

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ARHAVİ KAPISRE DERESİ HAVZASINDA WEPP EROZYON TAHMİN
MODELİ İLE EROZYON TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OLGUN YAĞCI

**Danışman
Doç. Dr. Mustafa TÜFEKÇİOĞLU**

Artvin 2024

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Arhavi Kapisre Deresi Havzasında WEPP Erozyon Tahmin Modeli ile Erozyon Tespiti” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanın Doç. Dr. Mustafa TÜFEKÇİOĞLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı taahhüt ederim. Aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

- ☐ Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
- ☐ Tezim sadece Artvin Çoruh Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- ☐ Tezimin ay süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

..../...../2024

Olgun YAĞCI

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Arhavi Kapisre Deresi Havzasında WEPP Erozyon Tahmin Modeli ile Erozyon
Tespiti

Olgun YAĞCI

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24/01/2024

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 30/01/2024

Başkan : Doç. Dr. Mustafa TÜFEKÇİOĞLU

Jüri Üyesi : Doç.Dr. Mehmet ÖZALP

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Alaaddin YÜKSEL

ONAY:

Bu Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/....../..... tarihinde **oybirliği/oyçokluğu** ile uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/....../..... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

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

Doç. Dr. Mustafa Çağatay KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Arhavi Kapisre Deresi Havzasında WEPP Erozyon Tahmin Modeli ile Erozyon Tespiti” konusunda yapılan bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşamada yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Mustafa TÜFEKÇİOĞLU’na teşekkürlerimi sunarım. Elde edilen verilerin analiz edilmesinde ve arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen dostum Yüksek Orman Mühendisi Cengizhan YILDIRIM’a teşekkür ederim.

Bu tez çalışması ana yürütücüsü Uluslararası Helenik Üniversitesi Doğal Çevre bilimleri departmanı, Yunanistan olmak üzere, Romanya, Moldova, Ermenistan ve Artvin Çoruh Üniversitesi Türkiye’nin de bulunduğu 5 ortak ülke tarafından Karadeniz Havzası Sınır Ötesi İş Birliği Programı (2014-2020) kapsamında sürdürülen “Protecting streams for a clean Black Sea by reducing sediment and litter pollution with joint innovative monitoring and control tools and nature-based practices” isimli proje Avrupa Birliği tarafından desteklenmiştir (Protect-Streams-4-Sea; BSB963). Katkılarından dolayı proje kapsamında yer alan bütün emek sahibi değerli bilim insanlarına, görevli personellere verdikleri olanaklar ve sağladıkları tecrübeler için teşekkürlerimi sunarım.

Bu uğurda, süregelen araştırmalarım ve çalışmalarımın devamlılığının sağlanması yolunda bana evini açan çok değerli amcam Ümit ÇELİK’e teşekkür ederim.

Araştırmam bilimsel ve teknik açıdan uygulayıcılara ve ülkemize faydalı olmasını dilerim.

Olgun YAĞCI
Artvin-2024

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BEYANNAMESİ.....	I
JURİ KABUL TUTANAĞI.....	II
ÖNSÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET.....	VII
SUMMARY	VIII
TABLolar DİZİNİ	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
KISALTMALAR DİZİNİ	XIV
1. GİRİŞ	1
1.2. Literatür Taraması.....	4
1.2.1 GeoWEPP Literatür Taraması.....	4
1.2.2 Diğer Erozyon Modelleri Hakkında Literatür Taraması	11
2. KONUYLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER	15
2.1 Toprak ve Erozyon Tanımı	15
2.2. Erozyon Çeşitleri.....	16
2.2.1. Hızlandırılmış Erozyon	16
2.3. Erozyona Etki Eden Faktörler	21
3. MATERYEL VE YÖNTEM	24
3.1 Materyal	24
3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafik ve Topoğrafik Konumu.....	24
3.1.2. İklimi	25
3.1.3. Bitki Örtüsü.....	26
3.1.4. Toprak ve Jeolojik Özellikleri.....	26
3.1.5. Arazi Kullanımı.....	28
3.2 Yöntem.....	30
3.2.1. Arazi Yöntemleri.....	30
3.2.1.1. Arhavi Kapisre Dere Havzasının Alt Havzalara Bölümlendirilmesi	30
3.2.1.2. Alt Havzaların Eğiminin Değerlendirilmesi	31
3.2.1.3. Alt Havzaların Bakışının Değerlendirilmesi	32

3.2.1.4. AKDH’de Toplanan Toprak Örneklerinin İncelenmesi.....	32
3.2.2. Bilgisayar ve Model Yöntemleri.....	34
3.2.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemi	34
3.2.2.2. Water Erosion Prediction Project (WEPP)	34
3.2.2.2.1. WEPP Girdi Dosyaları	36
3.2.2.2.1.1. Eğim (Slope) Dosyası	36
3.2.2.2.1.2. Toprak (Soil) Dosyası	37
3.2.2.2.1.3. Arazi Kullanım (Land Cover) Yönetimi Dosyası	38
3.2.2.2.1.4. İklim (Climate) Dosyası.....	39
3.2.2.3. GeoWEPP’in Yürütülmesi.....	41
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	47
4.1 Alt Havza GeoWEPP Erozyon Sonuç Değerleri	47
4.1.1. Arhavi Giriş Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri.....	47
4.1.2. Armoni Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri	49
4.1.3. Balıklı Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri.....	52
4.1.4. Çiftköprü Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri	54
4.1.5. Derecik Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri	57
4.1.6. Dereüstü Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri	59
4.1.7. Dikyamaç Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri	62
4.1.8. Dülgerli Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri	64
4.1.9. Gürgencik Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri.....	67
4.1.10. Güvercinli Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri.....	69
4.1.11. Kavak Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri	72
4.1.12. Kireçlik Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri.....	74
4.1.13. Konaklı Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri.....	77
4.1.14. Mençuna Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri.....	79
4.1.15. Mera Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri	82
4.1.16. Sırtoba Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri	84
4.1.17. Yolgeçen Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri	87
4.2. Tüm Havza Alanın Tahmin Sonuçları ve Erozyon Haritaları.....	89
4.3. GeoWEPP Tahmin Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Tartışma.....	95
5. SONUÇ.....	107
KAYNAKLAR	109

ÖZGEÇMİŞ.....	116
----------------------	------------



ÖZET

ARHAVİ KAPISRE DERESİ HAVZASINDA WEPP EROZYON TAHMİN MODELİ İLE EROZYON TESPİTİ

Çalışma alanını oluşturan Arhavi Kapisre Deresi Havzası (AKDH), Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kuzeydoğusunda, Artvin ili sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu çalışma, AKDH'de yürütülen, Karadeniz Havzası Sınır Ötesi İşbirliği 2014-2020 programı başlığı altında BSB963 kodlu Protect-Streams-4-Sea kısa isimli AB projesinin laboratuvar ve arazi çalışmaları ile entegre bir şekilde yürütülmüştür. Çalışmada GeoWEPP erozyon tahmin modeli çalıştırılarak 29913,89 hektar alandan oluşan AKDH'de erozyon ile meydana gelen toprak kaybı, sediment verimi, birim alandaki toprak kaybı ve yüzeysel akış hesaplanmıştır. Çalışma alanı 17 alt havzaya bölümlendirilerek, her bir alt havza için program ayrı ayrı çalıştırılmıştır. Tahmin edilen erozyon değerleri her bir alt havza özelinde ve toplam havza bazında incelenmiştir. Modelin ürettiği erozyon verileri BSB963 projesi kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında elde edilen erozyon değerleri ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Çalışma sonucunda, AKDH'de 20 yıllık simülasyon sonucunda toplam ortalama yıllık sediment verimi 26846,8 ton/yıl, 17 alt havzanın ortalama sediment iletim oranı (SİO) 0,259 ve ortalama birim alandaki sediment verimi 0,641 ton/ha/yıl'dır. Alt havzaların alan ağırlıklı SİO 0,150 iken birim alandaki ağırlıklı sediment verimi 1,066 ton/ha/yıl. Yamaçlarda görülen toplam yıllık ortalama erozyon miktarı 8648,6 ton/yıl ve 17 alt havzanın birim alandaki yıllık ortalama toprak kaybı 0,74 ton/ha/yıl, kanallarda görülen toplam yıllık ortalama erozyon miktarı 170466,7 ton/yıl ve 17 alt havzanın birim alandaki yıllık ortalama toprak kaybı 2,55 ton/ha/yıl, ve toplam yüzeysel akış 133,99 mm olarak bulunmuştur. En yüksek erozyon miktarı 18739,8 (%69.8) ton/yıl ile Mera alt havzasında, en düşük erozyon miktarı 123,9 (%0.5) ton/yıl ile Gürgencik alt havzasında tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arhavi Kapisre Deresi Havzası, GeoWEPP, Erozyon, CBS
Sediment Verimi, Yüzeysel Akış

SUMMARY

ASSESSMENT OF EROSION IN ARHAVI KAPISRE WATERSHED USING THE WEPP EROSION PREDICTION MODEL

The study area of Arhavi Kapisre Stream Basin (AKDH) is located in the northeast of the Eastern Black Sea Region, within the borders of Artvin province. This study was carried out in an integrated manner with the laboratory and field studies of the Protect-Streams-4-Sea project, coded BSB963, under the program title of Joint Operational Programme Black Sea 2014-2020 EU projects, carried out at AKDH. In the study, the GeoWEPP erosion prediction model was run and the soil loss caused by erosion, sediment yield, soil loss per unit area and runoff were calculated in the watershed, which consists of an area of 29913.89 hectares. The study area was divided into 17 sub-catchments and the program was run separately for each sub-catchment. Estimated erosion values were examined for each sub-catchment and for the total watershed. Erosion data produced by the model were compared with the erosion values obtained in field studies within the scope of the BSB963 project.

As a result of the study, outcome of the 20-year simulation run in AKDH, the total average annual sediment yield was calculated as 26846.8 tons/yr. The average sediment delivery ratio of 17 sub-basins is 0.259 and the sediment yield per unit area is 0,641 tons/ha/yr. While the area-weighted SDR of the sub-basins is 0.150, the weighted sediment yield per unit area is 1,066 tons/ha/year. The total annual average soil erosion on the hillslopes is 8648.6 tons/yr and the annual average soil loss per unit area of 17 sub-basins is 0,74 tons/ha/yr, the total annual average soil erosion in the channels is 170466.7 tons/yr and the annual average soil loss per unit area of 17 sub-basins is 2,55 tons/ha/yr and amount of runoff was found 139,99 mm. The highest sediment yield was detected in the Mera sub-catchment with 18739.8 tons/yr (% 69.8), and the lowest sediment yield was determined in the Gürgencik sub-catchment with 123.9 (%0.5) tons/yr.

Key words: Arhavi Kapisre Stream Watershed, GeoWEPP, Erosion, GIS,
Sediment Yield, Runoff

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Arhavi Giriş Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları.....	47
Tablo 2. Arhavi Giriş Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı.....	48
Tablo 3. Arhavi Giriş Alanı Bakı Durumu.....	48
Tablo 4. Arhavi Giriş Alanı GeoWEPP Sonuçları.....	48
Tablo 5. Armoni Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları	50
Tablo 6. Armoni Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı.....	50
Tablo 7. Armoni Alanı Bakı Durum	50
Tablo 8. Armoni Alan GeoWEPP Sonucu.....	51
Tablo 9. Balıklı Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları.....	52
Tablo 10. Balıklı Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı	53
Tablo 11. Balıklı Alanı Bakı Durum.....	53
Tablo 12. Balıklı Alanı GeoWEPP Sonuçları	53
Tablo 13. Çifteköprü Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları.....	55
Tablo 14. Çifteköprü Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı.....	55
Tablo 15. Çifteköprü Alanı Bakı Durum	55
Tablo 16. Çifteköprü Alanı GeoWEPP Sonuçları.....	56
Tablo 17. Derecik Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları	57
Tablo 18. Derecik Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı	58
Tablo 19. Derecik Alanı Bakı Durum	58
Tablo 20. Derecik Alanı GeoWEPP Sonuçları	58
Tablo 21. Dereüstü Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları	60
Tablo 22. Dereüstü Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı	60
Tablo 23. Dereüstü Alanı Bakı Durum	60
Tablo 24. Dereüstü Alanı GeoWEPP Sonuçları	61
Tablo 25. Dikyamaç Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları	62
Tablo 26. Dikyamaç Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı	63
Tablo 27. Dikyamaç Alanı Bakı Durum	63
Tablo 28. Dikyamaç Alanı GeoWEPP Sonuçları	63
Tablo 29. Dülgerli Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları	65
Tablo 30. Dülgerli Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı.....	65
Tablo 31. Dülgerli Alanı Bakı Durum	65

Tablo 32. Dülgerli Alanı GeoWEPP Sonuçları	66
Tablo 33. Gürgencik Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları	67
Tablo 34. Gürgencik Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı	68
Tablo 35. Gürgencik Alanı Bakı Durum.....	68
Tablo 36. Gürgencik Alanı GeoWEPP Sonuçları	68
Tablo 37. Güvercinli Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları.....	70
Tablo 38. Güvercinli Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı	70
Tablo 39. Güvercinli Alanı Bakı Durumu.....	70
Tablo 40. Güvercinli Alanı GeoWEPP Sonuçları.....	71
Tablo 41. Kavak Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları	72
Tablo 42. Kavak Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı.....	73
Tablo 43. Kavak Alanı Bakı Durumu	73
Tablo 44. Kavak Alanı GeoWEPP Sonuçları	73
Tablo 45. Kireçlik Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları.....	75
Tablo 46. Kireçlik Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı	75
Tablo 47. Kireçlik Alanı Bakı Durumu.....	75
Tablo 48. Kireçlik Alanı GeoWEPP Sonuçları.....	76
Tablo 49. Konaklı Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları	77
Tablo 50. Konaklı Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı	78
Tablo 51. Konaklı Alanı Bakı Durumu.....	78
Tablo 52. Konaklı Alanı GeoWEPP Sonuçları	78
Tablo 53. Mençuna Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları	80
Tablo 54. Mençuna Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı	80
Tablo 55. Mençuna Alanı Bakı Durumu.....	80
Tablo 56. Mençuna Alanı GeoWEPP Sonuçları	81
Tablo 57. Mera Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları	82
Tablo 58. Mera Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı	83
Tablo 59. Mera Alanı Bakı Durumu	83
Tablo 60. Mera Alanı GeoWEPP Sonuçları	83
Tablo 61. Sırtoba Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları	85
Tablo 62. Sırtoba Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı	85
Tablo 63. Sırtoba Alanı Bakı Durumu	85
Tablo 64. Sırtoba Alanı GeoWEPP Sonuçları	86

Tablo 65. Yolgeçen Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları.....	87
Tablo 66. Yolgeçen Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı.....	88
Tablo 67. Yolgeçen Alanı Bakı Durumu	88
Tablo 68. Yolgeçen Alanı GeoWEPP Sonuçları.....	88
Tablo 69. 20 Yıllık Erozyon Simölasyonu Tahmin Değerleri	90
Tablo 70. 1 Yıllık Erozyon Simölasyonu Tahmin Değerleri	93
Tablo 71. Yölzeysel Akış Değerleri	96
Tablo 72. GeoWEPP Tahmin Sonuçları	97
Tablo 73. 20 Yıllık Simölasyon Sonucunda Kanal Erozyonu, Toplam Yağış ve Tahliye Edilen Yağış Değerleri.....	101
Tablo 74. 20 Yıllık Simölasyon Sonucunda Yamaç Toprak Kaybının Arazi Kullanımı ve Eğimle İlişkisi.....	102

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Bir Yağmur Damlasını Toprağa Darbe Etkisi (Bahtiyar, 2003)	17
Şekil 2. Toprak Yüzeyinde Çatlak Ve Kabuk Oluşumu (URL-2)	17
Şekil 3. Yüzey Erozyonu (URL-3).....	18
Şekil 4. Sürülmüş bir tarlada fazla gelişmiş oluk erozyonu.....	19
Şekil 5. Arhavi Agora yaylasındaki bir dereye oyuntu erozyonu	20
Şekil 6. V ve U şekilli oyuntular (URL-1).....	20
Şekil 7. Arhavi Üç Pınar Bölgesinde Kanal/Şev Erozyonu	21
Şekil 8. Arazinin Eğim Yönüne Sürülmesi ile Usulsüz Tarım Tekniği (TEMA).....	23
Şekil 9. Çalışma Alanının Genel Konumu.....	25
Şekil 10. Arhavi’de 2019-2021 Ortalama Max/Min Sıcaklık ve Yağış.....	26
Şekil 11. AKDH Toprak Sınıfları Yüzdelik Dağılımı	27
Şekil 12. AKDH Toprak Grupları Dağılımı.....	28
Şekil 13. Arazi Kullanımı Alan Dağılımı	29
Şekil 14. AKDH Arazi Kullanım Haritası	29
Şekil 15. Alt Havza Bölümlendirme Haritası	30
Şekil 16. AKDH’nin IUFRO Eğim Sınıflarına Göre Eğim Sınıfları Haritası.....	31
Şekil 17. AKDH’nin Bölümlendirilmiş Alt Havzalara Ait Bakı Sınıfları Haritası....	32
Şekil 18. AKDH’den Alınan Toprak Örneği Noktalarının Dağılımı	33
Şekil 19. GeoWEPP’in Modelleme Tekniği Şeması.....	35
Şekil 20. Çalışma Alanını Kapsayan Pafta Sınırları	36
Şekil 21. Tarım Toprak Dosyasına Ait Örnek Veri Girişi	37
Şekil 22. Toprak Dosyası (.Sol) Örneği	38
Şekil 23. “Database ve Soil Description Text” Dosyaları.....	38
Şekil 24. Database ve Landuse Description Text Dosyaları.	39
Şekil 25. İklim Dosyası (.par)	40
Şekil 26. İklim “Cli” Dosyası Ve “GDS” Dosyası Oluşum Menüsü.....	40
Şekil 27. Programa Altlık Verilerin Girişi ve Modelin Başlatılması	41
Şekil 28. Balıklı’ya Ait Örnek Altlık Haritalar	42
Şekil 29. Drenaj Ağının Belirlenmesi	43
Şekil 30. İklim Dosyalarının Seçilmesi.....	44
Şekil 31. Kontrol Penceresi.....	44

Şekil 32. Modelin Yürütülmesi	45
Şekil 33. Güvercinli Bölgesi Simülasyon Sonucu Sediment Üretim Haritası	45
Şekil 34. Güvercinli Bölgesi Toprak Kaybı Haritası	46
Şekil 35. Güvercinli Bölgesi Sonuç Raporu	46
Şekil 36. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	49
Şekil 37. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	51
Şekil 38. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	54
Şekil 39. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	56
Şekil 40. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	59
Şekil 41. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	61
Şekil 42. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	64
Şekil 43. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	66
Şekil 44. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	69
Şekil 45. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	71
Şekil 46. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	74
Şekil 47. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	76
Şekil 48. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	79
Şekil 49. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	81
Şekil 50. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	84
Şekil 51. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	86
Şekil 52. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası	89
Şekil 53. 20 Yıllık Simülasyonun Sediment Verimi Haritası	91
Şekil 54. 20 Yıllık Simülasyonun Erozyon Risk Haritası.....	92
Şekil 55. 1 Yıllık Simülasyonun Sediment Verimi Haritası	94
Şekil 56. 1 Yıllık Simülasyonun Erozyon Risk Haritası.....	95
Şekil 57. Mençuna'da Tarımın Yamaç Boyunca Toprak Kaybı Görünümü	98
Şekil 58. GoogleEarthPro ile çıkarılmış 20 Yıllık Toprak Kaybı Haritaları.....	99

KISALTMALAR DİZİNİ

ANSWERS	Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
°C	Santigrad Derece
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORINE	Coordination of Information on the Environment
CSA	Critical Source Area
DEM	Digital Elevation Model
EPIC	Erosion-Productivity Impact Calculator
GeoWEPP	Geo-Spatial Interface For Water Erosion Prediction Project
GIS	Geographic Information System
ha	Hektar
ICONA	Instituto para la Conservación de la Naturaleza
IUFRO	International Union of Forest Research Organizations
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Equation
SİO	Sediment İletim Oranı
SYM	Sayısal Yükselti Modeli
TOPAZ	Topographic Parameterization
UA	Uzaktan Algılama
USDA	United States Department of Agriculture
USLE	Universal Soil Loss Equation
WEPP	Water Erosion Prediction Project

1. GİRİŞ

Toprak, beraberinde su ile birlikte ekosistemimizi oluşturan iki önemli ana unsurdan biri olup, bu unsurların yapısındaki bozulmalar yaşanan çevrenin kalitesine doğrudan etki etmektedir (Narimani ve ark., 2017). Özellikle ülkemizde bu bozulmaya sebep olan bir numaralı olay suyun etkisiyle gerçekleşen toprak erozyonu olarak dikkat çekmektedir. Her yıl binlerce ton verimli toprak, ülkemizde çeşitli erozyon türleri (su, rüzgâr, kütle vb.) sebebiyle yok olmaktadır. Söz konusu erozyon çeşitleri içerisinde su erozyonu ülkemizde en fazla toprak kaybına neden olan erozyon çeşidi olarak öne çıkmaktadır. Dinamik Erozyon Modeli ve İzleme Sistemi (DEMİS) sonucu elde edilen verilere göre ülkemizde her yıl maksimum 642 milyon ton toprak su erozyonu sonucu harekete geçmektedir. Ortalama hektarda ise 8,24 ton toprak her yıl su erozyonu sonucu yer değiştirmektedir. Bu miktar ülkemiz yüzölçümünün % 60,28'sinde çok hafif, % 19,13'ünde hafif, % 7,93'ünde orta, % 5,97'sinde şiddetli ve % 6,7'sinde çok şiddetli olarak dağılım göstermektedir (ÇEM, 2018). Deniz seviyesi ile 5165 m yükseklik arasında olan bir topografyaya sahip ve 250-2500 mm arasındaki yağış dağılımı görülen ülkemiz topraklarının % 73'ü ileri derecede erozyona uğramıştır (Doğan, 1995). Orman ve mera arazi kullanımlarının çoğunluğunu oluşturan görülen sarp ve dik yamaçlarda, tarımsal faaliyetlerin uygulanması erozyonun görülmesindeki en önemli faktörlerden biridir. Artan insan popülasyonu ile beraber artan gıda ihtiyacını da göz önünde bulundurulduğunda, erozyonun sebep olduğu toprak kayıpları tarım faaliyetlerinin yapılacağı alanların azalmasına neden olmaktadır.

Çıkabilecek bu sorunların sonucunda verimli tarım arazilerin azalması ve ürün çeşitliliği, miktarı ve kalitesinde ciddi azalmalar meydana gelmektedir. Düşen verimlilikle birlikte artan kimyasal kullanımı, aşırı gübreleme gibi durumlarda kullanılan toprağın kalitesini düşürecek yönde sonuçlar doğurmaktadır. Artan Dünya nüfusu da göz önünde bulundurulduğunda toprağın yönetimi ve korunması yolu izlenerek erozyon ile mücadele edinilmesi gerekmektedir.

Bütün bu sorunlarla mücadele etmenin yolu toprak kayıplarının bütün havza genelinde nerede ve nasıl gerçekleştiğinin bilinmesinden geçmektedir. Lakin, çalışma alanımız gibi büyük havzalarda bu tür çalışmaların sürdürülebilmesi oldukça zordur. Bu yüzden, Havzada yüzeysel akış ve sediment birikimini belirleme yöntemleri basit yöntemlerden, karmaşık yöntemlere kadar değişiklik gösterir (Puno, 2014). Takriben daha küçük havzalarda, araziden alınan su örneklerinin laboratuvarda incelenmesi gibi klasik ve basit yöntem ile toprak kayıpları hesaplanabilirken, daha büyük havzalarda basit yöntemler işlevsiz kalmaktadır.

İlerleyen teknoloji sayesinde erozyonun belirlenmesi ve önlenmesi çalışmalarında da gelişmeler görülmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA), erozyonun meydana gelmesindeki doğal ve beşeri faktörlerin incelenmesinde literatüre farklılıklar katmıştır. Çalışma da kullanılan GeoWEPP erozyon tahmin modeli de bu teknolojik gelişmeler sayesinde ortaya çıkmış erozyon tahmin modellerinden biridir.

Bu gelişmeler ile büyük havzalarda, teknolojinin beraberinde getirdiği olanaklar doğrultusunda, toprak kaybını ve yüzeysel akışı tahmin etmek için çeşitli modeller geliştirilmiştir. Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) modelinde birim başına düşen yıllık toprak kaybı, iklim, toprak türü, topoğrafya ve arazi kullanımını esas alan deneysel bir denklem kullanılarak hesaplanmaktadır (Renard ve ark., 1997). Environmental Policy Integrated Climate (EPIC) modeli, toprak ve su kaynaklarının yönetim planlarını belirlemek için toprak erozyonunun toprak verimliliği üzerindeki etkisini değerlendirir. Türkçesi Alansal Noktasal Olmayan Kaynak Havza Çevre Müdahale Simülasyonu olan “Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation” (ANSWERS) tarımsal havzalarda toprak kaybı ve yüzeysel akış üzerindeki en iyi yönetim uygulamalarını değerlendirmek için geliştirilmiştir (Beasley ve ark., 1980). Türkçesi Çevre Bilgilerinin Koordinasyonu olan “Coordination of Information on the Environment” (CORINE) 1985’de, UA sayesinde elde edilen görsellerin bilgisayar ortamında işlenmesi ile ortaya çıkan veridir. Türkçesi Doğayı Koruma Enstitüsü olan “Instituto para la Conservación de la Naturaleza” (ICONA), İspanya Doğa Koruma Enstitüsü’nün havza genelinde

erozyon seviyelerinin tahminini belirlemek amacıyla geliştirdiği, matematiksel metotları esas alan bir modeldir.

The Water Erosion Prediction Project (WEPP) toprak erozyonu, iklim, bitki örtüsü yüzdesi ve topoğrafik durum gibi erozyona sebep olan değerleri esas alan, sediment verimi ve toprak kaybını belirlemek için oluşturulmuştur. (Flanagan ve Livingston, 1995). WEPP modeli, her gün ve gün içerisinde çoklu zaman aralığında infiltrasyon, yüzey akışı, erozyon ve birikme oranını hesaplar. WEPP süreç odaklı bir model olduğundan, erozyon ve sediment verimini değerlendirmek için yüksek miktarda girdi verisi gerektiren bir modeldir. Mekânsal olarak dağıtılmış bir model olan WEPP, debi, yağış rejimi, sediment iletim oranı (SİO) ve erozyon riski gibi faktörlerin 3D olarak incelenmesine yardımcı olur. WEPP, havza bütününde toprak/su erozyonu ve sediment veriminin tahmininde kullanılır. WEPP, CBS ile beraber kullanılmalıdır. Çünkü modelin çalışmasını basitleştirmektedir. WEPP yazılımı GeoWEPP'in CBS kullanılmadan önceki adıdır (Flanagan ve Nearing, 1995).

GeoWepp, Coğrafi Bilgi Sistemi'nin (CBS) gelişmiş özellikleri WEPP v2006.5'e entegre edilerek geliştirilmiştir (Renschler, 2003). GeoWEPP arazi girdi parametrelerini üretmek için coğrafi referanslı Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve topoğrafik haritayı kullanmaktadır (Zhang et al., 2015). CBS'nin kullanılması, arazideki mevcut topoğrafyanın sahip olduğu komplike örgünün tespit edilmesine olanak sağlamaktadır. (Flanagan ve Livingston, 1995). GeoWEPP ara yüzü geliştirilirken, WEPP modeli ArcGIS ve TOPAZ yazılımı ile entegre edilmiştir. Böylelikle büyük havzalarda karmaşık verilerin daha iyi yönetilmesi amaçlanmıştır (González V.I. ve ark. 2016; Flanagan ve ark., 2013). Ayrıca topoğrafik özelliklerinin tespitinde GeoWEPP, Topographic Parameterization (TOPAZ) ve TOPAZ yazılımlarını da kullanmaktadır (Garbrecht ve Martz, 1999).

Çalışma alanı Arhavi Kapisre Deresi Havzası ülkemizin Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan Arhavi Havzası, diğer bölgelere oranla barındırdığı yüksek erozyon riskinin yanında diğer doğal afetlerin de sıklıkla görüldüğü bir havza konumundadır. Çalışma alanı olan Kapisre Deresi'nde 22 Temmuz 2021 tarihinde sabaha karşı başlayan yağış ile metrekareye ortalama 174 mm yağmur yağması sonucu büyük bir sel

felaketi gerçekleşmiştir. Binlerce insanın hayatını olumsuz etkileyen bu felaket, havzanın taşıdığı risk faktörlerinin ne denli önem taşıdığının bir örneğidir.

Çalışma alanımız oldukça geniş bir alandan oluşmaktadır. Bu tür büyük alanlarda GeoWEPP modelinin uygulanması, havzadaki erozyon çalışmalarının daha kısa zamanda ve daha az bir maliyetle gerçekleştirilebileceğine olanak sağladığı için, GeoWEPP modelinin bu çalışmada kullanılması uygun görülmüştür.

1.2. Literatür Taraması

1.2.1 GeoWEPP Literatür Taraması

Yüksel ve ark. (2008), Orcan Dere Havzasında erozyon ile üretilen sediment miktarını ve yüzeysel akışı GeoWEPP modelini kullanarak tahmin etmişlerdir. Orcan Dere Havzası Kahramanmaraş bölgesinin vejetasyon, toprak ve arazi karakteristiklerini iyi yansıttığı için çalışma alanı bu bölge seçilmiştir. Çalışma alanı toplam 490 ha olmak üzere, 175 ha orman arazisi, 165 ha mera ve 150 ha tarım arazisinden oluşmaktadır. Havza ortalama 20 km uzunluğa, 2.5 km de genişliğe sahiptir. Ortalama yükseklik 957 m olup, yıllık ortalama yağış 730 mm'dir. GeoWEPP, WEPP modeli ile TOPAZ (TOpography PArameteriZation) yazılımı ile bütünsel bir şekilde ArcWiew(GIS) yazılımının içerisinde kullanılmıştır. GeoWEPP modeli kullanılarak elde edilen veriler bilgiler ışığında, sediment üretimi 6.95 ton/ha/yıl olarak belirlemiştir.

Erdoğan Yüksel (2015), CBS ve WEPP modelinin kullanarak, Borçka Barajı Yağış Havzası'nda erozyonun belirlenmesine yönelik çalışmıştır. CBS ve WEPP modelinin kısa sürede sonuç vermesi ve maliyetinin düşük olması çalışmadaki kullanım amacını oluşturmuştur. Çalışmanın ana amacı ise, içinde bulunduğu Çoruh Havzasında da erozyon tahmin modeli oluşturarak toprak erozyonunu kavramının havza genelinde değerlendirileme çalışmalarına öncülük etmesi olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı, toplam 86576.83 ha alandan oluşmaktadır. Araştırma alanı Arc Hydro modülü kullanılarak 57 havzaya bölümlendirilip, sonrasında 15 model havzaya gruplandırılmıştır. Bu model havzalarda gerçekleşen sediment verimi ayrı ayrı incelenmiştir. Borçka Barajı Havzası genelinde değerlendirme sonuçları ele

alınırsa, toplam yıllık sediment miktarı 360431,70 ton olduğu birim alandaki sediment verimi ise 4.16 ton/ha/yıl'dır

Narimani ve ark. (2017), Lighvanchai Havzasında arazi kullanımını ArcGIS yazılımı altında Landsat 8 uydu görüntülerini kullanarak haritalandırıp, GeoWEPP modülü ile yüzeysel akış ve sediment verimini değerlendirmişlerdir. Ligvan ve Sefidekhan köyleri arasında yer alan Lighvanchai Havzası 71.86 km² alandan oluşup İran'ın kuzeybatısındadır. Sonuç olarak 30 yıllık uzun periyotta incelenen güncel arazi kullanımı ve özel olarak seçilen tarım ve mera alanlarında elde edilen yüzeysel akış ve sediment miktarı tahmin edilmiştir. Yüzeysel akış; uzun vadedeki güncel arazi kullanımda 93,584 m³/yıl, mera arazide 30,239 m³/yıl ve tarım arazisinde 42,096 m³/yıl olarak tespit edilmiştir. Sediment verimi ise; havzanın güncel kullanımı adı altında 4340.4 ton/yıl, tarım arazilerinde 429 ton/yıl ve tarım yapılmayan mera arazilerde 226 ton/yıl olarak tespit edilmiştir. Mera alanlarda gözlenen sediment veriminin genele oranla %94 oranda azalmasının gözlenmesi, havzada farklı arazi kullanımlarının çalışmada özellikle seçilmesinin önemini kanıtlamış olduğu gözlemlendi. Buna göre farklı arazi kullanımlarının, sediment verimi ve yüzeysel akış üzerinde son derece önemli bir rolü olduğu belirlenmiştir.

Aydın (2009), Gümüşhane-Tortul barajı yağış havzası içerisinde bir adet model havza seçerek, WEPP erozyon modeli kullanarak farklı arazi kullanım durumlarına göre toprak kayıplarını belirlemiş ve gelecekte erozyon ile mücadele de ne gibi önlemlerin alınması ile ilgili önlemler belirtmiştir. Çalışma alanı Torul ilçesi sınırlarında kalmaktadır. Havza ortalama yüksekliği 1710 metre olup, ortalama eğim %71.43'dür. Topoğrafik haritaların sayısallaştırması ile çalışma alanının haritası çıkarılmıştır. Havza içerisindeki etmenler bakımından değerlendirilen eş havzalar içerisinde, eş havzaları en iyi temsil edebilecek model havza belirlenmiştir. Toplam alanı 8177.86 ha'dan oluşan model havzada WEPP modeli ile belirlenen toprak kayıpları, 5647,91 ha büyüklüğündeki ormanlık arazi kullanımında 1,86 ton/ha/yıl, 1649,56 ha meralardaki toprak kaybı 7,65 ton/ha/yıl ve 880.39 ha tarım arazi kullanımında toplam toprak kaybı 11,8 ton/ha/yıl şeklindedir.. Havza geneli için hesaplanan yıllık toplam ortalama erozyon 21,3 ton/ha/yıl'dır

Reis ve ark. (2011), Kahramanmaraş iline 12 km uzaklıkta, Türkiye'nin Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan, çoğunlukla otlatma amaçlı kullanılan Keklik Deresi havzasında erozyon miktarını belirlemişlerdir. Araştırma alanı mera niteliği taşıyan, odunsu, otsu ve Kızılçam ormanlarının yerini alan çalı formundan oluşan bitki örtüsüne sahiptir. Geotekstil kullanımının kolaylığı ve maliyeti açısından düşük bir yöntem olmak ile birlikte yamaç arazilerde oldukça doğru sonuçlar veren bir yöntemdir. Çalışma alanının ortalama eğimi % 45.7 olduğundan, eğimi ortalama %40-60 olan bölgelerde Geotekstik yöntemi ile toplam 15 adet parsel oluşturulmuştur. Çalışmada yıllık 58,6 ton/ha/yıl toprak yer değiştirdiği belirlenmiştir. Aynı çalışma alanında Geotekstil yönteminde farklı olarak GeoWEPP erozyon tahmin modeli kullanılmıştır. Havzada kaybolan toprak ve sedemint miktarı WEPP modeli kullanılarak tespit edilmiştir. Araştırma alanında WEPP modeli ile, yıllık toplam 976.5 mm yağış ve 90.95 mm yüzeysel akış görülmektedir. Araştırma mera alanlarında WEPP modelinin kullanılmasının ilk örneklerinden biri olmuştur. Ayrıca tahmin edilen toprak kaybı miktarı kullanılan 2 yöntemde de birbirine oldukça yakın değerler verdiği gözlenmiştir. Oluşan ufak farklılığın sebebi ise depolanan ve dereye ulaşamayan sediment miktarı olarak açıklanmıştır.

Maalim ve ark. (2013), Amerika Birleşik Devletleri(ABD), Minnesota eyaleti sınırları içerisinde bulunan 44.000 km²'den oluşan Minnesota Havzasının 12 adet bölümünün biri olan ve Minnesota Havzasının %7'sini oluşturan, toplam 2880 km² alanı kapsayan Le Sueur Nehri Havzası'nda GeoWEPP erozyon tahmin modeli ile yüzeysel akış ve sediment verimini incelemişlerdir. Çalışma alanındaki sediment verimi ve yüzeysel akış, 30 yıllık (1979-2008) yılları arasındaki arazi kullanımı farklılıklarını ele alarak 3 farklı senaryoda incelenmiştir. İlk senaryo tarım arazilerini, ikinci senaryo işlenmemiş tarım arazilerini ve son olarak üçüncü senaryoda ise yerleşim öncesi arazi kullanımını temsil etmektedir. WEPP modeli bu çalışmaya en uygun model olmasının sebebini cevaplamak gerekirse, uzun periyot tabanlı çalışmalardaki yeteneğinin yanı sıra çeşitli mekânsal ve zamansal ölçeklerde de kendini kanıtlamış olmasıdır. Çalışmada ArcGIS 9.3 ve WEPP model versiyon 2008.907 sürümü kullanılmıştır. ArcWiew yazılım arayüzü WEPP modelinin çalışması için kullanılmıştır. GeoWEPP model paketi içerisinde bulundurduğu TOPAZ (TOPography PArameteriZation) ve Topwepp ile ileriye doğru çalışmaya

genişlik kazandırılmıştır. 30 yıllık simülasyonun WEPP modeli ile elde edilen yüzeysel akış derinliği, toprak kayıp miktarı, SİO ve sediment verimi sırasıyla, tarım arazilerinde 86 mm, 2.56 ton/ha, 0.84, 2.15 ton/ha; işlenmemiş tarım arazilerinde 73.75 mm, 0.53 ton/ha, 0.9, 0.46 ton/ha; yerleşim öncesi tarım arazilerinde 70.94mm, 0.18 ton/ha, 0.73, 0.13 ton/ha olarak belirlemiştir.

Singh ve ark. (2020), Himayaların orta kısmını temsilen seçilen, Hindistan, Uttarakhand eyaletinin batı kısmın olan Dehradun bölgesinde, Sitlaraao havzasının bir parçası olan, 57 ha alandan oluşan, 30°25 ' N - 30°30' N enlem 77°45' E - 78°0' E boylamları arasında kalan, çalışma alanında GeoWEPP erozyon tahmin modeli kullanarak yüzeysel akış ve sediment verimini belirlemiştir. Havzanın çıkışına trapez savak yapısı kurularak, günlük yüzeysel akışın hesaplanması için dijital su seviye ölçer ve sediment kaybının incelenmesi için sediment tankı kullanılmıştır. Yüzeysel akışı 15 dakika aralıklar ile dijital su seviye ölçer ile kaydedilerek günlük akış miktarı saptanmıştır. Toplanan sedimenti içeren yüzeysel akış suyunu barından sediment tankından günlük olarak numuneler alınmıştır. Elde edilen bu veriler, GeoWEPP modülü ile tahmin edilen akış ve sediment verimi verileri ile birlikte analizi sağlanmıştır. Analizler sonucunda gözlemlenen akış ve sediment miktarı ile GeoWEPP modülü ile simüle edilen akış ve sediment miktarları birbirleriyle oldukça uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır. Havza genelinde 2016 ve 2017 yılları arasında günlük gözlemlenen veriler sonucunda toplam yüzeysel akış 143,22 mm, sediment verimi 61.26 ton/yıl olarak belirlenmiştir. GeoWEPP modeli ile simüle edilerek gözlemlenen yüzeysel akış 174,00 mm, sediment verimi 80.7 ton/yıl olarak belirlenmiştir. Böylelikle bu çalışma Himayala bölgesinde GeoWEPP modeli ile günlük yüzeysel akış ve sediment miktarının belirlenmesinde güvenli bir tahmin modeli olduğunu göstermiştir.

Puno (2014), Filipinler'in, Sitio Mapawa of Barangay Songco, Lantapan, Bukidnon bölgesinde yer alan Mapawa havzasında GeoWEPP modeli kullanarak yüzeysel akışı ve sediment verimini belirlemiştir. Mapawa Havzası, Tarımsal Ormancılıkta Uluslararası Araştırma Merkezi'nin çalışmalarını sürdürdüğü Manupali Havzası'nın içerisinde konumlanmaktadır. Havza biyofiziksel karakteristik açısından ve kontrolsüz tarımın getirmiş olduğu olumsuz etmenler yüzünden erozyona elverişli bir alandır. Bu yüzden GeoWEPP modeli bu havza için uygun olduğu fikrine varılmıştır.

Bölgedeki erozyon verilerinin, Toprak Erozyonu Konsorsiyumu Yönetimi (MSEC) tarafından Asya Projeleri adı altında toplanmış ve çalışmada kullanıma uygun olması, Mapawa Havzası'nın çalışma alanı seçilmesinin sebebidir. Çalışmada %80 oranında girdi belgelerinin hazırlanması, kalibrasyon ve model girdi parametrelerinin dengelenmesi, %20 oranında da analiz ve sonuçların değerlendirilmesine yoğunlaşmıştır. Çalışmada kullanılan ana bileşenler TOPAZ, WEPP ve ArcGIS yazılımları olmuştur. Bunlara ek GeoWEPP yazılımı, TOPAZ'ın Dijital Yükseklik Modeli (DEM)'den aldığı topografik verileri kullanmaktadır. Çalışma alanı; toprak yapısı genelde adtuyon kilinden oluşmaktadır. Yoğun yağış altında kil karakteristiği 450 santimetre uzunluklara ulaşmaktadır. Ana vejetasyon mera alanlardan oluşmaktadır. Arazi ortalama % 79.7 kısmı %18'den fazla eğime sahip olup, geriye kalan %20.4'lük kısım %18'in altında bir eğime sahiptir. GeoWEPP modeli ile elde edilen sonuçlara göre yıllık yağışın 2596.7 mm, havzadan çıkış yapan sediment miktarının 1770.1 “ton/yıl” ve 22.1 “ton/ha/yıl”, son olarak yüzeysel akış suyu 11121 m³ olarak tespit edilmiştir.

