

**T.C.  
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ARTVİN'İN GODRAHAV DERESİ HAVZASI'NDAKİ ORMAN  
YOLLARINDAN MEYDANA GELEN TOPRAK EROZYONUNUN  
WEPP-ROAD MODELİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Sercan KARAKUŞ**

**Artvin-2015**

**T.C.  
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ARTVİN'İN GODRAHAV DERESİ HAVZASI'NDAKİ ORMAN  
YOLLARINDAN MEYDANA GELEN TOPRAK EROZYONUNUN  
WEPP-ROAD MODELİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Sercan KARAKUŞ**

**Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZALP**

**Artvin-2015**

**T.C.**  
**ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

ARTVİN'İN GODRAHAV DERESİ HAVZASI'NDAKİ ORMAN  
YOLLARINDAN MEYDANA GELEN TOPRAK EROZYONUNUN  
WEPP-ROAD MODELİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ

Sercan KARAKUŞ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :

Tezin Sözlü Savunma Tarihi :

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZALP

Jüri Üyesi :

Jüri Üyesi :

ONAY:

Bu Yüksek Lisans Tezi, AÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından 26/06/2015 tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun ....../...../..... tarih ve ..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../.....

Doç. Dr. Turan SÖNMEZ

Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının ana amacı, Artvin sınırları içerisinde Çoruh Nehri'nin yan kollarından biri olan Godrahav Deresi Yağış Havzası'nda yapılmış olan orman yollarından meydana gelen toprak kaybının WEPP-Road modeli ile ortaya konulmasıdır.

Tez konusunun belirlenmesinden sonuçlandırılmasına kadarki her aşamada bilgisini, yakın ilgisini, samimiyetini ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZALP'e en içten hislerimle teşekkür ederim. Tezin ilerleyiş safhalarında fikir ve bilgilerine başvurduğum sayın hocalarım Yrd. Doç. Dr. Mustafa TÜFEKÇİOĞLU ile Yrd. Doç. Dr. Bülent TURGUT'a da teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmanın konusu ile ilgili verilerin elde edilmesine katkı sağlayan ve benimle paylaşan sayın hocam Arş. Gör. Esin E. YÜKSEL'e, Orman Yüksek Mühendisi Hakan COŞKUN'a Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, kurum ve çalışanlarına teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca çalışmamın her aşamasında yardımın esirgemeyen, çalışmam da çok büyük emekleri olan sayın hocam Arş. Gör Saim YILDIRIMER'e desteklerinden dolayı sonsuz teşekkür ediyorum.

Son olarak, her zaman yanımda olan ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili aileme, arkadaşlarım Taner BULUT'a, Servay ÇİÇEK'e, Hayrullah BAŞTAN'a, Güven AKSU'ya, Ahmet YÜKSEL'e, ve Nihal SÖZEN'e teşekkür ederim.

Sercan KARAKUŞ

Artvin -2015

## İÇİNDEKİLER

|  | <u>Sayfa No</u> |
|--|-----------------|
| <b>İÇİNDEKİLER</b> .....   | <b>II</b>       |
| <b>ÖZET</b> .....  | <b>V</b>        |
| <b>TABLolar DİZİNİ</b> .....   | <b>VII</b>      |
| <b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....   | <b>IX</b>       |
| <b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....  | <b>X</b>        |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....  | <b>11</b>       |
| 1.1. Genel Bilgiler .....  | 14              |
| 1.1.1. Toprak Erozyonu.....  | 14              |
| 1.1.2. Toprak Erozyonuna Neden Olan Faktörler .....                      | 15              |
| 1.1.2.1. İklim .....   | 15              |
| 1.1.2.2. Toprak .....  | 16              |
| 1.1.2.3. Topografya .....  | 17              |
| 1.1.2.4. Bitki örtüsü.....   | 18              |
| 1.1.2.5. İnsan .....   | 18              |
| <b>2. Toprak Erozyonuna Neden Olan Bazı Ormancılık Faaliyetleri.....</b> | <b>19</b>       |
| 2.1. Ormanda Üretim ve Bölmeden Çıkarma Faaliyetleri .....               | 19              |
| 2.2. Orman Yollarının İnşası .....                                       | 20              |
| 2.2.1. Erozyonun Ölçümü ve Tahmini .....                                 | 23              |
| 2.2.2. Erozyon Tahmin Modelleri .....                                    | 24              |
| 2.2.2.1. USLE (Üniversal Toprak Kaybı Eşitliği).....                     | 24              |
| 2.2.2.2. RUSLE (Yenileştirilmiş Üniversal Toprak Kaybı Eşitliği) .....   | 24              |
| 2.2.2.3. WEPP (Water Erosion Prediction Project) .....                   | 25              |
| 2.2.2.4. WEPP-Road (Forest Road Erosion Predictor) .....                 | 26              |
| 2.3. Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar .....                           | 27              |
| 2.3.1. Türkiye’de Yapılan Çalışmalar .....                               | 27              |
| 2.3.2. Diğer Ülkelerde Yapılan Çalışmalar .....                          | 32              |
| <b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>  | <b>38</b>       |
| 3.1. Materyal .....  | 38              |
| 3.1.1. Çalışma Alanı.....  | 38              |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.1.2. İklim .....  | 39        |
| 3.1.3. Sıcaklık.....  | 40        |
| 3.1.4. Yağış .....  | 40        |
| 3.1.5. Jeolojik Yapı ve Genel Toprak Özellikleri .....              | 42        |
| 3.1.6. Bitki Örtüsü.....  | 43        |
| 3.2. Yöntem.....  | 44        |
| 3.2.1. WEPP-Road Modelinde Kullanılan Veri Setleri.....             | 45        |
| 3.2.1.1. İklim .....  | 46        |
| 3.2.1.2. Yol Şekli .....  | 48        |
| 3.2.1.3. Yol Yüzeyi .....   | 49        |
| 3.2.1.4. Trafik Durumu .....  | 49        |
| 3.2.1.5. Yolun Taşlılık Durumu .....                                | 50        |
| 3.2.1.6. Yol Uzunluğu, Yol Eğimi ve Yol Genişliği.....              | 50        |
| 3.2.1.7. Dolgu Eğimi ve Dolgu Uzunluğu .....                        | 50        |
| 3.2.1.8. Tampon Bölge Eğimi ve Tampon Bölge Uzunluğu.....           | 50        |
| <b>4. BULGULAR .....</b>  | <b>52</b> |
| 4.1. Godrahav Deresi Yağış Havzasının Fizyografik Özellikleri ..... | 52        |
| 4.1.1. Ana kaya.....  | 52        |
| 4.1.2. Arazi Kullanımı.....   | 53        |
| 4.1.3. Eğim .....   | 54        |
| 4.1.4. Bakı .....   | 55        |
| 4.1.5. Yükselti .....   | 56        |
| 4.2. Orman Yollarından Meydana Gelen Toprak Erozyonu .....          | 58        |
| 4.2.1. Örnek Orman Yolu 1.....                                      | 58        |
| 4.2.2. Örnek Orman Yolu 3.....                                      | 61        |
| 4.2.3. Örnek Orman Yolu 4.....                                      | 61        |
| 4.2.4. Örnek Orman Yolu 5.....                                      | 64        |
| 4.2.5. Örnek Orman Yolu 6.....                                      | 64        |
| 4.2.6. Örnek Orman Yolu 7.....                                      | 67        |
| 4.2.7. Örnek Orman Yolu 8.....                                      | 67        |
| 4.2.8. Örnek Orman Yolu 9.....                                      | 70        |
| 4.2.9. Örnek Orman Yolu 10.....                                     | 70        |
| 4.2.10. Örnek Orman Yolu 11.....                                    | 73        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.2.11. Örnek Orman Yolu 12.....  | 73        |
| 4.3. Araştırma Alanındaki Orman Yollarından Meydana Gelen Sediment Kaybı ....                                     | 76        |
| 4.3.1. Örnek Orman Yollarından Meydana Gelen Sediment Miktarı .....   | 76        |
| 4.3.1.1. Ana Kaya ve Orman Tipi Bağlamında Sediment Kaybı.....  | 78        |
| 4.3.2. Araştırma Alanındaki Orman Yollarından Meydana Gelen Sediment Kaybı<br>Üzerinde Etkili Olan Etmenler ..... | 78        |
| <b>5. TARTIŞMA .....</b>  | <b>80</b> |
| <b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>  | <b>83</b> |
| 6.1. Sonuçlar .....   | 83        |
| 6.2. Öneriler .....   | 84        |
| <b>7. KAYNAKLAR .....</b>   | <b>86</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>  | <b>90</b> |

## ÖZET

Toprak erozyonu, ülkemizin en önemli çevre sorunu olarak kabul edilmektedir. Tarım alanları, bozuk ormanlar, yangın sahaları yanında ormanların işletilmesi ile elde edilen ürünün alandan çıkarılması amacı ile inşa edilen orman yolları da toprak erozyonunun en önemli kaynakları olarak sıralanabilir. Buna karşılık, toprak kaybının hızlı ve güvenilir bir şekilde tahmin edilmesi veya ölçülmesi ise oldukça zor ve masraflıdır. Dolayısı ile USLE (Universal Soil Loss Equation) , SWAT (Soil and Water Assessment Tool) , WEPP (Water Erosion Prediction Project) gibi bazı modeller ile toprak erozyonu ve/veya sediment verimi gibi verileri bulmaya yönelik çalışmaların sayısı artmaktadır ve ülkemizdeki kullanımı da özellikle son on yıllık süreçte yaygınlaşmıştır. Ancak, yeni bir çalışma konusu olması nedeni ile ülkemizde bu tip modellerin kullanıldığı bilimsel araştırmalar oldukça kısıtlıdır.

Bu çalışmada, Artvin İli sınırları içerisinde yer alan ve Çoruh Nehri alt havzalarından biri olan Godrahav Deresi Havzası'ndaki orman yollarından meydana gelen sediment miktarlarının WEPP-Road Modeli ile tahmin edilmesi irdelenmiştir. Bu amaçla, araştırma alanındaki ana kaya (granit ve bazalt) ve orman işletim şekli (koru ve baltalık) temel alınarak 12 farklı orman yolu seçilmiştir. Her bir yol 3 segmente ayrıldıktan sonra, örnek yollar için WEPP-Road modelinde gerekli olan yol eğimi, yol uzunluğu, yol genişliği, yol şekli, yol yüzeyi, trafik, dolgu eğimi, dolgu uzunluğu, tampon bölge eğimi, tampon bölge uzunluğu ve taşlılık değerleri elde edilerek program çalıştırılmış ve orman yollarından meydana gelen sediment miktarı hesaplanmıştır. Sonuçlar, araştırma sahasındaki orman yollarından 16.87 ton/ha/yıl sedimentin ayrıldığını, bu miktarın tüm Godrahav Deresi Havzası'ndaki mevcut orman yollarına uyarlandığında toprak kaybı miktarının toplam 746.15 ton/ha/yıl civarına ulaştığı ve bunun da söz konusu havzanın ürettiği toplam sediment miktarı içerisinde %2.6'lık bir paya sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, üretilen sediment miktarlarının hem ana kaya hem de orman işletim tipi bakımından farklılık göstermediği de bu çalışmanın sonucunda tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** WEPP-Road, orman yolları, ana kaya ve orman örtüsü.



## SUMMARY

### **DETERMINING SOIL EROSION OCCURRING FROM FOREST ROADS USING WEPP-ROAD MODEL WITHIN THE GODRAHAV CREEK WATERSHED IN ARTVIN**

Soil erosion is accepted as the most important environmental problem in Turkey. Besides agricultural areas, disturbed forests, burned areas, forest roads built for transporting harvests produced by forest management can also be listed as the most important sources for soil erosion. On the other hand, it is very difficult and costly to estimate or measure soil loss in a quick and reliable way. Therefore, the number of studies on using models such as USLE (Universal Soil Loss Equation), SWAT (Soil and Water Assessment Tool) and WEPP (Water Erosion Prediction Project) to find out soil loss and/or sediment yield has been increasing and their application in the country is spreading especially in the last decade. However, since it is a rather new study subject, scientific researches using such models are quite limited in Turkey.

In this study, using WEPP-Road Model, the estimation of sediment amounts produced by forest roads within the Godrahav Creek Watershed, a sub-watershed of Çoruh River Watershed, located in Artvin were investigated. For this purpose, based on parent material (granite and basalt) and forest management type (productive and coppice), 12 different forest roads were chosen. After dividing each road into 3 segments, values required by WEPP-Road model including slope, length, width, type, and surface of roads, traffic degree, fill slope and length, buffer zone slope and length, and rock content were determined and the sediment amounts were estimated by running the model. The results showed that 16.87 ton/ha/yr sediment were produced from the forest roads, the amount of sediment yield was reached to 746.15 ton/ha/yr when all the forest roads within the Godrahav Watershed were considered and the contribution ratio of all the forest roads among the total sediment produced within the whole watershed was 2.6%. In addition, both the parent material and the forest management type did not reveal any significant differences in respect to the produced sediment amounts.

**KeyWords:** WEPP-Road, forest roads, bedrock and forest cover.

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

|   |    |
|---|----|
| Tablo 1. Artvin Meteoroloji İstasyonu'nun 1954-2013 (59 yıllık) yılları arasındaki bazı iklim verileri..... | 41 |
| Tablo 2. Godrahav Deresi Yağış Havzası'nda ana kaya gruplarının alt havzalara alansal dağılımı .....        | 53 |
| Tablo 3. Godrahav Deresi Yağış Havzası arazi kullanım durumu.....   | 54 |
| Tablo 4. Gohrahav Deresi Havzasının yükselti grupları.....  | 56 |
| Tablo 5. 1 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri.....  | 59 |
| Tablo 6. 1 numaralı örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları .....                                    | 59 |
| Tablo 7. 2 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri.....  | 60 |
| Tablo 8. 2 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları .....  | 60 |
| Tablo 9. 3 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri.....  | 62 |
| Tablo 10. 3 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları .....                                       | 62 |
| Tablo 11. 4 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri.....   | 63 |
| Tablo 12. 4 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları .....                                       | 63 |
| Tablo 13. 5 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri.....   | 65 |
| Tablo 14. 5 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları .....                                       | 65 |
| Tablo 15. 6 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri.....   | 66 |
| Tablo 16. 6 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları .....                                       | 66 |
| Tablo 17. 7 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri.....   | 68 |
| Tablo 18. 7 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları .....                                       | 68 |
| Tablo 19. 8 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri.....   | 69 |
| Tablo 20. 8 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları .....                                       | 69 |
| Tablo 21. 9 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri.....   | 71 |
| Tablo 22. 9 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları .....                                       | 71 |
| Tablo 23. 10 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri.....  | 72 |
| Tablo 24. 10 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları .....                                      | 72 |
| Tablo 25. 11 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri.....  | 74 |
| Tablo 26. 11 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları .....                                      | 74 |
| Tablo 27. 12 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri.....  | 75 |
| Tablo 28. 12 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları .....                                      | 75 |

|   |    |
|---|----|
| Tablo 29. Orman yollarından oluşan, tampon bölgeye ulaşan ve ayrılan sediment miktarı ve oranları.....                                | 76 |
| Tablo 30. Çalışma alanındaki örnek orman yollarından ayrılan sediment miktarı üzerinde ana kaya ve orman tipinin etkisi .....         | 78 |
| Tablo 31. Çalışma sahasındaki örnek orman yollarının bazı fiziksel özelliklerinin sediment verimi ile olan korelasyon ilişkileri..... | 79 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|  | <b><u>Sayfa No</u></b> |
|--|------------------------|
| Şekil 1. Çalışma alanı olarak seçilen Godrahav Havzası sınırlarını, jeolojik yapıyı ve örnekleme noktalarını gösteren harita .....   | 38                     |
| Şekil 2. Thornthwaite yöntemine göre Artvin'in su bilançosu grafiği.....   | 41                     |
| Şekil 3. WEPP-Road programının yürütülmesinde gerekli olan verileri gösteren giriş sayfası .....   | 46                     |
| Şekil 4. Özel iklim veri giriş sayfası .....   | 47                     |
| Şekil 5. İklim istasyonu seçim sayfası .....   | 47                     |
| Şekil 6. Özel iklim ekleme sayfası.....  | 48                     |
| Şekil 7. WEPP-Road modeline göre yol şekilleri. a: İçe eğimli, çıplak hendekli, b: İçe eğimli, taşlı ya da bitkili hendek, c: Dışa eğimli, yolu tekerlek izsiz, d: Dışa eğimli, yolu tekerlek izli ..... | 48                     |
| Şekil 8. WEPP-Road programının orman yollarından meydana gelen toprak kaybını tahmin ederken kullandığı yol yüzeyi, dolgu yamacı ve tampon bölge (URL-1).....  | 51                     |
| Şekil 9. Godrahav Deresi Yağış Havzası Ana kaya Haritası. ....   | 53                     |
| Şekil 10. Godrahav Deresi Yağış Havzası Arazi Kullanım Haritası .....  | 54                     |
| Şekil 11. Godrahav Deresi Yağış Havzası'nın Arazi Sınıflamasına Göre Eğim Sınıfları Haritası .....   | 55                     |
| Şekil 12. Godrahav Deresi Havzası bakı grupları haritası .....   | 56                     |
| Şekil 13. Godrahav Deresi Havzası sayısal yükseklik haritası .....   | 57                     |
| Şekil 14. 1 nolu örnekleme yolu .....  | 58                     |
| Şekil 15. 2 nolu örnekleme yolu .....  | 58                     |
| Şekil 16. 3 nolu örnekleme yolu .....  | 61                     |
| Şekil 17. 4 nolu örnekleme yolu .....  | 61                     |
| Şekil 18. 5 nolu örnekleme yolu .....  | 64                     |
| Şekil 19. 6 nolu örnekleme yolu .....  | 64                     |
| Şekil 20. 7 nolu örnekleme yolu .....  | 67                     |
| Şekil 21. 8 nolu örnekleme yolu .....  | 67                     |
| Şekil 22. 9 nolu örnekleme yolu .....  | 70                     |
| Şekil 23. 10 nolu örnekleme yolu .....   | 70                     |
| Şekil 24. 11 nolu örnekleme yolu .....   | 73                     |
| Şekil 25. 12 nolu örnekleme yolu .....   | 73                     |

## KISALTMALAR DİZİNİ

|          |   |
|----------|---|
| CBS      | Coğrafi Bilgi Sistemi                                       |
| CLC-2006 | Corine 2006 Arazi Örtüsü Haritası (Corine Land Cover 2006)  |
| ÇNH      | Çoruh Nehri Havzası   |
| ÇVBP     | Çoruh Vadisi Barajlar Projesi                               |
| GPS      | Global Positioning System (Küresel Konum Belirleme Sistemi) |
| SYM      | Sayısal Yükseklik Modeli                                    |
| WEPP     | Su Erozyonu Tahmin Modeli (Water Erosion Predict Project)   |
| TOPAZ    | TOpografic PArameteri Zation                                |
| USLE     | Üniversal Toprak Kaybı Eşitliği                             |
| HGK      | Harita Genel Komutanlığı                                    |
| OGM      | Orman Genel Müdürlüğü                                       |
| BBYH     | Borçka Barajı Yağış Havzası                                 |
| DEM      | Digital Elevation Model                                     |
| RUSLE    | Yenileştirilmiş Üniversal Toprak Kaybı Eşitliği             |
| RS       | Uzaktan Algılama (Remote Sensing)                           |
| EIM      | Erosion Index Model   |
| X-DRAIN  | Cross Drain Spacing and Sediment Yield                      |
| NCASI    | National Council on Air and Stream Improvement,             |

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun önlenemez artışı ve gelişen teknoloji ile özellikle sanayi üretiminin artmasına bağlı olarak sürekli ihtiyaç duyulan hammadde talebi tüm doğal kaynaklar üzerinde büyük baskılar doğurmaktadır. Ülkemizin de içerisinde bulunduğu gelişmekte olan ülkeler, bu baskıyı çok daha yakından hissetmekte ve dolayısı ile olumsuz sonuçlarından da daha fazla etkilenmektedirler. Son zamanlarda bilim insanlarının ısrarlı uyarılarına, çevreci sivil toplum kuruluşlarının eylemleri ve toplumu bilinçlendirme uğraşlarına, basın yayın organlarının bu kavramları daha sıkı ve ciddi bir şekilde ifade etmelerine rağmen söz konusu olumsuzlukların etkileri yeterince azaltılamamıştır. Küresel ısınma, toprak erozyonu, sel ve taşkın olayları, çoraklaşma ve kuraklık ile heyelan gibi doğal dengede tahribata yol açan ve insan yaşamını her anlamda olumsuz etkileyen olayların son yıllarda oldukça arttığı bilimsel çalışmalarca ortaya konulmuştur.

Yukarıda bahsi geçen olumsuzluklardan biri olan toprak erozyonu Dünya'nın birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de halen en önemli çevre sorunu olarak bilinmektedir. Toprak erozyonu, genel bir ifade ile yüzeysel akış, dere akımı, rüzgâr ve yerçekimi gibi bazı dış etmenlerin yarattığı kinetik enerji ile toprağın doğal olarak oluştuğu yerden aşındırılması, taşınması ve başka bir yerde biriktirilmesi olayıdır (Balcı, 1996).

Doğal kaynaklar ve doğal denge üzerindeki bu olumsuzlukların herhangi bir ülke ile sınırlandırılması mümkün değildir. Bu problem tüm dünyanın ortak sorunudur. Ancak özellikle ülkemiz, dünya ortalamalarına bakıldığında bu anlamda çok daha kötü durumdadır. Türkiye'de erozyonla birim alandan taşınan materyal Kuzey Amerika'dan 6 kat, Avrupa'dan 17 kat, Afrika'dan 22 kat daha fazladır (Atalay, 1980).

Ülkemizde zirai alanların %59'unda, meraların %64'ünde, orman arazilerinin %54'ünde erozyon devam etmektedir. Ancak erozyonla mücadele ve ağaçlandırma

çalışmaları ile erozyonun kontrol altına alınma çalışmaları sürdürülmektedir (OGM, 2013).

Türkiye orman varlığı, 2012 yılı sonu itibarı ile 21.670.000 hektardır. Ormanların 11.551.570 hektarı verimli 10.118.430 hektarı da bozuk vasıfıdır. Bozuk orman alanlarının orman varlığının %46,7'ini oluşturduğu dikkate alınırca orman alanlarının da erozyona açık olduğu ve bu alanlarda erozyon tedbirleri alınması gerektiği ortadadır. Orman alanlarının % 54'ünde aktif erozyon bulunmaktadır. Ormanların aşırı ve yanlış kullanılarak tahrip edilmesi, yangınlar, tarla açılması, sanayileşme ile birlikte çevre ve hava kirlenmesi sebebiyle asit yağmurları gibi meseleler ormanlık alanlarda erozyonu artırmaktadır. Ormanların, toprak erozyonunu azaltıcı, hatta tamamen engelleyici etkisi vardır. Ormanlar ayrıca toprak özelliklerini iyileştirmekte ve rüzgâr hızını azaltarak erozyonu önlemektedir. Ormanlardan faydalanırken sürdürülebilirlik ilkesi ve koruma kullanma dengesi gözetilmez (OGM, 2013).

Günümüzde Dünya ülkelerinin pek çoğu erozyon tehlikesiyle karşı karşıyadır. Yapılan araştırmalara göre; Dünyada her yıl yaklaşık olarak ortalama 24 milyar ton toprak erozyonla kaybedilmektedir. Dünyada erozyon sebebiyle 110 ülke çölleşme tehlikesi ile karşı karşıyadır (OGM, 2013).

Erozyonla ilgili veriler incelendiğinde, Dünyamızın ciddi erozyon tehlikesiyle karşı karşıya bulunduğu açıkça görülmektedir. Dünyada en çok erozyon Türkiye'nin de içinde bulunduğu Asya Kıtası'nda görülmektedir. Gerekli tedbirler alınmadığı takdirde, erozyonun şiddetinin gittikçe artacağı ve buna bağlı olarak Dünyamızın hızla çölleşeceği ve kırsal fakirliğin giderek artacağı sonucu çıkmaktadır. Gerekli çalışmalar yapılmadığı takdirde erozyon ve çölleşmeden mağdur olan insan sayısının bir milyarı aşacağı kuşkusuzdur (OGM, 2013).

Genel olarak akarsuların denizlere, göllere ve barajlara taşıdığı toprak miktarı; yörenin iklimi, bitki örtüsü, arazi şekli, toprak yapısı, zirai sistemi ve erozyon tedbirlerinin alınıp alınmaması gibi etkenlere göre değişiklik göstermektedir. Çin'de Sarı Irmak ve Hindistan'da Ganj Nehri, Dünyanın en çok toprak taşıyan akarsularıdır. Dünyada en yüksek debiye sahip olan Amazon Nehri ise, diğerlerine oranla en az toprak taşıyan akarsudur. Çünkü Amazon ve kollarının su toplama havzaları zengin bitki örtüsü ve ormanlarla kaplı bulunmaktadır. Buradan, sık ve bol

bitki örtüsünün, özellikle de ormanların, toprak erozyonunu önlemede ne derece önemli ve tesirli olduğu ortaya çıkarmaktadır (OGM, 2013).

Toplumda çevresel duyarlılığın artması ormanların korunması konusunda farkındalık oluşmasına sebep olmuş, bu durumda da orman yolları gibi bazı ormancılık faaliyetleri tartışma konusu haline gelmiştir. Yolların ormanın ekosistem üzerine olan etkileri son zamanlarda cazip bir araştırma/inceleme konusu olmuştur (Gucinski ve ark., 2000).

Orman ürünlerinin en az masrafla işletmeye açılması (sürütme, taşıma, vb.) kesim alanından orman yol kenarlarına buradan da ana depolara getirilebilmesi için ormanın yeterli sıklıkta bir yol ağı ile gerekmektedir. Gereğinden fazla sıklıkta yapılan orman yolları, orman alanlarını parçalara ayırdığı gibi orman işletmelerinin ekonomilerini de olumsuz etkilemektedir. Bu sebeple yolların ormancılık tekniklerine uygun olarak planlanması gerekmektedir (OGM, 2008)

Orman yolu normal koşullar altında ve doğru bir planlama ile yapılmış olsa bile, yol inşaatından sonra erozyon şiddetinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple yol yapımının toprağa ve ormana vereceği kaçınılmaz zararların en az seviyede tutulabilmesi için, orman yollarının yapımında büyük bir dikkat ve özen gösterilmesi gerekmektedir (Görçelioğlu, 2004).

