

**T.C.  
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ  
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BURDUR GÖLÜ HAVZASINDA MEYDANA GELEN TOPRAK  
EROZYONUNUN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE WEPP  
EROZYON TAHMİN MODELİ KULLANILARAK  
BELİRLENMESİ**

**İbrahim DURSUN**

**Danışman  
Prof. Dr. Ahmet Alper BABALIK**

**ISPARTA - 2022**



© 2022 [İbrahim DURSUN]

## İÇİNDEKİLER

|   | Sayfa |
|---|-------|
| İÇİNDEKİLER .....   | i     |
| ÖZET.....   | iv    |
| ABSTRACT.....   | v     |
| TEŞEKKÜR.....   | vi    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....  | vii   |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....   | ix    |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....  | x     |
| 1. GİRİŞ .....  | 1     |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ .....  | 9     |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM .....   | 24    |
| 3.1. Materyal .....   | 24    |
| 3.1.1. Çalışma sahasının genel tanıtımı.....  | 24    |
| 3.1.2. İklim .....  | 25    |
| 3.1.3. Jeolojik yapı .....  | 28    |
| 3.1.4. Anakayalar ve büyük toprak grupları.....   | 29    |
| 3.1.5. Bitki örtüsü.....  | 31    |
| 3.1.6. Sosyo-ekonomik durum .....   | 32    |
| 3.2. Yöntem.....  | 33    |
| 3.2.1. Havzadaki fizyografik faktörlerin belirlenmesi .....   | 34    |
| 3.2.1.1. Havzanın alanı.....  | 35    |
| 3.2.1.2. Havzanın şekli.....  | 35    |
| 3.2.1.3. Havzanın ortalama yüksekliği.....  | 38    |
| 3.2.1.4. Havzanın ortalama eğimi .....  | 38    |
| 3.2.1.5. Havzanın bakı durumu .....   | 39    |
| 3.2.1.6. Havzanın arazi kullanım şekli.....   | 39    |
| 3.2.2. Arazi yöntemleri.....  | 39    |
| 3.2.2.1. Burdur Gölü Havzasında model havzaların tespiti .....  | 39    |
| 3.2.2.2. Burdur Gölü Havzasında model havzalardan alınması gereken toprak örneklerin tespiti .....                          | 40    |
| 3.2.2.3. Model havzalarda geotekstiller ile erozyon ölçümü .....  | 42    |
| 3.2.2.4. Model havzalardan meydana gelen toprak kayıpları ve oluşan sediment miktarının araştırma alanına uyarlanması ..... | 44    |
| 3.2.3. Laboratuvar yöntemleri.....  | 45    |
| 3.2.3.1. Toprak örneklerinin analize hazırlanması.....  | 45    |
| 3.2.3.2. Toprak örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal ve hidrolojik özelliklerinin belirlenmesi.....                         | 45    |
| 3.2.3.2.1. Tekstür tayini .....   | 45    |
| 3.2.3.2.2. Hacim ağırlığı.....  | 46    |
| 3.2.3.2.3. Su tutma kapasitesi.....   | 46    |
| 3.2.3.2.4. Permeabilite.....  | 47    |
| 3.2.3.2.5. Organik madde .....  | 47    |
| 3.2.3.2.6. pH.....  | 47    |
| 3.2.3.2.7. Elektriksel iletkenlik (EC).....   | 48    |
| 3.2.3.2.8. Dispersiyon oranı .....  | 48    |
| 3.2.3.2.9. Kolloid/nem ekivalanı oranı.....   | 48    |
| 3.2.3.2.10. Erozyon oranı .....   | 48    |
| 3.2.4. Değerlendirme ve bilgisayar yöntemleri .....   | 49    |

|  |     |
|--|-----|
| 3.2.4.1. Coğrafi bilgi sistemleri.....   | 49  |
| 3.2.4.1.1. Verilerin bilgisayara girilmesi ve değerlendirilmesi.....                                     | 50  |
| 3.2.4.2. WEPP (Su erozyonu tahmin projesi) .....   | 51  |
| 3.2.4.2.1. WEPP modeli giriş parametreleri .....   | 52  |
| 3.2.4.2.2. WEPP çıktı tipleri .....  | 56  |
| 3.2.4.3. TOPAZ.....  | 56  |
| 3.2.4.4. GeoWEPP .....   | 58  |
| 3.2.4.5. İstatiksel değerlendirmeler .....   | 65  |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....  | 66  |
| 4.1. Havzadaki Fizyografik Faktörlerin Belirlenmesi.....   | 66  |
| 4.1.1. Havzanın alanı.....   | 66  |
| 4.1.2. Havzanın şekli.....   | 66  |
| 4.1.3. Havzanın ortalama yüksekliği.....   | 72  |
| 4.1.4. Havzanın ortalama eğimi .....   | 73  |
| 4.1.5. Havzanın bakı durumu .....  | 75  |
| 4.1.6. Arazi kullanım şekli .....  | 75  |
| 4.2. Burdur Gölü Havzasında Arazi Uygulamaları .....   | 77  |
| 4.2.1. Model havzaların tespiti.....   | 77  |
| 4.2.2. Model havzaların anakaya durumu .....   | 78  |
| 4.2.3. Model havzaların arazi kullanım durumu .....  | 80  |
| 4.2.4. Model havzaların eğim sınıfları .....   | 81  |
| 4.2.5. Model havzaların bakı grupları .....  | 82  |
| 4.3. Model Havzalara Ait Bulgular .....  | 83  |
| 4.3.1. 1 numaralı model havzaya ait bulgular ve fizyografik etmenler.....                                | 83  |
| 4.3.2. 5 numaralı model havzaya ait bulgular ve fizyografik etmenler.....                                | 86  |
| 4.3.3. 20 numaralı model havzaya ait bulgular ve fizyografik etmenler.....                               | 89  |
| 4.3.4. 30 numaralı model havzaya ait bulgular ve fizyografik etmenler.....                               | 92  |
| 4.4. Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular .....   | 95  |
| 4.4.1. Tekstür tayini .....  | 95  |
| 4.4.1.1. Kum oranı .....   | 95  |
| 4.4.1.2. Toz oranı .....   | 98  |
| 4.4.1.3. Kil oranı .....   | 99  |
| 4.4.2. Hacim ağırlığı.....   | 102 |
| 4.4.3. Su tutma kapasitesi.....  | 104 |
| 4.4.4. Permeabilite.....   | 107 |
| 4.4.5. Organik madde .....   | 109 |
| 4.4.6. pH.....   | 112 |
| 4.4.7. Elektriksel iletkenlik (EC).....  | 114 |
| 4.4.8. Dispersiyon oranı .....   | 116 |
| 4.4.9. Kolloid/nem ekivalanı oranı.....  | 117 |
| 4.4.10. Erozyon oranı .....  | 119 |
| 4.5. Model Havzalarda Geotekstillere İle Erozyon Ölçümü .....  | 122 |
| 4.6. Model Havzalardan Meydana Gelen Toprak Kayıpları ve Sediment Verimlerinin Belirlenmesi.....         | 129 |
| 4.6.1. 1 numaralı model havzada GeoWEPP programında meydana gelen toprak kaybı ve sediment verimi .....  | 129 |
| 4.6.2. 5 numaralı model havzada GeoWEPP programında meydana gelen toprak kaybı ve sediment verimi .....  | 130 |
| 4.6.3. 20 numaralı model havzada GeoWEPP programında meydana gelen toprak kaybı ve sediment verimi ..... | 131 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.6.4. 30 numaralı model havzada GeoWEPP programında meydana gelen toprak kaybı ve sediment verimi ..... | 134 |
| 4.6.5. Burdur Gölü Havzasında GeoWEPP programında meydana gelen toprak kaybı ve sediment verimi .....    | 135 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....   | 139 |
| KAYNAKLAR .....  | 144 |
| EKLER .....  | 176 |
| EK A. Formüller .....  | 177 |
| ÖZGEÇMİŞ .....   | 178 |



## ÖZET

### Doktora Tezi

# BURDUR GÖLÜ HAVZASINDA MEYDANA GELEN TOPRAK EROZYONUNUN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE WEPP EROZYON TAHMİN MODELİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ

İbrahim DURSUN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet Alper BABALIK

Erozyon, dünyanın var oluşundan bu yana yaşanan doğal bir durumdur. Günümüzde, toprak erozyonu en ciddi çevresel problemlerden birisi olarak kabul edilmektedir. Bir bölgede; arazilerin bozulma dereceleri dikkate alınarak yapılan toprak ve su koruma çalışmalarında toprak erozyonunun dağılımının bilinmesi önemlidir. Erozyon ölçümlerinin hem maliyetli hem de zaman alıcı olması birçok erozyon tahmin modellerinin gelişmesine neden olmuştur. Bu erozyon tahmin modellerinden biri olan ve çalışmamızın temelini oluşturan WEPP modeli, en güncel ve en önemli erozyon tahmin yöntemlerinden biridir.

Bu araştırmada, Burdur Gölü Havzasında farklı arazi kullanım şekilleri altında (tarım, orman, mera) geotekstillerle kurulan deneme parsellerinde WEPP modeli uygulanmıştır. Tahmini toprak kayıpları, sedimentin belirlenmesi ve elde edilen sonuçların gözlenen sediment değerleriyle karşılaştırılması hedeflenmiştir. Bu çalışmada, anakaya, arazi kullanımı, eğim ve bakı faktörleri dikkate alınarak 52 alt havzadan 4 model havza seçilmiştir. 120 adet 0-20 cm ve 120 adet 20-40 cm derinlik kademesinden olmak üzere toplamda 240 adet doğal yapısı bozulmuş ve 240 adet doğal yapısı bozulmamış (silindir) toprak örneği alınmıştır. Geotekstil parsellerin kurulduğu model havzalardan 1 numaralı model havzadaki toplam erozyon ilk yıl 3.17 ton/ha/yıl, ikinci yıl 2.56 ton/ha/yıl, 5 numaralı model havzada ilk yıl 8.81 ton/ha/yıl, ikinci yıl 8.67 ton/ha/yıl, 20 numaralı model havzada ilk yıl 13.55 ton/ha/yıl, ikinci yıl 13.18 ton/ha/yıl ve 30 numaralı model havzadaki erozyon ilk yıl 7.27 ton/ha/yıl, ikinci yıl 10.45 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Burdur Gölü Havzasında taşınan toprak miktarı 2019-2020 yılında 186 221.0 ton/ha/yıl ve 2020-2021 yıllarında ise 197 994.0 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. GeoWEPP modeli ile yıllık ortalama toprak kaybı model havzalarda (1-5-20-30) kurulan deneme parsellerinde sırasıyla 2189.7 ton/yıl, 2758.80 ton/yıl, 11 865.0 ton/yıl, 2991.0 ton/ha/yıl olduğu tahmin edilmiştir. Burdur Gölü Havzasında toplam meydana gelen sediment veriminin 135 780.64 ton/ha/yıl olduğu, yıllık ortalama sediment veriminin ise toplam 0.426 ton/ha/yıl olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Arazi kullanım durumu, Erozyon, Geotekstil, GeoWEPP, Sediment verimi

**2022, 180 sayfa**

## **ABSTRACT**

**Ph.D. Dissertation**

### **DETERMINING SOIL LOSS IN BURDUR LAKE WATERSHED USING THE GIS AND WEPP MODEL**

**İbrahim DURSUN**

**Isparta University of Applied Sciences  
The Institute of Graduate Education  
Department of Forest Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Ahmet Alper BABALIK**

Erosion is a natural situation that has been experienced since the existence of the world. Today, soil erosion is accepted as one of the most serious environmental problems. In a region; it is important to be known the distribution of soil erosion in soil and water conservation studies carried out by taking into account the degree of deterioration of the lands. The fact that erosion measurements are both costly and time consuming has led to the development of many erosion prediction models. WEPP model, which is one of these erosion prediction models and forms the basis of our study, is one of the most important erosion prediction methods. In this research, the WEPP model was applied in the experimental plots established with geotextiles under different land use forms (agriculture, forest, pasture) in the Burdur Lake Watershed. It is aimed that estimation of soil losses, determination of sediment and comparison of obtained results with observed sediment values.

In this study, 4 model watersheds were selected from 52 sub-watersheds by considering the bedrock, land use, slope and aspect factors and including 120 from 0-20 cm and 120 from 20-40 cm depth level, in total, 240 soil samples whose natural structure was degraded and 240 undegraded (cylindrical) were taken. The total erosion in number 1 model watershed from the model watersheds where geotextile parcels are established was calculated as 3.17 ton/ha/year in the first year; the second year 2.56 ton/ha/year; in the number 5 watershed model, the first year 8.81 ton/ha/year; second year 8.67 ton/ha/year; in the number 20 model watershed, the first year 13.55 ton/ha/year; the second year 13.18 ton/ha/year and erosion in the number 30 model watershed, 7.27 ton/ha/year in the first year; the second year 10.45 ton/ha/year. The amount of soil transported in the Burdur Lake Watershed was calculated as 186 221.0 ton/ha/year in 2019-2020 and 197 994.0 ton/ha/year in 2020-2021. With the GeoWEPP model, the annual average soil loss in the experimental plots established in the model watersheds (1-5-20-30) is estimated respectively; 2189.7 ton/year, 2758.8 ton/year; 11865.0 ton/year; 2991.0 ton/ha/year. It has been determined that the total sediment yield in Burdur Lake Watersheds is 135 780.6 ton/ha/year, and the annual average sediment yield is 0.426 ton/ha/year in total.

**Key Words:** Land use, Erosion, Geotextile, GeoWEPP, Sediment yield

**2022, 180 pages**

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam için beni yönlendiren, tezimin yürütülmesinde desteğini ve emeğini hiçbir zaman esirgemeyen, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet Alper BABALIK'a en kalbi duygularıyla teşekkür ederim.

Tez izleme komitesindeki hocalarım Doç. Dr. Nilüfer YAZICI ve Dr. Öğretim Üyesi Esin ERDOĞAN YÜKSEL'e tez çalışmama katkı ve desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Tezimde WEPP ve GeoWEPP kısmında fikir alışverişinde olduğum olan Sayın Dr. Öğretim Üyesi Esin ERDOĞAN YÜKSEL, Dr. Öğretim Üyesi Saniye DEMİR ve Arş. Gör. Dr. Hurem DUTAL ve Dr. Josept David Revuelta Acosta'ya teşekkürü bir borç bilirim. Tez çalışmamda CBS ile ilgili aktardığı bilgilerden dolayı Sayın Prof. Dr. H. Oğuz ÇOBAN'a teşekkür ederim.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarımda desteklerini gördüğüm değerli arkadaşlarım Dr. Öğretim Üyesi Sinan DEMİR, Arş. Gör. Dr. F. Merve NACAĞCI, Öğr. Gör. Samet DİRLİK, Arş. Gör. Burak KOPARAN ve Arş. Gör. Hakan DURGUN'a teşekkür ederim. Ayrıca arazi çalışmalarında desteklerini hiçbir zaman unutmayacağım Orman Mühendisi Yusuf ÖZBEY, Orman Mühendisi Serhat YERLİKAYA, Orman Mühendisi Uğur DEMİR, Orman Mühendisi Oğuz ÇOLAKLIOĞLU, Orman Mühendisi Mustafa ŞENGEL ve Orman Mühendisi Savaş KARAKAYA'ya çok teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesinde araç desteği sağlayan eski Orman Fakültesi Dekanı ve yeni ISUBÜ Rektörü Sayın Prof. Dr. Yılmaz ÇATAL ile Orman Fakültesi şoförü Bilal TOSUN'a çok teşekkür ederim. Ayrıca arazi şartlarında gerek ekipman gerekse bilgi alışverişinde olduğumuz Isparta 18. Bölge Müdürlüğü DSİ, Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Merkezi ve Güneykent Belediyesi'ne teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli eşim Gözde DURSUN'a ve beni bugünlere özveriyle getiren sevgili anneme, babama ve kıymetli kardeşime sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

**İbrahim DURSUN**  
ISPARTA, 2022

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| Şekil 3.1. Burdur Gölü Havzası yer bulduru haritası .....   | 24           |
| Şekil 3.2. Thornthwaite yöntemine göre Burdur'un su bilançosu aylık değişim grafiği .....                       | 27           |
| Şekil 3.3. Burdur Gölü Havzası anakaya haritası .....   | 30           |
| Şekil 3.4. Araştırmada kullanılan yöntemlere ait akış şeması .....  | 34           |
| Şekil 3.5. Burdur Gölü Havzası toprak örnekleme noktaları .....   | 40           |
| Şekil 3.6. Doğal yapısı bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinin araziden alınması .....                      | 42           |
| Şekil 3.7. Geotekstil uygulama şeması .....   | 43           |
| Şekil 3.8. Model havzalara geotekstil parsel kurulumu .....   | 44           |
| Şekil 3.9. Model havzalarda gerçekleştirilen ölçümler .....   | 44           |
| Şekil 3.10. WEPP modelinde elde edilen sonuçların yamaç boyunca görünümü .....                                  | 52           |
| Şekil 3.11. WEPP modelinde hazırlanmış örnek bir toprak dosyası.....  | 54           |
| Şekil 3.12. Burdur ili iklim dosyası .....  | 56           |
| Şekil 3.13. ASCII dosyalarının model kurularak oluşturulması .....  | 59           |
| Şekil 3.14. Modelin çalışma kapsamında elde edilen veriler ile yürütülmesi aşaması.....                         | 60           |
| Şekil 3.15. Alt havza için SYM, toprak ve bitki örtüsü parametrelerinin girilmesi ..                            | 60           |
| Şekil 3.16. CSA ve MSCL'nin seçilmesi.....  | 61           |
| Şekil 3.17. 1_5 numaralı alt havzaya ait yamaç ve derelerin görünümü .....                                      | 62           |
| Şekil 3.18. İklim dosyasının seçilmesi .....  | 62           |
| Şekil 3.19. GeoWEPP programının çalıştırılması.....   | 63           |
| Şekil 3.20. WEPP-TOPAZ entegre sonuç haritasındaki dağılımı .....   | 64           |
| Şekil 3.21. 1_5 numaralı alt havzaya ait tahmini toprak kaybı ve sediment durumunu gösteren rapor dosyası ..... | 65           |
| Şekil 4.1. Burdur Gölü Havzası alan haritası .....  | 66           |
| Şekil 4.2. Burdur Gölü Havzası form faktörü haritası .....  | 67           |
| Şekil 4.3. Burdur Gölü Havzası dairesellik oranı haritası.....  | 68           |
| Şekil 4.4. Burdur Gölü Havzasının dere sınıfları haritası .....   | 69           |
| Şekil 4.5. Burdur Gölü Havzasının dere sıklığı haritası .....   | 71           |
| Şekil 4.6. Burdur Gölü Havzasının drenaj yoğunluğu haritası .....   | 72           |
| Şekil 4.7. Burdur Gölü Havzasının yükselti haritası.....  | 73           |
| Şekil 4.8. Burdur Gölü Havzasının eğim sınıfları haritası .....   | 74           |
| Şekil 4.9. Burdur Gölü Havzasının bakı grupları haritası .....  | 75           |
| Şekil 4.10. Burdur Gölü Havzasının arazi kullanımı haritası .....   | 76           |
| Şekil 4.11. Burdur Gölü Havzası alt havza bölümlendirme haritası.....   | 77           |
| Şekil 4.12. Burdur Gölü Havzası bölümlendirilmiş havzalara ait anakaya grupları haritası.....                   | 79           |
| Şekil 4.13. Burdur Gölü Havzası bölümlendirilmiş havzalara ait arazi kullanım şekli haritası .....              | 81           |
| Şekil 4.14. Burdur Gölü Havzası bölümlendirilmiş havzalara ait eğim sınıfları haritası.....                     | 82           |
| Şekil 4.15. Burdur Gölü Havzasında bölümlendirilmiş bakı grupları haritası.....                                 | 83           |
| Şekil 4.16. 1 numaralı model havza yükseklik sınıfları ve anakaya sınıfları haritası .....                      | 84           |
| Şekil 4.17. 1 numaralı model havza arazi kullanımı, eğim ve bakı sınıfları haritası .                           | 85           |

|  |     |
|--|-----|
| Şekil 4.18. 5 numaralı model havza yükseklik sınıfları ve anakaya sınıfları haritası.....                          | 86  |
| Şekil 4.19. 5 numaralı model havza arazi kullanımı, eğim ve bakı sınıfları haritası .                              | 88  |
| Şekil 4.20. 20 numaralı model havza yükseklik sınıfları haritası ve anakaya sınıfları haritası .....               | 89  |
| Şekil 4.21. 20 numaralı model havza arazi kullanım sınıfları, eğim sınıfları ve bakı grupları haritası .....       | 91  |
| Şekil 4.22. 30 numaralı model havza yükseklik sınıfları ve anakaya sınıfları haritası.....                         | 92  |
| Şekil 4.23. 30 numaralı model havza arazi kullanım sınıfları, eğim sınıfları ve bakı grupları haritası .....       | 94  |
| Şekil 4.24. Kum içeriğinin model havza, arazi kullanımı, derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi.....         | 96  |
| Şekil 4.25. Toz oranının model havza, arazi kullanımı, derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi.....           | 98  |
| Şekil 4.26. Kil oranının model havza, arazi kullanımı, derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi.....           | 100 |
| Şekil 4.27. Hacim ağırlığının model havza, arazi kullanımı, derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi.....      | 102 |
| Şekil 4.28. Su tutma kapasitesinin model havza, arazi kullanımı, derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi..... | 105 |
| Şekil 4.29. Permeabilitenin model havza, arazi kullanımı, derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi.....        | 108 |
| Şekil 4.30. Organik maddenin model havza, arazi kullanımı derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi.....        | 110 |
| Şekil 4.31. pH'nın model havza, arazi kullanımı derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi.....                  | 113 |
| Şekil 4.32. EC'nin model havza, arazi kullanımı derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi.....                  | 115 |
| Şekil 4.33. Dispersiyon oranının model havza, arazi kullanımı ve derinlik kademesine göre değişimi.....            | 116 |
| Şekil 4.34. Kolloid/nem ekivalanı oranının model havza, arazi kullanımı.....                                       | 118 |
| Şekil 4.35. Erozyon oranının model havza, arazi kullanımı ve derinlik kademesine göre değişimi.....                | 120 |
| Şekil 4.36. Burdur Gölü Havzasında geotekstil parsellerin konumu .....   | 122 |
| Şekil 4.37. 1 numaralı model havzanın arazi kullanım durumlarına göre geotekstil ölçüm sonuçları.....              | 124 |
| Şekil 4.38. 1 numaralı model havzada yıllara göre geotekstil ölçüm sonuçları.....                                  | 125 |
| Şekil 4.39. 5 numaralı model havzanın arazi kullanım durumlarına göre geotekstil ölçüm sonuçları.....              | 125 |
| Şekil 4.40. 5 numaralı model havzada yıllara göre geotekstil ölçüm sonuçları.....                                  | 126 |
| Şekil 4.41. 20 numaralı model havzanın arazi kullanım durumlarına göre geotekstil ölçüm sonuçları .....            | 126 |
| Şekil 4.42. 20 numaralı model havza da yıllara göre geotekstil ölçüm sonuçları....                                 | 127 |
| Şekil 4.43. 30 numaralı model havzanın arazi kullanım durumlarına göre geotekstil ölçüm sonuçları .....            | 127 |
| Şekil 4.44. 30 numaralı model havzada yıllara göre geotekstil ölçüm sonuçları.....                                 | 128 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| Çizelge 3.1. Thornthwaite yöntemine göre Burdur'un su bilançosu .....   | 27           |
| Çizelge 3.2. Anakaya gruplarının arazi kullanım durumlarına göre dağılımı.....  | 30           |
| Çizelge 3.3. Burdur Gölü Havzası toprak örnekleme noktaları .....   | 41           |
| Çizelge 3.4. Burdur Gölü Havzasında eş havza yöntemine göre belirlenen birim<br>yıllık ortalama sediment miktarları ..... | 45           |
| Çizelge 4.1. Burdur Gölü Havzası dere sınıfları .....   | 70           |
| Çizelge 4.2. Burdur Gölü Havzası yükselti sınıfları .....   | 73           |
| Çizelge 4.3. Burdur Gölü Havzası eğim sınıfları .....   | 74           |
| Çizelge 4.4. Burdur Gölü Havzası bakı sınıfları .....   | 75           |
| Çizelge 4.5. Burdur Gölü Havzası arazi kullanım durumu .....  | 77           |
| Çizelge 4.6. Burdur Gölü Havzasına ait anakaya grupları ve alan dağılımları.....  | 79           |
| Çizelge 4.7. Model havzalara ait arazi kullanım durumları ve alan dağılımları .....                                       | 81           |
| Çizelge 4.8. Model havzalara ait eğim sınıfları ve alan dağılımı.....   | 82           |
| Çizelge 4.9. Model havzalara ait bakı grupları ve dağılımları .....   | 83           |
| Çizelge 4.10. 1 numaralı model havza yükseklik sınıfları .....  | 84           |
| Çizelge 4.11. 1 numaralı model havza anakaya sınıfları .....  | 84           |
| Çizelge 4.12. 1 numaralı model havza arazi kullanım sınıfları.....  | 85           |
| Çizelge 4.13. 1 numaralı model havza eğim sınıfları.....  | 86           |
| Çizelge 4.14. 1 numaralı model havza bakı grupları .....  | 86           |
| Çizelge 4.15. 5 numaralı model havza yükseklik sınıfları .....  | 87           |
| Çizelge 4.16. 5 numaralı model havza anakaya sınıfları .....  | 87           |
| Çizelge 4.17. 5 numaralı model havza arazi kullanım sınıfları.....  | 88           |
| Çizelge 4.18. 5 numaralı model havza eğim sınıfları.....  | 89           |
| Çizelge 4.19. 5 numaralı model havza bakı grupları .....  | 89           |
| Çizelge 4.20. 20 numaralı model havza yükseklik sınıfları .....   | 90           |
| Çizelge 4.21. 20 numaralı model havza anakaya sınıfları .....   | 90           |
| Çizelge 4.22. 20 numaralı model havza arazi kullanım sınıfları.....   | 91           |
| Çizelge 4.23. 20 numaralı model havza eğim sınıfları.....   | 92           |
| Çizelge 4.24. 20 numaralı model havza bakı grupları .....   | 92           |
| Çizelge 4.25. 30 numaralı model havza yükseklik sınıfları.....  | 93           |
| Çizelge 4.26. 30 numaralı model havza anakaya sınıfları .....   | 93           |
| Çizelge 4.27. 30 numaralı model havza arazi kullanım sınıfları.....   | 94           |
| Çizelge 4.28. 30 numaralı model havza eğim sınıfları.....   | 95           |
| Çizelge 4.29. 30 numaralı model havza bakı grupları .....   | 95           |
| Çizelge 4.30. Toprak özelliklerine ilişkin istatistiksel karşılaştırma .....  | 121          |
| Çizelge 4.31. Toprak özelliklerine ilişkin korelasyon analizi sonucu.....   | 122          |
| Çizelge 4.32. Model havzalar ve Burdur Gölü Havzasında geotekstil parsellerden<br>ölçüm sonuçları .....                   | 123          |
| Çizelge 4.33. Geotekstil parsellerin 2 yıllık bağımsız örnekleme t test sonucu .....                                      | 128          |
| Çizelge 4.34. 1 numaralı model havzadan kaybolan tahmini toprak kaybı .....   | 129          |
| Çizelge 4.35. 5 numaralı model havzadan kaybolan tahmini toprak kaybı .....   | 130          |
| Çizelge 4.36. 20 numaralı model havzadan kaybolan tahmini toprak kaybı .....  | 132          |
| Çizelge 4.37. 30 numaralı model havzadan kaybolan tahmini toprak kaybı .....  | 134          |
| Çizelge 4.38. Model havzalar ve Burdur Gölü Havzasında GeoWEPP tahmin<br>sonuçları .....                                  | 136          |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|                 |  |
|-----------------|--|
| AGNPS           | Agricultural Non-point Source Pollution Model (Tarımsal Noktasal Olmayan Kaynak Kirliliği Modeli)                          |
| CBS             | Coğrafi Bilgi Sistemleri   |
| CLIGEN          | Climate Generator (İklim Üreticisi)  |
| CREAMS          | Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems (Tarımsal Yönetim Sistemlerinde Kimyasal Akış Erozyonu) |
| CSA             | Critical Source Area (Kritik Kaynak Alanı)   |
| DEM             | Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)   |
| DET             | Düzeltilmiş Evapotranspirasyon   |
| EPIC            | Erosion Productivity Impact Calculator (Erozyon Verimlilik Etki Hesaplayıcısı)   |
| ESRI            | Environmental System Research Institute (Çevresel Sistemler Araştırma Enstitüsü)   |
| ET              | Gerçek Evapotranspirasyon  |
| ETP             | Evapotranspirasyon   |
| EUROSEM         | European Soil Erosion Model (Avrupa Erozyonla Mücadele Modeli)   |
| FAO             | Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)   |
| GeoWEPP         | Geo-Spatial Interface For Water Erosion Prediction Project   |
| MTA             | Maden Tetkik ve Arama  |
| MGM             | Meteoroloji Genel Müdürlüğü  |
| MUSLE           | Modified Universal Soil Loss Equation (Modifiye edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği)                                    |
| MSCL            | Minimum Source Channel Length (Minimum Kaynak Kanal Uzunluğu)  |
| NDVI            | Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi  |
| PET             | Potansiyel Evapotranspirasyon  |
| RMSE            | Ortalama Karesele Kök Hata   |
| RUSLE           | Revised Universal Soil Loss Equation (Revize edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği)                                       |
| SYM             | Sayısal Yükseklik Modeli   |
| SWAT            | Soil and Water Assessment Tool (Toprak ve Su Değerlendirme Aracı)  |
| USDA            | United States Department of Agriculture (Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı)                                      |
| TOPAZ           | Topographic Parameterization (Topoğrafik Parametrelendirme)  |
| USLE            | Universal Soil Loss Equation (Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği)  |
| WEPP            | Water Erosion Predict Project (Su Erozyonu Tahmin Projesi)   |
| °C              | Santigrad Derece   |
| %               | Yüzde  |
| cm              | Santimetre   |
| ha              | Hektar   |
| g               | Gram   |
| kg              | Kilogram   |
| m               | Metre  |
| km <sup>2</sup> | Kilometrekare  |
| m <sup>2</sup>  | Metrekare  |
| m <sup>3</sup>  | Metreküp   |
| mm              | Milimetre  |

## 1. GİRİŞ

Toprak, insanlığın var oluşundan bu yana yeryüzünde yaşayan tüm canlılara çeşitli yönleriyle birçok fayda sağlamakta, ayrıca doğal şartlar altında, kendisini yenilemesi ve sürekliliğini koruması bakımından da oldukça büyük bir öneme sahiptir. Toprağın oluşum aşaması, uzun bir zaman periyodunda gerçekleşmekte olup, içerisinde ve üzerinde yaşayan tüm canlılara yaşam ve besin kaynağının yapısını oluşturması bakımından oldukça öneme sahiptir (Blanco-Canqui ve Lal, 2008). Toprak; Bitkiler, su ve besin maddeleri sağlamakta, suyu depolamakta ve filtreleme görevi görmektedir. Aynı zamanda, iklim değişikliğini hafifletmek gıda, lif ve enerji üretmek gibi ekosistem hizmetlerini sağlamak ve düzenlemek gibi çok önemli görevleri de mevcuttur (Field vd., 2017; Bouma, 2018; Marx vd., 2019).

Toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin etkisi doğrultusunda kayaların ve organik materyallerin ayrışıp parçalanması ile oluşan, sürekli değişim içerisinde bulunan dinamik ve canlı bir varlıktır. İklim, ana materyal, topoğrafya ve organizmaların zaman içerisindeki etkileşimi sonucunda oluşmaktadır (Kantarcı, 2000; Atalay, 2006).

Dünyanın en önemli ve temel kaynaklarından birisi olan toprağın, karar alma mercileri tarafından önemi çoğu zaman gözardı edilmektedir. Hayati bir varlık olan, kaliteli toprağın olmaması durumunda, gıda, temiz tatlı su, biyolojik çeşitlilik ve ekosistemin genel olarak korunmasını riske atacağı gerçeği unutulamaz ve ihmal edilemeyecek kadar önemli bir olgudur. Ayrıca, toprağın karbon döngüsünde bir yutak görevi görme potansiyeli de yadsınamayacak bir gerçektir. Ekonomik ve çevresel önemine karşın, toprağın çeşitli bozulma süreçleri nedeniyle küresel olarak sürekli kaybedilmesi devam etmektedir (Nachshon, 2021).

Toprak bozulumu, toprağın mevcut durumu veya gelecekteki mal ve hizmet üretme kapasitesini azaltan, ekosistem işlevleri ve hizmetlerindeki azalma ile birlikte toprak kalitesindeki düşüş anlamına gelmektedir. Toprak bozulumunun doğrudan bir sonucu olarak, topraktaki besin maddelerinin kaybı ve ürün veriminde düşüşlerin olması kaçınılmazdır. Bu doğrultuda mevcut gıdanın hem kalitesini hem de miktarını azaltılmaktadır. Böylelikle yetersiz beslenmeye yol açarak hızla büyüyen dünya

nüfusu için büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Kavramsal olarak, dört tür toprak bozulması vardır. Bunlar fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ekolojik bozulma olmak üzere 4'e ayrılmaktadır (Blum, 1997; Lal, 2001; Lal, 2009; Lal, 2015; Ma vd., 2020; Pozza ve Field, 2020). Gözenekliliğin azalması ve toprak parçacıklarının toprak erozyonu ile ayrılması nedeniyle su tutma kapasitesinin kaybı, biyokütle faaliyetlerinde ve dolayısıyla tarımsal verimlilikte azalma, toprak bozulmasının neden olduğu ana konular arasında yer almaktadır (Ma vd., 2020).

Erozyon, toprak parçacıklarının su veya rüzgâr yoluyla aşındırılması, başka bir yere taşınması ve birikmesi sonucu oluşan, doğal bir jeolojik olaydır. Bu birikme süreci sediment olarak tanımlanmaktadır (Morgan, 1986). Diğer bir ifadeyle toprağın yer aldığı ortamdan, çeşitli kültürel uygulamalarla aşınmaya ve taşınmaya uğraması, yani erozyon ile tahribi de insanoğlunun doğaya yaptığı en büyük zararlar arasındadır. Böylelikle erozyon ile toprağın karasal ekosistemin içinde uzun yıllar içinde kazanmış olduğu fonksiyonunun, telafisi olamayacak sonuçlar doğurduğu söylenebilir (Carlier vd., 2006; Saygın vd., 2019). İnsanın en temel kaynaklarından biri olan toprak, erozyon tehdidi altındadır. Toprak erozyonu, dünya çapında oldukça ciddi bir ekolojik soruna dönüşmekte olup toprak bozulmasına ve verimlilik düşüşüne yol açmaktadır (Alewell vd., 2019).

Toprak erozyonu nedeniyle, nehirlerin ve rezervuarların su kalitesi olumsuz olarak etkilenmektedir. Bunlara ek olarak, erozyon kaynaklı sedimentler rezervuarların kapasitesini ve ömürlerini azaltmaktadır. Sulama, içme, hidroelektrik enerji üretimi, taşkın kontrolü ve rekreasyon amaçlı su kaynağı olan rezervuarların zarar görmesi ciddi ekonomik ve çevresel kayıplara neden olmaktadır (Msadala ve Basson, 2017).

Sediment verimi, belirli bir zaman dilimi ve belirli bir noktadan geçmesi hesaplanan aşınmış toprak miktarıdır (Kolli vd., 2021). Alt havza çıkışındaki sediment verimini hesaplamak için sediment iletim oranının denklem ile hesaplanması gerekmektedir. Sediment iletim oranı, belirli bir akış kesitindeki sediment veriminin, ölçüm noktasının akış yukarısındaki havzanın, brüt erozyonuna oranı olarak tanımlanır (Bekele ve Gemi, 2021). Diğer bir ifadeyle, sediment iletim oranı, toprak partiküllerinin erozyon alanlarından sediment veriminin ölçüldüğü noktaya taşınmasında havzanın etkinliğini temsil eder (USDA, 1998).

Sediment veriminin hesaplanması, barajlar ile diğer sulama sistemlerinin tasarım ve yönetiminin iyileştirilmesine katkıda bulunabilir. Ayrıca, sediment derecelendirme eğrileri, nehir suyu kalitesinin modelleme ve değerlendirmelerinde kullanılabilir (Warrick, 2015).

Günümüzde teknoloji oldukça ilerlemiş olmasına rağmen yapay olarak üretimi yapılamayan ve kendisini yenilemesi binlerce yıllık bir süreç alan topraklar, tarımsal faaliyetlerin artış göstermesi ve gerekli önlemlerin alınamaması durumunda ise erozyonla yok olmaktadır. Bu süreç insanlığın geçmiş yıllardan günümüze kadar karşılaştığı problemlerin en başında yer almaktadır.

Toprak erozyonu, dünyanın birçok lokasyonunda çevresel kaygılara neden olan ve tüm dünyayı etkileyen çevresel konular arasındaki en önemli sorunlardan birisidir (Luetzenburg vd., 2020; Li vd., 2020). Erozyon, insanoğluna çeşitli faydalar sağlayan toprağı ve toprağına bağlı diğer kaynakları, olumsuz yönde etkilemekte ve gıda üretiminde azalmalara neden olabilmektedir (Panagos vd., 2014; García-Ruiz vd., 2017). Ayrıca organik madde ve önemli besin maddelerini ortadan kaldırmakta ve genel biyoçeşitliliğı olumsuz olarak etkilemektedir. Bunların sonucu olarak bitki örtüsü büyümesini engellediğı için toprak verimliliğı ve üretkenliğine karşı en büyük tehdidi oluşturmaktadır (Scherr, 2000).

Toprak ve su kaynaklarının önemi, nüfusun artışı ve arazi kullanımının amaç dışı kullanımı göz önünde bulundurulduğunda bu kaynakların verimli ve sürdürülebilir bir biçimde yararlanılması gerçeğini ortaya çıkarmaktadır. Bu kaynakları tehdit eden problemlerden birisi de erozyondur. Erozyona etki eden faktörler başlıca; toprak, topoğrafya, iklim, vejetasyon ve insan olarak 5'e ayrılmaktadır. Erozyon olgusu sadece toprak kaybı olarak görülmemelidir. Aynı zamanda baraj ve göletlerin ekonomik ömürlerinin de dolmalarına sebebiyet vermektedir (Özsoy, 2007).

Toprak erozyonu nedeniyle dünyada 1.2 milyar ha arazinin bozulduğu tahmin edilmektedir (Lal, 2004). Ayrıca, geleneksel tarım uygulamaları sebebiyle, rüzgar ve su yoluyla hızlandırılmış toprak erozyonu, küresel ölçekte toprak bozulununun potansiyel nedenlerinden birisidir. Dünya karalarının yaklaşık %25'i ciddi şekilde

bozulmuş olup, kalan %50'si ise son 30 yıl içinde antropojenik faaliyetler nedeniyle orta derecede bozulmuştur (Srivastava vd., 2019).

Türkiye'de ise bu durum, her yıl toprak erozyonu sonucunda maksimum 642 milyon ton toprağın yer değişimi ile sonuçlanmaktadır. Alansal bazda bakıldığında ise ortalama toprak kaybının 8.24 ha ton<sup>-1</sup> olduğu düşünülmektedir (Erpul vd., 2018). Dünya ortalamasının altında bir toprak kaybına sahip olan Türkiye, Avrupa birliğinin yaklaşık 3.5 kat üstünde toprak kaybına uğramaktadır (Panagos vd., 2015).

Ülkemizde Dinamik Erozyon Modeli ve İzleme Sistemi verilerine göre; ülke yüz ölçümünün %60.28'sinde çok hafif, %19.13'ünde hafif, %7.93'ünde orta, %5.97'sinde şiddetli ve %6.7'sinde çok şiddetli olarak erozyon dağılımı izlenmiştir. Veriler değerlendirdiğinde, arazi kullanımı açısından yer değiştiren toprağın, %38.71'i tarım alanlarından, %4.17'si orman alanlarından ve %53.66'sı mera alanlarından oluşmaktadır (Erpul vd., 2018).

Arazinin yanlış kullanımı sebebiyle toprak kayıpları zamanla giderek artmaya devam etmektedir. Erozyon ülkemizde, ciddi oranlarda toprak kayıplarına neden olmasının yanında ekonomik ve ekolojik olarak büyük zararlar vermektedir. Ülke topraklarının yaklaşık %86'sı erozyon tehlikesi altında bulunmaktadır (Kara vd., 2010; Babalık vd., 2021).

Türkiye'nin iklimi ve topoğrafyası, erozyon oluşumu için oldukça hassas bir ülke olmasına zemin hazırlamaktadır. Bunlara ek olarak, I. ve II. sınıf tarım arazi kullanımları üzerinde sanayi ve yerleşim merkezleri hızla artmakta, tarım alanları ise eğimin yüksek olduğu kesimlere doğru gitmektedir. Böylelikle arazinin kabiliyetine göre kullanılmaması ve yanlış arazi kullanımı da erozyon riskini arttırmaktadır. Erozyonun kontrol altına alınması için oldukça hızlı bir biçimde erozyonun etkili olduğu sahaların tespit edilmesi gerekmektedir. Klasik etütlerle yapılan yöntemler, erozyon çalışmalarında oldukça maliyet ve zaman kaybına neden olmaktadır. Türkiye'de erozyonun şiddeti ve yayılışına bakıldığında yeni teknolojilerin zaman geçmeden kullanılması ve gerekli toprak su koruma önlemlerinin alınması gerekmektedir (Özsoy, 2007).

Erozyonla ilgili veriler incelendiğinde, dünyada erozyonun ciddi bir tehlike olduğu görülmektedir. Erozyon tehlikesinin dünyada en çok görüldüğü yer, ülkemizin de büyük bir kısmının içinde yer aldığı Asya kıtasıdır. Gerekli önlemlerin alınmaması durumunda, erozyon şiddetini zamanla arttırarak dünyamızı hızla çöle dönüştürebilecektir.

1930'lu yıllardan bu yana, toprak bilimciler ve karar vericiler, bir tarım alanından, bir yamaçtan veya bir havzada meydana gelen toprak kaybını belirlemek için çeşitli modeller ve hesaplamalar geliştirmekte ve yaygın olarak kullanmaktadır (Wischmeier ve Smith, 1978). Toprak erozyonu, genellikle deneysel ve modelleme yöntemleri ile araştırılmaktadır. Deneysel yöntemlerin çoğunda, deney parsellerinin toprak erodibilitesi, doğal veya yapay yağmurlama koşulları altında hesaplanmaktadır. Bununla birlikte, toprak erozyonu ölçümü pahalı ve zaman alan bir işlem olup geniş bir çalışma alanında yapılamamaktadır. Bu nedenle toprak erozyonu modelleri, daha büyük ölçeklerde toprak erozyonu değerlerinin tahmin edilmesi bakımından büyük önem taşımaktadır (Feng vd., 2010; El Kateb vd., 2013; Anache vd., 2017; Gholami vd., 2021). Erozyonun etkin bir şekilde modellenmesi, erozyon şekilleri ve erodibilite ile ilgili önemli bilgiler sağlamaktadır. Ayrıca mevcut veya potansiyel arazi kullanımlarının gelecekteki durumlarına ilişkin yapılacak senaryo analizlerine olanak sağlamaktadır (Millington, 1986).

Toprak erozyonu miktarının, alansal olarak belirlenebilmesi ve neden olduğu zararların azaltılmasına yönelik planların yapılabilmesi için farklı erozyon modelleri geliştirilmiştir. Erozyon modelleri, ampirik, kavramsal ve fiziksel temelli modeller olarak sınıflandırılmaktadır (Lal, 1994). Bu modellerin çalışma prensibi genellikle, konumsal değişimi tanımlayarak iklim, topografya, arazi örtüsü ve toprak özellikleri olmak üzere bu 4 bileşen üzerinden basit denklemler kurmaktır. Ancak toprak kayıplarının doğruya en yakın tahminlerinde, modellerin yüksek belirsizlikleri, mekan ve zaman değişimleri gibi kısıtlayıcı faktörler bulunmaktadır (Çilek, 2021).

Son yıllarda, aşınmış toprağın ayrılması, taşınması ve birikmesi süreçlerini temsil etmek ve ölçmek için çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bu modellerin kullanımı, girdi verilerinin mevcudiyetine veya yeterliliğine bağlıdır (Renschler ve Harbor, 2002; Merritt vd., 2003). En yaygın kullanılan ampirik modeller, evrensel toprak kaybı

denklemleri (USLE) sonrasında USLE üzerinde yapılan değişiklikler sonucunda revize edilmiş evrensel toprak kaybı denklemleri (RUSLE) ve modifiye edilmiş evrensel toprak kaybı denklemleri (MUSLE)'dir (Wischmeier ve Smith, 1965; Smith vd., 1984; Renard vd., 1991). Bazı fiziksel bazlı modeller ise; Su Erozyon Tahmin Projesi Modeli (WEPP), Tarımsal Yönetim Sistemlerinde Kimyasal Akış Erozyonu (CREAMS) ve Avrupa Erozyonla Mücadele Modeli (EuroSEM), Erozyon Verimlilik Etki Hesaplayıcısı (EPIC) vb. gibi diğer modeller de toprak kaybının tahmininde kullanılmaktadır (Knisel, 1980; Nearing vd., 1989; Morgan vd., 1990; Williams vd., 1990).

Fiziksel tabanlı modeller, bileşenlerindeki çeşitli denklemleri hesaplamakta ve tüm erozyon bileşenlerini ayrıntılı bir biçimde simüle etmektedir. Böylelikle daha geniş bir uygulanabilirlik alanı olduğu iddia edilmektedir. Bu tür modellerin, doğal erozyon süreçlerinin hem mekânsal hem de zamansal değişkenliğini değerlendirme yetenekleri açısından da genellikle diğer modellere göre birçok açıdan üstün tarafları vardır. WEPP modeli de mekansal ve zamansal olarak dağıtılmış bir yaklaşım kullanarak toprak kaybını ve birikimini tahmin eden fiziksel tabanlı modellerden biridir (Foster ve Lane, 1987; Nearing vd., 1994; Amore vd., 2004).

Fiziksel temelli bir model olarak kabul edilen WEPP modeli, Amerika'da, Ormancılık Tarımsal Araştırma ve Toprak Koruma Servisleri, Amerika Jeoloji Araştırma kurumlarının bilim adamları tarafından geliştirilmiştir. Model, 1995 yılında tarım, orman, mera ve diğer arazi kullanımları için başarılı bir şekilde uygulanmıştır (Nearing vd., 1989; Elliot vd., 1995). WEPP, öncelikle toprak erozyonunu, tepelerden ve küçük su havzalarından gelen yüzeysel akışı tahmin etmek için tasarlanmış modellerden biridir (Flanagan ve Nearing, 1995; Flanagan vd., 2007).

WEPP, toprak hidrolojisi ve erozyon biliminin temellerini içeren karmaşık ve sürekli bir simülasyon modelidir (Flanagan vd., 2013). WEPP, temel denklemlere dayalı olarak su dengesi, toprak kaybı ve bitki büyümesini hesaplamak için iklim, toprak, eğim ve bitki yönetimi olmak üzere dört girdi dosyasını kullanmaktadır (Flanagan ve Nearing, 1995).

WEPP, USLE'nin yerini almak üzere geliştirilmiş bir toprak erozyonu tahmin teknolojisidir (Laflen vd., 1991; Cochrane ve Flanagan, 1999). WEPP, topografik, toprak tipi ve arazi kullanım verileri gibi çeşitli çevresel parametreleri kullanarak ne kadar toprağın aşınabileceğini ve ne kadar sedimentin taşınabileceğini tahmin etmek için süreç tabanlı bir modeldir. WEPP'in simülasyon sonuçlarında, akış derinliği, akış hacmi ve pik akış hızı gibi hidrolojik bilgiler de alınabilir (Ascough II vd., 1997; Laflen vd., 1997).

WEPP modeli uygulanacağı arazinin kullanım durumu, havza veya bir yamaç alanda oluşacak toprak kaybının nerede, ne zaman oluşacağını ve depolanacağını ortaya koymaktadır. Böylelikle uygulama bakımından ne gibi toprak koruma önlemlerinin alınması gerektiğini ve en uygun yöntemlerin seçilmesi hususunda etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Modelde sürekli bir veri gereksiniminin olması, kısa zaman periyodunda modelin yürütülmesindeki büyük bir engel olup gerekli olan verilerin elde edilmesi uğraş gerektiren bir durumdur (Yazidhi, 2003). WEPP, sekiz ana bileşenden oluşmakta olup, bunlar; iklim, infiltrasyon, su dengesi, bitki büyümesi ve kalıntı ayrışması, toprak işleme ve konsolidasyon, yüzey akışı, erozyon ve kış süreçleridir (Flanagan ve Nearing, 1995).

WEPP'in birçok erozyon tahmin modeline göre avantajları bulunmaktadır. Bu avantajlar, birikme olayının bir tepe yamacında veya havzada simüle edilebilmesidir (Cochrane ve Flanagan, 1999). Model, hem yamaç hem de havza projelerinde şev profili boyunca mekansal olarak dağıtılmış net toprak kaybı sunmaktadır. WEPP, farklı parametrelerin net toprak kaybı veya kazancı üzerindeki etkilerini herhangi bir süre boyunca tüm tepe yamacını incelemek için kullanmaktadır (Tiwari vd., 2000). Bu nedenle iklim değişikliğinin havzalar üzerindeki etkilerini ölçmek için kullanılabilir. Gelecekteki iklim senaryolarını modellemek için farklı faktörlerin kullanımına imkan tanımaktadır (Gould vd., 2016).

WEPP, toprak erozyonu ile ilgili yamaç ve alan ölçeğindeki doğal süreçleri simüle etmek için toprak suyu, sediment erozyonu ve taşınımı ile bitki büyümesinin temel denklemlerini birleştiren matematiksel bir modeldir. WEPP modeli, bilim adamlarının ve devlet kurumlarının toprak ve su koruma ile çevresel planlama ve değerlendirme hakkında daha iyi bilgi sahibi olabilmeleri için daha basit toprak

erozyonu araçlarının yerini almak üzere 1985 yılından günümüze kadar sürekli olarak geliştirilmekte ve geliştirilmeye devam etmektedir (Flanagan vd., 2007).

Başlangıçta tarım ve mera arazi kullanım durumlarındaki erozyonu değerlendirmek amacıyla geliştirilen WEPP, sonrasında model çıktısının saha gözlemleriyle uyumlu olduğu küçük ormanlık su havzalarına uyarlanmıştır (Dun vd., 2009). WEPP'in Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile birleştirilmesiyle GeoWEPP (Geo-Spatial Interface For Water Erosion Prediction Project) uygulaması geliştirilmiştir. GeoWEPP hakkında açıklamada bulunmadan önce WEPP hakkında bilgi sahibi olunması gerekmektedir. ArcGIS tabanlı GeoWEPP aracı ile, toprak, bitki örtüsü, topografya ve iklim bileşenlerini içeren dijital yükseklik modellerinden tepeler ve kanallar oluşturulmaktadır (Renschler, 2003; Flanagan vd., 2013).

Bu çalışmanın amacı, geotekstiller kullanılarak Burdur Gölü Havzasından taşınan toprak materyalinin miktarını belirlemek ve toprakların fiziksel özellikleri ile havzaların hidrolojik ve fizyografik özelliklerini tespit etmektir. Ayrıca çalışmada, son zamanlarda en çok kullanılan ve kabul gören erozyon modellerinden birisi olan WEPP modelinin önemini ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu amaçla Burdur Gölü Havzasından erozyon ile taşınan toprak materyali yersel ölçümlerle geotekstiller kullanılarak, tahmin yöntemi olarak ise WEPP modeli kullanılarak belirlenmiş ve bu iki yöntem karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda toprak erozyonu çalışmalarında hem zamandan hem de maliyetten tasarruf edilerek verilerin tüm havzaya uyarlanması amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

WEPP teknolojisi, toprak ve su koruma ile ilgili konuların kurumlar tarafından kullanımı için 1985 yılında başlatılmış bir projedir. Deneysel erozyon tahmin teknolojilerinin yerine USDA (Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı) tarafından geliştirilmiştir. WEPP modeli; infiltrasyon, yüzeysel akış, toprağın yağmur damlası ve akış yoluyla koparılması, sediment taşınımı, sediment birikimi, bitki büyümesi ve ölü örtünün ayrışması gibi toprak erozyonu için oldukça öneme sahip süreçleri tahmin etmektedir.

20. yüzyılda, toprak erozyonu teorileri ve süreçleri, toprak erozyonunun ölçülmesi, modellenmesi ve koruma uygulamalarının toprak kaybı üzerindeki etkisinin ölçülmesi üzerine kapsamlı araştırmalar yapılmıştır. İlk çalışmalar, toprak erozyonunun yağış, toprak özellikleri, akış, yeryüzü şekilleri ve arazi örtüsü gibi faktörlerden nasıl etkilendiğine odaklanmıştır. Toprak kaybını hesaplamak için eğim ve eğim uzunluğu kullanılmış, daha sonrası mahsul ve koruma uygulama faktörleri eklenmiştir (Zingg, 1940; Smith, 1941; Hudson, 1995). Bu denklemler, daha sonra RUSLE ve RUSLE'ye güncellenen ampirik bir model olan USLE için ilk uygulamalardır (Wischmeier ve Smith, 1978; Renard vd., 1991). CREAMS ve WEPP gibi süreç bazlı erozyon modelleri de geliştirilmiştir. Süreç tabanlı modeller arasında WEPP, en son nesil süreç tabanlı sürekli modeldir. Simülasyon modeli ile toprak kaybını tahmin etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Toy vd., 2002; Bhuyan vd., 2002). Flanagan vd. (2007)'ye göre WEPP'in gelişim geçmişi incelendiğinde, WEPP'in uzun vadeli ortalama toprak kaybını yeterince tahmin edebildiği ve USLE'nin doğasında var olan sorunları ve sınırlamaları aştığı sonucuna varılmıştır.

Tiwari vd. (2000) tarafından ABD'de yürütülen bir araştırmada, 20 lokasyonda bulunan tarım alanlarındaki 1600 yıllık doğal akış grafiği verileri incelenmiştir. Toprak kaybı için WEPP modeli hem USLE hem de RUSLE sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. WEPP modelinden elde edilen tahminlerin, güvenilirliğini değerlendirmek için gözlemlenen verilere karşı validasyon işlemi yapılmıştır. Gözlenen toprak kaybının düşük değerleri üç modelin hepsinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında, USLE ve WEPP' in bu çalışmada yüksek toprak kaybı

aralıklarında daha iyi performans gösterdiği ifade edilmiştir. Genel olarak; USLE ve RUSLE’de kullanılan parametrelerin sahaya özgü olmasının, USLE ve RUSLE’nin WEPP’ modelden daha iyi performans göstermesinin nedeni olduğunu belirtmiştir.

Yüksel (2001) tarafından Ayvalı Barajı Yağış Havzası’nda yapılan doktora çalışması, WEPP modelinin Türkiye’deki ilk çalışmasıdır. Araştırmada veriler, CBS ve WEPP ortamında değerlendirilerek model havza planlaması yapılmıştır. Farklı arazi kullanım durumlarının hektarda yıllık ne kadar ton toprak kaybının ortaya koyulduğu araştırmada, tahmini toprak kaybının orman arazi kullanımı altında 1.32 ton/ha/yıl, mera arazi kullanımında 4.69 ton/ha/yıl ve tarım alanlarında ise 23.95 ton/ha/yıl olarak bulunmuştur.

Kırnak (2002) tarafından ABD’nin Ohio bölgesindeki bir tarım havzasında, erozyon ve yüzeysel akışın tahmininde WEPP ve AGNPS (Alansal Noktasal Olmayan Kaynakların Havza Çevresinde Tepki Simülasyonu) modellerinin karşılaştırıldığı bir araştırmada, yapılan istatistiksel analizler sonucunda WEPP modelinin, AGNPS modeline göre yüzeysel akış, pik akım ve sediment miktarı gibi özellikleri tahmin etmede daha başarılı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca AGNPS modelinin sediment verimini %17 oranında daha az tahmin ederken, WEPP modeli %37 oranında fazla olarak tahmin ettiği belirtilmiştir.

Amore vd. (2004) tarafından üç büyük Sicilya havzasında yürütülen araştırmada, erozyon tahmininde USLE ve WEPP modelleri kullanılmıştır. Modellerin uygulanması aşamasında verileri işlemek ve yönetmek için CBS kullanılmıştır. Hesaplanan sediment verimleri birbirleriyle ve rezervuarda biriken sediment ölçümleriyle karşılaştırıldığında WEPP tahminlerinin USLE’den daha iyi sonuçlar verdiği ifade edilmiştir.

Stolpe (2005) tarafından Şili’de yapılan bir araştırmada, RUSLE, EPIC ve WEPP modeli dahil olmak üzere üç erozyon tahmin yöntemi değerlendirilmiştir. USLE ve WEPP modellerinin erozyon tahmininde aynı doğruluğu sağladığı bildirilmiştir.

Shi vd. (2006) tarafından Çin’in Kuzey Loess Platosu’ndaki deneysel saha istasyonunda yapılan araştırmada, WEPP modelinin CLIGEN (İklim Üreticisi)’in

toprak erozyonunu tahmininde, günlük iklim girdisi verileri oluşturma yeteneği değerlendirilmiştir. CLIGEN'in su akışı ve toprak erozyonunu tahmin etmek için iklim verilerinin üretmede yeterli olduğu belirtilmiştir.

Aydın (2007) tarafından Gümüşhane-Torul Barajı havzasında yapılan doktora çalışmasında, GeoWEPP modeli kullanılmıştır. Çalışma alanının 5 eş havza grubuna ayrıldığı bu araştırmanın sonucunda, havzada yılda ortalama 42.16 ton/ha toprak kaybının meydana geldiği belirtilmiştir.

Yüksel vd. (2007) tarafından Kahramanmaraş İlinde Ayvalı Barajı Havzasında, sediment verimi GeoWEPP modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. WEPP modelinin, sadece sediment verimi miktarını tahmin etmekle kalmayıp, sediment üretiminin nerede ve ne zaman meydana geldiğini belirleyen ve olası birikme yerlerini belirleyen en yaygın modellerden birisi olduğu ifade edilmiştir. Bu araştırmada, GeoWEPP'in performansını test etmek için orman arazi kullanımına ait bir alandaki belirli bir alt havzadan sediment verimi tahmin süreci sunulmuştur. Bu araştırmada, GeoWEPP'in kullanıcı ve yöneticilere hızlı tahminler sağlayabilen bir model olduğu da belirtilmiştir.

Pandey vd. (2008) tarafından Hindistan'da WEPP kullanılarak büyük bir tarımsal havza üzerinde bir çalışma yürütülmüştür. 1992'den 2000'e kadar olan muson mevsimi (Haziran-Eylül) için günlük ölçülen akış ve sediment verimi verileri toplanmıştır. Havza yedi alt havzaya ayrılmıştır. WEPP arayüzünde SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) kullanılarak eğim dosyaları oluşturulmuştur. WEPP modeli, 1996'da gözlemlenen akış ve sediment verileri kullanılarak kalibre edilmiştir. Gerekli değerlendirmelerle WEPP modelinin tarım arazi kullanımında meydana gelen erozyonun ve alt havzaların önceliklendirilmesinde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Yüksel vd. (2008) tarafından Orcan Deresi Havzasında GeoWEPP modeli kullanılmıştır. Araştırmada bulunan sonuçlara göre sediment verimi 6.95 ton/ha, yüzeysel akış 23.17 mm bulunurken gerçek sonuçlara göre sediment verimi 5.48 ton/ha, yüzeysel akış 26.58 mm olarak hesaplandığı belirtilmiştir.

Abacı ve Papanicolaou (2009) tarafından Iowa'daki Clear Creek'in bir alt havzasındaki küçük bir tarımsal havza üzerinde araştırma yapılmıştır. Yağışla ilişkili arazi kullanımı ve yönetim uygulamalarının etkisiyle oluşan erozyon üzerindeki uzun periyotdaki etkinin anlaşılmasını sağlamak için WEPP v2008.907 modeli ve uzun süreli simülasyon imkanı sağlayan CLIGEN kullanılmıştır. Modelden elde edilen tahminlerle 1997-2007 yıllarında toplanan arazi verileri karşılaştırılmış ve sediment verimi için  $R^2$  yıllık ortalamalarının sırasıyla 0.93 ve 0.94 olduğu belirtilmiştir. Genel sonuçlar, arazi yönetimi uygulamalarının, küçük bir havzada yağışın uzun vadeli toprak erozyonu üzerindeki etkisini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir.

Aladağ (2009), Kahramanmaraş yöresi Ahır Dağı meralarında yapılan yüksek lisans tezinde, WEPP modelini kullanarak erozyonu belirlemeye çalışmıştır. Araştırma sonucunda yıllık ortalama sediment verimi 44.2 ton/ha/yıl olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak araştırma alanının ve bölgenin erozyona karşı duyarlı olduğu belirtilmiştir.

Ergül (2009), Kahramanmaraş Kartalkaya Barajı Yağış Havzası'nda yapılan yüksek lisans çalışmasında, erozyon durumunu geotekstillerle araziden elde edilen toprak kaybı ve WEPP modelden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmıştır. Araştırma sonucunda, ortalama yıllık sediment verimini sırasıyla WEPP modelde 0.077 ton/ha, geotekstillerle ise 0.005 ton/ha olarak tespit edilmiştir.

Xinxiao vd. (2009) tarafından GeoWEPP kullanarak WEPP'i kalibre etmek ve doğrulamak için Çin'deki Loess Platosu'ndaki üç su havzasından elde edilen akış ve sediment verimi verileri kullanılmıştır. Sonuç olarak, simüle edilmiş akış ve sediment veriminin nispi hatalarının %30'un altında olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, havzada yağış arttıkça toprak erozyonunun daha şiddetli hale gelme eğiliminde olduğunu, orman örtüsü arttıkça toprak erozyonunun azalma eğiliminde olduğunu gözlemlemişlerdir.

Defersha vd. (2012) tarafından Mara Nehri havzası içinde yer alan Victoria Gölü havzasında yapılan çalışmada, havza ölçeğindeki sediment ve yüzey akışın tepkisini tahmin etmek için iki fiziksel tabanlı model (Erozyon 3D ve WEPP) uygulanmıştır. Tarım arazisinde erozyon yaklaşık 120 ton/ha/yıl bulunurken, en

düşük erozyon oranının çalılık arazilerde ve otlaklarda görüldüğü belirtilmiştir. Hem WEPP hem de Erozyon 3D modellerinin, akış ve sediment verimi tahmini için faydalı araçlar olduğu belirtilmiştir. Her iki modelin de akış tahmininde iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, WEPP modelinin, toprak erozyonu tahmininde Erozyon 3D' den daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir.

Flanagan vd. (2012) tarafından WEPP uygulamasında, programın doğru bir şekilde çalışabilmesi için yaklaşık 260 hektara kadar olan küçük yamaçlarda ve su havzalarında tavsiye edildiği belirtilmiştir.

Ogwo vd. (2012) tarafından yapılan araştırmada, nemli tropik havzada, su erozyonunu tahmin etmek için WEPP, Toprak ve Su Değerlendirme Aracı (SWAT) ve AGNPS'nin performansı karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak WEPP'in SWAT ve AGNPS'den daha iyi kapasiteye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Dun vd. (2013) tarafından Batı Virginia'daki Fernow Deney Ormanı'ndaki iki orman havzasında yürütülen araştırmada, WEPP modeli uzun vadeli gözlemlenen hidrolojik verileri kullanarak, orman havzası hidrolojisini değerlendirmek için kullanılmıştır. Çalışmada masaüstü WEPP Windows arayüzü ve yeni çevrimiçi web tabanlı CBS arayüzü (<http://WEPOnlineGIS.bsyse.wsu.edu>) kullanılmıştır.

Mahmoodabadi ve Cerda (2013), WEPP sonuçlarını, kurak ve yarı kurak arazi için bir çizim ölçeğinde gözlem verileriyle karşılaştırmışlardır. Çalışmada modelin daha düşük olanı fazla tahmin etme eğiliminde olduğu, ancak daha yüksek erozyon oranlarını hafife aldığı sonucuna varmışlardır.

Erdoğan Yüksel (2015) tarafından Borçka Barajı Havzasında yürütülen doktora çalışmasında, WEPP modeli ve CBS teknikleri kullanılarak toprak erozyonu hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, Borçka Barajı Havzasında yıllık toplam sediment miktarının 360431.70 ton/ha/yıl, yıllık ortalama sediment miktarının ise havza genelinde toplam 242.41 ton/ha/yıl olduğu ifade edilmiş olup, yılda 4.16 ton/ha/yıl sediment verimi gerçekleştiği belirtilmiştir.

Erdoğan Yüksel vd. (2016) tarafından yapılan araştırmada, GeoWEPP kullanılarak Kokolet Deresi Havzasından toprak kaybı, yüzey akışı ve sediment verimi tahmin edilmiştir. Sonuçlara göre, havza için yıllık toplam toprak kaybı miktarının 23 559 ton olduğu belirtilmiştir. Kanallara ulaşan toplam sediment 10 225 ton/yıl civarında iken, sediment verimi 2.52 ton/ha/yıl olmuştur. Ayrıca, GeoWEPP havza için yaklaşık 735 mm yıllık toplam yağış tahmininde bulunmuştur.

Haque vd. (2016) tarafından yapılan araştırmada, ArcGIS 10.2 arayüzüyle WEPP yazılımını kullanılarak, Malezya Yarımadası'nın Langat alt havzası olan UKM havzasındaki sediment verimi ve yüzey akışını tahmin etmişlerdir. GeoWEPP ve WEPP ara yüzlerinde, arazi örtüsü, eğim, iklim, toprak ve topografik verilerin özelliklerini kullanarak TOPAZ algoritması ve CLIGEN kullanılmıştır. Çalışmada GeoWEPP tarafından yapılan sediment tahmini ile bunun ölçülen değeri arasında varyasyon olduğu söylenmiştir. Sediment ve akış değeri ölçülmüştür. Sonuç, ölçülen sedimentin  $2.91 \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$  olduğunu ve aylık bazda ortalama ölçülen günlük akış değerinin 2.58 mm/gün olduğunu göstermiştir. Aylık simüle edilen sediment yükü ve GeoWEPP'den gelen akış değeri karşılaştırılmıştır. GeoWEPP'den, sediment yükü için tahmin edilen değer, ölçülen değerden yaklaşık 2 kat daha fazla olan  $5.76 \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$  ve yüzey akışı için simüle edilen değer 2.16 mm/gün olarak belirlenmiştir.

Han vd. (2016) tarafından Loess Platosu'nda hem eğim hem de havza ölçeğinde toprak erozyonunu simüle etmek için WEPP modeli kullanılmıştır. Analizler sonucunda, havza ölçeğinde hem yüzey akışı hem de toprak erozyonundan simüle edilen değerlerin ölçülenden daha yüksek bulunduğu belirtilmiştir. Havzanın yıllık akışı  $83 \text{ m}^3$ 'tür; sediment içeriği  $0.097 \text{ ton/m}^3$ , yıllık erozyon 8.057 ton ve erozyon yoğunluğu  $0.288 \text{ ton/ha/yıl}$ 'dır. Hem simüle edilen toprak erozyonu hem de akış değerleri ölçülenden daha yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar, çalışmanın sonunda WEPP modelinin, makul bir bitki örtüsü restorasyon modeli oluşturmak ve Loess Platosu'nun bitki örtüsü restorasyonuna yardımcı olabileceğini düşündüklerini belirtmişlerdir.

Reis vd. (2017) tarafından Kahramanmaraş Keklik Havzası'nda yürütölen bir araştırmada, sediment üretimi GeoWEPP programı aracılığıyla tahmin edilmiştir.