Özalp ve ark. (2017), Karadeniz Bölgesinin, Godrahav Dere Havzasında (GDH) GeoWEPP modeli kullanarak toprak kaybı tahmini ve sediment verimini belirlemişlerdir. Havzanın çok büyük (5298.21 ha) ve dik bir yüzeye sahip olmasından ötürü havza; alt havzalara, daha sonrasında da küçük hidrolojik bölümlere ayrılmıştır. Halen daha programın sonuç veremeyeceği kadar büyük olan bu alt havzalar kendi içlerinde de daha ufak hidrolojik bölümlere ayrılmıştır. Böylelikle erozyon modelinin daha kolay ve detaylı bir şekilde çalışması hedeflenmiştir. Çalışmanın ana amacı Çoruh Nehri Havzasının yan kollarından biri olan Godrahav Dere Havzasına ilk defa GeoWEPP modeli uygulanarak toprak kaybı ve sediment verimi belirlenmesidir. Daha detaylandırılırsa hedef; yamaçlardaki yüzeysel akış suyunun tahmini, drenaj kanallarında ve yamaçlardaki toprak kayıpları ve Godrahav Deresi Havzası'ndan Borçka Barajına havza bazında ulaşan sediment verimi ve SİO değerlendirilmesidir. Çalışma alanı 5298,21 ha alanının yanında yükseklik olarak 200 ve 3450 m arası değişiklik göstermektedir. Çalışma alanı %77.88 ormanlık, %6.12 çayır, %12.25 tarım ve %3.75 yerleşim alanlarından oluşmaktadır. Artvin Meteoroloji İstasyonu verilerine göre Godrahav Dere Havzası'nda yıllık 660 mm yağış miktarına sahipken, çalışma sonucu GeoWEPP

modeli ile elde edilen yıllık yağış miktarı 735,80 mm'dir. Çalışma sonucunda; tüm Godrahav Dere Havzasında hem yamaçlardan hem de drenaj kanallarında kaybolan toplam 18,596.8 ton toprağın, yaklaşık 9,854.8 ton/yıl kadarı sediment olarak Borça Barajına ulaşmıştır.

Erdoğan Yüksel ve ark. (2016), Kokolet Dere Havzası'nda GeoWEPP erozyon tahmin modeli ile toprak kaybı, yüzeysel akış ve sediment verimi tahmin etmişlerdir. Havza alanı sırasıyla yoğunluk olarak, riyodasit, bazalt, kireçtaşı, kıltaşı, granit ve ana kaya üzerinde gelişen topraktan oluşmaktadır. Arazi kullanımı ise %71.22 orman, %22.24 otlak (çayır) ve %5.51 tarım arazilerinden oluşmaktadır. Ortalama eğimin %65.04 olduğu havzada araştırma sonuçlarının verdiği toprak sınıflandırma sistemine göre ortalama %97.43 oranında havza dik ve sarp alanlardan oluşmaktadır. GeoWEPP modülünün kolay çalıştırılması için toplam alanı 4057,02 hektardan oluşan Kokolet Dere Havzası 15 daha ufak hidrolojik bölümlere ayrılmıştır. Araştırma sonucunda çalışma alanında, yamaçlardaki ve kanallardaki toprak kaybı 9341,2 ton/yıl ve 12216,1 ton/yıl olmak üzere havzadaki toplam toprak kaybı 23559 ton olarak belirlenmiştir. Bu kadar toprak kayıpları yaşanırken, sediment verimi ise 2.52 ton/ha/yıl olduğu saptanmıştır. Çalışmaya ilave olarak, GeoWEPP modülü ile havza için yaklaşık 735 mm toplam yağış öngörüldü ve %70'ten fazla orman ve/veya otlak alan içeren ufak hidrolojik alanlarda neredeyse hiç yüzeysel akışa rastlanılmamıştır. Öte yandan, arazinin büyük bölümünün tarıma yönelik kullanıldığı ufak hidrolojik alanlarda 209.73 mm yüzeysel akış saptanmıştır.

Yüksel ve ark. (2007), Ayvalı Baraj Havzası'nda erozyon ile üretilen sediment üretim miktarını GeoWEPP modelini kullanarak tahmin etmişlerdir. Toplam 11531 hektardan oluşan çalışma alanı; %60,56 (6983,66 ha) orman arazisi, %14,64 (1687,74 ha) mera arazisi ve %24,80 (2859,60 ha) tarım arazilerinden oluşmaktadır. Çoğunluğu orman olan çalışma alanındaki baskın ağaç türleri; kızılçam, Toros sediri ve palamut türleridir. Ortalama yükseklik 1430 metre olup, eğim ise yaklaşık %35'dir. 11531 hektarlık Ayvalı Baraj Havası'nda; sediment verimi ve birim alandaki sediment miktarı sırasıyla; ormanlarda 9035,1 ton/yıl ve 1.3 ton/ha/yıl, meralarda 7910,3 ton/yıl ve 4.7 ton/ha/yıl, tarım alanlarında 68589.6 ton/yıl ve 23.96 ton/ha/yıl'dır. Ayrıca çalışmada, orman arazileri içerisinde, 12 adet yamaçtan oluşan örnek alt havza seçilmiştir. Bu alt havzanın, çalışma alanı miktarı, ortalama

yıllık yağış hacmi ve bölgeden çıkan su hacmi; 48,39 ha, 267298 m³/yıl, ve 4480 m³/yıl şeklindedir. GeoWEPP modeli sonuçlarına göre alt havzanın yıllık ortalama sediment deşarjı 44,9 ton/yıl olup, buna göre sediment iletimi 0.9 ton/ha/yıl, sediment verimi 8 ton/yıl, yüzeysel akış hacmi 3904,4 m³/yıl, toprak kaybı 7,93 ton/yıl olarak tahmin edilmiştir. 12 adet yamacın sadece 3'ünde gözlemlenen sediment birikimi, 4.53 ton/yıl olarak belirtilmiştir.

Yıldırım (2019), Doğu Anadolu Bölgesi'nin kuzeydoğusunda, Erzurum, Artvin ve Ardahan vilayetleri sınırları içerisinde toplam 37517,28 ha alandan oluşan Olur Mikrohavzası'nda, erozyon tespitini, erozyon çubuk yöntemi, askıda katı madde (AKM) ve GeoWEPP ile belirlemiştir. Araştırma alanı 37517,28 ha alandan oluşup, 27 km uzunluğa ve 20 km genişliğe sahiptir. Ortalama yükseklik 1996 metredir. Toplamda 3 farklı yöntem ile 2017 ve 2018 yılları arasında Olur Mikrohavzası'nda erozyon tahmini yapılmıştır. Bunların ilki Türkiye'de ilk defa uygulanan çubuk yöntemi doğrultusunda, arazide rasgele örnekleme yöntemi ile 15 adet deneme alanına erozyon çubuk noktaları uygulanarak, 6 aylık periyotlar ile erozyon tahmini yapılmıştır. İkinci yöntem ise askıda katı madde ölçümüdür. Çalışmada üçüncü erozyon tahmin metodu olarak, GeoWEPP modeli kullanılmıştır. GeoWEPP ile erozyon tahmini, ArcGIS, WEPP ve TOPAZ ile birlikte kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmada GeoWEPP modelinin daha hızlı ve iyi çalışması için Olur Mikrohavzası 25 ayrı bölüme ayrılmış, 2017, 2018 ve 20 yıllık iklim verisi kullanılarak, 3 farklı yıla ait değerler değerlendirilmiştir. Araştırmada 2017 ve 2018 yılları için elde edilen sonuçlar şöyledir; a) Çubuk yöntemi ile, kanal ve oyuntulardaki erozyon sırasıyla 24472, 159746 ton/yıl, b) GeoWEPP ile kanal ve oyuntu erozyonu sırasıyla 58, 19989 ton/yıl, c) sediment istasyonuna göre AKM miktarları 36312, 26108 ton/yıl olarak belirlenmiştir. Ayrıca GeoWEPP modeli ile havza için tahmin edilen sediment verimi ise 2017 yılı için 87.6 "ton/yıl", birim alandaki sediment verimi ortalama 0,0018 ton/ha/yıl ve 2018 yılı için sediment verimi 89124 ton/yıl, birim alan sediment verimi ortalama 2,80 ton/ha/yıl'dır. Araştırmada gözlemlenen erozyon miktarının, yıllar arasındaki oluşan farkı, 2018 yılının ikinci yarısında gerçekleşen yağış miktarındaki artış olduğu belirtilmiştir.

1.2.2 Diğer Erozyon Modelleri Hakkında Literatür Taraması

Erol ve Çanga (2004), Eskişehir ili Mihalıççık ilçesinin yaklaşık 7 km kuzey-batısında yer alan Kabağın Dere Havzası'nda coğrafi bilgi sistemi (CBS) tekniği kullanarak erozyon tehlikesini değerlendirmişlerdir. Havza yaklaşık 5 km² alana sahip olup, 1235 m yüksekliktedir. Bu çalışmada CORINE yöntemine göre erozyon tahmini yapılmasında, Toprak Envanter Raporları, toprak haritaları, 1/25000'lik memleket haritaları kullanılmıştır. Elde edilen veriler GIS tabanlı ArcWiew yazılımı ile değerlendirilmiştir. CORINE yöntemi 4 parametrede incelenmektedir; toprak aşılabilirliği, aşındırıcı, topoğrafya ve arazi örtüsü. Çalışma alanında elde edilen erozyon parametreleri incelenip, potansiyel ve gerçek erozyon tehlikesi haritaları üretilmiştir. Haritalara göre potansiyel erozyon tehlikesi %44 düşük, %52 orta %4 yüksek şeklinde bulunmuştur.

Yılmaz (2006), Ankara'nın içme ve kullanım suyunu karşılamak üzere, yapımı 1985'de tamamlanan Çamlıdere Barajı Havzası'nda USLE modeline göre erozyon analizi ve risk tahmini yapmıştır. Arazi kullanımı %52 orman, %29 mera, %13 ziraat, %2 yerleşim ve %3 kırgıbayır şeklindedir. Havzada yıllık ortalama sıcaklık 8.7 °C, toplam çalışma alan 72200 hektar, 4 istasyonun ortalama değerlerine göre yıllık ortalama yağış 451 mm'dir. Buna göre, R değerine göre, baraj gölü uzağında erozyon artması tahmininde bulunulmuştur. Havzanın tamamında yıllık toprak kaybı 529.727 ton (7.3 ton/ha) olarak hesaplanmıştır. En fazla toprak kaybı arazi kullanımı bakımından 180.874 ton ile orman alanlarında gözlemlenmiştir.

Erdem ve Türkmen (2020), Ordu ili Gülyalı ilçesi sınırları içerisinde, 4290.1 hektar alandan oluşan, deniz seviyesinden 20 metre yükseklikten başlayıp 900 m yüksekliğe ulaşan, Çırçıp Dere Havzası'nda RUSLE modeli ile erozyon riskini değerlendirmişlerdir. Çalışmada temel altlık olarak 1/25000 ölçekli G39b2 memleket paftası kullanılmıştır. Paftaların sayısallaştırılması, erozyon duyarlılık ve risk haritalarının oluşturulması için ArcGIS yazılımından yararlanılmıştır. Havzanın tamamında erozyon duyarlılık oranı, sınıfı ve değeri sırasıyla şu şekildedir; %6.5 oranında çok düşük ve 0-5 ton/ha/yıl, %8.2 oranında düşük ve 5-12 ton/ha/yıl, %14.3 oranında orta ve 12-35 ton/ha/yıl, %22.2 oranında yüksek ve 35-60 ton/ha/yıl, %39.7 oranında yüksek ve 60-150 ton/ha/yıl ve %9 oranında aşırı yüksek ve 150+ ton/ha/yıl'dır.

Başığit (2002), Isparta ilinin kuzey-kuzeydoğu sınırını oluşturan, toplam 81 yerleşim birimini kapsayan, 3289,4 km² alandan oluşan, Eğirdir Gölü Su Havzası'nda erozyon riskinin saptanması üzerine araştırmalar yapmıştır. Çalışmada iki temel yaklaşım üzerine durulmuştur; birincisi erozyon değerlendirilmesi, ikincisi ise toprak kayıplarının tahmindir. Bu hususta, topoğrafik/kadastral haritalar, Landsat-7 uydu görüntüleri, arazi çalışmaları ve rapor ve istatistik bilgileri ile CBS ortamında üretilen veriler ile, risk haritaları oluşturulmuş ve mMMF(Morgan-Morgan-Finney) modeli kullanılarak toprak kayıpları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, çok şiddetli erozyon durumu olarak tanımlanan, toprağın A horizonunun 30 cm'den fazla olduğu arazilerde mMMF modeline göre yıllık toprak kaybı 0.10-0.50 kg/m² olarak, maki ve yoğun bitki örtüsüne sahip alanlarda yıllık toprak kaybı 0.25-0.50 kg/m² olarak ve sulu tarım yapılan arazilerde ise toprak kaybı 0.50-0.75 kg/m² olarak hesaplanmıştır. mMMF modeline göre toplam yıllık toprak kaybı 6.112.500 ton olarak tespit edilmiştir. Göl rezervuarının 4361 hm³ olduğu düşünülürse, göl rezervuarının dolduracak miktarda toprak kaybı için tahmin edilen süre yaklaşık 700 yıl olarak hesaplanmıştır.

Yılmaz (2010), Elazığ ili Sivrice ilçesi siyasi sınırları içerisinde, yüksekliğin 1240 metreden 2220 metreye ulaştığı Sivrice-Kürkçayı Havzası'nda RUSLE modeline göre erozyon durumunu belirlemiştir. Çalışma alanında yer alan Sivrice meteoroloji istasyonuna göre yıllık yağış miktarı 602,4 mm'dir. Havzanın en önemli toprak tipi kırmızı-kahverengi topraklar grubundan oluşmaktadır. 154.13 km²'lik çalışma alanının arazi kullanım şu şekildedir; %34,6 mera, %23,2 kuru tarım, %17,7 ağaçlandırma sahaları, %14,6 çıplak alan, %6,4 yoğun tarım ve %3,4 göl alanı. Çalışmada sonuç olarak CBS yazılımları ile erozyon risk haritası geliştirilmiştir. Buna göre çalışma alanının %1'inde erozyon tespit edilmemiş, %5.4'ünde çok şiddetli erozyon riskine rastlanmıştır.

Kırcı (2019), RUSLE modelini kullanarak erozyon tahmin çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışma alanında yıllık ortalama yağış ve sıcaklık 1066 mm ve 14,2 °C'dir. Çalışma neticesinde oluşturulan haritaya göre, toplam 58396,71 ha çalışma alanının %57,2 si dikili tarım(fındık), %17,9 orman, %24,9 nadaslı-nadassız kuru/sulu tarım ve yerleşim alanlarıdır. Alanın %50,32'lik kısmı sarp ve çok sarp eğime sahiptir. Yükseklik deniz seviyesinden 1150 m'ye kadar ulaşmaktadır. Toprak

erozyonun risk çalışmalarında RUSLE modelinin oluşumundaki faktörlerin hesaplanmasında; örneğin, LS faktörü için Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)'den yararlanılması, erozyon risk haritasının ArcGIS üzerinden oluşturulması gibi CBS ve Uzaktan Algılama yöntemlerinden yardım alınmıştır. Çalışma sonucunda, oluşturulan erozyon duyarlılık haritasına göre, Arazinin erozyon duyarlılık sınıflarının ve oransal dağılımı sırasıyla şu şekildedir; çok düşük %11,31, düşük %9,6, orta %36,88, yüksek %25,42, çok yüksek %15,52 ve aşırı yüksek %1.23'dir.

Karaş ve Oğuz (2009), Sakarya-Porsuk-Sarısı havzasında erozyon risk haritalarını oluşturmuşlardır. Çalışma CORINE, LEAM ve USLE modellerinin verileri CBS ortamında hazırlanmıştır. Araştırma alanı 66470,82 ha olup, 37367,64 ha ile toplam alana oranla %56,22'si kahverengi orman topraklarından oluşmaktadır. Arazi kullanım türleri; %44,56 tarım, %43,01 orman, %9,55 mera, %2,38 fundalık, %0,5 su yüzeyi şeklindedir. Araştırma sonucunda a) CORINE yöntemine göre, %97,12'lik alanda (64556,46 ha) erozyon görülmemiş, geriye kalan alanda %2,83 az ve %0,05 orta sınıf erozyon risk sınıflandırılması yapılmıştır. b) LEAM yöntemine göre, %64,33 düşük, %29,29 orta, %5,42'lik alanda orta-yüksek risk saptanmıştır. c) USLE'YE göre toprak kayıpları 0 – 179,9 t/ha/yıl arasında değişmektedir.

İnaç ve ark. (2021), Çelikli Göleti Su Toplama Havzası'nda 2001 ve 2012 yılları için toprak bozulmasının yersel ve zamansal değişimini belirlemişlerdir. Çalışma alanı 10,412 km², ortalama yükseklik 1200-1430 m ve ortalama yağış-sıcaklık 535,9mm-8,1 °C'dir. Sürdürülebilir Arazi Kullanım Modeline (SLUP) göre 2001 yılı için erozyon riski %59,04 lük alanda yok veya az, %40,43 oranında düşük-yüksek arası, 2012 yılı için erozyon riski %60,26'lık alanda yok veya az, %63,93'lük alanda düşük-yüksek arası olarak belirlenmiştir. Havza alanının USLE yöntemi ile belirlenen toprak kayıpları 2001'de ortalama 3,55 “ton/ha/yıl”, 2012'de ortalama 5,68 ton/ha/yıl'dır. Çalışma alanındaki erozyonun artışının sebebi, işlemeli tarımın yapılması ve mera alanlarında aşırı otlatmanın artması olarak belirtilmiştir.

Yavuz ve Tüfekçioğlu (2019), Erzurum ili sınırları içerisinde, Çoruh Havzası'nın bir alt havası olan Uzundere Havzası'nda RUSLE kullanarak yüzey erozyon riskini incelemişlerdir. 40°26'36"- 40°46'44" N enlem, 41°30'46"- 41°46'29" E boylamları arasında kalan çalışma alanı, toplam 31114 ha alandan oluşup, ortalama deniz

seviyesinden yüksekliği 1678 m, yıllık ortalama yağış ise 537 mm'dir. RUSLE modelini oluşturan eşitlikteki faktörler; (R) yağış erozivitesi 42 yıllık Tortum meteoroloji istasyonu verilerinden, (K) toprak faktörü araziden alınan 35 toprak örneklerinden, eğim faktörü (LS) CBS ortamında üretilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYS)'den, (C) faktörü NVDI modelinden elde edilen veriler ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; Uzundere Havzası'nın tamamına oranla %44.5'i çok düşük erozyon riski görülürken, %14.5'lik kısmında çok yüksek erozyon riski taşıdığı tespit edilmiştir.

Tüfekçioğlu ve Yavuz (2016), Doğu Anadolu Bölgesi'nin kuzeydoğusunda, Artvin ilinin Yusufeli ilçesi yakınlarında, 41.34° ile 41.64° doğu, 40.60° ile 40.82° kuzey koordinatları arasında yer alan, toplam 34523 ha alandan oluşan Yusufeli Mikro Havzası'nda, erozyonun belirlemesi ve erozyon risk haritasının geliştirilimesi çalışmalarını yürütmüşürler. Araştırmada erozyon tahmini RUSLE modeli üzerinden yapılmıştır. Modelinin kullanımında, çalışmada 2011 yılına ait 50cm yer örnekleme aralığına sahip "WorldWew-2" uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda oluşturulan erozyon risk haritasına göre Yusufeli Mikro havzası için, potansiyel yüzey erozyon riski %82,8 oranında çok düşük, %9,0 düşük, %4,7 orta, %2,9 yüksek ve %0,7 çok yüksek olarak sınıflandırılmıştır. Havzadaki ortalama toprak verimi 3,6 ton/ha/yıl olarak belirlenmiştir.

2. KONUYLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER

2.1 Toprak ve Erozyon Tanımı

Toprak, mineral, su ve mikroorganizmaları içeren doğal bir karışımdır. Bitkilerin ve diğer canlıların gelişeceği ortamı ve bunlara hayat veren suyun depolandığı yerdir. Toprakta besin maddelerinin geri dönüşümü, suyun arıtılması ve gazların atmosfere geri dönüşümü dahil olmak üzere birçok süreç gerçekleşir. Bu yüzden toprak yaşam için çok önemli bir maddedir.

Teknik olarak değerlendirilecek olursak toprak, organik maddelerin ve kayaların yüzyıllar yüz yıllar boyunca parçalanıp ayrılmasıyla meydana gelmiş, içinde birden fazla canlı barındıran bir maddedir.

İnsanoğlu için bu denli bir öneme ve yere sahip olan toprağın korunması çok önemlidir. Her yıl binlerce, tonlarca verimli toprak su erozyonu nedeniyle akarsu ve dere yatakları vasıtası ile taşınıp kaybolmaktadır. Bununla beraber verimli tarım arazilerin azalması ve ürün çeşitliliği, miktarı ve kalitesinde ciddi azalmalar meydana gelmektedir. Düşen verimlilikle birlikte artan kimyasal kullanımı, aşırı gübreleme gibi durumlar sonrası geriye kalan toprağında kullanılabilirlik iyiden iyiye gerilemektedir.

Erozyon kelimesi Latince “kemirmek” anlamına gelen "rodere" fiilinden türemiştir. Ancak günümüzde daha geniş bir tanıma kavuşmuştur. "Erozyon" artık sayısız süreci tanımlamak için kullanılmaktadır.

Erozyon, toprağı oluşturan materyallerin (toprak, kayalar, tortular vb.) su veya rüzgar gibi doğal faktörler tarafından zamanla aşındığı ve yer değiştirdiği jeolojik bir süreçtir; bazen bu durum, kötü arazi yönetim veya arazi üzerindeki diğer beşeri faktörler nedeniyle hızlanabilmektedir.

Erozyon esnasında taşınan bu materyeller, ulaştıkları alanlarda toprak kirliliğine yol açarak, taşındığı alandaki mevcut arazi kullanımlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Yalnızca taşındığı alanda değil, erozyonun görüldüğü alandaki verimli toprağı da

kaybolması o alandaki her türlü arazi kullanımını olumsuz yönde etkileyecektir. Bu yüzden erozyon mücadele edilmesi çok yüksek bir öneme sahiptir.

2.2. Erozyon Çeşitleri

Toprak erozyonunu “Jeolojik (Doğal) Erozyon” ve “Hızlandırılmış (anormal) Erozyon” olarak ikiye ayrılmaktadır.

2.2.1. Hızlandırılmış Erozyon

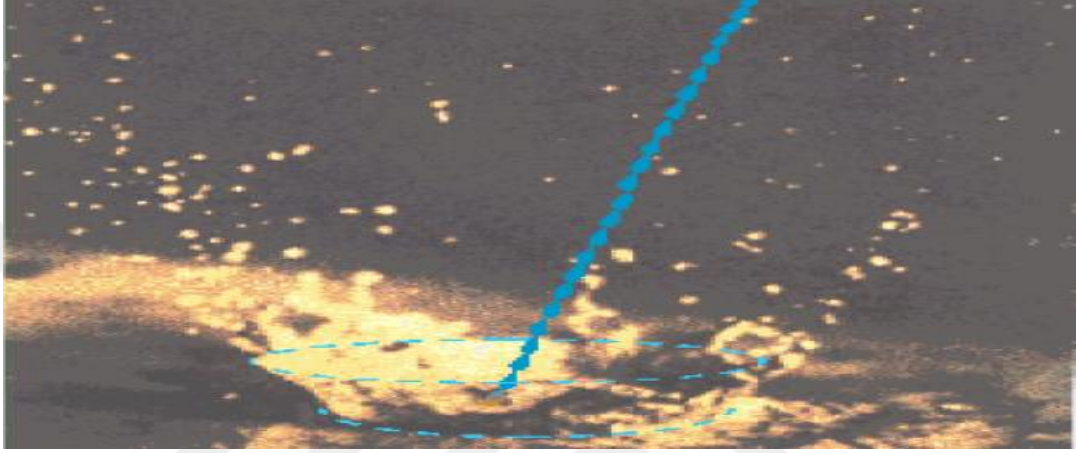
Hızlandırılmış erozyona yol açan en yaygın faktör beşeri faaliyetleridir. Hızlandırılmış erozyon, verimli olan ancak eroziv kuvvetlere karşı aşırı korunmasız olan erozyon bölgelerinde insanların kontrolsüz kentleşmesi ve uygunsuz tarım faaliyetleri sonucunda maddi ve manevi kayıplara sebebiyet veren bir erozyon türü olarak da tanımlanabilir.

Ülkemizde ve çalışma alanında en çok sıklıkla görülen su erozyonu, rüzgâr erozyonu ve kütle erozyonu ile birlikte hızlandırılmış erozyonunun ana başlıklarından birini oluşturmaktadır. Rüzgâr erozyonu, bir yüzey üzerinden geçen havanın toprak parçacıklarının rüzgârla ayrılması ve yer değiştirmesidir. Kısa bir süre içinde rüzgâr erozyonu nedeniyle üst toprağın kaybı artarken, toprak verimliliği ve mahsul verimi önemli ölçüde azalmaktadır. Kütle erozyonu; eğimli arazide dengenin bozulması ile büyük kütlelerin yerçekimi ile aşağıya hareketi olarak tanımlanabilir. Su erozyonu, yağış veya kar sularının arazideki eğim doğrultusunda yüzeysel akışa geçerek, toprağın aşındırılarak yer değiştirmesine ve yer değiştiren malzemelerin başka bölgelerde depolaması durumudur.

Su erozyonu aşınma, taşınma ve depolama gibi özellikleri değerlendirildiğinde 5 farklı alt başlıkta incelenmektedir. Bu başlıklar şu şekildedir, yağmur damlası, yüzey, parmak, oyuntu ve kanal erozyonudur.

- Yağmur Damlası Erozyonu (Darbe)

Yağmur damlası erozyonu, erozyonun ilk aşamasını oluşturur. Yağmur damlalarının toprak yüzeyini tahrip etmesi sonucunda yağmur damlası erozyonu (Şekil 1) meydana gelir. Yağmur damlaları çıplak toprağa düştüğünde, toprak parçacıklarını yerinden çıkarır ve toprak yapısını bozar. Yer yer yağmur damlaları ortalama 30 km/h ulaşır, toprak parçacıklarını yerden 1-2 metre sağa/sola veya 1 metre yukarıya savurabilir.



Şekil 1. Bir Yağmur Damlasını Toprağa Darbe Etkisi (Bahtiyar, 2003)

Yağmur damlaları etkisi ile parçalanan ve sonra sıçrayamaya maruz kalan toprak ve su karışımı, taşındıkları alanlardaki yüzeydeki kanalcıkları ve gözenekleri tıkayarak yüzey kabuğunu ortaya çıkarır (Şekil 2).



Şekil 2. Toprak Yüzeyinde Çatlak Ve Kabuk Oluşumu (URL-2)

- Yüzey Erozyonu

Yüzey erozyonun görülmesinde en büyük rolü aslında damla erozyonu oluşturmaktadır. Damla erozyonu sonucunda yüzeyde oluşan kabuk yapısı yüzünden gözenekleri tıkanan toprak, yağın yağışı infiltre etme yeteneğini kaybetmektedir. Toprağın derinliğine infiltre (emilim) edilemeyen su zamanla eğim doğrultusunda yüzeysel akışa geçerek, toprağın ince tabakaların yıkanarak yer değiştirmesine neden olacaktır. Bu yer değiştirme olayı yüzey erozyonu olarak tanımlanmaktadır. Toprak yüzeyindeki organik madde ve besinlerin taşınmasından dolayı yüzey erozyonu oldukça tehlikeli bir erozyon türüdür.

Şekil 3’de yüzey erozyonu gösteren 4 farklı arazi şekli gösterilmiştir.



Şekil 3. Yüzey Erozyonu (URL-3)

- Parmak/Oluk Erozyonu

Yağışlar ile meydana gelen yüzeysel akış suları, eğim doğrultusunda harekete geçmesiyle sahip olduğu kinetik enerjisiyle aşındırma ve taşıma potansiyeline kavuşmaktadır. Akışa geçen bu su arazi yüzeyinde ince kanallarda, aşındırma ve taşıma gücü sayesinde bu kanalları genişleterek oluk şeklinde göçüklere dönüştürmektedir (Şekil 4). Eğimin artması ile oluk erozyonun şiddeti de artacaktır. Önlem olarak araziye eğime dik şekilde sürmek gerekmektedir.



Şekil 4. Sürülmüş bir tarlada fazla gelişmiş oluk erozyonu.

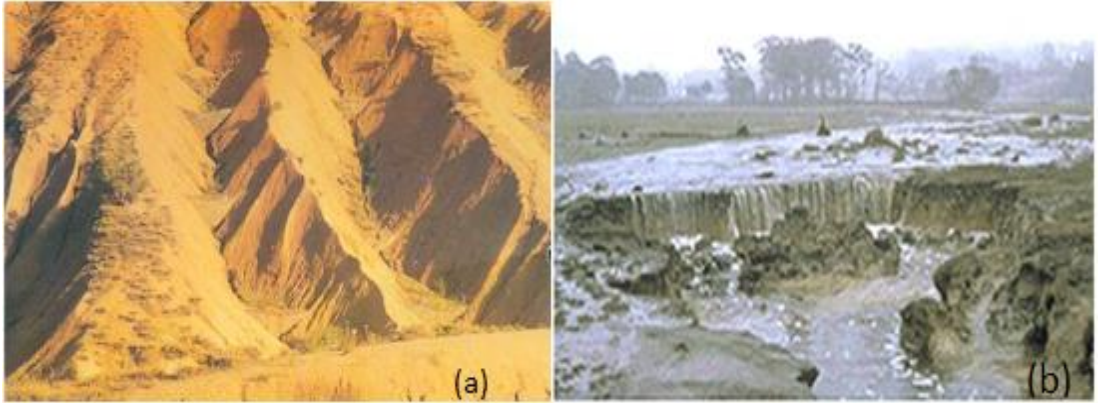
- Oyuntu erozyonu

Oluk erozyonu sonucunda arazi yüzeyine oluşan göçüklerin, arazi yönetimi bakımından her hangi bir erozyon önleyici bir çalışmada yapılmaması halinde, oluklar sel derinleşerek sel yarıntıları haline bürünmektedir. Eğim doğrultusunda hareket eden yüzeysel akış suları sel halinde bu yarıntılarla birleşmektedir. Yarıntılarla birleşen yüzeysel akış suları olukların birleşip genişlemesi sonucunda arazi yüzeyinde bazı oyuntular meydana gelmektedir. Bu oyuntulara karşı önlemler alınmadığı takdirde, gün geçtikçe daha da fazla büyümesi beklenmektedir. İşte oluşabilecek durumun sonucuna oyuntu erozyonu ismi verilmektedir. Şekil 5 'te Arhavi Agora yaylasında meydana gelmiş bir oyuntu erozyon örneği gösterilmiştir.



Şekil 5. Arhavi Agora yaylasındaki bir derede oyuntu erozyonu

Oyuntular sadece eğimin görüldüğü yüzeylerde görülmemektedir. Eğimin düşük olduğu, yamaçlara oranla daha verimli topraklarda da oyuntular görülebilir. Bu oyuntular “V” (Şekil 6a) veya “U” (Şekil 6b) tipinde olabilirler (Şekil 6). Toprağın alt ve üst tabakasının tekstürünün dayanıklılığı ile ilişkilidir.



Şekil 6. V ve U şekilli oyuntular (URL-1)

- Kanal erozyonu

Kanal erozyonu, bir dere, nehir veya genel olarak akarsuların kenarlarında ve tabanında görülen erozyon türüdür. Bu erozyon türünü oyuntu erozyonundan ayıran en önemli faktör, oluklarda sadece yüzeysel akışın olduğu durumlarda erozyon görülürken, akarsularda sürekli bir su akışı olduğundan buna bağlı olarak sürekli bir erozyon görülmektedir. Kanal erozyonu 3 farklı şekilde meydana gelmektedir. Bunların birincisi akış halindeki suyun, dere kenarındaki veya yüzeyindeki toprağın sürtünme/aşınma ile erozyona uğramasıdır. Daha çok küçük akarsularda

görülmektedir. İkincisi büyük kütlelere sahip toprağın erozyonla dengesiz bir şekil alıp, bir anda kopup akarsuya karışmasıdır. Sonuncusu ise normalin dışındaki iklimsel değişiklikler sonrası toprağın erozyona yatkın hale gelmesidir.



Şekil 7. Arhavi Üç Pınar Bölgesinde Kanal/Şev Erozyonu

2.3. Erozyona Etki Eden Faktörler

Erozyona etki eden faktörler doğal ve beşeri olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğal faktörler, iklim, toprak, bitki örtüsü ve topoğrafyadır. Beşeri faktör ise insanların etkisinden oluşmaktadır.

- İklim

Aşındırıcı bir güç olan yağışların çeşitli özellikleri (yağış süresi, yağış miktarı vb.) ile toprak kaybı miktarı arasındaki ilişki birçok araştırmacı tarafından uzun yıllardır araştırılmaktadır. Yağış şiddeti ile erozyon arasında başlangıçta ortaya konulan doğrusal ilişki son zamanlarda pek benimsenmemektedir. Yağışların süresi ile oluşan toprak kayıpları ilişkisi de belirgin değildir. 1950 yılından sonra yapılan çok sayıdaki araştırmaların sonucuna göre erozyonu etkileyen 20'ye yakın yağış etmeninden yalnızca yağışların toprağa aktardığı total kinetik enerji ile yağış yoğunluğunun, toprak kaybı miktarı ile doğrusal ilişki verdiği belirlenmiştir (Doğan, 1987).

Günümüzde bizler tehdit eden küresel ısınma gibi anormal iklim değişiklikleri de yağın yağışların miktarlarının artmasına yer yer sebep olmaktadır. Çalışma alanında 2021 yılında yoğun yağış nedeni ile meydana gelen sel felaketi iklimin sebep olduğu erozyon tehlikesinin açık bir örneğidir. Bu tür iklim değişiklikleri yalnızca doğal

afetlere sebep olmayıp, akarsularda görülen erozyonun artmasında da doğrudan etkisi olacaktır.

- Toprak

Toprağın sahip olduğu karakteristik özellikleri (kumlu veya killi yapısı) erozyonun oluşmasında en önemli rolü oynamaktadır. Killi toprakların taşınması daha kolay olup, kumlu topraklarda taşınma daha zordur (Tüfekçioğlu, 2017).

Toprağın bulunduğu arazideki taşınmasına karşı oluşturduğu aşınabilirlik özellikleri; arazideki konumu, arazi kullanımı açısından yanlış kullanımı, infiltre yeteneği ve organik madde miktarı gibi faktörlere bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Bütün bu faktörler erozyonun oluşması üzerinde etkin bir rol oynamaktadır.

- Bitki örtüsü

Bitki örtüsü erozyonla mücadelede ciddi bir konuma sahiptir. Bitki örtüsü, altındaki toprağı kaplayarak koruyucu bir rol üstlenir. Bitkilerin sahip olduğu kök yapısı toprağın alt kısımlarındaki tanecikleri bir arada tutma görevi üstlenmektedir. Toprağın üst kısmında ise ölü veya canlı bitki örtüsü ile araziye düşen yağışın hızı ve rüzgârın etkisini azaltarak erozyona karşı bir önlem alınmış olunur. Ayrıca yağış şiddetinde ve rüzgârın hızında, ağaçların sahip olduğu yaprak yapısı ve gövdeleri de, azaltıcı görev üstlenmektedir. Ağaçların yaprakları yağın yağışların bir kısmının atmosfere geri buharlaştırarak toprağın erozyona karşı korunmasında etkisi bulunmaktadır.

- Topoğrafya

Topoğrafyanın erozyon açısından önemi, arazinin yer şekillerinin sahip olduğu eğim ile ilişkilidir. Eğimin sarp ve çok dik olduğu topoğrafyaya sahip alanlarda erozyon seviyesi de buna bağlı olarak artacaktır. Eğimin değeri ve uzunluğu arttıkça yüzeysel akışın artması görülen bu erozyon artışındaki en önemli unsurdur. Bu konuda eğimin seviyesinin artış görüldüğü alanlarda, tarım faaliyetlerinin uygun yöntemlerce uygulanması veya kaçınılması, ağaçlandırma veya erozyon kontrol tedbirleri (ıslah tesisleri, set, duvar vb.) gibi önlemler alınması erozyonla mücadele etme konusunda alınabilecek önlemler arasında yer almaktadır.

- İnsan

İnsanların artan nüfüsü ile artan barınma ve gıda ihtiyacı toprağın zarar görmesinde büyük rol oynamaktadır. Akarsu yataklarına inşa edilen kentsel yapılar yüzünden ve tarımsal arazilerdeki bilinçsiz ve aşırı kullanım ile tahrip topraklarda (Şekil 8) erozyon oluşumu da artmaktadır. Erozyon oluşumu doğal olarak gerçekleşen bir olay olsa da insanların bu süreci hızlandırmada etkin bir faktördür.



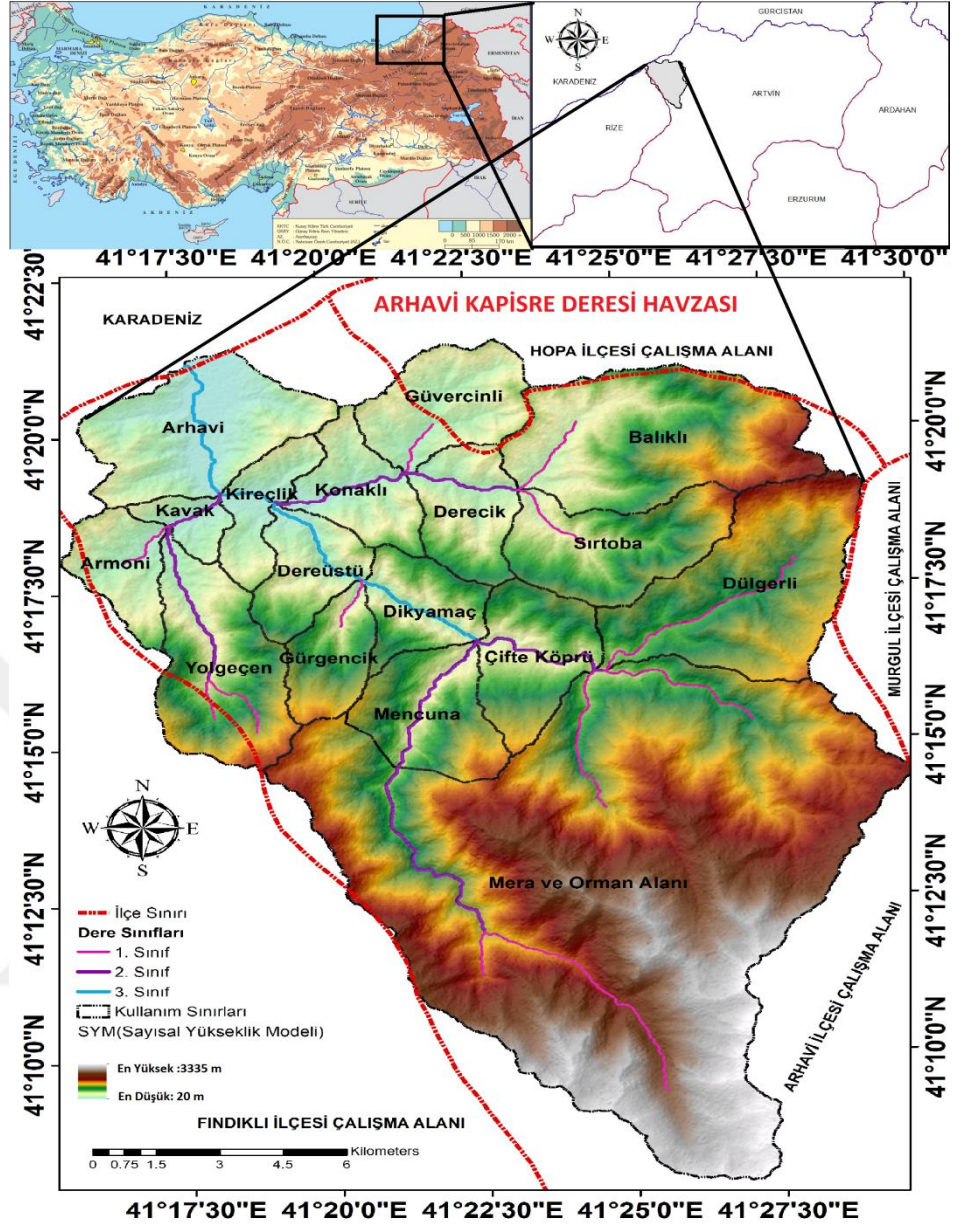
Şekil 8. Arazinin Eğim Yönüne Sürülmesi ile Usulsüz Tarım Tekniği (TEMA)

3. MATERYEL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafik ve Topoğrafik Konumu

Arhavi Kapisre Deresi Havzası (AKDH), Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kuzeydoğu sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışma kapsamında, uydu görüntüleri ve bölgeye ait topoğrafik paftalar yardımı ile oluşturulan, bölgeye ait arazi kullanımı haritasından elde edilen sonuçlara göre AKDH; toplam 29913,89 oluşmakta, yaklaşık 26 bin hektar orman ve meralık alanlardan ve kalan kısımları da tarım ve yerleşim alanından oluşmaktadır. Alan $41^{\circ}10'00''$ ile $41^{\circ}22'30''$ kuzey enlemleri, $41^{\circ}17'00''$ ile $41^{\circ}27'30''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Tamamı neredeyse Artvin il sınırları içerisinde olup batı sınırları Rize ilinin Fındıklı ilçesi ile paylaşmaktadır. Kuzey şeridini Karadeniz sahili ve Hopa ilçesi, doğusunu Murgul, güney şeridi Arhavi ilçe sınırları ve batısını Rize ili Fındıklı ilçesi oluşturmaktadır (Şekil 9). Çalışma alanının genişliği doğudan Yolgeçen mezralarından batıda Acıgöl mezralarına kadar yaklaşık 16 km olup, uzunluğu Karadeniz sahil şeridinden güneyde Gül dağlarına kadar olan mesafede yaklaşık 27 km'dir. AKDH'nın yükseltisi 20 ila 3343 m arasında değişmekte olup, ortalama deniz seviyesinden yüksekliği 1672 m'dir. Bu nedenle çalışma alanı yüksek dağlık bir arazide yer almaktadır (URL-4). Çalışma alanı, kuzeyde Niskah Tepesi (1143 m.), Kilise Tepesi (565 m.), İsina Tepesi (592 m.), Karadeniz sahil şeridi (20m.), Padiha Tepesi (504 m.), Demiragani Tepesi (881 m.), Silazur Tepesi (1325 m.), batıda Sazlık Tepesi (1683 m.), Nopapen Tepesi (2246 m.), Çatalkaya Tepesi (2984 m.), Alacagöl Tepesi (2922 m.), güneyde Çukur Tepesi (3006 m.), Gül Dağı (3371 m.), Demirkapı Tepesi (3196 m.), Boğa Tepesi (3131 m.), Magara Tepesi (2913 m.), doğuda Dikme Tepesi (2068 m.), Acıgöl Tepesi (1813 m.), Soğuksu Tepesi (1317 m.), Balıklı Dağı (1791 m.) ile sınırlandırılmıştır.