Bu çalışma ile Artvin-Saçınka yöresi, Godrahav Deresi Yağış Havzası sınırlarındaki orman yollarından meydana gelen erozyonun WEPP-Road modellemesi kullanılarak tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca orman yollarından meydana gelen toprak kaybı üzerinde ana kaya ve orman örtüsü başta olmak üzere hangi etmenlerin etkili olduğu da ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bunlara ek olarak, orman yollarından oluşan sediment miktarının, Godrahav Deresi Havzası'nın diğer arazilerinden meydana gelen toplam toprak kaybı içerisindeki oranı da hesaplanacaktır.



## 1.1. Genel Bilgiler

### 1.1.1. Toprak Erozyonu

Yer kabuğunun en üst kısmında yer alan topraklar, dış etkenlerin tahrip edici faaliyetleri neticesinde buldukları alanlardan koparılıp taşınmaktadır. Ana kayanın akarsular, rüzgârlar, dalgalar, buzullar vb. dış kuvvetler tarafından aşındırılması, normal olarak işleyen jeomorfolojik süreçlerdir. Bu normal süreçte aşınarak taşınan toprak telafi edilebilmektedir. Fakat aşınarak taşınmaya başlayan toprak miktarı çok fazla ise ve taşınan toprak kendini yenileyemeyecek seviyeler geldiği zaman, toprak erozyonu problemi başlamış olur (Ekinci, 2005).

Toprak erozyonu üst toprağın verimliliğini fiziksel kayıp, bitki beslenmesi ve su kaybı ile azaltır. Toprağın yok olması yükseklik ile besin maddesinin çıkarılması ve ürün sökülmesinden dolayı toprak verimliliğinin kaybolması anlamına gelmektedir. Toprak bozulması toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bozulması ile toprak kalitesinde azalma anlamına gelmektedir (Souksakoun, 2008).

Erozyon üst toprağın uzaklaşmasını sağlayarak, bitki besin maddelerini, kök gelişim derinliğini ve toprakta su depolanmasını azaltır. Nüfusun çoğalması, fazla otlatma, dik eğimlerde yürütülen tarımsal aktiviteler ile birlikte ağır ve düzensiz yağışlar büyük alanların erozyona hassas duruma gelmesine yol açmıştır (Petter, 1992).

Erozyona neden olan faktörler iklim, topografya, toprak, bitki örtüsü ve yönetim gibi sorunların büyüklüğünü tanımlayan yapay sebepler veya doğal sebeplerdir. Erozyonun nedeni öncelikle ormansızlaşma, uygunsuz tarım uygulamaları ve hasat sistemleri gibi insan aktivitelerini içerir. Hızlandırılmış erozyon genellikle yanlış toprak yönetiminden kaynaklanmaktadır. Genel olarak erozyon toprağın besin durumunu azaltarak ürün verimliliğini düşürmektedir (Souksakoun, 2008).

Erozyon, insan etkisi sonucunda oluşuyorsa veya artıyorsa hızlandırılmış erozyon olarak adlandırılmaktadır. İnsan etkisi ile oluşan erozyonun başlıca kaynakları; ormanlarda yapılan üretim çalışmaları, orman yangınları, aşırı otlatma ve uygulanan hatalı tarım teknikleri şeklinde sıralanabilir (Topçu, 1998).

Hızlandırılmış erozyon nedeniyle toprak taşınmaları önce toprağın üst katmanlarında başlamakta ve bu yolla binlerce hatta milyonlarca yılda oluşmuş bulunan toprakların önce üst sonra da alt katmanları taşınarak, toprak profilleri giderek sığlaşmakta ve bitki yetiştirilmesine yarayan kısımlar zamanla yok edilmektedir. Toprağı kökleri ve gövdeleriyle yerinde tutan arazi örtüsünün (çayır, mera, orman vb.) ortadan kaldırılması, eğimli arazilerde eğime paralel olarak arazi işlenmesi, hatalı ve yanlış arazi kullanımı gibi ekolojik dengeyi bozan çeşitli faaliyetler, hızlandırılmış erozyonun ortaya çıkmasında etkili olan önemli olaylardır (OGM, 2014).

### **1.1.2. Toprak Erozyonuna Neden Olan Faktörler**

Toprak erozyonuna neden olan birçok faktör var ve bu faktörlerin toprak erozyon sürecine etkileri farklıdır. Erozyon modellemede kullanılan birçok değişken bulunmaktadır. Her bir model çalışması için gereksinim duyduğu kendi veri setleri bulunmaktadır çünkü modellerde en yaygın kullanılan değişkenler benzer olarak kullanılsa da belirli amaçlar için tasarlanmıştır. Toprak erozyonunun temel faktörleri iklim (yağış, sıcaklık), bitki örtüsü, topografya ve topraktır. Bununla birlikte insan faaliyetleri de aktif bir faktör olarak kabul edilmektedir (Souksakoun, 2008).

#### **1.1.2.1. İklim**

Çoğunlukla yağışın türü, miktarı, şiddeti, süresi ve mevsimlere göre dağılışı erozyonu etkileyen önemli iklimsel faktörlerdir. Yağış şiddetinin ve süresinin artması toprak aşınımının artmasına sebep olurken, bir mevsimde toplanan yağışlar yılın bütün aylarına dağılmış yağışlar daha etkilidir. Toprak kaybı, toprak yüzeyine çarpan yağmur damlalarının ve yüzey akışının etkileri nedeniyle yağışla yakından ilgilidir (Mkhonta, 2000).

Su dengesi için evapotranspirasyon, sıcaklık ve nem dolaylı yönden faktör olarak nitelendirilir. Yağış, sis, dolu, kar ve yağmurdan oluşan her şeyi kapsayan bir terim olarak kabul edilir. Toprak erozyonunda temel rolü kar ve yağmur oynamaktadır (Souksakoun, 2008).

Erozyona sebep olan yağış, özellikle ilk 30 dakikada düşen yağışın enerjisi ve yağış yoğunluğu gibi özelliklere bağlıdır. Bu özellikler yağmur damlalarının toprak

parçacıklarını sökme yeteneğini ve olası yüzey akışını belirler. Bu durum yerinden sökülen toprak parçacıklarının taşınması ve depolanmasıyla sonuçlanır (Nanna, 1996). Yağış miktarı yüzey akışına yol açan genel su dengesini ve nispi oranı etkiler (Hagos, 1998).

Yağış özelliklerinin erozyon üzerindeki etkisi sabit değildir ama toprak tipi, rölyef ve baskın bitki örtüsü türleri ile değiştirilebilmektedir. Toprak erozyonu üzerinde etkisi olan bir diğer iklim faktörü de sıcaklıktır. Sıcaklığı toprak erozyonu üzerine bir çok araştırmanın sonucuna göre hava dolaylı olarak bir çok yoldan etkilemektedir (Monte ve ark., 2005). Donmuş toprak erozyona karşı dayanıklıdır fakat sıcak hava ve sıcak yağmurlar tarafından toprak yüzeyindeki hızlı çözünme ciddi erozyona sorunlarına yol açabilir ayrıca sıcaklık yağışın türünü de etkilemektedir (County, 2002). Kar yağışı toprak yüzeyini aşındırmaz fakat ilkbaharda eriyen şiddetli kar yüksek yüzeysel akışa sebep olur ve önemli derecede hasara neden olabilir. Toprakta kimyasal olayların hızlanmasında ve ana kayanın mekanik olarak parçalanmasında önemli bir rol oynayan sıcaklık aynı zamanda kültür tiplerinin seçimini ve bitki yoğunluğunu direkt etkiler. Sıcaklığın fazla olduğu bölgelerde daha seyrek bir bitki örtüsü oluşur. Öte yandan aynı bölgenin güney yamaçları güneş ışınlarını daha dik aldığı ve bitki örtüsü sıklığı daha az olduğu için diğer yamaçlardan daha fazla erozyona maruz kalır (Özsoy, 2007).

#### **1.1.2.2. Toprak**

Toprak yüzeyine ulaşan suların bir kısmı toprak tarafından emilir, bir kısmı buharlaşır veya bitkiler tarafından emilir, bir başka kısmı da eğimin etkisiyle yüzeysel akışa geçer. Yüzeysel akış miktarını belirleyen en önemli etmenlerden ikisi toprağın yüzey sularını emmesi ve profil içinden alt katmanlara doğru iletmesidir.

Erozyonun ana bileşenleri olarak nitelendirilen toprak özellikleri;

- A. Toprak tekstürü
- B. Organik madde içeriği
- C. Agregat stabilitesi
- D. Toprak yapısı
- E. Birim hacim ağırlığı

F. Üst toprak çatlama dayanıklılığı

G. Kabuk kalınlığı ve su geçirgenliği direncidir (Model, 2005).

Silt miktarı yüksek olan topraklar hem rüzgâr erozyonuna hem de su erozyonuna karşı çok hassas topraklardır. Kil veya kum miktarı fazla olan topraklar ise toprak erozyonuna daha dayanıklıdır. Toprağın yapısı, gözenek hacmi ve büyük boşluklar oluşturarak birbirleri ile kümelenmiş parçacıkların derecesini ifade eder. Toprağın yapısı su emme kapasitesi ve erozyona karşı fiziksel direnci üzerinde etkilidir. Adezyon, toprak parçacıkları arasındaki bağlanma kuvveti anlamına gelir ve toprak yapısını etkiler. Adezyon kuvvet toprak nemlendiği zaman içerisindeki toprak parçacıkları hamur kıvamında bir yapı oluşturarak birleşirler ve erozyona karşı dirençli hale gelirler. Killi toprakların bağlanma kuvveti çok kuvvetli iken Kumlu toprakların bağlanma kuvveti zayıftır (Souksakoun, 2008).

İri taneler içeren toprakların geçirgenlikleri normal olarak yüksektir. Bu sebeple kumlu topraklar, killi topraklara göre daha geçirgendir. Topraktaki boşlukların miktarı ve büyüklüğü geçirgenliği etkileyen önemli bir faktördür. Farklı tekstüre sahip topraklar, materyallerin taşınması, sızılma ve süzülme farklılıkları nedeniyle farklı derecelerde erozyona maruz kalırlar. Toprakların farklı tekstüre sahip olması, yağış yoğunluğuna göre erozyon olayında farklı reaksiyonlar göstermelerine sebep olur. Orta derecede kuvvetli yağışlarda kalker ve humus noksanlığı nedeniyle killerin ve ince siltlerin süspansiyon halde taşınmalarına karşılık, kumlar ağırlıkları fazla olduğu için yerlerinde kalırlar. Oysa kuvvetli yağışlar kohezyondan mahrum kumları kolayca taşırlar (Doğan ve Güçer, 1976).

### **1.1.2.3. Topografya**

Erozyona etki eden en önemli topografyatik özellikler arazi eğiminin dikliği ve eğiminin uzunluğudur. Yüksek miktardaki fazla yüzey akışı eğimin artmasıyla meydana gelmektedir. Alanların eğimlerinin artışı, su erozyonu ile toprak kaybı miktarını artırır (Wall, 2003). Yüzey akışı eğimli alanların yanı sıra eğimin uzunluğu da artırmaktadır. Büyük alanlar içerisindeki küçük alanların birleşmesiyle eğim uzunlukları artmaktadır. Artan eğim uzunluğu sebebiyle büyüyen yüzey akışı

erozyon potansiyelini artırmaktadır. Böylece eğimin değişimi ve uzunluğu erozyon modellerinde kullanılan önemli değişkenlerdendir (Souksakoun, 2008).

#### **1.1.2.4. Bitki örtüsü**

Toprak kaybının azaltılmasında bitki örtüsü çok önemli bir faktördür (Petter, 1992). Koruyucu arazi örtüsü arttığında, genel olarak erozyon tehlikesi azalır (Mkhonta, 2000). Toprağa düşen yağmur damlalarının etkisinden korur, toprak yüzeyinin engebeliliğini korur, infiltrasyon kapasitesini artırır, toprağı bir arada tutar, yüzey akışın hızını düşürür, üst toprak tabakalarında mikro-iklim iniş çıkışlarını azaltır ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini geliştirir (Petter, 1992).

Bitki örtüsü ve döküntü örtüsü, yağmur damlalarının direk toprağa çarpmasından ve sıçramasından dolayı oluşan etkilerden korur, yüzey akış hareketlerini yavaşlatmaya eğilimlidir ve fazla yüzey suyunun süzülmesine izin verir. Avustralya Queensland'daki çalışmaların sonucunda toprak erozyon miktarı bitki örtüsü olmayan alanlarda 30-35 ton/ha iken %47 bitki örtüsü alanlarda 0,5 ton/ha'ya kadar azaldığını göstermektedir. Böylece bitki örtüsünün erozyonu fazlasıyla azalttığını göstermiştir (Dekui Niu, 2003).

Doğal yağış altında gerçekleştirilen bir denemede bitki örtüsü ile korunmuş yüzeyde 10 yılda toplam olarak 9.4 ton/ha toprak kaybı meydana gelirken, yağmur damlalarının serbest düşmesine açık bir yüzeyde 10 yılda toplam olarak 1265.7 ton/ha toprak kaybı meydana gelmiştir. Bu iki durum karşılaştırıldığında, bitki örtüsünden yoksun arazide kaydedilen toprak kaybı, bitki örtüsüyle kaplı arazideki toprak kaybının 135 katıdır (Taysun, 1989). Bu durum toprağı yüzeyinde bulunan bitki örtüsünün önemini açık ve net bir şekilde ortaya koymaktadır.

#### **1.1.2.5. İnsan**

Canlılar yeryüzünde görüldükleri andan itibaren, özellikle insanlar bilerek ve/veya bilmeyerek üzerinde yaşadıkları arazilerin bitki örtüsünü sürekli olarak tahrip etmektedirler. Çağımızda da insanlar yaşamlarını sürdürebilmek için tarım ve hayvancılık yapmak zorundadırlar. Bu husus ise sürekli olarak yeryüzündeki bitki ve toprak varlıklarının tahrip edilmesine yol açmaktadır. Doğal denge koşulları

içerisinde, en azından doğal güçlerin erozyonla taşıdığı toprak miktarı kadar yeniden toprak oluşumu esastır. Söz konusu bu denge, insanların doğayı kullanmaya başladıkları döneme kadar devam etmiş ve insanların doğaya ve araziye müdahaleleri ile birlikte bu denge toprakların aleyhine dönmüştür. İnsanların sürekli olarak bitki örtüsünü tahrip etmesi ve uygun özelliklere sahip olmayan toprakları tarıma açması, erozyona ortam hazırlamaktadır. Bunların yanı sıra arazi ve toprakların oluşurken kazandıkları yeteneklerine uygun olmayan kullanım biçimleri altında işletilmeleri ve hatalı ve yanlış tarım yöntemleri uygulanarak kullanılmaları da erozyon zararının beklenilenden fazla olmasına neden olmaktadır (Anonim, 2003).

## **2. Toprak Erozyonuna Neden Olan Bazı Ormancılık Faaliyetleri**

### **2.1. Ormanda Üretim ve Bölmeden Çıkarma Faaliyetleri**

Türkiye'deki ormanlık alanların yaklaşık yarısı, eğimin %44'ün üzerinde olduğu dağlık alanlarda yayılış göstermektedir (DPT, 2001). Özellikle Doğu Karadeniz Bölgesindeki ormanların büyük bölümünün yüksek rakımda, yüksek eğimli ve dağlık arazide bulunması, bölmeden çıkarma faaliyetlerini daha da zorlaştırmaktadır. Bu durum envanterlerin bölmeden çıkarılmasını, odun hammaddesi üretim aşamalarının en zor, pahalı ve çevresel zararı en fazla olan aşaması haline getirmektedir.

Türkiye ormancılığında, makine çeşitliliği ve mekanik araçların kullanım oranları düşük seviyededir. Ancak değişen ekonomik koşullar ve gelişen çevre hassasiyeti nedeni ile mekanik araçların ormancılıkta kullanımının artacağı belirtilmiştir. Bölmeden çıkarma faaliyetlerinin planlanması, ergonomik, ekonomik ve çevresel faktörler göz önüne alınarak yapılmalıdır (Akay ve ark., 2008).

Yapılan pek çok çalışma sonucunda, bu zararların zemin üzerindeki kontrolsüz sürütme faaliyetlerinden kaynaklandığı bulunmuştur. Bu sebeple oluşan zararların önlenmesi, üretim ekonomilerinin geliştirilmesi ve çevreselliğin sağlanması için arazi yapısı, taşınacak ürün miktarı, ürünün taşıma yönü ve alandaki öncelikler (erozyona duyarlılık, yoğun böcek bulunması, vb.) gibi parametreler göz önüne tutularak en uygun bölmeden çıkarma yöntemlerinin seçilmelidir (Whitman ve ark., 1997).

## 2.2. Orman Yollarının İnşası

Türkiye'deki yapılmış orman yol ağı genellikle bir standartta yapılmıştır. Bu yollar bir yandan orman ürünleri ile orman yetiştirme, bakım, koruma ve yangın gibi durumlar için personel, malzeme, araç ve ekipmanların taşınmasına, bir yandan da orman köylerinin yol ihtiyaçlarının ve halkın rekreasyonel isteklerinin karşılanmasına olanak tanımakta; böylece ekonomik, sosyal, hatta kültürel yararlar sağlamaktadır (Seçkin, 1982).

Orman yolları, ormancılık faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi için faydalanılan alt yapı tesislerindedir. Orman yolları bir yandan odun hammaddesi, personel, malzeme ve donanım nakliyatına, bir yandan da orman köylülerinin yol gereksinimlerinin karşılanmasına olanak tanımaktadır. Bu sebeple ekonomik, sosyal ve kültürel faydalar sunmaktadır (Ural, 1999).

Orman yolları çeşitli avantajlar sağlarken, aynı zamanda bazı dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Orman yollarının bazı avantajları aşağıdadır (Demir, 2007).

Orman yollarının avantajları;

- Orman yolları, ormanların ekonomik, sosyal ve bazı durumlarda ekolojik olarak faydalıdır.
- Bölmeden çıkarma işlemleri orman yolunun yoğunluk durumuna göre kısa mesafelerde yapılabilir ve toplam transport maliyeti düşürebilir; toprağın, meşcerenin ve ürününün zarar görmesi önlenir.
- Kesim sahasından üretilen odunların tüketiciye kısa sürede ulaştırılması sayesinde mantar ve böcek zararları azaltılabilir veya önlenir.
- Orman yolları makine konuşlandırma yeri, düz bir çalışma alanı ve yola gelen orman emvali için geçici depolama yeridir
- Orman yolları ormanı planlama, silvikültür ve üretim birimleri olan bölmelere ayırır.
- Ormanların yollar sayesinde yangın, böcek, mantar ve kaçakçılık gibi zararlı durumlar erkenden önlenir.
- Orman yolları dağınık yerleşim birimlerinin birbirine bağlanmasını sağlar.

- Ormanlar çevresinde ve yakınlarında yaşayanların yaşam koşulları daha da iyileştirir.

Toplumda çevresel duyarlılığın artması ormanların korunması konusunda farkındalık oluşmasına sebep olmuş, bu durumda da orman yolları gibi bazı ormancılık faaliyetleri tartışma konusu haline gelmiştir. Yolların ormanın ekosistem üzerine olan etkileri son zamanlarda cazip bir araştırma/inceleme konusu olmuştur. Buna bağlı olarak orman yollarının etkileri (Gucinski ve ark., 2000) aşağıdaki gibi açıklanmıştır:

- Orman yollarının, fiziksel ve çevresel etkileri (jeomorfoloji, habitat fragmentasyonu ve konumsal düzen, hidroloji, yetişme ortamı verimliliği, habitatlar ve biyolojik istilalar üzerindeki etkileri).
- Dolaylı sosyo-ekonomik etkileri (yangınlar, orman envanteri, izleme ve bilimsel araştırmalar, arazinin piyasa dışı ve edilgen kullanım değeri, özel mülkiyet arazileri, tarihi kalıntılar ve kültürel değerler üzerindeki etkileri ve ekonomik etkileri).
- Dolaylı ve arazi bütünlüğü ölçeğindeki etkileri (suda yaşayan habitatlar, karada yaşayan canlılar, trafik kazaları, orman hastalıkları, biyoçeşitlilik ve doğa koruma, su kalitesi ve hava kalitesi üzerindeki etkileri).
- Doğrudan sosyo-ekonomik etkileri (odun üretim programları, odun dışı orman ürünleri üretimi, otlatma, enerji ve mineral kaynakları, eko-turizm ve rekreasyonel faaliyetler üzerindeki etkileri), gibi etkileri vardır.

Orman yollarının etkileri (Eker ve Çoban 2010) tarafından aşağıdaki anlatılmıştır:

- Yol ve araç trafiğinin popülasyonlar üzerindeki etkileri: Trafik kazalarından dolayı hayvan ölümleri, araçların gürültülerinde oluşan rahatsızlıklar ve yolların bariyer etkisi, yollardan kaçınma etkisi ve habitat fragmentasyonu
- Yolların vejetasyon ve hayvanlar üzerindeki etkileri: Yolların bitkilerin verimliliği, yayılışı ve formlarına etkileri, yolların hayvanlar davranışları üzerindeki etkileri
- Yolların atmosfer üzerindeki etkileri: Kimyasal transport ve kirli gaz salınımları (sera gazı, nitrojen oksit, ozon)



- Yolların toprak, su kaynakları ve akarsular üzerindeki erozyon sedimentasyon etkileri: Su akışları üzerinde, toprak üzerindeki, sediment akışına üzerinde etkileri
- Yol ağının diğer etkileri (Yol yoğunluğuna bağlı etkiler): Arazi üzerindeki konumsal etkiler, yolların yangınlar üzerindeki (yangın oluşumuna katkıda bulunma) etkisi yolların kenar etkisi (orman içine insan akışı, yol kenarı açıklıklar), yangın seyrini etkilemesi (yol kenarı açıklıkla emniyet şeridi/bariyer yangına müdahale zamanı ve ulaşılabilirlik etkisi).

OGM (2008) verilerince doğru ve özenle seçilmeyen bir orman yolu hattındaki, 1 km'lik yeni bir yol yapılması durumunda;

- Yol tiplerine göre en az 4000–8000 m<sup>2</sup> ormanlık alanının açılacağı, meşcere yaşına göre 400–3500 ağacın yok edilmiş olacağı,
- Kazılan materyalin yamaç aşağısına akması ile kırma, yaralama ve tahribat oluşacağı, bunların sonucunda zararlı böceklerin istilasına olanak tanıyacağı,
- Yamaçlardaki destek doku kırılarak heyelan olasılığını artırması,
- Sığ yeraltı sularının akış yönlerinin değiştirilerek doğal ekosistemin olumsuz yönde etkileneceği,
- Rüzgâr koridoru oluşturularak kırılma ve devrilmelerin artacağı,
- Yüzeysel akış ve erozyon tetiklenmiş olacağı,
- Yol yapım ve bakım masraflarıyla ekonomiye fazladan maliyet olunacağı belirtilmiştir.

Orman ürünlerinin en az masrafla işletmeye açılması (sürütme, taşıma, vb.) kesim alanından orman yol kenarlarına buradan da ana depolara getirilebilmesi için ormanın yeterli sıklıkta bir yol ağı ile gerekmektedir. Gereğinden fazla sıklıkta yapılan orman yolları, orman alanlarını parçalara ayırdığı gibi orman işletmelerinin ekonomilerini de olumsuz etkilemektedir. Bu sebeple yolların ormancılık tekniklerine uygun olarak planlanması gerekmektedir. Örneğin 1 km orman yolu yapım maliyeti ile 10 ha bozkır yeşillendirilebilir, yerleşim yerleri ve tarım alanları sel baskınından korunabilir. Bunun gibi nedenlerle yol güzergâhlarının belirlenmesin de mühendis olarak işin tekniği, işletmeci olarak ekonomisi, yönetici olarak hukuku, insan olarak sosyal boyutunun göz önünde bulundurulmalıdır (OGM, 2008).

Orman yolları gereklilik karşısında planlanıp inşa edilen ve fayda sunmak amacıyla yapılan tesisler olmasına rağmen yeterince dikkatli davranılmadığı ve gerekli koruyucu önlemler alınmadığı takdirde erozyon, sel, taşkın, sedimentasyon vb. olumsuz olayların oluşmasında etkin rol oynamaktadırlar (Görçelioğlu, 2004).

Orman yol inşaatının çevrede oluşturduğu etkiler, daima ciddi bir konu olmaktadır. Yol inşaatları ve yol bakımsızlıkları nedeni ile yüzeysel erozyon, toprak verimliliğinin azalması, derelerin akış rejimi, su kalitesi, taşkınlar ve benzeri olumsuz etkileri vardır. Bu olumsuz etkiler büyük ekonomik kayıplara ve peyzajının bozulmasına neden olmaktadır (Balcı, 1996).

Orman yolu normal koşullar altında ve doğru bir planlama ile yapılmış olsa bile, yol inşaatından sonra erozyon şiddetinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple yol yapımının toprağa ve ormana vereceği kaçınılmaz zararların en az seviyede tutulabilmesi için, orman yollarının yapımında büyük bir dikkat ve özen gösterilmesi gerekmektedir (Görçelioğlu, 2004).

### **2.2.1. Erozyonun Ölçümü ve Tahmini**

Toprak erozyonunun tahmin ve ölçülebilme yöntemleri, çeşitli değerlendirmeler ya da başlıklar altında sınıflandırılmıştır. Genel olarak erozyonun belirlenmesinde kullanılan yöntemler doğrudan, dolaylı ve tahmini ölçüm yöntemleri şeklindedir. Su erozyonunun arazide ve laboratuvar şartlarında doğrudan ölçülmesi ve tahmini yöntemler kullanılarak belirlenmesi şeklinde yapılan sınıflandırmalar da bulunmaktadır (Balcı 1996; Stroosnijder 2005).

Doğrudan ölçüm (arazide erozyon ölçümü), çeşitli yöntemler kullanılarak yapılabilmektedir. Yüzeysel akış parseli tesis edilerek erozyon, toprak kaybı ve yüzeysel akış ölçülmesi bu yöntemlerden biridir. Parsel kullanarak kontrollü laboratuvar ortamında veya arazi koşullarında doğal yağmur ya da yapay yağmurlama uygulanarak erozyon ve yüzeysel akışın ölçümü gerçekleştirilmektedir. Arazi üzerinde doğal şartlar altında yapılan erozyon ve yüzeysel akış ölçümlerinde kullanılan parseller genel olarak yüzeysel akış parselleri olarak adlandırılmaktadır.

