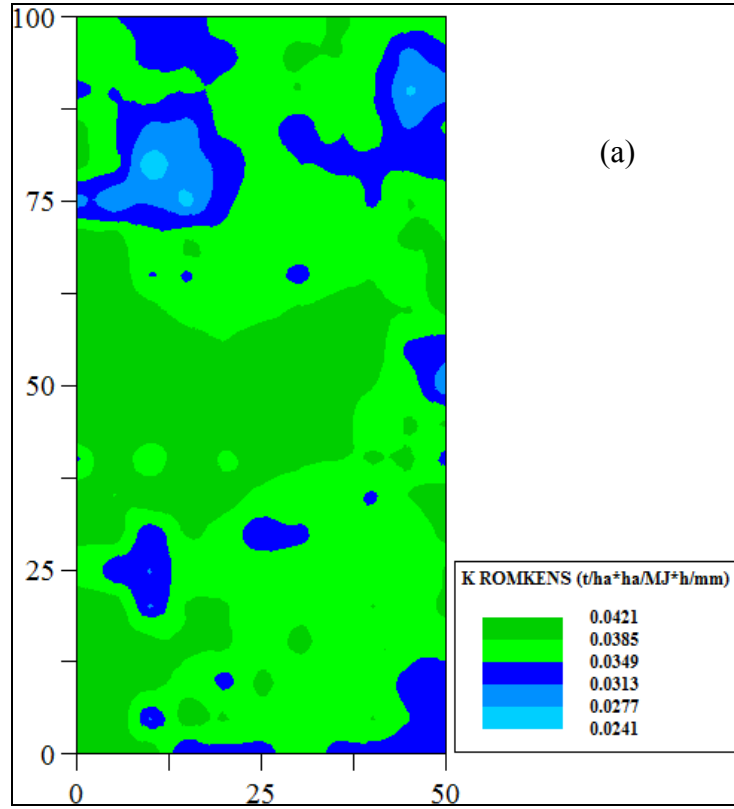
4.7.8.3 Römken's eşitliği K değeri

Römken's eşitliği K değeri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 42'de verilmiştir. Römken's eşitliği ile mera alanında belirlenen K değeri 0,0226-0,0423 arasında değişmiştir. Değişim katsayısı % 10,59 olarak, negatif yönde normal dağılımdan uzaklaşma gösteren verilerin çarpıklık katsayısı değeri -0,90 olarak belirlenmiştir. Veri dönüştürme yöntemleri ile çarpıklık değeri değiştirilemediği için deneysel yarivariogramlar ham verilerden yararlanılarak hesaplanmıştır. Römken's K değişkeni mera alanında yöne göre değişim göstermemiş, yani izotropik bir yapı sergilemiştir.



Şekil 4.95 Mera alanı Römken's K değerleri izotropik yarivariogram modeli

Römken's eşitliği ile belirlenen K değeri deneysel yarivariogramı mera alanında üssel tip model ile tanımlanmıştır (Şekil 4.95). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 1,27 \times 10^{-6}$, yapısal varyans $C_1 = 1,45 \times 10^{-5}$, tepe varyansı $C = 1,58 \times 10^{-5}$ olarak belirlenmiştir. K değişkeninin ilişkili olduğu yapısal uzaklık 8,90 m olarak bulunmuştur. Değişkenin bu alanda yüksek derecede konumsal bağımlılık göstermiştir (% 8,06). Toplam varyansın % 8,10'unu kontrolsüz etki varyansı, % 91,90'nını ise yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.36). Deneysel yarivariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan mera alanı Römken's K değişkenine ait dağılım yüzeylerinin benzer olduğu gözlemlenmiştir. (Şekil 4.96.a,b).



Şekil 4.96 Mera alanı Römken K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

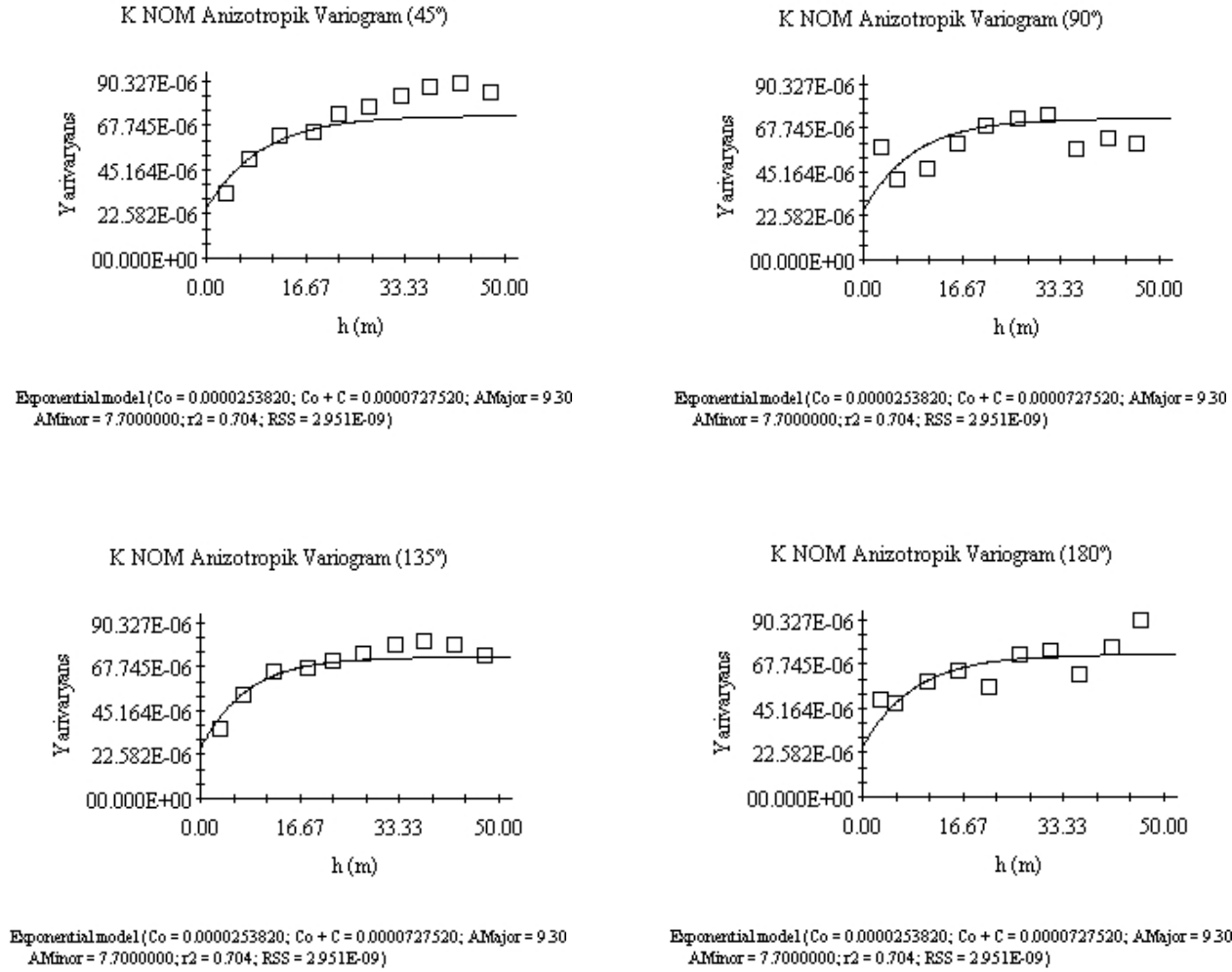
4.7.8.4 Nomograf eşitliği K değeri

Nomograf eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 43'de verilmiştir. Nomograf denklemi ile belirlenen K değerleri mera alanında 0,0016-0,0712 arasında değişmiş, bu değerlerin eğişim katsayısı % 21,82 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı 0,16 olan veriler normal dağılım göstermişlerdir.

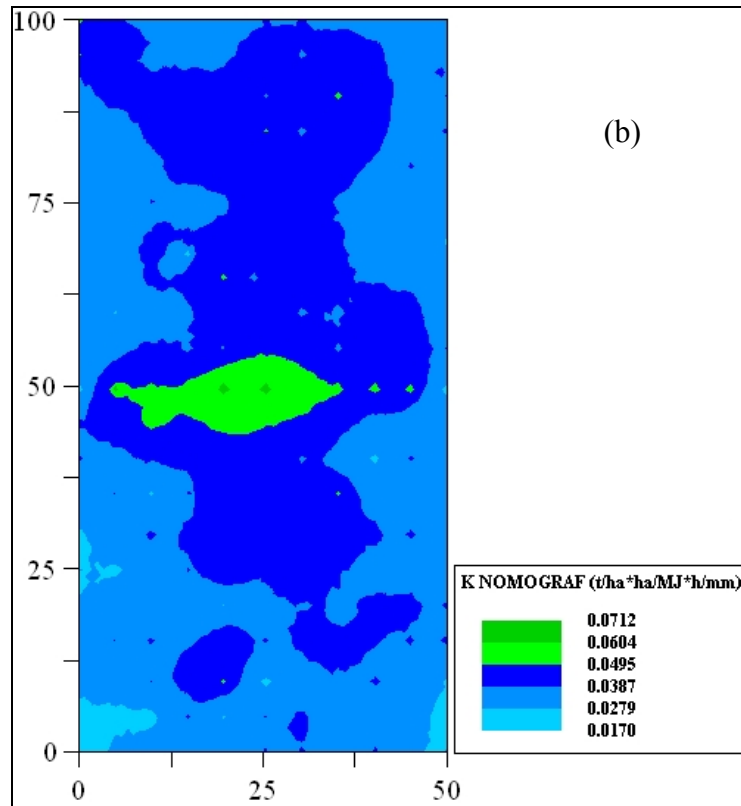
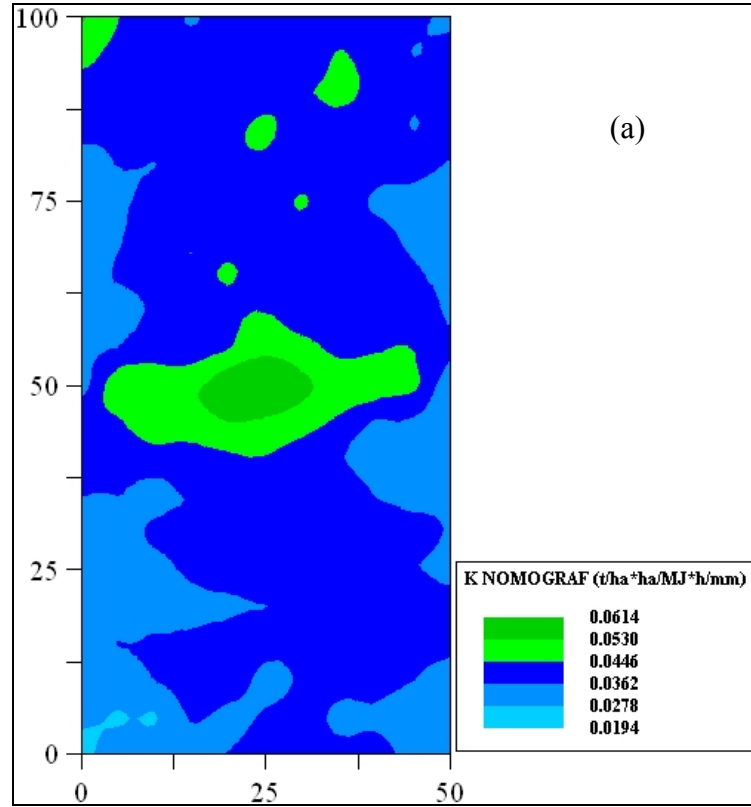
Değişken mera alanında yöne göre eğişim göstermiş olup azimut açısı 45^0 ötelendiğinde majör ve minör uzaklıklar arasında 1,52 oranında fark belirlenmiştir.

Nomograf eşitliği K değerleri deneysel yarivariogramı mera alanında üssel tip model ile en iyi uyumu göstermiştir (Şekil 4.97). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 2,53 \times 10^{-5}$, yapısal varyans $C_1 = 4,73 \times 10^{-5}$, tepe varyansı $C = 7,27 \times 10^{-5}$ olarak belirlenmiştir. K değişkeninin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 9,30 m, minör yapısal uzaklık ise 7,70 olarak belirlenmiştir. K değişkeni bu alanda orta derecede konumsal bağımlılık göstermiştir (% 34,89). Toplam varyansın % 34,90'ını kontrolsüz etki varyansı, % 65,10'unu yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.36).

Mera alanında Nomograf K değişkenine ait deneysel yarivariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan dağılım yüzeylerinin benzer olduğu gözlemlenmiştir. (Şekil 4.98.a,b).



Şekil 4.97 Mera alanı Nomograf K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.98 Mera alanı Nomograf K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.9 Alüviyal tarım alanı K değerleri jeostatistiksel analizleri

Alüviyal tarım alanında jeostatistiksel analizi yapılan RUSLE, Torri, Römken ve Nomograf eşitlikleri ile elde edilen K değerleri model ve parametreleri çizelge 4.37’de verilmiştir. K değerlerine ait dönüşüm uygulanmış tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 44-47’de verilmiştir.

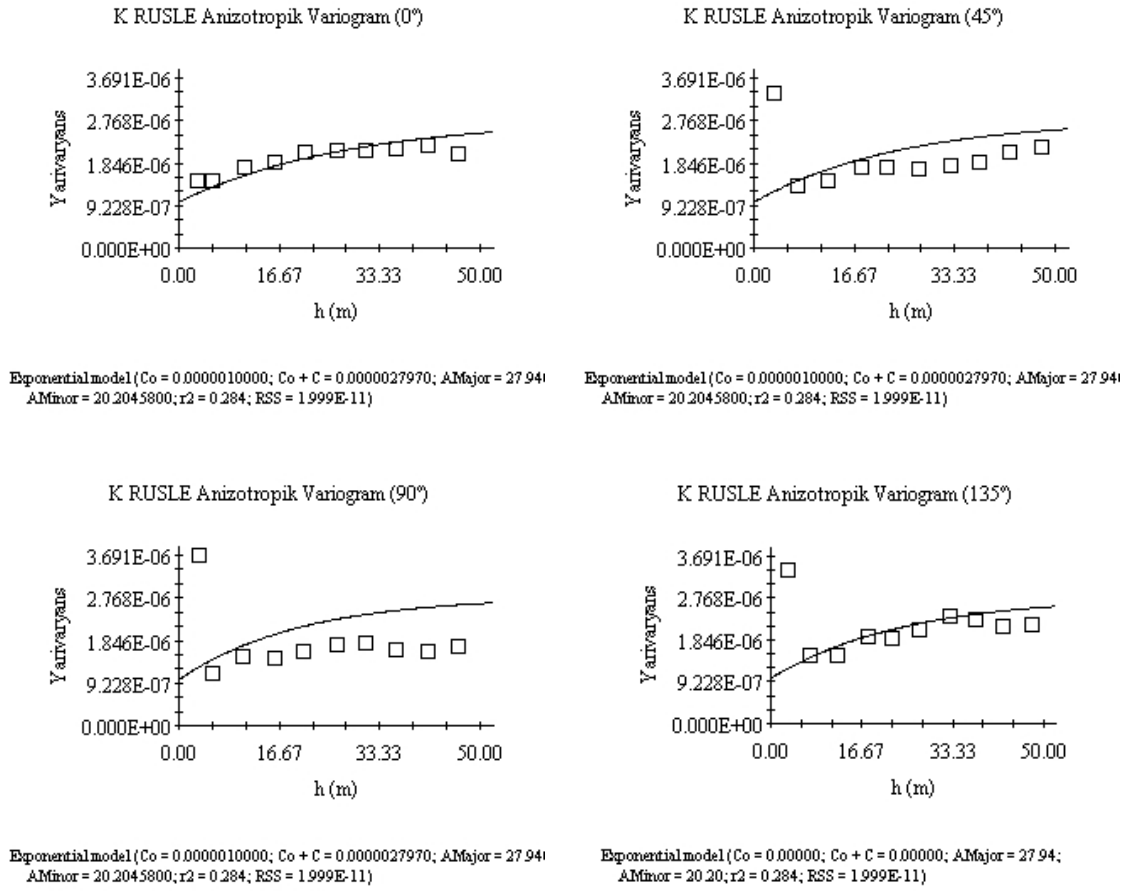
Çizelge 4.37 Alüviyal tarım alanı K değerleri model ve parametreleri

Özellik	Model	C_0	$C_0 + C$	C_1	$\frac{C_1}{(C_0+C)}$	A_MJ	A_MN	KBD	KBS
RUSLE K	Üssel	$1,00 \times 10^{-6}$	$2,79 \times 10^{-6}$	$1,79 \times 10^{-6}$	0,641	27,94	20,20	2,79	Yuksek
Torri K					tam kontrolsüz etki varyansı				
Römken K					tam kontrolsüz etki varyansı				
Nomograf K					tam kontrolsüz etki varyansı				

C_0 : kontrolsüz etki varyansı (külçe etkisi), C_0+C : tepe varyansı (sill), C_1 : yapısal varyans, A MJ: majör yapısal uzaklık (m), A MN: minör yapısal uzaklık (m), KBD: konumsal bağımlılık derecesi (%), KBS: konumsal bağımlılık sınıfı

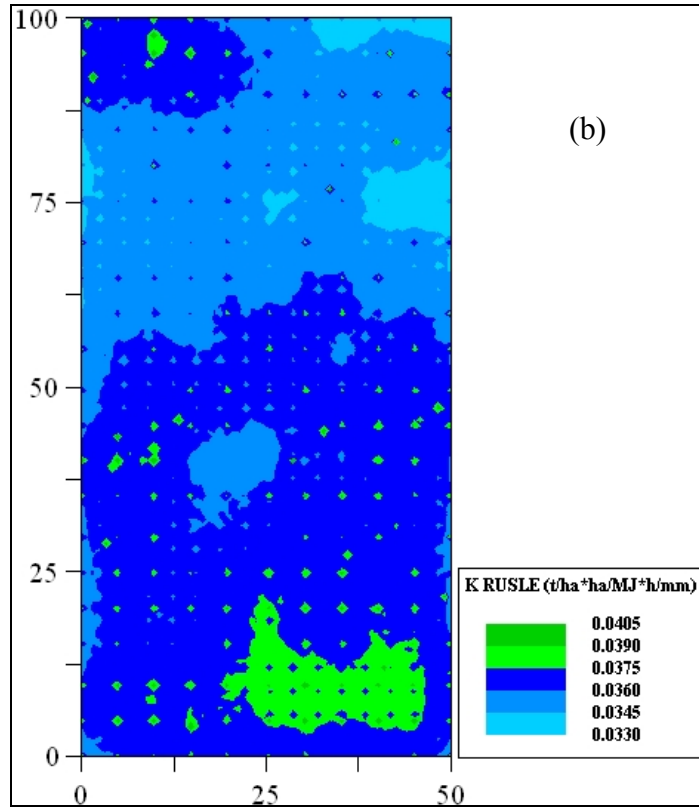
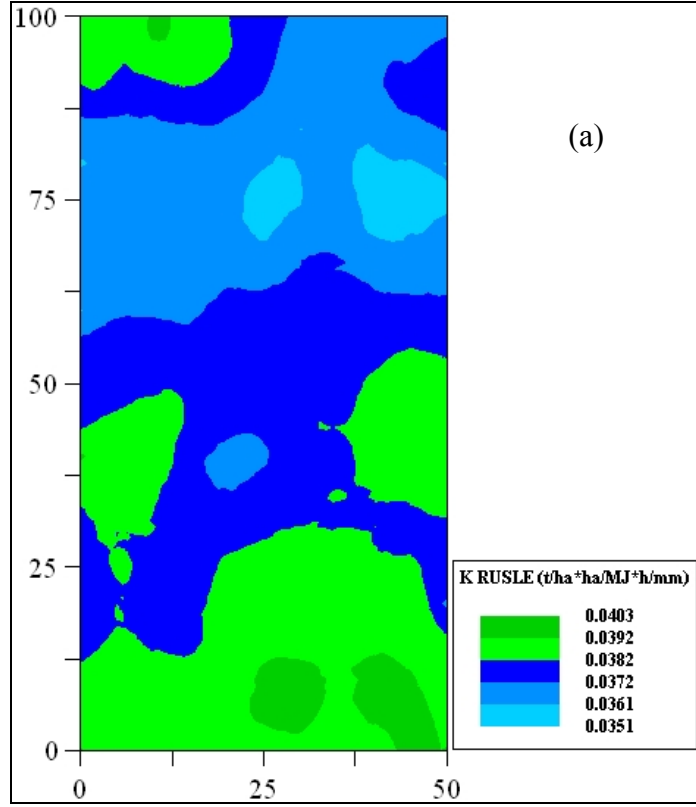
4.7.9.1 RUSLE eşitliği K değeri

RUSLE eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 44’de verilmiştir. Alüviyal tarım alanında RUSLE denklemi ile belirlenen K değerleri 0,00339-0,0405 arasında değişmiştir. Değişim katsayısı % 3.98 olarak belirlenmiştir. Düşük çarpıklık katsayısı değerine sahip olan veriler (- 0.40) normal dağılım göstermişlerdir. Bu değişkenin yöne göre değişim gösterip göstermediği incelendiğinde anizotropik özellik gösterdiği, kuzey-güney yönünde majör ve minör uzaklıklar arasında 1,79 oranında fark bulunduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.99 Alüviyal tarım alanı alanı RUSLE K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri

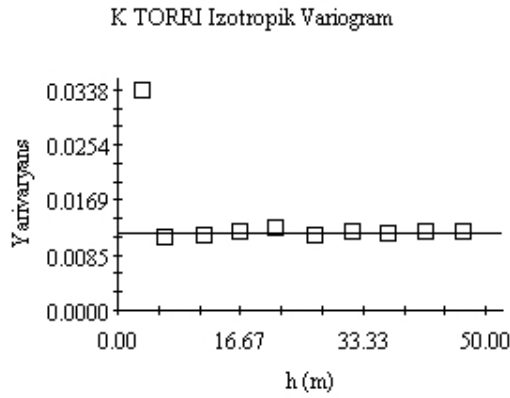
RUSLE eşitliği K değerleri deneysel yarıvariogramı mera alanında üssel tip model ile en iyi uyumu göstermiştir (Şekil 4.99). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 1.00 \times 10^{-6}$, yapısal varyans $C_1 = 1.79 \times 10^{-6}$, tepe varyansı $C = 2.79 \times 10^{-6}$ olarak belirlenmiştir. Değişkenin bu alanda ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 27.94 m, minör yapısal uzaklık ise 20.20 m olarak belirlenmiştir. Belirlenen % 2,79 konumsal bağımlilik derecesi ile RUSLE K değerleri bu alanda yüksek derecede konumsal bağımlilik göstermiştir. Toplam varyansın % 35,90'ını kontrolsüz etki varyansı, % 64,10'unu yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.37). Alüviyal tarım alanında RUSLE K değişkenine ait deneysel yarıvariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan dağılım yüzeyleri arasında farklılık bulunduğu, K değerlerinin her iki yüzeyde farklı değerler arasında dağılım gösterdiği gözlemlenmiştir. (Şekil 4.100.a,b).



Şekil 4.100 Alüviyal tarım alanı RUSLE K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.9.2 Torri eşitliği K değeri

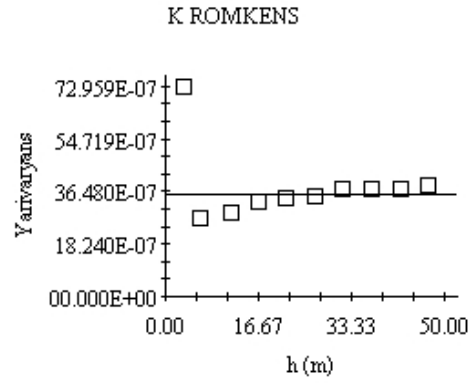
Torri eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 45’de verilmiştir. Torri denklemi ile alüviyal tarım alanında belirlenen K değerleri 0,0299-0,0614 arasında değişmiş olup değişim katsayısı % 12,17 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı 2,60 olarak belirlenen veriler normal dağılım göstermemişlerdir, bu nedenle verilere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Torri K değişkeni alüviyal tarım alanında tam kontrolsüz etki varyansı (pure nugget) göstermiştir, bu nedenle jeostatistiksel modelleme uygulanmamıştır (Şekil 4.101).



Şekil 4.101 Torri K tam kontrolsüz etki varyansı yarıvariogramı

4.7.9.3 Römken's eşitliği K değeri

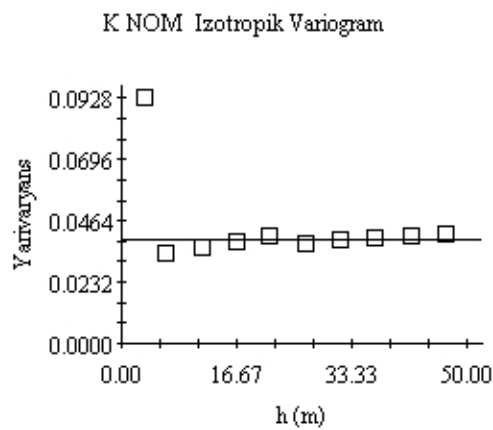
Römken's eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 46’da verilmiştir. Alüviyal tarım alanında belirlenen Römken's eşitliği K değerleri 0,0329-0,0423 arasında değişmiştir. Değişim katsayısı % 5.37 olarak belirlenen veriler 0,24 çarpıklık katsayısı değeri ile normal dağılıma yakın dağılım göstermişlerdir. Römken's K değişkeni alüviyal tarım alanında tam kontrolsüz etki varyansı (pure nugget) göstermiş, bu nedenle jeostatistiksel modelleme uygulanmamıştır (Şekil 4.102).



Şekil 4.102 Römken K tam kontrolsüz etki varyansı yarıvariogramı

4.7.9.4 Nomograf eşitliği K değeri

Nomograf eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 47’de verilmiştir. Nomograf eşitliği K değerleri alüviyal tarım alanında 0,0135-0,0620 arasında değişen değerler almıştır. Değişim katsayısı % 22.40 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı 1.86 olarak belirlenen veriler normal dağılıma yaklaştırmak için logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Alüviyal tarım alanında Nomograf K değişkeni tam kontrolsüz etki varyansı (pure nugget) göstermiş olup, jeostatistiksel modelleme uygulanamamıştır (Şekil 4.103).



Şekil 4.103 Nomograf K tam kontrolsüz etki varyansı yarıvariogramı

4.7.10 Kolüviyal tarım alanı K değerleri jeostatistiksel analizleri

Kolüviyal tarım alanında jeostatistiksel analizi yapılan RUSLE, Torri, Römkens ve Nomograf eşitlikleri ile elde edilen K değerleri model ve parametreleri çizelge 4.38’de verilmiştir.

K değerlerine ait dönüşüm uygulanmış tanımlayıcı istatistikler, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 48-51’de verilmiştir.

Çizelge 4.38 Kolüviyal tarım alanı K değerleri model ve parametreleri

Özellik	Model	C_0	$C_0 + C$	C_1	$\frac{C_1}{(C_0+C)}$	A_MJ	A_MN	KBD	KBS
RUSLE K	Küresel	$6,22 \times 10^{-7}$	$3,94 \times 10^{-6}$	$3,32 \times 10^{-6}$	0,842	14,28	9,32	15,79	Yuksek
Torri K	Üssel	0,0067	0,0344	0,0277	0,805	32,56	27,30	19,45	Yuksek
Römkens K	tam kontrolsüz etki varyansı								
Nomograf K	Üssel	0,0176	0,0876	0,070	0,799	24,11	18,47	20,05	Yüksek

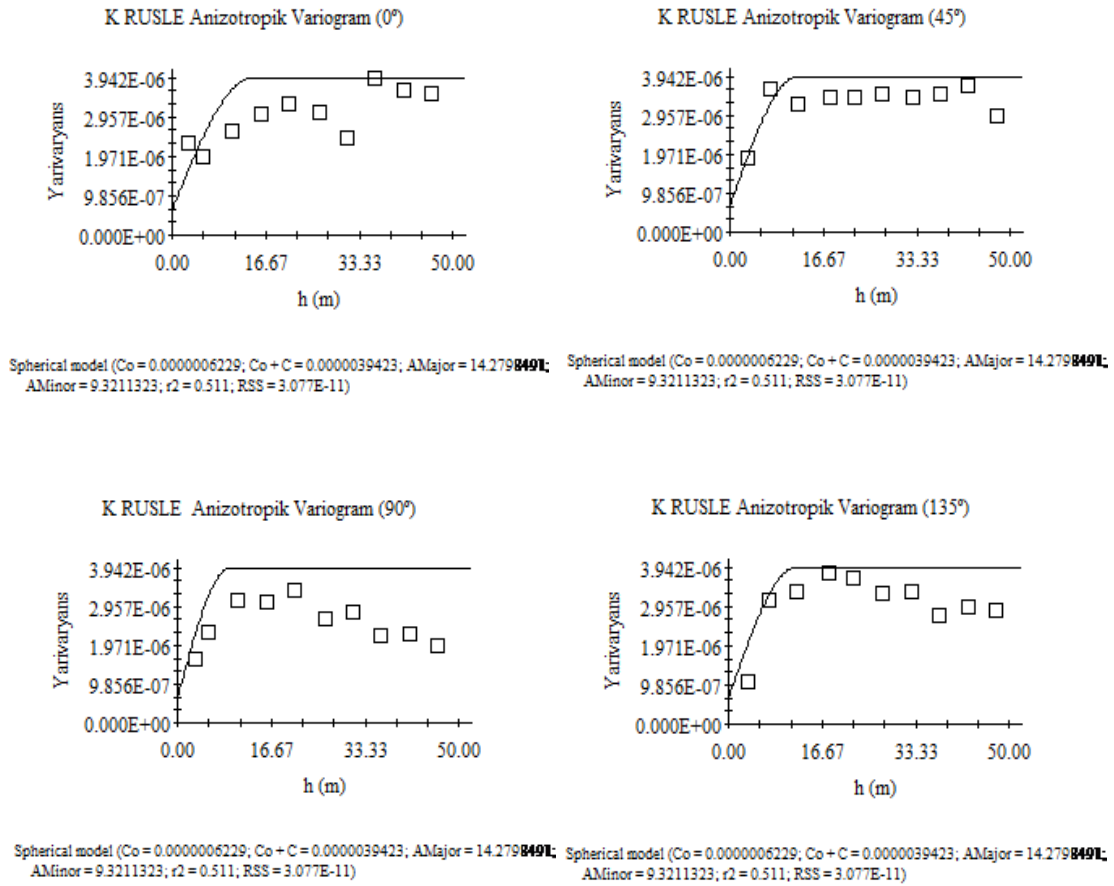
C_0 : kontrolsüz etki varyansı (külçe etkisi), C_0+C : tepe varyansı (sill), C_1 : yapısal varyans, A MJ: majör yapısal uzaklık (m), A MN: minör yapısal uzaklık (m), KBD: konumsal bağımlılık derecesi (%), KBS: konumsal bağımlılık sınıfı

4.7.10.1 RUSLE eşitliği K değeri

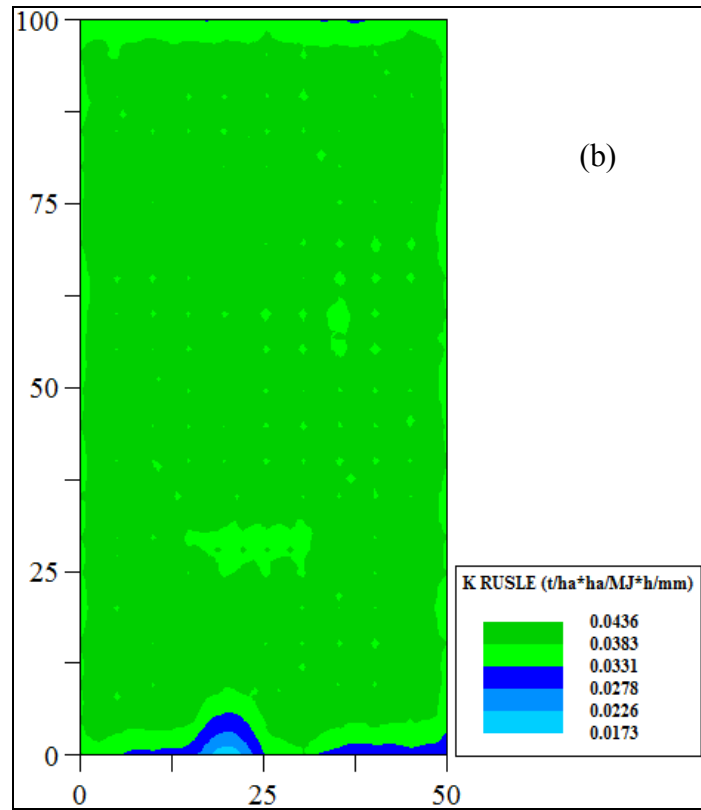
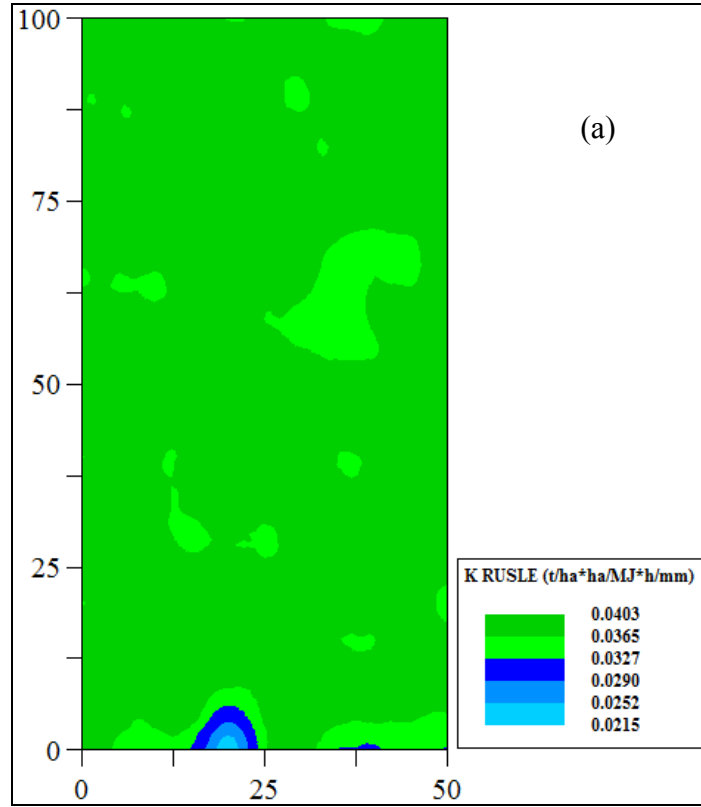
RUSLE eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 48’de verilmiştir. RUSLE eşitliği K değerleri eğimli tarım alanında 0,0173-0,0404 arasında değerler almıştır. Değişim katsayısı % 5,30 olarak, çarpıklık katsayısı -4,53 olarak belirlenmiştir. Verileri normal dağılıma yaklaştırmak amacıyla uygulanan veri dönüştürme işlemleri çarpıklık değerini düşürmediği için, deneysel yarıvariogramlar ham veriler kullanılarak. Alanda değişkenin yöne göre değişim gösterip göstermediği incelendiğinde anizotropik özellik gösterdiği, kuzey-güney yönünde majör ve minör uzaklıklar arasında 2,29 oranında fark bulunduğu belirlenmiştir.