Şekil 9. Çalışma Alanının Genel Konumu.

3.1.2. İklimi

Bitki örtüsünün oluşmasında en önemli faktörlerden birisi de iklim özellikleridir. Artvin ilinin iklim özelliklerinin belirlenmesinde Artvin Meteoroloji İstasyonunun uzun süreli gözlem değerleri kullanılmıştır. Artvin, Karadeniz Bölgesinin Doğu Karadeniz Bölümü sınırları içerisinde yer almaktadır. İklimin karakteristiği, kışların ılık, yazların sıcak ve çok yüksek yağışların sıkça görülmesidir. Çoruh Nehri ve Cankurtaran Geçidinden gelen nemli hava ile hem Karadeniz'in etkisi altında bulunmakta hem de yüksek bir arazi yapısına sahip olduğu için sık sık yağış görülmekte ve sis oluşmaktadır (Yüksek ve Ölmez, 2002).

Meteorolojiye göre Artvin Merkez ilçesi için ortalama sıcaklık ve yağış değerleri sırasıyla 12,3 °C, 693,mm'dir. Arhavi bölgesinde, çalışma alanında uygulanacak erozyon tahmin modelinde kullanılması için referans alınan 2019-2021 yılları arası yağış ve sıcaklık verileri Şekil 10'da gösterilmiştir. 3 yılın yıllık ortalama toplam yağış miktarı 2265 mm'dir. Verilerin alındığı istasyon ismi ARHAVİ, numarası 18554 ve rakımı 290 m'dir.

Gözlemlenen aylık ortalama maximum sıcaklık (C)	12.0	10.7	11.8	15.6	21.4	24.7	26.1	25.8	23.4	20.6	16.6	14.7
Gözlemlenen aylık ortalama minimum sıcaklık (C)	4.5	3.6	4.7	7.7	12.5	17.0	18.8	18.8	16.2	13.1	9.1	7.0
Gözlemlenen aylık ortalama yağış (mm)	105.4	132.5	137.6	71.4	85.9	77.0	376.6	193.5	276.6	223.1	314.4	340.7

Şekil 10. Arhavi'de 2019-2021 Ortalama Max/Min Sıcaklık ve Yağış

3.1.3. Bitki Örtüsü

Çalışma alanını kapsayan Artvin ili endemik bitkilere ev sahipliği yapmaktadır. Artvin'de bütün Karadeniz gibi genellikle yapraklı bir orman örtüsüne sahiptir. Özellikle doğu kısımlarında fındık ve gürgen baskın türdür. Ayrıca Artvin Euro-Siberian bölgesinin Cochis kısmında kalmaktadır (Anşin, 1983).

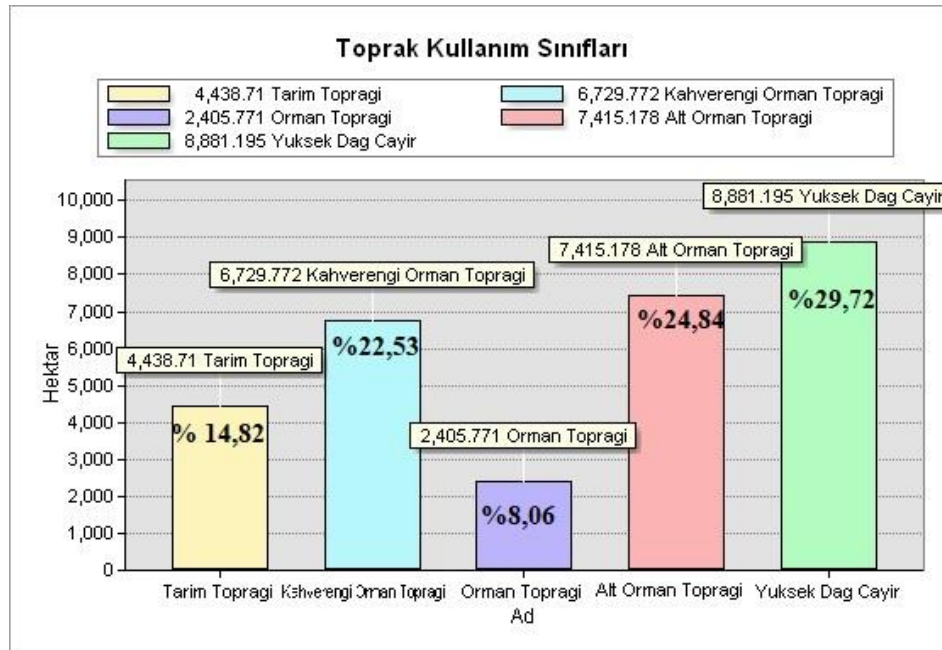
1997-2000 yılları Artvin Merkez ilçesine bağlı bazı mevkilerin ve etrafının florası incelendiğinde 84 bitki ailesi ve 334 cinsine ait toplam 545 takson saptamıştır. En çok sayıda türün mevcut olduğu bitki aileleri sırasıyla "Compositae" (%10.28), "Leguminosae" (%10.09), "Rosaceae" (%7.52), "Labiatae" (%5.50), "Cruciferae" (%4.59) ve "Gramineae" (%4.40). En fazla bulunan cinsler yine sırasıyla "Trifolium L." (14 takson), "Astragalus L." (9 takson)'dur. Taksonların %5,5'lik kısmı Artvin'e özel endemik taksonlardır (Eminağaoğlu ve Anşin, 2005).

3.1.4. Toprak ve Jeolojik Özellikleri

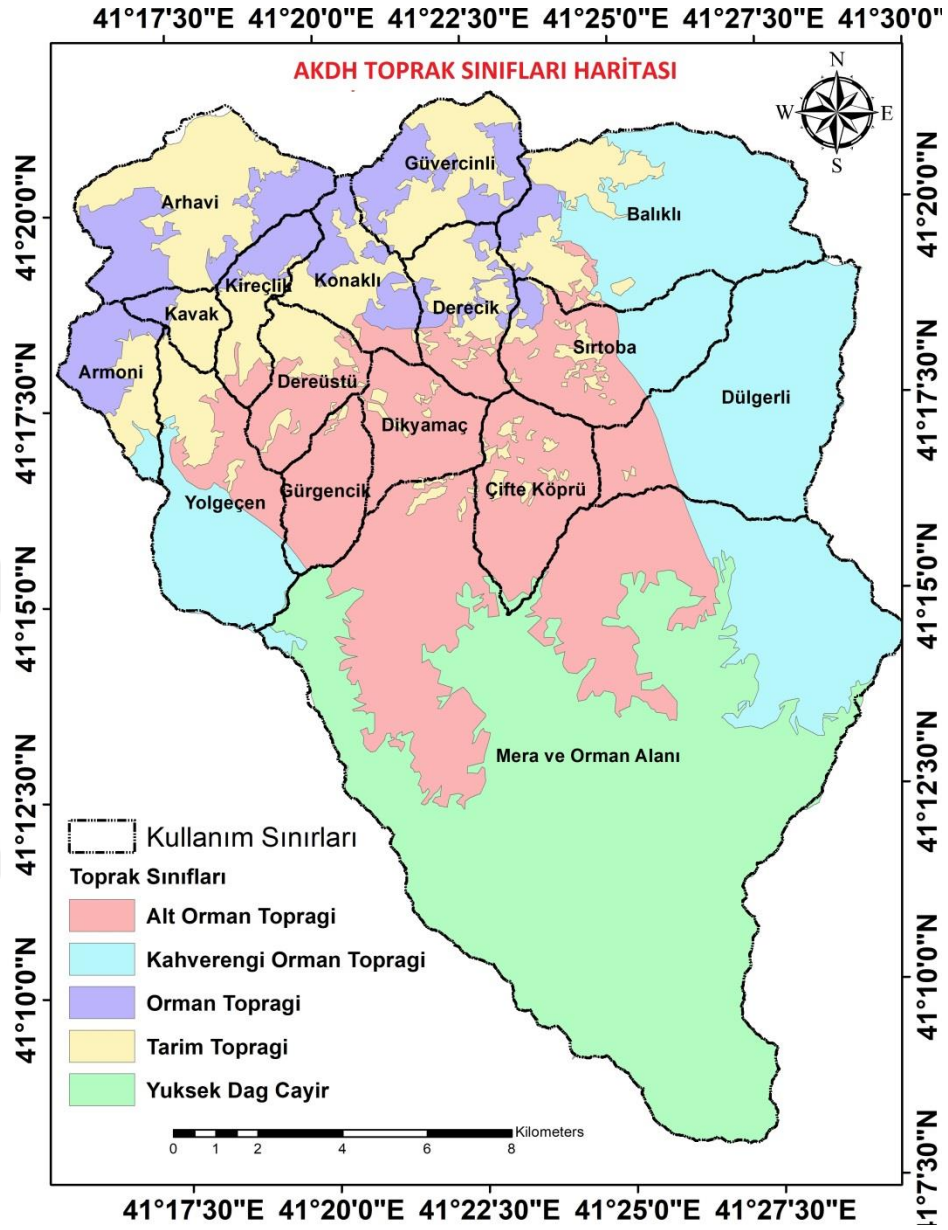
Ardeşen-Fındıklı-Arhavi-Hopa arasındaki kıyı şeridi ve gerisinde güneye doğru hızla yükselti kazanarak akarsularla derin şekilde platolar ve dağlık arazilerde jeolojik yapı çeşitli jeolojik devirlere ait tortul, volkanik ve derinlik kayalarından meydana gelmektedir. Bu bölgede özellikle Ardeşen güneydoğusunda kıyıya 2,5 km kadar yaklaşarak genelde dağların yüksek kesimlerinde yayılış alanı gösteren granodioritler

temele ait en eski kaya topluluklarını meydana getirmektedir. Granodioritler üzerine gelen daha genç birimlerin Üst Kretase'nin dasit, riolit türünden derinlik kayaçlarının lav ve piroklastik kayaları oluşturur. Bunlar sadece Arhavi doğusunda güneybatı-kuzeydoğu doğrultulu bir kuşakta yayılırlar ve yüksek plato oluşumuna elverişlidirler. Bu volkanitleri yine aynı yaştaki bazalt lav ve piroklastlarından oluşan volkanik kayaçlar izler. Ardeşen – Hopa arasında falezli yüksek kıyının Ardeşen çevresindeki kesimi hariç hemen tamamı bu kayaçlar üzerine geliştirilmiştir (Solmaz Oğuz, 2002).

“Eski Amerikan Toprak Sınıflandırma Sistemi”, 1938 yılında Baldwin ve ark., tarafından hayata geçirilen ve sonrasında, Thorph ve Smith'in 1949 yılında geliştirdikleri eski sınıflandırma sistemidir. Bu sistemin kategorilerinden olan Büyük Toprak Grubu (BTG) kapsamında Artvin için değerlendirilecek olunursa, toprak grubunun neredeyse yarısı (%49.65) kahverengi orman toprağı (M), ilçe bazında değerlendirildiğinde, Arhavi'nin %84.24'ünün kırmızı-sarı podzolik topraklardan (P) oluştuğı tespit edilmiştir (Yavuz Özalp ve ark., 2013). Ayrıca, Kırmızı-Sarı Podzolik BTG'ye ait topraklar Podzolik tipte olup, A2 horizonunda görülmektedir. Çoğunlukla orta tekstürlüdür. Topraklar pH açısından kuvvetli ve orta asitlidir. (Özyazıcı ve ark., 2013).



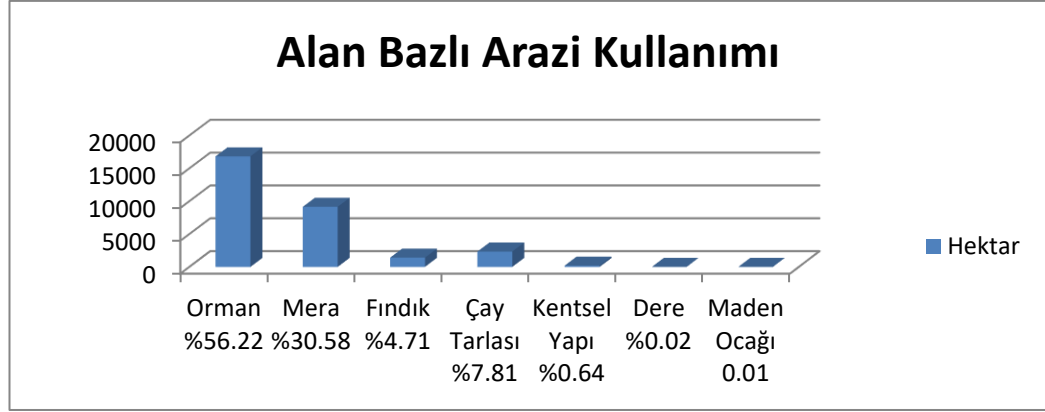
Şekil 11. AKDH Toprak Sınıfları Yüzdelik Dağılımı



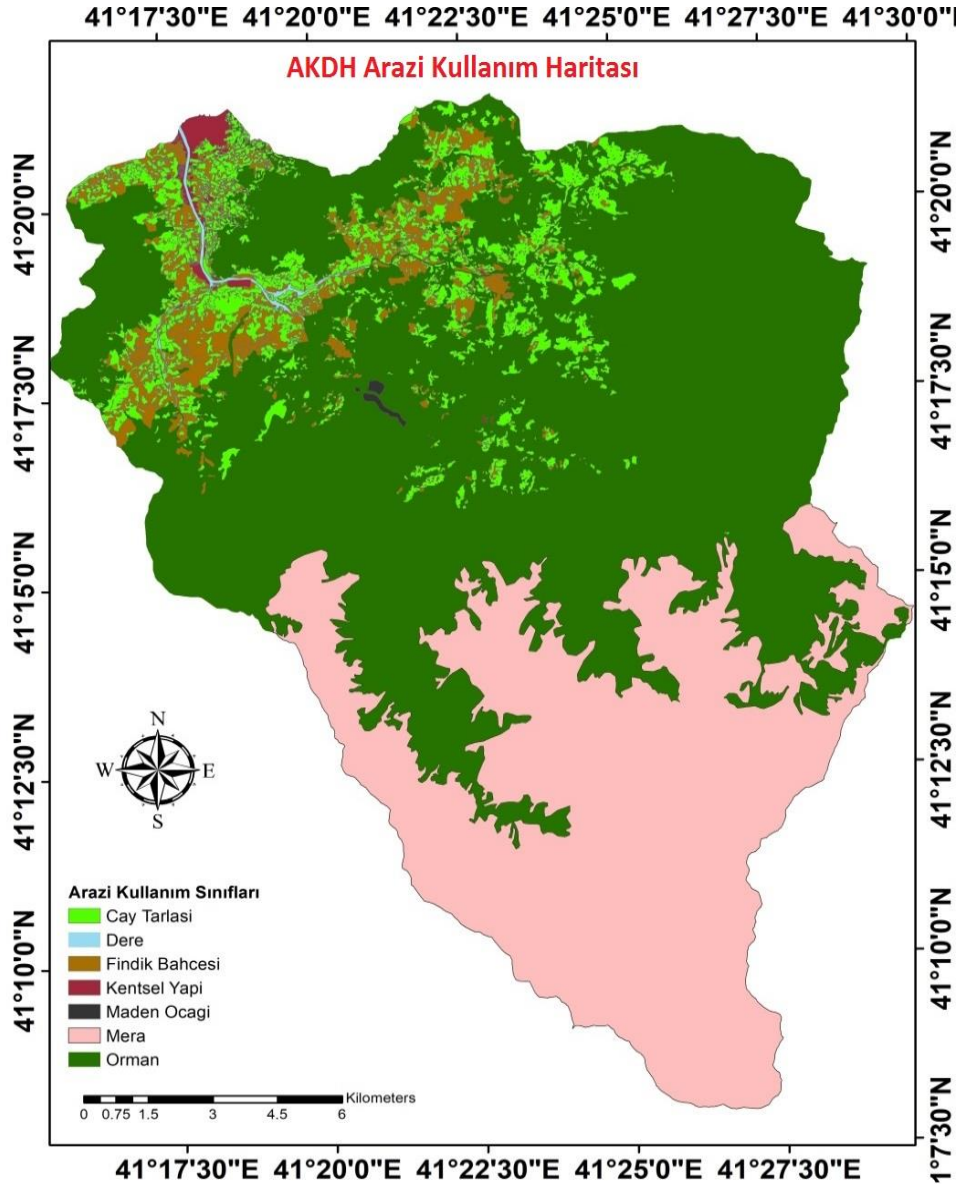
Şekil 12. AKDH Toprak Grupları Dağılımı

3.1.5. Arazi Kullanımı

Arhavi Kapisre Deresi Havzası; toplam 29913,89 hektar alandan oluşup, % 7.81'lik (2336,3 ha) alan çaylık, % 4.71'lik (1409 ha) alan fındıklık, % 56.22'lik (16817,6 ha) alan orman, % 30.58'lik (9147,6 ha) alan mera ve % 0.67'lik diğer arazi kullanımlarından oluşmaktadır. Hektar bazında dağılımı Şekil 13'de, arazi kullanım dağılımı haritası da Şekil 14'de gösterilmiştir.



Şekil 13. Arazi Kullanımı Alan Dağılımı



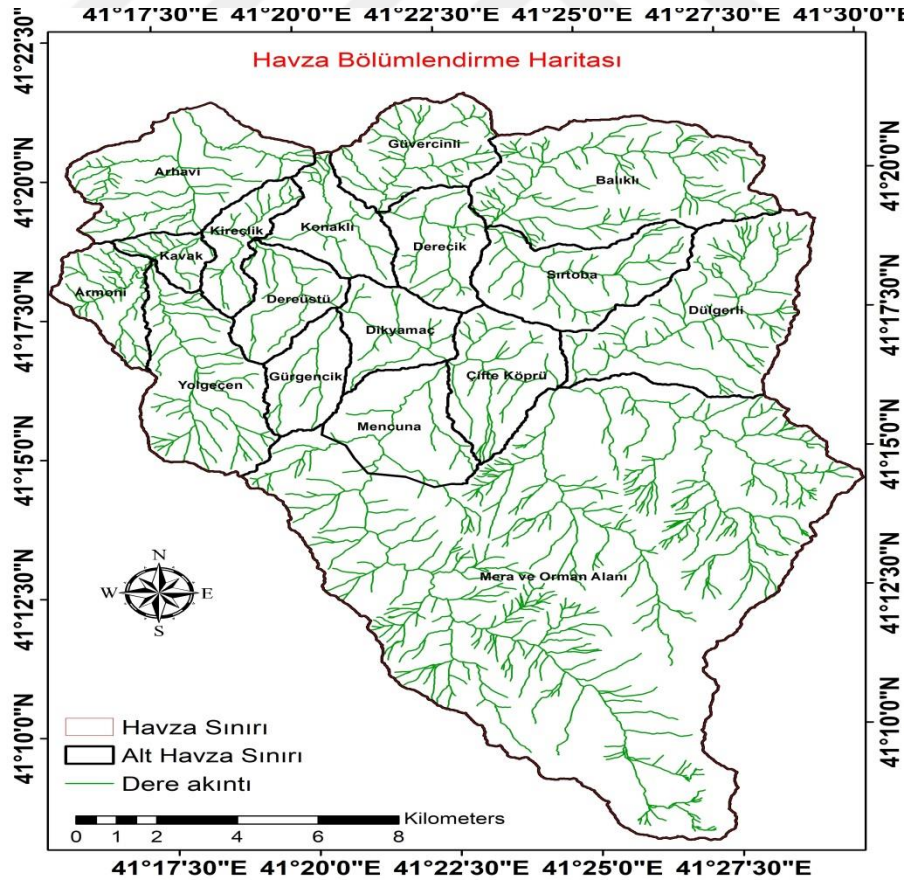
Şekil 14. AKDH Arazi Kullanım Haritası

3.2 Yöntem

3.2.1. Arazi Yöntemleri

3.2.1.1. Arhavi Kapisre Dere Havzasının Alt Havzalara Bölümlendirilmesi

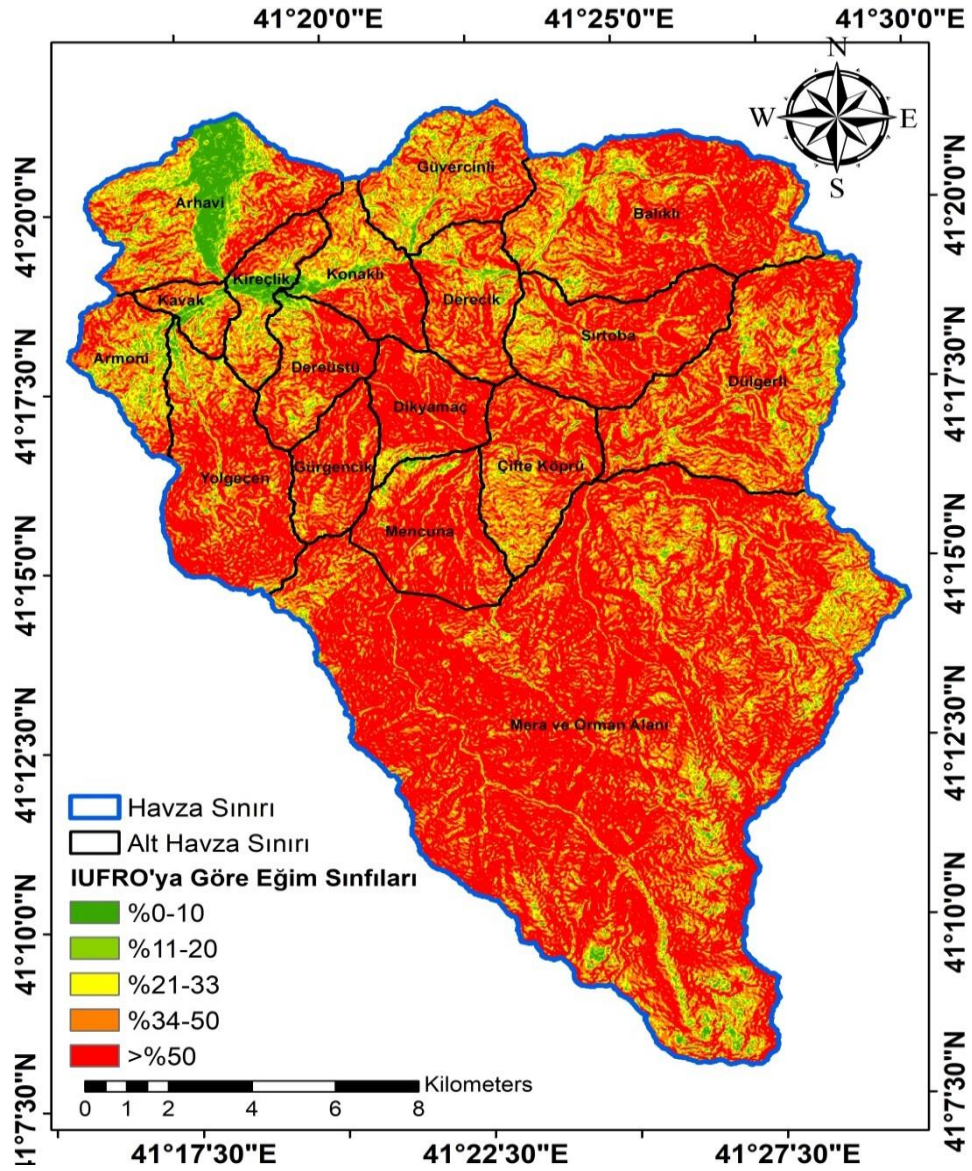
Araştırma alanında alt havzalar mevki ve mahalle sınırları tespit edilerek oluşturulmuştur. Belirlenen alt havzalar sınırları içerisinde, arazi kullanım türü, toprak özellikleri, hidrografik özellikleri, bitki örtüsü, iklimi bakımından birbirlerinden farklılıklar göstermektedir. Böylelikle bu alt havzalarda, görülen bu farklılıkların erozyon üzerinde görülebilecek etkilerinin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Alt havzalar toplam 17 adetten oluşmaktadır (Şekil 15). Kapladığı alan açısından en yüksek hektara sahip alt havza; sadece mera ve ormanlık alanlardan oluşup 1255 hektardan oluşmaktadır. 27,7 hektar alanla ise Kavak mevkiisi en küçük alt havza konumundadır. Dere ağı, kadastral paftaların ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerin üzerinden sayısallaştırılarak oluşturulmuştur.



Şekil 15. Alt Havza Bölümlendirme Haritası

3.2.1.2. Alt Havzaların Eğiminin Değerlendirilmesi

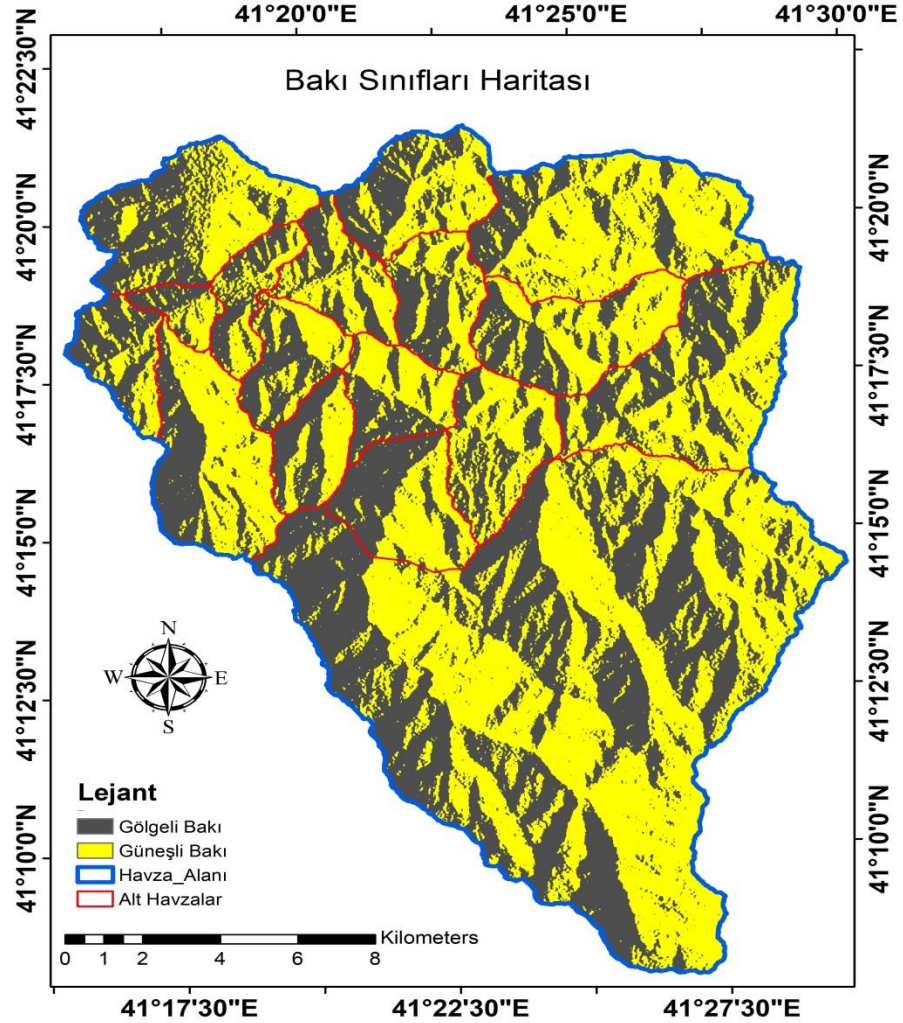
Havza alanına hakîm eğimin %50 ve üzerinde olduğu görülmektedir. Eğim haritası üzerinde AKDH'nin eğim oranları IUFRO eğim sınıflarına göre incelendiğinde %46,89 oranında çok dik (>%50), %30,07 oranında dik (%34-50), %14,65 oranında orta (%21-33), %5,56 oranında hafif (%11-10) ve %2,79 oranında düz (%0-10) eğime sahiptir (Şekil 16). Böylelikle havzanın genelinin dik ve sarp bir arazi yapısına sahip olduğu görülmektedir. Bu yapı tarımsal faaliyetlerin çeşitliliğinde önemli oranda kısıtlayıcı bir rol oynamaktadır. Bu yüzden alanda hakîm olan tarımsal faaliyetler sadece çay ve fındık olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 16. AKDH'nin IUFRO Eğim Sınıflarına Göre Eğim Sınıfları Haritası

3.2.1.3. Alt Havzaların Bakısının Değerlendirilmesi

AKDH'nin bakı durumu açısından değerlendirildiğinde; %43,93 gölgeli bakı ve %56,07 güneşli bakı oranları ile birbirine neredeyse eşit değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu yüzden havzada baskın bir bakı karakteristiği görülmemektedir (Şekil 17).



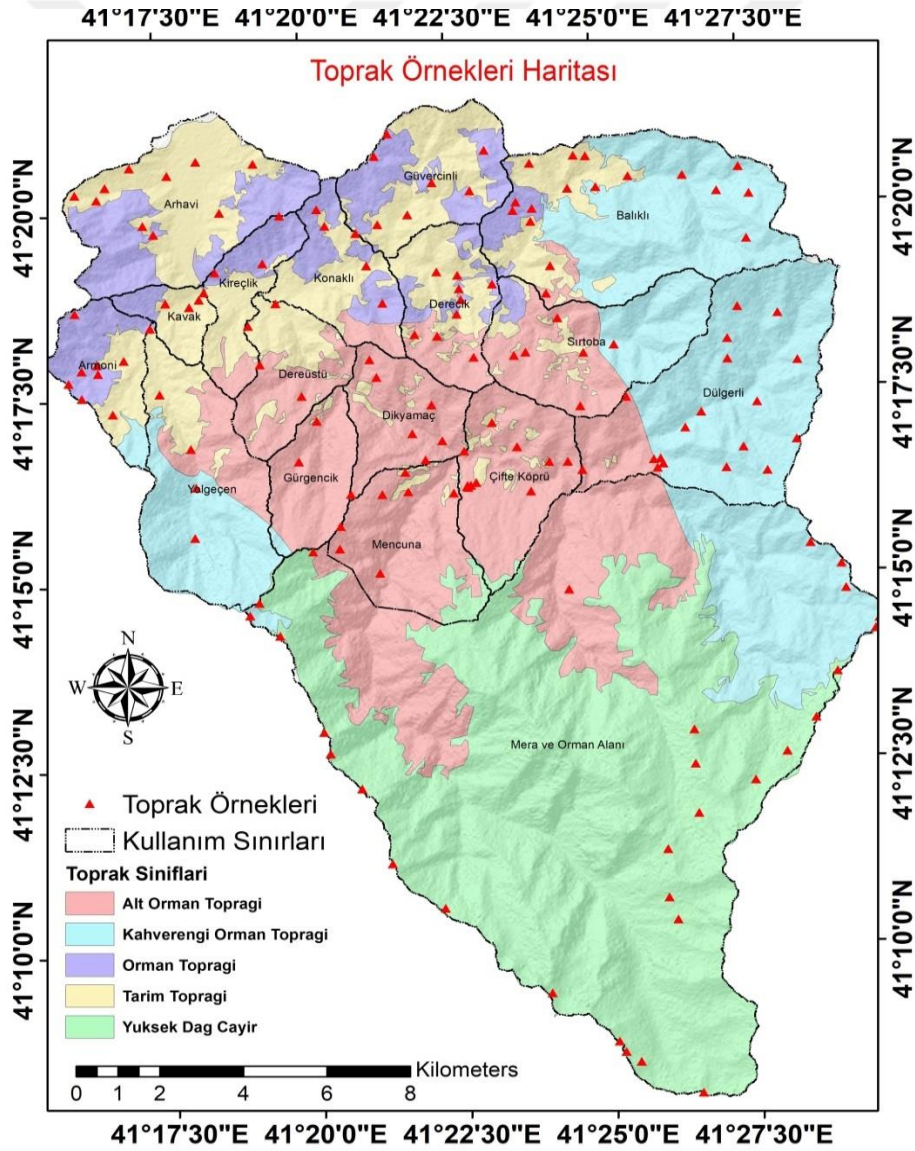
Şekil 17. AKDH'nin Bölümlendirilmiş Alt Havzalara Ait Bakı Sınıfları Haritası

3.2.1.4. AKDH'de Toplanan Toprak Örneklerinin İncelenmesi

Avrupa Birliği tarafından, Avrupa Komşuluk Aracı ve aralarında Türkiye'nin de bulunduğu katılımcı ülkeler üzerinden finanse edilen Karadeniz Havzası Sınır Ötesi İşbirliği 2014-2020 projeleri başlığı altında BSB963 kodlu Protect Streams 4 Sea (URL-5) projesi adı altında çalışma arkadaşlarımızın ekip çalışması sonucunda elde edilmiştir. Toprak verilerinin toplanması hususunda çalışma alanının tamamın

karakteristik özelliklerinin örneklerini barındıran arazi kullanım şekilleri ve coğrafik koşullar göz önünde tutulmuştur.

Havzada baskın tarımsal arazi kullanımı olan çay ve fındık parsellerinden 33'şer adet toplam 66 örnek, ormanlardan 66 adet örnek ve meralardan 22 adet örnek olacak şekilde toplamda 154 farklı noktadan 0-15 cm ve 15-30 cm derinlik seviyelerinden 308 adet toprak örneği toplanmıştır. Toplanan örneklerin laboratuvar analizleri proje kapsamında yapılmış olup, elde edilen kum, kil, organik madde gibi sonuçların erozyon tahmin modelinin girdi verilerinden biri olan toprak dosyasının hazırlanılışında kullanılmıştır.



Şekil 18. AKDH'den Alınan Toprak Örneği Noktalarının Dağılımı

3.2.2. Bilgisayar ve Model Yöntemleri

3.2.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemi

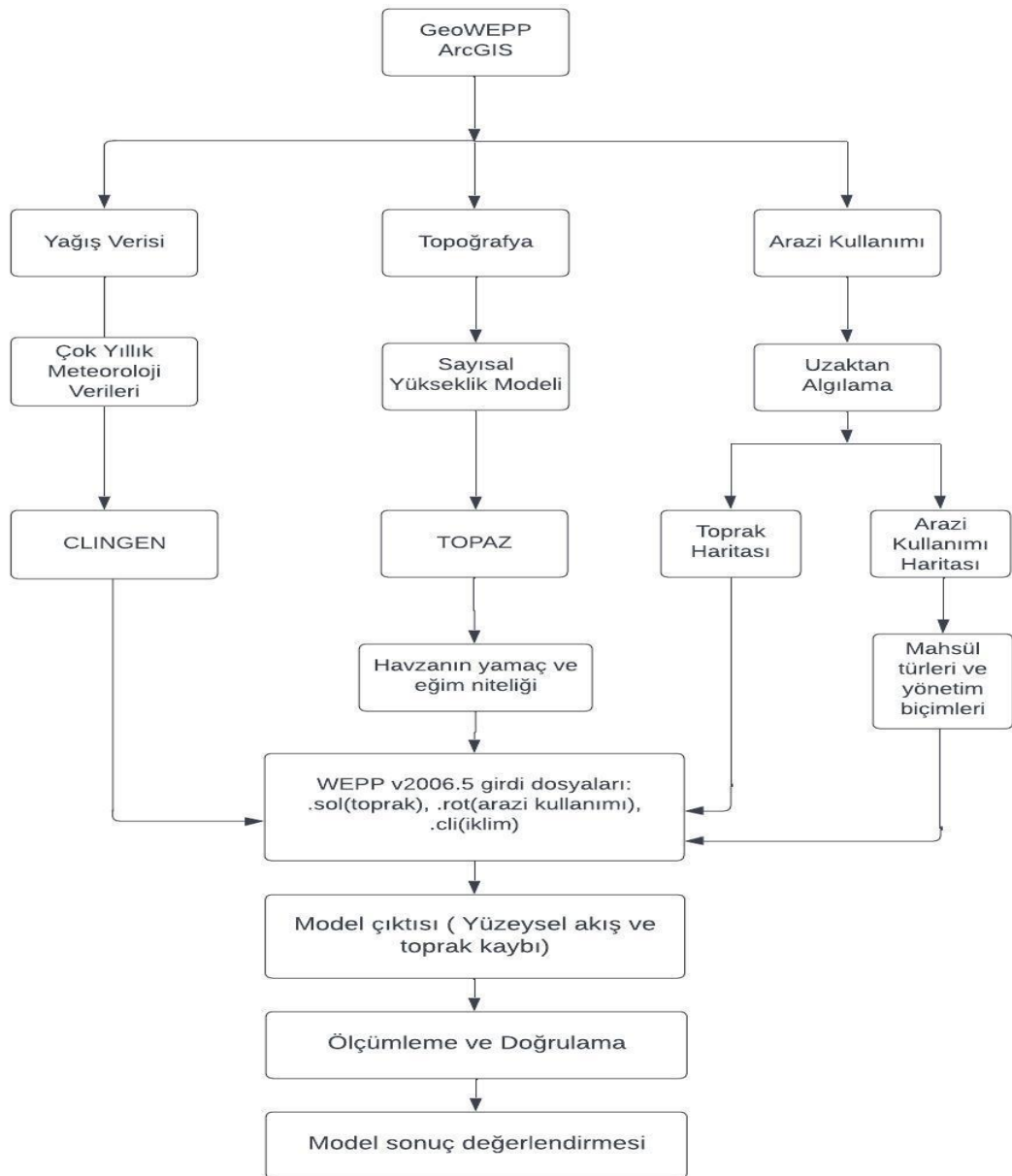
Coğrafi Bilgi Sistemi, 'Geography Information System (GIS), coğrafi verileri elde etmek, biriktirmek, soruşturmak, analiz etmek ve görüntülemek için kullanılan bir bilgisayar tabanlı bir sistemdir (Chang, 2019). GeoWEPP erozyon modelinin yürütülmesi çalışmasında, modelin alt yapısını oluşturan, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), arazi kullanım şekilleri haritası, dere ağı, arazinin bakı haritası, arazinin toprak haritası, alt havza bölümleri verilerinin bilgisayara girilmesi ve değerlendirilmesinde CBS yazılımı olan ve ESRI (Environmental System Research Institute) tarafından geliştirilen ArcGIS yazılımının jeo-uzamsal işleme programları paketi içerisinde yer alan ArcMap 10.1 modülü kullanılmıştır.

3.2.2.2. Water Erosion Prediction Project (WEPP)

WEPP, hidroloji, erozyon mekaniği, bitki gelişimi ve kanal hidrolojisi esasları üzerine kurulmuş, toprak erozyonunu ve yamaçlardan ve alt havzalardan sediment iletimini tahmin etmeye yönelik sürece dayalı, yeni bir erozyon tahmin modelidir (Flanagan and Nearing, 1995). WEPP havza modeli, yamaç ve havza ölçeğindeki erozyonu tahmin etmek için hidroloji, bitki örtüsü ve erozyon mekaniğini birleştiren WEPP yamaç modelinin bir uzantısıdır. Modele etki eden toplam dokuz bileşenler; iklim oluşumu, kış süreci, sulama, hidroloji, toprak, bitki gelişimi, ayrışma, yüzeysel akış, erozyon ve depolamadır. Model, topoğrafya, toprak tür ve niteliği, tarım ve arazi kullanım koşullarındaki mekânsal ve zamansal değişkenlikleri dikkate almaktadır (Singh ve ark., 2020).

WEPP'in sahip olduğu bu özellikler göz önünde bulundurulduğunda, WEPP globalde ve ülkemizde sıkça kullanılan bir program olma özelliği taşımaktadır. Ayrıca CBS ve UA tekniklerinin WEPP programı ile bütünleştirilebilmesi, kullanıcıları programı kullanmasındaki önemli sebeplerden biridir. Diğer erozyon modellerindeki parametrelerle oranla modelin sunduğu zengin ve geliştirilmiş parametreler WEPP'i öne çıkaran ayrı bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

CBS sistemlerinin WEPP'e entegrasyonu ile GeoWEPP yazılımı oluşturulmuştur. Bunun yanında GeoWEPP'e TOPAZ yazılımlarının sunmuş imkânlar da eklenince, çalışma alanımız gibi büyük ölçekli havzalarda yürütülebilecek bir erozyon tahmin modeli teknolojisi ortaya çıkmıştır. TOPAZ'ın sunduğu özellikler içersinde havzanın yamaçlara bölünmesi, drenaj ağının tespiti ve akış yönlerinin tespiti gibi unsurlar yer almaktadır. GeoWEPP'in kullanımıyla havzda meydana gelen erozyon değerleri CBS ortamında harita ve grafik şeklinde görülmektedir (Martz ve Garbrecht, 1993; Garbrecht ve Martz, 1999; Lyon, 2003).



