



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ORDU-ÜNYE'DE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN
ALGILAMA TEKNİKLERİ KULLANILARAK RUSLE
EROZYON MODELİNE GÖRE TOPRAK KAYBININ TAHMİNİ**

ARİF KIRCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ORDU 2019

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

**ORDU-ÜNYE'DE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN
ALGILAMA TEKNİKLERİ KULLANILARAK RUSLE EROZYON
MODELİNE GÖRE TOPRAK KAYBININ TAHMİNİ**

ARİF KIRCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORDU 2019

TEZ ONAY

Arif KIRCI tarafından hazırlanan “ORDU-ÜNYE’DE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ KULLANILARAK RUSLE EROZYON MODELİNE GÖRE TOPRAK KAYBININ TAHMİNİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 31.07.2019 tarihinde yapılmış ve jüri tarafından oy birliği /oy çokluğu ile Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ferhat TÜRKMEN

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ferhat TÜRKMEN
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Ordu Üniversitesi



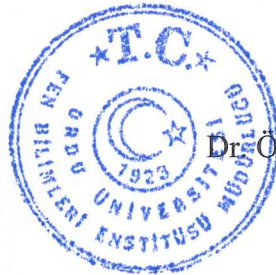
Üye
Prof. Dr. Tayfun AŞKIN
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Ordu Üniversitesi



Üye
Dr. Öğr. Üyesi İnci DEMİRAĞ TURAN
Coğrafya
Giresun Üniversitesi



15 / 08 / 2019 tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 22 / 08 / 2019 tarih ve 2019 / 489 sayılı kararı ile onaylanmıştır.




Enstitü Müdürü
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Sami GÜLER

TEZ BİLDİRİMİ

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

Arif KIRCI



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

ÖZET

ORDU-ÜNYE'DE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ ve UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ KULLANILARAK RUSLE EROZYON MODELİNE GÖRE TOPRAK KAYBININ TAHMİNİ

Arif KIRCI

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 50 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: Dr. Öğr. Üyesi Ferhat TÜRKMEN)

Toprakla ilgili yapılan araştırmaların en önemlilerinden biride erozyon araştırmasıdır. Erozyon nedeni ile dünyanın birçok yerinde, toprağın üst kısmında bulunan verimli tabaka yok olmaktadır. Erozyon risk tahmini için kullanılan RUSLE modelinde, laboratuvarında elde edilen ölçümsel ve deneysel veriler ile arazide gerçekleştirilen çalışmalar kullanılmaktadır.

Bu çalışma; Ordu ili Ünye ilçesi topraklarının RUSLE modeli kullanılarak erozyon risk tahmininde bulunmak, hesaplanması ve haritalanması amacıyla ele alınmıştır. Elde edilen veriler ile sayısallaştırılmış haritalara göre; toplam 58397.75 ha alanın %42.17'sinin yüksek, çok yüksek ve aşırı yüksek erozyon riski altında olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında agregat stabilitesi değerlerinin yüksek elde edilmesine, toprak aşınabilirliğinin düşük olmasına rağmen, erozyon riskinin yüksek çıkmasının başlıca nedeninin eğim olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak; Ordu ili Ünye ilçesi topraklarının yüksek oranda erozyon riskine sahip olduğu belirlenmiştir. Erozyon riskinin yüksek oranda görüldüğü alanlarda toprak kayıplarını artıracak uygulamalardan kaçınılmalı, erozyonla mücadele çalışmaları başlatılmalı ve yaygınlaştırılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri, Erozyon, Ordu, RUSLE, Uzaktan Algılama, Ünye.

ABSTRACT

ESTIMATION OF SOIL LOSS BY RUSLE MODEL USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND REMOTE SENSING TECHNIQS IN ORDU-ÜNYE

ARİF KIRCI

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

MASTER THESIS, 50 PAGES

(SUPERVISOR: Assist. Prof. Dr. Ferhat TÜRKMEN)

One of the most important research on soil is erosion research. Due to erosion, fertility layer of soil has moved away from top of the soil all around the world. RUSLE used for estimation of erosion risk is applied to field studies, experimaental and measumental data acquired from laboratuary studies.

This study was carried out to estimate, calculate and creat a map of erosion risk using RUSLE model in Ordu province, Unye district. According to data and digitising map, 42.17 % of total 58397.75 ha area had high, very high and extremely high erosion risk. The main reason of erosion risk was due to slope this is beacuse of high aggregate stability and low soil erodobility in research area. As a result, we determined that research area had very high erosion risk in Ordu province, Unye district. We should avoide application leading cause of soil erosion in area and must start to combat soil erosion. Percent agreement, avarage percent error and coefficient of variation were used to determine reliable bony structure. The highest percent agreement (68.3%), the lowest avarage percent error (5.14%) and coefficient of variation (9.74%) were obtained for vertebra.

Keywords: Erosion, Geographic Information Systems, Ordu, Remote Sensing, RUSLE, Ünye.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimim boyunca her daim yanımda olan, bilgi ve deneyimlerini esirgemeyip yetiştiren, gerektiğinde gece gündüz demeden her sıkıntıma ortak olan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ferhat TÜRKMEN'e bana kattığı her şey için sonsuz teşekkürlerimi sunar hayatı boyunca başarılar dilerim.

Lisans ve Yüksek Lisans öğrenimim boyunca emeği geçen başta Prof. Dr. Tayfun AŞKIN olmak üzere Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü hocalarıma teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmaları sırasında tecrübe ve deneyimlerini benden esirgemeyen, özel hayatından feragat edip laboratuvarda benimle sabahlayan Arş. Gör. Selahattin AYGÜN'e teşekkür ederim.

Arş. Gör. Sezen KULAÇ ve Arş. Gör. Emre TURAN'a ilgi ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Hayatımın uzun bir kısmında var olan, iyi-kötü, acı-tatlı farketmeksizin gerek eğitim, gerekse sosyal hayatımda beni destekleyen ve ortak olan, tez sürecim boyunca uğraşlarını eksik etmeyen kız arkadaşım Özge Özlem ÖZBAY'a teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım sırasında yanımda olan, hayatım boyunca verdiğim uğraşlarda gerek yönlendirici gerekse destekleyici rol alan, benden yardımlarını esirgemeyen ağabeyim Anıl KIRCI'ya teşekkür ederim.

Her aile ferdinin sıkıntısını ayrı ayrı düşünen, maddi manevi hiçbir desteği esirgemeyen, hayatım boyunca olmak istediğim baba, sahip olmak istediğim duruş ve birçok özelliği kendinde barındıran babam Sebahiddin KIRCI ve herbirimizin iyi-kötü her anında var olan ve desteğini esirgemeyen annem Hatice KIRCI'ya teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ	VII
ÇİZELGE LİSTESİ	VIII
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1 RUSLE Modeli ile Yapılmış Çalışmalar	3
2.1.1 Türkiye’de RUSLE Yöntemine İlişkin Çalışmalar	3
2.1.2 Dünyada RUSLE Yöntemine İlişkin Çalışmalar	6
3. MATERYAL ve YÖNTEM	8
3.1 Materyal	8
3.1.1 Araştırma Alanı	8
3.1.2 Araştırma Alanının İklimi	9
3.1.3 Araştırma Alanının Toprakları	10
3.1.4 Araştırma Alanının Jeolojisi	10
3.1.5 Çalışmada Kullanılan Altlık Materyaller ve Programlar	12
3.1.6 Çalışma Alanı Arazi Kullanımı ve Arazi Örtü Dağılımı	13
3.1.7 Çalışma Alanı Genel Eğim Dağılımı	14
3.1.8 Çalışma Alanında Yükseklik ve Yöney	15
3.2 Laboratuvar Yöntemleri	16
3.3 Çalışmada Kullanılan Programlar ve Hesaplamalar	16
3.4 Erozyon Tahmin Modeli	18
3.4.1 RUSLE Erozyon Modeli	18
3.4.1.1 Yağışın Erozyon Oluşturma Gücü (R).....	18
3.4.1.2 Toprağın Erozyona Duyarlılık Faktörü (K)	20
3.4.1.3 Eğim Uzunluğu ve Eğim Derecesi Faktörü (LS)	20
3.4.1.4 Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü Faktörü (C)	21
3.4.1.5 Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P)	21
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	22
4.1 Çalışma Alanı Topraklarının Analiz Sonuçları.....	22
4.1.1 Agregat Stabilitesi	26
4.1.2 Organik Madde.....	27
4.1.3 Doygun Su Geçirgenliği.....	29
4.2 Çalışma Alanı Toprakları Kum, Kil, Silt Dağılımları ve Haritaları.....	30
4.3 Toprak Erozyonu Risk Çalışmalarında RUSLE Modeli.....	33
4.3.1 Yağışın Erozyon Oluşturma Faktörü (R)	33
4.3.2 Toprağın Erozyona Duyarlılık Faktörü (K)	34
4.3.3 Eğim Uzunluğu ve Eğim Derecesi Faktörü (LS)	37
4.3.4 Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü Faktörü (C)	38
4.3.5 Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P)	39
4.3.6 RUSLE Toprak Kaybı Miktarı.....	39

5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	42
6. KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ.....	50

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 Çalışma alanı konum haritası.....	8
Şekil 3.2 Toprak örneklerinin alındıkları yerler	9
Şekil 3.3 Araştırma alanına ait drenaj ağı haritası	12
Şekil 3.4 Araştırma alanına ait uydu görüntüsü.....	13
Şekil 3.5 Araştırma alanı topraklarında arazi kullanımı ve arazi örtüsü dağılımı	13
Şekil 3.6 Araştırma alanına ait % eğim sınıfları dağılım haritası	14
Şekil 3.7 Çalışma alanı yükseklik haritası	15
Şekil 3.8 Çalışma alanı yöney haritası	16
Şekil 4.1 Araziye ait agregat stabilitesi dağılım haritası.....	27
Şekil 4.2 Araziye ait topraklarda organik madde dağılım haritası.....	28
Şekil 4.3 Çalışma alanına ait toprakların hidrolik iletkenlik dağılım haritası	29
Şekil 4.4 Çalışma alanı toprakları % kil dağılımı haritası	31
Şekil 4.5 Çalışma alanı toprakları % kum dağılımı haritası	32
Şekil 4.6 Çalışma alanı toprakları % silt dağılımı haritası.....	33
Şekil 4.7 RUSLE modeli R faktör haritası	34
Şekil 4.8 RUSLE modeli K faktör haritası	37
Şekil 4.9 RUSLE modeline göre LS faktör haritası.....	38
Şekil 4.10 RUSLE modeli C Faktör haritası.....	39
Şekil 4.11 Araziye ait RUSLE modeli erozyon duyarlılık haritası.....	40

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1	1959 - 2017 yılları arası ortalama sıcaklık ve yağış verileri.....	10
Çizelge 3.2	Araştırma alanına ait eğim dereceleri dağılımı.....	14
Çizelge 4.1	Arazi topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	22
Çizelge 4.2	Arazini topraklarının agregat stabilitesi dağılımı	26
Çizelge 4.3	Araziye ait organik madde dağılımı	28
Çizelge 4.4	Çalışma alanı topraklarının hidrolik iletkenlik değerleri.....	29
Çizelge 4.5	Çalışma alanına ait % Kil dağılımları.....	30
Çizelge 4.6	Çalışma alanına ait % kum dağılımları.....	31
Çizelge 4.7	Çalışma alanına ait % silt dağılımları.....	32
Çizelge 4.8	Araştırma alanı toprakları K değerleri.....	35
Çizelge 4.9	Araştırma alanı toprakları K sınıf dağılımı.....	36
Çizelge 4.10	RUSLE modeline göre arazi kullanımı ve C faktör değerleri	38
Çizelge 4.11	Arazinin erozyon duyarlılık sınıflarının alansal ve oransal dağılımı....	40

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

AS	: Agregat stabilitesi
C	: Kil
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORINE	: Coordination of Information on the Environment (Çevresel Bilginin Koordinasyonu)
da	: Dekar
DEM	: Digital Elevation Model (Sayısal Yükselti Modeli)
DGCONA	: Direction General for the Conservation of the nature (Doğal Kaynakları Koruma Genel Müdürlüğü)
EUROSEM	: The European Soil Erosion Model (Avrupa Toprak Erozyon Modeli)
GPS	: Global Positioning System (Küresel Yer Belirleme Sistemi)
HA	: Hacim Ağırlığı
Ha	: Hektar
Hi	: Hidrolik İletkenlik
ICONA	: Institute for the Conservation of the Nature (Çevre Hakkında Bilgi Koordinasyonu)
IDW	: Inverse Distance Weighting (Ağırlıklı Ters Uzaklık)
L	: Tın
LEAM	: Land Erodibility Assessment Model (Arazi Aşınabilirlik Değerlendirme Modeli)
OM	: Organik Madde
RUSLE	: Revised Universal Soil Loss Equation (Revize Edilmiş Toprak Kaybı Denklemi)
SC	: Kumlu Kil
SCL	: Kumlu Killi Tın
Si	: Silt
t	: Ton
UA	: Uzaktan Algılama
Ey°C	: En Yüksek Sıcaklık
Ed°C	: En Düşük Sıcaklık

1. GİRİŞ

Tarım elverişli verimli toprakların yok olmasında etkili faktörlerin başında toprak erozyonu gelmektedir. Bitki örtüsü, iklim ve topoğrafya toprakla ayrılmaz bir bütün oluşturmaktadır. Tarım ve toprak ile ilgilenen insanların yaptığı bilimsel çalışmalarda ve insanların gereksinimine dayalı üretimlerinde aktif rol oynayan bu unsurlar, nice bilimsel araştırma ve projelerde araştırma konusu olmuştur. Topoğrafyasında değişkenlik gösteren yeryüzü şekillerine sahip olan ülkemiz genellikle eğimli bir yapıya sahiptir. Eğim derecesi yüksek olan yerlerde erozyon şiddetinin fazla olduğu bilinmektedir. Erozyona karşı alınabilecek önlemlerin alınmadığı durumlarda erozyon şiddeti ve toprak kayıpları artmaktadır. Verimli toprakların yok olarak verimsiz topraklara dönüşmesi neredeyse, geri dönüşü olmayan bir probleme dönüşmektedir.

İnsan etkisiyle ortaya çıkan hızlandırılmış toprak erozyonu sahip olduğumuz verimli toprakların yok olmasına neden olarak, ilerleyen yıllarda var olan toprak kaynağımızı büyük bir tehdit altına sokmaktadır. Ülkemizde toprakların %79.4'ü orta, şiddetli ve çok şiddetli erozyona sahiptir. Her yıl bir milyar ton toprak taşınması söz konusudur. Taşınan bu toprakların yarısına yakını Türkiye için önemli olan hidroelektrik santralleri olan Atatürk, Keban ve Karakaya gibi barajlarda toplanarak barajların ekonomik ömrünü kısaltmaktadır (Ergünay, 2007). Yıllık toprak kayıplarını azaltmak, erozyonun şiddet ve yayılışını kontrol altında tutmak için çağın getirdiği teknolojilerden de yararlanılarak toprak yönetim önlemlerinin hızlıca hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Ülkemiz topraklarında erozyona sebep olan etmenlerin giderilmesi veya azaltılması için gerekli olan çalışmalar, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ile beraber kullanılarak geliştirilmiş modeller (RUSLE, CORINE, LEAM ve ICONA gibi) aracılığı ile değerlendirilip erozyon riski tespit edilerek, riskin yüksek olduğu alanlarda erozyona karşı önlemlerin alınması gerekmektedir.

Ülkemiz topraklarında eğimden dolayı erozyon riskinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu sebepten ötürü topraklarımızı korumak ve verimliliğini sürdürmek için gerekli olan tedbirlerin zaman kaybetmeksizin alınması gerekmektedir. Doğal süreçlerle meydana gelen topraklarımızın erozyona uğraması, arazi bozulmalarına ve

toprak üretkenliğinin düşmesine neden olmaktadır. Zaman geçtikçe topraklarımız daha da verimsiz hale gelmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye'nin Orta Karadeniz bölümünde yer alan Ordu ili Ünye ilçesinin RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) yöntemi kullanılarak olası toprak erozyonunun tahmini ve haritalanması amaçlanmıştır. Çalışma ilçe topraklarında erozyona duyarlı alanların tespit edilmesi ile alınması gereken koruma önlemlerine ve daha sonra yörede yapılacak olan çalışmalara da ışık tutabilecek olması açısından önem arz etmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Toprak erozyonuna karşı yapılacak olan mücadelede, erozyon problemini en az seviyeye indirmek için yapılacak gerekli yönetim uygulamalarını etkili bir şekilde gerçekleşmesini sağlamak için, erozyonun şiddetini ve derecesini bilmek önemli rol oynamaktadır. Günümüzde araştırmacılar tarafından en çok kullanılan modellerden biri olan (USLE) Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (Wischmeier ve Smith, 1965) tekrar isimlendirilerek (RUSLE) Revize Edilmiş Toprak Kaybı Eşitliği (Renard ve ark., 1991) adını almıştır. Herhangi bir arazide erozyon miktarının belirlenmesi için kullanılabilir birçok erozyon tahmin modeli vardır. 1930'dan bu yana toprak risk değerlendirmeleri için birçok erozyon tahmin modeli geliştirilmiştir. RUSLE (Revize Edilmiş Toprak Kaybı Eşitliği) dışında, EUROSEM (Avrupa Toprak Erozyon Modeli) (Morgan ve ark., 1992) erozyon risk değerlendirmesi için kullanılan modellerden biridir. Ayrıca LEAM (Manrique, 1988), CORINE, (1992), ICONA, (1997) vb. modeller toprakların erozyon risk değerlendirilmesinde toprak kayıplarında risk derecelerini belirlemek amacıyla kullanılan ve geliştirilmeye devam eden modellerdendir.

2.1 RUSLE Modeli ile Yapılmış Çalışmalar

2.1.1 Türkiye'de RUSLE Yöntemine İlişkin Çalışmalar

Doğan ve Küçükçakır, (1996) USLE model parametrelerini belirlemek için Ankara topraklarında yapmış oldukları çalışmada kullanılan parametrelerde şu sonuçlara ulaşılmıştır. L (Eğim uzunluğu)'de 1.1, R (Yağışın erozyon oluşturma gücü)'de 37, K (Toprağın erozyona duyarlılık faktörü)'de 0.18, S (Eğim dikliği)'de 0.9, P (Toprak koruma yöntemleri)'de 0.55, C (Ürün yönetimi (Bitkisel örtü))'de ise 0.24 değerlerini bulmuşlardır.

Başıyigit, (2002) USLE modelini Landsat 7 ETM+ uydu verisini kullanarak Eğirdir Gölü Havzasına uygulamıştır. Araştırmacı yaptığı bu çalışmada; havza topraklarının erozyona duyarlılığına ve toprakların korunmasına yönelik haritalar üretmiş, erozyon riski fazla olan alanlara dair toprakların korunmasına yönelik yönetim tavsiyelerinde bulunmuştur.

Başaran, (2005) Çankırı Ilgaz Dağı yakınlarında bulunan İndağı Geçidi isimli alanda arazi kullanım sonucu meydana gelen değişimlerden etkilenen toprağın K faktörünü incelemiştir. Araştırmaya yönelik oluşturulan parametreler, istatistiksel ve jeostatistiksel yöntemler ışığında değerlendirilmiştir.

Yılmaz, (2006) Ankara Çamlıdere baraj havzasına USLE yöntemini uygulamıştır. Yöntemde havzanın yıllık toprak kaybını $7.3 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ olarak bulup, arazide bu duruma neden olan asıl parametrelerin arazinin topoğrafyası ve bitki örtüsü ile ilgili olduğunu ortaya çıkartmıştır.