Sediment veriminin 34 533.5 ton/yıl, birim alan sediment veriminin 44.2 ton/ha/yıl, sediment iletim oranının ise 0.591 olarak hesaplandığı belirtilmiştir.

Demir vd. (2017) tarafından Tokat-Sivas karayolunun 20. km mesafesinde yer alan araştırma sahasında WEPP Hillslope modeli kullanarak, toprak kaybı ve yüzey akış tahmin edilmiştir. Araştırmada, 16 yıllık iklim verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, yamaç uzunluğu ve eğime bağlı olarak toprak kayıpları en fazla tarım arazi kullanımında bulunurken en düşük ise orman arazi kullanımlarında tahmin edildiği belirtilmiştir.

Özalp vd. (2017) tarafından Godrahav Deresi Havzası'ndan ne kadar toprak kaybının olduğu ve sediment miktarını belirlemek için GeoWEPP modeli kullanılmıştır. Sonuçlar hem yamaçlardan hem de kanallardan kaynaklanan 18 596.8 ton toprak kaybının yaklaşık 9854.8 ton/yıl'ının sediment olarak Borçka Barajı rezervuarına ulaştığını ortaya koymuştur. Model ayrıca yıllık ortalama toprak kaybının ve sediment veriminin sırasıyla 1.73 ve 1.86 ton/ha/yıl olarak tahmin edildiği belirtilmiştir.

Demir (2018) tarafından Tokat ili Büyükbeybağı mevkiinde mera arazi kullanımından tarım arazisine dönüştürülmüş olan çalışma alanının, USLE ve WEPP Hillslope modelleri toprak kayıpları tahmin edilmiştir. Yamaç arazisinde yer alan toprakların aşınma duyarlılığının oldukça düşük olduğu belirlenmiştir.

Flanagan vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada; WEPP modelinin, bir yerin, eğimini, toprağın ve yönetim sisteminin hidrolojik ve erozyon koşullarını etkileyen doğal süreçleri simüle eden, süreç bazlı bir toprak erozyonu tahmin sistemi olduğu belirtilmiştir. WEPP 1995 yılında, çeşitli kayıt dönemlerine sahip 2600'den fazla istasyondan bilgi içeren, ulusal bir iklim veri tabanına sahip olarak yayınlanmıştır. 2015 yılında aynı 40 yıllık kayıt süresine (1974-2013) sahip yaklaşık 2700 istasyon içeren güncellenmiş bir veri tabanı geliştirildiği belirtilmiştir.

Melaku vd. (2018) tarafından yürütülen araştırmada, GeoWEPP modelinin iyi kalibre edildiği ve havza için kabul edilebilir su akışı ve sediment verimi simülasyonu

değerleri sağladığı belirtilmiştir. Bu çalışma, su havzasında uygun toprak ve su koruma önlemleri önermek için ayrıca kullanılabilceğini ifade etmektedir.

Erdoğan Yüksel (2019) tarafından Düz Dere Havzasında yürütülen bir araştırmada, GeoWEPP ara yüzü kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, havza alanında yıllık toplam toprak kaybı ve sediment miktarı sırası ile 2815.2 ve 2720.9 ton olarak bulunmuştur. Bununla beraber, birim alandan ise 2.57 ton/ha/yıl sediment veriminin gerçekleştiği, sediment iletim oranının ise 0.977 olduğu hesaplanmıştır.

Özer (2019) tarafından yapılan yüksek lisans çalışmasında, Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü arazisinde yapılan araştırmada sediment verimini belirlemek amacıyla WEPP model kullanılmıştır. WEPP modelinin iklim parametresini oluşturmada kullanılan CLIGEN iklim modeli 50 yıllık zaman aralığında yağış parametrelerinin simülasyonu yapılmıştır. CLIGEN iklim modelinin, aylık yağışları başarılı bir şekilde benzeştirdiği ifade edilmiştir.

Uslu (2019) tarafından Tokat-Almus yöresinde yapılan yüksek lisans çalışmasında, tarım, orman ve mera arazi kulllanımlarında WEPP modeli kullanılmıştır. Model tahminine göre, orman ve mera arazilerinde toprak kaybının olmadığı belirtilmiştir.

Lobo ve Bonilla (2019), toprak kaybı modellerinin, toprak ve su kalitesi sorunlarını önlemek için arazi yönetimi kararlarını vermede yararlı araçlar olduğunu ifade etmişlerdir. WEPP modeli ve RUSLE gibi su erozyonu tahmini dahil olmak üzere birçok toprak kaybı modeli geliştirilmiştir. Diğer taraftan, RUSLE gibi modeller, toprak kaybını ve sedimenti tahmin edemediğini ifade etmişlerdir. Bu amaçla, Orta Şili'den ölçülen toprak ve iklim verileri kullanılarak WEPP model çalıştırılmıştır. Araştırma sonucunda 32 sahanın  $R^2$ 'si 0.81-0.83 ve kalan 51 saha için  $R^2$  değerini 0.66-0.89 aralığında doğrulamışlardır. Sağlanan modelde kil ve silt fraksiyonları için  $R^2$  değerleri, 0.86 ve 0.78 ile doğru tahminler yapılırken, ancak kum fraksiyonu  $R^2$ 'sinin 0.31 ile düşük çıktığını ifade etmişlerdir.

Tang ve Luo (2019) tarafından Çin'in Loess Platosu'ndaki üç farklı arazi örtüsü uygulamasında, akış ve sediment verileri kullanılarak WEPP modeli değerlendirilmiştir. Sonuçların, WEPP modelinin kaydedilen 37 akış olayından

22'sini ve kaydedilen 34 sediment üreten olaydan 20'sini tahmin edebildiğini belirtmişlerdir. Yıllık akış tahmininin sediment tahmininden daha doğru olduğu sonucuna varılmıştır.

Dutal (2020) tarafından Körsulu Deresi Yağış Havzasında yapılan doktora çalışmasında, GeoWEPP ve SWAT modeli yardımıyla sediment verimi ortaya konularak sediment veriminin azaltılmasında, öncelik verilmesi gereken alanların belirlendiği ifade edilmiştir. Çalışma alanında birim alandan meydana gelen toprak kaybı ve sediment verimi değerleri sırasıyla 15.7 ton/ha/yıl ve 5.45 ton/ha/yıl olarak tahmin edilmiştir.

Luetzenburg vd. (2020) tarafından İspanya'da Can Revull havzası ve Avusturya'da Fugnitz tarımsal havzasını modellemek için GeoWEPP kullanılmıştır. Küresel değişim senaryoları altında, iklim ve arazi kullanımının, toprak kaybı ve sediment iletim oranlarını, farklı iklim bölgelerinde belirgin bir şekilde etkilendiğini ve toprak işleme uygulamalarından ise daha fazla etkilenmesi beklendiğini belirtmişlerdir. Ayrıca toprak erozyonu modellemesinin, gelecekteki değişiklikleri tahmin etmek için değerli bir araç olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada, iklim senaryoları altında toprak erozyonu süreçlerinin gelecekteki değişimi belirlenmiştir. GeoWEPP ile toprak erozyonu süreçleri modellenmiştir. Gelecekteki iklim senaryoları altında iki iklim ortamı için mekansal ölçek ve iki zıt toprak işleme uygulamasında, farklı iklim bölgelerinin yağış miktarı açısından iklim değişikliğinden belirgin şekilde etkileneceğini ve bunun da yüzeysel akışta değişikliklere yol açacağını belirtilmiştir.

Singh vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, Hindistan'ın Uttarkand eyaletindeki Küçük Himalaya'da bulunan bir su havzasından günlük akış ve sediment verimini tahmin etmek için GeoWEPP modeli kullanılmıştır. GeoWEPP modelinde günlük hava durumu parametrelerini oluşturmak için CLIGEN kullanılmıştır. Model, 2015 yılında ölçülen verilerle kalibre edilmiş ve havzanın akış ve sediment verimi için 2016 ve 2017 yıllarında toplanan verilerle performans değerlendirilmiştir. Modelin kalibrasyonu, havzadan günlük akış ve sediment verimi için yüksek korelasyon katsayısı 0.92 ve 0.94 olarak bulunmuştur. Araştırmada, GeoWEPP modeliyle günlük akış ve sediment veriminin güvenilir bir şekilde tahmin yaptığı belirtilmiştir. GeoWEPP' in genel performansı model, akış ve sediment

veriminin güvenilir bir şekilde tahmin edilmesi için havza yönetimi kuruluşları için bir araç olarak kullanılabilceğini belirtilmiştir.

Safwan vd. (2021) tarafından WEPP modeli kullanılarak yapılan çalışmada, Suriye Lazkiye’de toprak erozyonunu tahmin etmek ve sonucu RUSLE ile karşılaştırmak amaçlanmıştır. Saha araştırması ve veri toplama çalışması yapılmış, 44 toprak örneği analiz edilmiştir. Ayrıca WEPP modelinde ve RUSLE’de kullanılmak üzere gerekli tüm girdi dosyaları hazırlanmıştır. Sonuçlar, incelenen lokasyonların %80’inden fazlasında hafif ile orta derecede (5 ton/ha/yıl’dan az) erozyon olduğunu, diğer lokasyonların ise ciddi toprak erozyonu tehlikesi yaşadığını göstermektedir. Ayrıca, WEPP modeli tarafından tahmin edilen akış hacmi 51-321 mm aralığındadır ve simüle edilmiş toprak erozyonu ile tahmin edilen akış arasındaki  $R^2$  0.68’e ulaşmıştır. WEPP modeli ile RUSLE arasındaki  $R^2$ , iki model arasında iyi bir korelasyon olduğunu gösteren 0.56 olduğunu belirtmişlerdir.

Karaşin (2021) tarafından Bingöl ilinde yapılan yüksek lisans çalışmasında, WEPP ve RUSLE modelleri kullanılarak yağış havzasından meydana gelen erozyon ve toprak kayıpları belirlenmiştir. Çalışma sahasında tarım ve hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklı bitki örtüsü tahrip edilmiş ve saha erozyona maruz kalmıştır. Sonuç olarak, çalışma sahasında gerekli önlemler alınmadığı takdirde erozyonun şiddetleneceğini ve erozyon riskinin fazla olduğu alanlarda toprak kayıplarına sebep olacak uygulamalardan kaçınılması gerektiği belirtilmiştir.

Nillama (2021) tarafından yapılan araştırma, WEPP modeli, Güney Filipinler’deki Misamis Oriental, Claveria’da toprak işlemenin ve artan yağışın, mahsul üretim uygulamalarını ve dolayısıyla toprak sediment verimini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur. Yağış verileri analiz edilerek, toprak, iklim ve diğer ilgili verilerle birlikte WEPP modeline girilmiştir. Duyarlılık analizi, toprak işlemesiz, hafif işleme, orta işleme ve ağır işleme dahil olmak üzere dört tipde gerçekleştirilmiştir. Ortalama yıllık erozyon oranlarının hafif işleme, orta işleme ve ağır işlemede sırasıyla %114, %85 ve %54 arttığı belirtilmiştir.

Meinen ve Robinson (2021) tarafından yeni bir insansız hava aracı metodolojisinin kullanıldığı çalışmada, USLE ve WEPP toprak erozyonu tahminleri

değerlendirilmiştir. İnsansız hava aracı metodolojisi ile ölçülen yıllık erozyon oranı 18.83 ton/ha/yıl olarak bulunurken, sırasıyla USLE ve WEPP tahminleri sırasıyla 26.23 ve 16.41 ton/ha/yıl olarak tahmin edilmiştir. WEPP ile modellenen yıllık ve yıl içerisindeki erozyon oranlarının, tahminin üst sınırında olduğu belirtilmiştir. USLE'nin toprak erozyon oranlarını sistematik olarak fazla tahmin etme eğiliminde olduğu sonucuna varılmıştır.

Revuelta-Acosta vd. (2021) tarafından Erie Gölü Havzasında yapılan araştırmada, deney alanının dördünden toplanan kapsamlı bir veri kümesi üzerinde test edilmiş ve doğrulanmıştır. WEPP modeli, yüzey ve yeraltı deşarjlarını simüle etmek için test edilmiş ve geliştirilmiştir. Çalışma sonucunda, WEPP modelinin minimum kalibrasyon ile yeraltı akışının güvenilir tahminlerini üretmek için kullanılabileceği belirtilmiştir.

Yousuf vd. (2022) tarafından Shivalik bölgesinde yer alan iki orman havzasında akış ve sediment verimi için WEPP havza modeli simülasyonu yapılmıştır. Birinci havza 29 tepe ve 18 kanala bölünürken, ikinci havza 35 tepe ve 25 kanala bölünmüştür. Gözlemlenen meteorolojik verilere dayanan, iklim dosyasını oluşturmak için CLIGEN yazılımı kullanılmıştır. Her bir yamaç ve kanal için toprak, eğim ve arazi kullanım yönetimi dosyaları oluşturulmuştur. Bu çalışmadan, WEPP modelinin temsili bir havza üzerinde kalibre edilmesinden sonra, benzer özelliklere sahip havzalar için kalibre edilmemiş havzada uygulanabileceğini belirtmişlerdir.

Lew vd. (2022)'e göre, WEPP modeli (WEPPcloud) hidrolojik modelleri arazi yöneticileri için daha erişilebilir hale getirmektedir. Karar verme sürecini kolaylaştırmak için diğer birçok model ve uygulamanın dahil edilmesine ve geliştirilmesine izin veren bir çerçeve ile yeni bir çevrimiçi arayüz geliştirdiklerini belirtmişlerdir. WEPPcloud arayüzü orman, tarım ve mera koşullarına uygulanabilir, ancak bozulmamış orman koşulları, orman yangını sonrası ve orman seyrelmesi, öngörülen yangın veya orman yangını sonrası malçlama gibi orman yönetim senaryoları için uzmanlaştığını belirtmişlerdir.

Fatemi (2022), Gharasou Nehri'nin su kalitesini tahmini için kullandığı modellerden birisi olan WEPP modelinde, özellikle %25'lik eğimde yüzey akışını doğru bir

şekilde tahmin etmiş, ancak %35 ve %45'lik eğimlerde toprak erozyonunu olduğundan daha az tahmin ettiğini belirtmiştir.

Barrett vd. (1998) tarafından silt fenslerin, düzenli aralıklarla yerleştirilmiş çelik veya ahşap direkler üzerinde desteklenen geotekstil filtre kumaşı kullanılarak yapıldığı belirtilmiştir.

Krenitsky vd. (1998) tarafından yapılan bir araştırmada, geotekstil kumaşından yapılmış sediment çitlerinin, erozyonu doğrudan ölçen, en ucuz yöntemi sunduğu belirtilmiştir.

Robichaud ve Brown (2002) yaptıkları araştırmada, kısa çim şeritler, çakıl torbaları ve silt fens gibi özel destek uygulamalarının, toprak erozyonunu %45'ten %85'e düşürmede çok etkili erozyon kontrol önlemleri olduğunu belirtmiştir. Ayrıca bu sonuçlar Güney Galler'deki toprak erozyonu tahmin planlaması ve koruma yönetiminde çok faydalı olacağını ifade etmişlerdir. Geotekstilin çalışma sahasına kurulması kolay, temini daha ucuz ve daha kolay olduğunu belirtmişlerdir.

Groen (2006) tarafından sediment veriminin silt fens kullanılarak ölçüldüğü bir çalışmada, işlem görmüş ve görmemiş her bir kontrol üç tekrarlı yapılmıştır. Toplam sediment veriminin 3.1 kg/ha ile 7.9 kg/ha arasında değiştiği belirtilmiştir.

Reis vd. (2012) tarafından Ahırdağı yöresinin Keklik Deresi yağış havzasında yapılan çalışmada, WEPP modeli ile toprak kaybı belirlenmiştir. Ayrıca, silt fens kullanılarak yersel ölçümler gerçekleştirilmiştir. Buna göre, araştırma alanında toplam sediment verimi 34 533.5 ton/yıl olarak belirlenmiş ve ortalama olarak kaybolan toprak kaybı 44 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Araştırma parsellerinden geotekstil kullanılarak elde edilen veriler tüm alana oranlandığında yıllık 58.6 ton/ha/yıl toprağın taşındığı belirtilmiştir.

Middleton (1930) tarafından yapılan çalışma, toprakların erozyon eğilimi üzerine yapılan ilk araştırmalardan biridir. Araştırmacı, tarım alanlarında çalıştığı halde, yöntemlerini sık sık orman topraklarına da tatbik etmiştir. Middleton, toprakların bünyelerindeki aşınma özelliğini belirleyen iki indis geliştirmiştir. Bunlar

dispersiyon oranı ve erozyon oranıdır. Bu iki oran; agregat stabilitesi, topraklarda dane - boyut dağılımı, nem ekivalanı gibi laboratuvar bulgularına dayandırmıştır. Diğer taraftan Middleton'un oranları, birçok araştırmacı tarafından eksikleri belirtilmiş olmasına rağmen, geçmişte yaygın olarak kullanıldığı gibi günümüzde de kullanılmaktadır.

Jenny (1941)'ye göre toprak, çevresel bileşenleri oluşturan çeşitli faktörlerin etkisiyle oluşmakta olup bu faktörlerin ana materyal, biyoloji, iklim, topografya ve zaman olduğunu belirtmiştir.

Ulugür (1972), Türkiye akarsu havzalarının ortalama sediment verimleri, yüzölçümü 20 km<sup>2</sup>'den küçük havzalarda 2200 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/yıl, 2500 km<sup>2</sup>'den büyük havzalarda ise 350 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/yıl olarak hesaplamıştır.

Atalay (1983)'a göre Türkiye, aşınım, taşınım ve birikme süreçlerinin en şiddetli olduğu ülkelerin başında gelmektedir. Ülkenin en az yarısında farklı seviyelerde erozyonun devam etmekte olduğunu belirtmiştir. Ayrıca Avrupa, Türkiye'den 13 kat daha büyük olmasına rağmen taşınan yıllık sediman miktarının Türkiye'de yaklaşık 380 milyonun üzerindeyken Avrupa'da ise bu miktarın 320 milyon ton olduğunu belirtmiştir. Bu veriler, Türkiye'de şiddetli veya yoğun erozyon, ulaşım ve tortulaşma olaylarının devam ettiğini açıkça göstermektedir.

Görcelioğlu (1997)'na göre orman örtüsü, yüzeysel akışa ve dere akımına düzenleyici bir etki yaparak erozyon ve sedimentasyonu en alt seviyeye indirmektedir. Havzalardaki orman örtüsü yüzdesinin artmasıyla erozyonun ve sediment veriminin azaldığı, buna karşın havzalardaki tarım alanının artmasıyla ise erozyonun ve sediment veriminin de arttığı belirtilmiştir.

Cerda (1999)'nın anakayanın erozyona etkisini deneysel yöntem kullanarak yaptığı bir çalışmada, erozyonun en fazla marn anakayası üzerinde oluşan topraklarda olduğunu, bunu sırayla kil, kireçtaşı ve kumtaşı üzerinde oluşan toprakların izlediği belirtilmiştir.

Yüksek ve Okatan (2000) tarafından Trabzon Limli Deresi Yağış Havzasında yapılan araştırmada 32 adet toprak profili açılmış ve farklı derinlik kademelerinden (0-20 cm ve 20-50 cm) toprak örnekleri alınmıştır. Alınan bu toprak örnekleri üzerinde, tekstür, toprak fraksiyonları, erozyon eğilimleri, nem sabitleri, geçirgenlik, hacim ağırlığı, dane yoğunluğu, gözenek hacmi, ateşte kayıp ve pH gibi özellikler ölçülmüştür. Analizler sonucunda havza toprakları, erozyona karşı duyarlı bulunmuştur.

Erol vd. (2009) tarafından yapılan çalışma, Isparta ili sınırları içerisinde yer alan Darıderesi havzasında yürütülmüştür. Bu araştırmada toprakların erozyona karşı gösterdiği direncin, bazı erozyona duyarlılık indeksleri kullanılarak, arazi kullanım durumuna bağlı değişimleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilerle, erozyona duyarlılığının orman topraklarında daha az olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak, araştırma alanı topraklarının erozyona karşı duyarlı olduğu belirtilmiştir.

Yüksel ve Avcı (2015) tarafından yürütülen çalışma, Vahkin Çayı Havzasında erozyon durumunu belirleme amacıyla yapılmıştır. Sonuç haritasına göre havzada, erozyon duyarlılığı çok yüksek olan sahaların %17, yüksek sahaların %12, orta olan sahaların %53, düşük ve çok düşük olan sahaların ise %20 alan kapladığı belirtilmiştir.

Tüfekçioğlu vd. (2016) tarafından Artvin-Murgul yöresinde yalancı akasya ağaçlandırmaları ile otlak alanların yüzeysel akış ve sediment taşınmasını önlemedeki etkileri karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucuna göre akasya ağaçlandırmasının erozyonu ve yüzeysel akışı önlemede çayır alanlarına göre çok daha etkili olduğu belirtilmiştir.

Ray ve Nyle (2017)'ye göre toprağın oluşum sürecinin uzun bir zaman periyodunda yavaş olarak cereyan ettiğini ifade etmişlerdir. Yağışın fazla olduğu tropik bölgelerde kayanın ayrışmasıyla 2 mm'lik bir toprağın oluşabildiğini kanıtlanmışlardır. Fakat toprak kaybının veya bozulmasının toprak oluşumundan çok daha hızlı meydana geldiğini ayrıca toprak kaybında en önemli etkinin toprak erozyonu olduğunu belirtmişlerdir.

Korkanç vd. (2018) tarafından Niğde-Akkaya Barajı Havzası içerisinde yürütülen araştırma, arazi örtüsündeki farklılaşmanın toprakların bazı hidro-fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu kapsamda, araştırma alanından toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinin tekstür, tane yoğunluğu, pH, elektriksel iletkenlik, organik madde, dispersiyon oranı, hacim ağırlığı, porozite, maksimum su tutma kapasitesi ve permeabilite özellikleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda çalışma alanı topraklarının erozyona karşı hassas olduğu belirtilmiştir.





### 3.1.2. İklim

Büyük ya da küçük ölçekli bir bölge üzerinde, belirli bir arazinin değerlendirilmesi istenildiğinde, toprak, doğa ve tüm canlılara etki eden başlıca faktör olarak iklim gelmektedir. İklim sınıflandırmasının ve kuraklığın izlenmesinde iklime dair parametreler, araştırmacılar ve bilim insanları tarafından aktif olarak kullanılmaktadır. Geçmiş dönemler içerisinde yağış verilerinin analizi ile kuraklık alanı, süresi ve şiddeti elde edilebilmektedir (Dursun ve Babalık, 2021).

Atayeter (2000)'e göre Burdur ili Akdeniz iklimi ve karasal makro ikliminin geçiş yerinde olması sebebiyle kendine özgü bir iklim karakteri taşımaktadır.

Burdur Gölü Havzası, Akdeniz Bölgesi iklim kuşağının kuzey özelliklerini yansıtmaktadır. Dolayısıyla bu bölgenin ikliminin yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları da soğuk ve yağışlı geçtiği söylenebilir (Kızıroğlu vd., 1995). Yağış dağılımında Akdeniz iklimi özelliklerine benzerlik gösteren havzada, sıcaklık miktarı ve mevsimsel farklılıklar bakımından genellikle karasal iklim özellikleri görülmektedir. Burdur ili Akdeniz Bölgesi sınırları içerisinde yer alsa da coğrafi faktörlerin etkisiyle, asıl Akdeniz ikliminin özelliklerini görmek pek de mümkün olmamaktadır. Bu durumun en önemli etkeni coğrafi olarak bakıldığında orografik uzanıştan kaynaklanmaktadır (Çetin, 2007; Ataoğlu, 2010).

İklim özelliklerinin tespiti amacıyla havza içerisinde yer alan Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait Burdur (17238) istasyonundan temin edilen çok yıllık veriler kullanılmıştır (MGM, 2021). Burdur Gölü Havzası içerisinde bulunan gözlem istasyonundan elde edilen uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık (°C) ve aylık toplam yağış ortalaması (mm) değerlerinden yararlanılmak suretiyle, Thornthwaite yöntemi kullanılarak havzanın su bilançosu ve iklim sınıfları değerlendirmeye alınmıştır. Thornthwaite iklim sınıflandırma yönteminde ilk adım su bilançosu tablosunun oluşturulmasıdır. Su bilanço tablosu, aylık ortalama yağış, ortalama sıcaklık ve evapotranspirasyon değerlerinden faydalanılarak oluşturulmaktadır. Bu parametreler ile yıllık potansiyel evapotranspirasyon (ETP), su fazlası, su noksanı, akış, nemlilik gibi özellikler hesaplanmaktadır. Thornthwaite iklim sınıflandırması dört işlem aşamasından oluşmaktadır. İşlem adımlarının her biri iklim tipinin bir simgesini

oluşturmaktadır. İlk harf, yağış etkinlik indeksinin hesaplanmasıdır. Bu indeks değeri Formül 3.1 kullanılarak bulunmaktadır. Kurak ve nemli iklimler olmak üzere iki büyük grupta toplanmıştır. Sonuç olarak en nemliden en kurağa doğru sıralanmaktadır (Thornthwaite, 1948; Dursun ve Yazıcı, 2022) (Çizelge 3.1).

$$I_m = \frac{(100*s-60*d)}{ETP} \quad I_m = \frac{(100*138.67-60*346.28)}{719.31} \quad (3.1)$$

Bu formülde (s) yıllık su fazlasını, (d) yıllık su noksanı ve (ETP) Yıllık potansiyel evapotranspirasyon (mm)'dur.

Bu indeks değeri (1)  $I_m = -9.61$  olarak hesaplanmıştır. Bu değer ile Burdur ilinin yağış etkenliği değeri 0 – (-20) arasında kalmakta ve “Yarı Kurak – Az Nemli C1” sınıfına girmektedir. Thornthwaite iklim sınıflandırmasındaki ikinci aşama (2. Harf), Thornthwaite sıcaklık etkinlik indeksinin oluşturulmasıdır. Bu değer, yıllık ETP değerleri kullanılarak belirlenmektedir (Çizelge 3.1). Burdur ilinin yıllık ETP değeri 719.3 mm olduğundan sıcaklık etkenliği indisine göre iklim tipi; 713 – 855 B’2 2. Derece Mezotermal’dir. Thornthwaite sınıflandırmasındaki üçüncü aşama (3. Harf), yağış rejimi indekslerinin oluşturulmasıdır. Bu kısımda, yıllık ETP değeri, su fazlası ve su eksiği kullanılmaktadır. Yağış rejimi indeksleri kurak iklimler için nemlilik indeksi ( $I_h$ ) olduğu için Formül 3.2 ile hesaplanarak iklim özellikleri belirlenmektedir (Thornthwaite, 1948; Dursun ve Yazıcı, 2022).

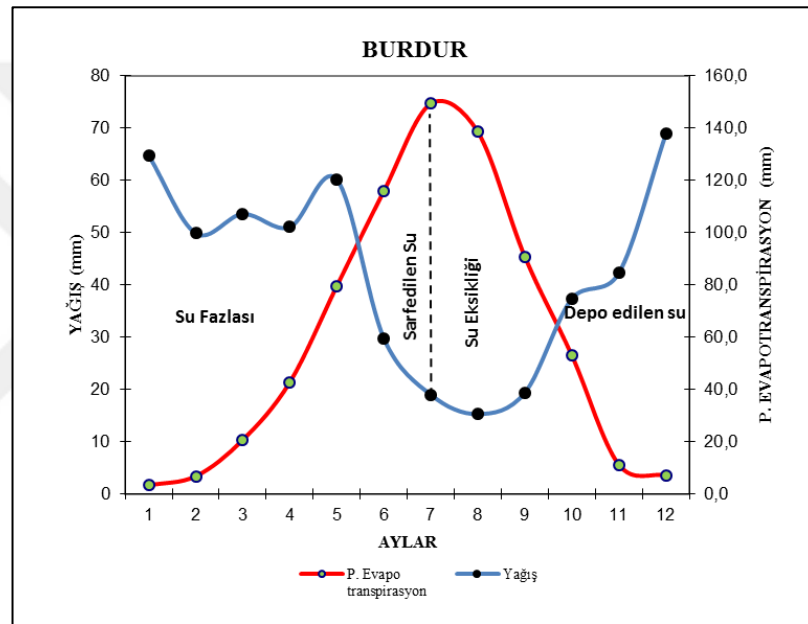
$$I_h = \frac{(100*s)}{ETP} \quad I_h = \frac{(100*138.67)}{719.31} \quad (3.2)$$

Bu indeks değeri (2)  $I_h = 19.28$  olarak hesaplanmıştır. Bu değer ile Burdur ilinin Nemlilik İndeksi değeri 11 – 20 arasında kalmakta ve “Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede olan ‘s’ sınıfına girmektedir. Thornthwaite sınıflandırmasındaki iklim tiplerinin son harfi ise yaz aylarındaki ETP’nin, yıllık ETP’ye oranlanmasıyla bulunmaktadır. ETP nin 3 yaz ayına oranı 56.16 bulunmuştur. Bu indis 52.0 – 56.3 olduğundan b’3 harfini almaktadır.

Sonuç olarak Burdur’a ait Thornthwaite iklim sınıflandırması incelendiğinde yağış etkinlik indeksi ve iklim özelliği C1 “yarı-kurak az nemli”, sıcaklık etkinlik

indeksine göre B'2 2. Derece Mezotermal, Nemlilik İndeksi ve iklim özelliğine göre “s” “su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede olan” iklim özellikleri gösterdikleri ve ETP'nin üç yaz ayına oranı indeksinin b'3 sınıfında olduğu hesaplanmıştır.

Burdur iline ait iklim parametreleri analiz edilerek su bilançosu hazırlanmış (Çizelge 3.1) ve su bilançosu parametrelerine göre de su bilançosu diyagramı çizilmiştir (Şekil 3.2). Su bilançosunun incelenmesi sonucunda, Burdur'da yağışın fazla olduğu aylarda 138.7 mm su fazlası, diğer aylarda ise 346.36 mm su eksikliği olduğu görülmektedir.



Şekil 3.2. Thornthwaite yöntemine göre Burdur'un su bilançosu aylık değişim grafiği

Çizelge 3.1. Thornthwaite yöntemine göre Burdur'un su bilançosu

| Aylar           | 1    | 2    | 3    | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11   | 12   | Yıllık |
|-----------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------|
| Sıcaklık        | 2.43 | 4.01 | 7.46 | 11.71 | 16.67 | 21.44 | 25.22 | 25.06 | 20.48 | 14.78 | 5.59 | 4.16 | 13.25  |
| Sıcaklık İndisi | 0.34 | 0.72 | 1.8  | 3.63  | 6.19  | 9.06  | 11.59 | 11.48 | 8.45  | 5.16  | 1.18 | 0.76 | 60.38  |
| G               | 0.86 | 0.84 | 1.03 | 1.1   | 1.22  | 1.23  | 1.25  | 1.17  | 1.03  | 0.97  | 0.85 | 0.83 |        |
| PET             | 3.9  | 8.1  | 20.1 | 38.9  | 65.2  | 94.3  | 119.6 | 118.4 | 88.2  | 54.7  | 13.2 | 8.5  |        |
| DET             | 3.3  | 6.8  | 20.7 | 42.8  | 79.6  | 115.9 | 149.4 | 138.6 | 90.8  | 53.4  | 11.2 | 7.1  | 719.3  |
| Yağış           | 64.8 | 49.9 | 53.6 | 51.1  | 60.2  | 29.8  | 19    | 15.3  | 19.4  | 37.4  | 42.3 | 68.9 | 511.7  |
| Su Depo, mm     | 100  | 100  | 100  | 100   | 80.6  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 31.1 | 92.9 |        |
| Depo Değişimi   | 0    | 0    | 0    | 0     | -19.4 | -80.6 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 14.6 | 55.2 |        |
| GET, mm         | 3.3  | 6.8  | 20.7 | 42.8  | 79.6  | 110.4 | 19.0  | 15.3  | 19.4  | 37.4  | 11.2 | 7.1  | 373.0  |
| Su Fazlası      | 54.4 | 43.1 | 32.9 | 8.3   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.0  | 0.0  | 138.7  |
| Su Eksikliği    | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 5.5   | 130.4 | 123.3 | 71.4  | 15.6  | 0.0  | 0.0  | 346.3  |
| Nemlilik %      | 18.4 | 6.3  | 1.6  | 0.2   | -0.2  | -0.7  | -0.9  | -0.9  | -0.8  | -0.3  | 2.8  | 8.7  |        |
| Yüzeysel Akış   | 27.2 | 48.7 | 38.0 | 20.6  | 4.2   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 138.7  |

### 3.1.3. Jeolojik yapı

Türkiye'nin tektonik gelişimi, kuzeyden güneye doğru dört ünite halinde gösterilmektedir. Bu ünitelerden birisi, (Ege - İrani kıvrımları da dahil olmak üzere) Güney Anadolu sıradağları, Toroslar olarak bilinen yer olup, Göller Bölgesi esas olarak Alpin orojenezin söz konusu olduğu bu ünite'dedir. Orta ve Batı Torosların asıl paroksizma hareketleri Oligosen ve Miosen arasında (III. Zaman) olmuştur (Ketin, 1959). Batı Toros Göller Bölgesi göllerin tamamına yakını tektonik hareketlerin son aşamasında, tektonik depresyonlar içerisinde yer almaktadır (Lahn, 1948).

Atalay (1972), Burdur Havzasında jeomorfolojik oluşumlar neticesinde birçok devrenin meydana geldiği ve topografyanın değişik gelişim aşamalarından geçtiğini belirtmiştir. Bu devreler ve gelişim aşamaları şöyle özetlenebilir;

**I – Tersiyer (III. Zaman)** başları bu dönem süresince yüksek kısımlardan aşınım ve aşağılara doğru taşınım meydana gelmiştir. Günümüzde Burdur depresyonu civarında gözlemlenen karasal Neojen'e ait kum, kil, marn; eosen - oligosen'e ait kumtaşı ve konglomera serilerini oluşturmaktadır.

**II - Tersiyer sonu** tektonik hareketler ile depresyonun meydana gelmesi ve tersiyer sonunda oluşan tektonik hareketlerle günümüzde Burdur Gölünün bulunduğu yerde çökmeler olmuş ve bu depresyonun doğu ve batı kesimleri de yükselmiştir.

**III - Pliosen aşınma ve birikme devresi** (III. Zaman sonları) ait gölsel marn, kil ve killi marnları meydana getirmişlerdir. Bu devrede şiddetli yağış ve eğim sebebiyle çevredeki arazi akarsular tarafından yarılp parçalanırken, depresyon kesiminde de şiddetli bir birikme oluşmuş, çöküntü alanı ise kısmi olarak dolmaya başlamıştır.

**IV - Pliosen sona ve kuaterner başı** faylanma devresi bu hareketler sırasında günümüzde Burdur Gölü'nün doğu kıyılarında Burdur ili ile Çendik Köyü arasında açık bir şekilde gözlemlenebilen yapay faylar da oluşmuştur. Pliosen göl depoları bir yandan deforme olmuş, kısmi olarak çökmüşlerdir.

**V - Kuaterner** (IV. Zaman) aşınma ve birikme devresi akarsuların bu aşındırma çabaları erozyon tabanından geriye doğru ilerlemeye başlamış, bu aşınım dalgası yüksek düzlükleri, özellikle şimdiki gölün doğu ve güneydoğu yamaçlarındaki karasal Neojen fliş depolarını iyice parçalamıştır. Ayrıca pleistosen'in yağışlı (pluviyal) döneminde yağışların bolluğu akarsuların statik olarak gençleşmelerini sağlamış (Atalay, 1972).

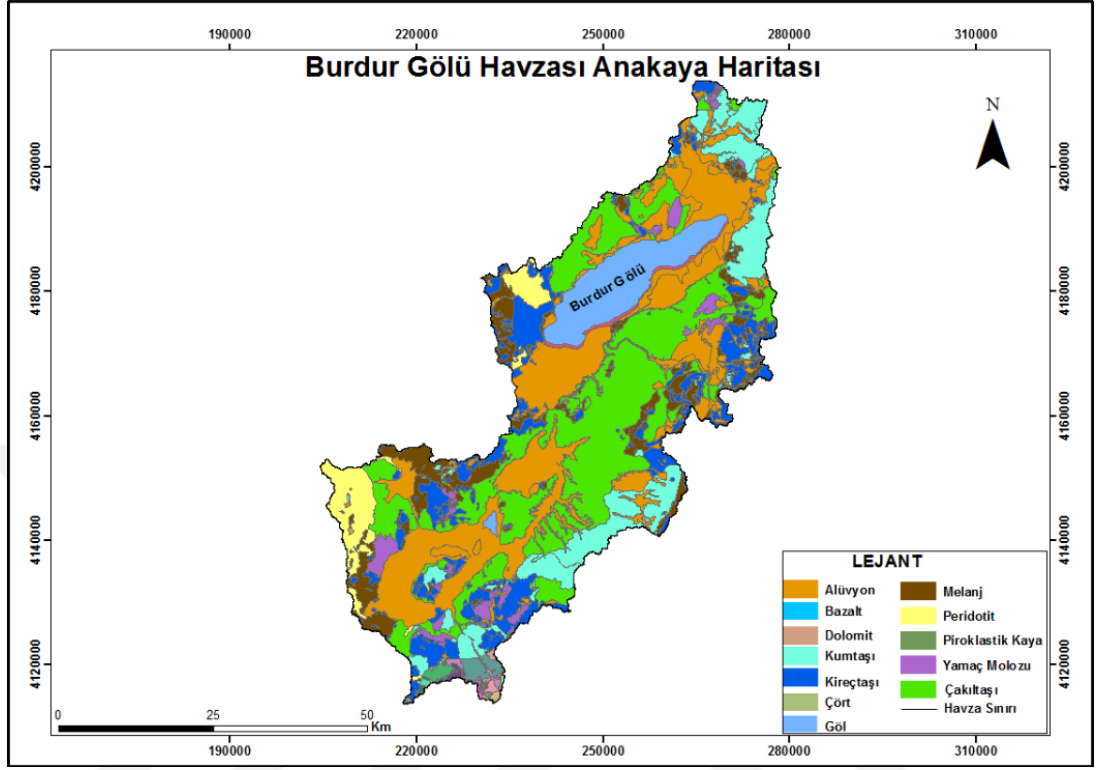
Burdur Gölü Havzası'nın batısında ve kuzeyinde nümilitik flişler, doğusunda neojen yaşlı kireçtaşları, güney ve güneybatısında ise serpantin ve gabro gibi bazik ve ultrabazik kayalardan oluşmuş yüksek kütlelerden oluşmaktadır (Lahn, 1948; Bozkurt, 2001). Burdur Gölü Havzası, Isparta büklümü olarak adlandırılan bölgenin batısında yer almaktadır. Isparta büklümü, Toros Dağları'nın temelini oluşturan Mesozoik kireçtaşları ekseninin Antalya Körfezi kuzeyinde ters "V" şeklinde oluşmaktadır (Ertunç vd., 2001). İnceleme alanındaki mesozoyik yaşlı temel birimler, kuzeybatıda Menderes masifi ve onun güneye doğru uzantıları ile güneydoğudaki Beydağları otoktonudur. Her iki otokton arasında da allokton konumlu kaya birimleri ile temsil edilen likya napları yer almaktadır. Menderes masifi ve Beydağları platformu otokton birimlerdir. Likya napları da Menderes masifi ile Beydağları otoktonu arasında kuzeybatı ve güneydoğu yönlü sıkışmasıyla oluşmuş tektonik dilimleri temsil etmektedir. Bölgede Menderes masifi, Beydağları otoktonu ve Likya naplarının üzerleri paraallokton ve neo-otokton Tersiyer yaşlı birimlerle örtülmektedir (TOB, 2020).

Ataol (2010)'a göre pliyosen ve kuaterner yaşlı seriler havzanın yarısından fazla bir alan kaplamaktadır.

#### **3.1.4. Anakayalar ve büyük toprak grupları**

Burdur Gölü Havzasında kestenerengi toprak ve kahverengi orman toprağı hakim toprak tiplerini oluşturmaktadır. Bu toprak tipleri, havzanın yaklaşık yarısından fazla bir alanına karşılık gelmektedir. Her iki toprak tipi de zonal toprak özelliği göstermektedir. Çoğunlukla konglomera ve kumtaşından oluşan zemin üzerinde gelişmişlerdir. Kestenerengi topraklar özellikle Burdur Gölü drenaj alanında bulunmakta olup, jeolojik olarak kumtaşı, kiltası, çamurtaşı ve konglomera kayac

tipleri üzerinde yayılım sunmakta olup organik maddece zengindir (Şekil 3.3 ve Çizelge 3.2).



Şekil 3.3. Burdur Gölü Havzası anakaya haritası

Çizelge 3.2. Anakaya gruplarının arazi kullanım durumlarına göre dağılımı

| Arazi Kullanım Durumu | Alan (ha) | Yüzde (%) |
|-----------------------|-----------|-----------|
| Alüvyon               | 89923.36  | 28.23     |
| Bazalt                | 644.96    | 0.2       |
| Çakıltaşı             | 84244.16  | 26.46     |
| Çört                  | 5367.10   | 1.69      |
| Dolomit               | 497.11    | 0.16      |
| Kireçtaşı             | 33084.59  | 10.39     |
| Kumtaşı               | 34631.03  | 10.87     |
| Melanj                | 26512.97  | 8.32      |
| Peridotit             | 13561.77  | 4.26      |
| Piroklastik kaya      | 513.85    | 0.16      |
| Yamaç Molozu          | 8915.37   | 2.8       |
| Göl                   | 20581.99  | 6.46      |
| Toplam                | 318478.30 | 100       |

Diğer bir yaygın toprak grubu olan kırmızı kahverengi orman toprakları, genel olarak sedimanter genç yaşlı kayalar üzerinde dağılım göstermektedir. Burdur Gölü'nün güneybatısında geniş bir yayılım göstermektedir. Havzadaki diğer önemli toprak sınıfı kireçsiz kahverengi orman toprağıdır. Genel olarak fiziksel ve kimyasal ayrışma

ürünü sonucu oluşan bu topraklar, havzanın batı kısmında ve büyük çoğunluğu yüksek kesimlerde yer almaktadır (TOB, 2020).

Havzada genel olarak yağışların az olması, topraklarda fazla yıkanmanın olmamasına sebebiyet vermektedir. Böylelikle havzanın genellikle kireç bakımında zengin topraklardan oluşmasına neden olmuştur. Havzada yüz ölçümünde en fazla alanı kaplamakta olan kestanerengi topraklar, yarı kurak iklime sahip alanlarda görülmektedir. Ayrıca havzada batı ve güney batı yönlerinin yüksek kesimlerinde artan yağışlarla beraber yıkanma olayı artmış, kireçsiz kahverengi orman toprakları meydana gelmiş durumdadır. Aynı zamanda bu topraklarda yıkanma fazlalığı toprağın asit reaksiyon göstermesine neden olmaktadır (Ataol, 2010; TÜBİTAK-MAM, 2010; Eser, 2014).

### 3.1.5. Bitki örtüsü

Havzanın bitki örtüsüne bakıldığında, bitki türleri bakımından çeşitlilik olduğu fakat yoğun bitki örtüsü gelişiminin olmadığı söylenebilir. Bu bağlamda havzada yer yer sıklaşan fakat genellikle seyrek bitki örtülerinin hakim olduğu belirlenmiştir. Araştırma alanı olan Burdur Gölü Havzası Akdeniz florasına özgü türlerin baskın olduğu bir alandır. Alanda orman formasyonunu oluşturan büyük çap ve boylu ağaçlar için gerekli şartların uygun olmadığı koşullarda maki, çalı ve step türleri yaygın olmaktadır. Genellikle yüksek kesimlerde yer alan ormanlar; Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve Ardiç (*Juniperus* spp.) türlerinden oluşmakla beraber, alçalarda yer yer Kızılcıam (*Pinus brutia* Ten.) toplulukları görülür. Yine, Tüylü Meşe (*Quercus pubescens* Willd.), Mazı Meşesi (*Quercus infectoria* Olivier.) ve Kermes Meşesi (*Quercus coccifera* L.) gibi meşe türlerinin oluşturduğu ormanlık sahalara da rastlanmaktadır. Bunun dışındaki sahalarda Boz Ardiç (*Juniperus excelsa* Bieb.), Alıç (*Crataegus* spp.), Kuşburnu (*Rosa canina* L.), Sığırkuyruğu (*Verbascum* spp.), Sorguçotu (*Stipa capillata* L.) gibi türlerde bulunmaktadır (Avcı, 1993a, 1993b; Sungur, 1978).

Havza içindeki doğal bitki örtüsünde buğdaygil ve baklagil türleri de mevcuttur. Bunlar arasında; köpek dişi (*Cynodon dactylon* L.), arpa (*Hordeum vulgare* L.), yumrulu arpa (*Hordeum bulbosum* L.), yüksek otlak ayrığı (*Agropyron elongatum*

L.), otlak ayrığı (*Agropyron cristatum* L. Gaertn.), domuz ayrığı (*Dactylis glomerata* L.), kır bromu (*Bromus tectorum* L.), tarla bromu (*Bromus inermis* Leyss.), çavdar bromu (*Bromus secalinus* L.) vardır. Baklagil türleri arasında en yaygın olanlar ise korunga (*Onobrychis* spp.), gazel boynuzu (*Lotus corniculatus* L.), yonca (*Medicago sativa* L.), geven (*Astragalus* spp.), tüylü fiğ (*Vicia villos* Roth.), adi fiğ (*Vicia sativa* L.)'dir. Göl kenarlarında saz türleri, çorak sahalarda ise yüksek tuza dayanıklı çorak otlar bulunmaktadır (TÜBİTAK-MAM, 2010).

Fitocoğrafik bölgelere bakıldığında ise havza ve çevresinde görülen geçiş ikliminin sonucu olarak hem Akdeniz hem de İran-Turan fitocoğrafik bölgelere ait türlerin sahada görüldüğünü söylemek mümkündür. Havzada farklı fitocoğrafik bölgelere ait türlerin birlikte dağılım yaptığı görülmektedir. Bu durumun yükselti, bakı gibi bazı topoğrafik faktörlerin etkisi ile oluştuğu ifade edilebilir.

Avcı (1993a)'ya göre göller yöresini güneyden Akdeniz ikliminin, kuzeyden ise İç Anadolu'nun karasal etkilerinin etkilediğini belirtmektedir. Bu durumun bitki örtüsü çeşitliliği ve toprak koşullarının da eklenmesiyle bitki örtüsünün gerçek anlamda mozaik görünümüne sahip olduklarını belirtmiştir.

### **3.1.6. Sosyo-ekonomik durum**

Burdur Gölü Havzası ve çevresindeki sosyo-ekonomik duruma bakıldığında yöre halkının başlıca ekonomik geçimlerini tarım ve hayvancılık oluşturmaktadır. Başlıca ürünler, hububat, üzüm, badem, şekerpancarı, susam, haşhaş ve kendirden oluşmaktadır. Havza içerisindeki diğer bir tarımsal faaliyet ise gül tarımıdır. Gülün oldukça değerli olan yağı, parfüm ve besin endüstrisinde kullanılmaktadır. Bölgede hayvancılık da yaygın olarak yapılmaktadır. Yüksek ve tepelik yerlerde ve göl kıyısındaki düzlüklerde küçükbaş hayvancılık yapılmaktadır. Burdur ilinde büyükbaş hayvan popülasyonu da ağırlıkta olup et ve süt verimi yüksektir. Günümüzde Burdur ilinde süt satışı önemli bir ekonomik girdiyi oluşturmaktadır (TMMOB, 2014).

Burdur ilinde süt ve besi sığırı yetiştiriciliğin yanı sıra keçi ve koyun yetiştiriciliği de önemli hayvansal faaliyet başlıklarındandır. Bunların yanında ticari kanatlı yetiştiriciliği de bulunmakta olup ülke içindeki payı çok düşüktür. Burdur ilinde bir

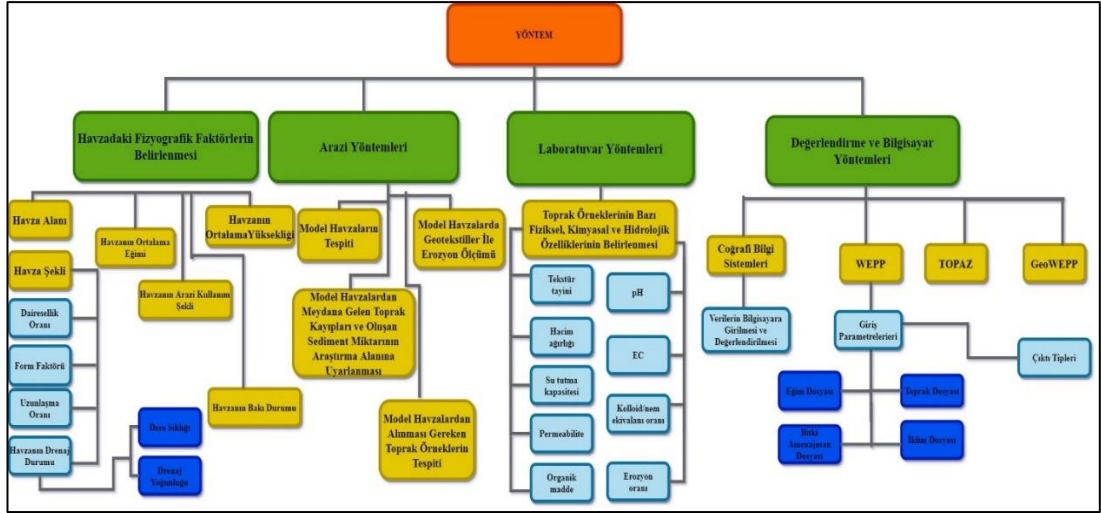
diğer hayvansal üretim kolu bal üretimidir. Bal üretimi hayvansal üretimde önemli bir yere sahiptir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde alabalık üretimi de bir diğer öne çıkan üretim koludur. Resmi kayıtlardaki bu üretim kollarının yanında solucan gübresi üretimi ve salyangoz yetiştiriciliği gibi özgün üretim alanları da günümüzde gelişim gösteren üretim kollarındandır (Korkmaz vd., 2019).

Burdur ilinde önemli bir ekonomik girdi olarak bahsedilen hayvancılık faaliyetinin, yöre insanı için vazgeçilemez olduğu söylenebilir. Burdur ilinde yaklaşık 23 bin kayıtlı çiftçi ve 16 bin aktif hayvancılık işletmesi bulunmaktadır. Türkiye ortalaması 5 büyükbaş hayvan iken Burdur ili 12 büyükbaş hayvan ortalaması ile hayvancılık da ön plana çıkmaktadır (Anonim, 2022a). İldeki 210 bin koyun, Türkiye koyun varlığının %1'ine, 190 bin keçi ise ülke keçi varlığının %2'sine karşılık gelmektedir (Anonim, 2022b).

Sonuç olarak, il ve havzanın ekonomisi genel olarak tarım, hayvancılık ve madencilikten oluşmaktadır. Besi ve süt hayvancılığı bölgede yaygındır. Gelirin büyük bir kısmı hayvancılık sektörüne dayanmaktadır. İl ve havza içerisindeki mermer ocakları ilçe ve köylerdeki genç nüfusa önemli ölçüde iş imkanı sağlamaktadır (Yılmaz, 2021a).

### **3.2. Yöntem**

Bu araştırmada uygulanan yöntemler bir akış şemasında detaylı olarak verilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Araştırmada kullanılan yöntemlere ait akış şeması

### 3.2.1. Havzadaki fizyografik faktörlerin belirlenmesi

Havzalar, bir bölgenin belirli iklimsel ve fizyografik koşullarına bağlı olarak hidrolojik farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar, yüzey ve yeraltı hidrolojik süreçlerinden kaynaklanmaktadır. Bir su havzasının hidrolojik özelliği; mekan, fizyografi ve iklim gibi faktörlerin etkisi ile oluşmaktadır (Kirkby vd., 2002). Havza araştırmalarında, eğim ve yükselti gibi fizyografik özellikler belirleyici rol oynamaktadır. Yağış-akış simülasyonlarında yükseklik yüzeyi genellikle raster tabanlı SYM ile temsil edilmektedir (Wu vd., 2007). İyi bir şekilde planlanan, havza yönetimi uygulamaları ile aşırı yüzeysel akış, hızlandırılmış toprak erozyonu ve zayıf infiltrasyon gibi kötü havza koşullarının yanı sıra kuraklık gibi doğal tehlikelerin de üstesinden gelinebilmektedir (Choudhari vd., 2018).

Bu sebeple karar vericilerin, havza özellikleri ve havzanın içinde meydana gelen hidrolojik süreçlere dair bilgi edinmeleri ve havza karakteristiklerini bilmeleri önem arz eden bir konudur. Bir havzadaki hidrolojik süreçler, morfometrik havza analizleriyle belirlenebilen havza özelliklerinden etkilenmektedir (Singh vd., 2021). Morfometrik özelliklere dayalı drenaj havzası/havza analizi, havza özellikleri hakkında eğim, topografya, toprak durumu, akış özellikleri, yüzey suyu potansiyeli vb. konularda fikir vermesi nedeniyle havza planlaması için çok önemlidir (Chandrashekar vd., 2015). Ayrıca fizyografik faktörlerin belirlenmesi, toprak erozyonu, yüzey akışı ve arazi analizi gibi herhangi bir hidrolojik incelemede önem arz etmektedir (Prieto-Amparán vd., 2019).

Havzadaki fizyografik etmenler; arazi kullanım şekli, havzanın alanı ve şekli, yüksekliği, ortalama eğimi, genel bakışı ve drenaj durumu gibi faktörlerden oluşmaktadır. CBS ortamında havzaya ait fizyografik etmenler hesaplanmakta aynı zamanda çıktı haritaları elde edilmektedir. (Erdoğan Yüksel, 2015).

### **3.2.1.1. Havzanın alanı**

Havza alanı, havza sınırları içerisinde yer alan toplam alanı ifade etmektedir. Bir akarsuyun su potansiyelini ve akışını etkilemektedir (Özhan, 2004; Bharath vd., 2021). Havzanın alanı (A), havzanın genişliği (B) ile havzanın uzunluğunun (L) çarpılması ile Formül 3.3'te gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$A = B * L \quad (3.3)$$

Havza alanı, aynı zamanda oldukça büyük ölçekli haritalardan planimetre ile belirlenen ve kilometrekare olarak ifade edilen, havza sınırının yatay bir düzleme yansıtılmasıyla elde edilen kapalı eğrinin alanı olarak tanımlanabilir. Çıkış noktası akış yönüne doğru kayarken havzanın alanı artış göstermektedir. Havza alanı; ArcGIS kullanılarak su ayırma çizgileri çizimi yapılmakta ve sonrasında CBS ortamına aktarılarak sayısallaştırma işlemleriyle belirlenebilmektedir (Reddy, 2008).

### **3.2.1.2. Havzanın şekli**

Havza şekli, havza alanının büyümesiyle farklı görünüm kazanmaktadır ve küçük havzalarda genellikle armut biçiminde bir görünümde (Özhan, 2004). Havzanın morfolojisini şekillendiren süreçleri anlamada faydalı olan birkaç morfometrik parametre vardır. Bu morfometrik parametrelerin en önemlilerinden birisi olan havza şekli, dere ağı üzerinde kontrol uygulamasına imkan vermektedir. Dairesellik oranı, uzama oranı, form faktörü oranı ve kompaktlık katsayısı, havzanın şeklini belirlemede kullanılmaktadır (Eze ve Efiog, 2010).

Havzanın şekli, akarsuların akım grafiğini doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple bir havzanın nasıl bir şekle sahip olduğu önem arz etmektedir. Bir havza eğer uzun ve dar yan kollara sahipse, bu kollardan ana akarsuya akım farklı zamanlarda ulaşmakta

ve bu sebeple de taşkın riskinin az olduğu ön görülmektedir. Ayrıca bir havzada veri yetersizliği mevcutsa o havzadaki bu kollara ait akımla ilgili tahminlerde bulunulması bakımından havza şekil faktörü önemlidir (Verstappen, 1983; Bağdatlı ve Öztürk, 2014).

Geniş ve yuvarlak şekilli havzalarda ise kollardan gelen akım, ana kola neredeyse aynı anda ulaşmasıyla akım değerlerinde ani yükselmelere neden olmakta ve havzada sağanak yağışlar sonrasında taşkın ve sel afetleri olabilmektedir (Atalay, 1986; İmamoğlu, 2020).

Havzanın şekli, havzadaki akışların ayarlanmasını etkileyen önemli bir parametredir. Havza şeklini ifade eden çeşitli indisler geliştirilmiş olup, bu indisler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Özhan, 2004).

### **Form Faktörü**

Havza alanının, havza uzunluğunun karesine oranlanmasıyla (Formül 3.4) hesaplanmaktadır (Horton, 1945).

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (3.4)$$

Havza uzunluğu, maksimum uzunluk olup ana drenaj hattına paralel en uzun hat olarak tanımlanmaktadır (Schumm, 1956).

### **Dairesellik Oranı**

Havza şeklinin sayısal bir ifadesi olan dairesellik oranı, havza alanının, havza ile aynı çevreye (P) sahip daire alanına oranı olarak hesaplanmakta olup, Formül 3.5'deki gibi hesaplanmaktadır. Bu oran havzanın eğimi ve drenaj koşullarından etkilenmektedir. Fakat genellikle çeşitli derecelerdeki akarsuların uzunluk, frekans ve eğiminden daha çok etkilenmektedir. Bir havzanın düşük, orta ve yüksek dairesellik oranı değerlerine sahip olması, havzanın sırasıyla gençlik, olgunluk ve yaşlılık evrelerini göstermektedir (Miller, 1953; Rao, 2009).

$$Rc = \frac{4*\pi*A}{P^2} \quad (3.5)$$

### **Uzunlaşma oranı**

Maksimum uzunluğu havzanınkine eşit olan drenaj havzası ile benzer alanın çemberinin çapı arasındaki oran olarak tanımlanmakta olup Formül 3.6'da verilmiştir (Schumm, 1956).

$$E = \frac{2\sqrt{A/\pi}}{L} \quad (3.6)$$

### **Havzanın drenaj durumu**

Bir havzanın drenaj durumu, suyu araziden verimli bir şekilde uzaklaştıracak şekilde gelişmektedir. Su, en dik yokuştan aşağı doğru hareket etmekte, sonrasında küçük dere kanalları oluşturarak yüzeyi aşındırmaya başlamaktadır. Aşınmanın derinleşmesiyle büyük kanallar oluşur. Bağlantılı kanallar, drenaj ağı olarak bilinen hale gelir. Kanalların sürekli erozyonu ile drenaj ağları zamanla değişmektedir (Anonim, 2015).

Dere sırası, sayısı ve uzunluğu bir havzanın drenajındaki en önemli faktördür. Bir drenaj ağının dere sırası, bir havza içindeki akışın dallanma derecesinin ölçüsünü temsil etmektedir. Bu araştırmada, akarsu sıralaması Strahler (1964) tarafından önerilen hiyerarşik sıralama yöntemine göre yapılmıştır. Dere akış sıralaması için birinci dereceden akış olarak dallanmamış bir akış belirlenir, sonrasında iki tane birinci dereceden akışın birleşmesiyle, ikinci derece olarak belirlenir, iki tane ikinci derece bir araya gelerek üçüncü dereceyi oluşturur ve bu böyle devam etmektedir.

Havza, yüzey akışının belirli bir nokta veya belirli bir kanala, akarsuya veya nehre aktığı doğal bir hidrolojik varlıktır (Srinivasa Vittala vd., 2004). Morfometrik parametrelere dayalı drenaj havzası, havza özellikleri hakkında eğim, topoğrafya, toprak durumu, akış özellikleri, yüzey suyu potansiyeli vb. konularda fikir vermesi bakımından havza planlamasında önemli bir yer tutmaktadır (Chandrashekar vd., 2015).

Burdur Gölü Havzası, ArcGIS'e eklentisi olan ArcHydro modülü aracılığıyla "Strahler" yöntemi esas alınarak sınıflandırma yapılmıştır. ArcGIS'de nitelik tablolarından dere sayıları ve akarsu uzunlukları programa hesaplatılmıştır.

### **Dere sıklığı**

Bir havzanın dere sıklığı (Ds), toplam dere sayısı (Ns) ile havza alanının (A) oranlanmasıyla Formül 3.7'ye göre bulunmaktadır (Horton, 1945). Birim alan başına akış sayısı, drenaj yoğunluğu ile birlikte, bir alandaki litolojinin karakterini ortaya koymaktadır.

$$D_s = \frac{N_s}{A} \quad (3.7)$$

### **Drenaj yoğunluğu**

Derelerin toplam uzunluğunun (L) havza alanına (A) oranlanmasıyla Formül 3.8'e göre bulunmaktadır.

$$D_y = \frac{L}{A} \quad (3.8)$$

#### **3.2.1.3. Havzanın ortalama yüksekliği**

SYM'si belli olan bir havzada ArcGIS programı kullanılarak, tüm alanın ve ayrı ayrı model havzaların SYM'si üzerinden ortalama yükseklik belirlenmektedir.

#### **3.2.1.4. Havzanın ortalama eğimi**

Bir havzanın eğimi, yüzey akışının momentumunu ve yüzey akışının konsantrasyon zamanını gösteren, hidrolojik ilişkinin morfometrik bir faktörüdür (Mesa, 2006). ArcGIS programında eğim aracı, her hücre ve komşuları arasındaki maksimum değişim oranını hesaplamaktadır. Daha düşük eğim değeri arazinin düzlüğünü, daha yüksek eğim değeri ise daha dik bir araziye göstermektedir. Çıktı eğim raster, eğim yüzdesi veya eğim derecesi olarak hesaplanabilmektedir.

Eğim açısı 45 dereceye eşit olduğunda, dikey yükselme yatay koşuya eşittir ve yüzde 100 eğim olarak ifade edilir. Eğim dikeye (90 derece) yaklaştıkça, yüzde eğim sonsuza yaklaşır. Alanın eğim veri setini hazırlamak için eğim analizi yapılır. Alanın eğimi, SYM üzerinden ArcGIS 3D analiz aracı kullanılarak yüzde cinsinden hesaplanmaktadır (Pal vd., 2012).

### **3.2.1.5. Havzanın bakı durumu**

CBS yardımıyla ArcGIS ortamında SYM haritası ile üretilmiştir. Bakılar gölgeli ve güneşli bakılar olarak belirlenmiştir. Burada, gölgeli bakılar (doğu, kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı) ve güneşli bakılar (güney, güneydoğu, güneybatı ve batı) olarak 2 sınıfa ayrılmıştır. Bakı haritası genellikle eğim yüzünün yönü ile ilgilidir. Bakı, dağ yamacının baktığı yön tarafını ifade etmektedir. Bir bakının yönü, o bölgenin iklimi üzerinde bilgi sahibi olmamıza yardımcı olmaktadır. Bakının yönü, çalışma alanındaki bitki örtüsü üzerine etki etmektedir. Bakı genel olarak, batıya doğru eğimli gün boyunca en sıcak olanı yansıtır ve çoğu durumda eğimli batı tarafı, doğu taraftaki korunaklı bir yamaçtan daha sıcak olabilir (Maathuis ve Wang, 2006; Magesh vd., 2011).

### **3.2.1.6. Havzanın arazi kullanım şekli**

Araştırma havzasındaki arazi kullanım durumları, araştırma alanına ait güncel amenajman planı, arazi gözlemleri ve Google Earth kullanılarak belirlenmiştir. Havzada meydana gelebilecek dere akımı, erozyon, taşkın ve sel kontrolünü sağlamak amacıyla havzadaki arazi kullanım durumunun belirlenmesi gerekmektedir (Erdoğan Yüksel, 2015).

## **3.2.2. Arazi yöntemleri**

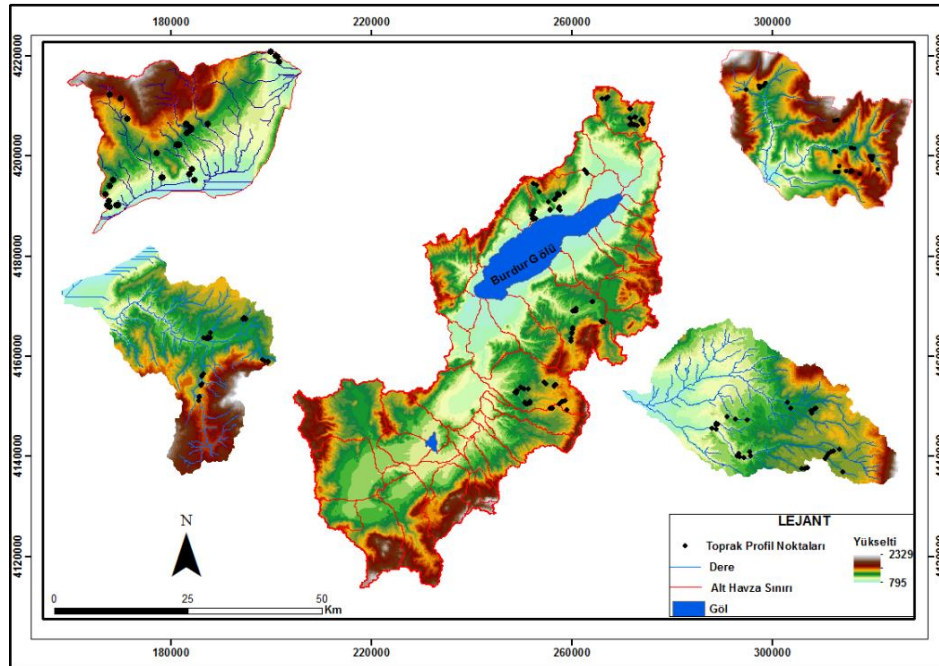
### **3.2.2.1. Burdur Gölü Havzasında model havzaların tespiti**

Çalışmada tüm havzanın temsil edilmesi için model havzalar bazında çalışılmıştır. Burdur Gölü Havzasında, sayısal haldeki topografik harita üzerinden dere ağı sayısallaştırılmış ve sonrasında havza, ArcHydro modülü kullanılarak alt havzalara ayrılmıştır. Daha sonra anakaya, arazi kullanımı, eğim ve bakı gibi faktörler dikkate alınarak 4 model havza seçilmiştir.

### 3.2.2.2. Burdur Gölü Havzasında model havzalardan alınması gereken toprak örneklerin tespiti

Toprak oluşum süreci, ayrışma olayları ile başlamaktadır. Bu oluşum sürecinde anakaya parçalanıp ufalanarak ve sonrasında ayrışarak anamateryale dönüşmektedir. Anamateryal ise toprağa dönüşmektedir (Kantarıcı, 1986). Bu bağlamda, toprak oluşumuna etki eden faktörleri en iyi şekilde temsil eden ve yansıtan profil özelliklerinin bilinmesi, önemli bir husustur. Bu oluşum, toprak profili boyunca oluşan horizonlaşma ile kendini göstermektedir. Böylelikle profil incelemeleri toprak araştırmalarında birinci derecede önem arz eden bir konudur (Atalay, 2006).