Genellikle uygulamaya yönelik bazı bulgu ve sonuçlar elde etmek veya erozyon olayındaki bazı temel ilişkileri ortaya koymak için, belli amaçları ve belli soruları cevaplamaya yönelik olan yüzeysel akış parselleri (Balcı, 1996), başlıca üç farklı konunun araştırılması için uygulanmaktadır. Bunlardan ilki, bitki örtüsü ile kaplı toprak yüzeyinde gerçekleşen erozyon, çıplak toprak yüzeyinden gerçekleşenden daha azdır şeklindeki genel kanının kabulünü ispatlamak amaçlıdır (Hudson 1993). İkincisi arazi çalışmalarının karşılaştırmalı kullanımınıdır (Hudson 1993; Boix-Fayos ve ark. 2006). Üçüncüsü ise bir eşitliğin, modelin ya da toprak kaybı ve yüzeysel akışla ilgili bir tahminin gözlemlenmesi amaçlı yüzeysel akış parseli tesisidir (Hudson 1993).

## **2.2.2. Erozyon Tahmin Modelleri**

### **2.2.2.1. USLE (Üniversal Toprak Kaybı Eşitliği)**

Amerika Birleşik Devletlerinde parseller üzerinde uzun yıllar yapılan ölçmeler sonucu Wischmeier ve Smith (1975) yılında ortaya konulan Üniversal Toprak Kaybı Eşitliği ile bir havzadan taşınabilecek toprak miktarı tahmin edilmekte ve eşitlik yaygın bir biçimde kullanılmaktadır (Wischmeier ve Smith 1975).

Adı geçen toprak kaybı eşitliği:  $A = ( R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P )$  şeklindedir. Bu eşitlikte;

- A= Birim alanda meydana gelecek toprak kaybı (ton/ha/yıl)
- R= Yağış erozivite etmeni (metrik ton – metre/ha)
- K= Toprak erodobilite etmeni
- L= Yamaç uzunluğu (m)
- C= Bitki amenajman etmeni
- P= Toprak koruma etmeni

### **2.2.2.2. RUSLE (Yenileştirilmiş Üniversal Toprak Kaybı Eşitliği)**

USLE/RUSLE yöntemi ülkesel, bölgesel ve havza ölçeğinde, toprak erozyon tehlikesini değerlendirmek için kullanılabilen ve matematiksel eşitliğe dayalı bir yaklaşımdır. İyi bilinen RUSLE (Renard ve ark., 1997), şimdiye kadar geliştirilen modellerden daha yaygın bir şekilde farklı ölçeklerde uygulanabilen ve daha az veri gereksinimi olan bir eşitliktir.

Toprak kayıplarının tahmininde kullanılan Yenileştirilmiş Evrensel Toprak Kayıpları (USLE) eşitliğinde değerlendirmeye alınan değişkenler; İklim (R alt değişkeni), aşınmaya karşı toprağın gösterdiği duyarlılık (K alt değişkeni), topografya (LS alt değişkeni), Ürün yönetimi (C alt değişkeni), Toprak ve arazi koruma önlemlerinin varlığı (P alt değişkeni)' dir.

Adı geçen toprak kaybı eşitliği:  $A = ( R. K. L. S. C. P )$  şeklindedir.

Bu değişkenlerin de gösterildiği üzere çarpılmasıyla çalışılan alandan meydana gelecek toprak kayıpları tahmin edilebilmektedir.

### **2.2.2.3. WEPP (Water Erosion Prediction Project)**

WEPP, orman, tarım ve mera alanlarından meydana gelen erozyonunda ve kaybolan toprak miktarının belirlenmesinde kullanılabilir. Bunun birçok uygulamaları çeşitli bilim adamları tarafından yapılmış ve sonuçları ortaya konulmuştur. Genelde bozulmamış ve tahrip edilmemiş ormanlık sahalarda erozyon tölere edilebilir durumdadır. Ancak yollar, bölmeden çıkarma (kesme, sürütme), yangınlar vb. ormancılık faaliyetleri erozyona neden olmaktadır. Diğer taraftan, özellikle ülkemizde, insan faaliyetleri nedeniyle ormanların aşırı tahrip edilmesinden dolayı erozyon şiddeti artmaktadır. Bu alanlarda meydana gelen erozyon WEPP ile tahmin edilebilmektedir. Diğer yandan, büyük bir yağış havzasından yüzeysel akışla birlikte taşınan toprak miktarı ve sediment durumu da tahmin edilebilmektedir. Böylece uygulayıcılar açısından istenilen verilere çok kısa bir sürede ulaşmak mümkün olabilmektedir. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi)'nin kullanımının artmasıyla birlikte son yıllarda, yağış havzalarının erozyon durumları daha etkin ve güvenilir ve kısa bir sürede tahmin edilmektedir (Elliot, 2004).

WEPP toprak erozyonu modeli Tarımsal Araştırma Servisi (ARS), Doğal Kaynakları Koruma Servisi ve Orman Hizmetleri departmanında çalışan bilim adamları tarafından kurumlar arası çalışmalar sonucu geliştirilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri kurumları tarafından 1985 yılından beri USLE modelinin yerini alması amacıyla geliştirilmeye çalışılan programdır (Foster and Lane, 1987).

WEPP modeli erozyona yol açan fiziksel süreçleri tanımlayan bir kompleks bilgisayar programıdır. Her simülasyon günü için model toprak kaybını hesaplar; birden çok katman, bitki büyümeleri, ayrışma ve su içeriğine sahiptir. Ziraat süreçleri ve toprak konsolidasyon etkileri de modellenmiştir (Elliot, 2004).

WEPP modeli tepe yamaçları veya havzalar için çalıştırabilir. Bazı model yaklaşık 400 m'lik bir uzunluğa kadar tek bir yamaç profilinden toprak erozyonu için tasarlanmıştır. Tepe yamaçlarının hesaplanma seçeneği dört giriş dosyası gerektirir: Günlük yağış, sıcaklık, güneş radyasyonu ve rüzgar hızı ve yönü değerlerini içeren bir günlük iklim dosyası; yamaç profili boyunca aralıklarla eğim tarif noktası, iki ya da daha çok kümesini ihtiva eden bir eğim dosyası; doku ve toprağın diğer fiziksel ve erodibilite özellikleri tanımlayan toprağın 10'a kadar katmanlarını içerebilen toprak dosyası; ve bitki toplulukları, örneğin toprak işleme gibi yüzey bozuklukları açıklamalarını içeren bir yönetim dosyası ve simülasyon başında yüzey durumu dosyası gereklidir (Elliot, 2004).

Son yıllarda bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile birlikte yeni erozyon modelleri ve paket programları geliştirilmiş bulunmakta ve Coğrafi Bilgi Sisteminden (CBS) de yararlanarak bir havzadan kaybolan toprak miktarı ile sediment verimi tahmini edilmektedir (Yüksel, 2001). Günümüzde Ünlversal Toprak Kaybı Eşitliğinin yerini almakta olan bu modelde (Schwab ve ark. 1993) bazı parametreler değiştirilmiş ve zenginleştirilmiştir. Söz konusu model K.Maraş Ayvalı su toplama havzasında uygulanmak suretiyle yıllık akış, yıllık toprak kaybı, yıllık sediment birikimi ve sediment veriminin tahmini yapılmıştır (Yüksel, 2001).

#### **2.2.2.4. WEPP-Road (Forest Road Erosion Predictor)**

Son yıllarda orman yollarının yapımında ve sonrasında meydana gelen erozyonu ölçmede kullanılan en önemli programlarından birisidir. WEPP modeli yol hidrolojisi ve sediment tahmininde bulunan ara yüz bir programdır (Efta, 2009). WEPP-Road yol ve yol ağlarında meydana gelen erozyonu tahmin modelidir (Elliot ve ark, 1999).

Amerika'nın her yerinde kullanılabilen bu programın dünyanın diğer ülkelerinde de kullanılabilmesi için 2,600 baz istasyonunun kayıtları mevcuttur ve bu kayıtlar

kullanılarak, mevcut kayıt bulunmayan ülke ve bölgelerin iklim verilerini ekleme imkanı da sunmaktadır. Bu iklim verileri en az 1, en fazla 200 yıllık modelleme yapabilmektedir (Daly ve ark., 2004)

WEPP-Road daha önce modelleme yapma deneyimi olmayanlar için kolaylık sağlamak amacıyla internette geliştirilmiştir. Yollar için özel kullanıcı girişleri, iklim, topografya, toprak yapısı verileri ve yıllık çalıştırma verilerinin girişini kolaylaştırmıştır (Tysdal ve ark., 1999; USDA, 2009).

WEPP-Road yağış faktörleri arasında bir dizi varsayım oluşturur ve sızma oranı, depolama oranı ve yağış oranını karşılaştırarak yağış fazlalığını hesaplar (Stone ve ark., 1995)

WEPP-Road ara yüzü karayolu yapımı sonucunda kayba uğrayan sediment ile üretilen aşırı akışı ve bir dolgu yamaç üzerinden en yakın dere sistemine kadar olan kısmındaki sediment kaybını hesaplar (Elliot ve ark, 1999).

## **2.3. Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar**

### **2.3.1. Türkiye’de Yapılan Çalışmalar**

Bilindiği gibi ülkemiz toprak erozyonu sebebi ile oldukça büyük sorunlar yaşayan ve kimi araştırmacılara göre de karşı karşıya kaldığımız en ciddi ve önlenmesi gereken çevre sorunu olarak kabul edilmektedir. Dolayısı ile özellikle 1950’li senelerden itibaren bu sorunun boyutu ve önlenmesi amacı ile çalışmalar yapılmaya başlanmış ve sayısı da hızla artmıştır. Bunlardan bazıları aşağıda kronolojik bir sıralama ile aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

İç Anadolu Bölgesi’nde jeolojik yapı, topoğrafik durum (bakı) ve toprak derinliği faktörlerinin erodibilite ile ilgili toprak özellikleri üzerine etkileri incelenmiş. Araştırmaya göre belli başlı dört jeolojik ana materyal üzerinde teşekkül etmiş toprakların toprak derinliğine ve topoğrafyaya (bakı) bağlı olarak erozyona dayanıksız oldukları saptanmıştır (Balci, 1969).

İç Anadolu Bölgesi’nde ana materyal ve bakı faktörlerine göre toprakların erodibiliteleri araştırılmış ve kuzey bakılardaki toprakların, güney bakılara göre

erozyona daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca dört farklı ana materyalden gelişmiş bulunan bu toprakların erodibilite indeksleri farkları; Neojen Tozu >Kumtaşı >Andezit >Konglomera olarak sıralanmıştır (Balcı, 1973).

Kocaeli yarımadası topraklarında hidrolojik toprak özelliklerine bağılı olarak erozyon eğiliminin değişimi incelenmiştir. Yapılan araştırma da en etkili faktörün ana materyal olduğu bulunmuştur. (Özyuvacı, 1975).

Trabzon-Meryemana deresi yağış havzasında orman ve mera arazisinde otlatmanın etkileri incelenmiştir. Bunun sonucunda orman topraklarında otlatmanın erozyon eğilimini artırıcı yönde etkileri olduğu bulunmuştur. Yani otlatmaya kapalı orman topraklarının, otlatmaya açık orman topraklarına oranla erozyona daha dayanıklı olduğu belirtilmiştir (Öztan, 1980).

Kocaeli Ova Deresi Yağış havzasında, Havza Amenajmanı çalışmalarında Hava Fotoğraflarının Yorumlamasının ne ölçüde kullanılabileceği araştırılmıştır. Bu çalışmaya göre havzanın çeşitli fizyografik faktörlerinin belirlenmesi ve toprak kayıp denkleminde (USLE) kullanılan bazı faktörlerin saptanmasının mümkün olduğu ortaya konulmuştur (Hızal, 1984).

Trabzon Söğütlüdere Yağış Havzasındaki çalışmada, farklı arazi kullanım şekilleri altındaki toprakların erozyon eğilimleri incelenmiş ve toprakların genel olarak erozyona karşı duyarlı oldukları bulunmuştur. Buna göre tarım topraklarının erozyona karşı nispeten daha duyarlı olarak belirlenmiştir (Karagül,1994).

Dalaman havzasında erozyon üzerinde yapılan bir pilot çalışmada, Satellite uydusu ve GIS (Geographic Information System) teknikleri kullanılarak erozyon haritası ortaya konulmaya çalışılmış, projede CORINE, ICONA ve USLE metodolojileri kullanılarak Dalaman havzasının gerçek ve potansiyel erozyon haritası oluşturulmuştur (Özel ve ark., 1996).

Kahramanmaraş Ayvalı Barajı Yağış Havzası'nda yapılan bir çalışmada, arazi kullanım şekilleri, farklı ana kayadan oluşan toprakların fiziksel özellikleri, havzanın hidrolojik ve fizyografik karakteristikleri belirlenerek, bulgular CBS ve WEPP ortamında değerlendirilmiş ve havzadaki sediment verimi ile yüzeysel akış durumu

ortaya çıkartılarak model bir havza planlaması yapılmıştır. Farklı arazi kullanım şekilleri dikkate alınarak elde edilen tahmini toprak kaybı miktarı orman alanında 1,32 ton/ha/yıl, mera alanlarında 4,69 ton/ha/yıl ve tarım alanlarında 23,95 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır (Yüksel, 2001).

WEPP (Su erozyonu tahmin projesi) modeli, Coğrafi Bilgi Sistemi ile birlikte Ohio-USA' da yer alan Rock Creek tarımsal havzasındaki yüzey akış ve erozyonunun tahmin edilmesinde kullanılmıştır. WEPP modeli havzaya hem modelin alan sınırlaması dikkate alınarak (260 hektardan az) hem de modelin alan sınırlaması dikkate alınmayarak iki farklı şekilde uygulanmıştır. Model, alan kısıtlaması dikkate alınmayarak uygulandığında sediment ve yüzey akış tahmini için sırasıyla  $r^2 = 0.59$  ve  $0.51$  değerleri bulunmuştur. Modelin alan sınırlamasını yerine getirmek için havza 41 alt havzaya bölünmüş (her bir havza ortalama 240 hektar) ve her bir alt havzanın çıkış noktasındaki yüzey akış ve sedimenti bir başka alt havzaya iletmek için ise bir havza öteleme programı kullanılmıştır. Bu durumda gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış ve sediment miktarları arasında istatistiksel olarak sırasıyla  $r^2 = 0.92$  ve  $0.83$  ilişkisi bulunmuştur. Bu çalışma bilgisayar modelleri havzalara uygularken dikkat edilmesi gereken önemli konulardan birinin havza alanının büyüklüğü olduğunu göstermiştir (Kırnak ve Gowda, 2001).

Kunduz Dağı'nın güneyinde yer alan Soruk Çayı bütün kollarıyla birlikte, 117.429 ton/yıl toprak taşımaktadır. Yamaç, litolojik özellikler, yer şekilleri, bitki örtüsü ve drenaj sıklığı sedimentin taşınmasını etkileyen önemli faktörlerdendir. Taşınan toprağın önemli bir miktarı, arka arkaya sürekli bir şekilde yağın sağanak yağışlar sonrası meydana gelmektedir. Bununla birlikte, topoğrafya nedenli erozyonu, orman kesimleri, toprağın sürülme teknikleri ve aşırı otlatma gibi insan faaliyetleri de hızlandırmaktadır. Bu çalışmada, Soruk Çayı havzasında erozyonun nedenleri, sonuçları ve ilgili sorunlar ortaya konulmaya çalışılmıştır (Şahin, 2004).

Gümüşhane-Torul Barajı Yağış Havzasından taşınan toprak miktarının WEPP ortamında belirlenmesi ve çözümleri üzerine yapılan bir çalışmada ana kaya, arazi kullanımı, eğim ve bakı etmenleri dikkate alınarak oluşturulan eş havzalar arasından seçilen model havzalarda toprakların fiziksel özellikleri ile havzaların hidrolojik ve fizyografik özellikleri belirlenerek CBS ve WEPP ortamında değerlendirilmek



suretiyle model havzalardaki sediment verimleri ortaya konulmuş, elde edilen verilerin tüm baraj havzasına uyarlanarak baraj üzerindeki etkisi ve sediment taşınmasını önleyici tedbirler belirlenmiştir. Sonuç olarak baraj havzasında yılda ortalama 42.16 ton/ha toprak kaybının gerçekleştiği ve tüm havzadan yıllık toplam 1842716.11 ton kaybolan toprak miktarı olduğu ve tespit edilen kaybolan toprak miktarının barajda 17 yıllık bir üretim kaybına sebep olacağı belirtilmiştir (Aydın, 2007).

Su, en önemli eroziv kuvvetlerden biridir. Suyun erozyon oluşumuna etkisi üzerinde de birçok faktörün rolü bulunmaktadır. Yamacın eğim özellikleri de bu faktörlerden biridir. Eğimin derecesi ve uzunluğu yüzeysel akış ve toprak erozyonu oluşumunda önemli olan öğelerdir. Erozyon üzerinde etkili olan bir başka yamaç özelliği ise yamaç şeklindedir. Genel olarak düz, içbükey, dışbükey ve karma olarak adlandırılacak farklı şekle sahip yamaçlarda, farklı erozyon ve yüzeysel akış karakteristikleri söz konusudur. Bu çalışmada yamaç şeklinin erozyon üzerindeki etkisi, yapılan benzer çalışmalar değerlendirilerek belirtilmiş ve önemi vurgulanmıştır (Şensoy ve Palta, 2009).

Ahır Dağında yer alan havzaları temsilen Keklik Deresi yağış havzasında erozyon tedbirleri uygulanan ve uygulanmayan alanların toprak kayıpları üzerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara bağlı olarak ağaçlandırma ve erozyon kontrolü tedbirlerinin eksik yönlerinin giderilmesi amacıyla önemli verilere ulaşılmıştır. Ayrıca, aynı havzada WEPP (Water Erosion Prediction Project) yöntemi kullanılarak yapılan bir araştırmadan elde edilen verilerin Silt Fence kullanılarak elde edilen verilerle karşılaştırılması yapılarak, WEPP modelinin seçilen araştırma alanı havzası ve benzer özelliklerdeki diğer havzalara uygulanmasında bilimsel açıdan yeterlilik düzeyi de test edilmiştir (Aladağ, 2009).

Gümüşhane-Torul Barajı yağış havzasında bulunan alt havzalar 5 ayrı eş havza grubuna ayrılmış ve her bir eş havza grubu içerisinde bir adet model havza seçilmiştir. Bu araştırmada (1) nolu model havzada WEPP modeli kullanılarak arazi kullanım durumuna göre toprak kayıpları ve erozyonun önlenmesi için alınması gereken önlemler belirlenmiştir. Bu amaçla farklı arazi kullanım şekillerinden toplam 56 adet toprak örneği alınmıştır. (1) nolu model yağış havzası için tahmini toprak

kayıpları havzanın % 69.70'ini oluşturan ormanlık alanlarda 10494.04 ton/yıl iken; bu değer toplam havza alanının % 20.17'sini oluşturan mera alanlarında 12630.18 ton/yıl ve % 10.77'sini oluşturan tarım alanlarında 10108.18 ton/yıl olarak tespit edilmiştir. Model havzada sediment taşınımını önleyici tedbirler planlanmış ve planlama maliyetleri hesaplanmıştır. Bu model havza için fayda/masraf oranı 12.12 olarak tespit edilmiş ve bu proje ekonomik olarak kabul edilebilir olduğu belirlenmiştir (Aydın, 2009).

Ankara'nın batısındaki tarım topraklarında erozyonunun boyutunu tespit etmek ve erozyonla mücadeleye katkı sağlayacak önerileri geliştirmek amacıyla yapılmıştır. Ankara'nın batısındaki tarım topraklarındaki erozyonun boyutu "Universal Toprak Kaybı Belirleme Modeli" (USLE) ile belirlenmiş ve örneklenen toprakların düşük organik madde, düşük permeabilite, yüksek silt miktarı ve yüksek erodibiliteye sahip olduğu tespit edilmiştir. İstasyonlardaki toprak kaybı 21.8 ton/ha/yıl ile 37.6 ton/ha/yıl arasında bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlar erozyon boyutunun kabul edilebilir sınırların çok üstünde olduğunu ve acil olarak çözüm stratejileri geliştirmenin gerekliliğini göstermektedir. Erozyon araştırma ve uygulamalarına ivme kazandırılması yurdumuzun en önemli çevre problemi olarak kabul edilen toprak erozyonu ile mücadeleye katkı sağlayacaktır (Schröder ve Tunç, 2010).

Kastamonu il sınırları içerisinde yer alan İnebolu havzasında yapılan bu çalışmanın amacı ICONA modeli kullanarak havzanın erozyon risk dağılım haritalarının oluşturulmasıdır. İlk olarak sayısal yükselti modeli (DEM) kullanılarak eğim haritası oluşturulmuştur. Eğim katmanı ve jeoloji katmanının analizi sonucunda potansiyel erozyon risk haritası yapılmıştır. Bu işlem sonucuna göre, havzanın potansiyel erozyon risk sıralaması %2.2 (düşük), %4.4 (orta), %20.1 (orta yüksek), %34.1 (yüksek) ve %39.2 (çok yüksek) olarak belirlenmiştir. Spot uydu görüntüsü kullanılarak alana ait bitki arazi örtüsü ve arazi kullanım haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu haritaya göre, çalışma alanının %52.9'u yüksek ve çok yüksek erozyon risk duyarlılığına sahiptir. Diğer taraftan, alanın %34.5'i düşük ve çok düşük erozyon riskine sahiptir. Alanın sadece %12.5'i orta seviyede erozyon riskine sahiptir. Ayrıca bu çalışma CBS ve UA tekniklerinin toprak erozyon risk belirleme çalışmalarında önemli rol oynadıklarını da göstermiştir (Dengiz, 2014)

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı düzenlenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) yöntemi kullanılarak Tekirdağ ilinin erozyon risk sahalalarının yıllık ortalama toprak kayıp miktarının belirlenmesi ve haritalandırmasıdır. Tekirdağ ilinin genelinde (%61.9) çok hafif erozyon riskinin etkili olduğu tespit edilmiştir. Erozyon daha çok eğim değerinin yüksek, zemin örtüsünün zayıf veya tahrip edildiği, vadi yoğunluğunun fazla ve toprak özelliklerinin ince karakterli olduğu alanlarda şiddetli olduğu görülmüştür. İlde yaşanan yıllık ortalama toprak kayıp 5.26 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte 32 yıllık zaman zarfında (1981-2013) çok hafif, hafif ve çok şiddetli erozyon risk sınıflarında artış, orta, güçlü ve şiddetli erozyon risk sınıflarında ise azalış şeklinde makul bir değişim yaşanmıştır. Bu çalışma ile CBS tekniklerinden yararlanılarak RUSLE yöntemiyle erozyon riskinin belirlenebileceği gösterilmiştir (Özşahin, 2014).

### **2.3.2. Diğer Ülkelerde Yapılan Çalışmalar**

Tayland'da 340-1600 m'ler arasındaki farklı yükseltilerdeki yetişme ortamından alınan toprak örneklerinde, her yükselti kademesinde toprakların erodible olduğu ve yükseltinin artması ile toprakların stabilitesinin azaldığı bulunmuştur (Kasem ve ark.,1969).

Kaliforniya'da 6 farklı ana kaya üzerinde gelişmiş olan doğal vejetasyonla kaplı topraklar üzerinde yapılan çalışmada; toprakların erozyona dayanıksız oldukları ortaya konulmuştur (Wallis ve Stevan, 1971).

Pattani (Tayland) baraj havzasında, farklı arazi kullanım şekilleri ve yükseltiler altındaki toprakların stabilitesi araştırılmış. 80-320 m yükselti kademeleri arasında üç farklı arazi kullanım şekli (tarım, kauçuk plantasyonları ve tropikal yağmur ormanları) altındaki topraklar üzerinde yapılan analizler sonucunda, arazi kullanım şekilleri ve yükselti ile toprak stabilitesinin anlamlı bir farklılık göstermediği belirlenmiştir. Baraj havzası üzerindeki yerleşim yerleri için toprak erodibilitesinin ciddi bir problem oluşturmayacağı sonucuna varılmıştır (Bunvong ve ark., 1976).

A.B.D Washington eyaletinde kurak ve nemli iklim koşulları altında gelişmiş bazı orman topraklarının erodibilite karakteristikleri araştırılmış. Kurak koşullara sahip toprakların aynı yağış ve eğim altında, nemli iklime sahip araştırma topraklarına göre

daha fazla erozyona uğradığı ve dolayısıyla yapılacak mukayese ile kurak bölge topraklarının nemli bölge topraklarına göre erozyona dayanıklı olduğu belirtilmiştir (Balcı, 1978).

Amerika'da ormanların kesimlerinden sonra havzalardaki infiltrasyon kapasitesi ve yüzey erodibilitesi üzerine yapılan bir çalışmada, örnek alan olarak alınan dört havzada infiltrometre kullanarak infiltrasyon kapasitesi ve yüzey erodibilitesi tayin edilmiştir. Kesim yapılan alanlar ile yapılmayan alanlar karşılaştırıldığında, kesimle birlikte (treylelerle sürütme, ağaç sürütme yolları, yangın, traktör ve rüzgâr devrikleri büyük zararlar yapmış) örnek alanların şiddetli derecede düzenlerinin bozulması infiltrasyon kapasitesini azaltıp yüzey erodibilitesini arttırdığı tespit edilmiştir (Johnson ve Reschta, 1980).

Kaliforniya'da yangının orman topraklarının erodibilitesi üzerinde yaptığı etkiyi incelemek amacıyla yapılan araştırmada, iyi gelişmiş orman topraklarında yangın ile meydana gelen toprak ısınmasının erodibiliteyi azalttığı fakat yağmurla külün yıkanması durumunda ise erodibilitenin arttığı ifade edilmiştir (Durgin, 1985).

Hindistan'da alüviyal topraklar üzerinde yapılan bir çalışmada erozyon oranı ve dispersiyon oranının önemli seviyede pozitif korelasyon gösterdiği, ayrıca erodibilite ile katyon değişim kapasitesi, değişebilir sodyum ve magnezyum, organik madde, toplam azot, mevcut fosfor ve potasyum ile önemli bir ilişkinin var olduğu bulunmuştur (Bhatia ve ark., 1985).

