

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI
FİZİKİ COĞRAFYA BİLİM DALI

YOMRA DERESİ HAVZASININ TAŞKIN RİSK ANALİZİ

Doktora Tezi

Okan ERTOĞRAL

Ankara,2025

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI
FİZİKİ COĞRAFYA BİLİM DALI

YOMRA DERESİ HAVZASININ TAŞKIN RİSK ANALİZİ

Doktora Tezi

Okan ERTOĞRAL

Tez Danışmanı

Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK

Ankara,2025

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI
FİZİKİ COĞRAFYA BİLİM DALI

YOMRA DERESİ HAVZASININ TAŞKIN RİSK ANALİZİ

Doktora Tezi

Tez Danışmanı

Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK

TEZ JÜRİSİ ÜYELERİ

Adı ve Soyadı

Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK

Prof. Dr. Necla TÜRKOĞLU

Prof. Dr. Ülkü ESER ÜNALDI

Doç. Dr. Erkan YILMAZ

Doç. Dr. Abdullah TÜRKER

Tez Savunma Tarihi

14.03.2025

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK danışmanlığında hazırladığım “**Yomra Deresi Havzasının Taşkın Risk Analizi**” adlı doktora tezindeki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak toplanıp sunulduğunu, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

09.04.2025

Okan ERTOĞRAL

TEŞEKKÜR

Uzun ve yorucu bir sűre olan bu tez çalıŐması yolculuĐunun olabildiĐince kolaylaŐmasını saĐlayan ve karŐılaŐtıĐım her tűrlű problemin özűmünde yardımı esirgemeyip her zaman yol gűsteren danıŐmanın sayın Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK'e , gerek yeterlilik sınavı ve tez izleme komiteleri gerekse tez savunma sűrecinde katkılarını eksik etmeyen saygıdeĐer hocalarım sayın Prof. Dr. Necla TŲRKOĐLU, Prof. Dr. Ųlkű ESER ŲNALDI ve Doç. Dr. Erkan YILMAZ'a, çalıŐmada kullanılan verilerin temin edilmesi sűrecinde destek olan sayın hocam Doç. Dr. Rűya BAYAR'a , Devlet Su İŐleri Genel MűdűrlűĐű Etűt Planlama ve Tahsisler Dairesi BaŐkanlıĐı'na, Trabzon BűyűkŐehir Belediyesi Bilgi İŐlem Dairesi BaŐkanlıĐı'na, BaŐarsoft Bilgi Teknolojileri A. Ő. Data Direktűrű Yalçın ŲZTŲRK'e, BaŐarsoft Bilgi Teknolojileri A. Ő. Data Ųretim Takım Liderleri MelikŐah CEYLAN ve Muhammed Ali YARICI'ya ve desteklerini her zaman hissettiĐim sevgili anne ve babama teŐekkűrű bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	x
1.GİRİŞ	1
1.1.Taşkın Oluşumuna Neden Olan Faktörler	7
1.1.1.Yağış	7
1.1.2.Sıcaklık	8
1.1.3.Rüzgar	8
1.1.4.Küresel İklim Değişikliği	8
1.1.5.Bitki Örtüsü	10
1.1.6.Eğim	10
1.1.7.Havzanın Şekli	11
1.1.8.Litolojik Yapı	11
1.1.9.Bakı	12
1.1.10.Zeminin Nem Durumu	12
1.1.11.İnsan Faaliyetleri	13
1.2.Taşkınların Etkileri	14
1.3.Türkiye’de Taşkınlar	17
1.4. Doğu Karadeniz Havzası’nda Taşkınlar	20
1.5.Türkiye’de Taşkın Yönetimi	23
1.5.1.Türkiye’de Taşkın Yönetimi Kurulları	23
1.5.1.1. Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu (SYKK)	24
1.5.1.2. Havza Yönetimi Merkez Kurulu (HYMK)	25
1.5.1.3. Havza Yönetim Heyeti (HYH)	26
1.5.1.4. İl Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu (İSYKK)	26
1.5.2.Taşkın Yönetim Planları	27
1.6.Taşkın Önleme Yöntemleri	30
1.5.1.Yapısal Olan Taşkın Önleme Yöntemleri	30

1.6.2.Yapısal Olmayan Taşkın Önleme Yöntemleri	34
1.6.2.1.Doğal Su Tutma Tedbirleri	35
1.6.2.2.Taşkın Erken Uyarı Sistemleri.....	41
2.ÇALIŞMA ALANI.....	44
2.1.İklim	45
2.2.Jeoloji	47
2.2.1.Çalışma Alanında Yüzeleyen Formasyonlar.....	49
2.2.1.1.Hamurkesen Formasyonu (Jha)	49
2.2.1.2.Çatak Formasyonu (Krü 1)	49
2.2.1.3.Kaçkar Granitoyidi (Kk).....	49
2.2.1.4.Çağlayan Formasyonu (Krü 3)	50
2.2.1.5.Bakırköy Formasyonu (Krü 5a).....	51
2.2.1.6.Kabaköy Formasyonu (Ev).....	51
2.2.1.7. Kuvaterner Depoları	51
2.3.Yerşekilleri ve Eğim.....	52
2.4.Toprak.....	56
2.4.1.Kırmızı Sarı Podzolik Topraklar	56
2.4.2.Gri Kahverengi Podzolik Topraklar.....	56
2.4.3.Yüksek Dağ Çayır Toprakları	57
2.5.Bitki Örtüsü ve Arazi Kullanımı	58
2.6.Nüfus	64
2.7.Yerleşim Özellikleri	66
2.8.Çalışma Alanında Meydana Gelen Taşkınlar	67
2.9.Çalışma Alanında Taşkınlara Karşı Alınan Önlemler.....	69
2.10.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	70
3.VERİ VE YÖNTEM	72
3.1.İlgili Çalışmalar	72
3.1.1. Morfometrik Analiz Yöntemi İle Yapılan Çalışmalar	72
3.1.2.Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) İle Yapılan Çalışmalar	75
3.1.3. Taşkın Yayılım Alanlarının Belirlenmesi İle İlgili Çalışmalar.....	79

3.2. Taşkın Riski Ön Değerlendirme Çalışmaları.....	81
3.2.1. Morfometrik Analiz Yöntemi	82
3.2.1.1. Morfometrik Analiz Yöntemi 1. Adım.....	84
3.2.1.2. Morfometrik Analiz Yöntemi 2. Adım.....	85
3.2.1.3. Morfometrik Analiz Yöntemi 3. Adım.....	88
3.2.1.4. Morfometrik Analiz Yöntemi 4. Adım.....	89
3.2.1.5. Morfometrik Analiz Yöntemi 5. Adım.....	90
3.2.2. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY)	93
3.2.2.1. AHY Adımları	94
3.2.2.1.1 AHY 1. Adım.....	94
3.2.2.1.2 AHY 2. Adım.....	94
3.2.2.1.3 AHY 3. Adım.....	95
3.2.2.1.4. AHY 4. Adım.....	96
3.2.2.2. Çalışma Alanı İçin Yapılan AHY Analizi	96
3.2.2.3. Akarsuya Yakınlık	96
3.2.2.4. Eğim.....	98
3.2.2.5. Yükselti.....	99
3.2.2.6. Arazi Kullanımı	100
3.2.2.7. Bakı.....	102
3.2.2.8. Jeoloji.....	104
3.2.2.9. Toprak.....	106
3.2.2.9. Topografik Nemlilik İndeksi (TNİ)	107
3.3. Taşkın Yayılım Haritalarının Üretim Yöntemleri	110
3.3.1. Taşkın Frekans Analizi	111
3.3.1.1. Normal Dağılım	112
3.3.1.2. Log Normal Dağılım.....	112
3.3.1.3. Gumbel Dağılımı	113
3.3.1.4. Pearson Tip III Dağılım	113

3.3.1.5. Log Pearson Tip 3 Dağılımı	114
3.3.1.6.Uygunluk Testleri	114
3.3.1.6.1. Ki-Kare Testi	114
3.3.1.6.2. Kolmogorov – Smirnov (K-S) Testi	115
3.3.1.7. Pik Debilere Göre Taşkın Yayılım Alanların Belirlenmesi.....	115
3.3.1.7.1.HEC–RAS Yazılımına Verilerin Girilmesi	116
3.3.1.7.2.HEC-RAS yazılımında SYM ve Geometrik Verilerin Oluşturulması	116
3.3.1.7.3.En Kesit Verilerinin Düzenlenmesi	117
3.3.1.7.4.Debi Değerlerinin HEC-RAS Yazılımına Girilmesi	118
3.3.1.7.5.Taşkın Yayılım Alanlarının Oluşturulması	121
4.BULGULAR	122
4.1. Morfometrik Analiz Yöntemine Ait Bulgular	122
4.1.1.Çizgisel Morfometrik Parametreler	122
4.1.1.1.Çatallanma Oranı (Rb).....	122
4.1.1.2.Akarsu Uzunluk Oranı (Rl)	122
4.1.1.3.Yüzeysel akış uzunluğu (l_o).....	123
4.1.1.4.Tekstür oranı (T).....	123
4.1.1.5.Drenaj Tekstür oranı (Rt).....	124
4.1.2.Alansal Morfometrik Parametreler	125
4.1.2.1.Drenaj Yoğunluğu (Dd).....	125
4.1.2.2.Uzama Oranı (Re).....	126
4.1.2.3. Havza Şekli (Rf)	126
4.1.2.4. Gravelius İndeksi (Kg)	127
4.1.2.5. Akarsu Sıklığı (Fs).....	127
4.1.3.Rölyef Morfometrik Parametreler.....	128
4.1.3.1.Akım Toplama Zamanı (Tc)	128
4.1.3.2.Hipsometrik İntegral (Hi)	129
4.1.3.3. Havza Rölyefi (Bh).....	130

4.1.3.4. Rolyef Oranı(Rh).....	130
4.1.3.5. Engebelilik Değeri (Rn).....	131
4.1.4. Havzalara Ait Taşkın Duyarlılık Sıralaması	131
4.2. Analitik Hiyerarşi Yöntemine Ait Bulgular	136
4.2.1. Analitik Hiyerarşi Yöntemine Göre Taşkın Tehlike Sınıflarının Dağılımı	138
4.2.2. Çalışma Alanında Yer Alan Yapıların Taşkın Tehlike Sınıflarına Göre Dağılışı.....	139
4.2.3. Çalışma Alanında Yer Alan Bağımsız Bölümlerin Taşkın Tehlike Sınıflarına Göre Dağılışı	142
4.2.4. Çalışma Alanında İkamet Eden Nüfusun Taşkın Tehlike Sınıflarına Göre Dağılışı.....	145
4.3. Taşkın Yayılım ve Risk Haritalarına Ait Bulgular	146
4.3.1. Taşkın Frekans Analizine Ait Bulgular	146
4.3.2. Taşkın Tekerrür Pik Debi Değerlerinin Uygunluğunun Test Edilmesine Ait Bulgular	147
4.3.3. Taşkın Yayılım Alanlarının Belirlenmesine Ait Bulgular	147
4.3.4. Taşkın Yayılım Alanlarına Yönelik Alınabilecek Önlemler	154
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	158
KAYNAKÇA	164
EKLER	177
Ek 1. Normal Dağılım Tablosu (URL-1).....	178
Ek 2. Akım Gözlem Kaydı Bulunan Su Yılı Sayısına Göre γ_n Değerleri(Uçar, 2010)	178
Ek 3. Akım Gözlem Kaydı Bulunan Su Yılı Sayısına Göre σ_n Değerleri (Uçar, 2010)	179
Ek 4. Pearson Tıp 3 T Dönüş Aralığı Tablosu (Uçar, 2010).....	179
Ek 5. Ki-Kare Dağılımı Kritik Değer Tablosu (URL-2)	180
Ek 6. K-S Kritik Değer Tablosu (URL-3)	182
ÖZET	184
ABSTRACT	185

KISALTMALAR LİSTESİ

ADNKS	Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
AFAD	Afet ve Acil Durum Başkanlığı
AGİ	Akım Gözlem İstasyonu
AHY	Analitik Hiyerarşi Yöntemi
AKK	Arazi Kullanım Kaabiliyeti
BTG	Büyük Toprak Grupları
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CRED	Afetlerin Epidemolojisi Araştırma Merkezi
CORİNE	Çevresel Bilginin Koordinasyonu
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
ECMWF	Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi
EM-DAT	Acil Durum Olayları Veri Tabanı
HYH	Havza Yönetim Heyeti
HYMK	Havza Yönetimi Merkez Kurulu
İSYKK	İl Su Yönetim Koordinasyon Kurulu
MAFA	Türkiye Akarsu Havzaları Maksimum Akımlar Frekans Analizi
MAKS	Mekansal Adres Kayıt Sistemi
NFMI	Normalize Edilmiş Morfometrik Taşkın İndeksi
ODF	Olasılık Dağılım Fonksiyonu
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
SYKK	Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
TABB	Türkiye Afet Bilgi Bankası
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TNİ	Topografik Nemlilik İndeksi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Edirne’de Meydana Gelen Akarsu Taşkını (SYGM,2022).....	4
Şekil 2. Avustralya’da Kıyı Taşkını (SYGM,2022).....	5
Şekil 3. İngiltere’de Yeraltı Suyu Taşkını (SYGM, 2022).....	6
Şekil 4. Küresel İklim Değişikliğinin Yağışlara Etkisi (SYGM, 2022).....	9
Şekil 5. Havza Şekli Ve Taşkın Debisi Maksimum Değeri İlişkisi (Rhoads, 2020).....	11
Şekil 6. Akarsu Yatağına İnşa Edilen Yapı Örneği-Rize (SYGM, 2022).....	13
Şekil 23. Çalışma Alanı Lokasyon Haritası	44
Şekil 24. Yomra Deresi Aylık Ortalama Akım Grafiği (2010-2020).....	45
Şekil 25. Trabzon Bölge Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık ve Aylık Ortalama Yağış Grafiği (1927 – 2023).....	46
Şekil 26. Çalışma Alanı Jeoloji Haritası (MTA, 2002).....	47
Şekil 27. Çalışma Alanı Ve Çevresinin Dikey Stratigrafik Kesiti (Işık, 2017).....	52
Şekil 28. Çalışma Alanı Eğim Haritası	54
Şekil 29. Çalışma Alanı Toprak Haritası.....	58
Şekil 32. Çalışma Alanı Nüfus Değişim Grafiği (2007 – 2023)	65
Şekil 33. Çalışma Alanı Nüfus Yoğunluk Haritası	66
Şekil 34. Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı’na Göre Çalışma Alanındaki Taşkın Riski Bulunan Mahalleler	70
Şekil 35. Morfometrik Analiz Çalışmasında Kullanılan Parametreler.....	83
Şekil 36. Morfometrik Analiz Çalışması Yapılan Akarsu Havzalarının Sınırları.....	84
Şekil 37. ArcMap 10.6.1 Programında Eş Yükselti Eğrilerinden DEM Oluşturma	85
Şekil 38. ArcMap 10.6.1 Programı “Fill” Komutu	86
Şekil 39. D8 Yöntemi Akış Şeması.....	86
Şekil 40. ArcMap 10.6.1 Programı “Flow Direction” Komutu.....	87
Şekil 41. Çalışma Alanı Akış Yönü Haritası.....	87
Şekil 42. ArcMap 10.6.1 Programı “Flow Accumulation” Komutu	88
Şekil 43. Çalışma Alanı Akım Toplama Haritası	89
Şekil 44. Çalışma Alanı Akarsu Ağı Haritası.....	90
Şekil 45. Analitik Hiyerarşi Yöntemi Akış Şeması.....	94
Şekil 46. Çalışma Alanı AHY Akarsu Yakınlık Haritası	97
Şekil 47. Çalışma Alanı AHY Eğim Haritası.....	99
Şekil 48. Çalışma Alanı AHY Yükselti Haritası.....	100
Şekil 49. Çalışma Alanı AHY Arazi Kullanım Haritası	102

Şekil 50. Çalışma Alanı AHY Bakı Haritası.....	104
Şekil 51. Çalışma Alanı AHY Jeoloji Haritası.....	105
Şekil 52. Çalışma Alanı AHY Toprak Haritası.....	106
Şekil 53. Çalışma Alanı AHY Topografik Nemlilik İndeksi Haritası	108
Şekil 54. ArcMap 10.6.1 Weighted Sum Komutu	109
Şekil 55. HEC-RAS Yazılımı Ana Ekranı	116
Şekil 56. HEC-RAS Yazılımı RAS Mapper Modülü.....	117
Şekil 57. HEC-RAS Yazılımı En Kesit Veri Düzenleme Ekranı.....	118
Şekil 58. HEC-RAS Yazılımı Debi Değeri Giriş Ekranı	119
Şekil 59. Taşdele D. AGİ'nin Ve Taşkın Frekans Analizinde Kullanılan En Kesitlerin Konumu	120
Şekil 60. HEC-RAS Yazılımı Sınır Koşulları Ekranı	121
Şekil 61. HEC-RAS Yazılımı “Steady Flow” Ekranı	121
Şekil 62. Çalışma Alanı Akarsu Havzalarına Ait Hipsometrik Eğri Grafiği	129
Şekil 63. Çalışma Alanına Ait AHY Taşkın Tehlike Haritası	138
Şekil 64. Çalışma Alanında Yer Alan Yapıların Taşkın Tehlike Sınıflarına Dağılımı	142
Şekil 65. Olasılık Dağılım Fonksiyonlarına Göre Çalışma Alanındaki Taşkın Tekerrür Pik Debi Değerleri.....	147
Şekil 66. 500 Yıllık Taşkın Pik Tekerrür Debisine Göre Oluşturulan Taşkın Yayılım Ve Su Derinlik Haritası.....	148
Şekil 67. 1.000 Yıllık Taşkın Pik Tekerrür Debisine Göre Oluşturulan Taşkın Yayılım Ve Su Derinlik Haritası	150
Şekil 68. 500 ve 1.000 Yıllık Taşkın Pik Tekerrür Debilerine Göre Taşkın Olması Durumunda Yomra İlçe Merkezi İle Bağlantısı Kesilecek Olan Mahallelerin Haritası	153
Şekil 69. Çalışma Alanında Dere Yatağında Hafriyat Döküntüsü.....	154
Şekil 70. Çalışma Alanı Taşkın Yayılım Alanları Ve Önemli Tesisler	155
Şekil 71. Yomra Deresi Havzasında Sel Kapanı Kurulması Önerilen Alt Havzalar ...	156

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Taşkın Zarar Çeşitleri (Jonkman vd., 2008).....	16
Tablo 2. 1929 -2020 Yılları Arasında Doğu Karadeniz Havzasında Meydana Gelen Taşkınlar (Yüksek vd., 2022)	23
Tablo 3. Çalışma Alanı Eğim Sınıfları	56
Tablo 4. Çalışma Alanı Toprak Tipleri.....	58
Tablo 5. Çalışma Alanı Arazi Kullanım Sınıfı Dağılımı (CORINE 2018'e göre)	61
Tablo 6. Çalışma alanı Arazi Kabiliyet Sınıfı Dağılımı	63
Tablo 7. Çalışma Alanı Yapı Tipi Dağılım Tablosu.....	67
Tablo 8. Çalışma Alanında Yer Alan Akarsu Havzalarına Ait Morfometrik Değerler .	91
Tablo 9. Çizgisel Morfometrik Parametreler	92
Tablo 10. Alansal Morfometrik Parametreler	92
Tablo 11. Rölyef Morfometrik Parametreler	92
Tablo 12. AHY Değerleme Ölçeği (Saaty,1980).....	95
Tablo 13. Tesadüfîlik Göstergesi (Malczewski'den aktaran Dursun, 2022)	96
Tablo 14. Akarsuya Yakınlık Durumuna Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değerleri.....	97
Tablo 15. Eğim Durumuna Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değerleri	98
Tablo 16. Yükselti Durumuna Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değerleri	100
Tablo 17. Arazi Kullanım Durumuna Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değerleri	101
Tablo 18. Bakı Yönüne Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değerleri ..	103
Tablo 19. Jeolojik Yapıya Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değerleri	105
Tablo 20. Toprak Tipine Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değerleri	106
Tablo 21. TNİ Değerlerine Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değerleri	107
Tablo 22. AHY Kriterlerine Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değeri	109
Tablo 23. D22A133 – YOMRA D. TAŞDELEN AĞI Yıllık Maksimum Akış Verileri	112
Tablo 24. Çalışma Alanına Ait Çizgisel Morfometrik Parametre Değerleri	125
Tablo 25. Çalışma Alanına Ait Alansal Morfometrik Parametre Değerleri	128
Tablo 26. Çalışma Alanına Ait Rölyef Morfometrik Parametre Değerleri	131

Tablo 27. Çalışma Alanında Yer Alan Havzaların Morfometrik Parametrelerinin Bileşke Faktör Yöntemine Göre Taşkın Duyarlılık Dereceleri.....	133
Tablo 28. Çalışma Alanında Yer Alan Havzaların Bileşke Faktör Yöntemine Göre Taşkın Duyarlılık Derecelerinin Ortalaması.....	133
Tablo 29. Çalışma Alanında Yer Alan Havzaların Morfometrik Parametrelerinin NFMI Yöntemine Göre Taşkın Duyarlılık Dereceleri	134
Tablo 30. Çalışma Alanında Yer Alan Havzaların Morfometrik Parametre Gruplarının NFMI Yöntemine Göre Taşkın Risk Dereceleri.....	135
Tablo 31. AHY Kriterlerine Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değeri	137
Tablo 32. Çalışma Alanında Analitik Hiyerarşi Yöntemine Taşkın Risk Sınıflarının Dağılımı.....	139
Tablo 33. Çalışma Alanında Yer Alan Yapıların Taşkın Tehlike Sınıflarına Dağılımı (Adet).....	141
Tablo 34. Çalışma Alanında Yer Alan Bağımsız Bölümlerin Taşkın Tehlike Sınıflarına Dağılımı.....	145
Tablo 35. Çalışma Alanında İkamet Eden Nüfusun Taşkın Risk Sınıflarına Dağılımı	145
Tablo 36. Olasılık Dağılım Fonksiyonlarına Göre Çalışma Alanındaki Taşkın Tekerrür Pik Debi Değerleri (m ³ /sn).....	146
Tablo 37. 500 Yıllık Taşkın Pik Tekerrür Debisine Göre Taşkın Yayılım Alanında Yer Alan Yapılar	149
Tablo 38. 500 Yıllık Taşkın Pik Tekerrür Debisine Göre Taşkın Yayılım Alanında Yer Alan Bağımsız Bölümler	149
Tablo 39. 1.000 Yıllık Taşkın Pik Tekerrür Debisine Göre Taşkın Yayılım Alanında Yer Alan Yapılar	151
Tablo 40. 1.000 Yıllık Taşkın Pik Tekerrür Debisine Göre Taşkın Yayılım Alanında Yer Alan Bağımsız Bölümler	152
Tablo 41. Tekerrür Sıklığına Göre Taşkın Suları Altında Kalan Kara Yolu Uzunluğu	152
Tablo 42. Yomra Deresi Havzası Sel Kapanı Yapılması Önerilen Alt Havzalar Ve Debi Miktarları.....	157

1.GİRİŞ

Kaynağını güneşten alan ve yeryüzünde canlı yaşamının sürdürülebilmesini sağlayan sıcaklık, yağış, nem, rüzgar vb. doğa olaylarının normal seviyesinin çok altında seyretmesi veya çok üstüne ulaşması yeryüzünde canlı yaşamını tehdit eder duruma gelmesine neden olmaktadır. İnsanın ortaya çıkışından itibaren beşeri faaliyetler bu doğal olaylarla bir araya gelerek zaman zaman insanlara zarar vermeye başlamış ve insanlar için fiziki ve sosyoekonomik kayıplar yaşatarak, beşeri faaliyetlerin kesintiye uğramasına neden olan afetlere dönüşmüştür (Uluğ,2009)

Yeryüzünde yaşanma sıklığı ve meydana getirdiği can ve mal kayıpları bakımından taşkın afeti ilk sırada yer almaktadır.Dünya üzerinde 1980-1999 döneminde meydana gelen 4.212 adet afetin 1.389 (%33) adetini, 2000 – 2019 döneminde meydana gelen toplam 7.348 adet afetin 3.254 (%44) adetini taşkınlar oluşturmuştur (UNDRR, 2022). Ayrıca son yıllarda taşkın sayısında meydana gelen artış nedeniyle, yeryüzündeki canlı hayatının taşkınlardan en alt seviyede etkilenmesi ve taşkın sonrası meydana gelen zararların en kısa sürede giderilmesi için taşkınlar ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Taşkınlar ile ilgili yapılan çalışmalarda öncelikle taşkınları meydana getiren şartlar belirlenmekte ve bu etkilerin seçilen çalışma alanındaki durumu değerlendirilmekte ve taşkın riski hesaplamaları yapılmaktadır.

Taşkın afeti doğal ve beşeri nedenlerin etkisiyle akarsuların doğal akışının dışına çıkması sonucu yatağında yer alan yerleşim alanlarına, altyapı tesislerine, tarım arazilerine ve canlılara zarar vererek hayatın doğal akışını kesintiye uğratması veya durdurması ve sosyo-ekonomik kayıplara neden olması olayıdır (SYGM, 2022). Nüfus artışı ve beşeri faaliyetlerin alanının genişlemesi de insanların taşkına maruz kalma oranını artırmış ve taşkınların insanlara yaşattığı can ve mal kayıplarında artış yaşanmasına neden olmuştur.

Taşkınlar, topografya özellikleri, yağış rejimi ve miktarı, hava sıcaklığı ve kar örtüsü gibi çeşitli tetikleyici etkenlere bağlı olarak meydana gelmekte ve temelde oluşum nedenlerine, oluşum sürelerine ve meydana geldikleri yerlere göre sınıflandırılmaktadır. Oluşum nedenlerine göre taşkınlar uzun süreli yağmur taşkınları, kısa süreli yağmur taşkınları, kar üzerine düşen yağmur taşkınları, kar üzerine düşen taşkınları, kar erimesi taşkınları, buzul erimesi taşkınları ve buzul gölü taşkınları olarak sınıflandırılabilir.

Uzun süreli yağmur taşkınları birkaç gün veya hafta boyunca süren yağışlar sonucu meydana gelen bir taşkın türüdür (Brunner vd., 2017). Yağışın yoğunluğu düşük

olsa bile uzun süre devam etmesi sonucu havzanın zemini neme doyar ve taşkın olayı gerçekleşir (Hundecha vd., 2017). Genellikle cephe sistemlerine bağlı yağışların oluşturduğu bu taşkın türün birkaç bin kilometrekarelik alanlara kadar yayılabilir(Merz ve Blöschl,2003).

Kısa süreli yağmur taşkınları ise genellikle bir günden uzun sürmeyen yağmurlar sonucu meydana gelen bir taşkın türüdür (Brunner vd., 2017). Kısa süreli ve yoğunluğu fazla olan yağışların arazinin infiltrasyon kapasitesini aşması sonucu oluşan taşkınlardır. Yıl boyunca görülebilen bu taşkınlar, genellikle uzun süren yağmur taşkınlarına göre daha dar alanlı olup akarsu havzalarının belirli bölgelerinde etkili olmaktadır (Merz ve Blöschl,2003).

Yerde mevcut kar kütesinin üzerine düşen yağmurun kar kütesine sağladığı ilave gizli ısı nedeniyle yağış esnasında kar erime miktarının artması sonucu ortaya çıkan bir taşkınlar kar üzerine yağmur taşkınları olarak adlandırılmaktadır (Hundecha vd., 2017). Özellikle arazideki kar örtüsünün mevcudiyetine bağlı olan bu tür taşkınlar genellikle kış mevsiminin sonlarında meydana gelmektedir (Merz ve Blöschl,2003). Kar üzerine düşen yağmur taşkınlarında yağmur suyunun sıcaklığı ve arazinin eğimi önemli rol oynamaktadır. Ilık yağmurlara maruz kalan karlı tepelerde taşkın pik debisi daha büyük olur. Ayrıca yerel bir olay olan kar üzerine düşen yağmur taşkınları eğimin fazla olduğu alanlarda ani taşkınların meydana gelmesine neden olmaktadır (Beden, 2019).

Kar erimesi taşkınları arazideki kar örtüsünün hava sıcaklıklarında meydana gelen artışa bağlı olarak erimesi sonucu oluşan taşkınlardır. Hiç yağış olmadan veya çok az bir yağışla kar örtüsünün erimesi sonucu meydana gelirler (Brunner vd., 2017). Her mevsim meydana gelebilecek olan bu taşkınların zamanlaması arazinin enlem derecesine yükseltisine göre değişkenlik göstermektedir. Kar erimesi taşkınları ovalarda sıcaklık artışının yaşandığı ilkbahar mevsiminde görülürken, yüksek dağlık alanlarda sıcaklık artışı ancak yaz mevsiminde meydana geldiği için yaz mevsiminde görülmektedir(Sikorska vd., 2015).Yüksek ve engebeli arazilerde kar örtüsünün hızlı eridiği, buna bağlı olarak yüzeysel akış miktarını arttığı ve drenaj ağının yetersiz kaldığı durumlarda taşkınlar meydana gelmektedir (Tanrıverdi, 2019).

Buzul erimesi taşkınları hava sıcaklığının artışı ve yağmurun etkisiyle buzul kütlelerinin erimesi sonucu oluşan taşkınlardır. Kar erimesi taşkınlarına göre daha yüksek rakımlı yerlerde meydana gelen buzul erimesi taşkınları, hava sıcaklığının artışına bağlı olarak genellikle yaz mevsiminin hava sıcaklığı olarak zirveye ulaştığı dönemde oluşur (Sikorska vd., 2015). Tamamen donmuş nehirlerde de meydana gelen buzul erimesi taşkınları ani erimeye bağlı olarak buz kütlelerinin parçalanmasına ve buz

kütelleri ile dolu ani taşkınların yaşanmasına neden olmaktadır. Taşkın suları içerisinde yer alan bu buz parçaları özellikle yapılara ciddi zararlar vermektedir (Watson ve Adams, 2010).

Buzul gölü taşkınları özellikle yüksek dağlık alanlarda buzulların erimesinin hızlanması veya buzul gölleri çevresinde meydana gelen heyelanlar nedeniyle göllerinin seviyesinin yükselmesi sonucu oluşan taşkın türüdür (Sattar vd., 2022). Küresel iklim değişikliği alpin buzullarının erimesini hızlandırdığı için buzul göllerinin sayısının artmasına ve alanlarının genişlemesine neden olmuştur (Chen vd., 2024). Bu durum özellikle Himalayalar'da buzul gölü taşkını riskinin artmasına neden olmuştur (Zheng vd., 2021). Buzul gölü taşkınlarının etkilerinin artmasının bir diğer nedeni de buzul göllerinin gideğeni konumunda olan akarsuların aşağı çığırlarında meydana gelen nüfus artışıdır (Taylor vd., 2023). Buzul gölü taşkınları çok yüksek irtifalardan kaynaklandığı için yüksek miktarda enerjiye sahip olmakta ve etkili olduğu alanlarda ciddi zararlara yol açıp mevcut jeomorfolojinin değişmesine neden olmaktadır (Sattar vd., 2022)

Oluşum sürelerine göre ise taşkınlar ani taşkınlar, hızlı taşkınlar ve yavaş taşkınlar olarak sınıflandırılabilir. Çoğunlukla, süper hücre olarak adlandırılan ve kuvvetli konvektif hareketler sonucu meydana gelen ani ve yüksek yoğunluklu yağışların oluşturduğu taşkınlar ani taşkın olarak adlandırılmaktadır. Arazinin nemli ve doymuşluk oranı çok düşük olsa bile meydana gelebilen ani taşkınlar, genellikle konvektif hareketlerin kuvvetli olduğu yaz mevsimlerinde, yerel ölçekteki akarsu havzalarında görülmektedir (Merz ve Blöschl, 2003). Saatler içerisinde meydana gelen bu taşkınlar çöller dahil dünyanın her yerinde meydana gelebilmektedir (Serencem, 2013). Genellikle dağlık alanlarda meydana gelen ani taşkınların tahmin edilmesi için gerekli olan süre kısıtlıdır (Jonkman, 2005). Ani taşkınların tahmin edilmesi zor olduğu ve bu tip taşkınlar döküntü taşınımının aniden artmasına neden olduğu için ölümcül olabilmektedir ve taşkın kaynaklı ölümlerin çoğu ani taşkınlar sonucu meydana gelmektedir (Watson ve Adams, 2010; Kron, 2005).

Hızlı taşkınlar ise 1 – 2 gün içerisinde meydana gelen yağışlar sonucunda meydana gelen taşkınlardır. Bu tür taşkınların oluşumunda bitki örtüsünün zayıf olması ve arazideki eğimin fazla olması sonucu yüzeye düşen yağmur sularının akışa geçmesi etkili olmaktadır. Ayrıca özellikle şehir alanlarındaki geçirimsiz yüzeylerin varlığı ve arazi yapısının killi olmasından dolayı geçirimsiz bir yapıya sahip olması hızlı taşkınların meydana gelmesinde etkili olmaktadır (Serencem, 2013).

Genellikle 1 – 2 hafta boyunca süren yağışların aniden akışa geçmesi yerine toprağa karışarak daha düzenli ve yavaş bir şekilde akışa geçerek oluşturdukları

taşkınlar yavaş taşkınlardır. Yüzeze düşen suların yavaş akışa geçmesinde havzadaki bitki örtüsü yoğun olması, arazinin geçirgenlik oranının yüksek olması ve havza eğiminin düşük olması etkili olmaktadır.(Serencem, 2013).

Meydana geldikleri yerlere göre ise taşkınlar; akarsu taşkınları, kıyı taşkınları, baraj taşkınları, yeraltı suyu taşkınları, baraj taşkınları ve şehir taşkınları olarak sınıflandırılabilir. Akarsu taşkınları, akarsu havzalarında meydana gelen yağış, kar veya buzul erimesi gibi nedenlerle yüzeysel akışın artması ve arazinin suya doygun hale gelmesi sonucu akarsuların taşıdığı su miktarında meydana gelen artışa bağlı olarak akarsu kanallarında meydana gelen ve en sık görülen taşkın türüdür(şekil 1). Zeminin neme doymasının yanında, akarsu havzasında zeminin donmuş halde olması da yüzeysel akış miktarını artırarak akarsu taşkınlarının meydana gelmesine neden olmaktadır. Akarsu taşkınları bazen kısa bir süre içerisinde meydana gelse bile yavaş yavaş olur. Akarsu taşkınlarının meydana geldiğidar vadi tabanlarında, su altında kalan alan geniş taşkın ovalarına sahip vadilere oranla daha az olsa da bu alanlardaki taşkın sularının hızları daha yüksektir ve bu nedenle taşkın sularının hasar potansiyeli daha yüksek olmaktadır (Kron, 2005). Akarsu taşkınları, erken uyarı sistemleri ile birlikte önceden tahmin edilebilen bir taşkın türüdür (Jonkman, 2005).



şekil 1.Edirne’deMeydana Gelen Akarsu Taşkımı (SYGM,2022)

Kıyı taşkınları, deniz ve okyanus gibi büyük su kütlelerindeki su seviyesinin yükselmesine bağlı olarak kıyılardaki beşeri alanların sular altında kalması sonucu oluşan taşkınlardır. Kıyı taşkınları alışılmadık seviyedeki gelgitler, fırtına dalgaları,

volkanik patlamalar, deniz altı heyelanları ve tsunamiler sonucu meydana gelmektedir (Jonkman, 2005). Büyük göllerdeki su seviyesindeki değişimler ve dalgalanmalar da kıyı taşkınlarına neden olabilmektedir. Kıyı taşkınları sonucu deniz, okyanus veya göl sularının akarsu vadilerinden içeriye doğru hareket etmesi akarsu drenaj sisteminin bozulmasına ve akarsu vadi tabanlarında taşkın oluşmasına neden olabilmektedir (Beden, 2019) (Şekil 2).



Şekil 2. Avustralya'da Kıyı Taşkını (SYGM,2022)

Baraj taşkınları, diğer taşkın türlerine göre daha nadir görülmele birlikte baraj gövdelerinde meydana gelen yıkım sonucu baraj membasında depolanan yüksek miktardaki su kütlelerinin akışa geçmesiyle meydana gelen taşkınlardır. Doğal ve yapay baraj yıkılmaları, ciddi hasara ve can kaybına neden olma potansiyeline sahiptir; çünkü depolanan suyun aniden serbest bırakılması, yağmur veya kar erimesi taşkınlarından çok daha büyük taşkınlara neden olur. Ayrıca zehirli atıkların depolandığı maden atık barajlarında meydana gelen yıkımlar, su basan alanlar üzerinde ciddi bir çevresel kirliliğe neden olur. Doğal ve yapay baraj yıkılmalarından kaynaklanan taşkınlar ile ilgili riskler baraj gövdesine yakın alanlardaki yerleşim alanlarının genişlemesi nedeni ile artmaktadır (Cenderelli, 2000).

Yeraltı suyu taşkınları özellikle karstik sahalarda şiddetli yağışlar sonucu yeraltı su seviyesinin aniden yükselmesi ve yeraltı su kaynaklarından yeryüzüne aşırı miktarda

suyun deşarj olması sonucu oluşan taşkınlardır (Şekil 3) (Demiroğlu, 2020). Yeraltı suyu taşkınları topraktaki nem eksikliği göz önüne alındığında genellikle yerel havza ölçeğinde akiferlerin, drenaj kapasitesini aşacak şekilde uzun süre devam eden yağışlar nedeniyle, dolması sonucu oluşmaktadır (Robins ve Finch, 2012). Karstik ovalar akifer depolama kapasitesinin düşük olması, yüzey drenajının sınırlı olması veya hiç olmaması nedeni ile yer altı suyu taşkınlarına karşı hassas alanlardır (Naughton vd., 2017).



Şekil 3.İngiltere’de Yeraltı Suyu Taşkını (SYGM, 2022)

Şehir taşkınları, geçirimsiz yüzeylerin çok fazla alan kapladığı kentsel alanlarda oluşan yağışlar sonucu yüzeye düşen suların toprağa sızamaması ve yüzeysel akış miktarını artırması sonucu özellikle akarsu vadilerine kurulmuş olan şehirlerde meydana gelen taşkınlardır. Şehir taşkınlarının meydana gelmesindeki bir diğer faktör akarsu yataklarının daraltılmasıdır (Serencem, 2013). Özellikle akarsuların maksimum debi değerleri dikkate alınmadan inşa edilen kanallar şehir taşkınlarının yaşanmasına neden olmaktadır. Şehir taşkınları yoğun yağışlardan kaynaklanan taşkınlar, akarsu akışından meydana gelen taşkınlar ve fırtına dalgaları sonucu meydana gelen taşkınlar olarak sınıflandırılabilir. Yerel yoğun yağışlardan kaynaklanan şehir taşkınlarının temel nedeni drenaj yapısının yetersiz ve zayıf olmasıdır. Akarsu akışına bağlı olarak meydana gelen şehir taşkınları havza özellikleri ile bağlantılı olup akarsu seviyelerinin akarsu kıyı kenar çizgisinin üzerine çıkması durumunda meydana gelmektedir. Şehirlerin taşkın yataklarına doğru yayılması, depolamayı azaltıp, taşkın yataklarındaki taşkın yollarını

tıkar ve taşkın hasarının daha da kötüleşmesine neden olur. Yağmur suyu tutma önlemleri, şehir taşkınlarının azaltılması ve mansap yönündeki taşkınların önlenmesi için hayati öneme sahiptir. Yağmur suyunun tutulması, yüzey akışını geçici olarak depolayan ve kontrollü bir oranda serbest bırakan havzalar veya göletler inşa edilerek sağlanabilir. Yüzey akışının azaltılması, şehirdeki açık ve yeşil alanların korunması gibi su toplama alanlarından sızma ve evapotranspirasyonun artırılması gibi diğer önlemlerle sağlanabilir (Tingsanchali, 2012).

1.1.Taşkın Oluşumuna Neden Olan Faktörler

Afet sınıflandırmasında meteorolojik kökenli afetlerden birisi olan taşkınların meydana gelmesinde yağış, sıcaklık, rüzgar, küresel iklim değişikliği, bitki örtüsü, eğim, havzanın şekli, litolojik yapı, bakı, zeminin nem durumu gibi doğal faktörler ve insan faaliyetleri belirleyici etkiye sahiptir.

1.1.1.Yağış

Yağışlar taşkın oluşumu üzerinde, şiddetleri, süreleri ve oluşum şekilleri itibari ile etkili olmaktadır. Herhangi bir akarsu havzasına düşen yağışın şiddetinin yüksek olması havzada yüzey akışına geçen su miktarını artıracığı için taşkın riskini de artırmakta ve yatak çevresinde meydana gelen can ve mal kaybını artırmaktadır. Yağışın şiddeti yanında süresi de taşkın üzerinde belirleyici olmaktadır. Bir havzaya düşen yağışın şiddeti düşük olsa bile sabit bir şiddette uzun süre yağmaya devam etmesi durumunda da taşkın meydana gelebilmektedir (Serencem, 2013). Yağışın şiddet ve süresinin yanında oluşum şekli de taşkın oluşumu üzerinde etkili olmaktadır. Özellikle kısa sürede yüksek miktarda suyun yere düşüp yüzeysel akışa geçmesine neden olan konveksiyonel yağışlar taşkın oluşumuna neden olmaktadır (Özcan, 2006).

Yağmur, yeryüzüne ulaştırdığı damlaların yüzeysel akışa geçerek taşkın olayının gerçekleşmesine neden olmasının yanında, yüzeyde bulunan kar kütlelerinin de erime hızını artırarak özellikle dağlık alanlarda taşkın riskini artırmaktadır. Ayrıca yağmurdüşen yüzeydeki yoğunlaşma türünün de taşkın oluşumu üzerinde önemli bir etkisi vardır. Yağmur sonucu meydana gelen taşkınlar ile kar yağışı sonucu meydana gelen taşkınlar arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklardan en önemlisi, iki yoğunlaşma türünün oluşturdukları hidrografın farklı olmasıdır. Yağmur sonucu meydana gelen taşkınlarda hidrografın maksimum değeri yüksek ve bu değere ulaşma süresi kısadır. Kar yağışı sonucu meydana gelen taşkınlarda ise taşkın pikinin oluşma süresi ise daha uzundur. Yağmur sonucu oluşan taşkınlar aniden pik debi değerine

ulaşsa da kar erimesi sonucu oluşacak akımların hacimleri daha büyük olmaktadır(Uçar, 2010).

1.1.2.Sıcaklık

Sıcaklık özellikle havada meydana gelen yoğuşmanın türünü belirleyici etkiye sahip olduğu için taşkın oluşumu üzerinde etkili olmaktadır. Yağmur ve dolu 0 °C'nin üzerinde meydana gelen birer yoğuşma türü iken kar 0 °C'nin altında meydana gelen bir yoğuşma türüdür. Bu yoğuşma türlerinin yüzeysel akışa geçiş hızları farklı olduğu için taşkın oluşturma riskleri de farklıdır (Uçar, 2010).

Bir havzada sıcaklığın yıl içerisindeki değişimi de taşkın olayları üzerinde belirleyici etkiye sahip olmaktadır. Özellikle dağlık alanlarda ilkbahar mevsiminde meydana gelen ani sıcaklık artışı kar örtüsünün erime hızını artırarak taşkın riskini artırmaktadır. İlkbahar mevsiminde meydana gelen ani sıcaklık artışı kar erimelerini hızlandırmasının yanında, yükselim yağışlarına da neden olarak taşkın riskini artırmaktadır. Ayrıca kış mevsiminde sıcaklığın uzun süre 0 °C'nin altında seyretmesi nedeni ile toprağın donması, sızma miktarının azalıp yüzeysel akışa geçen su miktarının ve taşkın riskinin artmasına neden olmaktadır (Watson ve Adams, 2010).

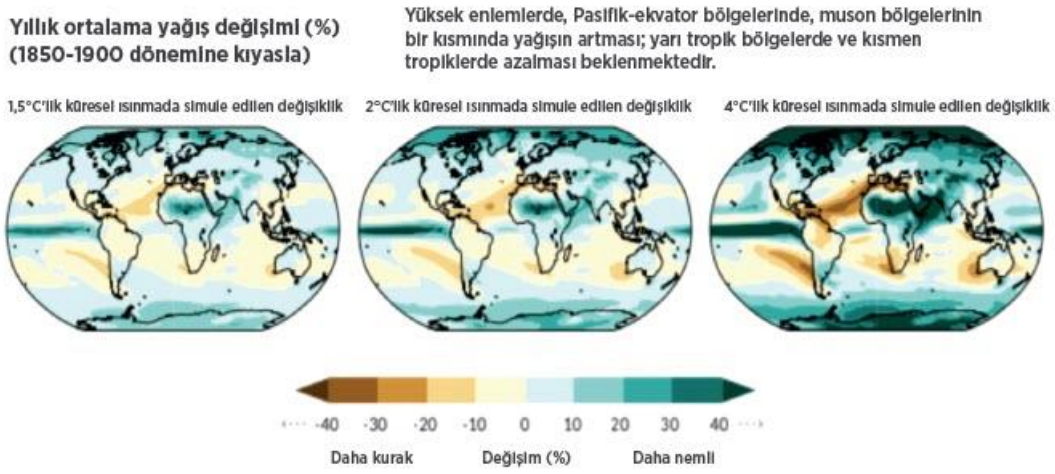
1.1.3.Rüzgar

Rüzgarlar estikleri yer ve yönlere bağlı olarak taşkın riski üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Dağlık alanlarda esen rüzgarlar kar erime hızını artırıp taşkın riskini artırırken (Beden, 2019) özellikle kıyılarda su kütlelerinden kıyılara doğru esen rüzgarlar kıyılardaki yağış miktarını dolayısı ile taşkın riskini artırmaktadır. Ayrıca kıyılara doğru esen şiddetli rüzgarlar büyük su kütlelerinin karalara doğru hareket edip kıyı taşkınlarının meydana gelmesine neden olmaktadır.

1.1.4.Küresel İklim Değişikliği

Küresel iklim değişikliği özellikle sanayi devriminden sonra yeryüzünde iklim elemanlarının büyüklük, sıklık ve şiddetinde meydana gelen değişiklikler ve bunların ekosistem üzerindeki etkileri ifade etmek için kullanılmaktadır. Küresel iklim değişikliği yağış miktarı, sıklığı ve yoğunluğunda gözle görülür değişikliklerin yaşanmasına neden olmuştur. Karasal alanların çoğundaküresel ortalama yağış miktarı ve yoğun yağış olaylarının sıklığı 1950'den günümüze artış göstermiştir ve küresel ortalama sıcaklıktaki 1 °C'lik artışın aşırı yağış olaylarının %7 yoğunlaşmasına neden olacağı tahmin edilmektedir. Yağışların miktarı ve sıklığının bölgesel olarak da

değişmesi beklenmektedir. Ortalama yağış miktarının tüm kutup bölgeleri, Kuzey Amerika, Kuzey Avrupa, Asya'nın çoğu bölgesinde ve Güney Amerika'nın iki bölgesinde artacağı, muson yağışlarının da Asya'nın doğusu ve güneyi ile Afrika'nın batısında artacağı beklenmektedir (Şekil 4). Ayrıca küresel iklim değişikliği nedeni ile tropikal siklonların sıklığı son 40 yılda artış göstermiş ve Batı Kuzey Pasifik'te en yüksek yoğunluklarına ulaştığı enlemin kuzeye kayması olasıdır. Küresel iklim sisteminde meydana gelen tüm bu değişimler nedeni ile taşkın olaylarının Afrika, Asya'nın çoğu bölgesinde, Kuzey Amerika ve Avrupa'da artması beklenmektedir (IPCC, 2021).



Şekil 4. Küresel İklim Değişikliğinin Yağışlara Etkisi (SYGM, 2022)

Küresel iklim değişikliği fırtına sistemlerinin hızı ve yerel ısı adalarının etkilerinin de değişmesine neden olmaktadır. Atmosferik sirkülasyon sisteminde meydana gelen değişiklikler nedeni ile fırtına sistemlerinin hızlarının azalması fırtınaların güzergahı üzerinde yer alan herhangi bir alanın normalden daha fazla yağış almasına neden olmaktadır. Yerel ısı adalarının etkisinin artması da özellikle kentsel alanlarda mikro yağış patlamalarının yaşanmasına neden olmaktadır. Yerel ölçekte yağış miktarlarında meydana gelen bu artışlar taşkın riskinin artmasına neden olmaktadır (Watson ve Adams, 2010).

Küresel iklim değişikliğinin karalar üzerindeki bir diğer etkisi deniz seviyelerindeki değişimdir. Deniz seviyesi küresel anlamda 1901 – 2018 yılları arasında 0,2 m yükselmiştir. Aynı zamanda deniz seviyesinin yükselme hızı da giderek artmaktadır (IPCC, 2021).Küresel ortalama deniz seviyesinin yükselmesi kıyılarda yer alan şehirlerde taşkın riskinin artmasına neden olmaktadır (Kadioğlu, 2008).

Küresel iklim değişikliğinin mevsimlere göre yağış türlerinde meydana getirdiği değişim taşkınların yıl içerisinde meydana geldiği dönemin değişmesine de neden olmaktadır. Kış mevsiminde kar yağışlarının artması ve sıcaklıkların yükselmesi, kar erimelerinin ilkbahardan kış mevsimine kayarak, özellikle dağlık alanlarda akarsulardaki debi artışının ve taşkın oluşum riskinin ilkbahardan kışa doğru geçiş yapmasına neden olmaktadır. Bu durum, Fırat Nehri ve Dicle Nehri'nin akım miktarı ve maksimum debiye ulaştıkları zamanı etkileyecektir (Şen, 2022).

İklim değişikliğinin orman yangınlarının sayısında meydana getirdiği artış orman alanlarını daraltarak özellikle akarsuların yukarı havzasında yüzey akışına geçen su miktarının artmasına neden olmaktadır. Akarsuların yukarı havzasında artan yüzeysel akış aşağı havzalardaki taşkın riskini artırmaktadır.

1.1.5.Bitki Örtüsü

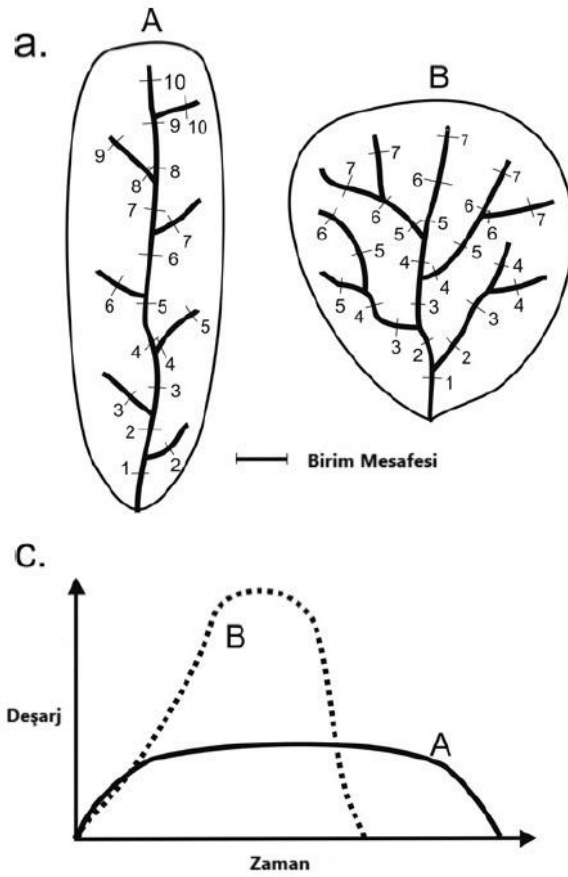
Bitkiler kökleri vasıtası ile toprağı gözenekli hale getirmekte ve yer altına sızan su miktarını etkileyerek taşkın oluşumu üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olmaktadır. Özellikle çayır ve ormanlık alanlarda bitki kökleri vasıtası ile yer altına sızan su miktarı artmakta ve bu durum taşkın riskini azaltmaktadır (Özcan, 2006).Bitkiler gövdeleri vasıtasıyla yüzeysel akışı yavaşlatmakta ve bünyelerine aldıkları su ile birlikte yüzeysel akış miktarını azaltmaktadır(Uçar, 2010). Ayrıca bitkiler dalları ve yaprakları ile suların yüzeye düşüşünü ve yüzeysel akış hızını azaltmaktadır. Bu nedenle bitki örtüsünün yoğun olması taşkın riskini azaltmaktadır. Bir havzada bitki örtüsünün seyrek olması ise yer altına sızma miktarı az olması nedeniyle yüzeysel akış miktarı artmakta ve bu durum da taşkın riskini artırmaktadır (Tanrıverdi, 2019).