ArcGIS programında belirlenen bakı, arazi kullanım durumları Google Earth programına katman olarak atılarak, alınacak toprak örnekleri Google Earth üzerinden seçilmiş ve numaralandırılmıştır. Bu işlem arazi çalışmalarında oldukça kolaylık sağlamıştır. Seçilen 4 model havzada (1-5-20-30), 6 farklı anakaya (alüvyon, kireçtaşı, kumtaşı, yamaç molozu, çakıltası ve melanj) grubunda, 3 farklı arazi kullanımı (orman, tarım, mera) ve her arazi kullanımında da iki farklı bakı (gölgeli ve güneşli) olacak şekilde örnek noktaları model havzalara dağıtılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Burdur Gölü Havzası toprak örnekleme noktaları

Arazi kullanım durumları ve topografik koşullar da dikkate alınarak araziyi en iyi temsil eden noktalardan toprak örnekleri alınmıştır. Model havzaların yer yer eğimli ve bozuk olması sebebiyle sistematik örnekleme yapılmamıştır. Orman, mera ve tarım alanlarından seçilen 120 farklı noktadan (58 adet orman, 26 adet mera ve 36 adet tarım), 0-20 cm ve 20-40 cm olmak üzere iki derinlik kademesinden toplam 240 adet doğal yapısı bozulmuş toprak örneği, 240 adet doğal yapısı bozulmamış silindirik toprak örneği alınmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Burdur Gölü Havzası toprak örnekleme noktaları

| Model Havzalar | Arazi Kullanım Durumu |             |              | Toplam (Adet) | Toprak Derinliği | Arazi Kullanım Durumu |             |              | Toplam (Adet) |
|----------------|-----------------------|-------------|--------------|---------------|------------------|-----------------------|-------------|--------------|---------------|
|                | Orman (Adet)          | Mera (Adet) | Tarım (Adet) |               |                  | Orman (Adet)          | Mera (Adet) | Tarım (Adet) |               |
| 1              | 14                    | 6           | 10           | 30            | 0-20 cm          | 29                    | 13          | 18           | 60            |
| 5              | 14                    | 6           | 10           | 30            |                  |                       |             |              |               |
| 20             | 10                    | 10          | 10           | 30            | 20-40 cm         | 29                    | 13          | 18           | 60            |
| 30             | 20                    | 4           | 6            | 30            |                  |                       |             |              |               |
| Toplam         | 58                    | 26          | 36           | 120           |                  |                       |             |              |               |

Toprak örnekleri alınırken ölü örtüden, çukurlardan, canlılar tarafından tahrip edilmiş, toprak akması olan ve kayalık alanlardan kaçınılmıştır (Steel ve Torrie, 1994).

Doğal yapısı bozulmamış toprak örnekleri alınırken 100 cm<sup>3</sup>'lük silindirler kullanılmıştır. Üzerlerine tahta bir takoz konularak istenilen derinliğe kadar çakılan silindirlerle örnek alınırken toprağın sıkıştırılmamasına ve doğal strüktürünün bozulmamasına özen gösterilmiştir. Silindirler toprağı alacak şekilde çakıldıktan sonra silindirin etrafı kazılıp silindirin tabanı bir bıçak yardımıyla kesilerek fazlalıklar temizlenmiş, silindirler kapatılmıştır (Özyuvacı, 1976; Okatan, 1986) (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Doğal yapısı bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinin araziden alınması

### 3.2.2.3. Model havzalarda geotekstiller ile erozyon ölçümü

Geotekstiller, tipik olarak düzenli aralıklarla yerleştirilmiş çelik veya ahşap direkler üzerinde desteklenen geotekstil filtre kumaşı kullanılarak sediment oluşumuna imkan veren ve geçirimli malzemenin kullanıldığı bir çevre kontrolü yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Geotekstil, geçirgenlik oranının az olması nedeniyle sedimentin akışını yavaşlatarak geotekstil arkasında çökmesine ve suyun yavaşça içinden geçmesine izin vermektedir (Bugg vd., 2017). Filtre görevi görerek, filtre ile temas eden toprak parçacıklarını üzerinde biriktirmektedir (Giroud, 2010; Sabiri vd., 2017).

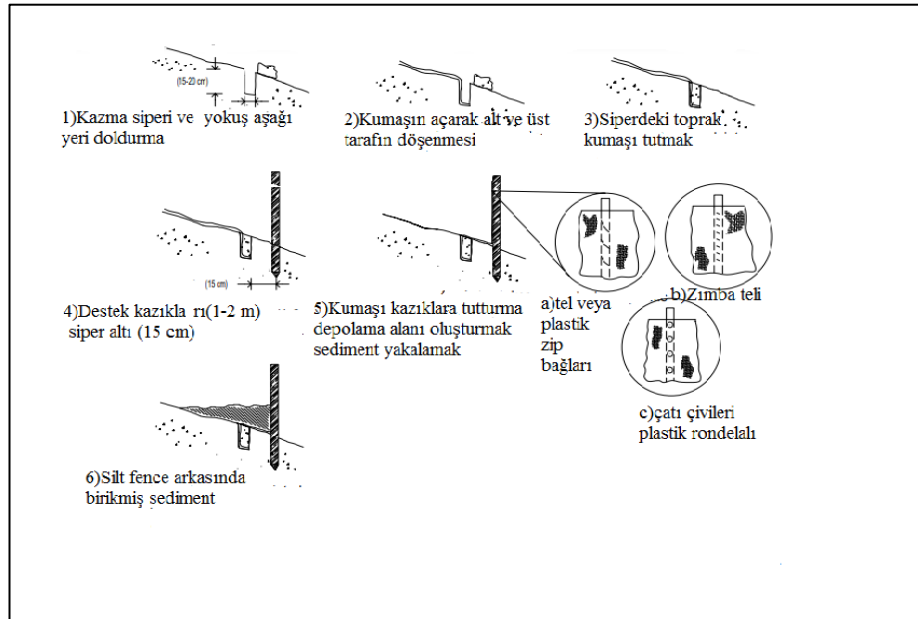
Ayrıca toprak yapısını sabit tutar ve suyun geçmesini sağlarlar. Bir geotekstilin performansı zamanla gelişir, bu performans kendi özelliklerine ve tutulan toprağın özelliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir (Rollin ve Lombard, 1988; Veylon vd., 2016). Bu filtre görevi sayesinde katı parçacıkların içinden geçmesini engelleyip, sıvı ve gaz maddelerine yeteri kadar geçirim sağlamaktadır. Bu özellikleri nedeniyle, erozyonla toprak kaybı tahmin yöntemlerinden birisi olarak kullanılmaktadır (Robichaud ve Brown, 2002).

Geotekstil, parsel denemeleriyle toprak kaybının belirlenmesinde kullanılan, kurulumu basit ve az bir maliyet gerektiren bir ölçüm aracıdır. Yamaç arazilerde oldukça doğru sonuçlar verdiği bilinen bir yöntemdir (Reis vd., 2012). Genel olarak geotekstiller 3 ile 15 m arasında, yamaç eğimine karşı şekilde kurulmaktadır. Arazi

üzerinde kurulan geotekstil için üst eğim sınırı 5 ile 61 m arasında değişmektedir. Geotekstil önündeki biriktirme alanı 15 m<sup>2</sup>'den 930 m<sup>2</sup>'ye kadar değişmektedir (Robichaud ve Brown, 2002).

Geotekstiller, parsellerin merkezine kurulmaktadır ve bu kurulum için gerekli olan malzemeler geotekstil kumaşı, kürek, kazma, balyoz, kazıklar, tel zımbadır. Geotekstili gömmek için açılan çukur 15-20 cm derinliğinde açılmaktadır. Sonrasında açılan çukurların uçları geotekstilden akışı önlemek ve akıştan kaçınmak için yokuş yukarı kıvrılarak kurulmaktadır. Arazide kazılan toprak, hendeğin yokuş aşağı tarafına geri doldurumda tekrar kullanmak için konulmaktadır. Geotekstil hendeğin dibini ve yokuş yukarı tarafını kaplayacak şekilde yayılmaktadır. Kazılan toprak, hemen hendeği geri doldurmak için kullanılmaktadır (Robichaud ve Brown, 2002).

Deneme parselleri, kurulan alanda 5 m genişlik ve 20 m uzunluk olacak şekilde 100 m<sup>2</sup> alanda kurulmuştur. Her bir arazi kullanım durumuna (tarım- orman- mera) 100'er m<sup>2</sup>'lik parseller kurulmuştur. Bu deneme alanında toprak özellikleri, anakaya, eğim faktörü eşit kabul edilip bitki yönetim faktörü de göz önünde bulundurularak hesaplamalar yapılmıştır. Sahada uygulanan geotekstil uygulamasının şeması Şekil 3.7'de verilmiştir. Model havzalara geotekstil parsellerin kurulumu Şekil 3.8'de örnek olarak verilmiştir.



Şekil 3.7. Geotekstil uygulama şeması (Robichaud ve Brown, 2002)



Şekil 3.8. Model havzalara geotekstil parcel kurulumu

Parsellerde biriken toprak örneklerinin toplanması için iki yıllık bir arazi çalışması yapılmış olup, arazi çalışmaları kapsamında model havzalara her ay 2 kez gidilmiştir. Geotekstiller yardımıyla taşınan materyalin miktarını ölçmek ve toprakların fiziksel-kimyasal özelliklerini, havzaların hidrolojik ve fizyografik özelliklerini tespit etmek amacıyla bu 4 model havzada farklı arazi kullanım durumlarında (tarım-orman-mera) ölçümler gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Model havzalarda gerçekleştirilen ölçümler

#### 3.2.2.4. Model havzalardan meydana gelen toprak kayıpları ve oluşan sediment miktarının araştırma alanına uyarlanması

Burdur Gölü Havzasında yersel ölçümlerin yapıldığı geotekstiller ve tahmin yöntemi olarak kullanılan GeoWEPP programında hesaplanan erozyon miktarının model havzalardan tüm havzaya uygulanması aşamasında eş havza yönteminden yararlanılmıştır.

4 model havza baz alınarak belirlenmiş olan birim yıllık ortalama sediment miktarı, eş havza grubu içerisinde bulunan diğer alt havzalar için birim değer olarak kabul edilmiştir. Diğer alt havzalardan meydana gelen yıllık toplam sediment miktarları da hesaplanmış ve tüm Burdur Gölü Havzasında meydana gelen sediment verimi ortaya konulmuştur (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Burdur Gölü Havzasında eş havza yöntemine göre belirlenen birim yıllık ortalama sediment miktarları

| Eş Havza Grubu | Alt Havzalar                                 | Birim Yıllık Ort. Sed. Mik. (ton/ha/yıl) |
|----------------|--|--|
| 1              | 1-3-4-6-7-8-10-11-12-13-14-17-18-19          | 0.362                                    |
| 5              | 2-5-9-15-21-22-23-24-28                      | 0.345                                    |
| 20             | 16-20-25-26-27-29-33-34-36-37-38-43-45-51-52 | 0.705                                    |
| 30             | 30-31-32-35-39-40-41-42-44-46-47-48-49-50    | 0.227                                    |

### 3.2.3. Laboratuvar yöntemleri

#### 3.2.3.1. Toprak örneklerinin analize hazırlanması

Arazide belirlenen 120 profil noktasında, 0-20 cm ve 20-40 cm derinlik kademelerinden 240'ı doğal yapısı bozulmuş, 240'ı doğal yapısı bozulmamış olarak alınan toprak örnekleri laboratuvar ortamında 2 mm'lik eleklerde elenip etiketli kutulara konularak analize hazır hale getirilmiştir.

#### 3.2.3.2. Toprak örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal ve hidrolojik özelliklerinin belirlenmesi

##### 3.2.3.2.1. Tekstür tayini

Topraktaki kum, kil ve toz parçaları toprağın tekstür sınıflandırmasını belirlemektedir. Çapı 2 mm'den daha büyük olan parçacıklar taş ve çakıl, yaklaşık çapı 2.0 – 0.05 mm boyutundaki parçacıklar kum, çapı 0.05 – 0.002 boyutundaki parçacıklar toz, çapı 0.002 mm'den küçük parçacıklar kil olarak sınıflandırılmaktadır. Tekstür belirlenirken, toprak tekstürü için kum, toz ve kilin yüzdeleri bilinmelidir (Gee ve Bauder, 1986). Toprak örneklerinin tekstür tayininde Bouyoucos'un hidrometre yöntemi ve tekstür üçgeni kullanılmıştır (Bouyoucos, 1951).

Analizlere başlamadan önce ince tekstürlü hava kurusu topraklardan 50 gr, kaba tekstürlü topraklardan 100 gr'lık örnekler alınmış, sonrasında 400 ml'lik beherlere konularak üzerlerine 200 ml saf su ve 10 ml 0.008 N NaOH çözeltisi veya 10 ml %5'lik calgon çözeltisi kullanılarak örnekler iyice karıştırılmış ve 24 saat dispersleşmesi için beklenmiştir. Belirtilen süre sonunda süspansiyon karıştırıcıya aktarılarak 5 dakika karıştırılmıştır. Karıştırıcı içerisinde saf su bulunan bir piset ile hidrometre silindirine aktarılan süspansiyonun üzeri 1000 ml olacak şekilde saf su katılarak tamamlanmıştır (Özyuvacı, 1971; Hendrix vd., 1992).

Bu işlemlerden sonra ilk okuma 4 dakika 48 saniye (4'48") de, ikinci okuma ise 120 dakika (120') sonra yapılmıştır. Okunan hidrometre değerleri üzerinde gerekli sıcaklık düzeltmeleri yapılarak, ilk okumada (kil+toz), ikinci okumada (kil) ve bu değerlerin yardımıyla da kum ve toz miktarı hesaplanmıştır (Gülçur, 1974; Okatan, 1986).

#### **3.2.3.2.2. Hacim ağırlığı**

Hacmi belli ( $100 \text{ cm}^3$ ) çelik silindirlerle alınan doğal yapısı bozulmamış toprak örnekleri etüvde  $105^\circ\text{C}$ 'de 24 saat süre bekletildikten sonra hassas terazi ile tartılarak fırın kurusu ağırlığı belirlenmekte sonrasında silindir örneğinin hacmine oranlanmasıyla ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) hesaplanmıştır (Blake ve Hartge, 1986; Jury ve Horton, 2004).

#### **3.2.3.2.3. Su tutma kapasitesi**

Permeabilite deneyinde de kullanılan, su ile doygun duruma getirilmiş hacim ağırlığı silindir örnekleri, eğimli bir zeminde serbest drenaja (yaklaşık 30 dakika) bırakıldıktan sonra tartılmış ve sonrasında doygun durumdaki ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu işlemin ardından, 24 saat  $105^\circ\text{C}$  fırında bekletildikten sonra tartılarak fırın kurusu ağırlıkları tespit edilmiştir. Bu iki değer arasında bulunan farktan, ağırlık yüzdesi olarak su tutma kapasitesi değeri belirlenmiştir (Özyuvacı, 1975).

#### 3.2.3.2.4. Permeabilite

Permeabilite'nin tespitinde hacim ağırlığı silindir örnekleri, derin bir kap içerisinde alttan zamanla ıslanacak şekilde 24 saat süre ile bekletilip su ile doymun hale getirilmiştir. Sonrasında permeabilite ölçüm cihazında, belirli bir su sütunu altında örnek içinden su geçirilip, geçen suyun miktarı ile geçme zamanı saptandıktan sonra Darcy kanununa göre Formül 3.9 kullanılarak toprak örneklerinin permeabilitesi hesaplanmıştır (Öztan, 1980).

$$P = \frac{Q \cdot H_s}{A \cdot (H_s + H_w)} \quad (3.9)$$

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 (Özyuvacı, 1976; Özhan, 1977; Öztan, 1980).

#### 3.2.3.2.5. Organik madde

Organik madde, 0.25 mm'lik elekten geçirilen 0.5 gr toprak örnekleri kullanılarak Walkley-Black yaş yakma yöntemi ile belirlenmiştir (Walkley ve Black, 1934; Gülçur, 1974).

#### 3.2.3.2.6. pH

Toprağın asidik ya da bazik tepkimede olduğunun saptanması, toprak reaksiyonu olarak tanımlanmaktadır. pH terimi, Latince potentiahydrogenii teriminin; dilimizde ise "hidrojen gücünün" kısaltılmasıdır (Kantarıcı, 2000). Toprak örneklerinin pH'sı 1/2.5 oranında toprak-saf su karışımında Orion 420 A digital pH metresi ile ölçülmüştür (Gülçur, 1974).

### 3.2.3.2.7. Elektriksel iletkenlik (EC)

Toprak örnekleri 1:5 oranında toprak-saf su karışımında WTW Multiline F/Set-3 cihazı ile belirlenmiştir (Gülçur, 1974).

### 3.2.3.2.8. Dispersiyon oranı

Toprağın fiziksel özelliği ve erozyona karşı eğilimi arasındaki bağlantıyı kurarak dispersiyon oranı indeksini geliştiren, Middleton (1930)'un bulduğu yöntemle göre dispersiyon oranı belirlenmiştir. 2 mm' lik elekten geçirilmiş toprağın hiçbir mekanik ve kimyasal disperleşmeye tabi tutulmadan saf suda çalkalanması ile elde edilen toprak eriyiğinde tayin edilen "toz+kil" miktarına oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Lal, 1994; Balcı, 1996). Dispersiyon oranı Formül 3.10 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Dispersiyon oranı} = \frac{(\% \text{kil} + \% \text{toz}) \text{ disperleştirilmemiş}}{(\% \text{kil} + \% \text{toz}) \text{ disperleştirilmiş}} * 100 \quad (3.10)$$

### 3.2.3.2.9. Kolloid/nem ekivalanı oranı

Mekanik analiz sonucunda elde edilen kil miktarının, aynı toprağın nem ekivalanına oranlanmasıyla bulunmaktadır. Bu oran, toprağın su geçirgenliğini gösteren bir parametredir. Kolloid-nem ekivalanının yüksek bulunması, o toprağın tarla kapasitesinin düşük olduğunu göstermekte infiltrasyonun yükselmesi ve yüzeysel akışın azalmasına neden olmaktadır. Böylece bu oranının yüksek bulunduğu toprakların, düşük olanlara göre erozyona karşı daha dayanıklı olduğu belirtilmektedir (Özyuvacı, 1978; Balcı, 1996). Kolloid/nem ekivalanı oranı Formül 3.11 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Kolloid – Nem Ekivalanı Oranı} = \frac{\text{Kolloid} (\%)}{\text{Nem Ekivalanı} (\%)} \quad (3.11)$$

### 3.2.3.2.10. Erozyon oranı

Dispersiyon oranının aynı toprağın kolloid/nem ekivalanı oranına bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Özyuvacı, 1978). Erozyon oranı, bir erodibilite indeksi olup,

erozyon oranı > 10 ise toprak erozyona dayanıksız, eğer < 10 ise toprak erozyona dayanıklı olarak kabul edilmektedir (Balcı, 1996). Erozyon oranı Formül 3.12 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Erozyon oranı} = \frac{\text{Dispersiyon Oranı}}{\text{Kolloid-Nem Ekvivalanı Oranı}} \quad (3.12)$$

### 3.2.4. Değerlendirme ve bilgisayar yöntemleri

Modeller, karmaşık olan doğal süreçlerin basitleştirilmesini, veri toplamayı ve model sonucunun yanı sıra verilerin doğrulanmasını gerektirmektedir. Kompleks olan modeller genellikle çok büyük veri gereksinimleri ve yüksek veri toplama ve işleme maliyeti içermektedir. Günümüzde gelişmiş bilgisayar teknolojilerinin yardımıyla modellemeler daha kolay ve az maliyetle yapılabilmektedir.

Bilgisayarlı haritacılıkla başlayan ve sıklıkla kullanılan CBS, günümüzde hidrolojik modellemelerde önemli bir rol oynamaktadır. CBS, uzaktan algılama verileri ve konumsal enterpolasyonla, daha önceki yıllarda elde edilemeyen gerekli bilgileri öğrenmemizde bize yardımcı olmaktadır (Longley vd., 2001). CBS'nin hidrolojik ve toprak erozyonu modellerine entegrasyonu, fiziksel özelliklerin daha kolay ve hızlı yöntemlerle ve daha az maliyetle yapılmasına olanak sağlamaktadır.

#### 3.2.4.1. Coğrafi bilgi sistemleri

CBS verileri, özellikle SYM, erozyon modelleme ve havza planlamasına yeni bir yaklaşım getirmiştir (Frankenberger vd., 1999). Toprak erozyonu esas olarak, topografya, bitki örtüsü, toprak özellikleri ve arazi kullanımı gibi özelliklerle yakından ilişkilidir. Birçok toprak erozyonu modelinde, sorunlar mekansal bağlamda incelenmemektedir. CBS'nin mekansal anlamda güçlü olmasından dolayı sorunların çözümünde değerli ve gerekli bir araç olarak kullanılmaktadır (Brooks ve McDonnell, 2000). CBS kullanan mekansal olarak dağıtılmış modeller, büyük ve karmaşık bir su havzası içindeki sediment kaynaklarını tanımlayabilmektedir (Jetten vd., 2003).

Yaygın olarak bulunan verileri kullanan modellerde, CBS uygulaması, sorunlara hızlı bir şekilde çözümler önerebilir ve karar vericilere daha fazla destek sağlayabilmektedir (Renschler, 2003). Veri miktarındaki artış ve CBS teknikleriyle birleştirilmiş daha kullanıcı dostu modelleme araçları arayüzü, modellerin araştırmacılar, planlamacılar ve çiftçiler tarafından daha fazla erişilebilirliğini ve kullanımını sağlamaktadır (Renschler ve Flanagan, 2002).

Toprak erozyonu modelleri ve CBS platformları arasındaki bağlantının birçok avantajı vardır. Kısa sürede farklı ölçeklerde girdi verileri üretmektedir (Sharma vd., 1996). Bu nedenle, bu gelişmiş anlayış, daha verimli çevresel karar vermeyi ve sonuçların daha iyi görselleştirilmesini desteklemektedir. SYM kullanarak, ağları ve havzaları tanımlamanın, mekansal olarak dağıtılmış model için iyi bir destek aracı olduğu söylemek mümkündür (Olsson ve Pilesjö, 2002).

#### **3.2.4.1.1. Verilerin bilgisayara girilmesi ve değerlendirilmesi**

SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) verisi ile SYM üretilmiştir. Verinin çözünürlüğü 20 metredir. SRTM verileri ile üretilen SYM, topoğrafik haritaların sayısallaştırılması ile elde edilen modeller gibi kullanılmaktadır (Çoban ve Eker, 2009).

Arazi kullanım durumu haritası; Isparta Orman Bölge Müdürlüğü'nden elde edilen meşcere haritası kullanılarak türetilmiştir. Sayısal Jeoloji haritalarının oluşturulmasında, Maden Tetkik ve Arama (MTA)'dan alınan veriler kullanılmıştır. Alt havzaların ayrımı, ArcHydro modülü kullanılarak alt havzalara ayrılmıştır.

Araştırma alanını oluşturan havzanın sınırları ve morfometrik analiz parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan veriler ve yukarıda sıralanan verilerin bilgisayar ortamına aktarılması, saklanması, işlenmesi, analiz edilmesi ve elde edilen sonuçların kullanılmasında bir CBS yazılımı olan ArcGIS 10.2 programı kullanılarak hesaplamalar yapılmış ve çıktı dosyaları hazırlanmıştır.

### 3.2.4.2. WEPP (Su erozyonu tahmin projesi)

Simülasyon modelleri, erozyon süreçlerini ve bunların etkileşimlerini anlamak ve araştırma önceliklerini belirlemek için kullanılan modern araçlardır. Çeşitli arazi yönetimi altında, erozyon riskini tahmin etmekte ve en iyi uygulamalar bu yöntemle belirlenmektedir (Visser, 2004). WEPP modelinin, yaygın olarak kullanılan ve iyi doğrulanmış bir erozyon tahmin modeli olduğu belirtilmektedir (Bhuyan vd., 2002).

WEPP, basit bir yamaç profiline dayalı olarak tarım, orman ve meralardaki erozyonu tahmin etmek için tasarlanmış bir programdır. WEPP, USLE'nin yerini almak üzere geliştirilmiş bir toprak erozyonu tahmin teknolojisidir (Cochrane ve Flanagan, 1999). WEPP, hem tekli fırtına olaylarından, hem de tek yamaçlar veya küçük tarımsal havzalar, için uzun vadeli çalışmalardan günlük toprak erozyonu ve sediment verimini tahmin etmek için kullanılan simülasyon modelidir. WEPP, günlük bitki ve toprak özelliklerini dikkate almakta ve sediment birikimi ayrıca küçük su havzaları içindeki temsili tepe eğimi profillerinde mekânsal olarak tahmin edilebilmektedir. WEPP, sekiz ana bileşenden oluşmakta olup bunlar; iklim, hidroloji, sedimentasyon, toprak sıcaklığı, bitki büyümesi, bitki besin maddeleri, tarımsal ilaçlar ve tarımsal yöntemlerdir (Flanagan ve Nearing, 1995).

Başlangıçta tarım ve mera arazi kullanım durumlarında erozyonu değerlendirmek için bir araç olarak geliştirilen WEPP, günümüzde, küçük su havzalarından akış ve sediment verimini simüle etmek için tarım ve ormanlık arazilere uygulanmış olup evapotranspirasyon (ET), toprak su içeriği ve akarsu akışı dahil olmak üzere günlük su dengesini simüle etmede yeterli olduğu söylenebilir (Conroy vd., 2006; Dun vd., 2009; Zhang vd., 2009; Williams vd., 2010).

WEPP modelinde erozyon ve sediment verimini belirleyebilmek için önemli miktarda veri girişi gerekmektedir (Flanagan ve Livingston, 1995). WEPP, oluk ve oluklararası erozyon, sediment taşınımı, çökme, dere hidrolojisi, toprak özellikleri, hidroloji parametreleri, bitki örtüsü büyümesi ve çürüme oranları dahil olmak üzere çok sayıda süreci ve parametreyi hesaba katmaktadır. WEPP'in yüzey hidroloji bileşeni, yağış fazlalığının süresini, yağış yoğunluğunu, akış hacmini ve maksimum deşarj oranını belirlemek için iklim ve topografya girdi dosyalarını kullanır. Bu

parametreler daha sonra erozyon modeli tarafından sediment kaybını ve birikimini tahmin etmek için kullanılır. Yönetim uygulamaları, toprak işleme, ekim ve hasat gibi çiftçilik uygulamalarını da içermektedir (Flanagan ve Nearing, 1995).

WEPP modelinde, genellikle windows ortamında küçük bir havza veya yamaç üzerinde meydana gelen toprak kayıpları ve sediment verimi belirlenmektedir (Renschler, 2003) (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. WEPP modelinde elde edilen sonuçların yamaç boyunca görünümü

### 3.2.4.2.1. WEPP modeli giriş parametreleri

Model girişi kısmen saha çalışmasından elde edilen sonuçlara, kısmen de WEPP entegre veri tabanlarına bağlıdır. Modelleme sürecinin amacı, gözlemlenen toprak kaybının, yeterli simülasyonu sağlayan girdi parametrelerinin, bir kombinasyonunu bulmaktır. Giriş parametresinin tanımı, duyarlılık analizinden elde edilen bilgileri yansıtır. WEPP modelinde giriş parametreleri eğim, toprak, bitki amenajmanı ve iklim dosyalarından oluşmaktadır (Flanagan ve Livingston, 1995).

### **Eğim Dosyası**

Eğim girdi dosyası, eğim segmenti, eğim (yüzde olarak), eğim uzunluğu ve en boy değerleri gerektirir. WEPP hillslope uygulama arayüzü penceresinde bu girişler manuel olarak kodlanmıştır. GeoWEPP kullanılarak yapılan havza uygulamasında bu değerler bir SYM'den otomatik olarak çıkarılmakta olup ayrı bir dosyaya kaydedilmiştir. SYM, WEPP modelinin çalıştırılmasında ihtiyaç duyulan eğim ve diğer topografik özelliklerin kaynağıdır. GeoWEPP'de, bir SYM'den tepe eğimlerini ve kanalları tanımlamak için bir topografik parametreleştirme algoritması olan TOPAZ (Garbrecht ve Martz, 1999) kullanılmıştır. Bir SYM, WEPP arayüzünün çalıştırmanın temel girdilerinden biridir ve çalışma sahası için mevcut olmadığından ArcGIS 10.2'de sayısallaştırılmış kontur çizgileri ve akım çizgilerinden bir SYM oluşturulmuştur.

### **Toprak dosyası**

Toprak özellikleriyle ilgili bilgiler, toprak girdisi yoluyla WEPP modeline girilmektedir. Toprak tekstürü ve tekstür sınıflandırmasındaki ismi, arazide tespit edilen toprak derinliği, hacim ağırlığı, organik madde miktarı gibi fiziksel ve hidrolojik parametreleri kullanmaktadır (Flanagan ve Livingston, 1995).

Flanagan ve Livingston (1995) tarafından yapılan WEPP kullanım klavuzunda belirtilen formüller EK A'da verilmiştir. Bu formüller ile katyon değişim kapasitesi ve toprak albedosu ile programın kendisinin hidrolik iletkenlik, kesme direnci ve erodibilite değerleri, taşlılığı ve saturasyon seviyesi gibi özellikler hesaplanmıştır. WEPP modelinde, toprak verilerini hesaplama editörü ile Şekil 3.11'de gösterildiği gibi toprak dosyası oluşturulmuştur.

Soil Database Editor: DUNCANON.sol

Soil File Name: DUNCANON Soil Texture: SIL Albedo: 0.23 Initial Sat. Level: (%) 75

Duncanon-rest 5.418e+006 (Kg\*s/m\*\*4)  Have Model Calculate  
 EDMONT 0.0202 (s/m)  Have Model Calculate  
 ETHAN 3.5 (Pa)  Have Model Calculate  
 example-1 4.62 (mm/h)  Have Model Calculate  
 example-7777  
 example-7778

| Layer | Depth(mm) | Sand(%) | Clay(%) | Organic(%) | CEC(meq/1) | Rock(%) |
|-------|-----------|---------|---------|------------|------------|---------|
| 1     | 200       | 27.4    | 11.5    | 3.000      | 9.9        | 2.5     |
| 2     | 400       | 34.7    | 17.0    | 1.000      | 6.8        | 2.9     |
| 3     |           |         |         |            |            |         |
| 4     |           |         |         |            |            |         |
| 5     |           |         |         |            |            |         |
| 6     |           |         |         |            |            |         |
| 7     |           |         |         |            |            |         |
| 8     |           |         |         |            |            |         |
| 9     |           |         |         |            |            |         |

Use Restricting Layer

Anisotropy Ratio 25 Ksat (mm/h) 0

English Units

Print Save As Save Cancel Help

Şekil 3.11. WEPP modelinde hazırlanmış örnek bir toprak dosyası

### Bitki amenajman dosyası

WEPP'deki yönetim girdi dosyası, yetiştirilen bitkiler veya mahsuller, büyüme parametreleri, kalıntı özellikleri, kalıntı ayrışma parametreleri, toprak işleme uygulamaları ve toprak bozulma parametreleri, ekim işlemleri, hasat işlemleri, kalıntı yönetim işlemleri, mahsullerin zamansal ve mekansal düzeni ile ilgili tüm bilgileri içermektedir. Ancak modelleme amaçlarına bağlı olarak bu parametrelerden sadece bazılarına ihtiyaç duyulmaktadır (Flanagan vd., 2012).

Araştırma havzası orman, tarım ve mera arazi kullanım durumlarından oluşmaktadır. Bitki amenajman dosyası oluşturulurken her bir arazi kullanım durumundan 1 adet ve her bir model havzadan 3 adet toplamda 12 ayrı bitki yönetim dosyası hazırlanmıştır.

Tarım arazilerinde bitkilerin ekim ve dikim tarihleri, hasat tarihleri, toprağın sürüm tarihleri, ekilen ürünün türü gibi gerekli olan parametreler alınmıştır. Mera alanlarında, mera bitkilerinin boyları, kapalılık oranı, otlanıp otlanmadığı veya hangi tarihlerde otlandığı belirlenmiştir. Orman alanlarında ise bitki örtüsünün kapalılığı, ölü örtü, ağaçların yaşları, ağaç türleri gibi parametreler dikkate alınmıştır (Flanagan ve Livingston, 1995; Aydın, 2009).

### **İklim dosyası**

İklim, WEPP modelinin önemli bir bileşenidir. CLIGEN olarak bilinen WEPP hava durumu oluşturucusu, WEPP programında günlük hava durumu verilerini üretmek için yaygın olarak ölçülen iklim değişkenlerinin, istatistiksel parametrelerini kullanır (Nicks vd., 1995). CLIGEN, geçmiş kayıtlardan hesaplanan iklimsel değişken dağılımlarına dayalı olarak günlük hava durumu verilerini stokastik olarak üretmektedir (Meyer vd., 2008).

WEPP içindeki program iklim girdi dosyaları, hava durumu üretimi olan CLIGEN tarafından oluşturulmuştur (Flanagan ve Nearing, 1995). WEPP erozyon modelinden ayrı olarak çalışan bir bilgisayar programıdır. İkinci dereceden bir Markov zinciri, her birinde yağış oluşumunu üretmektedir. Markov zincirine girdiler, yağışlı bir günün ardından yağışlı bir günün olma olasılığını,  $P(W/W)$  ve kuru bir günün ardından yağışlı bir günün olma olasılığı,  $P(W/D)$  hesaplamaktadır. CLIGEN, ortalama aylık parametreleri kullanmaktadır.

Günlük ortalama yağış 11 yıllık ortalamalara göre hesaplanmıştır. Ayrıca standart zamanlarda gözlenen en büyük yağış değerleri de (30 dakikalık ve 6 saatlik zaman çözünürlüğünde) iklim dosyasının oluşturulmasında kullanılmıştır. Ortalama maksimum sıcaklık, ortalama minimum sıcaklık, günlük ortalama nem, günlük ortalama küresel güneş radyasyonu, ortalama saatlik rüzgar hızı ve yönü, aylık yönlere göre esme sayısı ise 2020 yılı iklim verilerine göre oluşturulmuştur. İklim girdileri iklim modeli üreticisi CLIGEN'in uygulanmasıyla WEPP modelinde kullanılmak üzere oluşturulmuştur (Flanagan ve Nearing, 1995; Revuelta-Acosta ve Flanagan, 2016) (Şekil 3.12).

```

4.30
1 0 0
Station: Burdur
CLIGEN VERSION 4.3
Latitude Longitude Elevation (m) Obs. Years Beginning year
Years simulated
37.4 30.2 950 11 1
11
Observed monthly ave max temperature (C)
7.3 11.1 14.4 19.5 24.4 29.1 34.0 33.9 29.8 22.9
16.0 9.3
Observed monthly ave min temperature (C)
-.6 .8 2.8 6.4 10.8 14.4 18.2 17.8 14.0 8.6
3.8 .8
Observed monthly ave solar radiation (Langleys/day)
193.6 265.5 370.7 452.0 548.2 624.4 617.9 557.6 466.2 337.2
233.0 158.5
Observed monthly ave precipitation (mm)
56.6 44.8 52.1 32.3 52.9 45.4 30.2 24.8 25.4 43.2
46.5 37.1
da mo year prcp dur tp ip tmax tmin rad w-vl w-dir
tdew
(mm) (h) (C) (C) (l/d) (m/s) (Deg)
(C)
1 1 2011 0.0 0.00 0.00 0.00 9.7 0.8 167. 0.4 135.
-1.1
2 1 2011 0.0 0.00 0.00 0.00 8.7 1.9 95. 0.6 0.
1.2
3 1 2011 0.0 0.00 0.00 0.00 12.1 4.8 116. 1.3 164.
3.4
4 1 2011 8.3 5.33 0.51 3.31 13.5 7.5 89. 0.0 96.
6.3
5 1 2011 0.0 0.00 0.00 0.00 12.7 6.4 137. 0.0 60.

```

Şekil 3.12. Burdur ili iklim dosyası

### 3.2.4.2.2. WEPP çıktı tipleri

WEPP modeline giriş dosyalarını girdikten sonra bir yamaç arazide veya bir yağış havzasında meydana gelen toprak kayıpları, gerek text ortamında gerekse de grafik olarak görmek mümkündür. WEPP modelinde ortalama kaybolan toprak miktarına göre eğim kesitindeki renk de hafif kırmızıdan koyu kırmızıya doğru değişim göstermektedir (Yüksel, 2001; Aydın, 2009).

### 3.2.4.3. TOPAZ

TOPAZ havzanın alt havzalara otomatik olarak ayrılmasını, drenaj ağının belirlenmesini, havzanın yamaçlara ayrılmasını ve akım yönlerinin belirlenmesini sağlamaktadır (Martz ve Garbrecht, 1993).

GeoWEPP, kanal ağının ve havza içindeki alt havzaların betimlenmesi görünümü verir, ancak bu aslında başka bir araç kullanılarak gerçekleştirilir. Bu araca gelen girdiler ve çıktılar GeoWEPP aracılığıyla işlenir ve görselleştirilir. Bu çıktı

dosyalarının birçoğu WEPP modeli içinde girdi parametreleri olarak kullanılır. GeoWEPP'deki kanal ağları ve alt havzalar, TOPAZ adı verilen Topografik Parametrelendirme aracı; Jurgen Garbrecht ve Lawrence Martz tarafından geliştirilen bir dizi farklı programı içeren bir yazılım paketi tarafından yapılmaktadır (Garbrecht ve Martz, 2000).

TOPAZ'ın temel amacı, drenaj ağını belirlemek için belirli bir topografyanın kapsamlı analizini sağlamaktır. Sonuç, çeşitli parametrelere, belirsiz noktaları ortadan kaldırmak için SYM'nin yumuşatılmasına ve yüzeylerdeki enerji ve su akışı süreçlerinin altında yatan fiziğe dayalı olarak belirli bir SYM içinde tahmini bir kanal ağıdır. GeoWEPP, TOPAZ paketinden yalnızca üç program kullanır: DEDNM, RASFOR ve RASPRO. Sayısal Yükseklik Drenaj Şebekesi Modeli (DEDNM) için çoğunu yaparken, RASFOR ve RASPRO sonucu dönüştürür. DEDNM'den gelen verileri GeoWEPP'in kullanabileceği bir forma dönüştürür. DEDNM, genel durumu belirlemek için gereken ana görevleri yerine getirir.

Bir SYM'nin drenaj ağı DEDNM, SYM'yi analiz eder ve herhangi bir çukuru veya düz yüzey alanını ortadan kaldırmak için yükseklik verilerini değiştirerek eğim aşağı drenajın net bir tanımını sağlar. Program ayrıca SYM içindeki her bir tarama hücrelerinin akış yönüne göre havza sınırını tanımlar, havza içindeki alt havzaları oluşturur, çeşitli girdi parametrelerine dayalı olarak kanal ağını oluşturur ve alt havza ve ağ tablolarını oluşturur. DEDNM'nin oluşturduğu çıktı dosyalarının çoğu GeoWEPP içinde kullanılır, ancak bunlar ArcVIEW'in tanıyabileceği bir biçimde değildir. Raster Formatlama programı RASFOR, bu çıktı dosyalarını GeoWEPP ve çevirmenin okuyabileceği bir formata dönüştürür; süreç \*.OUT uzantılı herhangi bir dosyayı bir ESRI ARC dosyasına dönüştürür. TOPAZ içinde kullanılan son program, alt havza oluşturma sürecinde DEDNM'ye yardımcı olan RASPRO adlı Raster Properties programıdır. RASPRO, alternatif eğim ve en boy hesaplamaları yapar, kanallar içinde ve çıkış noktasına kadar olan akış hareket mesafesini hesaplar ve bir kanala akan tüm alt havzaların toplanması ve havza içindeki o kanal için katkıda bulunur (Garbrecht ve Martz, 2000).

#### 3.2.4.4. GeoWEPP

GeoWEPP, Purdue Üniversitesi, Tarım Araştırma Servisi ve USDA Ulusal Toprak Erozyon Araştırma Laboratuvarı ile iş birliği içinde geliştirilmiş bir jeo-uzamsal erozyon tahmin modelidir (Renschler ve Flanagan, 2002). GeoWEPP programı; CBS, WEPP ve TOPAZ programlarını entegre eden ve özellikle büyük yağış havzaları için uygulama imkanları sunan en son WEPP teknolojisidir. GeoWEPP arayüzü, karmaşık verilerin düzenlenmesini kolaylaştırmaktadır (Garbrecht ve Martz, 1999; Erdoğan Yüksel vd., 2016). GeoWEPP, WEPP tepe eğimi parametreleştirmesinin SYM, arazi örtüsü ve toprak haritaları gibi sayısal veri kaynaklarına ve pratik değerlendirme amacıyla ve karar desteği için bir CBS ortamında görüntülenip analiz edilmesi ve sayısal çıktılara dayanmasına izin verecek şekilde geliştirilmiştir (Renschler, 2003; Minkowski ve Renschler, 2012).

GeoWEPP, WEPP'de kullanılan su havzalarını tanımlamak için CBS verilerini kullanır. GeoWEPP, bir havza ölçeğinde dijital veri çıktılarının işlenmesi, üretilmesi, bir zaman serisinde toprak erozyonu üretiminin ve sedimentlerin birikmesinin görselleştirilmesi için bir platform sağlamaktadır (Renschler ve Zhang, 2020). Bu nedenle, havzaları tanımlamak için ArcGIS ve ilişkili Spatial Analyst uzantısı gereklidir. Bir ESRI (Çevresel Sistemler Araştırma Enstitüsü) ArcGIS 10x uzantısı olarak GeoWEPP, kullanıcının WEPP tepe eğimi senaryo simülasyonları için topografya, toprak, arazi kullanımı ve iklim dosyalarını önceden işlemesine olanak tanımaktadır (Melaku vd., 2018). GeoWEPP'de gerekli girdi dosyaları arazi örtüsü, arazi kullanımı, eğim, iklim, toprak ve arazi yönetimi verilerini içermektedir.

GeoWEPP, pikseller yani raster altlığıyla çalışmaktadır. Altlık haritalar olan SYM, toprak ve arazi kullanım haritaları aynı piksel boyutlarında olup ASCII formatında programa girilmektedir (Erdoğan Yüksel, 2015; Yıldırım, 2019).

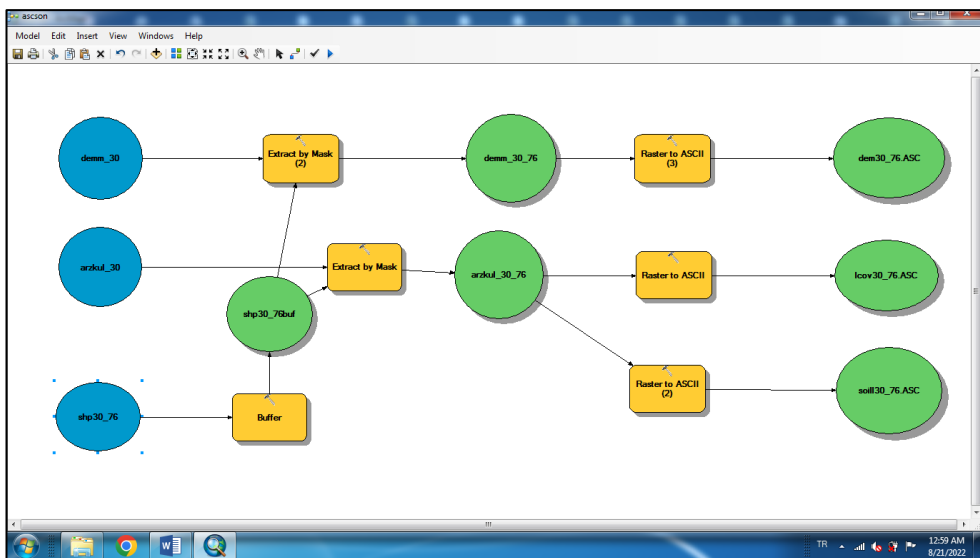
GeoWEPP, topografik parametreleştirme TOPAZ yöntemini kullanarak, havzayı ve alt havzalarını SYM dışında tanımlar. TOPAZ'da kanal ağları, minimum kaynak kanal uzunluğu (MSCL) ve kritik kaynak alanı (CSA) olmak üzere iki temel faktöre dayalı olarak oluşturulur. Bu parametrelerin her ikisi de SYM 'nin çözünürlüğüne bağlıdır (Garbrecht ve Martz, 1997).

Minkowski ve Renschler (2012)'ye göre, CSA için varsayılan değer 5 ha ve MSCL için 100 m'dir. Zhang vd. (2009) ve Yüksel vd. (2008) SYM çözünürlüğü 30 m olarak göz önüne alındığında, MSCL 100 m olarak seçilmiş ve CSA 5 ha olarak belirlenmiştir.

GeoWEPP hesaplamalarında, yamaç (hillslope) ve kanal (channel) toprak kayıpları (erozyon miktarı) toplanıp sediment iletim oranı ile çarpılarak alanların sediment verimi (ton/yıl) bulunmaktadır (Mou ve Meng, 1982; Xu, 2008).

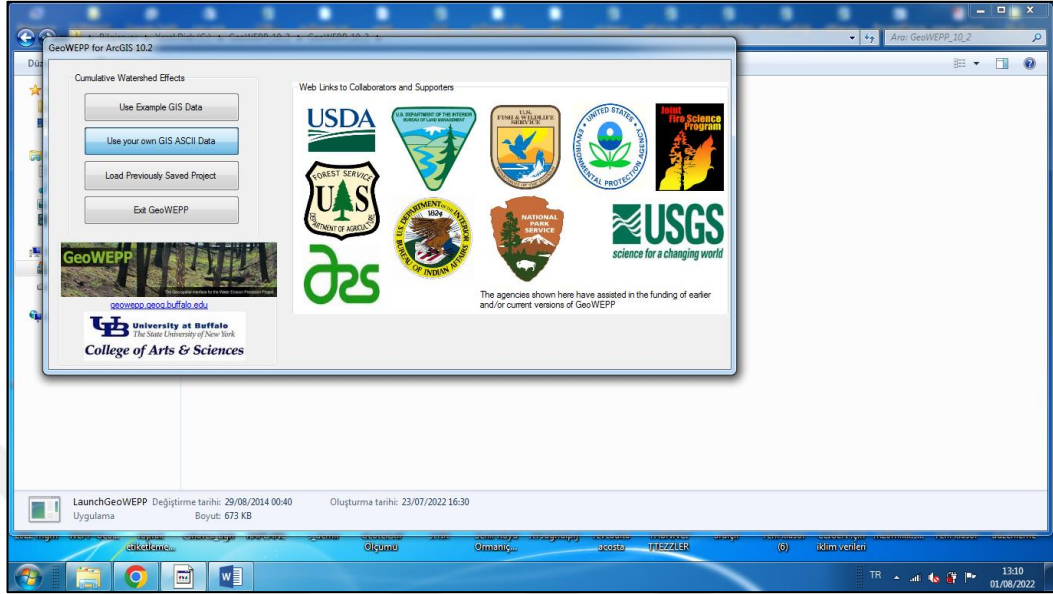
GeoWEPP modelinin uygulanması aşamasında aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

1. Çalışma alanı alt havzalara ayrılmıştır: WEPP modelinin uygulanmasındaki zorluklardan birisi, çalışma alanının büyüklüğünün kısıtlanmasıdır. Bu nedenle Burdur Gölü Havzası ArcGIS yazılımındaki ArcHydro modülü eklentisiyle 52 alt havzaya ayrılmıştır. Ardından model, bu alt havzalar (1-5-20-30)'ın her biri < 260 ha olacak şekilde, bir daha alt havzalara ayırıp, tüm alt havzalar için ayrı ayrı çalıştırılmıştır.
2. Her bir model havzanın alt havzasına ait ascii dosyaları oluşturulmuştur. Her bir alt havzaya ait SYM (dem.asc), arazi kullanımı (landcov.asc) ve toprak verileri (soil.asc) raster formatından ascii formatına dönüştürülmüştür. Bu işlem adımları ArcGIS yazılımındaki model builder kullanılarak Şekil 3.13'de gösterilmiştir.



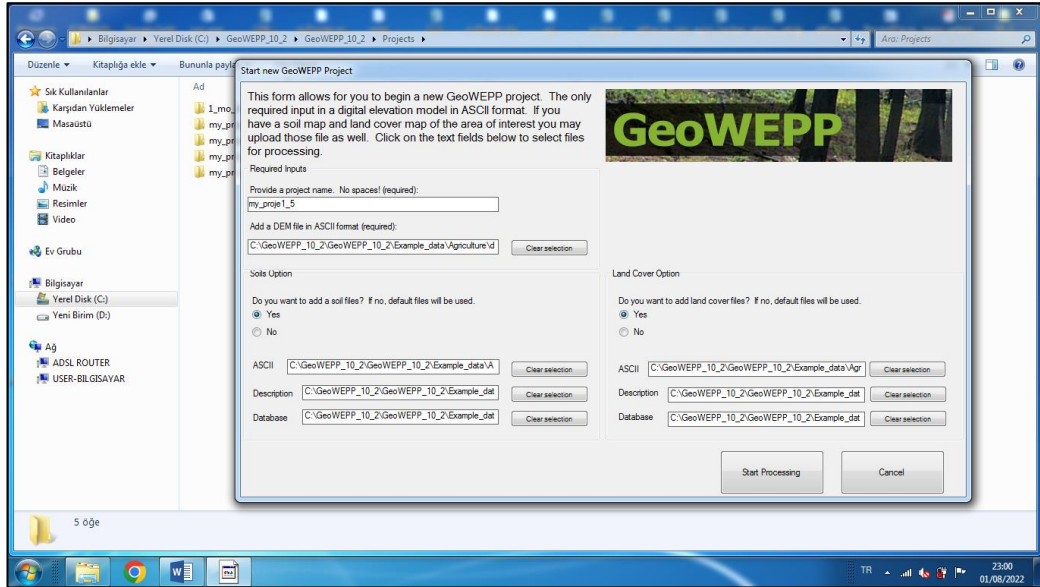
Şekil 3.13. ASCII dosyalarının model kurularak oluşturulması

3. GeoWEPP modeli açılarak ve model arayüzündeki CBS’de ürettiğimiz kendi ASCII verileri seçilmektedir (Şekil 3.14).



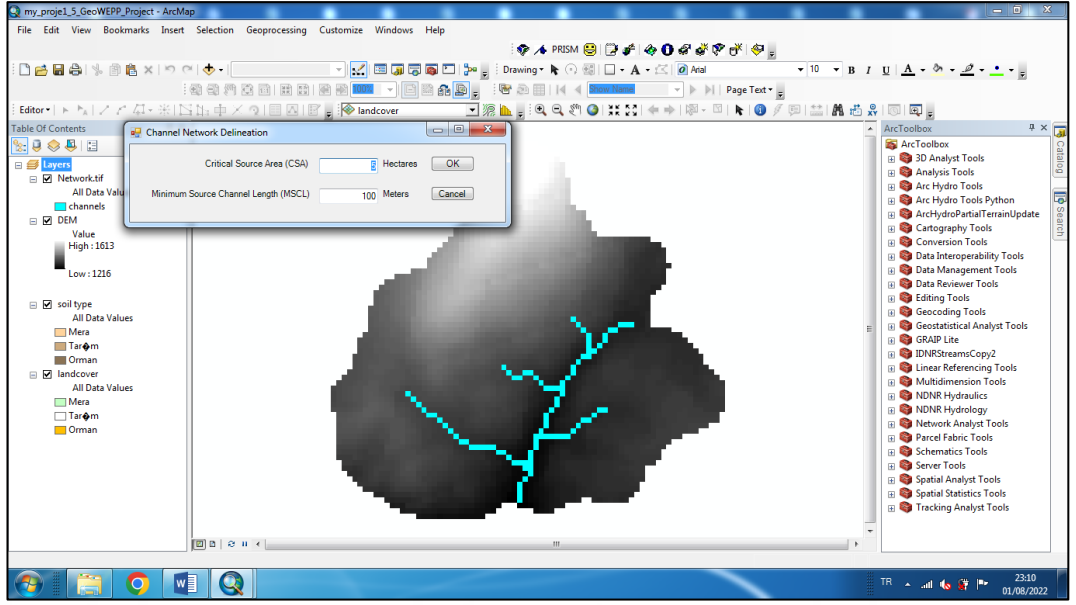
Şekil 3.14. Modelin çalışma kapsamında elde edilen veriler ile yürütülmesi aşaması

4. Modelin çalışmasında gerekli olan veriler, seçilerek bu işlem tamamlanmaktadır. Bu aşamada seçilen dosyalar asc ve text dosyalarıdır (Şekil 3.15).



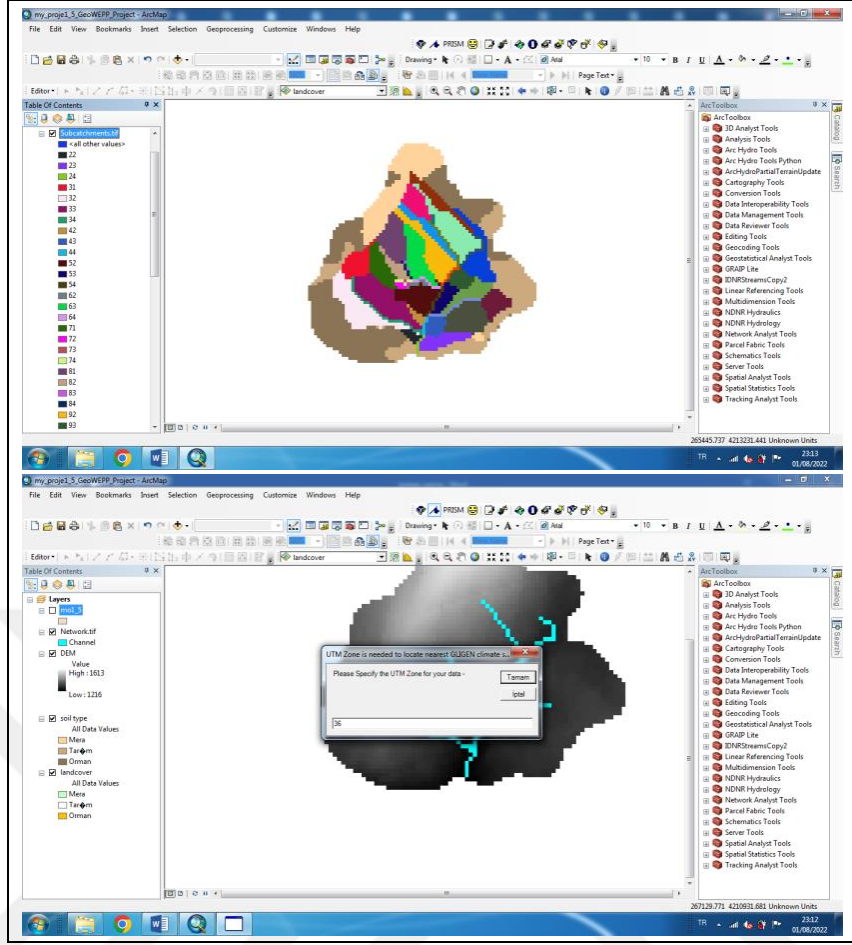
Şekil 3.15. Alt havza için SYM, toprak ve bitki örtüsü parametrelerinin girilmesi

5. CSA ve MSCL değerleri atanmıştır. Bu çalışmada CSA ve MSCL için modelin default değerleri olan 5 ha ve 100 m kullanılmıştır (Şekil 3.16).



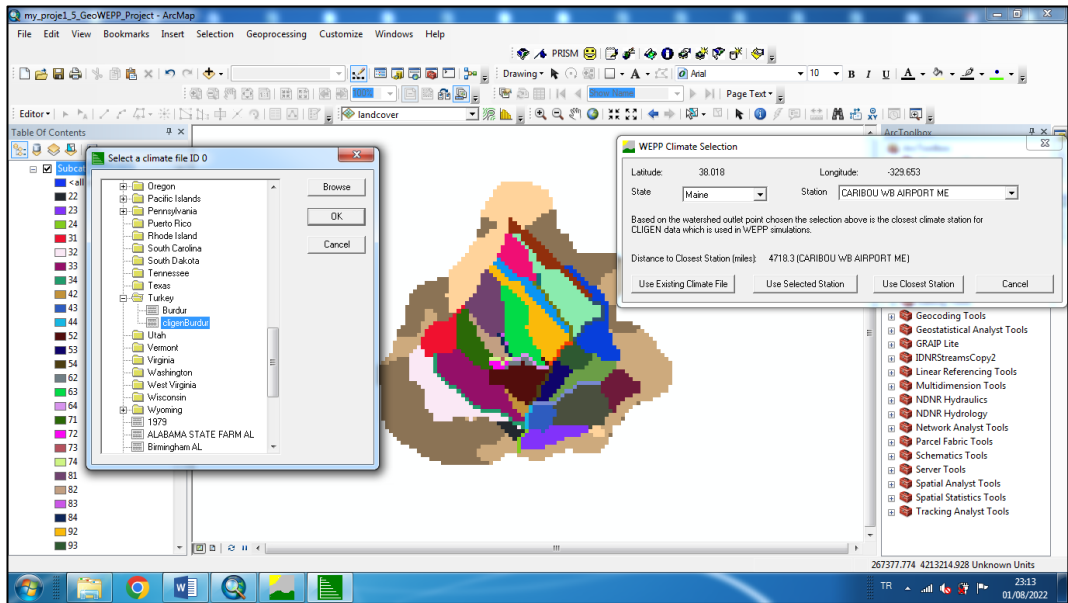
Şekil 3.16. CSA ve MSCL'nin seçilmesi

6. Model tarafından oluşturulan akarsu ağında havzanın çıkış noktası modele tanıtılmaktadır. Model bu çıkış noktasına göre alt havzadaki yamaç ve kanalları oluşturmaktadır. Örnek olarak 1 numaralı model havzanın 5 numaralı alt havzasına ait yamaç ve derelerin görünümü Şekil 3.17'de verilmiştir.



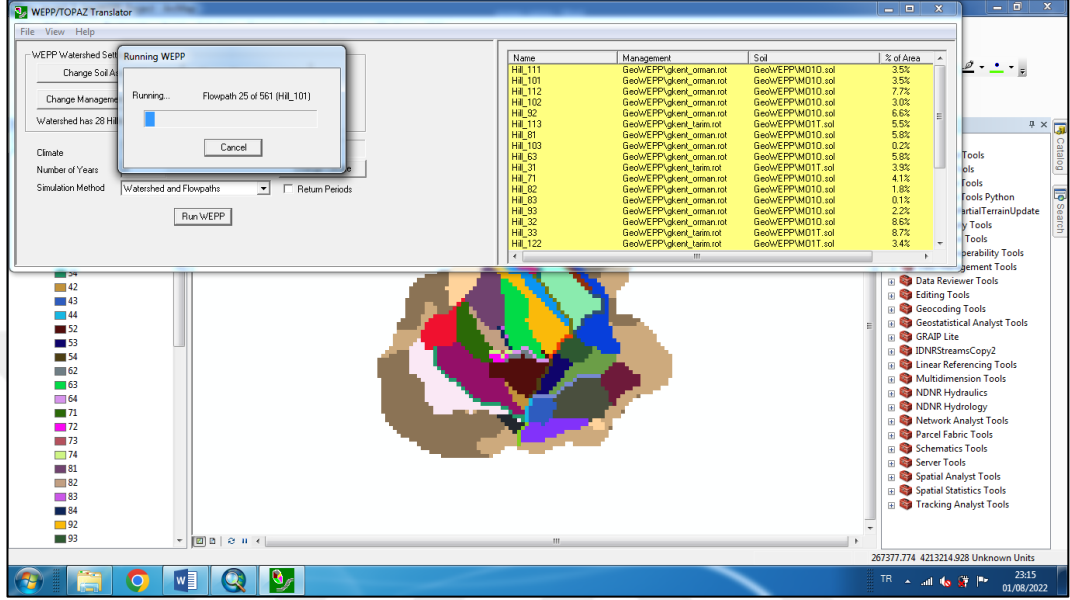
Şekil 3.17. 1\_5 numaralı alt havzaya ait yamaç ve derelerin görünümü

7. Önceden araştırma alanı için oluşturulan, cli uzantılı iklim dosyası seçilip modele tanıtılmıştır (Şekil 3.18).



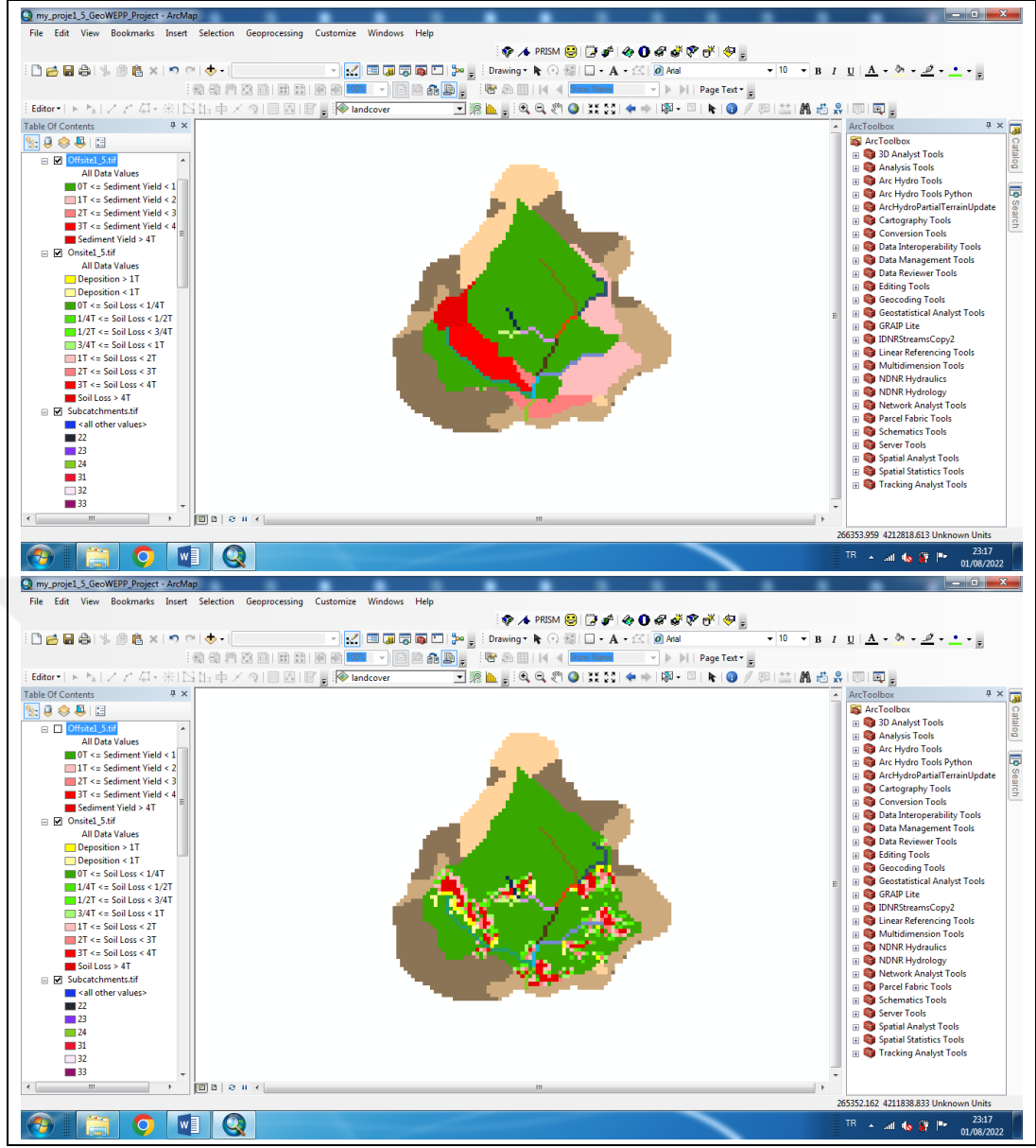
Şekil 3.18. İklim dosyasının seçilmesi

8. Simülasyonun başlatılması: Bu kısımda elde edilmiş bilgiler görüntülenebilmektedir. Simülasyonun kaç yıl için sürdürüleceği seçilebilmektedir. Bu çalışmada 4 yıllık iklim verileri kullanıldığı için ilgili kısma 4 değeri girilmiştir. Kısaca modelin ön izleme kısmı olarak adlandırılabilir (Şekil 3.19).



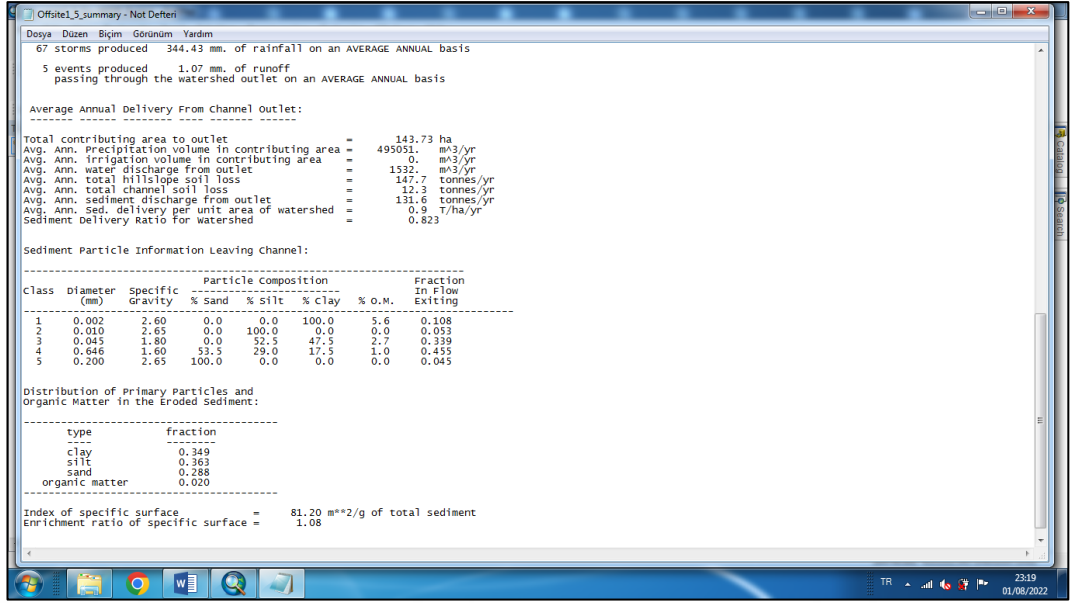
Şekil 3.19. GeoWEPP programının çalıştırılması

9. Model, sonuçlarına ilişkin text dosyası, toprak kaybı ve sedimentin alansal dağılımını gösteren raster verisini oluşturmuştur (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. WEPP-TOPAZ entegre sonuç haritasındaki dağılımı

Bu çalışmada öncelikli olarak her bir alt havzanın sediment verimi değerine ihtiyaç duyulduğu için sadece text dosyalarından (Şekil 3.21) yararlanılmıştır.



Şekil 3.21. 1\_5 numaralı alt havzaya ait tahmini toprak kaybı ve sediment durumunu gösteren rapor dosyası

### 3.2.4.5. İstatiksel değerlendirmeler

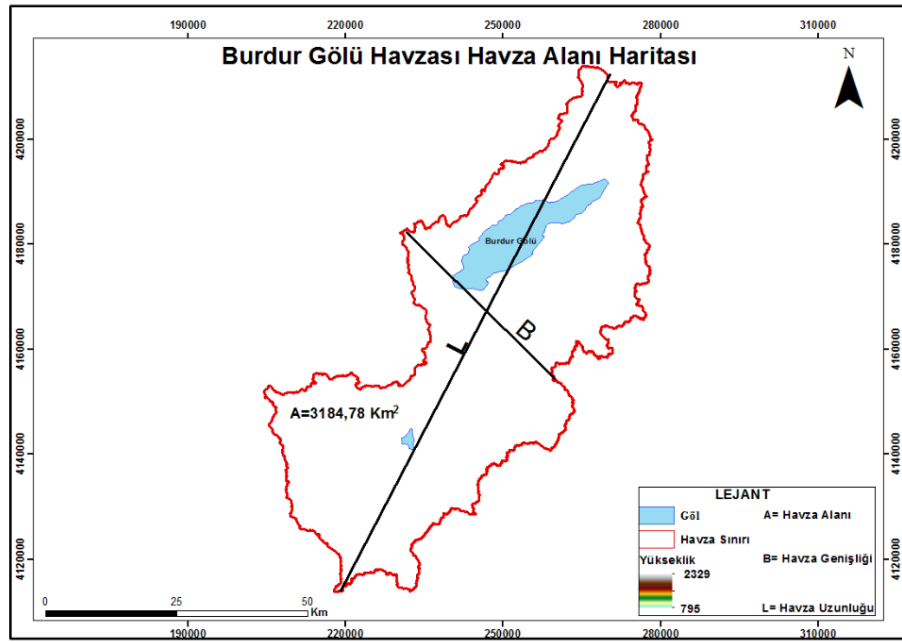
İncelenen toprak özelliklerinin model havzalarda anakaya, arazi kullanım şekli ve toprak derinliği bakımından farklılık gösterip göstermediği “tek yönlü varyans analizi (ANOVA)”, ortalamalar arası farklılıklar ise “Tukey çoklu karşılaştırma testi” ile belirlenmiştir. Kum, toz, kil, hacim ağırlığı, su tutma kapasitesi, permeabilite, organik madde, pH, EC özelliklerine “korelasyon analizi” yapılmıştır. Ayrıca “bağımsız örnekleme t testi” ile yıllar arasındaki farkın anlamlı olup olmadığına bakılmıştır. İstatistiksel analizlerin yapılmasında SPSS 20.0 istatistik paket programı kullanılmıştır (SPSS Inc., 2011).

