

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞEBİNKARAHİSAR (GİRESUN) VE ÇEVRESİNİN EROZYON RİSKİNİN
COĞRAFİ BİGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Zeynep ALTAN

**HAZİRAN 2010
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞEBİNKARAHİSAR (GİRESUN) VE ÇEVRESİNİN EROZYON RİSKİNİN
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK İNCELENMESİ**

Jeoloji Müh. Zeynep ALTAN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Jeoloji Yüksek Mühendisi”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 17.05.2010
Tezin Savunma Tarihi : 17.06.2010**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Aykut AKGÜN
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Fikri BULUT
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Fevzi KARSLI**

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2010

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez danışmanı olarak çalışmanın tüm aşamasında bilgi ve desteğini esirgemeyen, bu konuda araştırma olanağı veren ve tez çalışmam boyunca bana yön gösteren hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Aykut Akgün'e teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmaları sırasında gösterdikleri katkılarından dolayı Jeoloji Mühendisi Şükrü Şenol'a,

Özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri konusunda hiçbir yardım ve desteklerini esirgemeyen Araş. Gör. Gökhan Şen'e ve Araş. Gör. Mahmut Bayramoğlu'na (Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Mühendisliği Bölümü),

Toprak Grupları analizlerindeki yardımları için Yüksek Ziraat Mühendisi Sultan Akgün'e

Son olarak tez çalışmam boyunca hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan sevgili aileme,

İçten teşekkürlerimi sunarım.

Zeynep ALTAN
Trabzon 2010

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ	XI
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Yöntem	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. KURAMSAL VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE	6
3.1. Erozyon Tanımlaması ve Terminolojisi.....	6
3.1.1 Yağış	9
3.1.2. Toprak	9
3.1.3. Bitki Örtüsü.....	10
3.1.4 Topoğrafik Özellikler.....	10
3.1.5 İnsan Faaliyetleri.....	11
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
4.1. Kullanılan Materyaller	12
4.2. Çalışma Alanı Özellikleri	12
4.2.1. Coğrafi Konum	12
4.2.2. İklim ve Bitki Örtüsü	16
4.2.3. Sosyo-Ekonomik Durum	18
4.2.4. Turizm.....	19
4.3. Çalışma Alanının Jeolojik Özellikleri.....	19
4.3.1. Stratigrafi	19
4.3.1.1. Çağlayan Formasyonu	20
4.3.1.2. Asarcık Granitoyidi.....	21
4.3.1.3. Şebinkarahisar Formasyonu.....	21
4.3.1.4. Hackayası Volkaniti.....	22
4.3.1.5. Yamaç Molozu ve Alüvyon	23

4.4.	İnceleme Alanının Erozyon ve Heyelan Gelişimi Açısından Önemi	24
5.	EROZYON ANALİZİNDE KULLANILAN VERİLER	27
5.1.	Erozyon Modeli	27
5.1.1.	RUSLE Modeli	27
5.1.2.	Denklemin Açıklanması ve Faktörlerin Değerlendirilmesi	27
5.1.2.1.	Yağış Faktörü.....	28
5.1.2.2.	Toprak Aşınım Faktörü.....	28
5.1.2.3.	Yamaç Uzunluğu ve Eğim Dikliği faktörleri.....	29
5.1.2.4.	Toprak Örtüsü Faktörü.....	30
5.1.2.5.	Erozyon Kontrol İşlemleri Faktörü.....	30
6.	EROZYON RİSK ANALİZİ İÇİN VERİ ÜRETİMİ.....	31
6.1.	Sayısal Yükseklik Modeli	31
6.2.	Yamaç Yönelimi ve Eğimi Haritaları	34
6.3.	Uzaktan Algılama Görüntü Sınıflandırma İşlemleri.....	38
6.3.1.	Uzaktan Algılama Veri Seçimi	38
6.3.2.	Bir Sınıflandırma Sistemi ve Çalışma Örneklerinin Seçimi	39
6.3.3.	Veri Ön-İşleme.....	40
6.3.4.	Özellik Çıkartımı ve Seçimi.....	40
6.3.5.	Uygun Sınıflandırma Yönteminin Seçimi	41
6.3.6.	Destek-Sınıflandırma İşlenmesi.....	41
6.3.7.	Sınıflandırma performansının değerlendirilmesi	42
6.3.8.	Sınıflandırmanın Doğruluğunun Değerlendirilmesi	43
6.3.9.	Uzaysal Bilginin Kullanılması.....	44
6.3.10.	Sınıflandırma Performansını Artırmada GIS Kullanımı.....	45
7.	EROZYON RİSK ANALİZİ	47
7.1.	Evrensel Toprak Kaybı Denklemiyle Erozyon Duyarlılık Analizi	47
7.2.	Evrensel Toprak Kaybı Denkleminin Ait Faktörlerinin Oluşturulması	55
7.2.1.	Yağış Parametresi (R)	55
7.2.2.	Toprak Aşınım Faktörü (K)	56
7.2.3.	Toprak Örtüsü Faktörü (C)	65
7.2.4.	Yamaç Uzunluğu Parametresi (LS)	68

7.2.5.	Erozyon Kontrol Uygulamaları Faktörü (P)	68
7.3.	Erozyon Risk Değerlendirmesi	70
8.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	72
9.	KAYNAKLAR	74

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

Bu tezin amacı, arazi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama yöntemleri yardımıyla Giresun (Şebinkarahisar) ve çevresinin erozyon riskinin coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak incelenmesini yapmaktır.

Çalışmada, Landsat 5 TM (2001) yılına ait uydu görüntüsü, 1/25000 ölçeekte topoğrafik haritası, büyük toprak gurupları haritası ve inceleme alanına ait yağış verileri olmak üzere dört temel veri gurubu kullanılmıştır. Topografik harita sayısallaştırılarak elde edilen sayısal topoğrafik veriden sayısal yükseklik modeli ve yamaç eğimi haritası üretilmiştir. İnceleme alanına ait arazi kullanım haritasının oluşturulması amacıyla Landsat TM görüntüsü kullanılmıştır. İnceleme alanında erozyon tehlikesi açısından bölgelerin tespiti için RUSLE (Evrensel Toprak Kaybı Denklemi) modeli seçilmiştir. Bu amaçla, inceleme alanının yağış verileri, toprak aşınım faktörü, yamaç uzunluğu ve yüksekliği, toprak örtüsü faktörü, erozyon kontrol uygulamaları faktörü verileri oluşturulmuştur. Yağış sularının aşındırıcı etkilerinin belirlenmesinde Devlet Meteoroloji Ofisinden sağlanan yağış verileri kullanılmıştır. Büyük Toprak Grupları ile eğim arasındaki ilişkiden yola çıkarak Büyük Toprak Grupları haritasındaki erozyona uğrayabilirlik sınıfları kullanılmıştır. Toprak aşınım faktörünün belirlenmesinde Türkiye’de daha önce yapılmış çalışmalardan elde edilen veriler kullanılmıştır. Yamaç uzunluğu ve yüksekliği faktörü Condrad (2002)’e göre, Digem yazılımı yardımı ile elde edilmiştir. Erozyon kontrol uygulamaları faktörü belirlemek için, kısmi de olsa bir önlem alındığını varsayarak tarım arazilerinde P değerini 0.5, orman ve yerleşim alanlarında 1 olarak atanmıştır. Erozyon duyarlılık analizinde, uygulanan RUSLE modeli yardımıyla erozyon duyarlılık haritası üretilmiştir. Bu harita inceleme alanına ait erozyon duyarlılık sınıfları içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Erozyon, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama, RUSLE Model

SUMMARY

GIS-BASED EROSION RISK ASSESSMENT OF THE ŞEBİNKARAHİSAR (GİRESUN) AND SURROUNDINGS

The purpose of the this thesis is to make an erosion risk assesment of an area around Şebinkarahisar (GİRESUN) by Geographical Information System (GIS) and remote sensing techniques.

In this study, four main data set such as Lansad 5 TM (2001) satellite images and 1/25000 scale geological maps and greater soil grups map and rain fall data of the surveying area were used. From the digital topographical sheets, slope gradients and digital elevation model was obtained. In order to generate land use map from the surveying area , to determin higher risc regionns, the RUSLE model were used. For his purpose, rain fall data , soil erodibility factor, slope length and gradient, land cover factor, erosion control application factor data are generated. In the determination of erosive effect of rainfall data are obtained from “State Meteorological Service”. The relation between Grater Land Groups and gradient taking into account, erodibility classes in the Grater Land Groups are used. In the determining of soil erodibility factor from early works made in Turkey are used. According to Conrad (2002) slope legth and gradient are obtained by DIGEM software program. In order to determine erosion control application factors, even if partly precaution were taken in to account, the P value in agricultural land is 0.5 and in forests and settling areas is assigned as 1. This map contains erosion susceptible classes of the surveying area.

Key Words: Erosion, Geographical Information Systems, Remote Sensingi RUSLE Model

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1.	Erozyon sürecinin arazi aşındırmasına etkileri	8
Şekil 4.1.	İnceleme alanına ait Landsat 5 TM (2001) uydu görüntüsü	13
Şekil 4.2.	Çalışma alanının yer bulduru haritası (Google Earth Home Page).....	15
Şekil 4.3.	Çalışma alanına doğudan ve Şebinkarahisar Kalesinden bir bakış	16
Şekil 4.4.	Çalışma alanında 1996-2007 yılları arasındaki sıcaklığın aylara göre dağılımı	17
Şekil 4.5.	Çalışma alanında 1990-2009 yılları arasındaki ortalama yağışın aylara göre dağılımı	18
Şekil 4.6.	İnceleme alanında Şebinkarahisar formasyonuna ait görüntü	20
Şekil 4.7.	İnceleme alanında yüzeyleyen Haçkayası volkanitlerine ait görüntü.....	22
Şekil 4.8.	İnceleme alanında yüzeyleyen alüvyonlara ait görüntü.....	23
Şekil 4.9.	İnceleme alanına ait jeoloji haritası (Karakaya, 1998'den değiştirilerek hazırlanmıştır)	24
Şekil 4.10.	(a) - (b) İnceleme alanında gözlenen kütle hareketleri sonucu meydana gelen zararlardan bazı örnekler	25
Şekil 4.11.	İnceleme alanında gözlenen erozyona ait görünüm.....	26
Şekil 6.1.	TIN yüzey modelinden oluşan sayısal yükseklik modeli (DEM), TIN yüzey modeli (Chritanto, 2008)	32
Şekil 6.2.	İnceleme alanına ait sayısal yükseklik modeli.....	34
Şekil 6.3.	İnceleme alanına ait eğim haritası.....	36
Şekil 6.4.	İnceleme alanına ait yamaç yönelim (bakı) haritası	37
Şekil 7.1.	Sayısal topoğrafik harita (A), TIN yüzey modeli (B), TIN'den oluşan sayısal yükseklik modeli (C), (DEM).....	48
Şekil 7.2.	İnceleme alanına ait Sayısal Yükseklik Modeli.....	59
Şekil 7.3.	İnceleme alanına ait yamaç eğimi haritası	50
Şekil 7.4.	Landsat 5 TM (2001) yılına ait uydu görüntüsü	52
Şekil 7.5.	Isoclust denetimsiz görüntü sınıflandırma algoritması	53
Şekil 7.6.	İnceleme alanına ait arazi kullanım haritası.....	54
Şekil 7.7.	İnceleme alanına ait Büyük Toprak Grupları Haritası.....	68

Şekil 7.8.	Toprak Aşınım Faktörü (K) değerinin belirlenmesi için parametrelerin seçimi.....	63
Şekil 7.9.	İnceleme alanına ait K değeri haritası.....	64
Şekil 7.10.	İnceleme alanına ait C değeri.....	66
Şekil 7.11.	İnceleme alanına ait LS değeri.....	68
Şekil 7.12.	İnceleme alanına ait P değeri	69
Şekil 7.13.	İnceleme alanındaki erozyon risk sınıflarının alansal dağılımları	70
Şekil 7.14.	İnceleme alanına ait RUSLE modeline dayalı üretilen erozyon risk haritası.....	71

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 7.1.	İnceleme alanına ait eğitim sınıfı verileri.....	51
Tablo 7.2.	İnceleme alanına ait arazi örtüsü sınıfı verileri.....	55
Tablo 7.3.	Aylara göre Yağış Parametresi (R) değerleri.....	56
Tablo 7.4.	İnceleme alanına ait toprak tipleri.....	57
Tablo 7.5.	İnceleme alanına ait Büyük Toprak Gurubu verileri	59
Tablo 7.6.	Arazi kullanımıyla ilgili C faktörü.....	65

SEMBOLLER DİZİNİ

A	: Average annual soil loss in tons per acre per year
ANSWERS	: Areal Non-point Source Watershed Environment Response Simulation
AVHRR	: Advanced Very High Resolution Radiometer
C	: Cover-management
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORINE	: Coordination of Information on the Environment
CREAMS	: Chemical, Runoff and Erosion from Agricultural Management System
DUSLE	: Different Universal Soil Loss Equation
EUROSEM	: European Soil Erosion Model
GIS	: Geographical Information Systems
LS	: Hillslope length and steepness
MMF	: Morgan Morgan and Finney
MODIS	: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MUSLE	: Modified Universal Soil Loss Equation
P	: Support practice
R	: Rainfall/runoff erosivity
RUSLE	: Revised Universal Soil Loss Equation
SEMMED	: Soil Erosion Model for Mediterranean Areas
SLEMSA	: Soil Loss Estimation Equation for Southern Africa
SYM	: Sayısal Yüksek Modeli
TIN	: Triangular Irregular Network
TM	: Thematic Mapper
USLE	: Universal Soil Loss Equation
WEPP	: Water Erosion Prediction Project

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Yöntem

Toprak ve su doğal yaşamımız için önemli olan iki temel ögedir. Doğal yaşamın ve insan topluluklarının gelişimlerinin düzenli ve sürdürülebilir olması bakımından, bu iki kaynağın, günümüzden geleceğe yönelik olarak akılcı kullanımı gerekir. Bu bağlamda, toprak erozyonunun kontrol altına alınması çok önemli olacaktır. Kaynak kullanımı açısından, gerekli özen gösterilmeli, mühendislik yöntemleri uygulanmalı ve gelecek planlaması yapılmalıdır.

Aşırı kentleşmelere bağlı toprak gereksinimleri, kontrolsüz nüfus artışlarına paralel fazla ürün talepleri nedeniyle oluşan tarım alanı gereksinimleri, yaşam lüksünün arttırılmasına ilişkin talepler, plansız sanayileşme talepleri, yanlış yerleşke seçimleri, toprak kullanım akılcılığında zorlayıcı problemlerin temelini oluşturmaktadır. Diğer taraftan belirtilen kontrolsüz talep artışları, çevre kirliliğini arttırmakta, toprak niteliğinin bozulmasına da neden olmaktadır. Umulanların aksine verim düşüklüğü yaşanmaktadır.

Her yıl, yaklaşık 75 milyar ton toprak, dünyanın karasal ekosisteminden erozyon nedeniyle ayrılmaktadır. Dünyada birçok tarımsal alan yıllık 13 ton/ha/- 40 ton/ha arasında çeşitli oranlarda topraklarını kaybettiği söylenmektedir. Bildiğimiz gibi, toprak çok yavaş oluşum göstermektedir. Toprak yenilenmesi ve sürdürülebilirliği oransal olarak toprak kaybindan 13–40 kat daha yavaş olmaktadır. Aşırı yağmur, rüzgâr enerjisi ve arazi yapısı erozyonun ana nedenlerini oluşturur. Erozyon, toprak koruyucu bitki örtüsünden yoksun kalınca meydana gelir. Toprak erozyonu; toprağın derinliğini ve su depolama özelliğini, toprakta bulunan organik ve diğer önemli madde zenginliğini azaltarak toprak verimliliğini düşürür. Bitki örtüsünün giderek yok olması daha çok su baskınlarına neden olabilir. Verimsizleşen toprak sayesinde kentlere daha fazla göç başlar.

Doğal tehlikelerin ekonomiye olumsuz yansımaları, ekonomik büyümeyi yavaşlatarak durgunluklara neden olabilir. İleri toplumlar, akılcı planlama yaparak ve risk yönetimi kullanarak olumsuzlukların azaltılabileceğini göstermişlerdir.

Öncelikle, erozyon riskini azaltmak için, çevresel risk alanlarının belirlenmesi ve gerekli bilgilerin toplanması çok önemlidir. Ardından uygun risk değerlendirme yöntemlerinin uygulanması gerekir. Toprak erozyonunun değerlendirilmesinde birçok

yöntem bulunmaktadır. Bu konudaki geleneksel yaklaşımlar, ilgili arazi parçaları üzerinde oluşmuş olan toprak erozyonu miktarının üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Arazi parçaları üzerinde yapılacak deneysel çalışmalar, en kesin toprak kayıp verilerini sağlar. Ancak, bu yöntem uygulanabilirlik açısından, çok pratik değildir. Genellikle, bu tür çalışmalar, arazi parçalarının konumları için geçerli olabilen noktasal bazda veriler oluşturmalarına rağmen, çok yorucu ve zaman alıcıdır. Mevcut toprak erozyonu tahmin modellerinin ayrıntıları Roo (1993), Nanna (1996), Peter (1992) ve Shrestha (2000) tarafından verilmektedir. Bunlar USLE, SLEMSA, MUSLE, RUSLE, DUSLE, ANSWERS, CREAMS, WEPP, EUROSEM, SEMMED, ROSE ve MMF'dir.

USLE (Wishmeier and Simith, 1978) erozyon tahmininde kullanılan en yaygın modeldir. Model, sade ve açık olması nedeniyle erozyon tehlikesi tahminlerini geliştirmede bir başlangıç noktası olarak çalışmalarda kullanılmıştır. Birçok bilim adamı bu yöntemin değiştirilmesini önermiştir. Bununla beraber, yağmur sularının aşındırma etkisi, toprağın aşınması, şev uzunluğu, şev sınıfı, arazi örtüsü ve arazi kontrolü faktörleri, aynı kavramlar etrafında işlenerek, doğrudan yıllık toprak erozyon hızını belirlemek için kullanılmıştır (Sohan ve Lal, 2001).

RUSLE, USLE modelinin yeniden gözden geçirilerek düzenlenmesi ile oluşturulmuş ve erozyonun tahmininde daha doğru sonuçlar alınmasını amaçlayan bir yöntem olmuştur (Renard, 1994). Önemli düzeltmeler C, P ve LS faktörlerinde yapılmıştır. C veya toprak örtüsü faktörü artık 4 alt faktörden oluşmaktadır: bunlar, arazi kullanımı, toprak örtüsü, toprak yüzeyi örtüsü ve yüzey pürüzlüğüdür.

Günümüzde, bilgisayar donanım ve yazılımlarının gelişmesine paralel olarak, bilgisayar tabanlı bir ortamda, bu modellerin kullanılması kolaylaşmıştır. Wolfgang'a (2002) göre, uzaktan algılama yöntemi, iyi bir toprak erozyon araştırma yöntemidir. Uzaktan algılama teknikleri erozyon modellemesinde gerekli veri girişini sağlamada çok etkilidir. Görsel ve dijital görüntü yorumlama yöntemleri; arazi kullanımı, arazi örtüsü ve arazi korunma gereksinim ölçütü, ayrışma faktörleri gibi giriş parametrelerini elde etmek amacıyla kullanılabilir (Jaroslav, 1996). Uzaktan algılama teknikleri yeterince avantajlı olduklarından, mekânsal ölçekte model parametreleri üretebilirler. Geleneksel yöntemler ise sadece noktasal tabanlı bilgiler sunarlar (Mohamed, 2002). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri ise yerel ya da bölgesel seviyedeki verilerin ve sonuçların ölçeklemesine izin verirler.

Bazı çalışmalar (Shrestha, 1997; Shrestha, 2000; Wessels, 2001) Coğrafi Bilgi Sistemlerinin erozyon modellemesinde en iyi araç olduğunu göstermektedir. Ancak, CBS

modellemesi erozyon üzerindeki insan eylemlerinin sonuçlarını açıklamazlar. Fakat karar alıcıların kolayca farklı senaryolar görüntülemesini sağlamaları için, karmaşık sistemlerin yorumlanmasına ve kavramsallaştırılmasına katkı sağlarlar. Bitki örtüsü, toprak, rölyef, iklim gibi modellerde kullanılan birçok yöntem CBS’ de işlenir ve ilk aşamada girdi olarak aşınmış (bozulmuş) arazilerin haritalarını belirlemek için kullanılır (Jaroslav, 1996; Shigeo, 1998).

Bu çalışmada, inceleme alanının erozyon riskinin belirlenmesi amacıyla, Revize edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) Modeli kullanılmıştır. Çalışma alanına ilişkin olarak, Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak erozyon riski belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

EROL (2000) Eskişehir ili Mihalıccık ilçesi topraklarında Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yardımıyla potansiyel ve gerçek erozyon risk alanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada CORINE yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen parametreler incelenerek potansiyel ve gerçek erozyon risk haritaları hazırlanmıştır. Potansiyel erozyon risk haritası sonucuna göre çalışma alanının %44'ünün düşük, %52'sinin orta, %4'ünün ise yüksek erozyon riski gösterdiği belirlenmiştir. Gerçek erozyon risk haritası sonuçlarına göre çalışma alanının, %31'i düşük, %20'si orta, %49'unun yüksek derecede erozyona maruz kaldığı görülmüştür. Bitki örtüsü ve arazi kullanım durumunun gerçek erozyon riskini büyük ölçüde etkilediği sonucuna varılmıştır.

ÜSTÜN (2001), Işıklar Dağı ve çevresinde toprak erozyonu nedeniyle kaybedilen toprak miktarının boyutlarının ortaya konulduğu çalışmada ILWIS adlı Coğrafi Bilgi Sistemini yazılımını yardımı erozyon modeli oluşturmuştur. Çalışmada toprak erozyonu riskinin tahmini için Sayısal Yükseklik Modelinden yararlanılmış ve çalışma alanının büyük bölümünde erozyonun kabul edilebilir sınırlar içinde (< 10 ton / ha) kaldığı sonucuna varılmıştır.

BAYRAMİN ve Diğ. (2002), Ankara Beypazarı bölgesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Tekniklerini kullandığı çalışmada ICONA yöntemi yardımı ile erozyon riski belirleme çalışması yapmıştır ve çalışma alanının % 45,9'lık bölümünde yüksek erozyon riski olduğu sonucuna varılmıştır.

EKİNCİ (2004) Kozlu Deresi Havzası'nın potansiyel erozyon riski alanlarının tespit edilme ve sınıflandırılması işleminde CBS Tabanlı RUSLE Yöntemini kullanmıştır. Erozyon analizi sonucunda elde edilen verilere göre, inceleme alanında eğim değerlerinin büyük olduğu, zemin örtüsünden yoksun ve ince taneli toprakların birlikte bulunduğu sahalar şiddetli erozyon alanları iken, eğim değerlerinin küçük olduğu, zemin örtüsünün kapallılık değeri yüksek ormandan oluştuğu ve kaba taneli toprakların bulunduğu sahalar ise erozyonun çok hafif olduğu sonucuna varmıştır.

TOMBUŞ (2005) Çorum ilinde Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla erozyon riskinin belirlenmesini amaçlamıştır. Araştırmacı çalışmada CORINE ve ICONA erozyon risk belirleme yöntemlerinin değişkenleri, AHP yöntemi yardımıyla değerlendirilmiş ve yeni bir erozyon risk belirleme yöntemi ortaya koymuştur ve çalışma alanının; %7'sinde çok az

düzey, %13'ünde az düzey, %20'sinde orta düzey, %27'sinde yüksek düzey, %33'ünde çok yüksek düzeyde erozyon riski olduğu belirlenmiştir.

OKALP (2005) İzmir Kocadere Havzasının yıllık toprak kaybı miktarının belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri çerçevesinde belirlenerek arazi yapıları için erozyon risk haritalarını oluşturmuştur. Çalışmada yıllık toprak kaybı miktarını belirlemede Evrensel Toprak Kaybı eşitliği (Universal Soil Loss Equation, USLE) kullanılmıştır. Yıllık toprak kaybı miktarlarının hesaplanması sonucunda havza üç farklı (düşük, orta, yüksek) erozyon sınıfına ayrılmıştır. Sınıflandırılmış üç risk haritasının karşılaştırılması sonucu çalışma alanında topografyanın çıplak arazi ve zayıf bitki örtüsüne sahip alanlarda erozyon sürecinin baskın etkeni olduğu ortaya koyulmuştur.

ÖZSOY (2007) Mustafakemalpaşa Havzası'nın yıllık potansiyel toprak kaybının ve toprak erozyonu riskinin belirlendiği çalışmada Uzaktan Algılama ve CBS tekniklerini uygulamıştır. Araştırmacı, CBS ortamında YETKE-R faktörünü yerel meteoroloji istasyonlarının aylık yağış verilerini kullanarak Modifiye Fournier İndeksi'nden (MFI) hesaplamış, topoğrafik (LS) faktörler sayısal yükseklik modelinden, toprak (K) verileri sayısallaştırılarak toprak haritalarından ve arazi kullanım/örtü (C) verileri Landsat-7 ETM uydu verilerinden üretilmiştir. YETKE/CBS modeli ile belirlenen toplam potansiyel toprak kaybı 11.296.061,75 ton yıl-1, ortalama toprak kaybı ise 11,18 ton ha-1 yıl-1 olarak hesaplanmıştır. CBS ile bütünleştirilmiş YETKE modeli ile potansiyel erozyon riskinin etkin, doğru ve kolay bir biçimde tahmin edilebildiğini göstermiştir. Ayrıca, çalışılan havzaya ait daha doğru ölçülmüş veriler (R: plüviyograf okumaları, C: ölçülmüş bitki örtüsü ve yönetimi değerleri) elde edilebildiği takdirde, CBS erozyon modellemesinde başta işçilik olmak üzere, ekonomik ve zaman tasarrufu sağlayan mükemmel bir araç olduğu sonucuna varmıştır.

TAĞIL (2007) , Batı Anadolu'nun kuzey batısındaki Biga Yarımadası'ndaki Tuzla Çayı havzasının uzaktan algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknikleri kullanarak arazi degradasyonunu ve erozyon riskini ortaya koymak ve erozyon riski üzerine arazi kullanımı arazi örtüsü (AKAÖ) değişikliklerinin etkisini araştırmıştır. Araştırmacı çalışmada, havzadaki toprak kaybının tespitinde toprak kaybı modeli (Revised Universal Soil Loss Equation-RUSLE) kullanmıştır. Modeldeki dinamik arazi örtüsü parametresi, Landsat TM 1987 ve Landsat ETM+ 2000 çok bantlı sensor sistemlerinden elde edilen uzaktan algılama verileri kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışma CBS ve Uzaktan Algılama tekniklerinin geçmişten günümüze erozyon riskini ve dolayısıyla arazi degradasyonunu tespit etmede önemli olduğunu göstermektedir.