1.1.6.Eğim

Eğim yüzeye düşen suların akış hızını etkileyerek taşkın oluşumu üzerinde etkiye sahip olmaktadır. Yüzeysel akışa geçen suyun hızlı hareket etmesi yer altına sızmayı azaltırken, yavaş hareket etmesi sızma miktarını artırarak akarsu kanalına ulaşacak olan su miktarını azaltmaktadır (Uçar, 2010). Eğim değerini yüksek olduğu bölgelerde ana akarsu kanalına ulaşan su miktarı eğimin az olduğu bölgelere oranla daha fazla olduğu için bu alanlarda taşkın riski daha yüksek olmaktadır (Özdemir, 2007).

1.1.7.Havzanın Şekli

Havzanın şekli taşkın için su toplama zamanında belirleyici etkiye sahip olarak taşkın oluşum riskini etkilemektedir. Havza uzunluğu arttıkça su toplama zamanı uzadığı için taşkın debisi maksimum değeri azalmaktadır. Bu durumdan dolayı aynı alana sahip eni dar boyu uzun olan akarsu havzasındaki akım toplama zamanı, eni geniş boyu kısa olan havzaya oranla daha uzundur (Beden, 2019),(Şekil 5). Ayrıca uzun boylu havzalarda, kısa havzalara göre yan kollarda akışa geçen suların ana kola ulaşma süresiuzadığı ve akış esnasında yer altına sızma miktarı arttığı için ana kola ulaşan su miktarı kısa boylu havzalara göre daha az olmaktadır. Bu nedenle dairesel bir şekle sahip olan havzalardaki taşkın riski uzunlamasına şekle sahip havzalara oranla daha yüksek olmaktadır.



Şekil 5.Havza Şekli Ve Taşkın Debisi Maksimum Değeri İlişkisi (Rhoads, 2020)

1.1.8.Litolojik Yapı

Litolojik yapı suyun yüzeysel akışa geçmesi veya yer altına sızması üzerinde önemli rol oynamaktadır (İrcan ve Duman, 2024). Bu bağlamda havzanın gözeneklilik ve geçirimsizlik gibi litolojik özellikleritaşkın riski üzerinde büyük etkiye sahiptir. Kireçtaşı gibi gözenekliliği düşük fakat çatlaklı yapıları nedeniyle geçirimsizliği yüksek

olan kayaçların bulunduğu sahalarda yer altına sızan su miktarı fazla olduğu için taşkın riski geçirimsiz kayaçların bulunduğu alanlara göre daha düşüktür. Havzanın litolojik yapısına bağlı olarak özellikle karstik sahalarda yüzeyde bulunan çukur alanlar ve yer altında yer alan mağara gibi alanlar da yüzeye düşen suları depolayıp yüzeysel akışa geçmelerini engelleyerek taşkın riskini azaltmaktadır (Beden, 2019).

Kil gibi geçirimsizliği düşük olan kayaçlar ise yüzeysel akış hızını artırarak taşkın riskini artırmaktadır (Souissi vd., 2020). Ayrıca killi yüzeylerin bulunduğu yamaçlar, bünyesinde yüksek miktarda su tutma özelliğine sahip olduğu için şiddetli yağışlar sonrası heyelanların meydana gelmesine neden olmakta ve bu heyelanlar akarsu yataklarını tıkayarak akışı engellemekte ve taşkın riskinin artmasına neden olabilmektedir (Fleaming, 2002).

1.1.9. Bakı

Bakı etkisi ile kuzey ve güney yamaçlardaki güneşlenme süresi farklı olmaktadır. Bu durum kuzey ve güney yamaçlardaki bitki örtüsü ve toprak nemi özelliklerini etkilemektedir. Bakı etkisinde kalan güney yamaçlarda güneşlenme süresinin fazla olması buharlaşma miktarını artırarak topraktaki nem oranını azaltmakta ve buna bağlı olarak güney yamaçlarda kuraklığa dayanıklı ve seyrek bir bitki örtüsü oluşur. Kuzey yamaçlarda ise buharlaşma miktarı az olduğu için topraktaki nem oranı yağıştan sonra da muhafaza edilmekte ve gürlü bir bitki örtüsü ortaya çıkmaktadır (Özdemir, 2007). Bitki örtüsünün seyrek olması yüzeysel akış miktarını artırdığı için taşkın riskinin de yüksek olmasına neden olmaktadır. Ayrıca dağlık sahalarda bakı etkisinde kalan yamaçlarda sıcaklığa bağlı olarak kar erime hızı doluda yamaçlara oranla daha fazla olduğu için taşkın riski de daha yüksektir.

1.1.10. Zeminin Nem Durumu

Zeminin taşkından önceki nem durumunun yüzeysel akışa etkisi fazladır. Aynı gözeneklilik ve geçirgenlik özelliklerine sahip zeminlerden kuru zeminlerde, nemli zeminlere göre yer altına sızma miktarı fazla olduğu için yüzeysel akışa geçen su miktarı azalmakta ve dolayısıyla taşkın riski de azalmaktadır. Kuru bir zemine düşecek olan ve taşkın meydana getirebilecek bir yağış, zemin sızma kapasitesi yüksek olduğundan dolayı yüzeysel akışa geçmeyecektir (Beden, 2019), neme doymuş bir zeminde ise yüzeye düşecek olan aynı miktardaki bir yağış taşkın oluşumuna neden olacaktır. Topraktaki nem miktarı üzerinde bağıl nem oranı belirleyici etkiye sahiptir. Yüksek bağıl nem oranı, bitki örtüsünde terleme sonucu oluşan su kaybını ve zemindeki

buharlaşma miktarını azaltarak zemin daha nemli bir yapıya sahip olmasını sağlar (Özdemir, 2007). Bu durum da yüzeysel akışa geçen su miktarı dolayısı ile taşkın riskini artırmaktadır.

1.1.11.İnsan Faaliyetleri

Taşkın olayının tanımında da belirtildiği gibi taşkın olayları kendi doğal dōngüsü içerisinde gerçekleşmekte ve insanların yerleşimlerini akarsu yatağı gibi taşkın olaylarının sık sık meydana geldiği alanlara kurması bu olayların bir afete dōnüşmesine neden olmaktadır (Özcan, 2006), (şekil 6).İnsanların yerleşim alanlarını akarsu yataklarına kurmasının yanında bu bölgelere dolgu alanlarının yapılması, hafriyat, moloz ve atıkların dökülmesi akarsu yatağının sutaşıma kapasitesini azaltarak şiddetli veya ani yağışlarda taşkın oluşum riskini artırmaktadır. Akarsu yataklarına inşa edilen köprüler ise akarsuların akış hızlarının arttığı dönemlerde taşıdıkları malzemelerin önünde bir set oluşturarak akarsu yataklarının tıkanmasına ve taşkın riskinin artmasına neden olmaktadır.



şekil 6. Akarsu Yatağına İnşa Edilen Yapı Örneği-Rize (SYGM, 2022)

Akarsu üzerine inşa edilen ve başta insanların su ihtiyacını karşılamayı ve akarsularda meydana gelebilecek olan taşkınların kontrol edilmesini sağlamayı amaçlayan baraj ve göletlerde meydana gelen fiziksel hasarlar büyük su kütlelerinin akışa geçip, akarsu havzasının bu setlerin aşağısında kalan kısımlarında taşkın olaylarının yaşanmasına neden olabilmektedir (Beden, 2019).

Akarsu havzalarında özellikle şehirleşme oranının artması sonucu geçirimsiz yüzeylerin genişlemesi, orman, mera alanlarının tarım arazisine dönüştürülmesi yüzeysel akışa geçen su miktarını artırarak taşkın riskini artırmaktadır. Ayrıca akarsu taşkın yatağı üzerinde yer alan sulak alanların kurutulması da taşkın dönemlerinde bu alanların geçici depolama görevi yapamamasından dolayı akarsuyun aşağı kesimlerinde taşkın riskinin artmasına neden olmaktadır (Watson ve Adams, 2010). Şehirleşme, taşkın riskinin yanı sıra yağmur suyunu taşıyan kanalizasyon sisteminin akarsulara deşarj edilmesi ve bu yağmur sularının kentsel alanlardaki organik atıklar, besinler, bakteriler, ağır metaller, yağlar, hayvan atıkları, lastik ve araç egzoz kalıntıları, buz çözücü kimyasallar, sokak çöpleri vb. kirleticileri taşıması nedeni ile su kirliliğinin de artmasına neden olmaktadır (Andejelkovic, 2001).

Peyzaj uygulamaları ile birlikte doğal bitki örtüsünün çim ile değiştirilmesi de taşkın riskinin artışında belirleyici etkiye sahiptir. Çimlerin gövdesinin kısa olması nedeni ile yağmur suyunu kısa sürede yüzeye iletir ve kök sisteminin kısa olması da suyun toprağın derinlere iletilmesini engelleyerek yüzeysel akışa geçen su miktarını artırır. Ayrıca çimlerin bakımı sırasında toprağın sıkıştırılması da yüzeysel akışa geçen su miktarını artırır. Yapay çim yüzeyleri bu özelliklerinden dolayı taşkın riskinin artmasına neden olmaktadır (Watson ve Adams, 2010).

1.2. Taşkınların Etkileri

Yeryüzünde meydana gelen afetlerin %44'ünü taşkınlar oluşturmakta (MGM, 2024a) ve dünya nüfusunun %23'ü (1,81 milyar kişi) 100 yılda bir meydana gelen sel ve taşkın olaylarına doğrudan maruz kalmaktadır (Rentchler vd., 2022). Dünyada meydana gelen afetler ile ilgili en ayrıntılı veriler Afetlerin Epidemolojisi Araştırma Merkezi (CRED) tarafından hazırlanan Acil Durum Olayları Veri Tabanı (EM-DAT)'da yer almaktadır. EM – DAT verilerine göre 2000 – 2023 yılları arasında meydana 3.977 adet taşkından 1,8 milyar kişi etkilenmiş, 130.379 kişi hayatını kaybetmiş ve taşkınların ekonomik zararı 988 milyar dolar olmuştur. Taşkınların canlılara ve çevreye olan etkileri kütle etkisi, erozyon etkisi, su basması ve taşıntı etkisi olarak dört gruba ayrılmaktadır.

Kütle etkisi, aşkın sularının canlı ve cansız varlıkları önüne katıp sürüklemesi sonucu canlı ve cansız çevrenin tamamen yok olması veya hasar almasıdır (Serencem, 2013). Erozyon etkisi ise taşkın sularının doğrudan veya dolaylı olarak yüzey örtüsünü havzanın aşağı kesimlerine doğru taşımasıdır. Yüzey suları tarafından akarsu kanalına taşınan yükler akarsu tarafından çeşitli şekillerde taşınmaktadır. Akarsuyun akış gücü ve

yataktaki malzemenin boyutuna bağlı olarak taneler sürüklenerek, sıçrayarak ve asılı yük halinde taşınmaktadır. Ayrıca yatak içerisindeki yük akarsu tarafından korozyon ve korozyona uğrayarak çözünmekte ve taşınma türü de değişmektedir. Korozyon akarsu yatağındaki tanelerin etrafa sürtülerek parçalanması, korozyon ise özellikle çözünebilen kayaçların suyun içerisinde kimyasal çözünmeye uğrayarak çözülmüş yük olarak taşınmasıdır (Doğan, 2012).Havza yamaçlarında oluşan çatlaklar nedeniyle meydana gelen kütle hareketleri sonucu harekete geçen kütlelerin taşkın suları tarafından akarsuyun yukarı havzalarından aşığı havzalarına doğru taşınması da taşkınların erozyon etkisine örnek olarak gösterilebilir.

Su basması etkisi taşkın alanında yer alan tarım ürünleri, taşınabilir ve taşınmaz malların taşkın sularının altında kalmasıdır (Serencem, 2013).Değişik yüzey malzemelerinin bir alanı kaplaması, akarsu yataklarının tıkanması, hidroelektrik santrallerinin etkisiz hale gelmesi, taşınan ve yığılan malzemeler nedeni ile kara ve demir yolu ulaşımında aksamaların meydana gelmesi, su kanallarının zarar görmesi, limanların zarar görmesi ve çeşitli sosyo-ekonomik sorunların ortaya çıkması ise taşkınların meydana getirdiği taşıntı etkileridir (Serencem, 2013).

Diğer afet türlerinde olduğu gibi dünya üzerinde çevreyi ve insanları en çok etkileyen afetlerin başında gelen taşkınlar, canlı ve cansız türler üzerindeyaptığı etkiler nedeniyle olumsuz yönde etkilemektedir. Taşkın zararlarını öncelikli olarak gerçek ve potansiyel olarak sınıflandırmak mümkündür. Gerçek hasarlar belirli bir taşkın esnasında ortaya çıkan hasarlardır, potansiyel hasar ise herhangi bir alanda taşkın korunma ve önleme yöntemlerinin yokluğunda meydana gelmesi beklenen hasarlardır (Merz vd., 2010).

Taşkın zararları ayrıca doğrudan ve dolaylı olarak sınıflandırılabilir. Doğrudan zararlar taşkın sularının doğrudan insanlara verdiği hasarlar olup çok kısa sürede etkilerini gösterir ve bu etkilerin maliyetini hesaplamak kolaydır, dolaylı zararlar ise doğrudan zararlara göre etkisini daha geç gösteren, daha geniş alanlarda etkili olan ve doğrudan zararların tetiklemesi sonucu ortaya çıkan hasarlardır (Tablo 1). Doğrudan zararlar, doğrudan maddi zarar ve doğrudan maddi olmayan zarar olarak, dolaylı zararlar ise dolaylı maddi zarar ve dolaylı maddi olmayan zarar olmak üzere alt kategorilere ayrılmaktadır. (Merz vd., 2010). Maddi olan zararlar parasal karşılığı ölçülebilen hasarlar olarak ifade edilebilirken maddi olmayan zararlar ise maddi olarak karşılığı

ölçülemeyen ve genellikle hayatını kaybeden insan sayısı ve kirletilen alanların metrekaresi olarak ifade edilebilmektedir (Messner ve Meyer, 2006).

Doğrudan Maddi Zararlar	Dolaylı Maddi Zararlar
Binalarda meydana gelen hasarlar.	Kamu hizmetlerinin kesintiye uğraması.
Karayolları ve demiryolları gibi altyapı tesislerinde meydana gelen hasarlar.	Taşkın alanında faaliyet gösteren özel şirketlerin tedarikçilerinin ekonomik kayıpları.
Tarım alanlarında meydana gelen toprak erozyonu.	Trafik kesintisi maliyetleri.
Çiftlik hayvanlarında meydana gelen hasarlar.	Taşkın sonrası şirketlerin göç etmesi sonucu ortaya çıkan vergi kaybı.
Tahliye ve kurtarma önlemleri.	
Taşkın alanında meydana gelen iş kesintisi.	
Temizlik maliyeti.	

Doğrudan Maddi Olmayan Zararlar	Dolaylı Maddi Olmayan Zararlar
Can kaybı ve yaralanmalar.	Travma.
Hatıra kaybı ve psikolojik hasarlar.	Kamu otoritesine güven kaybı.
Kültürel miraslarda meydana gelen hasarlar.	
Ekosistemde meydana gelen hasarlar.	

Tablo 1. Taşkın Zarar Çeşitleri (Jonkman vd., 2008)

Taşkınların dolaylı zararlarının etkisi gıda ve emlak fiyatlarında meydana gelen artış ve rekabet gücünün azalması olarak zaman içerisinde kendisini göstermesinin yanında sık sık taşkın afetinin gerçekleştiği bölgelerde, taşkınlar bölgesel kalkınmanın önündeki en büyük engellerden birisi olarak görülmektedir. Bu bağlamda taşkınlar mekânsal ölçekte de mikro, mezo ve makro olarak üç alt sınıfa ayrılmaktadır. Mikro ölçekli zararlar herhangi bir taşkın esnasında bir binada veya altyapı tesisinde meydana gelen hasarı ifade etmektedir. Mezo ölçekli zararlar 0,01 ile 1 km² büyüklüğündeki yerleşim birimlerinde meydana gelen hasarlardır. Makro ölçekli zararlar ise il, bölge

veya ülke büyüklüğündeki bir alanda taşkınların oluşturduğu hasarlardır (Merz vd., 2010).

Taşkınların insan sağlığı üzerindeki etkileri incelendiği zaman bu etkiler fiziksel ve psikolojik olarak iki gruba ayrılmaktadır. Fiziksel etkiler taşkın esnasında veya taşkın sonrasında ortaya çıkan yaralanma ve can kayıplarıdır. Taşkınların fiziksel etkilerinden diğer insan gruplarına göre daha savunmasız olmalarından dolayı yaşlılar, çocuklar ve dezavantajlı bireyler daha fazla etkilenmektedirler. Taşkın esnasında veya sonrasında ortaya çıkan salgın hastalıklar da taşkınların fiziksel etkilerine örnek olarak gösterilebilir. Taşkın esnasında su şebekeleri ve arıtma tesislerinde meydana gelen hasarlar, kanalizasyon taşkınları, insan ve hayvan atıklarının içme suyu şebekesine karışması salgın hastalıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Serencem, 2013). Taşkın sonrasında insanların temiz suya ulaşmasında yaşanan aksaklıklar da salgın hastalıkların görülmesine neden olmaktadır.

Taşkın esnasında yeraltı borularının ayrılması, depolama tankerlerinin yer değiştirmesi, zehirli atık depolama alanlarında meydana gelen taşkınlar sonucu zehirli maddeler çevreye yayılıp su şebekesine karışabilmekte veya doğrudan insanlara temas edebilmektedir. Bu tarz kirlilikler de insan sağlığı üzerindeki fiziksel etkilerine örnek olarak gösterilebilir (Uzuntaş, 2019).

Taşkınlar, afetzedelerde depresyon, davranış değişimi, toplumdaki soyutlanma, travma ve stres gibi psikolojik rahatsızlıkların ortaya çıkmasına neden olabilir ve bu etkiler taşkın olayının yaşanmasının hemen ardından veya yıllar sonra başlayıp uzun yıllar devam edebilen etkilerdir. (Jonkman, 2003).

1.3. Türkiye’de Taşkınlar

Taşkın afeti Türkiye’de meydana getirdiği can ve mal kaybı bakımından depremlerin ardından ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye’de taşkın sıklığının bu denli yüksek olmasında doğal ve beşerikoşullar etkili olmaktadır.

Taşkınların doğal nedenleri arasında şiddetli yağışlar, topografya özellikleri, kütle hareketlerinin akarsularda oluşturduğu setler, akarsuların memba kesiminde harekete geçen rüsubatın mansap kesiminde birikmesi ve akarsu kanallarında yetişen bitki örtüsünün akarsuların kanal kapasitesini daraltması yer almaktadır (Kadioğlu, 2012). Özellikle küresel iklim değişikliğine bağlı olarak şiddetli yağışların zamanlaması, bölgesel yapısı, yoğunluğu ve şiddetli yağışların görüldüğü gün sayısında

meydana gelen değişimler taşkın olaylarının artmasına ve daha önce taşkın olayı yaşanmayan bölgelerde de taşkın olaylarının meydana gelmesine neden olmaktadır (Tahmiscioğlu vd., 2006). Taşkınlar üzerinde etkili olan bir diğer doğal faktör kar erimeleridir. Türkiye'nin güneydoğusunun doğu kesimleri ve Karadeniz Bölgesi'nin doğu kesimlerinde kar erimesi sonucu taşkın olayları meydana gelmektedir (Arman vd., 2010). İlkbahar sonu ve yaz aylarında ortalama yağış miktarının düşük olmasına rağmen bu dönemlerde taşkın olaylarının yaşanması kar erimelerinin etkisini göstermektedir (Haltaş vd., 2021). Kar erimelerinin neden olduğu taşkınlarda kar yağışından önceki meteorolojik koşullar da etkili olmaktadır. Özellikle İç Anadolu Bölgesi'nde sonbahar mevsiminde kurak iklim koşullarının hüküm sürmesi topraktaki nem miktarını azalttığı için kış mevsiminde yağın kar ilkbahar mevsiminde eridiği zaman eriyen sular toprak tarafından emilerek yüzeysel akışa geçen su miktarını azaltmakta ve bu durum taşkın oluşumunu engellemektedir. Ancak sonbahar mevsimi serin ve yağmurlu iklim koşullarının görülmesi toprağın neme doymasına neden olmakta ve kış mevsiminde düşen kar örtüsü ilkbahar mevsiminde eridiği zaman eriyen sular direkt olarak yüzeysel akışa geçmekte ve bu durum taşkın oluşumuna neden olabilmektedir (Gürer ve Uçar, 2021). Koç vd., (2020) yaptıkları çalışmada Türkiye'de 1960-2014 yılları arasında meydana gelen 25 adet büyük taşkın afetini incelemiş ve taşkınların meydana gelmesinde etkili olan doğal faktörlerin havzaların drenaj özelliklerinin, dik topografyanın, aşırı yağışların, doymuş toprak koşullarının ve orografik etkilerin olduğunu belirlemişlerdir.

Türkiye'de meydana gelen taşkınlar üzerinde etkili olan doğal faktörler havzaların büyüklüklerine ve buldukları coğrafi bölgelere göre de değişiklik göstermektedir. Büyük havzalarda meydana gelen taşkınlarda iklim özellikleri etkili olurken küçük havzalarda meydana gelen taşkınlarda akarsu kanalı çevresindeki şehirleşme ve şehir drenaj altyapısının yetersiz olması etkili olmaktadır. Türkiye'nin batısında ve kıyı bölgelerinde taşkınlar çoğunlukla havzaların jeomorfolojik özellikleri ve şiddetli yağışlardan kaynaklanmakta iken Anadolu'nun orta ve doğu kesimlerinde ise özellikle bahar taşkınlarında kar erimelerinin önemli rolü vardır (Gürer ve Uçar, 2021).

Taşkın olaylarının yaşanmasında doğal etkilerin yanında beşeri faaliyetlerinde önemli bir payı vardır. Özellikle son 40 yıllık süreçte sanayileşmede sektör çeşitliliğinin beraberinde getirdiği şehirleşme ve havzalarda artan insan faaliyetleri taşkın olaylarının sayısını artırmaktadır (Uçar, 2010). T.C. Sayıştay Başkanlığı (2022), Taşkın Risk Yönetimi konusunda hazırlamış olduğu raporda Türkiye'de meydana gelen taşkınların

nedenleri arasında akarsu kanalı ıslahı projelerinde kamulaştırma için yeterli bir kaynak planlamasının bulunmadığı, yerleşim alanlarının fiziki olarak planlaması aşamasında taşkın riskinin yeterince göz önünde bulundurulmadığını, imar planı hazırlık çalışmalarında taşkın riski bulunan alanlar ile ilgili DSI'den bilgi ve görüş alınmadığı veya alınsa bile bilgi ve görüşlerin dikkate alınmadığı, 4373 sayılı "Taşkın Sular ve Su Baskınlarına Karşı Koruma Kanunu"na göre taşkın koruma alanı olarak ilan edilen bölgelerde tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü ve bu alanlarda yeni yapıların inşa edilmeye devam ettiği, özellikle il ve ilçe merkezlerinde yer alan bazı akarsu kanallarının üzerlerinin taşkın riskini yükseltecek biçimde kapatıldığı, akarsu kanallarının üzerine yapılan köprü ve menfez gibi yapıların bazılarının proje inşa süreçlerinde ilgili akarsudaki taşkın riskinin göz ardı edildiği durumların bulunduğunu, kanun ve yönetmeliklerde belirtilen yaptırımların uygulanmaması nedeni ile akarsu kanallarındaki taşkın riskinin artmasına neden olan kaçak yapıların bulunduğunu ve akarsu kanallarına izinsiz hafriyat dökülmesinin önlenmesi çalışmalarının yeterli düzeyde olmadığını tespit etmiştir. Ayrıca ormansızlaşma ve meralarda aşırı otlatmaya bağlı olarak artan toprak erozyonu, yüzeysel akış miktarının taşkın olaylarının artmasına neden olmaktadır (Tahmiscioğlu vd., 2006).

Türkiye'de taşkınlar ile ilgili en kapsamlı ve detaylı istatistikler T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın (AFAD) oluşturduğu Türkiye Afet Bilgi Bankası (TABB)'da yer almaktadır. AFAD, tarafından oluşturulan veri bankasındaki taşkın verileri kamu kurum ve kuruluşlarının oluşturduğu rapor vb. dokümanlardan ve Anadolu Ajansı'nın haber arşivinden derlemiştir. AFAD tarafından oluşturulan taşkın istatistikleri incelendiğinde özellikle 1980'den sonra dijitalleşme ve internetin yaygınlaşması ile birlikte kayıt altına alınan taşkın sayısında ciddi bir artış olduğu görülmektedir (Haltaş vd., 2021).

T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2018) verilerine göre, Türkiye'de 1950 – 2018 yılları arasında meydana gelen sel ve taşkın olayının sayısı 6.334 tür. Meydana gelen sel ve taşkın olaylarının illere göre dağılımına bakıldığında ilk sırada 425 adet olay ile Erzurum, ikinci sırada 315 adet olay ile Sivas ve üçüncü sırada 265 olay ile Van yer almaktadır. EM-DAT verilerine göre ise 1948 – 2023 yılları arasında meydana gelen 53 adet sel ve taşkın olaylarından etkilenen alan 421.358,41 km², hayatını kaybeden kişi sayısı 1.496, toplam etkilenen kişi sayısı 1.811.292 ve ortaya çıkan toplam ekonomik kayıp 4.359.543.000 dolardır. Taşkın etkilerinin sektörlere göre dağılımına bakıldığında %45 tarım ve hayvancılık, %32

yerleşim ve altyapı, %7 taşınabilir mallar, %1 ulaşım ve %15 diğer sektörler olarak dağıldığı görülmektedir (Uçar, 2010).

Havza bazında taşkın olaylarının en fazla meydana geldiği havza Susurluk Havzası'dır. Mevsimsel olarak bakıldığında en fazla taşkın olayının yaz mevsiminde, aylık dağılıma bakıldığında ise en fazla taşkın aralık ayında meydana gelmektedir (Gürer ve Uçar, 2021). Taşkınların bölgesel anlamda dağılımına bakıldığında meydana gelen taşkın olaylarının %60'ının Karadeniz, Doğu Anadolu ve Akdeniz Bölgesi'nde meydana geldiği görülmektedir. Taşkın nedeni ile meydana gelen can kayıplarının dağılımına bakıldığında ise can kayıplarının %33,2'si Karadeniz Bölgesi'nde, %17,3'si Doğu Anadolu Bölgesi'nde ve %14,7'si Akdeniz Bölgesi'nde meydana gelmiştir. Taşkınlardan kaynaklı ekonomik kayıpların en fazla görüldüğü bölge ise Marmara Bölgesi'dir. Marmara Bölgesi'nde bu durumun ortaya çıkmasında taşkın tehlikesi altında bulunan hassas varlıkların sayısının fazla olması etkili olmaktadır. Akdeniz Bölgesi ise taşkınlardan kaynaklı ekonomik kayıpların en fazla görüldüğü ikinci bölge konumundadır. Bu durum bölgedeki seraların yoğunluğunun fazla olması ile ilgilidir. Taşkınlar nedeni ile ekonomik kayıpların fazla olduğu bir diğer alan da Doğu Karadeniz'dir. Bölge az ve orta derecede sanayileşmiş alanlara sahip olmasına rağmen taşkınlardan kaynaklı ekonomik kayıpların fazla olması bölgede taşkınlar sonucu yüksek ekonomik kayba neden olan jeolojik ve topografik faktörler ile uygunsuz kentsel arazi kullanımının etkili olduğunu göstermektedir (Koç ve Thieken, 2018).

Taşkın sayısında ve ortaya çıkardığı zararlarda meydana gelen artışa bağlı olarak, taşkınlara karşı alından önlemlerde de son yıllarda artış yaşanmıştır. 2013 yılı itibari ile 6.744 adet taşkın koruma tesisi ile 1.309.825 hektar alan korunma altına alınmışken, 2022 yılsonu itibari ile Türkiye'deki toplam taşkın koruma tesisi sayısı 8.729'a ve taşkından korunan alan 1.577.086 hektara yükselmiştir (DSİ, 2023).

1.4. Doğu Karadeniz Havzası'nda Taşkınlar

Doğu Karadeniz Havzası, Türkiye'de taşkın olaylarının en fazla görüldüğü alanlardan birisidir. Doğu Karadeniz Havzası meydana gelen taşkınların tekrarlanma sıklığı ve olumsuz etkileri bakımından Türkiye'nin diğer havzalarına göre ilk sırada yer almaktadır (Gürgen, 2004). Doğu Karadeniz Havzası'nda taşkın sıklığının fazla olmasında bölgenin jeomorfolojik, jeolojik ve klimatolojik özellikleri etkili olmaktadır.

Her mevsim yağışlı ve yıllık ortalama yağış miktarı Türkiye ortalamasının 4 katı olan havzada yılın büyük bölümü arazi neme doymuş halde olduğu için yüzeye düşen

suların akışa geçme oranı artmakta ve bu durum da taşkın tehlikesini artırmaktadır. Bölgede meydana gelen taşkın sıklığı üzerinde yağış rejiminin yanında yağış miktarı da önemli rol oynamaktadır. Özellikle bölgenin doğusuna doğru gidildikçe 24 saat içerisinde düşen maksimum yağış miktarı artmakta ve bu durum taşkınların meydana gelmesinde etkili olmaktadır. Maksimum yağışların yanında çeşitli aralıklarla düşen ani yağışlar ve ani kar erimeleri de taşkın oluşumuna neden olmaktadır (Gürgen, 2004).

Günlük yağış miktarı 10 mm'den fazla olan günler WMO (2009) tarafından şiddetli yağışlı gün olarak tanımlanmıştır. Trabzon ve çevresinde meydana gelen taşkınlarda 14.07.1973 tarihinde Of'ta yaşanan taşkın olayında günlük yağış miktarı 142,4 mm, 30.07.1977 tarihinde Trabzon'da yaşanan taşkın olayında 106,7 mm, Akçaabat'ta yaşanan taşkın olayında 86 mm, Of'ta yaşanan taşkın olayında 142 mm, 27.04.1990 tarihinde Trabzon'da yaşanan taşkın olayında 106 mm, Araklı'da yaşanan taşkın olayında 86,3 mm, Çaykara'da yaşanan taşkın olayında 65,8 mm, 20.06.1990 tarihinde Vakfikebir'de yaşanan taşkın olayında 170,7 mm ve 06.07.1995 tarihinde Sürmene'de meydana yaşanan taşkın olayında 140 mm olarak ölçülmüştür (Çınaklı, 2008). Ayrıca 20.09.2016 tarihinde Beşikdüzü'nde meydana gelen taşkın olayında 12 saat içerisinde 291 mm yağış düştüğü belirlenmiştir (Anılan vd., 2021). Bu durum havzada meydana gelen taşkınlar üzerinde şiddetli yağışların etkili olduğunu göstermektedir.

Doğu Karadeniz Havzası'nın topografik ve litolojik yapısı taşkın oluşumu üzerinde etkili olmaktadır. Dağlık ve engebeli bir araziye sahip olan arazide yüzeye düşen suların akış hızı artmakta ve bu durum taşkın olasılığını artırmaktadır. Ayrıca havza genelinde yaygın olan ve su tutma kapasitesi yüksek olan killi araziler yüzeye düşen suların yüzeysel akışa geçiş oranlarını ve taşkın sayısını artırmaktadır.

Havzadaki taşkınların yıl içerisindeki dağılışına bakıldığında taşkınların genellikle mayıs – temmuz arası dönemde meydana geldiği görülmektedir. Bu durumun temel nedeni Avrupa'nın batısı ve kuzeyinden güneye doğru hareket eden hava kütlelerinin Karadeniz üzerinden geçerken ısınarak nemli bir hale gelmesi ve Karadeniz'in güney kıyıları boyunca uzanan Kuzey Anadolu Dağları'nın kuzey yamaçlarına çarpıp yükselerek orografik yağışlar oluşturmasıdır (Özcan, 2006).

Topografik özellikleri bakımından yerleşime uygun alanların son derece sınırlı olduğu havzada yerleşimler genellikle akarsu yataklarının tabanlarında ve akarsuların ağız kısmı çevresinde kurulmuştur. Bu durum bölgede meydana gelen taşkınlardan

etkilenen kişi sayısının fazla olmasına neden olmaktadır (Uçar, 2010). 1929 – 2020 yılları arasında havzada meydana taşkın olaylarında toplam 634 kişi hayatını kaybetmiştir (Tablo 2).

Yıl	İl	Can Kaybı	Yıl	İl	Can Kaybı
1929	Trabzon	146	1997	Giresun	5
1959	Trabzon, Rize	13	1998	Trabzon	50
1963	Trabzon	5	2001	Rize	10
1965	Giresun, Trabzon	2	2002	Rize	34
1973	Rize	8	2005	Rize	12
1974	Gümüşhane	3	2005	Trabzon	7
1977	Rize	6	2006	Artvin, Giresun, Rize	6
1981	Rize	27	2009	Rize, Ordu	3
1982	Rize	8	2009	Artvin	10
1983	Rize	27	2010	Rize	13
1985	Rize	10	2010	Giresun	3
1988	Rize, Artvin	3	2011	Trabzon	1
1988	Trabzon	68	2015	Artvin	13
1990	Trabzon	57	2016	Rize, Trabzon	3
1990	Rize	51	2017	Rize	1

1995	Rize, Artvin	9	2019	Rize, Trabzon	8
1996	Trabzon	9	2020	Rize	3

Tablo 2. 1929 -2020 Yılları Arasında Doğu Karadeniz Havzasında Meydana Gelen Taşkınlar (Yüksek vd., 2022)

1.5. Türkiye’de Taşkın Yönetimi

Türkiye’de taşkın yönetimi kapsamında yapılan düzenlemeler, Avrupa Birliği Taşkın Direktifi’nin imzalanmasına kadar olan dönemde kanunlar ve yönetmeliklerle şekillendirilmiş; yapısal taşkın önleme yöntemleri uygulanmış ve bu dönemde öncelikli olarak taşkın anında kurtarma ile acil yardım faaliyetlerine odaklanılmıştır. Avrupa Birliği Taşkın Direktifi’nin 12 Mayıs 2016’da imzalanmasıyla birlikte, taşkın yönetimi, taşkınların insan sağlığı, çevre, kültürel miras ve ekonomik faaliyetler üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirmeyi hedefleyen bütüncül bir yaklaşımla ele alınmış, sorumlu kurullar oluşturularak görev ve sorumluluklar netleştirilmiştir.

1.5.1. Türkiye’de Taşkın Yönetimi Kurulları

Türkiye’de taşkın yönetiminden sorumlu kurul ve kurullarda görevli olan kamu kurumları ve temsilcileri yasa ve yönetmeliklerce belirlenmiştir. Taşkın yönetiminin sorumluluğunu merkezde Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu ve Havza Yönetimi Merkez Kurulu, havzalarda Havza Yönetim Heyeti ve illerde de İl Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu üstlenmiştir (Şekil 7).



Şekil7. Türkiye’de Taşkın Yönetimi Organizasyon Yapısı (SYGM, 2022)

1.5.1.1. Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu (SYKK)

20 Mart 2012 tarih ve 28239 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 2012/17 sayılı Başbakanlık Genelgesi ile, su kaynaklarının bütüncül havza yönetimi anlayışı çerçevesinde korunması için Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu (SYKK) oluşturulmuştur. Kurul, su yönetimine yönelik tedbirlerin belirlenmesi, sektörler arası koordinasyonun sağlanması, ulusal ve uluslararası hedeflere ulaşılması için strateji, plan ve politikaların geliştirilmesi, havza planlarında kamu kurum ve kuruluşlarının sorumluluklarının uygulanmasının değerlendirilmesi ile üst düzey koordinasyon ve iş birliğinin güçlendirilmesi görevlerini üstlenmiştir. SYKK’nın başkanlığını Tarım ve Orman Bakanı veya Bakan Yardımcısı yürütmekte, kurul üyelikleri ise ilgili kurumların yetkililerinden oluşmaktadır (SYGM, 2022), (Şekil 8)..



Şekil 8. Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu Organizasyon Yapısı (SYGM, 2022)

1.5.1.2. Havza Yönetimi Merkez Kurulu (HYMK)

18 Ocak 2019 tarih ve 30659 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Havza Yönetimi Merkez Kurulu, Havza Yönetim Heyetleri ve İl Su Yönetimi Koordinasyon Kurullarının Teşekkülü, Görevleri, Çalışma Usul ve Esaslarına Dair Tebliğ” ile Havza Yönetimi Merkez Kurulu (HYMK) kurulmuştur. Kurul, Havza Yönetim Heyetlerinin çalışmalarını izlemek, heyetlerden gelen konuları değerlendirmek ve karara bağlamak ya da SYKK’nın gündemine alınmasını talep etmek, ayrıca SYKK’da alınan kararların havza düzeyinde uygulanmasını sağlamak ve takibini yapmakla görevlidir. HYMK’nın başkanlığını Tarım ve Orman Bakanlığı Bakan Yardımcısı yaparken, kurul üyelikleri ilgili kurumların yetkililerinden oluşmaktadır (SYGM,2022), (Şekil 9).



Şekil 9. Havza Yönetimi Merkez Kurulu Organizasyon Yapısı (SYGM, 2022)

1.5.1.3. Havza Yönetim Heyeti (HYH)

Havza Yönetim Heyetleri, yukarıda anılan tebliğ ile belirlenen koordinatör ilin valisi başkanlığında, havzada yer alan ve su ile ilgili görev yetki ve sorumluluğu olan kurumlar, suyu kullanan sektörlerin temsilcileri, havzadaki üniversitelerin ve sivil toplum kuruluşlarının temsilcilerinden oluşmaktadır. Türkiye'deki 25 havzada oluşturulan havza yönetim heyetleri, havza düzeyinde oluşturulan yönetim planlarına katkısızlama, bu planlar kapsamında yapılan uygulamaları izleme ve değerlendirme gibi görevleri üstlenmektedir. Ayrıca heyet, havza içerisinde yer alan illerde oluşturulan İl Su Yönetimi Koordinasyon Kurulları ile diğer kamu kurum ve kuruluşların havzada yaptıkları çalışmalar ile ilgili raporların hazırlanması ve HYMK'ya sunulmasından da sorumludur. Havza yönetim heyetleri, yönetim planlarının hazırlanması, gözden geçirilmesi ve güncellenmesi süreçlerinde halkın bilgiye erişmesi, görüşlerinin alınması ve aktif katılımını sağlanması amacıyla da çalışmalar yürütmektedir. (SYGM, 2022), (Şekil 10).



Şekil 10. Havza Yönetimi Heyeti Organizasyon Yapısı (SYGM, 2022)

1.5.1.4. İl Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu (İSYKK)

Havza Yönetim Heyetlerinin havza düzeyinde yürüttüğü çalışmaların il bazında uygulanmasını sağlamak ve bu uygulamaların takibini yapmak amacıyla, 81 ilde İl Su Yönetimi Koordinasyon Kurulları kurulmuştur. Bu kurullar, il sınırları içerisinde meydana gelebilecek taşkın ve sel olaylarının can ve mal kaybına yol açmasını önlemek amacıyla, ilgili mevzuat çerçevesinde gerekli tedbirlerin ilgili kurum ve kuruluşların katılımı ile belirlenmesi ve bu tedbirler kapsamında gerekli çalışmaların yapılmasını sağlamakla görevlidir. Kurullara vali veya vali yardımcısı başkanlık etmekte; ve

kurulun üyeleri su ile ilgili görev, yetki ve sorumluluğa sahip kurumlar, suyu kullanan sektörlerin temsilcileri, ildeki üniversiteler ve sivil toplum kuruluşlarının temsilcilerinden oluşmaktadır.(SYGM,2022), (Şekil 11).



Şekil 11. İl Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu Organizasyon Yapısı (SYGM, 2022)

1.5.2. Taşkın Yönetim Planları

Geçmişte, taşkın riski yönetimi öncelikli olarak taşkından etkilenen nüfusa insani yardım dağıtımıyla ilgiliydi; daha sonra ise setler, koruma duvarları ve su baskınına teknolojik müdahaleler yoluyla önleme ve hafifletme önlemlerini kapsayacak şekilde genişletildi (Thaler vd., 2020). Fakat iklim değişikliğinin etkileri ile birlikte taşkın riskinin artması ve taşkın kontrol yapılarının standartlarının da artırılmasını gerektirdiği için bu durum zamanla taşkın kontrol yapılarının bakım onarım maliyetlerinin ilk inşaat maliyetini aşmasına neden olmuştur (Wang vd., 2022). Ayrıca bu çalışmalar zamanla nehir kıyısındaki habitatta ciddi kayıplar ve doğal jeomorfolojik süreçler üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmiştir. Bu nedenle son yıllarda, taşkın riski yönetimi, ekolojik işlevleri korurken taşkın hasarını sınırlamak için doğal süreçlerle çalışan taşkın yönetimi stratejileri açısından birden fazla hedefi göz önünde bulunduran daha bütünsel bir yaklaşıma doğru kaymıştır (Department of Ecology State of Washington, 2021).

Taşkın riski yönetim planlarının temeli bir havzanın risk kavramının bileşenleri olan tehlike, maruziyet ve savunmasızlık özelliklerinin ortaya konulmasına dayanır ve bir taşkın riski yönetim programını planlamadan önce taşkından kaynaklanan risklerin

belirlenmesi ve kayıpların azaltılması için uygun yöntemlerin seçilerek can kaybı ve hasarların azaltılmasının planlaması gerekmektedir (WMO, 2012). Taşkın olaylarının ciddi sonuçlara yol açan risklerini azaltma ve özellikle insan sağlığı, kültürel miras, ekonomik faaliyetler, çevre ve altyapı sistemlerine verdiği zararları en aza indirmek için yapılacak olan çalışmaların, mümkün olduğunca akarsu havzası genelinde sorumlu kurum ve kuruluşlar tarafından koordinasyon içerisinde yapılması gerekmektedir. Bilginin etkin kullanımı, önceliklerin belirlenmesi, politik, finansal ve teknik kararların alınması da taşkın yönetiminde büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, olası taşkınların meydana getireceği çevre kirliliği kaynaklarına ait bilgileri de içeren farklı taşkın senaryolarının analizinin yapılarak ortaya çıkması muhtemel olumsuz etkilerin değerlendirilmesi amacıyla taşkın risk ve tehlike haritalarının hazırlanması gerekmektedir(T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2007).

Hazırlanacak taşkın yönetim planlarının önleme, koruma ve hazırlıklı olma konularını odağına alması gerekmektedir. Bu planlar akarsu havzalarını geniş bir bakış açısı ile değerlendirerek taşkın afetinin insan hayatı, ekonomik faaliyetler, çevre ve kültürel miras üzerinde meydana getireceği olumsuz etkileri önleme ve azaltmaya yönelik tedbirleri içermelidir. Ayrıca taşkın yataklarında taşkınları önlemek amacıyla yapılabilecek bakım ve restorasyon faaliyetlerinin nerelerde yapılabileceği planlanmalı, küresel iklim değişikliğinin taşkınlara olan etkileri de göz önünde bulundurularak planlar belli periyotlarda gözden geçirilmeli ve güncellenmelidir. Taşkınların meydana gelmesinde etkili olan faktörler ve ortaya çıkan sonuçlar, havzalar bazında farklılık gösterdiği için taşkın yönetim planları, havzaların özellikleri, özel ihtiyaçları ve önceliklerine göre hazırlanmalıdır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2007).

Taşkın riski yönetim planlarının en önemli bileşenlerinin başında arazi kullanım planlaması yer almaktadır. Stratejik arazi kullanım planlaması kapsamında kanun ve yönetmelikler yolu ile mekânsal planlama ve diğer taşkın koruma önlemleri güvence altına alınabilir ve bu yolla taşkın sahasındaki yerleşim alanlarının gelişimi düzenlenebilir ve taşkınlara uygun arazi kullanım uygulamaları geliştirilebilir (Thaler vd., 2020).

Taşkın riski yönetim planlarının etkili olabilmesi için yasal mevzuatta da düzenlemeler yapılması gerekmektedir. Bu konuda hazırlanacak olan kanun ve yönetmelikler ile birlikte kurumların ve bireylerin rol ve sorumluluklarının tanımlanması ve uyumsuzluk yönetimi için gerekli mekanizmanın sağlanması

gerekmektedir. Bu düzenlemelerin yapılması taşkın yönetimi konusunda kurumsal işbirliğinin artırılmasını sağlayacaktır (WMO, 2012). Ayrıca ülkelerin taşkın yönetiminden sorumlu bir lider kurum belirlemeleri gerekmektedir (Pilon, 2006).

Taşkın riski yönetim planlarının uygulanabilmesinin en önemli şartlarından birisi de vatandaş katılımının sağlanmasıdır. Bu nedenle taşkın riski yönetimi ile ilgili bilgilendirmeler öğrenciler için dersler, sunumlar, okullar arası yarışmalar ve atölyeler, şirket ve kurumlarda çalışanlar için basılı bilgi materyalleri ve diğer vatandaşlar için basılı el ilanları, broşürler ve posterler kullanılarak sağlanabilir ve bu yolla vatandaş katılımı sağlanabilir (WMO, 2012).

Taşkın riski yönetim planı hazırlamanın ilk aşaması olarak taşkın yönetim planına dahil edilmesi gereken kişilerin belirlenmesi (risk altındaki alanlarda ikamet edeler, risk altındaki alanlarda çalışanlar, risk altındaki alanlarda yer alan kamu kurumları vs.), yönetim planında yer alması gereken tüm kamu kurumlarının belirlenmesi (itfaiye birimleri, güvenlik birimleri, akarsuların izlenmesi ve bakımından sorumlu kurumlar, erken uyarı sisteminden sorumlu kurumlar vs.) ,çalışma prensiplerinin belirlenmesi ve çalışmanın sonuçları hakkında yerel halka nasıl bilgi verileceğinin belirlenmesi gerekmektedir. İkinci aşama olarak hangi alanların risk altında olduğu ve risk altında bulunan alanlarda hangi varlıkların yer aldığı tespit edilmesi gerekmektedir. Risk altında yer alan alanlar belirlendikten sonra eğer varsa taşkın riski ile ilgili yapılan çalışmalar hakkında bilgiler toplanmalıdır. Daha sonra planın ana hedeflerinin belirlenmesi ve belirlenen hedefe ulaşmak için hangi yolların izlenmesi gerektiği belirlenmelidir. Son aşama olarak da önerilen faaliyetlerin sırasının, sorumlu kurumların, olası finansman kaynaklarının ve planın gerçekleştirilmesine yardımcı olacak kaynakların planlamasının yapılması gerekmektedir (WMO, 2012).

Türkiye’de taşkın yönetimi konusunda yapılan çalışmalar diğer ülkelerde yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Geçmişte taşkın yönetimi ile ilgili çalışmalar meydana gelen bir taşkın olayına müdahale etmek ile sınırlı iken son dönemde daha kapsamlı taşkın riski yönetimi çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. Bu amaçla, taşkın yönetimiyle ilgili sorumlu kurum ve kuruluşların belirlenmesinin ardından, taşkınların insan sağlığı, çevre, kültürel miras, sosyal ve ekonomik faaliyetler üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasının amaçlayan bir yaklaşım benimsenmiştir. Taşkın yönetimi, havza ölçeğinde planlanmış, kurumlar arasındaki yetki ve sorumluluklar dikkate alınarak, taşkın öncesi, esnası ve sonrasında koordineli bir

şekilde çalışılmasının sağlanması amaçlanmıştır. Ayrıca, kamuoyunun taşkınlar konusunda bilinçlendirilmesi, finansal kaynakların etkin kullanımı ve taşkın yönetiminde sorumlu ve ilgili kurumların belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, SYGM tarafından 25 havza için taşkın yönetim planları hazırlanmıştır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020).

Hazırlanan taşkın yönetim planlarında, havzaların fiziki ve beşeri özellikleri analiz edilmiş, taşkın riski ön değerlendirmesi yapılarak mahalle bazında riskli alanlar belirlenmiştir. Taşkın riski taşıyan akarsular için taşkın pik debi değerleri hesaplanmış ve bu değerlere göre taşkın yayılım alanları tespit edilmiştir. Taşkın yayılım alanlarında yer alan bölgeler için taşkın tehlike ve risk haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca, taşkın tehlikesi altında bulunan bölgelerde risk değerlendirmesi yapılarak, tehlikenin azaltılması amacıyla alınması gereken önlemler belirlenmiş ve bu önlemlerin fayda-maliyet analizi yapılmıştır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020).

1.6. Taşkın Önleme Yöntemleri

Her doğal afette olduğu gibi taşkınlar da insanlar tarafından tamamen önlenememekle birlikte, alınacak önlemler ile birlikte etkileri en aza indirilebilen afetlerdir. Özellikle son yüz yılda yaşanan taşkın olayları ve insan hayatı üzerine olan etkileri incelendikçe taşkın etkilerini en aza indirmek için taşkın öncesinde yapılması gereken çalışmaların ne kadar hayati öneme sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Taşkınları önlemek veya etkisini azaltmak için alınabilecek önlemler yapısal taşkın önleme yöntemleri ve yapısal olmayan taşkın önleme yöntemleri olarak iki kategoriye ayrılmaktadır.

1.5.1. Yapısal Olan Taşkın Önleme Yöntemleri

Yapısal önlemler, taşkınları kontrol altına almayı veya taşkın zirvesini azaltmayı amaçlayan farklı türdeki çalışmaları ve müdahaleleri içerir. Taşkın kontrol önlemleri temel olarak su tutma havzalarını ve akarsu kanalının iyileştirilmesini, rehabilitasyonunu ve restorasyonunu içeren çalışmalardır (Colombo vd., 2002).

Yapısal taşkın önleme yöntemlerinin en önemlisi barajlardır (Şekil 12). Barajlar insanlara sulama ve içme suyu sağlamanın yanında taşkın anında harekete geçen suları rezervuarında depolayarak yaşanacak taşkınları önlemede önemli bir rol oynamaktadır. Barajlar rezervuarlarında taşkın oluşturacak suyu depolamak yanında, taşkın anında köprü ve menfez gibi yapıların bulunduğu yerlerde birikerek akarsu yatağını tıkayan ve

taşkının etkisini artıran katı maddelerin de depolanmasını sağlayarak taşkınlar üzerinde önleyici bir etkiye sahiptir (Uçar, 2010).



şekil 12. Tokat'ta Taşkın Kontrolü İçin İna Edilmiş Almus Barajı (SYGM, 2022)

Seddeler (şekil 13) ve genellikle taştan imal edilen taşkın duvarları (şekil 14) zellikle akarsu yatağının taşkın riski bulunan bölümünde yatağı boydan boya vreleyen taşkın nleme yöntemleridir. Seddeler ve taşkın duvarlarının yüksekliğinin belirlenmesi için ise akarsuların pik debi değerlerinin ve olası taşkınların alansal dağılışlarının belirlenmesi gerekmektedir (Uçar, 2010).

Derivasyon kanalları taşkın anında suların farklı bir alana yönlendirilmesini sağlayarak bulunduğu noktanın aşağı kesiminde kalan alanlardaki taşkın etkisini azaltan kanallardır (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2017).