Kolüviyal tarım alanında RUSLE eşitliği K değerleri deneysel yarıvariogramları küresel tip model ile tanımlanmıştır (Şekil 4.104). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 6,22 \times 10^{-7}$, yapısal varyans $C_1 = 3,32 \times 10^{-6}$, tepe varyansı $C = 3,94 \times 10^{-6}$ olarak belirlenmiştir. Bu alanda değişkenin ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 14,28 m, minör yapısal uzaklık ise 9,32 m olarak belirlenmiştir. Konumsal bağımlılık derecesi % 15,79 olarak belirlenmiş ve RUSLE K değerleri bu alanda yüksek derecede konumsal bağımlılık göstermiştir. Toplam varyansın % 15,80'nini kontrolsüz etki varyansı, % 84,20'sini yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.38).

Deneysel yarıvariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan, kolüviyal tarım alanı RUSLE K değişkenine ait dağılım yüzeylerinin benzer olduğu gözlemlenmiştir. (Şekil 4.105.a,b).



Şekil 4.104 Kolüviyal tarım alanı alanı RUSLE K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.105 Kolüviyal tarım alanı RUSLE K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

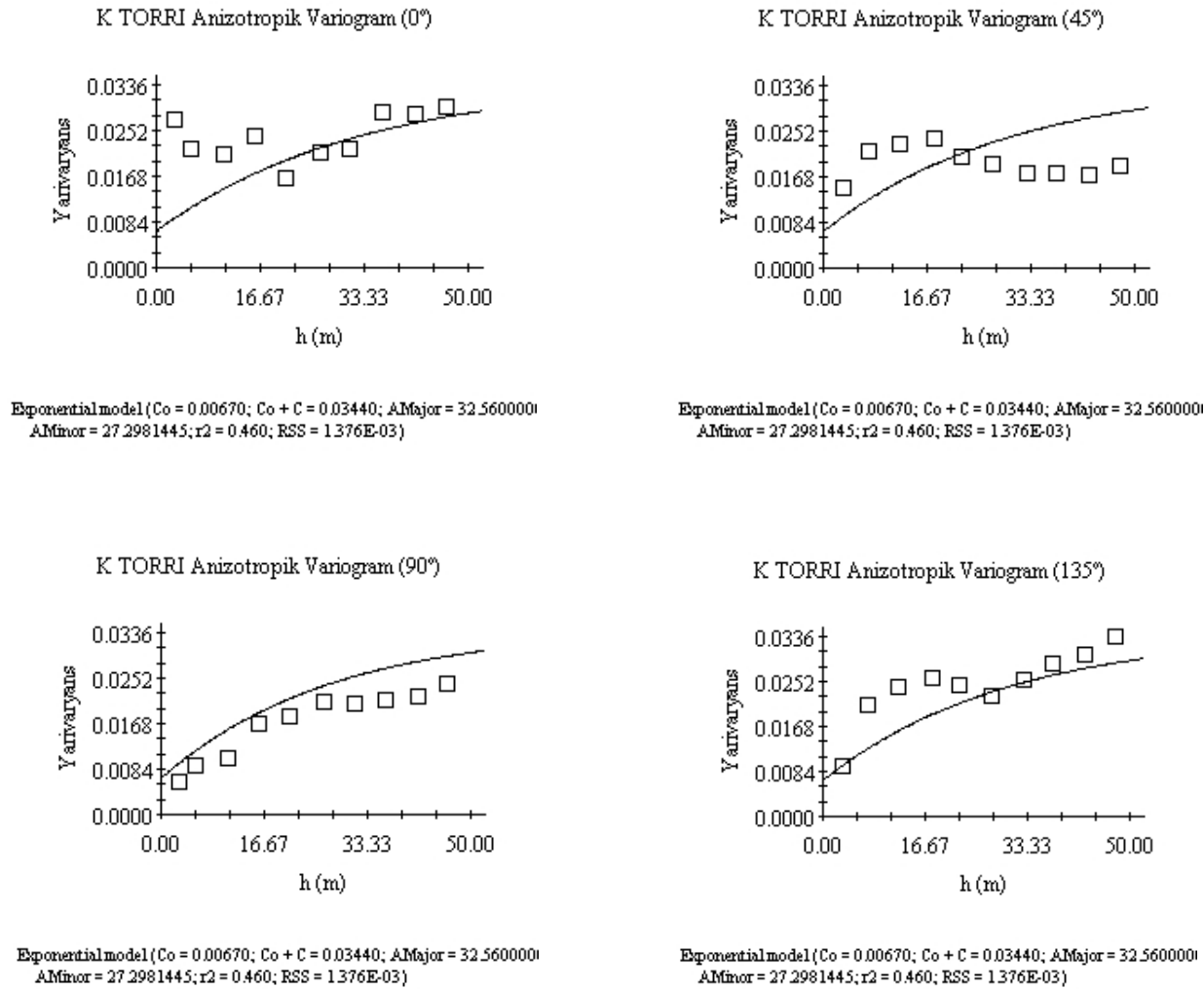
4.7.10.2 Torri eşitliği K değeri

Torri eşitliği K değerleri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 49'da verilmiştir. Kolüviyal tarım alanında bir başka K eşitliği olan Torri eşitliği değerleri 0,0173-0,0404 arasında değişmiştir. Değişim katsayısı % 21,40 , çarpıklık katsayısı 2,62 olarak belirlenmiştir. Deneysel yarıvariogramların hesaplanmasında yüksek çarpıklık değerini düşürerek verileri normal dağılıma yaklaştırmak amacıyla logaritmik dönüşüm uygulanmıştır.

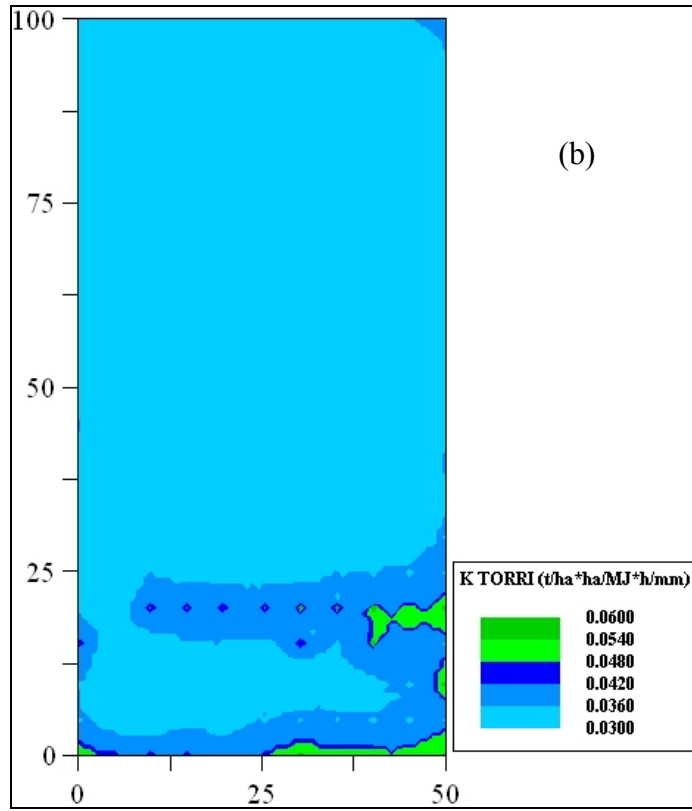
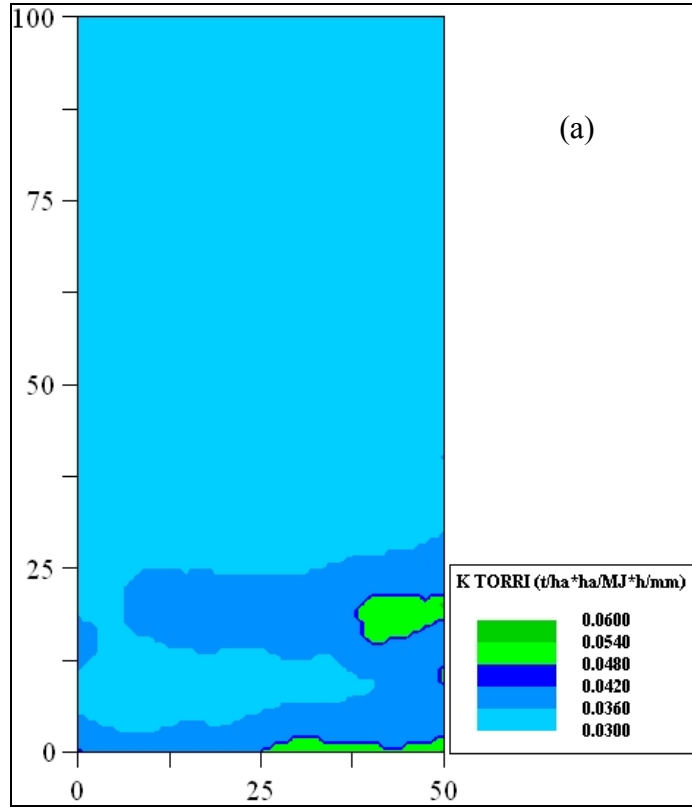
Alanda değişken anizotropik özellik göstermiş olup, kuzey-güney yönünde majör ve minör uzaklıklar arasında 1,83 oranında fark bulunduğu belirlenmiştir.

Üssel model, kolüviyal tarım alanında Torri eşitliği K değerleri deneysel yarıvariogramlarının hesaplanmasında en iyi uyumu göstermiştir (Şekil 4.106). Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 0,0067$, yapısal varyans $C_1 = 0,0277$, tepe varyansı $C = 0,0344$ olarak belirlenmiştir. Değişkenin bu alanda ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 32,56 m, minör yapısal uzaklık ise 27,30 m olarak belirlenmiştir. Konumsal bağımlilik derecesi % 19,45 olarak belirlenmiştir. Toplam varyansın % 19,50'sini kontrolsüz etki varyansı, % 80,50'sini yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.38).

Deneysel yarıvariogram parametrelerine göre noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan, kolüviyal tarım alanı Torri K değişkenine ait dağılım yüzeylerinin benzer olduğu gözlemlenmiştir. (Şekil 4.107.a,b).



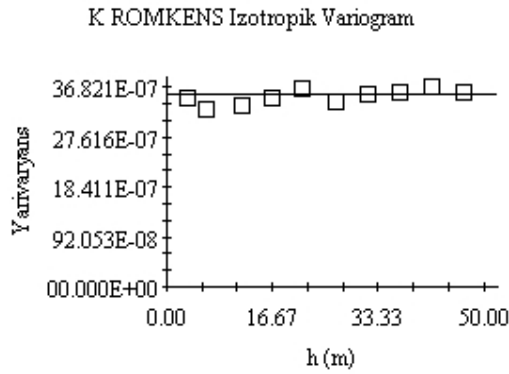
Şekil 4.106 Kolüviyal tarım alanı RUSLE K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.107 Kolüviyal tarım alanı Torri K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.7.10.3 Römken's eşitliği K değeri

Römken's eşitliği K değeri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 50'de verilmiştir. Römken's eşitliği K değeri kolüviyal tarım alanında 0,0262-0,0422 arasında değişmiş, değişim katsayısı % 5,39 olarak belirlenmiştir. Çarpıklık katsayısı oldukça düşük olan veriler (0,14) normal dağılıma yakın dağılım göstermişlerdir. Römken's K değişkeni kolüviyal tarım alanında tam kontrolsüz etki varyansı (pure nugget) göstermiştir. Bu nedenle jeostatistiksel modelleme uygulanmamıştır (Şekil 4.108).

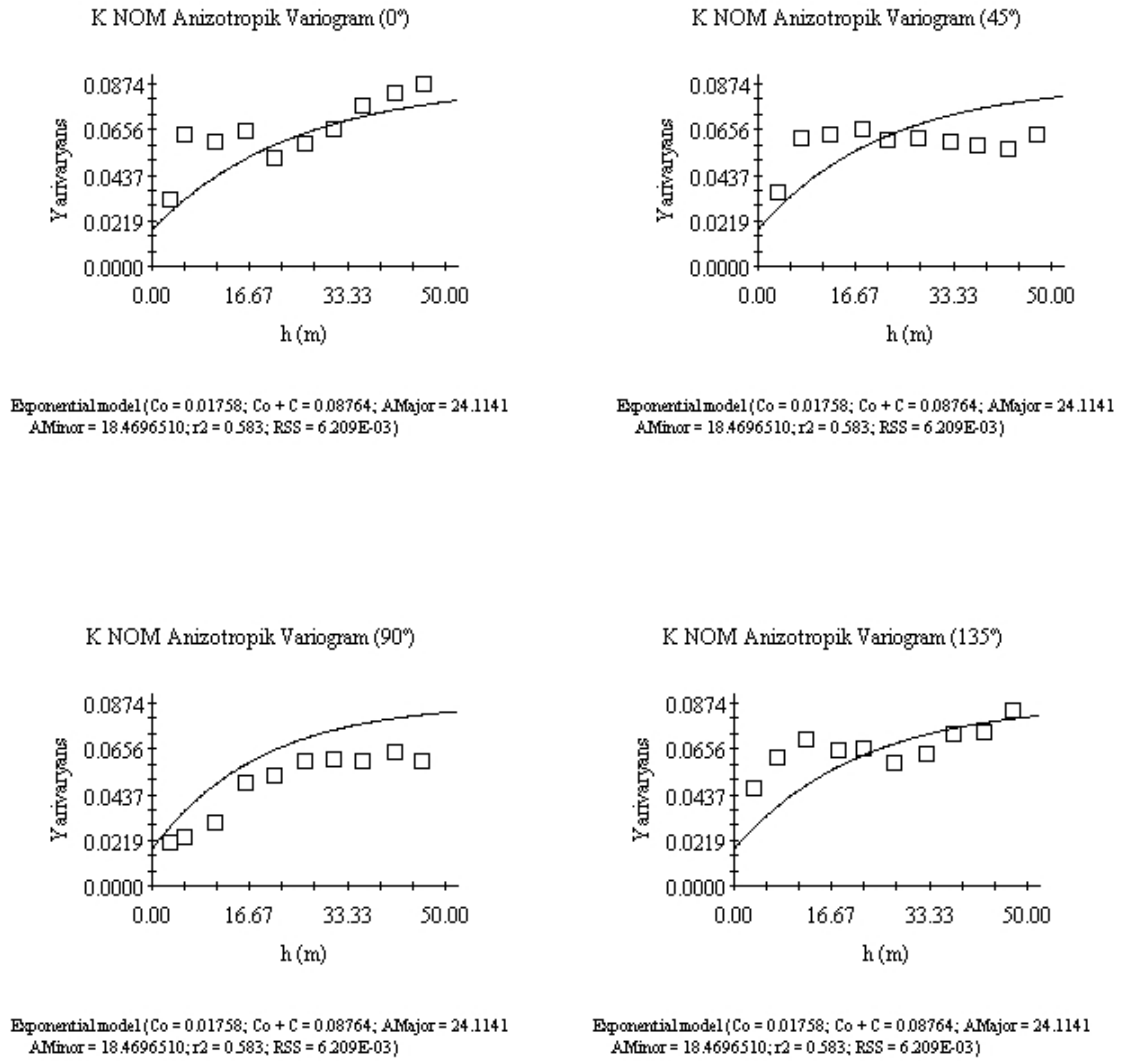


Şekil 4.108 Römken's K tam kontrolsüz etki varyansı yarıvaryogramı

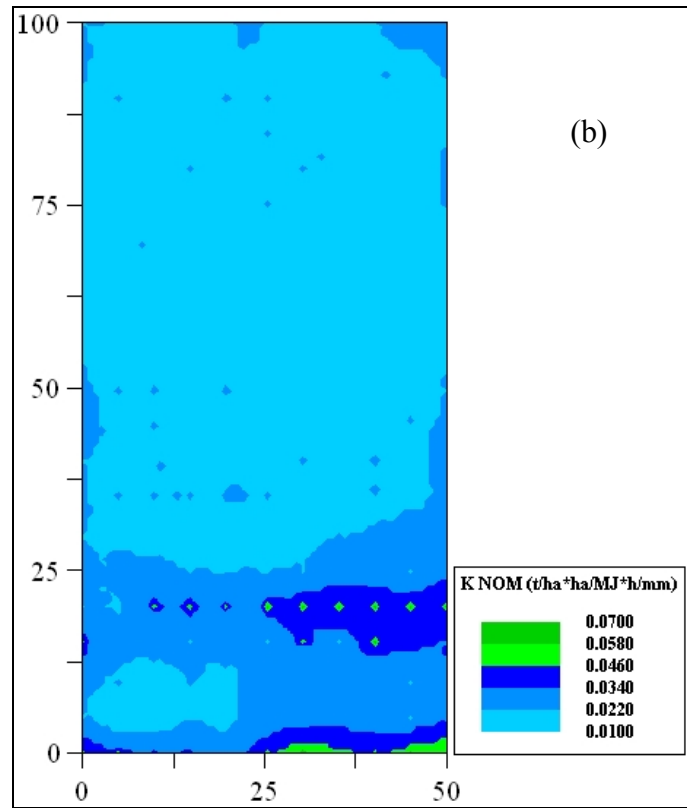
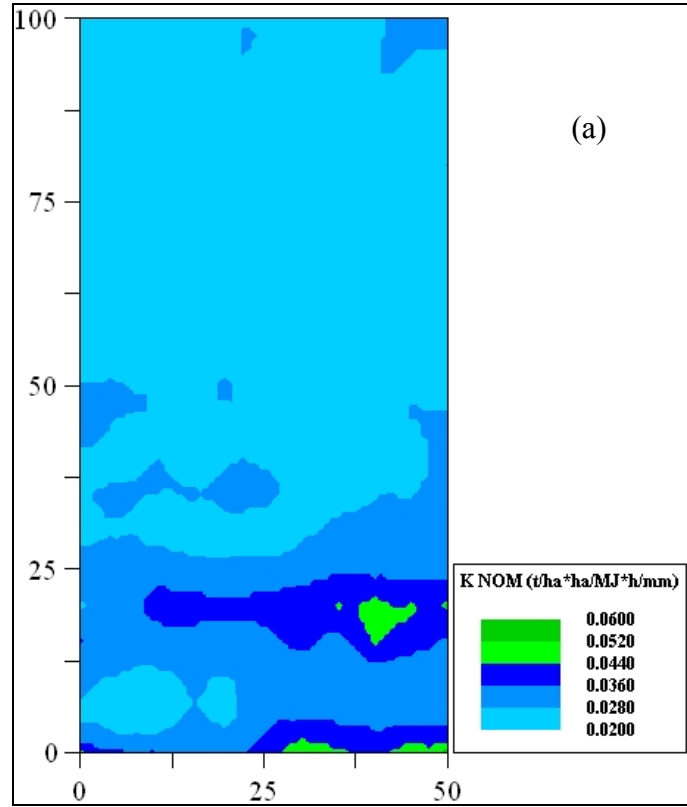
4.7.10.4 Nomograf eşitliği K değeri

Nomograf eşitliği K değeri tanımlayıcı istatistikleri, frekans dağılım ve eklenik örnek dağılım grafikleri Ek 51'de verilmiştir. Kolüviyal tarım alanında Nomograf eşitliği ile elde edilen K değeri 0,0118-0,0704 arasında değerler almıştır. Değişim katsayısı % 38,43 olan veriler, 2,47 çarpıklık katsayısı ile normal dağılım göstermemişlerdir. Deneysel yarıvariogramların hesaplanmasında verileri normal dağılıma yaklaştırmak amacıyla yüksek çarpıklık değerini düşürmek için logaritmik dönüşüm uygulanmış, çarpıklık değeri bir miktar azaltılabilmektedir. Kolüviyal tarım alanında Nomograf K değişkeni anizotropik özellik göstermiş olup, kuzey-güney yönünde majör ve minör uzaklıklar arasında 1,70 oranında fark bulunduğu belirlenmiştir. Nomograf eşitliği K değeri deneysel yarıvariogramları üssel model ile tanımlanmıştır (Şekil 4.109).

Modelin kontrolsüz etki varyansı $C_0 = 0,0176$, yapısal varyans $C_1 = 0,0700$, tepe varyansı $C = 0,0876$ olarak belirlenmiştir. Değişkenin bu alanda ilişkili olduğu majör yapısal uzaklık 24,11 m, minör yapısal uzaklık ise 18,47 m olarak belirlenmiştir. Konumsal bağımlılık derecesi % 20,05 olarak belirlenenen Nomograf K değerleri bu çalışma alanında yüksek konumsal bağımlılık göstermiştir. Toplam varyansın % 20,10'unu kontrolsüz etki varyansı, % 79,90'ını yapısal varyans oluşturmuştur (Çizelge 4.38). Deneysel yarıvariogram parametrelerine göre kolüviyal tarım alanı Nomograf K değişkeninin noktasal kriging ve simülasyon teknikleri ile belirlenmiş olan, dağılım yüzeylerinin benzer olduğu gözlemlenmiştir. (Şekil 4.110.a,b).



Şekil 4.109 Kolüviyal tarım alanı Nomograf K değerleri anizotropik yarıvariogram modelleri



Şekil 4.110 Kolüviyal tarım alanı Nomograf K kriging (a) ve simülasyon (b) tahminleri ve dağılım haritaları

4.8 Jeostatistiksel Analizler Genel Değerlendirmesi

Tez çalışması kapsamında, beş farklı arazi kullanımında (nadas-ürün alanı, bozuk meşelik alan, mera alanı, alüviyal tarım alanı ve kolüviyal tarım alanında) incelenen organik madde, doygun hidrolik iletkenlik, kum, silt, kil ve çok ince kum içeriklerinin ve bu özellikler yardımı ile dört farklı eşitlik (RUSLE, Torri, Römken ve Nomograf) ile elde edilen toprak erozyon duyarlılık değerlerinin konumsal değişimleri belirlenmiştir. Çizelge 4.39 incelenen toprak özellikleri ve belirlenen toprak erozyon duyarlılığı değerlerinin arazi kullanımlarına göre jeostatistiksel model ve parametrelerini göstermektedir.

Toprak özellikleri ve K değerlerine ilişkin uzaysal değişkenlik yapısı farklı arazi kullanımları altında oldukça farklı olabilmektedir. Deneysel yarıvariogram değerleri, 0^0 (kuzey-güney), 45^0 (kuzey doğu-güney batı), 90^0 (doğu-batı) ve 135^0 (güney doğu-kuzey batı) olmak üzere dört farklı yönde (azimut açıları) hesaplanması sonucu, tüm arazi kullanımlarında organik madde özelliğinin değişik azimut açıları yönün bir fonksiyonu olarak değiştiği ve geometrik anizotropik bir davranış gösterdiği belirlenmiştir. Organik madde özelliği deneysel yarıvariogramları çalışma alanlarında üssel ve Gauss model ile uyum göstermiştir. En yüksek yapısal varyans kolüviyal tarım alanında (0,077), en düşük ise alüviyal tarım alanında (0,025) belirlenmiştir.

Tüm çalışma alanları içerisinde organik madde değişkeninin ilişkili olduğu en yüksek majör (47,91 m) ve minör yapısal (45,70 m) uzaklıklar alüviyal tarım alanında belirlenirken, en düşük majör (10,33 m) ve minör yapısal uzaklıklar (9,67 m) nadas-ürün alanında elde edilmiştir. Bu değişken tüm arazi kullanımlarında orta derecede konumsal bağımlılık göstermiştir.

Hidrolik iletkenlik özelliği deneysel yarıvariogramları nadas-ürün, mera ve alüviyal tarım alanlarında üssel model ile modellenmiştir. Bu özellik nadas-ürün alanında yönegöre değişim gösterirken mera ve alüviyal tarım alanlarında ise farklı azimut açıları yönsele değişim göstermemiş izotropik olarak modellenmiştir.

Çizelge 4.39 İncelenen toprak özelliklerine ait model ve parametreler

Özellikler ve Çalışma Alanları	Model ve Parametreler								
	Model	C ₀	C ₀ + C	C ₁	C ₁ / (C ₀ +C)	A_MJ	A_MN	KBD	KBS
organik madde (%)									
nadas-ürün alanı	Üssel	0,05	0,10	0,050	0,49	10,33	9,67	50,87	Orta
bozuk meşelik alan	Gauss	0,054	0,091	0,037	0,407	31,68	29,39	59,27	Orta
mera alanı	Üssel	0,077	0,112	0,035	0,313	21,65	19,65	68,66	Orta
alüviyal tarım alanı	Gauss	0,021	0,046	0,025	0,536	47,91	45,70	46,41	Orta
kolüviyal tarım alanı	Üssel	0,048	0,125	0,077	0,611	32,31	29,88	38,90	Orta
hidrolik iletkenlik (cm/h)									
nadas-ürün alanı	Üssel	0,057	0,183	0,126	0,689	19,31	14,47	31,10	Orta
bozuk meşelik alan				tam kontrolsüz etki varyansı					
mera alanı	Üssel	0,17	0,34	0,17	0,485	13,45		51,51	Orta
alüviyal tarım alanı	Üssel	1,16	1,71	0,55	0,319	4,24		68,11	Orta
kolüviyal tarım alanı				tam kontrolsüz etki varyansı					
kum (%)									
nadas-ürün alanı	Küresel	5,74	27,71	21,97	0,793	42,46	37,02	20,74	Yüksek
bozuk meşelik alan	Gauss	15,67	35,13	19,46	0,554	32,68	30,82	44,59	Orta
mera alanı	Üssel	3,69	78,75	75,06	0,953	13,79	11,65	4,69	Yüksek
alüviyal tarım alanı	Gauss	4,26	13,46	9,2	0,683	48,93	44,56	31,65	Orta
kolüviyal tarım alanı	Üssel	0,009	0,044	0,035	0,786	12,25	9,59	21,44	Yüksek

Çizelge 4.39 İncelenen toprak özelliklerine ait model ve parametreler (devam)

Özellikler ve Çalışma Alanları	Model ve Parametreler								
	Model	C ₀	C ₀ + C	C ₁	C ₁ / (C ₀ +C)	A_MJ	A_MN	KBD	KBS
silt (%)									
nadas-ürün alanı	Gauss	14,60	31,23	16,63	0,533	22,71	20,55	46,75	Orta
bozuk meşelik alan	Üssel	5,63	13,28	7,65	0,576	9,70		42,40	Orta
mera alanı	Üssel	13,78	64,58	50,8	0,787	18,09	12,71	21,34	Yüksek
alüviyal tarım alanı	Gauss	4,58	9,53	4,95	0,519	57,44	52,31	48,06	Orta
kolüviyal tarım alanı	Gauss	0,30	0,43	0,13	0,30	52,91		70,09	Orta
kil (%)									
nadas-ürün alanı	Üssel	12,37	31,16	18,79	0,603	26,58		39,70	Orta
bozuk meşelik alan	Gauss	9,71	21,47	11,76	0,548	36,74	34,61	45,22	Orta
mera alanı	Küresel	0,13	0,42	0,29	0,694	65,53	58,15	30,61	Orta
alüviyal tarım alanı				tam kontrolsüz etki varyansı					
kolüviyal tarım alanı	Üssel	16,63	87,01	70,38	0,809	24,17	22,72	19,11	Yüksek
çok ince kum (%)									
nadas-ürün alanı	Gauss	0,022	0,062	0,040	0,644	36,53	28,02	35,60	Orta
bozuk meşelik alan	Gauss	0,032	0,046	0,014	0,303	55,20	47,85	69,72	Orta
mera alanı	Üssel	0,037	0,178	0,141	0,794	28,33	26,73	20,60	Yüksek
alüviyal tarım alanı				tam kontrolsüz etki varyansı					
kolüviyal tarım alanı	Gauss	0,068	0,101	0,033	0,323	39,40		67,70	Orta

Çizelge 4.39 İncelenen toprak özelliklerine ait model ve parametreler (devam)

Özellikler ve Çalışma Alanları	Model ve Parametreler								
	Model	C ₀	C ₀ + C	C ₁	$\frac{C_1}{(C_0+C)}$	A_MJ	A_MN	KBD	KBS
RUSLE K değerleri									
nadas-ürün alanı	Küresel	2,99x10 ⁻⁷	1,46x10 ⁻⁶	1,16x10 ⁻⁶	0,795	43,5		20,51	Yüksek
bozuk meşelik alan	Gauss	6,95x10 ⁻⁶	1,78x10 ⁻⁵	1,09x10 ⁻⁵	0,610	37,33	35,70	38,99	Orta
mera alanı	Üssel	4,24x10 ⁻⁷	3,2x10 ⁻⁵	3,16x10 ⁻⁵	0,867	14,70		1,33	Yüksek
alüviyal tarım alanı	Üssel	1,00x10 ⁻⁶	2,79x10 ⁻⁶	1,79x10 ⁻⁶	0,641	27,94	20,20	2,79	Yuksek
kolüviyal tarım alanı	Küresel	6,22x10 ⁻⁷	3,94x10 ⁻⁶	3,32x10 ⁻⁶	0,842	14,28	9,32	15,79	Yuksek
Torri K değerleri									
nadas-ürün alanı	Küresel	2,78x10 ⁻⁵	6,09x10 ⁻⁵	3,31x10 ⁻⁵	0,543	55,19	43,41	45,73	Orta
bozuk meşelik alan	Gauss	9,26x10 ⁻⁶	2,66x10 ⁻⁵	1,73x10 ⁻⁵	0,651	53,53	46,70	34,85	Orta
mera alanı	Üssel	3,24x10 ⁻⁵	6,00x10 ⁻⁵	2,76x10 ⁻⁵	0,460	19,96	11,13	53,99	Orta
alüviyal tarım alanı				tam kontrolsüz etki varyansı					
kolüviyal tarım alanı	Üssel	0,0067	0,0344	0,0277	0,805	32,56	27,30	19,45	Yuksek
Römkens K değerleri									
nadas-ürün alanı	Gauss	2,98x10 ⁻⁷	7,03x10 ⁻⁷	4,05x10 ⁻⁷	0,576	54,60	44,39	42,37	Orta
bozuk meşelik alan	Gauss	3,00x10 ⁻⁶	7,19x10 ⁻⁶	4,19x10 ⁻⁶	0,582	42,05	30,79	41,74	Orta
mera alanı	Üssel	1,27x10 ⁻⁶	1,58x10 ⁻⁵	1,45x10 ⁻⁵	0,919	8,90		8,06	Yüksek
alüviyal tarım alanı				tam kontrolsüz etki varyansı					
kolüviyal tarım alanı				tam kontrolsüz etki varyansı					

Çizelge 4.39 İncelenen toprak özelliklerine ait model ve parametreler (devam)

Özellikler ve Çalışma Alanları	Model ve Parametreler								
	Model	C ₀	C ₀ + C	C ₁	$\frac{C_1}{(C_0+C)}$	A_MJ	A_MN	KBD	KBS
Nomograf K değerleri									
nadas-ürün alanı	Üssel	1,03x10 ⁻⁴	2,44x10 ⁻⁴	1,41x10 ⁻⁴	0,579	32,14	26,84	42,11	Orta
bozuk meşelik alan	Gauss	1,65x10 ⁻⁵	2,73x10 ⁻⁵	1,09x10 ⁻⁵	0,397	48,84	33,65	60,33	Orta
mera alanı	Üssel	2,53x10 ⁻⁵	7,27x10 ⁻⁵	4,73x10 ⁻⁵	0,651	9,30	7,70	34,89	Orta
alüviyal tarım alanı	tam kontrolsüz etki varyansı								
kolüviyal tarım alanı	Üssel	0,0176	0,0876	0,070	0,799	24,11	18,47	20,05	Yüksek

Özellik, modellendiği üç arazi kullanımında en düşük yapısal uzaklığı 4,24 m ile alüviyal tarım alanında; en yüksek ise majör 19,31, minör yapısal uzaklık 14,47 m olarak nadas-ürün alanında göstermiştir. Her üç alanda da bu özelliğin orta derecede konumsal bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir. Diğer taraftan hidrolik iletkenlik özelliğinin jeostatistiksel değerlendirmesinde bozuk meşelik alan ve kolüviyal tarım alanında tam kontrolsüz etki varyansı (pure nugget) gözlenmiştir. Bu durum, özelliğin arazide ilişkili olduğu uzaklığın en düşük örnekleme mesafesinden (5 m) daha düşük veya en uzun örnekleme uzaklığından (100 m) daha yüksek olabileceği ile ilişkilendirilmiştir. Hidrolik iletkenlik özelliğinin arazide toprak fiziksel yapısına bağlı olarak çok kısa mesafelerde konumsal değişim göstermesinin ve çalışma alanının en kısa örnekleme aralığının 5 metre olmasının rastlantısal örneklemeler ile bu mesafenin düşürülmeye çalışılmasının bu iki alan için yapısal uzaklığı belirlemede yeterli olmadığı düşünülmüştür.

Birincil tane dağılımlarının jeostatistiksel değerlendirmesi sonuçlarına göre ise, farklı arazi kullanımlarında deneysel yarıvariogram model parametreleri farklı değerler almıştır.

Kum özelliği beş arazi kullanımında yöne göre değişim göstermiş, nadas-ürün, mera ve kolüviyal tarım alanlarında yüksek, diğer arazi kullanımlarında ise düşük konumsal bağımlılık göstermiştir. Bu özellik için en yüksek yapısal uzaklık alüviyal tarım alanında majör 48,93 m, minör 44,56 m ; en düşük ise kolüviyal tarım alanında majör 12,25 m, minör 9,59 m olarak belirlenmiştir. Bu durum da farklı arazi kullanımları arasında en yüksek ve en düşük yapısal uzaklıkların en yoğun işlenen tarımsal alanlarda belirlenmesinin, uygulanan işlemlerin toprak özelliklerini, birincil tane dağılımlarının konumsal değişimleri üzerindeki etkileri sonucu meydana gelmesi ile ilişkilendirilmiştir.

Silt özelliği çalışma alanlarında üssel ve Gauss model ile modellenmiş olup, mera arazi kullanımında yüksek konumsal bağımlılık, diğer arazi kullanımlarında ise orta konumsal bağımlılık göstermiştir. Silt özelliği, bozuk meşelik ve kolüviyal tarım

alanlarında izotropik davranış gösterirken diğer arazi kullanımlarında yöne göre değişim gözlemlenmiştir. Bu özelliğin ilişkili olduğu en yüksek yapısal uzaklık alüviyal tarım alanında majör 57,44 m, minör 52,31 m; en düşük ise 9,70 m olarak bozuk meşelik alanda belirlenmiştir.

