



**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMLERİ İLE YAĞIŞ VE RÜZGÂR
KAYNAKLI TOPRAK EROZYONU
MODELLEMESİ**

Ayhan ÇAMUROĞLU

Yüksek Lisans Tezi

**Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Selçuk ALBUT
2020**

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE
YAĞIŞ VE RÜZGÂR KAYNAKLI TOPRAK EROZYONU
MODELLEMESİ**

Ayhan ÇAMUROĞLU

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. SELÇUK ALBUT

TEKİRDAĞ-2020

Her hakkı saklıdır.



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Ayhan ÇAMUROĞLU

Prof. Dr. Selçuk ALBUT danışmanlığında, Ayhan ÇAMUROĞLU tarafından hazırlanan “Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Yağış ve Rüzgâr Kaynaklı Toprak Erozyonu Modellemesi” başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 05.06.2020 tarihinde Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Selçuk ALBUT

İmza:

Üye : Doç. Dr. Muharrem Yetiş YAVUZ

İmza:

Üye : Doç. Dr. Mehmet ŞENER

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE YAĞIŞ VE RÜZGÂR KAYNAKLI TOPRAK EROZYONU MODELLEMESİ

Ayhan ÇAMUROĞLU

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Selçuk ALBUT

Sadece tarımsal verimliliği azaltmakla kalmayıp aynı zamanda suyun kullanılabilirliğini de azalttığı tarımsal faaliyet alanlarında büyüyen bir sorundur toprak erozyonu. Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE), erozyon tahmini ve kontrolü için küresel olarak kullanılan en popüler ampirik tabanlı bir modeldir. Uzaktan Algılama ve CBS teknikleri, gerekli veri miktarı ve daha geniş alan kapsamı nedeniyle daha büyük ölçeklerde erozyonu değerlendirdiğinden önemli araçlar haline gelmiştir. Mevcut çalışma alanı toprak erozyonu riski ile dalgalı topoğrafyaya sahip Trakya bölgesinin bir parçasıdır. Bu çalışmada Kırklareli ilindeki topraklarında yağış ve rüzgâr kaynaklı yıllık toprak kaybını UA ve CBS çerçevesinde Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) kullanarak değerlendirmeye yönelik bir girişimde bulunulmuştur. Bu tür bilgiler erozyon kontrol önlemlerinin uygulanabilmesi için öncelikli alanların belirlenmesinde çok yardımcı olabilir. Toprak erozyon oranı, Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (Kırklareli koşulları için) Uzaktan Algılama ve CBS tekniklerini kullanarak bölgedeki topoğrafya, toprak dokusu, arazi kullanımı, arazi örtüsü, yağış erozyonu, mahsul yönetimi ve bunların uygulamasının bir fonksiyonu olarak belirlenmiştir. RUSLE'nin yağış erozyonu R faktörü 40,48-375,00 arasında değişmekte ve toprak erozyonu K-faktörü 0,00-0,40 arasında değişmektedir. Bölgedeki yükseltiler 10 ile 1031 m arasında değişmekte olup LS faktörü değerleri 0-17,34 arasında değişmektedir. C faktörü, CORINE 2018 yılı verilerinden yararlanılarak hesaplandı. P değeri, bölgedeki mevcut koruma modellerinden hesaplanmıştır. RUSLE kullanarak bölgede tahmin edilen yıllık toprak kaybı 10,0 ton / ha / yıl'dır.

Anahtar kelimeler: CBS, Uzaktan Algılama, QGIS, Erozyon, Kırklareli, Özgür Yazılım

2020, 92 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

MODELING OF SOIL EROSION FROM RAINS AND WIND USING REMOTE SENSING AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Ayhan ÇAMUROĞLU

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Selçuk ALBUT

Soil erosion is a growing problem especially in areas of agricultural activity where soil erosion not only leads to decreased agricultural productivity but also reduces water availability. Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) is the most popular empirically based model used globally for erosion prediction and control. Remote sensing and GIS techniques have become valuable tools, especially when assessing erosion at larger scales due to the amount of data needed and the greater area coverage. The present study area is a part of the Thracian region with undulating topography, with a risk of soil erosion. In the present study, an attempt has been made to assess the annual soil loss caused by water and wind in the province of Kırklareli using RUSLE in GIS framework. Such information can be of immense help in identifying priority areas for the implementation of erosion control measures. The soil erosion rate was determined as a function of land topography, soil texture, land use/land cover, rainfall erosivity, and crop management, and practice in the province using the Revised Universal Soil Loss Equation (for Kırklareli), remote sensing and GIS techniques. The rainfall erosivity R-factor of RUSLE was found from 40,48-375,00 and the soil erodibility K-factor varied from 0,00 - 0,40. Elevations in the province varied between 10 and 1031 m having LS factor values ranging from 0 – 17,34. The C factor was found using the CORINE 2018 data. The P-value was computed from existing cropping patterns in the province. The annual soil loss estimated in the province using RUSLE is 10,0 ton/ha/yr.

Key words: GIS, Remote Sensing, QGIS, Erosion, Kırklareli, Free Software

2020, 92 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	viii
TEŞEKKÜR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
2.1. Erozyon ile Toprak Bozulmasının Küresel Ölçütü.....	3
2.2. Toprak Erozyonu ve Süreçleri	6
2.3. Toprak Erozyonu Faktörleri.....	7
2.4. Toprak Erozyonunun Modellenmesi	8
2.5. Toprak Erozyonunda Uzaktan Algılama ve CBS Kullanımı Modeli	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Materyal	16
3.1.1. Araştırma Alanının Yeri	16
3.1.2. Araştırma Alanının İklimi	17
3.1.3. Araştırma Alanının Toprakları	18
3.1.4. Araştırma Alanının Jeolojisi.....	19
3.1.5. Araştırma Alanı Arazi Kullanımı ve Arazi Örtü Dağılımı	21
3.1.6. Araştırmada Kullanılan Altlık Materyaller, Haritalar ve Programlar.....	21
3.1.7. Araştırma Alanının Jeomorfolojik Özellikleri.....	22
3.2. Yöntem	24
3.2.1. Eğim Uzunluğu ve Eğim Derecesi Faktörü (LS).....	26
3.2.2. Yağışın Erozyon Yaratma Faktörü (R).....	36
3.2.3. Toprağın Erozyona Duyarlılık Faktörü (K).....	43
3.2.4. Arazi Örtüsü (Bitki Yönetim) Faktörü (C).....	47
3.2.5. Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P)	52
3.2.6. Kırklareli Potansiyel Toprak Kaybı Dağılımı (A) Hesaplanması.....	53
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	56
4.1. Kırklareli Eğim Uzunluğu ve Eğim Derecesi Faktörü (LS)	56
4.2. Kırklareli Yağışın Erozyon Yaratma Faktörü (R)	57
4.3. Kırklareli Toprağın Erozyona Duyarlılık Faktörü (K)	59

4.4. Kırklareli Arazi Örtüsü (Bitki Yönetim) Faktörü (C).....	61
4.5. Kırklareli Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P).....	63
4.6. Kırklareli Potansiyel Toprak Kaybı Dağılımı.....	64
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR.....	69
ÖZGEÇMİŞ.....	81



ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1. İnsan kaynaklı toprak erozyonunun küresel kapsamı (Lal, 2001).....	4
Çizelge 3.1. Kırklareli ilinde aylık ve yıllık ortalama sıcaklıklar (°C)	18
Çizelge 3.2. Kırklareli ili BTG sınıflandırması ve K Faktör değerleri.....	45
Çizelge 3.3. CORINE Projesi arazi örtüsü sınıflandırması	49
Çizelge 3.4. Kırklareli ilinde bulunan sınıflamaların C Faktör değerleri.....	50
Çizelge 3.5. Erozyon kontrol uygulama faktörü.....	53
Çizelge 3.6. Erozyon duyarlılık sınıfları	55
Çizelge 4.1. Kırklareli LS değerleri.....	56
Çizelge 4.2. Kırklareli MFI ve R-Faktör değerleri.....	58
Çizelge 4.3. K faktörü hesaplamalarına göre elde edilen toprak erodibilite değerleri	60
Çizelge 4.4. Kırklareli için hesaplanan RUSLE C Faktör değerlerinin kapladığı alan ve oranlar.....	62
Çizelge 4.5. Kırklareli ilinin potansiyel erozyon seviyeleri	65

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1. Avrupa'da su kaynaklı tahmini toprak erozyonu.....	5
Şekil 2.2. Rüzgâr erozyonu için tahmini gün sayısı	6
Şekil 2.3. Rüzgâr erozyonu ile toprağın taşınması (Blanco ve Lal, 2008).....	7
Şekil 3.1. Kırklareli ilinin konum haritası	16
Şekil 3.2. Kırklareli ili eşyüksekti eğrileri.....	23
Şekil 3.3. Kırklareli ili yükselti haritası.....	24
Şekil 3.4. Toprak erozyonu modelleme iş akışı.....	25
Şekil 3.5. SRTM Downloader eklentisinin kurulumu	27
Şekil 3.6. SRTM Downloader eklentisi.....	28
Şekil 3.7. SRTM Downloader eklentisinin çalıştırılması	28
Şekil 3.8. SRTM Downloader ile NASA'dan indirilen SYM haritaları.....	29
Şekil 3.9. Raster/Miscellaneous/Merge komutunun uygulanması	30
Şekil 3.10. Raster/Extraction/Clip Raster By Mask Layer komutunun uygulanması	30
Şekil 3.11. Kesme işlemi sonucunda elde edilen SYM haritası	31
Şekil 3.12. SAGA / Terrain Analysis – Hydrology / Fill Sinks (Wang ve Liu, 2006) analiz aracını kullanılması.....	32
Şekil 3.13. SAGA / Terrain Analysis – Channels / Channel network and Drainage Basins işlemi	33
Şekil 3.14. Akış yönü (Flow direction)	33
Şekil 3.15. Drenaj havzaları (Drainage basins)	34
Şekil 3.16. Nehir/akarsu yatakları (Channels) Drenaj yoğunluğu.....	35
Şekil 3.17. Kırklareli il sınırları ve meteoroloji istasyonları eklenmesi.....	41
Şekil 3.18. Meteoroloji istasyonlarının bulunduğu katman.....	42
Şekil 3.19. Raster/Raster calculator ile R faktörünün hesaplanma işlemi.....	43
Şekil 3.20. Öznitelik tablosundaki seçeneklerden BTG özelliğine göre sadeleştirme işlemi ..	44
Şekil 3.21. Vector/Geoprocessing Tools/Dissolve işlemi	45
Şekil 3.22. Öznitelik Tablosunda BTG yer alan bilgiler	46
Şekil 3.23. Vector/Geoprocessing Tools/Dissolve komutu.....	51
Şekil 3.24. Sınıflandırma gruplarının kapladığı alan (km ²) ve oransal (%) değerleri öznitelik tablosu yardımıyla hesaplama işlemi.....	52
Şekil 3.25. Raster/Raster calculator işlemi.....	54
Şekil 4.1. Kırklareli ili LS faktörü haritası	57
Şekil 4.2. Kırklareli İlinde R Faktörü Haritası	59

Şekil 4.3. Kırklareli İli K Faktörü Haritası.....	61
Şekil 4.4. CORINE 2018'den hesaplanan C faktörü.....	63
Şekil 4.5. Kırklareli ilinin potansiyel erozyon haritası.....	66



SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
° C	: Santigrat derece
°	: Derece
‘	: Dakika
A	: Birim Alandan Gerçekleşen Ortalama Yıllık Toprak Kaybı Miktarı
AGNPS	: Fiziksel Temelli Bir Erozyon Modeli
ALOS	: Japonya Uzay Araştırma Ajansı uydusu
ArcGIS	: CBS Yazılım Paketi, ESRI Şirketi, ABD
bkz.	: bakınız
C	: Arazi örtüsü faktörü
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
cm	: Santimetre
CORINE	: Çevresel Bilginin Koordinasyonu (Coordination of Information on the Environment)
ÇEM	: Çölleşme ve Erozyonla Mücadele
D-B	: Doğu-Batı
diğ.	: diğerleri
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
E	: Toplam Şiddetli Yağış Enerjisi
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
g	: Gram
G	: Güney
GD	: Güney doğu
GIS	: Geographic Information System
GPS	: Evrensel Konumlandırma Sistemi
GRASS	: Coğrafi Kaynaklar Analiz Destek Sistemi (Geographic Resources Analysis Support System)
h	: Saat

ha	: hektar
IRS	: Hintli Uzaktan Algılama Uydusu
I30	: Maksimum 30 dakikalık yağış şiddeti
K	: Toprağın erozyona duyarlılık faktörü
KB	: Kuzey batı
kg	: Kilogram
KHGM	: Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü
km	: Kilometre
km ²	: kilometre kare
L	: Eğim uzunluğu faktörü
LANDSAT	: Uzaktan Algılama Uydusu, ABD
m	: Metre
MFI	: Modifiye Fournier İndeksi
mm	: Milimetre
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MUSLE	: Modifiye Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği
m ³	: Metreküp
NASA	: ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NDVI	: Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi
P	: Toprak koruma önlemleri faktörü
R	: Yağışın erozyon yaratma faktörü
RUSLE	: Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği
S	: Eğim dikliği faktörü
sn	: Saniye
SPOT	: Fransız Uzaktan Algılama Uydusu
SYM	: Sayısal Yükselti Modeli (Digital Elevation Model)
Tema	: Türkiye Erozyonla Mücadele Vakfı
TİGEM	: Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü
TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeleri

TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
QGIS	: Kuantum Coğrafi Bilgi Sistemi (Quantum Geographic Information System)
UA	: Uzaktan Algılama
USLE	: Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği
WEPP	: Su Erozyonu Tahmin Projesi Modeli (Water Erosion Prediction Project)



TEŞEKKÜR

Bu alıŐma, erozyon konusunda Avrupa ve Amerika' da yıllardan beri uygulanan bir yÖntemi yerel ölçekte uygulamaktadır. Ülkemiz Őartları gÖz önüne alındığında erozyon sonucu her yıl milyonlarca ton toprağımızın akıp gittiği görölmektir. Uyguladığımız bu yöntem ile herhangi bir bölgedeki toprak kaybını ton/ha/yıl olarak hesaplamaktayız. Temennimiz bu tür çalıŐmaların gerçekçi sonuçlar alınarak ülke genelinde yayılmasıdır.

Bu yüksek lisans tez çalıŐmasının hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen, beni yönlendiren, öneri ve eleŐtirileri ile katkıda bulunan, her türlü desteğini aldığım çok değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Selçuk ALBUT (Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği)'a sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Mayıs, 2020

Ayhan ÇAMUROĞLU
Biyosistem Mühendisi

1. GİRİŞ

Günümüzde özellikle gelişmekte olan tropik ve subtropik ülkelerde yağış ve rüzgâra bağlı erozyon ile toprak bozulması ciddi bir sorundur. Erozyon, dünya yüzeyinde sürekli olarak meydana gelen doğal bir jeomorfik süreçtir. Bununla birlikte, bu sürecin antropojenik bozulmalar ile hızlanmasının toprak ve çevre kalitesi üzerinde ciddi etkileri olabilir.

Ülkemizin %56'sı dağlık arazilerden oluşmaktadır (Görçelioğlu, 1997). Bu yönüyle Türkiye'nin topografyası ve iklimsel dinamikleri, erozyon oluşumuna oldukça müsaittir. Erozyonla mücadelede önemli bir yer tutan kontrol önlemlerinin alınabilmesi için erozyonun etkili olduğu alanların hızla belirlenmesi gerekmektedir. Geniş arazilerde, geleneksel arazi etütlerine dayalı yöntemlerle gerçekleştirilen erozyon çalışmaları emek-yoğun ve maliyetli olduğu gibi oldukça uzun zaman almaktadır (Pan ve Wen, 2014).

Bulduğumuz yüzyılda bilgisayar teknolojisinde, uzaktan algılama biliminde ve evrensel konum bulma sistemlerinde (GPS) yaşanan gelişmelerle bilgi ve iletişim teknolojisindeki ilerlemeler, bilgisayar donanımlarının maliyetlerinin azalmasıyla birlikte fonksiyonlarının ve işlem hızlarının artması, CBS'yi hayatın olağan bir parçası haline getirmiştir. Tek bir görüntünün binlerce kelimedenden çok daha fazla anlam ifade ettiği ve farklı kaynaklardan elde edilmiş verileri bütünleştirebilme özelliği düşünüldüğünde CBS'nin görsel gücü de ortaya çıkmaktadır.

Teknolojide meydana gelen gelişmeler ışığında, özellikle tarım alanında çoğunlukla Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknikleri kullanılmaya başlanmıştır. Tarımsal faaliyetlerde mevcut tarım alanlarının miktarını ve dağılımını belirlemek ülke tarımının daha iyi planlanmasında önemli rol oynamaktadır (Albut ve Sağlam, 2004).

Toprak erozyonu olumsuz ekonomik ve çevresel etkilere sahiptir (Lal, 1998). Ekonomik etkiler, tesis içi ve tesis dışı gelirlerin azalması ve tesis / hayvansal üretimi olumsuz yönde etkileyen diğer zararlardan dolayı çiftlik gelirinin kaybı nedeniyledir. Toprak erozyonunun verimlilik üzerine yerinde ve yerinde olmayan (saha dışı) etkileri vardır. Toprak erozyonunun yerinde verimlilik kaybı üç nedene bağlıdır. Bunlardan ilki kısa süreli verimlilik kayıplarıdır ve bunlar ürün veriminde kayıp, tohumlama kaybı, girdi kaybı (tohum, gübre), su kaybı, ek toprak işleme, gecikmeli ekim nedeniyle zaman kaybı gibi unsurlardır. İkincisi uzun süreli verimlilik kayıplarıdır ve bunlarda üst toprak kaybı, toprak yapısındaki düşüş, toprak

organik madde içeriğinde azalma, toprak işleme erozyonu gibi kayıplardır. Üçüncü unsur ise arazi/toprak kalitesinde azalmadır ve bunlar da arazi/toprak kalitesinde geçici düşüş, sediment kaynaklı kimyasallarla yüzey sularının geçici kirliliği gibi unsurlardır. Toprak erozyonunun yerinde olmayan ekonomik etkisi de üç nedene bağlıdır. Bunlardan ilki kısa süreli etkilere bağlı olarak fide ölümleri, alçak döşeme alanının su altında kalması, fide üzerindeki kimyasal etkiler, gecikmeli ekimdir. Uzun süreli etkileri ise infertil topraklar tarafından üst toprağın gömülmesi, drenaj koşullarında değişiklik ve toprak işleme erozyonu ile eğimin değiştirilmesidir. Üçüncü ve sonuncu etkisi ise arazi/toprak kalitesinde azalmadır ve bunlarda sel yatağı nedeniyle arazi/toprak kalitesinde geçici düşüş, toprak-su rejimi ve su tabakasındaki değişiklikler ve ek su yönetimi (sulama, drenaj vb.) dir.

Yerleşik arazilerin %24'ünü etkilemektedir insan etkisiyle oluşan toprak bozulması. Bu değer kıtalar bazında Asya'da %31, Afrika'da %27, Avrupa'da %26, Okyanusya'da %19, Güney Amerika'da %18 ve Kuzey Amerika'da %12 seviyelerindedir (Oldeman, 1991).

Tarım arazisi elde etme, aşırı ve düzensiz otlatmanın yapılması, ormanların tahribi v.b. antropojen etkilerle de erozyon hızlandırılmakta ve şiddeti artmaktadır Türkiye'deki doğal faktörlerin yanında (Zengin ve diğ., 2009). Örneğin Çorum ili topraklarının %58'inin erozyon bakımından yüksek ve çok yüksek risk taşıdığı belirlenmiştir (Tombuş ve Ozulu, 2007).

Erozyon, ülkemizin mücadele etmesi gereken önemli çevresel sorunlardandır. Avrupa Birliği ülkelerinde ülke başına ortalama 25 milyon hektarlık bir alanda erozyon görülürken ülkemizde 57 milyon hektarda görülür. Erozyon tek başına ekolojik sorun olarak değerlendirilmeye birlikte zaman zaman açlığa ve göçe neden olmaktadır. Her yıl ortalama 500 milyon tona yakın verimli toprak kaybolmaktadır. Erozyonun ülkemiz için ne kadar büyük bir tehdit olduğunu gözler önüne sermektedir topraklarımızın %99'unu su erozyonundan, %1'ini rüzgâr erozyonundan etkilenmekte olması (DPT, 2001).

Bu çalışmada Kırklareli ilinin yağış ve rüzgâr kaynaklı erozyonun veri tabanları oluşturulacaktır. Tüm veriler Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımları (QGIS) kullanılarak işlenecek ve elde edilen sonuçlara internetten ulaşım sağlanacaktır. Birinci bölümde kaynak araştırması ve tanımlamalara yer almaktadır üç ana bölümden oluşan çalışmada. Çalışmada kullanılan materyal ve yöntem açıklanmıştır ikinci bölümde. Çalışmada elde edilen sonuçlar özetlenmiş, önerilerde bulunulmuş ve tartışmaya sunulmuştur üçüncü bölümde.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Coğrafi bilgileri depolamak ve amaca uygun olarak kullanmak için geliştirilmiş bilgisayar destekli sistemlerdir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS). 1970'li yıllardan başlayarak hızla gelişmiş ve coğrafi bilgilerin kullanılmasında en etkin teknoloji haline gelmiştir bu sistemler (Aronoff, 1989).

Coğrafi bilgi teknikleri erozyon modellemesinde önemli bir rol oynar toprak erozyonu konumsal bir olay olduğundan. Uzaktan algılama verileri ve elde mevcut olan haritalar model girdileri için birçok veri sağlar (Petter, 1992). Coğrafi bilgi sistemleri uygulamaları için uzaysal konumları ile birleştirilebilir uzaktan algılama ile üretilen veriler (Mkhonta, 2000).

Uydu görüntüleri, sayısal yükseklik modelinden üretilen eğim ve bakı gibi topoğrafik parametreler ve toprak özelliklerinin CBS'ye entegrasyonu neticesinde bağıcılık için uygun olan alanlar belirlenmiş, mevcut bakı alanlarının bu kapsamda olup olmadığı incelenmiş ve yeni bakı alanları için alternatif yerler belirlenmiştir Sertel ve arkadaşlarının 2011 yılında yaptığı çalışmada. Ayrıca, uydu görüntüleri kullanılarak Tekirdağ ili merkez ve Şarköy ilçeleri için oluşturulan bağ alanlarının mekânsal dağılımlarını gösteren tematik haritaların ileriye yönelik oluşturulabilecek Ulusal Bağıcılık İzleme Sistemi için uydu görüntülerinin kullanılabilirliğini ortaya koymuştur.

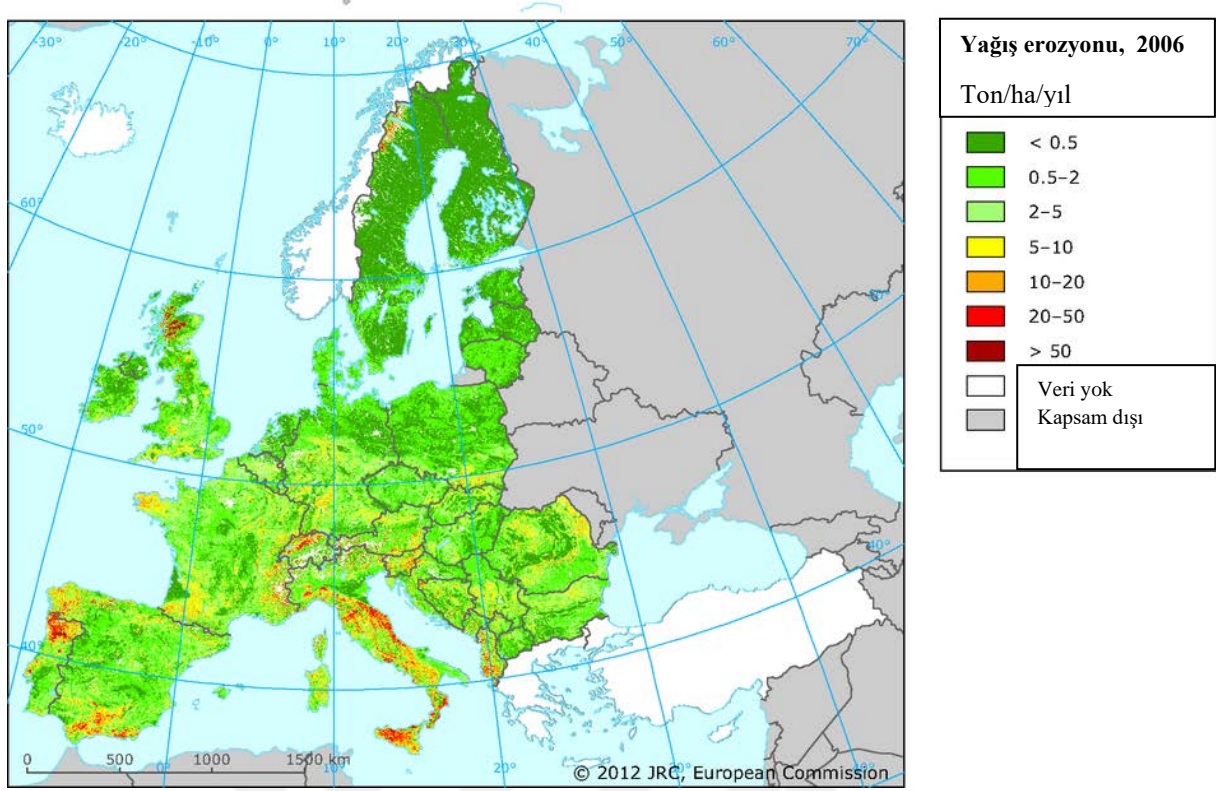
2.1. Erozyon ile Toprak Bozulmasının Küresel Ölçütü

İnsan kaynaklı toprak erozyonuna maruz kalan toplam arazi alanı yaklaşık 2 milyar ha olarak tahmin edilmektedir. Bunlardan, erozyona bağlı toprak bozulmasından etkilenen arazi alanının su erozyonu ile 1100 milyon ha ve rüzgâr erozyonu ile 550 milyon ha olduğu tahmin edilmektedir (Çizelge 2.1). Güney Asya su ve rüzgâr ile toprak erozyonunun ciddi bir sorun olduğu dünyadaki bölgelerden biridir (Venkateswarlu, 1994; Singh, Babu, Narain, Bhushan ve Abrol, 1992).

Çizelge 2.1. İnsan kaynaklı toprak erozyonunun küresel kapsamı (Lal, 2001)

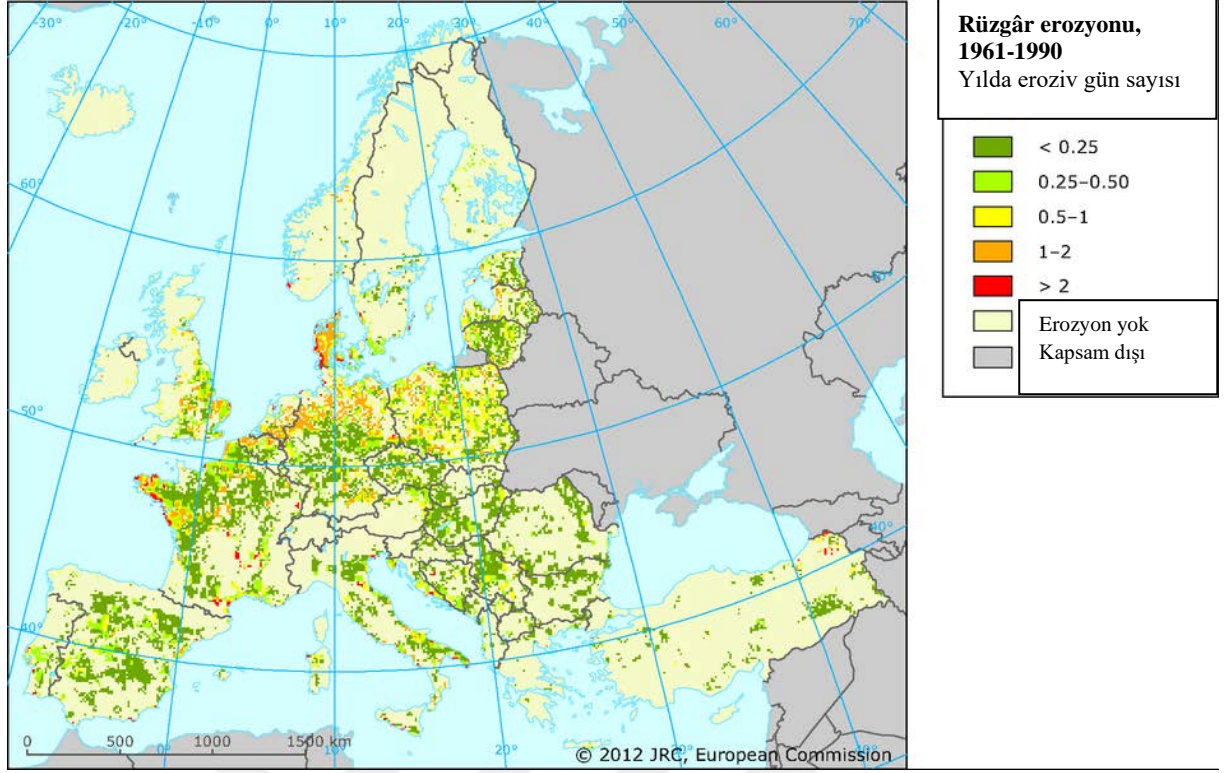
Dünya Bölgeleri	Toplam Arazi Alanı (10 ha)	İnsan Kaynaklı Toprak Erozyonu (10 ha)	Toprak Erozyonu (10 ha)	
			Su	Rüzgâr
Afrika	2966	494	227	186
Asya	4256	748	441	222
Güney Amerika	1768	243	123	42
Orta Amerika	306	63	46	5
Kuzey Amerika	1885	95	60	35
Avrupa	950	219	114	42
Okyanusya	882	103	83	16
Dünya Toplamı	13013	1965	1094	548

Avrupa genelinde toprak erozyonu eğilimleri hakkında sistematik ve uyumlu veriler bulunmamaktadır. Avrupa Birliği çapında erozyon tahminleri, çoğu henüz onaylanmamış modelleme çalışmalarına dayanmaktadır. 2006 tarihli bir örneklemede (2006 için CORINE arazi örtüsü verisi olmayan Yunanistan, Kıbrıs ve Malta hariç) yüzey alanının su erozyonundan etkilenen 130 milyon ha olduğu tahmin edilmektedir. Neredeyse %20'si yılda 10 tondan fazla toprak kaybına maruz kalmaktadır (Şekil 2.1). Çoğu model bir yağış erozyonu faktörü ve ortalama yağış koşullarını yansıtan bir toprak erozyonu faktörü içerir. Bu faktörler için tipik değerler, aşırı yağışların etkisini yetersiz olarak gösterebilir. Bu nedenle, modellenen erozyon riskinin belirsizliği, özellikle yerel düzeyde yüksektir (EEA, 2017).



Şekil 2.1. Avrupa'da su kaynaklı tahmini toprak erozyonu

Rüzgâr erozyonu durumu, sistematik veri toplamalarının sınırlı olması nedeniyle su erozyonuna benzer. Rüzgâr erozyonunun doğu İngiltere'nin, kuzeybatı Fransa'nın, kuzey Almanya'nın, İber Yarımadası'nın bazı bölümlerinin ve Hollanda'nın birçok bölgesinde ciddi bir sorun olduğu tahmin edilmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Rüzgâr erozyonu için tahmini gün sayısı

2.2. Toprak Erozyonu ve Süreçleri

Yağış ve rüzgâr ile dayanımı azalan toprak materyali hızla sürüklenir ve bu taşınmaya erozyon denir. Nüfusun artışı, daha çok toprak gereksinimi ve gelişen nüfusun beslenme ihtiyacı artarken, işlenmemesi gereken arazilerin kullanılması yeryüzünde çölleşmeye neden olmaktadır.