Şekil 13.Taşkın Koruma Amacıyla Zonguldak'ta İnşa Edilen Bir Sedde (SYGM, 2022)



Şekil 14.Taşkın Koruma Amacıyla Bartın'da İnşa Edilen Bir Taşkın Duvarı (SYGM, 2022)

Sel kapanları taşkın sularını belirli bir süre boyunca depolayıp oluşan taşkın akımını zamana yayarak taşkın etkisini azaltan yapılardır (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2017) (Şekil 15).



Şekil 15. Taşkın Koruma Amacıyla Samsun'da İnşa Edilen Bir Sel Kapanı (SYGM, 2022)

İslah sekisi akarsu yatağının eğimini azaltıp akış hızını azaltmayı ve bu şekilde erozyon ve sediman taşınmasını azaltıp taşkın etkisini azaltmayı amaçlayan tek ya da bir dizi sistematik yapıdır (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2017) (Şekil 16).



Şekil 16. Taşkın Koruma Amacıyla Isparta'da İnşa Edilen Bir İslah Sekisi (SYGM, 2022)

Tersip bendi (Şekil 17) taşkın esansında köprü gibi akarsu yatağında bulunan yapıların bulunduğu yerlerde yığılarak taşkın etkisini artıran sediman ve diğer katı maddelerin tamamının veya belli büyüklükte olan kısmının tutulmasını ve bu şekilde bu

materyallerin akarsu yatağını tıkayarak taşkın etkisini artırmalarını önleyen yapılardır (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2017).



Şekil 17. Taşkın Koruma Amacıyla Tokat'da İnşa Edilen Bir Tersip Bendi (SYGM, 2022)

Özellikle kentsel alanlarda ağaç hendeği sistemlerinin kurulması, geçirimsiz yüzeylerin bağlantısının kesilmesi, yol ve otopark gibi alanlarda geçirimli kaplama malzemelerinin kullanılması, çatılardan gelen suyun depolanıp yeniden kullanılmasını sağlayan sistemlerin kullanılması, ekolojik atık su arıtma sistemlerinin kurulması, gri su sistemlerinin kullanılması, güçlendirilmiş çim sistemleri uygulamalarının kullanılması, taşkın sırasında binalar arasında kalan sokak ve otopark gibi alanların geçici depolama alanı olarak kullanılması, kentsel orman ve peyzajın azaltılması, sızma hendeği uygulamalarının kullanılması, peyzaj alanlarında çim yerine yerli bitkilerin kullanılması, yüzey altı sızma yatakları ve kuru kuyular (Watson ve Adams, 2010), alt zemin deşarj kanalları ve yeraltı kontrol rezervuarlarının kullanılması, deşarj kontrol tesislerinin kurulması, kanalizasyon iyileştirme çalışmalarının yapılması, pompa istasyonlarının kurulması, akarsu kanalının tabanının belli periyotlarla taranıp temizlenmesi (River Beureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2012) meydana gelebilecek taşkınların etkisini azaltmak için kullanılan diğer yapısal taşkın önleme yöntemleridir.

1.6.2.Yapısal Olmayan Taşkın Önleme Yöntemleri

Yapısal olmayan taşkın önleme yöntemleri arazi kullanım planlamasından inşaatlara ve yapı yönetimi kuralları, toprak yönetimi ve edinim politikaları, sigorta, algı ve farkındalık, kamuyu bilgilendirme eylemleri, taşkın ile ilgili sorunların azaltılmasına katkıda bulunan acil durum sistemleri ve afet sonrası iyileştirme çalışmalarıdır. Yapısal

olmayan taşkın önleme yöntemlerinin avantajı genel olarak sürdürülebilir olmaları ve yapısal taşkın önleme yöntemlerine göre daha ucuz olmalarıdır. Öte yandan yapısal olmayan taşkın önleme yöntemlerinin başarısı duyarlı bir nüfusun ve organize bir kurumsal ağına bağlıdır (Colombo vd., 2002).

1.6.2.1.Doğal Su Tutma Tedbirleri

Bu tedbirler çayır ve meralar, kent ormanları, tarım alanlarındaki arazi kullanımına yönelik tedbirler, kanal içi yapılar, karasal çöküntü tuzakları, yeniden mendereslendirme, sulak alanların restorasyonu, yeşil çatı uygulamaları ve yağmur bahçeleri gibi su kaynaklarını korunması ve yönetilmesini amaçlayan, doğal veya doğal olmayan yüzeylerde akışa geçen sulardan kaynaklanan problemlere ekosistem temelli yollarla çözüm üreterek yenileştiren ve iyileştiren çalışmalardır.

Çayır ve meralar toprak yüzeyinin köklü bitkilerce kaplanması ve taşkın esnasında bu bitkilerin kökleri vasıtası ile suyu geçici olarak depolayarak akışa geçmesini yavaşlatarak taşkın etkisini azaltmaktadırlar. Ayrıca çayır ve meralar sedimanları tutup besin maddelerinin özümsemesini sağlayarak su kalitesi üzerinde de olumlu etkileri bulunan alanlardır.

Akarsu kanallarının kıyıları boyunca oluşturulacak çayır ve mera alanları akarsu kıyılarının stabilize edilip akarsuya ulaşan su miktarının azaltarak taşkın riskini azaltmasının yanında ,kirletici maddelerin akarsuya ulaşmasını engelleyerek akarsuyun su kalitesini yükseltir ve biyoçeşitliliğin korunmasına da katkı sağlar (Scottish Environment Protection Agency, 2015).

Kent ormanları hava kalitesini iyileştirme, mikroklimaların ve küresel iklim değişikliğinin etkilerini azaltma, kentsel biyoçeşitliliği artırma ve akiferlerin beslenmesine yardımcı olmalarının yanında şehirlerdeki geçirimsiz yüzeylere göre daha yüksek sızma kapasitesine sahip olduğu için taşkın esnasında akışa geçen su miktarını azaltarak özellikle şehirlerde yaşanan taşkınların etkisini azaltmaktadırlar (Şekil 18). Ayrıca iyi yönetilen ormanlık alanların topraklarına yüksek miktarda organik madde girişi toprağı bozulmaya karşı koruyabilir ve yapısını iyileştirebilir, dolayısıyla toprağın sızma yollarını ve su depolama kapasitesini geliştirebilir ve yüzey akış hızı ile erozyonu azaltabilir (Scottish Environment Protection Agency, 2015).



Şekil 18. Fransa’da Bir Kent Ormanı Örneği (SYGM, 2022)

Tarım alanlarındaki arazi kullanımına yönelik tedbirler yüzeysel akışa geçen su miktarını azaltmayı hedeflemektedir. Özellikle makineli tarımın yapıldığı tarım arazilerinde kullanılan makineler birinci sezonda arazinin %75’lik kısmında ikinci sezonda ise tamamında toprağın sıkılaştırılıp sızma kapasitesinin azalmasına neden olmaktadır. Kontrollü trafik uygulamaları sayesinde her sezon mümkün olduğunca aynı izler takip edilerek makinelerin kullanılması sıkıştırılan ve sızma kapasitesi azaltılan alanların oranında %15’lik bir düşüş sağlanmasına ve bu şekilde taşkın etkisinin azaltılmasını sağlamaktadır (Şekil 19). Kontrollü trafik uygulamalarının gerçekleştirilememesi durumunda ise tarım alanlarında kullanılan makinelerin lastik basıncı doğru bir şekilde ayarlanarak, lastik esnek bir hale getirilebilir ve bu şekilde toprağa yapılan basınç azaltılarak toprağın daha az sıkışması sağlanabilir (Scottish Environment Protection Agency, 2015).

Tarım alanlarında kontrollü trafik uygulamalarının yanında özellikle eğimli tarım arazilerinde teraslama yapılması veya eğim yönüne dik gelecek şekilde çit veya çim şeritlerinin oluşturulması tarım arazilerindeki yüzey akışını azaltarak taşkın riskinin azaltılmasını sağlamaktadır (Scottish Environment Protection Agency, 2015).



Şekil 19. Tarımda Kontrollü Trafik Uygulaması Örneği (SYGM, 2022)

Tarım alanlarında alınan önlemlerin taşkın etkisini azaltmasının yanı sıra bazı akarsuların taşkın ovasında yer alan tarım alanları tıpkı sulak alanlar gibi taşkın sırasında suyun geçici olarak depolandığı bir alan olarak kullanılarak taşkın etkilerinin azaltılması amacı ile kullanılmaktadır.

Kanal içi yapılar akarsuların su toplama havzalarında yer alan 1. derece kanalların içerisine yerleştirilen beton, taş, toprak bariyerler veya odunsu malzemelerdir. Kanallara yerleştirilen engeller akışın yavaşlamasına katkı sağlayarak yüzeye düşen suyun ana kanala ulaşma süresini uzatarak taşkın riskinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Şekil 20). Kanallar suyun akış hızının azaltılmasının yanı sıra kanal içerisindeki malzemenin de tutulmasını ve ana akarsu kanalına ulaşmasını engelleyerek ana kanalın yatak yükünü azaltmaktadır. Kanal içi engellerin yapımı esnasında dikkat edilmesi gereken en önemli husus ise engellerin kanalda yaşayan canlıların kanal boyunca hareket edebilmelerini sağlayacak boşluklara sahip olacak şekilde tasarlanmasıdır (Scottish Environment Protection Agency, 2015).



Şekil 20. İskoçya’da Bir Kanal İçi Yapı Örneği (Scottish Environment Protection Agency, 2015)

Karasal çöküntü tuzakları, akarsuların su toplama havzalarındaki 1. derece kanallarda uygulanan bir yöntemdir. Özellikle kanalın eğiminin azaldığı alanlarda kanalın yatağının etrafı kazılarak akışa geçen suyun biriktirilmesi sağlanmaktadır (Şekil 21). Kazılan alanlarda toplanan suyun içerisindeki tortuların birikmesi sağlanıp ana akarsu kanalının yatak yükünü azaltarak taşkın riskinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Diğer taşkın önleme yöntemleri ile birlikte kullanılması halinde etkili bir yöntem olan karasal çöküntü tuzaklarının bir diğer amacı da su kirliliğinin azaltılmasıdır (Scottish Environment Protection Agency, 2015).



Şekil 21. İskoçya’da Bir Karasal Çöküntü Tuzağı Örneği (Scottish Environment Protection Agency, 2015)

Yeniden mendereslendirme çalışmaları yeni menderes şekillerinin oluşturulması veya akarsu ile bağlantısı kopmuş olan mendereslerin akarsu ile bağlantısının kurulması vasıtası ile akarsuyun akış hızının düşürülüp taşkınların etkisini azaltmayı amaçlamaktadır. Yeniden mendereslendirme çalışmaları ayrıca sedimantasyon ve biyoçeşitlilik üzerinde olumlu etkilere sahip olmakta, su ve kara ortamında yaşayan çeşitli bitki ve hayvanlar için doğal yaşam alanlarının oluşmasını sağlamaktadır.

Taşkın esnasında, taşkın suyu akarsuyun taşkın ovasında yer alan sulak alanlarda geçici olarak depolanır ve taşkın tepe noktası geçtikten sonra depolanan su kontrollü olarak akarsuya deşarj edilerek taşkınların etkileri azaltılır. Sulak alanlar taşkın suyunu geçici olarak depoladığı esnada suyun içerisinde yer alan sedimanların da çökmesini sağlayarak akarsuyun yatak yükünün azalmasını sağlamaktadır (Scottish Environment Protection Agency,2015). Bu nedenle var olan sulak alanların korunması ve tarım arazisi gibi insan faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla kurutulmuş sulak alanların restorasyonu taşkın etkilerinin azaltılması açısından çok önemlidir.

Sulak alanlardaki restorasyon çalışmaları yapılırken zeminin nem düzeyini korumak amacıyla hendeklerin oluşturulması, taşkın sularının hareket etmesine izin vermek amacıyla seddelerin kesintili bir yapıda inşa edilmesi, arazi kullanımındaki ve tarımsal tedbirlerdeki değişiklikler, bozulmuş olan sulak alan hidrolojisinin

düzeltilmesine ve habitat kalitesinin düzeltilmesine yardımcı olmaktadır. Bunun yanında kentsel alanlarda oluşturulan yapay sulak alanlar da su kalitesinin iyileştirilmesini ve taşkınların geciktirilmesini sağlamaktadır. Sulak alanlar ayrıca karbon depolama özellikleri ile de küresel iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması için de son derece öneme sahip alanlardır.

Yapıların çatı kısımlarında oluşturulan yeşil alanlar ilk etapta yağmur sularının bir kısmının tutulmasını amaçlamaktadır (Şekil 22). Tutulan yağmur suyunun bir kısmı bitki kökleri tarafından tutulurken geriye kalan kısmı drenaj sistemleri tarafından deşarj edilerek özellikle şehirlerde meydana gelen taşkınların etkisinin azaltılmasını sağlamaktadır. Bu amaçla iki tür yeşil çatı uygulaması bulunmaktadır. Bu anlamda tercih edilen yeşil çatı uygulamalarının ilki genellikle kuraklığa dayanıklı ve az bakım isteyen bitkilerin seçildiği geniş alanlı yeşil çatı uygulamasıdır. Bir diğer yeşil çatı uygulaması ise geniş alanlı yeşil çatı uygulamasına oranla daha fazla bakım gerektiren bitkilerin seçildiği ve bulunduğu çatıya ciddi yük oluşturan yoğun yeşil çatı uygulamalarıdır (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2017). Bu uygulamalar hem mevcut yapılara hem de yeni yapılacak olan binalarda yapılabilmektedir.

Yeşil çatılar özellikle şehirlerdeki taşkın etkisinin azaltılmasının yanında kentsel ısı adalarının etkisini azaltır, atmosferdeki karbondioksit ve diğer kirleticilerin oranını azaltır, aşırı sıcaklıkları azaltarak çatının ömrünü uzatır, binaların iç mekan sıcaklığını ve nemini sabitleyerek enerji tasarrufu yapılmasını sağlar (Watson ve Adams, 2010), yeşil çatı bitkilerinin yaprakları kentsel alanlar için gölge alanlar oluşturur ve düşük ses yansımaları özellikleri ile şehirlerdeki gürültü kirliliğinin azaltılmasına katkıda bulunur (Beyhan ve Erbaş, 2013).



Şekil 22. Yeşil Çatı Uygulaması Örneği (SYGM, 2022)

Yağmur bahçeleri kentsel alanlarda çatılar ve sokaklar gibi geçirimsiz yüzeylerden gelen yüzey akışının depolanarak yeraltına sızmasını sağlayan doğal bitki örtüsüne sahip çöküntü alanlarıdır (Watson ve Adams, 2010). 23.06.2017 tarihli ve 30105 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanan “Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik” ile birlikte Türkiye’de de yağmur bahçesi uygulamaları yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu uygulamalara örnek olarak İzmir Büyükşehir Belediyesi hayata geçirmiş olduğu “Sünger Kent İzmir Projesi” kapsamında şehrin 5 farklı noktasında yağmur bahçesi inşa edilmiş ve 10.000 adet yeni yağmur bahçesi için teşvik sistemi başlatılmıştır (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2024).

1.6.2.2. Taşkın Erken Uyarı Sistemleri

Taşkın afeti yapısı gereği meydana gelmeden önce çeşitli yöntemler kullanılarak tahmin edilebilen afetlerdendir. Temel olarak akarsuya ait hidrolojik ve meteorolojik veriler kullanılarak akarsu taşkın tahmini yapılarak erken uyarı sistemlerinin aktif olarak çalışması ve insanların taşkın yaşanmadan önce uyarılması sağlanmaktadır. Açık ve yeterli biçimde önceden uyarı yapılarak taşkınlardan kaynaklanan hasarlar en aza indirilebilir. Taşkın tahmini ve erken uyarı sistemlerinde sorumlu kurumlara ait rol ve sorumluluklar açık bir şekilde tanımlanmış olması gerekmektedir. Ayrıca sistem, acil durum personelinin taşkın afetine müdahale edebilmesi için gerekli olan zamanı kazandırmalıdır. Minimum uyarı süresi ise havzanın özelliklerine göre değişmektedir. Taşkın yatağı geniş olan ve etkilenecek nüfusun fazla olduğu havzalarda tahliye işlemleri günler alabilirken daha küçük havzalarda ise tahliye süresi daha kısa

olmaktadır. Bu nedenle uyarı süresi kavramı esnek olmalı ve her bir havza için ayrı hesaplanmalıdır (WMO, 2013).

Taşkın uyarıları acil durum ve kurtarma ekiplerinin hazırlanması, meydana gelebilecek olan taşkınların yeri ve zamanı hakkında halkı uyarmak, taşkınların altyapı sistemleri, konutlar ve taşkın önleme yapıları üzerindeki olası etkileri konusunda uyarıda bulunmak, bireylere ve kuruluşlara hazırlık yapabilmeleri için gerekli zamanın verilmesi ve gerekli durumlarda tahliye ve acil durum prosedürlerinin uygulanması için gerekli hazırlıkların yapılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Erken uyarı sistemlerinin amaçları bölgesel olarak da farklılık göstermektedir. Örneğin erken uyarı sistemleri kırsal alanlarda hayvanların ve mülklerin özel inşa edilmiş sığınaklara veya daha yüksek alanlara taşınması için kullanılırken, kentsel alanlarda ise yol kapatma ve yönlendirme işlemlerini organize etmek ve geçici taşkın bariyerlerinin kurulmasını sağlamak için kullanılmaktadır (WMO, 2013). Ayrıca dünya üzerinde taşkın erken uyarı sistemlerinin çoğu evlere ve mülklere yönelik taşkın hasarını önlemek için oluşturulmuştur (Perera vd., 2019).

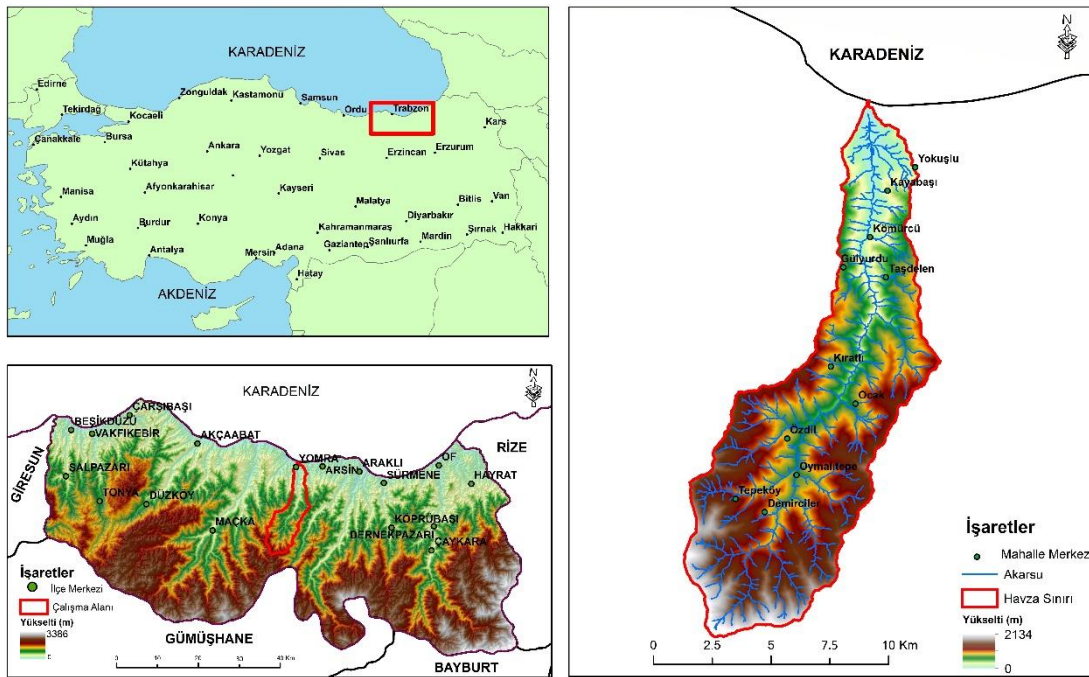
Taşkın erken uyarı sistemleri veri kaynağı, iletişim, tahminler, karar desteği, bildirim ve koordinasyon bileşenlerinden oluşmaktadır. Veri kaynağı olarak meteorolojik gözlem istasyonları, akarsu gözlem istasyonları, meteoroloji radarları, meteoroloji uyduları ve iklim modelleri kullanılmaktadır. Veri olarak ise yağış verileri, akarsulara ait akım verileri ve havzaya ait topografya verileri, risk altında bulunan bölgelere ait nüfus, yerleşme, taşkın koruma yapıları, enerji ve ulaşım altyapısı verileri kullanılmaktadır. Etkili ve gerçek zamanlı bir taşkın erken uyarı sistemi oluşturabilmek için sistemin tüm bileşenlerinin birbiri ile kesintisiz iletişim kurmasının sağlanması gerekmektedir. Ayrıca yeterli sayıda nitelikli personelin bulunması taşkın erken uyarı sistemleri için hayati öneme sahiptir (WMO, 2013).

Veri kaynaklarından elde edilen veriler kullanılan modelleme yazılımları ile birlikte işlenerek taşkın riski bulunan alanlar belirlenmekte ve bölgede yaşayan kişiler için uyarı sistemi çalıştırılmaktadır. Çeşitli yöntemlerin kullanıldığı uyarıların içeriğinde taşkınların ne zaman meydana geleceği ve su seviyesinin ne kadar yükseleceği, taşkın olayının ne kadar süreceği, beklenen suların derinlik ve hız bilgileri yer almaktadır. Ayrıca taşkın olayı sona erdikten sonra da tehlikenin geçtiğine dair bilgilendirmeler yapılmaktadır (WMO, 2013). Uyarılar ulusal ve bölgesel kamu otoriteleri, gazeteler, radyo istasyonları, web siteleri, sosyal medya platformları, kısa mesaj, el megafonları,

hoparlörler ve sirenler aracılığı ile taşkın riski altında bulunan bölgelerde yaşayan kişilere iletilmektedir (Perera vd., 2019). İnternet erişimin olmadığı kırsal bölgelerde ise uyarılar yerel radyo istasyonları, acil durum kuruluşlarına doğrudan iki yönlü telsiz veya cep telefonu bağlantısı bulunan toplum temsilcileri, dini yapıların anons sistemleri, acil durum hava araçları tarafından gökyüzüne yansıtılan mesajlar aracılığı ile yapılabilmektedir (WMO, 2013).

2.ÇALIŞMA ALANI

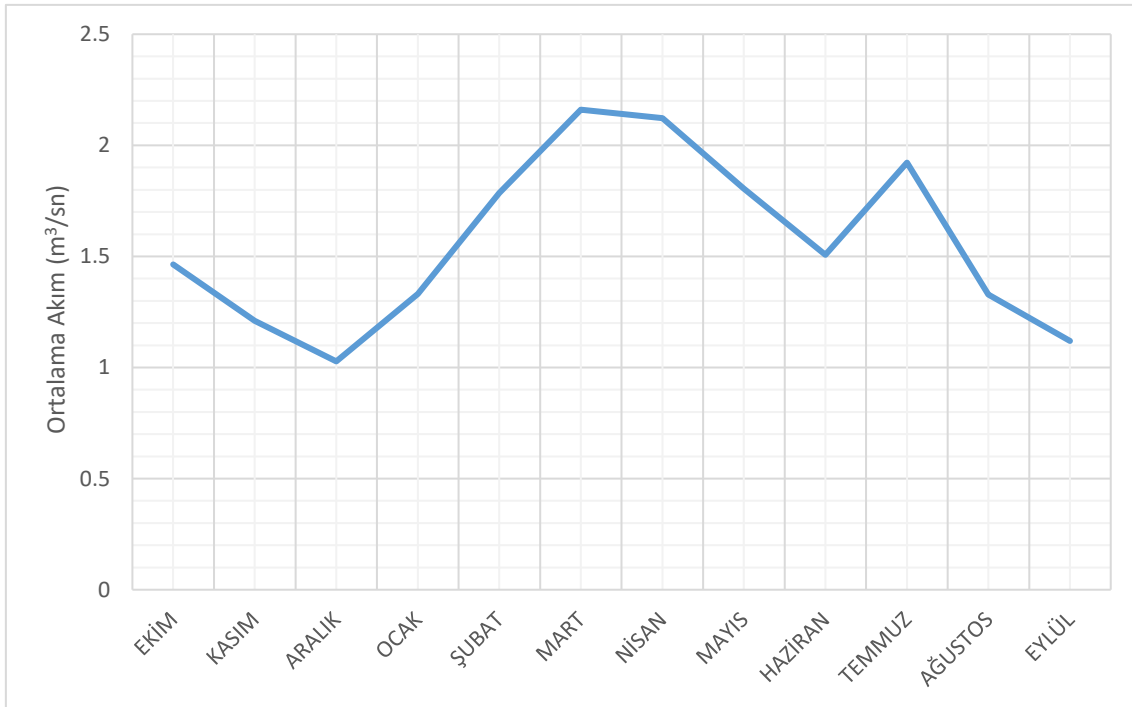
Çalışma alanı, Trabzon ili sınırları içerisinde $40^{\circ} 45' - 40^{\circ} 57'$ kuzey enlemleri ile $39^{\circ} 45' - 39^{\circ} 54'$ doğu boylamları arasında yer almakta olup $105,74 \text{ km}^2$ alana sahiptir (Şekil 23). Çalışma alanını oluşturan Yomra Deresi havzası doğusunda Şana Deresi havzası, kuzeyinde Karadeniz, batısında Yanbolu Deresi havzası, güneyinde de Değirmendere ve Yanbolu Deresi havzaları ile sınırlandırılmıştır. Havzanın en yüksek noktasının yükseltisi ise 2.134 m 'dir.



Şekil 7. Çalışma Alanı Lokasyon Haritası

Çalışma alanı olarak seçilen Yomra Deresi havzası, alan olarak Yomra ilçesinin en büyük akarsu havzasıdır. Kaynağını Yomra'nın güneyinde yer alan Seslikaya Tepesi'nden alan Yomra Deresi, Demirciler, Cazılar, Hamo ve Alaşlı isimli yan kolların katılımıyla oluşmaktadır ve yıllık akım miktarı 68 hm^3 'tür (Trabzon İl Afet Acil Durum Müdürlüğü, 2021). Yomra Deresi'nin akım değerleri ağustos, eylül, ekim ve kasım döneminde azalırken aralık, ocak, şubat, mart ve nisan aylarında artış göstermektedir. Aralık, ocak ve şubat aylarında akım değerlerinin yükselmesinde kış mevsiminde yağış miktarında meydana gelen artış, mart ve nisan döneminde meydana gelen artışta ise kar erimesi etkili olmaktadır. Mayıs ayında nispeten düşen akım değerleri haziran temmuz döneminde de yağış miktarının artmasına bağlı olarak yükselmektedir (Şekil 24).

Yomra Deresi havzasının jeomorfolojik özellikleri ve havzadaki kara yolu çalışmaları ve diğer beşeri faaliyetler akarsuyun taşıdığı sediman miktarı üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Mete vd. (2022) yaptıkları çalışmada Yomra Deresi'ndeki askıda katı madde miktarının memba bölümünde ortalama 436,20 mg/Lt mansap bölümünde ise ortalama 317,37 mg/Lt olduğunu belirlemişlerdir. Memba bölümündeki askıda katı madde miktarının mansap bölümüne göre daha fazla olmasının memba bölümündeki ana akarsu vadisi yamacında devam etmekte olan yol ve istinat duvarı çalışmaları ve memba ile mansap bölümü arasında yer alan hidroelektrik santralin Yomra Deresi'nden aldığı suyu çöktürüp boşaltması olarak değerlendirilmektedir.

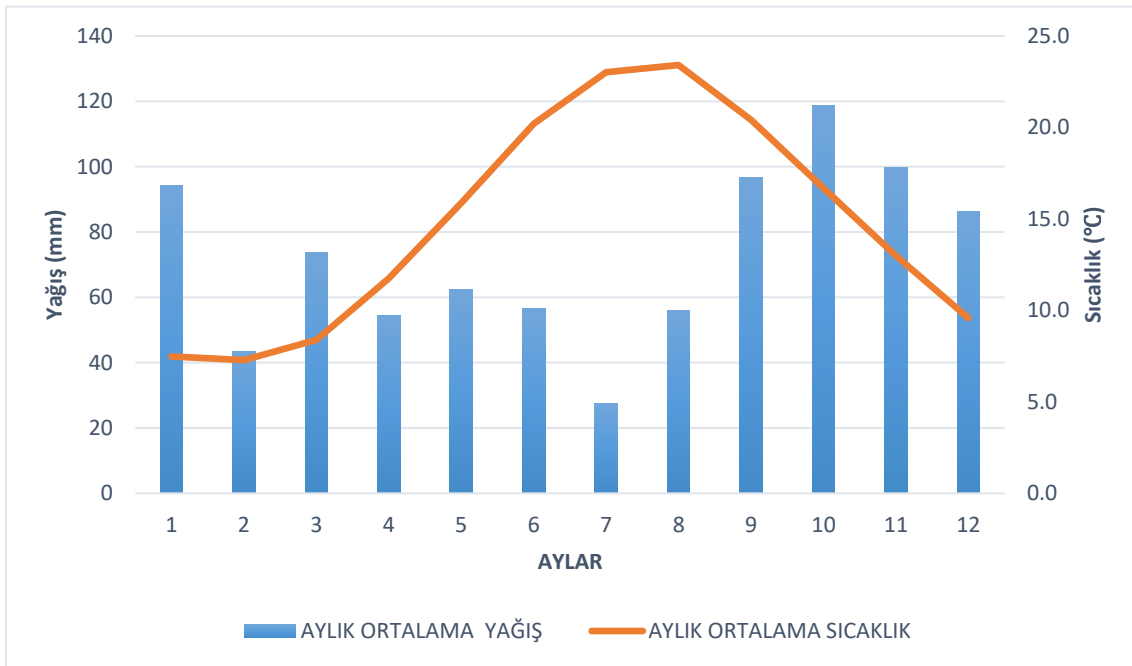


Şekil 8. Yomra Deresi Aylık Ortalama Akım Grafiği (2010-2020)

2.1. İklim

Çalışma alanının, deniz seviyesinden 500 m yükseliğe kadar olan bölümü, Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre yazları sıcak ve kurak mevsimi olmayan “Cfa” olarak adlandırılan ılıman iklim tipi sınıfında, 500 m ile 1.000 m arasındaki bölümü yazları serin, kurak mevsimi olmayan “Cfb” olarak adlandırılan ılıman iklim tipi sınıfında, 1.000 m'nin üzerindeki bölümü ise yazları serin ve kurak mevsimi olmayan “Dfb” olarak adlandırılan soğuk iklim tipi sınıfında yer almaktadır. (Yılmaz ve Çiçek, 2018). Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre ise, çalışma alanının 500 m yükseltiye kadar olan kısımları “B1” olarak adlandırılan nemli iklim sınıfında, 500 m'nin üzerindeki kısımları ise “C2” olarak adlandırılan yarı nemli iklim sınıfında yer

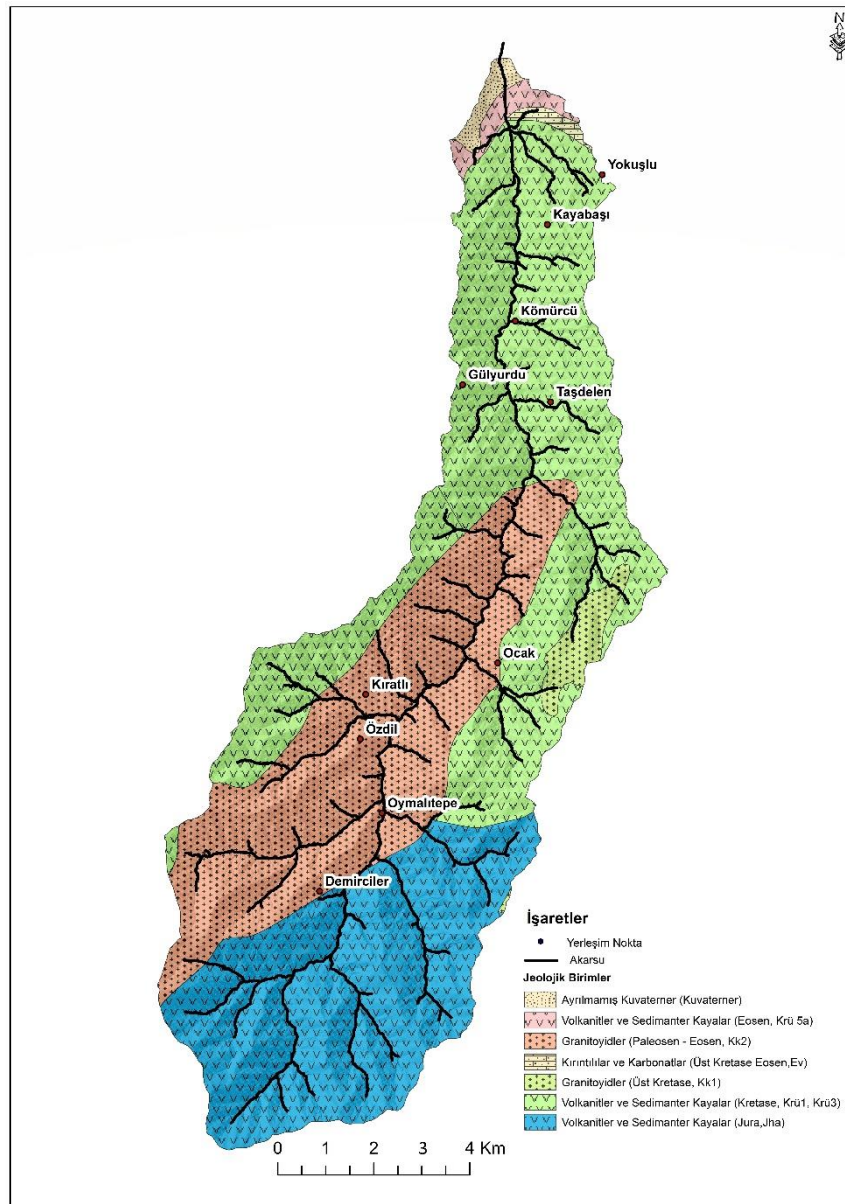
almaktadır. (Yılmaz ve Çiçek, 2016). MGM (2024b) tarafından yapılan çalışmada, çalışma alanı Aydeniz ve Erinç iklim sınıflandırmalarına göre nemli, De Martone iklim sınıflandırmasına göre ise yarı nemli iklim bölgesinde yer almaktadır. Ayrıca, Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi (ECMWF) tarafından geliştirilen ERA5-Land verilerine göre, çalışma alanında yıllık ortalama sıcaklık değerleri 4 °C ile 15 °C arasında değişmektedir. Kış mevsiminde, çalışma alanının deniz seviyesine yakın kısımlarında sıcaklık 0 °C'nin üzerine çıkarken, dağlık iç kısımlarında ise 0 °C'nin altına düşmektedir. Aylık ortalama sıcaklık değerlerine bakıldığında ise ağustos ayının 23,4 °C ile en yüksek, şubat ayının ise 7,3 °C ile en düşük ortalama sıcaklığa sahip olduğu görülmektedir. Çalışma alanındaki yağış miktarı ise günlük ortalama 7 mm ile 9 mm arasında değişmekte veya yağış rejiminde birden fazla ayda maksimum ve minimum yağış alan ay bulunmaktadır. Ekim ayı en yağışlı ay iken ağustos en düşük yağışlı aydır. Sonbahar mevsimi ile artmaya başlayan yağış kış aylarında azalmaya başlar. İlkbahar aylarında mart ayında kararsızlık nedeniyle azalarak minimuma iner (Şekil 25). Çalışma alanında şiddetli yağışlı gün sayısı, doğuya doğru artış göstermektedir. Yapılan eğilim analizi çalışmaları da mevcut veriler ışığında, şiddetli yağışların çalışma alanında artan bir eğilim gösterdiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 9. Trabzon Bölge Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık ve Aylık Ortalama Yağış Grafiği (1927 – 2023)

2.2.Jeoloji

Çalışma alanı Doğu Pontidolarak adlandırılan tektonik ünitenin kuzeyinde almaktadır (Ketin, 1966). Doğu Pontid tektonik ünitesi, Karadeniz ve Kuzey Anadolu Fayı (KAF) arasında kuzey - güney yaklaşık 50-75 km bir genişliğe ve Kızılırmak vadisi ile Gürcistan sınırı arasında doğu batı yönünde yaklaşık 500 km uzunluğa sahip bir kuşak halinde uzanmaktadır. (Öz, 2022). Doğu Pontid tektonik ünitesinin kuzey bölümünde, Üst Kretase'de başlayarak kuzeye doğru dalan Neotetis okyanusal tabakasına hareketine bağlı olarak gelişen denizaltı volkanizması ve sedimantasyon süreçleri sonucunda oluşan birimler, bölgedeki en yaygın litolojik birimleri oluşturur. (Ketin,1966),(Şekil 26).



Şekil 10.Çalışma Alanı Jeoloji Haritası(MTA, 2002).

Çalışma alanının yer aldığı, Trabzon ve çevresi, Mesozoyik ve Senozoyik döneme ait volkanik, plütonik ve tortul kayaçlarla temsil edilmektedir. Mesozoyik dönemin Jura-Kretase alt dönemlerinde aktif tektonizmaya bağlı olarak Erken-Orta jura yaşlı volkano-tortul kayaçlar oluşmuş, Üst-Jura Alt Kretase döneminde ise tektonizmanın etkisini kaybetmesi ile birlikte karbonat platformu oluşmuştur. Üst Kretase döneminde asidik ve bazik volkanik aktiviteler meydana gelmiştir. Üst Kretase (Maastrichtiyen) ile Paleosen sonuna kadar devam eden volkanik aktiviteler, bu dönemde yerini türbiditik çökellere bırakmıştır. Mesozoyik döneme ait kayaçlardaki çökel yapı, doku ve fosil içeriği, derin ve sığ denizel ortam koşullarının varlığını göstermektedir. Üst Kretase-Paleosen dönemine ait volkanik ve tortul kayaçlardan oluşan havzalar Senozoyik'in alt dönemi olan Paleosen sonunda kapanarak, bölgenin Eosen başında yeni bir sıkışma dönemine girmesine neden olmuştur. Bu dönemde, Orta Eosen dönemine ait bazik ortaç bileşimli volkano-tortul kayaçlar, eski birimler üzerine uyumsuz olarak yerleşmiştir. Miyosen'de ise bölge tamamen kara haline gelmiştir. Senozoyik'e ait birimlerin şekilleri, çökelim ve fauna içerikleri, bu birimlerin derin ve sığ denizel ve karasal ortamlarda oluştuğunu göstermektedir (T.C.Trabzon Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, 2021).

Paleosen sonlarında orojenik faaliyetlere bağlı olarak bölgede "Kaçkar Garnidoyidi I" olarak adlandırılan granidoyit oluşmuştur. Eosen döneminde volkanik aktiviteler tekrardan hareketlenerek devam etmiştir. Bu dönemde denizel ortamdaki yayılmalar sonucu volkano-tortul istif yapısı oluşmuş ve garnidoyit gelişimi devam ederek "Kaçkar Granidoyidi II" oluşmuştur. Pliyosen'de devam eden volkanik aktiviteler andezitik breş, volkanik çakıldaşı ve hornblend-ojit andezit-bazaltlardan oluşan dördüncü volkanik seriyi meydana getirmiştir (Trabzon Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2011).

Paleozoik-Kuvaterner arasındaki dönemde oluşan kaya birimlerinin izlendiği çalışma alanında, Liyas döneminde başlayıp Eosen sonuna kadar gelişimini devam ettiren magmatizma sonucu oluşan volkana-tortul, volkanik ve intrüzif kayaçlar görülmektedir. Magmatizmanın duraksadığı dönemlerde ise volkanik kayaçlar yerlerini tortul istiflere bırakmıştır (Öz, 2022).

2.2.1.Çalışma Alanında Yüzeleyen Formasyonlar

2.2.1.1.Hamurkesen Formasyonu (Jha)

Bayburt – Demirözü’nde Alt Jura (Liyas) – Alt Kretase yaşlı kireçtaşı birimlerinin altında izlenen ve Ağar (1977) tarafından adlandırılan Hamurkesen Formasyonu volkano – tortul kayalardan oluşan bir birimdir. Brim, mor ve yeşilimsi gri renkli, bol olivinli entergranüler ve mikrolitik yapıya sahip bazalt lavları ve piroklastalardan oluşmakta ve bazalt ve piroklastlar arasında 3-5 m kalınlığa sahip, kırmızı ve bordo renge sahip killi kireçtaşları ve kumtaşları izlenmektedir. 500 m görünür kalınlığa sahip olan Hamurkesen Formasyonunun yaşı kırmızı ve bordo renkli kireçtaşlarında saptanan fosillere göre belirlenmiş ve Üst Jura - Alt Kretase yaşlı kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülmektedir. (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020). Hamurkesen formasyonu çalışma alanının güney doğusunda Demirci Mahallesi civarında yüzeylemektedir (Şekil26,27).

2.2.1.2.Çatak Formasyonu (Krü 1)

Doğu Pontid tektonik ünitesinin kuzeyinde Üst Kretase başında oluşan toliyetik ve kalko-alkalen yapılu volkanitlerin derin deniz ortamında yayılıp tortullarla birlikte meydana getirdiği volkano-tortul istifler (Trabzon Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2011) Doğu Karadeniz’de çok geniş alanlarda yüzeylemekte ve bu istifler Güven (1993) tarafından Maçka’nın güneyinde yer alan Çatak mevkinde izlenmiş ve isimlendirilmiştir.

Gri, siyah, kahverengi ve koyu yeşil renkli marn, kumtaşı, silttaşı ve kireç taşı ara katkılı bazalt-andezit ve piroklastalardan oluşan Çatak Formasyonu’nun tabanı bazaltik üst kısımları ise andezitiktir. 1.750 m görünür kalınlığa sahip formasyon Berdiga Formasyonu’nu uyumlu olarak örtmekte ve Kızılkaya Formasyonu tarafından da uyumlu örtülmektedir. (Ağan vd., 2017). Çatak formasyonu çalışma alanında Kömürcü ve Kayabaşı Mahalleleri civarında yüzeylemektedir (Şekil 26, 27).

2.2.1.3.Kaçkar Granitoyidi (Kk)

İntrüzif kayalar (plütonik) magmanın yer kabuğu içinde farklı düzeylerde yerleşmeleri ile oluşmakta ve yerleşme derinliğine bağlı olarak farklı şekil, boyut ve dokusal özellikler göstermektedirler. Çalışma alanında ilk sokulumlar, Üst Kretase'de başlayan ve Üst Kretase döneminde de gelişimini devam ettiren ve gelişimini Paleosen dönemi sonlarında tamamlayan, daha sonra yenilenmesiyle Eosen yaşlı birimlerin içine

sokulan Orta - Üst Eosen yaş aralığında intrüzyonunu tamamlayan intrüzif (sokulum) kayaları, Güven (1993) tarafından Kaçkar Granitoyidi olarak adlandırılmıştır.

Doğu Karadeniz’de Üst Kretase yaşlı formasyonlar arasına sokulum yaptığı ve Eosen yaşlı birimlerden daha yaşlı olduğu tespit edilen pembemsi renge sahip intrüzif kayalar Kaçkar Granitoyidi I (Kk1) ve yeşilimsi renge sahip Eosen yaşlı kayalar arasına sokulum yapanlar Kaçkar Granitoyidi II (Kk2) olarak Güven (1993) tarafından adlandırılmış ve haritalanmıştır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020). Kaçkar Granitoyidi I çalışma alanında Ocak Mahallesi’nin doğusunda, Kaçkar Granitoyidi II ise Özdil, Kıratlı ve Oymaltepe mahalleleri civarında yüzeylemektedir (Şekil26,27).

2.2.1.4.Çağlayan Formasyonu (Krü 3)

Asidik karakterli volkanitlerle bazik karakterli volkanit, volkanoklastik ve tortul kaya aralanmaları ile meydana gelen bazalt ve andezit piroklastaları, silttaşı, kumtaşı, çamurtaşı ve tuf ara düzeyli volkano-tortul istiflerden oluşan Çağlayan Formasyonu’nun adlandırılması Güven (1993) tarafından Ortahisar ilçesine bağlı Çağlayan Mahallesi’nde yapılmıştır.

Andezit, bazalt lav ve piroklastlar Çağlayan Formasyonu’nun egemen kayaç türleridir ve bu kayalar arasında kumtaşı, marn, kırmızı ve bordo renkli killi kireçtaşları ara seviyeler halinde yer almaktadır. Formasyonun içerisinde yer alan lavlar genellikle koyu renkli olup sert, kırıklı ve çatlaklı bir yapıya sahiptirler ve bu kırık ve çatlakların meydana getirdiği boşluklar ikincil kalsit veya kloritler ile doludur. Formasyon içerisindeki porfirik dokuya sahip lavlarda zonlu yapıya sahip plajiyoklas fenokristalleri, plajiyoklas mikrolitleri, bol miktarda klorit ve opak minerallerden oluşan hamur yer almaktadır. Kloritleşme ve epidotlaşmanın yaygın olduğu lavlarda yastık yapıları görülmekte ve iyi bir tabakalanma özelliğine sahip breş ve tüflerin arasında lav parçaları, kırmızı kireçtaşı ve killi kireçtaşı parçaları bulunmaktadır. Formasyon içerisindeki kumtaşları ise genellikle volkanik elemanlardan oluşmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020).

1.000 m civarında kalınlığa sahip olan Çağlayan formasyonu, Kızılkaya Formasyonu’nu uyumlu olarak örter ve Bakırköy Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülür (Ağan, vd., 2017). Çağlayan formasyonu çalışma alanında Gülyurdu ve Taşdelen mahalleleri civarında yüzeylemektedir (Şekil26,27).

2.2.1.5. Bakırköy Formasyonu (Krü 5a)

Doğu Pontid tektonik ünitesinin kuzeyinde, Üst Kretase döneminde meydana gelen asidik ve bazik karakterli volkanik aktivitelerin sona ermesinin ardından denizel ortamda oluşan türbiditik veya resifal çökellerden oluşan Bakırköy Formasyonu, (Trabzon Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2011) en iyi Artvin'in kuzeyinde yer alan Bakırköy yöresinde yüzeylendiği için Güven (1993) tarafından bu yörenin ismi ile adlandırılmıştır.

Gri renkli marn, gri ve beyaz renkli kireçtaşı, şeyl, kumlu kireçtaşı, asidik özellikli tüfit ve kum taşından oluşan Bakırköy Formasyonu, ince orta yapılı bir tabakalanma özelliğine sahip ve görünür kalınlığı kesin olmamakla birlikte 150-200 m aralığındadır. (Akgün, 2001). Bakırköy formasyonu çalışma alanında Yokuşlu Mahallesi'nin kuzeyinde yüzeylemektedir (Şekil27,28).

2.2.1.6. Kabaköy Formasyonu (Ev)

Güven (1993) tarafından Gümüşhane'nin güneydoğusundaki Kabaköy yöresinde izlenen ve adlandırılan Kabaköy Formasyonu, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn ara seviyelerinin yer aldığı gri ve yeşilimsi gri renkli andezit lav ve piroklastları ile bol ojitli ve hornblendli yapıya sahip bazalt lav ve piroklastlarından oluşmaktadır.

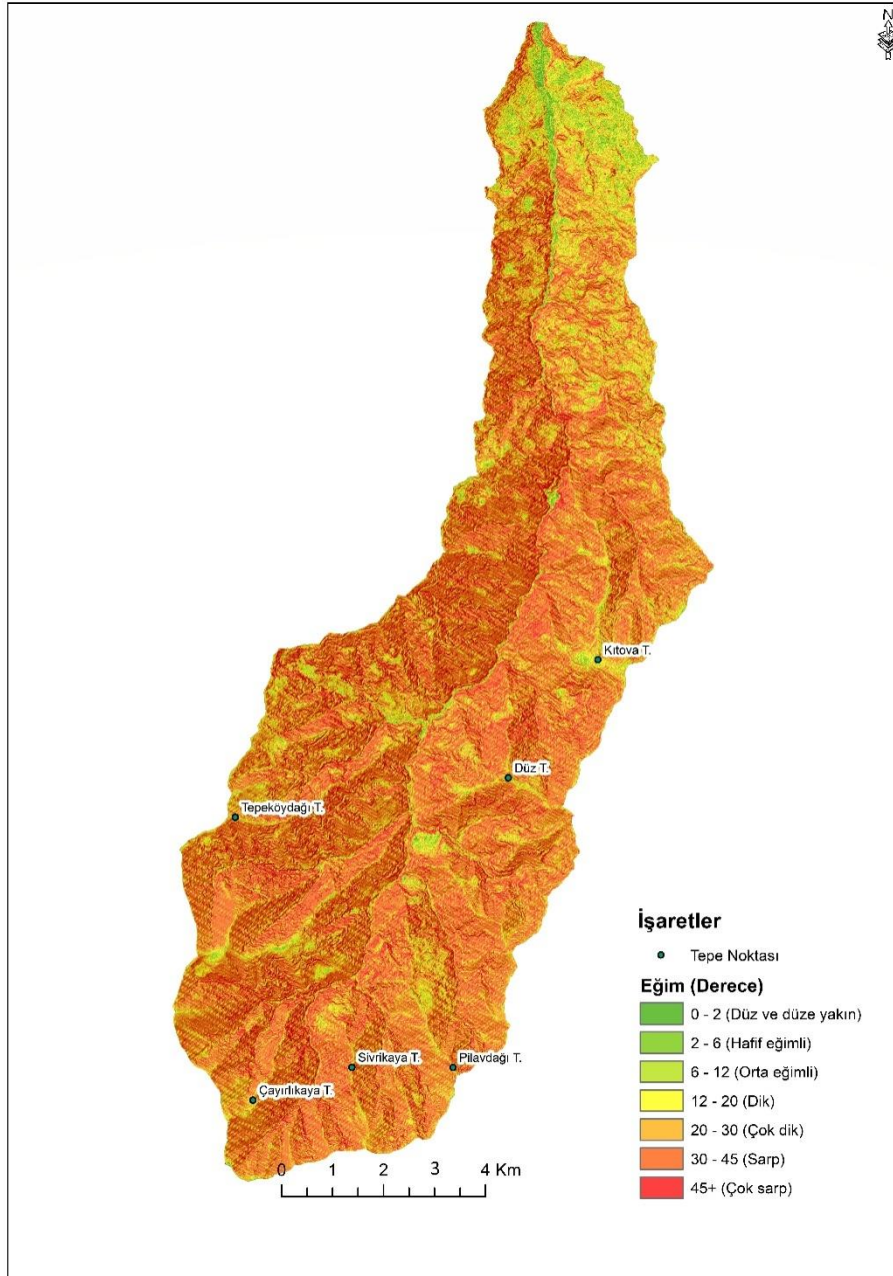
Tabanında kırmızı ve bordo renkli konglomera ve kumtaşları ve kumtaşlarının üzerinde marn, sarımsı renkli kumtaşı ve kumlu kireçtaşı tabakalarının bulunduğu (Öz, 2022) Kabaköy Formasyonu'nun yaşı Alt-Orta Eosen olarak belirlenmiştir. Görünür kalınlığı 800 m olan formasyon, Üst Kretase yaşlı çeşitli birimlerin üzerine aşınma uyumsuzluğu ile oturmaktadır (Trabzon Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2011). Kabaköy formasyonu çalışma alanında Yokuşlu Mahallesi'nin kuzeyinde yüzeylemektedir (Şekil26,27).

2.2.1.7. Kuvaterner Depoları

Çalışma alanındaki akarsu vadisinin mansap bölgesinde yer alan ve eğim değerinin çok düşük olduğu akarsu kanalı ve çevresindeki kum, mil, çakıl yığınları ve bloklardan oluşan, kötü boylanma özelliğine sahip güncel tabakalardır (T.C.Trabzon Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, 2021). Yomra Deresi vadi tabanının mansap noktası ile Kayabaşı Mahallesi arasında yer bulunan bölümünde yüzeylenen kuvaterner depoları güncel olarak oluşmaya devam etmekte olup blok boyutları 5 cm'den 2 m'ye kadar ulaşabilmektedir (Yazıcı, 1996). Kuvaterner depolarının yüzeylendiği vadinin bu

Dağ sırası ile kıyı kuşağı arasında bulunan platoluk alanı ise; batıda, akarsu aşındırması sonucu derince yarılmış, plato görünümüne sahip olmasına karşın, doğuda drenaj ağının çok gelişmiş olması nedeniyle bu bölümdeki platolar çok fazla parçalanarak keskin sırtlar haline dönüşmüştür. Ayrıca platoluk alandaki akarsuların oluşturduğu yarıлма 700 – 800 m civarındadır ve bu yarıлма sonucu oluşan vadi yamaçlarının eğim değeri 70°'ye kadar ulaşmaktadır.(T.C.Trabzon Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, 2021).