Yapılan araştırmada 9 farklı mera deneme alanında WEPP modeli uygulanmış. Farklı toprak ve vejetasyon yapısına sahip olan bu alanlarda yağmurlama simulasyon yöntemi ile doğal koşullar altında meydana gelen erozyon durumu incelenmiştir. WEPP modelinde tahmin edilen sediment ve kaybolan toprak miktarı gözlemlenen değerlere yakın bulunmuştur. Bu çalışma sonucunda bitki örtüsü kapallılık derecesinin erozyonu azalttığı belirlenmiştir (Simanton ve ark., 1991).

WEPP teknolojisini kullanarak meraların yüzeysel akış ve sediment durumu incelenmiş. WEPP modelinde tahmin edilen yüzeysel akış ile ölçüm yapılan 90 büyük deneme noktası arasında yapılan karşılaştırmaya göre, Green ve Ampt

parametreleri kullanıldığı zaman aradaki ilişkinin zayıf olduğu belirlenmiştir (Wilcox ve ark., 1992).

WEPP ile DEM (Digital Elevation Model)'i birlikte kullanarak kaybolan toprak miktarının belirlenmesi için yapılan çalışmada otomatik olarak havzanın eğimlere ayrılması elle ayrılması kadar doğru sonuçlar vermiştir. Havzanın otomatik olarak eğimlere ayrılmasında TOPAZ (Topographic Parameter Zation) programı kullanılmış ve verilerin entegresinde ise ArcView 3.0 GIS programı kullanılmıştır. Ayrıca sayısal yükseklik verilerin elde edilmesinde de GPS (Global Position System) kullanılmıştır. Bu çalışma ile otomatik olarak havzanın alt havzalara ayrılması, elle (manuel) yapılan ayırım kadar doğru sonuçlar vermiş ve kaybolan toprak miktarı doğru bir şekilde saptanmıştır (Flanagan ve ark., 1994).

Bu çalışma WEPP erozyon modelinin mera alanları için uygulanabileceği ve RUSLE toprak kayıp denkleminin yerini alabileceğini göstermek için yapılmıştır. Bu çalışmada WEPP modeli mera alanlarındaki bitki, toprak ve iklim parametrelerine göre erozyon durumunu ortaya koymak ve sonuç olarak kaybolan toprak ile sediment durumunu tespit etmede kullanılmaktadır (Lafren ve ark., 1994).

WEPP modeli farklı ürün koşulları altındaki doğal sediment ölçümü yapılan alanlarda uygulanarak kaybolan toprak ve sediment durumunun tahmin edilmesi için yapılan çalışmada model, 8 farklı alanda, 34 farklı bitki amenajman koşulu altında 9 yıllık periyot boyunca simule edilmiştir. Birçok tarımsal ürün ve sürüm sistemi kullanılmıştır. Tahmin edilen ve ölçülen değerler arasındaki yüzeysel akış için belirlenen  $r^2$  katsayısı, 0.87 olarak, toprak kayıpları arasındaki  $r^2$  katsayısı ise 0.36, 0.60 ve 0.85 olarak belirlenmiştir. Farklı ürün ve toprak koşulları altında WEPP modelinde tahmin edilen toprak kayıpları ve sediment değerleri, ölçülen değerlere yakın bulunduğundan, sonuç olarak WEPP modelinin kaybolan toprak ve yüzeysel akış ile birlikte sediment değerlerinin belirlenmesinde gerçekçi anlamda kullanılabileceği ortaya konulmuştur (Zhang ve ark., 1996).

WEPP havza modeli farklı iklim, topoğrafya, toprak ve bitki amenajman koşulları altındaki küçük havzalarda (0.34 –5.14 ha) başarılı bir şekilde uygulanarak erozyon tahmini yapılmış. Çalışmada WEPP-95 versiyonu 15 ayrı havzada uygulanarak yüzeysel akış ve sediment verimi durumları karşılaştırılmıştır. Tahmin edilen ve

ölçülen toplam yüzeysel akış ve sediment verimlerinin  $r^2$  değeri 0.86 ile 0.91 arasında nispi olarak değişmiştir. Her bir havza için ölçülen ve tahmin edilen  $r^2$  değerleri yüzeysel akış için 0.01'den 0.85'e kadar, sediment için ise 0.02'den 0.90'a kadar değerler almıştır. WEPP modeli ile tahmin edilen sediment ve yüzeysel akış değerleri ölçülen değerlere yakın olduğundan WEPP erozyon modeli ile gözlem yapılamayan alanlarda modelin kullanılabileceği ortaya konulmuştur (Liu ve ark., 1997).

Tayvan'da yapılan bir çalışmada, Uzaktan Algılama (RS) ve hidrolojik model kullanılarak bir baraj havzasındaki su koruma kapasitesinin tahmini yapılmış. Baraj havzasında arazi kullanım şekillerinin değişmesi ve ormansızlaşmanın su koruma üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Hidrolojik analiz işlemlerinde ve baraj alanı için sayısal verilerin elde edilmesi GIS ile yapılmıştır. RS ve GPS (Global Position System) kullanılarak yüzey vejetasyon özellikleri ve arazi kullanım şekillerindeki değişim incelenmiştir. Erozyon tahmini, EIM kullanılarak belirlenmiş olup arazi kullanım şekillerinin değişmesi ile birlikte erozyon miktarının arttığı da tespit edilmiştir (Tien ve ark., 1999).

CBS ve DEM' i kullanarak WEPP ile küçük havzalarda meydana gelen erozyon ve sediment tahmini modellemesi üzerine yapılan bir çalışmada iki yaklaşım kullanılmış; ilki Hillslope metodu olup buna göre dereler ve yamaçlar otomatik olarak DEM ortamında oluşturulmuştur. İkincisi Flowpath metodu olup, bir yağış havzasındaki tüm akım yönleri dikkate alınarak havza bir bütün olarak ele alınmıştır. Beş farklı havzada WEPP modeli uygulanmış, havzadaki çıkış noktalarında ölçülen ve tahmin edilen sediment verimi ve yüzeysel akış değerleri için yapılan istatistik analizler iyi sonuç vermiştir. DEM ortamındaki her çözünürlükte Flowpath metodu, elle yapılan WEPP uygulaması kadar doğru sonuçlar vermiştir (Cochrane ve Flanagan, 1999).

Avustralya' da 3 yıllık bir periyot için, kumlu bir tarım arazisinde yapılan bir çalışmada, aylık yüzeysel akış ve sediment miktarı WEPP ortamında tahmin edilerek ölçülen değerler ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada yamaç uzunluğu 36 m, eğim ise % 5,5 olarak alınmış, infiltrasyon ve erodibilite değerleri WEPP modelinde tavsiye edilen denklemler ile belirlenmiştir. Araştırmaya göre  $r^2$  değeri nispi olarak 0.57 ile

0.81 arasında değişmiştir. Ancak yapılan çalışmaya göre Amerika dışında WEPP modelinin kullanılmasında bazı kalibrasyonların ve lokal değerlerin girilmesi gerektiği anlaşılmıştır (Yu, B. ve ark., 2000).

USDA Forest Servisinin Rocky Mountaion Araştırma İstasyonunda yürütölen bir çalışmada WEPP modifiye edilerek Disturbed WEPP programı geliştirilmiştir; bu program orman ve mera alanları için kaybolan toprak miktarını ortaya koymaktadır. Model genç ve yaşlı bozulmamış meşcerelerde, mera, yaban hayatı, yangın alanlarında ve orman topraklarında kullanılmaktadır. Modele göre farklı simölasyon yılları uygulanabilmektedir. Kesimden sonraki yıllardan itibaren 5, 10, 20, 25, 50 ve 100 yıllık simölasyon yapmak mümkündür (Elliot ve ark., 2000).

USDA (United States Department of Agriculture) tarafından USLE'nin eksiklikleri giderilmiş ve geliştirilerek WEPP (Water Erosion Prediction Project) teknolojisi elde edilmiştir. Bu teknoloji toprağın erozyon durumunu en iyi şekilde ortaya koyan ve CBS ile entegre edilebilen önemli bir programdır. WEPP in son versiyonu olan GeoWEPP, Arcview ile WEPP in entegre edilmesi ile geliştirilmiştir (Yüksel, 2001).

Elliot, ekili alan ve mera alanlarında RUSLE ve WEPP modelini karşılaştırmıştır. Buna göre, havzalarda gözlenen ortalama yüzeysel akış 2.03 mm., mera alanında uygulanan WEPP modeline göre tahmin edilen ortalama yüzeysel akış 8.73mm., FS WEPP modele göre tahmin edilen 3.53 mm. olarak bulmuştur. Havzalarda, erozyon modellerine göre gözlemlenen hektardaki yıllık sediment verimi, 2.48 ton/ha, RUSLE'ye göre 4.04 ton/ha ve FS WEPP modeline göre 3.06 ton/ha olarak bulmuştur (Elliot, 2001).

Kansas Devlet Üniversitesi deneme sahasında yürütölmüş, üç farklı erozyon modeli ile toprak kayıplarının tahmin edildiği ve arazi ölçümleri ile karşılaştırıldığı bir çalışmada WEPP, EPIC ve ANSWERS modelleri kullanılmış; bu modellerle yapılan tahminler ve ölçölen değerlerin karşılaştırılması sonucu en makul değerlerin WEPP modeli ile elde edildiği belirlenmiştir (Bhuyan ve ark., 2002).

Peru And Dağları'ndaki bir çalışma alanında CBS ve WEPP modelinin entegre edilmesiyle bir havzadaki erozyon noktalarının değerlendirildiği bir çalışmada; CBS ile WEPP' in entegre edildiği toprak erozyonunun mekânsal modellenmesi olarak

adlandırılan (GEMSE) bir ara yüz kullanılmıştır. Haritaların oluşturulmasında ve sonuçların görselleştirilmesinde kullanılan CBS yazılımının bağımsız olması; iklim, toprak, eğim gibi basit girişlerin toprak kaybı ve yüzeysel akış gibi yanıt yüzeyleri ile ilgili çıktıları üretmede kullanılabilmesi; çeşitli kaynakların kullanımı kolaylığını sağlayan farklı katmanlar için ölçek, çözünürlük ve kapsadığı alanın farklı olması avantajları olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada WEPP' in öncelikli olarak yamaç eğimi geçerliliğinin kabul edildiği Peru'daki La Encanda havzasında GEMSE (Geospatial Modelling of Soil Erosion)'nin kullanılabilirliğini göstermek amaçlanmıştır. Bu süreçlerin mekânsal dağılımını ortaya çıkan yüzeysel akış ve toprak kaybı haritaları göstermektedir. Bu haritalar havza bazında toplam yüzeysel akış ve toprak kaybını vermesine rağmen; toprak ve su koruması için öneriler ve eylem planı yapmaya karar vericilere yardımcı olmak için erozyonun gerçekleşeceği noktaları tanımlamak amacıyla kullanılmıştır (Baigorria, 2007)

Hindistan'da Doğu Himalaya'nın dik eğimli ve yüksek yağışlı koşullarında yüzeysel akış ve sediment veriminin tahmin edilme etkinliğinin WEPP modeliyle test edildiği bir çalışmada; WEPP modeli Doğu Himalaya'nın tipik agro-klimatik koşullarını temsilen Umroi Havzası'nda tarımsal sürdürülebilirliği iyileştirmek, vejetatif ve yapısal kontrol önlemlerini geliştirmek için kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre soya ve yerfıstığı bitkileri sarp arazideki pirinç ürününün yerini alarak sediment verimini sırasıyla % 29.60 ve 27.70'e düşürme potansiyeline sahiptir. Ayrıca; mevcut toprak işleme uygulamaları yerine işlemeden tohum ekme ve alan ekimi yöntemleri ile sediment veriminin sırasıyla % 21.88 ve 13.14 azalabileceği belirtilmiştir (Singh ve ark., 2011).

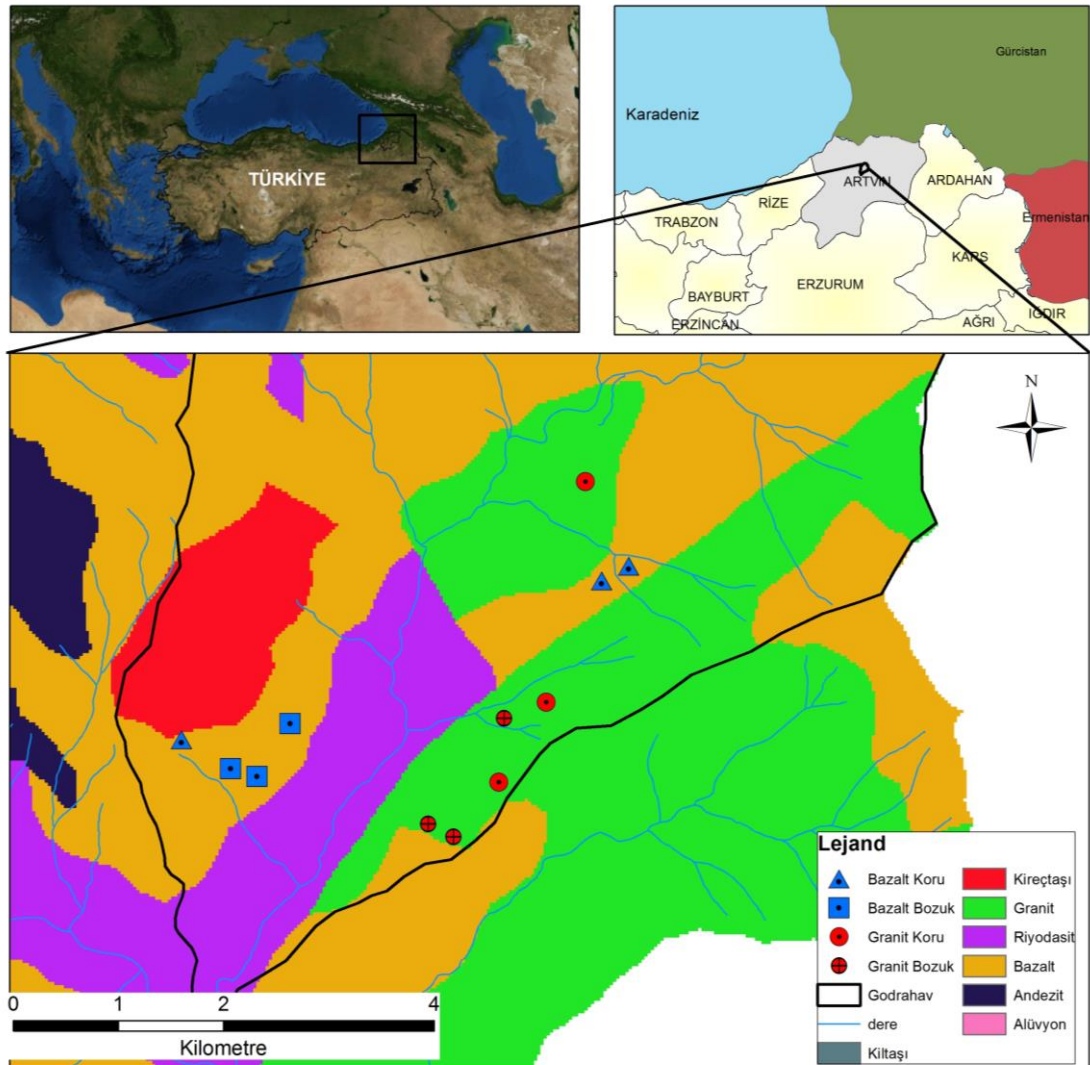


### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Çalışma Alanı

Godrahav Deresi Yağış Havzası, Doğu Karadeniz Bölgesi Artvin ili sınırları içerisinde, Karçal Dağları'nın uzantısı olan Saçinka mevkiinde yer almaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı olarak seçilen Godrahav Havzası sınırlarını, jeolojik yapıyı ve örnekleme noktalarını gösteren harita

Bölgenin sınırları Artvin F47-c1, F47-c2, F47-b3, F47-b4 paftaları içinde yer almaktadır (Anonim, 2006-2025).

Araştırma sahası Artvin-Saçınka-Godrahav Deresi Havzası (Şekil 1)'nda yer almakta olup coğrafi koordinatları bakımından 41° 12' 35"- 41° 14' 15" kuzey enlemleri ile 41° 51' 27"- 41° 51' 18" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Araştırma alanı 200-2450 m yükseltiler arasında yer almakta olup, toplam alanı ise 5298.21 hektardır.

En yüksek noktası 2469 m ile Kesik Tepe, en alçak noktası ise 250 m ile Aydoğan Mahallesi'dir. Aydoğan mahallesinden girilen havzada güneydoğu yönünde uzanan Kırklar sırtı, Elesimda Tepesi ve Sallak sırtı ile Sütdağı mevkiine ulaşılmakta oradan da Vazire tepesi, Danagölü Tepesi, Sütdağı ve Herbi Tepesinden de geçilerek havzanın en yüksek noktası olan Kesik Tepe'ye (2460 m) ulaşılarak havzanın doğu sınırı çizilmektedir. Buradan ise kuzey sınırını oluşturan Lekta Tepe'ye geçilmekte ve kuzeybatı yönünde uzanarak batı sınırının başlangıcı olan Kolis Tepe'ye ulaşılmaktadır. Kolis Tepesi'nden Velesa sırtı ile Avcıkilisesi Tepesine ve oradan da Pikalt Tepe'ye inilmektedir. Pikalt Tepe'den Aydoğan mahallesine inen bir sırtla da araştırma havzasının batı sınırı çizilmektedir. Godrahav Deresi, havzanın kuzeydoğu ve doğu sınırını oluşturan Herhi Tepe, Kesik Tepe ve Lekta Tepe'nin eteklerinden doğmakta ve Aydoğan Mahallesi'nden de Çoruh Nehri'ne çıkış yapmaktadır.

### **3.1.2. İklim**

Hemen hemen her yönüyle bir geçiş bölgesi özelliği taşıyan Artvin ve çevresi, iklim özellikleri itibariyle de bir geçiş bölgesi karakteri taşımaktadır. Artvin ve çevresi Karadeniz kıyı (oseyanik), Karadeniz ardı (yarı karasal) ve Doğu Anadolu (karasal) iklim kuşaklarına sahiptir (Yüksek ve Ölmez, 2002).

Nemli hava kütlelerinin iç kısımlara kadar sokulmasını engelleyen kuzeydoğu güneybatı doğrultulu Doğu Karadeniz Dağları'na karşılık, Yalnızçam Dağları da Doğu Anadolu Karasal İkliminin soğuk hava kütlelerinin kıyı bölgesine doğru sokulmasını engellemekte ve bu hava kütleleri geniş çapta söz konusu iki dağ grubu tarafından kontrol altında tutulmaktadır. Çoruh Vadisi'nin Karadeniz'e açılan kesimlerinden itibaren Artvin yakınlarına kadar ılıman deniz ikliminin etkileri

belirirken, iç kesimlere doğru bu etki gittikçe kaybolmakta ve tedrici bir şekilde karasal iklime geçilmektedir (Ceylan, 1995).

Karadeniz Bölgesinin Doğu Karadeniz Bölümü sınırları içerisinde yer alan Artvin ilinin iklim karakteristiği, kışların ılık, yazların sıcak olması ve çok yüksek yağışların sıkça görülmesidir. Çoruh Nehri ve Cankurtaran Geçidinden gelen nemli hava ile hem Karadeniz'in etkisi altında bulunmakta hem de yüksek bir arazi yapısına sahip olduğu için sık sık yağış görülmekte ve sis oluşmaktadır (Yüksek ve Ölmez, 2002).

### **3.1.3. Sıcaklık**

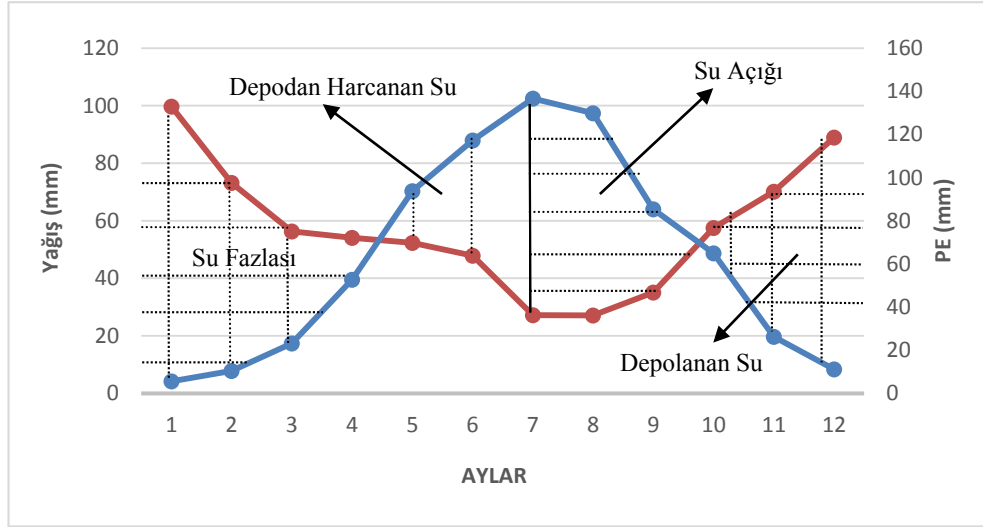
Çoruh Nehri ve kolları tarafından derin bir şekilde parçalanmış olan Artvin ilinde bu havza karakteri sıcaklık dağılışının; bakı, yükselti ve orografik faktörlerle kısa mesafelerde değişmesine neden olmuştur. Çoruh Vadisi'nin doğusunda kalan yamaçlar ve dağlık alanlar, batı yamaçlarına oranla akarsular tarafından daha derin ve daha sık yarılmıştır. Bu durum, doğal olarak bakı şartlarının ve dolayısıyla sıcaklık değerlerinin kısa mesafelerde değişmesine neden olmuştur. Çoruh Nehri ile dağlık alanlar arasındaki 2800-3000 m'lik yükselti farkı ortalama sıcaklığın azalması şeklinde kendini belli etmektedir (Ceylan, 1995). Artvin Meteoroloji İstasyonu'nun 59 yıllık (1954-2013) gözlem verilerine göre, Artvin'in yıllık ortalama sıcaklığı 12.2 °C'dir. Yılın en sıcak ayı Ağustos (20.7 °C), en soğuk ayı ise Ocak (2.6 °C) ayıdır (Tablo 1). Yıllık ortalama maksimum sıcaklık en yüksek 26 °C ile Ağustos, ortalama minimum sıcaklık ise - 0.3 °C ile Ocak ayında görülmektedir (Anonim, 2014).

### **3.1.4. Yağış**

Ceylan'ın Erinç'e atfen belirttiğine göre; Artvin'in yağış rejimi; yaz kuraklığı Akdeniz rejiminde olduğu kadar şiddetli olmayan, bununla birlikte en yağışlı devrenin kış mevsimine rastladığı, ilkbahar ve sonbahar yağışları arasındaki farkın Akdeniz Bölgesi'ndekinden az olduğu, Akdeniz ve Karadeniz rejimleri arasındaki geçiş tipi ifadesine uymaktadır. Her mevsimi yağışlı Karadeniz iklimi ile kara iklimi arasında bir geçiş bölgesi karakteri taşımaktadır (Ceylan, 1995).

Thornthwaite yöntemine göre yapılan hesaplama sonucunda Artvin ili için nemli, düşük sıcaklıkta, temmuz, ağustos ve eylül aylarında su açığı olan veya pek az olan,

kısmen deniz etkisi altında bir iklim tipinin (Şekil 2) hâkim olduğu belirlenmiştir (Yüksek & Ölmez, 2002).



Şekil 2. Thornthwaite yöntemine göre Artvin'in su bilançosu grafiği.

Aşağı Çoruh Vadisi'nin uzanış doğrultusu (NW-SE), kıyının nemli havasının iç kesimlere taşınmasına aracılık etmekte ise de, bu hava kütleleri iç kesimlere taşınırken Doğu Karadeniz Dağları'nın etkisi ile yükselmekte ve yoğunlaşma ile birlikte yağışın büyük bir bölümü kıyı ile kıyıya yakın konumlarda düşmektedir.. Artvin'den itibaren Aşağı Çoruh Vadisi'nin Kuzeybatı, Güneydoğu doğrultusundaki uzanışı, Karadeniz'in nemli hava kütlelerinden etkilenmekte ve yağış değerleri de kısa mesafelerde değişiklik göstermektedir (Ceylan, 1995). 59 yıllık ortalamalara göre Artvin ili için yıllık ortalama yağış miktarı 698.7 mm (Tablo 1)'dir. Yıllık ortalama yağış miktarının en düşük olduğu ay 29.4 mm ile Ağustos ayı, ortalama yağış miktarının en yüksek olduğu ay ise 91.2 mm ile Aralık ayıdır (Anonim, 2014).

Tablo 1. Artvin Meteoroloji İstasyonu'nun 1954-2013 (59 yıllık) yılları arasındaki bazı iklim verileri.

| İklim Elemanları      | AYLAR |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | YILLIK |
|-----------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
|                       | I     | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |        |
| Ort. Max. Sıcaklık °C | 6.2   | 8.1  | 12.2 | 17.7 | 21.7 | 24   | 25.6 | 26.0 | 24.0 | 19.6 | 13.3 | 7.8  | 17.2   |
| Ort. Min. Sıcaklık °C | - 0.3 | 0.3  | 2.7  | 7.1  | 11.1 | 14.1 | 16.7 | 16.9 | 14.0 | 10.1 | 5.6  | 1.6  | 8.3    |
| Ort. Sıcaklık °C      | 2.6   | 3.8  | 6.9  | 11.8 | 15.7 | 18.6 | 20.6 | 20.7 | 18.0 | 14.0 | 8.9  | 4.3  | 12.2   |
| Ort. Yağış (mm)       | 83.3  | 73.3 | 62.3 | 55.8 | 51.7 | 48.2 | 31.8 | 29.4 | 35.0 | 59.9 | 76.6 | 91.2 | 698.7  |

### 3.1.5. Jeolojik Yapı ve Genel Toprak Özellikleri

Artvin, Kuzey Anadolu orojenik kuşağında yer almaktadır. Bölgenin en eski arazisini meydana getiren metamorfik seri, Çoruh Nehrinin aşağı kesimlerinden başlayarak Sirya üzerinden kuzeydoğuya doğru uzanmaktadır (Gattinger, 1962).