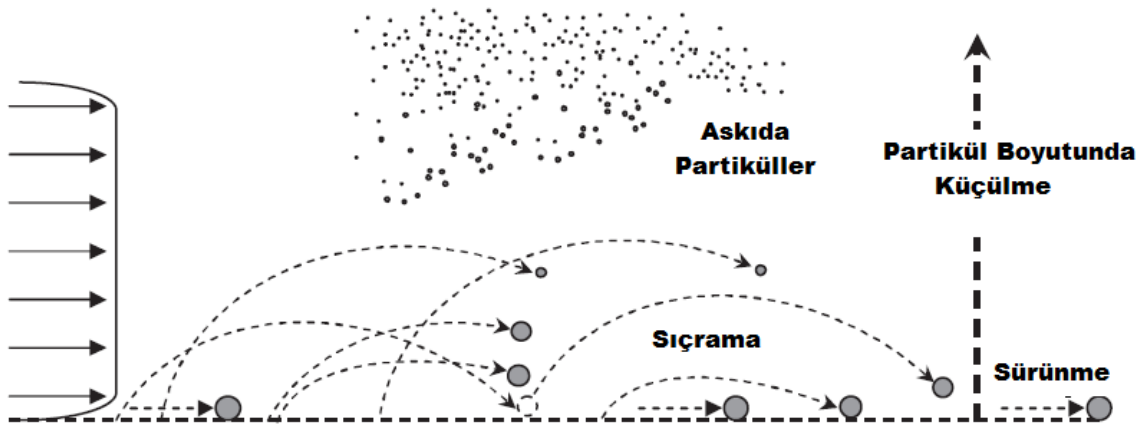
Eğimli bir yamaçta insan etkisiyle çıplak kalan toprağın yağmur damlalarıyla dövülmesi veya donma çözünme olaylarıyla parçalanması sonucu bu toprağın yüzeysel akışlarla eğim aşağı taşınması olayına su erozyonu adı verilir (Yılmaz, 2010). Su erozyonunu kimyasal ve mekaniksel olarak ayırmak mümkündür. Kimyasal erozyon yağış, rüzgâr ve kitle hareketleri etkisi ile topraktaki besin elementleri ve çözünebilir tuzların yıkanması ve taşınması olayıdır. Mekaniksel erozyon, toprak zerrelerinin ayrılma, taşıma ve toprağın birikmesi olayının tamamıdır. Mekaniksel erozyonun ayrışma ve parçalanma süreci yağmur damlasının suyun aşındırıcı gücüyle kopmasıyla başlayan ve birikmeye başlamasıyla son bulan süreçtir. Farklı enerji kaynağı ajanları farklı erozyon türleri belirler.

Rüzgâr ve su gibi fiziksel, yerçekimi, kimyasal reaksiyonlar ve toprak işleme gibi doğada insanoğlunun neden olduğu etkiler dört temel enerji kaynağının varlığıdır.

Toprak erozyonu, yığışanların yağmur damlası etkisi, kesme veya su ve rüzgârın sürüklenme kuvveti nedeniyle parçalanmasından kaynaklanan kopma ile başlar. Ayrılan parçacıklar, akan su (toprak üstü akış ve akışlar arası) ve rüzgâr ile taşınır ve su veya rüzgârın hızı, eğim veya zemin örtüsünün etkisiyle azaldığında biriktirilir.

Üç süreç doğal toprak erozyonunun oranını hızlandırır. Bunlar dağılma, sıkıştırma ve kabuklanma süreçleridir. Bu süreçler yapısal istikrarı azaltır, toprak mukavemetini azaltır, erozyonu artırır ve karadan akış, ara akış, rüzgâr veya yerçekimi ile taşınmaya karşı duyarlılığı vurgular. Bu süreçler toprak bozulması (toprak işleme, araç trafiği), toprak örtüsünün olmaması (çıplak nadas, kalıntıların çıkarılması veya yanması) ve sert iklim (yüksek yağış yoğunluğu ve rüzgâr hızı) ile vurgulanmaktadır.

Belli bir hızın üzerinde esen rüzgârların toprağı üflemesi, aşındırması, taşınması ve başka yerlerde biriktirmesi olayına rüzgâr erozyonu denilmektedir. Ülkemizdeki erozyonun %0,7-1'ine tekabül eden rüzgâr erozyonu yerel olarak Konya (Karapınar) ve Iğdır (Aralık) illerinde görülmektedir (ÇEM, 2016). Rüzgâr erozyonun parçacık boyutuna göre meydana gelişi yani toprak taşınması aşağıdaki Şekil 2.3'te gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Rüzgâr erozyonu ile toprağın taşınması (Blanco ve Lal, 2008)

2.3. Toprak Erozyonu Faktörleri

Toprak erozyonu, toprak, iklim, arazi ve toprak örtüsü ve aralarındaki etkileşimleri içeren biyofiziksel ortam ile değiştirilir. Toprak aşınması yani toprağın erozyon etkisine karşı duyarlılığı doku, yapı, toprak organik madde içeriği, kil mineralleri, değiştirilebilir katyonlar ve su tutma ve iletim özellikleri gibi doğal toprak özellikleri ile belirlenir.

İklimsel aşınma damla boyutu dağılımı ve yağmurun yoğunluğunu, yağış miktarını ve sıklığını, akış miktarını ve hızını ve rüzgâr hızını içerir. Toprak erozyonunun incelenmesi için önemli arazi özellikleri eğim gradyanı, uzunluk, görünüş ve şekiller bilinmelidir.

Zemin örtüsü, toprak erozyonu ajanları tarafından sağlanan enerjinin dağıtılmasında güçlü ve orta düzeyde bir etki gösterir. Toprak erozyonunu yöneten biyofiziksel süreçlerin etkisi ekonomik, sosyal ve politik nedenlerden etkilenir. Ekonomik etkilerin sebebi olarak ormansızlaştırma, biokütle yıkımı, tarıma doğal dönüşüm, işleme, koruma faktörleri ve endüstriyel arazi kullanımı olarak belirlenmektedir. Sosyal etkiler ise arazi hakları, piyasa güçleri, servet dağılımı, sağlık, demografi ve sosyal istikrardır. Politik nedenlere geldiği zaman ilkeler, mevzuatlar, hazine ve siyasi istikrar olarak belirlenmektedir. Toprak erozyonunun faktörleri ise toprak, iklimsel, arazi ve toprak örtüsüdür. Toprak erozyonunun sebebi olarak yapısı, doku, infiltrasyon, organik madde içeriği, su tutma, katyonlar olarak belirlenmektedir ve bunlar toprağın erozyon duyarlılığına neden olur. İklimsel erozyon sebepleri yağış (miktar; yoğunluk frekansı), rüzgâr hızı, su ve enerji dengesidir. Arazi faktörleri gradyan, uzunluk, görünüm, şekil olarak belirlenir. Toprak örtüsü faktörleri ise gölgelik örtüsü, biokütle, kök sistemi, tür çeşitliliğidir (Lal,2001).

Lal tarafından 2001 yılında yapılan araştırmaya göre gelir yani iş kaybına neden olan arazi dışı yani olumsuz ekonomik etkiler de dört başlık altına alınmıştır. Bunlar rezervuarların sulanması (kapasite de azalma, tarama maiyetleri), sucul ekosistemler üzerine etkileri, dinlenme amaçlı yerlerin olumsuz etkileri (navigasyon tehlikesi, spor-balıkçılık kaybı) ve sel zararları (yollar, köprüler, iletişimde aksama) olarak özetlenebilmektedir.

2.4. Toprak Erozyonunun Modellenmesi

Toprak erozyonunun tahmin edilmesi ve değerlendirilmesi için saha çalışmaları pahalıdır, zaman alıcıdır ve uzun yıllar boyunca toplanması gerekir. Erozyon süreçlerinin detaylı bir şekilde anlaşılmasına rağmen, saha çalışmaları etkileşimlerinin karmaşıklığı ve sonuçlardan genelleme zorluğu nedeniyle sınırlamaları vardır.

Toprak erozyonu modelleri, havzadaki erozyon süreçlerini simüle edebilir ve erozyon oranlarını etkileyen birçok karmaşık etkileşimi dikkate alabilir.

Toprak erozyonu tahmini ve değerlendirmesi, 1930'lu yıllardan bu yana araştırmacılar için bir zorluk olmuştur ve çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bu modeller ampirik, yarı ampirik

ve fiziksel süreç tabanlı modeller olarak kategorize edilir. Ampirik modeller gözlemlere ve doğadaki istatistiklere dayanır. Yarı ampirik model, fiziksel olarak süreç tabanlı modeller ile ampirik modeller arasında bir yerde bulunur ve mekânsal olarak toplamış su formları ve sediment sürekliliği denklemlerine dayanır. Fiziksel süreç tabanlı modellerde erozyonu kontrol eden temel mekanizmayı temsil etmesi amaçlanmıştır. Çeşitli faktörler ile mekânsal ve zamansal değişkenlikleri arasındaki karmaşık etkileşimler de dahil olmak üzere erozyonu etkileyen bireysel bileşenlerin sentezini temsil eder.

Yaygın olarak kullanılan erozyon modellerinden bazıları aşağıda yer almaktadır:

1- Ampirik Modeller iki tanedir, Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (USLE) ve Düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE)'dir. USLE, en çok kullanılan ampirik karasal akış veya tabaka-dere erozyon denklemidir. Denklem, bir tepenin üzerinde ekili alanlardan toprak erozyonunu tahmin etmek için geliştirilmiştir. Denklem şöyle verilir;

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (2.1)$$

Burada, A ortalama yıllık toprak kaybı (kütle/ alan/ yıl); R yağış aşınırılığı endeksi; K toprak aşınırılığı faktörü; L eğim uzunluğu faktörü; S eğim dikliği faktörü; C bitki örtüsü faktörü ve P koruma faktörüdür.

RUSLE ise, 1978 sürümünden sonra ihtiyaç duyulan verileri günceller ve birkaç işleme dayalı erozyon modeli içerir (Renard, Foster, Weesies, Mc Cool, ve Yoder, 1997). RUSLE bir regresyon denklemi olmaya devam eder ve şöyledir;

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (2.2)$$

Yağış ve akış erozivite faktörü içeren R faktöründe bir temel değişikliklerdir (akma erozivitesi akışın önemli olduğu kar erimesini de içerir). Toprak kaybı oranları (SLR) adı verilen alt faktör hesaplamasına dayanan C faktöründe de değişiklikler vardır. SLR şu alt faktörlere bağlıdır: önceki arazi kullanımı, gölgelik (kanopi) örtüsü, yüzey örtüsü, yüzey pürüzlülüğü ve toprak nemi (Renard vd., 1997).

2- Yarı-Ampirik Modellerde iki adettir, bunlar Modifiye edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (MUSLE) ve Morgan, Morgan ve Finney (MMF) modelidir. Öncelikle

MUSLE’de Williams (1975), USLE'nin yazılabilir değiştirilmiş bir versiyonunu şu şekilde önermiştir;

$$S_{ye} = X_e \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C_e \cdot P_e \quad (2.3)$$

Burada, S_{ye} olay sedimenti verimi,

$$X_E = \alpha \cdot (Q_e \cdot q_p) 0.56 \quad (2.4)$$

Burada, α ampirik bir iş birliği; Q_e çalışma miktarı ve q_p erozyon olayı sırasında elde edilen en yüksek akış oranıdır ve K , L , S , C_e ve P_e sırasında elde edilen en yüksek çalışma oranı USLE için tanımlandığı gibidir.

Morgan, Morgan ve Finney (MMF) Modelinde Morgan, Morgan ve Finney, (1984), USLE’nin sadeliğini korumayı amaçlayan ve erozyon sürecinin bir su fazı ve çökeltme fazında anlaşılmasındaki son gelişmelerden bazılarını kapsayan yıllık toprak kaybını tahmin etmek için bir model geliştirilmiştir.

Tortu (sediment) fazı, toprak parçacıklarının karasal akıştan ayrılmasından kaynaklanan toprak erozyonu dikkate alır.

Bu nedenle, sediment fazı biri sıçrama ayrılma oranı için diğeri de karadaki akışın taşıma kapasitesi için olan iki tahmin denklem içerir. Model, 15 giriş parametresinin gerekli olduğu altı çalışma denklemini kullanmaktadır. Model, yağmur sıçramasıyla ayrılma tahminleri ve akışın taşıma kapasitesini karşılaştırmakta ve değerlerin düşüklüğünü yıllık toprak kaybı oranı olarak değerlendirmekte, böylece ayırmanın veya taşımacılığın sınırlayıcı faktör olup olmadığını ifade etmektedir.

3- Fiziksel süreç tabanlı model ise ampirik modeller, verilerinin geliştirilmesinde kullanılanlara benzer ekolojik koşullar ile sınırlı uygulanabilirlik kısıtlarına sahiptir. Ayrıca, USLE biriktirme ile ilgilenmez; uygulanabilirliği geniş alanları ve su yatakları (havzaları) sınırlar. Bu hususlara dayanarak, birkaç sürece dayalı model geliştirilmiştir (örneğin Wepp, Eurosem, Lisem). Temel kısıtlayıcı faktör veri kıtlığıdır bu modellerde (Yazidhi, 2003).

Fiziksel temele dayalı modeller kavramsal modellerin yerini alması için geliştirilmiştir kavram olarak. Sebep olarak sıkı şekilde karmaşık fiziksel süreçlerin anlaşılması esasına dayanır. Fiziksel süreç tabanlı modeller, katkı sağlayan faktörlerin güç fark edilebilir zamansal ve uzaysal değişimlerini dikkate alır, dinamik modelleme için daha uygundur (Jaroslav ve ark., 1996).

4- Su Erozyonu Tahmin Projesi (WEPP) Modeli yaygın olarak kullanılan fiziksel olarak süreç tabanlı erozyon modeline bir örnektir (Renard, Foster, Lane ve Laflen, 1996). Toprak kaybını tahmin etmek ve toprağın korunması için havza yönetimi uygulamalarını seçmek için bir sistem toplama yöntemini modelleme yaklaşımı olarak geliştirilmiştir. WEPP'deki temel erozyon ve birikim denklemleri, sabit durum sedimentli bir süreklilik denklemi olan derecikler ve derecikler arası toprak erozyonu kavramını kullanan kütle denge formülasyonuna dayanmaktadır. WEPP modeli derecik ve derecikler arası işlemler ile hesaplanır. Derecikler arası sürtme sediment teslimi aşağıdaki denklem ile hesaplanır;

$$D_i = K_i \cdot I_e^2 \cdot G_e \cdot C_e \cdot S_f \quad (2.5)$$

Burada, D_i çökeltilerin tarlalar arası bölgelerden perdelerle teslim edilmesidir. ($\text{kg}/\text{m}^2/\text{sn}$); K_i tarlalar arası aşınabilirliktir ($\text{kg}/\text{m}^4/\text{sn}$); I_e etkin yağış yoğunluğunu (m/sn); G_e zemin örtüsü ayar faktörüdür ve S_f aşağıda verilen denklem uyarınca hesaplanan eğim ayar faktörüdür;

$$S_f = 1.05 - 0.85 (- 4 \sin \alpha) \quad (2.6)$$

Burada, α yüzeyin yakındaki pervaneye doğru eğimidir. Karşılaştırmada, derecik erozyonu, toprak parçacıklarının konsantre akan su ile ayrılması ve taşınmasıdır;

$$D_c = K_r \cdot (T - T_c) \quad (2.7)$$

Burada, K_r derecik aşındırabilirliği (sn/m); T akan suyun hidrolik makası (Pa) ve T_c parçalanma oluşmadan önce aşılması gereken kritik hidrolik makastır (Pa).

Veri tabanlarına kolayca ulaşabilir ve gelecek için yaygın bir ara yüze sahiptir rüzgâr ve su erozyonunun birleşimi olan model. Veri tabanlarına kolayca ulaşabilir ve ortak ara yüze sahip olup geleceğe yönelik planlar yapabilmektedir rüzgâr ve su erozyonunun bir kombinasyonu olan model. Genel olarak yıllık, aylık ve günlük olarak farklı seçeneklerde erozyon tahmini seçeneklerinden oluşmaktadır model (Flanagan, 2007).

5- Rüzgâr Erozyonu Modelinde ise Chepil ve Woodruff (1959), Woodruff ve Siddoway (1965), rüzgâr erozyonu sonucu meydana gelen toprak kayıplarının toprağın erozyon indeksi; yerel iklim faktörü, toprak yüzey pürüzlülüğü, ekivalan tarla genişliği ve ekivalan bitki örtüsü miktarının bir fonksiyonu olduğunu ortaya koymuşlardır. Aynı araştırmacılar, dekara 62,5 kg'lık bir toprak kaybının önemsiz; 62,5- 1250 kg'lık kaybın orta derecede önemli ve 1250 kg'dan daha fazla kaybın çok önemli olduğunu tespit etmişlerdir (Chepil and Woodruff, 1954). Chepil ve Woodruff (1963), daha hafif toprak zerrelere sahip topraklara göre erozyona daha az dayanıklı olduğunu; bu durumda, zerre büyüklük ve yoğunluğunun erozyon üzerinde etkili olduğunu araştırmışlardır.

USLE ile karşılaştırılabilir olarak, Woodruff ve Siddoway (1965) tarafından aşağıda verilen denklemde gösterildiği gibi bir rüzgâr erozyonu modeli önerilmiştir;

$$E = f (I, K, C, L, V) \quad (2.8)$$

Burada, E ortalama yıllık rüzgâr erozyonudur; I toprak erozyonu indeksi; C iklim faktörüdür (rüzgâr enerjisi); L tarla boyunca rüzgârın korunmasız medyan hareket mesafesidir; V eşdeğer vejetatif örtüdür. Bu denklem kuru arazilerde erozyon tehlikesini tahmin etmek için yaygın olarak kabul edilmiştir.

2.5. Toprak Erozyonunda Uzaktan Algılama ve CBS Kullanımı Modeli

Hava fotoğrafları ve uydu sensörleri verileri şeklinde uzaktan algılanan verilerin potansiyel faydası, fizyografi, toprak, arazi kullanımı / arazi örtüsü, kabartma, toprak erozyonu gibi toprak erozyonunu kontrol eden peyzaj özelliklerinin haritalanması ve değerlendirilmesinde ile iyi tanımlanmıştır (Örneğin Pande, Prasad, Saha ve Subramanyam, 1992). Uzaktan Algılama, toprak tipi, eğim gradyanı, drenaj, jeoloji ve arazi örtüsü gibi süreci geliştiren faktörlerin çalışılmasını kolaylaştırabilir. Çoklu zamansal uydu görüntüleri mevsimsel arazi kullanım dinamikleri ile ilgili değerli bilgiler sağlar. Uydu verileri, bitki

örtüsüne göre yağışların önlenmesi ve vejetasyon örtü faktörü gibi erozyon özellikleri incelemek için kullanılabilir. Sayısal Yükseklik modeli (SYM) toprak erozyonu modellemesi için gerekli hayati girdilerden biri, stereoskopik optik ve mikrodalga (SAR) uzaktan algılama verilerinin analiziyle oluşturulabilir.

CBS, girdi ve çıktının hazırlanması ve görselleştirilmesi ve modellerle etkileşim için mekânsal ve mekânsal olmayan coğrafi referanslı verilerin ele alınması için güçlü bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Toprak erozyonu modellemesi ve erozyon riski değerlendirmesi ile ilgili olarak toprak erozyonu envanterine yardımcı olarak CBS teknolojisinin kullanımı için önemli bir potansiyel vardır.

Erozyonel toprak kaybı en sık USLE tarafından değerlendirilir. Spanner ve arkadaşları (1982) ilk önce CBS'nin USLE kullanarak erozyonel toprak kaybı değerlendirmesi için potansiyelini göstermiştir. Çeşitli çalışmalar erozyona neden olan toprak kaybını kantitatif (niceliksel) olarak değerlendirmek için UA ve CBS tekniklerinin potansiyel kullanımını göstermiştir (Saha, Kudrat ve Bhan, 1991; Saha ve Pande, 1993; Mongkosawat, Thurangoon ve Sriwongsa, 1994). Uydu verileri analiz edilmiş toprak ve arazi örtüsü haritaları ve SYM' den elde edilen ve yardımcı toprak ve tarımsal yağış verileri, USLE'de toprak kaybının hesaplanmasında kullanılan temel girdilerdir.

Kudrat, Tiwari ve Saha (1997), CBS'nin UA'dan elde edilen toprak ve arazi kullanma bilgisi, SYM' den elde edilen eğim ve yardımcı yağmur ve sıcaklık verimlerini kullanarak Sediment Verim Tahmin Denklemini (SYPE) takiben gerçek ve potansiyel sediment verilerini tahmin etmenin uygulanabilirliğini göstermiştir.

Mevcut bölgesel verilere dayanarak zorlukların, sınırlamaların üstesinden gelmeyi ve dağıtılmış sürekli zaman modelleri geliştirmeyi mümkün kılar CBS araçlarının ve daha güçlü bilgi işlem olanaklarının mevcut olması. Mekânsal olarak dağılmış bazı araçlar sunmaktadır deterministik modellerin yakın zamandaki gelişimi (Young, Onstad, Bosch ve Anderson, 1989). Toprak erozyonu modellemesi için gerekli olan CBS destekli SYM işlemleri ile üretilebilecek arazi eğim gradyanı ve eğim uzunluğudur. Flanagan, Renschler ve Cochrane, (2000) WEPP modelini ve CBS'yi birbirine bağlayarak ve SYM kullanarak toprak erozyonu ve model benzetimleri için gerekli topoğrafik girdileri üretilmiştir.

Van der Kniff, Jones ve Montanarella (2000), YETKE ölçütlerine göre coğrafik bilgi sistemi içinde SYM kullanarak Avrupa Birliği üye ülkelerini kapsayan ancak ülkemizi kapsamayan Avrupa Erozyon Haritasını oluşturmuşlardır.

Tarım ve toprak bölümü (ASD) tarafından (2002) MMF modeli, Hindistan'ın Dehra Dun şehrindeki Doon Vadisi'nde CBS ortamında, çeşitli uydu uzaktan algılama türetilmiş girdiler kullanılarak su erozyonu ile toprak kaybı tahmini için kullanılmıştır.

Shi tarafından (2003) Güney Çin'de gerçekleştirilen çalışmada küçük bir havzada CBS ve UA teknikleri yardımıyla Rusle yöntemini kullanmışlardır. Söz konusu çalışma ile her bir faktöre ait etken haritaları üretilip, bu haritalar birbiriyle karşılaştırılarak ve yeniden sınıflama yapılarak yıllık ortalama potansiyel toprak kaybı hesaplanmaya çalışılmıştır. Eğim derecesinin arttığı yamaçlarda yıllık ortalama toprak kaybının 52 ton/ha yani yüksek olduğu alanları oluştururken eğim derecesinin azaldığı daha düz ovalık alanlar ise toprak kaybının 26 ton/ha yani düşük olduğu alanları meydana getirmediktedir.

Onori, Bonis ve Grauso tarafından (2006) RUSLE modelinin Sicilya Adası'nın güney kesimindeki Comunelli Havzası'na ait 108 km²'lik bir alanda uygulanması gerçekleştirilmiştir. Yıllık potansiyel toprak kaybı 94.76 ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak bulunmuştur Akdeniz ikliminin görüldüğü bu bölgede.

Cürebil ve Ekinci (2006), R faktörü hesaplamada Schreiber formülünü kullanarak eksik olan veri tabanını tamamlama da farklı bir bakış açısı getirerek alanla çalışma alanı ile ilgili dört farklı ayrı erozyon risk sınıfı belirlemiştir. Kızılkıçeli Deresi Havzası CBS Tabanlı Rusle Yöntemiyle Erozyon Analizi adlı çalışmasıyla. Ortalama yıllık 44,16 ton toprak kaybı tespit etmişlerdir havzanın tamamı ile ilgili.

Apaydın, Erpul, Bayramin ve Gabriels (2006), 29 yıllık günlük yağış miktarı ölçüm kayıtlarını kullanılarak Güneydoğu Anadolu Bölgemiz için CBS ortamında MFİ iki farklı yöntemle hesaplamışlardır. MFİ'nin çok yıllık ortalamasından ve her yıl için aylık yağış miktarından yola çıkarak hesapladıkları metot (MFİ_j) ile MFİ'nin *i*. aylık yağış miktarlarının ortalamalarından ve çok yıllık ortalamasından yola çıkılarak hesapladıkları bir diğer metot ile hesaplamalar yapılmıştır. Sonuç itibari ile MFİ_j' ye göre daha düşük riskli MFİ sınıflarına yol açmıştır. Bu durumu MFİ metodu ile yağış verilerindeki yıldan yıla olan değişkenliklerin istatistiksel olarak hesaplanamamasına bağlamaktadır araştırmacılar.

İrvem, Topaloğlu ve Uygur (2007) Seyhan havzasında yıllık toprak kaybını CBS teknikleri kullanarak belirlemişler. ETKE yöntemi ile hesapladıkları bir çalışmada R faktörünü 1977 yılında Arnoldus'un önerdiği Modifiye Fournier İndeksi (MFİ) eşitliği ile hesapladıkları değerlerin aylık yağış miktarı kullanılarak elde edilen MFİ verileriyle hesaplanabilecek bir R faktörü ($R=0,1215 \times 2,242F$) eşitliği önermişlerdir. Seyhan havzasının yıllık ortalama toprak kaybını $16,38 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplamışlardır çalışma sonucunda.

Bahadır tarafından (2008) CBS ve UA teknikleri birlikte USLE modelinin güncel bir uygulaması kuzey Tayland' da bulunan Yukarı Nam Wa Havzası'ndaki toprak kayıplarını tahmin edilmesi amacıyla yapılmıştır. Uygulama alanında arazi çoğunlukla ormanlarla kaplıdır ve yükselti 477 m ile 2065 m arasında değişmektedir. Bu çalışmada erozyon oranlarının düşük olmasında orman örtüsünün büyük rol oynadığı ortaya konmuş, söz konusu alanın %46'sında yıllık ortalama erozyonun 3 ton/ha 'nın altında olduğu hesaplanmıştır.

İtalya'nın Güney Lazio bölgesinde S. Grauso, V. Verrubbi, A. Peloso, A. Zini ve M. Sciortino (2015) tarafından yaptıkları çalışma ile 250 m çözünürlüklü 2001-2016 yılları arasındaki görüntülerden elde ettikleri NDVI ile mevcut 100 m çözünürlüklü raster verilerinden alınan C-faktörü verileri arasındaki korelasyon analizi sonucu Avrupa ölçeğinde bir harita sunmuşlardır. Buradaki amaç uzaktan algılama ile bitki örtüsü endeksini belirleyici olarak kullanıp RUSLE' nin arazi örtüsü yöntem faktörünü kolayca tahmin etmeye yardımcı bir regresyon modeli bulmaktır. Yapılan bu çalışma ile yıllık ve mevsimsel zaman ölçeğindeki farklı aralıklarda C faktörünün tahmin etmenin çok yönlü olduğunu ve NDVI verilerinin kullanılabilirliğine dayalı olarak güncellenmiş haritaların kolayca çizilebileceğini kanıtlamıştır.

Van, Phuoc, Thi ve Raghavan (2014) yaptıkları çalışmada RUSLE ve CBS araçlarını kullanarak Vietnam'ın Danang kentinde toprak erozyonu tehlikesinin modelini oluşturmuşlardır. Bu araştırmada açık kaynak kodlu coğrafi kaynaklar analiz destek sistemi (GRASS) kullanılmış ve ayrıca Lansat-8 uydu görüntüsünün kullanımına yönelik yöntemler uygulanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmanın yapıldığı yere ait tanımlayıcı bilgiler aşağıda sunulmuştur.

3.1.1. Araştırma Alanının Yeri

Araştırma alanı Kırklareli ili genelinde sanayileşme, şehirleşme gibi insan kaynaklı arazi bozulmaları çok yönlü sosyo-ekonomik ve çevresel nedenlere bağlı olarak gün geçtikçe artmaya devam etmektedir. Bu nedenlerden dolayı uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak potansiyel su ve rüzgâr kaynaklı toprak erozyon riskinin güncel durumun belirlenmesine örnek model oluşturacağı gerekçesiyle araştırma alanı seçilmiştir.

Konum, Türkiye'nin kuzeybatısı, Marmara Bölgesi'nin ve Türkiye'nin Avrupa Kıtası'nda bulunan Trakya kesiminde yer almaktadır. Dünyadaki konumu itibariyle 41° 13' 34" ve 42° 05' 03" kuzey enlemleri ile 26° 54' 14" ve 28° 06' 15" doğu boylamları arasında bulunur. Rakım 203 metredir (Kırklareli il özel idaresi, 2020).



Şekil 3.1. Kırklareli ilinin konum haritası

Topoğrafya, 6.466,85 km² toprak büyüklüğüne sahiptir. Kuzeyden 159 km sınır uzunluğu ile Bulgaristan, doğudan 58 km. kıyı uzunluğu ile Karadeniz, batıdan Edirne, güneydoğudan İstanbul, güneyden ise Tekirdağ illeri ile çevrilidir (Kırklareli il özel idaresi,

2020). Türkiye İstatistik Kurumununun 1 Şubat 2019 tarihli verilerine göre 8 İlçe, 21 belediye, bu belediyelerde 108 mahalle, ayrıca 179 köy bulunmaktadır.

3.1.2. Araştırma Alanının İklimi

İklim özellikleri, bölge, yeryüzü şekilleri bakımından çeşitli görünümler yansıtır. Kuzey ve Kuzeydoğu doğrultusunda uzanan Yıldız Dağları (Istrancalar) Kırklareli'nin kuzeyinde bir nevi doğal duvar meydana getirir. Istranca adı, özellikle dağların güney yamaçlarından çok sayıda dere, çay çıkması dolayısıyla "Akıntılı-Akarsulu Yer" anlamına gelmektedir. Mitolojide Istrancalar'ı çevreleyen geniş coğrafi bölge Şarap Tanrısı Bakhus'a tahsis edilmiş yerler olarak ifade edilmektedir. Pınarhisar ilçesine bağlı Evciler Köyü ile Vize ilçesine bağlı Sergen Kasabası arasında kalan Mahya (Magiada) Tepesi 1.031 metre ile Yıldız Dağları'nın en yüksek tepesini oluşturur. En düşük seviye Karadeniz kıyısında 10 metre kadardır (Kırklareli il özel idaresi, 2020; Kırklareli valiliği il özel idaresi, 2017). Çeşitli nedenlere bağlı aşınmalarla yavaş yavaş düzleşmeye başlamış bir ova görünümü vardır. Bu durumda Trakya, kenarları oldukça yüksek tepelik, ortası çukur (Ergene Ovası) bir çanak biçimindedir.

Kıyıda yazlar serin kışlar ılık geçerken, Ergene Havzasında yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlı geçer. Isı farkı seneden seneye değişir. Bazı seneler kışlar Orta Anadolu'dan daha sıcak geçer. Bunun sebebi Orta Avrupa'nın kara iklimi ile Karadeniz, Akdeniz ve Marmara iklimlerinin karışmasıdır. Bazı kışlar Doğu Anadolu'dan da soğuk geçer. Kırklareli kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış düşmektedir. Kırklareli ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 13,2 °C'dir (Climate data, 2019). Bu şehrin özellikle kuzey kısmı engebeli araziye sahiptir ve yıllık ortalama yağış miktarı 609 mm ve bu nedenle erozyon ve doğal afet riski vardır.

Dünya'nın 2000 yıllardan beri ısınması nedeniyle ve artan çevre kirliliği yüzünden Kırklareli'nin bazı ilçelerinde mevsim değişiklikleri yaşanmaktadır. Bilim çevrelerinin açıklamalarına göre dünyamız bu yüzyılda gerek hava kirliliği gerekse toprak ve su kirliliği sonucunda önümüzdeki 50 yılda Anadolu da ve Trakya da bile çölleşmeler görülebilecektir.