İrvem ve ark., (2007) Seyhan nehrinde meydana gelen senelik toprak kaybını ortaya çıkarmak için yaptıkları bir çalışmada CBS yöntemi kullanmışlardır. CBS yöntemi yardımıyla Modifiye Fournier İndeksi (MFI) eşitliğinden faydalanılarak R faktörünü hesaplamışlardır. Yöntem sonuçlarına göre toprak kaybının $16.4 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ olduğunu gözlemlemişler ve havza topraklarının yarısından fazla kısmının düşük erozyon riski taşıdığını belirlemişlerdir.

Özsoy, (2007) Mustafa Kemal Paşa Havzası'nda Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojilerini uygulayarak toprakların erozyon riski tahminini RUSLE toprak kaybı metodu ile belirlemiştir. Bu çalışmada modelde yer alan tüm faktörler için altlık haritalar üretilmiş ve haritaların tümü birbirleri ile çarpılarak, arazinin erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Çalışma alanı için yıllık toprak kayıp miktarı, $11.2 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

Yıldırım ve Erkal, (2008) Sinan Paşa ve Şuhut havzalarında RUSLE metodu ile erozyon risk tahminini gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda taşınmaya uğrayan toprak miktarının Sincanlı Havzası için $14 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$, Şuhut Havzası da $24 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ olduğunu tespit etmişler, aynı yöntem kullanıldığı durumlarda ülke topraklarının değişik yerlerinde de benzer sonuçlara ulaşıldığı tespitinde bulunmuşlardır.

Yıldırım ve Erkal, (2009) Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknikleri yardımı ile RUSLE metodu kullanılarak Afyon Ovasında Batı kanadı topraklarında erozyon riskinin belirlenmesini çalışmışlar ve alandaki toprak kaybını ortalama olarak $15 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ olarak bulmuşlardır.

Karaş ve ark., (2009) Sakarya il sınırları içerisinde yer alan Porsuk Çayına ait Sarısu Havzasını UA ve CBS teknolojilerini kullanarak, USLE metodu yardımı ile erozyon tahmininde bulunmuşlardır. Havzanın yıllık toprak kayıp miktarını $1.9 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ olarak saptamışlardır.

Schröder, (2010) Ankara'nın Batı bölümünde kalan arazilerde toprak erozyonunun şiddetini belirlemek ve erozyon ile yapılacak mücadelede kullanılacak yönetimleri geliştirmek amacıyla Universal Toprak Kayıp Eşitliği (USLE) ile çalışma yapmışlardır. Seçilen yerlerden 40 cm derinlikte toprak örnekleri alıp analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonrası verilerine göre toprakların organik maddesi ve permeabilitesi düşük çıkarken silt ve erodibilite değerlerinin yüksek çıktığını gözlemlemişlerdir. Bölge topraklarının yıllık toprak kaybını $22 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ ile $38 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Çıkan bu sonuçların kabul edilebilirlik seviyesinin çok üstünde olduğunu buna bağlı olarak vakit kaybetmeksizin yönetim önlemleri alınması gerektiğini söylemişlerdir.

Çilek ve Berberoğlu, (2013) Seyhan Havzası topraklarında Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama metotları ile Universal Toprak Kayıp Eşitliği kullanılarak, çalışma yapılan alanın erozyon risk haritasını oluşturmuşlardır. 250 m çözünürlüğe sahip hava görüntüleri kullanarak, erozyon risk haritaları hazırlamışlardır. USLE modeli metot sonuçlarını değerlendirmeleri sonucunda havzada erozyon tahmin değerinin, $21.25 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ olarak bulmuşlardır.

Erkal, (2012) Afyonkarahisar Çobanlar Havzasında meydana gelen toprak kayıplarını tahmin etmek üzere yürüttükleri çalışmada, alanın risk durumunu belirlemek için RUSLE yöntemi, CBS ve UA'yı beraber kullanmıştır. Çalışılan parametrelerden elde edilen verilere göre oluşturulan haritalar birleştirilmiş ve alana ait erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Bu çalışma sonucunda alanda görülen yıllık toprak kaybı tahmini $196 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Alanın erozyondan orta şiddette etkilendiği belirlenmiştir.

Özşahin, (2014) RUSLE yöntemini kullanarak, Tekirdağ ilinin yıllık toprak kaybının miktarı ve erozyon riskini belirleyerek haritalamıştır. Çalışma sonucunda, Tekirdağ ilinin genelinde çok hafif erozyon riski olduğu belirlenmiştir. İlde yaşanan yıllık ortalama toprak kaybı $5.26 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Çalışmadan elde edilen

bu bulgulara göre toprak kaybının Türkiye ortalamasının altında çıkması olumlu görülürken, aynı zamanda CBS tekniklerinden faydalanılarak RUSLE metodu ile erozyon tahmininin belirlenmesinin çalışılan alanlar hakkında önemli bilgileri ortaya koyan bir çalışma yöntemi olduğunu belirtmiştir.

2.1.2 Dünyada RUSLE Yöntemine İlişkin Çalışmalar

Darcy ve ark., (1998) Universal toprak kayıp eşitliğini, 1998 yılında Amerika'da Missisipi Nehri Havzası'nda yer alan Goodwin ve Hickahale Havzasında çalışmışlardır. Alansal boyutları farklı olan bu iki havzada farklı çözünürlükte haritalar kullanmışlardır. Hickhale havzasında yıllık ortalama toprak kaybını $13 \text{ t.ha}^{-1} \cdot \text{yıl}^{-1}$, Goodwin havzasında ise yıllık ortalama $11 \text{ t.ha}^{-1} \cdot \text{yıl}^{-1}$ olarak bulmuşlardır.

Millward ve ark., (1999) Meksika'nın Kuzeyinde RUSLE metodunu kullanmışlardır. Tropikal bölgede yer alan bu alanda toprak kayıplarını yağışlı olan ve yağış olmayan kurak dönemlerde ayrı ayrı olarak hesaplamışlar ve buna bağlı olarak yağışlı dönemlerdeki erozyon tehlikesinin kurak dönemlerdeki erozyon tehlikesine oranla daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

Wang ve ark., (2001) Amerika Birleşik Devletleri'ne bağlı Texas bölgesinin güney cephesinde yer alan arazide bulunan 25 farklı toprak türü için RUSLE modelini uygulamışlardır. Çalışma alanındaki toprak çeşitlerine bakarak K faktörü için duyarlılık (aşınabilirlik) durumunu değerlendirmişlerdir.

Lufafa ve ark., (2003) Uganda'da 1200 m ile 1500 m yükseklik aralığında bulunan, yıllık 1220 mm yağış alan bir alanda senelik toprak kayıp tahminlerini hesaplayıp Uganda'da yer alan diğer arazilere kıyasla toprak kaybının daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Lee, (2003) Kore'nin Boun bölgesinde toprakların erozyona karşı duyarlılığını tespit etmek için Universal Toprak Kayıp Eşitliğinden, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama tekniklerini kullanarak araştırmıştır. Çalışma sonucunda bölgede yıllık toprak kaybının $0.30 \text{ t.ha}^{-1} \cdot \text{yıl}^{-1}$ ile $4.0 \text{ t.ha}^{-1} \cdot \text{yıl}^{-1}$ arasında değiştiği belirlenmiştir.

Shi ve ark., (2003) Çin'in Güney kısmında yer alan bir sahada, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama metodolojilerinden faydalanarak RUSLE metodu ile erozyon risk tahmini yapmışlardır. Bu çalışmada İDRİSİ yazılımını da kullanarak, erozyon risk haritasını çıkartmışlar ve haritaların birbirleri ile çarpılmasıyla yeniden

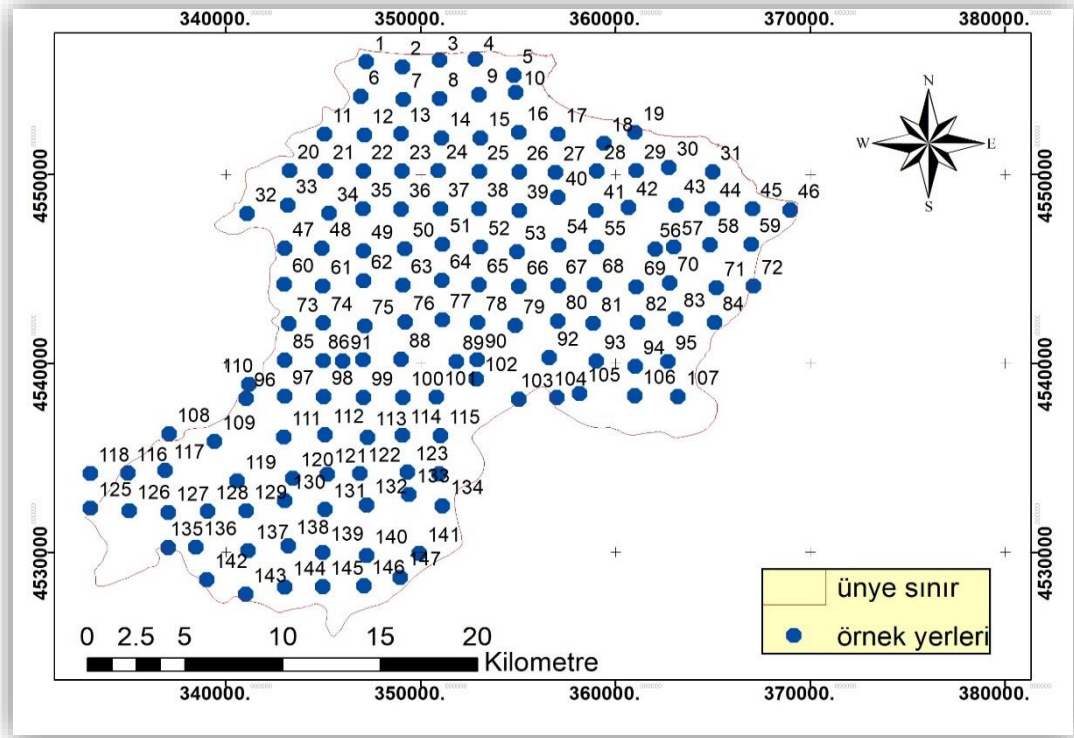
sınıflandırılma yapmışlardır. Harita çıktılarına göre eğimli arazilerde yıllık toprak kayıp miktarı $52 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ olarak tespit edilirken, düz alanların yıllık toprak kaybı $27 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.

Diadota, (2005) İtalya'da gerçekleştirdiği bir çalışmada erozyon risk değerlendirmelerinde sağanak yağış biçiminin erosif gücünü hesaplamış ve bulgularını jeostatiksel hesaplarla değerlendirmiştir.

Fu ve ark., (2005) Çin'de yer alan Sarı Irmak havzasına bağlı Yahne Bölgesinde, Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojisi kullanarak bölgenin aşınmaya karşı duyarlılık haritasını oluşturmuşlardır. Havzada meydana gelen su erozyonunun etkisiyle oluşan toprak kaybı ortaya koyulmuş ve jeostatiksel hesaplama metodu ile hesaplanmıştır.

Onari ve ark., (2006) Sicilya Adası'nın Comunelli havzasında RUSLE modeli ile arazinin senelik toprak kaybını $95 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ olarak bulmuşlardır.

Bahadır, (2008) Kuzey Tayland Yukarı Nam Wa havzası topraklarında erozyon risk derecesini belirlemek amacıyla RUSLE metodunu Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknolojileri ile birlikte kullanarak çalışmıştır. 480 – 2070 m aralığında değişiklik gösteren yükseklikte olan çalışma alanının bitki örtüsünün orman olduğunu ifade etmiştir. Tüm parametrik sonuçlar bir araya getirilip RUSLE modelinde uygulamaya koyulmuştur. Araştırmacı, arazinin %47'lik bir kısmında toprak kaybının $3 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yıl}^{-1}$ dan az olduğunu hesaplayarak bu sonuca ulaşılmasında çalışma alanının bitki örtüsü ile kaplı olmasının önemli sonuç doğurduğunu ifade etmiştir.



Şekil 3.2 Toprak örneklerinin alındıkları yerler

3.1.2 Araştırma Alanının İklimi

Ünye ve civarında Karadeniz iklimi etkilidir. Her mevsim yağış almasından dolayı, bulutlu gün sayısı ile yıllık yağış miktarı fazladır. Kıyıdağın itibaren duvar gibi yükselen dağlar, Karadeniz üzerinden gelen nemli hava kütlelerinin dağların denize bakan yamaçlarında yağış bırakmalarına, iç kısımlara da kuru olarak geçmelerine neden olur. Buna bağlı olarak, yağış miktarı güneye gidildikçe azalır ve Karadeniz iklimi yerini karasal iklime bırakır. Bölgelerin iç kesimlerinde günlük ve yıllık sıcaklık farkları kıyıya nazaran daha fazladır. Bölgede her mevsim etkili, soğuk karakterli poyraz kuzeydoğudan, karayel ise kuzeybatıdan yer yer şiddetli olarak eser. Sıcak ve ılıman bir iklime sahip olan Ünye’de en kurak aylarda bile yağış görülebilmektedir. Yağış şekli genelde yağmur olarak gerçekleşmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı 1066 mm ve yıllık ortalama sıcaklık ise 14.2 °C’dir (Anonim, 2018).

Ordu ili uzun süreli iklim verilerine bakıldığında (1959 - 2017 arası) en yüksek sıcaklık 37.3 °C iken, en düşük sıcaklık -7.2 °C olarak kayıt edilmiştir. (Çizelge 3.1) (Anonim, 2017).

Çizelge 3.1 1959 - 2017 yılları arası ortalama sıcaklık ve yağış verileri

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
°C	6.8	6.9	8.1	11.5	15.8	20.4	23.0	23.3	20.0	15.9	11.9	8.8
P (mm)	97.2	78.9	78.9	68.8	56.0	75.1	63.6	67.7	79.9	131.9	125.8	113.9
Ey°C	25.4	28.3	32.8	36.8	35.8	37.3	37.1	34.4	36.4	34.2	32.4	29.7
Ed°C	-7.2	-6.7	-4.7	-1.4	3.4	8.4	12.6	13.0	8.2	2.5	-1.5	-3.2

P: Yağış miktarı **Ey°C:** En yüksek Sıcaklık **Ed°C:** En düşük sıcaklık **°C:** Sıcaklık

3.1.3 Araştırma Alanının Toprakları

Türkmen, (2011) Karadeniz Bölgesinde Ordu iline dair yapmış olduğu çalışmada; Toprak Taksonomisine göre beş farklı ordo tespit etmiştir. Bu ordolar; Vertisol, Alfisol, Mollisol, Inceptisol ve Entisol ordolarından oluşmaktadır. Bu çalışmada içerisinde petrografik, jeokimyasal ve minerolojik analiz sonuçları, ana kayaçların toprak oluşumunda ve karakter kazanmasında önemli rol aldığını ayrışma indekslerine göre il topraklarının büyük bir kısmını temsil ettiğini belirtilmiştir. Araştırıcı Karadeniz Bölgesi ve Ordu ili topoğrafyasının toprak altı dreneja etkisiyle toprak oluşumunda söz sahibi olan etmenler içerisinde önemli bir yere sahip olduğunu belirtmiştir.

3.1.4 Araştırma Alanının Jeolojisi

Ünye ilçesi, genel itibari ile engebe ve topoğrafik eğimin sıklıkla değiştiği bir arazi yapısına sahiptir. Sahil kesiminden güneye doğru gidildikçe eğim derecesinin arttığı dik yamaçlar yer almaktadır. MTA (Maden Tetkik Arama Enstitüsü, 1994) tarafından hazırlanmış olan 1:25.000 ölçekli jeolojik haritadaki verilere göre bölgede görülen en eski birim üst Kretase yaşlı volkano sedimanter fliş fasiyesi'dir. Kıyıda yaklaşık 10 km içeride denize paralel seyir izleyen dağların yüzeyleri kumtaşı, kireçtaşı ve marnlardan oluşurken, bazı alanlarda andezit ve bazalt yüzeyler içerir. Genel itibari ile kırmızımsı, kahverengi, gri, yeşil, alacalı ve sarı renklere gözüken istifler, yüksek tektonizma sonucunda kıvrımlar ve yapraklanma gibi tektonik özellikler oluşmuştur.

Kızılkaya Formasyonu, Ordu ili genelinde yüzeylenen dasit, riyodasit, trakiandezit ve piroklastlarından oluşur. Kızılkaya formasyonu, Kurulkayası ve çevresinde, Melet ırmağı vadisi yamaçlarında, Susuz, Düzyataktepe, Kabataş ilçesi kuzeybatısı,

Zindankaya, Kızılkaya tepeleri ve çevresinde, Ünye'nin güneydoğusunda yer alan Kale' de görülür. (Ateş ve ark., 2004).

Kurt, (2007)'a göre; Formasyonda Eosen, kumtaşı, konglomera, marn, kalker ve kısım kısım tuf yapıların ardalanması ile meydana gelen fliş yapı ile kendini gösterir. Eosen fliş'i genellikle andezit ve bazalt dayk'ları ile kesilmiştir. Bu iki birimin; Üst Kretase ve Eosen birbirlerinden ayırt edilmelerinin oldukça zor olduğunu, İki fliş bileşimi hemen hemen farksız ve aralarındaki farkın, ancak derin vadi profillerinde görülebilir olduğunu belirtmiştir.

Bölgede karasal ve denizel kökenli eski ve yeni alüvyon ile temsil edilen; Kum, kil, silt ve çakıldan meydana gelen Kuvaterner yapı görülmektedir. Karadeniz Bölgesinde yaygın olan eosen flişi bölgede de aynı karakteristik özelliği göstermektedir. İyi tabakalanmış marn, Eosen kumtaşı, konglomera, marn ara katkılı ince tabakalı kalker ve tüflerin ardalanması ile oluşmuştur (Kurt, 2007).

Usta ve ark, (2007) tarafından yapılan bir çalışmaya göre Ünye ilçesinde yer alan bazı köylerde (Göbünalçı, Yenikızılcakese, Dağköy) ve genel olarak Ünye ilçesine dair; Doğu Pontid Tektonik Kuşağında yer alan çalışma alanı kıvrım ve kırık tektoniğinin oluşumunda Alt ve Orta Alpin Orojenik Fazları etken olmuştur. Tektonik yapı genel olarak Kuzeybatı-Güneydoğu yönünde gelişmiştir. Alanda denizaltı volkanizması görülmektedir. Araştırmacılar volkanizmanın yoğun olarak bulunduğu alanda tortul ve magmatik oluşumlar gözükmemektedir. Volkanizmanın ve tortullaşmanın art arda olduğunu ve Üst Kretase-Eosen zaman aralığında geliştiğini belirtmiştir.