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Havzadaki Fizyografik Faktörlerin Belirlenmesi

#### 4.1.1. Havzanın alanı

Burdur Gölü Havzasının toplam alanı 318 478.30 ha olarak hesaplanmıştır. ArcGIS kullanılarak su ayırım çizgileri çizimi ile CBS ortamına aktarılarak sayısallaştırma işlemleri sonucunda havza alanı belirlenmiştir (Şekil 4.1) (Reddy, 2008).



#### 4.1.2. Havzanın şekli

##### Form faktörü

Dere akışı ve su havzasının şekliyle doğrudan ilişkili olan bir havza karakteristiğidir (Vijith ve Satheesh, 2006). Formül 4.1'e göre 0.25 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.2).

$$F = \frac{3184.78}{112.85^2} = 0.25 \quad (4.1)$$

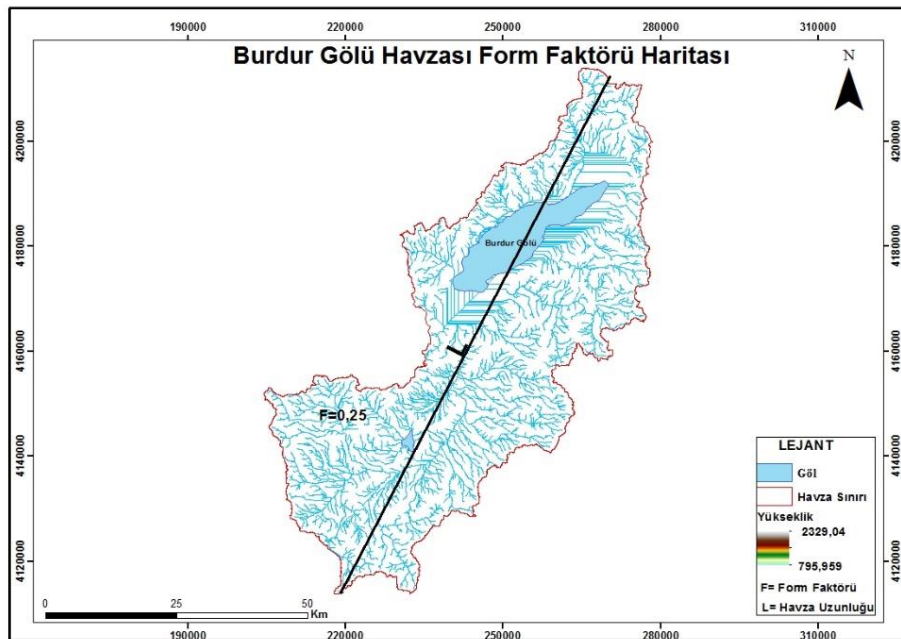
Ortalama genişlik (B) havza uzunluğuna (L) eşit olduğunda form faktörü 1 değerini almaktadır. Araştırma alanının genişliği, havza uzunluğundan daha küçük olduğu

için form faktörü 1'den küçük olarak hesaplanmıştır. Bir havzadaki form faktörü genellikle 1'den küçük bulunmaktadır. Form faktörünün küçük çıkması havzanın dar ve uzun olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlara göre havzadaki şiddetli yağışların pike ulaşma süresi, aynı alana sahip geniş havzalara göre daha kısadır. Çünkü suların toplanma zamanı daha kısa sürede olmaktadır.

Form faktörü düşük, uzun bir şekle sahip bir su havzası, uzun zaman periyotları boyunca daha düz akış pikini belirtmektedir. Böylesi uzun bir şekle sahip havzanın taşkın akışının yönetimi, zamanla daha kolay olmaktadır (Banerjee vd., 2017).

Nautiyal (1994)'a göre düşük form faktörü değerlerine sahip uzun havzalar, daha uzun süre için düşük tepe akışlarına sahiptir. Uzun havzaların taşkın akışlarını yönetmenin, dairesel havzalara göre daha kolay olduğu belirtilmiştir. Yüksek form faktörü değerlerine sahip havzalar, daha kısa periyotlu yüksek tepe akışları ile karakterize edilirken, düşük form faktörlü uzun alt havzalar, daha uzun süreli düşük bir tepe akışını karakterize etmektedir (Rai vd., 2018).

Form faktörü, erozyonla ters orantılı olarak değişim göstermektedir. Bu şekilde, en düşük form faktörü olan havzaların erozyona karşı en hassas havzalar olduğu söylenebilir (Ameri vd., 2018).



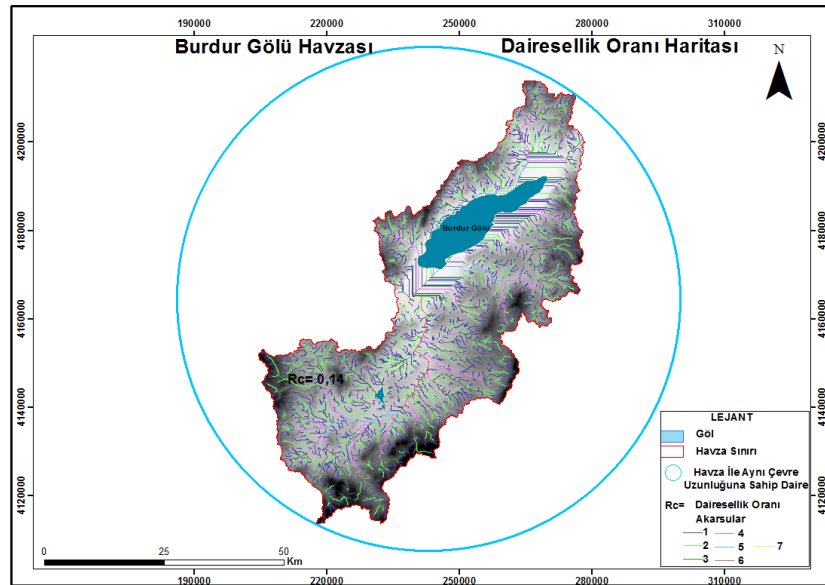
Şekil 4.2. Burdur Gölü Havzası form faktörü haritası

### Dairesellik oranı

Havza şeklinin niceliksel bir ifadesidir. Dairesellik oranı, genellikle eğimden ziyade çeşitli sıralardaki akışların uzunluk, frekans ve gradyanından etkilenmektedir. Burdur Gölü Havzasının dairesellik oranı Formül 4.2'e göre 0.14 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.3).

$$Rc = \frac{40000.83}{532.86^2} = 0.14 \quad (4.2)$$

Jeolojik yapı açısından, homojen küçük havzalarda bu oran 0.6-0.7 arasında değişmektedir. Buna karşılık, nispeten heterojen yapıya sahip bir havzada bu oran daha uzundur ve 0.4-0.5 arasında değişebilmektedir (Miller, 1953; Hızal, 1984). Ana hatları ifade etmek için boyutsuz bir orandır. Dere sıklığı, dere uzunluğu, jeolojik yapılardan, bitki örtüsünden, iklimden, havzanın rölyefinden ve eğim gibi faktörlerden etkilenmektedir (Joji vd., 2013). Dairesellik oranının (Rc), küçük olması halinde akım daha yavaş ve erozyon ihtimali daha az olmaktadır (Magesh vd., 2011). Ödeker ve Türkoğlu (2020)'nin Sabuncular Deresi Havzasında yaptığı bir morfometri araştırmasında havzanın dairesellik oranı 0.37 olup, düşük bir değere sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Bu değer düşük olması havzanın dar ve uzun şekilde olduğu ile ilişkilendirmiş ve değer 1'e yaklaştıkça daireselliğin arttığını ifade etmişlerdir. Bu sonuçlar araştırmada bulunan dairesellik oranı ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.3. Burdur Gölü Havzası dairesellik oranı haritası

### Uzunlaşma oranı

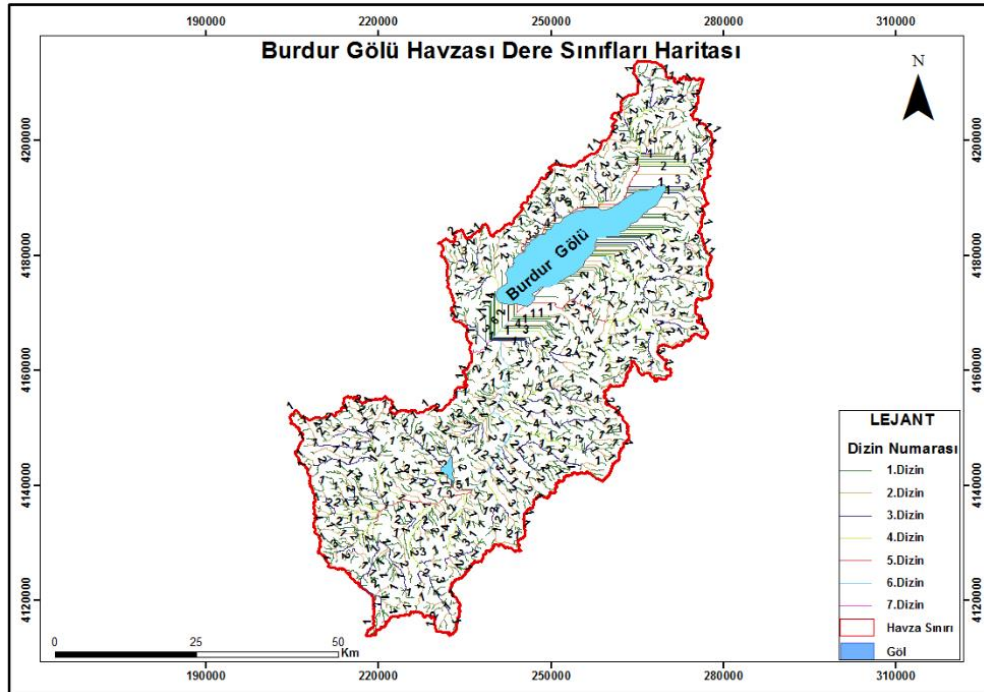
Burdur Gölü Havzasının uzunlaşma oranı Formül 4.3'te 0.28 olarak bulunmuştur.

$$E = \frac{31.84}{112.85} = 0.28 \quad (4.3)$$

Bu değer havza şeklinin dar veya geniş olduğunu bildiren bir göstergedir. Bölgenin çeşitli iklimsel ve jeolojik koşullarına bağlı olarak, genellikle 0.6-1.0 arasında değişmekte olup bu oran 1.0'e yaklaştıkça ise alçak topoğrafik yapıya sahip bölgeleri temsil eder, 0.6-0.8 arasındaki değerler genellikle dik ve sarp bir topoğrafyayı temsil etmektedir (Strahler, 1964; Balcı ve Özyuvacı, 1988).

### Havzanın drenaj durumu

Havzanın drenajını sağlayan derelerin sıraları, durumu ve havzanın drenajını gerçekleştiren derelerin sınıflandırılması Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Havza dere sınıfları bakımından 7 sınıfa ayrılmıştır. Havza alanı içerisinde 3025 adet dere bulunmaktadır ve bu derelerin toplam uzunluğu 3990.77 m'dir (Çizelge 4.1).



Şekil 4.4. Burdur Gölü Havzasının dere sınıfları haritası

Çizelge 4.1. Burdur Gölü Havzası dere sınıfları

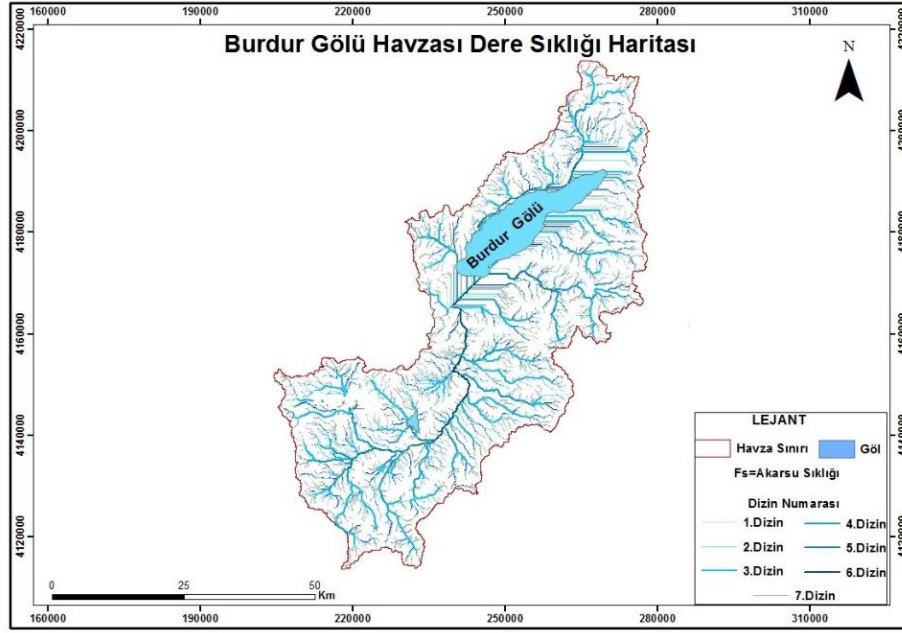
| Dere Sınıfı | Dere Sayısı (Adet) | Uzunluk(m) |
|-------------|--------------------|------------|
| 1           | 1516               | 2225.744   |
| 2           | 673                | 929.023    |
| 3           | 399                | 451.841    |
| 4           | 212                | 242.599    |
| 5           | 138                | 94.009     |
| 6           | 80                 | 43.094     |
| 7           | 7                  | 4.458      |
| Toplam      | 3025               | 3990.768   |

### Dere sıklığı ve drenaj yoğunluğu

Burdur Gölü Havzasının dere sıklığı oranı Formül 4.4 kullanılarak 0.95 olarak bulunmuştur.

$$D_s = \frac{3025}{3184.78} = 0.95 \quad (4.4)$$

Dere sıklığında iklim, jeomorfolojik özellikler, bitki örtüsü, zaman ve insan etkileri gibi çeşitli faktörlerin rolü vardır (Elbaşı, 2015). Çok sayıda akarsu, zeminin geçirgen olmadığını, su havzası röliyefinin yüksek olduğunu ve bitki örtüsünün az olduğunu gösterebilir. Bu değişkenin düşük bir değeri, litolojik yapının geçirgen olduğu anlamına gelir. Akarsuların frekansı 3.5'ten büyükse çok yüksek olarak kabul edilmektedir (Özhan, 2004; Karabulut ve Özdemir, 2019; Koralay ve Kara, 2021). Dere sıklığı, toprak erozyonu ile doğru orantılıdır. Çünkü daha fazla yüzey alanının kaplanması, maksimum toprak kaybına neden olmakta ve bu toprak kaybı nedeniyle tarımsal üretim azalmaktadır (Horton, 1932). Dere sıklığının düşük değeri, drenaj yoğunluğuna göre düşük akış değerini ve akarsu popülasyonundaki artışı göstermektedir (Patel vd., 2013) (Şekil 4.5).

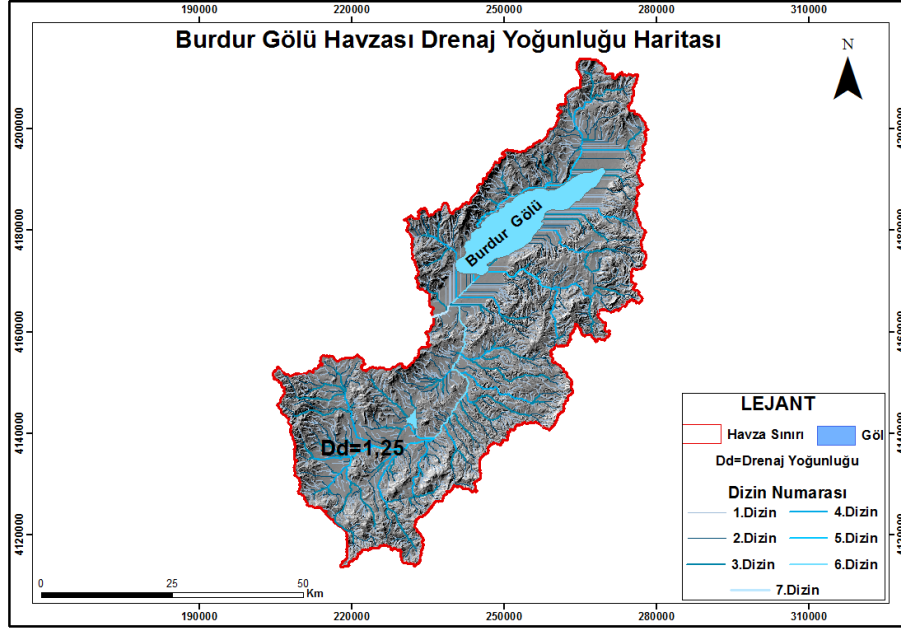


Şekil 4.5. Burdur Gölü Havzasının dere sıklığı haritası

Burdur Gölü Havzasının, drenaj yoğunluğu Formül 4.5'e göre 1.25 olarak bulunmuştur.

$$Dd = \frac{3990.76}{3184.78} = 1.25 \quad (4.5)$$

Bir havzanın drenaj yoğunluğu toprak, iklim, rölyef, vadi yoğunluğu, kaynak alanı ve peyzaj gibi faktörlerden etkilenmektedir (Potter, 1957). Drenaj yoğunluğu, havzada birim alandaki ortalama dere uzunluğuna karşılık gelen bir morfometri parametresidir. Drenaj yoğunluğunun düşük değeri, arazinin yoğun bitki örtüsüne sahip olduğunu ve yağışın önemli bir bölümünün akışa geçmeden önce tutulduğunu gösterebilir. Böylece, akış toprak tarafından süzülmetedir. Drenaj yoğunluğu yüksek olan bir havzada yüzeysel akış ve erozyon miktarı artmaktadır. Dolayısıyla böyle bir havzada, erozyonun artış eğilimi göstereceği söylenebilmektedir (Hızal, 1984; Patton, 1988; Bhattacharya vd., 2019; Koralay ve Kara, 2021) (Şekil 4.6).

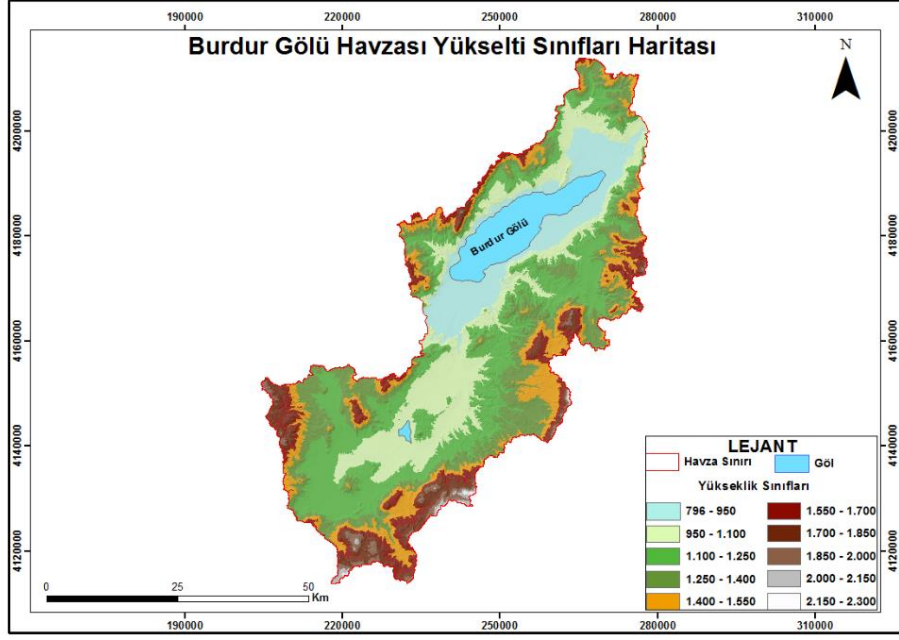


Şekil 4.6. Burdur Gölü Havzasının drenaj yoğunluğu haritası

#### 4.1.3. Havzanın ortalama yüksekliği

Burdur Gölü Havzasının ortalama yüksekliği yaklaşık 1224 m olarak belirlenmiştir. Sayısal yükseklik haritasına göre havzanın en düşük noktası 795 m ve en yüksek noktası ise 2329 m'dir (Şekil 4.7).

Havza alanı, yükselti basamakları bakımından incelendiğinde 796-950 m arası yükseklik kademesinde 52 725 ha, 950-1100 m arasında 56 683 ha, 1100-1250 m arasında 80 354 ha, 1250-1400 m arasında 57 698 ha, 1550-1700 m arasında 19 689 ha, 1700-1850 m arasında 11 812 ha, 1850-2000 m arasında 4046 ha, 2000-2150 m arasında 1210 ha ve 2150-2300 m arasında 199.83 ha olarak hesaplanmıştır. Havza alanında 1150-1250 m yükseklik kademelerine ait olan alanların oranı havza toplam alanının yaklaşık %25'lik oranla en fazla kısmını oluştururken, havza alanında en az yer kaplayan 2150-2300 m yükseklik kademelerine ait olan alanlar olup havza toplam alanının %0.1'ini oluşturmaktadır (Çizelge 4.2).



Şekil 4.7. Burdur Gölü Havzasının yükselti haritası

Çizelge 4.2. Burdur Gölü Havzası yükselti sınıfları

| Yükselti Sınıfları (m) | Alan (ha)  | Yüzde (%) |
|------------------------|------------|-----------|
| 796-950                | 52 725.23  | 16.55     |
| 950-1100               | 56 683.07  | 17.79     |
| 1100-1250              | 80 354.94  | 25.23     |
| 1250-1400              | 57 698.78  | 18.11     |
| 1400-1550              | 34 058.04  | 10.69     |
| 1550-1700              | 19 689.45  | 6.18      |
| 1700-1850              | 11 812.27  | 3.7       |
| 1850-2000              | 40 46.63   | 1.27      |
| 2000-2150              | 1210.04    | 0.38      |
| 2150-2300              | 199.83     | 0.1       |
| Toplam                 | 318 478.30 | 100       |

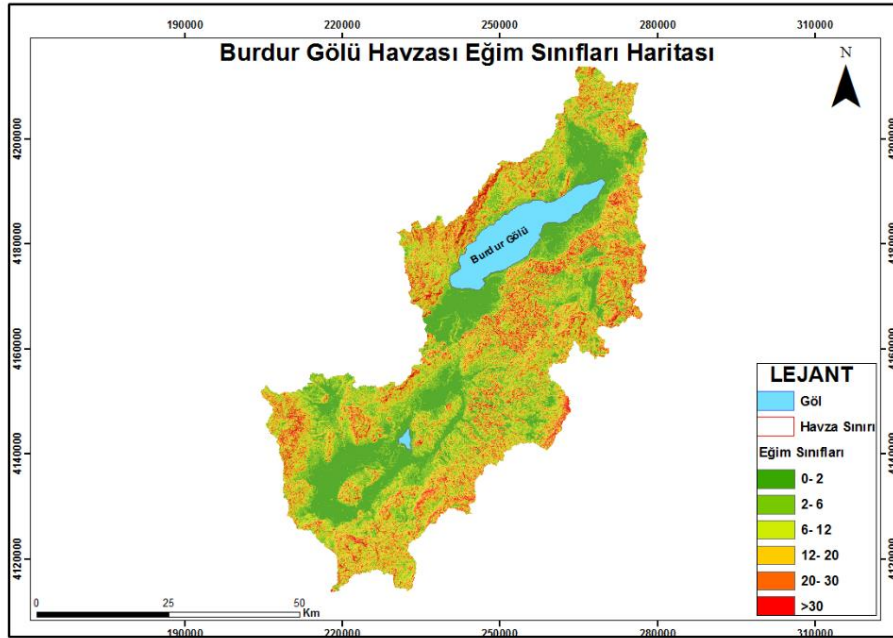
#### 4.1.4. Havzanın ortalama eğimi

Havza morfometrisi ve erozyon durumu bakımından oldukça önem arz eden bir havza karakteristiğidir. Burdur Gölü Havzasının eğim durumunu ortaya koymak için ArcGIS ortamında eğim haritası oluşturulmuştur (Costache, 2014; Dubey vd., 2015) (Şekil 4.8). Eğim faktörü, erozyona ve erozyona eğilimi olan alanların anlaşılmasına ve tanımlanmasına yardımcı olmaktadır. Eğim haritasından, yüksek yüzeysel akış ve yüksek erozyon oranına sahip bölgenin daha yüksek eğim derecesine sahip olduğu belirlenebilir (Sreedevi vd., 2005; John Wilson vd., 2012).

Bütün koşulların aynı olması durumunda, eğimin fazla olduğu alanlarda yağışla gelen suların toprağa sızması, eğimin az olduğu alanlara göre nispeten daha az

olmaktadır. Bu durumun sonucu olarak, yağmur suları doğrudan akışa geçmektedir. Böylelikle, akım değerinde artış olmakta ve özellikle bitki örtüsünden yoksun olan alanlarda erozyonel faaliyetler başlamakta olup, akarsuyun taşıdığı sediment miktarı artmaktadır (Özdemir, 2007; Bağdatlı ve Öztürk, 2014).

Burdur Gölü Havzasındaki eğim sınıfları ve alansal dağılım oranları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Eğim haritasına göre, havzanın %24.2’si 0-2 eğim grubunda olup, havzanın ortalama eğimi ise %10.1 olarak hesaplanmıştır. Havzanın ortalama eğimi yüzeysel akışın meydana gelmesinde, dere akımına ait hidrografın şeklinin belirlenmesinde ve pik akımın oluşumunda önemli bir etkidir. Havzanın yüksek eğimli olması, erozyon sorununu da beraberinde getirmektedir.



Şekil 4.8. Burdur Gölü Havzasının eğim sınıfları haritası

Çizelge 4.3. Burdur Gölü Havzası eğim sınıfları

| Eğim Sınıfları (%) | Alan (ha) | Oran (%) |
|--------------------|-----------|----------|
| 0-2                | 76971     | 24.2     |
| 2-6                | 60612     | 19       |
| 6-12               | 62076     | 19.5     |
| 12-20              | 66950     | 21       |
| 20-30              | 42001     | 13.2     |
| >30                | 9796      | 3.1      |
| Toplam             | 318 478.0 | 100      |

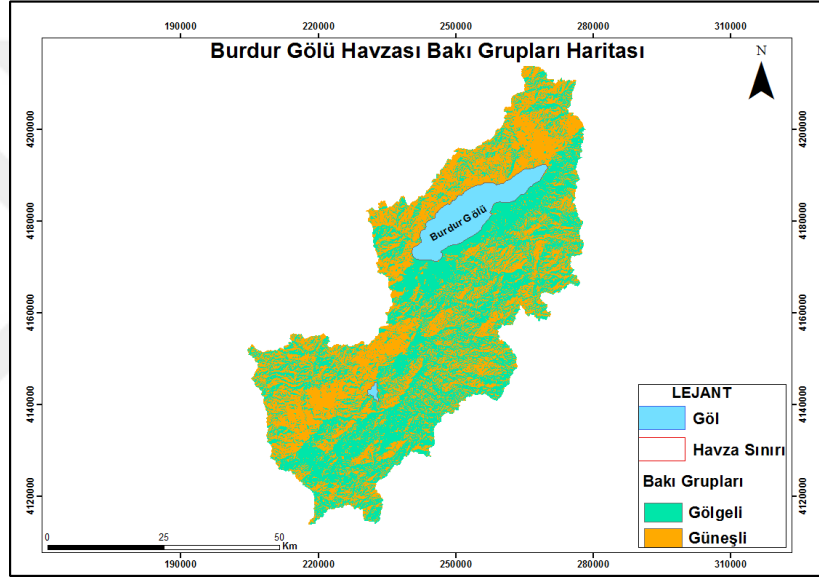
Eğimin dik ve çok dik olduğu arazilerde, koruma örtüsünü oluşturan bitkilerin azalış göstermesi erozyon olgusunda artışa neden olmaktadır (Koulouri ve Giourga, 2007).

#### 4.1.5. Havzanın bakı durumu

Havzadaki bakının, alansal dağılımı ile genel alana oranları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Havzada 158 896.32 ha'lık alan gölgeli, 159 581.98'lık alan ise güneşli bakı grubunda yer almaktadır (Şekil 4.9).

Çizelge 4.4. Burdur Gölü Havzası bakı sınıfları

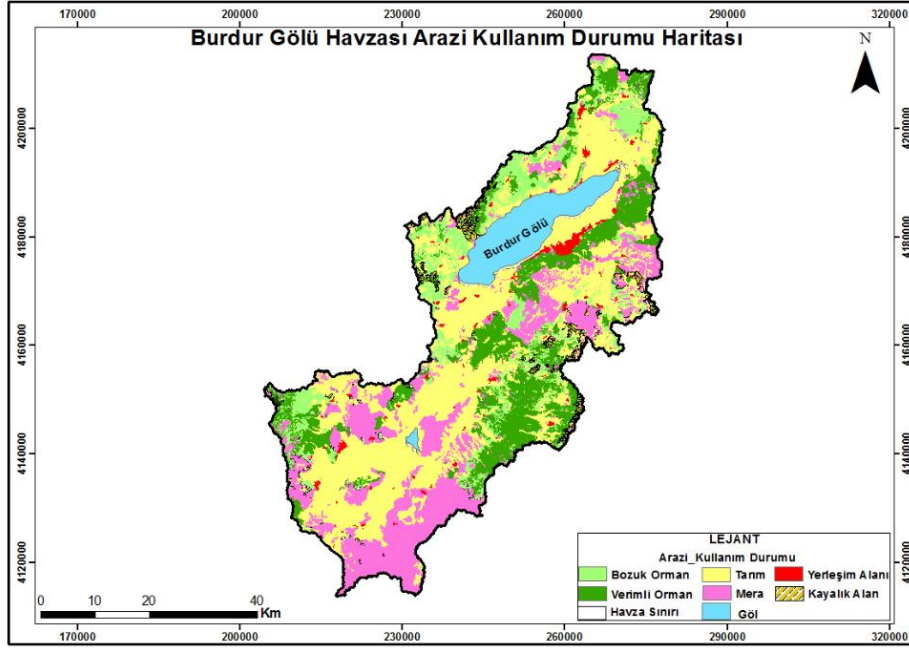
| Bakı Grubu | Alan (ha)  | Yüzde (%) |
|------------|------------|-----------|
| Gölgeli    | 158 896.32 | 49.89     |
| Güneşli    | 159 581.98 | 50.11     |
| Toplam     | 318 478.30 | 100       |



Şekil 4.9. Burdur Gölü Havzasının bakı grupları haritası

#### 4.1.6. Arazi kullanım şekli

Arazi kullanım şekli ve bitki örtüsü durumu, meydana gelen toprak kaybının en önemli etkenidir. Burdur Gölü Havzasına ait arazi kullanım haritası ile arazi kullanımının alansal ve oransal değerleri sırası ile Şekil 4.10'da ve Çizelge 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Burdur Gölü Havzasının arazi kullanımı haritası

Bitki örtüsü, yüzeysel akışı azaltarak, toprağı erozyona karşı korumaktadır. Bitkiler kökleriyle toprağı korumakta ve sabitlemektedir. Bitki ile kaplı arazide, yağmur damlalarının toprağı dövme enerjisi azalmaktadır. Ayrıca bitki örtüsü, toprak yüzeyindeki sedimentin akışını değiştirerek fiziksel bir bariyer görevi görmektedir (Bochet vd., 1998; Raya vd., 2006; Durán vd., 2006). Su erozyonunun kontrolünde, bitki örtüsünün ve dolayısıyla arazi kullanım durumunun önemi yaygın olarak kabul edilmektedir.

Kısa vadede bitki örtüsü, toprak yüzeyini yağış damlalarının eroziv etkisine karşı koruyarak erozyonu etkilemektedir. Odunsu bitkiler, toprağın geçirgenliğini, suyun infiltre olmasını iyileştirerek, su damlacıklarının eroziv etkilerini azaltarak, yağmurun, toprağı dövmesini engelleyerek kökleri ve yaprak döküntüleriyle toprağı fiziksel olarak sabitleştirerek su erozyonunu azaltmaktadır. Odunsu bitkilerin hasadı ise erozyonu arttırmaktadır (Zuazo ve Pleguezuelo, 2009).

Tarım ve mera alanlarının, yanlış kullanımı ile arazilerin, erozyona karşı dirençleri azalmaktadır. Ayrıca orman arazilerinin tahribatı sonucu erozyon miktarı artmaktadır. Erozyonun zararlarını en aza indirebilmek için farklı arazi kullanımlarına ait alanların erozyon değerleri belirlenmelidir. Erozyon değerleri bilinen bir arazinin, arazi kullanımlarının sürekliliği ve sürdürülebilirliği

sağlanabilmektedir (Dengiz ve İmamoğlu, 2016). Burdur Gölü Havzasının arazi kullanım durumu Çizelge 4.5’de gösterilmiştir. Arazi kullanım durumları incelendiğinde orman arazisi yaklaşık %28, mera arazisi %19 ve tarım arazisi %37’lik bir alana sahiptir.

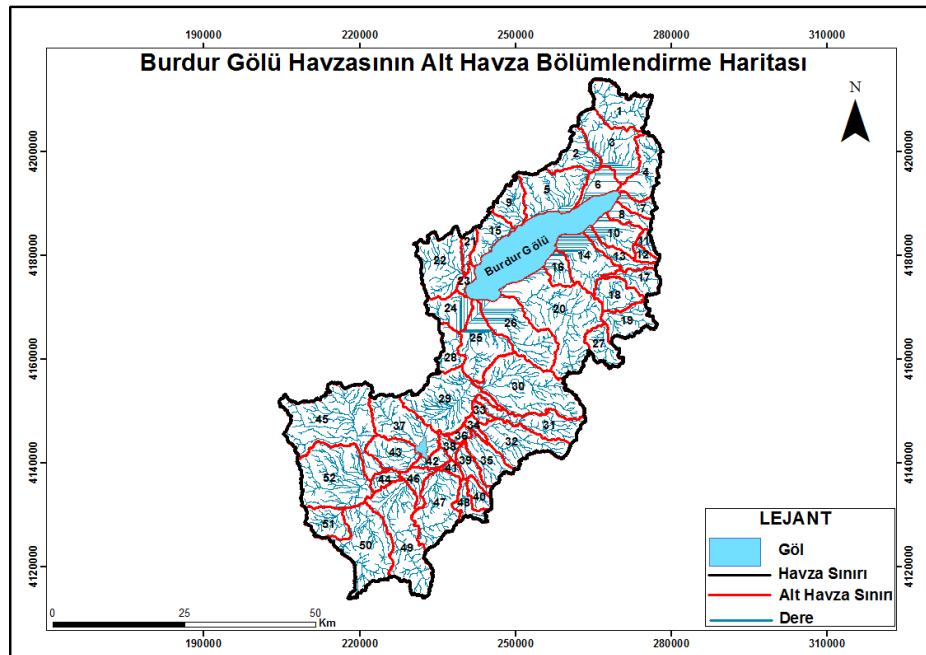
Çizelge 4.5. Burdur Gölü Havzası arazi kullanım durumu

| Arazi Kullanımı            | Alan (ha)  | Yüzde (%) |
|----------------------------|------------|-----------|
| Bozuk Orman                | 40 931.65  | 12.86     |
| Verimli Orman              | 49 611.75  | 15.58     |
| Mera                       | 62 880.75  | 19.74     |
| Tarım                      | 118 449.09 | 37.19     |
| Yerleşim Alanı             | 572.64     | 0.18      |
| Sulak alan                 | 17 135.60  | 5.38      |
| Kayalık alan + Maden ocağı | 28 896.82  | 9.07      |
| Toplam                     | 318 478.30 | 100       |

## 4.2. Burdur Gölü Havzasında Arazi Uygulamaları

### 4.2.1. Model havzaların tespiti

Çalışmada ArcHydro modülü kullanılarak 52 alt havzaya ayrılmıştır. Daha sonra anakaya, arazi kullanımı, eğim ve bakı gibi faktörler dikkate alınarak 4 model havza (1-5-20-30) seçilmiştir (Şekil 4.11).



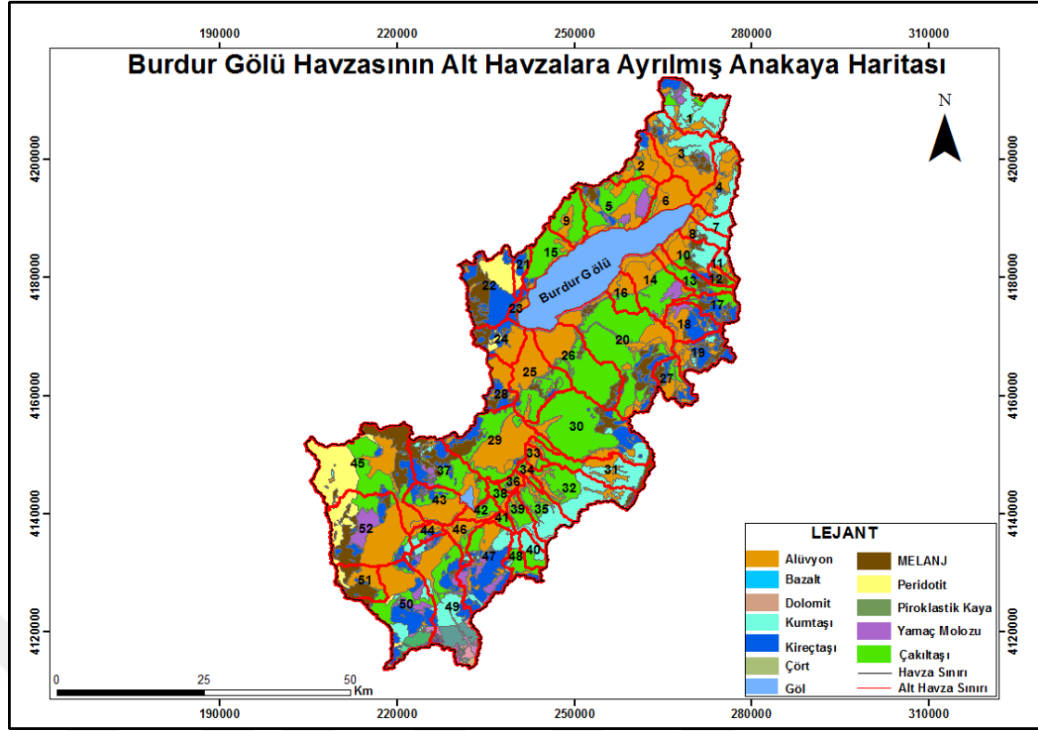
Şekil 4.11. Burdur Gölü Havzası alt havza bölümlendirme haritası

Model havzaların belirlenmesinde, öncelikle anakaya grupları sınıflandırılmış, havzada alansal olarak diğer anakaya gruplarına göre daha fazla alanı temsil eden alüvyon, çakıltaşı, kireçtaşı, kumtaşı, melanj, yamaç molozu anakaya grubu temel alınmıştır. Daha sonra bu anakaya grupları üzerinde üç farklı arazi kullanım durumunda (orman, tarım, mera) ve iki bakı grubunu (gölgeli ve güneşli) içeren havzalar, model havzalar olarak belirlenmiştir.

#### **4.2.2. Model havzaların anakaya durumu**

Bir havzada yüzeysel akışın oluşumunda etkili faktörler, aynı zamanda o havzada meydana gelecek sel ve erozyonun durumuna etki etmektedir. Bu faktörler; havzanın iklimi, topografik yapısı, toprağı ve ana materyali, doğal bitki örtüsü ve insandır. Toprak oluşumunda en önemli faktör anakayadır. Fakat anakayanın toprağın gelişimindeki rolü bölgesel olarak değişiklik göstermektedir. Özellikle serin ve nemli iklimin etkisi altında, toprağın gelişiminde iklim, anakayadan fazla etkilidir. Türkiye'nin yer aldığı ılıman kuşaktaki toprak gelişiminde iklim özellikleri ne kadar etkili ise anakaya da o kadar etkilidir (Kantarıcı, 2000).

Anakaya özellikleri, oyuntuların oluşum ve gelişim sürecini etkilemektedir. Erozyon belirleme çalışmalarında toprak özellikleri ve erozyon eğilimlerini ortaya koymak önem arz eden bir durumdur. Bu sebeple oyuntu ıslah çalışmaları öncesi, erozyon bölgesinin jeolojik, jeomorfolojik ve özellikle toprak özelliklerinin kapsamlı olarak araştırılması gerekmektedir (Çerçi ve Göl, 2021). Havzanın alt havzalara ayrılmış anakaya haritası Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12. Burdur Gölü Havzası bölümlendirilmiş havzalara ait anakaya grupları haritası

Farklı anakaya grupları üzerinde gelişim gösteren topraklar, farklı özellikler taşıdığından bu toprakların erozyona uğrama eğilimleri farklıdır. Mevcut anakaya gruplarının farklılığı, alt havzaların vejetasyon örtülerini ve sediment verimlerini etkilemektedir (Erdoğan Yüksel, 2015).

Araştırma havzası incelendiğinde alüvyon, çakıltaşı, kireçtaşı, kumtaşı, melanj, yamaç molozu olmak üzere 6 farklı anakaya grubu olduğu belirlenmiştir. Seçilen bu model havzaların toplam alanı baz alınarak, anakaya gruplarının model havzalara dağılımı incelendiğinde, çakıltaşı %48.30, alüvyon %21.10, kumtaşı %11.30, kireçtaşı %8.60, melanj %7.10, yamaç molozu %3.60'lık bir alanı kaplamaktadır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Burdur Gölü Havzasına ait anakaya grupları ve alan dağılımları

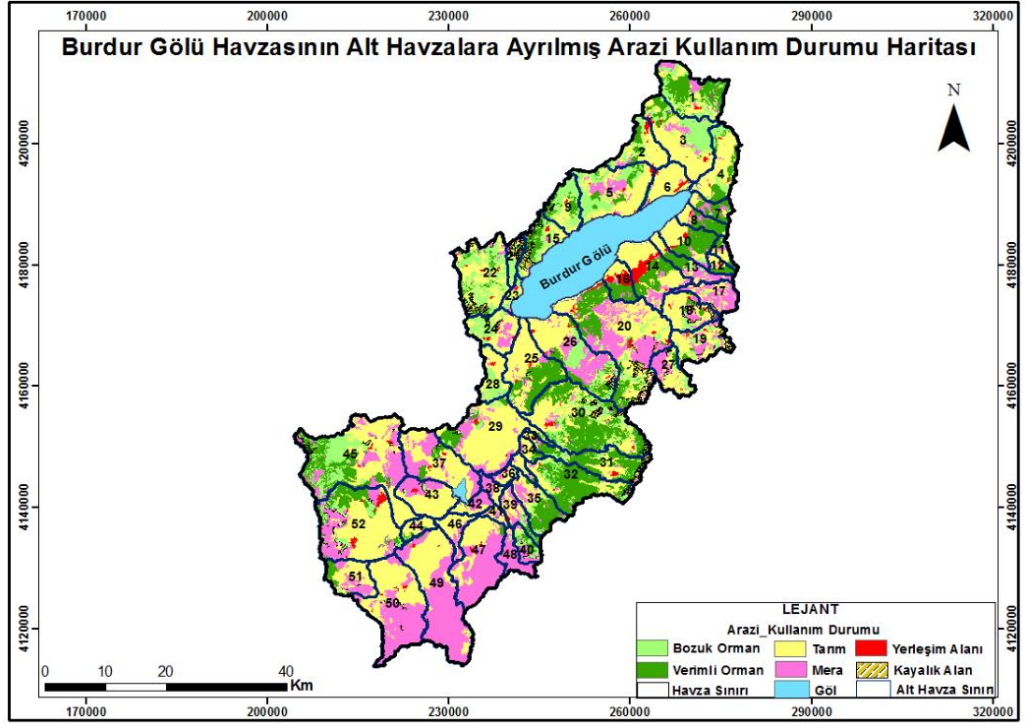
| Model Havza        | Anakaya          |                  |                |                |                |                | Toplam (ha)      |
|--------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
|                    | Alüvyon          | Çakıltaşı        | Kireçtaşı      | Kumtaşı        | Melanj         | Yamaç Molozu   |                  |
| 1                  | 1192.80          | 602.25           | 589.96         | 4575.47        | -              | 498.59         | 7459.07          |
| 5                  | 3506.94          | 4071.79          | 487.32         | -              | 402.95         | 1141.72        | 9610.72          |
| 20                 | 4585.71          | 10 922.05        | 1544.65        | 198.91         | 2287.07        | 253.6          | 19 791.99        |
| 30                 | 1796.08          | 9784.77          | 1878.64        | 1172.14        | 1043.39        | -              | 15 675.02        |
| <b>Toplam (ha)</b> | <b>11 081.53</b> | <b>25 380.86</b> | <b>4500.57</b> | <b>5946.52</b> | <b>3733.41</b> | <b>1893.91</b> | <b>52 536.80</b> |
| <b>Yüzde (%)</b>   | <b>21.10</b>     | <b>48.30</b>     | <b>8.60</b>    | <b>11.30</b>   | <b>7.10</b>    | <b>3.60</b>    | <b>100</b>       |

#### 4.2.3. Model havzaların arazi kullanım durumu

Bir arazinin toprak erozyonuna karşı direnci, sahip olduğu yüzey örtüsünün türüne göre belirlenmektedir. Bitki örtüsünün zayıf olması, toprak erozyonuna, arazi bozulmasına ve biyolojik çeşitliliğin ortadan kalkmasına sebep olarak yağışın aşırı akışa geçmesine neden olmaktadır (Kiage, 2013; Ziadat ve Taimeh, 2013). Arazi kullanım durumu ve bitki örtüsü, toprak erozyonu duyarlılığının en önemli belirleyicisidir. Duruma göre toprak, erozyon oranlarını geciktirmekte veya hızlandırmaktadır (Chen vd., 2001).

Hızlandırılmış toprak erozyonu, arazi kullanımı ve yönetimindeki farklılıklardan ve ayrıca arazi örtüsündeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Arazi kullanımı değişikliği ve insan faaliyetleri küresel ölçekte sosyo-ekonomik durum üzerinde önemli etkileri olan, hızlandırılmış toprak erozyonunun başlıca sebebidir. Arazi kullanım durumu ve bitki örtüsü, toprak kayıplarına etki eden en önemli faktördür (Borrelli vd., 2017).

Genel olarak Burdur Gölü Havzasında tüm alanın %37.19'unda tarım alanları, %28.44'ünde orman ve %19.74'ünde ise mera alanları ve kalan kısım ise maden ocakları, kayalık alanlar ve yerleşim alanlarından oluşmaktadır. Burdur Gölü Havzasında seçilen model havzaların %48'inde orman alanları, %33.99'unda tarım ve %16.51'inde ise mera alanları yayılış göstermektedir. Model havzaların belirlenmesinde de bu oranlar dikkate alınarak seçimler yapılmıştır (Şekil 4.13). Seçilen model havzalar arazi kullanımı açısından incelendiğinde ormanlar %48'lik bir oranla model havzaların yaklaşık yarsını oluşturmaktadır (Çizelge 4.7).



Şekil 4.13. Burdur Gölü Havzası bölümlendirilmiş havzalara ait arazi kullanım şekli haritası

Çizelge 4.7. Model havzalara ait arazi kullanım durumları ve alan dağılımları

| Model Havza | Bozuk Orman | Verimli Orman | Mera    | Tarım     | Yerleşim Alanı | Toplam (ha) |
|-------------|-------------|---------------|---------|-----------|----------------|-------------|
| 1           | 1813.24     | 3053.35       | 874.48  | 1645.61   | 72.39          | 7459.07     |
| 5           | 3172.29     | 964.84        | 1268.68 | 3981.11   | 223.8          | 9610.72     |
| 20          | 2368.07     | 3822.96       | 5936.32 | 7315.53   | 349.113        | 19 791.99   |
| 30          | 3310.74     | 6708.64       | 593.98  | 4909.58   | 152.077        | 15 675.02   |
| Toplam (ha) | 10 664.34   | 14 549.79     | 8673.46 | 17 851.83 | 797.38         | 52 536.80   |
| Yüzde (%)   | 20.30       | 27.70         | 16.51   | 33.99     | 1.50           | 100         |

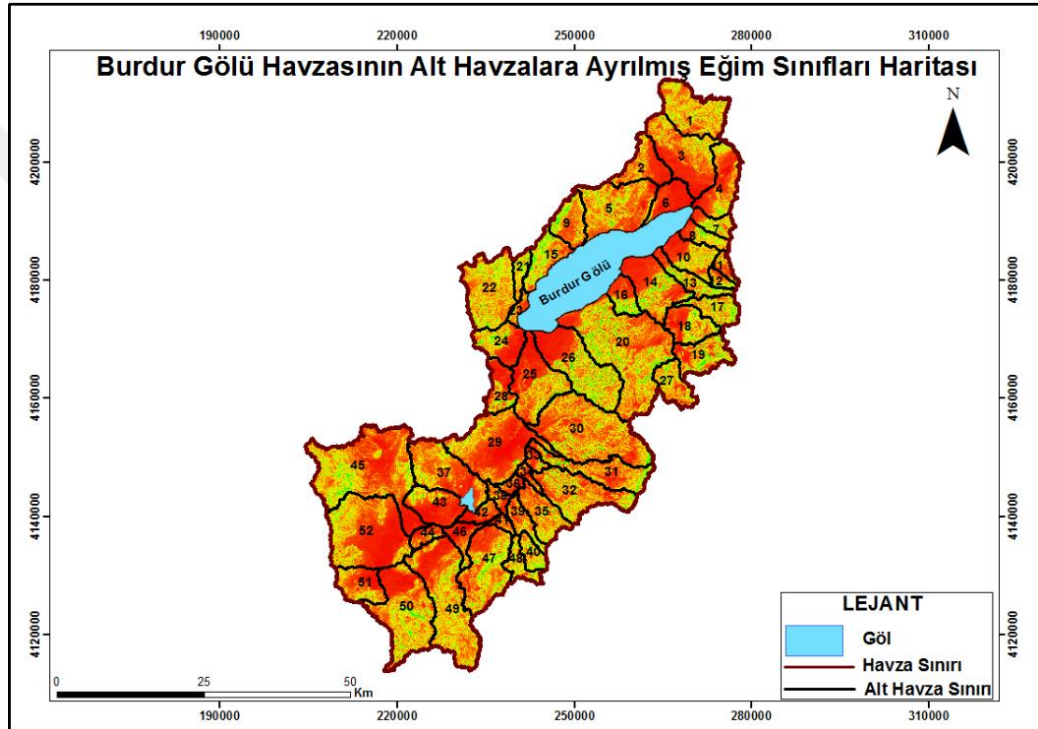
#### 4.2.4. Model havzaların eğim sınıfları

Toprak erozyonu, eğimle yakından ilişkilidir. Eğim ne kadar dik olursa, erozyon şiddeti o oranda fazla olmaktadır (Wu ve Wang, 2011). Yüzeysel akışın artışı arazi yüzeyinde daha fazla toprak erozyonuna yol açmaktadır (Zhao vd., 2017). Topoğrafya faktörü olarak eğim derecesi, toprak erozyon yoğunluğunu etkilemede önemli bir rol oynamaktadır (Zingg, 1940; Smith ve Wischmeier, 1957). Bir havzada, özellikle tepelik alanlarda arazi kullanımının rasyonel planlaması için eğim derecesi ve toprak erozyonu arasındaki ilişkiyi anlamak gerekir (Zhang vd., 2015). Burdur Gölü Havzası model havzalar bakımından incelendiğinde; havza alanında eğim sınıfları bakımından en yüksek eğimi %26.35 ile %12-20 eğim grubu, %26.20 ile %6-12 eğim grubu, %21.80 ile %2-6 eğim grubu, %15.00 ile %20-30 eğim grubu,

%7.20 ile 0-2 eğim grubu ve %3.45 ile %>30 eğim grubu oluşturmaktadır (Şekil 4.14) (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Model havzalara ait eğim sınıfları ve alan dağılımı

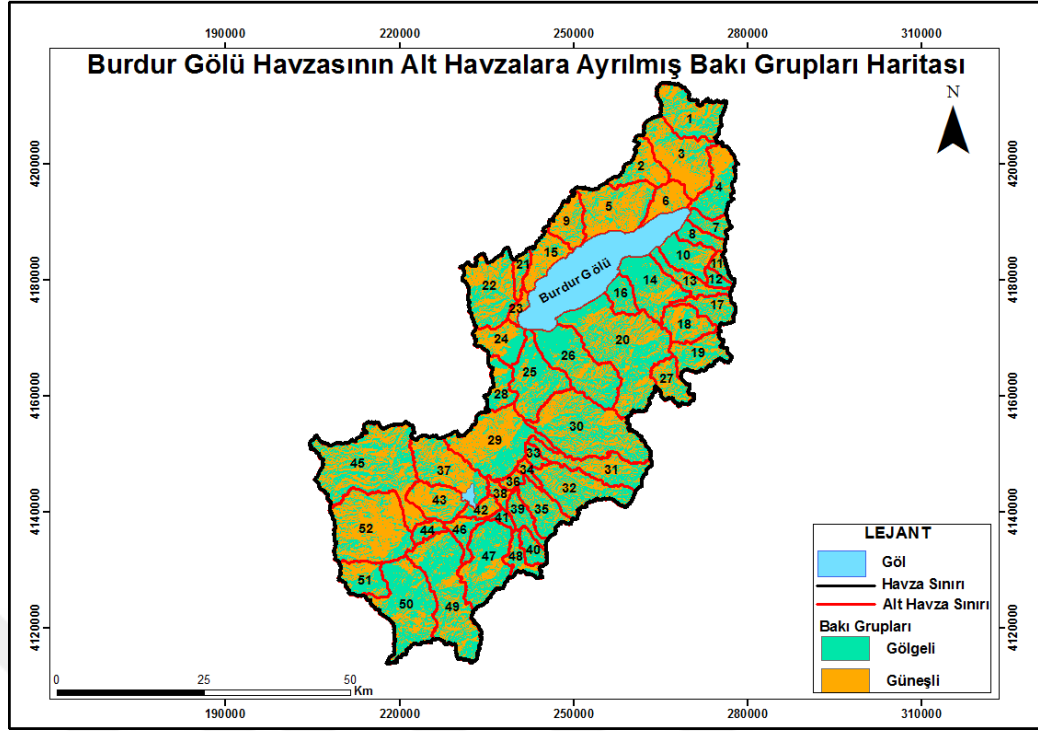
| Model Havza | 0-2     | 2-6       | 6-12      | 12-20     | 20-30   | >30     | Toplam (ha) |
|-------------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|-------------|
| 1           | 139.77  | 1005.01   | 1982.59   | 2754.70   | 1428.55 | 148.45  | 7459.07     |
| 5           | 792.79  | 2357.84   | 2663.10   | 2338.32   | 1249.24 | 209.43  | 9610.72     |
| 20          | 1518.32 | 4000.04   | 4756.41   | 4971.38   | 3447.57 | 1098.27 | 19 791.99   |
| 30          | 1332.32 | 4074.39   | 4382.71   | 3779.24   | 1757.40 | 348.96  | 15 675.02   |
| Toplam (ha) | 3783.20 | 11 437.28 | 13 784.81 | 13 843.64 | 7882.76 | 1805.11 | 52 536.80   |
| Yüzde (%)   | 7.20    | 21.80     | 26.20     | 26.35     | 15.00   | 3.45    | 100         |



Şekil 4.14. Burdur Gölü Havzası bölümlendirilmiş havzalara ait eğim sınıfları haritası

#### 4.2.5. Model havzaların bakı grupları

Burdur Gölü Havzası bakı grupları bakımından incelendiğinde; gölgeli (%49.89) ve güneşli (%50.11) bakıların birbirlerine yakın oranda havza alanını kapladığı ve havzada hakim olan bir bakı grubunun olmadığı görülmektedir (Şekil 4.15). Model havzaların seçiminde güneşli ve gölgeli bakıların homojen bir dağılım göstermesine dikkat edilmiştir. Seçilen model havzaların %46.99'u gölgeli, %53.01'i ise güneşli bakı grubundan oluşmaktadır (Çizelge 4.9).



Şekil 4.15. Burdur Gölü Havzasında bölümlendirilmiş bakı grupları haritası

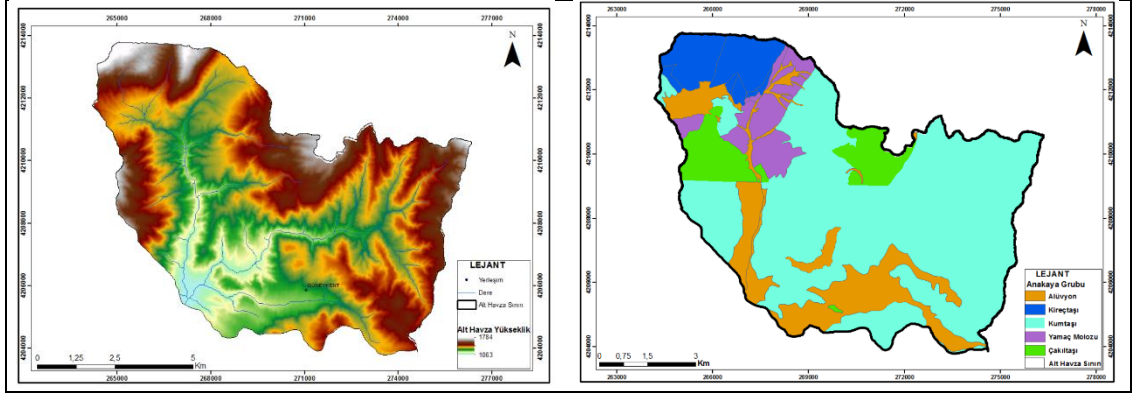
Çizelge 4.9. Model havzalara ait bakı grupları ve dağılımları

| Model Havza | Gölgeli (ha) | Güneşli (ha) | Toplam (ha) |
|-------------|--------------|--------------|-------------|
| 1           | 3308.30      | 4150.77      | 7459.07     |
| 5           | 2501.21      | 7109.51      | 9610.72     |
| 20          | 11 132.29    | 8659.70      | 19 791.99   |
| 30          | 7743.63      | 7931.39      | 15 675.02   |
| Toplam (ha) | 24 685.43    | 27 851.37    | 52 536.80   |
| Yüzde (%)   | 46.99        | 53.01        | 100.00      |

### 4.3. Model Havzalara Ait Bulgular

#### 4.3.1. 1 numaralı model havzaya ait bulgular ve fizyografik etmenler

1 numaralı model havza, Isparta ili Güneykent beldesi sınırları içerisinde yer almakta olup, model havza Burdur il merkezine yaklaşık olarak 65 km mesafede bulunmaktadır. Model havzadaki yükseklik sınıfları ve jeolojik yapının dağılımı Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16. 1 numaralı model havza yükseklik sınıfları ve anakaya sınıfları haritası

Yükselti sınıfları bakımından Çizelge 4.10'a bakıldığında en fazla alanı 1250-1400 m arasında (3704.68 ha), en az yer kaplayan yükselti sınıfı ise 1700-1850 (13.21 ha) olarak belirlenmiştir. Model havzada ortalama yükselti 1333.70 m'dir.

Çizelge 4.10. 1 numaralı model havza yükseklik sınıfları

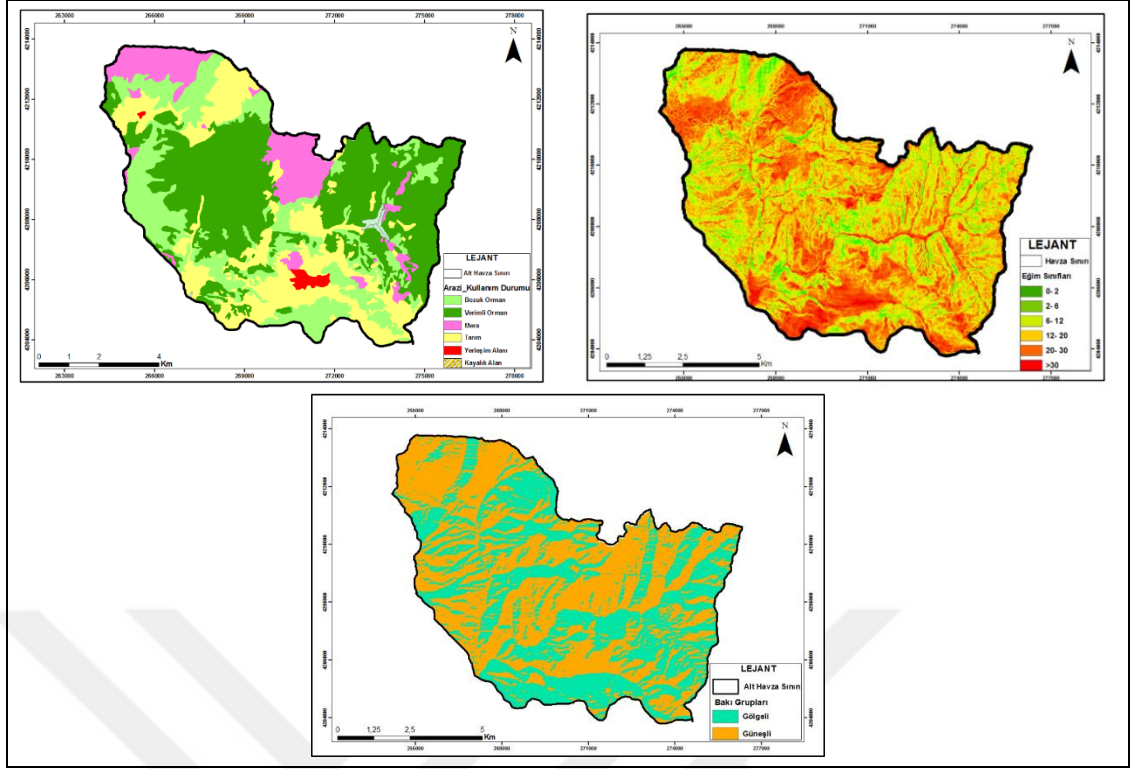
| Yükselik Sınıfları (m) | Alan (ha) | Oran (%) |
|------------------------|-----------|----------|
| 950 - 1100             | 90.38     | 1.21     |
| 1100 - 1250            | 1847.25   | 24.76    |
| 1250 - 1400            | 3704.68   | 49.67    |
| 1400 - 1550            | 1556.15   | 20.86    |
| 1550 - 1700            | 247.40    | 3.32     |
| 1700 - 1850            | 13.21     | 0.18     |
| Toplam (ha)            | 7459.07   | 100      |

Havza alanının jeolojik yapısı incelendiğinde, alanda alüvyon, kireçtaşı, kumtaşı, yamaç molozu, çakıltası ve melanj olmak üzere altı farklı anakaya grubunun olduğu belirlenmiştir. Havza alanının 4575.47 ha'ı (%61.33) kumtaşı anakayası üzerinde gelişen topraklardan oluşmaktadır. Model havzada en az yer kaplayan anakaya ise 498.59 ha (%6.70) ile yamaç molozu olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. 1 numaralı model havza anakaya sınıfları

| Anakaya Sınıfı | Alan (ha) | Oran (%) |
|----------------|-----------|----------|
| Alüvyon        | 1192.80   | 16.00    |
| Çakıltası      | 602.25    | 8.07     |
| Kireçtaşı      | 589.96    | 7.90     |
| Kumtaşı        | 4575.47   | 61.33    |
| Yamaç Molozu   | 498.59    | 6.70     |
| Toplam (ha)    | 7459.07   | 100      |

1 numaralı model havzadaki farklı arazi kullanım şekillerinin dağılımı ve havzada eğim ve bakı sınıfının oranları Şekil 4.17'de belirtilmiştir.



Şekil 4.17. 1 numaralı model havza arazi kullanımı, eğim ve baki sınıfları haritası

Havzada 4868.89 ha alan ile toplam alanın %65.24'ünü orman alanları, 874.48 ha ile %11.72'sini mera alanları ve 1645.61 ha ile %22.06'sını tarım alanları oluşturmaktadır (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. 1 numaralı model havza arazi kullanım sınıfları

| Arazi Kullanım Durumu | Alan (ha) | Oran (%) |
|-----------------------|-----------|----------|
| Bozuk Orman           | 1813.24   | 24.31    |
| Verimli Orman         | 3053,35   | 40.93    |
| Mera                  | 874.48    | 11.72    |
| Tarım                 | 1645.61   | 22.06    |
| Yerleşim Alanı        | 72.39     | 0.98     |
| Toplam (ha)           | 7459.07   | 100      |

Araştırma alanının, eğim haritasına göre, en fazla eğimin 2754.70 ha ile %12-20 eğim grubundan oluştuğu en az eğim 148.45 ha ile > %30 eğim grubundan oluştuğu tespit edilmiştir. Ortalama eğim ise %14.04 belirlenmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. 1 numaralı model havza eğim sınıfları

| Eğim Sınıfları (%) | Alan (ha) | Oran (%) |
|--------------------|-----------|----------|
| 0-2                | 139.77    | 1.87     |
| 2-6                | 1005.01   | 13.47    |
| 6-12               | 1982.59   | 26.58    |
| 12-20              | 2754.70   | 36.93    |
| 20-30              | 1428.55   | 19.15    |
| >30                | 148.45    | 2.00     |
| Toplam (ha)        | 7459.07   | 100      |

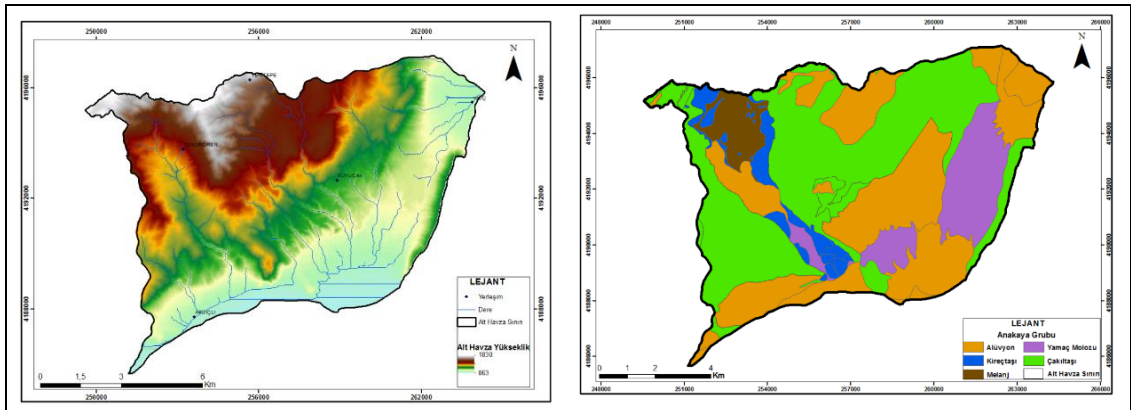
1 numaralı model havzada 3308.30 ha'lık alan gölgeli, 4150.77 ha'lık alan ise güneşli bakı grubundadır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. 1 numaralı model havza bakı grupları

| Bakı Grupları | Alan (ha) | Oran (%) |
|---------------|-----------|----------|
| Gölgeli       | 3308.30   | 44.35    |
| Güneşli       | 4150.77   | 55.65    |
| Toplam (ha)   | 7459.07   | 100      |

#### 4.3.2. 5 numaralı model havzaya ait bulgular ve fizyografik etmenler

5 numaralı model havza, Isparta ili Keçiborlu ilçesi sınırlarında yer almakta olup, model havza Isparta il merkezine yaklaşık olarak 60 km mesafede bulunmaktadır. Alt havzadaki yükseklik sınıfları ve jeolojik yapının dağılımı Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.18. 5 numaralı model havza yükseklik sınıfları ve anakaya sınıfları haritası

Yükselti sınıfları bakımından Çizelge 4.15'e bakıldığında en fazla alanı 950-1100 m arası (3059.91 ha), en az yer kaplayan yükselti sınıfı ise 1700-1850 m (43.79 ha) olarak belirlenmiştir. Model havzada ortalama yükselti 1168.10 m'dir.