Çizelge 3.1. Kırklareli ilinde aylık ve yıllık ortalama sıcaklıklar (°C)

Meteoroloji İstasyonu	Ölçüm Periyodu	Ortalama Sıcaklık (°C)												
		Aylar												Yıllık
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Babaeski	2014-2019	3,60	6,20	9,33	12,95	17,97	22,40	24,52	25,40	20,85	14,72	12,02	5,42	14,68
Babaeski-Yenimahalle Köyü	2017-2019	2,57	5,57	9,80	12,73	17,73	22,47	23,80	24,47	20,63	15,30	9,37	5,95	12,24
Kırklareli	2000-2019	3,31	4,63	8,10	12,77	18,02	22,23	24,89	25,02	20,08	14,53	9,88	4,92	14,14
Lüleburgaz-TİGEM	2000-2019	3,72	5,45	8,53	12,55	17,78	22,43	24,86	24,85	20,21	14,50	9,79	4,93	14,27
Lüleburgaz-Ahmetbey Beldesi	2017-2019	3,13	5,33	8,73	13,83	19,57	23,53	23,00	23,90	21,17	15,63	10,57	4,47	14,98
Pınarhisar	2014-2019	3,24	5,25	10,38	12,88	17,37	21,75	23,65	24,33	20,55	14,65	10,30	5,22	14,82
Lüleburgaz-Celaliye Köyü	2018-2019	4,55	5,55	8,65	13,05	17,80	22,35	23,45	24,40	20,05	14,95	9,80	4,20	14,75
Pınarhisar-Mahya Dağı	2017-2019	-1,90	-1,27	3,23	7,13	10,90	15,25	16,80	16,95	14,15	8,35	3,30	-1,47	7,86
Kırklareli Üniversitesi	2018-2019	3,50	4,50	8,70	11,30	17,30	23,30	23,65	24,40	21,10	15,00	9,30	3,50	15,76

Yukarıdaki çizelgeden (Çizelge3.1) de anlaşılacağı üzere, çok yıllık ölçümlere göre, ilde görülen en yüksek ortalama yıllık sıcaklık 14,98 °C ile Ahmetbey Beldesi'nde görülmektedir. En düşük ortalama yıllık sıcaklık ise 7,86 °C ile Mahya Dağı'na aittir. İlde en düşük sıcaklıklar Ocak, Şubat ve Aralık aylarında, en yüksek sıcaklıklar ise Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında görülmektedir.

3.1.3. Araştırma Alanının Toprakları

Toprak yapısı, yeryüzü görüntüsü 1., 2. ve 3. jeolojik zamanlarda biçimlenmiştir. Bundan dolayı toprak çeşitli katmanlarla zenginleşmiştir. Oturmuş, sıkışmış, durağan katmanlar nedeniyle 4. Derece Deprem Bölgesi kabul edilir. Dünya'da ağırlıklı olarak kullanılan ülkemizde ilgili birimlerin kullanmadığı morfometrik sistem esaslı geliştirilen, tipik karakterleri tanı ölçüleri olarak verilen toprak ordoları bölgemizde bulunanlar sunulmuştur. Cangir ve arkadaşlarının (1999) yaptığı çalışmada toprak taksonomisine göre

Kırklareli iline ait altı farklı ordo sınıfı belirlenmiştir. Bu toprak ordosunun isimleri spodosol, vertisol, mollisol, alfisol, inceptisol ve entisoldür.

Entisol Ordosu topraklar ülkemizin her yerinde yaygın olarak bulunmaktadır. Ancak bu toprakların mahsuldarlık düzeyleri konumlarına göre ekstrem değerlerdedir. Yeni oluşmuş, derin alüvyial tortullar üzerindeki özellikler orta tekstür sınıfındaki araziler, yüksek derecede mahsuldar iken; kurak kumul ve kaba tekstür sınıfındaki topraklar ile ana kaya üzerindeki sığ toprakların mahsuldarlık düzeyleri çok düşüktür. Bununla birlikte gevşek ana materyal üzerindeki ve orta tekstür sınıfındaki topraklar, sulandıklarında ve gübrelendiklerinde verimlidirler ve ideal sebze tarımı topraklarını oluşturmaktadırlar.

Türkiye’de Entisol’lerden sonra en yaygın olarak yer alan Toprak Ordosu, İnceptisollerdir. Bu toprakların profil oluşumu: Entisol Ordosundaki topraklara oranla ileri derecede gelişim gösterdiği ve avantajlı olarak kullanılabilen; ana materyallerin büyük bir bölümünün oldukça hızlı şekilde başkalaşımı/ değişimi sonucunda altında ve üstünde yer alan horizonlara göre de daha koyu ve daha kırmızımsı/ kırmızımsı kahverengi renkli; özellikle strüktürlerin iyi gelişim gösterdiği, ancak humus ve kil gibi materyallerin anlamlı düzeyde birikim göstermediği yüzey altı B (yüzey altı horizonu) horizonuna sahip ve kurak nem rejiminde de oluşum koşullarının sağlanamadığı şeklindedir

3.1.4. Araştırma Alanının Jeolojisi

Trakya Havzası’nın jeoloji haritası (Kasar, Bürkan, Siyako ve Demir, 1983; Türkecan ve Yurtsever, 2002; Siyako, 2006b)’na göre Kırklareli ilinde Kırçasalılı formasyonu, Ergene formasyonu, Danişmen formasyonu, Soğucak formasyonu ve temel (metamorfik) kayaları yer almaktadır.

Ergene Formasyonu adlanması ilk defa Boer (1954) tarafından kullanılmıştır. Ganosdağ-Korudağ-Hisarlıdağ yükseliminin kuzeyinde kalan Miyosen sedimanter birimleri Ergene Formasyonu kapsamına alınmış, içerisinde Çelebi ve Sinanlı üyeleri ayrılmıştır. Ergene Formasyonu, daha yaşlı birimlerle ve üzerine gelen Kırçasalılı Formasyonu ile dokanağı uyumsuzdur. Ergene Formasyonu, çapraz tabakalı çakıltaşı ve kumtaşı ile bol bitki ve omurgalı fosili içeren kumtaşı, miltaşı ve kıltaşı litolojilerinden, akarsu ve göl ortamı ürünü oluşur (Siyako, 2006b).

Kırcasalih Formasyonu'nu ilk kez Boer (1954)'in adlandırdığını belirterek Ünal (1967) kullanmıştır. Kasar vd. (1983) tarafından tanımlanan Ergene Grubu' nun üst kesimleri de Kırcasalih Formasyonu'na karşılık gelir. Hemen hemen daha yaşlı tüm birimler üzerine uyumsuz olarak gelmektedir Trakya' daki (İmik, 1988; Siyako, 2006b). Birim, kaba taneli çakıltası ile kumtaşı ve seyrek kil taşı, tutturulmamış çakıl taşından oluşur. Çakıllar genellikle kuvarsit, kuvars, nadiren metagranit, şist ve volkanit türü kayalardan oluşmuştur. Birim akarsu ortamında çökelmiştir. Birimin kalınlığının, sismik kesitler ve kuyu verilerine göre 500 metreye kadar ulaşabileceği belirtilmiştir (Siyako, 2006b).

Danişmen Formasyonu en üst birimidir regresif delta sisteminin. Göl, taşkın ovası, bataklık ve akarsu çökellerinden oluşur. Birim şeyl, kıltaşları, kumtaşı, çakıltası ve kömür katkıları ile temsil edilir. Güney Trakya' da ise silisifiye ağaç fosilleri, Kuzey Trakya'daki yüzleklerinde ise balık fosilleri yaygındır. Seyrek olarak tuf-tüfit ve kireçtaşı seviyeleri de görülür. Danişmen Formasyonu'nun yeraltında tesbit edilen kalınlığı 1000 metreye kadar çıkmaktadır (Kasar vd., 1983; Siyako, 2005). Ancak, ilk kalınlığı daha fazla olmalıdır birim üstten aşındırılmış olduğu için (Siyako, 2005; 2006b). Danişmen Formasyonu içinde zengin omurgalı faunalara ait fosiller bulunur bilhassa linyit damarlarında. Yapılan omurgalı fosil tanımlamalarına göre birim Oligosen'in orta kesimlerine karşılık gelmektedir (Umut, İmik, Kurt, Özcan, Sarıkaya ve Saraç, 1983; Umut, İmik, Kurt, Özcan, Ateş, Karabıyıkoglu ve Saraç, 1984).

Kırklareli ve Lüleburgaz fay zonları boyunca yükselmeye bağlı olarak aşınma olmuş ve Danişmen Formasyonu' nun kalınlığı azalmıştır. Söz konusu iki fay arasında ise Danişmen Formasyonu'nun oldukça kalın olduğu görülür. Ayrıca Lüleburgaz Fay Zonu'nun güneyinde de Danişmen Formasyonu kalındır. Danişmen Formasyonu içindeki linyit katkıları çoğunlukla formasyonun orta kısımlarında yer almaktadır. Danişmen Formasyonu'nun aşındırıldığı bölgelerde bulunan linyit katkıları da aşındırılmıştır (Perinçek, Ataş, Karatut ve Erensoy, 2014).

TKİ, MTA ve TPAO kuyu verileri kullanılarak Trakya Havzası'nın kuzeydoğu kesimi, Edirne-Kırklareli-Pınarhisar-Saray dolayları için linyit kalınlık haritası hazırlanmıştır. Vize Güneybatısında yapılan korelasyonlara göre TPAO kuyularında 3 linyit düzeyi görülmesine karşın, TKİ kuyularında 2 linyit düzeyi gözlenmiştir. TPAO kuyu verilerine göre, bölgede daha derinde 3. Bir linyit düzeyinin olduğu düşünülmektedir. Alanda açılacak daha derin

kuyular sayesinde alttaki linyit seviyesinden de üretim yapılacak ve üretim kapasitesi önemli oranda artırılmış olacaktır.

Trakya fay sisteminin oluşturduğu yükselim alanlarına gidilmesi, bu alanlarda arama yapılması önerilmektedir. Yükselim alanları dolayında Danişmen Formasyonunun üstten kısmen aşındığı, üstteki Ergene Formasyonu'nun ince olduğu kesimler hedef alanlar olarak seçilmiştir.

3.1.5. Araştırma Alanı Arazi Kullanımı ve Arazi Örtü Dağılımı

Bitki örtüsü ise, Trakya'nın en dağlık bölgesi hiç şüphe yoktur ki Kırklareli ilidir. Kırklareli topraklarının %57' si orman ve fundalıklarla, %35' i ekili ve dikili alanlarla, %7' si çayır ve meralarla ve %1' den biraz fazlası tarıma elverişsiz alanlarla kaplıdır. Kırklareli bitki örtüsü ve orman bakımından zengin sayılır. Istranca Dağları ormanlarla kaplıdır. Karadeniz bölgesinde ormanlar koru hâlinindedir. Ormanlarda meşe, dişbudak, karaağaç, gürgen, kızılbaş, söğüt, kavak ve yaprak döken ağaçlar vardır. Bölgede en fazla %39,69 oran ile ekili dikili tarım arazileri ve %28,91 geniş yapraklı ormanlar mevcuttur. Daha sonra iğne yapraklı ormanlar %1,24, karışık ormanlar %1,65, fundalık alanlar, bitki değişim alanları %8,60, çayır mera %5,73, bağ, bahçe %0,10, boş tarım arazileri %10,36, su yüzeyleri %0,66, çıplak araziler %0,73ve %2,33 ile diğer kullanım alanları gelmektedir.

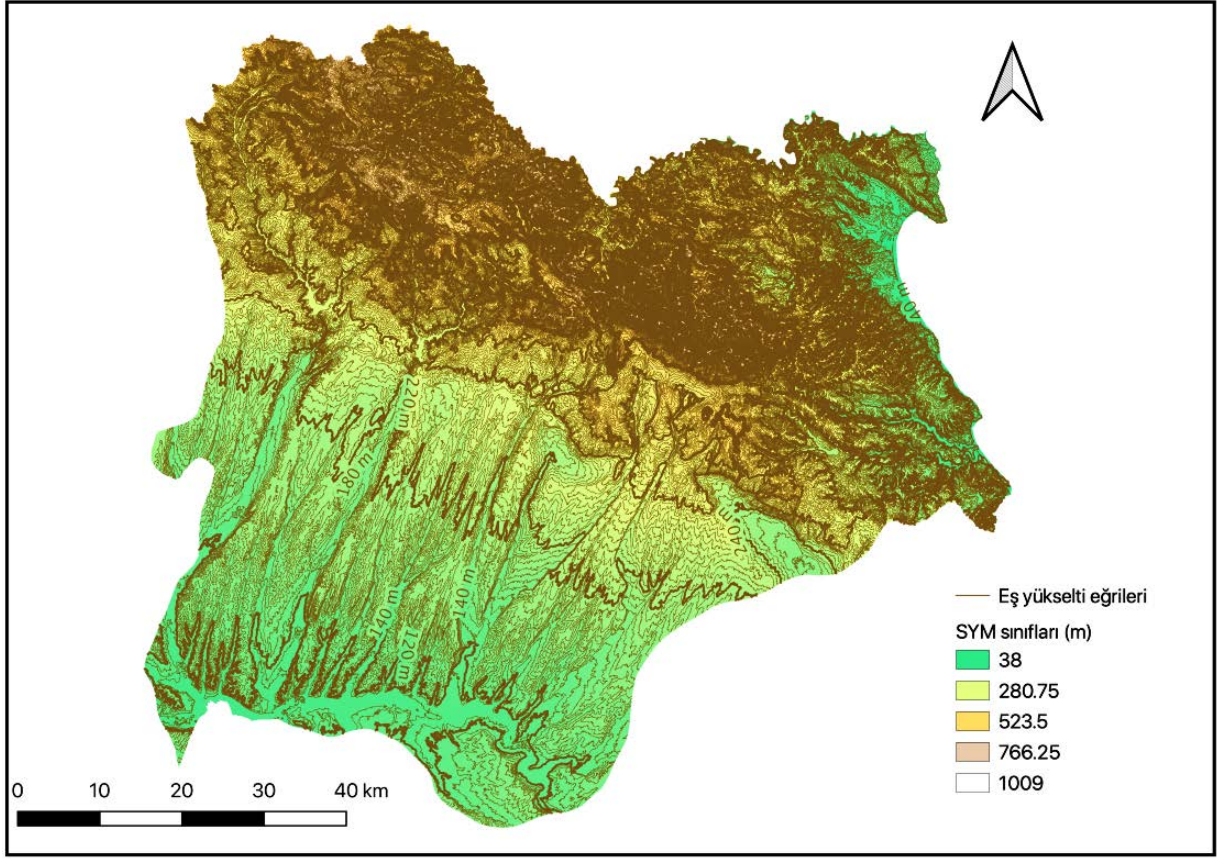
3.1.6. Araştırmada Kullanılan Altlık Materyaller, Haritalar ve Programlar

Çalışmada, araştırma alanına ait topoğrafik harita 30 x 30 m çözünürlükte sayısal yükseklik modeli 1/25000 ölçekli temel altlık materyal olarak kullanılmış ve sayısallaştırılmış, topoğrafik malzemedan çıkarılan kontur ve spot yüksekliklerden inşa edilmiştir. SYM haritası üzerinde QGIS uygulamasının GRASS eklentisi raster alt modülü içerisinde yer alan alt modül işlemi uygulanmıştır. GIS yazılım sistemlerine göre QGIS benzer kullanıcıların farklı harita projeksiyonları kullanılarak çok katmanlı haritalar oluşturmasına olanak sağlar. Haritalar farklı biçimlerde ve farklı kullanımlar için bir araya getirilebilir. QGIS haritaları raster veya vektör katmanlarının oluşmasına olanak verir. Vektör verileri ya nokta, çizgi, ya da poligon-özelliikli saklanır, bu tür bir yazılım için bu varsayılan bir durumdur. Çeşitli türde desteklenen raster görüntüler ve yazılım görüntülerinde jeoreferanslama gerçekleştirilebilir. Açık kaynak kodlu ve geliştiricileri sayesinde sürekli kendini geliştiren ve kullanıcı arayüzü en iyi olan CBS yazılımıdır.

Erozyona duyarlılık haritalarının yapılmasında ve topoğrafik haritaların sayısallaştırılmasında ArcGIS yazılımından yararlanılmıştır. K Faktörünün hesaplanmasında Kırklareli Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden elde edilen toprak haritasından yararlanılmıştır. C faktörünün hesaplanmasında CORINE 2018 yılı verilerinden yararlanılmıştır.

3.1.7. Araştırma Alanının Jeomorfolojik Özellikleri

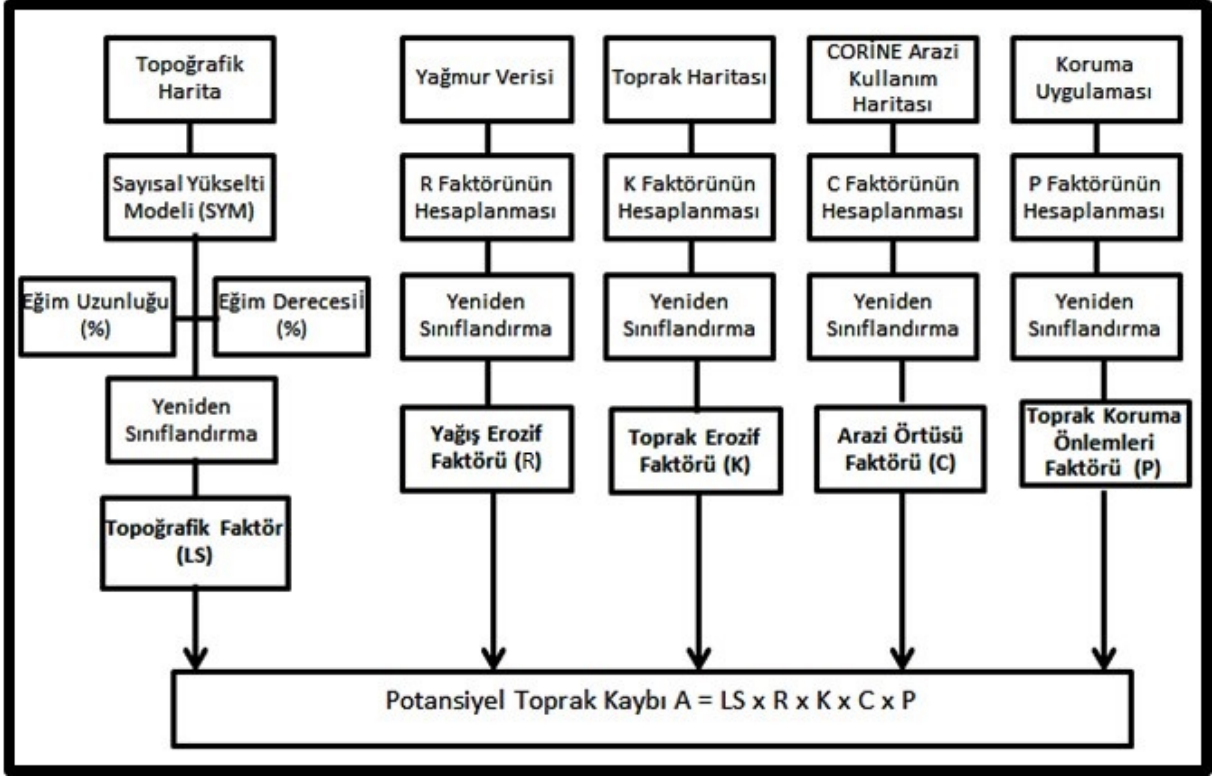
Araştırma alanı deniz seviyesine göre en düşük seviye Karadeniz kıyısında 10 metre yükseklikten başlamaktadır. Bütünüyle orta yükseklikte bir dağdır Ege Havzası ile doğrudan Karadeniz'e ulaşan akarsuların havzalarının birbirinden ayıran bu bölge. Bölgenin en önemli yükseltisi ise kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan Yıldız Dağları (Istranca)'dır ve en yüksek tepesi olan Mahya Tepesi 1.031 metre ile yüksekliğe ulaşmaktadır (Şekil 3.3). Bulgaristan sınırından başlamakta ve Durusu Gölü'ne kadar alçalarak uzanmaktadır Karadeniz'e paralel uzanan bu dağlar. Kuzey Anadolu Dağları ile aralarında yapısal fark olmasına rağmen, aynı doğrultuda uzandıkları için Kuzey Anadolu Dağlarının Trakya' daki uzantısı olarak kabul edilmektedir Yıldız Dağları. Yıldız Dağlarının diğer önemli yükseltileri ise Karamanbayırı Tepe (986 m.), Boyunduruk Tepe (958 m), Fatmakaya Tepesi (901 m), Paraşüt Tepe (877 m), Sivri Tepe (851 m) ve Kale Tepe (846 m)'dir. Bu durumda Kırklareli, kuzey kenarları oldukça yüksek tepelik, güney kesimleri ise çukur bir çanak biçimindedir. Bu özellik Karadeniz eğimli kıyı kuşağında ve İl'in kuzeybatısında daha belirgindir. Ergene Ovasına doğru dağlar iyice alçaldığından yerini düşük yükselteli platolar almaktadır.



Şekil 3.2. Kırklareli ili eşyükselti eğrileri

Eşyükselti (izohips) eğrilerinin yani yeryüzünde deniz seviyesine göre aynı yükseltiye sahip olan noktaların birleştirilmesi ile elde edilen kapalı eğrilerle bakıldığı zaman bölgenin sahil şeridinde ve yerleşim yerlerin yoğun olduğu güney kesimlerde 38 metre civarında olduğu görülmektedir. Eş yükselti eğrilerinin seyrek geçtiği yerlerde eğim azdır. Bunun anlamı akarsuların akış hızları ve aşındırma gücü azdır, aşındırması yana doğrudur. Kuzey ve dağlık alanlarda eğim fazla olduğundan akarsuların akış hızları ve aşındırma gücü fazla, aşındırması derine doğrudur (Şekil 3.2).

Yükselti haritasına (Şekil 3.3) bakıldığı zaman da ilin kuzey kısımları Yıldız Dağları kesiminin yükseltisinin fazla olduğu görülür. Güney kesim yani yerleşim alanlarının yoğunlukta olduğu ve kıyı şeridinin yükseltisinin daha az olduğu görülmektedir.



Şekil 3.4. Toprak erozyonu modelleme iş akışı

Gelişen bilgisayar teknolojileri imkân sağlamaktadır bilginin önemi ve kullanımı konusunda yeni boyutların ortaya çıkmasına. Bilgilerin toplanması, depolanması, analiz edilmesi ve kullanıma sunulması bilginin ileriye dönük sağlayacağı avantajlar nedeniyle önemli olmaktadır. Gelişen teknolojiler ile birlikte son yıllarda ortaya çıkan en önemli sorunlardan biridir yeni teknolojilerin yorumlanması. Bilginin elde edilmesi yanında doğru bilginin, doğru yere, tam, hızlı, güncel, zamanında ve bir bütün içinde sunulması gerekmektedir (Şeker, 2005). Bu çalışmada örnek ilimizin topoğrafik yapısı belirlenecek, yükseklik modeli oluşturularak, UA ve CBS yardımıyla yapılacak eğim uzunluğu diklik faktörü, yağış erozyonu, toprak erozyonu, koordinatı, arazi örtüsü, P faktörünün hesaplanması gibi veri tabanına işlenecektir ve potansiyel erozyon haritası ortaya çıkarılacaktır.

Çalışma için gerekli veriler genel olarak toprak, arazi kullanımı, topoğrafya, bitki örtüsü ve iklime ait verilerdir. Konu ile ilgili literatür incelenmiş, Türkiye ve dünyada ki erozyon modellemeleri, toprak kaybı değerlendirme modelleri ve bu modellemede uzaktan algılanmış veriler ve coğrafi bilgi sistemleri hakkında bilgiler sağlanmıştır. CBS teknikleri ile arazimiz seçilmiş ve üzerinde araştırmalar yapılmıştır.

3.2.1. Eğim Uzunluğu ve Eğim Derecesi Faktörü (LS)

LS faktörü eğim derecesi ve eğim uzunluğunu temsil etmektedir. Burada S eğim derecesi olarak tanımlanır. L ise eğim uzunluğudur, yüzeysel akışın oluştuğu noktadan itibaren eğimin azaldığı ve birikmenin başladığı ya çevirme terası kanalı olarak inşa edilmiş bir kanala ya da yüzeysel akışın bir kanala kadar olan yatay mesafesi olarak tanımlanır.

Diğer koşulların aynı olduğu, %9 eğimi olan ve 22,13 m uzunluğunda bir arazideki toprak kaybı oranını temsil etmektedir LS faktörü. LS değerleri mutlak değerler değildir, fakat bu özellikteki bir arazideki LS değeri 1'dir (Wischmeier ve Smith, 1978).

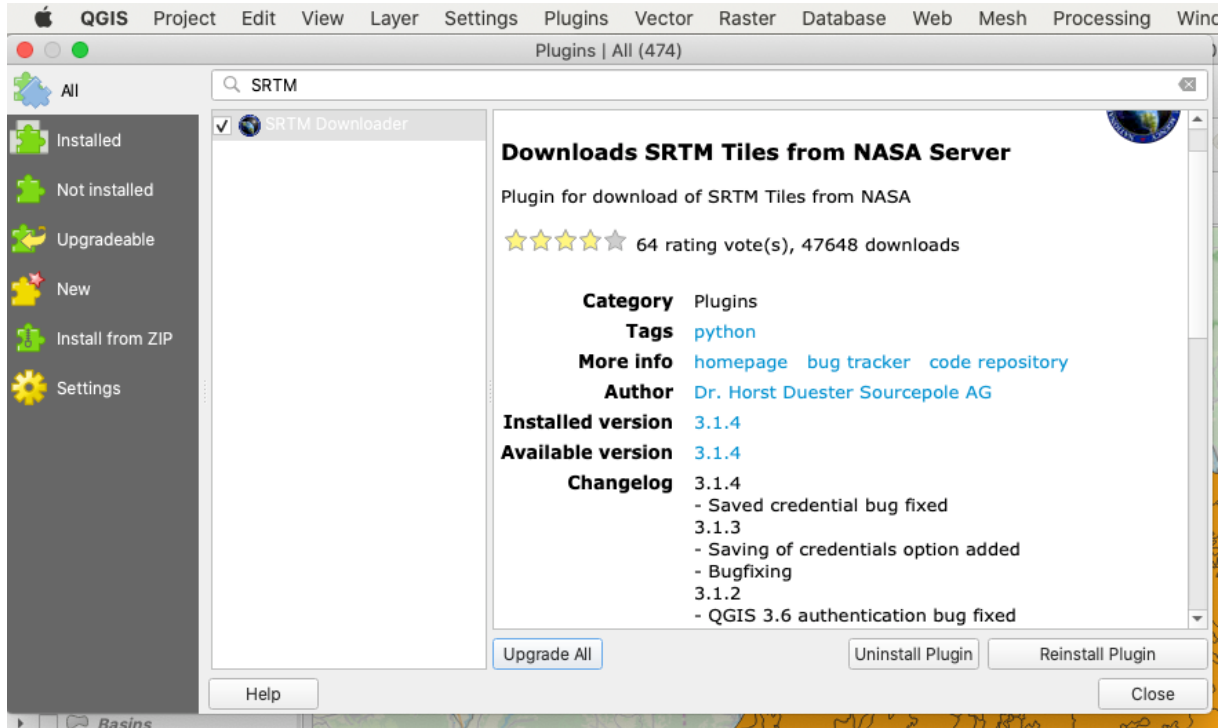
LS faktörünü doğrudan araziden hesaplamak çok zor olduğundan dolayı çeşitli araştırmacılar LS değerinin CBS ortamında hesaplanması ile ilgili olarak çeşitli çalışmalar yapmışlardır ve bunlara örnek olarak McCool, Brown ve Foster (1987), McCool, Foster, Mutchler, ve Meyer (1989), McCool, Foster ve Weesies (1997), Nearing, Foster, Lane ve Finkner (1989), Nearing, Lane ve Lopes (1994), Moore ve Wilson (1992), Hickey, Smith ve Jankowski (1994), Desmet ve Grovers (1996), Nearing (1997), Hickey (2000), Van Remotel, Hamilton ve Hickey (2001), Van Remortel, Maichle ve Hickey (2004), Kinnell (2005) verilebilir. Bu araştırmacılar LS değerinin elde edilmesiyle değişik denklemler önermiştir ve kullandıkları sabit sayılar ve algoritmaları farklıdır. Lakin bu duruma karşılık, eğim derecesi ve akış toplamı hepsinde ortaktır. Tüm araştırmacılar tarafından kabul edilen tek bir denklemin olmadığını göstermektedir tüm bu çalışmalar. Literatüre göre LS faktörünü hesaplamadaki en büyük sıkıntı, yamaç şeklinin (içbükey, dışbükey, basamaklı, düz / lineer ve diğerleri gibi) farklı olması ve yükseltinin fazla olduğu dağlık bölgelerdeki yamaç uzunluğunun fazla olmasıdır. Wang, Gertner, Liu ve Anderson (2001), Lee (2003), Başaran (2005), Onori, Bonis ve Grauso (2006), Bahadır (2008), Bayramin, Başaran, Erpul ve Canga (2008) ve Özcan, Erpul, Başaran ve Erdoğan (2008) gibi araştırmacılar, kendi çalışmalarında, LS faktörünü hesaplamak için Moore ve Burch (1986) önerdikleri denklemi kullanılmışlardır.

Bu çalışmada LS değerinin CBS ortamında hesaplanması için aşağıda anlatılan yöntem izlenmiştir.

Ülkemizin kuzey batısında yer alan Kırklareli ilini temsil eden 1:25.000 ölçekli sayısal yükseklik haritası bilgisayar ortamına alınarak koordinat bilgileri altlık haritalara göre düzenlenmiş ve paftalar birleştirilerek CBS ortamında Kırklareli iline ait sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. Araştırma alanına ilişkin çıkardığımız sayısal topoğrafya paftaları

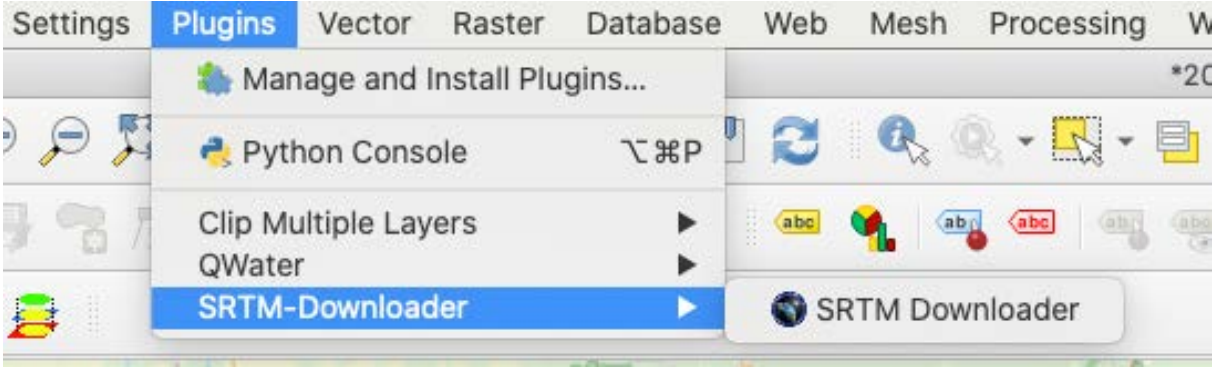
CBS ortamında birleştirilmiş ve birleştirilmiş bu sayısal topoğrafya haritasından 30 x 30 m çözünürlükte sayısal yükseklik modeli (SYM) üretilmiştir. SYM (DEM) Haritalarının QGIS Yazılımındaki İşlem Aşamaları aşağıda açıklanmıştır.