Kompleks ve komplike bir durum arz eden bölge tektoniği, blok faylanmalara da sahne olmuş ve çeşitli büyüklükte horst ve grabenlerin oluşumuna sebebiyet vermiştir (Ceylan, 1995).

Artvin İlinde yayılan topraklar altı grupta toplanmaktadır. Bunlar, kahverengi ve kireçsiz kahverengi orman toprağı, kırmızı topraklar, sarı podzolik topraklar, yüksek dağ çayır toprakları, alüviyal ve kolüvyal topraklardır (Yüksek ve Ölmez, 2002).

Araştırma alanında kahverengi ve kireçsiz kahverengi orman toprağı oluşumları gözlenmektedir. Artvin il merkezi civarında yer alan ve araştırma sahasının da bulunduğu kuzeydoğuya doğru uzanan Kahverengi orman topraklarına rastlanabilir. Üzerindeki orman örtüsü esas olarak ladin, kayın ve göknardan oluşmaktadır. Kahverengi orman toprakları genellikle geniş yapraklı ormanların altında oluşur (Anonim, 1980).

Araştırma sahası dâhilinde bulunan Kireçsiz Kahverengi Orman toprakları ise değişik ana kayalardan oluşur. Renk ve baz durumu ana materyal ve organik madde miktarına bağlı olarak değişir. Toprak profili içerisinde horizonların dağılımı A-B-C seklindedir. Eğim değerlerinin nispeten fazla olduğu bu bölgelerde, genellikle A ve C horizonlarının geliştiğı gözlenmektedir. Killi-kumlu olan A horizonu, organik madde bakımından zengindir ve renk itibariyle koyu kahverengidir. Bazı durumlarda profil içerisinde B horizonuna rastlanmayabilir. A horizonun gelişimi oldukça iyidir. A horizonu gözenekli ve kırıntılı bir yapıdadır. B horizonundaki gelişim A horizonu kadar belirgin değildir ve zayıf bir gelişim gösterir. Genel olarak bu horizonta kil birikimi oldukça azdır veya hiç olmayabilir. Bu katmanın oluşumu, yıkanmadan çok ayrışma sonucu ortaya çıkan değişmeler ile ilgilidir. Bu horizon birçok kısımda yoktur ve A1'in hemen altında C horizonu bulunmaktadır. Horizonlar arasındaki geçiş tedricidir (Yüksek ve Ölmez, 2002).

Buldukları yerlerdeki topografyanın daha çok dik, sarp veya dalgalı olması nedeni ile bu topraklar çoğunlukla sığdır ve gelişmiş bir profil bulmak zordur. Buldukları yerlerde yıllık ortalama yağış 400-1250 mm arasında değişmektedir.

### 3.1.6. Bitki Örtüsü

Artvin, bitki coğrafyası ve flora bölgesi açısından Euro-Siberian (Avrupa Sibirya) alanının Colchis (Kolsik) kesimi içinde yer almaktadır. Daha çok yapraklı türlerden oluşan bir orman vejetasyonu egemen olup, yükseltiye bağlı olarak topluma iğne yapraklı taksonlar da katılmaktadır (Anşin, 2002) .

Trabzon, Rize ve Artvin illerinin bulunduğu kolsik kesimin endemik türler açısından zengin olduğu, Avrupa-Sibirya fitocoğrafik bölgesinin Karadeniz bölgesinin, kolsik kısmında yayılış gösteren 386 adet endemik bitki taksonu saptandı ve bu sayının 565 civarında olabileceği belirtilmektedir (Anşin, 2002).

Araştırma alanının da içinde yer aldığı Saçınka İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan odunsu türler *Pinus sylvestris L.*, *Abies nordmanniana (Stev.) Mattf.*, *Picea orientalis L.*, *Pinus pinea L.*, *Fagus orientalis Lipsky.*, *Quercus robur L.*, *Quercus petraea (Mattuschka) Liebl.*, *Carpinus orientalis Miller*, *Alnus glutinosa (L.) Gaertn.*, *Castanea sativa Miller*, *Sorbus torminalis (L.) Crantz.*, *Populus tremula L.*, *Tilia rubra DC.*, *Ostrya carpinifolia Scop.*, *Taxus baccata L.*; ağaççık ve çalı türleri *Rhododendron ponticum L.*, *Rhododendron luteum (L.) Sweet.*, *Rhododendron caucasicum Pallas*, *Vaccinium arctostaphylos L.*, *Vaccinium myrtillus L.*, *Prunus laurocerasus L.*, *Corylus avellana L.*, *İlex aquifolium L.*, *Hedera helix L.*, *Pyrus elaeagnifolia Pall.*, *Pyrus amygdaliformis Vill.*, *Malus silvestris Mill.* , *Mespilus germanica L.*, *Rubus fruticosus L.*, *Fragaria vesca L.*, *Staphylea pinnata L.*, *Rhus coriaria L.*, *Rosa canina L.*, *Paliurus aculeatus Lamb.*, *Pyracantha coccinea Roemer*, *Viburnum orientale Pallas*, *Evonymus vulgaris Mill.*, *Daphne laureola L.*, *Sambucus L.*, *Rhamnus catharticus L.*, *Frangula alnus Miller*, *Buxus sempervirens L.*, *Lonicera periclymenum L.*; otsu türler ise *Ruscus aculeatus L.*, *Ruscus hypoglossum L.*, *Calystegia sepium L.*, *Smilax excelsa L.*, *Urtica dioica L.*, *Phytolaca americana L.*, *Atropa belladonna L.*, *Morina persica L.*, *Euphorbia macroclada Boiss.*, *Viscum album L.*, *Digitalis purpurea L.*, *İnula helenium L.*, *Campanula rotundifolia L.*,

*Medicago L., Centaurium vulgare Rafn. ve Gramineae* familyasına ait bazı türler olarak belirtilmiştir (Anonim, 2006).

### 3.2. Yöntem

Bu çalışmada yöntem olarak WEPP modelinin bir ara yüzü olan WEPP-Road modeli kullanılarak orman yollarının neden olduğu toprak kaybı tahmin edilmeye çalışılmıştır. WEPP-Road programı oluşan toprak kaybı miktarlarını yolun yüzeyinden ve yolun altındaki tampon bölgeden bir dereye veya başka bir orman yoluna ulaşan kısmı olarak iki şekilde vermektedir.

Modellemenin bilgisayar ortamında başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için gerekli olan verilerin alınması ve programın yürütülmesi aşamasında yapılan işlemler genel hatları ile aşağıda sıralanmıştır;

- Orman Bölge Müdürlüğü'nden çalışma yapılacak orman yollarının seçimi için paftalar temin edilmiştir ve daha sonra bu paftalar ArcGIS ortamına aktarılarak WEPP-Road için gereken veriler ışığında örnek yolların seçimi yapıldı.
- Uzunlukları 80 ile 150 m arasında değişen toplam 12 örnek yolun seçiminde iki ana etmen olan ana kaya yapısı (bazalt ve granit) ve orman işletim şekli (koru ve baltalık) temel alındı. Aslında, WEPP-Road veri setleri arasında bitki örtüsü durumu veya orman işletim şekli ile ana kaya gibi bir etmen bulunmamaktadır. Bu etmenlerin kullanılması ile daha önce yapılan benzer çalışmaların sonuçlarına ilaveten orman yollarından meydana gelen toprak kaybı üzerinde farklı bitki örtüsünün ve/veya ana kaya yapısının etkili olup olmayacağı gözlemlenmiş olacaktır.
- Program tarafından tahmin edilen sediment verimi sonuçlarının istatistiksel olarak karşılaştırılması amacı ile 12 örnek yolun her biri boyuna eğimlerinin değişimine bağlı olarak 3 segmente ayrılmıştır. Ayrılan segmentlerin uzunlukları 20 ile 60 m arasında, eğimi ise %2 ile %12 arasında değişmektedir.
- Son olarak, seçilen örnek orman yollarına gidilerek WEPP-Road programının ihtiyaç duyduğu ve aşağıda detaylı bir şekilde açıklanan veriler arazi ortamında ve segment bazında ölçümler yapılarak elde edilmiştir.

- İklim için gerekli veriler en yakın meteoroloji istasyonundan alınmış ve seçilen yolların buldukları yükseklik seviyelerine göre enterpole edilerek hesaplanmıştır.
- Elde edilen gerekli tüm veriler internet ortamında herkese açık olarak hizmet veren WEPP-Road programına girildi ve yürütüldü. Modelin yürütülmesi sonucunda örnek orman yollarından tahmini olarak oluşan sediment verimi değerleri “orman yolundan oluşan” ve “tampon bölgeden oluşan” şeklinde ayrı ayrı elde edilmiştir.
- Son olaraksa elde edilen bu veriler korelasyon ve varyans analizleri sonuçlarına göre değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.

### **3.2.1. WEPP-Road Modelinde Kullanılan Veri Setleri**

Diğer benzer modeller arasında WEPP modelinin daha fazla ve detaylı veriye ihtiyaç duyduğu bilinmektedir ve bu nedenle de gerekli bilgilere ve verilere ulaşmak nispeten zordur (Elliot ve ark., 1999). Bu model ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri’nde geliştirilmiştir fakat zamanla geliştirilen ara yüzlerle bütün dünyada kullanılabilmesi mümkün olmuştur. Dolayısı ile kullanıcılar buldukları yerlerin iklim, toprak, yol şekli, yolun eğimi, uzunluğu ve genişliği, kazı sevi eğimi ve uzunluğu, dolgu eğimi ve uzunluğu, yol taşlılık durumu, yol yüzeyi kaplaması ve trafik verilerini mevcut veri tabanından ya da doğrudan ölçümlerle elde ederek WEPP-Road programı kullanılabilir. Yukarıda sıralanan verilerin girişinin yapıldığı WEPP-Road programı ara yüzünün ilk sayfası Şekil 3’te yer almaktadır.

Bu çalışmada, WEPP-Road programının yürütülebilmesi için gerekli olan veriler ile bunların elde edilmesi ve/veya arazide ölçümüne dair aşamalar aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.



**WEPP:Road Batch**  
**WEPP Forest Road Erosion Predictor**

Project title:

| Climate Station  | Soil Texture                                 | Years to run  | Example data   |
|--|--|---|--|
| BIRMINGHAM WB AP AL<br>FLAGSTAFF WB AP AZ<br>MOUNT SHASTA CA<br>DENVER WB AP CO<br><input type="button" value="Custom Climate"/> | clay loam<br>silt loam<br>sandy loam<br>loam | <input type="text" value="30"/><br>Maximum 200 years.<br>About 5 sec/run for 30 years | <input type="button" value="Example runs"/><br><input type="button" value="Excel input template"/> |

Enter parameter values in the table below tab- or space-separated, one road segment per line.  
Click the 'Example runs' button (above) to place sample parameter values in the table, or click 'Excel input template' to retrieve a spreadsheet with example data from which values may be cut-and-pasted.

| Design<br>( 'ib', 'iv',<br>'or', 'ou' ) | Road<br>surface<br>( 'n', 'g', 'p' ) | Traffic<br>level<br>( 'h', 'l', 'n' ) | Road<br>gradient<br>( % ) | Road<br>length<br>( ft ) | Road<br>width<br>( ft ) | Fill<br>gradient<br>( % ) | Fill<br>length<br>( ft ) | Buffer<br>gradient<br>( % ) | Buffer<br>length<br>( ft ) | Rock<br>fragment<br>( % ) | Comments |
|---|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------|
|   |                                      |                                       |                           |                          |                         |                           |                          |                             |                            |                           |          |

Şekil 3. WEPP-Road programının yürütülmesinde gerekli olan verileri gösteren giriş sayfası

### 3.2.1.1. İklim

WEPP-Road programının giriş sayfasında yer alan veri ekleme sayfasındaki (Şekil 3) ilk link iklim istasyonu (Climate Station) olarak karşımıza çıkmakta ve bu link altında şehir bazında ABD'nin tamamı ile bu uygulamayı daha önce kullanan bazı araştırmacılar tarafından da az sayıda ABD dışındaki şehirler için üretilmiş iklim verileri zaten mevcuttur. Bizim çalışmamızda olduğu gibi programın ABD dışındaki uluslararası bölgelerde uygulanması için araştırmanın yapılacağı lokasyona ait iklim verisinin uygun formatta oluşturularak sisteme yüklenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, araştırma sahamızın yer aldığı en yakın meteoroloji istasyonuna (Artvin Merkez Meteoroloji İstasyonu) ait uzun dönemli (1950 - 2014) iklim verileri elde edilmiş ve "alana özel iklim" (custom climate) linki yardımı ile programa girilmiştir. WEPP-Road iklim verileri olarak yıllık ortalama yağış, sıcaklık, nem verileri kullanılmaktadır. Bunun için aşağıdaki yol izlenmiştir;

- İnternet ortamında çevrimiçi olarak çalışan WEPP-Road Batch sayfasındaki (<http://forest.moscowfsl.wsu.edu/cgi-bin/fswepp/wr/wepproadbat.pl>) "custom climate" linkinde (Şekil 4) açılan yeni sayfaya tıkladıktan sonra WEPP-Road kullanıcıya 5 alanın iklim verisi sunmaktadır. Ayrıca iklim ekleme veya iklim değiştirme ile listeyi yönetmek mümkündür.
- Bölge ekranından (Şekil 5) istenilen bölgenin seçimi yaptıktan sonra "Display Climate Station" ı tıklayarak yeni bir veri giriş sayfası açtık.

- Açılan sayfada(Şekil 6) istenilen bölgenin seçimi yapıлып “Add to Personal Climates” ı seçerek ana tabloya ekledik.

**WEPP:Road Batch**  
**WEPP Forest Road Erosion Predictor**

Project title:

| Climate Station   | Soil Texture                                 | Years to run  | Example data                         |
|---|--|---|--------------------------------------|
| *Bingol, Turkey<br>BIRMINGHAM WB AP AL<br>FLAGSTAFF WB AP AZ<br>MOUNT SHASTA CA<br>Custom Climate | clay loam<br>silt loam<br>sandy loam<br>loam | 50<br>Maximum 200 years.<br>About 5 sec/run for 30 years. | Example runs<br>Excel input template |

Enter parameter values in the table below tab- or space-separated, one road segment per line.  
Click the 'Example runs' button (above) to place sample parameter values in the table, or  
click 'Excel input template' to retrieve a spreadsheet with example data from which values may be cut-and-pasted.

Şekil 4. Özel iklim veri giriş sayfası

**Manage personal climates 1**

- \* Beechworth AU ++
- \* ALBIA IA
- \* ALABAMA STATE FARM AL
- \* ALABAMA STATE FARM AL
- \* Bingol, Turkey +
- === SHARED CLIMATES ===
- + STEVENSVILLE MT PR1 +
- + LIVINGSTON CAA AP MT PR1 +
- + EL CAPITAN DAM CA PR1 +
- + NEVADA CITY CA

Describe Remove Modify / Share

**To add a climate station, select a region below**

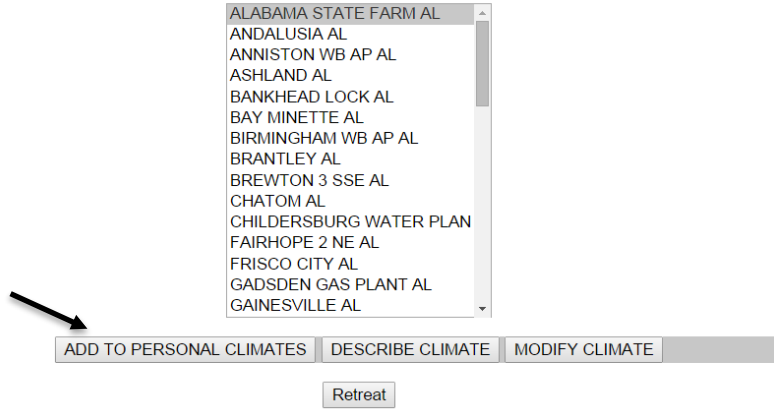
- Alabama
- Alaska
- Arizona
- Arkansas
- California
- Colorado
- Connecticut
- Delaware
- Florida
- Georgia
- Hawaii
- Idaho
- Illinois
- Indiana
- Iowa

Display Climate Stations

Şekil 5. İklim istasyonu seçim sayfası

İklim istasyonunun seçiminden sonra Artvin'in iklim verileri programda kayıtlı olmadığından iklim dosyasının istediği günlük ortalama yağış değerleri 13 yıllık ortalamalara göre oluşturulmuş, ayrıca standart zamanlarda gözlenen en büyük yağış değerleri de (30 dakikalık ve 6 saatlik) iklim dosyasında kullanılmıştır. Sıcaklık verileri içinse Artvin Meteoroloji İstasyonu'nun 1954-2013 (59 yıllık) yılları arasındaki Ortalama Max. Sıcaklık ve Ortalama Min. Sıcaklık verileri alınmış ve programa eklenerek Artvin için iklim dosyası oluşturulmuştur.

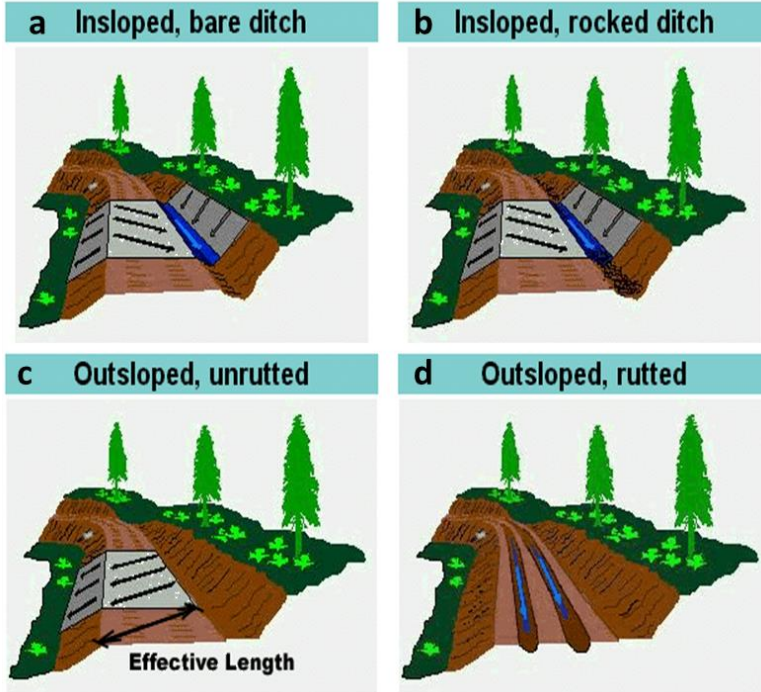
USDA FS Rock:Clime  
Alabama Climate Stations



Şekil 6. Özel iklim ekleme sayfası

### 3.2.1.2. Yol Şekli

WEPP-Road programının kullanımında gerekli olan verilerden biri olan yol şekli 4 farklı yol tipi ile sınırlı tutulmuştur. Bunlar içerisinde en uygun olan yol tipi örnek yollarımızın yol şekli olarak seçilmiş ve üzerinde gerekli ölçümler yapılmıştır.



Şekil 7. WEPP-Road modeline göre yol şekilleri. a: İçe eğimli, çıplak hendekli, b: İçe eğimli, taşlı ya da bitkili hendek, c: Dışa eğimli, yolu tekerlek izsiz, d: Dışa eğimli, yolu tekerlek izli

WEPP-Road programında yol şekli olarak sunulan 4 seçenek arasında;

- İçe eğimli, çıplak hendekli (IB),
- İçe eğimli, taşlı ya da bitki hendekli (IV),
- Dışa eğimli, yolu tekerlek izsiz (OU),
- Dışa eğimli, yolu tekerlek izli (OR) yollar yer almaktadır (Şekil 7).

### **3.2.1.3. Yol Yüzeyi**

WEPP-Road yol yüzeyi için 3 farklı seçenek koymuştur;

- Doğal Yol Yüzeyi (N); doğal bir yüzeyden oluşan ilave bir yüzey malzemesi eklenmeden yapılmış yollardır. Düzenli olarak orman yollarında kullanılan, trafik düzeyi az olan ve büyük olasılıkla yol yüzeyi çukurlu olan çevresel etmenlerden fazlasıyla etkilenip kolay bozulan yollardır.
- Taşlı (çakıllı) Yol Yüzeyi (G); yol yüzeyine çakıl eklenmiş yollardır. Trafik yoğunluğunun kısmen daha fazla olduğu yerlerde, ağır araçların lastik basıncını düşürmek yol yapısının korunması için yapılmış yollardır.
- Asfalt Yol Yüzeyi (P); Programa konulan son seçenekte asfalt yollardır. Bu yollarda, yol yüzeyi erozyonu azaltır, ancak yüzeysel akış artar. Yol yüzeyinden orman yoluna giden yamaçlarda hendek ve dolgu üzerinden erozyon artmasına neden olabilir. Trafik yoğunluğunun yüksek olduğu yerlerde kullanılmaktadır.

### **3.2.1.4. Trafik Durumu**

WEPP-Road yollardaki trafik durumuyla ilgili 3 farklı seçenek koymuştur;

- Yüksek Trafik (H); yol yüzeyinde trafikten dolayı bitki örtüsü oluşumu gözlenmez bundan dolayı erozyon görülme olasılığı daha yüksektir.
- Düşük Trafik (L); yüksek trafik durumuna nazaran daha az erozyon meydana gelmesi beklenir.
- Trafik Yok (N); trafiğin olmadığı yerlerde yüzeyde bitki örtüsü oluşumu gözlenmeye başlamasıyla meydana gelen erozyonda azalma olması gözlenmektedir.

### **3.2.1.5. Yolun Taşlılık Durumu**

WEPP-Road yol içerisindeki taşlılık oranını istemektedir. WEPP, suyun toprak üzerinde hareket ederken taşların etrafında akması gerektiğini varsayar. Diğer bir ifade ile taş içeriği ile doğru orantılı olarak toprağın hidrolojik iletkenliğinin azaldığı varsayılmaktadır. Yolun taşlılık durumu gözle tespit yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir.

### **3.2.1.6. Yol Uzunluğu, Yol Eğimi ve Yol Genişliği**

Yol uzunluğu; ardışık drenaj yeri arasındaki yol segmentlerinin yataydaki uzunluğudur. Yol uzunluğuna bağlı olarak eğimin arttığı varsayılmaktadır. Yolların uzunluklarıyla ilgili bir ölçüt yoktur fakat çalışma alanında seçilen yollar 80 m'den kısa seçilmemiştir ve yollar eğimin, virajın değişimine göre farklı segmentlere ayrılmıştır.

Yol eğimi; yolun başlangıç noktası ile bitiş noktasındaki yükseklik farkının yatay uzunluğuna oranı yolun eğimini vermektedir. Eğim arttıkça erozyon artmaktadır. Ayrıca araçların ulaşımı zorlaşmaktadır.

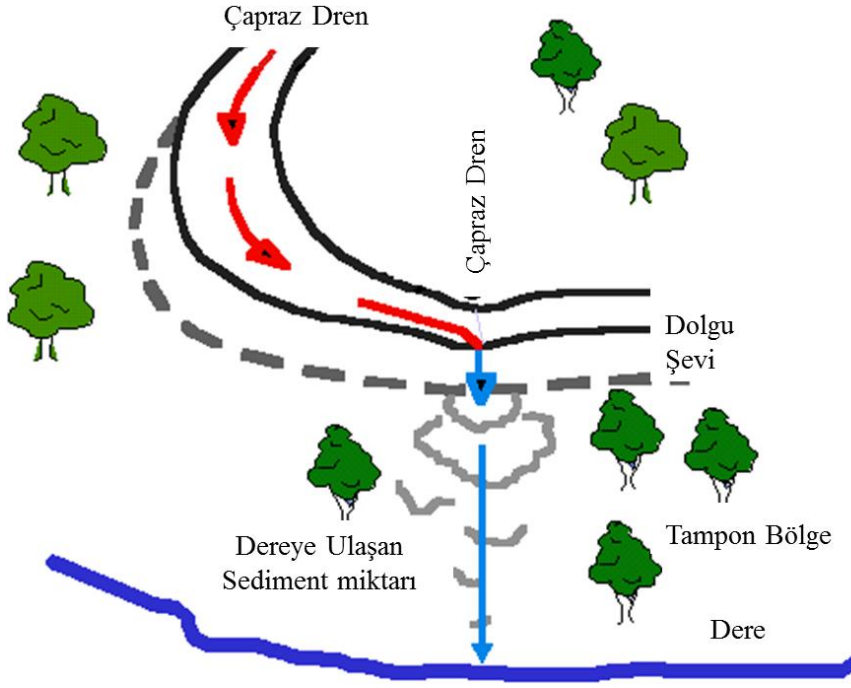
Yol genişliği; yapılmış mevcut yolun tasarımına bağlı olarak kazı sevi ile dolgu sevi arasındaki mesafedir.

### **3.2.1.7. Dolgu Eğimi ve Dolgu Uzunluğu**

Yol yapımı sırasında dolgu kısmına boşaltılan materyal dolgu alanını oluşturmaktadır ve her iki değer arttıkça toprak erozyonu görülme olasılığı da artar. Dolgu eğimi ve uzunluğu birbirleriyle doğru orantılı olarak artmaktadır.

### **3.2.1.8. Tampon Bölge Eğimi ve Tampon Bölge Uzunluğu**

Tampon bölge (orman yolunun altında kalan ve bir sonraki orman yolu veya akarsuya kadar olan doğal veya yapay bitki örtüsü) eğimi azaldıkça ve uzunluğu arttıkça erozyon oluşma olasılığı azalır. Bunlar tampon bölge eğimi ve tampon bölge uzunluğu birbirleriyle ters orantılıdır. Dolgu uzunluğunun bittiği yerden en yakın akarsuya kadar olan uzaklık tampon bölge uzunluğu olarak kabul edilmektedir.



Şekil 8. WEPP-Road programının orman yollarından meydana gelen toprak kaybını tahmin ederken kullandığı yol yüzeyi, dolgu yamacı ve tampon bölge (URL-1).

