



**T.C.**

**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAHRAMANMARAŞ HALFALI DERESİ YAĞIŞ  
HAVZASINDA UZAKTAN ALGILAMA  
TEKNİKLERİ VE RUSLE YÖNTEMİ  
KULLANILARAK EROZYON RİSK HARİTASININ  
OLUŞTURULMASI**

**BÜLENT ABİZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2014**

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAHRAMANMARAŞ HALFALI DERESİ YAĞIŞ**  
**HAVZASINDA UZAKTAN ALGILAMA**  
**TEKNİKLERİ VE RUSLE YÖNTEMİ**  
**KULLANILARAK EROZYON RİSK HARİTASININ**  
**OLUŞTURULMASI**

**BÜLENT ABİZ**

**Bu tez,**  
**Orman Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**YÜKSEK LİSANS**  
**derecesi için hazırlanmıştır.**

**KAHRAMANMARAŞ 2014**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Ahmet REİS tarafından hazırlanan “Kahramanmaraş Halfalı Deresi Yağış Havzasında Uzaktan Algılama Teknikleri ve RUSLE Yöntemi Kullanılarak Erozyon Risk Haritasının Oluşturulması” adlı bu tez, jürimiz tarafından 06/08/2014 tarihinde oy birliği / oy çokluğu ile Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Mahmut REİS (DANIŞMAN) .....  
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, KSÜ

Prof. Dr. Abdullah E.AKAY (ÜYE) .....  
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, KSÜ

Yrd. Doç. Dr. Şule KISAKÜREK (ÜYE) .....  
Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, KSÜ

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. M. Hakkı ALMA .....  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Bülent ABİZ

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi bilimsel araştırma projeleri tarafından desteklenmiştir.

Proje No : 2013/6-9 YLS

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

**KAHRAMANMARAŞ HALFALI DERESİ YAĞIŞ HAVZASINDA UZAKTAN  
ALGILAMA TEKNİKLERİ VE RUSLE YÖNTEMİ KULLANILARAK  
EROZYON RİSK HARİTALARININ OLUŞTURULMASI  
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**BÜLENT ABİZ**

**ÖZET**

Bu çalışma ile Kahramanmaraş ili merkezine 25 km uzaklıkta bulunan Halfalı Deresi Yağış Havzasında Uzaktan algılama Teknikleri ve RUSLE yöntemi kullanılarak alanın potansiyel erozyon risk durumunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu yöntemin uygulanması amacıyla yağmurun erozivite indeksi (R) modifiye founier indeksi (MFI) yardımıyla oluşturulmuştur. Toprak erodibilite faktörü (K) çalışma alanından alınan toprak örnekleri ve tersinir ağırlıklı ortalama tekniğiyle belirlenmiştir. Eğim uzunluğu ve eğim derecesi faktörü (LS) sayısal arazi yükseklik modelinden yararlanılarak ve bitki amenajman faktörü (C) uzaktan algılama teknikleriyle elde edilmiştir. Elde edilen bütün faktörler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında biraraya getirilmiş ve map algebra modülü raster calculater komutu kullanılarak araştırma alanına ait toprak kaybı belirlenerek 5 sınıfa bölünmüş ve erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Elde edilen potansiyel erozyon risk haritasına göre, araştırma alanının %60'ı nda çok hafif, %2' sinde hafif, %6' sında orta %10' unda şiddetli ve % 20' sinde çok şiddetli erozyon riski taşıdığı görülmüştür. Bunun yanında, araştırma alanına ait toprakların 0-20 cm ve 20-50 cm derinlik kademelerinde 5 farklı erodibilite indeksine (K faktörü, kil oranı, dispersiyon oranı, erozyon oranı, kolloid/nem ekivalanı oranı) göre erozyon eğilim değerleri belirlenmiştir. Elde edilen bu verilere göre araştırma alanı toprakları 5 farklı erodibilite indeksine göre de erozyona duyarlı bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** RUSLE, Toprak erozyonu, CBS, Uzaktan Algılama Teknikleri

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Ağustos/2014

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Mahmut REİS  
Sayfa Sayısı : 108

**PRODUCING EROSION RISK MAP USING REMOTE SENSING  
TECHNIQUES AND RUSLE METHOD IN HALFALI CREEK WATERSHED  
KAHRAMANMARAŞ  
(M.Sc. THESIS)**

**BÜLENT ABİZ**

**ABSTRACT**

In this study, it is aimed to determined the potential erosion risk condition of the area using remote sensing techniques and RUSLE method in Halfalı Stream Watershed, which is 25 km away from Kahramanmaraş province. With the porpuse of applying this method, rainfall erosivitiy index (R) has been generated by means of modified fournier index (MFI).Soil erodibility factor (K) has been produced using Inverse Distance Weighted technique and soil sample obtained from study area. Slope lenght and slope steepness factor (LS) has been created by the help of digital terrain elevation model. Vegetation management factor (C) has been generated using remote sensing techniques. Whole factors obtained has been overlapped in Geographic Information System (GIS) and soil loss belonging to study area has been determined using raster calculator command within map algebra module.It has been divided into 5 classes and erosion risk map has been produced.According to potential erosion risk map obtained, 60% of area has been subject to very low erosion risk, while 2%, 6%, 10% and 20% has been subject to low, medium, high and very high erosion risk, respectively.In addition to this, erosion tendency values of the soils at the 0-20 cm and 20-50 cm depth has been determined with regard to 5 different erodibility indexes (K factor, Clay ratio, dispersion ratio, erosion ratio, kolloid/moisture equivalent).According to data obtained, soils of the study area is sensitive to erosion with respect to 5 different erodibility indexes.

**Key words:** RUSLE, Soil Erosion, CBS, Remote Sensing Techniques

Kahramanmaraş Sütçü İmam University  
Institute for Graduate Studies in Science and Technology  
Department of Forest Engineering, August/2014

Supervisor : Yrd. Doç. Dr. Mahmut Reis

Page Number : 108

## TEŞEKKÜR

“Kahramanmaraş İli Halfalı Deresi Yağış Havzasında Uzaktan Algılama Teknikleri Ve RUSLE Yöntemi Kullanılarak Erozyon Risk Haritalarının Oluşturulması” adlı bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle çalışmalarımın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, tez çalışmasının planlanması, projelendirilmesi ve yürütülmesinde sağladığı maddi ve manevi katkılarından dolayı değerli danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Mahmut REİS’e sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmanın modelleme kısmında yardımcı olan ve tez jürisinde yer alan Sayın Prof. Dr. Abdullah E.AKAY’a teşekkür ederim. Ayrıca tez jürisinde yer alan ve değerli katkılar sağlayan Yrd. Doç. Dr. Şule KISAKÜREK’e çok teşekkür ederim.

Araştırmanın gerçekleştirilmesinde maddi destek sağlayan Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları sırasında ve laboratuvar çalışmalarının gerçekleştirilmesinde bana destek olan tüm arkadaşlarıma ayrıca Arş. Gör. Nurşen ŞEN’e, Arş. Gör. Ömer BOLAT’a, Arş. Gör. Hurem DUTAL’a, Orman Yüksek Mühendisi Ahmet REİS’e, Orman Yüksek Mühendisi Veysel YILDIRIMER’e, Orman Yüksek Mühendisi Seda TAT’a Orman Yüksek Mühendisi Aşkın Nur Kuvvet’e Orman Mühendisi Ergin Çağatay ÇANKAYA’ ya ve Orman Mühendisi Yasin Vermez’e teşekkür ederim.

Son olarak, bu günlere gelmemde çok büyük emekleri olan, her türlü maddi ve manevi desteklerini gördüğüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bülent ABİZ

AĞUSTOS 2014

KAHRAMANMARAŞ

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                      | Sayfa No |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| ÖZET .....                                                                           | İ        |
| ABSTRACT .....                                                                       | İİ       |
| TEŞEKKÜR .....                                                                       | İİİ      |
| İÇİNDEKİLER ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                     | İV       |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                                | Vİİ      |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....                                                               | İX       |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                                                  | Xİ       |
| 1. GİRİŞ.....                                                                        | 1        |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....                                                           | 6        |
| 3. MATERYAL VE METOD .....                                                           | 19       |
| 3.1. Materyal .....                                                                  | 19       |
| 3.1.1. Çalışma alanının tanıtımı .....                                               | 19       |
| 3.1.1.1. Coğrafi konum .....                                                         | 19       |
| 3.1.1.2. İklim .....                                                                 | 20       |
| 3.1.1.3. Jeolojik yapı .....                                                         | 25       |
| 3.1.1.4. Genel toprak özellikleri.....                                               | 26       |
| 3.1.1.5. Bitki örtüsü.....                                                           | 28       |
| 3.2. Metod .....                                                                     | 29       |
| 3.2.1. Arazide yapılan çalışmalar .....                                              | 29       |
| 3.2.2. Laboratuvarında yapılan çalışmalar .....                                      | 29       |
| 3.2.2.1. Toprak örneklerinin analize hazırlanması.....                               | 29       |
| 3.2.2.2. Toprak örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal ve hidrolojik özellikleri ..... | 30       |
| 3.2.3. Elde edilen toprak verilerinin değerlendirilmesi .....                        | 34       |
| 3.3. Toprak erozyon risk değerlendirmesinde RUSLE yöntemi .....                      | 34       |
| 3.3.1. Yağmur erozivite indeksi (R) .....                                            | 36       |
| 3.3.2. Toprak erodibilite faktörü (K).....                                           | 37       |
| 3.3.3. Eğim uzunluğu ve eğim derecesi faktörü (LS).....                              | 40       |
| 3.3.4. Bitki amenajman faktörü (C).....                                              | 43       |

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.4.1. Uzaktan algılama teknikleri (UAT) kullanılarak güncel arazi kullanımının belirlenmesi .....           | 43 |
| 3.3.5. Toprak koruma önlemleri faktörü (P) .....                                                               | 46 |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....                                                                                   | 48 |
| 4.1. Araştırma Alanı Topraklarına Ait Bazı Özelliklerin Arazi Kullanım Şekillerine Bağlı Olarak Değişimi ..... | 48 |
| 4.1.1. Üst toprak kademesinde (0-20 cm) .....                                                                  | 48 |
| 4.1.1.1. Kum, toz ve kil oranları .....                                                                        | 48 |
| 4.1.1.2. Organik madde oranları .....                                                                          | 50 |
| 4.1.1.3. Nem ekivalanı .....                                                                                   | 50 |
| 4.1.1.4. Permeabilite .....                                                                                    | 51 |
| 4.2.1.1. Dispersiyon oranı .....                                                                               | 51 |
| 4.2.1.2. Kil oranı .....                                                                                       | 52 |
| 4.2.1.3. Kolloid/nem ekivalanı oranı .....                                                                     | 53 |
| 4.2.1.4. Erozyon oranı.....                                                                                    | 53 |
| 4.2.1.5. K faktörü .....                                                                                       | 54 |
| 4.1.2. Alt toprak kademesinde(20-50 cm).....                                                                   | 55 |
| 4.1.2.1. Kum, toz ve kil oranları .....                                                                        | 55 |
| 4.1.2.2. Organik madde oranları .....                                                                          | 57 |
| 4.1.2.3. Nem ekivalanı .....                                                                                   | 58 |
| 4.1.2.4. Permeabilite .....                                                                                    | 59 |
| 4.2.2.1. Dispersiyon oranı .....                                                                               | 59 |
| 4.2.2.2. Kil oranı .....                                                                                       | 60 |
| 4.2.2.3. Kolloid/nem ekivalanı oranı .....                                                                     | 60 |
| 4.2.2.4. Erozyon oranı.....                                                                                    | 61 |
| 4.2.2.5. K faktörü .....                                                                                       | 62 |
| 4.1.3. Toprak verilerine ait tartışmalar .....                                                                 | 62 |
| 4.3. Toprak Erozyon Risk Değerlendirmesinde RUSLE Yöntemi .....                                                | 65 |
| 4.3.1. Halfalı deresi yağış havzasında yağışın erozivite faktörü (R).....                                      | 65 |
| 4.3.2. Halfalı deresi yağış havzasında toprak erodibilite faktörü (K) .....                                    | 68 |
| 4.3.3. Halfalı deresi yağış havzasında eğim uzunluğu ve eğim derecesi faktörü (LS) .....                       | 72 |
| 4.3.4. Halfalı deresi yağış havzasında bitki yönetim faktörü (C).....                                          | 77 |
| 4.3.5. Toprak koruma önlemleri faktörü (P) .....                                                               | 83 |
| 4.3.6. Halfalı deresi yağış havzasında erozyon risk durumu.....                                                | 84 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER ..... | 88  |
| 5.1. Sonuçlar .....        | 88  |
| 5.2. Öneriler .....        | 90  |
| 6. KAYNAKLAR.....          | 91  |
| ÖZ GEÇMİŞ.....             | 108 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

|                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1. Çalışma alanının Türkiye haritasındaki konumu ve sayısal yükseklik modeli haritası.....                                            | 19 |
| Şekil 3.2. Araştırma alanının thornthwaite yöntemine göre su bilançosu grafiği .....                                                          | 23 |
| Şekil 3.3. Halfalı deresi yağış havzasının jeolojik birimler haritası.....                                                                    | 27 |
| Şekil 3.4. Halfalı Deresi Yağış Havzasının Büyük Toprak Grupları .....                                                                        | 29 |
| Şekil 3.5. RUSLE Yöntemi Akış Şeması .....                                                                                                    | 35 |
| Şekil 3.6. USLE denklemindeki K değerlerini veren nomograf (Wishmeier and Smith 1978).....                                                    | 39 |
| Şekil 3.7. LS faktörü akış şeması .....                                                                                                       | 42 |
| Şekil 4.1. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama kum, toz ve kil oranlarının değişimi .....       | 48 |
| Şekil 4.2. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama organik madde oranlarının değişimi .....         | 50 |
| Şekil 4.3. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama nem ekivalanı oranlarının değişimi.....          | 51 |
| Şekil 4.4. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama permeabilite değişimi .....                      | 51 |
| Şekil 4.5. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama dispersiyon oranlarının değişimi.....            | 52 |
| Şekil 4.6. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama kil oranlarının değişimi .....                   | 53 |
| Şekil 4.7. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama kolloid/nem ekivalanı oranlarının değişimi ..... | 54 |
| Şekil 4.8. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama erozyon oranlarının değişimi .....               | 54 |
| Şekil 4.9. Farklı arazi kullanım şekillerine göre K faktörü .....                                                                             | 55 |
| Şekil 4.10. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama kum, toz ve kil oranlarının değişimi .....      | 56 |
| Şekil 4.11. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama organik madde oranlarının değişimi .....        | 58 |

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.12. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama nem ekivalanı oranlarının değişimi .....         | 59 |
| Şekil 4.13. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama permeabilite değerlerinin değişimi .....         | 59 |
| Şekil 4.14. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama dispersiyon oranlarının değişimi .....           | 60 |
| Şekil 4.15. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama kil oranlarının değişimi.....                    | 61 |
| Şekil 4.16. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama kolloid/nem ekivalanı oranlarının değişimi ..... | 61 |
| Şekil 4.17. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama erozyon oranlarının değişimi .....               | 62 |
| Şekil 4.18. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre K değerleri .....                                         | 63 |
| Şekil 4.19. Yağmur Erozivite faktörü haritası.....                                                                                             | 68 |
| Şekil 4.20. Araştırma alanı K faktörü haritası .....                                                                                           | 71 |
| Şekil 4.21. Toprakların erodibilite dereceleri haritası .....                                                                                  | 72 |
| Şekil 4.22. Tın haritası.....                                                                                                                  | 74 |
| Şekil 4.23. Boşlukların Doldurulması .....                                                                                                     | 75 |
| Şekil 4.24. Eğim uzunluğu ve eğim derecesi faktörü haritası .....                                                                              | 76 |
| Şekil 4.25. Arazi kullanım haritası .....                                                                                                      | 80 |
| Şekil 4.26. Bitki yoğunluğu haritası .....                                                                                                     | 83 |
| Şekil 4.27. Halfalı Deresi Yağış Havzası Erozyon risk haritası.....                                                                            | 86 |
| Şekil 4.28. Erozyon risk durumu .....                                                                                                          | 87 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2.1. Yağış yoğunluğu ve toprak kaybı arasındaki ilişki(Morgan,1991).....                                                                                                                                    | 6  |
| Çizelge 2.2. Eğim büyüklüğü ve yağışın erozyon üzerine etkisi (Römkens ve ark., 2001) .....                                                                                                                         | 7  |
| Çizelge 3.1.Araştırma alanının 1975-2010 yılları arasında Kahramanmaraş Meteoroloji İstasyonuna ait bazı iklim verileri (DMİ,2012) .....                                                                            | 19 |
| Çizelge 3.2. Thornthwaite yöntemine göre araştırma alanının su bilançosu.....                                                                                                                                       | 20 |
| Çizelge 3.3. Halfalı deresi yağış havzasının jeolojik birimlerin alan ve oranları                                                                                                                                   | 25 |
| Çizelge 3.4. Göz deresi yağış havzasının büyük toprak grupları .....                                                                                                                                                | 26 |
| Çizelge 3.5. Middleton tarafından ortaya konulan dispersiyon oranı (Lutzh,1947).....                                                                                                                                | 30 |
| Çizelge 3.6. Kolloid/Nem ekivalanı oranı .....                                                                                                                                                                      | 32 |
| Çizelge 3.7. Erozyon oranı .....                                                                                                                                                                                    | 32 |
| Çizelge 3.8. Kil Oranı.....                                                                                                                                                                                         | 33 |
| Çizelge 3.9. K faktörüne göre toprakların erodibilite dereceleri .....                                                                                                                                              | 37 |
| Çizelge 4.1. Halfalı deresi yağış havzasına ait toprakların 0-20 cm derinliğindeki bazı fiziksel, hidrolojik ve kimyasal özelliklerinin arazi kullanım şekillerine göre değişiminin varyans ve duncan analizi ..... | 47 |
| Çizelge 4.2. Halfalı deresi yağış havzasına ait toprakların 20-50 cm derinliğindeki bazı fiziksel hidrolojik ve kimyasal özelliklerinin arazi kullanım şekillerine göre değişiminin varyans ve duncan analizi ..... | 55 |
| Çizelge 4.3. Halfalı Deresi Yağış Havzasında yükselti aralıklarına göre MFI ve R değerlerinin değişimi .....                                                                                                        | 65 |
| Çizelge 4.4. Araştırma alanı r değerlerinin alansal ve oransal dağılımları.....                                                                                                                                     | 67 |
| Çizelge 4.5. Araştırma alanın erodibilite faktörünün alnsal ve oransal dağılımları .....                                                                                                                            | 71 |
| Çizelge 4.6. Eğim sınıflarının alansal ve oransal dağılımları.....                                                                                                                                                  | 75 |
| Çizelge 4.7. Arazi durumunun alansal ver oransal dağılımları .....                                                                                                                                                  | 79 |
| Çizelge 4.8. Erozyon riskinin alansal ve oransal dağılımları .....                                                                                                                                                  | 85 |

## **EK ÇİZELGELER DİZİNİ**

|                                                                                                                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ek çizelge 1. Halfalı deresi yağış havzasına ait toprakların 20-50 cm derinliğindeki bazı fiziksel, hidrolojik ve kimyasal özelliklerinin erodibilite indekslerine göre değişimininkorelasyonanalizi.....   | 104 |
| Ek çizelge 2. Halfalı deresi yağış havzasına ait toprakların 0-20 cm derinliğindeki bazı fiziksel, hidrolojik ve kimyasal özelliklerinin erodibilite indekslerine göre değişiminin korelasyon analizi ..... | 106 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|                           |                                                                       |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>°C</b>                 | : Santigrad derece                                                    |
| <b>a</b>                  | : Birbirlerini izleyen tesviye eğrilerini arasındaki alanlar          |
| <b>AB</b>                 | : Avrupa Birliği                                                      |
| <b>ABD</b>                | : Amerika Birleşik Devleti                                            |
| <b>AGNPS</b>              | : Agricultural Non-point Source Pollution Model                       |
| <b>C</b>                  | : Yağış havzasının karakteristiklerine ve yağış şekline bağlı katsayı |
| <b>CBS</b>                | : Coğrafi Bilgi Sistemi                                               |
| <b>cm</b>                 | : Santimetre                                                          |
| <b>cm<sup>2</sup></b>     | : Santimetrekare                                                      |
| <b>CORINE</b>             | : Coordination of Information on the Environment                      |
| <b>D</b>                  | : Yıllık Su Açığı                                                     |
| <b>DEM</b>                | : Digital Elevation Model                                             |
| <b>EST</b>                | : Sediment verimi tahmin modeli                                       |
| <b>FSK</b>                | : Aylık Yağış ve Toprakta Depo Edilmiş Su                             |
| <b>GeoWEPP</b><br>Project | : The Geospatial Interface For The Water Erosion Prediction           |
| <b>GET</b>                | : Gerçek Evapotranspirasyon                                           |
| <b>GIS</b>                | : Geographical Information System                                     |
| <b>Ha</b>                 | : Hektar                                                              |
| <b>Hs</b>                 | : Toprak örneğinin yüksekliği                                         |
| <b>Hw</b>                 | : Hidrostatik basıncı yapan su sütunu yüksekliği                      |
| <b>I</b>                  | : Kuraklık indisinin aylık değerini                                   |
| <b>I<sub>a</sub></b>      | : Kuraklık İndisi                                                     |
| <b>I<sub>k</sub></b>      | : En Kurak Aya Ait Kuraklık İndisi                                    |
| <b>I<sub>m</sub></b>      | : Yağış Etkenliği İndisi                                              |
| <b>I<sub>y</sub></b>      | : Yıllık Kuraklık İndisi                                              |

|                        |                                                          |
|------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>İ</b>               | : Suların toplanma zamanına karşılık gelen yağış şiddeti |
| <b>K</b>               | : Toprak Erozyon Duyarlılık Faktörü                      |
| <b>km</b>              | : Kilometre                                              |
| <b>km<sup>2</sup></b>  | : Kilometrekare                                          |
| <b>m</b>               | : Metre                                                  |
| <b>mm</b>              | : Milimetre                                              |
| <b>n</b>               | : Örnek Sayısı                                           |
| <b>Ne</b>              | : Yıllık Evapotranspirasyon                              |
| <b>N.S</b>             | : Non Significant                                        |
| <b>OYO</b>             | : Orman Yetiştirme Ortamı                                |
| <b>P</b>               | : Yıllık Ortalama Yağış                                  |
| <b>Pa</b>              | : En Kurak Ayın Yağış Miktarı                            |
| <b>p</b>               | : Güven Düzeyi                                           |
| <b>PET</b>             | : Potansiyel Evapotranspirasyon                          |
| <b>RUSLE</b>           | :Yenilenmiş Üniversal Toprak Kaybı Denklemi              |
| <b>Q</b>               | : Debi                                                   |
| <b>Q<sub>100</sub></b> | : 100 Yıllık Maksimum Taşkın Tekerrür Debisi             |
| <b>S</b>               | : Yıllık Su Fazlası                                      |
| <b>SAM</b>             | : Sayısal Arazi Modeli                                   |
| <b>sn</b>              | : Saniye                                                 |
| <b>T</b>               | : En Kurak Ayın Ortalama Sıcaklığı                       |
| <b>Tc</b>              | : Suların toplanma zamanı                                |
| <b>TM</b>              | : Thematic Mapper                                        |
| <b>Tom</b>             | : Yıllık Ortalama Sıcaklık                               |
| <b>TOPAZ</b>           | : Topographic Parametirization                           |
| <b>USLE</b>            | : Üniversal Toprak Kaybı Denklemi                        |
| <b>WEPP</b>            | : The Water Erosion Prediction Project                   |

## 1. GİRİŞ

Toprak, kayaçların fiziki çevreyle etkileşimleri sonucu oluşan ve oluşumu itibariyle uzun bir süreç alan, insan hayatındaki en temel kaynaklardandır. Aynı zamanda su ve hava ile birlikte doğadaki yaşam süreçlerinin en önemli temel taşlarından biri olması, temel besin maddelerinin üretimini güvence altına almak için vazgeçilmez bir yaşam kaynağı olarak görülmesine neden olmuştur. Bu nedenle toprak insan hayatının devam edebilmesinde büyük önem taşıyan gıda, yem ve yakıt gibi temel ihtiyaçların karşılanmasında ve tüm karasal hayatın devamında en önemli unsur olarak kabul edilmektedir (Blanco ve Lal, 2008).

Erozyon; doğal dengenin en önemli unsuru olan toprağı yerinde tutan ve koruyan bitki örtüsünün insan, iklim ve fizyografik faktörler tarafından değişikliğe uğratılması sonucunda toprağın büyük ölçüde su ve rüzgâr gibi doğal etmenler tarafından hızlı bir şekilde aşınması ve taşınması olayıdır (Reis ve ark., 2001).

Yapılan en güvenilir araştırmalara göre, uygun şartlar altında, iyi bir orman, çayır vs. koruyucu bitki örtüsü altında tabiat, alt toprağın cinsine ve iklim şartlarına bağlı olarak 2,5 cm kalınlığında bir üst toprak oluşumu için 200 ila 1000 seneye ihtiyaç duymaktadır (Bennet, 1939; Blair, 1942). Öyle ki 20 cm kalınlığında bir üst toprağın su ile taşınması halinde, bu toprağın yeniden oluşabilmesi için en az 1600-1800 yılın geçmesi gerekmektedir. Aslında bu toprağı elde etmek için gereken zaman gerçekte çok daha uzundur. Zira ikinci santimetrede bulunan toprağın birinci santimetreye nazaran daha fazla zamana ihtiyacı vardır ve bu zaman, derinlere gidildikçe artmaktadır (Bennet, 1939).

Erozyon nedeni ile toprağın verimi azalmakta, besin maddeleri yok olmakta, sular kirlenmekte, ürünlerde verim ve kalite düşmektedir (Doğan, 1995). Erozyonun nasıl ve ne zaman oluştuğunu anlamak için erozyon oluşumunu kontrol eden yağış, toprak özellikleri, topoğrafik özellikler, bitki örtüsü ve insanların toprak yönetimine ait uygulamalar gibi faktörlerin birbirleri ile olan ilişkisinin ve etki derecesinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, bu güne kadar laboratuvar ya da arazi koşullarında toprak kayıplarını tahmin etmek üzere birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda değişkenler kaydedilmiş, en uygun ilişkiler korelasyon ve regresyon analizlerini içeren istatistik metotlarıyla araştırılmıştır. Ancak bu çalışmalarda ortak sonuçlardan çok birbirinden farklı olan ilişkiler ortaya konulmuştur (Morgan, 1991).

İnsanın yeryüzündeki faaliyetleri sonucu ortaya çıkan hızlandırılmış erozyon, dünyanın her yerinde görülen çevresel ve tarımsal bir problemdir. Hızlandırılmış erozyonun geçmişi tarımın yapılmaya başladığı devirlere kadar uzanmakla birlikte son zamanlarda yoğunluğu daha da artmıştır. Her yıl milyonlarca ton tarım toprağı geri çevrilemeyecek şekilde erozyonla deniz, göl ve barajlara taşınmaktadır. Bu durum sonucunda, artan dünya nüfusuna karşılık kişi başı düşen tarım alanı her geçen yıl azalmaktadır (Lal ve Stewart, 1990; Pimentel ve ark., 1994).

Erozyon, Türkiye'nin de mücadele edilmesi gereken önemli çevresel sorunlardandır (Cangir ve ark., 2000). Her yıl ortalama kaybolan 500 milyon tona yakın verimli toprakla birlikte yaklaşık 9 milyon ton bitki besin maddesi de yitirilmektedir (Kantarıcı, 1980). Bu durum aynı zamanda ekosistemin ve suların kirlenmesine de neden olmaktadır. Türkiye topraklarının % 99'u su erozyonundan, geriye kalan % 1'inin de rüzgâr erozyonundan etkilenmekte (DPT, 2001) olması, erozyonun Türkiye için ne kadar büyük bir tehdit olduğunu gözler önüne sermektedir.

Türkiye'de bozkır alanlarda rüzgârla, diğer alanlarda ise suyun yüzeysel akışa geçmesinden dolayı üst toprakların % 20'si orta, % 36'sı şiddetli ve % 22'si çok şiddetli toprak erozyonuna maruz kalmaktadır (AGM, 2008). Erozyon sonucunda; toprak ve arazi kaybı, sedimentasyon, su kalitesinin bozulması, toprakların verimsizleşmesi gibi zararlar meydana gelmektedir. Toprak erozyonu, su kalitesi ve sucul habitat üzerine ciddi olumsuz etki yapmaktadır. Bu nedenle, Türkiye havzalarında hızlı ve güvenilir sediment verimi ve yüzeysel akış tahmini, toprak koruma tekniklerinin planlanması ve uygulanması açısından çok önemlidir (Akay, 2005; Akay ve ark., 2008).

Erozyonla toprak kaybı miktarı, sediment verimi ve yüzeysel akış tahmini için geliştirilmiş olan RUSLE, EPIC, ANSWERS, CORINE, ICONA, WEPP, GeoWEPP, CREAMS, MOSES, GLEAMS, WATEM/SEDEM, AGNPS, EGEM, EUROSEM, SWAT, KINEROS gibi farklı yöntemler vardır.

CORINE (COoRdination of INformation on the Environment) modeli USLE (Universal Soil Loss Equation) (Wischmeier, 1976) tabanlı olup, AB (Avrupa Birliği) tarafından geliştirilen ve toprak erozyonu çalışmalarında kullanılan bir yöntemdir (CORINE, 1992). CORINE modelinin avantajı; araştırma alanın tamamı için erozyon tahmininin sağlanabilmesidir. CORINE metodolojisi ile toprak erozyon risk haritalarının yapılması, Avrupa Birliği ile Türkiye arasında gelecekteki bilimsel çalışmaların

entegrasyonu için çok önemlidir (CORINE, 1992; Bayramin ve ark., 2003). Aktüel toprak erozyon risk modeli, potansiyel toprak erozyon riski ve bitki örtüsü verisi olmak üzere parametreden oluşmaktadır. Potansiyel toprak erozyon riskinde toprak aşınabilirliği (erodobilite), aşındırıcı güç (erozivite) ve topografya fonksiyonları hesap edilmektedir.

Bitki örtüsü erozyon oranına önemli derecede etki ettiğinden, bitki örtüsü verisi erozyon modelleri içerisinde çok önemli bir parametredir (Lal, 1994; Kılıç ve ark., 2006; Evrendilek ve ark., 2007). CORINE modelinin devamı olan ve çalışmalarda pek çok jeolojik veriyi de esas alan ICONA (Institute for CONservation of the NATure) modeli geliştirilmiştir (Bayramin ve ark., 2003). ICONA modeli, geniş alanlar için toprak kaybı tahmini yapabilmesine rağmen, iklim verilerini dikkate almamaktadır (Yüksel ve ark., 2007b).

WEPP (Water Erosion Predicting Project ) erozyon modeli, sürekli bir bilgisayar simülasyon programı olup, yamaçlardan yüzeysel akışla birlikte meydana gelen toprak kayıpları ve sediment birikimini, derelerden meydana gelen toprak kayıpları ve sediment taşınımını tahmin etmektedir. Bu erozyon bileşenlerine ek olarak, aynı zamanda, iklim verilerini, infiltrasyon durumunu, günlük su bitki-toprak ve su arasındaki dengeyi, bitkilerin gelişimini ve ölü örtü durumunu ve sulama işlemlerini de içermektedir. WEPP model bir yağış havzasından veya bir yamaç araziden meydana gelen toprak kayıplarının nerelerde ve ne zaman meydana geleceğini ve depolanacağını ortaya koymakta olup, böylece uygulama açısından nerelerde hangi toprak koruma önleminin alınması gerektiği konusunda belirleyici rol oynamaktadır (Okatan ve ark., 2007a).

WEPP'in CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) ile entegre edilmesi ile GeoWEPP (The Geospatial Interface For The Water Erosion Prediction Project) programı geliştirilmiştir. GeoWEPP programı GIS, WEPP ve TOPAZ (TOpographic PArametiriZation) programlarını entegre eden ve özellikle büyük yağış havzaları için uygulama imkanları sunan en son WEPP teknolojisidir (Yüksel ve ark., 2007b).

CREAMS (Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems) bir arazi parçasından ayrılan su, sediment, bitki besin maddeleri ve tarımsal ilaçlar üzerinde arazi yönetiminin etkisini simüle etmek için geliştirilen bir modeldir. Özellikle 1980'li yılların ortalarından itibaren orijini CREAMS modeli olmak üzere çeşitli modeller geliştirilmiştir (Karaş, 2005).

GLEAMS (Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems) tarla bazında en fazla 50 yıllık sürede homojen alanda kök bölgesi ve arazidan sediment, pestisit ve bitki besin maddesi taşınımını simüle edebilen bir modeldir. Model hidroloji, erozyon-sediment verimi, bitki besin maddesi değişimi ve taşınımı ve pestisit taşınımı olmak üzere 4 bileşenden oluşmaktadır (Knisel ve Davis, 1999).

AGNPS (Agricultural Non-point Source Pollution Model) modeli ilk olarak ABD Tarım Bakanlığı -Tarımsal Araştırma Merkezi (USDA-ARS) tarafından 1989 yılında R.A. Young, C. A. Onstad, D. D. Bosch ve W. P. Anderson'un çalışmaları ile geliştirilen, tek bir olaydaki yüzey akış, sediment ve kimyasal madde taşınımını simüle ederek tahmine çalışan bir bilgisayar programıdır. Büyüklüğü 0.4-16 ha arasında değişen hücrelerde, en fazla 20.000 ha alana sahip havzalarda simülasyon yapabilen model zamanla geliştirilerek, 1995 yılında 5.0 versiyonuna ulaşmıştır (Öztürk ve ark., 2003).

ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation) modeli, yüzeysel akış ve sediment veriminin minimize edilmesinde tarım arazilerinde uygulanacak yöntemin seçimini belirleyen hidrolojik bir modeldir (Beasley ve ark., 1980).

USLE (Universal Soil Loss Equation) erozyonla kaybolan toprak miktarının tahmin edilebilmesi amacıyla en çok kullanılan matematiksel modellerden biridir. Denklem 1957'de Wischmeier ve arkadaşları tarafından tarım arazilerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş ve daha sonra 1971 de inşaat sahaları ve 1972'de de mera ve orman sahaları için kullanımları ilave edilmiştir. 1978 yılında yayınlanan Agricultural Handbook 578 den sonrada çalışmalar durmamış ve 1985 yılında Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığının ve diğer erozyon ile ilgili araştırmacıların yapmış olduğu toplantı sonucunda USLE'nin ilave araştırma sonuçları ve gelişen teknolojiye bağlı olarak yeniden gözden geçirilmesine (revize edilmesine) karar verilmiştir. Revizyon çalışmaları 1987 de başlamış ve yeni teknoloji RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) olarak adlandırılmıştır (LAL, 1994).

RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation); iklim, toprak türü, arazi kullanım şekli, topoğrafya gibi erozyona neden olan faktörleri de dikkate alarak birim alana düşen yıllık toprak kaybını tahmin eden ampirik bir yöntemdir (Renard ve ark., 1997; Covert, 2003; Yüksel ve ark., 2007b).

Kahramanmaraş ili Halfalı deresi yağış havzasında yapılan bu araştırmanın amacı, Uzaktan Algılama Teknikleri ve RUSLE yöntemi ile arazideki toprak erozyonu riskinin belirlenmesidir. Yöntem gereği toprağın erozyona duyarlılığı, iklimin erozyona etkisi, eğim ve bitki örtüsü, yağış, topoğrafya faktörleri ayrı ayrı incelenip, alanın potansiyel erozyon tehlikesi belirlenmeye çalışılmıştır.

CBS ve UA yöntemleriyle Kahramanmaraş ili Halfalı deresi yağış havzasının güncel arazi kullanım haritası belirlenmiştir. Ayrıca havza topraklarının bazı fiziksel, kimyasal ve hidrolojik özellikleri ile erozyon eğilimlerini belirlemek için farklı arazi kullanım şekilleri (orman, tarım, mera) göz önüne alınmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Su erozyonunda rüzgâr, sıcaklık ve nispi nem gibi iklimin diğer öğeleri de etkili birer faktör iseler de temel faktör yağıştır (Doğan ve Güçer 1976; Öztürk, 1995). Toprak kaybı, yağmur damlasının toprak zerrecelerini koparmada ve yüzey akışa katkı sağlamasındaki etkiler olmak üzere yağış ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle erozyonun oluşmasında en etkili iklim faktörü yağış yoğunluğudur. Yağış yoğunluğunun toprak kaybı üzerine etkisinin araştırıldığı ve Morgan'ın (1991), yağış yoğunluğu ile toprak kaybı arasındaki ilişkiyi gösteren en çarpıcı örnek olarak nitelendirdiği bir çalışma, Fournier tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, 183 farklı iklim istasyonundan ölçüm yapılmış, yapılan ölçümler sonucunda 5 dakikada oluşan yağış miktarındaki 5 katlık bir artışın toprak kaybında 13 katlık bir artışa neden olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 2.1. Yağış yoğunluğu ve toprak kaybı arasındaki ilişki (Morgan, 1991)

| Maksimum Yağış<br>(5 dk. yoğunluk (mm/ha)) | Yağışın yağma<br>sayısı | Ortalama toprak kaybı<br>(kg/m <sup>2</sup> ) |
|--------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|
| 0-25.4                                     | 40                      | 0.37                                          |
| 25.4-50.8                                  | 61                      | 0.60                                          |
| 50.9-76.2                                  | 40                      | 1.18                                          |
| 76.3-101.6                                 | 19                      | 1.14                                          |
| 101.7-127.0                                | 13                      | 3.42                                          |
| 127.1-152.4                                | 4                       | 3.63                                          |
| 152.5-177.8                                | 5                       | 3.87                                          |
| 177.9-254.0                                | 1                       | 4.79                                          |

Yağış ile oluşan toprak kayıpları arasındaki ilişki birçok araştırmacı tarafından gerek laboratuvar gerekse arazi çalışmalarında belirlenmiştir. Bu çalışmalardan birinde Fox ve Bryan (1999), Kanada Güney Ontarionun Gri Kahverengi Luvisollerini (% 50 kum, % 20 silt ve % 28 kil) kullanarak 100x40x10 cm'lik yapay alanlarda yaptıkları yağış denemelerinde yağış özellikleri ile toprak kayıpları arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmada A horizonundan alınan topraklar 2 cm kalınlığında ve yoğunluğu 1,29 gr/cm<sup>3</sup> olacak şekilde kolonlara yerleştirilmiştir. Yağış yoğunluğu

38,2-56,3 mm/saat arasında olmak üzere ortalama 49,1 mm'lik yapay yağış uygulanmıştır. Çalışma sonunda yağışla oluşan toprak kayıplarının parçalanma oranı ile sınırlandırdığı bir başka ifadeyle, toprak kaybının yağışın çarpma etkisiyle oluşan parçalanmayı geçmediği ve elde edilen eşitliğinde bu kurala göre hazırlanması gerekliliği belirtilmiştir.

Römkens ve ark. (2001), farklı yağış yoğunluğunun çeşitli eğimlerde toprak kaybına olan etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla laboratuvar simülasyonunda 3,7x0,61x0,23 m'lik deneme blokları kullanılmıştır. Yapılan çalışmada % 18 kil, % 80 silt ve % 2 kum içeren Grenedasiltli tınının Ap horizonundan alınan topraklar kullanılmış ve kolonları %2, %8, ve % 17 eğimde yerleştirilmiş, 15,30,45 ve 60 mm/h yoğunlukta fırtına oluşturacak yağış uygulanmıştır. Çalışma sonunda toplam sediment miktarının tüm yağış uygulamalarında ve tüm eğimlerde artış gösterdiği belirlenmiştir. Çizelge 2'de bu araştırma sonucunda belirlenen toprak kayıpları (kg/m<sup>2</sup>) verilmiştir.