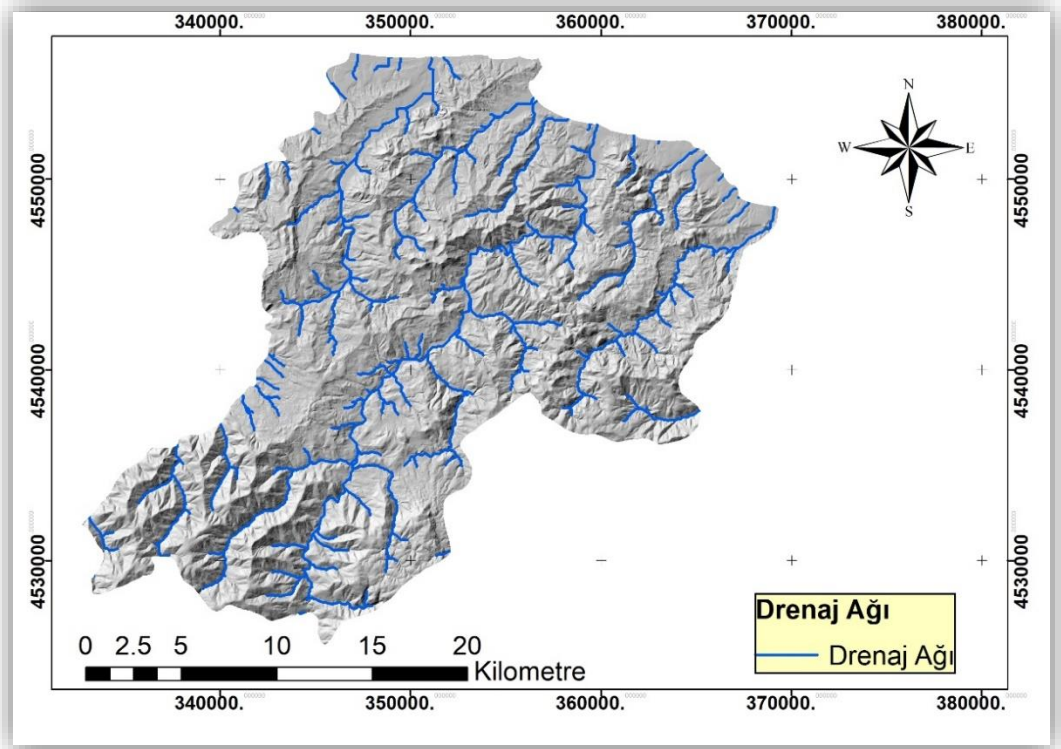
Volkanizma andezit, bazalt ve trakiandezit bileşime sahip olup, tuf-breş ile aglomera içermektedir. Kireçtaşı, kumtaşı, kiltası, çamurtaşı, tüfit, marn ve konglomera türünde ise genellikle Tortul kayalar gözükmemektedir (Göksu, 1964; Çınar, 1988).

Tekkiraz üyesi: Ünye'nin güneyinde, Tekkiraz-İnkum arası ve çevresinde, Çatalpınar'ın kuzeyinde, Çaka deresi vadisinde yüzeyleyen birim Akveren formasyonunun tabanında daha yaygındır. Birim, kumtaşı, siltaşı, kiltası, tüfit, çamurtaşı ardalanması ile seyrek çakıltaşı ara düzeylerinden meydana gelir. Akveren formasyonunun kireçtaşı-kumlu kireçtaşı düzeylerine göre daha yumuşak bir topoğrafya oluşturan Tekkiraz üyesine ait litolojiler genellikle düzgün, paralel, ince

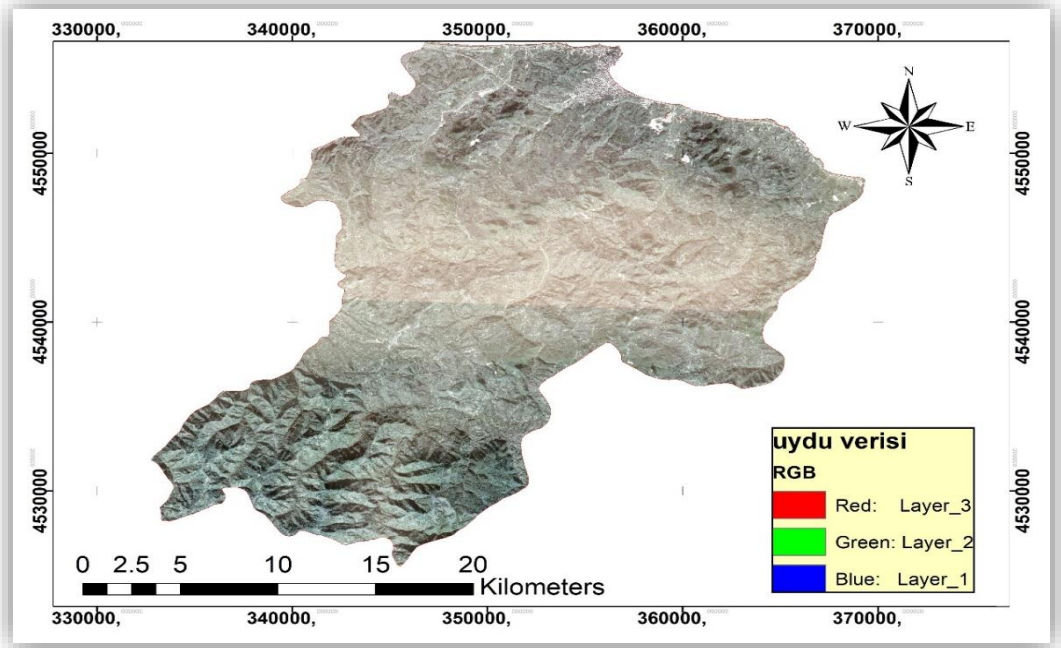
veya orta tabakalı ve orta veya çok ayrışmıştır. Birim içinde kayma oturma yapıları yaygındır (Ateş ark., 2004).

3.1.5 Çalışmada Kullanılan Altık Materyaller ve Programlar

Çalışmada temel altık materyal olarak, çalışma alanına ait topoğrafik harita (1/25.000 ölçekli), 1/100.000 ölçekli toprak haritası kullanılmış ve sayısallaştırılmıştır. Erozyon risk haritalarının oluşturulması, erozyona duyarlılık haritalarının yapılmasında ve topoğrafik haritaların sayısallaştırılmasında ArcGIS 10.3.1 yazılımı kullanılmıştır. Çalışma alanı kuzeyden güney'e doğru gittikçe artan ve doğu batı yönlerinde alacalı yükseklik gösteren dik eğimler barındıran bir topoğrafyaya sahiptir. Araziye ait yükseklik ve drenaj ağı Şekil 3.3'te yer alan kabartmalı haritadan izlenebilmektedir. Araziye ait SPOT 2015 uydu görüntüsü Şekil 3.4' de verilmiştir.



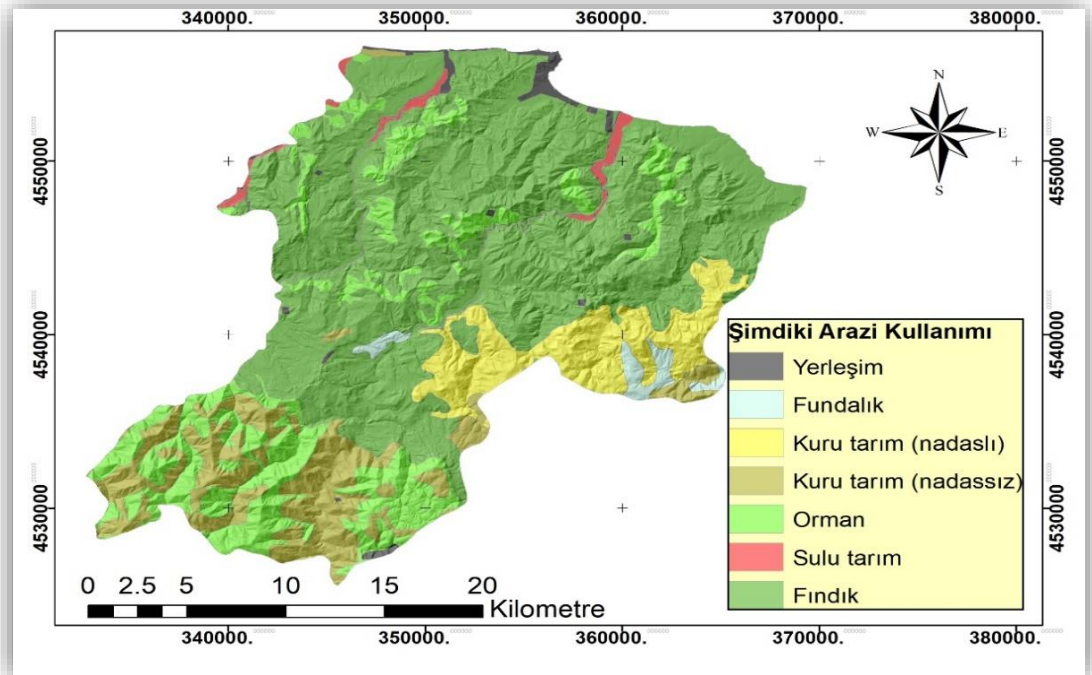
Şekil 3.3 Araştırma alanına ait drenaj ağı haritası



Şekil 3.4 Araştırma alanına ait uydu görüntüsü

3.1.6 Çalışma Alanı Arazi Kullanımı ve Arazi Örtü Dağılımı

Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Ordu il envanterine göre arazi kullanımları dikkate alınarak araştırma alanına ait arazi kullanım haritası ve bitki örtüsü dağılım haritası oluşturulmuştur.



Şekil 3.5 Araştırma alanı topraklarında arazi kullanımı ve arazi örtüsü dağılımı

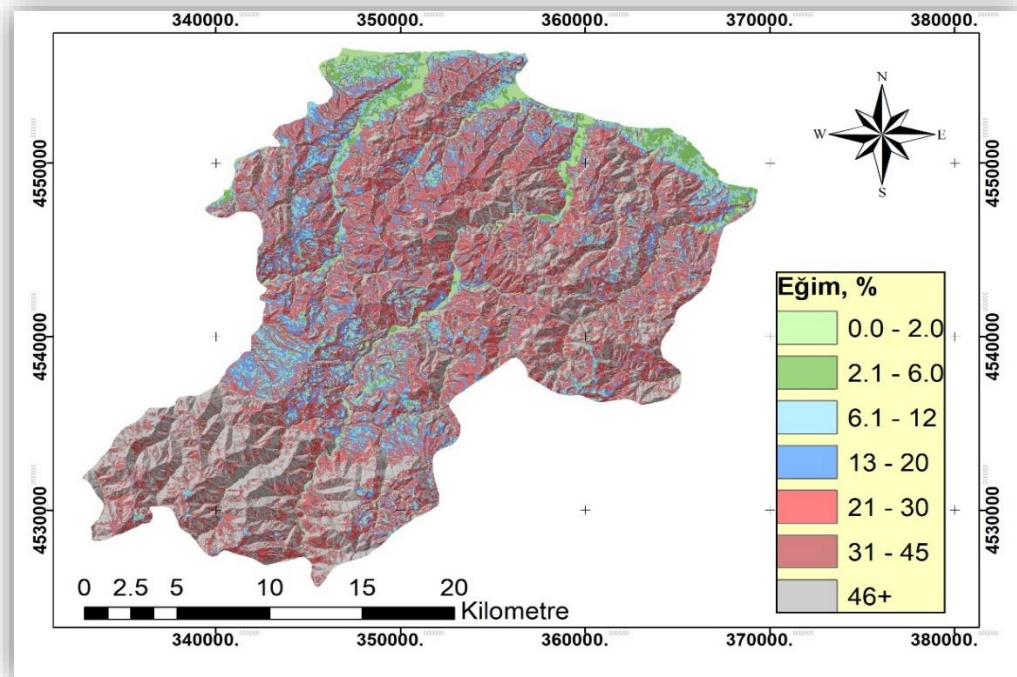
Yapılan çalışmalar neticesinde oluşturulan haritada arazinin 58396.71 ha olduğu tespit edilmiştir. Toplam alanın (%57.2'si) 334.28 ha'lık alanını dikili tarım (findık), (%17.9'u) 104.71 ha alanı orman iken geri kalan (%24.9'luk) 145 ha alanı ise nadaslı-nadassız kuru tarım, sulu tarım ve yerleşim alanından oluşmaktadır (Şekil 3.5).

3.1.7 Çalışma Alanı Genel Eğim Dağılımı

Araştırma alanı, il arazi varlığı haritalarında kullanılan Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılan standart eğim sınıfları dağılımına yönelik yedi sınıfta değerlendirilmiştir (Şekil 3.6 ve Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 Araştırma alanına ait eğim dereceleri dağılımı

Eğim Sınıfları	% Eğim	Eğim Sınıfları dağılımı (ha)	Eğim Sınıfları dağılımı (%)
Düz - Düze yakın	0-2	3425.47	5.8
Hafif	2-6	2217.81	3.7
Orta	6-12	4163.84	7.1
Dik	12-20	8210.57	14.05
Çok Dik	20-30	10962.91	18.7
Sarp	30-45	13634.53	23.3
Çok Sarp	45+	15781.58	27.02
Toplam		58396.71	100

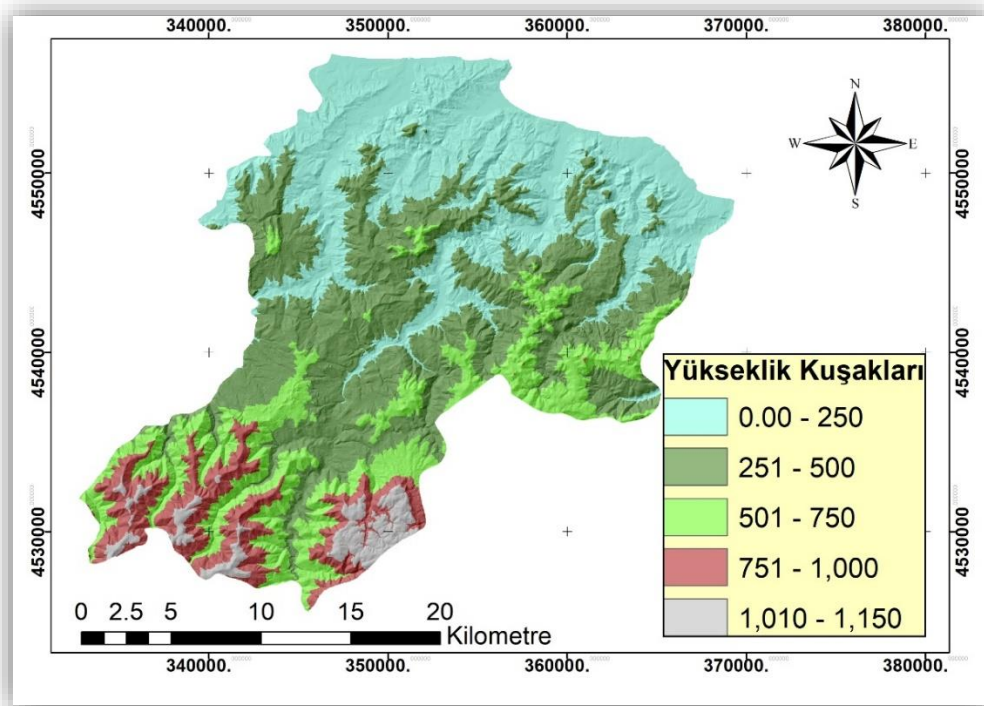


Şekil 3.6 Araştırma alanına ait % eğim sınıfları dağılım haritası

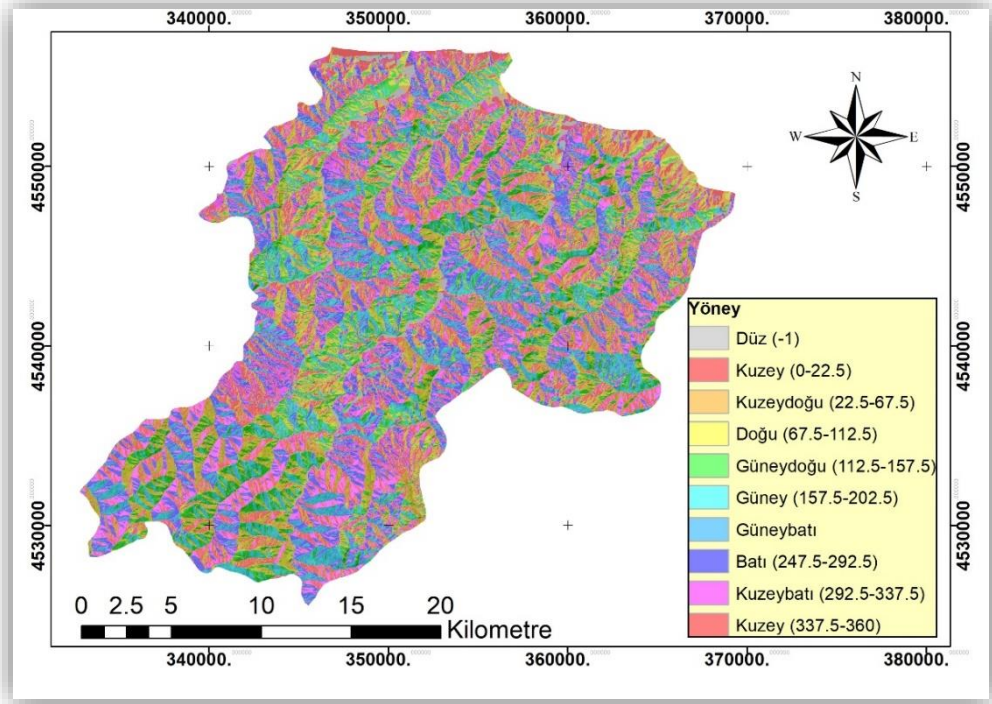
Eğim sınıfına göre arazinin; Düz ya da düze yakın, hafif eğimli ve orta eğime sahip alanların arazinin %16.6'sını kapladığını, dik ve çok dik eğime sahip alanların %32.75'lik bir alan oluşturdukları ve son olarak sarp ve çok sarp eğime sahip alanların ise %50.32'lik alanı kapladığı görülmektedir. Eğim sınıflarına baktığımızda arazinin büyük bir kısmının dik eğimlere sahip olduğu görülmektedir.

3.1.8 Çalışma Alanında Yükseklik ve Yöney

Çalışmanın gerçekleştirildiği Ünye ilçesinin yükseklik ve yöney haritaları (Şekil 3.7 ve Şekil 3.8) verilmiştir.



Şekil 3.7 Çalışma alanı yükseklik haritası



Şekil 3.8 Çalışma alanı yöney haritası

Çalışma deniz seviyesinden başlayıp Akkuş-Ünye ilçe sınırına, 1150m'ye kadar ulaşmaktadır. Çalışma alanında sıklıkla değişen orta, dik, çok dik eğim sınıfları görülmektedir. Genel yönel dağılımın ise Güney, Güneydoğu ve Doğu yönlerinde olduğu görülmektedir.

3.2 Laboratuvar Yöntemleri

Tekstür: Toprakların bünye sınıfları, hidrometre yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir (Bouyoucous, 1951).

Organik madde: Topraklardaki organik madde miktarı Walkley-Black yöntemi ile belirlenmiştir (Jackson, 1958).

Hidrolik geçirgenlik: Sabit su seviyeli hidrolik geçirgenlik setleri kullanılarak belirlenmiştir (Klute ve Dirksen 1986).

Agregat Stabilitesi: Yolder tipi eleme aleti kullanılarak “ıslak eleme” metodu ile belirlenmiştir. (Kemper ve Rosenau, 1996).

3.3 Çalışmada Kullanılan Programlar ve Hesaplamalar

ArcGIS 10.3.1 programı ve alt modülü olan IDW (Mesafenin Tersine Göre Ağırlıklandırma) yöntemi kullanılmıştır.

