



**NİKSAR OVASININ TARIMSAL AMAÇLI  
TEMEL VERİ TABANLARININ  
HAZIRLANMASI**

**Tuncay KILIÇIN**

**Yüksek Lisans Tezi  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**

**Doç. Dr. Hakan Mete DOĞAN  
2015**

**Her hakkı saklıdır**

T.C.  
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİKSAR OVASININ TARIMSAL AMAÇLI TEMEL VERİ  
TABANLARININ HAZIRLANMASI

Tuncay KILIÇIN

TOKAT  
2015

Her hakkı saklıdır

Doç. Dr. Hakan Mete DOĞAN danışmanlığında, Tuncay KILIÇIN tarafından hazırlanan bu çalışma 15/06/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Toprak Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Alper DURAK

İmza:

Üye : Doç. Dr. Hakan Mete DOĞAN

İmza:

Üye :Yrd. Doç. Dr. Sezer ŞAHİN

İmza:

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Enstitü Müdürü**

15.06/2015

Prof. Dr. Mehmet Ali SAKİN

## **TEZ BEYANI**

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

**Tuncay KILIÇIN**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### NIKSAR OVASININ TARIMSAL AMAÇLI TEMEL VERİ TABANLARININ HAZIRLANMASI

Tuncay KILIÇIN

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

Danışman: Doç. Dr. Hakan Mete DOĞAN

Bu çalışmada; uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) araçları kullanılarak, Tokat ili Niksar İlçesinin yüzey toprağının (0-20 cm) önemli toprak özellikleri belirlenmiş ve uzaysal dağılımı haritalanmıştır. Çalışma alanından coğrafi referanslı 147 adet toprak numunesi 0-20 cm'den alınmış ve analizleri yapılmıştır. Bu analizlerle toprağın; tekstür (kum, silt, kil), organik madde, elektriksel iletkenlik (EC), toprak reaksiyonu (pH), kireç (CaCO<sub>3</sub>) toplam azot (N), yarıyıllı fosfor (P), potasyum (K), sodyum (Na) içerilikleri belirlenip, coğrafi referanslı XYZ veri tabanı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veri tabanı ile CBS'nin önemli mekansal analiz araçlarından biri olan ters mesafe ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak araştırma alanı için toprak değişkenlerinin raster haritaları üretilmiştir. Nokta veri tabanı ilgili raster haritalar üstüne oturtularak, iklimsel, topografik ve Landsat-8 band (piksel veya DN: dijital rakam) değişkenlerinin değerleri CBS kullanılarak çekilmiştir. Sonrasında model geliştirmek amacıyla toprak parametrelerinin kendi aralarındaki ve toprak parametreleri ile Landsat-8 uydu görüntüsü band değerleri arasındaki ilişkiler SPSS-16 istatistiksel yazılımında korelasyon analizi (Pearson) uygulanarak araştırılmıştır. Sonuç olarak, bir negatif (band-6 ve organik madde) ve iki pozitif (band-6 ve pH; band-6 ve CaCO<sub>3</sub>) ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve SPSS-16'da regresyon analizi kullanılarak modellenmiştir. Geliştirilen modellerin CBS'de çalıştırılması ile organik madde, pH ve CaCO<sub>3</sub> değişkenlerinin raster haritaları üretilmiştir. Bunlara ilaveten toprak değişkenlerinin kendi arasındaki ilişkiler araştırılmış ve yorumlanmıştır.

**2015, 87 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Niksar, Toprak özellikleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama, Modelleme, Haritalama, Enterpolasyon, IDW

## **ABSTRACT**

Master Thesis

### **PREPARATION OF THE BASIC AGRICULTURAL DATABASES OF NIKSAR PLAIN**

Tuncay KILIÇIN

Gaziosmanpaşa University  
Graduate School of Natural And Applied Science  
Department of Soil Science And Plant Nutrition

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hakan Mete DOĞAN

In this study, significant land features of surface soil (0-20 cm) of Niksar, which is a district in Tokat province, were determined and their spatial distribution was mapped by using remote sensing (RS) and geographic information system (GIS) tools. In the study area, 147 geo-referenced soil samples were taken from 0-20 cm soil depth and analyzed. With the help of these analyses, contents of texture (sand, silt, clay), organic matter, electrical conductivity (EC), soil reaction (pH), lime ( $\text{CaCO}_3$ ), total nitrogen (N), useful phosphorus (P), potassium (K), sodium (Na) were established and a XYZ point database was constituted. Using the XYZ database and inverse distance weighted interpolation (IDW) method which is one of the important spatial analysis tools of CBS, raster maps of the study area were formed. Overlaying point database on the corresponding raster maps, the values of climatic, topographic and Landsat-8 band (pixel or DN: digital number) variables were extracted by using GIS. Then, possible relationships between the soil variables and the bands' DN values were investigated by using correlation (Pearson) analysis in SPSS-16 software. One negative (band-6 & organic matter) and two positive (band-6 & pH, band-6 &  $\text{CaCO}_3$ ) relationships were found statistically significant and modelled by using regression analysis in SPSS-16. Running developed models in GIS, raster maps of organic matter, pH and  $\text{CaCO}_3$  variables were produced. In addition, the relationships among soil variables were investigated and interpreted.

**2015, 87 pages**

**Key Words:** Niksar, Soil characteristics, Geographic Information Systems, Remote Sensing, Modelling, Mapping, Interpolation, IDW

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin başından sonuna kadar çalışmalarımı yönlendiren, engin bilgisi ve deneyimlerini benden esirgemeyen her zaman yakın ilgisini ve desteğini gördüğüm danışman hocam Doç. Dr. Hakan Mete DOĞAN' a sonsuz teşekkür ederim. Yine eğitimim ve tez çalışmam boyunca bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Ekrem BUHAN ve Arş. Gör. Orhan Mete KILIÇ' a teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren, bütün hayatım boyunca olduğu gibi yüksek lisans eğitiminde de desteklerini benden esirgemeyen sevgili aileme ve özellikle tez çalışmam sürecinde her zaman yanımda olan eşim Aslıhan KILIÇİN' e teşekkür ederim.

Tuncay KILIÇİN

Haziran 2015

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
KISALTMALAR .....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ .....	ix
1.GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM .....	24
3.1. Materyal .....	24
3.1.1. Çalışma Alanı ve Genel Yapısı .....	24
3.1.2. Çalışma Alanının İklim Yapısı .....	27
3.1.3. Çalışma Alanının Bitki Örtüsü .....	28
3.1.4. Çalışma Alanının Genel Toprak Özellikleri .....	29
3.1.4.1. Büyük toprak grupları .....	29
3.1.4.2. Erozyon sınıfları .....	32
3.1.4.3. Arazi kullanım kabiliyet sınıfları .....	33
3.2. Metodoloji .....	39
3.2.1. Arazi Çalışması .....	39
3.2.2. Laboratuvar Çalışmaları .....	41
3.2.2.1. Tekstür tayini .....	41
3.2.2.2. Toprak reaksiyonu (pH) tayini .....	42
3.2.2.3. Kireç (CaCO <sub>3</sub> ) tayini .....	42
3.2.2.4. Elektriksel iletkenlik (EC) tayini .....	42
3.2.2.5. Organik madde tayini .....	42
3.2.2.6. Azot (N) tayini .....	42
3.2.2.7. Fosfor (P) tayini .....	42
3.2.2.8. Değişebilir sodyum (Na) ve değişebilir potasyum (K) tayini .....	43

3.2.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları (CBS) .....	43
3.2.3.1. Sayısal yükseklik modeli (SYM) .....	43
3.2.3.2. Genel toprak özelliklerinin sayısallaştırılması .....	46
3.2.3.3. İklim veri katmanlarının oluşturulması .....	46
3.2.3.4. Toprak değişkenleri veri katmanlarının oluşturulması .....	47
3.2.3.5. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi (IDW) .....	47
3.2.4. Uzaktan Algılama Uygulamaları (UA) .....	49
4. BULGULAR ve TARTIŞMA .....	54
4.1. Toprak Özelliklerinin Uzaysal Veri Tabanları .....	54
4.1.1. Kil, Silt ve Kum (Tekstür) .....	54
4.1.2. Toprak Reaksiyonu (pH) .....	57
4.1.3. Elektriksel İletkenlik (EC) .....	58
4.1.4. Kireç ( $CaCO_3$ ) .....	59
4.1.5. Organik Madde .....	60
4.1.6. Azot (N) .....	61
4.1.7. Fosfor (P) .....	62
4.1.8. Potasyum (K) .....	63
4.1.9. Sodyum (Na) .....	64
4.2. Bakı (yöney) ve Eğim Veri Katmanları .....	64
4.3. İklim Veri Katmanları .....	66
4.4. İstatistiksel Değerlendirmeler ve Modelleme .....	70
4.4.1. Tanımlayıcı İstatistikî Sonuçları .....	70
4.4.2. Korelasyon Analizi .....	72
4.4.3. Regresyon Analizi .....	75
4.4.4. Model Haritaları .....	78
5. SONUÇ .....	80
KAYNAKLAR .....	82
ÖZGEÇMİŞ .....	87

## KISALTMALAR

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklamalar</b>
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
GPS	Küresel Yer Belirleme Sistemi (Global Position System)
IDW	Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (Inverse Distance Weighted)
KHGM	Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (kapatılmıştır)
NDVI	Normalleştirilmiş Vejetasyon Farklılık İndeks
SAM(DEM),SYM	Sayısal Arazi Yükseklik Modeli
UA	Uzaktan Algılama
USGS	Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Ölçmeler Dairesi
UTM	Yatık Eksenli Markatör Projeksiyonu (Universal Transverse Mercator)
TÜBİTAK UZAY	TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü

## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 3.1. Niksar İlçesinin coğrafik konumu ve topoğrafik özellikleri .....	24
Şekil 3.2. Niksar İlçesi arazi varlığının cinslere göre dağılımı .....	26
Şekil 3.3. Niksar ilçesinde işlenen tarım alanlarının kullanım sınıflarına göre dağılımı	27
Şekil 3.4. Niksar İlçesinde bulunan bitki familyaları ve tür sayıları .....	28
Şekil 3.5. Büyük toprak gruplarının Niksar İlçesindeki dağılımı .....	30
Şekil 3.6. Niksar İlçesindeki su erozyon sınıflarının dağılımı .....	33
Şekil 3.7. Niksar İlçesinin arazi kullanım kabiliyet sınıflarının dağılımı .....	35
Şekil 3.8. Çalışmada uygulanan metodolojinin akış diyagramı .....	40
Şekil 3.9. Çalışma alanında toprak örneklerinin alındığı noktaların coğrafik dağılımı..	41
Şekil 3.10. Niksar İlçesinin sayısallaştırılan 1/25000'lik topografik harita paftalar ....	44
Şekil 3.11. Niksar İlçesinin Eşyüksekti Haritası .....	45
Şekil 3.12. Araştırmada kullanılan Landsat-8 arşiv görüntüsü (a) ve çalışma alanının sınırları kullanılarak kesilmiş görüntü (b).....	50
Şekil 3.13. Örnekleme noktalarına iklim ve topografya parametrelerine ait değerlerin çekilmesi.....	52
Şekil 3.14. Örnekleme noktalarına LANDSAT-8 band değerlerinin çekilmesi .....	53
Şekil 4.1. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) kum değerlerinin uzaysal dağılımı ...	54
Şekil 4.2. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) silt değerlerinin uzaysal dağılımı ....	55
Şekil 4.3. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) kil değerlerinin uzaysal dağılımı .....	56
Şekil 4.4. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) toprak reaksiyonu (pH) değerlerinin uzaysal dağılımı .....	57
Şekil 4.5. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin uzaysal dağılımı .....	58
Şekil 4.6. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) topraklarının kireç içeriliğinin uzaysal dağılımı .....	59
Şekil 4.7. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) organik madde içeriliğinin uzaysal dağılımı .....	60
Şekil 4.8. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) azot değerlerinin uzaysal dağılımı ..	61
Şekil 4.9. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) fosfor değerlerinin uzaysal dağılımı..	62
Şekil 4.10. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) potasyum değerlerinin uzaysal dağılımı .....	63

Şekil 4.11. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) sodyum değerlerinin uzaysal dağılımı .....	64
Şekil 4.12. Niksar İlçesi için üretilen bakı (Yöney) haritası .....	65
Şekil 4.13. Niksar İlçesi için üretilen eğim haritası .....	65
Şekil 4.14. Niksar İlçesinin iklim haritaları (maksimum sıcaklık (°C), minimum sıcaklık (°C), ortalama sıcaklık (°C), yağış (mm), bağıl nem (%), su buhar basıncı (hPa), güneşlenme (%), rüzgâr (m/s)) .....	68
Şekil 4.15. pH, CaCO <sub>3</sub> ve organik madde için geliştirilen modeller ve modelden tahmin edilen değerlerin gözlemlenen gerçek değerlerle karşılaştırılması ..	78
Şekil.4.16. Geliştirilen modellerden elde edilen grid haritalar ve enterpolasyon yöntemiyle üretilen grid haritaların karşılaştırılması .....	79

## ÇİZELGELER LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Toprak fraksiyonlarının sınıflandırılması (Akalan, 1977).....	4
Çizelge 2.2. Toprakların pH değerine göre sınıflandırılması (Richards, 1954; Ülgen ve Yurtsever, 1974).....	6
Çizelge 2.3. Elektriksel iletkenlik (EC), tuz oranı ve bitki gelişimi (Maas, 1986).....	6
Çizelge 2.4. Toprakların içerdikleri kireç değerlerine göre sınıflandırılması % (Ülgen ve Yurtsever, 1974).....	7
Çizelge 2.5. Tarım topraklarının içerdikleri organik maddelere göre sınıflandırılması (Ülgen ve Yurtsever, 1974) .....	8
Çizelge 2.6. Toprakta verimlik analiz sonuçlarının, N için sınır değerleri .....	8
Çizelge 2.7. Toprakta verimlik analiz sonuçlarının, P için sınır değerleri .....	9
Çizelge 2.8. Toprakta verimlik analiz sonuçlarının, K için sınır değerleri .....	10
Çizelge 3.1. Niksar İlçesindeki arazi kullanım kabiliyet sınıfları ve kapladıkları alanlar .....	34
Çizelge 3.2. Oluşturulan XYZ veri tabanına ait kısa bir kesit .....	47
Çizelge 3.3. Landsat-8 uydusu Operasyonel Arazi Görüntüleyici ve Termal Kızılötesi Sensör görüntülerinin teknik özellikler .....	51
Çizelge 4.1. Toprak değişkenleri tanımsal istatistik değerleri .....	70
Çizelge 4.2. İklim değişkenleri tanımsal istatistik değerleri .....	71
Çizelge 4.3. Topografik değişkenler tanımsal istatistik değerleri .....	71
Çizelge 4.4. Landsat-8 Band (DN) verileri tanımsal istatistik değerleri .....	72
Çizelge 4.5. Toprak değişkenleri arasındaki korelasyonlar .....	73
Çizelge 4.6. Toprak değişkenleri ile LANDSAT-8 (13 Eylül 2013) band (DN) değerleri arasındaki korelasyonlar .....	74
Çizelge 4.7. pH (bağımlı değişken) ve band6 (bağımsız değişken) doğrusal regresyon istatistiği ve geliştirilen pH modeli .....	76
Çizelge 4.8. CaCO <sub>3</sub> (bağımlı değişken) ve band6 (bağımsız değişken) doğrusal regresyon istatistiği ve geliştirilen CaCO <sub>3</sub> modeli .....	76
Çizelge 4.9. Azot (bağımlı değişken) ve band6 (bağımsız değişken) doğrusal regresyon istatistiği ve geliştirilen Azot modeli .....	77
Çizelge 4.10. Organik madde (bağımlı değişken) ve band6 (bağımsız değişken) doğrusal regresyon istatistiği ve geliştirilen organik madde modeli .....	77

## 1. GİRİŞ

İnsan aktivitelerindeki hızlı artış küresel ölçekte beklenmedik etkilere sahiptir (Vitousek 1997). İnsanlar sadece kendi aktiviteleri için dünya arazi yüzeyinin büyük bir bölümünü kullanmakla kalmayıp aynı zamanda iklim değişimine neden olacak boyutta nitrojen, karbon ve su dolaşımına hükmetmektedir. İnsanların bu aktiviteleri çevre tahribatını ve nesil tükenişlerini içeren bir olayı başlatmıştır.

Günümüzde, insan etkeninin, teknolojik gelişmelerin çevre üzerindeki etkilerinin artması, doğal kaynakların daha dikkatli bir biçimde kullanılmasını ve planlanmasını gerektirmektedir. Çevresel sorunların artması ve karmaşıklaşması, planlama sürecinde sürekli güncellenen bilgiye olan ihtiyacı arttırmıştır. Günümüzde pek çok disipline hizmet eden Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) en önemli işlevlerinden biri çevresel problemlerin belirlenmesi ve çözümü ile ilgili olanıdır. Kaynakların doğal çevreye zarar vermeden kullanılması ve yönetimi CBS kullanımı ile günümüzde daha da kolaylaşmıştır. Önemli bitki ve hayvan türlerinin her türlü özellikleri, coğrafyadaki dağılımları ve bu dağılışın iklim, toprak, eğim, bakı (yöney) ve coğrafik konum gibi bağımsız değişkenlerle ilişkileri CBS ile daha iyi analiz edilip modellenebilmektedir.

Tarımsal istatistikler, kayıt sistemleri, veri tabanları geliştirilmesi ve sağlıklı hale getirilebilmesine yönelik araştırmalar tarımsal planlama ve sürdürülebilir tarım uygulamalarında önem arz eden konulardır ve bu nedenle de AR-GE konularında önceliklidir (DPT, 2001; UBS, 2000). Veri tabanlarının geliştirilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) günümüzde hemen her kesim tarafından talep edilmekte ve kalkınma programları çerçevesinde ön planda yer almaktadır. Gelişmiş ülkelerde; tarım, orman, şehirleşme, meteoroloji, çevre, su-mineral, balıkçılık, altyapı hizmetleri, doğal afetler, vb. gibi temel yaşam kaynaklarını kapsayan uygulama sektörlerinde başarıyla kullanılan bu tekniklerin, Türkiye’de de kullanım alanları gün geçtikçe artmakta ve bölgesel bazda başarılı projeler tamamlanmaktadır (Özel ve Yıldırım, 1992; Peştamalcı ve ark., 1995; Kurucu ve ark., 2000; Doğan ve ark., 2000; Ünal ve ark., 2002; Mermer ve ark., 2002; Mermer ve ark., 2004; Doğan, 2006; Doğan, 2010; Buhan, 2010). Ancak bu tür

çalışmaların sayısı planlama aşamasında çok gerekli olan sorgulanabilir ve ulaşılabilir veri tabanlarının oluşumu için yeterli değildir ve çalışmalar arasında bir eşgüdüm de bulunmamaktadır (DPT, 2001).

Çevresel değişkenlerin içinde önemli bir yer tutan toprak özelliklerinin tüm Türkiye'yi kapsadığı harita, o zamanki adıyla Toprak Su Genel Müdürlüğü tarafından yapılmıştır. Amerika 1938 sınıflama sistemine göre 1966-1972 yıllarında kâğıt üzerine hazırlanan ve haritalama ünitesi olarak büyük toprak grupları ile bunların önemli fazlarını esas alan bu haritalar, altlık olarak 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar kullanıldığı için coğrafi koordinatlara sahip olan hali hazırdaki en kaliteli veri setidir. Bu veri seti büyük toprak grupları, toprak özellikleri, diğer toprak özellikleri, arazi tipleri, erozyon dereceleri, arazi yetenek sınıfları, şimdiki arazi kullanımı ve diğer coğrafi veriler olarak tanımlanan bilgileri içermektedir. Ancak 1938 Amerika sınıflama sistemi günümüzde terk edilmiştir. Bu veri tabanındaki bilgiler 41-47 yıl öncesine aittir. Bu nedenle haritalarda belirtilen şimdiki arazi kullanma durumu aslında 1966-1972 yıllarındaki arazi kullanım durumunu yansıtmaktadır. O tarihten bu yana arazi kullanımında ve ıslahında çok büyük bir değişim olduğu gerçeği bu verilerin güncelliğini ortadan kaldırmıştır. Bütün bunlar göz önüne alındığında; sadece (1) büyük toprak grupları, (2) erozyon sınıfları ve (3) arazi yetenek sınıfları ile ilgili bilgilerin günümüz çalışmalarında altlık olarak kullanabilecek potansiyeli vardır (Doğan ve Ark. 2013a).

Günümüzde birçok kurumun ilgi alanına giren sayısız değişkenin, coğrafyadaki dağılımları ve bunların zaman içindeki değişimleri CBS ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ile kolaylıkla izlenebilmektedir. CBS'nin bu özelliği problem alanların tespitinde araştırmacı ve karar vericilere mühim ipuçları sunmakta, yerleşim, yatırım ve koruma alanlarının daha objektif değerlendirmeler ışığında belirlenmesine imkân tanımaktadır. Bu nedenle birçok çalışmada CBS vazgeçilmez bir araç konumundadır. Bu çalışmada da CBS teknikleriyle, verimli tarım toprakları ile ılıman olan iklim yapısına sahip Niksar İlçesinin, tarımsal veri tabanının hazırlanması amaçlanmıştır.

Bu araştırmada çalışma alanı olarak seçilen Niksar, verimli tarım toprakları ve ılıman olan iklim yapısıyla önemi gün geçtikçe artan tarım toprakları içerisinde yer almaktadır.

Bu topraklarda gelecek nesiller de dikkate alınarak sürdürülebilir tarım uygulamaları için veri tabanlarının oluşturulması gerekmektedir. Tarımsal aktivitelerin doğru ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilebilmesi için toprak ve iklim özelliklerinin ayrıntılı olarak bilinmesine ihtiyaç vardır. Bu nedenle söz konusu ilçede toprak koruma tedbirleri, arazi kullanım planlaması ve arazi uygunluk sınıflamasına yön verecek şekilde CBS yardımıyla toprak ve iklim özelliklerinin tespiti ve haritalanması önem kazanmıştır.

Ayrıca Niksar ilçesi ve çevresi farklı ekosistemlerin kısa mesafeler içinde bir arada bulunması nedeniyle de büyük bir öneme sahiptir. Ekosistemlerdeki bu farklılık, alandaki çoğu bitki, hayvan ve kuş türlerindeki biyolojik çeşitliliğe neden olmaktadır. Bu da Niksar'ı tarımda olduğu gibi diğer konularda önemli kılmaktadır. Ayrıca ilçenin tarihi ve arkeolojik değerleri de bu önemi artıran başka bir noktadır. Bundan dolayı bu değerli bölge için yapılacak olan etkili ve başarılı projeler için ayrıntılı veri tabanlarına ve birçok coğrafik özelliğin aynı anda uzaysal analizlerinin yapılmasına gerek duyulmaktadır.

Bu çalışmada Niksar ilçesinin; topoğrafik verileri, iklim verileri, genel toprak özellikleri ve topraklarının tekstür (kum, silt, kil), toplam azot (N), yarayışlı fosfor (P), potasyum (K), sodyum (Na), organik madde, elektriksel iletkenlik (EC), pH ile kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) kapsamını içeren toprak değişkenleri CBS uygulamaları kullanılarak analiz edilmiş, değerlendirilmiş ve haritalanmıştır. Çalışmadaki tüm Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) katmanları Environmental System Research Institute (ESRI) tarafından geliştirilen ARCGIS programı kullanılarak üretilmiştir (ESRI, 2004; ESRI, 2005).

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Üç fazlı bir sistem olan toprağın fiziksel bileşimi, toprak kitlesinin en büyük kısmını oluşturan mineral unsurları içeren ve toprağın değişmeyen sabit özelliklerini gösteren kısmı olup genel olarak tekstür terimi ile ifade edilir. Toprak tekstürü; bir toprağın içerisinde bulunan farklı boyutlardaki toprak taneciklerinin yüzdesel oranıdır (Akalan, 1977). Toprak tekstürü, toprağın en az değişikliğe maruz kalan ve fiziksel davranışını en önemli derecede etkileyen en mühim özelliğidir. Toprağın birçok özelliğiyle ilişkili olup bunlardan; toprakta suyun tutulması ve hareketini, havalanma, ısınma, plastiklik durumu, kıvam limitleri, agregat oluşumunu, toprağın işlenebilirliğini ve besin elementi deposuna etkisi önemli derecededir. Kısaca toprak tekstürünün bilinmesi, toprağın birçok önemli özellikleri ve bunların bitki yetiştirme ile ilişkileri üzerinde çok yakından etkilidir.

Toprağın mineral parçacıkları boyut, şekil, yoğunluk ve kimyasal bileşimlerine göre ayrı ayrı sınıflandırılabilir. Fakat fiziksel yapı özelliklerine göre sınıflandırmada sadece toprak parçacıklarının boyutları temel alınır (Akalan, 1977; Tuncay, 1983). Genel olarak, 2 cm'den daha büyük boyutlardaki materyaller "taş" olarak isimlendirilir. 2 cm ile 2 mm büyüklük sınırları arasındaki materyal ise "çakıl" olarak isimlendirilir. 2 mm den küçük kısmına ise "toprak" adı verilir ve kum, silt ve kil olmak üzere üç fraksiyona ayrılır (Akalan, 1977; Tuncay, 1983). Toprak tekstürü özellikle 2 mm'den küçük çaptaki kum, silt ve kilin birbirine oranıdır (Saatçi, 1975). Toprak fraksiyonlarının uluslararası sınıflandırma sistemine göre tasnifi Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Toprak fraksiyonlarının sınıflandırılması (Akalan, 1977)

Fraksiyon	Çap/mm
Kaba kum	2-0,2
İnce Kum	0,2-0,02
Silt	0,02-0,002
Kil	<0,002

Çapları 0,02–2,0 mm arasında olan toprak taneleri kum olarak adlandırılır. Kum taneleri çiplak gözle görülebilir ve genel olarak kuvarstan oluşmuştur. Kumlu topraklar kaba bünyeli hafif topraklar olup en az % 85 kum içerirler. Kil ve organik madde içerilikleri çok düşük olduğundan, strüktürel yapıları da zayıftır ve taneler teksele yapıdadır. Bu toprakların su ve hava geçirgenlikleri iyi olup, drenaj sorunları genellikle yoktur. Kumlu toprakların besin depolama ve su tutma kapasiteleri düşük olduğundan tarımsal potansiyeli de düşüktür. Çapları 0.002–0.02 mm arasında olan toprak taneleri mil veya silt olarak adlandırılır. Toprağın en ince kısmını killer oluşturmaktadır olup bu fraksiyon 0.002 mm'den daha küçük parçacıklardan oluştuğundan oldukça yüksek oranda yüzey alanına sahiptir. Bu nedenle katyon ve su tutma kapasiteleri oldukça yüksektir. Elastikiyet ve yapışkanlık özellikleri yüksek olup, yapı (strüktür) oluşumunda kil çok önemlidir.

Toprak reaksiyonu, bir litre çözeltideki hidrojen iyonları ( $H^+$ ) konsantrasyonunun negatif logaritmasıdır ve pH birimi ile ifade edilir. Örneğin nötr bir ortamda, çözeltideki çözünmüş  $H^+$  konsantrasyonu 0.0000001 g/l'dir. Dolayısıyla nötr ortamda  $pH = -\log [0,0000001] = 7$ 'dir. Toprak reaksiyonu doğrudan veya dolaylı olarak toprak içerisinde meydana gelen birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayı önemli derecede etkiler. pH derecesi, toprakta mevcut bitki besin maddelerinin bitki için alınabilirliğinde veya toksik etkisinde önemli rol oynamaktadır. Örneğin; makro besin elementlerinden N, P, K, bitkiler tarafından alımı açısından en uygun değerler 6,5-7,5 arasındadır. Yine örneğin fosfor, 6.0'dan düşük asidik pH değerlerinde Al ve Fe ile reaksiyona girerek bitkilerce alınabilirliği sınırlandırılmış  $AlPO_4$  ve  $FePO_4$  formuna dönüşürken, 7,5'den büyük alkaline değerlerde ise kalsiyumla (Ca) ile reaksiyona girerek çözünürlüğü düşük Ca bileşiklerini oluşturur. Bu gibi nedenlerle topraktaki bitki besin maddelerinin bitkilere yararlılıkları o toprağın pH'sı ile çok yakından ilgilidir. Topraktaki bitki besin maddelerinin yararlılıkları ve gerekirse de topraktaki mikrobiyal aktiviteler için en uygun pH değerleri 6-7 arasındadır (Ünal ve Başkaya, 1981). Toprakların pH değerine göre sınıflandırılması Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Toprakların pH değerine göre sınıflandırılması (Richards, 1954; Ülgen ve Yurtsever, 1974)

Toprak Sınıfı	Kuvvetli asit	Orta asit	Hafif asit	Nötr	Hafif alkali	Kuvvetli alkali
pH	< 4.5	4.5 – 5.5	5.5 – 6.5	6.5 – 7.5	7.5 – 8.5	> 8.5

Toprakların EC değerleri topraktaki tuzluluk hakkında bilgi vermektedir. Tuzluluk; özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yıkanarak yeraltı suyuna karışan çözünebilir tuzların, yüksek taban suyuyla beraber kapillarite ile toprak yüzeyine çıkarak ve burada da suyun buharlaşma sonucu, bu tuzların toprak yüzeyinde birikmesi olarak tanımlanabilir. Bu birikme toprak yüzeyinde olabileceği gibi yüksek sıcaklık etkisiyle yüzeyden daha aşağılarda da olabilmektedir. Toprakta tuz; sodyum ( $\text{Na}^+$ ), magnezyum ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potasyum( $\text{K}^+$ ) katyonlarından birisinin klor ( $\text{Cl}^-$ ), sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ve bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) anyonlardan birisiyle bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Doğada ise en yaygın bulunan tuz sodyum klorürdür ( $\text{NaCl}$ ). Topraktaki tuz konsantrasyonu, doymuş eriyiğin elektriksel iletkenliğiyle belirlenir. Elektriksel iletkenlik, elektriksel direncin karşılığıdır.  $25^\circ\text{C}$  da 4 dS/m ve üzeri iletkenlikteki toprak, tuzlu kabul edilir (Richards, 1954). Toprakların tuzluluk sınıflarına göre bitkilerin tepkisi farklı olur. Tuz oranına göre bu bitki tepkisini gösterir özet tablo çizelge 2.3’de verilmiştir. Tuzların neden olduğu yüksek osmotik basınç bitkiler tarafından su ve besin elementi emilimini engeller. Toprakta tuzluluk, alkalilik, ağır metal toksitesi ve benzeri olumsuz stres etkileri ile bitkilerin besin elementi alınabilirliği arasında önemli etkileşimler vardır (Marschner, 1995).