Çizelge 2.2. Eğim büyüklüğü ve yağışın erozyon üzerine etkisi (Römkens ve ark., 2001)

| Yağış yoğunluğu(mm/h) | Eğim büyüklüğü |      |      |
|-----------------------|----------------|------|------|
|                       | 2%             | 8%   | 17%  |
| 15                    | 0,01           | 0,01 | 0,05 |
| 30                    | 0,13           | 0,08 | 1,74 |
| 45                    | 0,19           | 0,24 | 1,89 |
| 60                    | 0,4            | 0,67 | 1,44 |
| Toplam                | 0,73           | 1    | 5,12 |

Ayrıca bu çalışma sonucunda yüzey topoğrafyasının toprak kayıplarıyla ilişkili olarak drenaj desenini etkilediği, yağış öncesi düzgün yüzeye sahip toprakların pürüzlü yüzeye sahip topraklara göre daha az toprak kaybına sebep olduğu belirtilmiştir.

Toprak bünye sınıfı, strüktür stabilitesi, organik madde içeriği, kil miktarı ve mineralojisi erozyon oluşumunda etkili olan toprak özellikleridir (Lal, 1994). Büyük parçalar taşınmaya, küçük parçalar ise parçalanmaya karşı daha dirençlidir. En az dirençli zerreler siltler ve ince kumlardır. Richter ve Negendak (1977), yaptıkları çalışmada % 40-60 arasında silt içeren toprakların en fazla aşınabilir topraklar olduğunu ortaya koymuşlardır. Evans (1980), ise kil içeriği ile aşınabilirlik arasında ilişki kurmuştur. Ancak

kil içeriğinin aşınabilirlik ile ilişkisi organik maddenin varlığı nedeni ile teorik olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte organik madde miktarı % 2'den az olan toprakların aşınabilir olarak düşünülebileceği vurgulanmıştır. Yeryüzündeki toprakların çoğu % 15'den daha az organik madde içermektedir.

Voroneyvan Veen ve Paul'a (1981), göre % 10' dan fazla organik madde içeren topraklarda organik maddedeki artışa paralel olarak erodibilite doğrusal olarak azalmaktadır.

Figuerido ve Peosen (1998), toprak yüzeyinde bulunan taşların erozyon oluşumuna etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar, 612 cm<sup>2</sup> lik metal bloklar ile yaptıkları bu çalışmada toprak yüzeyini % 17, % 30, ve % 66 oranında kum taşları ile örtmüşlerdir. Bu blokları % 10 eğimde ve 240 mm' lik doğal yağış altında bırakmışlardır. Çalışma sonunda yüzey taşlılığı ile infiltrasyon arasında pozitif ilişki, yüzey akışı ve akışla taşınma arasında negatif ilişki belirlenmiştir. Bu sonuçlarla yüzeyde yer alan taşların yağmurun çarpma etkisini ve yüzey akış oranını engellediği belirlenmiştir.

Taysun ve ark. (1998), tarafından yapılan bir çalışmada yüzeydeki taş örtüsü ile yüzey akış ve toprak kayıpları arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bu amaçla 7,3x1,7 m'lik 43 farklı parselde yılın farklı zamanlarında yapay yağış uygulanmıştır. Elde edilen veriler sonucunda yüzeyde bulunan taş örtüsündeki artışın toprak kayıplarında bir azalmaya neden olduğu belirlenmiş ve çeşitli modellere göre bu ilişkilerin denklemleri hazırlanmıştır.

Veihe ve ark. (2000), toprak yüzeyinde bulunan taşların ve kayaların varlığının erozyona olan etkisini araştırmışlardır. Araştırmada Monte Carlo simülasyonu kullanarak EUROSEM modelini uygulamışlardır. Araştırma sonucunda yüzeyde bulunan taş ve kaya parçalarının toplam yüzey akışı, pik akış oranı, toplam toprak kaybı ve pik sediment oluşumu üzerine etkili olduğu, bunun EUROSEM modelinde kullanılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca yüzeyde yer alan kaya parçalarının özellikle dere yollarında çok etkili olduğu ortaya konulmuştur.

Fox ve Bryan (1999), tarafından yapılan bir çalışmada, eğim büyüklüğü ve eğim uzunluğunun toprak kaybı üzerine etkisini araştırmışlardır. Yapılan blok denemelerinde, yapay yağışlar altında eğim büyüklüğüne bağlı olarak toprak kaybındaki artışın yalnızca eğim büyüklüğüne bağlı değerlendirilemeyeceği, eğimdeki artışla yüzey akışta da artış olduğu ve bunun doğrusal ilişki gösterdiği ancak bu doğrusallığın toprak kayıplarına yansımadağı ve özellikle % 11,5 eğimden sonra toprak kaybının toprak özelliklerine bağlı

olarak arttığı saptanmıştır. İlk pik yağışta oluşan toprak kayıplarının eğimle çok etkilendiği, büyük eğimlerde çok fazla olduğu, ancak sonraki yağışlarda eğimin etkisinin azaldığı ve toprak özelliklerinin daha baskın faktör olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar eğim uzunluğunun yüzey akış hızını, suyun taşıma gücünü ve dolayısıyla toprak kayıplarını etkilediği belirtilmiştir.

Fu ve ark. (2000), Çin'in kuzey Shaanxi bölgesinde lös platolarda arazi kullanımındaki değişimin farklı eğimlerde yer alan toprakların özellikleri ve erozyonla oluşan toprak kayıpları üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma 2,02 km<sup>2</sup> lik bir havzada gerçekleştirilmiştir. Yıllık ortalama yağışı 535 mm olan ve yarı kurak iklim rejimine sahip bu bölge 1984-1996 yılları arasında izlenmiştir. Çalışma sonunda, alan içerisinde yer alan mera, orman gibi doğal arazi kullanımının % 36'dan % 43'e çıkması ile havzada oluşan toprak kayıplarının 11,886 ton/km<sup>2</sup>/yıl'dan 8,979 ton/km<sup>2</sup>/yıl'a düştüğü ve yaklaşık % 24'lük bir azalmaya neden olduğu saptanmıştır.

Arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğunun yüzey akışa ve toprak kaybına olan etkisinin araştırıldığı bir araştırma, Kosmas ve ark. (1997), tarafından yapılmıştır. Çalışma Portekiz, Fransa, İspanya, İtalya ve Yunanistan'ı kapsayan Akdeniz ülkelerinden seçilen test alanlarında yürütülmüştür. Çalışma sonunda, toprak yüzeyinin bitkilerden yoksun olduğu dönemlerde yıllık yağışa bağlı olarak toprak kaybının çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Bitki örtüsünün olmadığı dönemlerde yıllık yağışı 200 mm'den az olan bölgeler için toprak kaybının tehlike oluşturmadığı ancak, yağışın 700 mm'ye ulaştığı bölgelerde toprak kaybının 15-90 ton/km<sup>2</sup> olduğu belirlenmiştir. Zeytin gibi yarı-doğal koşullarda yetiştirilen bitkilerin yetiştirildiği alanlarda toprak kaybının en az (0.8 ton/km<sup>2</sup>/yıl) olduğu, çalı ve fundalıkların bulundukları alanlarda oluşan toprakların 6.7 ton/km<sup>2</sup>/yıl, bağ ve okaliptüs yetiştirilen alanlarda oluşan toprak kayıplarının ise 142.8 ve 23.8 ton/km<sup>2</sup>/yıl olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada, bağ ve okaliptüs yetiştirilen alanlar için belirlenen toprak kayıplarının buğday ekim alanları için belirlenenden (17.6 ton/km<sup>2</sup>/yıl) daha fazla olduğu belirtilmiştir. Sonuçta arazi kullanımının yanında bitki örtüsü yoğunluğunun da toprak kayıplarına olan etkisinin önemli bir faktör olduğu vurgulanmıştır.

Doğal bitki örtüsünün erozyona olan etkisi Doğan ve Sevinç (1998), tarafından yapılan çalışmada araştırılmıştır. Çalışmada, Çayboğazı havzasında yapılan sediment ölçümleri sonucu sağlanan bilgiler Dalaman ve Eşen havzalarında yapılan çalışmalar ile elde edilen bilgilerle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda Batı Akdeniz bölgesinde yer

alan havzaların kapalılık oranı yüksek doğal bitki örtüsüne sahip olması nedeniyle bu bölgelerde belirlenen toprak kayıplarının Türkiye ortalamasının altında olduğu ortaya konmuştur. Türkiye’de yapılan bir başka çalışmada Oğuz ve Durak (1998), Çekerek havzasının erozyona duyarlılıklarını belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışmada, aşınmaya duyarlılık yönünden tarla topraklarının en çok aşınabilir topraklar olduğu belirlenmiş, bunu mera ve orman alanlarında yer alan toprakların izlediği belirtilmiştir. Jose ve Ines (2000), İspanya-Predes-Anoia bölgesinde yaptıkları bir çalışmada 1957-1992 yılları arasında arazi kullanımı ve uygulanan koruma önlemlerindeki değişimlerin erozyonla oluşan toprak kaybına etkisini araştırmışlardır. RUSLE metodunun kullanıldığı bu çalışmada, en fazla toprak kaybının kışlık buğday ve mera alanlarının makinalı tarıma uygun asma bahçelerine ya da tek yıllık ağaç yetiştirme alanlarına dönüştürüldüğü topraklarda olduğu belirlenmiştir. RUSLE metoduna göre bu alanlarda oluşan toprak kaybının % 8.3 oranında arttığı bulunmuştur. Aynı çalışmada, teraslamadan vazgeçilerek yapılan tarımsal uygulamalarda erozyonla oluşan toprak kaybının % 44.1 oranında arttığı saptanmıştır, toprak kaybındaki artışta makinalı tarımın önemli bir etken olduğu vurgulanmıştır. Arazi kullanımı ve bitki örtüsü etkisinin birlikte incelendiği bir başka çalışmada Köse ve ark. (2001), Orta Gediz Havzasında kontur sürümün erozyon oluşumunu azalttığını ve özellikle bu alanlarda bitki örtüsünün yoğunluğunun artması ile toprak kayıplarının azaldığını saptamışlardır.

Karabulut ve Küçükönder (2008), coğrafi bilgi sistemleri ortamında USLE modelini kullanarak Kahramanmaraş ovasında erozyon açısından problemli alanları tespit etmek ve aynı zamanda erozyon modeli oluşturulması sırasında ihtiyaç duyulan veriler ve veri ölçekleri hakkında mevcut durum ve elde edilen sonuçlar üzerinden riskli görülen arazi kullanım türleri belirlenmeye çalışılmıştır. USLE modelindeki tüm parametreler CBS ortamında model oluşturularak hesaplanmış ve bu parametreler için tematik katmanlar oluşturulmuştur. Yine CBS ortamında bu katmanlar çakıştırılarak sonuç risk haritası üretilmiştir. Sonuç olarak çalışma alanında yıllık ortalama 0 ile 21 ton aralığında toprak kaybı oranları hesaplanmıştır.

Karaburun ve ark. (2009), Büyükçekmece havzasında erozyon tahmini için CBS tabanlı RUSLE modeli tercih edilmiştir. Büyükçekmece havzasının RUSLE faktörleri beş raster katman olarak üretilmiştir. Bu raster katmanlar CBS ortamında çarpım işlemi sonucu yıllık ortalama toprak kaybı ve toprak kayıp risk haritası üretilmiştir. Havzada gerçekleşen ortalama toprak kaybı ise yıllık 2,4 ton olarak hesaplanmıştır.

Altan (2010), CBS ve uzaktan algılama yöntemleri yardımıyla Giresun (Şebinkarahisar) ve çevresinin erozyon riskinin incelenmesi çalışmasında RUSLE modeli tercih edilmiştir. Çalışmada, Landsat 5 TM (2001) yılına ait uydu görüntüsü, 1/25000 ölçekte topoğrafya haritası, büyük toprak gurupları haritası ve inceleme alanına ait yağış verileri olmak üzere dört temel veri gurubu kullanılmıştır. Sonuçlara göre, inceleme alanının 9.98 km<sup>2</sup>'lik kısmının çok düşük, 16.25 km<sup>2</sup>'lik kısmının düşük, 3.78 km<sup>2</sup>'lik kısmının orta, 0.32 km<sup>2</sup>'lik kısmının yüksek ve 0.03 km<sup>2</sup>'lik kısmının ise çok yüksek erozyon riskine sahip olduğu belirtilmiştir.

Laflen ve ark. (1991), Coğrafi Bilgi Sistemlerinin havza amenajmanında kullanımı her geçen gün arttığını belirterek, havzadaki erozyonun tahmin edilmesi, toprak koruma ve planlama çalışmalarında çok geniş ve etkili bir yöntem olduğunu, CBS teknolojisi kullanılarak daha etkin ve doğru veriler elde edildiğini ifade etmiştir.

Başayığit (2002), Eğirdir Gölü Havzası'nda CBS ve Landsat-7 ETM+ uydu verisi ve havza için hazırlanmış diğer haritaları kullanmıştır. Çalışmada potansiyel erozyon riski, mevcut erozyon durumu ve toprak kayıpları haritaları oluşturulmuş ve arazi çalışmaları ile kontrolleri yapılmıştır. Bu haritalar kullanılarak havzada yer alan korumada öncelikli alanlar haritalanmış ve ayrıca bu alanlar için öneri haritalar da üretilmiştir.

RUSLE erozyon modeli ile toprak erozyon riskinin değerlendirilmesinde CBS ve UA tekniklerinin Mustafakemalpaşa Havzası'na uygulanması Özsoy (2007), tarafından yapılmıştır. Çalışmada RUSLE modeline ait her bir faktör için önce temel haritalar elde edilmiş daha sonra bu haritalar çakıştırılarak (*overlay*) sahanın erozyon risk haritası üretilmiştir. Buna göre havzanın yıllık ortalama toprak kaybı 11,18 ton ha<sup>-1</sup> / yıl<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.

Karaburun ve ark. (2009), Büyük Çekmece Havzası'nda CBS tabanlı RUSLE yöntemini kullanarak erozyon tahmini yapılmış ve havzanın erozyon risk haritası üretilmiştir. Üretilen sonuç haritasına göre havzanın yaklaşık % 54' lük bir bölümü yıllık 0 ile 1 ton/ha/yıl arası toprak kaybı ile düşük erozyon, % 30' luk bir bölümü 15 yıllık 1 ile 5 ton/ha/yıl arası toprak kaybı ile orta erozyon ve % 16' lık bir bölümü ise yıllık 5 ton/ha/yıl ve üzeri toprak kaybı ile yüksek erozyon riski altında olduğu görülmüştür.

Lufafa ve ark. (2003), Uganda'nın merkezi kısmında yer alan ve yükseltileri 1150 ile 1400 m arasında değişen, yıllık ortalama yağış miktarı 1218 mm olan bir alanda RUSLE modeli ile erozyon riskini hesaplamaya çalışmıştır. Çalışma sonucunda mera ve

eğimi fazla olan alanlarda toprak erozyonu riski diğer alanlara göre fazla olarak bulunmuştur.

Chen ve ark. (2010), Çin' in kuzeyindeki Miyun havzasında CBS ve Uzaktan Algılama teknikleriyle toprak erozyonu haritalama çalışmalarında RUSLE modeli kullanılmıştır. Havzanın üst kısmında toplam 12 yerleşim biriminde RUSLE modeliyle elde edilen erozyon risk sonuçları altı adet risk sınıfına ayrılmıştır. Bu sınıfların alansal ve yüzde olarak dağılımı belirtilmiştir. Ayrıca her faktör için CBS ortamında katmanlar oluşturulmuştur. Sonuçlar, çalışma sahasının yarıdan fazlasında (%66,88) çok düşük erozyon riski olduğu ifade edilmiştir.

Bahadır (2009), uzaktan algılama ve CBS kullanılarak toprak erozyonu duyarlılığı haritalama isimli çalışmada çalışma alanı olarak Tayland'ın üst Nam Wa havzası seçilmiştir. Çalışma alanındaki toprak erozyonu riskini ortaya koymak için USLE eşitliği tercih edilmiştir. Modeldeki tüm parametreler için hesaplama adımları açıklandıktan sonra CBS ortamında tematik katmanlar oluşturulmuştur. Çalışma alanı toplam on adet erozyon risk sınıfına ayrılmıştır. Ayrıca çalışma alanındaki arazi örtüsü sınıflarına göre toprak erozyon oranları belirlenmiştir.

Çullu ve Dinç (1994), uzaktan algılama verilerinin, özellikle toprak kayıplarını etkileyen arazi kullanımındaki değişikliklerin belirlenmesinde çok kullanışlı bir yol olduğunu belirtmişler ve arazideki farklı erozyon derecelerini, yansıma değerlerine göre yorumlamak, arazi kullanımındaki en son durumu haritalamak, bitki örtüsünün kapladığı alanları ve yoğunluğunu belirlemek amacıyla Landsat TM verilerinden 3. 4. ve 5. band kombinasyonunu kullanmışlardır.

Ekinci ve ark. (2010), uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak erozyon duyarlılık haritalarının oluşturulması konulu çalışmalarında İstanbul'un Durusu Baraj Gölü havzası tercih edilmiştir. Özellikle USLE modelinin revize edilmiş hali olan RUSLE modeli kullanılarak potansiyel erozyon alanları belirlenmiştir. Bu modelde her faktörün hesaplama adımları açıklanarak tematik katmanlar CBS ortamında oluşturulmuştur. Sonuçlar, erozyon risk sınıflarına ayrılarak ifade edilmiş ve çalışma sahasının yarısına yakınında çok yüksek erozyon riski olduğu belirtilmiştir.

Tunç ve Schröder (2010), Ankara'nın batısındaki tarım topraklarında erozyonun boyutunu tespit etmek amacıyla USLE modelini kullanmışlardır. Çalışma alanı sınırları içerisinde belirli istasyonlardan toprak örnekleri 0-40 cm derinlikten alarak çeşitli

erozyon parametreleri açısından değerlendirmiş ve bu alanda erozyonun şiddetinin kabul edilebilir sınırın üstünde olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Prasannakumar ve ark. (2011), CBS ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak RUSLE modeliyle Siruvani nehri havzasında (Hindistan), erozyon riskinin mekânsal tahmini isimli çalışmasında, özellikle çalışma sahasının yüksek erozyon riskine maruz kaldığı ifade edilmiştir. RUSLE modelindeki tüm parametrelerle ilgili tematik katmanlar oluşturulmuş ve hesaplama adımları açıklanmıştır. Sonuçlara göre, çalışma sahasının %38,24'ünde çok düşük toprak erozyonu tespit edilirken, %5,76'sında ise çok şiddetli erozyona uğradığı ifade edilmiştir.

İtalya'nın Tiber vadisinde yapılan bir çalışmada 1700 ha alan için erozyon durumu belirlenmiştir. Çalışmada alana ait toprak, topoğrafik, iklim ve bitki örtüsüne ait verilere ait bir veri tabanı hazırlanmıştır. Bu veri tabanında USLE modeli için gerekli olan veriler üretilmiştir. Bu veri tabanında toprak çeşitleri, arazi kullanımı ve morfoloji gibi yer bilgileri birleştirilerek potansiyel toprak kayıpları yerine erozyon potansiyeli belirlenmiştir (Conese ve ark., 1993).

Yılmaz (2010), Kürkçayı havzasının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak erozyon riskinin belirlenmesi çalışmasında, CORINE, ICONE ve Analitik Hiyerarşik Süreç yöntemleri incelenmiş, bu yöntemlerden RUSLE modeli tercih edilmiştir. Sonuçlara göre, çalışma alanının %1'inde erozyon görülmezken, %23,1'inde çok hafif, %31,6'ında hafif, %26,3'ünde hafif şiddetli, %12,7'inde şiddetli, %5,4'ünde çok şiddetli erozyon riski olduğu belirtilmiştir.

Çelik (2011), CBS ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak RUSLE yöntemiyle Afyonkarahisar iline bağlı Değirmendere havzasında erozyon risk alanları belirlenmiştir. Çalışma sahasındaki potansiyel toprak kaybı değerlerine göre, beş sınıfa bölünerek, havza için potansiyel risk sınıfları haritası oluşturulmuştur. Özellikle LS faktörünün, diğer faktörlere göre erozyon üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Havzada yüksek eğime sahip alanlar yüksek erozyon riskine sahip yerler olduğu ifade edilmiştir. Sonuçlara göre çalışma sahasında, havzanın %30'unda şiddetli ve çok şiddetli erozyon olduğu tespit edilmiştir.

Erkal ve Yıldırım (2012), Afyonkarahisar ilinde yer alan Sincanlı havzasında CBS ve Uzaktan Algılama teknikleri kullanılarak toprak erozyonu riski değerlendirmesi yapılmıştır. Toprak kayıpları hesaplama tekniklerinden USLE tekniğı tercih edilmiştir.

USLE modelindeki tüm faktörler açıklanmış ve sonuç haritası üretilmiştir. Sonuçlara göre çalışma sahası olan Sincanlı havzasının %83'ünde çok hafif erozyon, %2'lik bir alanda ise hafif erozyonun etkili olduğu belirtilmiştir. Orta şiddetteki erozyon Sincanlı Havzası'nın %4'lük bir bölümünde etkisini gösterirken, %11 değerindeki şiddetli erozyon ise kireçtaşı, tuf-aglomera, andezit ve trakit gibi dayanımlı kayaların yüzeylendiği güneybatı, güney, doğu ve kısmen kuzeydoğu kesimlerdeki dağlık alanlarda olduğu belirtilmiştir.

Bayramin ve ark. (2005), Beypazarı -Ankara ilindeki toprakların potansiyel erozyon riskini CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ve UA (Uzaktan Algılama) kullanarak ICONA metoduyla belirlemiştir. Bu çalışmaya göre araştırma alanının potansiyel erozyon durumları %8.0 çok düşük, %24.7 düşük, %23.7 orta, %23.6 yüksek ve %20.1 çok yüksek olarak bulunmuştur.

Doğan ve ark. (2000), Akdeniz Bölgesinin batısında yer alan Dalaman Havzasının toprak erozyon riskini CORINE (COoRdination of INformation on the Environment) metoduyla belirlemişlerdir. Sonuçlara göre havza topraklarının %27'sinin düşük, %40'ının orta ve %29'unun yüksek şiddetli erozyona maruz kaldığı belirlenmiştir.

Yüksel ve ark. (2008), UA ve CBS yöntemiyle Kahramanmaraş ili Kartalkaya Baraj Havzasının erozyon risk haritalarını belirlemişlerdir. Sonuçlara göre çalışma alanının %33.82'si düşük, %35.44'ü orta ve %30.74'ü yüksek aktüel erozyon riskine sahip olduğu belirlenmiştir.

Okatan ve ark. (2000), Kahramanmaraş-Ayvalı Barajı Kızıldere Yağış havzasında "Toprakların Erozyon Eğilim Değerlerinin Hidrofiziksel Toprak Özelliklerine Bağlı Olarak Değişimi" adlı çalışmada kireçtaşı ve kıltaşı anakayaları üzerinde gelişen toprakların erozyon eğilimi değerlerini belirleyerek, bu değerlerin hidrofiziksel toprak özelliklerine bağlı olarak değişimini ortaya koymuşlardır.

Karagül (1994), Trabzon Söğütlüdere Yağış Havzasında yapılan araştırmada, farklı arazi kullanım şekilleri altındaki toprakların erozyon eğilimleri incelemiş ve genel olarak toprakların erozyona karşı duyarlı olduklarını belirlemiştir. Buna göre tarım toprakları dispersiyon oranı değerleri bakımından daha yüksek değer olarak erozyona karşı nispeten daha duyarlı olduğunu belirlemiştir.

Yılmaz (2006), Ankara - Çamlıdere Barajı havzasında yaptıkları araştırmada baraj havzasının erozyon duyarlılık indeks haritasını çıkarmak için, uzaktan algılama ile arazi ve

laboratuvar çalışmaları CBS ortamında incelenerek erozyon indeks haritasını ortaya koymuştur.

Tağıl (2007), “Tuzla Çayı Havzasında (Biga Yarımadası) CBS - Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Arazi Degradasyonu Risk Değerlendirmesi” adlı çalışmasında erozyon modeli, yüksek toprak erozyon risk gruplarında arazi örtüsündeki değişime bağlı olarak 1987 yılından 2000 yılına kadar artış olduğunu göstermektedir.

Bouyoucos (1935), toprakların erozyona uğrama eğilimlerini oransal olarak belirtmek üzere kum ve silt miktarları toplamının kil miktarına oranını esas almış ve bu değerler küçükse, toprağın erozyona dayanıklı, yüksekse erozyona yatkın olduğunu ifade etmiştir.

Diadota'nın (2005), araştırmasında diğer çalışmalarda yapılan yıllık potansiyel erozyon tahminlerinin aksine, tek bir sağanak yağışının erosif gücü hesaplanmaya çalışılmıştır. Güney İtalya'da yer alan çalışma alanında 13 Kasım 1997 tarihindeki sağanak yağışın erosif gücü jeostatiksel yöntemlerle hesaplanmıştır.

Doğan ve Küçükçakır (1996), USLE faktörlerini Ankara Şartlarında belirlemek amacıyla 1967-1978 yılları arasında yaptığı çalışmada R faktörünü 36.42, 12 K faktörünü 0.18, L faktörünü 22 m için 1.1, 44 m için 1.2, 66 m için 1.5, 88 m için 0.6; S faktörünü %8 eğim için 0.9 ve C faktörünü buğday-nadas için 0.24, P faktörünü düzeç eğrilerine paralel işlem için 0.55 olarak bulmuştur.

Doğan ve Denli (1999), uzun yıllara ait aylık ve yıllık toplam yağış miktarlarını kullanarak Arnoldus'un (1977), önerdiği yöntemle 247 meteoroloji istasyonunun Geliştirilmiş Fournier Yağış indisi değerlerini hesaplamışlardır. Ulaşılan sonuçlara göre Afyon 40.49 ile en düşük, Rize 212.73 ile en yüksek değerlere sahiptir.

Doğan ve ark. (2000), Türkiye geneline ilişkin yaptıkları bir çalışmada, büyük toprak gruplarını dikkate alarak toprak örnekleri üzerinde yaptıkları analizlerden elde ettikleri bulguları bu amaç için geliştirilmiş abaklara uygulayarak büyük toprak grupları için K faktörünü belirlemişlerdir. Bu çalışma sonucunda Türkiye toprakları aşınabilirlik yönünden 5 sınıfa ayrılmıştır. Ancak bu çalışmada kullanılan toprak örneklerinin coğrafi koordinatlarının bilinmemesi nedeniyle bu veriler CBS ortamına aktarılamamaktadır

Doğan (2002), bir başka çalışmasında ülke genelinde uzun yıllara ait 96 istasyonun verilerini inceleyerek bu istasyonların R değerlerini hesaplamıştır. Bu hesaplamalardan Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz kıyı şeritlerinin yağışlarının oldukça yüksek

aşındırıcı güce sahip olmasına karşın, yüksek dağ, sıradağ ve yaylalarda erosif gücü düşük kar yağışlarının düştüğü görülmektedir. R değerinin yüksek (erosif potansiyel) olduğu yerler genellikle yağış miktarının fazla ve yağışın yağmur şeklinde olduğu yerlerdir. Rize 481.385 ton/ha, Marmaris 522.178 ton/ha ile en yüksek R değerine sahip olan yerler olmasına karşın, Aksaray 13.693 ton/ha ve Van 17.625 ton/ha R değeri ile en düşük R değerine sahip yerler arasında yer almaktadır.

Çankırı ili Ilgaz Dağı yakınlarındaki İndağı Geçidi olarak bilinen bölgede, arazi kullanımında oluşan değişimlerden dolayı toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelebilecek farklılıklar ve toprakların özellikle erozyona duyarlılık faktörü (K) Başaran (2005) tarafından irdelenmiştir. Bu araştırmada elde edilen veriler klasik istatistik yöntemlerle değerlendirilmesi yanı sıra, son yıllarda toprak biliminde de kullanılmaya başlanan jeostatistiksel yöntemlerle de irdelenmiştir.

İrvem ve ark. (2007), Seyhan Nehri Havzası'nda yıllık toprak kaybını CBS teknikleri kullanarak USLE yöntemi ile hesapladıkları bir çalışmada R faktörünü Arnoldus'un (1977) önerdiği Modifiye Fournier indeksi (MFI) eşitliğini kullanmışlardır. Araştırmacılar hesapladıkları değerleri, plüviograf kayıtları olan bazı meteoroloji istasyonlarının verileri ve hesapladıkları R faktörü değerleri ile regresyona ( $R^2=0,94$ ) tabi tutmuşlar ve aylık yağış miktarı kullanılarak elde edilen MFI verileri ile hesaplanabilecek bir R faktörü ( $R=0,1215 \times F^{2,2421}$ ) eşitliği önermişlerdir. Böylece çalışma sonucunda Seyhan Havzası'nın yıllık ortalama toprak kaybını  $16,38 \text{ ton ha}^{-1}/\text{y}^{-1}$  olarak hesaplamışlar; havzanın yarından fazlasının düşük erozyona sahip olduğunu ortaya koymuşlardır.

Bayramin ve ark. (2008), yarı kurak iklim şartlarına sahip Çankırı bölgesinde beş farklı arazi kullanımına sahip 289 toprak örneğinin analiz sonuçlarını organik madde, hidrolik iletkenlik, kil, toz ve kum oranlarına göre irdeleyerek jeostatistiksel yöntemler kullanmışlardır.

Çullu (1993), coğrafi bilgi sistemi verilerinin üst üste bindirme özelliğini kullanarak, yağmurun erozyon üzerindeki etkisi, toprağın erozyona uğrayabilirliği ve eğim özelliği gibi faktörleri sınıflandırdığı Landsat TM görüntülerinden elde ettiği vejetasyon örtü faktörü ile birleştirmiştir. Böylelikle tarım yapılan ve yapılmayan bölgelerin erozyon riski tayini yapılmıştır.

Toprağın aşınmaya duyarlılık faktörü olan K faktörü, toprağın bir özelliğidir. Toprağın yapı, doku, organik madde içeriği ve geçirgenlik değerlerine bağlı olarak

belirlenen bu parametre için Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tüm Türkiye’de değişik toprak grupları için bu değerleri belirlemeye çalışmıştır. Özden ve  zden (1998), büyük toprak grupları için elde edilen K değerlerini üniform parsellerde belirlemiş ve yayınlamışlardır.

Yüksel ve ark. (2007), WEPP modeli kullanarak Ayvalı Barajı havzasında (Kahramanmaraş) sediment verimi tahmininde bulunmuşlardır. Çalışmada WEPP modeli için çeşitli dosyalar oluşturulmuştur. Oluşturulan bu dosyalar CBS’ ye entegre edilerek sonuç haritası elde edilmiştir. Ayrıca, arazi kullanım tiplerine göre sediment verimleri hesaplanmıştır. Sonuçlara göre, orman alanlarındaki sediment verimi 1.32 ton/ha/yıl, mera alanlarında 4,69 ton/ha/yıl ve tarım alanlarında ise 23,95 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır.

Ta ıl (2009),  akırdere ve Yahu Dere havzalarında toprak kaybının ortaya konması ve toprak kaybındaki mekânsal farklılıklar üzerinde etkili olan faktörlerin vurgulanması konulu çalışmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri ve istatistiksel yöntemlerden yararlanılmıştır. Özellikle toprak kaybının tespitinde RUSLE modeli kullanılmış sonuç haritaları CBS ortamında üretilmiştir. Yahu Dere havzasında toprak kaybının  akırdere havzasından daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar arazi örtüsü ve topo rafyanın havzalardaki toprak erozyonunun mekânsal dağılımında bir havzadan diğerine farklılıklara neden olduğunu göstermektedir.

Savacı (2012), Kahramanmaraş ili G z ve Haman deresi ya ı  havzalarında CORINE metodolojisi ile erozyon risk haritalarının oluşturulması hedeflenen çalışmada, modelde kullanılmak üzere toprak bünyesi, derinliği, ta lılık, e im, güncel arazi kullanımı ve arazi örtüsü haritaları oluşturarak birbirleriyle  akı tırılmı tır. G z deresi ya ı  havzasında potansiyel risk haritası sonuçlarına göre alanın %70.17’ si düşük, %15.86’ sı orta ve %13.97’ si çok az kısmı ise yüksek erozyon riskine sahiptir. Aktüel erozyon risk haritası sonuçlarına göre alanın %73.87’ sinin düşük ve %26.13’ünün orta derecede erozyona maruz kaldığı görülmüştür. Haman deresi ya ı  havzasında ise; potansiyel erozyon risk haritası sonuçlarına göre alanın %70.83’   düşük ve %29.17’ si yüksek erozyon riskine sahiptir. Aktüel erozyon risk haritası sonuçlarına göre, alanın %23.22’ sinin orta ve %76.78’ inin yüksek derecede erozyona maruz kaldığı ifade edilmiştir.

Sönmez ve ark. (2013), Kilis merkez ilçesinin erozyon risk alanlarını coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknikleriyle belirlemişlerdir. Erozyon üzerinde etkili olan, e im, ya ı , bakı, litoloji, yükseklik, bitki örtüsü yoğunluğu ile toprak derinliği ve sı lı ı

parametreleri baz alınarak erozyon risk alanlarını çok kriterli karar verme yöntemiyle belirlemişlerdir. Çalışmanın son bölümünde ise tekniğin avantajları ve erozyonla mücadelede izlenmesi gereken yöntemler üzerine durmuşlardır.

Kaya (2013), Kahramanmaraş ili Bertiz Deresi Yağış Havzasında Uzaktan Algılama Teknikleri Ve ICONA yöntemiyle erozyon risk haritasını belirlemek amacıyla güncel arazi kullanım durumu haritası ile bitki örtüsü haritası Arcgis9.3 ortamında çakıştırmış ve toprak koruma düzeyi haritası oluşturulmuş. Jeoloji haritası ile eğim haritası Arcgis9.3 ortamında çakıştırılarak erodobilite haritası oluşturulmuştur. En son aşamada toprak koruma düzeyi haritası ile erodobilite haritası çakıştırılarak potansiyel erozyon risk haritası oluşturulmuştur. Elde edilen verilere göre Bertiz Deresi Yağış havzasındaki alanın %74.18' i çok şiddetli, %13.28'i şiddetli, %8.7' si orta, %3.56' sı hafif ve %0.29'u az hafif erozyon riski taşıdığı görülmüştür.

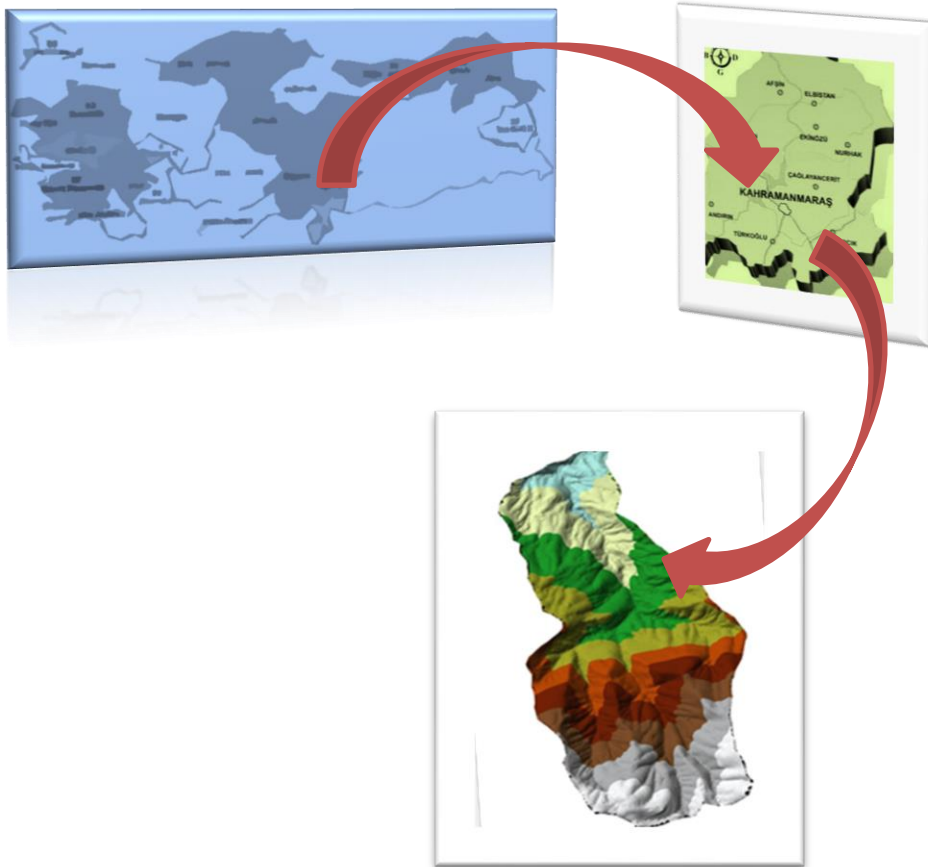
### 3. MATERYAL ve METOD

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Çalışma alanının tanıtımı

###### 3.1.1.1. Coğrafi konum

Araştırma alanı Türkiye' nin Doğu Akdeniz bölgesinde yer almakta olup, Kahramanmaraş Merkeze uzaklığı ortalama 25 km uzaklıkta olan Ahırdağı yöresinin orman, tarım ve mera alanları ile kaplı Halfalı Deresi Yağış Havzası'nda bulunmaktadır. Havza Kahramanmaraş kuzeyinde yer alıp, 37°43' 92"- 37°39' 20" kuzey enlemleri ile 36°57' 81"- 36°59' 47" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havzanın toplam alanı yaklaşık olarak 1411 hektardır. Araştırma alanının en yüksek noktası 2053 m ile Yamacı Tepesi, en alçak noktası Menzelet Barajı mevkinde yakın bir noktada 665 m yükseltiye sahiptir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma alanının Türkiye haritasındaki konumu ve sayısal yükseklik modeli haritası

### 3.1.1.2. İklim

Kahramanmaraş, üç ayrı coğrafi bölgenin (Akdeniz Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi) birbirine en çok yaklaştığı alanda yer almaktadır. Coğrafi konumu ve diğer faktörlerin de etkisi ile üç farklı iklim arasında “Bozulmuş Akdeniz İklimi” ne daha yakın bir iklim özelliği gösterir. Genellikle yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve karlıdır (Usta, 2011). Yıllık yağış miktarı 700 mm'nin üzerindedir. Yağışlar genellikle kış ve ilkbahar aylarında görülmektedir. Araştırma alanının yıllık ortalama sıcaklığı 16.7 °C, maksimum sıcaklığı 45.2 °C (Temmuz ayında), minimum sıcaklığı ise -9.6 °C (şubat ayında)’dır. Araştırma havzaların iklimini belirlerken en yakın gözlem istasyonu olan Kahramanmaraş Meteoroloji İstasyonunun iklim verileri kullanılarak havzalarının iklim değerleri saptanmıştır (DMİ, 2012). Bu iklim verileri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırma alanının 1975-2010 yılları arasında Kahramanmaraş Meteoroloji İstasyonuna ait bazı iklim verileri (DMİ, 2012)

| Meteorolojik Elemanlar | AYLAR |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |        |
|------------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|
|                        | 1     | 2     | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12    | Yıllık |
| Max.Sıc (°C)           | 17.4  | 21.8  | 29.2 | 36.0 | 38.0 | 42.0 | 45.2 | 44.4 | 41.3 | 37.2 | 27.2 | 20.9  | 45.2   |
| MinSıc (°C)            | -7.8  | -9.6  | -7.6 | -0.6 | 5.0  | 11.0 | 15.6 | 16.0 | 8.6  | 2.2  | -4.4 | -7.6  | -9.6   |
| Ort. Sıc(°C)           | 4.8   | 6.3   | 10.6 | 15.4 | 0.4  | 5.1  | 8.3  | 8.4  | 25.1 | 19.0 | 1.5  | 6.6   | 16.79  |
| Ort.yağış (mm)         | 118   | 109.8 | 94.5 | 77.1 | 37.2 | 7.6  | 2.9  | 2.2  | 7.8  | 50.9 | 88.1 | 124.1 | 720.4  |

### Thornthwaite yöntemi

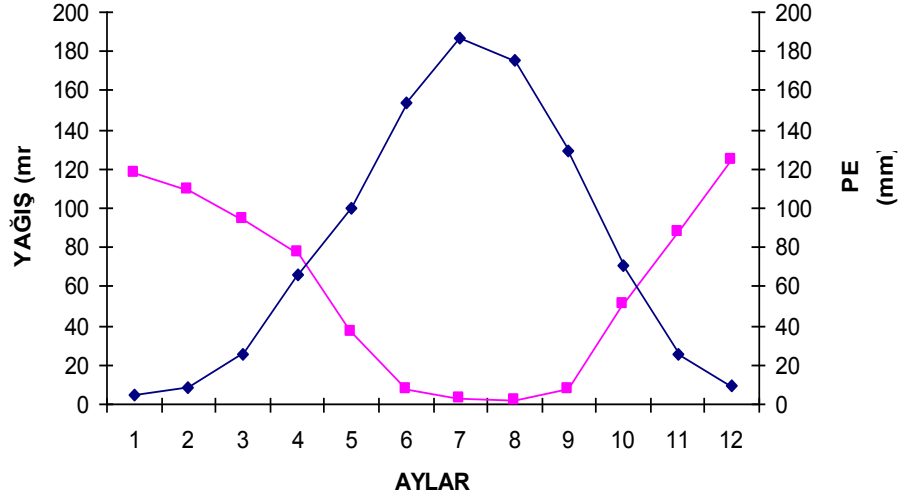
Araştırma alanına ait su bilançosu, Kahramanmaraş Meteoroloji İstasyonuna ait iklim verileri Thornthwaite yöntemine göre değerlendirilmesiyle havzaların su bilançosu ortaya konulmuştur. Araştırma alanının Thornthwaite yöntemine göre oluşturulan su bilançosu Çizelge 3.2’ de gösterilmiştir.