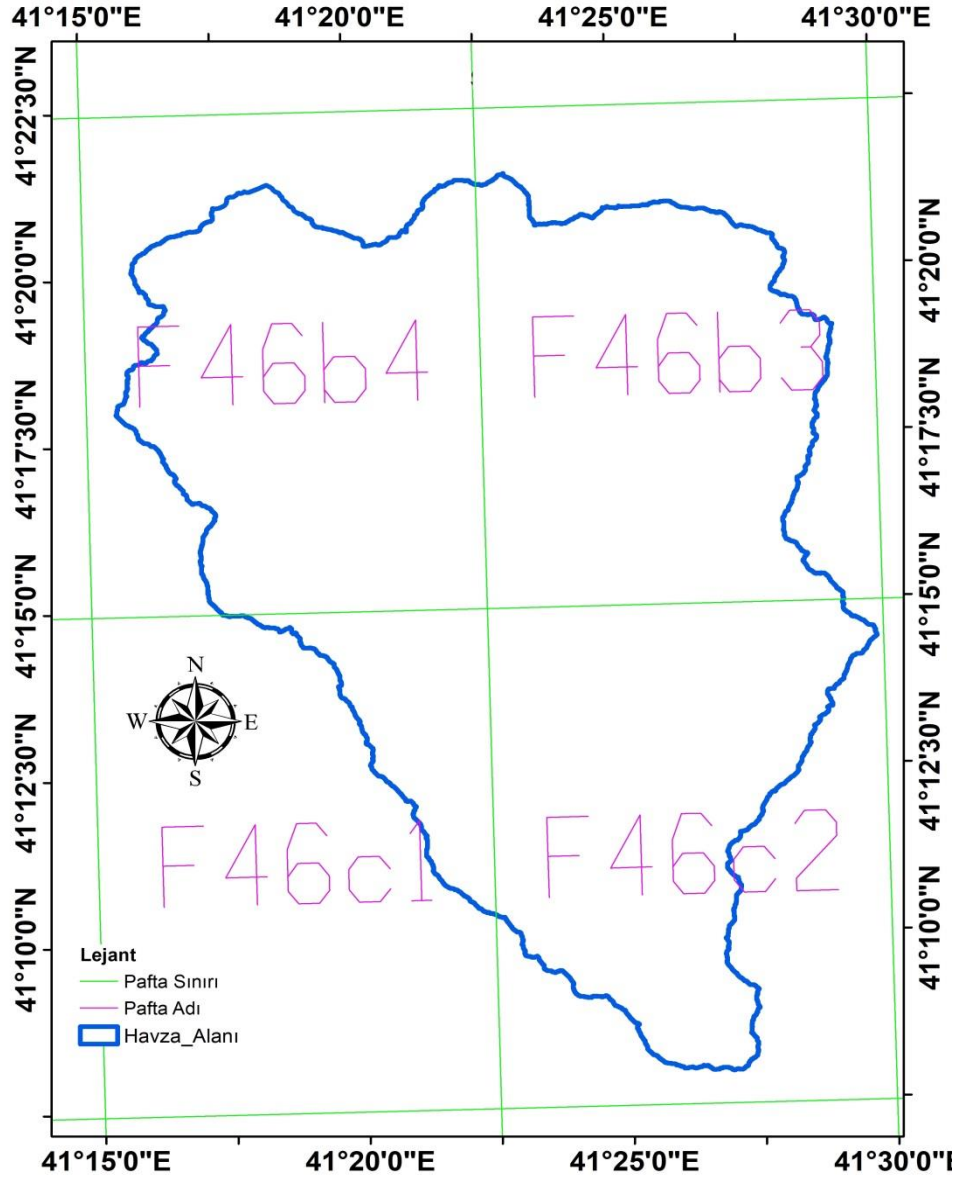
Şekil 19. GeoWEPP'in Modelleme Tekniği Şeması.

3.2.2.2.1. WEPP Girdi Dosyaları

WEPP modelini çalıştırmak için gerekli girdi verileri, eğim (slope), toprak (soil), arazi kullanım yönetimi (land cover management) ve iklim (climate) dosyalarıdır.

3.2.2.2.1.1. Eğim (Slope) Dosyası

F46b4, F46b3, F46c1 ve F46c2 1/25.000 ölçekli memleket paftaları (Şekil 20) sayısallaştırılarak eş yükselti eğrileri verileri elde edilmiştir. CBS yardımıyla eş yükseklik eğrileri ile oluşturulan sayısal yükseklik modeli (SYM) yardımıyla eğim dosyası oluşturulmuştur.



Şekil 20. Çalışma Alanını Kapsayan Pafta Sınırları.

3.2.2.2.1.2. Toprak (Soil) Dosyası

Havzadaki her farklı toprak türünün diğerlerinden farklı hidrolojik ve fiziksel özellikler taşımaktadır. Bu nedenle WEPP modeli üzerinden havzadaki mevcut farklı toprak türlerinin her biri için ayrı toprak dosyaları üretilmiştir. Çalışma alanında %8,06 orman toprağı, %24,84 alt orman toprağı, %22,53 kahverengi orman toprağı, %29,72 yüksek dağı çayır toprağı ve %14,82 tarım toprağı mevcuttur. Araziden 0-15 cm ve 15-30 cm derinliklerden elde edilen toplam 308 örneğin laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen kum, kil ve organik madde içeriğı, katyon değışim kapasitesi ve albedosu, formüller veya WEPP modelinin istenildiğı durumda kendisinin de hesaplayabileceğı (şekil 21) rill ve interrill erodibilitiler, kesme direnci ve hidrolik iletkenlik değışleri, WEPP modeli üzerinden (.sol) uzantısını taşıyan toprak dosyasının oluşturan verilerdir.

Soil Database Editor: Tarım Toprağı.sol

Soil File Name: Tarım Toprağı Soil Texture: Kumlu Killi Balcık Albedo: 0.0097 Initial Sat. Level: (%) 45

Interrill Erodibility: (Kg"s/n²4) ☒ Have Model Calculate

Rill Erodibility: 0.0004 (s/m) ☐ Have Model Calculate

Critical Shear: 3.5 (Pa) ☐ Have Model Calculate

Eff. Hydr. Conductivity: 16.81 (mm/h) ☐ Have Model Calculate

Layer	Depth(mm)	Sand(%)	Clay(%)	Organic(%)	CEC(meq/t)	Rock(%)
1	150	66.9	17.5	6.460	26.1	15.5
2	300	64.1	19.6	3.816	20.7	16.0
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

WEPP modelinde 10 farklı toprak tabakası için değışerler kullanılabilir. Çalışmada 0-150mm ve 150-300mm olarak 2 farklı katmandan alınan örnekler kullanılmıştır.

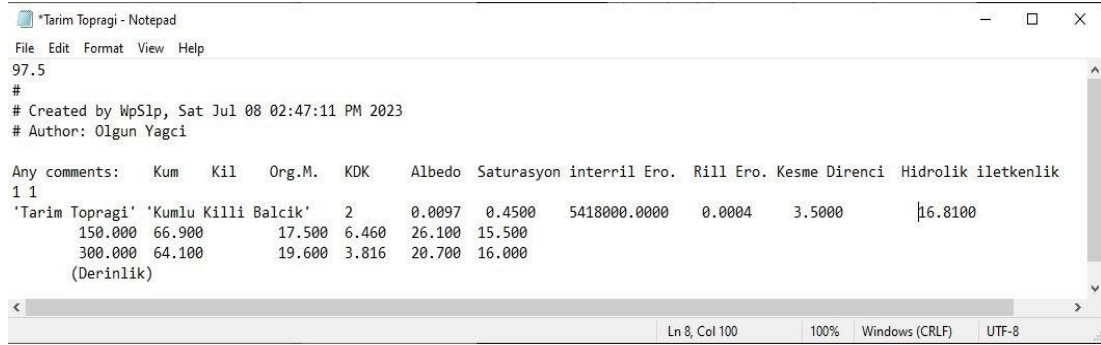
"Have Model Calculate" seçeneğı seçildiğinde, değış girişi pasif hale getirilir. Bu sayede veri model tarafından hesaplanır.

Kum, kil, organik madde, taşlılık ve katyon değışim kapasitesi buraya girilir.

Verilerin girilmesini takiben "Save As" komutu kullanılarak .sol dosyası GeoWEPP database dosyalarına kayıt edilir. Her toprak türü için o türe ait değışerler girilerek gene o türe ait .sol dosyaları oluşturulur.

şekil 21. Tarım Toprak Dosyasına Ait Örnek Veri Girişi

Verilerin girilmesi ve “Save As” (Farklı Kaydet) komutundan sonra toprak verileri (.sol) uzantısıyla text dosyası biçimine dönüştürülür (Şekil 22).

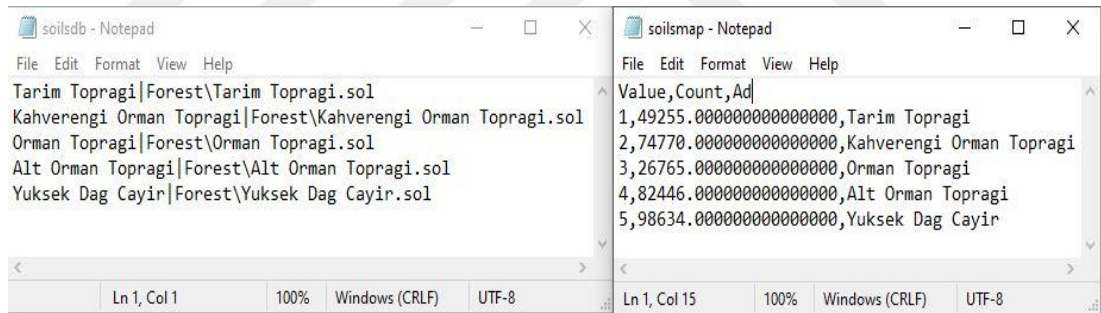


```
*Tarım Topragi - Notepad
File Edit Format View Help
97.5
#
# Created by WpSlp, Sat Jul 08 02:47:11 PM 2023
# Author: Olgun Yagci

Any comments: Kum Kil Org.M. KDK Albedo Saturasyon interril Ero. Rill Ero. Kesme Direnci Hidrolik iletkenlik
1 1
'Tarım Topragi' 'Kumlu Killi Balcik' 2 0.0097 0.4500 5418000.0000 0.0004 3.5000 16.8100
150.000 66.900 17.500 6.460 26.100 15.500
300.000 64.100 19.600 3.816 20.700 16.000
(Derinlik)
```

Şekil 22. Toprak Dosyası (.Sol) Örneği

WEPP ortamında üretilen (.sol) uzantılı toprak dosyaları, ArcGIS ortamında oluşturulan raster formatındaki toprak haritasındaki karşılığı olan piksellerle eşleştirilmesi gerekmektedir. Bunu sağlamak için programın yürütülmesinden önce, çalışılan her havzaya özel “soilsdb” (database) ve “soilmap” (description) olmak üzere iki adet text dosyası kullanılır.



```
soilsdb - Notepad
File Edit Format View Help
Tarım Topragi|Forest\Tarım Topragi.sol
Kahverengi Orman Topragi|Forest\Kahverengi Orman Topragi.sol
Orman Topragi|Forest\Orman Topragi.sol
Alt Orman Topragi|Forest\Alt Orman Topragi.sol
Yuksek Dag Cayir|Forest\Yuksek Dag Cayir.sol

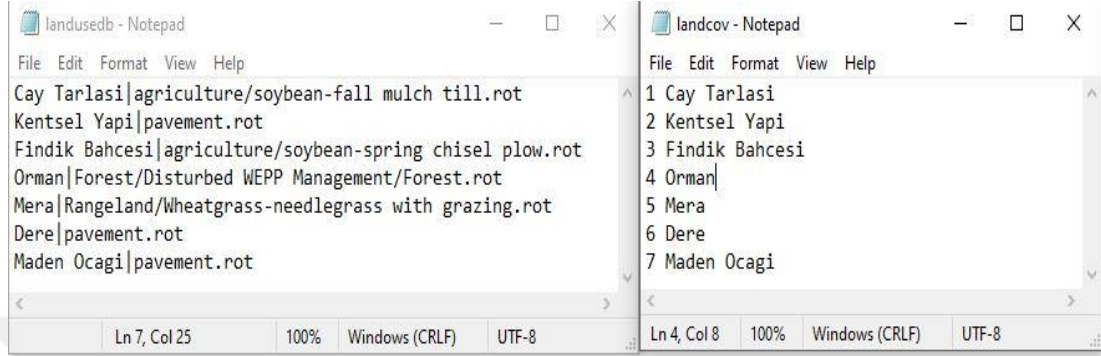
soilmap - Notepad
File Edit Format View Help
Value,Count,Ad
1,49255.0000000000000000,Tarım Topragi
2,74770.0000000000000000,Kahverengi Orman Topragi
3,26765.0000000000000000,Orman Topragi
4,82446.0000000000000000,Alt Orman Topragi
5,98634.0000000000000000,Yuksek Dag Cayir
```

Şekil 23. “Database ve Soil Description Text” Dosyaları

3.2.2.2.1.3. Arazi Kullanım (Land Cover) Yönetimi Dosyası

Havzada mevcut her farklı arazi kullanım tipi için ayrı birer (.rot) uzantılı text formatında arazi kullanım dosyaları oluşturulmuştur. Çalışma alanı arazi kullanımı bakımından düşük çeşitlilikte bir yapıya sahiptir. Havzada en yaygın arazi yapısı ormanlardan oluşup, bunu sırasıyla mera, çay, fındık ve kentsel yapı arazi kullanım türleri takip etmektedir. GeoWEPP’e arazi kullanımların tanımlanmasında, daha öncesinde toprak dosyalarında görüldüğü üzere, her alt havza için özel “landcov” (description) ve “landcovdb” (database) dosyalarına ihtiyaç duymaktadır. “Landcov” (description) uzaktan algılama ve örneklendirme ile oluşturulup, arazilerin

kullanımına ait bilgiler içermektedir. “Landcovdb” (database) WEPP’in veri setinde bulunan U.S. Department Of Agriculture (USDA) bünyesinde belirlenen kayıtlı verilerden oluşup, mevcut çalışma alanındaki arazi kullanımına en uygun olan veri tipleri kullanılmıştır (Şekil 24).



Şekil 24. Database ve Landuse Description Text Dosyaları.

3.2.2.2.1.4. İklim (Climate) Dosyası

Çalışma alanının 2019-2020-2021 yılların ait 3 yıllık iklim verileri Artvin Meteoroloji İstasyonu’ndan alınmıştır. Yıllara ait toplam yağış miktarları sırasıyla; 2019 yılı 1821,9 mm, 2020 yılı 2239,2 mm ve sel felaketinin gerçekleştiği 2021 yılında 2733,9 mm’dir. İklim dosyası içeriği, bölgenin yükseltisi, enlem ve boylamları, aylık yağışın yağışlı gün sayısı oranı (Mean P), aylık yağışın standart sapması (S. DEV. P), aylık yağışın çarpıklığı (SKEW P), yağışsız günü takip eden yağışlı gün (P(W/D)) ve yağışlı günü izleyen yağışlı gün sayıları (P(W/W)), aylık ortalama max. (TMAX AV) ve min. sıcaklık değerleri (TMIN AV), aylık maksimum (SD TMAX) ve minimum sıcaklık değerlerinin standart sapması (SD TMIN), günlük ortalama global güneş radyasyonu ve standart sapmaları (SOL.RAD / SD SOL), en büyük yağış değerleri (30 dakikalık ve 6 saatlik, MX .5 P), günlük ortalama nem (DEW PT), ortalama saatlik rüzgar hızı ve yönü, aylık yönlere göre esme sayısı verilerinden oluşmaktadır (Şekil 25).

Bahsi geçen bütün bu değerler WEPP’in tanıdığı (.par) uzantılı text dosyasının içeriğini oluşturmaktadır (Şekil 25). Oluşturulan (.par) dosyası WEPP üzerinden “Add Climate Location” seçeneği kullanarak, GeoWEPP’in yürütülmesi aşamasında kullanacağı (.cli) uzantılı iklim dosyası oluşturulmuştur (Şekil 26).

```

ArhaviCokYillik - Notepad
File Edit Format View Help
ARHAVITR
LEVAT= 41.33 LONG= -41.38 YEARS= 61. TYPE= 3
ELEVATION = 5249.0 TPG= 1.34 TPG= 1.76
MEAN P 0.42 0.51 0.38 0.25 0.30 0.24 0.82 0.43 0.84 0.85 0.68 0.75
S DEV P 0.37 0.45 0.42 0.24 0.32 0.33 0.80 0.47 0.91 0.76 0.66 0.69
SKEW P 3.16 2.89 2.24 2.30 3.80 4.25 3.18 2.84 3.63 3.88 4.35 3.19
P(W/W) 0.53 0.67 0.73 0.65 0.58 0.56 0.60 0.73 0.54 0.58 0.65 0.78
P(W/D) 0.22 0.19 0.23 0.21 0.24 0.32 0.56 0.36 0.35 0.21 0.54 0.30
TMAX AV 53.60 51.33 53.32 60.08 70.49 76.48 79.06 78.48 74.15 69.05 61.85 58.53
TMIN AV 40.14 38.54 40.44 45.92 54.46 62.67 65.75 65.90 61.20 55.60 48.46 44.55
SD TMAX 9.30 11.18 9.60 10.85 9.08 5.60 3.75 3.77 5.75 7.30 8.14 9.01
SD TMIN 6.28 7.17 6.63 5.26 5.26 4.45 3.20 2.83 4.84 4.85 5.67 6.86
SOL RAD 134. 211. 274. 387. 453. 535. 495. 458. 341. 274. 160. 109.
SD SOL 60.7 99.2 129 159.5 169.2 127.1 138.6 110.8 111.3 95.3 71.4 52.4
MEAN S P 0.45 0.54 0.42 0.12 0.13 0.14 0.23 0.40 0.30 0.25 0.31
DEW PT 59.71 60.79 63.65 69.77 78.22 89.77 93.31 93.24 88.49 81.03 71.04 62.30
Time Pk .641 1.747 .788 .834 .851 .857 .878 .886 .896 .911 .950 1.000
% N 3.72 4.15 4.34 4.40 4.90 4.38 3.67 5.43 5.52 4.95 3.52 3.81
MEAN 3.40 3.56 3.53 3.47 3.16 2.86 2.72 2.65 2.92 3.18 3.00 3.28
STD DEV 1.48 1.51 1.56 1.58 1.43 1.21 1.14 1.08 1.22 1.29 1.25 1.39
SKEW .73 .62 .69 .83 .84 .73 .95 .86 .92 .66 .86 .83
% NNE 3.78 4.43 4.13 4.00 4.50 4.23 3.70 4.36 5.50 4.60 2.95 3.06
MEAN 3.62 3.50 3.46 3.64 3.32 2.99 2.84 2.86 3.08 3.08 3.25 3.42
STD DEV 1.61 1.42 1.43 1.47 1.38 1.27 1.05 1.14 1.19 1.27 1.39 1.65
SKEW .74 .53 .55 .47 .61 .71 .67 .83 .65 .73 .83 1.55
% NE 3.96 5.49 5.38 4.88 5.14 5.09 4.51 5.57 6.92 4.96 2.95 3.73
MEAN 3.31 3.47 3.47 3.42 3.12 2.88 2.62 2.68 2.79 2.90 3.10 3.21
STD DEV 1.39 1.29 1.42 1.51 1.28 1.24 .98 1.06 1.19 1.18 1.14 1.20
SKEW .80 .77 .61 .74 .66 .98 .71 .72 .90 .86 .64 .82
% ENE 3.21 4.27 4.50 3.54 3.45 3.19 3.31 3.50 4.51 3.47 2.17 2.79

```

Şekil 25. İklim Dosyası (.par)

Şekil 26. İklim “Cli” Dosyası Ve “GDS” Dosyası Oluşum Menüsü

3.2.2.3. GeoWEPP'in Yürütülmesi

Model programı öncesinde belirlenen her alt havza için ayrı ayrı çalıştırılmıştır. DEM, arazi kullanımı ve toprak haritaları öncelikle “Polygon to Raster” komutu ile poligon formatından 30x30 hücre boyutunda raster formatına, raster formatına dönüştürülen DEM, arazi kullanımı ve toprak haritası altlıkları “Extract by Mask” seçeneği ile her alt havza için ayrı ayrı kayıt edilmiştir. Ayrılan her bir alt havzaya ait altlık haritalar GeoWEPP'in isteği ASCII formatında “Raster to ASCII” komutu ile çevrilir. Daha önce toprak sınıfları ve arazi kullanımları için her havza özelinde ayrı ayrı oluşturulmuş “description” ve “database” dosyaları bu ekranda programa tanımlandırılması yapılır (Şekil 27).

Start new GeoWEPP Project

This form allows for you to begin a new GeoWEPP project. The only required input in a digital elevation model in ASCII format. If you have a soil map and land cover map of the area of interest you may upload those file as well. Click on the text fields below to select files for processing.

Required Inputs

Provide a project name. No spaces! (required):
balikli

Add a DEM file in ASCII format (required):
D:\AÇÜ\GEOWEPP TEZ\12_balikli\baliklidemascii.asc Clear selection

Soils Option

Do you want to add a soil files? If no, default files will be used.
☒ Yes
☐ No

ASCII D:\AÇÜ\GEOWEPP TEZ\12_balikli\baliklisoiascii.asc Clear selection

Description D:\AÇÜ\GEOWEPP TEZ\12_balikli\soilmap.txt Clear selection

Database D:\AÇÜ\GEOWEPP TEZ\12_balikli\soilsdb.txt Clear selection

Land Cover Option

Do you want to add land cover files? If no, default files will be used.
☒ Yes
☐ No

ASCII D:\AÇÜ\GEOWEPP TEZ\12_balikli\balikilandascii.asc Clear selection

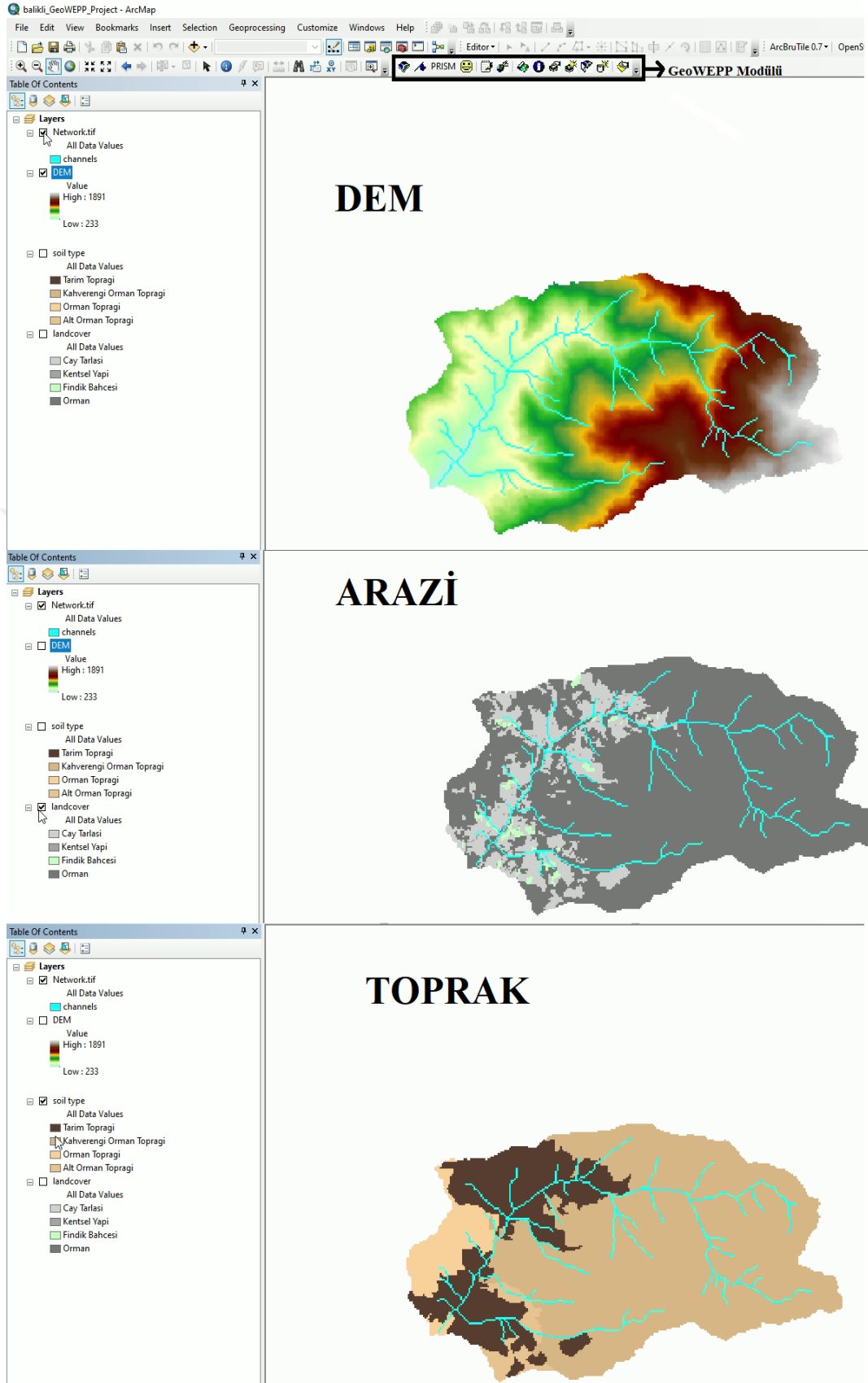
Description D:\AÇÜ\GEOWEPP TEZ\12_balikli\landcov.txt Clear selection

Database D:\AÇÜ\GEOWEPP TEZ\12_balikli\landusedb.txt Clear selection

Start Processing Cancel

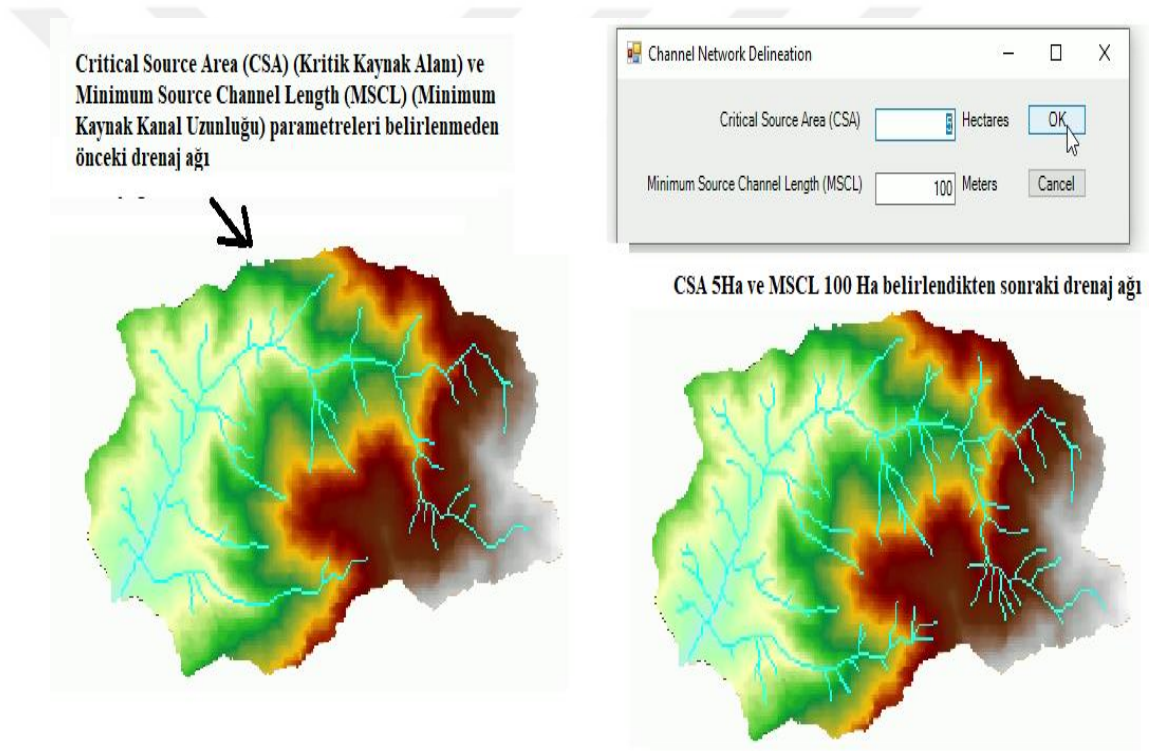
Şekil 27. Programa Altlık Verilerin Girişi ve Modelin Başlatılması

Verilerin dosya konumları tanımlandıktan sonra projenin ismi belirlenir ve “Start Processing” komutu ile GeoWEPP modeli ArcGIS ortamına aktarılır. Bu komuttan sonra artık seçilen alt havzanın DEM, toprak, arazi kullanım haritaları ve verileri ArcGIS ortamında GeoWEPP modeli tarafından toprak kayıplarının, sediment depolanmasının, yamaç ve derelerde meydana gelen toprak kayıplarının hesaplanmasında kullanımı için hazır hale getirilmiştir.



Şekil 28. Balıklı'ya Ait Örnek Altılık Haritalar

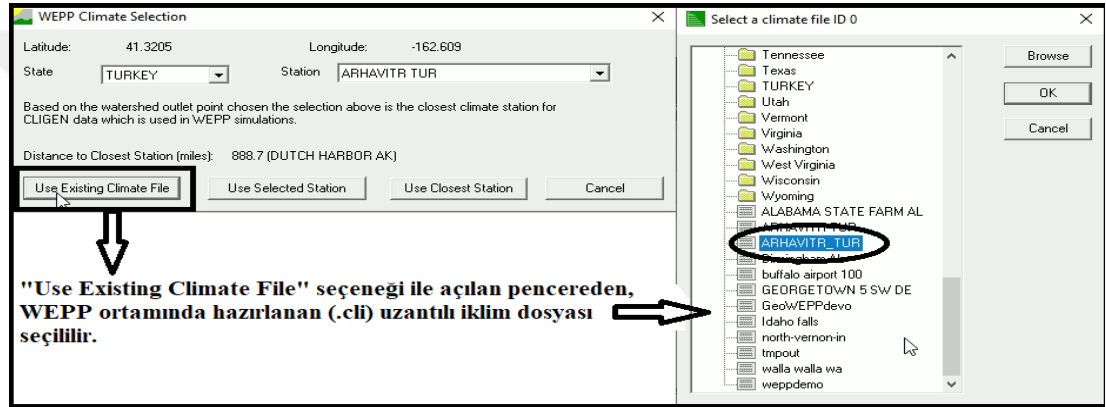
Critical Source Area (CSA) ve Minimum Source Channel Length (MSCL) kavramları arazinin hidrografisini ve kanal ağını etkileyen iki parametredir. Çünkü TOPAZ çizeceği dere ağının yoğunluğunu bu iki parametre için belirlenen değerler doğrultusunda oluşturacaktır. Şekil 29’da görüleceği üzere CSA parametresi belirlendikten sonra değişen drenaj ağı görülmektedir. CSA değerinin daha da artırıldığı durumlarda deranj ağının yoğunluğu azalacaktır. Eğer MSCL değerinde bir artış yapılırsa uzunluk bakımından kısa olan dereler girilen değere bağlı olarak drenaj ağından kaldırılmış olacaktır. Bu çalışmada GeoWEPP’in varsayılın değerleri olan CSA 5 hektar, MSCL 100 metre değerleri kullanılmıştır. (Erdoğan Yüksel, 2015).



Şekil 29. Drenaj Ağının Belirlenmesi

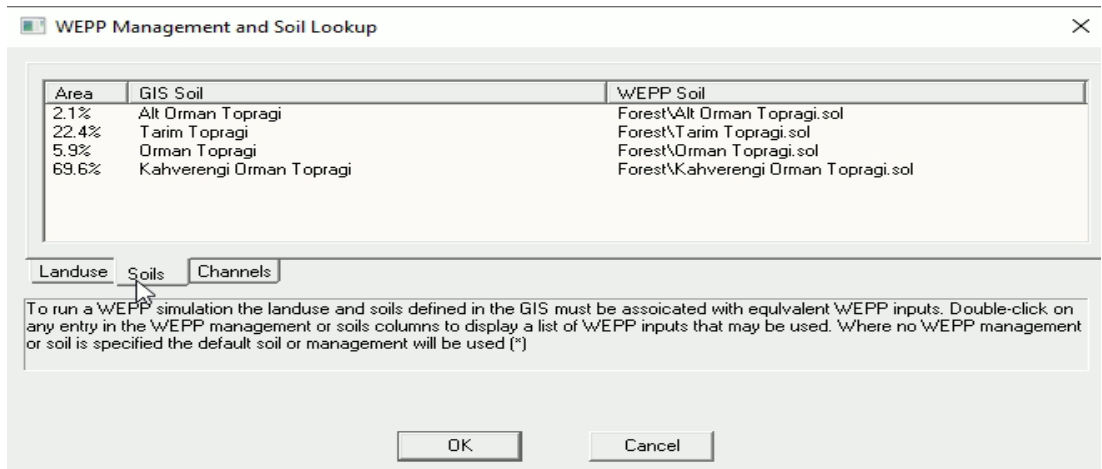
Drenaj ağı belirlendikten sonra havzanın memba (çıkış) noktasına ait piksel tespit edilir ve “Specify the Outlet Point Watershed” komutu bu piksel seçilerek GeoWEPP’e çıkış noktası tanıtılır. Buna göre GeoWEPP çalışılan alanı “subcathment” olarak adlandırdığı alt havzalara bölümlendirir. Oluşan havzaların sayısı, farklı CSA değerinin girilmesi sonucunda değişen drenaj ağına bağlı olarak, değişiklik gösterebilir (Yıldırım, 2019)

Buraya kadar olan kısımda, modelin çalışacağı arazinin toprak sınıfları, arazi kullanımı, yükseltisi ve drenaj ağı faktörleri belirlendikten sonraki adım iklim parametrelerinin tanıtılmasıdır. WEPP ortamında oluşturulan iklim dosyaları bu kısımda modele tanımlanarak işleme devam edilir. Bunun için ArcGIS, GeoWEPP modülü içerisinde yer alan “Get the erosion pattern in the watershed” komutu kullanılır. Komut sonrasında ekrana gelen “WEPP Climate Selection” penceresinde, ülke kısmına TURKEY, istasyon kısmına (.par) uzantılı ARHAVİ TUR ve son olarak hazırladığımız (.cli) uzantılı ARHAVİ TUR iklim dosyaları tanımlanır (Şekil 30).



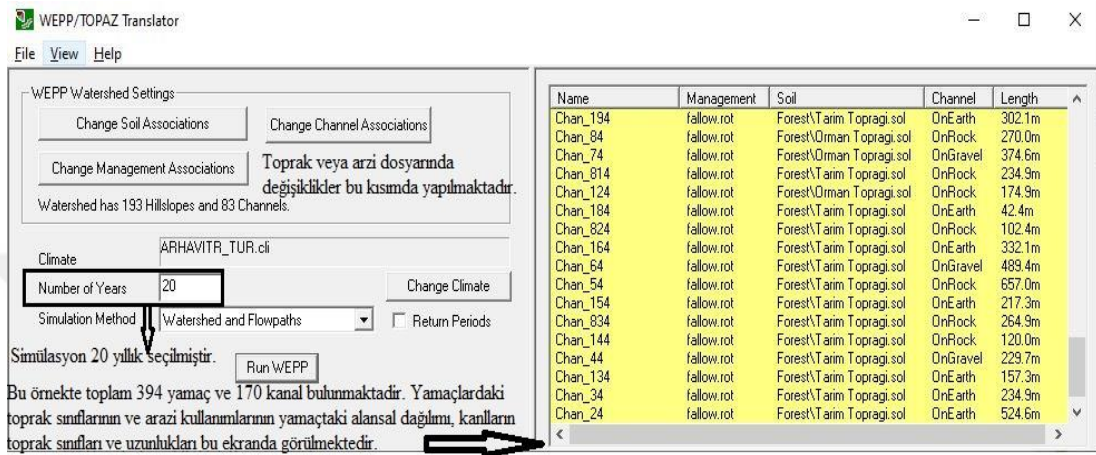
Şekil 30. İklim Dosyalarının Seçilmesi

İklim dosyaları da seçildikten sonra, “WEPP Management and Soil Lookup” penceresinden toprak sınıfları ve arazi kullanım verileri, modelin yürütülmesinden önce kontrol edilir (Şekil 31).

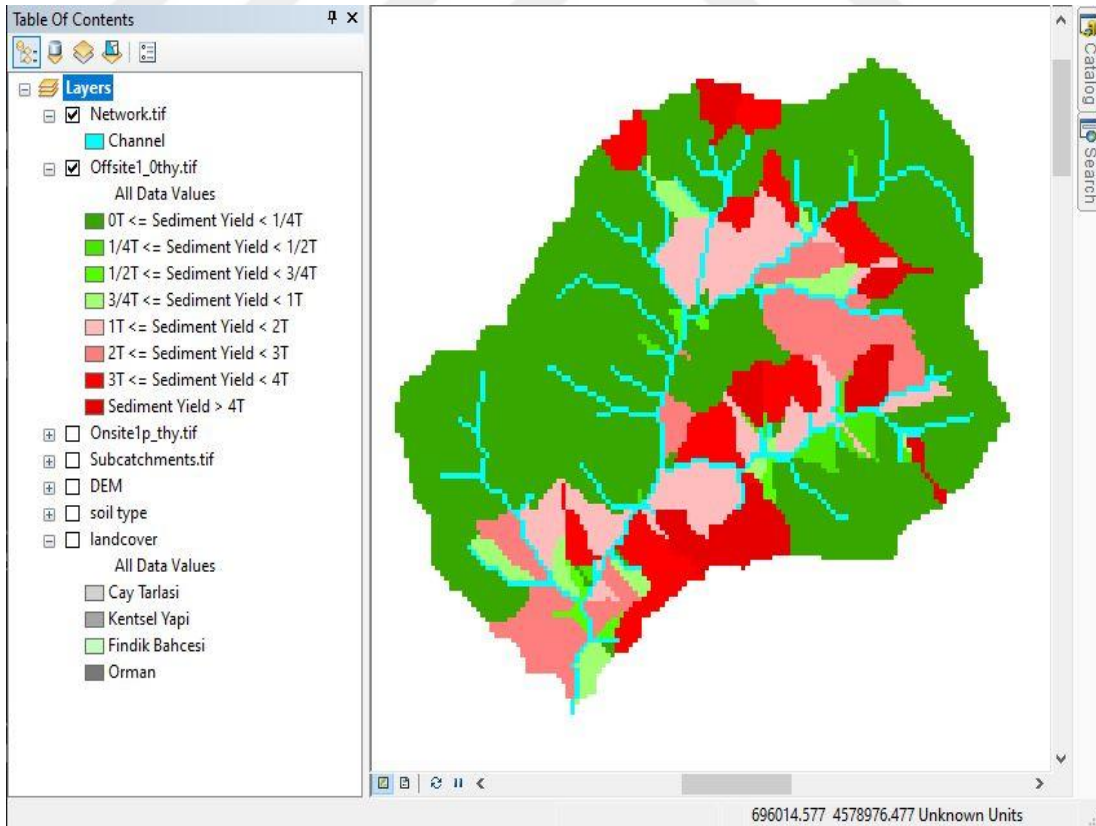


Şekil 31. Kontrol Penceresi

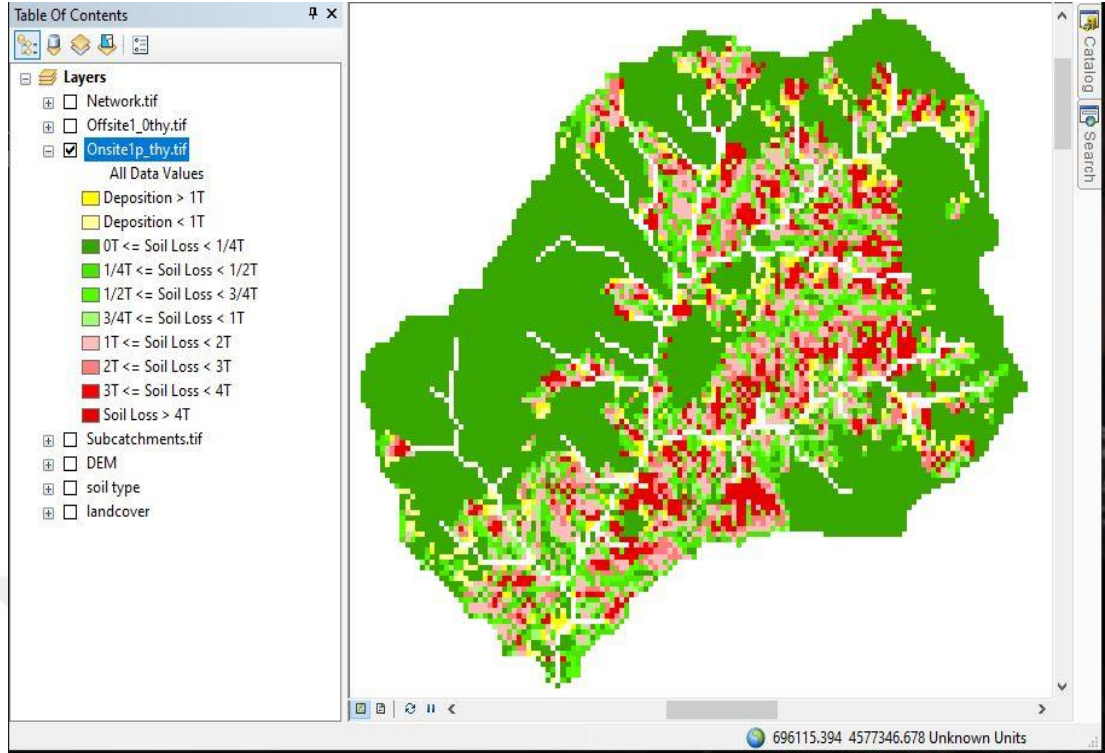
Arazi ve toprak kontrolleri yapıldıktan sonra artık GeoWEPP erozyon modelinin yürütülmesi için son adıma geçilir. Son pencerede daha öncesinde girilmiş olan arazi yönetimi, toprak sınıfları, drenaj ağı ve iklim dosyalarında değişiklik yapılması seçeneği bulunmaktadır. Simülasyonun kaç yıllık yapılacağı seçildikten sonra “Run WEPP” komutu ile erozyon tahmin modeli başlatılmıştır (Şekil 32).



Şekil 32. Modelin Yürütülmesi



Şekil 33. Güvercinli Bölgesi Simülasyon Sonucu Sediment Üretim Haritası



Şekil 34. Güvercinli Bölgesi Toprak Kaybı Haritası

Offsite1_0thy_summary - Notepad			
File Edit Format View Help			
161 storms produced 2252.26 mm. of rainfall on an AVERAGE ANNUAL basis			
2 events produced 3.59 mm. of runoff			
passing through the watershed outlet on an AVERAGE ANNUAL basis			
Average Annual Delivery From Channel Outlet:			

Total contributing area to outlet	=	892.11 ha	
Avg. Ann. Precipitation volume in contributing area	=	20092681. m ³ /yr	
Avg. Ann. irrigation volume in contributing area	=	0. m ³ /yr	
Avg. Ann. water discharge from outlet	=	32003. m ³ /yr	
Avg. Ann. total hillslope soil loss	=	987.0 tonnes/yr	
Avg. Ann. total channel soil loss	=	2913.4 tonnes/yr	
Avg. Ann. sediment discharge from outlet	=	446.8 tonnes/yr	
Avg. Ann. Sed. delivery per unit area of watershed	=	0.5 T/ha/yr	
Sediment Delivery Ratio for Watershed	=	0.115	
Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) UTF-8			

Şekil 35. Güvercinli Bölgesi Sonuç Raporu

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Alt Havza GeoWEPP Erozyon Sonuç Değerleri

4.1.1. Arhavi Giriş Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

Arhavi Giriş alanı; AKDH'nin sınırlarını içerisine alan Artvin ili Arhavi ilçe merkezi ve Kapisre Dere'sinin Karadeniz'e döküldüğü noktayı içerisinde barındırıp, F46b4 paftası içerisinde kalmaktadır. Ortalama yükseltisi 186,4 m ve eğimi %32,74'dür.