## **4. BULGULAR**

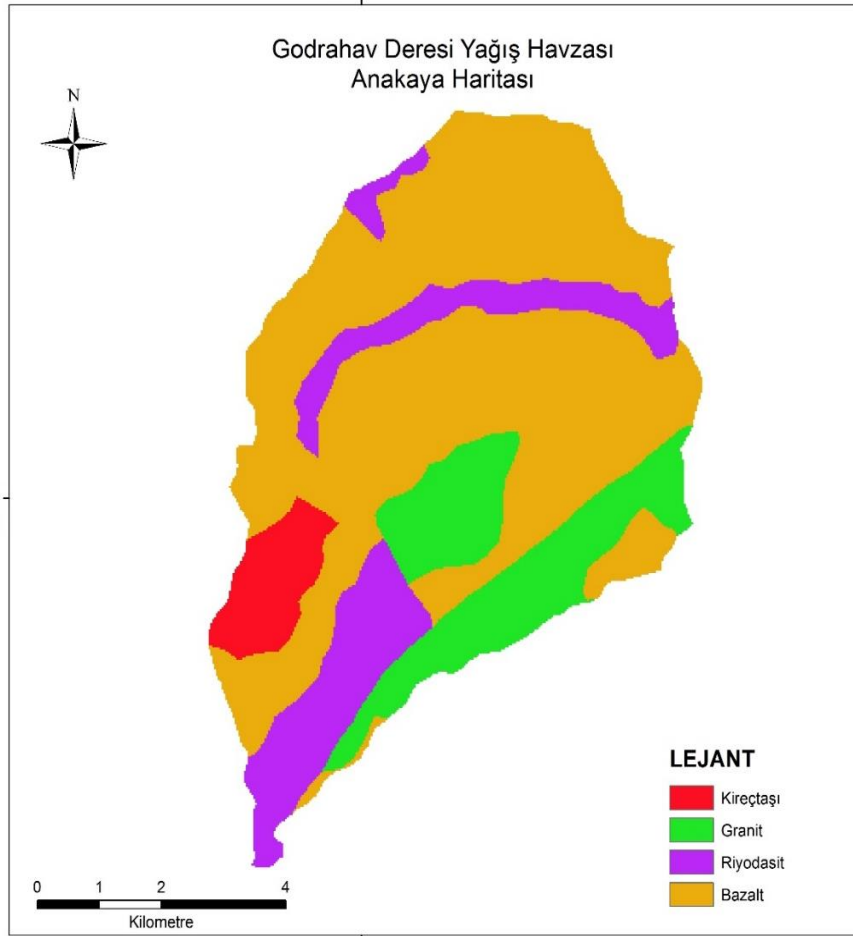
Bulgular bölümünde öncelikle Godrahav Deresi Havzası için belirlenen bazı fizyografik ve topoğrafik özelliklere ait veriler ve üretilen haritalar sunulduktan sonra, seçilen örnek yollar bağlamında oluşan WEPP-Road programı ile tahmin edilen toprak erozyonu ve sediment miktarı aşağıda alt-başlıklar halinde sıralanmıştır:

### **4.1. Godrahav Deresi Yağış Havzasının Fizyografik Özellikleri**

#### **4.1.1. Ana kaya**

Havza yönetimi kapsamında yer alan bilimsel araştırmaları, sahanın hidrolojik karakteristikleri ve vejetasyon yapısının yanı sıra toprak özelliklerinin de bilinmesini gerekli kılmaktadır. Toprak özellikleri optimal iklim şartları altında büyük ölçüde kendisini meydana getiren ana kaya ile ilgilidir (Özyuvacı, 1976).

Farklı ana kayalar üzerinde gelişen toprakların toprak özelliklerindeki değişkenlik bu toprakların erozyona uğrama eğilimlerini de değiştirecektir. Bu farklılıklar çalışma alanındaki alt havzaların sediment verimini de etkileyecektir. Araştırma sahası incelendiğinde bazalt, riyodasit, granit ve kireçtaşı olmak üzere 4 farklı ana kaya grubu olduğu belirlenmiştir. Havzanın genelinde bazalt ana kayasının %63.3'lük bir oranla hâkim olduğu görülmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Godrahav Deresi Yağış Havzası Ana kaya Haritası.

Tablo 2. Godrahav Deresi Yağış Havzası'nda ana kaya gruplarının alt havzalara alansal dağılımı

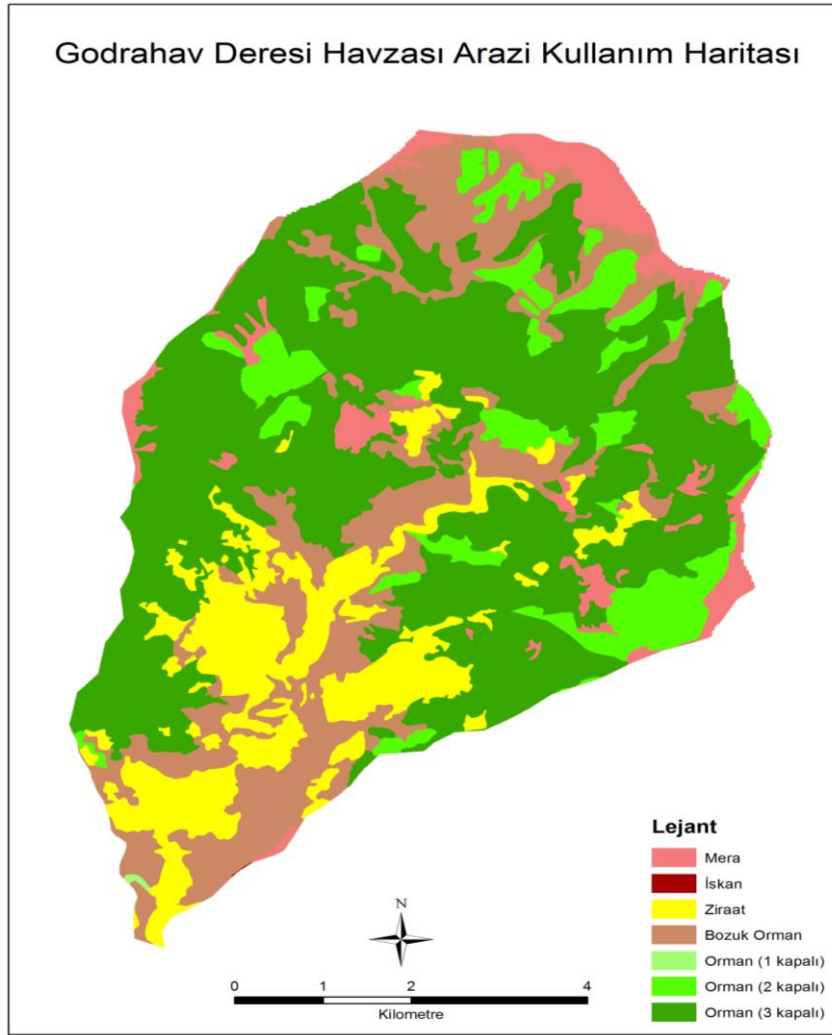
|             | Bazalt  | Riyodasit | Granit | Kireçtaşı |
|-------------|---------|-----------|--------|-----------|
| Toplam (ha) | 3356.28 | 829.44    | 848.25 | 264.24    |
| Oranlar (%) | 63.35   | 15.66     | 16.01  | 4.98      |

Araştırma sahasında bulunan anakaya gruplarının alt havzalara dağılımı incelendiğinde; bazalt %63.35, granit %16.01, riyodasit %15.66, kireçtaşı ise %4.98'lik bir alanı kaplamaktadır (Tablo 2).

#### 4.1.2. Arazi Kullanımı

Araştırma sahası arazi kullanımı yönünden incelendiğinde; havzanın % 77.88'inde yayılış gösteren orman alanlarının büyük bir çoğunluğunun 3 kapalılık derecesine sahip orman sınıfında yer aldıkları görülmüştür. Havzada ayrıca iskân, mera alanları ile birlikte yerel olarak tarım yapılabilecek alanlara (ziraat) da rastlanmaktadır (Şekil 10).





Şekil 10. Godrahav Deresi Yağış Havzası Arazi Kullanım Haritası

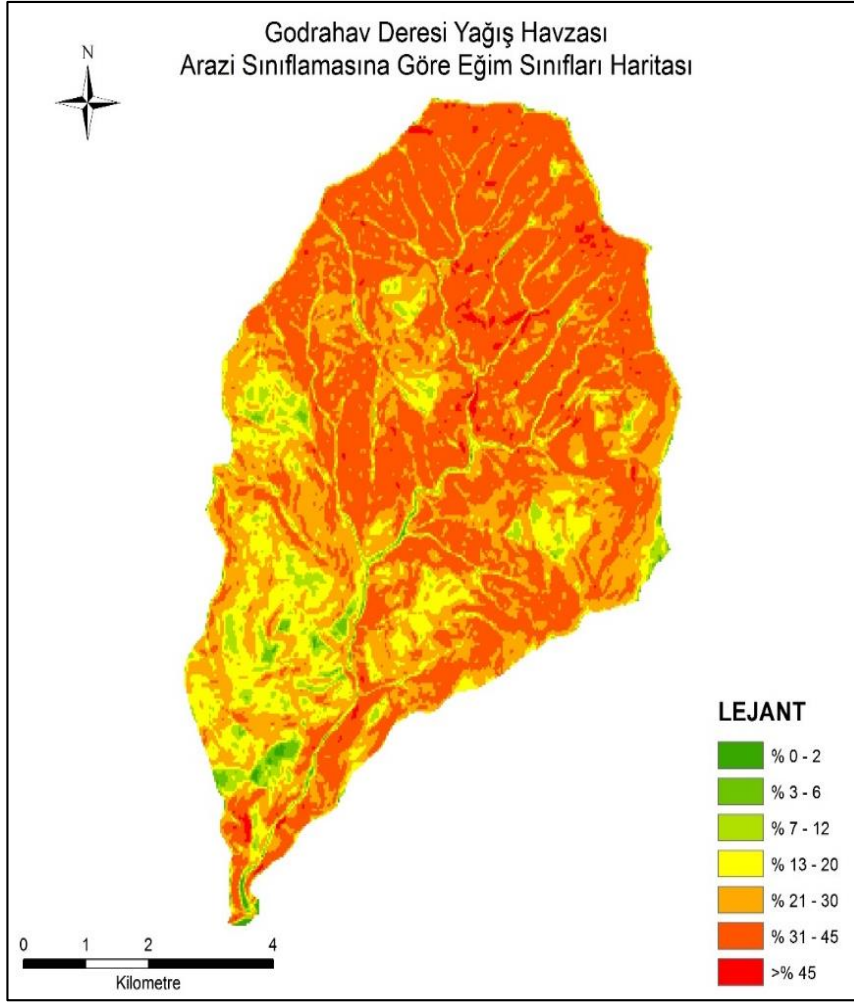
Tablo 3 incelendiğinde alanın % 77.88'inin orman, % 12.25'inin ziraat, % 6.11'inin mera ve % 3.75'inin ise iskân alanı olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Godrahav Deresi Yağış Havzası arazi kullanım durumu

|             | Koru Ormanı |          |          | Bozuk Orman | Mera  | Ziraat | İskân | Toplam |
|-------------|-------------|----------|----------|-------------|-------|--------|-------|--------|
|             | 1 Kapalı    | 2 Kapalı | 3 Kapalı |             |       |        |       |        |
| Toplam (ha) | 2.88        | 515.7    | 2524.23  | 1083.8      | 323.8 | 648.9  | 198.9 | 5298.2 |
| Oranlar (%) | 0.05        | 9.73     | 47.64    | 20.46       | 6.11  | 12.25  | 3.75  | 100.00 |

#### 4.1.3. Eğim

Araştırma alanı eğim faktörü bakımından arazi sınıflama sistemine göre incelenmiş ve sınıflama sonucunda elde edilen hesaplamalar, havza alanının büyük bir kısmında eğimin % 20 ve daha üzerinde olduğunu göstermiştir (Şekil 11).

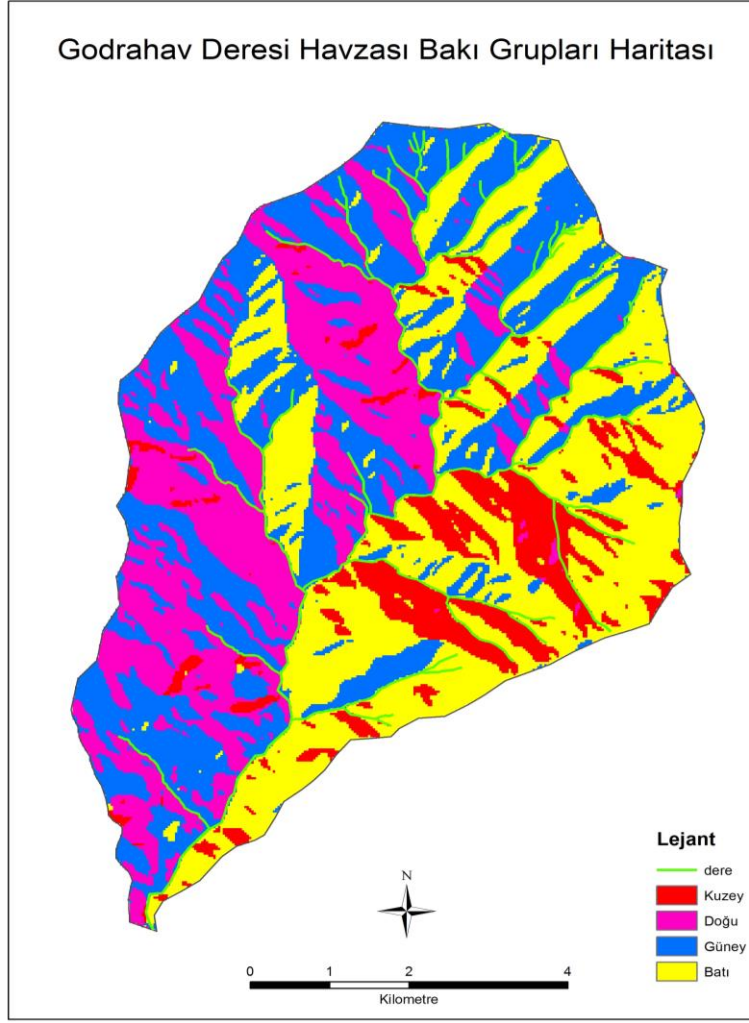


Şekil 11. Godrahav Deresi Yağış Havzası'nın Arazi Sınıflamasına Göre Eğim Sınıfları Haritası

Havzanın % 80.72 oranındaki büyük bir kısmı % 20 eğimin üzerinde bulunurken, alanın sadece % 19.28'lik bir kısmında % 20 eğim derecesinin altında olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanı eğim grupları haritasında da görüldüğü üzere çok yüksek bir arazi yapısına sahiptir.

#### 4.1.4. Bakı

Godrahav Deresi Havzasının bakı durumu gölgeli ve güneşli bakılar olarak ikiye ayrılmaktadır. Güneşli bakılar yaklaşık olarak 3537.7 ha civarında ve havzanın yaklaşık %67.7'sini oluştururken gölgeli bakılar ise 1760.5 ha olup ve havzanın %32.3'ünü oluşturmaktadır (Şekil 12).



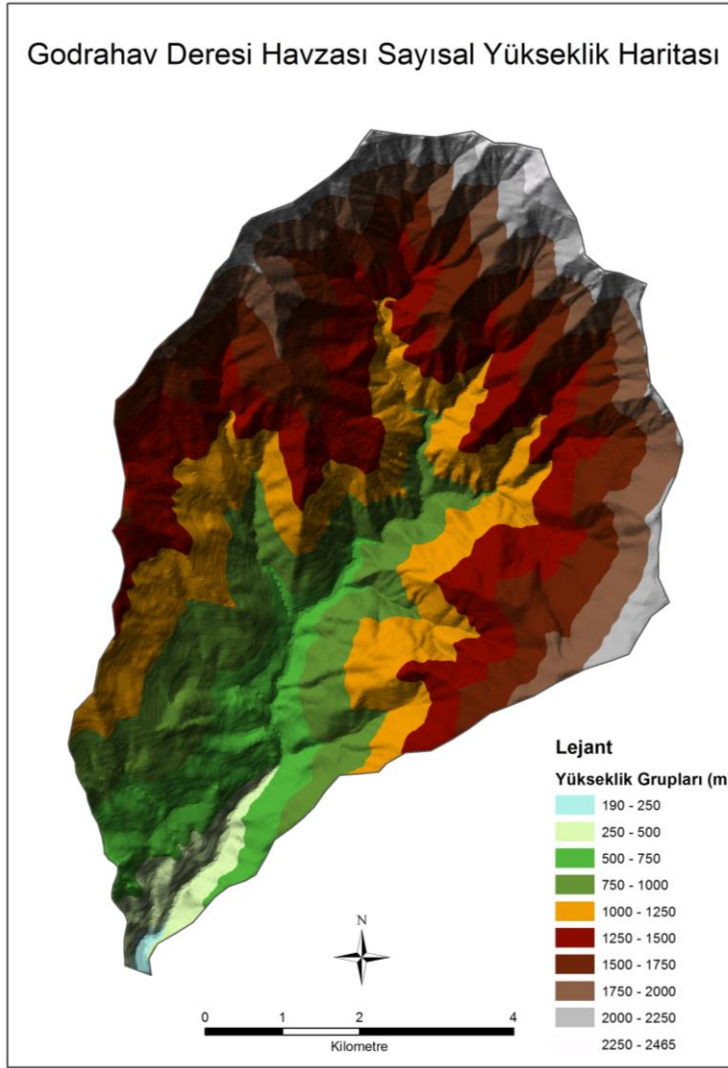
Şekil 12. Godrahav Deresi Havzası bakı grupları haritası

#### 4.1.5. Yükselti

Godrahav deresi havzası 5 farklı yükselti seviyesine ayrılmış, yükselti seviyeleri 0 - 2500 metre arasında değişip, 0-500 arasında 170.9 ha alana 2000 m'den yüksek alanlar ise 355.3 ha'lık alana sahiptir (Şekil 13).

Tablo 4. Gohrahav Deresi Havzasının yükselti grupları

| Yükselti Grupları | 0-500 (m) | 500-1000 (m) | 1000-1500(m) | 1500-2000(m) | >2000 (m) |
|-------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------|
| Alan (ha)         | 170.9     | 1291.9       | 2022.7       | 1450         | 355.5     |
| Oranlar (%)       | 3.3       | 24.8         | 37.8         | 27.4         | 6.7       |



Şekil 13. Godrahav Deresi Havzası sayısal yükseklik haritası

## 4.2. Orman Yollarından Meydana Gelen Toprak Erozyonu

### 4.2.1. Örnek Orman Yolu 1

Bu örnekleme yollardan seçilen ilk yol (koordinatları: X=740.500K, Y=456.4826; X=740.054 K, Y=456.4913 D) granit ana kayası üzerinde ve baltalık orman içerisindedir (Şekil 14). Toplam yol uzunluğu 100 m olan bu örnek yolun yükseltisi 820 m civarındadır.



Şekil 14. 1 nolu örnekleme yolu

### Örnek Orman Yolu 2

Bu örnekleme yollardan seçilen ilk yol (koordinatları: X=741.169 D, Y=456.4688 K X==740.999 D, Y=456.5650 K) granit ana kayası üzerinde ve baltalık orman içerisindedir (Şekil 15). Toplam yol uzunluğu 150 m olan bu örnek yolun yükseltisi 910 m civarındadır.



Şekil 15. 2 nolu örnekleme yolu

Tablo 5. 1 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri

| Segment | Yolun Şekli | Yolun Yüzeyi | Trafik Durumu | Yolun Eğimi (%) | Yolun Genişliği (m) | Dolgu Eğimi (%) | Dolgu Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Eğimi (%) | Taşlılık (%) | Orman Tipi | Anakaya |
|---------|-------------|--------------|---------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|------------------------|--------------|------------|---------|
| 1       | OR          | N            | L             | %6              | 2.80                | %90             | 2.72               | 210                       | %70                    | %25          | Baltalık   | Granit  |
| 2       | OR          | N            | L             | %7.5            | 2.90                | %60             | 2.49               | 220                       | %50                    | %25          | Baltalık   | Granit  |
| 3       | OR          | N            | L             | %6.5            | 2.70                | %70             | 2.455              | 225                       | %50                    | %25          | Baltalık   | Granit  |

OR: Dışa eğimli, yolu tekerlek izli orman yolu, N: Doğal yol yüzeyi, L: Düşük trafik durumu, Baltalık: Kök veya kütük sürgününden oluşmuş ormanlar.

Tablo 6. 1 numaralı örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları

| Örnek Orman Yolu Numarası | Segment Numarası | Segment Uzunluğu (m) | Yağmur Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Kar Yağışı Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Yoldan Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) | Tampon Bölgeden Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) |
|---------------------------|------------------|----------------------|--|--|---|--|
| 1                         | 1                | 40                   | 23.0   | 0.0  | 221                                       | 396  |
|                           | 2                | 30                   | 20.0   | 0.0  | 135                                       | 262  |
|                           | 3                | 30                   | 20.0   | 0.0  | 133                                       | 254  |

Tablo 7. 2 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri

| Segment | Yolun Şekli | Yolun Yüzeyi | Trafik Durumu | Yolun Eğimi (%) | Yolun Genişliği (m) | Dolgu Eğimi (%) | Dolgu Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Eğimi (%) | Taşlılık (%) | Orman Tipi | Anakaya |
|---------|-------------|--------------|---------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|------------------------|--------------|------------|---------|
| 1       | IV          | P            | L             | %4              | 3.50                | %100            | 3.275              | 30                        | %80                    | %50          | Baltalık   | Granit  |
| 2       | IV          | P            | L             | %5              | 3.80                | %100            | 3.57               | 45                        | %80                    | %50          | Baltalık   | Granit  |
| 3       | IV          | P            | L             | %4.5            | 3.60                | %105            | 3.39               | 37                        | %80                    | %50          | Baltalık   | Granit  |

IV: İçe eğimli, taşlı ya da bitki hendekli orman yolu, P: Asfalt yol yüzeyi, L: Düşük trafik durumu, Baltalık: Kök veya kütük sürgününden oluşmuş ormanlar.

Tablo 8. 2 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları

| Örnek Orman Yolu Numarası | Segment Numarası | Segment uzunluğu (m) | Yağmur Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Kar Yağışı Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Yoldan Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) | Tampon Bölgeden Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) |
|---------------------------|------------------|----------------------|--|--|---|--|
| 2                         | 4                | 40                   | 104.0  | 0.0  | 268                                       | 316  |
|                           | 5                | 60                   | 103.0  | 0.0  | 585                                       | 692  |
|                           | 6                | 50                   | 105.0  | 0.0  | 404                                       | 463  |

#### 4.2.2. Örnek Orman Yolu 3

Bu örnekleme yollardan seçilen ilk yol (koordinatları: X=740.839 D, Y=456.4746 K X==740.749 D, Y=456.4748 K) granit ana kayası üzerinde ve baltalık orman içerisinde (Şekil 16). Toplam yol uzunluğu 100 m olan bu örnek yolun yükseltisi 870 m civarındadır.



Şekil 16. 3 nolu örnekleme yolu

#### 4.2.3. Örnek Orman Yolu 4

Bu örnekleme yollardan seçilen ilk yol (koordinatları: X=741.329 D, Y=456.5254 K X==741.226 D, Y=456.5271 K) granit ana kayası üzerinde ve koru orman içerisinde (Şekil 17). Toplam yol uzunluğu 110 m olan bu örnek yolun yükseltisi 945 m civarındadır.



Şekil 17. 4 nolu örnekleme yolu



Tablo 9. 3 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri

| Segment | Yolun Şekli | Yolun Yüzeyi | Trafik Durumu | Yolun Eğimi (%) | Yolun Genişliği (m) | Dolgu Eğimi (%) | Dolgu Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Eğimi (%) | Taşlılık (%) | Orman Tipi | Anakaya |
|---------|-------------|--------------|---------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|------------------------|--------------|------------|---------|
| 1       | OR          | N            | L             | %2              | 2.60                | %70             | 2.39               | 225                       | %50                    | %20          | Baltalık   | Granit  |
| 2       | OR          | N            | L             | %3.5            | 2.40                | %70             | 2.26               | 220                       | %50                    | %20          | Baltalık   | Granit  |
| 3       | OR          | N            | L             | %4              | 2.30                | %100            | 2.495              | 210                       | %60                    | %20          | Baltalık   | Granit  |

OR: Dışa eğimli, yolu tekerlek izli orman yolu, N: Doğal yol yüzeyi, L: Düşük trafik durumu, Baltalık: Kök veya kütük sürgününden oluşmuş ormanlar.

Tablo 10. 3 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları

| Örnek Orman Yolu Numarası | Segment Sayısı | Segment Uzunluğu (m) | Yağmur Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Kar Yağışı Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Yoldan Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) | Tampon Bölgeden Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) |
|---------------------------|----------------|----------------------|--|--|---|--|
|                           | 7              | 40                   | 147.0  | 12.0   | 96  | 102  |
| 3                         | 8              | 30                   | 133.0  | 9.0  | 82  | 84   |
|                           | 9              | 30                   | 125.0  | 7.0  | 93  | 92   |

Tablo 11. 4 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri

| Segment | Yolun Şekli | Yolun Yüzeyi | Trafik Durumu | Yolun Eğimi (%) | Yolun Genişliği (m) | Dolgu Eğimi (%) | Dolgu Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Eğimi (%) | Taşlılık (%) | Orman Tipi | Ana kaya |
|---------|-------------|--------------|---------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|------------------------|--------------|------------|----------|
| 1       | OR          | N            | L             | %12             | 2.20                | %100            | 2.43               | 200                       | %80                    | %40          | Koru       | Granit   |
| 2       | OR          | N            | L             | %3.5            | 2.30                | %90             | 2.395              | 180                       | %80                    | %40          | Koru       | Granit   |
| 3       | OR          | N            | L             | %4              | 2.50                | %90             | 2.525              | 180                       | %80                    | %40          | Koru       | Granit   |

OR: Dışa eğimli, yolu tekerlek izli orman yolu, N: Doğal yol yüzeyi, L: Düşük trafik durumu, Koru: Aynı yaş ve boyda ağaçlar topluluğudur.