Bu bilançoya göre araştırma alanı, yarı nemli orta sıcaklıktaki yazın çok kuvvetli su açığı olan (C<sub>2</sub>B<sub>3</sub>S<sub>2</sub>b<sub>3</sub>) iklime sahiptir.

Çizelge 3.2. Thornthwaite yöntemine göre araştırma alanının su bilançosu

|                        | A Y L A R |       |      |      |       |       |       |       |       |       |      |       |        |
|------------------------|-----------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|--------|
| Meteorolojik Elemanlar | 1         | II    | III  | IV   | V     | VI    | VII   | VIII  | XI    | X     | XI   | XII   | Yıllık |
| Sıcaklık (°C)          | 4.8       | 6.3   | 10.6 | 15.4 | 20.4  | 25.1  | 8.3   | 28.4  | 25.1  | 19.0  | 11.5 | 6.6   | 16.79  |
| Sıcaklık İndisi        | 0.94      | 1.42  | 3.12 | 5.49 | 8.41  | 11.50 | 13.80 | 13.87 | 11.50 | 7.55  | 3.53 | 1.52  | 82.65  |
| Düzeltilmemiş PE (mm)  | 5.9       | 10.0  | 24.9 | 59.8 | 81.9  | 125.1 | 149.4 | 150.2 | 125.1 | 73.4  | 29.7 | 11.0  |        |
| Düzeltilmiş PE(mm)     | 5.1       | 8.4   | 25.7 | 65.8 | 99.9  | 153.9 | 186.8 | 175.7 | 128.9 | 71.2  | 25.3 | 9.4   | 956.1  |
| Yağış (mm)             | 118.0     | 109.8 | 94.5 | 77.1 | 37.2  | 7.6   | 2.9   | 2.2   | 7.8   | 50.9  | 88.1 | 124.1 | 720.4  |
| DE S Aylık Değ         | 0         | 0     | 0    | 0    | 62.7  | 37.3  | 0     | 0     | 0     | 0     | 62.8 | 37.2  |        |
| DE Su (mm)             | 100       | 100   | 100  | 100  | 37.3  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 62.8 | 100   |        |
| Gerçek EVP (mm)        | 5.1       | 8.4   | 25.7 | 65.8 | 99.9  | 44.9  | 2.9   | 2.2   | 7.8   | 50.9  | 25.3 | 9.4   | 348.3  |
| Su açığı (mm)          | 0         | 0     | 0    | 0    | 0     | 109.0 | 183.9 | 173.5 | 121.1 | 20.3  | 0    | 0     | 607.8  |
| Su fazlası (mm)        | 112.9     | 101.4 | 68.8 | 11.3 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 77.7  | 371.1  |
| Yüzeysel akış(mm)      | 75.8      | 88.6  | 78.7 | 45.0 | 22.6  | 11.3  | 5.7   | 2.9   | 1.5   | 0.8   | 0.4  | 38.9  | 371.1  |
| Nemlilik oranı         | 22.14     | 12.07 | 2.68 | 0.17 | -0.63 | -0.95 | -0.98 | -0.98 | -0.94 | -0.29 | 2.48 | 12.22 |        |

Yağış ve potansiyel evapotranspirasyonun aylık değişimi Şekil 3.2’ de incelendiğinde Haziran- Ekim aylarında su noksanı, Ocak- Nisan aylarında ise su fazlası olduğu görülmektedir.



Şekil 3.2. Araştırma alanının thornthwaite yöntemine göre su bilançosu grafiği

### Thornthwaite Formülüne Göre Araştırma Alanının İklim Tipinin Belirlenmesi;

#### 1. Yağış etkenliği indisi:

Bu formül

$$I_m = (100 s - 60 d) / n \quad (1.1)$$

şeklinde olup, burada

$I_m$  = Yağış etkenliği indisi,

$s$  = Yıllık su fazlasını (mm),

$d$  = Yıllık su açığını (mm),

$n$  = Yıllık evapotranspirasyonu (mm) ifade etmektedir.

$$I_m = ((100 * 371.1) - (60 * 607.8)) / 348.3$$

$$I_m = 1.84$$

Bu değerler ile bulunan indislere göre Kahramanmaraş'ın iklim tipi

“ 20 – 0 YARI NEMLİ NEMLİ İKLİM C2” dir.

## 2. Sıcaklık etkenliği indisi:

Söz konusu indis, yıllık düzeltilmiş PE değerleri esas alınarak bulunmuştur. Bu şekilde Kahramanmaraş'ın PE değeri 956.1 mm olduğundan; sıcaklık etkenliği indisine göre iklim tipi

855 – 997 ORTA SICAK İKLİMLER B3' tür.

## 3. Yağış rejimine göre belirlenen indisler

Kahramanmaraş ili için kuraklık indisi bulunmuştur.

Bu formül

$$I_a = (100d)/n \quad (1.2)$$

şeklinde olup, burada:

$I_a$  = Kuraklık indisini

$d$  = Yıllık su açığını (mm)

$n$  = Yıllık PE (mm)'yi ifade etmektedir.

$$I_a = (100 \cdot 607.8) / 348.3$$

$$I_a = 174.50$$

Bu da Kahramanmaraş için kuraklık indis değeri ( $I_a$ ) 33 ve daha fazlası ( $I_a = 174.5$ ) olduğu için  $s_2$  yazın çok kuvvetli su açığı vardır.

Düzeltilmiş Yıllık PE'nin Üç Yaz Ayına Ait Düzeltilmiş PE Değerleri Toplamına Oranı: (Haziran + Temmuz + Ağustos )

$$((440.6) / 956.1) \cdot 100 = \%46.08$$

Kahramanmaraş için PE'nin üç yaz ayına oranı indisi 48'den daha az olduğundan a simgesiyle gösterilmektedir. Yani tam okyanusal iklim koşullarını ifade etmektedir.

Sonuç olarak araştırma alanı için,  $C_2B_3's_2a'$  formülü oluşmuştur.

Buna göre araştırma alanı; yarı nemli orta sıcaklıktaki yazın çok kuvvetli su açığı olan iklimler sınıfına girmektedir.

### **Kantarıcı tarafından Erinç formülünün yeniden düzenlenmesi**

Kantarıcı tarafından önerilen Erinç formülü kullanılarak kuraklık indisleri hesaplanmış ve bu indislere karşılık gelen Erinç tarafından önerilen tabloya göre iklim tipi belirlenmiştir. Diğer iklim formülleri ile edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Erinç'e göre bitki ve topraktan oluşan buharlaşma, evapotranspirasyon ile ölçülmektedir. Bu evapotranspirasyonu aylık ortalama yüksek sıcaklık (Tom) meydana getirmektedir. Kantarıcı' ya göre Erinç aylık kuraklık indisler için

$$I=12 \times P / \text{Tom} \quad (\text{Usta ve ark., 2009}) \quad (1.3)$$

formülünü teklif etmiştir. (Usta ve ark., 2009) Formül, Erinçin ortalama yüksek sıcaklık (Tom) görüşüne sadık kalınarak orman yetiştirme ortamı (OYO) su ekonomisi değerlendirmelerinde kullanılmak üzere Kantarıcı tarafından değiştirilmiştir. OYO'nda potansiyel evapotranspirasyonu (PET) karşılayacak su, OYO'na düşen aylık yağış ile birlikte aynı zamanda toprakta depo edilmiş olan faydalanabilir su kapasitesinin (FSK) toplamıdır. Bu iki kaynaktan gelen su gerçek evapotranspirasyon (GET) olarak PET'u karşılamaktadır. Aylık kuraklık veya nemlilik indisi yalnız yağışa (P) göre değil, aylık yağış ve toprakta depo edilmiş su (FSK) toplamından o ay için sarfedilen su miktarına (yani aylık gerçek evapotranspirasyonu olan GET) göre değişim göstermektedir. Bu nedenle, Erinç formülündeki aylık ortalama yağış (P) yerine aylık ortalama GET değerinin kullanılması Kantarıcı tarafından önerilmiştir (Usta ve ark., 2009).

Bu formül

$$I = 12 \times \text{GET} / \text{Tom} \quad (1.4)$$

şeklinde olup, burada

:I: Kuraklık indisinin aylık değerini,

GET: Aylık ortalama gerçek evapotranspirasyonu

Tom: Aylık ortalama yüksek sıcaklığı (° C) ifade etmektedir.

Araştırma alanı için kuraklık indis değeri

$$I=348.3/28.4$$

$$=12.26$$

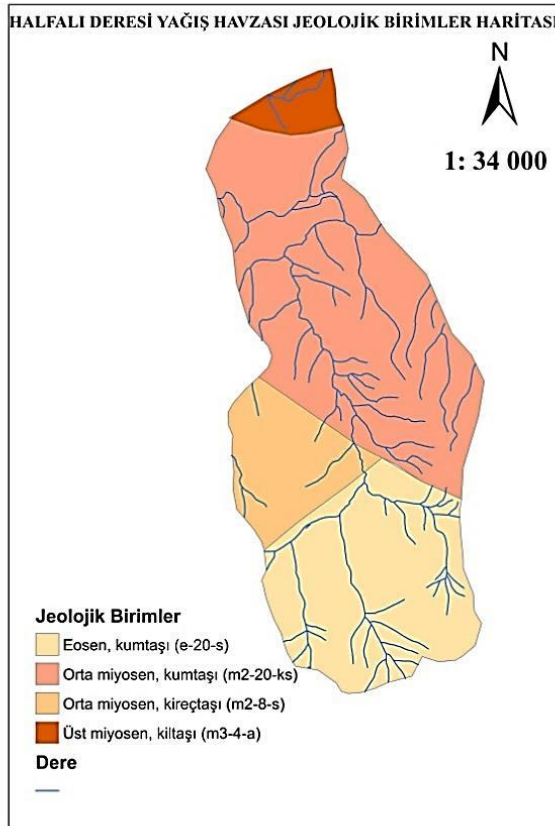
(Usta ve ark., 2009)

Kantarıcı tarafından yeniden düzenlenen Erinç formülüne göre araştırma alanı “kurak” iklim tipine sahiptir. Akdeniz Bölgesi’nin iklim analizi sonucu elde edilen kuraklık indisi değerleri 12,1-18,4 arasında değişmektedir (Usta ve ark., 2009). Sonuç olarak; araştırma alanında iklim ve tiplerinin belirlenmesinde kullanılan Thornthwaite formülüne göre yarı nemli iken, Kantarcı tarafından önerilen Erinç Formülüne göre ise kurak olduğu belirlenmiştir.

### 3.1.1.3. Jeolojik yapı

Orta-Üst Eosen (e): Orta-Üst Eosen yaşlı birimler, diğer birimler üzerine açısal uyumsuz olarak çökelmiştir. Araştırma alanında oldukça geniş bir alanda yüzlek vermektedir. Kumtaşı, çamurtaşı, çakıltası, spilit, serpantin, kireçtaşı ve konglomera biriminden oluşmaktadır.

Alt Miyosen(m): Paleosen yaşlı birimler üzerine açısal uyumsuz olarak Alt Miyosen yaşlı konglomera, marn, killi kireçtaşı, çamurtaşı ve bazalt birimi çökelmiştir (MTA, 2000). Araştırma alanının jeolojik birimler haritası Şekil 3.3 ‘de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Halfalı deresi yağış havzasının jeolojik birimler haritası

Halfalı Deresi Yağış Havzasının Jeoloji haritasına göre yapılan değerlendirmede, havzanın % 51,30'u orta miyosen(kumtaşı), % 31,91'nin eosen (kumtaşı), % 12,72 (orta miyosen (kireçtaşı) ve % 4,06'sı üst miyosen'de (kıltaşı) bulunmaktadır. Bu araştırma alanında jeolojik birimlerin kapladığı alan ve oranları Çizelge 3.3'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.3. Halfalı deresi yağış havzasının jeolojik birimlerin alan ve oranları

| Halfalı Deresi Yağış Havzası için Jeolojik Birimler | Alan(ha) | Oran(%) |
|-----------------------------------------------------|----------|---------|
| m3-4-a (üst miyosen, kıltaşı)                       | 57,34    | 4,06    |
| m2-20-ks (orta miyosen, kumtaşı)                    | 724,03   | 51,30   |
| e-20-s (eosen,kumtaşı)                              | 450,38   | 31,91   |
| m2-8-s (orta miyosen, kireçtaşı)                    | 179,55   | 12,72   |
| Toplam                                              | 1411,30  | 100,00  |

#### 3.1.1.4. Genel toprak özellikleri

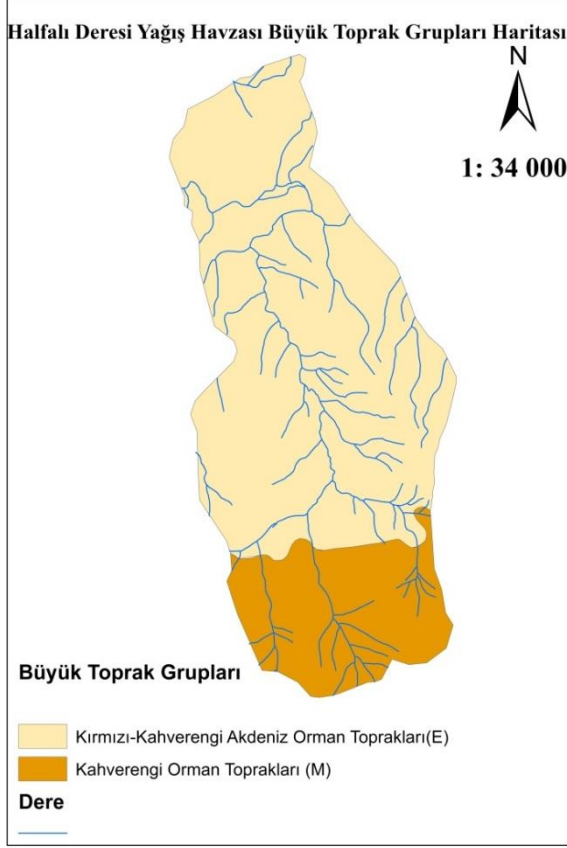
Araştırma alanların genel toprakların özelliklerini belirlemek amacıyla Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılan 1/25.000 ölçekli toprak haritası kullanılmıştır. Araştırma alanındaki topraklarının büyük çoğunluğunu Marn Kalkerler üzerinde oluşan Kahverengi Orman toprakları, Kireçtaşları üzerinde oluşan Kırmızı Kahverengi Akdeniz toprakları oluşturmaktadır (Anonim, 2000). Araştırma alanı büyük toprak grupları haritası Şekil 3.4'de gösterilmiştir.

Bu toprakların genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

**Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları (E):** A ve C horizonlu topraklardır. A horizonu iyi gelişmiş orta derecede organik maddeye sahip ve organik madde mineral madde ile iyice karışmıştır. Zayıf bir A2 horizonuda görülebilir. A1 horizonu kırmızı veya kahverengi köşeli blok ve prizmatik yapıya haiz bünyesel B horizonu içine tedricen geçmektedir.

B horizonundaki bünyesel ped yüzeylerinde taşınarak gelen kil zarlari görülür. Killer illit ve kaolin grubuna dâhildir. Baz saturasyonu % 35'ten fazla ve bu miktar derinlik arttıkça daha da artar. Kurak mevsimlerde A ve B horizonu sert bir hal alır. Bu penler demir silikat penleri olabilir.

**Kahverengi Orman Toprakları (M):** Bulunduğu bölgenin zonal topraklarına nazaran çok zayıf gelişmiş horizonlara sahip topraklardır. A, B ve C horizonları mevcut olup, bunlar birbirlerine tedrici olarak geçiş yapar (Anonim, 2000).



Şekil 3.4. Halfalı Deresi Yağış Havzasının Büyük Toprak Grupları

Halfalı Deresi Yağış Havzasının Büyük Toprak Grupları hesaplamaları sonucunda, Kırmızı Kahverengi Orman toprakların kapladığı alanlar toplam alanın %22,60'ını ve Kahverengi Orman toprakların kapladığı alan toplam alanın %77,40'ını kapladığı belirlenmiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Halfalı deresi yağış havzasının büyük toprak grupları

| Halfalı Deresi Yağış Havzası İçin BTG Değerleri | Alan<br>(ha) | Oran<br>(%) |
|-------------------------------------------------|--------------|-------------|
| Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları(E)        | 320          | 22,60       |
| Kahverengi Orman Toprakları (M)                 | 1091         | 77,40       |
| Toplam                                          | 1411         | 100         |

Araştırma alanlarında kireçtaşı, killi kireçtaşı ve kumtaşı olmak üzere 3 anakaya grubu görülmektedir.

**Kireçtaşı (Kalker) anakayasından oluşan toprağın özellikleri:** Tortul kayalardan oluşmakta olup bileşimi  $\text{CaCO}_3$ 'tür. pH'ı bazik, su tutma kapasitesi iyi-orta, drenajı iyi, ince-orta tekstürlü ve bitki besleme gücü toprak derinliği ve içerdiği organik maddeye göre değişmektedir (Kulabaş ve Kılıcı, 1998).

**Kumtaşı anakayasından oluşan toprağın özellikleri:** Tortul kayalardan oluşmakta olup, bileşimi  $\text{SiO}_2$  bağlaç maddesi silis,  $\text{FeOH}$ , kil,  $\text{CaCO}_3$ , bazı sülfat tuzlarıdır. pH'ı bağlaç maddesine göre değişmekte, su tutma kapasitesi zayıf, drenajı iyi, kaba tekstürlü ve bitki besleme gücü ise bağlaç maddesi  $\text{CaCO}_3$  ve kil ise derin verimli topraklardır. Eğer bağlaç maddesi silis ise fakir topraklar meydana getirmektedir (Kulabaş ve Kılıcı, 1998).

**Killi kireçtaşı anakayasından oluşan toprağın özellikleri:** % 50 oranında marndır. Karstik boşluklar ve çatlaklar kille dolduğu için geçirimsiz ve zayıf topraklardır. Su tutma kapasitesi iyi, drenajı kötü, ince tekstürlüdür.

#### 3.1.1.5. Bitki örtüsü

Araştırma alanı Türkiye'nin 3 büyük flora bölgesinden biri olan Mediterranean kesiminde yer almaktadır (Anşin, 1983). Araştırma alanında, *Juniperus sp. L.*, *Pinus nigra*, *Cedrus libani A. Rich* ve *Pinus brutia* odunsu bitki türleri bulunmaktadır. *Galium verum* subsp. *verum*, *Lineria kurdica* subsp. *kurdica*, *Hypericum scabrum*, *Allium trachycoleum*, *Onobrychis sulphurea* var. *vanensis*, *Ballota nigra* subsp. *kurdica*, *Ranunculus repens*, *Veronica polita*, , *Onosma tauricum* var. *tauricum*, *Potentilla recta*, *Sedum hispanicum* var. *semiglabrum*, *Fumaria asepala* gibi otsu bitki türleri bulunmaktadır.

### **3.2. Metod**

#### **3.2.1. Arazide yapılan çalışmalar**

Orman, tarım ve mera arazilerinden "Faktöriyel Deneme Deseni" (Steel G.D.R. ve Torrie, J.A., 1994; Düzgüneş, O., 1963) esaslarına göre araştırma parsellerinden arazi kullanım şekline göre 8'er tekrarlı toplam 24 adet toprak profili alınmıştır. Açılan toprak profillerinden, 0-20 cm ve 20-50 cm derinlik kademelerinden toplam 48 adet torba ve her iki derinlik kademesinden toprakların çeşitli hidrolojik özelliklerini belirlemek amacıyla, strüktürü bozulmamış toplam 48 adet hacim ağırlığı silindir örneği alınmıştır.

Toprak profillerinin açılacağı yerleri arazide belirlerken bu alanların doğal yapısının bozulmamış olmasına, aynı zamanda mera alanlarının hayvanlar tarafından aşırı bir şekilde tahrip edilmemiş olmasına ve eğer tarım arazisi ise uzun yıllar benzer tarımsal ürünlerin ekilmiş veya dikilmiş olmasına dikkat edilmiştir (Stell ve Torrie, 1994).

Toprak örneklerinin standart derinliklerden alınmasının sebebi, profillerde belirgin horizonların mevcut olmayışından dolayı, karşılaştırmalarını kolaylaştırmak içindir (Sevim, 1956).

Hacim ağırlığı örnekleri için kullanılan daraları önceden belirlenmiş, ağız kesimleri keskin ve üzerleri numaralanmış olan çelik silindirlerle örnekler alınırken, çakma esnasında içindeki toprağın sıkıştırılmamasına ve silindirin sarsılarak doğal strüktürün bozulmamasına özen gösterilmiştir. Silindirler, 630- 650 cm<sup>3</sup> toprağı alacak şekilde istenilen derinliğe kadar çakıldıktan sonra kenarları ve tabanı keskin bir bıçakla fazlalıklardan temizlenerek bütün yüzeyleri temizlenmiş ve polietilen torbalara yerleştirilmiştir (Sevim, 1956).

Araştırma alanında toprak profillerinin yerinin belirlenmesi için ön inceleme çalışmaları sırasında amenejman planı meşcere haritası esas alınmıştır.

#### **3.2.2. Laboratuvarda yapılan çalışmalar**

##### **3.2.2.1. Toprak örneklerinin analize hazırlanması**

Araştırma sahasında açılan toprak profillerinden alınan strüktürü bozulmuş toprak örnekleri laboratuvarda gazete kağıtları üzerine serilerek hava kurusu hale gelinceye kadar kurutuldu. Daha sonra toprak örnekleri porselen havanlarda usulüne uygun şekilde dövülerek iki milimetrelik eleklerden geçirilip numaralanmış ve naylon torbalara

doldurulmuştur. Böylelikle toprak numuneleri çeşitli fiziksel, kimyasal ve hidrolojik özellikleri belirlenmek üzere analize hazır hale getirilmiştir.

### **3.2.2.2. Toprak örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal ve hidrolojik özellikleri**

#### **Mekanik analiz (Tekstür tayini)**

Toprak örneklerinin tekstür tayini Bouyoucos'un hidrometre yöntemine göre yapılmıştır. Analizler 2 mm'lik elekten geçirilmiş hava kurusu toprak örnekleri üzerinden yapılmıştır. Bu analizi yapmak için ince tekstürlü hava kurusu topraklardan 50 gr ve kaba tekstürlü topraklardan 100 gr'lık örnekler alınmıştır. Daha sonra bu örnekler 400 ml' lik beherlere konularak üzerlerine 200 ml saf su ve dispersleştirmeyi kolaylaştırmak için 10 ml 0.008 NaOH çözeltisi (Uluslararası Toprak Cemiyetinin, toprakların dispersleştirilmesi için uygun gördüğü miktar) (Baver, 1956) veya 10 ml %5'lik calgon çözeltisi eklenen örnekler iyice karıştırılarak 24 saat süre ile dispersleşmeye bırakılmıştır. Bir gün sonra süspansiyon mekanik karıştırıcıya (mikser) aktararak 5 dakika süre ile karıştırılmış ve karıştırma işleminden sonra içinde saf su bulunan bir piset yardımıyla hidrometre silindrine aktarılan süspansiyonun üzeri 1000 ml olacak şekilde saf su ile tamamlanmıştır. Silindirdeki karışım delikli mekanik karıştırıcı çubuğuyla 20 kez aşağı-yukarı hareketlerle karıştırılmıştır. Hemen sonrasında ise hidrometre dikkatli bir şekilde silindire konulmuş ve uluslararası toprak cemiyetinin tanımlamasına uygun olarak ilk okuma 4 dakika 48 saniye (4'48") de, ikinci okuma 120 dakika (120') sonunda yapılmıştır. Aynı zamanda iki okuma esnasında da termometre ile sıcaklık değerleri ölçülerek çizelgelere kaydedilmiştir. Daha sonra okunan hidrometre değerleri üzerinde gerekli sıcaklık düzeltmeleri yapılmıştır. İlk okuma sonunda (kil+toz) miktarı, ikinci okumada (kil) miktarı ve bunların yardımıyla da kum ve toz fraksiyonlarının miktarı bulunmuştur. Aynı zamanda 40 saniye (40") okumaları yapılarak ince kum yüzdeleri belirlenmiştir (Irmak, 1972; Gülçur, 1974; Balcı, 1996).

#### **Dispersiyon oranı**

Bu oranın belirlenmesinde Middleton'un dispersiyon oranı esas alınmıştır. Buna göre dispersiyon oranı, saf suda çalkalanarak elde edilen toprak solüsyonunda kimyasal ve mekanik bir dispersleştirme yapmadan elde edilen (toz+kil) miktarının, toprakta mevcut olan toplam (toz+kil) miktarına bölünmesi ile elde edilir (Özyuvacı, 1971; Balcı 1996).

Analizler mekanik analizde olduğu gibi 2 mm'lik elekten geçirilmiş hava kurusu toprak örneklerinden 50 veya 100 gr'lık örnekler alınarak 400 ml'lik beherlere konulmuştur. Her bir beher üzerindeki toprak örneğinin üzerine 200 ml saf su ilave edilmiş

ve 24 saat bekletilmiştir. Süre sonunda beherdeki materyal pisetle iyice yıkanarak hidrometre silindirine aktarılmış ve saf su eklenerek 1000 ml'ye tamamlanmıştır (Özyuvacı, 1971; Öztan, 1980). Bouyoucos'un hidrometre yöntemine göre yapılan okumalar ve sıcaklık düzeltmeleri sonucunda kum, toz ve kil fraksiyonlarının miktarı hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerlerden toz ve kil fraksiyonlarının toplamı aynı örneğin mekanik analizi ile elde edilmiş (toz+kil) miktarına bölünmek suretiyle dispersiyon oranı tayin edilmiştir. Çizelge 3.5'de Dispersiyon Oranı gösterilmiştir (Lutzh, 1947).

Bu şekilde tayin edilen dispersiyon oranı Middleton tarafından ortaya konan aşağıdaki ıskalaya göre değerlendirilmektedir (Lutzh, 1947).

Çizelge 3.5. Middleton tarafından ortaya konulan dispersiyon oranı (Lutzh,1947).

| Erodobilité İndeksi | Erozyona karşı dayanıklı Topraklar | Erozyona karşı dayanıksız Topraklar |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Dispersiyon Oranı   | <15                                | >15                                 |

#### **Permeabilite (Geçirgenlik)**

Permeabilite tayinleri için hacim ağırlığı silindir örnekleri, bir küvet içerisinde alttan tedricen ıslanacak şekilde 24 saat süre ile bekletilerek su ile doymun hale getirilmiştir. Doğal yapısı bozulmamış örneklerin doymun hale getirilmesinden sonra (Öztan, 1980) tarafından geliştirilen özel geçirgenlik ölçme aletinde, belli bir su sütunu (hidrostatik basınç yükü) altında örnek içinden su geçirilip, geçen suyun miktarı ile geçme zamanı saptandıktan sonra Darcy kanununa dayanan formülün uygulanması ile toprak örneklerinin permeabilitesi hesaplanmıştır (Öztan, 1980).

$$P = (Q/A) \times (H_s / H_s + H_w) \text{ cm/saa} \quad (1.4)$$

Burada, P permeabilite (cm/saat), Q belirli bir zamanda geçen suyun miktarını (cm/saat), A toprak örneğinin kesit alanını (cm<sup>2</sup>), H<sub>s</sub> toprak örneğinin yüksekliğini (cm), H<sub>w</sub> ise hidrostatik basıncı yapan su sütunu yüksekliğini (cm) ifade etmektedir (Özhan, 1977; Öztan, 1980).

### **Organik madde**

Toprak örneklerinin organik madde miktarları 2 milimetrelilik elekten geçirilmiş 0.5 gr'lık örnekler üzerinden Walkley-Black'ın kromik asit yöntemi ile belirlenmiştir (İrmak, 1954; Gülçur, 1974).

### **Nem ekivalanı (Tarla kapasitesi)**

Tarla kapasitesi Soil Moisture Pressure Plate aleti kullanılarak hesaplanmıştır. 2 mm'lik elekten geçirilmiş yaklaşık 10 gr'lık toprak örnekleri santrifüjün özel halkaları içine konmuş ve örnekler su ile doygun hale getirilmiştir. Daha sonra örnekler 1/3 atm'lik basınç uygulanmıştır. Bu işlem sonrasında örnekler daha önceden darası belirlenmiş kurutma kaplarına alınmış ve ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra örnekler 105 °C'de 24 saat kurutularak fırın kurusu ağırlıkları tespit edildi ve iki ağırlık arasındaki farktan nem yüzdeleri hesaplanmıştır. Kaybolan nem, mutlak kuru toprağın nem ekivalanında tuttuğu nem olarak % cinsinden hesaplanmıştır (Gülçur, 1974; Yüksek, 2001; Bozali, 2003).

### **Kolloid/nem ekivalanı oranı**

Bu oran toprağın suyu geçirgenliğini, yani permeabilitesini gösteren bir indeks olarak kabul edilir (Luthzand Chandler, 1947 ve Baver, 1956). Kolloid/Nem Ekivalanı oranının yüksek olmasının, toprağın tarla kapasitesinin düşük olmasını, dolayısıyla da infiltrasyonun yükselmesi ve yüzeysel akışın azalması sonucunu doğurduğu saptanmıştır. Böylece bu oranı yüksek olan topraklar, düşük olanlara göre erozyona daha dayanıklıdır (Balci, 1996).

Mekanik analiz sonucu elde edilen kil miktarının aynı toprağın nem ekivalanı oranına bölünmesiyle bulunmuştur. Çizelge 3.6' de Kolloid/Nem Ekivalanı Oranı gösterilmiştir (Baver, 1956; Özyuvacı, 1971).

Çizelge 3.6. Kolloid/Nem ekivalanı oranı

| Kolloid-Nem<br>Ekivalanı Oranı | Erozyon Eğilimi     |
|--------------------------------|---------------------|
| < 1.5                          | Erozyona dayanıksız |
| > 1.5                          | Erozyona dayanıklı  |

### **Erozyon oranı**

Dispersiyon oranının aynı toprağın kolloid/nem ekivalanı oranına bölünmesiyle bulunmuştur(Özyuvacı, 1975; Öztan, 1980). Çizelge 3.7’da Erozyon Oranları belirtilmiştir.

Çizelge 3.7. Erozyon oranı

| Erozyon Oranı | Erozyon Eğilimi     |
|---------------|---------------------|
| >10           | Erozyona dayanıksız |
| <10           | Erozyona dayanıklı  |

Bu ifadenin payındaki dispersiyon oranın artması ve paydasındaki Kolloid/Nem Ekivalanı Oranının azalması ile Erozyon Oranı artmakta, yani toprağın erodobilitesi veya erozyona yatkınlığı da yükselmektedir (Balcı, 1996).

### **Kil oranı**

Bouyoucos (1935), tarafından önerilen “kil oranı” topraktaki (%kum+%toz) değerinin (%kil) değerine bölünmesi ile elde olunur. Bu oranın büyümesi ile toprakların erodobilitesi yükselir. Diğer bir deyimle topraktaki kum ve toz fraksiyonlarının yüksek olması veya kil fraksiyonunun düşük olması, topraklarda erozyon eğilimini arttırmaktadır. Çizelge 3.8’da Kil Oranı gösterilmiştir (Balcı,1996).

Çizelge 3.8. Kil Oranı

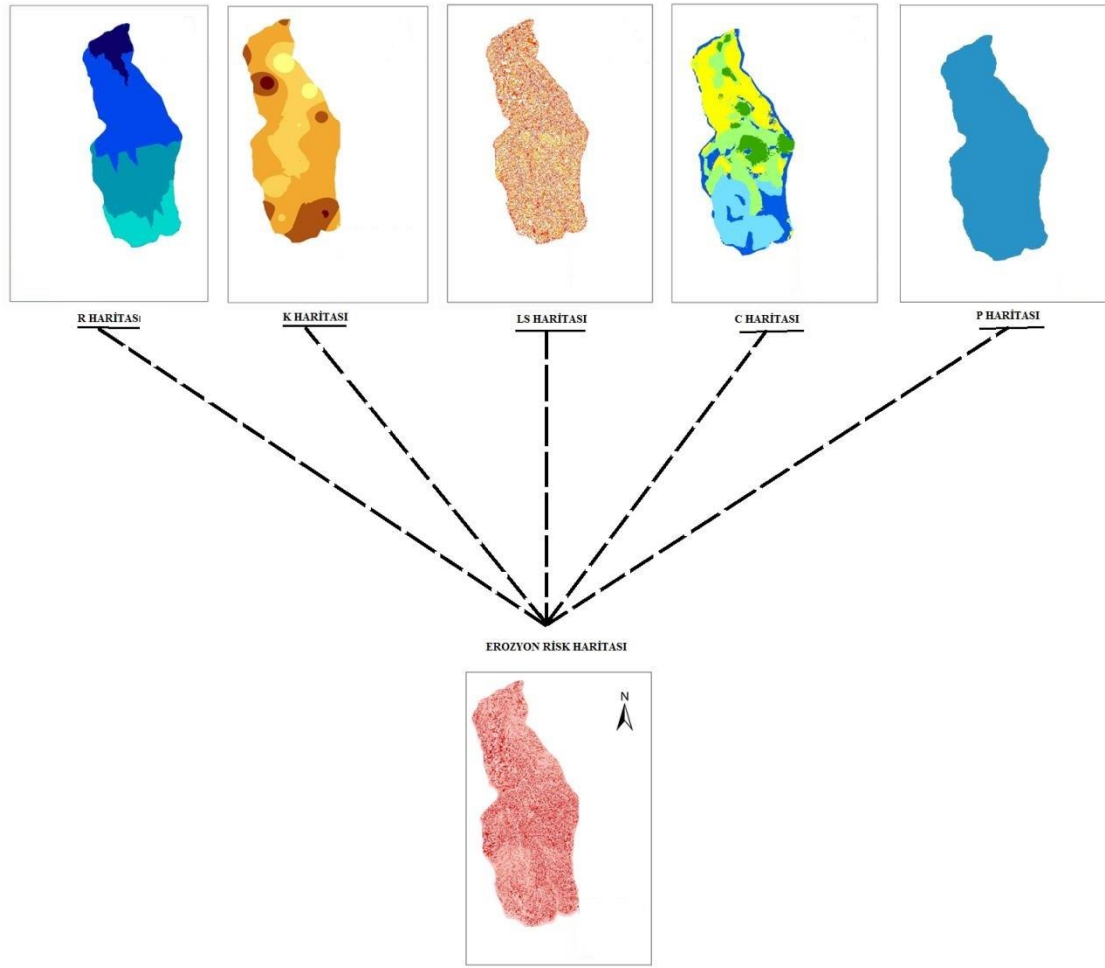
|           |             |
|-----------|-------------|
| Kil Oranı | Erodobilite |
| Büyürse   | Artar       |

### 3.2.3. Elde edilen toprak verilerinin değerlendirilmesi

Arazi ve laboratuvarında yapılan çalışmaların sonucunda elde edilen veriler bilgisayarda istatistik yöntemlerle değerlendirilmiştir. Toprakların erozyon eğilimi ile bazı fiziksel özelliklerinin 3 farklı arazi kullanım şekline göre farklılık gösterip göstermediği “Varyans Analizi” uygulanarak karar verilmiştir. Bunun sonucunda elde edilen ortalamaların karşılaştırılması ise Duncan Testi ile yapılmıştır. Ayrıca erodibilite indeksleri ve toprak özellikleri arasındaki ilişkinin negatif yönde mi yoksa pozitif yönde mi olduğunu öğrenmek için Pearson Korelasyonu yapılmıştır. İstatistik işlemler SPSS 16.0 programı kullanılarak yapılmıştır.

### 3.3. Toprak erozyon risk değerlendirmesinde RUSLE yöntemi

Bu çalışma uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistem tekniklerini kullanarak Halfalı Deresi Yağış Havzasının erozyon risk haritasını ve güncel arazi kullanım durumunu belirlemek amacıyla yapılmıştır. Erozyon modellemesinde RUSLE modeli parametreleri kullanılmıştır (Renard ve ark. 1997). Çalışmada kullanılan metodolojik akış şeması şekil 3.5.’de özetlenmiştir.



Şekil 3.5. RUSLE yöntemi akış şeması

Üniversal toprak kayıpları tahmin denklemi (USLE) erozyonla kaybolan toprak miktarının tahmin edilebilmesi amacıyla en çok kullanılan modellerden birisidir. USLE yöntemi 1957’de Wischmeier ve arkadaşları tarafından tarım arazilerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş ve daha sonra 1971 de inşaat sahaları ve 1972’de de mera ve orman alanları için kullanımları da eklenmiştir. Ancak bu konudaki çalışmalara devam edilmiş (Wischmeier ve Smith, 1978) ve 1985 yılında Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı’nın ve erozyon ile ilgili araştırmacıların da katılımıyla gerçekleştirilen toplantı sonucunda USLE nin ilave araştırma sonuçları ve gelişen teknolojiye bağlı olarak yeniden gözden geçirilmesine (revize edilmesine) karar verilmiştir. Revizyon çalışmaları 1987 ‘de başlamış ve yeni model RUSLE olarak adlandırılmıştır. RUSLE yöntemi USLE modelinin temel yapısını korumaktadır ve yıllık toprak kaybını ton/ha/yıl olarak denklem 1.5 ile hesaplamaktadır.

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1.5)$$

Burada:

A : Birim alandan gerçekleşen ortalama yıllık toprak kaybı miktarı (ton/ha/yıl).

R : Yağmur erozivite indeksi (ton/ha/yıl).

K : Toprak erodibilite faktörü (ton/ha/yıl).

L : Eğim uzunluğu faktörü (birimsiz).

S : Eğim dikliği faktörü (birimsiz).

C : Bitki amenajman faktörü (birimsiz, 0 ve 1 değerleri arasında).

P : Toprak koruma önlemleri faktörü (birimsiz, 0 ve 1 değerleri arasında) dır.

Denklem 1.5’de verilen R faktörü erozyon üzerine etki eden iklim faktörünü, LS faktörü topoğrafik özelliklere bağlı olan eğim uzunluğu ve dikliğini, K faktörü toprak erodibilite faktörünü, C ve P faktörleri ise arazi kullanımı ile ilgili süreçleri temsil etmektedir. Bu nedenle bu eşitlik hem fiziki hem de beşeri coğrafya nedenlerinden dolayı oluşacak potansiyel erozyon miktarının tahmin edilmesini sağlamaktadır. Söz konusu eşitlik ile belirlenen değer, seçilen herhangi bir alanda çoğunlukla oluk ve oluklar arası erozyon nedeni ile oluşacak potansiyel toprak kaybı miktarını ifade etmektedir. Ancak erozyona uğrayan toprağın taşınması ve depolanması ile ilgili süreçleri, yatak ve oyuntu erozyonunun sonuçlarını kapsamamaktadır.