Çalışma alanı 40.18° ile 40.21° N, 41.15° ile 42.21° E coğrafi koordinatları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını inceleyecek olursak; tarım ve orman toprağı mevcuttur. Arazi kullanımı ise yoğunlukla kentsel yapıların bulunduğu, sonrasında fındık ve çay bahçelerinin yoğun olduğu, yer yer ormanlarında görüldüğü bir arazi kullanım yapısı vardır. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelik oranları gösterilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Arhavi Giriş Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
Arhavi	Cay Tarlası	27.70	451.54	1629.99
	Kentsel Yapı	9.31	151.71	
	Fındık Bahçesi	17.14	279.42	
	Orman	44.26	721.45	
	Dere	1.59	25.86	
	Toprak Sınıfı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
	Tarım Toprağı	58.40	951.84	1629.99
	Orman Toprağı	41.60	678.15	

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir. (Tablo 2 ve 3).

Tablo 2. Arhavi Giriş Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
Arhavi	%0-10	18.79	306.21	1629.99
	%11-20	13.05	212.78	
	%21-33	19.54	318.47	
	%34-50	27.66	450.81	
	>%50	20.96	341.71	

Tablo 3. Arhavi Giriş Alanı Bakı Durumu

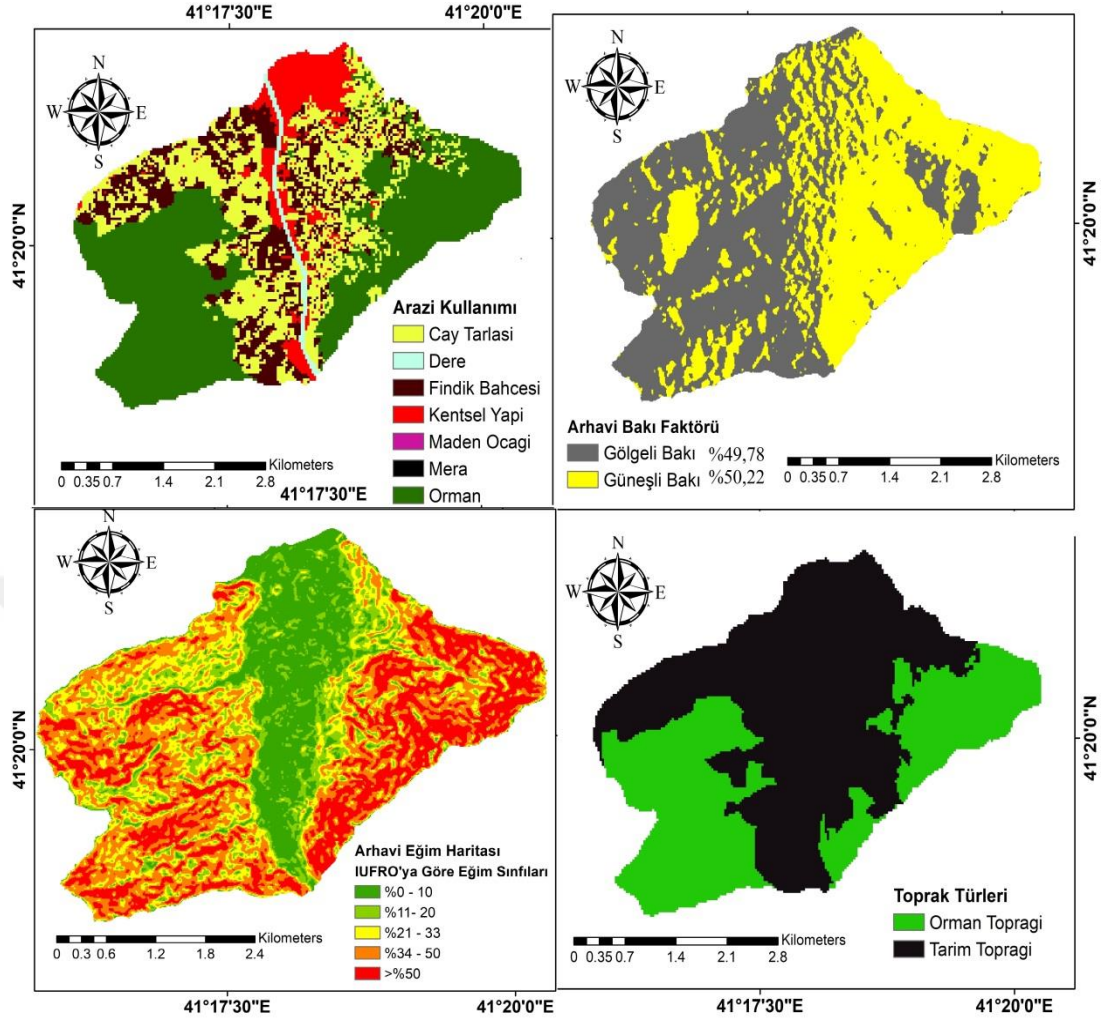
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B.(%)	Güneşli B.(%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Arhavi	1629.99	49.78	50.22	811.41	818.58

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ortaya çıkan sonuç değerleri (Tablo 4) verilmiştir.

Tablo 4. Arhavi Giriş Alanı GeoWEPP Sonuçları

Alan	Toplam Yamaç ve Kanal Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alandaki Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Arhavi	226 Yamaç, 96 kanal	1243.50	965.90	0.340	751.90	1227.37	0.613

Alana ait bakı, arazi kullanım, toprak sınıfı ve IUFRO'ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 36) detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 36. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

4.1.2. Armoni Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

AKDH'de bulunan Armoni mevkisi Artvin/Arhavi ilçesi içerisinde bulunmaktadır. F46b4 paftası içersindedir. Ortalama yükseltisi 343,48 m'dir. Ortalama eğimi %37,18'dir.

Alanımız 41.16° ile 41.19° kuzey enlemleri, 41.15° ile 42.17° doğu boylamları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını inceleyecek olursak; tarım, orman ve kahverengi orman toprağı mevcuttur. Arazi kullanımı ise yoğunlukla ormanın bulunduğu, sonrasında fındık ve çay bahçelerinin yoğun olduğu, azınlıkta kentsel yapıların bulunduğu bir arazi kullanım yapısı vardır. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelik oranları gösterilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Armoni Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
Armoni	Çay Tarlası	18.25	116.48	638.30
	Kentsel Yapı	0.13	0.82	
	Fındık Bahçesi	19.99	127.62	
	Orman	61.63	393.38	
	Toprak Sınıfı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
	Tarım Toprağı	37.21	237.50	638.30
	Kahverengi Orman Toprağı	10.19	65.03	
	Orman Toprağı	52.60	335.77	

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir. (Tablo 6 ve 7).

Tablo 6. Armoni Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
Armoni	%0-10	3.58	22.84	638.30
	%11-20	12.65	80.75	
	%21-33	25.91	165.38	
	%34-50	37.27	237.87	
	>%50	20.60	131.46	

Tablo 7. Armoni Alanı Bakı Durum

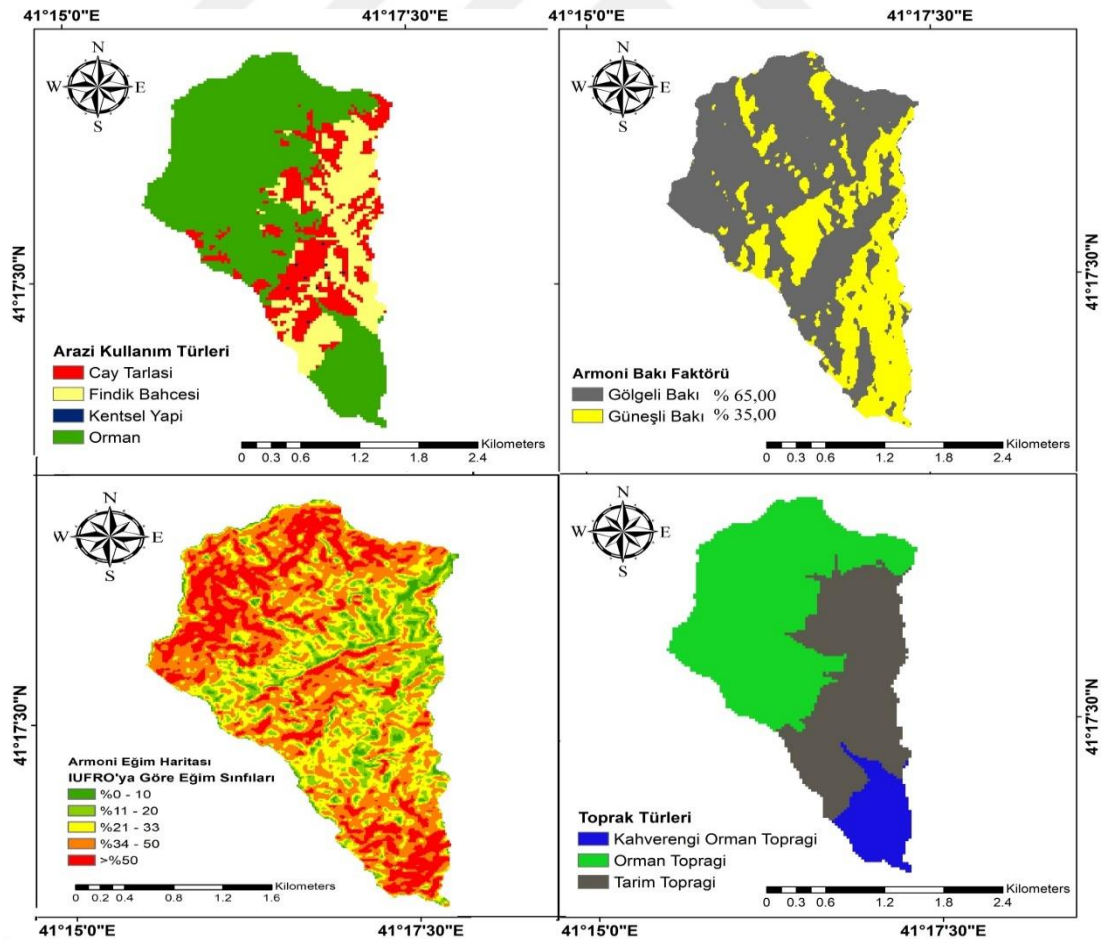
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B.(%)	Güneşli B.(%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Armoni	638.30	65	35	414.90	223.41

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunu Tablo 8’ de verilmiştir.

Tablo 8. Armoni Alan GeoWEPP Sonucu

Alan	Toplam Yamaç ve Kanal Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Armoni	105 Yamaç, 46 Kanal	288.60	1632.50	0.318	611.50	499.77	1.224

Alana ait bakı, arazi kullanım, toprak sınıfı ve IUFRO’ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 37) detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 37. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO’ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

4.1.3. Balıklı Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

AKDH’de bulunan Balıklı mevkisi Artvin/Arhavi ilçesi içerisinde bulunmaktadır. F46b3 paftası içerisinde yer almaktadır. Ortalama yükseltisi 872,43 m’dir. Ortalama eğimi %51,08’dir.

Alanımız 41.18° ile 41.21° kuzey enlemleri, 41.22° ile 42.28° doğu boylamları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını inceleyecek olursak; tarım, orman, alt orman ve kahverengi orman toprağı mevcuttur. Arazi kullanımı ise yoğunlukla ormanın bulunduğu, sonrasında çay bahçelerinin yoğun olduğu, azınlıkta kentsel yapıların ve fındık bahçelerinin bulunduğu bir arazi kullanım yapısı vardır. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelik oranları gösterilmiştir (Tablo 9).

Tablo 9. Balıklı Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
Balıklı	Çay Tarlası	15.63	376.80	2410.22
	Kentsel Yapı	0.32	7,80	
	Fındık Bahçesi	1.20	28,94	
	Orman	82.84	1996,68	
	Toprak Sınıfı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
	Tarım Toprağı	22.00	530.13	2410.22
	Kahverengi Orman Toprağı	68.84	1659,17	
	Orman Toprağı	6.50	156,60	
	Alt Orman Toprağı	2.67	64,33	

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir. (Tablo 10 ve 11).

Tablo 10. Balıklı Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
Balıklı	%0-10	1.50	36.11	2410.22
	%11-20	5.33	128.43	
	%21-33	13.52	325.86	
	%34-50	32.11	773.92	
	>%50	47.54	1145.91	

Tablo 11. Balıklı Alanı Bakı Durum

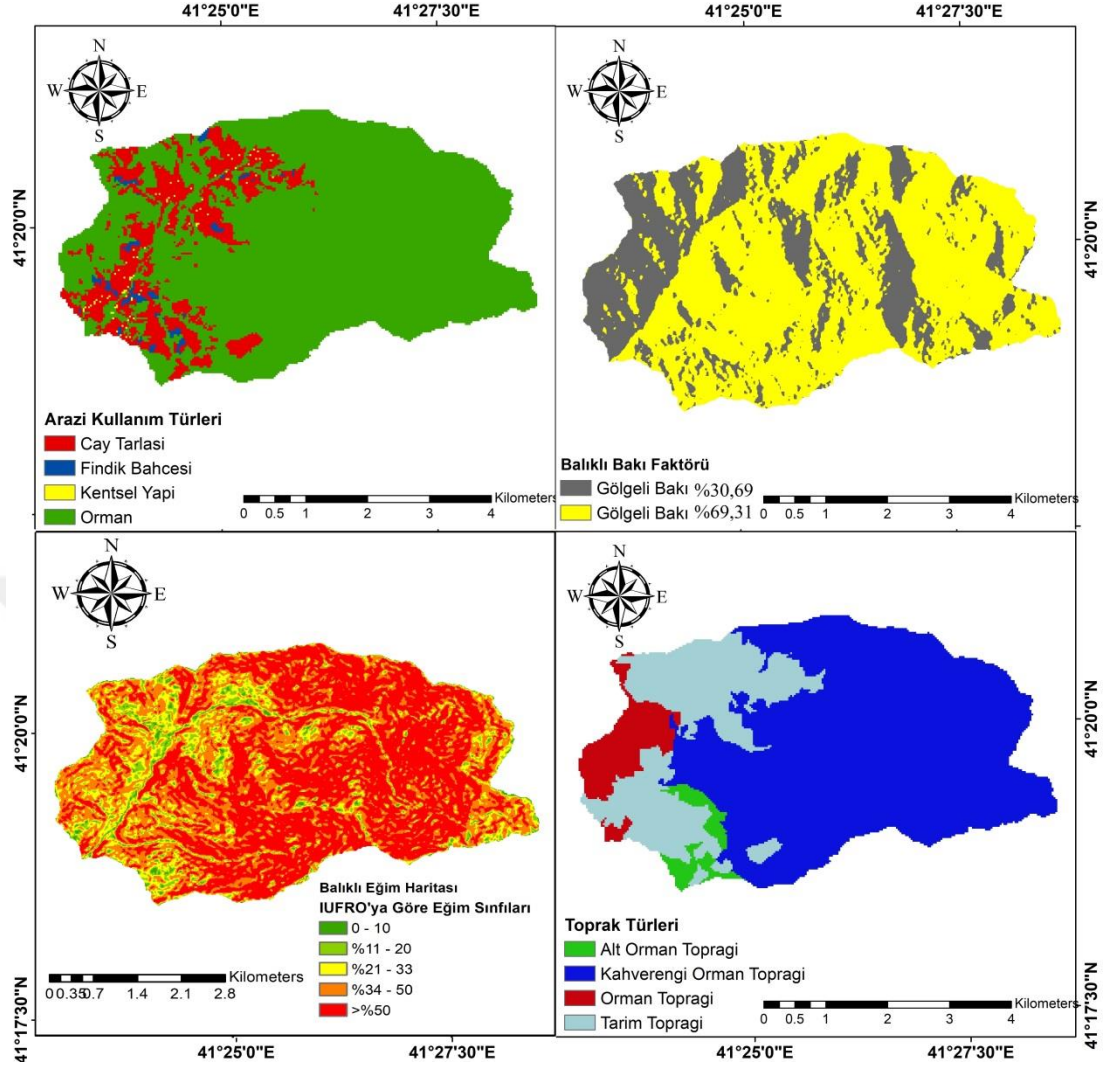
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B.(%)	Güneşli B.(%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Balıklı	2410.22	30.69	69.31	739.70	1670.53

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ortaya çıkan sonuç değerleri (Tablo 12) verilmiştir.

Tablo 12. Balıklı Alanı GeoWEPP Sonuçları

Alan	Toplam Yamaç ve Kanal Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Balıklı	394 Yamaç, 170 Kanal	802.20	6020.50	0.365	2493.60	2091.90	1.192

Alana ait bakı, arazi kullanım, toprak sınıfı ve IUFRO'ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 38) detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 38. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

4.1.4. Çifteköprü Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

AKDH'de bulunan Çifteköprü mevki Artvin/Arhavi ilçesi içerisinde bulunmaktadır. F46b4 paftası içerisinde yer almaktadır. Ortalama yükseltisi 770,56 m'dir. Ortalama eğimi % 49,18'dir.

Alanımız 41.14° ile 41.18° N, 41.22° ile 42.25° E coğrafi koordinatları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını inceleyecek olursak; yoğunlukla alt orman toprağı, devamında tarım toprağı ve güney kısmında ufak bir alanda yüksek dağ çayır toprağı mevcuttur. Arazi kullanımı ise yoğunlukla ormanın bulunduğu, sonrasında fındık ve çay bahçeleri, mera alanları ve azınlıkta kentsel yapıların bulunduğu bir arazi

kullanım yapısı vardır. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelik oranları gösterilmiştir (Tablo 13).

Tablo 13. Çifteköprü Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
Çifteköprü	Çay Tarlası	8.67	88.90	1025.68
	Kentsel Yapı	0.52	5,30	
	Fındık Bahçesi	0.82	8,36	
	Orman	87.96	902,18	
	Mera	2.04	20,94	
	Toprak Sınıfı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
	Tarım Toprağı	8.19	84.04	1025.68
	Alt Orman Toprağı	89.76	920,61	
	Yuksek Dag Cayir	2.05	21,03	

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir (Tablo 14 ve 15).

Tablo 14. Çifteköprü Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
Çifteköprü	%0-10	0.78	7.98	1025.68
	%11-20	4.02	41.27	
	%21-33	14.88	152.58	
	%34-50	39.46	404.74	
	>%50	40.86	419.12	

Tablo 15. Çifteköprü Alanı Bakı Durum

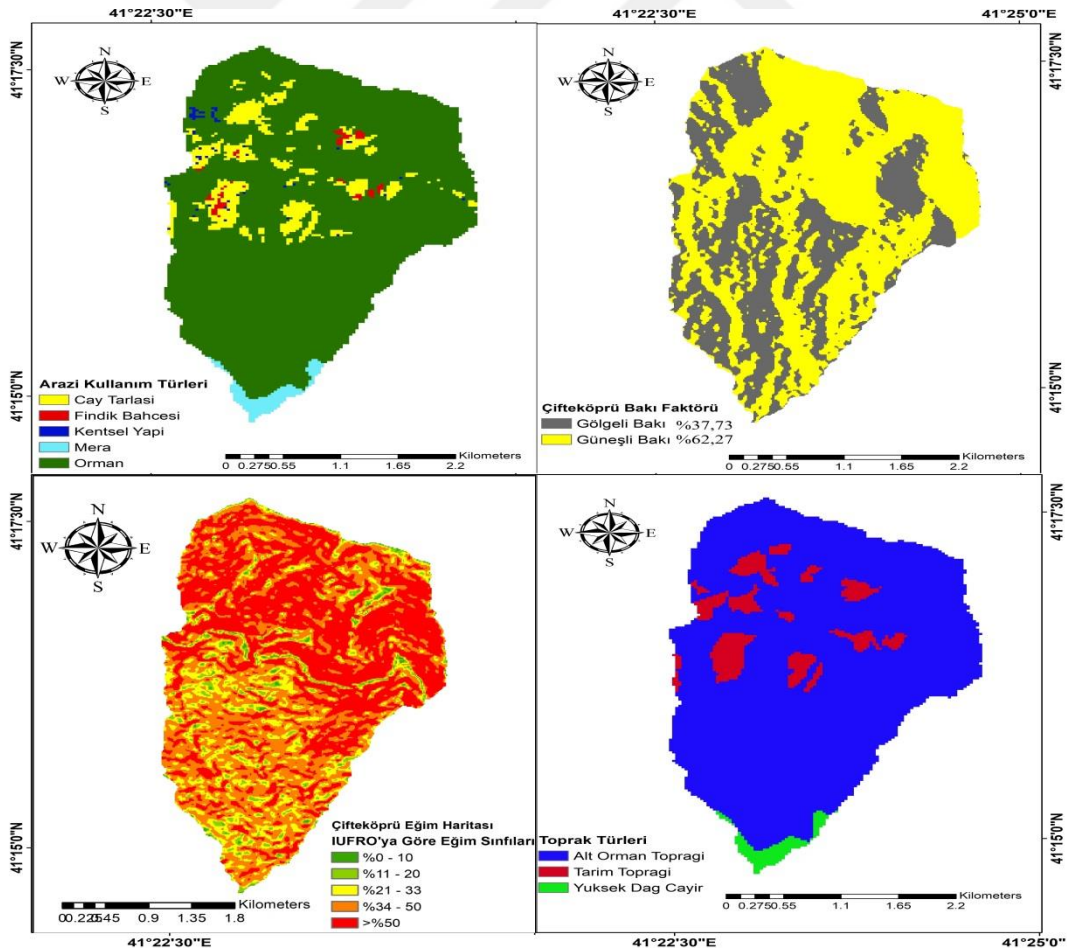
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B.(%)	Güneşli B.(%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Çifteköprü	1025.68	37.73	62.27	386.99	638.69

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ortaya çıkan sonuç değerleri (Tablo 16) verilmiştir.

Tablo 16. Çifteköprü Alanı GeoWEPP Sonuçları

Alan Adı	Toplam Yamaç ve Kanal Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Çifteköprü	155 Yamaç, 66 Kanal	283.60	3440.9	0.090	333.40	849.89	0.392

Alana ait bakı, arazi kullanım, toprak sınıfı ve IUFRO'ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 39) detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 39. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

4.1.5. Derecik Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

AKDH'de bulunan Derecik mevkişi Artvin ili Arhavi ilçesi sınırları içerisinde kalmaktadır. F46b3/4 içerisinde yer almaktadır. Ortalama yükseltisi 463,48 m'dir. Ortalama eğimi %45,08'dir.

Alanımız 41.17° ile 41.20° N, 41.21° ile 42.23° E coğrafi koordinatları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını inceleyecek olursak; tarım, orman ve alt orman toprağı mevcuttur. Arazi kullanımı ise orman ve tarım arazileri birbirine yakın bir alan kaplamakla beraber, azınlıkta kentsel yapıların bulunduğu bir arazi kullanım yapısı vardır. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelik oranları gösterilmiştir (Tablo 17).

Tablo 17. Derecik Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)	
Derecik	Çay Tarlası	27.52	221.23	803.93	
	Kentsel Yapı	0.77	6.22		
	Fındık Bahçesi	15.74	126.56		
	Orman	55.97	449.93		
		Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)	
	Toprak Sınıfı				
	Tarım Toprağı	53.90	433.36	803.93	
	Orman Toprağı	18.04	145.02		
	Alt Orman	28.06	225.55		
	Toprağı				

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir. (Tablo 18 ve 19).

Tablo 18. Derecik Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
Derecik	%0-10	2.23	17.95	803.93
	%11-20	7.63	61.37	
	%21-33	17.20	138.26	
	%34-50	35.88	288.45	
	>%50	37.06	297.90	

Tablo 19. Derecik Alanı Bakı Durum

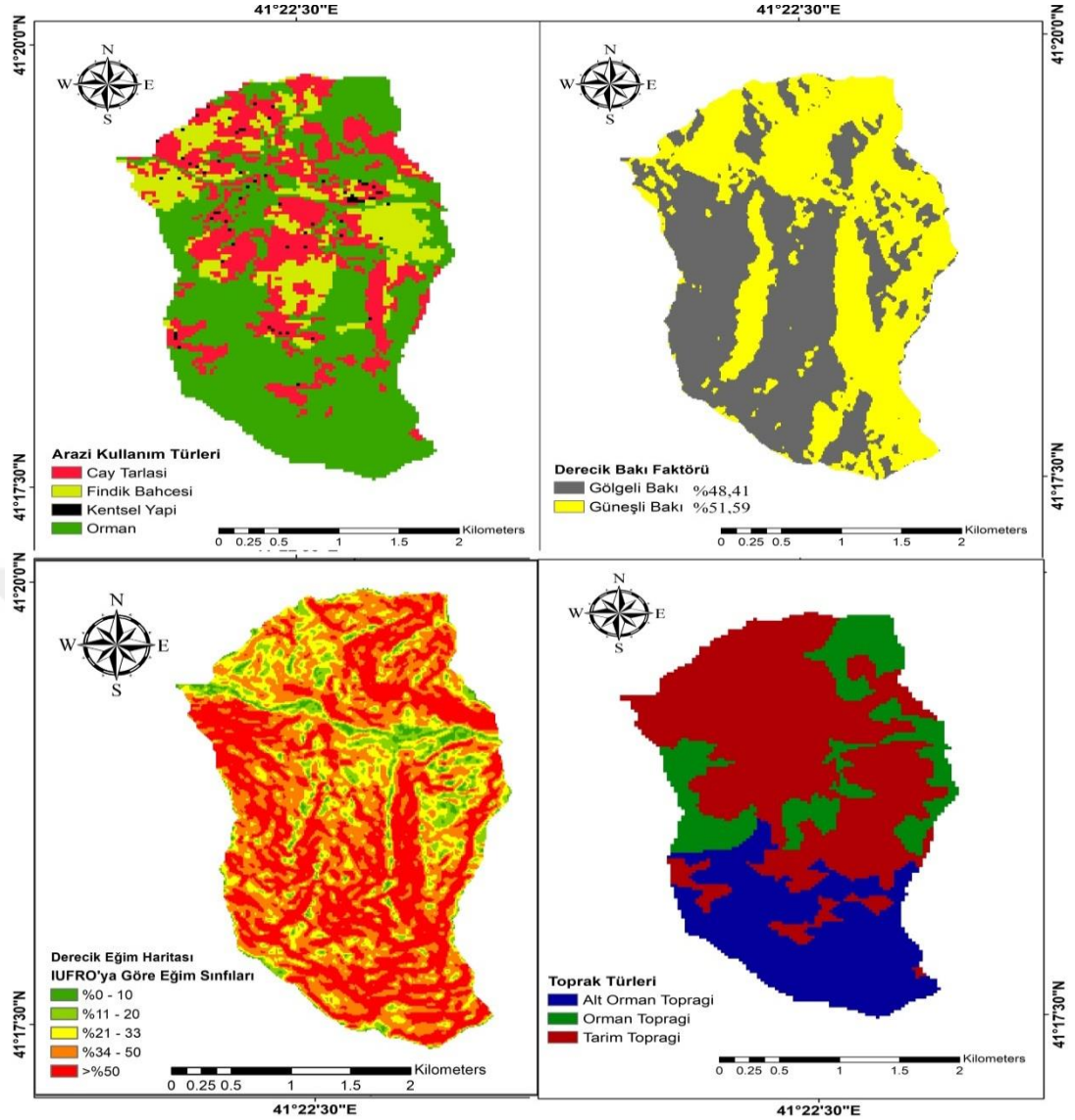
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B.(%)	Güneşli B.(%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Derecik	803.93	48.41	51.59	389.18	414.75

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ortaya çıkan sonuç değerleri (Tablo 20) verilmiştir.

Tablo 20. Derecik Alanı GeoWEPP Sonuçları

Alan Adı	Toplam Yamaç ve Kanal Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Derecik	104 Yamaç, 45 Kanal	963.20	1725.10	0.223	600.20	659.88	0.910

Alana ait bakı, arazi kullanım, toprak sınıfı ve IUFRO'ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 40) detalı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 40. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

4.1.6. Dereüstü Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

AKDH'de bulunan Dereüstü mevki Artvin/Arhavi ilçesi içerisinde bulunmaktadır. F46b4 paftası içerisinde yer almaktadır. Ortalama yükseltisi 438 m'dir. Ortalama eğimi %48,57'dir.

Alanımız 41.16° ile 41.19° kuzey enlemleri, 41.18° ile 42.21° doğu boylamları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını inceleyecek olursak; tarım ve alt orman toprağı mevcuttur. Arazi kullanımı ise çoğunlukla ormanın bulunduğu, sonrasında çay ve fındık bahçelerinin birbirine yakın bir kullanımının olduğu, azınlıkta kentsel

yapıların bulunduğu bir arazi kullanım yapısı vardır. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelik oranları gösterilmiştir (Tablo 21).

Tablo 21. Dereüstü Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
Dereüstü	Çay Tarlası	17.10	121.44	710.08
	Kentsel Yapı	0.63	4.50	
	Fındık Bahçesi	13.02	92.45	
	Orman	68.04	483.14	
	Dere	1.20	8.55	710.08
	Toprak Sınıfı	(%)	Alan (Ha)	
	Tarım Toprağı	41.48	294.55	
	Alt Orman Toprağı	58.52	415.54	

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir (Tablo 22 ve 23).

Tablo 22. Dereüstü Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
Dereüstü	%0-10	2.32	16.46	710.08
	%11-20	6.67	47.39	
	%21-33	15.54	110.32	
	%34-50	31.69	225.02	
	>%50	43.78	310.90	

Tablo 23. Dereüstü Alanı Bakı Durum

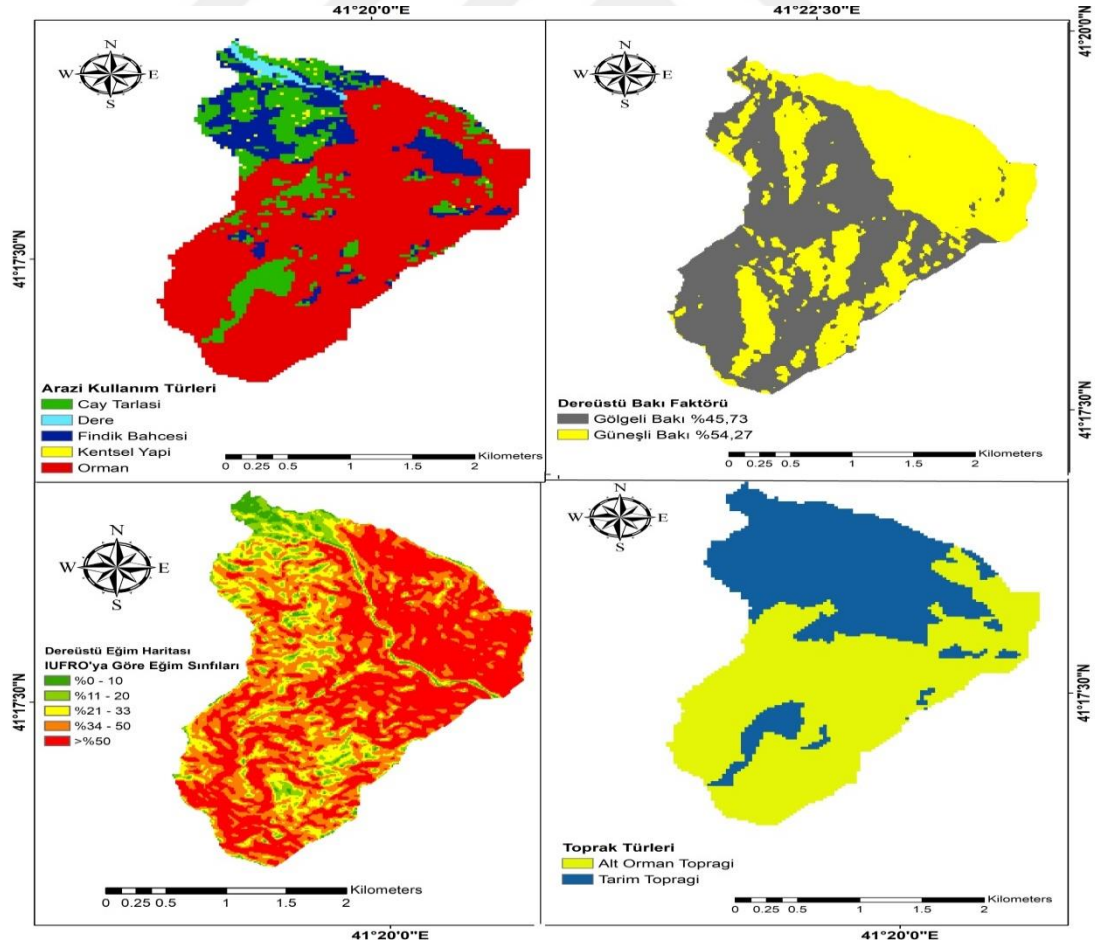
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B.(%)	Güneşli B.(%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Dereüstü	710.08	45.73	54.27	324.72	385.36

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ortaya çıkan sonuç değerleri (Tablo 24) verilmiştir.

Tablo 24. Dereüstü Alanı GeoWEPP Sonuçları

Alan Adı	Toplam Yamaç ve Kanal Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Dereüstü	94 Yamaç, 41 Kanal	678.50	856.50	0.113	173.30	574.75	0.302

Alana ait bakı, arazi kullanımı, toprak sınıfı ve IUFRO'ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 41) detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 41. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

4.1.7. Dikyamaç Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

AKDH'de bulunan Dikyamaç mevkisi Artvin ili Arhavi ilçesi sınırları içerisinde kalmaktadır. F46b3/4 paftası içerisinde yer almaktadır. Ortalama yükseltisi 586,75 m'dir. Ortalama eğimi % 63,27'dir.

Alanımız 41.16° ile 41.18° kuzey enlemleri, 41.20° ile 41.23° doğu boylamları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını inceleyecek olursak; tarım ve alt orman toprağı mevcuttur. Arazi kullanımı ise çoğunlukla ormanın bulunduğu, sonrasında çay bahçelerinin yoğun olduğu, azınlıkta kentsel yapıların ve fındık bahçelerinin bulunduğu bir arazi kullanım yapısı vardır. Ayrıca ilçedeki taş ocağı da bu mevkide bulunmaktadır. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelik oranları gösterilmiştir (Tablo 25).

Tablo 25. Dikyamaç Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
Dikyamaç	Çay Tarlası	2.98	21.44	
	Kentsel Yapı	0.13	0.90	
	Fındık Bahçesi	1.20	8.65	718.63
	Orman	91.66	658.72	
	Maden Ocağı	4.02	28.92	
		Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
	Toprak Sınıfı			
	Tarım Toprağı	6.02	43.24	718.63
	Alt Orman Toprağı	93.98	675.39	

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir. (Tablo 26 ve 27). Dikyamaç mevkisi diğer tüm mevkiler ile karşılaştırıldığında, eğimin alana olan oranı bazında en dik eğimin görüldüğü alandır. %65,59 kısmı %50 ve üzeri bir eğime sahiptir.

Tablo 26. Dikyamaç Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
Dikyamaç	%0-10	0.89	6.38	718.63
	%11-20	3.03	21.77	
	%21-33	9.58	68.83	
	%34-50	20.91	150.28	
	>%50	65.59	471.37	

Tablo 27. Dikyamaç Alanı Bakı Durum

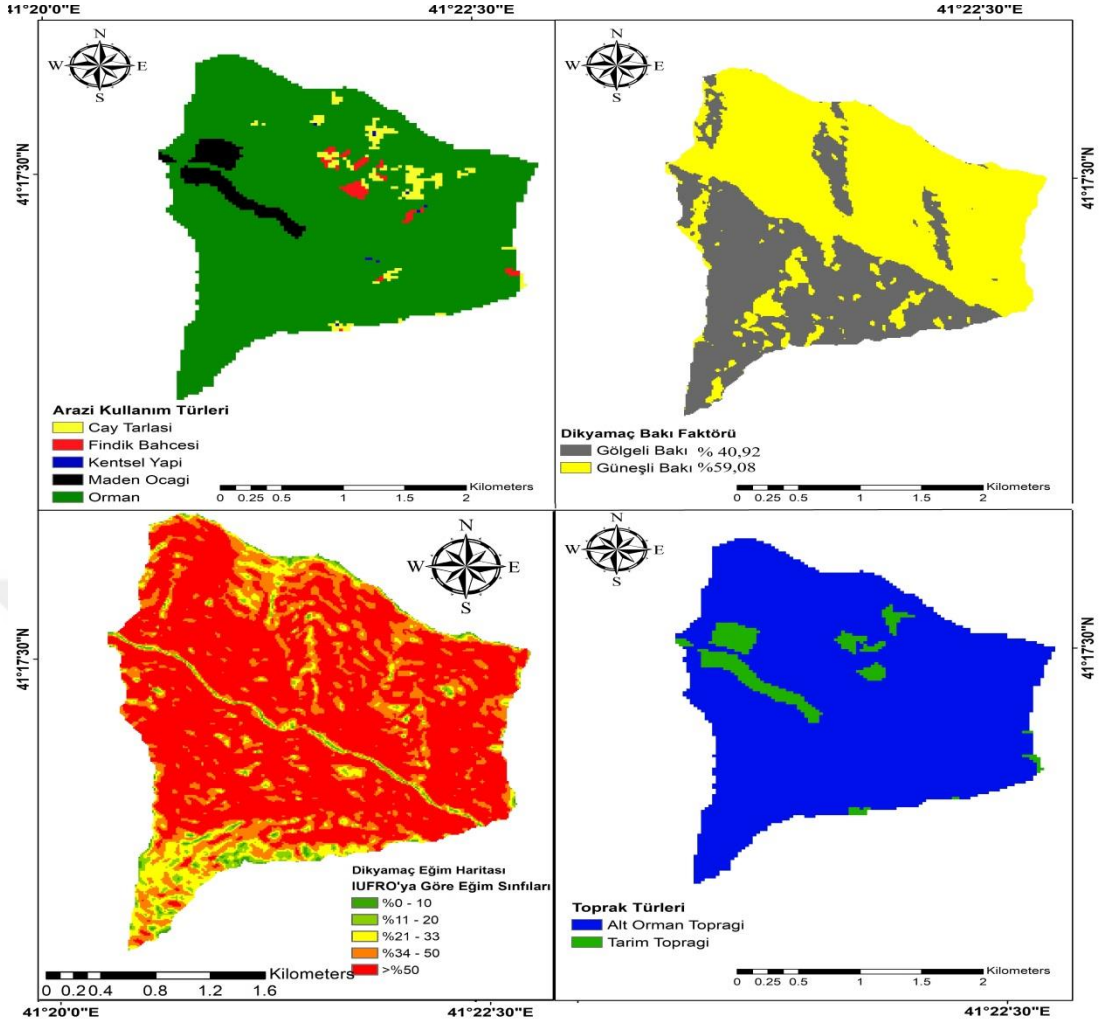
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B.(%)	Güneşli B.(%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Dikyamaç	718.63	40.92	59.08	294.06	424.57

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ortaya çıkan sonuç değerleri (Tablo 28) verilmiştir.

Tablo 28. Dikyamaç Alanı GeoWEPP Sonuçları

Alan Adı	Toplam Yamaç ve Kanal Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Dikyamaç	121 Yamaç, 53 Kanal	1016.80	206.40	0.226	276.30	589.99	0.468

Alana ait bakı, arazi kullanım, toprak sınıfı ve IUFRO’ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 42) ArcMap 10,1 programı üzerinden “Layout Wiew” modülü kullanılarak “Export Map” komutu ile üretilmiştir.



Şekil 42. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

4.1.8. Dülgerli Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

AKDH'de bulunan Dülgerli mevki Artvin/Arhavi ilçesi içerisinde bulunmaktadır. F46b3 paftası içersindedir. Ortalama yükseltisi 1103,79 m'dir. Ortalama eğimi % 47,83'dür.

Alanımız 41.15° ile 41.19° N, 41.24° ile 42.30° E coğrafi koordinatları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını inceleyecek olursak; tarım, alt orman ve kahverengi orman toprağı mevcuttur. Arazi kullanımı ise neredeyse tamamı ormandan oluşmaktadır. Ufak bir alan da çay bahçeleri de görülmektedir. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelik oranları gösterilmiştir (Tablo 29).

Tablo 29. Dülgerli Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
Dülgerli	Çay Tarlası	0.21	4.79	2268.55
	Orman	99.79	2263.76	2268.55
	Toprak Sınıfı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
	Tarım Toprağı	0.20	4.52	2268.55
	Kahverengi Orman Toprağı	86.50	1962.32	2268.55
	Alt Orman Toprağı	13.30	301.72	2268.55

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir (Tablo 30 ve 31).

Tablo 30. Dülgerli Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
Dülgerli	%0-10	1.67	37.77	2268.55
	%11-20	6.23	141.32	
	%21-33	16.08	364.86	
	%34-50	34.17	775.18	
	>%50	41.85	949.42	

Tablo 31. Dülgerli Alanı Bakı Durum

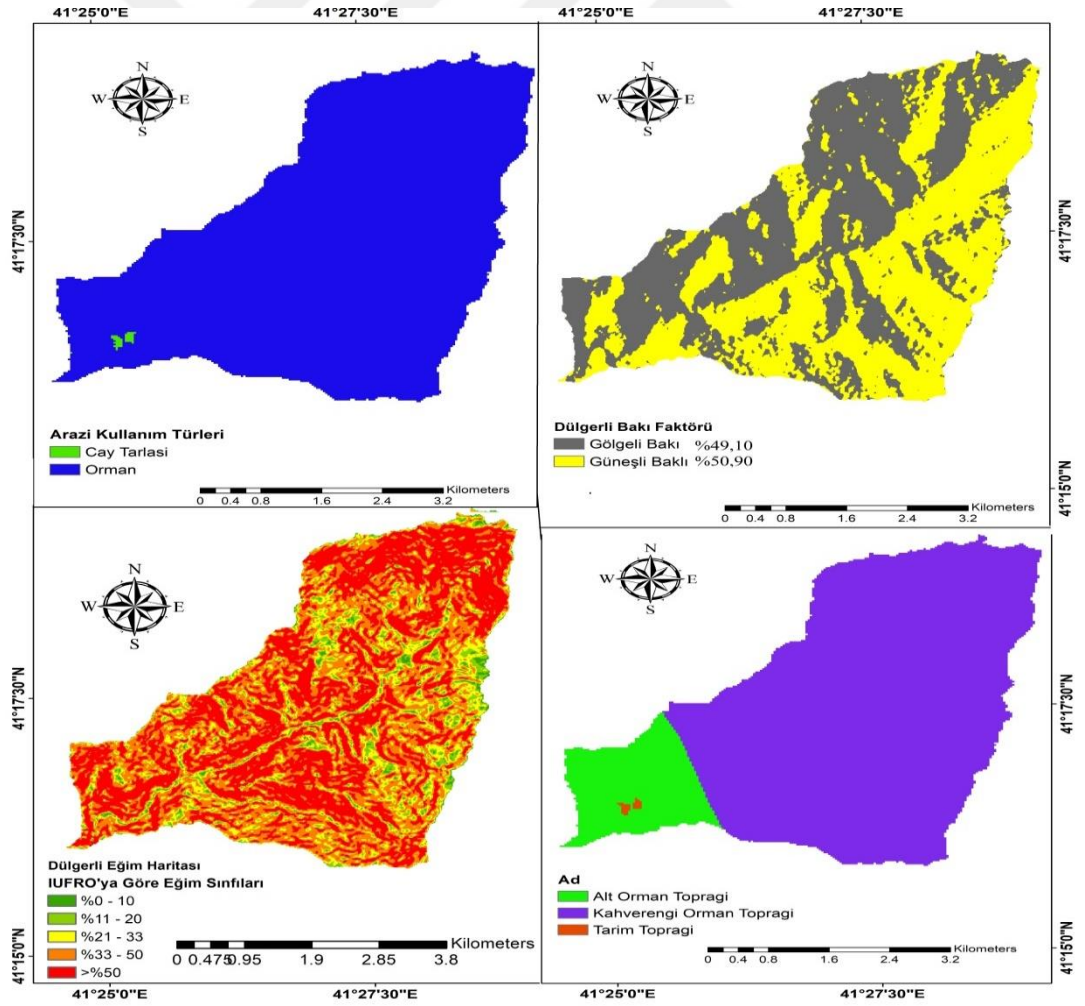
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B.(%)	Güneşli B.(%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Dülgerli	2268.55	49.1	50.9	1113.86	1154.69

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ortaya çıkan sonuçları (Tablo 32) verilmiştir.