Çizelge 2.3. Elektriksel iletkenlik (EC), tuz oranı ve bitki gelişimi (Maas, 1986)

EC ( $25^\circ\text{C}$ 'de mmhos/cm)	Tuz Oranı	Değerlendirme-Bitki Tepkisi
0 - 2	Düşük	Tüm bitkiler çok az zarar görür
2 - 4	Orta	Hassas bitki ve tohumlar zarar görür
4 - 8	Yüksek	Dayanıklı olmayan bitkiler zarar görür, dayanıklılar az zarar görür
8 - 16	Aşırı	Tuza dayanıklı bitkiler gelişir, çoğu bitkiler ciddi zarar görür
> 16	Çok Aşırı	Çok az bitki türü dayanıklıdır

Topraktaki kireç miktarı bitkiler için büyük öneme sahip olup, temel kireç bileşikleri; kalsiyum karbonat, magnezyum karbonat ve dolomittir. Laboratuvar koşullarında, karbonat değerlerinin % toplam  $\text{CaCO}_3$  miktarı cinsinden ifade edilir. Kireç miktarının yüksek olması kadar, çok düşük olması da bitki beslenmesi açısından engel teşkil etmektedir. Nedeni ise kalsiyumun bitki hücre duvarlarının yapısında yer almasıdır. Ayrıca topraktaki kalsiyum karbonat; toprak kırıntılılığını, biyolojik aktiviteyi artırır ve toprak profilinin yıkanmasını güçleştirir. Kireç kapsamlarına göre toprakların sınıflandırılması Çizelge 2.4’de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Toprakların içerdikleri kireç değerlerine göre sınıflandırılması % (Ülgen ve Yurtsever, 1974)

Kireç içeriği Sınıfı →	Az Kireçli	Kireçli	Orta Kireçli	Fazla Kireçli	Çok Fazla Kireçli
% $\text{CaCO}_3$ →	0 - 1	1 - 5	5 - 15	15 - 25	> 25

Genelde toprakta organik maddenin kaynağını bitkisel artıklar oluşturur. Bitkilerin toprak üstü kısımları ile kökleri toprakta kalarak toprağa organik madde sağlarlar. Bu toprağa düşen bitki artıkları ve köklerinin mikroorganizma faaliyetleri sonucu ayrışmaya uğramasıyla olmaktadır. Organik madde, toprağın su tutma kapasitesinin artırılması ve bitkilere besin maddeleri sağlaması bakımından çok önemlidir. Organik madde bitki besin maddeleri olan azot, fosfor, potasyum, kükürt, kalsiyum ve mikro besin elementlerini muhafaza eder ve bitkiler tarafından alınmasını sağlar. Yine organik madde uzun dönemde, toprak yapısını iyileştirme ile iyileştirilmiş bu yapının muhafazasını sağlayarak toprak verimliliğinin devamını da sağlamaktadır. Tarım topraklarının içerdikleri organik maddelere göre sınıflandırılması Çizelge 2.5’de verildiği gibidir (Ülgen ve Yurtsever, 1974).

Çizelge 2.5. Tarım topraklarının içerdikleri organik maddelere göre sınıflandırılması (Ülgen ve Yurtsever,1974).

% Organik Madde Miktarı	Toprağın Organik Madde Sınıfı
0 - 1	Çok az
1 - 2	Az
2 - 3	Orta
3 - 4	İyi
> 4	Yüksek

Topraktaki azotun kaynağı organik maddedir, yani toprakta kalan bitkiler ve hayvansal artıklarıdır. Bu nedenle organik maddesi az olan toprak genellikle azot bakımından fakir toptaktır. Toprak organik maddesinin çürüyüp parçalanması sonucunda meydana gelen azot, bitkiler tarafından kullanılır. Topraktaki toplam azot miktarı genellikle % 0,05-0,2 arasında değişmektedir (Çağlar, 1949; Ergene, 1972; Akalan, 1977; Ünal ve Başkaya, 1981). Organik maddenin temel yapı taşı olan N, bitki gelişimi ve kuru madde üretimi açısından birincil besindir. Dolayısıyla, vejetatif gelişme ve ürün artışı açısından N büyük öneme sahiptir. N klorofilin temel yapı taşı olduğundan bitkilerde fotosentez açısından da çok önemlidir. N ile yeterli beslenen bitkiler diğer besin elementlerinin alım ve kullanım etkinliğini de artırmaktadır. Yüksek N koşullarında ise amidlerin birikmesi sonucunda tat ve aromada bozulmalar olur, hasat ve olgunluk dönemi gecikir. (Mengel ve Kirkby, 2001; Marschner, 2008). Azot eksikliğinde bitkiler genellikle soluk açık yeşil görünüm alır, ileri dönemlerinde ise yaşlı yapraklardan itibaren sararmaya başlar. N eksikliğinde bitkide yaprak ve gövde sistemi zayıf olur, vejetatif gelişme kısa olup bitkiler erken olgunlaşır, erken çiçek acar ve erken yaşlanır (Aktaş, 1995). N için sınır değerler ise çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6. Toprakta verimlik analiz sonuçlarının, N için sınır değerleri (FAO, 1990)

Besin maddesi ve yöntemi	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok Fazla	Literatür
N, % (Kjeldahl)	<0.045	0.045-0.09	0.09-0.17	0.17-0.32	>0.32	FAO, 1990

Fosfor bitki için en önemli makro besin maddelerinden biridir. Topraktaki total P miktarı genellikle % 0,02 ile % 0,14 arasında değişmekte olup azot ve potasyum gibi diğer bitki besin maddelerine göre azdır. Derinliği 20 cm olan bir dönüm sahada 50-350 kg. kadar total fosfor (P) bulunur. Bitkilerin yararlanabildiği fosfor miktarı ise çok daha az olup bu değerlerin yaklaşık olarak % 1-2'si kadardır (Foth ve Turk, 1972; Kacar, 1984). Fosfor bitkilerin optimum büyüme ve gelişmesi için gerekli olan makro besin elementlerinden ikincisidir. Bitkide birçok fizyolojik ve biyokimyasal reaksiyonda görev almaktadır. Fosfor bitkilerde proteinler, enzimler, koenzimler, nükleik asitler ve fosfolipidlerin önemli yapısal bileşenidir. Fosfor bitkide çiçeklenme, tohum bağlama, erken büyüme ve kök oluşumunu teşvik eder, olgunlaşmayı hızlandırır, tohum/meyve üretimini artırır. Besin elementleri ve diğer bileşiklerin taşınmasında rol alır (Mengel ve Kirkby, 2001; Marschner, 2008). Toprağın verimlilik bakımından analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan, fosfor için sınır değerler Çizelge 2.7' de verilmiştir.

Çizelge 2.7. Toprakta verimlilik analiz sonuçlarının, P için sınır değerleri (FAO, 1990)

Besin maddesi ve yöntem	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok Fazla	Literatür
P, mg/kg (NaHCO <sub>3</sub> )	<2.5	2.5-8.0	8.0-25	25-80	>80	FAO, 1990

Toprakların potasyum içeriği, azot ve fosfora göre daha yüksek olup K düzeyi 20000 mg/kg'ın üzerindedir. Ancak toprakların yarayışlı K kapsamı toplam potasyumun yaklaşık % 0.1-2.0'sini oluşturur. K yer kabuğunda en fazla bulunan yedinci elementtir. Türkiye topraklarının özellikle kil içeriklerinin fazla olmasından dolayı (% 80 üzerinde) potasyumca da zengin sınıfta kabul edilmektedir. Potasyum bitkide; birçok enzim sistemini aktive eder, kök gelişimini artırarak kuraklığa direnci sağlar, hücre turgorunu sağlayarak bitkilerde su kaybını azaltır, stomaların açılıp kapanmasında görev alır, şeker ve nişastanın taşınımını artırır, protein kapsamını artırır, su ve besin elementinin taşınımını artırır, sonuçta bitkisel üretimde verim ve kaliteyi artırır. (Mengel ve Kirkby, 2001; Marschner, 2008). Potasyum için Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından belirlenen sınır değerleri Çizelge 2.8'de verilmiştir.

Çizelge 2.8. Toprakta verimlik analiz sonuçlarının, K için sınır değerleri (FAO, 1990)

Besin maddesi ve yöntem	Çok az	Az	Yeterli	Fazla	Çok Fazla
K, me 100g <sup>-1</sup> CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> )	<0.13	0.13-0.28	0.28-0.74	0.74-2.56	>2.56

Topraklarda Na genellikle çözünebilir bileşikler halinde bulunur. Sodyum klorürü (NaCl), sodyum nitrat (NaNO<sub>3</sub>), boraks, albit, diorit bulunan başlıca Na bileşikleridir. Na, özellikle tuzlu sularda fazla miktarda bulunana bir elementtir. Tarım topraklarının sodyum içerilikleri genellikle % 0.27-2.58 arasında değişmektedir. Fazla yağış alan bölgelerin hafif bünyeli topraklarında Na miktarı daha azdır. Buna karşılık kurak ve yarı kurak iklim koşullarında topraklarda Na miktarı daha fazladır. Sodyum bitkilerin; enzim aktivitesinin düzenlenmesinde rol alır, potasyum alımını düzenler, bazı durumlarda da tuzların bitkilere toksik etkisini önleyici etkide bulunur. Topraklarda 0,2 cmol/kg sodyum içeriği yeter seviye olarak kabul edilmektedir (Jackson, M.L. 1962).

Yer şekillerinin sahip olduğu eğim şartları bakıyı belirler. Yamaçların eğiminden dolayı güneşe göre konumuna bakı denir. Bakının sıcaklık üzerinde önemli bir etkisi vardır. Dağların güneşe dönük yamaçları, güneş ışınlarını daha büyük açıyla alır. Ayrıca bu yamaçlarda güneşlenme süresi daha uzun olur. Bakı haritaları kuzeye göre hesaplanan yön değerlerinin tematik aralıklar ile gösterilmesi ile oluşturulurlar. Bakı haritalarında dört ana yön ve bu ana yönler arasındaki ara yönler ve düz alanlar açısız aralık değerlerine göre gözlemlenirler.

Bilgi sistemleri gelişen teknolojiyle beraber birçok alanda etkin bir şekilde uygulanmaktadır. Pratikte çeşitli bilgi sistemleri olmasına rağmen konum referanslı sistemler coğrafi bilgi sistemlerinin asıl görev alanını oluştururlar (Yomralıoğlu, 2000). Günümüzde, doğal kaynaklar ilk sırada olmak üzere dünya üzerindeki belirli konulara ait haritalara olan talep artmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılanan (UA) görüntüler, yeryüzü Şekil ve kaynakları ile çalışan jeolog, toprak bilimci, ekolog, şehir plancıları ve arazi kullanım uzmanları gibi birçok bilim adamlarına inceleme ve detaylı haritalama için büyük avantajlar sunmaktadır. CBS, dünya yeryüzü Şekilleri ve

yeryüzünde gelişim gösteren olayları, haritaya dönüştürmek ve bunları analiz etmek için gerekli olan bilgisayar tabanlı araçlardan oluşan bir sistem olarak algılanmaktadır. CBS teknolojisi ortak veri tabanlarını bir araya getirme niteliğine sahiptir. Örneğin, haritaların sağladığı görsel ve coğrafik analiz üstünlükleri, sorgulama ve istatistiksel analizler olarak kullanıcıya sunulur. Bu niteliği CBS'yi diğer bilgi sistemlerinden farklı kılar. Bunun bir sonucu olarak; CBS, görev alanındaki olayların tanımlanmasında ve geleceğe dönük tahminlerde bulunarak stratejik planların yapılmasında kamu ve özel sektör tarafından etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Yomralıoğlu, 2000).

CBS, Coğrafya ile ilgili grafik ve grafik olmayan tüm verilerin kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayacak biçimde çeşitli kaynaklardan toplanması, depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi, yönetilmesi ve sunulması fonksiyonlarını bir bütünlük halinde yerine getiren donanım ve yazılım bileşenlerinden oluşan bir organizasyondur (DeMers, 1997; Bank, 1994; ESRI, 2004; ESRI, 2005). CBS, planlamacıların karar vermesinde yardımcı olan modellerin oluşturulmasını sağlayan analitik gücü yüksek bir araçtır ve aynı zamanda uzaysal analiz özelliği ile önceleri elde edilemeyen daha doğru ve güncel bilgileri üretme, bu bilgilere daha derin anlam kazandırma özellikleriyle geleceğin planlanmasına da yardımcı olmaktadır (Mitchell,1999).

CBS, dünya üzerinde var olan objeler ve olayları, bilgisayar ortamına aktarma, işleme, haritalama, veri tabanına dönüştürme, analiz etme ve karar vericilere en temel verileri sunmak amacıyla tasarlanmış bilgisayar tabanlı çok gelişmiş bir sistemdir. CBS, genellikle, coğrafi tabanlı bilgisayar teknolojileri ve önemli projelerde kullanılan bütünleşmiş sistemler için kullanılmaktadır. CBS son zamanlarda dünya çapında büyük bir ilgi uyandırmakta ve yeni bir disiplin olarak kabul edilmektedir (İşlem, 2004).

Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojisi, haritalama sayesinde insanlık yararına sorgulama amaçlı veri tabanlarını ve istatistiksel analizi kullanarak, bilginin sınıflandırılmasını sağlar. CBS, nesnelere ve olayları anlatmakta, sonuçları tahmin etmekte ve stratejik planlamada öne çıkmaktadır. Bu özellikleri sayesinde CBS diğer bilgi sistemlerinin önüne geçmiştir ve günümüzdeki uygulamaları hızla yaygınlaşmaktadır (İşlem, 2004; ESRI, 2004).

Altyapı, köprüler, yollar, havaalanları ve tehlikeli katı atık tesislerinde meydana gelen bozukluklar gittikçe artmaktadır. Dünyada hükümetler, altyapı kurum ve kuruluşları, özel şirketler coğrafik bilgiyi (haritaları) depolamak, yönetmek ve analiz etmek için, bilgisayar sistemlerine milyarlarca dolar yatırım yapmaktadır. CBS teknolojisi, bilgisayarların güçlenmesi, gelişmesi ve müthiş bir şekilde ucuzlamasına paralel olarak gitgide gelişmekte, büyümektedir (İşlem, 2004).

CBS'nin beş asıl bileşeni vardır. Bunlar; (1) donanım, (2) yazılım, (3) veri, (4) insanlar ve (5) yöntemlerdir. CBS'nin çalışmasını mümkün kılan bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin tamamı donanım (hardware) olarak adlandırılır. Bileşenlerden biri olan bilgisayar yanında ek donanımlara da ihtiyaç duyar. Örneğin, yazıcı (printer), çizici (plotter), tarayıcı (scanner), sayısallaştırıcı (digitizer), veri kayıt üniteleri (data collector) gibi cihazlar bilgi teknolojisi araçları olarak CBS için önemli sayılabilecek donanımlardır (Burrough, 1986; ESRI, 2004; İŞLEM, 2004; ESRI, 2005). CBS'nin yazılım (software) bileşeni, coğrafik dataları depolamak, analiz etmek ve görüntülemek gibi ihtiyaç ve fonksiyonları kullanıcıya edindirmek üzere, yüksek seviyeli programlama dilleriyle gerçekleştirilen algoritmalarıdır. Tanınmış CBS yazılımlarına örnek olarak Arc/InfoIntergraph, MapInfo, SmallWorld, Genesis, Idrisi, Grass verilebilir. Kaliteli bir CBS yazılımı, gerekli olan veri girişleri ile bu verileri işlemek için gerekli araçları bulundurmalı, veri tabanı yönetim sistemini de içerisinde bulundurmalıdır. Ayrıca konumsal sorgulama, analiz ve görüntülemeyi desteklemeli ve ek donanımlar ile bağlantılar için ara-yüz desteği içermelidir (İşlem, 2004). CBS'nin bileşenlerinde biri de "veri"dir. Grafik yapıdaki coğrafik veriler ile tanımlayıcı nitelikteki öznitelik veya tablo verileri gerekli kaynaklardan toplanabileceği gibi, piyasada bulunan hazır durumdaki veriler de satın alınabilir. CBS konumsal veriyi diğer veri kaynaklarıyla birleştirebilir. Veri kaynaklarının dağınıklığı, çokluğu ve farklı yapılarda olmaları, bu verilerin toplanması için büyük zaman ve maliyet gerektirmektedir (İşlem, 2004).

Genel olarak, CBS'de coğrafik veriler tablosal ve mekânsal olarak iki grupta sınıflandırılabilir. Tablosal verilerde, coğrafik objelerin nitelik ve konumsal durumlarını gösteren bilgiler depolanır. Mekânsal veriler ise, dünya üzerinde yer alan objelerin Şekil

ve konumlarını gösteren bilgileri içerirler. CBS coğrafik olarak ilişkisel veri modeline dayalıdır. Bu sayede tablosal veriler ile mekânsal (kartografik veya haritalara dayalı) veriler birbirine bağlanabilir. Grafikselle nesnelere harita oluşturmak için tasarlanan bilgisayar destekli kartografik sistemler gösterim amaçları için son derece mükemmel olmasına rağmen, CBS'nin sahip olduğu sorgulama gücünden yoksundurlar (DeMers, 1997; ESRI, 2004; ESRI, 2005).

CBS içerisinde yapılması mümkün olan analizlerin en önemlilerinden birisi mekânsal analizlerdir. Mekânsal analizlerin en önemli özelliği ise CBS de var olan verilerden yararlanarak yeni veriler üretmektir. CBS de giriş verisinin kaynağını haritalar, hava fotoğrafları, uydu verileri, manyetik ölçümler, küresel konum bulma sistemlerine ait veriler, arazi ölçümleri ve diğer sayısal veriler oluşturmaktadır. CBS'de değerlendirme ise ölçülen ya da elde edilen tüm verilerin belli bir standartta toplanması, sınıflandırılması ve bilgisayar ortamına aktarılması ile mümkün olmaktadır. Ancak, coğrafi değişkenlerin dünya üzerinde her noktada ölçülmesi mümkün değildir. Bu nedenle bu tür verilerin değerlendirilmesinde enterpolasyon yöntemleri uygulanmaktadır. Çalışmanın amacı, kapsamı ve detayı göz önüne alınarak seçilen bazı noktalardan ölçülen coğrafik veriler, konumsal enterpolasyon teknikleri ile tüm alana yayılmakta ve alana ait tahmin haritası elde edilmektedir (Heuvelink, 2006). Herhangi bir özelliğe ait tahmin haritalarının üretiminde, sadece ölçüm yapılan değerlerinin kullanıldığı basit enterpolasyonlar yapıldığı gibi, ölçümü yapılan veriyle konumsal ilişkisi olan farklı verilerin birlikte değerlendirilmesi ile haritaların üretilmesi mümkün olmaktadır (Başayığıt ve ark. 2008).

1990'lı senelerde Coğrafi Bilgi Sistemleri ve mekânsal veri tabanı kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bu sistemler, ABD ve Avrupa'da pek çok alandaki karmaşık problemlerin çözümünde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri, haritacılık, fotogrametri, uzaktan algılama, istatistik ve bilgisayar bilimi gibi pek çok disiplinin kesişim noktasında yer almaktadır. Bugün, pazar araştırmacıları doğal kaynak ve arazi yöneticileri, planlamacılar, vergi memurları, özel sektör ve kamu hizmetleri personeli arasında pek çok CBS kullanıcılarını görmek mümkündür (İşlem, 2004).

Günümüzde, donanım, yazılım ve veri toplama metotlarındaki teknolojilerin ilerlemesi ile CBS kurumsallaşmaktadır. Uluslararası pazarda, bütün CBS teknolojilerinin elde edilebilir olmasına rağmen, bu konu ile ilgili sistem yöneticileri ve personel o kadar kolay elde edilememektedir. Bu sebeple CBS dünyasındaki en önemli eksiklik bu sistemi kullanacak eğitilmiş personeldir (DeMers, 1997; ESRI, 2004; ESRI, 2005).

Uzaktan Algılama (UA), yeryüzünden belirli uzaklıkta, atmosferde veya uzayda hareket eden platformlara yerleştirilmiş ölçüm aletleri aracılığıyla, objelerle fiziksel temasa geçilmeden, yeryüzünün doğal ve yapay objeleri hakkında bilgi alma ve bunları değerlendirme tekniğidir (Chapman, 1996). Diğer bir deyişle objelerle fiziksel temasta bulunmadan, belirli uzaklıktan yapılan ölçümlerle, objeler hakkında bilgi edinme bilim ve sanatı olarak tanımlanabilir. UA kısa biçimde ise tele kayıt (tele-detection) ya da dünyanın gözlenmesi (earthobservation) olarak da tanımlanabilir. UA çoğunlukla görüntünün oluşturulması ile konum olarak durağan veya hareketli, uzak mesafelerden yer yüzeyinin gözlenmesinde kullanılan yöntemler, teknikler ve araçların bütünüdür (Jensen, 1996).

Dünya yüzeyindeki coğrafi verilerin toplanmasında kullanılan yöntemlerin en önemlilerinden birisi Uzaktan Algılama (UA) tekniğidir. Bu teknik yaygın olarak çok büyük alanların planlamasında doğrudan ölçülerek veri elde etmek de kullanılır. UA'nın bugün ki teknolojisinde UA verileri dijital olarak kaydedilmekte, görüntü yorumlama ve analiz işlem elemanları yardımıyla görüntülerden bilgi alınabilmektedir. Örneğin günümüzde birçok doğal kaynak haritaları UA kullanılarak yapılmaktadır. Uydu görüntüleri; birçok orman, jeoloji, topografik haritalarda, birçok arazi kullanımı ve toprak haritalarının üretilmesinde temel altlık olarak kullanılmaktadır. Günümüzde tarım arazilerinin sezon süresince düzenli aralıklarla izlenmesi, takip edilmesi, ürün verim tahminlerinde ve sorunlu alanların tespiti, UA başarısıyla kullanılmaktadır. Ayrıca kent haritalarının detaylandırılmasında ve belediyelerin kaçak arazi gelişmelerini tespit etmede uydu görüntüleri yardımıyla elde edilen verilerden faydalanılmaktadır. CBS ortamında UA tekniğinin kullanılması, geniş alanların planlanmasını ve karar vericilerin kararlarını en kısa zamanda etkili bir şekilde uygulamalarına imkân sağlamaktadır (Aronoff, 1989a; 1989b).

UA'da doğal ve yapay olmak üzere iki farklı radyasyon kaynağı kullanılmaktadır. Radyasyon kaynağı biri güneş olup bu doğal olanıdır. İkincinde ise kaynak, elektromanyetik spektrumun çeşitli dalga boylarındaki enerjiyi yeryüzüne cisimler üzerine yapay olarak gönderendir. UA'da algılama yapan sistemler birinci tür enerjiyi kaydederek fonksiyonu yürütüyorsa buna "pasif" algılama, sistemlerin kendileri cisim üzerine enerji gönderip, yansıyan enerjiyi kaydediyorsa buna da "aktif" algılama adı verilmektedir (Schanda, 1976).

UA'nın en önemli kaynağını hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri oluşturur. Yer kaynaklarının araştırılması ve yeryüzünün incelenmesi amacı ile uzaya gönderilen ilk uydu ERTS uydusudur, 1972 yılında yörüngesine Amerika Birleşik Devletleri (ABD) tarafından yerleştirilmiş ve adı daha sonra LANDSAT-1 olarak değiştirilmiştir. LANDSAT uydusunun 1972 yılında uzaya gönderilmesinden sonra 4 adet LANDSAT uydusu daha yörüngeye oturtulmuştur. İlk kuşak 3 uydudan oluşmaktadır 1993 yılında, LANDSAT 6, şanssız bir şekilde düştükten sonra LANDSAT 7 geliştirilmiş ve Mart 1999 da fırlatılmıştır. LANDSAT uydusu tekrarlı, dairesel, güneşe senkronize, kutuplara-yakın (near-polar) yörüngeye sahiptir. LANDSAT 1 - 3 uyduları için tekrar süresi 18 gündür. LANDSAT 4 - 5 için 16 gündür. LANDSAT verileri, ticari, endüstriyel, sivil, askeri ve eğitim amaçlı olarak tüm dünya çapında kullanılan bir veridir. Veri, dünya çapında değişim araştırmaları, ziraat, ormancılık, jeoloji, kaynak yönetimi, coğrafya, haritalama, su kalitesi gibi birçok geniş kapsamlı uygulamalarda kullanılmaktadır. Ağustos 2005 tarihi itibarıyla, ABD Jeoloji Araştırmalar Kurumu (USGS) yer istasyonları, Amerika arşivi için 543000 den fazla çekim gerçekleştirmiştir. Bu istasyon ağı ve uyduların üstünde bulunan kayıt solid state diskler sayesinde kayıt yapılabildiği için, bütün dünya kapsamını alabilmeye imkân vermektedir. LANDSAT verileri afet yönetimlerinde ile acil müdahale durumlarında çok değerli veriler olarak kabul edilmişlerdir. Çekim yapılmasından kısa bir süre sonra birkaç saat içinde, USGS ve EROS (Toprak kaynakları gözlem ve bilim merkezi) merkezleri verileri istenilen konu için dünya çapında sağlayabilmektedirler (USGS, 2014; Anonim 2015a).

LANDSAT 8, NASA'nın bu serideki sekizinci uydusu olup, yiyecek, su ve ormanlar gibi insan geçim kaynakları için gerekli kaynakların düzenlenmesi, izlenmesi ve

anlaşılmasında LANDSAT programının en önemli rolünün devam etmesi sağlanmıştır. LANDSAT 8, LANDSAT 7'nin yörüngesine katılmış olup çektiği göz kamaştırıcı görüntülerin yanında bilimsel verilerde sağlamaktadır. 11 Şubat 2013 de yörüngeye oturtulan LANDSAT 8 uydusu, görünür, yakın-infrared, kısa dalga infrared ve termal-infrared aralıklarında görüntü almakta olup, spektral aralığa bağlı olarak 15 ile 100 metre arasında bir orta uzamsal çözünürlüğe sahiptir (USGS, 2014; Anonim 2015a).

1960'lı yıllardan beri uydu görüntüleri elde edilmekte ve çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Günümüzde üç önemli sivil uydu sürekli olarak orta çözünürlükte veri sağlamaktadır. Bunlar LANDSAT (ABD), SPOT (Fransa) ve IRS (Hindistan). Bunlara son olarak yüksek mekânsal çözünürlüklü IKONOS ve QICKBIRD uyduları eklenmiştir. Bunlara ilaveten küresel ölçekte düşük mekânsal çözünürlüklü ancak yüksek zamansal çözünürlüklü (sık aralıklı, günde bir veya iki kez) NOAA, METEOSAT, SEAWIFS ve MODIS gibi farklı kullanımlar için tasarlanmış uydular da mevcuttur (Kılıç, 2010)

Ülkemizde ise UA teknolojisi için üretilen ilk yerli yapım gözlem uydusu, TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsünde üretilen RASAT araştırma uydusudur. Türk mühendislerince tasarlanıp geliştirilen yeni nesil modüllere sahip olan uydu, Türkiye'nin uzay teknolojileri alanında geldiği yeri bir göstergesi olarak öne çıkmaktadır. RASAT yer gözlem uydusu, TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü'nün (TÜBİTAK UZAY) BİLSAT Uydusundan sonra tasarladığı ikinci uzaktan algılama uydusudur. TÜBİTAK UZAY tarafından Kalkınma Bakanlığı desteğiyle tasarlanıp üretilen RASAT, 17 Ağustos 2011 tarihinde Rusya'dan fırlatılmıştır. RASAT, görüntü çekme işlevini başarıyla sürdürmektedir. RASAT uydusu Güneş'e eş zamanlı dairesel yörüngede, 700 km irtifada uçmaktadır. 7.5 m pankromatik, 15 m çok bantlı uzamsal çözünürlükte süpürçek (pushbroom) kameraya sahiptir. Kullanım ömrü 3 yıl olarak tasarlanan RASAT, 3 eksenle kontrol edilerek, uydudan 4 günlük yeniden ziyaret zamanı ve 30 km'lik şerit genişliği ile 960 km uzunluğunda şerit görüntülenebilmektedir. Yörünge özelliği sebebiyle Dünya'nın her yerinden görüntü alınabilmektedir. TÜBİTAK UZAY tesislerinde bulunan yer istasyonundan kontrol edilen uydu, günde 4 kez Türkiye üzerinden geçmekte olup, günlük ortalama 42

dakikalık iletişim süresine sahiptir. Kamu Kurumlarının ve Üniversitelerin UA amaçlı kullanabilecekleri RASAT görüntülerini elde edebilecekleri internet portalı (<https://www.gezgin.gov.tr>) hizmete açılmış olup bu portaldan istenilen yerin görüntüsü ücretsiz ve güncel olarak temin edilebilmektedir (TÜBİTAK UZAY, 2015).

Ülkemizde yerli UA teknolojisi, Türk mühendislerince tasarlanan ve 18 Aralık 2012 tarihinde gerçekleştirilen fırlatma operasyonu ile görev yörüngesine yerleştirilmiş olan GÖKTÜRK-2 ile devam etmektedir. Bilgisayar ve görev yazılımlarının tamamının Türkiye de Türk mühendislerce üretilen GÖKTÜRK-2 Ülkemizde özgün olarak geliştirilen ilk yüksek çözünürlüklü yer gözlem uydusu olup 2,5 metre siyah-beyaz ve 5 metre renkli çözünürlüğe sahiptir. Yaklaşık 400 kg ağırlığındaki GÖKTÜRK-2, dünyanın her noktasından 2,5 metre çözünürlükte görüntü alabilmektedir. Ayrıca istenildiğinde yeryüzünün 3 boyutlu haritalarının hazırlanmasında kullanılacak stereo görüntüleme imkânları da sunacak yüksek manevra kabiliyetine sahip olup, Uyduda TÜBİTAK UZAY tarafından geliştirilen milli uçuş bilgisayarı ve yazılımı kullanılmaktadır. GÖKTÜRK-2, Türkiye'nin kuzey sahillerinden güney sahillerine kadar uzanan yaklaşık 600 km'lik bir şeridin görüntüsünü tek geçişte indirebilecek kadar yüksek hızlı bir veri haberleşmesine de sahiptir. GÖKTÜRK-2'nin görüntü çekimi ve bunların yer istasyonlarına indirilmesi konusunda herhangi bir uluslararası kısıtlamaya tabi olmadığı bildirilmektedir (Anonim, 2015b). Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığınca işletilen GÖKTÜRK-2, Türkiye'nin savunma, çevre, şehircilik, tarım ve ormancılık alanlarında önemli ihtiyaçlarına cevap vermektedir. GÖKTÜRK-2 Uydu Sistemi ile, Türk Silahlı Kuvvetlerinin uydu görüntüsü ihtiyaçları ile birlikte diğer kamu kurum ve kuruluşlarının gözlem ve araştırma ihtiyaçları da milli imkan ve yeteneklerle karşılanmış durumdadır.

Bu çalışmanın temel öğelerinden bir diğerini oluşturan toprak; kayaların ve organik maddelerin çeşitli derecedeki ayrışma ürünlerinden meydana gelen, içinde geniş canlılar topluluğu barındıran, bitkilere durak yeri ve besin kaynağı olan ve katı yer kabuğunun, uzun zaman içerisinde belirli özellikler kazanan en üst kısmını saran doğal, dinamik bir yapıya sahiptir. (Akalan, 1977; Atalay, 2006). Toprak; (1) mineral madde, (2) organik madde (humus), (3) boşluklar olmak üzere 3 ana öğeden oluşur. Toprağın boşluk

kısmını su ve hava oluşturur. Mineral madde, toprakta en çok bulunan kısımdır. Kum, silt ve kil adı verilen çeşitli büyüklükteki taneciklerden meydana gelir. Bütün bunlar toprakta birbirine karışmış ve kümeleşmiş halde bulunurlar. Kum ve silt, daha çok toprağın havalanmasına, kil ise toprakta suyun tutulmasına, bitkilerin beslenmesine ve toprak taneciklerinin kümeleşmesine hizmet eder (Çağlar, 1949; Ergene, 1972; Akalan, 1977).