### **3.3.1. Yağmur erozivite indeksi (R)**

Yağmur erozivite faktörü (R), yağışın neden olabileceği potansiyel erozyonu ifade etmektedir (Chen ark., 2009). Bunu belirlemek için hem toplam yağış, hem de toprağa düşen yağışın kinetik enerjisi göz önüne alınır (Beskow ark., 2009). Yağışın yapmış olduğu bu erozivite etkiyi belirlemek amacıyla RUSLE eşitliğinde yağışların toplam kinetik enerjileri ile 30 dakikalık maksimum yoğunlukları çarpımı ile elde edilen değer (EI= Erozyon indeksi) toprak kaybının hesaplanmasında belirleyici rol oynamaktadır (Cürebal - Ekinci, 2006; Chen ark., 2009).

RUSLE eşitliğinde yağış erozivite faktörü, yağışın 30 dakikadaki maksimum yoğunluğunda olan yağışların (I30) toplamının yıllık yağış miktarının toplamına oranı olarak kullanılmaktadır. R faktörü uzun yıllık plüviograf verilerinin bulunmadığı durumlarda ortalama yıllık yağış verilerinden veya Modifiye Fournier İndeksi’nden (MFİ) hesaplanabilir (Stocking ve Elwell 1976; Arnoldus 1977 ve 1980; Roose 1977; Renard ve

Freimund 1994; Yu ve Rosewell 1996c; Lu ve Yu 2002; İrvem ve ark. 2007). Bu amaçla birçok indeks geliştirilmiştir. Bu çalışmada yağışın yıllık ve aylık ortalamalarının hesaba katıldığı Modified Fournier Index (MFI) kullanılmıştır (Arnoldus, 1977).

$$MFI = \sum p_i^2 / P_j \quad (1.6)$$

Denklem 1.6’da gösterilen eşitliğe göre;  $p_i$  aylık yağışları (mm),  $P_j$  ise yıllık yağışların ortalamasını (mm) ifade eder.

Burada;

$$\text{“Yağış Eroziyon Faktörü ise} = (4.17 \text{ MFI}) - 152\text{”} \quad (1.7)$$

denklem 1.7’den yararlanılarak ortaya konulabilmektedir (Cürebal - Ekinci, 2006). Çalışma alanına ait R faktörünü hesaplamak için 570 metrede yer alan Kahramanmaraş Meteoroloji İstasyonuna ait 41 yıllık (1970-2011) veriler kullanılmıştır. Yükselti farkının 1460 metre olduğu inceleme alanında bu farkın yağış miktarına etkisini göstermek amacıyla Schreiber tarafından önerilen denklem 1.8 uygulanmıştır:

$$Ph = Po + 54h \quad (1.8)$$

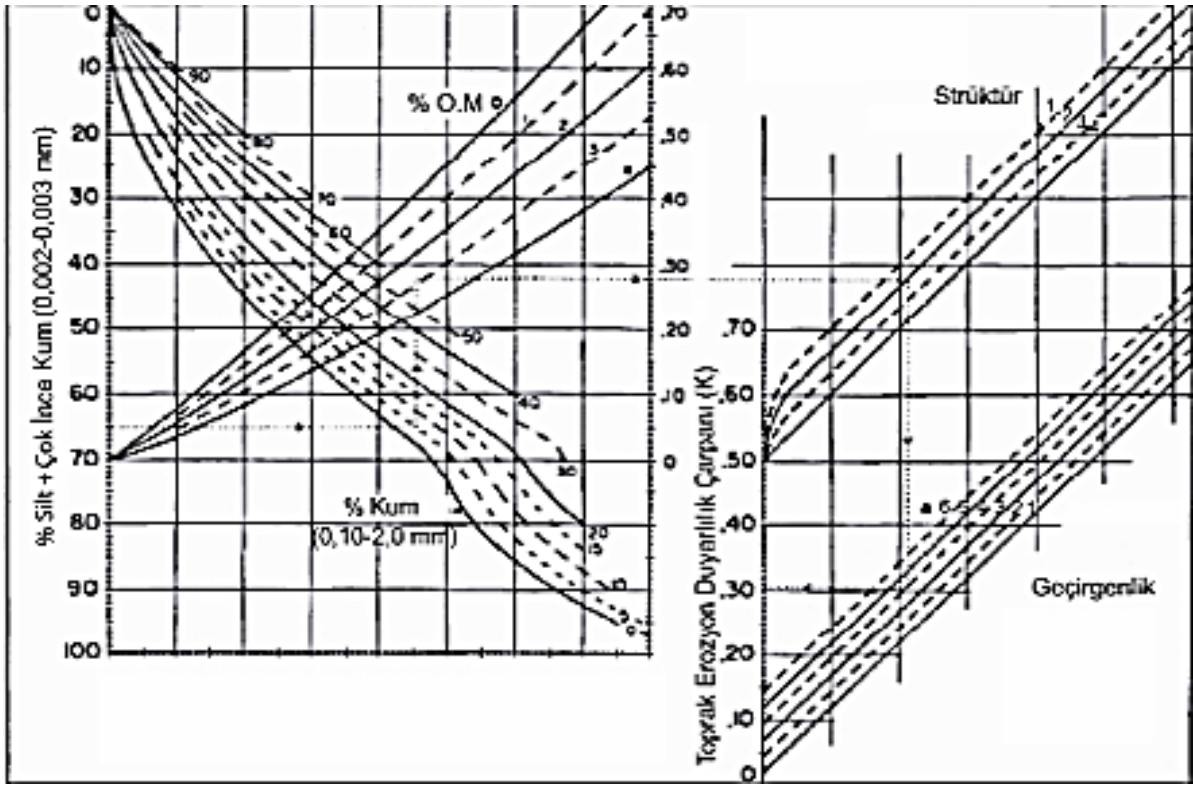
Bu formüle göre “Ph” yükseltisi bilinen ancak yağış tutarı bulunacak noktayı, “Po” yükseltisi bilinen ve yağış ölçümü yapan bir istasyonun yağış miktarıdır. Formülde geçen 54 rakamı 100 metrelik yükselti artışına paralel olarak yağışın 54 mm arttığını gösteren katsayı,  $h$  ise yağış değeri bilinen noktayla yağış değeri tespit edilecek nokta arasındaki yükselti farkının (hektometre olarak) değerini ifade etmektedir (Ardel, 1969; Dönmez, 1979).

### 3.3.2. Toprak erodibilite faktörü (K)

Erodibilite (toprağın erozyon eğilimi), toprakların tamamen kendi bünyelerindeki çeşitli özelliklerden kaynaklanan ve erosif (aşındırıcı) kuvvetlere karşı direncini ve erozyona uğrama eğilimini gösterir. Toprakların erodibilitesi büyük ölçüde toprağın iç yapısını oluşturan fiziksel ve kimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Başka bir ifadeyle toprağın tekstür ve strüktürüne bağlıdır. Aynı erosif kuvvetler karşısında bazı topraklar dirençli oldukları halde, diğer bazı topraklar kolayca çözünür ve dağılarak erozyona uğrar (Balcı, 1996).

K Faktörü içerisinde %9 eğim ve 22.1 m eğim uzunluğundaki bir arazide birim erozyon indisi ile hektardan kaybolan toprağın ton olarak ifadesidir (Renard ve ark. 1997). 2Erozyona etkili diğer faktörlerin sabit olması halinde farklı özelliklere sahip topraklar farklı derecede aşınırlar.

Wishmeier ve Smith tarafından 1978 yılında geliştirilen Üniversal Toprak Kayıpları Tahmin Modeli (USLE) denkleminde yer alan faktörlerden biri olan toprak aşınım faktörü K, toprakların organik madde içeriği, tekstür, strüktür ve su geçirgenliği değerine bağlı olup aşınmaya karşı direnci göstermektedir (Sönmez, 1994). Bu değer küçüldükçe aşınmaya karşı direnç artmaktadır. Topraklar aşınmaya karşı dirençlerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Sönmez, 1994). Bazı topraklar aynı eroziv kuvvetler karşısında oldukça dirençli oldukları halde, diğer bazıları aynı kuvvetler altında kolayca çözünür ve dağılarak erozyona uğrarlar. Bu hususlar dikkate alınarak toprakların kendi iç bünyelerine bağlı aşağıdaki özellikleri dikkate alınmak suretiyle, toprak erodibilite faktörü (K)' yı veren bir nomograf geliştirilmiştir (Şekil 3.6). Burada dikkate alınan faktörler (1) toz+çok ince kum (%), (2) Kum miktarı (%), (3) Organik madde miktarı (%), (4) Toprak strüktürü ve (5) Permeabilitedir. Bu parametreler nomografta yer almaktadır. Burada söz konusu olan “toz+çok ince kum” çapları 0.002 mm-0.10 mm arasındaki taneciklerden oluşan fraksiyondur. Kum ise 0.10 mm-2.0 mm çap dağılımındaki taneciklerdir. K faktörü dereceleri gösterilmiştir (Balcı, 1996). K faktörüne göre toprakların erodibilite dereceleri’de Çizelge 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. USLE denklemindeki K değerlerini veren nomograf (Wishmeier and Smith 1978)

Çizelge 3.9. K faktörüne göre toprakların erodibilite dereceleri

| Erodibilite Faktörü (K) | Erodibilitenin anlamı ve derecesi      |
|-------------------------|----------------------------------------|
| 0.00 - 0.05             | Çok az aşınabilir toprak               |
| 0.05 - 0.10             | Az aşınabilir toprak                   |
| 0.10 - 0.20             | Orta derecede aşınabilir toprak        |
| 0.20 - 0.40             | Kolaylıkla aşınabilir toprak           |
| 0.40 - 0.60             | Çok kolaylıkla aşınabilir toprak       |
| > 0.60                  | Aşırı derecede kolay aşınabilir toprak |

Arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları sonucunda elde edilen K değerleri nokta değerleridir ve toprak örneklerinin alındığı noktaları temsil etmektedir. Bu nokta K değerlerinin çalışma sahasının yüzeyine yayılması gereklidir. Bunun için Coğrafi Bilgi Sistemlerinin konumsal analiz enterpolasyon araçlarından, ters uzaklık enterpolasyon tekniği (IDW) kullanılarak noktasal verilerden alansal dağılıma ulaşılmaya çalışılmıştır

(Anonymous, 1997). IDW deterministik enterpolasyon tekniğidir. Ölçülebilen noktalar veya matematiksel formüller temelinde, belirli bir trende bağlı olarak hücrelerin benzerliğine yayılması şeklinde oluşturur. İlgili hücreden uzaklaşma ve mesafedeki artışa bağlı olarak hücre değerleri hesap edilir. Mesafenin artması ile tahmini yapılacak hücre üzerindeki önem ve etki azalır. Enterpole edilecek yüzeyde, yakındaki noktaların uzaktaki noktalardan daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayanır. Yüzey, yakınlık derecesine bağlı olarak daha fazla ayrıntıya sahip olur (ESRI, 2004). Bu çalışmada olduğu gibi örnekleme sayısı 30'dan daha az olan örneklemlerde, IDW ve Spline metotları önerilmektedir (Sluiter, 2009). Böylece IDW tekniğiyle arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları sonucunda elde edilen nokta K değerleri alansal harita bilgileri haline dönüştürülmüş ve K haritası (katmanı) oluşturulmuştur.

### **3.3.3. Eğim uzunluğu ve eğim derecesi faktörü (LS)**

RUSLE modelinde eğim faktörü (LS) eğim derecesi ve eğim uzunluğu gibi topoğrafik etkiyi temsil etmektedir. Eğim uzunluğu (L), yüzey akışın olduğu noktadan itibaren, eğimin azaldığı ve birikmenin başladığı veya yüzey akışın bir kanala (bu drenaj şebekesinin bir parçası olabilir) veya çevirme terası kanalı olarak inşa edilmiş bir kanala kadar olan yatay mesafesi olarak tanımlanır (Wischmeier ve Smith 1978). LS faktörü, diğer koşulların aynı olduğu, 22.13 m uzunluğunda ve % 9 eğimi olan bir arazideki toprak kaybı oranını temsil etmektedir. LS değerleri mutlak değerler değildir fakat 22.13 m uzunluğunda ve % 9 eğime sahip bir arazideki LS değeri 1 'dir (Wischmeier ve Smith 1978).

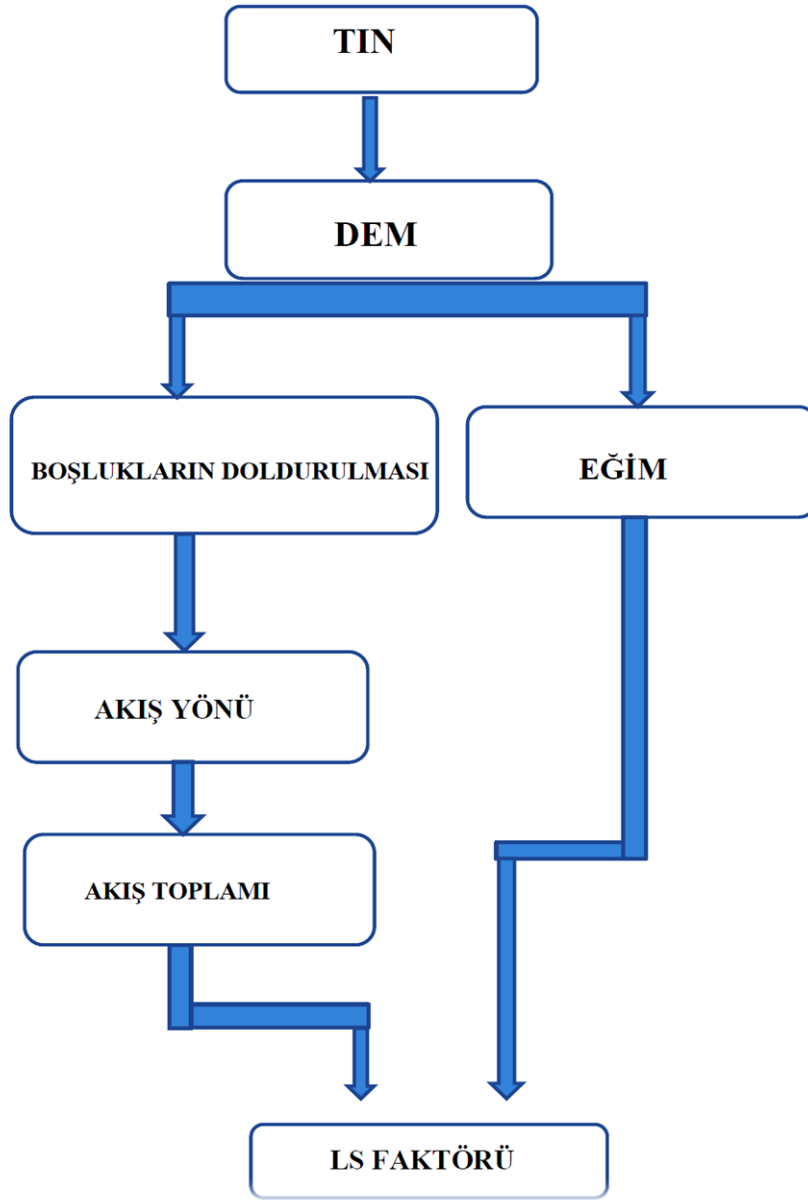
LS faktörünü doğrudan araziden hesaplamak çok zor olduğundan dolayı bazı araştırmacılar LS değerini CBS ortamında hesaplamak için çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Örneğin McCool ve ark. (1987, 1989, 1997), Nearing ve ark. (1989, 1994), Moore ve Wilson (1992), Hickey ve ark. (1994), Desmet ve Govers (1996), Nearing (1997), Hickey (2000), Van Remotel ve ark. (2001, 2004), Kinnell (2005).

Yukarıda isimleri geçen araştırmacılar LS değerinin elde edilmesiyle değişik denklemler önermiş olmalarına karşılık, eğim derecesi ve akış toplamı hepsinde ortaktır; sadece kullandıkları sabit sayılar ve algoritmaları farklıdır. Çalışmalar tüm araştırmacılar tarafından kabul edilen tek bir denklemin olmadığını göstermektedir. Yapılan çalışmalara göre LS faktörünü hesaplamadaki en büyük sıkıntı, yükseltinin fazla olduğu dağlık bölgelerdeki yamaç uzunluğunun fazla ve yamaç şeklinin (içbükey, dışbükey, basamaklı,

düz / lineer ve diğerleri gibi) çok farklı olmasıdır. Wang ve ark. (2001), Lee (2003), Başaran (2005), Onori ve ark. (2006), Bahadır (2008), Bayramın ve ark. (2008) ve Özcan ve ark. (2008) gibi araştırmacılar, kendi çalışmalarında, LS faktörünü hesaplamak için Moore ve Burch (1986), önerdikleri denklemi kullanılmışlardır. Bu çalışmada da Moore ve Burch (1986)'un tavsiye ettiği denklem 1.9 kullanılmıştır.

Bu çalışmada LS faktörünü CBS ortamında hesaplanması için aşağıda anlatılan akış şemasında gösterilen yöntem izlenmiştir (Şekil 3.7). Çalışma alanına ilişkin sayısal topoğrafya paftası CBS ortamında sayısal topoğrafya haritasından 10x10 m çözünürlükte sayısal yükseklik modeli (SYM) üretilmiştir. Elde edilen SYM den ilk önce eğim haritası (S) elde edilmiş, bunu takiben SYM sonraki işlemlere hazırlanmak üzere (yüzey hazırlama için) yüzeydeki akışı engelleyecek küçük boşlukların belirlenmesi ve doldurulması (*Fill*) işlemi yapılmıştır. Fill işleminden sonra elde edilen Fill den akış yönü elde edilmiştir. Akış yönü (*Flow Direction*) yüzeye düşen yağmur veya suyun topoğrafyada hangi yöne gideceğini belirler. Akış yönü haritasından akış toplamı (*Flow Accumulation*) elde edilmiştir. Aynı akış yönüne sahip yerler akış toplamını meydana getirir. Akış toplamı, toprak erozyonunu hesaplamada eğim uzunluğuna (L) karşılık gelir (Çelik, 2011).

Moore ve Burch (1986), önerdikleri denklem 1.9'da akış toplamı ve eğim yerlerine konmuş ve raster calculatorde işlem yapılmıştır. Diğer bütün katmanların çözünürlüğünün 10 metre olmasından dolayı LS katmanında da hücre büyüklüğü 10 olarak alınmıştır. Sonuçta sahaya ait LS faktörü elde edilmiştir.



Şekil 3.7. LS faktörü akış şeması

Yukarıda adı geçen işlemler ArcGIS 10.00 yazılımının Spatial Analyst uzantısı, map algebra modülü, harita hesaplama (*raster calculator*) komutu kullanılarak yapılmıştır. LS faktörünün hesaplanmasında Moore ve Burch (1986), tarafından önerilen denklem 1.9 aşağıda sunulmuştur.

$$LS = (Akış\ Toplamı * Hücre\ Büyüklüğü / 22.13)^{0,4} * (\sin Eğim / 0.0896)^{1.3} \quad (1.9)$$

### **3.3.4. Bitki amenajman faktörü (C)**

#### **3.3.4.1. Uzaktan algılama teknikleri (UAT) kullanılarak güncel arazi kullanımının belirlenmesi**

Bitki amenajman faktörü ürün yetiştirme ve amenajman uygulamalarının erozyon oranları üzerindeki etkisini yansıtmak için hem USLE hem de RUSLE içinde kullanılmaktadır. Amenajman seçeneklerinin toprak koruma planları üzerindeki oransal etkilerini kıyaslamak için en sık kullanılan faktördür. Bu faktör toprak koruma planının ortalama yıllık toprak kaybını nasıl etkileyeceğini ve toprak kaybı potansiyelinin yapılaşma faaliyetleri, ürün münavebeleri veya diğer amenajman programları sırasında zaman içinde nasıl bozulup dağılacağını gösterir (Renard ve ark. 1997). RUSLE modeli içerisindeki çoğu faktörde olduğu gibi C faktörü de bir standart sapma kavramına dayanmaktadır. Buradaki standart iyi işlenmiş sürekli nadas koşullarıdır. Çoğu durumlarda faktörün değeri yıl boyunca sabit kalmamaktadır.

Arazi örtüsü toprağın yağış erozyonuna karşı korunmasında hayati önem taşımaktadır (Zachar, 1982). Ayrıca arazi örtüsü, yağmur damlalarının toprağa çarpma hızını azaltması ve yüzeysel akış hızını kesmesi (Çepel, 1997; Altın, 2006), yağın yağmurun bir kısmını dal ve yaprakları tarafından tutarak intersepsiyona neden olmasıyla yüzeysel akışı etkilemesi (Hoşgören, 2010), kökleri yardımıyla toprağı tutması ve rüzgârın hızını keserek toprağı koruması (Çepel, 1997) gibi nedenlerle erozyonu engelleyici etkiye bulunur. Bu yüzden arazi örtüsünün yoğun olduğu yamaçlarla erozyon, olmayan yamaçlara göre oldukça azdır. Arazi örtüsünün zemini kaplama oranı arttıkça erozyona olan direnci de artmaktadır (Zachar, 1982). Dolayısıyla direnç faktörü ormanlarda en fazla iken tarımsal alanlara doğru azalmaktadır.

Arazi kullanımı ve bitki örtüsü faktörü (C), bitki örtüsü, ürün yetiştirme ve amenajman uygulamalarının erozyon üzerindeki etkilerini açıklamak için kullanılır. Birçok durumda bu faktör yıl boyunca sabit kalmaz. Özellikle son 30 yıldır, uydu görüntüleri ve uzaktan algılama teknik ve yazılımları toprak erozyonu çalışmalarında yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bugün çeşitli uydular aracılığı ile elde edilen görüntüler uzaktan algılama yazılımlarında işlenerek geniş alanlar için hızlı, doğru ve daha ucuz bir şekilde bilgiye ulaşmayı sağlamaktadır (Çelik, 2011).

Uzaktan Algılama; yeryüzünden belirli uzaklıkta, atmosferde veya uzayda hareket eden alanlara yerleştirilmiş ölçüm aletleri aracılığıyla, nesnelerle fiziksel temasa

geçilmeden, yeryüzünün doğal ve yapay objeleri hakkında bilgi alma ve bunları değerlendirme yöntemidir (Campbell, 1996).

Uzaktan Algılama teknikleri; fiziki coğrafyanın hâlihazır durumun belirlenmesinde, haritalandırılmasında, planlanmasında, belirli periyotlarla takip edilmesinde, ortaya çıkan tahriplerin belirlenmesinde ve doğal ortamı oluşturan kaynakların yönetiminde en başarılı metot olarak kullanılmaktadır. Uydu görüntüleri ise, gereksinim duyulan mekânsal bilgi hakkında güncel bilgileri elde etmede en önemli veri kaynaklarını oluşturmaktadır (Duran, 2007).

Tematic Landsat TM algılayıcısına “tematik görüntüleyici” ismi, tematik haritaları elde edecek spektral detay tanımlama tekniklerine, sistem verilerini uygulamak amacıyla verilmiştir (Önder, 1999).

TM algılayıcısının yapısı esas olarak, uzaydan bitki örtüsünü izlemek için tasarlanmıştır. Algılayıcı yapısı, uzaydan bitki örtüsünü izlemek için en uygun spektral çözünürlüğü bulan bir araştırmanın analizleri dikkate alınarak ve bunun yanı sıra politik, ekonomik ve teknik detaylar da düşünülerek oluşturulmuştur (Lusch, 1999).

Araştırmada 2011 yılının arazi örtüsünün belirlenmesi Mapper (TM) algılayıcısından alınmış 174 path, 34 row numaralı 10.08.2010 tarihli verisi kullanılmıştır.

Landsat TM algılayıcısının yapısı esas olarak, uzaydan yeryüzünü kaplayan bitki örtüsünü izleyebilmek için tasarlanmıştır (Lusch, 1999). TM bant seçimi bu bantların su ve bitki örtüsü ayırt etme, toprak ve bitki nem ölçümü, bulutlardan buz ve karı ayırabilme ve bazı kaya tiplerindeki ısısal (hidrotermal) değişimi belirleme yeteneklerine göre yapılmıştır (Jensen, 2000).

TM algılayıcısının 7 tane spektral bandı vardır. Bu bantlardan 1–5 ve 7’inci bantlar 30 m, 6’ncı bant ise 120 m konumsal çözünürlüğe sahiptir. TM’in tarama genişliği 185 km’dir. Sayısallaştırma her bant için 8 bitte (0-255 arası) yapılır (Campbell, 1996).

Uydu görüntüsünde arazi kullanım şeklini belirlemede kullanılan RGB (Red – Green - Blue) kombinasyonları için 3,2,1 bantları seçilmiştir. Seçilen bu Landsat TM bantlarının özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

**Bant 1** (0.45–0.52  $\mu\text{m}$ ,mavi):Arazi kullanımı, toprak ve bitki örtüsü özelliklerinin analizi yanında, sudaki tortuların görüntülenmesi, mercan adalarının haritalanması ve su

derinliğini inceleme olanağı sağlar. Mavi ışık diğer bantlardan daha çok saçıldığı için Landsat bantlarının arasında en gürültülü banttır (Kılıç, 2006).

**Bant 2** (0.52–0.60  $\mu\text{m}$ , yeşil): Bitki ayrımı ve canlılık gücünü belirlemeye yardım eder. Bu bant aralığı, insan gözünün bitkilerde gördüğü yeşil ışığa karşılık gelir (Kılıç, 2006).

**Bant 3** (0,63-0,69  $\mu\text{m}$ , kırmızı): Bitki ayrımı için en önemli banttır. Toprak ve jeolojik bölge sınırlamalarında, toprak-bitki ayrımında ve bitki sağlığının izlenmesinde yararlıdır. Atmosferik etkiler, bu bantta daha az olduğu için 1 ve 2’inci bantlardan daha fazla kontrast gösterir (Jensen, 2000).

Uydu görüntüsü 1/25000 ölçekli topoğrafik harita yardımıyla ikincil polinom modelinde “neighbour” yöntemi kullanılarak UTM EUROPEAN 50 projeksiyon sistemi içerisinde koordinat dönüşümü yapılmıştır (Türker and Gacemer, 2004). Elde edilen uydu görüntüleri yeryüzüne ait yükselti nedeniyle değişime uğramış olması ihtimaline karşı hata payı 0.35 düzeyinde geometrik düzeltme (Geometric Correction) işlemi gerçekleştirilmiştir (Baydemir, 2008).

Sınıflandırma için yaygın olarak kullanılan kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma adı altında iki metod bulunmaktadır (Erdas, 2001).

### **Kontrolsüz sınıflandırma**

Kontrolsüz sınıflandırma, görüntüdeki veri hakkında yeterli bilgiye sahip olunmadığı durumlarda tercih edilen bir metottur. Kontrollü sınıflandırmadan farklı olarak, bu sınıflandırmada başlangıçta arazi örtüsüyle ilgili ön bilgiye ihtiyaç duyulmamaktadır. Yapılacak olan ilk iş sınıf sayısının belirlenmesidir (Erdas, 2001). Sınıf sayısı belirlenirken, düşünülen daha fazla sınıf adedi verilmesi daha iyi sonuç alabilmek için uygulanması gereken yöntemlerden biridir.

### **Kontrollü sınıflandırma**

ERDAS IMAGINE 9.1 programı arazi kullanım durumunu belirlemek amacıyla kontrollü sınıflandırma (Supervised Classification) işlemi gerçekleştirilmiştir.

Kontrollü sınıflandırma analizcinin kontrolünde uygulanan bir metottur. Analizi yapan kişi sınıflandırmanın ön aşaması olan imza toplama aşamasında devreye girmektedir. Kontrollü sınıflandırmada, çalışma alanının arazi örtüsü hakkında verilen ön

bilgiler kullanılarak, sınıflandırma için gerekli istatistiki temel oluşturulur ve sınıflandırma bu temel üzerine kurulur (Erdas, 2001).

Kontrollü sınıflandırmada ilk yapılması gereken sınıfların belirlenmesidir. Alanın kaç sınıfa ayrılması gerektiği ve bu sınıfların neler olduğu açıkça ortaya konmalıdır. Sınıflar belirlendikten sonra, bu sınıfları görüntü üzerine işleyebilmek için bir arazi çalışması yapılır. Araziye çıkılması mümkün olmadığı durumlarda bunun yerine doğru bir harita ya da başka bir kaynak kullanılabilir. Daha sonra her bir arazi sınıfı için görüntü üzerinden örnek imzalar toplanır (Tarhan, 2004).

Çalışma alanının seyrek orman, orman, zayıf mera, orta mera ve tarım olmak üzere 5 sınıfa ayrılması uygun görülmüştür. Uydu Görüntüsü sınıflandırılması aşamalarında ve doğruluk analizlerinin yapılmasında orman amenajman planı haritası, NDVI haritası ve Google Earth' e ait görüntülerden yararlanılmıştır.

Sınıflandırma işleminden sonra doğruluk analizi yapılmıştır. Doğruluk analizinde sistematik olarak 283 nokta kullanılmıştır. Bu noktalara karşılık gelen referans noktaları çalışma alanının ortofotosundan yararlanılarak girilmiştir. Sınıflandırma algoritmasının noktalara atadığı sınıflar ile referans olarak girilen sınıflar karşılaştırılmıştır.

Erdas Imagine 9,1 programında yapmış olduğumuz güncel arazi kullanım durumu haritasını Arcgis 10,00 programına aktarılmıştır güncel arazi kullanım haritası arcmap'e aktarıldıktan sonra sınıflandırılmış arazi kullanım haritasına her sınıf için belirlenmiş C değeri girilmiştir. C değerleri atanırken Department of Agriculture'den (2010), yararlanılmıştır.

### **3.3.5. Toprak koruma önlemleri faktörü (P)**

RUSLE modelindeki toprak koruma önlemleri faktörü (P) veya destek uygulama faktörü tanımı; özel bir destek uygulaması ile toprak kaybının eğim doğrultusunda toprak işleme ile oluşan toprak kaybına oranıdır. Prensip olarak bu uygulamalar yüzey akışın akış şeklini, derecesini veya yönünü değiştirerek veya yüzey akışın miktarını ve hızını azaltarak erozyonu etkiler (Renard ve Foster 1983). Ekili araziler için düşünülen destek uygulamaları içinde kontur sürüm (tesviye eğrileri / izohipsler doğrultusunda veya dik sürüm ve dikim), şeritsel ekim, teraslama ve yüzeyaltı drenajı yer alır. Bu uygulamalar kuru alanlar veya meralarda topoğrafik konturlara (izohipslere) dik yapılan toprak bozma uygulamaları sonucunda toprakta nemi depolaması ve yüzey akışı azaltması nedeniyle koruma önlemleri olarak kullanılır (Çanga, 1985; Foster ve ark., 1996).

Sıfır toprak işleme ve diğer toprak işleme sistemleri, çim temelli ürün rotasyonu, gübreleme ve malç uygulamaları gibi geliştirilmiş toprak koruma uygulamaları P faktöründe hesaba katılmaz. Bu tip erozyon kontrol uygulamaları C faktöründe değerlendirilir (Foster ve ark., 1996). Arazide toprak koruma önlemleri alınmıyorsa  $P=1.0$  alınır (Wischmeier, 1975; Wischmeier ve Smith, 1978).

Türkiye genelinde olduğu gibi çalışma alanında da toprak korumaya yönelik uygulamalar ya kısıtlı düzeylerde ya da hiç bulunmamaktadır. Bu durum arazi gözlemleri ile de desteklenmiştir. RUSLE modelinde P faktörü eğer toprak korumaya yönelik herhangi bir uygulama yoksa 1,0 alınmaktadır (Wischmeier ve Smith, 1978). Bu çalışmada da  $P = 1,0$  alınmıştır.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

##### 4.1. Araştırma Alanı Topraklarına Ait Bazı Özelliklerin Arazi Kullanım Şekillerine Bağlı Olarak Değişimi

###### 4.1.1. Üst toprak kademesinde (0-20 cm)

###### 4.1.1.1. Kum, toz ve kil oranları

Araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde ortalama kum yüzdeleri tarım topraklarında % 83.17, mera topraklarında % 69.08 orman topraklarında % 54.01; ortalama toz yüzdeleri tarım topraklarında % 8.58, mera topraklarında % 13.96, orman topraklarında % 17.53; ortalama kil yüzdeleri ise tarım topraklarında % 8.26, mera topraklarında % 16.96 ve orman topraklarında % 28.46 'dır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama kum, toz ve kil oranlarının değişimi

Duncan testi sonuçları; 0-20 cm derinlik kademesinde de tarım, mera ve orman topraklarında ortalama kum oranları arasında istatistiki anlamda fark olup, tarım topraklarında daha yüksek olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.1). Ortalama toz oranları da hem tarım ve mera toprakları arasında hem de orman ve mera toprakları arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur. Ortalama kil oranları ise tarım, mera ve orman toprakları arasında istatistiki anlamda fark olup, orman topraklarında daha yüksektir (Çizelge 4.1).

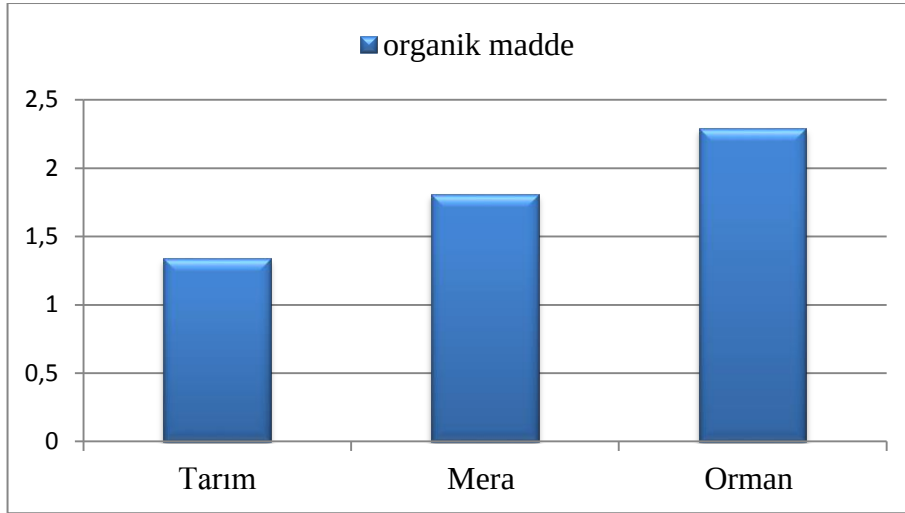
Çizelge 4.1. Halfalı deresi yağış havzasına ait toprakların 0-20 cm derinliğindeki bazı fiziksel, hidrolojik ve kimyasal özelliklerinin arazi kullanım şekillerine göre değişiminin varyans ve duncan analizi

| Bazı Toprak Özellikleri       | Arazi kullanım şekilleri | N | X       | SX    | F      | Önem Seviyesi | Duncan Testi |
|-------------------------------|--------------------------|---|---------|-------|--------|---------------|--------------|
| Kum (%)                       | Mera(1)                  | 8 | 69,0825 | 1,82  | 63,388 | 0             | (1-2)*       |
|                               | Orman(2)                 | 8 | 54,01   | 1,71  |        |               | (1-3)*       |
|                               | Tarım(3)                 | 8 | 83,1675 | 1,95  |        |               | (2-3)*       |
| Toz (%)                       | Mera(1)                  | 8 | 13,96   | 1,85  | 5,916  | 0,009         | (3-2)*       |
|                               | Orman(2)                 | 8 | 17,5312 | 1,85  |        |               | (1-3)*       |
|                               | Tarım(3)                 | 8 | 8,5775  | 1,86  |        |               |              |
| Kil (%)                       | Mera(1)                  | 8 | 16,96   | 2,35  | 4,73   | 0,02          | (1-2)*       |
|                               | Orman(2)                 | 8 | 28,46   | 1,37  |        |               | (1-3)*       |
|                               | Tarım(3)                 | 8 | 8,2562  | 1,07  |        |               | (2-3)*       |
| Nem Ekvivalenti (%)           | Mera(1)                  | 8 | 35,0288 | 2,95  | 10,471 | 0,001         | (3-1)*       |
|                               | Orman(2)                 | 8 | 38,0525 | 1,99  |        |               | (3-2)*       |
|                               | Tarım(3)                 | 8 | 25,9562 | 3,53  |        |               |              |
| Kolloid/Nem Ekvivalenti Oranı | Mera(1)                  | 8 | 0,4988  | 0,07  | 10,471 | 0,001         | (2-1)*       |
|                               | Orman(2)                 | 8 | 0,7675  | 0,06  |        |               | (2-3)*       |
|                               | Tarım(3)                 | 8 | 0,35    | 0,06  |        |               |              |
| Organik Madde (%)             | Mera(1)                  | 8 | 1,8075  | 0,38  | 1,777  | 0,194         | N.S          |
|                               | Orman(2)                 | 8 | 2,295   | 0,22  |        |               |              |
|                               | Tarım(3)                 | 8 | 1,3375  | 0,44  |        |               |              |
| Permeabilite (cm/saat)        | Mera(1)                  | 8 | 1,82    | 10,10 | 1,546  | 0,236         | N.S          |
|                               | Orman(2)                 | 8 | 1,645   | 3,93  |        |               |              |
|                               | Tarım(3)                 | 8 | 2,055   | 26,61 |        |               |              |
| Dispersiyon Oranı (%)         | Mera(1)                  | 8 | 78,85   | 3,72  | 0,104  | 0,901         | N.S          |
|                               | Orman(2)                 | 8 | 69,11   | 23,16 |        |               |              |
|                               | Tarım(3)                 | 8 | 70,65   | 9,63  |        |               |              |
| K Faktör                      | Mera(1)                  | 8 | 0,2125  | 0,01  | 7,06   | 0,005         | (2-3)*       |
|                               | Orman(2)                 | 8 | 0,1425  | 0,01  |        |               | (2-1)*       |
|                               | Tarım(3)                 | 8 | 0,2112  | 0,01  |        |               |              |
| Kil Oranı                     | Mera(1)                  | 8 | 5,85    | 1,12  | 11,084 | 0,001         | (3-1)*       |
|                               | Orman(2)                 | 8 | 2,5375  | 0,18  |        |               | (3-2)*       |
|                               | Tarım(3)                 | 8 | 13,25   | 2,61  |        |               |              |
| Erozyon Oranı                 | Mera(1)                  | 8 | 2,615   | 48,97 | 3,597  | 0,045         | (3-1)*       |
|                               | Orman(2)                 | 8 | 1,395   | 35,16 |        |               | (3-2)*       |
|                               | Tarım(3)                 | 8 | 4,265   | 1,17  |        |               |              |

\*% 5 önem düzeyi

#### 4.1.1.2. Organik madde oranları

Araştırma alanı topraklarının üst kademesindeki (0-20 cm) ortalama organik madde miktarı tarım topraklarında %1.34, mera topraklarında %1.81 ve orman topraklarında %2.29'dur (Şekil 4.2).