3. KURAMSAL VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE

3.1. Erozyon Tanımlaması ve Terminolojisi

Toprak erozyonu, çeşitli toprak oluşum sürelerinden daha hızlı olarak, doğanın gücü ile toprağın yerinin değişmesi şeklinde ortaya çıkan toprak hareketleri olarak tanımlanmaktadır (Roo,1993). Yağışın toprak için iyi bir aşındırıcı olduğu bilinmektedir. Toprak ile yapısına bağlı olarak yağmur arasında sürekli etkileşim bulunmaktadır. Bu etkileşim sonucunda, yamaç eğimi ve suyun debi sinine de bağlı olarak, toprak kolayca aşınarak taşınabilmektedir (Nanma, 1996). Bu taşınım süreçleri, genellikle bölgenin iklimselliği, toprak yapısı, rölyef, bitki örtüsü ve insanlar tarafından yapılan toprak koruması tedbirleri gibi parametrelerce belirlenmektedir.

Erozyon sözcüğü, aşındırmak fiilinden türetilmiş olup, Latince kökenden gelmektedir. Jeolojik anlamda, erozyon terimi toprak materyalinin akarsular, rüzgarlar, dalgalar ve buzullar gibi doğal güçler tarafından aşındırılması sonucu, bir yerden başka bir yere taşınarak birikmesi olayıdır. Diğer taraftan, erozyon, topografya, zemin örtüsü, akarsu, kar, buz, rüzgar, hayvan ve insan faktörlerinin etkisi altında toprağın tahrip edildiği jeomorfolojik süreçlerdendir. Bu süreçte, aşınarak taşınan toprak miktarı çok fazla ise ve yenisi yerine getirilemiyorsa, toprak erozyonu problemi başlamış demektir.

Toprak erozyonu, önemli ölçüde toprak miktarını, dolayısı ile toprak derinliğini de azaltmaktadır. Diğer taraftan erozyon bitki örtüsünün yok olmasına ve toprak suyunun sızmasına neden olabileceğinden, toprakta tutulan suyun kapasitesi de azalacaktır. Ayrıca, toprakta bulunan bitkisel besinler sürüklenerek kaybolacağından, ürün yetiştirme verimliliği git gide azalacaktır. Ekonomik açıdan olumsuz yaşam koşulları kendini gösterecektir.

Su etkisine dayalı erozyon dünyanın birçok yerinde çok önemli sorunlar oluşturmaktadır. Dolayısı ile en ciddi çevre sorunlarının da başında gelmektedir. Yukarıda da belirtildiği gibi, tarımı ve doğal yaşam alanlarını tehdit etmektedir (Hagos, 1998). Erozyon, toprağın üst katmanı kaldırarak toprak derinliğini azaltır. Bitkisel açıdan yararlı besinleri sürükler. Bitkisel örtünün kök derinliği azalır ve ardından toprağın su tutma özelliği bozularak toprak ayrışım süreci hızlanır. Diğer taraftan nüfuz artışlarına paralel olarak, tarım ve yerleşim alanlarının genişletilmesi çabalarının hızlanması, hayvancılığın

gelişmesi ile suni olarak bozulan arazi yapılanması erozyona daha hassas hale gelecektir. Erozyon riskini artıracak bu suni olumsuzluklar ve yeniden toprak oluşum sürecinin yavaş gelişmesi, geleceğe yönelik olarak önlemlerin alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Dünya topraklarının altıda birinin erozyondan etkilendiği tahmin edilmektedir (Pimentel and Kounang, 1998). Dünyamızda, insanlar tarafından 1.094 milyon hektarlık alan, %43 oranında ormanların tahrip edilmesi ve bitki örtüsünün yok edilmesi ile, %29 oranında aşırı otlatılma ile, %24 oranında tarım arazilerinin yanlış yönetilmesi ile ve %4 oranı da doğal bitki örtüsünün aşırı kullanılması ile yok olmaktadır (Walling and Fang, 2003). İnsanların tetiklediği bu arazi aşınımı, doğal kaynakların yok edilmesine ilişkin en tehlikeli olan etmenlerden biridir ve 21.yüzyılda ciddiye alınması gereken en önemli konu olarak kabul edilmektedir Reich, 2000).

Toprak erozyonu ~~nüksal~~ (uzaysal) bir olaydır. Bu nedenle coğrafi bilgi sistemleri(CBS) erozyon modellemesinde önemli rol oynarlar. Uzaktan algılama verileri ve mevcut haritalar, model girdisi olarak çok önemli verileri oluştururlar (Peter, 1991). CBS sistemleri jeo-referanslama yapılan verilerin özellikleri ile ilgilidir. Çoğunlukla coğrafi bilgi tekniği erozyon modellemesinde şu avantajları sağlarlar: 1-Hızlı ve etkin tahminlerin yapılması, 2-Daha geniş arazileri araştırma olanakları 3-Bu arazilerin sürekli gözlenmesi 4-Gerekli ölçeğe (daha kesin bölgesel ölçek için) bağlı olan toprak erozyon modelini geliştirmedeki olanaklar.

Erozyon sürecinin değerlendirilmesinde, çoğunlukla erozyonu etkileyen 5 faktör yer almaktadır. Bunlar; yağış, toprak, bitki örtüsü, topoğrafik özellikler ve insan faaliyetleridir.

Şekil 3.1. Erozyon sürecinin arazi aşındırmasına etkileri (Saavedra, 2005)

3.1.1. Yağış

Yağışın enerjisi (düşme ve yüzey akış) ve yoğunluk gibi fiziksel özellikleri erozyona neden olmaktadır. Yağmur, fiziksel özellikleri nedeniyle toprak partiküllerinin ayrışmasına, taşınmasına veya birikmesine neden olmaktadır. Yağmur damlalarının çapları, düşme hızları ve yağmur damlalarının birikerek oluşturdukları eğime bağlı yüzey akış debileri yağmur gücünü belirtir (Nanna, 1996). Yağış miktarı, genel su dengesini ve yüzey akışının miktarını yönlendirmektedir (Hagos, 1998). Erozyon; toprak su geçirme kapasitesinin aşıldığı, kısa ve yoğun fırtınalar ile yüzey akışlarının başlamasından önce, toprağın doymuş hale geçtiği, uzun süreli fırtınalarında yaşandığı iki tip yağış olayına da bağlıdır. Ayrıca, yağış miktarı, damla büyüklüğü dağılımı, kinetik enerjisi ve yüzey akış derinliği yağmurun ayrıştırma gücünü etkileyen önemli faktörlerdir. Yağmur damlalarının büyüklüğüne ve hızına bağlı olarak oransallıkta ayrışma oluşmaktadır. Ayrışmada diğer önemli bir faktörde toprak yapısıdır.

3.1.2. Toprak

Toprağın erozyon üzerindeki etkisi hem ayrışmaya hem de taşınmaya bağlı olarak, toprağın direnci olarak ifade edilir ve toprak ayrışma faktörü olarak tanımlanır (Morgan, 1995). Yüksek ayrışma indeksine sahip topraklar, düşük ayrışma indeksine sahip topraklara göre, erozyona daha duyarlı olmaktadır. Toprak ayrışması (K-faktörü); toprak doku, birim hacim ağırlığı, kesme mukavemeti, organik madde içeriği, toprak taşlılığı, geçirimsizlik kapasitesi, kimyasal özellikleri ve gevşek toprak daneciklerinin taşınabilirliği özelliklerine göre, farklılık göstermektedirler (Mkhonta, 2000). Toprağın kesme mukavemeti, toprak danelerinin kolayca ayrışabilme özelliğini belirlerler.

Toprak daneleri, toprağın ayrışmasında önemli bir etmendir. Büyük daneler, hareket edebilmek için daha fazla güç gerektiğinden taşınmaya karşı daha dayanıklıdır. Ancak topraktaki 0.06 mm' den daha küçük danelerin ayrışma özelliği, toprak kohezyonu ile sınırlıdır. Bu durum parçacık boyutu ile karşılaştırıldığında ters bir ilişki vardır. Yani büyük parçacıklar taşınmaya ve küçük parçacıklar ise parçalanmaya karşı dirençlidir. Silt ve ince kum gibi ince daneli malzemeler erozyona karşı daha az dayanıklıdır (Peter, 1992). Toprak tekstürü, toprağın geçirimsizlik kapasitesini etkiler. Toprağın geçirimsizlik kapasitesi, toprağın suyu emme oranı olarak tanımlanır. Toprağın gözenek büyüklüğüne ve

yoğunluğuna bağlılık gösterir. Killi topraklar düşük geçirimsilik kapasitesine sahiptirler ve yüksek geçirimsilik kapasitesine sahip kaba daneli malzemeden oluşan topraklara göre daha fazla yüzey akışlarına neden olurlar (Peter, 1992).

3.1.3. Bitki Örtüsü

Bitki örtüsü erozyonu azaltmada çok önemli bir faktördür (Peter, 1992). Arazide erozyondan koruyucu önlem olarak bitki örtüsü artırıldığı takdirde çoğunlukla erozyon tehlikesinin azaldığı görülmektedir.

Toprak yüzeyine düşen yağmur damlaları aktardıkları kinetik enerjileri yardımıyla toprak agregatlarını parçalar. Yağışın kinetik enerjisinin de etkisiyle toprak yüzeyi zamanla sıkışır ve geçirimsiz bir katman oluşur. Toprak yüzeyinde oluşan bu geçirimsiz katmanların da etkisine bağlı olarak toprakların geçirimsiliği azalır ve yüzeyde göllenme başlar. Arazinin eğimine bağlı olarak biriken su akışa geçer (yüzey akış) ve akan suyun enerjisiyle toprak daneleri de yerinden kopartılarak aşınmaya başlar. Bunun sonucunda toprak yüzeyi aşınarak büyük oranlarda toprak kaybına neden olur (Taysun, 1989).

Bitki örtüsü, toprağı düşen yağmur damlalarını tutarak hızlarını azaltır, toprak içindeki su geçirimsilik derecesini artırır, yüzeyden akan suyun hızını azaltır, toprak yüzeyindeki pürüzlülüğü artırır, toprağın en üst katmanlarında mikro iklim dalgalanmalarını azaltır, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirir (Peter, 1992). Bitki örtüsü bozulmadığı sürece; yağmur sularının, yamacın dik oluşunun ve toprak duraylılığının aşındırıcı etkilerine rağmen erozyon ve yüzey akışları azdır. Bitki örtüsünün erozyon sürecindeki etkisi bitki örtüsü türü, yoğunluğu ve çalılık ve otlaklara bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu farklılık toprak kayıplarının önlenmesini, yüzeyden akan suyun hızını belirler ve su geçirimsiliğini artırır.

3.1.4. Topoğrafik Özellikler

Yamacın dikliği ve uzunluğu ile erozyon süreci arasında güçlü ilişki olduğu kabul edilmektedir (Nanna, 1996). Bu nedenle bu faktörlerin ikisi de sayısal erozyon değerlendirmeleri için önem kazanmaktadır. Yamaç eğimi ve uzunluğu erozyon modellemelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Peter, 1992). Dik yamaçlar toprak erozyonuna karşı çok duyarlıdır, çünkü yağış, yağmur sularının aşındırması ve malzemelerin taşınması gibi etkenlerin yamacın dikliği üzerinde büyük etkisi vardır. Diğer

bir yandan yamacın uzunluğu da yüzey akışları hızı ve derinliğine bağılı olarak toprak kayıplarında etkili olmaktadır. Yamaç uzunluğuna bağılı olarak taşınan toprak miktarı da artmaktadır.

3.1.5. İnsan Faaliyetleri

Dik veya çok dik eğimli (%12'den fazla) arazilerde, toprak koruyucu önlem almadan toprağın işlenmeli, toprak erozyonunu hızlandırmaktadır. Dik yamaçlarda teraslama yapmak, malçlama tekniğı, toprağı işleme doğrultusu gibi arazi işleme yöntemleri toprak erozyonunu azaltmaktadır. Bunun yanı sıra, korumasız olarak orman alanlarını toprak işlemeli tarıma açma, dik yamaçlarda tarım yapmak gibi arazinin uygunsuz kullanımı büyük ölçüde toprak erozyonunun ilerlemesine yardımcı olur.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Kullanılan Materyaller

Çalışmada kullanılan materyaller, araştırmanın yürütüldüğü alana ait bilgiler aşağıda sunulmuştur.

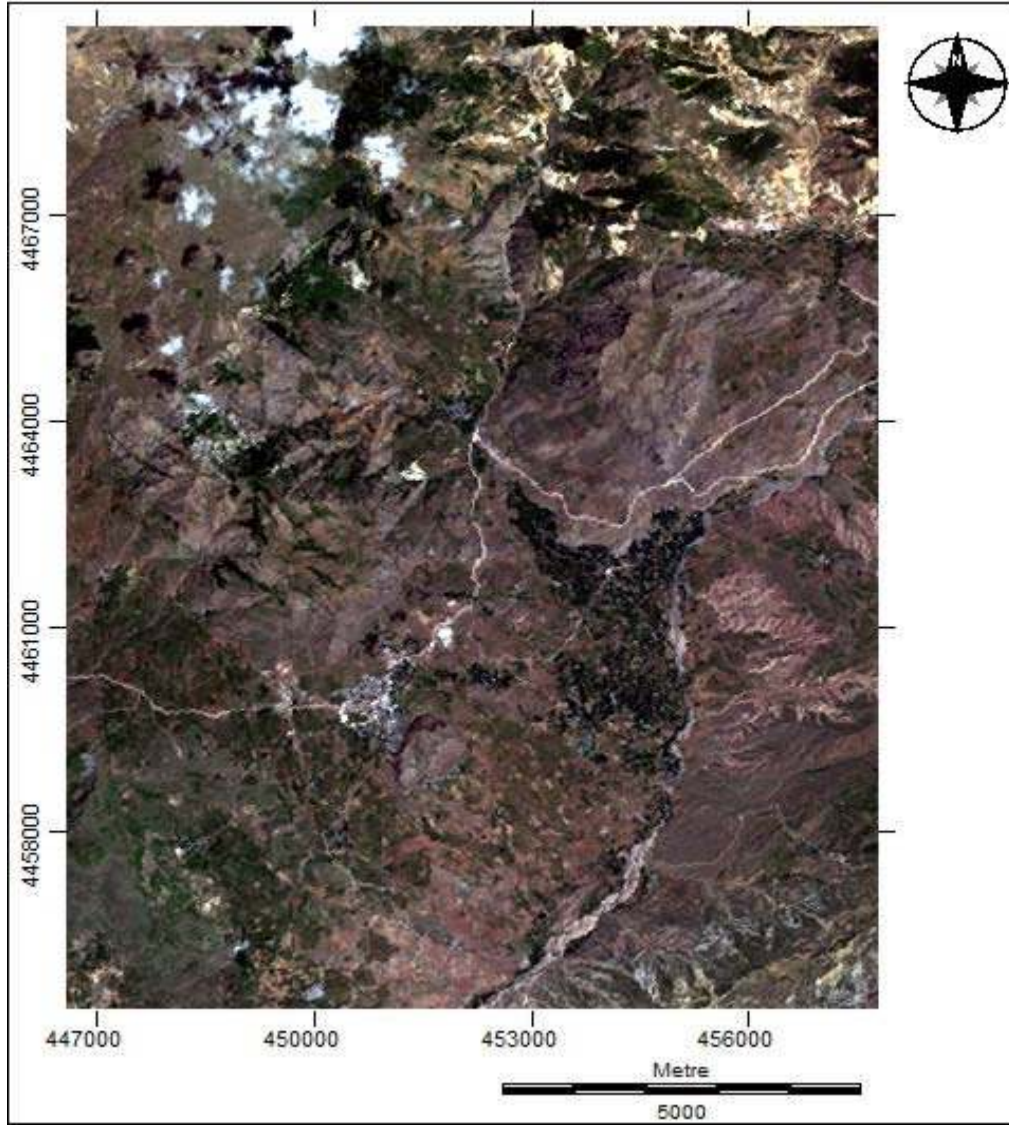
- Siyah ve beyaz hava fotoğrafları (30x30 çözünürlüğünde)
- Landsat TM uydu görüntüsü (30x30 çözünürlüğünde)
- 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita (1966)
- 1/25.000 ölçekli jeolojik harita
- 1/25.000 ölçekli toprak haritası

Harita üretme sürecinde CBS, Arc GIS 9.1 ve IDRISI Andes kullanılmıştır.

4.2. Çalışma Alanı Özellikleri

4.2.1. Coğrafi Konum

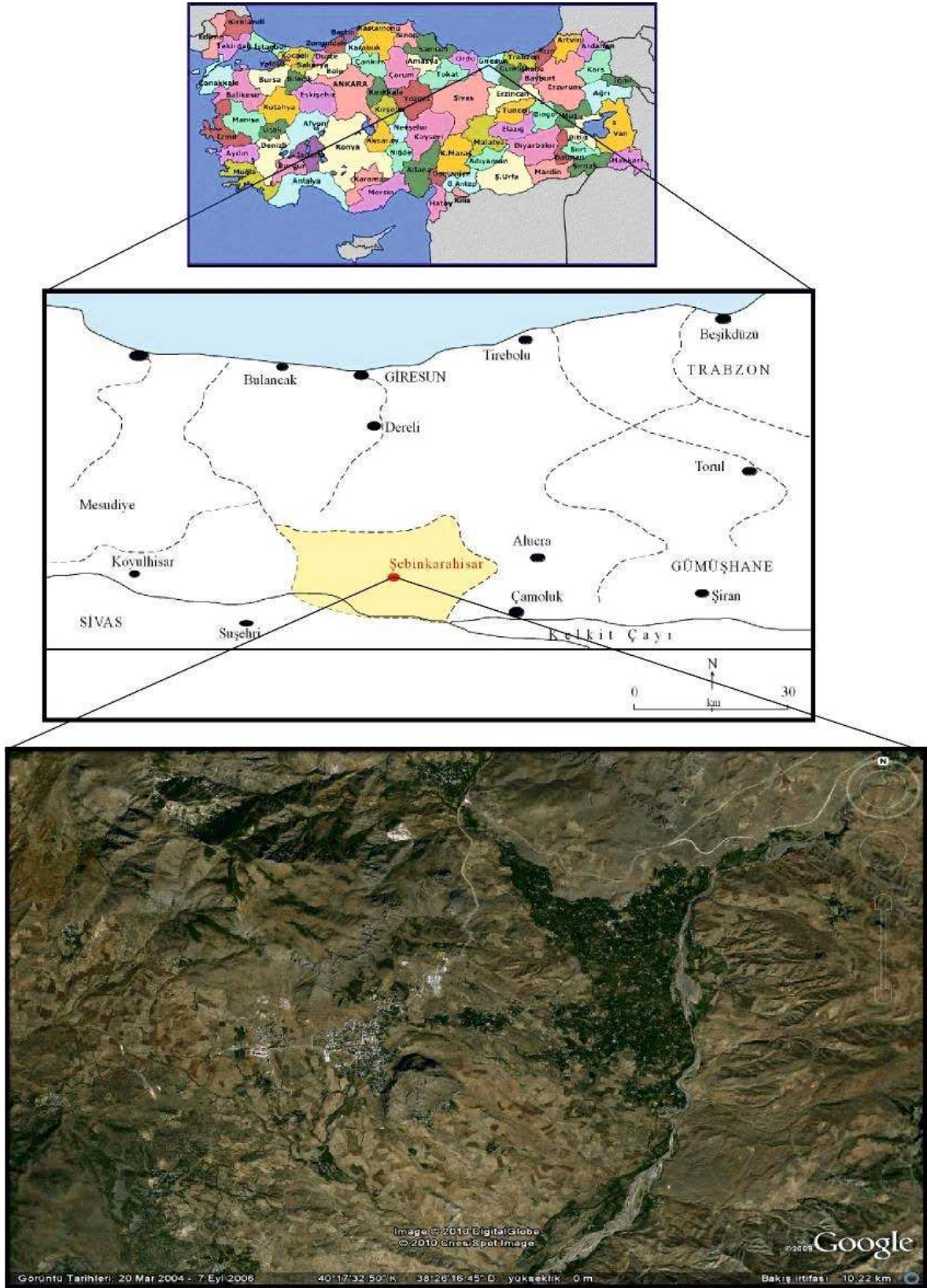
Çalışma alanı olan Şebinkarahisar ilçesi 40° 22' 30"- 40° 15' 00" kuzey enlemleri 38° 22' 30"- 38° 30' 00" doğu boylamları arasında, Giresun Dağları'nın güney eteklerinde, Avutmuş Çayı vadisinin kuzey yamaçlarında kurulmuştur.



Şekil 4.1. İnceleme alanına ait Landsat 5 TM (2001) uydu görüntüsü

Giresun il sınırları içerisinde yer alan ilçe; doğudan Alucra, kuzeyden Dereli, kuzeydoğudan Yağlıdere, güneydoğudan Çamoluk ve Sivas ilinin sınırlarında yer alan ilçelerden batıdan Koyulhisar, güneydoğuda Akıncılar, güneyde Suşehri ile Ordu ilinin sınırlarında yer alan ilçelerden kuzeybatıda Mesudiye ilçesiyle komşudur. Çalışma alanının en yüksek yeri, 2008 m. rakımlı Meryem dağı' dır. İlçenin kuzeyinde 1970 m. yükseklikteki Öksürük Kayası, güneyinde 1568 m. yüksekliğindeki Kale Tepe, güneybatıda 1778 m. yükseklikteki Dikmen Tepe, kuzeybatıda 2637 m. Yükseklikteki Tutak, Duman köyü doğusunda 1300 m. Yükseklikteki Baltaş ve Kayalı köyünün batısında 1912 m. Yükseklikteki Sarıkaya tepeleri ilçenin belli başlı tepeleridir.

Çalışma alanında önemli akarsular, Avutmuş Çayı ile sulama suyunun karşılandığı Tamzara Deresi'dir. Çalışma alanında çok sayıda su kaynağı bulunmaktadır ve şehrin su ihtiyacı bu kaynaklardan sağlanmaktadır. Yörede yer alan kaynaklar şunlardır: Aspasa, Hinzan, Visnelik, Anuğunsuyu kaynakları ve Tamzara mahallesi batısında ve kuzeydoğusundaki Kirazlıdere, Dişikaya, Karagöz kaynakları. Bunlar içersinde Bayhasan, Kirazlıdere, Dişikaya kaynakları en yüksek akım değerlerine sahip kaynaklar olarak dikkat çekerler.



Şekil 4.2. Çalışma alanının yer bulduru görüntüsü (Google Earth Home Page)



(a)



(b)

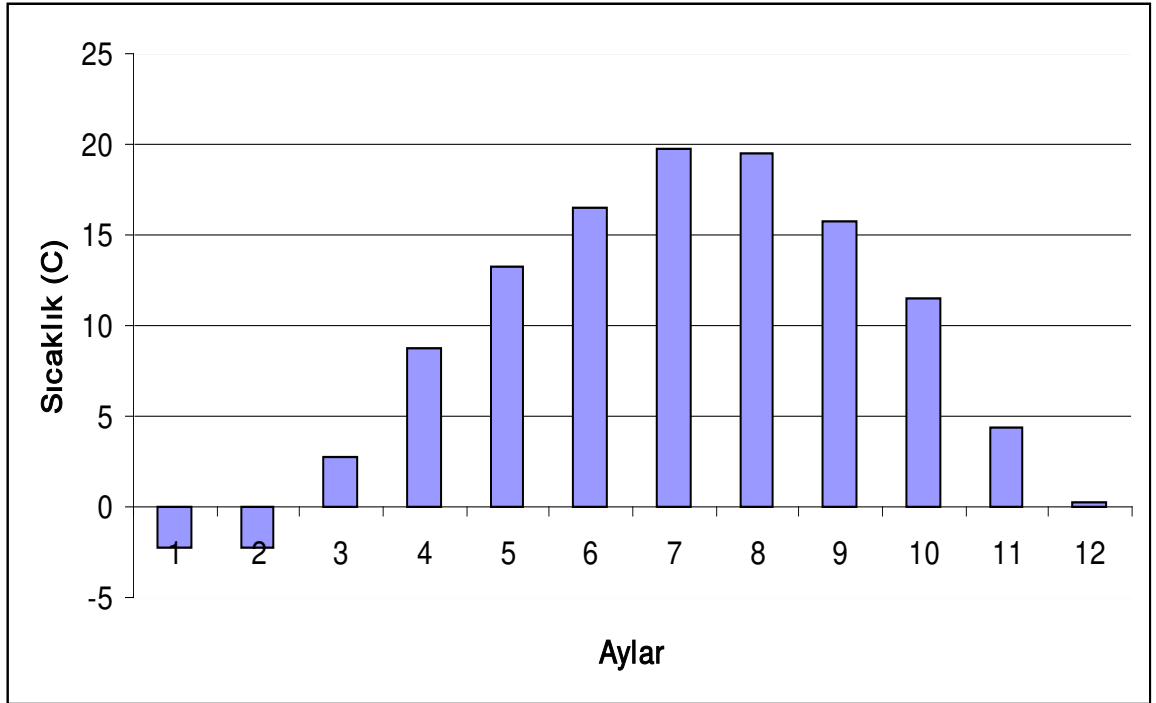
Şekil 4.3. Çalışma alanına doğudan (a) ve Şebinkarahisar Kalesinden bir bakış (b)

4.2.2. İklim ve Bitki Örtüsü

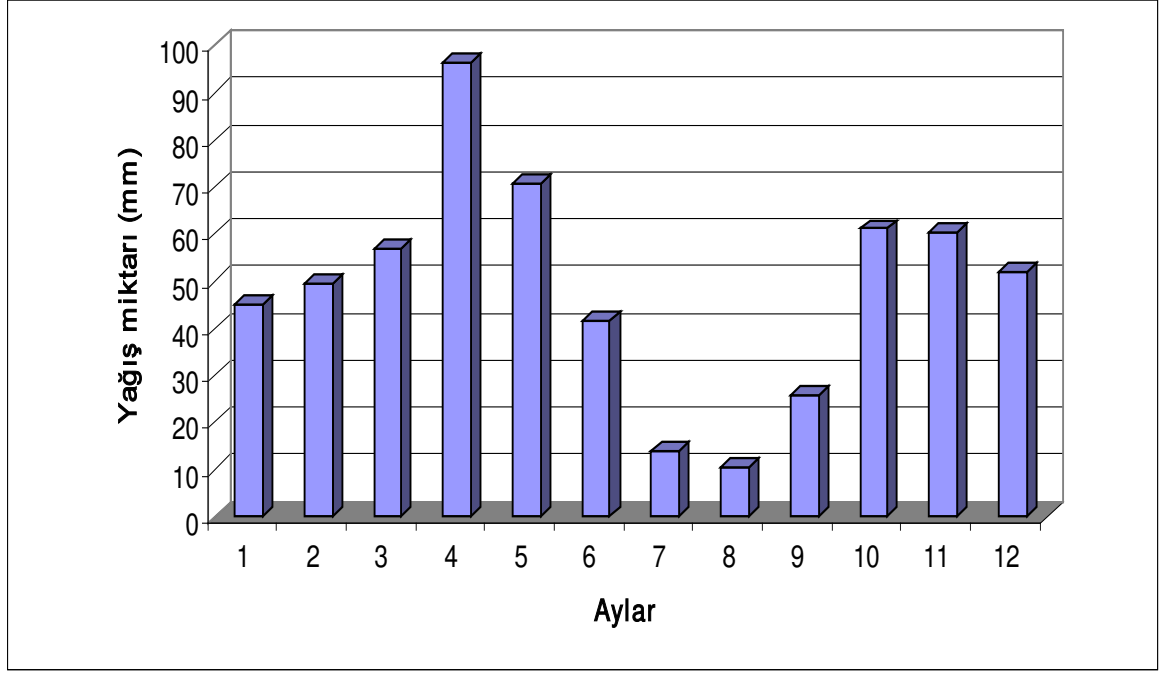
Çalışma alanında nemli Karadeniz iklimi ve karasallık özellikleri taşıyan İç Anadolu iklimi arasında bir geçiş iklimi hâkimdir. Çalışma alanında ana su kaynakları yağmur

sularıdır ve 30 yıla ait dönemdeki yıllık ortalama yağış 583 mm iken, en yüksek ortalama yağış 124.7 mm ile Nisan ayında görülmektedir. Şebinkarahisar’da 10 yıllık rasatlara göre ortalama sıcaklık 9,0 °C’tır. Aylık ortalamalara göre en soğuk aylar Ocak ve Şubat’tır.