Çalışma alanında yer alan farklı arazi kullanımları içerisinde alüviyal tarım alanında kil özelliği kontrolsüz etki varyansı göstermiştir. Diğer alanlarda ise bu özellik yöne göre değişim gösterirken, nadas-ürün alanında farklı azimut açılarında yönsel değişim göstermemiştir. Özelliğin ilişkili olduğu en yüksek yapısal uzaklık mera arazi kullanımında (majör 65,53 m, minör 58,15m), en düşük ise kolüviyal tarım alanında (majör 24,17, minör 22,72 m) belirlenmiştir.

Çok ince kum özelliği, yine alüviyal tarım alanında kontrolsüz etki varyansı gösterirken, diğer arazi kullanımlarında anizotropik özellik göstermiş ve en yüksek yapısal uzaklık bozuk meşelik alanda (majör 55,20 m, minör 47,85 m), en düşük ise mera alanında (majör 28,33 m, minör 26,73 m) belirlenmiştir.

Genel olarak toprak özelliklerinin jeostatistiksel analiz sonuçlarına göre; farklı arazi kullanımları altında toprak özelliklerinde meydana gelen değişimlerin bu özelliklerin konumsal değişimlerine de yansıdığı gözlemlenmiştir. Aynı toprak özelliğinin farklı arazi kullanımlarında farklı yapısal uzaklık değeri almasının bu durumun en önemli göstergelerinden biri olduğu düşünülmüştür. Toprak özelliklerinden bazıları (hidrolik iletkenlik, kil çok ince kum), alüviyal ve kolüviyal tarım alanı gibi yoğun tarımsal işlemlerin uygulandığı arazi kullanımlarında zamanla meydana gelen daha homojen yapı (toprak agregatlarının parçalanması, düşük organik madde, por yapısı dağılımlarının değişmesi vb.) gibi değişimler nedeniyle konumsal değişimin incelendiği mesafe içerisinde tam kontrolsüz etki varyansı göstermiştir. Bu durumda bu özelliklerin örnekleme noktaları arasındaki en kısa ve en uzun mesafelerden daha kısa ve daha uzun mesafelerde birbirleriyle konumsal olarak ilişkili olduğu düşünülmüştür. Tez çalışmasının jeostatistiksel analizler kısmında görülen yüksek tam kontrolsüz etki varyansı (nugget etkisi), örneklemedeki minimum aralığın yeterli olmadığını, sürekli

artan yarıvarioграмlar ise çalışma alanının yeterince geniş olmadığını göstermiştir ve daha sonra bu çalışma alanında yapılacak benzer çalışmalarda bu konunun dikkate alınması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında farklı arazi kullanımlarında farklı eşitlikler ile belirlenen toprakların birincil tane dağılımları ile belirlenen RUSLE K değerleri bozuk meşelik alanda orta, diğer arazi kullanımlarında ise yüksek konumsal bağımlılık göstermiştir. Bu değişken, nadas-ürün ve mera alanlarında izotropik, diğer arazi kullanımlarında anizotropik yapı gösterirken, en yüksek yapısal uzaklık 43,5 m olarak nadas-ürün alanında, en düşük ise majör 14,28 m, minör 9,32 m olarak kolüviyal tarım alanında belirlenmiştir.

Toprak birincil tane dağılımları, organik madde içeriği ve kil yüzdesini dikkate alarak toprak erozyon duyarlılığını belirleyen Torri eşitliği ile elde edilen K değerleri, alüviyal tarım alanında tam kontrolsüz etki varyansı gösterirken diğer arazi kullanımlarında anizotropik yapı göstermiştir. Özelliğin ilişkili olduğu en yüksek yapısal uzaklık nadas-ürün alanında majör 55,19 m, minör 43,41 m; en düşük ise majör 19,96 m; minör 11,13 m olarak mera alanında belirlenmiştir.

Farklı arazi kullanımları arasında en yoğun tarımsal faaliyetlerin devam ettiği alüviyal ve kolüviyal tarım alanlarında, toprak birincil tane dağılımlarını değerlendirerek erozyon duyarlılığını belirleyen Römken eşitliği K değerleri tam kontrolsüz etki varyansı göstermiştir. Mera alanında bu değişken için konumsal olarak yönsel değişim belirlenmemiş, değişken bu alanda 8,90 m değeri ile tüm arazi kullanımları arasında en düşük yapısal uzaklık değerini yansıtmış ve yüksek konumsal bağımlılık göstermiştir. Nadas-ürün ve bozuk meşelik arazi kullanımlarında anizotropik yapı gösteren Römken K değişkeni için yüksek yapısal uzaklık majör 54,60 m, minör 44,39 m ile nadas-ürün alanında belirlenmiştir. Bu değişken için arazi kullanımları içerisinde tarım alanlarında yapısal uzaklık belirlenememesi, aynı alanlar içerisinde bazı toprak özelliklerinin jeostatistiksel değerlendirmesinde olduğu gibi birincil tane dağılımlarına bağlı olan bu değişkenin konumsal değişimin incelendiği alandan daha uzun mesafelerde konumsal bir yapı gösterebileceği ile ilişkilendirilmiştir.

Toprakların organik madde, hidrolik iletkenlik, bünye, toprak yapısı özelliklerini değerlendirerek toprak erozyon duyarlılığını belirleyen Nomograf eşitliği K değerleri alüviyal tarım alanı dışındaki arazi kullanımlarında farklı azimut açılarında yöne göre değişim göstermiştir. Alüviyal tarım alanında bu değişken kontrolsüz etki varyansı göstermiştir. Bu değişken için en yüksek yapısal uzaklık bozuk meşelik alanda majör 48,84 m, minör 33,65 m; en düşük ise mera alanında majör 9,30 m, minör 7,70 olarak belirlenmiştir. Kolüviyal tarım alanında yüksek bağımlılık gösteren değişken, diğer arazi kullanımlarında ise orta seviyede konumsal bağımlılık göstermiştir.

Farklı arazi kullanımları arasında alüviyal tarım alanında dört farklı eşitlik ile elde edilen K değerleri arasında Torri, Römken ve Nomograf eşitliği K değerleri tam kontrolsüz etki varyansı göstermiştir. Çalışma kapsamında yapılan arazi gözlemleri sonucu bu alanın tüm arazi kullanımları içerisinde toprak özellikleri ve topoğrafya açısından çok daha homojen olmasının bu sonuçta etkili olduğu düşünülmüştür.

Toprak özellikleri ve belirlenen toprak erozyon duyarlılık değişkenlerinin kriging ve simülasyon yöntemleri ile arazi içerisindeki dağılımları açısından değerlendirildiğinde ise; değişkenlerin her iki yöntemle elde edilen dağılım haritaları çoğunlukla benzerlik göstermesine karşın, yöntemlerin algoritmalarındaki farklılıklar nedeniyle dağılım sınıflarının kapladığı alanlar arasında farklılıklar bulunmaktadır. Simülasyon korelasyon yapısını korurken, kriging yöntemi hatayı küçültmek için değerleri ortalamaya yaklaştırma, ekstrem değerleri yumuşatma eğiliminde olduğu için, kriging dağılım haritalarında değişkenlerin tahmin sınırları simülasyon tahmin sınırlarından düşük elde edilmiştir. Simülasyon yönteminde değişkenin tahminden daha çok konumsal değişkenlik hedeflenmektedir. Bu nedenle bu yöntem yumuşatma etkisi olmaksızın ekstrem değerleri de değerlendirerek bir dağılım haritası üretmektedir. Sonuç olarak çalışmada değişkenlerin konumsal dağılım haritalarının elde edilmesinde kullanılan yöntemlerin algoritmalarındaki farklılıklar nedeniyle, simülasyon dağılım sınırları kriging sınırlarından daha geniş olarak elde edilmiştir.

Farklı arazi kullanımlarında farklı eşitlikler ile elde edilen K değerleri tahminlerinin çapraz karşılaştırma sonuçlarından elde edilen ortalama mutlak hata (MAE) ve hata kareler ortalamaları (MSE) istatistikleri çizelge 4.40'da verilmiştir. Oldukça düşük olarak belirlenen MAE ve MSE değerleri, tahmin değerlerinin gerçek değerlere yakın olduğunu ve tahmin hatalarının kabul edilebilir sınırlar içerisinde bulunduğunu göstermektedir. Nadas ürün alanında en düşük MAE değerine sahip K değeri tahmini Torri eşitliği ile, en düşük MSE değeri ise Nomograf eşitliği ile elde edilmiştir. Bozuk meşelik alanda en düşük MAE değeri Römken K tahmininde, MSE ise Nomograf K tahmininde belirlenmiştir. Mera alanında ise Römken eşitliği ile yapılan K değeri tahmini en düşük MAE ve MSE değerlerini, Kolüviyal tarım alanında, diğer eşitlik tahminlerine göre RUSLE eşitliği K değeri tahmini daha düşük MAE değerini, Torri eşitliği K değeri tahmini ise daha düşük MSE değerini sağlamıştır.

Elde edilen bu sonuçlara göre, çalışmada jeoistatistiksel olarak toprak erozyon duyarlılığının değerlendirilen arazi kullanımlarında dağılımının konumsal tahmininin güvenilir ve yeterli bir şekilde yapıldığı ifade edilebilir.

Çizelge 4.40 Toprak erozyon duyarlılığı eşitlikleri (RUSLE, Torri, Römken ve Nomograf) ortalama mutlak hata (MAE) ve hata kareler ortalaması (MSE) değerleri

Arazi Kullanım Şekli	Değişken	MAE	MSE
Nadas-ürün alanı	RUSLE K	$4,80 \times 10^{-4}$	5.67×10^{-7}
	Torri K	$1,63 \times 10^{-3}$	4.20×10^{-6}
	Römken K	$4,20 \times 10^{-4}$	3.42×10^{-7}
	Nomograf K	$2,76 \times 10^{-3}$	1.17×10^{-5}
Bozuk meşelik alan	RUSLE K	$2,12 \times 10^{-3}$	7.46×10^{-6}
	Torri K	$2,37 \times 10^{-3}$	9.96×10^{-6}
	Römken K	$1,37 \times 10^{-3}$	3.46×10^{-6}
	Nomograf K	$3,21 \times 10^{-3}$	1.60×10^{-5}
Mera alanı	RUSLE K	$3,20 \times 10^{-3}$	1.71×10^{-5}
	Torri K	$4,90 \times 10^{-3}$	4.43×10^{-5}
	Römken K	$2,44 \times 10^{-3}$	1.03×10^{-5}
	Nomograf K	$5,52 \times 10^{-3}$	5.28×10^{-5}
Alüviyal tarım alanı	RUSLE K	$9,50 \times 10^{-4}$	1.52×10^{-6}
Kolüviyal tarım alanı	RUSLE K	$1,27 \times 10^{-3}$	3.87×10^{-6}
	Torri K	$3,32 \times 10^{-3}$	3.33×10^{-5}
	Nomograf K	$5,17 \times 10^{-3}$	$6,62 \times 10^{-5}$

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sakarya Havzası'nda yer alan ilhan Çayı alt havzası'ndaki Asartepe Baraj Havzası'nda yürütülen bu çalışmada, farklı arazi kullanımlarındaki topraklarda arazi deşredasyonu ve çölleşmenin önemli göstergelerinden biri olan toprak erozyon duyarlılığının konumsal değişimi incelenmiştir. Diğer taraftan bu değeri belirlemek için geliştirilen ve farklı toprak özelliklerini indeks olarak değerlendiren farklı eşitliklerin sonuçlarını karşılaştırmak da çalışmanın bir başka amacını oluşturmaktadır. Bu amaçla araştırma havzasında belirlenen nadas-ürün, bozuk meşelik, mera, alüviyal tarım ve kolüviyal tarım alanlarında, farklı eşitlikler ile elde edilen ile toprak erozyon duyarlılıklarının konumsal değişimleri belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında öncelikle araştırma havzasında yer alan beş farklı arazi kullanımında belirlenen homojen alanlardan, gridleme yöntemi ile düzenli ve rastlantısal örneklemeler ile her bir alandan 256 adet yüzey toprağı örneğı alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde laboratuvar analizleri ile bünye, çok ince kum, organik madde, doşgun hidrolık iletkenlik özellikleri, arazide ise toprak yapısı belirlenerek RUSLE, Torri, Römkens ve Nomograf eşitlikleri ile toprak erozyon duyarlılık değerleri hesaplanmıştır. Her bir arazi kullanımında belirlenen toprak özellikleri ve erozyon duyarlılık değerleri sonuçları istatistiksel ve jeostatistiksel analizler ile değerlendirilmiştir.

İstatistiksel değerlendirmede üzerinde durulan özellikler bakımından çalışma alanları arasındaki farklılıkların istatistik olarak önemli olup olmadığı varyans analizi tekniğı (ANOVA) ile değerlendirilmiş, farklı çalışma alanlarının belirlenmesinde ise Duncan testi kullanılmıştır. İstatistiksel analiz sonuçları incelenen toprak özellikleri ve toprak erozyon duyarlılık değerlerinin varyans analiz sonuçlarına göre, alanların ortalamaları arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Sonuçlar genel olarak, incelenen toprak özelliklerinin arazi kullanım şeklinin değişmesiyle birlikte istatistiksel olarak da önemli derecelerde değişim gösterdiğini de ortaya koymuştur.

Çalışma sonuçları bitki örtüsünün daha yoğun olduğu, doğal yapının korunduğu bozuk meşelik ve mera alanlarının daha yüksek hidrolik iletkenlik ve organik madde değerlerine sahip olduğunu, buna karşın sürekli tarımsal işlemlerin uygulandığı alüviyal ve kolüviyal tarım alanlarında ise fiziksel yapının bozulmasının sonucu olarak, hem toprak verimliliği hem de erozyon duyarlılığı açısından olumsuz bir şekilde her iki özelliğin daha düşük değerler aldığını göstermiştir. Toprak erozyonu ve verimliliği açısından büyük öneme sahip olan toprak tanecik dağılımının, farklı arazi kullanımlarının toprak erozyonunu artırması veya engellemesi nedeniyle etkilendiği yine çalışma sonuçları ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, konu ile ilgili yapılmış bir çok araştırma sonucunu destekleyerek, arazi kullanım şeklinin orman ya da meradan işlenen tarım alanlarına dönüştürülmesinin toprak özelliklerinin negatif yönde etkilenecek toprakların erozyon, çölleşme ve arazi bozunumuna daha duyarlı hale getirdiğini vurgulamaktadır. K faktörü yalnız erozyon açısından değil, aynı zamanda çölleşme ve arazi bozulmasının değerlendirilmesi için de çok önemli bir parametredir.

Çalışma kapsamında farklı toprak parametrelerini değişken olarak kullanan dört farklı eşitlik ile belirlenen toprak erozyon duyarlılık değerleri arasında istatistiki olarak da farklı olan sonuçlar elde edilmiştir. Aynı arazi kullanımı içerisinde, yalnızca toprak birincil dağılımlarını dikkate alan RUSLE ve Römken eşitlikleri sonuçları, toprağın organik madde, bünye, çok ince kum, geçirgenlik, toprak yapı sınıfları özelliklerini dikkate alarak bu değeri belirleyen Nomograf eşitliği sonuçları ve toprak birincil tane dağılımları, kil yüzdesi ve organik madde içeriğinin değerlendirildiği eşitlikler aynı arazi kullanımı için istatistiki olarak farklı erozyon duyarlılık değerleri üretebilmiştir.

Bu durumda hangi eşitlik ile toprak erozyon duyarlılığının en iyi şekilde temsil edilebileceği, bu kavramın arazi kullanım şekli, arazi örtüsü ve bir çok toprak özelliği tarafından kuvvetle etkilenen bir kavram olması nedeniyle belirlemede en fazla bileşenin dikkate alınması ve araziye temsil eden en doğru yaklaşımla belirlenmesi önem kazanmaktadır. Bunun yanında, tez çalışması yarı kurak arazi koşullarını temsil ettiği için K faktörünün bu koşulları temsil edecek parametreleri içermesi önemlidir. Bu sonuca göre, çalışma kapsamında yararlanılan farklı K eşitlikleri içerisinde dinamik ve kolay değişmeyen toprak özelliklerinin daha geniş bir şekilde dikkate alındığı

Nomograf eşitliği bu değeri belirlemede daha öne çıkmaktadır. Toprak erozyon duyarlılığı değeri bir çok erozyon modelinde bir parametre olmakla birlikte, kolaylıkla değişebilen ve değişmez toprak özellikleri arasındaki ilişkiler ile ilgili bilgi veren, arazi bozulmaları, arazi kullanım şekilleri, iklim ve topoğrafyanın kolay değişebilen toprak özelliklerini etkilemesi nedeniyle erozyon ve çölleşme ile ilgili önemli göstergeler sağlayan bir özelliktir. Toprak erozyon duyarlılığının karşılaştırmalı değerlendirilmesinde hangi yöntemin arazi bozulma süreçlerini iyi temsil ettiği ön plana çıkmaktadır ve doğru bir şekilde tahmin edilmesi toprak koruma önlemlerin planlanması ve etki değerlendirme aşamalarında kullanıcı ve karar vericiler açısından büyük önem taşımaktadır.

Bunun yanında her bir K eşitliği ile farklı arazi kullanımları için elde edilen K değerleri arasında istatistiksel olarak farklı K değerleri sonuçları belirlenmiştir. Arazi kullanımlarındaki değişimlerin toprak özellikleri üzerinde meydana getirdiği değişimler bu değişimleri değişken olarak kullanan eşitlik sonuçlarına yansıdığı belirlenmiştir. Çalışmada toprak erozyon duyarlılığını belirlerken yalnızca birincil tane dağılımlarını dikkate alan RUSLE, Römken eşitlikleri; yine birincil tane dağılımları, organik madde ve kil yüzdesini kullanarak bu değeri belirleyen Torri eşitliği sonuçları açısından ile bazı arazi kullanımları arasında fark bulunmazken; birincil tane dağılımlarının yanında toprakların dinamik özellikleri arasında yer alan organik madde, geçirgenlik, toprak yapısı gibi özelliklerini de dikkate alan nomograf eşitliği sonuçları tüm arazi kullanımlarına ait K değerlerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğunu ortaya koymuştur.

Nomograf eşitliği toprak erozyon duyarlılığını belirlerken diğer eşitliklere göre daha fazla sayıda dinamik toprak özelliğini girdi parametresi olarak değerlendirmesi açısından bu değeri gerçek değere daha yakın tahmin etme eğilimine sahiptir. Herhangi bir alanın orman, mera veya tarım arazi olarak değerlendirilmesinin yani arazi kullanım şeklinin toprakların erozyona duyarlılığını dolayısıyla o alandan erozyon ile kaybolabilecek toprak miktarını etkileyen çok önemli bir faktör olduğu konu ile ilgili daha önce yapılan çalışma destekleyerek bu çalışma sonuçları ile de ortaya konulmuştur. Bu anlamda dinamik toprak özelliklerinin arazi kullanım şekli, topoğrafya ve iklim

faktörlerinden önemli derecede etkilendiği bilinen alanlarda bu değerin tahmininde en fazla değişkenin değerlendirmeye alındığı yaklaşımların kullanılmasının gerçek değere daha yakın sonuçlar üretebileceği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte eldeki parametrelerin kısıtlı olduğu durumlarda diğer eşitliklerin kullanılması, planlama ve uygulama aşamasındaki zararları önlemek açısından, tahminlerden gelecek hata ve belirsizliklerin de belirlenmesi koşulu ile kullanıcılara yarar sağlayabilecektir.

Toprak erozyon duyarlılığının, arazi kullanım türlerindeki değişimleri güçlü bir şekilde temsil edebilmesinin yanında, bu değerin arazi içerisindeki konumsal değişiminin belirlenmesi uygulama ve karar verme mekanizmaları açısından büyük önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında jeoistatistiksel analizler ile incelenen toprak özellikleri ve bu özellikler yardımı ile belirlenen toprak erozyon duyarlılık değerlerinin konumsal dağılımları belirlenmiştir. İncelenen toprak özellikleri doğal yapıları nedeniyle farklı model ve parametrelerle ifade edilmişlerdir. Ayrıca farklı arazi kullanımları altındaki topraklarda aynı toprak özelliğinin konumsal değişimi, bunun bir sonucu olarak özelliklerin ilişkili olduğu yapısal uzaklıklar da değişim göstermiştir. Bu değerlendirmeler, çölleşme kriteri olarak 5 farklı toprak özelliğinin karşılıklı etkileşimlerini ortaya koyduğu için çok önemli bir parametre olabilecektir.

Araştırma kapsamında incelenen bazı toprak özellikleri ve toprak erozyon duyarlılık değerleri için çalışma alanı içerisinde bir yapısal uzaklık belirlenememiştir. Herhangi bir özelliğin konumsal değişimini belirlerken uygulanan örnekleme deseninin çok önemli olduğu bir kez daha ortaya çıkmıştır. Örnekleme planlaması yapılırken o özelliğin arazide kısa veya uzun mesafelerde değişim gösterip göstermediği ve diğer özellikler ile ilişkisinin dikkate alınması gerekmektedir. Bu çalışmada arazide toprak fiziksel özelliklerine bağlı olarak çok kısa mesafelerde değişim gösterebilen hidrolik iletkenlik özelliği için bozuk meşelik ve kolüviyal tarım alanlarında yapısal uzaklık belirlenememesinin bu alanlarda örneklerin birbirleriyle en kısa örnekleme mesafesinden (5 m) daha kısa uzaklıklarda ilişkili olabileceği düşünülmüştür. Toprak erozyon duyarlılık değerleri ise özellikle işlenen tarım alanlarında daha fazla tam kontrolsüz etki varyansı göstermiştir. Gelecekte bu konuda yapılacak çalışmalarda bu noktalara dikkat edilmesinin yararlı olacağı düşünülmüştür. Diğer taraftan çalışma

kapsamında incelenen toprak özellikleri ve toprak erozyon duyarlılık değerleri için belirlenen yapısal uzaklık değerleri ise, sonraki çalışmalarda kullanıcılara örnekleme planlama aşamasında ekonomi ve işgücü açısından önemli bilgi ve avantaj sağlayabilecektir. Özellikle havza bazında ve bölgesel erozyon ve çölleşme risk değerlendirilmesinde haritalama çalışmalarında başarı ile kullanılabilir.

Toprak özellikleri ve toprak erozyon duyarlılığının konumsal değişimi üzerine elde edilen sonuçlar, son yıllarda giderek artan öneme sahip olan havza ölçeği, ulusal ve bölgesel planlama ve çalışmalar açısından önemli bilgiler sağlayabilecektir. Çalışma kapsamında incelenen özelliklerin konumsal değişiminde kriging ve simülasyon yöntemleri kullanılmıştır. İncelenen özellikler ve toprak erozyon duyarlılığı değerleri için genellikle benzer tahminler ve dağılım haritaları elde edilmiştir. Ancak her iki yöntem ile gerçek değerler kullanılarak gerçek değerlere yakın doğru ve güvenilir tahminler yapılabilmesine karşın aralarında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Kriging yöntemi tahminlerden gelen hatayı küçültmeye çalışmakta, konumsal değişimi yumuşatarak veri setinde yer alan ekstrem değerleri dışarıda bırakmakta ve değerleri ortalamaya yaklaştırarak tahmin yapma eğilimdedir. Simülasyon yöntemi ise gerçekleştirmelerde ekstrem değerleri de içeren tüm değerleri dikkate alarak verileri simüle etmekte, böylelikle daha gerçekçi haritalar üretmektedir. Kriging yöntemi ortalama ve standart sapma değerleri ile kestirim yapmakta ve tanımlayıcı istatistiklere daha yakın değerler üretmektedir. Simülasyon rastlantısal olarak seçtiği bir örnek üzerinden veri üretmekte, bunun tekrarlanma olasılığını hesapladığı için belirsizlik üzerine önemli bilgiler vermektedir. Bununla birlikte kriging lokal olarak daha doğru tahminler yapabilmesine karşın, simülasyon tekniği konumsal istatistikler üretebilmekte ve konumsal belirsizliğin değerlendirilmesine imkan sağlamaktadır.

Yöntemlerin işleyişindeki bu farklılıklar nedeniyle konumsal değişimin belirlenmesinde hangi yöntemin kullanılması gerektiği konusunda uzmanların ve karar vericilerin belirlenen amaca uygun olarak karar vermesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında düşünüldüğünde ise, bazı toprak özelliklerinin örneğin hidrolik iletkenlik gibi, arazide belirlenen gerçek değerlerinin konumsal değişimde göz ardı edilmesi gerçek durumu yansıtmada yetersizliklere yol açabilecektir. Diğer taraftan arazide daha homojen bir

yapı gösteren, kısa mesafeler içerisinde önemli değişimler göstermeyen birincil tane dağılımları gibi özelliklerin konumsal değişimlerinin belirlenmesinde kriging yönteminin bu özelliği bir sorun oluşturmaz. Yine daha geniş alanlar için yapılan çalışmalarda arazi kullanım şekli, bitki örtüsü yoğunluğu ve topoğrafya değişiklikleri nedeniyle değişebilen organik madde içeriklerinde belirli alanlarda diğerlerinden daha yüksek ve ya daha düşük değerler beklenebilecektir. Bu nedenle toprak özellikleri açısından sonuçlarında aşırı değerlerinde bulunabileceğini beklediğimiz özellikler için, bu değerlerin de değerlendirmede bulunmasının gerekli olduğunu düşündüğümüz durumlarda simülasyon yöntemi daha gerçekçi sonuçlar üretecek ve kullanılması daha doğru olacağı düşünülmüştür. Bununla birlikte hangi jeostatistiksel yöntemi kullanırsak kullanalım, toprak bilimciler açısından arazi dinamiklerinin fiziksel olarak iyi bir şekilde tanımlanması çok daha önemlidir.

Toprak erozyon duyarlılığı sonuçları açısından düşündüğümüzde ise, elde edilen bu değerlerin belirleme aşamasından sonra havza, ülke veya bölge ölçeğinde planlama aşamalarında kullanılıyor olmasının en az hata ile karşılaştırılabilir değerlere en yakın tahminlerin üretilmesinin çok önemli olacağını göstermektedir. Bu nedenle toprak erozyon duyarlılığındaki ekstrem değerlere sahip alanların konumsal değişiminin biliniyor olması, bu alanlar için farklı risk yönetimlerinin ve koruma planlarının geliştirilmesi ayrıca etkili toprak koruma, çölleşme ve arazi bozunumu önlemlerinin alınabilmesi yönünden oldukça önemlidir.

Toprak kaybı tahminlerinde tahmin yöntemlerinin tüm aşamalarından gelen hataların belirlenmesi, bu bilgiler ışığında planlamaların yapılması etkinlik açısından çok önemlidir. Bu nedenle bu hatalardan gelebilecek belirsizliklerin de tahminin son aşamasında belirlenmesi gerekmektedir. Simülasyon yönteminin konumsal belirsizliğin belirlenmesine olanak sağlaması açısından da avantaj sağlaması diğer bir üstünlüğü olarak ifade edilebilir. Sonuç olarak toprak bilimciler açısından, çalışmada kullanılan kriging tahminleri ve simülasyon yöntemleri her ne kadar birbirine benzer tahminler ve dağılım haritaları üretmiş olsa da, her iki yaklaşım birbirine alternatif olarak farklı amaçlar için kullanılabilecek yaklaşımlardır. Kriging yaklaşımı belirli toprak özellikleri için lokal olarak doğru tahminler yapmasına karşın, simülasyon yöntemi daha büyük

ölçeklerde konumsal belirsizliğin değerlendirilmesine imkan veren tahminler yapabilmektedir. Bu çalışma kapsamında düşünüldüğünde ise, daha büyük ölçeklerde değişim fazla olacaktır ve bu nedenle dinamik parametreler ile açıklanan K yöntemleri daha iyi sonuçlar verebilecektir.

Tüm bu değerlendirmeler sonucu, toprak erozyon duyarlılığının bir model ile niceliksel olarak hesaplanmasının yanında, yapılacak risk değerlendirme çalışmalarında çok önemli bir parametreyi oluşturduğu, toprak erozyonu, çölleşme ve arazi bozunumu değerlendirmelerine yönelik olarak, toprak erozyon duyarlılığı çalışmalarında konumsal değişimlerin belirlenmesi ile arazi dinamiklerinin daha iyi açıklanabileceği, bunun yanında tahmin bilgilerinin arazi gözlemleri ile bütünleştirilerek değerlendirmeler yapılmasının daha doğru olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbasi, M.K., Zafar, M. and Khan, S.R. 2007. Influence of different land-cover types on the changes of selected soil properties in the mountain region of Rawalakot Azad Jammu and Kashmir. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 78, 97–110.
- Aburas, M.M., El-Mahi, Y.E. and El-Doumi, F.M. 2001. University of Khartoum *Journal of Agricultural Sciences*, 9 (2): 201-217.
- Agrawal, O.P., Rao, K.V.G.K., Chauhan, H.S. and Khandelwal, M.K. 1995. Geostatistical analysis of soil salinity improvement with subsurface drainage system. *Trans. ASAE* 38, 1427-1433.
- Agyare, W.A., Vlek, P.L.G., Dikau, R., Andreini, M. and Fosu, M. 2005. Soil Characterization and Modeling using Pedo-Transfer Functions and Artificial Neural Networks. Status Conference, Cologne, Germany, May 17-19.
- Amador, J.A., Wang, Y., Savin, M.C. and Görres, J.H. 2000. Fine-scale spatial variability of physical and biological soil properties in Kingston, Rhode Island. *Geoderma* 98, 83-94.
- Anonim. 1995. Asartepi Sulaması geliştirme Raporu. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, D.S.İ. Genel Müd. İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı Yayını, Ankara.
- Anonim. 2008. Web sitesi: <http://www.tema.org>, Erişim Tarihi: 2008.
- Anonim. 2013. Web sitesi: (<http://aile.atauni.edu.tr/>), Erişim tarihi: 12.11.2013.
- Armstrong, M. 1997. *Linear Geostatistics*. Springer-Verlag, pp. 220.
- Ayoubi, S.A. and Alizadeh, M.H. 2005. Assessment Spatial Variability of Soil Erodibility by Using of Geostatistic and GIS (Case Study MEHR Watershed of Sabzevar) , *Revista Sociedade & Natureza*, 1,78-86.
- Başaran, M. 2005. Arazi kullanımındaki değişimlerin toprak erozyonu üzerine etkisi: Çankırı ili İndağı Bölgesi örnek çalışması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Başaran, M., Erpul, G., Tercan, A.E. and Çanga, M.R. 2008. The effects of land use changes on some soil properties in İndağı Mountain Pass_Çankırı, turkey. *Environ. Monit. Assess*, 136: 101-119.
- Başaran, M., Erpul, G., Ozcan, A.U., Saygın S.D., Kibar, M., Bayramin, I. and Yilman, F.E. 2010. Spatial information of soil hydraulic conductivity and performance of cokriging over kriging in a semi-arid basin scale. *Environ Earth Sci.* 63(4): 827-838.

- Başkan, O., Cebel, H., Akgül, S. and Erpul, G. 2010. Conditional simulation of USLE/RUSLE soil erodibility factor by geostatistics in a Mediterranean Catchment, Turkey. *Environ Earth Sci*, 60, 1179-1187.
- Bayramin, İ., Erpul, G. and Erdoğan, H. E. 2006. Use of CORINE Methodology to Assess Soil Erosion Risk in the Semi-Arid Area of Beypazarı, Ankara. *Turk J. Agric. For.*, 30, 81-100.
- Bayramin, I., Basaran, M., Erpul, G. and Çanga M.R. 2008. Assessing the effects of land use changes on soil sensitivity to erosion in a highland ecosystem of semi-arid Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 140, 249–265.
- Bayramin, I., Başaran, M., Erpul, G., Dolarslan, M. and Çanga, M.R. 2009. Comparison of soil organic carbon content, hydraulic conductivity, and particle size fractions between a grassland and a nearby black pine plantation of 40 years in two surface depts. *Environ. Geol.* 56: 1563-1575.
- Berhongaray, G., Alvarez, R., De Paepe, J., Caride, C. and Cantet, R. 2013. Land use effects on soil carbon in the Argentine Pampas. *Geoderma* 192, 97-110.
- Beskow, S., Mello, C.R., Norton, L.D., Curi, N., Viola, M.R. and Avanzi, J.C. 2009. Soil erosion prediction in the Grande River basin, Brazil using distributed modeling. *Catena* 79, 49-59.
- Biggar, J.W. and Nielsen, D.R. 1976. Spatial variability of leaching characteristics of a field soil. *Water Resour. Res.* 12, 78–84.
- Bonilla, C.A. and Johnson, O.I. 2012. Soil erodibility mapping and its correlation with soil properties in Central Chile. *Geoderma* 189-190, 116-123.
- Bouma, J. 1973. Use of physical methods to expand soil survey interpretations of soil drainage conditions. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 37, 413–412.
- Bouma, J., Stoorvogel, J., Van Alphen, B.J. and Boolthink, H.W.G. 1999. Pedology, Precision agriculture, and the changing paradigm of agricultural research. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63, 1763-1768.
- Boyle, M. 2002. Erosion's contribution to greenhouse gases. *Erosion Control. Features.* January / February. pp. 21–29.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, Vol. 43; pp. 435-438.
- Broersma, K., Robertson, J.A. and Chanasyk, D.S. 1997. The effects of diverse cropping systems on aggregation of a Luvisolic soil in the Peace River region. *Can J Soil Sci.* 77:323–329.

- Brus, D.J. and Heuvelink, G.B.M. 2007. Optimization of sample patterns for universal kriging of environmental variables. *Geoderma* 138, 86-95.
- Bryan, R.B., 2000. Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope. *Geomorphology* 32, 385–415.
- Bryan, R.B., Govers, G. and Poesen, J. 1989. The concept of soil erodibility and some problems of assessment and application. *Catena* 16, 393–412.
- Burrough, P.A. 1993. Soil variability: a late 20th century view. *Soils. Fert.* 56 (5), 529-562.
- Cameron, D.R. 1978. Variability of soil water retention curves and predicted hydraulic conductivities on a small plot. *Soil Sci.* 126, 364–371.
- Campbell, J.B. 1978. Spatial variation of sand content and pH within single contiguous delineations of two soil mapping units. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 39, 460–464.
- Campbell, J.B. 1996. *Introduction to Remote Sensing*, A Division of Guilford Press, Inc., New York, N.Y., 622 p.
- Castrignano, A., Buttafuoco, G., Canu, A., Zucca, C., and Madrau, S. 2007. Modelling Spatial Uncertainty of soil Erodibility Factor Using Joint Stochastic Simulation, *Land Degradation & Development*, Vol, 19, Iss, 2 p; 198-213.
- Celik I., Ortas I. and Kilic S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil and Tillage Research*, 78: 59–67.
- Celik, I. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. *Soil Till. Res.*, 83, 270-277.
- Chai, X., Shen, C., Yuan, X. and Huang, Y. 2008. Spatial prediction of soil organic matter in the presence of different external trends with REML-EBLUP. *Geoderma* 148, 159-166.
- Charles, F.E., Harris, B.P. and Stokesbury, K.D.E. 2008. Geostatistical comparison of two dependent video surveys of sea scallop in the Elephant Trunk Closed Area, USA. *ICES Journal of marine Science*, 65: 995-1003.
- Chaudhary T.N. and Ghildyal B.S. 1969. Aggregate stability of puddle soil during rice growth. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 17: 261–265.
- Chibsa, T. and Ta, A.A. 2009. Assessment of Soil Organic Matter under Four Land Use Systems in the Major Soils of Bale Highlands, South East Ethiopia b. Factors Affecting Soil Organic Matter Distribution. *World Applied Sciences Journal* 6 (11): 1506-1512.