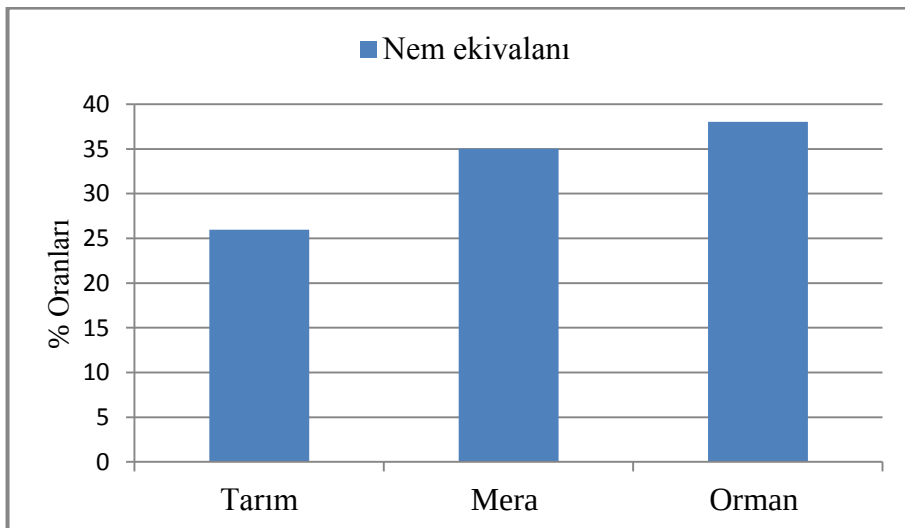


Şekil 4.2. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama organik madde oranlarının değişimi

Yapılan varyans analizi sonucunda tarım, mera, orman toprakları arasında istatistiki anlamda bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.1).

#### 4.1.1.3. Nem ekivalanı

Ortalama nem ekivalanı değerleri 0-20 cm derinlik kademesinde tarım topraklarında %25.96, mera topraklarında %35.03 ve orman topraklarında %38.05 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.3).

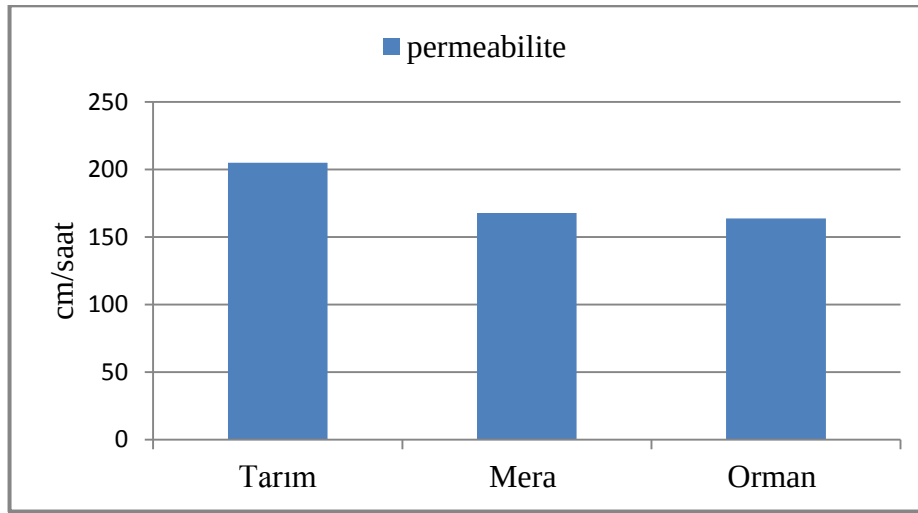


Şekil 4.3. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama nem ekivalanı oranlarının değişimi

Varyans analizi sonuçları; ortalama nem ekivalanı değerlerinin, orman ve mera topraklarında istatistiki anlamda aralarında fark olmayıp, tarım topraklarında ise daha düşük ve istatistiki anlamda %5 düzeyinde farklı bulunmuştur (Çizelge 4.1 ).

#### 4.1.1.4. Permeabilite

Araştırma alanı topraklarının üst kademesinde (0-20 cm) ortalama permeabilite değerleri tarım topraklarında 204.91 cm/saat, mera topraklarında 181.73 cm/saat ve orman topraklarında 163.75 cm/saat olarak belirlenmiştir (Şekil 4.4).

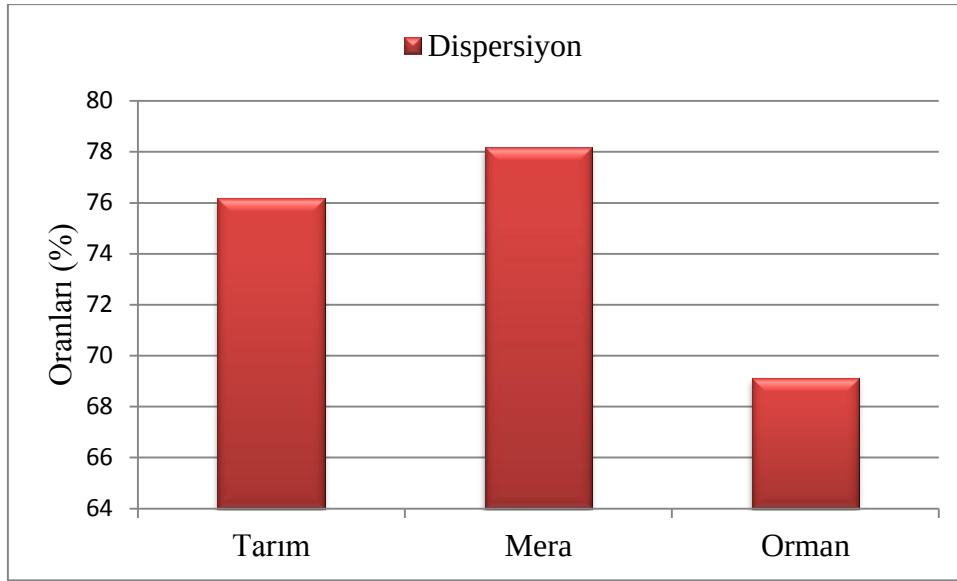


Şekil 4.4. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama permeabilite değişimi

Duncan testi sonuçlarına göre 0-20 cm derinlik kademesinde (0-20 cm) arazi kullanım şekillerine göre ortalama permeabilite değerleri arasında istatistiki anlamda bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.1).

#### 4.2.1.1. Dispersiyon oranı

Araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde ortalama dispersiyon oranı değerleri tarım topraklarında % 76.16, mera topraklarında % 68.16 ve orman topraklarında % 69.12 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5).

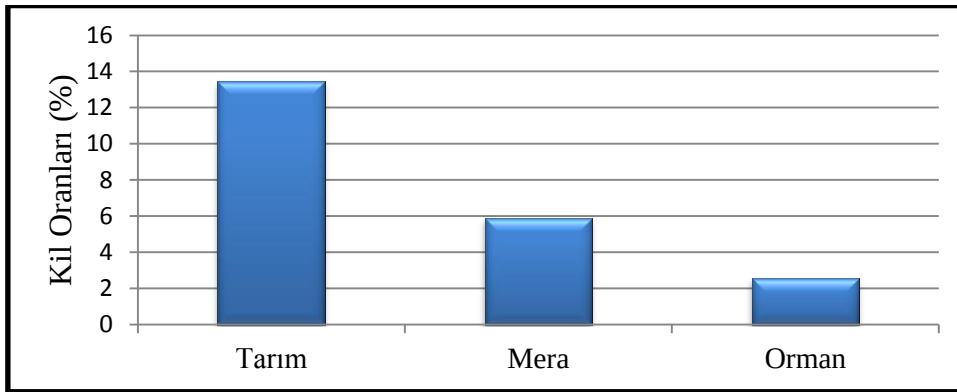


Şekil 4.5. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama dispersiyon oranlarının değişimi

Ortalama dispersiyon oranı değerleri arasında üst toprak derinlik kademesinde (0-20 cm) arazi kullanım şekillerine göre istatistiki anlamda bir fark bulunmamıştır (Çizelge 3.10).Yapılan korelasyon analizi sonucunda 0-20 cm derinlik kademesinde dispersiyon oranı ile kum, nem ekivalanı ve organik madde değerleri arasında pozitif yönde, toz, kil ve permeabilite değerleriyle dispersiyon oranı arasında negatif yönde bir ilişki tespit edilmiştir (Ek çizelge 1).

#### 4.2.1.2. Kil oranı

Ortalama kil oranı değerleri 0-20 cm derinlik kademesinde, tarım topraklarında % 13.46, mera topraklarında % 5.97 ve orman topraklarında % 2.58 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.6).

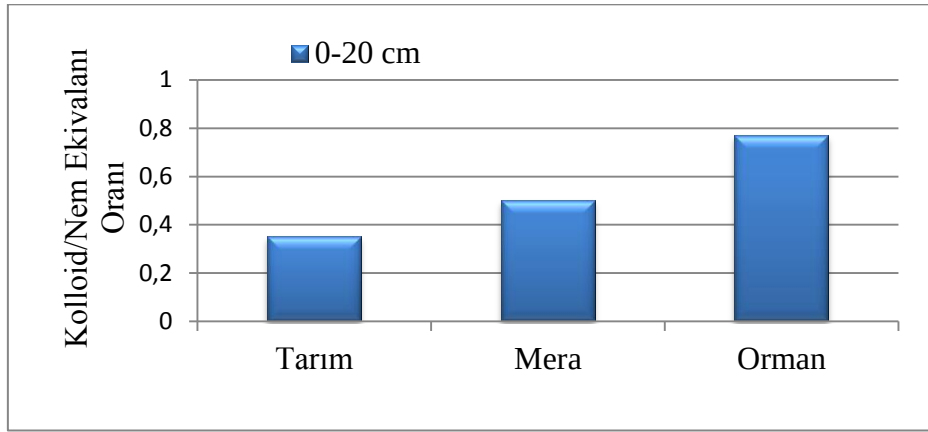


Şekil 4.6. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama kil oranlarının değişimi

Ortalama kil oranı değerleri üst toprak kademesinde de (0-20 cm )arazi kullanım şekillerine göre orman ve mera toprakları arsında istatistiki anlamda bir fark bulunmamış, tarım topraklarında orman ve mera topraklarına nazaran daha yüksek ve farklı bulunmuştur (Çizelge 4.1). Yapılan korelasyon analizi sonucunda kil oranı ve kum değerleri arasında pozitif yönde, kil, nem ekivalanı, ve organik madde değerleriyle kil oranı arasında negatif yönde ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Ek çizelge 1).

#### 4.2.1.3. Kolloid/nem ekivalanı oranı

Ortalama kolloid/nem ekivalanı oranı değerleri 0-20 cm derinlik kademesinde, tarım topraklarında 0.35, mera topraklarında 0.50 ve orman topraklarında 0.77 arasında olarak belirlenmiştir (Şekil 4.7).

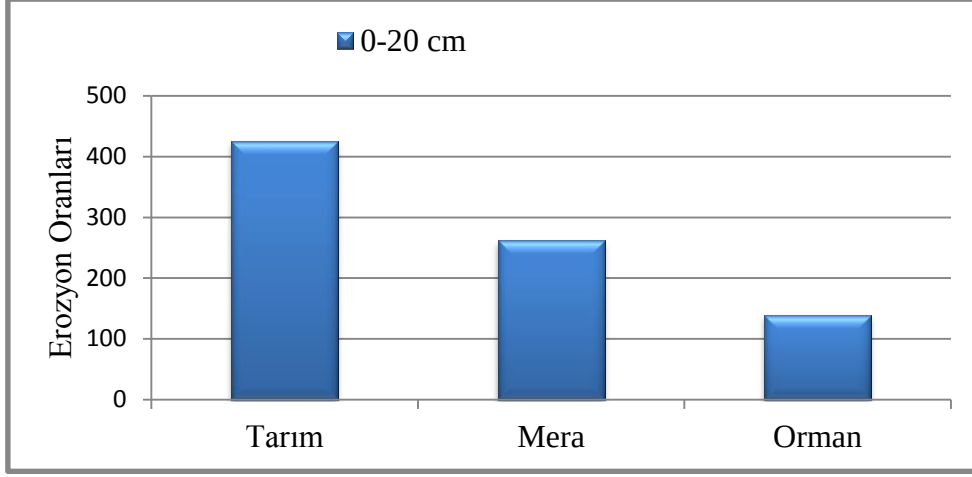


Şekil 4.7. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama kolloid/nem ekivalanı oranlarının değişimi

Ortalama kolloid/nem ekivalanı oranı değerleri 0-20 cm derinlik kademesinde mera ve tarım toprakları arasında istatistiki anlamda bir fark bulunmamış, orman topraklarında ise tarım ve mera topraklarına göre daha yüksek ve istatistiki anlamda farklı bulunmuştur (Çizelge 4.1) Yapılan korelasyon analizine sonucunda 0-20 cm derinlik kademesinde kolloid/nem ekivalanı oranı ile kil değeri arasında pozitif yönde bir ilişki, kum ve permeabilite değerleriyle kolloid/nem ekivalanı oranı arasında negatif yönde ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Ek çizelge 1).

#### 4.2.1.4. Erozyon oranı

Ortalama erozyon oranı değerleri, 0-20 cm derinlik kademesinde tarım topraklarında 425.94, mera topraklarında 261.36 ve orman topraklarında 138.89 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.8).

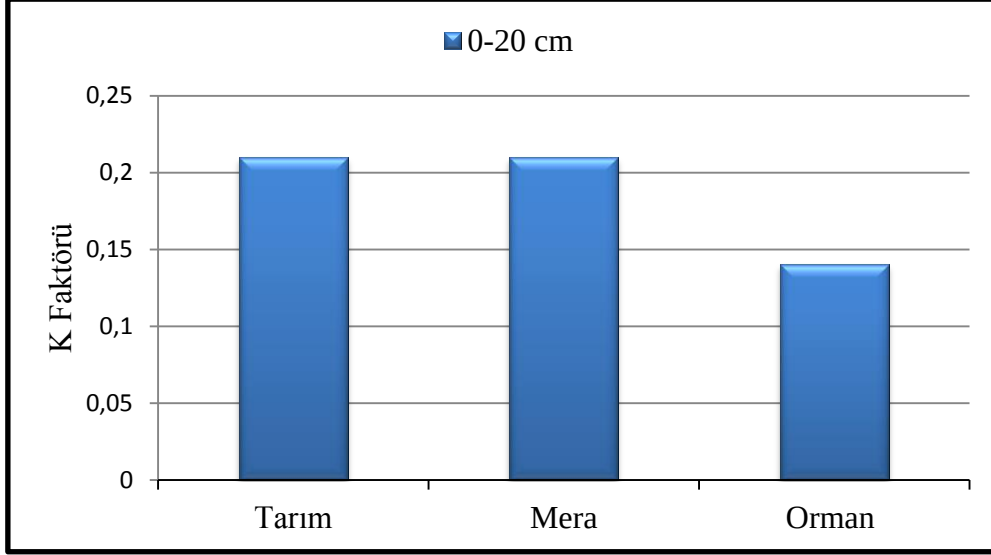


Şekil 4.8. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama erozyon oranlarının değişimi

Ortalama erozyon oranı değerleri, üst toprak derinlik kademesinde de (0-20 cm) arazi kullanım şekillerine göre hem orman ve mera toprakları arasında, hem de tarım ve mera toprakları arasında istatistiki anlamda farklı bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bununla birlikte, tarım topraklarında mera ve orman topraklarına oranla daha yüksek ve istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. Yapılan korelasyon analizi sonucunda 0-20 cm derinlik kademesinde erozyon oranı ile kum değerleri arasında pozitif yönde, kil değerleri ve erozyon oranı arasında negatif yönde ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Ek çizelge 1).

#### 4.2.1.5. K faktörü

Laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen ortalama K faktörü değerleri 0-20 cm derinlik kademesinde, tarım ve mera topraklarında 0.21, orman topraklarında ise 0.14 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.9). Buna göre, tarım ve mera toprakları “Kolaylıkla aşınabilir toprak”, orman toprakları “Orta derecede aşınabilir toprak” sınıfına girmektedir (Sönmez, 1994).



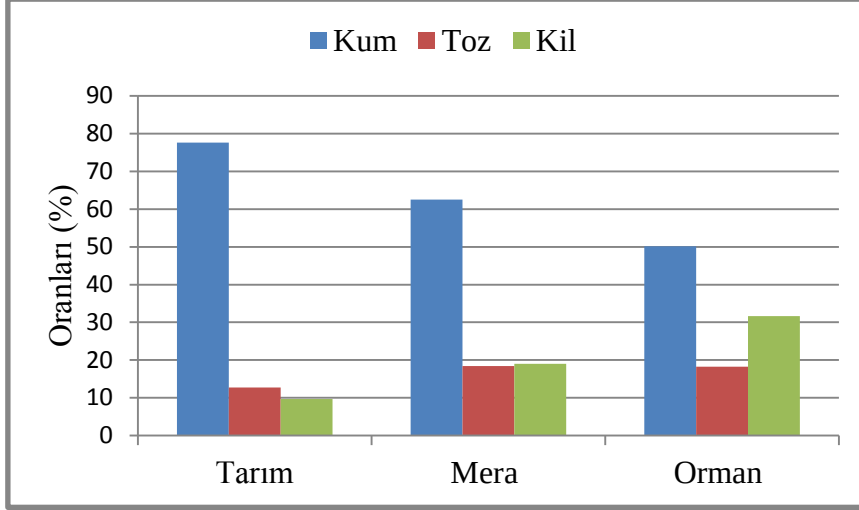
Şekil 4.9. Farklı arazi kullanım şekillerine göre K faktörü

Ortalama K faktörü değerleri 0-20 cm derinlik kademesinde istatistiki analizlere tabi tutulduğunda da tarım ve mera toprakları arasında istatistiki anlamda bir fark bulunmamışken, orman topraklarında ise ortalama K-faktörü değerleri daha düşük ve istatistiki anlamda farklı görülmüştür (Çizelge 4.1).

#### 4.1.2. Alt toprak kademesinde(20-50 cm)

##### 4.1.2.1. Kum, toz ve kil oranları

Araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde ortalama kum yüzdeleri tarım topraklarında % 77.60, mera topraklarında % 62.54, orman topraklarında 50.12; ortalama toz yüzdeleri tarım topraklarında % 12.76, mera topraklarında % 18.46, orman topraklarında % 18.24; ortalama kil yüzdeleri ise tarım topraklarında % 9.65, mera topraklarında % 19.00 ve orman topraklarında % 31,64 ‘dür (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama kum, toz ve kil oranlarının değişimi

Duncan testi sonuçları; 20-50 cm derinlik kademesinde de tarım, mera ve orman topraklarında ortalama kum oranları arasında istatistiki anlamda fark olup, tarım topraklarında daha yüksek olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.2). Ortalama toz oranları da hem tarım ve mera toprakları arasında hem de orman ve mera toprakları arasında istatistiki anlamda fark bulunmuştur. Ortalama kil oranları ise tarım, mera ve orman toprakları arasında istatistiki anlamda fark olup, orman topraklarında daha yüksektir (Çizelge 4.2).

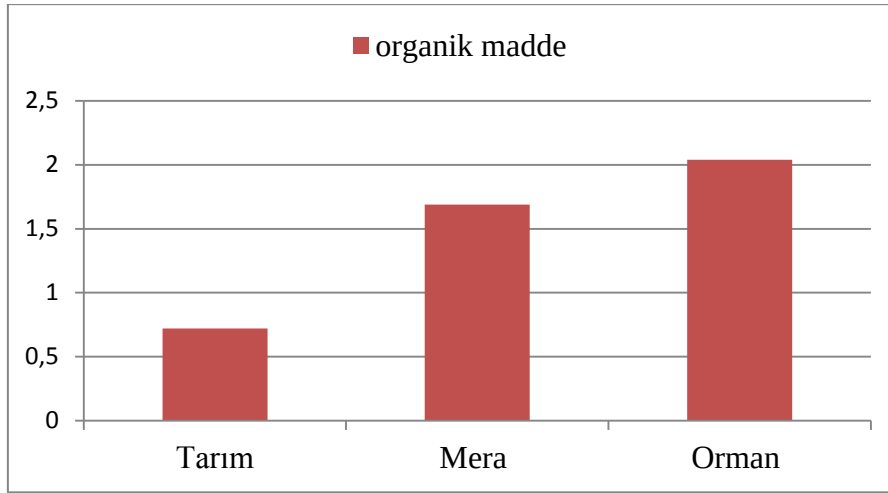
Çizelge 4.2. Halfalı deresi yağış havzasına ait toprakların 20-50 cm derinliğindeki bazı fiziksel, hidrolojik ve kimyasal özelliklerinin arazi kullanım şekillerine göre değişiminin varyans ve duncan analizi

| Bazı Toprak Özellikleri     | Arazi kullanım şekilleri | N | X      | SX    | F      | Önem Seviyesi | Duncan Testi |
|-----------------------------|--------------------------|---|--------|-------|--------|---------------|--------------|
| Kum (%)                     | Mera(4)                  | 8 | 62,54  | 2,00  | 41,089 | 0             | (4-5)*       |
|                             | Orman(5)                 | 8 | 50,12  | 1,52  |        |               | (4-6)*       |
|                             | Tarım(6)                 | 8 | 77,60  | 2,74  |        |               | (5-6)*       |
| Toz (%)                     | Mera(4)                  | 8 | 18,46  | 1,29  | 3,365  | 0,054         | (6-4)*       |
|                             | Orman(5)                 | 8 | 18,24  | 1,01  |        |               | (4-6)*       |
|                             | Tarım(6)                 | 8 | 12,76  | 2,58  |        |               | (4-6)*       |
| Kil (%)                     | Mera(4)                  | 8 | 19,00  | 2,47  | 39,685 | 0             | (4-5)*       |
|                             | Orman(5)                 | 8 | 31,64  | 1,23  |        |               | (4-6)*       |
|                             | Tarım(6)                 | 8 | 9,65   | 1,25  |        |               | (5-6)*       |
| Nem Ekivalanı (%)           | Mera(4)                  | 8 | 31,47  | 1,91  | 5,835  | 0,01          | (6-4)*       |
|                             | Orman(5)                 | 8 | 37,68  | 1,84  |        |               | (6-5)*       |
|                             | Tarım(6)                 | 8 | 24,70  | 3,82  |        |               | (6-5)*       |
| Kolloid/Nem Ekivalanı Oranı | Mera(4)                  | 8 | 0,56   | 0,06  | 1,907  | 0,173         | (5-4)*       |
|                             | Orman(5)                 | 8 | 0,84   | 0,04  |        |               | (5-6)*       |
|                             | Tarım(6)                 | 8 | 0,56   | 0,19  |        |               | (5-6)*       |
| Organik Madde (%)           | Mera(4)                  | 8 | 1,69   | 0,41  | 3,981  | 0,034         | (4-5)*       |
|                             | Orman(5)                 | 8 | 2,04   | 0,34  |        |               | (5-6)*       |
|                             | Tarım(6)                 | 8 | 0,72   | 0,27  |        |               | (5-6)*       |
| Permeabilite (cm/saat)      | Mera(4)                  | 8 | 167,77 | 3,06  | 1,041  | 0,371         | N.S          |
|                             | Orman(5)                 | 8 | 155,40 | 2,68  |        |               | N.S          |
|                             | Tarım(6)                 | 8 | 161,12 | 9,68  |        |               | N.S          |
| Dispersiyon Oranı (%)       | Mera(4)                  | 8 | 61,10  | 5,93  | 0,824  | 0,452         | N.S          |
|                             | Orman(5)                 | 8 | 55,95  | 8,62  |        |               | N.S          |
|                             | Tarım(6)                 | 8 | 68,62  | 6,18  |        |               | N.S          |
| K Faktör                    | Mera(4)                  | 8 | 0,22   | 0,02  | 1,558  | 0,234         | N.S          |
|                             | Orman(5)                 | 8 | 0,17   | 0,02  |        |               | N.S          |
|                             | Tarım(6)                 | 8 | 0,22   | 0,03  |        |               | N.S          |
| Erozyon Oranı               | Mera(4)                  | 8 | 181,03 | 27,84 | 4,536  | 0,023         | (6-4)*       |
|                             | Orman(5)                 | 8 | 101,78 | 8,92  |        |               | (6-5)*       |
|                             | Tarım(6)                 | 8 | 302,65 | 76,91 |        |               | (6-5)*       |
| Kil Oranı                   | Mera(4)                  | 8 | 5,40   | 1,29  | 7,132  | 0,004         | (6-4)*       |
|                             | Orman(5)                 | 8 | 2,20   | 0,14  |        |               | (6-4)*       |
|                             | Tarım(3)                 | 8 | 11,66  | 2,84  |        |               | (6-5)*       |

\*% 5 önem düzeyi

#### 4.1.2.2. Organik madde oranları

Araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde ortalama organik madde miktarı tarım topraklarında %0.72, mera topraklarında %1.69 ve orman topraklarında %2.04 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.11).

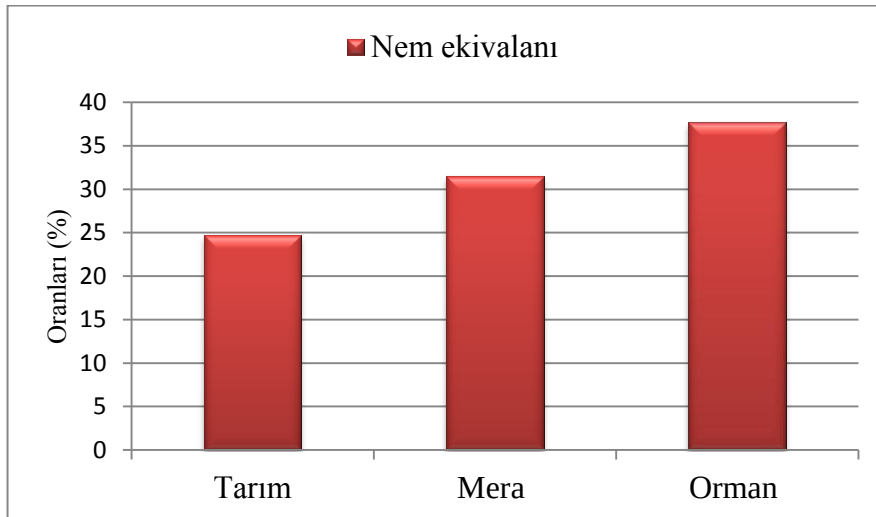


Şekil 4.11. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama organik madde oranlarının değişimi

Ortalama organik madde miktarı istatistiki anlamda tarım ve mera toprakları arasında, bir fark bulunmamışken, orman topraklarında tarım ve mera topraklarına oranla daha yüksek ve istatistiki anlamda birbirlerinden farklı bulunmuştur (Çizelge 4.2).

#### 4.1.2.3. Nem ekivalanı

Ortalama nem ekivalanı değerleri 20-50 cm derinlik kademesinde tarım topraklarında %24.70, mera topraklarında %31.47 ve orman topraklarında %37.68 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.12).

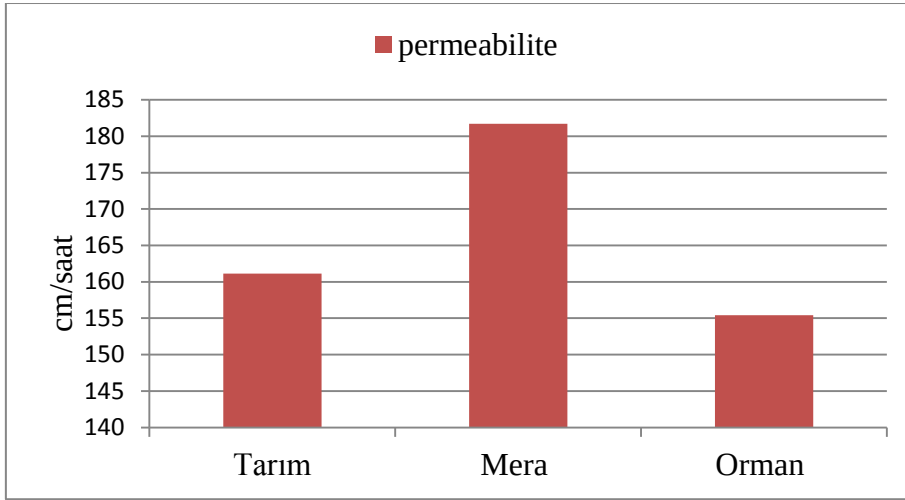


Şekil 4.12. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama nem ekivalanı oranlarının değişimi

Ortalama nem ekivalanı değerleri tarım, mera ve orman toprakları arasında istatistiki anlamda bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.2).

#### 4.1.2.4. Permeabilite

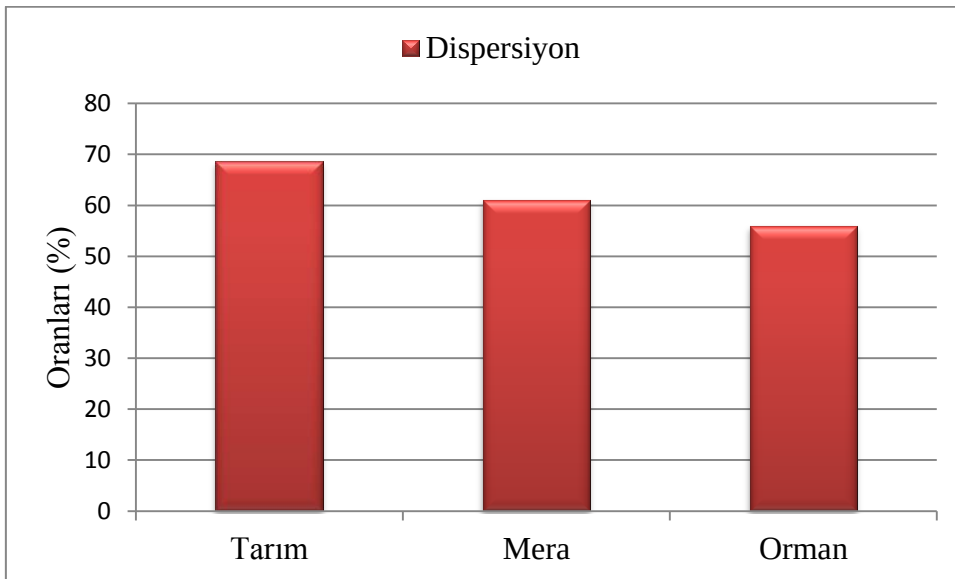
Araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde ortalama permeabilite değerleri tarım topraklarında 161.12 cm/saat, mera topraklarında 167.77 cm/saat, orman topraklarında 155.4 cm/saat olarak belirlenmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama permeabilite değerlerinin değişimi

#### 4.2.2.1. Dispersiyon oranı

Ortalama dispersiyon oranı değerleri 20-50 cm derinlik kademesinde tarım topraklarında sırasıyla % 68.62, mera topraklarında % 61.10, orman topraklarında % 55.95 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.14).

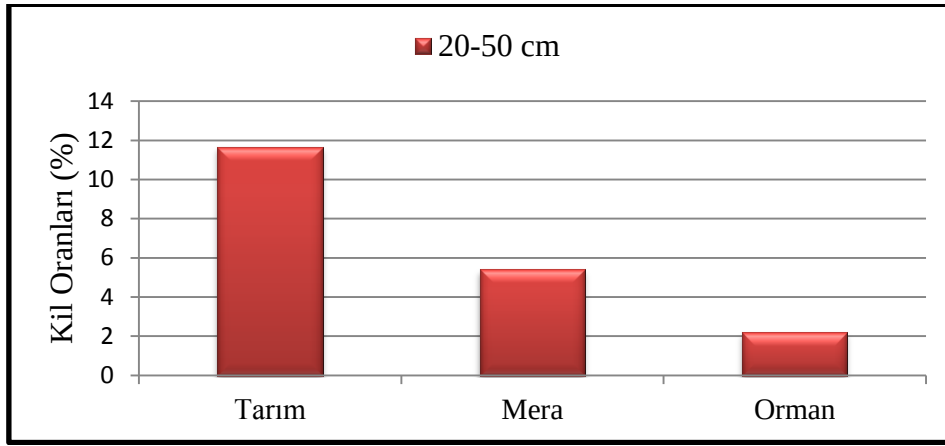


Şekil 4.14. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama dispersiyon oranlarının değişimi

Ortalama dispersiyon oranı değerleri arasında alttoprak derinlik kademesinde (20-50 cm) arazi kullanım şekillerine göre istatistiki anlamda bir fark bulunmamıştır(Çizelge 4.2).Yapılan korelasyon analizi sonucunda 20-50 cm derinlik kademesinde yapılan korelasyon analizi sonucunda dispersiyon oranı ile kum değerleri arasında pozitif yönde bir ilişki, toz, kil, organik madde, permeabilite ve nem ekivalanı değerleri arasında negatif yönde bir ilişki tespit edilmiştir (Ek çizelge 2).

#### 4.2.2.2. Kil oranı

Ortalama kil oranı değerleri 20-50 cm derinlik kademesinde ise, tarım topraklarında % 11.66, mera topraklarında % 5.40, orman topraklarında % 2.20 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.15).

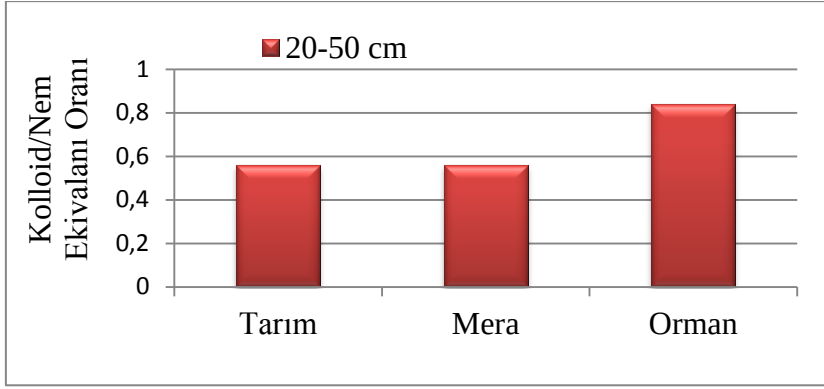


Şekil 4.15. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama kil oranlarının değişimi

Ortalama kil oranı değerleri alt toprak derinlik kademesinde (20-50 cm) arazi kullanım şekillerine göre orman ve mera toprakları arasında istatistiki anlamda bir fark bulunmamış, tarım topraklarında orman ve mera topraklarına nazaran daha yüksek ve farklı bulunmuştur (Çizelge 4.2). Yapılan korelasyon analizi sonucunda 20-50 cm derinlik kademesinde kil oranı ile kum değerleri arasında pozitif yönde, kil oranı, organik madde, nem ekivalanı ve kil değerleri arasında negatif yönde ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Ek çizelge 2).

#### 4.2.2.3. Kolloid/nem ekivalanı oranı

Ortalama kolloid/nem ekivalanı oranı değerleri 20-50 cm derinlik kademesinde tarım ve mera topraklarında 0.56, orman topraklarında ise 0.84 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.16).

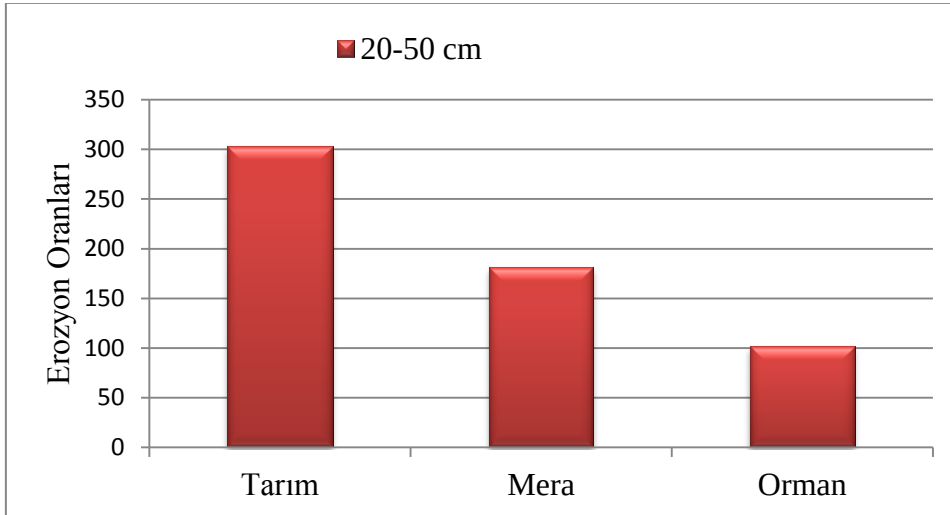


Şekil 4.16. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama kolloid/nem ekivalanı oranlarının değişimi

Ortalama kolloid/nem ekivalanı oranı değerleri 20-50 cm derinlik kademesinde tarım, mera ve orman toprakları arasında istatistiki anlamda bir farklılık bulunmamıştır (Çizelge 4.2). Yapılan korelasyon analizine sonucunda 20-50 cm derinlik kademesinde yapılan korelasyon analizi sonucunda kolloid/nem ekivalanı oranı ile kil değeri arasında pozitif yönde ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Ek Çizelge 2).

#### 4.2.2.4. Erozyon oranı

Ortalama erozyon oranı değerleri 20-50 cm derinlik kademesinde ise tarım topraklarında 302.64, mera topraklarında 181.03, orman topraklarında 101.78 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.17).



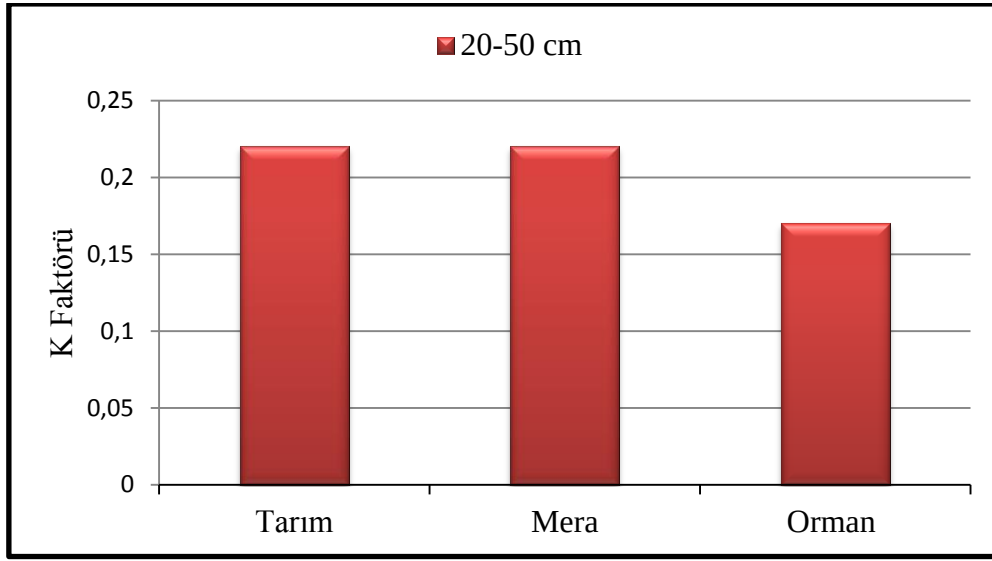
Şekil 4.17. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama erozyon oranlarının değişimi

Ortalama erozyon oranı değerleri, alt toprak derinlik kademesinde de ( 20-50 cm) arazi kullanım şekillerine göre hem orman ve mera toprakları arsında, hem de tarım ve mera toprakları arasında istatistiki anlamda farklı bulunmuştur (Çizelge 4.2). Bununla

birlikte, tarım topraklarında mera ve orman topraklarına oranla daha yüksek ve istatistiki anlamda farklı bulunmuştur. 20-50 cm derinlik kademesinde yapılan korelasyon analizi sonucunda erozyon oranı ile kum değerleri arasında pozitif yönde bir ilişki, kil ve organik madde değerleriyle erozyon oranı arasında negatif yönde ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Ek çizelge 2).

#### 4.2.2.5. K faktörü

Ortalama K faktörü değerleri 20-50 cm derinlik kademesinde, tarım ve mera topraklarında 0.22, orman topraklarında ise 0.17 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre K değerleri

Ortalama K faktörü değerleri 20-50 cm derinlik kademesinde istatistiki analizlere tabi tutulduğunda tarım, mera, orman topraklarında istatistiki anlamda bir fark görülmemiştir (Çizelge 4.2). Yapılan korelasyon analizi sonucunda 20-50 cm derinlik kademesinde yapılan korelasyon analizi sonucunda K faktörü ile toz değerleri arasında pozitif yönde, kil ve organik madde değerleriyle K faktörü arasında negatif yönde ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Ek çizelge 2).