Kuzeydoğu – güneybatı doğrultusunda uzanmakta olan çalışma alanının şekillenmesinde en fazla etkili olan dış kuvvet Yomra Deresi ve yan kollarının oluşturduğu akarsu aşındırmasıdır. Bu nedenle çalışma alanının hakim yer şekilleri vadi ve sırtlardır. En uzun vadi Yomra Deresi ana kolunun oluşturduğu vadidir ve diğer vadiler yan kolun ana kola bağlanma açısına göre uzanmaktadır. (Şekil 28).



Şekil 12. Çalışma Alanı Eğim Haritası

T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'nın (2008) belirlemiş olduğu eğim sınıflandırmasına göre, havzanın %0,7'lik kısmı (0,78 km²) düze ve düze yakın, %0,3'lük kısmı (0,28 km²) hafif, %0,5'lik kısmı (0,42 km²) orta, %1,1'lik kısmı (1,21 km²) dik, %2,6'lık kısmı (2,75 km²) çok dik, %6,8'lik kısmı (7,24 km²) sarp ve %87,9'luk kısmı (92,96 km²) çok sarp eğim değerlerine sahiptir (Tablo 3).

Eğim değerleri ana kol ve yan kolların tabanlarından vadi yamaçlarına doğru ve kuzeyden güneye doğru artmaktadır. Ana kol boyunca ortalama eğim değeri 4,5°'dir. Eğim değerinin en yüksek olduğu bölüm Yomra Deresi'nin kaynak noktası ile Demirciler Mahallesi arasında kalan 5 km'lik bölümdür ve bu bölümdeki ortalama

eğim değeri 40,6°'dir. Demirciler Mahallesi ile Taşdelen Mahallesi arasında kalan 15 km'lik bölümde eğim değerleri Demirci Mahallesi ile kaynak noktası arasında kalan bölüme göre belirgin bir şekilde düşüktür ve bu bölümdeki ortalama eğim değeri 4,89°'dir. Taşdelen Mahallesi'nden itibaren mansap noktasına kadar olan bölümde ise eğim oranı azalmaya devam etmekte ve ortalama eğim değeri 3,14°'ye düşmektedir (Şekil 28).

Özellikle havzanın kaynak noktasına yakın güney bölümünde ana kanal ve yan kollara ait vadi yamaçlarının büyük bölümünde eğim değeri 30°'nin üzerindedir. Havzanın mansap noktasına yakın kuzey bölümünde yer alan Taşdelen, Kömürcü, Kayabaşı ve Yokuşlu mahallelerinde ise eğim değeri 12°'nin altında olan hafif eğimli ve düz alanların oranı daha yüksektir. Ayrıca çalışma alanındaki eski omuz yüzeyleri olan Tepeköydağı Tepesi, Çayırılıkaya Tepesi, Sivrikaya Tepesi, Pilavdağı Tepesi, Düz Tepe ve Kıtova Tepesi gibi Yomra Deresi yan kollarının aşındırması ile oluşmuş sırtlarda eğim değeri 12°'nin altında olan hafif eğimli ve düz alanlardır (Şekil 28).

Havzanın merkezinde yer alan ana kanalın genişliği de eğime paralel olarak kuzeyden güneye doğru azalmaktadır. Akarsuyun kaynak noktası ile Kömürcü Mahallesi arasında kalan bölümünde vadi tabanı derin ve dardır. Bu bölümde yalnızca Özdil ve Oymalıtepe Mahallelerinin bulunduğu bölümde vadi tabanı genişlemektedir. Kömürcü Mahallesi'nden itibaren vadi tabanının genişliği belirgin olarak artmakta ve özellikle sanayi tesislerinin yer aldığı, havzanın mansap noktasına yakın bölümünde 330 m'ye kadar ulaşmaktadır (Şekil 28).

Eğim Aralığı (%)	Eğim Sınıfı	Kapladığı Alan (Km²)
0-2	Düz düze yakın	0,78
2-6	Hafif eğimli	0,28
6-12	Orta eğimli	0,52
12-20	Dik eğimli	1,21
20-30	Çok dik eğimli	2,75

30-45	Sarp eğimli	7,24
45+	Çok sarp eğimli	92,96
Toplam		105,74

Tablo 3. Çalışma Alanı Eğim Sınıfları

2.4.Toprak

Her mevsim yağışlı ve nemli bir iklimin görüldüğü çalışma alanının hakim toprak türü podzolik topraklardır. Büyük toprak grupları (BTG) sınıflamasına göre havzanın havzanın tamamına yakını kırmızı sarı podzolik topraklar ile kaplıdır. Havzanın güney kesiminde 2.000 m yükseltinin üzerindeki bölümlerinde de gri kahverengi podzolik topraklar ve yüksek dağ çayır toprakları yer almaktadır (Şekil 29).

2.4.1.Kırmızı Sarı Podzolik Topraklar

Sıcak ve ılıman iklimden tropikal iklime kadar değişen humid ortamda gelişen bu toprak türü iyi gelişmiş ve iyi drenaj özelliğine sahip asitli topraklarıdır. Ana maddesi silisli ve kalsiyumca fakir olan bu topraklar genellikle yaşlı arazilerde yaprağını döken ormanlar ve iğne yapraklı orman örtüsünün altında oluşmaktadır. (O)horizonu incedir ve bu hrizonun altındaorganik madde mikatı bakımından zengin olan A₁ horizonu yer almaktadır. Rengi açık olan A₂ horizonu,kırmızı, sarı-kırmızı, sarı renkli ve daha killi yapıda olan B horizonunun üzerinde yer almaktadır.

Bu toprak türünde ana madde kalındır ve içerisinde kırmızı, sarı, kahverengi ve açık gri renge sahip kalın ağ şeklinde benek ve çizgiler yer almaktadır. Sarı rengin yaygın olduğu podzolik toprakların bulunduğu alanlar daha nemli olduğu için, bu topraklar içerisinde yer alan demir oksitler kırmızı renkli podzolik topraklaragöre daha fazla hidrate olmuş durumdadır (Trabzon Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2011).Çalışma alanında 2.000 m kotuna kadar olan alanda yer alan bu topraklar 104,88 km²'lik alanları ile havzanın tamamına yakın kısmını kaplamaktadır ve bu toprak türünün bulunduğu yerlerIV., VI. ve VII. sınıf arazilerden oluşmaktadır (Tablo 4, Şekil 29).

2.4.2.Gri Kahverengi Podzolik Topraklar

Genellikle yaprağını döken orman ve iğne yapraklı ormanların bulunduğu, serin ve yağışlı iklim koşullarının hakim olduğu alanlarda oluşan ve A,B ve C horizonlarınasahip olan gri kahverengi podzolik toprakların oluşumunda etkili olan

podzolizasyon yavaş seyretmektedir. Bu toprak türünün yüzeyinde üzerinde yer alan bitki örtüsüne bağlı olarak ince ve çürümemiş bir yaprak katı bulunmakta bu katın altında ise grimsi kahverengi olan, granüler yapıda ve 5 – 10 cm arasında kalınlığa sahip olan humus katı bulunmaktadır.

Humus katı, derinlere doğru geçişli bir biçimde, kalınlığı 5 – 6 cm arasında değişen, granüler veya pulsu bir yapıya sahip, rengi kahve ile sarımsı kahverengi olan, yıkanmadan dolayı baz satrsayon yüzdesi ve kil oranı düşük olan ve genellikle orta bünyeli olan mineral A₁ horizonuna dönüşmektedir. Mineral horizonunun altında yer alan ve A horizonunda yıkanan killerin biriktiği, genellikle killi bir yapıda olan B horizonunun rengi sarımsı kahverengiden açık kırmızımsı kahverengiye kadar değişmektedir. Gri ve kahverengi podzolik toprakların verimlilik durumu toprağı oluşturan ana maddenin cinsine ve yapısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Trabzon Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2011). Çalışma alanında yer alan gri kahverengi podzolik topraklar, havzanın güneydoğusunda 2.000 m kotunun üzerindeki orman üst sınırının bulunduğu kuşakta yer almaktadır. Bu nedenle bitki örtüsü olarak yer yer çayırliklar, yer yer ise seyrek iğne yapraklı ağaçlar yer almaktadır. Ayrıca çalışma alanının 0,38 km²'lik kısmını kaplayan gri kahverengi podzolik toprakların bulunduğu alanlar VII. sınıf arazilerdir (Tablo 4, Şekil 29).

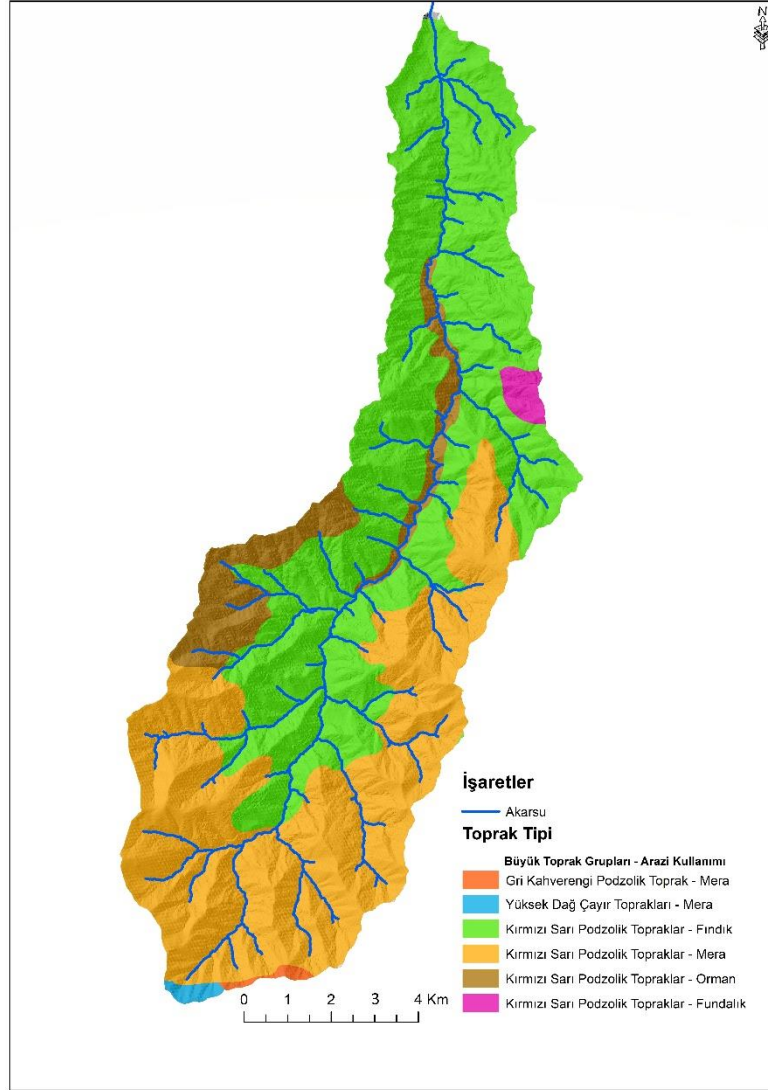
2.4.3. Yüksek Dağ Çayır Toprakları

Yüksek dağ çayır toprakları soğuk iklim koşullarının hakim olduğu orman üstü sınırının yukarısında bulunan alanlarda ve yüksek enlem derecelerinde çeşitli ana maddelerde meydana gelen gleyleşme ve kalsifikasyon sonucu oluşmaktadır. Bu toprak türünün üst kısmında rengi koyu kahverengi olan ve 30-60 cm kalınlığa sahip A horizonu yer almaktadır. A horizonunun altında çizgili ve benekli yapıya sahip ve rengi grimsi pas rengi olan toprak yer alır. Bulduğu alanların iklim özellikleri nedeni ile verimleri düşük olan bu toprakların hakim bitki örtüsü ot, saz ve çiçekli bitkiler olup bu alanlardagenellikle yazları mera hayvancılığı yapılmaktadır (Trabzon Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2011). Çalışma alanının güneyinde, 2.000 m kotunun üzerinde, ana akarsu kolunun kaynak noktası çevresinde görülen bu topraklar 0,47 km²'lik bir alana sahiptir ve bu bölge VI. sınıf arazi özelliğine sahiptir (Tablo 4, Şekil 29).

Toprak Türü	Kapladığı Alan (Km²)
Kırmızı Sarı Podzolik Topraklar	104,88

Gri Kahverengi Podzolik Topraklar	0,38
Yüksek Dağ Çayır Toprakları	0,47
Toplam	105,74

Tablo 4. Çalışma Alanı Toprak Tipleri



Şekil 13. Çalışma Alanı Toprak Haritası

2.5.Bitki Örtüsü ve Arazi Kullanımı

İklim koşullarının elverişli olması çalışma alanında gür bir bitki örtüsünün yetişmesine olanak sağlamıştır. Çalışma alanında kıyı ile 700-800 metre arasında yer alan bölümde “kolşik flora” olarak adlandırılan ve nemcil ağaç ve ağaççık türlerinin oluşturduğu bir bitki örtüsü kuşağı yer almaktadır. 700 – 800 m kotundan itibaren kolşik floranın yerini karışık ve iğne yapraklı ormanlar almaktadır (Günel, 2013). Kolşik flora kuşağında yer alan çalı ve ağaççık türleri, avcı üzümü (*Vaccinium arctostaphylos*),

çobanpüskülü (*Ilex aquifolium*), defne (*Laurus nobilis L.*), findık (*Corylus avellana*), geyik dikenini (*Crataegus monogyna*), karayemiş (*Prunus laurocerasus*), kızılıçık (*Cornus mas*), muşmula (*Crataegus germanica*), orman gülü (*Rhododendron ponticum*), ağaç türleri ise ve gürgen (*Carpinus orientalis*), kayın (*Fagus orientalis Lipsky*), kestane (*Castanea sativa*), kızılağaç (*Alnus spp.*) ve meşedir (*Quercus pontica*). Kolşik flora kuşağının üst sınırından itibaren yükseltinin artmasına bağılı olarak başlayan ve 1.200 m kotuna kadar yayılan dağ ormanlarını oluşturan ağaç türleri ise ihlamur (*Tilia Cordata*), kestane (*Castanea sativa*), kızılağaç (*Alnus spp.*), meşe (*Quercus pontica*) ve şimşirdir (*Buxus sempervirens*). 1.200 – 1.600 m kotu arasındaki kuşakta da geniş yapraklı ve iğne yapraklı ağaç türlerinin oluşturduğu karışık ormanlar bulunmaktadır. 1.600 m kotundan itibaren başlayıp 2.000 – 2.300 m kotunda yerini alpin çayırlarına bırakan iğne yapraklı ormanların ağaç türleri ise çam (*Pinus silvestris*), göknar (*Abies nordmanniana Link.*) ve ladindir (*Picea orientalis*) (Akkaş, 1990).

Çalışma alanındaki arazi kullanım özelliklerinin ortaya konulması için Avrupa Çevre Ajansı'nın belirlediği arazi kullanım sınıflandırmasına göre uydu görüntüleri vasıtası ile oluşturulan, çevresel bilginin koordinasyonu (CORINE) verileri kullanılmıştır. CORINE projesinde üretilen arazi kullanım verisinde 5 adet arazi kullanım sınıfı ve 44 adet arazi kullanım altı sınıfı yer almaktadır. Çalışma alanında ise 3 arazi kullanım sınıfının 6 arazi alt kullanım sınıfına ait alanlar bulunmaktadır (Şekil 30). Bu sınıflar, çalışma alanının %0,1'lik kısmını (0,1 km²) oluşturan sürekli kentsel alan, çalışma alanının %38,24'lük kısmını (40,43 km²) oluşturan meyve bahçesi, çalışma alanının %51,2'lik kısmını (54,14 km²) oluşturan geniş yapraklı ormanlar, çalışma alanının %7,8'lik kısmını (8,25 km²) oluşturan karışık orman, çalışma alanının %2,65'lik kısmını (2,81 km²) oluşturan doğal çayırlar ve çalışma alanının %0,01'lik kısmını (0,01 km²) oluşturan çalılık sınıfıdır (Tablo 5).

Sürekli kentsel alanlar Yomra ilçe merkezinde Karadeniz sahili boyunca yer alan ilçelerde olduğu gibi çalışma alanında yer alan ana akarsu olan Yomra Deresi'nin mansap noktası ve çevresinde yer almaktadır. Bu durumun temel nedeni çalışma alanının bu bölümünde eğim sınıfının düz ve düze yakın sınıf olması ve ilçenin ana ulaşımını sağlayan karadeniz sahil yolunun bu kısımda yer almasıdır. Ayrıca sürekli kentsel alanlar, kuvaterner depolarının oluşturduğu dördüncü sınıf arazilerin üzerinde yer almaktadır.

Meyve bahçesi arazi kullanım sınıfı Yomra Deresi'nin ana kanalı etrafında 1.000 m kotuna kadar olan alanda yer almaktadır. Meyve bahçesi alanlarında genellikle fındık tarımı yapılmaktadır. Bu durum meyve bahçesi alanlarının 1.000 m kotuna kadar görülmesinin temel nedenidir. Kırmızı sarı podzolik toprakların görüldüğü meyve bahçeleri 7. sınıf arazilerden oluşmaktadır. Havzanın kuzeyinde yer alan bölümlerinde eğim değeri 12°'den düşüktür ve güneye doğru gidildikçe özellikle yamaçlarda eğim değeri artmaktadır.

Geniş yapraklı orman alanları çalışma alanında 1.000 – 2.000 m yükseklik basamakları arasında kalan bölümde yer almaktadır. 7. Sınıf arazilerden oluşan geniş yapraklı orman alanlarının hakim toprak türü kırmızı sarı podzolik topraklardır. Ana vadi tabanı ve eski omuz yüzeyleri olan sırtlarda eğim değeri düşük, vadi yamaçlarında ise yüksektir.

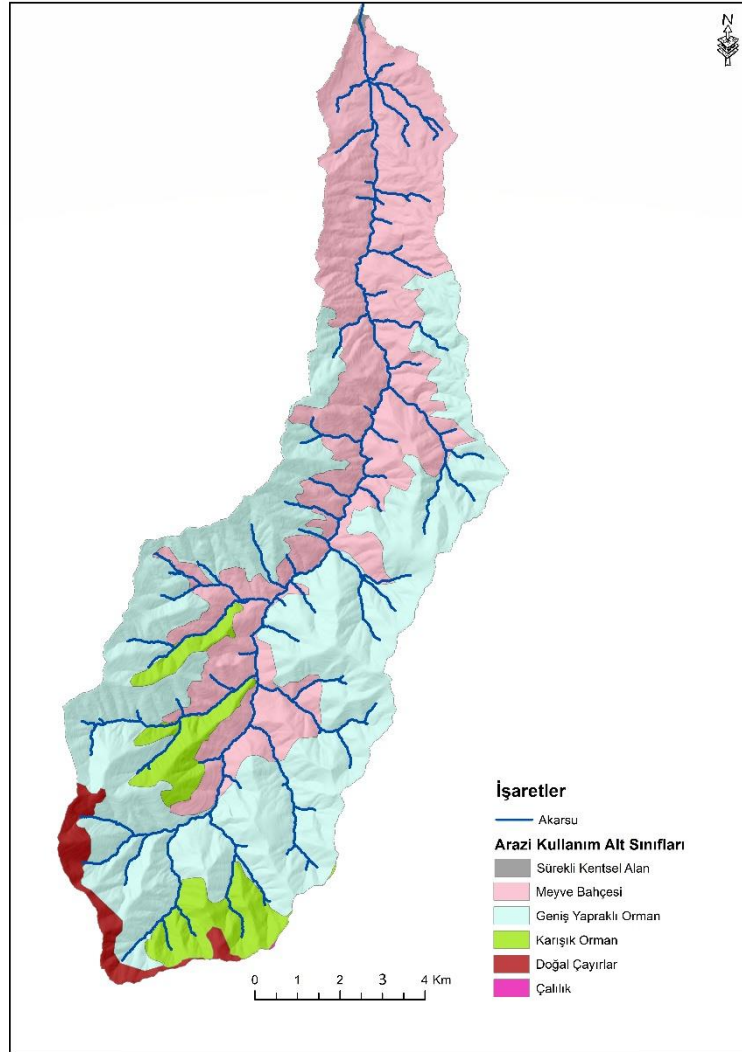
Karışık orman alanları, Özdil ve Tepeköy mahallelerinin güneydoğusunda yer alan vadilerin güneydoğu yamaçlarında 1.000 – 1.500 m yükseklik basamağı arasında ve Demirciler Mahallesi'nin güneyinde 1.200 – 1.800 m yükseklik basamağı arasında kalan bölgede yer almaktadır. Hakim toprak türü kırmızı sarı podzolik topraklar olan karışık orman alanları 7. Sınıf arazilerden oluşmaktadır. Karışık orman alanlarının bulunduğu alanlarda sırtlarda eğim değeri düşük vadi yamaçlarında ise yüksektir.

Doğal çayır alanları çalışma alanın güneyinde 1.800 m yükseklik başmağının üzerindeki bölgede yer almaktadır. 6. ve 7. sınıf arazilerden oluşan doğal çayırılık alanların toprak türleri kırmızı sarı podzolik toprak ve yüksek dağ çayırı topraklarıdır. Genellikle yaylacılık faaliyetlerinin yapıldığı doğal çayır alanlarının yer aldığı alandaki sırtlarda eğim değeri düşüktür, yamaçlarda ise eğim değeri 40°'nin üzerine çıkmaktadır.

Arazi Kullanım Sınıfı	Kapladığı Alan (Km ²)
Sürekli Kentsel Alan	0,10
Meyve Bahçesi	40,43

Geniş Yapraklı Orman	54,14
Karışık Orman	8,25
Doğal Çayırlar	2,81
Çalılık	0,01
Toplam	105,74

Tablo 5. Çalışma Alanı Arazi Kullanım Sınıfı Dağılımı (CORINE 2018'e göre)



Şekil 30. Çalışma Alanı Arazi Kullanım Haritası

Çalışma alanının arazi kullanım kabiliyeti (AKK) özellikleri incelendiğinde Yomra Deresi Havzası'nda Büyük Toprak Grupları (BTG) verilerine göre IV., VI. ve VII. olmak üzere toplam üç farklı AKK sınıfı bulunduğu görülmektedir.

Dördüncü sınıf araziler, çayırılık olarak kullanılmaya uygun olup bu tür arazilerde bazen tarla bitkileri tarımı da yapılabilir. Eğimin fazla olması, iklim özelliklerinin elverişsiz olması ve toprağın verimsiz olması bu arazilerde tarımsal faaliyetleri sınırlandıran etkenlerdir. Drenaj özellikleri kötü olan az eğimli topraklar da bu arazi sınıfına dahil edilmektedir. Erozyona maruz kalmayan bu topraklar ilkbahar mevsiminde hızlı bir şekilde kurudukları için verimlilikleri düşer ve bu nedenle birçok tarım ürününün yetişmesi için uygun koşullara sahip olmamaktadır (T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, 2008). Toprak koruma önlemlerini uygulamanın zor olduğu bu tip arazilerde, toprağı işlerken çok dikkatli olmak koşulu ile bazı kültür bitkileri yetiştirilebilir. Ayrıca bu tip araziler tuzluluk ve alkalilik problemine sahiptirler (Seyhan, 2022). Dördüncü sınıf araziler çalışma alanının %4,4'ünü (4,70 km²) kaplamaktadır (Tablo 6). Çalışma alanında dördüncü sınıf araziler havzanın kuzeyinde mansap noktasına yakın bölümü olan Yokuşlu Mahallesi ve çevresinde 300 m kotuna kadar olan bölümünde yer almaktadır. Bu bölümde eğim değeri çalışma alanının diğer bölümlerine göre daha düşüktür ve yerleşmeler daha yoğundur. Çalışma alanında dördüncü sınıf arazilerin bulunduğu alanlar fındık yetiştiriciliği için kullanılmaktadır (Şekil 31).

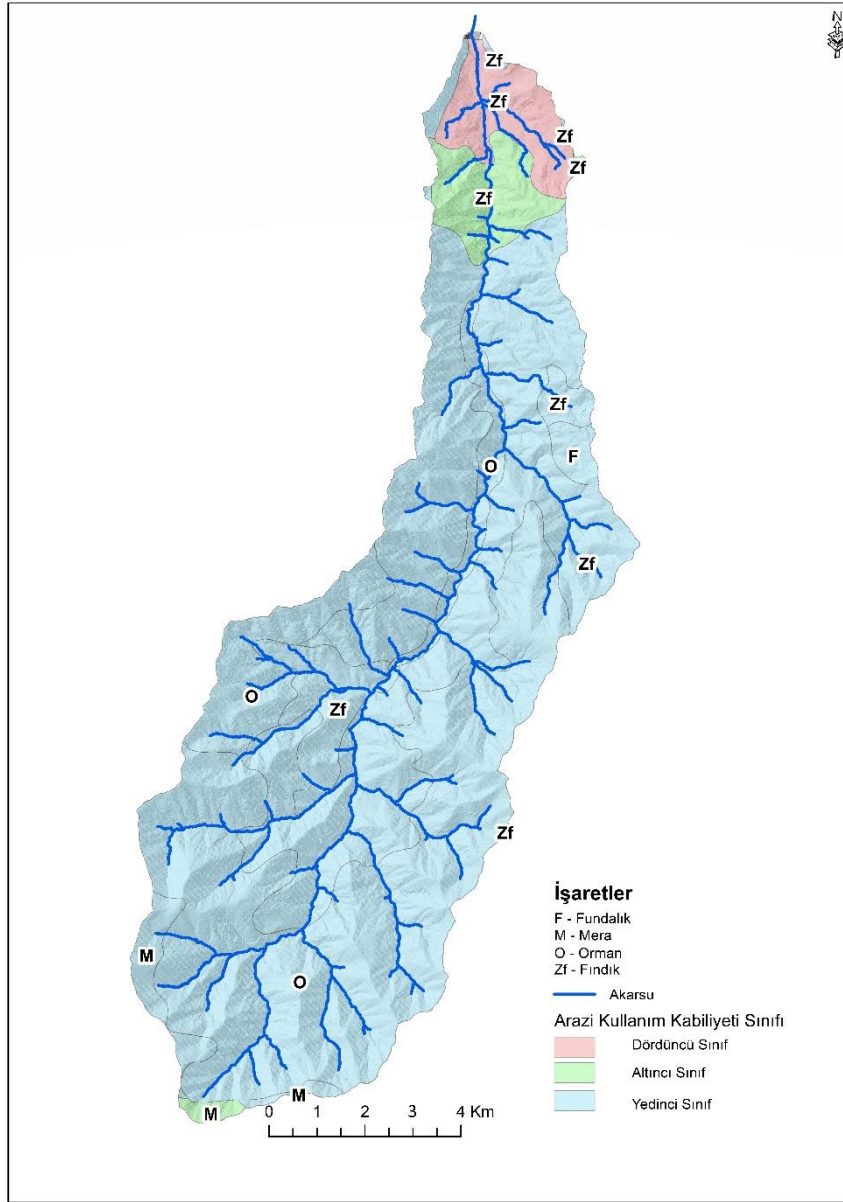
Altıncı sınıf araziler, orman veya çayırılık olarak değerlendirilse bile orta düzeyde koruma önlemlerinin alınmasını gerektiren alanlardır. Yüksek eğime sahip bu arazilerde, şiddetli erozyon görülmektedir (T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, 2008). Toprak işlemeyi zorlaştıran taşlı ve çok düşük su tutma özelliğine sahip olan bu araziler mera alanı olarak kullanılmaya daha uygundur. Ayrıca bu tip arazilerin tuzluluk ve alkalilik problemleri vardır (Seyhan, 2022). Altıncı sınıf araziler çalışma alanının %4,6'sını (4,92 km²) kaplamaktadır (Tablo 6). Altıncı sınıf araziler, Kayabaşı Mahallesi çevresinde, kuzey – güney yönünde yaklaşık 2 km uzunluğa sahip bir hat boyunca akarsu vadisinin her iki yamacında da 500 m kotuna kadar yayılmış bir şekilde görülmektedir. Altıncı sınıf arazilerin bulunduğu alandaki eğim değerleri dördüncü sınıf arazilerin bulunduğu alanlara göre daha yüksek, yedinci sınıf arazilerin bulunduğu alanlara göre daha düşüktür. Altıncı sınıf arazilerin bulunduğu alanlarda da dördüncü sınıf arazilerde olduğu gibi yapılaşma daha yoğundur ve fındık yetiştiriciliği yapılmaktadır (Şekil 31).

Eğim değeri yüksek olan, fazlaca erozyona uğramış, taşlı ve arızalı olan yedinci sınıf araziler yüzlek, kuru, bataklık veya diğer bazı verimsiz topraklardan oluşmaktadır. Bu sınıf araziler çok dikkatli olmak koşulu ile çayır veya orman alanı

olarak değerlendirilebilir ve üzerinde yer alan bitki örtüsünün azalması erozyonun şiddetinin artmasına neden olmaktadır. (T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, 2008). Çok düşük su tutma kapasitesine sahip olan yedinci sınıf arazilerin şiddetli tuzluluk ve alkalilik problemi vardır (Seyhan, 2022) ve çalışma alanının %90,9'unu (96,39 km²) kaplamaktadır (Tablo 6). Çalışma alanında yedinci sınıf araziler eğimin fazla olduğu yamaçlar ve eğimin az olduğu sırt düzlükleri ve akarsu vadilerinde yer almaktadır. Vadi yamaçları fındık yetiştiriciliği için kullanılmakta ve fındık arazileri 950 – 1.000 m yükseklik basamağından itibaren yerini ormanlara bırakmaktadır. Ana akarsu kanalının etrafında da yer alan orman alanları 1.800 – 1.850 m yükseklik basamağından itibaren yerini mera alanlarına bırakmaktadır. Ayrıca çalışma alanının doğusunda yedinci sınıf araziler içerisinde fundalık alanlar yer almaktadır (Şekil31).

AKK Sınıfı	Alan (Km²)
IV. Sınıf Arazi	4.70
VI. Sınıf Arazi	4.92
VII. Sınıf Arazi	96.03
Toplam	105.74

Tablo 6. Çalışma alanı Arazi Kabiliyet Sınıfı Dağılımı

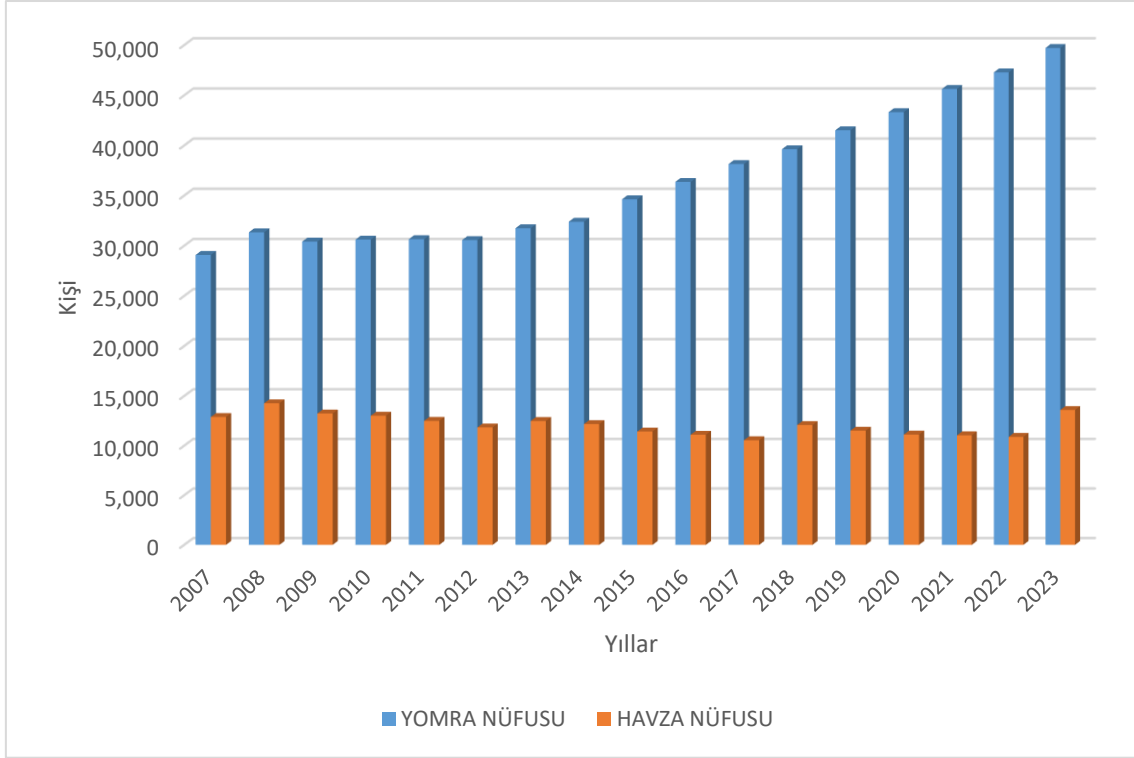


Şekil 31.Çalışma Alanı Arazi Kullanım Kabiliyeti Sınıflandırması Haritası

2.6.Nüfus

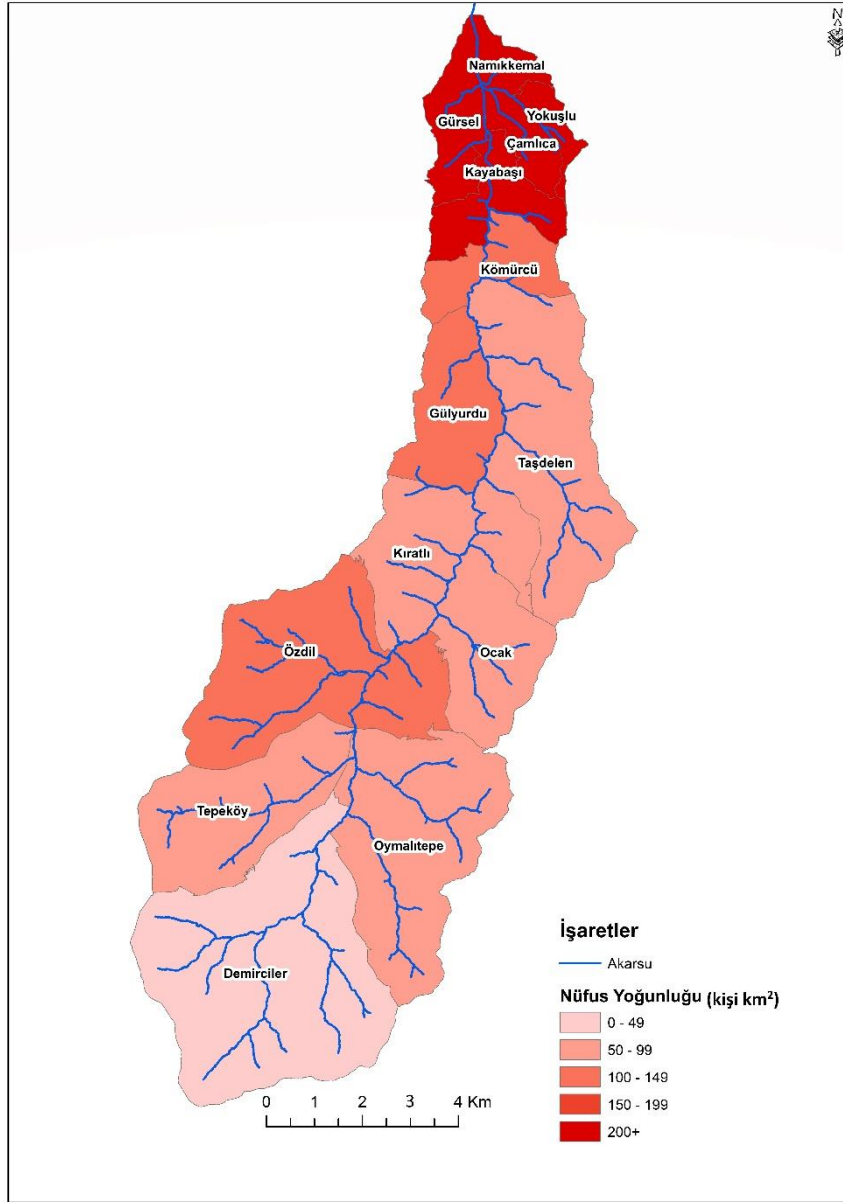
Çalışma alanı, 2023 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) sonuçlarına göre nüfusu 49.721 olan Yomra ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır.Çalışma alanı içerisinde yer alan 14 mahallenin ADNKS'ye göre 2023 yılı nüfusu ise 13.597'dir. Bu miktar toplam nüfusun %27'sini oluşturmaktadır. Nüfusun yıllar içerisindeki değişimine bakıldığında Yomra genelinde nüfusun 2014 yılından sonra artış gösterdiği görülmektedir. Bu artışın nedeni 2014 yılında yapılan mahalli idareler seçimi ve son yıllarda özellikle ilçe merkezinde turizm sektörüne bağlı olarak yapılaşmanın artmasıdır. Çalışma alanı içerisinde kalan mahallerin nüfus miktarlarında da yıllar içerisinde artış ve azalışlar göze çarpmaktadır. Özellikle mahalli idareler seçiminin olduğu, 2009, 2014, 2019 ve 2024 yıllarından önce nüfus miktarının artması

ve sonraki yıllarda azalması, nüfus miktarında meydana gelen bu dalgalanmalarda mahalli idareler seçiminin etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 32). 2007 yılında havza nüfusu yaklaşık olarak Yomra Nüfusu'nun yarısına yakın iken bu oran 2023 yılında 1/3'e gerilemiştir. Bu durum özellikle Yomra ilçe merkezinde nüfus miktarının havzada yer alan mahallelere göre daha fazla arttığını göstermektedir.



Şekil 14.Çalışma Alanı Nüfus Değişim Grafiği (2007 – 2023)

Çalışma alanının nüfus yoğunluğu özellikleri incelendiğinde özellikle Yomra Deresi'nin mansap noktası ve ilçe merkezine yakın olan mahallelerde nüfus yoğunluğunun fazla olduğu ve akarsuyun kaynak noktasına doğru gidildikçe nüfus yoğunluğunun azaldığı görülmektedir. Çalışma alanının iç kesimlerinde yer almasına rağmen Özdil Mahallesi'nin nüfus yoğunluğunun çevresinde yer alan mahallelere oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni olarak Özdil Mahallesi'nin 2014 yılına kadar belde statüsünde olmasıdır. (Şekil 33).



Şekil 15.Çalışma Alanı Nüfus Yoğunluk Haritası

2.7.Yerleşim Özellikleri

Havzanın fiziki şartlarından dolayı özellikle havzanın mansap kısmına yakın bölgedeki vadi tabanında yoğunlaşmakla birlikte havza genelinde dağınık yerleşim dokusu hakimdir. Yerleşim birimleri genellikle eğimin daha az olduğu Yomra Deresi ve yan kollarının oluşturduğu vadi tabanlarına yakın alanlarda yer almaktadır. Trabzon Büyükşehir Belediyesi'nden elde edilen yapı verilerine göre havza alanında 8 farklı tipte toplam 9.831 adet yapı bulunmaktadır. Bu yapılar içerisinde mesken, kamu, işyeri ve tarım ve hayvancılık yapıları en fazla paya sahip yapı tipleri olarak dikkat çekmektedir. Mahallelere göre yapı sayısına bakıldığında nüfus miktarı ile doğru orantılı olarak akarsuyun mansap noktasına ve ilçe merkezine yakın olan mahallerde yapı sayısının diğer mahallelere göre daha fazla olduğu görülmektedir. Yapı tiplerinin dağılımına

bakıldığında ise nüfus ile orantılı olarak mesken ve kamu yapılarının bütün mahallelerde yer aldığı ticari ve işyeri tipi yapıların ilçe merkezine yakın mahallelerde diğer mahallelere göre daha fazla olduğu görülmektedir (Tablo 7).

	Bina Dışı Yapı	Diğer	İkamet Amaçlı	İşyeri	Kamu	Mesken	Tarım ve Hayvancılık	Ticari Amaçlı Yapı	Toplam
Ocak	0			1	91	315		0	407
Çamlıca	5	17		8	144	248	1	1	423
Demirciler	2		27	8	51	575	283	11	946
Gülyurdu	5			3	161	246		2	415
Gürsel	24	36		34	275	360		2	729
Kayabaşı	2			2	206	296		0	506
Kıratlı	0			11	230	501		0	742
Kömürcü	4			7	133	184		0	328
Namıkkemal	1	57		33	50	151		0	292
Oymalıtepe	0	1		13	360	655		1	1.029
Özdil	2	2	1	33	740	1.373		4	2.151
Sancak	0	1		3	8	25		0	37
Taşdelen	0			9	275	494		1	778
Tepeköy	4		1	2	283	548		1	838
Yokuşlu	0				73	114		0	187
Toplam	49	114	29	167	3.080	6.085	284	23	9.831

Tablo 7. Çalışma Alanı Yapı Tipi Dağılım Tablosu

2.8.Çalışma Alanında Meydana Gelen Taşkınlar

Çalışma alanının içinde bulunduğu Doğu Karadeniz havzasındaki akarsular kaynaklarını kıyıya paralel olarak uzanan dağların doruklarından alan ve özellikle sağanaklardan sonra taşan ve tarım arazilerinde, yol ve köprü gibi yapılarda sık sık

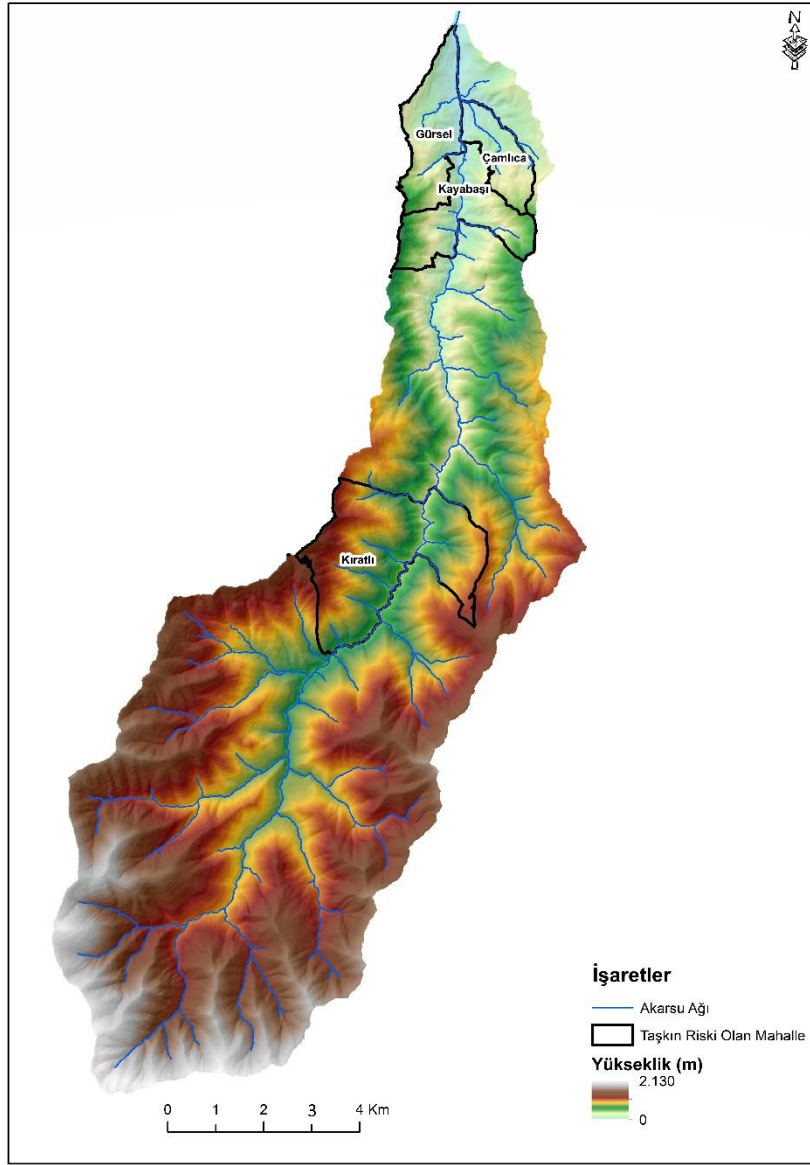
hasar oluşmasınca neden olan kısa boylu dere ve ırmaklardır. Çalışma alanında meydana gelen taşkınlar incelendiğinde 1959-2019 yılları arasında 19.05.1959, 11.11.1987, 12.09.2002, 21.11.2009, 19.08.2013 ve 20.06.2019 tarihlerinde olmak üzere toplam 6 adet taşkın meydana gelmiştir. 12.09.2002 tarihinde meydana gelen taşkında meskun mahaller zarar görmüş (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020), 19.08.2013 tarihinde meydana gelen taşkında 2 kişi yaşamını yitirmiş, 20.06.2019 yılında meydana gelen taşkın olayında da Yomra-Özdil grup yolu trafiğe kapanarak ulaşımda aksama meydana gelmiştir. Ayrıca 19.05.1959, 21.11.2009 ve 19.08.2013 tarihlerinde çalışma alanına komşu olan Şana Deresi havzasında da taşkın olayları meydana gelmiştir(T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020).

İklim modellerinden elde edilen veriler, küresel iklim değişikliğinin etkisiyle çalışma alanının yer aldığı Doğu Karadeniz Havzası'ndaki yağış miktarının artış göstereceğini ortaya koymaktadır. (Elbaşı ve Özdemir, 2023). SYGM (2016) tarafından yapılan çalışmada Doğu Karadeniz Havzası'nda HadGEM2-ES, MPI-ESM-MRveCNRM-CM5.1 modelleri için RCP8.5 ve RCP 4.5 senaryolarına göre yağış miktarında meydana gelecek olan değişim hesaplanmıştır. Referans dönem olarak 1970-2000 döneminin kullanıldığı çalışmada 2020-2100 yılı arası 10'ar yıllık periyotlara ayrılarak yağış anomali değerleri hesaplanmıştır. HadGEM2-ES modeli RCP 4.5 senaryosunda 2031-2040, 2041-2050 ve 2091-2100 dönemlerinde yağış miktarının azalacağı diğer dönemlerde artacağı, en fazla artışın yaklaşık 75 mm ile 2061-2070 döneminde olacağı, RCP 8.5 senaryosundaise 2021-2030 ve 2090-2100 dönemlerinde yağış miktarının azalacağı diğer dönemlerde artacağı ve en fazla artışın yaklaşık 175 mm ile 2081-2090 döneminde olacağı hesaplanmıştır. MPI-ESM-MR modeline göre her iki senaryoda da tüm dönemlerde yağışın artacağı RCP 4.5 senaryosunda en fazla artışın yaklaşık 80 mm ile 2041-2050 döneminde, RCP 8.5 senaryosunda ise yaklaşık 175 mm ile 2081-2090 döneminde olacağı hesaplanmıştır. CNRM-CM5.1 modeli RCP 4.5 senaryosunda dönemlerde yağışın artacağı ve en fazla artışın yaklaşık 60 mm ile 2021-2030 döneminde olacağı, RCP 8.5 senaryosunda ise yağışın 2051-2060 dönemi hariç tüm dönemlerde artacağı en fazla artışın da yaklaşık 120 mm ile 2031-2040 döneminde olacağı hesaplanmıştır. Doğu Karadeniz Havzasında öngörülen yağış artışlarının, özellikle bölgenin kıyı kesimlerinde sel ve taşkın olaylarının meydana gelme olasılığını artırmaktadır.

2.9.Çalışma Alanında Taşkınlara Karşı Alınan Önlemler

Yomra ilçesindeki akarsu havzalarında meydana gelen taşkınlar bu havzada yapısal taşkın önleme yöntemlerine başvurulmasına neden olmuştur. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılan ıslah çalışmaları ile Yomra Deresi'nin ana kanalı 2015 yılında beton kanal içerisine alınmıştır. Islah çalışmaları kapsamında havzada bulunan akarsu kanallarında 10.128 metre beton duvar, 860 metre harçlı kagir duvar, 3.488 metre sedde ve 15 adet beton barit inşa edilmiştir. (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020). Yapısal olmayan taşkın önleme çalışmaları kapsamında Yomra Deresi üzerinde DSİ tarafından taşkın erken uyarı sitemi kurulmuştur.

SYGM'nin hazırlamış olduğu Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planında çalışma alanında yer alan Çamlıca, Gürsel, Kıratlı ve Kayabaşı mahallelerinde taşkın riski bulunduğu belirlenmiş (Şekil 34) ve Yomra Deresi'nde biriken rüsubatın her yıl temizlenmesi önerilmiştir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020). Aynı çalışmada Yomra ilçesinde yer alan Şana Deresi, Muratlı Deresi ve Zil Deresi için taşkın riski ön değerlendirme çalışması yapılmış ve taşkın yayılım alanları belirlenmiştir.



Şekil 16.Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı'na Göre alışma Alanındaki Taşkın Riski Bulunan Mahalleler

2.10.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Çalışma alanında meydana gelen taşkınlar, Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı'nda çalışma alanının özellikle mansap noktasına yakın kesimlerdeki mahallelerin taşkın açısından riskli olduğunun belirlenmesi, yine aynı çalışmada çalışma alanındaki yaşanan taşkın sayısının ilçede yer alan diğer akarsu havzalarına göre daha fazla olmasına rağmen taşkın yayılım alanlarının hesaplanmaması, taşkın açısından riskli olduğu belirlenen mahallerde özellikle akarsuyun taşkın yatağı üzerinde mesken, kamu, işyeri ve ticari yapıların bulunması Yomra Deresi havzasında taşkın riskinin belirlenmesini gerekli kılmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye’de taşkın afetinin en fazla görüldüğü bölgelerden birisinde yer alan Yomra Deresi havzasının taşkın riski CBS ile belirlenmiştir. Çalışma ile bölgede taşkın ile mücadele çalışmalarında kullanılmak üzere altlık haritaların üretilmesi, morfometrik analiz yönteminin taşkın riski ön değerlendirme çalışmalarında kullanılabilirliği, kullanılan morfometrik parametrelerden hangisinin çalışma alanındaki taşkın duyarlılığını daha iyi yansıttığı, analitik hiyerarşi yöntemi ile taşkın tehlikesi olan bölgelerin belirlenebilmesi, taşkından etkilenecek olan nüfus miktarının bina ölçeğinde değerlendirilmesi, taşkın yayılım alanları belirlenerek havzadaki olası taşkınların doğrudan ve dolaylı etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Bu kapsamda literatürde yer alan çalışmalar da incelenerek çalışma üç aşamada ortaya koyulmuştur. Çalışmanın birinci aşaması olarak morfometrik analiz yöntemi kullanılarak çalışma alanının ilçede bulunan diğer akarsu havzalarına göre taşkın duyarlılık durumu belirlenmiştir. Morfometrik analiz yöntemine göre çalışma alanının taşkın duyarlılık durumu belirlendikten sonra ilçede meydana gelen taşkınlar ile morfometrik analiz sonuçları karşılaştırılarak havza morfometrik özelliklerinin çalışma alanındaki taşkınlara etkisi belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşaması olarak çalışma alanının morfometrik analiz yöntemine göre taşkın duyarlılığı belirlendikten sonra analitik hiyerarşi yöntemine göre çalışma alanının taşkın tehlike haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan taşkın tehlike haritası T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2020) tarafından hazırlanan taşkın yönetimi planında elde edilen bulgular ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra çalışma alanında yer alan bina, bağımsız bölüm ve nüfusun taşkın tehlike sınıfına göre dağılımı belirlenmiştir.