Toprağın organik maddesinin içeriğini; mikroorganizmalar, ölü bitkiler, bitki kökleri ile hayvanların atık ve artıkları oluşturur. Toprakta organik madde ile doğru orantılı olarak toprağın kalitesi verimliliği de bir o kadar yüksektir ve bitkiler de bir o kadar sağlıklı gelişir. Bunun nedeni ise organik maddenin, bitkilere gerekli olan besin maddelerini vermesidir (Akalın, 1977).

Hava ve su tüm canlılar için gerekli olan iki önemli doğal maddedir. Toprak canlılarının beslenebilmeleri ve yaşayabilmeleri için de toprağın belli miktarda su ve hava içermesi gerekir, aksi halde toprak canlılığını kaybeder (Akalın,1977; Haktanır ve Arcak, 1997; Atalay, 2006).

Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri laboratuvar analizleri ile elde edilebilmektedir. Bir takım cihazlar ve analiz metotları kullanılarak belirlenen fiziksel toprak özelliklerden bazıları; toprak tekstürü (% kum, silt ve kil miktarları), strüktür, hacim ağırlığı, özgül ağırlık, strüktür stabilitesi, su tutma kapasitesi, gözeneklilik ve infiltrasyon oranıdır. Toprakların kimyasal özelliklerinden en önemlileri; toprak reaksiyonu (pH), organik madde miktarı, kireç, tuzluluk ve alkalilik derecesi, katyon değişim kapasitesi (KDK), değişebilir katyonlar (DK), topraktaki anyonların cinsi ve miktarıdır. (Akalın,1977; Haktanır ve Arcak, 1997; Atalay, 2006).

Topraklar, içerdikleri su, organik madde miktarı, mineral bileşimi, demir oksitler, suda çözünebilir tuz, karbonatlar ile bunların doğrudan etkili oldukları toprak dokusu, toprak yapısı, toprak rengi, vb. özellikleri nedeniyle farklı yansıma değerleri verirler. Bu toprak özelliklerin yanı sıra, arazinin jeolojik yapısı, topoğrafik konumu, rölyef vb. özellikler de yansıma değerleri üstünde etkilidir ve elektromanyetik enerji karşısında ayrımlı

yansıma, absorbe, iletme ve dağıtma özellikleri verirler. Bu nedenle görünür bölgedeki toprağın spektral verileri toprağın rengine bağlıdır. Toprak organik maddesi ve toprak nem miktarı, toprak renginin koyulaşmasına ve sonuçta toprak yansımasının düşmesine neden olur (Şenol ve Dinç, 1994; Lillesand ve Kiefer, 1994; Strahler ve Strahler, 1996).

Elektromanyetik dalgaların yansıma özelliği enerjinin düştüğü yüzeye, radyasyonun dalga boyu ile radyasyonun geliş açısına bağlıdır. Toprak su içeriğinin artması, topraklarda giderek azalan bir yansıma verirken uydu görüntüleri üzerinde de koyu renkli alanlar oluşturur. Elektromanyetik enerjinin tüm yansımalarında uydu görüntüleri açık parlak renkte ortaya çıkar. Buna benzer şekilde topraklardaki organik madde içeriği de %1'in üzerine çıkarsa elektromanyetik enerji yansımaları azalır. Kil içeriği yüksek topraklar ışığı daha fazla absorbe ederler ve sonuçta daha az yansıma özelliği gösterirler. Yukarıda bahsedilen yansıma karakteristikleri toprakların birçok özelliğinin UA verileriyle belirlenebileceğini göstermektedir (Burrough, 1986; Lillesand ve Kiefer, 1994; Strahler ve Strahler, 1996).

Mathews ve ark. (1973) çok bandlı uydu verileri ile kısa zamanda ve kesine yakın doğrulukta toprak haritalarının hazırlanabileceğini değinerek ve LANDSAT MSS uydu görüntü verileri ile kireç taşı ana materyalini, kumtaşlarını, aluviyal ve koluviyal arazileri % 90-95 doğrulukta ayırt edebildiklerini bildirmişlerdir.

Yapılan bir çalışma da LANDSAT TM'in termal kızıl ötesi (10,4-12,5 µm) verileri kullanılmış ve nemli toprak yüzeylerindeki ısı kapasitesinin saptanması ve haritalanması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar yağış indeksi değerleriyle büyük uyum göstermiştir (Rosental ve ark., 1982).

Metin (1997), Eskişehir-Sivrihisar bölgesini kapsayan toprak haritasındaki bilgilerin, ham görüntüye ve UA araçlarıyla oluşturulmuş sınıflandırılmış görüntüye dahil edilmesinin getirisini araştırılmıştır. Çalışma alanına ait Toprak Kaynağı Envanter Haritası ve topografik haritalardan faydalanılmıştır. Toprak haritasındaki Arazi Kullanım Durumu, Arazi Kullanma Kabiliyeti Durumu ve toprak gruplarına ilişkin veri tabanlarını oluşturmuştur. Analiz safhasında öncelikle toprak haritasındaki bilgiler ile

işlenmemiş ham ve sınıflandırılmış görüntü arasındaki farklılıkları incelemiş, daha sonra da farklı toprak yapıları, eğim ve derinlik özellikleri ile ilişkilendirilerek sınıflandırılmış görüntüye dahil edilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Schreier ve ark. (2001), toprak verimliliği ve yapısının belirlenmesinde CBS tekniği kullanmışlardır. Çalışma sonucunda değişik üretim sistemlerinde (tarla tarımı, mera gibi) toprakta besin elementi dağılımı, erozyonla kayıp miktarını ve riskli alanları başarıyla belirlemişler ve bu tür analizlerde CBS tekniğinin çok yararlı olduğu sonucuna varmışlardır.

Aksoy ve ark. (2002), Karacabey-Ariz ve Dogla (Bursa) tarım arazilerinde sayısal yükselti modeli (DEM) kullanılarak detaylı toprak etüd ve haritalama çalışması yapmışlardır. Araştırmalarında 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita, uydu görüntüsü ve hava fotoğrafı kullanmışlardır. Araştırma bölgesinde iki farklı fizyografik ünite üzerinde altı farklı toprak serisi tanımlamış ve 27 adet haritalama ünitesi oluşturmuşlardır. Topraklar Entisol, Mollisol, Vertisol ve Inceptisol olarak sınıflandırılmıştır. Toprakların tarımsal kullanımlarını sınırlandıran faktörlerin dik eğim, sıg toprak derinliği ve yüksek kireç içerikleri olduğunu belirlemişlerdir.

Bolca ve ark. (2003), Büyük Menderes Havzasında arazi fizyografyası ile toprak taksonomik birimleri ilişkilerinin belirlenmesi üzerine çalışma yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada; arazi etüdları, laboratuvar çalışmaları ve UA tekniği kullanılarak araştırma alanında dağlık, vadi ve piedmont olarak 3 ayrımlı arazi tipi ile bunların içerisinde 10 toprak serisi saptamışlar ve bu toprak serilerini Entisol ve Inceptisol ordolarına yerleştirmişlerdir.

Başayığıt ve ark. (2004), Coğrafi bilgi sistemi kullanarak Konuklar tarım işletmesi topraklarının arazi kullanım planlamasını hazırlamışlardır. Çalışmada temel altlık materyal olarak hazırlamış oldukları toprak haritasında üç farklı eğim üzerinde 12 toprak serisi belirlemişlerdir. Çalışma alanı toprakları, toprakların sınıflandırılması ve alanda yayılım oranlarına göre en fazla % 73,9 ile Inceptisol ve sırasıyla % 19,5 ile Entisol, % 5,2 ile Vertisol olarak belirlemişlerdir.

Günesen (2008), yaptığı bir çalışmada UA ve CBS teknikleriyle, Aşağı Kelkit Havzasının önemli toprak özelliklerini haritalamıştır. Bu toprak özellikleri, toprak tekstürü (kum, kil ve silt miktarları), toprak reaksiyonu (pH), toprak organik maddesi (OM), elektriksel iletkenlik (EC), değişebilir sodyum (Na), değişebilir potasyum (K), bitkiler tarafından alınabilir fosfor (P), azot (N) ve kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) miktarıdır. Çalışmada birbirinden farklı toprak sınıflarını belirlemek amacıyla bir LANDSAT-ETM+ arşiv uydusu görüntüsünden yararlanılmış ve kontrolsüz sınıflandırması yapılmıştır. Örneklerin alınacağı noktalar bu kontrolsüz sınıflara göre seçilmiştir. Araştırma alanında toplamda 239 ayrı noktadan 0-20 cm derinlikten Küresel Konumlama (GPS) yöntemiyle koordinatlı toprak örneği alınmış ve toprak özelliklerini belirlemek için gerekli olan toprak analizleri uygulanmıştır. Bu proje kapsamında bölgenin toprak özelliklerine ait konumsal veri tabanı CBS içinde hazırlanarak kareler ağı (grid) haritalarına dönüştürmüştür. Ele alınan toprak değişkenlerinin topografya (yükselti, eğim, bakı), büyük toprak grupları, arazi kullanım kabiliyet sınıfları ve erozyon sınıflarıyla ilişkileri iki değişken korelasyon (Pearson) analizi ile incelenmiştir. Bunlardan; kum-kil (-0,833), arazi kullanım kabiliyet sınıfları-erozyon sınıfları (0,833), kum-silt (-0,636), eğim-arazi kullanım kabiliyet sınıfları (0,627), bakı-büyük toprak grupları (0,599), büyük toprak grupları-arazi kullanım kabiliyet sınıfları (0,567), organik madde-azot (0,545), büyük toprak grupları-erozyon sınıfları (0,530) ve eğim-erozyon sınıfları (0,526) arasındaki ilişkiler istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur.

Karahan (2009), CBS kullanarak, Erciyes strato volkanından püskürtülen ana materyaller üzerinde oluşmuş toprakların ve su kaynaklarının toksik element kirliliği üzerine çalışma yapmıştır. Yapılan bu çalışmada; kadmiyum, kobalt, krom, bakır, mangan, nikel, kurşun, çinko, ağır metallerinin üç farklı derinlikteki (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm ) uzaysal dağılımlarını içeren haritaları CBS teknikleri kullanarak oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda çalışma alanlarının kuzey ve orta bölgelerindeki toprak örneklerinde belirlenen ağır metal içerilikleri diğer bölgelere göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca toprakların ağır metal içerilikleri, sınır değerlerden oldukça yüksek olduğunu belirlenmiştir.

Kılıç (2010), CBS ve UA araçlarını kullanarak Orta Kelkit Havzasının bazı toprak özelliklerinin haritalanması üzerinde çalışma yapmıştır. Çalışmada; LANDSAT ETM+ uydu görüntüleri, arazi çalışması ve laboratuvar da coğrafik referanslı toprak analizleri ile elde edilen tüm verileri bir araya getirmiştir. Elde edilen tüm veriler CBS ve UA teknikleriyle analiz edilmiş, modellenmiş ve yorumlanmıştır. Böylece Orta Kelkit topraklarının uzaysal veri tabanının oluşmasını sağlayarak, toprak haritaları bulunmayan önemli toprak değişkenlerinin söz konusu bölge için sayısal ortamda haritalarını oluşturmuştur. Bu çalışmayla CBS ile UA kullanımının faydalarının bir kez daha ön plana çıkmasını sağlamıştır.

Doğan ve Aslan (2013), Aşağı Kelkit Havzasının bazı toprak özelliklerini CBS ve UA tekniklerini kullanarak haritalamışlardır. LANDSAT-ETM+ arşiv görüntülerinden oluşturulan kontrolsüz sınıflar ve CBS kullanılarak ekosistemin önemli parametrelerinden biri olan yüzey (0-20 cm) toprak özelliklerinin Aşağı Kelkit Havzasında (Tokat ilinin Niksar, Almus, Başçiftlik, Reşadiye, Erbaa ve Amasya ilinin Taşova ilçelerinde) ayrıntılı olarak incelemiş ve haritalamışlardır. Toprak özelliklerini yansıtan raster haritayı kriging (sphericalvariogram) enterpolasyon yöntemini kullanarak çalışma alanı için ilk kez oluşturmuşlardır. Bu çalışmanın sonucunda; bölgedeki tarımsal uygulamalar, çevreyle ilgili modelleme çalışmaları ve için önemlidir ve bundan sonraki modelleme çalışmaları için bir alansal veri eksikliğinin giderilmesi sağlamışlardır.

Doğan ve ark. (2013a), CBS ile Tokat İlinin toprak gurupları, erozyon sınıfları ve arazi yetenekleri sınıflarının tematik haritalarını oluşturmuşlardır. Çalışma neticesinde; Tokat ili genelinde en yaygın büyük toprak guruplarının kahverengi orman (% 60,63) ve kireçsiz kahverengi orman (% 13,62) toprakları olduğu, il genel yüzölçümünün % 93,8 nin çeşitli derecelerde su erozyonuna maruz kaldığı, il genelinde en yaygın arazi yetenek sınıflarını VII (% 54,61) ve VI (% 13,02) olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. Ayrıca erozyon sınıflarının büyük toprak gurupları içerisindeki dağılımları ile yine erozyon sınıflarının arazi yetenek sınıfları içerisindeki dağılımlarının analizlerini yapmışlardır.

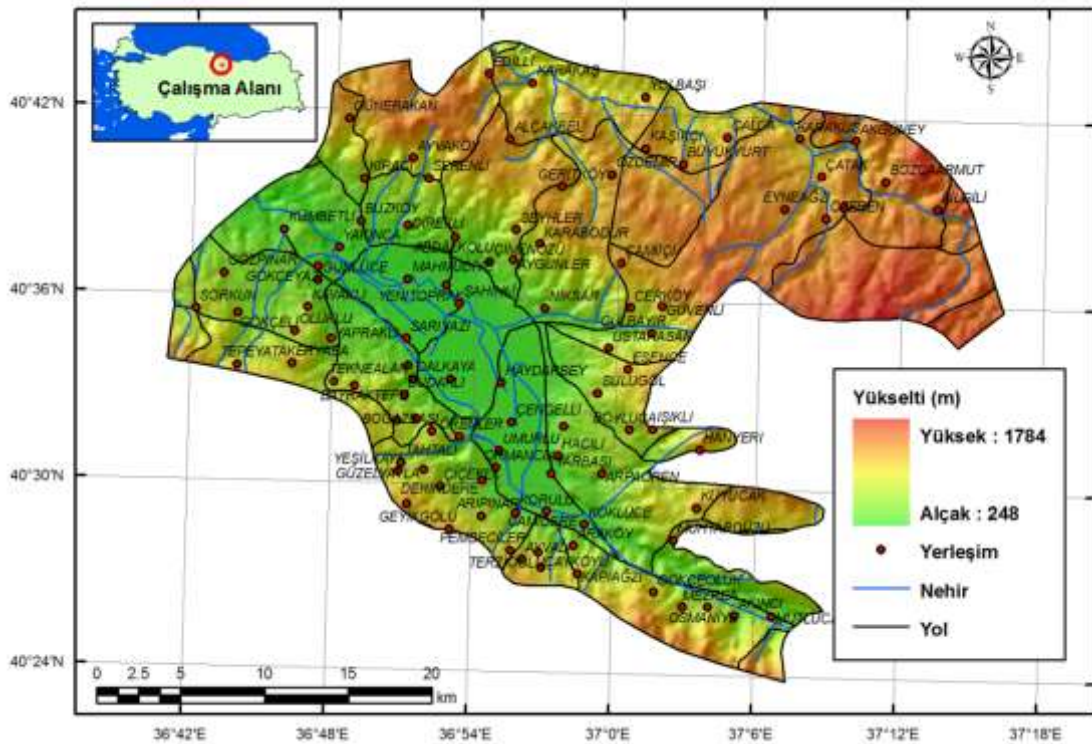
Doğan ve ark. (2013b), CBS ile Orta Kelkit Havzası'nın bazı toprak özelliklerinin ters mesafe ağırlık yöntemi (IDW) ile haritalamışlardır. Çalışma alanının tekstür (kum, silt, kil) toplam azot (N), yarayışlı fosfor (P), organik madde, elektriksel iletkenlik (EC), pH ve kireci ( $\text{CaCO}_3$ ) içeren toprak değişkenleri coğrafi bilgi sistemleri (CBS) mekansal analiz araçlardan biri olan ters mesafe ağırlık (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak haritalanmıştır. Üretilen tematik haritalar ile noktasal veriler alansal verilere dönüştürülmüştür. Elde edilen haritalar havzanın genel toprak özellikleri hakkında genel bilgi niteliğinde olup, yapılacak toprak araştırmalarında bölgede karşılaşılabilecek toprak koşulları hakkında ön bilgi sağlayacaktır. Sonuç olarak CBS içindeki mekânsal analiz yöntemlerinden biri olan IDW ile ele alınan toprak özelliklerinin haritalanması mümkün olmuştur. Bununla birlikte bu tip haritaların istatistik doğruluğunun belirlenmesi veya modellemeye yönelik yeni yöntem geliştirilmesinin gerekli olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca genel değerlendirme amaçlı çalışmalar için IDW yönteminin uygun bir yöntem olduğunu belirtmişler ve bununla beraber, yakın gelecekte modelleme çalışmalarının daha sağlıklı neticeler üretebileceğini düşünmüşlerdir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Çalışma alanı ve genel yapısı

Niksar İlçesi, Karadeniz Bölgesinin iç kesiminde yer almaktadır. Tokat, Almus, Reşadiye, Erbaa ve Ordu'nun Akkuş ilçesiyle komşu olup, yaklaşık 955 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahiptir. Niksar İlçesi deniz seviyesinden ortalama 350 metre yükseklikte 40° 35' kuzey enlemi ve 36° 58' doğu boylamı ile belirtilen lokasyonda yer almaktadır (Şekil 3.1). Niksar Orta Karadeniz'in İç Anadolu'ya bakan Canik dağlarının Kelkit vadisine inen eteklerinde, Çanakçı Deresinin iki yamacında Doğu-Batı doğrultusunda kurulmuştur. Niksar 2014 sonu itibariyle 35.694 ilçe merkez nüfusa, 64.254 toplam nüfusa sahiptir.



Şekil 3.1. Niksar İlçesinin coğrafik konumu ve topoğrafik özellikleri

Niksar, Kelkit Irmağı ile Canik Dağlarının kucaklaştığı, Karadeniz sahilleri ile Orta Anadolu'nun buluştuğu yerde, Karadeniz'i Akdeniz'e bağlayan yol üzerinde bulunduğundan dolayı tarih boyunca ekonomik ve siyasi olarak her zaman önemli bir yere sahip olmuştur.

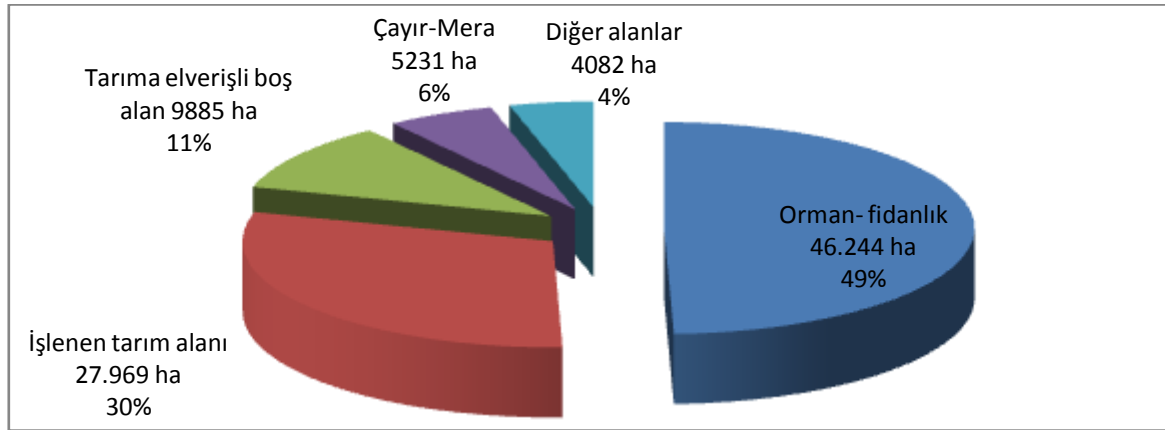
Akarsular bakımından oldukça zengin olan Niksar topraklarını Kelkit Irmağı ve bu ırmağın irili ufaklı kolları sulamaktadır. Kelkit ırmağının kısmen ıslahı ve bataklıkların kurutulması sonucunda verimli Niksar Ovası oluşmuştur. Yine bu ırmağın taşıdığı alüvyonlarla verimli topraklara sahip olan Niksar Ovası, Karadeniz Bölgesi'nin de önemli ovalarından biridir. Niksar Ovası Karadeniz sıradağlarının güneyinde Kelkit Irmağı vadisi boyunca doğu, güney-batı yönünde uzanmaktadır. Ortalama 25 km uzunluğunda, 4 km genişliğindedir. Çevresi yüksek dağlarla kaplı bu ovanın genel alanı 10275 hektardır. Kelkit Irmağı ovaya Köklüce Köyü civarında girmekte ve geniş bir yatakla ovayı geçtikten sonra tarihi Talazan Köprüsü'nden itibaren ovayı terk etmektedir. Arazinin büyük bir kısmı Kelkit Irmağının sol sahilindedir. Ovanın 8000 hektarlık bölümünde tarımsal çalışmalar yoğunudur. Devlet Su İşleri tarafından 5900 hektarlık kısmı sulamaya uygun hale getirilmiştir.

Mikro klima iklim özelliğine sahip olan Niksar ovasının, bu iklim koşulların da elverişli olması nedeniyle birçok tarım ve sanayi ürünlerinin yetiştiriciliği yapılabilmektedir. Niksar İlçesinin toprakların da yetiştirilen tarım ürünlerinin başında tahıllardan buğday, arpa, mısır ile baklagillerden nohut, mercimek ve beyaz fasulye gelmektedir. Sanayi ürünlerinden ise; şeker pancarı, tütün, ayçiçeği, ceviz, mahlep, patates ve salçalık domates üretimi yapılmaktadır. Niksar ekonomisinde ceviz, bağcılık ve mahlebin önemli bir yeri bulunmaktadır. Doğu ve İç Anadolu'dan gelen cevizler Niksar da atölyelerde işlenip iç ceviz haline getirildikten sonra yurtiçi ve yurtdışı pazarlara satılarak Niksar ekonomisine büyük girdiler sağladığı gibi istihdam konusunda da büyük katkılar sağlamaktadır. Ceviz gibi bağcılıkta Niksar için önemli bir yere sahiptir. Salamuralık yaprağı, bölge piyasasında ün kazanmıştır. Yöreye özel bir ürün olan mahlep işlenerek tamamı dışarıya pazarlanmakta ve ekonomiye katkı sağlamaktadır.

Niksar ekonomisine yemeklik patates, salçalık domates, şeker pancarı, tütün ve soğan üretimi de büyük ekonomik girdiler sağlamaktadır. Niksar çevresinin ormanlarla kaplı olması nedeniyle orman ürünlerinden mantar, ıhlamur, kuşburnu ve buna benzer orman bitkilerinin de Niksar ekonomisine katkıları bulunmaktadır.

Küçük ve büyük baş hayvan besiciliğinin de Niksar'ın ekonomisinde büyük yeri vardır. Besisi yapılan büyük ve küçükbaş hayvanlar yurtiçi pazarlarında satılmakta ve ekonomiye girdi sağlamaktadır. Niksar yöresi hayvan pazarında merkezi bir konumunda olduğundan bu sektör senenin her mevsiminde canlılığını korumaktadır.

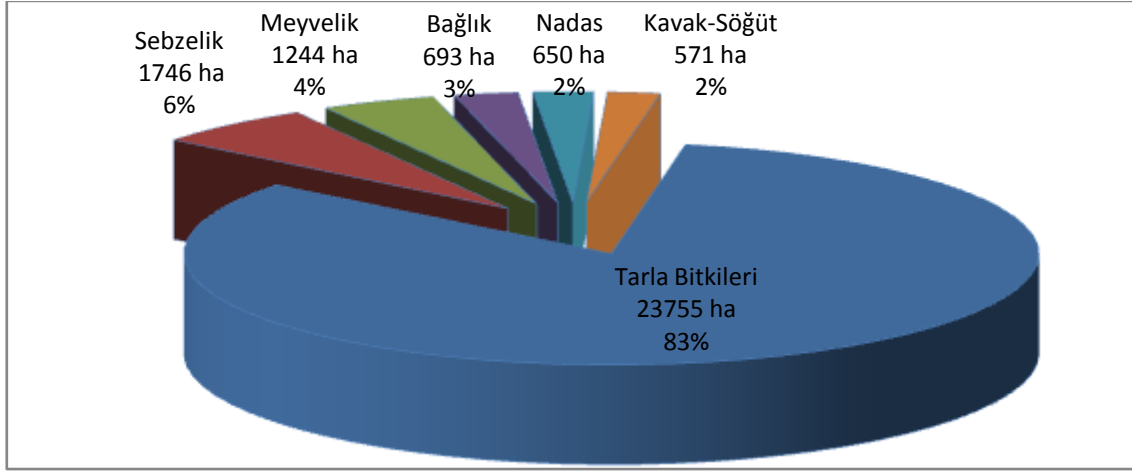
Niksar İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nün 2014 verilerine göre; İlçenin toplam arazi varlığının % 30'unu yani 27969 hektarlık kısmını, işlenen tarım arazisi oluşturmaktadır. İlçede en fazla alanı orman ve fidanlık alanlar (% 49) kaplamaktadır. Kalan arazileri de sırasıyla tarıma elverişli boş araziler (% 11), çayır ve mera arazileri (% 6) ve diğer araziler (% 4) izlemektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Niksar İlçesi arazi varlığının cinslere göre dağılımı.

İlçenin yüzölçümünün yaklaşık % 41'ni tarıma elverişli araziler oluşturmaktadır. Bu arazinin 27969 hektarlık kısmı işlenmektedir. Toplam tarım alanının 17459 hektarı sulamaya elverişlidir. Ekonomik olarak sulanan arazi miktarı ise 10459 hektardır. İşlenen toplam tarım alanının (27969 ha) kullanım sınıflarına göre dağılımı ise Şekil

3.3’de özetlenmiştir. Tarımsal amaçlı kullanılan arazilerin en büyük kısmını görüldüğü üzere tarla bitkileri ( % 83) kapsamaktadır. Bunu sırasıyla sebzelik, meyvelik, bağlık, nadas ve kavak-söğüt alanları izlemektedir.



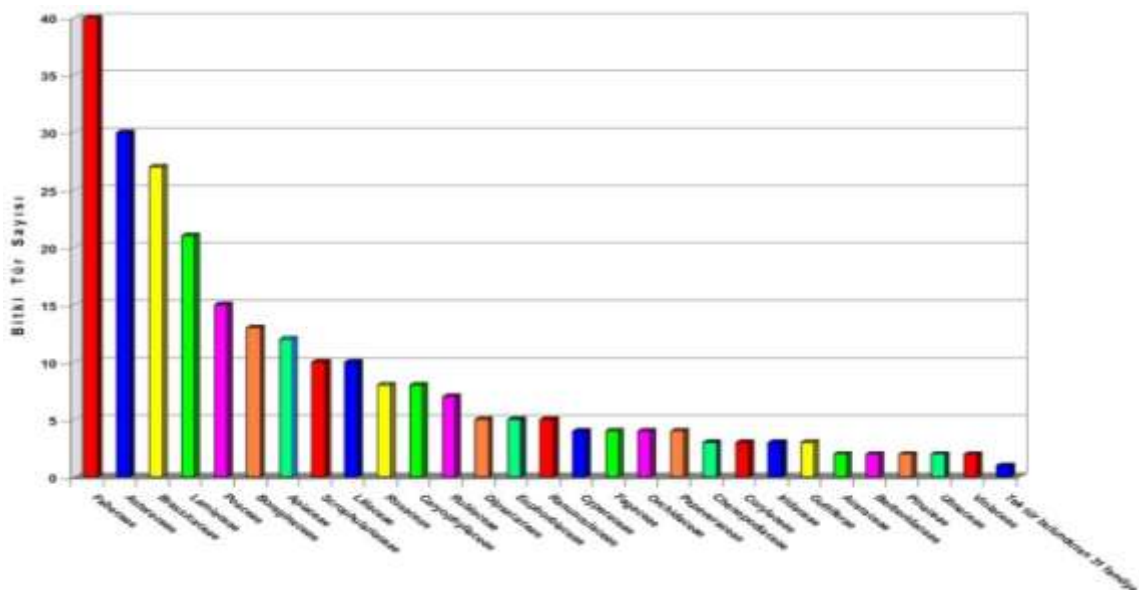
Şekil 3.3. Niksar ilçesinde işlenen tarım alanlarının kullanım sınıflarına göre dağılımı

### 3.1.2. Çalışma Alanının İklim Yapısı

İklim önemli ekosistem bileşenlerinden biri olup Niksar İlçesinde Orta Karadeniz Bölümü iklimiyle, İç Anadolu İklimi arasında bir geçiş iklimi görülür. Bu nedenle çalışma alanının da her iki iklim özelliğini de görmek mümkündür. Ayrıca çalışma alanının jeomorfolojisi, topografik yapısı da bölgenin iklimi üzerine etkili olmaktadır. Araştırma alanında kışlar genellikle ılık ve yağışlı, yazlar sıcak geçer. Her ay yağış alan ilçenin yıllık yağış ortalaması 563 mm, yıllık sıcaklık ortalaması ise 13,9 °C’dir. Bu durum bölgedeki bitki çeşitliliğini artıran en önemli etkenlerden birisidir. Bu çalışmada uzun yıllar ortalamaları dikkate alınarak araştırma alanının iklimi detaylı olarak belirlenmiş ve iklim veri katmanları oluşturulmuştur. Oluşturulan iklim haritaları raster formatında olup; maksimum sıcaklık (°C), minimum sıcaklık (°C), ortalama sıcaklık (°C) ve yağış (mm), bağıl nem (%), su buhar basıncı (hPa), güneşlenme (%), rüzgâr (m/s) katmanlarını içermektedir.