Kırklareli ili SYM haritalarının QGIS ile internetten indirilmesi: Dünyanın istediğiniz bir bölgesine ait SYM haritalarının NASA'nın servislerinden internet üzerinden indirilmesine yardımcı olan QGIS içerisindeki "SRTM Downloader" eklentisi kurulur.

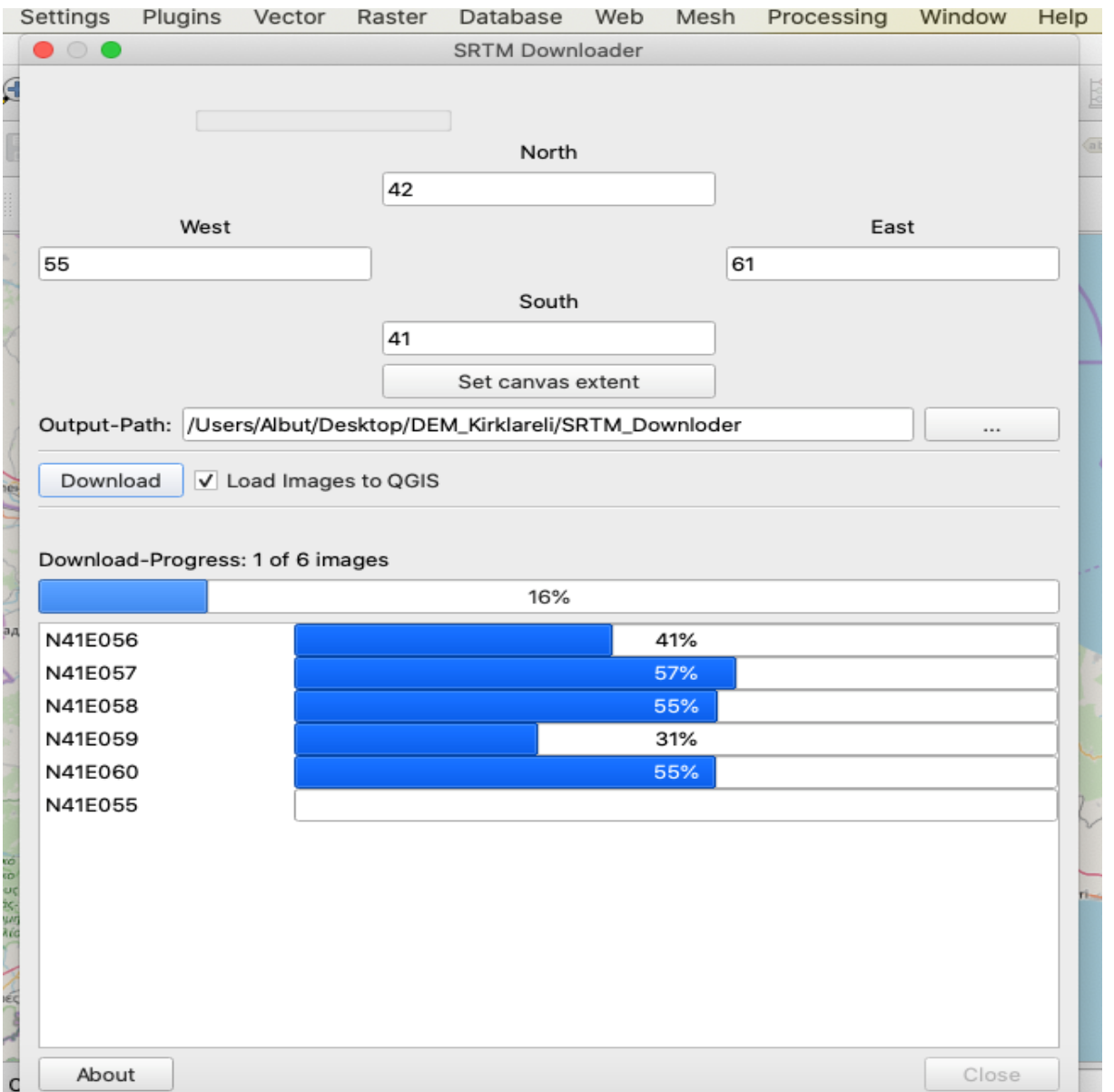


Şekil 3.5. SRTM Downloader eklentisinin kurulumu

Bu eklentinin kurulmasında izlenen aşamalar Şekil 3.5'te gösterilmiştir. Ardından bu eklenti çalıştırılır. Bu aşamada ekrana gelen işlemler ise Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

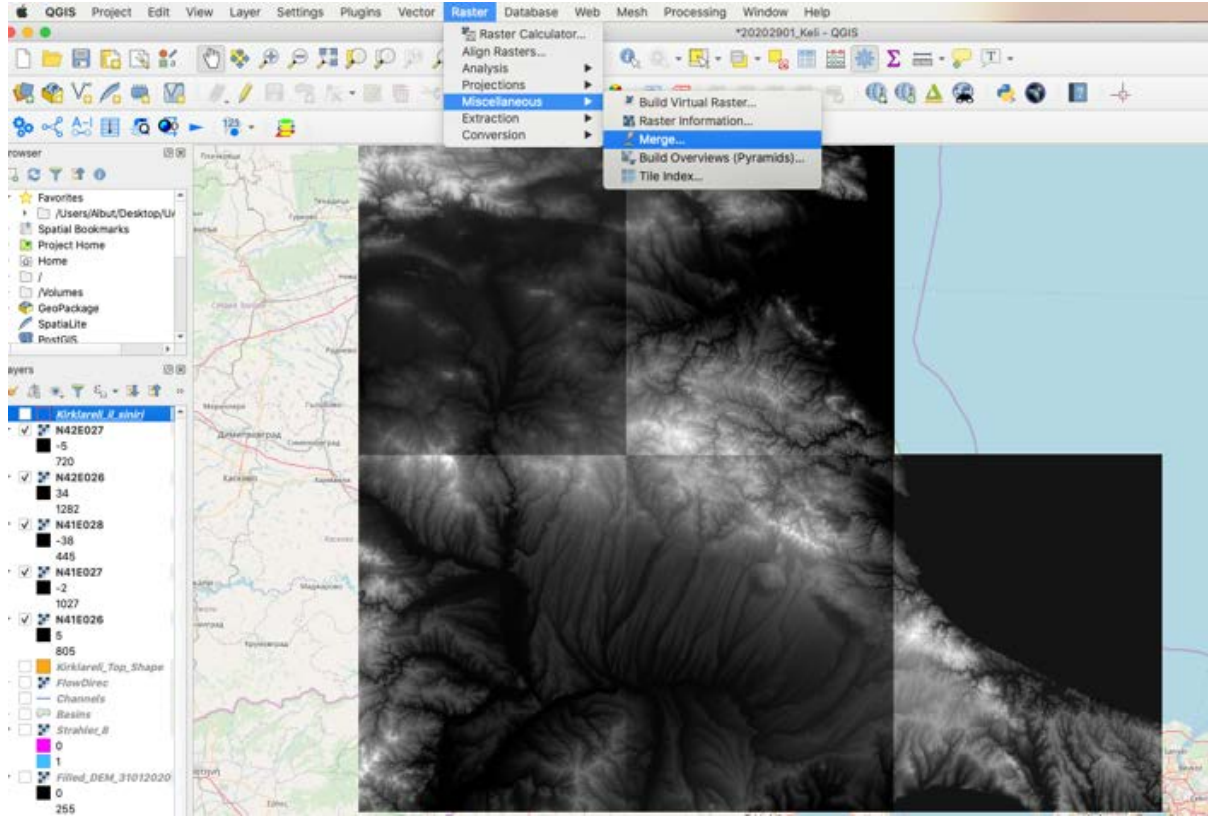


Şekil 3.6. SRTM Downloader eklentisi



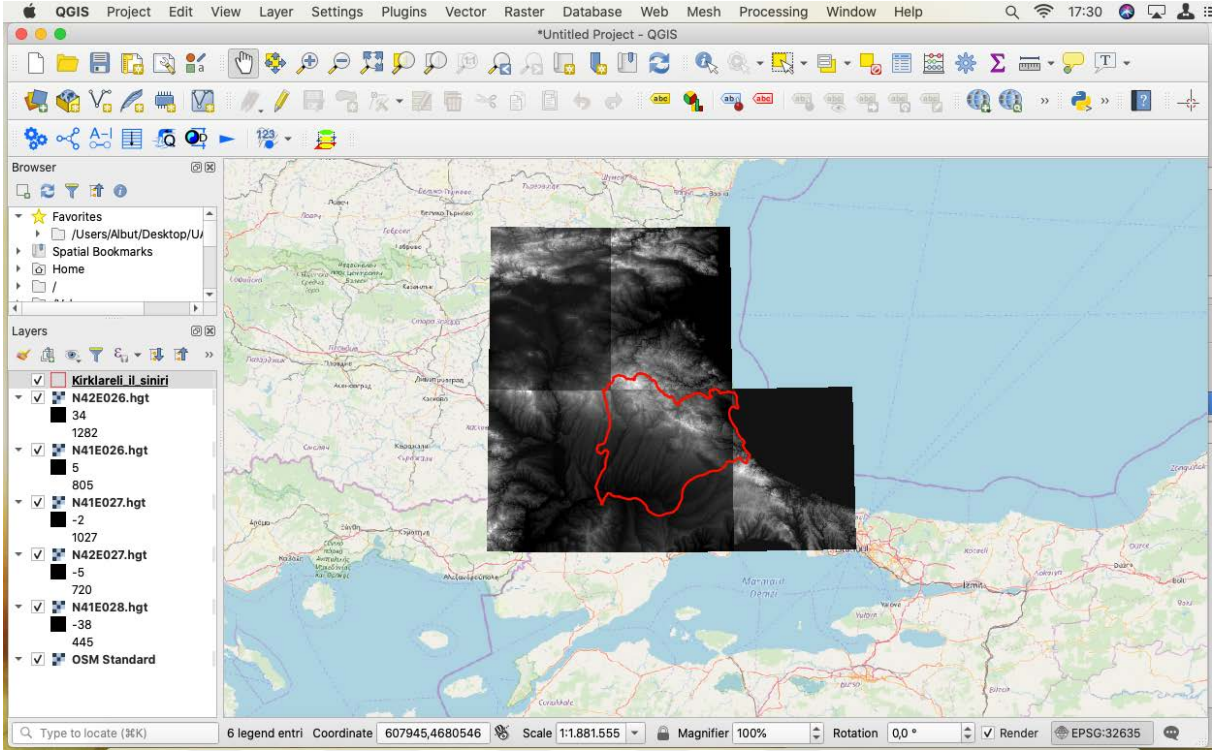
Şekil 3.7. SRTM Downloader eklentisinin çalıştırılması

SRTM downloader eklentinin çalıştırılması gerekli parametlerin dolması Şekil 3.7’de verilmiştir. Hemen ardından Şekil 3.8’de ise NASA indirilen SYM haritalarının görüntüleri yer almaktadır ve Kırklareli ili için tamamının 5 parçadan oluştuğu görülmektedir.

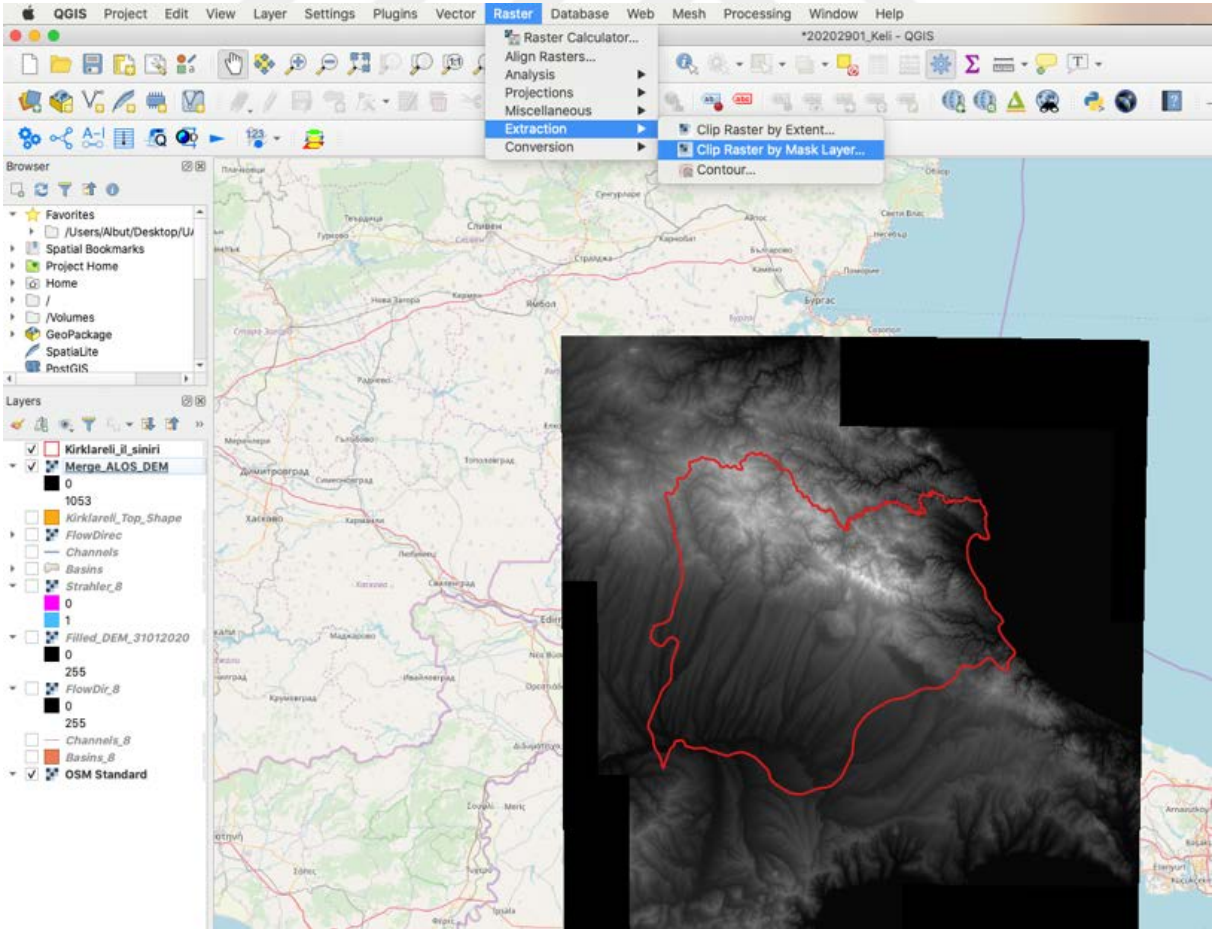


Şekil 3.8. SRTM Downloader ile NASA’dan indirilen SYM haritaları

Kırklareli il sınırlarının tamamını içeren SYM haritaları QGIS’de “Raster/Miscellaneous/Merge” komutu ile tek bir SYM haritası olarak birleştirilir (Şekil 3.9). İşlemin devamında Vektör tabanlı Kırklareli il sınırlarını gösteren katman harita yardımıyla SYM haritası il sınırlarına göre “Raster/Extraction/Clip Raster By Mask Layer” komutu ile kesilir (Şekil 3.10).

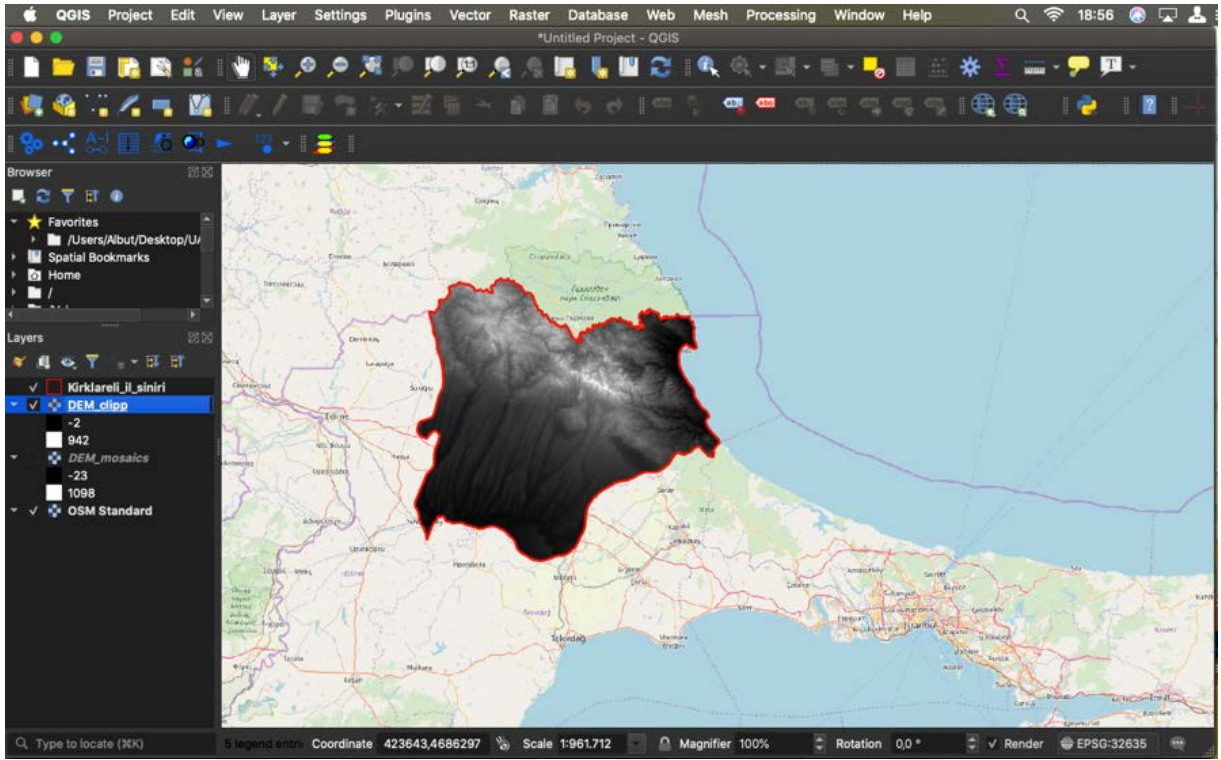


Şekil 3.9. Raster/Miscellaneous/Merge komutunun uygulanması



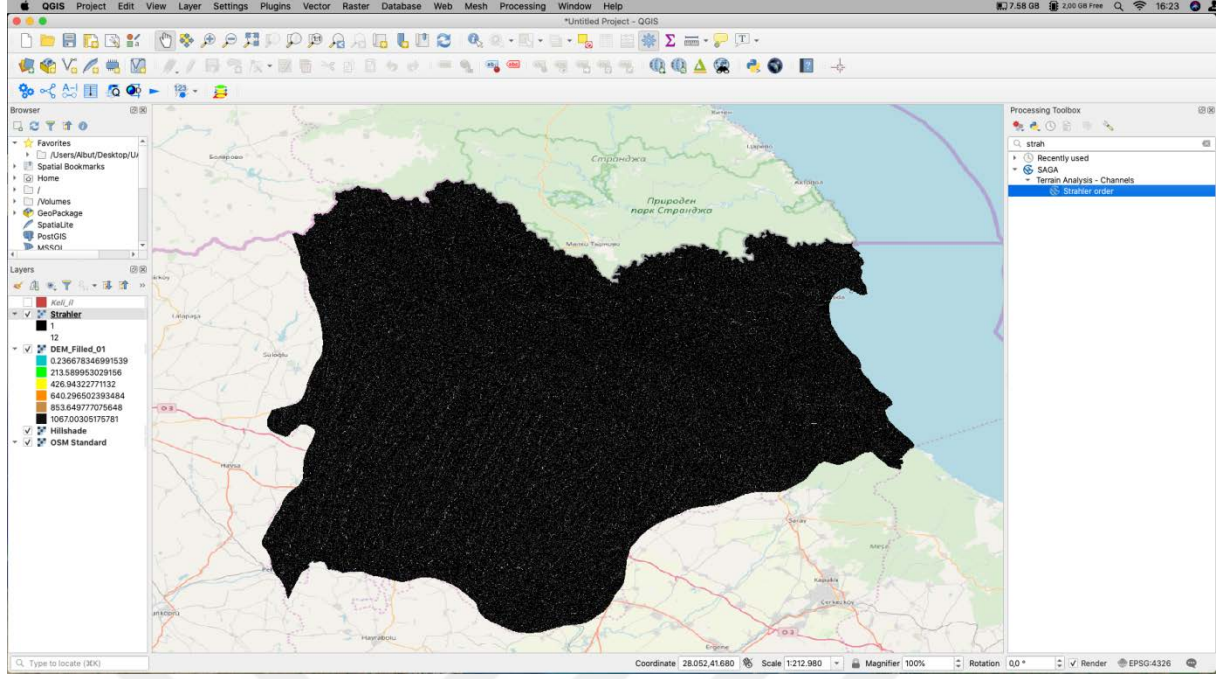
Şekil 3.10. Raster/Extraction/Clip Raster By Mask Layer komutunun uygulanması

Kesim işlemi sonucunda Kırklareli il sınırlarının şeklini gösteren SYM haritası elde edilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Kesme işlemi sonucunda elde edilen SYM haritası

Bundan sonraki aşamada indirdiğimiz ve kesme işlemi uyguladığımız SYM üzerindeki hatalı alanların düzeltilmesi için Processing Toolbox içerisindeki SAGA / Terrain Analysis – Hydrology / Fill Sinks (Wang ve Liu, 2006) analiz aracını kullanılarak yapıldı (Şekil 3.12).



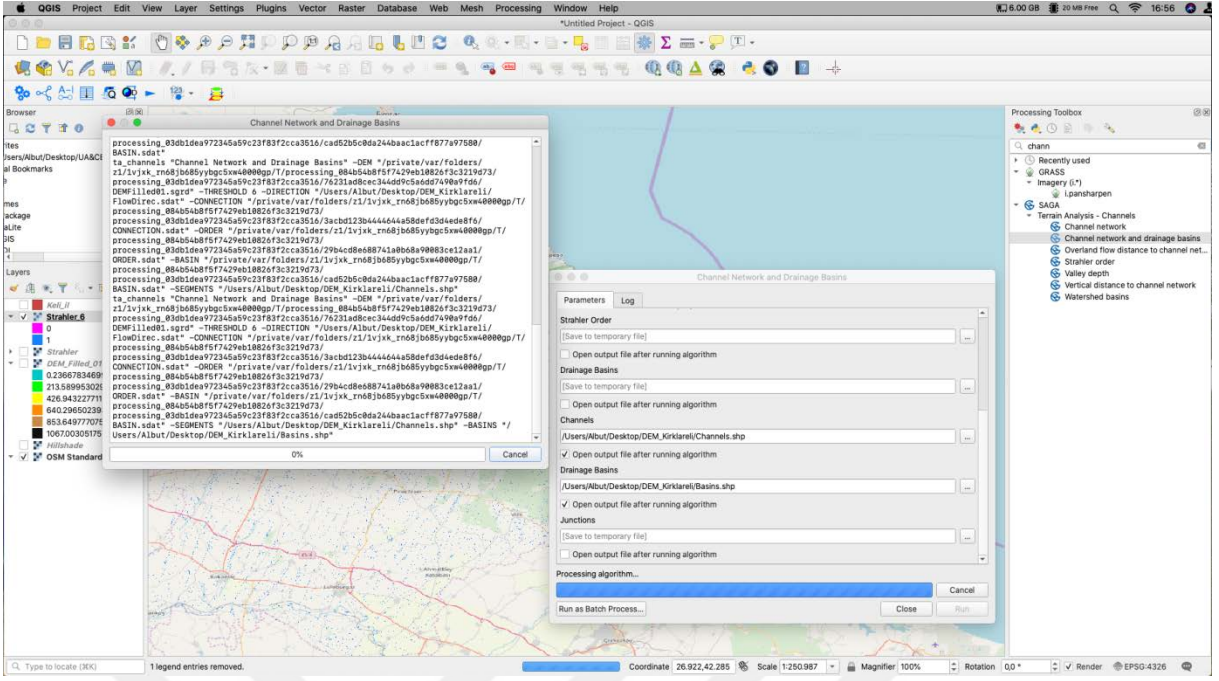
Şekil 3.12. SAGA / Terrain Analysis – Hydrology / Fill Sinks (Wang ve Liu, 2006) analiz aracını kullanılması

Hazırlanan SYM haritası yardımıyla Kırklareli ilinin topoğrafik ve havza özellikleri oluşturulması aşamasına geçildi.

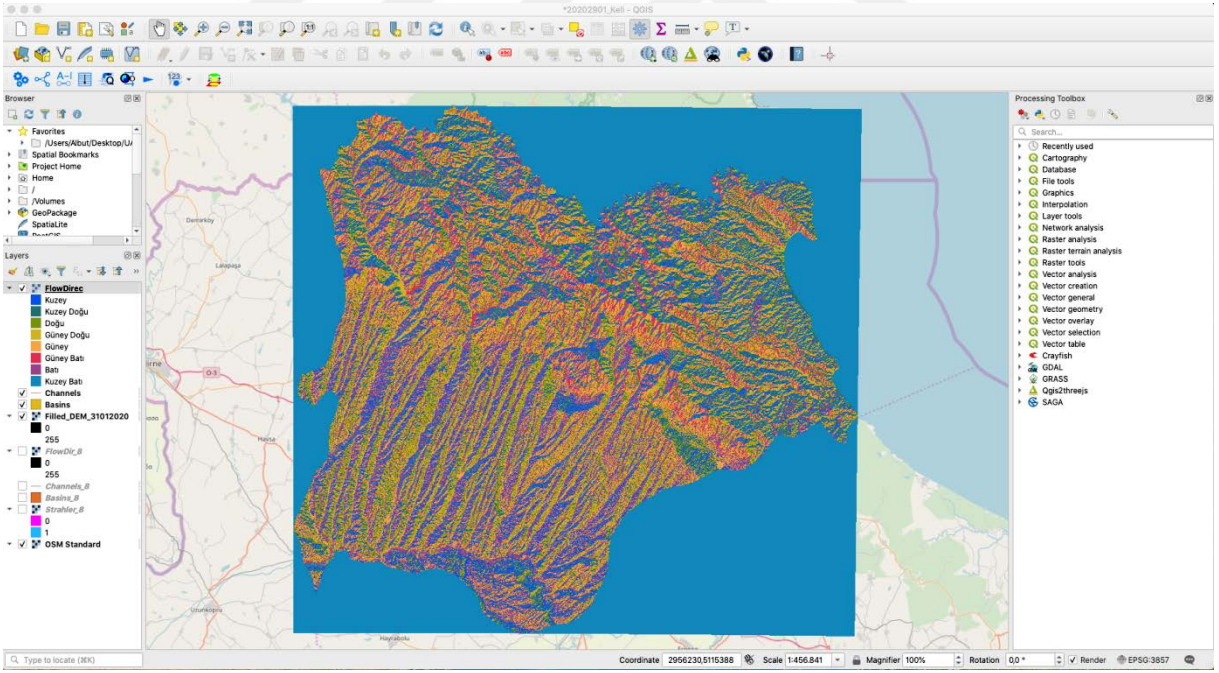
Havza özellikleri olarak;

- Akış yönü (Flow direction)
- Drenaj havzaları (Drainage basins) ve
- Nehir/akarsu yatakları (Channels)

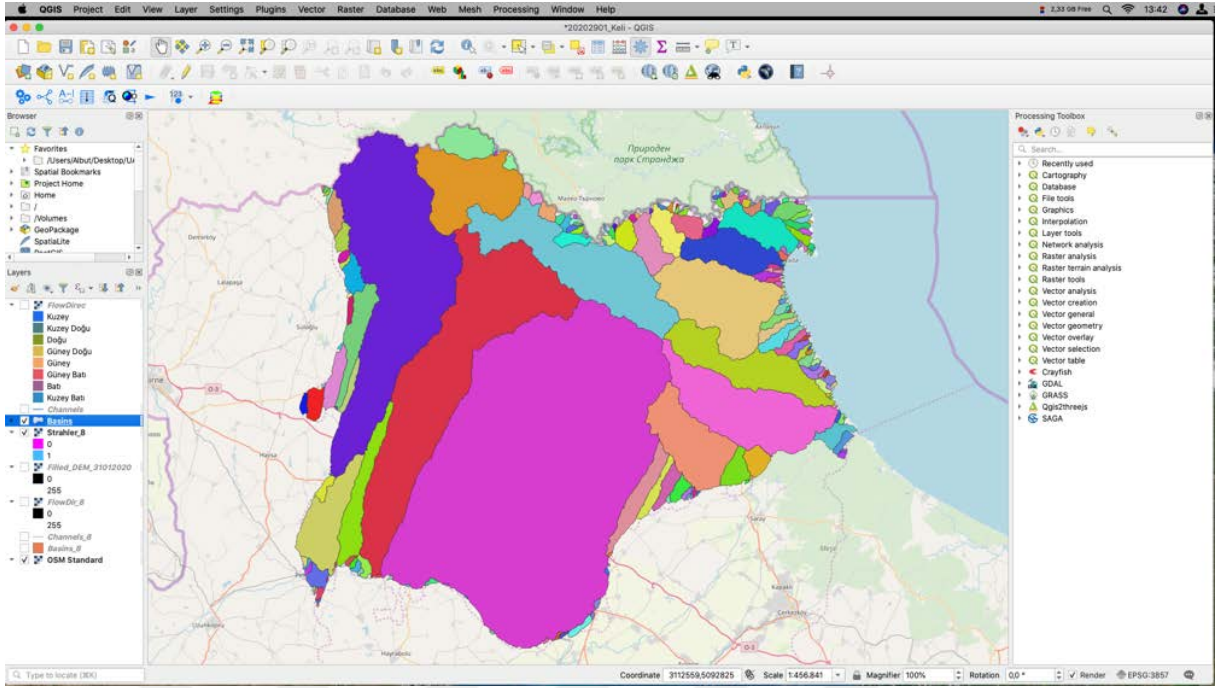
özelliklerinin belirlenmesi, Porcessing Toolbox içindeki “SAGA / Terrain Analysis – Channels / Channel network and Drainage Basins” analiz aracını kullanılarak yapıldı.