Yöntem ile tahmin noktasının değeri, etrafında yer alan referans noktaların değerlerinden ağırlıklı olarak hesaplanır. Her bir referans noktasının değerine verilecek olan ağırlık değeri o noktanın tahmin noktasına olan uzaklığının bir fonksiyonu konumundadır. Tahmin noktasının bir değeri bulunduktan sonra, ağırlık fonksiyonu olarak, rastgele bir referans noktasını (x_i, y_i) temsil ederken belirlenecek tahmin noktasının koordinatları ise (x_0, y_0) olarak ifade edilir buna göre;

$$p_i = [(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2]^{-k} = (s_i^2)^{-k} \quad (1.1)$$

$$i = 1,2,3,\dots,m \quad k=1,2,3 \quad (1.2)$$

eşitliği kullanılır.

Mesafenin tersine göre enterpolasyon tekniği (IDW), enterpole edilen yüzey üzerindeki yakın noktaların, uzaktaki noktalardan daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayanır (Güler ve Kara, 2007). Bu teknik yöntem, enterpole edilecek noktadan uzaklaştığında ağırlığıda azalır, örnek noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre ise bir yüzey enterpolasyonu yapar (Arslanoğlu ve Özçelik, 2005).

Erodabilite (K) Faktörü: Laboratuvar ortamında bütün toprak örnekleri için yapılacak olan analizlere bağlı olarak K faktörü değeri belirlenir. K faktörü değerinin belirlenmesinde aşağıda ifade edilen ampirik denklemden faydalanılır (Wischmeier and Smith, 1978).

$$100 \times K = (2.1 \times 10^{-4}) \times (12-OM) \times M^{1.14} + 3.25 \times (S-2) + 2.5 \times (P-3) / d \quad (1.3)$$

Denklemin parametreleri;

K	: Toprağın erozyona duyarlılık faktörü
OM	: % Organik madde
S	: Toprak strüktür sınıfı kodu (1-6)
P	: Toprak su geçirgenliği kodu (permeabilite)
M	: Zerre irilik dağılım parametresi
d	: Metrik sisteme dönüştürme katsayısı (d=7.59)

Bu denklem içerisindeki M faktörünün hesaplanmasında;

$$M = (\% \text{ silt} + \% \text{ çok ince kum}) \times (100 - \% \text{ kil}) \quad (1.4)$$

formülü kullanılmıştır (Wischmeier ve Smith, 1978).

3.4 Erozyon Tahmin Modeli

3.4.1 RUSLE Erozyon Modeli

Erozyon risk tahmin modeli olan RUSLE, USLE erozyon modelinin 1987 yılında revize edilerek, birim alandaki toprak kayıplarını $t \text{ ha}^{-1} \cdot \text{yıl}^{-1}$ olarak belirleme amacı ile faydalanılan, daha önce gerçekleştirilen araştırmalara dayanarak geliştirilen yeni erozyon tahmin modelidir. Ülkemizde birçok araştırmada RUSLE erozyon modeli kullanılarak çeşitli çalışmalar yapılmış ve model farklı sahalarda uygulanmıştır (İrvem ve Tülücü, 2004; Ekinci, 2005; Cürebal ve Ekinci, 2006; Ekinci, 2007; Değerliyurt, 2013).

USLE modeli öncelikle tarım sahalarında uygulanmak amacıyla ile Wischmeier ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. 1972 yılında inşaat alanında, daha sonra ise mera ve orman alanlarında kullanımı için geliştirilerek kullanıma alınmıştır (Erkal, 2012). USLE ve RUSLE, arazi kullanımı ve kapallığı, topografya, toprak tipi, yağış ilişkileri üzerinden uzun dönem ortalama yıllık toprak kayıplarını tahmin etmektedir. USLE tarımsal alanlarda düşük eğimli topografyalar üzerindeki toprak erozyonunun hesaplanması için kullanılmıştır (Wischmeier ve Smith, 1978). RUSLE ise bozulmuş alanlar, meralar, ormanlarında dâhil olduğu daha geniş bir uygulama alanına sahiptir. (Renard ve ark., 1997). RUSLE modeline ait parametreler eşitlikte verilmiştir (Wischmeier ve Smith, 1978).

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (2.1)$$

A	: Yıllık toprak kaybı ($t \text{ ha}^{-1} \cdot \text{yıl}^{-1}$)
R	: Yağışın erozyon oluşturma gücü [$\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ saat}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$]
K	: Toprağın erozyona duyarlılık faktörü ($t \text{ ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ saat mm}^{-1}$)
L	: Eğim uzunluğu (m)
S	: Eğim derecesi (%)
C	: Ürün yönetimi faktörü (Bitkisel örtü) (birimsiz)
P	: Toprak koruma yöntemleri faktörü

3.4.1.1 Yağışın Erozyon Oluşturma Gücü (R)

Yağış şiddetinin gücü neticesinde topraklarda meydana gelebilecek kayıpları yani potansiyel erozyon risk durumunu RUSLE modeline ait ilk parametre olan R faktörü ifade eder (Chen ve ark., 2010).

R faktör dışında diğer bütün parametreler RUSLE modeline göre sabit kaldığında, işlemeli tarım yapılan sahalardaki toprak erozyon risk durumunun doğrudan yağış etmeni ile ilişkili olduğunu Özsoy yaptığı bir çalışmada tespit etmiştir (Özsoy, 2007).

R faktörü her bir yağmur damlasının çapının, yağış süresinin, kütesinin, yağış şiddetinin ve yağmur taneciklerinin düşme hızının bir fonksiyonudur (Renard ve ark., 1997). R faktörünün aşındırma etkisi yıllık yağış miktarındaki artışla doğru orantılıdır. R faktörü, bir yıl içerisinde gerçekleşen yağışların fırtına kinetik enerjisi ile maksimum 30 dakikalık fırtına süresi yağış yoğunluğu işleme alınarak hesaplanır. Yağışın yoğunluk değerleri ile yağışın süresi biliniyorsa aşağıdaki formül ile hesaplanır;

$$R = E \times I30 / 100 \quad (3.1)$$

R	: Yağışın erozyon oluşturma faktörü (MJ ha ⁻¹ yıl ⁻¹ x mm saat)
E	: Erozyon oluşturan yağışların toplam kinetik enerjisi (MJ ha ⁻¹ yıl ⁻¹)
I30	: 30 dakikalık maksimum yağış şiddeti (mm saat)

Yaygın olarak kullanılan metod MFI (Modifiye Fournier İndeks) indeksidir. Ülkemizde birçok meteoroloji istasyonunda formülde bulunan değerler ile ölçüm yapılmaz. Bu nedenle yapılan çoğu çalışmada R faktörünün hesaplanması için değişik yöntemler geliştirilmiştir. MFI yani Fournier indeksinin hesaplanmasında aylık ve yıllık yağış değerlerinden faydalanılmaktadır.

$$MFI = \sum_1^{12} \frac{P_i}{P} \quad (3.2)$$

MFI	: Meteorolojik istasyonlara ait MFI değerleri
P _i	: Aylık yağış miktarı (mm)
P	: Yıllık yağış ortalaması (mm)

Özsoy, (2007) yapmış olduğu bir çalışmada, Ordu ili ve çevresinde yer alan meteoroloji istasyonuna ait uzun yıllar verileri kullanılmıştır. Formül vasıtasıyla her bir meteoroloji istasyonunun MFI değerlerini hesaplamıştır. Hesaplanan MFI değerleri ile bilinen istasyonların R değerlerinin belirlenmesinde aşağıdaki denklemden faydalanılmıştır.

$$R = 0,1215 \times MFI2.2421 \quad (3.3)$$

Özsoy, (2007) gerçekleştirdiği çalışmada kullandığı R formülü ile hesaplanan R değerleri meteoroloji istasyonlarına ait değerlerdir. Bu değerler ile noktasal verilerin topoğrafya yüzeyine yayılabilmesi için yani çalışma alanına ait verilerin elde edilebilmesi için farklı araştırmacılar tarafından çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Birçok çalışmada kullanılan eşitliklerden biri de $R_y = R_b * (P_y)^{1.75} / P_b$ denklemidir (Toy ve Foster, 1998; Erkal, 2012).

Eşitliği irdelenecek olursak denklemde yer alan parametreler;

R _y	: Değeri bilinmeyen nokta için hesaplanan R değeri
P _b	: Değeri bilinen referans istasyonun yıllık yağış miktarını ifade etmektedir

3.4.1.2 Toprağın Erozyona Duyarlılık Faktörü (K)

Toprağın K (aşınabilirlik) faktörü; Tekstür sınıflarındaki farklı sebeplerden meydana gelen toprağı aşındırıcı etmenlere karşı, toprağın direncini ve erozyona uğrama oranını gösterir.

%9 eğimli ve 22.1 metre uzunluğunda, devamlı nadas halde standart bir alan üzerinde ölçülen toprak erozyon şiddetinden elde edilen toprak kaybı değeri; K faktörüdür (Fernandez ve Nunez, 2011; Değerliyurt, 2013).

3.4.1.3 Eğim Uzunluğu ve Eğim Derecesi Faktörü (LS)

Standart USLE parselinde %9 eğim ile 22.1 metre uzunluğa sahip bir arazideki LS değeri 1'e eşittir ve LS değerleri mutlak değerler değildir (Wischmeier ve Smith, 1978). Arazinin bütün özellikleri eşit kabul edildiğinde, eğim ve uzunluk oranı LS faktörü için 1 kabul edilmektedir. Erozyonun derecesi için eğim faktörü doğrudan ilişkili bir topoğrafya parametresidir. Arazide bilhassa eğimin arttığı yerlerde topraklarda aşınma ve taşınmanın şiddetinin arttığı bilinmektedir.

Sayısal ortamda, eğim uzunluğu değerinin belirlenmesi amacı güdülerek birçok yöntem geliştirilmiş ve Kinnell, (2001) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Kinnell, (2001) yönteminin uygulanmasında ArcGIS programına ait hidroloji tool'u kullanılmıştır. Öncelikle çalışma sahasının 10mx10m çözünürlüğündeki DEM, sayısal yükseklik modeli verisi elde edilmiştir. Elde edilen bu veri sırası ile Fiil skins, Flow direction ve Flow accumulation işlemlerinden geçmiştir. Flow accumulation, eğim uzunluğu değerine denk gelmektedir.

Çalışmada kullanılan formül (Wischmeier ve Smith, 1978);

$$LS = 1.6 * Pow(((facc] * resolution) / 22.1 * 0.6) * Pow(Sin([slope] * 0.01745) / 0.09 * 1.3) \quad (4.1)$$

Pow	:	Üs
Resolution	:	Çözünürlük
Sin	:	Sinüs
Slope	:	Arazinin eğimi

3.4.1.4 Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü Faktörü (C)

Ürün yönetimi faktörü RUSLE yönteminde, bir ürünün varlığında belirli koşullar altında oluşan toprak kayıplarının, aynı alandaki bitki örtüsü olmadan ve sürekli nadas uygulandığı zamanda oluşan toprak kaybı miktarına oranını ifade eden değerdir.

Bitki örtüsü, bulunduğu bölgeye ve mevsimlere göre zayıf veya güçlü olarak farklılık gösterir. Aynı zamanda her ayrı bölgede ürün yetiştirme durumu, yıllık yağış potansiyeli ve bitkinin gelişme evresi gibi farklılıklar olması sebebiyle analizsel olarak C faktörünün bulunması gerekmektedir (Özsoy, 2007).

3.4.1.5 Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P)

RUSLE modeline ait son parametre olan toprak koruma önlemleri (P) ya da destek uygulama faktörü, topraklara destek olabilecek bir yönetim uygulamasıyla toprak kayıplarının, eğime paralel seyir izleyen toprak işleme işlemi sonucu meydana gelen toprak kayıplarına olan orantısıdır (Özsoy, 2007). Bu uygulama yöntemleri, prensip bakımından yüzey akışını şiddetsel ve miktarsal boyuta düşürerek, toprak degradasyonunu etkiler (Renard ve Foster, 1983).

Araziye ait toprakları korumaya yönelik önlemler alınmıyorsa, RUSLE erozyon modeline göre toprak koruma önlemleri "P=1.0" olarak alınır (Wischmeier ve Smith, 1978; Çanga, 1985).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Çalışma Alanı Topraklarının Analiz Sonuçları

Ordu ili Ünye ilçesi sınırları içerisinde 2000x2000m aralıklarla grid sistemine göre alınan toprak örneklerinde yapılan analizlere ait sonuçlar Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1 Arazi topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (n=147)

No	Koordinatlar (UTM. ZONE 37 m)		Hİ cm saat ⁻¹	OM %	AS %	Mekanik Analiz %			Bünye Sınıfı
	Doğu	Kuzey				Kil	Silt	Kum	
1	347203	4555978	0.73	2.91	70.30	20.05	21.30	58.65	SCL
2	349059	4555708	0.28	3.54	42.60	34.80	35.58	29.62	CL
3	350957	4556083	0.62	3.02	78.43	21.50	26.81	51.69	SCL
4	352811	4556111	0.68	3.46	68.17	20.72	25.60	53.68	SCL
5	354787	4555266	0.25	2.76	81.22	34.65	27.51	37.84	CL
6	346919	4554136	0.18	3.26	91.12	46.49	26.60	26.91	C
7	349094	4553973	0.21	2.60	80.12	42.08	30.03	27.89	C
8	350975	4554037	0.25	3.56	70.91	40.75	38.12	21.13	C
9	352980	4554238	0.30	3.76	61.84	29.64	22.80	47.56	SCL
10	354870	4554355	0.20	5.86	94.95	40.48	25.43	34.09	C
11	345055	4552153	0.17	7.16	92.13	50.50	25.96	23.54	C
12	347097	4552089	0.33	4.64	91.04	28.61	23.55	47.84	SCL
13	348995	4552160	0.23	5.92	87.72	34.53	23.34	42.13	CL
14	351057	4551935	1.17	3.53	67.20	15.99	21.78	62.23	SL
15	353058	4551936	0.17	3.77	91.12	46.36	22.53	31.11	C
16	355032	4552235	0.17	4.09	75.56	46.21	22.73	31.06	C
17	357049	4552133	0.16	3.37	73.83	48.08	21.70	30.22	C
18	359400	4551658	0.16	4.36	74.11	42.75	18.42	38.83	C
19	360991	4552242	0.30	3.98	51.77	32.81	33.03	34.16	CL
20	343266	4550220	0.19	4.53	88.78	44.13	27.70	28.17	C
21	345099	4550180	0.25	2.46	73.84	36.01	30.09	33.90	CL
22	347054	4550200	0.22	3.43	64.56	39.28	29.61	31.11	CL
23	349026	4550190	0.21	4.80	62.03	57.42	28.09	14.49	C
24	350896	4550221	0.27	2.36	59.08	32.45	22.76	44.79	CL
25	353011	4550161	0.22	2.69	75.70	66.01	15.21	18.78	C
26	355050	4550137	0.17	4.73	82.96	41.16	18.21	40.63	C
27	356919	4550126	0.16	4.28	85.48	48.74	21.59	29.67	C
28	359031	4550198	0.28	4.10	84.07	32.61	27.96	39.43	CL
29	361072	4550223	0.25	7.24	88.45	34.17	24.17	41.66	CL

Hİ: Hidrolik iletkenlik

OM: Organik madde

AS: Agregat Stabilitesi

Çizelge 4.1 Arazi topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (n=147)(devamı)

No	Koordinatlar (UTM. ZONE 37 m)		Hİ cm saat ⁻¹	OM %	AS %	Mekanik Analiz %			Bünye Sınıfı
	Doğu	Kuzey				Kil	Silt	Kum	
30	362746	4550386	1.02	5.73	83.13	16.56	19.50	63.94	SL
31	364986	4550134	0.45	2.69	58.62	26.02	30.43	43.55	L
32	341083	4547927	0.36	3.88	82.91	28.59	30.83	40.58	CL
33	343171	4548366	0.28	3.58	88.95	36.11	35.52	28.37	CL
34	345297	4547951	0.29	2.12	86.56	69.50	17.30	13.20	C
35	347030	4548198	0.18	5.80	89.93	50.90	27.17	21.93	C
36	348994	4548162	0.14	1.81	72.93	47.04	16.46	36.50	C
37	351006	4548184	0.20	2.05	73.54	38.42	22.53	39.05	CL
38	352998	4548197	0.17	3.23	78.30	47.12	22.88	30.00	C
39	355054	4548088	0.40	5.26	85.39	27.36	25.99	46.65	SCL
40	357039	4548783	0.79	2.60	74.32	19.24	16.90	63.86	SL
41	358996	4548107	0.26	2.84	70.30	39.11	38.29	22.60	CL
42	360676	4548257	0.30	5.21	95.02	30.80	24.85	44.35	CL
43	363116	4548381	1.33	4.23	77.46	14.99	19.32	65.69	SL
44	364963	4548187	1.55	7.23	93.50	14.01	29.36	56.63	SL
45	367039	4548190	0.21	7.02	84.01	33.54	13.15	53.31	SCL
46	368980	4548113	0.55	2.64	32.90	22.30	13.00	64.70	SCL
47	343019	4546087	0.26	3.94	86.62	33.69	28.62	37.69	CL
48	344916	4546091	0.19	6.33	90.54	60.26	20.36	19.38	C
49	347060	4545965	0.19	4.62	98.79	61.91	18.50	19.59	C
50	349175	4546081	0.18	1.62	71.72	57.54	20.84	21.62	C
51	351096	4546297	0.38	4.46	88.65	29.46	31.40	39.14	CL
52	353061	4546173	0.83	4.13	88.34	19.42	23.25	57.33	SL
53	354935	4545910	0.20	2.52	69.20	39.85	25.93	34.22	CL
54	357092	4546258	0.22	3.51	94.71	36.42	22.77	40.81	CL
55	359017	4546165	0.19	4.82	90.26	44.79	29.01	26.20	C
56	362048	4546059	0.56	5.40	88.31	22.03	15.14	62.83	SCL
57	363000	4546164	0.79	4.34	86.84	18.94	16.35	64.71	SL
58	364848	4546284	0.74	4.28	78.28	20.18	23.15	56.67	SCL
59	366968	4546308	1.04	3.26	67.84	17.07	21.98	60.95	SL
60	342998	4544180	1.07	3.20	68.75	17.45	27.88	54.67	SL
61	344969	4544093	0.25	3.31	84.94	32.85	20.96	46.19	SCL
62	347052	4544381	0.24	2.38	54.28	36.18	28.37	35.45	CL
63	349093	4544152	0.16	4.03	80.89	52.16	20.62	27.22	C
64	351089	4544403	0.15	2.64	82.17	55.74	15.98	28.28	C
65	352991	4544155	0.80	1.93	51.36	19.05	17.87	63.08	SL
66	355045	4544078	0.32	2.21	79.54	30.10	25.20	44.70	CL
67	357051	4544109	0.79	2.47	33.26	20.08	30.78	49.14	L

Hİ: Hidrolik iletkenlik

OM: Organik madde

AS: Agregat Stabilitesi

Çizelge 4.1 Arazi topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (n=147)(devamı)