Tablo 12. 4 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları

| Örnek Orman Yolu Numarası | Segment numarası | Segment Uzunluğu (m) | Yağmur Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Kar Yağışı Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Yoldan Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) | Tampon Bölgeden Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) |
|---------------------------|------------------|----------------------|--|--|---|--|
| 4                         | 10               | 50                   | 30.0   | 0.0  | 352                                       | 457  |
|                           | 11               | 30                   | 26.0   | 0.0  | 108                                       | 273  |
|                           | 12               | 30                   | 26.0   | 0.0  | 119                                       | 299  |

#### 4.2.4. Örnek Orman Yolu 5

Bu örnekleme yollardan seçilen ilk yol (koordinatları: X=742.190 D, Y=456.7908 K X==742.387 D, Y=456.7976 K) granit ana kayası üzerinde ve koru orman içerisindedir (Şekil 18). Toplam yol uzunluğu 150 m olan bu örnek yolun yükseltisi 1215 m civarındadır.



Şekil 18. 5 nolu örnekleme yolu

#### 4.2.5. Örnek Orman Yolu 6

Bu örnekleme yollardan seçilen ilk yol (koordinatları: X=741.881 D, Y=456.6061 K X==741.969 D, Y=456.6141 K) granit ana kayası üzerinde ve koru orman içerisindedir (Şekil 19). Toplam yol uzunluğu 120 m olan bu örnek yolun yükseltisi 1105 m civarındadır.



Şekil 19. 6 nolu örnekleme yolu

Tablo 13. 5 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri

| Segment | Yolun Şekli | Yolun Yüzeyi | Trafik Durumu | Yolun Eğimi (%) | Yolun Genişliği (m) | Dolgu Eğimi (%) | Dolgu Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Eğimi (%) | Taşlılık (%) | Orman Tipi | Ana kaya |
|---------|-------------|--------------|---------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|------------------------|--------------|------------|----------|
| 1       | OR          | N            | L             | %2.5            | 3.00                | %60             | 3.60               | 300                       | %50                    | %40          | Koru       | Granit   |
| 2       | OR          | N            | L             | %3              | 3.90                | %60             | 4.10               | 280                       | %50                    | %40          | Koru       | Granit   |
| 3       | OR          | N            | L             | %2.5            | 3.50                | %60             | 3.80               | 290                       | %50                    | %40          | Koru       | Granit   |

OR: Dışa eğimli, yolu tekerlek izli orman yolu, N: Doğal yol yüzeyi, L: Düşük trafik durumu, Koru: Aynı yaş ve boyda ağaçlar topluluğudur.

Tablo 14. 5 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları

| Örnek Orman Yolu Numarası | Segment Sayısı | Segment Uzunluğu (m) | Yağmur Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Kar Yağışı Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Yoldan Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) | Tampon Bölgeden Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) |
|---------------------------|----------------|----------------------|--|--|---|--|
|                           | 13             | 60                   | 18.0   | 0.0  | 274                                       | 452  |
| 5                         | 14             | 60                   | 19.0   | 0.0  | 372                                       | 574  |
|                           | 15             | 30                   | 15.0   | 0.0  | 134                                       | 316  |

Tablo 15. 6 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri

| Segment | Yolun Şekli | Yolun Yüzeyi | Trafik Durumu | Yolun Eğimi (%) | Yolun Genişliği (m) | Dolgu Eğimi (%) | Dolgu Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Eğimi (%) | Taşlılık (%) | Orman Tipi | Ana kaya |
|---------|-------------|--------------|---------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|------------------------|--------------|------------|----------|
| 1       | IV          | N            | L             | %8              | 2.60                | %120            | 2.89               | 30                        | %90                    | %20          | Koru       | Granit   |
| 2       | IV          | N            | L             | %7.5            | 2.30                | %90             | 2.395              | 40                        | %90                    | %20          | Koru       | Granit   |
| 3       | IV          | N            | L             | %6              | 2.50                | %100            | 2.625              | 60                        | %90                    | %20          | Koru       | Granit   |

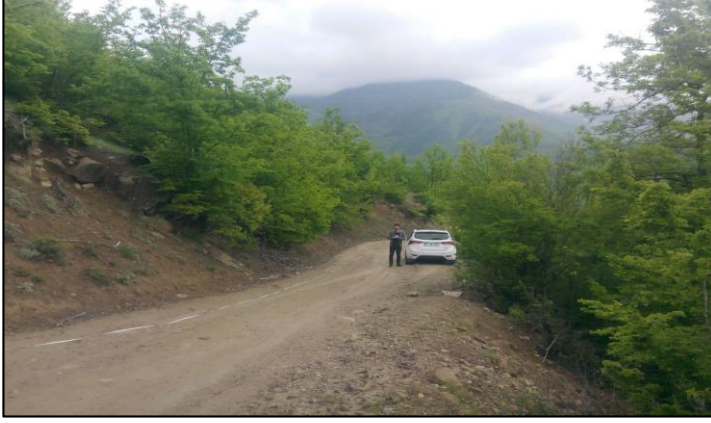
IV: İçe eğimli, taşlı ya da bitki hendekli orman yolu, N: Doğal yol yüzeyi, L: Düşük trafik durumu, Koru: Aynı yaş ve boyda ağaçlar topluluğudur.

Tablo 16. 6 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları

| Örnek Orman Yolu Numarası | Segment Sayısı | Segment Uzunluğu (m) | Yağmur Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Kar Yağışı Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Yoldan Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) | Tampon Bölgeden Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) |
|---------------------------|----------------|----------------------|--|--|---|--|
|                           | 16             | 50                   | 81.0   | 2.0  | 254                                       | 276  |
| 6                         | 17             | 30                   | 53.0   | 0.0  | 99  | 123  |
|                           | 18             | 30                   | 41.0   | 0.0  | 112                                       | 153  |

#### 4.2.6. Örnek Orman Yolu 7

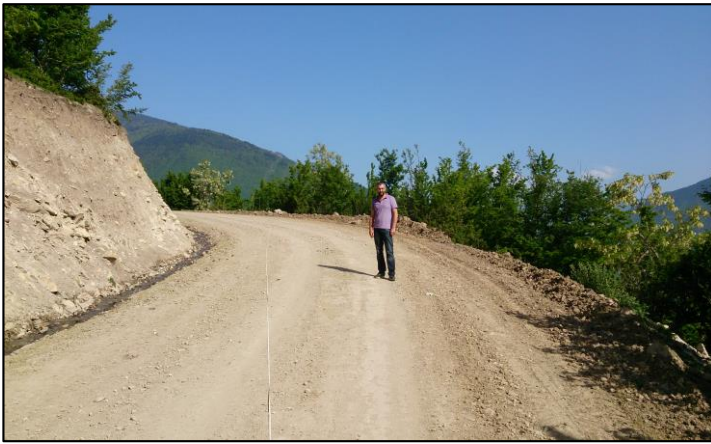
Bu örnekleme yollardan seçilen ilk yol (koordinatları: X=738.436 D, Y=456.5319 K X==738.676 D, Y=456.5324 K) bazalt ana kayası üzerinde ve baltalık orman içerisindedir (Şekil 20). Toplam yol uzunluğu 110 m olan bu örnek yolun yükseltisi 795 m civarındadır.



Şekil 20. 7 nolu örnekleme yolu

#### 4.2.7. Örnek Orman Yolu 8

Bu örnekleme yollardan seçilen ilk yol (koordinatları: X=738.673 D, Y=456.5167 K X==738.381 D, Y=456.5162 K) bazalt ana kayası üzerinde ve baltalık orman içerisindedir (Şekil 21). Toplam yol uzunluğu 100 m olan bu örnek yolun yükseltisi 740 m civarındadır.



Şekil 21. 8 nolu örnekleme yolu

Tablo 17. 7 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri

| Segment | Yolun Şekli | Yolun Yüzeyi | Trafik Durumu | Yolun Eğimi (%) | Yolun Genişliği (m) | Dolgu Eğimi (%) | Dolgu Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Eğimi (%) | Taşlılık (%) | Orman Tipi | Ana kaya |
|---------|-------------|--------------|---------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|------------------------|--------------|------------|----------|
| 1       | OR          | N            | L             | %8              | 2.30                | %70             | 2.00               | 270                       | %60                    | %30          | Baltalık   | Bazalt   |
| 2       | OR          | N            | L             | %4.5            | 2.20                | %70             | 3.70               | 260                       | %60                    | %30          | Baltalık   | Bazalt   |
| 3       | OR          | N            | L             | %6              | 2.60                | %70             | 1.20               | 255                       | %60                    | %30          | Baltalık   | Bazalt   |

OR: Dışa eğimli, yolu tekerlek izli orman yolları, N: Doğal yol yüzeyi, L: Düşük trafik durumu, Baltalık: Kök veya kütük sürgününden oluşmuş ormanlar.

Tablo 18. 7 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları

| Örnek Orman Yolu Numarası | Segment Sayısı | Segment Uzunluğu (m) | Yağmur Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Kar Yağışı Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Yoldan Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) | Tampon Bölgeden Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) |
|---------------------------|----------------|----------------------|--|--|---|--|
| 7                         | 19             | 40                   | 16.0   | 0.0  | 172                                       | 276  |
|                           | 20             | 40                   | 17.0   | 0.0  | 138                                       | 250  |
|                           | 21             | 30                   | 15.0   | 0.0  | 99  | 233  |

Tablo 19. 8 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri

| Segment | Yolun Şekli | Yolun Yüzeyi | Trafik Durumu | Yolun Eğimi (%) | Yolun Genişliği (m) | Dolgu Eğimi (%) | Dolgu Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Eğimi (%) | Taşlılık (%) | Orman Tipi | Ana kaya |
|---------|-------------|--------------|---------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|------------------------|--------------|------------|----------|
| 1       | IV          | N            | L             | %5              | 3.50                | %70             | 2.975              | 250                       | %60                    | %30          | Baltalık   | Bazalt   |
| 2       | IV          | N            | L             | %4.5            | 4.10                | %80             | 3                  | 255                       | %60                    | %30          | Baltalık   | Bazalt   |
| 3       | IV          | N            | L             | %6              | 3.80                | %70             | 2.20               | 260                       | %60                    | %30          | Baltalık   | Bazalt   |

IV: İçe eğimli, taşlı ya da bitki hendekli orman yolu, N: Doğal yol yüzeyi, L: Düşük trafik durumu, Baltalık: Kök veya kütük sürgününden oluşmuş ormanlar.

Tablo 20. 8 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları

| Örnek Orman Yolu Numarası | Segment Sayısı | Segment Uzunluğu (m) | Yağmur Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Kar Yağışı Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Yoldan Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) | Tampon Bölgeden Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) |
|---------------------------|----------------|----------------------|--|--|---|--|
| 8                         | 22             | 30                   | 20.0   | 0.0  | 157                                       | 410  |
|                           | 23             | 40                   | 21.0   | 0.0  | 232                                       | 561  |
|                           | 24             | 30                   | 19.0   | 0.0  | 154                                       | 444  |



#### 4.2.8. Örnek Orman Yolu 9

Bu örnekleme yollardan seçilen ilk yol (koordinatları: X=738.213 D, Y=456.5868 K X==739.198 D, Y=456.5771 K) bazalt ana kayası üzerinde ve baltalık orman içerisinde (Şekil 22). Toplam yol uzunluğu 120 m olan bu örnek yolun yükseltisi 780 m civarındadır.



Şekil 22. 9 nolu örnekleme yolu

#### 4.2.9. Örnek Orman Yolu 10

Bu örnekleme yollardan seçilen ilk yol (koordinatları: X=738.117 D, Y=456.5453 K X==738.179 D, Y=456.5527 K) bazalt ana kayası üzerinde ve koru orman içerisinde (Şekil 23). Toplam yol uzunluğu 100 m olan bu örnek yolun yükseltisi 780 m civarındadır.



Şekil 23. 10 nolu örnekleme yolu

Tablo 21. 9 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri

| Segment | Yolun Şekli | Yolun Yüzeyi | Trafik Durumu | Yolun Eğimi (%) | Yolun Genişliği (m) | Dolgu Eğimi (%) | Dolgu Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Eğimi (%) | Taşlılık (%) | Orman Tipi | Ana kaya |
|---------|-------------|--------------|---------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|------------------------|--------------|------------|----------|
| 1       | IV          | N            | L             | %3.5            | 3.90                | %70             | 3.80               | 65                        | %60                    | %30          | Baltalık   | Bazalt   |
| 2       | IV          | N            | L             | %5.5            | 3.10                | %60             | 2.70               | 60                        | %55                    | %30          | Baltalık   | Bazalt   |
| 3       | IV          | N            | L             | %7              | 3.50                | %70             | 2.90               | 50                        | %55                    | %30          | Baltalık   | Bazalt   |

IV: İçe eğimli, taşlı ya da bitki hendekli orman yolu, N: Doğal yol yüzeyi, L: Düşük trafik durumu, Baltalık: Kök veya kütük sürgününden oluşmuş ormanlar.

Tablo 22. 9 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları

| Örnek Orman Yolu Numarası | Segment Sayısı | Segment Uzunluğu (m) | Yağmur Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Kar Yağışı Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Yoldan Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) | Tampon Bölgeden Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) |
|---------------------------|----------------|----------------------|--|--|---|--|
| 9                         | 25             | 30                   | 37.0   | 0.0  | 160                                       | 189  |
|                           | 26             | 60                   | 55.0   | 0.0  | 256                                       | 304  |
|                           | 27             | 30                   | 44.0   | 0.0  | 149                                       | 160  |

Tablo 23. 10 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri

| Segment | Yolun Şekli | Yolun Yüzeyi | Trafik Durumu | Yolun Eğimi (%) | Yolun Genişliği (m) | Dolgu Eğimi (%) | Dolgu Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Eğimi (%) | Taşlılık (%) | Orman Tipi | Ana kaya |
|---------|-------------|--------------|---------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|------------------------|--------------|------------|----------|
| 1       | OR          | N            | L             | %3              | 2.40                | %100            | 2.50               | 45                        | %85                    | %20          | Koru       | Bazalt   |
| 2       | OR          | N            | L             | %4.5            | 2.20                | %90             | 3.70               | 40                        | %85                    | %20          | Koru       | Bazalt   |
| 3       | OR          | N            | L             | %4              | 2.20                | %90             | 1.20               | 40                        | %85                    | %20          | Koru       | Bazalt   |

OR: Dışa eğimli, yolu tekerlek izli orman yolu, N: Doğal yol yüzeyi, L: Düşük trafik durumu, Koru: Aynı yaş ve boyda ağaçlar topluluğudur.

Tablo 24. 10 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları

| Örnek Orman Yolu Numarası | Segment Sayısı | Segment Uzunluğu (m) | Yağmur Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Kar Yağışı Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Yoldan Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) | Tampon Bölgeden Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) |
|---------------------------|----------------|----------------------|--|--|---|--|
| 10                        | 28             | 50                   | 57.0   | 0.0  | 161                                       | 203  |
|                           | 29             | 30                   | 47.0   | 0.0  | 105                                       | 116  |
|                           | 30             | 20                   | 37.0   | 0.0  | 41  | 56   |

#### 4.2.10. Örnek Orman Yolu 11

Bu örnekleme yollardan seçilen ilk yol (koordinatları: X=742.495 D, Y=456.7151 K X==742.625 D, Y=456.7168 K) bazalt ana kayası üzerinde ve koru orman içerisindedir (Şekil 24). Toplam yol uzunluğu 140 m olan bu örnek yolun yükseltisi 1215 m civarındadır.



Şekil 24. 11 nolu örnekleme yolu

#### 4.2.11. Örnek Orman Yolu 12

Bu örnekleme yollardan seçilen ilk yol (koordinatları: X=742.140 D, Y=456.6061 K X==742.164 D, Y=456.7066 K) bazalt ana kayası üzerinde ve koru orman içerisindedir (Şekil 25). Toplam yol uzunluğu 80 m olan bu örnek yolun yükseltisi 1180 m civarındadır.



Şekil 25. 12 nolu örnekleme yolu

Tablo 25. 11 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri

| Segment | Yolun Şekli | Yolun Yüzeyi | Trafik Durumu | Yolun Eğimi (%) | Yolun Genişliği (m) | Dolgu Eğimi (%) | Dolgu Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Eğimi (%) | Taşlılık (%) | Orman Tipi | Anakaya |
|---------|-------------|--------------|---------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|------------------------|--------------|------------|---------|
| 1       | IV          | N            | L             | %5.5            | 2.50                | %90             | 2.525              | 300                       | %70                    | %20          | Koru       | Bazalt  |
| 2       | IV          | N            | L             | %6.5            | 2.30                | %90             | 2.395              | 300                       | %70                    | %20          | Koru       | Bazalt  |
| 3       | IV          | N            | L             | %6              | 2.40                | %90             | 2.46               | 300                       | %70                    | %20          | Koru       | Bazalt  |

IV: İçe eğimli, taşlı ya da bitki hendekli orman yolu, N: Doğal yol yüzeyi, L: Düşük trafik durumu, Koru: Aynı yaş ve boyda ağaçlar topluluğudur.

Tablo 26. 11 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları

| Örnek Orman Yolu Numarası | Segment Sayısı | Segment Uzunluğu (m) | Yağmur Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Kar Yağışı Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Yoldan Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) | Tampon Bölgeden Ayrılan Ortalama Sediment (kg/yıl) |
|---------------------------|----------------|----------------------|--|--|---|--|
| 11                        | 31             | 60                   | 21.0   | 0.0  | 280                                       | 546  |
|                           | 32             | 40                   | 18.0   | 0.0  | 168                                       | 395  |
|                           | 33             | 40                   | 18.0   | 0.0  | 168                                       | 408  |

Tablo 27. 12 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model verileri

| Segment | Yolun Şekli | Yolun Yüzevi | Trafik Durumu | Yolun Eğimi (%) | Yolun Genişliği (m) | Dolgu Eğimi (%) | Dolgu Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Uzunluğu (m) | Tampon Bölge Eğimi (%) | Taşlılık (%) | Orman Tipi | Ana kaya |
|---------|-------------|--------------|---------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|------------------------|--------------|------------|----------|
| 1       | IV          | N            | L             | %2              | 2.70                | %120            | 2.955              | 150                       | %90                    | %20          | Koru       | Bazalt   |
| 2       | IV          | N            | L             | %3              | 2.10                | %100            | 2.365              | 150                       | %90                    | %20          | Koru       | Bazalt   |
| 3       | IV          | N            | L             | %4              | 2.70                | %100            | 2.755              | 140                       | %90                    | %20          | Koru       | Bazalt   |

IV: İçe eğimli, taşlı ya da bitki hendekli orman yolu, N: Doğal yol yüzeyi, L: Düşük trafik durumu, Koru: Aynı yaş ve boyda ağaçlar topluluğudur.

Tablo 28. 12 nolu örnekleme yoluna ait WEPP-Road model sonuçları

| Örnek Orman Yolu Numarası | Segment Sayısı | Segment Uzunluğu (m) | Yağmur Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Kar Yağışı Nedeniyle Oluşan Yıllık Ortalama Yüzeysel Akış (mm) | Yoldan Ayrılan Ortalama Sediment (kg) | Tampon Bölgeden Ayrılan Ortalama Sediment (kg) |
|---------------------------|----------------|----------------------|--|--|---------------------------------------|--|
| 12                        | 34             | 30                   | 25.0   | 0.0  | 125                                   | 255  |
|                           | 35             | 30                   | 25.0   | 0.0  | 86                                    | 198  |
|                           | 36             | 20                   | 22.0   | 0.0  | 80                                    | 191  |

### 4.3. Araştırma Alanındaki Orman Yollarından Meydana Gelen Sediment Kaybı

#### 4.3.1. Örnek Orman Yollarından Meydana Gelen Sediment Miktarı

Çalışma alanından seçilen 12 adet orman yolu örneğinin uzunlukları 80 m ile 150 m arasında değişmektedir ve yolların toplam uzunluğu ise 1380 m'dir. WEPP-Road programı, orman yolundan oluşan sediment miktarı yanında yoldan ayrılıp tampon bölgeyi (orman yolunun altında kalan ve bir sonraki orman yolu veya akarsuya kadar olan doğal veya yapay bitki örtüsü) de geçerek akarsuya veya bir sonraki orman yoluna ulaşan sediment miktarını da ölçmektedir (Tablo 29).

Tablo 29. Orman yollarından oluşan, tampon bölgeye ulaşan ve ayrılan sediment miktarı ve oranları

|                 | Orman yollarından ayrılan sediment miktarı (kg/yıl) | Orman yollarından ayrılan sediment miktarı (kg/m <sup>2</sup> /yıl) | Tampon bölgeden ayrılan sediment miktarı (kg/yıl) | Tampon bölgede tutulan sediment miktarı (kg/yıl) | Tampon bölgenin oluşan sedimenti tutma oranı (%) | Yoldan Oluşarak Dereye ya da yola ulaşan sediment miktarı (kg/yıl) |
|-----------------|---|---|---|--|--|--|
| 1. Yol          | 489   | 1.75  | 912   | -55  | 0  | 489  |
| 2. Yol          | 1257  | 2.33  | 1471  | -214   | 0  | 1257   |
| 3. Yol          | 271   | 1.12  | 278   | -7   | 0  | 271  |
| 4. Yol          | 579   | 2.26  | 1029  | -450   | 0  | 579  |
| 5. Yol          | 780   | 1.5   | 1342  | -562   | 0  | 780  |
| 6. Yol          | 465   | 1.71  | 552   | -87  | 0  | 465  |
| 7. Yol          | 409   | 1.57  | 759   | -350   | 0  | 409  |
| 8. Yol          | 543   | 1.43  | 1415  | -872   | 0  | 543  |
| 9. Yol          | 565   | 1.35  | 653   | -88  | 0  | 565  |
| 10. Yol         | 307   | 1.15  | 375   | -68  | 0  | 307  |
| 11. Yol         | 616   | 1.83  | 1349  | -733   | 0  | 616  |
| 12. Yol         | 297   | 1.49  | 644   | -347   | 0  | 297  |
| <b>Toplam</b>   | <b>6578</b>   | <b>19.57</b>  | <b>10779</b>                                      |  |  | <b>6578</b>  |
| <b>Ortalama</b> | <b>548.17</b>                                       | <b>1.63</b>   | <b>898.25</b>                                     |  |  | <b>548.17</b>  |

Yapılan ölçümler sonucunda orman yollarından ayrılan sediment miktarının örnek yollar için 297 kg/yıl ile 1257 kg/yıl arasında değiştiği, orman yollarından ayrılan toplam sediment miktarının 6578 kg/yıl olduğu ve aynı yollardan meydana gelen ortalama sediment miktarının ise 548.17 kg/yıl olarak tahmin edildiği belirlenmiştir (Tablo 29).

Buna karşılık, çalışma alanındaki tampon bölgeden ayrılan toplam sediment miktarının 278 kg/yıl ile 1471 kg/yıl arasında değiştiği, tampon bölgeden ayrılan toplam sediment miktarının 10779 kg/yıl olduğu ve bu bölgelerden meydana gelen ortalama sediment miktarının ise 898.25 kg/yıl olarak tahmin edildiği belirlenmiştir (Tablo 29).

Bu iki alandan elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, orman yollarına nazaran tampon bölgelerden daha fazla sediment üretiminin meydana gelmesi pek de beklenen bir sonuç değildir. Diğer bir ifade ile yollardan ayrılan tüm sedimentin tampon bölge sonundaki su kaynaklarına veya diğer orman yoluna ulaştığı ve hatta tampon bölgelerden de bir miktar toprak kaybının meydana geldiği ve derelere ulaştığı sonucu çıkmaktadır. Gerçekte, çalışma alanımızdaki orman yollarının alt şevlerinde yer alan tampon bölgelerin yollarından meydana gelen sedimenti tutma görevini yerine getirdiği ancak tampon bölgelerden de beklenmedik miktarlarda toprak kaybı olduğu düşünülmektedir. Bu durumun açıklığa kavuşturulması için verilerde yapılan bazı senaryo değişiklikleri ile çalışmamızdaki örnek yollar üzerinde WEPP-Road programı tekrar yürütülmüş ve tampon bölge eğiminin araştırma sahamız için yüksek oluşunun bu sonuçların alınmasında en önemli etmen olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlara göre tampon bölge uzunluğunun yollardan oluşan sedimentin su kaynaklarına ulaşmasını engellediği ancak tampon bölge eğiminin özellikle %20'nin üzerine çıktığı arazilerde bu özelliğini belirli oranlarda kaybettiği söylenebilir.

Bunlara ek olarak, yapılan hesaplamalar sonucunda, araştırma sahasındaki orman yollarından birim alan (ha) bazında 16.87 ton/ha/yıl sedimentin ayrıldığı, bu miktar bütün Godrahav Deresi Havzası'ndaki mevcut orman yollarına uyarlandığında ise toplam 746.15 ton/yıl civarında bir sedimentin sadece orman yollarından kaynaklandığı görülmektedir. Bu sonucu, WEPP modeli ile tüm Godrahav Havzası'nın tahmini toprak kaybı olarak hesaplanan 27894.6 ton/yıl (Erdoğan Yüksel, 2015) ile topladığımızda, söz konusu havza için meydana gelen toplam toprak erozyonu miktarının 28640.6 ton/yıl civarında (hem yamaçlardan hem de orman yollarından oluşan toprak kaybı miktarı) olduğu sonucuna varılabilir. Söz konusu bu toplam kayıp içerisinde sadece orman yollarından meydana gelen sediment miktarının ise tüm havza içerisinde %2.6'lık bir paya sahip olduğu ortaya çıkmaktadır.



#### 4.3.1.1. Ana Kaya ve Orman Tipi Bağlamında Sediment Kaybı

Bu çalışmada, tahmin edilen sediment kaybı üzerinde etkili olabileceğini varsaydığımız iki ana etmen olan ana kaya ve orman işletim şekli temel alınmıştır. Yapılan istatistiki analiz sonuçlarına göre granit ana kayasından seçilen orman yollarından, bazalt ana kayasından seçilen yollara göre daha fazla sediment olduğu ortaya konulmuştur (Tablo 30).

Tablo 30. Çalışma alanındaki örnek orman yollarından ayrılan sediment miktarı üzerinde ana kaya ve orman işletim şeklinin etkisi

| Ana Kaya            |           | Ortalama Sediment Miktarı (kg/yıl) | Toplam Sediment Miktarı (kg/yıl) |
|---------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|
| Granit (a)          | P= 0.1026 | 213.39                             | 3841                             |
| Bazalt (b)          |           | 152.16                             | 2737                             |
| Orman İşletim Şekli |           |                                    |                                  |
| Koru (a)            | P= 0.8753 | 185.61                             | 3341                             |
| Baltalık (a)        |           | 179.83                             | 3237                             |

P, \*: 0.05 Yanılma ile Önemli; \*\*: 0.01 Yanılma ile Önemli; \*\*\*: 0.001 Yanılma ile Önemli; N.S: 0.05 Yanılma ile Önemsiz; aynı harfler ortalamalar arasında istatistiki anlamda farklılık olmadığını göstermektedir

Granit ana kayasından ortalama 213.39 kg/yıl sediment ayrılırken bazalt ana kayasından 152.16 kg/yıl sediment ayrılmıştır ancak bu farklılık istatistiki anlamda yüksek önem derecesine sahip değildir (P= 0.1026) (Tablo 30).