Şekil 3.13. SAGA / Terrain Analysis – Channels / Channel network and Drainage Basins işlemi



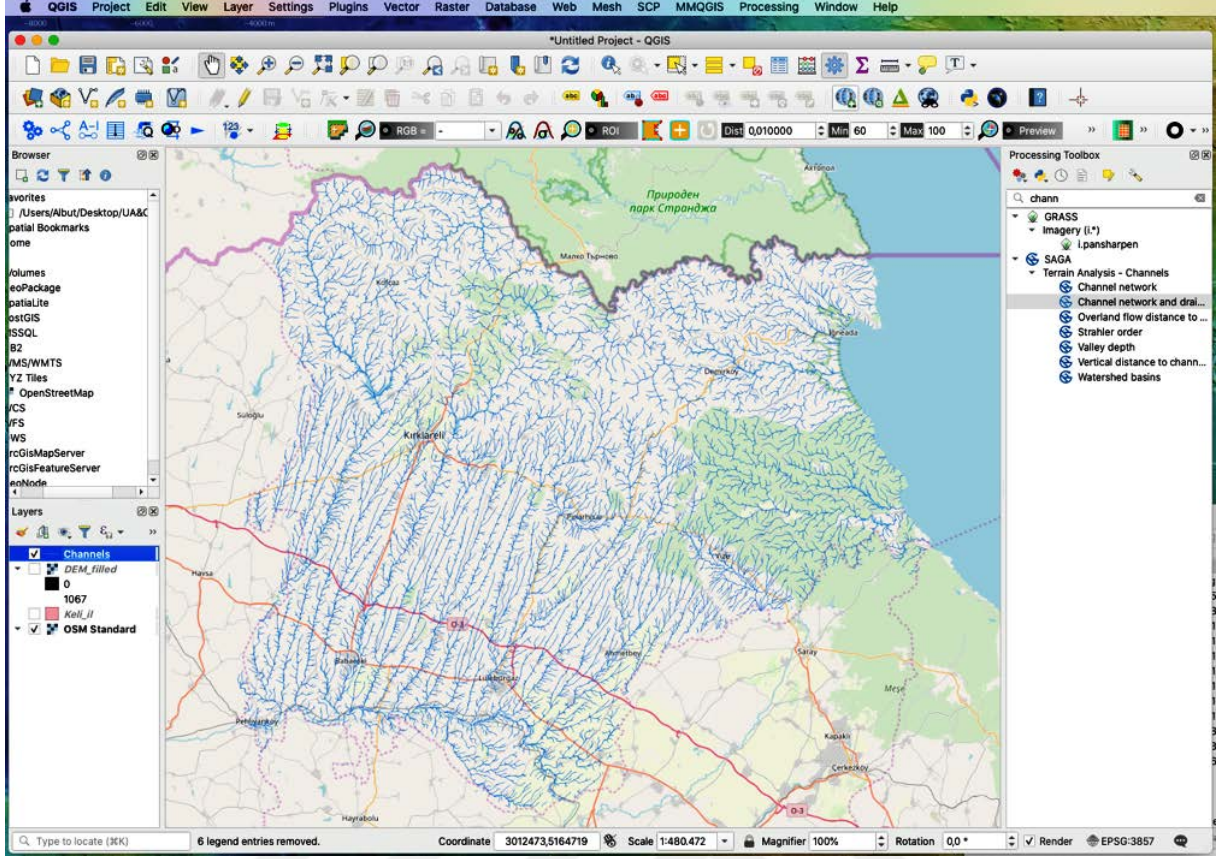
Şekil 3.14. Akış yönü (Flow direction)



Şekil 3.15. Drenaj havzaları (Drainage basins)

Akış yönleri Şekil 3.14’te sayısal yükseklik modeline bağlı olarak hidrolojide su yollarının ve sediment taşınım hareketlerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Drenaj sistemini belli bir drenaj havzasında dere, nehir ve göller oluşturmaktadır. Drenaj sistemi içerisinde bulunan sert ve yumuşak kayaların olup olmadığı, arazi eğimi ve topoğrafyası önemlidir. Jeomorfolog ve hidrologlar akarsuları drenaj havzasının bir parçası olarak görmektedirler. Bir drenaj havzasındaki yer altı ve yer üstü suların akışlarını topoğrafya belirler. Drenaj havzaları birbirinden topoğrafik engellerle ayrılırlar. Drenaj havzasını bütün akış kolları temsil eder. Sayıları ve uzunlukları topoğrafyaya bağlı olarak havzayı genişletir ve şeklini değiştirebilir. Kırklareli ilinde Şekil 3.15’e bakıldığı zaman irili ufaklı onlarca drenaj havzalarının olduğu görülmektedir.



Şekil 3.16. Nehir/akarsu yatakları (Channels) Drenaj yoğunluğu

Drenaj yoğunluğu, 1 km²'ye düşen ortalama akarsu uzunluğu olarak tanımlanır. Havza içinde su taşıyan tüm doğal kolların, toplam uzunluğunun havza alanına bölünmesi ile elde edilir (Şekil 3.16). Drenaj yoğunluğunun yüksek olması, iyi gelişmiş bir drenaj sistemini ve yüzeysel akışın çabukça oluştuğunu gösterir. Sert ve erozyona karşı dayanıklı olan granit, kuvarsit, silis ve kumtaşı gibi ana kayanın bulunduğu alanlarda düşük drenaj yoğunluğu gelişmekte, kolayca erozyonlaşan kohezyonu düşük kumlu milli depolar üzerinde, seyrek bitki örtüsü altında yüksek drenaj yoğunluğu görülmektedir (Atalay, 1986)

İyileştirilmiş (fill sink) SYM haritası üzerinde QGIS uygulamasının GRASS eklentisi raster alt modülü içerisinde yer alan “GRASS/Raster (r*) /r.watershed” alt modülü işlemi uygulanmıştır.

Bu işlemin sonucunda raster veri formatında LS faktörü haritası oluşmuştur.

Elde edilen LS faktörü haritasına sınıflandırma işlemi için yine GRASS eklentisi raster alt modülü içerisinde yer alan “GRASS/Raster (r*) /r.reclass” alt modülü işlemi uygulanmıştır (Çelik, 2011).

Yeniden sınıflandırma işlemi ile Kırklareli iline ait 4 sınıftan oluşan LS faktörü harita olarak hazırlanmıştır.

Raster veri olarak elde edilen LS faktör haritasından LS faktör değerlerinin kapladığı alanların büyüklüğü ve yüzdesini hesaplamak amacıyla, vektör veri formatına dönüştürme işlemi için GRASS eklentisi raster alt modülü içerisinde yer alan “GRASS/Raster (r*) /r.to.vect” alt modülü uygulanmıştır.

Vektör veri formatında elde edilen haritanın Öznitelik tablosundaki değerler yardımıyla Kırklareli ili için LS faktörlerinin kapladığı alan ve yüzde olarak değerleri hesaplanmıştır.

3.2.2. Yağışın Erozyon Yaratma Faktörü (R)

İklim elemanlarından yağış, toprak erozyonu üzerinde önemli etkilere sahiptir. Yağışın miktarı, süresi ve şiddeti ile yağmur damlalarının büyüklüğü, yere düşme açısı ve darbe etkisi erozyon üzerinde etkilidir (Pektezel, 2015). Yağışın aşındırıcı etkisine maruz kalan yüzeydeki malzeme, suyun eğim yönündeki hareketine ve taşıma gücüne bağlı olarak hareket etmektedir (Cürebal ve Ekinci, 2006). RUSLE yönteminde (Wischmeier ve Smith, 1978)'in, uzun yıllara ait veri setleri ve birçok farklı noktada uyguladıkları, yağışların kinetik enerjileri ile 30 dakikalık maksimum yoğunlukları çarpımı ile elde edilen E.I (Erozyon İndeksi) değeri yağışın neden olduğu toprak kaybının hesaplanmasında önemli bir yer tutmaktadır. Cürebal ve Ekinci (2006); Efe, Ekinci ve Cürebal (2008), Nearing, Yin, Borelli ve Polyakov (2017) bu çalışmaya örnek gösterilebilir çalışmalar yapmışlardır.

Su erozyonun görüldüğü her yerde yağışlar erozyonun başlıca nedeni ve ana faktörüdür. R Faktörü hareket halindeki suyun veya yağmurun erozyon yapabilme potansiyeli olarak kabul edilir. R faktörü yağmur damlasının çapı, yağışın süresi, şiddeti, kütlesi ve damlaların düşme hızının bir fonksiyonudur. Yağışın aşındırıcı etkisi olan faktör (R) bir yıl içinde gerçekleşen tüm fırtınalı yağışların fırtına kinetik enerjisi (E) ve maksimum 30 dakikalık fırtına süresi-yağış yoğunluğu (I30) işleme alınarak hesaplanır. Bu ilişki yağmur damlalarının sıçratma ve çarpma miktarını ve olası yüzey akış oranının etkisini ölçer (Wischmeier ve Smith,1978). R değerleri model için belirlenecek yere ait yağış yoğunluğu (cm) ve yağış süresi (dak) biliniyorsa, aşağıdaki denklemde görülen formül yardımıyla hesaplanır.

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

Bu formülde:

R: Yağışın erozyon yaratma faktörü ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1} \times \text{mm h}^{-1}$).

E: Toplam şiddetli yağış enerjisi ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$).

I30: Maksimum 30 dakikalık yağış şiddetidir (mm h^{-1}).

Formülde bulunan birçok değer ülkemizdeki meteoroloji istasyonlarında ölçümü yapılmamaktadır. Bu yüzden birçok çalışmada R faktörünün hesaplanmasında farklı yöntemler kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan metot Modifiye Fournier İndeksi'nin hesaplanmasıdır.

R faktörünün elde edilebilmesinde RUSLE yöntemini uygulamak için ayrıntılı yağış miktarı, yağış yoğunluğu, yağmurlu gün sayısı ve yağış süresi gibi yağış verilerine gereksinim vardır. Belirli istasyonlara ait R değerleri Kaya (2008) tarafından hesaplanmıştır lakin ülkemizde her meteoroloji istasyonunda tüm bu verilerin ölçümleri yapılamamıştır. Türkiye genelinde 252 adet istasyonların aylık ve yıllık R değerleri elde edilmiştir çünkü meteoroloji istasyonlarına ait uzun yıllar yağış diyagramları incelenmiştir. Elde edilen bu değerler hesaplanmanın yapıldığı istasyona ait noktasal bir değerdir.

Dünyamızda ve ülkemizde R faktörünün hesaplanmasında karşılaşılan en önemli zorluk, verilerin elde edileceği istasyon sayısının yetersiz olmasıdır. Ölçümlerin yapılabileceği teknolojik imkânlar ya yoktur ya da henüz veri toplanmaya yeni başlanmıştır. Bu sebeplerden dolayı bu çalışmada yağış faktörünün hesaplanmasında düşen yağış miktarının kullanıldığı yaklaşımlar kabul edilmiştir.

Fas'ta Arnoldus (1977) FAO adına erozyon çalışması yapmıştır. Burada aylık yağışların karesinin toplam yağışa bölünmesi ile elde edilen Fournier değeri (F) ile R değeri arasında güçlü bir doğrusal ilişki olduğunu ortaya koymuş ve bu ilişkiyi istatistiki olarak regresyon denklemi ile ifade etmiş ayrıca elde edilen regresyon denkleminde R değerini tahmin etmek kolay olmuştur. Bunların sonucunda R değerini hesaplamak için kullanılan $R = 0.264F + 1.50$ denkleminde ulaşılmıştır. Bu çalışma daha sonrasında yapılan ve plüviyometre olmayan yerler için öncü bir çalışma olmuştur.

R değerinin hesaplanması ile ilgili olarak araştırmacılar dñyanın çeşitli bñlgelerinde, F değeri ile R değeri arasındaki ilişkiyi araştırmışlar ve sonuçta çeşitli regresyon modelleri bulmuşlar. Bunlara birkaç örnek verilecek olursa Hawaii adaları için Lo, El-Swaify, Dangler ve Shinshiro, (1985) $R = 38.46 + F3.48$ regresyon denklemini kullanmıştır. Malezya için Morgan (1986) $R = 8838 - F9.28$ denklemini kullanmıştır. Gñney Avustralya için Yu ve Rosewell (1996) $R = 3.82 - F1.41$ denklemini, Brezilya için Silva (2004) $R = 42.77 + F3.76$ denklemi kullanılmışlar ve çalışmalar yapılmıştır. Her bñlge için aylık ve yıllık yağış toplamlarına göre ayrı bir değerlendirme yapılmış ve buna göre o bñlge için regresyon denklemi geliştirmektedir.

F değerine bağlı olarak R değerinin tahmin edilmesi ile ilgili ÷lkemizde iki tane çalışma vardır. Bunlardan ilki Yılmaz (2006)'ın amlıdere Baraj Havzası'nda ve çevresinde bulunan istasyonlar için R değerini hesaplayabilmek amacıyla ÷lke genelinde F ve R değerleri bilinen istasyonlarda ilişki aramasıdır. F ve R değerleri arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu anlaşılarak hesaplanmış ($R^2=0,91$) ve $R = 77,845 - F2,5084$ eşitliğine ulaşmıştır. Bu eşitlik ile çalışma sahasındaki istasyonların R değerini tahmin etmek için kullanılmışlardır. Bunlardan ikincisi ise İrvem vd. (2007)'nin Seyhan Havzası'nda dñzenli verisi toplanan 15 meteoroloji istasyonundan çok yıllık gñnlük yağış verileri kullanılmıştır. Bunlardan plüviograf okumaları olan istasyonların R faktörlerini Wischmeier ve Smith (1978)'e göre hesaplayarak aylık yağış verileri olan istasyonların MFI değerleriyle regresyon analizine ($R^2=0,94$) tabi tutmuşlardır. Sonuçta alışma alanı için $R = 0,1215 + F2,242$ regresyon denklemine ulaşılmış ve bu denklem havzadaki diğer 15 istasyonun R değerini tahmin etmek için kullanılmıştır.

Çalışmada CBS ortamında R değerinin hesaplanması için aşağıda anlatılan yöntem izlenmiştir.

Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Mñdñrlñęü'nden araştırma alanı olan Kırklareli ili ve çevresinde bulunan 9 adet meteoroloji istasyondan alınan uzun yıllara ait meteorolojik veriler elde edilmiştir. Pınarhisar ilçesindeki meteoroloji istasyonundan ise 11 yıllık veriler alınmıştır. Babaeski ilçesindeki meteoroloji istasyonundan 6 yıllık, Babaeski-Yenimahalle'den 3 yıllık, Lñleburgaz- Ahmetbey Kasabası'dan 3 yıllık, Lñleburgaz-Celaliye Köyü'nden 1 yıllık, Pınarhisar-Mahya Dağı'dan 3 yıllık ve Kırklareli ÷niversitesi' den 2 yıllık meteoroloji istasyonlarına ait yağış verileri kullanılmıştır. Bu verilerin n incelemesi yapılmış ve sahanın iklimi hakkında bilgi edinilmiştir.

Hesaplama yönteminde sadece istasyonun bulunduğu noktalar hesaplanmaktadır. İnceleme sahasında deniz seviyesinden 1020 m'ye varan yükselti nedeniyle düşen yağışın miktarı ve dağılışı aynı olmayacağı için Schreiber tarafından önerilen yağışın her 100 m'de 54 mm artması temeline dayanan formülü kullanılmıştır (Ardel, Kurter ve Dönmez 1969). Formül;

$$Ph = Po + 4,5 x 3 \quad (3.2)$$

Burada Ph ortalama yağış miktarı (mm), Po ise verileri bilinen noktanın ortalama aylık yağış miktarı (mm) şeklinde ifade edilmektedir.

Kırklareli ilindeki meteoroloji istasyonlarının, coğrafi koordinatları, yağış verileri ve alan girdi verileri yağış dağılım haritasını enterpolasyonla yapmak için kullanılmıştır. Böylece, Kaya tarafından (2008) geliştirilen ve erozyonun çalışma sistemi için olan formül kullanılmıştır.

Kırklareli ili için yağış miktarı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$R = 0,548257P - 59,9 \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte R ortalama yıllık yağışa göre erozyon katsayısı (J / m^2), P yıllık ortalama yağış miktarı (mm / yıl)dir. R katsayısının hesaplanması işlemi de GRASS GIS'deki Harita Hesaplama modülleri aracılığıyla aşağıdaki şekilde yapılır:

$$R \text{ faktörü} = 0.548257 * \text{Yağış} - 59.9$$

Araştırma alanı olan Kırklareli ili için önceden hesaplanmış ve kullanılabilir durumda bir R değeri bulunmadığından dolayı bu sahanın R değerinin hesaplanmasında Erozyon İndeksi değerini bulmak için geliştirilen formüllerden bir tanesi olan Arnoldous (1980)'un Modifiye Fournier İndeksi (MFİ) formülü kullanılmıştır ve bu formül;

$$MFI = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{p} \quad (3.4)$$

Bu eşitlikte P_i aylık yağışlar (mm) ve P yıllık yağışların ortalaması (mm) olarak ifade edilir.

$$= 79,63^2 + 51,42^2 + 73,63^2 + 43,65^2 + \dots / 662,56; MFI=61,12.$$

Yağış Eroziyon Faktörü (R) ise;

$$R = (4,17 \times MFI) - 152 \quad (3.5)$$

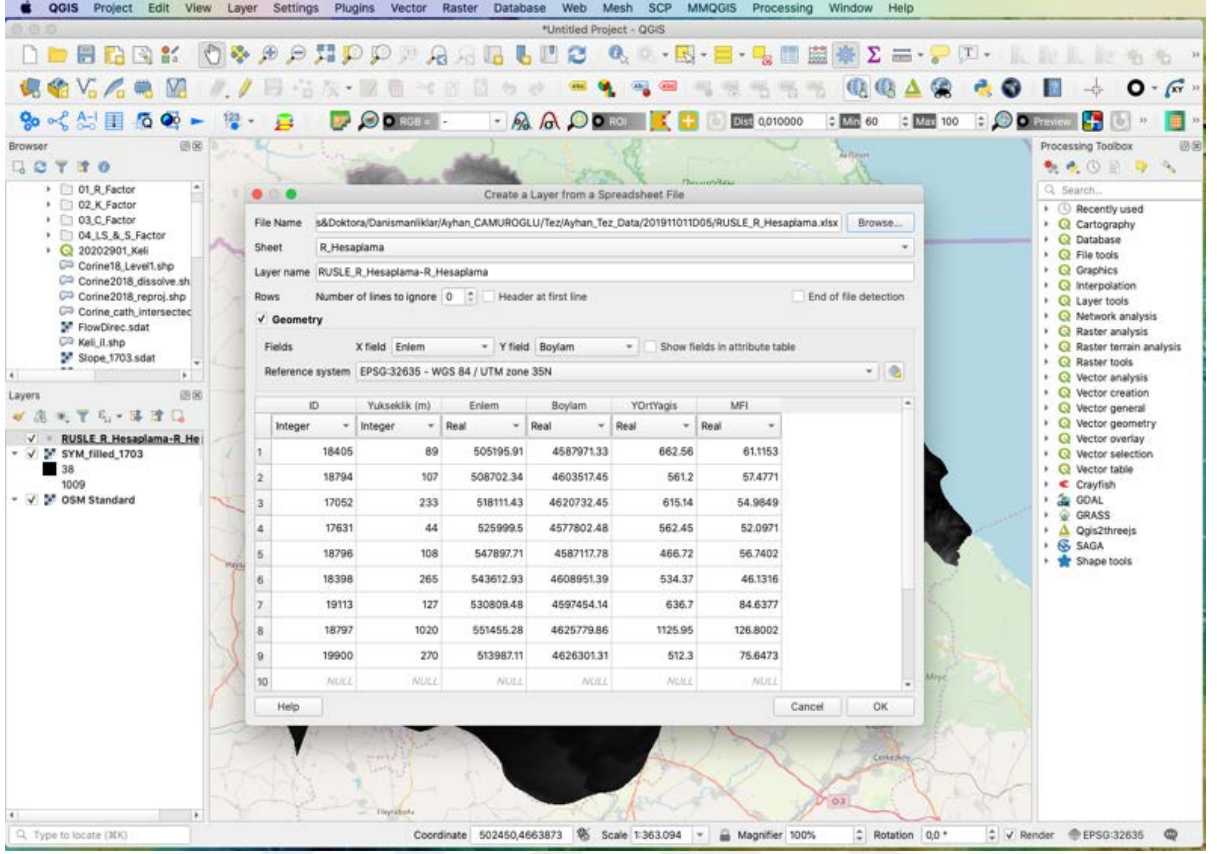
formülü ile bulunabilmektedir.

$$R = (4,17 * 61,12) - 152 = 102,85 \text{ olarak bulunur.}$$

Meteoroloji istasyonlarının koordinat değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün internet adresinden (<https://www.mgm.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx?il=Kırklareli>) alınmış ve MS Excel dosyasında yağış verileri ile birlikte birleştirilmiştir.

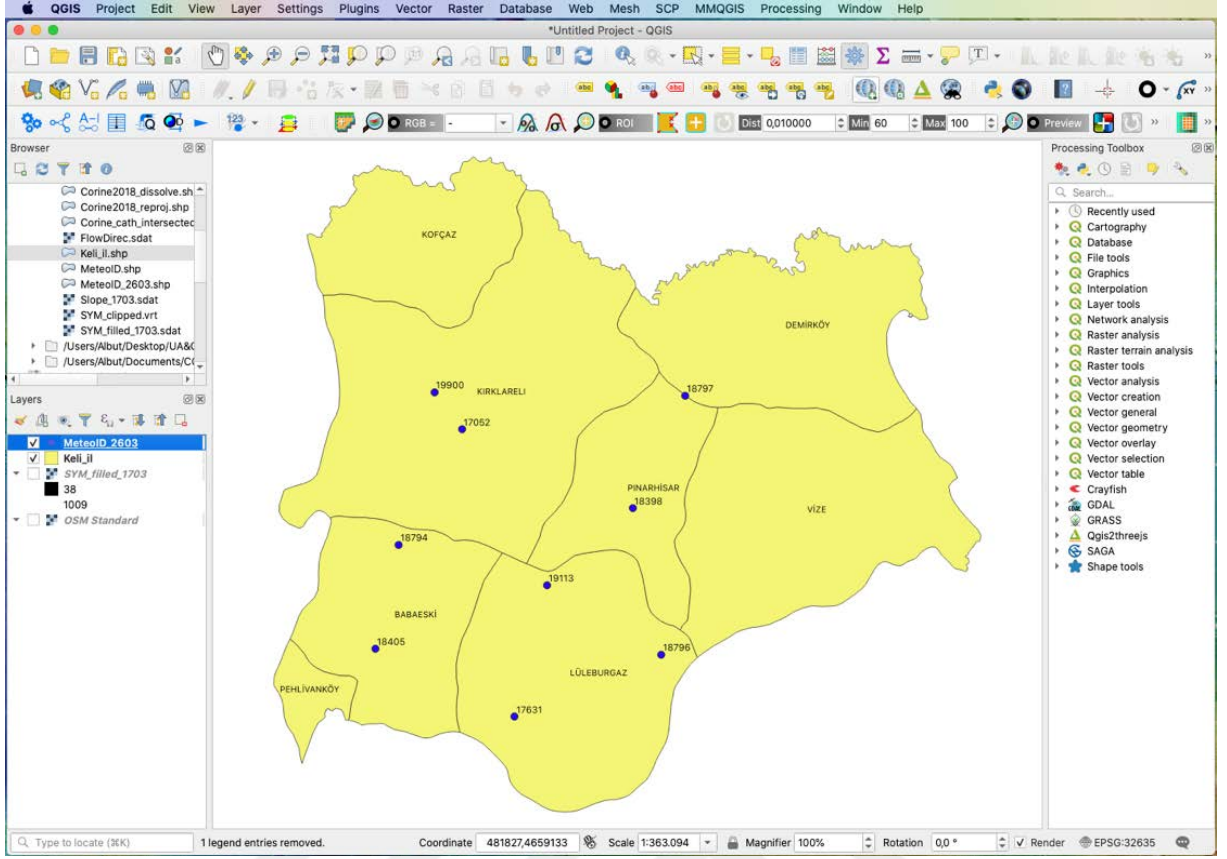
QGIS uygulamasında önce düzeltme işlemi uygulanmış SYM haritası katman olarak eklenmiştir.

Ayrı katmanlar olarak, vektör veri olarak Kırklareli il sınırları ve meteoroloji istasyonlarının konumu eklenmiştir.



Şekil 3.17. Kırklareli il sınırları ve meteoroloji istasyonları eklenmesi

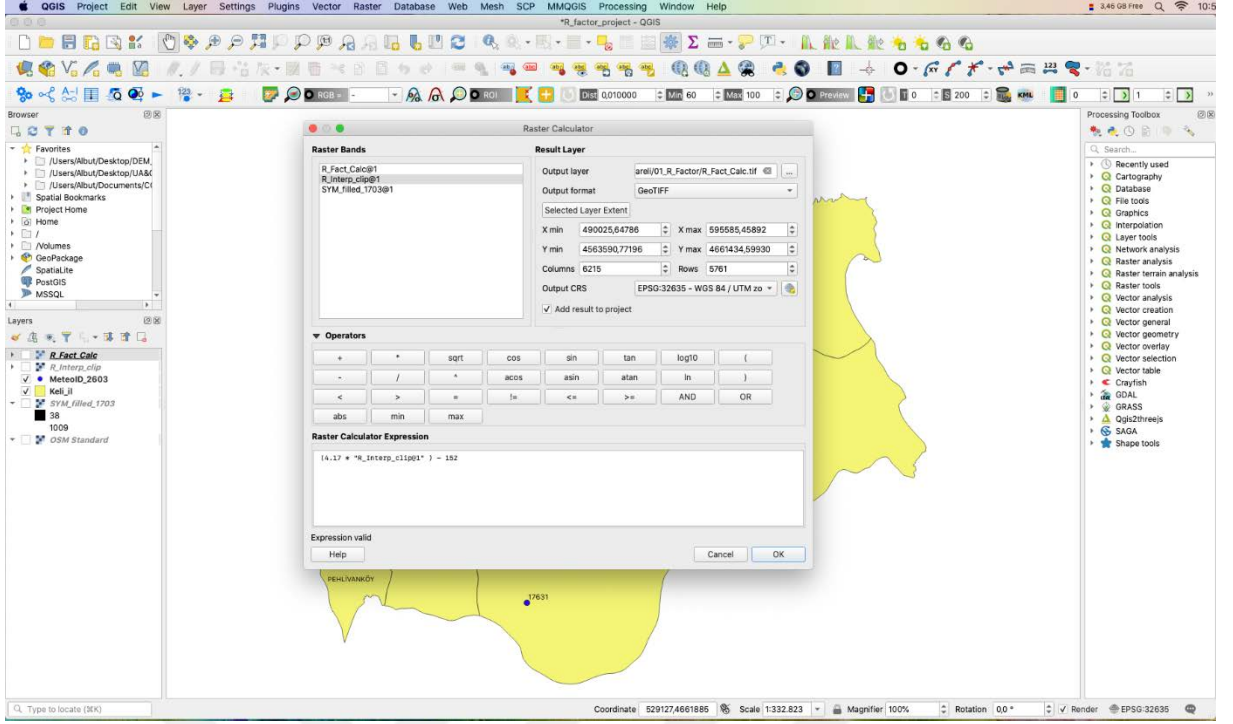
MS Excel de hazırlanan tablo verilerinin QGIS uygulamasına katman olarak eklenmesinde Katman ekleme komutu içerisinde yer alan 'Layer/Add layer/Add Spreadsheet layer' eklentisi kullanılmıştır.



Şekil 3.18. Meteoroloji istasyonlarının bulunduğu katman

Meteoroloji istasyon koordinatlarının bulunduğu katman kullanılarak MFI değerlerinden çalışma sahasının yüzeyine yayılması yani mekânsal enterpolasyon işlemi ile tüm Kırklareli için yağış değerleri oluşturulmuştur.

R faktörünü hesaplamada son işlem olarak, QGIS uygulamasına Raster komutu içerisinde yer alan 'Raster/Raster calculator' komutu kullanılmıştır. Açılan işlem penceresinde R faktörünü hesaplamada kullandığımız $R = (4,17 * MFI) - 152$ eşitliğini yazarak komut çalıştırılmış ve R faktörü görsel olarak raster veri formatında hesaplanmıştır. Hesaplanan R değerleri 9 istasyona göre farklılar göstermektedir. Anlatılan istasyonlara ait R değerleri sadece o istasyonlara ait nokta değerlerdir.



Şekil 3.19. Raster/Raster calculator ile R faktörünün hesaplanma işlemi

3.2.3. Toprağın Erozyona Duyarlılık Faktörü (K)

Toprağın erozyon eğilimi, toprakların tamamen kendi bünyelerindeki çeşitli özelliklerden kaynaklanan ve aşındırıcı kuvvetlere karşı direncini ve erozyona uğrama eğilimini gösterir. Toprakların erodibilitesi yani toprakların aşınım özellikleri başka bir ifade ile toprakların aşınmaya karşı duyarlılıkları arasındaki farklılıklar yani aşınmaya karşı sahip oldukları özelliklerinin farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Toprakların erodibilitesi büyük ölçüde toprağın içyapısını oluşturan fiziksel ve kimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Başka bir ifadeyle toprağın hidrolik geçirgenliği, organik madde özellikleri, tekstür ve strüktürüne bağlıdır. Aynı eroziv kuvvetler karşısında bazı topraklar dirençli oldukları halde, diğer bazı topraklar kolayca çözünür ve dağılarak erozyona uğrar (Balcı, 1996).

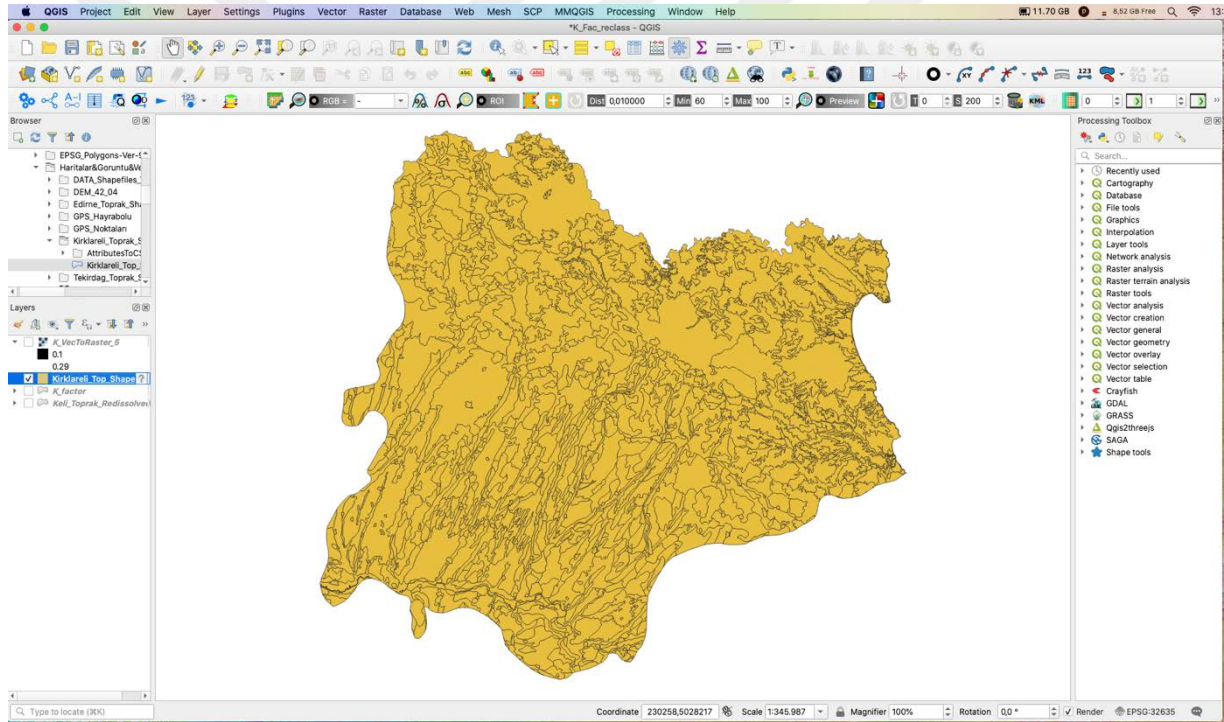
K Faktörü içerisinde %9 eğim ve 22,1 m eğim uzunluğundaki bir arazide birim erozyon indisi ile hektardan kaybolan toprağın ton olarak ifadesidir. Farklı özelliklere sahip topraklar farklı derecede aşınırlar erozyona etkili diğer faktörlerin sabit olması halinde.

Bu K haritası QGIS ve QGIS'in GRASS modülü yazılımına aktarıldı ve diğer veri katmanlarıyla 30 m aynı çözünürlükte raster formatına dönüştürüldü.