- Cressie, N. 1991. Statistics for Spatial data. John Wiley & Sons, New York, pp. 900.
- David, M. 1988. Handbook of Applied Advanced Geostatistical Ore Reserve Estimation. Elsevier, Amsterdam, pp. 216.
- Davis, P.H. 1998. Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. 1-9, Edinb. Un. Press, Edinburg, pp. 1965-1985.
- Day, P. R. 1950. Physical basis of particle size analysis by the hydrometer method. University of California, USA.
- Deb, S.K. and Shukla, M.K. 2012. Variability of hydraulic conductivity due to multiple factors. Am. J. Environ. Sci. 8, 489-502.
- Dörner, J., Dec, D., Peng, X. and Horn, R. 2010. Effect of land use change on behaviour of structural properties of an Andisol in southern Chile under saturated and unsaturated hydraulic conditions. Geoderma 159, 189-197.
- Duffera, M., Jeffrey, G.W. and R. Weisz, 2007. Spatial variability of southeastern U.S. Coastal plain soil physical properties: Implications for site-specific management. Geoderma, 137: 327-339.
- Duiker, S.W., Flanagan, D.C. and Lal, R. 2001. Erodibility and infiltration characteristics of five major soils of southwest Spain. Catena 45: 103-121.
- Dusan, Z., 1982. Soil Erosion: Development in Soil Science, 10. Elsevier, Amsterdam.
- El-Swaify, S.A. and Dangler, E.W. 1976. Erodibilities of selected tropical soils in relation to structural and hydrologic parameters. Soil Erosion: Prediction & Control. Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa: 105-114.
- Erşahin, S. 2003. Comparing ordinary kriging and cokriging to estimate infiltration rate. Soil Sci. Soc. Am.J. 67, 1848-1855.
- Evrendilek, F., Celik, I. and Kilic, S. 2004. Changes in soil organic carbon and other physical soil properties along adjacent Mediterranean forest, grassland, and cropland ecosystems in Turkey. J Arid Environ. 59:743-752.
- Fang, N.F., Shi, Z.H., Li, Lu., Guo, Z.L., Liu, Q.J. and Ai, L. 2012. The effects of rainfall regimes and land use changes on runoff and soil loss in a small mountainous watershed. Catena, 99, 1-8.
- FDER, 1988. The Florida Development Manual: A Guide to Sound Land and Water Management. Department of Environmental Regulation, Tallahassee, FL.
- Fu, B., L. Chen, K. Ma, H. Zhou and J. Wang 2000. The relationships between land use and soil conditions in the hilly area of the loess plateau in northern Shaanxi, China. Catena, 39, 69-78.

- Gajić, B., Tapanarova, A., Tomić, Z., Kresović, B., Vujović, D. and Pejić, B. 2013. Australian Journal of Crop Science, AJCS 7(8):1198-1204.
- Glab, T., Kacorzky, R. and Zaleski, T. 2009. Effect of land management in mountainous regions on soil physical quality of sandy loam Haplic Cambisol soil. *Geoderma* 149, 298-304.
- Godsey, S. and Elsenbeer, H. 2002. The soil hydrologic response to forest regrowth: a case study from southwestern Amazonia. *Hydrological Processes* 16, 1519–1522.
- Godwin, R.J. and Miller, P.C.H. 2003. A review of the technologies for mapping within-field variability. *Bisyst. Eng.* 84 (4), 393-407.
- Goovaerts, P. 1997. *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. Oxford University Press, pp. 497.
- Goovaerts, P., 1998. Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties. *Biol. Fertil. Soils*, 27, 315-334.
- Grego, C.R. and Vieira, S.R. 2005. Spatial variability of soil physical properties on an experimental plot. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, May/Apr. 2005, vol.29, no.2, p.169-177.
- Guimaraes Couto, E., Stein, A. and Klampt, E. 1997. Large area spatial variability of soil chemical properties in central Brazil. *Agric. Ecosyst. Environ.* 66 (2), 139-152.
- Guo, L.B. and Gifford, R. M. 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology*, 8: 345–360.
- Hacisalihoglu, S. 2007. Determination of soil erosion in a steep hill slope with different land-use types: A case study in Mertesdorf (Ruwertal/ Germany). *J. Environ. Biol.*, 28, 433-438.
- Haghighi, F., Gorji, M. and Shorafa, M. 2010. A study of the effects of land use changes on soil physical properties and organic matter. *Land Degrad Develop.* 21:496–502.
- Hancock, G.R., Martinez, C. and T. Wells. 2007 . Modelling and Assessment of Soil Carbon Variability at the Point and Hillslope Scale .In Oxley, L. and Kulasiri, D. (eds) MODSIM 2007 International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, December 2007, pp <http://www.mssanz.au/modsim07/Papers>.
- Hoyos, N. 2005. Spatial modeling of soil erosion potential in a tropical watershed of the Colombiann Andes, *Catena* 63, 85-108.

- Heiskanen, J. and Makitalo, K. 2002. Soil water retention characteristics of Scots pine and Norway spruce forest sites in Finnish Lapland. *For. Ecol. Manage.* 162:137–152.
- Hillel, D. 1980. *Fundamentals of Soil Physics*. Academic Press, Inc., New York.
- Hu, K., Li, H., Li, B. and Huang, Y. 2007. Spatial and temporal patterns of soil organic matter in the urban-rural transition zone of Beijing. *Geoderma* 141 (3-4), 302–310.
- Huang, B. et al., 2007. Temporal and sapatial variability o f soil organic matter and total nitrogen in an agricultural ecosystem as affected by farming practices. *Geoderma* 139 (3-4), 336-345.
- Hudson, B.D. 1994. Soil organic matter and available water capacity. *Journal of Soil and Water Conservation*, 49: 189–194.
- Iqbal, J., Thomasson, J.A., Jenkins, J.N., Owens, P.R., and Whisler, F.D. 2005. Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils. *Soil Science Society of America Journal*. 69: 1338-1350.
- Isaac s, E.H. and Srivastava, M.R. 1989. *Introduction of Applied Geostatistics*. Oxford University Press, pp. 561.
- Jang, C.S., Chen, S.K. and Kou, Y.M. 2013. Applying indicator-based geostatistical approaches to determine potential zones of groundwater recharge on borehole data. *Catena* 101, 178-187.
- Jankauskas, B., Jankauskiene, G. and Fullen ,M.A. 2007 Relationships between soil organic matter content and soil erosion severity in Albeluvisols of the Žemaičiai Uplands. *Ekologija*. Vol. 53(1), 21,28.
- Jiménez, C.C., Tejedor, M., Morillas, G. and Neris, J. 2006. Infiltration rate in andisols: effect of changes in vegetation cover (Tenerife, Spain). *Journal of Soil and Water Conservation* 61 (3), 153–158.
- Jing, K., Wang, W.Z. and Zheng, F.L. 2005. *Soil Erosion and Environment in China*. Science Press, Beijing (359 pp., in Chinese).
- Journel, A.G. and Huijbregts, C.S. 1978. *Mining Geostatistics*, Akademic Press, New York, p.600.
- Kadlec,V., Holubík, O., Procházková, E., Urbanová, J. and Tippl, M. 2012. Soil Organic Carbon Dynamics and its Influence on the Soil Erodibility Factor. *Soil & Water Res.*, 7, (3): 97–108 .

- Karabulut, A. 2010. Çukurova’da Flüviyal Bir Tarım Arazisinde Bazı Toprak Verimlilik Özelliklerinin Jeostatistiksel Modellenmesi. Doktora Tezi. Ankara Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karagül, R. 1999. Trabzon-Söğütlüdere havzasında farklı arazi kullanım şekilleri altındaki toprakların bazı özellikleri ve erozyon eğilimlerinin araştırılması. *Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 53-68.
- Keli, Z., Shuangcai, L. and Wenying, P. 2002. Erodibility of agricultural soils in the loess plateau of China, 12th ISCO Conference, Beijing, China.
- Kitanidis, P.K. 1997. Introduction to Geostatistics: Application in Hydrogeology. Cambridge University Press, pp. 249.
- Klute, A. and Dirksen, C. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. p, 687–734. *In* A, Klute (ed.) Methods of soil analysis. Part 1, 2nd ed, Agron, Monogr, 9, ASA and SSSA, Madison, WI.
- Kohli, A. 2006. Evaluation of modeled soil erodibility estimates using lab-scale simulated rainstorms in submountainous region of Northern India, 18th World Congress of Soil Science, July 9-15, 2006 , 151-37, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- Korkanç, S.Y., Özyuvacı, N. and Hizal A. 2008. Impacts of land use conversion on soil properties and soil erodibility. *Journal of Environmental Biology*, 29(3) 363-370.
- Kotto-Same, J., Woome, P.L., Moukam, A. and Zapfack, L. 1997. Carbon dynamics in slash-and-burn agriculture and landuse alternative of the humid forest zone in Cameroon. *Agric. Ecosyst. Environ.* 65, 245-256.
- Kravchenko, A.N. and Hao, X. 2008. Management practices effects on spatial variability characteristics of surface mineralizable C. *Geoderma* 144, 387-394.
- Lal, R. 1991. Soil Erosion Research Methods. Science Press, Beijing (236 pp., in Chinese).
- Lal, S. and Mathur, B.S. 1989. Effect of longterm fertilization manuring and liming of an alfisol on maize, wheat, and soil properties II: Soil physical properties. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 37: 815–817.
- Lal, R., Kimble J.M., Follett, R. F. and Stewart, b: A. 1998. Soil processes and the carbon cycle. Boca Raton, Florida: CRC Press. 609 p.
- Leifeld, J. and Kugel-Knabner, I. 2005. Soil organic matter fractions as early indicators for carbon stock changes under different land-use. *Geoderma* 124 (1-2), 143-155.

- Li, Y.Y. and Shao, M.A. 2006. Change of soil physical properties under long-term natural vegetation restoration in the Loess Plateau of China. *Journal of Arid Environments* 64, 77–96.
- Li, J., Richter, D., Mendoza, A. and Heine P., 2007. Effects of land-use history on soil spatial heterogeneity of macro-and trace elements in Southern Piedmont USA. *Geoderma*, 156, 60-73.
- Li, J., Richter, D., Mendoza, A. and Heine, P. 2010. Effects of land-use history on soil spatial heterogeneity of macro-and trace elements in the Southern Piedmont USA. *Geoderma* 156, 60-73.
- Liu, H., Zhao, W. And He, Z. 2013. Self-organized vegetation patterning on soil surface hydraulic conductivity: A case study in the Qilian Mountains, China. *Geoderma* 192, 362-367.
- Lützow, M., Kögel-Knabner, I., Ekschmitt, K., Matzner, E., Guggenberger, G., Marschner, B. and Flessa, H. 2006. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions. *Eur J Soil Sci.* 57:426–445.
- Mabit, L., Bernard, C., Maklouf, M. and Laverdière, M.R. 2008. Spatial variability of soil erosion and soil organic matter content estimated from ^{137}Cs measurement and geostatistics. *Geoderma* 145, 245-251.
- Mapa, R.B. and Kumaragamage D. 1996. Variability of soil properties in a tropical Alfisol used for shifting cultivation. *Soil Technol.* 9 (3), 187-197
- Martinez-Mena, M., Deeks, L.K. and Williams, A.G. 1999. An evaluation of a fragmentation fractal dimension technique to determine soil erodibility. *Geoderma* 90, 87-98.
- Matheron, G. 1963. Principles of Geostatistics. *Economic Geology*, 58, 1246-1266.
- Meendoza-Vega, J. and Messing, I. 2005. The influence of land use and fallow period on the properties of two calcareous soils in the humid tropics of southern Mexico. *Catena* 60, 279-292.
- Meyer, L.D. and Harmon, W.C. 1984. Susceptibility of agricultural soils to interrill erosion. *Soil Science Society of America Journal* 48, 1152–1157.
- Meyer, L.D. and Moldenhauer, W.C. 1985. Soil erosion by water: the research experience. *Agricultural History* 59, 192–204.
- Morgan, R.P.C., Martin, L. and Noble, C.A. 1987. Soil erosion in the United Kingdom: a case study from mid-Bedfordshire. Occasional Paper No. 14, Silsoe College, Cranfield Institute of Technology, Silsoe, Bedfordshire.

- Mubarak, I., Angula-Jaramillo, R., Mailhol, J.C. and Ruelle, P. 2010. Spatial analysis of soil surface hydraulic properties: Is infiltration method dependent? *Agricultural Water Management* 97, 1517-1526.
- Mueller, T.G. and Pierce, F.J. 2003. Soil carbon maps: enhancing spatial estimates with simple terrain attributes at multiple scales . *Soil Science Society of America Journal*, 67 (1), 258.
- Mzuku, M., Khosla, R., Reich, R., Inman, D., Smith, F. and MacDonald L. 2005. Spatial variability of measured soil properties across site – specific management zones. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69:1572-1579.
- Neyshabouri, M. R., Ahmadi, A., Rouhipour, H., Asadi, H. and Irannajad, M. 2011. Soil texture fractions and fractal dimension of particle size distribution as predictors of interrill erodibility. *Turk J Agric For* 35, 95-102.
- Nye, P.H. and Greenland, D.J. 1960. The soil under shifting cultivation. Technical Communication 51. Commonwealth Agricultural Bureaux (CAB), Harpenden (Herts.), 156.
- Oades, J.M. 1984. Soil organic matter and structural stability: mechanism and implications for management. *Plant Soil* 76:319–337.
- Oliver, M.A. and Webster, R. 1991. How geostatistics can help you. *Soil Use Manage.* 7, 206-217.
- Oliver, M.A. 1999. Exploring soil spatial variation geostatistically. *Proceedings of the Precision Agriculture*, 99 (1) 3-17, UK.
- Özcan, A.U., Erpul, G., Başaran, M. and Erdoğan, H.E. 2008. Use of USLE/GIS technology integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of Indagi Mountain Pass_Çankırı, Turkey. *Environ. Geol.* 58: 1731-1741.
- Öztaş, T. 1995. Jeostatistiğin toprak bilimindeki önemi ve uygulaması. İ. Akalan Toprak ve çevre Sempozyumu. I, 271-280, Ankara.
- Öztekin, T. and Erşahin, S. 2006. Saturated hydraulic conductivity variation in cultivated and virgin soils. *Turk J. Agric. For.* 30, 1-10.
- Parysow, P., Wang, G., Gertner, G. And Anderson, A.B. 2003. Spatial uncertainty analysis for mapping soil erodibility based on joint sequential simulation. *Catena* 53, 65-78.
- Perez-Rodriguez, R., Marques, M.J. and Bienes, R. 2007. Spatial variability of the soil erodibility parameters and their relation with the soil map at subgroup level. *Science of the total Environment* 378, 166-173.

- Price, K., Jackson, C.R. and Parker, A.J. 2010. Variation of surficial soil hydraulic properties across land uses in the southern Blue Ridge Mountains, North Carolina, USA. *Journal of Hydrology* 383, 256–268.
- Reiners, W.A., Bouwman, A.F., Parsons, W.F.J. and Keller, M. 1994. Tropical rain forest conversion to pasture: changes in vegetation and soil properties. *Ecological Applications* 4 (2), 363–377.
- Rejman, J., Turski, R. and Paluszek, J. 1998. Spatial and temporal variations in erodibility of loess soil, *Soil and Tillage Research*, 46: 61-68.
- Renard, K. G., Foster, G. R. And Weesies, G. A. 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service (USDA-ARS) Handbook No:703. United States Government Printing Office, Washington, D.C.
- Ross, H.G., Beattie, J.A. and Reid, R.E. 1988. Australian Soil and Land Survey Handbook: Guidelines for Conducting Surveys. Inkata Press, ISBN: 0909605440.
- Römkens, M.J.M., Nelson, D.W. and Roth, C.B. 1975. Soil erosion on selected high clay subsoils. *Journal of Soil and Water Conservation* 30 (4), 173–176.
- Römkens, M.J.M. 1985. The soil erodibility factor: a perspective. In: El-Swaify, S.A., Moldenhauer, W.C., Lo, A. (Eds.), *Soil Erosion and Conservation*. Soil Conservation Society of America, Ankeny, pp. 445–461.
- Römkens, M.J.M., Prasad, S.N. and Poesen, J.W.A. 1986. Soil erodibility and properties. *Proceedings of the 13 th Congress of the International Soil Science Society*, pp.492-504.
- Römkens, M. J. M., Young, R. A., Poesen, J. W. A., McCool, D. K., El-Swaify, S. A. and Bradford, J. M. 1997. Chapter 3. Soil erodibility factor (K). In K. G. Renard, G. R. Foster, G. A. Weesies, D. K. McCool and D. C. Yoder (eds.) *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Agriculture Handbook No 703. (Washington, DC: US Department of Agriculture), pp. 65-99.
- Römkens, M.J.M. 2010. Erosion and sedimentation research in agricultural watersheds in the USA: from past to present and beyond. In: Banasik, K., Horowitz, A.J., Owens, P.N., Stone, M., Walling, D.E. (Eds.), *Sediment Dynamics for a Changing Future*, 337. IAHS Publication, pp. 17–26.
- Samra, J.S., Singh, V.P. and Sharma. K.N.S. 1988, Analysis of spatial variability in sodic soils, 2, Point and block –kriging, *J, Soil Sci*, 145, 250-256.

- Saygın, S.D., Başaran, M., Ozcan, A.U., Dolarslan, M., Timur, O.B. Yılman, F.E. and Erpul, G. 2010. Land degradation assessment by geo-spatially modeling different soil erodibility equations in a semi-arid catchment. *Environ Monit Assess.* DOI 10.1007/s10661-010-1782-z
- Saygın, S.D. 2013. Yağmurlama denemeleriyle sıçrama ve yüzey erozyonu sedimentlerinde agregat büyüklük dağılımı ve organik karbon değişimlerinin incelenmesi. Doktora Tezi. Ankara Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Schlulp J.E.C. and Veldkamp A. 2008. Long-term landscape-land use interactions as explaining factor for soil organic matter variability in Dutch agricultural landscapes. *Geoderma* 146, 457-465.
- Shabani, F., Gorji, M., Heidari, A. and Esmeili, A. 2010. Effects of land use types at different slopes on soil erodibility factor (A case study from Amol area, north of Iran). 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia, Published on DVD, 14-17.
- Shirazi, M.A. and Boersma, L. 1984. A unifying quantitative analysis of soil texture, *Soil Science Society of America Journal*. 48:142-147.
- Shirazi, M.A., Boersma, L. and Hart, W. 1988. A unifying analysis of soil texture: improvement of precision and extension of scale, *Soil Sci, Soc, Am, J*, 52: 181-190.
- Shouse, P.J., Russell, W.B., Burden, D.S., Selim, H.M., Sisson, J.B. and Van Genuchten, M. TH. 1995. Spatial variability of soil water retention functions in a silt loam soil. *Soil Science*. Vol. 159, No:1.
- Simbahan, G.C., Dobermann, A., Goovaerts, P., Ping, J., and Haddix, M.I. 2006. Fine-resolution mapping of soil organic carbon based on multivariate secondary data. *Geoderma*, 132 (3-4), 471-489.
- Soil Survey Staff, 1996. *Soil Survey Laboratory Methods Manual*. Soil Survey Investigations Report (SSIR) No.42, U.S. Govt. Print. Office. Washington, D.C.
- Soil Survey Staff, 1999. *Soil Taxonomy. A Basic of Soil Classification for making and Interpreting Soil Survey*. U.S.D.A. Handbook No: 436, Washington D.C.
- Sobieraj, J.A., Elsenbeer, H., Coelho, R.M. and Newton, B. 2002. Spatial variability of soil hydraulic conductivity along a tropical rainforest catena. *Geoderma* 108, 79-90.
- Sonneveld, M.P.W., Bachx M.A.H.M and Bouma, J. 2003. Simulation of soil water regimes including pedotransfer functions and land use related preferential flow. *Geoderma*, 112, 97-110.

- Spohn, M. and Giam, L. 2010. Water-stable aggregates, glomalin-related soil protein, and carbohydrates in a chronosequence of sandy hydromorphic soils. *Soil Biol Biochem.* 42:1505–1511.
- Stavi, I. and Lal, R. 2011. Variability of soil physical quality and erodibility in a water-eroded cropland. *Catena* 84, 148-155.
- Steele, B.M., Winne, J.C. and Redmond, R.L. 1998. Estimation and mapping of misclassification probabilities for thematic land cover maps, *Remote Sensing of Environment*, 66:192–202.
- Stockton, J.G. and Warrick, A.W. 1971. Spatial variability of unsaturated hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35, 847–848.
- Stein, A. and Ettema, C. 2003. an overview of spatial sampling procedures and experimental design of spatial studies for ecosystem comparisons. *Agric. Ecosyst. Environ.* 94 (1), 31-37.
- Stolte, J., van Venrooij, B., Zhang, G., Trouwborst, K.O., Liu, G., Ritsema, C.J. and Hessel, R. 2003. *Land-use induced spatial heterogeneity of soil hydraulic properties on the Loess Plateau of China.* *Catena* 54, 59-75.
- Su, Y.Z., Zhao, H.L. and Zhang, T.H. 2004. Fractal features of soil particle-size distribution and the implication for indicating desertification. *Geoderma* 122 (1), 43-49.
- TaherNezami, M. 2013. Effect of land use types and slope on soil Erodibility factor in Alborz province, Iran. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, Vol, 4 (1):25-30.
- Tang, K.L. 2004. *Soil and Water Conservation in China.* Science Press, Beijing (845 pp., in Chinese).
- Tanju, Ö. 1996. *Toprak Genesisi ve Sınıflandırma*, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No:1472, Ders Kitabı:437, Ankara.
- Tercan, A. E. ve Saraç, C. 1998. Maden yataklarının değerlendirilmesinde jeostatistiksel yöntemler. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*, 48, Ankara.
- Tiwari R.J., Bangar K.S.G., Nema K. and Sharma R.K. 1998. Long-term effect of pressmud and nitrogenous fertilizers on sugarcane and sugar yield on a typic Chromostertm. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 46: 243–245.
- Torri, D., Poesen, J. and Borselli, L. 1997. Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset, *Catena*, 31: 1-22.
- Trangmar, B.B. Yost, R.S. and Uehara, G. 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Adv. Agron.*, 38, 45-93.

- Trangmar, B.B. Yost, R.S. Wade, M.K., Uehara, G. and Sudjadi, M. 1987. Spatial variation of soil properties and rice yield in recently cleared land. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51: 668-674.
- Tüzüner, A. 1990. Toprak ve Su Analizleri Laboratuvarları El Kitabı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Ülgen, N. ve Yurtseven, N. 1995. Türkiye Gübre Gübreleme Rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, Ankara.
- Van Groenigen, J.W., Gandah, M. and Bouma, J. 2000. Soil sampling strategies for precision agriculture research under Sahelian conditions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64 (5), 1674-1680.
- Van Es, H.M., Ogden, C.B., Hill, R.L., Schindelbeck, R.R. and Tsegaye, T. 1999. Integrated assessment of space, time, and management-related variability of soil hydraulic properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63 (69), 1599-1608.
- Vaclin, M., Vieira, S.R., Vachaud, G. and Nielsen, D.R. 1983. The use of cokriging with limited field soil observations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47,175-184.
- Veihe, A. 2002. The spatial variability of erodibility and its relation to soil types: a study from northern Ghana. *Geoderma*, 106:101–120.
- Vieira, S.R., Nielsen, D.R. and Biggar, J.W. 1981. Spatial variability of field-measured infiltration rate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45,1040–1048.
- Vieira, S.R., and Gonzalez, A.P. 2003. Analysis of the spatial variability of crop yield and soil properties in small agricultural plots. *Bragantia* vol. 62 no.1, Campinas, Brazil.
- Wackernagel, H. 1995. *Multivariate Geostatistics*. Springer-Verlag, pp. 256.
- Wang, G., Gertner, G., Liu, X. and Anderson, A. 2001. Uncertainty assesment of soil erodibility factor for revized universal soil loss equation. *Catena* 46, 1-14.
- Wang, G., Gertner, G., Fang, S. and Anderson, A.B. 2003. Mapping Multiple Variables for Predicting Soil Loss by Geostatistical Methods with TM Images and a Slope Map. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* Vol. 69 (8), 889–898.
- Wang, G., Gertner, G., Anderson, A.B. and Howard, H. 2008a. Repeated measurement on permanent plots using local variability sampling for monitoring soil cover. *Catena* 73, 75-88. *catena* 72, 29-36.
- Wang, D., Fu Bojie, Zhao, W., hu. He. And Wang, Y. 2008b multifractal characteristics of soil particle size distribution under different land-use types on the Loess Plateau, China.

- Wang, B., Zheng, F., Römken, J.M.M. and Darboux, F. 2013. Soil erodibility for water erosion: A perspective and Chinese experiences. *Geomorphology*, 187 (2013) 1–10.
- Webster, R. and Oliver, M.A. 1990. *Statistical Methods in Soil and Land Resource Survey*. Spatial Information Systems. Oxford University Press.
- Weesies, G.A. 1998. Guidelines for the use of the revised universal soil loss equation (RUSLE) Version 1,06 on Mined Lands, construction sites and reclaimed lands. The Office of Technology Transfer Western Regional Coordinating Center Office of Surface Mining, Broadway, Denver.
- Wesemael, B., Rambaud, X., Poesen, J., Muligan, M., Cammeraat E. and Stevens A. 2006. Spatial patterns of land degradation and their impacts on the water balance of rainfed tree crops: A case study in South East Spain. *Geoderma* 133, 43-56.
- Wischmeier, W.H., Johnson, C.B. and Cross, B.W. 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction site., *Journal of Soil and Water Conservation*, 26(5):189-193.
- Wischmeier, W. H. and Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses (No. 537). USDA Agricultural Service Handbook. Washington, D.C.
- Xu, G., Li, Z. and Li, P. 2013. Fractal features of soil particle-size distribution and total soil nitrogen distribution in a typical watershed in the source area of the middle Dan River, China. *Catena* 101, 17-23.
- Yakupoğlu, T. ve Demirci, D. 2013. Kahramanmaraş-Narlı Ovası Topraklarının Erozyona Duyarlılıkları ile Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Anadolu Tarım Bilim. Derg.* 28(1):33-38.
- Yang, S., Lianyou, L. and Tong, C. 2005. A review of soil erodibility in water and wind erosion research. *Journal of Geographical Sciences*, 2005 (17): 167-176, China.
- Young, R. A. and Mutchler, C. K. 1977. Erodibility of some Minnesota soils. *J. Soil Water Conserv.* 32: 180-182.
- Yemefack, M., Rossiter, D.G. and Njomgang R. 2005. Multi-scale characterization of soil variability within an agricultural landscape mosaic system in southern Cameroon. *Geoderma*, 125, 117-143.
- Zheng, F.L., Yang, Q.K. and Wang, Z.L. 2004. Water erosion prediction model. *Research of Soil and Water Conservation* 11 (4), 13–24 (in Chinese, with English Abstr.).
- Zehetner, F. and Miller, W. P. 2006. Soil variations along a climatic gradient in an Andean agro-ecosystem. *Geoderma* 137 (1-2), 126-134.

- Zhou, Z.C., Gan, Z. T., Shangguan, Z.P. and Dong, Z.B. 2010. Effects of grazing on soil physical properties and soil erodibility in semiarid grassland of the Northern Loess Plateau (China). *Catena* 82, 87-91.
- Zobeck, T.M., Popham, T.W., Skidmore, E.L., Lamb, J.A., Merrill, S.D., Lindstrom, M.J., Mokma, D.L. and Yoder, R.E. 2003. Aggregate-mean diameter and wind-erodible soil predictions using dry aggregate-size distribution. *Soil Sci Soc Am J.* 67:425–436.
- Zucca, C., Canu A. and Previtali, F. 2010. Soil degradation bay land use cahange in an agropastoral area in sardinia (Italy). *Catena* 83, 46-54.

EKLER

- EK 1 Nadas-ürün alanı jeoistatistiksel analizleri
- EK 2 Bozuk meşelik alan jeoistatistiksel analizleri
- EK 3 Mera alanı jeoistatistiksel analizleri
- EK 4 Alüviyal tarım alanı jeoistatistiksel analizleri
- EK 5 Kolüviyal tarım alanı jeoistatistiksel analizleri
- EK 6 Nadas-ürün alanı K RUSLE eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 7 Nadas-ürün alanı Torri eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 8 Nadas-ürün alanı Römken eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 9 Nadas-ürün alanı Nomograf eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 10 Bozuk meşelik alan RUSLE eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 11 Bozuk meşelik alan Torri eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 12 Bozuk meşelik alan Römken eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 13 Bozuk meşelik alan Nomograf eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 14 Mera alanı RUSLE eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 15 Mera alanı Torri eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 16 Mera alanı Römken eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 17 Mera alanı Nomograf eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 18 Alüviyal tarım alanı RUSLE eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 19 Alüviyal tarım alanı Torri eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 20 Alüviyal tarım alanı Römken eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 21 Alüviyal tarım alanı Nomograf eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 22 Kolüviyal tarım alanı RUSLE eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 23 Kolüviyal tarım alanı Torri eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri

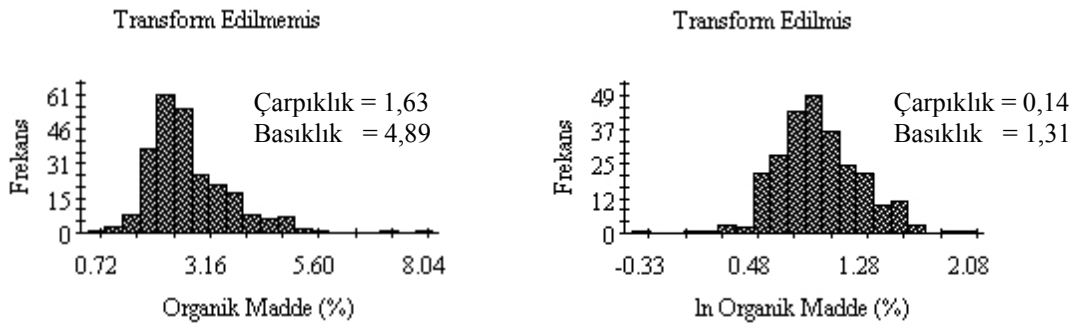
- EK 24 Kolüviyal tarım alanı Römken's eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 25 Kolüviyal tarım alanı Nomograf eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri
- EK 26 Nadas-ürün alan çapraz karşılaştırma (cross –validation) grafikleri
- EK 27 Bozuk meşelik alan çapraz karşılaştırma (cross –validation) grafikleri
- EK 28 Mera alanı çapraz karşılaştırma (cross –validation) grafikleri
- EK 29 Alüviyal tarım alanı çapraz karşılaştırma (cross –validation) grafikleri
- EK 30 Kolüviyal tarım alanı çapraz karşılaştırma (cross –validation) grafikleri

EK 1 Nadas-ürün alanı jeoistatistiksel analizleri

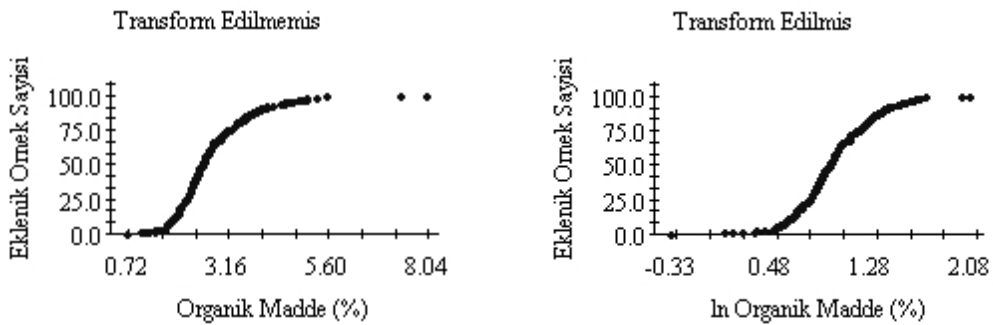
A.Toprak organik maddesi (TOM) (%)

Çizelge 1. Organik madde (%) değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Değer	Logaritmik Dönüşüm	Ağırlıklı Geri Dönüşüm
Ortalama	2,80	0,98	2,80
Standart Sapma	0,96	0,32	0,91
Varyans	0,93	0,10	0,83
Değişim Katsayısı (%)	34,35	32,48	32,61
Minumum Değer	0,72	-0,33	
Maksimum Değer	8,04	2,08	
Çarpıklık Katsayısı	1,63	0,14	
Basıklık Katsayısı	4,89	1,31	



Şekil 1. Organik madde frekans dağılımı grafikleri



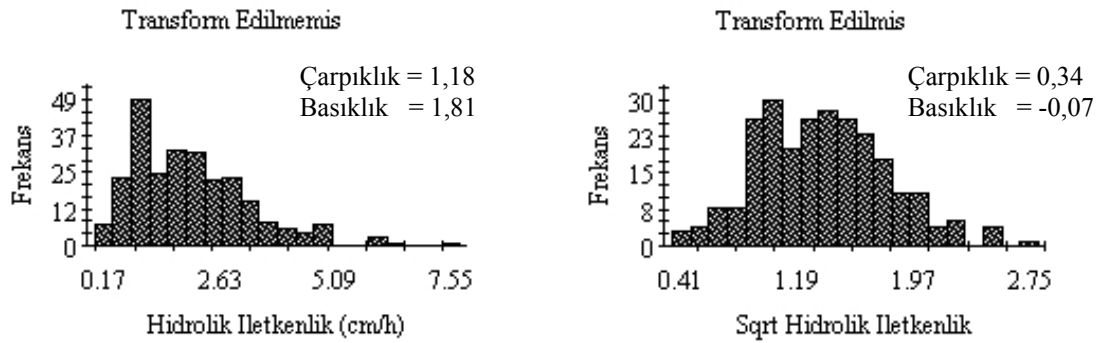
Şekil 2. Organik madde eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 1 Nadas-ürün alanı jeoistatistiksel analizleri (devam)