Çizelge 4.15. 5 numaralı model havza yükseklik sınıfları

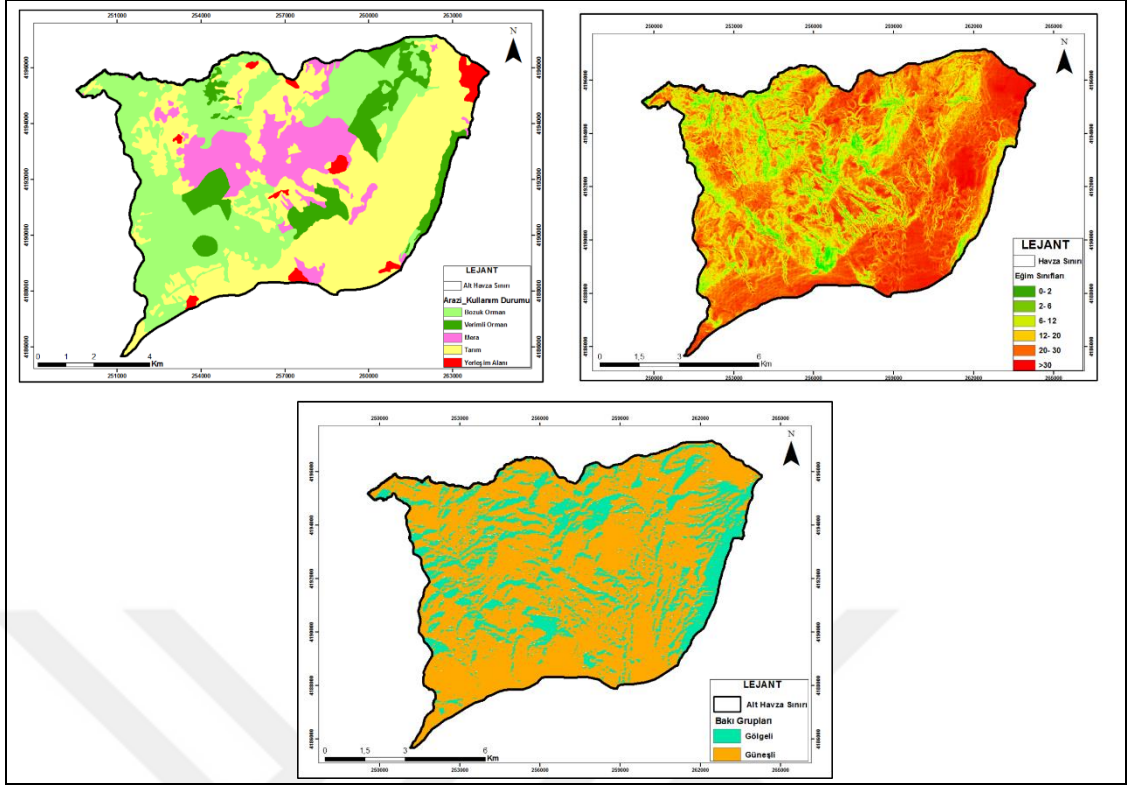
| Yükseklik Sınıfları (m) | Alan (ha) | Oran (%) |
|-------------------------|-----------|----------|
| 796 – 950               | 1412.75   | 14.70    |
| 950 - 1100              | 3059.91   | 31.84    |
| 1100 - 1250             | 2137      | 22.24    |
| 1250 - 1400             | 1567.21   | 16.30    |
| 1400 - 1550             | 941.45    | 9.80     |
| 1550 - 1700             | 448.51    | 4.67     |
| 1700 - 1850             | 43.79     | 0.45     |
| Toplam (ha)             | 9610.72   | 100      |

5 numaralı model havzadaki jeolojik yapının dağılımı Çizelge 4.16’da verilmiştir. Havza alanının jeolojik yapısı incelendiğinde, alanda alüvyon, kireçtaşı, melanj, yamaç molozu ve çakıltası olmak üzere beş farklı anakaya grubunun olduğu belirlenmiştir. Havza alanının 4071.79 ha’ı (%42.37) çakıltası anakayası üzerinde gelişen topraklardan oluşmaktadır. Model havzada en az yer kaplayan anakaya ise 402.95 (%4.19) ile melanj olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.16. 5 numaralı model havza anakaya sınıfları

| Anakaya Sınıfı | Alan (ha) | Oran (%) |
|----------------|-----------|----------|
| Alüvyon        | 3506.94   | 36.49    |
| Çakıltası      | 4071.79   | 42.37    |
| Kireçtaşı      | 487.32    | 5.07     |
| Melanj         | 402.95    | 4.19     |
| Yamaç Molozu   | 1141.72   | 11.88    |
| Toplam         | 9610.72   | 100      |

5 numaralı model havzadaki farklı arazi kullanım şekillerinin dağılımı ve havzada eğim ve bakı sınıfına ait alanlar ve bu alanların tüm alana oranları Şekil 4.19’da belirtilmiştir.



Şekil 4.19. 5 numaralı model havza arazi kullanımı, eğim ve baki sınıfları haritası

Havzada 4137.13 ha alan ile toplam alanın %43.05'ini orman alanları, 1268.68 ha ile %13.20'sini mera alanları ve 3981.11 ha ile %41.42'sini tarım alanları oluşturmaktadır (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. 5 numaralı model havza arazi kullanım sınıfları

| Arazi Kullanım Durumu | Alan (ha) | Oran (%) |
|-----------------------|-----------|----------|
| Bozuk Orman           | 3172.29   | 33.01    |
| Verimli Orman         | 964.84    | 10.04    |
| Mera                  | 1268.68   | 13.20    |
| Tarım                 | 3981.11   | 41.42    |
| Yerleşim Alanı        | 223.8     | 2.33     |
| Toplam (ha)           | 9610.72   | 100      |

Araştırma alanının eğim haritasına göre, havzanın en fazla eğiminin 2663.10 ha ile %6-12 eğim grubundan oluştuğu, en az eğim ise 20 943 ha ile > %30 eğim grubundan olduğu tespit edilmiştir. Ortalama eğim ise %11.17'dir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. 5 numaralı model havza eğim sınıfları

| Eğim Sınıfları (%) | Alan (ha) | Oran (%) |
|--------------------|-----------|----------|
| 0-2                | 792.79    | 8.25     |
| 2-6                | 2357.84   | 24.53    |
| 6-12               | 2663.10   | 27.71    |
| 12-20              | 2338.32   | 24.33    |
| 20-30              | 1249.24   | 13.00    |
| >30                | 209.43    | 2.18     |
| Toplam (ha)        | 9610.72   | 100      |

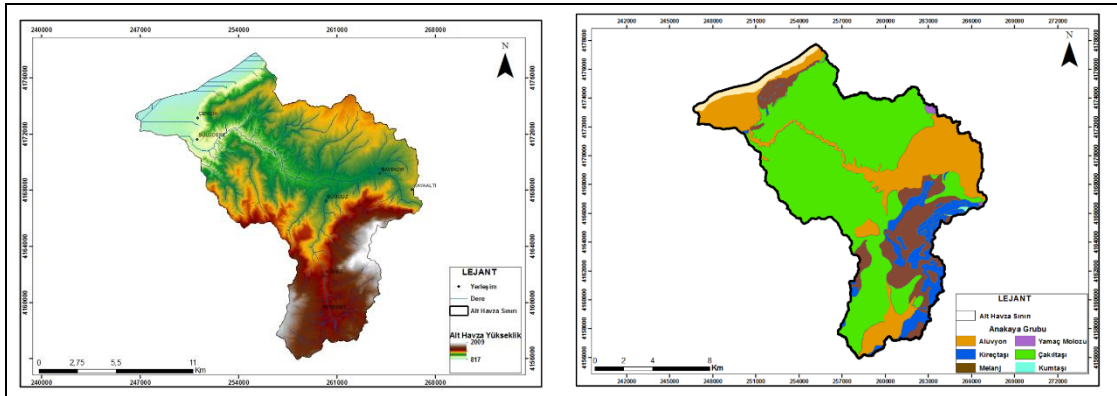
5 numaralı model havzada 2501.21 ha'lık alan gölgeli bakı, 7109.51 ha'lık alan ise güneşli bakı grubunda yer almaktadır (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. 5 numaralı model havza bakı grupları

| Bakı Grupları | Alan (ha) | Oran (%) |
|---------------|-----------|----------|
| Gölgeli       | 2501.21   | 26.02    |
| Güneşli       | 7109.51   | 73.98    |
| Toplam (ha)   | 9610.72   | 100      |

#### 4.3.3. 20 numaralı model havzaya ait bulgular ve fizyografik etmenler

20 numaralı model havza, Burdur ili Merkez ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Model havzadaki yükseklik sınıfları ve jeolojik yapının dağılımı Şekil 4.20'de verilmiştir



Şekil 4.20. 20 numaralı model havza yükseklik sınıfları haritası ve anakaya sınıfları haritası

Yükselti sınıfları bakımından Çizelge 4.20'ye bakıldığında en fazla alan 1100-1250 m (7633.82 ha), en az yer kaplayan yükselti sınıfı ise 1850-2000 m (94.2 ha) olarak belirlenmiştir. Model havzada ortalama yükselti 1249.86 m'dir.

Çizelge 4.20. 20 numaralı model havza yükseklik sınıfları

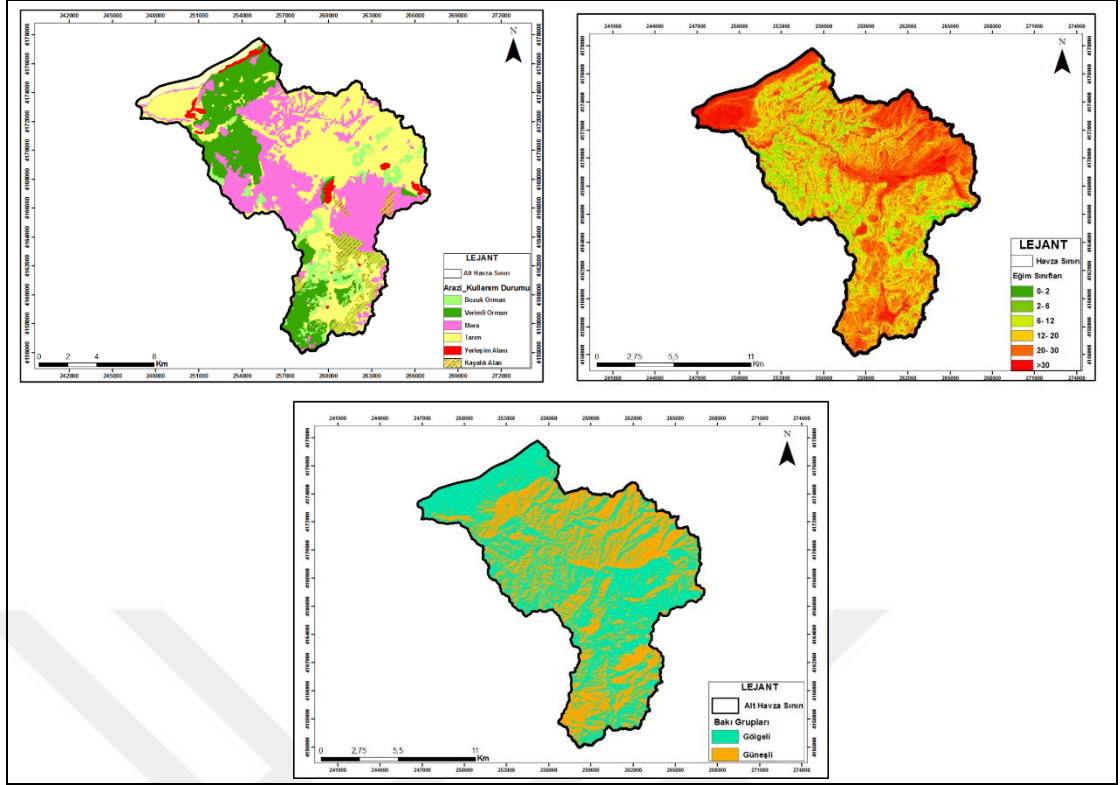
| Yükseklik Sınıfları (m) | Alan (ha) | Oran (%) |
|-------------------------|-----------|----------|
| 796 - 950               | 1735.12   | 8.77     |
| 950 - 1100              | 2442.10   | 12.34    |
| 1100 - 1250             | 7633.82   | 38.57    |
| 1250 - 1400             | 3362.50   | 16.99    |
| 1400 - 1550             | 2589.47   | 13.08    |
| 1550 - 1700             | 1441.23   | 7.28     |
| 1.00 - 1850             | 493.55    | 2.49     |
| 1850 - 2000             | 94.2      | 0.48     |
| Toplam (ha)             | 19 791.99 | 100      |

Havza alanının jeolojik yapısı incelendiğinde, alanda alüvyon, kireçtaşı, melanj, yamaç molozu, çakıltası ve kumtaşı olmak üzere altı farklı anakaya grubunun olduğu belirlenmiştir. Havza alanın 10 922.05 ha'ını (%55.19) çakıltası anakayası üzerinde gelişen topraklar oluşturmaktadır. Model havzada en az yer kaplayan anakaya ise 198.91 ha (%1.01) ile kumtaşı olarak bulunmuştur (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. 20 numaralı model havza anakaya sınıfları

| Anakaya Sınıfı | Alan (ha) | Oran (%) |
|----------------|-----------|----------|
| Alüvyon        | 4585.71   | 23.17    |
| Çakıltası      | 10 922.05 | 55.19    |
| Kireçtaşı      | 1544.65   | 7.8      |
| Kumtaşı        | 198.91    | 1.01     |
| Melanj         | 2287.07   | 11.55    |
| Yamaç Molozu   | 253.6     | 1.28     |
| Toplam (ha)    | 19 791.99 | 100      |

20 numaralı model havzadaki farklı arazi kullanım şekillerinin dağılımı ve havzada eğim ve bakı sınıfına ait alanlar ve bu alanların tüm alana oranları Şekil 4.21'de belirtilmiştir.



Şekil 4.21. 20 numaralı model havza arazi kullanım sınıfları, eğim sınıfları ve baki grupları haritası

Havzada 6191.03 ha alan ile toplam alanın %31.28'ini orman alanları, 5936.32 ha ile %30'unu mera alanları ve 7315.53 ha ile %36.96'sını tarım alanları oluşturmaktadır (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. 20 numaralı model havza arazi kullanım sınıfları

| Arazi Kullanım Durumu | Alan (ha) | Oran (%) |
|-----------------------|-----------|----------|
| Bozuk Orman           | 2368.07   | 11.96    |
| Verimli Orman         | 3822.96   | 19.32    |
| Mera                  | 5936.32   | 30.00    |
| Tarım                 | 7315.53   | 36.96    |
| Yerleşim Alanı        | 349.113   | 1.76     |
| Toplam (ha)           | 19 791.99 | 100      |

20 numaralı model havzada her bir eğim sınıfına ait alanların oranları (Çizelge 4.23) belirtilmiştir. Araştırma alanının yapılan eğim haritasına göre, en fazla eğiminin 4971.38 ha ile %12-20 eğim grubundan oluştuğu, en az eğimin 1098.27 ha ile > %30 eğim grubundan oluştuğu tespit edilmiştir. Ortalama eğim ise %13.13'dür.

Çizelge 4.23. 20 numaralı model havza eğim sınıfları

| Eğim Sınıfları (%) | Alan (ha) | Oran (%) |
|--------------------|-----------|----------|
| 0-2                | 1518.32   | 7.67     |
| 2-6                | 4000.04   | 20.21    |
| 6-12               | 4756.41   | 24.03    |
| 12-20              | 4971.38   | 25.12    |
| 20-30              | 3447.57   | 17.42    |
| >30                | 1098.27   | 5.55     |
| Toplam (ha)        | 19 791.99 | 100      |

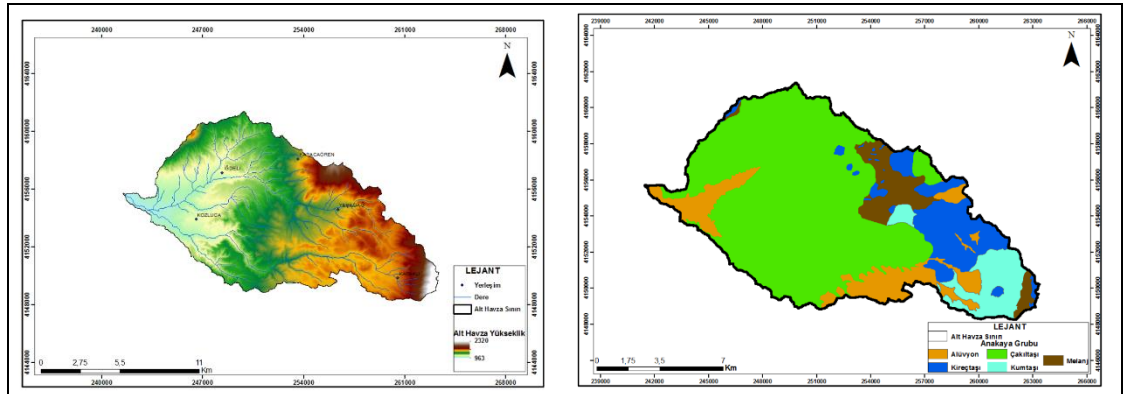
20 numaralı model havzada 11 132.29 ha'lık alan gölgeli bakı, 8659.70 ha'lık alan ise güneşli bakı grubunda yer almaktadır (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. 20 numaralı model havza bakı grupları

| Bakı Grupları | Alan (ha) | Oran (%) |
|---------------|-----------|----------|
| Gölgeli       | 11 132.29 | 56.25    |
| Güneşli       | 8659.70   | 43.75    |
| Toplam (ha)   | 19 791.99 | 100      |

#### 4.3.4. 30 numaralı model havzaya ait bulgular ve fizyografik etmenler

30 numaralı model havza Burdur ili Kozluca yöresi sınırları içerisinde yer almakta olup, model havza Burdur il merkezine yaklaşık olarak 50 km mesafede bulunmaktadır. Model havzadaki yükseklik sınıfları ve jeolojik yapının dağılımı Şekil 4.22'de verilmiştir.



Şekil 4.22. 30 numaralı model havza yükseklik sınıfları ve anakaya sınıfları haritası

Yükselti sınıfları bakımından Çizelge 4.25'e bakıldığında en fazla alan 1100-1250 m (5379.88 ha), en az yer kaplayan yükselti sınıfı ise 2150-2300 m (29.53 ha) olarak belirlenmiştir. Model havzada ortalama yükselti 1304.74 m'dir.

Çizelge 4.25. 30 numaralı model havza yükseklik sınıfları

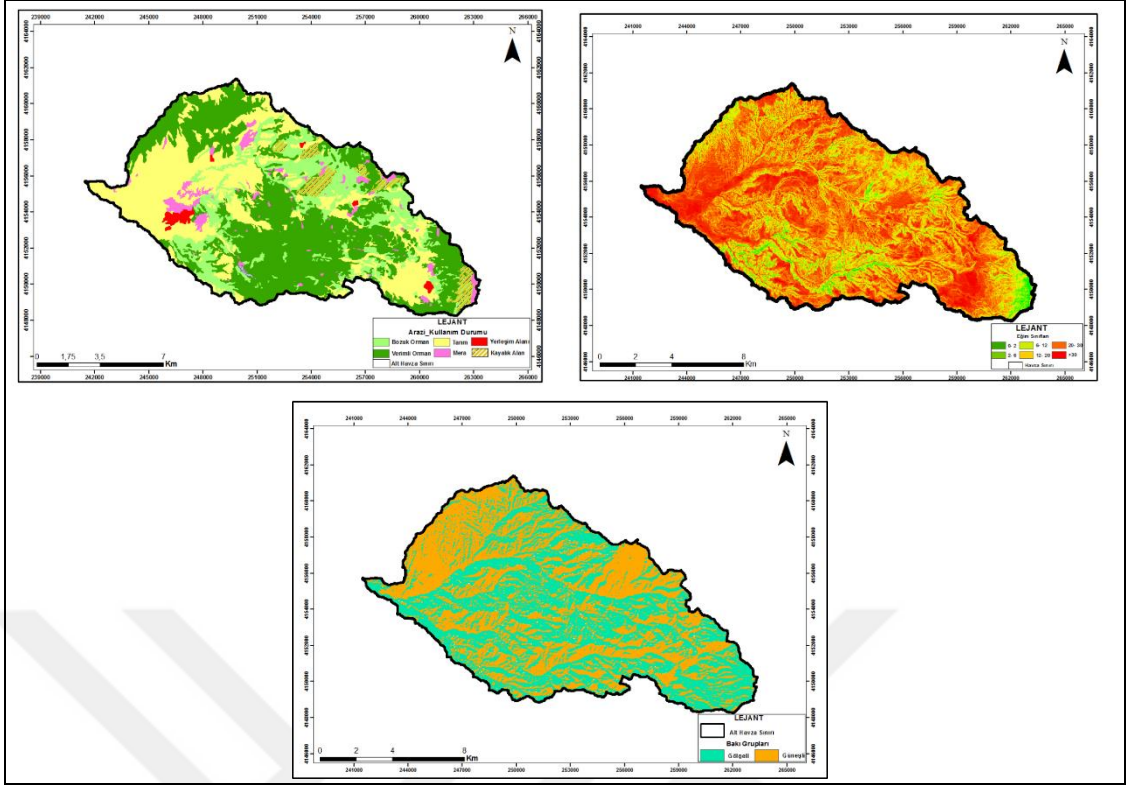
| Yükseklik Sınıfları (m) | Alan (ha) | Oran (%) |
|-------------------------|-----------|----------|
| 950 - 1100              | 1755.63   | 11.20    |
| 1100 - 1250             | 5379.88   | 34.32    |
| 1250 - 1400             | 3705.01   | 23.64    |
| 1400 - 1550             | 3886.44   | 24.79    |
| 1550 - 1700             | 618.55    | 3.95     |
| 1700 - 1850             | 197.61    | 1.26     |
| 1850 - 2000             | 61.89     | 0.39     |
| 2000 - 2150             | 40.48     | 0.26     |
| 2150 - 2300             | 29.53     | 0.19     |
| Toplam (ha)             | 15 675.02 | 100      |

30 numaralı model havzadaki jeolojik yapının dağılımı Çizelge 4.26'da verilmiştir. Havza alanının jeolojik yapısı incelendiğinde, alanda alüvyon, kireçtaşı, kumtaşı, çakıltaşı ve melanj olmak üzere beş farklı anakaya grubunun bulunduğu belirlenmiştir. Havza alanının 9784.77 ha'sını (%62.42) çakıltaşı anakayasını üzerinde gelişen topraklar oluşturmaktadır. Model havzada en az yer kaplayan anakaya ise 1043.39 ha (%6.66) ile melanj olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.26. 30 numaralı model havza anakaya sınıfları

| Anakaya Sınıfı | Alan (ha) | Oran (%) |
|----------------|-----------|----------|
| Alüvyon        | 1796.08   | 11.46    |
| Çakıltaşı      | 9784.77   | 62.42    |
| Kireçtaşı      | 1878.64   | 11.98    |
| Kumtaşı        | 1172.14   | 7.48     |
| Melanj         | 1043.39   | 6.66     |
| Toplam (ha)    | 15 675.02 | 100      |

30 numaralı model havzadaki farklı arazi kullanım şekillerinin dağılımı ve havzada eğim ve bakı sınıfına ait alanlar ve bu alanların tüm alana oranları Şekil 4.23'te belirtilmiştir.



Şekil 4.23. 30 numaralı model havza arazi kullanım sınıfları, eğim sınıfları ve bakı grupları haritası

Havzada 10 019.38 ha alan ile toplam alanın %63.91'ini orman alanları, 593.98 ha ile %3.80'ini mera alanları ve 4909.58 ha ile %31.32'sini tarım alanları oluşturmaktadır (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. 30 numaralı model havza arazi kullanım sınıfları

| Arazi Kullanım Durumu | Alan (ha) | Oran (%) |
|-----------------------|-----------|----------|
| Bozuk Orman           | 3310.74   | 21.12    |
| Verimli Orman         | 6708.64   | 42.79    |
| Mera                  | 593.98    | 3.80     |
| Tarım                 | 4909.58   | 31.32    |
| Yerleşim Alanı        | 152.077   | 0.97     |
| Toplam (ha)           | 15 675.02 | 100      |

30 numaralı model havzada her eğim sınıfına ait alanların oranları Çizelge 4.28'de belirtilmiştir. Araştırma alanının eğim haritasına göre, havzanın en fazla eğiminin 4382.71 ha ile %6-12 eğim grubundan oluştuğu en az eğim 348.96 ha ile > %30 eğim grubundan olduğu tespit edilmiştir. Ortalama eğim ise %10.79'dur.

Çizelge 4.28. 30 numaralı model havza eğim sınıfları

| Eğim Sınıfları | Alan (ha) | Oran (%) |
|----------------|-----------|----------|
| 0-2            | 1332.32   | 8.50     |
| 2-6            | 4074.39   | 26.00    |
| 6-12           | 4382.71   | 27.96    |
| 12-20          | 3779.24   | 24.11    |
| 20-30          | 1757.40   | 11.21    |
| >30            | 348.96    | 2.22     |
| Toplam (ha)    | 15 675.02 | 100      |

30 numaralı model havzada 7743.63 ha'lık alan gölgeli bakı, 7931.39 ha'lık alan ise güneşli bakı grubunda yer almaktadır (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.29. 30 numaralı model havza bakı grupları

| Bakı Grupları | Alan (ha) | Oran (%) |
|---------------|-----------|----------|
| Gölgeli       | 7743.63   | 49.40    |
| Güneşli       | 7931.39   | 50.60    |
| Toplam (ha)   | 15 675.02 | 100      |

#### 4.4. Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular

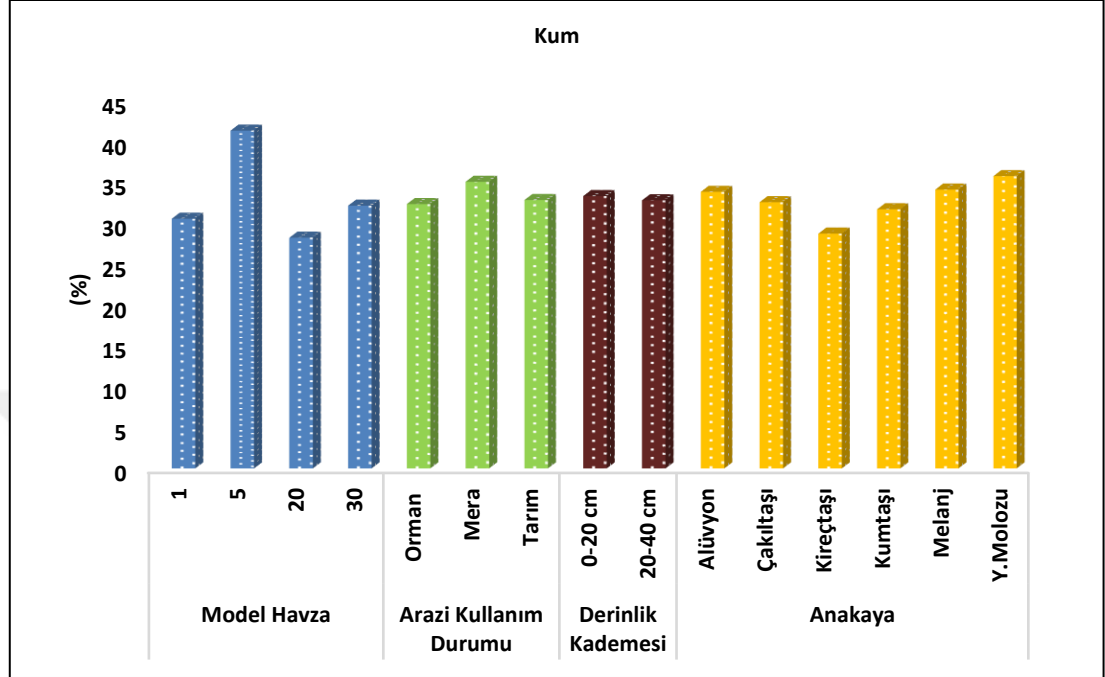
Bir havzada erozyon sorununun ortaya konulmasında, üst toprak büyük önem arz etmektedir. Bunun nedeni erozyona sebep olan faktörlerin ve ıslah uygulamalarının öncelikle üst toprakta gerçekleşmesinden kaynaklanmaktadır. Erozyonla üst toprak taşındığında, alt toprak yüzeyde kalmakta ve dış etkilere alt toprak maruz kalmaktadır. Bu durumda alt toprak özelliklerinin bilinmesi de yararlı olabilmektedir (Karagül, 1999). Bu bağlamda havza topraklarında yapılan analizlere ait değerlendirmeler aşağıda verilmiştir.

##### 4.4.1. Tekstür tayini

###### 4.4.1.1. Kum oranı

Arazi kullanım durumlarına göre kum oranı; mera topraklarında %35.10, tarım topraklarında %32.90 ve orman topraklarında %32.40 olarak belirlenmiştir. Model havzalara göre kum oranı; 5 numaralı model havzada %41.33, 30 numaralı model havzada %32.20, 1 numaralı model havzada %30.60, 20 numaralı model havzada ise %28.25 olarak tespit edilmiştir. Anakaya durumuna göre araştırma havzası topraklarının kum oranı; en yüksek yamaç molozu anakayasında çıkarken, bunu

sırasıyla melanj, alüvyon, çakıltası, kumtaşı ve kireçtaşı anakayası izlemiştir. Toprak derinlik kademesine göre değerlendirildiğinde ise kum oranının toprak derinlik kademesinin artmasıyla azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Kum içeriğinin model havza, arazi kullanımı, derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi

Varyans analizi sonuçlarına göre kum içeriği arazi kullanım durumu, anakaya ve toprak derinlik kademesine göre  $P > 0.05$  önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yokken model havzalara göre araştırma alanı topraklarının kum oranı değerleri arasında  $P < 0.05$  önem düzeyinde anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.30). Korelasyon analizi sonucunda kum ile toz, kil ve su tutma kapasitesi arasında  $P < 0.01$  önem düzeyinde negatif yönde anlamlı bir ilişki, kum ile pH değerleri arasında  $P < 0.05$  önem düzeyinde negatif yönde anlamlı bir ilişki ve kum ile hacim ağırlığı arasında ise  $P < 0.01$  önem düzeyinde pozitif yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.31).

Model havzalar bakımından kum oranı değeri, 5 numaralı model havzada diğer model havzalara göre yüksek bulunmuştur. Beldini (2004), kumlu toprakların, genellikle daha ince dokulu topraklara göre daha düşük su tutma kapasitelerine sahip olduğunu belirtmiştir. Model havzalar arasında, 5 numaralı model havzanın en az su

tutma kapasitesine sahip olması, bu bulgunun araştırmamızı desteklediğini göstermektedir.

Arazi kullanım şekline göre kum oranı değeri, mera topraklarında yüksek bulunmuş, bunu sırasıyla tarım ve orman arazi kullanımları takip etmiştir. Erdoğan Yüksel (2015) ile Mozaffari vd. (2021), kum oranının en fazla mera arazi kullanım durumunda olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar, araştırma bulgusuyla benzerlik göstermektedir. Mera arazi kullanım alanları, araştırma havzalarının yüksek ve dik eğimli olan yerlerinde olup, daha fazla yağış almakta ve daha uzun süre kar altında kalmaktadır. Bu nedenle kil fraksiyonlarının, yağış suları vasıtasıyla erozyona uğrayıp yamaç aşağı yönde sızarak profilin alt katmanlarına taşınmasıyla kum içeriğinin buralarda yüksek çıkması, doğal bir sürecin parçası olduğunu göstermektedir (Kantarı, 1980). Pyle vd. (2019)'de ekim geçmişine sahip bir meradan, hiçbir ekim işleminin yapılmadığı doğal bir meraya doğru kum oranının artış göstermekte olduğunu ve bu alanların kumlu topraklar olduğunu belirtmişlerdir.

Derinlik kademesinin artış göstermesiyle kum oranı azalış göstermiştir. Erdoğan Yüksel (2015) ve Reis vd. (2021) tarafından yapılan araştırmalarda derinliğin artmasıyla kum oranının azalığı sonucu bulunmuştur. Bu bulgular araştırmamızı desteklemektedir. Toprak derinlik kademesi incelendiğinde, derinlik arttıca kum miktarının azalığı, kil miktarının ise arttığı ve bu durumun kolloidal kilin doğal bir süreç içerisinde toprağın alt toprak kademesine taşınmasından kaynaklanmaktadır (Karagl, 1999).

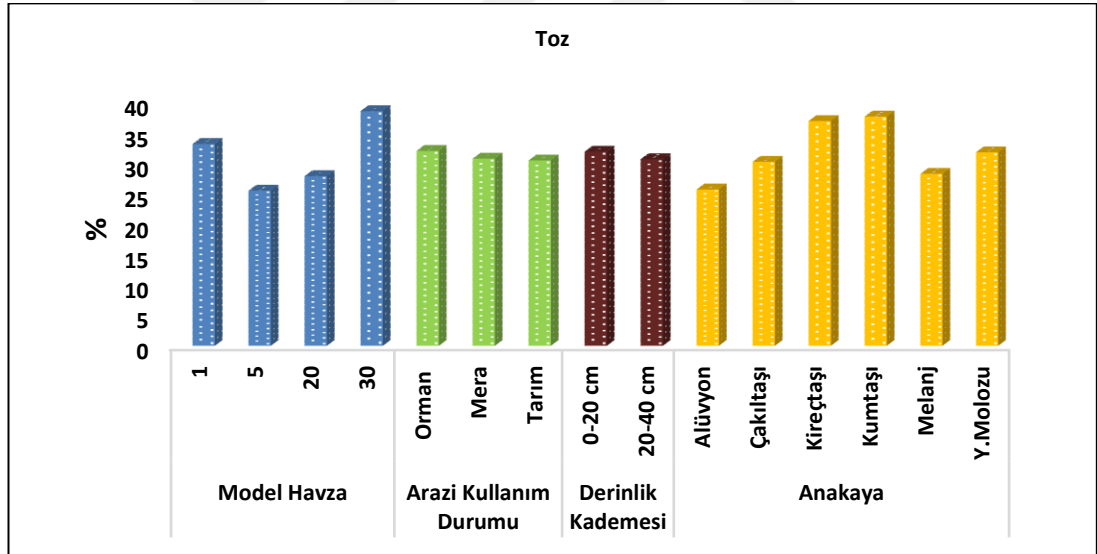
Kum oranının, yamaç molozu anakayası üzerinde gelişen topraklarda daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bunun nedeni su tutma kapasitesinin en düşük değer aldığı yamaç molozu anakayasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Beldini (2004)'ye göre su tutma kapasitesi ile kum yüzdesi arasında ters orantı vardır. Bu bulgu araştırmamızla benzerlik göstermektedir. Toprakta kum miktarının fazlalığı, toprağın havalanma ve geçirgenliğini arttıran bir etki yaparken, su tutma kapasitesi ve kohezyonu ise düşürmektedir (Atalay, 1982).

Diğer taraftan, kumlu topraklar, nispeten kuru koşullar altında daha düşük su tutma kapasitesine sahip ve daha büyük gözenek yüzdesine sahiptir. Toprak dokusu aynı

zamanda toprağın aşınabilirliğini de belirlemekte ve dolayısıyla toprak erozyonu riskinide etkilemektedir (Wischmeier ve Smith, 1978).

#### 4.4.1.2. Toz oranı

Arazi kullanım durumlarına göre toz oranı; orman topraklarında %32.12, mera topraklarında %30.84 ve tarım topraklarında ise %30.55 olarak belirlenmiştir. Model havzalara göre toz oranı; 30 numaralı model havzada %38.65, 1 numaralı model havzada %33.30, 20 numaralı model havzada %27.90, 5 numaralı model havzada ise %25.60 olarak hesaplanmıştır. Anakaya durumuna göre araştırma havzası topraklarının toz oranları; en yüksek kumtaşı anakayasında çıkarken bunu sırasıyla kireçtaşı, yamaç molozu, çakıltası, melanj ve alüvyon anakayası izlemektedir. Toprak derinlik kademesine göre değerlendirildiğinde ise toz oranının üst topraktan (0-20 cm) alt topraktan (20-40 cm) fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Toz oranının model havza, arazi kullanımı, derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi

Varyans analizi sonuçlarına göre toz oranı, arazi kullanım durumu ve toprak derinlik kademesine göre istatistiksel olarak  $P > 0.05$  önem düzeyinde anlamlı bir fark yokken, model havzalara ve anakayaya göre araştırma alanı topraklarının toz oranı değerleri istatistiksel olarak  $P < 0.05$  önem düzeyinde anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.30). Korelasyon analizi sonucunda toz ile kil  $P < 0.01$  önem düzeyinde negatif yönde anlamlı, toz ile pH  $P < 0.05$  önem düzeyinde pozitif yönde anlamlı ve

toz ile su tutma kapasitesi arasında  $P < 0.01$  önem düzeyinde pozitif yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.31).

Model havzalar bakımından toz oranının; 30 numaralı model havzada en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. Yazıcı ve Turan (2016), ağaçlandırılan alanların toz oranlarının yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Model havzada, en çok orman arazi kullanım durumu olduğundan bu veriler araştırma bulgusunu desteklemektedir.

Araştırma sahasında arazi kullanım durumuna göre toz oranı; orman topraklarında yüksek çıkarken, bunu sırasıyla mera ve tarım arazisi izlemiştir. Yılmaz (2007), Özalp vd. (2016) ile Reis vd. (2021) gibi araştırmacılar toz oranının en fazla orman arazi kullanım durumunda olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar araştırma bulgusuyla benzerlik göstermektedir.

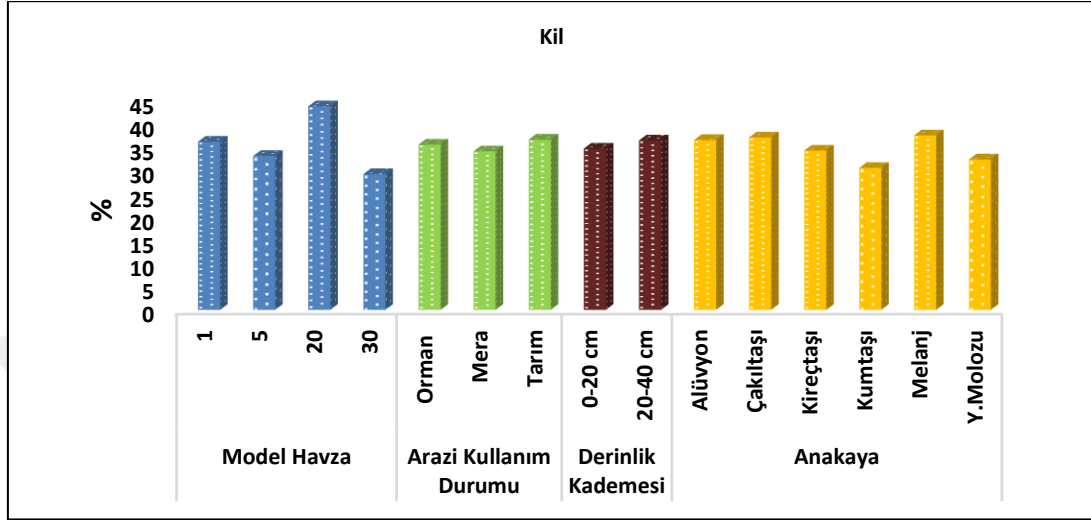
Derinlik kademesinin artmasına göre toz oranı azalmıştır. Kalay ve Yüksek (2001) ile Erdoğan Yüksel (2009)'in yaptıkları araştırmalarda da toprak yüzeyinden derinlere doğru gidildikçe toz oranı azalmıştır. Bu durumun sebebinin kil fraksiyonları ile beraber tozların derine taşınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Toz oranının kumtaşı anakayası üzerinde oluşan topraklarda daha yüksek olduğu bulunmuştur. Anakaya gruplarına göre toz oranının yüksek değerlerden düşük değerlere doğru sırasıyla; kireçtaşı, yamaç molozu, çakıltası, melanj ve alüvyon anakayalarından oluştuğu belirlenmiştir. Reis vd. (2021) yapmış oldukları bir araştırmada, toz oranının en yüksek bulunduğu anakayalardan birinin kumtaşı anakayası olduğunu belirlemişlerdir.

#### **4.4.1.3. Kil oranı**

Arazi kullanım durumlarına göre kil oranı; tarım topraklarında %36.60, orman topraklarında %35.51 ve mera topraklarında ise %34.10 olarak belirlenmiştir. Model havzalara göre kil oranı; 20 numaralı model havzada %43.80, 1 numaralı model havzada %36.14, 5 numaralı model havzada %33.10, 30 numaralı model havzada ise %29.20'dir. Anakaya durumuna göre araştırma havzası topraklarının kil oranı; en

yüksek melanj anakayasında çıkarken bunu sırasıyla çakıtaşı, alüvyon, kireçtaşı, yamaç molozu ve kumtaşı anakayası izlemiştir. Toprak derinlik kademesi değerlendirildiğinde kil oranının 0-20 cm üst toprağın %34.66'lık değerle, 20-40 cm alt topraktan (%36.41) az olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Kil oranının model havza, arazi kullanımı, derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi

Varyans analizi sonuçlarına göre kil oranı, arazi kullanım durumu, toprak derinlik kademesi ve anakayaya göre  $P>0.05$  önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yokken, model havzalara göre araştırma alanı topraklarının kil oranı değerleri arasında istatistiksel olarak  $P<0.05$  önem düzeyinde anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.30). Korelasyon analizi sonucunda kil oranı ile hacim ağırlığı arasında  $P<0.01$  önem düzeyinde negatif yönde anlamlı, kil oranı ile su tutma kapasitesi arasında  $P<0.05$  önem düzeyinde pozitif yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.31).

Model havzalar bakımından kil oranı; 20 numaralı model havzada en yüksek değere sahip olduğu sonucu çıkmaktadır. Erdoğan Yüksel (2015), kil içeriğinin yüksek çıktığı model havzaların, eğim yüzdesi düşük olan tarım arazi kullanımlarında olduğunu belirlemiştir. Araştırmamızda en düşük eğim özelliği gösteren 20 numaralı model havzada kil içeriğinin fazla olması bu bulguyu desteklediği söylenebilir.

Araştırmada, arazi kullanım durumuna göre kil oranı; tarım topraklarında yüksek bulunmuş, onu sırasıyla orman ve mera arazi kullanım durumları izlemiştir. Tarım

topraklarında kil miktarının daha fazla olması, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanmakta olup, bu durumun nedeninin yüksek oranda fiziksel ve kimyasal ayrışmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Orman alanlarındaki düşük kil miktarı ise eğimin ve toprak geçirgenliğinin daha yüksek olmasıyla bu alanlarda kilin yıkanarak uzaklaşmasıyla ilişkili olduğu söylenebilir (Dutal, 2020).

Karagül (1999), Yüksek (2001) ve Mozaffari vd. (2021), kil oranının en fazla tarım arazi kullanım durumunda olduğunu belirlemişlerdir. Bu sonuçlar araştırma bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

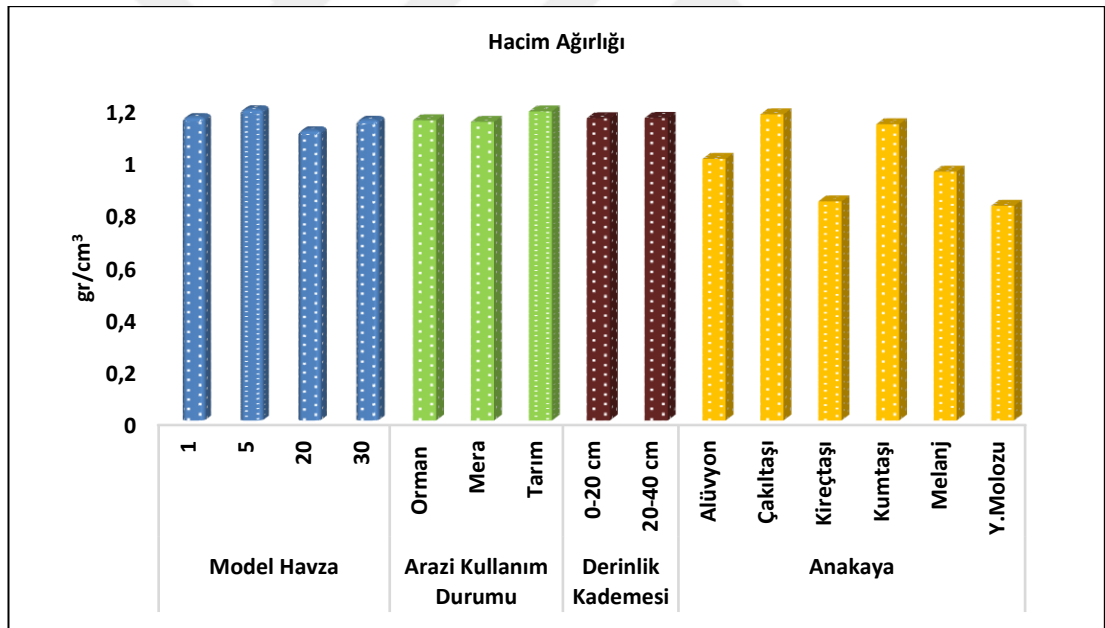
Derinlik kademesinin artmasına göre kil oranı artış göstermektedir. Özyuvacı, (1978), Naeem (1998) ve Erdoğan Yüksel (2015) gibi araştırmacıların yaptıkları araştırmalarda, toprak derinliğinin artmasıyla kil oranının arttığını ortaya koymuşlardır. Bu sonuç araştırmamızla benzerlik göstermektedir. Bu durum, kilin doğal bir süreç içerisinde, toprağın alt katmanlarına taşınmasından kaynaklanmaktadır (Karagül, 1999; Al-Kaisi vd., 2002).

Kil oranının melanj anakayası üzerinde oluşan topraklarda daha yüksek olduğu bulunmuştur. Reis (2020)'in yaptığı çalışmada ana materyal gruplarına göre ortalama kil miktarının çakıltası anakayası üzerinde gelişen topraklarda çok olduğu belirlenmiştir. Araştırma bulgularında melanj anakayasından sonra en fazla çıkan anakaya çakıltasıdır. Bu bulgu araştırmayı desteklemektedir.

Toprak tekstürü, toprak erodibilitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kil miktarı bakımından zengin topraklar düşük erodibilite özelliği göstermektedir. Düşük erodibilite göstermelerinin nedeni, kil taneciklerinin yüzey alanları daha geniş olduğundan birbirlerinden kopartılmasının zor olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat killi topraklar birbirinden kopartıldıktan sonra taşınmaları kolay olmaktadır. Kumlu toprakların ise birbirinden kopması kolay ama taşınmaları zor olmakta ve taşınmalarında büyük enerjiye gereksinimleri bulunmaktadır (O'Green vd., 2006; Dindaroğlu ve Çelik, 2019).

#### 4.4.2. Hacim ağırlığı

Arazi kullanım durumuna göre, hacim ağırlığı, en fazla tarım topraklarında 1.18 gr/cm<sup>3</sup> olup, sırasıyla mera topraklarında 1.14 gr/cm<sup>3</sup> ve orman topraklarında 1.14 gr/cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Model havzalara göre hacim ağırlığı; sırasıyla 5 numaralı model havzada 1.19 gr/cm<sup>3</sup>, 1 numaralı model havzada 1.16 gr/cm<sup>3</sup>, 20 numaralı model havzada 1.15 gr/cm<sup>3</sup>, 30 numaralı model havzada 1.11 gr/cm<sup>3</sup>'dür. Anakaya durumuna göre araştırma havzası topraklarının hacim ağırlığı; çakıltası anakayasında yüksek çıkarken sırasıyla kumtaşı, alüvyon, melanj, kireçtaşı ve yamaç molozu anakayaları şeklinde sıralanmaktadır. Toprak derinlik kademesine göre 0-20 cm üst toprak 1.15 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunurken 20-40 cm alt toprak ise 1.16 gr/cm<sup>3</sup> bulunmuştur. Hacim ağırlığı her iki derinlik kademesinde birbirine yakın çıkarken, çok az farkla alt toprak üst topraktan fazla bulunmuştur (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. Hacim ağırlığının model havza, arazi kullanımı, derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi

Varyans analizi sonuçlarına göre hacim ağırlığı, arazi kullanım durumu, toprak derinlik kademesi ve model havzalara göre  $P > 0.05$  önem düzeyinde istatistiksel olarak fark yokken, anakayaya göre araştırma alanı topraklarının hacim ağırlığı değerleri arasında  $P < 0.05$  önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.30). Korelasyon analizi sonucunda hacim ağırlığı değerleri ile su tutma kapasitesi, permeabilite ve EC değerleri arasında  $P < 0.05$  önem

düzeyinde negatif yönde anlamlı bir ilişki, hacim ağırlığı ile organik madde arasında  $P < 0.01$  önem düzeyinde negatif yönde anlamlı bir ilişki vardır (Çizelge 4.31).

Model havzalar bakımından hacim ağırlığının 5 numaralı model havzada en yüksek değere sahip olduğu sonucu belirlenmiş olup bu durumun nedeninin yoğun toprak sıkışmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Toprağın gözenekli bir yapıda olması ve hacim ağırlığı, toprak sıkışması ile yakından ilgilidir (Mattsson, 2000). Cerda vd. (2021) yaptığı bir araştırmada hacim ağırlığının artmasını ağır makine kullanımı, herbisitlerin kötüye kullanılması sonucu bitki örtüsünün olmaması, erozyon nedeniyle üst toprak katmanlarının kaybı ve her zaman hacim ağırlığı daha yüksek olan daha derin toprak katmanlarının açığa çıkmasına bağlamaktadır. 5 numaralı model havzada tarım alanlarının büyük yer kaplaması ve yoğun tarımsal faaliyetlerin olması, orman arazi kullanımının büyük bir kısmının Kermes meşesi ormanından oluştuğu, ormaniçi açıklıkların çok olduğu ve hem mera hem de orman alanlarında yoğun otlatma baskısının olması ve ayrıca yaban hayatının yoğun olduğu gözlemlendiğinden toprakta sıkışmanın fazla olduğu söylenebilir.

Araştırma havzalarında arazi kullanım şekline göre hacim ağırlığı değeri tarım topraklarında yüksek bulunmuş, bunu sırasıyla orman ve mera toprakları izlemiştir. Orman ve mera alanlarında hacim ağırlığı değerinin tarım arazi kullanım türüne göre düşük olması, kil içeriği bakımından tarım arazilerinin daha zengin olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Toprak işleme veya toprağı sıkıştıran ağır makinelerin oluşturduğu yoğun tarımsal faaliyetler, hacim ağırlığı ve porozite üzerinde büyük bir etkiye sahip olmaktadır (Gysi vd., 2000; Osunbitan vd., 2005). Yüksek miktarda organik madde içeren orman ve mera arazi kullanımları, ekilip sürülen tarım topraklarına göre daha düşük hacim ağırlığı özellikleri göstermektedir (Kiani vd., 2004). Hacim ağırlığı arazinin yapısı ve arazi kullanım şekline etkilenmektedir Özdemir (2019) ve De Bernardi vd. (2022) yaptıkları araştırmalarda tarım arazi kullanımında hacim ağırlığının diğer arazi kullanımlarına göre yüksek çıktığını belirtmişlerdir.

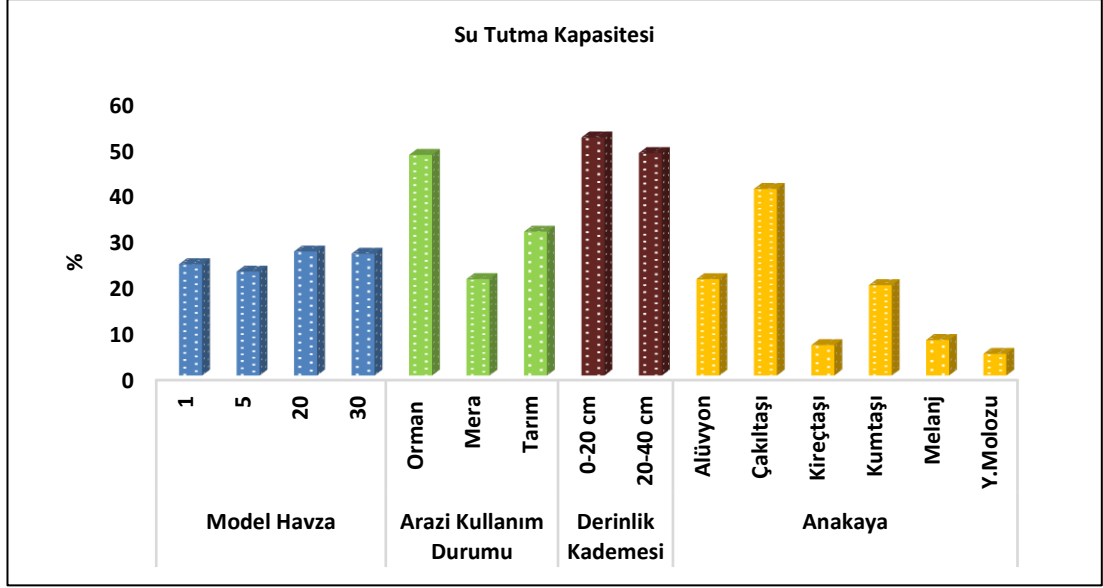
Derinlik kademesine göre hacim ağırlığına bakıldığında derinlik kademesinin artmasıyla hacim ağırlığının arttığı sonucu bulunmaktadır. Chaudhari vd. (2013)'e

göre organik madde içeriği, gözeneklilik ve toprak sıkışmasındaki değişikliklerden dolayı toprak derinliği ile hacim ağırlığının arttığını belirtmektedir. Hacim ağırlığı, toprak tekstüründeki, çakıl içeriğindeki ve yapısındaki değişiklikler nedeniyle tipik olarak derinliğe bağlı olarak artmaktadır (Landsberg vd., 2003). Hacim ağırlığı, toprak derinliğinin artmasıyla beraber artış göstermektedir. Bu durumun nedeni toprağın yüzey altı tabakası, yüzey katmanlarına göre daha az agregasyon, organik madde ve daha az kök ve daha az porozite alanı içermesiyle ilişkili olduğu söylenebilir (Hakansson ve Lipiec, 2000). Çelik (2011), Sinoga (2012) ve Işık ve Göl (2021) gibi araştırmacılar tarafından hacim ağırlığının toprak derinlik kademesine göre arttığı sonucuna varılmıştır. Bu durum araştırmamızın bulgularını desteklemektedir.

Anakayalara göre hacim ağırlığı kıyaslandığında çakıl ve benzeri kaya parçalarının birbirine yapışarak oluşturduğu sediment depoları olan çakıltaşı anakayasının en fazla yer kapladığı bulunmaktadır (Çepel, 1988). Hacim ağırlığı, sonuç olarak toprağı oluşturan yapısal bileşenlerden ve yönetim uygulamalarından önemli ölçüde etkilenmektedir. Yüksek hacim ağırlığı özellikleri gösteren toprakların, porozitesi az, infiltrasyon kapasitesi düşük, yüzey akış fazla, kök gelişimi sınırlı olduğundan ve bütün bu nedenlerden ötürü erozyon tetiklenmektedir. Ayrıca killi topraklarda tanecik boyutunun küçülmesiyle, yüzey alanı genişlemekte ve hacim ağırlığı artış göstermektedir (Keller ve Hakansson, 2010; Özdemir, 2019).

#### **4.4.3. Su tutma kapasitesi**

Arazi kullanım durumuna göre su tutma kapasitesi, orman topraklarında %47.90, tarım topraklarında %31.20 ve mera topraklarında %20.90 olarak belirlenmiştir. Model havzalara göre su tutma kapasitesi; 20 numaralı model havzada %26.90, 30 numaralı model havzada %26.40, 5 numaralı model havzada %22.50, 1 numaralı model havzada %24.20'dir. Anakaya durumuna göre araştırma havzası topraklarının su tutma kapasitesi; çakıltaşı anakayasında yüksek çıkarken, onu sırasıyla alüvyon, kumtaşı, melanj, kireçtaşı ve yamaç molozu anakayasası izlemektedir. Toprak derinlik kademesine göre değerlendirildiğinde; üst toprak (%51.70) alt topraktan (%48.30) yüksek bulunmuştur (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Su tutma kapasitesinin model havza, arazi kullanımı, derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi

Varyans analizi sonuçlarına göre arazi kullanım durumu ve anakayaya bağlı olarak araştırma alanı topraklarının su tutma kapasitesi değerleri arasında istatistiksel olarak  $P > 0.05$  önem düzeyinde anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Ancak model havzalara ve toprak derinlik kademesine göre araştırma alanı topraklarının su tutma kapasitesi değerleri arasında  $P < 0.05$  önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.30). Korelasyon analizi sonucunda su tutma kapasitesinin değerleri ile organik madde değerleri arasında  $P < 0.05$  önem düzeyinde pozitif yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.31).

Model havzalar bakımından su tutma kapasitesi 20 numaralı model havzada en yüksek çıkmaktadır. Bu durumun 20 numaralı model havzanın yüksek kil içeriğinden kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca hacim ağırlığı ile su tutma kapasitesi arasında ters orantı vardır (Yüksek ve Okatan, 2000). Bu durum araştırmamızla benzerlik göstermektedir. Bu nedenle, hacim ağırlığının düşük özellik gösterdiği topraklar, yüksek seviyede hacim ağırlığına sahip topraklara kıyasla daha fazla su tutma kapasitesine sahiptir. Böylelikle 20 numaralı model havzanın su tutma kapasitesinin yüksek çıktığı söylenebilir. Organik madde, bir toprağın su tutma kabiliyetini hem doğrudan hem de dolaylı olarak arttırmaktadır. Toprakta sıkışmaya bağlı olarak hacim ağırlığı artmakta ve toplam gözenek hacmi azalmakta dolayısıyla mevcut su tutma kapasitesi azalış göstermektedir (Anonim, 2022c).

Araştırma sahasında arazi kullanım durumuna göre su tutma kapasiteleri karşılaştırıldığında, orman arazisinin de en fazla su tutma kapasitesine sahip olduğu, onu sırasıyla tarım ve mera arazileri izlemektedir. Orman alanında su tutma kapasitesinin yüksek çıkmasının başlıca nedeni orman arazi kullanım durumunda bitki örtüsünün toprak organik maddesini artırmasıdır. Böylelikle toprak yapısını iyileştirerek, toprakta hacim ağırlığını azaltmakta ve toprak gözenekliliğini artırarak toprağın su tutma kapasitesini etkilemektedir (Zhi-hua vd., 2003). Otlanan mera toprakları, orman topraklarına kıyasla düşük infiltrasyon ve su tutma kapasitesi karakteristiği göstermektedir (Price vd., 2010; Abdalla vd., 2018; Pouyat vd., 2020).

Olorunfemi ve Fasinmirin (2018)'e göre yüksek oranda kum içeren topraklar düşük su tutma kapasitesi özelliği göstermektedir. Çok yüksek kum oranına sahip topraklar, suyun daha derinlere inmesini sağlamakta ve üst toprak tabakasının katmanlarını kuru bırakan partiküller arasındaki geniş gözenek boşlukları sebebiyle çok düşük su tutma kapasitesi özelliği göstermektedir. Sonuç olarak, kil ve organik madde içeriğinin artış göstermesi, toprağın su tutma kapasitesinde de artışa neden olmaktadır (FAO, 2005). Reis ve Dindaroğlu (2018) ile Dutal ve Reis (2020) gibi araştırmacılar tarafından orman arazi kullanımında su tutma kapasitesinin yüksek olduğu sonucu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar araştırmamızla benzerlik göstermektedir.

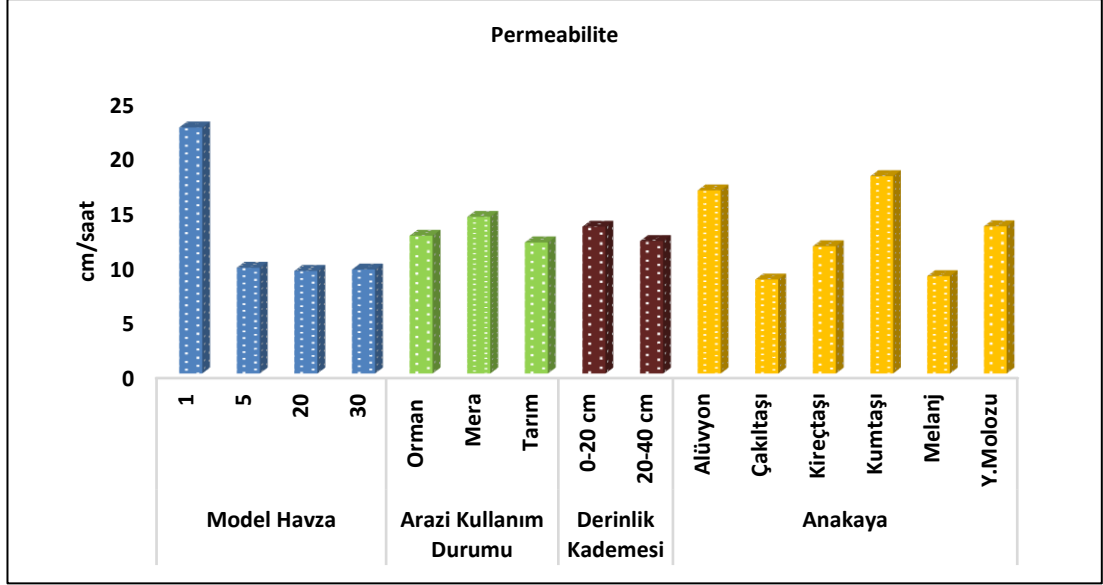
Derinlik kademesine göre, su tutma kapasitesinin artmasının nedeni derinlikle birlikte kil içeriğinin artmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bu durum alt toprak tabakasında, kil içeriğindeki artışın su tutma kapasitelerini arttırdığını düşündürmektedir (Nketia, 2022). Toprak derinliğinin artmasıyla beraber kök miktarı ve organik madde azalmakta olup hacim ağırlığı artmaktadır. Bu değerlerle bağlantılı olarak su tutma kapasitesi toprak derinliğinin artmasıyla azaldığı söylenebilir (Erdoğan Yüksel, 2009).

Anakaya gruplarına göre su tutma kapasitesi karşılaştırıldığında su tutma kapasitesi en fazla olan anakaya grubunun çakıltası anakayasına ait olduğu sonucu bulunmuştur. En düşük su tutma kapasitesinin yamaç molozu anakayasında olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu durumun nedeninin yamaç molozu anakayasının en yüksek kum içeriğine sahip olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Toprağın su tutma kapasitesi, toprakta depolanan maksimum su miktarını tahmin etmek için

kullanılabilir ve toprağın bitki büyümesi için su sağlama kapasitesini yansıtır. Bitki örtüsü restorasyonu sırasında arazi kullanımında meydana gelen değişiklik, çevresel değişimi yönlendiren en güçlü etkenlerden biri olarak tanımlanmaktadır (Zhao vd., 2015; Zhang vd., 2021). İklim ve topoğrafya bakımından erozyona meyilli olan araştırma alanında, su tutma kapasitesi ve permeabilitenin iyi olması yağışlarla olan yüzeysel akış ve erozyonun engellemesinde önemli bir husustur. Bu durumlara ormanların tepe çatısı ve ölü örtünün yağışı engelleyip, yağmurun toprağı dövmesini engellediği düşünüldüğünde erozyon ve sel oluşumunun önlenmesi açısından orman arazi kullanımlarının çok önemli olduğu söylenebilir.

#### **4.4.4. Permeabilite**

Arazi kullanım durumuna göre veriler incelendiğinde, permeabilitenin en fazla mera topraklarında 14.26 cm/saat sonrasında orman topraklarında 12.54 cm/saat ve tarım topraklarında 11.93 cm/saat olduğu belirlenmiştir. Model havzalara göre permeabilite; 1 numaralı model havzada 22.42 cm/saat, 5 numaralı model havzada 9.62 cm/saat, 30 numaralı model havzada 9.46 cm/saat, 20 numaralı model havzada 9.34 cm/saat'dir. Anakaya durumuna göre araştırma havzası topraklarının permeabilitesi en fazla kumtaşı anakayasındadır. Bunu sırasıyla alüvyon, yamaç molozu, kireçtaşı, melanj ve çakıltası anakayasası izlemektedir. Toprak derinlik kademesine göre permeabilite değerlendirildiğinde üst toprakta 13.36 cm/saat alt topraktan 12.06 cm/saat fazla bulunmuştur (Şekil 4.29).



Şekil 4.29. Permeabilitenin model havza, arazi kullanımı, derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi

Varyans analizi sonuçlarına göre arazi kullanım durumu ve toprak derinlik kademesine bağlı olarak araştırma alanı topraklarının permeabilite değerleri arasında istatistiksel olarak  $P > 0.05$  önem düzeyinde anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Buna rağmen model havzalara ve anakaya göre araştırma alanı topraklarının permeabilite değerleri arasında istatistiksel olarak  $P < 0.05$  önem düzeyinde olduğundan anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.30). Korelasyon analizi sonucunda permeabilite ile EC değeri arasında  $P < 0.01$  önem düzeyinde pozitif yönde anlamlı, permeabilite ile pH arasında  $P < 0.01$  önem düzeyinde negatif yönde anlamlı bir ilişki vardır (Çizelge 4.31).

Model havzalar bakımından permeabilite 1 numaralı model havzanın en yüksek değere sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Hacim ağırlığının artış göstermesi permeabilitenin azalış göstermesinde önemli bir etkidir. Toprakların permeabilitesi hacim ağırlığı ve toprak sıkışma özellikleri tarafından etkilenmektedir (Göl, 2002).

Arazi kullanım durumu bakımından permeabilitesi en yüksek olan mera toprakları olmuştur. Bunu sırasıyla orman ve tarım alanları izlemiştir. Uzun yıllar bitki örtüsü ile kaplı bulunan orman ve mera alanları geliştirdikleri kök sistemleri, barındırdıkları mikroorganizma faaliyetleri, organik maddenin etkisiyle gelişen strüktür yapıları ile permeabilitenin artışına neden olmaktadır (Yüksek, 2001; Erdoğan Yüksel, 2009; Yılmaz, 2021b). Savacı (2012) ile Dindaroğlu ve Canbolat (2012), mera arazi

kullanım durumunda permeabilitenin fazla çıktığı sonucunu bulmuşlardır. Araştırmacıların bulgularının araştırma bulgularıyla benzerlik gösterdiği söylenebilir.