#### 4.1.3. Toprak verilerine ait tartışmalar

Elde edilen organik madde değerlerinin genel olarak tüm arazi kullanım şekillerinde düşük değerler verdiği anlaşılmıştır. Bu durum, araştırma alanının yarı kurak özellikler göstermesi ve ortalama sıcaklıkların fazla olması dolayısıyla organik materyallerin hızlı bir şekilde ayrışması ile açıklanabilir. Ayrıca araştırma alanının yüksek kum+toz (% 81,01) oranına sahip olması nedeniyle organik maddece zaten düşük olması

gerektiği ile açıklanabilir. Organik madde, kum ve toz değerleriyle korelasyon analizine tabi tutulduğunda 20-50 cm derinlik katmanında kum ve toz oranının organik madde ile ters orantılı değiştiği ve % 5 düzeyinde anlamlı olduğu görülmüştür.

Orman topraklarında ortalama nem ekivalanı değeri diğer arazi kullanım şekillerine nazaran %5 önem düzeyinde daha yüksek bulunmuştur. Araştırma alanı topraklarına ait bulgular da nem ekivalanının, tekstür ve organik madde içeriği ile bağlantılı olduğunu göstermektedir. Nem ekivalanı değerlerinin, toprak tekstürüne ve organik maddesine bağlı olarak değiştiği birçok bilimsel çalışmada vurgulanmıştır. Organik madde değerinin yüksek olması fazla miktarda su tutulmasını sağlayan bir etmen olarak nem ekivalanı üzerinde de etkili bulunduğu söylenebilir. Benzer şekilde kil oranı yüksek olan topraklarda nem ekivalanının yüksek olacağı da bilinmektedir (Balcı, N., 1964; 1974; 1996; Irmak, A., 1968; Morgan, R.P.C., 1985).

Toprakların permeabilite değerleri genel olarak toprak tekstürü ile yakından ilgilidir. Orman topraklarında, mera ve tarım topraklarına göre daha düşük permeabilite değerine sahip olmasının temel nedeni ortalama kil değerinin mera ve tarım topraklarına göre yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Toprakların kil taneciklerinin suyu bünyesine aldıktan sonra şişmesi nedeniyle mikro boşluklarının tıkanması, toprakların su geçirgenliğinin azalmasına neden olmaktadır (Özhan, 2004). Permeabilite toprakların tekstürü, strüktürü ve hacim ağırlığının bir fonksiyonu olarak toprak içerisine giren suyun oranı olarak kabul edilir. Yüksek permeabiliteye sahip olan topraklarda suyun toprağa girişi hızlı olduğundan yüzeysel akış ve buna bağlı olarak toprak erozyonu azalmaktadır (O'Green ve ark., 2006).

Dispersiyon oranları orman, tarım ve mera topraklarının tamamında %15'den büyük çıkmış ve topraklar erozyona dayanıksız bulunmuştur. Bir diğer ifadeyle tüm arazi kullanım şekilleri altında gelişen topraklarda erozyona duyarlılık yüksektir. Karagül (1994), Trabzon Söğütlüdere Yağış Havzasında yapılan çalışmada, farklı arazi kullanım şekilleri altındaki toprakların erozyon eğilimleri incelemiş ve genel olarak toprakların erozyona karşı duyarlı olduklarını belirlemiştir. Buna göre tarım toprakları dispersiyon oranı değerleri bakımından daha yüksek değer alarak erozyona karşı nispeten daha duyarlı olduğunu belirlemiştir. Benzer şekilde Bozali (2003), Kahramanmaraş Sır Barajı Derindere Yağış Havzasında yaptığı çalışmada, erozyon eğilim indeksi olarak kullanılan dispersiyon oranı sonuçları araştırma havzasında sınır değer olan 15'ten büyük bulmuştur.

Genel olarak söylenebilir ki kilce zengin topraklar %40 dan daha fazla kil değerine, kumlu topraklar %55 den fazla kum değerine ve balçıklı topraklar kum, kil ve tozun benzer oranlarda bulunduğu topraklardır (Wildman and Gowans, 1978). Toprağın kil oranı küçüldükçe erozyona karşı dayanıklılık derecesi de artmaktadır (Irmak, 1968; Gülçur, 1974; Sönmez, 1994). Diğer bir anlatımla toprakta kum ve toz miktarının artması ile erodibilite yani toprak erozyonuna yatkınlık artmaktadır (Baver, 1956; Balcı, 1973; Özyuvacı, 1978). Toprak tekstürü toprak erodibilitesini etkileyen önemli bir özelliktir. Kilce zengin topraklar ve büzülme şişme kapasitesi düşük olan topraklar daha düşük erodibilite değerleri verirler. Bunun nedeni kil taneciklerinin birbirlerine yüzey alanları daha geniş olduğu için herhangi bir kuvvete karşı birbirlerinden kopartılmasının daha zor olmasındandır. Fakat killi topraklar herhangi bir kuvvetle birbirinden kopartıldıktan sonra taşınmaları daha kolaydır. Kumlu toprakların ise birbirinden kopartılması daha kolay ancak taşınmaları için daha büyük enerjiye gerek vardır (O'Green ve ark., 2006).

Kolloid/nem ekivalanı oranına göre tüm topraklar erozyona dayanıksız olmasına rağmen, orman toprakları, mera ve tarım topraklarına göre kıyaslandığında orman topraklarında yüksek kil değeri nedeniyle nispeten erozyona daha dayanıklı olduğu söylenebilir. Benzer şekilde Yamanlar (1962), kolloid/nem ekivalanı oranının toprağın kil fraksiyonlarına bağlı olarak arttığını tespit etmiştir. Toprak bünyesinin tayin eden fraksiyonlardan kum ve toz gibi kaba tanecikler taşınmaya karşı daha dirençlidirler. Buna karşılık kil gibi ince kolloidal fraksiyonlar taşınmaya karşı dirençsiz fakat çözülmeye karşı dirençlidirler. Nitekim Richter ve Negendank (1977), toz içeriği %40-60 ve daha fazla olan topraklarda erozyona duyarlılığın en yüksek olduğunu bildirmiştir. Morgan (1985), kil tanecikleri organik madde ile birlikte dayanıklı toprak agregatları oluşturdukları için böyle topraklar erozyona dirençli olduğunu belirtm ektedir.

Erozyon oranı dispersiyon oranı değerinin kolloid/nem ekivalanı oranına oranlanmasıyla elde edilmekte olup, tarım topraklarında mera ve orman topraklarına nazaran ortalama erozyon oranı değerinin çok daha yüksek olmasının nedeni, yüksek dispersiyon oranına sahip olmasına rağmen düşük kolloid/nem ekivalanı oranına sahip olmasıdır. Schwertman ve ark., (1987), topraktaki toz ve ince kum oranı ne kadar yüksekse, erodibilitenin de o kadar fazla olduğunu belirtmektedirler. Araştırma alanı topraklarının erozyona duyarlılığını artıran temel etmenlerden birisi de iklimsel karakteristiklerdir. Yarı kurak özellikler gösteren araştırma alanında organik madde birikimi yetersiz olması ve bununla birlikte zayıf bitki örtüsüne sahip olması nedeniyle kil

gibi erozyona dayanıklılığı artıran taneciklerin alandan taşınması erozyona duyarlılığı artırmaktadır. Balcı (1978), ABD Washington eyaletinde kurak ve nemli iklim koşulları altında gelişmiş bazı orman topraklarının erodobilite karakteristiklerin incelediği araştırmasında; nemli iklime sahip araştırma topraklarının, kurak koşullara sahip araştırma topraklarına göre erozyona karşı daha daha dayanıklı olduklarını belirlemiştir.

Araştırma alanının üst topraklarında kum yüzdesi yüksek olduğundan, zayıf strüktüre ve düşük organik maddeye sahiptirler ve erozyona daha hassastır. Bu görüş Ball (1990), tarafından organik maddenin azalmasının erozyonu arttırdığı ifadesiyle desteklenmektedir. Organik maddenin bağlayıcı etkisi nedeniyle toprakların erozyona daha dayanıklı hale geldiği Charman and Murphy (1991), tarafından da desteklenmektedir. Topraklarda düşük kil değerleri ve yüksek kum değerleri K faktörünün artmasına neden olduğu ve bu toprakların daha erodobil olduğu Wawer et al. (2005) ve Zhang et al. (2007), tarafından da desteklenmektedir. Wischmeier ve Mannering (1969), kil ve organik madde miktarı arttıkça erozyona duyarlılığın azaldığını tespit etmişlerdir. Araştırma alanında olduğu gibi toz ve ince kum miktarı fazla olan orta tekstürdeki topraklar (balçık topraklar) düşük permeabilite değerlerine ve taşınmaya karşı düşük dayanıklılığa sahiptir (Richter, 1977; Kantarcı, 1980; Yılmaz, 2008).

#### **4.3. Toprak Erozyon Risk Değerlendirmesinde RUSLE Yöntemi**

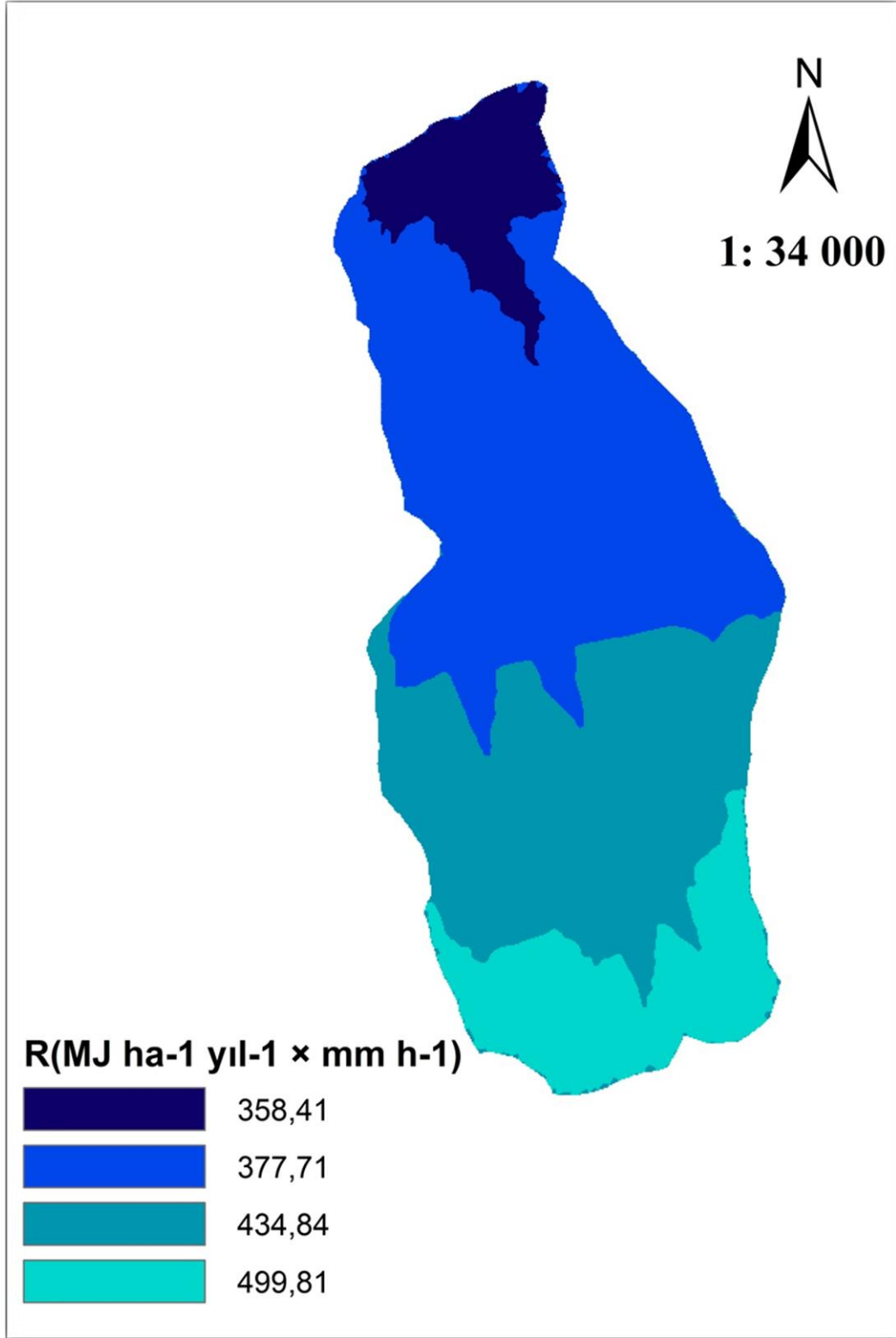
##### **4.3.1. Halfalı deresi yağış havzasında yağışın erozivite faktörü (R)**

Yağış faktörü bir bölgede yağmur ve yağmur suyunun toprak üzerinde oluşturduğu aşındırıcı gücü temsil etmektedir. Yağışın yoğunluğu ve değerinde bir artış R yağış faktör değerini artırmaktadır. R faktörü uzun yıllık plüviograf verilerinin bulunmadığı durumlarda ortalama yıllık yağış verilerinden veya Modifiye Fournier İndeksi'nden (MFİ) hesaplanabilir (Stocking, M.A. ve Elwell, H.A., 1976; Arnoldus, H. M. J., 1977 ve 1980; Roose, E., 1977; Renard, K.G., Freimund, J.R., 1994; Yu, B. ve Rosewell, C.J., 1996c; Lu, H. ve Yu, B., 2002; İrvem A. ve ark., 2007). Bu çalışmada havzaya en yakın bulunan Kahramanmaraş ili merkezinde kurulu bulunan meteoroloji istasyonundan 1970-2011 yıllarına ait 41 yıllık aylık ve günlük düşen yağış miktarları alınmış ve Arnoldus (1977 ve 1980), önerdiği denklem 1 de verilen MFİ hesaplama formülü kullanılarak çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonu için MFİ değerleri hesaplanmıştır. Burada “ Yağış Erozivite Faktörü ise =  $(4.17 \text{ MFİ}) - 152$  eşitliğinden ortaya konulmuştur (Cürebal - Ekinci, 2006). Yükselti farkının 1460 metre olduğu inceleme alanında bu farkın yağış

miktarına etkisini göstermek amacıyla Schreiber tarafından önerilen denklem 2 uygulanmıştır. Elde edilen yükselti kademelerine göre MFI ve R değerlerinin değişimi Çizelge 4.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Halfalı Deresi Yağış Havzasında yükselti aralıklarına göre MFI ve R değerlerinin değişimi

| YÜKSEKLİK(m) | MFI    | R       |
|--------------|--------|---------|
| 0-650        | 122,4  | 358,408 |
| 650-1100     | 127,03 | 377,715 |
| 1100-1600    | 140,73 | 434,844 |
| 1600-2100    | 156,31 | 499,813 |



Şekil 4.19. Yağmur Erozivite faktörü haritası

R faktörü haritasından da anlaşılacağı üzere R değerleri üzerinde yükseltinin çok büyük bir rolü vardır. Havzada R değerlerinin yüksek olduğu kısımlar havzadaki yüksek yerlere karşılık gelmektedir. Yükseltinin artmasına bağlı olarak yağışın da arttığı var

sayılırsa bu ilişkinin normal olduğu görülecektir. Yağmur erozivite indeksi haritasından anlaşılacağı üzere en yüksek R değeri 1600-2100 m arasında yükseltide bulunan alanlar için 499,81 dir.

Halfalı Deresi Yağış Havzasının Yağmur Erozivite İndeksinin hesaplamaları sonucunda, en yüksek R değeri 499,81 olup toplam alanını % 14,85 ini oluşturmaktadır. En düşük R değeri ise 354,41 olup toplam alanın % 8,94' ünü oluşturmaktadır. Halfalı deresi yağış havzasına ait R değerlerinin alansal ve oransal dağılımları çizelge 4.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Araştırma alanı r değerlerinin alansal ve oransal dağılımları

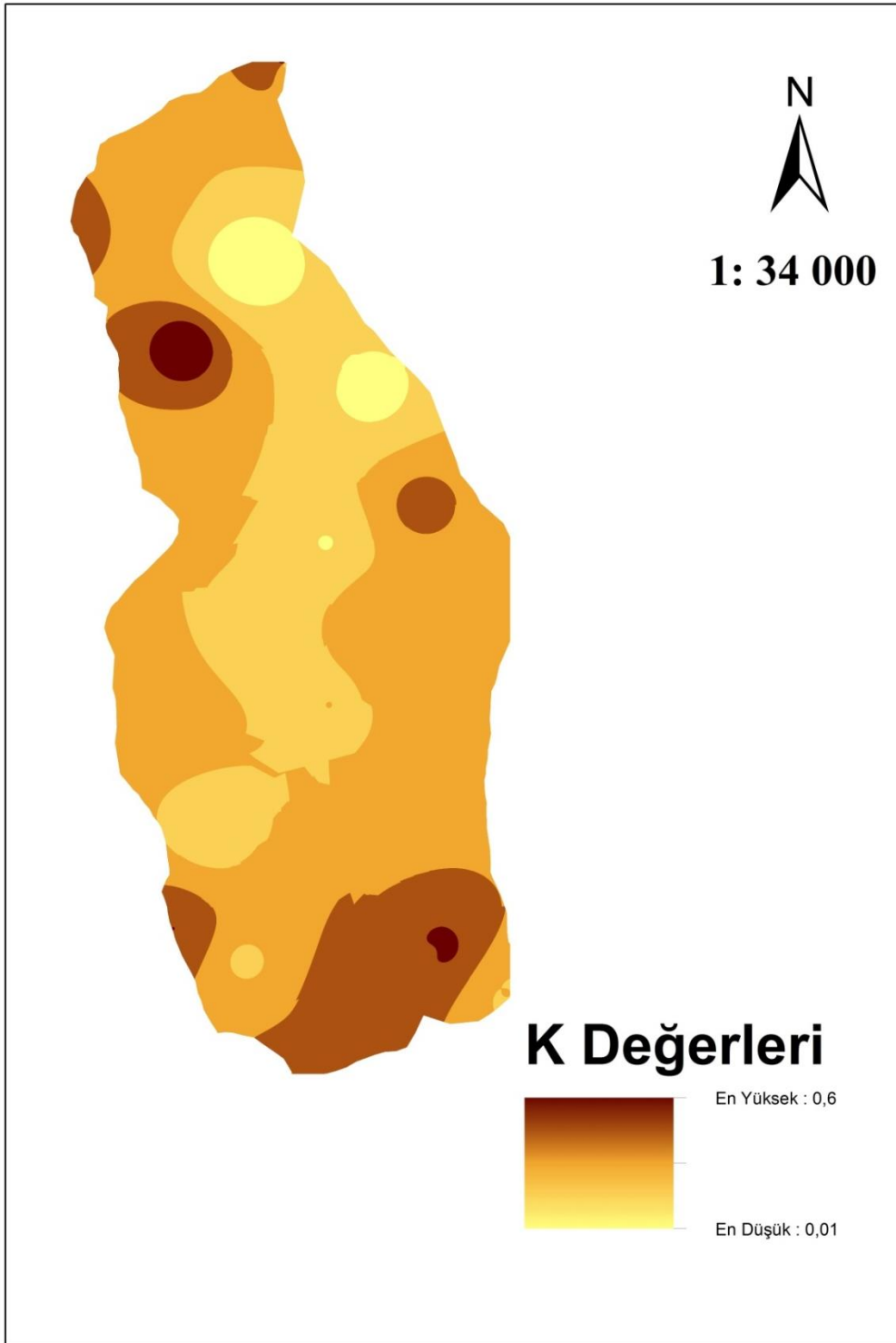
| R(MJ ha-1 yıl-1 × mm h-1) | Alan(ha) | Oran(%) |
|---------------------------|----------|---------|
| 499,81                    | 209,61   | 14,85   |
| 434,74                    | 457,49   | 32,42   |
| 377,71                    | 618,06   | 43,79   |
| 354,41                    | 126,14   | 8,94    |
| Toplam                    | 1411,3   | 100     |

İklim elemanlarından yağış, sıcaklık ve rüzgârın, yüzey akışın erozyon üzerinde önemli etkisi vardır. Buradaki iklim faktörlerinden erozyonu etkileyen en önemli iklim unsuru yağmurdur (Doğan ve Güçer, 1976; Öztürk, 1995). Bu çalışmada elde edilen R değerlerinin yüksek görüldüğü yerler havzada yükseltinin fazla olduğu yerlerdir. Doğan (2002), bir çalışmada ülke genelinde uzun yıllara ait 96 istasyonun verilerini inceleyerek bu istasyonların R değerlerini hesaplamıştır. Bu hesaplamalardan Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz kıyı Şeritlerinin yağışlarının oldukça yüksek aşındırıcı güce sahip olmasına karşın, yüksek dağ, sıradağ ve yaylalarda erosif gücü düşük kar yağışlarının düştüğü görülmektedir. R değerinin yüksek (erosif potansiyel) olduğu yerler genellikle yağış miktarının fazla ve yağışın yağmur şeklinde olduğu yerlerdir. Rize 481.385 ton/ha, Marmaris 522.178 ton/ha ile en yüksek R değerine sahip olan yerler olmasına karşın, Aksaray 13.693 ton/ha ve Van 17.625 ton/ha R değeri ile en düşük R değerine sahip yerler arasında yer almaktadır.

#### 4.3.2. Halfalı deresi yağış havzasında toprak erodibilite faktörü (K)

Toprak erodibilite faktörü olan K faktörü, toprağın yapısı, dokusu, organik madde içeriği ve geçirgenlik özelliklerinin bir fonksiyonudur. Bu çalışmada K Faktörünün

hesaplanabilmesi için farklı arazi kullanım şekillerinden(tarım, mera, orman) 8 er adet toprak profilleri alınmıştır. Alınan toprak örnekleri üzerinden K faktörünün hesaplanabilmesi için organik madde, tekstür ve ince kum miktarları laboratuvar analizleri ile saptanmıştır. Strüktür, geçirgenlik gibi diğer K faktör parametreleri ise arazi çalışmaları sırasında ölçülen ve gözlenen değerlere göre elde edilmiştir. Elde edilen nokta K değerlerinin çalışma sahasının yüzeyine yayılması için jeostatistiksel yöntemler olan enterpolasyon (interpolation) yöntemleri kullanılmış ve sahanın K faktörü haritası (katmanı) elde edilmiştir (Şekil 4.20). Ayrıca K değerlerine ait duncan testi ve varyans ve korelasyon analizleri yapılmış ve bazı toprak özellikleri ile ilişkisi toprak verilerine ait tartışma bölümünde detaylı olarak irdelenmiştir.



Şekil 4.20. Araştırma alanı K faktörü haritası

Elde edilen K faktörü haritasına göre K değerleri 0.01 ile 0.6 arasında değişim göstermektedir. K değerlerinin yüksek görüldüğü yerler tarım ve mera topraklarıdır. En düşük görüldüğü yerler ise orman topraklarıdır.

Laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen K değerleri çizelge 11'e göre sınıflandırılmış ve toprakların erodibilite derecelerine göre haritalandırılmıştır (Şekil 4.21).

Oluşturulan bu harita sayesinde K değerlerinin erodibilite derecelerine göre alansal ve oransal dağılımları hesaplanmıştır (Çizelge 4.5).

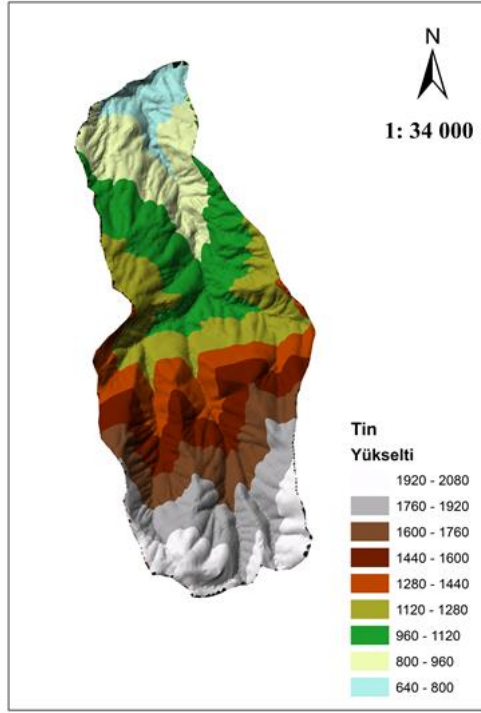
Şekil 4.21. Toprakların erodibilite dereceleri haritası

Çizelge 4.5. Araştırma alanının erodibilite faktörünün alnsal ve oransal dağılımları

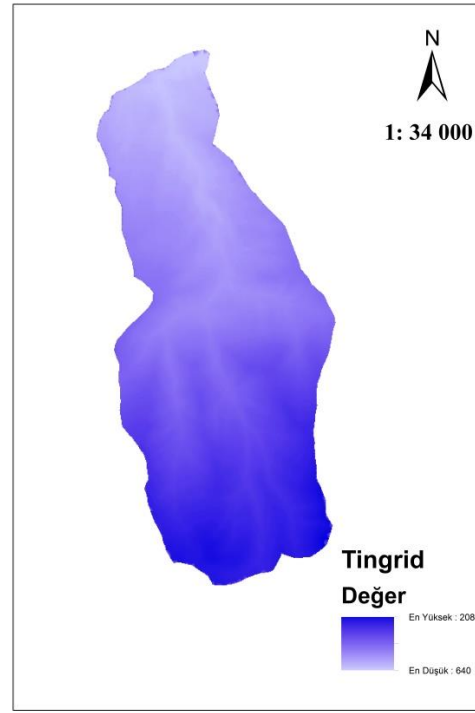
| Erodibilite Faktörü (K) | Erodibilitenin anlamı ve derecesi | Alan(ha) | Oran(%) |
|-------------------------|-----------------------------------|----------|---------|
| 0.00 - 0.05             | Çok az aşınabilir toprak          | 56,39    | 4,00    |
| 0.05 - 0.10             | Az aşınabilir toprak              | 382,20   | 27,08   |
| 0.10 - 0.20             | Orta derecede aşınabilir toprak   | 673,14   | 47,70   |
| 0.20 - 0.40             | Kolaylıkla aşınabilir toprak      | 253,35   | 17,95   |
| 0.40 - 0.60             | Çok kolaylıkla aşınabilir toprak  | 46,22    | 3,27    |

#### 4.3.3. Halfalı deresi yağış havzasında eğim uzunluğu ve eğim derecesi faktörü (LS)

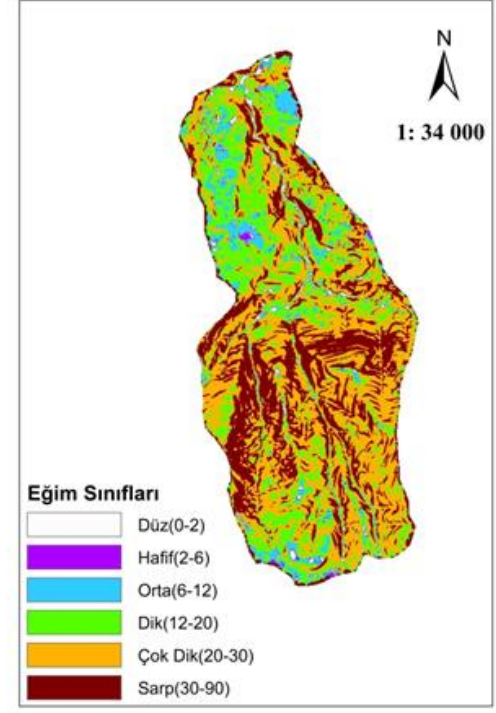
Halfalı Deresi Yağış Havzasında LS değerini elde etmek için önce havzaya ilişkin sınır ve eşyüksekti shapefile dosyasından Tın haritası(Şekil 4.22) oluşturulmuştur. Daha sonra Tın haritasından sayısal arazi modeli haritası (Şekil 4.23) oluşturulmuş; oluşturulan bu haritadan da eğim haritası (Şekil 4.24) oluşturulmuştur. Akabinde Spatial Analyst Tools araç çubuğundan hidroloji (hydrology) modülünden sırasıyla hatalı çöküntülerin elimine edilmesi için yüzey hazırlama (Şekil 4.25), akış yönü belirleme (Şekil 4.26), akış toplamı (Şekil 4.27) hesaplama (L) işlemleri yapılmıştır. Moore ve Burch (1986)'un önerdikleri denklemde elde edilmiş olan eğim (S) ve eğim uzunluğu (L) yerine konularak sahaya ait LS Faktörü haritası (katmanı) elde edilmiştir (Şekil 4.28).



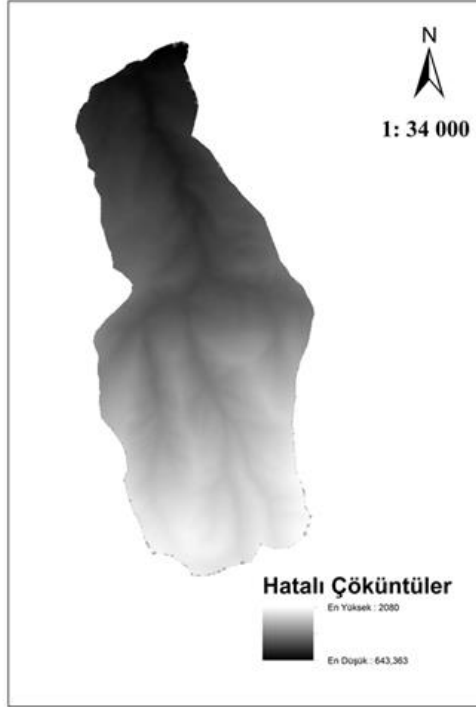
Şekil 4.22.Tin haritası



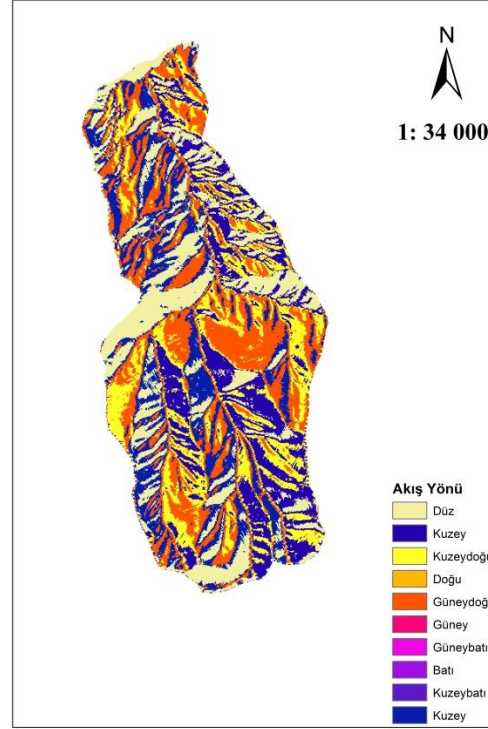
Şekil 4.23. Dem Haritası



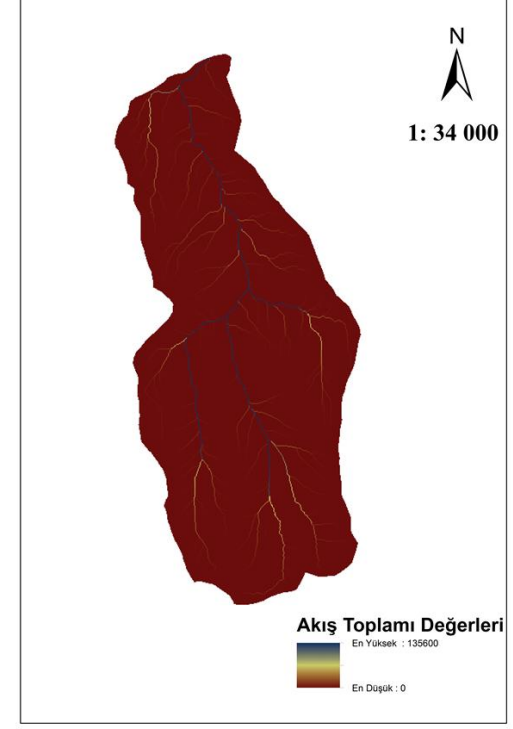
Şekil 4.24. Eğim Sınıfları Haritası



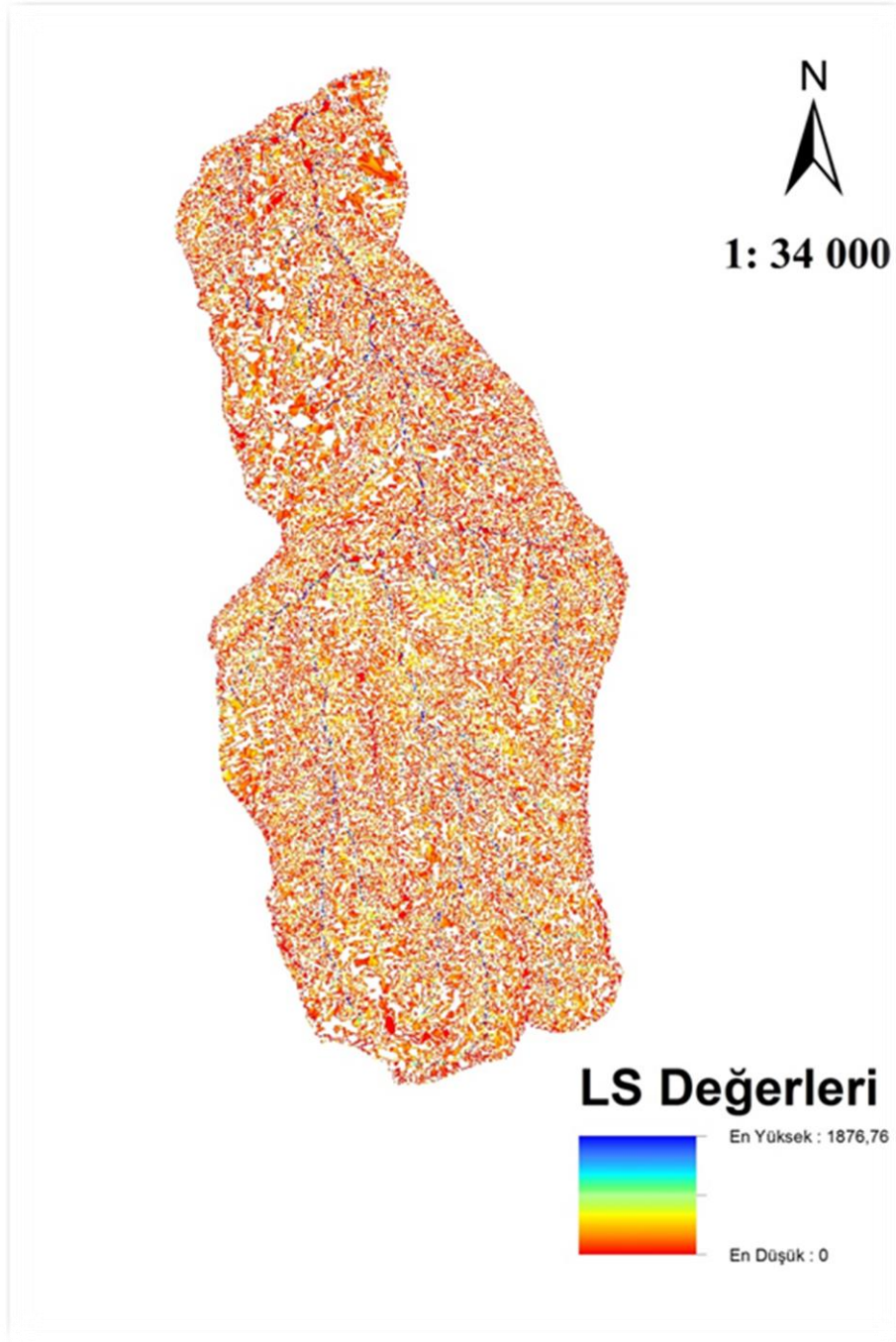
Şekil 4.25. Boşlukların Doldurulması



Şekil 4.26. Akış Yönü



Şekil 4.27. Şekil Akış Toplamı



Şekil 4.28. Eğim uzunluğu ve eğim derecesi faktörü haritası

LS değerinin yüksek olduğu yerler genellikle alanın kuzeyinde yer alan eğimin dikleştiği ve akarsu deseninin yoğunlaştığı kesimlerde elde edilmiştir. Akış toplamının büyük olması da burada taşınan sediment miktarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Alanda bitki örtüsünün zayıf olması ve herhangi bir erozyon veya toprak koruma önleminin olmaması gelen akış toplamını artırmakta ve buda LS faktörünün yüksek olmasına sebep olmaktadır. Çelik (2011), yaptığı yüksek lisans çalışmasında özellikle LS faktörünün, diğer faktörlere göre erozyon üzerinde büyük bir etkiye sahip

olduğu sonucuna varılmıştır. Havzada yüksek eğime sahip alanlar yüksek erozyon riskine sahip yerler olduğu ifade edilmiştir. Sonuçlara göre çalışma sahasında, havzanın %30'unda şiddetli ve çok şiddetli erozyon olduğu tespit edilmiştir.

LS faktörün elde edilmesi sırasında oluşturulan eğim haritası Anonim'de (1962) tanımlanan eğim sınıflarına göre yeniden sınıflandırılarak halfalı deresi yağış havzasının eğim sınıfları haritası oluşturulmuş ve sonuç olarak eğim sınıflarının alansal ve oransal dağılımları hesaplanmıştır. LS değerinin artıran en önemli faktörlerden biride, havzanın eğimidir. Elde edilen verilere göre Halfalı Deresi Yağış Havzasının yaklaşık olarak % 68'lik kısmı çok dik ve sarp eğimden oluşmaktadır (Çizelge 17). Eğim sınıfları haritası TIN verisinden elde edilerek oluşturulmuştur. Eğim durumu 6 sınıfa ayrılmıştır. Çalışma alanını eğim sınıflarına göre dağılımı aşağıdaki Çizelge 4.6'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Eğim sınıflarının alansal ve oransal dağılımları

| Eğim Sınıfları | Alan(ha) | Oran(%) |
|----------------|----------|---------|
| 0-2            | 14,16    | 1,00    |
| 2-6            | 16,36    | 1,16    |
| 6-12           | 92,86    | 6,58    |
| 12-20          | 337,45   | 23,91   |
| 20-30          | 570,27   | 40,41   |
| >30            | 380,2    | 26,94   |
| Toplam         | 1411,3   | 100     |

Eğim yüzeysel akış ile toprak kaybı arasındaki ilişkiyi belirleyen temel faktördür. Eğimli bir sahada diğer faktörler eşit kalırsa eğimin fazla olduğu sahada yüzeysel akışın fazla olmasından dolayı erozyon miktarı da fazla olur (Ekinci, 2005).

Yamaç Eğiminin % 20'yi geçmesi eğimle uygun olarak yüzeysel akışın hızlanmasına ve erozyonun artmasına neden olur (Biricik, 1985). Eğim değerleri sadece akış üzerinde etkili değildir. Aynı zamanda yağışların yüzeye daha dikey bir durumda düşmesine ve yere daha şiddetli çarpmasına neden olarak da erozyon üzerinde etkili olur (Sönmez, 2010).

Erozyon normal olarak, artan eğim ve eğim uzunluğuna bağlı olarak yüzey akışının hızı ve hacminin artışına paralel bir şekilde artar. Düz bir yüzeyde yağmur damlaları toprak parçalarını tesadüfî olarak her yöne sıçratırlar ancak, eğimli bir yüzeyde eğim aşağı

sıçrayan taneler eğim yukarı olanlardan daha fazladır. Bunun oranı eğim artışına bağlıdır (Çanga, 1985).

Eğim uzunluğu, eğimin başladığı nokta ile sedimentlerin yığıldığı nokta ya da sıfır olduğu nokta arasındaki mesafe olarak kabul edilir. Yamaç uzunluğunun erozyon üzerine etkisi, toprak tekstürü ve geçirgenliği ile yakından ilişkilidir. Bir eğim uzunluğu üzerine düşen yağmurun oluşturduğu erozyon, eğimin yukarı kısmında çok az, eğimin aşağı kısmında ise çok fazla olmaktadır. O halde yamaç uzunluğu arttıkça buna bağlı olarak, taşınan toprak miktarı da artmaktadır (Doğan ve Güçer, 1976).