No	Koordinatlar		Hİ cm saat ⁻¹	OM %	AS %	Mekanik Analiz %			Bünye Sınıfı
	Doğu	Kuzey				Kil	Silt	Kum	
68	358920	4544166	0.20	3.40	62.67	40.02	26.89	33.09	C
69	361065	4544046	0.17	2.95	98.52	42.97	23.40	33.63	C
70	362775	4544247	0.20	6.03	89.36	39.88	26.65	33.47	CL
71	365182	4543996	0.24	2.44	74.08	33.08	19.76	47.16	SCL
72	367086	4544087	0.36	3.71	75.66	29.45	29.49	41.06	CL
73	343218	4542101	0.18	4.25	86.87	49.03	25.66	25.31	C
74	344999	4542144	0.40	3.05	84.00	27.00	26.65	46.35	SCL
75	347123	4541979	0.14	4.72	89.05	49.80	15.53	34.67	C
76	349206	4542181	0.18	3.26	93.84	59.81	18.56	21.63	C
77	351100	4542310	0.29	2.40	58.18	32.06	28.36	39.58	CL
78	352922	4542164	0.20	3.36	82.66	39.04	24.12	36.84	CL
79	354856	4542008	0.99	2.36	47.51	18.04	31.66	50.30	L
80	357049	4542230	0.17	2.78	81.01	45.04	22.66	32.30	C
81	358849	4542118	0.43	3.23	74.49	27.22	30.39	42.39	CL
82	361139	4542175	0.42	3.02	88.17	27.36	29.95	42.69	CL
83	363093	4542349	0.71	3.39	66.31	20.09	16.70	63.21	SCL
84	365090	4542160	0.62	5.47	94.82	22.98	34.60	42.42	L
85	343019	4540165	0.18	3.32	92.63	48.74	26.03	25.23	C
86	344987	4540132	0.17	7.07	98.54	51.33	24.85	23.82	C
87	347039	4540180	0.20	5.04	88.04	55.44	27.72	16.84	C
88	348997	4540220	0.19	5.82	85.85	38.59	21.98	39.43	CL
89	351821	4540105	0.35	5.70	93.56	32.27	37.61	30.12	CL
90	352901	4540179	0.30	5.81	88.54	30.56	26.40	43.04	CL
91	345985	4540125	0.19	2.40	73.86	41.02	25.21	33.77	C
92	356605	4540298	1.33	5.33	92.99	15.46	20.88	63.66	SL
93	359018	4540121	0.17	3.16	85.22	46.19	22.66	31.15	C
94	361018	4539830	0.61	2.73	65.07	22.42	24.21	53.37	SCL
95	362680	4540101	0.40	4.27	91.57	29.20	35.51	35.29	CL
96	341029	4538145	0.20	2.72	72.48	36.10	19.40	44.50	CL
97	343000	4538250	0.18	2.83	88.16	57.53	20.62	21.85	C
98	345011	4538228	0.41	2.62	73.13	28.41	33.08	38.51	CL
99	347055	4538183	0.17	3.63	97.21	45.68	24.86	29.46	C
100	349086	4538191	0.26	2.69	82.68	33.48	24.25	42.27	CL
101	350810	4538221	0.31	2.06	62.79	32.41	30.32	37.27	CL
102	352861	4539163	0.25	2.83	49.62	34.82	26.87	38.31	CL
103	355041	4538101	0.62	5.79	77.69	22.35	25.19	52.46	SCL
104	357001	4538191	1.03	2.44	75.24	16.77	20.00	63.23	SL

Hİ: Hidrolik iletkenlik

OM: Organik madde

AS: Agregat Stabilitesi

Çizelge 4.1 Arazi topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (n=147)(devamı)

No	Koordinatlar		Hİ cm saat ⁻¹	OM %	AS %	Mekanik Analiz %			Bünye Sınıfı
	Doğu	Kuzey				Kil	Silt	Kum	
105	358148	4538396	0.63	4.67	87.53	21.42	16.34	62.24	SCL
106	360989	4538275	0.25	4.63	97.30	34.06	24.67	41.27	CL
107	363213	4538242	1.02	4.24	72.61	17.45	17.53	65.02	SL
108	337074	4536260	0.57	3.12	67.84	23.05	28.14	48.81	L
109	339415	4535871	1.02	2.29	69.40	17.26	18.81	63.93	SL
110	341168	4538891	0.72	1.73	72.22	20.19	18.90	60.91	SCL
111	342965	4536088	0.46	4.40	76.03	23.74	15.93	60.33	SCL
112	345070	4536201	0.21	3.26	87.63	57.78	27.31	14.91	C
113	347260	4536078	0.27	4.42	91.84	33.89	28.64	37.47	CL
114	349054	4536181	0.19	2.88	92.64	56.13	26.25	17.62	C
115	351021	4536159	0.19	4.33	91.33	59.57	20.84	19.59	C
116	334968	4534175	0.76	4.71	80.87	19.83	26.87	53.30	SL
117	336880	4534329	1.53	4.00	87.34	13.76	24.57	61.67	SL
118	333032	4534159	1.03	6.33	91.79	17.49	19.20	63.31	SL
119	340570	4533760	0.47	5.17	91.32	26.90	36.94	36.16	L
120	343441	4533916	0.22	2.39	75.82	37.04	25.53	37.43	CL
121	345189	4534125	0.47	2.51	66.93	24.54	27.48	47.98	SCL
122	346867	4534157	0.21	3.14	75.64	36.87	22.10	41.03	CL
123	349322	4534231	0.17	2.09	84.96	47.13	24.61	28.26	C
124	350952	4534132	0.18	4.13	92.56	40.92	25.51	33.57	C
125	333043	4532330	0.58	2.00	73.12	23.20	28.54	48.26	L
126	335028	4532186	0.29	4.23	81.66	30.96	23.82	45.22	SCL
127	337028	4532090	2.04	0.92	57.11	12.16	14.43	73.41	SL
128	339047	4532152	0.39	4.69	87.89	28.48	28.23	43.29	CL
129	341030	4532182	0.39	2.94	80.03	24.71	9.38	65.91	SCL
130	343011	4532718	0.26	3.39	65.96	32.77	25.11	42.12	CL
131	345092	4532250	0.33	2.36	71.11	28.73	23.48	47.79	SCL
132	347226	4532488	0.47	2.32	63.44	24.73	26.54	48.73	SCL
133	349395	4533045	0.56	3.23	84.91	24.27	32.63	43.10	L
134	351117	4532433	0.96	5.99	98.68	17.97	29.02	53.01	SL
135	337027	4530223	0.67	5.06	93.31	21.73	33.31	44.96	L
136	338454	4530256	0.87	5.52	97.98	19.06	30.34	50.60	L
137	341122	4530059	0.56	3.61	88.92	24.28	33.88	41.84	L
138	343192	4530325	0.90	3.56	82.89	18.41	17.52	64.07	SL
139	344955	4529985	0.46	1.91	50.52	25.56	31.04	43.40	L
140	347222	4529824	0.64	6.61	94.83	21.40	19.06	59.54	SCL
141	349931	4529921	1.07	5.10	95.99	16.87	26.94	56.19	SL

Hİ: Hidrolik iletkenlik

OM: Organik madde

AS: Agregat Stabilitesi

Çizelge 4.1 Arazi topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (n=147)(devamı)

No	Koordinatlar		Hİ cm saat ⁻¹	OM %	AS %	Mekanik Analiz %			Bünye Sınıfı
	Doğu	Kuzey				Kil	Silt	Kum	
142	339009	4528527	0.36	3.37	89.87	28.60	29.40	42.00	CL
143	341011	4527757	0.78	8.66	98.19	18.50	13.27	68.23	SL
144	343022	4528140	0.45	2.47	74.66	25.86	28.74	45.40	L
145	344972	4528163	0.47	2.70	82.53	25.47	26.80	47.73	SCL
146	347075	4528211	0.72	7.30	88.07	21.24	31.48	47.28	L
147	348935	4528651	0.54	9.39	98.80	23.54	31.75	44.71	L
Maksimum				9.39	98.8	69.5	38.29	73.41	
Minimum				0.92	32.9	12.16	9.38	13.2	
Ortalama				5.1	65.85	40.83	23.83	43.3	

Hİ: Hidrolik iletkenlik OM: Organik madde AS: Agregat Stabilitesi

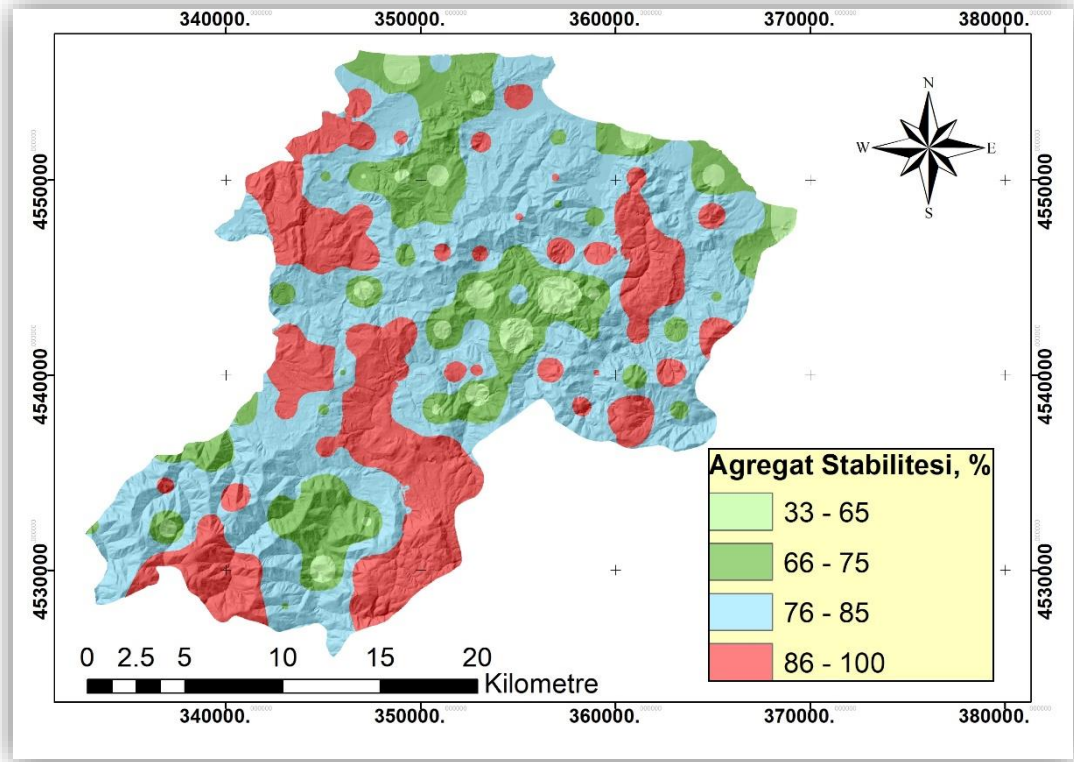
4.1.1 Agregat Stabilitesi

Araştırma alanına ait toprakların agregat stabilitesi değerlerine bakıldığında değerlerin %32.9-%98.8 arasında değişiklik gösterdiği gözlemlenmiştir. Aşkın, (1997) AS değerleri %56'dan küçük ve Özbek, (1993) ise %40'tan küçük olan toprakları "kuvvetli derecede aşınabilir" olarak nitelendirmiştir. Buna göre %65.8'lik ortalama değer incelendiğinde arazinin birim ağırlığında ki topraklarının aşınmaya karşı dayanıklı olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanı topraklarının agregat stabilitesi dağılım aralığı aşağıda Çizelge 4.2' de yer alan tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Arazini topraklarının agregat stabilitesi dağılımı

Dağılım Aralığı (AS, %)	Alan (ha)	Oran (%)
32-65	2165.11	3.71
65-75	11007.10	18.85
75-85	29534.70	50.58
85-100	15690.84	26.87
Toplam	58397.75	100.00

Agregat stabilitesi değerleri incelendiğinde arazinin %22.35'lik kısmında agregat strabilitesi değerinin %75'in altında olduğu görülmektedir. Arazinin %77.45'lik kısmının agregat stabilitesi değerinin %75 den büyük olduğu olduğu Çizelge 4.2'den görülmektedir. Çizelgeden de görüldüğü üzere arazi topraklarının büyük bir kısmının aşınmaya karşı dayanıklı olduğu söylenebilmektedir.



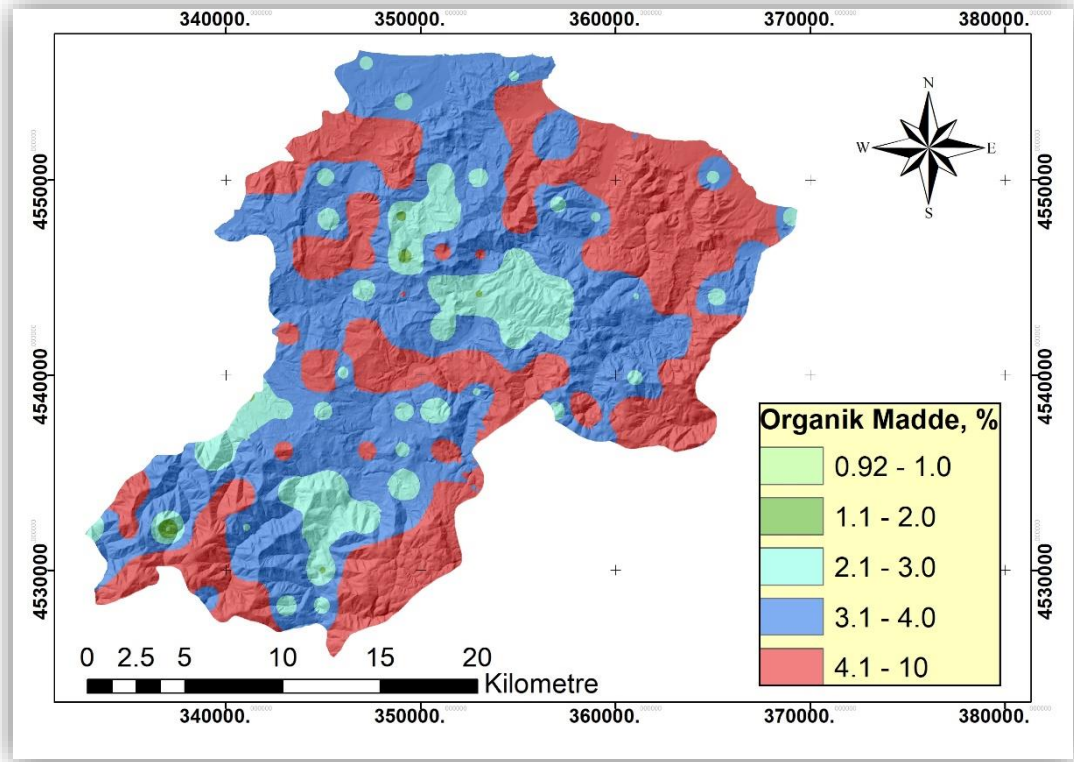
Şekil 4.1 Araziye ait agregat stabilitesi dağılım haritası

Şekil 4.1’ de yer alan haritada da görüldüğü üzere arazi sınırlarının büyük bir kısmında agregat stabilitesi %75’in üzerinde değere sahiptir. %75’ in altında yer yer parça alanlar görülmektedir. Agregat stabilitesi değeri arazinin genelinde yüksek olmakla beraber, yüksek değerler arazinin Güney, Güney Doğu, Batı ve Doğu yönlerinde yayılım göstermektedir. Çalışma alanı genel olarak değerlendirildiğinde arazinin agregat stabilitesinin yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir.

4.1.2 Organik Madde

Çalışma alanı topraklarının sahip olduğu organik madde miktarı %0.92 - %9.39 değerleri arasında değişim göstermektedir. Ortalama %5.12’lik ortalama değere sahip olan toprakların, organik maddece zengin olduğu söylenebilmektedir.

Çalışma arazisine ait toprak örneklerinin organik madde dağılım haritası Şekil 4.2’de ve organik madde dağılım oranları Çizelge 4.3’te verilmiştir.



Şekil 4.2 Araziye ait topraklarda organik madde dağılım haritası

Organik madde dağılım haritası incelendiğinde organik maddenin arazinin çoğunda yeterli düzeylerde olduğu görülmektedir (Şekil 4.2).

Çizelge 4.3 Araziye ait organik madde dağılımı

Dağılım Aralığı (%)	Derecesi	Alan (da)	Oran %
0.92-1	Çok Az	4.1	0.007
1.1-2	Az	156.1	0.26
2.1-3	Orta	7500.6	12.8
3.1-4	İyi	28385.2	48.6
4.1+	Yüksek	22351.5	38.2
Toplam		58397.7	100

Çizelge 4.3'ü incelediğimizde çalışma alanında Anonim, (1988)'e göre % 13'ünde orta ve az değerler var iken, alanın %87'sinde organik madde miktarı iyi ve yüksek durumdadır. Çalışma alanının organik maddece zengin olduğu tespit edilmiştir.

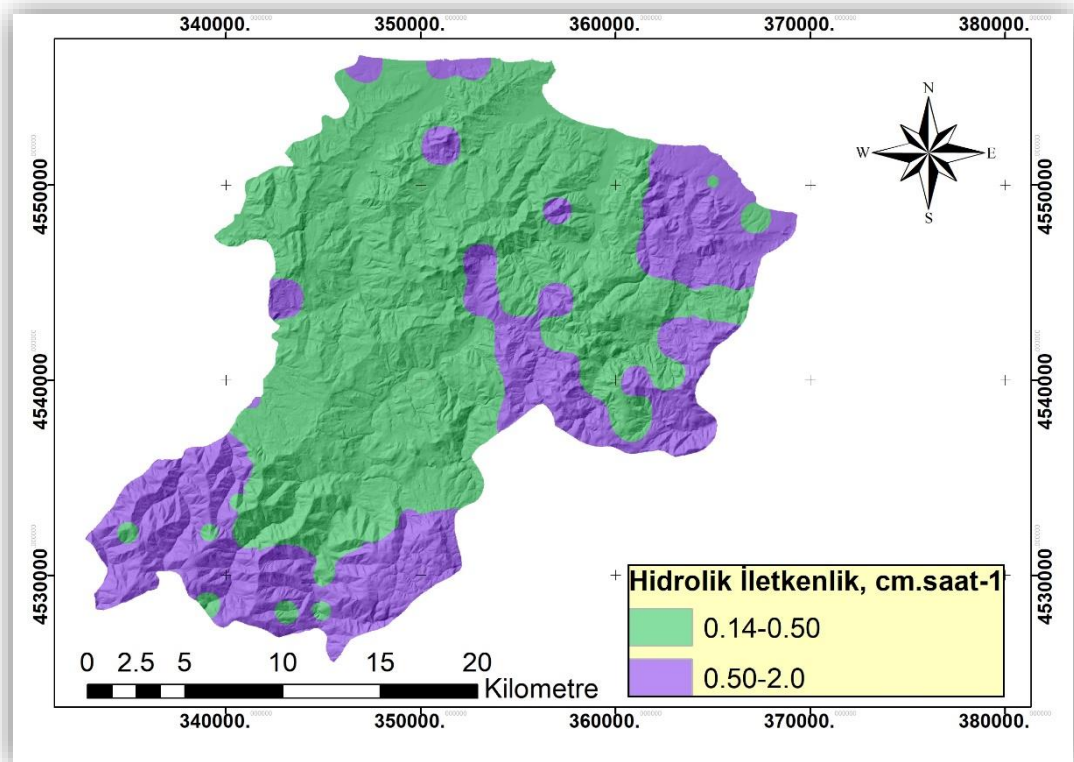
4.1.3 Doygun Su Geçirgenliği

Çalışma alanı arazi topraklarının hidrolik iletkenlik değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4 Çalışma alanı topraklarının hidrolik iletkenlik değerleri

Dağılım Aralığı (cm saat ⁻¹)	Geçirgenlik sınıfı	Alan (ha)	Oran %
0.125'den az	Çok yavaş		
0.125-0.50	Oldukça yavaş	38416.30	65.78
0.51-2.0	Yavaş	19981.45	34.22
2.0-6.25	Orta		
6.25-12.5	Oldukça hızlı		
12.5-25.0	Hızlı		
Toplam		58397.75	100.00

Çalışma alanının hidrolik iletkenliği Çizelge 4.4 incelendiğinde toprakların 65.78'i 0.14-0.50 cm saat⁻¹ dağılım aralığında "oldukça yavaş", %34.22'si 0.51-2.0 cm saat⁻¹ dağılım aralığında "yavaş" iletkenliğe sahiptir. Araziye ait hidrolik iletkenlik haritası Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3 Çalışma alanına ait toprakların hidrolik iletkenlik dağılım haritası

Hidrolik iletkenlik dağılım haritası incelendiğinde arazinin kuzey ve orta kısımlarında değerler diğer kısımlardan daha az olduğu görülmektedir. Toprakların su geçirgenliklerinde tekstür büyük öneme sahiptir. Hidrolik iletkenlik haritası tekstür haritası ile birlikte değerlendirildiğinde kilin yüksek olduğu yerlerde hidrolik iletkenliğin yavaş, kumun yüksek olduğu yerlerde ise daha hızlı olduğu görülmektedir.