### 3.1.3. Çalışma Alanının Bitki Örtüsü

Fitocoğrafik bakımdan, çalışma alanı Euro-Siberian (Avrupa-Sibirya) ve Irano-Turanian (İran-Turan) bölgelerinin kesiştiği bir yerde bulunmaktadır. Davis'in grid sistemine göre (Davis, 1965-1988; Davis, 1971); bu alan A6 ve A7 grid kareleri içinde yer almaktadır. Toplam 955 km<sup>2</sup> alanı kapsayan Niksar ilçesinde, TÜBİTAK Türkiye Bitki Veri Tabanında belirtildiği şekliyle toplam 287 takson bulunmuştur. Toplam 59 familya, 192 Cins ve 285 tür mevcuttur (TUBİVES, 2003). En fazla bitki türünü toplam 40 tür ile *Fabaceae* familyası bulundurmaktadır. Bunu 30 türle *Asteraceae*, 27 türle *Brassicaceae*, 21 türle *Lamiaceae*, 15 türle *Poaceae*, 13 türle *Boraginaceae*, 12 türle *Apiaceae*, 10 türle *Liliaceae* ve *Scrophulariaceae*, 8 türle *Caryophyllaceae* ve *Rosaceae* ve 7 türle *Rubiaceae* familyaları izlemektedir. *Dipsacaceae*, *Euphorbiaceae* ve *Ranunculaceae* familyaları 5'er tür; *Cyperaceae*, *Fagaceae*, *Orchidaceae* ve *Papaveraceae* familyaları 4'er tür, *Chenopodiaceae*, *Corylaceae*, *Iridaceae* ve *Guttiferae* familyaları 3'er tür; *Aceraceae*, *Berberidaceae*, *Pinaceae*, *Ulmaceae* ve *Violaceae* familyaları 2'şer tür; geriye kalan 31 familya ise birer tür bulundurmaktadır (Şekil 3.4). Ancak bu alana çok yakın olan Amasya-Tersakan Vadisinde yapılan en son flora çalışmasına göre bölgede toplam 456 bitki tür ve alt türüne (taxa) rastlanmıştır (Celep ve ark.,2006).



Şekil 3.4. Niksar İlçesinde bulunan bitki familyaları ve tür sayıları

Bölgede Akdeniz ikliminin göstergesi olan (örneğin makiler) türlere rastlanmaktadır. Karaçam, sarıçam, köknar, gürgen ve sedir gibi ağaç türleri bölgede en yaygın olanlarıdır. Bu ağaç türlerinin içerisinde yer yer fındık, kızılıçık, yabani erik, elma, ahlat, alıç, gibi türlere de rastlamak mümkündür (Karaer, 1994).

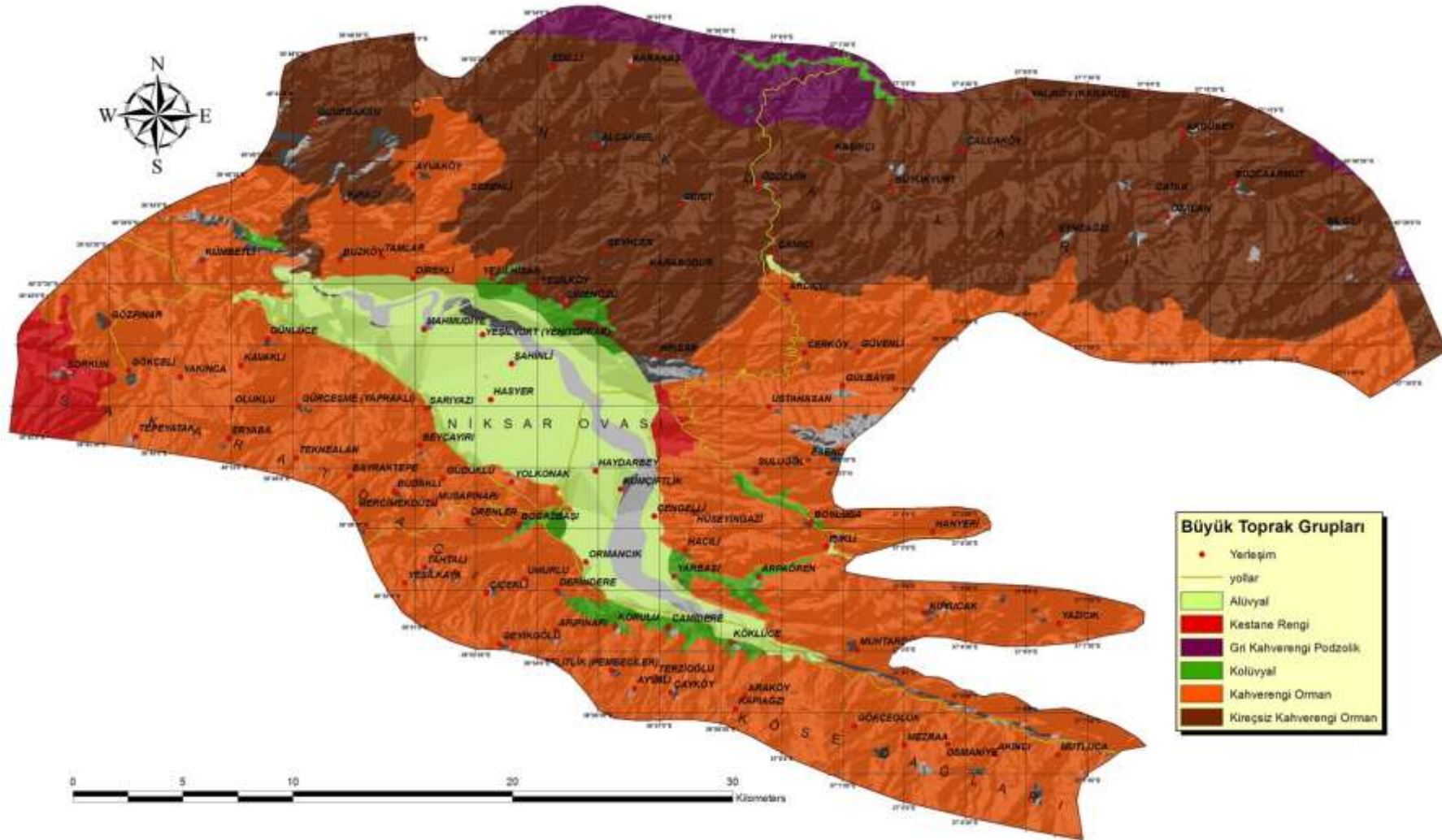
Niksar'ın kuzeyindeki yüksek kesimlerinde genellikle kayın, çam, gürgen, ladin; alçak düzlüklerde kavak ve söğüt; ovada otsu bitkiler; vadiler de ise meyvelikler bitki örtüsünü oluştururlar. Niksar'da Orta Karadeniz Bölümü İklimiyle, İç Anadolu İklimi arasında bir geçiş iklimi görülmekte olması, bölgedeki bitki tür çeşitliliğini arttıran en önemli etkenlerden birisidir. Yaban hayatı yönünden bakıldığında dağ ve ormanlarda yaşayan başlıca av hayvanları sansar, tavşan, kurt, tilki, vaşak, ayı ve domuzdur. Kuş türleri içinde ise keklik, yaban ördeği ve bıldırcın önemli yer tutar.

#### **3.1.4. Çalışma Alanının Genel Toprak Özellikleri**

Niksar İlçesi'nin genel toprak özelliklerinin sayısallaştırılması için 1/25000 ölçekli, o zaman ki adı Toprak Su Genel Müdürlüğü (Anonim 1970) olan kurum tarafından geliştirilen toprak haritalarından yararlanılmıştır (KHGM, 2002). Elde edilen sayısal toprak haritasının veri tabanı içeriği; (1) Büyük Toprak Grupları, (2) Erozyon Sınıfları ve (3) Arazi Kullanım Kabiliyet sınıflarından oluşmaktadır.

##### **3.1.4.1. Büyük toprak grupları**

Araştırma alanında altı büyük toprak grubu bulunmaktadır. En fazla alan kaplayandan en az alan kaplayana doğru sırasıyla; Kahverengi Orman, Kireçsiz Kahverengi Orman, Alüvyal, Kolüvyal, Kestanerengi ve Gri Kahverengi Podzolik toprak gruplarıdır. Büyük toprak gruplarının Niksar ilçesi içindeki dağılımı Şekil 3.5'de verilmiştir. Niksar İlçesi Büyük Toprak Grupları haritasında da görüleceği üzere ilçenin en büyük kısmını Kahverengi Orman toprakları oluşturmuş olup ilçenin orta ve güney kısımlarına hâkimdir. Kireçsiz Kahverengi Orman topraklarına ise ilçenin kuzeyinde görülmektedir.



Şekil 3.5. Büyük toprak gruplarının Niksar İlçesindeki dağılımı

Alüvyal topraklar Kelkit Irmağı hattı boyunca Niksar Ovasının bulunduğu alanda yer almaktadır. Kolüvyal topraklara ise ova çevresindeki küçük bölümlerde rastlanmaktadır. Kestanerengi topraklar ilçenin en batısında ve Niksar Ovasının hemen doğusunda olmak üzere iki belirgin alanda gözlemlenmektedir. Gri Kahverengi Podzolik Büyük Toprak Grubuna giren alanlar ise en az alanı doldurmakta ve ilçenin kuzey ucunda Niksar ilçesi Karakaş, Edilli ve Kaşıkçı köylerinin kuzey hattı boyunca Ordu İl sınırına kadar olan alanda görülmektedir.

Kahverengi Orman ve Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları; Ilıman kuşakta, yaprağını döken orman alanlarında görülmekte olup, organik madde üst toprağa karışmış durumdadır. Karbonatlar yağışın fazla olduğu yerlerde yıkanarak topraktan uzaklaşır, bundan dolayı da asit reaksiyonlu (pH değeri 7'den düşük) kireçsiz topraklar olarak da adlandırılmaktadırlar. Yağışın az olduğu alanlarda ise karbonatlar B horizonunda birikir. Hafif alkalin reaksiyon gösteren bu topraklar (pH değeri 7'den büyük) kireçli orman toprakları olarak isimlendirilir. Bu topraklarda toprak yüzeyinde bitki artıklarının ayrışması, topraktan uzaklaşan bitki besin maddelerinin tekrar toprağa dönmesini sağlar (Anonim, 1997; Atalay, 2005; Atalay, 2006).

Alüvyal Topraklar; akarsuların taşıdığı ince malzemelerin akarsuların yayıldığı alanlarda birikmesiyle oluşan topraklardır. Profillerinde horizonlaşma ya hiç yok ya da çok az belirgindir. Mineral bileşimleri akarsu havzasının litolojik bileşimi ile jeolojik periyotlarda yer alan toprak gelişimi sırasındaki erozyon ve birikme devirlerine bağlı olup heterojendir. İklim, drenaj ve kullanma tarzına göre organik madde miktarları geniş bir değişiklik gösterir. Yüzey nemli ve organik maddece zengindir. Sürekli olarak taşkına uğrayan alanlarda devamlı malzeme birikmesi, alüvyal malzemenin ayrışmasını ve toprak yüzeyinden yıkanan maddelerin altta birikmesini engeller. Ancak uzun süre taşkına uğramayan alüvyon üzerinde, alüvyonun aşınması ile sığ da olsa A horizonu gelişir (Anonim, 1997; Atalay, 2005; Atalay, 2006). Bu toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini, alüvyal malzemenin kaynaklandığı sahalardan gelen malzemenin fiziksel ve kimyasal özellikleri tayin eder (Atalay, 2005). Suda yüzer halde taşınan killerin biriktiği art bataklık depolarında ağır bünyeli alüvyal topraklar egemendir. Buna karşın Kelkit Irmağı'nın kenarında suların yataktan taşarken biriktirdikleri kumlu malzemeler

üzerinde (doğal setler) de kumlu topraklar baskındır (Anonim, 1997). Özetlenecek olursa, drenajın iyi olduğu alüvyal topraklar, besin maddeleri bakımından zengindir ve tarıma uygun toprakları oluştururlar. Niksar da yoğun tarım alanlarında bu toprak grubu ile Kolüvyal toprak grubu üzerindedir.

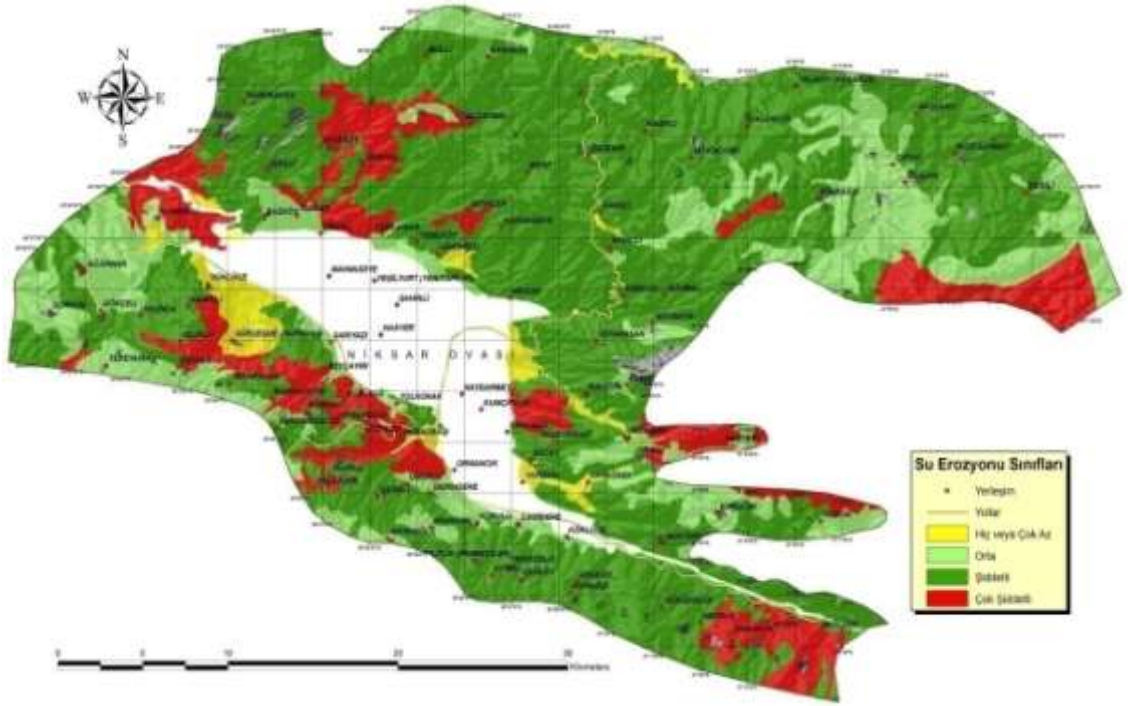
**Kestanerengi Topraklar;** Bu toprak tipi Orta Kuşakta karaların iç kesimlerinde hüküm süren yarı kurak iklim ve bozkır (step) ile uzun boylu bozkır sahalarının karakteristik toprağıdır (Kılınç ve Kutbay, 2012). Yağış azlığından dolayı alt toprakta karbonatlar birikmiştir. Bu bakımdan toprak besin maddeleri bakımından oldukça zengin sayılabilir. Organik madde toprağa iyice karışmış durumda olup genellikle hafif alkalın veya alkalın reaksiyon gösterir. Bu topraklar genelde step sahasının biraz daha nemli olan kesimlerinde uzun boylu çayırlar ve gür olmayan orman altında gelişme gösterir. Bu topraklarda karbonat birikim zonu kahverengi topraklara nazaran biraz daha derinde bulunur (Anonim, 1997; Atalay, 2005; Atalay, 2006).

**Gri Kahverengi Podzolik Topraklar;** ABC profili hafif podzollaşmış topraklardır. Doğal bitki örtüsü çoğunlukla yaprak döken ormandır. Yüzeylerinde ince çürümüş yaprak katı, bunun altında koyu grimsi kahverengi granüller, 5-10 cm kalınlıkta humus katı bulunur. Humus katı, geçişli olarak grimsi-kahverengi mineral A1 horizonuna dönüşür. A1 horizonunda organik madde mull şeklindedir. A2 horizonları gri veya sarımsı kahverengi 12,5-30 cm kalınlıktadır. B horizonunun üst kısmı sarımsı kahverengiden açık kırmızımsı kahverengiye kadar değişir. Silikat killerinin birikmesi nedeniyle bünye A horizonundan daha ağır olup çoğunlukla blok yapıdadır (Anonim, 1997; Atalay, 2005; Atalay, 2006).

#### **3.1.4.2. Erozyon sınıfları**

Niksar ilçesinde rüzgâr erozyonu görülmemektedir, ancak KHGM verilerine göre ilçe alanının büyük bir kısmı çeşitli derecelerdeki su erozyonundan etkilenmektedir. KHGM temel olarak toprak haritalarında kullandığı erozyon sınıfları; (1) hiç veya çok az erozyon, (2) orta derecede erozyon, (3) şiddetli erozyon ve (4) çok şiddetli erozyon sınıflarıdır (Anonim, 1997). Bu erozyon sınıflarına göre, Niksar ilçesindeki erozyon

derecesi haritası Şekil 3.6’da verilmiştir. Bu haritadan da görüldüğü üzere, en büyük alanı şiddetli derecedeki su erozyonu sınıfı kaplamaktadır, bunu orta derecede su erozyonu sınıfı izlemektedir. Haritada kırmızı ile gösterilen çok şiddetli su erozyonu sınıfları, Niksar Ovası’nın etrafında ve ilçenin batı kesimlerinde yer almaktadır. Sarı ile gösterilen hiç veya çok az su erozyonu sınıfı ise Niksar Ovasının çevresinde eğimi az alanlarda dağılım göstermektedir.



Şekil 3.6. Niksar İlçesindeki su erozyon sınıflarının dağılımı

### 3.1.4.3. Arazi kullanım kabiliyet sınıfları

KHGM tarafından arazi kabiliyet sınıfları, toprakların tarımsal değerini I ile VIII arasında sekiz sınıf içinde tanımlamaktadır. I ve IV arasındaki arazi kullanım kabiliyet sınıfları işlemeli tarıma uygun olan arazileri kapsamaktadır. V ile VII arasındaki sınıflar işlemez tarım için uygun olan arazileri belirtmektedir (Anonim, 1997). VIII sınıf ise tarıma uygun olmayan arazileri göstermektedir. KHGM verilerine göre Niksar'ın arazi kullanım kabiliyet sınıfları ilk VII sınıfa giren arazilerden oluşmaktadır ve Niksar ilçesinin arazi kullanım kabiliyet sınıflarını gösterir Çizelge 3.1'de verilmiştir. En geniş

alanı VI. sınıf araziler (50048,48 ha) oluşturmaktadır. Görüldüğü gibi tarımsal açıdan değerli olan I, II, III ve IV. sınıf araziler 23987,26 ha alan kaplamaktadır, ilçenin % 25,12'lik bir kısmını oluşturan bu kıymetli tarım arazilerinin mutlaka korunması gerekmektedir. Niksar İlçesinin Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıflarının alansal dağılım haritası Şekil 3.7'de verilmiştir. Genel olarak I ve II sınıf araziler Niksar Ovası ve çevresinde yoğunlaşmıştır. III ve IV sınıf araziler ilçenin batı, güney doğu, kuzey doğu ve Niksar Ovası çevresindeki az engebeli bölgelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. V ve VI. sınıf araziler engebeli ve yüksek alanlarda yoğunlaşmaktadır. VII. Araziler ise ya engebeli alanlarda ya da Kelkit Irmak yatağının kenarlarındaki drenajı kötü olan küçük alanlarda olduğu gözlemlenmektedir. VIII sınıf araziye rastlanmamıştır.

Çizelge 3.1. Niksar İlçesindeki arazi kullanım kabiliyet sınıfları ve kapladıkları alanlar

Arazi kullanım kabiliyet sınıfları	Alan (ha)	İlçe İçinde (%)
VI	50048,48	52,41
V	17571,23	18,40
IV	8149,10	8,53
I	7705,61	8,07
III	4835,23	5,06
II	3297,32	3,45
Su Yüzeyleri	2865,00	3,00
VII	1028,03	1,08
Toplam	95500,00	100,00



Arazi kullanım kabiliyet sınıflarının tipik özelliklerini aşağıda verildiği gibi özetleyebiliriz (Anonim 1970, Anonim 1997).

I. Sınıf Araziler; toprakların kullanılmasını kısıtlayan, hafif derecede bir veya iki sınırlandırması olabilir. Düz veya düze yakın bu arazilerde su ve rüzgâr erozyonu zararı yok ya da çok azdır. Derinliği fazla olan bu toprakların drenajları iyidir. Tuzluk, sodiklik (alkalilik) ve taşlılık gibi sorunları yoktur. Su tutma kapasiteleri yüksek ve verimlilikleri iyi olup geniş bir bitki seçim aralığına sahiptirler. Gübrelemeye iyi cevap verirler. Çok üretken olup, geniş bir bitki seçim aralığına sahiptirler. Kültür bitkileri yetiştirilmesinde olduğu kadar, çayır, mera ve orman içinde güvenli olarak kullanılabilirler. Topraklar kolay işlenmekte olup; gübreleme, kireçleme, örtü ve yeşil gübre bitkileri yetiştirilmesi, bitki artıkları ve hayvan gübrelerinin korunması, adapte olmuş bitkilerin münavebeye alınması gibi olağan amenajman işlemlerinden bir veya birkaçının uygulanmasına ihtiyaç gösterirler.

II. Sınıf Araziler; toprağın kötüleşmesini engellemek veya işleme sırasında hava ve su ilişkilerini iyileştirmek için yapılan koruma uygulamalarını içeren dikkatli bir toprak yönetimini gerektiren arazilerdir. Sınırlandırmalar az ve uygulamalar kolayca yerine getirilebilir cinstendir. Bu sınıftaki toprakların sınırlandırmaları;

- Orta derecede su ve rüzgâr erozyonuna maruzluk veya geçmişteki erozyonun orta derecede olumsuz etkileri,
- İdealden daha az toprak derinliği, biraz elverişsiz toprak yapısı ve işlenebilirliği,
- Hafiften ortaya kadar değişen, kolayca düzeltilebilen fakat yinede görülebilir tuzluluk ve sodiklik,
- Ara sıra görülen taşkın zararı,
- Drenajla düzeltilebilir fakat sürekli olarak orta derecede bir sınırlandırma şeklinde var olan yaşlık,
- Toprak kullanma ve idaresi üzerindeki hafif iklimsel sınıflandırmaların tek tek veya kombinasyon halindeki etkilerini içerir. Bu sınıftaki topraklar çiftçiye bitki seçimi ve amenajman uygulamaları bakımından I. Sınıftan daha az serbestlik sağlar Topraklar kültür bitkileri, çayır, mera ve orman için kullanılabilir.

III. Sınıf Araziler; Kùltür bitkileri için kullanılmaları gerektiğinde, koruma önlemleri almak ve alınan önlemlerin sürekliliğini sağlamak oldukça zordur. Kùltür bitkileri tarımına alınabilecekleri gibi çayır, mera ve orman arazisi olarak da kullanılabilirler. Fakat sınıflandırmalar bitki seçimini, ekim, dikim hasat zamanı ve ürün miktarını etkiler. III. Sınıf arazilerde şu sınırlandırmaların bir veya birkaçı bulunabilir;

- Orta derecede eğim,
- Şiddetli su veya rüzgâr erozyonuna maruzluk yahut geçmişteki erozyonun şiddetli olumsuz etkileri
- Ürüne zarar veren sık taşkınlar,
- Alt toprakta çok yavaş geçirgenlik
- Drenajdan sonraki yaşlılık veya bir süre devam edecek göllenme,
- Sığ kök bölgesi,
- Düşük rutubet tutma kapasitesi,
- Kolayca düzeltilemeyen düşük verimlilik,
- Orta derecede tuzluluk ve sodiklik.

Bu sınıftaki yaş veya yavaş geçirgen fakat hemen hemen düz toprakların çoğu, işlendiğinde drenaj ve toprağın yapısı ile işlenebilirliğini sürdürecektir bir ürün yetiştirme sistemini gerektirir. Balçıklaşmanın önüne geçmek veya geçirgenliği iyileştirmek için bu topraklara organik madde ilave etmek ve yaş olduklarında toprak işlemeden kaçınmak gerekmektedir. Sulanan alanlardaki III. sınıf arazi topraklarının bir kısmı yüksek taban suyu, yavaş geçirgenlik, tuz veya sodyum birikmesinden dolayı sınırlı olarak kullanılabilir. Kùltür bitkileri tarımına alınabilecekleri gibi çayır, mera ve orman arazisi olarak da kullanılabilirler.

IV. sınıf araziler; dik eğim, şiddetli su veya rüzgâr erozyonuna maruzluk, geçmişteki erozyonun şiddetli olumsuz etkileri, sığ toprak, düşük rutubet tutma kapasitesi, ürüne zarar veren sık taşkınlar, uzun süren göllenme veya yaşlılık, şiddetli tuzluluk ve sodiklik gibi özelliklerden bir veya birkaçının sürekli etkilemesi sonucu, kùltür bitkileri için kullanımı sınırlı olup, işlendiklerinde daha dikkatli bir yönetim gerektirirler. Çayır, mera ve orman için kullanılacakları gibi, gerekli önlemlerin alınması halinde, iklime adapte olmuş tarla veya bahçe bitkilerinin bazılarının yetiştiriciliği içinde kullanılabilirler.

V. sınıf Araziler; yetişecek bitkiyi kısıtlayan ve kültür bitkilerinin normal gelişmesini önleyen sınırlandırmalara sahiptir. Bunlarda topografya hemen hemen düzdür. Toprakların, sık sel basması nedeni ile sürekli olarak yağ ya da çok taşlı veya kayalıdır. Sık taşkınlara maruz kalan taban arazilerle düz veya düze yakın eğime sahip, çok taşlı veya orta derecede kayalı araziler, ya da drenaj bakımından kültür bitkileri tarımına elverişli olmayan, fakat suyu seven ot ve ağaçların yetişmesine uygun göllenme alanları bu sınıfa örnek olarak gösterilebilir. Tarla ve bahçe bitkileri kültürüne uygun olmamakla birlikte çayır ıslahı yapmak veya iyi bir idare ile uygun ağaç türleri yetiştirmek sureti ile bu arazilerden kazanç sağlanabilir.

VI. Sınıf Araziler; bu sınıfa giren toprakların fiziksel koşulları, gerektiğinde tohumlama, kireçleme, gübreleme ve kontur karıkları, drenaj hendekleri, saptırma yapıları ve su dağıtıcıları ile su kontrolü gibi çayır veya mera iyileştirmelerinin uygulanmasını pratik kılar. Bu sınıftaki toprakların; orta derecede eğim, dik eğim, ciddi erozyon zararı, geçmişteki erozyonun olumsuz etkileri, taşlılık, sık kök bölgesi, aşırı yaşlık veya taşkın, düşük rutubet kapasitesi, tuzluluk veya sodiklik gibi düzeltilemeyecek sürekli sınırlandırmaları vardır. Bu sınırlandırmaların biri veya daha fazlası nedeniyle, bu topraklar genellikle kültür bitkilerine uygun değildir, fakat çayır, mera veya orman için kullanılabilir.

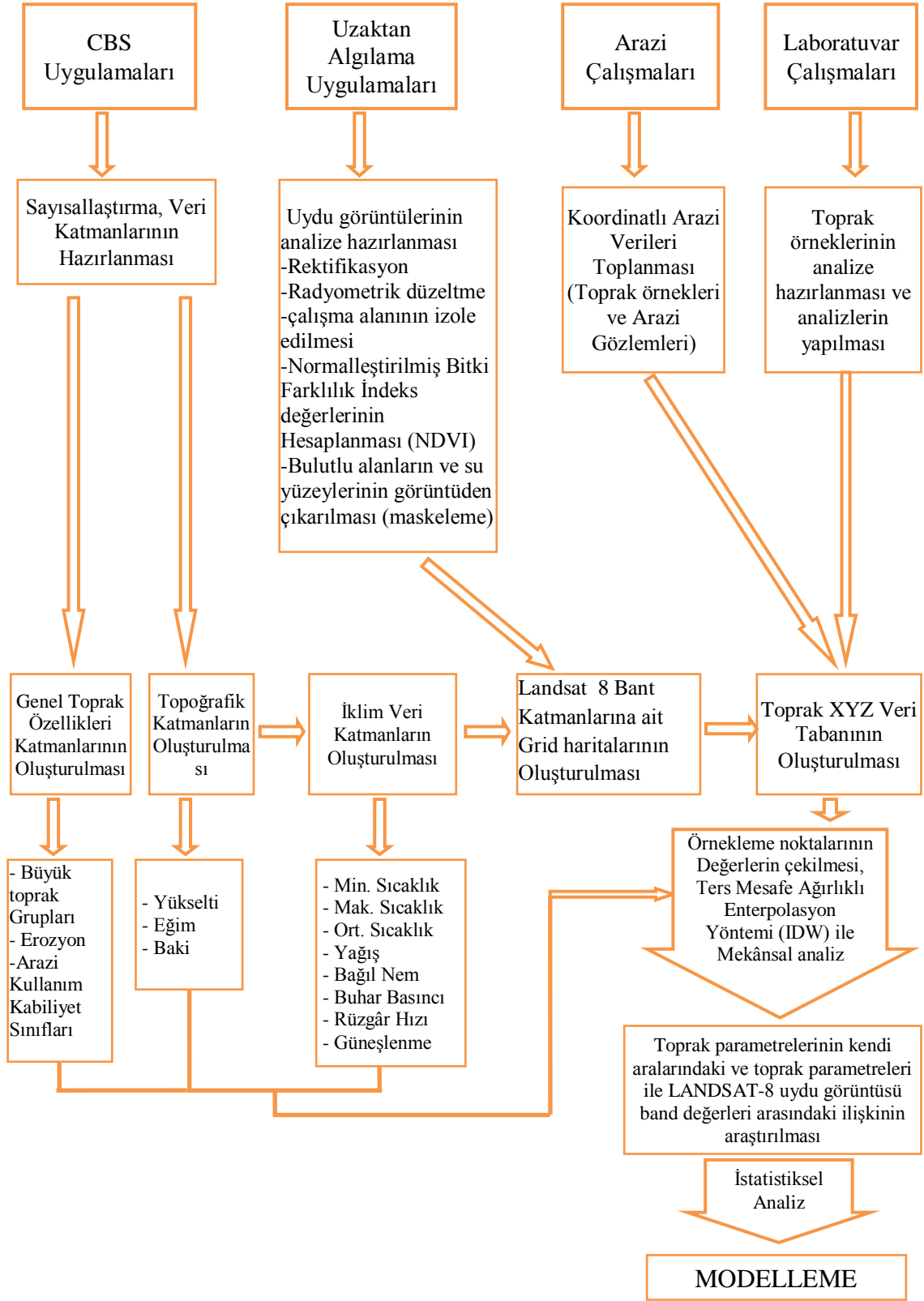
VII. sınıf araziler; çok dik eğim, erozyon, toprak sağlığı, taşlılık, yaşlık, tuzluluk veya sodiklik gibi kültür bitkilerinin yetiştirilmesini engelleyen çok şiddetli sınırlandırmalara sahiptir. Fiziksel özellikleri tohumlama ve kireçleme yapmak, kontur karıkları, drenaj hendekleri, saptırma yapıları ve su dağıtıcıları tesis etmek gibi iyileştirme, koruma ve kontrol uygulamalarına elverişli olmadığından, çayır ve mera ıslahı için kullanılma olanakları da oldukça sınırlıdır. Bazı yerlerde toprak muhafaza önlemleri almak veya alttaki arazileri korumak için ağaç dikimi veya ot tohumu aşılması yapıldığı, hatta istisnai bazı hallerde kültür bitkileri bile yetiştirildiği olursa da bu gibi durumlar VII. sınıf araziler için genel bir özellik sayılamaz.