Erozyon şiddeti ile eğim arasındaki fonksiyonel ilişki, değişik yağış karakteristikleri ve arazi kullanma koşulları altında farklı olmaktadır. Örneğin, eğimin % 5'ten % 10'a çıkması halinde erozyon miktarında 3 katı oranında, % 15'e çıkması halinde ise 5 katı bir artış olduğu bulunmuştur (Balcı ve Ökten, 1987).

#### **4.3.4. Halfalı deresi yağış havzasında bitki yönetim faktörü (C)**

Bitki yönetim faktörü ürün yetiştirme ve amenajman uygulamalarının erozyon oranları üzerindeki etkisini yansıtmak için hem USLE hem de RUSLE içinde kullanılmaktadır. Amenajman seçeneklerinin toprak koruma planları üzerindeki oransal etkilerini kıyaslamak için en sık kullanılan faktördür. Bu faktör toprak koruma planının ortalama yıllık toprak kaybını nasıl etkileyeceğini ve toprak kaybı potansiyelinin yapılaşma faaliyetleri, ürün münavebeleri veya diğer amenajman programları sırasında zaman içinde nasıl bozulup dağılacakını gösterir (Renard ve ark., 1997).

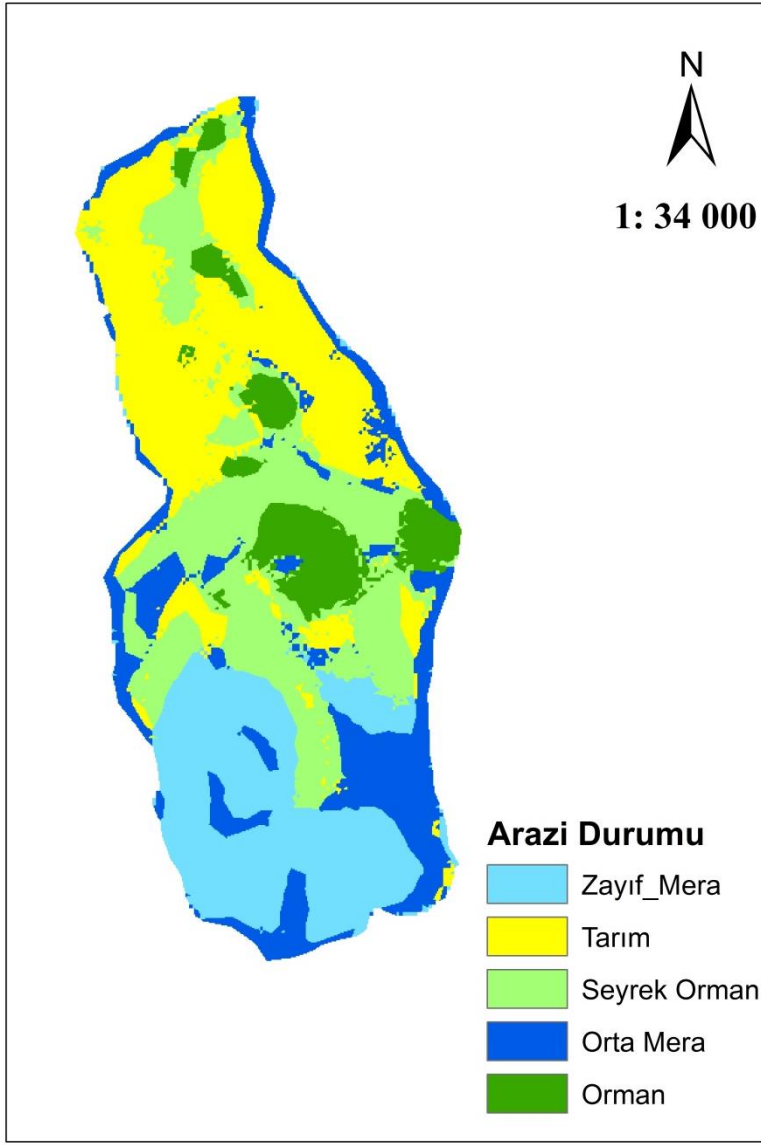
Çalışma alanının güncel arazi kullanım elde edilmesinde 10 Ağustos 2010 tarihli Landsat TM uydu verileri kullanılmıştır. Söz konusu uydu verileri ERDAS 9.1 görüntü işleme yazılımı aracılığıyla bilgisayar ortamına alınmış ve UTM projeksiyon, Zone 35 ve ED50 datum sistemine uyarlanmıştır. Oluşturulan görüntüler histogram birleştirme tekniği yardımıyla birleştirilerek 2010 yılı için havzanın bütün görüntüsü oluşturulmuştur. Oluşturulan görüntüden havza sınırlarını içeren kısmın görüntüsü ekstrakte edilerek gözle yorumu ve sınıflandırmayı kolaylaştıracak görüntü işleme ve zenginleştirme teknikleri uygulanmıştır.

Çalışma alanı; seyrek orman, orman, zayıf mera, orta mera ve tarım olmak üzere 5 ayrı arazi kullanım/örtü sınıfına ayrılmıştır. Bu amaçla temel alınan 5 farklı arazi kullanım/örtü türünün yansıma karakteristiklerindeki farklılıkları içerecek biçimde 32 alt örnek alan otomatik olarak görüntü işleme programına seçtirilmiş ve görüntü işleme

programına tanıtılarak kontrollü sınıflandırma tekniklerinden birisi olan en çok benzerlik yöntemine göre sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonucu elde edilen arazi kullanım/örtü türleri haritasında farklı kodlarla tanımlanmış aynı temel arazi kullanım/örtü türlerine ait sınıflar yeniden kodlanarak sınıflandırılmış, birleştirilmiş ve arazi kullanım/örtü türleri haritası kesinleştirilmiştir.

Sınıflandırma için genel doğruluk %83.78 olarak bulunmuştur. Bu doğruluk oranı oluşturulan haritanın güvenle kullanılması için yeterlidir (Campbell, 1996) Sınıflandırma algoritması tarafından uygulanan hata azaltma oranları olan kappa ( $\kappa$ ) katsayıları 0.7248 olarak bulunmuştur.

Bitki amenajman faktörü değerleri uydu görüntülerinin sınıflandırılması ile elde edilen arazi kullanım/örtü türlerine ait harita ve arazi çalışmaları sırasında yapılan gözlemler sonucu belirlenen arazi kullanım ve örtü sınıflarının karakteristikleri temel alınarak ilgili literatür ve araştırma sonuçlarından elde edilmiştir (Wischmeier W.H. ve Smith D.D., 1978; Çanga R.M. 1995; Renard K.G. ve ark. 1997, Yang D. ve ark. 2003,). Arazi kullanım türleri/örtü haritası belirlenen RUSLE C faktör değerlerine göre CBS ortamında yeniden sınıflandırılarak 10x10 m grid büyüklüğünde Halfalı Deresi Yağış havzasının güncel arazi kullanım haritası oluşturulmuştur (Şekil 35) oluşturulmuştur. RUSLE C faktör değerleri haritası (Şekil 4.29) ve söz konusu haritalardan elde edilen alansal ve oransal dağılımlar ise Çizelge 4.7' de verildiği gibidir.



Şekil 4.29. Arazi kullanım haritası

Ağustos 2010 tarihine ait Landsat TM uydu görüntüleri kullanılarak elde ettiğimiz güncel arazi kullanım durumu haritası Şekil 35’ da verilmiştir. Güncel arazi kullanım durumu haritasından elde edilen verilere göre araştırma alanının % 21,74’ü (306,85 ha) zayıf mera, % 17,12’si (241,56 ha) orta mera, % 27,44’ü (387,21 ha) tarım, % 8,48’i (119,63 ha) seyrek orman ve % 25,22’si (356,05 ha) ormanlık alandır (Çizelge 4.7 ).

Çizelge 4.7. Arazi durumunun alansal ver oransal dağılımları

| <b>Arazi Durumu</b> | <b>Alan(ha)</b> | <b>Oran(%)</b> |
|---------------------|-----------------|----------------|
| Zayıf mera          | 306,85          | 21,74          |
| Orta mera           | 241,56          | 17,12          |
| Tarım               | 387,21          | 27,44          |
| Seyrek orman        | 119,63          | 8,48           |
| Orman               | 356,05          | 25,22          |
| Toplam              | 1411,3          | 100,00         |

Araştırma alanlarının arazi kullanım şekilleri için uydu görüntüleri ve CBS yardımıyla ERDAS Imagine yazılımında Kontrollü sınıflandırma yöntemi kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır. Yağış havzalarında dere akımlarının, erozyon, taşkın ve sellerin kontrol edilmesini sağlamak için havzadaki arazi kullanım şekillerinin doğru olarak belirlenmesi ve arazi kabiliyet sınıflarına göre araziden yararlanılması gerekmektedir. Araştırma alanının arazi kullanım şekilleri haritası UA ve CBS yardımıyla oluşturulmuştur. Benzer şekilde, Akay ve ark.'da (2009), Kahramanmaraş ili Pazarcık yöresinde erozyon riski taşıyan çıplak toprak alanların uydu görüntüsü ve Sayısal Arazi Modeli kullanarak benzer şekilde sınıflandırma yapmışlardır.

Kosmas ve ark.'de (1997), arazi kullanımı ve bitki örtüsü yoğunluğunun yüzey akışa ve toprak kaybına olan etkisinin araştırdıkları çalışmada sonucunda, toprak yüzeyinin bitkilerden yoksun olduğu dönemlerde yıllık yağışa bağlı olarak toprak kaybının çok yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bitki örtüsünün olmadığı dönemlerde yıllık yağışı 200 mm'den az olan bölgeler için toprak kaybının tehlike oluşturmadığı ancak, yağışın 700 mm' ye ulaştığı bölgelerde toprak kaybının 15-90 ton/km<sup>2</sup> olduğu belirlenmiştir. Zeytin gibi yarı-doğal koşullarda yetiştirilen bitkilerin yetiştirildiği alanlarda toprak kaybının en az (0.8 ton/km<sup>2</sup>/yıl) olduğu, çalı ve fundalıkların bulundukları alanlarda oluşan toprakların 6.7 ton/km<sup>2</sup>/yıl, bağ ve okaliptus yetiştirilen alanlarda oluşan toprak kayıplarının ise 142.8 ve 23.8 ton/km<sup>2</sup>/yıl olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada, bağ ve okaliptus yetiştirilen alanlar için belirlenen toprak kayıplarının buğday ekim alanları için belirlenenden (17.6 ton/km<sup>2</sup>/yıl) daha fazla olduğu belirtilmiştir. Sonuçta arazi kullanımının yanında bitki örtüsü yoğunluğunun da toprak kayıplarına olan etkisinin önemli bir faktör olduğu vurgulanmıştır. Benzer şekilde, Doğal bitki örtüsünün erozyona olan etkisi Doğan ve Sevinç (1998), tarafından yapılan çalışmada araştırılmıştır. Çalışmada, Çayboğazı

havzasında yapılan sediment ölçümleri sonucu sağlanan bilgiler Dalaman ve Eşen havzalarında yapılan çalışmalar ile elde edilen bilgilerle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda Batı Akdeniz bölgesinde yer alan havzaların kapalılık oranı yüksek doğal bitki örtüsüne sahip olması nedeniyle bu bölgelerde belirlenen toprak kayıplarının Türkiye ortalamasının altında olduğu ortaya konmuştur. Türkiye’ de yapılan bir başka çalışmada Oğuz ve Durak (1998), Çekerek havzasının erozyona duyarlılıklarını belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışmada, aşınmaya duyarlılık yönünden tarla topraklarının en çok aşınabilir topraklar olduğu belirlenmiş, bunu mera ve orman alanlarında yer alan toprakların izlediği belirtilmiştir. Jose ve Ines (2000), İspanya-Predes-Anoia bölgesinde yaptıkları bir çalışmada 1957-1992 yılları arasında arazi kullanımı ve uygulanan koruma önlemlerindeki değişimlerin erozyonla oluşan toprak kaybına etkisini araştırmışlardır. RUSLE metodunun kullanıldığı bu çalışmada, en fazla toprak kaybının kışlık buğday ve mera alanlarının makinalı tarıma uygun asma bahçelerine ya da tek yıllık ağaç yetiştirme alanlarına dönüştürüldüğü topraklarda olduğu belirlenmiştir. RUSLE metoduna göre bu alanlarda oluşan toprak kaybının %8.3 oranında arttığı bulunmuştur. Aynı çalışmada, teraslamadan vazgeçilerek yapılan tarımsal uygulamalarda erozyonla oluşan toprak kaybının %44.1 oranında arttığı saptanmıştır, toprak kaybındaki artışta makinalı tarımın önemli bir etken olduğu vurgulanmıştır. İnsanların arazileri kullanımın seçtikleri yöntem ve bitki örtüsü etkisinin birlikte incelendiği bir başka çalışmada Köse ve ark. (2001), Orta Gediz Havzasında kontur sürümün erozyon oluşumunu azalttığını ve özellikle bu alanlarda bitki örtüsünün yoğunluğunun artması ile toprak kayıplarının azaldığını saptamışlardır.

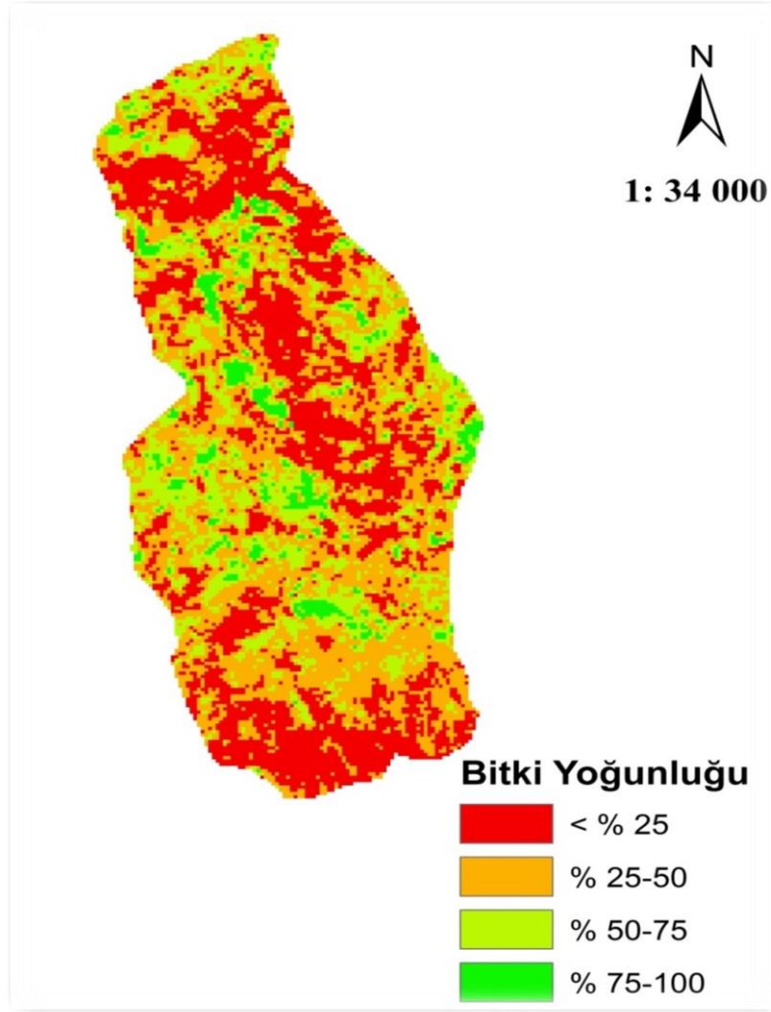
Yağış havzasında meydana gelen toprak kayıplarının başlıca etkenleri arasında havzadaki arazilerin kullanım şekilleri yer almaktadır. Arazi kullanım şekillerindeki farklılıklar hem yağışın erosiv etkisini değiştirmekte hem de yeryüzüne ulaştıktan sonra yüzey akışı etkileyen en önemli faktör olmasından dolayı erozyonla meydana gelen toprak kayıplarına neden olmaktadır (Okatan ve ark., 2007).

Yağış, sızma ve akım arasındaki ilişkiyi şekillendiren ayrıca yağmur esnasında düşen su damlalarının zemine yaptığı darbe etkisini belirleyen faktörlerin başında zemin örtüsü özelliği bu örtünün zemini kaplama derecesi gelmektedir (Cürebal ve Ekinci, 2006).

Tağıl (2007), yapmış olduğu bir çalışmada yıllara göre arazi kullanım durumunu ve arazi kullanıma bağlı olarak değişiklik gösterdiğini belirtmiştir. Benzer şekilde, Savacı (2012) ve Kaya’da (2013), yapmış oldukları yüksek lisans çalışmalarında arazi kullanım durumunun erozyon üzerinde etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, Karagül de

(1994), farklı arazi kullanım şekilleri altındaki toprakların erozyon eğilimleri incelemiş arazi kullanım şekillerinin erozyon üzerinde etkili olduğunu belirtmiştir.

Bir yağış havzasındaki arazi kullanma şekilleri havza hidrolojisi ve erozyon açısından değerlendirildiğinde önemli bir yere sahiptir. Yağışların yeryüzüne ulaşmasında etkili olan arazi kullanım şekilleri, yağışların yeryüzüne ulaşan kısımlarını etkilemekte ve böylece yüzeysel akışı etkilediğinden havzadaki erozyonla meydana gelen toprak kayıplarına neden olmaktadır (Yüksel ve ark., 2008).



Şekil 4.30. Bitki yoğunluğu haritası

Araştırma alanında 5 farklı arazi kullanım durumuna ayrılmış bu arazi kullanım şekillerinin genelinde elde edilen NDVI haritasına göre bitki yoğunluğunun düşük < % 25 olduğu görülmüştür. Bitki yoğunluğunun düşük olması alandaki erozyonun ve erozyon riskinin artmasına sebep olmaktadır. Çalışma alanına ait elde edilen erozyon risk haritasına göre yine şiddetli ve çok şiddetli erozyonun görüldüğü alanlar bitki yoğunluğunun düşük görüldüğü alanlardır. Bitki örtüsü, yağmur damlalarının direk olarak toprağa düşmesinden

önce etkisini kırarak toprağın aşınma yeteneğini azaltır. Toprak erozyon potansiyeli, toprakta bitki örtüsüne, bitki döküntüsünün olmadığı ya da çok az olduğu alanlarda artmaktadır (Wall, 2003). Bitki örtüsü ve döküntü örtüsü, yağmur damlasından ve sıçramadan gelen etkileri 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'a kadar azaldığını göstermektedir. Böylece bitki örtüsünün erozyonu fazlasıyla azalttığını göstermiştir.

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 kaplayan bitki örtüsünün önemini açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

#### **4.3.5. Toprak koruma önlemleri faktörü (P)**

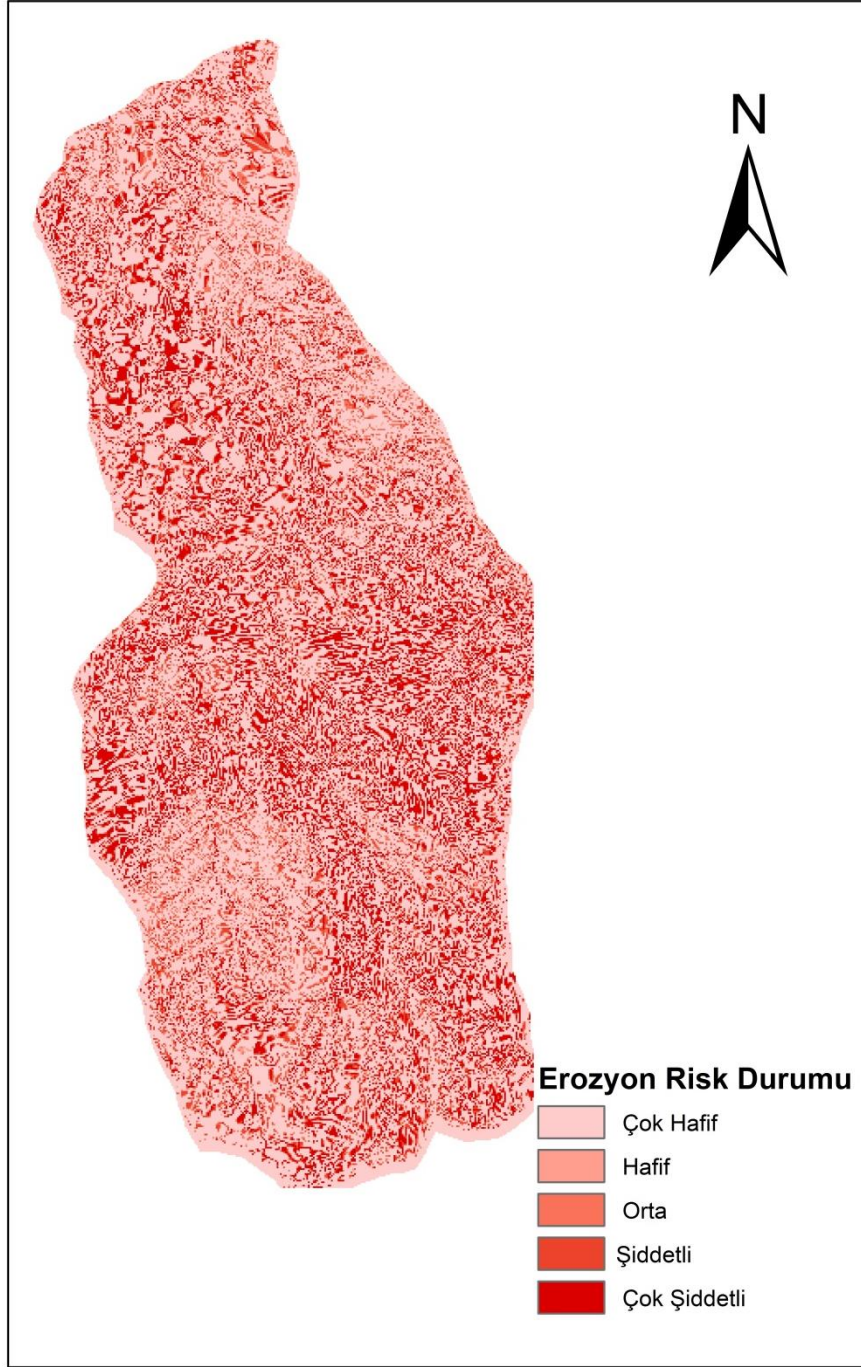
RUSLE-P faktörü toprak yönetim aktivitelerini temsil etmektedir. Toprağın eğim yönünde ya da eğime dik yönde ya da dönerek işlenmesine bağlı olarak erozyon süreçleri hızlanabilir ya da yavaşlayabilir. P faktörünün büyük havzalarda alansal dağılımının belirlenmesine yönelik bir yaklaşım bulunmamaktadır. Buna karşılık Wischmeier ve Smith (1978), eğim derecesine bağlı olarak en yaygın toprağın işleme yöntemlerini sınıflandırmışlardır. YETKE yaklaşımının iklim, toprak özellikleri ve arazi kullanımına bağlı olarak her hangi bir noktada meydana gelen toprak kaybını yansıttığı ve erozyona uğrayan bu toprağın taşınması ile ilgili süreçleri yansıtmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışma kapsamında yapılan arazi çalışmalarında Mustafakemalpaşa havzası sınırlarında tarım yapılan alanlarda herhangi bir toprak koruma önlemine ve tekniklerine rastlanamamıştır. Bu yüzden çalışma ile ilgili erozyon modelinde toprak koruma önlemleri faktörü (P) 1,0 olarak değerlendirilmiştir. Bu değer YETKE modelinde, çalışılan alanda herhangi bir toprak koruma önlemi uygulaması yoksa alınması gereken P faktörü değeridir (Wischmeier ve Smith, 1978).

#### 4.3.6. Halfalı deresi yağış havzasında erozyon risk durumu

Elde edilen yağmur erozivite faktörü haritası, toprak erodibilite faktörü haritası, eğim uzunluğu ve eğim derecesi faktörü haritası, bitki amenajman faktörü haritası ve toprak koruma önlemleri raster haritaları Arcmap 10.00 ortamında Konumsal Analiz Araçları (Spatial Analys Tools) araç çubuğunun Cebir Harita (Map algebra) modülünden Harita Hesaplama (Raster calculater) komutu kullanılarak yıllık toprak kaybı (A) hesaplanmış ve buradan toprak kaybına göre erozyon risk durumu belirlenmiştir (Şekil 4.31). Morgan'a (1995), göre tarımsal üretim için kabul edilebilir toprak kaybı 10 ton/ha/yıl dır. Toprak kaybı oranları sınıflarının oluşturulmasında bu tolere edilebilir limit, dikkate alınmıştır.

Halfalı deresi yağış havzası'nda RUSLE yöntemi ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak yürütülen çalışmada potansiyel toprak kaybının 17189.63 ton ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> ve ortalama potansiyel toprak kaybı da 12.8 ton ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir.

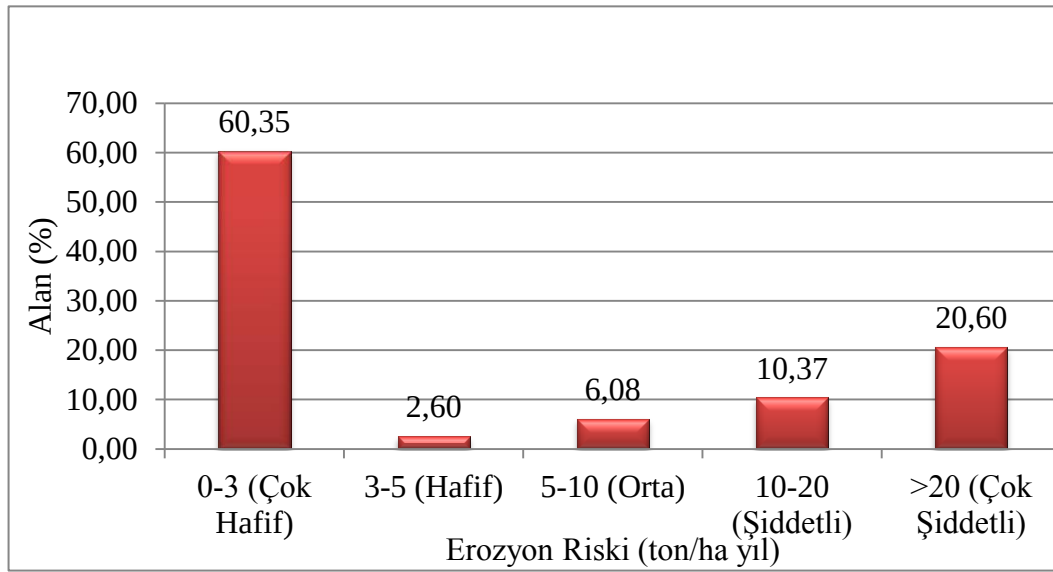


Şekil 4.31. Halfalı Deresi Yağış Havzası Erozyon risk haritası

Bu araştırmada, Halfalı Deresi Yağış Havzası'na ait oluşturulan erozyon risk haritasından hesaplanan erozyon risk sınıflarına ait alansal ve oransal dağılımlar Çizelge 4.3 ve şekil '4.30 da verilmiştir. Halfalı Deresi Yağış Havzası'nda potansiyel erozyon riski 5 sınıfa ayrılmıştır. Havzanın %60'ı nda çok hafif, %2 'sinde hafif, % 6'sında orta % 10 'unda şiddetli ve % 20'sinde çok şiddetli erozyon görülmektedir (Çizelge 4.8 ve şekil 4.32).

Çizelge 4.8. Erozyon riskinin alansal ve oransal dağılımları

| Erozyon Riski (ton/ha yıl) | Alan (ha) | Alan (%) |
|----------------------------|-----------|----------|
| 0-3 (Çok Hafif)            | 851,72    | 60,35    |
| 3-5 (Hafif)                | 36,63     | 2,60     |
| 5-10 (Orta)                | 85,83     | 6,08     |
| 10-20 (Şiddetli)           | 146,35    | 10,37    |
| >20 (Çok Şiddetli)         | 290,77    | 20,60    |
| Toplam                     | 1411,3    | 100      |



Şekil 4.32. Erozyon risk durumu

Dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de erozyonla ilgili yapılan çalışmalarda benzer sonuçlara ulaşılmakta ve Türkiye topraklarının % 90’a yakınının erozyona maruz kaldığı tahmin edilmektedir (Karaburun ve diğ. 2009). Erkal ve Yıldırım (2012), Afyonkarahisar ilinde yer alan Sincanlı havzasında CBS ve Uzaktan Algılama teknikleri kullanılarak toprak erozyonu riski değerlendirmesi yapılmıştır. Toprak kayıpları hesaplama tekniklerinden USLE tekniği tercih edilmiştir. USLE modelindeki tüm faktörler açıklanmış ve sonuç haritası üretilmiştir. Sonuçlara göre çalışma sahası olan Sincanlı havzasının %83’ünde çok hafif erozyon, %2’lik bir alanda ise hafif erozyonun etkili olduğu belirtilmiştir. Orta şiddetteki erozyon Sincanlı Havzası’nın %4’lük bir bölümünde etkisini gösterirken, %11 değerindeki şiddetli erozyon ise kireçtaşı, tuf-aglomera, andezit ve trakit gibi dayanımlı kayaların yüzeylendiği güneybatı, güney, doğu ve kısmen kuzeydoğu kesimlerdeki dağlık alanlarda olduğu belirtilmiştir.

Benzer şekilde, Ekinçi ve ark. (2010), uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak erozyon duyarlılık haritalarının oluşturulması konulu çalışmalarında İstanbul'un Durusu Baraj Gölü havzası tercih edilmiştir. Özellikle USLE modelinin revize edilmiş hali olan RUSLE modeli kullanılarak potansiyel erozyon alanları belirlenmiştir. Bu modelde her faktörün hesaplanma adımları açıklanarak tematik katmanlar CBS ortamında oluşturulmuştur. Sonuçlar, erozyon risk sınıflarına ayrılarak ifade edilmiş ve çalışma sahasının yarısına yakınında çok yüksek erozyon riski olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Savacı (2012) de benzer yörede yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında CORINE metoduna göre Göz Deresi Yağış Havzası ve Haman Deresi Yağış Yağış Havzası için potansiyel erozyon risk durumunu belirlemiştir. Göz Deresi Yağış Havzasında potansiyel erozyon risk haritası %0-5 arası olan alanlar düşük ve toplam alanın %70.17' sini, %5-11 arası olan alanlar orta ve toplam alanın %15.86' sını, %11' den büyük olan alanlar yüksek ve toplam alanın %13.97' sini kapsamaktadır. Haman Deresi Yağış Yağış Havzasında potansiyel erozyon risk haritası % 0-5 arası olan alanlar düşük ve toplam alanın %70.83' ünü, %11' den büyük olan alanlar yüksek ve toplam alanın %29.17' sini kapsamaktadır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Araştırma alanı topraklarının her iki derinlik kademesinde (0-20 cm ve 20-50 cm) de en yüksek dispersiyon oranı tarım topraklarında en düşük dispersiyon oranı orman topraklarında görülmüştür.

Araştırma alanı topraklarının her iki derinlik kademesinde (0-20 cm ve 20-50 cm) de en yüksek erozyon oranı tarım topraklarında en düşük erozyon oranı orman topraklarında görülmüştür.

Araştırma alanı topraklarının her iki derinlik kademesinde (0-20 cm ve 20-50 cm) de en yüksek kil oranı tarım topraklarında en düşük kil oranı orman topraklarında görülmüştür.

Araştırma alanı topraklarının her iki derinlik kademesinde de en yüksek K faktörü değeri tarım topraklarında en düşük K faktörü değeri orman topraklarında görülmüştür.

Araştırma alanı topraklarının her iki derinlik kademesinde (0-20 cm ve 20-50 cm) de en yüksek kolloid/nem ekivalanı değeri orman topraklarında en düşük kolloid/nem ekivalanı oranı tarım topraklarında görülmüştür.

Arazi kullanım şekli, havza topraklarının özelliklerini önemli ölçüde değiştirmektedir.

Erozyon eğilimini belirlemek için kullanılan beş indekse göre de (dispersiyon oranı, kolloid/nem ekivalanı oranı, erozyon oranı, kil oranı ve K faktörü) havza toprakları erozyona duyarlı bulunmaktadır. Bununla birlikte orman örtüsü altındaki alanlar, mera ve tarım alanlarına oranla erozyona nispeten daha fazla dayanıklıdır. Ayrıca orman topraklarının organik madde miktarları da diğer iki arazi kullanım şekline göre daha yüksek düzeydedir. Böylece orman alanlarındaki topraklar, tuttukları fazla miktardaki suyu toprağa yavaş yavaş sızdırarak (Özhan ve ark., 2008) ve yüzeysel akışı minimum düzeye indirerek havzanın su üretimine en büyük katkıyı sağlamaktadırlar. Özellikle nadasa bırakılan tarım alanlarında ve aşırı otlatmanın etkisiyle üzerindeki bitki örtüsünü büyük ölçüde yitirmiş bulunan mera alanlarında ise yüzeysel akış ve dolayısıyla erozyon olayı daha fazla görülmektedir.

Araştırma alanlarının iklim tipinin belirlenmesinde; Thornthwaite, Kantarcı tarafından yeniden düzenlenen Erinç yöntemleri kullanılmış ve bulunan değerler arasında

kıyaslama yapılmıştır. Thornthwaite yöntemine göre iklim tipi yarı nemli orta sıcaklıktaki yazın çok kuvvetli su açığı olan iklim sınıfında olup 'C2B3s2a' simgesiyle gösterilmiştir. Kantarcı tarafından güncelleştirilmiş Erinç yöntemine göre araştırma alanlarının değeri 13.78 bulunmuş ve kurak iklim tipine sahip olduğu gösterilmiştir. Sonuç olarak Kahramanmaraş ilinin iklim tipi Thornthwaite Yöntemine göre yarı nemli özellik gösterirken, Kantarcı tarafından yeniden düzenlenen Erinç Yönteminde iklim tipinin kurak olduğu görülmüştür. Erinç formülündeki ortalama yağış (P) yerine aylık ortalama gerçek evapotranspirasyon (GET) değerinin kullanılması Kantarcı tarafından önerilmiştir.

Halfalı Deresi Yağış Havzasının Yağmur Erozivite İndeksinin hesaplamaları sonucunda, en yüksek R değeri 499,81 olup toplam alanını % 14.85 ini oluşturmaktadır. En düşük R değeri ise 354,41 olup toplam alanın % 8,94' ünü oluşturmaktadır.

LS değerinin yüksek olduğu yerler genellikle alanın kuzeyinde yer alan eğimin dikleştiği ve akarsu deseninin yoğunlaştığı kesimlerde elde edilmiştir. Akış toplamının büyük olması da burada taşınan sediment miktarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Alanda bitki örtüsünün zayıf olması ve herhangi bir erozyon veya toprak koruma önleminin olmaması gelen akış toplamını artırmakta ve buda LS faktörünün yüksek olmasına sebep olmaktadır.

Güncel arazi kullanım durumu haritasından elde edilen verilere göre araştırma alanının % 21,74'ü (306.85 ha) zayıf mera, % 17,12'si (241.56 ha) orta mera, % 27,44'ü (387.21 ha) tarım, % 8,48'i (119.63 ha ) seyrek orman ve % 25,22'si (356.05 ha) ormanlık alandır.

Halfalı deresi yağış havzası'nda RUSLE yöntemi ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak yürütülen çalışmada potansiyel toprak kaybının  $17189.63 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$  ve ortalama potansiyel toprak kaybı da  $12.8 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$  olarak tespit edilmiştir.

Bu çalışmada uzaktan algılama ve RUSLE yöntemi kullanılarak halfalı deresi yağış havzasına ait potansiyel erozyon risk haritası oluşturulmuş ve yapılan hesaplamalar ile sınıflandırma işlemleri sonucunda, havzadaki potansiyel erozyon risk durumu belirlenmiştir. Potansiyel erozyon risk haritasına göre Halfalı Deresi Yağış Havzası'nda toplam alanın %60'ı nda çok hafif, % 2'sinde hafif, % 6'sında orta % 10' unda şiddetli ve % 20'sinde çok şiddetli erozyon görülmektedir. Benzer şekilde, Ekinci ve ark. (2010)' da yapmış oldukları çalışmada benzer sonuçlar elde etmiştir.

## 5.2. Öneriler

Çalışma sahasına ait erozyon riskinin yüksek olması eğim, arazi kullanım durumu, toprak erodibilite faktörü ve bitki örtüsünden kaynaklanmaktadır. Havzada gerekli toprak koruma önlemleri alınmadığı takdirde yakın bir gelecekte havza topraklarının tamamen yok olması kaçınılmazdır. Bu nedenle havzada çok kısa sürede toprak koruma önlemleri alınarak meydana gelebilecek erozyonlar önlenmelidir.

Yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda araştırma alanındaki topraklar erozyona duyarlı bulunduğu; toprakların mutlaka korunması için gerekli önlemlerin alınması, ekonomik ve toprağı koruyucu türlerle bitki-toprak-su arasındaki dengenin kurulması öncelikli olmalıdır.

Erozyon olayı, Halfalı Deresi Yağış Havzası'nda önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu durumun en önemli nedeni yanlış arazi kullanımı olmaktadır. Araziler bilimsel esaslara göre belirlenen kullanım şekillerinin dışında kullanılmaktadır ve bu duruma bir an önce son verilmelidir. Aksi takdirde havzadaki mevcut kaynaklar, havzada yaşayan insanların ihtiyaçlarına cevap veremeyecek bir noktaya gelmesi kaçınılmaz olacaktır.

Araştırma alanındaki toprakların yüksek eğim ve yükseltiye sahip olması, arazi kullanım şekillerinin (tarım, mera, orman) hepsinde zayıf bitki örtüsünün görülmesi ve tarım yapılacak alanların yok denecek kadar az olması nedeniyle Halfalı Deresi Yağış Havzası'nda bu alanları arazi kabiliyet sınıflarına göre kullanımı sağlanmalıdır.

Halfalı Deresi Yağış Havzası'nda dik, çok dik ve sarp eğimlerin yaygın olması potansiyel erozyon riskini arttırmaktadır. Meydana gelebilecek erozyonu önlemek amacı ile çevirme hendekleri (saptırma kanalları), teraslar, çizgi ot ekimi, örme çit, kafes tel ve geosentetik çit ve taş kordon gibi gerekli olan yamaç ıslahı faaliyetleri yapılarak meydana gelebilecek erozyon önlenmelidir.

Halfalı Deresi Yağış Havzası'nda bitki örtüsünün erozyon üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Araştırma alanında son derece zayıf bir bitki örtüsü hakim olduğundan bu alanların tekrar rehabilitasyonu yapılmalıdır. Araştırma alanının erozyonun stabil hale getirilmesi ve yöre halkının çalışma alanındaki topraklardan daha iyi bir şekilde yararlanabilmesi için zayıf bitki örtüsüne sahip meralar ıslah edilmeli, kapalılığı ciddi boyutlarda bozulmuş olan orman alanları rehabilitasyona alınmalı, tarım alanlarında nadas yerine rotasyonlu ürün değişimi yapılmalıdır.