4.2 Çalışma Alanı Toprakları Kum, Kil, Silt Dağılımları ve Haritaları

Çizelge 4.1 üzerinde, çalışma sahasından alınan toprak örneklerinin, 15 tanesi tın (L), 42 tanesi kil (C), 26 tanesi kumlu killi tın (SCL), 42 tanesi killi tın (CL), 22 tanesinin ise kumlu tın (SL) sınıfında olduğu görülmektedir. Arazini topraklarının %14.96'sı orta kaba tekstürlü, %10.2'si orta tekstürlü, %46.25'i orta ince tekstürlü, %28.57'si ince tekstürlü toprak sınıfında yer almaktadır.

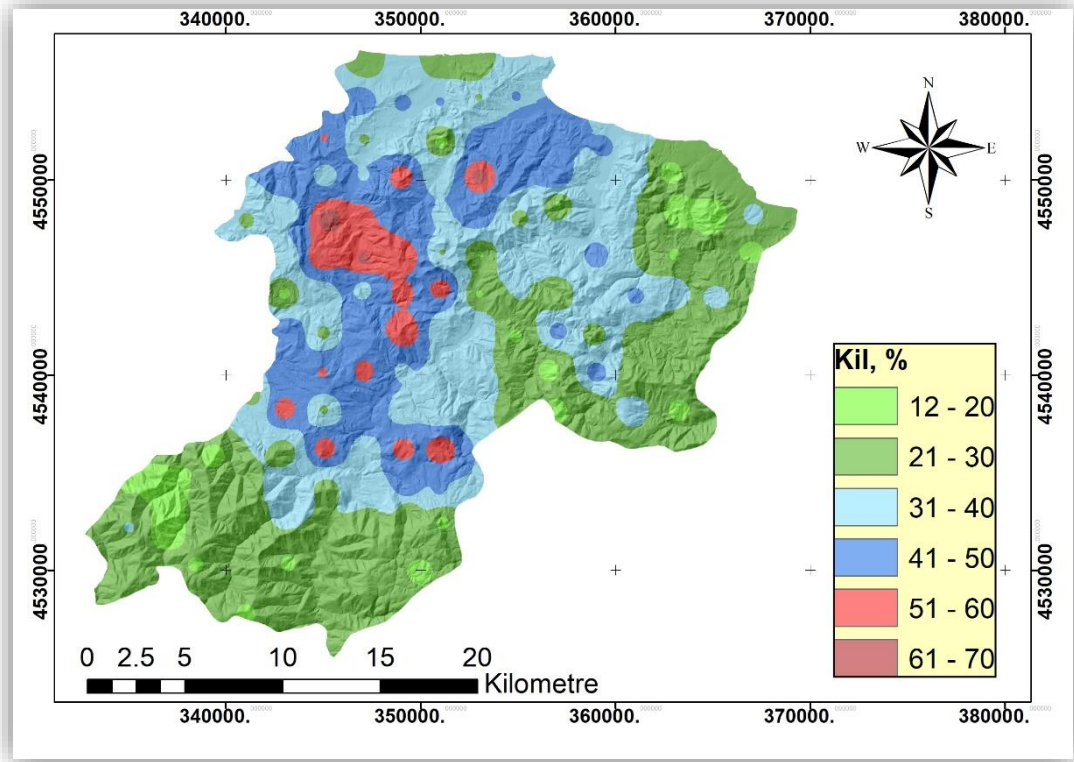
Çalışma alanına ait kil, kum, silt miktarları, arazi içerisinde kapladığı alan ve dağılım haritaları aşağıda sırasıyla % kil değerleri (Şekil 4.4, Çizelge 4.5), % kum değerleri (Şekil 4.5, Çizelge 4.6) ve % silt değerleri (Şekil 4.6, Çizelge 4.7) verilmiştir.

Çizelge 4.5 Çalışma alanına ait % Kil dağılımları

Kil Değerleri (%)	Alan (ha)	Oran(%)
12-20	2458.98	4.2
21-30	21956.24	37.5
31-40	18910.51	32.3
41-50	12169.1	20.8
51-60	2725.66	4.6
61-70	177.26	0.3
Toplam	58397.75	100

Araziye ait toprakların % kil miktarları incelendiğinde, %12-20 aralığında 2458.98 ha alanda %4.2, %21-30 aralığında 21956.24 ha alanda %37.5, %31-40 aralığında 18910.51 ha alanda %32.3, %41-50 aralığında 12169.1 ha alanda 20.8, %51-60 aralığında 2725.66 ha alanda %4.6 bulunurken, son olarak %61-70 aralığında 177.26 ha alanda %0.3 miktarında bulunmaktadır.

Arazinin büyük çoğunluğunun %21-50 aralığında 53035.85 ha alanda %53.1 oranında killi toprak barındırdığı görülmektedir.



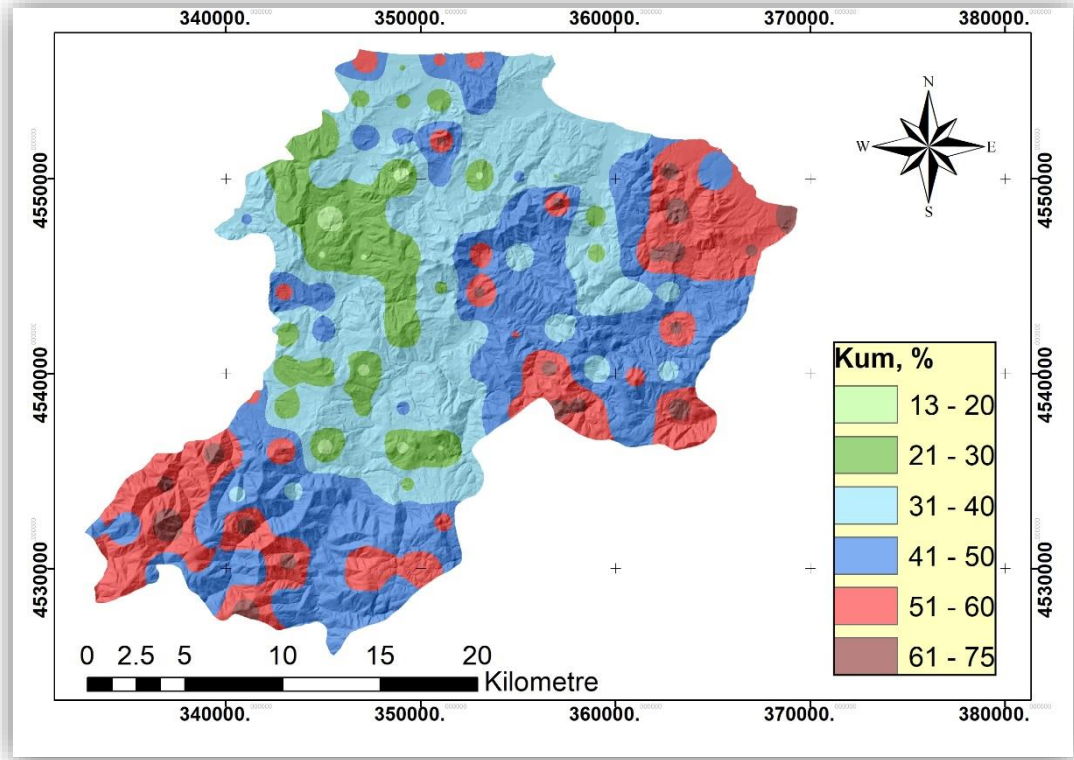
Şekil 4.4 Çalışma alanı toprakları % kil dağılımı haritası

Çizelge 4.6 Çalışma alanına ait % kum dağılımları

Kum Değerleri (%)	Alan (ha)	Oran (%)
13-20	311.48	0.53
21-30	6658.81	11.4
31-40	19275.19	33.0
41-50	19449.26	33.3
51-60	11251.09	19.26
61-75	1451.92	2.48
Toplam	58397.75	100

Araziye ait toprakların % kum miktarları incelendiğinde, %13-20 aralığında 311.48 ha alanda %0.53, %21-30 aralığında 6658.81 ha alanda %11.4, %31-41 aralığında 192.75.19 ha alanda %33.0, %41-50 aralığında 19449.26 ha alanda %33.3, %51-60 aralığında 11251.09 ha alanda %19.26 son olarak %61-75 aralığında 1451.92 ha alanda %2.48 oranında kum barındırmaktadır.

Arazinin büyük kısmı topraklarında %31-60 aralığında toplam 49975.54 ha alanında %85.54 oranında kum içermektedir.



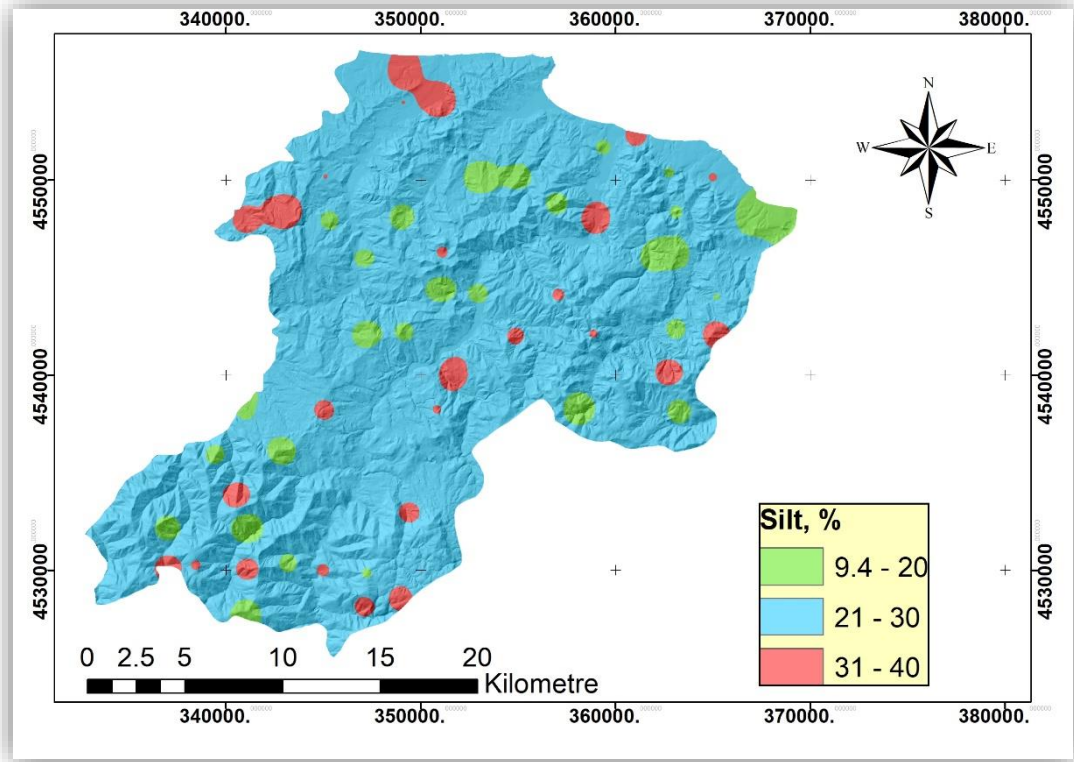
Şekil 4.5 Çalışma alanı toprakları % kum dağılımı haritası

Çizelge 4.7 Çalışma alanına ait % silt dağılımları

Silt Değerleri (%)	Alan (ha)	Oran (%)
9.4-20	3578.77	6.1
21-30	52147.65	89.2
31-40	2671.33	4.5
Toplam	58397.75	100

Araziye ait toprakların % silt miktarları incelendiğinde, %9.4-20 aralığında 3578.77 ha alanda %6.1, %21.30 aralığında 52147.65 ha alanda %89.2, %31-40 değer aralığında ise 2671.33 ha alanda %4.5 oranında silt bulunmaktadır.

Toprakların %21-30 aralığında 52147 ha alanda %89.2 oranında ağırlıklı olarak silt dağılımına sahip olduğu görülmektedir.



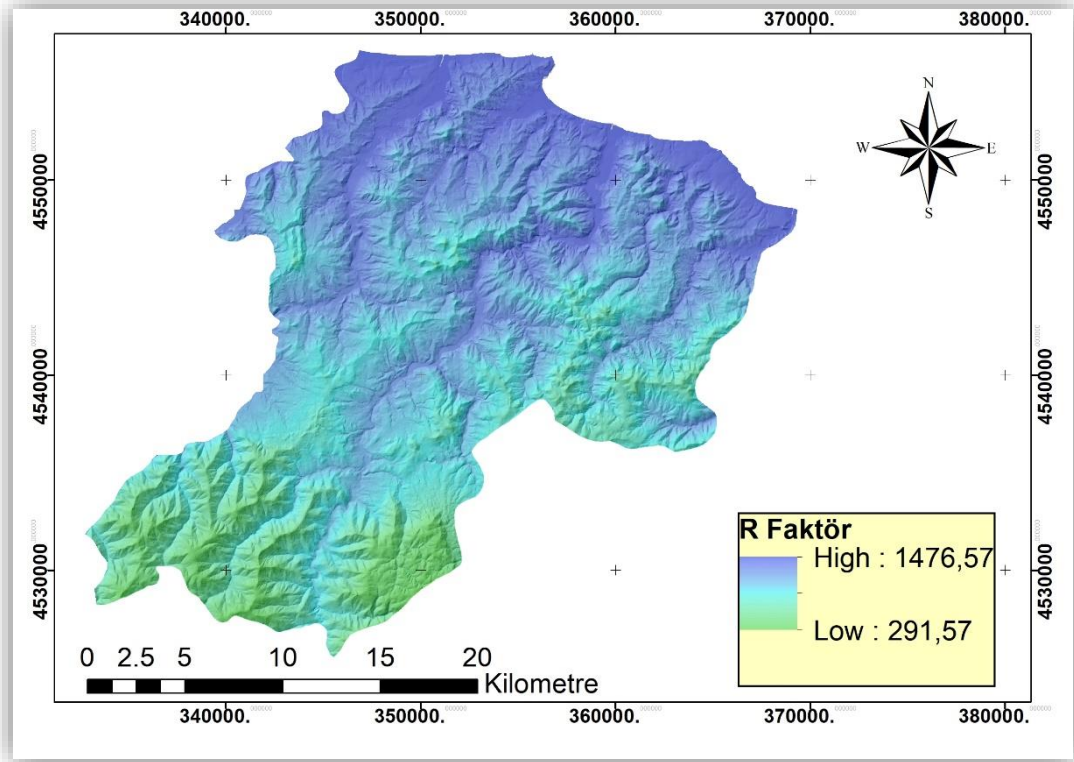
Şekil 4.6 Çalışma alanı toprakları % silt dağılımı haritası

Çalışma alanı topraklarının tekstür durumları incelendiğinde arazinin %75'inin orta ve ince tekstürlü olduğu, % 25'inin tınlı ve kaba tekstürlü olduğu ortaya konmuştur.

4.3 Toprak Erozyonu Risk Çalışmalarında RUSLE Modeli

4.3.1 Yağışın Erozyon Oluşturma Faktörü (R)

R faktörünün çalışma alanı sınırları içerisinde topoğrafya üzerindeki dağılımının izlenmesinde Kaya 2008'de yer alan meteoroloji Ordu İklim İstasyonuna ait R değerinden faydalanılmış ve çalışma alanının topoğrafik yapısına uygun olarak dağılım haritası oluşturulmuştur. Araziye ait R faktör haritasında ki değer aralığı 291.57 ile 1476.57 MJ ha⁻¹ yıl⁻¹ x mm saat⁻¹ arasında dağılım oluşturmaktadır. Araziye ait yağış haritasının R haritası ile benzerlik gösterdiği gözlemlenip, Şekil 4.7'de R faktörünün yağış - yükselti ile olan ilişkisini kanıtlar biçimde ortaya çıkan görselde, yağış miktarının yükselti ile doğru oranda arttığı görülmüştür.



Şekil 4.7 RUSLE modeli R faktör haritası

4.3.2 Toprağın Erozyona Duyarlılık Faktörü (K)

Kil ve organik madde agregasyon için önemli iki etmendir. K faktörünün küçülmesi demek toprak strüktürünün gelişmesi demektir. Toprağın kum içeriği ve nem durumu da K faktörü değeri ile ilişkilidir. K faktör değerinin toprağın kum miktarı arttıkça yükseldiği, kil miktarı arttığında ise azaldığı görülmektedir. Ayrıca toprağın hidrolik iletkenliği arttıkça K faktör değeri düşmektedir. Bu durumda K faktör değerinin; Hidrolik iletkenlik, hacim ağırlığı ve kil miktarı arasında ters bir orantı söz konusudur. Yükseklik ve eğimin arttığı arazilerde toprağın erozyona karşı duyarlılığının arttığı bilinmektedir. Çalışma alanının K faktör dağılım haritası gözlemlendiğinde K değerinin yüksek olduğu görülen alanlarda arazide eğimin ve kum miktarının arttığı görülmektedir. K faktör değerleri Çizelge 4.8’ de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Araştırma alanı toprakları K değerleri

Örn. No	K Değerleri	Örn. No	K Değerleri	Örn. No	K Değerleri	Örn. No	K Değerleri
1	0.015	38	0.019	75	0.019	112	0.018
2	0.027	39	0.028	76	0.020	113	0.028
3	0.023	40	0.013	77	0.021	114	0.019
4	0.022	41	0.024	78	0.021	115	0.021
5	0.020	42	0.028	79	0.024	116	0.028
6	0.020	43	0.024	80	0.020	117	0.026
7	0.019	44	0.031	81	0.027	118	0.022
8	0.026	45	0.021	82	0.027	119	0.033
9	0.021	46	0.014	83	0.016	120	0.019
10	0.025	47	0.023	84	0.031	122	0.020
11	0.023	48	0.020	85	0.020	123	0.006
12	0.026	49	0.019	86	0.023	124	0.027
13	0.025	50	0.017	87	0.023	125	0.021
14	0.020	51	0.034	88	0.024	126	0.028
15	0.018	52	0.027	89	0.034	127	0.006
16	0.023	53	0.018	90	0.028	128	0.033
17	0.018	54	0.020	91	0.018	129	0.005
18	0.022	55	0.026	92	0.025	130	0.022
19	0.025	56	0.019	93	0.019	131	0.019
20	0.025	57	0.020	94	0.017	132	0.022
21	0.021	58	0.024	95	0.034	133	0.025
22	0.023	59	0.020	96	0.020	134	0.029
23	0.023	60	0.024	97	0.007	135	0.031
24	0.018	61	0.020	98	0.025	136	0.030
25	0.018	62	0.020	99	0.019	137	0.025
26	0.023	63	0.022	100	0.018	138	0.017
27	0.023	64	0.020	101	0.023	139	0.021
28	0.029	65	0.019	102	0.019	140	0.024
29	0.027	66	0.020	103	0.026	141	0.030
30	0.024	67	0.023	104	0.016	142	0.026
31	0.024	68	0.022	105	0.021	143	0.019
32	0.025	69	0.020	106	0.027	144	0.023
33	0.026	70	0.026	107	0.022	145	0.021
34	0.019	71	0.006	108	0.023	146	0.031
35	0.025	72	0.025	109	0.015	147	0.031
36	0.017	73	0.023	110	0.011		
37	0.017	74	0.025	111	0.025		

Araziye ait topraklarda K faktörü değeri, Wischmeier ve Smith (1978) tarafından oluşturulan ampirik denklemden istifade edilerek hesaplanmıştır. Denkleme göre çıkan sonuçlar Çizelge 4.8’de yer alan veriler aracılığıyla K faktörü sınıf değerleri hesaplanmıştır.