İlçenin bitki örtüsü de Giresun Dağları’nın kuzey yamaçlarından farklıdır. Şebinkarahisar’a dönük güney yamaçlarda kurakçıl türlerin çoğaldığı daha dar alanlı ve çoğunlukla bozulmuş yarı nemli ve kuru ormanlar, bunlar arasında ki sahalarda çalılıklar ve otsu türlerden oluşan doğal bir bitki örtüsü bulunmaktadır. Dağları güney eteklerindeki dalgalı düzlüklerde ise yer yer ağaç kümeleri ve tek ağaçlar ile sınırlanan antropojen stepler yer almaktadır.



Şekil 4.4. Çalışma alanında 1996-2007 yılları arasındaki sıcaklığın aylara göre dağılımı



Şekil 4.5. Çalışma alanında 1990-2009 yılları arasındaki ortalama yağışın aylara göre dağılımı

4.2.3. Sosyo-Ekonomik Durum

Kurtuluş Savaşı'nın kazanılmasından sonra, 1923 yılında livaların il yapılmasına karar verilmiş, bu karar neticesinde o günlerde liva olan Şebinkarahisar da il yapılmıştır. 10 yıl süre ile il durumunu muhafaza eden Şebinkarahisar 2197 Sayılı Kanunla 1933 yılında ilçe statüsüne getirilmiştir. Halen Şebinkarahisar'ın il olma arzusu sürmekte olup, bunu kazanılmış bir hak olarak görmektedirler.

Çalışma alanının doğusunda Laz, Biroğul, İkiöğul, Kavaklar, Kırkgöz, Avutmuş ve Gutgut mahalleleri, batısında Yukarıbahçe, Ortabahçe mahalleleri, ilçe merkezinde Bülbül, Taş, Müftü ve Gümüşhane mahalleleri, ilçe merkezinin güneyinde ise Akbudak köyü yer almaktadır.

Şebinkarahisar nüfusu, D.İ.E. 2000 verilerine göre, 36713 kişidir. İlçe halkının ana geçim kaynağı ziraat ve özellikle bunda Tekel Yaprak Tütün İşleme fabrikasının etkisi olmuştur. Diğer bir geçim kaynağı da tarım ve hayvancılıktır. Ayrıca ilçede küçük sanayi ve ticari iş yerleri de görülmektedir. Bunun yanı sıra bölgede Mortaş ve Ber-Oner Madencilik tarafından İnler yaylasında (Tutak Dağının güneybatısında) işletilen kurşun çinko madeni bulunmaktadır.

4.2.4. Turizm

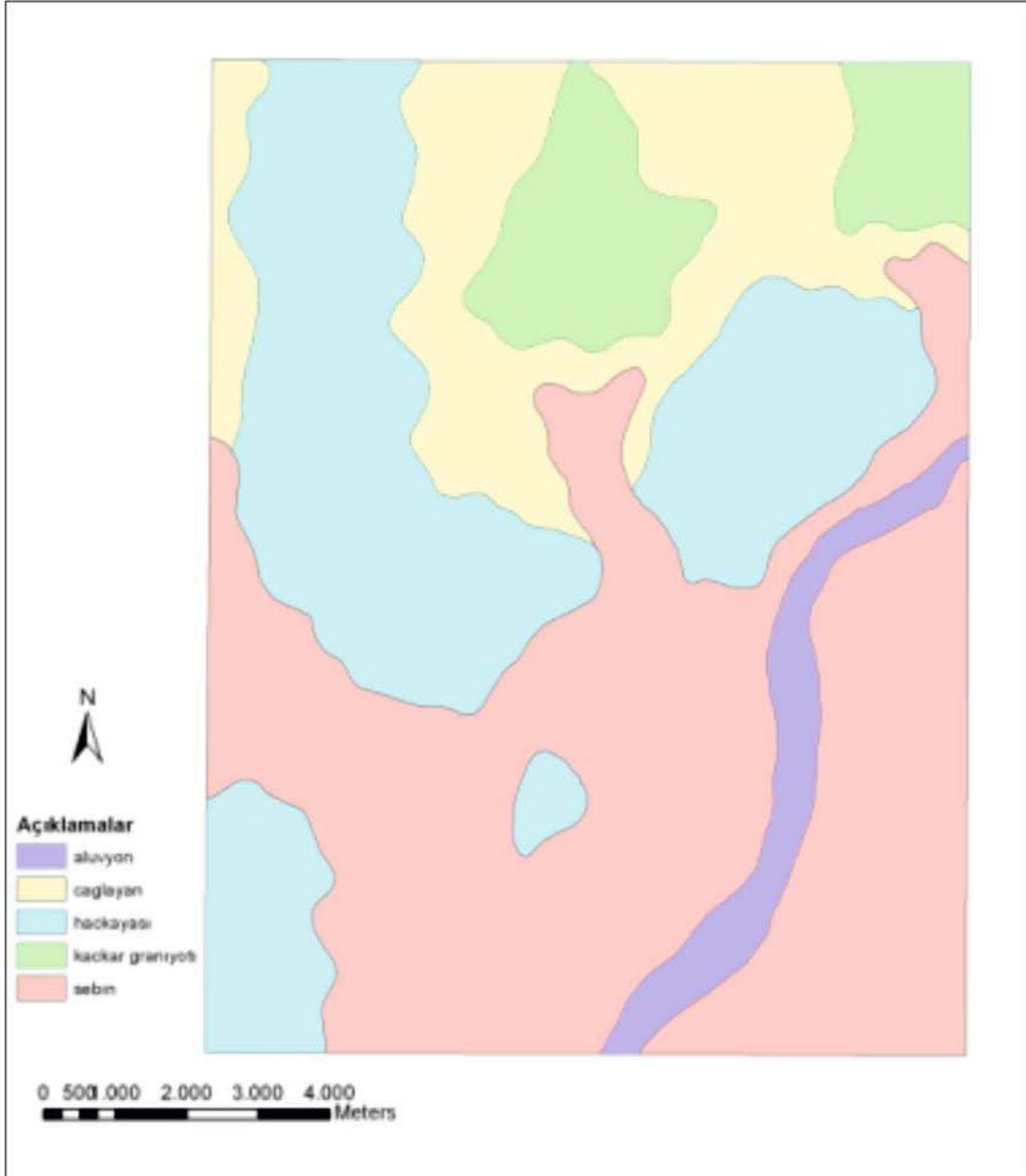
Şebinkarahisar ilçesi gerek Türk kültür ve değerlerinin yaşadığı gerekse Hristiyan topluluklarının da izlerini taşıyan önemli yerlerden birisidir. Gerek turizm gerekse kültürel varoluşların ifadesi olan önemli eserler Şebinkarahisar Kalesi, Tamzara camii, Kadioğlu Camii, Taş Mescid, Kurşunlu Camii, Topal Mehmet Paşa Hamamı, Avutmuş Hamamı, Tamzara Hamamı, Kurşunlu Çeşmesi, Zeynube Hatun Çeşmesi, Eyvan Çeşme, Müftü Efendi Çeşmesi, Hüseyin Efendi Çeşmesi, Hacı Yakub Çeşmesi, Alay Çeşmesi, Süleymanağa Çeşmesi, Perteviyal Çeşmesi ve Perteviyal Müzesi ile Şebinkarahisar Atatürk Evi Müzesi sayılabileceklerin en önemlilerindendir.

4.3. Çalışma Alanının Jeolojik Özellikleri

4.3.1. Stratigrafi

Bu bölümde çalışma alanında yayılım gösteren birimler üzerinde durulmuştur. Şekil de Şebinkarahisar ve çevresinin jeolojik haritasına yer verilmektedir.

Çalışma alanında yüzeylenen birimlerin tanımlamasında stratigrafik adlama kurallarına uyulmuş ve birimler tanımlanırken en iyi gözlemlendiği lokasyon isimleri kullanılmıştır. Doğu Pontid Kuşağının güney zonunda yer alan çalışma alanında Üst Kretase yaşlı volkanik kayalarından Kuvarterner yaşlı alüvyonlara kadar değişik tip ve boyutta kayaç grupları yüzeyleme vermektedir.



Şekil 4.6. İnceleme alanına ait jeoloji haritası (Karakaya, 1998'den değiştirilerek hazırlanmıştır)

4.3.1.1. Çağlayan Formasyonu

Çalışma alanında Üst Kretase yaşlı bazalt- andezit lav ve piroklastlarının oluşturduğu Çağlayan Formasyonu içerisinde yersel olarak marn, kumtaşları, çamurtaşları yüzeylenirler. Birim çalışma alanında Şaplıca çevresi, Güney Tepesi, Guz Tepe ve Acı Dere çevresinde gözlenmektedir.

Birim, çoğunlukla masif, kompakt ve az çatlaklı, kırıklı kayalardan oluşur. Yer yer hidrotermal alterasyona uğramışlardır. Çağlayan formasyonu içerisinde gelişen alterasyon zonunda killeşme, silisleşme, piritleşme, hematitleşme, limonitleşme görülmektedir

Hidrotermal alterasyona uğramış olan bu kayaçlar, andezit, bazalt, dasit lav ve piroklastikleri (Gülibrahimoğlu ve diğ., 1987; Güner ve diğ., 1988) olarak değerlendirmişlerdir. Birimde aynı zamanda bozunmalar hakim olmakla beraber, çok az da olsa korunmuş volkanitlerin varlığı da saptanmıştır. Yaygın hidrotermal alterasyon gösteren bu birim, killeşme, silisleşme, piritleşme, hematitleşme, limonitleşme ile birlikte yer yer alünit (şap), florit ve uranyum zuhurları da (Güner ve diğ., 1988) içermektedir.

4.3.1.2. Asarcık Granitoyidi

Birime daha önce bir stratigrafik tanımlama yapılmaksızın Güner ve ark. (1991) tarafından “granit, siyenit, diyorit” şeklinde; Yılmaz (1995) tarafından ise Şebinkarahisar “kuvars siyeniti” adı altında tanımlama yapılmıştır. Şebinkarahisar yöresinde söz konusu birimin gözlenmemesi ve petrografik bileşiminin sadece kuvars siyenit olmaması nedeniyle ve daha sonraki çalışmalarda birim “Asarcık granitoyidi” olarak adlandırılmıştır (Karakaya, 1998). Birim en iyi mostralarını Asarcık mevkiinde vermektedir. Birim Birim kırmızımsı-pembe, grimsi pembe, beyazımsı ve grimsi renkte taneli dokudadır.

Birimin yaşı önceki çalışmalarda, Üst Kretase yaşlı volkanitlerce kesilmesi dikkate alınarak yaşının Üst Kretase-Paleosen olması benimsenmiştir (Karakaya, 1998).

4.3.1.3. Şebinkarahisar Formasyonu

Şebinkarahisar ilçesinin yerleşim alanı ve civarında en geniş yayılıma sahip olan birim, daha önceki çalışmalarda “alacalı jipsli seri (Güner ve ark. 1991) , Tamzara formasyonu (Yılmaz 1995) olarak tanımlanmıştır. Birimin özelliklerinin en iyi Şebinkarahisar çevresinde gözlenmesinden dolayı daha sonraki çalışmalarda bu ad kullanılmıştır (Karakaya, 1998).

İnceleme alanında birçok bölgede görülen birim kırmızı, bordo, yeşilimsi-gri renkte olması ve jips içermesi nedeniyle alacalı görünümündedir. Birim, konsolide kil, kilaşı, gevşek ve iyi çimentolanmış, kumtaşı, konglomera, marn ve kireçtaşlarının belli bir kural göstermeksizin aradalanmalarından oluşur. İnceleme alanında çoğunlukla birimin en üst seviyesini sert, çatlaklı kille oluşturmaktadır.

Çalışma alanında, doğusunda ve güneyinde İkiöğlü, Biroğlu, Kirkgöz, Kavak, Laz mahallelerinde, ilçe merkezinde Ortabahçe, Gutgut ve Avutmuş mahallelerinde yayılım gösteren birim önemli heyelanlara ve erozyonlara neden olmaktadır. Bu nedenle, killi seviyelerdeki kabarma ve oturma nedeniyle Şebinkarahisar ilçe merkezinde ve çevresindeki birçok yerleşim alanındaki binalar oturulamayacak duruma gelmektedir.

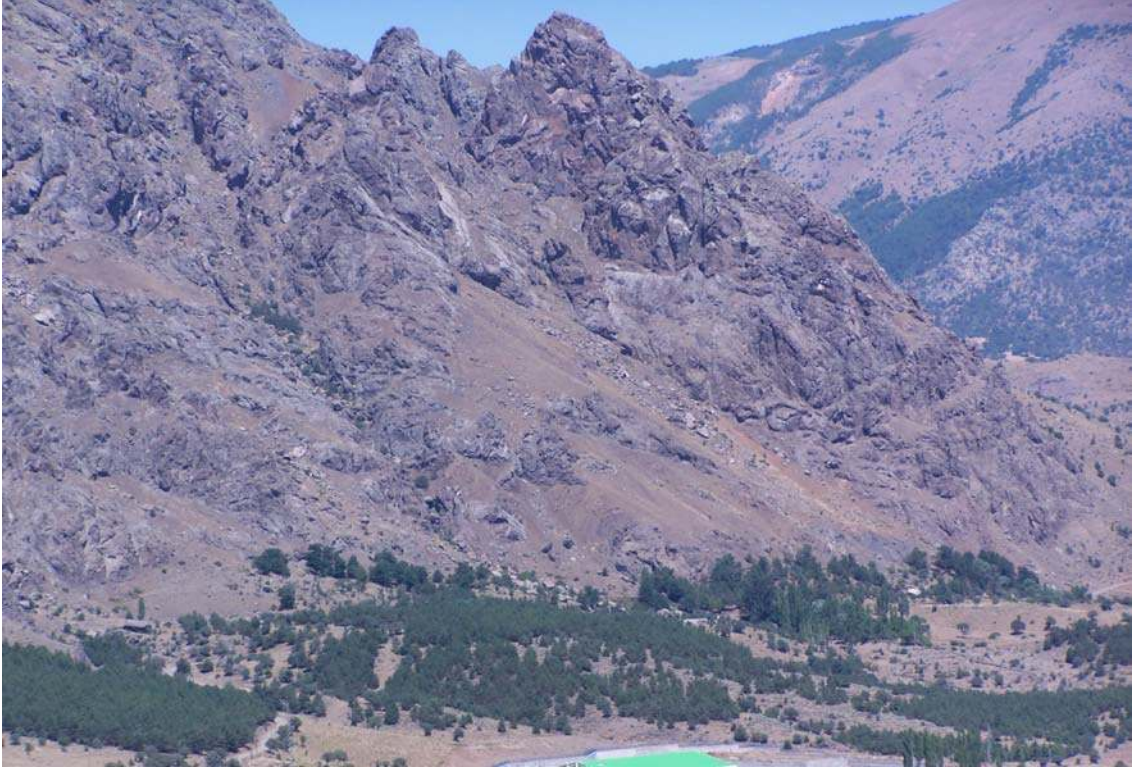


Şekil 4.7. İnceleme alanında Şebinkarahisar formasyonuna ait görüntü

4.3.1.4. Haçkayası Volkaniti

İnceleme alanında Kale Tepe, Meryem Dağı, Haçkayası civarında yayılım gösterir. Grimsi, siyah, koyu yeşilimsi renkte görülen birim bazalt, bazaltik lav ve piroklastlardan oluşur. Bazaltlar içerisinde ojit kristalleri çıplak gözle ayırt edilebilmektedir. Birimin yaşı stratigrafik ilişkisine göre Pliyosen olarak kabul edilmiştir (Karakaya, 1995).

Birim genelde kırıklı, çatlaklı yapıda olup, özellikle zayıf tutturulmuş piroklatikler ilçe merkezinde, Şebinkarahisar yol girişlerinde kaya düşmelerine neden olmaktadır.



Şekil 4.8. İnceleme alanında yüzeylenen Haçkayası volkanitlerine ait görüntü

4.3.1.5. Yamaç Molozu ve Alüvyon

Yamaç molozu volkanik kayaçların oluşturduğu yükseltilerin eteklerinde, Hacıkayası çevresinde, Tamzara deresinin doğusunda, inceleme alanının KB'sında ve Kavak Mahallesi dar bir şerit halinde yayılım gösterir. Bazalt lav ve piroklastiklerin parçalanması, ayrışması sonucu oluşan yamaç molozu kum, çakıl ve boyutları 3,5-4 m'ye erişen bloklardan oluşmuştur. Yamaç molozunun görünür kalınlığı 2 ile 12 m. arasında değişmektedir.

Alüvyon çalışma alanının doğusunda Avutmuş çayı yatağında görülür. Değişik boy ve bileşimdeki kum ile çakıllardan oluşan alüvyonun kalınlığı 6 ile 10 m. arasında değişmektedir.



Şekil 4.9. İnceleme alanında yüzeyleyen alüvyonlara ait görüntü

4.4. İnceleme Alanının Erozyon ve Heyelan Gelişimi Açısından Önemi

İnceleme alanı olarak seçilen Şebinkarahisar ilçesinde erozyon ve kütle hareketleri (heyelan) bir numaralı sorun haline gelmektedir. İnceleme alanında aktif ve potansiyel kütle hareketleri yerleşim alanlarını, binaları, yolları tehdit etmektedir. Hareket etmiş ve potansiyel heyelan alanlarında çatlaklar, çukurlaşmalar, kabarmalar, su birikintileri gözlenmiştir. Topografyadaki bu bozunmalar heyelan alanlarında tarım yapılmasını güçleştirmektedir. Aynı zamanda volkaniklerin olduğu kaya yamaçlarında kayma ve özellikle kaya düşmeleri görülmektedir ve bu yamaçların eteklerinde yer alan binalar kaya düşmesi tehdidi altındadır (Yılmaz ve Keskin, 2009).



(a)



(b)

Şekil 4.10 (a) - (b). İnceleme alanında gözlenen kütle hareketleri sonucu meydana gelen zararlardan bazı örnekler

İnceleme alanında gözlenen bozunma, iyi çimentolanmamış kayalardan oluşması, yamaç eğiminin yüksek ve arazinin bitki örtüsünün çok az olması nedenlerden ötürü bölgede heyelan ile birlikte erozyon gelişimini de kolaylaştırmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 4.11: İnceleme alanında gözlenen erozyona ait görünüm (a)-(b)

5. EROZYON DUYARLILIK ANALİZİNDE KULLANILAN MODEL

5.1 Erozyon Modeli

Bu çalışmada, erozyon riskinin tahmini için Revize edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) seçilmiştir.

5.1.1. RUSLE Modeli

Rusle, ortalama yıllık toprak kaybı tahminini yapan bir matematiksel denklemler kümesidir. Bu erozyon süreçlerinin teorisinden, yağış alan arazilerin 10000 den fazla yıllık yağış grafiğinden, çok sayıdaki yağış simulasyon grafiklerinden türetilir. RUSLE son derece iyi doğrulanmış bir denklemdir.

1985 yılında Amerika Tarım Departmanı, performans artışı sağlamak için USLE modelinin gözden geçirmesi sonucunda, yeni bir denklem, (Revize edilmiş Toprak Kaybı Denklemi-RUSLE) geliştirilmiştir (Renard ve diğ., 1991). Her ne kadar bu modelde USLE denkleminin temel yapısı sabit kalmış olsa da, özgün faktörleri hesaplama algoritmaları anlamlı ölçülerde değişmiştir.

5.1.2. Denklemin Açıklanması ve Faktörlerin Değerlendirilmesi

Rusle Denklemi aşağıda verildiği biçimde kullanılmaktadır.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

Burada;

A= Yıllık ortalama toprak kaybı (ton/ha/yıl)

R=yağmur/yüzey akışı aşındırma faktörü

K=Toprak aşınım faktörü

LS=Yamaç uzunluğu ve eğimi

C= Toprak örtüsü faktörü

P= Erozyon kontrol uygulamaları faktörü,
anlamına gelmektedirler

5.1.2.1 Yağış Faktörü (R)

R faktörü, belirli bir bölgedeki yağmur sularının ve yüzey akışlarının aşındırıcı özelliğinin bir ifadesidir. R değeri, yağış yoğunluğu ile doğru orantılı olarak artar. R değerinin hesaplamasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılır.

$$R = P_n / P_b \quad (2)$$

Burada;

R : yağışların aşındırıcı etkisinin ölçüsü (MJ/ha.mm/h)

P_n : yıllık yağış miktarı (mm)

P_b : ortalama yıllık yağış miktarı

ifade etmektedirler.

5.1.2.2. Toprak Aşınım Faktörü (K)

K faktörü, standart deneysel koşullar altında belirli bir yerdeki toprak aşınmasının ve yüzey malzemesinin doğal bir ifadesidir. K değeri toprak partiküllerinin boyutu dağılımının, organik madde içeriğinin, toprak veya yüzey malzemesinin yapısı ve geçirgenliğinin bir fonksiyonudur.

Yüksek kil içerikli ince daneli malzemeden oluşan topraklar düşük K değerine sahiptir (yaklaşık 0.05-0.15), çünkü tanecikler ayrışmaya karşı dayanıklıdır. Kumlu topraklar gibi iri daneli yapıya sahip topraklar, bu partiküllere rağmen düşük yüzey akışından oluşabilecek toprağın yüksek süzme hızından dolayı düşük K değerine (yaklaşık 0.05- 0. 2) sahiptir. Siltli tın gibi orta daneli yapıya sahip topraklar, orta K değerine (yaklaşık 0.25- 0.45) sahiptirler, çünkü danelerin ayrımı için bir dereceye kadar duyarlılığa sahiptirler ve ortalama bir hızda yüzey akışları üretirler. Yüksek kil içeriğine sahip topraklar özellikle erozyona karşı duyarlıdır ve yüksek K değerine (0.45- 0.65) sahiptir.

Toprak profillerinin permeabilitesi (geçirgenliği) K değerini etkiler çünkü permeabilite yüzey akış hızına etki eder. Toprak yapısı, ayrışmaya ve toprağın süzme hızına etki etmesinden dolayı, K değerini etkiler.

K değerinin belirlenmesi toprak aşınabilirliği nomogramı kullanılarak hesaplanır. Herhangi bir K değeri, her bir arazi parçasına dair en az 10 yıllık süre içindeki toprakların nasıl olduğuna dayanmaktadır.

Doğal Kaynakları Koruma Servisi (NRCS, 1999) tarafından yayınlanan K değerleri belirli sınıflara dayanmaktadır. Bu sınıflar, 0.02, 0.05, 0.10, 0.15, 0.17, 0.20, 0.24, 0.28, 0.32, 0.37, 0.43, 0.49, 0.55, 0.64 oluşmaktadır. Bu sınıfların aralığı her bir sınıf için K değeri ile ilişkili belirsizliğe işaret eder. Örneğin K değeri 0.28 ise, yanındaki en yüksek K değeri 0.32'dir ve yanındaki en düşük K değeri 0.24 ise sınıf genişliği 0.04'dür. K değerindeki belirsizlik RUSLE toprak kaybı tahmini için toprak aşınabilirliğinde kesin bir gösterge sağlayan ± 0.02 aşınabilirlik birimidir.

$$100K = 2.1M^{1.1410-4(12-a)} + 3.25(b-2) + 2.5(c-3) \quad (3)$$

Burada;

M- yüzey toprağı (humus) dokusunu ifade eder ve (% silt + % siltli kum) $\times$ (100% – % kil) şeklinde hesaplanır.

a- Humuslu toprak organik madde yüzdesi

b- Humus yapısı sınıfı

c- toprak yüzeyi permeabilitesi sınıf

anlamına gelmektedirler.

5.1.2.3. Yamaç Uzunluğu (L) ve Eğimi (S) faktörleri

Eğim uzunluğu, yüzey akışının olduğu noktadan itibaren, eğimin azaldığı ve birikmenin başladığı veya yüzey akışının bir kanala (bu drenaj şebekesinin bir parçası olabilir) veya çevirme terası kanalı olarak inşa edilmiş bir kanala kadar olan mesafedir (Wishmeier ve Smith, 1978). Belirli bir arazide yamaç faktörlerinin hesaplanabilmesi için aşağıdaki parametreler kabul edilir

$$LS = \sqrt{L/22} (0.065 + 0.045 \times S + 0.0065 \times S^2) \quad (4)$$

Burada;

L : yamaç uzunluğu (m)

S : yamaç eğimi yüzdesi

göstermektedirler.

5.1.2.4. Toprak Örtüsüsü Faktörü (C)

C faktörü belirli bir bölgedeki yüzey örtüsünün, pürüzlülüğün, toprak biokütlesinin ve toprak kaybı oranlarındaki örselenmiş toprak faaliyetlerinin etkisinin bir ifadesidir. Yüzey örtüsü ve toprak biokütlesi arttıkça C değeri azalmaktadır, böylece yağmur damlası ve yüzeysel akıştan toprağı korur.

5.1.2.5. Erozyon Kontrol İşlemleri Faktörü (P)

P faktörü belirli bir yerdeki toprak kaybı üzerinde eşyükselti eğrisi ile gösterme, bitki örtüsüne yakın koruma bandı, teraslama gibi koruma çalışmalarını destekleme faaliyetlerinin bir ifadesidir. P değeri bu uygulamaların yürütülmesi ile azalır çünkü bu uygulamalar yüzey akışların hızını azaltır ve havza yamacında sediment birikimini hızlandırır. Bazı erozyon koruma çalışmalarının yürütülmesi yerel koşullara bağlı olarak büyük ölçüde değişir. Örneğin, eş yükselti eğrileri ile gösterme, düşük yağış alanlarında, yüksek yağış alanlarına göre daha fazla etkili olmaktadır..

6. EROZYON RİSK ANALİZİ İÇİN VERİ ÜRETİMİ

Erozyonun uzaysal olasılıklarının (duyarlılık) hesaplanması için, Sayısal Yükseklik Modelinin (SYM) üretilmesini takip eden yamaç, bakı, eğim gibi türetilmiş morfometrik parametrelerin hazırlanması gerekmektedir.