Çalışmanın son aşaması olarak havzada taşkın riskinin çok yüksek olduğu alandaki taşkın yayılım alanları belirlenmiştir. Taşkın yayılım alanlarının belirlenebilmesi için havzada yer alan akım gözlem istasyonunun (AGİ)akım verileriDSİ’den temin edilmiş ve olasılık dağılım fonksiyonları kullanılarak bu verilerden taşkın tekerrür pik debileri hesaplanmıştır. Taşkın pik debi değerleri kullanılarak bölgedeki taşkın yayılım alanları belirlenmiş ve bu verilere göre bölgede meydana gelecek taşkınlar nedeniyle risk altında olan yapı, bağımsız bölüm ve nüfus miktarı belirlenmiştir. Taşkın risk haritasının oluşturulmasından sonra ise havzada taşkınlara karşı alınabilecek olan önlemler ile ilgili olarak öneriler sunulmuştur.

3. VERİ VE YÖNTEM

3.1. İlgili Çalışmalar

Taşkınduyarlılık ve tehlike analizi çalışmaları için literatür taraması yapıldığında konu ile ilgili ulusal ve uluslararası literatürde farklı yöntemlerin kullanıldığı çok sayıda çalışma yapıldığı görülmüştür. Bu tez çalışmasında kullanılmasına karar verilen yöntemler ile ilgili örnek çalışmalar aşağıda sıralanmıştır.

3.1.1. Morfometrik Analiz Yöntemi İle Yapılan Çalışmalar

Koçyiğit ve Akay (2018), Kastamonu ve Sinop il sınırları içerisinde yer alan Akçay Nehri havzasındaki taşkın potansiyelini havzanın morfometrik özellikleri açısından incelemiştir. 1/25.000 ölçekli topografya haritasından elde edilen 10 metre çözünürlükteki sayısal yükseklik modeli (SYM) verisinin kullanıldığı ve havzanın 11 alt havzaya ayrıldığı çalışmada havzanın akarsu sıklığı, biçim faktörü, çatallanma oranı, dairesellik oranı, drenaj yoğunluğu, genişlik uzunluk oranı, rho katsayısı, sıklık katsayısı, şekil faktörü, tekstür oranı, uzunluk oranı ve yüzeysel akış uzunluğu parametreleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen parametreler standartlaştırılmış morfometrik sıralama yöntemi (Youssef vd. 2011) ve El-Shamy yöntemi (El-Shamy, 1992) ile sıralanmıştır. Standartlaştırılmış morfometrik parametre sıralama yöntemi sonuçlarına göre 4 alt havzanın düşük, 4 alt havzanın orta ve 3 alt havzanın yüksek taşkın potansiyeli sınıfında olduğu, El-Shamy yöntemine göre yapılan sıralamada ise tüm havzaların orta derecede taşkın potansiyeli olduğunu belirlemiştir.

Utlu ve Özdemir (2018), Çanakkale’de yer alan Biga Çayı havzasındaki taşkın duyarlılığını havzanın morfometrik parametreleri açısından incelemiştir. 1/25.000 ölçekli topografya haritasından üretilen 10 metre çözünürlükteki SYM verisini kullandığı çalışmada havza 4 alt havzaya ayrılmış ve alt havzaların akarsu sıklığı, akarsu uzunluk oranı, akım toplama zamanı, çatallanma oranı, drenaj yoğunluğu, drenaj tekstür oranı, engebelilik değeri, gravelius indeksi, havza rölyefi, havza şekli, hipsometrik eğri, hipsometrik integral, rölyef oranı, tekstür oranı ve uzunluk oranı parametreleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen morfometrik parametreler bileşik faktör yöntemi ile sıralanmış, Biga ve Kirazlıdere alt havzasının taşkın üretme potansiyellerinin daha yüksek olduğunu belirlemiştir.

Yıldırım (2021) yaptığı çalışmada, Trabzon’da yer alan Ağasar Deresi, Fol Deresi, Galanima Deresi, Değirmendere, Yomra Deresi, Yanbolu Deresi, Karadere,

Küçükdere, Manahoz Deresi ve Solaklı Deresi morfometrik analizlerini yapmıştır. Morfometrik analizler için söz konusu akarsuların havzalarına ait akarsu sıklığı, drenaj dokusu, drenaj yoğunluğu, şekil faktörü, uzama oranı ve yüzeysel akış uzunluğu parametreleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda Değirmendere, Karadere ve Solaklı derelerinin taşkın duyarlılığının diğer akarsulara oranla daha yüksek olduğu, Fol Deresi ve Ağasar Deresi'nin yüzey geçirgenliğinin çok düşük olduğu ve Yanbolu Deresi'nin akarsu aşındırmasının sediman taşınımının diğer akarsu havzalarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Erdede ve Öztürk (2016), Kızılırmak Nehri havzasındaki taşkın potansiyelini morfometrik analiz yöntemi ile belirlemiştir. Çalışmada akarsu sayısı, akarsu sıklığı, akarsu uzunluk oranı, bağıl rölyef, çatallanma oranı, dairesellik oranı, drenaj yoğunluğu, engebellik değeri, form faktörü, havza rölyefi, havza uzunluk oranı, hipsometrik integral, infiltrasyon değeri, ortalama akarsu uzunluğu, rölyef oranı, toplam akarsu uzunluğu, yüzeysel akış uzunluğu parametreleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda 7. dizindeki akarsukanallarının çevresinde taşkın tehlikesinin daha yüksek olduğunu ve bu alanlarda çalışmaların daha da detaylandırılarak yapılması gerektiğini belirlemişlerdir.

Kamuş ve Dutucu (2023), Düzce'de yer alan Esmahanım Deresi havzasındaki taşkın duyarlılığını belirlemek için morfometrik analiz yöntemini kullanmışlardır. 12,5 metre yersel çözünürlüğe sahip SYM kullanıldığı ve havzanın 3 alt havzaya ayrıldığı çalışmada alt havzaların akarsu sıklığı, akarsu uzunluk oranı, akım toplama zamanı, çatallanma oranı, drenaj yoğunluğu, engebellik değeri, form faktörü, havza rölyefi hipsometrik integral, tekstür oranı ve uzunluk oranı parametreleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen morfometrik parametreler bileşik faktör yöntemi ile sıralanmış ve Küpler Deresi alt havzasının taşkın duyarlılığının düşük, Esmahanım Deresi alt havzasının orta ve Gübi Deresi alt havzasının yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Turoğlu ve Aykut (2019), Ergene Nehri havzasının taşkın duyarlılığını havzanın morfometrik özellikleri açısından incelemiştir. 12,5 metre çözünürlüğe sahip SYM verisinin kullanıldığı ve havzanın 14 alt havzaya ayrıldığı çalışmada alt havzaların akarsu uzunluk oranı, akarsu sıklığı, akım toplama zamanı, çatallanma oranı, drenaj yoğunluğu, engebellik değeri, havza rölyefi, havza şekli, hipsometrik integral, rölyef oranı, tekstür oranı ve uzunluk oranı parametreleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda hesaplanan morfometrik parametreler bileşik faktör yöntemine göre sıralanmış ve 5 alt

havzanın çok düşük, 1 alt havzanın düşük, 3 alt havzanın orta, 2 alt havzanın yüksek ve 3 alt havzanın çok yüksek taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığını belirlemişlerdir.

Alam vd.(2021), Bangladeş'in güneydoğusunda yer alan 13 adet akarsu havzasının taşkın üretme potansiyellerini morfometrik parametreler açısından incelemişlerdir. 30 metre çözünürlüğe sahip SYM verisinin kullanıldığı çalışmada havzaların akarsu sıklığı, drenaj yoğunluğu, drenaj tekstür oranı, çatallanma oranı, havza rölyefi, engebililik değeri, akım toplama zamanı, infiltrasyon katsayısı ve form faktörü parametreleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen morfometrik parametreler standartlaştırılmış morfometrik parametre sıralama yöntemine göre sıralanmış ve 5 alt havzanın çok düşük, 3 alt havzanın düşük, 2 alt havzanın orta, 1 alt havzanın yüksek ve 2 alt havzanın da çok yüksek taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığını belirlemişlerdir. Ayrıca taşkın duyarlılığının yüksek olduğu havzaların çoğunluğunda yerleşmelerin bulunmadığı ve 4 alt havzada taşkın duyarlılığının düşük olmasına rağmen yoğun yerleşmelerin bulunması nedeni ile ani taşkın riskinin yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Mahala (2020), Hindistan'ın doğusunda yer alan Kosi ve Kangsabati Nehri havzalarının taşkın üretme potansiyellerini morfometrik parametreler açısından incelemiştir. 30 metre çözünürlüğe sahip SYM verisinin kullanıldığı çalışmada havzaların ağırlıklı çatallanma oranı, akarsu sıklığı, akarsu uzunluk oranı, çatallanma oranı, dairesellik oranı, drenaj tekstür oranı, diseksiyon indeksi, drenaj yoğunluğu, engebililik değeri, form faktörü, havza rölyefi, rölyef oranı ve uzama oranı parametreleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda tüm morfometrik parametrelere göre Kosi Nehri havzasının taşkın üretme potansiyelinin Kangsabati Nehri havzasına oranla daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Bhatt ve Ahmed (2014), Hindistan'ın batısında yer alan Yukarı Krishna Nehri havzasının taşkın üretme potansiyelini morfometrik parametreler açısından incelemiştir. Düz arazide 4,7 m mutlak yükseklik doğruluğuna ve 7,3 m yatay doğruluğa, engebili arazide 7 m yüksekliğe ve 14 m yatay doğruluğa sahip SYM verisinin kullanıldığı çalışmada havza 10 adet alt havzaya ayrılmış ve alt havzalara ait akarsu sıklığı, akım toplama zamanı, çatallanma oranı, drenaj yoğunluğu, engebililik değeri, form faktörü, infiltrasyon katsayısı, rölyef oranı ve tekstür oranı parametreleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen morfometrik parametreler bileşik faktör yöntemine göre sıralanmış ve 2 alt havzanın düşük, 4 alt havzanın orta ve 4 alt havzanın da yüksek

taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığını belirlemişlerdir. Ayrıca Yukarı Krishna Nehri'nin üst kısmında bulunan 5 adet alt havzanın yağmur mevsiminde daha büyük bir akış olasılığının bulunduğu ve bu durumun alt havzalardaki taşkın riskini artırdığını belirlemişlerdir.

Ogarekpe vd. (2020), Kamerun'dan doğup Nijerya'dan Atlas Okyanusu'na dökülen Cross Nehri havzasının taşkın duyarlılığını morfolometrik parametreler açısından incelemişlerdir. 90 metre çözünürlüğe sahip SYM verisinin kullanıldığı ve havzanın 18 adet alt havzaya ayrıldığı çalışmada alt havzalara ait çatallanma oranı, akarsu sıklığı, drenaj yoğunluğu, rölyef oranı, drenaj tekstür oranı, form faktörü, engebelilik değeri, uzama oranı, lemniskat oranı, kompaktlık katsayısı, dairesellik oranı ve havza rölyefi parametreleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen morfolometrik parametreler bileşik faktör yöntemine göre sıralanmış ve 4 alt havzanın düşük, 4 alt havzanın orta ve 10 alt havzanın da yüksek taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığını belirlemişlerdir. Ayrıca ana kanala yüksek akış katkısı olan toplam 7 adet alt havzanın çıkışına baraj inşa edilmesinin alt havzalarda meydana gelecek taşkınları önleyebileceğini belirlemişlerdir.

Farhan ve Anaba (2016), Ürdün'ün güneyinde yer alan Wadi Yutum Nehri havzasının taşkın duyarlılığını morfolometrik parametreler açısından incelemiştir. 30 metre çözünürlüğe sahip SYM verisinin kullanıldığı ve havzanın 17 adet alt havzaya ayrıldığı çalışmada alt havzalara ait akarsu sıklığı, çatallanma oranı, dairesellik oranı, drenaj yoğunluğu, engebelilik değeri, geometri numarası, havza rölyefi, hipsometrik integral, kompaktlık katsayısı, rölyef oranı, şekil faktörü ve uzama oranı parametreleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen morfolometrik parametreler standartlaştırılmış morfolometrik parametre sıralama yöntemi ve El-Shamy yöntemine göre sıralanmıştır. Standartlaştırılmış morfolometrik parametre sıralama yöntemine göre 6 alt havzanın düşük, 8 alt havzanın orta ve 3 havzanın yüksek taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığını, El-Shamy yöntemine göre 5 alt havzanın düşük, 6 alt havzanın orta ve 6 alt havzanın yüksek taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığını belirlemişlerdir.

3.1.2. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) İle Yapılan Çalışmalar

Ghosh ve Kar (2018) tarafından yapılan çalışmada, Batı Bengal'in Malda Bölgesi'ndeki sel ve taşkın riskini belirlemek için analitik hiyerarşi yöntemi (AHY) kullanılmıştır. Veri olarak mutlak yükseklik, eğim, arazi kullanımı, nehirden uzaklık, yağış yoğunluğu ve nehir birleşim noktasından uzaklık verilerinin kullanıldığı çalışma

sonucunda bölgenin kuzey ve batı kısımlarında sel ve taşkın riskinin diğer bölgelere oranla daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Oğuz vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada, analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak Düzce ilinde iki farklı dönemdeki yağış değerlerine bağlı olarak taşkın duyarlılık alanlarındaki değişim incelenmiştir. Çalışmanın birinci bölümünde uzun yıllık yağış miktarı verileri kullanılarak taşkına duyarlı alanlar modellenmiş, sonraki bölümde ise 17-18 Temmuz 2019 tarihlerinde meydana gelen taşkınlara ait yağış verileri kullanılarak taşkın duyarlı alanlar modellenmiştir. Bu şekilde uzun yıllık yağış miktarı ve taşkın olayının meydana geldiği güne ait yağış miktarı verisine göre taşkına karşı duyarlı alanlar belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Çalışmada taşkına duyarlı alanların belirlenmesinde yağış verilerinin yanında akarsuya uzaklık, arazi kullanımı, bakı, eğim, jeoloji ve toprak verileri de kullanılmıştır.

Tüzgen ve Karaca (2021) tarafından yapılan çalışmada, Muğla ilinin Fethiye ilçesindeki Çerçi Deresi havzasının taşkın duyarlılık analizi yapılmıştır. Analitik hiyerarşi yönteminin kullanıldığı çalışmada alana ait akarsuya yakınlık, arazi kullanımı, bakı, eğim, jeoloji ve yükseklik verileri kullanılarak taşkına duyarlı alanlar belirlenmiştir. Oluşturulan duyarlılık haritasına göre Fethiye ilçe merkezinin bir kısmını da içersine alan, çalışma alanının %17,64'lük bölümünün taşkın duyarlılığının yüksek olduğu belirlenmiştir.

Desalegn ve Mulu (2020) tarafından yapılan çalışmada, Etiyopya'da bulunan Fetam Nehri havzasının taşkın duyarlılık haritası hazırlanmıştır. Analitik hiyerarşi yönteminin kullanıldığı çalışmada akarsu havzasına ait eğim, yükseklik, arazi kullanımı, drenaj yoğunluğu, yağış ve toprak türleri verilerinden yararlanılmıştır. Ayrıca çalışmada çeşitli deşarjlara göre taşkına duyarlı alanları göstermek için nehir kıyılarındaki geçmiş veriler, önceki taşkınların deşarj değerleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda ortaya çıkan haritaya göre çalışma alanın 67,54 km²'lik bölümü taşkına karşı çok yüksek, 634,11 km²'lik kısmı yüksek, 280,89 km²'lik kısmı orta, 121,28 km²'lik kısmı düşük ve 2,81 km²'lik kısmı çok düşük hassasiyete sahip olduğu belirlenmiştir.

Tokgözlü ve Özkan (2018) tarafından yapılan çalışmada, Aksu Çayı alt havzasına ait taşkın duyarlılık haritası hazırlanmıştır. Analitik hiyerarşi yönteminin kullanıldığı haritada havzaya ait akarsu ağına yakınlık, arazi kullanımı, bitki örtüsü, eğim, litoloji, toprak ve yağış verileri kullanılmıştır. Literatürden elde edilen ve son 30 yılda meydana gelen tarihi taşkınların konumları oluşturulan taşkın duyarlılık haritasına

işlenmiş ve havzada meydana gelen tarihi taşkınların %40'ının taşkın riskinin düşük, %30'unun taşkın riskinin orta ve %30'unun taşkın riskinin yüksek olduğu alanlarda meydana geldiği, taşkın riskinin olmadığı belirlenen alanlarda ise herhangi bir taşkın olayının meydana gelmediği belirlenmiştir.

Kabenge vd.(2017) tarafından yapılan çalışmada, Uganda'nın batısında yer alan Nyamwamba Nehri havzasının taşkın duyarlılık haritasının hazırlanması için analitik hiyerarşi yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada veri olarak eğim, akış birikimi, drenaj yoğunluğu, akarsu kanalından uzaklık, arazi kullanımı ve yağış yoğunluğu verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda çalışma alanının %11'lik kısmının taşkına karşı çok yüksek oranda, %18'lik kısmının ise yüksek oranda duyarlı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca havzada meydana gelen tarihsel sel kayıtları ile hazırlanan duyarlılık haritasının doğrulaması yapılmıştır.

Das (2018) tarafından yapılan çalışmada, Hindistan'ın Maharashtra eyaletinde yer alan Vaitarna havzasının taşkın duyarlılık haritasının hazırlanması için analitik hiyerarşi yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada veri olarak yükseklik, eğim, akarsudan uzaklık, yağış miktarı, akış birikimi, arazi kullanımı, jeoloji, topografik ıslaklık indeksi ve eğrilik verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda hazırlanan taşkın duyarlılık haritasına göre çalışma alanının yaklaşık olarak %20'lik kısmının taşkına karşı çok yüksek oranda duyarlı olduğu belirlenmiştir.

Tanrıverdi (2019) tarafından yapılan çalışmada, Şanlıurfa'da yer alan Sırrın Deresi, Karakoyun Deresi, Cavsak Deresi ve diğer küçük derelerin havzalarındaki taşkın riski bulunan alanlar Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile belirlenmiştir. Analitik hiyerarşi yönteminin kullanıldığı çalışmada alana ait yağış, akarsuya uzaklık jeoloji, eğim, bakı, sayısal yükseklik ve arazi kullanım verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda taşkın açısından çok yüksek risk taşıyan alanlarda 315 hektar yerleşim alanı, 455 hektar tarım alanı, 9 adet dini tesis, 12 adet okul, 1 adet sağlık tesisi ve 5 adet sosyo-kültürel tesisin bulunduğu, yüksek risk taşıyan alanlarda 415 hektar yerleşim alanı, 1.950 hektar tarım alanı, 4 adet dini tesis, 9 adet okul, 1 adet sağlık tesisi ve 5 adet sosyo-kültürel tesisin bulunduğu belirlenmiştir.

Ertan vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, Çanakkale'de yer alan Karamenderes Deresi havzasının taşkın tehlike haritası analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. Analitik hiyerarşi yönteminde yağış, eğim, arazi kullanım örtüsü, yükseklik, bakı, akarsuya uzaklık ve litoloji verileri kullanılmıştır. Çalışma

sonucunda oluşturulan Karamenderes Deresi havzasının Ocak 2016, Temmuz 2017 ve Şubat 2018 taşkın dönemine ait risk haritalarının, yerel basında bildirilen taşkın sonrası sular altında kalan alanlarla büyük ölçüde örtüştüğü tespit edilmiştir. Çalışmada, ormanlık alanların sel ve taşkın riski açısından düşük duyarlılığa sahip olduğu, buna karşın tarım alanları ve yapay alanlarda taşkın riskinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, geçmiş taşkınların incelenmesi sonucu, akarsuların yön değiştirdiği ve akarsu kollarının birleştiği noktalardaki taşkın duyarlılığının yüksek olduğu ortaya konmuştur.

Hammami vd.(2019) tarafından yapılan çalışmada, Tunus'un kuzeydoğusunda yer alan Tunus şehrinin taşkın tehlike haritası analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. Analitik hiyerarşi yönteminde çalışma alanına ait arazi kullanım, yükseklik, litoloji, yağış, drenaj yoğunluğu, eğim, toprak tipi ve yeraltı su seviyesi verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda çalışma alanının %2,85'inin çok düşük, %7,5'inin düşük, %17,95'inin orta, %20,63'ünün yüksek ve %51,06'sının ise çok yüksek taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığını ve çok yüksek taşkın potansiyeline sahip alanların toplam 270,37 km² olduğunu belirlemişlerdir.

Işık vd.(2020) yaptıkları çalışmada, Trabzon'un Araklı ilçesinde yer alan Karadere Çayı'nda 18.06.2019 tarihinde meydana gelen taşkınının coğrafi nedenleri incelenmiş ve aynı havzada meydana gelebilecek muhtemel taşkınların etkileyebileceği alanları belirleyebilmek için analitik hiyerarşi yöntemi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında havzaya ait akarsu birleşim noktasına uzaklık, akarsu kanalına uzaklık, arazi kullanımı, bakı, eğim, jeoloji, toprak, yağış ve yükseklik verisi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, 18 Haziran 2019 tarihinde meydana gelen taşkındaki, tahribatın büyüklüğünde insan faaliyetlerinin önemli bir rol oynadığı, yerleşim yerlerinin akarsulara çok yakın bir şekilde inşa edilmesi, temel ve yol açma çalışmalarından çıkan hafriyatın akarsu kanalına dökülmesi, köprülerin akarsu debisi ve kanalına uygun şekilde tasarlanmamasının 11,1 km² büyüklüğündeki küçük bir alt havzada tahribatın artmasına neden olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca analitik hiyerarşi yönteminin sonuçlarına göre Karadere Çayı havzasının %42,7'lik bölümünün (316,9 km²) taşkın duyarlılığının çok düşük, %38,3'ünün (284,7 km²), %11,2'lik bölümünün (82,8 km²) orta, %7,3'lük bölümünün (53,9 km²) yüksek ve %0,5'lik bölümünün (3,9 km²) çok yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

3.1.3. Taşkın Yayılım Alanlarının Belirlenmesi İle İlgili Çalışmalar

Ertürk ve Kaya (2019) tarafından yapılan çalışmada, Trabzon ilinin Vakfıkebir ilçesinde yer alan Kirazlı Deresi için DSİ sentetik yöntemi kullanılarak hesaplanan 500 yıl tekerrürlü taşkın pik debi verisini kullanılarak HEC-RAS yazılımında taşkın yayılım alanlarını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda dere yatağının sağ sahilinde bulunan yerleşim alanlarına doğru taşacağı ve taşkın anında su derinliğinin 2 metreye kadar ulaşabileceği ve taşkınları önleyebilmek için dere yatağının sağ tarafında yapısal taşkın önleme yöntemlerinin alınması gerektiği belirlenmiştir.

Çeliker vd.(2020) yaptıkları çalışmada, Bingöl’de yer alan Göynük, Çapakçır ve Gayt çaylarının şehir merkezinde oluşturduğu sel ve taşkın riskini HEC-RAS yazılımını kullanarak belirlemeye çalışılmışlardır. Çalışma kapsamında 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1.000 yıl pik debi değerleri Mockus yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda pik debilerinin oluşturacağı taşkınlarda su yüksekliğinin 8,12–9,62 m, taşkın sularının kapladığı alanların da 635.402- 1.561.982 m² arasında değiştiği , Gayt çayı üzerine inşa edilen Gayt Barajı’nın bu akarsu üzerindemeydana gelen taşkınların kontrol altına alınmasını sağladığı ve Çapakçur Çayı üzerinde planlaması devam eden Çapakçur Barajı’nın inşa edilmesinin bu akarsu üzerindeki taşkınların kontrol altına alınması için gerekli olduğu belirlenmiştir.

Tektaş ve Polat’ın (2021) yaptığı çalışmada, Diyarbakır’ın Çınar ilçesinde yer alan Çakmak Deresi’nin taşkın risk analizi yapılmıştır. Çalışma kapsamında öncelikle 2020 yılına ait uydu görüntülerinin kontrollü sınıflandırması yapılarak bölgedeki yerleşim alanları ve tarım arazilerinin haritası oluşturulmuştur. Daha sonra Çakmak Deresi’nin DSİ sentetik metot yöntemine göre hesaplanan 500 yıl tekerrürlü taşkın pik debisi verisi kullanılarak taşkın yayılım alanlarını HEC-RAS yazılımı ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda 135.985 m² yerleşim yeri, 126.326 m² tarım arazisi ve 51.548 m² ağaçlık alanın taşkından etkileneceği tespit edilmiştir.

Efe ve Önen (2015) tarafından yapılan çalışmada, Batman Çayı’nın Diyarbakır – Batman karayolu ile Yeni Malabadi Köprüsü arasındaki bölümünün taşkın risk analizini yapmışlardır. Çalışma kapsamında, akarsuyun belirtilen kesiminde 165 nokta belirlenmiş ve bu noktalardan alınan enine kesitler ile 25, 50, 100 ve 500 yıllık pik debi değerleri kullanılarak bu debilerde taşkın su üst yüzeyinin geldiği kotlar belirlenmiştir. Çalışma sonucunda 500 yıllık taşkın pik debisinin oluşturacağı olası bir taşkında su yüksekliğinin 4 m’ye ulaşacağı, en kesit tabanının düz ve geniş olmasından dolayı

taşkın sularının geniş bir alana yayılacağı, DSİ tarafından devam ettirilen Batman ayı ıslahı projesinin bölgedeki taşkınların kontrol altına alınmasında önemli bir etkiye sahip olacağını belirlemişlerdir.

Uçar (2010) tarafından yapılan çalışmada Trabzon'da yer alan, Değirmendere havzasındaki taşkın riskini HEC-RAS 4.0 programı ile belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında olasılık dağılım fonksiyonları ile Değirmendere ana kol ve yan kollarının 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 500 yıllık pik debi değerleri hesaplanmış ve değerler kullanılarak taşkın yayılım alanları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Değirmendere'nin Maçka ilçe merkezinde yer alan bölümünde yapılaşmanın akarsu kanalının yakınında olması ve karayolu köprülerinin akarsu kanalını daraltmasının olası bir taşkında meydana gelecek olan zararın boyutunun daha fazla olacağı belirlenmiştir.

Bulan (2019) tarafından yapılan çalışmada, Ağrı il merkezinden geçen Murat Nehri'nin taşkın risk analizi CBS ve HEC-RAS programı yardımı ile yapılmıştır. Çalışma kapsamında Murat Nehri'nin 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1.000 yıllık pik debi değerleri DSİ sentetik metodu ile hesaplanmış ve bu değerlere göre taşkın yayılım alanları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda olası bir taşkında en fazla zararın Taşlıçay Deresi'nin batısında kalan ve Ağrı Valiliği'nin, okulların, cami, sosyal tesis ve TOKİ konutlarının bulunduğu alanda yaşanacağı belirlenmiştir. Ayrıca 100 yıllık pik debi değerine göre meydana gelecek olası bir taşkında 553 hektar alanın su ile kaplanacağı ve ortaya çıkacak olan zararın 381,93 milyon TL olacağı, 500 yıllık pik debi değerine göre meydana gelecek olası bir taşkında 639 hektar alanın su ile kaplanacağı ve ortaya çıkacak olan zararın 516,36 milyon TL olacağı ve 1.000 yıllık pik debi değerine göre meydana gelecek olası bir taşkında 668 hektar alanın su ile kaplanacağı ve ortaya çıkacak olan zararın 618,24 milyon TL olacağı belirlenmiştir.

Yurdakul (2019) tarafından yapılan çalışmada, Sakarya'da yer alan Keçi Deresi havzasının taşkın risk analizi HEC-RAS programı yardımı ile yapılmıştır. Çalışma kapsamında alana ait yağış verilerine çeşitli istatistiki yöntemler uygulanarak 5, 10, 50, 100 ve 500 yıllık pikdebi değerleri hesaplanmış ve bu değerlere göre meydana gelecek olası bir taşkında taşkın suları ile kaplanacak alanlar belirlenmiştir. Çalışma sonucunda taşkın yayılım alanları verisi kullanılarak olası taşkınların verebileceği zararlar ortaya konularak olası taşkınların etkilerinin azaltılabilmesi için alınması gereken önlemler ile ilgili öneriler yapılmıştır.

Romali vd. (2018), Malezya’da yer alan Segamat Nehri havzasında 2011 yılında meydana gelen taşkın ve çeşitli tekerrür süresine sahip taşkınların taşkın yayılım alanlarını HEC-RAS yazılımını kullanarak belirlemişlerdir. Çalışma kapsamında 10, 25, 50, 100, 200, 500 ve 1.000 yıllık pikdebi değerleri Genelleştirilmiş Pareto, Genelleştirilmiş Ekstrem Değer, Log-Pearson 3, Log-Normal, ve Weibull olasılık dağılım fonksiyonları kullanılarak hesaplanmış ve yapılan güven testlerine göre Segamat Nehri havzasına en uygun olasılık dağılım fonksiyonunun Genelleştirilmiş Pareto olduğu belirlenmiştir. Daha sonra elde pik debi değerlerine göre taşkın yayılım alanları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda 100 yıllık pik debi değerine göre su altında kalan alanların çoğunun 2011 yılında meydana gelen taşkında da su altında kaldığını belirlemişlerdir.

Gholami vd. (2016) yaptıkları çalışmada, İran’ın kuzeyinde yer alan Rasht şehrindeki Goharood ve Siahrood nehirlerinin taşkın yayılım alanlarını HEC-RAS yazılımını kullanarak belirlemişlerdir. Çalışma kapsamında nehirlere ait 2, 10, 25, 50, 100 ve 200 yıllık pik debi değerleri Log-Pearson Tip 3 olasılık dağılım fonksiyonlarına göre hesaplanarak taşkın yayılım alanları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda sadece 200 yıllık pik tekerrür debisinin taşkın oluşturacağı ve çalışma alanında taşkın ile ilgili yapılacak çalışmalarda bu durumun dikkate alınması gerektiği belirlenmiştir.

Golshan vd. (2016), İran’ın güneyinde yer alan Safarood havzasındaki Halilrood Nehri’nin yan kollarına ait taşkın yayılım alanlarını belirlemek için HEC-RAS yazılımını kullanmışlardır. Çalışma kapsamında nehirlerin 2, 5, 10, 25, 50, 100 ve 200 yıllık pik tekerrür debileri Log-Pearson Tip 3 olasılık dağılım fonksiyonuna göre hesaplanmıştır. Daha sonra hesaplanan pik debilere göre taşkın yayılım alanları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda akarsu vadisinin düz ve geniş olduğu bölümlerinde taşkın yayılım alanının geniş ve su yüksekliğinin az, vadinin dar ve derin olduğu bölümlerinde ise taşkın yayılım alanının dar ve su yüksekliğinin fazla olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca 10 ve 200 yıllık pik debilere göre oluşturulan taşkın yayılım haritasına göre sırasıyla 121,3 ve 132,6 hektar tarım arazisinin taşkınlardan etkileneceğini belirlemişlerdir.

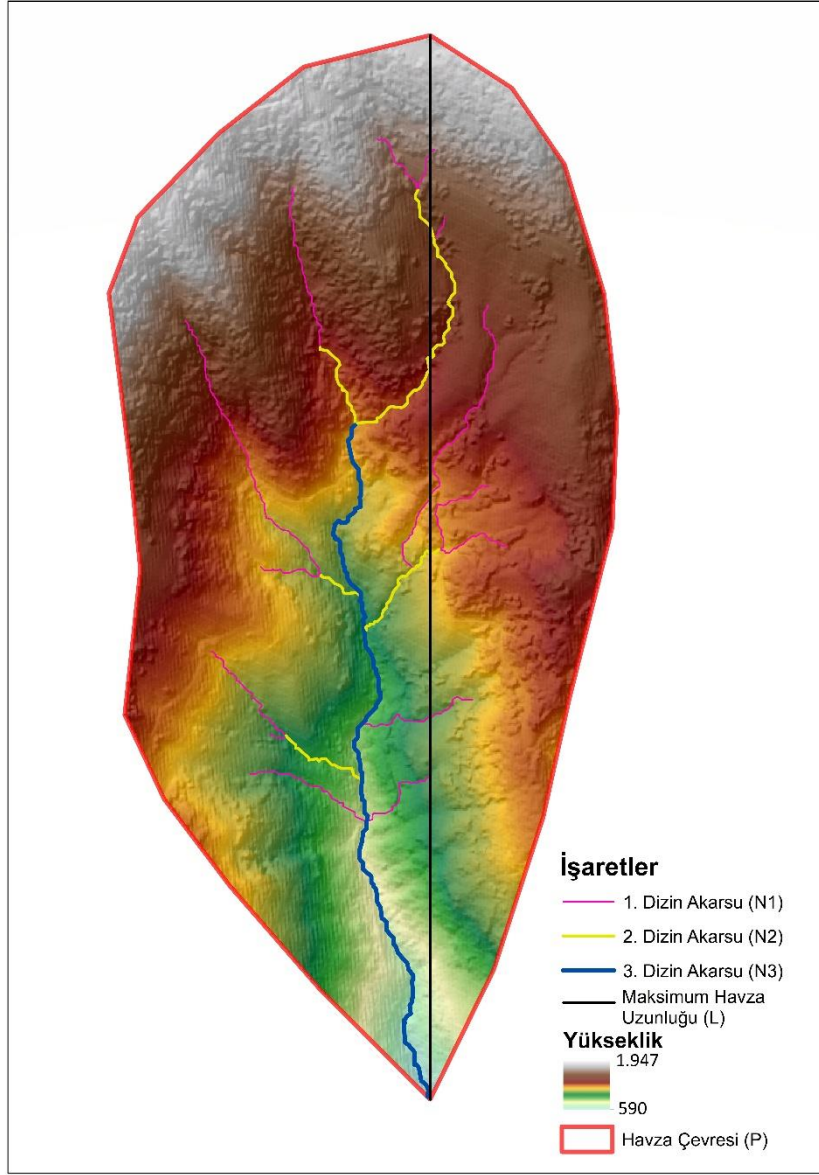
3.2. Taşkın Riski Ön Değerlendirme Çalışmaları

AB Taşkın Direktifi uyarınca bir bölgede taşkın yönetimi çalışmaları yapabilmek için öncelikle çalışma alanı için taşkın riski ön değerlendirme çalışmasının yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalar için, çalışma yapılacak olan havzadameydanaya gelen tarihi taşkınlara ait veriler kullanılabilir. Taşkın riski ön değerlendirme

alışmalarında tarihi taşkın kayıtlarının yanı sıra bilgisayar teknolojisinin gelişimine bağlı olarak kullanım alanı oldukça yaygınlaşan CBS yardımı ile yapılan analizler de sıkça kullanılmaktadır. Bu alışmada CBS yazılımları kullanılarak morfometrik analiz ve analitik hiyerarşi yöntemi ile Yomra Deresi havzasındaki taşkın riski n değerlendirme çalışması yapılmıştır.

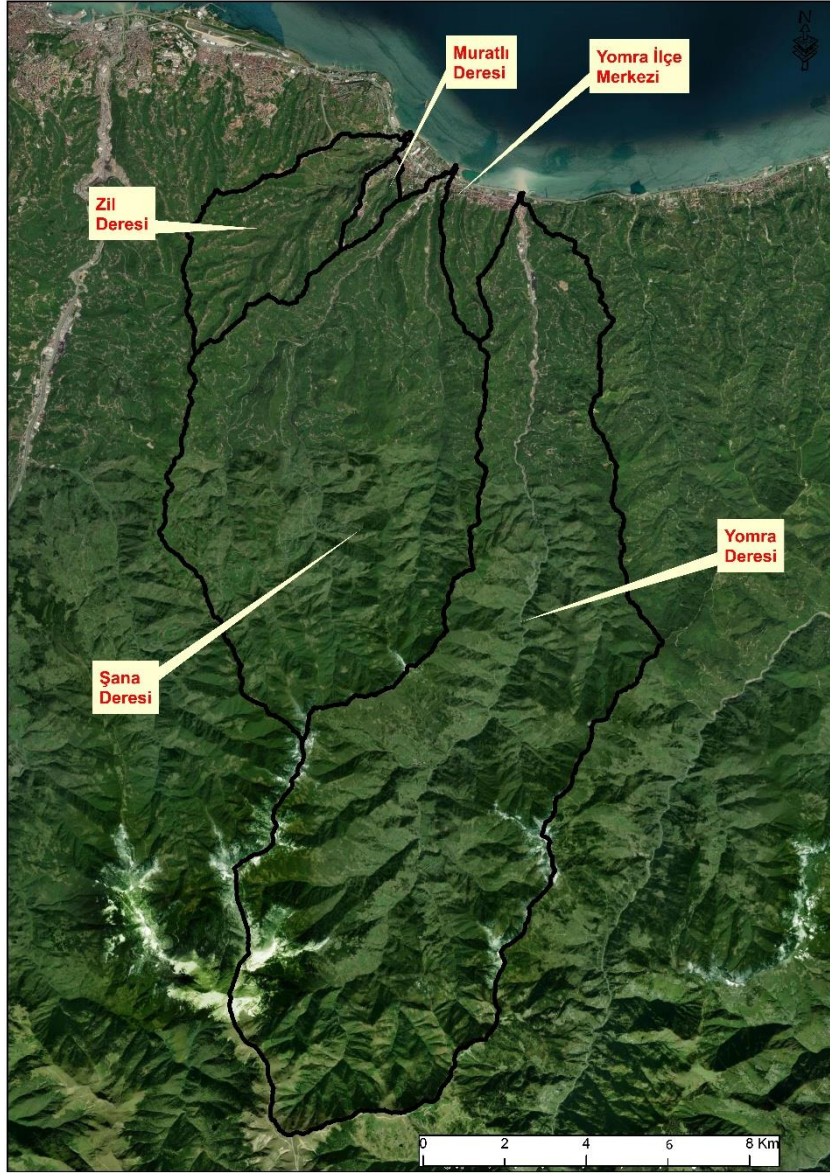
3.2.1. Morfometrik Analiz Yöntemi

CBS teknolojisinde kaydedilen ilerlemeler taşkın riski n değerlendirme çalışmaları kapsamında yapılan taşkın duyarlılık analizlerinde kullanılabilir yöntem ve verilerin çeşitlenmesini sağlamıştır. Kuşcu ve zdemir (2023) taşkın duyarlılık analizlerinde kullanılan parametreler üzerine yaptıkları çalışma kapsamında inceledikleri 150 adet taşkın duyarlılık analizi çalışmasının 127 tanesinde literatürde yer alan parametrelerin kullanıldığını belirlemişlerdir. Bu çalışmada da akarsu havzasının iklim, bitki örtüsü, jeolojik yapı ve toprak özellikleri hakkında önemli bilgiler verdiği için taşkına karşı duyarlı alanların belirlenmesinde literatürde sıklıkla kullanılan morfometrik analiz yöntemi kullanılmıştır. .



Şekil 17. Morfometrik Analiz Çalışmasında Kullanılan Parametreler

Morfometrik analiz, sayısal yükseklik modeli kullanılarak akarsu havzalarının kanal uzunlukları, kanal sayıları, kaynak noktası ile mansap noktası arasındaki yükselti farkı gibi verileri (Şekil 35) kullanarak akarsu havzasının çizgisel, alansal ve rölyef özelliklerinin belirlenmesidir. Literatür incelendiğinde morfometrik analiz yöntemi ile yapılan taşkın duyarlılık analizlerinde bir akarsu havzasının alt havzalarına ait morfometrik parametrelerin karşılaştırılması ile alt havzaların taşkın duyarlılıklarının belirlendiği görülmüştür. Bu çalışmada ise Yomra Deresi havzası alt havzalara ayıramadığı için, Yomra Deresi ile Yomra ilçe merkezinden Karadeniz'e deşarj olan Şana Deresi, Muratlı Deresi ve Zil Deresi (Şekil 36) havzalarının morfometrik özellikleri karşılaştırılarak taşkın duyarlılık dereceleri belirlenmiştir.

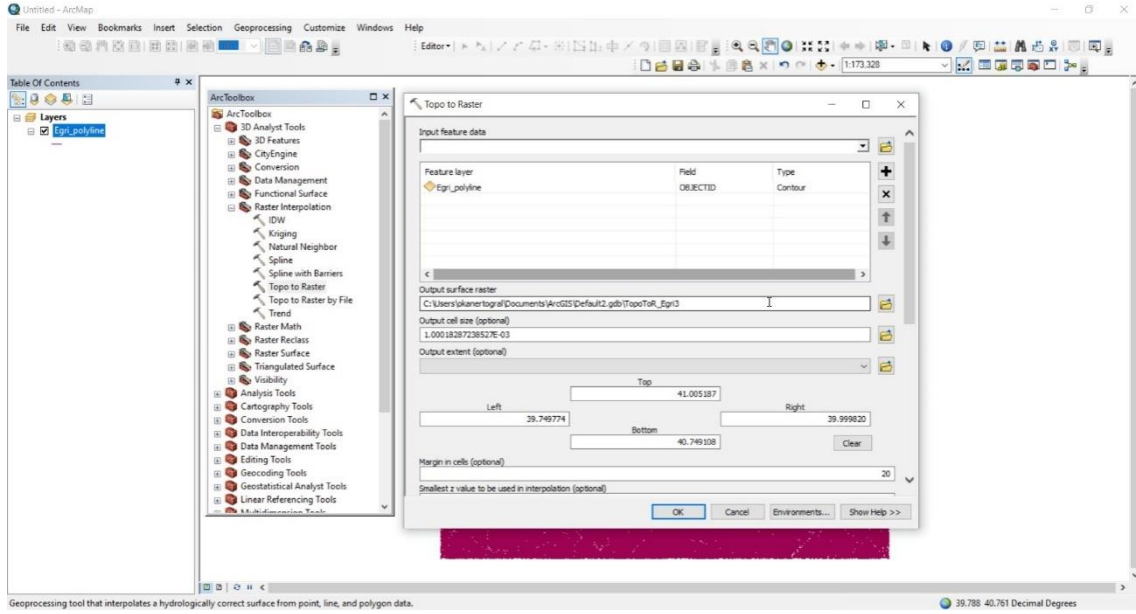


Şekil 18. Morfometrik Analiz Çalışması Yapılan Akarsu Havzalarının Sınırları

Veri olarak Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen ve çalışma alanının 1/25.000 ölçekli topografya haritası paftalarına ait eş yükselti eğrilerinin kullanıldığı morfometrik analiz çalışmasının adımları aşağıdaki gibidir.

3.2.1.1. Morfometrik Analiz Yöntemi 1. Adım

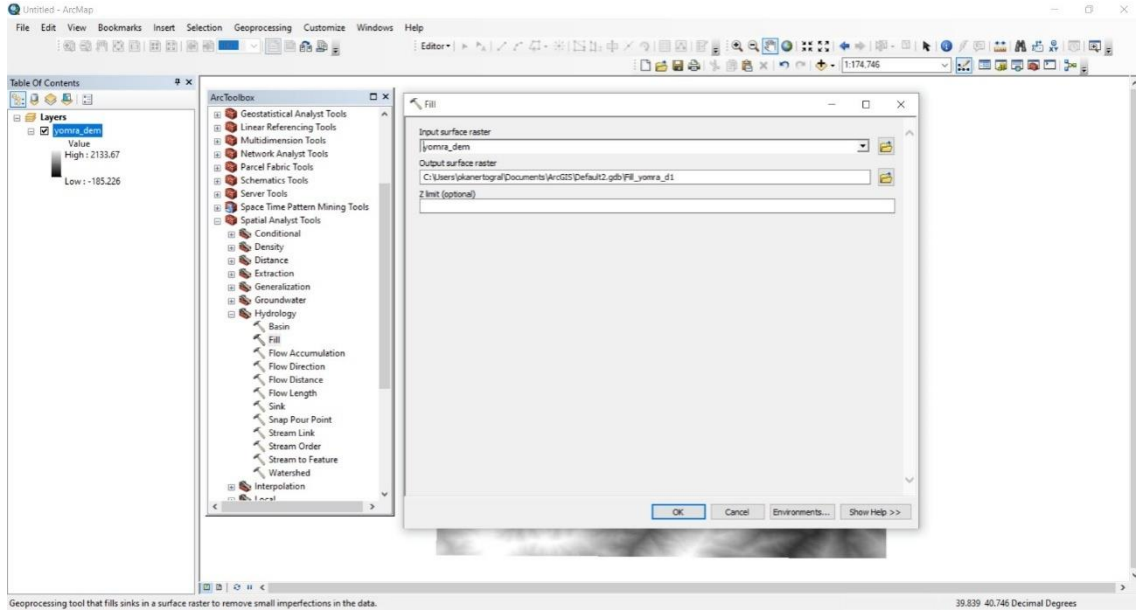
Morfometrik analiz yönteminde kullanılmak üzere ilk olarak çalışma alanına ait 10 m çözünürlükte sayısal yükseklik modeli verisi (SYM) ArcMap 10.6 programında yer alan “Topo to Raster” komutu ile üretilmiştir. (Şekil 37). Topo to Raster aracı, hidroloji çalışmalarında kullanılmak üzere daha gerçekçi SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) verisi üretebilmek için Hutchinson (1988) tarafından geliştirilen ANUDEM tekniğini temel alarak çalışmaktadır.



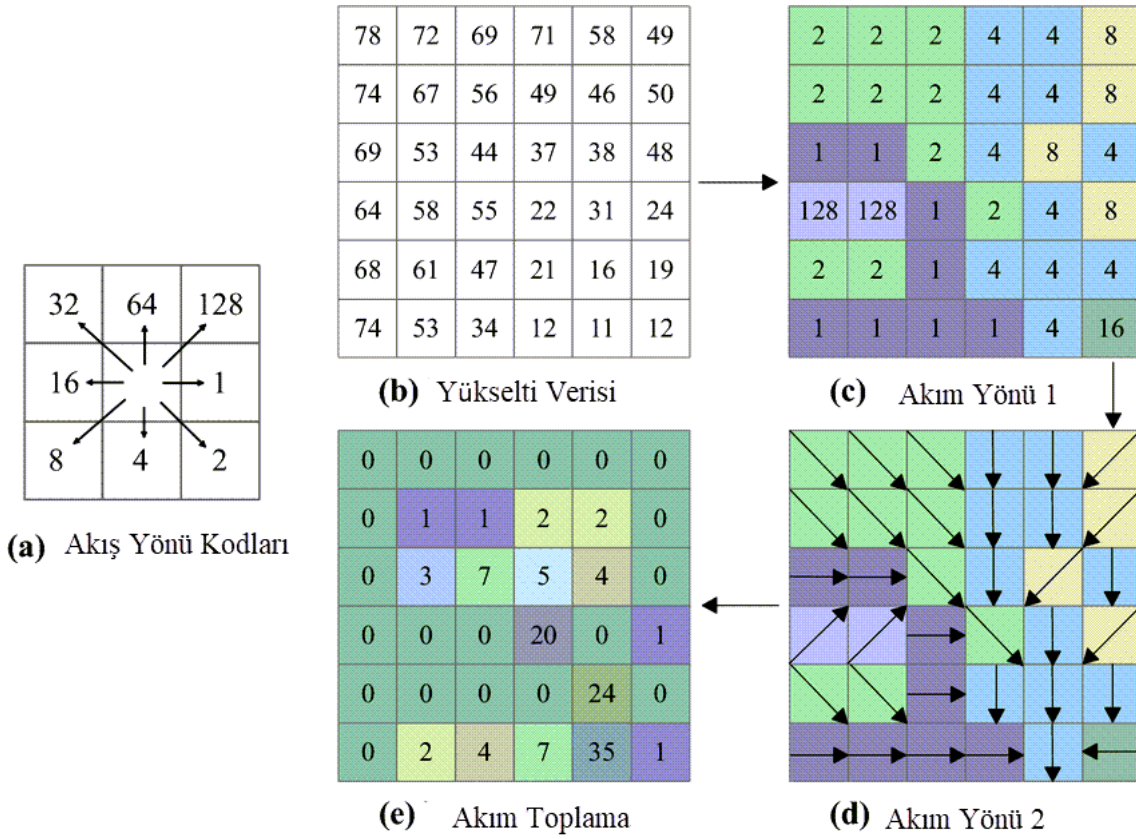
Şekil 19. ArcMap 10.6.1 Programında Eş Yükselti Eğrilerinden DEM Oluşturma

3.2.1.2. Morfometrik Analiz Yöntemi 2. Adım

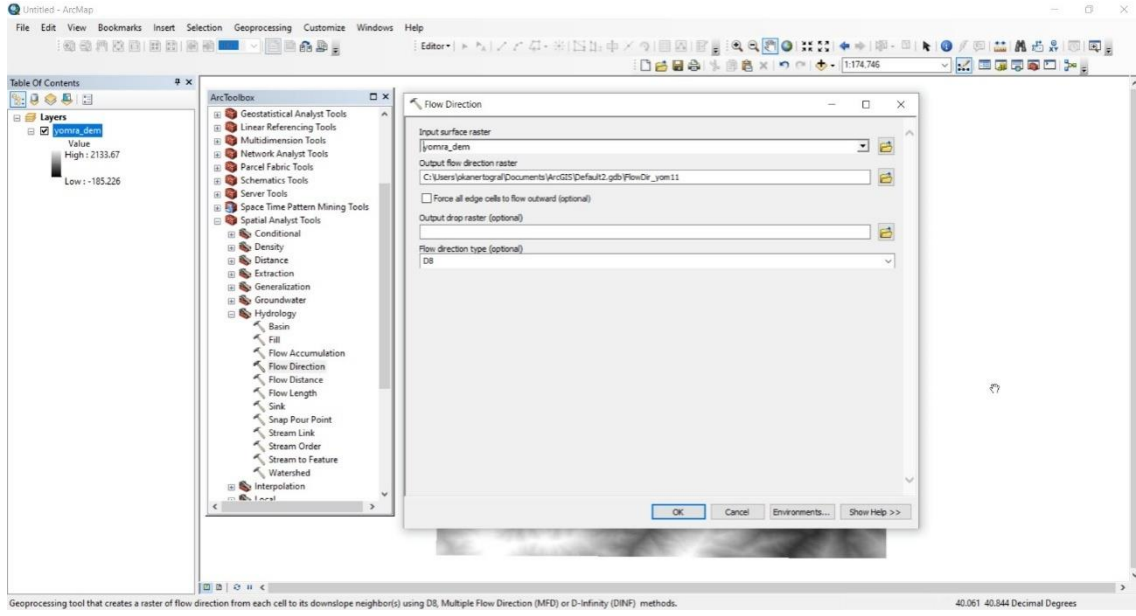
Morfometrik analiz yönteminin ikinci adımında SYM verisindeki akış yönü verisi üretimi sırasında hatalı sonuçlar alınmasına yol açan (Jenson ve Domingue, 1988) yapay çukur ve zirvelerin doldurulması işlemi yapılmıştır. Yapay çukur ve zirvelerin doldurulma işlemi ArcMap yazılımındaki “Hydrology” modülü altında yer alan “Fill” aracı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 38). SYM verisindeki doldurma işlemi tamamlandıktan sonra her bir hücrenin akış yönü D8 yöntemine göre belirlenmiştir (Şekil 39). Bu yöntemde her bir hücre kendi üzerindeki suyu etrafında bulunan ve yükseltisi kendisinden düşük olan bir hücreye aktarmaktadır. Her bir hücre için akışını aktarabileceği 8 farklı alternatif hücre bulunmaktadır (Jenson ve Domingue, 1988). Hücrelerin akış yönleri “Hydrology” modülü altında yer alan “Flow Direction” aracı (Şekil 40) kullanılarak oluşturulmuş ve havzalara ait akış yönü haritası oluşturulmuştur (Şekil 41).