## **3.2. Metodoloji**

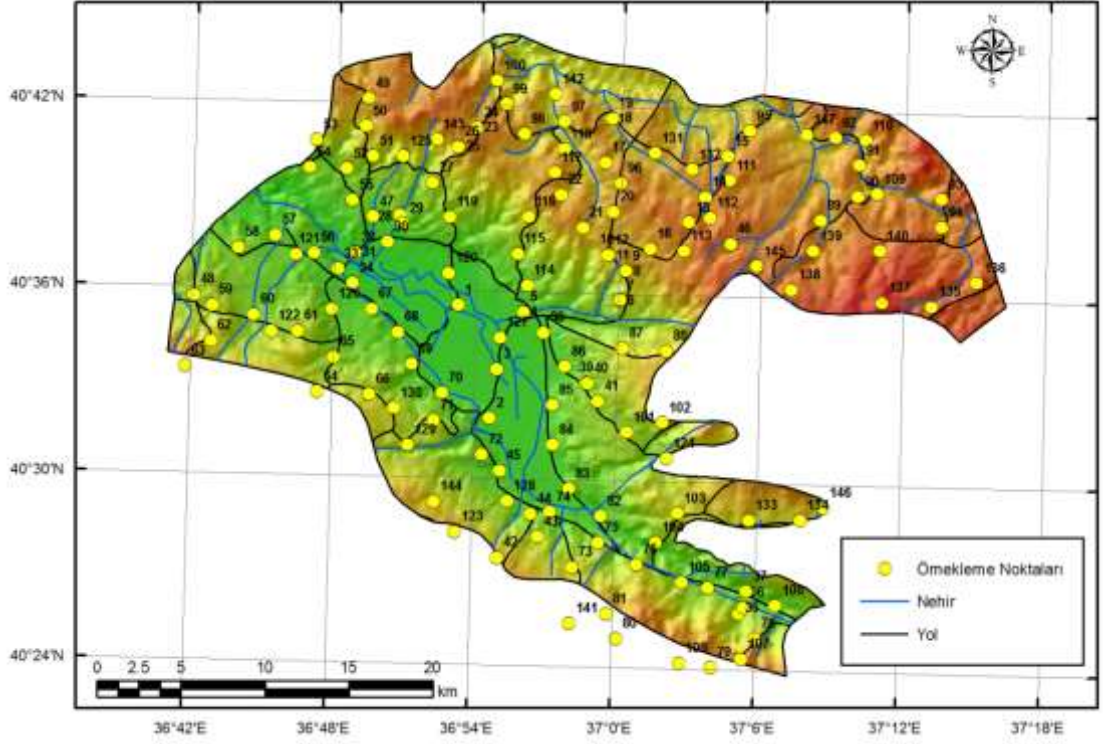
Çalışmanın yürütülmesi sırasında Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) Biriminin donanım, yazılım ve laboratuvar imkânlarından yararlanılmıştır. Bu çalışmada CBS uygulamaları; çalışma alanının toprak özellikleri, toprak değişkenleri, iklim ve topografik veri katmanlarının hazırlanmasını ve uzaysal analizini içermektedir. Bu çalışmada CBS uygulamalarının tümünde ARCGIS (ESRI, 2004; ESRI, 2005) CBS yazılımından faydalanılmıştır. Çalışmada izlenen metodolojiye ait akış diyagramı Şekil 3.8'de verilmiştir.

### **3.2.1. Arazi Çalışması**

Çalışma Niksar ilçe sınırları içerisinde 955 km<sup>2</sup> alanda yürütülmüştür. Toprak örneklerinin alınacağı alanların belirlenmesinde McGrew ve Monroe (1993) tarafından bildirilen katmanlandırılmış tesadüfi örnekleme metodu kullanılmıştır. Örneklerin alınacağı alanlar ASTER uydusundan üretilen 90 m çözünürlüklü sayısal yükselti modelinden, 1/25000 ölçekli sayısal toprak haritasından ve LANDSAT uydu görüntüsünden (path/row: 175/32) üretilen kontrolsüz sınıflandırma haritasından yararlanılarak katmanlara ayrılmıştır. Bu katmanlar dikkate alınarak örneklerin alınacağı alanlar belirlenmiş ve örnekleme noktaları ise arazi çalışmaları sırasında bu alanlar içinden tesadüfi seçilmiştir. Bu örnekleme noktalarından yüzey toprağından 0-20 cm derinlikten, 1,5-2 kg arasında toplamda 147 adet toprak numunesi alınıp plastik torbalara konularak etiketlenmiştir. Ayrıca örnek alınan noktaların, Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System GPS) değerleri de aynı anda GPS cihazıyla belirlenerek kayıt altına alınmıştır. Toprak örneklerinin alındığı noktaların coğrafi dağılımı Şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.8. Çalışmada uygulanan metodolojinin akış diyagramı



Şekil 3.9. Çalışma alanında toprak örneklerinin alındığı noktaların coğrafik dağılımı

### 3.2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Arazi çalışmasında toplanan coğrafi koordinatlı toprak örnekleri oda sıcaklığında kurutulduktan sonra 2 mm'lik eleklerden geçirilerek analize hazırlanmıştır. Örneklerde; tekstür (Kum, Kil, Silt), toprak reaksiyonu (pH) , organik madde, kireç ( $\text{CaCO}_3$ ), sodyum (Na), azot (N), fosfor (P), potasyum (K) ve elektriksel iletkenlik (EC) analizleri yapılmıştır. Toprak örneklerinde yapılan analizler ve yöntemleri aşağıda belirtilen esaslara göre yapılmıştır.

#### 3.2.2.1. Tekstür tayini

Bünye tayini; Toprağın kum, silt, kil içerilikleri Bouyoucus Hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir (Bouyoucus, 1951). Toprakların kum, silt ve kil içerilikleri yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.

### **3.2.2.2. Toprak reaksiyonu (pH) tayini**

Toprak örnekleri 1:2,5 oranında saf su ile sulandırılarak hazırlanan süspansiyon 15 dakikalık aralarla 3 defa karıştırıldıktan ve 15 dakika da beklendikten sonra cam elektrodlu Neel pH metresi ile ölçülmesiyle belirlenmiştir (Jackson, 1958).

### **3.2.2.3. Kireç (CaCO<sub>3</sub>) tayini**

Toprak örneklerinin kireç içerilikleri Scheibler kalsimetresi kullanılarak, volümetrik metotla yüzde (%) olarak bulunmuştur (Çağlar,1949; Nelson ve Sommers, 1982).

### **3.2.2.4. Elektriksel iletkenlik (EC) tayini**

1:2,5 oranında sulandırılan toprak örneklerinin Conductivitymeter cihazı ölçümüyle mmhos/cm olarak tespit edilmiştir (Richards, 1954).

### **3.2.2.5. Organik madde tayini**

Toprak örneklerindeki organik madde Modifiye Walkley–Black yaş yakma yöntemiyle yüzde (%) olarak belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1982).

### **3.2.2.6. Azot (N) tayini**

Toprak örneklerinin toplam azot içerilikleri, Kjeldahl yöntemi kullanılarak toprağın toplam azot miktarı % olarak belirlenmiştir (Kacar, 1994).

### **3.2.2.7. Fosfor tayini (Olsen-P)**

Örneklerin elverişli fosfor içeriği; sodyum bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>) ile ekstrakte edilen çözeltideki P spektrofotometrede mg/kg olarak belirlenmiştir (Olsen ve Dean, 1965).

### **3.2.2.8. Değişebilir sodyum (Na) ve değişebilir potasyum (K) tayini**

Toprakların değişebilir Na ve K içerilikleri; Sodyum asetat ve Amonyum asetat yöntemleriyle Fleymfotometrik olarak (Richards, 1954), sodyum  $\text{cmolkg}^{-1}$ , potasyum ise  $\text{me}100\text{g}^{-1}$  biriminde belirlenmiştir.

### **3.2.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları (CBS)**

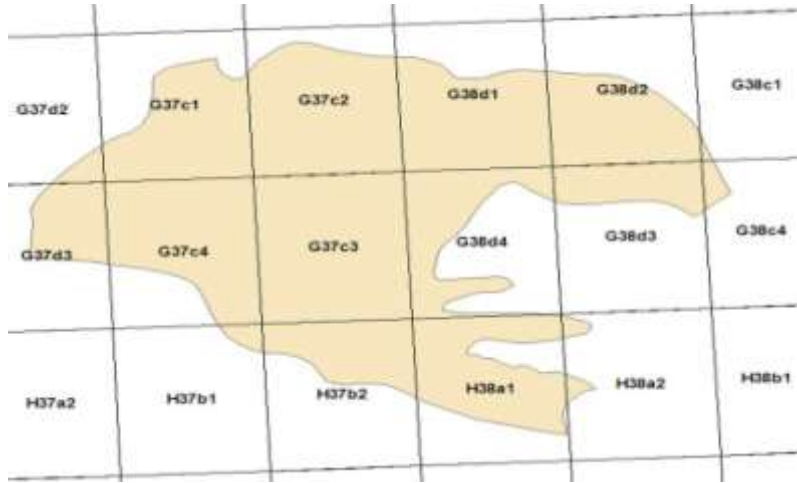
Bu çalışma CBS uygulamaları ile Niksar ilçesi için tarımsal veri katmanlarının hazırlanmasını ve uzaysal analizini içermektedir. CBS ile hazırlanan bu veri katmanları; Sayısal Yükseklik Modelini, Genel toprak özelliklerinin sayısallaştırılmasını, iklim katmanlarını ve toprak özellikleri veri katmanlarını içermektedir.

#### **3.2.3.1. Sayısal yükseklik modeli (SYM)**

Topoğrafyayı temsil eden Sayısal Arazi Yükseklik Modeli (SAYM) ya da Sayısal Yükseklik Modeli (SYM); Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Ölçmeler Dairesi (USGS) tarafından tanımlanan, X ve Y yönünde düzenli aralıklarla bölünmüş alanlarda ortak bir düşey datuma dayandırılmış Z (yükseklik) değerlerini ihtiva eden sayısal kartografik bir arazi temsil yöntemidir (Yastıklı, 2003). Kısaca SYM eşit aralıklı yükseklik değerlerinin fiziksel yeryüzünü temsil ettiği sayısal bir gösterim şeklidir (Arslanoğlu ve Özçelik, 2005).

Geniş anlamda yeryüzündeki yükselti değişimlerini ifade eden topoğrafya, özellikle sivil amaçlı çalışmaların mühendislik, CBS, doğal kaynakların yönetimi, proje planlama çalışmaları gibi birçok alanında kullanılmaktadır. Yeryüzü Şekilleri olan platoların, vadilerin, sırtların ve tepelerin topografik deseni; iklimi, erozyonu ve bitki gelişimini etkilemektedir. Örneğin, Kuzeye bakan yamaçların soğuk, güneye bakan yamaçların sıcak olması, sediment birikmesi ve toprak derinliğini gibi olaylar, bakı (yöney), eğim ve topoğrafyanın etkisiyle açıklanabilmektedir.

Bu çalışmada topografik haritalar, temel atlık veri haritası olacağı için sayısal topografik haritalar büyük öneme sahiptir. Elde edilen tüm verilerin bu taban üzerine işlenecek olmasından dolayı, öncelik bu haritanın üretilmesine verilmiştir. Çalışma alanını kapsayan sayısal topografik haritalar 1/25000 ölçekli paftaların sayısallaştırılmasıyla oluşturulmuştur (Şekil 3.10). Bu paftalar TIFF ve JPEG resim formatında tarandıktan sonra bir CBS yazılımı olan ARCGIS 9.1 de coğrafik referanslar verilerek, rektifiye edilmiştir. Rektifiye edilen (harita koordinatları verilen) taranmış paftalar üzerine ArcCatalog'da oluşturulan Şekil (shape) dosyası açılmış ve yazılımın ArcEditor uzantısı kullanılarak paftaların sayısallaştırma işlemleri tamamlanmıştır. Sayısal haritalar Universal Transverse Mercator (UTM), Zon: 37 WGS84 projeksiyon formatında üretilmiş daha sonra coğrafik projeksiyon formatına dönüştürülmüştür. Çalışma alanının sayısal yükselti modeli (SYM veya DEM) yükselti biçim dosyası ve ARC/GIS yazılımının üç boyut (3D) uzantısı kullanılarak elde edilmiştir (bkz. Şekil 3.1). Ayrıca Niksar İlçesinin eşyükselti haritası Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.10. Niksar İlçesinin sayısallaştırılan 1/25000'lik topografik harita paftaları



### **3.2.3.2. Genel toprak özelliklerinin sayısallaştırılması**

Çalışma alanının genel toprak özelliklerinin sayısallaştırılması için Toprak Su Genel Müdürlüğü tarafından Yeşilırmak Havzası için geliştirilen kâğıt formattaki 1/25000 ölçekli toprak haritaları (Anonim 1970) ile Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM) tarafından geliştirilen toprak haritasından (1/25000 ölçek) faydalanılmıştır (KHGM, 2002). Bu sayısallaştırma ve veri tabanı işlemlerinin tümü ARCGIS programında gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla TIFF (resim dosyası) formatında taranmış toprak haritaları ARGIS yazılımında gerçek coğrafik koordinatlarına oturtularak rektifiye edilmiştir. Rektifiye edilen TIFF dosyaları üzerine ArcCatalog'da oluşturulan Şekil (shape) dosyası açılmış ve yazılımın ArcEditor uzantısı kullanılarak sayısallaştırma işlemleri tamamlanmıştır. Sayısallaştırma işleminden sonra her bir poligonun veri tabanı (büyük toprak grubu, erozyon sınıfı, arazi yetenek sınıfı) değerleri öznitelik tablosuna eklenmiştir. Oluşturulan bu veri tabanı kullanılarak Niksar İlçesinin büyük toprak grupları, erozyon sınıfları ve arazi yetenek sınıfları sayısal harita katmanlarına dönüştürülmüştür. ARCGIS yazılımında veri yönetimi aracında eritme (dissolve) uygulamasıyla sınır olan ve aynı öznitelik verilerine sahip olan poligonlar birleştirilerek haritalar sadeleştirilmiştir (bkz. Şekil 3.5; 3.6; 3.7)

### **3.2.3.3. İklim veri katmanlarının oluşturulması**

İklim katmanlarının alansal bazda üretilmesinde Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO) tarafından geliştirilen ve tüm dünyaya kapsayan iklim datalarının bulunduğu LOCCLIM yazılımından yararlanılmıştır, Bu verilerin haritalara dönüştürülmesi ise ARCGIS 9.1 programında gerçekleştirilmiştir. LOCCLIM yazılımın daha hassas sonuç vermesi için kullanıcı tanımlı olarak sayısallaştırılan 1/25000 ölçekli topografik haritadan üretilen sayısal yükselti modelinden faydalanılmıştır. İklim haritalarının hazırlanmasında Doğan (2007) tarafından geliştirilen yöntemden faydalanılmıştır. Oluşturulan iklim katmanları; maksimum sıcaklık (°C), minimum sıcaklık (°C), ortalama sıcaklık (°C) ve yağış (mm), bağıl nem (%), su buhar basıncı (hPa), güneşlenme (%), rüzgâr (m/s) olmak üzere 8 iklim katmanını içermektedir.

### 3.2.3.4. Toprak değişkenleri veri katmanının oluşturulması

Bu araştırmada toprak değişkenleri veri katmanının oluşturulmasında şu yol izlenmiştir; laboratuvar da elde edilen toprak analiz sonuçları ile örnek alınan noktalarının koordinat kayıtları (GPS) ve arazide elde edilen bütün veriler bir araya getirilerek Microsoft-Excel'e işlenmiştir. Microsoft-Excel'de database (dbf) formatına dönüştürülerek oluşturulan bu veri tabanı böylece noktasal koordinat değerlerinde ek bilgileri içeren bir XYZ veri tabanı haline gelmiştir. Oluşturulan XYZ veri tabanına ait kısa bir kesit Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Oluşturulan XYZ veri tabanına ait kısa bir kesit

X	Y	Z						
XGEO	YGEO	PH	ORGMAT	CACO3	.....	P__	K__	N__
36,887400	40,592900	7,26	4,0500	7,3500	.....	11,5105	0,4400	0,1500
36,911200	40,532500	6,97	1,7800	19,7500	.....	43,1300	0,6400	0,1100
36,915400	40,559000	7,06	1,7101	11,1699	.....	84,2277	0,5400	0,0700
36,933300	40,589900	7,12	2,2502	4,8001	.....	33,8117	0,3800	0,0800
36,933300	40,589900	7,12	2,2502	4,8001	.....	33,8117	0,3800	0,0800
37,000800	40,597100	7,08	2,6798	1,6771	.....	63,5057	0,4415	0,1079
37,001000	40,597400	7,08	7,5388	1,9695	.....	73,0870	0,6737	0,4089

### 3.2.3.5. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (IDW)

Bu çalışmada tahmin noktalarının değerini bulmak için kullanılan yöntem, ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon (IDW)yöntemidir. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon, bilinen örnek noktalara ait değerlerin yardımıyla örneklenmeyen noktalara ait alanların değerlerini saptamak amacıyla kullanılan bir tahmin yöntemidir. Bu yöntemde, tahmin edilen değerler, civardaki noktaların uzaklığı ve değerlerinin bir fonksiyonu olup, uzaklığın artmasıyla tahmini yapılacak alan üzerindeki etki azalmaktadır.

IDW yöntemi örneklenen nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede çoğunlukla tercih edilen ortak bir yöntemdir. IDW enterpolasyon yöntemi, enterpole edilecek yüzeyde yakın mesafedeki noktaların uzak mesafedeki noktalardan daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayandırılır. Bu teknik enterpole edilecek noktadan uzaklařtıķça

ağırlığı da azaltan ve örneklem noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapar (Arslanoğlu ve Özçelik 2005). Birkaç IDW yöntemi olmasına karşın en bilineni ise Shepard's Metodu (1) olarak bilinen matematik fonksiyonudur (Shepard 1968). Fonksiyon, tahminde kullanılan ağırlıklar mesafeye ters orantılı olarak mesafenin herhangi bir üssü şeklinde ifade edilir. Fonksiyon bilinmeyen noktanın değerini, bilinen noktalara yakın olanlarına daha çok ağırlık verirken uzak olanlarına daha az ağırlık vererek bulur (Franke ve Nielson, 1980).

Yüzeydeki dağınık nokta sayısı (n), örneklem noktalarını tanımlayan fonksiyon ( $f_i$ ) ve ağırlıklar olmak ( $w_i$ ) üzere "Shaperd's eşitliği" aşağıdaki gibidir

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i f_i \quad (1)$$

$w_i$  Ağırlıkları (2) aşağıdaki gibidir.

$$w_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=1}^n h_j^{-p}} \quad (2)$$

Burada  $p$  "powerparameter" olarak bilinir ve genellikle 2 alınan pozitif gerçel bir sayıyı ifade eder.  $h_i$  ise örneklem noktaları ile enterpole edilecek nokta arasındaki (3) eşitliğindeki üç boyutlu uzaysal mesafeyi tanımlar (Arslanoğlu ve Özçelik 2005).

$$h_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2} \quad (3)$$

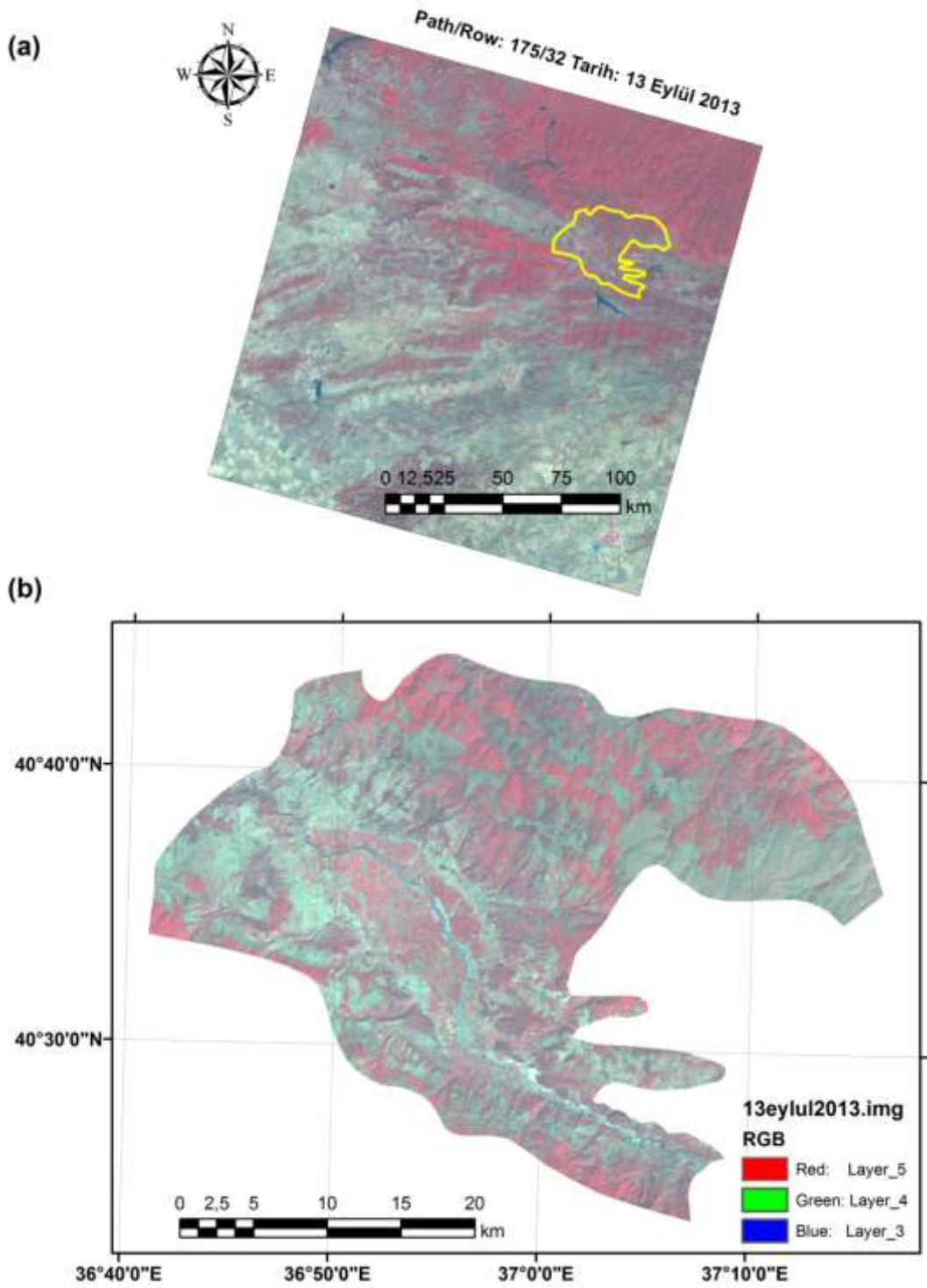
Matematiksel olarak yukarıda ifade edilmiş olan fonksiyon, IDW yöntemi CBS yazılımı olan ARCGIS 9.1 ortamında çalıştırılmış ve elimizdeki XYZ noktasal veri tabanında bulunan her bir toprak özelliğine ait veriler enterpole edilmiştir. Böylece Niksar İlçesi için her biri bir toprak özelliğini gösteren toprak değişkenlerinin ( kum, kil, silt, pH, organik madde, kireç, EC, N, P, K, Na) tematik raster (veya grid) haritaları oluşturulmuştur.

### 3.2.4. Uzaktan Algılama Uygulamaları

Araştırmada toprak örneklerinin alındığı gözlem zamanına en yakın tarihte çekilen ve gözlemlerin alındığı zaman dilimini temsil edebilecek 13 Eylül 2013 tarihli LANDSAT-8 arşiv görüntüsünden faydalanılmıştır. Bu görüntü Niksar ilçesi ve yakın çevresini kapsamaktadır. Söz konusu görüntü Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Survey (USGS) web sitesindeki (<http://glovis.usgs.gov/>) LANDSAT-8 arşivinde yapılan bir inceleme sonucu seçilmiş ve yine aynı adresten zip dosyası şeklinde indirilmiştir. İndirilen zip dosyası görüntüye ait band değerlerini içeren 11 adet tiff dosyasından oluşmaktadır. Söz konusu tiff dosyaları ERDAS-Imagine (versiyon: 9.2) yazılımında tek bir tiff dosyası olarak birleştirilmiş (gridstack) ve Şekil 3.12a'da verilen uydu görüntüsü elde edilmiştir. Söz konusu görüntünün teknik özellikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir. Şekil 3.12a'da sarı ile gösterilen çalışma alanının sınırlarına ait Şekil (shp) dosyası ERDAS-Imagine yazılımında ilgi alanı (AOI) dosyasına dönüştürülmüş ve bu dosya kullanılarak Şekil 3.12a'de görülen uydu görüntüsü kesilmiştir (subset edilmiştir). Çalışma alanı sınırları kullanılarak kesilen görüntü Şekil 3.12b'de verilmiştir.

Coğrafi bilgi sistemleri çatısı altında toprak örnekleme yapılan noktaların iklim, topografya ve LANDSAT-8 uydu görüntüsü band (piksel veya DN: dijital rakam) değerleri söz konusu değişkenlerin raster verileri üstüne oturtularak çekilmiştir (extract edilmiştir) (Şekil 3.13 ve Şekil 3.14). Çekme işleminde coğrafi bilgi sistemleri yazılımı olarak ArcGIS yazılımı kullanılmıştır. Bu çekme işleminden sonra belirlenen toprak, iklim, topografya ve uydu görüntüsü band (DN) değerlerinin tanımsal istatistikleri SPSS-16 istatistiksel yazılımında gerçekleştirilmiştir.

Model geliştirmek amacıyla toprak parametrelerinin kendi aralarındaki ve toprak parametreleri ile LANDSAT-8 uydu görüntüsü band (piksel veya DN: dijital rakam) değerleri arasındaki ilişkiler de yine aynı yazılımda korelasyon analizi (Pearson) uygulanarak araştırılmıştır. Önemli bulunan korelasyonlar için doğrusal regresyon analizleri yapılmış ve ilgili modeller geliştirilerek değerlendirilmeleri yapılmıştır.

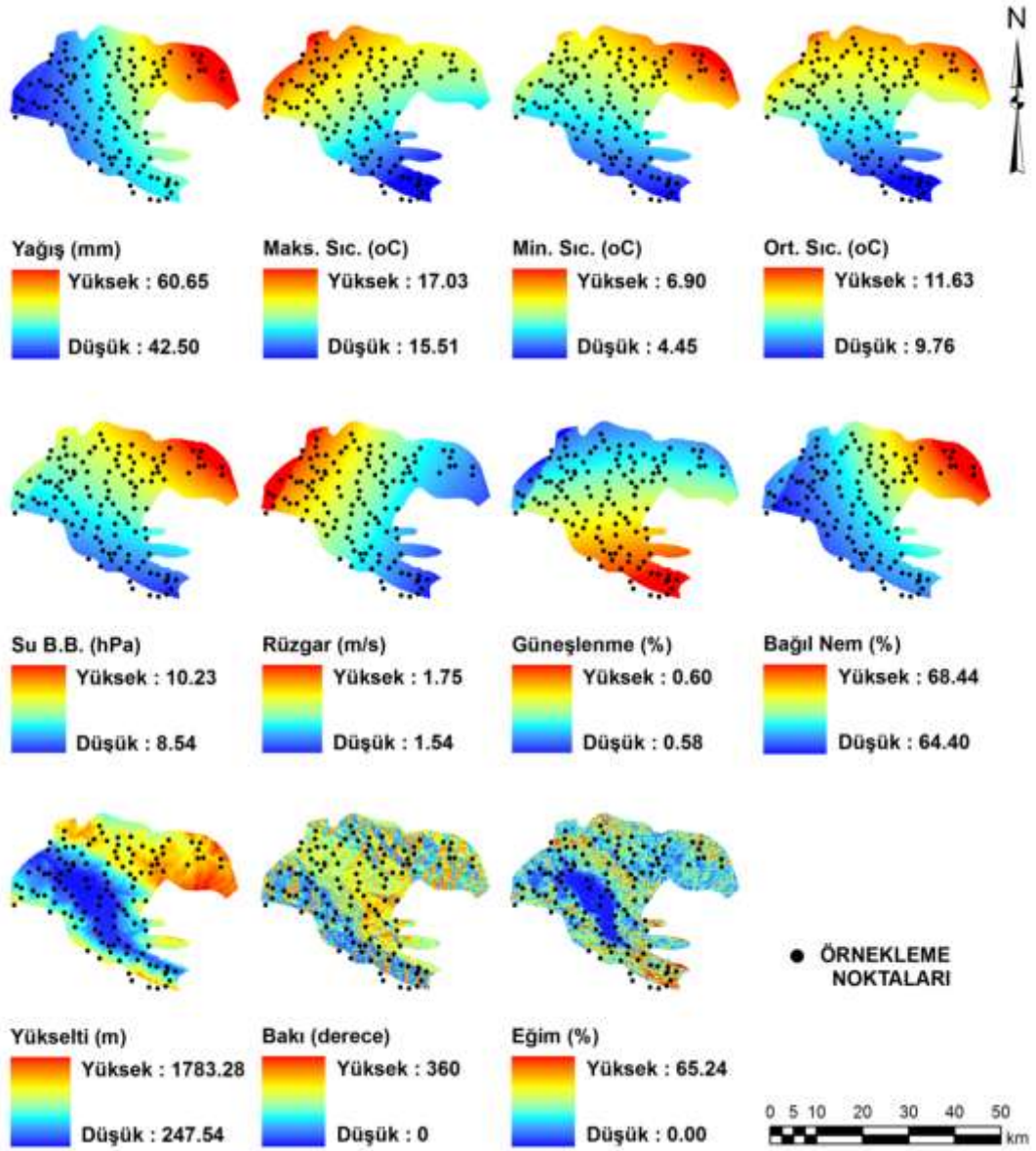


Şekil 3.12. Araştırmada kullanılan LANDSAT-8 arşiv görüntüsü (a) ve çalışma alanının sınırları kullanılarak kesilmiş görüntü (b)

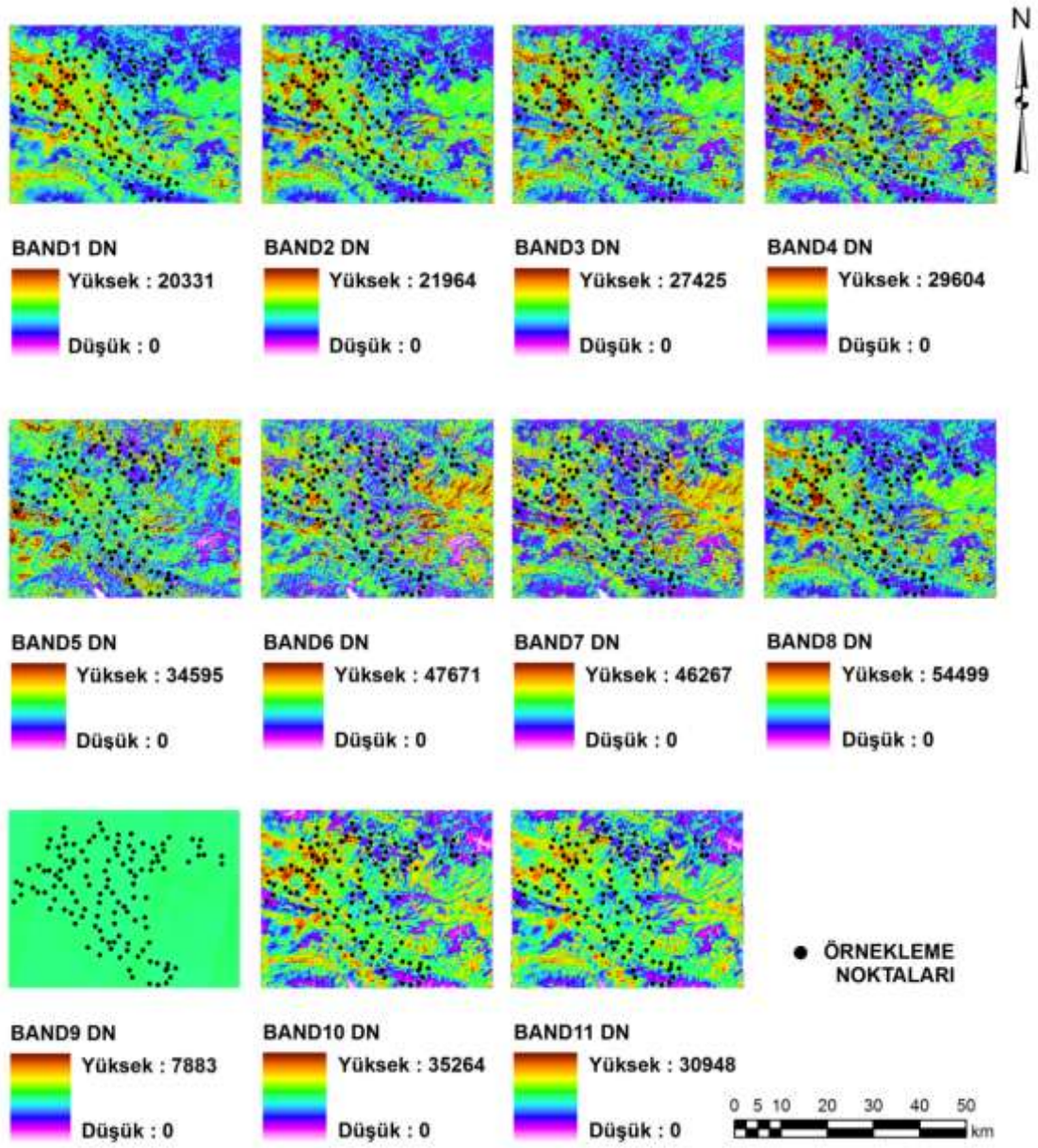
Çizelge 3.3. LANDSAT-8 uydusu Operasyonel Arazi Görüntüleyici (OLI: Operational Land Imager) ve Termal Kızılötesi Sensör (TIRS: Thermal Infrared Sensor) görüntülerinin teknik özellikleri (USGS, 2014)

Bandlar	Dalgaboyu (mikrometre)	Çözünürlük (metre)
Band 1 –Kıyasal spreyci (Coastal aerosol)	0.43 - 0.45	30
Band 2 –Mavi (Blue)	0.45 - 0.51	30
Band 3 –Yeşil (Green)	0.53 - 0.59	30
Band 4 –Kırmızı (Red)	0.64 - 0.67	30
Band 5 –Yakın Kızılötesi (NIR: NearInfrared)	0.85 - 0.88	30
Band 6 –Kısa Dalga Kızılötesi-1 (SWIR 1)	1.57 - 1.65	30
Band 7 - Kısa Dalga Kızılötesi-1 (SWIR 2)	2.11 - 2.29	30
Band 8 –Siyah-Beyaz (Panchromatic)	0.50 - 0.68	15
Band 9 –Sirus (Cirrus)	1.36 - 1.38	30
Band 10 –Termal kızılötesi (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100 * (30)
Band 11 - Termal kızılötesi (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100 * (30)
* TIRS bandları 100 m çözünürlüklü alınmış ve 30 metreye yeniden örneklenmiştir.		