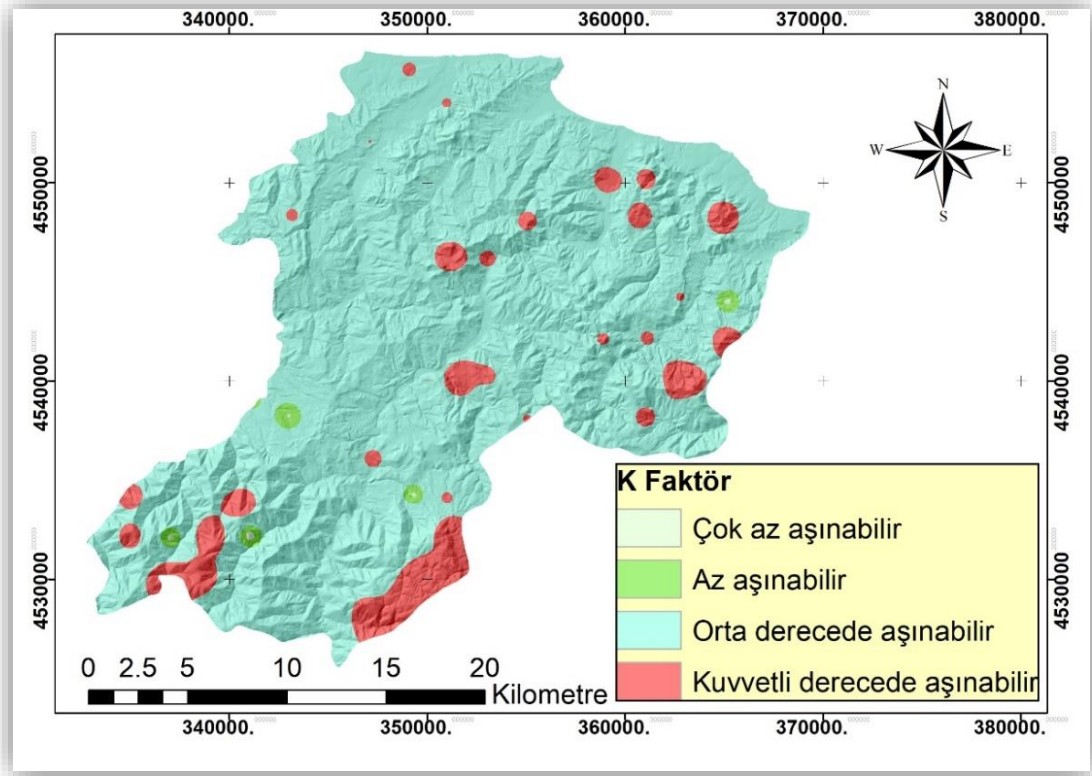
Çizelge 4.9 Araştırma alanı toprakları K sınıf dağılımı

Aşınım Sınıfı	Aşınım Sınıf Değeri	Alan (ha)	Oran (%)
Çok az aşınabilir	0.001<K<0.007	36.59	0.06
Az aşınabilir	0.007<K<0.013	464.86	0.80
Orta derecede aşınabilir	0.013<K<0.026	53327.74	91.32
Kuvvetli derecede aşınabilir	0.026<K<0.052	4568.56	7.82
Çok kuvvetli derecede aşınabilir	0.052<K<0.079	-	-
Toplam		58397.75	100

Çalışma alanının K faktör değerlerini inceleyecek olursak, çok az aşınabilir değer aralığında K faktör değeri 36.59 ha alanda %0.06, az aşınabilir değer aralığında 464.86 ha alanda %0.80, orta derece aşınabilir değer aralığında 53327.74 ha alanda %91.32, kuvvetli derecede aşınabilir durumda ise 4568.56 ha alanda %7.82 olduğu görülmektedir. Çalışma alanı topraklarının büyük çoğunluğunun orta derecede aşınabilir durumda olmasından, erozyona karşı duyarlıklarının yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.8, Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9’da verilen sonuçlara göre hazırlanan K değeri dağılım haritası Şekil 4.8’de gösterilmiştir.

K faktör değeri Şekil 4.8 incelendiğinde, Çalışma yapılan arazi alanının ağırlıklı olarak orta derecede aşınabilir olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8 RUSLE modeli K faktör haritası

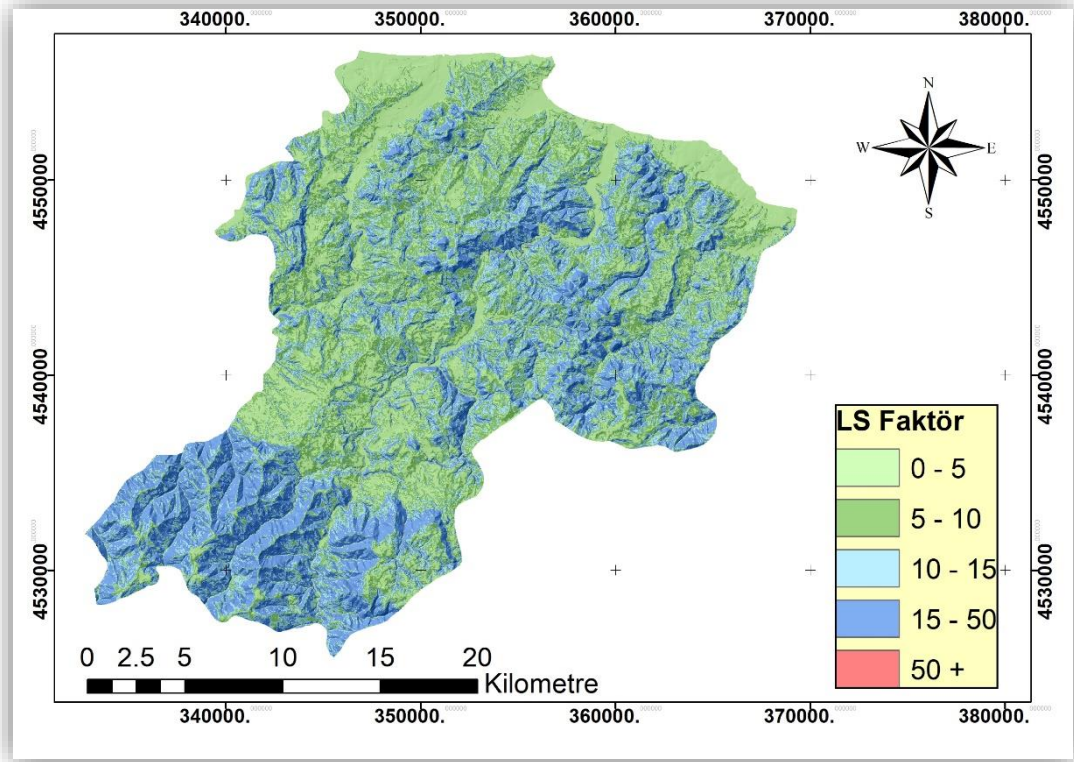
4.3.3 Eğim Uzunluğu ve Eğim Derecesi Faktörü (LS)

Sayısal yükseklik modeli (SYM) kullanılarak arazinin eğim derecesini belirlemek için eğim haritası oluşturulmuştur. Hazırlanan eğim haritası, reclassify komutu vasıtası ile arazi eğim sınıf değerlerine göre tekrar sınıflandırılmıştır. Araştırmada Wischmeier ve Smith, 1978 tarafından oluşturulan formülden yararlanılarak LS faktörünün elde edilmesi için hazırlanan iki harita kullanılıp “Raster Calculate” komutu ile aşağıdaki eşitlik aracılığıyla analizi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan eşitlik;

$$LS=1.6*Pow([\text{facc}]*\text{resolution})/22.1*0.6*Pow(\text{Sin}([\text{slope}]*0.01745)/0.09*1.3) \quad (5.1)$$

Pow	: Üs
Resolution:	Çözünürlük
Sin	: Sinüs
Slope	: Arazinin eğimi

Oluşturduğumuz LS faktör haritasını incelediğimizde eğim haritası ile benzerlik gösterdiğini görmekteyiz. LS haritasında da olduğu gibi eğim haritasında da yükseltinin arttığı alanlarda erozyon riskinin yükseldiği ve bu alanların derin vadi yamaçları olduğu görülmektedir (Şekil 4.9).



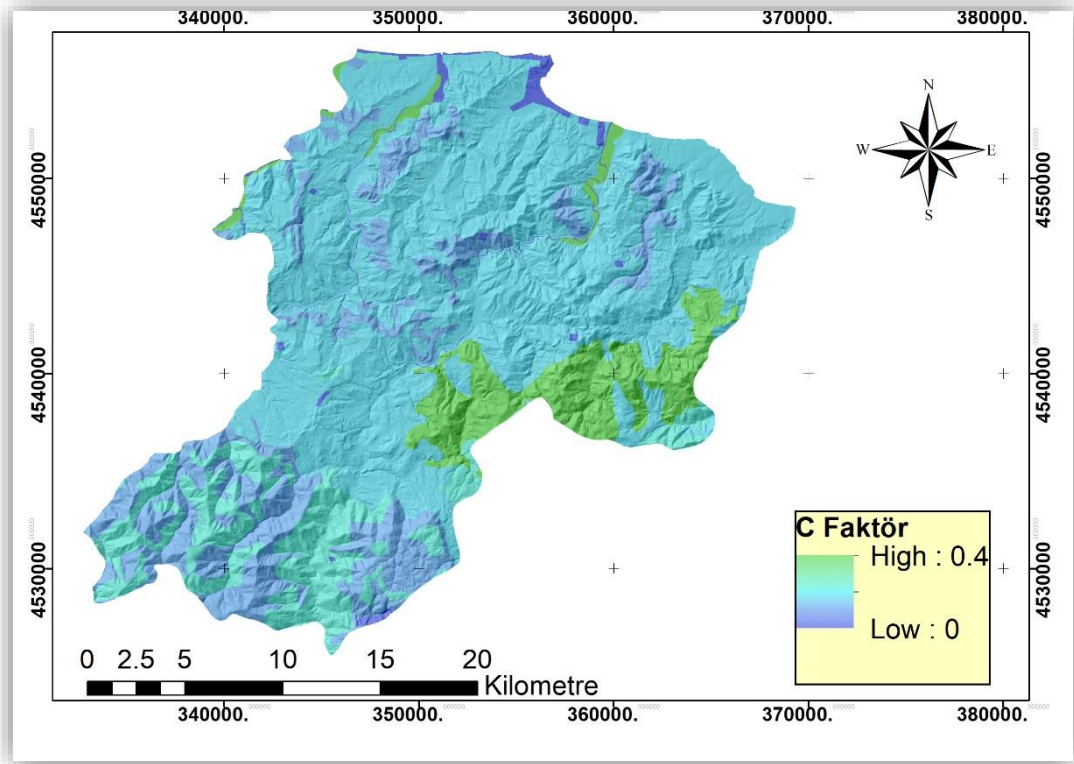
Şekil 4.9 RUSLE modeline göre LS faktör haritası

4.3.4 Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü Faktörü (C)

Erozyon risk duyarlılığının belirlenmesinde araziye ait toprakların kullanım durumu büyük önem arz etmektedir. Arazi kullanım haritası oluşturmak için MÜLGA Köy Hizmetleri tarafından hazırlanan toprak haritalarından yararlanılmıştır (Şekil 4.10). Haritada ki arazi kullanım alanlarına ait C değerleri Çizelge 4.10’ da gösterilmiştir (Bayramin ve ark., 2007).

Çizelge 4.10 RUSLE modeline göre arazi kullanımı ve C faktör değerleri

Arazi Kullanma Şekli	Sembol	Ürün Yönetimi Faktörü (C)	Alan (ha)	%
Yerleşim alanı	Y	-	923	1.5
Fundalık	F	0,15	788	1.3
Kuru Tarım (nadaslı)	K	0,35	5202	8.9
Kuru Tarım (nadassız)	N	0,20	6912	11.8
Orman	O	0,10	10471	17.9
Sulu tarım	S	0,40	675	1.1
Dikili Tarım (Fındık)	ZF	0,15	33428	57.2
Toplam			58399	100.0



Şekil 4.10 RUSLE modeli C Faktör haritası

Şekil 4.10 incelendiğinde Orman, Dikili tarım (fındık) ve Fundalık alanlarda C faktörü değeri düşük çıkarken kuru tarım ve sulu tarım alanlarında daha yüksek olduğu görülmektedir.

4.3.5 Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P)

Türkiye’de toprakları koruma amacı ile uygulanan yöntemler sınırlı seviyede uygulanmakta veya hiç uygulanmamaktadır. Bu etmen göz önünde bulundurularak ve çalışmanın gerçekleştiği alanda yapılan gözlemler neticesinde herhangi bir toprak koruma yöntemi ile karşılaşılmamıştır. Bu yüzden $P= 1.0$ alınmıştır (Wischmeier ve Smith, 1978).

4.3.6 RUSLE Toprak Kaybı Miktarı

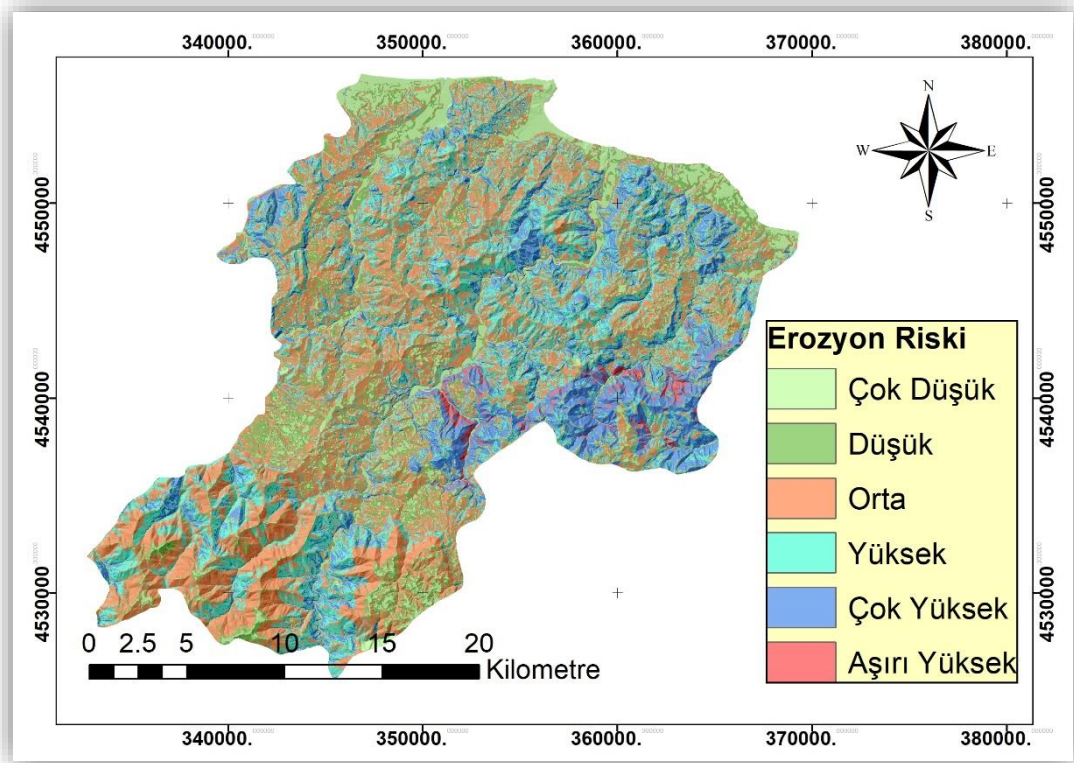
Toprak kayıp miktarı hesaplanırken son aşamada A faktör haritası (erozyona duyarlılık) oluşturulurken; tüm altlık haritaların aynı çözünürlüğe sahip olduğu dikkate alınarak, ArcGIS yazılımı ile “Raster Calculator” komutu kullanılıp, oluşturulan haritaların hepsi birbirleri ile çarpılarak elde edilen A faktöre ait harita tekrar sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmada çalışma alanı topraklarının erozyona

karşı duyarlılığı belirlenirken Bergsma ve ark. (1996)'nın yapmış olduğu sınıflandırmadan yararlanılmıştır (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11 Arazinin erozyon duyarlılık sınıflarının alansal ve oransal dağılımı

Erozyon Duyarlılık Sınıfı	Erozyon Duyarlılık Sınıf Değeri (t.ha ⁻¹ .yıl ⁻¹)	Alan (ha)	Oran (%)
Çok Düşük	0-5	6602.23	11.31
Düşük	5-12	5619.00	9.63
Orta	12-35	21519.98	36.88
Yüksek	35-60	14835.78	25.42
Çok Yüksek	60-150	9058.59	15.52
Aşırı Yüksek	150+	719.39	1.23
Toplam		58354.97	100.00

Erozyon duyarlılık haritası (A faktör değerleri) irdelendiğinde arazinin %20.94'ü çok düşük ve düşük, %62.30'u orta ve yüksek, %15.52' si çok yüksek ve %1.23'lük kısmı ise aşırı yüksek erozyon sınıfında yer almaktadır. Araziye ait RUSLE erozyon duyarlılık haritası Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11 Araziye ait RUSLE modeli erozyon duyarlılık haritası

Şekil 4.11’de yer alan erozyon duyarlılık haritası incelendiğinde erozyon görülen alanlarda LS ve eğim haritası arasında uyum söz konusudur. Bu uyum diğer çalışmalarda da söz konusudur. Eğim derecesi yüksek alanların erozyona karşı duyarlı olduğu buna nazaran erozyon miktarının da arttığı gözlemlenmiştir. R haritasının topoğrafya ile uyumlu olduğu tespit edilmekle beraber yükseltiye bağlı olarak yağış miktarının arttığı görülmüştür. Harita verilerine göre arazinin sahip olduğu eğim derecesi ve yağış miktarı arttıkça LS ve R değerlerinin de uyum içerisinde olduğu gözlemlenmiştir. Arazinin Doğu kısmında çok yüksek ve aşırı yüksek erozyon riski görülmektedir. Genelinde ise orta ve yüksek seviyede erozyona karşı duyarlılık söz konusudur. Yerleşim yerleri ve bazı arazilerde ise erozyona olan duyarlılığın düşük olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Dünyanın birçok yerinde toprak erozyonu, toprağın sahip olduğu mineral ve verimli üst toprak tabakasını aşındırıp taşıyarak, organik madde miktarını ve toprakta yer alan besleyici maddeleri yok edip, toprak verimliliğini azaltarak, topraklarda sığlaşmaya neden olmaktadır. Erozyona uğrayan topraklarda küçümsenemeyecek ölçüde büyük bozulmalar meydana gelmektedir. Erozyonun önlenmesi ya da sınırlandırılması amacı ile yapılan araştırmalar, bu sebeplerden ötürü toprak hakkında gerçekleştirilen en önemli çalışmalar arasındaki yerini almaktadır. Topraklarda, erozyonu belirlemek amacıyla arazi gözlem ve incelemeleri, laboratuvar çalışmaları yapılmaktadır. Bunların yanı sıra geliştirilen erozyon modelleri ile de risk analizleri gerçekleştirilebilmektedir. Bu modeller büyük ölçekli arazilerde daha çok kullanılmaktadır. Erozyon şiddetinin ve sediment akışının belirlenmesi için, geçmişten bu güne birçok model geliştirilmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama yöntemlerindeki gelişme, günümüz bilgisayar teknolojilerinin hızla gelişmesiyle paralellik göstermiştir. Bu metotlar ile erozyon risk durumunun belirlenmesinde, CBS ve UA teknikleri, erozyon v.b çalışmalarda kullanılarak araştırmacı ve çalışmaya birçok kolaylık ve ilerleme sağlamıştır.