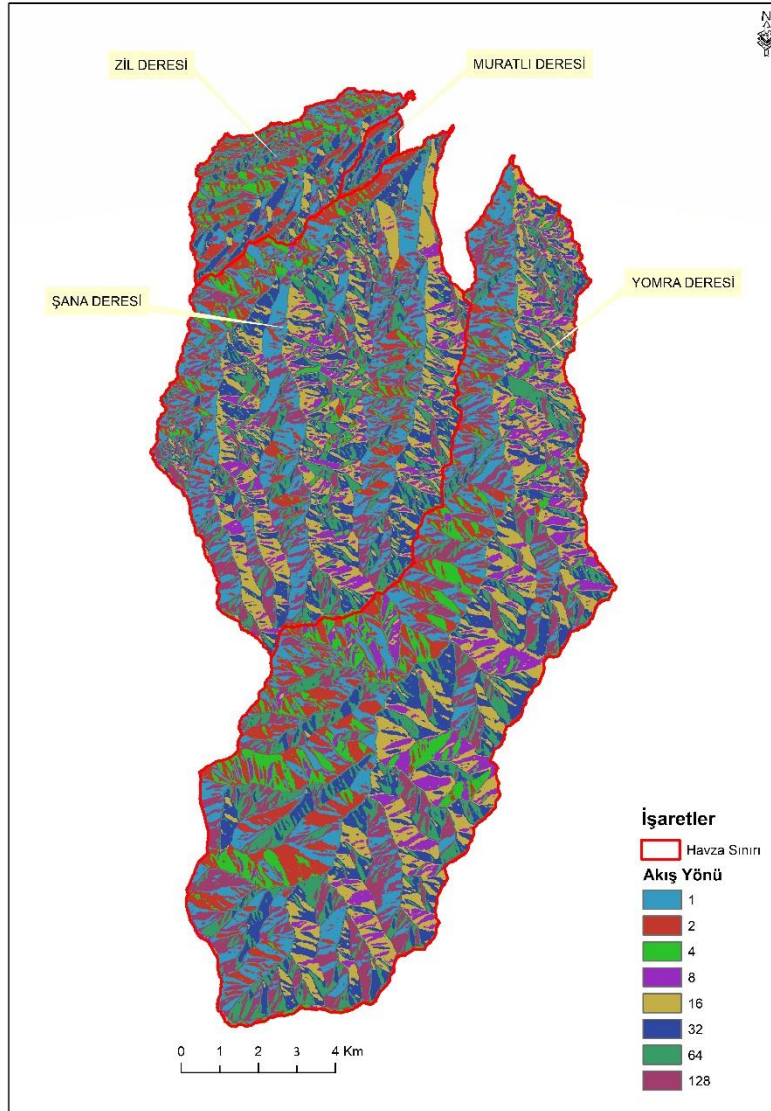
Şekil 20. ArcMap 10.6.1 Program "Fill" Komutu



Şekil 21. D8 Yöntemi Akış Şeması



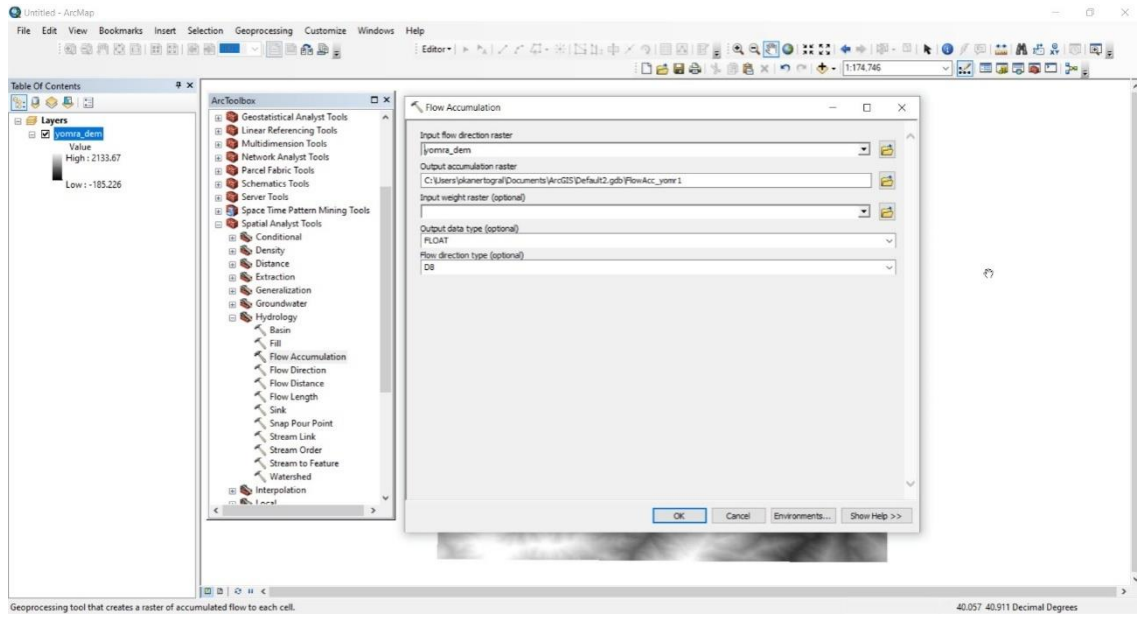
Şekil 22. ArcMap 10.6.1 Programı “Flow Direction” Komutu



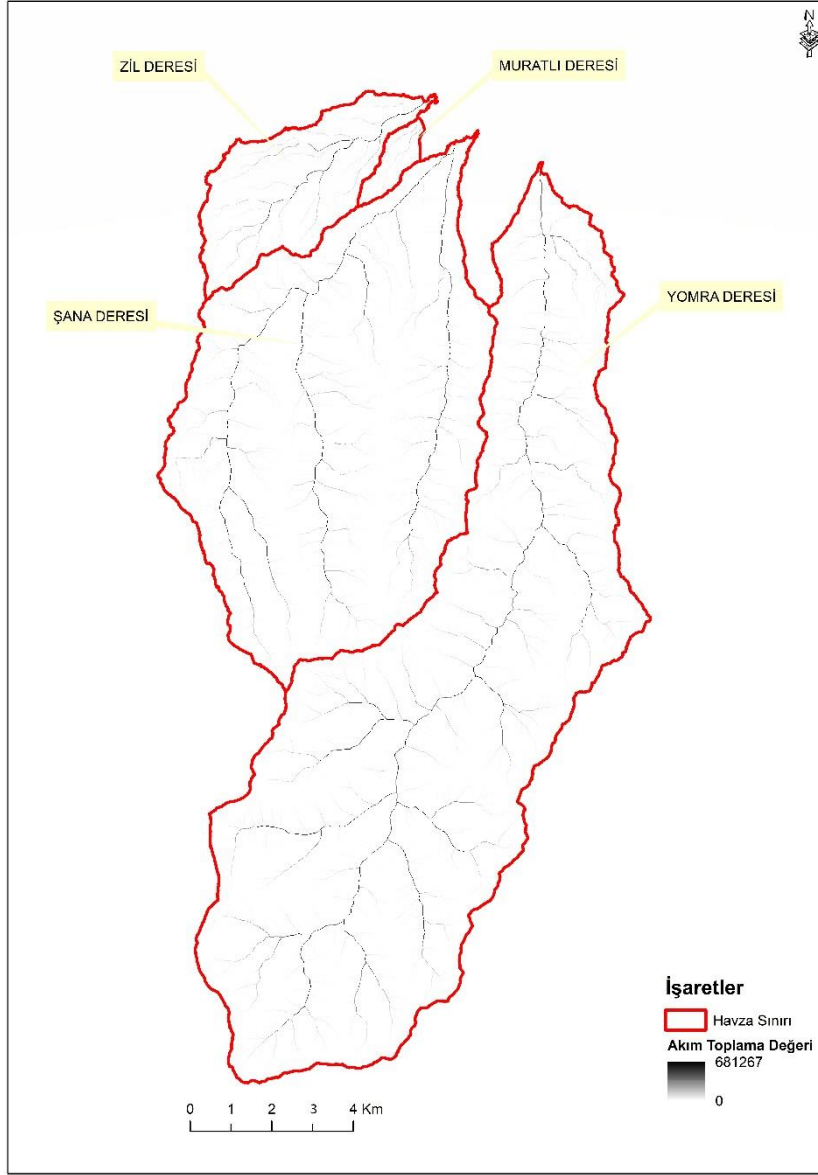
Şekil 23. Çalışma Alanı Akış Yönü Haritası

3.2.1.3.Morfometrik Analiz Yöntemi 3. Adım

Akış yönü verisi oluşturulduktan sonra morfometrik analiz çalışmasının üçüncü aşaması olarak “Flow Accumulation” aracı (Şekil 42) kullanılarak akım toplamaverisi oluşturulmuştur (Şekil 43). Bu yöntem üst kottaki hücrelerden alt kottaki hücrelere akan suyun hesaplanmasını sağlar. Yöntem, öncelikle her hücrede 1 birim su bulunduğunu ve yukarı kottaki hücreden akan suyun alt kottaki hücrede toplam 2 birime ulaştığını ve bu işlemin en alt kotta bulunan hücreye ulaşmaya kadar devam ettiğini varsayımını kabul eder (Altıparmak ve Türkoğlu, 2018).



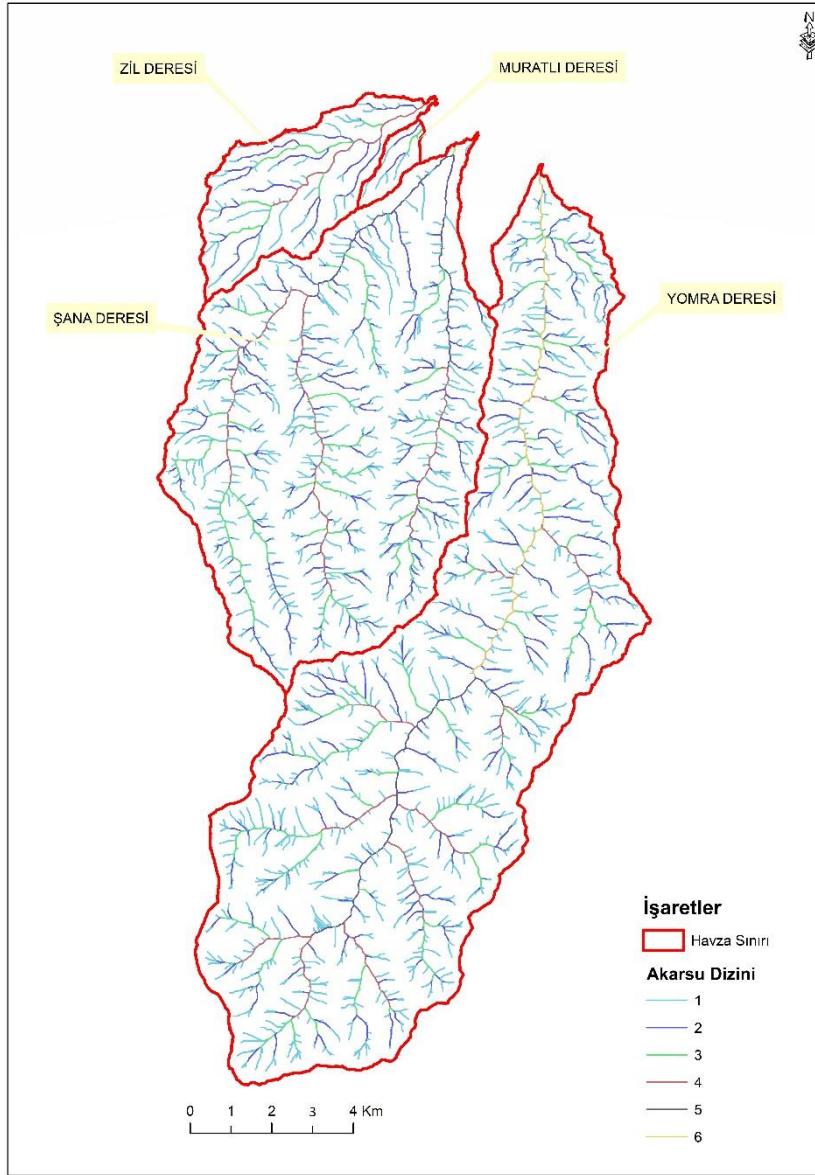
Şekil 24.ArcMap 10.6.1 Programı “Flow Accumulation” Komutu



Şekil 25.Çalışma Alanı Akım Toplama Haritası

3.2.1.4.Morfometrik Analiz Yöntemi 4. Adım

Morfometrik analiz yönteminin dördüncü adımında, Strahler (1952) yöntemi kullanılarak üçüncü adımda üretilen akım toplama verisinden akarsu ağı verisi elde edilmiştir. (Şekil 44). Akarsu ağı verisini elde edebilmek amacıyla bir eşik değeri belirlenmiş ve akım toplama verisinde belirlenen eşik değerden daha büyük değere sahip olan hücreler seçilip akarsu ağı verisi elde edilmiştir. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde akım toplama verisi elde etmek için belirlenen eşik değerlerin çalışmanın amacı ve kullanılan SYM verisinin çözünürlük değerine bağlı olarak değiştiği görülmüştür (Koçyiğit vd., 2021; Esen, 2022; Utlu ve Özdemir, 2018). Bu çalışmada da birden fazla eşik değeri kullanılarak akarsu ağı verisi üretilmiş ve çalışma alanındaki akarsu ağını en iyi yansıtan eşik değerinin 200 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 26.Çalışma Alanı Akarsu Ağı Haritası

3.2.1.5.Morfometrik Analiz Yöntemi 5. Adım

Morfometrik analiz yönteminin beşinci adımında SYM verisinden çalışma alanında yer alan akarsu havzalarının , ortalama eğim, minimum yükselti, maksimum yükselti ve yükselti farkı değerleri, havza sınırları verisinden de havza çevresi, havza alanı ve maksimum havza uzunluğu değerleri, 4. Adımda üretilen akarsu ağı verisinden de havzalarda yer alan akarsu dizinlerine ait kanal sayısı ve kanal uzunluğu değerleri (Tablo 8) hesaplanmıştır. Akarsu havzalarına ait temel parametreler belirlendikten sonra havzalara ait çizgisel (Tablo 9), alansal (Tablo 10) ve rölyef (Tablo 11) morfometrik parametreler hesaplanmıştır.

Morfometrik Değerler	Birim	Yomra	Şana Deresi	Murathı Deresi	Zil Deresi
----------------------	-------	-------	-------------	----------------	------------

Deresi					
Havza Alanı(A)	Km ²	105,74	69,51	1,52	13,38
Havza Çevresi (P)	Km	62,77	40,75	6,52	20,80
Maksimum Yükseklik (H _{max})	m	2.134	1.535	333	659
Minimum Yükseklik (H _{min})	m	0	0	14	0
Ortalama Yükseklik(H _{ort})	m	958,87	598,12	161,80	338,91
Ortalama Eğim(S)	%	7,74	7,94	10,59	7,33
Ana Akarsu Uzunluğu (L)	m	27.240	17.810	2.020	8.300
Maksimum Havza Uzunluğu (Lb)	m	23.749	14.602	2.621	7.530
1. Dizin Akarsu Sayısı(N _{u1})		1.120	786	7	87
2. Dizin Akarsu Sayısı (N _{u2})		223	164	3	18
3. Dizin Akarsu Sayısı (N _{u3})		53	35	1	5
4. Dizin Akarsu Sayısı (N _{u4})		12	4	-	1
5. Dizin Akarsu Sayısı (N _{u5})		2	2	-	-
6. Dizin Akarsu Sayısı (N _{u6})		1	1	-	-
1. Dizin Akarsu Uzunluğu (L _{u1})	m	209.685,77	146.533,07	3.287,16	20.311,57
2. Dizin Akarsu Uzunluğu (L _{u2})	m	85.450,72	59.134,49	1.696,72	16.327,57
3. Dizin Akarsu Uzunluğu (L _{u3})	m	46.400,38	34.155,16	770,71	6.463,59
4. Dizin Akarsu Uzunluğu (L _{u4})	m	21.154,85	19.020,93	-	5.409,47
5. Dizin Akarsu Uzunluğu (L _{u5})	m	9.598,52	11.029,44	-	-

Tablo 8. Çalışma Alanında Yer Alan Akarsu Havzalarına Ait Morfometrik Değerler

Morfometrik Parametre	Formül	Kaynak
------------------------------	---------------	---------------

Çatallanma Oranı	$R_b = N_u / N_{u+1}$	Horton, 1945.
Akarsu Uzunluk Oranı	$R_l = L_u / L_{u+1}$	Horton, 1945.
Yüzeysel Akış Uzunluğu	$\ell_o = 1/2D$	Horton, 1945.
Tekstür Oranı	$T = N_{u1} / P$	Biswas vd, 1999.
Drenaj Tekstür Oranı	$R_t = N_u / P$	Horton, 1945.

Tablo 9. Çizgisel Morfometrik Parametreler

Morfometrik Parametre	Formül	Kaynak
Drenaj Yoğunluğu	$Dd = \sum L/A$	Horton, 1945.
Uzama Oranı	$Re = \frac{2}{L_m} * \left[\frac{A}{\pi} \right]^{0.5}$	Schumn, 1956.
Havza Şekli	$Rf = \frac{A}{Lb^2}$	Horton, 1932.
Gravelius İndeksi	$Kg = \frac{P}{\sqrt[2]{\pi * A}}$	Gravelius, 1914.
Akarsu Sıklığı	$F_s = N/A$	Horton, 1945.

Tablo 10. Alansal Morfometrik Parametreler

Morfometrik Parametre	Formül	Kaynak
Akım Toplama Zamanı	$Tc = 0.0195 * L^{0.77} / S^{-0.385}$	Kirpich, 1940.
Hipsometrik İntegral	$Hi = \frac{(H_{ort} - H_{min})}{(H_{maks} - H_{min})}$	Strahler, 1952.
Havza Rölyefi	$Bh = H_{maks} - H_{min}$	Schumn, 1956.
Rölyef Oranı	$Rh = H/L$	Schumn, 1956.
Engbelilik Değeri	$Rn = B_h * D_d$	Melton, 1957.

Tablo 11. Rölyef Morfometrik Parametreler

Morfometrik parametreler hesaplandıktan sonra morfometrik parametrelerin taşkın duyarlılığına etkileri bileşke faktör (Utlu ve Özdemir, 2018) ve Normalize

Edilmiş Morfometrik Taşkın İndeksi (NFMI) (Özdemir ve Akbaş,2023) yöntemine göre sıralanarak belirlenmiştir. Bileşke faktör yöntemi her bir havzaya ait morfometrik parametreye taşkın duyarlılığına etki derecesine göre 1 (en düşük etki düzeyi) ile 4 (en yüksek etki düzeyi) arasında değerler verilerek hesaplanmaktadır. Verilen değerlerin 1 ile 4 arasında değişmesinin nedeni çalışma alanındaki akarsu havza sayısının 4 olmasıdır. Bu nedenle mutlak sınıflama dışında başka bir gruplama işlemine gerek duyulmamıştır. NFMI yöntemi ise taşkın duyarlılık sınıflamalarındaki sübjektifliği ortadan kaldırarak daha tutarlı ve güvenilir bir sınıflandırma sağlamaktadır (Kuşcu ve Özdemir, 2023). NFMI morfometrik parametre değeri ile taşkın duyarlılığı arasındaki ilişkiye göre 2 farklı Formül üzerinden hesaplanmaktadır.

$$NFMI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{mi - mi_{min}}{mi_{max} - mi_{min}} \right) \quad \text{Formül 1}$$

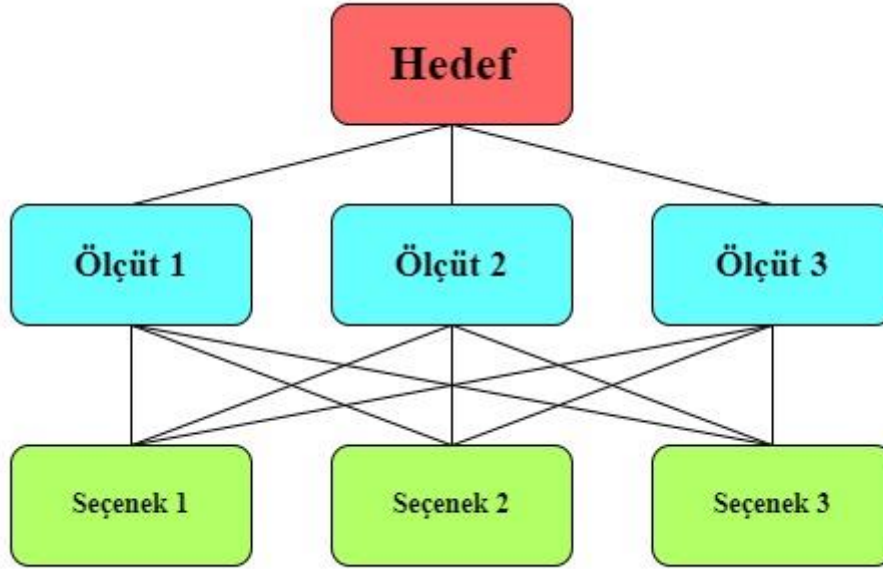
$$NFMI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{mi - mi_{max}}{mi_{min} - mi_{max}} \right) \quad \text{Formül 2}$$

Formüllerde yer alan mi :i morfometrik parametre değerini, mi_{max} :i morfometrik parametresinin maksimum değerini, mi_{min} :i morfometrik parametresinin minimum değerini ve n :kullanılan morfometrik parametre sayısını göstermektedir. Morfometrik parametre değeri ile taşkın duyarlılığı arasında doğrusal bir ilişki olması durumunda Formül 1, morfometrik parametre ile taşkın duyarlılığı arasında ters bir ilişki varsa Formül 2 kullanılmaktadır. İşlem sonucunda her bir morfometrik parametre 0-1 arasında bir değer alır ve bu değerler (0 – 0,25) düşük, (0,25-0,50) orta, (0,50-0,75) yüksek ve (0,75-1) çok yüksek olarak sınıflandırılmaktadır. Bir havzaya ait tüm morfometrik parametrelerin normalize edilmiş değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak o havzaya ait taşkın duyarlılık sınıfı belirlenmektedir (Özdemir ve Akbaş, 2023).

3.2.2. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY)

Analitik hiyerarşi yöntemi 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen birçok kriterli karar verme yöntemidir. AHY belirlilik veya belirsizlik altında çok sayıda alternatif arasından seçim yaparken, çok sayıda karar vericinin bulunduğu, çok kriterli ve çok amaçlı karar verme işlemlerinde kullanılır (Saat, 2000). AHY karar vericinin karmaşık problemleri çözebilmesi için problemin ana hedefini, kriterlerini, alt kriterleri ve alternatifleri belirleyerek aralarındaki hiyerarşik ilişkiyi modellemesine olanak sağlar. AHY'nin en önemli özelliği karar vericinin bilgi ve deneyimlerine dayalı olarak ortaya çıkan objektif ve sübjektif fikirlerini mantıksal çerçevede birleştirebildiği bir yöntem olmasıdır (Kuruüzüm ve Atsan, 2001).

Bir karar verme sürecinde AHY'nin uygulanabilmesi için öncelikle ana hedef, bu hedefe ulaşmak için kullanılacak olan ölçütler ve ölçütlerin seçenekleri belirlenmelidir (Şekil 45). Ana hedef, ölçütler ve seçenekler belirlendikten sonra AHY kullanılabilir.



Şekil 27. Analitik Hiyerarşi Yöntemi Akış Şeması

3.2.2.1. AHY Adımları

3.2.2.1.1 AHY 1. Adım

Karar verme sürecine göre ana problemin ve hedefin belirlenerek, hedefe ulaşmak için kullanılacak olan ölçütlerin ve bu ölçütlere ait olan alternatiflerin belirlenmesi gereklidir.

3.2.2.1.2 AHY 2. Adım

Ölçütlerin ve alternatiflerin ikili karşılaştırması yapılarak önem derecesinin belirlenmesi ve her bir ölçüt ve alternatife Tablo 11’de belirtilen 1 – 9 arasında önem derecesinin atanması ve her bir ölçüt ve alternatifin ağırlık değerinin hesaplanması yapılmalıdır.

Önem Derecesi

Değer Tanımı

1	Eşit Önemli
3	Orta derecede önemli
5	Oldukça güçlü derecede önemli
7	Çok güçlü derecede önemli
9	Aşırı derecede önem sahibi
2,4,6,8	Ara değerler

Tablo 12. AHY Değerleme Ölçeği (Saaty,1980)

3.2.2.1.3 AHY 3. Adım

İkili karşılaştırmalar sonucu elde edilen ağırlıklara göre ikili karşılaştırması yapılan değerlerin tutarlılığı hesaplanır. Saaty tarafından önerilen tutarlılık oranı 0,10'dur. Hesaplanan tutarlılık oranının bu değer altında olması tutarlılığın yeterli olduğu, değer üstünde olması ise ikili karşılaştırmaların tekrar gözden geçirilmesi gerektiğini ifade etmektedir (Dursun, 2022).

Tutarlılık oranı (CR), ikili karşılaştırma matrislerinin özelliklerine dayanarak hesaplanabilir. Karşılıklı bir matriste, en büyük öz değerler (y_{max}) her zaman satır veya sütun sayısına (n) büyük veya eşittir (Formül 3). Hesaplanan y_{max} değerinin n değerine yakın olması karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir (Gerger ve Tanrıverdi, 2018). İkili karşılaştırmaların tutarsızlıklarını ölçen bir tutarlılık endeksi (CI) şu şekilde hesaplanır:

$$CI = (y_{max} - n) / (n - 1) \quad \text{Formül 3}$$

İkili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranı (CR) ise şu şekilde hesaplanır:

$$CR = (CI/RI) \quad \text{Formül 4}$$

Formülde yer alan RI, Tablo 13'ten n sayısına göre okunan değeri, CI, ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık endeksi değerini ifade etmektedir.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

Tablo 13. Tesadüfîlik Göstergesi (Malczewski'den aktaran Dursun, 2022)

3.2.2.1.4. AHY 4. Adım

Belirlenen her bir seçenek 2. adımda belirtilen önem sırasına göre sıralanarak son seçim yapılır.

3.2.2.2.Çalışma Alanı İçin Yapılan AHY Analizi

Literatür taraması sonucu çalışma alanındaki taşkın riski ön değerlendirme çalışmasında kullanmak amacıyla AHY için akarsuya yakınlık, eğim, yükselti, arazi kullanımı jeoloji, toprak, bakı ve topografik nemlilik indeksi olmak üzere toplam 8 adet kriter belirlenmiştir. Tüm kriterlere ait haritalar ArcMap 10.6.1. yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Akarsuya yakınlık, eğim, yükselti, bakı ve topografik nemlilik indeksi haritaları, çalışma alanına ait ve Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1/25.000 ölçekli G43b1,G43b2,G43b3 G43b4 paftalarına ait eş yükselti eğrilerinden elde edilen 10 m çözünürlüğe sahip SYM verisi kullanılarak, Jeoloji haritası, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1/250.000 ölçekli jeoloji haritası kullanılarak,toprak haritası Büyük Toprak Grupları Haritası kullanılarak,arazi kullanım haritası ise Europe's Eyes on Earth (Copernicus) tarafından 2018 yılında yayınlanan CORINE Arazi Örtüsü verileri kullanılarak oluşturulmuştur.

3.2.2.3.Akarsuya Yakınlık

Taşkın olayları genellikle nehir kenarlarında yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle taşkın risk haritalarının doğru bir şekilde hazırlanabilmesi için akarsuya uzaklık önemli bir faktör olarak dikkate alınmalıdır. Ayrıca bir akarsu havzasında sular havzanın en alçak noktaları olan akarsu yatağında biriktiği için kanaldan uzaklaştıkça taşkın riski azalmaktadır (Das, 2018). Bu çalışmada akarsuya yakınlık durumu 0-50, 50-100, 100-150, 150-200, 200-250, 250-500, 500-750, 750-1.000 ve 1.000 metre ve üzeri olmak üzere toplam 9 adet alt kritere ayrılmıştır (Tablo 14, Şekil 46).

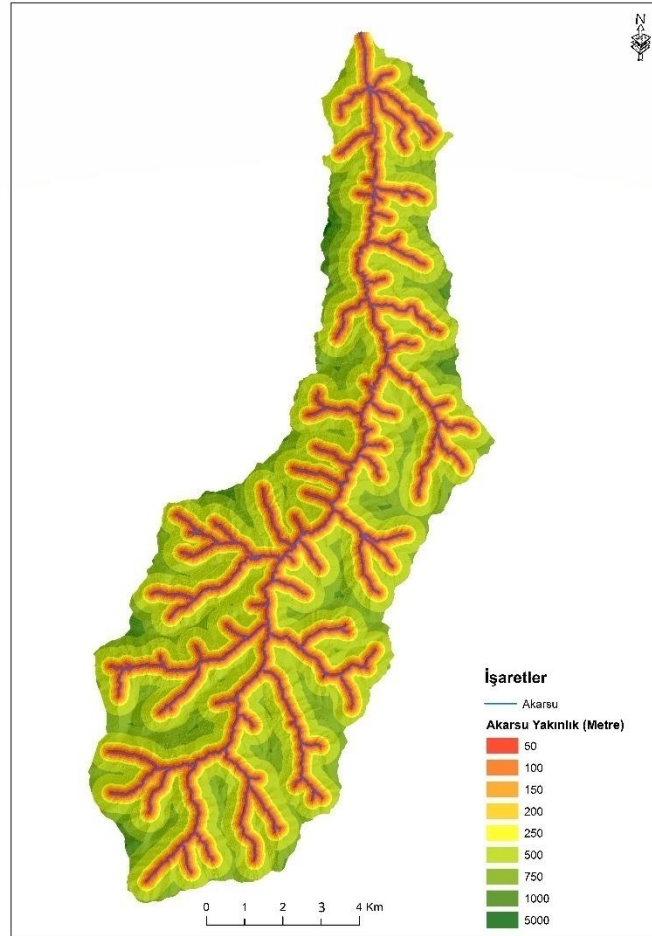
Akarsuya Yakınlık (m)

Atanan Risk Değeri

Ağırlık

0 – 50	9	0,307
50 – 100	9	0,220
100 – 150	7	0,154
150 – 200	6	0,109
200 – 250	5	0,076
250 – 500	4	0,053
500 - 750	3	0,037
750 – 1000	2	0,026
1000 ve üzeri	1	0,019

Tablo 14. Akarsuya Yakınlık Durumuna Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değerleri



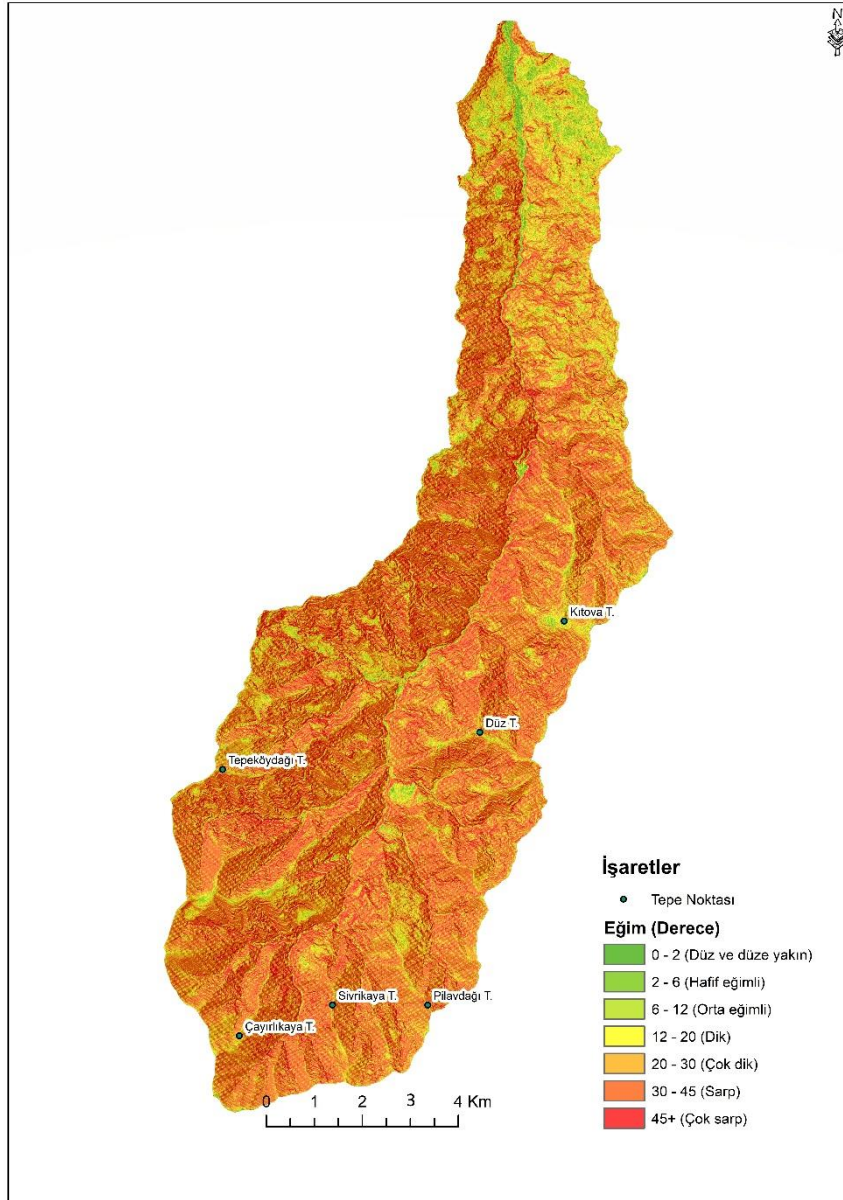
Şekil 28. Çalışma Alanı AHY Akarsu Yakınlık Haritası

3.2.2.4.Eğim

Arazinin eğimi yüzeysel akışa geçen su miktarını etkileyerek taşkınlar üzerinde belirleyici olmaktadır. Özellikle akarsu havzasının kaynağına yakın olan yukarı kesimlerinde eğimin fazla olması yüzeye düşen suların akış hızını artırıp sızma miktarını azalttığı için yüzeysel akışa geçen su miktarı artmaktadır. Dolayısıyla ile akışa geçen su miktarının fazla olduğu havzaların ağız kısmına yakın olan düz alanlarda akarsuyun akış hızı düşük olduğu için taşkın riski artmaktadır (Bayazıt, 2021). Bu çalışmada eğim değerleri 0-2, 2-6, 6-12, 12-20, 20-30, 30-45 ve 45 derece ve üzeri olmak üzere toplam 7 adet alt kritere ayrılmıştır (Tablo 15, Şekil 47).

Eğim Derecesi	Atanan Risk Değeri	Ağırlık
0 – 2	9	0,381
2 – 6	9	0,249
6 – 12	7	0,157
12 – 20	5	0,095
20 - 30	3	0,058
30 – 45	2	0,036
45 +	1	0,025

Tablo 15. Eğim Durumuna Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değerleri



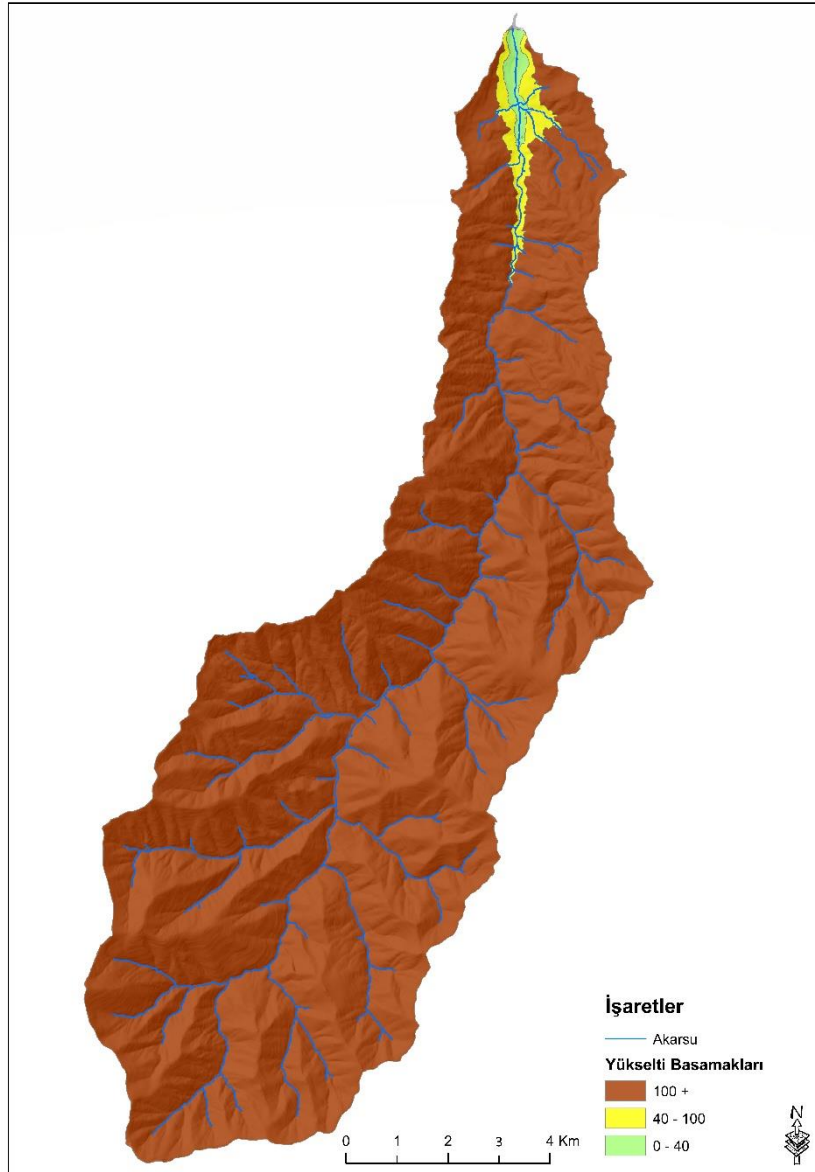
Şekil 29.Çalışma Alanı AHY Eğim Haritası

3.2.2.5.Yükselti

Taşkın tehlike haritalarının oluşturulmasında kullanılan bir diğer jeomorfolojik parametre yükseltidir. Yükselti genellikle eğim ile birlikte değerlendirilmektedir. Çünkü özellikle eğimin az olduğu alçak düzlüklerde taşkın olayları sıkça yaşanmaktadır (Dou vd. ,2017). Bunun nedeni yüzeysel akışa geçen suların akarsu havzasının en alçak noktalarını oluşturan ana kanalında toplanması ve burada eğimin azalmasına bağlı olarak akarsuyun akış hızının azalmasıdır. Akarsuyun akış hızının azalması sonucu toplanan yüzey suyunun miktarına göre belli bir süre sonra taşınan su kanala sığmayarak kanal etrafına yayılmaya başlayıp taşkın olayını meydana getirmektedir. Bu çalışmada yükselti değerleri 0-40, 40-100 ve 100 metre ve üzeri olmak üzere toplam 3 adet alt kritere ayrılmıştır (Tablo 16, Şekil 48).

Yükselti Basamakları (m)	Atanan Risk Değeri	Ağırlık
0 - 40	5	0,633
40 - 100	3	0,260
100 +	1	0,106

Tablo 16.Yükselti Durumuna Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değerleri



Şekil 30.Çalışma Alanı AHY Yükselti Haritası

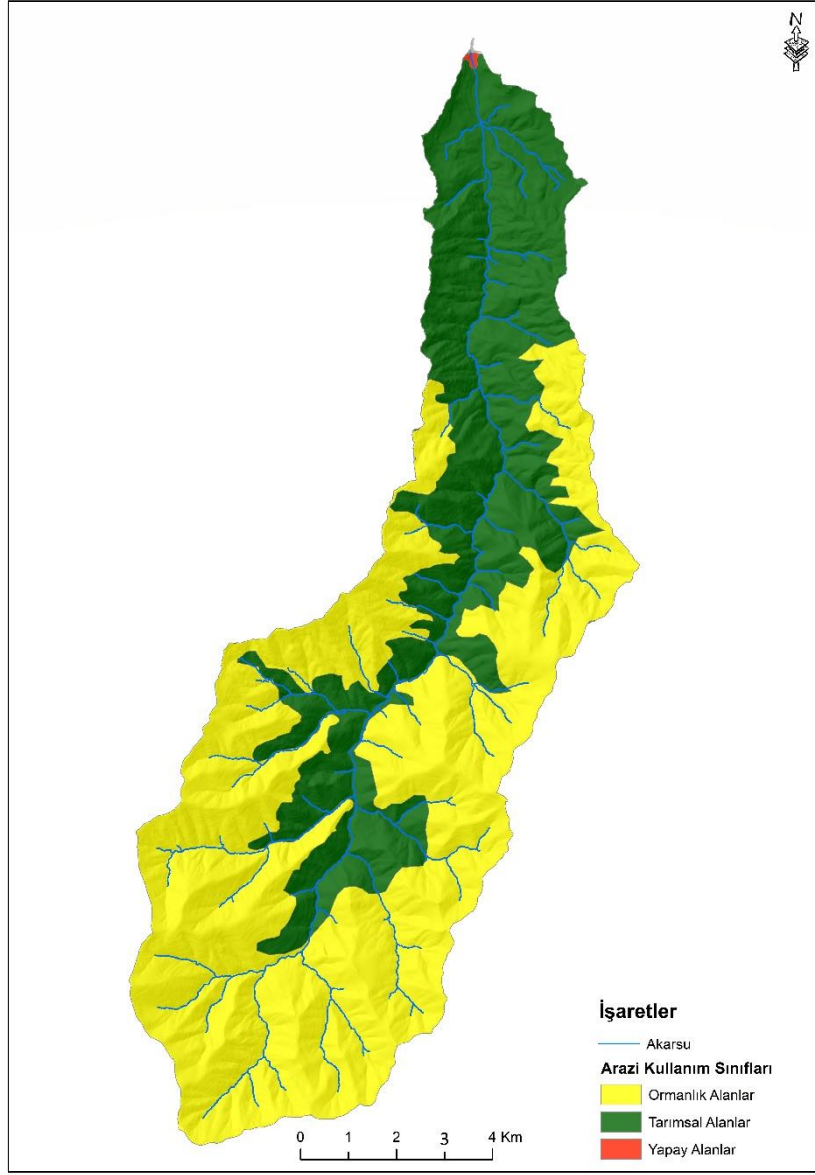
3.2.2.6.Arazi Kullanımı

Arazi kullanım durumu arazinin sızma kapasitesini belirleyerek taşkın tehlikesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğundan taşkın tehlike haritaları oluşturulurken sıkça kullanılan bir parametredir. Tarım ve orman alanı gibi alanlarda toprağın sızma

kapasitesi yüksek olduğu için bu alanlarda yüzeye düşen suyun akışa geçme oranı azalmakta, dolayısı ile taşkın tehlikesi de azalmaktadır. Özellikle şehirleşmenin artması ile birlikte dünya üzerinde yayılım alanı genişleyen yapay alanlarda ise toprağın sızma kapasitesi doğal yüzeylere göre çok düşük olduğu için yüzeye düşen suların akışa geçme oranı artmakta ve bu durum taşkın tehlikesini artırmaktadır. Son yıllarda şehirlerde meydana gelen taşkınların temel nedeni bu durumdur. Bu çalışmada arazi kullanım durumu yapay alanlar, tarımsal alanlar ve orman alanları olmak üzere toplam 3 adet alt kritere ayrılmıştır (Tablo 18, Şekil 45).

Arazi Kullanım Sınıfı	Atanan Risk Değeri	Ağırlık
Yapay Alanlar	5	0,633
Tarımsal Alanlar	3	0,260
Orman Alanları	1	0,106

Tablo 17.Arazi Kullanım Durumuna Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değerleri



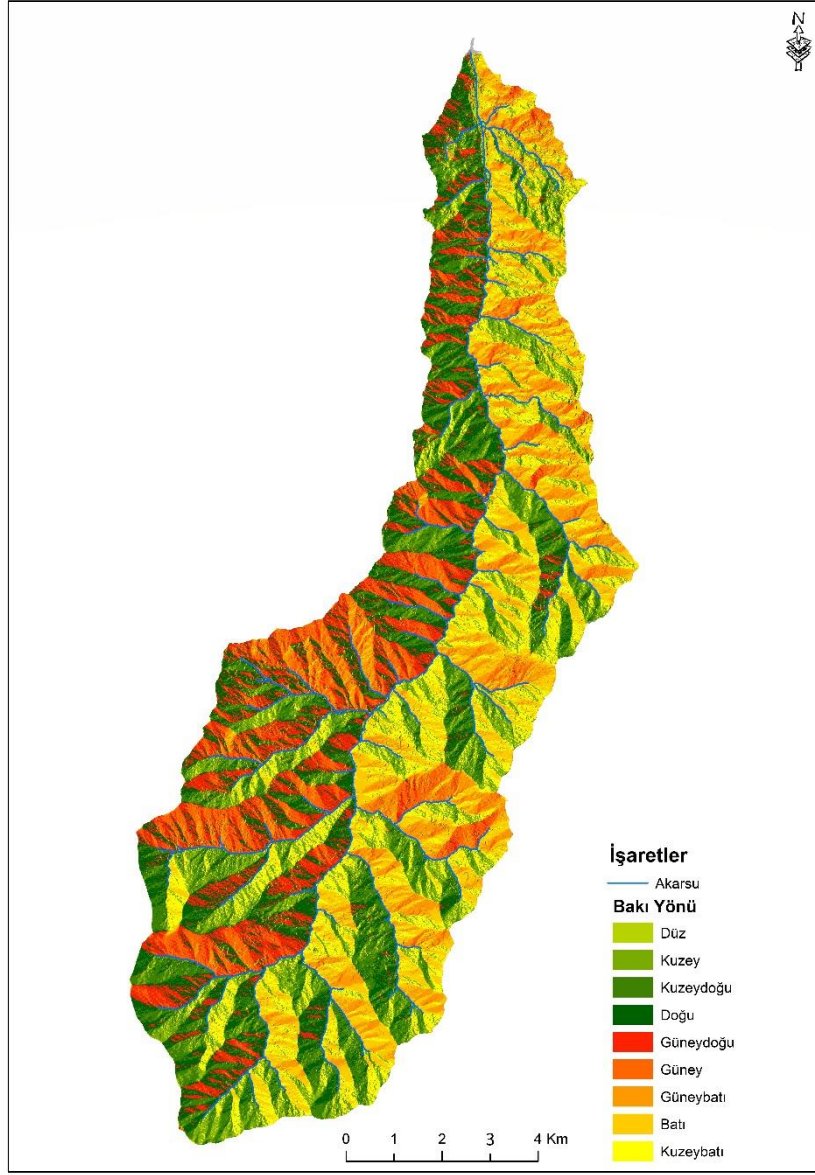
Şekil 31. Çalışma Alanı AHY Arazi Kullanım Haritası

3.2.2.7. Bakı

Bakı durumu akarsu havzasının sıcaklık ve yağış değerleri üzerinde belirleyici olarak taşkınların meydana gelmesinde rol oynamaktadır. Arazinin coğrafi konumuna göre bakı etkisi altında kalan yamaçlarda sıcaklık değerleri doluda yamaçlara oranla daha yüksek olduğu için kar erime hızı artmakta ve bu durum akışa geçen su miktarını artırarak taşkın tehlikesini artırmaktadır. Özellikle orografik yağışlarının görüldüğü alanlarda arazinin deniz etkisine açık yamaçlarında yağış miktarı deniz etkisine kapalı yamaçlarına göre daha fazla olduğu için dolaylı taşkın tehlikesi daha fazladır. Bu çalışmada bakı değerleri kuzey, kuzeybatı, kuzeydoğu, doğu, güney, güneydoğu, güneybatı, batı ve düz olmak üzere toplam 9 adet alt kritere ayrılmıştır (Tablo 18, Şekil 50).

Bakı Yönü	Atanan Risk Değeri	Ağırlık
Kuzey	7	0,335
Kuzeybatı	6	0,174
Kuzeydoğu	6	0,197
Doğu	1	0,071
Güney	1	0,054
Güneydoğu	2	0,048
Güneybatı	1	0,043
Batı	1	0,040
Düz	1	0,039

Tablo 18.Bakı Yönüne Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değerleri



Şekil 32.Çalışma Alanı AHY Bakı Haritası

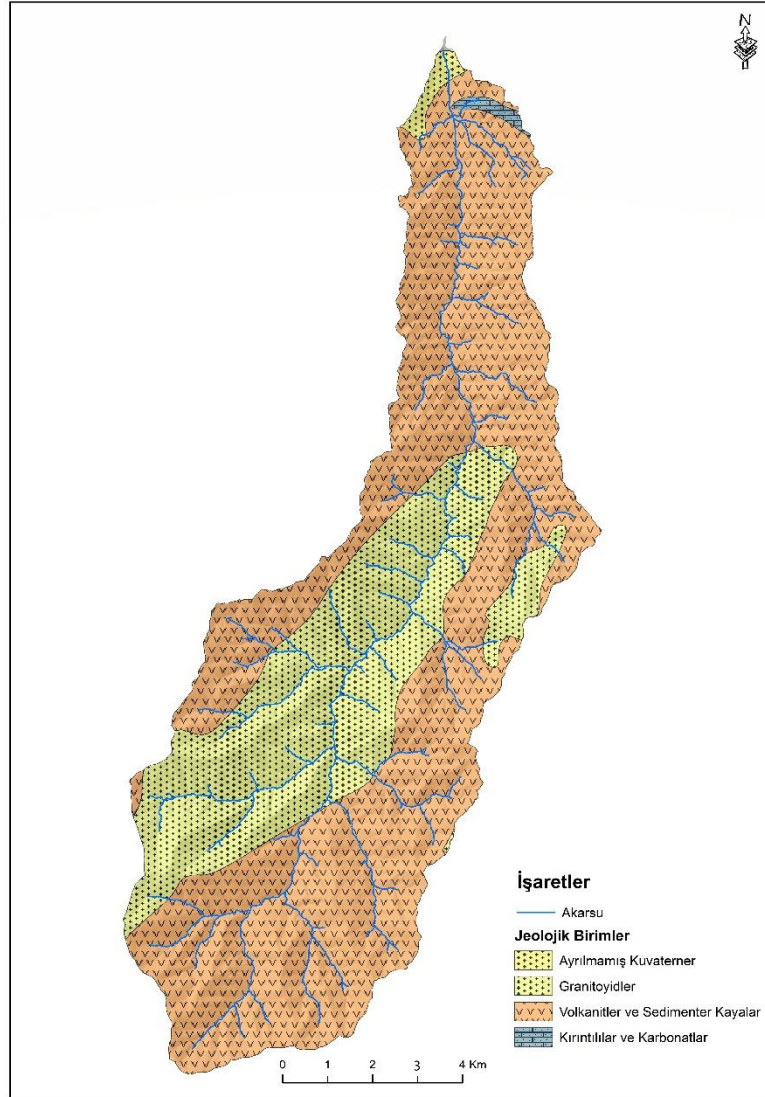
3.2.2.8.Jeoloji

Arazinin jeolojik yapısı da havzanın sızma kapasitesi üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Yukarıda açıklanan parametrelere oranla daha az olmakla birlikte jeolojik formasyonların da taşkın tehlikesini azaltıcı veya artırıcı etkisi bulunmaktadır. Çatlaklı yapıya sahip olan geçirgen yapılar yüzeye düşen suların yer altına sızmasını sağlayıp yüzeysel akışa geçen su miktarını azaltarak taşkın tehlikesinin azalmasını sağlar. Kristalli yapıya sahip olan arazilerde ise sızma kapasitesi düşük olduğundan dolayı yüzeysel akışa geçen su miktarı fazla olmakta ve taşkın tehlikesi de artmaktadır (Bonacci vd. 2006). Çalışma alanında yer alan volkano sedimanter kayalarda meydana gelen ayrışma sonucu ortaya çıkan kil yüzeysel akış miktarını ve heyelan tehlikesini artırmaktadır. Ayrıca Kuvaterner depolarının bulunduğu alan da akarsuyun mansap

noktasına yakın olduğu için taşkın tehlikesi yüksektir. Çalışmada jeolojik yapı ayrılmamış Kuvaterner, granitoid, kırıntılı karbonat ve volkanik sedimanter olmak üzere toplam 4 adet alt kritere ayrılmıştır (Tablo 19, Şekil 51).