Not: LANDSAT-8 uydusu 11 Şubat 2013 de yörüngeye oturtulmuştur (USGS, 2014).



Şekil 3.13. Örnekleme noktalarına iklim ve topografya parametrelerine ait değerlerin çekilmesi



Şekil 3.14. Örnekleme noktalarına LANDSAT-8 band değerlerinin çekilmesi

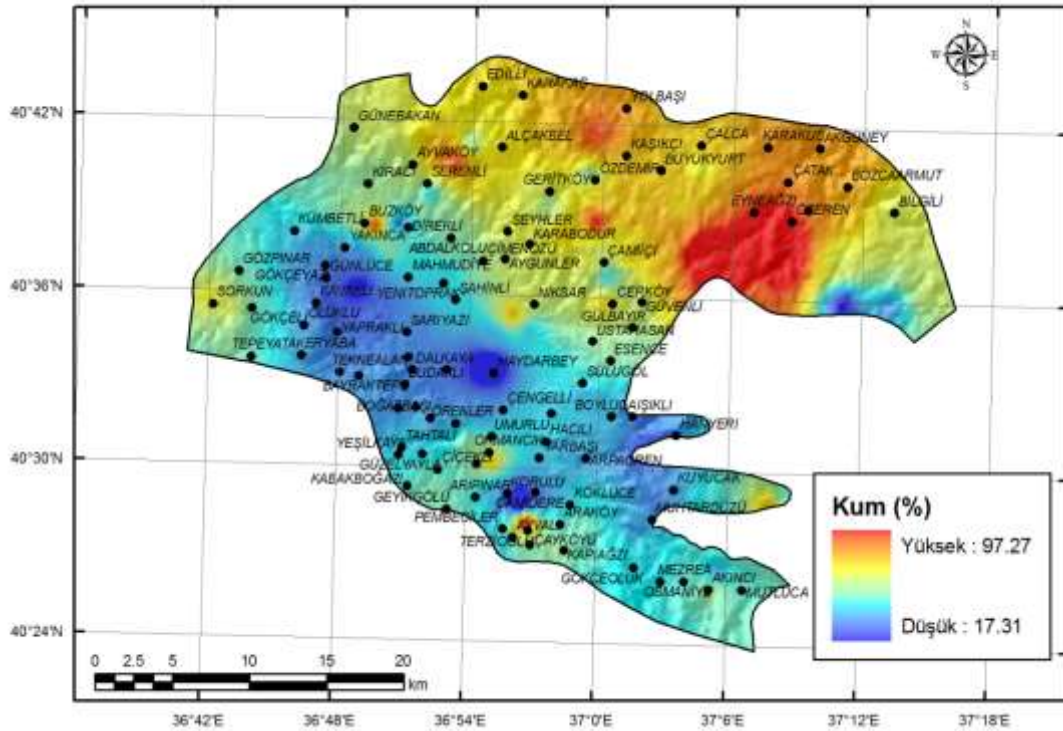
## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Toprak Özelliklerinin Uzaysal Veri Tabanları

Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi ( IDW) kullanarak ARCGIS 9.1 de 30 m çözünürlüğe enterpole edilen raster haritalar aşağıdaki konu başlıkları altında verilmiştir.

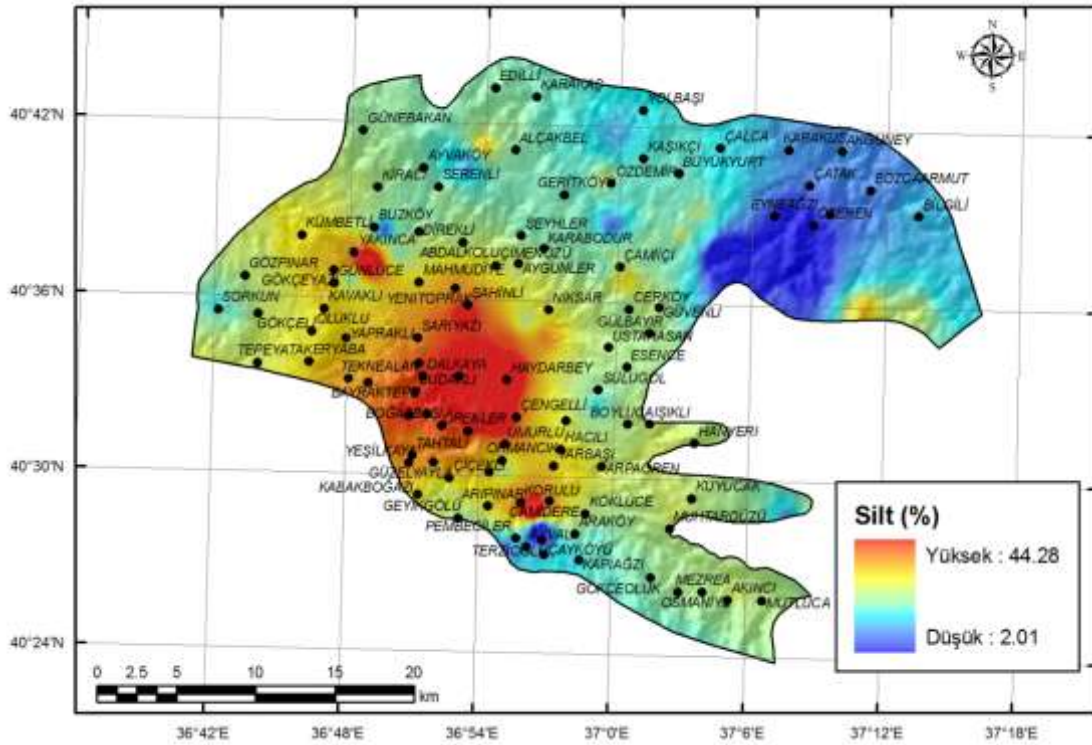
#### 4.1.1. Kil, Silt ve Kum (Tekstür)

Niksar İlçesinin yüzey toprağının (0-20 cm) kum içeriğinin uzaysal dağılımını gösteren raster harita Şekil 4.1’de verilmiştir. Buna göre kum değerleri çalışma alanı içinde % 17.31- 97.27 arasında değişmektedir. Niksar’ın kuzey ve kuzeydoğu kesimleri diğer bölgelere göre nispeten daha fazla kum içeriğine sahip olup, özellikle Eyneğzi ve Özveren köyleri civarında toprakların kum içeriğinin % 97.27’ye çıktığı görülmektedir.



Şekil 4.1. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) kum değerlerinin uzaysal dağılımı

Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) silt içeriğinin uzaysal dağılımını gösteren harita Şekil 4.2’de verilmiştir. Bu çalışma sonucunda araştırma alanının silt içeriği % 2.01 ile % 44.28 değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışma alanının silt içeriği, araştırma alanının orta ve orta güney kesimlerinde diğer bölgelere nispeten daha yüksek değerler olarak % 44.28’e kadar çıktığı tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Toprağın Kum, silt ve kil fraksiyonlarını nispeten eşit oranlarda içeren (%30-35) topraklara tınlı topraklar denilmekte olup, bu topraklar orta bünyeli topraklardır. Kil ve organik madde içerilikleri kumlu topraklara göre daha yüksek ve agregasyon dereceleri daha iyidir. Bu toprakların su ve hava geçirgenlikleri ideal sevide olup besin depolama kapasiteleri oldukça iyidir. Fiziksel özellikleri bakımından bitki yetiştiriciliğine en uygun topraklardır ve ayrıca besin elementi yönünden en uygun toprak tekstür sınıfıdır.

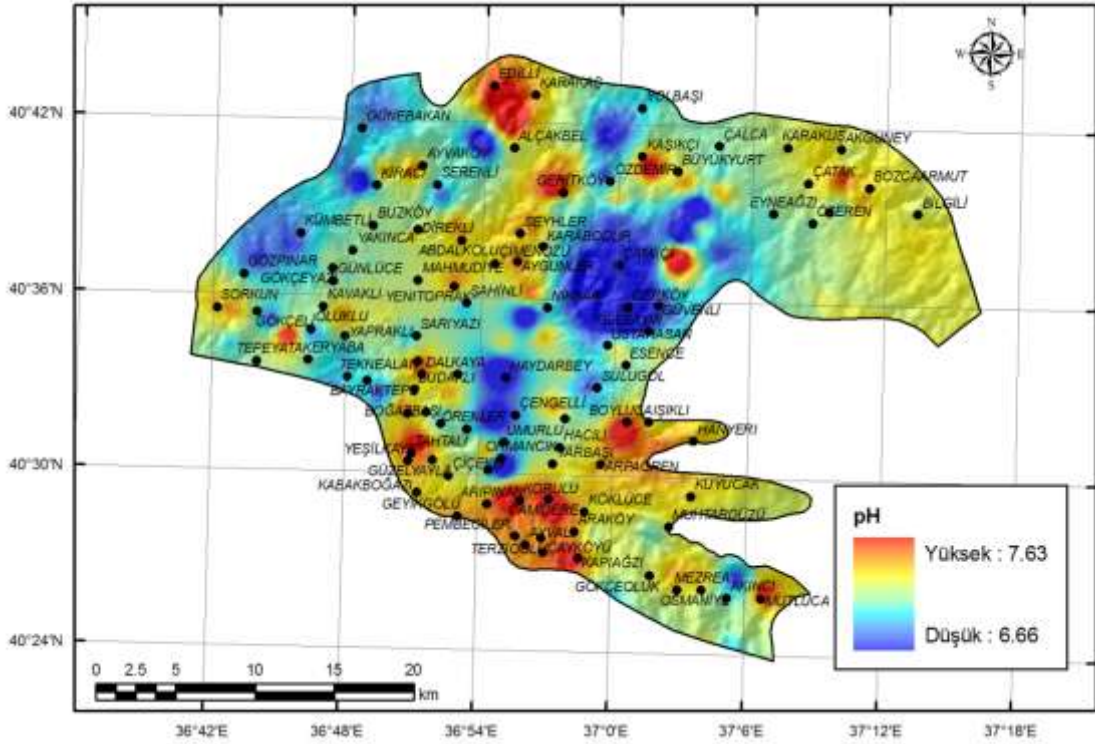


Şekil 4.2. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) silt değerlerinin uzaysal dağılımı



#### 4.1.2. Toprak Reaksiyonu ( pH )

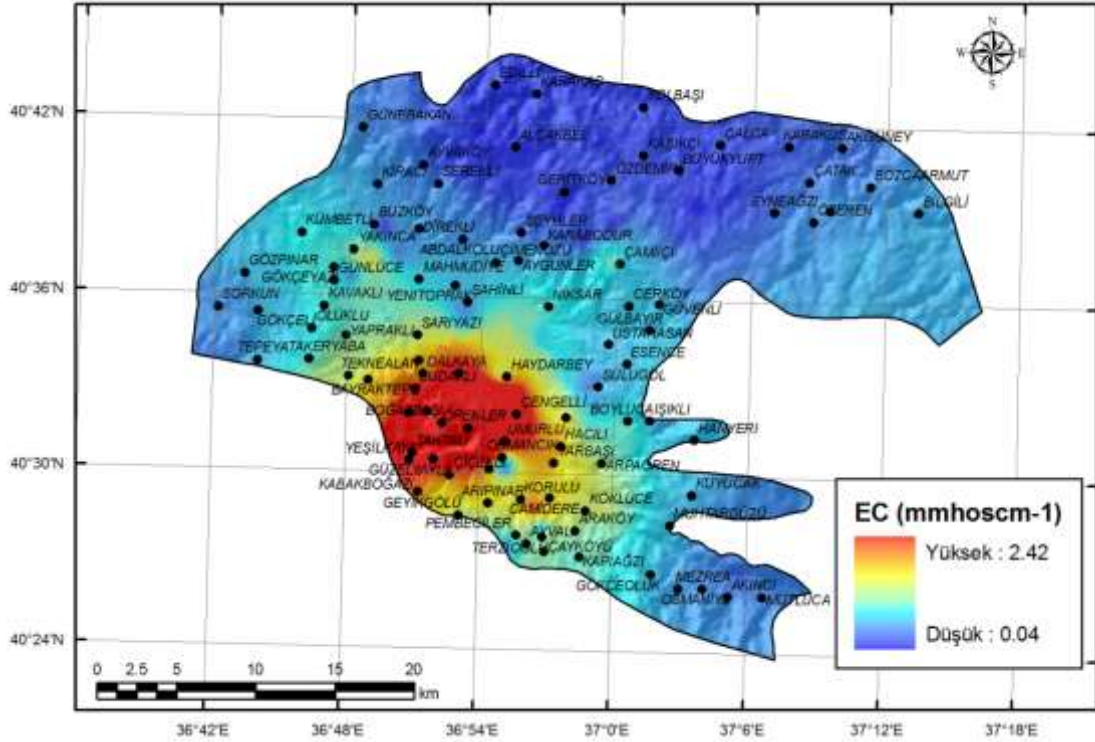
Çalışma alanının toprak reaksiyonu raster haritası Şekil 4.4’de verilmiştir. Buna göre Niksar topraklarının pH değerleri 6.66 ile 7.63 arasında bulunmuştur. Haritadan görüleceği üzere kırmızı ile gösterilen bazı lokal alanların pH’sı biraz yüksek çıkmış olup bu alanların pH sınıfının hafif alkali olduğu belirlenmiştir. Buralar dışında kalan diğer bölgelerin pH ’sının nötr olduğu tespit edilmiştir. (Çizelge 2.2; Şekil 4.4). Bu bulgular bize çalışma alanında bitki yetiştiriciliği için ciddi bir pH sorununun olmadığını, toprakların çoğu kültür bitkisi için uygun pH aralığına sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.4. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) toprak reaksiyonu (pH) değerlerinin uzaysal dağılımı

#### 4.1.3. Elektriksel İletkenlik ( EC)

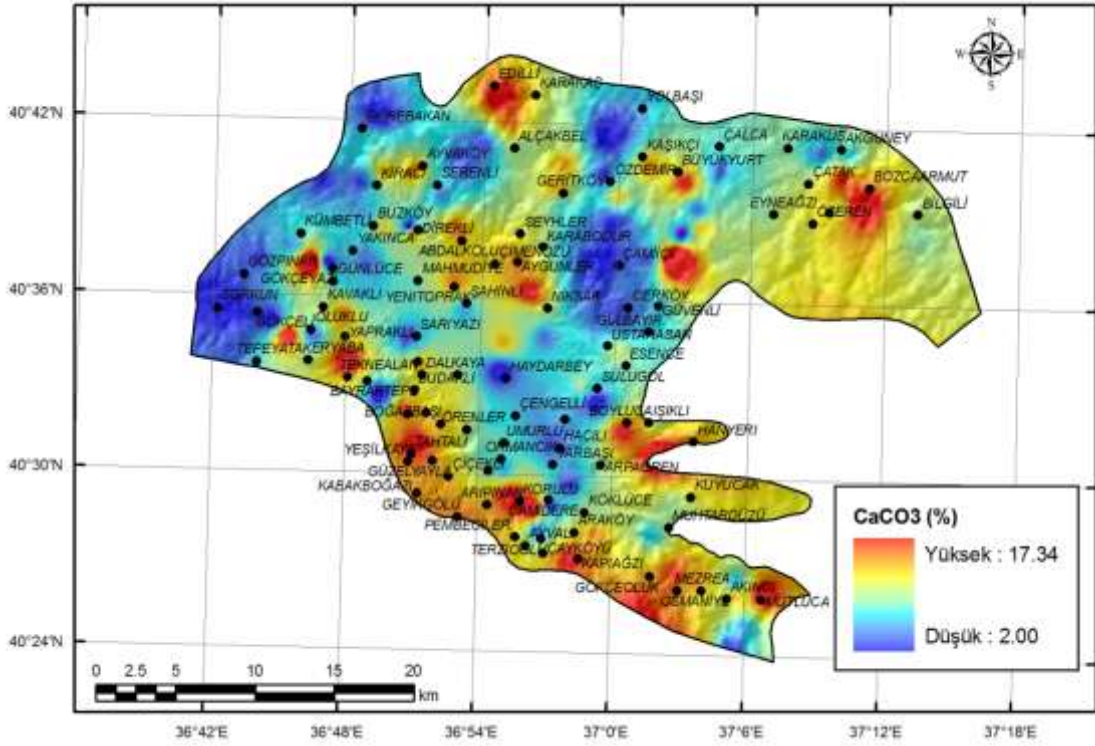
Çalışma alanından elde ettiğimiz EC değerlerine göre oluşturulan raster harita Şekil 4.5’de verilmiştir. Üretilen bu haritaya göre EC değerleri en düşük 0.04 mmhos/cm ve en yüksek 2.42 mmhos/cm arasında değişmekte olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Niksar İlçe topraklarında tuzluluk sorununun olmadığı gözlemlenmiştir. Sadece Boğazbaşı Köyünde lokal bir alanda çalışma alanının diğer bölgelerine göre hafif yüksek (2.42 mmhos/cm değerinde) çıkmıştır (Çizelge 2.3; Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin uzaysal dağılımı

#### 4.1.4. Kireç (CaCO<sub>3</sub>)

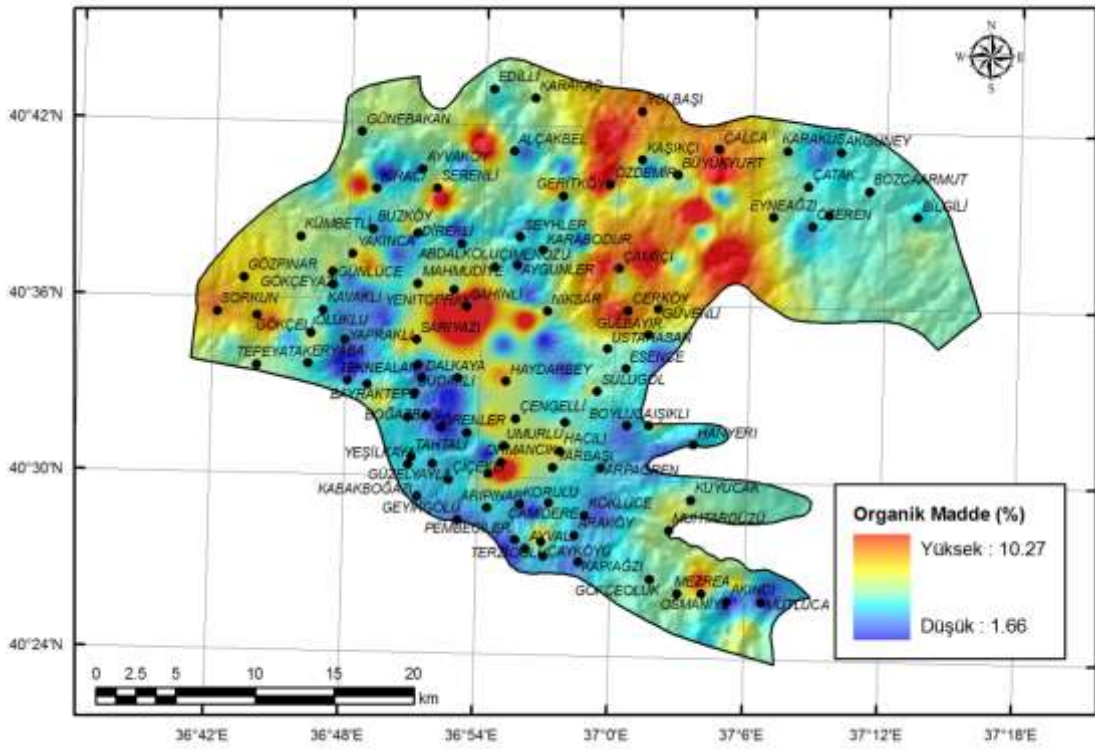
Çalışma alanı için üretilen ve çalışma alanının kireç içeriğinin uzaysal veri tabanını gösteren raster harita Şekil 4.6'da verilmiştir. Oluşturulan haritadan da görüleceği üzere çalışma alanının yüzey toprağının (0-20 cm) kireç içeriği en düşük % 2 ile en yüksek % 17.34 arasında bulunmuştur. Çalışma alanı topraklarının kireç içeriği aynı pH haritasındaki gibi (bkz. Şekil 4.4.) bir yapıya sahip olup pH'nın nispeten yüksek olduğu alanlarda kireç içeriği de diğer alanlara göre nispeten yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.6. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) topraklarının kireç içeriğinin uzaysal dağılımı (%)

#### 4.1.5. Organik Madde

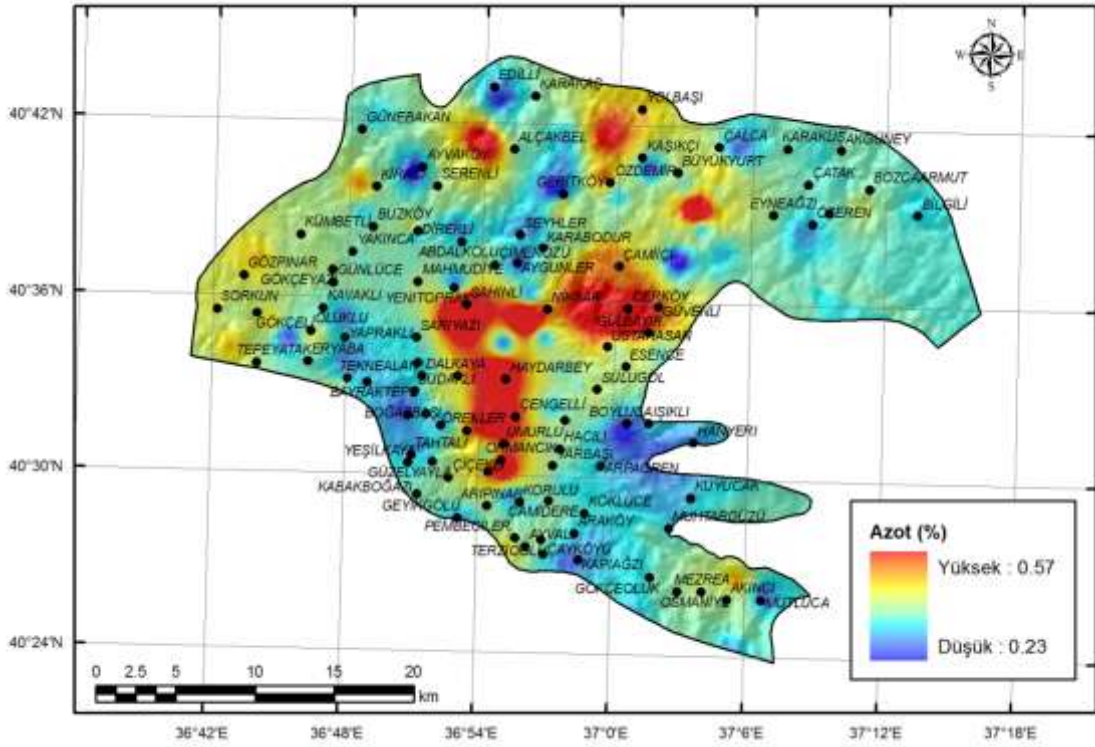
Çalışma alanı toprakları için oluşturulan organik madde içeriğinin uzaysal dağılımını gösteren raster harita Şekil 4.7’de verilmiştir. Oluşturulan bu haritaya göre, Niksar topraklarının organik madde içeriği % 1.66–10.27 değerleri arasında bulunmuştur.



Şekil 4.7. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) organik madde içeriğinin uzaysal dağılımı (%)

#### 4.1.6. Azot ( N)

Çalışma alanı topraklarının azot dağılımını gösteren raster harita Şekil 4.8' de verilmiştir. Çalışma alanının N değerleri en az % 0.23 ile en çok % 0.57 arasında bulunmuştur. Azotun diğer alanlara göre nispeten fazla çıktığı bölgeler Nicksar Ovasının orta kısımları (Şahinli, Haydarbey) ile Cerköy civarlarıdır.

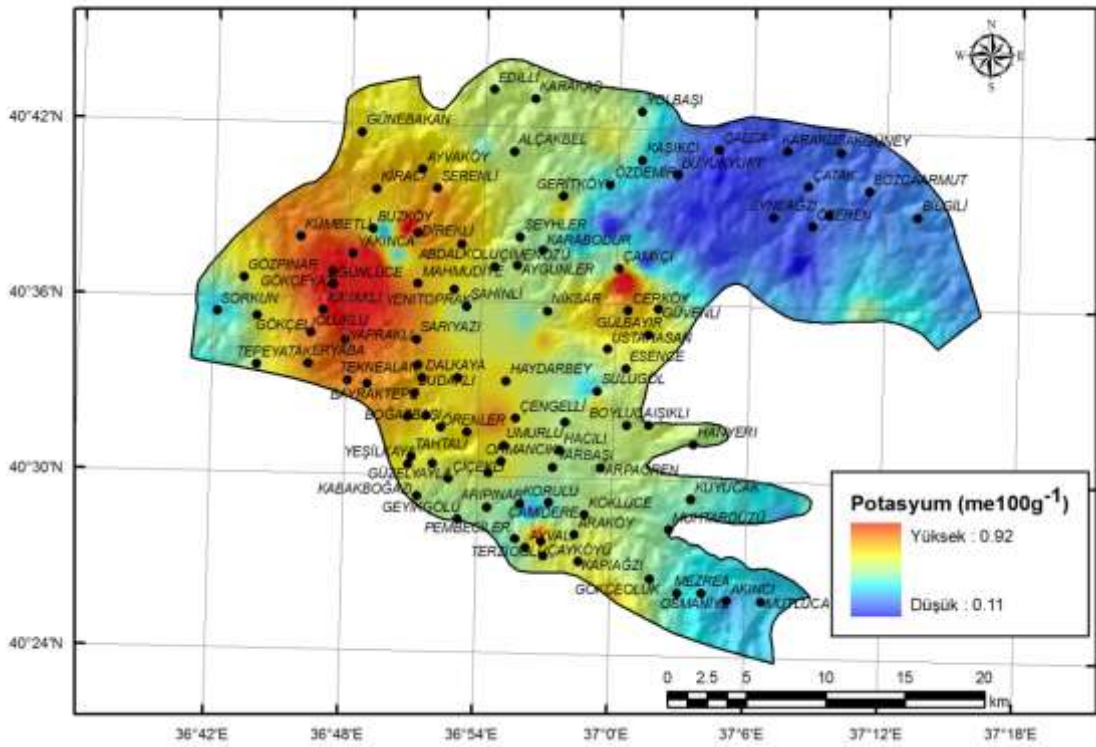


Şekil 4.8. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) azot değerlerinin uzaysal dağılımı (%)



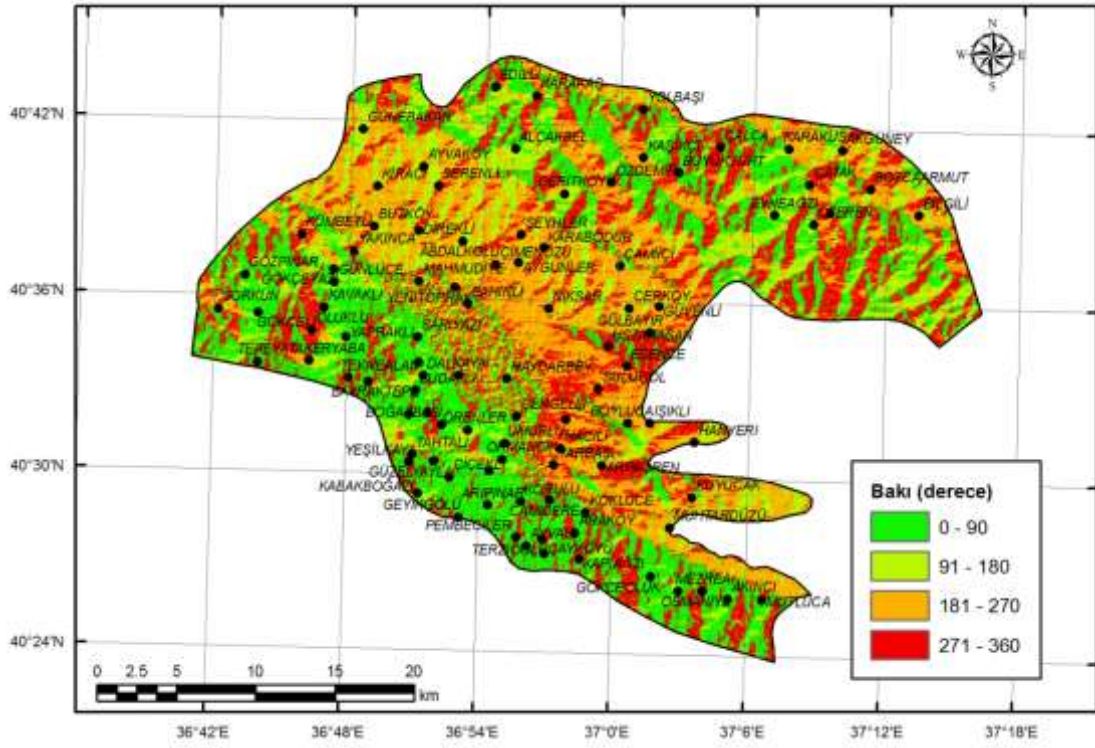
#### 4.1.8. Potasyum ( K )

Yapılan bu çalışma ile elde edilen Niksar ilçesi topraklarının (0-20 cm) potasyum içeriklerinin uzaysal dağılım haritasına (Şekil 4.10.) göre, çalışma alanının potasyum değerleri en düşük  $0,11$  me  $100g^{-1}$  ile en yüksek  $0,92$  me  $100g^{-1}$  arasında bulunmuştur. Çalışma alanının sadece kuzeydoğu kısmındaki, kum içeriği yüksek kaba bünyeli topraklarda (bkz. Şekil 4.1.) potasyum az ve çok az seviyesinde çıkmıştır. Çalışma alanında en yüksek potasyum değerlerine (fazla sınıfta) ise Kavaklı, Günlüce, Direkli Köyleri civarında ulaşılmıştır. (Çizelge 2.8; Şekil 4.10). Çalışma alanı topraklarının genelinde potasyumun yeterli ve fazla seviyede olduğu görülmüştür.