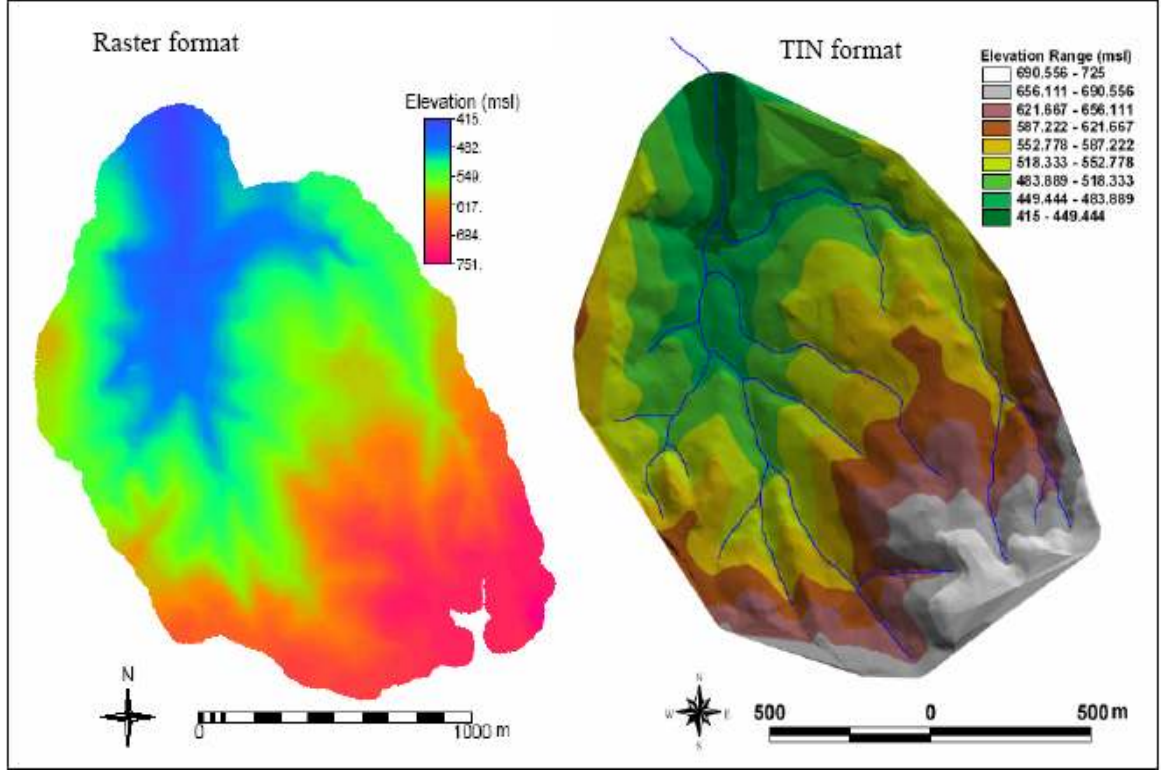
Yükseklik, yamaç eğimi, bakı, yamaç eğriliği gibi öncelikli topografik parametreler, topoğrafik bir yüzeyden doğrudan elde edilmiştir (Wilson and Gallant, 2000). Buna karşılık, ikincil topoğrafik veriler iki veya daha fazla birincil parametrelerden hesaplanmıştır. Bu ikincil niteliklerin çoğunluğu sürecin bir fonksiyonu olarak tanımlanan modelin kabiliyetinden ileri gelmektedir (Wilson ve Gallant, 2000).

6.1. Sayısal Yükseklik Modeli

Topoğrafyanın sayısal gösterimi Sayısal Yükseklik Modeli (Digital Elevation Model-DEM) olarak adlandırılmaktadır. Sayısal yükseklik modeli yeryüzünün sürekli bir biçimde değişen topoğrafik yüzeyini göstermek için arazi analizi ve diğer 3 boyutlu uygulamalar için genel bir veri kaynağıdır. Dünya üzerinde, birçok bölgenin yükseklik verileri eşyükselti eğrili harita biçiminde bulunmaktadır. Eşyükselti eğrili haritalar ve düzensiz noktalarda bulunan yükseklik değerleri, bilgisayar ortamında sayısal dosyalar olarak saklanırlar. Ardından bu dosyalar, düzenli grid noktalarına dönüştürülürler. Grid noktaları, tüm harita yüzeyini kapsayan kareler biçimindedir. Bulundukları koordinatın yükseklik bilgilerini verirler. Bu noktaların oluşturduğu harita, grid haritası olarak da adlandırılmaktadır. Sonuçta, sayısal yükseklik modeli olarak adlandırılan ve yüksekliklerin yatay ve düşey yönde eşit aralıklı bir matris noktaları şeklinde elde edilebildiği bir model oluşturulmaktadır (Venkatachalam vd, 2001).

Sayısal yükseklik modelinde yer alan topografik bilgi, 3 aşamalı olarak temsil edilerek sunulabilir: 1) Düzensiz üçgen elemanları (TIN), 2) Debi ve eşyükselti eğrilerinin kesişmesine bağlı ayrık arazi oluşumu elementleri veya 3) Grid. Burada verilen ilk iki yöntem, üçüncü yönteme göre daha üstünlük göstermektedir. Çünkü bu yöntemler, modelleme içeriği ve önemli arazi özellikleri için daha belirleyici olarak uyarlanabilirler. Ancak, grid SYM, diğer dijital(sayısal) olarak üretilmiş veriler ile uyumluluğu ve basit

yapıda olması nedenleri ile dijital arazi analizi için en sık kullanılan veri kaynağı olmaktadır (Gao, 1998; Wise, 2000).



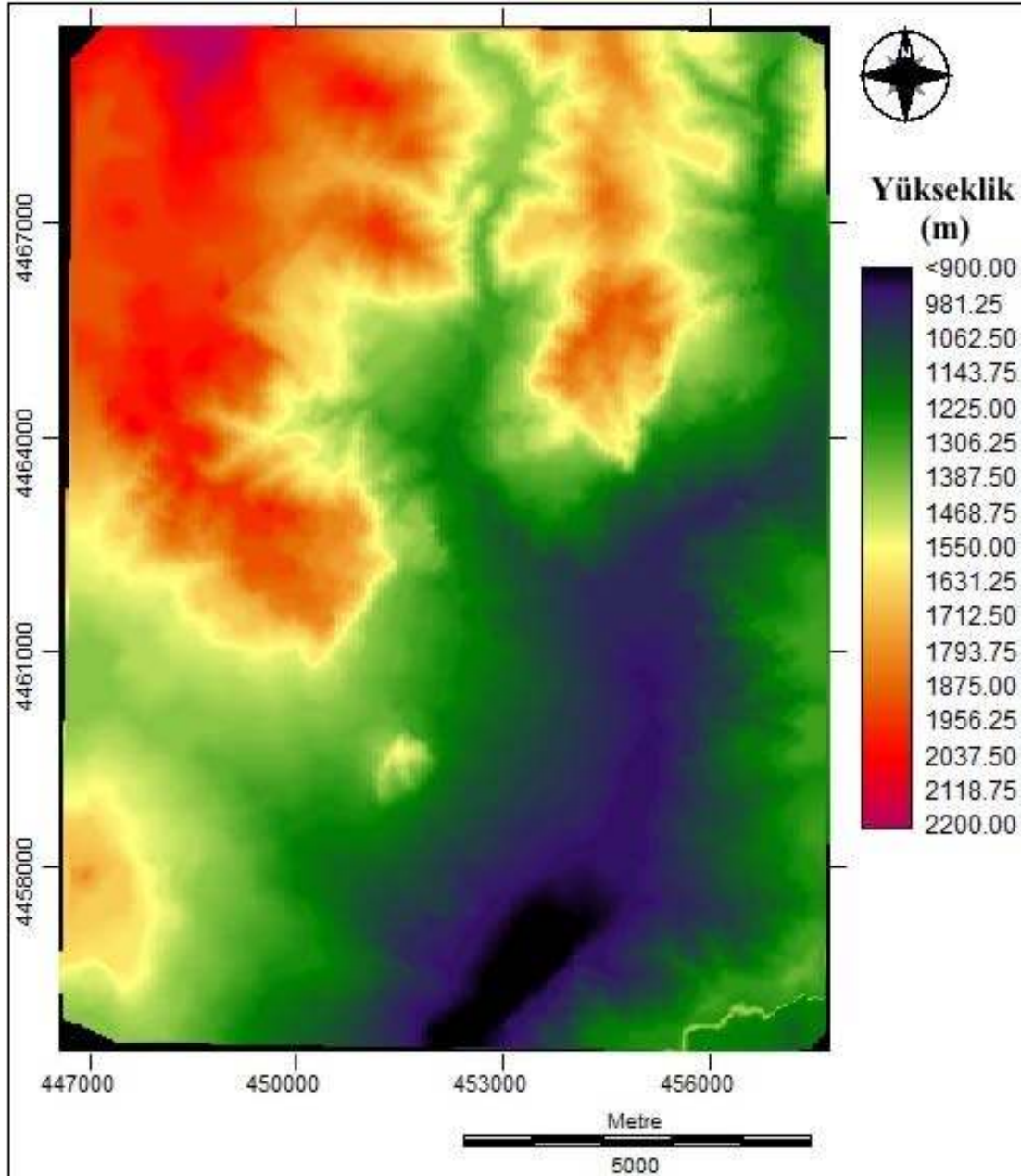
Şekil 6.1. TIN yüzey modelinden oluşan sayısal yükseklik modeli (DEM), TIN yüzey modeli (Chritanto, 2008)

SYM analizlerinde, sonuçların modellenmesine ilişkin olarak, diğer önemli bir faktörde SYM çözünürlüğünü (30x30) belirleyen, SYM grid boyutlarının etkisidir. Her ne kadar SYM' in mevcudiyetini ve hesaplama kapasitelerini arttırmak, hızlı olarak geniş havza topolojik analizlerine olanak verse de, bunlara ilişkin SYM çözünürlük derecesi, sistematik şekilde izlenememiş arazi yüzey gösterilirmelerini etkiler (Zhang and Montgomery, 1994).

Literatür taramasında, arazi temsiliinde yönelik olarak, daha çok SYM çözünürlük etkilerinin incelendiği görülmüştür (Hutchinson and Dowling, 1991; Jenson, 1991; Panuska *et al.*, 1991; Quinn *et al.*, 1991). Beven and Kirkby (1979) tarafından geliştirilmiş olan, topolojik indeks hassasiyet çözünürlüğü çok dikkat çekici olmuş ve bu indeks dağılımı SYM çözünürlüğüne bağlı olan bazı seviyeler sağlamıştır (Chairat and Delleur, 1993; Band *et al.*, 1993; Wolock and Price, 1994; Zhang and Montgomery, 1994; Quinn *et al.*, 1995; Band and Moore, 1995; Saulnier *et al.*, 1997; Braun *et al.*, 1997; Becker and

Braun, 1999). Ancak, topoğrafik olarak jeomorfolojik modeller kullanımıyla elde edilen sonuçlara bağlı olarak çözünürlüğü değiştiren sistematik etkiler hakkında çok az şey bulunmaktadır (Dietrich and Montgomery, 1998; Wilson and Gallant, 2000; Schoorl *et al.*, 2000). Özellikle, çoğu kez grid'li SYM'leri kullanan, toprak-kayma tehlike modelleri, çözünürlük etkilerinde gözden kaçmış olarak görülmektedirler. Araştırma olasılık modellemesi ve toprak kayma tehlikesine ilişkin yapılmış, fakat farklı arazi analiz yöntemleri farklı topolojik özellikleri üretmesinden dolayı, daha fazla ayrıntılı inceleme yapılmıştır (Duan and Grant, 2000).

Yükseklik, yamaç eğimi, yamaç yönelimi, yamaç eğriliği gibi öncelikli topoğrafik parametreler topoğrafik bir yüzeyden doğrudan türetilmesinden elde edilmektedir (Wilson and Gallant, 2000). Buna karşılık, ikincil topoğrafik veriler iki veya daha fazla birincil parametrelerden hesaplanmaktadır. Bu ikincil niteliklerin çoğunluğu sürecin bir fonksiyonu olarak tanımlanan modelin kabiliyetinden ileri gelmektedir (Wilson ve Gallant, 2000).



Şekil 6.2. İnceleme alanına ait sayısal yükseklik modeli

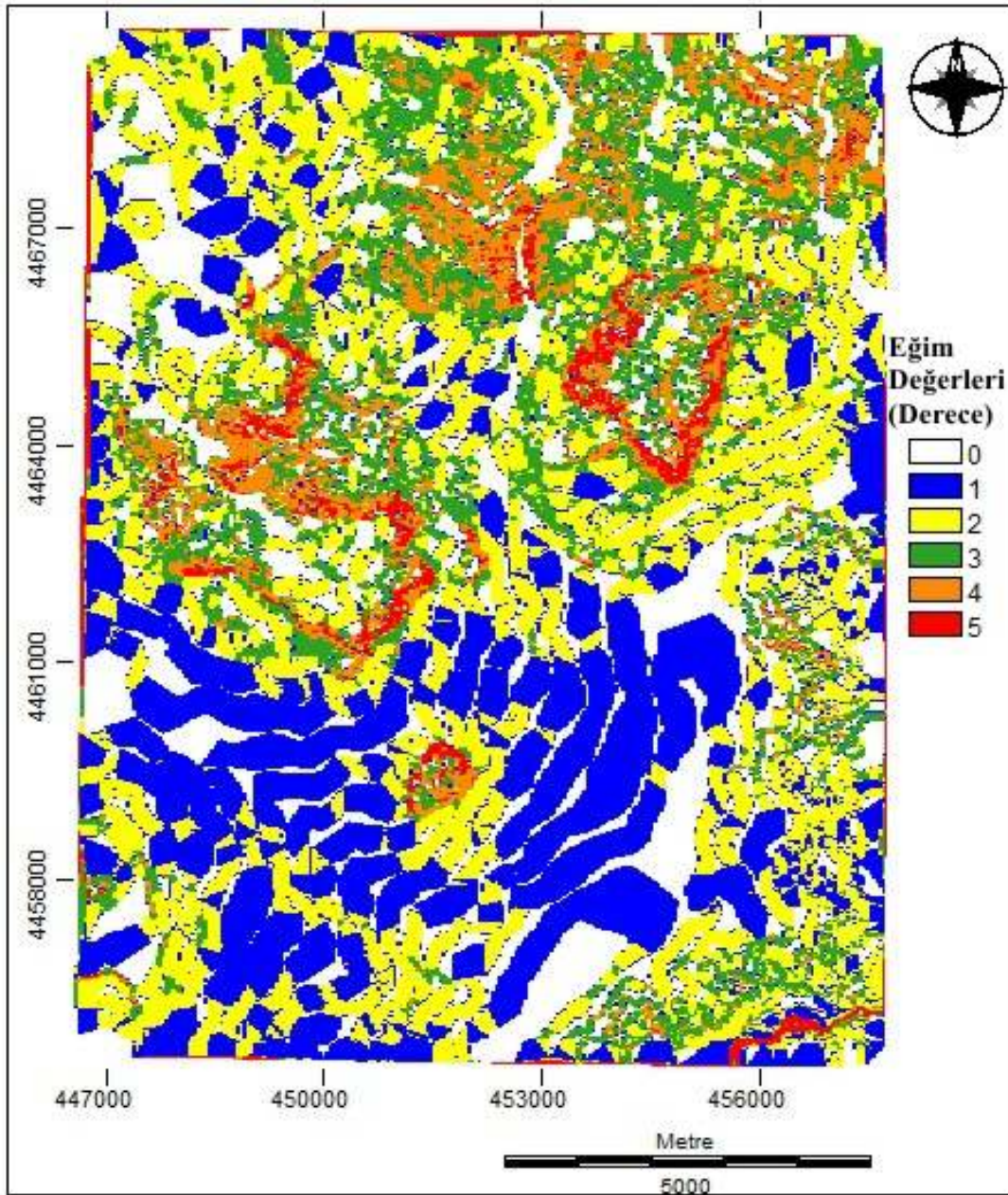
6.2. Yamaç Yöneli ve Eğimi Haritaları

Bakı ve yamaç eğimi haritaları, yamaç duranlığının değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadırlar. Belirli bir araziye ilişkin, yamaç eğimi ve yamaç yönelimi haritalarını oluşturmak için, sadece bir Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)'ne gereksinim vardır. Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) öncelikli olarak topoğrafik haritalardan türetilirler. Diğer taraftan, X ve Y koordinatlarında yükseklik farklarını oluşturmak amacıyla, sayısal yükseklik modelinde x ve y koordinatlarındaki lineer filtrelemeye başvurulabilir (Shrestha,

2002). Çıkış vektörü (TIN)' nden dönüştürülen Raster SYM, yamaç eğimi ve bakı haritalarının üretilmesinde kullanılabilir.

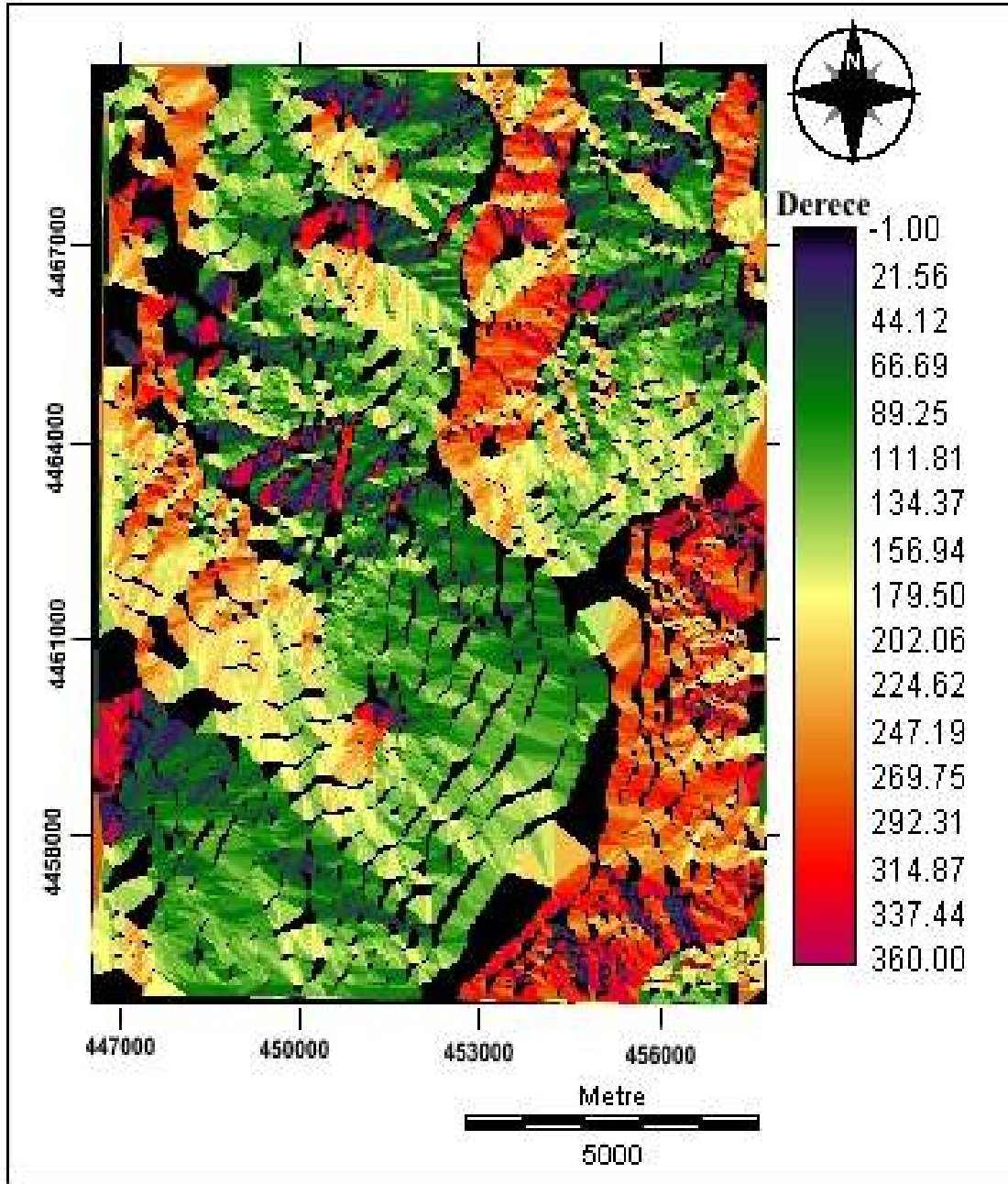
Yamaç ve bakı haritaları mevcut yamaç eğimi değerleri (örneğin 10° - 20°) ve eğim yönü (örneğin kuzey) arasında değişen kesin değerlerden oluşmaktadır.

Yamaç eğimi haritaları, yamaç duraylılığının değerlendirilmesinde önemli bir kriterdir. Yamaç duraysızlığının genellikle yükseklik ve yamaç uzunluğunun artışı ile arttığı düşünülmektedir. Sonuç olarak, yüzey akışının hızı ve hacminin tanımlanmasında yamaç haritalarına başvurulur. Bu amaçla, yamaç eğimi haritaları guruplara ayrılır (örn 0-20, 20-39, 39-75). Bu gruplar daha sonra düşük eğim, orta eğim, yüksek eğim olarak yeniden sınıflandırılabilir.



Şekil 6.3. İnceleme alanına ait eğim haritası

Yamaç yönelimi haritaları, özellikle bitki örtüsünün fakir olduğu ve dik yamaçlarda hızlı bir kütle hareketinin meydana gelmesi neticesinde yamaç duraylılığının değerlendirilmesinde, önemli rol oynamaktadır. Bakı haritaları, yamaç yöneliminin standart sapma değerlerine göre ortalama aralıklara bölünür. Bu aralıklar kataklinal (yamaç yönelimi ile aynı yönlü), anaklinal (yamaç yönelimi ile zıt yönde) ve ortoklinal (kataklinal veya anaklinal den farklı bir yönde) olarak adlandırılır.



Şekil 6.4. İnceleme alanına ait yamaç yönelim (bakı) haritası

İnceleme alanına ait yamaç yönelimi haritası -1 ile 360 derece arasındaki bir ölçeklendirme ile yapılmıştır. Buradaki, -1 değeri tamamen yatay yüzeyleri, 0 değeri kuzeye yönelimi, diğer değerler ise kuzeyden itibaren diğer ana ve ara yönleri ifade etmektedir. Minimum değer -1, en fazla değer 360 derecedir.

6.3. Uzaktan Algılama Görüntü Sınıflandırma İşlemleri

Uzaktan algılama araştırmaları, görüntü sınıflandırmanın sonuçlarının birçok çevresel ve sosyoekonomik uygulamalar için temel olması nedeniyle bu tür çalışmalara dikkat çekmektedir. Çalışma grupları, sınıflandırmaların doğruluğunu iyileştirmek amacıyla, ileri sınıflandırma yaklaşımları ve teknikleri geliştirmek için, büyük çabalar göstermektedirler (Gong and Howarth 1992, Kontoes et al. 1993, Foody 1996, San Miguel-Ayanz and Biging 1997, Aplin et al. 1999a, Stuckens et al. 2000, Franklin et al. 2002, Pal and Mather 2003, Gallego 2004). Bununla birlikte tematik bir harita içerisindeki sınıflandırılan uzaktan algılama verisi çalışılan arazinin karmaşıklığı, seçilen uzaktan algılama verisi ve görüntü işleme ve sınıflandırma yaklaşımları, sınıflandırmanın başarısını etkilemesi gibi birçok faktörler nedeniyle bir sorun olmaya devam etmektedir. Son yıllarda yeni sınıflandırma algoritmaları ve tekniklerinin ortaya çıkması, belirli bir çalışma için uygun sınıflandırma işlemini seçmede ve yönlendirmede son derece uygun olabilecek bir inceleme gerektirir.

Uzaktan algılama sınıflandırması karmaşık bir süreçtir ve birçok faktörün göz önüne alınması gerekir. Görüntü sınıflandırmasında başlıca adımlar; uygun bir sınıflandırma sisteminin belirlenmesi, çalışma örneklerinin seçimi, görüntü ön işleme, özellik çıkarımı, uygun sınıflandırma yaklaşımlarının seçimi, destek sınıflandırma işlemi ve doğruluk değerlendirmesini içermektedir. Kullanıcının ihtiyacı, çalışma alanının büyüklüğü, ekonomik durumu ve analistin becerileri; uzaktan algılama verilerinin seçimini, sınıflandırma işleminin tasarlanmasını ve sınıflandırma sonuçlarının kalitesini etkileyen önemli faktörlerdir.

6.3.1. Uzaktan Algılama Veri Seçimi

Hem hava hem de uydu alıcı verilerini içeren uzaktan algılama verisi, uzaysal, radyometrik, tayfsal ve zamansal çözünürlükte değişiklik göstermektedirler. Görüntü sınıflaması için uygun uzaktan algılama verisinin seçimi, farklı tipteki alıcı verilerinin gücünün ve zayıflığının anlaşılması önemlidir.

Ölçek, görüntü çözünürlüğü ve kullanıcının ihtiyaçları, uzaktan algılama veri seçimini etkileyen en önemli faktördür. Kullanıcının ihtiyacı, çalışılan alanın ölçeğini ve sınıflandırılmasının niteliğini belirler. Bu sayede, uzaktan algılama verisinin uygun alansal çözünürlüğü seçimini de etkiler. Önceden yapılmış araştırmalar, uzaktan algılama görüntü

sınıflandırmasında ölçek ve çözünürlüğün etkilerini araştırmışlardır (Quattrochi and Goodchild 1997). Genellikle hassas ölçekteki bir sınıflandırma sistemi, belirli bir seviyedeki bir sınıflandırmaya gereksinim duymaktadır. Bu nedenle, IKONOS ve SPOT 5 HRG gibi yüksek alansal çözünürlükteki veriler daha yararlı olmaktadır. Bölgesel bir ölçekte, Landsat TM/ETM ve Terra ASTER gibi orta çözünürlükteki veriler, en sık olarak kullanılan verilerdir. Kıtasal ya da küresel ölçekte, AVHRR, MODIS ve SPOT Vegetation gibi yüksek alansal çözünürlükteki veriler tercih edilmelidir.

Algılayıcılar (sensor) ile toplanan verilerin hassasiyetini etkileyen önemli bir faktör de, atmosferik koşullardır. Nemli bölgelerde, sık bulutlu hava koşulları, çoğu zaman yüksek kalitede optik veri toplamak için engel oluşturmaktadır. Bu nedenle, farklı tipteki radar verileri katkısız olarak, ilave veri kaynağı olarak kullanılmalıdır. Sensor (alıcı) verileri, birden fazla kaynaktan kolayca toplanabilirler. Dolayısı ile, belirli bir çalışmaya yönelik olarak görüntü analizi yapacakların, uygun düşecek uzaktan algılama verilerini seçme şansları bulunmaktadır. Çeşitli görüntü özellikleri ile çoklu-alıcı veri birleşimi (karışımı) kullanımı, araştırmalarda daha doğru sonuçların elde edilebilmesine olanak vermektedir (Lefsky and Cohen, 2003).

6.3.2. Bir Sınıflandırma Sistemi ve Çalışma Örneklerinin Seçimi

Uygun bir sınıflama sistemi ve yeterli sayıdaki çalışma örnekleri başarılı bir sınıflandırma için önkoşul oluşturmaktadır. Genellikle bir sınıflandırma sistemi kullanıcının ihtiyacına, seçilen uzaktan algılama verisinin alansal çözünürlüğüne, ön çalışmalar ile uygunluğuna, görüntü-işleme ve sınıflandırma mevcut olması durumuna ve zaman kısıtlamalarına dayanmaktadır. Böyle bir sistem, ayrıntılı, bilgilendirici ve ayırt edilebilir olmalıdır (Jensen 1996, Landgrebe 2003). Çoğu durumda, hiyerarşik bir sınıflandırma sistemi, farklı koşullar dikkate alınarak uygulanmaktadır.