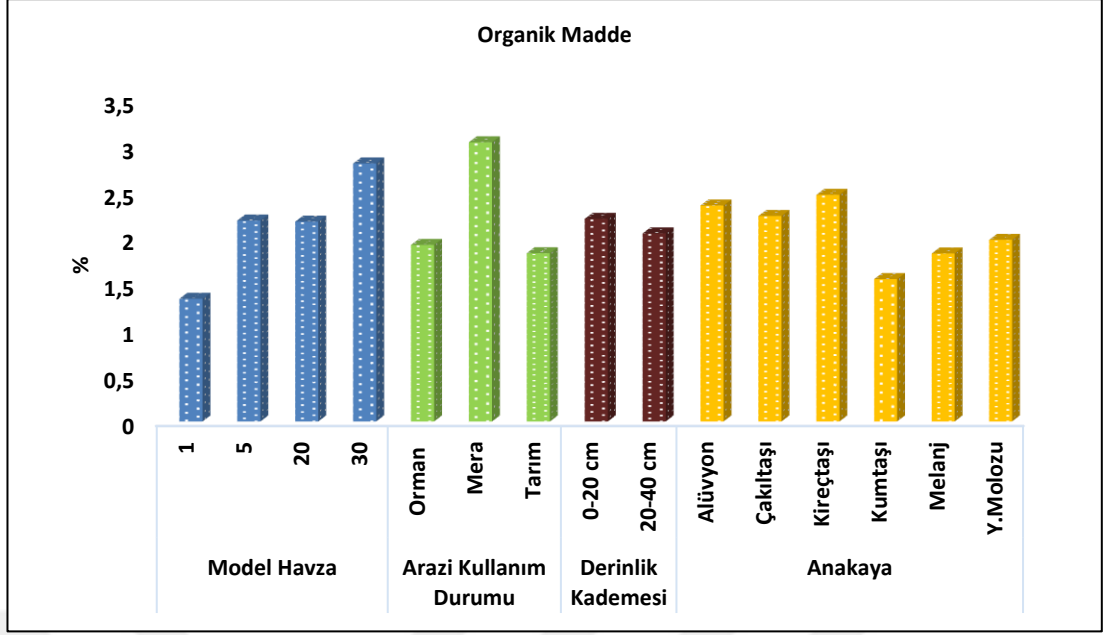
Derinlik kademesindeki artışa göre permeabilite azalmaktadır. Toprak derinliğinin artmasıyla birlikte, topraklar daha geçirimsiz olmakta, böylelikle suyun hareket ettiği gözenek hacmi azalma göstermektedir. Dolayısıyla bu durumun suyun topraktaki hareketini zorlaştırarak permeabilitenin düşmesine neden olduğu düşünülmektedir.

Permeabilitenin kumtaşı anakayası üzerinde oluşan topraklarda daha yüksek olduğu bulunurken, melanj ve çakıltası anakayasında en düşük olduğu sonucuna varılmaktadır. Melanj ve çakıltası anakayasında permeabilitenin düşük çıkmasının nedeni yüksek kil miktarı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Taleshian Jeloudar vd. (2018)'e göre permeabilitenin düşük çıkması yüksek kil oranına bağlanmaktadır.

Toprakta killer suyu bünyesine aldıktan sonra şişerek mikro boşlukları tıkamaktadır. Bu durum permeabilitenin azalmasına neden olmaktadır (Özhan, 2004). Permeabilite ve erozyon arasında yakın bir ilişki vardır. Bu durum yüksek permeabilite özelliği olan topraklarda, suyun toprağa girişi hızlı olmakta ve böylelikle yüzeysel akış ve buna bağlı olarak toprak erozyonunun azaldığı söylenebilir (O'Green vd., 2006).

#### **4.4.5. Organik madde**

Arazi kullanım durumuna göre veriler incelendiğinde, organik maddenin en fazla mera topraklarında %3.03 sonrasında orman topraklarında %1.92 ve tarım topraklarında %1.83 olduğu belirlenmiştir. Model havzalara göre organik madde; 30 numaralı model havzada %2.80, 5 numaralı model havzada %2.18, 20 numaralı model havzada %2.17, 1 numaralı model havzada %1.33'dür. Anakaya durumuna göre araştırma havzası topraklarının organik maddesi, en yüksek kireçtaşı anakayasındayken bunu sırasıyla alüvyon, çakıltası, yamaç molozu, melanj, kumtaşı anakayası izlemiştir. Toprak derinlik kademesine göre organik madde değerlendirildiğinde ise 0-20 cm üst toprağın %2.20'lik değerle 20-40 cm alt topraktan %2.04'lik değerle organik maddece yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.30).



Şekil 4.30. Organik maddenin model havza, arazi kullanımı derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi

Varyans analizi sonuçlarına göre toprak derinlik kademesine ve anakayaya bağlı olarak araştırma alanı topraklarının organik madde değerleri arasında istatistiksel olarak  $P > 0.05$  önem düzeyinde anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Arazi kullanım durumu ve model havzalara göre araştırma alanı topraklarının organik madde değerleri arasında  $P < 0.05$  önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.30). Korelasyon analizi sonucunda organik madde ile pH arasında  $P < 0.01$  önem düzeyinde negatif yönde anlamlı bir ilişki vardır (Çizelge 4.31).

Model havzalar bakımından en yüksek organik maddenin 30 numaralı model havzada olduğu sonucu çıkmaktadır. Toprak örneklemelerinin büyük bir kısmının orman ve mera arazilerinde yapılmış olması ve bu alanlarda ölü örtü birikmesinin fazla olması nedeniyle 30 numaralı model havzada organik maddenin yüksek çıktığı söylenebilir.

Araştırma alanı arazi kullanım durumlarına göre karşılaştırıldığında, mera toprakları organik madde bakımından orman ve tarım topraklarına göre daha yüksek değere sahiptir. Orman ve mera arazi kullanımlarının organik madde bakımından fazla olmasının nedeninin devamlı olarak bitki örtüsüne sahip olmaları ve bunun yanısıra

ağaç ve bitki artıklarının doğrudan toprağa karışması ve bu artıkların yavaş yavaş toprağa eklenmesinden kaynaklanabileceği söylenebilir (Kara ve Bolat, 2008).

Tarım topraklarındaki yoğun toprak işleme organik maddenin ayrışmasına ve uzaklaşmasına neden olmaktadır. Ayrıca bu topraklarda, bitki kalıntılarının az olması ya da toprak işlenmesinden dolayı hızlı bir şekilde ayrışması bu topraklarda organik madde birikimini sınırlandırdığı söylenebilir. Böylelikle tarım alanları erozyonun birçok çeşidine karşı hassas hale gelmektedir (Karagöktaş ve Yakupoğlu, 2014).

Zandi vd. (2017)'ye göre yarı kurak meralardan ekili alanlara kadar, arazi kullanım değişiminde organik maddenin azalmasının en önemli nedenlerinden birinin, ekilen arazilerdeki bitki çeşitliliğinin azalmasıdır.

Erdoğan Yüksel (2015) ve Yılmaz (2021b) gibi araştırmacılar yaptıkları araştırmalarda mera arazi kullanımında organik maddenin diğer kullanım durumlarına göre yüksek olduğu sonucuna varmışlardır. Araştırmacıları bu bulguları araştırma bulguları ile benzerlik taşımaktadır.

Derinlik kademesinin artmasıyla organik madde azalış göstermektedir. Yüksek, (2001), Erdoğan Yüksel, (2009) ve Ray vd. (2021)'de benzer sonuçlar bulmuşlardır. Bunun nedeninin organik madde kaynağı olan humus tabakasının, derinlik arttıkça azalmasıyla ilişkili olduğu söylenebilir. Bir diğer neden ise derinlik arttıkça, kalın kök miktarının azalış göstermesinden kaynaklanmaktadır. Üst toprak profilinde, kalın kök miktarının yüksek olması, organik maddenin fazla çıkmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda derinlik arttıkça toprak organik maddesi miktarının azaldığı söylenebilir.

Ancak, uzun süreli toprak işleme nedeniyle toprak organik maddesinde azalma ve toprak strüktüründe bozulma olmaktadır. Böylelikle doğal yapısı bozulan toprakta erozyon hızlanmaktadır (Papendick ve Parr, 1997).

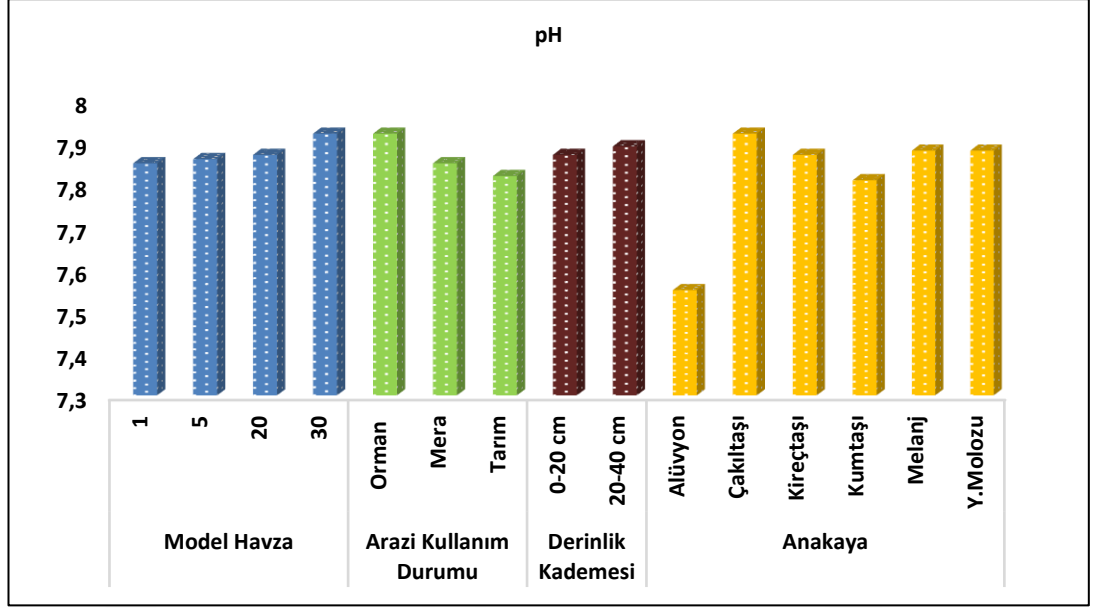
Organik madde, kireçtaşı anakayasası üzerinde gelişen topraklarda yüksek çıkmaktadır. Bu durumun nedeni orman alanlarının büyük bir kısmının kireçtaşı anakayasası üzerinde gelişmesinden dolayı olduğu düşünülmektedir. Reis vd. (2021) yaptığı

çalışmada en yüksek organik maddenin kireçtaşı anakayasında olduğu sonucunu bulmuştur. Bu bulgunun araştırma sonucuyla benzerlik gösterdiği söylenebilir.

Orman ve mera alanlarında uzun yıllar boyunca bitki artıklarının birikmesi, yaprak dökümü, organizma faaliyeti gibi nedenlerle organik madde sürekli artmaktadır (Karagül, 1999). Toprak organik maddesi, erozyonu azaltmaya yardımcı olur ve bitkinin besin maddesi ve su alımını kolaylaştırır. Toprak organik maddesinin ve toprak su tutma kapasitesinin kaybı, erozyona neden olmaktadır. Toprak organik maddesi ayrıca içme suyunun arıtılmasında ve topraktaki kirleticilerin azaltılmasında önemli katkılarda bulunmaktadır (Pouyat vd., 2020).

#### **4.4.6. pH**

Arazi kullanım durumuna göre pH; orman topraklarında 7.92, mera topraklarında 7.85 ve tarım topraklarında 7.82 olarak belirlenmiştir. Model havzalara göre pH; 30 numaralı model havzada 7.92, 20 numaralı model havzada 7.87, 5 numaralı model havzada 7.86, 1 numaralı model havzada 7.85 olarak tespit edilmiştir. Anakaya durumuna göre araştırma havzası topraklarının pH'sı; çakıltası anakayasında yüksek çıkarken onu sırasıyla yamaç molozu, melanj, kireçtaşı, kumtaşı ve alüvyon anakayaları takip etmektedir. Toprak derinlik kademesine göre değerlendirildiğinde; toprak derinliğinin artmasıyla pH'ın arttığı sonucu bulunmuştur (Şekil 4.31).



Şekil 4.31. pH'nın model havza, arazi kullanımı derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi

Varyans analizi sonuçlarına göre; model havzalar da, toprak derinlik kademesine ve anakayaya bağlı olarak araştırma alanı topraklarının pH değerleri arasında istatistiksel olarak  $P > 0.05$  önem düzeyinde anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Arazi kullanım durumu göre araştırma alanı topraklarının pH değerleri arasında  $P < 0.05$  önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.30). Korelasyon analizi sonucunda pH ile EC arasında  $P < 0.01$  önem düzeyinde negatif yönde anlamlı bir ilişki vardır (Çizelge 4.31).

Model havzalar bakımından pH'ın 30 numaralı model havzada en yüksek değere sahip olduğu sonucu çıkmaktadır. Kantarcı (2000)'e göre toprakta kil miktarı arttıkça değiştirilebilir katyonların miktarı da artış göstermektedir. Bu artış toprağın aşırı derecede asitleşmesini önlemektedir. Böylelikle 30 numaralı model havza topraklarının alkalin özellik gösterdiği söylenebilir. Aydın (2007)'nin yapmış olduğu doktora çalışmasında pH değerinin en düşük çıktığı model havzanın, kumtaşı anakayasınının fazla olduğu alanlardan kaynaklandığını belirtmiştir. Araştırmamızda da 1 numaralı model havzanın diğer model havzalara kıyasla en fazla kumtaşı anakayasını içermesi nedeniyle pH düşüklüğünün bu durumla ilişkili olduğu söylenebilir.

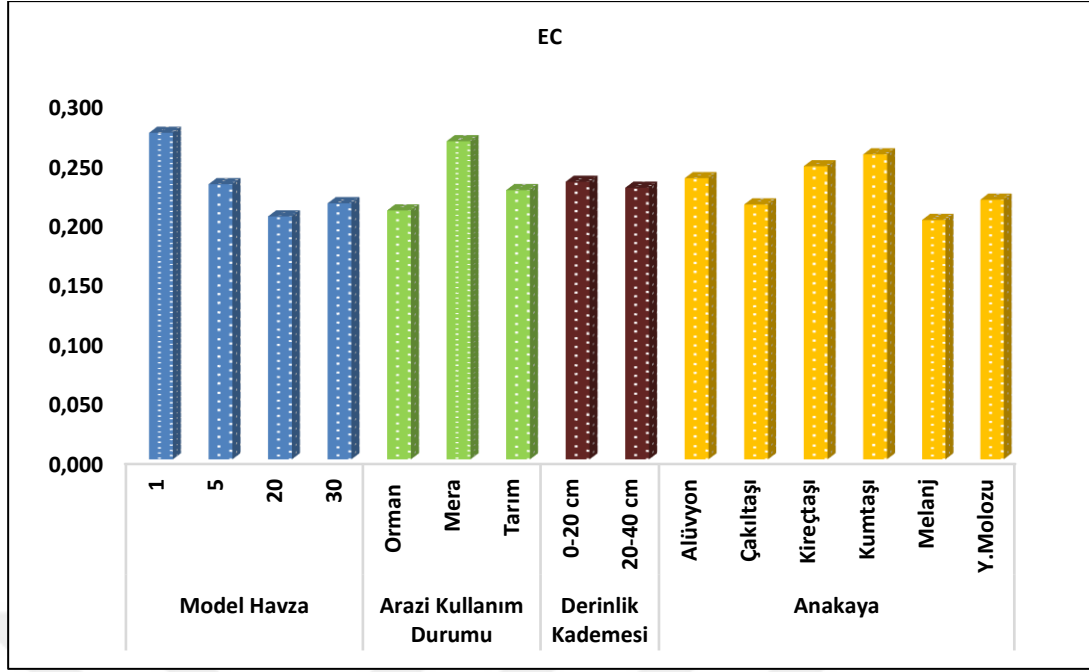
Araştırmada, arazi kullanım şekline göre, pH değeri orman topraklarında yüksek bulunmuş, onu sırasıyla mera ve tarım arazi kullanımlarındaki topraklar izlemektedir. Reis (2014), yapmış olduğu araştırmada orman alanlarındaki toprakların pH'nın diğer arazi kullanımlarına göre yüksek olduğunu ve bunu sırasıyla tarım ve mera topraklarının izlediğini ifade etmiştir. Bu bulgu araştırma bulgusuyla benzerlik göstermektedir. Toprakta kil içeriği fazlalığı nedeniyle yüksek kation tutma kapasitesi olmaktadır. Böylece topraktaki kil içeriğinin artışına bağlı olarak bazik iyonlar artmakta ve sonuç olarak pH yükselmektedir (Özalp vd., 2015).

Derinlik kademesinin artmasıyla pH artmaktadır. Bu durumun organik maddenin toprak derinliğine bağlı olarak azalması ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Galavi vd. (2010), topraklarda artan organik madde içeriğiyle toprak pH'nın azalma eğilimi gösterdiğini bildirmişlerdir.

pH'nın çakıldaş anaşaya üzerinde oluşan topraklarda daha yüksek olduğu sonucu çıkmaktadır. Ek olarak hayvan dışkıları toprak pH'sını arttırıcı bir etki yapmaktadır (Wang ve Wesche, 2016). Araştırma alanındaki çakıldaş anakayası pH'ın yüksek çıkma nedeni bu durum olabilir.

#### **4.4.7. Elektriksel iletkenlik (EC)**

Arazi kullanım durumuna göre elektriksel iletkenlik; mera topraklarında 0.267 uS/cm, tarım topraklarında 0.226 uS/cm ve orman topraklarında 0.209 uS/cm olarak belirlenmiştir. Model havzalara göre, elektriksel iletkenlik; 1 numaralı model havzada 0.274 uS/cm, 5 numaralı model havzada 0.231 uS/cm, 30 numaralı model havzada 0.215 uS/cm, 20 numaralı model havzada 0.204 uS/cm olarak ölçülmüştür. Anakaya durumuna göre araştırma havzası topraklarının elektriksel iletkenliği; en yüksek kumtaşı anakayasında çıkarken bunu sırasıyla kireçtaşı, alüvyon, yamaç molozu çakıldaş, melanj anakayası izlemiştir. Toprak derinlik kademesine göre değerlendirildiğinde ise üst toprağın EC değerinin 0.233 uS/cm'lik değerle alt topraktan 0.228 uS/cm'lik değerle fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. EC'nin model havza, arazi kullanımı derinlik kademesi ve anakayaya göre değişimi

Varyans analizi sonuçlarına göre; toprak derinlik kademesi ve anakayaya bağlı olarak araştırma alanı topraklarının EC değerleri arasında istatistiksel olarak  $P>0.05$  önem düzeyinde anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Araştırma alanı topraklarının EC'si ile arazi kullanım durumu ve model havza değerleri arasında istatistiksel olarak  $P<0.05$  önem düzeyinde anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.30).

Model havzalar bakımından EC'nin 1 numaralı model havzada en yüksek değere sahip olduğu sonucu çıkmaktadır. Bu durumun nedeninin 1 numaralı model havzada EC nin yüksek bulunuşu organik maddenin 1 numaralı model havzada düşük bulunmasından kaynaklandığı söylenebilir.

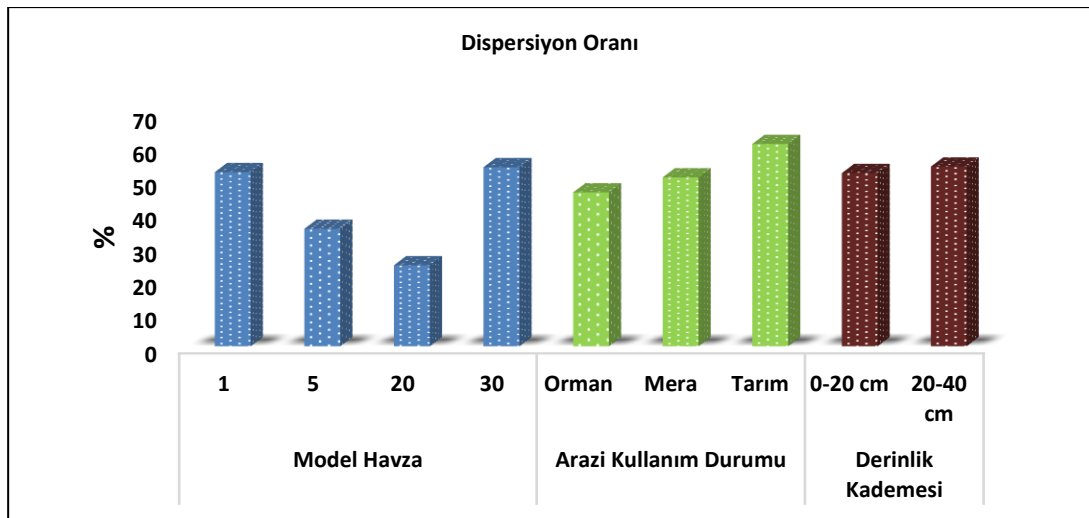
Araştırmada arazi kullanım durumlarına göre EC mera topraklarında yüksek çıkarken, onu sırasıyla tarım ve orman arazi kullanımları izlemektedir. Otlatma yoğunluğunun toprak EC'si üzerinde önemli bir etkisi vardır. EC otlatma yoğunluğunun yüksek olduğu alanların topraklarında, otlatma yoğunluğunun düşük olduğu alanlardan önemli ölçüde daha yüksektir (Shahriary vd., 2012). Gholami vd. (2014)'ye göre artan otlatma yoğunluğu ile organik madde miktarı azalmakta ancak elektriksel iletkenlik artış göstermektedir.

Derinlik kademesinin artmasına bağlı olarak EC azalış göstermektedir. Gökbulak (1993), Şengönül (2009) ile Taşan ve Demir (2019), toprak derinliğinin artmasıyla EC'nin azalış gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu sonuçlar araştırmamızla benzerlik göstermektedir.

EC kumtaşı anakayası üzerinde oluşan topraklarda daha yüksek çıkmaktadır. Bunun nedeni organik madde ile pH arasında ters orantının olmasıdır (Erdoğan Yüksel, 2009; Anonim 2022d). Kumtaşı anakayası en az organik madde içeriğine sahipken, EC değeri bakımından ise en yüksek olan anakayadır.

#### 4.4.8. Dispersiyon oranı

Arazi kullanım durumuna göre veriler incelendiğinde, dispersiyon oranı en fazla tarım topraklarında %60.62 sonrasında sırasıyla mera topraklarında %50.62 ve orman topraklarında ise %46.11 hesaplanmıştır. Model havzalara göre dispersiyon oranı 30 numaralı model havzada %53.66 ile en fazla bulunmuştur. Onu sırasıyla 1 numaralı model havzada %52.18, 5 numaralı model havzada %35.21, 20 numaralı model havzada %24.28 olarak bulunmuştur. Toprak derinlik kademesine göre dispersiyon oranı değerlendirildiğinde 0-20 cm üst toprakta dispersiyon oranı %51.91 olarak bulunurken 20-40 cm alt toprakta ise dispersiyon oranı %53.86 olarak bulunmuştur. Derinlik kademesinin artmasıyla dispersiyon oranının arttığı sonucu bulunmuştur (Şekil 4.33).



Şekil 4.33. Dispersiyon oranının model havza, arazi kullanımı ve derinlik kademesine göre değişimi

Varyans analizi sonuçlarına göre model havzalara bağılı olarak araştırma alanı topraklarının dispersiyon oranı değerleri arasında  $P>0.05$  önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Araştırma alanı topraklarının arazi kullanım durumu ile dispersiyon oranları arasında  $P<0.05$  önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.30).

Model havzalar bakımından dispersiyon oranının 30 numaralı model havzada en yüksek değere sahip olduğu sonucu çıkmaktadır. Dispersiyon oranı ile kil içeriği arasında negatif bir ilişki olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmektedir. Kil içeriğinin 20 numaralı havzada en fazla olmasının dispersiyon oranının burada en az olmasına neden olduğu söylenebilir.

Araştırmada, arazi kullanım durumlarına göre dispersiyon oranı değeri tarım topraklarında yüksek çıkmakta, bunu sırasıyla mera ve orman arazi kullanım durumları izlemektedir. Karagül (1999), Reis ve Dindaroğlu (2018) ile Reis vd. (2021) gibi araştırmacılar yaptıkları araştırmalarda, tarım alanında dispersiyon oranını diğer arazi kullanım durumlarına göre yüksek bulmuşlardır. Bu sonuçlar araştırma bulgularını desteklemektedir.

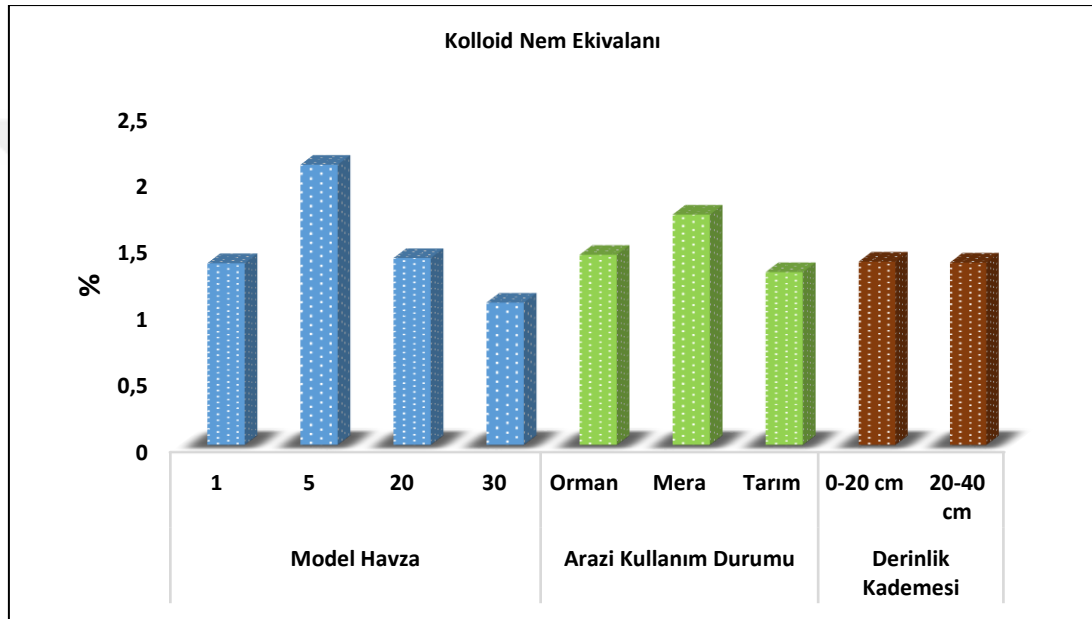
Okatan vd. (2000) ile Erdoğan Yüksel (2009), toprak derinliğinin artmasıyla dispersiyon oranının arttığını ifade etmişlerdir. Bu sonuç araştırmamızla benzerlik göstermektedir. Saygın vd. (2019)'a göre organik madde ile dispersiyon oranı arasında negatif yönde bir ilişki vardır. Bu durum araştırma alanında derinlik kademesinin azalmasıyla organik maddeninde artmasına neden olduğu söylenebilir.

Dispersiyon oranının %15'den fazla çıkan topraklar erozyona karşı hassas özellik göstermektedir (Bryan, 1968; Balcı, 1996). Araştırma alanında bütün arazi kullanımlarında dispersiyon oranının %15'den büyük olması havzanın erozyona karşı hassas olduğu sonucunu çıkarmaktadır.

#### **4.4.9. Kolloid/nem ekivalanı oranı**

Arazi kullanım durumuna göre veriler incelendiğinde, kolloid/nem ekivalanı oranı en fazla mera topraklarında %1.73, sonrasında sırasıyla orman topraklarında %1.43 ve

tarım topraklarında ise %1.30 olarak hesaplanmıştır. Model havzalara göre kolloid/nem ekivalanı oranı; 5 numaralı model havzada %2.10'la en fazla bulunmuştur. Onu sırasıyla 20 numaralı model havza %1.40 ile 1 numaralı model havza %1.36 ve 30 numaralı model havza ise %1.07'lik değerle izlemiştir. Toprak derinlik kademesine göre kolloid/nem ekivalanı oranı değerlendirildiğinde ise derinlik kademesinin artmasıyla kolloid/nem ekivalanı oranının azaldığı sonucu bulunmuştur. Üst toprakta kolloid/nem ekivalanı %1.38 olarak bulunurken alt toprakta ise %1.37 olarak bulunmuştur (Şekil 4.34).



Şekil 4.34. Kolloid/nem ekivalanı oranının model havza, arazi kullanımı

Varyans analizi sonuçlarına göre model havza ve arazi kullanım durumlarının araştırma alanı topraklarında kolloid/nem ekivalanı değerleri arasında istatistiksel olarak  $P < 0.05$  önem düzeyinde anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.30).

Kolloid/nem ekivalanı oranının 5 numaralı havzada en fazla olması toprağın tarla kapasitesinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla da infiltrasyonun yüksek olması yüzeysel akışı azaltıcı bir etki yapmaktadır. Kolloid/nem ekivalanı oranı yüksek olan topraklar, düşük olanlara göre erozyona daha dayanıklıdır (Balcı, 1996).

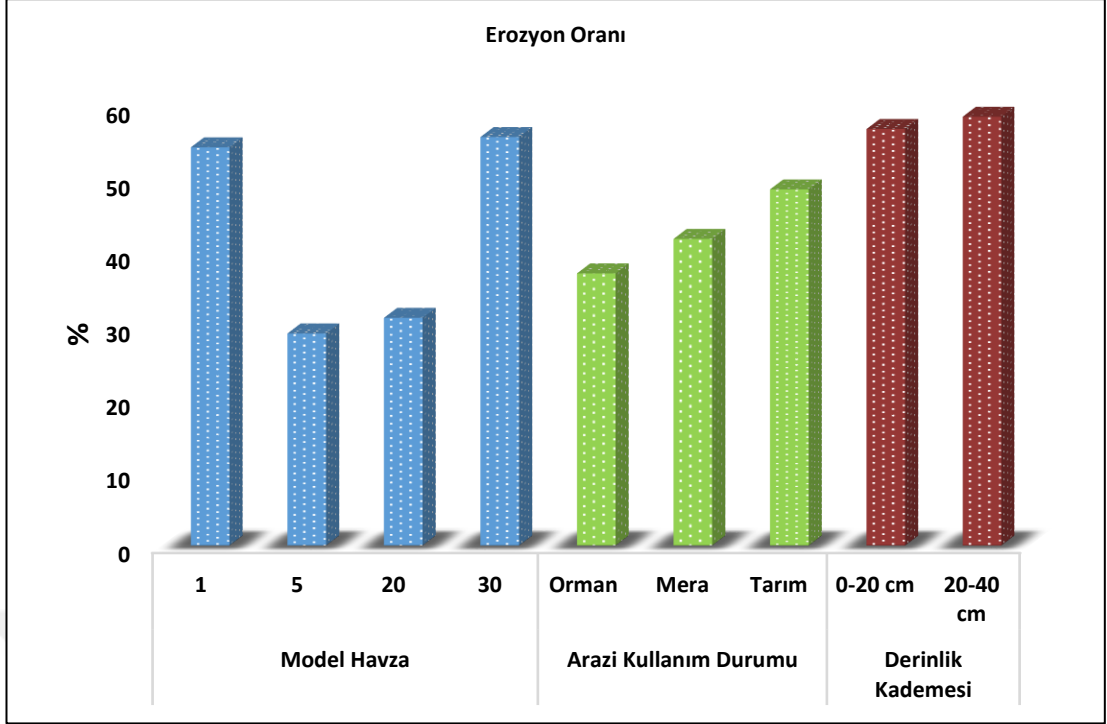
Araştırma sahasında arazi kullanım durumlarına göre kolloid/nem ekivalanı oranının değeri mera topraklarında yüksek çıkmıştır. Morgan (2005)'e göre kil tanecikleri

organik madde ile birlikte dayanıklı toprak agregatları oluşturdukları için bu tür toprakların erozyona dirençli olmaktadır. Araştırma sahası meralarının organik madde miktarının yüksek olması bu durumu desteklemektedir. Jha ve Ruthor (1981) toprak derinliğinin artmasıyla kolloid/nem ekivalanı oranının azaldığını ifade etmişlerdir. Bu sonuç araştırmamızla benzerlik göstermektedir. Bu durumun nedeni derinlikle kil miktarının artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu oranın 1.5'den büyük olduğu topraklar erozyona dayanıklı, 1.5'den küçük olanlar ise erozyona karşı dayanıksız olarak kabul edilmektedir (Özyuvacı, 1975; Öztan, 1980). Bu bağlamda model havzalar bakımından 5 numaralı model havzada kolloid-nem ekivalanı oranı 1.5'dan büyük olması nedeniyle topraklar erozyona karşı dayanıklı bulunurken diğer model havzalar erozyona karşı hassastır. Arazi kullanım durumları bakımından kolloid-nem ekivalanı oranının 1.5'dan büyük olması nedeniyle mera toprakları erozyona karşı dayanıklı olmakta diğer arazi kullanım durumları ise erozyona karşı hassas olarak bulunmuştur. Toprak derinlik kademesi açısından her iki toprak kademesinin kolloid-nem ekivalanı oranının 1.5'dan büyük olması nedeniyle toprak erozyona karşı hassas olarak bulunmuştur.

#### **4.4.10. Erozyon oranı**

Arazi kullanım durumuna göre veriler incelendiğinde, erozyon oranı en fazla tarım topraklarında %48.66, sonrasında mera topraklarında %41.90 ve orman topraklarında %37.20 olarak belirlenmiştir. Model havzalara göre erozyon oranı; 30 numaralı model havzada %55.82, 1 numaralı model havzada %54.40, 20 numaralı model havzada %31.12, 5 numaralı model havzada %28.99 olarak hesaplanmıştır. Toprak derinlik kademesine göre erozyon oranı değerlendirildiğinde ise derinlik kademesinin artmasıyla erozyon oranının arttığı sonucu bulunmuştur. Üst toprakta erozyon oranı %56.90, alt toprakta ise %58.60 olarak bulunmuştur (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. Erozyon oranının model havza, arazi kullanımı ve derinlik kademesine göre değişimi

Varyans analizi sonuçlarına göre model havzalara ve arazi kullanım durumuna bağlı olarak araştırma alanı topraklarının erozyon oranı değerleri arasında istatistiksel olarak  $P < 0.05$  anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.30).

Model havzalar bakımından, erozyon oranının 30 numaralı model havzada en yüksek değere sahip olduğu sonucu çıkmıştır. Bu durumun nedeninin 30 numaralı model havzada kolloid nem ekivalanın düşük, dispersiyon oranının ise yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Araştırma sahasında arazi kullanım şekline göre, erozyon oranının mera topraklarında yüksek bulunmasının nedeni; tarım alanlarında kolloid nem ekivalanının düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Derinlik kademesinin artmasıyla erozyon oranı artmıştır. Toprakların ortalama erozyon oranları her iki derinlik kademesinde de 10 sınır değerinden büyük çıktığı için erozyona duyarlıdır.

Çizelge 4.30. Toprak özelliklerine ilişkin istatistiksel karşılaştırma

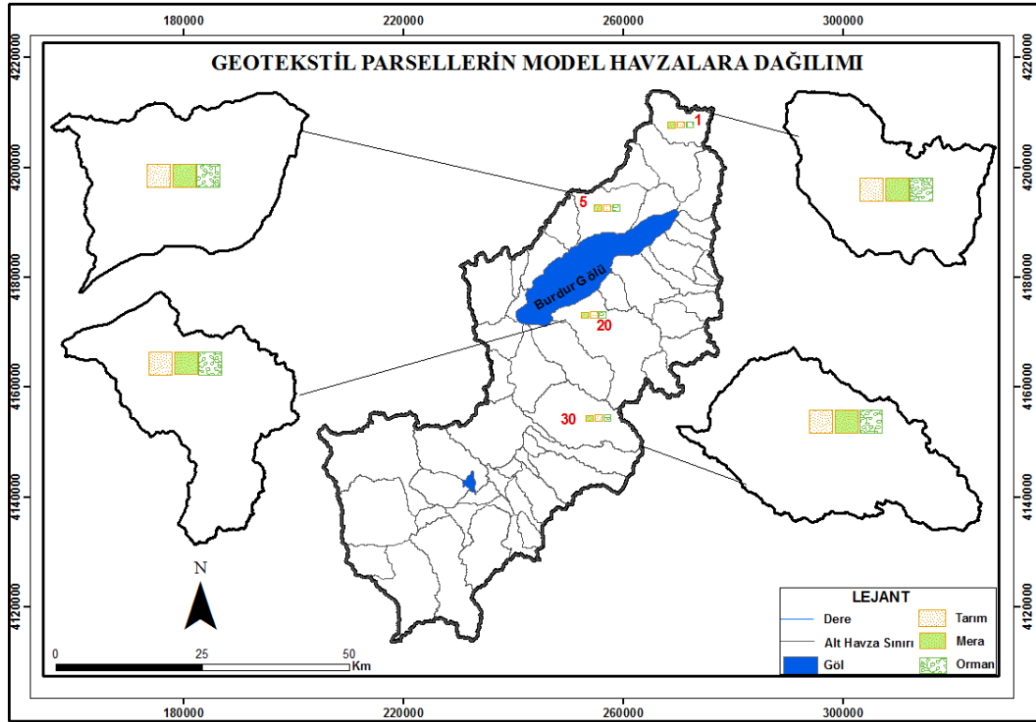
| Model havza           | Değişken  | Kum     | Toz     | Kil    | Hacim Ağırlığı | Su Tutma Kapasitesi | Permeabilite | Organik Madde | Ph     | EC     | Dispersiyon Oranı | Kolloid Nem Ekvivalanı | Erozyon Oranı |
|-----------------------|-----------|---------|---------|--------|----------------|---------------------|--------------|---------------|--------|--------|-------------------|------------------------|---------------|
|                       | 1         | 30.57A  | 33.26B  | 36.14B | 1.16A          | 76.31BC             | 22.42A       | 1.33B         | 7.86A  | .27A   | 72.18A            | 1.45A                  | 56.28A        |
| 5                     | 41.33A    | 25.59C  | 33.07BC | 1.19A  | 71.23C         | 9.63B               | 2.18AB       | 7.86A         | .23B   | 55.21A | 1.62A             | 29.43A                 |               |
| 20                    | 28.26A    | 27.97C  | 43.769A | 1.11A  | 84.94A         | 9.34B               | 2.17AB       | 7.88A         | .20B   | 44.26A | 1.47A             | 31.04A                 |               |
| 30                    | 32.16B    | 38.65A  | 29.17C  | 1.15A  | 83.46AB        | 9.46B               | 2.80A        | 7.92A         | .21B   | 59.34A | 1.02B             | 56.41A                 |               |
| F                     | 13.02     | 17.17   | 15.66   | 1.61   | 10.18          | 22.83               | 3.49         | .94           | 7.5    | 1.48   | 5.59              | 3.53                   |               |
| P                     | .00       | .00     | .00     | .19    | .00            | .00                 | .01          | .42           | .00    | .29    | .00               | .06                    |               |
| Anakaya               | Alüvyon   | 35.217A | 26.81B  | 37.96A | 1.10A          | 78.38A              | 17.34A       | 2.44A         | 7.85A  | .24A   | -                 | -                      | -             |
|                       | Kireçtaşı | 30.48A  | 35.07AB | 34.43A | 1.08A          | 79.96A              | 10.89A       | 2.59A         | 7.86A  | .24A   | -                 | -                      | -             |
|                       | Melanj    | 34.13A  | 28.35AB | 37.50A | 1.21A          | 80.35A              | 8.86A        | 1.82A         | 7.89A  | .20A   | -                 | -                      | -             |
|                       | Y.Molozu  | 35.78A  | 31.89AB | 32.32A | 1.10A          | 73.36A              | 13.40A       | 1.97A         | 7.88A  | .21A   | -                 | -                      | -             |
|                       | Çakıltaşı | 35.59.A | 30.33AB | 37.06A | 1.16A          | 80.77A              | 8.56A        | 2.23A         | 7.92A  | .21A   | -                 | -                      | -             |
|                       | Kumtaşı   | 31.72A  | 37.76A  | 30.50A | 1.20A          | 76.65A              | 17.97A       | 1.54A         | 7.82A  | .25A   | -                 | -                      | -             |
|                       | F         | 0.56    | 4.90    | 2.02   | 2.37           | 0.67                | 6.22         | .83           | 1.54   | 2.14   | -                 | -                      | -             |
| P                     | 0.72      | .00     | 0.08    | 0.04   | 0.64           | .00                 | .52          | .18           | .06    | -      | -                 | -                      |               |
| Arazi Kullanım Durumu | Orman     | 32.36A  | 32.12A  | 35.51A | 1.15A          | 78.26A              | 12.54A       | 1.91B         | 7.93A  | .21B   | 52.10A            | 1.53A                  | 37.76A        |
|                       | Tarım     | 32.86A  | 30.54A  | 36.58A | 1.18A          | 79.92A              | 11.93A       | 1.82B         | 7.82B  | .267A  | 65.52A            | 1.34A                  | 44.54A        |
|                       | Mera      | 35.08A  | 30.84A  | 34.06A | 1.11A          | 79.28A              | 14.26A       | 3.03A         | 7.85AB | .22B   | 55.62A            | 1.30A                  | 47.57A        |
|                       | F         | .66     | .38     | .46    | 1.89           | .21                 | .49          | 4.18          | 5.11   | 9.77   | 58                | 1.27                   | .26           |
|                       | P         | .51     | .68     | .62    | .15            | .80                 | .61          | .01           | .00    | .00    | 57                | 0.29                   | .77           |
| Derinlik Kademesi     | 0-20cm    | 333.44  | 319.89  | 346.66 | 11.55          | 817.11              | 120.64       | 22.00         | 78.92  | .23    | 569.17            | 13.78                  | 412.97        |
|                       | 20-40cm   | 328.30  | 307.55  | 364.15 | 11.55          | 762.65              | 133.66       | 20.43         | 78.67  | .228   | 585.89            | 14.13                  | 452.95        |
|                       | F         | .05     | 1.04    | .04    | .00            | 4.39                | 1.85         | .00           | .73    | .042   | .02               | 0.03                   | .26           |
|                       | P         | 0.71    | .33     | .20    | .98            | .00                 | .32          | .53           | .28    | .55    | .82               | 0.70                   | .62           |

Çizelge 4.31. Toprak özelliklerine ilişkin korelasyon analizi sonucu

|                     | Kum | Toz     | Kil     | Hacim Ağırlığı | Su Tutma Kapasitesi | Permeabilite | Organik Madde | pH      | EC      |
|---------------------|-----|---------|---------|----------------|---------------------|--------------|---------------|---------|---------|
| Kum                 | 1   | -.450** | -.581** | .262**         | -.471**             | -.046        | .119          | -.179*  | -.048   |
| Toz                 |     | 1       | -.465** | .093           | .265**              | -.015        | -.066         | .190*   | -.088   |
| Kil                 |     |         | 1       | -.345**        | .225*               | .059         | -.058         | .005    | .128    |
| Hacim Ağırlığı      |     |         |         | 1              | -.191*              | -.202*       | -.423**       | -.034   | -.196*  |
| Su Tutma Kapasitesi |     |         |         |                | 1                   | .019         | .204*         | .083    | .094    |
| Permeabilite        |     |         |         |                |                     | 1            | .075          | -.235** | .488**  |
| Organik Madde       |     |         |         |                |                     |              | 1             | -.251** | .130    |
| pH                  |     |         |         |                |                     |              |               | 1       | -.426** |
| EC                  |     |         |         |                |                     |              |               |         | 1       |

#### 4.5. Model Havzalarda Geotekstiller ile Erozyon Ölçümü

2019-2021 yıllarında 4 model havzada (1-5-20-30) 3 farklı arazi kullanımında geotekstil parseller kurularak ölçümler gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.36) (Çizelge 4.32).

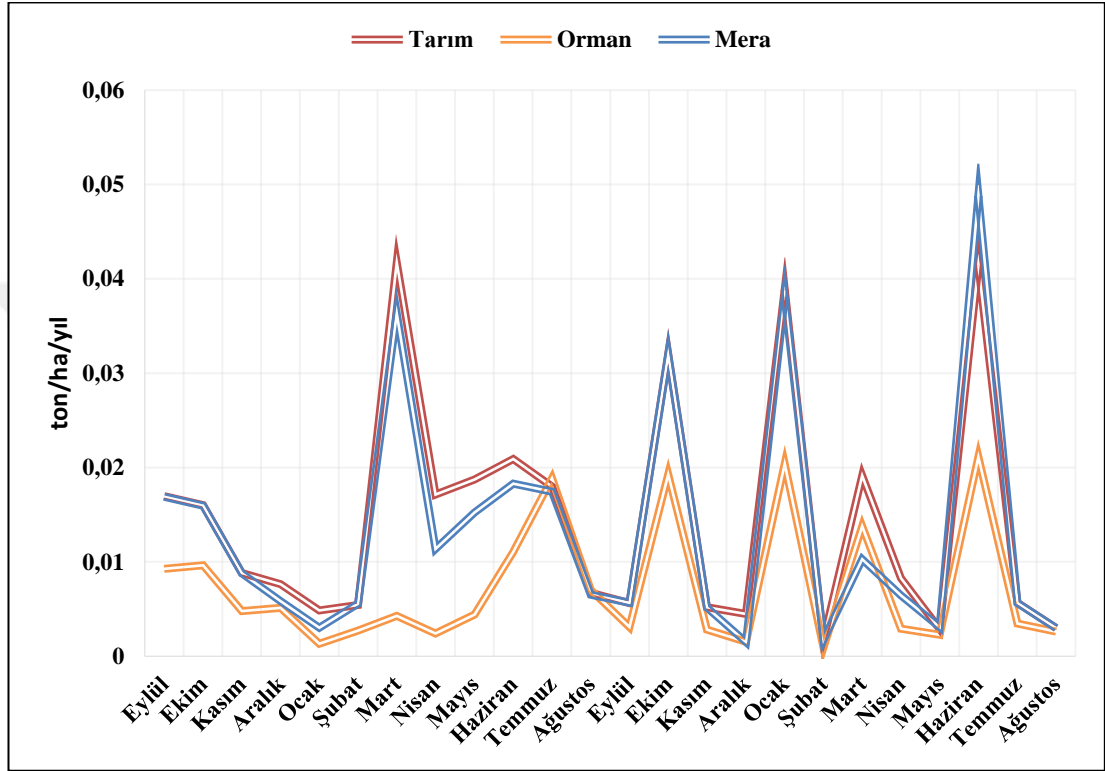


Şekil 4.36. Burdur Gölü Havzasında geotekstil parsellerin konumu

Çizelge 4.32. Model havzalar ve Burdur Gölü Havzasında geotekstil parsellerden ölçüm sonuçları

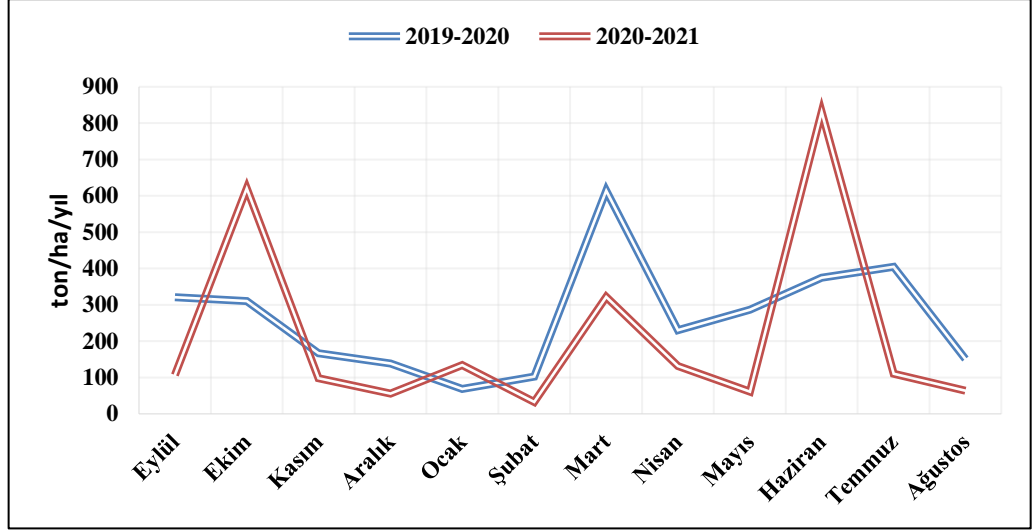
| Model havza              | Tarım (ton/ha/yıl)       |       |       | Orman (ton/ha/yıl) |       |       | Mera (ton/ha/yıl)        |       |       | Toplam (ton/ha/yıl) |          |         |         |         |         |
|--------------------------|--------------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|
|                          | 1.yıl                    | 2.yıl | Ort.  | 1.yıl              | 2.yıl | Ort.  | 1.yıl                    | 2.yıl | Ort.  | 1.yıl               | 2.yıl    | Ort.    | Tarım   | Orman   | Mera    |
| <b>1</b>                 | 0.182                    | 0.168 | 0.175 | 0.080              | 0.094 | 0.087 | 0.161                    | 0.161 | 0.161 | 3170.0              | 2569.0   | 2896.5  | 1198.28 | 595.81  | 1102.41 |
| <b>5</b>                 | 0.460                    | 0.500 | 0.480 | 0.110              | 0.102 | 0.106 | 0.345                    | 0.416 | 0.380 | 8812.0              | 8673.0   | 8472.5  | 4209.98 | 929.43  | 3333.09 |
| <b>20</b>                | 0.420                    | 0.376 | 0.398 | 0.089              | 0.099 | 0.094 | 0.175                    | 0.236 | 0.205 | 13551.0             | 13185.0  | 13368.0 | 7633.12 | 1803.34 | 3931.54 |
| <b>30</b>                | 0.205                    | 0.368 | 0.286 | 0.099              | 0.105 | 0.102 | 0.175                    | 0.285 | 0.230 | 7272.0              | 10 453.0 | 8862    | 3738.20 | 2117.25 | 3007.05 |
| <b>Toplam ton/ha/yıl</b> | <b>2019-2020 yılları</b> |       |       |                    |       |       | <b>2020-2021 yılları</b> |       |       |                     |          |         |         |         |         |
|                          | <b>186 221.0</b>         |       |       |                    |       |       | <b>197 994.0</b>         |       |       |                     |          |         |         |         |         |

Geotekstil parsellerden ölçüm sonucunda, 1 numaralı model havzada arazi kullanım durumlarına göre tarım parselinde ilk yıl 0.182 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.168 ton/ha/yıl, orman parselinde ilk yıl 0.080 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.094 ton/ha/yıl, mera parselinde ilk yıl 0.161 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.161 ton/ha/yıl taşınmış toprak miktarı hesaplanmıştır (Şekil 4.37).



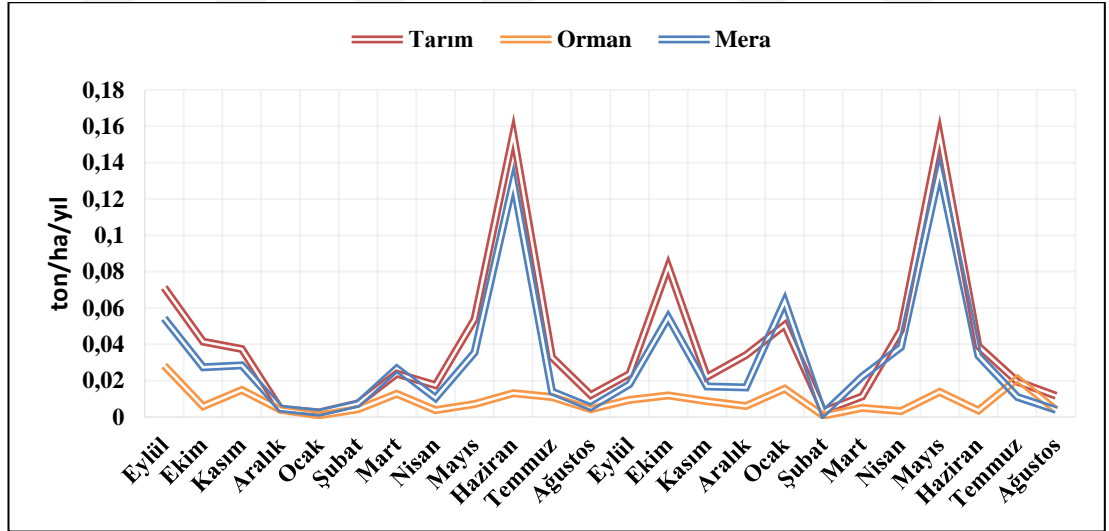
Şekil 4.37. 1 numaralı model havzanın arazi kullanım durumlarına göre geotekstil ölçüm sonuçları

1 numaralı model havzadaki erozyonla taşınan toplam toprak miktarı, ilk yıl 3170.0 ton/ha/yıl, ikinci yıl 2569.0 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. 2 yıl boyunca yapılan ölçümler sonucunda taşınımın en fazla olduğu ay haziran olarak belirlenmiştir (Şekil 4.38).



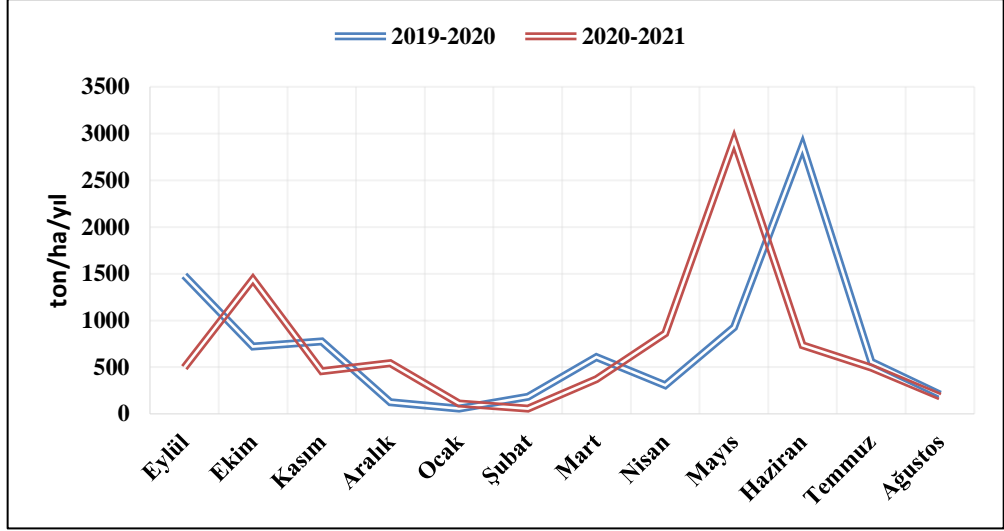
Şekil 4.38. 1 numaralı model havzada yıllara göre geotekstil ölçüm sonuçları

Geotekstil parsellerden ölçüm sonucunda, 5 numaralı model havzada arazi kullanım durumlarına göre tarım parselinde, ilk yıl 0.460 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.500 ton/ha/yıl, orman parselinde ilk yıl 0.110 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.102 ton/ha/yıl mera parselinde ilk yıl 0.345 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.416 ton/ha/yıl taşınan toprak miktarı hesaplanmıştır (Şekil 4.39).



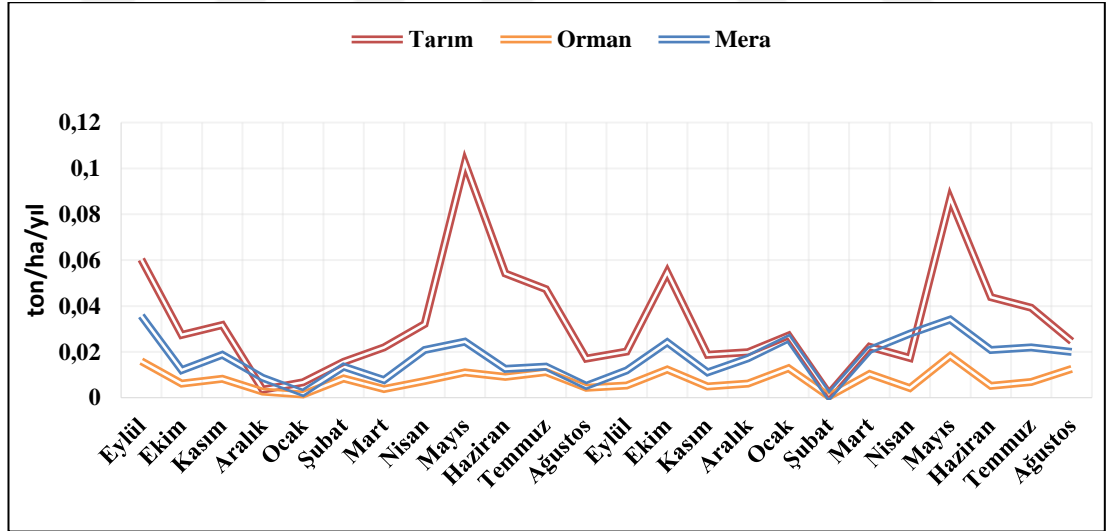
Şekil 4.39. 5 numaralı model havzanın arazi kullanım durumlarına göre geotekstil ölçüm sonuçları

Toplam 5 numaralı model havzadaki toplam erozyon miktarı, ilk yıl 8812.0 ton/ha/yıl, ikinci yıl 8673.0 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. 2 yıl boyunca yapılan ölçümler sonucunda taşınımın en fazla olduğu aylar mayıs ve haziran olarak belirlenmiştir (Şekil 4.40).



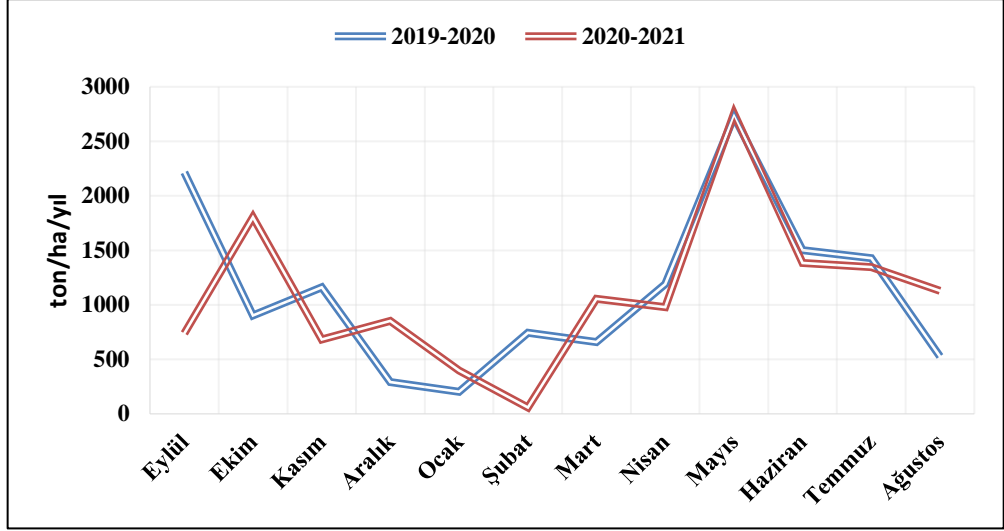
Şekil 4.40. 5 numaralı model havzada yıllara göre geotekstil ölçüm sonuçları

Geotekstil parsellerden ölçüm sonucunda, 20 numaralı model havzada arazi kullanım durumlarına göre tarım parselinde, ilk yıl 0.420 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.376 ton/ha/yıl, orman parselinde ilk yıl 0.089 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.099 ton/ha/yıl, mera parselinde ilk yıl 0.175 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.236 ton/ha/yıl erozyonla taşınan toprak miktarı hesaplanmıştır (Şekil 4.41).



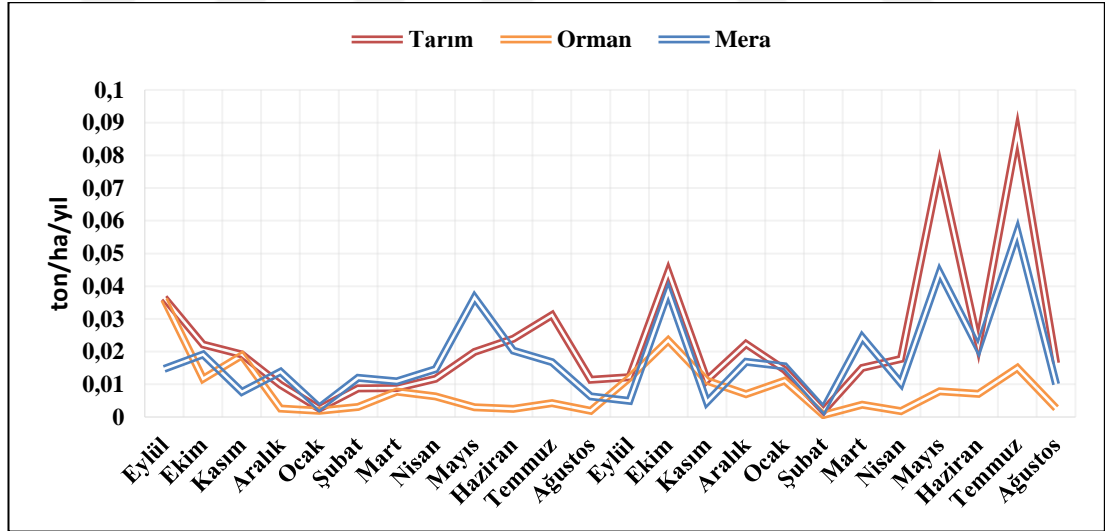
Şekil 4.41. 20 numaralı model havzanın arazi kullanım durumlarına göre geotekstil ölçüm sonuçları

Toplam 20 numaralı model havzadaki erozyon ile taşınan toprak miktarı, ilk yıl 13 551.0 ton/ha/yıl, ikinci yıl 13 185.0 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. 2 yıl boyunca yapılan ölçümler sonucunda taşınımın en fazla olduğu ay mayıs olarak belirlenmiştir (Şekil 4.42).



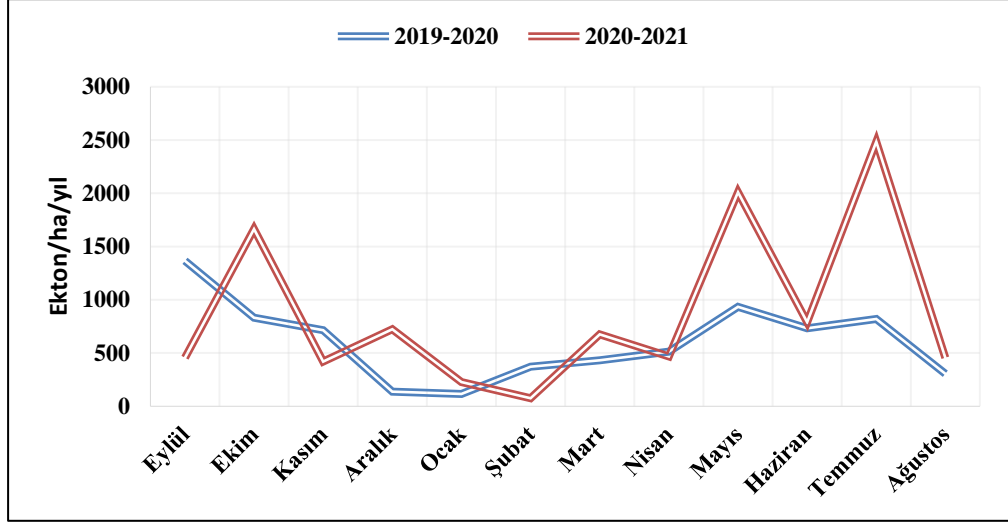
Şekil 4.42. 20 numaralı model havza da yıllara göre geotekstil ölçüm sonuçları

Geotekstil parselleri ölçümü sonucunda, 30 numaralı model havzada arazi kullanım durumlarına göre tarım parselinde, ilk yıl 0.205 /ha/yıl, ikinci yıl 0.368 ton ton/ha/yıl, orman parselinde ilk yıl 0.099 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.105 ton/ha/yıl, mera parselinde ilk yıl 0.175 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.285 ton/ha/yıl erozyonla taşınan toprak miktarı hesaplanmıştır (Şekil 4.43).



Şekil 4.43. 30 numaralı model havzanın arazi kullanım durumlarına göre geotekstil ölçüm sonuçları

Toplam 30 numaralı model havzadaki erozyon ile taşınan toprak miktarı, ilk yıl 7272.0 ton/ha/yıl, ikinci yıl 10 453.0 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. 2 yıl boyunca yapılan ölçümler sonucunda taşınımın en fazla olduğu ay temmuz olarak belirlenmiştir (Şekil 4.44).



Şekil 4.44. 30 numaralı model havzada yıllara göre geotekstil ölçüm sonuçları

Model havzalardan yola çıkarak eş havza uygulamasıyla Burdur Gölü Havzasında 2019-2020 yılında, 186 221.0 ton/ha/yıl ve 2020-2021 yıllarında ise 197 994.0 ton/ha/yıl erozyonla taşınan toprak miktarı hesaplanmıştır.

Ergül (2009)'un Kahramanmaraş ilinde farklı arazi kullanım durumlarında geotekstil parsellerin kurulduğu araştırmada, taşınımın sırasıyla en fazla tarım, mera ve orman arazi kullanım durumlarında olduğunu belirlemişlerdir. Bu durum araştırma bulgusuyla benzerlik göstermektedir.

Yapılan bağımsız örnekleme t testi sonuçlarına göre geotekstillerde biriken toprak miktarında yıllara göre farklılık olmadığı sonucu bulunmuştur (Çizelge 4.33). Tüm havza bazında bakıldığında yıllara göre farklılık vardır. Bu durumun yıllar arasında değişen yağış, kuraklık, tarım ve ormancılık faaliyetlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.33. Geotekstil parsellerin 2 yıllık bağımsız örnekleme t test sonucu

| Model Havza | F      | t     | p    |
|-------------|--------|-------|------|
| 1           | 4.398  | -.191 | .851 |
| 5           | 0.004  | -.261 | .796 |
| 20          | 0.416  | -.155 | .878 |
| 30          | 10.168 | -1505 | .146 |

#### 4.6. Model Havzalardan Meydana Gelen Toprak Kayıpları ve Sediment Verimlerinin Belirlenmesi

##### 4.6.1. 1 numaralı model havzada GeoWEPP programında meydana gelen toprak kaybı ve sediment verimi

1 numaralı model havza 40 alt havzaya ayrılmış ve GeoWEPP’de bu alt havzaların tamamında yürütülerek alt havzalarda meydana gelen tahmini sediment verimleri Çizelge 4.34’te verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde meydana gelen toplam toprak kaybının 2189.7 ton/yıl, birim alan (ha) bazında meydana gelen kaybının ise toplamda 16.70 ton/ha/yıl, yıllık ortalama sediment verimi 0.362 ton/ha/yıl olduğu tahmin edilmiştir.