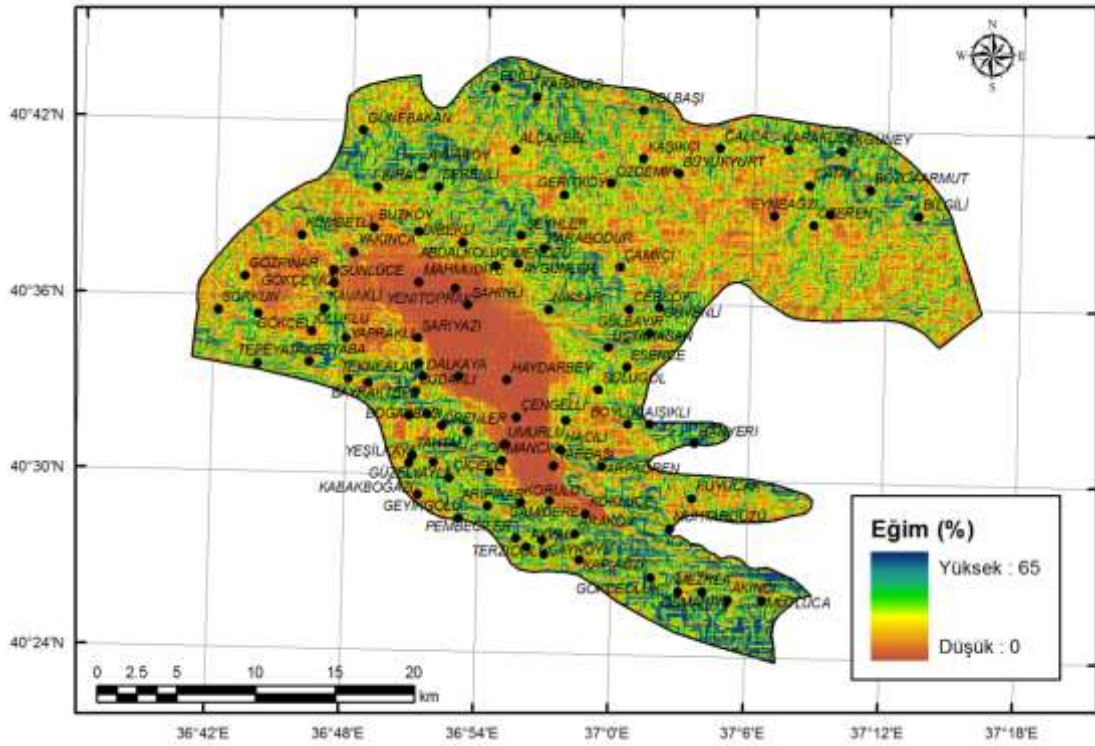


Şekil 4.10. Çalışma alanı topraklarının (0-20 cm) potasyum değerlerinin uzaysal dağılımı (me  $100g^{-1}$ )





Şekil 4.12. Niksar İlçesi için üretilen baki (yöney) haritası



Şekil 4.13. Niksar İlçesi için üretilen eğim haritası

### 4.3. İklim Veri Katmanları

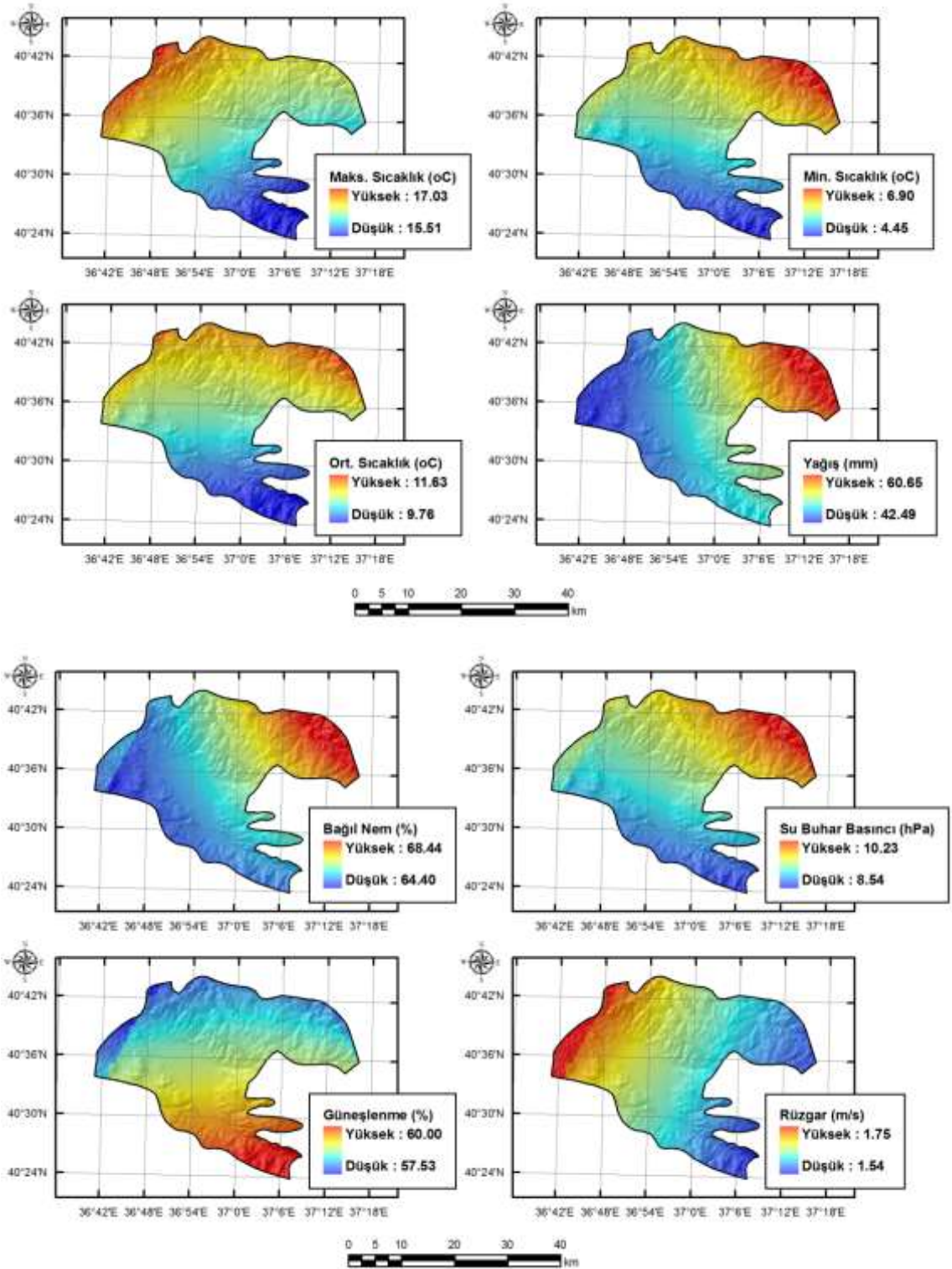
Bu çalışmada oluşturulan raster iklim haritaları yıllık ortalama olarak; maksimum sıcaklık (°C), minimum sıcaklık (°C), ortalama sıcaklık (°C) ve yağış (mm), bağıl nem (%), su buhar basıncı (hPa), güneşlenme (%), rüzgar (m/s) katmanları içermektedir (Şekil 4.14).

Minimum sıcaklık (°C) belirli bir süre içerisinde ya da bir gün içerisinde kaydedilen en düşük hava sıcaklığıdır. Yıllık ortalama minimum sıcaklık (°C) ise aylar itibariyle her ay içinde kaydedilen en düşük sıcaklık değerlerinin 12 aylık ortalama değerini ifade eder. Bahçe tesisinde, aylık ortalama minimum sıcaklık haritası planlanma aşamasında önemlidir. Niksar ilçesi için üretilen ve aylık ortalama minimum sıcaklık uzaysal dağılımını gösteren harita Şekil 4.14'de verilmiştir. Verilen haritaya göre Niksar ilçesinin yıllık ortalama minimum sıcaklık değerleri 6.90 °C ile 4.45 °C arasında değişmektedir. En yüksek ortalama minimum sıcaklık değerleri ilçenin kuzeydoğu kesimlerinde (Canik Dağları) görülmekteyken, en düşük ortalama minimum sıcaklık değerleri ilçenin güney (Sakarata Dağı ve Köse Dağları) kısımlarında tespit edilmiştir. Bunun nedeni Canik Dağlarının Karadeniz'e yakın olması, Sakarata ve Köse Dağlarının ise Karadeniz'in etkisinden uzaklaşması ve İç Anadolu'ya başka bir deyişle daha sert olan karasal iklim sınırlarına yakınlaşmasıdır.

Maksimum sıcaklık (°C) her ay içinde kaydedilen en yüksek sıcaklık değerini ifade eder. Yıllık ortalama maksimum sıcaklık ise 12 aylık en yüksek sıcaklık değerlerinin ortalama değeridir. Tarımsal planlama süreci içinde ürün desenini belirlemek için bu veri önemlidir. Niksar ilçesinin yıllık ortalama maksimum sıcaklık uzaysal dağılımını gösteren harita Şekil 4.14'de verilmiştir. Verilen haritaya göre Niksar ilçesinin ortalama maksimum sıcaklık değerleri 17.03 °C ile 15.51 °C arasında değişmektedir. En yüksek ortalama maksimum sıcaklık değerleri ilçenin yükseltisi az, kuzeybatı kesimlerinde görülmekteyken en düşük ortalama maksimum sıcaklık değerleri ilçenin diğer kesimlerine oranla yüksek olan güneydoğu (Köse Dağları) kısımlarında tespit edilmiştir.

Ortalama sıcaklık belirli bir süre boyunca elde edilen sıcaklık okuma değerlerinin ortalamasıdır. Günlük ortalama sıcaklık değeri en yüksek ve en düşük hava sıcaklıklarının ortalamasından veya  $(7^{00} + 14^{00} + (2 \times 21^{00}))/4$  işleminden elde edilir (Anonim 2005). Burada  $7^{00}$ ,  $14^{00}$ ,  $21^{00}$  ile yapılan gösterimler bu saatlerdeki sıcaklık değerlerini temsil etmektedir. Burada  $21^{00}$  rasadında ki değer 2 ile çarpılmasının sebebi gece yarısı gözlem yapılmamasıdır. Bölüm işleminin payında yer alan toplam sıcaklık değerleri 4'e bölünerek günlük ortalama sıcaklık değeri bulunur. Günlük ortalama sıcaklıkların bir ay içindeki ortalaması o aya ait ortalama sıcaklığı, aylık ortalama sıcaklıkların bir yıl içindeki ortalaması da yıllık ortalama sıcaklığı verir. Niksar ilçesinin yıllık ortalama sıcaklık uzaysal dağılımını gösteren harita Şekil 4.14'de verilmiştir. Elde edilen haritaya göre Niksar ilçesinin yıllık ortalama sıcaklık değerleri  $11.63^{\circ}\text{C}$  ile  $9.76^{\circ}\text{C}$  arasında değişmektedir. En yüksek ortalama sıcaklık değerleri ilçenin kuzey kesimlerinde (Canik Dağları) görülmekteyken, en düşük ortalama sıcaklık değerleri ilçenin güney (Sakarata Dağı ve Köse Dağları) kısımlarında tespit edilmiştir. Bu da maksimum ve minimum sıcaklık dağılımlarının aynı özellikte olduğunu göstermiştir.

Yağış; Yağmur, kar, çisenti, dolu, buz parçacıkları ile bunların değişik şekillerini de içeren ve nemin yere doğru düşen tüm şekli için kullanılan genel bir tanımdır. Diğer bir deyişle; bulutlardan düşen, yere kadar ulaşan suyun sıvı veya katı haldeki her türlü şekli için kullanılan bir terimdir. Ülkemiz meteorolojisinde genellikle milimetre olarak ölçülür ve metrekarede kilogram olarak ifade edilir (Anonim 2015c). Aylık yağış her ay içinde kaydedilen toplam yağış değeridir. Bir yıl içindeki toplam yağışın 12 aylık ortalama değeri ise yıllık ortalama yağış değerini ifade eder. Bu veriler doğal bitki örtüsüne etkisi yanında bir bölgenin tarım dahil planlama gerektiren tüm işlemler için önemli bir arazi verisidir. Niksar ilçesinin yıllık ortalama yağış uzaysal dağılımını gösteren harita Şekil 4.14'de verilmiştir. Oluşturulan bu haritaya göre Niksar ilçesinin yıllık ortalama yağış değerleri  $60.65\text{ mm}$  ile  $42.49\text{ mm}$  arasında değişmektedir. Başka bir deyişle ilçede bir yılda toplam  $727.8\text{ mm}$  ile  $509.9\text{ mm}$  arasında yağış alan bölgeler vardır. En yüksek aylık ortalama yağışı ilçenin kuzeydoğusundaki yüksek kesimlerde (Canik Dağları) tespit edilmiştir.



Şekil 4.14. Nizsar İlçesinin yıllık ortalama değerlerine ait iklim haritaları (maksimum sıcaklık (°C), minimum sıcaklık (°C), ortalama sıcaklık (°C), yağış (mm)), bağıl nem (%), su buhar basıncı (hPa), güneşlenme (%), rüzgâr (m/s))

Rüzgâr; alçak basınçla yüksek basınç bölgesi arasında yer değiştiren hava akımıdır, daima yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru hareket eder. İki bölge arasındaki basınç farkı ne kadar büyük olursa, hava akım hızı o kadar fazla olur. Niksar İlçesi için oluşturulan rüzgâr haritası Şekil 4.14' de verilmiştir. Oluşturulan bu haritaya göre ilçede yıllık ortalama rüzgâr hızı 1.54 – 1.75 m/s değerleri arasında olup en yüksek değerlere ilçenin kuzeybatısını da ulaşılmaktadır.

Bağıl nem; havanın bünyesinde su buharı halinde tuttuğu mutlak nemin, bulunduğu sıcaklık ve basınç koşullarında tutabildiği azami su miktarına olan oranıdır. Başka bir ifade ile, belli bir yerdeki hava kütesinin sıcaklığına ve basıncına bağlı olarak taşıyabileceği azami nemin yüzde kaç kadar neme (su buharına) sahip olduğunu ifade eden bir kavramdır. Bağıl nemin % 100 olması, havanın artık suyla doyurulmuş olması demektir ve bu durumda hava daha fazla su alamayacak ve katılan buhar yoğunlaşarak sıvı haline dönüşecektir. Çalışma alanı için oluşturulan bağıl nem haritasından (Şekil 4.14.) görüleceği üzere yıllık ortalama bağıl nem değeri % olarak 64.40-68.44 arasında değiştiği görülmektedir. Çalışma alanı için Bağıl nemin en yüksek değerlere ulaştığı bölge çalışma alanının kuzeydoğu bölgesi olup, güneybatıya doğru gittikçe bağıl nem düşmekte olduğu görülmektedir (Şekil 4.14).

Güneşlenme; Yeryüzü tarafından kazanılan ısı veya güneş radyasyonudur. Güneşlenmenin değeri; güneşlenme sabitesine, yerin güneşten olan uzaklığına, güneş ışınlarının yer ile yaptığı açıya ve atmosferin geçirgenliğine bağlıdır (Anonim, 2015c). Bütün canlılar ve meteorolojik olaylar doğrudan doğruya veya dolaylı olarak güneş enerjisine bağlı gelişirler. Örneğin yağış, rüzgâr, buharlaşma, bitkilerin fotosentez yapabilmeleri, gıda üretimi ve yaşamın tamamı güneşten gelen enerjiye bağlıdır. (Anonim, 2005). Güneşlenme süresi bitkilerin vejetatif büyümeden generatif gelişmeye geçmelerine etkilidir. Gün uzunluğu bitkileri, çiçek teşekkülü için günlük 10-12 saatten fazla aydınlanma süresine ihtiyaç duyarlar. Kısa gün bitkileri çiçeklenebilmeleri için günlük 10-12 saatten daha az aydınlanma süresi isterler. Nötr gün bitkileri çiçek teşekkülü belirgin bir ışıklenme süresine gerek duymayan bitkilerdir. Çalışma alanını

güneşlenme yüzdeleri % 57.53- 60.00 arasında değişmektedir (Şekil 4.14). Güneşlenme yüzdesi en yüksek bölge ilçenin güneydoğu bölgesidir.

Buhar basıncı; Atmosfer içerisinde bulunan su buharı miktarı atmosferin sıcaklığına bağlıdır. Su buharının atmosfer içerisinde oluşan basınca belirli bir katkısı vardır ve buna buhar basıncı denir. Kuru ve ıslak termometre değerlerinden faydalanılarak, havanın su buhar basıncı ve nispi nem değerleri bulunur. Bunun dışında nispi nem değeri higrograf aletinden direkt olarak (doğrudan) okunabilir (Anonim 2005). Niksar ilçesi için yıllık ortalama buhar basıncı Şekil 4.14' de verilmiş olup yıllık ortalama 8.54 hPa ile 10.23 hPa arasında değişmekte olup en yüksek değerlere ilçenin kuzeydoğu kesimlerinde ulaşmaktadır.

#### 4.4. İstatistiksel Değerlendirmeler ve Modelleme

##### 4.4.1 Tanımsal İstatistiksel Sonuçlar

Çalışmada belirlenen toprak, iklim, topografya ve uydu görüntüsü band (DN) değerlerinin tanımsal istatistikleri Çizelge 4.1-4.4' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Toprak değişkenleri tanımsal istatistik değerleri

	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık
<b>KUM</b>	17.290	97.276	54.478	11.855	140.537	0.260	1.312
<b>KİL</b>	0.722	47.716	23.579	8.302	68.922	0.060	-0.091
<b>SİLT</b>	2.002	45.000	21.943	5.871	34.464	0.585	3.952
<b>pH</b>	6.652	7.632	7.142	0.180	0.032	-0.246	0.407
<b>ORGMAD</b>	1.660	10.270	3.579	1.399	1.956	1.607	3.692
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	1.870	17.985	6.506	3.267	10.673	0.905	0.815
<b>Na</b>	0.040	0.160	0.103	0.019	0.000	-0.286	1.204
<b>P</b>	11.511	102.259	34.652	14.737	217.189	1.862	5.652
<b>EC</b>	0.040	2.420	0.231	0.245	0.060	5.934	48.633
<b>K</b>	0.110	0.921	0.454	0.161	0.026	0.262	-0.178
<b>N</b>	0.230	0.609	0.303	0.053	0.003	2.703	10.223

Çizelge 4.2. İklim değişkenleri tanımsal istatistik değerleri

	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık
<b>Yağış</b>	42.759	58.854	47.920	3.536	12.503	1.151	1.244
<b>Bağıl Nem</b>	64.544	67.927	65.510	0.769	0.591	1.381	1.464
<b>Güneşlenme</b>	0.577	0.599	0.587	0.005	0.000	0.691	-0.416
<b>Mak. Sıc.</b>	15.592	16.872	16.336	0.299	0.089	-0.751	-0.050
<b>Min. Sıc.</b>	4.510	6.588	5.489	0.481	0.231	0.028	-0.441
<b>Ort. Sıc.</b>	9.847	11.438	10.781	0.396	0.157	-0.665	-0.441
<b>Su B.B.</b>	8.571	9.995	9.159	0.323	0.104	0.501	-0.024
<b>Rüzgar</b>	1.550	1.732	1.626	0.043	0.002	0.407	-0.380

Çizelge 4.3. Topografik değişkenler tanımsal istatistik değerleri

	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık
<b>Yükseklik</b>	267.000	1505.000	819.250	391.582	153300.000	0.077	-1.462
<b>Baki</b>	0.000	359.000	173.760	108.119	11690.000	-0.041	-1.139
<b>Eğim</b>	0.252	41.233	10.624	7.265	52.775	1.270	2.580

Çizelge 4.4. LANDSAT-8 BAND (DN) verileri tanımsal istatistik değerleri

	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık
<b>BAND1</b>	8555,000	10933,000	9572,470	552,157	304900,000	0.477	-0.039
<b>BAND2</b>	7724,000	10700,000	8962,200	696,237	484700,000	0.530	0.003
<b>BAND3</b>	7029,000	11079,000	8672,090	922,917	851800,000	0.683	0.183
<b>BAND4</b>	6238,000	12223,000	8681,080	1406,301	1978000,000	0.570	0.002
<b>BAND5</b>	9803,000	19046,000	14100,000	1836,657	3373000,000	0.450	0.257
<b>BAND6</b>	8201,000	19630,000	13000,000	2150,388	4624000,000	0.163	-0.056
<b>BAND7</b>	6432,000	14504,000	10200,000	1940,406	3765000,000	0.028	-0.668
<b>BAND8</b>	6674,000	12214,000	8637,970	1169,914	1369000,000	0.597	0.037
<b>BAND9</b>	5014,000	5061,000	5036,210	10,205	104,138	0.052	-0.353
<b>BAND10</b>	26330,000	33922,000	30500,000	1690,979	2859000,000	-0.304	-0.477
<b>BAND11</b>	24192,000	29860,000	27400,000	1256,796	1580000,000	-0.321	-0.460

#### 4.4.2. Korelasyon Analizi

Toprak parametreleri arasındaki korelasyon analiz sonuçları Çizelge 4.5’de, Toprak parametreleri ve band değerleri arasındaki korelasyonlar Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Toprak değişkenleri arasındaki korelasyonlar

	KUM	KİL	SİLT	pH	ORGMAD	CaCO <sub>3</sub>	Na	P	EC	K	N
KUM	1										
KİL	-0.889**	1									
SİLT	-0.762**	0.381**	1								
pH	-0.123	0.205*	-0.041	1							
ORGMAD	0.206*	-0.295**	0.002	-0.555**	1						
CaCO <sub>3</sub>	-0.113	0.157	0.006	0.576**	-0.431**	1					
Na	0.145	-0.038	-0.239**	-0.048	0.006	0.012	1				
P	-0.336**	0.244**	0.334**	-0.176*	-0.056	-0.150	-0.215*	1			
EC	-0.383**	0.180*	0.519**	-0.018	-0.105	0.046	-0.301**	0.157	1		
K	-0.482**	0.398**	0.410**	-0.059	-0.117	-0.075	-0.240**	0.542**	0.275**	1	
N	0.051	-0.192*	0.168	-0.666**	0.655**	-0.451**	0.000	0.161	0.132	-0.018	1
** korelasyon %1 seviyesinde önemli, * korelasyon %5 seviyesinde önemli											

Çizelge 4.6. Toprak değişkenleri ile LANDSAT-8 (13 Eylül 2013) band (DN) değerleri arasındaki korelasyonlar

	KUM	KİL	SİLT	pH	ORGMAD	CaCO <sub>3</sub>	Na	P	EC	K	N
BAND1	-0.045	0.122	-0.081	0.599**	-0.446**	0.664**	-0.042	-0.189*	-0.051	-0.089	-0.589**
BAND2	-0.055	0.137	-0.082	0.618**	-0.475**	0.698**	-0.049	-0.183*	-0.039	-0.088	-0.600**
BAND3	-0.042	0.126	-0.092	0.618**	-0.476**	0.705**	-0.045	-0.168	-0.020	-0.076	-0.584**
BAND4	-0.073	0.154	-0.071	0.649**	-0.519**	0.748**	-0.034	-0.162	-0.012	-0.079	-0.613**
BAND5	0.080	-0.052	-0.089	0.030	-0.038	0.014	-0.015	0.004	-0.005	0.034	-0.031
BAND6	-0.127	0.205*	-0.034	0.776**	-0.715**	0.816**	0.018	-0.120	0.000	-0.019	-0.705**
BAND7	-0.137	0.217*	-0.029	0.761**	-0.681**	0.805**	-0.005	-0.137	-0.001	-0.046	-0.699**
BAND8	-0.020	0.087	-0.083	0.556**	-0.450**	0.653**	-0.056	-0.149	-0.011	-0.085	-0.550**
BAND9	-0.149	0.104	0.153	0.079	-0.051	-0.032	0.049	-0.033	0.063	0.042	-0.058
BAND10	-0.057	0.153	-0.100	0.706**	-0.499**	0.606**	-0.067	-0.167	-0.079	-0.111	-0.690**
BAND11	-0.060	0.156	-0.099	0.711**	-0.513**	0.606**	-0.069	-0.168	-0.074	-0.110	-0.693**
** korelasyon %1 seviyesinde önemli, * korelasyon %5 seviyesinde önemli											

Toprak değişkenlerinde en yüksek pozitif korelasyonlar %1 seviyesinde N-Organik madde (0.655), CaCO<sub>3</sub>-pH (0.576), ve N-P (0.542) arasında tespit edilmiştir. En yüksek negatif korelasyonlar ise Kil-kum (-0.889), Silt-kum (%-0.762), N-pH (-0.666) ve organik madde-pH (-0.555) toprak değişkenleri arasında gözlemlenmiştir (Çizelge 4.5).

Toprak ve band değerleri arasındaki korelasyonlar incelendiğinde; en yüksek pozitif korelasyonlar band6-pH (0.776) ve band6-CaCO<sub>3</sub> (0.816) değişkenleri arasında gerçekleşmiştir. En yüksek negatif korelasyonlar ise band6-Organik madde (-0.715) ve band6-N (-0.705) değişkenleri arasında görülmüştür (Çizelge 4.14). sonuç olarak bu ilişkiler modellemeye değer görülmüştür (Çizelge 4.6).

#### **4.4.3. Regresyon Analizi**

Önemli bulunan korelasyonlar için elde edilen doğrusal regresyon analiz sonuçları ve geliştirilen modeller Çizelge 4.7-4.10`da verilmiştir. Regresyon tablolarının model özeti kısmında R, R<sup>2</sup>, düzeltilmiş R<sup>2</sup> ve tahminin standart hatası değerleri gösterilmiştir. Burada belirtilen R değeri bağımlı değişkenin gözlenen ve tahmin edilen değerler arasındaki korelasyonu ifade etmektedir. Bire yaklaşan yüksek R değerleri güçlü ilişkileri göstermektedir. R<sup>2</sup> değeri ise bağımsız değişken tarafından açıklanan bağımlı değişken varyasyon oranı olarak tanımlanmaktadır. Bire yaklaşan yüksek R<sup>2</sup> değerleri modelin verilere iyi uyduğuna işaret etmektedir. Varyans analizi (ANOVA) sonuçları sırasıyla bağımsız değişken tarafından açıklanan regresyon ve açıklanmayan artık değerleri hakkında bilgi vermektedir. Artık kareler toplamı ile karşılaştırıldığında daha büyük olan regresyon kareler toplamı, bağımlı değişkendeki varyasyonun çoğunluğunun model tarafından açıkladığına işaret etmektedir. Başka bir deyişle sağlıklı olan modellerde regresyon kareler toplamının artık kareler toplamından her zaman daha büyük olması beklenir. ANOVA tablosundaki F istatistiği önem (sig.) değerlerinin yüzde beşten küçük olması (<0.05) bağımsız değişkenin bağımlı değişkendeki varyasyonu açıkladığına işaret eder. İyi bir modelde önem (sig.) değerlerinin 0.05 den küçük olması beklenir.

Regresyon tabloları incelendiğinde; tüm modellerin ANOVA tablosundaki F istatistiği önem (sig.) değerleri %5'den küçük bulunmuştur (<0.05). Bu nedenle geliştirilen tüm modellerde bağımsız değişken, bağımlı değişkendeki varyasyonu açıklamaktadır. Ancak, band6-N modelinde (Çizelge 4.9.) regresyon kareler toplamının artık kareler toplamından küçük olduğu görülmüştür. Ayrıca, aynı modeldeki R<sup>2</sup> değeri band6-N modelinin verilere iyi uymadığına işaret etmektedir. Bu nedenlerden dolayı söz konusu model sağlıklı bulunmamıştır (Çizelge 4.9 ). Sonuç olarak pH (Çizelge 4.7), CaCO<sub>3</sub> (Çizelge 4.8) ve organik madde (Çizelge 4.10) modelleri uygulanabilir bulunmuştur.