Çalışma alanı olarak seçilen orman yollarının koru veya baltalık ormanlardan geçmesinin üretilen sediment üzerinde etkili olup olmadığı da araştırılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki baltalık alanlardaki orman yollarından yıllık 185.61 kg/yıl, koruluk alanlardaki orman yollarından ise 179.83 kg/yıl sediment kaybı olmuştur (P= 0.8753) (Tablo 30) ancak bu farklılık da istatistiki anlamda önemsiz çıkmıştır.

#### 4.3.2. Araştırma Alanındaki Orman Yollarından Meydana Gelen Sediment Kaybı Üzerinde Etkili Olan Etmenler

Çalışma sonucunda yapılan korelasyon sonuçlarına göre orman yollarının bazı fiziksel özellikleri üretilen sediment miktarları üzerinde etkili olmuştur. Bunlar; yol genişliği (P= 0.0018), dolgu uzunluğu (P= 0.0036) ve taşlılık oranıdır (P= 0.0001) ve her üç özelliğin artması ile orman yollarından meydana gelen sediment miktarının da istatistiki önem seviyesinde arttığı ortaya çıkmıştır (Tablo 31).

Tablo 31. Çalışma sahasındaki örnek orman yollarının bazı fiziksel özelliklerinin sediment verimi ile olan korelasyon ilişkileri

| Sabit Değişken  | Etmen                     | Korelasyon | P değeri | Korelasyon İlişkisi |
|-----------------|---------------------------|------------|----------|---------------------|
| Sediment verimi | Yolun eğimi               | 0,1893     | 0,2689   |                     |
| Sediment verimi | Yol genişliği             | 0,5029     | 0,0018   |                     |
| Sediment verimi | Dolgu eğimi               | 0,1784     | 0,2979   |                     |
| Sediment verimi | Dolgu uzunluğu            | 0,4727     | 0,0036   |                     |
| Sediment verimi | Tampon Bölge Uzunluğu (m) | -0,0975    | 0,5716   |                     |
| Sediment verimi | Tampon Bölge Eğimi (%)    | 0,0175     | 0,9194   |                     |
| Sediment verimi | Taşlılık (%)              | 0,6600     | 0,0000   |                     |

\*:0.05 Yanılma ile Önemli; \*\*: 0.01 Yanılma ile Önemli; \*\*\*: 0.001 Yanılma ile Önemli; N.S: 0.05 Yanılma ile Önemsiz.

## 5. TARTIŞMA

Godrahav Deresi Havzasında orman yollarından meydana gelen sediment miktarlarının hesaplandığı bu çalışmada toplam 1380 m uzunluğunda 12 yol örneği WEPP-Road programı kullanılarak 50 yıllık bir simülasyona tabi tutulmuştur. Programın çıktıları üzerinde yapılan hesaplamalar sonucunda söz konusu örnek orman yollarından ayrılan toplam sediment miktarı 6578 kg/yıl olarak hesaplanmış ve aynı yollardan meydana gelen ortalama sediment miktarı ise 548.17 kg/yıl olarak hesaplanmıştır. Seçtiğimiz orman yollarından meydana gelen ortalama sediment miktarı bütün Godrahav Deresi Havzası'ndaki mevcut orman yollarına uyarlandığında, 746.15 ton/ha/yıl civarında erozyonun sadece orman yollarından kaynaklandığı, yine yapılan çalışma sonucunda 1 ha'lık bir alandaki orman yollarından ise 16.87 ton/ha/yıl erozyon meydana geldiği belirlenmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, bu çalışmada ortaya çıkan sediment miktarının, WEPP-Road modelinin uygulandığı benzer çalışmalara nazaran daha yüksek olduğu söylenebilir. Örneğin, Mika Creek Havzasında, 13,046 ha'lık bir alanda yapılan çalışma sonucunda 1 hektarlık alandaki orman yollarından 2.12 ton/yıl, tampon bölgeden ise 1.57 ton/yıl erozyon meydana geldiği tahmin edilmiştir (Rackley ve Chung, 2006). Ayrıca, Brooks ve ark., (2003) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada da orman yollarından 1.67 ton/ha/yıl sedimentin üretildiği tespit edilmiştir.

WEPP-Road programının bazı çalışmalarda arazide ölçülen değerlere yakın bazı çalışmalarda ise genelde daha fazla tahmin ettiği ortaya konulmuştur. Örneğin, Duff (2010) Brezilya'nın doğusundaki küçük bir tropik havzada yaptığı karşılaştırmada, WEPP-Road modelinin SEDMODL ve STJ-EROS modellerine nazaran gerçek arazi ölçümlerine daha yakın tahminler ortaya koyduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde Avustralya'da yürütülen bir diğer çalışmada da WEPP-Road modelinin hem ölçülen toprak kaybı ve hem de yüzeysel akış değerlerine kabul edilebilir sınırlar içerisinde yakın tahminler ürettiği rapor edilmiştir (Forsyth ve ark 2006). Buna karşılık, Amerika'nın Oregon eyaletinde orman yollarından meydana gelen gerçek

sediment miktarı değerlerine SEDMODL2 modelinin WEPP-Road modeli ile karşılaştırıldığında çok daha yakın sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır (Amann, 2004).

Bu çalışmanın amaçlarından biri, WEPP programı ile Godrahav Deresi Havzasından meydana gelen toplam sediment kaybı içerisinde ne kadarının orman yollarından ne kadarının ise diğer arazilerden (orman, mera, tarım alanları) geldiğinin hesap edilmesi olarak belirlenmişti. Bu araştırma sonucunda elde edilen veriler sonucunda orman yollarından meydana gelen sediment miktarının bütün havzadan oluşan toprak kaybında oldukça önemli bir pay sahibi olduğu görülmektedir. WEPP ile diğer arazilerden meydana gelen toplam sediment miktarı 27894.6 ton/ha civarındayken (Erdoğan Yüksel, 2015), bizim çalışmamızdaki sonuçlara göre Godrahav Deresi Havzasındaki bütün orman yollarından oluşan ortalama sediment miktarının ise 746.15 ton/ha/yıl olduğu hesaplanmıştır bu iki çalışma sonucunda Godrahav Deresi Havzasındaki orman yollarından meydana gelen erozyon miktarının tüm havzadan meydana gelen erozyon miktarının yaklaşık %2.7'sini oluşturmaktadır.

Yapılan bu çalışmada elde edilen sediment verimi üzerinde çok sayıda faktörün etkili olduğu ortaya konulmuştur. Örneğin, granit ana kayası üzerinde yapılan orman yollarından bazalt ana kayası üzerinde yapılan orman yollarına göre yaklaşık 1.4 katı daha fazla sedimentin üretildiği ortaya çıkmıştır. Genel olarak, granit ana kayasından kumlu toprakların oluştuğu ve dolayısı ile erozyona uğrama eğilimlerinin yüksek olduğu bilinmektedir (Kulabaş, 1998; Kantarcı, 2000). Ayrıca, koru ormanı içerisinde yer alan örnek orman yollarından oluşan ortalama sediment miktarının 179.83 kg/yıl, baltalık orman sınırları içerisinde yapılan yollardan ise ortalama 185.61 kg/yıl olduğu ortaya çıkmıştır.

Sonuçlarımıza göre uzunluğu, orman yollarından ayrılan sediment miktarının derelere ulaşmasına engel olabilecek önemli etmenlerden biri farklı yapı ve kapalılıktan meydana gelen bitki örtüsüne sahip olan tampon bölgelerdir. Tampon bölge uzunluğu ve kapalılığı arttıkça derelere ulaşan sediment miktarının önemli bir kısmı tampon bölgedeki bitki örtüsü tarafından tutulmaktadır ki paralel bir çıkarım Efta ve Chung (2014) tarafından da rapor edilmiştir. Rackley and Chung (2006), WEPP-Road modelini kullanarak Kuzey Idaho'daki Mica deresi havzasında yürüttükleri araştırmada orman yollarının %96'sında sediment kaybı olduğu ve

sadece %55'inde oluşan sedimentin derelere ulaştığını ortaya koymuşlardır. Ancak, bu çalışmada, sonuçlar göstermiştir ki, orman yollarından kaybolan toprağın önemli bir kısmı tampon bölgedeki bitki örtüsü tarafından tutulmasına rağmen araştırma sahasının çok sarp ve yüksek eğimli bir topoğrafyaya sahip olmasından dolayı tampon bölgelerden de belirli oranlarda ilave bir toprak kaybının yaşandığıdır (Tablo 29).

WEPP-Road modelinin toprak kaybını tahmin etmek için gerek duyduğu birçok veri olduğu ve bu verilerin hangileri olduğu daha önce açıklanmıştı. Bu çalışma sonucunda yapılan korelasyon analizleri neticesinde yolların genişliği, dolgu uzunluğu ve taşlılık oranları bu yollardan üretilen sediment verimi üzerinde istatistiksel anlamda etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Beklenenin aksine, yolların eğimi bu çalışmada sediment miktarı açısından etkisiz kalmıştır. Oysa Tysdal ve ark., (1999), yaptıkları çalışmada yol eğiminin orman yollarındaki erozyon oluşumunda önemli seviyelerde etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu araştırma sonuçlarına göre yolların genişliği, dolgu uzunluğu ve taşlılık oranları dışındaki yol özelliklerinin üretilen sediment miktarında belirli derecelerde rol oynadığı ancak bunun istatistiksel anlamda önemli seviyelerde olmadığı tespit edilmiştir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 6.1. Sonuçlar

Godrahav Deresi Havzasında orman yollarından meydana gelen sediment miktarlarının hesaplandığı bu çalışmada toplam 1380 m uzunluğunda 12 yol örneği WEPP-Road programı kullanılarak 50 yıllık bir simülasyona tabi tutulmuştur. Çeşitli kurum ve kuruluşlardan temin edilen haritalar, iklim verileri, toprak özellikleri, jeolojik durumu, orman amenajmanı, uydu görüntüleri ve çalışma alanına gidilerek elde edilen veriler (yol eğimi, yol uzunluğu, yol şekli, dolgu uzunluğu ve eğimi, tampon bölge uzunluğu ve eğimi, taşlılık) bilgisayar ortamında değerlendirilerek WEPP-Road modeli için gerekli olan sayısal veriler elde edilmiş ve programa girilmiştir. WEPP-Road modeli havzada meydana gelen toprak kayıplarının miktarını ortaya koymaktadır.

Yapılan ölçümler sonucunda orman yollarından ayrılan sediment miktarının örnek yollar için 297 kg/yıl ile 1257 kg/yıl arasında değiştiği, orman yollarından ayrılan toplam sediment miktarının 6578 kg/yıl olduğu ve aynı yollardan meydana gelen ortalama sediment miktarının ise 548.17 kg/yıl olarak sonuçlandığı belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki tampon bölgeden ayrılan toplam sediment miktarının 278 kg/yıl ile 1471 kg/yıl arasında değiştiği, tampon bölgeden ayrılan toplam sediment miktarının 10779 kg/yıl olduğu ve aynı tampon bölgelerden meydana gelen ortalama sediment miktarının ise 898.25 kg/yıl olarak ortaya çıktığı tespit edilmiştir.

Seçtiğimiz orman yollarından meydana gelen ortalama sediment miktarı bütün Godrahav Deresi Havzası'ndaki mevcut orman yollarına uyarlandığında, 746.15 ton/ha/yıl civarında erozyonun sadece orman yollarından kaynaklandığı yine yapılan çalışma sonucunda 1 ha'lık bir alandaki orman yollarından ise 16.87 ton/ha/yıl erozyon meydana geldiği bulunmuştur.

Bu çalışmada, tahmin edilen sediment kaybı üzerinde etkili olabilecek iki ana etmen olan ana kaya ve orman işletim şekli temel alınmıştır. Yapılan istatistiki analiz

sonuçlarına göre granit ana kayasından seçilen orman yollarından, bazalt ana kayasından seçilen yollara göre daha fazla sediment olduğu ortaya konulmuştur. Granit ana kayasından ortalama 213.39 kg/yıl sediment ayrılırken bazalt ana kayasından 152.16 kg/yıl sediment ayrılmıştır ancak bu farklılık istatistiksel anlamda yüksek önem derecesine sahip değildir ( $P=0.1026$ ).

Çalışma alanında baz alınan ikinci ana kriter ise orman işletim şeklidir. Diğer bir ifade ile çalışma alanı olarak seçilen orman yollarının koru veya baltalık ormanlardan geçmesinin üretilen sediment üzerinde etkili olup olmadığı araştırılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki baltalık alanlardaki orman yollarından yıllık 185.61 kg/yıl, koruluk alanlardaki orman yollarından ise 179.83 kg/yıl sediment kaybı olmuştur ( $P=0.8753$ ) (Tablo 30). Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, beklenenin aksine, koru ormanına sahip arazilerde inşa edilen orman yollarından bozuk ormanlarda yapılan yollara nazaran daha fazla sediment üretildiği ancak bu farklılığın önemli derecede olmadığı saptanmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında yapılan korelasyon sonuçlarına göre orman yollarının bazı fiziksel özellikleri üretilen sediment miktarları üzerinde etkili olmuştur. Bunlar arasında yol genişliğinin ( $P=0.0018$ ), dolgu uzunluğunun ( $P=0.0036$ ) ve taşlılık oranının ( $P=0.00001$ ) sediment verimi üzerinde istatistiksel anlamda etkili olduğu görülmüştür. Diğer bir ifade ile her üç özelliğin artması ile orman yollarından meydana gelen sediment miktarının da önemli seviyede arttığı ortaya çıkmıştır.

## **6.2. Öneriler**

Belirlenen sonuçlara göre Godrahav Deresi Havzasındaki orman yollarından meydana gelen erozyonun önlenmesi için aşağıdaki açıklanan önlemlerin alınması gerekmektedir:

- Yapılan araştırma sonucu orman yollarında meydana gelen erozyon seviyesinin hiçte küçümsenmeyecek seviyelerde olduğu ortaya konmuştur. Toprakların korunması için bitki - toprak - su arasındaki dengenin mutlaka kurulması ve korunması öncelikli olmalıdır.

- Ormanlardaki yol ağının standartların üstünde olmamalı ve orman yollarının eğimi kabul edilen seviyeden ( %2-%12 ) yüksek olmamalıdır.
- Orman yolları yapılırken dolgu sevi mümkün seviyede kısa ve eğimi düşük olmalıdır ve mevcut tampon bölge uzunluğu ile kapalılık mümkün olduğunca artırılmalıdır.
- Tampon bölgede kullanılan türlerin seçimi dikkatli yapılmalı, kendini çabuk yenileyebilen, gelişmiş kök yapılarıyla toprağı sıkı tutan, su ve rüzgâr erozyonuna karşı koruma sağlayabilen ve toprağı organik madde sağlayabilen yeni bitkilerin ekilmesi/dikilmesi erozyon şiddetini büyük ölçüde azaltacaktır.
- Artvin'in arazi eğimi oldukça yüksek olduğundan, yolların üst kısımlarından yola materyal taşınmasını önlemek amacıyla bitki örtüsünün bozuk olduğu alanlarda teraslama ve bitkilendirme çalışmaları yapılması erozyon şiddetini azaltacaktır.

Sonuç olarak, WEPP-Road modelinin bu tür çalışmalarda etkin kullanımının arttırılmasının, toprak erozyonuna dair verilerin daha hızlı ve güvenilir bir şekilde elde edilmesine olanak sağlayabileceğı unutulmamalıdır. Özellikle havza bazında yürütülecek toprak erozyonu tahmin çalışmalarında WEPP-Road programı ile elde edilecek verilerle yağış havzalarının planlama süreçlerinin de daha sağlıklı yürütülmesi gerçekleştirilecektir.



## 7. KAYNAKLAR

- Akay, A. E., ve Yenilmez, N., 2008. Kuzey Amerika’da orman ürünlerinin üretiminde kullanılan üretim makineleri. Orman Mühendisliği Dergisi, 45(1-3): 24-28.
- Akay, A.E., Zengin, M., Kose, O., and Yenilmez, N., 2012. Determining Fire Protection Zones in Fire Sensitive Forests of eastern Mediterranean Region in Turkey. The International Conference on Forest-Water Interactions with respect to Air Pollution and Climate Change, September 3-6. Kahramanmaraş, Turkey.
- Anonim, 2005. Artvin İl Gelişme Planı (AGEP), T.C. Artvin Valiliği, Artvin.
- Anonim, 1900. Artvin İli Arazi Varlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, İl Rapor No: 08, Ankara.
- DPT, 2001. Ormancılık Özel İhtisas Raporu, Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı. Yayın No 2531 – ÖİK 547, Ankara.
- Öztürk, T., ve Ayberk, H., 2005. Doğu Karadeniz Bölgesinde Orman Yol Yapımının Ormanların Korunması Açısından Değerlendirilmesi. Ladin Sempozyumu (20-22 Ekim), Bildiriler Kitabı, II. Cilt, 809. Trabzon.
- Anonim, 2015. Artvin meteoroloji müdürlüğü Artvin meteoroloji istasyonu verileri.
- Anonim, 2005. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin İşletme Müdürlüğü, Saçınka İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (2006-2025).
- Anonim, 1984. Çoruh Havzası Toprakları, Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları: 756, Ankara.
- Ansin, R., Özkan, Z. C., ve Eminağaoğlu, Ö., 2002. Doğu Karadeniz Bölgesi Endemik Taksonları, II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiriler kitabı II. Cilt, Artvin, 565-573.
- Ansin, R., 1983. Türkiye’nin Flora Bölgeleri ve Bu Bölgelerde Yayılan Asal Vejetasyon Tipleri, KTÜ Orman Fakültesi Dergisi, 6, 2, 318-339.
- Ansin, R., 1983. Türkiye'nin Flora Bölgeleri ve Bu Bölgelerde Yayılan Asal Vejetasyon Tipleri (The Floristic Regions and the Major Vegetation Types of Turkey), KTÜ Orman Fakültesi Dergisi, 6, 2, 318-339.
- Balcı, N., 1958. Elmalı Barajının Siltasyondan Korunması İmkânları ve Vejetasyon-Su Düzeni Münasebetleri Üzerinde Araştırmalar, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), 105 s, İstanbul.
- Balcı, N., 1996. Toprak Koruması, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3947, ISBN:975-404-423-6, İstanbul.

- Boix-Fayos, C., Martinez-Mena, M., Arnau-Rosalen, E., Calvo-Cases, A., Castillo, V., and Albaladejo, J., 2006. Measuring soil erosion by field plots: understanding the sources of variation. *Earth-Sciences Reviews* 78, 267-285.
- Boix-Fayos, C., Martinez-Mena, M., Calvo-Cases, A., Castillo, V., and Albaladejo, J., 2005. Concise review of interrill erosion studies in SE Spain (Alicante and Murcia) erosion rates and progress of knowledge from the 1980s. *Land Degradation Development* 16, 517-528.
- Ceylan, S., 1995. Artvin Yöresinin Coğrafi Etüdü, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- Çepel, N., 1983. Orman Ekolojisi. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No. 337, İstanbul.
- Çepel, N., 1985. Toprak Fiziği. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No. 374.
- Çepel, N., 1988. Orman Ekolojisi. İ.Ü. Yayın No: 3518, Orman Fak. Yayın No: 399, İstanbul.
- Çepel, N., 1978. Orman Ekolojisi. İ.Ü. Yayın No: 3518, Orman Fak. Yayın No: 287, İstanbul.
- Elliot, W.J., and Foltz, M.H., 2001. Validation of the FSWEPP Interfaces for Forest Roads and Disturbances. Paper No. 01-9009, Presented at the ASAE Annual International Meeting, Sacramento, California, ASAE, St. Joseph, Michigan, 13 pp.
- Elliot, W.J., 2001. Comparing RUSLE to WEPP Cropland and Rangeland Formats. In: Proceedings of the International Symposium of Soil Erosion Research for the 21st Century, J.C. Ascough II and D.C. Flanagan (Editors). American Society of Agricultural Engineers (ASAE), St. Joseph, Michigan, pp. 388- 391.
- Elliot, W.J., 2004. Forest Service WEPP Interfaces. Available at <http://forest.moscowfsl.wsu.edu/fswepp/>. Accessed in March 2004.
- Elliot, W. J., and Hall, D., 1997. WEPP Forest Applications. General Technical Report, 40s.
- Elliot, W. J., Hall, D. E., and Scheele, D. L., 1999. WEPP Road: WEPP interface for predicting forest road runoff, erosion, and sediment delivery. Moscow, ID: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research
- Elliot, W.J., Hall, D. E., and Scheele, D. L., 1999. WEPPRoad: WEPP interface for predicting forest road runoff, erosion, and sediment delivery. Moscow, ID: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. <http://forest.moscowfsl.wsu.edu/fswepp/docs/wepproadoc.html>.
- Elliot, W. J., Foltz, R. B., and Luce, C. H., 1995. Validation of Water Erosion Prediction Project (WEPP) Model for Low-Volume Forest Roads. Conference Proceedings Sixth International Conference on Low-Volume Roads,

Minneapolis, Minnesota. Transport Research Board, National Academy Press, Washington, D.C., pp. 178-186.

Elliot, W. J., Foltz, R.B., Robichaud P.R., and Luce, C. H., 1993. A Tool for Estimating Disturbed Forest Site Sediment Production. In: Interior Cedar-Hemlock-White Pine Forests: Ecology and Management Symposium Proceedings, D.M. Baumgartner, J.E. Lotan, and J.R. Tonn (Editors). Department of Natural Resource Sciences, Cooperative Extension, Washington State University, Pullman, Washington, pp. 233-236.

Formica, S.J., Nelson, M.A., Cotter, M.A., Morris, A.S., and Beck, T.L., 2004. West Fork White River Watershed - Sediment Source Inventory And Evaluation, the ASAE Conference "Self-Sustaining Solutions for Streams, Wetlands, and Watersheds" in St. Paul, Minnesota, September 12-15.

Gattinger, T. E., 1962. Explonatory Text of Geological Map of Turkey, MTA Publications, Ankara.

Görcelioğlu, E., 2004. Orman Yolları-Erozyon İlişkisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, No:4460/476, 184 s., İstanbul.

URL-1. <http://forest.moscowfsl.wsu.edu/fswepp/wr/road.html>

URL-2. <http://tr.climate-data.org/location/258/>

URL-3. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ARTVIN>

Hudson, N.W., 1993 Field measurements of soil erosion and runoff. FAO Soil Bulletins, Vol 68, 139 pp, Rome.

Ketin, İ., 1954. Artvin Bölgesinin Jeolojik Etüdü Hakkında Memuar, MTA Rapor No: 1951, Ankara,.

Ketin, İ., 1949. Artvin Bölgesinin Jeolojik Etüdü Hakkında Memuar, MTA Enstitü Yayınları, Ankara,.

Lafren, J.M., Elliot, W.J., Simanton, J.R., Holzhey, C.S. and Kohl, K.D. 1991. WEPP Soil Erodidity Experiments for Rangeland and Cropland Soils. Journal of Soil and Water Conservation, 46(1): 39-44.

OGM, 1985. Orman Yolları Planlaması ve İnşaat İşlerinin Yönetilmesi Hakkında 202 Sayılı Tebliğ, OGM, İnşaat ve İkmal Dairesi Başkanlığı, Ankara.

OGM, 2008. Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı - Tebliğ No:292, OGM İnşaat ve İkmal Dairesi Başkanlığı, Ankara.

OGM, 2010. OGM 2010 Yılı Faaliyet Raporu, TC Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara.

- Özden, Ş., ve Özden, M., 1997. Türkiye Toprak Erozyon Tahmin Modeli (TURTEM), Ankara.
- Seçkin, Ö.B., 1972. Orman Yol Sistemi Üzerine Etüdler, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Yıl:1972 Seri:B, Cilt:22 Sayı:2 sayfa 290-317, İstanbul.
- Seçkin, Ö.B., 1982. Orman Yolları Genel Planlama Esasları, İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 32, Sayı 1, 85 s. İstanbul.
- Stevens, J.A., and Barbour, R.J., 2000. Managing the stands of the future based on lessons from the past: estimating western timber species product recovery by using historical data. USDA, Forest Service, 528: 1-9.
- Uslu, S., 1971. Muhtelif arazi kullanma şekillerinin yüzeysel akış ve erozyon üzerine tesiri. İ.Ü. Yay. No. 1643, İstanbul.
- Whitman, A., Brokaw N., and Hagan, J., 1997. Forest damage caused by selection logging of mahogany in northern Belize. Forest Ecology and Management, 92: 87- 96.
- Yüksek, T., ve Ölmez Z., 2002. Artvin Yöresinin İklim, Toprak Yapısı, Orman Alanları, Ağaç Serveti ve Ormancılık Çalışmalarıyla İlgili Genel Bir Değerlendirme, KÜ Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 1, Artvin.
- Yüksel, A., 2001. Kahramanmaraş Ayvalı Barajı Yağış Havzasının CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) Ortamında Havza Amenajmanı Bakımından Planlanması Üzerine Araştırmalar. K.T.Ü, Doktora Tezi, Trabzon, 135s.
- Yüksel, A., Akay, A.E., Reis, M., and Gündoğan, R., 2007. Using the WEPP Model to Predict Sediment Yield in a Sample Watershed in Kahramanmaraş Region. International Congress River Basin Management, Antalya, 2-11-22.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : KARAKUŞ Sercan  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve Yeri : 01/01/1989 Ardanuç / ARTVİN  
Medeni Hali : Bekar  
Telefon : 0 (532) 408 36 95  
Faks : ---  
e-mail : madox\_88@hotmail.com

### Eğitim

| Derece        | Eğitim Birimi  | Başlangıç-Bitiş |
|---------------|--|-----------------|
| Yüksek Lisans | Artvin Çoruh Üniv./Orman<br>Mühendisliği Anabilim Dalı | 2012 - 2015     |
| Lisans        | Artvin Çoruh Üniv./Orman<br>Mühendisliği Bölümü        | 2007 - 2011     |

### Yabancı Dil

İngilizce