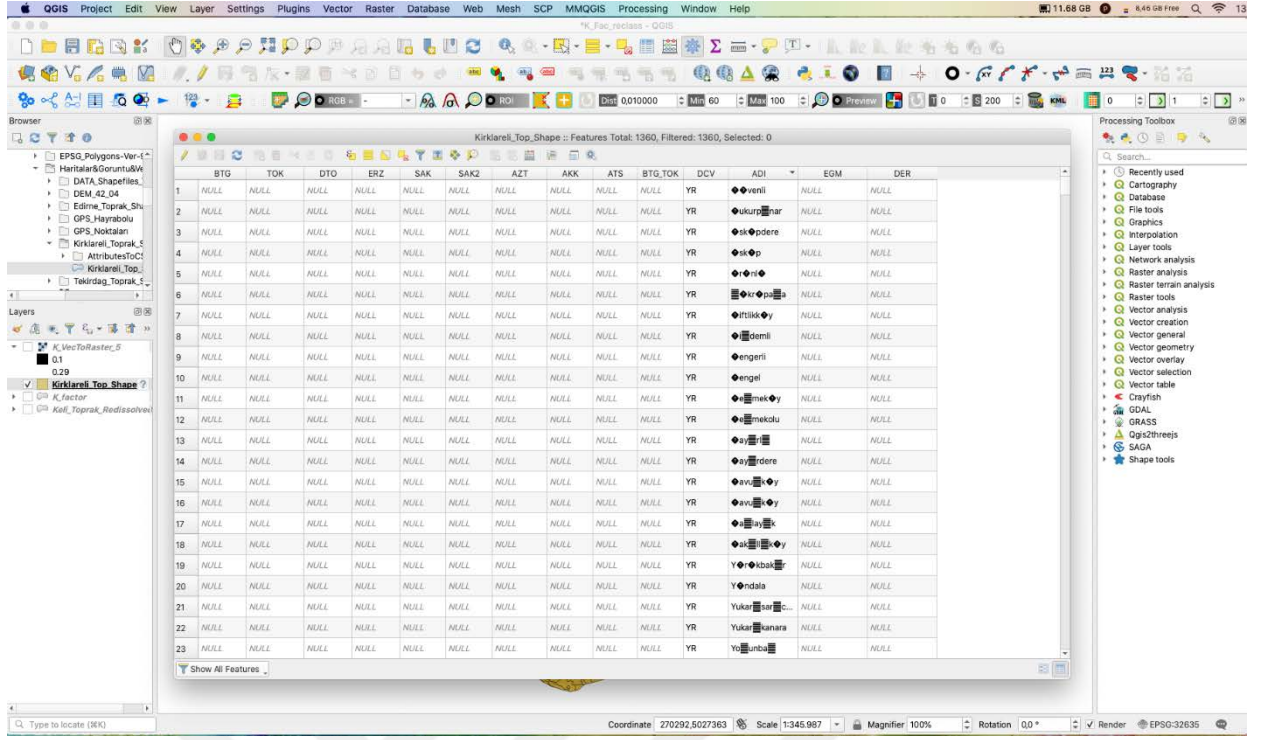
Wischmeier, Johnson ve Cross (1971) tarafından silt ve çok ince kum (%), kum (%), organik madde (%), strüktür ve geçirgenlik toprak parametrelerinden yararlanarak K değerinin bulunmasına yarayan bir nomograf geliştirilmiştir.

K Faktörünün hesaplanmasında Kırklareli Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden elde edilen toprak haritasından yararlanılmıştır.

Harita sayısal olarak Quantum GIS uygulamasında açılmış ve Öznitelik Tablosundaki seçeneklerden BTG (Büyük Toprak Grupları) özelliğine göre sadeleştirilmiştir. Bir başka ifade ile Kırklareli toprak haritasına güncellenmiştir. Bu işlem QGIS uygulamasında aynı sınıf grubuna ait değerlerin “Vector/Geoprocessing Tools/Dissolve” komutu yardımıyla birleştirilmesi ile yapılmıştır.



Şekil 3.20. Öznitelik tablosundaki seçeneklerden BTG özelliğine göre sadeleştirme işlemi



Şekil 3.21. Vector/Geoprocessing Tools/Dissolve işlemi

Çizelge 3.2. Kırklareli ili BTG sınıflandırması ve K Faktör değerleri

BTG	Açıklama	K Faktörü	Kapladığı alan (km ²)	Oran (%)
S	Alüvyal Sahil Bataklık Toprağı	0,15	12,97	0,20
V	Vertisoller	0,10	1001,22	15,48
U	Kireçsiz Kahverengi Toprak	0,21	1396,49	21,59
R	Rendzinalar	0,12	11,21	0,17
X (diğer)	Yerleşim yerleri ve su yüzeyleri	-	92,17	1,43
K	Koliviyal Topraklar	0,17	17,11	0,26
N	Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı	0,29	3227,15	49,90
M	Kahverengi Orman Toprağı	0,20	350,62	5,42
A	Alüvyal Toprak	0,15	357,92	5,53
TOPLAM			6466,85	100,00

Yapılan tüm bu işlemlerin ardından Kırklareli ili BTG sınıflandırması ve K Faktör değerleri (Ege, 2019, Panagosve ark., 2015, Cebel, Özbek ve Ünver 2013, Mutlu ve Soykan, 2018) elde edilmiş ve yukarıda (Çizelge 3.2) verilmiştir.

Öznitelik tablosunda BTG'nin kapladıkları alan ve oransal dağılımları da hesaplanmıştır. Kırklareli ilinde kireçsiz kahverengi orman toprağı 3227,15 km² ile en çok alanı kaplamaktadır, buda toplam alanın %49,90'ına tekabül etmektedir. En az görülen toprak grubu ise kapladığı 11,21 km²'lik alan ve %0,17'lik oran ile Rendzinalara aittir.

Bu işlemin sonucunda elde edilen yeni Öznitelik Tablosunda BTG yer alan bilgiler aşağıda verilmiştir.

BTG	TOK	DTO	ERZ	SAK	SAK2	AZT	AKK	ATS	BTG_TOK	DCV	ADI	EGM	DER	Area_km2	Level	K_factor
1 S	Sh	h	1	C	C	NULL	VII	ws	S_Sh	NULL	NULL	1	A	3,90	1	0,15
2 V	5	NULL	1	N	N	NULL	II	e	V_5	NULL	NULL	2	A	992,15	2	0,1
3 U	5	NULL	1	N	N	NULL	II	e	U_5	NULL	NULL	2	A	1.387,42	3	0,21
4 R	8	NULL	2	N	N	NULL	IV	se	R_8	NULL	NULL	2	D	2,14	4	0,12
5 K	3	t	1	N	N	NULL	III	s	K_3	NULL	NULL	1	C	8,04	5	0,17
6 N	15	NULL	3	O	O	NULL	VI	es	N_15	NULL	NULL	4	C	3.218,08	6	0,29
7 M	11	NULL	2	O	O	NULL	IV	es	M_11	NULL	NULL	3	C	341,55	7	0,2
8 A	4	y	1	N	N	NULL	II	w	A_4	NULL	NULL	1	A	348,85	8	0,15
9 X	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	IR	Ergene	NULL	NULL	83,10	9	NULL

Şekil 3.22. Öznitelik Tablosunda BTG yer alan bilgiler

Kırklareli ili toprak aşınabilirlik (erodibilite) değerleri öznitelik tablosundaki veriler incelendiğinde sekiz adet BTG'nin kapsadığı anlaşılmaktadır (Ege, 2019, Panagos ve ark., 2015, Cebel vd., 2013, Mutlu ve Soykan, 2018).

Kırklareli ili için toprak aşınabilirlik (erodibilite) değerleri (K faktörüne) göre sınıflandırma işlemi gerçekleştirilir. Bu işlem QGIS uygulamasındaki “Vector/Geoprocessing Tools/Dissolve” komutu ile yapılmıştır.

Son olarak Kırklareli ili için hesaplanan K faktör değerleri, kapladıkları alanlar ve oransal dağılımları hesaplama işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Arazi Örtüsü (Bitki Yönetim) Faktörü (C)

Arazi kullanımı ve bitki örtüsü faktörü (C), bitki örtüsü, ürün yetiştirme ve amenajman uygulamalarının erozyon üzerindeki etkilerini açıklamak için kullanılır. Bu faktör yıl boyunca birçok durumda sabit kalmaz. Özellikle uydu görüntüleri ve uzaktan algılama teknik ve yazılımları son 30 yıldır toprak erozyonu çalışmalarında yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bugün çeşitli uydular aracılığı ile elde edilen görüntüler uzaktan algılama yazılımlarında işlenerek geniş alanlar için hızlı, doğru ve daha ucuz bir şekilde bilgiye ulaşmayı sağlamaktadır.

Dwivedi, Kumar ve Tewari, 1997; Mathieu, King ve Bissonais, 1997; Metternicht ve Fermont, 1998; Reusing, Schneider ve Ammer, 2000; Hill ve Schutt, 2000; Baban ve Yusuf, 2001; Haboudane, Bonn, Royer, Sommer ve Mehl, 2002; Paringit ve Nadaoka, 2003; Singh, Herlin, Berroir, Silva ve Simoes-Meirelles, 2004; Tateishi, Shimazaki ve Gunin, 2004 gibi çeşitli çalışmalarda uydu görüntüleri ve uzaktan algılama teknikleri kullanılmıştır.

Uydu görüntüleri toprak erozyonu çalışmalarında genellikle belli bir sahaya ait arazi kullanımı ve bitki örtüsünü tespit etmek için ve diğer bazı toprak erozyonu çalışmalarında olduğu gibi bitki örtüsü kapalılığını belirlemek için kullanılmaktadır. Bu konuların yanı sıra, özellikle bitki örtüsünün seyrek olduğu alanlarda toprak özelliklerini saptamak için de kullanılmaktadır.

Toprak kayıplarına karşı duyarlılığın belirlenmesine yönelik alansal bir yaklaşımdır CORINE (Coordination of Information on the Environment) erozyon modeli. Çevresel Bilginin Koordinasyonu olan CORINE, Avrupa Çevre Ajansı tarafından belirlenen Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflandırmasına göre uydu görüntüleri üzerinden bilgisayar destekli görsel yorumlama metodu ile üretilen arazi örtüsü/kullanımını verisidir. Toprak erozyonu çalışmalarında uygulanan AB (Avrupa Birliği) tarafından geliştirilen bir modeldir (CORINE, 1992). Araştırma alanının bütün yüzölçümünün tamamına erozyon risk tahminini sağlayabilmesi diğer modellere oranla avantajlı yönüdür (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020) .

CORINE, çevre ile ilgili öncelikli konularda (hava, su, toprak, arazi örtüsü, kıyı erozyonu, biyotoplar) Avrupa Birliği için bilgi toplamayı amaçlayan 1985 yılında başlatılmış bir programdır. AÇA (European Environment Agency - EEA), tüm Avrupa'da çevre ile ilgili tarafsız, zamanında ve hedeflenen bilgiyi toplamakla yükümlüdür. Proje, yaklaşık 5,8 milyon km²'lik alanda, Türkiye'nin de içinde bulunduğu 39 ülkede gerçekleştirilmektedir.

Toprak kayıplarının tehlike haritalarının oluşturulması Türkiye ile Avrupa Birliği ülkeleri arasındaki gelecekte yapılacak bilimsel araştırmaların bütünlüğü için oldukça önemlidir (CORINE, 1992; Bayramin vd., 2003).

Kanar ve Dengiz 2015 yılında, yapmış oldukları araştırmada, CORINE modeli yardımıyla Kocaeli ilinde bulunan Kartepe bölgesindeki Madendere havzasının toprak kayıplarını değerlendirmişlerdir. C faktör haritası 2012 yılında Corine arazi kullanımı arazi örtüsü sınıfları kullanılarak oluşturulmuştur. 2016 yılındaki Alaca Havzasında uygulanan RUSLE erozyon modelinde kullanılmıştır. 2018 yılında TÜCAUM 30. yıl uluslararası coğrafya sempozyumunda bitki yönetim veya arazi örtüsü faktörü (Alexandridis ve ark., 2014) olan C faktör hesaplanması için yine CORINE arazi örtüsü verisi kullanılmıştır.

Bu çalışmada UA ortamında ve CBS ile C değerinin hesaplanması için aşağıda anlatılan yöntem izlenmiştir. C faktörünün hesaplanmasında CORINE 2018 yılı verilerinden yararlanılmıştır. Bu veriler <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018> web adresinden veritabanı olarak indirilmiştir.

CORINE 2018 sayısal haritası Kırklareli il sınırlarına göre QGIS uygulamasındaki “Vector/Geoprocessing Tools/Clip” komutu ile kesilmiştir.

Arazi Bitki örtüsüne göre belirlenecek olan C faktör değeri için oluşturulan haritanın arazi kullanım alanlarına ait C faktörlerin değerlendirilmesinde AB araştırma enstitüsünün kullanmış olduğu değerlerden yardım alınmıştır (Erdem, 2017).

CORINE Projesi Arazi Örtüsü Sınıflandırması Avrupa Çevre Ajansı tarafından belirlenen üç hiyerarşik seviyeden oluşmaktadır. Birinci seviyede;

1. Yapay Bölgeler,
2. Tarım Alanları,
3. Orman ve Yarı Doğal Alanlar,
4. Sulak Alanlar,
5. Su Kütleleri,

olmak üzere 5 ana grup, ikinci seviyede 15 ve üçüncü seviyede kullanılması zorunlu olan 44 alt sınıf mevcuttur.

Çizelge 3.3. CORINE Projesi arazi örtüsü sınıflandırması

1	Yapay Bölgeler	2	Tarımsal Alanlar	3	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	4	Islak Alanlar	5	Su Yapıları
1.1	Şehir Yapısı	2.1	Ekilebilir Alanlar	3.1	Orman	4.1	Karasal Bataklık	5.1	Karasal Sular
111	Sürekli Şehir Yapısı	211	Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	311	Geniş Yapraklı Ormanlar	411	Bataklıklar	511	Su Yolları
112	Kesikli Şehir Yapısı	212	Sürekli Sulanan Alanlar	312	İğne Yapraklı Ormanlar	412	Turbalıklar	512	Su Kütleleri
1.2	End. Tic. ve Ulaşım Birimleri	213	Pirinç Tarlaları	313	Karışık Ormanlar	4.2	Denize Yakın Islak Alanlar	5.2	Deniz Suları
121	Endüstriyel veya Ticari Alanlar	2.2	Sürekli Ürünler	3.2	Maki veya Otsu Bitkiler	421	Tuz Bataklığı	521	Kıyı Lagünleri
122	Karayolları, Demiryolu ve İlgili Alanlar	221	Üzüm Bağları	321	Doğal Çayırliklar	422	Tuzlalar	522	Nehir Ağzları
123	Limanlar	222	Meyve Bahçeleri	322	Fundalıklar	423	Gel-git ile Oluşan Düzlükler	523	Nehir ve Okyanus
124	Havaalanları	223	Zeytinlikler	323	Sklerofil Bitki Örtüsü				
1.3	Maden,Boşaltım, İnşaat Sahaları	2.3	Meralar	324	Bitki Değişim Alanları				
131	Maden Çıkarım Sahaları	231	Meralar	3.3	Bitki Örtüsü az ya da Olmayan Alanlar				
132	Boşaltım Sahaları	2.4	Karışık Tarım Alanları	331	Sahil,Kumsal,Kumluk				
133	İnşaat Sahaları	242	Karışık Tarım Alanları	332	Çıplak Kayalıklar				
1.4	Yapay Tarımsal Olmayan Yeşil Alan	243	Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları	333	Seyrek Bitki Alanları				
141	Yeşil Şehir Alanları			334	Yanmış Alanlar				
142	Spor ve Eğlence Alan								

CORINE Projesi Arazi Örtüsü Sınıflandırmasının ana ve alt grup seviyeleri dikkate alınarak Kırklareli ilinde bulunan bitki örtüsü belirlenmiştir.

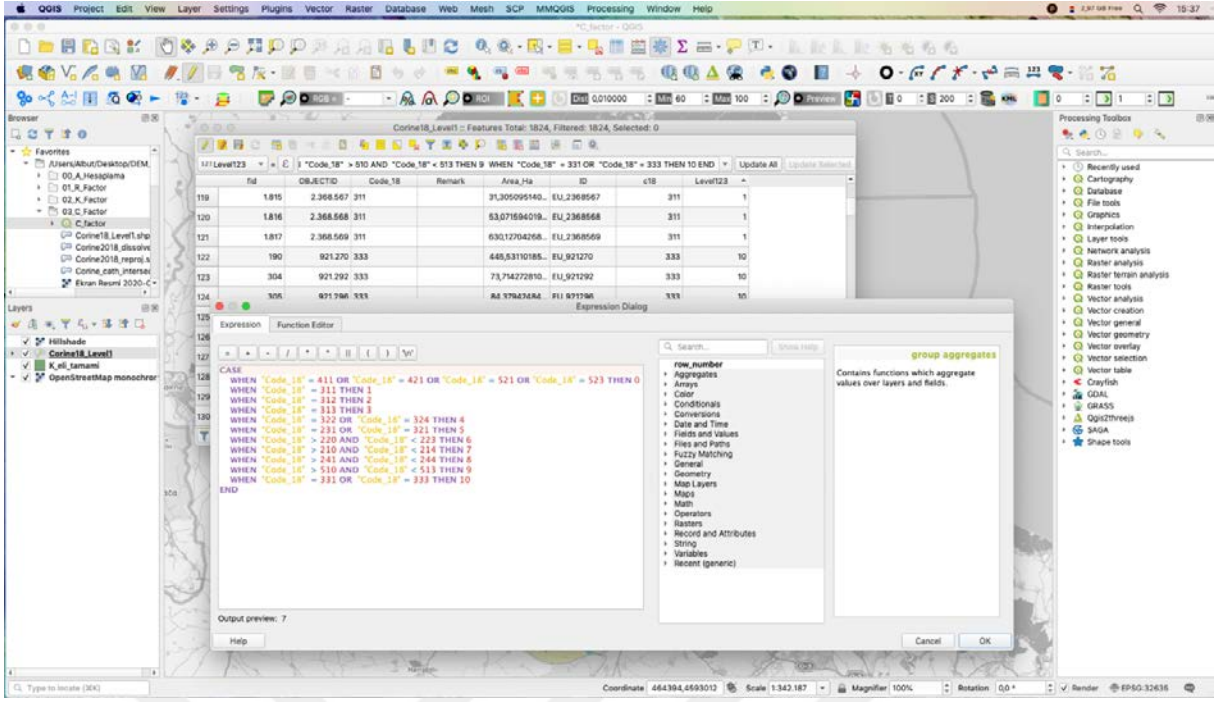
Kırklareli ilinde C değerini elde etmek için 2018 CORINE verileri kullanılmıştır. Araştırma alanının bulunduğu konumunun C Faktörünü elde etmek amacıyla Materyal ve Yöntem bölümünde anlatıldığı şekilde üretimi yapılmıştır bu kapsamda.

CORINE 2018 sayısal haritası Kırklareli il sınırlarına göre hazırlanan vektör verisinin Öznitelik tablosu içerisinde aşağıdaki tabloda yer alan CORINE sınıflandırma numaralarına göre yeniden sınıflandırma işlemi yapılmıştır ve araştırma alanında Arazi Örtüsü kapsamında 10 farklı tür tespit edilmiştir.

CORINE sınıflandırma değerlerine göre Kırklareli ilinde bulunan sınıflamaların C Faktör değerleri (Özsoy, 2007, Çelik, 2011, Panagos vd., 2015.)

Çizelge 3.4. Kırklareli ilinde bulunan sınıflamaların C Faktör değerleri

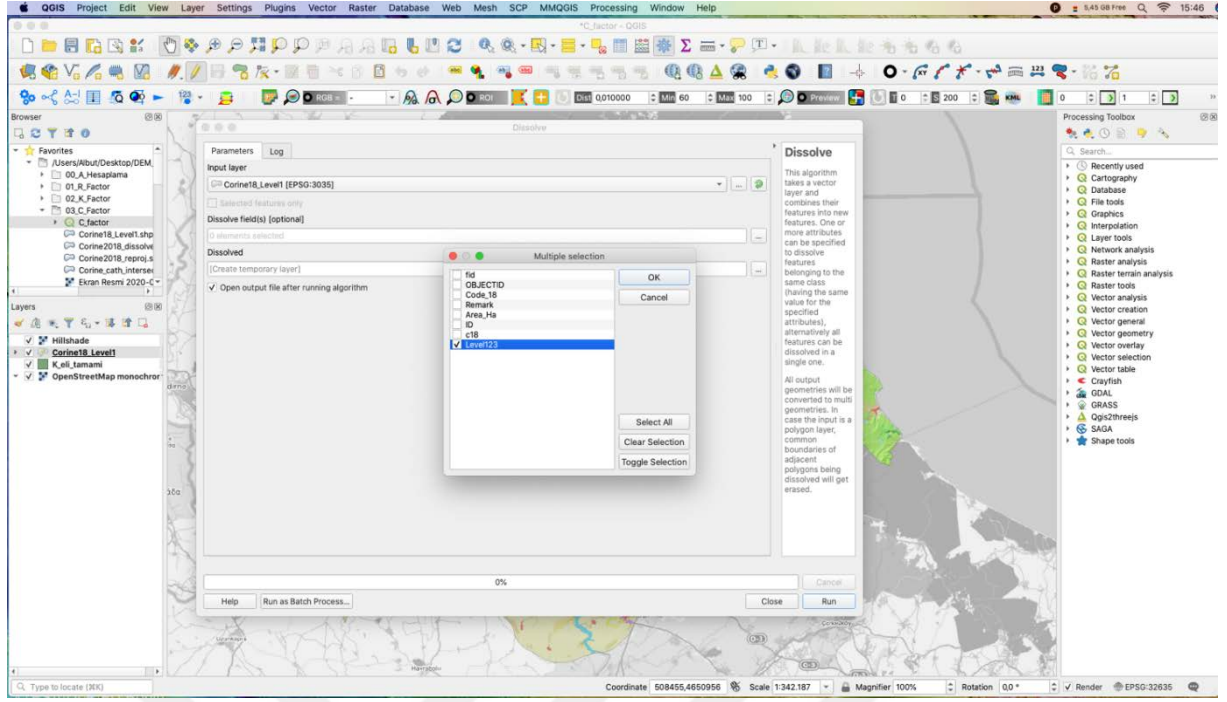
CORINE sınıflandırma no.	Arazi Kullanım/Örtü Sınıfı	C- Faktörü
311	Geniş Yapraklı Orman	0,001
312	İğne Yapraklı Orman	0,010
313	Karışık Ormanlar	0,050
322-324	Fundalık, Bitki Değişim Alanları	0,038
231-321	Çayır, Mera	0,090
221-222	Bağ, Bahçe	0,180
211-212-213	Ekili Tarım Arazileri	0,280
242-243	Boş Tarım Arazileri	0,500
511-512	Su Yüzeyleri	0,001
331-333	Çıplak Araziler	1,000



Şekil 3.23. Vector/Geoprocessing Tools/Dissolve komutu

Öznitelik tablosu yardımıyla CORINE 2018 sayısal haritası üzerinden Kırklareli için Arazi Kullanım sınıflandırma işlemi tamamlandıktan sonra, aynı sınıf grubuna ait değerlerin birleştirilmesi işlemi “Vector/Geoprocessing Tools/Dissolve” komutu ile yapılmıştır.

Elde edilen yeni haritada sınıflandırma gruplarının kapladığı alan (km²) ve oransal (%) değerleri yine öznitelik tablosu yardımıyla hesaplanmıştır.



Şekil 3.24. Sınıflandırma gruplarının kapladığı alan (km²) ve oransal (%) değerleri öznitelik tablosu yardımıyla hesaplama işlemi

Sonuçta araştırma alanının arazi kullanımı ve bitki örtüsü haritası (katmanı) elde edilmiştir. Buna göre arazi kullanım ve bitki örtüsü sınıfları geniş yapraklı orman, iğne yapraklı orman, karışık ormanlar, fundalık, bitki değişim alanları, çayır mera, bağ, bahçe, ekili tarım arazileri, boş tarım arazileri, su yüzeyleri ve çıplak arazilerdir.

Son aşamada ise sınıflama sonucu elde edilen arazi kullanımı ve bitki örtüsü haritası RUSLE yöntemindeki her arazi kullanımı ve bitki örtüsü için tavsiye edilen sayısal değerleri kullanılarak C faktörüne dönüştürülmüştür. Buna göre en düşük değer 0,001 ve en yüksek değer ise 1,00'dır.

3.2.5. Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P)

Özel bir destek uygulaması ile eğim doğrultusundaki toprak kaybının toprak işleme ile oluşan toprak kaybına oranıdır RUSLE modelindeki toprak koruma önlemleri faktörü. Başka bir deyişle ise erozyon kontrolüne ve önlenmesine yönelik bir çalışmanın mevcudiyetine bağlı olarak belirlenen değerdir. İlke olarak bu uygulamalar yüzeysel akışın akış derecesini, şeklini veya yönünü değiştirerek ya da yüzeysel akışın hızını ve miktarını azaltarak erozyonu etkiler (Renard ve Foster, 1983). Ekili araziler için düşünülen destek uygulamaları içinde kontur sürüm (tesviye eğrileri / izohipsler doğrultusunda veya dikim ve dik sürüm), şeritsel ekim,

teraslama ve yüzey altı drenajı yer alır. Bu uygulamalar kuru alanlar veya meralarda topoğrafik konturlara (izohiplere) dik yapılan toprak bozma uygulamaları sonucunda toprakta nemi depolaması ve yüzey akışı azaltması nedeniyle koruma önlemleri olarak kullanılır (Çanga, 1985; Foster vd., 1996).

Sıfır toprak işleme ve diğer toprak işleme sistemleri, çim temelli ürün rotasyonu, gübreleme ve malç uygulamaları gibi geliştirilmiş toprak koruma uygulamaları P faktöründe hesaba katılmaz ve bu tip erozyon kontrol uygulamaları C faktöründe değerlendirilir (Foster vd., 1996). Bu faktörün hesaplanmadığı durumlarda çeşitli nedenlerden dolayı (Renard vd., 1994) ve arazide toprak koruma önlemleri alınmıyor ise toprak koruma önlemleri faktörü 1,0 alınır (Wischmeier ve Smith, 1978; Çanga, 1985). Farklı kontrol uygulamaları için aşağıdaki tabloda değerler verilmiştir.

Çizelge 3.5. Erozyon kontrol uygulama faktörü

Kontrol Uygulama Türü	P- Faktörü
Yok	1,00
Teraslama	0,12
Eşyükseklik Eğrilerine paralel tarım	0,50
Şeritvari tarım	0,30

Türkiye genelinde olduğu gibi araştırma alanında da toprak korumaya yönelik uygulamalar ya hiç bulunmamakta ya da kısıtlı düzeylerde. Bu durum arazi gözlemleri ile desteklenmektedir. RUSLE modelinde P faktörü eğer toprak korumaya yönelik herhangi bir uygulama yoksa 1,0 alınmaktadır (Wischmeier 1975; Wischmeier ve Smith, 1978). Bu kapsam da Kırklareli ili değerlendirildiğinde toprak kaybını önlemeye dair herhangi bir koruma önlemi olmadığından dolayı P faktör değeri denkleme 1,0 değeri ile alınmıştır.

3.2.6. Kırklareli Potansiyel Toprak Kaybı Dağılımı (A) Hesaplanması

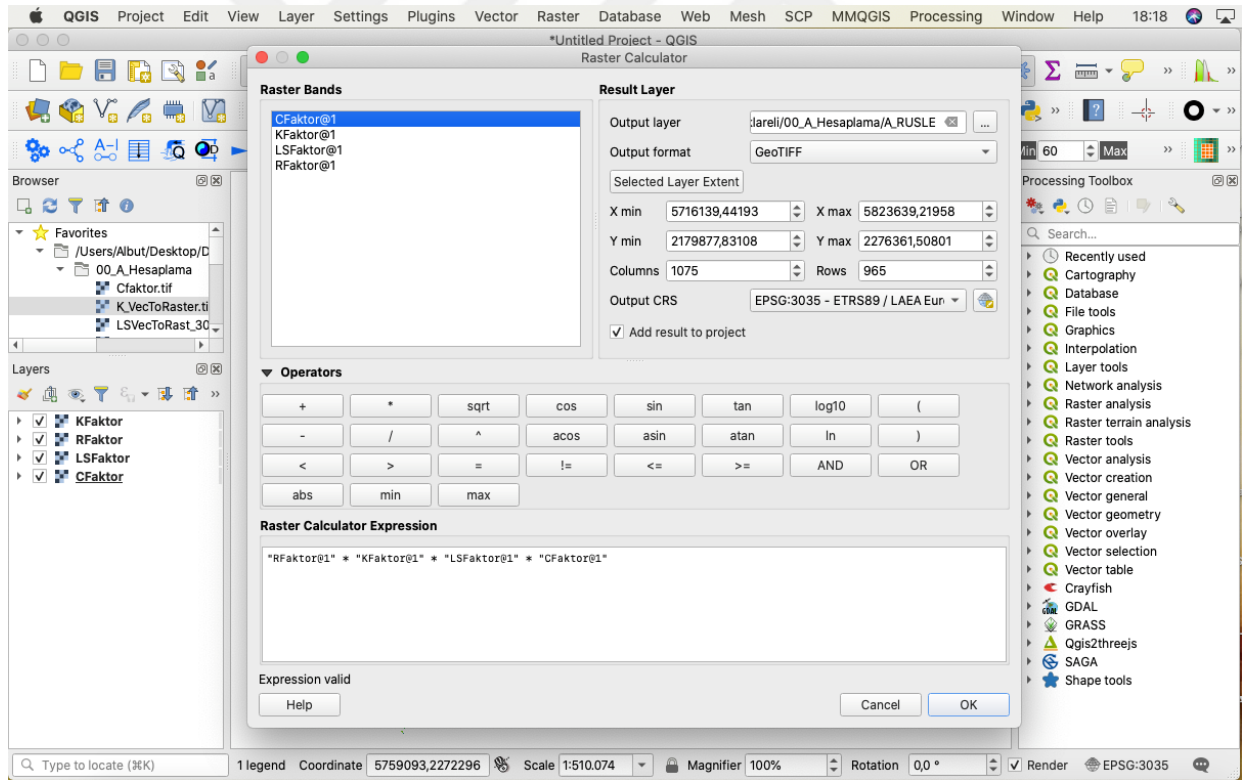
Eğim ve eğim uzunluğu faktörü (LS), Yağışın erozyon oluşturma faktörü (R), toprağın erozyona duyarlılık faktörü (K), bitki yönetim faktörü (C) ve toprak koruma önlemleri faktörü (P) CBS ortamında birer katman olarak elde edilmiştir. RUSLE modeli gereği bölgenin potansiyel toprak kaybını ($A = R * K * LS * P * C$) belirlemek için CBS ortamında

yerine koyularak çarpılmış ve sonuç olarak Kırklareli ilinin potansiyel toprak kaybı (ton/ha/yıl) olarak belirlenmiştir. Morgan (1995)'a göre tarımsal üretim için kabul edilebilir toprak kaybı 10 ton/ha/yıl'dır. Bu tolere edilebilir limit, toprak kaybı oranları sınıflarının oluşturulmasında dikkate alınmıştır.

Potansiyel toprak kaybı hesaplamasında kullanılacak tüm raster formatındaki görüntülerin çözünürlük değerleri 30 m x 30 m olarak düzeltilmiştir.

RUSLE formülünde yer alan ve QGIS uygulamasında hesaplanan K, R, C, LS değerleri ve görüntüleri raster Geotiff formatına, QGIS uygulamasına Raster komutu içerisinde yer alan "Raster/Raster calculator" komutu kullanılmıştır.

Açılan işlem penceresinde A değerinin hesaplamada kullandığımız "A = R * K * LS * P * C" eşitliğindeki değerler yerine elde edilen Geotiff formatlı haritalar yazılarak komut çalıştırılmış ve R faktörü görsel olarak raster veri formatında hesaplanmıştır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Raster/Raster calculator işlemi

Potansiyel toprak kaybı hesaplamaları sonucunda elde edilen değerler aşağıdaki çizelgede (Çizelge 3.6) verilen sınıflandırmaya göre bulunmuştur ve yazılmıştır. Morgan (1995)'a göre tarımsal üretim için kabul edilebilir toprak kaybı 10 ton/ha/yıl'dır.