Formasyon	Atanan Risk Değeri	Ağırlık
Ayrılmamış Kuvaterner	7	0,700
Granitoyid	1	0,100
Kırıntı Karbonat	1	0,100
Volkanik Sedimanter	1	0,100

Tablo 19.Jeolojik Yapıya Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değerleri



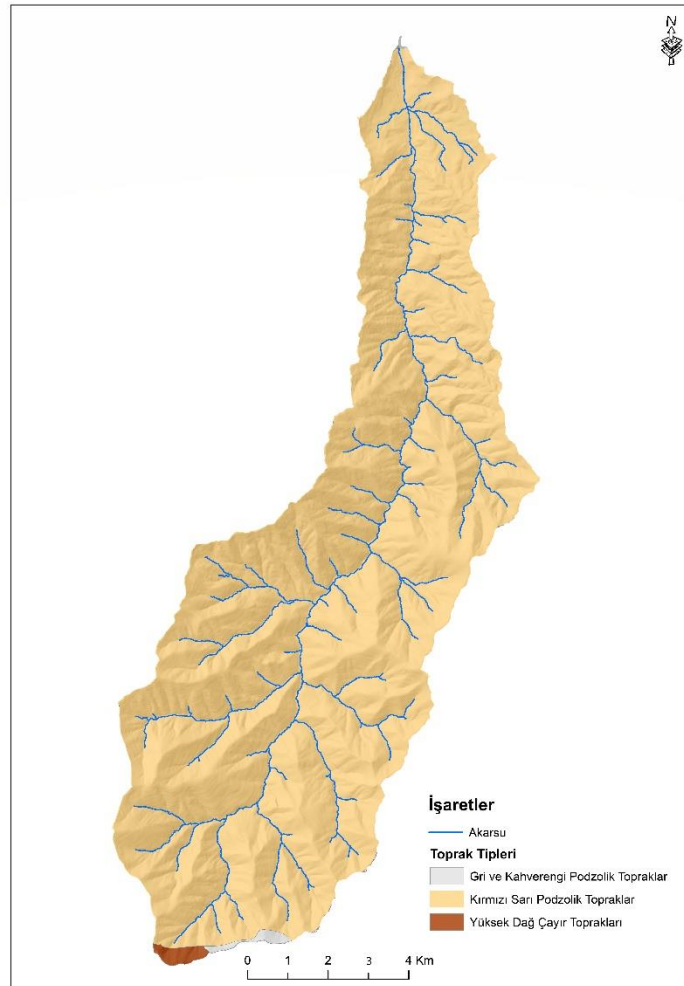
Şekil 33.Çalışma Alanı AHY Jeoloji Haritası

3.2.2.9.Toprak

Toprak tipi ve dokusu arazinin sızma kapasitesi özelliklerini belirleyerek alanın taşkın tehlikesi üzerinde belirleyici etkiye sahiptir (Nyarko, 2002). Kil gibi sızdırma kapasitesi düşük olan alanlarda yüzeysel akışa geçen su miktarı artmakta ve bu durum taşkın tehlikesinin artmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada toprak tipi kahverengi podzol, kırmızı podzol ve yüksek dağ çayır toprakları olmak üzere toplam 3 adet alt kritere ayrılmıştır (Tablo 20, Şekil 52).

Toprak Tipi	Atanan Risk Değeri	Ağırlık
Kahverengi Podzol	5	0,633
Kırmızı Podzol	3	0,260
Yüksek Dağ Çayır Toprakları	1	0,106

Tablo 20.Toprak Tipine Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değerleri



Şekil 34.Çalışma Alanı AHY Toprak Haritası

3.2.2.9. Topografik Nemlilik İndeksi (TNİ)

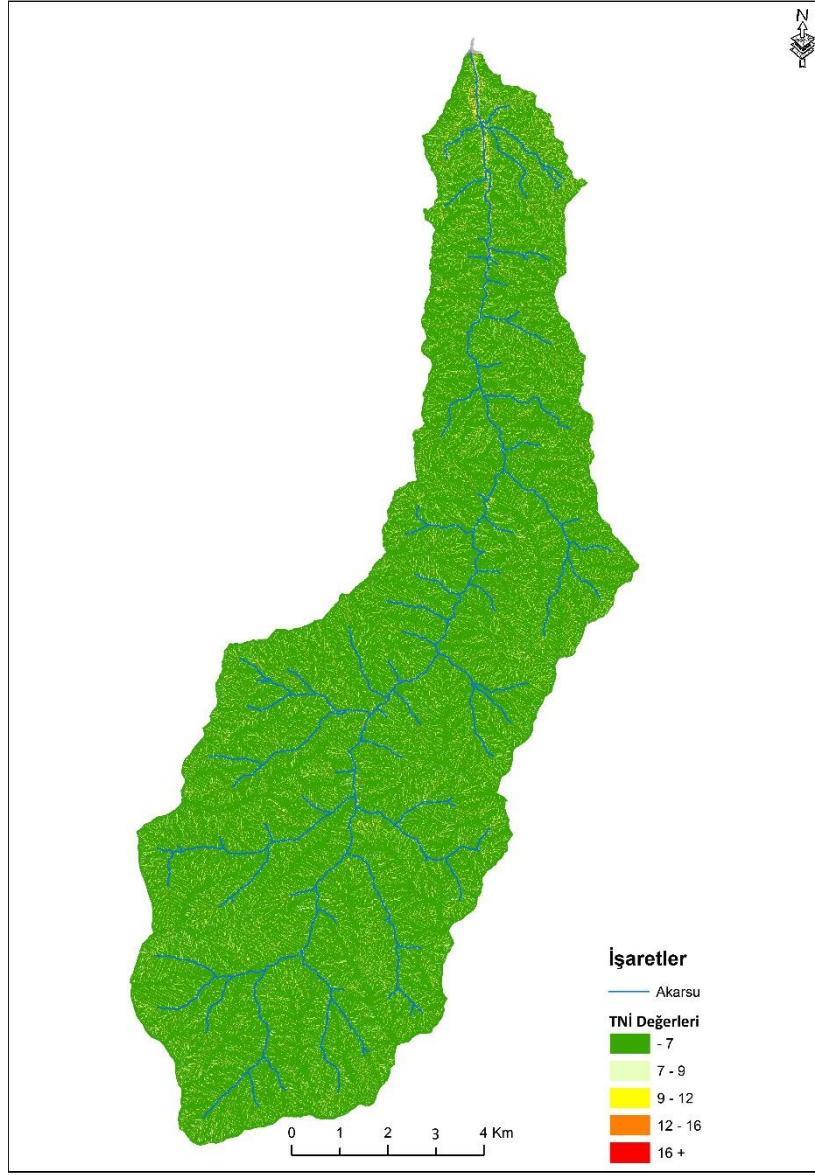
TNİ özellikle son yıllarda taşkın tehlike haritalarının hazırlanmasında sıkça kullanılmakta olan bir parametredir. TNİ topografik yapının yüzeysel akış üzerindeki etkisini ve akarsu havzasının herhangi bir noktasındaki akış birikim miktarını göstermektedir (Gökçeoğlu vd.2005). Bir alanda akış birikim miktarının artması taşkın tehlikesini artırmaktadır. TNİ değeri aşağıdaki denklige göre hesaplanmaktadır.

$$TNİ = \ln \left(\frac{A_s}{\tan \beta} \right) \quad \text{Formül 5}$$

Formülde yer alan A_s değeri özgül havza alanını, β ise yamaç eğimini ifade etmektedir. Bu çalışmada TNİ değerleri 0-7, 7-9, 9-12, 12-16 ve 16 ve üzeri olmak üzere toplam 5 adet alt kritere ayrılmıştır (Tablo 21, Şekil 53).

Nemlilik Değeri	Atanan Risk Değeri	Ağırlık
16+	9	0,503
12 – 16	7	0,260
9 – 12	5	0,134
7 - 9	3	0,068
0-7	1	0,035

Tablo 21. TNİ Değerlerine Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değerleri



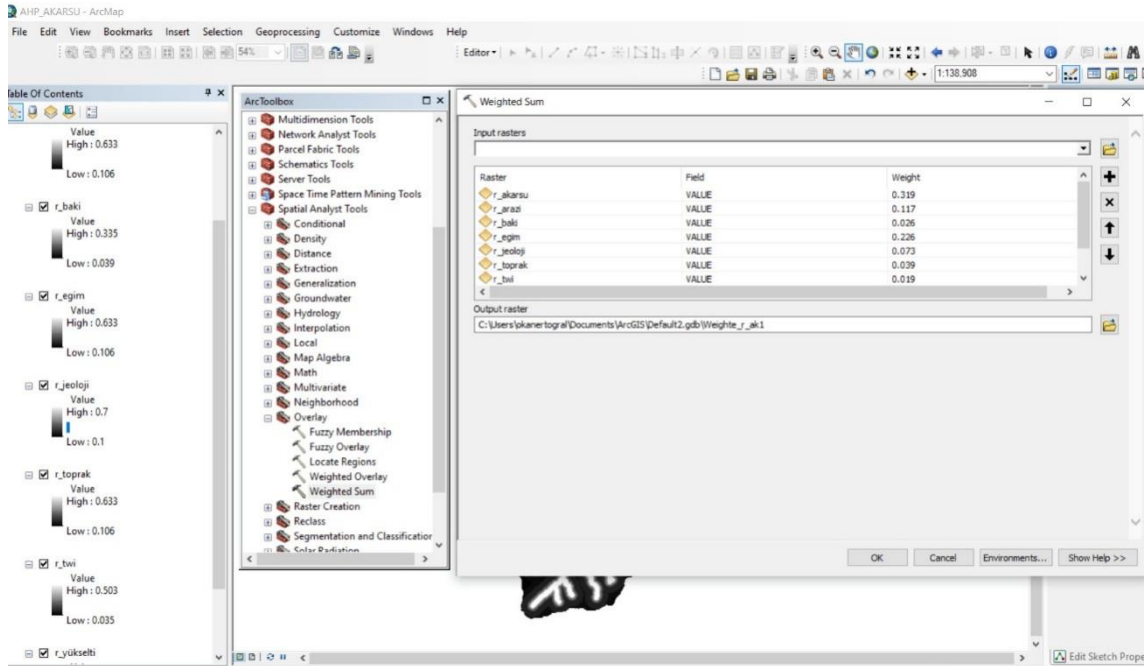
Şekil 35. Çalışma Alanı AHY Topografik Nemlilik İndeksi Haritası

Tüm kriterlerin alt kriterlerinin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisleri yapılarak ağırlık değerleri belirlendikten sonra kriterlerin ikili karşılaştırma matrisleri yapılarak risk değerleri atanmış ve ağırlık değerleri belirlenmiştir (Tablo 22).

	Yakınlık			Kullanımı				Nemlilik		
Akarsuya Yakınlık	1	2	2	4	6	8	9	9	9	0,319
Eğim	1/2	1	2	3	4	5	9	9	9	0,226
Yükselti	1/2	1/2	1	2	4	5	8	9	9	0,181
Arazi Kullanımı	1/4	1/3	1/2	1	2	5	6	7	7	0,117
Jeoloji	1/6	1/4	1/4	1/2	1	3	4	5	5	0,073
Toprak	1/8	1/5	1/5	1/5	1/3	1	2	3	3	0,039
Baki	1/9	1/9	1/8	1/6	1/4	1/2	1	2	2	0,026
Topografik Nemlilik	1/9	1/9	1/9	1/7	1/5	1/3	1/2	1	1	0,019

Tablo 22.AHY Kriterlerine Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değeri

Tüm kriter ve alt kriterlerin ağırlık değerleri belirlendikten sonra ArcMap 10.6.1 programında yer alan ArcToolbox modülü altındaki Spatial Analyst Tool aracındaki Weighted Sum komutu kullanılarak tüm kriterlere ait ağırlık değerleri girilmiş (Şekil 54) ve alana ait analitik hiyerarşi yönteminin sonuç verisi elde edilmiştir.



Şekil 36.ArcMap 10.6.1 Weighted Sum Komutu

AHY yöntemine göre havzanın taşkın tehlike durumu belirlendikten sonra havzadaki taşkın tehlikesininbeşeri sistemlere olabilecek etkisini ortaya koymak amacıyla taşkın tehlikesi altında yer alan yapı, bağımsız bölüm ve nüfus miktarı belirlenmiştir. Yapı ve bağımsız bölüm verisi Trabzon Büyükşehir Belediyesi'nden vektör veri formatında temin edilerek taşkın tehlike sınıflarına göre dağılımı yapılmıştır. Havzadaki yerleşim yerlerine ait 2023 yılı nüfus verisi ise Türkiye İstatistik Kurumu(TÜİK)'nun resmi sitesinden alınmıştır. TÜİK'ten alınan nüfus verisi mahalle bazlı olarak bağımsız bölüm sayısına bölünmüş ve mahalle bazlı olarak bağımsız bölümlere göre ortalama nüfus verisi elde edilmiştir. Daha sonra yapılardaki bağımsız bölüm sayılarına göre yapılardaki nüfus miktarı belirlenmiştir.

Havza sınırları içerisinde toplam 14 adet mahalle yer almasına rağmen bu yerleşim birimlerinin sınırlarının havzanın sınırları ile birebir örtüşmemesi nedeniyle havzadaki yerleşim birimlerindeki bazı yapı ve bağımsız bölümler havza sınırının dışında kalmaktadır. Bu nedenle havza sınırları içerisinde ikamet eden nüfus miktarını belirlemek için hesaplanan mahalle bazlı bağımsız bölümlere göre nüfus verisi kullanılmıştır. Havzanın nüfusunu belirlemek için her bir yerleşim biriminde havza sınırları içerisinde yer alan bağımsız bölüm sayısı ile o yerleşim birimindeki bağımsız bölüm başına düşen ortalama nüfus çarpılmıştır. Bu işlem sonucunda havzanın toplam nüfusunun 9.372 olduğu belirlenmiştir.

Havza içerisinde yer alan yapılarda ikamet eden nüfus miktarı da aynı yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Bunun için her bir yapıdaki bağımsız bölüm sayısı ile yapının yer aldığı yerleşim birimindeki bağımsız bölüm başına düşen ortalama nüfus miktarı çarpılarak yapı bazlı nüfus miktarı belirlenmiştir. Yapılara göre nüfus miktarı belirlendikten sonra nüfusun taşkın tehlike sınıflarına göre dağılımı yapılmıştır.

3.3.Taşkın Yayılım Haritalarının Üretim Yöntemleri

Bir bölgede yapılacak olan taşkın risk analizi çalışmalarında taşkın riski ön değerlendirme çalışmaları tamamlandıktan sonra bölgenin taşkın riski ve taşkın tehlike analizleri yapılabilmektedir. Taşkın yayılım haritaları akarsu havzasındaki tüm planlama çalışmalarının revize edilmesine neden olduğu için doğrudan birçok ekonomik etkisi vardır. Taşkın yayılım haritalarının olumlu tarafı taşkınların etkisini azaltıcı yapıların inşaatını başlatması, taşkın riski altında olan mülk ve arazi sahiplerini uyarması ve yerel planlama yetkililerine yeni gelişen fikirler sağlamasıdır. Taşkın yayılım haritalarının olumsuz tarafı ise taşkın riski altında kalan bölgelerdeki mülk

değerlerinin düşmesi ve bu alandaki kalkınma hızının düşmesi olarak gösterilebilir (Andjelkovic, 2001).

Taşkın yayılım haritalarının hazırlanmasında kullanılan en önemli veri taşkın debi değerleridir. Taşkın debi değerlerinin hesaplanmasında kullanılan debi tahmin yöntemleri deterministik ve istatistiki yöntemler olarak iki alt türe ayrılmaktadır. Deterministik yöntemler, taşkınlar ile havza ve iklim parametreleri arasında oluşturulan ilişkiler ile yapılan taşkın tahmin çalışmalarıdır. İstatistiki yöntemler ise taşkınları rastgele değişkenler olarak ele alıp meydana gelme olasılıklarının çeşitli olasılık dağılım fonksiyonları ile tahminine dayanmaktadır (Serencem, 2013).

Taşkın tahmin yöntemleri, taşkın riskini ve rejimini belirlemeyi temel alsalar bile her koşulda bütün havzalar için uygulanabilecek küresel bir model yoktur. Kullanılacak olan model havzanın büyüklüğü, akım gözlem istasyonu (AGİ) verilerinin varlığı gibi birçok parametrenin bir araya gelmesi ile belirlenir. Taşkın tahmini hesaplamaları havzadaki mühendislik müdahalelerinin tasarımı, taşkın uyarısı için gerçek zamanlı akış tasarımı, toplama sistemlerinin performansını ölçmek için geçmiş taşkınların yeniden yapılandırılması, iklim değişikliği ve nüfus artışının etkileri gibi senaryoların araştırılması için kullanılmaktadır (Samuels, 2000). Bu çalışmada akım gözlem istasyonlarından elde edilen verileri kullanarak ilgili akarsuya ait taşkın pik debilerinin hesaplanmasını sağlayan istatistiki yöntemlerden olan taşkın frekans analizi yöntemi kullanılmıştır.

3.3.1. Taşkın Frekans Analizi

Taşkın frekans analizinde, taşkın tekerrür debileri, yıllık maksimum akım verilerine çeşitli Olasılık Dağılım Fonksiyonları (ODF) uygulanmaktadır. ODF ile hesaplanan taşkın tekerrür debilerine çeşitli normallik testleri uygulanarak havza için en uygun olan fonksiyon belirlenmektedir. Çalışmada havzada yer alan D22A133 – YOMRA D. TAŞDELEN AGİ'nin 2011 – 2020 dönemine ait yıllık maksimum akış verilerine (Tablo 23) literatürde en çok tercih edilen 5 farklı Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu (OYF) uygulanarak 2,5,10,25,50,100,200,500 ve 1000 yıllık taşkın tekerrür debileri hesaplanmıştır. Kullanılan bu fonksiyonlar; Normal Dağılım, Log Normal Dağılım, Gumbel Dağılım, Pearson Tip-3 dağılımı ve Log Pearson Tip-3 dağılımıdır.

Yıl	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Maksimum Akım (M ³ /sn)	11	15,5	47,3	14,9	22,6	23	25,7	43	10,2	101

Tablo 23.D22A133 – YOMRA D. TAŞDELEN AĞI Yıllık Maksimum Akış Verileri

3.3.1.1. Normal Dağılım

Normal dağılıma göre bir rastgele değişken (X), n adet bağımsız değişkenin toplamından meydana geliyor ise n arttıkça X'in dağılımı da normal dağılıma yaklaşır. Dağılım $-\infty$ ile $+\infty$ arasındadır. Aynı zamanda normal dağılımın çarpıklık katsayısı 0 olup basıklık katsayısı 3 tür. X normal değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$Q = X_{ort} + Zx\sigma \quad \text{Formül 6}$$

Formüldeki Q hesaplanacak olan pik debi değerini, X_{ort} maksimum akım verilerinin ortalamasını, σ ise maksimum akım verilerinin standart sapmasını ifade eder (Formül 6). Z katsayısı, bir taşkın meydana gelebilme olasılığına göre normal dağılım tablosundan (Bkz. Ek 1) okunur. Bir debinin seçilen bir değeri aşması için, gereken ortalama süreye yineleme dönemi T_r , bu aralığa sahip bir taşkın her bir yıl seçilen değeri aşma olasılığı ise $1/T_r$ yani oluşma olasılığıdır. Örneğin 100 yıllık periyoda sahip bir debinin herhangi bir yıl aşılma olasılığı $1/100$ 'den 0,01 olarak çıkacaktır (Uçar,2010).

3.3.1.2. Log Normal Dağılım

X değişkeninin logaritması ile tanımlanan Y değişkeni normal dağılmış ise X'in dağılımı log-normaldir. Log normal dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$Q = 10^{\mu y + \sigma y + z} \quad \text{Formül 7}$$

Formüldeki Q hesaplanacak olan pik debi değerini, μy maksimum akım verilerinin logaritmasının ortalamasını, σ ise maksimum akım verilerinin logaritmasının standart sapmasını ifade eder (Formül 7).Z katsayısı, bir taşkın meydana gelebilme olasılığına göre normal dağılım tablosundan (Bkz. Ek 1) okunur. Daha sonra tüm değerler Formülde yerine yazılarak istenilen tekerrür sıklığına göre debi değeri belirlenir (Yurtal, 2016).

3.3.1.3. Gumbel Dağılımı

Bağımsız değişkenlerin sayısının sonsuza gitmesi halinde örneklerdeki en büyüklerin dağılımının ekstrem değer dağılımlarından birine yakınsadığı kabul edilerek tekerrür debilerinin hesaplandığı bir dağılım türüdür. Gumbel dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir (Uçar, 2010).

$$q = 1 - \frac{1}{T_r} \quad \text{Formül 8}$$

$$a = \frac{\sigma_n}{\sigma_x} \quad \text{Formül 9}$$

$$X_0 = \bar{x} - y_n \left(\frac{\sigma_x}{\sigma_n} \right) \quad \text{Formül 10}$$

$$Q = -\frac{\ln(-\ln q)}{a} + x_0 \quad \text{Formül 11}$$

Formüldeki Q hesaplanacak olan pik debi değerini (Formül 11), T_r hesaplanacak olan taşkın tekerrür periyodunun yıl sayısını (Formül 8), \bar{x} maksimum akım verilerinin ortalamasını, σ_x maksimum akım verilerinin standart sapmasını ifade etmektedir (Formül 9, Formül 10). y_n değeri akım gözlem kaydı bulunan su yılı sayısına göre y_n değerleri tablosundan (Bkz. Ek 2), σ_n değeri ise akım gözlem kaydı bulunan su yılı sayısına göre σ_n değerleri tablosundan (Bkz. Ek 3) seçilir (Yurtal, 2016).

3.3.1.4. Pearson Tip III Dağılımı

Taşkın tekerrür debilerinin hesaplanmasında sık kullanılan bir diğer dağılım Pearson Tip III dağılımıdır. Bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$Q = X_{ort} + kx\sigma \quad \text{Formül 12}$$

Formüldeki Q hesaplanacak olan pik debi değerini, X_{ort} yıllık maksimum akım verilerinin ortalamasını, k yıllık maksimum akım verilerinin çarpıklık katsayısı ve σ hesaplanacak olan tekerrür sıklığına göre Pearson Tip 3 T dönüş aralığı tablosundan (Bkz. Ek 4) okunan değeri ifade etmektedir (Formül 12), (Yurtal, 2016).

3.3.1.5. Log Pearson Tip 3 Dağılımı

Taşkın tekerrür debilerinin hesaplanmasında en fazla kullanılan dağılım türüdür. Dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$Q = 10^{x_{ort} + kx\sigma} \quad \text{Formül 13}$$

Formüldeki Q hesaplanacak olan pik debi değerini, x_{ort} yıllık maksimum akım verilerinin logaritmasının ortalamasını, k yıllık maksimum akım verilerinin logaritmasının çarpıklık katsayısı ve σ hesaplanacak olan tekerrür sıklığına göre Pearson Tip 3 T dönüş aralığı tablosundan (Bkz. Ek 4) okunan değeri ifade etmektedir (Formül 13), (Yurtal,2016).

3.3.1.6.Uygunluk Testleri

Çeşitli olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılarak elde edilen taşkın tekerrür debilerinden hangisinin kullanılacağına karar verebilmek için uygunluk testlerinden yararlanılmaktadır. Bu testlerden en sık kullanılanları Ki-Kare Testi ve Kolmogorov-Smirnov Testi'dir.

3.3.1.6.1. Ki-Kare Testi

Hesaplanan taşkın tekerrür debilerinin uygunluğunun test edilmesinde sıkça başvurulan Ki-Kare testi gözlenen frekansların belirli bir hipoteze göre elde edilen frekanslara uygun olup olmadığını test etmek için kullanılır (Bircan vd., 2003). Ki-Kare testi örnek değerlerin bir teorik dağılıma uygunluk derecesinin saptanması amacıyla uygunluk testi olarak veya iki veya daha fazla nitelik esas alınarak sınıflandırılan veriler arasındaki ilgini derecesini belirlemek için bağımsızlık testi olarak kullanılır (Hakan,2008). Ki-Kare test istatistiği aşağıdaki Formül kullanılarak hesaplanır.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} \quad \text{Formül 14}$$

Formüldeki χ^2 Ki-Kare değerini, o_i gözlenen frekans değerini ve e_i belli bir hipoteze göre elde edilen beklenen frekans değerini ifade etmektedir (Formül 14). Ayrıca testin sonucunun Ki-Kare dağılımı kritik değer tablosundan karşılaştırabilmek için dağılımın serbestlik derecesinin belirlenmesi gerekmektedir. Ki-Kare dağılımının serbestlik derecesi aşağıdaki Formül kullanılarak hesaplanır (Hakan, 2008).

$$d_f = k - p - 1 \quad \text{Formül 15}$$

Formüldeki k Ki-Kare hesaplamasında kullanılan frekans aralığı (sınıf) sayısını, p ise teorik dağılımı tanımlamak için örnek veriden elde edilen parametre sayısını ifade etmektedir (Formül 15). Örneğin normal dağılım hesaplanırken örnek verinin ortalaması ve standart sapması kullanıldığı için p değeri 2 alınır. Hesaplanan χ^2 değeri hesaplanan verinin serbestlik derecesine göre Ki-Kare dağılımı kritik değerler tablosu (Bkz. Ek 5) değerler ile karşılaştırılır. Hesaplanan değer kritik değer tablosundaki değerden küçük olması gözlenen frekansların beklenen frekanslara uygun dağıldığını, büyük olması ise gözlenen frekansların beklenen frekanslara uygun dağılmadığını göstermektedir.

Ki-Kare testinden güvenilir sonuç alabilmek için eğer iki kategori kullanılıyorsa her bir kategorideki frekansın 10 veya daha fazla olması, ikiden fazla kategori varsa her bir kategorideki frekansın en az 5 olması gerekmektedir (Kartal, 1998; akt. Bircan vd., 2003).

3.3.1.6.2. Kolmogorov – Smirnov (K-S) Testi

Herhangi bir değişken yönünden birbirinden bağımsız iki veri grubunun dağılımlarının benzer olup olmadığının test edilmesi yani aynı dağılıma sahip iki ana kütlede çekilip çekilmediğini test etmek için kullanılan bir yöntemdir (Güngör ve Bulut, 2008). K-S testi örnek verinin kümülatif dağılım fonksiyonunun öne sürülen kümülatif dağılım fonksiyonu ile karşılaştırılması esasına dayanır ve bu test yardımı ile bir örneklemden elde edilen verilerin normal dağılım sergileyip sergilemediği test edilir (Hakan, 2008). K-S değeri aşağıdaki Formül kullanılarak hesaplanır.

$$D = \max|F_x(X) - S_n(X)| \quad \text{Formül 16}$$

Formüldeki D K-S değerini, $F_x(X)$ örnek veriden elde edilen teorik dağılım fonksiyonunu, $S_n(X)$ ise gözleme dayalı elde edilen örnek verinin eklenik yoğunluk fonksiyonunu ifade etmektedir (Formül 16). Hesaplanan D değeri hesaplanan verinin n değerine göre K-S kritik değer tablosundaki (Bkz. Ek 6) değerler ile karşılaştırılır. Hesaplanan değer kritik değer tablosundaki değerden küçük olması gözlenen frekansların beklenen frekanslara uygun dağıldığını, büyük olması ise gözlenen frekansların beklenen frekanslara uygun dağılmadığını göstermektedir.

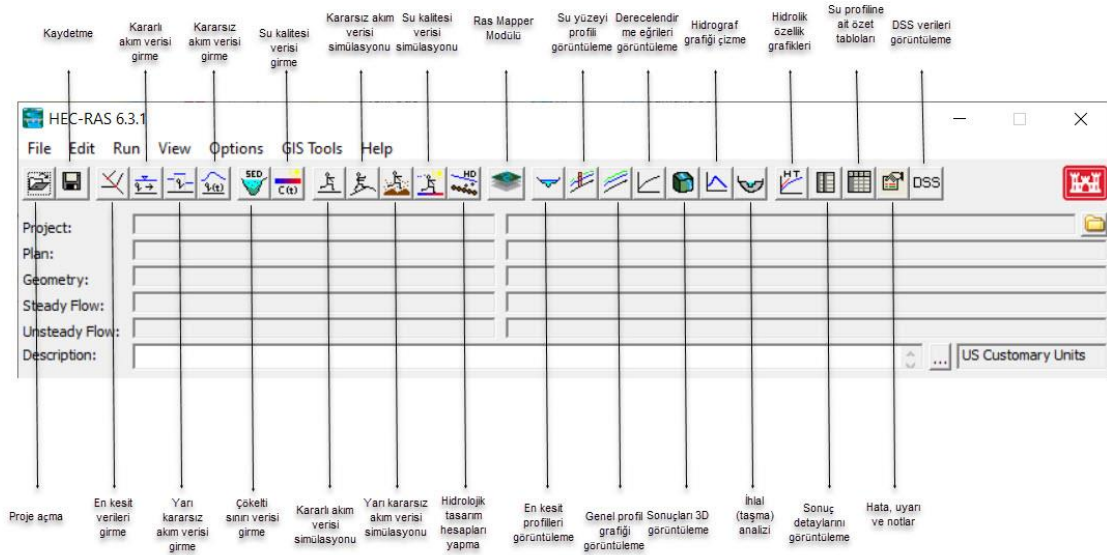
3.3.1.7. Pik Debiere Göre Taşkın Yayılım Alanlarının Belirlenmesi

Uygunluk testleri yapıp kullanılacak olan olasılık yoğunluk fonksiyonu belirlendikten sonra pik debi değerlerine göre taşkın yayılım alanlarının belirlenmesi için HEC–RAS 6.3.1 programından yararlanılmıştır. HEC–RAS Amerika Birleşik

Devletleri Ordusu Mühendisler Birliği'nin hidrolojik mühendislik, su kaynakları planlaması ve yönetimi konusundaki teknik kapasitesini artırmak amacıyla hazırlanmış bir yazılımdır.

3.3.1.7.1. HEC-RAS Yazılımına Verilerin Girilmesi

HEC-RAS yazılımında taşkın yayılım alanlarını hesaplayabilmek için çalışma alanına ait sayısal yükseklik modelinin, akarsu geometrisi verilerinin (talveg çizgisi, bank çizgisi, en kesitler vs.) ve debi değerlerinin girilmesi gerekmektedir. Veri girişleri HEC-RAS programı içerisinde yer alan ilgili modül ve alanlardan (Şekil 55) yapılmaktadır.

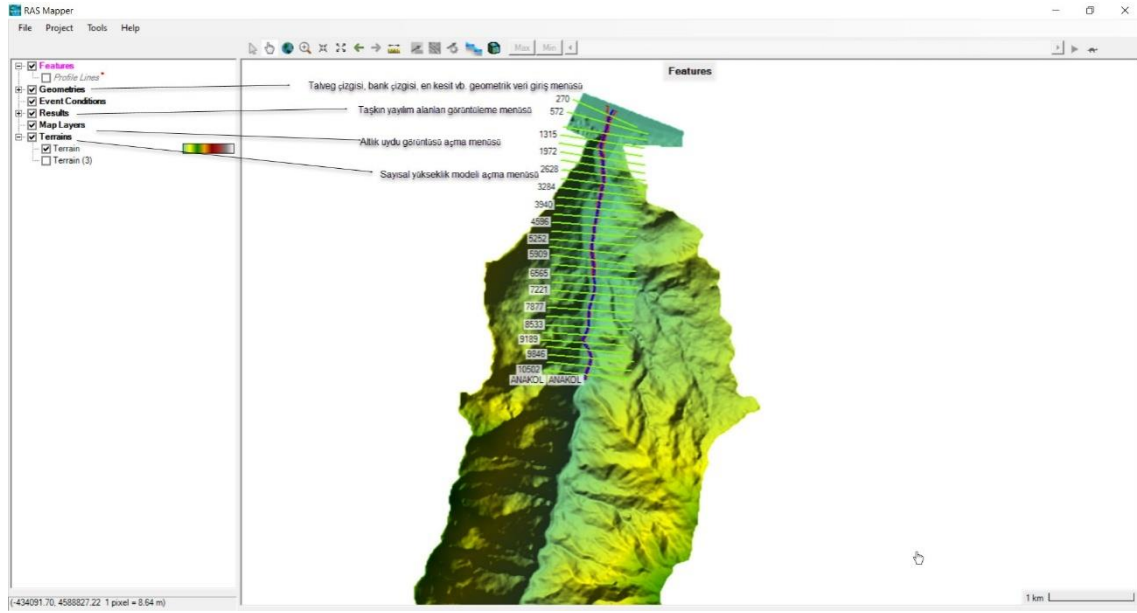


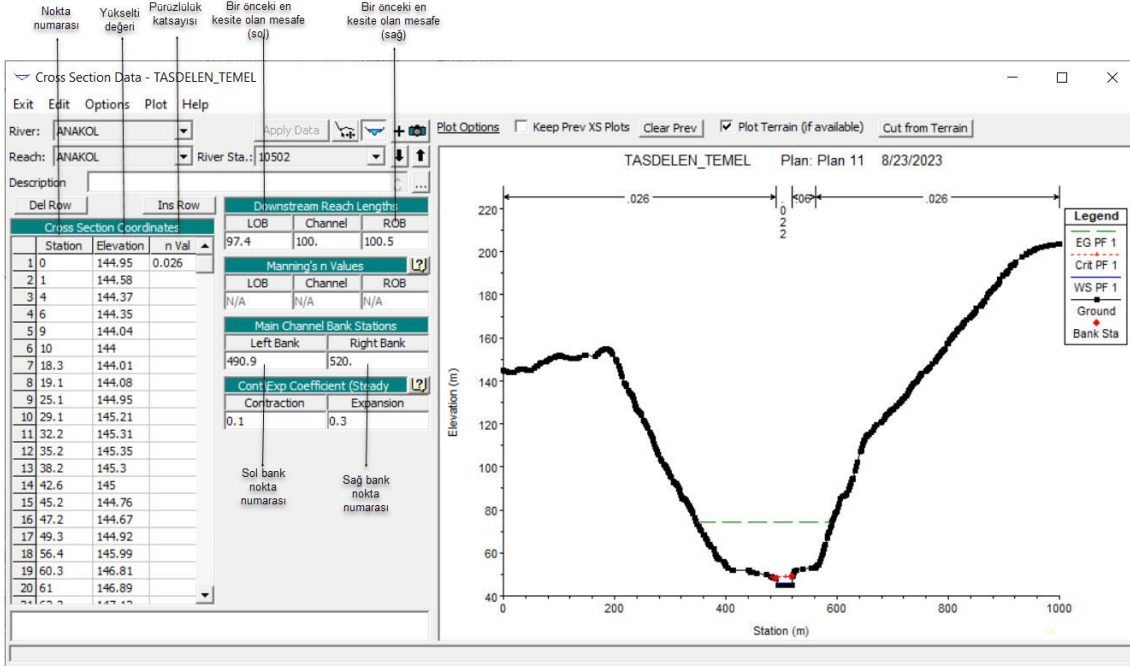
Şekil 37. HEC-RAS Yazılımı Ana Ekranı

3.3.1.7.2. HEC-RAS yazılımında SYM ve Geometrik Verilerin Oluşturulması

Herhangi bir akarsu havzasındaki taşkın yayılım alanlarının belirlenebilmesi için öncelikle o alana ait sayısal yükseklik modeline ihtiyaç vardır. Elde edilen sayısal yükseklik modeli HEC-RAS programına Ras MAPPER modülü üzerinden eklenmektedir. Ras MAPPER modülünde akarsuya ait talveg çizgisi, bank çizgisi ve en kesit çizgileri gibi geometrik veriler de Ras MAPPER modülünden eklenmektedir. Geometrik veriler manuel olarak eklenebileceği gibi vektör bir veri katmanı olarak elde edilmesi durumunda toplu olarak da eklenebilmektedir. Akarsu geometrik verilerinin manuel olarak eklenmesi durumunda veri girişine yardımcı olması açısından uydu görüntüsü altlıkları da Ras MAPPER modülündeki ilgili alandan eklenebilmektedir.

Veri girişlerinin ardından program tarafından belirlenen taşkın yayılım alanları da Ras MAPPER modülündengörüntülenebilmektedir (Şekil 56).





Şekil 39. HEC-RAS Yazılımı En Kesit Veri Düzenleme Ekranı

3.3.1.7.4. Debi Değerlerinin HEC-RAS Yazılımına Girilmesi

Olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak elde edilen taşkın pik debi değerleri programın giriş ekranında yer alan akım verisi düzenleme menüsü kullanılarak eklenmektedir (Şekil 58). Hesaplanan debi değerleri AGİ'ye ait debi değerleridir. Taşkın yayılım alanı belirlenecek olan alan ise AGİ'ye göre mansap noktasına daha yakın bir konumda yer almaktadır (Şekil 59). Bu nedenle AGİ'de belirlenen debilerin çalışma alanına taşınması gerekmektedir. Bu işlem için çalışma alanının yer aldığı havzada bir adet AGİ yer aldığı için drenaj alan oranı metodu kullanılmıştır. Drenaj alan oranı metodu aşağıdaki Formül kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$Q = (A_y/A_x) \cdot X_i \quad \text{Formül 17}$$

Formülde yer alan Q hesaplanacak olan debi değerini, A_y debi değeri hesaplanacak olan en kesit noktasının drenaj alanını, A_x AGİ'nin drenaj alanını X_i ise AGİ'nin debi değerini ifade etmektedir (Formül 17), (Hirsch, 1979).

Akarsu adı Akarsu kol adı En kesit numarası Akim değeri

Steady Flow Data - 1000 year

File Options Help

Description :

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max):

Locations of Flow Data: Changes

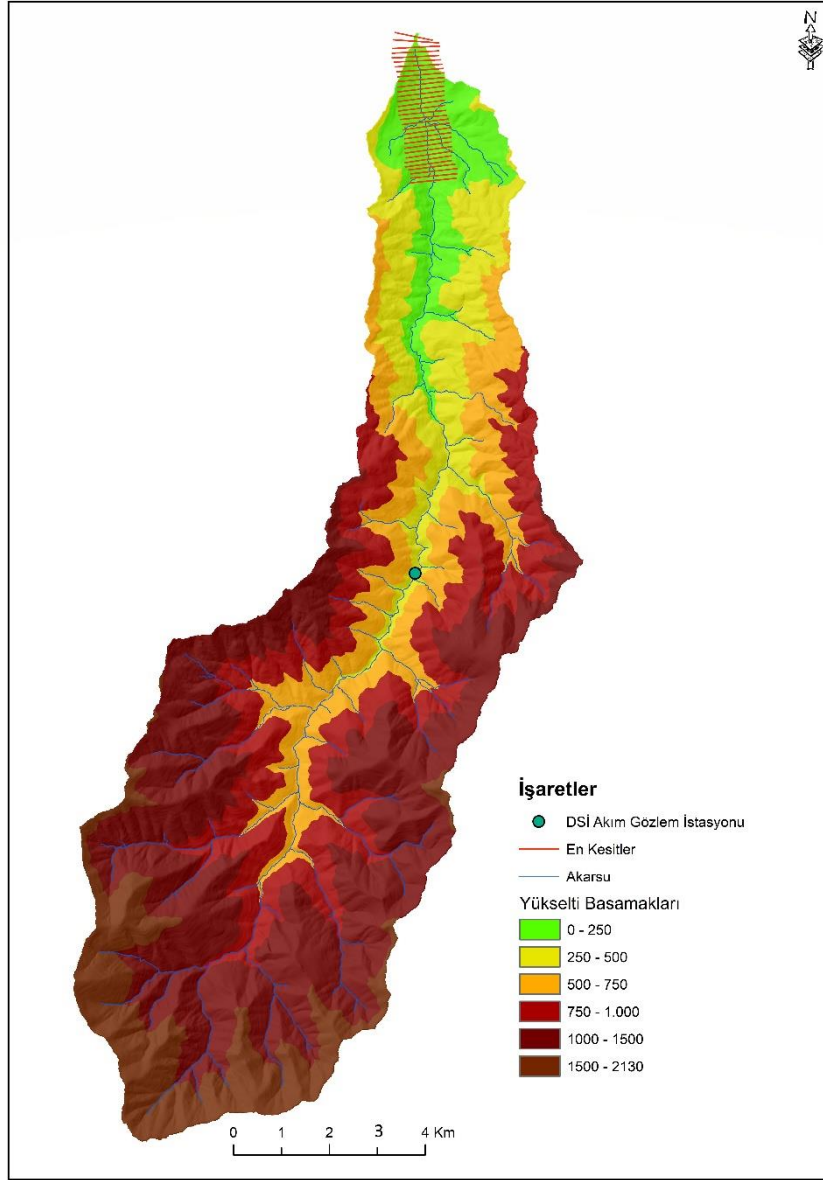
River:

Reach: River Sta.:

Flow Change Location				Profile Names and Flow Rates
	River	Reach	RS	PF 1
1	ANAKOL	ANAKOL	10502	612.2579
2	ANAKOL	ANAKOL	10174	612.4072
3	ANAKOL	ANAKOL	9846	612.8153
4	ANAKOL	ANAKOL	9518	613.6334
5	ANAKOL	ANAKOL	9189	618.0606
6	ANAKOL	ANAKOL	8861	618.144
7	ANAKOL	ANAKOL	8533	618.2745
8	ANAKOL	ANAKOL	8205	618.9453
9	ANAKOL	ANAKOL	7877	619.266
10	ANAKOL	ANAKOL	7549	619.2801
11	ANAKOL	ANAKOL	7221	620.8191
12	ANAKOL	ANAKOL	6893	620.8605
13	ANAKOL	ANAKOL	6565	621.4112
14	ANAKOL	ANAKOL	6237	640.3409
15	ANAKOL	ANAKOL	5909	648.1979
16	ANAKOL	ANAKOL	5581	648.5525
17	ANAKOL	ANAKOL	5252	649.0424
18	ANAKOL	ANAKOL	4924	649.5799
19	ANAKOL	ANAKOL	4596	649.7134
20	ANAKOL	ANAKOL	4268	650.0071
21	ANAKOL	ANAKOL	3940	651.3673
22	ANAKOL	ANAKOL	3612	652.3718
23	ANAKOL	ANAKOL	3284	653.2511
24	ANAKOL	ANAKOL	2956	654.599
25	ANAKOL	ANAKOL	2628	655.0547
26	ANAKOL	ANAKOL	2300	655.2582
27	ANAKOL	ANAKOL	1972	655.4194
28	ANAKOL	ANAKOL	1644	655.7468
29	ANAKOL	ANAKOL	1315	656.0352
30	ANAKOL	ANAKOL	987	656.0352
31	ANAKOL	ANAKOL	572	656.0352
32	ANAKOL	ANAKOL	270	656.0352
33	ANAKOL	ANAKOL	183	656.0352

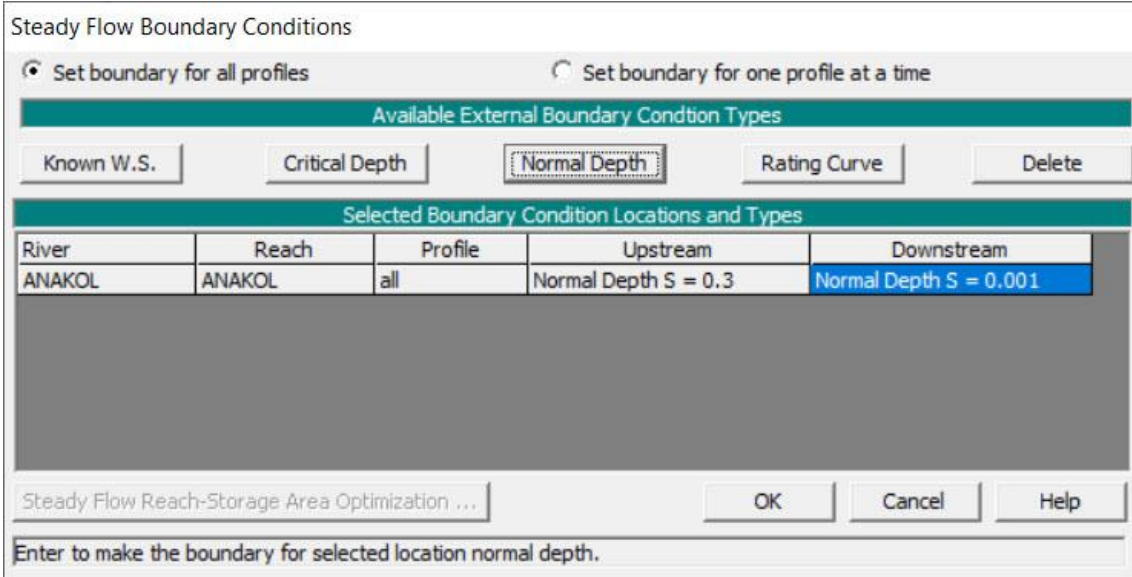
Edit Steady flow data for the profiles (m3/s)

Şekil 40. HEC-RAS Yazılımı Debi Değeri Giriş Ekranı



Şekil 41. Taşdele D. AGİ'nin Ve Taşkın Frekans Analizinde Kullanılan En Kesitlerin Konumu

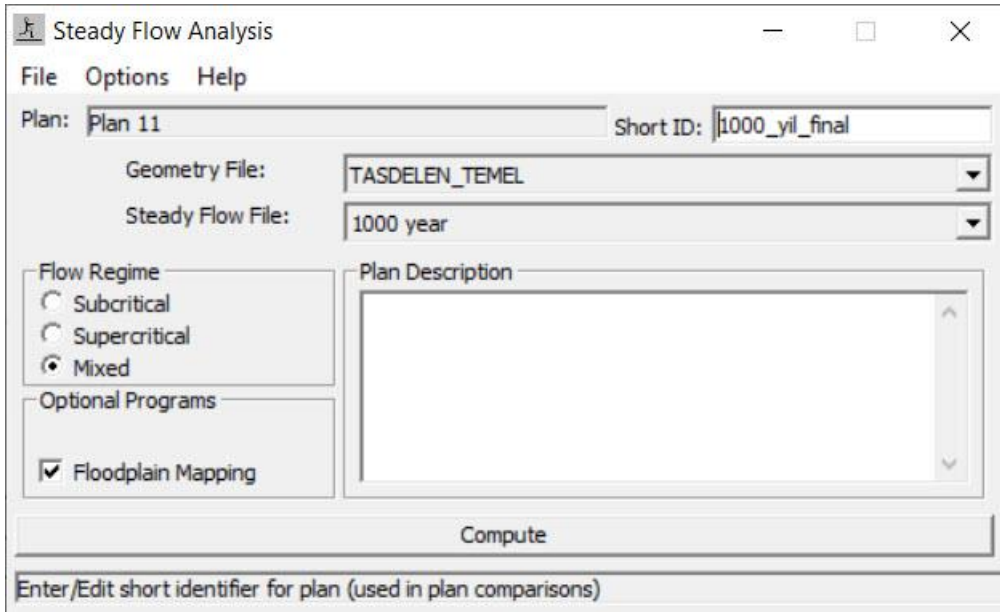
Drenaj alan oranı metoduna göre en kesit verilerinin debi değerleri hesaplanıp programa girildikten sonra akım verisi düzenleme menüsü altında yer alan sınır koşulları alanında (Şekil 60) taşkın yayılım alanı hesaplanacak olan akarsu kesitinin mamba ve mansap noktasının eğim değerlerinin girilmesi gerekmektedir.



Şekil 42. HEC-RAS Yazılımı Sınır Koşulları Ekranı

3.3.1.7.5. Taşkın Yayılım Alanlarının Oluşturulması

Çalışma alanına ait geometrik veriler ve akım verileri yazılımdaki ilgili alana girildikten sonra ana sayfadan “Steady Flow” ekranına (Şekil 61) girilerek seçilen tekerrür debisine göre taşkın yayılım alanları oluşturulur.



Şekil 43. HEC-RAS Yazılımı “Steady Flow” Ekranı

4.BULGULAR

4.1. Morfometrik Analiz Yöntemine Ait Bulgular

4.1.1.Çizgisel Morfometrik Parametreler

4.1.1.1.Çatallanma Oranı (Rb)

Havzaların topografik özellikleri, litolojik yapısı ve akım üretme özellikleri ile ilgili önemli bilgiler veren çatallanma oranı bir dizindeki toplam akarsu sayısının kendinden üst dizindeki akarsu sayısına bölünmesi ile hesaplanır ve havzanın parçalanma şiddeti ve rölyef özelliklerinin belirlenmesi açısından önemli bir morfometrik parametredir. (Horton,1945). Nispeten homojen bir yapıda litolojiye sahip havzalarda Rb değeri 3 – 5 arasında değer almaktadır. Dayanıklı ve dayanıksız tabakaların ardalanması ile oluşan dar ve dönüşümlü yüzeylenmelerin olduğu uzun havzalarda ise Rb değeri 10 veya üzerine çıkabilmektedir (Hugget 2010). Rb değerinin 5 ten küçük olması drenaj gelişiminin arazinin litolojik özelliklerinin kontrolünde olduğunu, 5 ten büyük olması ise drenaj gelişiminin strüktür kontrolünde olduğunu göstermektedir (Rama, 2014). Rb değeri havzanın geometrik şekli hakkında da bilgi vermektedir. Uzunlamasına olan havzalarda Rb değeri yüksek iken dairesel havzalarda düşüktür (Schumn, 1956). Düşük Rb değerine sahip havzalarda geçirimsizlik oranı düşük, yüzeysel akış oranı fazladır (Utlu ve Özdemir, 2018). Bu nedenle Rb değerinin düşük olması havzadaki taşkın duyarlılığını artırmaktadır (Samson vd., 2015; Turoğlu ve Aykut, 2019). Çalışma alanında yer alan akarsu havzalarının Rb değerleri 2,67 ile 4,48 arasında değişmektedir. En yüksek Rb değeri 4,48 ile Zil Deresi'ne, en düşük Rb değeri ise 2,67 ile Muratlı Deresi'ne aittir (Tablo 24). Bu durum havzaların litolojik yapısının homojen olduğunu, drenaj gelişimlerinin litolojinin kontrolünde olduğunu ve Muratlı Deresi havzasının taşkın duyarlılığının Rb değerine göre diğer havzalara oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir.

4.1.1.2.Akarsu Uzunluk Oranı (Rl)

Akarsu uzunluk oranı (Rl) bir dizindeki akarsuların toplam uzunluklarının kendinden bir üst düzeydeki akarsuların toplam uzunluklarına oranı olarak ifade edilmektedir (Horton, 1945). Rl değeri akarsu havzalarının topografik özellikleri, jeomorfolojik gelişim aşaması ve akım özelliklerinin belirlenmesi açısından önemli bir morfometrik parametredir. Havzadaki akarsu segmentlerinin uzun boylu ve seyrek olması havzadaki eğim değerlerinin düşük olduğunu göstermektedir (Turoğlu ve Aykut, 2019). Akarsu dizinleri arasında Rl değerinin değişiklik göstermesi ise havzanın

jeomorfolojik gelişiminin gençlik aşamasında olduğunu göstermektedir (Rai vd. 2014; Mahala, 2020). Rl değerinin yüksek olması yan kollardan ana akarsu kanalına olan deşarjları ve ana akarsu kanalındaki birikimleri artırdığını yani bir üst dizinin taşıdığı suyun alt dizin tarafından taşınmadığını gösterdiği için Rl değerinin yüksek olması taşkın duyarlılığını artırmaktadır(Esen, 2022; Coşkun ve Öztürk, 2022; Kuşcu ve Özdemir, 2023). Çalışma alanında yer alan akarsu havzalarının Rl değerleri 1,65 ile 8,59 arasında değişmektedir. En yüksek Rl değeri Şana Deresi havzasına, en düşük Rl değeri ise Zil Deresi havzasına aittir (Tablo 24). Bu durum Şana Deresi havzasının diğer havzalara göre daha dairesel bir şekle sahip olduğunu ve Rl değerine göre taşkın duyarlılığının diğer havzalara oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir.