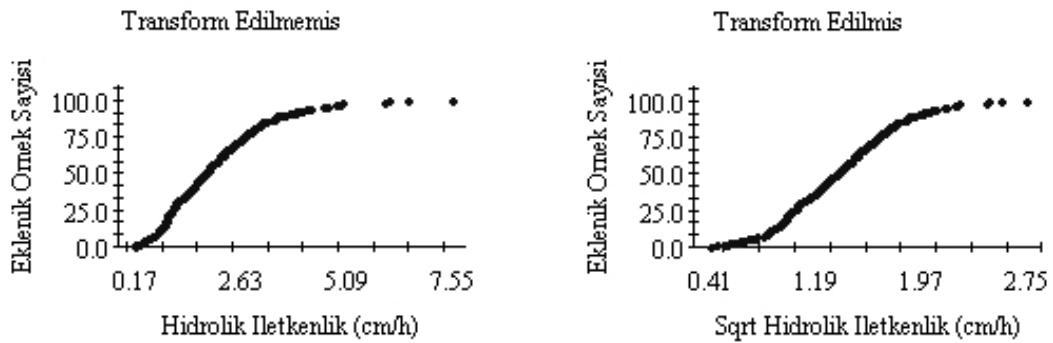
B. Doygun hidrolik iletkenlik (K_s) (cm/h)

Çizelge 2 Doygun hidrolik iletkenlik (cm/h) tanımlayıcı İstatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Değer	Karekök Dönüşüm	Standart Geri Dönüşüm
Ortalama	2,04	1,36	1,86
Standart Sapma	1,27	0,43	0,19
Varyans	1,60	0,18	0,04
Değişim Katsayısı (%)	61,98	31,73	10,06
Minumum Değer	0,17	0,41	
Maksimum Değer	7,55	2,75	
Çarpıklık Katsayısı	1,18	0,34	
Basıklık Katsayısı	1,81	-0,07	



Şekil 3. Hidrolik iletkenlik frekans dağılımı grafikleri



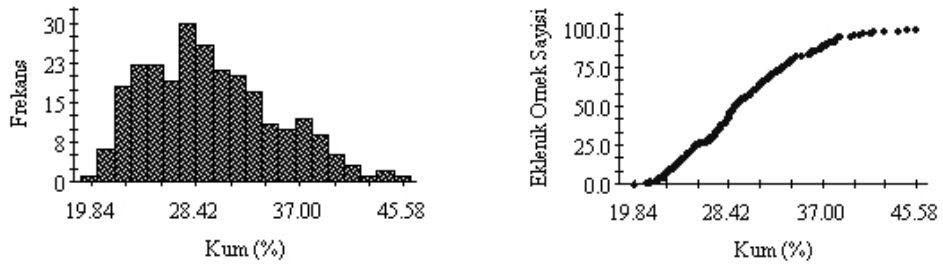
Şekil 4. Hidrolik iletkenlik eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 1 Nadas-ürün alanı jeoistatistiksel analizleri (devam)

C. Kum (%)

Çizelge 3. Kum değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	29,83
Standart Sapma	5,28
Varyans	27,86
Değişim Katsayısı (%)	17,69
Minumum Değer	19,84
Maksimum Değer	45,58
Çarpıklık Katsayısı	0,50
Basıklık Katsayısı	-0,28



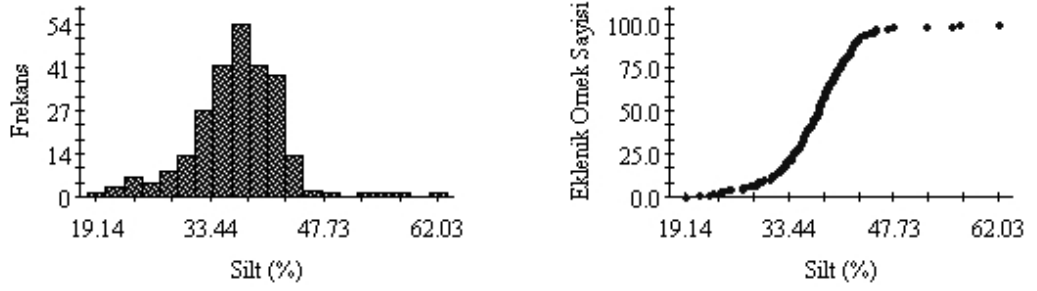
Şekil 5. Kum frekans ve örnek dağılım grafikleri

EK 1 Nadas-ürün alanı jeoistatistiksel analizleri (devam)

D. Silt (%)

Çizelge 4. Silt değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	36.84
Standart Sapma	5.601
Varyans	31.37
Değişim Katsayısı (%)	15.20
Minumum Değer	19.14
Maksimum Değer	62.03
Çarpıklık Katsayısı	0.05
Basıklık Katsayısı	2.57



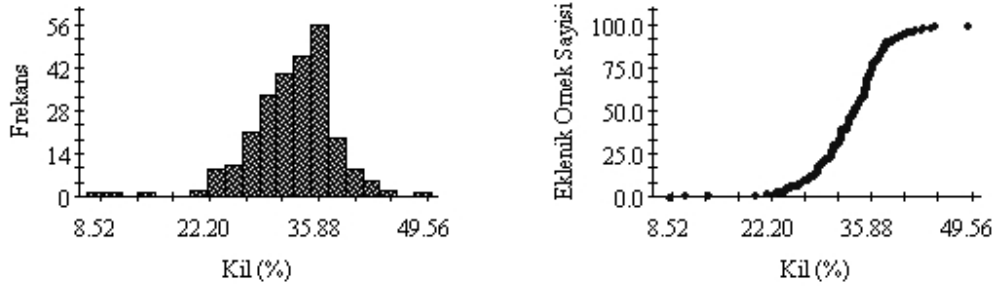
Şekil 6. Silt frekans ve örnek dağılım grafikleri

EK 1 Nadas-ürün alanı jeoistatistiksel analizleri (devam)

E. Kıl (%)

Çizelge 5. Kıl değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	33.33
Standart Sapma	5.109
Varyans	26.10
Değişim Katsayısı (%)	15.33
Minumum Değer	8.52
Maksimum Değer	49.56
Çarpıklık Katsayısı	-0.94
Basıklık Katsayısı	3.53



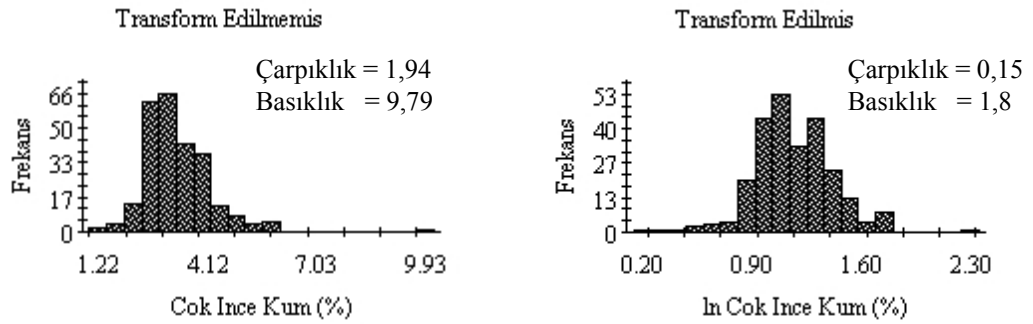
Şekil 7. Kıl frekans ve eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 1 Nadas-ürün alanı jeoistatistiksel analizleri (devam)

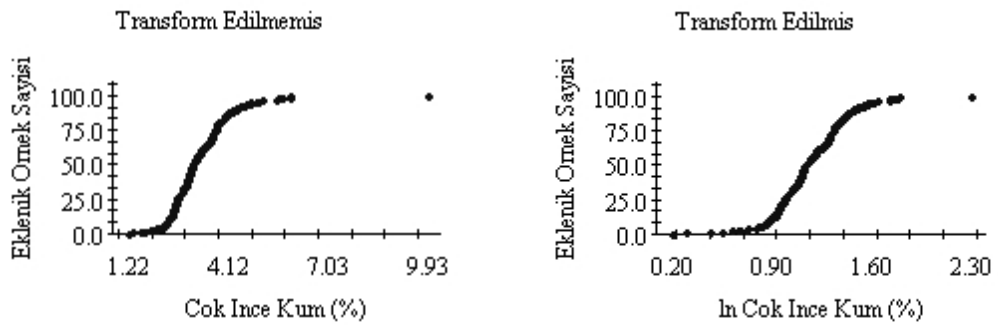
F. Çok ince kum (%)

Çizelge 6. Çok ince kum değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Değer	Logaritmik Dönüşüm	Standart Geri Dönüşüm
Ortalama	3,31	1,16	3,30
Standart Sapma	0,93	0,26	0,87
Varyans	0,86	0,07	0,76
Değişim Katsayısı (%)	28,03	22,41	26,46
Minumum Değer	1,22	0,2	
Maksimum Değer	9,93	2,3	
Çarpıklık Katsayısı	1,94	0,15	
Basıklık Katsayısı	9,79	1,8	



Şekil 8. Çok ince kum frekans dağılımı grafikleri



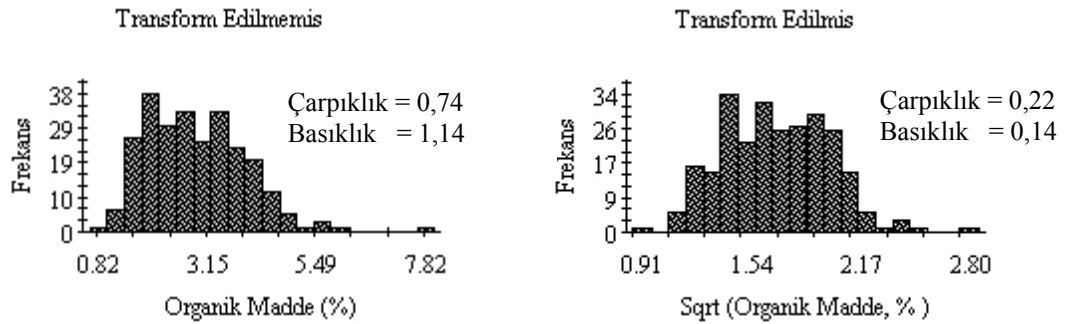
Şekil 9. Çok ince kum eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 2 Bozuk meşelik alan jeoistatistiksel analizleri

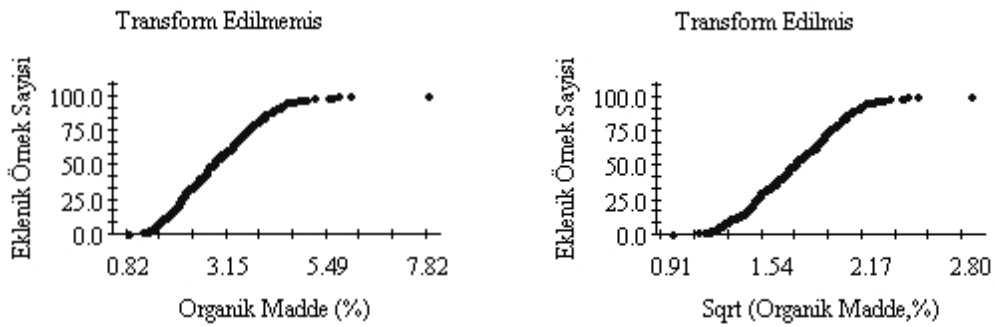
G. Toprak organik maddesi (%)

Çizelge 7. Organik madde değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Değer	Karekök Dönüşüm	Standart Geri Dönüşüm
Ortalama	2,91	1,68	2,82
Standart Sapma	1,04	0,30	0,09
Varyans	1,09	0,092	0,084
Değişim Katsayısı (%)	35,95	18,06	3,26
Minumum Değer	0,82	0,91	
Maksimum Değer	7,82	2,8	
Çarpıklık Katsayısı	0,74	0,22	
Basıklık Katsayısı	1,14	0,14	



Şekil 9. Organik madde frekans dağılımı grafikleri



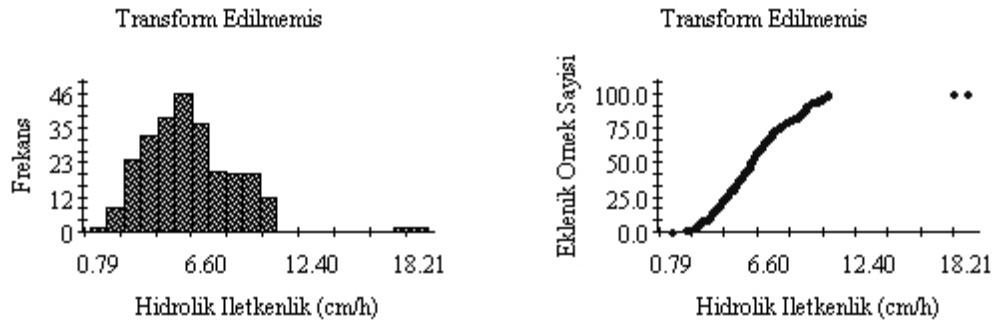
Şekil 10. Organik madde eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 2 Bozuk meşelik alan jeoistatistiksel analizleri (devam)

H. Hidrolik iletkenlik (cm/h)

Çizelge 8. Hidrolik iletkenlik değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	5.65
Standart Sapma	2,38
Varyans	5,64
Değişim Katsayısı (%)	42,04
Minumum Değer	0,79
Maksimum Değer	18,21
Çarpıklık Katsayısı	1,13
Basıklık Katsayısı	3,91



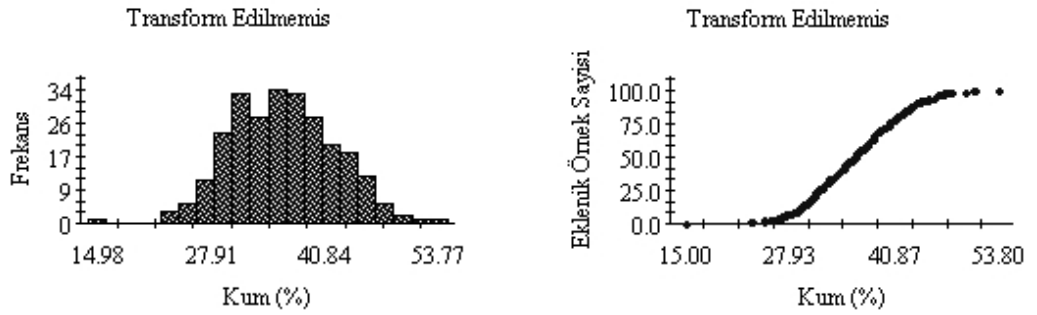
Şekil 11. Hidrolik iletkenlik frekans dağılımı ve eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 2 Bozuk meşelik alan jeoistatistiksel analizleri (devam)

I. Kum (%)

Çizelge 9. Kum değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	36,02
Standart Sapma	5,95
Varyans	35,42
Değişim Katsayısı (%)	16,52
Minumum Değer	14,98
Maksimum Değer	53,77
Çarpıklık Katsayısı	0,05
Basıklık Katsayısı	0,03



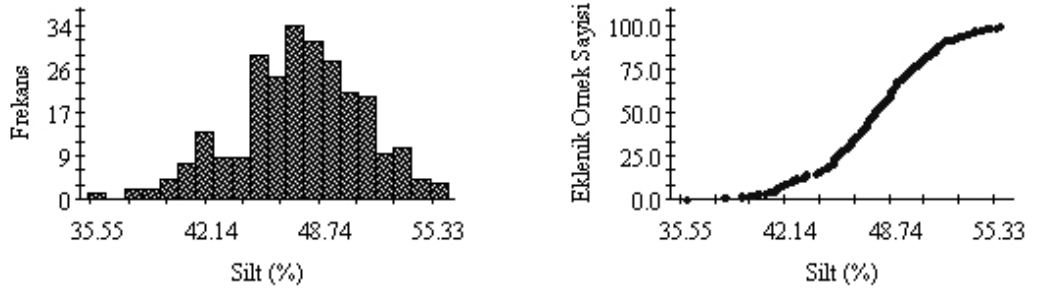
Şekil 12. Kum frekans ve eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 2 Bozuk meşelik alan jeoistatistiksel analizleri (devam)

J. Silt (%)

Çizelge 10. Silt değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	47.31
Standart Sapma	3,62
Varyans	13,13
Değişim Katsayısı (%)	7.66
Minumum Değer	35,55
Maksimum Değer	55,33
Çarpıklık Katsayısı	-0,29
Basıklık Katsayısı	0



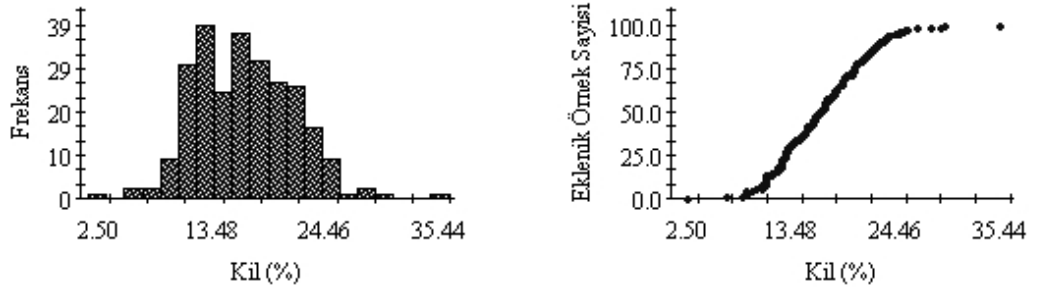
Şekil 13. Silt frekans ve eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 2 Bozuk meşelik alan jeoistatistiksel analizleri (devam)

K. Kil (%)

Çizelge 11. Kil değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	16,67
Standart Sapma	4,83
Varyans	23,34
Değişim Katsayısı (%)	28,98
Minumum Değer	2,5
Maksimum Değer	35,44
Çarpıklık Katsayısı	0,31
Basıklık Katsayısı	0,22



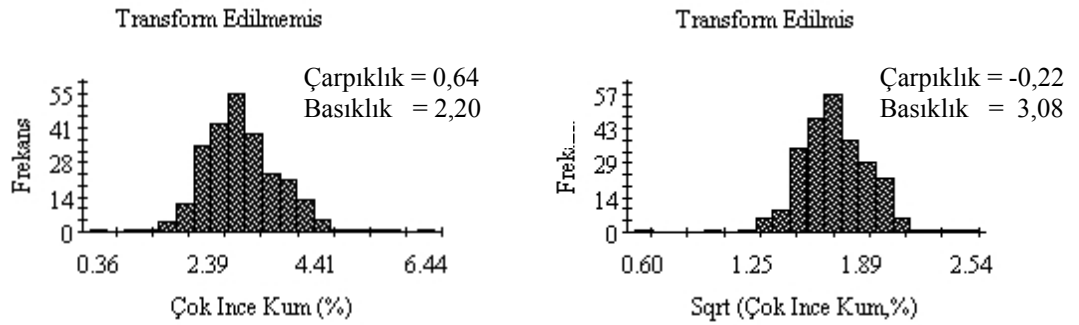
Şekil 14. Kil frekans ve eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 2 Bozuk meşelik alan jeoistatistiksel analizleri (devam)

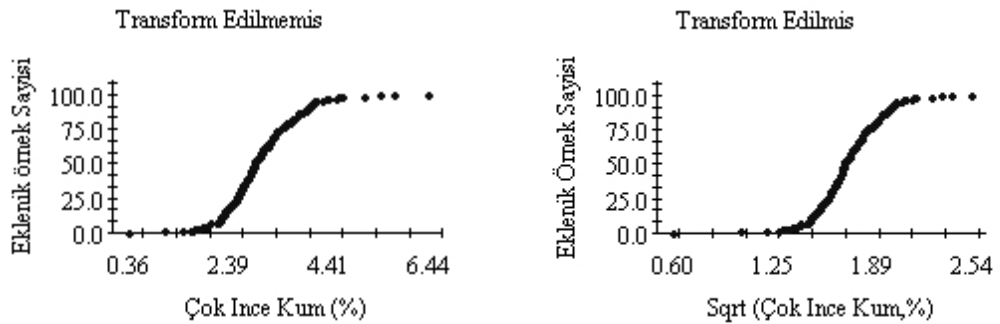
L. Çok ince kum (%)

Çizelge 12. Çok ince kum değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Değer	Karekök Dönüşüm	Standart Geri Dönüşüm
Ortalama	3.04	1,73	2,99
Standart Sapma	0,75	0,22	0,05
Varyans	0,56	0,048	0,002
Değişim Katsayısı (%)	24,74	12,62	1,59
Minumum Değer	0,36	0,6	
Maksimum Değer	6,44	2,54	
Çarpıklık Katsayısı	0,64	-0,22	
Basıklık Katsayısı	2,2	3,08	



Şekil 15. Çok ince kum frekans dağılımı grafikleri



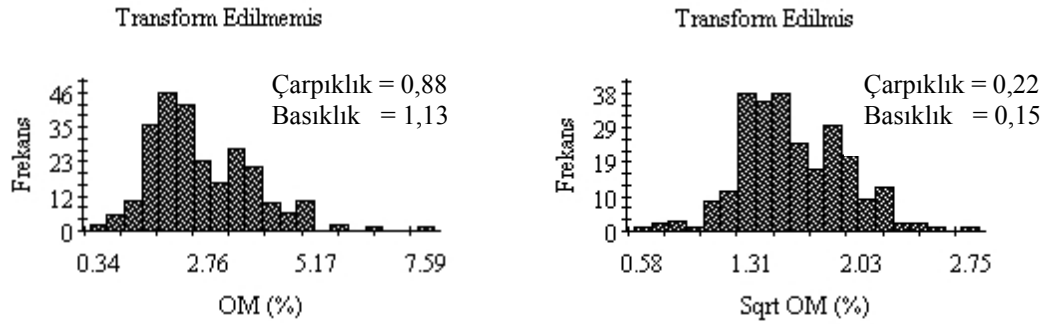
Şekil 16. Çok ince kum eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 3 Mera alanı jeoistatistiksel analizleri

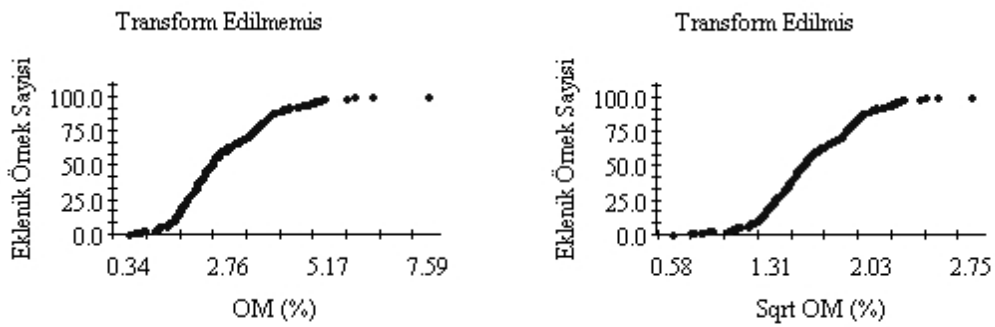
M. Organik madde (%)

Çizelge 13. Organik madde değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Değer	Karekök Dönüşüm	Standart Geri Dönüşüm
Ortalama	2,60	1,57	2,48
Standart Sapma	1,13	0,35	0,12
Varyans	1,27	0,12	0,01
Değişim Katsayısı (%)	43,38	21,93	4,81
Minumum Değer	0,34	0,58	
Maksimum Değer	7,59	2,75	
Çarpıklık Katsayısı	0,88	0,22	
Basıklık Katsayısı	1,13	0,15	



Şekil 17. Organik madde frekans dağılımı grafikleri



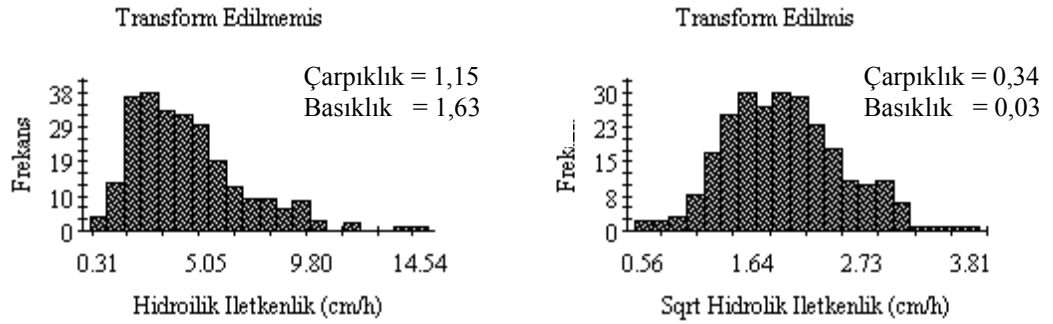
Şekil 18. Organik madde eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 3 Mera alanı jeoistatistiksel analizleri (devam)

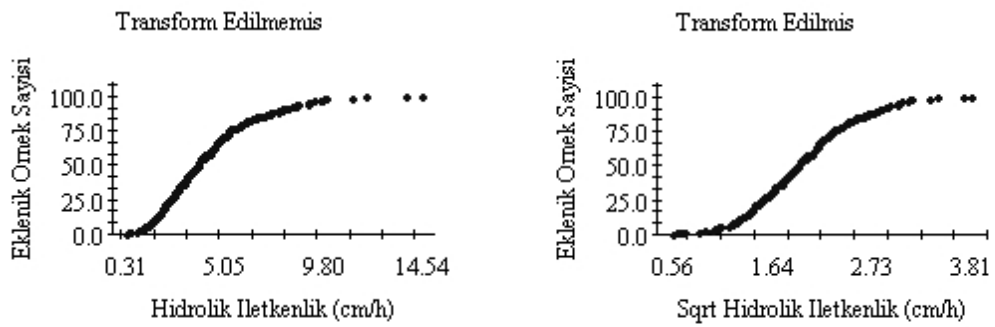
N. Hidrolik iletkenlik (cm/h)

Çizelge 14. Hidrolik iletkenlik değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Değer	Karekök Dönüşüm	Standart Geri Dönüşüm
Ortalama (m)	4,19	1,96	3,85
Standart Sapma (SD)	2,45	0,58	0,34
Varyans (S^2)	6,00	0,34	0,11
Ortalama	58,47	29,73	8,84
Standart Sapma	0,31	0,56	
Varyans	14,54	3,81	
Değişim Katsayısı (%)	1,15	0,34	
Minumum Değer	1,63	0,03	



Şekil 19. Hidrolik iletkenlik frekans dağılımı grafikleri



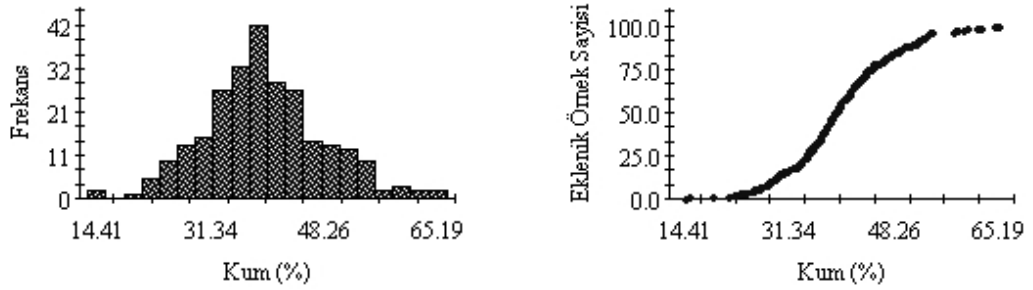
Şekil 20. Hidrolik iletkenlik eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 3 Mera alanı jeoistatistiksel analizleri (devam)

O. Kum (%)

Çizelge 15. Kum değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	39,39
Standart Sapma	8,80
Varyans	77,40
Değişim Katsayısı (%)	22,34
Minumum Değer	14,41
Maksimum Değer	65,19
Çarpıklık Katsayısı	0,22
Basıklık Katsayısı	0,29



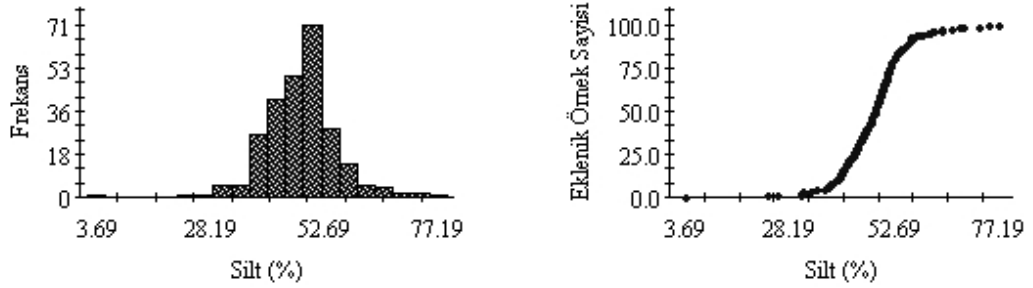
Şekil 21. Kum frekans ve eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 3 Mera alanı jeoistatistiksel analizleri (devam)

P. Silt (%)

Çizelge 16. Silt değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	47,70
Standart Sapma	8,05
Varyans	64,84
Değişim Katsayısı (%)	16,88
Minumum Değer	3,69
Maksimum Değer	77,19
Çarpıklık Katsayısı	-0,28
Basıklık Katsayısı	4,38



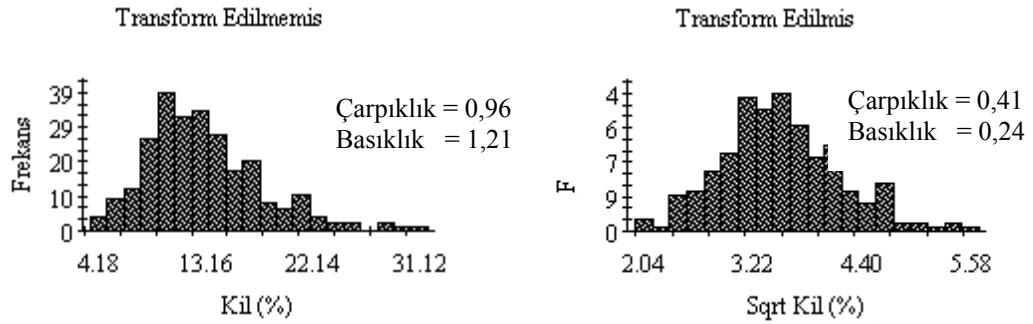
Şekil 22. Silt frekans ve eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 3 Mera alanı jeoistatistiksel analizleri (devam)

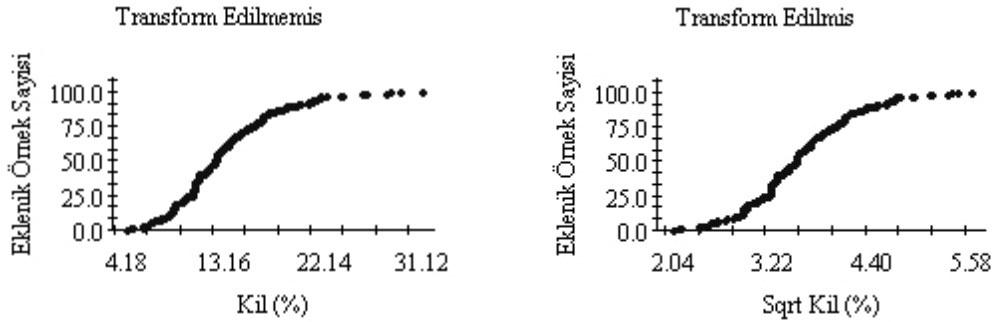
R. Kil (%)

Çizelge 17. Kil değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Değer	Karekök Transformasyon	Standart Geri Transformasyon
Ortalama	12,91	3,54	12,50
Standart Sapma	4,76	0,64	0,41
Varyans	22,61	0,41	0,17
Değişim Katsayısı (%)	36,83	18,20	3,31
Minumum Değer	4,18	2,04	
Maksimum Değer	21,12	5,58	
Çarpıklık Katsayısı	0,96	0,41	
Basıklık Katsayısı	1,21	0,24	



Şekil 23. Kil frekans dağılımı grafikleri



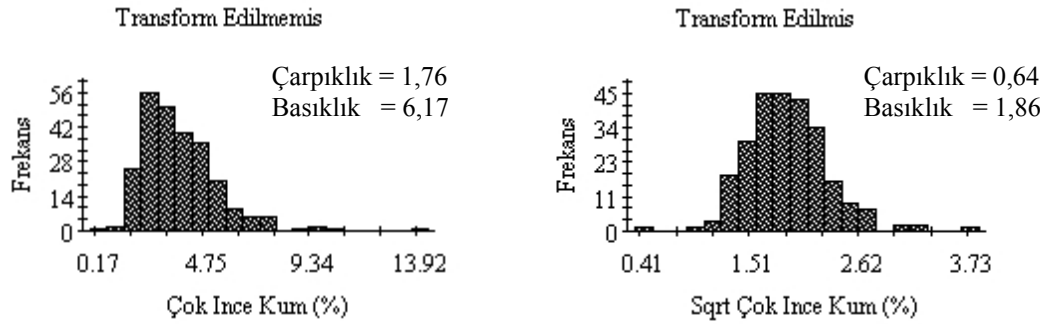
Şekil 24. Kil eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 3 Mera alanı jeoistatistiksel analizleri (devam)

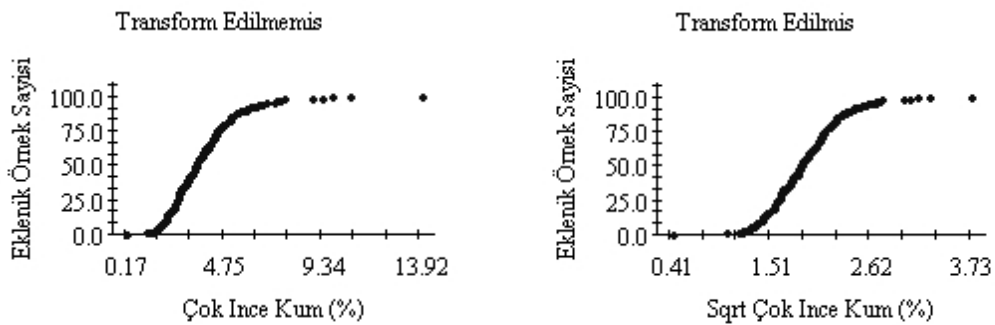
S. Çok ince kum (%)

Çizelge 18. Çok ince kum değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Değer	Karekök Dönüşüm	Standart Geri Dönüşüm
Ortalama	3,66	1,87	3,48
Standart Sapma	1,69	0,42	0,17
Varyans	2,87	0,17	0,03
Değişim Katsayısı (%)	46,32	22,29	4,97
Minumum Değer	0,17	0,41	
Maksimum Değer	13,92	3,73	
Çarpıklık Katsayısı	1,76	0,64	
Basıklık Katsayısı	6,17	1,86	