Çizelge 4.34. 1 numaralı model havzadan kaybolan tahmini toprak kaybı

| Alt havza | Havza alanı (ha) | Yamaç toprak kaybı (ton/yıl) | Kanal toprak kaybı (ton/yıl) | Toplam sediment verimi (ton/yıl) | Sediment iletim oran | Birim alan sediment verimi (ton/ha/yıl) |
|-----------|------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------|---|
| 1         | 168.6            | 35                           | 1.1                          | 37.0                             | 1.022                | 0.2                                     |
| 2         | 105.86           | 12.9                         | 2.3                          | 5.5                              | 0.360                | 0.1                                     |
| 3         | 17.47            | 37.1                         | 4.0                          | 39.3                             | 0.956                | 0.2                                     |
| 4         | 228.79           | 229.7                        | 18.2                         | 78.7                             | 0.347                | 0.3                                     |
| 5         | 143.73           | 147.7                        | 12.3                         | 131.6                            | 0.823                | 0.9                                     |
| 6         | 108.80           | 37.9                         | 2.3                          | 9                                | 0.224                | 0.1                                     |
| 7         | 190.97           | 0                            | 0.6                          | 0                                | 0.041                | 0                                       |
| 8         | 154.95           | 112.2                        | 4.8                          | 100.3                            | 0.857                | 0.6                                     |
| 9         | 172.30           | 0                            | 0.60                         | 0                                | 0.016                | 0                                       |
| 10        | 209.54           | 0                            | 0.5                          | 0.5                              | 0.978                | 0                                       |
| 11        | 213.67           | 0                            | 0.1                          | 0                                | 0.388                | 0                                       |
| 12        | 219.76           | 0                            | 0.1                          | 0                                | 1.001                | 0                                       |
| 13        | 134.04           | 0                            | 0.1                          | 0                                | 0.022                | 0                                       |
| 14        | 262.38           | 168                          | 6.7                          | 21.7                             | 0.124                | 0.1                                     |
| 15        | 199.32           | 0                            | 0.3                          | 0.3                              | 0.877                | 0                                       |
| 16        | 217.20           | 222.8                        | 1.4                          | 6.8                              | 0.030                | 0                                       |
| 17        | 152.82           | 0                            | 0.2                          | 0                                | 0.006                | 0                                       |
| 18        | 209.03           | 82.0                         | 1.1                          | 13.6                             | 0.163                | 0.1                                     |
| 19        | 235.57           | 384.1                        | 6.5                          | 117.0                            | 0.300                | 0.5                                     |
| 20        | 156.59           | 262.2                        | 8.0                          | 91.3                             | 0.338                | 0.6                                     |
| 21        | 139.91           | 20.6                         | 0.3                          | 12.3                             | 0.589                | 0.1                                     |
| 22        | 137.86           | 268                          | 2.6                          | 77.2                             | 0.285                | 0.3                                     |
| 23        | 106.88           | 142.9                        | 0                            | 37.4                             | 0.262                | 0.3                                     |
| 24        | 206.10           | 700.4                        | 7.2                          | 254.2                            | 0.359                | 1.2                                     |
| 25        | 161.94           | 259.0                        | 29.4                         | 227.8                            | 0.790                | 1.4                                     |
| 26        | 45.67            | 89.1                         | 4.3                          | 49.4                             | 1.098                | 2.5                                     |
| 27        | 63.08            | 3.8                          | 0.6                          | 4.4                              | 1.011                | 0.1                                     |
| 28        | 214.43           | 172.6                        | 4.6                          | 44.9                             | 0.253                | 0.2                                     |
| 29        | 11.45            | 0                            | 0.2                          | 0.2                              | 0.946                | 0                                       |
| 30        | 194.35           | 163.4                        | 0.6                          | 45.2                             | 0.275                | 0.2                                     |
| 31        | 57.5             | 24.3                         | 2.90                         | 24.6                             | 0.733                | 1.1                                     |
| 32        | 177.86           | 637.4                        | 11.0                         | 104.9                            | 0.162                | 0.6                                     |
| 33        | 89.32            | 116.3                        | 3.8                          | 48.5                             | 0.404                | 0.5                                     |
| 34        | 112.85           | 205.7                        | 7.0                          | 83.8                             | 0.394                | 0.7                                     |

Çizelge 4.34. 1 numaralı model havzadan kaybolan tahmini toprak kaybı (Devam)

| Alt havza | Havza alanı (ha) | Yamaç toprak kaybı (ton/yıl) | Kanal toprak kaybı (ton/yıl) | Toplam sediment verimi (ton/yıl) | Sediment iletim oran | Birim alan sediment verimi (ton/ha/yıl) |
|-----------|------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------|---|
| 35        | 250.70           | 68.4                         | 0.7                          | 33.8                             | 0.488                | 0.1                                     |
| 36        | 103.16           | 101.1                        | 2.9                          | 36.0                             | 0.350                | 0.3                                     |
| 37        | 137.28           | 336.10                       | 64                           | 102                              | 0.298                | 0.9                                     |
| 38        | 81.29            | 0                            | 0.1                          | 0.1                              | 0.965                | 0                                       |
| 39        | 116.59           | 89.6                         | 3.0                          | 33.1                             | 0.358                | 0.3                                     |
| 40        | 144.16           | 1013.4                       | 5.2                          | 317.3                            | 0.312                | 2.2                                     |

#### 4.6.2. 5 numaralı model havzada GeoWEPP programında meydana gelen toprak kaybı ve sediment verimi

5 numaralı model havza 66 alt havzaya ayrılmış ve ve GeoWEPP’de bu alt havzaların tamamında yürütülerek alt havzalarda meydana gelen tahmini sediment verimleri Çizelge 4.35’de verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde, meydana gelen toplam toprak kaybının 2758.80 ton/yıl, birim alan (ha) bazında meydana gelen kaybın ise toplamda 36.70 ton/ha/yıl, yıllık ortalama sediment verimi 0.345 ton/ha/yıl olduğu tahmin edilmiştir.

Çizelge 4.35. 5 numaralı model havzadan kaybolan tahmini toprak kaybı

| Alt havza | Havza alanı(ha) | Yamaç toprak kaybı (ton/yıl) | Kanal toprak kaybı (ton/yıl) | Toplam sediment verimi (ton/yıl) | Sediment iletim oran | Birim alan sediment verimi (ton/ha/yıl) |
|-----------|-----------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------|---|
| 1         | 160.72          | 306.7                        | 20.0                         | 80.5                             | 0.246                | 0.5                                     |
| 2         | 68.91           | 42.7                         | 4.6                          | 18.5                             | 0.391                | 0.3                                     |
| 3         | 147.53          | 67.8                         | 0.6                          | 8.6                              | 0.126                | 0.1                                     |
| 4         | 262.02          | 34.1                         | 9.6                          | 11.8                             | 0.271                | 0                                       |
| 5         | 89.02           | 49.8                         | 2.1                          | 10.0                             | 0.193                | 0.1                                     |
| 6         | 204.81          | 325                          | 5.7                          | 87.6                             | 0.265                | 0.4                                     |
| 7         | 95.37           | 0                            | 0.2                          | 0.2                              | 1.000                | 0                                       |
| 8         | 19.62           | 72.8                         | 1.7                          | 24.9                             | 0.662                | 1.4                                     |
| 9         | 171.77          | 173.9                        | 11.6                         | 137.1                            | 0.739                | 0.8                                     |
| 10        | 227.65          | 74.7                         | 26.3                         | 59.9                             | 0.593                | 0.3                                     |
| 11        | 268.87          | 228.7                        | 11.5                         | 47.9                             | 0.199                | 0.2                                     |
| 12        | 164.67          | 188.4                        | 23.1                         | 202.5                            | 0.957                | 1.2                                     |
| 13        | 136.42          | 219.8                        | 12.4                         | 232.8                            | 1.002                | 1.7                                     |
| 14        | 90.03           | 25.4                         | 3.1                          | 27.3                             | 0.957                | 0.3                                     |
| 15        | 176.76          | 230                          | 20                           | 159.0                            | 0.636                | 0.9                                     |
| 16        | 146.96          | 47.9                         | 8.7                          | 35.1                             | 0.620                | 0.2                                     |
| 17        | 165.27          | 323.0                        | 4.9                          | 84.1                             | 0.256                | 0.5                                     |
| 18        | 116.30          | 190.4                        | 12.6                         | 172.5                            | 0.849                | 1.5                                     |
| 19        | 208.02          | 139.1                        | 18.7                         | 132.2                            | 0.838                | 0.6                                     |
| 20        | 148.55          | 76.9                         | 9.0                          | 85.1                             | 0.990                | 0.6                                     |
| 21        | 215.12          | 90.6                         | 12.0                         | 54.9                             | 1.082                | 0.5                                     |
| 22        | 252.19          | 75.2                         | 7.1                          | 23.2                             | 0.282                | 0.1                                     |
| 23        | 100.55          | 18.2                         | 0.3                          | 17.2                             | 0.931                | 0.2                                     |
| 24        | 151.68          | 0                            | 0.1                          | 0.1                              | 0.896                | 0                                       |
| 25        | 118.19          | 0                            | 0.1                          | 0.1                              | 0.928                | 0                                       |
| 26        | 110.72          | 15.0                         | 1.8                          | 16.4                             | 0.970                | 0.1                                     |
| 27        | 44.90           | 38.8                         | 3.2                          | 41.6                             | 0.991                | 0.9                                     |
| 28        | 60.64           | 97.20                        | 2.5                          | 62.6                             | 0.696                | 2.4                                     |
| 29        | 90.46           | 0                            | 0.9                          | 0                                | 0.873                | 0                                       |

Çizelge 4.35. 5 numaralı model havzadan kaybolan tahmini toprak kaybı (Devam)

| Alt havza | Havza alanı(ha) | Yamaç toprak kaybı (ton/yıl) | Kanal toprak kaybı (ton/yıl) | Toplam sediment verimi (ton/yıl) | Sediment iletim oran | Birim alan sediment verimi (ton/ha/yıl) |
|-----------|-----------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------|---|
| 30        | 76.92           | 27.2                         | 3.4                          | 8.9                              | 0.292                | 0.1                                     |
| 31        | 32.51           | 0                            | 0                            | 0                                | 1.000                | 0                                       |
| 32        | 68.48           | 5.8                          | 0.5                          | 6.5                              | 1.018                | 0.1                                     |
| 33        | 67.85           | 31.0                         | 2.2                          | 13.3                             | 0.681                | 0.7                                     |
| 34        | 187.62          | 0                            | 0.1                          | 0.1                              | 0.868                | 0                                       |
| 35        | 179.91          | 65.1                         | 6.9                          | 59.6                             | 0.828                | 0.3                                     |
| 36        | 80.75           | 49.4                         | 2.1                          | 9.2                              | 0.180                | 0.1                                     |
| 37        | 140.67          | 61.5                         | 11.7                         | 26.6                             | 0.364                | 0.2                                     |
| 38        | 124.43          | 59.4                         | 7.3                          | 27.3                             | 0.410                | 0.2                                     |
| 39        | 234.56          | 26.3                         | 1.7                          | 5.5                              | 0.197                | 0                                       |
| 40        | 159.11          | 122.3                        | 18.7                         | 65.0                             | 0.461                | 0.4                                     |
| 41        | 26.08           | 22.5                         | 1.0                          | 22.1                             | 0.937                | 0.9                                     |
| 42        | 95.07           | 9.6                          | 0.6                          | 10.3                             | 1.010                | 0.1                                     |
| 43        | 35.5            | 55                           | 0.7                          | 40.3                             | 0.744                | 2.3                                     |
| 44        | 26.68           | 0                            | 0                            | 0.0                              | 1.029                | 0                                       |
| 45        | 22.19           | 19.3                         | 0.9                          | 13.0                             | 0.644                | 0.6                                     |
| 46        | 124.22          | 15.2                         | 1.3                          | 16.2                             | 0.840                | 0.2                                     |
| 47        | 145.68          | 244                          | 6.4                          | 63.1                             | 0.252                | 0.4                                     |
| 48        | 255             | 169.0                        | 14.9                         | 5                                | 0.204                | 0.7                                     |
| 49        | 34.67           | 17.1                         | 1.3                          | 6.0                              | 0.326                | 0.2                                     |
| 50        | 92.67           | 67.1                         | 4.6                          | 63.3                             | 0.883                | 0.7                                     |
| 51        | 33.48           | 8.7                          | 0                            | 1.6                              | 0.181                | 0                                       |
| 52        | 150.0           | 136.7                        | 15.4                         | 13.4                             | 0.910                | 0.9                                     |
| 53        | 130.46          | 83.6                         | 14.1                         | 54.9                             | 0.562                | 0.4                                     |
| 54        | 76.30           | 90.9                         | 3.5                          | 35.8                             | 0.380                | 0.5                                     |
| 55        | 103.54          | 21.8                         | 2.3                          | 9.2                              | 1.073                | 0.1                                     |
| 56        | 114.93          | 165.3                        | 8.7                          | 24.90                            | 1.264                | 1.7                                     |
| 57        | 58.73           | 4.6                          | 1.6                          | 2.70                             | 1.001                | 0.1                                     |
| 58        | 203.07          | 116.8                        | 5.4                          | 40.9                             | 0.335                | 0.2                                     |
| 59        | 76.04           | 181.4                        | 7                            | 91.5                             | 0.636                | 5.5                                     |
| 60        | 27.47           | 57.0                         | 1.1                          | 30.8                             | 0.530                | 1.1                                     |
| 61        | 78.68           | 61.3                         | 4.1                          | 43.0                             | 1.034                | 0.7                                     |
| 62        | 182.07          | 146.80                       | 15.1                         | 99.1                             | 0.647                | 1.0                                     |
| 63        | 118.80          | 0                            | 0                            | 0                                | 1.000                | 0                                       |
| 64        | 64.19           | 0                            | 0                            | 0                                | 1.000                | 0                                       |
| 65        | 86.53           | 63.2                         | 1.5                          | 13.4                             | 0.216                | 0.3                                     |
| 66        | 73.74           | 6.8                          | 6.3                          | 2.6                              | 1.000                | 0.2                                     |

#### 4.6.3. 20 numaralı model havzada GeoWEPP programında meydana gelen toprak kaybı ve sediment verimi

20 numaralı model havza 115 alt havzaya ayrılmış ve GeoWEPP’de bu alt havzaların tamamında yürütülerek alt havzalarda meydana gelen tahmini sediment verimleri Çizelge 4.36’da verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde, meydana gelen toplam toprak kaybının 11 865.0 ton/yıl, birim alan (ha) bazında meydana gelen kaybın ise toplamda 76.0 ton/ha/yıl, yıllık ortalama sediment verimi 0.705 ton/ha/yıl olduğu tahmin edilmiştir.

Çizelge 4.36. 20 numaralı model havzadan kaybolan tahmini toprak kaybı

| Alt havza | Havza alanı (ha) | Yamaç toprak kaybı (ton/yıl) | Kanal toprak kaybı (ton/yıl) | Toplam sediment verimi (ton/yıl) | Sediment iletim oran | Birim alan sediment verimi (ton/ha/yıl) |
|-----------|------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------|---|
| 1         | 149.74           | 158.8                        | 21.7                         | 118.7                            | 0.978                | 2.4                                     |
| 2         | 89.88            | 4.8                          | 9.1                          | 13.9                             | 1.004                | 0.2                                     |
| 3         | 154.00           | 27.5                         | 16.5                         | 10.2                             | 0.232                | 0.1                                     |
| 4         | 95.89            | 0.4                          | 15.1                         | 15.5                             | 1.000                | 0.2                                     |
| 5         | 36.60            | 14.8                         | 1.2                          | 1.9                              | 0.122                | 0.1                                     |
| 6         | 53.99            | 1.1                          | 8.1                          | 9.0                              | 0.971                | 0.2                                     |
| 7         | 13.82            | 7.3                          | 0                            | 0.9                              | 0.129                | 0.1                                     |
| 8         | 12.11            | 8.1                          | 0                            | 1.0                              | 0.129                | 0.1                                     |
| 9         | 97.87            | 23.1                         | 10.9                         | 23.2                             | 1.005                | 0.5                                     |
| 10        | 35.90            | 0.7                          | 3.6                          | 4.3                              | 1.001                | 0.1                                     |
| 11        | 14.19            | 2.2                          | 0                            | 0.4                              | 0.195                | 0                                       |
| 12        | 194.45           | 0.5                          | 14.1                         | 14.4                             | 0.987                | 0.1                                     |
| 13        | 248.90           | 283.8                        | 14.8                         | 127.2                            | 0.426                | 0.5                                     |
| 14        | 185.98           | 0.3                          | 12.7                         | 13.0                             | 1.000                | 0.1                                     |
| 15        | 214.07           | 287.50                       | 63.40                        | 220.7                            | 0.629                | 1.0                                     |
| 16        | 175.52           | 373.70                       | 46.4                         | 368.0                            | 0.876                | 2.1                                     |
| 17        | 224.67           | 474.20                       | 65.1                         | 375.3                            | 0.696                | 1.7                                     |
| 18        | 244.08           | 706.8                        | 32.20                        | 353.5                            | 0.478                | 1.4                                     |
| 19        | 196.03           | 247.70                       | 50.3                         | 149.2                            | 0.578                | 0.8                                     |
| 20        | 130.95           | 76.90                        | 38.3                         | 105.2                            | 0.913                | 0.8                                     |
| 21        | 175.40           | 1.90                         | 12.8                         | 14.70                            | 1.002                | 0.1                                     |
| 22        | 101.70           | 0.30                         | 4.7                          | 4.80                             | 0.967                | 0                                       |
| 23        | 175.49           | 86.20                        | 7.3                          | 51.0                             | 0.545                | 0.3                                     |
| 24        | 152.64           | 476.50                       | 30.0                         | 456.10                           | 0.900                | 3                                       |
| 25        | 251.79           | 182.6                        | 6.90                         | 26.6                             | 0.137                | 0.1                                     |
| 26        | 212.80           | 707.7                        | 27.3                         | 344.0                            | 0.468                | 1.6                                     |
| 27        | 177.21           | 320.3                        | 26.0                         | 135.2                            | 0.390                | 0.8                                     |
| 28        | 173.25           | 708.8                        | 60.3                         | 581.3                            | 0.756                | 3.4                                     |
| 29        | 160.73           | 490.3                        | 31.7                         | 432.3                            | 0.828                | 2.7                                     |
| 30        | 161.21           | 341.0                        | 37.5                         | 311.1                            | 0.822                | 1.9                                     |
| 31        | 107.80           | 486.2                        | 7.1                          | 111.7                            | 0.239                | 1.1                                     |
| 32        | 107.53           | 331.5                        | 9.8                          | 79.3                             | 0.232                | 0.7                                     |
| 33        | 229.40           | 794.1                        | 45.8                         | 156.6                            | 0.186                | 0.7                                     |
| 34        | 220.3            | 161.40                       | 14.1                         | 86.1                             | 0.491                | 0.4                                     |
| 35        | 257.67           | 46.40                        | 15                           | 37.3                             | 0.608                | 0.1                                     |
| 36        | 223.40           | 457.80                       | 54.80                        | 263.5                            | 0.514                | 1.2                                     |
| 37        | 185.83           | 476.20                       | 30.80                        | 145.1                            | 0.286                | 0.8                                     |
| 38        | 131.97           | 186.70                       | 5.5                          | 36.2                             | 0.189                | 0.3                                     |
| 39        | 92.96            | 66.10                        | 2.1                          | 22.5                             | 0.330                | 0.2                                     |
| 40        | 230.57           | 432                          | 28.8                         | 135.7                            | 0.418                | 1.2                                     |
| 41        | 245.22           | 222.9                        | 8.2                          | 31.5                             | 0.136                | 0.1                                     |
| 42        | 61.75            | 0.1                          | 0                            | 0                                | 0.260                | 0                                       |
| 43        | 192.90           | 0.6                          | 13.7                         | 14.4                             | 1.002                | 0.1                                     |
| 44        | 122.88           | 0.2                          | 2.5                          | 2.7                              | 0.998                | 0                                       |
| 45        | 123.23           | 156.7                        | 7.4                          | 28.9                             | 0.176                | 0.2                                     |
| 46        | 131.77           | 86.9                         | 11.1                         | 78.1                             | 0.796                | 0.6                                     |
| 47        | 163.98           | 45.3                         | 5.1                          | 18.3                             | 0.363                | 0.1                                     |
| 48        | 195.51           | 1153.20                      | 25.10                        | 305.90                           | 0.260                | 1.6                                     |
| 49        | 81.11            | 171.40                       | 4.4                          | 73.40                            | 0.417                | 0.9                                     |
| 50        | 262.33           | 304.40                       | 13.5                         | 88.30                            | 0.278                | 0.3                                     |
| 51        | 154.98           | 0.1                          | 1.0                          | 1.1                              | 0.969                | 0                                       |
| 52        | 198.17           | 0                            | 2.7                          | 2.7                              | 0.986                | 0                                       |
| 53        | 207.29           | 5.4                          | 1.4                          | 6.5                              | 1.007                | 0                                       |
| 54        | 179.81           | 467.9                        | 17.1                         | 114.2                            | 0.236                | 0.6                                     |
| 55        | 189.64           | 1224.90                      | 25.0                         | 491.7                            | 0.393                | 2.6                                     |
| 56        | 154.48           | 454.70                       | 5.3                          | 111.7                            | 0.243                | 0.7                                     |
| 57        | 193.40           | 570                          | 15.4                         | 224.5                            | 0.383                | 1.2                                     |
| 58        | 239.06           | 206.6                        | 16.2                         | 114.7                            | 0.515                | 0.5                                     |
| 59        | 218.71           | 0                            | 1.4                          | 0.9                              | 0.654                | 0                                       |

Çizelge 4.36. 20 numaralı model havzadan kaybolan tahmini toprak kaybı (Devam)

| Alt havza | Havza alanı (ha) | Yamaç toprak kaybı (ton/yıl) | Kanal toprak kaybı (ton/yıl) | Toplam sediment verimi (ton/yıl) | Sediment iletim oran | Birim alan sediment verimi (ton/ha/yıl) |
|-----------|------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------|---|
| 60        | 127.37           | 0                            | 0.9                          | 0.9                              | 0.985                | 0                                       |
| 61        | 258.69           | 748                          | 32.80                        | 209.4                            | 0.285                | 0.8                                     |
| 62        | 190.63           | 148.80                       | 6                            | 23.5                             | 0.152                | 0.1                                     |
| 63        | 236.96           | 0                            | 2.5                          | 2.1                              | 0.842                | 0                                       |
| 64        | 113.83           | 0                            | 0.6                          | 0.6                              | 0.962                | 0                                       |
| 65        | 137.21           | 0                            | 1.6                          | 1.5                              | 0.943                | 0                                       |
| 66        | 146.93           | 390.80                       | 17.4                         | 147.2                            | 0.361                | 1.0                                     |
| 67        | 124.78           | 310.80                       | 27.2                         | 310.2                            | 0.918                | 2.5                                     |
| 68        | 79.66            | 128.60                       | 17.4                         | 143.3                            | 0.982                | 1.8                                     |
| 69        | 232.83           | 137.40                       | 40.90                        | 176.50                           | 0.990                | 0.8                                     |
| 70        | 152.80           | 936.30                       | 125.90                       | 535.70                           | 0.504                | 3.5                                     |
| 71        | 187.50           | 844.80                       | 29.2                         | 759.5                            | 0.869                | 4.1                                     |
| 72        | 220.78           | 594                          | 10.4                         | 180.6                            | 0.299                | 0.8                                     |
| 73        | 63.69            | 87.6                         | 11.7                         | 75.40                            | 0.759                | 1.2                                     |
| 74        | 165.98           | 346.80                       | 43.0                         | 177.5                            | 0.455                | 1.1                                     |
| 75        | 143.75           | 645.8                        | 15.7                         | 235.60                           | 0.356                | 1.6                                     |
| 76        | 195.37           | 86.70                        | 31.3                         | 90.40                            | 0.767                | 0.5                                     |
| 77        | 237.98           | 523.10                       | 22.1                         | 104.90                           | 0.192                | 0.4                                     |
| 78        | 60.03            | 127.40                       | 9.8                          | 64.90                            | 0.473                | 1.1                                     |
| 79        | 194.23           | 441.40                       | 33.6                         | 131.90                           | 0.278                | 0.7                                     |
| 80        | 196.75           | 275.50                       | 24.9                         | 78.90                            | 0.262                | 0.4                                     |
| 81        | 150.39           | 621.0                        | 3.9                          | 90.1                             | 0.144                | 0.6                                     |
| 82        | 110.40           | 143.0                        | 12.5                         | 157.1                            | 1.010                | 1.4                                     |
| 83        | 147.66           | 41.6                         | 0.6                          | 0.7                              | 0.0016               | 0                                       |
| 84        | 149.83           | 16.80                        | 14.3                         | 31.3                             | 1.008                | 0.2                                     |
| 85        | 215.20           | 0.4                          | 12.3                         | 12.7                             | 1.000                | 0.1                                     |
| 86        | 77.20            | 86.5                         | 16.6                         | 77.5                             | 0.752                | 1.0                                     |
| 87        | 14.31            | 39.6                         | 0                            | 6.3                              | 0.159                | 0.4                                     |
| 88        | 44.54            | 8.2                          | 2.6                          | 10.9                             | 1.008                | 0.2                                     |
| 89        | 95.99            | 0.5                          | 14.4                         | 5.3                              | 0.354                | 0.1                                     |
| 90        | 25.75            | 1.4                          | 0.5                          | 0.8                              | 0.877                | 0                                       |
| 91        | 36.18            | 0.                           | 0.2                          | 0.2                              | 1.017                | 0                                       |
| 92        | 70.51            | 13.0                         | 6.5                          | 15.4                             | 0.790                | 0.2                                     |
| 93        | 31.32            | 0.1                          | 2.4                          | 2.5                              | 1.001                | 0.1                                     |
| 94        | 31.65            | 139.8                        | 0.2                          | 24.9                             | 0.178                | 0.8                                     |
| 95        | 30.34            | 3                            | 0                            | 1.2                              | 0.392                | 0                                       |
| 96        | 22.29            | 0                            | 0                            | 0                                | 1.000                | 0                                       |
| 97        | 49.61            | 38.7                         | 1.1                          | 7.4                              | 0.185                | 0.1                                     |
| 98        | 152.04           | 50.6                         | 20.9                         | 46.4                             | 0.649                | 0.3                                     |
| 99        | 113.92           | 113.2                        | 15.7                         | 113.2                            | 0.878                | 1.0                                     |
| 100       | 202.32           | 441.1                        | 12.2                         | 140.5                            | 0.310                | 0.7                                     |
| 101       | 58.16            | 2.2                          | 6.6                          | 8.1                              | 0.919                | 0.1                                     |
| 102       | 9.31             | 0.1                          | 0                            | 0                                | 0.1                  | 0                                       |
| 103       | 37.41            | 1.9                          | 0.3                          | 1.4                              | 0.652                | 0                                       |
| 104       | 192.42           | 269.5                        | 42.9                         | 74.6                             | 0.239                | 0.4                                     |
| 105       | 200.47           | 57.3                         | 14.2                         | 28.0                             | 0.392                | 0.1                                     |
| 106       | 255.29           | 65.8                         | 23.3                         | 45.3                             | 0.508                | 0.2                                     |
| 107       | 181.94           | 0.6                          | 17.4                         | 18.1                             | 1.001                | 0.1                                     |
| 108       | 256.67           | 267.1                        | 18.4                         | 84.7                             | 0.297                | 0.3                                     |
| 109       | 130.83           | 0                            | 0                            | 0                                | 0.981                | 0                                       |
| 110       | 231.03           | 145.70                       | 18.4                         | 45.5                             | 0.277                | 0.2                                     |
| 111       | 136.98           | 93.80                        | 4.1                          | 32.2                             | 0.329                | 0.2                                     |
| 112       | 117.22           | 481.90                       | 11.9                         | 122.0                            | 0.247                | 1.0                                     |
| 113       | 106.33           | 80.7                         | 4.6                          | 28.7                             | 0.336                | 0.3                                     |
| 114       | 130.24           | 158.2                        | 3.0                          | 26.8                             | 0.166                | 0.2                                     |
| 115       | 125.87           | 212.4                        | 8.2                          | 88.2                             | 0.400                | 0.7                                     |

#### 4.6.4. 30 numaralı model havzada GeoWEPP programında meydana gelen toprak kaybı ve sediment verimi

30 numaralı model havza 76 alt havzaya ayrılmış ve GeoWEPP’de bu alt havzaların tamamında yürütülerek alt havzalarda meydana gelen tahmini sediment verimleri Çizelge 4.37’de verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde, meydana gelen toplam toprak kaybının 2991 ton/yıl, birim alan (ha) bazında meydana gelen kaybın ise toplamda 16.30 ton/ha/yıl, yıllık ortalama sediment verimi 0.227 ton/ha/yıl olduğu tahmin edilmiştir.

Çizelge 4.37. 30 numaralı model havzadan kaybolan tahmini toprak kaybı

| Alt havza | Havza alanı (ha) | Yamaç toprak kaybı (ton/yıl) | Kanal toprak kaybı (ton/yıl) | Toplam sediment verimi (ton/yıl) | Sediment iletim oran | Birim alan sediment verimi (ton/ha/yıl) |
|-----------|------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------|---|
| 1         | 238.59           | 166.6                        | 15.6                         | 113.3                            | 0.622                | 0.5                                     |
| 2         | 214.44           | 51.5                         | 7.9                          | 24.2                             | 0.407                | 0.1                                     |
| 3         | 246.72           | 106.0                        | 13.3                         | 84.8                             | 0.711                | 0.3                                     |
| 4         | 215.06           | 22.4                         | 11.2                         | 9.3                              | 0.278                | 0                                       |
| 5         | 192.31           | 73.8                         | 26.8                         | 96.4                             | 0.958                | 0.5                                     |
| 6         | 219.84           | 70                           | 22.8                         | 63.8                             | 0.687                | 0.3                                     |
| 7         | 221.79           | 151.8                        | 15.0                         | 80.8                             | 0.484                | 0.4                                     |
| 8         | 247.70           | 240.3                        | 16.4                         | 98.9                             | 0.385                | 0.4                                     |
| 9         | 129.62           | 30.0                         | 3.8                          | 21.2                             | 0.628                | 0.2                                     |
| 10        | 173.71           | 59.2                         | 23.0                         | 56.7                             | 0.690                | 0.3                                     |
| 11        | 169.33           | 111.7                        | 32.4                         | 135.2                            | 0.938                | 0.8                                     |
| 12        | 227.0            | 23.9                         | 2.1                          | 7.3                              | 0.279                | 0                                       |
| 13        | 201.62           | 0                            | 0.1                          | 0.1                              | 0.916                | 0                                       |
| 14        | 236.42           | 249.7                        | 24.6                         | 86.9                             | 0.317                | 0.4                                     |
| 15        | 173.8            | 63.4                         | 1.5                          | 24.5                             | 0.378                | 0.1                                     |
| 16        | 212.20           | 0.0                          | 0.4                          | 0.3                              | 0.858                | 0.0                                     |
| 17        | 205.78           | 95.4                         | 4.2                          | 37.9                             | 0.381                | 0.2                                     |
| 18        | 205.90           | 62.3                         | 27.0                         | 46.5                             | 0.520                | 0.2                                     |
| 19        | 195.97           | 244.2                        | 23.3                         | 125.6                            | 0.470                | 0.6                                     |
| 20        | 186.69           | 83.5                         | 15.4                         | 49.4                             | 0.500                | 0.3                                     |
| 21        | 40.98            | 2.6                          | 3.5                          | 6.2                              | 1.008                | 0.2                                     |
| 22        | 207.18           | 65.0                         | 8.6                          | 53.7                             | 0.730                | 0.3                                     |
| 23        | 173.68           | 0                            | 0.5                          | 0.5                              | 0.906                | 0                                       |
| 24        | 232.92           | 110.1                        | 4.8                          | 98.0                             | 0.854                | 0.4                                     |
| 25        | 110.63           | 139.8                        | 6.3                          | 37.7                             | 0.258                | 0.3                                     |
| 26        | 236.29           | 112.5                        | 10.1                         | 67.8                             | 0.533                | 0.3                                     |
| 27        | 201.29           | 112.5                        | 10.1                         | 67.8                             | 0.533                | 0.3                                     |
| 28        | 136.44           | 78.7                         | 0.2                          | 50.5                             | 0.640                | 0.4                                     |
| 29        | 240.62           | 104.9                        | 42.8                         | 100.1                            | 0.677                | 0.4                                     |
| 30        | 262.11           | 157.9                        | 2.2                          | 2.7                              | 0.017                | 0                                       |
| 31        | 147.77           | 153.1                        | 14.4                         | 79.3                             | 0.474                | 0.5                                     |
| 32        | 274.73           | 265.5                        | 27.6                         | 142.3                            | 0.485                | 0.5                                     |
| 33        | 193.46           | 210.1                        | 17.1                         | 69.7                             | 0.307                | 0.4                                     |
| 34        | 83.01            | 0                            | 0                            | 0                                | 1.000                | 0                                       |
| 35        | 119.75           | 74.3                         | 6.1                          | 36.3                             | 0.451                | 0.3                                     |

Çizelge 4.37. 30 numaralı model havzadan kaybolan tahmini toprak kaybı (Devam)

| Alt havza | Havza alanı (ha) | Yamaç toprak kaybı (ton/yıl) | Kanal toprak kaybı (ton/yıl) | Toplam sediment verimi (ton/yıl) | Sediment iletim oran | Birim alan sediment verimi (ton/ha/yıl) |
|-----------|------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------|---|
| 36        | 11.62            | 10.7                         | 0.3                          | 9.2                              | 0.843                | 0.8                                     |
| 37        | 36.75            | 26.00                        | 0                            | 5.4                              | 0.209                | 0.1                                     |
| 38        | 200.25           | 35.7                         | 0.6                          | 21.3                             | 0.586                | 0.1                                     |
| 39        | 182.69           | 0                            | 0                            | 0.1                              | 0.994                | 0                                       |
| 40        | 150.04           | 0                            | 0                            | 0                                | 1.000                | 0                                       |
| 41        | 245.38           | 165.7                        | 5.1                          | 8.8                              | 0.052                | 0                                       |
| 42        | 248.09           | 54.6                         | 2.7                          | 21.6                             | 0.377                | 0.1                                     |
| 43        | 174.11           | 0                            | 0                            | 0                                | 1.001                | 0                                       |
| 44        | 205.25           | 242.7                        | 4.2                          | 64.8                             | 0.262                | 0.3                                     |
| 45        | 155.02           | 0                            | 0.1                          | 0.1                              | 0.999                | 0                                       |
| 46        | 200.61           | 341.5                        | 1.9                          | 33.6                             | 0.098                | 0.2                                     |
| 47        | 222.12           | 138.2                        | 19.6                         | 107.7                            | 0.682                | 0.5                                     |
| 48        | 191.31           | 83.8                         | 4.3                          | 5.8                              | 0.066                | 0                                       |
| 49        | 207.15           | 167.3                        | 2.5                          | 67.1                             | 0.395                | 0.3                                     |
| 50        | 213.03           | 215.8                        | 4.8                          | 71.2                             | 0.323                | 0.3                                     |
| 51        | 239.56           | 46.0                         | 5.0                          | 19.1                             | 0.374                | 0.1                                     |
| 52        | 207.0            | 0.0                          | 0                            | 0.0                              | 1.002                | 0.0                                     |
| 53        | 82.63            | 0.0                          | 0.1                          | 0.1                              | 1.000                | 0.0                                     |
| 54        | 165.96           | 0.0                          | 0                            | 0                                | 0.090                | 0.0                                     |
| 55        | 205.52           | 292.3                        | 5.2                          | 88.7                             | 0.298                | 0.4                                     |
| 56        | 220.30           | 14.6                         | 1.2                          | 8.5                              | 0.535                | 0.0                                     |
| 57        | 114.26           | 0.0                          | 0                            | 0                                | 1.000                | 0.0                                     |
| 58        | 101.76           | 68.1                         | 6.6                          | 28.1                             | 0.376                | 0.3                                     |
| 59        | 99.77            | 45.1                         | 3.2                          | 14.3                             | 0.295                | 0.1                                     |
| 60        | 122.91           | 31.8                         | 13.7                         | 43.94                            | 0.965                | 0.4                                     |
| 61        | 208.43           | 0                            | 0                            | 0.0                              | 1.001                | 0.0                                     |
| 62        | 148.57           | 3.7                          | 0.2                          | 3.2                              | 0.820                | 0                                       |
| 63        | 141.81           | 0                            | 0                            | 0                                | 0.310                | 0                                       |
| 64        | 147.84           | 38.9                         | 5.5                          | 21.3                             | 0.480                | 0.1                                     |
| 65        | 174.41           | 196.5                        | 4.7                          | 58.9                             | 0.293                | 0.3                                     |
| 66        | 166.05           | 11.5                         | 0.3                          | 3.9                              | 0.335                | 0                                       |
| 67        | 133.54           | 27.3                         | 2.5                          | 3.0                              | 1.004                | 0.2                                     |
| 68        | 157.13           | 41.1                         | 3.6                          | 12.3                             | 0.274                | 0.1                                     |
| 69        | 163.14           | 75.6                         | 0.2                          | 28.9                             | 0.381                | 0.2                                     |
| 70        | 129.34           | 13.1                         | 1.1                          | 3.8                              | 0.269                | 0                                       |
| 71        | 146.96           | 676.7                        | 11.3                         | 190.8                            | 0.277                | 0.8                                     |
| 72        | 105.09           | 70.6                         | 9.2                          | 27.8                             | 0.348                | 0.3                                     |
| 73        | 90.23            | 0                            | 0                            | 0                                | 1.000                | 0                                       |
| 74        | 93.69            | 225                          | 3.5                          | 20.4                             | 0.786                | 0.2                                     |
| 75        | 91.96            | 62.6                         | 2.6                          | 21.7                             | 0.333                | 0.2                                     |
| 76        | 125.44           | 0.1                          | 0.1                          | 0                                | 0.051                | 0                                       |

#### 4.6.5. Burdur Gölü Havzasında GeoWEPP programında meydana gelen toprak kaybı ve sediment verimi

Burdur Gölü Havzasında 297 alt havzada GeoWEPP çalıştırılmıştır. Araştırma sonucunda meydana gelen sediment verimi 135 780.64 ton/ha/yıl, yıllık ortalama sediment veriminin ise toplam 0.426 ton/ha/yıl olduğu bulunmuştur. Bunlara

ilaveten, birim alandan meydana gelen sediment veriminin de yılda 21.30 ton olarak gerçekleştiği hesaplanmıştır (Çizelge 4.38).

Çizelge 4.38. Model havzalar ve Burdur Gölü Havzasında GeoWEPP tahmin sonuçları

| Model Havza | Toplam Sediment Verimi (ton/yıl) | Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl) | Yıllık Ortalama Sediment Verimi (ton/ha/yıl) |
|-------------|----------------------------------|---|--|
| 1           | 2189.70                          | 16.70                                   | 0.362  |
| 5           | 1785.80                          | 36.70                                   | 0.345  |
| 20          | 11 865.0                         | 76.0                                    | 0.705  |
| 30          | 2991.0                           | 16.30                                   | 0.227  |

Meléndez-Pastor vd. (2017), Akdeniz bölgesinde su erozyonu, tek bir bulut patlamasından sonra 20-40 ton/ha ve aşırı durumlarda 100 ton/ha'dan fazla toprak kaybına neden olmaktadır.

Sediment verimi dünyada 0.02 ton/ha/yıl gibi küçük değerden 100 ton/ha/yıl gibi daha büyük değere kadar çıkabilmektedir. Havza yönetimi için uygun önlemlerin alınması, havzada sediment veriminin kesin olarak tahmin edilmesine bağlıdır. Yağış, yüzey akışını simüle etmek için anahtar unsurdur. Yağış olaylarının mekansal değişkenliği, büyük havzalardaki akış ve sediment veriminin güvenilir tahminleri için önemli bir sınırlamadır (Walling, 1994; İrvem, 2003; Hussain vd., 2019).

Bu sonuç ülkemizdeki farklı havzalarda bulunan sonuçlara benzerlik gösterdiği gibi farklılıklarda göstermektedir. Bu durumun nedeni çalışılan modelin 4 temel bileşeni iklim, toprak, bitki yönetim dosyası ve eğim dosyasının ülkemizin farklı yerlerinde farklı sonuçlar vermesiyle ilişkilidir.

Birçok araştırmada toprak erozyonunun arttığını ve sediment veriminin arazi yönetimindeki değişiklikler ve bitki örtüsündeki açık alanlardan kaynaklandığı belirtilmektedir (Pieri vd., 2014). Toprak erozyon oranlarında meydana gelen artış, orman ve diğer kalıcı bitki örtüsünün olmaması daha az infiltrasyon ve daha fazla yüzeysel akıştan kaynaklanmaktadır (Zheng vd., 2020).

Loi (2010) tarafından Vietnam'da arazi kullanımı değişikliğinin yüzeysel akış ve sediment verimini nasıl etkilediği üzerine yürütülen bir araştırma, ormanlık alanlarda

%21 olan yüzeysel akışın orman alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesiyle yaklaşık %30 arttığını göstermiştir. Aynı çalışmada sediment veriminin yaklaşık %58.4 arttığını belirtmişlerdir.

Literatürde Türkiye’de yapılan GeoWEPP araştırmalarında bakıldığında; Yüksel (2001), Kahramanmaraş ili Ayvalı Barajı Yağış Havzasında 11 531 ha alanda yıllık 85534.99 ton sediment verimi ve birim alanda 7.42 ton/ha/yıl olarak tespit edilmiştir. Aydın (2007)’ın Gümüşhane-Torul’da GeoWEPP kullanarak yaptığı araştırmada, orman, mera ve tarım arazi kullanımlarında sırasıyla toplam tahmini yıllık ortalama sediment miktarı 5.28, 46.82 ve 111.18 ton/ha/yıl olarak belirlenmiştir. Araştırma alanında arazi kullanım durumları bakımından, tarım arazi kullanım durumundaki erozyon miktarı oldukça yüksek bulunmuştur. Bu bulgu araştırma bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Reis vd. (2017) Kahramanmaraş Keklik Havzasında mera arazi kullanımında yaptıkları araştırmada GeoWEPP programı aracılığıyla sediment verimi 34 533.5 ton, birim alan sediment verimi ise 44.2 ton/ha olarak bulmuşlardır. Yüksel vd. (2007), Kahramanmaraş bölgesinde Ayvalı Barajı Su Havzası’nda GeoWEPP modelinde 5 ha CSA ile sediment üretimi tahmini yapmışlardır. Arazi kullanım durumlarına göre tahmin değerleri şu şekildedir; orman alanlarında 9035.06 ton/yıl (1.32 ton/ha/yıl), mera alanlarında 7910.31 ton/yıl (4.69 ton/ha/yıl), tarım alanlarında ise 68 589.62 ton/yıl (23.95 ton/ha/yıl) olarak hesaplamışlardır.

Dutal (2020), Körsulu Deresi Yağış Havzasında GeoWEPP modelini kullanmıştır. Bu bağlamda, çalışma alanında meydana gelen toplam toprak kaybı miktarı 250 994.8 ton/yıl ve toplam sediment miktarını ise 86 824.7 ton/yıl olarak hesaplamıştır.

Türkiye’de GeoWEPP modeli ile daha düşük sediment verimi değerleri de elde edilmiştir. Örneğin Artvin Borçka Barajı Yağış Havzasında yapılan çalışmada GeoWEPP kullanılarak 5 ha CSA ile yıllık toplam sediment miktarı 360 431.70 ton, yıllık ortalama birim alan sediment verimi ise havza genelinde 4.16 ton/ha/yıl olarak bulunmuştur (Erdoğan Yüksel, 2015).

Genel olarak değerlendirildiğinde literatür çalışmalarındaki GeoWEPP erozyon tahmin değerleri bu çalışmadaki tahmin değerlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen değerlerin daha düşük oluşundaki en önemli faktör çalışma alanının yarı-kurak özelliğe sahip olması ve neticesindeki düşük yağış miktarına sahip olmasıdır.

Tüm bunlar bir arada değerlendirildiğinde GeoWEPP modelinin sediment verimi tahmin performansının çalışma alanı için tatmin edici olduğu söylenebilir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma, Isparta ve Burdur ili sınırları içerisinde yer alan Burdur Gölü Havzasında meydana gelen sediment veriminin belirlenmesine yönelik çalışmaları içermektedir. Bu amaçla WEPP modeli ve CBS teknikleri kullanılarak alanın yıllık bazda hem toplam hem de birim alanda üretilen sediment verimi hesaplanmıştır. İlk olarak, Burdur Gölü Havzası ArcGIS yazılımındaki ArcHydro modülü eklentisiyle havza 52 alt havzaya ayrılmıştır. Bu alt havzalardan dört tanesi (1-5-20-30) eğim, bakı, anakaya ve arazi kullanım durumlarına göre belirlenmiştir. Ardından model bu alt havzaların her biri için ayrı ayrı çalıştırılmıştır. Bu çalışmada, Burdur Gölü Havzasında farklı arazi kullanım şekilleri altında geotekstillerle kurulan deneme parsellerinde, WEPP modeli uygulanması ile tahmini toprak kayıpları ve sedimentin belirlenmesi bununla birlikte elde edilen sonuçların gözlenen sediment değerleriyle karşılaştırılması hedeflenmiştir.

Bu bağlamda geotekstil parsellerden elde edilen sonuçlara göre ölçüm sonucunda 1 numaralı model havzada, arazi kullanım durumları sırasıyla tarım parselinde ilk yıl 0.183 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.168 ton/ha/yıl, orman parselinde ilk yıl 0.081 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.094 ton/ha/yıl, mera parselinde ilk yıl 0.161 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.161 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. 5 numaralı model havzada, arazi kullanım durumlarına göre tarım parselinde ilk yıl 0.460 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.500 ton/ha/yıl, orman parselinde ilk yıl 0.110 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.102 ton/ha/yıl, mera parselinde ilk yıl 0.346 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.416 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. 20 numaralı model havzada arazi kullanım durumlarında göre tarım parsellerinde ilk yıl 0.420 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.376 ton/ha/yıl, orman parselinde ilk yıl 0.089 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.099 ton/ha/yıl mera parselinde ilk yıl 0.175 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.236 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. 30 numaralı model havzada, arazi kullanım durumlarında göre tarım parselinde ilk yıl 0.206 /ha/yıl, ikinci yıl 0.368 ton ton/ha/yıl, orman parselinde ilk yıl 0.099 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.106 ton/ha/yıl, mera parselinde ilk yıl 0.176 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.285 ton/ha/yıl model havzadaki erozyon olarak hesaplanmıştır. Geotekstil parsellerin kurulduğu model havzalardan 1 numaralı model havzadaki toplam erozyon sırasıyla ilk yıl 3170 ton/ha/yıl, ikinci yıl 2569 ton/ha/yıl, 5 numaralı model havzada ilk yıl 8812 ton/ha/yıl, ikinci yıl 8673 ton/ha/yıl, 20 numaralı model havzada ilk yıl 13 551 ton/ha/yıl, ikinci yıl 13 185 ton/ha/yıl ve 30 numaralı model

havzadaki erozyon ilk yıl 7272 ton/ha/yıl, ikinci yıl 10 453 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Burdur Gölü Havzasında erozyon 2019-2020 yılında 186 221 ton/ha/yıl ve 2020-2021 yıllarında ise 197 994 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır.

GeoWEPP sonuçlarına göre, havzadaki toplam sediment miktarının, yıllık 135 780.64 ton, yıllık ortalama sediment veriminin ise toplam 0.426 ton/ha/yıl olarak bulunmuştur. Bunlara ek olarak, birim alanda meydana gelen sediment verimi de yılda 21.30 ton olarak tahmin edilmiştir. Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar, toprak erozyonunun tahmini ve/veya yıllık sediment veriminin hesaplanmasına yönelik diğer araştırma çıktıları ile karşılaştırıldığında benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Dolayısı ile WEPP teknolojisinin gelecekte yapılması planlanan bu konseptteki bilimsel araştırmalar için önemli bir altlık olacağı düşünülmektedir.

Yapılan bu çalışma kapalı ve büyük bir göl havzası olan araştırma havzasında, WEPP modeli kullanılarak toprak kaybı ve sediment veriminin ortaya çıkarıldığı ilk bilimsel çalışmalardan biri olması açısından da önem arz etmektedir.

Toprak özelliklerine göre araştırma havzasındaki arazi kullanım durumu, model havzalar, anakaya ve toprak derinliğine göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Kum oranı; arazi kullanım durumlarına göre mera topraklarında, model havzalara göre 5 numaralı model havzada, anakaya durumuna göre araştırma havzası topraklarının, en yüksek kum oranı, yamaç molozu anakayasında bulunurken, toprak derinlik kademesinde ise kum oranının derinlik arttıkça azaldığı sonucu bulunmuştur.

Toz oranları; arazi kullanım durumlarına göre orman topraklarında, model havzalara göre 30 numaralı model havzada, anakaya durumuna göre kumtaşı anakayasında yüksek, toprak derinlik kademesine göre değerlendirildiğinde ise toz oranı değerleri 0-20 cm üst toprakta fazla olduğu tespit edilmiştir.

Kil oranları, arazi kullanım durumlarına göre tarım topraklarında, model havzalara göre 20 numaralı model havzada, anakaya durumuna göre melanj anakayasında yüksek bulunurken, toprak derinlik kademesine göre değerlendirildiğinde ise kil oranı değerleri 20-40 cm alt toprakta fazla olduğu tespit edilmiştir.

Hacim ağırlığı, arazi kullanım durumlarına göre mera topraklarında, model havzalara göre 5 numaralı model havzada, anakaya durumuna göre çakıltası anakayasında yüksek bulunurken, toprak derinlik kademesine göre değerlendirildiğinde ise hacim ağırlığının 20-40 cm alt toprakta fazla olduğu tespit edilmiştir.

Su tutma kapasitesi; arazi kullanım durumlarına göre orman topraklarında, model havzalara göre 20 numaralı model havzada, anakaya durumuna göre çakıltası anakayasında yüksek bulunurken, toprak derinlik kademesine göre değerlendirildiğinde ise su tutma kapasitesinin 0-20 cm üst toprakta fazla olduğu tespit edilmiştir.

Permeabilite; arazi kullanım durumlarına göre mera topraklarında, model havzalara göre 1 numaralı model havzada, anakaya durumuna göre kumtaşı anakayasında yüksek ve toprak derinlik kademesine göre değerlendirildiğinde ise permeabilitenin 0-20 cm üst toprakta fazla olduğu tespit edilmiştir.

Organik madden; arazi kullanım durumlarına göre mera topraklarında, model havzalara göre 30 numaralı model havzada, anakaya durumuna göre kireçtaşı anakayasında yüksek ve toprak derinlik kademesine göre değerlendirildiğinde ise organik maddenin 0-20 cm üst toprakta fazla olduğu tespit edilmiştir.

pH; arazi kullanım durumlarına göre orman topraklarında, model havzalara göre 30 numaralı model havzada, anakaya durumuna göre çakıltası anakayasında yüksek ve toprak derinlik kademesine göre değerlendirildiğinde ise pH'nın 20-40 cm alt toprakta fazla olduğu tespit edilmiştir.

Elektriksel iletkenlik; arazi kullanım durumlarına göre mera topraklarında, model havzalara göre 1 numaralı model havzada, anakaya durumuna göre kumtaşı anakayasında yüksek ve toprak derinlik kademesine göre değerlendirildiğinde ise elektriksel iletkenlik değerleri 0-20 cm üst toprakta fazla olduğu tespit edilmiştir.

Dispersiyon oranının; arazi kullanım durumlarına göre tarım topraklarında, model havzalara göre 30 numaralı model havzada, toprak derinlik kademesine göre değerlendirildiğinde ise 20-40 cm alt toprakta fazla olduğu tespit edilmiştir.

Kolloid/nem ekivalanı; arazi kullanım durumlarına göre mera topraklarında, model havzalara göre 30 numaralı model havzada, toprak derinlik kademesine göre değerlendirildiğinde ise 0-20 cm üst toprakta fazla olduğu tespit edilmiştir.

Erozyon oranı; arazi kullanım durumlarına göre tarım topraklarında, model havzalara göre 30 numaralı model havzada, toprak derinlik kademesine göre değerlendirildiğinde ise erozyon oranının 20-40 cm alt toprakta fazla olduğu tespit edilmiştir.

Geotekstil ölçüm sonuçlarıyla GeoWEPP'den elde edilen sonuçların birbirine yakın çıkması modelin ve yersel ölçümün uyumlu olduğunu göstermektedir.

Geotekstil yardımıyla erozyon ölçümü, hem maliyet hem de zaman açısından oldukça uygun bir yöntemdir. Ancak yöntemin bazı dezavantajları da mevcuttur. Bundan dolayı, çalışma alanı sürekli kontrol edilmelidir. Yaban hayvanları, insan ve diğer doğal etmenlerden kaynaklı zararlarla karşılaşabilmektedir. Ayrıca geotekstillerin sürekli onarım ve bakım işlemleri çıkmaktadır. GeoWEPP ise en son erozyon tahmin teknolojilerinden biri olup benzeri modellere göre birçok avantajları bulunmaktadır. Avantajlarının yanında dezavantajlı durumlarda görülmektedir. Bunlar arasında; büyük veri dosyaları ve iş yükünün fazla olması, büyük havzalarda programın çalışmaması ve çalışsa da doğru sonuçlar vermemesi sebebiyle alt havzalara ayırma işlemlerinin yapılamaması ile yoğun emek ve mesai gerektirmesi sayılabilir. Bu bağlamda, bu çalışma GeoWEPP'in büyük kapalı havzalarda da uygulanabilirliğini ortaya koymakla birlikte mümkün olduğu ölçüde küçük havza alanlarının seçilmesi önerilmektedir. Ayrıca CBS konusunda donanımlı bir birey olmak, işin büyük bir kısmını oluşturmaktadır.

Genel olarak, erozyon olgusundaki en önemli etken insan faktörüdür. Uygun olmayan arazi kullanım durumlarının birbirlerine dönüştürülmesi vb. uygulamalar erozyon riskini arttırmaktadır. Açmacılık ve diğer yanlış uygulamalar engellenerek gerek ormanlar üzerindeki baskının azaltılması gerekse de erozyon riskini azaltmak olası bir önlemdir. Ayrıca bitki örtüsünün yetersiz olduğu arazi kullanım durumlarında havza ıslah veya rehabilitasyon çalışmaları yapılmalıdır. Bu şekilde hem yöre hayvancılığına katkı sağlanacak hemde orman alanlarındaki baskı

azaltılabilecektir. Havza sınırları içerisinde yaşıyan insanların erozyon konusunda bilinçlendirilerek o yörede yapılacak ağaçlandırma projelerine katılımları da sağlanmalıdır.

Sonuç olarak; WEPP modeli ve geotekstillerle yapılan ölçümlerin daha fazla yaygınlaşması gerek maliyet gerekse de zaman açısından önemlidir. Bu tarz modelleme çalışmalarının ileriye yönelik çeşitli senaryolar üretmesi ve gerçeğe olabildiğince yakın olması nedeniyle çeşitli devlet kuruluşları ve üniversitelerdeki araştırmacılar modelleme çalışmalarına ağırlık vermelidir. Bilinmelidir ki öngörülemeyen ve tahmin edilemeyen erozyonun önlenmesi ve azaltılması da mümkün olamamaktadır.



## KAYNAKLAR

- Abacı, O. & Papanicolaou, A.T. (2009). Long-term effects of management practices on water-driven soil erosion in an intense agricultural sub-watershed: Monitoring and modelling. *Hydrological Processes: An International Journal*, 23(19), 2818-2837. doi:10.1002/hyp.7380
- Abdalla, M., Hastings, A., Chadwick, D.R., Jones, D.L., Evans, C.D., Jones, M.B. & Smith, P. (2018). Critical review of the impacts of grazing intensity on soil organic carbon storage and other soil quality indicators in extensively managed grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 253, 62-81.
- Aladağ, İ. A. (2009). *Kahramanmaraş Yöresi Ahır Dağı Meralarında WEPP (Water Erosion Prediction Project) Yöntemiyle Toprak Kayıplarının Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar: Keklik Deresi Yağış Havzası Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Alewell, C., Borrelli, P., Meusburger, K. & Panagos, P. (2019). Using the USLE: Chances, challenges and limitations of soil erosion modelling. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(3), 203-225.
- Al-Kaisi, M., Hanna, H., Miller, M., Gerald, A. & Tidman, M. (2002). Soil erosion: Effect on soil productivity. <https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/soil-erosion-effect-soil-productivity> (Son erişim tarihi: 02.05.2021)
- Ameri, A.A., Pourghasemi, H.R. & Cerda, A. (2018). Erodibility prioritization of sub-watersheds using morphometric parameters analysis and its mapping: A comparison among TOPSIS, VIKOR, SAW, and CF multi-criteria decision making models. *Science of the Total Environment*, 613, 1385-1400. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.09.210
- Amore, E., Modica, C., Nearing, M.A. & Santoro, V.C. (2004). Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins. *Journal of Hydrology*, 293(1-4), 100-114. doi:10.1016/j.jhydrol.2004.01.018
- Anache, J.A.A., Wendland, E.C., Oliveira, P.T.S., Flanagan, D.C. & Nearing, M.A. (2017). Runoff and soil erosion plot-scale studies under natural rainfall: A meta-analysis of the Brazilian experience. *Catena*, 152, 29-39.
- Anonim (2015). Streams and Drainage Systems. <https://www.tulane.edu/~sanelson/eens1110/streams.htm> Tulane University ders notu (Son erişim tarihi: 24.09.2021)
- Anonim (2022a). Burdur İli Hayvan Varlığı. <http://www.burdur.gov.tr/tarim-ve-hayvancilik-sehri-Burdur> (Son erişim tarihi: 28.03.2021)

- Anonim (2022b). Türkiye'deki Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Varlığı. [https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/2020\\_Burdur\\_cdr-0210607122918.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/2020_Burdur_cdr-0210607122918.pdf). (Son erişim tarihi: 04.03.2022)
- Anonim (2022c). Soil Bulk Density/Moisture/Aeration. [https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/health/resource/?cid=nrcs142p2\\_053878](https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/health/resource/?cid=nrcs142p2_053878) (Son erişim tarihi: 10.02.2022)
- Anonim (2022d). Soil Electrical Conductivity. [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_053280.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053280.pdf) (Son erişim tarihi: 11.02.2022)
- Arnold, J.G. & Williams, J.R. (1989). Stochastic generation of internal storm structure. *American Society of Agricultural Engineers (ASAE)*, 32(1), 161–166.
- Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S. & Williams, J.R. (1998). Large area hydrologic modeling and assessment – part 1: model development. *Journal of American Water Resources Association*, 34, 73-89.
- Ascough II, J.C., Nearing, M.A., Baffaut, C. & Liu, B.Y. (1997). The WEPP watershed model: I. hydrology and erosion. *Transactions American Society of Agricultural Engineers (ASAE)*, 40(4), 921-933. doi:10.13031/2013.21343
- Atalay, İ. (1972). Burdur Gölü Depresyonu ve civarının jeomorfolojik-sedimentolojik etüdü. Ağaçlandırma ve Erozyonu Kont Genel Müd. Kızılcahaman Havza Amenajmanı Etüt-Proje Müdürlüğü.
- Atalay, İ. (1982). *Toprak Coğrafyası*. Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Atalay, İ. (1983). A general survey of the vegetation of north-eastern Anatolia. *Ege Coğrafya Dergisi*, 1(1), 14-39.
- Atalay, İ. (1986). *Uygulamalı Hidroğrafya*. Ege Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Atalay, İ. (2006). *Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası*. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, Meta Basım ve Matbaacılık Hizmetleri, Ankara.
- Atalay, İ. (2011). *Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası*. Meta Basım Matbaacılık, İzmir.
- Ataol, M. (2010). *Burdur Gölü Havzası İçin Yeni Bir Su Yönetim Modeli Önerisi*. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)
- Atayeter, Y. (2000). Burdur'un iklim özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Burdur Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(1), 260-270.

- Avcı, M. (1993a). Göller Yöresi batı kesiminde iklim ile bitki örtüsü arasındaki ilişkiler. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 4, 143-217.
- Avcı, S. (1993b). Türkiye’de şehir ve şehirli nüfusun dağılışı. *Türk Coğrafya Dergisi*, 28, 249-271.
- Aydın, M. (2007). *Gümüşhane-Torul Barajı Yağış Havzasından Taşınan Toprak Miktarının Wepp Ortamında Belirlenmesi ve Çözümleri Üzerine Araştırmalar*. (Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Aydın, M. (2009). Determination of soil losses by using WEPP (Water Erosion Prediction Project) composed of different land use and necessary precautions in Gümüşhane-Torul Dam Creek. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9(1), 54-65.
- Babalık, A.A., Dursun, İ. & Yazıcı, N. (2021). Türkiye’de Erozyon Sorunu ve Erozyon Tahmininde Kullanılan Modeller. In *Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler*. (ss. 182-205)
- Baffaut, C., Nearing, M.A., Ascough II, J.C. & Liu, B. (1997). The WEPP Watershed Model: II. Sensitivity Analysis and Discretization on Small Watersheds Transactions. *American Society of Agricultural Engineers (ASAE)*, 40(4), 935-943. doi:10.13031/2013.21344
- Bağdatlı, C. & Öztürk, B. (2014). Havza morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) etkin rolü. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18(1), 11-19.
- Balcı, N. & Özyuvacı, N. (1988). *Havza Amenajmanı II*. İÜ Orman Fakültesi, Yüksek Lisans Ders Notları, İstanbul.
- Balcı, N. (1996). *Toprak Koruması*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Banerjee, A., Singh, P. & Pratap, K. (2017). Morphometric evaluation of Swarnrekha watershed, Madhya Pradesh, India: an integrated GIS-based approach. *Applied Water Science*, 7(4), 1807-1815. doi:10.1007/s13201-015-0354-3
- Barrett, M.E., Malina Jr, J.F. & Charbeneau, R.J. (1998). An evaluation of geotextiles for temporary sediment control. *Water Environment Research*, 70(3), 283-290. doi:10.2175/106143098X124902
- Bekele, B. & Gemi, Y. (2021). Soil erosion risk and sediment yield assessment with universal soil loss equation and GIS: in Dijo watershed, rift valley basin of Ethiopia. *Model Earth Syst Environ*, 7(1), 273–291.
- Beldini, T.P. (2004). *Soil Organic Matter Dynamics and Physico-Chemical Properties of Intensively-Managed Eucalyptus Plantations Compared to*

*Native Forests in the Brazilian Amazon.* (Doctor of Philosophy, Auburn University College of Environmental Science and Forestry)

- Bharath, A., Kumar, K.K., Maddamsetty, R., Manjunatha, M., Tangadagi, R.B. & Preethi, S. (2021). Drainage morphometry based sub-watershed prioritization of Kalinadi Basin using geospatial technology. *Environmental Challenges*, 5, 100277.
- Bhattacharya, R.K., Das Chatterjee, N. & Das, K. (2019). Multi-criteria-based sub-basin prioritization and its risk assessment of erosion susceptibility in Kansai–Kumari catchment area, India. *Applied Water Science*, 9(4), 1-30.
- Bhuyan, S.J., Kalita, P.K., Janssen, K.A. & Barnes, P.L. (2002). Soil loss predictions with three erosion simulation models. *Environmental Modelling and Software*, 17(2), 135-144. doi:10.1016/S1364-8152(01)00046-9
- Bilgili, A., Dindaroğlu, T., Demir, M. & Önal, M. (2020). Oltu Anzav Bağları Havzasında arazi kullanımı ve bazı fizyografik karakteristikler ile toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin araştırılması. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(1), 85-95.
- Blake, G. & Hartge, K. (1986). Bulk density. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods*, 5, 363-375.
- Blanco-Canqui, H. & Lal, R. (2008). *Principles of Soil Conservation and Management*. Springer Science & Business Media, New York.
- Blum, W.E.H. (1997). Basic Concepts: Degradation, Resilience and Rehabilitation. In *Methods for Assessment of Soil Degradation*. (pp. 1-16)
- Boardman, J. & Favis-Mortlock, D. (2016). The use of erosion pins in geomorphology. *British Society for Geomorphology*, 3(5), 1-10.
- Bochet, E. Rubio, J.L. & Poesen, J. (1998). Relative efficiency of three representative matorral species in reducing water erosion at the microscale in a semi-arid climate. *Geomorphology*, 23, 139–150.
- Borrelli, P., Robinson, D.A., Fleischer, L.R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C. & Panagos, P. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*, 8(1), 1-13.
- Bouma, J. (2018). The challenge of soil science meeting society’s demands in a “post-truth”, “fact free” world. *Geoderma*, 310, 22–28.
- Bouyoucos, G.J. (1951). A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43, 434-438.
- Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey—a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14(1-3), 3-30. doi:10.1080/09853111.2001.11432432

- Brooks, S.M. & McDonnell, R.A. (2000). Research advances in geocomputation for hydrological and geomorphological modelling towards the twenty-first century. *Hydrological Processes*, 14(11-12), 1899-1907.
- Bryan, R.B. (1968). The development, use and efficiency of indices of soil erodibility. *Geoderma*, 2, 2-25.
- Bugg, R.A., Donald, W., Zech, W. & Perez, M. (2017). Performance evaluations of three silt fence practices using a full-scale testing apparatus. *Water*, 9(7), 502. doi:10.3390/w9070502
- Carlier, L., Vlahova, M. & Rotar, I. (2006). Reduction of soil erosion and soil carbon and nutrient losses by “reduced tillage” cultivation in arable land. *Bulletin USAMV*, 62, 14-20.
- Cerda, A. (1999). Parent material and vegetation affect soil erosion in Eastern Spain. *Soil Science Society of America Journal*, 63(2), 362-368.
- Cerda, A., Novara, A. & Moradi, E. (2021). Long-term non-sustainable soil erosion rates and soil compaction in drip-irrigated citrus plantation in Eastern Iberian Peninsula. *Science of The Total Environment*, 787, 147549.
- Chandrashekar, H., Lokesh K.V., Sameena, M., Roopa, J. & Ranganna, G. (2015). Coastal and Ocean Engineering (Mangalore). In *Proceeding international Conference of Water Resources*. (pp. 1345-353)
- Chaudhari, P.R., Ahire, D.V., Ahire, V.D., Chkravarty, M. & Maity, S. (2013). Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of Coimbatore soil. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(2), 1-8.
- Chen, L., Wang, J., Fu, B. & Qiu, Y. (2001). Land-use change in a small catchment of northern Loess Plateau, China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 86(2), 163-172. doi:10.1016/S0167-8809(00)00271-1
- Choudhari, P.P., Nigam, G.K., Singh, S.K. & Thakur, S. (2018). Morphometric based prioritization of watershed for groundwater potential of Mula river basin, Maharashtra, India. *Geology, Ecology and Landscapes*, 2(4), 256–267. doi:10.1080/24749508.2018.1452482
- Cochrane, T.A. & Flanagan, D.C. (1999). Assessing water erosion in small watersheds using WEPP with GIS and digital elevation models. *Journal of Soil and Water Conservation*, 54(4), 678-685.
- Conroy, W.J., Hotchkiss, R.H. & Elliot, W.J. (2006). A coupled upland-erosion and instream hydrodynamic-sediment transport model for evaluating sediment transport in forested watersheds, *Trans. ASABE*, 49, 1713–1722.

- Costache, R. (2014). Using GIS techniques for assessing lag time and concentration time in small river basins Case study: Pecineaga river basin, Romania. *Geographia Technica*, 9(1), 31-38.
- Çelik, I. (2011). Effects of tillage methods on penetration resistance, bulk density and saturated hydraulic conductivity in a clayey soil conditions. *Journal of Agricultural Sciences*, 17(2), 143-156. doi:10.1501/Tarimbil\_0000001166
- Çepel, N. (1988). *Toprak İlmi Ders Kitabı Orman Topraklarının Karakteristikleri. Toprakların Oluşumu, Özellikleri ve Ekolojik Bakımdan Değerlendirilmesi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları. İstanbul.
- Çerçi, E. & Ceyhun, G. (2021). Tuzlu ve jipsli sahalarda oyuntu içinde doğal yetişen ağaç ve çalı türleri: balıca deresi havzası. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(2), 624-635.
- Çetin, B. (2007). *Burdur Kent Coğrafyası*. (Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)
- Çilek, A. (2021) Düzenleyici Ekosistem hizmetlerinde toprak erozyonunun haritalanması: Göksu Havzası örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 36(2), 409-419.
- Çoban, H.O. & Eker, M. (2009). SRTM verileri ile bazı topoğrafik analizler: Isparta Orman Bölge Müdürlüğü örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2), 76- 91.
- De Bernardi, M., Priano, M.E., Fernández, M.E., Gyenge, J. & Juliarena, M.P. (2022). Impact of land use change on soil methane fluxes and diffusivity in Pampean plains, Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 329, 107866. doi:10.1016/j.agee.2022.107866
- Defersha, M.B., Melesse, A.M. & McClain, M.E. (2012). Watershed scale application of WEPP and EROSION 3D models for assessment of potential sediment source areas and runoff flux in the Mara River Basin, Kenya. *Catena*, 95, 63-72. doi:10.1016/j.catena.2012.03.004
- Demir, S., Oğuz, İ., Ciba, Ö.F. & Özer, E. (2017). Farklı arazi kullanımını altında meydana gelen toprak ve yüzey akış kayıplarının WEPP Hillslope modeli kullanılarak tahmin edilmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(Ek Sayı), 97-104.
- Demir, S., Oğuz, İ. & Özer, E. (2018). Estimation of soil losses in a slope area of Tokat Province through USLE and WEPP Model. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(12), 1838-1843.
- Dengiz, O. & İmamoğlu, A. (2016). *Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsüne Bağlı Olarak Toprak Erozyon Duyarlık Faktörünün Konumsal Değişiminin Farklı Enterpolasyon Yöntemler Kullanarak Belirlenmesi*. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu. 13-14 Ekim, Ankara, 750-759.