Çizelge 4.7. pH (bağımlı değişken) ve band6 (bağımsız değişken) doğrusal regresyon istatistiği ve geliştirilen pH modeli

Model	Kareler Toplamı (Sum of squares)	df	Kareler ortalaması (Meansquare)	F	Önem Sig.
<b>ANOVA</b>					
Regresyon	2.554	1.000	2.554	196.367	0.000
Artık	1.691	130.000	0.013		
Toplam	4.244	131.000			
<b>R</b>	<b>R kare (R square)</b>	<b>Düzeltilmiş R kare (Adjusted R square)</b>	<b>Tahminin standart hatası (Standarderror of theestimate)</b>		
<b>Model Özeti (Model Summary)</b>					
0,776	0,602	0,599	0,114		
<b>pH = 0.000065*BAND6 + 6.2967</b>					

Çizelge 4.8. CaCO<sub>3</sub> (bağımlı değişken) ve band6 (bağımsız değişken) doğrusal regresyon istatistiği ve geliştirilen CaCO<sub>3</sub> modeli

Model	Kareler Toplamı (Sum of squares)	df	Kareler ortalaması (Meansquare)	F	Önem Sig.
<b>ANOVA</b>					
Regresyon	930.070	1.000	930.070	258.295	0.000
Artık	468.104	130.000	3.601		
Toplam	1398.174	131.000			
<b>R</b>	<b>R kare (R square)</b>	<b>Düzeltilmiş R kare (Adjusted R square)</b>	<b>Tahminin standart hatası (Standarderror of theestimate)</b>		
<b>Model Özeti (Model Summary)</b>					
0.816	0.665	0.663	1.898		
<b>CaCO<sub>3</sub> = 0.0012*BAND6 - 9.6275</b>					

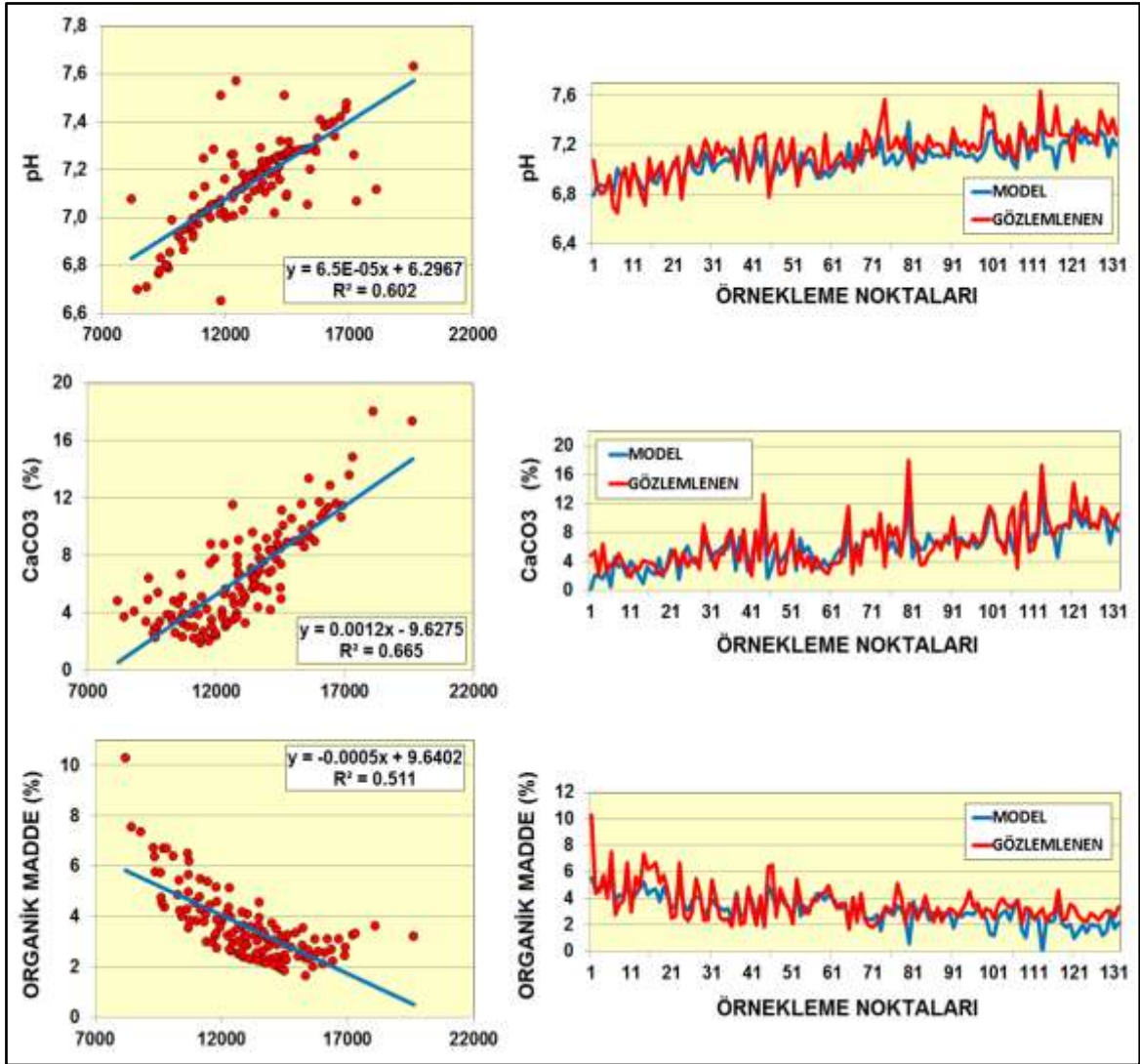
Çizelge 4.9. Azot (bağımlı değişken) ve band6 (bağımsız değişken) doğrusal regresyon istatistiği ve geliştirilen Azot modeli

Model	Kareler Toplamı (Sum of squares)	df	Kareler ortalaması (Meansquare)	F	Önem Sig.
<b>ANOVA</b>					
Regresyon	<b>0.182</b>	1.000	0.182	128.218	0.000
Artık	<b>0.184</b>	130.000	0.001		
Toplam	0.366	131.000			
<b>R</b>	<b>R kare (R square)</b>	<b>Düzeltilmiş R kare (Adjusted R square)</b>	<b>Tahminin standart hatası (Standarderror of theestimate)</b>		
<b>Model Özeti (Model Summary)</b>					
0.705	0.497	0.493	0.038		
<b>Azot = -0.00002*BAND6 + 0.5284</b>					

Çizelge 4.10. Organik madde (bağımlı değişken) ve band6 (bağımsız değişken) doğrusal regresyon istatistiği ve geliştirilen organik madde modeli

Model	Kareler Toplamı (Sum of squares)	df	Kareler ortalaması (Meansquare)	F	Önem Sig.
<b>ANOVA</b>					
Regresyon	130.913	1.000	130.913	135.813	0.000
Artık	125.311	130.000	0.964		
Toplam	256.224	131.000			
<b>R</b>	<b>R kare (R square)</b>	<b>Düzeltilmiş R kare (Adjusted R square)</b>	<b>Tahminin standart hatası (Standarderror of theestimate)</b>		
<b>Model Özeti (Model Summary)</b>					
0.715	0.511	0.507	0.982		
<b>Organik Madde = -0.0005*BAND6 + 9.6402</b>					

Band6 (DN) değerleri ile pH ve CaCO<sub>3</sub> arasındaki pozitif ilişkiler için geliştirilen modeller ve istasyonlar bazında modelden tahmin edilen değerlerin gözlemlenen gerçek değerlerle karşılaştırıldığı grafikler Şekil 4.15’de verilmiştir. Band6 DN değerleri ile organik madde arasındaki negatif ilişkiler için geliştirilen model ve modelden tahmin edilen değerlerin gözlemlenen gerçek değerlerle karşılaştırıldığı grafikler de yine Şekil 4.15’de özetlenmiştir.

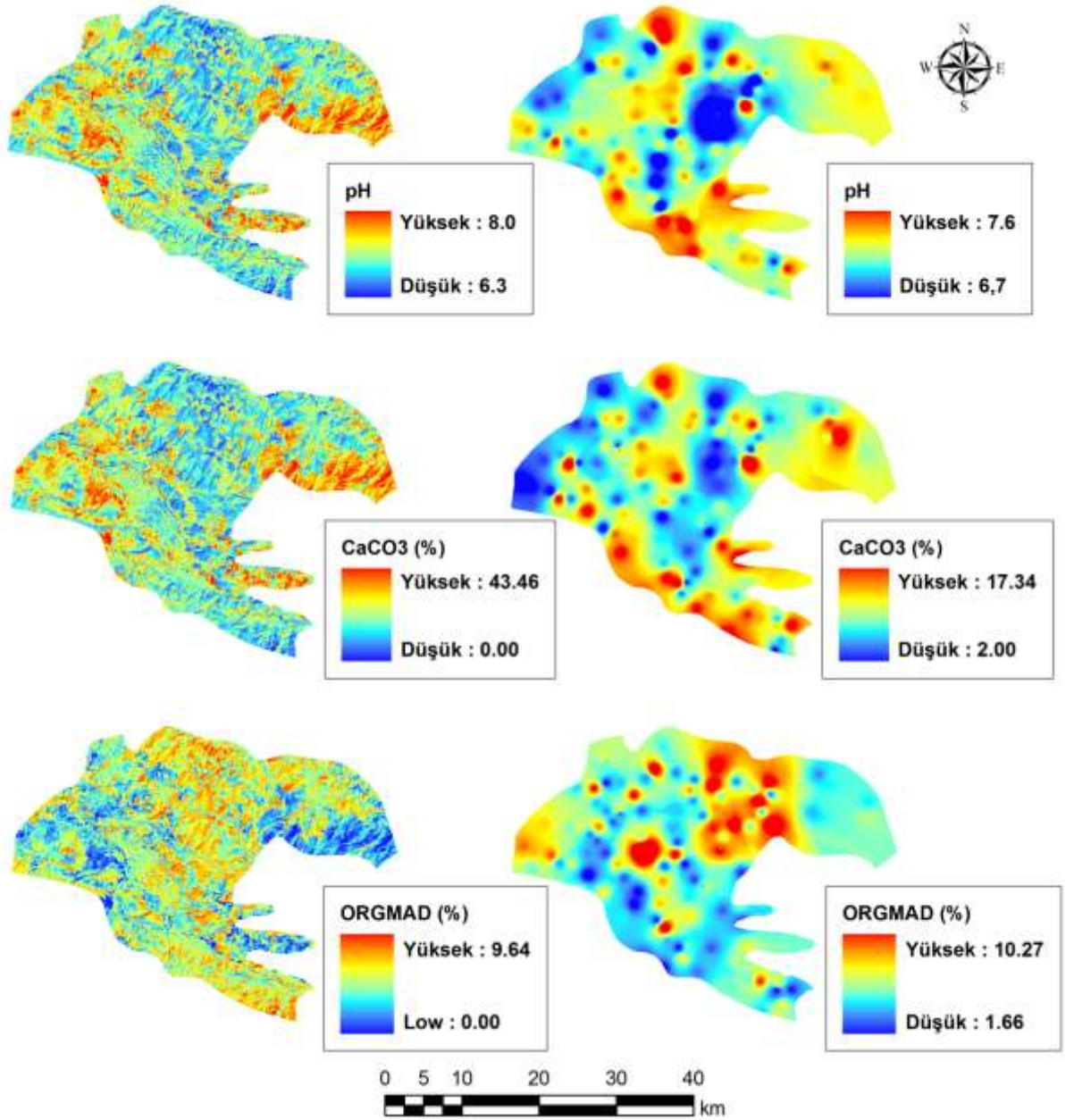


Şekil 4.15 pH, CaCO<sub>3</sub> ve organik madde için geliştirilen modeller ve modelden tahmin edilen değerlerin gözlemlenen gerçek değerlerle karşılaştırılması

#### 4.4.4. Model Haritaları

ArcGIS yazılımı uzaysal analiz modülünün matematik fonksiyonları (çarpma, toplama ve çıkarma), elde edilen modeller ve modellerin ait oldukları zamana ait LANDSAT-8 band değerleri kullanılarak model haritaları üretilmiştir. Elde edilen model haritalar Şekil 4.16'da verilmiştir. Görsel anlamda bir karşılaştırma yapabilmek için, model haritalarla birlikte aynı değişkenler için enterpolasyon yöntemiyle üretilen haritalar da Şekil 4.16'da verilmiştir. Şekil 4.16'da görüldüğü gibi model haritalar enterpolasyonla

üretilen haritalara uyumluluk göstermiştir. Bu durum model haritaların uygulanabilirliğini göstermektedir. Başka bir deyişle; söz konusu zaman diliminde çekilen LANDSAT-8 görüntülerinin ilgili bandı (band6) kullanılarak modeli geliştirilen toprak parametreleri artık araziye çıkmadan tahmin edilebilecektir.



Şekil.4.16. Geliştirilen modellerden elde edilen grid haritalar ve enterpolasyon yöntemiyle üretilen grid haritaların karşılaştırılması.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada Niksar İlçesinin topografyası, toprak özellikleri, toprak değişkenleri ve iklim verileri araştırılmıştır. Araştırma sonucu elde edilen veriler, güncel temel veri tabanları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri kullanarak analiz edilmiş modellenmiş ve yorumlanmıştır.

Araştırma sonucunda band6 ile organik madde, kireç ve pH arasındaki ilişkiler önemli bulunmuş ve modellenmiştir. Şekil 4.16'da görüleceği üzere bu 3 model harita, enterpolasyon ile üretilen haritalarla uyumluluk sağlamıştır.

Çalışma sonuçlarına göre elde edilen istatistiksel verilere göre pH-organik madde (-0,555) arasında önemli negatif ilişki olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin organik madde arttığından toprağa geçen organik asitlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Organik maddenin bileşiminde bulunan azotun, pH ile (-0,666) arasındaki önemli negatif ilişki de bu düşüncüyü desteklemektedir. Ayrıca N ile organik madde (0,655) arasındaki %1 düzeyinde önemli pozitif ilişki, toprakların organik madde içeriği arttıkça N içeriğinin de artmasının doğal bir sonucudur.

Araştırma sonucunda Niksar ilçesindeki tarım alanlarının küçük lokal alanlar dışında büyük bir kısmının; nötr toprak reaksiyonuna, orta kireç düzeyine, ve orta bünyeli tekstüre sahip olduğu ve bu düzeylerin bitki gelişimi için en uygun değerler arasında olduğu görülmüştür. Niksar ilçesinde tuzluluk bakımından düşük bulunan EC değerleri (< 2,42 mmhos/cm) ise bitki gelişimini sınırlandıracak derecede bir tuzluluğa çalışma alanı genelinde rastlanmadığına işaret etmektedir.

Organik madde ve buna paralel olarak azot içeriği çalışma alanı geneli için yeterli düzeyde çıkmasa da çok düşük değerler de almamıştır. Fosfor ve potasyumun çalışma alanında bazı lokal alanlar dışında yeterli seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışma neticesinde görüleceği üzere, Niksar ilçesi tarımsal açıdan verimli bir toprak yapısına ve uygun olan iklim koşullarına sahiptir. Bu gibi verimli topraklarımızın önemli toprak

özelliklerinin coğrafi dağılımlarının ortaya konulması, topraklarımızın sürdürülebilir olarak kullanılması ve yönetimi için önemli olup, hangi bölgelerde ne tip uygulama yapılabileceği konusunda yol göstericidir. Bu gibi nedenlerle benzer çalışmaların detaylandırılarak ve geliştirilerek devam etmesi gerekmektedir. Genel toprak özellikleri, toprak değişkenleri, topoğrafya ve iklim özelliklerinin ortaya konulmasında kullanılan CBS ve UA uygulamalarının önemi büyüktür ve bu önem bu çalışmayla bir kez daha ortaya çıkmıştır.

Bu çalışma sonucunda elde edilen modeller, uzaysal veri tabanları, Nixsar İlçesi için yapılacak olan tarımsal uygulamalar ve yerel kalkınma projelerine temel oluşturabilecek niteliktedir.

## KAYNAKLAR

- Akalan, İ., 1977, Toprak Oluşu, Yapısı ve Özellikleri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, 662/204.
- Aksoy, E., Demirel K., Dirim M.S., Özsoy G., Tümsavas Z., 2002. Detailed Soil Survey and Mapping Works at the Karacabey-Ariz and Dogla (Bursa) Agricultural Lands Using Dem. International Conference on Sustainable Land Use and Management. Çanakkale-Turkey, 439-441.
- Aktaş, M., 1995. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. 3. Baskı A.Ü. Ziraat Fakültesi. Yayın No:1249. Ders Kitabı: 416.
- Anonim, 1970. Yeşilirmak Havzası Toprakları. Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları, No. 241, 141 s., Ankara.
- Anonim, 1997. Tokat İli Arazi Varlığı. T.C. Başbakanlık, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Anonim., 2005. Klimatoloji. Devlet Meteoroloji İşleri Yayınları, Ankara, Yayın No:2005/1.
- Anonim, 2015a. Nik İnşaat Tic. Ltd. Şti. internet sitesi, Sistem-Uydu görüntüleri [http://nik.com.tr/content\\_sistem\\_uydu.asp?id=20](http://nik.com.tr/content_sistem_uydu.asp?id=20) (11 Nisan 2015)
- Anonim, 2015b. Göktürk-2 uydusu.<http://www.tubitak.gov.tr/tr/haber/gokturk-2-uydusu-yorungede-1-yilini-tamamladi> (11 Nisan 2015).
- Anonim, 2015c. Meteoroloji Sözlüğü. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <http://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojisozlugu.aspx>
- Aronoff, S., 1989a. An Introduction to Geographic Information System. WDL Publications, Ottawa.
- Aronoff, S., 1989b. Geographic Information Systems: A Management Perspective, Kanada.
- Arslanoğlu, M. ve Özçelik, M., 2005. Sayısal arazi yükseklik modelinin iyileştirilmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara.
- Atalay, İ., 2005. Genel Fiziki Coğrafya. Genişletilmiş 6. Baskı. META Basım ve Matbaacılık Hizmetleri, Bornova, İzmir
- Atalay, İ., 2006. Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü Yayını, 3. baskı, Ankara, pp. 73-74.
- Bank, E., 1994. Coğrafi bilgi sistemlerinde analiz türleri, kullanım amaçları ve uygulama alanları, Harita Genel Komutanlığı Yayını, Harita Dergisi, 112, 1-20, Ankara
- Başayığıt, L., Öztekin M.E., Dingil M., Senol S., Dinç U., 2004. Land Use Plan On The Basis Of Existing Plots Of The Konuklar State Farm By Using GIS Techniques. International Soil Congress on Natural Resource Management for Sustainable Development, Erzurum – Turkey, 45-53.
- Başayığıt, L., Akgül M., Şenol H., 2006. Terra-Aster Bandlarından olan yansıma değerleri ve bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi, toprak haritalarının üretilmesinde kullanılabilirliği. 1. Uzaktan Algılama-CBS Çalıştay ve Paneli s: 1-7.

- Başayığıt, L., Şenol H., Müjdecı M., 2008. Isparta ili meyve yetiştirme potansiyeli yüksek alanların bazı temel toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri ile haritalanması. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergi 3(2): 1-10
- Buhan, E., Koçer M.A.T., Polat F., Doğan H.M., Dirim S., Turgut Neary E., 2010. Almus Baraj Gölü su kalitesinin alabalık yetiştiriciliği açısından değerlendirilmesi ve taşıma kapasitesinin tahmini. GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(1): 57-65.
- Burrough, P.A., 1986. Principles of geographical information systems for land resources assessment. Monographs on Soil and Resources Survey No:12, Oxford Science Publications, London.
- Bolca, M., Altınbas Ü., Kurucu Y., 2003. Arazi fizyografyası ile toprak taksonomik birimleri ilişkilerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, Büyük Menderes Havzası örneği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi., 40 (2): 97-104.
- Bouyoucos, G.J., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Metod for making Mechanical Analysis of Soil. Argon. Jour. 43: 434-438.
- Çağlar, K. Ö., 1949. Toprak Bilgisi A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları no: 10, Ankara.
- Celep, F., Aytaç Z., Karaer F., 2006. Plant Diversity and Distribution in the Lower Tersakan Valley (Amasya-Turkey). Flora Mediterreanean, under review.
- Champbell, J.B., 1996. Introduction to Romote Sensing, 2nd ed (New York: The Guilford Press).
- Davis, P.H., 1965-1988. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 1-10, Edinburgh University Press. Edinburgh.
- Davis, P.H., 1971. Distribution patterns in Anatolia with particular reference to endemism. Plant Life of South-West Asia. Edited by Davis Harper and Hedge. Botanical Society of Edinburgh, Great Britain.
- DeMers, M.N., 1997. Fundamentals of Geographic Information Systems. John WileySons, Inc. New York.
- Doğan, H.M., Mermer A., Ünal E., 2000. Bitki örtüsü indeks değerleri. Tarım ve Köyişler Bakanlığı, 135: 38-41.
- Doğan, H. M. ve Dogan, M., 2006. A New Approach to Diversity Indices-Modeling and Mapping Plant Biodiversity of Nallıhan (A3-Ankara) Forest Ecosystem in Frame of Geographic Information Systems. Biodiversity and Conservation, Springer, 15:855-878.
- Dogan, H.M., 2007. High Resolution Climatic Surfaces of Nallıhan Ecosystem in Turkey; A Convenient Methodology to Create Climate Maps,” Journal of Applied Sciences, 7(5): 654-662.
- Doğan, H.M.,Buhan E., Sesli A., Koçer M.A.T., 2010. Güneydoğu Anadolu bölgesinde su ve balıkçılık kaynakları uzaysal veri tabanının coğrafi bilgi sistem (CBS) temelli tanıtımı. GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(1): 67-72.
- Doğan H.M. ve Aslan S., 2013. Aşağı Kelkit Havzası'nın bazı toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama ile haritalanması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilimsel Araştırma Dergisi 2013(3), 25-33.
- Doğan, H.M., Kılıç O.M., Yılmaz D.S., 2013a. Tokat ili büyük toprak grupları, erozyon sınıfları ve arazi yetenek sınıfları tematik harita katmanlarının CBS ile hazırlanması ve analizi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30(2), 67-72.

- Doğan, H.M., Yılmaz D.S., Kılıç O.M., 2013b. Orta Kelkit Havzası'nın bazı toprak özelliklerinin ters mesafe ağırlık yöntemi (IDW) ile haritalanması ve yorumlanması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilimsel Araştırma Dergisi 2013(6), 46-54.
- DPT, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. Bilişim Teknolojileri ve Politikaları Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
- Ergene, A., 1972. Toprak Biliminin Esasları. Atatürk Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 245/a, Erzurum.
- ESRİ, 2004. ArcGIS 9, Geoprocessing in ArcGIS. Environmental Systems Research Institute, Redlands, California, U.S.A.
- ESRİ, 2005. ArcGIS 9, What is in ArcGIS9.1. Environmental Systems Research Institute, Redlands, California, U.S.A.
- FAO, 1990. Micronutrient, Assessment at the Country Level: An International Study. FAO Soil Bulletin by Sillanpaa. Rome.
- Foth, H. D. ve Türk L.M., 1972. Fundamentals of Soil Science. J.Wiley and Sons., Inc., N.Y., USA.
- Franke, R. and Nielson G., 1980. Smooth interpolation of large sets of scattered data. International Journal for Numerical Methods in Engineering 15: 1691-1704.
- Günesen, S., 2008. Aşağı Kelkit Havzasının bazı toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama ile haritalanması. (Y. Lisans Tezi), GOP Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Tokat.
- Haktanır, K. ve Arcak S., 1997. Toprak Biyolojisi (Toprak Ekosistemine Giriş). Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yay., No: 1486, Ders Kitabı No: 447, Ankara.
- Heuvelink, G.B.M., 2006. Incorporating Process Knowledge in Spatial Interpolation of Environmental Variables. Lisbon, Portugal: 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences.
- İşlem, 2004. ArcGIS-9 Uygulama Dokümanı. İşlem Şirketler Grubu Eğitim Dokümanları, Ankara.
- Jackson, M.L., 1958. Soil Chemical Analysis. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. Inc.
- Jackson, M.L., 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall. Inc. New York.
- Jensen, J.R., 1996. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, Second Edition (Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall).
- Kacar, B., 1984. Bitki Besleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No: 899, Ankara.
- Kacar, B., 1994. Toprak Analizleri. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları (No: 3).
- Karaer, F., 1994. Kelkit Vadisinin Florası ve Vegetasyonu, 19 Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 1994.
- Karahan, G., 2009. Erciyes Strato volkanından püskürtülen ana materyaller üzerinde oluşmuş toprakların ve su kaynaklarının toksik element kirliliği. (Y.Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Tokat.
- Karaman, M.R., Brohi A.R., Müftüoğlu N.M., Öztaş T. ve Zengin M., 2007. Sürdürülebilir Toprak Verimliliği. ISBN:978-975-8629-49-7, Detay Yayıncılık, Ankara

- Kılıç, O.M., 2010. Orta Kelkit havzasındaki bazı toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama ile haritalanması. (Y.Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Tokat
- Kılınç, M. ve Kutbay H.G., 2012. Bitki Ekolojisi, Palme Yayınevi, Ankara.
- Kurucu, Y., Altınbaş Ü., ve Bolca M., 2000. Ege bölgesi pamuk ekili alanlarının ve ürün rekoltesinin uzaktan algılama tekniği kullanılarak belirlenmesi üzerine bir araştırma. İzmir Ticaret Borsası Yayınları, No. 71. İzmir.
- KHGM, 2002. Türkiye Ulusal Toprak Veri Tabanı. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara. <http://www.khgm.gov.tr>
- Lillesand, T. M., R.W. Kiefer, 1994. Remote sensing and image interpretation. Third Edition, John Wiley and Sons, Inc. Canada.
- Maas, E.V., 1986. Salt tolerance of plants. Applied Agriculture Research 1:12-26.
- Marschner, H., 2008. Mineral Nutrition of Higher Plants. Digital Print. Academic Press., pp. 889
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. San Diego, CA.
- Mathews, H.L., Cunningham, J.E., Cıpra ve T.R. West, 1973. Application of Multispectral Remote Sensing to Soil Survey Research in Southeastern, Pennsylvania Soil Sci. Soc. of Am. Jour .Vol. 37, No:1, s.88-93.
- McGrew, J.C.J. and Monroe, C.B., 1993. Statistical Problem Solving in Geography. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers (pp. 1-254).
- Mengel, K. and Kirkby, E.A., 2001. Principles of Plant Nutrition. 5<sup>th</sup> Edition. Kluwer Academic Publishers. ISBN: 1-4020-0008-1, Dordrecht, The Netherlands.
- Mermer, A., Doğan H.M., Ünal E., 2002. Estimating Cotton Areas by Using Remote Sensing. Cotton, Textile, and Ready-Made Clothes Symposium, Diyarbakır, Turkey.
- Mermer, A., Ünal E. and Doğan H.M., 2004. Determining major orchard (pistachio, olive, vineyard) areas in Gaziantep province using remote sensing techniques. The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 34: XXX.
- Metin, S., 1997. Uydu Görüntülerinin Tarımsal Amaçlı Sınıflandırılmasında Toprak Yapısının Etkisi. 3. Uzaktan Algılama ve Türkiye' deki Uygulamaları Semineri, Bildiriler Kitabı. Bursa, X-8.
- Mitchell, A., 1999. GIS Analysis. ESRI, California, volume 1
- Nelson, D.W. and Sommers, L.E., 1982. Total Carbon, Organic Carbon, Organic Matter. In: AL Madison, Editor. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Wisconsin, USA: American Society of Agronomy Inc. (pp. 539-579).
- Olsen, S.R. and Dean, L.A., 1965. Phosphorus. In: CA Black, Editor. Methods of Soil Analysis Part 2. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy Inc. (pp. 1035-1049).
- Özel, M., Yıldırım H., 1992 . Türbüt Projesi, 1. Yıl 1991 Raporu. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze, Kocaeli.
- Peştemalcı, V., Dinç U., Yeğingil İ., Kandırmaz M., Çullu M.A., Öztürk N. and Aksoy, E., 1995. Acreage estimation of wheat and barleyfields in the province of Adana, Turkey. International Journal of Remote Sensing, 16(6): 1075-1085.

- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils, US Salinity Laboratory Usda, handbook, 60.
- Rosental, N.D., J. Charlan, B.J. Blanchard, 1982. Case Study. Estimating Antecedent Precipitation Index From Heat Capacity Mapping Mission Day Thermal Infrared Data. Hydrologicalsci. Jour. Dec., s.414-426.
- Saatçi, F., 1975. Toprak İlimi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No: 214, Bornova-İzmir.
- Schreier, H., Brown S., Sahah P.B., Shrestha B., Nakarmi G. and Allen R., 2001. Human Interactions in Soil and Gemorphic Processes in Nepal: The Role of Soil Fertility in Degradation and Rehabilitation Processes. JAG, 3: 93-98.
- Schanda, A., 1976. Remote Sensing for Environmental Sciences, Ecological Studies, 18., s.304-348, Springer - Verlag Berlin Heidelberg Newyork.
- Shepard, D., 1968. A Two-Dimensional Interpolation Function for Irregularly-Spaced Data. New York: Proceedings of the 1968 ACM National Conference (pp. 517–524).
- Strahler, A. and Strahler, A., 1996. Irtoducing Physical Geography, Environmental Update. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Şenol, S. ve U. Dinç, 1994. Kartoğrafya. Ç.Ü. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 89, Ders Kitapları Yayın No: 21.
- TUBIVES, 2003, Türkiye Bitkileri Veri Servisi. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) <http://www.tubitak.gov.tr/tubives>.
- Tuncay, H., 1983. Toprak Fiziği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Teksir No: 76- I. Bornova-İzmir.
- TÜBİTAK Uzay, 2015. TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü RASAT. <https://www.gezgin.gov.tr/rasat/app/main?execution=e2s1>
- UBS, 2000. Ulusal Bilgi Sistemi. T.C. Başbakanlık, İdareyi Geliştirme Bakanlığı Yönetim Bilişim Sistemi Merkezi, Ankara.
- USGS, 2014. LANDSAT Project.[http://LANDSAT7.usgs.gov/about\\_project\\_descriptions.php](http://LANDSAT7.usgs.gov/about_project_descriptions.php) (12 Eylül 2014)
- Ülgen, N.ve Yurtsever, N., 1974. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Teknik Yayın No:28, Ankara
- Ünal, H. Ve Başkaya, H., 1981. Toprak Kimyası. Ankara Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 759, Ankara.
- Ünal, E., Doğan H.M., Mermer A., 2002. Pamuk Alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Kullanılarak Tahmini. Türk Tarım, (144): 32-33.
- Vitousek, P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco, and J. M. Melillo, 1997. Human domination of earth'seco systems. Science 277:494-499.
- Yastıklı, N., Jaaobsen K., 2003. Automatic digital elevation model generation, problems and restrictions in urban areas, YTÜ dergi, sayı:2003-2, sayfa:38-46
- Yomralıoğlu, T., 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. KTÜ, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Tuncay KILIÇIN  
Doğum Yeri ve Yılı : Niksar / 1977  
Yabancı Dili : İngilizce  
Medeni Hali : Evli  
TC Kimlik No : 61798124514  
Telefon : (505) 596 69 03  
e-mail : tncyklen@hotmail.com

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lise	Tokat Niksar Danışman Gazi Lisesi	1995
Lisans	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü	2003

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görevi
2005-2007	Gıda Üreten İşletmelerde Sorumlu Yöneticilik (Niksar)	Ziraat Mühendisi
2007-2012	Tokat Yeşilyurt İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü	Ziraat Mühendisi
2012- .....	Tokat Niksar İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü	Ziraat Mühendisi