Yeterli sayıdaki çalışma örnekleri görüntü sınıflaması için çok önemlidir (Hubert-Moy et al. 2001, Chen and Stow 2002, Landgrebe 2003, Mather 2004). Çalışma örnekleri genellikle arazi veya hassas alansal çözünürlükteki hava fotoğrafları ve uzay görüntülerinden toplanmaktadır.

6.3.3. Veri Ön-İşleme

Görüntü ön işleme; algılama ve hasarlı çizgilerin düzeltilmesini, geometrik düzeltme veya görüntü kaydetme, radyometrik ayarlama ve atmosferik düzeltme ve topoğrafik düzeltme içermektedir. Şayet farklı yardımcı veriler kullanılırsa, farklı kaynaklar veya formatlar ve bu verilerin nitelik değerlendirmeleri arasında veri dönüşümü sınıflandırma içine dâhil edilmeden önce gereklidir. Hassas geometrik düzeltme veya uzaktan algılama görüntü kaydı bir sınıflandırma sürecinde farklı kaynak verilerinin birleşimi için önkoşuldur.

Tekli-veri görüntüsü kullanılması durumunda, atmosferik düzeltmelere gereksinim olmayabilir(Song et al. 2001). Ancak çoklu-zamansal ve çoklu-algılayıcı verileri kullanıldığında ise atmosferik ayarlamaların kullanılması zorunludur. Ayarlama, Landsat TM ve SPOT veya Landsat TM ve radar verileri gibi çoklu alıcı verisi, görüntü sınıflaması için birleştirilirse, daha da önemli olacaktır. Radyometrik ve atmosferik normalizasyona ilişkin olarak, basit nispi kalibrasyon ve koyu nesne eksiltmeden ayarlama yaklaşımlarını içine alan, daha kompleks modeller geliştirilmiştir (Markham and Barker 1987, Gilabert et al. 1994, Chavez 1996, Stefan and Itten 1997, Vermote et al. 1997, Tokola et al. 1999, Heo and FitzHugh 2000, Song et al. 2001, Du et al. 2002, McGovern et al. 2002, Canty et al. 2004, Hadjimitsis et al. 2004). Dağlık ve engebeli alanlara ilişkin olarak ise, topoğrafik ayarlamalarda önemli olacaktır (Teillet et al. 1982, Civco 1989, Colby 1991, Meyer et al. 1993, Richter 1997, Gu and Gillespie 1998, Hale and Rock 2003).

6.3.4. Özellik Çıkartımı ve Seçimi

Uygun değişkenlerin seçimi, görüntü sınıflandırmanın başarılabilmesi için önemli bir konu olmaktadır. Spectral izleri, bitkisel izleri, değiştirilmiş görüntüleri, dokusal ve içeriksel bilgileri, çok-dönemli görüntüleri, çoklu sensörlü(algılayıcı) görüntüleri ve ikincil verileri içeren, birden çok olası değişkenler, görüntü sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Toprak örtüsü ayrılabilirliği içinde farklı olanaklar nedeniyle, sınıflandırma yöntemine ilişkin olarak yeterince fazla değişken kullanımı sınıflandırma doğruluğunu artırır (Hughes 1968, Price et al. 2002).

Özellikle hiperspektral veya çok kaynaklı veri kullanılması durumunda, sadece arazi örtüsü veya bitki örtüsü sınıflarını ayırtmak için, gerekli olan değişkenlerin seçimi

önemlidir. Temel bileşen analizi, minimum gürültü kesir(küçük dilimi) transformu (dönüşümü) , diskriminant analizleri, karar sınırı özellik çıkartımı, parametrik olmayan ağırlıklı özellik çıkartımı, dalgacık transformu ve spektral karışım analizi gibi birçok yaklaşım, uzaktan algılamalı verilerden veya belirli arazi örtüsü bilgilerinden türetilmiş veri fazlalılığı doğasını azaltmak için, özellik çıkartımı amacıyla kullanılabilir (Myint 2001, Okin et al. 2001, Rashed et al. 2001, Asner and Heidebrecht 2002, Lobell et al. 2002, Neville et al. 2003, Landgrebe 2003, Platt and Goetz 2004). Sınıflandırmalara ilişkin spektral bantların optimal seçimi, daha önceki makalelerde ayrıntılı olarak tartışılmıştır (Mausel et al. 1990, Jensen 1996, Landgrebe 2003). Grafik analizi ve istatistiksel yöntemler (ortalama diverjans “uzaksama”, dönüştürülmüş dönejans, Bhattacharyya uzaklığı, Jeffreys– Matusita uzaklığı) optimal alt bantları belirlemek için kullanılmıştır (Jensen 1996). Penaloza ve Welch (1996) bulanık mantık uzman sistemini(fuzzy logic expert system) özellik seçimi amacıyla inceledi. Peddle ve Ferguson (2002) , çok kaynaklı verilerin seçiminin optimizasyonu ve çeşitli veri analizlerine uygulanabilir olan bu yaklaşımların bulunması için, üç değişik yaklaşımı incelemişlerdir (özyinelemeli ayrıntılı araştırma, izoleli bağımsız araştırma ve ardışık bağımlı araştırma). Pratikte, seçili değişkenlerin farklı kombinasyonlarının karşılaştırılması çoğu kez yapılabilmektedir. Özellikle, her bir sınıf için, doğru örnek veri kümesi, denetimli sınıflandırmayı yapmak için işin özünü oluşturur.

6.3.5. Uygun Sınıflandırma Yönteminin Seçimi

Uzaktan algılanmış verilerin uzamsal çözünürlüğü, farklı kaynaklı veriler, sınıflandırma sistemi ve sınıflandırma yazılımlarının mevcut olması gibi, birçok faktör kullanılacak sınıflandırma yönteminin seçimi için, hesaba katılmalıdır. Farklı sınıflandırma yöntemleri kendilerine özgü fark yeteneklere sahiptirler. Bu nedenle belirli bir çalışma için en uygun sınıflandırma yaklaşımı hangisidir sorusunu cevaplamak oldukça zordur. Farklı sınıflandırma sonuçları, sınıflandırma yapanın tercihlerine bağlı olarak elde edilebilir.

6.3.6. Destek-Sınıflandırma İşlenmesi

Görüntü sınıflandırmasının çoğu, uzaktan algılanmış tayf cevaplarına dayandırılmaktadır. Biyo-fiziksel çevrelerin karmaşıklığı nedeniyle, spektral(tayf)-karışıklığı arazi-örtüsü sınıflamasında çok yaygındır. Böylelikle, ikincil veri, uzman

kurallara dayalı olarak sınıflandırılmış görüntüyü düzenlemede, çoğu kez kullanılmaktadır. Örneğin, dağlık alanlarda ormanların dağılımı yükseklik, eğim ve konuma bağlıdır. Arazi karakteristiklerini tanımlayan veriler, topoğrafik faktörlere ve belirli yeşil örtüsü bilgilerine dayalı sınıflandırma sonuçlarını düzenlemek amacıyla kullanılabilir. Kentsel alanlarda, konut ve nüfus yoğunluğu kentin arazi kullanım dağılımı ile ilgilidir ve ilişkin veriler, ticari olanlar ile yüksek yoğunluklu yerleşkeler arasındaki veya sportif amaçlı yeşil alanlar ile tarımsal alanlar arasındaki bazı sınıflandırma karışıklığını düzeltmek için, kullanılabilirler. Her ne kadar, ticari yerleşim alanları ile yüksek yoğunluklu yerleşkeler benzer spektral işaretler gösterebilir de, bunların dağılım yoğunlukları oldukça farklılık göstermektedir. Benzer olarak, yeşil sahalar (sportif alanlar) çoğu kez yerleşkelerin içinde bulunabilirler. Fakat meralar ve tarlalar genellikle yerleşkelerin dışına doğru konumlanmaktadır. Bu bölgelerde nüfus yoğunluğu oldukça da düşüktür. Böylece, yeşil sahaları, mera ve ekilebilen alanlarından(tarlalardan) ayırt etmek amacıyla, uzmanlık bilgileri yerleşkeler veya nüfus yoğunluklu bölgeler ile kentsel arazi-kullanımı arasında var olan ilişkilere bakılarak geliştirilebilir. Sınıflandırmaların kalitesini arttırmak için, önceki araştırmalar, sonradan-sınıflandırma prosedürünün çok önemli olduğunu göstermektedir (Harris and Ventura 1995, Murai and Omatu 1997, Stefanov et al. 2001, Lu and Weng 2004).

6.3.7. Sınıflandırma Performansının Değerlendirilmesi

Sınıflandırma sonuçlarının değerlendirilmesi, sınıflandırma yöntemi açısından önemli bir işlemdir. Uzman bilgilerine dayalı soyut değerlendirmelerden başlayarak, daha doğru örnekleme stratejilerine bağlı, nicel değerlendirmelere kadar uzanan farklı yaklaşımlar kullanılabilir. Sınıflandırma yöntem performansını değerlendirmek için Cihlar ve arkadaşları (1998) altı kriter kullanmışlardır. Bu kriterler, doğruluk, tekrarlanabilirlik, sağlamlık, veri içeriğinde bulunan bilgileri kullanma yeteneği, düzgün uygulanabilirlik ve tarafsızlık olarak sıralanmaktadır. Gerçekte farklı çevresel konumlanmalar ve verikümeleri nedeniyle, belirtilen kriterleri tam olarak sağlayabilen sınıflandırma algoritması kurulamaz ve yöntemler tüm çalışmalara bire bir uygulanamaz. DeFries ve Chan (2000) algoritmaların uygunluğunu değerlendirmek amacıyla çoklu kriterlerin kullanımını önermişlerdir.

6.3.8. Sınıflandırmanın Doğruluğunun Değerlendirilmesi

Sınıflandırma doğruluğu değerlendirilmesini tamamlamadan önce, hata kaynaklarının iyi bilinmesi gerekir (Congalton and Green 1993, Powell et al. 2004). Sınıflandırmanın kendisine özgü hatalara ilave olarak, örneğin cihazlardan kaynaklanan konum hataları, yetersiz bilgi veya test örnekleri gibi tüm değişik hata kaynakları sınıflandırmanın doğruluğunu etkileyebilecektir. Doğruluk değerlendirme sürecinde, sınıflandırma hatası nedeniyle, görüntü değerlendirme sonuçları ve referans verileri arasında fark olacağı genellikle kabul görmektedir. Bununla beraber, sınıflandırma doğruluğuna ilişkin güvenilir bir rapor oluşturmak için, özellikle referans verilerin doğrudan arazi çalışmalarından elde edilmediği durumlarda, görüntüsüz sınıflandırma hatalarının da incelenmesi gerekmektedir.

Sınıflandırma doğruluk değerlendirmesi genel olarak üç farklı temel bileşen içerir: bunlar, örnek tasarımı, cevap tasarımı ve kestirim ile analiz usulleridir (Stehman and Czaplewski 1998). Uygun örnekleme stratejilerinin seçimi kritik adım oluşturur (Congalton 1991). Örnekleme stratejilerinin çoğunluk bileşenleri, örnekleme birimi (pikseler veya poligonlar), örnek tasarımı ve örnekleme boyutu içerir (Muller et al. 1998). Olası örnekleme tasarımları, geliş-güzellik, katmanlı geliş-güzellik, sistematiklik, ikilik ve grupsal örnekleme içerir. Örnekleme tekniklerinin ayrıntılı belirtimi, Stehman and Czaplewski (1998) and Congalton and Green (1999) imzalı makalelerden elde edilebilir. Hata matrisi yaklaşımı, en yaygın kullanılan doğruluk değerlendirmelerinden biridir (Foody 2002).

Uygun hata matrisi oluşturmak için: 1) referans veri toplama, 2) sınıflandırma şeması, 3) örnekleme şeması, 4) uzamsal korelasyon ve 5) örnek boyutu ve örnek birimi, gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (Congalton and Plourde 2002). Hata matrisi oluşturulduktan sonra, toplam doğruluk, ihmal hataları, yüzde hataları, Kappa katsayısı belirlenmelidir. Önceki literatürlerde bu elemanların anlamları ve hesap yöntemleri belirtilmiştir (Congalton and Mead 1983, Hudson and Ramm 1987, Congalton 1991, Janssen and van der Wel 1994, Kalkhan et al. 1997, Stehman 1996, 1997, Congalton and Green 1999, Smits et al. 1999, Congalton and Plourde 2002, Foody 2002b, 2004a). Bu arada, Congalton (1991), Janssen and van der Wel (1994), Smits et al. (1999), and Foody (2002), gibi bazı yazarlar sınıflandırma doğruluk tayini için yeniden incelemeler yürütmüşlerdir. Bu yaraştırmacılar, görüntü sınıflandırma doğruluk tayini durumlarını

incelemişler ve ilgili problemleri tartışmışlardır. Congalton ile Green (1999) temel doğruluk kavramlarını sistematik olarak gözden geçirmişler ve Fuzzy-lojik(mantığı), çok katlı tahminler, açıklanmış ilkeler, pratik kavramlar gibi ileri kavramları, uzaktan algılanmış veriler için doğruluk değerlendirmelerine yönelik olarak tasarım ve değerlendirmelerde kullanmışlardır. Kappa katsayısı, diyagonal olmayan elementleri hesaba katan, hata matrisine ilişkin toplam istatistiksel uzlaşmanın bir ölçütüdür. Kappa analizi, tekli hata matrisini analiz etmek için ve aynı zamanda farklı hata matrisleri arasındaki farkları karşılaştırma yapmak için, güçlü bir yöntem olarak bilinmektedir (Congalton 1991, Smits et al. 1999, Foody 2004a). Değiştirilmiş kappa katsayıları ve tau(too) katsayıları sınıflandırma doğruluğunun gelişmiş bir ölçütü olarak geliştirilmiştir (Foody 1992, Ma and Redmond 1995). Ayrıca, iyi bir 828 D olarak da kabul edilen, normalize hata matrisine dayalı doğruluk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir.

6.3.9. Uzaysal Bilginin Kullanılması

Uzaysal çözünürlük yeryüzü üzerinde araştırılabilen mekansal ayrıntıların düzeyini belirlemeye karar verir. IKONOS ve QuickBird gibi doğru uzaysal çözünürlükteki veri (5m uzaysal çözünürlükten çok daha iyi) daha kolay kullanılabilir olduğu için, bu veriler giderek daha farklı uygulamalar için istihdam edilmektedir (Sugumaran et al. 2002, Goetz et al. 2003, Herold et al. 2003, Hurtt et al. 2003, van der Sande et al. 2003, Xu et al. 2003, Zhang and Wang 2003, Wang et al. 2004). Bu iyi uzaysal çözünürlükteki fotoğrafların önemli bir avantajı büyük ölçüde karışık piksel sorunu azaltarak, orta veya kaba uzaysal çözünürlükteki veriden arazi yüzeyi yapıları üzerinde daha çok daha ayrıntılı bilgi sağlamak için büyük bir potansiyel sağlıyor. Ancak bazı yeni sorunlar hassas uzaysal çözünürlüklü görüntü verileri ile ilgili özellikle aynı arazi örtü sınıfı içerisindeki topografya, yüksek binalar veya ağaçlar ve yüksek spektral varyasyonların neden olduğu gölgeler ortaya konulmaktadır. Şayet bu dezavantajların üstesinden gelinemesse, bu durum sınıflandırmanın doğruluğunu düşürebilir (Irons et al. 1985, Cushnie 1987). Hassas uzaysal çözünürlükteki görüntülerde büyük miktarda veri depolama ve gölge sorunları, uygun görüntü işleme yaklaşımlarının ve sınıflandırma algoritmalarının seçiminde yol gösterir. Son olarak aynı derecede önemli, yüksek uzaysal çözünürlüklü görüntü çok daha pahalıdır ve arta uzaysal çözünürlüklü görüntülere göre veri analizi uygulamasında çok daha fazla zaman gerektirir. Hassas uzaysal çözünürlükteki zengin uzaysal verinin tam olarak yararlanmak için yüksek uzaysal değişimlerin etkilerinin olumsuz yönlerini en aza

indirmek gereklidir. Spektral ve uzaysal sınıflandırmalarının birleşimi karmaşık arazilerde özellikle hassas arazi örtü sınıflandırmaları için önemlidir.

6.3.10. Sınıflandırma Performansını Artırmada CBS Kullanımı

Topoğrafya, toprak, yol gibi yardımcı veriler sınıflandırma performansını artırmak için uzaktan algılama verisi ile birlikte kullanılır. Yardımcı veriler görüntü sınıflandırmasını geliştirmek için üç şekilde kullanılabilir: Ön sınıflandırma katmanı, sınıflayıcı değişkenler ve son sınıflandırma sıralaması.

Önceki çalışmalar özellikle dağlık bölgelerde arazi örtü sınıflandırmasının doğruluğunun artırılması için topoğrafik verilerin önemli olduğunu göstermektedir (Janssen et al. 1990, Meyer et al. 1993, Franklin et al. 1994). Çünkü arazi örtüsü dağılımı topoğrafya ile ilişkilidir. Ayrıca Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)'nden türetilen yükseklik, eğim ve bakı görüntü sınıflandırmasında kullanılırlar. Sayısal Yükseklik Modelinden türetilen değişkenler topoğrafik düzeltme veya normalizasyon için görüntü-önişleme aşamasında kullanılabilir bu yüzden arazi örtüsü yansımada arazinin etkileri kaldırılır (Teillet et al. 1982, Leprieur et al. 1988, Ekstrand 1996, Richter 1997, Gu and Gillespie 1998, Dymond and Shepherd 1999, Tokola et al. 2001). Ayrıca topoğrafik veri görüntü sınıflamasında her üç aşamada sınıflandırma aşamasında ön sınıflama da bir katman aracı ve ek bir bağlantı aracı olarak ve son sınıflandırma aşamasında düzeltme olarak kullanılabilir. Dağlık alanlarda bitki örtüsünün sınıflandırılmasında sayısal yükseklik modeli ile ilgili verilerin birleşimi ve uzaktan algılama verisi, sınıflandırmanın doğruluğunu geliştirmek için etkili olduklarını kanıtlamışlardır (Senoo et al. 1990, Franklin 2001). Bolstad and Lillesand (1992) Landsat, toprak tabanlı ve standart bir spektral tabanlı sınıflamadan arazi örtüsü sınıflandırmasının doğruluğunu veren arazi veri tabanlı bir sınıflandırma kuralı geliştirmişlerdir.

Literatürdeki uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin birleşimi için 3 strateji geliştirilmiştir (Ehlers et al. 1989, Hinton 1999): 1) Veri değişimi ile görüntü analiz sistemleri ve CBS değişimi 2) Ardışık işlemlerin farklı oluşumları ve paylaşılan bir kullanıcı Arabilimi ile sorunsuz iç içe sistemler 3) Tamamen birleştirilmiş bir sistem. Çok kaynaklı veri mevcut olduğunda, cazip bir araştırma yöntemi olarak CBS ve uzaktan algılamanın birleşimi görüntü sınıflamasına uygulanabilmektedir. Bilgi tabanlı teknikler (Srinivasan and Richards 1990, Amarsaikhan and Douglas 2004), ispata dair mantıksal (Peddle et al. 1994, Wang and Civco 1994), bulanık içeriksel sınıflama (Binaghi et al.

1997) çok kaynaklı verilerin sınıflamasında kullanılır. Veri yapıları, veri tipleri, mekânsal çözünürlük, geometrik karakterlerdeki farklılıklar nedeniyle veri birleşiminde halen zorluklar vardır. CBS çok kaynaklı verilerin üretiminde önemli rol oynamaktadır. Coğrafi bilgi sistemlerinin buradaki rolleri: 1) Çok kaynaklı verilerin yönetimi 2) Farklı veri biçimlerini tek tip bir biçime dönüştürmek ve veri kalitesini değerlendirme 3) Sınıflandırma için uygun modelleri geliştirmek.

7. EROZYON RİSK ANALİZİ

Bu bölümde inceleme alanındaki ortalama toprak kayıpları değerlendirmesinde, IDRISI ve Arc GIS yazılımları kullanılarak, Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) faktörlerinin elde edilişleri ve araziye ait toprak kayıpları (ton/dönüm/yıl) irdelenmiştir.

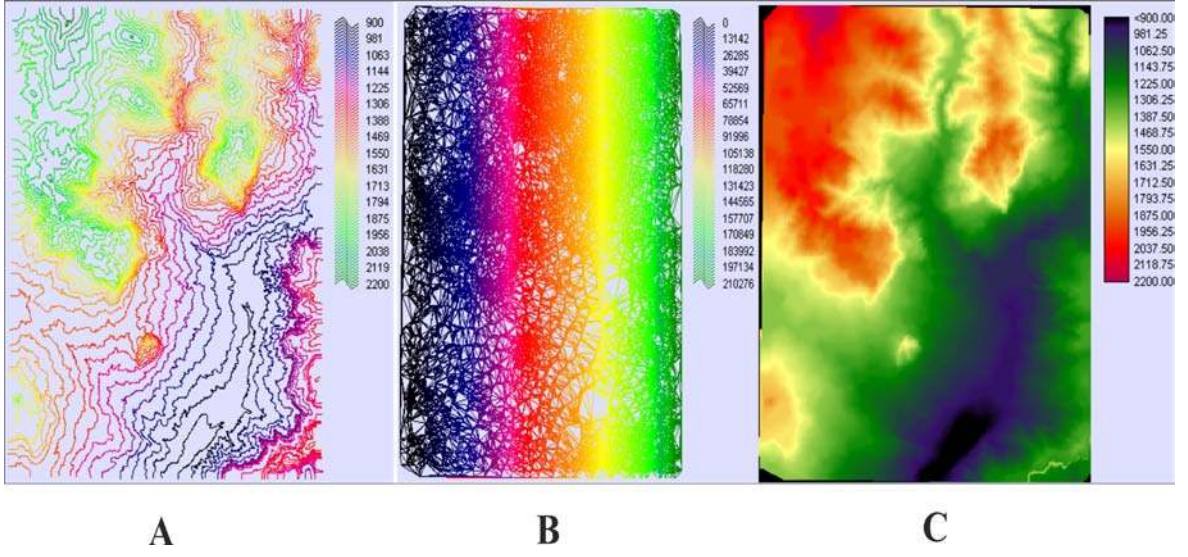
7.1. Evrensel Toprak Kaybı Denklemiyle Erozyon Risk Analizi

Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE), belirli bir bölgedeki çevre koşullarına dayalı toprak kaybı oranını tahmini için bir araçtır ve bölgedeki sediment ve erozyon kontrolünün seçimi ve tasarlanması için bir rehberdir.

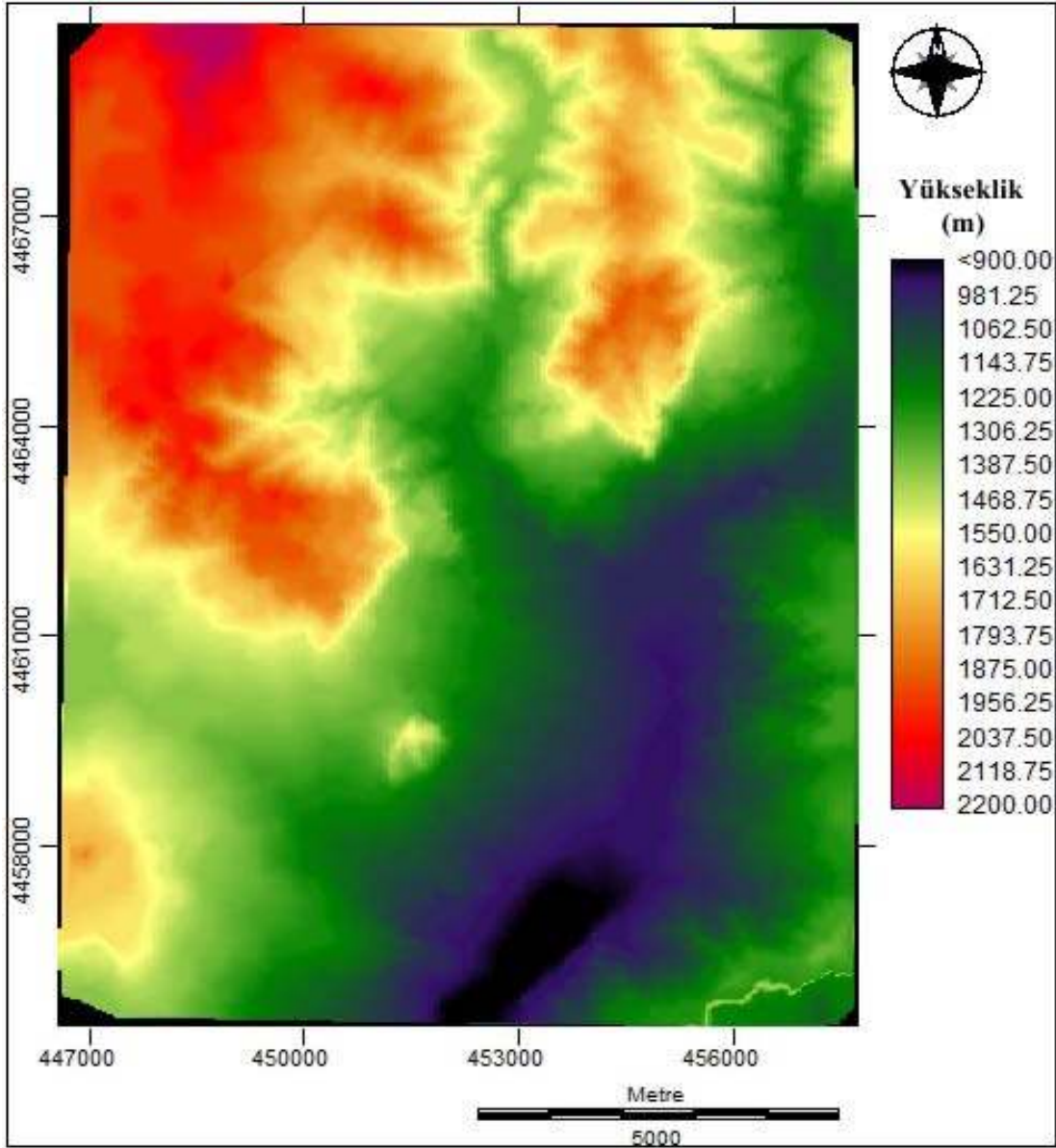
Bu çalışmada, çalışma alanına ait erozyon riskini belirlemek için denklemde yer alan toprak kaybını etkileyen mevcut şartların (yağış miktarı R faktör, arazi yüzeyi C faktörü, arazi yüzeyinin korunması/düzenlenmesi P faktörü) arazideki değişimlerini gözlemlemek için söz konusu veriler CBS ortamında üretilmiş ve analiz edilmiştir. Bu amaçla yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

1- Çalışma alanına ait TIF formatındaki 1/25000 ölçeğindeki topoğrafik harita görüntüsü Arc GIS yazılımına gönderilmiştir. Topoğrafik harita üzerinde datumu European 1950 olarak belirlenerek 4 referans noktasına göre jeoreferanslandırılmıştır. Jeoreferanslandırılmış topoğrafik harita üzerinde eş yükselti eğrileri 50 m aralıklı eğriler kullanılarak çizgi-vektör formatında sayısal topoğrafya haritası elde edilmiştir

2- Sayısal Yükseklik Modeli'nin oluşturulmasında, sayısallaştırılan topoğrafi haritasından yararlanılmıştır. Bu aşamada öncelikle Arc GIS yazılımında sayısallaştırılan eş yükselti verileri IDRISI yazılımına aktarılmıştır. Daha sonra IDRISI yazılımında "TIN interpolation" menüsündeki TIN ve TINSURF komutları kullanılarak düzensiz üçgenleme yöntemi (Triangulated Irregular Network) ile TIN verisi oluşturulmuştur. TIN verisi oluşturulduktan sonra TIN yüzeyi oluşturulmuştur.