- Dindaroğlu, T. & elik, H. (2019). Yeşil kuşak orman ekosistemlerindeki orman paralılığının bazı toprak özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması (Kahramanmaraş Ahır Dağı rneği). *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(2), 322-332.
- Dindaroğlu, T. & Canbolat, M.Y. (2012). Kuzgun baraj gölü havzasında orman, mera ve ayır bitki örtüsü altında gelişen toprakların bazı fiziksel ve kimyasal zellikleri. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 22(1), 1-9.
- Dubey, S.K., Sharma, D. & Mundetia, N. (2015). Morphometric analysis of the Banas River Basin using geographical information system, Rajasthan, India. *Hydrology*, 3(5), 47-57. doi:10.11648/j.hyd.20150305.11
- Dun, S., Wu, J.Q., Elliot, W.J., Robichaud, P.R., Flanagan, D.C., Frankenberger, J.R. & Xu, A.C. (2009). Adapting the Water Erosion Prediction Project (WEPP) model for forest applications. *Journal of Hydrology*, 366(1-4), 46-54.
- Dun, S., Wu, J.Q., Elliot, W.J., Frankenberger, J.R., Flanagan, D.C. & McCool, D.K. (2013). Applying online WEPP to assess forest watershed hydrology. *Transactions of the ASABE*, 56(2), 581-590.
- Durán, Z.V.H., Francia, M.J.R., Rodríguez, P.C.R., Martínez, R.A. & Crceles, R.B. (2006). Soil erosion and runoff prevention by plant covers in a mountainous area (SE Spain): implications for sustainable agriculture. *The Environmentalist*, 26, 309–319.
- Dursun, İ. & Babalık, A.A. (2021). De Martonne-Gottman ve standart yağış indeksi yöntemleri kullanılarak kuraklığın belirlenmesi: Isparta ili rneği. *Turkish Journal of Forestry*, 22(3), 192-201. doi:10.18182/tjf.944195
- Dursun, İ. & Yazıcı, N. (2022). Köppen-Trewartha ve Thornthwaite yntemlerine göre Isparta yöresi iklim tipinin belirlenmesi. *Doğal Afetler ve evre Dergisi*, 8(2), 264-279. doi:10.21324/dacd.1025029
- Dutal, H. & Reis, M. (2020). Determining the effects of land use on soil erodibility in the Mediterranean highland regions of Turkey: A case study of the Korsulu stream watershed. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(3), 1-15. doi:10.1007/s10661-020-8155-z
- Dutal, H. (2020). *Körsulu Deresi Yağış Havzasının Wepp (Water Erosion Prediction Project) ve Swat (Soil And Water Assessment Tool) Modelleri Kullanılarak Havza Amenajmanı Bakımından Planlanması zerine Araştırmalar*. (Doktora Tezi, Kahramanmaraş St İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Elbaşı, E. (2015). *Marmara Denizi Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)
- Elliot, W., Foltz, R.B. & Luce, C. (1995). *Validation of Water Erosion Prediction Project (WEPP) Model for Low-Volume Forest Roads*. 6 Sixth International Conference on Low-Volume Roads, 25-29 June, Washington, 178-186.

- El Kateb, H., Zhang, H., Zhang, P. & Mosandl, R. (2013). Soil erosion and surface runoff on different vegetation covers and slope gradients: A field experiment in Southern Shaanxi Province, China. *Catena*, 105, 1–10.
- Eraslan, S., İmamoğlu, A., Coşkun, A., Saygın, F. & Dengiz, O. (2017). İnebolu havzası topraklarının erozyon duyarlılık durumları ve arazi kullanımı/arazi örtüsü ile olan ilişkisinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1), 95-108.
- Erdoğan Yüksel, E. (2009). *Artvin-Saçınka Yöresindeki Orman ve Otlak Arazilerinde Bazı Toprak Özelliklerinin Yükselti ve Derinlik Kademelerine Göre Değişiminin İrdelenmesi*. (Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Erdoğan Yüksel, E. (2015). *Borçka Barajı Yağış Havzası'nda Meydana Gelen Toprak Erozyonu ve Sediment Veriminin WEPP Erozyon Tahmin Modeli ve CBS Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi*. (Doktora Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Erdoğan Yüksel, E., Özalp, M. & Yıldırım, S. (2016). Using a geospatial interface (GeoWEPP) to predict soil loss, runoff and sediment yield of Kokolet Creek watershed. *International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences (IJEES)*, 6(3), 437-442.
- Erdoğan Yüksel, E., Özalp, M. & Yıldırım, S. (2019). Predicting soil erosion status of the düz creek watershed in Artvin. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19(3), 290-298.
- Ergül, A.H. (2009). *Kartalkaya Barajı yağış havzasında farklı arazi kullanım şekilleri altındaki arazilerden Geotekstil (Silt Fence) kullanılarak toprak kayıplarının belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Ertunç, A., Karagüzel, R., Yağmurlu, F., Türker, E. & Keskin, N. (2001). Burdur Belediyesi Kent Merkezi ve Yakın Çevresinin Depremselliği ve Yerleşime Uygunluk Açısından İncelenmesi. SDÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Araştırma Raporu.
- Erol, A., Babalık, A.A., Sönmez, K. & Serin, N. (2009). Isparta-Darıderesi Havzası topraklarında erozyona duyarlılığın arazi kullanım şekillerine bağlı değişimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2), 21-36.
- Erpul, G., Şahin, S., İnce, K., Küçümen, A., Akdağ, M.A., Demirtaş, İ. & Çetin, E. (2018). *Türkiye Su Erozyonu Atlası*. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Eser, Y. (2014). *Burdur Gölü Havzası'nın Hiyerarşik Yetiştirme Ortamı Sınıflandırması ve Haritalanması*. (Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

- Eze, E.B. & Efiang, J. (2010). Morphometric parameters of the Calabar river basin: Implication for hydrologic processes. *Journal of Geography and Geology*, 2(1), 18-26.
- Fairfield, J. & Leymarie, P. (1991). Drainage networks from grid digital elevation models. *Water Resources Research*, 27(5), 709-717. doi:10.1029/90WR02658
- Falsone, G., Bonifacio, E. & Zanini, E. (2012). Structure development in aggregates of poorly developed soils through the analysis of the pore system. *Catena*, 95, 169-176.
- FAO (2005). The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food production. Food and Agriculture Organization of The United Nations. FAO Soils Bulletin. No:80
- Fatemi, A. (2022). A survey of modeling for water quality prediction of Gharasou River, Kermanshah, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 81(3), 1-12.
- Fekadu, E., Kibret, K., Bedadi, B. & Melese, A. (2018). Characterization and classification of soils of yikalo subwatershed in lay gayint district, northwestern highlands of Ethiopia. *Eurasian Journal of Soil Science*, 7(2), 151-166. doi:10.18393/ejss.376267
- Feng, X.M., Wang, Y.F., Chen, L.D., Fu, B.J. & Bai, G.S. (2010). Modeling soil erosion and its response to land-use change in hilly catchments of the Chinese Loess Plateau. *Geomorphology*, 118(3-4), 239-248.
- Field, D., Morgan, C.L. & McBratney, A.B. (2017). *Global Soil Security*. Springer.
- Flanagan, D.C. & Livingston, S.J. (1995). WEPP User Summary (USDA-Water Erosion Prediction Project): National Soil Erosion Research Laboratory. Report No:11.
- Flanagan, D.C. & Nearing, M.A. (1995). USDA-Water Erosion Prediction project: Hillslope profile and watershed model documentation. USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, NSERL Report No:10, 1-123p.
- Flanagan, D.C., Gilley, J.E. & Franti, T.G. (2007). Water Erosion Prediction Project (WEPP): Development history, model capabilities, and future enhancements. *Transactions of the ASABE*, 50(5), 1603-1612. doi:10.13031/2013.23968
- Flanagan, D.C., Frankenberger, J.R. & Ascough II, J.C. (2012). WEPP: Model use, calibration, and validation. *Transactions of the ASABE*, 55(4), 1463-1477.
- Flanagan, D.C., Frankenberger, J.R., Cochrane, T.A., Renschler, C.S. & Elliot, W.J. (2013). Geospatial application of the water erosion prediction project (WEPP) model. *Transactions of the ASABE*, 56(2), 591-601.

- Flanagan, D.C., Srivastava, A. & Frankenberger, J.R. (2018). *Evaluation of WEPP Model Performance with Various Climate Inputs*. In 2018 ASABE Annual International Meeting, July 29-August 1, Detroit, Michigan, 1-12.
- Flint, A.L. & Flint, L.E. (2002). 2.2 Particle Density. In *Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods*. Soil Science Society of America, Madison. (pp. 229–240)
- Foster, G.R. & Lane, L.J. (1987). User requirements UDSA-Water Erosion Prediction Project (WEPP). Report No: 1, 43p.
- Frankenberger, J.R., Brooks, E.S., Walter, M.T., Walter, M.F. & Steenhuis, T.S. (1999). A GIS-based variable source area hydrology model. *Hydrological Processes*, 13(6), 805-822.
- Galavi, M., Jalali, A., Ramroodi, M., Mousavi, S.R. & Galavi, H. (2010). Effects of treated municipal wastewater on soil chemical properties and heavy metal uptake by sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Journal of Agricultural Science*, 2(3), 235-241.
- Garbrecht, J. & Martz, L.W. (1997). TOPAZ: An Automated Digital Landscape Analysis Tool for Topographic Evaluation, Drainage Identification, Sub-Watershed Segmentation and Sub Catchment Parameterization; TOPAZ Overview. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Grazing lands Research Laboratory, El Reno, OK, USA, ARS Publication No. GRL, 97-3.
- Garbrecht, J. & Martz, L.W. (1999). TOPAZ: An Automated Digital Landscape Analysis Tool for Topographic Evaluation, Drainage Identification, Watershed Segmentation and Subcatchment Parameterization; TOPAZ Overview. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Grazinglands Research Laboratory, El Reno, Oklahoma, USDA, ARS Publication GRL 99-1, 26 pp.
- Garbrecht, J. & Martz, L. (2000). Topaz user manual: Version 3.1. Technical Report. 91p.
- García-Ruiz, J.M., Beguería, S., Lana-Renault, N., Nadal-Romero, E. & Cerdà, A. (2017). Ongoing and emerging questions in water erosion studies. *Land Degradation & Development*, 28(1), 5-21. doi:10.1002/ldr.2641
- Gee, G.W. & Bauder, J.W. (1986). Particle-size analysis. In A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis*. 9. ASA and SSSA, Madison. (pp. 383–411)
- Gholami, P., Ghorbani, J. & Shokri, M. (2014). Investigation of changes in species diversity of Sorpa and soil seed bank in enclosure areas in Mahoor rangelands of fars province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, (4), 745–755.

- Gholami, V., Sahour, H. & Amri, M.A.H. (2021). Soil erosion modeling using erosion pins and artificial neural networks. *Catena*, 196, 104902.
- Giménez, A., Lozano, F.J., Torres, J.A. & Asensio, C. (2019). Automated system for soil wind erosion studies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 164, 104889. doi:10.1016/j.compag.2019.104889
- Giroud, J.P. (2010). *Development of criteria for Geotextiles and Granular Filters*. Proc 9th International Conference on Geosynthetics, May, Guarujá, Brazil, (pp. 45-64)
- Gökbulak, F. (1993). *Otlatmanın Toprağın Hidro-Fiziksel Özellikleri ve Otlak Vejetasyonu Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Göl, C. (2002). *Çankırı-Eldivan Yöresinde Arazi Kullanım Türleri ile Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler*. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Göl, C., Ünver, İ. & Özhan, S. (2004). Çankırı-Eldivan yöresinde arazi kullanma türleri ile yüzey toprağı nemi arasındaki ilişkiler. *Turkish Journal of Forestry*, 5(2), 17-29.
- Görcelioğlu, E. (1984). Erezyon kaldırma. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 34(1), 126-130.
- Görcelioğlu, E. (1997). Ormanların erozyon ve sedimentasyona etkileri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 47(1-2-3-4), 1-12.
- Görcelioğlu, E. (2003). *Sel ve Çığ Kontrolü*. İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Gould, G.K., Liu, M., Barber, M.E., Cherkauer, K.A., Robichaud, P.R. & Adam, J.C. (2016). The effects of climate change and extreme wildfire events on runoff erosion over a mountain watershed. *Journal of Hydrology*, 536, 74-91. doi:10.1016/j.jhydrol.2016.02.025
- Groen, A.H. (2006). *The Effectiveness OF Post-Fire Erosion Control Techniques in Western Montana*. (M.Sc. Thesis, The University of Montana College of Forestry and Conservation)
- Gülçur, F. (1974). *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Kutulmuş Matbaası.
- Günay, T. (2008). *Orman, Ormansızlaşma, Toprak, Erozyon*. TEMA Vakfı Yayınları.
- Gysi, M., Klubertanz, G. & Vulliet, L. (2000). Compaction of an Eutric Cambisol under heavy wheel traffic in Switzerland—field data and modelling. *Soil and Tillage Research*, 56(3-4), 117-129. doi:10.1016/S0167-1987(00)00132-X

- Hakansson, I. & Lipiec, J. (2000). A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil and Tillage Research*, 53(2), 71-85. doi:10.1016/S0167-1987(99)00095-1
- Han, F., Ren, L., Zhang, X. & Li, Z. (2016). The WEPP model application in a small watershed in the Loess Plateau. *PloS One*, 11(3), e0148445. doi:10.1371/journal.pone.0148445
- Hancock, G.R. & Lowry, J.B.C. (2015). Hillslope erosion measurement-a simple approach to a complex process. *Hydrological Processes*, 29(22), 4809-4816.
- Haque, M.Z., Rahim, S., Abdullah, M.P., Embi, A.F., Elfithri, R., Lihan, T. & Mokhtar, M. (2016). Predicting Sediment Load and Runoff in GeoWEPP Environment from Langat Sub Basin, Malaysia. *Nature Environment and Pollution Technology; Karad*, 15(3), 1077-1082.
- Hendrix, W.G. & Buckley, D.J. (1992). Use of a geographic information system for selection of sites for land application of sewage waste. *Journal of Soil and Water Conservation*, 47(3), 271-275.
- Hızal, A. (1984). *Havza Fotoğrafları Yorumlamasının Havza Amenajmanı (Ova Deresi Havzası, Kocaeli) Çalışmalarında Uygulanma Olanaklarının Araştırılması*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Horton, R.E. (1932). Drainage-basin characteristics. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 13(1), 350-361.
- Horton, R.E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3), 275-370. doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2
- Hu, F., Liu, J., Xu, C., Wang, Z., Liu, G., Li, H. & Zhao, S. (2018). Soil internal forces initiate aggregate breakdown and splash erosion. *Geoderma*, 320, 43-51. doi:10.1016/j.geoderma.2018.01.019
- Hudson, N. (1995). *Soil Conservation*. Iowa State University Press.
- Hussain, F., Nabi, G., Wu, R.S., Hussain, B. & Abbas, T. (2019). Parameter evaluation for soil erosion estimation on small watersheds using SWAT model. *Internatiol Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 12(1), 96-108. doi:10.25165/j.ijabe.20191201.3769
- Işık, E. & Göl, C. (2021). Yarı kurak bölgelerde doğal ve plantasyon karaçam ormanlarının bazı toprak özellikleri ile organik karbon ve toplam azot depolama kapasitelerinin değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 22(3), 202-210. doi:10.18182/tjf.905243
- İmamoğlu, A. (2020). Alaca Çayı Havzası erozyon durumunun morfometrik ölçümler ile ilişkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 868-878.

- İrvem, A. (2003). *Coğrafi Bilgi Sistemi ile Toprak Kaybı ve Sediment Verimi Tahmin Modelinin Oluşturulması ve Seyhan-Körkün Alt Havzasına Uygulanması*. (Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Jenny, H. (1941). *Factors Of Soil Formation A System of Quantitative Pedology*. Dover Publications.
- Jetten, V., Govers, G. & Hessel, R. (2003). Erosion models: quality of spatial predictions. *Hydrological Processes*, 17(5), 887-900. doi:10.1002/hyp.1168
- Jha, M.N. & Ruthor, R.K. (1981). Erodibility of soil in shifting cultivation areas of Tripura and Orissa. *Indian Forester*, 107(5), 310-313.
- John Wilson, J. S., Chandrasekar, N. & Magesh, N.S. (2012). Morphometric analysis of major sub-watersheds in Aiyar & Karai Pottanar Basin, Central Tamil Nadu, India using remote sensing & GIS techniques. *Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science*, 2(1), 8-15.
- Joji, V.S., Nair, A.S.K. & Baiju, K.V. (2013). Drainage basin delineation and quantitative analysis of Panamaram Watershed of Kabani River Basin, Kerala using remote sensing and GIS. *Journal of the Geological Society of India*, 82(4), 368-378. doi:10.1007/s12594-013-0164-x
- Jury, W.A. & Horton, R. (2004). *Soil Physics*. John Wiley & Sons.
- Kalay, H.Z. & Yüksek, T. (2001). *Artvin Kafkasör Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Fiziksel Özellikleri ile Aşınım Eğilimi Değerlerinin Araştırılması*. III. Ulusal Hidroloji Kongresi. 27-29 Haziran, İzmir, 535-544.
- Kantarcı, M.D. (1980). Ilıman İklim Koşullarında Toprak Kesitinde Kilin Taşınması ve Birikmesi Olayı Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A*, 30(2).
- Kantarcı, M.D. (1986). Genetik toprak sınıflandırmasının ana konuları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 36(3), 14-32.
- Kantarcı, M.D. (2000). *Toprak İlimi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Kara, Ö. & Bolat, İ. (2008). Microbial biomass C (Cmic) and N (Nmic) content of forest and agricultural soils in Bartın province, Turkey. *Ecology*, 18(69), 32-40.
- Kara, Ö., Şensoy, H. & Bolat, İ. (2010). Slope length effects on microbial biomass and activity of eroded sediments. *Journal of Soils and Sediments*, 10(3), 434-439. doi:10.1007/s11368-010-0192-8
- Karabulut, M.S. & Özdemir, H. (2019). Comparison of basin morphometry analyses derived from different DEMs on two drainage basins in Turkey.

- Karagöktaş, D. & Yakupoğlu, T. (2014). Erozyon araştırma sahasına dönüştürülmesi planlanan bir alanda aşınabilirlik ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2(1), 6-12.
- Karagül, R. (1999). Trabzon-Söğütlüdere havzasında farklı arazi kullanım şekilleri altındaki toprakların bazı özellikleri ve erozyon eğilimlerinin araştırılması. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(1), 53-68.
- Karaşin, Y. (2021). *Bingöl İli Genç İlçesi Çevirme Mikrohavzasında WEPP ve Rusle Modelleri ile Toprak Kayıplarının Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Keller, T. & Hakansson, I. (2010). Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma*, 154(3), 398-406. doi:10.1016/j.geoderma.2009.11.013
- Ketin, İ. (1959). Türkiye'nin orojenik gelişmesi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 53(53).
- Kırnak, H. (2002). Comparison of Erosion and Runoff Predicted by WEPP and AGNPS Models Using a Geographic Information System. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26(5), 261-268.
- Kiani, F., Jalalian, A., Pashae, A. & Khademi, H. (2004). Effect of deforestation on selected soil quality attributes in loess-derived landforms of Golestan province, northern Iran. In *Proceedings of the Fourth International Iran and Russia Conference*. (pp. 546-550)
- Kiage, L.M. (2013). Perspectives on the assumed causes of land degradation in the rangelands of Sub-Saharan Africa. *Progress in Physical Geography*, 37(5), 664-684. doi:10.1177/0309133313492543
- Kirkby, M., Bracken, L. & Reaney, S. (2002). The influence of land use, soils and topography on the delivery of hillslope runoff to channels in SE Spain. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 27(13), 1459-1473.
- Kiziroğlu, İ., Turan, L. & Erdoğan, A. (1995). Burdur Gölü Havzasının entegre koruma ve kullanım planlaması üzerine bir araştırma. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(11).
- Knisel, W.G. (1980). CREAMS, a field scale model for chemicals, runoff, and erosion from agricultural management systems. US Department of Agriculture Research Service Report No: 26.

- Koralay, N. & Kara, Ö. (2021). Effects of morphometric characteristics on flood in Degirmendere Sub-Watersheds, Northeastern Turkey. *International Journal of River Basin Management*, 1-11.
- Korkanç, S.Y., Aksoy, E. & Altunköse, S. (2018). Niğde Akkaya Barajı Havzasında Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Değişiminin Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 34-45.
- Korkmaz, A., Sungur, O. & Alparslan, A.A. (2019). *Burdur İl Gelişim Planı ve Gelişim Stratejileri*. Bizim Büro Matbaacılık ve Basımevi Detay Anatolia Akademik Yayıncılık Ltd. Şti.
- Kolli, M.K., Opp, C. & Groll, M. (2021). Estimation of soil erosion and sediment yield concentration across the Kolleru Lake catchment using GIS. *Environmental Earth Sciences*, 80(4), 1-14.
- Koulouri, M. & Giourga, C. (2007). Land abandonment and slope gradient as key factors of soil erosion in Mediterranean terraced lands. *Catena*, 69(3), 274-281. doi:10.1016/j.catena.2006.07.001
- Krenitsky, E.C., Carroll, M.J., Hill, R.L. & Krouse, J.M. (1998). Runoff and sediment losses from natural and man-made erosion control materials. *Crop Science*, 38, 1042-1046.
- Lahn, E. (1948). *Türkiye Göllerinin Jeolojisi ve Jeomorfolojisi Hakkında Bir Etüd*. M.T.A. Enstitüsü.
- Laflen, J.M., Lane, L.J. & Foster, G.R. (1991). WEPP: A new generation of erosion prediction technology. *Journal of Soil and Water Conservation*, 46(1), 34-38.
- Laflen, J.M., Elliot, W.J., Flanagan, D.C., Meyer, C.R. & Nearing, M.A. (1997). WEPP-predicting water erosion using a process-based model. *Journal of Soil and Water Conservation*, 52(2), 96-102.
- Lal, R. (1994). *Soil Erosion Research Methods*. St. Lucie Press. Soil and Water Conservation Society.
- Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation and Development*, 12, 519-539. doi:10.1002/ldr.472
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123, 1-22. doi:10.1016/j.geoderma.2004.01.032
- Lal, R. (2009). Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. *Food Security*, 1(1), 45-57. doi:10.1007/s12571-009-0009-z
- Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875-5895.

- Landsberg, J.D., Miller, R., Anderson, H.W. & Tepp, J.S. (2003). Bulk density and soil resistance to penetration as affected by commercial thinning in Northeastern Washington. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, USA.
- Lew, R., Dobre, M., Srivastava, A., Brooks, E.S., Elliot, W.J., Robichaud, P.R. & Flanagan, D.C. (2022). WEPPcloud: An online watershed-scale hydrologic modeling tool. Part I. Model description. *Journal of Hydrology*, 608, 127603. doi:10.1016/j.jhydrol.2022.127603
- Li, Z. (2014). Watershed modeling using arc hydro based on DEMs: A case study in Jackpine watershed. *Environmental Systems Research*, 3(11), 1-12.
- Li, J., Ma, X. & Zhang, C. (2020). Predicting the spatiotemporal variation in soil wind erosion across Central Asia in response to climate change in the 21st century. *Science of the Total Environment*, 709, 136060.
- Lobo, G.P. & Bonilla, C.A. (2019). Predicting soil loss and sediment characteristics at the plot and field scales: Model description and first verifications. *Catena*, 172, 113-124. doi:10.1016/j.catena.2018.08.017
- Loi, N.K. (2010). *Assessing the Impacts Of Land Use/Land Cover Changes and Practices on Water Discharge and Sedimentation Using SWAT: Case Study in Dong Nai Watershed—Vietnam*. Proceedings of the International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences, 9-11 December, Hanoi, Vietnam, 1-12.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. & Rhind, D.W. (2001). GIS data collection. *Geographic Information Systems and Science*, 2, 32-37.
- Luetzenburg, G., Bittner, M.J., Calsamiglia, A., Renschler, C.S., Estrany, J. & Poepl, R. (2020). Climate and land use change effects on soil erosion in two small agricultural catchment systems Fugnitz–Austria, Can Revull–Spain. *Science of the Total Environment*, 704, 135389.
- Ma, X., Asano, M., Tamura, K., Zhao, R., Nakatsuka, H. & Wang, T. (2020). Physicochemical properties and micromorphology of degraded alpine meadow soils in the Eastern Qinghai-Tibet Plateau. *Catena*, 194, 104649.
- Maathuis, B.H.P. & Wang, L. (2006). Digital elevation model based hydro processing. *Geocarto International*, 21(1), 21-26.
- Magesh, N.S., Chandrasekar, N. & Soundranayagam J.P. (2011). Morphometric evaluation of Papanasam and Manimuthar watersheds, parts of Western Ghats, Tirunelveli district, Tamil Nadu, India: a GIS approach. *Environmental Earth Sciences*, 64(2), 373–381. doi:10.1007/s12665-010-0860-4
- Mahmoodabadi, M. & Cerda, A. (2013). WEPP calibration for improved predictions of interrill erosion in semi-arid to arid environments. *Geoderma*, 204, 75–83. doi:10.1016/j.geoderma.2013.04.013

- Martz, L. W. & Garbrecht, J. (1993). Automated Extraction of Drainage Network and Watershed Data From Digital Elevation Models. *Journal of the American Water Resources Association*, 29(6), 901-908.
- Marx, A., Erhard, M., Thober, S., Kumar, R., Schafer, D., Samaniego, L. & Zink, M. (2019). Climate change as driver for ecosystem services risk and opportunities. In: *Atlas of Ecosystem Services*. (pp. 173–178)
- Mattsson, B., Cederberg, C. & Blix, L. (2000). Agricultural land use in life cycle assessment (LCA): Case studies of three vegetable oil crops. *Journal of Clear Production*, 8(4), 283-292. doi:10.1016/S0959-6526(00)00027-5
- Meinen, B.U. & Robinson, D. T. (2021). Agricultural erosion modelling: Evaluating USLE and WEPP field-scale erosion estimates using UAV time-series data. *Environmental Modelling & Software*, 137, 104962.
- Melaku, N.D., Renschler, C.S., Flagler, J., Bayu, W. & Klik, A. (2018). Integrated impact assessment of soil and water conservation structures on runoff and sediment yield through measurements and modeling in the Northern Ethiopian highlands. *Catena*, 169, 140-150. doi:10.1016/j.catena.2018.05.035
- Meléndez-Pastor, I., Pedreño, J.N., Lucas, I.G. & Zorpas, A.A. (2017). A Model for Evaluating Soil Vulnerability to Erosion Using Remote Sensing Data and a Fuzzy Logic System. In *Modern Fuzzy Control Systems and Its Applications*. (pp. 437-453)
- Msadala, V.C. & Basson, G.R. (2017). Revised regional sediment yield prediction methodology for ungauged catchments in South Africa. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, 59(2), 28-36.
- Merritt, W.S., Letcher, R.A. & Jakeman, A.J. (2003). A review of erosion and sediment transport models. *Environ Model Software*, 18(8–9), 761–799.
- Mesa, L.M. (2006). Morphometric analysis of a subtropical Andean basin (Tucumán, Argentina). *Environmental Geology*, 50(8), 1235–1242. doi:10.1007/s00254-006-0297-y
- Meyer, C.R., Renschler, C.S. & Vining, R.C. (2008). Implementing Quality Control on a Random Number Stream to Improve a Stochastic Weather Generator. *Hydrological Processes*, 22(8), 1069-1079. doi:10.1002/hyp.6668
- MGM (2021). Burdur İli İklim Verileri, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Middleton, H.E. (1930). Properties of soils that influence soil erosion. *U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin*, 178, 1-16.
- Miller, V.C. (1953). A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee. Final Report CPAR-GL-98-1, 198p.

- Millington, A.C. (1986). Reconnaissance Scale Soil Erosion Mapping Using a Simple Geographic Information System in the Humid Tropics. In *Land Evaluation For Land-Use Planning and Conservation In Sloping Areas*. ILRI. (pp. 64–81)
- Minkowski, M. & Renschler, C. (2012). GeoWEPP for ArcGIS 9.x Full Version Manual. Department of Geography State University of New York at Buffalo.
- Misra, R.K. & Rose, C.W. (1996). Application and sensitivity analysis of process-based erosion model GUEST. *European Journal of Soil Science*, 47(4), 593-604. doi:10.1111/j.1365-2389.1996.tb01858.x
- Mou, J.Z. & Meng, Q.M. (1982). The sediment delivery ratio in watershed sediment yield calculation. *Journal of Sediment Research*, 1, 60–65.
- Morgan, R.P.C. (1986). *Soil Erosion and Conservation*. Harlow: Longman. 298 pp.
- Morgan, R.P.C., Quinton, J.N. & Rickson, R.J. (1990). *Structure of the soil erosion prediction model for the European community*. Proceedings of International Symposium on Water Erosion, Sedimentation and Resource Conservation. 9–13 October, 1990. Dehradun, India, p. 49.
- Morgan, R.P.C. (2005). *Soil Erosion and Conservation*. Blackwell Publishing Company.
- Mozaffari, H., Rezaei, M. & Ostovari, Y. (2021). Soil sensitivity to wind and water erosion as affected by land use in southern Iran. *Earth*, 2(2), 287-302. doi:10.3390/earth2020017
- Nachshon, U. (2021). Soil degradation processes: it's time to take our head out of the sand. *Geosciences*, 11, 2. doi:10.3390/geosciences11010002
- Naeem, W.B. (1998). *Physico-Chemical Characteristics of Some Soil Series of Rawalpindi Area*. (Master Degree Thesis, Arid Agriculture University Rawalpindi)
- Nautiyal, M.D. (1994). Morphometric analysis of drainage basin, district Dehradun, Uttar Pradesh. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 22(4), 252–262. doi:10.1007/BF03026526
- Nearing, M.A., Foster, G.A. & Lane, L.J. (1989). A process-based soil erosion model for USDA water erosion prediction project. *Transactions of the ASAE*, 32(5), 1587–1593.
- Nearing, M.A., Lane, L.J. & Lopes, V.L. (1994). Modeling soil erosion. *Soil Erosion Research Methods*, 2, 127-156.
- Nicks, A.D., Lane, L.J. & Gander, G.A. (1995). Weather generator. In 'USDA water erosion prediction project hillslope profile and watershed model documentation'. (Eds DC Flanagan, MA Nearing) US Department of

- Nillama, G.V.P. (2021). Modeling rainfall influence to soil sediment yield in corn monocropping systems in Claveria, Southern Philippines through Water Erosion Prediction Project (WEPP). *Modeling Earth Systems and Environment*, 7(2), 853-869. doi:10.1007/s40808-020-00911-w
- Nketia, K.A., Asabere, S.B., Ramcharan, A., Herbold, S., Erasmi, S. & Sauer, D. (2022). Spatio-temporal mapping of soil water storage in a semi-arid landscape of northern Ghana—A multi-tasked ensemble machine-learning approach. *Geoderma*, 410, 115691.
- O'Green, A.T., Elkins, R. & Lewis, D. (2006). *Erodibility of Agricultural Soils, with Examples in Lake and Mendocino Counties*. Oakland: University of California Division of Agriculture and Natural Resources, Publication.
- Oğuz, İ. & Acar, M. (2011). Tokat kazova koşullarında farklı arazi kullanım türlerinin bazı toprak özellikleri üzerine etkisinin araştırılması. *GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 171-178.
- Oğuz, K. (2015). Kurtboğazi barajı havzasında erozyon risk alanlarının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(2), 176-181.
- Ogwo, V., Ogbu, K.N., Okoye, C.J., Okechukwu, M.E. & Mbajiorgu, C.C. (2012). Comparison of soil erosion models for application in the humid tropics. Hydrology for Disaster Management. *Special Publication of the Nigerian Association of Hydrological Sciences*, 266-278.
- Okalp, K. (2005). *Soil Erosion Risk Mapping Using Geographic Information Systems: a Case Study on Kocadere Creek Watershed, İzmir*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Okatan, A. (1986). *Trabzon-Meryemana Deresi Yağış Havzası Alpin Meralarının Bazı Fiziksel ve Hidrolojik Toprak Özellikleri ile Vejetasyon Yapısı Üzerine Araştırmalar*. (Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Okatan, A., Yüksel, A. & 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), 28-42.
- Olorunfemi, I.E., Fasinmirin, J.T. & Akinola, F.F. (2018). Soil physico-chemical properties and fertility status of long-term land use and cover changes: A case study in Forest vegetative zone of Nigeria. *Eurasian Journal of Soil Science*, 7(2), 133-150.

- Olsson, L. & Pilesjö, P. (2002). Approaches to spatially distributed hydrological modelling in a GIS environment. *Environmental modelling with GIS and Remote Sensing*, 166-199.
- Osunbitan, J.A., Oyedele, D.J. & Adekalu, K.O. (2005). Tillage effects on bulk density, hydraulic conductivity and strength of a loamy sand soil in southwestern Nigeria. *Soil and Tillage Research*, 82(1), 57-64.
- Ödeker, B. & Türkoğlu, N. (2020). Sabuncular Deresi Havzası'nın (Rize/Çayeli) morfometrik özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 60(1), 14-38.
- Özalp, M., Dehşet, F., Turgut, B., Yıldırım, S. & İnanlı, E. (2015). Tahrip edilmiş eğimli arazilerde teraslama ve ağaçlandırma çalışmalarının toprak özelliklerini iyileştirmedeki rolü. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 1(1-2), 74-88.
- Özalp, M., Erdoğan Yüksel, E. & Yüksek, T. (2016). Soil property changes after conversion from forest to pasture in Mount Sacinka, Artvin, Turkey. *Land Degradation & Development*, 27(4), 1007-1017.
- Özalp, M., Erdoğan Yüksel, E. & Yıldırım, S. (2017). Subdividing large mountainous watersheds into smaller hydrological units to predict soil loss and sediment yield using the GeoWEPP model. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(5), 2135-2146. doi:10.15244/pjoes/69171
- Özdemir, H. (2007). *Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Taşkın ve Heyelan Risk Analizi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)
- Özdemir, N. (2019). Farklı topoğrafik yapı ve arazi kullanım koşullarında hacim ağırlığı ile bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(2), 86-91. doi:10.33409/tbbbd.668593
- Özhan, S. (1977). Belgrad ormanı ortadere yağış havzasında ölü örtünün hidrolojik bakımdan önemli özelliklerinin bazı yöresel etkenlere göre değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 26(1), 102-155.
- Özhan, S. (2004). *Havza Amenajmanı*. İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Özsoy, G. (2007). *Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Teknikleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesi*. (Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Öztaş, Y. (1980). Meryemana Deresi Havzasında değişik bakılardaki orman ve mera arazileri topraklarının erozyon eğilimi (Erodibility) değerlerindeki farklılıklarının araştırılması. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 3(2), 185-213.

- Özyuvacı, N. (1971). Topraklarda erozyon eğiliminin tesbitinde kullanılan bazı önemli indeksler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi B*, 21(1), 190-207.
- Özyuvacı, N. (1975). *Topraklarda Erozyon Eğiliminin Tahmini Açısından Yapılan Bazı Değerlendirmeler*. TÜBİTAK V. Bilim Kongresi, Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Tebliği Ormancılık Sektörünü, 29 Eylül-2 Ekim, İzmir, 123-134.
- Özyuvacı, N. (1976). *Arnavutköy Deresi Yağış Havzasında Hidrolojik Durumu Etkileyen Bazı Bitki-Toprak-Su İlişkileri*. Kutulmuş Matbaası.
- Özyuvacı, N. (1978). *Kocaeli Yarımadası Topraklarında Erozyon Eğiliminin Hidrolojik Toprak Özelliklerine Bağlı Olarak Değişimi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Özer, E. (2019). *Farklı Toprak Serilerinin Yüzey Akış ve Toprak Kayıplarının Wepp Hillslope Model ile Tahmin Edilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Pal, B., Samanta, S. & Pal, D.K. (2012). Morphometric and hydrological analysis and mapping for Watut watershed using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 2(1), 357-368.
- Panagos, P., Meusburger, K., Ballabio, C., Borrelli, P. & Alewell, C. (2014). Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS. *Science of The Total Environment*, 479-480, 189-200. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.02.010
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L. & Alewell, C. (2015). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy*, 54, 438-447. doi:10.1016/j.envsci.2015.08.012
- Pandey, A., Chowdary, V.M., Mal, B.C. & Billib, M. (2008). Runoff and sediment yield modeling from a small agricultural watershed in India using the WEPP model. *Journal of Hydrology*, 348, 305-319. doi:10.1016/j.jhydrol.2007.10.010
- Papendick, R.I. & Parr, J.F. (1997). No-till farming: The way of the future for a sustainable dryland agriculture. *Annals of Arid Zone*, 36, 193-208.
- Parlak, M. & Çanga, M.R. (2007). Farklı Debi ve Eğim Koşullarının Parmak Erozyonu ve Sediment Konsantrasyonu Üzerine Etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 59-65.
- Patel, D.P., Gajjar, C.A. & Srivastava, P.K. (2013). Prioritization of Malesari mini-watersheds through morphometric analysis: a remote sensing and GIS perspective. *Environmental Earth Sciences*, 69(8), 2643-2656.

- Patton, P.C. (1988). Drainage basin morphometry and floods. In *Flood Geomorphology*. (pp. 51–64)
- Phillips, D.L., White, D. & Johnson, B. (1993). Implications of climate change scenarios for soil erosion potential in the USA. *Land Degradation & Development*, 4(2), 61-72. doi:10.1002/ldr.3400040202
- Pieri, L., Poggio, M., Vignudelli, M. & Bittelli, M., (2014). Evaluation of the WEPP model and digital elevation grid size, for simulation of streamflow and sediment yield in a heterogeneous catchment. *Earth Surf. Processes Landforms*, 39(10), 1331-1344. doi:10.1002/esp.3527
- Potter, P.E. (1957). A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee. *Journal of Geology*, 65(1), 112-113.
- Pouyat, R.V., Page-Dumroese, D.S., Patel-Weynand, T. & Geiser, L.H. (2020). *Forest and Rangeland Soils of the United States Under Changing Conditions: a Comprehensive Science Synthesis*. Springer Nature.
- Pozza, L.E. & Field, D.J. (2020). The science of soil security and food security. *Soil Security*, 1, 100002.
- Price, K., Jackson, C.R. & Parker, A.J. (2010). Variation of surficial soil hydraulic properties across land uses in the southern Blue Ridge Mountains, North Carolina, USA. *Journal of Hydrology*, 383(3-4), 256-268.
- Prieto-Amparán, J.A., Pinedo-Alvarez, A., Vázquez-Quintero, G., Valles-Aragón, M.C., Rascón-Ramos, A.E., Martínez-Salvador, M. & Villarreal-Guerrero, F. (2019). A multivariate geomorphometric approach to prioritize erosion-prone watersheds. *Sustainability*, 11(18), 5140. doi:10.3390/su11185140
- Pyle, L.A., Hall, L.M. & Bork, E.W. (2019). Soil properties in northern temperate pastures do not vary with management practices and are independent of rangeland health. *Canadian Journal of Soil Science*, 99(4), 495-507.
- Rahmati, O., Tahmasebipour, N., Haghizadeh, A., Pourghasemi, H.R. & Feizizadeh, B. (2017). Evaluating the influence of geo-environmental factors on gully erosion in a semi-arid region of Iran: An integrated framework. *Science of the Total Environment*, 579, 913-927. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.10.176
- Rai, P.K., Mohan, K., Mishra, S., Ahmad, A. & Mishra, V.N. (2014). A GIS based approach in drainage morphometric analysis of Kanhar River Basin, India. *Applied Water Science*, 7, 217–232. doi:10.1007/s13201-014-0238-y
- Rai, P.K., Chandel, R.S., Mishra, V.N. & Singh, P. (2018). Hydrological inferences through morphometric analysis of lower Kosi river basin of India for water resource management based on remote sensing data. *Applied Water Science*, 8(1), 1-16. doi:10.1007/s13201-018-0660-7

- Ramos, M.C., Nacci, S. & Pla, I. (2003). Effect of raindrop impact and its relationship with aggregate stability to different disaggregation forces. *Catena*, 53(4), 365-376.
- Rao, N.S. (2009). A numerical scheme for groundwater development in a watershed basin of basement terrain: a case study from India. *Hydrogeology Journal*, 17(2), 379-396. doi:10.1007/s10040-008-0402-2
- Ray, R.W. & Nyle, C.B. (2017). *The Nature and Properties of Soil (Cilt Fifteenth edition)*. London: Pearson Education.
- Ray, S.K., Chatterjee, D., Chowdhury, P., Deka, B.C., Bihari, P. & Saha, S. (2021). Comparison of indigenous and mechanical conservation technologies for shifting cultivation agro-ecology of north-eastern Himalaya. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 69(1), 60-71.
- Raya, A.M., Zuazo, V.H.D. & Martinez, J.R.F. (2006). Soil erosion and runoff response to plant-cover strips on semiarid slopes (SE Spain). *Land Degradation & Development*, 17(1), 1–11. doi:10.1002/ldr.674
- Reddy, P.J.R. (2008). *A Textbook of Hydrology*. University Science Press.
- Reis, M., Savacı, G. & Baltacı, E. (2012). *Kahramanmaraş İli Keklik Deresi Yağış Havzasında Geotekstil (Silt Fence) Kullanılarak Erozyon ile Kaybolan Toprak Miktarının Belirlenmesi*. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu. 26-28 Ekim, Kahramanmaraş.
- Reis, A. (2014). *Kahramanmaraş Bertiz Çayı Yağış Havzasında Bazı Toprak Özellikleri ve Hidrolojik Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Reis, M., Altun Aladağ, I., Bolat, N. & Dural, H. (2017). Using GeoWEPP model to determine sediment yield and runoff in the Keklik watershed in Kahramanmaraş, Turkey. *Şumarski List*, 141(11-12), 563-569.
- Reis, A. & Dindaroğlu, T. (2018). Havza ölçeğinde bazı ekohidrolojik karakteristikler ile arazi kullanım ilişkilerinin araştırılması (Bertiz Çayı Yağış Havzası Örneği). *Turkish Journal of Forest Science*, 2(1), 68-82.
- Reis, A. (2020). *Arazi Kullanım Şekillerine Göre Toprak Kalitesi Veri Setlerinin Belirlenerek Orman Ekosistemlerinde Aktüel Verimlilik İlişkilerinin Araştırılması*. (Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Reis, M., Abız, B., Ataş, S. & Tat, S. (2021). Farklı arazi kullanım şekillerinin bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2), 382-400. doi:10.32328/turkjforsci.916700

- Renard, K.G. & Foster, G.R. (1983). Soil conservation: principles of erosion by water. *Dryland Agriculture*, 23, 155-176.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A. & Porter, J.P. (1991). RUSLE, revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 46(1), 30–33.
- Renschler, C.S. & Flanagan, D.C. (2002). *Implementing a Process-Based Decision Support Tool for Natural Resource Management-the GeoWEPP Example*. 1st International Congress on Environmental Modelling and Software. 24-27 June, Lugano, Switzerland, 187-192.
- Renschler, C.S. & Harbor, J. (2002). Soil erosion assessment tools from point to regional scales-the role of geomorphologists in land management research and implementation. *Geomorphology*, 47(2-4), 189–209. doi:10.1016/S0169-555X(02)00082-X
- Renschler, C.S. (2003). Designing geo-spatial interfaces to scale process models: the GeoWEPP approach. *Hydrological Processes*, 17, 1005-1017.
- Renschler, C.S. & Zhang, H. (2020). Long-term, process-based, continuous simulations for a cluster of six smaller, nested rangeland watersheds near Tombstone, AZ (USA): establishing a baseline for event-based runoff and sediment yields. *Science of The Total Environment*, 717, 137089. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.137089
- Revuelta-Acosta, J.D. & Flanagan, D.C. (2016). CLIGEN Database Update and its Effects on Soil Erosion Estimations Using the WEPP Model.
- Revuelta-Acosta, J.D., Flanagan, D.C., Engel, B.A. & King, K.W. (2021). Improvement of the Water Erosion Prediction Project (WEPP) model for quantifying field scale subsurface drainage discharge. *Agricultural Water Management*, 244, 106597. doi:10.1016/j.agwat.2020.106597
- 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.
- Robichaud, P.R. & Brown, R.E. (2002). Silt Fences: An Economical Technique for Measuring Hillslope Soil Erosion. United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report, 94s.
- Robinson, C.A., Ghaffarzadeh, M. & Cruse, R.M. (1996). Vegetative filter strip effects on sediment concentration in cropland runoff. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51(3), 227-230.
- Rollin, A. & Lombard, G. (1988). Mechanisms affecting long-term Filtration behavior of Geotextiles. *Geotextiles and Geomembranes*, 7(1), 119-145.

- Sabiri, N.E., Caylet, A. Montillet, A. & Laurence, L.C. (2017). Performance of Nonwoven Geotextiles on Soil Drainage and Filtration. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 21, 1-19.
- Sachs, E. & Sarah, P. (2017). Effect of raindrop temperatures on soil runoff and erosion in dry and wet soils. A laboratory experiment. *Land Degradation & Development*, 28(5), 1549-1556. doi:10.1002/ldr.2682
- Safwan, M., Alaa, K., Omran, A., Quoc, B.P., Nguyen, T.T.L., Van, N.T. & Endre, H. (2021). Predicting soil erosion hazard in Lattakia Governorate (W Syria). *International Journal of Sediment Research*, 36(2), 207-220.
- Sargıncı, M., Yeşil, Z.B., Dönmez, A.H. & Yıldız, O. (2021). İstanbul kent ormanında arazi kullanım yoğunluğuna bağlı toprak özelliklerinin değişimi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(2), 899-914.
- Savacı, G. (2012). *Kahramanmaraş İli Göz ve Haman Deresi Yağış Havzalarında Corine Metodolojisi ile Erozyon Risk Haritalarının Oluşturulması*. (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Saygın, F., Dengiz, O., İç, S. & İmamoğlu, A. (2019). Bazı fiziko-kimyasal toprak özellikleri ile bazı erodibilite parametreleri arasındaki ilişkilerin mikro havza ölçeğinde değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 20(1), 82-91. doi:10.17474/artvinofd.481642
- Saxton, K.E., Rawls, W., Romberger, J.S. & Papendick, R.I. (1986). Estimating generalized soil-water characteristics from texture. *Soil Science Society of America Journal*, 50(4), 1031-1036. doi:10.2136/sssaj1986.03615995005000040039x
- Scherr, S.J. (2000). A downward spiral? Research evidence on the relationship between poverty and natural resource degradation. *Food Policy*, 25(4), 479-498. doi:10.1016/S0306-9192(00)00022-1
- Schwab, D.O., Fangmeier, D.D. & Elliot, W.J. (1993). *Soil and Water Conservation Engineering, 4th Edition*. John Wiley and Sons, Inc.
- Schumm, S.A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological society of America Bulletin*, 67(5), 597-646.
- Sharma, K.D., Menenti, M., Huygen, J. & Fernandez, P.C. (1996). Distributed numerical rainfall-runoff modelling in an arid region using thematic mapper data and a geographical information system. *Hydrological Processes*, 10(9), 1229-1242. doi:10.1002/(SICI)1099-1085(199609)10:9<1229::AID-HYP381>3.0.CO;2-Y
- Shahriary, E., Palmer, M.W., Tongway, D.J., Azarnivand, H., Jafari, M. & Saravi, M.M. (2012). Plant species composition and soil characteristics around Iranian piospheres. *Journal of Arid Environments*, 82, 106-114.

- Shen, Y., Zhang, C., Wang, X., Zou, X. & Kang, L. (2018a). Statistical characteristics of wind erosion events in the erosion area of Northern China. *Catena*, 167, 399-410. doi:10.1016/j.catena.2018.05.020
- Shen, H. O., Zheng, F.L. & Wen, L.L. (2018b). A research review of rill development and morphological characteristics. *Acta Ecologica Sinica*, 38(19), 6818-6825. doi:10.5846/stxb201708301567
- Shi, W.L., Yang, Q.K. & Mou, W.H. (2006). Assessment on application of Cligen to the Loess Plateau. *Sciences of Soil and Water Conservation*, 4(2), 18-23.
- Shi, Z.H., Chen, L.D., Fang, N.F., Qin, D.F. & Cai, C.F. (2009). Research on the SCS-CN initial abstraction ratio using rainfall-runoff event analysis in the Three Gorges Area, China. *Catena*, 77(1), 1-7.
- Shi, Z., Wen, A., Zhang, X. & Yan, D. (2011). Comparison of the soil losses from <sup>7</sup>Be measurements and the monitoring data by erosion pins and runoff plots in the Three Gorges Reservoir region, China. *Applied Radiation and Isotopes*, 69(10), 1343-1348. doi:10.1016/j.apradiso.2011.05.031
- Shroder, J.F. & Bishop, M.P. (1998). Mass movement in the Himalaya: new insights and research directions. *Geomorphology*, 26, 13-35.
- Simon, D., Helliwell, S. & Robards, K. (1997). Pesticide toxicity endpoints in aquatic ecosystems. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 6, 159-177. doi:10.1023/A:1009920227241
- Singh, A.K., Kumar, S. & Naithani, S. (2020). Modelling runoff and sediment yield using GeoWEPP: a study in a watershed of lesser Himalayan landscape, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 7(3), 2089-2100. doi:10.1007/s40808-020-00964-x
- Singh, W.R., Barman, S. & Tirkey, G. (2021). Morphometric analysis and watershed prioritization in relation to soil erosion in Dudhnai Watershed. *Applied Water Science*, 11(9), 1-12. doi:10.1007/s13201-021-01483-5
- Sinoga, J.D.R., Pariente, S., Diaz, A.R. & Murillo, J.F.M. (2012). Variability of relationships between soil organic carbon and some soil properties in Mediterranean rangelands under different climatic conditions (South of Spain). *Catena*, 94, 17-25. doi:10.1016/j.catena.2011.06.004
- Smith, D.D. (1941). Interpretation of soil conservation data for field use. *Agricultural Engineering*, 22, 173-175.
- Smith, D.D. & Wischmeier, W.H. (1957). Factors affecting sheet and rill erosion. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 889-896.
- Smith, S.J., Williams, J.R., Menzel, R.G. & Coleman, G.A. (1984). Prediction of sediment yield from southern plains grasslands with the Modified universal

soil loss equation. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 37(4), 295-297.

SPSS Inc. (2011). IBM SPSS Statistics 20 Core System User's Guide. – Chicago, IL, USA.

Sreedevi, P.D., Subrahmanyam, K. & Ahmed, S. (2005). The significance of morphometric analysis for obtaining groundwater potential zones in a structurally controlled terrain. *Environmental Geology*, 47(3), 412-420.

Srinivasa Vittala, S., Govindaiah, S. & Honne Gowda, H. (2004). Morphometric analysis of sub-watersheds in the Pavagada area of Tumkur district, South India using remote sensing and GIS techniques. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 32(4), 351-362. doi:10.1007/BF03030860

Srivastava, P., Giri, N. & Mandal, D. (2019). 137 Cs technology for soil erosion and soil carbon redistribution. *Current Science*, 116(6), 888–889.

Stolpe, N.B. (2005). A comparison of the RUSLE, EPIC and WEPP erosion models as calibrated to climate and soil of south-central Chile. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 55(1), 2–8. doi:10.1080/09064710510008568

Strahler, A.N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: *Handbook of Applied Hydrology*. (pp. 4-11)

Sungur, K.A. (1978). *Burdur, Acıgöl Depresyonları ve Tefenni Ovasının Fiziki Coğrafyası*. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, Edebiyat Fakültesi Matbaası.

Steel, G.D.R. & Torrie, J.A. (1994). *Principles And Procedures Of Statistics*. Mc. Graw-Hill Book Company Inc.

Şengönül, K., Kara, Ö., Palta, Ş. & Şensoy, H. (2009). Bartın Uluyayla yöresindeki mera vejetasyonunun bazı kantitatif özelliklerinin saptanması ve ekolojik yapının belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(16), 81-94.

Taleshian Jeloudar, F., Ghajar Sepanlou, M. & Emadi, M. (2018). Impact of land use change on soil erodibility. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 4(1), 59-70.

Tang, S., Jia, Z. & Luo, W. (2019). Evaluating the effect of WEPP predictions of runoff and soil losses in the Loess Plateau region of China. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 56(4), 774-779. doi:10.21162/PAKJAS/19.6665

Taşan, S. & Demir, Y. (2019). Toprakların tuzluluk ve sodikliliğinin alansal ve zamansal değişiminin jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi: Bafra ovası örneği. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(3), 336-350.

- Tiwari, A.K., Risse, L.M. & Nearing, M.A. (2000). Evaluation of WEPP and its comparison with USLE and RUSLE. *Transactions of the ASAE*, 43(5), 1129. doi:10.13031/2013.3005
- Thorntwaite, C.W. (1948). An approach toward a rational classification. *Geographical Review*, 38(1), 55-94.
- TMMOB (2014). *Burdur Gölü Havzası Mermer Ocakları Raporu*. 1. Baskı ISBN: 978-605-01-0623-7.
- TOB (2020). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Burdur Havzası Nehir Havzası Yönetim Planı, Stratejik Çevresel Değerlendirme Kapsam Belirleme Raporu (Taslak). [https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Burdur%20Havzas%C4%B122.11.2019/Burdur%20Havzas%C4%B1%20Nehir%20Havza%20Y%C3%B6netim%20Plan%C4%B1%20Haz%C4%B1rlanmas%C4%B1%20Projesi\\_%20Stratejik%20C3%87ED%20Taslak%20Kapsam%20Belirleme%20Raporu.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Burdur%20Havzas%C4%B122.11.2019/Burdur%20Havzas%C4%B1%20Nehir%20Havza%20Y%C3%B6netim%20Plan%C4%B1%20Haz%C4%B1rlanmas%C4%B1%20Projesi_%20Stratejik%20C3%87ED%20Taslak%20Kapsam%20Belirleme%20Raporu.pdf) (Son erişim tarihi: 19.02.2020)
- Toy, T.J., Foster, G.R. & Renard, K.G. (2002). *Soil Erosion: Processes, Prediction, Measurement and Control*. John Wiley & Sons.
- TÜBİTAK-MAM (2010). Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu-Marmara Araştırma Merkezi. 275-370.
- Tüfekçioğlu, A., Güner, S., Duman, A. & Küçük, M. (2016). Murgul-akasya ağaçlandırmalarının yüzeysel akış ve sediment taşınmasını önlemedeki etkileri ve bunun su yönetimi-kuraklık ilişkileri bakımından irdelenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 2(1), 66-70.
- Tüfekçioğlu, M. & Yavuz, M. (2016). Yusufeli mikro havzasında (Artvin) yüzey erozyonu toprak kaybının tahmin edilmesi ve erozyon risk haritasının oluşturulması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(2), 188-199.
- Ulugür, M.E. (1972). *Su Mühendisliği*. Çağlayan Kitabevi.
- Uslu, S. (2019). *Tokat-Almus Yöresinde Farklı Arazi Kullanım Türlerinde Yüzey Akış ve Toprak Kayıplarının Karşılaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- USDA (1998). *Erosion and Sediment Delivery*. US Department of Agriculture, Washington, DC.
- Verstappen, H. (1983). *Applied Geomorphology: Geomorphological Surveys for Environmental Development*. Elsevier.

- Veylon, G., Stoltz, G., Mériaux, P., Faure, Y.H. & Foltz, N.T. (2016). Performance of Geotextile Filters after 18 years' service in Drainage Trenches. *Geotextiles and Geomembranes*, 44(4), 515-533. doi:10.1016/j.geotexmem.2016.02.002
- Vijith, H. & Satheesh, R. (2006). GIS based morphometric analysis of two major upland sub-watersheds of Meenachil river in Kerala. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 34(2), 181-185.
- Visser, S.M. (2004). *Modelling nutrient losses by wind and water erosion in northern Burkina Faso*. (Doctoral Thesis, Wageningen Agricultural University)
- Warrick, J.A. (2015). Trend analyses with river sediment rating curves. *Hydrological Processes*, 29(6), 936-949. doi:10.1002/hyp.10198
- Walkley, A. & Black, L.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29-38.
- Walling, D.E. (1994). Measuring Sediment Yield from River Basins. In *Soil Erosion Research Methods*. (pp. 39-82)
- Wang, Y. & Wesche, K. (2016). Vegetation and soil responses to livestock grazing in Central Asian grasslands: a review of Chinese literature. *Biodivers Conserv*, 25(12), 2401–2420. doi:10.1007/s10531-015-1034-1
- Williams, J.R., Jones, C.A. & Dyke, P.T. (1990). The EPIC Model. United States Department of Agriculture (USDA). Technical Bulletin No. 1768.
- Williams, J.D., Dun, S., Robertson, D.S., Wu, J.Q., Brooks, E.S., Flanagan, D.C. & McCool, D.K. (2010). WEPP simulations of dryland cropping systems in small drainages of northeastern Oregon. *Journal of Soil And Water Conservation*, 65(1), 22-33. doi:10.2489/jswc.65.1.22
- Wilson, B.N., Barfield, B.J., Ward, A.D. & Moore, I.D. (1984). A hydrology and sedimentology watershed model. Part I: Operational format and hydrologic component. *Transactions of the ASAE*, 27(5), 1370-1377.
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1965). *Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook U.S. Government Printing Office.
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains*. Agric. Handb 2828. Washington, DC: US Government Print office.
- Wu, S., Li, J. & Huang, G.H. (2007). Modeling the effects of elevation data resolution on the performance of topography-based watershed runoff simulation. *Environmental Modelling & Software*, 22, 1250-1260.

- Wu, X. & Wang, X. (2011). Spatial influence of geographical factors on soil erosion in Fuyang County, China. *Procedia Environmental Sciences*, 10, 2128-2133. doi:10.1016/j.proenv.2011.09.333
- Xinxiao, Y., Zhang, X. & Lili, N. (2009). Simulated multi-scale watershed runoff and sediment production based on GeoWEPP model. *International Journal of Sediment Research*, 24(4), 465-478. doi:10.1016/S1001-6279(10)60018-2
- Xu, J.X. (2008). Influence of flow and sediment inputs on channel sediment delivery ratio: an example of the Yichang-Wuhan Reach, Yangtze River, China. *Journal of Mountain Science*, 1, 15–21.
- Yazıcı, N. & Turan, A. (2016). Effect of forestry afforestation on some soil properties: A case study from Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(7), 2509-2513.
- Yazidhi, B. (2003). *A Comparative Study of Soil Erosion Modelling in Lom Kao-Phetchabun, Thailand*. (M.Sc. Thesis, International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation Enschede)
- Yıldırım, C. (2019). *Çoruh Nehri Havzasına Bağlı Olur Mikrohavzasındaki Sediment Üretiminin Erozyon Çubuk Yöntemi, Askıda Katı Madde Ölçümü ve GeoWEPP Tahmin Modeli ile Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Yılmaz, E. (2006). *Çamlıdere Barajı Havzasında Erozyon Problemi ve Risk Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)
- Yılmaz, F. (2007). *Erfelek Barajı Yağış Havzasında (Sinop) Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Hidro-Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Yılmaz, M. (2021a). *Burdur ile Tefenni Arasındaki Ticari Mermerlerin Jeolojik, Petrografik ve Jeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi ve Ticari Mermer Üretiminin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi*. (Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Yılmaz, T. (2021b). *Godrahav Deresi Yağış Havzası'nda Arazi Kullanımına Göre Fiziksel ve Hidrofiziksel Toprak Özelliklerindeki Değişimlerin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Yousuf, A., Bhardwaj, A., Singh, S. & Prasad, V. (2022). Application of WEPP Model for Runoff and Sediment Yield Simulation From Ungauged Watershed in Shivalik Foot-Hills. *In Computers in Earth and Environmental Sciences*. (pp. 327-335)
- Yüksek, T. & Okatan, A. (2000). Trabzon limni deresi havzası topraklarının bazı fiziksel özellikleri ile erozyon eğilimi değerlerinin araştırılması. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1(1), 72-80.

- Yüksel, T. (2001). *Rize-Pazar Deresi Yağış Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri ile Aşınım Eğilimi Değerlerinin Araştırılması*. (Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Yüksel, A. (2001). *Kahramanmaraş Ayvalı Barajı Yağış Havzasının CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) Ortamında Havza Amenajmanı Bakımından Planlanması Üzerine Araştırmalar*. (Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Yüksel, A., Akay, A.E., Reis, M. & Gundogan, R. (2007). Using the WEPP model to predict sediment yield in a sample watershed in Kahramanmaraş region. In *International Congress River Basin Management*. (pp. 11-22)
- Yüksel, A., Akay, A.E., Gündoğan, R., Reis, M. & Çetiner, M. (2008). Application of GeoWEPP for Determining Sediment Yield and Runoff in the Orcan Creek Watershed in Kahramanmaraş, Turkey. *Sensors*, 8(2), 1222-1236. doi:10.3390/s8021222
- Yüksel, A. & Avcı, V. (2015). Ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile Vahkin Çayı (Bingöl) Havzası'nda erozyon durumunun belirlenmesi. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 15(1), 162-174.
- Zandi, L., Erfanzadeh, R. & Joneidi Jafari, H. (2017). Rangeland use change to agriculture has different effects on soil organic matter fractions depending on the type of cultivation. *Land Degradation & Development*, 28(1), 175-180. doi:10.1002/ldr.2589
- Zhang, J.X., Wu, J.Q., Chang, K., Elliot, W.J. & Dun, S. (2009). Effects of DEM resolution on WEPP hydrologic and erosion simulation: A case study of two forest watersheds in northern Idaho. *Transactions of the ASABE*, 52, 447-457. doi:10.13031/2013.26838
- Zhang, Z., Sheng, L., Yang, J., Chen, X.A., Kong, L. & Wagan, B. (2015). Effects of land use and slope gradient on soil erosion in a red soil hilly watershed of southern China. *Sustainability*, 7(10), 14309-14325. doi:10.3390/su71014309
- Zhang, Y.W., Wang, K.B., Wang, J., Liu, C. & Shangguan, Z.P. (2021). Changes in soil water holding capacity and water availability following vegetation restoration on the Chinese Loess Plateau. *Scientific Reports*, 11(1), 1-11.
- Zhao, J., Lin, L., Yang, K., Liu, Q. & Qian, G. (2015). Influences of land use on water quality in a reticular river network area: A case study in Shanghai, China. *Landscape and Urban Planning*, 137, 20-29. doi:10.1016/j.landurbplan.2014.12.010
- Zhao, G., Kondolf, G.M., Mu, X., Han, M., He, Z., Rubin, Z. & Sun, W. (2017). Sediment yield reduction associated with land use changes and check dams in a catchment of the Loess Plateau, China. *Catena*, 148, 126-137.

- Zheng, F., Zhang, X-C.J., Wang, J. & Flanagan, D.C. (2020). Assessing applicability of the WEPP hillslope model to steep landscape in the northern Loess Plateau of China. *Soil Tillage Research*, 197, 1-12. doi:10.1016/j.still.2019.104492
- Zhi-hua, C., Zhao-hua, L. & Wen-bin, G. (2003). Water holding effect of subalpine dark coniferous forest soil in Gongga Mountain, China. *Journal of Forestry Research*, 14(3), 205-209. doi:10.1007/BF02856831
- Ziadat, F.M. & Taimeh, A.Y. (2013). Effect of rainfall intensity, slope, land use and antecedent soil moisture on soil erosion in an arid environment. *Land Degradation & Development*, 24(6), 582-590. doi:10.1002/ldr.2239
- Zingg, A.W. (1940). Degree and length of land slope as it affects soil loss in runoff. *Agricultural Engineering*, 21, 59-64.
- Zuazo, V.H.D. & Pleguezuelo, C.R.R. (2009). Soil-Erosion and Runoff Prevention by Plant Covers: a Review. In *Sustainable Agriculture*. (pp. 785-811)

## **EKLER**

### **EK A. Formüller**



## EK A. Formüller

WEPP toprak dosyasının oluşturulmasında kullanılan formüller:

- Hidrolik iletkenlik (Flanagan ve Livingston, 1995)

Kil içeriği  $\leq 40\%$  olan topraklar için

Ek Formül 1.  $K_b = -0.265 + 0.0086 \cdot \text{SAND} + 11.46 \cdot \text{CEC} - 0.75$  Kil içeriği  $> 40\%$  olan topraklar için

Ek Formül 2.  $K_b = 0.0066 \exp(244/\text{CLAY})$  • Albedo (Flanagan ve Livingston, 1995)

Ek Formül 3.  $\text{SALB} = 0.6 / \exp(0.4 \cdot \text{ORGMAT})$

- Erodibilite değerleri ve kesme direnci (Flanagan ve Livingston, 1995) % 30 ve üzerinde kum içeriği olan tarım toprakları için

Ek Formül 4.  $K_i = 2728000 + 192100 \cdot \text{VFS}$

Ek Formül 5.  $K_r = 0.00197 + 0.00030 \cdot \text{VFS} + 0.03863 \cdot \exp(-1.84 \cdot \text{ORGMAT})$

Ek Formül 6.  $\tau_c = 2.67 + 0.065 \cdot \text{CLAY} - 0.058 \cdot \text{VFS}$

% 30'dan daha az kum içeriği olan tarım toprakları için

Ek Formül 7.  $K_i = 6054000 - 55130 \cdot \text{CLAY}$

Ek Formül 8.  $K_r = 0.0069 + 0.134 \cdot \exp(-0.20 \cdot \text{CLAY})$

Ek Formül 9.  $\tau_c = 3.5$  Mera toprakları için

Ek Formül 10.  $K_i = 1810000 - 19100 \cdot \text{SAND} - 63270 \cdot \text{ORGMAT} - 846000 \cdot \theta_{fc}$

Ek Formül 11.  $K_r = [0.000024 \cdot \text{CLAY} - 0.000088 \cdot \text{ORGMAT} - 0.00088 \cdot \text{BD}_{dry} - 0.00048 \cdot \text{ROOT10}] + 0.0017$

Ek Formül 12.  $\tau_c = 3.23 - 0.056 \cdot \text{SAND} - 0.244 \cdot \text{ORGMAT} + 0.9 \cdot \text{BD}_{dry}$  • Saturasyon seviyesi (Saxton, 1986)

Ek Formül 13.  $\% \text{SAT} = 0.332 - 0.0007251 \cdot \text{SAND} + 0.1276 \cdot \text{LOG10}(\text{CLAY})$

- Katyon değişim kapasitesi (URL-6; Yüksel, 2001)

Ek Formül 14.  $\text{KDK} = (\% \text{O.M} \cdot 2.5) + (\% \text{KİL} \cdot 0.57)$

## ÖZGEÇMİŞ