Şekil 25. Çok ince kum frekans dağılımı grafikleri



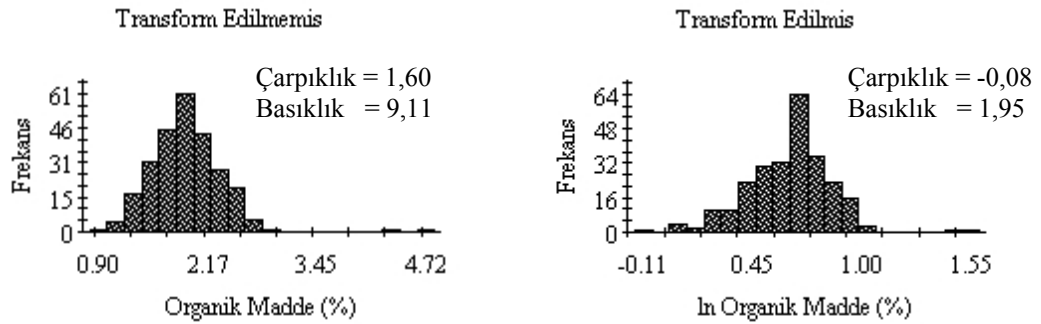
Şekil 26. Çok ince kum eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 4 Alüviyal tarım alanı jeostatistiksel analizleri

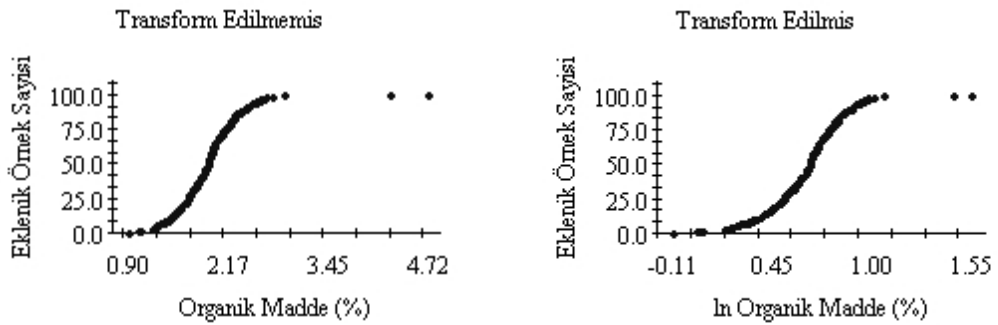
T. Toprak organik maddesi (%)

Çizelge 19.Organik madde değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Değer	Logaritmik Dönüşüm	Ağırlıklı Geri Dönüşüm
Ortalama	1,92	0,63	1,92
Standart Sapma	0,43	0,21	0,42
Varyans	0,18	0,046	0,17
Değişim Katsayısı (%)	22,21	33,96	21,67
Minumum Değer	0,90	-0,11	
Maksimum Değer	4,72	1,55	
Çarpıklık Katsayısı	1,6	-0,08	
Basıklık Katsayısı	9,11	1,95	



Şekil 27. Organik madde frekans dağılımı grafikleri



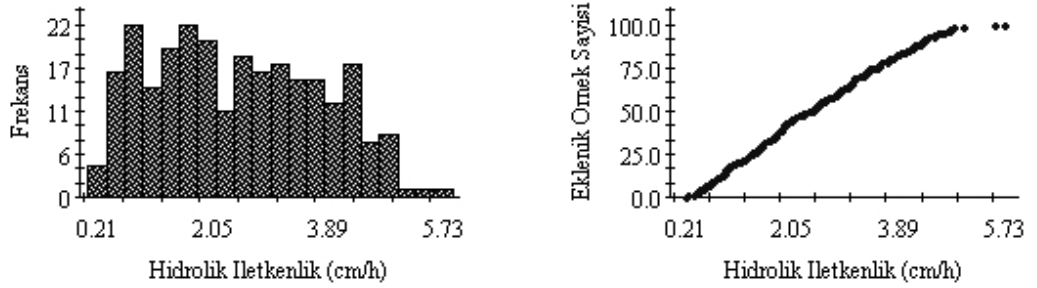
Şekil 28. Organik madde eklenik örnek dağılım grafikleri

EK 4 Alüviyal tarım alanı jeostatistiksel analizleri (devam)

U. Hidrolik iletkenlik (cm/h)

Çizelge 20. Hidrolik iletkenlik değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	2,44
Standart Sapma	1,32
Varyans	1,74
Değişim Katsayısı (%)	54,06
Minumum Değer	0,21
Maksimum Değer	5,73
Çarpıklık Katsayısı	0,22
Basıklık Katsayısı	-0,99



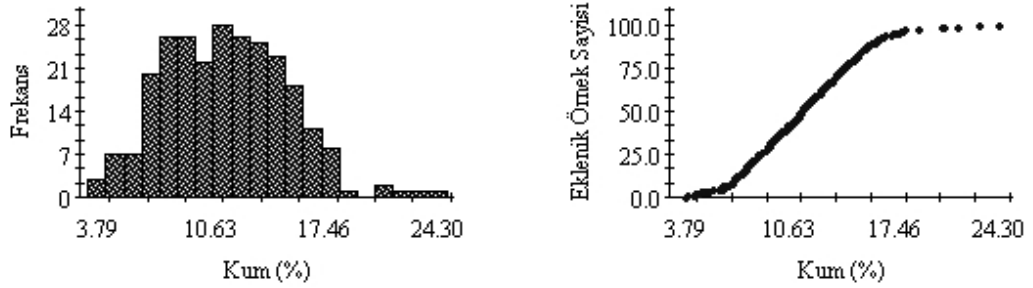
Şekil 29. Hidrolik iletkenlik frekans ve eklenik örnek dağılımı grafikleri

EK 4 Alüviyal tarım alanı jeoistatistiksel analizleri (devam)

V. Kum (%)

Çizelge 21. Kum değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	11,55
Standart Sapma	3,69
Varyans	13,60
Değişim Katsayısı (%)	31,95
Minumum Değer	3,79
Maksimum Değer	24,3
Çarpıklık Katsayısı	0,33
Basıklık Katsayısı	0,03



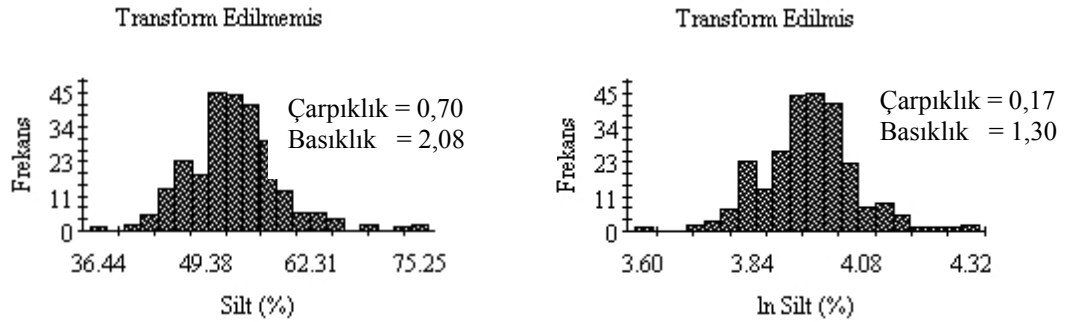
Şekil 30. Kum frekans ve eklenik örnek dağılımı grafikleri

EK 4 Alüviyal tarım alanı jeostatistiksel analizleri (devam)

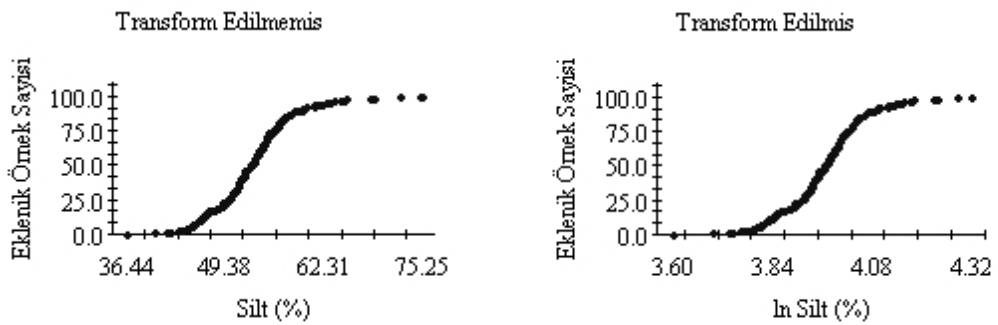
Y. Silt (%)

Çizelge 22. Silt değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Değer	Logaritmik Dönüşüm	Ağırlıklı Geri Dönüşüm
Ortalama	52,85	3,96	52,84
Standart Sapma	5,58	0,10	5,51
Varyans	31,13	0,01	30,33
Değişim Katsayısı (%)	10,56	2,62	10,42
Minumum Değer	36,44	3,60	
Maksimum Değer	75,25	4,32	
Çarpıklık Katsayısı	0,70	0,17	
Basıklık Katsayısı	2,08	1,30	



Şekil 31. Silt frekans dağılımı grafikleri



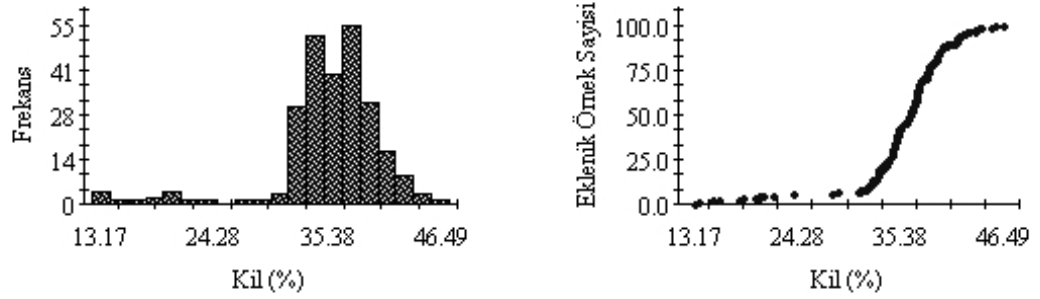
Şekil 32. Silt eklenik örnek dağılımı grafikleri

EK 4 Alüviyal tarım alanı jeoistatistiksel analizleri (devam)

Z. Kil (%)

Çizelge 23. Kil değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	35,61
Standart Sapma	2,35
Varyans	28,59
Değişim Katsayısı (%)	15,01
Minumum Değer	13,17
Maksimum Değer	46,49
Çarpıklık Katsayısı	-2,00
Basıklık Katsayısı	5,84



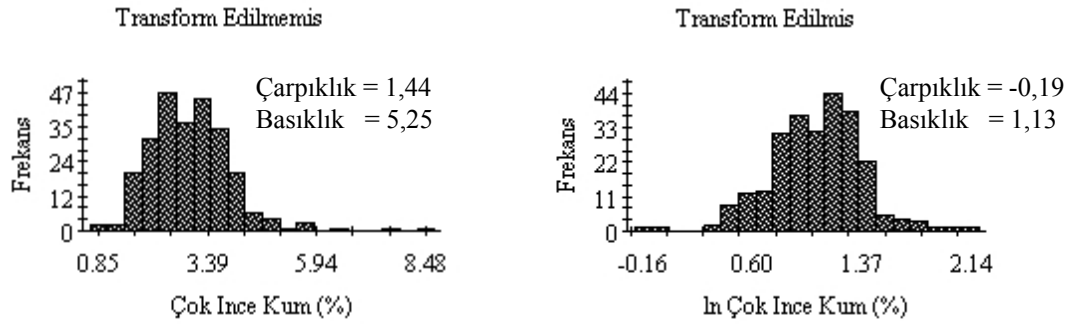
Şekil 33. Kıl frekans ve eklenik örnek dağılımı grafikleri

EK 4 Alüviyal tarım alanı jeostatistiksel analizleri (devam)

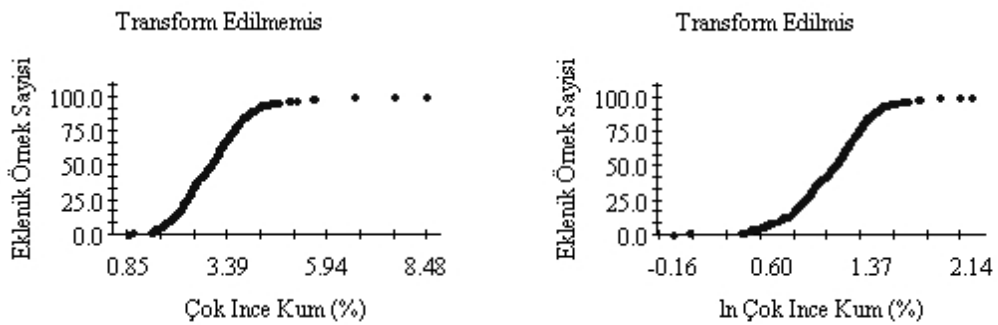
AA. Çok ince kum (%)

Çizelge 24. Çok ince kum değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Değer	Logaritmik Dönüşüm	Ağırlıklı Geri Dönüşüm
Ortalama	3,00	1,05	3,00
Standart Sapma	0,98	0,32	0,98
Varyans	0,96	0,10	0,96
Değişim Katsayısı (%)	32,71	30,28	32,62
Minumum Değer	0,85	-0,16	
Maksimum Değer	8,48	2,14	
Çarpıklık Katsayısı	1,44	-0,19	
Basıklık Katsayısı	5,25	1,13	



Şekil 34. Çok ince kum frekans dağılımı grafikleri



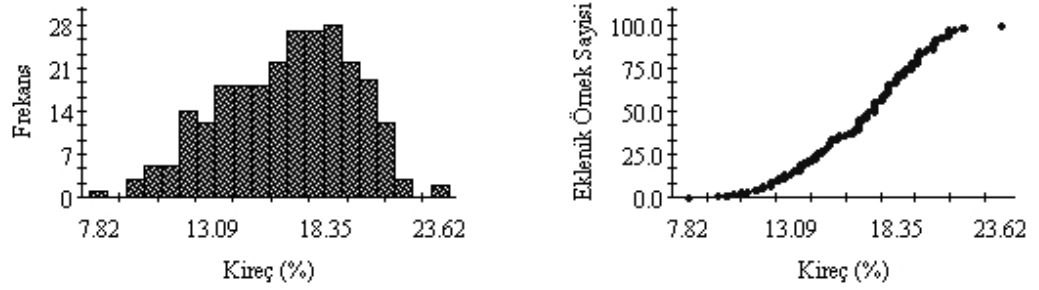
Şekil 35. Çok ince kum eklenik örnek dağılımı grafikleri

EK 4 Alüviyal tarım alanı jeoistatistiksel analizleri (devam)

AB. Kireç (%)

Çizelge 25. Kalsiyum karbonat değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	16,57
Standart Sapma	3,02
Varyans	9,10
Değişim Katsayısı (%)	18,21
Minumum Değer	7,82
Maksimum Değer	23,62
Çarpıklık Katsayısı	-0,34
Basıklık Katsayısı	-0,51



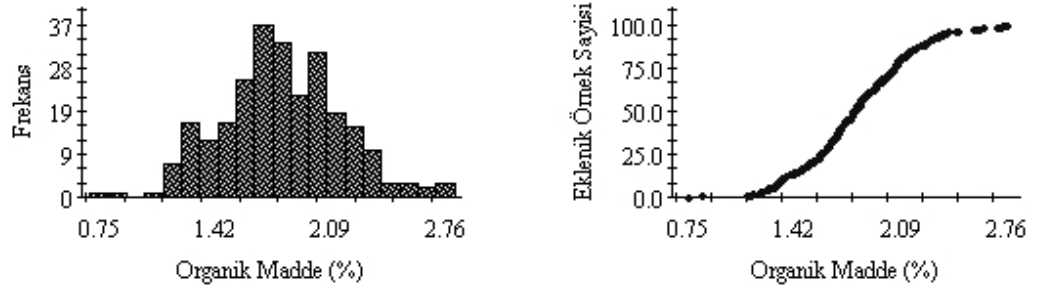
Şekil 36. Kireç (%) frekans ve eklenik örnek dağılımı grafikleri

EK 5 Kolüviyal tarım alanı jeoistatistiksel analizleri

AC. Toprak organik maddesi (%)

Çizelge 26. Organik madde değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	1,81
Standart Sapma	0,35
Varyans	0,12
Değişim Katsayısı (%)	19,23
Minumum Değer	0,75
Maksimum Değer	2,76
Çarpıklık Katsayısı	0,11
Basıklık Katsayısı	0,09



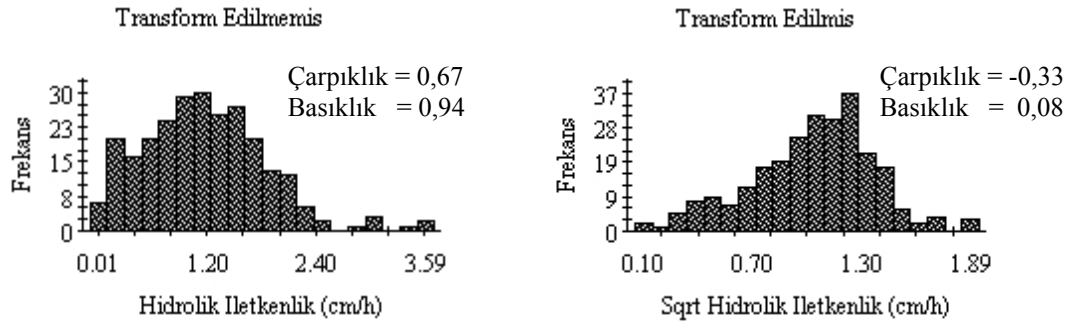
Şekil 37. Organik madde frekans ve eklenik örnek dağılımı grafikleri

EK 5 Kolüviyal tarım alanı jeostatistiksel analizleri (devam)

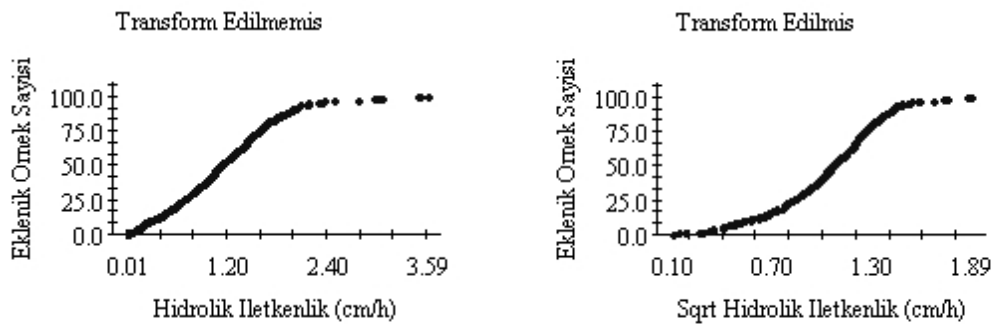
AD. Hidrolik iletkenlik (cm/h)

Çizelge 27. Hidrolik iletkenlik değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Değer	Karekök Dönüşüm	Standart Geri Dönüşüm
Ortalama	1,17	1,03	1,06
Standart Sapma	0,67	0,33	0,11
Varyans	0,44	0,11	0,01
Değişim Katsayısı (%)	57,13	32,45	10,53
Minumum Değer	0,01	0,1	
Maksimum Değer	3,59	1,89	
Çarpıklık Katsayısı	0,67	-0,33	
Basıklık Katsayısı	0,94	0,08	



Şekil 38. Hidrolik iletkenlik frekans dağılımı grafikleri



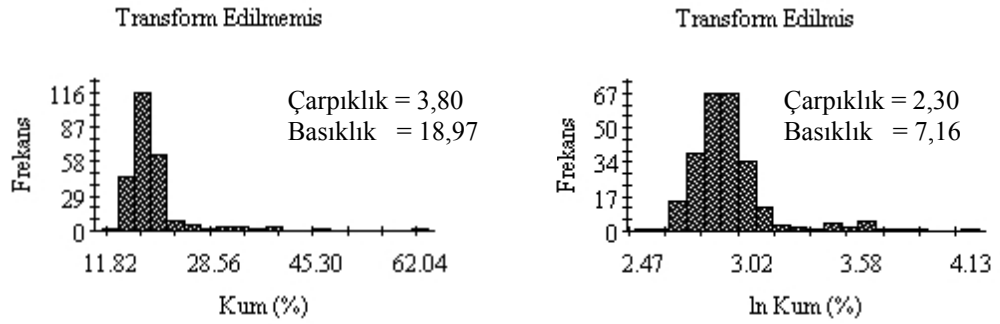
Şekil 39. Hidrolik iletkenlik eklenik örnek dağılımı grafikleri

EK 5 Kolüviyal tarım alanı jeostatistiksel analizleri (devam)

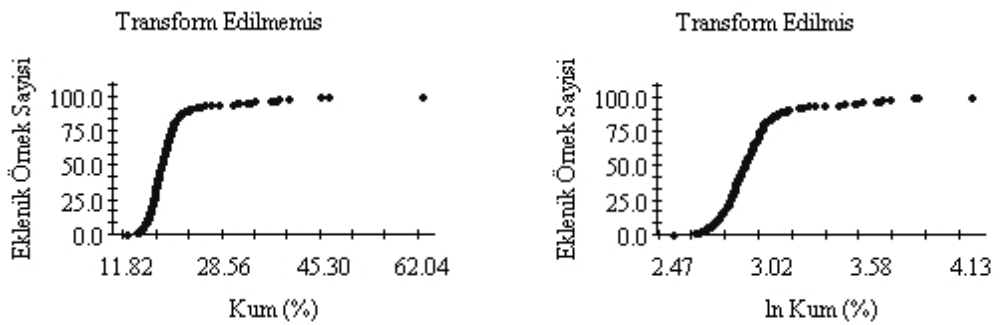
AE. Kum (%)

Çizelge 28. Kum değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek değer	Logaritmik Dönüşüm	Ağırlıklı Geri Dönüşüm
Ortalama	18,82	2,91	18,73
Standart Sapma	5,59	0,22	4,16
Varyans	31,24	0,05	17,33
Değişim Katsayısı (%)	29,70	7,56	22,23
Minumum Değer	11,82	2,47	
Maksimum Değer	62,04	4,13	
Çarpıklık Katsayısı	3,80	2,30	
Basıklık Katsayısı	18,97	7,16	



Şekil 40. Kum frekans dağılımı grafikleri



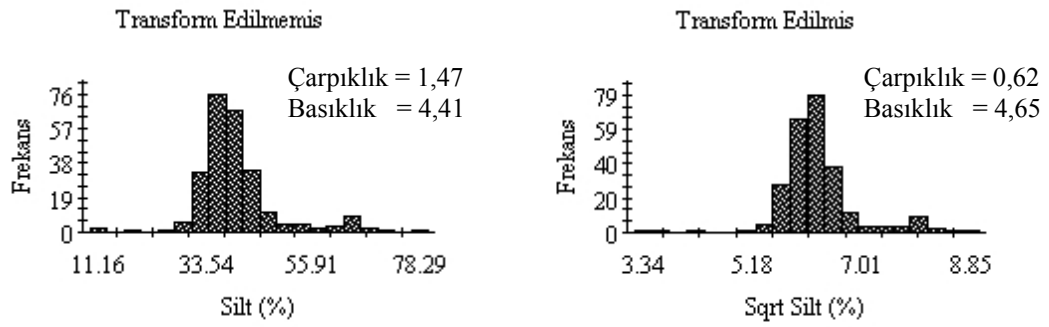
Şekil 41. Kum eklenik örnek dağılımı grafikleri

EK 5 Kolüviyal tarım alanı jeostatistiksel analizleri (devam)

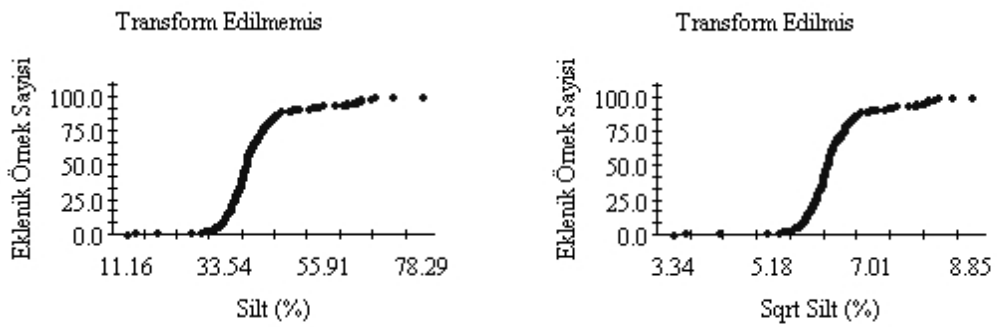
AF. Silt (%)

Çizelge 29. Silt değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek değer	Karekök Dönüşüm	Standart Geri Dönüşüm
Ortalama	39,75	6,27	39,32
Standart Sapma	8,54	0,65	0,43
Varyans	72,84	0,43	0,18
Değişim Katsayısı (%)	21,47	10,43	1,09
Minumum Değer	11,16	3,34	
Maksimum Değer	78,29	8,85	
Çarpıklık Katsayısı	1,47	0,62	
Basıklık Katsayısı	4,41	4,65	



Şekil 42. Silt frekans dağılımı grafikleri



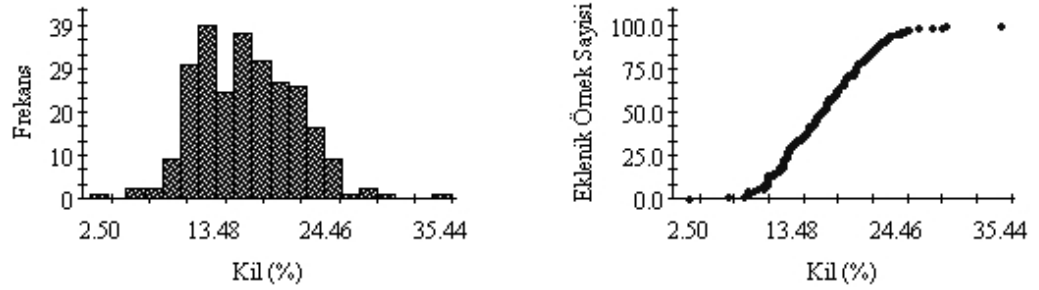
Şekil 43. Silt eklenik örnek dağılımı grafikleri

EK 5 Kolüviyal tarım alanı jeoistatistiksel analizleri (devam)

AH. Kil (%)

Çizelge 30 Kil değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	41,43
Standart Sapma	9,84
Varyans	96,83
Değişim Katsayısı (%)	23,75
Minumum Değer	5,74
Maksimum Değer	51,73
Çarpıklık Katsayısı	-2,32
Basıklık Katsayısı	4,50



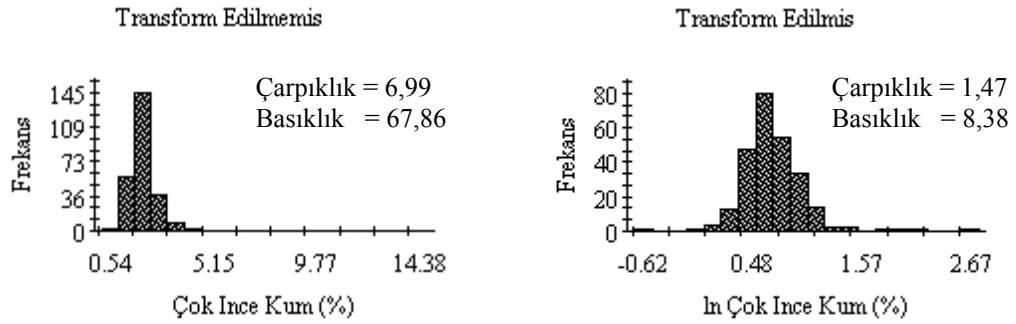
Şekil 44. Kil frekans ve eklenik örnek dağılımı grafikleri

EK 5 Kolüviyal tarım alanı jeostatistiksel analizleri (devam)

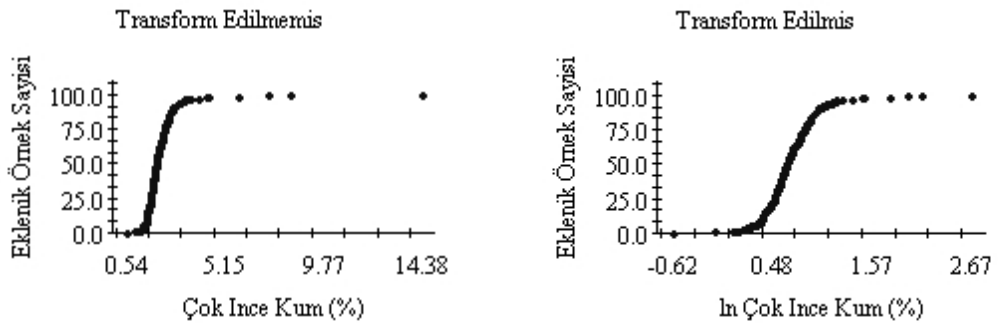
AI. Çok ince kum (%)

Çizelge 31 Çok ince kum değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek değer	Logaritmik Dönüşüm	Ağırlıklı Geri Dönüşüm
Ortalama	2,09	0,67	2,06
Standart Sapma	1,09	0,32	0,68
Varyans	1,18	0,10	0,46
Değişim Katsayısı (%)	52,09	47,57	32,86
Minumum Değer	0,54	-0,62	
Maksimum Değer	14,38	2,67	
Çarpıklık Katsayısı	6,99	1,47	
Basıklık Katsayısı	67,86	8,38	



Şekil 45. Çok ince kum frekans dağılımı grafikleri

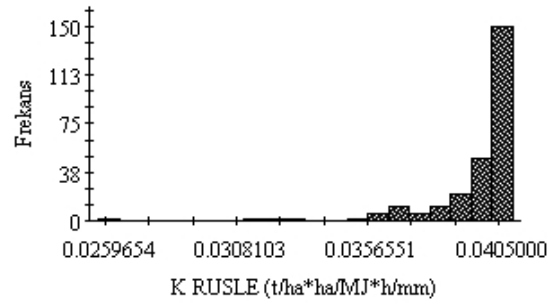


Şekil 46. Çok ince kum eklenik örnek dağılımı grafikleri

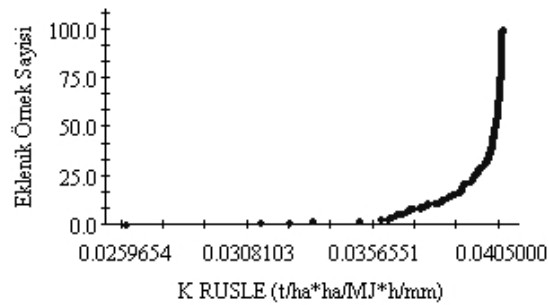
EK 6 Nadas-ürün alanı K RUSLE eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri

Çizelge 32. RUSLE K değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	0,0395
Standart Sapma	0,0016
Varyans	$2,67 \times 10^{-6}$
Değişim Katsayısı (%)	4,13
Minumum Değer	0,0259
Maksimum Değer	0,0405
Çarpıklık Katsayısı	-3,93
Basıklık Katsayısı	22,54



Şekil 47. RUSLE K değerleri frekans dağılımı grafiği

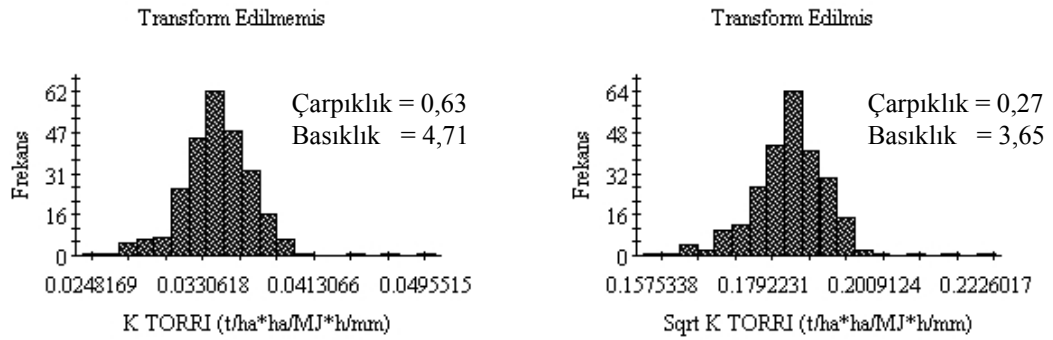


Şekil 48. RUSLE K değerleri eklenik örnek dağılımı grafiği

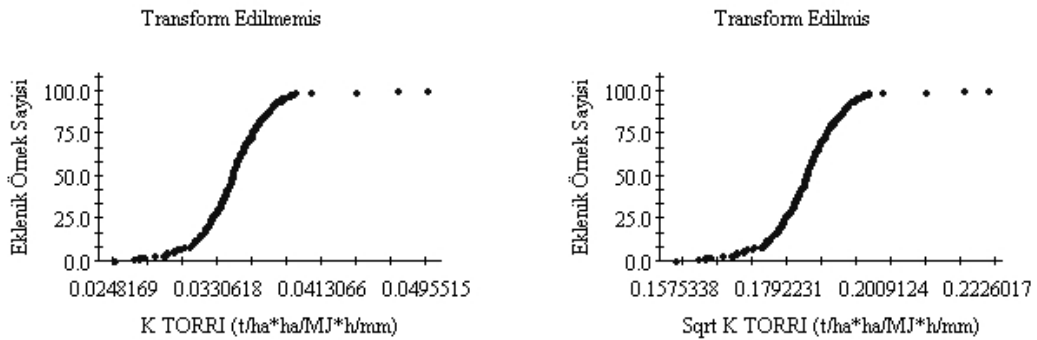
EK 7 Nadas-ürün alanı Torri eşitliği K değeri jeostatistiksel analizleri

Çizelge 33. Torri K değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek değer	Karekök Dönüşüm	Standart Geri Dönüşüm
Ortalama	0,0341	0,1845	0,0340
Standart Sapma	0,0029	0,0078	$6,05 \times 10^{-5}$
Varyans	$8,35 \times 10^{-6}$	$6,05 \times 10^{-5}$	$3,7 \times 10^{-9}$
Değişim Katsayısı (%)	8,48	4,22	0,18
Minumum Değer	0,0248	0,158	
Maksimum Değer	0,0495	0,223	
Çarpıklık Katsayısı	0,63	0,27	
Basıklık Katsayısı	4,71	3,65	



Şekil 49. Torri K değerleri frekans dağılımı grafiği

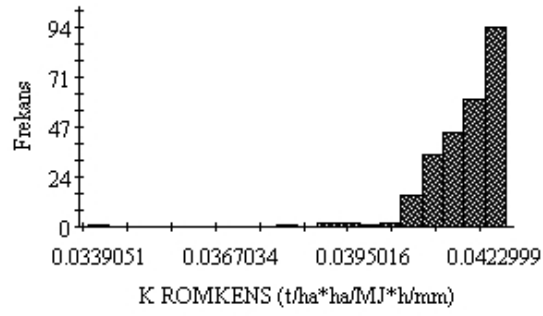


Şekil 50. Torri K değerleri eklenik örnek dağılımı grafiği

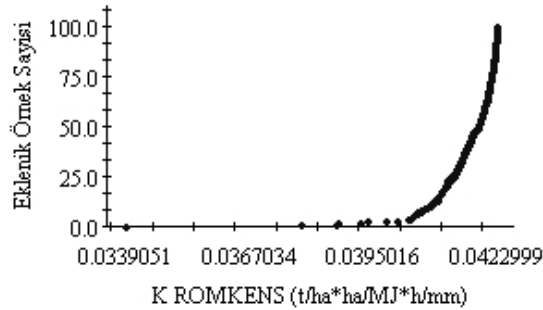
EK 8 Nadas-ürün alanı Römken's eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri

Çizelge 34. Römken's K değeri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	0,0416
Standart Sapma	$8,46 \times 10^{-4}$
Varyans	$7,15 \times 10^{-7}$
Değişim Katsayısı (%)	2,03
Minumum Değer	0,0339
Maksimum Değer	0,0423
Çarpıklık Katsayısı	-3,96
Basıklık Katsayısı	27,91



Şekil 51. Römken's K değeri frekans dağılımı grafiği

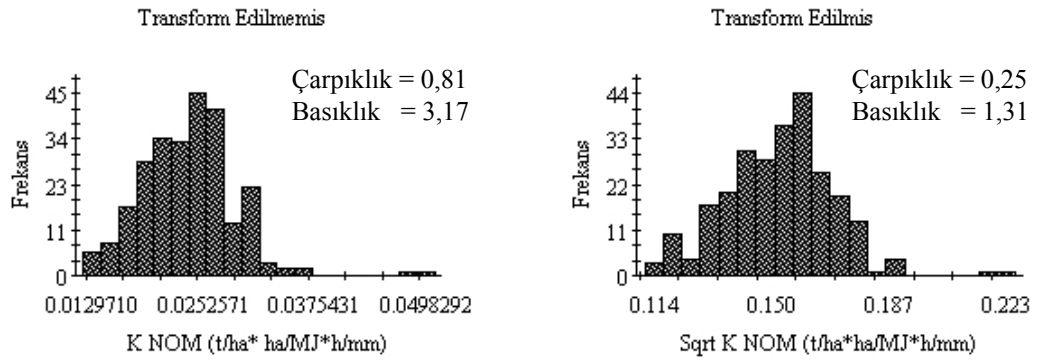


Şekil 52. Römken's K değeri eklenik örnek dağılımı grafiği

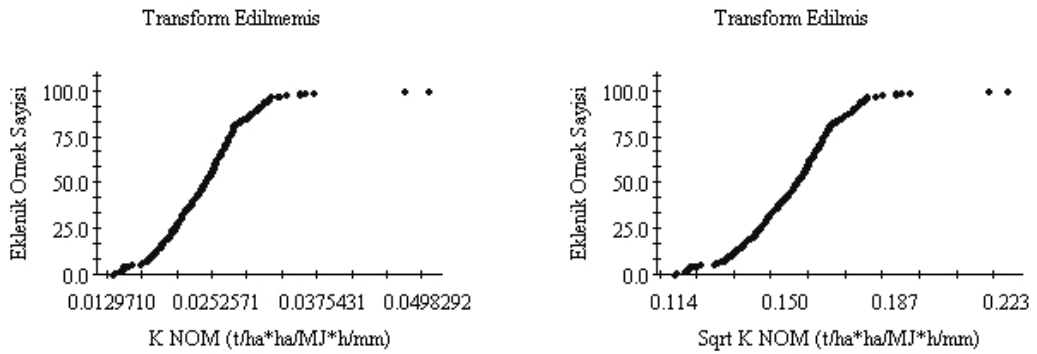
EK 9 Nadas-ürün alanı Nomograf eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri

Çizelge 35. Nomograf K değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Değer	Karekök Dönüşüm	Standart Geri Dönüşüm
Ortalama	0,0236	0,1527	0,0233
Standart Sapma	$5,15 \times 10^{-3}$	0,166	$2,75 \times 10^{-4}$
Varyans	$2,66 \times 10^{-5}$	$2,75 \times 10^{-4}$	$7,58 \times 10^{-8}$
Değişim Katsayısı (%)	21,86	10,87	1,18
Minumum Değer	0,0129	0,114	
Maksimum Değer	0,0498	0,223	
Çarpıklık Katsayısı	0,81	0,25	
Basıklık Katsayısı	3,17	1,31	



Şekil 53. Nomograf K değerleri frekans dağılımı grafiği

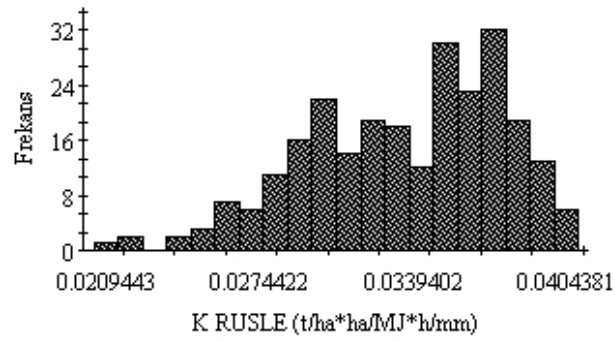


Şekil 54. Nomograf K değerleri eklenik örnek dağılımı grafiği

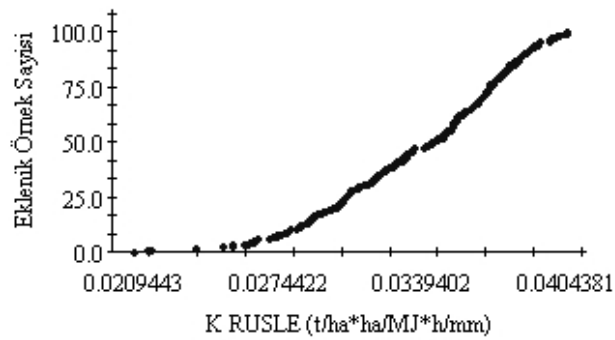
EK 10 Bozuk meşelik alan RUSLE eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri

Çizelge 36. RUSLE K değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	0,0336
Standart Sapma	$4,13 \times 10^{-3}$
Varyans	$1,71 \times 10^{-5}$
Değişim Katsayısı (%)	12,30
Minumum Değer	0,0209
Maksimum Değer	0,0404
Çarpıklık Katsayısı	-0,53
Basıklık Katsayısı	-0,35



Şekil 55. RUSLE K değerleri frekans dağılımı grafiği

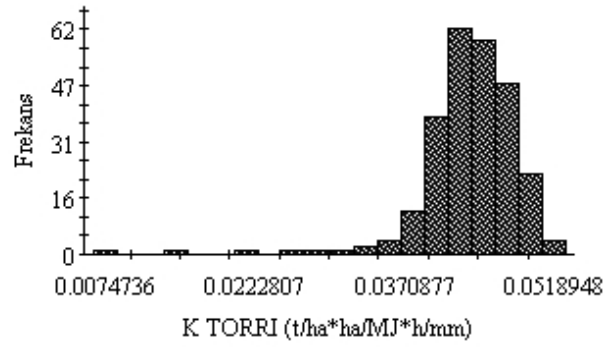


Şekil 56. RUSLE K değerleri eklenik örnek dağılımı grafiği

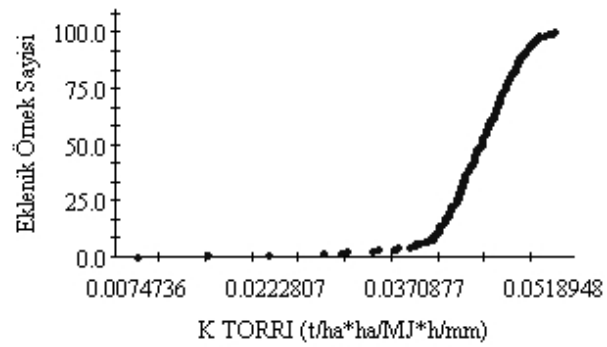
EK 11 Bozuk meşelik alan Torri eşitliği K değeri jeostatistiksel analizleri

Çizelge 37. Torri K değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	0,0434
Standart Sapma	$5,02 \times 10^{-3}$
Varyans	$2,52 \times 10^{-5}$
Değişim Katsayısı (%)	11,57
Minumum Değer	0,0074
Maksimum Değer	0,0518
Çarpıklık Katsayısı	-273
Basıklık Katsayısı	14,39



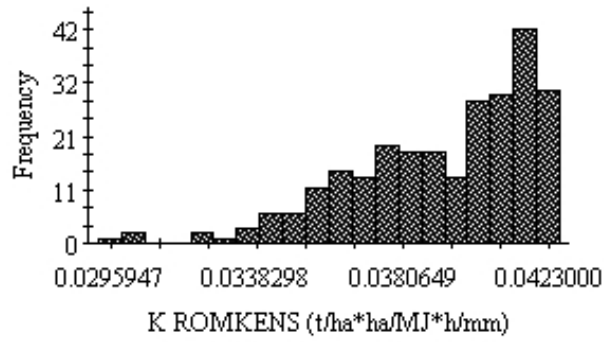
Şekil 57. Torri K değerleri frekans dağılımı grafiği



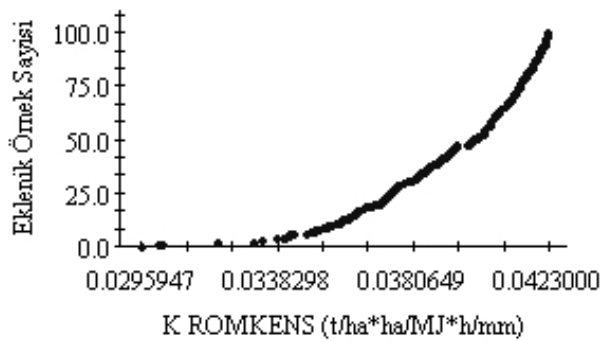
Şekil 58. Torri K değerleri eklenik örnek dağılımı grafiği

Çizelge 38. Römken's K değeri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	0,0392
Standart Sapma	$2,65 \times 10^{-3}$
Varyans	$7,00 \times 10^{-6}$
Değişim Katsayısı (%)	6,75
Minumum Değer	0,0295
Maksimum Değer	0,0423
Çarpıklık Katsayısı	-0,97
Basıklık Katsayısı	0,58



Şekil 59. Römken's K değeri frekans dağılımı grafiği

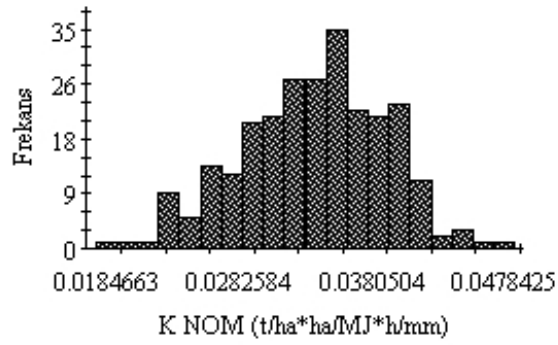


Şekil 60. Römken's K değeri eklenik örnek dağılımı grafiği

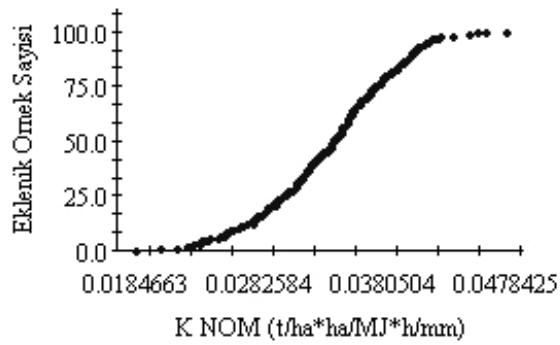
EK 13 Bozuk meşelik alan Nomograf eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri

Çizelge 39. Nomograf K değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	0,0338
Standart Sapma	0,0053
Varyans	$2,79 \times 10^{-5}$
Değişim Katsayısı (%)	15,64
Minumum Değer	0,0184
Maksimum Değer	0,0478
Çarpıklık Katsayısı	-0,20
Basıklık Katsayısı	-0,23



Şekil 61. Nomograf K değerleri frekans dağılımı grafiği

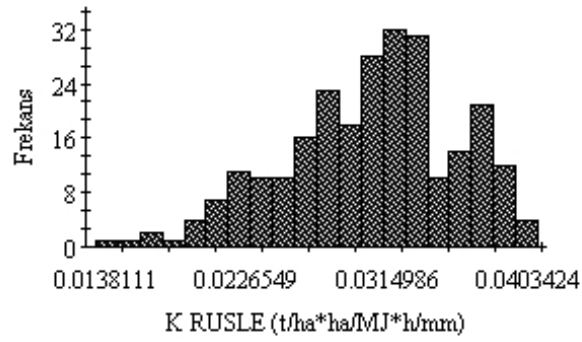


Şekil 62. Nomograf K değerleri eklenik örnek dağılımı grafiği

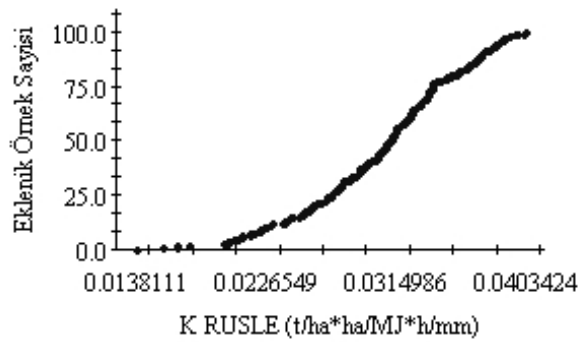
EK 14 Mera alanı RUSLE eşitliği K değeri jeostatistiksel analizleri

Çizelge 40. RUSLE K değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	0,0305
Standart Sapma	00054
Varyans	$2,89 \times 10^{-5}$
Değişim Katsayısı (%)	17,65
Minumum Değer	0,0138
Maksimum Değer	0,0403
Çarpıklık Katsayısı	-0,45
Basıklık Katsayısı	-0,20



Şekil 63. RUSLE K değerleri frekans dağılımı grafiği

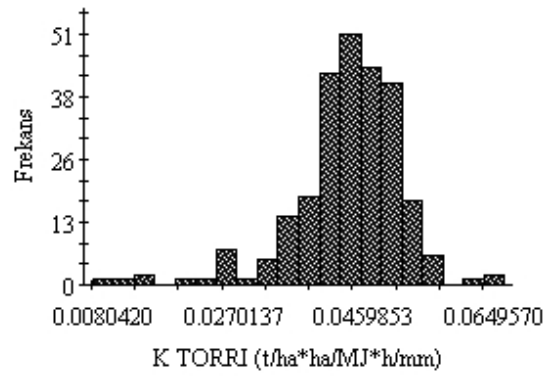


Şekil 64. RUSLE K değerleri eklenik örnek dağılımı grafiği

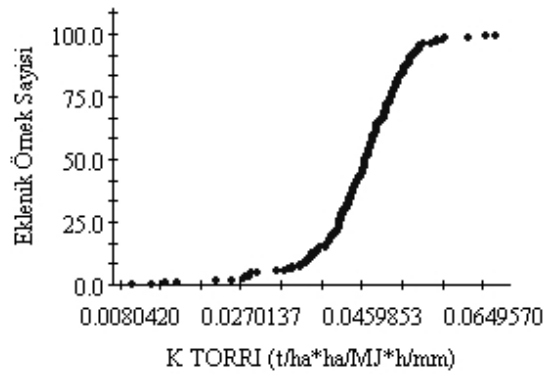
EK 15 Mera alanı Torri eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri

Çizelge 41. Torri K değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	0,0437
Standart Sapma	0,0077
Varyans	$6,03 \times 10^{-5}$
Değişim Katsayısı (%)	17,78
Minumum Değer	0,0080
Maksimum Değer	0,0649
Çarpıklık Katsayısı	-1,32
Basıklık Katsayısı	3,93



Şekil 65. Torri K değerleri frekans dağılımı grafiği

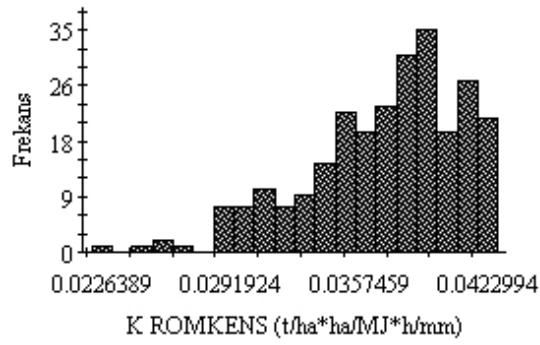


Şekil 66. Torri K değerleri eklenik örnek dağılımı grafiği

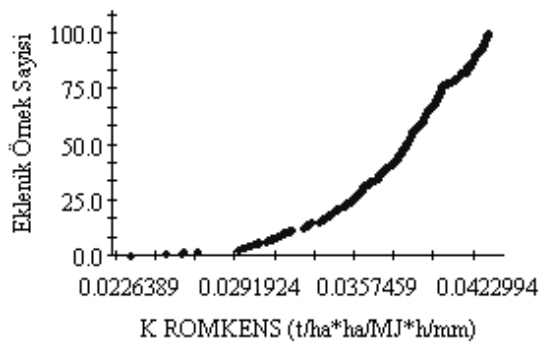
EK 16 Mera alanı Römken's eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri

Çizelge 42. Römken's K değeri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	0,0370
Standart Sapma	0,0039
Varyans	$1,53 \times 10^{-5}$
Değişim Katsayısı (%)	10,59
Minumum Değer	0,0226
Maksimum Değer	0,0423
Çarpıklık Katsayısı	-0,90
Basıklık Katsayısı	0,55



Şekil 67. Römken's K değeri frekans dağılımı grafiği

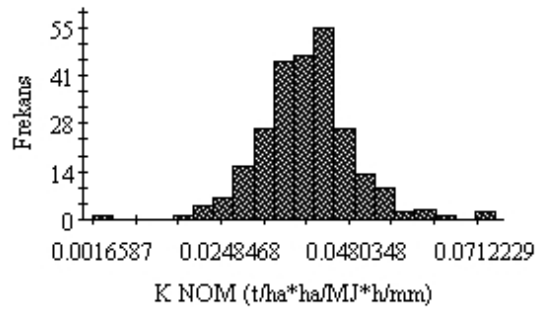


Şekil 68. Römken's K değeri eklenik örnek dağılımı grafiği

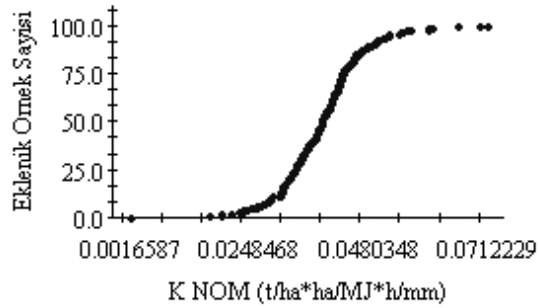
EK 17 Mera alanı Nomograf eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri

Çizelge 43. Nomograf K değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	0,0388
Standart Sapma	0,0085
Varyans	$7,19 \times 10^{-5}$
Değişim Katsayısı (%)	21,82
Minumum Değer	0,0016
Maksimum Değer	0,0712
Çarpıklık Katsayısı	0,16
Basıklık Katsayısı	2,42



Şekil 69. Nomograf K değerleri frekans dağılımı grafiği

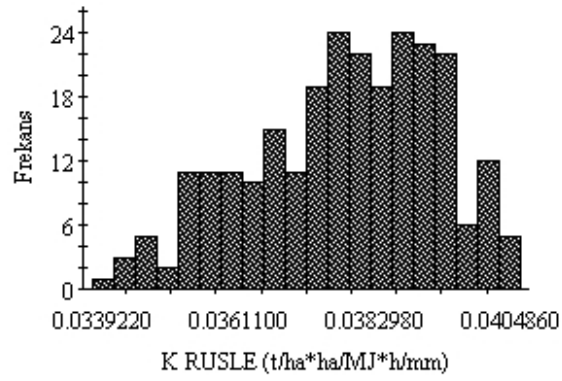


Şekil 70. Nomograf K değerleri eklenik örnek dağılımı grafiği

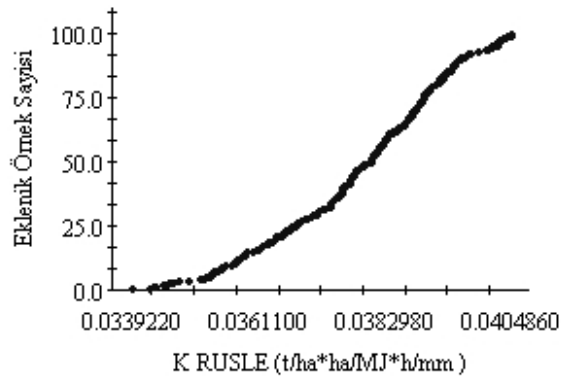
EK 18 Alüviyal tarım alanı RUSLE eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri

Çizelge 44. RUSLE K değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	0,0378
Standart Sapma	0,0015
Varyans	$2,27 \times 10^{-6}$
Değişim Katsayısı (%)	3,98
Minumum Değer	0,0339
Maksimum Değer	0,0405
Çarpıklık Katsayısı	-0,40
Basıklık Katsayısı	-0,57



Şekil 71. RUSLE K değerleri frekans dağılımı grafiği

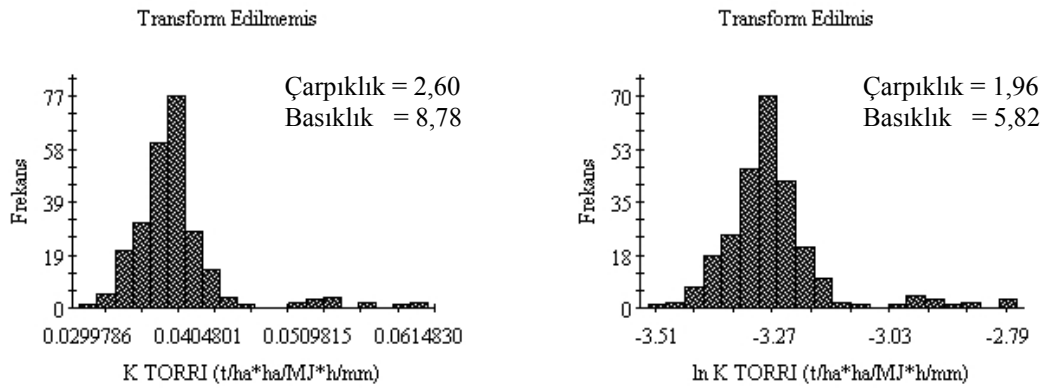


Şekil 72. RUSLE K değerleri eklenik örnek dağılımı grafiği

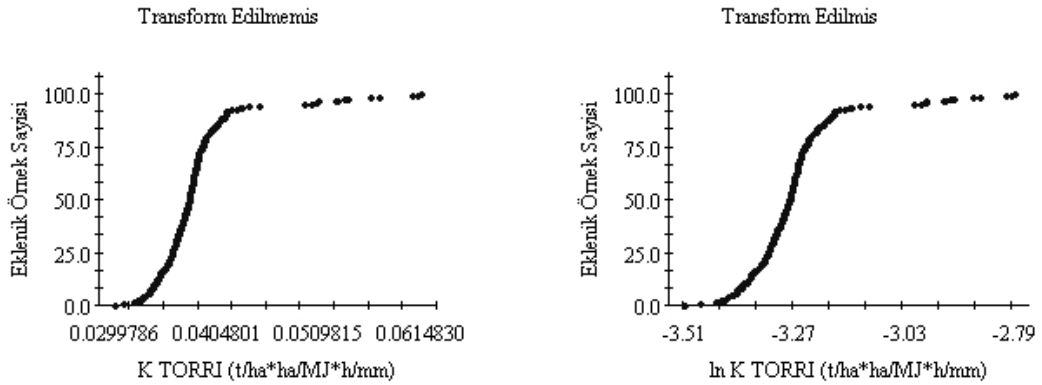
EK 19 Alüviyal tarım alanı Torri eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri

Çizelge 45. Torri K değerleri tanımlayıcı istatistikleri

	Gerçek Deger	Logaritmik Donusum	Ağırlıklı Geri Donusum
Ortalama	0,0382	-3,271	0,0382
Standart Sapma	0,0046	0,108	0,0041
Varyans	$2,16 \times 10^{-5}$	0,0117	$1,72 \times 10^{-5}$
Değişim Katsayısı (%)	12,17	-3,31	10,86
Minumum Değer	0,0299	-3,51	
Maksimum Değer	0,0614	-2,79	
Çarpıklık Katsayısı	2,60	1,96	
Basıklık Katsayısı	8,78	5,82	



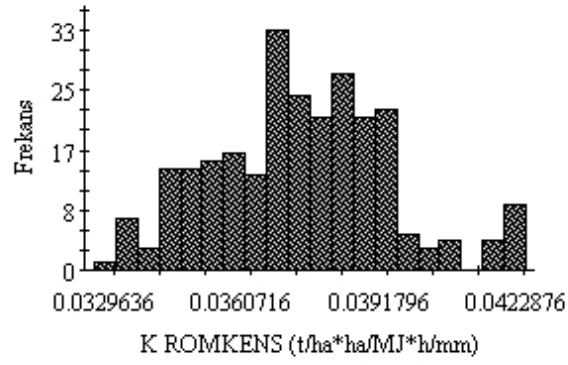
Şekil 73. Torri K değerleri frekans dağılımı grafikleri



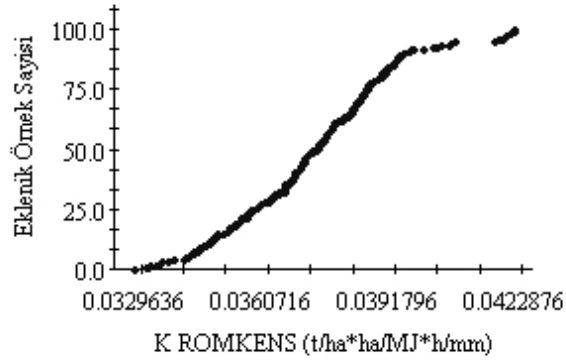
Şekil 74. Torri K değerleri eklenik örnek dağılımı grafikleri

Çizelge 46. Römken K değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	0,0374
Standart Sapma	0,0020
Varyans	$4,04 \times 10^{-6}$
Değişim Katsayısı (%)	5,37
Minumum Değer	0,0329
Maksimum Değer	0,0423
Çarpıklık Katsayısı	0,24
Basıklık Katsayısı	-0,10



Şekil 75. Römken K değerleri frekans dağılımı grafiği

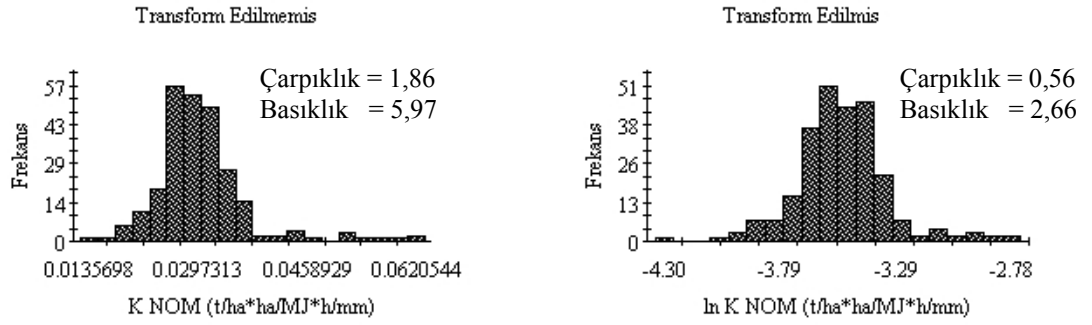


Şekil 76. Römken K değerleri eklenik örnek dağılımı grafiği

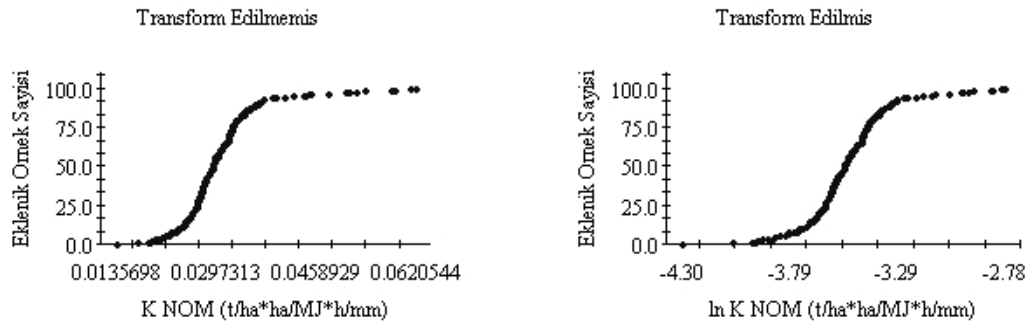
EK 21 Alüviyal tarım alanı Nomograf eşitliği K değeri jeoistatistiksel analizleri

Çizelge 47. Nomograf K değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Değer	Logaritmik Donusum	Ağırlıklı Geri Donusum
Ortalama	0,0302	-3,522	0,0301
Standart Sapma	0,0067	0,204	0,0062
Varyans	$4,57 \times 10^{-5}$	0,0415	$3,85 \times 10^{-5}$
Değişim Katsayısı (%)	22,40	-5,79	20,59
Minumum Değer	0,0135	-4,30	
Maksimum Değer	0,0620	-2,78	
Çarpıklık Katsayısı	1,86	0,56	
Basıklık Katsayısı	5,97	2,66	



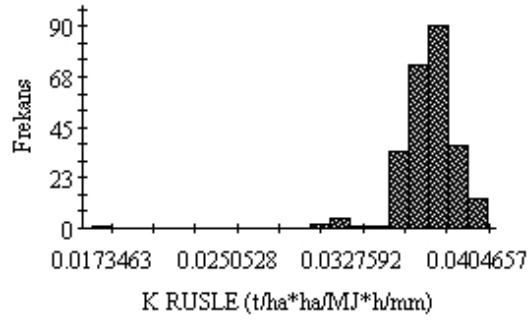
Şekil 77. Nomograf K değerleri frekans dağılımı grafikleri



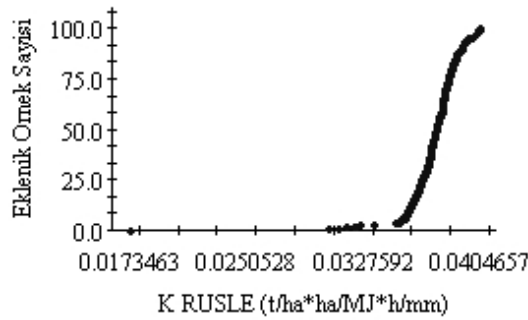
Şekil 78. Nomograf K değerleri eklenik örnek dağılımı grafiikleri

Çizelge 48. RUSLE K değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	0,0374
Standart Sapma	0,0019
Varyans	$3,92 \times 10^{-6}$
Değişim Katsayısı (%)	5,30
Minumum Değer	0,0173
Maksimum Değer	0,0404
Çarpıklık Katsayısı	- 4,53
Basıklık Katsayısı	40,55



Şekil 79. RUSLE K değerleri frekans dağılımı grafiği

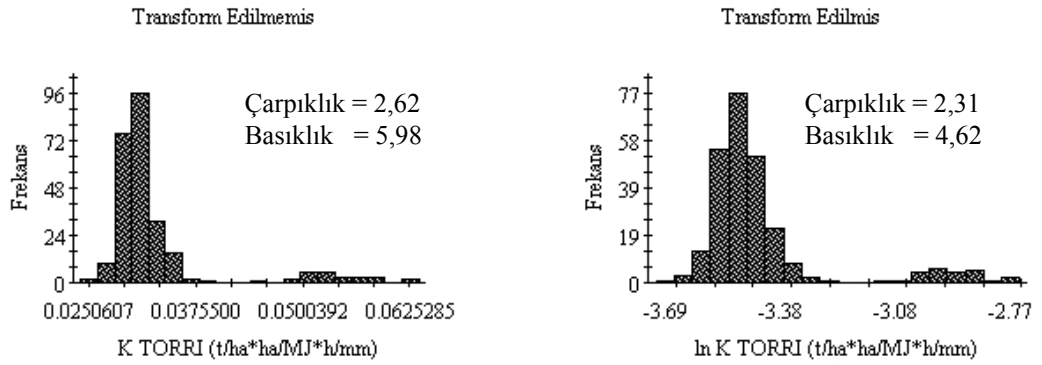


Şekil 79. RUSLE K değerleri eklenik örnek dağılımı grafiği

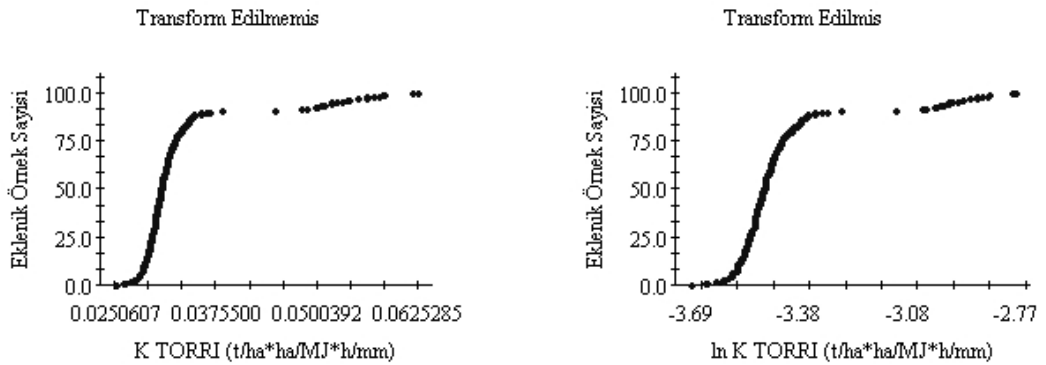
EK 23 Kolüviyal tarım alanı Torri eşitliği K değeri jeostatistiksel analizleri

Çizelge 49. Torri K değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Deger	Logaritmik Donusum	Ağırlıklı Geri Donusum
Ortalama	0,0328	-3,434	0,0328
Standart Sapma	0,0070	0,174	0,0057
Varyans	$4,94 \times 10^{-5}$	0,303	$3,30 \times 10^{-4}$
Değişim Katsayısı (%)	21,40	-16,03	55,49
Minumum Değer	0,0250	-3,69	
Maksimum Değer	0,0625	-2,77	
Çarpıklık Katsayısı	2,62	2,31	
Basıklık Katsayısı	5,98	4,62	



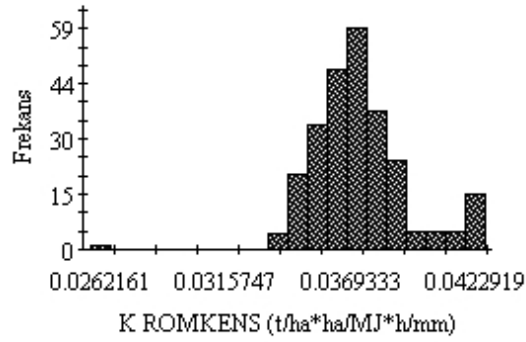
Şekil 80. Torri K değerleri frekans dağılımı grafikleri