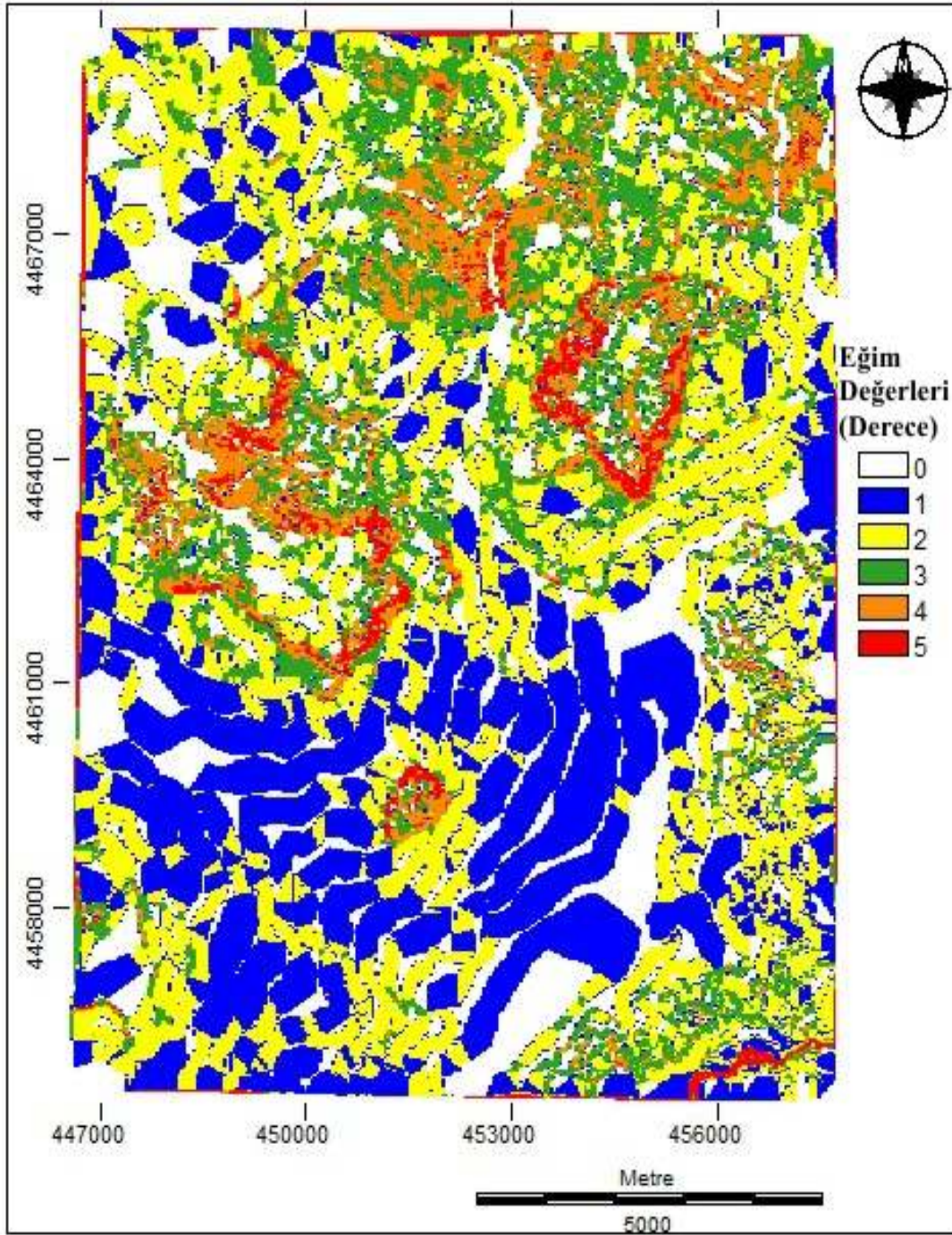


Şekil 7.1.Sayısal topoğrafik harita (A), TIN yüzey modeli (B), TIN'den oluşan sayısal yükseklik modeli (C), (DEM)



Şekil 7.2. İnceleme alanına ait Sayısal Yükseklik Modeli

3- Çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli oluşturulmasından sonra, risk değerlendirilmesinde kullanılacak olan yamaç eğimi, yamaç yönelimi (bakı) haritaları IDRISI yazılımında “GIS Analysis” menüsündeki “Surface Analysis” ile sayısal yükseklik verisi görüntülenir. Bu dosya çalışılan alanın topoğrafik haritasından sayısallaştırılmış sayısal topoğrafik görüntüden arazinin eğim derecesi, bakı gibi özelliklerine karar verilir.



Şekil 7.3. İnceleme alanına ait yamaç eğimi haritası (0= 0°, 1=1°-10°, 2=10°-20°, 3=20°-30°, 4=30°-40°, 5= >40°)

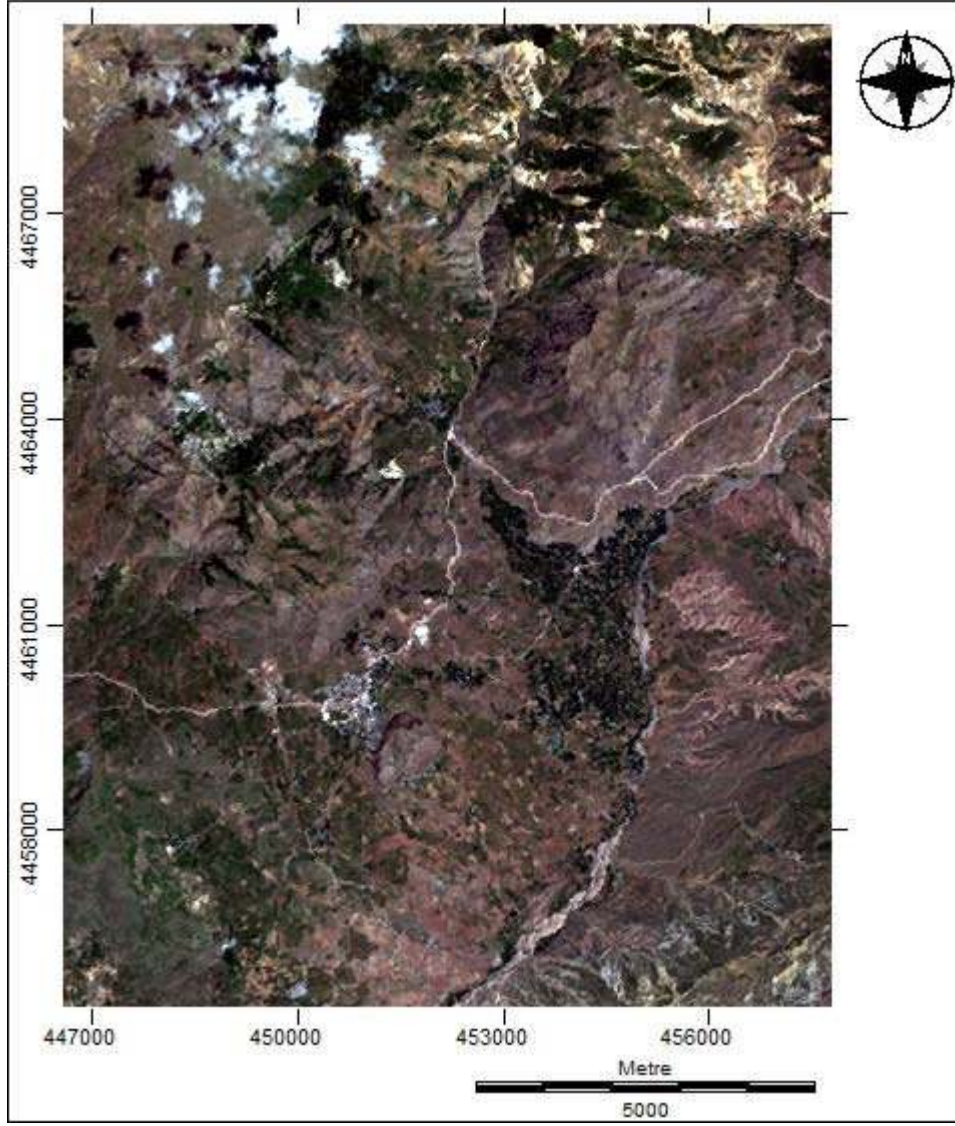
Tablo 7.1. İnceleme alanına ait eğim sınıfı verileri

EĞİM SINIFI	ALAN(km ²)
0	31.81
1	43.20
2	44.12
3	23.98
4	12.44
5	4.92

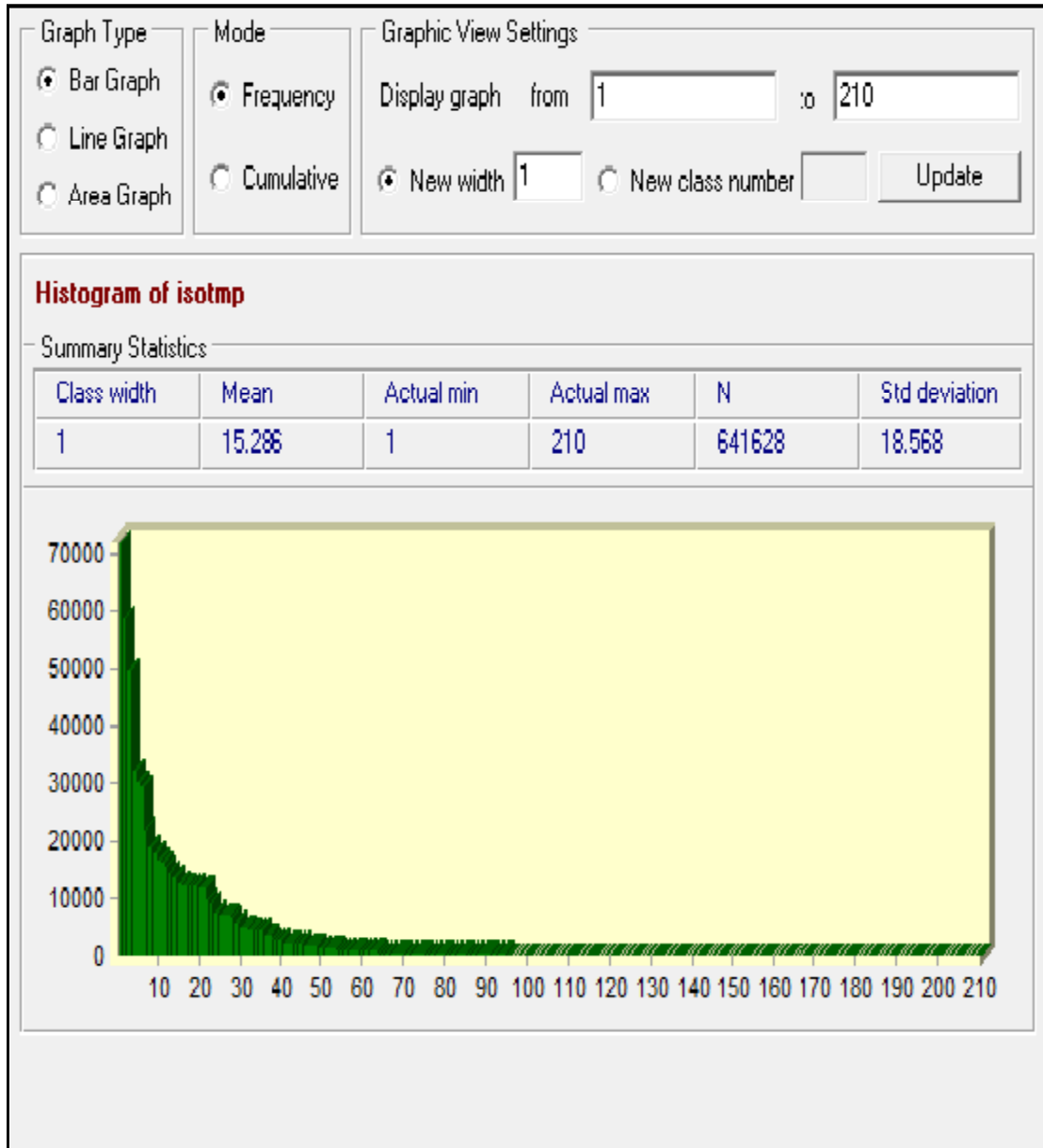
4- İnceleme alanına ait arazi kullanım haritasının oluşturulması amacıyla Landsat TM (2001) görüntüsü kullanılmıştır. Bu kapsamda temel prensip, dijital uydu görüntü içerisindeki araziye ait yapıların sınıflandırılmasına dayanmaktadır. Sınıflandırma sonucunda elde edilen veri bu yapıları ve bu yapıların büyüklüğünü vermektedir.

5- Araziye ait girdi parametreleri not edilir: R Faktör, K Faktör, C Faktör.

Bu işlemler sonucunda çalışma arazisinin bu toprak kaybı senaryosuna bakılarak en yüksek toprak kaybı değeri nedir, hangi arazi parçalarına ait olduğu değerlendirmeleri yapılır ve bu arazi parçaları (dönüm) için ihtiyaç olan temel toprak kayıplarını azaltıcı yardımların neler olduğu gözden geçirilir.



Şekil 7.4. Landsat 5 TM (2001) yılına ait uydu görüntüsü

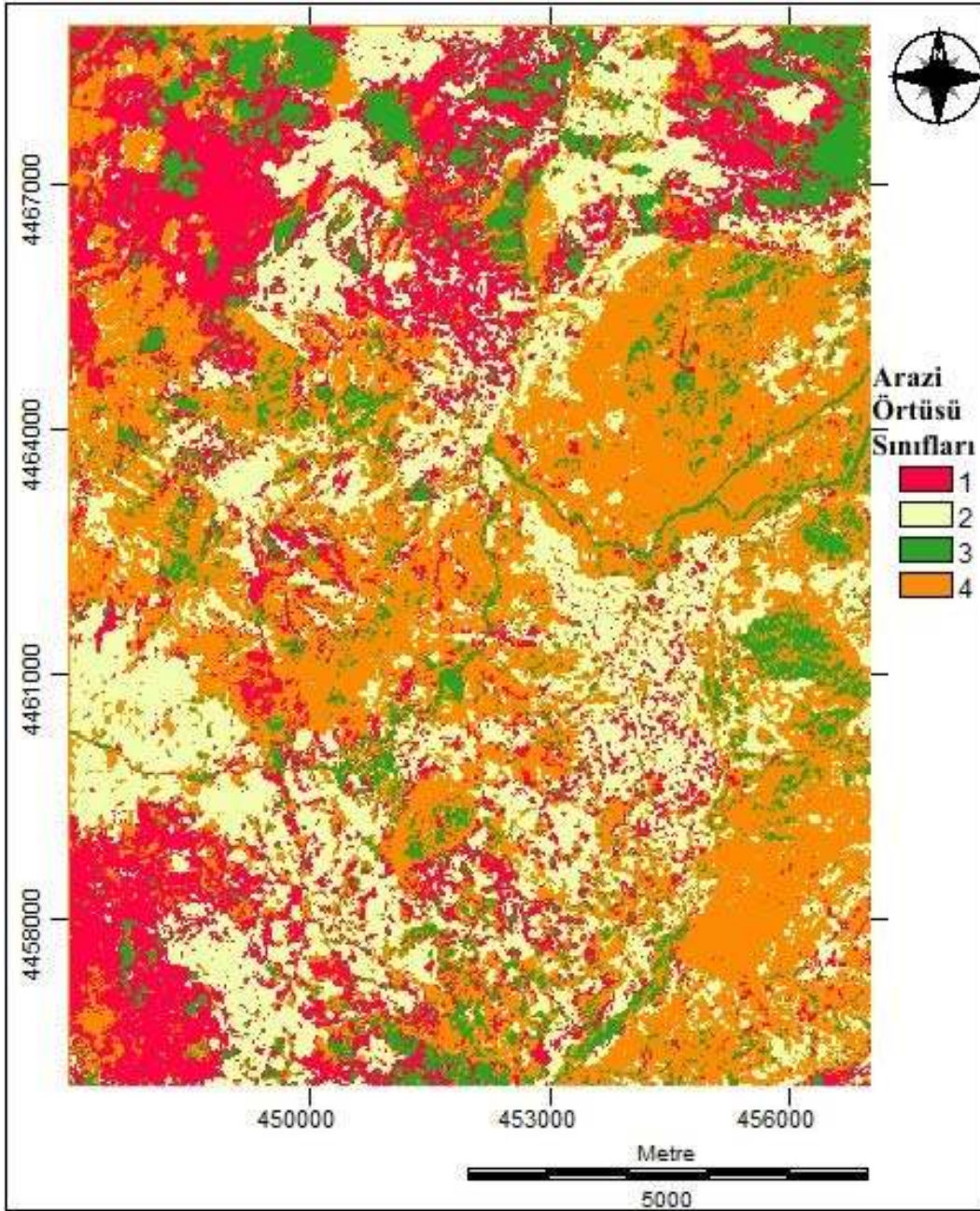


Şekil 7.5. Isoclust denetimsiz görüntü sınıflandırma algoritması

Görüntü sınıflaması objelerin benzerliğinden yola çıkılarak, objelerin özelliklerine göre seçilip gruplandırılması işlemidir. Görüntü sınıflamasında amaç, bir görüntüdeki bütün pikselleri arazide karşılık geldikleri sınıflar veya temalar içine olarak atamak ve yerleştirmektedir. Elde edilen sonuçlar vektör veriye dönüştürülerek tematik haritalar elde edilir.

Bu çalışmada görüntü sınıflandırmasında denetimsiz görüntü sınıflandırma algoritması (isoclust) kullanılmıştır. Bu yöntem; piksellerin, kullanıcı müdahalesi olmadan algoritmalar yardımı ile otomatik olarak kümelendirilmesi temeline dayanmaktadır. Sınıflama için 2001 yılına ait Landsat 5 TM uydu görüntüsünün 6bandı kullanılmıştır. Bu

bantların yansıma değerine göre 10 sınıf belirlenmiş, bu sınıflar görüntü üzerinde yeniden sınıflandırılarak 4 arazi örtüsü sınıfı elde edilmiştir.



Şekil 7.6. İnceleme alanına ait arazi kullanım haritası (1= Seyrek Örtülü Arazi, 2= Tarım Arazisi, 3= Yerleşim Alanı, 4= Örtüsüz Arazi)

Tablo 7.2. İnceleme alanına ait arazi örtüsü sınıfı verileri

ARAZİ ÖRTÜ SINIFI	ALAN(km ²)
1	28.52
2	35.59
3	16.04
4	50.12

7.2. Evrensel Toprak Kaybı Denklemine Ait Faktörlerinin Oluşturulması

7.2.1. Yağış Parametresi (R)

Yağmur sularının alındırıcı etkisinin belirlenmesi, Şebinkarahisar ilçesi için yıllık yağış miktarı içinde toplanmış, günlük yağış miktarının hesaplanmasına dayanmaktadır. Bunun için Şebinkarahisar'a ait meteoroloji istasyonunda kaydedilen aylık yağış miktarları toplanmıştır. Yıllık toprak kaybı denkleminde, yağmur sularının aşındırıcı etkilerinin belirlenmesinde bu verilere başvurulmuştur.

Yağış parametresinin belirlenmesi için Şebinkarahisar meteorolojik istasyonundan edinilen yağış verileri, 15 yıllık bir süre içerisinde, her bir yıla ait aylık yağış verileridir. Bu veriler ilk olarak, yıllık yağış miktarı içerisinde toplanmıştır ve bu verilerin her bir yıla ait ortalamaları hesaplanmıştır.

Tablo 7.3. Aylara göre Yağış Parametresi (R) değerleri

AYLAR	R DEĞERİ (2008 yılına ait R değeri)
1	0.08
2	0.12
3	0.08
4	0.11
5	0.08
6	0.05
7	0
8	0.06
9	0.08
10	0.09
11	0.11
12	0.08

7.2.2. Toprak Aşınım Faktörü (K)

Toprak aşınma faktörü (K) kantitatif bir değerdir. Deneysel olarak, toprak dokusunu, toprak yapısını, organik madde içerikleri ve geçirgenlikleri göz önünde bulundurularak belirlenebilir (Wischmeier et al., 1971).

Verilen değerlerle ilgi toprak aşınması veya kaybının belirlenmesi, araştırma alanı içinde yer alan toprak türüne bağlı olur (Torri et al., 1997; Zhang et al., 2004a). Toprak örneklerini kapsayan geniş veri tabanı, birçok durumlarda bölgesel ölçekte bulunmaz, ancak K faktörünü belirlemek için gerekli bilgi, toprak taksonomi haritasından elde edilebilir.

Bu çalışmada, K değerinin belirlenmesi için inceleme alanına ait Büyük Toprak Grupları Haritası, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığından sağlanmıştır. K değeri; toprak grubu, eğim, taşlılık faktörlerinden etkilenmektedir. K değeri, diğer çalışmalarda kum, silt, kil içeriğine bakılarak belirlenmiştir. Ancak bu çalışmada elimizde bu veriler bulunmadığından, erozyona uğrayabilirlik kabiliyeti belirlenmesinde Büyük Toprak

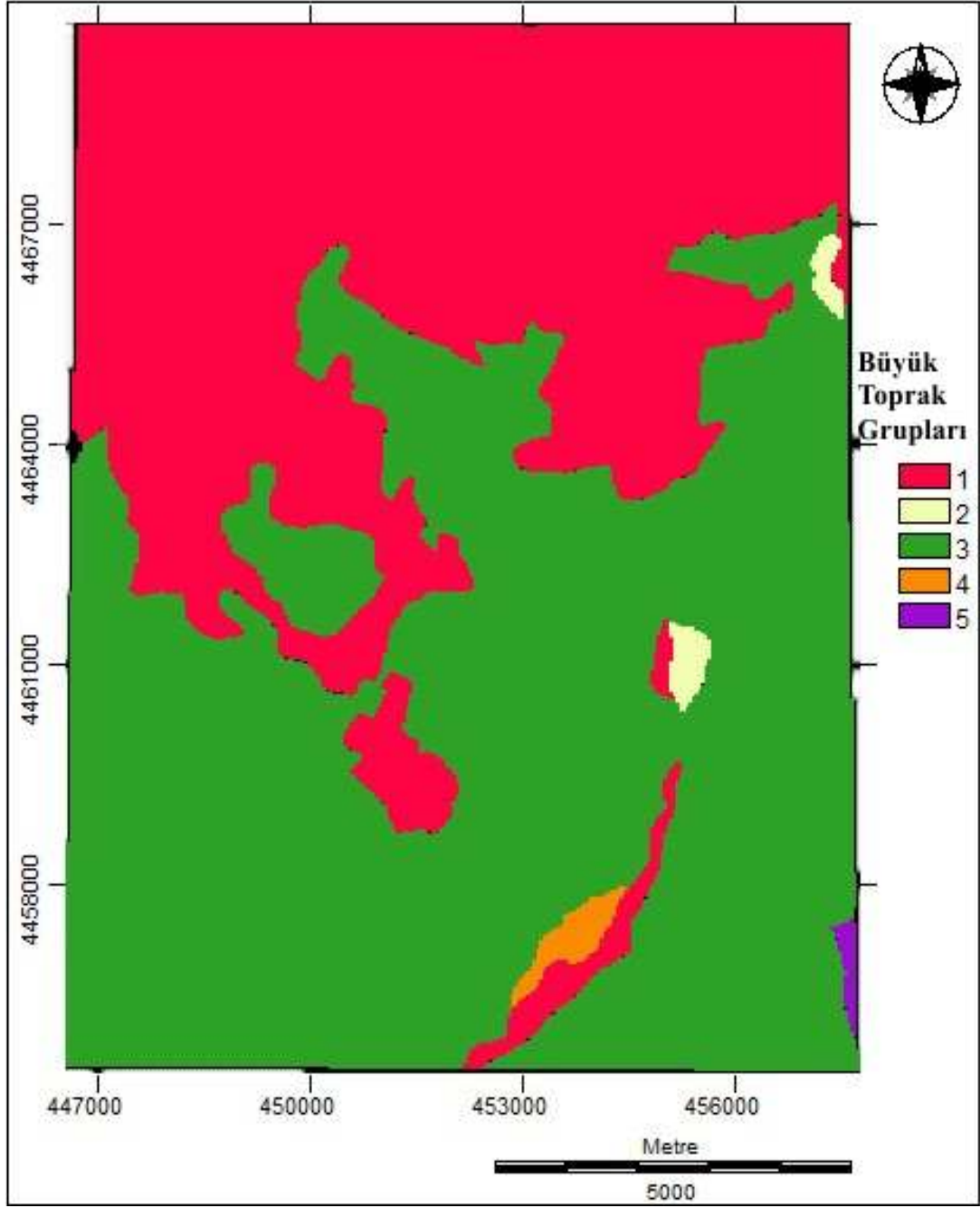
Grupları ile eğim arasındaki ilişkiden yola çıkarak Büyük Toprak Grupları haritasındaki erozyona uğrayabilirlik sınıfları kullanılmıştır.

K değerinin belirlenmesinde toprak araştırma etütlerinden üretilmiş toprak gruplarını gösteren harita kullanılmıştır. Çalışılan alanda 4 tip toprak bulunmaktadır ve bu topraklar kireçsiz kahverengi orman topraklar, kahverengi orman topraklar, kolüvyal topraklar, alüvyal topraklardan oluşmaktadır.

Tablo 7.4. İnceleme alanına ait toprak tipleri

Eski sınıflandırma sistemine göre büyük toprak grubu	Yeni toprak taksonomisine göre toprak grubu (Efe 1999, Atalay 2006)
M- Kahverengi orman toprakları	Inseptisollar
N- Kireçsiz kahverengi orman toprakları	Inseptisollar
K- Kolüviyal topraklar	Entisollar
A- Alüviyal topraklar	Entisollar
B- Kahverengi topraklar	Mollisollar

Toprak tiplerinin belirlenmesinde, referans sınıflaması olarak dünya referans sisteminin en yüksek taksonomik kategorisi ve diğer iyi bilinen sınıflama sistemleri göz önüne alınmıştır.