Araştırma alanının topoğrafik yapısını inceliğimizde; arazinin yüksek eğimlere sahip olduğu görülmektedir. Yükseklik ve eğim, arazide erozyon riskinin fazla olmasında önemli rol oynamaktadır.

Çalışma arazisi üzerinde genel olarak yayılım gösteren örtünün fındık bitki örtüsü olması, genellikle yağış alan bir iklim sahasında bulunan yöre topraklarında erozyon şiddetini azaltan bir etmen olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışma alanı içerisinde görülen erozyonu önlemek ya da şiddetini azaltmak amacı ile bazı bölgelerde teraslama yaparak cep teraslar oluşturulmalıdır. Bazı kısımlarda ise organik madde takviyesinde bulunarak agregasyon yeterli seviyeye ulaşması sağlanmalı ve erozyon riski seviyesi düşürülmelidir.

Arazi kullanımına özen gösterilmeli ve değişimlerinden kaçınılmalı, mümkün mertebe iyi tarım uygulamalarına dikkat edilmeli ve erozyonu hızlandıracak kültivasyon işlemlerinden uzak durulmalıdır.

Ülkemize ait toprakları koruma altına almak için doğal kaynakların kullanılmasında sürdürülebilirlik ön planda tutulmalıdır. Doğal kaynaklardan faydalanırken planlı bir yönetim esas alınmalıdır. Doğal kaynakları bu amaç doğrultusunda gerçekleştirilecek planlamalar ve araştırmalardan elde edilen sayısal çıktılar doğrultusunda kullanmak sürdürülebilirliği sağlamak açısından doğru bir yöntem olacaktır. Tarım topraklarında uygulanacak kùltivasyon işlemlerinde uygun metot ve teknikler kullanılmalıdır.

Çalışma alanında da görüldüğü üzere; yüksek eğime sahip olan arazilerde ve ülkemizde topraklar bitki örtüsünden yoksun bırakılmamalı ve yüzey örtüsü ile koruma altında tutulmalıdır. Ayrıca toprakların yetenek sınıflarına uygun şekilde kullanılmasını sağlamak ve toprakları koruma altına almak için, insanlarımız eğitilmeli ve bilinçli bir kuşak yetiştirmek amacı ile verilecek bu eğitimlerin küçük yaştaki çocuklarımızı da kapsayacak şekilde planlanması sağlanmalıdır.

Gerek ülke gerekse birey ekonomisinde önemli bir etmen olan tarım sektörünün sürdürülebilirliği, ürün miktarı ve kalitesinin artırılması ya da korunması amacıyla erozyona karşı önlemler mutlaka alınmalıdır. Toprak erozyonu ve yol açtığı zararlar konusunda insanlarımız yeterli bilgi düzeyine sahip değildir. Tarım sektörü ile geçimini sağlayan çiftçiler başta olmak üzere; insanlarımız, kamu kuruluşları, belediyeler v.b eğitim uygulamasını gerçekleştirebilecek kurumlardan ve bilinçlenmeyi tetikleyecek basın organlarından faydalanılarak bilinçlendirilmelidir.

Ordu ili Ünye ilçesi sınırlarını kapsayan bu çalışmada araziye ait toprakların erozyon risk analizini yapmak için RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) modeli kullanılmış olup, bu modelin parametreleri arasında yer alan LS, C, K, R ve P faktörleri incelenmiştir. Faktörlerin her biri için ayrı haritalar oluşturulmuş ve A faktörü yani kaybolan toprak miktarının hesaplanması için oluşturulan tüm haritalar birbiri ile çarpılarak erozyon duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Erozyon duyarlılık haritasını incelediğimizde; arazinin yükseklik/eğim derecesi fazla olan Güney kısmında ve doğu kısmında daha fazla alana yayılım gösteren “aşırı yüksek” erozyon risk alanı olarak gözükmektedir. İlçenin Batı yönünde hakîm olmak üzere kuzey’ den güney’ e doğru hat şeklinde “yüksek” erozyon riskine sahip olduğu görülmektedir. Genel olarak Ünye topraklarının büyük bir kısmında yüksek erozyon riski altında

iken yer yer çok yüksek ve aşırı yüksek erozyon riskine sahip olduğu ortaya konmuştur.

Çalışma alanında organik maddenin yüksek olması, toprakların silt içeriğinin az kil içeriğinin fazla olması neticesinde toprak aşınabilirlik değerleri düşük çıkmıştır. Arazinin genelini bitki örtüsü ile kaplı olması yine erozyon riskini azaltmaktadır. Çalışmada erozyon riskinin yüksek olduğu alanlarda eğimin başlıca faktör olduğu görülmektedir. Eğim arazide yüzeysel akış ve miktarını artıran bir faktördür. Aynı zamanda toprak oluşumunda da rol alan bir etmendir. Eğimin süreklilik gösterdiği alanlarda yer alan toprak üzerindeki doğal bitki örtüsünün de süreklilik göstermesi beklenir. Bu alanlarda doğal yapının bozulmamasına özen gösterilmelidir. Aksi takdirde erozyonun şiddeti daha da artacak ve topraklar geri dönüşü olmayacak şekilde kayıp olarak bitki örtüsünden yoksun, korumasız çıplak alanlar oluşacaktır.

Toplum olarak, ülkemiz ve gelecek nesiller için toprağımıza sahip çıkmalıyız. Toprak kişisel değil, evrensel bir mirastır...

6. KAYNAKLAR

- Anonim, (1988). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. *Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları*. Yayın No:151, Teknik Yayınlar No:T-59, Ankara.
- Anonim, (2017). <http://www.samsun.mgm.gov.tr/FILES/iklim/ordu.pdf>
- Anonim, (2018). <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/ordu/uenye8534>
- Anonim, (1951). Soil survey manual. Agriculture Handbook 18. U.S. Dept. Agric. Washington D.C. pp 503.
- Arslanoğlu, M., & Özçelik, M. (2005). Sayısal Arazi Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 28.
- Aşkın, T. (1997). Ordu İli Topraklarının Strüktürel Dayanıklılığının ve Aşınımaya Duyarlılığının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Ateş, Ş., Keçer, M., Mutlu, G., Bulut, A., Osmañcelebioğlu, R., Özberk, O. C., Özata, A., Şule, S., & Karakaya, F. (2004). Ordu İlinin Yerbilim Verileri ve Doğal Afet Özellikleri. M.T.A. Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdleri Dairesi, Ankara.
- Bahadur, K. K. (2009). Mapping soil erosion susceptibility using remote sensing and GIS: a case of the Upper Nam Wa Watershed, Nan Province, Thailand. *Environmental geology*, 57(3), 695-705.
- Başaran, M., & Dali, T. A. (2005). Arazi Kullanımındaki Değişimlerin Toprak Erozyonu Üzerine Etkisi: Çankiri İli İndağı Bölgesi Örnek Çalışması.
- Başayığıt, L. (2002). Eğirdir Gölü havzasında erozyon riskinin saptanması üzerine araştırmalar. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Bayramın, İ., Basaran, M., Erpul, G., & Canga, M. R. (2008). Assessing the effects of land use changes on soil sensitivity to erosion in a highland ecosystem of semi-arid Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 140(1-3), 249-265.
- Bauyoucos, H. H. (1954). A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soil. *Agron. j*, 43(9), 343-348.
- Chen, T., Niu, R. Q., Li, P. X., Zhang, L. P., & Du, B. (2011). Regional soil erosion risk mapping using RUSLE, GIS, and remote sensing: a case study in Miyun Watershed, North China. *Environmental Earth Sciences*, 63(3), 533-541.
- CORINE, (1992). Commission of the European Communities. Soil Erosion Risk and Important Land Resources, Luxembourg.
- Cürebal, İ., & Ekinci, D. (2006). Kızılkçeçili Deresi havzasında CBS tabanlı RUSLE (3d) yöntemiyle erozyon analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (47), 115-129.
- Çanga, M.R. (1985). Toprak ve Su Koruma. A.Ü. Ziraat Fak.Yayınları No: 1386, Ders Kitabı No:400.

- Çınar, S., Çekiç, Y., Akinci, S., Türkmen, İ., Boğuşlu, M., & Özdoğan, K. (1988). Ordu, Fatsa, Ünye, Tekkiraz, Cilader Yörelerinin Jeolojisi ile Maden Zuhurlarına İlişkin Jeoloji Raporu, MTA Rapor No: JD-411, Ankara.
- Çilek, A., & Berberoğlu, S. (2013). Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla Seyhan Havzasında PESERA ve RUSLE erozyon modellerinin kıyaslanması. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 11-13.
- Darcy, K., Molnar, K., & Julien, P.Y. (1998). Estimation of Upland Erosion Using GIS. *Computers and Geosciences*.
- Değerliyurt, M. (2013). Antakya şehri ve yakın çevresinde meydana gelen erozyonun coğrafi dağılışı ve analizi. *Electronic Turkish Studies*, 8(8), 1745-1764.
- Diodato, N. (2005). Geostatistical uncertainty modelling for the environmental hazard assessment during single erosive rainstorm events. *Environmental monitoring and assessment*, 105(1-3), 25-42.
- Doğan, O., & Küçük, Ç. N. (1994). Erozyon Haritalamasında Bazı Metodolojiler. *Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Ankara, 32s.
- Doğan, O. & Küçükçakır N., (1996), Ankara Şartlarında Üniversal Toprak Kaybı Parametreleri (1967-1988), KHGM, Ankara Araşt. Enst. Müd., Genel Yayın No.203.
- Doğan, O. (2002), Türkiye yağışlarının erozyon oluşturma gücü ve üniversal toprak kaybı eşitliğinin yağış erozyon indeks değerleri. KHGM, Ankara Araşt. Enst. Müd. Yay., Genel Yay. No.220, Rapor Yay. No.R-120, Ankara.
- Ekinci, D. (2005). CBS tabanlı uyarlanmış rusle yöntemi ile kozlu deresi havzasında erozyon analizi. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Dergisi*, (13), 109-119.
- Ekinci, D. (2007). Estimating of soil erosion in lake Durusu basin using revised USLE 3D with GIS. *Çantay Yayınevi, İstanbul*.
- Erdogan, E. H., Erpul, G., & Bayramin, İ. (2007). Use of USLE/GIS methodology for predicting soil loss in a semiarid agricultural watershed. *Environmental monitoring and assessment*, 131(1-3), 153-161.
- Ergünay, O. (2007). Türkiye'nin afet profili. *TMMOB afet sempozyumu bildiriler kitabı*, 5-7.
- Erkal, T., Yıldırım, Ü., & Taş, B. (2012). RUSLE Yöntemi ile Akarçay Havzası Orta Kesiminin Erozyon Risk Tahmini ve Erozyonun Beşeri Faaliyetlere Etkileri. Afyon Kocatepe Üniv. BAP09.FENED.14 No.lu Proje Sonuç Raporu, Afyonkarahisar (Yayımlanmamıştır).
- Erol, E., & Çanga, M. R. (2004). Coğrafi bilgi sistemi tekniği kullanılarak erozyon tehlikesinin değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(2), 136-143.
- Foster, G. R., Renard, K. G., Yoder, D. C., McCool, D. K., & Weesies, G. A. (1996). RUSLE user's guide. *Soil and Water Cons. Soc.*, 69p.
- Fu, B. J., Zhao, W. W., Chen, L. D., Zhang, Q. J., Lü, Y. H., Gulinck, H., & Poesen, J. (2005). Assessment of soil erosion at large watershed scale using RUSLE

- and GIS: a case study in the Loess Plateau of China. *Land degradation & development*, 16(1), 73-85.
- Göksu, E. (1964). 1/500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Samsun Paftası Açıklaması, MTA Yayını, Ankara.
- Güler, M., Kara, T., (2007). Alansal dağılım özelliği gösteren iklim parametrelerinin coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi ve kullanım alanları; Genel bir bakış, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(3), 322-328.
- ICONA, (1997). Guidelines for Mapping and Measurement of Rainfall-Induced Erosion Processes in the Mediterranean Coastal Areas. Priority Action Programme Regional Activity Centre. Split, Croatia.
- İrvem, A., & Tülücü, K. (2004). Coğrafi bilgi sistemi ile toprak kaybı ve sediment verimi tahmin modelinin (EST) oluşturulması ve Seyhan-Körkün Alt Havzasına uygulanması. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13.
- İrvem, A., Topaloğlu, F., & Uygur, V. (2007). Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey. *Journal of Hydrology*, 336(1-2), 30-37.
- Jackson, M.L. (1958). Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Karaş, E., Oğuz, İ., Türkseven, E., & Keskin, S. (2009). Sakarya-Porsuk-Sarısu-Havzasında CORINE, LEAM ve USLE metodolojilerinin kullanılarak erozyon risk haritalarının hazırlanması. *Ulusal kuraklık ve çölleşme sempozyumu*, 16-18.
- Kaya, P. (2008). Türkiye'de uzun dönem yağış verileri kullanılarak ulusal ölçekte RUSLE-R faktörünün belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kemper W.D., & Rosenau R.C. (1986) Aggregate stability and size distribution. Editör: Klute, A., Methods of soil analysis. Part I-physical and mineralogical methods, 2nd ed., SSSA Book Series No:5, SSSA and ASA, Madison, Wisconsin, 4225-442.
- Kinnell, P. I. A. (2001). Slope length factor for applying the USLE-M to erosion in grid cells. *Soil and Tillage Research*, 58(1-2), 11-17.
- Klute, A., & Dirksen, C. (1986). Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. *Methods of soil analysis: part 1—physical and mineralogical methods*, (methods of soil analysis 1), 687-734.
- Kurt, S (2007). Ünye Dizdar Köyü arazisinin detaylı toprak etüdü ve haritalanması. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Lee, S. (2004). Soil erosion assessment and its verification using the universal soil loss equation and geographic information system: a case study at Boun, Korea. *Environmental Geology*, 45(4), 457-465.

- Lufafa, A., Tenywa, M. M., Isabirye, M., Majaliwa, M. J. G., & Woomer, P. L. (2003). Prediction of soil erosion in a Lake Victoria basin catchment using a GIS-based Universal Soil Loss model. *Agricultural systems*, 76(3), 883-894.
- Manrique, L. A. (1988). Land erodibility assessment methodology (LEAM): using soil survey data based on soil taxonomy. *Editorial and Publication Shop*.
- Martín-Fernández, L., & Martínez-Núñez, M. (2011). An empirical approach to estimate soil erosion risk in Spain. *Science of the Total Environment*, 409(17), 3114-3123.
- Millward, A. A., & Mersey, J. E. (1999). Adapting the RUSLE to model soil erosion potential in a mountainous tropical watershed. *Catena*, 38(2), 109-129.
- Morgan, R. P. C., Quinton, J. N., & Rickson, J. R. J. (1992). Soil erosion prediction model for the European Community. *Erosion, Conservation and small scale farming*. (eds. Hurni, H. and Tato, K.), 151-162.
- Onori, F., De Bonis, P., & Grauso, S. (2006). Soil erosion prediction at the basin scale using the revised universal soil loss equation (RUSLE) in a catchment of Sicily (southern Italy). *Environmental Geology*, 50(8), 1129-1140.
- Özbek, A.K., (1993). Doğu Anadolu Bölgesi topraklarının erozyona uğrama eğilimleri ve aşınım duyarlılıkları üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Özsoy, G., (2007), Uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemi kullanarak (CBS) erozyon riskinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Özşahin, E. (2014). Tekirdağ İlinde CBS Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Erozyon Risk Değerlendirmesi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11 (3).
- Özcan, (2016). CBS ve RUSLE Teknolojisi Yardımıyla Çankırı-Ekinne Göleti Su Toplama Havzasında Toprak Kayıplarının Tahmin Edilmesi. *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, 668-674.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., & Porter, J. P. (1991). RUSLE: Revised universal soil loss equation. *Journal of soil and Water Conservation*, 46(1), 30-33.
- Schröder, E.T.D (2010). Ankara'nın batısındaki tarım topraklarında USLE ile erozyon boyutunun tespiti. *Ekoloji*, 19(75), 58-63.
- Shi, Z. H., Cai, C. F., Ding, S. W., Wang, T. W., & Chow, T. L. (2003). Soil conservation planning at the small watershed level using RUSLE with GIS: a case study in the Three Gorge Area of China. *Catena*, 55(1), 33-48.
- Toy, T. J., Foster, G. R., & Renard, K. G. (1998). RUSLE for mining, construction and reclamation lands. *Journal of Soil and Water Conservation*, 54(2), 462-467.
- Türkmen, F. (2011). Ordu İli Topraklarının Jeokimyasal Özellikleri, Genesisi ve Sınıflandırılması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Usta, A., Altun, L., & Yılmaz, M. (2007). Ünye'de 2/B Uygulaması Yapılan Bazı Köylerin Ekolojik Yönden İrdelenmesi. *Enstitüler Araştırma Dergisi Serileri*, 5(1), 7-19.
- Wang, G., Gertner, G., Liu, X., & Anderson, A. (2001). Uncertainty assessment of soil erodibility factor for revised universal soil loss equation. *Catena*, 46(1), 1-14.
- Wischmeier, W.H., & Smith, D.D. (1965). Prediction Rainfall Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains: A Guide for Selection of Practices for Soil and Water Conservation. Agricultural Handbook, No. 282, 47 p.
- Wischmeier, W.H., & Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. USDA Agricultural Handbook, Washington D.C., 537.
- Yıldırım, Ü., & Erkal, T. (2008). Kumalar Dağı (Afyonkarahisar) Doğu ve Batısındaki Sahalarda Toprak Erozyonunun Değerlendirilmesi. Proje Sonuç Raporu, *TÜBİTAK TOVAG*, 1070648.
- Yıldırım, Ü., & Erkal, T. (2009). RUSLE Yöntemi ile Afyon Ovası'nın Batı Kesiminin Erozyon Risk Tahmini. Proje Sonuç Raporu, *Afyon Kocatepe Üniv. BAP*, 7.
- Yılmaz, E. (2006). Çamlıdere Baraj Havzasında Erozyon Problemi ve Risk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	ARİF KIRCI
Doğum Yeri	ÜNYE / ORDU
Doğum Tarihi	07.02.1992
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	05437716819
E-Posta Adresi	arifkirci@outlook.com
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Bölümü
Mezuniyet Yılı	11.09.2015
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	31.07.2019