Tablo 32. Dülgerli Alanı GeoWEPP Sonuçları

Alan Adı	Toplam Yamaç ve Kanal Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Dülgerli	345 Yamaç, 157 Kanal	0.00	1502.10	0.309	463.50	1969.24	0.235

Alana ait bakı, arazi kullanım, toprak sınıfı ve IUFRO'ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 43) ArcMap 10,1 programı üzerinden "Layout Wiew" modülü kullanılarak "Export Map" komutu ile üretilmiştir.



Şekil 43. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

4.1.9. Gürgencik Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

AKDH’de bulunan Gürgencik mevkisi Artvin/Arhavi ilçesi içerisinde bulunmaktadır. F46b4 paftası içerisinde yer almaktadır. Ortalama yükseltisi 887,72 m’dir. Ortalama eğimi % 56,04’dür.

Alanımız 41.15° ile 41.21° N, 41.19° ile 42.21° E coğrafi koordinatları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını; tarım, alt orman, kahverengi orman ve yüksek dağ çayır toprağı mevcuttur. Arazi kullanımı ise çoğunlukla ormanın bulunduğu, diğer arazi kullanımını örneklerinin çok az olduğu bir şekilde sahiptir. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelik oranları aşağıda gösterilmiştir (Tablo 33).

Tablo 33. Gürgencik Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
Gürgencik	Çay Tarlası	1.47	9.18	622.54
	Kentsel Yapı	0.04	0.27	
	Fındık Bahçesi	0.68	4.23	
	Orman	97.56	607.33	
	Mera	0.22	1.35	
	Maden Ocağı	0.03	0.18	
	Toprak Sınıfı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
	Tarım Toprağı	1.86	11.61	622.54
	Kahverengi Orman Toprağı	3.16	19.70	
	Alt Orman Toprağı	94.80	590.15	
	Yüksek Dağ Çayır	0.17	1.08	

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir (Tablo 34 ve 35).

Tablo 34. Gürgencik Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
Gürgencik	%0-10	0.77	4.78	622.54
	%11-20	3.02	18.80	
	%21-33	9.35	58.24	
	%34-50	31.45	195.77	
	>%50	55.41	344.95	

Tablo 35. Gürgencik Alanı Bakı Durum

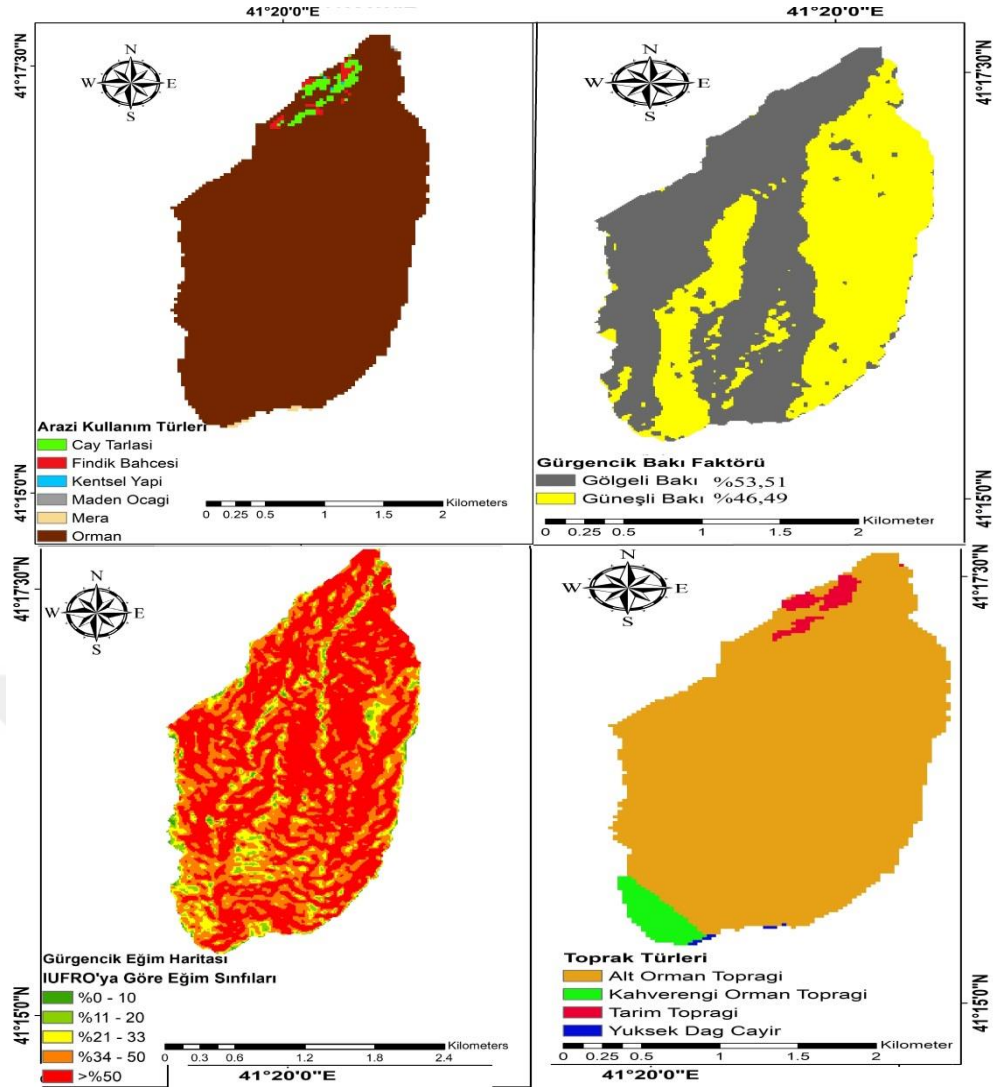
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B.(%)	Güneşli B.(%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Gürgencik	622.54	53.51	46.49	333.12	289.42

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ortaya çıkan sonuç değerleri (Tablo 36) verilmiştir.

Tablo 36. Gürgencik Alanı GeoWEPP Sonuçları

Alan Adı	Toplam Yamaç ve Kanal Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Gürgencik	85 Yamaç, 37 Kanal	0.00	181.10	0.684	123.90	508.18	0.244

Alana ait bakı, arazi kullanım, toprak sınıfı ve IUFRO'ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 44) ArcMap 10,1 programı üzerinden “Layout Wiew” modülü kullanılarak “Export Map” komutu ile üretilmiştir.



Şekil 44. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

4.1.10. Güvercinli Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

AKDH'de bulunan Güvercinli mevki Artvin ili Arhavi ilçesi sınırları içerisinde kalmaktadır. F46b3/4 paftası içerisinde yer almaktadır. Ortalama yükseltisi 352,14 m'dir. Ortalama eğim % 39,22'dir.

Alanımız 41.19° ile 41.21° kuzey enlemleri, 41.20° ile 42.24° doğu boylamları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını inceleyecek olursak; tarım ve orman toprağı mevcuttur. Arazi kullanımını ise orman alanları ve tarımsal faaliyetlerin yapıldığı toplam fındık ve çay bahçesi alanlarının birbirine neredeyse eşit oranda bulunduğu bir kullanım söz konusudur. Yer yer kentsel yapılar da görülmektedir. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelik oranları aşağıda gösterilmiştir (Tablo 37).

Tablo 37. Güvercinli Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
Güvercinli	Çay Tarlası	22.97	243.19	1058.77
	Kentsel Yapı	0.52	5.55	
	Fındık Bahçesi	23.37	247.47	
	Orman	53.13	562.57	
	Toprak Sınıfı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
	Tarım Toprağı	56.54	598.66	1058.77
	Orman Toprağı	43.46	460.11	

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir (Tablo 38 ve 39)

Tablo 38. Güvercinli Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
Güvercinli	%0-10	2.67	28.29	1058.77
	%11-20	9.94	105.25	
	%21-33	22.87	242.13	
	%34-50	40.85	432.46	
	>%50	23.67	250.64	

Tablo 39. Güvercinli Alanı Bakı Durumu

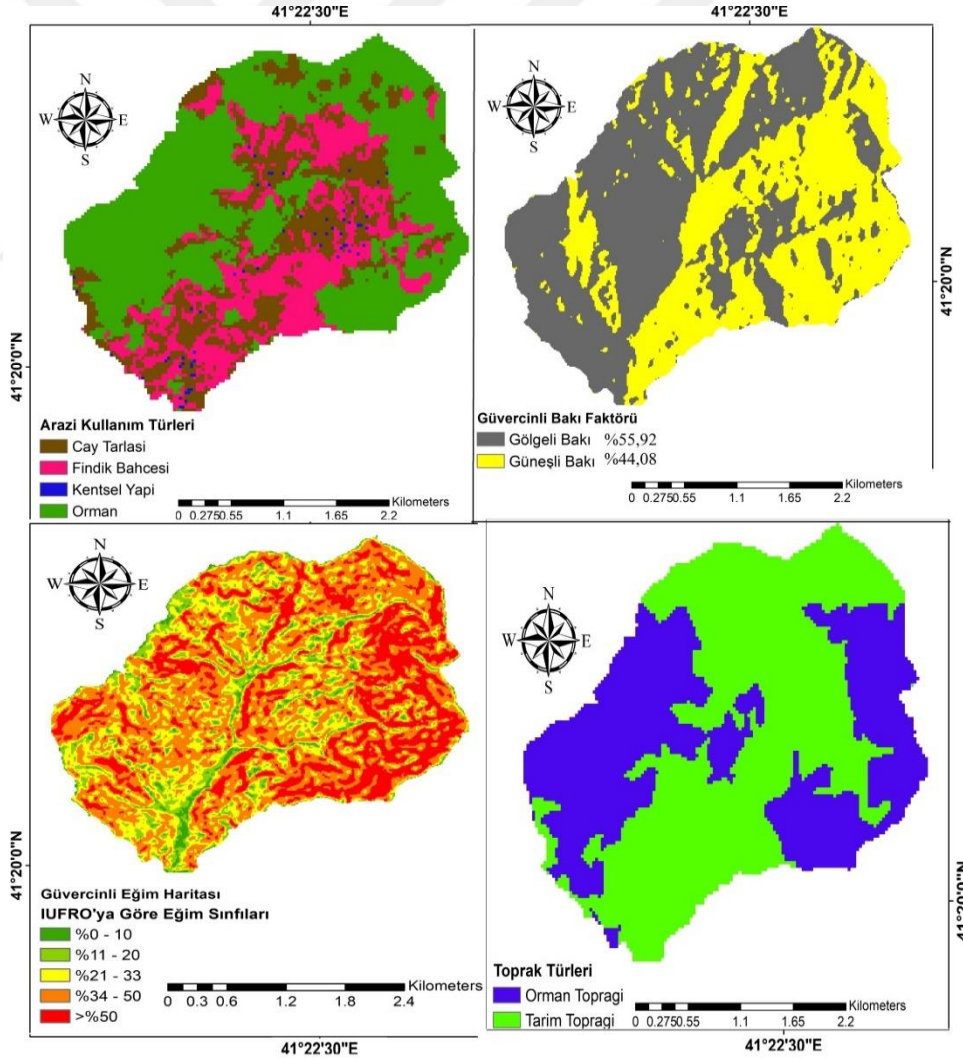
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B. (%)	Güneşli B. (%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Güvercinli	1058.77	55.92	44.08	592.07	466.71

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ortaya çıkan sonuç değerleri (Tablo 40) verilmiştir.

Tablo 40. Güvercinli Alanı GeoWEPP Sonuçları

Alan Adı	Toplam Yamaç ve Kanal (Channel) Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Güvercinli	193 Yamaç, 83 Kanal	987.00	2913.40	0.115	446.80	892.11	0.501

Alana ait bakı, arazi kullanım, toprak sınıfı ve IUFRO'ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 45) ArcMap 10,1 programı üzerinden "Layout Wiew" modülü kullanılarak "Export Map" komutu ile üretilmiştir.



Şekil 45. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

4.1.11. Kavak Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

AKDH’de bulunan Kavak mevkisi Artvin/Arhavi ilçesi içerisinde bulunmaktadır. F46b4 paftası içerisinde yer almaktadır. Ortalama yükseltisi 207,37 m’dir. Ortalama eğim % 34,98’dir.

Alanımız 41.17° ile 41.19° kuzey enlemleri, 41.16° ile 42.19° doğu boylamları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını inceleyecek olursak; tarım ve orman toprağı mevcuttur. Arazi kullanımı ise yoğunlukla tarım bulunduğu, sonrasında ormanların yoğun olduğu, azınlıkta kentsel yapıların bulunduğu bir arazi kullanım yapısı vardır. Kavak mevkisi toplam alanına oranla en fazla tarım arazisi bulunduran bölgedir. Ayrıca en ufak alt havza özelliğı taşımaktadır. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelerle oranları gösterilmiştir (Tablo 41).

Tablo 41. Kavak Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
Kavak	Çay Tarlası	30.24	83.95	277.61
	Kentsel Yapı	0.84	2.34	
	Fındık Bahçesi	41.69	115.75	
	Orman	26.05	72.33	
	Dere	1.17	3.24	
		Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
	Toprak Sınıfı			
	Tarım Toprağı	73.33	203.57	277.61
	Orman Toprağı	26.67	74.04	

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir (Tablo 42 ve 43).

Tablo 42. Kavak Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
Kavak	%0-10	8.66	24.05	277.61
	%11-20	13.09	36.35	
	%21-33	20.77	57.67	
	%34-50	40.21	111.62	
	>%50	17.26	47.92	

Tablo 43. Kavak Alanı Bakı Durumu

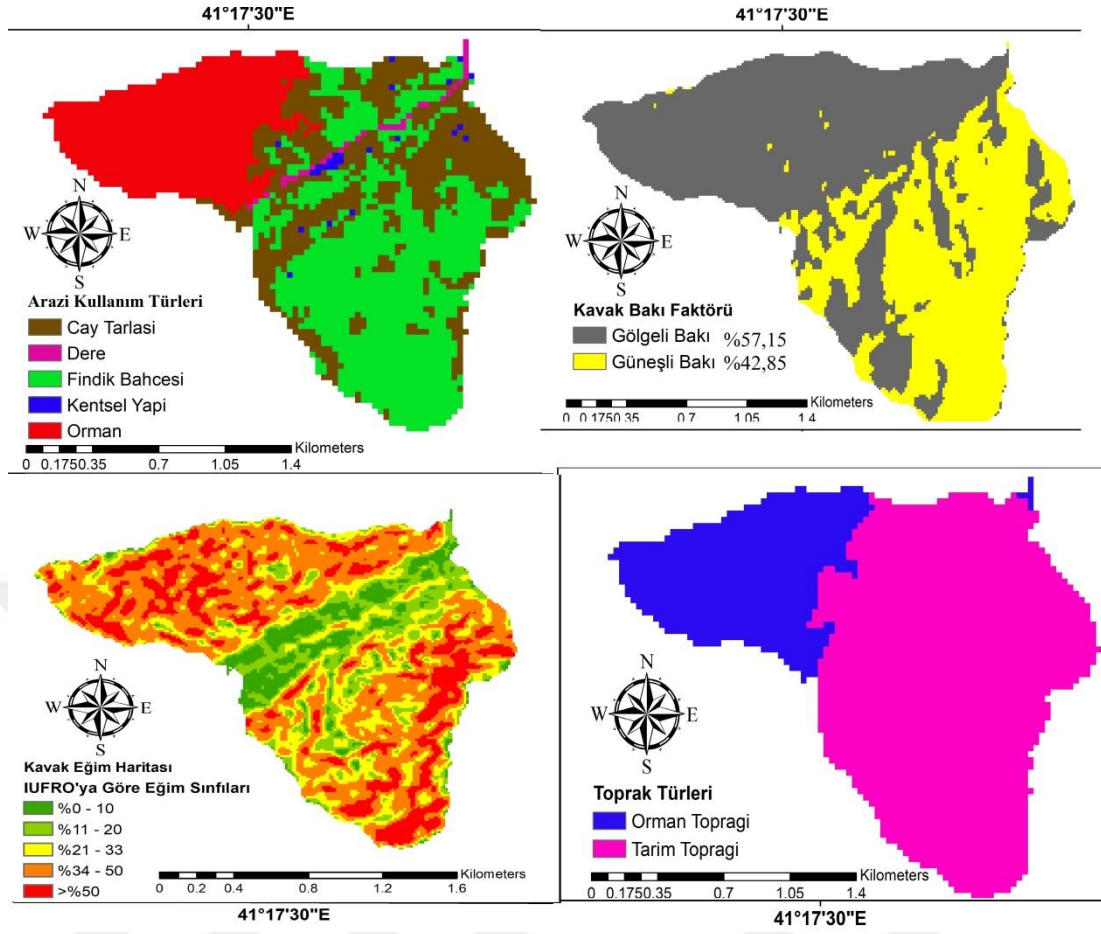
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B.(%)	Güneşli B.(%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Kavak	277.61	57.15	42.85	158.66	118.96

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ortaya çıkan sonuç değerleri (Tablo 44) verilmiştir.

Tablo 44. Kavak Alanı GeoWEPP Sonuçları

Alan Adı	Toplam Yamaç (Hillslope) ve Kanal (Channel) Sayısı	Yamaç (Hillslope) Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal (Channel) Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Kavak	44 Yamaç, 18 Kanal	356.80	403.50	0.242	183.70	191.91	0.957

Alana ait bakı, arazi kullanım, toprak sınıfı ve IUFRO'ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 46) ArcMap 10,1 programı üzerinden "Layout Wiew" modülü kullanılarak "Export Map" komutu ile üretilmiştir.



Şekil 46. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

4.1.12. Kireçlik Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

AKDH'DE bulunan Kireçlik mevkişi Artvin/Arhavi ilçesi içerisinde bulunmaktadır. F46b4 paftası içerisinde yer almaktadır. Ortalama yükseltisi 266,53 m'dir. Ortalama eğim % 35,50'dir.

Alanımız 41.17° ile 41.20° N, 41.18° ile 42.20° E coğrafi koordinatları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını inceleyecek olursak; orman, alt orman ve tarım toprağı mevcuttur. Arazi kullanımı ise alanın neredeyse yarısını tarım kullanımında yaklaşık aynı oranda çay ve fındık bahçeleri ve diğer yarısında ormanların bulunduğu, azınlıkta kentsel yapıların bulunduğu bir arazi kullanım yapısı vardır. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelik oranları gösterilmiştir (Tablo 45).

Tablo 45. Kireçlik Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
Kireçlik	Çay Tarlası	24.20	131.57	543.63
	Kentsel Yapı	2.81	15.30	
	Fındık Bahçesi	20.26	110.15	
	Orman	51.03	277.44	
	Dere	1.69	9.18	
	Toprak Sınıfı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
	Tarım Toprağı	48.47	263.49	543.63
	Orman Toprağı	37.81	205.54	
	Alt Orman Toprağı	13.72	74.60	

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir (Tablo 46 ve 47).

Tablo 46. Kireçlik Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
Kireçlik	%0-10	11.47	62.36	543.63
	%11-20	11.93	64.86	
	%21-33	19.99	108.67	
	%34-50	35.46	192.80	
	>%50	21.14	114.94	

Tablo 47. Kireçlik Alanı Bakı Durumu

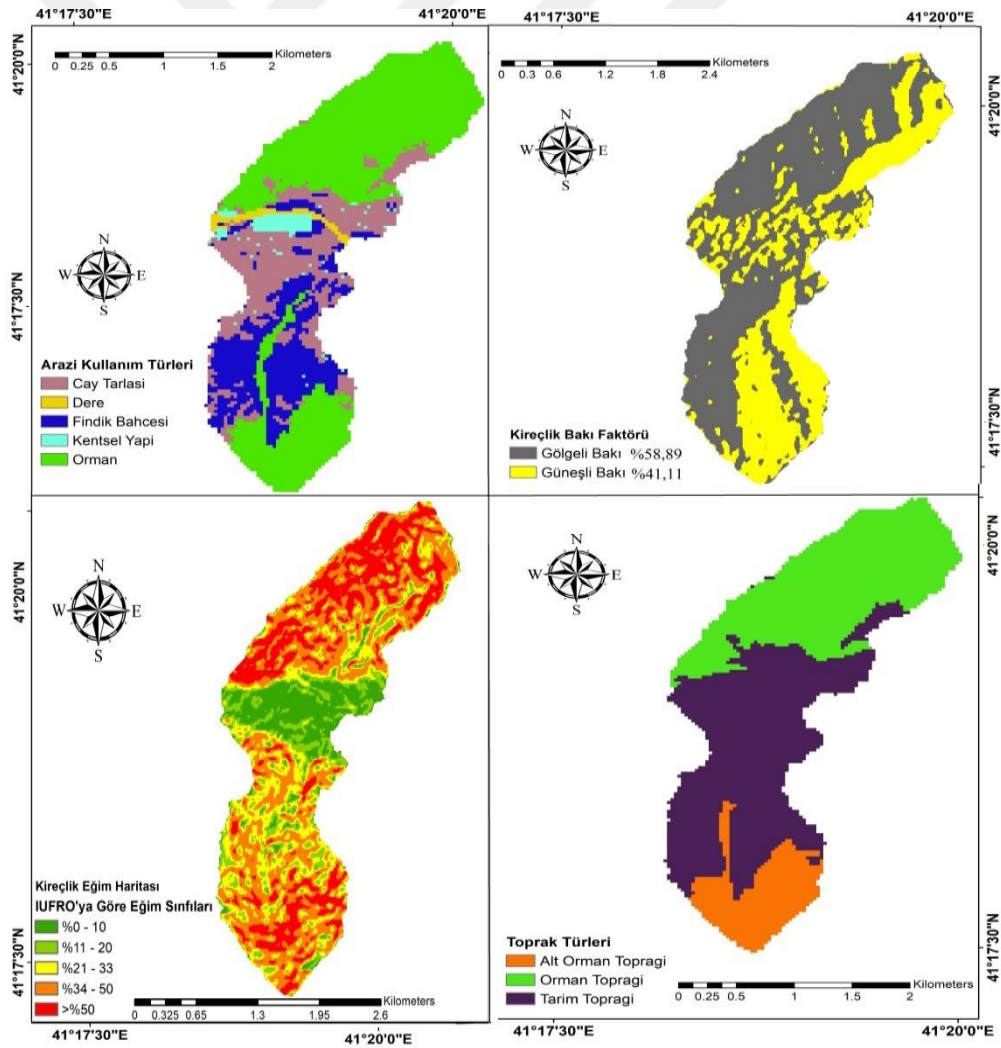
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B. (%)	Güneşli B. (%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Kireçlik	543.63	58.89	41.11	320.14	223.49

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ortaya çıkan sonuç değerleri (Tablo 48) verilmiştir.

Tablo 48. Kireçlik Alanı GeoWEPP Sonuçları

Alan Adı	Toplam Yamaç ve Kanal Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Kireçlik	78 Yamaç, 34 Kanal	431.70	109.70	0.608	329.00	406.96	0.808

Alana ait bakı, arazi kullanımı, toprak sınıfı ve IUFRO'ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 47) ArcMap 10,1 programı üzerinden "Layout Wiew" modülü kullanılarak "Export Map" komutu ile üretilmiştir.



Şekil 47. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

4.1.13. Konaklı Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

AKDH'de bulunan Konaklı mevkişi Artvin/Arhavi ilçesi içerisinde bulunmaktadır. F46b4 paftası içerisinde yer almaktadır. Ortalama yükseltisi 325,75 m'dir. Ortalama eğim %42,87'dir.

Alanımız 41.18° ile 41.20° N, 41.19° ile 42.22° E coğrafi koordinatları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını inceleyecek olursak; tarım, orman ve alt orman toprağı mevcuttur. Arazi kullanımı ise çoğunlukta ormanın bulunduğu, sonrasında çay ve fındık bahçelerinin yoğun olduğu, azınlıkta kentsel yapıların bulunduğu arazi kullanım yapısı vardır. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelik oranları gösterilmiştir (Tablo 49).

Tablo 49. Konaklı Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
Konaklı	Çay Tarlası	20.86	156.87	751.96
	Kentsel Yapı	0.50	3.78	
	Fındık Bahçesi	17.98	135.18	
	Orman	58.73	441.64	
	Dere	1.93	14.49	
		Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
	Toprak Sınıfı			
	Tarım Toprağı	45.51	342.18	751.96
	Orman Toprağı	41.54	312.39	
	Alt Orman Toprağı	12.95	97.38	

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir (Tablo 50 ve 51).

Tablo 50. Konaklı Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
Konaklı	%0-10	5.16	38.84	751.96
	%11-20	8.98	67.55	
	%21-33	19.87	149.39	
	%34-50	32.43	243.89	
	>%50	33.55	252.30	

Tablo 51. Konaklı Alanı Bakı Durumu

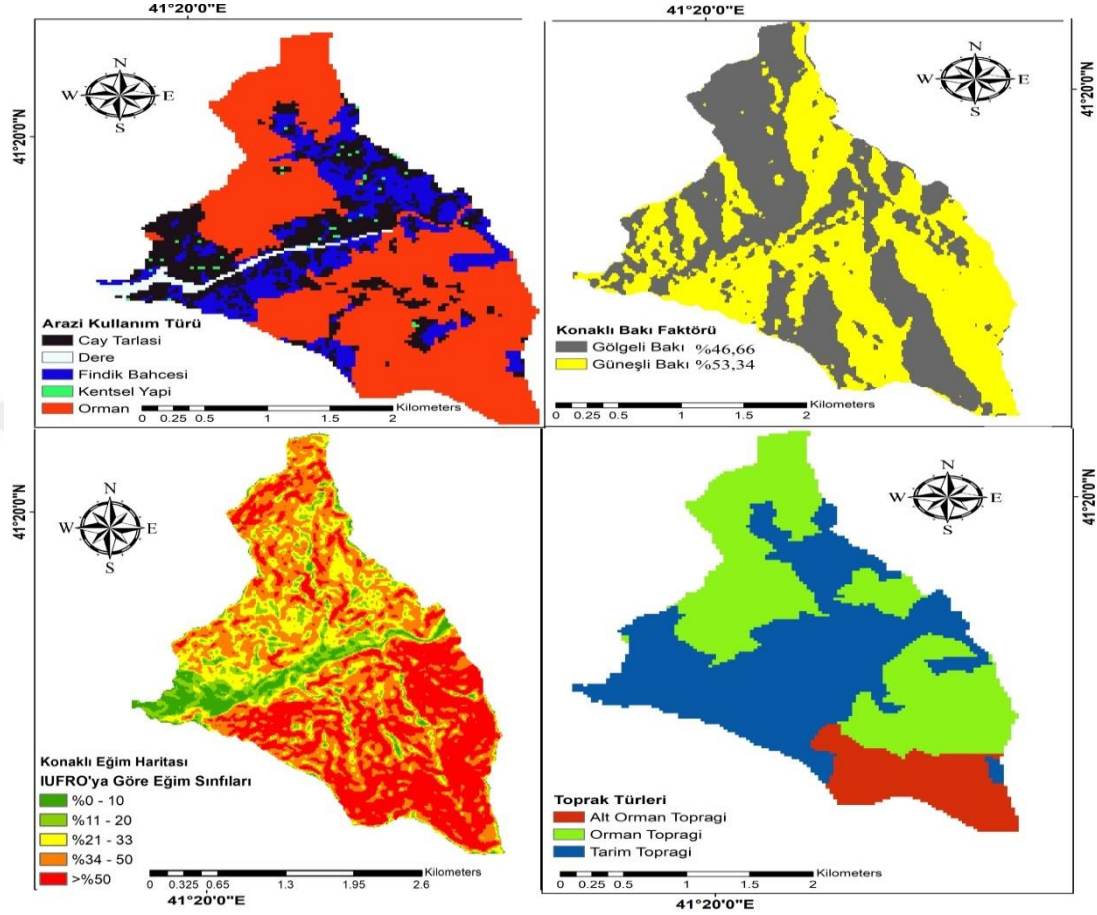
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B. (%)	Güneşli B. (%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Konaklı	751.96	46.66	53.34	350.86	401.10

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ortaya çıkan sonuç değerleri (Tablo 52) verilmiştir.

Tablo 52. Konaklı Alanı GeoWEPP Sonuçları

Alan Adı	Toplam Yamaç ve Kanal Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Konaklı	101 Yamaç, 42 Kanal	528.20	553.30	0.206	222.70	596.85	0.373

Alana ait bakı, arazi kullanımı, toprak sınıfı ve IUFRO'ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 48) ArcMap 10,1 programı üzerinden "Layout Wiew" modülü kullanılarak "Export Map" komutu ile üretilmiştir.



Şekil 48. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

4.1.14. Mençuna Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

AKDH'de bulunan Mençuna mevki Artvin ili Arhavi ilçesi sınırları içerisinde kalmaktadır. F46b1/2/3/4 paftaları içerisinde yer almaktadır. Ortalama yükseltisi 858,5 m'dir. Ortalama eğim % 63,22'dir.

Alanımız 41.14° ile 41.17° kuzey enlemleri, 41.20° ile 42.23° doğu boylamları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını inceleyecek olursak; tarım, alt orman ve yüksek dağ çayır toprağı mevcuttur. Arazi kullanımı ise çoğunlukla ormanın bulunduğu, sonrasında meranın yoğun olduğu, devamında çay bahçeleri ve azınlıkta kentsel yapıların ve

findık bahçelerinin bulunduğu bir arazi kullanım yapısı vardır. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelik oranları gösterilmiştir (Tablo 53).

Tablo 53. Mençuna Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
Mençuna	Çay Tarlası	3.41	35.48	1041.96
	Kentsel Yapı	0.13	1.35	
	Findık Bahçesi	0.30	3.15	
	Orman	87.14	907.96	
	Mera	9.02	94.01	
	Toprak Sınıfı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
	Tarım Toprağı	3.88	40.43	1041.96
	Alt Orman Toprağı	86.48	901.12	
	Yüksek Dag Cayir	9.64	100.40	

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir (Tablo 54 ve 55).

Tablo 54. Mençuna Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
Mençuna	%0-10	1.26	13.11	1041.96
	%11-20	4.16	43.37	
	%21-33	9.87	102.88	
	%34-50	25.37	264.38	
	>%50	59.33	618.21	

Tablo 55. Mençuna Alanı Bakı Durumu

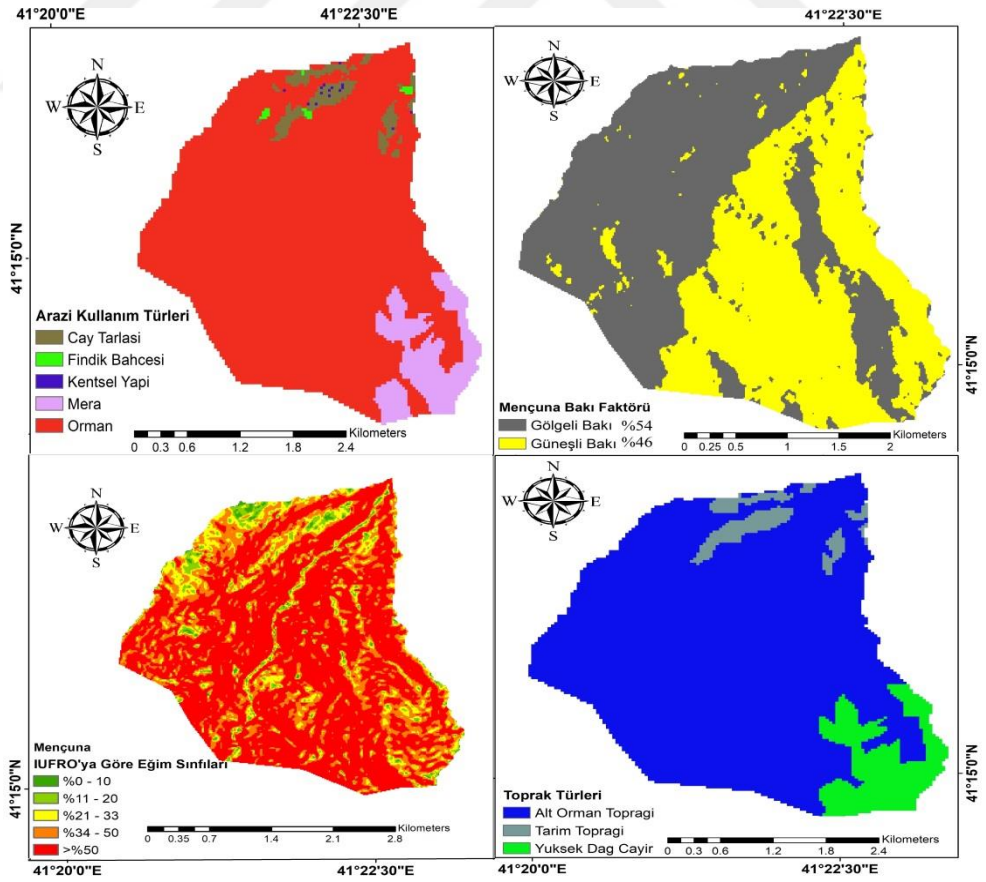
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B.(%)	Güneşli B.(%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Mençuna	1041.96	54	46	562.66	479.30

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ortaya çıkan sonuç değerleri (Tablo 56) verilmiştir.

Tablo 56. Mençuna Alanı GeoWEPP Sonuçları

Alan Adı	Toplam Yamaç (Hillslope) ve Kanal (Channel) Sayısı	Yamaç (Hillslope) Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal (Channel) Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Mençuna	152 Yamaç, 67 Kanal	109.20	2866.00	0.056	168.00	866.38	0.194

Alana ait bakı, arazi kullanım, toprak sınıfı ve IUFRO'ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 49) ArcMap 10,1 programı üzerinden "Layout Wiew" modülü kullanılarak "Export Map" komutu ile üretilmiştir.



Şekil 49. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

4.1.15. Mera Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

AKDH'de bulunan Mera mevkisi Artvin ili Arhavi ilçesi sınırları içerisinde kalmaktadır. F46c1/2 ve F46b3/4 paftaları içersindedir. Ortalama yükseltisi 1437,38 m'dir. Ortalama eğim %59,97'dir.

Alanımız 41.08° ile 41.17° kuzey enlemleri, 41.18° ile 42.30° doğu boylamları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını; alt orman, kahverengi orman ve yüksek dağ çayır toprağı mevcuttur. Arazi kullanımı ise 3'de 2'lik kısmı mera, geriye kalan kısmı ormanlık alanlardan oluşmaktadır. Bölgede herhangi bir tarım faaliyeti veya kentsel yerleşim bulunmamaktadır. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelik oranları gösterilmiştir (Tablo 57).

Tablo 57. Mera Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
Mera	Çay Tarlası	0.00	0.45	
	Orman	28.36	3560.27	12555.87
	Mera	71.64	8995.15	
	Toprak Sınıfı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
	Kahverengi Orman Toprağı	12.85	1613.82	
	Alt Orman Toprağı	17.56	2205.17	12555.87
	Yukse Dag Cayir	69.58	8736.87	

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir (Tablo 58 ve 59).

Tablo 58. Mera Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
Mera	%0-10	1.19	149.74	12555.87
	%11-20	3.76	472.65	
	%21-33	11.13	1397.13	
	%34-50	26.95	3383.60	
	>%50	56.97	7152.75	

Tablo 59. Mera Alanı Bakı Durumu

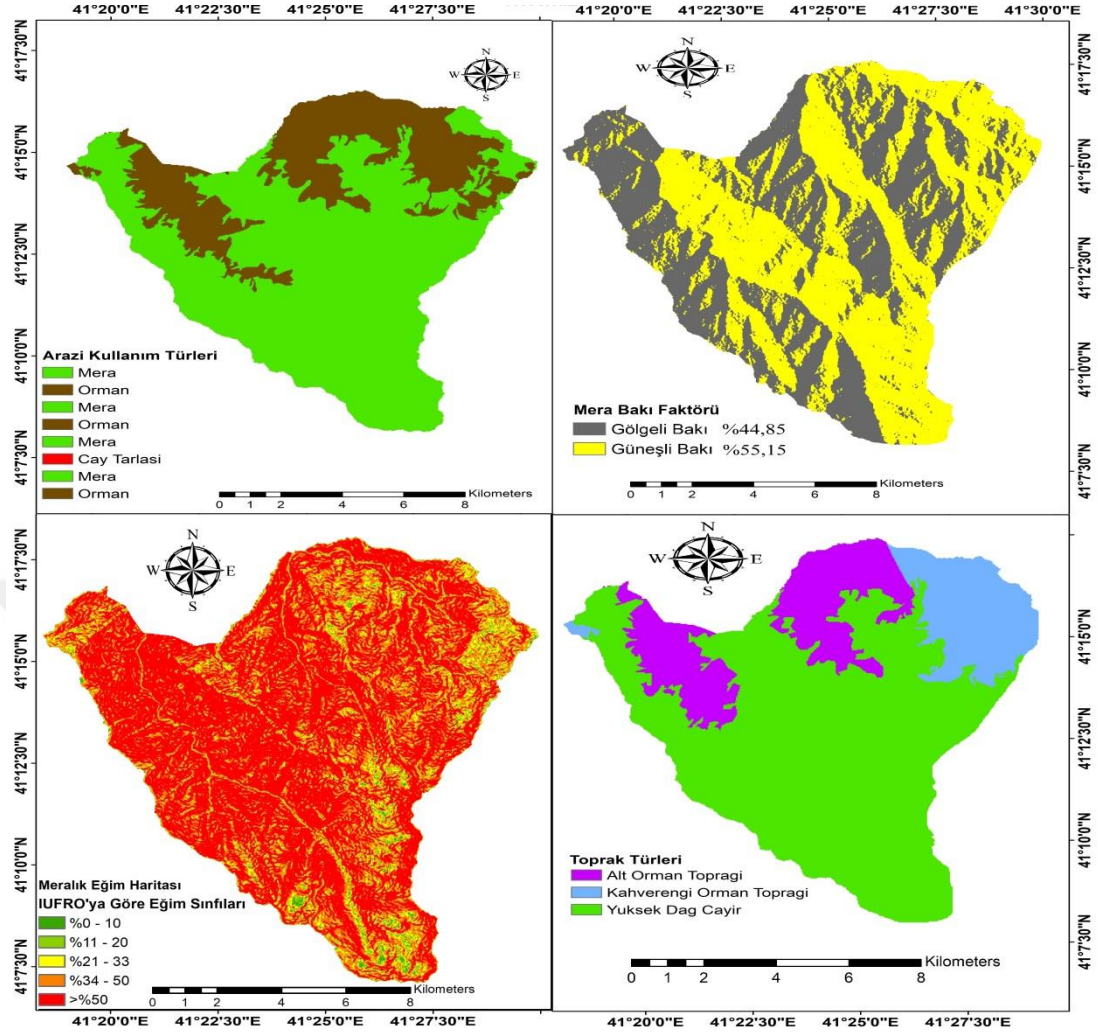
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B.(%)	Güneşli B.(%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Mera	12555.87	44.85	55.15	5631.31	6924.56

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ortaya çıkan sonuç değerleri (Tablo 60) verilmiştir.

Tablo 60. Mera Alanı GeoWEPP Sonuçları

Alan Adı	Toplam Yamaç ve Kanal Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Mera Bütün	1449 Yamaç, 640 Kanal	94.20	142680.60	0.131	18739.80	10847.20	1.728

Alana ait bakı, arazi kullanım, toprak sınıfı ve IUFRO'ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 50) ArcMap 10,1 programı üzerinden "Layout Wiew" modülü kullanılarak "Export Map" komutu ile üretilmiştir.



Şekil 50. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

4.1.16. Sırtoba Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

AKDH'de bulunan Sırtoba mevkişi Artvin/Arhavi ilçesi içerisinde bulunmaktadır. F46b3 paftası içerisinde yer almaktadır. Ortalama yükseltisi 818,81 m'dir. Ortalama eğim % 53,94'dür.

Alanımız 41.17° ile 41.19° N, 41.23° ile 42.27° E coğrafi koordinatları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını inceleyecek olursak; tarım, orman, alt orman ve kahverengi orman toprağı mevcuttur. Arazi kullanımı ise yoğunlukla ormanın bulunduğu, sonrasında çay bahçelerinin yoğun olduğu, azınlıkta kentsel yapıların ve fındık bahçelerinin bulunduğu bir arazi kullanım yapısı vardır. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelik oranları gösterilmiştir (Tablo 61).

Tablo 61. Sirtoba Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
	Çay Tarlası	11.75	152.30	
	Kentsel Yapı	0.15	1.89	1296.50
	Fındık Bahçesi	0.40	5.22	
	Orman	87.70	1137.09	
Sirtoba	Toprak Sınıfı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
	Tarım Toprağı	9.83	127.47	
	Kahverengi Orman Toprağı	39.97	518.17	1296.50
	Orman Toprağı	4.64	60.09	
	Alt Orman Toprağı	45.57	590.76	

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir (Tablo 62 ve 63).