Çizelge 3.6. Erozyon duyarlılık sınıfları

Erozyon sınıfı	Erozyon dağılım değerleri	Erozyon duyarlılık sınıfı
1	0 – 1	Çok düşük
2	1 – 5	Düşük
3	5 – 10	Hafif
4	10 – 20	Orta
5	20 – 50	Güçlü
6	50 – 100	Şiddetli
7	100>	Çok şiddetli

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Kırklareli Eğitim Uzunluğu ve Eğitim Derecesi Faktörü (LS)

LS faktörünü oluşturmak için, Kırklareli'nin giriş SYM modeli kullanıldı. SYM modeli NASA – ALOS uydu görüntüleri yardımı ile inşa edilmiştir. Kırklareli SYM modeli iyileştirilmiş SYM haritası üzerinde QGIS uygulamasının GRASS eklentisi raster alt modülü içerisinde yer alan alt modül işlemi uygulanmıştır.

SYM modeli, LS faktörünün neden olduğu erozyonu hesaplamak için temel girdidir. GRASS GIS'te Harita Hesaplama modülü kullanılarak Çizelge 4.1'de hesaplanan LS katsayıları verilmiştir.

Kırklareli ilinde LS değerini elde etmek için önce havzaya ilişkin sayısal arazi modelinden eğim haritası (S) oluşturulmuş; daha sonra sırasıyla yüzey hazırlama, akış yönü belirleme, akış toplamı hesaplama (L) işlemleri yapılmıştır. Moore ve Burch (1986)'un önerdikleri denklemde elde edilmiş olan eğim (S) ve eğim uzunluğu (L) yerine konularak sahaya ait LS Faktörü elde edilmiştir. Bu bağlamda Kırklareli ilinde elde edilen LS değerlerinin alansal sonuçları ve oranları aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Kırklareli LS değerleri

LS SINIFI	KAPLADIKLARI ALAN (km ²)	KAPLADIKLARI ORAN (%)
0-2	5.703,80	88,20
2-5	612,30	9,47
5-10	137,76	2,13
10-17,34	12,92	0,20
Toplam	6.466,78	100,00

Kırklareli ilinde LS değerleri 4 sınıfta ve 0 ile 17,34 arasında değişmektedir. Çizelgeden anlaşılacağı üzere 0-2 arasında LS değerine sahip alanlar araştırma alanında en fazla alan kaplamaktadır (5.703,80 km² ve %88,20). 2-5 arasındaki LS

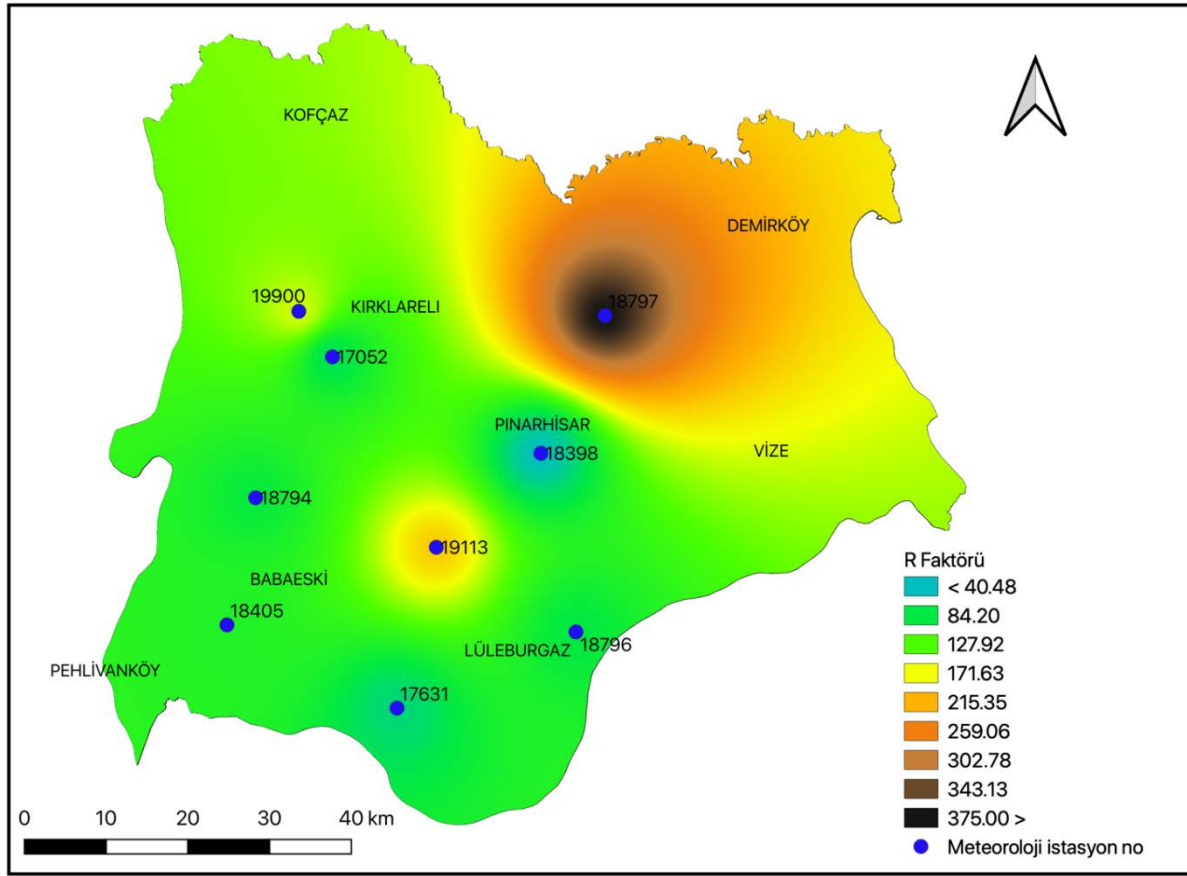
Buna göre; Kırklareli ili alanına ait R faktörü haritasında değerler 40,37 ile 376,76 MJ ha⁻¹ yıl⁻¹ × mm h⁻¹ arasında dağılım göstermektedir. R haritasının araştırma alanına ait yağış haritası ile benzerlik gösterdiği görülmekle beraber araştırma alanının R faktörü yağışın yükseltiyle ilişkisini doğrulayacak şekilde ortaya çıkmış, yükselti arttıkça yağış miktarının da arttığı görülmüştür. Çizelge 4.2'den anlaşılacağı üzere yıllık ortalama yağış arttığı müddetçe MFİ değerleri ve R faktör değerleri de artmaktadır.

Çizelge 4.2. Kırklareli MFI ve R-Faktör değerleri

ID	İstasyon Adı	Yükseklik (m)	Enlem	Boylam	Yıllık Ort. Yağış	MFI	R FATÖR
18405	Babaeski	89,00	41,443300	27,062200	662,56	61,1153	102,8508
18794	Yenimahalle-Beski	107,00	41,583300	27,104400	561,20	57,4771	87,6795
17052	Kırklareli	233,00	41,738200	27,217800	615,14	54,9849	77,2870
17631	Lüleburgaz-TİGEM	44,00	41,351300	27,310800	562,45	52,0971	65,2449
18796	Ahmetbey	108,00	41,434200	27,573300	466,72	56,7402	84,6066
18398	Pınarhisar	265,00	41,631100	27,523600	534,37	46,1316	40,3688
19113	Celaliye-Lburgaz	127,00	41,528140	27,369300	636,70	84,6377	200,9392
18797	Mahyadağı-P.hisar	1020,00	41,782200	27,619200	1125,95	126,8002	376,7568
19900	Kırklareli Üniv.	270,00	41,788442	27,168334	512,30	75,6473	163,4492

R faktörü haritasından (Şekil 4.2) anlaşılacağı üzere R değerleri üzerinde yükseltinin çok büyük bir rolü vardır. Bölgenin yükselti haritası ile R faktörü haritasını karşılaştırdığımızda R değerlerinin yüksek olduğu kısımlar ildeki yüksek yerlere karşılık geldiği yani kuzeyden güneye doğru gidildikçe azaldığı görülmektedir. En yüksek R değerine sahip alanlar ilin Mahya Dağları'nın yüksek kesimlerinde karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca yükseltinin artmasına bağlı olarak da yağışın arttığı var sayılırsa bu ilişkinin normal olduğu görülecektir. Yine ilin orta kesimindeki Celaliye köyü civarında R değerleri ufak bir artış

göstermektedir. Pınarhisar ilçesi değerlerindeki düşme göze çarpmaktadır. Dağların eteklerinde ise değerler düşmektedir.



Şekil 4.2. Kırklareli İlinde R Faktörü Haritası

4.3. Kırklareli Toprağın Erozyona Duyarlılık Faktörü (K)

Kırklareli ilinde K değerini elde etmek için Kırklareli Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden elde edilen veriler kullanılmıştır. Elde edilen nokta K değerlerinin çalışma sahasının yüzeyine yayılması için jeostatistiksel yöntem olarak enterpolasyon (interpolation) yöntemi kullanılmış ve sahanın K faktörü haritası (layer) elde edilmiştir. Söz konusu bu katman toprakların erozyona uğrama derecelerine göre oluşturulmuş, K faktör sınıflarına göre sınıflandırılarak K faktör sınıflarının alansal ve oransal dağılımları hesaplanmıştır Kırklareli ili için. Sonuçları ise aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Çizelge 4.3).

Araştırma alanının büyük çoğunluğu K faktörü, yüksek aşınabilir (4. Sınıf) olarak saptanmıştır. Erozyona uğrama açısından bölgede az aşınabilir (2. Sınıf), orta derece aşınabilir

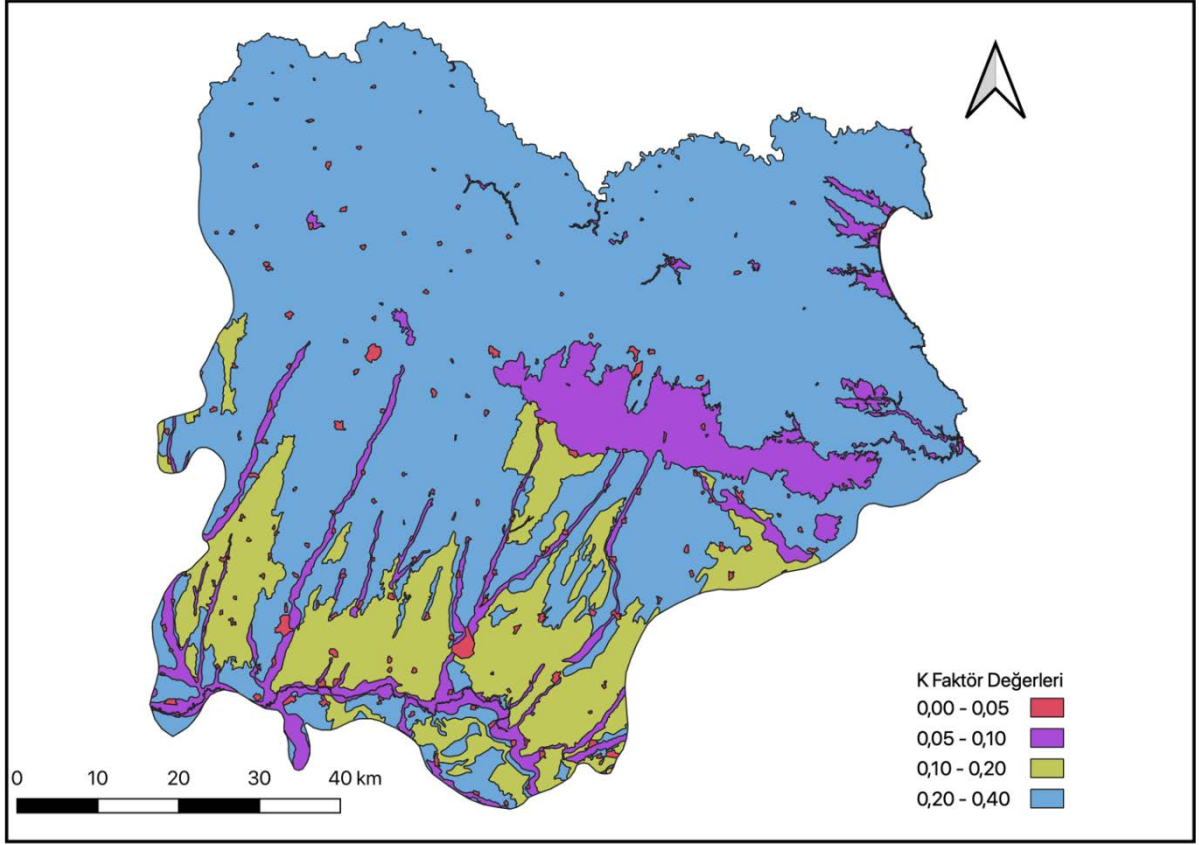
(3. Sınıf) topraklar az miktarda, çok az aşınabilir (1. Sınıf) topraklar çok az miktarda ve çok yüksek aşınabilir (5. sınıf) topraklar hiç bulunmamaktadır. Bu değerler, Doğan, Cebel, Küçükçakır ve Akgül (2000)'nin "Türkiye Büyük Toprak Gruplarının Erozyona Duyarlılık K Faktörleri" adlı çalışmasında yer alan, Kırklareli ili (K) faktörleri değerleri ile uyumludur.

Çizelge 4.3. K faktörü hesaplamalarına göre elde edilen toprak erodibilite değerleri

Sınıf	Tanımlama	Değer	Alan (km ²)	Oran (%)
1	Çok Az Aşınabilir	0,00-0,05	84,18	1,30
2	Az Aşınabilir	0,05-0,10	1004,97	15,54
3	Orta Derece Aşınabilir	0,10-0,20	713,43	11,03
4	Yüksek Aşınabilir	0,20-0,40	4664,28	72,13
5	Çok Yüksek Aşınabilir	0,40-0,60	0,00	0,00
	TOPLAM		6466,85	100,00

Kırklareli ilinde K Faktörü değerlerinin birbirine çok yakın bulunmasında ve elde edilen değerlerin yüksek aşınabilir (4. Sınıf) olmasında en büyük etken olarak litoloji (ana kaya) ve buna bağlı olarak oluşan topraklar olduğu söylenebilir. Kırklareli'nin tamamına yakınında aynı kökenden gelen kayalar yüzeylenmektedir. Mülga Köy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsü Kırklareli ilinden 70 örnek almış ve alınan örneklerin incelenmesi neticesinde bu kanıya varılmıştır. Bu toprakların bulunduğu tarım alanlarındaki yüksek aşınabilirlik sorununun %51 ile Marmara bölgesinde İstanbul'dan sonra ikinci il olduğu anlaşılmaktadır. Erozyona karşı hassas olduğu tarım alanlarındaki topraklarda koruyucu tedbirlerin alınması mutlak gereklidir.

K Faktörü dağılım haritası (Şekil 4.3) incelendiğinde, Kırklareli toprakları 4. Sınıfa girmesine rağmen, bu sınıf içindeki dağılımda bölge genelinde farklılıklar göze çarpmaktadır. Yüksek değerdeki K değerlerine bölgenin orta ve kuzey kesimlerinde rastlanmaktadır. Buna karşılık düşük K değerleri ise eğimin ve yükseltinin azaldığı bölgenin güney yerleşim alanlarının yoğun bulunduğu sahada görülmektedir. Büyük toprak guruplarına göre Kırklareli için K faktörü haritası Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Kırklareli İli K Faktörü Haritası

4.4. Kırklareli Arazi Örtüsü (Bitki Yönetim) Faktörü (C)

Aşağıdaki şekilde CORINE Avrupa Çevre Ajansı tarafından belirlenen Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflandırmasına göre uydu görüntüleri üzerinden Kırklareli ili düzeyinde oluşturulan tarımsal arazi sınıfları ve arazi kullanım alanları haritaları ile bu haritalar üzerinden QGIS programında alınan alan verileri verilmiştir.

CORINE ile hazırlanan altlık veri haritası daha güncel veriler içerdiği için daha doğru sonuçlar ortaya koyduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca erozyona maruz kalan sahaların oranı ise hayli az çıkmıştır. Eğimli arazilerin erozyon miktarlarının diğer sahalara göre daha yüksek olduğu unutulmamalıdır. Araştırma sahası kuzey kesiminde yarılmanın ve parçalanmanın daha yüksek olduğu sahalarda daha yüksek erozyon riski altındadır. Arazi kullanımının ve arazi örtüsünün erozyon üzerinde ne kadar önemli etkisi olduğunu unutulmamalıdır. Erozyon miktarı düşük olan haritada meşelik ve orman alanlarının daha yüksek olduğu görülmüş, bu da toprak kayıp miktarını düşürmüştür. Tarım alanlarında görülen erozyon tehlike boyutunun

da daha yakın olduğu gözlemlenmiştir. Tarım arazilerinde erozyonla mücadele kapsamında çiftçiler hedef kitle olarak ele alınmalı ve bilgilendirme ve eğitim faaliyetleri yürütülmelidir.

Kırklareli ilinde elde edilen C değerlerine ilişkin oranlar ve alansal sonuçlar aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.4).

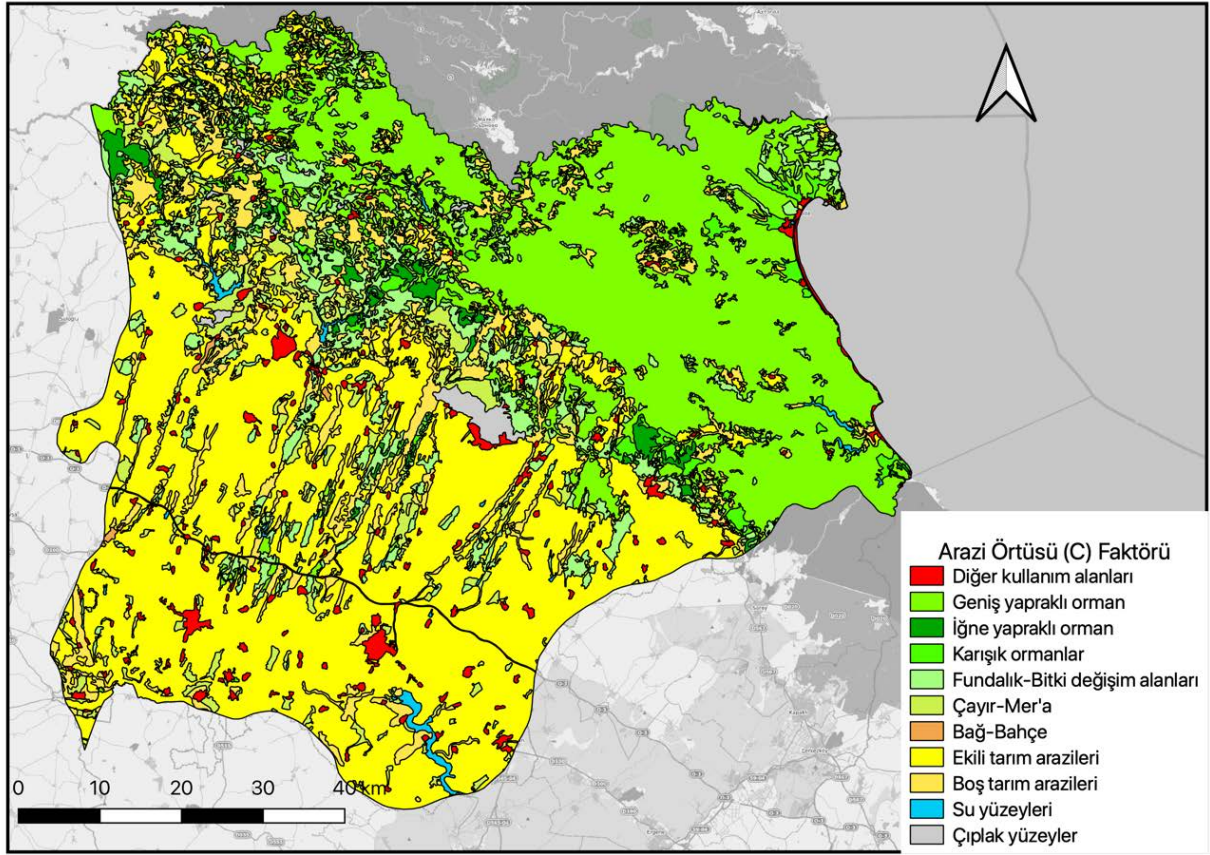
Çizelge 4.4. Kırklareli için hesaplanan RUSLE C Faktör değerlerinin kapladığı alan ve oranlar

CORINE sınıflandırma no.	Arazi Kullanım/Örtü Sınıfı	C- Faktörü	Kapladığı alan (km ²)	Oran (%)
311	Geniş Yapraklı Orman	0,001	1.869,28	28,91
312	İğne Yapraklı Orman	0,010	80,24	1,24
313	Karışık Ormanlar	0,050	106,95	1,65
322-324	Fundalık, Bitki Değişim Alanları	0,038	556,43	8,60
231-321	Çayır Mera	0,090	370,52	5,73
221-222	Bağ, Bahçe	0,180	6,51	0,10
211-212-213	Ekili Tarım Arazileri	0,280	2.566,86	39,69
242-243	Boş Tarım Arazileri	0,500	670,10	10,36
511-512	Su Yüzeyleri	0,001	42,91	0,66
331-333	Çıplak Araziler	1,000	47,25	0,73
112-411	Diğer kullanım alanları	-	149,80	2,33
	TOPLAM	-	6.466,85	100,00

Kırklareli ilinde C değerleri (Şekil 4.4) 10 sınıfta gruplandırılabilir ve 0 ile 1 arasında değişmektedir. Bu gruplar içinde ekili tarım arazileri %39,69'luk bir oranla en geniş alanı kaplamaktadır. Geniş yapraklı ormanlar %28,91 ve boş tarım araziler de %10,36'lık kapladıkları alan ile en çok yer kaplamaktadır.

Ekili tarım alanları araştırma alanında eğimin az olduğu yerlerde gözlemlenmiştir. Geniş yapraklı ormanlar, fundalık, çayır ve mera alanları ise bölgenin kuzeyinde yükseltinin arttığı Yıldız Dağları bölümünde yüksek kesimlerde yer aldıkları dikkati çekmektedir. Bu

alanlar çeşitli nedenlerden dolayı tarıma açılmayan yerler olup otlak alanları olarak daha çok hayvancılık faaliyetleri için kullanılmaktadır.



Şekil 4.4. CORINE 2018'den hesaplanan C faktörü

4.5. Kırklareli Toprak Koruma Önlemleri Faktörü (P)

Toprak koruma önlemleri faktörü (P) toprak yönetim aktivitelerini temsil etmektedir. Toprağın eğim yönünde veya eğime dik yönde ya da dönerek işlenmesine bağlı olarak erozyon süreçleri hızlanabilir veya yavaşlayabilir. P faktörünün büyük havzalardaki alansal dağılımının belirlenmesine yönelik bir yaklaşım bulunmamakla beraber Wischmeier ve Smith (1978) eğim derecesine bağlı olarak en yaygın toprağın işleme yöntemlerini sınıflandırmışlardır.

Bu çalışma kapsamındaki Kırklareli sınırları içinde tarım yapılan alanlarda herhangi bir toprak koruma önlemine rastlanmamıştır. Bu sebepten ilgili erozyon modelinde toprak koruma önlemleri faktörü 1,0 değeri sabit olarak kabul edilmiştir. Yani erozyon hesaplama sürecinin P elementlerinden etkilenmeyeceği anlamına gelir. Bu 1,0 değeri RUSLE

modelinde, çalışılan alanda herhangi bir toprak koruma önlemi uygulamasının bulunmaması durumunda alınması gereken P faktörü değeridir (Wischmeier ve Smith, 1978).

4.6. Kırklareli Potansiyel Toprak Kaybı Dağılımı

Erozyon durumu, bitki örtüsünün ve ekim yöntemlerinin etkilerini dikkate alarak mevcut erozyon potansiyelinin halidir. Dolayısıyla, C ve P katsayısı erozyon durumu denklemine dâhil edilmiştir. Hesaplama için formül aşağıdaki gibidir:

$$\text{Erozyon} = \text{LS faktörü} * \text{R faktörü} * \text{K faktörü} * \text{C faktörü} * \text{P faktörü}$$

Potansiyel erozyon, erozyon sürecinin, insanın, uygulama faktörlerinin ve kültürel uygulamalarının etkisi olarak görülmediği bir süreçtir. Bu çalışma ile toprak erozyonuyla ilgili kantitatif veri elde etme amacıyla kullanılan ve son yıllarda sıklıkla tercih edilen Rusle yöntemi kullanılmıştır. Rusle modeli gereği ilin potansiyel toprak kaybını belirlemek amacıyla CBS ortamında yerine konularak çarpılmış ve Kırklareli ilinin potansiyel toprak kaybını sonuç olarak belirlemiştir.

Kırklareli ilinde toprak kaybının alansal ve oransal risk sınıflarına ait dağılımı aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Kırklareli ilinde alansal olarak %92,31'lik oranda 5969,23 km²'lik kısımda 1-5 erozyon dağılım değerleri ile düşük toprak kaybı meydana gelmektedir. Hafif seviyeli toprak kaybı ise %3,68'lik oran ile ikinci seviyededir.

Kırklareli ilinde potansiyel erozyon riski 7 sınıfta değişmektedir. Temel olarak, tüm şehir tek erozyon seviyesine sahiptir o da erozyon sınıfı 2'dir. Erozyon seviyeleri özellikle güneydeki şehirlerde ve yüksek yoğunluklu kentleşme, düşük eğim ve yağış alan kıyı ovalarına odaklanmaktadır. Bu bitki örtüsünün toprak erozyonunu azaltmadaki olumlu etkilerini göstermektedir.

RUSLE'nin yağış erozyonu R faktörü 40,48-375,00 ve toprak erozyonu K faktörü 0,00-0,40 arasında değişmektedir. Bölgedeki yükseltiler 10 ile 1031 m arasında değişmekte olup LS faktörü değerleri 0-17,34 arasında değişmektedir. C faktörü, CORINE 2018 yılı verilerinden yararlanılarak hesaplandı. P değeri, bölgedeki mevcut koruma modellerinden hesaplanmıştır.

Potansiyel erozyon seviyelerini sınıflandırmak için Kırklareli standartlarına dayanan Morgan-1995 standartları modeli Çizelge 4.5'te uygulanmıştır. Erozyon durumu için Morgan

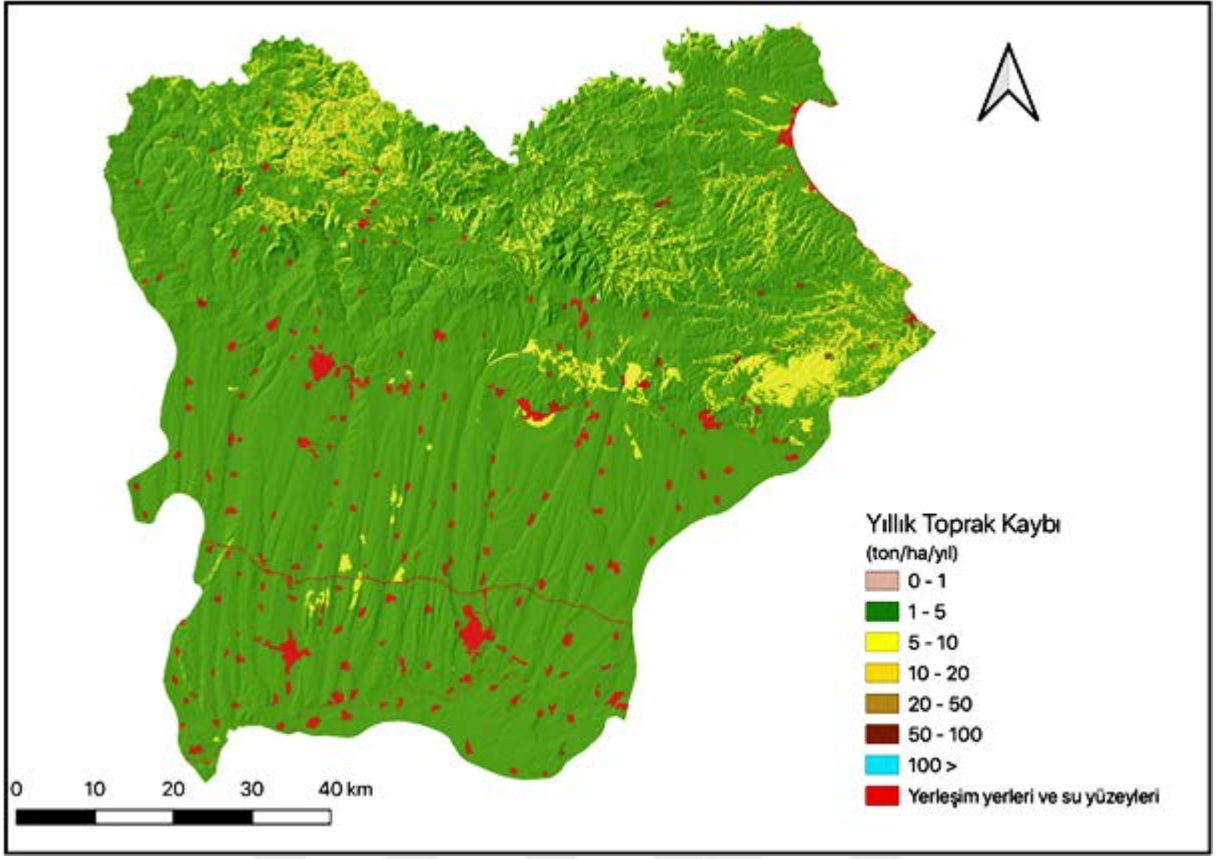
1995'e göre, Kırklareli ilinin mevcut erozyon modelleri sınıflandırması aşağıdaki çizelgedeki gibidir.

Çizelge 4.5. Kırklareli ilinin potansiyel erozyon seviyeleri

Erozyon sınıfı	Erozyon dağılım değeri	Erozyon duyarlılık sınıfı	Kapladıkları alan (km ²)	Kapladıkları oran (%)
1	0 – 1	Çok düşük	59,79	0,92
2	1 – 5	Düşük	5969,23	92,31
3	5 – 10	Hafif	238,18	3,68
4	10 – 20	Orta	102,05	1,58
5	20 – 50	Güçlü	62,87	0,97
6	50 –100	Şiddetli	27,69	0,43
7	100>	Çok şiddetli	7,03	0,11
TOPLAM			6466,85	100,00

Kırklareli ilinin Rusle-R, Rusle-K, Rusle-LS ve Rusle-C değişkenlerinin çarpımı ile elde edilen Toprak Kaybı Haritası (Şekil 4.5) verilmiştir. Kırklareli ilinde toprak kaybı 10,0 ton/ha/yıl olarak bulunmuştur.

Potansiyel erozyon riskinin düşük olduğu görülmektedir potansiyel erozyon risk sınıfları dağılım haritası incelendiğinde. Bir genelleme yapılırsa düz ve düze yakın olan ova kesimleri ve bunların civarındaki yerlerde potansiyel erozyon riskinin düşük olduğu görülmektedir. Buna karşılık yükselti ve eğim değerlerinin yüksek olduğu kuzeydeki Yıldız Dağları çevresindeki yüksek kesimlerde ise potansiyel erozyon riski yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5. Kırklareli ilinin potansiyel erozyon haritası

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çok uzun bir zaman sürecinden sonra toprağın oluşması gerçekleşir. Toprağın kaybedilmesi ise o kadar da uzun sürmez. Akıp gitmektedirler değerini çok bilmediğimiz topraklar gün geçtikçe farkına varmadan. Son elli yıl içinde dünya nüfusunun iki katına çıkması sonucu gıda sıkıntısı hızla artmaktadır ve buna bağlı olarak toprakların üzerinde ki yükler giderek artmıştır.