Şekil 7.7. İnceleme alanına ait Büyük Toprak Grupları Haritası

Tablo 7.5. İnceleme alanına ait Büyük Toprak Gurubu verileri

Büyük Toprak Gurubu	Alan (km ²)
1 (kireçsiz kahverengi orman toprağı)	65.29
2 (kolüviyal topraklar)	0.81
3 (Kahverengi topraklar)	89.18
4 (Alüviyal topraklar)	0.78
5 (Kahverengi orman toprakları)	0.31

Kahverengi orman toprakları, ülkemizde genel olarak orman örtüsünün bulunduğu alanlarda organik maddenin toprak üzerinde birikmesinden dolayı toprağın rengi kahverengine doğru dönüşür. Bu nedenle ormanlık alanlarda kahverenginde olan topraklar daha yaygın bir durum alır. Bu topraklar, Karadeniz Bölgesi'nde, İç Anadolu'da 1200 m'den yüksek alanlarda ve Güneydoğu Toros sisteminde özellikle şistler üzerinde, Trakya'nın kuzey kesiminde ve İç Batı Anadolu'da görülür. Bu bölgelerde hüküm süren iklim şartlarına bağlı olarak farklı özellik gösteren ve bazı araştırmacılara göre sayıları 10'un üzerinde olan kahverengi veya esmer orman toprakları mevcuttur. Bu toprakların teşekkülünde iklimin dışında ana materyal ve eğim de önemli rol oynar. Gerçekten aşınmanın aktif olduğu eğimli alanlarda toprak üzerinde ana kayanın etkisi kuvvetle hisedilir. Bu sahalardaki topraklar genç bir oluş veya doğuş safhası içerisinde olduğundan genellikle B horizonu gelişmemiş ya da yeterince oluşmamıştır. Toprağın bünyesi (tekstürü), ana materyalin kireçtaşı ve andezitlerden ibaret olduğu kısımlarda killi balçık, balçık; milli ve killi tabaklar üzerinde ise balçık,killi balçıktır.

Yağışlı yerlerdeki orman toprakları, üst katından taşınan kilin ve bazı katyonların B horizonunda birikmesi ile solgun-esmer rengi almakta, daha ileri safhada bir yıkanma olduğunda boz-esmer orman topraklarına dönüşmektedir. Yağışı fazla olan yerlerde yıkanma horizonunda (A horizonu) toprak reaksiyonunun şiddetli asit karakterde olması, kil fraksiyonunun bir yandan üst horizontan önemli ölçüde taşınmasına diğer yandan üst horizontan önemli ölçüde taşınmasına diğer yandan tahrip olmasına neden olmaktadır. Bu gelişim safhasında, podzollaşmış Boz-esmer orman toprağı oluşmaktadır. Kilin taşınıp

birikmediği, sadece katyonların yıkanıp biriktiği topraklarda ise podzollaşma olayı söz konusudur.

Şu halde genel bir değerlendirme yapıldığında, Kahverengi ve ya Esmer orman toprakları, ülkemizde orman örtüsü altında gelişme gösterir. Bu sahaların eğimli olmasından dolayı her yerde olgun profil yapısı gösteren toprakları bulmak mümkün değildir. Bu toprakların çoğunluğu A, B, C horizonludur. Yağış miktarının yetersiz olduğu yarı nemli, yarı kurak-yarı nemli ortamlarda B horizonunda karbonatların biriktiği Kireçli orman toprakları yer alır; yağış miktarının 600 mm'nin üzerinde olduğu yarınemli-nemli alanlarda Kireçsiz kahverengi orman toprakları görülür.

Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları, yağışın fazla olduğu alanlarda görülmektedir. Bu alanlar, yağış miktarının 600 mm'den fazla olduğu ve yarı nemli alanlardır. Bu toprakların tipik örneklerine Oltu ve Çoruh havzası dahilinde rastlanır. Ana materyalde serbest halde kirecin bulunmaması, yani özellikle toprakta kalsiyum karbonatın eksikliği, kil birikimini kolaylaştırır, aynı zamanda volkanik kumların üzerinde kumlu,kumlu balçık bünyede Kireçsiz orman toprakları görülür.

Kolüvyal Topraklar, dağların eteklerinden ve yamaçlardan gerek yer çekiminin gerekse yüzeysel akıma geçen suların etkisiyle taşınan çakıllı, kumlu malzemeler yamaçların eteklerinde birikir. Dağların etekleri ve yamaçlarındaki köşeli çakıllı, kumlu depolar kolüvyal depo ve/veya kolüvyal toprak olarak adlandırılır. Kolüvyal topraklarda sık sık hem renk hem de malzeme ebadında değişimler görülür. Bu durum yamaçtaki aşınmanın etkisini açık olarak yansıtır. Kolüvyal depolardaki kaba elemanlı seviyeler şiddetli erozyonu, ince elemanlı ve koyu renkli seviyeler ise aşınmanın yavaş olduğunu gösterir. Ayrıca kolüvyal depolar üzerinde yarı olgun toprak profillerine de rastlanılır. Bu durum yamaç boyunca erozyonun durduğunu ve pedojenez'in başladığını açıkça gösterir. Buna ait tipik örnekler, Bozdağların kuzey eteklerinde, Kuzey Anadolu Dağlarının güney, Toros Dağlarının muhtelif kesimlerinde görülür.

Kolüvyal topraklar, genellikle kumlu-çakıllı olup fizyolojik derinlik çok fazladır. Taşınma ve aşınmanın durduğu alanlarda ise zayıf da olsa A horizonu gelişme gösterir. Su ve hava dolaşımının iyi olduğu kolüvyal depolar üzerinde kökü derine giden ağaçlar mükemmler gelişme gösterir.

Alüvyal Topraklar, akarsuların biriktirdiği genellikle ince boyutlu (kum ve mil) malzemelerin üzerindeki topraklar ya da depolardır. Alüvyal topraklar, akarsuların denize döküldüğü deltalarda, nehirlerin taşkın ve birikme yaptığı alanlarda, özellikle suların durulduğu taşkın alanlarında ve eski akarsu yataklarında, tektonik kökenli olukların

içerisindeki düzlüklerde yer alır. Bu toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini, alüvyonun kaynaklandığı ana materyalin özelliği, taşınma ve birikme sırasında meydana gelen değişimler etkiler. Şöyle ki, ana materyalin kireçli ise alüvyon da kireçli, ana materyal killi ise alüvyon da killi, ana materyal kumlu ise alüvyon da kumlu, ana materyal koyu renkli ise alüvyon da koyu renkli, ana materyal açık renkli ise alüvyon da açık renklidir.

Birikinti konilerinin orta kesiminde kaba olan malzemeler, kenarlara doğru inceler; aynı şekilde yüzer halde taşınan killerin biriktiği terk edilmiş akarsu yatakları ve artbataklık depolarındaki alüvyonlar veya alüvyal topraklar killidir. Örneğin, Çukurova’da Ceyhan ve Seyhan nehirlerinin eski taşkın yataklarında, Muş Ovası’nda terkedilmiş mecralarda, Köyceğiz Gölü çevresinde, Dalaman Nehri’nde sırt ardı alanlarında, Konya Havzası’nda artbataklık depolarındaki malzemeler genellikle killidir. Hatta bu sahalarda gri ve kahverenginde şişen killer (smektit) bulunur.

Dağ eteği ovalarında örgülü mecra depolarının bulunduğu alanlarda akarsuların sık sık yatak değiştirmeleri ve birikmede meydana gelen sürekli değişimler kısa mesafelerde depo tekstürünün farklılaşmasına neden olur. Bu bakımdan kısa mesafelerde kumlu-milli-çakıllı, hatta killi depolara sık sık rastlanır.

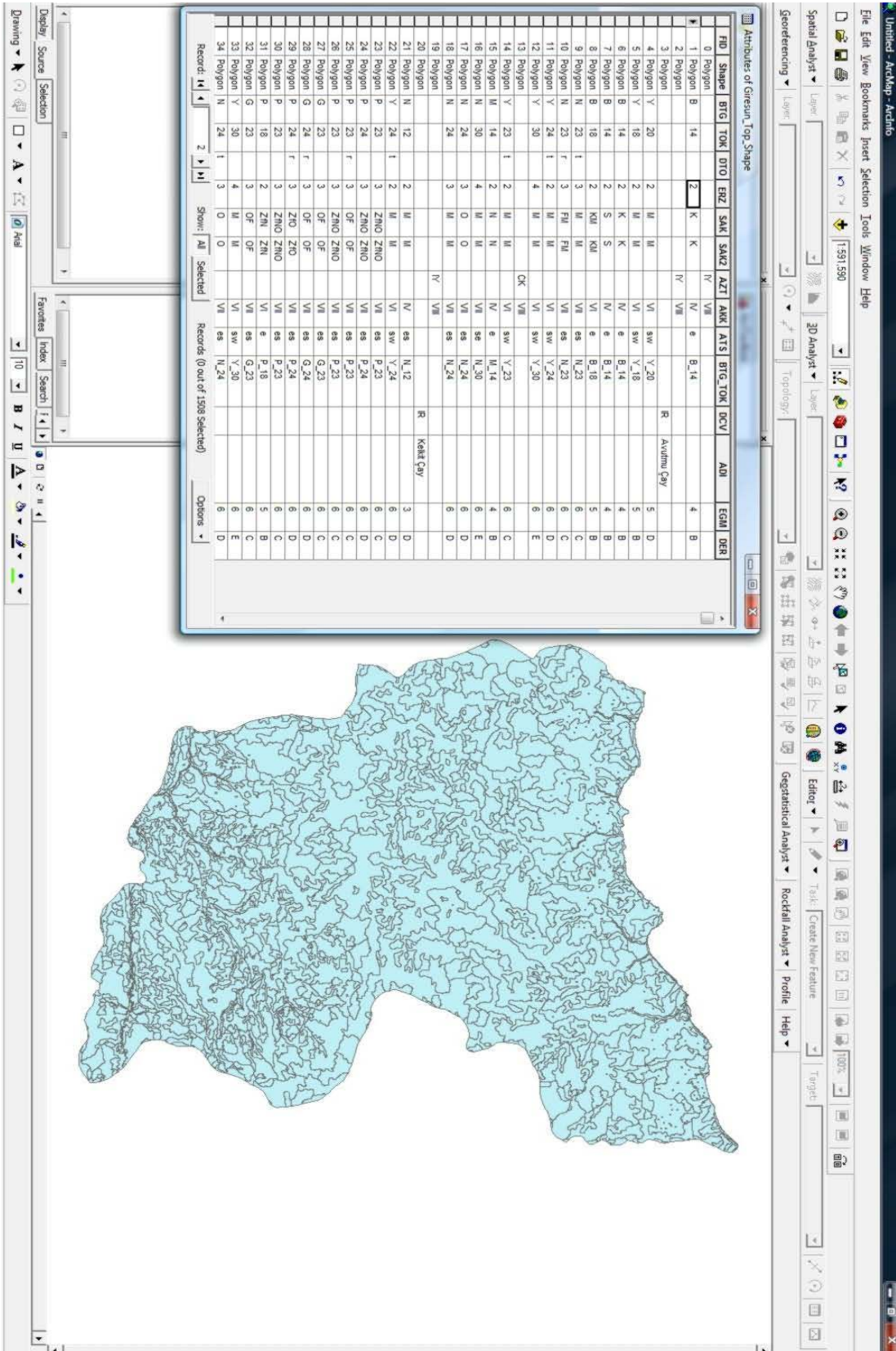
Diğer taraftan, taban suyu seviyesinin yüksek olduğu alüvyal alanlarda veya yılın büyük bir bölümünde su altında kalan sahalarda Hidromorfik alüvyal, deniz kenarında tuzlu su etkisinde kalan sahalarda Tuzlu alüvyal topraklar yer alır.

Taşkın ve millenmeye uğramayan alüvyal sahalarda ve birikinti yelpazeleri üzerinde gelişmiş topraklarda A ve nadiren de B horizonu görülür.

Yukarıda kısaca belirtilen nedenlerden dolayı alüvyal topraklar, gerek yatay gerekse dikey yönde devamlı bir değişme gösterir. Özellikle, dikey yönde farklı horizonlar kendilerini belli eder. Başka bir ifade ile profil boyunca hem bünye hem de farklı pedojenik süreçler bir arada görülmektedir. Şöyle ki, kumlu bir seviyeden birden bire killi bir seviyeye, kireçli bir kattan kireçsiz veya kireci az olan diğer bir katı, organik madde bakımından zengin olan bir horizondan fakir olan diğer bir horizonla geçilmektedir. Yani profil dahilinde, karbonatların dağılışı, pH değeri, organik madde miktarı, katyon değişme kapasitesi ve tekstür düzensiz bir değişme-dağılışı göstermektedir.

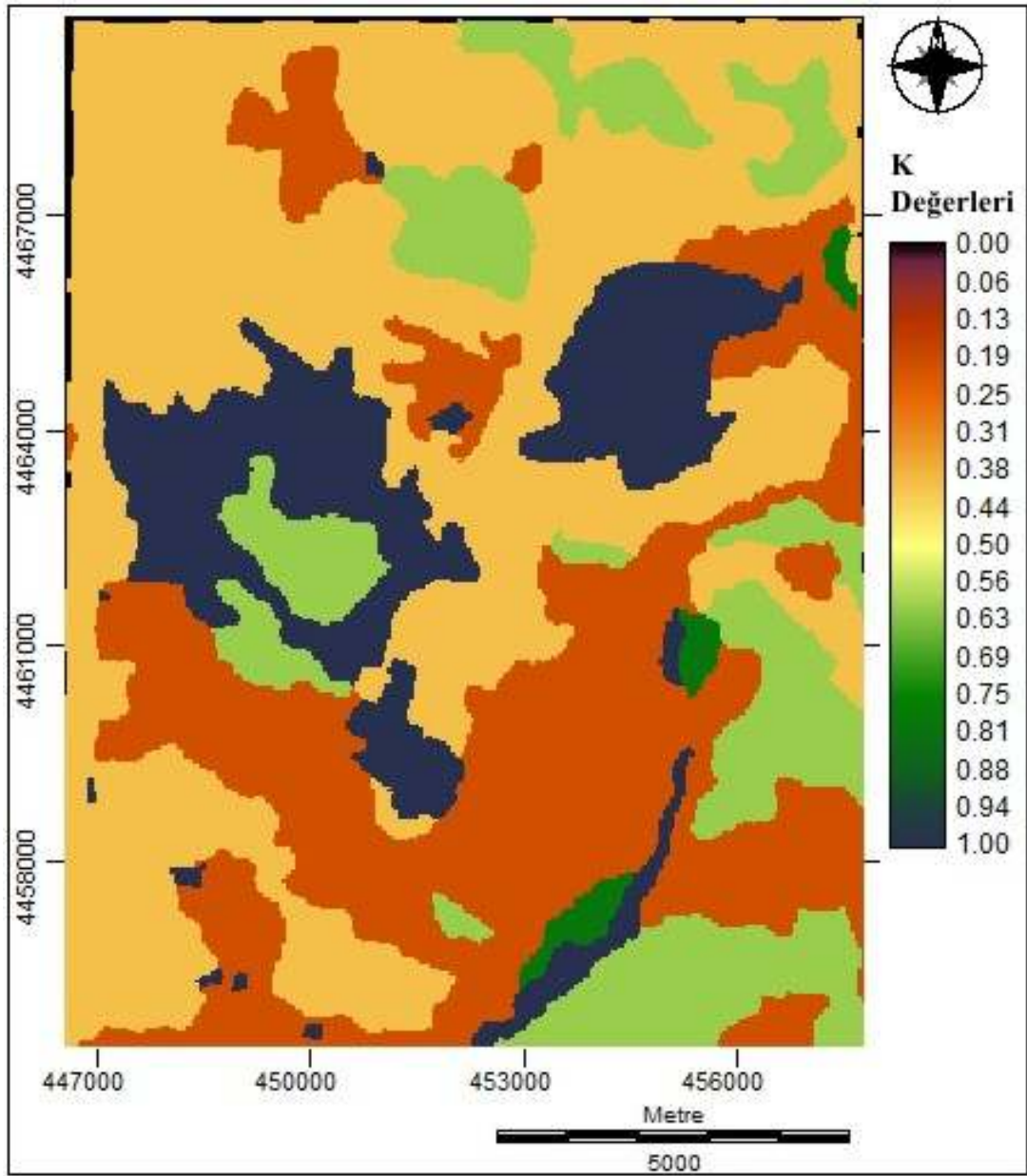
Alüvyal topraklarda dikey yönde yarı olgun gömülü topraklar da bulunur. Bu yarı olgun topraklar, alüvyonlaşma nın kesintiye uğraması ile toprak oluşumunun başladığını, ancak tekrar sahanın millenmeye uğraması ile pedojenez in kesintiye uğradığını gösterir.

Kahverengi topraklar, Yumuşak toprak anlamına gelen bu topraklar, düz alüvyal ovalardan engebeli ovalara ve dağlık arazilere kadar geniş bir yüzeyleme verirler. Bu topraklar yumuşak olduğundan işlenme ve/veya sürüme elverişlidir. Bu topraklar erozyon etkisinin olmadığı yerlerde ancak tarıma elverişlidir. Üst toprak organik madde bakımından zengindir. Topraktaki katyonlar genellikle yıkanmaya uğramadıkları için besin maddeleri bakımından zengindir. Bu nedenle kahverengi toprakları üzerinde yoğun olarak yoğun olarak tarım yapılır. Ancak kahverengi toprakların olduğu eğimli yerlerde tarım yapılmamalıdır. Tarıma alınan yerlerde üst toprak katı aşındığından beyazımsı renkte olana alt toprak yüzeye çıkmaktadır.



Şekil 7.8. Toprak Aşınım Faktörü (K) değerinin belirlenmesi için parametrelerin seçimi
Bu çalışmada, K değerinin belirlenmesi için inceleme alanına ait Büyük Toprak

Grupları Haritası, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığından sağlanmıştır. K değeri; toprak grubu, eğim, taşlılık faktörlerinden etkilenmektedir. K değeri, diğer çalışmalarda kum, silt, kil içeriğine bakılarak belirlenmiştir. Ancak bu çalışmada elimizde bu veriler bulunmadığından, erozyona uğrayabilirlik kabiliyeti belirlenmesinde Büyük Toprak Grupları ile eğim arasındaki ilişkiden yola çıkarak Büyük Toprak Grupları haritasındaki erozyona uğrayabilirlik sınıfları kullanılmıştır. Bu sebeple oluşturulan tabloda ERZ, BTG ve EGM sütunları kullanılmış olduğu, ancak ERZ dikkate alınarak K değeri belirlenmiştir.



şekil 7.9. İnceleme alanına ait K değeri haritası

İnceleme alanına ait K değeri, 0 ile 1 değerleri arasında değişmektedir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, 0 değeri k değerinin en düşük olduğu yani erozyona karşı en az tehdit olan toprak grubu olduğunu ve 1 değeri ise k değerinin en yüksek olduğu dolayısı ile erozyondan en çok etkilenen grup olduğu görülmektedir. K değeri haritasında da görüldüğü gibi çalışılan alanın erozyona uğrayabilirlik kabiliyeti bulunmaktadır.

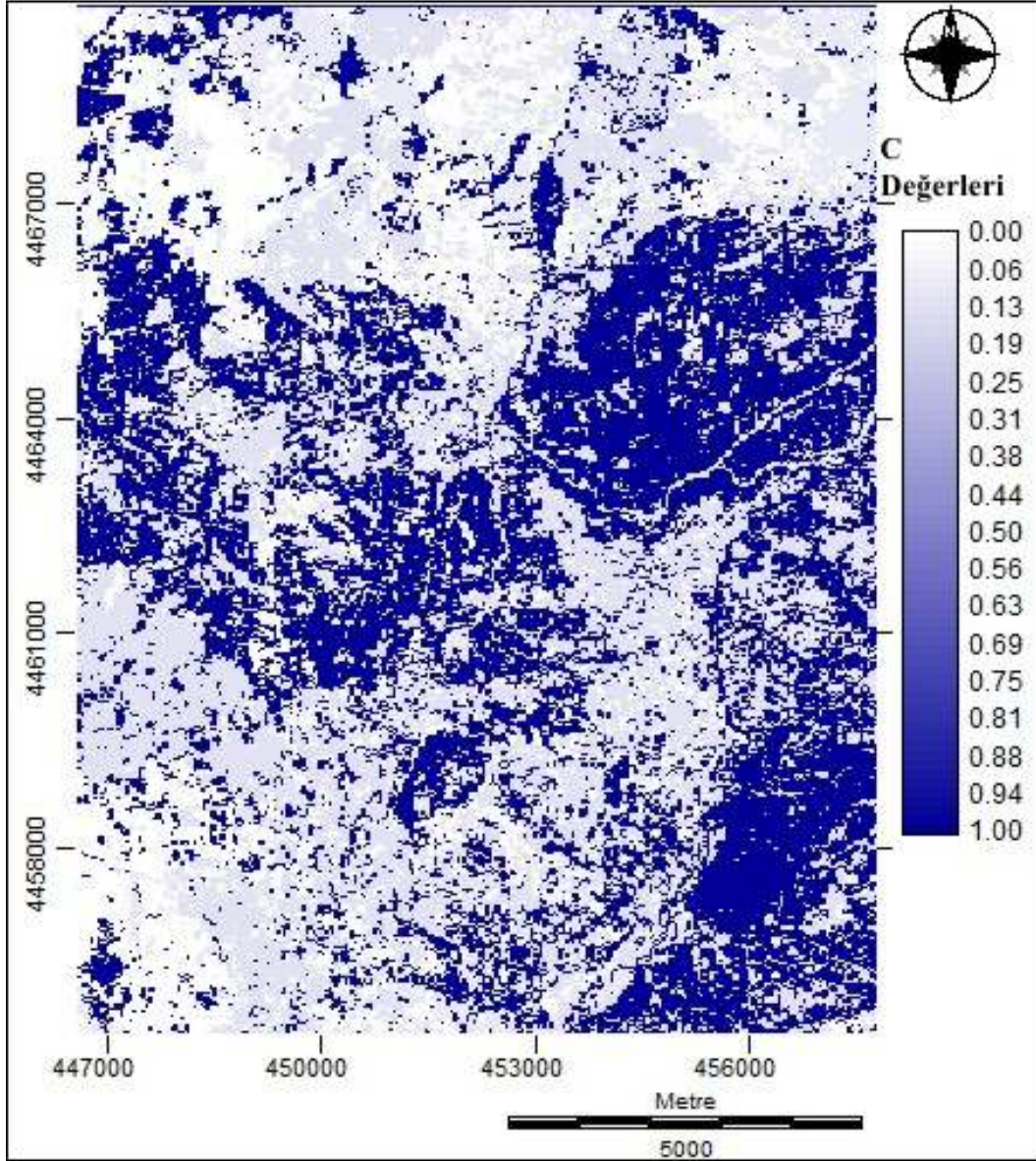
7.2.3. Toprak Örtüsü Faktörü (C)

C faktörü, bitki örtüsünün, toprak örtüsünün, toprak biokütlesinin ve toprak örtüsü hareketinin erozyon üzerindeki etkilerini göstermektedir. Erozyonu azaltma önlemlerini yönetmede kolaylık sağlaması nedeniyle, C değeri RUSLE yönteminde en önemli faktördür (Renard ve ark.,1994).

C faktörü sınıflaması için Türkiye’de daha önce yapılmış çalışmalardan elde edilmiştir.

Tablo 7.6. Arazi kullanımıyla ilgili C faktörü (Shi, Z.H., Cai, C.F., Ding, S.W., Li, Z.X., Wang, T.W. and Sun, Z.C., 2002)

Arazi kullanımı/Arazi Örtüsü	C
Birincil orman (sıklığı > %40)	0,002
İkincil Orman (sıklığı %10-40)	0,006
Fundalık	0,11
Bahçe	0,11
Yayla (yüksek arazi)	0,377
otlak	0,11
Su	0
Mesken	0,08
Çayır	0,21
Çıplak arazi	1,00



Şekil 7.10. İnceleme alanına ait C değeri

İnceleme alanına ait C değerlerinin belirlenmesi sonucunda 0 ile 1 değerleri arasında değişen sonuçlar elde edilmiştir. Bu değerler daha sonra arazi kullanım haritasına aktarılmıştır. İnceleme alanı, çıplak arazi, ikincil orman (sıklığı %10-40), bahçe, mesken arazi örtüsü sınıflarına ayrılmıştır.

Bitki örtüsü kapalılık oranı ile erozyon arasında ters bir orantı söz konusudur. Diğer etkenlerin sabit kalması durumunda kapalılığın fazla olduğu alanlarda erozyon az, kapalılığın az olduğu alanlarda ise erozyon daha şiddetli olmaktadır. Bu bakımdan bitki örtüsü toprağı ne kadar kaplarsa o oranda da korumuş olur (EKİNCİ,2005).

İnceleme alanında, C değeri sıklığı %10-20 arasında olan orman alanlarında 0.06, bahçe alanlarında 0.11, masken olan alanlarda 0.08, çıplak arazilerde 1 olarak belirlenmiştir.

7.2.4. Yamaç Uzunluğu Parametresi (LS)

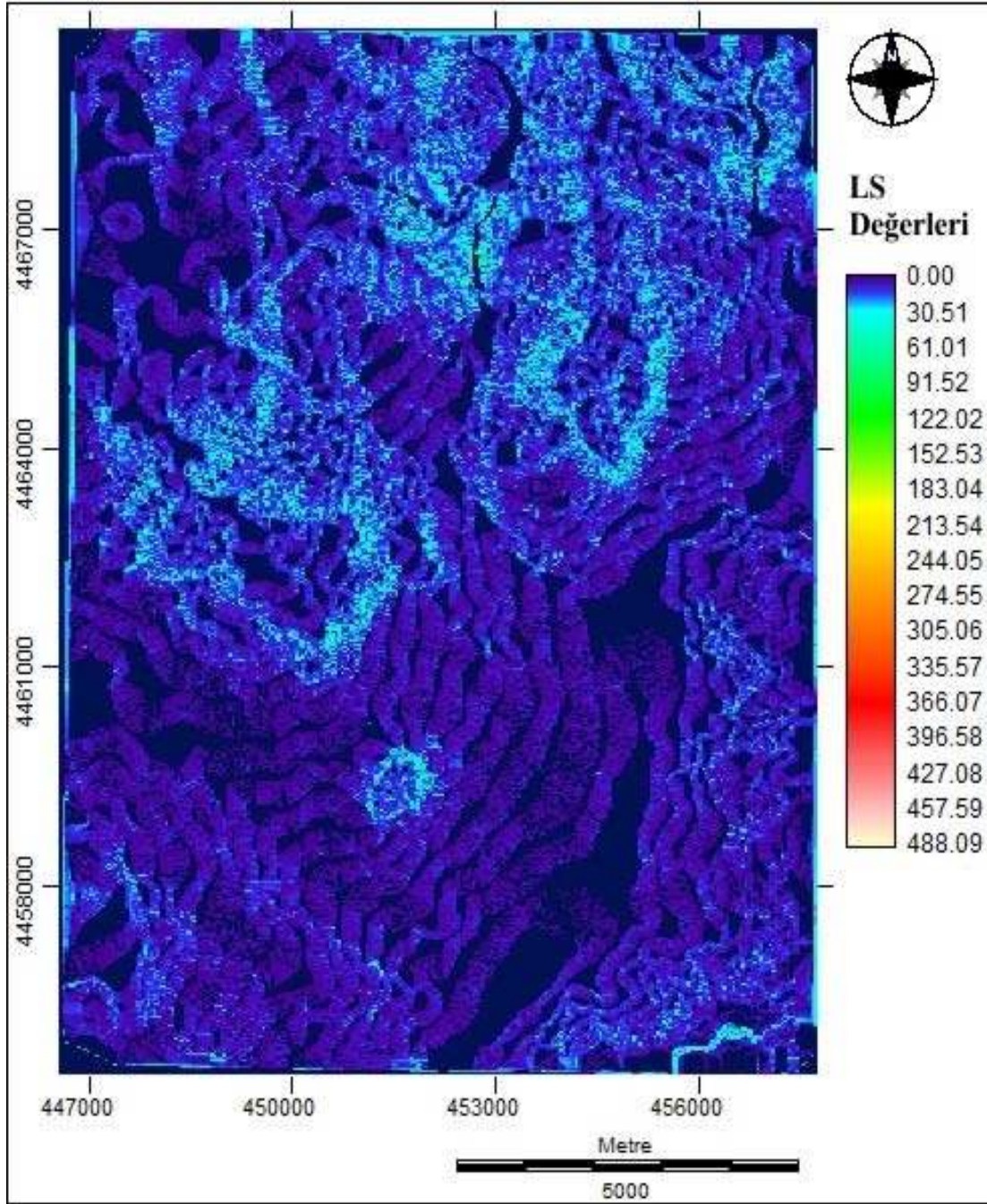
LS faktörü, GIS’ de türetilmesi en zor olanıdır, çünkü yamaç yönelimi bir doğru boyunca değildir. LS faktörünün üretimindeki yaygın olarak tecrübe edilen bu zorluklar nedeni ile, iki metot uygulanmaktadır. Birinci metotta, yamaç dikliği (S) ve uzunluğu (L) faktörleri ayrı ayrı oluşturulmuş olup daha sonra RUSLE yamaç uzunluğu faktörü içinde katman ile oluşturulur (Mongkolsawat ark. , 1994). S faktörünü üretmek için, dereceli olarak yamaç eğimi haritası DEM kullanılması ile oluşturulur. RUSLE modeli, %9’ dan daha düşük eğimli alanlarda ve %9’ dan daha yüksek eğimli alanlarda, yamaç faktörünün hesaplanması için ayrı ayrı denklemler sunar.

$$S = 10.8 \sin\theta + 0.03 \text{ (\%9 dan düşük eğime sahip alanlar için)}$$

$$S = 16.8 \sin\theta - 0.50 \text{ (%9 dan yüksek eğime sahip alanlar için)}$$

L faktörünün hesaplanması için, yatay ve dikey filtreleme kullanarak DEM’ den bir yamaç yönelim haritası hazırlanır.