Tablo 62. Sirtoba Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
	%0-10	0.96	12.47	
	%11-20	4.12	53.41	
Sirtoba	%21-33	12.53	162.50	1296.50
	%34-50	27.85	361.03	
	>%50	54.54	707.09	

Tablo 63. Sirtoba Alanı Bakı Durumu

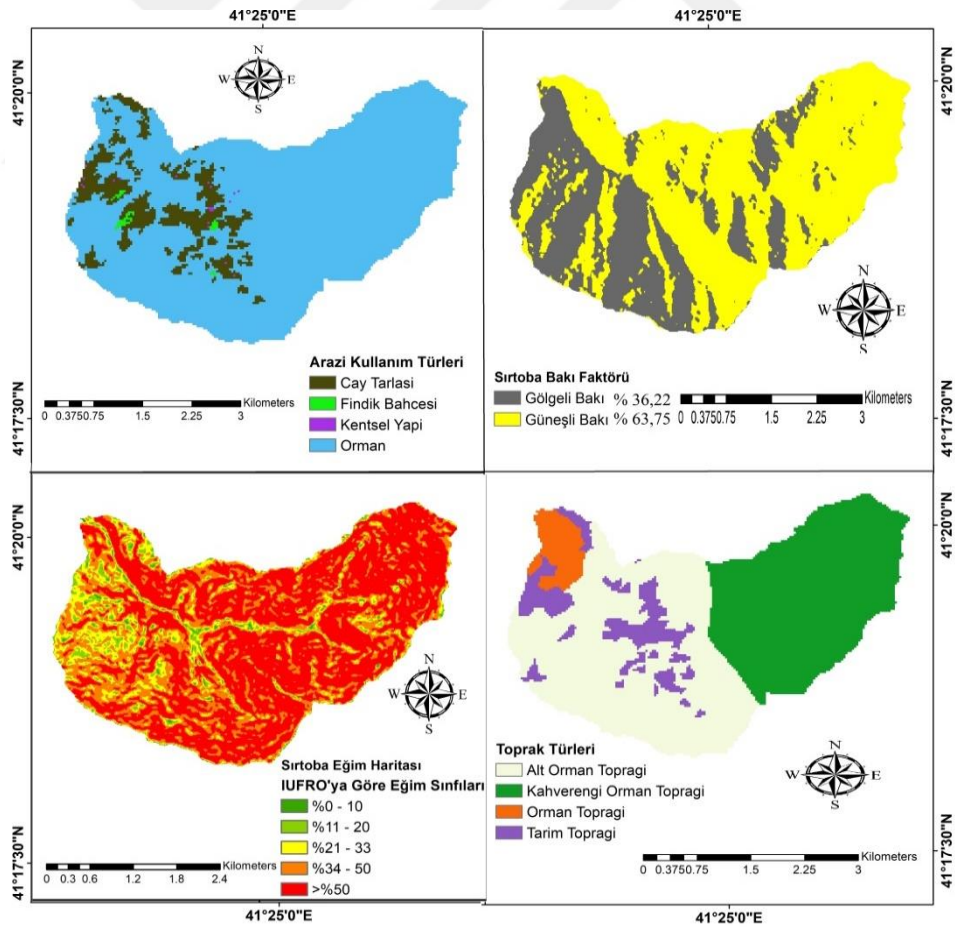
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B. (%)	Güneşli B. (%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Sirtoba	1296.50	36.22	63.75	469.59	826.52

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ortaya çıkan sonuç değerleri (Tablo 64) verilmiştir.

Tablo 64. Sirtoba Alanı GeoWEPP Sonuçları

Alan Adı	Toplam Yamaç ve Kanal Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Sirtoba	183 Yamaç, 80 Kanal	355.60	2812.00	0.123	388.60	1100.19	0.353

Alana ait bakı, arazi kullanım, toprak sınıfı ve IUFRO'ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 51) ArcMap 10,1 programı üzerinden "Layout Wiew" modülü kullanılarak "Export Map" komutu ile üretilmiştir.



Şekil 51. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

4.1.17. Yolgeçen Alt Havzası Özellikleri ve Sonuç Değerleri

AKDH'de bulunan Yolgeçen mevkişi Artvin ili Arhavi ilçesi sınırları içerisinde kalmaktadır. F46b4 ve F46c1 paftaları içerisinde yer almaktadır. Ortalama yükseltisi 787,87 m'dir. Ortalama eğim % 55,13'dür.

Alanımız 41.14° ile 41.18° kuzey enlemleri, 41.16° ile 42.20° doğu boylamları arasında bulunmaktadır.

Alanımızın toprak yapısını inceleyecek olursak; tarım, orman, alt orman, kahverengi orman, yüksek dağ çayır toprağı mevcuttur. Arazi kullanımı ise çoğunlukla ormanın bulunduğu, sonrasında yoğun arazi kullanımı çay ve fındık bahçelerinden oluşmaktadır. Ayrıca yer yer azınlıkta kentsel yapılar bulunmaktadır. Arazi kullanımlarının ve toprak sınıflarının hektar bazlı yüzdelik oranları gösterilmiştir (Tablo 65).

Tablo 65. Yolgeçen Alanı Toprak Sınıfı ve Arazi Kullanımı Oranları

Alan Adı	Arazi Kullanımı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
Yolgeçen	Çay Tarlası	8.49	132.46	
	Kentsel Yapı	0.14	2.16	
	Fındık Bahçesi	8.22	128.13	
	Orman	82.45	1285.91	1559.67
	Mera	0.29	4.60	
	Dere	0.41	6.40	
	Toprak Sınıfı	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Alan (Ha)
	Tarım Toprağı	19.32	301.35	
	Kahverengi Orman Toprağı	56.75	885.11	
	Orman Toprağı	0.14	2.16	1559.67
	Alt Orman Toprağı	23.49	366.36	
	Yuksek Dag Cayir	0.30	4.69	

Çalışma alanına ait IUFRO standartları kapsamında değerlendirilen eğim sınıfları dağılımı ve bakı durumu ile birlikte eğimin çalışılan havzadaki alan bazlı eğim yüzdeleri ve bakı durumlarının toplam alana göre oranları gösterilmiştir (Tablo 66 ve 67).

Tablo 66. Yolgeçen Alan Eğim Sınıfları (IUFRO) Dağılımı

Alan Adı	EĞİM SINIFI	Toplam Alana Oranı (%)	Alan (Ha)	Toplam Ha
Yolgeçen	%0-10	1.62	25.27	1559.67
	%11-20	4.99	77.82	
	%21-33	11.95	186.31	
	%34-50	27.25	424.95	
	>%50	54.20	845.32	

Tablo 67. Yolgeçen Alanı Bakı Durumu

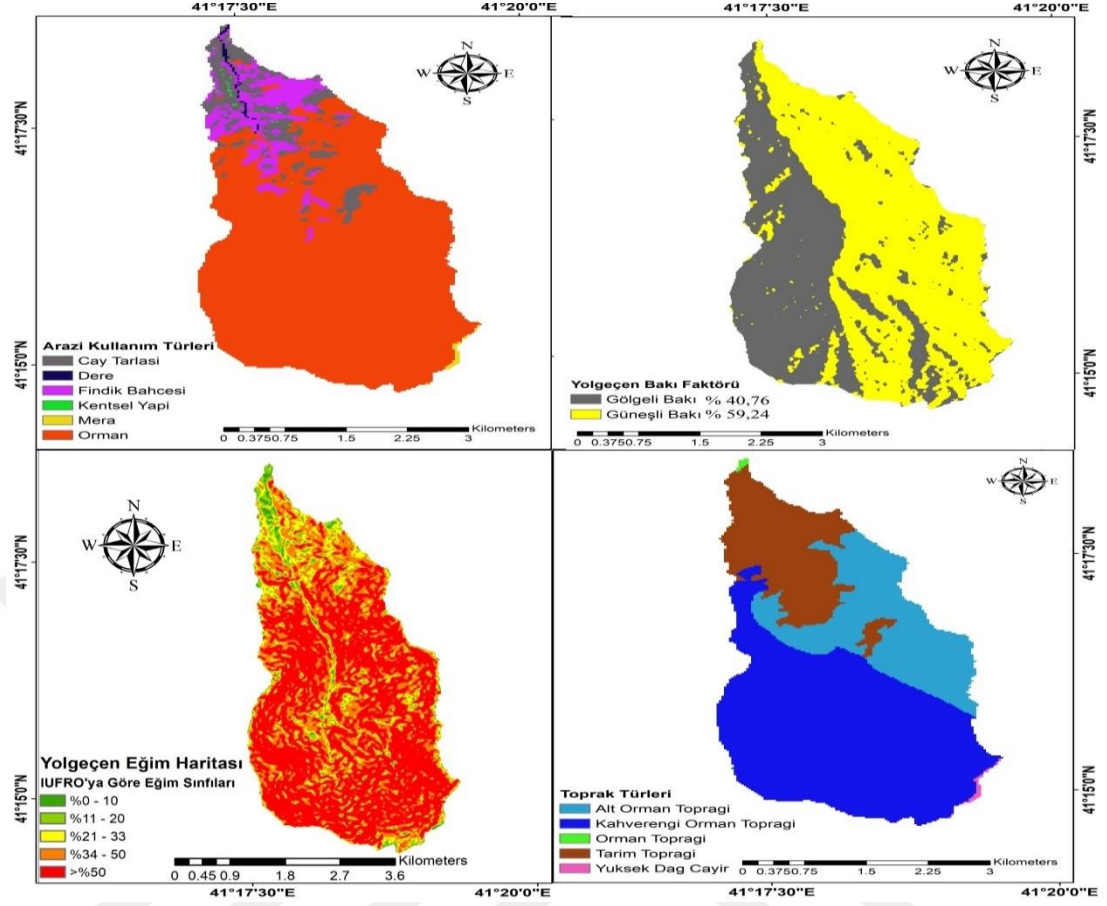
Alan Adı	Toplam HA	Gölgeli B.(%)	Güneşli B.(%)	Gölgeli B. (Ha)	Güneşli B. (Ha)
Yolgeçen	1559.67	40.76	59.24	635.72	923.95

Alanın GeoWEPP ile 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ortaya çıkan sonuç değerleri (Tablo 68) verilmiştir.

Tablo 68. Yolgeçen Alanı GeoWEPP Sonuçları

Alan Adı	Toplam Yamaç ve Kanal Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal (Channel) Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Yolgeçen	244 Yamaç, 110 kanal	509.50	1597.20	0.258	542.50	1320.19	0.411

Alana ait bakı, arazi kullanım, toprak sınıfı ve IUFRO'ya göre eğim sınıfları haritaları (Şekil 52) ArcMap 10,1 programı üzerinden “Layout Wiew” modülü kullanılarak “Export Map” komutu ile üretilmiştir.



Şekil 52. Bakı, Arazi Kullanım, Toprak ve IUFRO'ya Göre Eğim Sınıfları Haritası

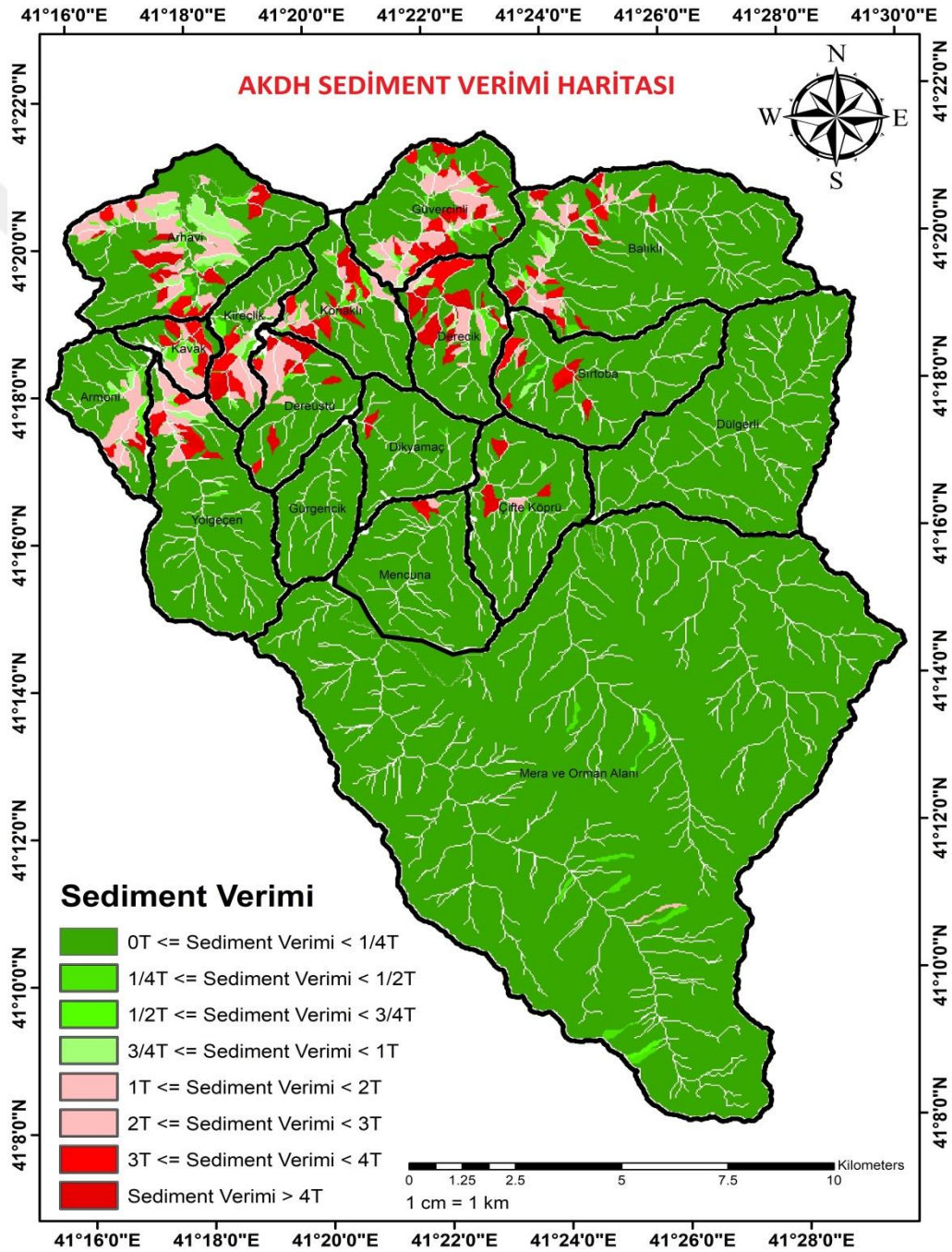
4.2. Tüm Havza Alanın Tahmin Sonuçları ve Erozyon Haritaları

2019, 2020 ve 2021 yıllarının iklim verileri alınarak oluşturulan iklim dosyası, 154 farklı noktadan 0-15 cm ve 15-30 cm derinlik seviyesinden 308 adet toprak örneği ile oluşturulan toprak dosyası ve USDA bünyesinde kabul edilen, mevcut çalışma alanındaki arazi kullanımına en uygun olan arazi kullanım tipleri ile oluşturulan arazi kullanım dosyası ile GeoWEPP yazılımı kullanılarak AKDH'de 20 yıllık ve 1 yıllık erozyon tahmin simülasyonu yürütülmüştür. Toplam yamaç ve kanal sayısı, bu yamaç ve kanallarda meydana gelen toprak kayıpları, SİO, toplam sediment verimi, simülasyonun yürütüldüğü toplam alan ve birim alandaki sediment verimi (Tablo 69 ve 70) gösterilmiştir. SİO ve birim alan sediment veriminin 17 alandaki değerlerinin ortalaması ve 17 alandaki toplam toprak kaybı bazındaki hesaplanan değerleri (Tablo 69 ve 70) ayrıca belirtilmiştir. Yürütülen simülasyonun sonuçlarına ait erozyon risk ve sediment verimi haritaları (Şekil 53, 54, 55 ve 56) gösterilmiştir.

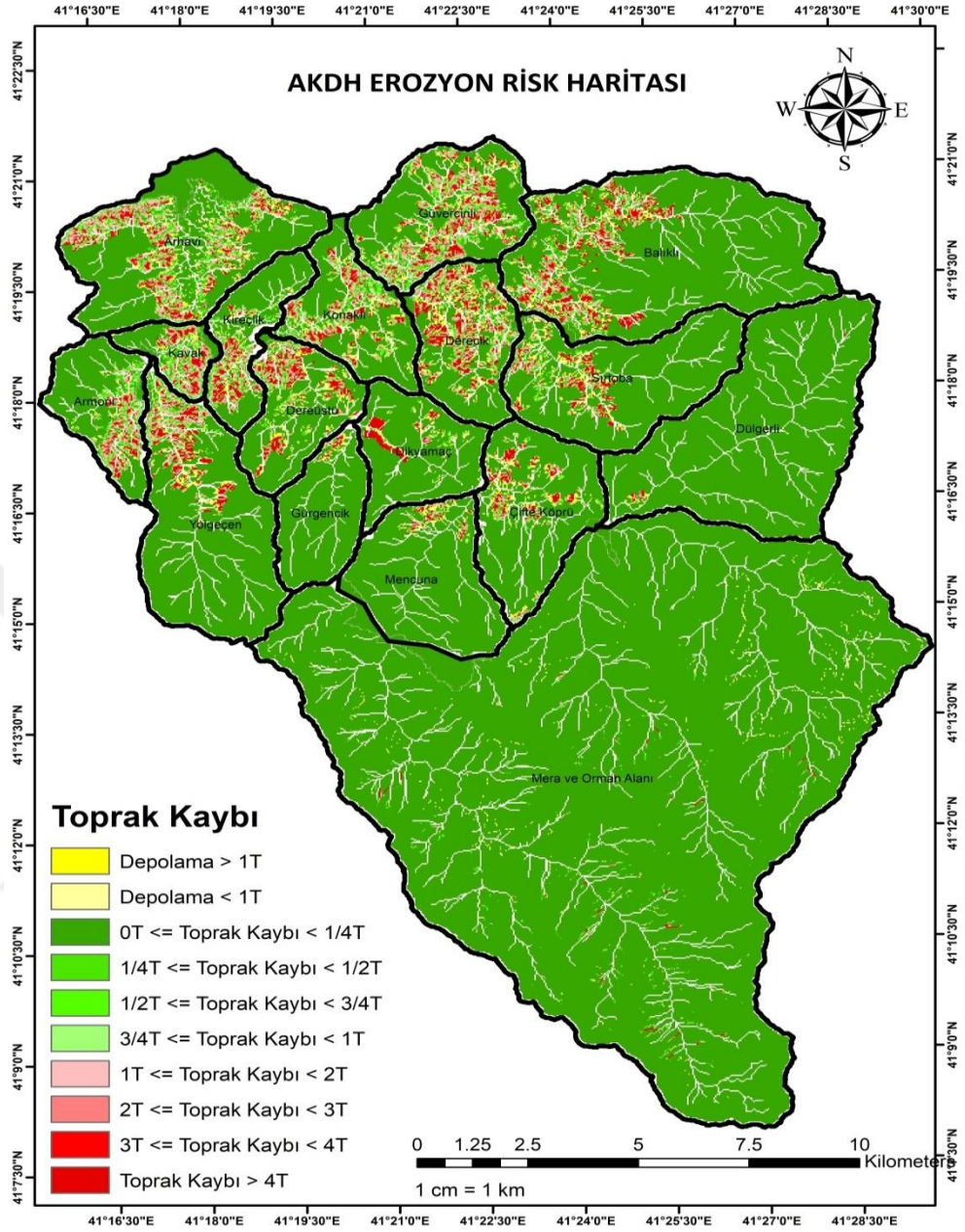
Tablo 69. 20 Yıllık Erozyon Simülasyonu Tahmin Değerleri

Alan Adı	Toplam Yamaç ve Kanal Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Arhavi	226, 9	1243.5	965.9	0.34	751.9	1227.4	0.64
Armoni	105, 4	288.6	1632.5	0.32	611.5	499.8	1.22
Balıkli	394, 170	802.2	6020.5	0.36	2493.6	2091.9	1.19
Çifteköprü	155, 66	283.6	3440.9	0.09	333.4	849.9	0.39
Derecik	104, 45	963.2	1725.1	0.22	600.2	659.9	0.91
Dereüstü	94, 41	678.5	856.5	0.11	173.3	574.7	0.30
Dikyamaç	121, 53	1016.8	206.4	0.23	276.3	590.0	0.47
Dülgerli	345, 157	0.0	1502.1	0.31	461.6	1969.2	0.23
Gürgencik	85, 37	0.0	181.1	0.68	123.9	508.2	0.24
Güvercinli	193, 83	987.0	2913.4	0.11	446.8	892.1	0.50
Kavak	44, 18	356.8	403.5	0.24	183.7	191.9	0.96
Kireçlik	78, 34	431.7	109.7	0.61	329.0	407.0	0.81
Konaklı	101, 42	528.2	553.3	0.21	222.7	596.8	0.37
Mençuna	152, 67	109.2	2866.0	0.06	168.0	866.4	0.19
Mera	1449, 640	94.2	142680.6	0.13	18739.8	10847.2	1.73
Sırtoba	183, 80	355.6	2812.0	0.12	388.6	1100.2	0.35
Yolgeçen	244, 110	509.5	1597.2	0.26	542.5	1320.2	0.41
Bütün Alan Toplam	5522, 2425	8648.6	170466.7	0.150	26846.8	25192.8	1.066
Ortalama				0.259			0.641

Yürütülen 20 yıllık simülasyonun sonucunda toplam yamaç sayısı 5522, kanal sayısı 2425'dir. Toplam yamaçlarda görülen erozyon miktarı 8648,6 ton/yıl, kanallarda görülen erozyon miktarı 170466,70 ton/yıl ve havzanın sediment verimi ise 26846,80 ton/yıl olarak tespit edilmiştir. 17 alanın ortalama SİO 0.259 ve birim alan ortalama sediment verimi 0,641 ton/ha/yıl iken, bütün alandaki toprak kayıplarının ağırlıklı ortalamaları incelendiğinde SİO 0.150 ve birim alanda görülen sediment verimi 1.066 ton/ha/yıl hesaplanmıştır.



Şekil 53. 20 Yıllık Simülasyonun Sediment Verimi Haritası



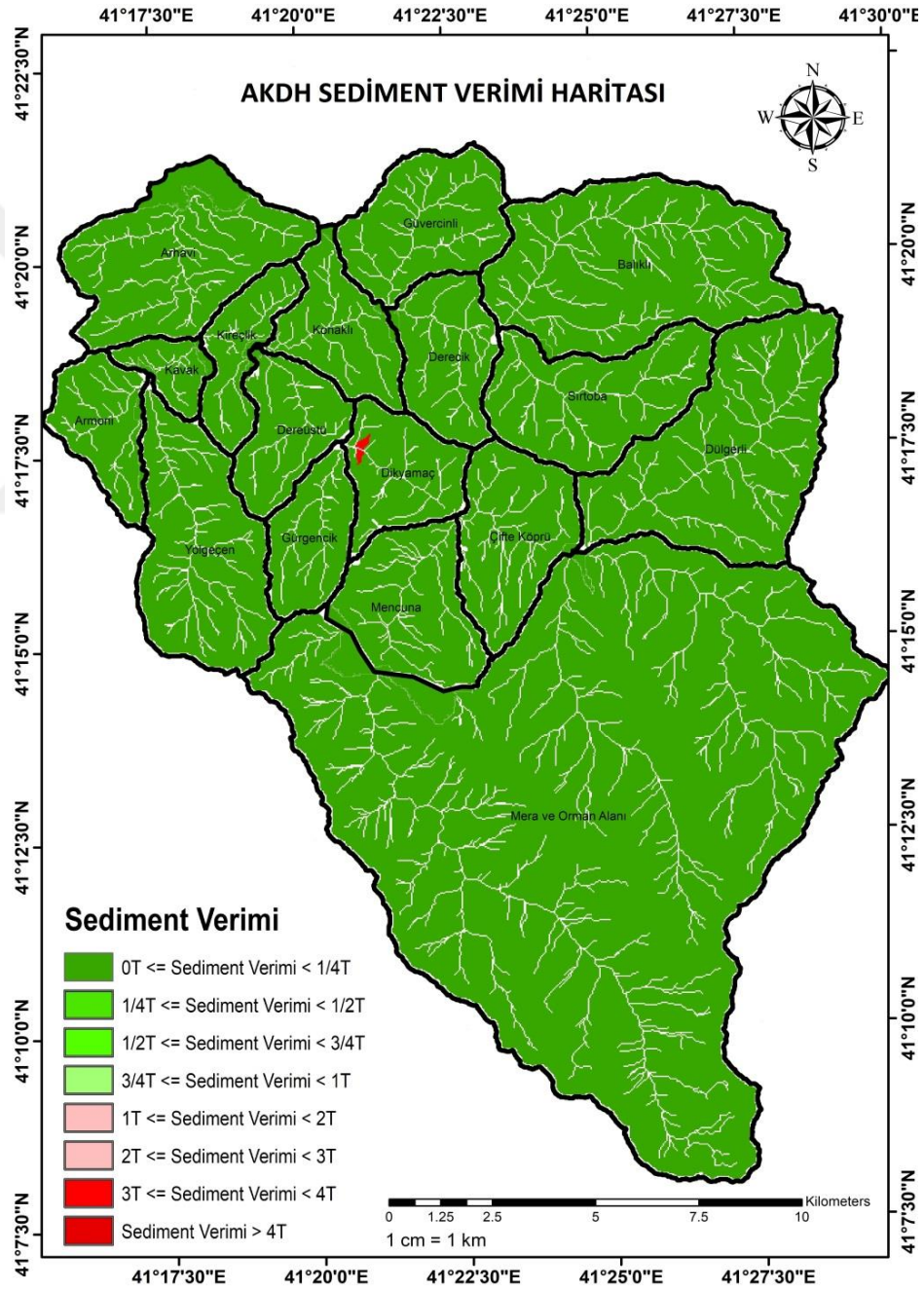
Şekil 54. 20 Yıllık Simülasyonun Erozyon Risk Haritası

GeoWEPP yazılımının WEPP/TOPAZ modülünün kullanıcıya sunduğu simülasyon yıl seçeneği doğrultusunda, çalışmada önce 20 yıllık sonuçlar alınmıştır. Sonrasında 20 yıllık simülasyonda kullanılan iklim, toprak ve arazi kullanım dosyalarında herhangi bir değişiklik yapılmadan WEPP/TOPAZ yardımıyla simülasyon 1 yıllık olacak şekilde tekrardan yürütülmüştür. Böylelikle yakın ve uzak gelecekte görülebilecek erozyon tehditleri arasındaki farkın gözlemlenmesi amaçlanmıştır. 1 yıllık sürede tahmin edilen erozyon sonuçları belirtilmiştir (Tablo 70).

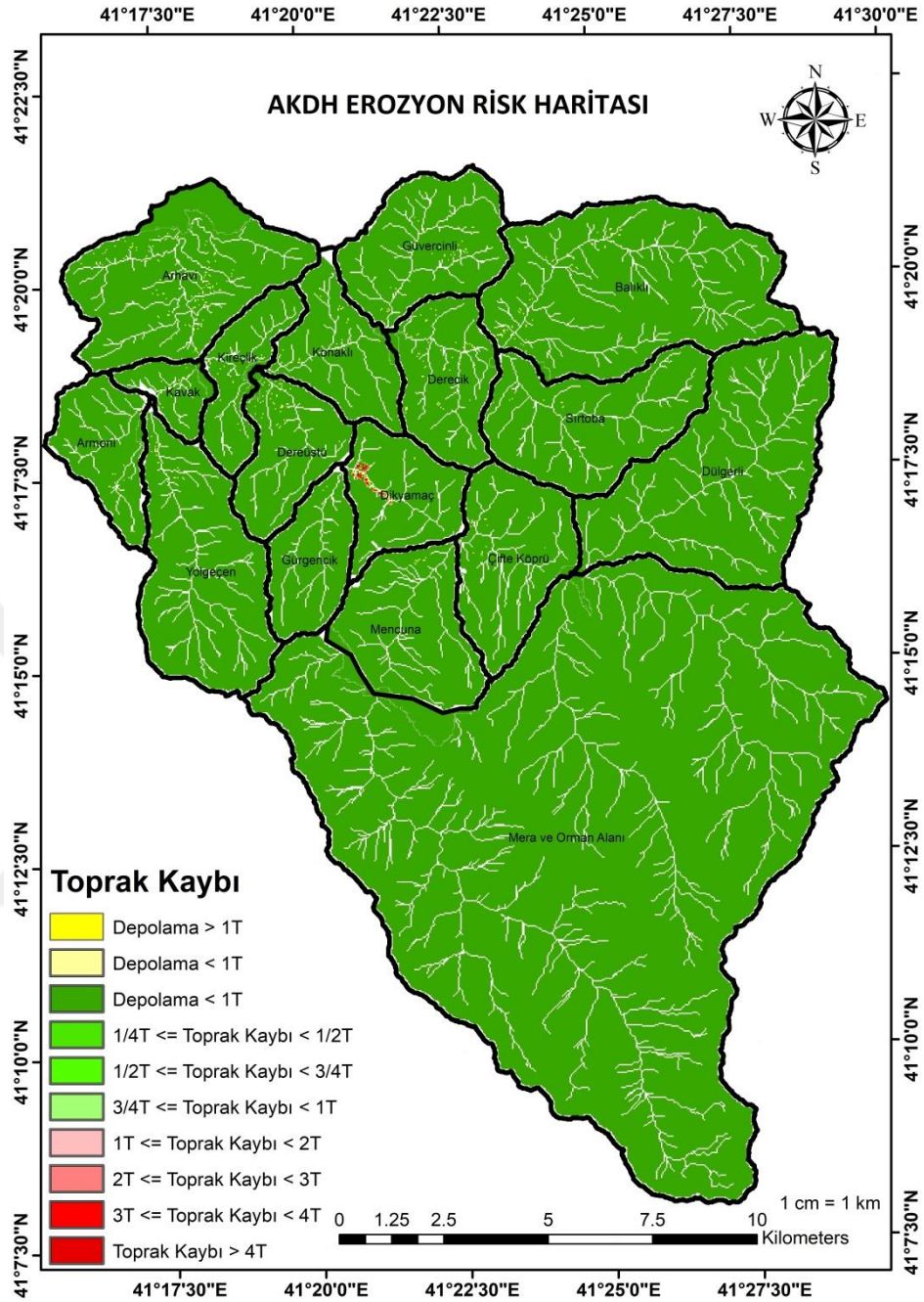
Tablo 70. 1 Yıllık Erozyon Simülasyonu Tahmin Değerleri

Alan Adı	Toplam Yamaç ve Kanal Sayısı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Sediment İletim Oranı	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Alan (ha)	Birim Alandaki Sediment Verimi (ton/ha/yıl)
Arhavi	226, 96	0.0	0.1	0.0	0.0	1227.4	0
Armoni	105, 46	0.0	0.1	1.0	0.1	499.8	0.000200
Balıkli	394, 170	0.0	0.2	0.0	0.0	2091.9	0
Çifteköprü	155, 66	0.0	0.0	0.0	0.0	849.9	0
Derecik	104, 45	0.0	0.4	0.0	0.0	659.6	0
Dereüstü	94, 41	0.0	0.3	0.0	0.0	574.7	0
Dikyamaç	121, 53	37.5	0.0	0.008	0.3	590.0	0.000508
Dülgerli	345, 157	0.0	0.0	0.0	0.0	1969.2	0
Gürgencik	85, 37	0.0	0.0	0.0	0.0	508.2	0
Güvercinli	193, 83	0.0	0.3	0.0	0.0	892.1	0
Kavak	44, 18	0.0	0.0	0.0	0.0	191.9	0
Kireçlik	78, 34	0.0	0.0	0.0	0.0	407.0	0
Konaklı	101, 42	0.0	0.0	0.0	0.0	596.8	0
Mençuna	152, 67	0.0	0.0	0.0	0.0	866.4	0
Mera	1449, 640	0.0	0.0	0.0	0.0	10847.2	0
Sırtoba	183, 80	0.0	0.0	0.0	0.0	1100.2	0
Yolgeçen	244, 110	0.0	0.5	0.0	0.0	1320.2	0
Bütün Alan Toplam	5522, 2425	37.5	1.90	0.01	0.4	25192.8	0.000016
Ortalama				0.059			0.000042

Yürütülen 1 yıllık simülasyonun sonucunda toplam yamaç sayısı 5522, kanal sayısı 2425'dir. Toplam yamaçlarda görülen toprak kaybı 37,50 ton/yıl, kanallarda görülen toprak kaybı 1,90 ton/yıl ve sediment verimi 0,40 ton/yıl olarak tespit edilmiştir. 17 alanın ortalama SİO 0.059 ve ortalama birim alandaki sediment verimi 0,000042 ton/ha/yıl iken, bütün alandaki toprak kayıplarının ağırlıklı ortalamaları incelendiğinde 0.01 ve birim alanda görülen sediment verimi 0,000016 ton/ha/yıl hesaplanmıştır.



Şekil 55. 1 Yıllık Simülasyonun Sediment Verimi Haritası



Şekil 56. 1 Yıllık Simülasyonun Erozyon Risk Haritası

4.3. GeoWEPP Tahmin Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Tartışma

Sonuçlar hesaplanırken yamaçlarda ve kanallarda görülen erozyon miktarlarının toplanıp, toplam sediment verimine bölünmesiyle SİO elde edilir. Toplam sediment veriminin, yürütülen erozyon modelinin alanına bölünmesiyle birim alan sediment verimi hesaplanmaktadır. Birim alandaki sediment verimi hesaplanırken kullanılan alan verisi, GeoWEPP'in çalıştığı her alanda kırpma işlemi sonucunda ortaya çıkan

alan değeridir. Bu çalışmada toplam alan 29913,89 hektar olmasına rağmen, GeoWEPP'in kırpma işlemleri sonucunda ortaya çıkan alan miktarı 25192,76 hektardır.

Arhavi Kapisre Deresi Havzası; toplam 29913,89 hektar alandan oluşup, % 7.81'lik (2336,3 ha) alan çaylık, % 4.71'lik (1409 ha) alan fındıklık, % 56.22'lik (16817,6 ha) alan orman, % 30.58'lik (9147,6 ha) alan mera ve % 0.69'luk yerleşim alanından oluşmaktadır. 308 örneğin laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen ortalama kum, kil ve taşlılık oranı sırasıyla; %72.9, %13.4 ve %13.7'dir. Havzanın ortalama yüksekliği 1148 m'dir. Çalışmada kullanılan 3 yıllık (2019, 2020, 2021) yağış verilerine göre, çalışma alanında senede ortalama 2265 mm toplam yağış görülmektedir. 20 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda, toplam 17 alanda 93 yağış olayı (event) görülmüş ve 133,99 mm yüzeysel akış tespit edilmiştir. 1 yıllık erozyon simülasyonu sonucunda ise, toplam 17 alanda 9 olay (event) görülmüş ve 0,5 mm yüzeysel akış tespit edilmiştir (Tablo 71).

Tablo 71. Yüzeysel Akış Değerleri

Alan Adı	Event (20 Yıllık)	Runoff (mm) (20 yıllık)	Event (1 Yıllık)	Runoff (mm) (1 yıllık)
Arhavi	26	18.63	2	0
Armoni	5	5.88	2	0
Balıklı	2	6.89	0	0
Çifteköprü	5	6.01	0	0
Derecik	3	3.82	0	0
Dereüstü	9	8.51	2	0.5
Dikyamaç	7	6.22	1	0
Dülgerli	2	6.96	0	0
Gürgencik	2	1.95	0	0
Güvercinli	2	3.59	0	0
Kavak	4	6.88	0	0
Kireçlik	6	7.66	2	0
Konaklı	2	3.26	0	0
Mençuna	1	2.16	0	0
Mera	14	37.78	0	0
Sırtoba	1	3.48	0	0
Yolgeçen	2	4.31	0	0
Toplam	93	133.99	9	0.5

17 alan içerisinde 20 yıllık simülasyon için SİO ortalama 0,259 bulunmuştur. En düşük SİO 0,056 ile Mençuna alanında, en yüksek SİO 0,684 ile Gürgencik alanında görülmüştür. En düşük sediment verimi Gürgencik bölgesinde 123,90 ton/yıl, en yüksek sediment verimi Mera bölgesinde 18739,8 ton/yıl olarak tespit edilmiştir. SİO; havzadaki toplam toprak kaybının hangi oranla havzadan tahliye edildiği (sediment verimi) anlamına gelir. Gürgencikteki toplam toprak kaybının büyük çoğunluğu (%68.41'i) havzadan tahliyesi gerçekleştiği için sediment iletim oranı da yüksek çıkmaktadır. Meralarda ise toplam toprak kaybının sadece %13.12'si havzadan tahliye edildiği için de sediment iletim oranı düşük çıkmaktadır. Toplam toprak kaybı ve sediment iletimi arasındaki farkın azalması SİO değerini arttırırken, farkın artması SİO değerini azaltmaktadır.

17 alan içerisinde 1 yıllık simülasyon için SİO ortalama 0,059 bulunmuştur. En yüksek SİO 1,00 ile Armoni alanında görülmüştür. En yüksek erozyon Dikyamaç bölgesinde 0,3 ton/yıl ve 0,001 ton/ha/yıl olarak tespit edilmiştir.

17 alanda bulunan sediment verimi, yamaç ve kanal toprak kayıpları toplanmıştır. Toplanan bu sediment verimi (ton/yıl) erozyonun yürütüldüğü toplam alana bölünmesiyle birim alandaki sediment verimi “ton/ha/yıl” hesaplanmıştır. Benzer şekilde toplanan bu sediment verimi (ton/yıl) simülasyon sonucunda elde edilen yamaç ve kanal erozyonunun toplamına bölünmesiyle SİO elde edilmiştir (Tablo 72).

Tablo 72. GeoWEPP Tahmin Sonuçları

Simülasyon Yılı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Toplam Sediment Verimi (ton/yıl)	Birim Alan Sediment Verimi (ton/ha/yıl)	Sediment İletim Oranı	Alan (ha)
1 Yıllık	37.5	1.90	0.40	0.000016	0.010	25192.76
20 Yıllık	8648.6	170466.70	26846.80	1,066	0.150	25192.76

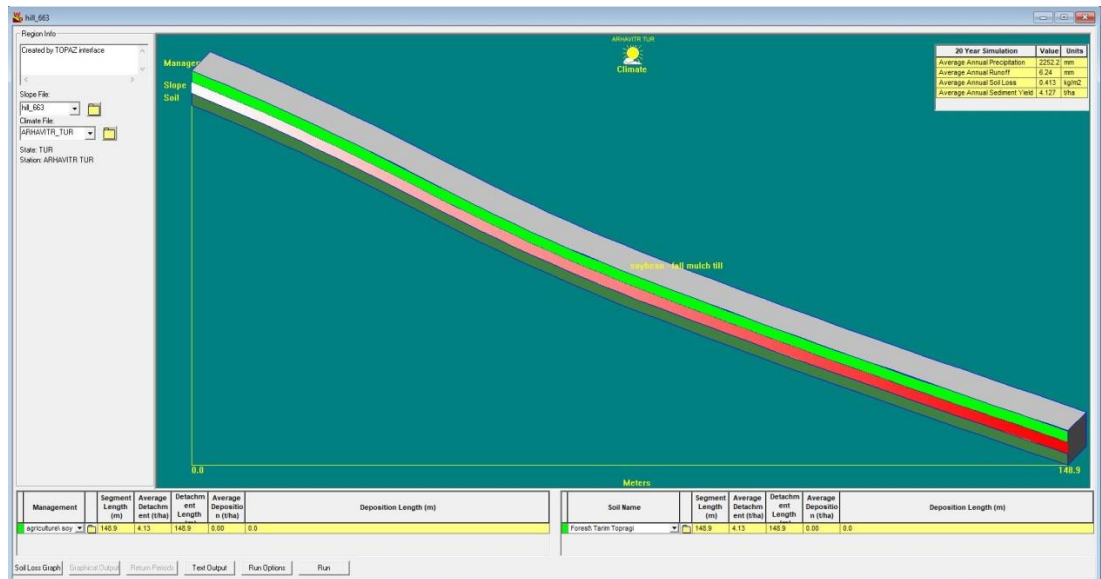
Kullanılan iklim verileri oluştururken birden fazla yılın değerleri, özellikle yaşanan sel felaketi nedeniyle normale oranla yaklaşık 600 mm daha fazla yağışın görüldüğü 2021 yılı da, dahil edilerek havzanın ortalama iklim profili belirlenmesi amaçlanmıştır. Geriye kalan toprak ve arazi kullanımı da çalışmada değişkenlik olmadığı, bu sayede sabit değerler kullanılarak özellikle GeoWEPP ile yazılım

üzerinden simülasyonun farklı zaman aralıklarında çalıştırılması ile arazideki erozyon riskinin hangi sürelerde ne kadar tehlike barındırdığının tespiti amaçlanmıştır.

Buna göre, her hangi bir altlık verisi -iklim, arazi ve toprak dosyaları- değiştirilmeksizin aynı çalışma alanında GeoWEPP'e göre yazılımı ile çalışma alanında erozyon riskinin yakın gelecekte kısa bir sürede oluşturacağı riskin, uzun vadede ki riske oranla çok daha az olduğu görülmektedir.