## 6. KAYNAKLAR

- AGM, 2008. Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, URL (erişim tarihi: 08.01.2011) <http://www.agm.gov.tr>.
- Akay, A.E., Sessions, J., 2005. Applying the Decision Support System, TRACER, to Forest Road Design. *Western Journal of Applied Forestry*, 20(3), s.184-191.
- Akay, A.E., Erdaş, O., Reis, M., Yüksel, A., 2008. Estimating Sediment Yield From a Forest Road Network by Using a Sediment Prediction Model and GIS Techniques. *Building and Environment*, 43 (5), s.687-695.
- Akay, A.E., ve Şakar, D., 2009. Erozyon Riski Taşıyan Çıplak Toprak Alanların Uydu Görüntüsü ve Sayısal Arazi Modeli Kullanılarak Sınıflandırılması 1.Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu 16-18 Haziran, 3-97s., Konya.
- Altan, Z., 2010. “Şebinkarahisar (Giresun) ve Çevresinin Erozyon Riskinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Altın, M., 2006. Erozyon, Doğa ve Çevre, TEMA vakfı yayınları, (Mera-Erozyon İlişkileri, Ed: Ahmet Aydemir), İstanbul.
- Anonim. 1962. Soil Survey Manual. Soil Survey Staff, USDA Handbook No:18, Washington D.C., USA. 503s.
- Anonim, Topraksu Genel Müdürlüğü, Türkiye Geliştirilmiş Toprak Haritası Sınıf ve Haritaları, Ankara, 2000.
- Anşin, R. 1983. Türkiye’nin Flora Bölgeleri ve Bu Bölgelerde Yayılan Asıl Vejetasyon Tipleri,. *İ.Ü. Orman Fak. Derg.*, 6.2, 318-339s, İstanbul.
- Ardel, A., Kurter, A., Dönmez, Y., 1969. Klimatoloji Tatbikatı, İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları, Taş Matbaası, İstanbul.
- Arnoldus, H. M. J. 1977. Methodology Used To Determine The Maximum Potential Average Soil Loss Due To Sheet And Rill Erosion in Morocco, Assessing Soil Degradation, FAO Soils Bulletin, 34s., 8-9.
- Arnoldus, H.M.J., 1980. An Approximation of the Rainfall Factor in the Universal Soil Loss Equation. In: M. De Boodt and D. Gabriels (Editors), Assessment of Erosion. J.Wiley and Sons, Chichester, England., s.127-132.
- Bahadur, K. C. K., 2008. Mapping Soil Erosion Susceptibility Using Remote Sensing and GIS: A Case of the Upper Nam Wa Watershed, Nan Province, Thailand, Environmental Geology, DOI 10.1007/s00254-008-1348-3.
- Bahadur, K., 2009. “Mapping Soil Erosion Susceptibility Using Remote Sensing and GIS: a Case of the Upper Nam Wa Watershed, Nan Province, Thailand”, EnvironGeol, 57s.

- Balcı, A.N., 1973. İç Anadolu'da Anamateryal ve Bakı Faktörlerinin Erodobilité İle İlgili Toprak Özellikleri Üzerindeki Etkileri, İ.Ü. Yayın No:195, İstanbul.
- Balcı, A.N., 1978. Erodibility Characteristics of Some Forest Soils Developed under the Influence of Arid and Humid Climatic Conditions, İstanbul Üniversitesi Orman Fak. Yayınları, Orm. Fak. Yayın No: 248, İstanbul.
- Balcı, N., Ökten, Y., 1987. Sel Kontrolü, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon.
- Balcı, N. 1996. Toprak Koruması. Üniversite Yayın No. 3947, Orman Fakültesi Yayın No. 439, İstanbul.
- Ball, A. 1990. Soil Properties and Their Uses. John Wiley and Sons. London. Balcı, A.N., Erodobility Characteristics of Some Forest Soils Developed Under The Influence of Arid and Humid Climatic Conditions, İ.Ü.Ö.F Yayınları, İ.Ü. Yayın No:2402, İ.Ü. *Orman Fakültesi Dergisi*, B, 21, 1 (1971) s.48-58.
- Başaran, M. 2005. Arazi Kullanımındaki Değişmelerin Toprak Erozyonu Üzerine Etkisi: Çankırı İli İndağı Bölgesi Örnek Çalışması. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Başayığıt, L. 2002. Eğirdir Gölü Havzasında Erozyon Riskinin Saptanması Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
- Baver, L.D. 1956. Soil Physics, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Baydemir, A.H, 2008. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Yardımıyla Toprak Haritalarının Güncelleştirilmesi Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Anabilim Dalı. Kahramanmaraş.
- Bayramin, İ., Dengiz, O., Baskan, O., Parlak M., 2003. Soil Erosion Risk Assessment with ICONA Model; Case Study: Beypazarı Area, *Turk Journal Agriculture Forestry* 23, s.105-116.
- Bayramin, İ., Erpul, G., Erdoğan, E.H., 2005. Use of CORINE Methodology to Assess Soil Erosion Risk in the Semi-Arid Area of Beypazarı, Ankara.
- Bayramin, İ., Başaran, M., Erpul, G. and Canga, R. M. 2008. Assessing the Effect of Land Use Changes on Soil Sensitivity to Erosion in a Highland Ecosystem of Semi-Arid Turkey. *Environmental Monitoring Assessment*.
- Beasley, D.B., Huggins, L.F., Monke, E.J., 1980. Answers: A model for watershed planning, *Trans. of the ASAE* 23 (4), 938-944s.
- Bennett, H.H. 1939. Soil Conservation, McGraw-Hill Book Co., New York,.
- Beskow, S., Mello, C.R., Norton, L.D., Curi, N., Viola, M.R., Avanzi, J.C. 2009. Soil Erosion Prediction İnthe Grande River Basin, Brasil Using Distributed Modelling, *Catena*:79, 49-59s., USA.

- Biricik, A. S. 1985. Sarayköy Civarında Erozyon ve Önlemleri (Konya), *İstanbul Üniversitesi Edebiyat. Fakültesi Coğrafya Dergisi*, I, s.173-181, İstanbul.
- Blair, T.A. 1942. Climatology, General and Regional, Prentice Hall Inc., New York.
- Blanco Humberto, Lal Rattan, 2008. Principles of Soil Conservation and Management, Springer, USA.
- Bouyoucos, F.J. 1935. The clay ratio as a criterion of susceptibility of soils to erosion. *Journal of the American Society of Agronomy* 27:738-751s.
- Bozali, N. 2003. K.Maraş Sır Barajı Derin Dere Yağış Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Hidrolojik Özellikleri ile Erozyon Eğilimleri Üzerine Araştırmalar, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Düzce.
- Campbell, J.B. 1996, Introduction to Remote Sensing, Second edition (New York London: The Guilford Press).
- Cangir, C., Kapur, S., Boyraz, D., Akça, E., Eswaran, H., 2000, An Assessment of Land Resource Consumption in Relation to Land Degradation in Turkey, *Journal of Soil and Water Conservation*, 55(3) s.253-259.
- Charman P.E., Murphy B.W., 1991. Soil Their Properties and Management. Oxford University Press: New York.
- Chen, Tao., Niu, Rui Qing, LI Ping Xiang, Zhang Liang Pei, DU Bo, 2010, Regional Soil Erosion Risk Mapping Using RUSLE, GIS And Remote Sensing: A Case Study In Miyun Watershed, North China, *Environ Earth Sci*, 63:s.533–541.
- Conese, C., Filips, T., Maseli., F., 1993. Estimations of Soil Through an Integrated Land Information System, Remote Sensing for Monitoring the Changing Environment of Europe, Winkler, Balkema, Rotterdam.
- Corine, 1992. Soil Erosion Risk and Important Land Resources in the Southern Regions of the European Community. EUR 13233, Luxembourg.
- Covert, A., 2003. Accuracy Assessment of WEPP-Based Erosion Models on Three Small, Harvested and Burned Forest Watersheds. MSc Thesis, Natural Resource College of University of Idaho, USA.
- Cürebal, İ., Ekinci, D., 2006, Kızılkeçili Deresi Havzasında CBS Tabanlı RUSLE - Yöntemiyle Erozyon Analizi, *Türk Coğrafya Dergisi*, 47, s115–130.
- Çanga, R.M., 1985. Toprak ve Su Koruma. Ank. Üniv. Ziraat Fak. Yay. No.1386, Ders Kitabı No.400, Ankara.
- Çelik, V. 2011. Değirmen Deresi Havzasında (Bolvadin-Afyonkarahisar) Toprak Erozyonu Risk Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyonkarahisar.

- Çepel, N. 1997. Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar, Tema Vakfı Yayınları 14, İstanbul.
- Çullu, M.A. 1993. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve uzaktan Algılama Teknikleri Yardımıyla Toprak erozyonunun Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi. Çukurova. Üniversitesi. Fen Bilimleri Enst. Toprak Anabilim Dalı Adana. 126 s.
- Çullu, M.A. ve Dinç, U. 1994. Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Şimdiki ve Potansiyel Toprak Erozyon Alanlarının Belirlenmesi. I. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Karadeniz Teknik Üniversitesi. Atatürk Kültür ve Sanat Merkezi 18-20 Ekim 1994, Trabzon. 188-195s.
- Desmet, P.J., Govers, G., 1996. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. Journal of Soil and Water Conservation 51, 427-433s.
- DMİ, 2010. Devlet Meteoroloji İşleri Gn. Md., K.Maraş Meteoroloji İl Müdürlüğü, K.Maraş Meteoroloji İstasyonu Verileri, 1975-2010. Kahramanmaraş.
- Doğan, O. ve C. Güçer., 1976. Su Erozyonunun Nedenleri, Oluşumu ve Ünlversal Denklem İle Toprak Kayıplarının Saptanması. T.C. Köy İşleri Bak. TOPRAKSU Genel Müd. TOPRAKSU Araş. Enst. Müd. Yay. No.41. Ankara. 159s.
- Doğan, O. ve Küçükçakır, N. 1996. Ankara şartlarında Ünlversal Toprak Kaybı Parametreleri (1967-1988), KHGM, Ankara Araşt. Enst. Müd., Genel Yayın No.203, Rapor Seri No.R-109, Ankara.
- Doğan. O., Sevinç, A.N., 1998. Soil Erosion Measurement in the Çayboğazı Watershed and its Micro watershed. Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil, International Agrohydrology research and Training Center, Menemen, İzmir, 261-266 s.
- Doğan, O. ve Denli, Ö., 1999. Türkiye'nin Yağış-Kuraklık-Erozyon indisleri ve Kurak Dönemleri. KHGM, Ankara Araşt. Enst. Müd., Genel Yayın No.215, Teknik Yayın No.60, Ankara.
- Doğan, O., Cebel, H., Küçükçakar, N., Akgül, S., 2000. Türkiye Büyük Toprak Gruplarının Erozyona Duyarlılık "K" Faktörleri. KHGM, APK Dairesi Başk., Toprak ve Su Kaynakları Araş. Şube Müd. Yay No:111, Rehber No:17, Ankara. 204s.
- Doğan, O., 2002. Türkiye Yağışlarının Erozyon Oluşturma Gücü ve univarsal Toprak Kaybı Eşitliğinin Yağış Erozyon İndeks Değerleri. KHGM, Ankara Araş. Enst. Müd. Yay. Genel Yay. No:220, Rapor Yay. No:R-120, Ankara. 211s.
- Dönmez, Y. 1979. Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları, *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları*, No:2506, İstanbul.
- DPT, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Tarımsal Politikalar ve Yapısal Düzenlemeler Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.

- Duran C. 2007. Uzaktan Algılama Teknikleri İle Bitki Örtüsü Analizi Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü. *DOA DERGİSİ (Journal of DOA)* Sayı: 13 s.45-67
- Düzgüneş, O. 1963. Bilimsel Araştırmalarda İstatistik Prensipleri ve Metotları, Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir.
- Ekinci, D., 2005. CBS Tabanlı Uyarlanmış RUSLE Yöntemi ile Kozlu Deresi Havzası'nda Erozyon Analizi. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 13 s.109-119.
- Erdas, 2001. Erdas Tour Guide, Erdas Inc. Atlanta, Georgia.
- Erkal, T., Yıldırım, U., 2012. "Soil Erosion Risk Assessment in the Sincanlı Sub-Watershed of the Akarçay Basin (Afyonkarahisar, Turkey) Using the Universal Soil Loss Equation (USLE)", *Ekoloji Dergisi*, 21, (84), s.18-29.
- Evans, R., 1980. Mechanics of Water Erosion and Their Spatial and Temporal Controls: An Empirical Viewpoint, in Kirkby, M. J. And Morgan, R. P. C. (ed), Soil Erosion, Wiley Inc., 109.
- Figueiredo, T., Poesen, J., 1998. Effect of Surface Rock Fragment Characteristics on Interrill and Erosion of the a Silt Loam Soil, *Soil and Tillage Research* 46, s.81-95.
- Foster, G.R., Renard, K.G., Yoder, D.C., McCool, D.K. and Weesies, G.A., 1996. USLE User's Guide. *Soil and Water Cons. Soc.*, s.69.
- Fox, D.M., Bryan, R.B., 1999. The Relationship of Soil Loss by Interrill Erosion to Slope Gradient, *Catena* 38, s.211-222
- Fu, B., Chen, L., Ma, K., Zhou, H., Wang, J., 2000. the Relationships Between Land Use and Soil Condition in the Hilly Area of the Loess Plateau in Northern Shaanxi, China, *Catena* 39, s.69-78.
- Gülçur, F. 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları. İstanbul Üniversitesi., Orman Fakültesi. Yay. No: 201, İstanbul.
- Hickey, R. 2000. Slope Angle and Slope Length Solutions for GIS. *Cartography*, 29, (1), s.1-8.
- Hickey, R., Smith, A. ve Jankowski, P., 1994. Slope length calculations from a DEM within ARC/INFO GRID, *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 18, no. 5, s. 365 – 380.
- Irmak, A., 1954. Toprağın Araştırılması Metodları, İstanbul Üniversitesi Yay. No:559, Orman Fak. Yay. No:27, İstanbul.
- Irmak, A., 1968. Toprak İlmi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 1268. Orman Fakültesi Yayın No: 121, Becid Basımevi, İstanbul, s.292.

- İrmak, A., 1972. Toprak İlimi, İstanbul Üniversitesi., Orman Fak. Yay. No:184, İstanbul.
- İrvem, A., Topaloğlu, F. ve Uygur, V., 2007. Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey. *Journal of Hydrology* 336, s.30-37.
- Jensen, J.R. 2000. Remote Sensing of the Environment, Prentice-Hall Series in Geographic Information Science, Prentice Hall, New Jersey, s.554.
- Jose, A. M. C., Ines, S. B., 2000. Impact Assesment of changes in Land Use/Conservation Practices on Soil Erosion in the Penedes-Anoia Viyenard Region (NE Spain), *Soil and Tillage Research*, s.101-106.
- Kantarci, M.D. 1980.The research on distinguishing and mapping of forest site unity and soil types in Belgrade forest. Istanbul University Faculty of Forestry publication No:2636, Istanbul, Turkey (in Turkish).
- Karabulut, M. ve Küçükönder, M. 2008. Kahramanmaraş ve Ovası Çevresinde CBS Kullanarak Erozyon alanlarının Tespiti, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*,11 (2), s.14-22.
- Karaburun, A., Demirci, A. ve Karakuyu, M., 2009. Erozyon Tahmininde CBS Tabanlı Rusle Metodunun Kullanılması: Büyükçekmece Örneği, 3. Dokuz Eylül Üniversitesi CBS Sempozyumu CBS ve Bilgi Teknolojileri 10-11 Aralık, İstanbul.
- Karagül, R. 1994. Trabzon Söğütlüdere Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şartları Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri ile Erozyon Eğiliminin Araştırılması. Doktora Tezi, Trabzon, (yayınlanmamış). Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi. Trabzon, s.165.
- Karaş, E. 2005. “Küçükermalı ve Güvenç Havzalarının Su ve Sediment Verimlerine Göre Sürdürülebilir Yönetimi”, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kaya, N. 2013. Kahramanmaraş İli Bertiz Deresi Yağış Havzasında Icona Metodolojisi ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile Erozyon Risk Haritalarının Oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Kılıç, A.2006. Uydu Görüntüleri ile Arazi Kullanımı ve Değişikliğinin Araştırılması Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, s. 57.
- Kinnell, P.I.A. 2005. Alternative Approaches for Determining the USLE-M Slope Length Factor for Grid Cells. *Soil Science Society of America Journal*, 69, s. 674-680.
- Knisel, W.G. ve Davis, F.M. 1999. GLEAMS, Groundwater Loading Effectts of Agricultural Management Systems Version 3.0 User Manual Publication No. SEWRL-WGK/FMD-050199, revised 081500, s.191.
- Kulabaş, E., Kılıcı, M., 1998. Anakayalar ve Toprakların Karakteristik Özellikleri ve Pratik Teşhis Anahtarları Orman Bakımı Orman Toprak Laboratuar Müdürlüğü, Yayın No:02, İzmir, s.137.

- Kosmas, C., Danalatos, N., Cammeraat, L.H., Chabart, M., Diamantopoulos, J., Farand, R., Gutierrez, L., Jacob, A., Marques, H., Martinez-Fernandez, J., Mizara, A., Moustakas, N., Nicolau, J.M. Oliveros, C., Pinna, G., Puddu, R., Puigdefabregas, J., Roxo, M., Simao, A., Stamou, G., Tomasi, N., Usai, D., and Vacca, A., 1997. The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions. *Catena*, 29, s.45-59.
- Köse, C., Taysun, A., Yakar, M., 2001. GAP Bölgesi ve Şanlıurfa Yöresi Eğimli Kuru Tarım Alanlarında Kontur Tarımının Önemi ve Çözüm Önerileri, Trakya Toprak ve Su Kaynakları sempozyumu, KHGM, Atatürk Araştırma Enstitüsü 24-27 Mayıs, Kırklareli, s.52-58.
- Laflen J.M., Lane, L.J., Foster, G.R., 1991. WEPP: a new generation of erosion prediction technology.
- Lal R., Stewart, B. A., 1990. Soil Degradation, Springer-Verlag, New York.
- Lal, R. 1994. Soil erosion research methods. St. Lucie Press. Soil and Water Conservation Society, Delray Beach. Ankeny, s.340.
- Lee, S. 2003. Soil Erosion Assessment and its Verification Using the Universal Loss Equation and Geographic Information System: a Case Study at Boun, Korea. *Environmental Geology*, 45.
- LU, H. ve YU, B. 2002. Spatial and Seasonal Distribution of Rainfall Erosivity in Australia. *Australian Journal of Soil Research*, 40(6), s.887-901.
- Lufafa, A., Tenywa, M. M., Isabirye, M., Majaliwa, M. J. G. ve Woomer, P. L., 2003. Prediction of Soil Erosion in a Lake Victoria Basin Catchment Using a GIS-Based Universal Soil Loss Model. *Agricultural Systems*, 79.
- Lusch, P.D. 1999. Introduction to Environmental Remote Sensing. Center for Remote Sensing and GIS, Michigan State University. USA.
- Lutzh, J.H., Chandler, F.R., 1947. Forest Soils, John Wiley ve Sons Inc., New York.
- McCool, D. K., Brown, L. C. ve Foster, G. R., 1987. Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the ASAE*, 30.
- McCool, D.K., Foster, G.R., Mutchler, C.K., Meyer, L.D., 1989. Revised slope length factor for the universal soil loss equation. *Trans. ASAE*, 32, s.1571-1676.
- McCool, D.K., G.R. Foster, G.A Weesies., 1997. Slope Length and Steepness Factors (LS). In: K.G. Renard, G.R. . Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, D.C. Yoder (Coordinators), *Predicting Soil Erosion by Water: a Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. U.S. Dep. Agric., Agric. Handb. No. 703, chapter 4. (404s.), 101-141s.
- Moore, I. D. and Burch, G. J., 1986b. Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation. *Soil Science Society of America Journal*, 50, s. 1294-1298.

- Moore, I. D., Wilson, J. P., 1992. Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 47, s.423–428.
- Morgan, R. P. C., 1991. Soil Erosion and Conservation. Longman scientific and Technical, *John Wiley and Sons Inc.*, New York, s.255.
- Morgan, R.P. 1995. Soil Erosion and Conservation, Second Edit. Longman Group, Cranfield, s.412.
- MTA, 2000. Kahramanmaraş İli Sayısal Jeoloji Haritaları, Maden Tetkik ve Arama Genel -Müdürlüğü, Ankara.
- Nearing, M.A., Foster, G.R., Lane, L.J. and Finkner, S.C., 1989. A process-based soil erosion model for USDA Water Erosion Prediction Project technology. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 32 (5), s.1587– 1593. no. 5, 1994, s.365 – 380.
- Nearing, M.A., L.J. Lane, V.L. Lopes. 1994. Modelling Soil Erosion, In: R. Lal(Editor), Soil Erosion Research Methods, Second edit. St. Lucie Press, Ankeny, 340 s.
- Nearing, M. A., 1997. A Single, Continuous Function for Slope Steepness Influence on Soil Loss. *Soil Science Society of America Journal* , 61(3).
- O'Green, A. T., R. Elkins, and D. Lewis., 2006. Erodibility of Agricultural Soils, with Examples in Lake and Mendocino Counties. Oakland: *University of California Division of Agriculture and Natural Resources*, Publication 8194.
- Oğuz, İ., Durak, A., 1998. The relationships Between Soil Erosion and Great Soil Groups, Some Properties of Çekerek Catchment and Analysis If Erodibility of Catchment Soil, Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil, *International Agrohydrology research and Training Center*, Menemen, İzmir, s.313-318.
- Okatan, A., Aydın, M. ve Urhan O. Ş., 2007. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Havza Amenajmanında Kullanımı ve Önemi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 30 Ekim- 02 Kasım, Trabzon.
- Okatan, A., Yüksel, A. ve Reis M., 2000. Kahramanmaraş Ayvalı Barajı Kızıldere Yağış Havzasında Toprakların Erozyon Eğilim Değerlerinin Hidrofiziksel Toprak Özelliklerine Bağlı Olarak Değişimi, *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3,1.
- Onori, F., Bonis, D. P. and Grauso, S., 2006. Soil Erosion Prediction at the Basin Scale Using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a Catchment of Sicily (Southern Italy), *Environmental Geology*, 50.
- Önder, M. 1999. Uzaktan Algılama Ders Kitabı, *Kara Harp Okulu Yayınları*, Ankara.
- Özcan, A.U., Erpul, G., Başaran, M. and Erdoğan, H.E. 2008. Use of USLE/GIS technology integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of İndağı Mountain Pass-Çankırı, Turkey. *Environmental Geology* 53, s.1731-1741.

- Özden, Ş. ve D.M. Özden. 1998. Türkiye Toprak Erozyonu Tahmin Modeli (TURTEM). KHGM Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1997. s.117-133.
- Özhan, S. 2004. Havza Amenajmanı Ders Kitabı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Havza Amenajmanı Anan Bilim Dalı Rektörlük Yayın No: 4510, Orman Fakültesi Yayın No: 481. İstanbul.
- Özsoy, G, 2007. Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanarak (CBS) Erozyon Riskinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Uludağ Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Bursa.
- Öztan, Y. 1980. Meryemana Deresi Havzasındaki Mera ve Orman Arazisindeki Otlatmanın Değişik Etmenlerle İlişkili Olarak Fiziksel ve Hidrolojik Toprak Özellikleri Üzerindeki Etkileri, Trabzon.
- Öztürk, N. 1995. Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) ve Sayısal Uydu Verilerinin Detaylı Toprak Etüdlerinde Kullanma Olanakları. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Anabilim Dalı, Adana. 106s.
- Özyuvacı, N. 1971 Topraklarda Erozyon Eğiliminin Tesbitinde Kullanılan Bazı Önemli İndeksler, *İ.Ü. Orman Fak.Derg.* B, 21, 1 s.190-207.
- Özyuvacı, N. 1975. Topraklarda Erozyon Eğiliminin Tahmini Açısından Yapılan Bazı Değerlendirmeler. TÜBİTAK V. Bilim Kongresi, Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Tebliği Ormancılık Seksiyonu, 29 Eylül-2 Ekim, İzmir, s.123-134.
- Pimentel D., Harman, R., Pacenza, M., Pecarsky, J., Pimentel M., 1994. *Popul. Environ.* 15, 347s.
- Prasannakumar, V., Shiny, R., Geetha, N. ve Vijith, H., 2011. “Spatial Prediction of Soil Erosion Risk By Remote Sensing, GIS and RUSLE Approach: a Case Study of Siruvani River Watershed in Attapady Yalley, Kerala, India”, *Environ Earth Sci*, 64, s.965–972.
- Reis, M., Okatan A., Yüksel, A., Aydın, M., 2001. Çorum-Karhın Çayı Yağıç Havzasında Dere Akımlarını Etkileyen Fizyografik Etmenler Ėle Bazı Hidro-Fiziksel Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler Üzerine Bir Araştırma: *Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt 4, Sayı 2 s.16-29.
- Renard, K. G. ve Foster, G. R., 1983. Soil Conservation: Principles of Erosion by Water. Dryland Agriculture, eds. H.E. Dregne and W.O. Willis, Agronomy Monogr. 23, Am. Soc.
- Renard, K.G. and Freimund, J.R., 1994. Using Monthly Precipitation Data to Estimate the R-factor in the Revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157, s.287-306.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K. and Yoder, D. C., 1997. Predicting Soil Erosion By Water: A Guide To Conservation Planning With The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agriculture Handbook No.703, USDA, Washington, DC.

- Richter, G., Negendank, J. F. W., 1977. Soil Erosion Processes and Their Measurement in the German Area of the Moselle River, *Earth Surface Process.* 2, 261-278.
- Roose, E. 1977. Erosion and Runoff in West Africa from 20 Years of Records for Small Experimental Plots. Works and Documents of OSTROM, No:78, Paris.
- Römkens, M. J. M., Helming, K., Prasad, S.N., 2001. *Catena* 46, s.103-123.
- Savacı, G. 2012. Kahramanmaraş İli Göz ve Haman Deresi Yağış Havzalarında Corine Metodolojisi İle Erozyon Risk Haritalarının Oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Sevim, M. 1956. Belgrad Ormanı Bazı Meşcerelerinde Üst Toprağın Fizik ve Şimik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 6, 1 s.114–126.
- Sluiter, R. 2009. Interpolation Methods for Climate Data Literature Review, KNMI, De Bilt, official website. [14/04/2012] <http://www.knmi.nl/bibliotheek/knmipubIR/IR2009-04.pdf>.
- Sönmez, K. 1994. Toprak Koruma Ders Kitabı. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayınları. No: 169, Erzurum, s.192.
- Sönmez, E., 2010. Mekânsal Potansiyel ve Kalkınmayı Geciktiren Sorunlara Coğrafi Bir Yaklaşım: Göksu Çayı Havzası (Adıyaman), Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul.
- Sönmez, M.E., Çelik, M.A. ve Seven, M., 2013. “Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Kilis Merkez İlçesinin Erozyon Risk Alanlarının Belirlenmesi”, *KSÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 10 (1), s.1-21.
- Steel, G.D.R., Torrie, J.A., 1994. Principles and Procedures of Statistics, Mc. Graw- Hill Book Company Inc., New York, London.
- Stocking, M.A. and. Elwell, H.A., 1976. Rainfall Erosivity Over Rhodesia. *Trans. Of the Inst. Of British Geographers*, New Series, 1(2), s.231-245.
- Tağıl, Ş. 2007. Tuzla Çayı Havzasında (Biga Yarımadası) CBS-Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Arazi Degradasyonu Risk Değerlendirmesi, *Ekoloji*, Sayı: 17, No: 65.
- Tağıl, Ş. 2009. Çakırdere ve Yahu Dere Havzalarında (Balıkesir) Toprak Kaybının Mekânsal Dağılışı ve Etkileyen Faktörler, *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt 12, Sayı 22, s.23–39.
- Tarhan, Ç. 2004. Planlamada Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Disiplinleri Entegrasyonu: Urla ve Balçova Örnekleri GYTE şehir ve Bölge Planlama Bölümü Planlama 2004/3 s.106–112.
- Taysun, A. 1989. Toprak ve Su Korunumu. E.Ü. Zir. Fak. Ders Teksiri No: 92-III.Bornova, İzmir. 72s.

- Taysun, A., Uysal, H., Köse, C., Mollenhauer, K., Fritz, E. M., 1998. The relationship Between Stone Cover, Runoff and Soil Losses in arable Soils of Aegean Region. M. Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil, *International Agrohydrology research and Training Center*, Menemen, İzmir, s.249-255.
- Tunç, E., Schröder, D., 2010. Ankara'nın Batısındaki Tarım Topraklarında USLE ile Erozyon Boyutunun Tespiti, *Ekoloji Dergisi*, 19, (75), s.58-63.
- Usta, A., Altun L., Güvendi E. Ve Yener İ., 2009. Türkiye'nin Bölgesel İklim Analizleri ile Ormanların Yayılışı Arasındaki İlişkiler 1. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu 16-18 Haziran 2009 Konya s.171-180.
- Usta, Ö. 2011. Kahramanmaraş'ta Coğrafi Konum. URL (erişim tarihi: 22.09.2011) [http://www.k-maras.com/a\\_dos/c\\_konum.htm](http://www.k-maras.com/a_dos/c_konum.htm)
- Van Remortel, R. D., Hamilton, M. E. and Hickey. R.J., 2001. Estimating the LS Factor for RUSLE Through Iterative Slope Length Processing of Digital Elevation Data Within ArcInfo Grid. *Cartography*, 30(1).
- Van Remortel, R.D., Maichle, R.W., Hickey, R.J., 2004. Computing the LS factor for the Revised Universal Soil Loss Equation through array-based slope processing of digital elevation data using a C++ executable, *Computers & Geosciences* 30, s. 1043-1053.
- Veihe, A., Quinton, J., Poesen, L., 2000. Sensitivity Analysis of EUROSEM Using Monte Carlo Simulation II: The Effect of Rill and Rock Fragments, *Hydrological Processes*, Vol. 14, Issue 5, s.972-939.
- Voroney, R.P., van Venn, J.A., Paul, E.A., 1981. Organic Carbon Dynamics in Grassland Soil II. Model Validation and Simulation of the Long-term Effects of Cultivation and Rainfall Erosion, *Canada J., Soil Science* 61, 24, 211s.
- Wall, O.S.G. 2003. Soil Erosion-Causes and Effects.
- Wang, G., Gertner, G., Liu, X. and Anderson, A., 2001. Uncertainty Assessment of Soil Erodibility Factor for Revised Universal Soil Loss Equation. *Catena*, 46.
- Wawer R., Nowocien E., Podolski, B., 2005. Real Calculated K- Usle Erodibility Factor for Selected Polish Soils. *Polish J. Environ. Stud.* 14 (5):665-658.
- Wischmeier, W.H. 1976. The Use and Misuse of the Universal Soil Loss Equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 31 (1), s.5-9.
- Wischmeier, W.H. and Mannering, J.V., 1969. Relation of Soil Properties to Erodibility. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 33:131-137.
- Wischmeier, W.H. 1975. Estimating the Soil Loss Equations Cover and Management Factor for Undisturbed Lands. In *Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources*. U.S. Dep. Agric., Agric. Res. Serv., ARS-S-40. s.118-125.

- Wischmeier, W. H., Smith, D. D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A guide to - conservation planning, Agricultural Handbook, US Department of Agriculture, Washington, DC, USA 537s.
- Yamanlar, O. 1962. A New Erosion Classification Suited for Turkey conditions. Rewiev of İstanbul Univrsity, Faculty of Forestry, Serial B, XII s.53-66.
- Yang, D., Kanae, S., Okı, T., Koıkel, T., Musıake, T., 2003. Global Potential Soil Erosion with Reference to Land Use and Climate Change. Hydrological Processes, 17(14):2913-2928.
- Yılmaz, E. 2006. Çamlıdere Barajı Havzasında Erozyon Problemi ve Risk Analizi, Ankara Üniversitesi Sosyal bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Yılmaz, E. ve Alagöz, Z. 2008. Selçuk Üniversitesi *Ziraat Fakültesi Dergisi*, No:22, Konya, s.58–65.
- Yılmaz, H. 2010. Kürk Çayı Havzasının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Ana Bilim Dalı, Elazığ.
- YU, B. and Rosewell, C.J., 1996c. A Robust Estimator of the R-factor for the Universal Soil Loss Equation. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 39:559-561.
- Yüksel, A., Akay, A.E., Reis, M., Gundogan, R., 2007b. Using the WEPP Model to Predict Sediment Yield in A Sample, Watershed In Kahramanmaras Region. International Congress River Basin Management, 2, Antalya, s.11-22.
- Yüksel, A., Akay, A. ve Reis, M., 2007. “Using The Wepp Model To Predict Sediment Yield in a Sample Watershed in Kahramanmaras Region”, International Congress On River Basin Management, 22-24 March 2007, Antalya.
- Yüksel, A., Gündoğan, R. ve Akay, A.E., 2008. “Using the Remote Sensing and GIS Technology for Erosion Risk Mapping of Kartalkaya Dam Watershed in Kahramanmaras, Turkey”, Sensors 8, s.4851-4865.
- Zachar, D. 1982. Soil Erosion, Elsevier Scientific Publishing Company, USA.
- Zhang, ZG., Fan, BE., Bai, WJ., Jiao, JY., 2007. Soil Anti-Erodability of Plant Communities on The Removal Lnds in Hilly-Gully Region of The Loess Plateau. Science Soil Water Conser. 5.7–13.

**EKLER**

Ek çizelge 1. Halfalı deresi yağış havzasına ait toprakların 20-50 cm derinliğindeki bazı fiziksel, hidrolojik ve kimyasal özelliklerinin erodibilite indekslerine göre değişiminin korelasyon analizi

|                |                     | Profil No | Kum (%) | Toz (%) | Kil (%) | Nem Ekvivalanı | Kolloid/Nem | Organik Madde | Permeabilite | Dispersiyon | K Faktörü | Kil Oranı | Erozyon Oranı |
|----------------|---------------------|-----------|---------|---------|---------|----------------|-------------|---------------|--------------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| Profil No      | Pearson Correlation | 1         | ,447*   | -0,358  | -0,379  | -0,402         | -0,248      | -0,187        | 0,201        | -0,02       | -0,01     | ,483*     | 0,289         |
|                | Sig. (2-tailed)     |           | 0,028   | 0,085   | 0,068   | 0,052          | 0,242       | 0,382         | 0,346        | 0,925       | 0,963     | 0,017     | 0,171         |
|                | N                   | 24        | 24      | 24      | 24      | 24             | 24          | 24            | 24           | 24          | 24        | 24        | 24            |
| Kum (%)        | Pearson Correlation | ,447*     | 1       | -,728** | -,894** | -,611**        | -,680**     | -0,364        | 0,318        | 0,068       | ,516**    | ,753**    | ,542**        |
|                | Sig. (2-tailed)     | 0,028     |         | 0       | 0       | 0,002          | 0           | 0,08          | 0,131        | 0,752       | 0,01      | 0         | 0,006         |
|                | N                   | 24        |         | 24      | 24      | 24             | 24          | 24            | 24           | 24          | 24        | 24        | 24            |
| Toz (%)        | Pearson Correlation | -0,358    |         | 1       | 0,344   | ,621**         | 0,052       | 0,03          | -0,251       | -0,005      | -0,085    | -0,322    | -0,117        |
|                | Sig. (2-tailed)     | 0,085     |         |         | 0,1     | 0,001          | 0,809       | 0,89          | 0,238        | 0,983       | 0,694     | 0,125     | 0,586         |
|                | N                   | 24        |         |         | 24      | 24             | 24          | 24            | 24           | 24          | 24        | 24        | 24            |
| Kil (%)        | Pearson Correlation | -0,379    |         |         | 1       | ,432*          | ,898**      | ,479*         | -0,271       | -0,09       | -,651**   | -,822**   | -,666**       |
|                | Sig. (2-tailed)     | 0,068     |         |         |         | 0,035          | 0           | 0,018         | 0,2          | 0,675       | 0,001     | 0         | 0             |
|                | N                   | 24        |         |         |         | 24             | 24          | 24            | 24           | 24          | 24        | 24        | 24            |
| Nem Ekvivalanı | Pearson Correlation | -0,402    |         |         |         | 1              | 0,042       | ,492*         | 0,24         | 0,063       | -0,17     | -,433*    | -0,021        |
|                | Sig. (2-tailed)     | 0,052     |         |         |         |                | 0,844       | 0,015         | 0,258        | 0,771       | 0,426     | 0,035     | 0,921         |
|                | N                   | 24        |         |         |         |                | 24          | 24            | 24           | 24          | 24        | 24        | 24            |
| Kolloid/Nem    | Pearson Correlation | -0,248    |         |         |         |                | 1           | 0,362         | -0,335       | -0,163      | -,668**   | -,772**   | -,772**       |
|                | Sig. (2-tailed)     | 0,242     |         |         |         |                |             | 0,082         | 0,109        | 0,447       | 0         | 0         | 0             |
|                | N                   | 24        |         |         |         |                |             | 24            | 24           | 24          | 24        | 24        | 24            |

[illegible]

Ek çizelge 2. Halfalı deresi yağış havzasına ait toprakların 0-20 cm derinliğindeki bazı fiziksel, hidrolojik ve kimyasal özelliklerinin erodibilite indekslerine göre değişiminin korelasyon analizi

|               |                     | Kum(%) | Toz (%) | Kil (%) | Nem Ekivalanı | Kolloid/Nem | Organik Madde | Permeabilite | Dispersiyon | K Faktörü | Erozyon Oranı | Kil Oranı | Profil No |
|---------------|---------------------|--------|---------|---------|---------------|-------------|---------------|--------------|-------------|-----------|---------------|-----------|-----------|
| Kum (%)       | Pearson Correlation | 1      | -,626** | -,911*  | -,680**       | -0,353      | -,593**       | 0,206        | 0,248       | 0,126     | -,613**       | -,735*    | -,488*    |
|               | Sig. (2-tailed)     |        | 0,001   | 0       | 0             | 0,091       | 0,002         | 0,333        | 0,243       | 0,559     | 0,001         | 0         | 0,016     |
|               | N                   | 24     | 24      | 24      | 24            | 24          | 24            | 24           | 24          | 24        | 24            | 24        | 24        |
| Toz (%)       | Pearson Correlation |        | 1       | 0,249   | 0,333         | 0,034       | 0,063         | -0,099       | -0,186      | -,550**   | -0,176        | -0,244    | -,435*    |
|               | Sig. (2-tailed)     |        |         | 0,24    | 0,112         | 0,874       | 0,771         | 0,645        | 0,385       | 0,005     | 0,412         | 0,25      | 0,034     |
|               | N                   |        |         | 24      | 24            | 24          | 24            | 24           | 24          | 24        | 24            | 24        | 24        |
| Kil (%)       | Pearson Correlation |        |         | 1       | -,668**       | -,420*      | -,704**       | -0,204       | -0,21       | -,447*    | -,669**       | -,784*    | -0,377    |
|               | Sig. (2-tailed)     |        |         |         | 0             | 0,041       | 0             | 0,339        | 0,326       | 0,029     | 0             | 0         | 0,07      |
|               | N                   |        |         |         | 24            | 24          | 24            | 24           | 24          | 24        | 24            | 24        | 24        |
| Nem Ekivalanı | Pearson Correlation |        |         |         | 1             | -0,263      | -,678**       | -0,3         | -0,157      | -0,217    | -0,132        | -,450*    | -0,312    |
|               | Sig. (2-tailed)     |        |         |         |               | 0,215       | 0             | 0,154        | 0,462       | 0,309     | 0,539         | 0,027     | 0,138     |
|               | N                   |        |         |         |               | 24          | 24            | 24           | 24          | 24        | 24            | 24        | 24        |
| Kolloid/Nem   | Pearson Correlation |        |         |         |               | 1           | 0,133         | -0,031       | -0,089      | -0,17     | -,691**       | -,417*    | 0         |
|               | Sig. (2-tailed)     |        |         |         |               |             | 0,537         | 0,887        | 0,678       | 0,426     | 0             | 0,042     | 1         |
|               | N                   |        |         |         |               |             | 24            | 24           | 24          | 24        | 24            | 24        | 24        |
|               |                     | Kum(%) | Toz (%) | Kil (%) | Nem Ekivalanı | Kolloid/Nem | Organik Madde | Permeabilite | Dispersiyon | K Faktörü | Erozyon Oranı | Kil Oranı | Profil No |

[illegible]

## ÖZ GEÇMİŞ

### **Kişisel Bilgiler**

Adı, soyadı : Bülent ABİZ  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 10.09.1989 / MUŞ  
Medeni hali : Bekar  
Telefon :  
Faks :  
e-posta : bulentabis@gmail.com

### **Eğitim**

| Derece | Eğitim Birimi                              | Mezuniyet tarihi |
|--------|--------------------------------------------|------------------|
| Lisans | KSÜ/ Orman Mühendisliği Bölümü             | 2012             |
| Lise   | Bursa İnegöl Nuh Mehmet Küçük Çalık Lisesi | 2007             |

### **Yabancı Dil**

İngilizce