Bu çalışmada LS değerini belirlemek için Conrad (2002)’e göre, Digem yazılımı yardımı ile elde edilmiştir. Daha sonra buradan elde edilen veriler IDRISI yazılımına aktarılmıştır.

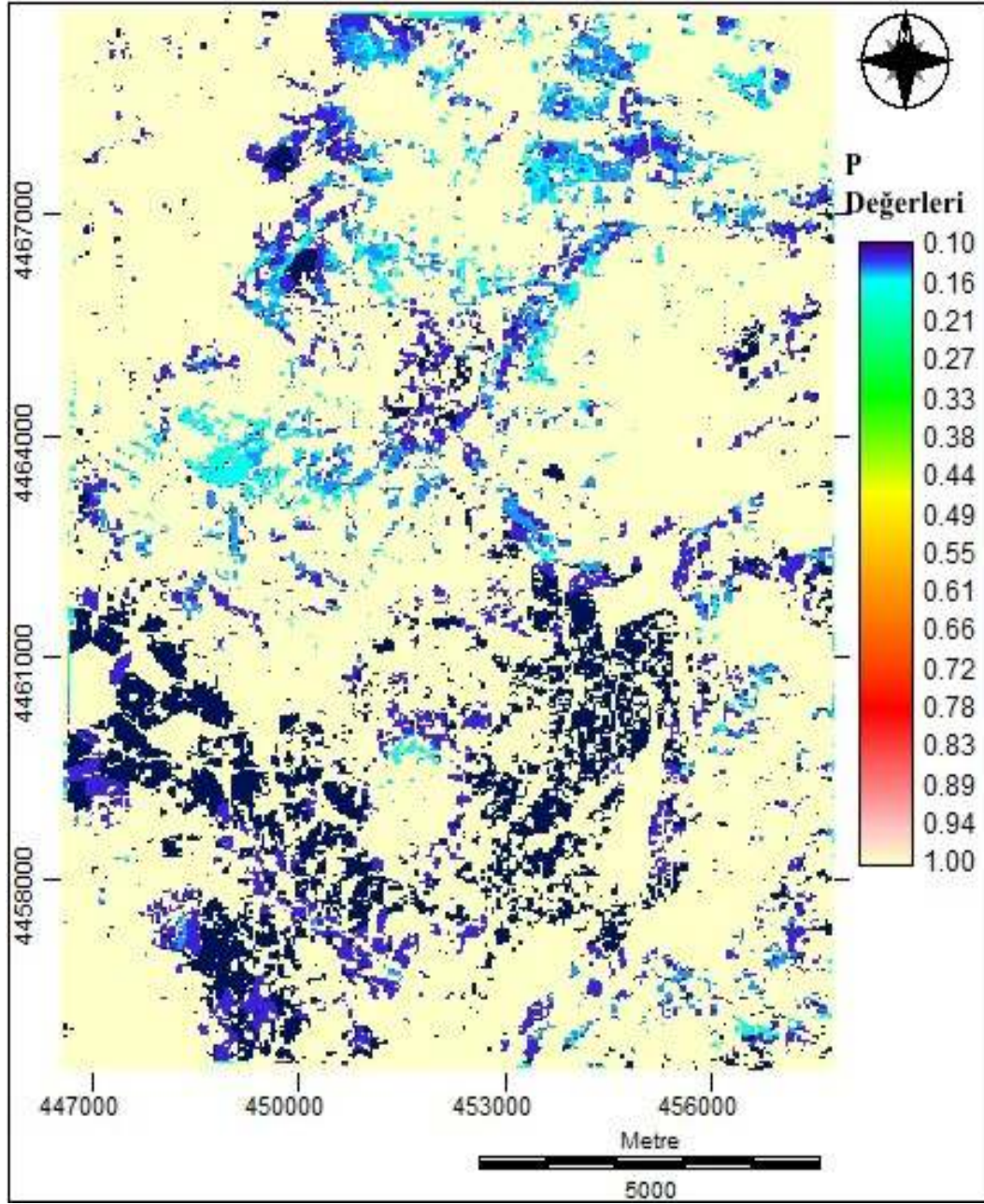


Şekil 7.11. İnceleme alanına ait LS değeri

7.2.5. Erozyon Kontrol Uygulamaları Faktörü (P)

Toprak erozyonuna ilişkin sınırların belirlenmesi ve tarım uygulamaları, destek uygulama faktörü (P) ile belirtilir. . Wischmeier ve Smith (1978) destek uygulama faktörünü, yaklaşık olarak ekimlerle oluşan toprak kayıplarına karşılık belirli destek

uygulamaları ile toprak kayıp oranları olarak tanımladılar. P değerleri azaldıkça, koruma uygulamaları etki artacağından, toprak erozyonunun daha azalacağı kabul edilecektir.

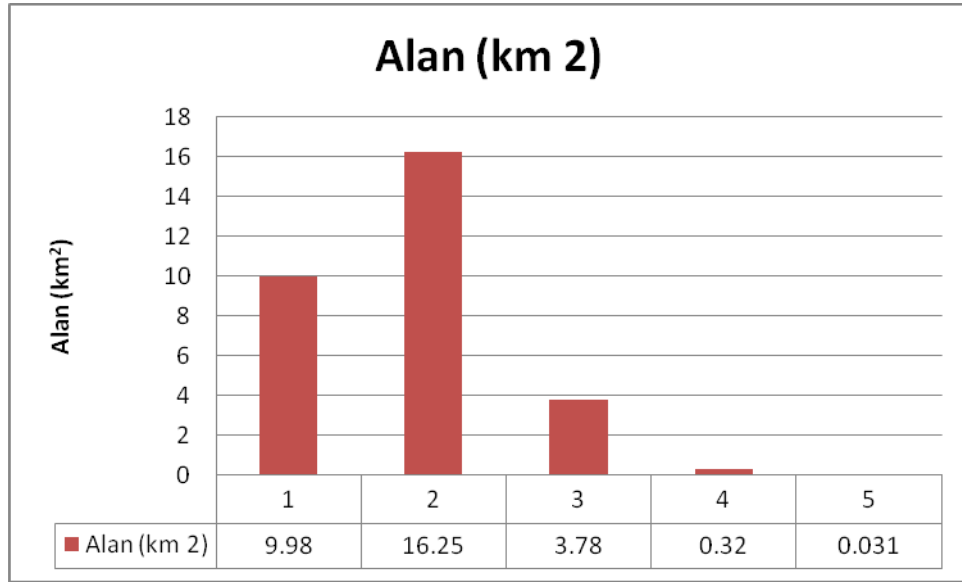


Şekil 7.12. İnceleme alanına ait P değeri

Bir alanda herhangi bir erozyon kontrol uygulaması yok ise P değeri 1 alınmaktadır (Lee,2004). İnceleme alanında kısmi de olsa bir önlem alındığını varsayarak tarım arazilerinde P değerini 0.5, orman ve yerleşim alanlarında 1 olarak atadık.

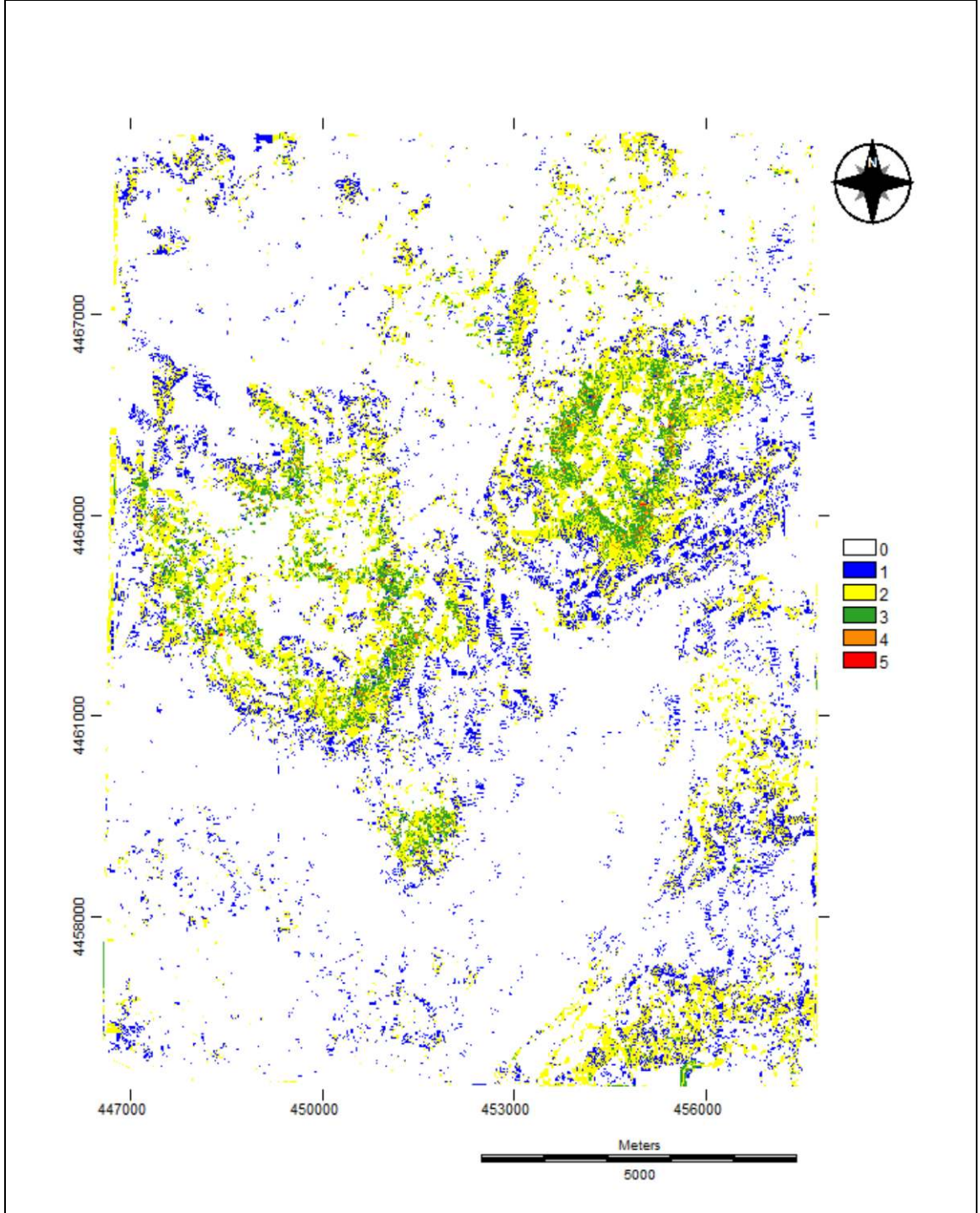
7.3. Erozyon Risk Değerlendirmesi

Şebinkarahisar ilçesine ait erozyon risk haritasının üretilmesi amacıyla elde edilen parametrelerin RUSLE denklemi uyarınca çarpılması sonucunda Şekil 7.13’de verilen erozyon risk haritası elde edilmiştir. Bu harita uyarınca inceleme alanı için çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere beş erozyon risk sınıfı ayırt edilmiştir. Elde edilen erozyon risk haritası incelendiğinde, inceleme alanının büyük bir kısmının (130 km²’lik kısmı) erozyon riski taşımamış olduğu görülmüştür. Buna karşılık olarak, yamaç eğiminin yüksek ve arazinin bitki örtüsünün çok az olduğu kısımlarda en düşükten en yükseğe kadar bir risk ayırlaması yapılmasının mümkün olduğu görülmektedir. Bu çerçevede inceleme alanının 9.98 km²’lik kısmının çok düşük, 16.25 km²’lik kısmının düşük, 3.78 km²’lik kısmının orta, 0.32 km²’lik kısmının yüksek ve 0.03 km²’lik kısmının ise çok yüksek erozyon riskine sahip olduğu belirlenmiştir



Şekil 7.13. İnceleme alanındaki erozyon risk sınıflarının alansal dağılımları

Elde edilen erozyon risk haritasına bakıldığında, yüksek riske sahip alanların, yamaç eğiminin 20⁰’nin üzerinde olduğu alanlarda yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durumun yanı sıra, söz konusu risk alanlarında toprak örtüsünün aşınmaya duyarlı ve bitki örtüsünün ise çok seyrek alanlara karşılık geldiği de görülmektedir.



Şekil 7.14. İnceleme alanına ait RUSLE modeline dayalı üretilen erozyon risk haritası (0: Risk yok, 1: Çok düşük risk, 2: Düşük risk, 3: Orta derece risk, 4: Yüksek risk, 5: Çok yüksek risk)

8- SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Giresun iline bağlı Şebinkarahisar ilçesi için erozyon risk değerlendirmesi yapılmış ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımı ile bilgisayar ortamında inceleme alanına ait Revize edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) yardımıyla erozyon risk haritası üretilmiştir. Şebinkarahisar ilçesine ait erozyon risk haritasının üretilmesi amacıyla yağış, toprak aşınımı, yamaç uzunluğu ve eğimi, toprak örtüsü faktörü, erozyon kontrol uygulaması parametreleri RUSLE denklemi uyarınca belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

(a) İnceleme alanının yükseklik, yamaç eğimi, yamaç yönelimi haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalardan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde yükseklik değeri 900m ile 2200 m arasında değiştiği gözlenmiştir. İnceleme alanı, 0° ile 40°'den büyük eğim değerleri arasında değişen yamaç eğimi sınıflarına ayrılmıştır. Yamaç yönelimi haritası -1 ile 360 derece arasındaki bir ölçeklendirme ile yapılmıştır. Buradaki, -1 değeri tamamen yatay yüzeyleri, 0 değeri kuzeye yönelimi, diğer değerler ise kuzeyden itibaren diğer ana ve ara yönleri ifade etmektedir.

(b) Yağış parametresinin belirlenmesi için Şebinkarahisar meteorolojik istasyonundan edinilen yağış verilerinden yararlanılmıştır. Bu anlamda 15 yıllık bir süre içerisindeki her bir yıla ait ortalama yıllık yağış miktarları belirlenmiştir. Buna göre, inceleme alanında ortalama yağış miktarı, 2009 yılında 387.9, 2008 yılında 539.7 olarak belirlenmiştir. Bu dönemlerde yağış parametresi en yüksek olduğu değerler 2009 yılında 0.21 iken 2008 yılında ise 0.12 olarak hesaplanmıştır.

(c) Çalışma alanında toprak aşınım değeri 0 ile 1 değeri arasında değişmekte ve 0 değerine sahip alanlarda toprak aşınım değeri en küçük olduğu, 1 değerine sahip alanlar ise en yüksek dolayısı ile de erozyona karşı direncin en düşük alanlar olduğu belirlenmiştir.

(d) Toprak örtüsü faktörünü belirlemede Türkiye'de daha önce yapılmış çalışmalardan elde edilen verilerden faydalanılmıştır. Buna göre çalışma alanına ait toprak aşınımı değerleri, değeri sıklığı %10-20 arasında olan orman alanlarında 0.06, bahçe alanlarında 0.11, masken olan alanlarda 0.08, çıplak arazilerde 1 olarak belirlenmiştir.

(e) Erozyon kontrol uygulamaları faktörü, inceleme alanına ilişkin olarak, kısmi de olsa bir önlem alındığını varsayılarak, tarım arazileri için P değeri 0.5, orman ve yerleşim alanları için 1 olarak belirlenmiştir.

(f) Çalışma alanında RUSLE denklemi uyarınca söz konusu parametrelerin çarpımı sonucunda erozyon risk haritası elde edilmiştir. Haritada inceleme alanı çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere beş erozyon risk sınıfı ayırt edilmiştir. Elde edilen erozyon risk haritasına göre toplam çalışma alanının; 9.98 km²'lik kısmının çok düşük, 16.25 km²'lik kısmının düşük, 3.78 km²'lik kısmının orta, 0.32 km²'lik kısmının yüksek ve 0.03 km²'lik kısmının ise çok yüksek erozyon riskine sahip olduğu belirlenmiştir.

Şebinkarahisar ilçesi için yapılan erozyon risk çalışması ile Coğrafi Bilgi Sistemi tekniklerinin günümüzde erozyon riskinin belirlenmesinde önemli rol oynadığı ve yardımcı bir yöntem olduğu görülmüştür. Coğrafi Bilgi Teknikleri erozyon riskinin değerlendirmesinde birçok avantaj sunmaktadır. Bu avantajlar: (1) Hızlı ve etkili tahminler (2) Daha geniş alanları araştırma olanakları (3) Bu alanların sürekli gözlenmesine yönelik daha fazla bilgi elde edilmesi (4) İstenilen ölçekte erozyon modellemesi için hataların (düz olmayan, küresel ölçekteki alanları kesin olan, yerel ölçeğe) düzeltilmesi olarak sıralanabilir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama yöntemleri kullanılarak, coğrafi bilgi toplama, depolama, sunma ve kullanma konularında daha düşük maliyette daha hızlı yarar sağlayarak erozyon gibi doğal tehlikelerinin değerlendirmesine, kontrolüne veya önlenmesine yönelik mühendislik çalışmalarında kullanılmasında yarar olduğu düşünülmektedir.

9. KAYNAKLAR

1. Akgün, A., Ayvalık ve Yakın Çevresinin Erozyon ve Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2007.
2. Atalay, İ., Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası. Çevre ve Orman Bakanlığı Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü Yayını, 2006.
3. Baruti, J. H. M. , Study Of Soil Moisture in Relation To Soil Erosion in The Proposed Tancitaro Geopark, Central Mexico: A Case Of The Zacandaro Sub-watershed. The degree Of Master Of Science in Geoinformation Science and Earth Observation, Land Degradation and Conservation Specialisation, 2004.
4. Ceryan, Ş., Şebinkarahisar (Giresun) ve Çevresinin Kitle Hareketleri Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeoloji Mühendisliği Programı, Trabzon, 1990.
5. Çevre ve Orman Bakanlığı, Büyük Toprak Grupları Haritası, 2004.
6. Çullu, M.A., Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Yardımıyla Toprak Erozyonunun Belirlenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana 1993.
7. Daag, A. S., Modelling The Erosion of Pyroclastic Flow Deposits and the Occurrences of Lahars at Mt. Pinaatubo, Philippines. The International Institute For Geo Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands 2003.
8. Lu, D, L,i G., Alladares, G.S., Batistella M., Mapping Soil Erosion Risk Rondonia, Brazilian Amazonia: Using RUSLE, Remote Sensing and GIS. Land Degradation & Development, 15 (2003) 499-512.
9. Lu, D., Weng Q., A Survey Of Image Classification Methods and Techniques For Improving Classification Performance. International Journal of Remote Sensing , 28,5 (2007) 823–870.
10. Ekinci, D., CBS Tabanlı Uyarlanmış RUSLE Yöntemi ile Kozlu Deresi Havzası'nda Erozyon Analizi. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi, 13, (2005) 109-119.

11. Erol, E., Coğrafi Bilgi Sistemi Tekniği Kullanılarak Erozyon Risk Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2000.
12. Hagos, D. W., Assessment Of The Effect Of Present Land Use On Soil Degradation, a Case Study in Lom Kao Area, central Thailand. Msc, ITC, Enschede, 1998.
13. Jaroslav, M. H., Marcel R.S., Gresaka J.B., and Geograficky S.B., Modelling Spatial and Temporal Changes Of Soil Water Erosion. Geograficky Casopis, 48 (1996) 225-269.
14. Van Der Knijff, J.M., Jones, R.J.A., Montanarella L., Soil Erosion Risk Assessment in Italy. European Commission Directorate, General JRC Joint Research Centre, Space Applications Institute, European Soil Bureau, 1999.
15. Karabulut, M., Küçükönder M., Kahramanmaraş Ovası ve Çevresinde CBS Kullanılarak Erozyon Alanlarının Tespiti. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 11 ,2 2008.
16. Karakaya, N, Şebinkarahisar (Giresun) Yöresi Magmatik Kayaçlarının Mineralleşmelerin Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 1998.
17. Kunqing, X., Yongqiu W., Using Contour Lines To Generate Digital Elevation Models for Steep Slope Areas: a Case Study of The Loess Plateau in North China. Elsevier, 2003.
18. Laurence, A., Gert V. and Honglei, Z, RUSLE Applied in a GIS Framework: Calculating the LS Factor and Deriving Homogeneous Patches for Estimating Soil Loss. International Journal of Geographical Information Science, (2005), 809–829.
19. Lee S., Determination and Application of The Weights for Landslide Susceptibility Mapping Using an Artificial Neural Network, Elsevier, Engineering Geology 71 (2004) 289–302.
20. Mkhonta, M.M., Use Remote Sensing and Geographic Information System (GIS) in the Assessment of Soil Erosion in the Gwayimane and Mahhuku Catchment Areas With Special Attention on Soil Erosion on Soil Erodibility (K-Factor). Msc, ITC, Enschede, 2000.
21. Nanna, S, A Geo-information Theoretical Approach to Inductive Erosion Modelling Based on Terrain Mapping Units. Phd, Wageningen Agricultural University, Wageningen, 1996.

22. Özsoy, G., Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Teknikleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2007.
23. Reis, S., Analyzing Land Use/Land Cover Changes Using Remote Sensing and GIS in Rize, North-East Turkey, *Sensors* 2008, 8, 6188-6202.
24. Roo, A.P.J., Modelling Surface Runoff and Soil Erosion in Catchments Using Geopragical Information Systems. PhD, Utrecht University, Utrecht, 1993.
25. Saavedra, C., Estimating Spatial Patterns of Soil Erosion and Deposition in The Andean Region Using Geo-Information Techniques. A Case Study in Cochabamba, Bolivia. Degree of Doctor at Wageningen University, The Netherlands, 2005.
26. Shetty, A., Lakshman N., Thokchom S., Rajesh M. V. S., Land Use-Land Cover Mapping Using Satellite Data For A Forested Watershed, Udupi District, Karnataka State, India. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 2005.
27. Shi, Z.H., Cai, C.F., Ding, S.W., Li, Z.X., Wang, T.W. and Sun, Z.C., Assessment of Erosion Risk With the Rusle and Gis in the Middle and Lower Reaches of Hanjiang River, 12th ISCO Conference, 2004.
28. Shigeo, O.S.G.S.M., Nobuyuki, U., Satoshi, M. and Muhammad, S., Estimation of Soil Erosion Using USLE and Landsat TM in Pakistan. National Institute of Agro-Environment Sciences, 1998.
29. Suriyaprasit, M. Digital Terrain Analysis and Image Processing for Assessing Erosion Prone Areas in Nam Chun Watershed, Ohetchabun, Tahailand. Master Thesis in International for Geo-information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands, 2008.
30. Şebinkarahisar Hidrolojik Etüd Rp. ,İller Bankası Genel Md. İçmesuyu Dairesi Bsk., Ankara.
31. Tağıl, Ş., CBS-Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Arazi Degradasyonu Risk Değerlendirmesi, *Ekoloji* 17,65, (2007) 11-20.
32. Taysun, A., Toprak ve Su Korunumu. E.Ü.Z.F, 1989, Teksir No:92-III.
33. Terence, J. T., George, R. F. and Galetovic, J. R., Guidelines for the Use of the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) Version 1.06 on Mined Lands, Construction Sites, and Reclaimed Lands, 1998.
34. Tombuş, F. E., Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Erozyon Risk Belirlenmesine Yeni Bir Yaklaşım, Çorum İli Örneği. Yüksek

Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Eskişehir, 2005.

35. Udomsri, S., Application of Computer Assisted Geopedology to Predictive Soil Mapping and its Use in Assessing Soil Erosion Prone Areas. A Case Study of Doi and Khang, and Khang Royal Agricultural Station, Thailand. The Degree of Master of Science in Geo-information and Earth Observation, Specialisation: Land Degradation and Conservation (LDC), 2006.
36. Üstün, B., Işıklar Dağı Çevresindeki Toprak Erozyonunun Coğrafi Bilgi Sistemi ile Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2001.
37. Vopravil, J., Janecek, M. and Tippl M., Revised Soil Erodibility *K*-factor for Soils in the Czech Republic. Soil & Water Res, 2, 1 (2007) 1-9.
38. Wischmeier, W.H., Smith, D. D., Predicting Rainfall Erosion Losses, a Guide to Conservation Planning. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, 537 (1978).
39. Yaolin, L., Zhijun, L., A Study On Quantitative Monitoring Of Soil Loss In Small Watershed Based On GIS. National Key Project for Basic Science of China, CB415205 (2003).
40. Yılmaz, I., Keskin, İ., GIS Based Statistical and Physical Approaches to Landslide Susceptibility Mapping (Sebinkarahisar, Turkey). Bulletin of Engineering Geology and the Environment 68 (2009) 459-471.

ÖZGEÇMİŞ

Zeynep Altan 1985 yılında Trabzon’da doğdu. İlköğrenimini Trabzon Mimar Sinan İlkokulunda, orta öğrenimini Trabzon Cumhuriyet Ortaokulunda ve lise öğrenimini Trabzon Lisesi’nde tamamlayarak 2001 yılında Trabzon Lisesinden mezun oldu. 2001 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitime başladı. 2007 yılında Jeoloji Mühendisliği bölümünden mezun oldu ve aynı yıl yüksek lisans eğitime başladı ve iyi derecede İngilizce bilmektedir.