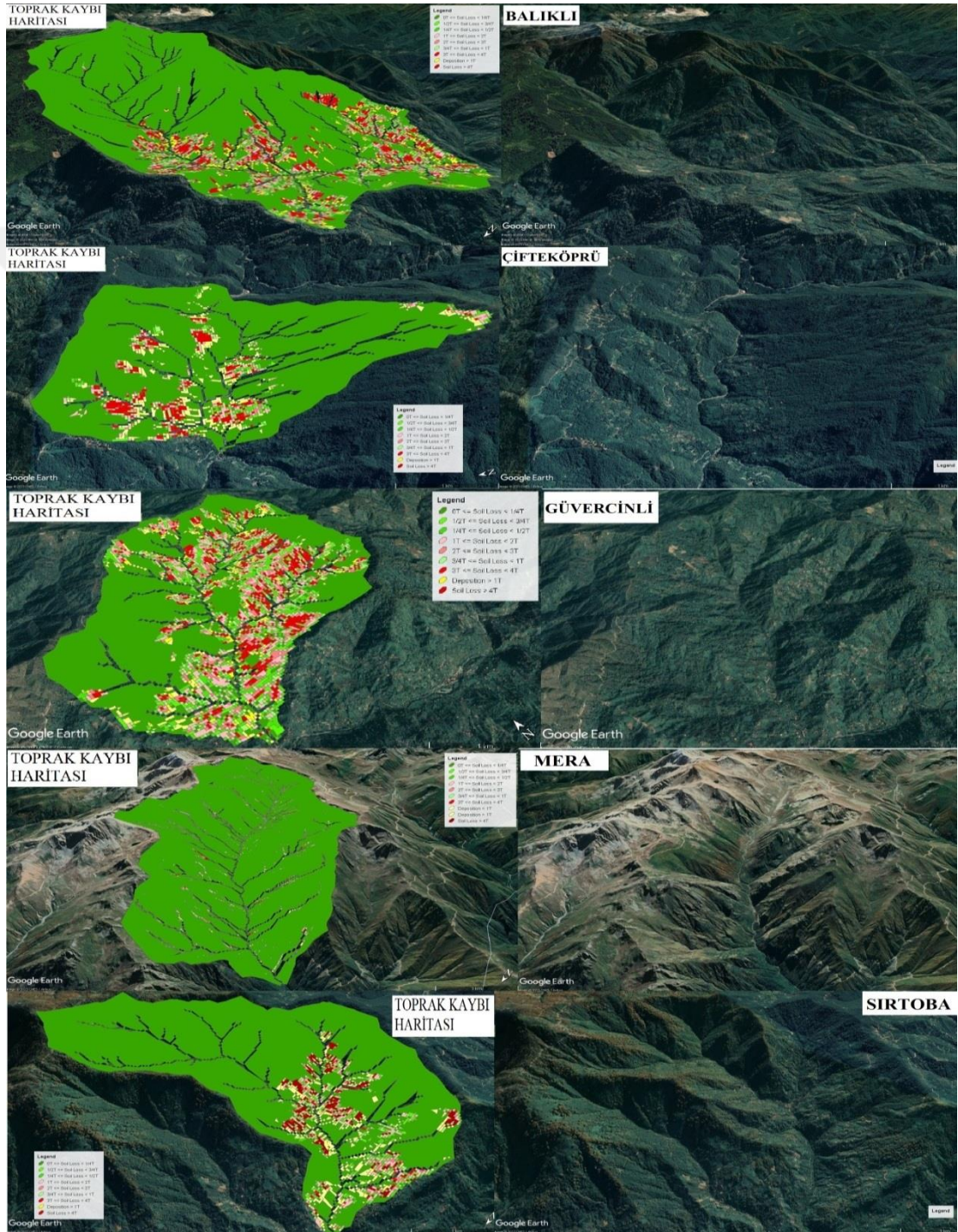
Ayrıca 1 ve 20 yıllık simülasyon değerlerinin sonuçları karşılaştırıldığında görülen fark, GeoWEPP erozyon simülasyonunun uzun yıllık bir periyotta daha gerçekçi sonuçlar verdiğini görülmektedir. Bu yüzden kısa sürede gerçekleşebilecek olası erozyon tahminlerinin belirlenmesinde, GeoWEPP yazılımının kullanılması uygun olmadığı tespit edilmiştir.

GeoWEPP ile toprak kayıpları bütün arazi kullanımları ve bütün toprak türleri dahil edilerek havza bazında toplam toprak kayıpları hesaplanmıştır. Farklı arazi kullanımı ve toprak türleri arasında görülen toprak kayıplarının farklarının incelenmesi için “WEPP” yazılımı kullanılmıştır. GeoWEPP ile oluşturulan, farklı arazi kullanımları ve eğimlerden oluşup, havzayı temsil edebilecek örnek (.slp) uzantılı yamaçların (hillslope) üzerindeki meydana gelen toprak kayıpları değerleri “WEPP” ile elde edilmiştir (Şekil 57).



Şekil 57. Mençuna'da Tarımın Yamaç Boyunca Toprak Kaybı Görünümü

Elde edilen sonuçların daha iyi analiz edilebilmesi amacıyla, 20 yıllık simülasyon sonucunda üretilen toprak kaybı haritaları (.kml) formatına dönüştürülerek “Google Earth Pro” programında 3 boyutlu uydu görüntüleri üzerine çakıştırılmıştır (Şekil 58). Görüntülerde de görüldüğü üzere ormanlık alanlarda ve tarım yapılan alanlardaki erozyon durumu tüm netliği ile gözler önüne konulmuştur.



Şekil 58. GoogleEarthPro ile çakıştırılmış 20 Yıllık Toprak Kaybı Haritaları

Arhavi Kapisre Deresi Havzası'nda yapılan erozyon tahmini çalışmasında, toplam 17 alanda yürütülen 20 yıllık erozyon simülasyonunda, havzaya yağın toplam yıllık ortalama yağışın 1114050 m³/yıl (% 0,2) kadarı, havzadan tahliye edilerek Karadeniz'e ulaşmıştır. Alt havzalar özelinde incelendiğinde en fazla suyun mera alanlarından havza dışına tahliye edildiği görülmüştür. Mera alanlarında toplam yıllık ortalama yağışın % 0,19'u (486369 m³/yıl) kanallar ile havzadan tahliye edilerek 1. 2. veya 3. sınıf derelere ulaşmıştır. Bununla beraber gene mera alanları diğer alt havzalara göre 142680,60 ton/yıl ile en fazla kanal erozyonunun görüldüğü alandır. Mera alanını takiben Balıklı alanı, 6020,50 ton/yıl ile en fazla ikinci kanal erozyonunun görüldüğü alan olup, toplam yıllık ortalama yağışın % 0,3'ü (144044 m³/yıl) tahliye edilerek ile en yüksek ikinci su tahliyesi görülen alan konumundadır. Buna göre havzada yağın toplam yıllık ortalama yağışın çoğunluğu, toprak tarafından infiltre (emilim) edilmiş, bitki örtüsü tarafından hızı kesilmiş veya buharlaşmıştır. Geriye kalan yağış suları yüzey alışına geçerek kanallar içerisinde su erozyonuna neden olmuştur. Havzadan tahliye edilen su da, yüzeysel akışa geçen su olarak tanımlanıp, kanallarda tahliye edilen su aslında havzada görülen kanal erozyonunun görülmesinin sebebidir.

Buna ek Mera alt havzası alansal olarak 17 alan içerisindeki en büyük alt havza olup, Balıklı alt havzası en büyük ikinci alt havzadır. Lakin alt havzaların sahip olduğı alansal değerin yüksek olması kanal erozyonun da görülen artışın gerçek sebebi değildir. Arazi kullanımının, kanal toprak kaybına olan etkisini de göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Buna göre Balıklı ve Dülgerli alt havzası alansal olarak birbirlerine oldukça yakın iki havza olup, arazi kullanımı açısından farklılık göstermektedir. Balıklı da % 15,63'lük kısmında tarım faaliyetleri görülürken, Dülgerli'nin %99,79'u ormanlardan oluşmaktadır. Bu yüzden Balıklı'da kanal erozyonu ile 6020,5 ton/yıl toprak kaybı yaşanırken, Dülgerli'de bu değeri 1502,1 ton/yıl olarak tespit edilmiştir. Toprak kaybındaki görülen bu fark, iki alt havzadaki farklı arazi kullanımlarının görülmesinden kaynaklanmaktadır.

17 alt havzada ve toplam bütün havzada kanallarda görülen toprak kaybı, birim alandaki kanal toprak kaybı, havzadan tahliye edilen su miktarı ve havzaya yağın toplam yağış miktarı Tablo 73'de belirtilmiştir.

Tablo 73. 20 Yıllık Simülasyon Sonucunda Kanal Erozyonu, Toplam Yağış ve Tahliye Edilen Yağış Değerleri

Alan Adı	Kanal Toprak Kaybı (ton/yıl)	Havzadan Tahliye Edilen Su Miktarı (m ³ /yr)	Birim Alandaki Kanal Toprak Kaybı (ton/ha/yıl)	Toplam Yağış (m ³ /yr)
Arhavi	965.90	53,493	0.79	27,485,812
Armoni	1632.50	17119	3.27	11,256,059
Balıklı	6020.50	144044	2.88	47,115,137
Çifteköprü	3440.90	18306	4.05	1,294,612
Derecik	1725.10	25240	2.61	14,862,235
Dereüstü	856.50	19101	1.49	12,944,817
Dikyamaç	206.40	14034	0.35	13,287,931
Dülgerli	1502.10	137148	0.76	44,352,556
Gürgencik	181.10	9917	0.36	11,445,453
Güvercinli	2913.40	32003	3.27	20,092,681
Kavak	403.50	8684	2.10	4,322,276
Kireçlik	109.70	15358	0.27	9,165,875
Konaklı	553.30	19431	0.93	13,442,749
Mençuna	2866.00	18545	3.31	19,513,238
Mera	142680.60	486369	13.15	244,469,332
Sırtoba	2812.00	38328	2.56	24,779,156
Yolgeçen	1597.20	56930	1.21	29,734,147
Toplam	170466.70	1,114,050	-----	549,564,066.45
Ortalama	-----	-----	2.55	-----

Çalışma alanındaki alt havzalar çoğunlukla çok dik ve dik eğimli alanlardan oluşmaktadır (Tablo 74). Bu yapısından ötürü çalışma alanındaki yamaçlar yüksek seviyede erozyon riski taşımaktadır. Bununla beraber eğimi bu denli yüksek olduğu yamaçlarda, tarım faaliyetlerinin uygulanması ile bitki örtüsünün tahrip edilmesi, toprağın infiltrasyonun azalması ve yüzeysel akışın artması gibi olumsuzluklar sonucunda toprak kayıp miktarları daha da artmaktadır. Tablo 74’ de görüldüğü üzere tarım faaliyetlerinin yoğun olarak sürdürüldüğü Arhavi merkez bölgesi 1243,5 ton/yıl toprak kaybı değeri ile en fazla yamaç erozyonun görüldüğü bölge özelliğini taşımaktadır. % 65,59’luk kısmı çok dik (>%50) eğim sınıfından oluşarak alandaki en sarp bölge özelliği taşıyan ve %4,18’lik (30,09 ha) kısmında tarım faaliyetleri ile birlikte Dikyamaç, toplam 1016.8 ton/yıl toprak kaybı ile en fazla ikinci yamaç

erozyonunun görüldüğü bölgedir. Yamaç erozyonunun en az görüldüğü bölgeler sırasıyla Gürgencik, Dülgerli ve mera alanlarıdır. Bu alanların ortalama %51'lik kısmı çok dik (>%50) eğime sahip, geriye kalan kısımlarında dik ve orta eğime sahip olmasından ve alanda tarım faaliyetleri neredeyse hiç görülmemesinden ötürü, 3 alanda toplam yamaç erozyonu 94,20 ton/yıl ile diğer alanlara göre düşük bir değere sahiptir. Böylelikle yamaçlarda meydana gelen erozyon miktarı, yamaçlardaki yüksek eğim ve mevcut tarım faaliyetlerinden dolayı arttığı tespit edilmiştir.

Tablo 74. 20 Yıllık Simülasyon Sonucunda Yamaç Toprak Kaybının Arazi Kullanımı ve Eğimle İlişkisi

Alan Adı	Yamaç Toprak Kaybı (ton/yıl)	Alandaki Tarım Arazi Kullanımı Oranı (%)	IUFRO'ya Göre Alandaki Baskın Eğim Sınıfı	Eğim Sınıfının Toplam Alana Oranı (%)	Birim Alan Yamaç Toprak Kaybı (ton/ha/yıl)
Arhavi	1243.5	44.84	%34-50	27.66	1.01
Dikyamaç	1016.8	4.18	>%50	65.59	2.03
Güvercinli	987.0	46.34	%34-50	40.85	0.47
Derecik	963.2	43.26	>%50	37.06	1.13
Balıkli	802.2	16.83	>%50	47.54	1.22
Derüstü	678.5	30.12	>%50	43.78	1.18
Konaklı	528.2	38.84	>%50	33.55	0.90
Yolgeçen	509.5	16.71	>%50	54.20	0.26
Kireçlik	431.7	44.46	%34-50	35.46	0.85
Kavak	356.8	71.93	%34-50	40.21	0.40
Sırtoba	355.6	12.15	>%50	54.54	1.85
Armoni	288.6	38.24	%34-50	37.27	0.71
Çifteköprü	283.6	9.49	>%50	40.86	0.48
Mençuna	109.2	3.71	>%50	59.33	0.13
Mera	94.2	0.00	>%50	56.97	0.01
Dülgerli	0.0	0.21	>%50	41.85	0.00
Gürgencik	0.0	2.15	>%50	55.41	0.00
Toplam	8648.6	-----	-----	-----	-----
Ortalama	-----	-----	-----	-----	0.74

Avrupa Birliği tarafından, Avrupa Komşuluk Aracı ve aralarında Türkiye'nin de bulunduğu katılımcı ülkeler üzerinden finanse edilen Karadeniz Havzası Sınır Ötesi İşbirliği 2014-2020 projeleri başlığı altında BSB963 kodlu Protect Streams 4 Sea

projesi adı altında; Arhavi Kapiste Deresi Havzası'nda erozyonun, yüzeysel akışın ve toprak kaybının belirlenmesi hususunda yüzeysel akış parselleri kullanılmıştır. Parsellerin kurulumunda farklı arazi kullanım tipleri esas alınmıştır. Fındık, çay, alt orman, üst orman ve mera alanlarından pilot bölgeler seçilerek, parseller bu alanlara konumlandırılmıştır. Böylelikle AKDH'deki bütün arazi kullanımları hesaba katılarak, elde edilcek sonuçların havza genelinde incelenmesi hedeflenmiştir. Her bir arazi kullanımında 3'er parsel bulunup, toplam parsel sayısı 15'dir. Parsellerin konumlandırılmasında, arazi kullanım şekilleri haricinde, bölgenin bitki örtüsü, yağış rejimi, toprak özellikleri ve ulaşımı gibi faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Yüzeysel akış parsellerinde, görülen yüzeysel akışın ve yüzeysel akışla birlikte taşınan sedimentin biriktiği depolardan, Temmuz 2021- Kasım 2022 tarihleri arasında düzenli olarak su örnekleri toplanmıştır. Elde edilen örnekler, laboratuvar ortamında incelenip, yüzeysel akış ve yüzeysel akışla birlikte taşınan sediment miktarları (toprak kaybı) hesaplanmıştır. Buna göre havzada sırasıyla çaylık, fındıklık, alt orman, mera ve üst orman arazilerindeki toprak kayıpları şu şekildedir; 12,68 ton, 1117,13 ton, 5330,04 ton, 182,53 ton ve 8,46 ton. 18 aylık süredeki toplam toprak kaybı 1853,84 ton ve birim alandaki toprak kaybı 0,063 ton/ha şeklindedir (Anonim, 2023). Yüzeysel akış parselleri yöntemi ile elde edilen toprak kayıpları, çalışmadaki GeoWEPP' simülasyonu sonucunda elde edilen yamaç erozyonu toprak kaybı değerlerini temsil etmektedir. Ancak çalışmamızda elde edilen verilerimiz, yürütülen 20 yıllık simülasyondaki yıllık ortalama değerler olup, yüzeysel akış parselleri verisi 18 aylık bir süre periyodunun sonuçlarını içermektedir. Bu bilgiyi göz önüne alarak model verisi ve arazi verisini karşılaştıracak olursak, model simülasyonu sonucu havza genelinde yıllık ortalama yamaç toprak kaybı 8648,6 ton/yıl ve birim alandaki ortalama toprak kaybı 0,74 ton/ha/yıl, 18 aylık sürede gözlemlenen parsellerdeki toprak kaybı 1853,84 ton ve birim alandaki toprak kaybı 0,063 ton/ha şeklindedir.

Yine BSB963 projesi çalışmaları kapsamında, AKDH'de 2021-2022 yılları arasında erozyon çubuk yöntemiyle, kanallarda kaybolan toprak miktarı ölçülmüştür. Arazideki çubuk yöntemine göre, oyuntu derelerinde 57959 ton/yıl, 1.sınıf derelerde 16642 ton/yıl, 2.sınıf derelerde 19838 ton/yıl, 3.sınıf derelerde 11137 ton/yıl olmak üzere toplam 105576 ton/yıl toprak kaybı görülmüştür (Anonim, 2023). Birim

alandaki toprak kaybı 3,53 ton/ha/yıl'dır. GeoWEPP ile 20 yıllık simülasyondaki yıllık ortalama kanallardaki toprak kaybı 170466,7 ton/yıl ve birim alandaki ortalama toprak kaybı 2,55 ton/ha/yıl şeklindedir.

Arazi ve model sonuçları değerlendirilecek olunursa, modelin 20 yıllık süredeki vermiş olduğu yıllık ortalama değerler ile arazide çalışmalarındaki gözlemlenen değerler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Bu farkları değerlendirilirken GeoWEPP'in bir bilgisayar yazılımı olduğu gerçeği göz önünde bulundurulmalıdır. GeoWEPP, arazi çalışmalarına oranla çok daha hızlı sonuçlar veren daha ekonomik bir yöntem olup, ayrıca arazi ve model sonuçları arasındaki fark değerlerinin birbirine çok da uzak sonuçlar vermediğini de düşünürsek, AKDH gibi büyük havzalarda erozyon tahmininde kullanılması iyi bir tercih olacaktır. Modelin ülkemizde daha yaygın kullanılması ve modelin kullandığı altlık verilerini (iklim, arazi, toprak) oluşturan veritabanının genişletilmesi ile modelden daha güvenilir ve doğru sonuçların alınması mümkündür.

Çalışmamızda elde edilen sediment verimi, toprak kaybı, birim alandaki sediment verimi, SİO ve yüzeysel akış değerleri ülkemizde ve diğer ülkelerdeki farklı havzalarda bulunan sonuçlara benzerlik göstermektedir.

Yüksel ve ark. (2008), çalışma alanı toplam 490 ha. olmak üzere, 175 ha orman arazisi, 165 ha. mera ve 150 ha tarım arazisinden oluşmaktadır. Havza ortalama 20 km uzunluğa, 2.5 km de genişliğe sahiptir. Ortalama yükseklik 957 m olup, yıllık ortalama yağış 730 mm'dir. GeoWEPP modeli kullanılarak elde edilen veriler bilgiler ışığında, sediment üretimi 6.95 ton/ha/yıl'dır. Ayrıca yüzeysel akış ise 23.17 mm/yıl olarak belirlenmiştir.

Erdoğan Yüksel (2015), çalışma alanı, toplam 86576.83 ha alandan oluşan, 15 model havzada, 2013 yılına ait iklim verilerini kullanarak, 1 yıllık simülasyon sonucunda, toplam yıllık sediment miktarı 360431,70 ton olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada ayrıca birim alan sediment verimi 4.16 "ton/ha/yıl" olduğu belirtilmiştir.

Aydın (2009), Gümüşhane-Tortul barajı yağış havzası içerisinde bir adet model havza seçerek, 8177,86 ha alandan oluşan model havzada WEPP modeli ile belirlenen toprak kayıpları, 5647,91 ha ormanlık alanda toplam toprak kaybı

“ton/yıl” biriminde sırasıyla 10494, 1649.56 ha meralarda 12630.18 ve 880.39 ha tarımsal alanlarda 10108.18 olarak tespit etmiştir.

Maalim ve ark. (2013), Amerika Birleşik Devletleri(ABD), Minnesota eyaleti sınırları içerisinde bulunan 44.000 km²’den oluşan Minnesota Havzasının 12 adet bölümünün biri olan ve Minnesota Havzasının %7’sini oluşturan, toplam 2880 km² alanı kapsayan Le Sueur Nehri Havzası’nda, 30 yıllık simülasyonun WEPP modeli ile elde edilen yüzeysel akış derinliği, toprak kayıp miktarı, SİO ve sediment verimi sırasıyla, tarım arazilerinde 86 mm, 2.56 ton/ha, 0.84, 2.15 ton/ha; işlenmemiş tarım arazilerinde 73.75 mm, 0.53 ton/ha, 0.9, 0.46 ton/ha; yerleşim öncesi tarım arazilerinde 70.94mm, 0.18 ton/ha, 0.73, 0.13 ton/ha olarak belirlemiştir.

Singh ve ark. (2020), Himayaların orta kısmını temsilen seçilen, Hindistan, Uttarakhand eyaletinin batı kısmın olan Dehradun bölgesinde, GeoWEPP modeli ile simüle edilerek gözlemlenen yüzeysel akış 174,00 mm, birim alandaki sediment verimi 2,53 ton/ha/yıl olarak belirlenmiştir. Böylelikle bu çalışma Himayala bölgesinde GeoWEPP modeli ile günlük yüzeysel akış ve sediment miktarının belirlenmesinde güvenli bir tahmin modeli olduğunu göstermiştir.

Erdoğan Yüksel ve ark. (2016), Kokolet Dere Havzası’nda yamaçlardaki ve kanallardaki toprak kaybı 9341,2 ton/yıl ve 12216,1 ton/yıl olmak üzere havzadaki toplam toprak kaybı 23559 ton olarak belirlenmiştir. Bu kadar toprak kayıpları yaşanırken, sediment verimi ise 2.52” ton/ha/yıl” olduğu saptanmıştır.

Yüksel ve ark. (2007), 11531 hektarlık Ayvalı Baraj Havası’nda tahmin edilen yıllık erozyon değerleri sırasıyla “ton/yıl” ve “ton/ha/yıl” biriminde şöyledir; ormanlarda 9035,06 ve 1.32, mera alanlarında 7910,31 ve 4.69, tarımsal alanlarında 68589,62 ve 23.95’dir.

Yıldırım (2019), Olur Mikrohavzası’nda, a) Çubuk yöntemi ile, 2017 yılında kanal ve oyuntu erozyonu şev toprak kayıpları ve birim alandaki toprak kaybı sırasıyla 24472 ton/yıl ve 0,65 ton/ha/yıl iken 2018 yılında 159746 ton/yıl ve 4,26 ton/ha/yıl, b) sediment istasyon verilerine göre 2017 yılında AKM miktarı ve birim alandaki AKM miktarı sırasıyla 36312 ton/yıl ve 0,97 ton/ha/yıl iken 2018 yılında 26108 ton/yıl ve 0,70 ton/ha/yıl, c) GeoWEPP modeli ile havza için tahmin edilen sediment

verimi ise 2017’de 87.6 “ton/yıl”, birim alandaki sediment verimi ortalama 0,0018 ton/ha/yıl ve 2018’de sediment verimi 89124 ton/yıl, birim alandaki sediment verimi ortalama 2,80 ton/ha/yıl’dır.



5. SONUÇ

Bu çalışma, Arhavi Kapisre Deresi Havzası'nda kanal ve yamaçlardaki toprak kayıpları, sediment verimi, birim alandaki sediment verimi, yüzeysel akış ve SİO'nun belirlenmesini amaçlayan çalışmaları barındırmaktadır. Bu bağlamda, çalışmada GeoWEPP erozyon tahmin modeli kullanılmıştır.

Çalışma alanı mevki sınırları dikkate alınarak 17 alana bölümlendirilmiştir. Model bu alt havzalar için 20 ve 1 yıllık olmak üzere ayrı ayrı yürütülmüştür. İki simülasyonda da tüm alt havzalar için aynı ana altlık (iklim, arazi kullanımı ve toprak sınıfları) verileri kullanılmıştır.

20 yıllık simülasyon sonucunda Tablo 69'da gösterildiği üzere, alt havzalardaki sediment verimleri "ton/yıl" ve birim alan sediment verimleri "ton/ha/yıl" olacak şekilde şu şekildedir; Arhavi 751,9 ve 0,64, Balıklı 2493,6 ve 1,19, Çifteköprü 333,4 ve 0,39, Derecik 600,2 ve 0,91, Dereüstü 173,3 ve 0,30, Dikyamaç 276,3 ve 0,47, Dülgerli 461,6 ve 0,23, Gürgencik 123,9 ve 0,24, Güvercinli 446,8 ve 0,50, Kavak 183,7 ve 0,96, Kireçlik 329 ve 0,81, Konaklı 222,7 ve 0,37, Mençuna 168 ve 0,19, Mera 18739,8 ve 1,73, Sirtoba 388,6 ve 0,35, Yolgeçen 542,5 ve 0,41. AKDH'nin tamamında toplam ortalama yıllık sediment verimi 26846,8 ton/yıl. Alt havzaların alan ağırlıklı SİO 0,150 iken birim alandaki ağırlıklı sediment verimi 1,066 ton/ha/yıl. Yamaçlarda görülen toplam yıllık ortalama toprak kaybı 8648,6 ton/yıl, kanallarda görülen toplam yıllık ortalama toprak kaybı 170466,7 ton/yıl ve toplam yüzeysel akış (Tablo 71.) 133,99 mm olarak bulunmuştur.

1 yıllık simülasyon sonucunda, Tablo 70'de gösterildiği üzere, Armoni'de 0,1 ton/yıl ve Dikyamaç'ta 0,3 ton/yıl ile toplam 0,4 ton yıl sediment verimine rastlanmıştır. Armoni ve Dikyamaç mevkilerinde görülen birim alandaki sediment verimi miktarları sırasıyla 0,0002 ton/ha/yıl ve 0,000508 ton/ha/yıl'dır. 17 alt havzanın ortalama SİO 0,059 ve ortalama birim alandaki sediment verimi 0,00042 ton/ha/yıl'dır. Yamaçlarda görülen toplam yıllık ortalama toprak kaybı 37,5 ton/yıl, kanallarda görülen toplam yıllık ortalama toprak kaybı 1,9 ton/yıl, toplam yüzeysel akış (Tablo 71.) 0,5 mm olarak bulunmuştur.

Erozyonun görülmesinde en önemli rolü oynayan doğal faktörler, yağış miktarı ve özelliği başta olmak üzere, bitki örtüsü, topoğrafyası, toprak özellikleridir. Fakat bunun yanında alanda meydana gelen erozyona, alandaki beşeri faktörlerin de doğrudan ilişkisi olduğunu bu çalışmada tespit edilmiştir. Özellikle eğimin yüksek olduğu alanlarda, bitki örtüsü olmayan çıplak alanlar, tarım alanlarındaki eğime paralel şekilde işlenen araziler, yanlış sulama gibi hatalı yöntemler ve havzalardaki aşırı otlatmalar beşeri faktörlere örnek olarak verilebilir. Hayvancılıkta planlı ve sınırlı otlatmaya geçiş yapılması faaliyetleri de arazideki bitki örtüsünün korunmasında önemli rol oynayacak bir faktördür. Arazinin dik ve sarp yapısından ötürü, tarıma uygun olmayan yerlerde görülen faaliyetlerin önüne geçilebilmesi için, yöre halkına farklı tarım türlerine teşviki sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2023. Surficial Erosion Plot Method for Arhavi Watershed, ProtectStreams4Sea (BSB963) Project, ss. 20.
- Anonim, 2023. Stream Bank Plot Method for Arhavi Watershed Report, ProtectStreams4Sea (BSB963) Project, ss. 19.
- Anşin, R. (1980). Doğu Karadeniz Bölgesi Florası ve Asal Vegetasyon Tiplerinin Floristik İçerikleri. Doçentlik Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi
- Anşin, R., 1983. Türkiye'nin Flora Bölgeleri ve Bu Bölgelerde Yayılan Asal Vegetasyon Tipleri (The Floristic Regions and the Major Vegetation Types of Turkey). KTÜ Orman Fakültesi Dergisi, 6(2), 318-339.
- Ayaz, S., Erdoğan, N., (2021). Bozçay Havzası Su Kalitesi Özelliklerinin Belirlenmesi ve Çevresel Baskılar Açısından Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt 25, Sayı 2, s. 441-451
- Atagün Sarıkaya, Ş., (2018) Artvin İli, Arhavi İlçesi, Fuar Alanı, Park, Açık Spor Alanları, İbadet Yeri (Cami), Balıkçı Barınağı Ve Kıyı Koruma Yapısı Amaçlı 1/1000 Ölçekli Uygulama İmar Planı Değişikliği. Arhavi Belediye Başkanlığı
- Aydın, M., (2009). Gümüşhane-Torul Barajı Yağış Havzasında Arazi Kullanımına Göre WEPP Modeli İle Toprak Kayıplarının Belirlenmesi ve Alınması Gereken 176 Önlemler. Kastamonu Üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi*, 9 (1): s.54-65, Kastamonu.
- Bagarello, V., Ferro, V., (2004). Plot-scale measurement of soil erosion at the experimental area of Sparacia (southern Italy). *Hydrological Processes*, 18, 141-157.
- Bahtiyar, M., (2003). Erozyonla Mücadele, (Toprak Erozyonu, Oluşumu ve Nedenleri). Tema Vakfı Yayınları No: 26, ISBN 975-7169-20-X, Sf. 28.
- Bakan, G., Şenel, B., (1998). Samsun Mert Irmağı-Karadeniz Deşarjında Yüzey Sediman (Dip Çamur) ve Su Kalitesi Araştırması. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 24 (2000), 135 – 141.
- Bartley, R., Wilkinson, S.N., Hawdon, A. A., Abbott, B. N. and Post, D. A. (2010). Impacts of improved grazing land management on sediman yields, Part 2: catchment response. *Journal of Hydrology*, 389(3-4), 249-259.
- Başığit, L., (2002). Eğirdir Gölü Havzasında Erozyon Riskinin Saptanması Üzerine Araştırmalar (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı, Adana.

- Ceylan, S., 1995. Artvin Yöresinin Coğrafi Etüdü. (Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Çelebi, H., (1975). Jeolojik ve Hızlandırılmış Erozyon Süreçleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, c. 6, sayı. 3, ss. , Ara. 2010
- ÇEM. 2018. “DEMİS Türkiye Su Erozyonu İstatistikleri, Teknik Özet” Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, Türkiye, ISBN No: 978-605-9550-22-2
- Chang K., 2019. Introduction to Geographic Information Systems, 9th edn. New York: McGraw-Hill.
- Doğan. O., 1987. Türkiye Yağışlarının Erosiv Potansiyelleri. Ankara : Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Doğan. O., 1995. Türkiye’ de Toprak Kaynakları, Sorunlar ve Çözümler. Standart Çevre s. 73-79, Ankara.
- Dimoyiannis, D., Valmis, S., Danalatos, N. G., (2006). Interrill Erosion On Cultivated Greek Soils: Modelling Sediment Delivery. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31, 940-949.
- Erdem M., Türkmen F., (2020). Çırçıp Deresi Havzasında RUSLE Modeli İle Erozyon Riskinin Değerlendirilmesi, Turnasuyu-Ordu. *Akademik Ziraat Dergisi*, 9(1), 129-136.
- Eminağaoğlu, Ö., Anşın, R. (2005). Cerattepe, Meydanlar, Demirci, Gavur Deresi Ve Yakın Çevresinin Florası (Artvin) . *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* , 55 (2) , 31-46
- 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, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Artvin.
- 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)*, Vol. 6 (3): 437-442
- Erol, E., Çanga, R.M., (2004). Coğrafi Bilgi Sistemi Tekniği Kullanılarak Erozyon Risk Değerlendirmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10 (2) s.136-143.
- Flanagan, D.C. and Nearing, M.A. (1995). USDA-Water Erosion Prediction Project: Hillslope Profile and Watershed Model Documentation. NSERL Report No. 10. West Lafayette, IN, (USA: USDA-ARS National Soil Erosion Res. Lab).

- Flanagan, D.C. and Livingston, S. J., (1995). WEPP User Summary (USDA-Water Erosion Prediction Project): National Soil Erosion Research Laboratory, Report No:11.
- Flanagan, D., Frankenberger, J.R., Cochrane, T.A., Renschler, C.S., and Elliot, W.J., 2013. Geospatial application of the water erosion prediction project (WEPP) model. Trans. ASABE. Am. Soc. Agric. Biol. Eng 56: 591–601
- Garbrecht, J. and Martz, L. W., 1999. Topaz: An Automated Digital Landscape Analysis Tool for Topographic Evaluation, Drainage Identification, Watershe Segmentation and Subcatchment Parameterization; Topaz Overview. USDA-ARS Publication No. GRL 9-I.
- Gattinger, T.E., Explonatory Text of Geological Map of Turkey, MTA Publications, Ankara, 1962.
- Gedik, K., Verap, B., Terzi, E., Fevzioğlu, S., (2010) Fırtına Deresi (Rize)'nin Fiziko-Kimyasal Açidan Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Ekoloji* 19, 76, 25-35.
- Güler , Ç., Çobanoğlu Z., (1997). Toprak Kirliliği. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi: 40. ISBN 975-8088-42-4
- González V.I., Carkovic A.B., Lobo G.P., Flanagan D.C., Bonilla C.A. Spatial discretization of large watersheds and its influence on the estimation of hillslope sediment yield. *Hydrological Processes*. 30 (1), 30. DOI: 10.1002/hyp.10559, 2016.
- Gholami, V., Sahour, H., Amri, M. A., Soil Erosion Modeling Using Erosion Pins And Artificial Neural Networks. *Catena*, v.196, 104902.
- İçağa, Y., Bostanoğlu, Y., Kahraman, E., (2006). Akarçay Havzası Su Kalitesi İstatistikleri. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2006, (1), 43 – 50.
- İnaç, B. O., Oğuz, İ., Koçyiğit, R., (2021). Tokat Artova Çelikli Gölet Havzasında Toprak Bozulmasının Yersel ve Zamansal Değişiminin Belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(2): 642-653
- Jung, L., (1970). Taş Örtüsünün Şiş Topraklarındaki Yüzeysel Akış ve Erozyon Üzerine Tesiri. *I.A.S.H. Comission of Land Erosion* no. 53, pp. 143-153.
- Karaoğlu, M., (2018). *Rüzgar Erozyonunda Bitki Örtüsünün Önemi* (Vol. 1, pp. 49–60). Vol. 1, pp. 49–60. Journal of Agriculture.
- Karaş, E., Oğuz, İ., (2009). Sakarya – Porsuk – Sarısu Havzasında Corine, Leam ve Usle Metodolojilerinin Kullanılarak Erozyon Risk Haritalarının Hazırlanması. I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, Türkiye, 16 - 18 Haziran 2009

- Ketin, İ., Artvin Bölgesinin Jeolojik Etüdü Hakkında Memuar, MTA Enstitü Yayınları, Ankara, 1949.
- Ketin, İ., Artvin Bölgesinin Jeolojik Etüdü Hakkında Memuar, MTA Rapor No: 1951, Ankara, 1954.
- Kırcı, A., (2019). Ordu-Ünye’de Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Rusle Erozyon Modeline Göre Toprak Kaybının Tahmini (Yüksek Lisans Tezi). Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Ordu.
- Li, J., G.S. Okin, L. Alvarez, H. Epstein, 2007. Quantitative effects of vegetation cover on wind erosion and soil nutrient loss in a desert grass- land of southern New Mexico. *Biogeochemistry*, 85, 317–322.
- Lyon, J. G., 2003. GIS for Water Resources and Watershed Management, Taylor&Francis Group, ISBN: 0-203-21791-8.
- Maalim, F.K., Melesse, A.M., Belmont, P. and Gran, K.B., 2013. Modeling the Impact of Land Use Changes on Runoff and Sediment Yield in the Le Sueur Watershed, Minnesota Using GeoWEPP. *Catena*, 107, 35-45.
- M. H. Markus, “The impact of overgrazing on desertification. BSc Internship Erosion and Soil & Water Conservation,” (BSc Internship report, Wageningen University, 2011), 12.
- Martz, L. W. and 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.
- Mutlu, E., Yanık. T., Demir, T., (2013). Horohon Deresi (Hafik-Sivas) Su Kalitesi Özelliklerinin Aylık Değişimleri. *Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi*, 25 (B), 45-57.
- Myers, D. T., Rediske, R. R., McNair, J. N., (2019). Measuring Streambank Erosion: A Comparison of Erosion Pins, Total Station, and Terrestrial Laser Scanner. *Water* 2019, 11(9), 1846.
- Narimani, R., Erfanian, M., Nazarnejad, H., Mahmoodzadeh, A., (2017). Evaluating The Impact Of Management Scenarios And Land Use Changes On Annual Surface Runoff And Sediment Yield Using The Geowepp: A Case Study From The Lighvanchai Watershed, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 76:353.
- 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*, Vol. 26, No. 5, 2135-2146

- Özyazıcı, M., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Dengiz, O. (2013). Doğu Karadeniz Bölgesi Kırmızı-Sarı Podzolik Toprakların Temel Karakteristik Özellikleri Ve Verimlilik Durumu. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(1), 24-32. <https://doi.org/10.7161/anajas.2013.281.24>
- Pakih, H., 2019. Çoruh Nehri Havzasına Bağlı Oltu Mikro Havzasında Kanal ve Oyuntu Erozyonuyla Gerçekleşen Toprak Kaybının Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Artvin.
- Puno, G.R., (2014). Runoff and Sediment Yield Modeling Using GeoWEPP in Mapawa Catchment. *CMU Journal of Science* Vol, 18. s. 49-70.
- Reis, M., Savacı, G., Baltacı, E., (2011). 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 2011, Kahramanmaraş.
- Renard, K.G., G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, and D.C.Yoder (coordinators). (1997). "Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).", USA, USDA Agr. Handb. No 703.
- Renschler, C.S. (2003). Designing geo-spatial interfaces to scale process models: The GeoWepp approach. *Hydrol Process* 17:1005-1017
- Saynor M.J., Erskine W.D. and Evans K.G. (2003). Bank Erosion In The Ngarradji Catchment: Results Of Erosion Pin Measurements Between 1998 And 2001. Supervising Scientist Report 176, Supervising Scientist, Darwin NT.
- Serengil, Y., (2003). Havza Bazında Su Kalitesi İzlemesi: Balabandere Örneği. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(2), 275-282.
- 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, 2089-2100.
- Solmaz Oğuz, F., (2002). 1970-2000 Yılları Arasında Ardeşen-Hopa Arasında Kıyı Kullanımındaki Değişiklikler (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul.
- Tepe, Y., (2009). Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi. *ÇevKor Ekoloji* 18, 70, 38-46.
- Tepe, Y., Ateş, A., Mutlu, E., Töre, Y., (2006). Hasan Çayı (Erzin-Hatay) Su Kalitesi Özellikleri ve Aylık Değişimleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1/1), 149-154

Tüfekçioğlu, M., 2010. Stream Bank Soil And Phosphorus Losses Within Grazed Pasture Stream Reaches in The Rathbun Watershed in Southern Iowa (PhD. Dissertations). 11895. Iowa State University, Ames, Iowa. USA.

Tüfekçioğlu, M., (2017). Akarsu Prosesleri ve Jeomorfolojisi (Ders Notları), Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Artvin

Tüfekçioğlu, M., (2018). Gully And Streambank Erosion And The Effectiveness of Control Measures In a Semi-Arid Watershed. Fresenius Environmental Bulletin Volume 27 - No. 12/2018 s 8233-8243.

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, ISSN: 2146-1880, Cilt: 17, Sayı: 2, s. 188-199.

URL-1 https://www.tarimkutuphanesi.com/su_erozyonu_00155.html

URL-2 <https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=159029>

URL-3 <https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=10685>

URL-4 <https://en.climate-data.org/asia/turkey/artvin/arhavi-8541/>

URL-5 https://blacksea-cbc.net/wp-content/uploads/2022/01/BSB963_project-factsheet.pdf

Vacca, A., Loddo, S., Ollesch, G., Puddu, R., Serra, G., Tomasi, D. and Aru, A. (2000). Measurement Of Runoffand Soil Erosion İn Three Areas Under Different Land Use İn Sardinia (Italy). Catena , 40, 69-92.

Yavuz, M., Tüfekçioğlu, M., (2019). Estimating Surface Soil Losses in The Mountainous Semi-Arid Watershed Using RUSLE And Geospatial Technologies. Fresenius Environmental Bulletin, Vol: 28. No: 4. s. 2589-2598.

Yavuz Özalp, A. , Akıncı, H. & Temuçin, S. (2013). Artvin İli Arazisinin Topografik ve Bazı Fiziksel Özelliklerinin Tespiti ve Bu Özelliklerin Arazi Örtüsü ile İlişkisinin İncelenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 14(2), 292-309.

Yener, İ. , Duman, A. , Satıral, C. & Avşar, H. (2017). Kızılağaç Meşcerelerinin Çay Bahçelerine Dönüştürülmesi Sonucu Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimler (Arhavi Örneği) . Bartın Orman Fakültesi Dergisi , 19 (2) , 203-213

- Yıldırım, C., (2019). Çoruh Nehri Havzası'na Bağlı Olur Mikrohavzası'ndaki Sediment Üretiminin Erozyon Çubuk Yöntemi, Askıda Katı Madde Ölçümü Ve Geowepp Tahmin Modeli İle Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Artvin.
- Yılmaz, E., (2006). Çamlıdere Barajı Havzasında Erozyon Problemi Ve Risk Analizi (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Ankara.
- Yılmaz, H., (2010). Kürk Çayı Havzasının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Erozyon Riskinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ.
- Yüksel, A. 2001. Kahramanmaraş Ayvalı Barajı Yağış Havzasının CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) Ortamında Havza Amenajmanı Bakımından Planlanması Üzerine Araştırmalar. K.T.Ü, Doktora Tezi, Trabzon, 135s (yayınlanmamış).
- Yüksel, A., Akay, A.E., Reis, M., Gündoğan, R., (2007). Using The WEPP Model to Predict Sediment Yield In a Sample Watershed In Kahramanmaraş Region. KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 46060, Kahramanmaraş.
- Yüksel, A., Akay, A.E., Gundogan, R., Reis, M., Cetiner, M., (2008). Application of GeoWEPP for Determining Sediment Yield And Runoff in The Orcan Creek Watershed in Kahramanmaraş, Turkey. Sensors 2008, 8, s. 1222-1236.
- Yüksek, T , Ölmez, Z . (2002). Artvin yöresinin iklim, toprak yapısı, orman alanları, ağaç serveti ve ormancılık çalışmalarıyla ilgili genel bir değerlendirme. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 3 (1), 50-62. Retrieved from <http://ofd.artvin.edu.tr/issue/2251/29653>
- Zeydan, Ö., Özdoğan, N., Taştepe, Ş. P., Demirtaş, D., (2019). Kozlu Deresinde (Zonguldak) Su Kalitesinin İncelenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5(2), 187-197.
- Zorn, M., Petan, S., (2008). Interrill Soil Erosion On Flysch Soil Under Different Types Of Land Use İn Slovenian Istria. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 4, 012045 from Published under licence by IOP Publishing Ltd.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : Yağcı, Olgun

Uyruğu :

Doğum tarihi ve yeri :

Medeni hali :

Yabancı Dili :

Telefon :

Faks :

e-posta :

Eğitim

Derece

Eğitim Birimi

Mezuniyet Tarihi

Lisans

Bülent Ecevit Üniversitesi

17.07.2018