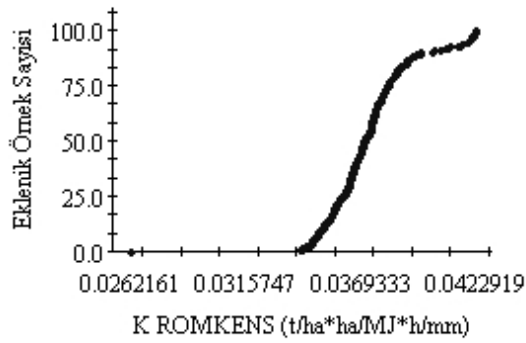
Şekil 81. Torri K değerleri eklenik örnek dağılımı grafikleri

Çizelge 50. Römken's K değeri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	
Ortalama	0,0373
Standart Sapma	0,0020
Varyans	$4,05 \times 10^{-6}$
Değişim Katsayısı (%)	5,39
Minumum Değer	0,0262
Maksimum Değer	0,0422
Çarpıklık Katsayısı	0,14
Basıklık Katsayısı	3,53



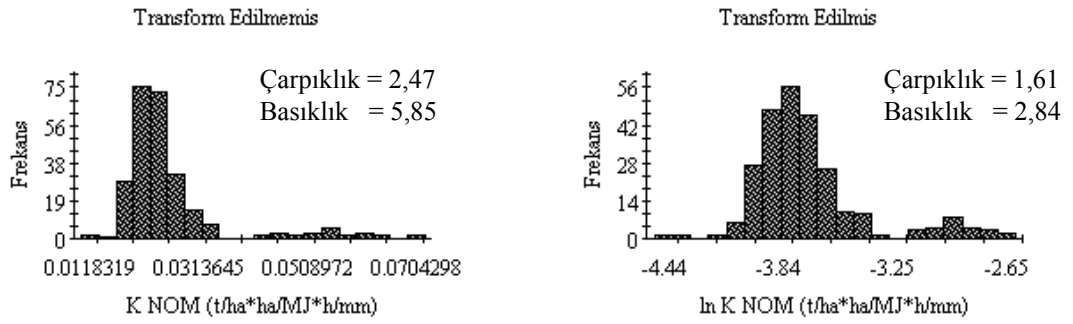
Şekil 82. Römken's K değeri frekans dağılımı grafiği



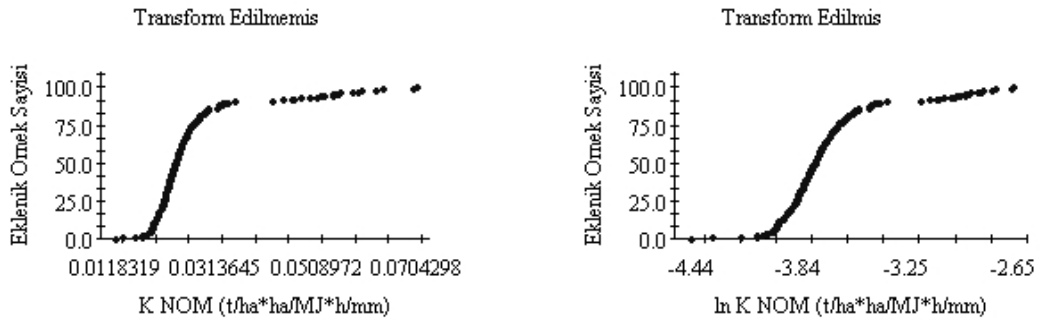
Şekil 83. Römken's K değeri eklenik örnek dağılımı grafiği

Çizelge 51. Nomograf K değerleri tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistikler	Gerçek Değer	Logaritmik Dönüşüm	Ağırlıklı Geri Dönüşüm
Ortalama	0,0263	-3,688	0,0261
Standart Sapma	0,0101	0,295	0,0079
Varyans	$1,02 \times 10^{-4}$	0,0872	$6,22 \times 10^{-5}$
Değişim Katsayısı (%)	38,43	-8,01	30,19
Minumum Değer	0,0118	-4,44	
Maksimum Değer	0,0704	-2,65	
Çarpıklık Katsayısı	2,47	1,61	
Basıklık Katsayısı	5,85	2,84	

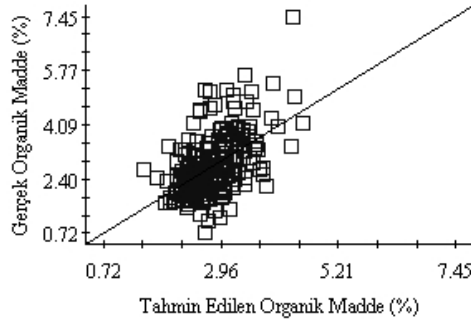


Şekil 84. Nomograf K değerleri frekans dağılımı grafikleri

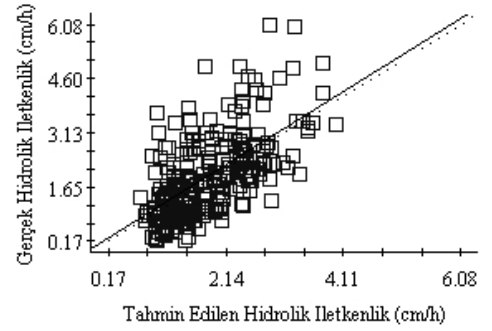


Şekil 85. Nomograf K değerleri eklenik örnek dağılımı grafikleri

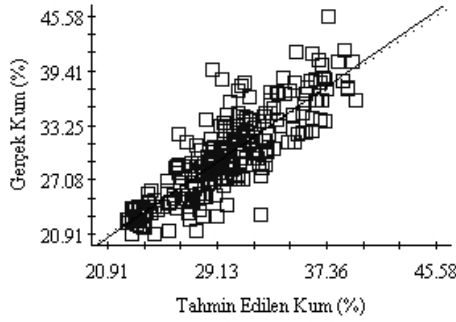
EK 26 Nadas-ürün alan çapraz karşılaştırma (cross –validation) grafikleri



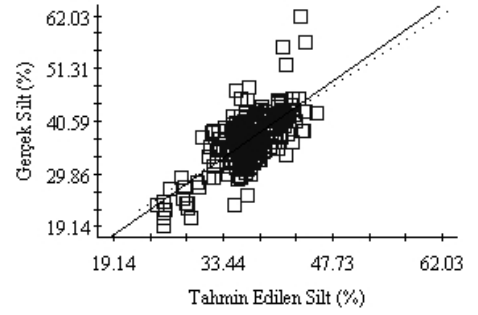
Regression coefficient = 0.999 (SE = 0.100 , $r^2=0.284$,
y intercept = -0.01, SE



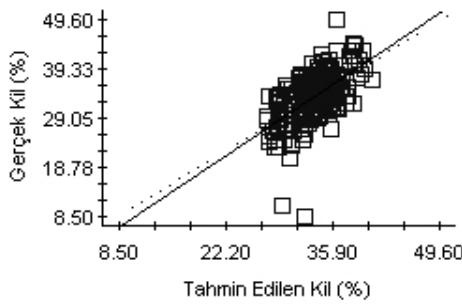
Regression coefficient = 1.012 (SE = 0.082 , $r^2=0.384$,
y intercept = 0.08, SE



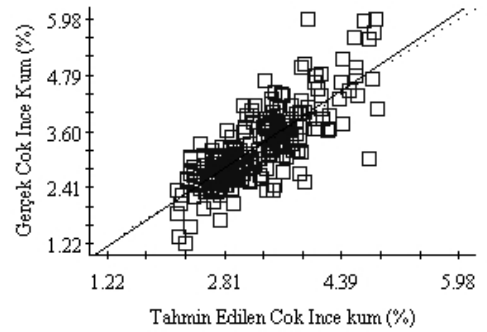
Regression coefficient = 1.037 (SE = 0.041 , $r^2=0.719$,
y intercept = -1.12, SE



Regression coefficient = 1.088 (SE = 0.071 , $r^2=0.486$,
y intercept = -3.26, SE

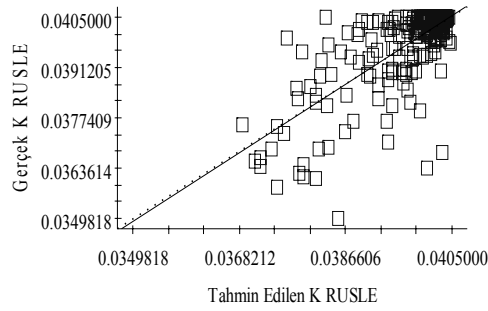


Regression coefficient = 1.098 (SE = 0.094 , $r^2=0.357$,
y intercept = -3.28, SE

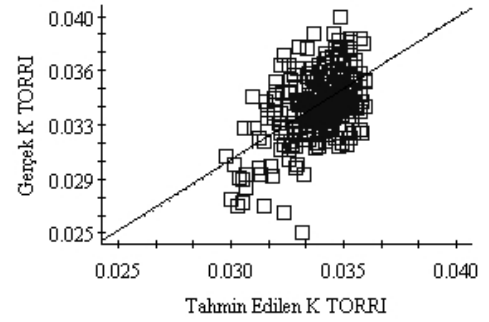


Regression coefficient = 1.045 (SE = 0.051 , $r^2=0.627$,
y intercept = -0.11, SE

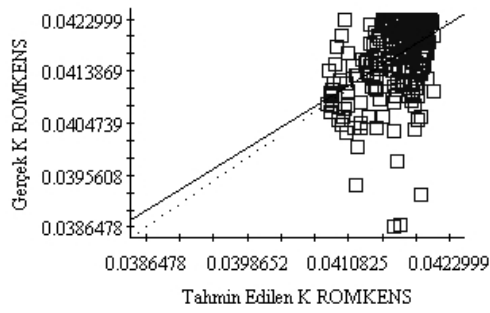
EK 26 (devam)



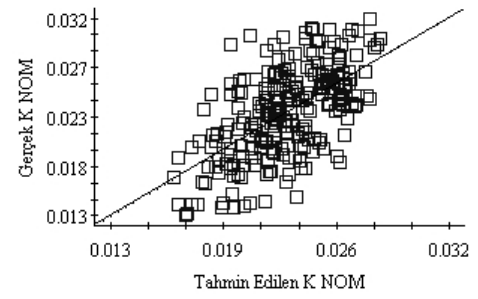
Regression coefficient = 1.017 (SE = 0.060 , $r^2 = 0.534$,
y intercept = -0.000657



Regression coefficient = 0.978 (SE = 0.100 , $r^2 = 0.277$,
y intercept = 0.001, SE

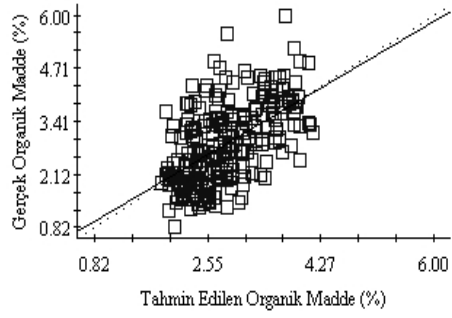


Regression coefficient = 0.899 (SE = 0.116 , $r^2 = 0.192$,
y intercept = 0.0042007

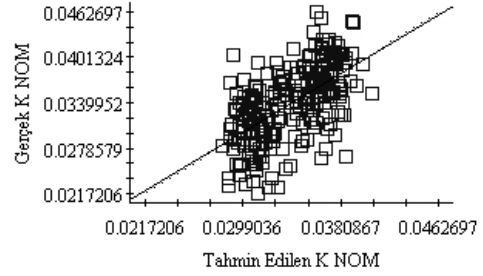


Regression coefficient = 0.999 (SE = 0.086 , $r^2 = 0.356$,
y intercept = 0.000, SE

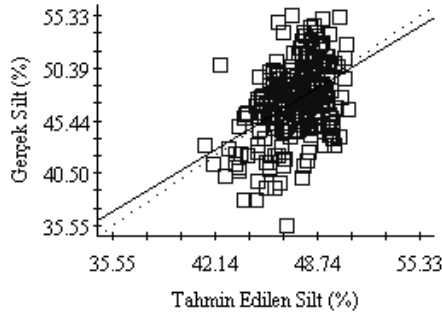
EK 27 Bozuk meşelik alan çapraz karşılaştırma (cross –validation) grafikleri



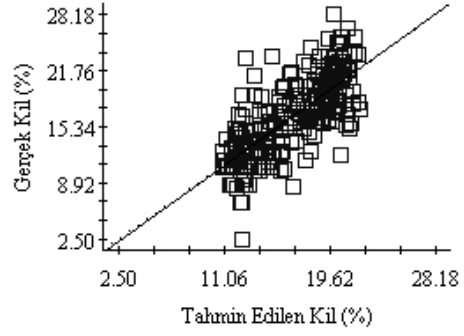
Regression coefficient = 0.947 (SE = 0.089 , r^2 =0.313,
y intercept = 0.19, SE



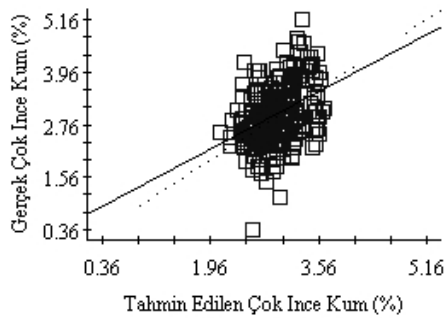
Regression coefficient = 0.965 (SE = 0.085 , r^2 =0.346,
y intercept = 0.0011563



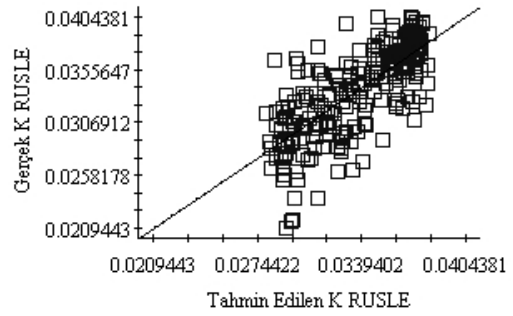
Regression coefficient = 0.888 (SE = 0.120 , r^2 =0.180,
y intercept = 5.27, SE



Regression coefficient = 1.015 (SE= 0.060 , r^2 =0.537,
y intercept = -0.27, SE

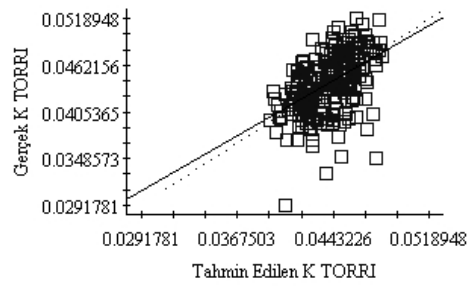


Regression coefficient = 0.816 (SE = 0.122 , r^2 =0.153,
y intercept = 0.59, SE

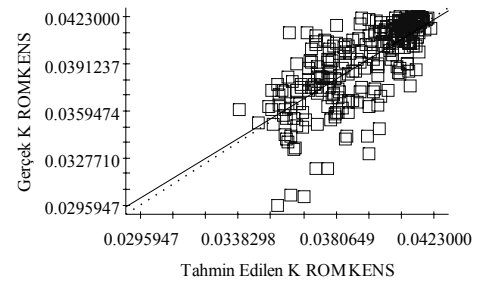


Regression coefficient = 1.006 (SE = 0.057 , r^2 =0.552,
y intercept = -0.000221

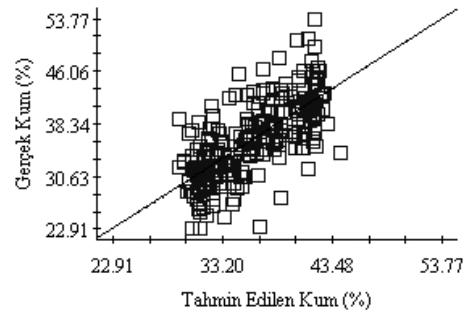
EK 27 (devam)



Regression coefficient = 0.888 (SE = 0.100 , $r^2 = 0.243$,
y intercept = 0.0049537

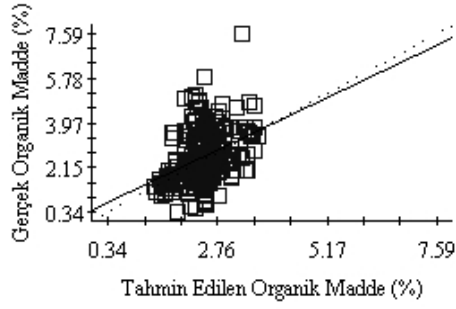


Regression coefficient = 0.953 (SE = 0.059 , $r^2 = 0.509$,
y intercept = 0.0018418

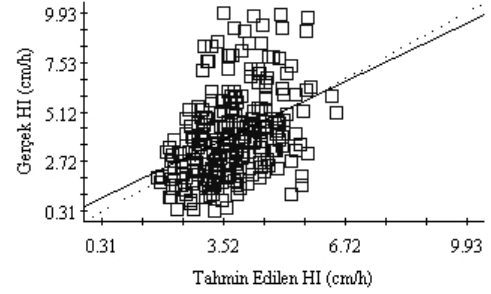


Regression coefficient = 0.993 (SE = 0.064 , $r^2 = 0.492$,
y intercept = 0.29, SE

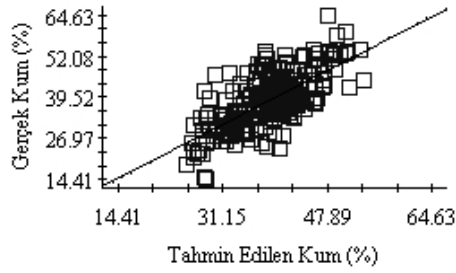
EK 28 Mera alanı çapraz karşılaştırma (cross –validation) grafikleri



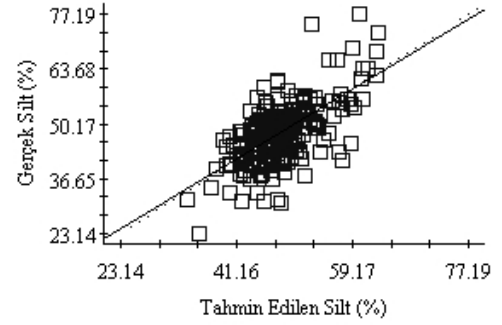
Regression coefficient = 0.884 (SE = 0.143 , r^2 = 0.132,
y intercept = 0.40, SE



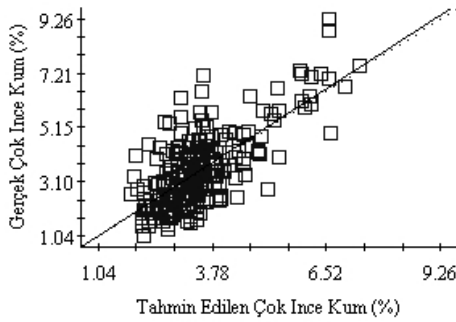
Regression coefficient = 0.874 (SE = 0.134 , r^2 = 0.147,
y intercept = 0.70, SE



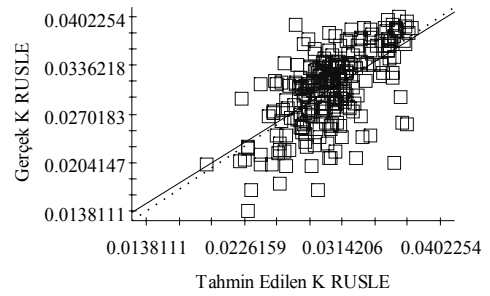
Regression coefficient = 0.990 (SE = 0.066 , r^2 = 0.487,
y intercept = 0.42, SE



Regression coefficient = 0.956 (SE = 0.073 , r^2 = 0.406,
y intercept = 2.09, SE

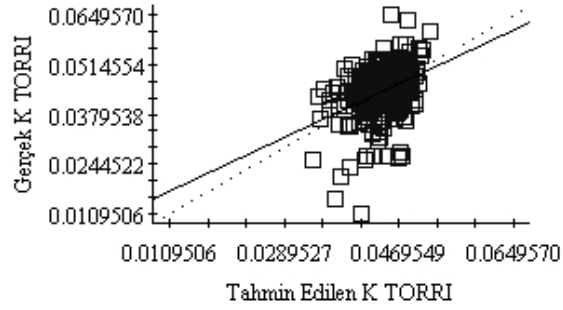


Regression coefficient = 1.015 (SE = 0.066 , r^2 = 0.509,
y intercept = 0.02, SE

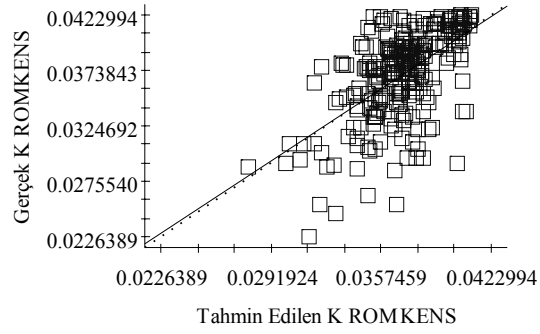


Regression coefficient = 0.933 (SE = 0.077 , r^2 = 0.375,
y intercept = 0.0020090

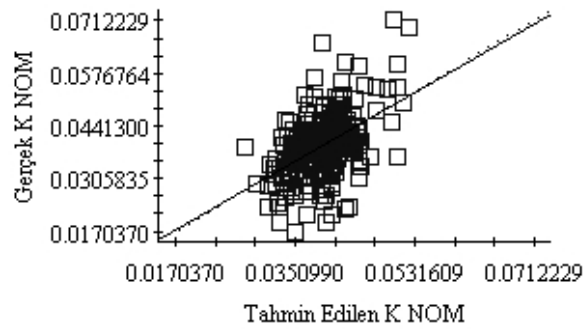
EK 28 (devam)



Regression coefficient = 0.813 (SE = 0.128 , r^2 =0.140,
y intercept = 0.0081648

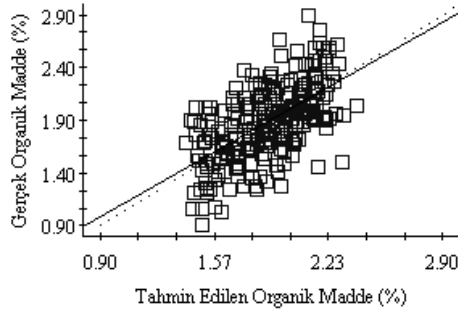


Regression coefficient = 0.977 (SE = 0.088 , r^2 =0.331,
y intercept = 0.0008468

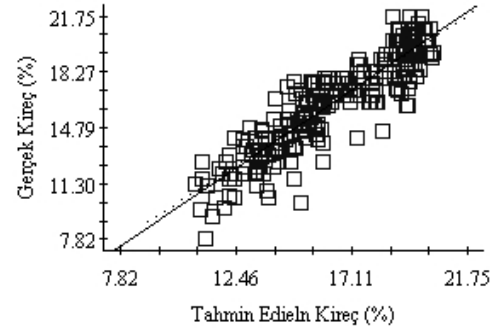


Regression coefficient = 0.971 (SE = 0.109 , r^2 =0.241,
y intercept = 0.0010977

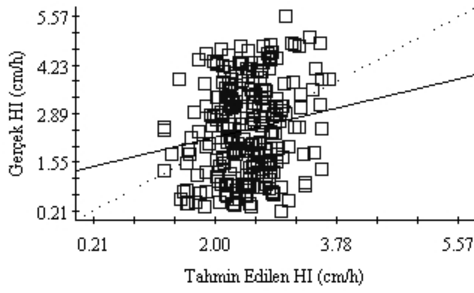
EK 29 Alüviyal tarım alanı çapraz karşılaştırma (cross-validation) grafikleri



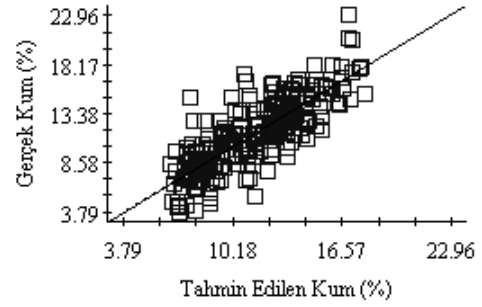
Regression coefficient = 0.925 (SE = 0.079 , $r^2=0.360$,
y intercept = 0.15, SE



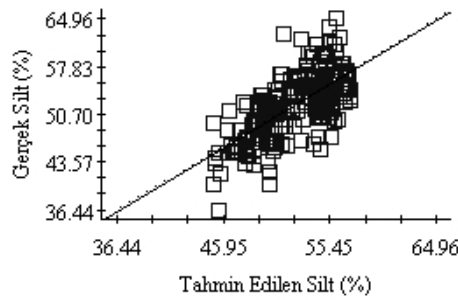
Regression coefficient = 1.044 (SE = 0.032 , $r^2=0.812$,
y intercept = -0.73, SE



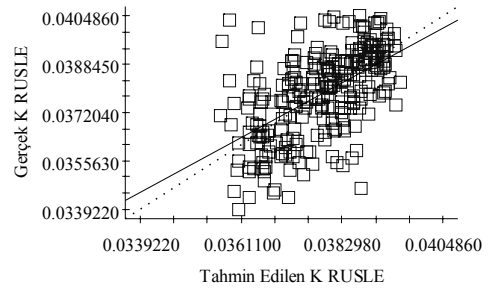
Regression coefficient = 0.451 (SE = 0.173 , $r^2=0.026$,
y intercept = 1.32, SE



Regression coefficient = 1.009 (SE = 0.046 , $r^2=0.660$,
y intercept = -0.11, SE

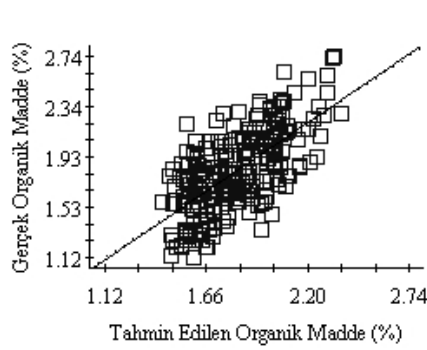


Regression coefficient = 1.005 (SE = 0.070 , $r^2=0.459$,
y intercept = -0.46, SE

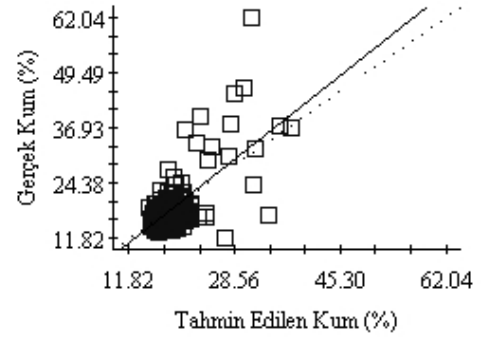


Regression coefficient = 0.853 (SE = 0.080 , $r^2=0.313$,
y intercept = 0.0055635

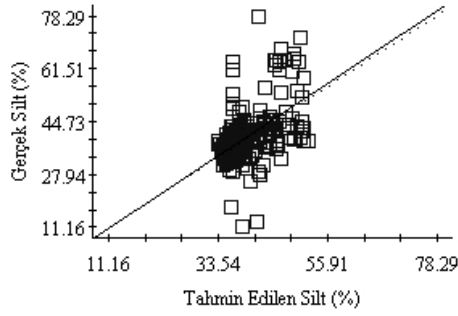
EK 30 Kolüviyal tarım alanı çapraz karşılaştırma (cross –validation) grafikleri



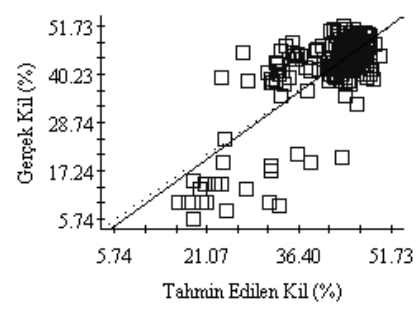
Regression coefficient = 1.022 (SE = 0.073 , r^2 =0.446,
y intercept = -0.04, SE



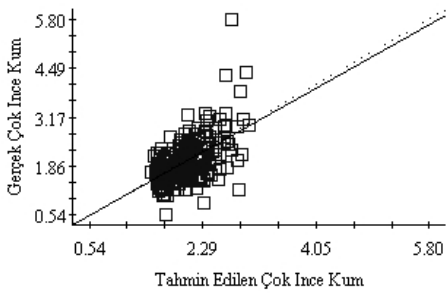
Regression coefficient = 1.131 (SE = 0.082 , r^2 =0.440,
y intercept = -2.45, SE



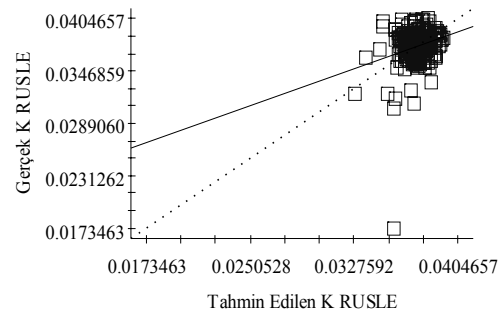
Regression coefficient = 1.029 (SE = 0.106 , r^2 =0.272,
y intercept = -0.70, SE



Regression coefficient = 1.043 (SE = 0.055 , r^2 =0.594,
y intercept = -1.93, SE

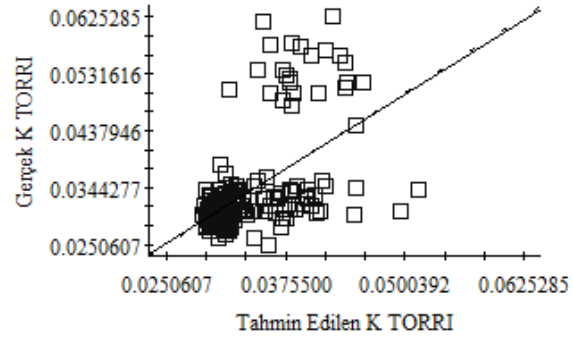


Regression coefficient = 0.969 (SE = 0.092 , r^2 =0.310,
y intercept = 0.02, SE

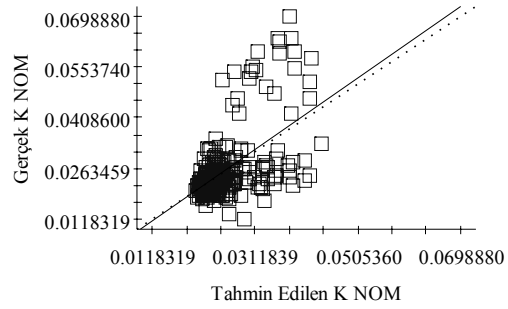


Regression coefficient = 0.525 (SE = 0.134 , r^2 =0.058,
y intercept = 0.0177267

EK 30 (devam)



Regression coefficient = 0.976 (SE = 0.089 , $r^2 = 0.323$,
y intercept = 0.00, SE



Regression coefficient = 1.056 (SE = 0.100 , $r^2 = 0.306$,
y intercept = 0.00, SE

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sevinç MADENOĞLU
Doğum Yeri : Bartın
Doğum Tarihi : 1972
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Zonguldak Sağlık Meslek Lisesi (1985-1989)
Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü (1990-1995)
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı (1995-1998)
Doktora : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı (2005-)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Türkiye Yüksek İhtisas Hastanesi –Ankara (1989-1999)
Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Samsun Araştırma Enstitüsü (2000-2001)
Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara 1. Bölge Müdürlüğü (2001-2002)
GTHB, Tarımsal Araştırmalarve Politikalar Genel Müdürlüğü,
Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (2002-)
Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (UNFAO) Orta Asya Alt Bölge Ofisi -Ankara
(Temmuz 2013-)

Hakemli Dergiler

Kalınbacak K., **Madenoglu, S.** 2012. Organik Materyallerde Bazı Humik Asit Analiz Yöntemlerinin Karşılaştırılması Ve Uygun Yöntemlerin Seçimi Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi 14 (1): 499-508.

Ulusal Kongre Sunum

Akıncı, M., Karabulut, A., **Madenoglu, S.** 2004,.Ankara-Güvenç Göleti Su Toplama Havzası Sediment Birikimi Sorununu Önleme Amaçlı Fildöfer Uygulama Çalışmaları ve Sosyo-Ekonomik Değerlendirmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi IV, Ulusal Hidroloji Kongresi, İstanbul.

Akıncı, M., Karabulut, A., **Madenoglu, S.** 2004. Ankara-Güvenç Gölet Havzası Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Su Erozyonu Sediment Korunumu Çalışması, İstanbul Teknik Üniversitesi IV, Ulusal Hidroloji Kongresi, İstanbul.

Ünver İ., **Madenoglu, S.** and Özbek, K. 2008. Available Nickel Contents of the West Anatolian Serpentine Soils, Medical Geology Symposium, 06-09 February, Ankara/Turkey.

Madenoglu, S. Saygın, D.S., Pınar, M.Ö., Tercan, E.A., Erpul, G. Bayramin, İ. 2010. Değişik YETKE - K Yaklaşımlarının Konumsal Dağılımlarının ve Sıçrama Erozyonu İle Bağlantılarının Belirlenmesi. I. Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, Sayfa: 703-713, Eskişehir.

Madenoglu, S., Saygın, D.S., Gözükcük, S. ve Erpul, G. 2013. Farklı Arazi Kullanım Desenleri Altındaki Bir Eğim Kesitinde Sıçrama Erozyon Duyarlılığının (K_s) Değerlendirilmesi. III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, 22-24 Ekim, Tokat.

Uluslararası Kongre Sunum

Madenoglu, S., and Çanga, M.R. 2006. Determination of N and P Losses By Erosion from Stubble Covered Soil Under Laboratory Simulated Rainfall Conditions, 18th International Soil Meeting (Ism) on “Soil Sustaining Life on Earth, Managing Soil And Technology”. Proceedings Volume II, Harran University, Faculty of Agriculture, Department Of Soil Science And Soil Society of Turkey, 1010 P., Şanlıurfa / TURKEY.

Karagöz, A., Cebel, N., Özbek, K., **Madenoglu, S.** and Ünver, İ. 2008. Ni and Cd Uptake of Selected Native species from the Soils High in Ni and Cd Contents,

International Meeting on Soil Fertility Land Managment and Agroclimatology, 29 October-1 November, Kusadasi/Turkey.

Kale S., Sönmez, B., **Madenöglu**, S., Avağ, K., Türker, U., Çaycı, G. and. Kütük, C. 2012. Carbon Isotope Discrimination in Wheat Under Water Stress Conditions and Relationships with Crop Physiological Indices, FAO / IAEA International Symposium on Managing Soils for Food Security and Climate Change Adaptation and Mitigation, 23-27 July, Vienna / AUSTRIA.