Süreç modelleri ve fiziksel temelli modeller, erozyonu etkileyen bireysel prosesler ve bileşenler basit ve etkili bir şekilde tanımlandığında basit istatistiksel ampirik modellere göre avantaj sağlar. Fakat bu modellerin dezavantajları, doğal bir işlemin matematiksel gösteriminin yalnızca yaklaşık olabileceği ve parametre tahmin işlemlerinde zorluklar olduğudur. UA ve CBS teknikleri toprak erozyonu modellemesi ve erozyon riski değerlendirmesi için çok etkili araçlardır. Uzaktan algılama ve açık kaynaklı CBS yazılımı (QGIS), Kırklareli ilinde toprak erozyonu araştırma yönteminin bir yaklaşımıdır. Bu çalışmada erozyon ve buna bağlı açığa çıkan sediment yükünün miktarı ve konumsal dağılımının belirlenmesi amacıyla en çok kullanılan model olan RUSLE kullanılmıştır. Bu çalışma aynı zamanda RUSLE denklemi kullanılarak toprak erozyonunun modellenmesinde C faktörü enterpolasyonu için CORINE 2018 verilerinin kullanıldığı yöntemler eklemiştir. Bu araştırma ile RUSLE ve QGIS teknolojisi kullanılarak, mekânsal dağılım açısından açıkça analiz edilen Kırklareli bölgesi için UA ve CBS ile potansiyel toprak erozyon durum haritası oluşturmuştur.

Toprak erozyonu karmaşık, heterojen hidrolojik süreçleri içerir ve modeller sadece bu süreçleri simüle edebilir. RUSLE modelinin kullanımı basit ve kavramsal olarak anlaşılması kolaydır, ancak bu modelin en büyük eleştirisi, geliştirildiği koşulların dışındaki uygulamalarda etkisizliği olmuştur. Toprak erozyonu ile ilgili kantitatif veri elde etme amacıyla kullanılan ve son yıllarda özellikle tercih edilen RUSLE yöntemi kullanılmıştır bu çalışmada. Gelişen teknolojiyle günümüzde yer bilimlerinde de kullanılan bu yöntemin ortaya çıkışı tarımsal alanlarda toprak erozyonunu saptamak ve buna çeşitli önlemler geliştirmektir. Bu yöntem ile günümüzde toprak erozyonuyla beraber araştırma alanının genel erozyonel süreci hakkında bilgi verir.

RUSLE yöntemi uygulaması ve toprak kaybı haritalarının üretimi sırasında LS, R, K, C ve P faktörlerin verileri ortaktır. Elde edilen sonuçlarda SYM kaynağı içinde eğimin arttığı ve

azaldığı alanlar ortak olduğu için benzer sonuçlar meydana gelmiştir. Araştırma alanında toprak kaybının arttığı bölümler yağış ve akış değerlerinin yükseldiği, dağ yamaçlarında eğimin arttığı, bölgenin yüzeylendiği ve bitki örtüsünün cılız olduğu alanlardır. Araştırma alanının erozyon özellikleri genel jeolojik ve litolojik özellikleri ile de ilişkilidir.

Kırklareli ilinde RUSLE modeliyle hesaplanıp oluşturulan potansiyel erozyon haritası ve istatistiksel sonuçlar değerlendirildiğinde bölgede potansiyel yıllık toprak kaybı 10,0 ton/ha/yıl olmuştur. Bu model yerinde erozyona uğrayan toprak kaybını hesaplamakta olup, aşınan bu malzemenin ne kadarının nasıl taşındığına ve nerelerde depolandığına dair bir tahminde bulunmamaktadır. Ancak ilin en önemli geçim kaynağının tarım olmasından dolayı yoğun tarım yapılan alanlardaki toprak kaybı, önemli toplam ürün düşüşlerine veya fazla gübre kullanımına neden olmaktadır. Arazi örtüsünde yağış ve toprak özelliklerinin etkisi yanında yanlış arazi kullanımı sebebiyle insan faaliyetleri sonucu yerleşmeye açılan alanlar ile çayır ve mera olarak kullanılan alanlar erozyon riskini arttırmıştır. Yüksek erozyon riski taşıyan alanlar genelde eğim değerlerinin yüksek olduğu sahalardır. Erozyonun şiddeti bakımından en duyarlı bölge kuzeyde Istranca Dağlarıdır. Bu sahalarda, erozyonu azaltma ve engelleme çalışmaları yapılmalıdır. Bu çalışmalardan bazıları insanların bu konuda bilinçlendirilmesi, doğal bitki örtüsünün korunması, erozyon izleme ve önleme sisteminin oluşturulması, ağaçlandırma alanlarının artırılmasıdır.

Tarıma uygun toprakların korunması ve erozyonun en aza indirilebilmesi için yapılması gerekenlerin başında eğimli yamaçların mutlaka ağaçlandırılması ve bölgenin bitki örtüsünün korunması gerekmektedir sürdürülebilir tarım kapsamında. Özellikle dağlık alanlarda doğal bitki örtüsünün korunması gerekmektedir. Bölgede erken otlatma ve aşırı otlatmanın önüne geçilmesi için çayır ve mera alanlarının korunması gereklidir. Bu durum erozyonla taşınan sediman miktarını azaltacağı için toprağın korunmasını da sağlayacaktır. Tarım topraklarının kullanımı konusunda halk bilinçlendirilmelidir. Herkes gayret etmelidir tarım topraklarının gelecek nesillere ulaştırılabilmesi için. Günümüzde iklim değişikliğinin toprak erozyonu üzerinde de etkili olduğunu düşünülürse Kırklarelin’de sürdürülebilir bir doğal çevre için planlı bir arazi kullanımı önerilmektedir. Bu önlemleri alındıktan sonra bölgedeki erozyon riskinin biraz daha azaldığını görürüz. Kırklarelin’de sürdürülebilir bir doğal çevre için planlı bir arazi kullanımı önerilmektedir.

Bu konuda yapılmış Trakya bölgesi için bir tez çalışması bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu eksikliğin giderilmesine katkıda bulunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Albut, S. ve Sağlam, M. (2004). *Determination of land distribution and spectral characteristics of the vineyard crop grown in Tekirdağ region by using digital satellite data*. Agro-environ 2004, Role of Multi-purpose Agriculture in Sustaining Global Environment, 63–70, Udine, Italy.
- Alexandridis, T. K., Sotiropoulou, A. M., Bilas, G., Karapetsas, N. and Silleos, N. G. (2014). *The effects of seasonality in estimating the C-factor of soil erosion studies*. Land Degradation and Development, 1-16.
- Apaydın, H., Erpul, G., Bayramın, İ. and Gabriels, D. (2006). *Evaluation of indices for characterizing the distribution and concentration of precipitation: A Case for the Region of Southeastern Anatolia Project, Turkey*. Journal of Hydrology, 328:726-732.
- Ardel, A., Kurter, A. ve Dönmez, Y. (1969). *Klimatoloji Tatbikatı*. İÜ Yay. No: 1123 Ed. Fak. Coğ. Enst. Yay. No:40 Taş Matbaası İstanbul.
- Arnoldus, H. M. J. (1977). *Methodology Used To Determine The Maximum Potential Average Soil Loss Due To Sheet And Rill Erosion in Morocco, Assessing Soil Degradation*, FAO Soils Bulletin, 34, 8-9.
- Arnoldous, H. M. J. (1980). *An Approximation of the Rainfall Factor in the USLE*. In Assessment of Erosion. Chichester: Wiley, p. 127-132.
- Aronoff, S. (1989). *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. WDL Publications, Ottawa, Kanada. 294 p.
- ASD. (2002). *Agriculture and Soils Division, IIRS P.G. Diploma Course pilot project report on Soil Erosion Inventory using IRS –WiFS data and GIS – a case study of Dehra Dun district (Uttaranchal)*.
- Atalay, İ. (1986). *Uygulamalı Hidrografya*, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 38, İzmir.
- Baban, S. M. and Yusuf, K. W. (2001). *Modelling Soil Erosion In Tropical Environments Using Remote Sensing and Geographical information Systems*. *Hydrological Sciences*, 46(2), 191-198.

- Bahadur, K. C. K. (2008). Mapping Soil Erosion Susceptibility Using Remote Sensing and GIS: A Case of the Upper Nam Wa Watershed, Nan Province, Thailand, *Environmental Geology*. Doi: 10.1007/s00254-008-1348-3.
- Balcı, A.N. (1996). *Toprak Koruması Kitabı* İ.Ü. Orman Fakültesi yayın No: 439 ISBN 975-404-423-6 İstanbul.
- Başaran, M. (2005). *Arazi Kullanımındaki Değişmelerin Toprak Erozyonu Üzerine Etkisi: Çankırı İli İndağı Bölgesi Örnek Çalışması*, (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bayramın, İ. (2003). Soil erosion risk assessment with LEAM model; case study: Beypazarı area. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23: 105-116. Ankara.
- Bayramın, i., Başaran, M., Erpul, G. and Canga, R. M. (2008). Assessing the Effect of Land Use Changes on Soil Sensitivity to Erosion in a Highland Ecosystem of Semi-Arid Turkey. *Environmental Monitoring Assessment*.
- Blanco, H., Lal, R. (2008). *Principles of soil conservation and management* (Vol. 167169). New York, Springer.
- Boer, N.P. (1954). *Report on a geological reconnaissance in Turkish Thrace*, September, December G.A. 253-73.
- Cangir, C. ve Boyraz. D. (1999). *Trakya'da Arazilerin İşletmeciliğine Yönelik Sorunlar ve Bölgesel Master Planlarının Temeline Yönelik Toprak Haritalarının Önemi*. 21. Yüzyılın Eşiğinde Trakya'da Sanayileşme ve Çevre Sempozyumu III. 11-13 Kasım 1999. TMMOB Makine Mühendisleri Odası Edirne Şubesi. Edirne.
- Cebel, N., Özbek. K. Ve Ünver, İ. (2013). *Extractability and phytoavailability of cadmium in Cd-rich pedogenic soils*. Turk J Agric For 38: p.70- 79.
- Chepil, W.S. and Woodruff, N.P. (1954). *Estimations Of Wind Erodibility of Field Surfaces*. *Soil and Water Conservation Journal*; 6: p.257-265, 285.
- Chepil, W.S. and Woodruff. N.P. (1959). *Estimations Of Wind Erodibility Of Farm Fields*, ARS Production Research Report, No. 25. U.S. Dept. Agr., Washington, D.C.
- Chepil, W.S. and Woodruff, N. P. (1963). *The Physics of Wind Erosion and Its Control*. *Advances In Agronomy* 15: p.211-302.

- Climate data. (t.y.). *Kırklareli*. 29 Aralık 2019, Erişim adresi <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/kirklareli-548>
- CORINE. (1992). *Commission of the European communities. Soil Erosion Risk and Important Land Resources*, Lüksembourg.
- CORINE. (t.y.). 15.01.2020, Erişim adresi <https://land.copernicus.eu/global/>
- Cürebal, İ. ve Ekinci, D. (2006). Kızılkeçili Deresi Havzasında Cbs Tabanlı Rusle (3d) Yöntemiyle Erozyon Analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 47, 115-130.
- Çanga, M. R. (1985). Toprak ve Su Koruma. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No.1386*, Ders Kitabı No.400, Ankara.
- Çelik, V. (2011). *Değirmendere Havzası'nda toprak erozyonu risk analizi*. (Yüksek Lisans Tezi), Afyon Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- ÇEM. (2016). *Türkiye'de Erozyon Kontrolü Çalışmaları* T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Erozyonla Mücadele Müdürlüğü Broşür.
- Desmet, P. J. J. and Govers, G. (1996). *A GIS Procedure for Automatically Calculating the USLE LS Factor on Topographically Complex Landscape Units*. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51(5).
- Doğan, O., Cebel, H., Küçükçakır, N. ve Akgül, S. (2000). Türkiye Büyük Toprak Gruplarının Erozyona Duyarlılık "K" Faktörleri. KHGM, APK Dairesi Başk., *Toprak ve Su Kaynakları Araştırma genel Müdürlüğü Yayınları* No.111, Rehber No.17, Ankara.
- DPT, (2001). *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı*, Tarımsal Politikalar ve Yapısal Düzenlemeler Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Dwivedi, R. S., Kumar, A. B. and Tewari, K. N. (1997). The utility of multi-sensor data for mapping eroded lands. *International Journal of Remote Sensing*, 18(11).
- EEA. (2017). *Soil erosion*. 28 Aralık 2019, Erişim adresi <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/soil-erosion-by-water-1/assessment>
- Efe, R., Ekinci, D. ve Cürebal, İ. (2008). Erosion Analysis of Şahin Creek Watershed (NW of Turkey). *Journal of Applied Science*, 8(1), pp. 49-58.

- Ege, İ. (2019). Kula-Manisa Peribacaları'nın jeomorfolojik özellikleri ve oluşumlarında erozyon etkisinin RUSLE yöntemi ile belirlenmesi. *The Journal of Academic Social Science Studies*, Number: 74, p. 455-479.
- Erdem, M. (2017). *Erozyon tahmin modelleri ile toprak kaybının hesaplanması*, (Yüksek Lisans Tezi), Ordu Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü.
- Flanagan, D.C. (2007). *Water Erosion Predict Project (WEPP) Development History, Model Capabilities and Future Enhancements* American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Flanagan, D.C., Renschler, C.S. and Cochrane, T.A. (2000). *Application of the WEPP model with digital geographic information*. 4th Int. Conf. on Integration of GIS and environmental modeling: Problems, Prospects and Research needs.
- Foster, G.R., Renard, K. G., Yoder, D. C., McCool, D. K. and Weesies, G. A. (1996). *RUSLE User's Guide*. Soil and Water Cons. Soc.
- Görcelioğlu, E. (1997). *Ormanların Erozyon ve Sedimentasyona Etkileri*. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt: 47, Sayı:1-2-3-4, 1-12.
- Haboudane, D., Bonn, F., Royer, A., Sommer, S. and Mehl, W. (2002). Land Degradation and Erosion Risk Mapping By Fusion Of Spectrally Based Information and Digital Geomorphometric Attributes. *International Journal of Remote Sensing*, 18.
- Hickey, R., Smith, A. and Jankowski, P. (1994). *Slope Length Calculations from a DEM within ArcInfo GRID*. Computing, Environment and Urban Systems, 18(5).
- Hickey, R. (2000). *Slope Angle and Slope Length Solutions for GIS*. Cartography, 29(1).
- Hill, J. and Schütt, B. (2000). *Mapping Complex Patterns Of Erosion and Stability in Dry Mediterranean Ecosystems*. Remote Sensing of Environment, 74.
- İmamoğlu, A. (2016). *Alaca Havzası'nın Erozyon Risk Değerlendirmesi ve Planlaması*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Samsun.
- İmik, M. (1988). *Kırklareli-C2-3 Paftası ve İzahnamesi, 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, 10 s.

- İrvem, A., Topaloğlu, F. and Uygur, V. (2007). *Estimating Spatial Distribution of Soil Loss Over Seyhan River Basin in Turkey*. Journal of Hydrology, 336 pp.
- Jaroslav, M.H., Marcel, R.S., Gresaka, J.B. and Geograficky, S.B. (1996). *Modelling Spatial and Temporal Changes of Soil Water Erosion*. Geograficky Casopis, 48:255-269.
- Kanar, E. ve Dengiz, O. (2015). *Madendere havzasında potansiyel erozyon risk durumunun iki farklı parametrik model kullanarak belirlenmesi ve risk haritalarının oluşturulması*. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, Türkiye Journal Agricultural Research 2: 123-134.
- Kasar, S., Bürkan, K., Siyako, M. ve Demir, O. (1983). *Tekirdağ Şarköy-Keşan-Enez bölgesinin jeolojisi ve hidrokarbon olanakları*. TPAO Arama Grubu Arşivi, yayınlanmamış teknik rapor, 1771, 71 s.
- 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.
- Kırklareli il özel idaresi. (2017). *Coğrafi konumu*. 29 Aralık 2019, Erişim adresi <http://www.kirklareliilozelidaresi.gov.tr/cografik-konumu>
- Kırklareli valiliği çevre ve şehircilik il müdürlüğü. (2017). *Kırklareli ili 2016 yılı çevre durum raporu*. 25 Aralık 2019, Erişim adresi https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Kirklareli_icdr2016.pdf
- Kinnell, P. I. A. (2005). *Alternative Approaches for Determining the USLE-M Slope Length Factor for Grid Cells*. Soil Science Society of America Journal, 69.
- Kudrat, M., Tiwari, A.K. and Saha, S.K. (1997). *Modelling sediment yield for prioritization of sub-watersheds using remote sensing and GIS techniques*. Geocarto Int 12:31–38.
- Lal, R. (1998). Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality: Critical Review. *Plant Science*, 17, 319–464.
- Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*, 12: 519–539.
- Lee, S. (2003). Soil Erosion Assessment and its Verification Using the Universal Loss Equation and Geographic Information System: *a Case Study at Boun, Korea*. *Environmental Geology*, p.45.
- Lo, A., El-Swaify, S.A., Dangler E.W. and Shinshiro, L. (1985). *Effectiveness of EI30 as an Erosivity index in Hawaii*, *Soil Erosion and Conservation*, ed: A.

- El-Swaify, W. C. Moldenhauer and A. Lo, Soil Conservation Society of America, Ankeny.
- Mathieu, R., King, C. and Bissonais, Y. (1997). Contribution of Multi-Temporal SPOT data to the mapping of a soil erosion index: The Case of the Loamy Plateaux of Northern France. *Soil Technology*, 10(2).
- McCool, D. K., Brown, L. C. and Foster, G. R. (1987). *Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation*. Transactions of the ASAE, 30.
- McCool, D. K., Foster, G. R., Mutchler, C. K. and Meyer, L. D. (1989). *Revised Slope Length Factor For The Universal Soil Loss Equation*. Transactions of the ASAE, 32.
- McCool, D. K., Foster, G. R. and Weesies, G. A. (1997). *Slope Length And Steepness Factors (LS), Prediction Of Soil Erosion By Water: A Guide To Conservation Planning With The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. USDA, Washington D.C.
- Metternicht, G. I. and Fermont, A. (1998). Estimating Erosion Surface Features By Linear Mixture Modelling. *Remote Sensing of Environment*, 64.
- Mkhonta, M.M. (2000). *Use of Remote Sensing and Geographic Information System (GIS) in the Assessment of Soil Erosion in the Gwayimane and Mahhuku Catchment Areas with Special Attention on Soil Erodibility K-Factor*. Msc Thesis, Int. Inst. for Geo-inform. Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands. 88 p.
- Mongkolsawat, C., Thurangoon, P. and Sriwongsa, A. (1994). *Soil erosion mapping with USLE and GIS*. Proc. Asian Conf. Rem. Sens., C-1-1 to C-1-6.
- Moore, I. and Burch, G. (1986). Physical Basis Of The Length-Slope Factor In The Universal Soil Loss Equation. *Soil Science Society of America Journal* 50.
- Moore, I. and Wilson, P. (1992). Length Slope Factors For The Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified Method Of Estimation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 47(5).
- Morgan, R.P.C., Morgan, D.D.V. and Finney, H.J. (1984). A predictive model for the assessment of erosion risk. *J. Agricultural Engineering Research* 30: 245 – 253.
- Morgan, R. P. C. (1986). *Soil Erosion and Conservation*. Longman Group, Essex, UK.

- Morgan, R.P. (1995). *Soil Erosion and Conservation*, Second Edit. Longman Group, Cranfield. 412.
- Mutlu, Y. E. ve Soykan A. (2018). *Rusle (3D) modeli kullanılarak toprak erozyonu tahmini*. Jeomorfolojik araştırmalar dergisi, 50-66.
- Nearing, M. A, Foster, G. R., Lane, L. J. and Finkner, S. C. (1989). *A Process-based Soil Erosion Model for USDA-Water Erosion Prediction Project Technology*. Transactions of the ASAE, 32.
- Nearing, M. A., Lane, L. J. and Lopes, V. L. (1994). *Modelling Soil Erosion, Soil Erosion Research Methods (2nd Edition)*, ed: R. Lal, St. Lucie Press, Ankeny.
- Nearing, M. A. (1997). *A Single, Continuous Function for Slope Steepness Influence on Soil Loss*. Soil Science Society of America Journal, 61(3).
- Nearing, M.A., Yin, S.G., Borelli, P. and Polyakov, O.V. (2017). *Rainfall Erosivity: An Historical Rewiew*. Catena, Issue 157, p. 357-362.
- Oldeman, L.R. (1991). *World Map of the Status of Human-Induced Soil Degradation: An Explanatory Note, UNEP and ISRIC, Wageningen*.
- Onori, F., Bonis, D. P. and Grauso, S. (2006). *Soil Erosion Prediction at the Basin Scale Using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a Catchment of Sicily (South Italy)*, Environmental Geology, 50.
- Orman ve Su İşleri Genel Müdürlüğü. (2013) *Erozyonla Mücadele Eylem Planı 2013- 2017*, Ankara: Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü.
- Özcan, A. U., Erpul, G., BaÇaran, M. and Erdoğan, H. E. (2008). *Use of USLE / GIS Technology Integrated with Geostatistics to Assess Soil Erosion Risk in Different Land Uses of İndağı Mountain Pass-Çankırı, Turkey*, Environmental Geology, 53.
- Özsoy, G. (2007). *Uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemi kullanarak (CBS) erozyon riskinin belirlenmesi*. (Doktora Tezi), Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Pan, J.H. and Wen, Y. (2014). *Estimation of soil erosion using RUSLE in Caijiamiao watershed China*. Natural Hazards, 71(3), 2187-2205.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E. and Montanarella, L. (2015). *Estimating the Soil Erosion Cover Management Factor at the European Scale Land Use Policy* Vol.48, 38-50.

- Pande, L.M., Prasad, J., Saha, S.K. and Subramanyam, C. (1992). *Review of Remote Sensing applications to soils and agriculture*. Proc. Silver Jubilee Seminar, IIRS, Dehra Dun.
- Paringit, E. and Nadaoka, K. (2003). *Sediment Yield Modelling For Small Agricultural Catchments: Landcover Parameterization Based On Remote Sensing Data Analysis*. Hydrological Processes, 17.
- Perinçek, D., Ataş, N., Karatut, Ş. ve Erensoy, E. (2014). Trakya Havzası'nda, Danişmen formasyonu içindeki linyit katmanlarının potansiyelini kontrol eden jeolojik faktörler, *MTA Dergisi*.
- Petter, P. (1992). *GIS and Remote Sensing for Soil Erosion Studies in Semi-arid Environments*. PhD, University of Lund, Lund. 112 p.
- Renard, K. G. and Foster, G. R. (1983). *Soil Conservation: Principles of Erosion by Water. Dryland Agriculture*, eds. H.E. Dregne and W.O. Willis, *Agronomy Monogr. 23*, Am. Soc. Argon., Crop Sci. Soc. Am. and soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA.
- Renard, K.G., Laflen, J.M., Foster, G.R. and Mccool, D.K. (1994). The Revised Universal Soil Loss Equation In Lal, R. (Ed.), *Soil Erosion Research Methods. Soil and Water Conservation Society*, Ankeny, IA, pp. 105/124.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Lane, I.J. and Laflen, J.M. (1996). *Soil loss estimation. In Soil Erosion, Conservation and Rehabilitation*; Agassi, M. (ed.). Marcel Dekkar, New York, 169-202.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., Mc Cool, D.K. and Yoder, D.C. (1997). Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised USLE. *USDA Hand Book No. 703*, USDA, Washington, D.C.
- Reusing, M., Schneider, T. and Ammer, U. (2000). Modelling Soil Loss Rates In The Ethiopian Highlands By Integration Of High Resolution MOMS-02/D2-Stereo-Data In A GIS. *International Journal of Remote Sensing*, 21(9).
- Saha, S.K and Pande, L.M. (1993). Integrated approach towards soil erosion inventory for environmental conservation using satellite and agro-meteorological data. *Asia-Pacific Rem. Sens. J.*, 5(2): 21-28.
- Saha, S.K., Kudrat, M. and Bhan, S.K. (1991). *Erosional soil loss prediction using digital satellite data and USLE*, pages 369-372. In *Applications of Remote Sensing in Asia and*

- Oceania – environmental change monitoring (Shunji Murai ed.). Asian Association of Remote Sensing.
- Sertel, E., Özelkan, E., Sağlam, M., Gündüz, A., Eker, D. Z., Albut, S. ve Boz, Y. (2011). Tekirdağ İli Bağ Alanlarının Mekansal Dağılımlarının Topografik Parametreler ile Olan İlişkisinin CBS Kullanılarak belirlenmesi. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi* 2011/3 Özel Sayı, syf.92-105.
- Shi, Z. H. (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, 2003.
- Silva, da A. M. (2004). *Rainfall Erosivity Map Of Brazil*, Catena, 57.
- Singh, G., Babu, R., Narain, P., Bhushan, L.S. and Abrol, I.P. (1992). Soil erosion rates in India. *J. Soil Water Conservation*, 47:93 – 95.
- Singh, D., Herlin, I., Berroir, J. P., Silva, E. F. and Simoes-Meirelles, P. (2004). *An Approach To Correlate NDVI With Soil Colour For Erosion Process Using NOAA/AVHRR Data*, Advances in Space Research, 33(3).
- Siyako, M. (2005). Trakya ve yakın çevresinin Tersiyer stratigrafisi, TPAO Arama Dairesi Arşivi, yayınlanmamış teknik rapor, 4608, 104.
- Siyako, M. (2006b). Trakya Bölgesi Litostratigrafi Birimleri (Tersiyer Bölümü). Stratigrafi Komitesi, *Litostratigrafi Birimleri Serisi-2*. MTA Genel Müdürlüğü yayını. 70.
- Spanner, M.A., Strahler, A.H. and Estes, J.E. (1982). *Proc. Int. Symp. Rem. Sens. Environ.*, Michigan, USA.
- Şeker Bektaş, T. (2005). *İnternet ve Bilgi Açığı*. Çizgi Kitapevi Yayınları, Konya.
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (t.y.) *İstasyon bilgileri veritabanı*. 10 Mart 2020, Erişim adresi <https://www.mgm.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx?il=Kırklareli>
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (t.y.). *Corine nedir*. 23 Nisan 2020, Erişim adresi <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/nedir.html>
- Tateishi, R., Shimazaki, Y. and Gunin, P. D. (2004). Spectral And Temporal Linear Mixing Model For Vegetation Classification. *International Journal Of Remote Sensing*, 25(20).
- The European Environment Agency (EEA). (2017). *Soil erosion*. 6 Ocak 2020, Erişim adresi <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/soil-erosion-by-water-1/assessment>

- Tombuş, F. E. ve Ozulu, İ. M. (2007). *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Erozyon Risk Belirlenmesine Yeni Bir Yaklaşım, Çorum İli Örneği*. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 30 Ekim-02 Kasım, Trabzon.
- Türkecan, A. ve Yurtsever A. (2002). *İstanbul Paftası, 1: 500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Serisi*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2020) *Kırklareli nüfus değerleri*. 2 Mart 2020, Erişim adresi <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>
- Umut, M., İmik, M., Kurt, Z., Özcan, İ., Ateş, M., Karabıyıkoglu, M. ve Saraç, G. (1984). *Edirne İli-Kırklareli İli-Lüleburgaz (Kırklareli İli)-Uzunköprü (Edirne İli) civarının jeolojisi*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayınlanmamış teknik rapor,42.
- Umut, M., İmik, M., Kurt, Z., Özcan, İ., Sarıkaya, H. ve Saraç, G. (1983). *Tekirdağ, Silivri (İstanbul), Pınarhisar alanının jeolojisi*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayınlanmamış teknik rapor, 7349.
- Ünal, O. T. (1967). *Trakya jeolojisi ve petrol imkânları*. TPAO Arama Grubu Arşivi, yayınlanmamış teknik rapor, 391, 80.
- Van Der Kniff, J.M., Jones, R.J.A. and Montanarella, L. (2000). Soil Erosion Risk Assessment in Europe. *European Soil Bureau, Joint Research Center of the European Commission. EUR 19044 EN, 34*.
- Van, B.L., Phuoc, M.T., Thi, A.T. and Raghavan, V. (2014). *An Open Source GIS Approach for Soil Erosion Modeling in Danang city, Vietnam*.
- Van Remortel, R. D., Hamilton, M. E. and Hickey. R.J. (2001). *Estimating the LS Factor for RUSLE Through Iterative Slope Length Processing of Digital Elevation Data Within ArcInfo Grid*. Cartography, 30(1).
- Van Remortel, R. D., Maichle, R. W. and Hickey, R. J. (2004). *Computing the LS Factor for the Revised Universal Soil Loss Equation Through Array-based Slope Processing of Digital Elevation Data Using C++ Executable*. Computers and Geosciences, 30.
- Venkateswarlu, J. (1994). Managing extreme stresses in arid zone of Western Rajasthan, India. In Stressed Ecosystem and Sustainable Agriculture. Virmani, S.M.; Katyal, J.C.; Eswaran, H. and Abrol, I.P. (eds.). *Oxford & IBH Publishing, New Delhi*, 161-171.

- Wikipedi. (2020). *QGIS*. 23 Mart 2020, Erişim adresi <https://tr.wikipedia.org/wiki/QGIS>
- Wang, G., Gertner, G., Liu, X. and Anderson, A. (2001). *Uncertainty Assessment of Soil Erodibility Factor for Revised Universal Soil Loss Equation*. Catena, 46.
- Wang, L. and Liu, H. (2006). An efficient method for identifying and filling surface depressions in digital elevation models for hydrologic analysis and modelling. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 20, No. 2: 193-213.
- Wischmeier, W.H., Johnson, C.B. and Cross, B.W. (1971). A soil erodibility nomograph for farmland and construction site. *Journal of Soil and Water Conservation*, 26(5):189-193.
- Wischmeier, W.H. (1975). Estimating the Soil Loss Equations Cover and Management Factor for Undisturbed Lands. In Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources. *U.S. Dep. Agric., Agric. Res. Serv., ARS-S-40. 118-125.*
- Wischmeier, W. H. and Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses. A Guide to conservation planning*. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service (USDA-ARS) Handbook, No.537. United States Government Printing Office, Washington, DC.
- Williams, R. (1975). *Sediment Yield Prediction with USLE using run-off energy factor*. In Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources. ARS-S-40, USDA, Washington D.C.: 244-252.
- Woodruff, N.P. and Siddoway, F.H. (1965). *A wind erosion equation*. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 29: 602-608.
- Yazidhi, B. (2003). *A Comparative Study of Soil Erosion Modelling in Lom Kao-Phetchabun, Thailand*. MSc. Thesis in Geo-information Science and Earth Observation. Int. Inst. For Geo-information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands. 92.
- Yılmaz, E. (2006). *Çamlıdere Baraj Havzasında erozyon problemi ve risk analizi*, (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yılmaz, H. (2010). *Kürk çayı havzasının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak erozyon riskinin belirlenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim dalı, Elazığ.

- Young, R.A., Onstad, C.A., Bosch, D.D. and Anderson, W.P. (1989). *AGNPS – Agriculture-Non-Point Source Pollution Model: A watershed analysis tool. Conservation Res. Report 35*, USDA, ARS, Morris, MN, USA.
- Yu, B. and Rosewell, C. J. (1996). A robust estimator of the R-factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transaction of the Society of Agricultural Engineers American ASAE 2*.
- Zengin, M., Özer, S. ve Özgül, M. (2009). Çoruh Havzası (İspir-Pazaryolu) Erozyon Durumunun CBS ile Belirlenmesi ve Çözüm Önerileri, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40 (1), 9-19*.



ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Bulgaristan'da doğdu. İlk, orta ve lise öğretimini Kırklareli'nde tamamladı. 2018 yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Aynı yıl içinde Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği bölümünde yüksek lisansa başlamıştır.