4.1.1.3.Yüzeysel akış uzunluğu(ℓ_o)

Yüzeysel akış uzunluğu (ℓ_o)drenaj yoğunluğunun yarısı olarak ifade edilmektedir (Horton, 1945). ℓ_o değeri havzanın litoloji, eğim, rölyef ve geometrik şekil özelliklerini ve yüzeye düşen suların akarsu kanalına ulaşması için geçen süreyi yansıtan bir morfometrik parametredir. ℓ_o değerinin yüksek olması yüzeye düşen suların akarsu kanalına ulaşmak için daha fazla mesafe kat etmesi gerektiğini dolayısı ile sızma miktarının fazla olduğunu, ℓ_o değerinin düşük olması ise yüzeye düşen suların oyalanmadan akarsu kanalına ulaştığını ve sızma ile su kaybının az olduğunu göstermektedir (Sohail ve Mahmood, 2023).Ayrıca ℓ_o değerinin düşük olması havzanın daha dairesel bir şekle sahip olduğunu göstermektedir (Özdemir, 2011). ℓ_o değerinin düşük olması sızma miktarını azaltıp yüzeysel akış miktarını artırdığından dolayı havzanın taşkın duyarlılığını yükseltmektedir (Avcı, 2023; Waikar ve Nilawar, 2014).Çalışma alanında yer alan akarsu havzalarındaki ℓ_o değerleri 0,129 ile 0,138 arasında değişmektedir. En düşük ℓ_o değeri Şana Deresi havzasına en yüksek ℓ_o değeri ise Zil Deresi havzasına aittir (Tablo 24). Bu durum havzaların litolojik özelliklerinin benzer olduğunu ve Şana Deresi havzasının diğer havzalara göre dairesel bir şekle sahip olduğu için ℓ_o değerine göre taşkın duyarlılığının daha yüksek olduğunu göstermektedir.

4.1.1.4.Tekstür oranı(T)

Tekstür oranı (T) havzadaki 1. düzeyde yer alan toplam akarsu sayısının havzanın çevre uzunluğuna oranlanması ile hesaplanır (Horton, 1945). T değeri havza yüzeyinin litolojik özellikleri, sızma kapasitesi ve rölyef özelliklerine bağlı olarak değişen bir morfometrik parametredir (Rana vd., 2016; Chandrashekar vd., 2015). T

değerinin yüksek çıkması ana akarsu kanalına su gönderen 1. düzeydeki kolların sayısının fazla olduğunu, düşük çıkması ise 1. düzeydeki kolların sayısının az olduğunu göstermektedir. Ayrıca T değeri dairesel havzalarda uzunlamasına havzalara göre daha yüksek çıkmaktadır (Özdemir, 2011). Havzadaki akarsu aşındırma süreçleri ile ilgili de bilgi veren T değerinin yüksek olması havzanın akarsular tarafından parçalandığını, aşındırma ve erozyon faaliyetlerinin de fazla olduğunu göstermektedir (Elbaşı ve Özdemir, 2023). Havzadaki 1. dizinde yer alan kol sayısının fazla olması ana akarsu kanalına olan deşarj miktarını artırdığı için T değerinin yüksek olması taşkın duyarlılığını artırmaktadır (Ödeker ve Türkoğlu, 2020; Turoğlu ve Aykut, 2019; Prashad ve Pani, 2017). Çalışma alanındaki akarsu havzaların T değeri 1,07 ile 19,29 arasında değişmektedir. En yüksek T değeri Şana Deresi havzasına en düşük T değeri ise Muratlı Deresi havzasına aittir. Ayrıca Yomra Deresi havzasının T değeri de 17,84 olarak hesaplanmıştır (Tablo 24). Bu durum Şana Deresi ve Yomra Deresi havzasının diğer havzalara oranla akarsular tarafından daha fazla parçalandığını, erozyon faaliyetlerinin ve taşkın duyarlılığının T değerine göre diğer havzalara oranla daha fazla olduğunu göstermektedir.

4.1.1.5.Drenaj Tekstür oranı(Rt)

Drenaj tekstür oranı (Rt) havzadaki tüm düzeylerde yer alan toplam akarsu kanalı sayısının havza çevre uzunluğuna oranlanması ile hesaplanır (Horton,1945). Rt değeri havzanın toprak özellikleri, iklim, bitki örtüsü, sızma kapasitesi ve arazinin jeomorfolojik gelişme aşamasına bağlı olarak değişmektedir. Rt değerinin 2'den az olması arazinin litolojik yapısının çok kaba taneli, 2 – 4 arasında olması kaba taneli, 4 – 6 arasında olması orta taneli, 6 – 8 arasında olması ince taneli ve 8'den fazla olması çok ince taneli olduğunu göstermektedir (Smith, 1950). Rt değerinin düşük olması havzadaki bitki örtüsünün yoğun, rölyefin düşük ve yüzey örtüsünün geçirgen olduğunu, yüksek olması ise bitki örtüsünün seyrek, topografyanın engebeli ve yüzey örtüsünün geçirgen olmadığını göstermektedir (Shekar ve Mathew, 2023). Rt değerinin yüksek olması yüzeysel akış miktarını artırdığı için taşkın duyarlılığının da artmasına neden olmaktadır (Esen, 2022; Utlı ve Özdemir 2018). Çalışma alanının oluşturan havzaların Rt değeri 1,69 ile 24,34 arasında değişmektedir. En yüksek Rt değeri Şana Deresi havzasına, en düşük Rt değeri ise Muratlı Deresi havzasına aittir. Ayrıca Yomra Deresi havzasının da Rt değeri 22,48 olarak hesaplanmıştır (Tablo 24). Bu durum Şana ve Yomra Deresi havzalarının yüksek rölyef değerine sahip olmalarının Rt değerinin ve taşkın duyarlılığının daha yüksek olmasına neden olduğunu göstermektedir.

Morfometrik Parametre	Yomra Deresi	Şana Deresi	Murath Deresi	Zil Deresi
Çatallanma Oranı (Rb)	4,33	4,45	2,67	4,48
Akarsu Uzunluk Oranı(Rl)	1,87	8,59	2,07	1,65
Yüzeysel Akış Uzunluğu(Lo)	0,137	0,129	0,132	0,138
Tekstür Oranı(T)	17,84	19,29	1,07	4,18
Drenaj Tekstür Oranı(Rt)	22,48	24,34	1,69	5,34

Tablo 24. Çalışma Alanına Ait Çizgisel Morfometrik Parametre Değerleri

4.1.2.Alansal Morfometrik Parametreler

4.1.2.1.Drenaj Yoğunluğu(Dd)

Drenaj yoğunluğu (Dd) havzada yer alan tüm akarsu kanallarının toplam uzunluğunun havza alanına bölünmesi ile elde edilir (Horton,1945). Dd değeri de T ve Dt değeri gibi havzanın iklim, bitki örtüsü, rölyef özellikleri ve yüzey örtüsü özelliklerine bağlı olarak gelişmekte ve ana akarsu kanalının akım miktarı üzerinde belirleyici etkiye sahip olan bir morfometrik parametredir. Aynı iklim bölgesinde yer alan havzalar karşılaştırıldığında drenaj yoğunluğunun fazla olduğu havzada akışa geçen su miktarı fazla olduğu söylenebilir. Dd değerinin düşük olması havzadaki yüzey örtüsünün geçirgen olduğunu, yer altı su seviyesinin yüksek olduğunu, bitki örtüsü yoğunluğunun fazla olduğunu ve rölyefin düşük olduğunu göstermektedir. Dd değerinin yüksek olması ise yüzey örtüsünün geçirimsiz olduğunu (Nautiyal, 1994), bitki örtüsünün seyrek olduğunu ve arazinin engebeli bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir (Shekar ve Mathew, 2023; Chandrashekar vd., 2015). Ayrıca Dd değerinin yüksek olması havzada ana akarsu kanalına su taşıyan çok sayıda kanal olduğunu göstermektedir. Bu nedenle Dd değerinin yüksek olduğu havzalarda taşkın duyarlılığı daha yüksektir (Avcı, 2023; Sohail ve Mahmood, 2023; Utlu ve Özdemir, 2018). Çalışma alanında yer alan havzaların Dd değerleri 3,63 ile 3,89 arasında değişmektedir. En yüksek Dd değeri Şana Deresi havzasına, en düşük Dd değeri ise Yomra Deresi havzasına aittir (Tablo 25). Dd değerlerine göre çalışma alanında yer alan

havzaların bitki örtüsü özellikleri ve yüzey örtüsünün geçirgenlik özellikleri aynı olmakla birlikte taşkın duyarlılığının en yüksek olduğu havza Şana Deresi havzasıdır.

4.1.2.2. Uzama Oranı(Re)

Uzama oranı (Re) havza ile aynı alana sahip bir dairenin yarıçapı ile maksimum havza uzunluğunun oranlanması ile elde edilir (Schumn, 1956). Re değeri havzanın infiltrasyon kapasitesi ve yüzeysel akış miktarı hakkında bilgi vermektedir. Re değerinin düşük olması yüzey örtüsünün geçirgenliğinin yüksek ve yüzeysel akış miktarının az olduğunu, Re değerinin yüksek olması ise yüzeysel akış miktarının fazla ve buna bağlı olarak erozyon ve sediment taşınmasının da fazla olduğunu göstermektedir (Reddy vd., 2004). Ayrıca Re değerinin 1'e yaklaşması havzanın dairesel bir şekle sahip olduğunu göstermektedir (Biswas vd., 1999). Dairesel şekle sahip havzalarda yan kollardan ana kanala olan deşarjlar uzunlamasına olan havzalara göre daha fazla olduğu için Re değerinin yüksek olması taşkın duyarlılığını artırmaktadır (Coşkun ve Öztürk, 2022; Turoğlu ve Aykut, 2019). Çalışma alanında yer alan havzaların Re değerleri 0,49 ile 0,64 arasında değişmektedir. En yüksek Re değeri Şana Deresi havzasına en düşük Re değeri ise Yomra Deresi havzasına aittir (Tablo 25). Bu durum Şana deresi havzasının diğer havzalara göre daha dairesel bir şekle sahip olduğunu ve Re değerine göre taşkın duyarlılığının diğer havzalara oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir.

4.1.2.3. Havza Şekli(Rf)

Havza şekli (Rf) de uzama oranı gibi havzanın dairesel bir şekle sahip olup olmadığını gösteren bir morfometrik parametredir ve havza alanının maksimum havza uzunluğunun karesine oranlanması ile elde edilir (Horton, 1932). Rf değeri 0 ile 1 arasında değişmekte olup değerin 0'a yaklaşması havzanın uzunlamasına bir şekle sahip olduğunu, 1'e yaklaşması ise havzanın dairesel bir şekle sahip olduğunu göstergesidir (Chandrashekar vd., 2015; Waikar ve Nilawar, 2014). Uzunlamasına bir şekle sahip olan havzalarda uzun süreli düşük seviyeli akımlar görülürken, dairesel havzalarda kısa süreli pik akımlar görülmektedir (Sukristiyanti vd.,2018; Alqahtani ve Qaddah, 2019). Bu nedenle Rf değerinin yüksek olması havzadaki taşkın duyarlılığını artırmaktadır (Rai vd., 2014). Çalışma alanında yer alan havzaların Rf değerleri 0,19 ile 0,33 arasında değişmektedir. En yüksek Rf değeri Şana Deresi havzasına, en düşük Rf değeri Yomra deresi havzasına aittir (Tablo 25). Bu durum Şana Deresi havzasının şeklinin diğer

havzalara göre daha dairesel olduğunu ve Rf değerine göre taşkın duyarlılığının daha yüksek olduğunu göstermektedir.

4.1.2.4. Gravelius İndeksi(Kg)

Havza şekli ve uzunluk oranı gibi havzanın şeklinin dairesel olup olmadığı hakkında fikir veren gravelius indeksi (Kg) havza çevre uzunluğunun havzanın alanına oranlaması ile hesaplanır (Gravelius, 1914). Kg değerinin yüksek olması havzanın uzunlamasına bir şekle sahip olduğunu, rölyefin aşındırma faaliyetleri üzerinde etkisinin yüksek ve erozyonun fazla olduğunu, düşük olması ise havzanın dairesel bir şekle sahip olduğunu göstermektedir (Avcı ve Sunkar, 2018). Dairesel şekle sahip olan havzalarda yan kollardan ana kanala olan deşarjlar uzunlamasına olan havzalara göre daha fazla olduğu için Kg değerinin düşük olması havzanın taşkın duyarlılığını artırmaktadır. Çalışma alanında yer alan akarsu havzalarının Kg değerleri 1,38 ile 1,72 arasında değişmektedir. En yüksek Kg değeri Yomra Deresi havzasına, en düşük Kg değeri ise Şana Deresi havzasına aittir (Tablo 25). Bu durum Şana Deresi havzasının diğer havzalara göre daha dairesel bir şekle sahip olduğu için Kg değerine göre taşkın duyarlılığının daha yüksek olduğunu göstermektedir.

4.1.2.5. Akarsu Sıklığı(Fs)

Akarsu sıklığı (Fs) bir havzada yer alan toplam akarsu sayısının havza alanına bölünmesi ile elde edilir (Horton,1945). Havzaların drenaj özelliklerini ortaya koymak amacıyla çok sık kullanılan Fs değeri havzanın bitki örtüsü, sızma kapasitesi ve rölyef özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Fs değerinin yüksek olması havzadaki rölyefin yüksek, bitki örtüsünün seyrek ve yüzey örtüsünün geçirimsiz olduğunu, Fs değerinin düşük olması ise rölyefin düşük, bitki örtüsünün yoğun ve yüzey örtüsünün geçirimsizliğinin yüksek olduğunu göstermektedir (Rajasekhar vd., 2020; Avcı ve Sunkar, 2018; Özdemir ve Bird, 2009). Ayrıca engebeli bir arazi yapısına sahip havzalarda Fs değeri yüksektir (Abdelkader vd., 2021). Fs değerinin yüksek olması yüzeysel akışa geçen su miktarını artırdığı için yüksek Fs değerine sahip havzaların taşkın duyarlılığı daha yüksektir (Coşkun ve Öztürk, 2022; Turoğlu ve Aykut, 2019). Çalışma alanında yer alan havzaların Fs değerleri 7,25 ile 14,27 arasında değişmektedir. En yüksek Fs değeri Şana Deresi havzasına, en düşük Fs değeri ise Muratlı Deresi havzasına aittir. Ayrıca Yomra Deresi havzasının Fs değeri 13,34 olarak hesaplanmıştır (Tablo 25). Bu durum Şana Deresi ve Yomra Deresi havzasının diğer havzalara oranla

akarsular tarafından daha fazla parçalandığını ve taşkın duyarlılığının Fs değerine göre diğer havzalara oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Morfometrik Parametre	Yomra Deresi	Şana Deresi	Muratlı Deresi	Zil Deresi
Drenaj Yoğunluğu(Dd)	3,66	3,89	3,79	3,63
Uzama Oranı(Re)	0,49	0,64	0,53	0,55
Havza Şekli(Rf)	0,19	0,33	0,22	0,24
Gravelius İndeksi(Kg)	1,72	1,38	1,49	1,6
Akarsu Sıklığı(Fs)	13,34	14,27	7,25	8,3

Tablo 25. Çalışma Alanına Ait Alansal Morfometrik Parametre Değerleri

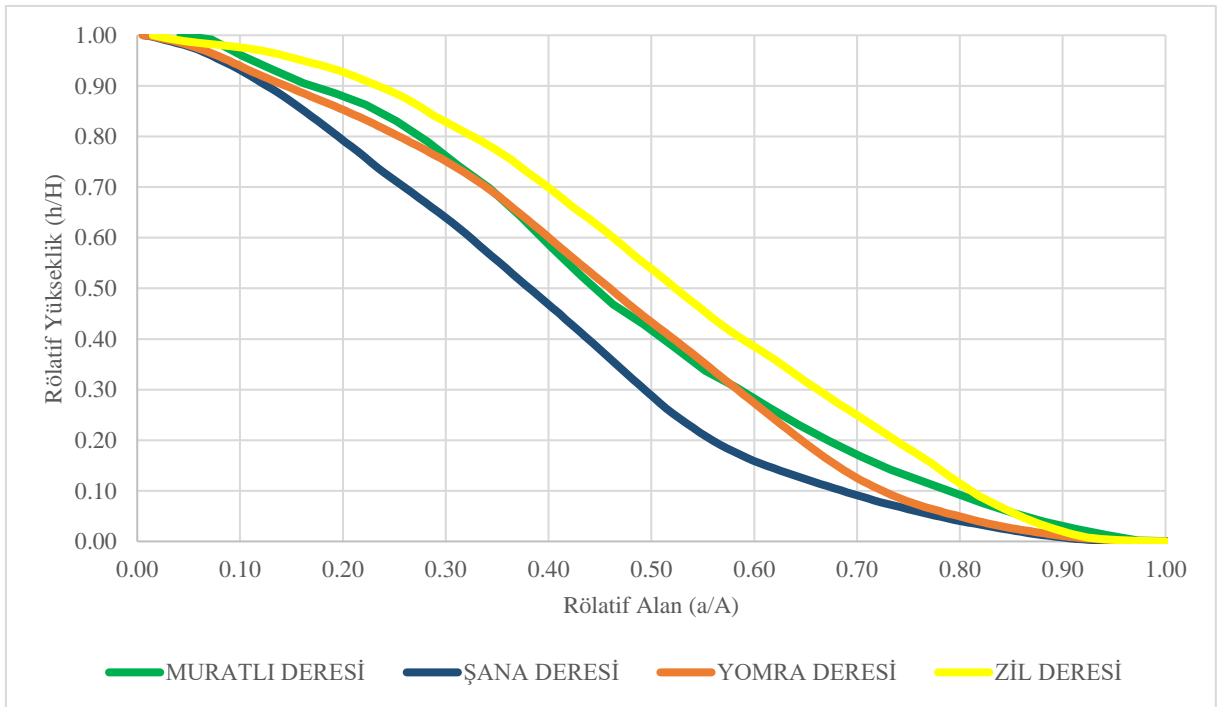
4.1.3.Rölyef Morfometrik Parametreler

4.1.3.1.Akım Toplama Zamanı(Tc)

Akım toplama zamanı (Tc) yüzeye düşen suyun havzanın en uzak noktasından havzanın mansap noktasına ulaşana kadar geçen süredir ve bu değer hesaplanması için birçok Formül geliştirilmiş olup bu Formüllerden en çok kullanılanı Kirpich (1940) denklidir. Tc değeri üzerinde arazinin eğim, litoloji, toprak tipi ve bitki örtüsü özellikleri belirleyici olmaktadır (Utlu ve Özdemir, 2018). Arazi kullanım ve iklim özellikleri benzer olan komşu havzalarda eğimin fazla olduğu havzada Tc değeri daha düşük olur. Tc değerinin düşük olması yüzeye düşen suyun kısa sürede havzanın çıkış noktasına ulaştığını gösterir ve bu havzaların taşkın duyarlılığı yüksek olmaktadır (Kusre, 2016). Çalışma alanında yer alan havzaların Tc değerleri 19,95 ile 238,48 arasında değişmektedir (Tablo 26). En yüksek Tc değeri Yomra Deresi havzasına en düşük Tc değeri ise Muratlı Deresi havzasına aittir. Bu durum Muratlı Deresi havzasının diğer havzalara oranla daha küçük bir alana ve daha yüksek eğim değerlerine sahip olduğu için Tc değerinin daha düşük olduğunu ve suyun toplanma süresinin diğer havzalara göre kısa olduğunu göstermektedir.

4.1.3.2.Hipsometrik İntegral(Hi)

Hipsometrik eğri grafiğinin (Şekil 62) sayısal değeri olarak ifade edilen hipsometrik integral (Hi) havzadaki ortalama yükselti ile minimum yükselti arasındaki farkın maksimum yükselti ile minimum yükselti arasındaki farka bölünmesi ile elde edilir (Strahler, 1952). Hi değeri 0 ile 1 arasında değişmekte ve havzanın jeomorfolojik gelişim aşaması hakkında bilgi vermektedir. Değerin 1'e yakın olması havzanın genç, 0'a yakın olması ise havzanın olgun olduğunu göstermektedir (Avcı ve Sunkar, 2018). Gençlik aşamasındaki akarsuların yamaç eğimlerinin ve akım güçlerinin fazla olması akışa geçen su miktarını artırdığı için bu tip havzalarda taşkın duyarlılığı daha yüksektir. Çalışma alanında yer alan akarsu havzalarının Hi değerleri 0,39 ile 0,51 arasında değişmektedir. En yüksek Hi değeri Zil Deresi havzasına en düşük Hi değeri ise Şana Deresi havzasına aittir (Tablo 26). Bu durum Zil Deresi havzasının diğer havzalara göre jeomorfolojik gelişim aşamasının daha erken evresinde yer aldığını ve Hi değerine göre taşkın duyarlılığının diğer havzalara oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir.



Şekil 44.Çalışma Alanı Akarsu Havzalarına Ait Hipsometrik Eğri Grafiği

4.1.3.3. Havza Röllyefi(Bh)

Havza röllyefi (Bh) havzanın en yüksek ve en alçak noktası arasındaki yükselti farkını ifade etmektedir (Schumn, 1956). Bh değeri havzanın jeolojik yapısına, jeomorfolojik yapısına ve drenaj özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (Mahala, 2020). Bh değeri havzadaki yer şekillerinin gelişimi, drenaj ağının gelişimi, yüzeysel ve yüzey altı su akışı özellikleri ve yüzey erozyonu özellikleri üzerinde önemli etkiye sahip bir morfometrik parametredir (Reddy vd. 2004; Utlu ve Özdemir, 2018; Jothimani vd. 2021). Bh değerinin yüksek olması havzadaki yüzey akış hızının yüksek olmasına ve toprak erozyonu miktarının artmasına neden olurken değerin düşük olması yüzeysel akış hızının düşük olmasına ve buna bağlı olarak toprak erozyonu miktarının azalmasına, havzanın deşarj kapasitesinin düşük ve yer altı suyu potansiyelinin yüksek olmasına neden olmaktadır (Shekar ve Mathew, 2023; Alqahtani ve A. Qaddah, 2019). Genel olarak, daha yüksek Bh değerine sahip havzalar, daha kısa gecikme süresine, daha hızlı yüzey akışına ve tepe noktasına sahip olup taşkınlara karşı duyarlılıkları yüksek olmaktadır (Mahmood ve Rahman, 2019; Avcı, 2023; Sohail ve Mahmood, 2023). Çalışma alanında yer alan akarsu havzalarının Bh değerleri 319 ile 2.134 arasında değişmektedir. En yüksek Bh değeri Yomra Deresi havzasına en düşük Bh değeri ise Muratlı Deresi havzasına aittir (Tablo 26). Bu durum Yomra Deresi havzasının Kuzey Anadolu Dağlarının kuzey yamaçlarında yer alan uzunlamasına bir şekle sahip olmasının havzanın kaynak ve ağız noktası arasındaki yükselti farkının diğer havzalara göre daha fazla olmasına neden olduğunu ve bu nedenle Bh değerine göre taşkın duyarlılığının diğer havzalara oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir.

4.1.3.4. Röllyef Oranı(Rh)

Röllyef oranı (Rh) havza röllyefinin maksimum havza uzunluğuna bölünmesi ile elde edilir (Schumn, 1956). Rh değeri havzanın hidrolojik yapısı, eğimi ve litolojik yapısına bağlı olarak değişmektedir. Engebeli araziye sahip olan havzalarda Rh değeri yüksek olurken, eğimin az olduğu havzaların Rh değeri düşüktür (Jothimani vd. 2021). Ayrıca Rh değerinin yüksek olması havza alanında daha yüksek erozyon gücünü, yüksek sediman verimini, düşük olması araziye oluşturan kayaların aşınmaya karşı dirençli olduğunu göstermektedir (Alqahtani ve Qaddah, 2019). Havzalarda meydana gelen taşkınlarda üzerinde önemli bir etkisi olan Rh değerinin yüksek olması yüzeysel akış hızının ve taşkın duyarlılığının artmasına neden olmaktadır (Geçen ve Balcı, 2022; Avcı ve Sunkar, 2018). Çalışma alanında yer alan havzaların Rh değerleri 0,088 ile 0,122 arasında değişmektedir. En yüksek Rh değeri Muratlı Deresi havzasına, en düşük Rh

değeri Zil Deresi havzasına aittir (Tablo 26). Bu durum Muratlı Deresi havzasının diğer havzalara göre daha küçük bir alana ve daha yüksek bir eğim oranına sahip olduğu için Rh değerinin daha yüksek olduğunu ve bu nedenle Rh değerine göre taşkın duyarlılığının diğer havzalara oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir.

4.1.3.5. Engebelilik Değeri(Rn)

Engebelilik değeri (Rn) havza rölyefi ve drenaj yoğunluğu değerinin çarpılması sonucu elde edilir (Melton, 1957). Rn değeri havzanın yüzeysel akış özellikleri, yüzey örtüsünün geçirimsizlik özellikleri, eğim durumu ve havzadaki erozyon özellikleri hakkında bilgi vermektedir. Havzadaki Rn değerinin yüksek olması eğimin fazla olduğunu, yüzeysel akış miktarının fazla, yüzey örtüsünün geçirimsizliğinin düşük ve arazinin toprak erozyonuna karşı hassas olduğunu göstermektedir. (Reddy vd., 2004; Coşkun ve Öztürk, 2022; Chandrashekar vd. 2015). Ayrıca Rn değerinin yüksek olması havzanın jeomorfolojik gelişme ve aşındırma faaliyetlerinin ilk aşmasında olduğunu göstermektedir (Mahala, 2020). Bu nedenle Rn değerinin artması arazideki yüzey akış hızının artmasına ve bu nedenle taşkın duyarlılığının yükselmesine neden olmaktadır. Çalışma alanında yer alan akarsu havzalarının Rn değerleri 1,21 ile 7,8 arasında değişmektedir. En yüksek Rn değeri Yomra Deresi havzasına, en düşük Rn değeri Muratlı Deresi havzasına aittir (Tablo 26). Bu durum Yomra Deresi havzasının diğer havzalara oranla daha engebeli bir araziye sahip olduğunu ve Rn değerine göre taşkın duyarlılığının diğer havzalara oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Morfometrik Parametre	Yomra Deresi	Şana Deresi	Muratlı Deresi	Zil Deresi
Akım Toplama Zamanı (Dk.) (Tc)	238,48	157,44	19,95	71,13
Hipsometrik İntegral (Hi)	0,45	0,39	0,46	0,51
Havza Rölyefi (Bh)	2.134	1.535	319	659
Rölyef Oranı (Rh)	0,09	0,105	0,122	0,088
Engebelilik Değeri (Rn)	7,8	5,97	1,21	2,39

Tablo 26. Çalışma Alanına Ait Rölyef Morfometrik Parametre Değerleri

4.1.4. Havzalara Ait Taşkın Duyarlılık Sıralaması

Bileşke faktör yöntemine göre Yomra Deresi havzasının iki morfometrik parametreye göre taşkın duyarlılığının en yüksek, dört morfometrik parametreye göre en

düşük olduğu, Şana Deresi havzasının dokuz morfometrik parametreye göre taşkın duyarlılığının en yüksek, bir morfometrik parametreye göre en düşük olduğu, Muratlı Deresi havzasının üç morfometrik parametreye göre taşkın duyarlılığının en yüksek, beş morfometrik parametreye göre en düşük olduğu ve Zil Deresi havzasının bir morfometrik parametreye göre taşkın duyarlılığının en yüksek , beş morfometrik parametreye göre taşkın duyarlılığının en düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 27).

Morfometrik Parametre	Yomra Deresi	Şana Deresi	Muratlı Deresi	Zil Deresi
Çatallanma Oranı (Rb)	3	2	4	1
Akarsu Uzunluk Oranı(Rl)	2	4	3	1
Yüzeysel Akış Uzunluğu	2	4	3	1
Tekstür Oranı(T)	3	4	1	2
Drenaj Tekstür Oranı(Rt)	3	4	1	2
Drenaj Yoğunluğu(Dd)	2	4	3	1
Uzama Oranı(Re)	1	4	2	3
Havza Şekli(Rf)	1	4	2	3
Gravelius İndeksi(Kg)	1	4	2	3
Akarsu Sıklığı(Fs)	3	4	1	2
Akım Toplama Zamanı (Tc)	1	2	4	3
Hipsometrik İntegral (Hi)	2	1	3	4
Havza Rölyef (Bh)	4	3	1	2
Rölyef Oranı (Rh)	2	3	4	1

Engebelilik Değeri (Rn)	4	3	1	2
-------------------------	---	---	---	---

Tablo 27. Çalışma Alanında Yer Alan Havzaların Morfometrik Parametrelerinin Bileşke Faktör Yöntemine Göre Taşkın Duyarlılık Dereceleri

Morfometrik parametre gruplarına göre havzaların taşkın duyarlılık değerleri incelendiğinde çizgisel morfometrik parametrelere göre taşkın duyarlılığının en yüksek olduğu havzanın 3,33 ortalama değer ile Şana Deresi, en düşük olduğu havzanın 2,07 ortalama değer ile Zil Deresi, alansal morfometrik parametrelere göre taşkın duyarlılığının en yüksek olduğu havzanın 4 ortalama değer ile Şana Deresi, en düşük olduğu havzanın 1,6 ortalama değer ile Yomra Deresi, rölyef morfometrik parametrelere göre taşkın duyarlılığının en yüksek olduğu havzanın 2,6 ortalama değer Yomra Deresi ve Muratlı Deresi, en düşük olduğu havzanın 2,4 ortalama değer ile Şana Deresi ve Zil Deresi olduğu belirlenmiştir. Tüm morfometrik parametrelerin taşkın duyarlılık etki derecelerinin ortalamasına bakıldığında çalışma alanında taşkın duyarlılık derecesi en yüksek olan havzanın 3,33 ortalama değer Şana Deresi ve taşkın duyarlılık derecesi en düşük olan havzanın ise 2,07 ortalama değer ile Zil Deresi olduğu belirlenmiştir (Tablo 28).

Parametre Grupları	Yomra Deresi	Şana Deresi	Murathlı Deresi	Zil Deresi
Çizgisel Morfometrik Parametreler	2,27	3,33	2,33	2,07
Alansal Morfometrik Parametreler	1,6	4	2	2,4
Rölyef Morfometrik Parametreler	2,6	2,4	2,6	2,4
Genel Ortalama	2,27	3,33	2,33	2,07

Tablo 28. Çalışma Alanında Yer Alan Havzaların Bileşke Faktör Yöntemine Göre Taşkın Duyarlılık Derecelerinin Ortalaması

Morfometrik Parametre	Yomra Deresi	Şana Deresi	Muratlı Deresi	Zil Deresi
Çatallanma Oranı (Rb)	0,08	0,02	1,00	0,00
Akarsu Uzunluk Oranı(Rl)	0,03	1,00	0,06	0,00
Yüzeysel Akış Uzunluğu	0,12	1,00	0,66	0,00
Tekstür Oranı(T)	0,92	1,00	0,00	0,17
Drenaj Tekstür Oranı(Rt)	0,92	1,00	0,00	0,16
Drenaj Yoğunluğu(Dd)	0,11	1,00	0,64	0,00
Uzama Oranı(Re)	0,00	1,00	0,27	0,38
Havza Şekli(Rf)	0,00	1,00	0,24	0,35
Gravelius İndeksi(Kg)	0,00	1,00	0,67	0,34
Akarsu Sıklığı(Fs)	0,87	1,00	0,00	0,15
Akım Toplama Zamanı (Tc)	0,00	0,37	1,00	0,77
Hipsometrik İntegral (Hi)	0,48	0,00	0,59	1,00
Havza Rölyefi (Bh)	1,00	0,67	0,00	0,19
Rölyef Oranı (Rh)	0,07	0,51	1,00	0,00
Engebelilik Değeri (Rn)	1,00	0,72	0,00	0,18

Tablo 29. Çalışma Alanında Yer Alan Havzaların Morfometrik Parametrelerinin NFMI Yöntemine Göre Taşkın Duyarlılık Dereceleri

NFMI yöntemine göre yapılan sınıflandırmada Yomra Deresi'nin tekstür oranı, drenaj tekstür oranı, akarsu sıklığı, havza rölyefi ve engebelilik değerine göre çok

yüksek, hipsometrik integral değerine göre orta ve diğer parametre değerlerine göre düşük taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Şana Deresi'nin akarsu uzunluk oranı, yüzeysel akış uzunluğu, tekstür oranı, drenaj tekstür oranı, drenaj yoğunluğu, uzama oranı, havza şekli, gravelius indeksi ve akarsu sıklığı değerine göre çok yüksek, havza rölyefi, rölyef oranı ve engebellik değerine göre yüksek, akım toplanma zamanı değerine göre orta ve çatallanma oranı ve hipsometrik integral değerine göre düşük taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Muratlı Deresi'nin çatallanma oranı, akım toplanma zamanı ve rölyef oranı değerine göre çok yüksek, yüzeysel akış uzunluğu, drenaj yoğunluğu, gravelius indeksi ve hipsometrik integral değerine göre yüksek, uzama oranı değerine göre orta ve diğer parametre değerlerine göre düşük taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Zil Deresi'nin hipsometrik integral değerine göre çok yüksek, akım toplanma zamanı değerine göre yüksek, uzama oranı, havza şekli ve gravelius indeksi değerine göre orta ve diğer parametre değerlerine göre düşük taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Tablo 29).

Parametre Grupları	Yomra Deresi	Şana Deresi	Muratlı Deresi	Zil Deresi
Çizgisel Morfometrik Parametreler	0,37	0,75	0,41	0,25
Alansal Morfometrik Parametreler	0,20	1,00	0,36	0,24
Rölyef Morfometrik Parametreler	0,51	0,46	0,52	0,43
Ortalama	0,37	0,75	0,41	0,25

Tablo 30. Çalışma Alanında Yer Alan Havzaların Morfometrik Parametre Gruplarının NFMI Yöntemine Göre Taşkın Risk Dereceleri

Çizgisel morfometrik parametrelerin NFMI değerlerine göre Şana Deresi'nin çok yüksek, Yomra Deresi ve Muratlı Deresi'nin orta ve Zil Deresi'nin düşük taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığı, alansal morfometrik parametrelerin NFMI değerlerine göre Şana Deresi'nin çok yüksek, Muratlı Deresi'nin orta ve Yomra Deresi ve Zil Deresi'nin düşük derecede taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığı, rölyef morfometrik parametrelerin NFMI değerlerine göre Yomra Deresi ve Muratlı Deresi'nin yüksek, Şana Deresi ve Zil Deresi'nin orta taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Tüm morfometrik parametrelerin ortalama NFMI değerlerine göre Şana Deresi'nin 0,75 ile çok yüksek, Muratlı Deresi'nin 0,41 ile orta, Yomra Deresi'nin 0,37

ile orta ve Zil Deresi'nin 0,25 ile düşük derecede taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Tablo 30).

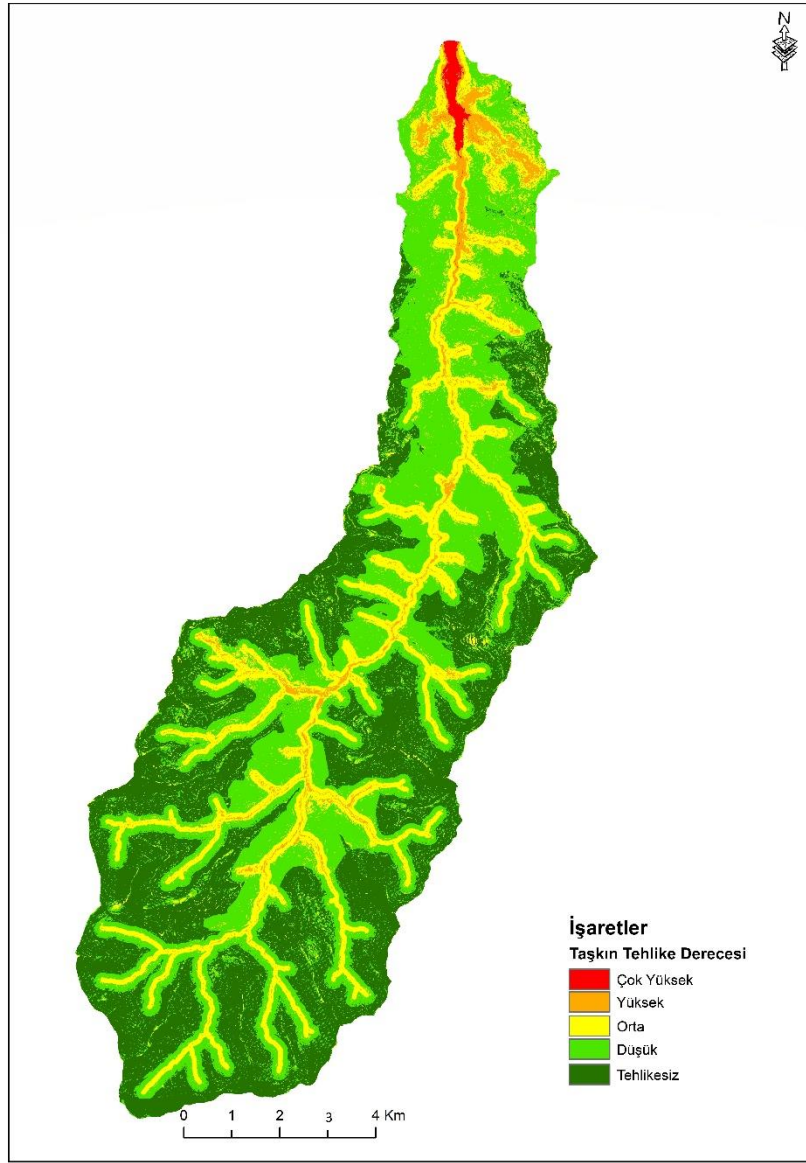
Havzaların morfometrik parametrelere göre taşkın duyarlılık sınıf değerlerine havzalarda meydana gelen taşkınlar birlikte değerlendirildiğinde, taşkın olaylarının Yomra Deresi ve Şana Deresi'nde yoğunlaştığı ve bu havzaların da tekstür oranı, drenaj tekstür oranı, akarsu sıklığı, havza rölyefi ve engebelilik değerine göre taşkın duyarlılıklarının yüksek olduğu görülmektedir. Bileşke faktör yöntemine göre yapılan taşkın duyarlılık sıralamasında tekstür oranı, drenaj tekstür oranı ve akarsu sıklığı değerine göre Şana Deresi ilk sırada, Yomra Deresi ikinci sırada, havza rölyefi ve engebelilik değerine göre Yomra Deresi ilk sırada Şana Deresi ikinci sırada yer almaktadır. NFMI yöntemine göre yapılan taşkın duyarlılık sınıflandırmasında ise Yomra Deresi yukarıda belirtilen tüm parametrelere göre çok yüksek, Şana Deresi ise tekstür oranı, drenaj tekstür oranı ve akarsu sıklığı değerine göre çok yüksek, havza rölyefi ve engebelilik değerine göre yüksek taşkın duyarlılık sınıfında yer almaktadır. Bu durum çalışma alanında meydana gelen taşkınlarda havza rölyeflerinin ve alanlarının etkili olduğunu göstermektedir. Diğer havzalara oranla daha geniş havza alanı ve yüksek rölyef değerine sahip Şana Deresi ve Yomra Deresi havzasında yüzeye düşen suların rölyefin de etkisiyle doğrudan akışa geçip diğer havzalara oranla daha sık bir drenaj ağı oluşturarak ana kanala olan deşarj miktarını artırmakta ve bu durum taşkın olaylarının meydana gelmesinde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca Şana Deresi havzasının dairesel bir şekle sahip olması da bu havzada taşkın olaylarının yaşanmasında etkili olmaktadır.

4.2. Analitik Hiyerarşi Yöntemine Ait Bulgular

Analitik hiyerarşi yönteminde kullanılmak üzere belirlenen 8 kriterin çakıştırılması ile (Tablo 31)havzadaki taşkın tehlikesiolan alanlar belirlenmiş ve taşkın tehlike sınıfları çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve tehlikesiz olarak 5 sınıfa ayrılmıştır. Düşük ve tehlikesiz taşkın tehlike sınıfında bulunan alanların çalışma alanının özellikle güney bölümündeki vadilerin yamaçlarında ve sırtlarda olduğu belirlenmiştir. Orta ve yüksek taşkın tehlike sınıfında bulunan alanların da ana akarsu ve yan kollarının yer aldığı vadi tabanlarında olduğu belirlenmiştir. Çok yüksek taşkın tehlike sınıfında bulunan alanların da çalışma alanının mansap noktasına yakın olan ve üzerinde mesken, kamu, işyeri ve ticari tipinde çok sayıda yapının bulunduğu, yerleşimin yoğun olduğu veDoğu Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı'nda taşkın açısından riskli olduğu belirtilen yerleşim alanlarında olduğu belirlenmiştir (Şekil 63).

	Akarsuya Yakınlık	Eğim	Yükselti	Arazi Kullanımı	Jeoloji	Toprak	Bakı	Topografik Nemlilik	Ağırlık
Akarsuya Yakınlık	1	2	2	4	6	8	9	9	0,319
Eğim	1/2	1	2	3	4	5	9	9	0,226
Yükselti	1/2	1/2	1	2	4	5	8	9	0,181
Arazi Kullanımı	1/4	1/3	1/2	1	2	5	6	7	0,117
Jeoloji	1/6	1/4	1/4	1/2	1	3	4	5	0,073
Toprak	1/8	1/5	1/5	1/5	1/3	1	2	3	0,039
Bakı	1/9	1/9	1/8	1/6	1/4	1/2	1	2	0,026
Topografik Nemlilik	1/9	1/9	1/9	1/7	1/5	1/3	1/2	1	0,019

Tablo 31. AHY Kriterlerine Göre Atanan Risk Değeri Ve Belirlenen Ağırlık Değeri



Şekil 45.Çalışma Alanına Ait AHY Taşkın Tehlike Haritası

4.2.1. Analitik Hiyerarşi Yöntemine Göre Taşkın Tehlike Sınıflarının Dağılımı

Analitik hiyerarşi yöntemine göre belirlenen taşkın tehlike sınıflarına göre havzanın %0,5'lik bölümünün (0,57 km²) çok yüksek, %3'lük bölümünün (3,15 km²) yüksek,%17,7'lik bölümünün (18,76 km²) orta, %39,1'lik bölümünün (41,30 km²) düşük ve %39,7'lik bölümünün (41,97 km²) ise tehlikesiz taşkın tehlike sınıfında olduğu belirlenmiştir (Tablo 32, Şekil 63).

Taşkın Tehlike Sınıfı	Alan (Km ²)
Çok Yüksek	0,57
Yüksek	3,15
Orta	18,76
Düşük	41,3
Tehlikesiz	41,97
Toplam	105,74

Tablo 32. Çalışma Alanında Analitik Hiyerarşi Yöntemine Taşkın Risk Sınıflarının Dağılımı

4.2.2. Çalışma Alanında Yer Alan Yapıların Taşkın Tehlike Sınıflarına Göre Dağılışı

Çalışma alanında yer alan yapıların taşkın tehlike sınıfına göre dağılımına bakıldığında yapıların % 3,1'lik bölümünün (302 adet) çok yüksek, %8,4'lük kısmının (825 adet) yüksek, %23,9'lük kısmının (2.350 adet) orta, %53,6'lük kısmının (5.267 adet) düşük ve %11,1'lik kısmının (1.087 adet) tehlikesiz taşkın tehlike sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. İkamet amaçlı olarak kullanılan ve nüfus yoğunluğunun fazla olduğu mesken tipindeki yapıların %1,8'lik kısmının (109 adet) çok yüksek, %7,5'lik kısmının (456 adet) yüksek, %24,7'lik kısmının (1.500 adet) orta, %52,6'lük kısmının (3.202 adet) düşük ve %13,4'lük kısmının (818 adet) tehlikesiz taşkın tehlike sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Tablo 33, Şekil 64).

İşyeri tipindeki yapıların %39,2'lik kısmı (62 adet) çok yüksek, %28,5'lük kısmı (45adet) yüksek, %15,2'lik kısmı (24 adet) orta, %9,5'lik kısmı (15adet) düşük ve %7,6'lük kısmı (12 adet) tehlikesiz sınıfta yer almaktadır (Tablo 33, Şekil 64). Çok yüksek ve yüksek taşkın tehlike sınıfında yer alan işyerleri arasında ot saman alım satım tesisi, fındık işleme tesisi, otomobil tamir tesisi, otomobil yıkama tesisi, otomobil lastik tamir tesisi, mermer ve granit atölyesi, iş merkezi, tır garajı, mobilya atölyesi, beton üretim tesisi, inşaat malzemesi satış tesisi, orman ürünleri satış tesisi, spor salonu, öğrenci yurdu, gıda dağıtım tesisi, alüminyum doğrama tesisi, düğün salonu, kasap işletmesi yer almaktadır. Çalışma alanı içerisinde yer alan iş yeri tipindeki yapıların %67,7'lik kısmının yüksek ve çok yüksek taşkın tehlike sınıfında olmasının nedeni bu yapıların özellikle ulaşımın kolay ve taşkın tehlikesinin yüksek olduğu Yomra Deresi'nin ana kanalı etrafında yer almasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca inşaat çalışmaları devam etmekte olan Yomra Sanayi Sitesi de Gürsel Mahallesi sınırları

içerisinde, Yomra Deresi ana kanalının bitişiğinde ve çok yüksek taşkın tehlike sınıfında yer alan bir alanda bulunmaktadır. Bu durum inşaat çalışmalarının tamamlanmasının ardından faaliyete geçecek olan sanayi sitesinin, çok sayıda iş yerinin çok yüksek taşkın tehlikesine sahip bir alanda toplanmasına ve olası bir taşkında ortaya çıkacak olan ekonomik zararın boyutunun da artmasına neden olacaktır.

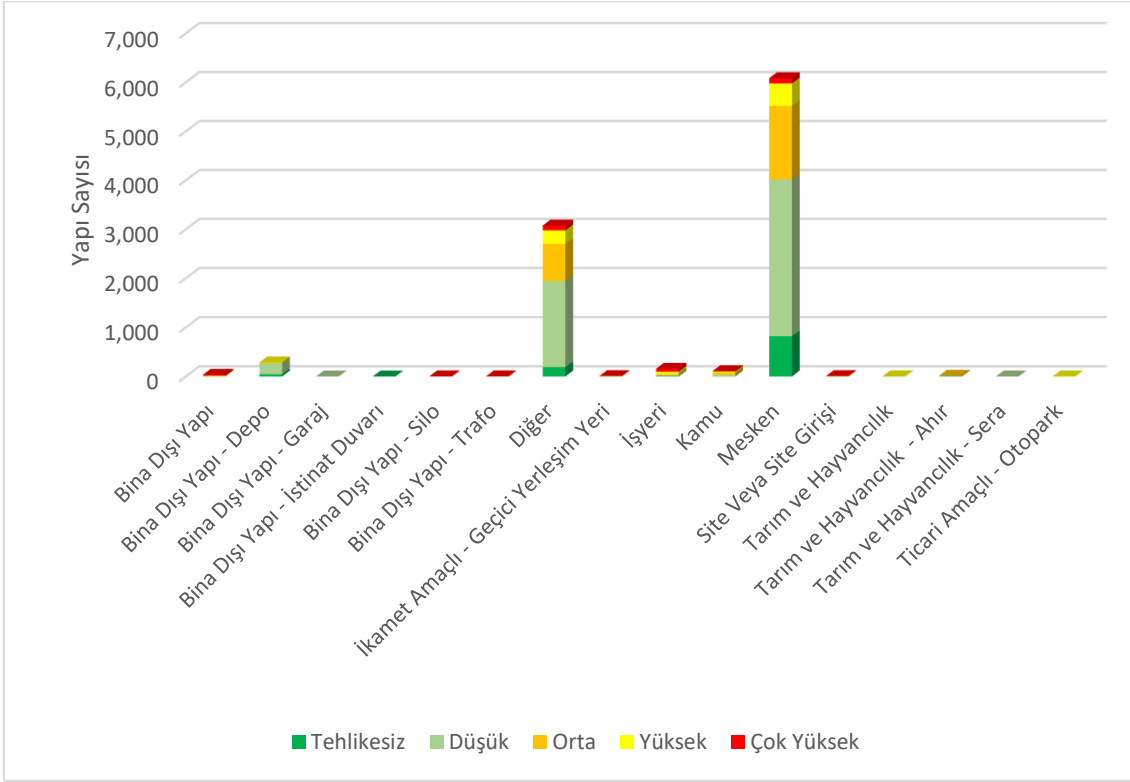
Kamu tipindeki yapıların 7,3'lük kısmı (8 adet) çok yüksek, %23,6'lık kısmı (26 adet) yüksek, %36,4'lük kısmı (40 adet) orta, %30'luk kısmı (30 adet) düşük, %2,7'lik kısmı (3 adet) tehlikesiz taşkın tehlike sınıfında yer almaktadır (Tablo 33, Şekil 64). Çok yüksek ve yüksek taşkın tehlike sınıfında yer alan kamu tipindeki yapılar arasında 4 adet cami, 4 adet ilkokul, 3 adet ortaokul, 1 adet öğrenci pansiyonu, 1 adet spor salonu, Yomra Belediyesi hizmet binası ve Yomra Hükümet Konağı yer almaktadır.

Genellikle mesken, kamu ve işyeri tipindeki yapıların eklentisi olarak kullanılan diğer yapı tipindeki yapıların %3,2'lik kısmı (99 adet) çok yüksek, %8,9'luk kısmı (275 adet) yüksek, %24,6'lık kısmı (756 adet) orta, %57'lik kısmı (1.754 adet) düşük, %6,2'lik kısmı (192 adet) tehlikesiz, bina dışı yapı tipindeki yapıların %6,3'lük kısmı (21 adet) çok yüksek, %3,3'lük kısmı (11 adet) yüksek, %6,6'lık kısmı (22 adet) orta, %69,3'lük kısmı (230 adet) düşük ve %14,5'lik kısmı (48 adet) tehlikesiz taşkın tehlike sınıfında yer almaktadır (Tablo 33, Şekil 64).

Tarım ve hayvancılık faaliyetleri için kullanılan yapıların %3,8'lik kısmı (1 adet) yüksek, %13'lük kısmı (7 adet) orta, %56,6'lık kısmı (30 adet) düşük ve %26'4'lük kısmı (14 adet) tehlikesiz taşkın tehlike sınıfında yer almaktadır. Bu durum tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin genellikle Yomra Deresi'nin mansap noktasına yakın olan ve taşkın tehlikesinin yüksek olduğu alanlarda değil de havzanın yukarı çığırında bulunan mahallelerde yapılmasından kaynaklanmaktadır.

Yapı Tipi	Tehlikesiz	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek	Toplam
Bina Dışı Yapı	1	3	6	7	18	35
Bina Dışı Yapı - Depo	46	226	14	2		288
Bina Dışı Yapı - Garaj		1				1
Bina Dışı Yapı - İstinat Duvarı	1					1
Bina Dışı Yapı - Silo			1	1	2	4
Bina Dışı Yapı - Trafo			1	1	1	3
Diğer	192	1.754	756	275	99	3.076
İkamet Amaçlı - Geçici Yerleşim Yeri		3	1	4	1	9
İşyeri	12	15	24	45	62	158
Kamu	3	33	40	26	8	110
Mesken	818	3.202	1.500	456	109	6.085
Site Veya Site Girişi				6	2	8
Tarım ve Hayvancılık	1	1	2	1		5
Tarım ve Hayvancılık - Ahır	9	5	3			17
Tarım ve Hayvancılık - Samanlık	4	23	2			29
Tarım ve Hayvancılık - Sera		1				1
Ticari Amaçlı - Otopark				1		1
Toplam	1.087	5.267	2.350	825	302	9.831

Tablo 33. Çalışma Alanında Yer Alan Yapıların Taşkın Tehlike Sınıflarına Dağılımı (Adet)



Şekil 46.Çalışma Alanında Yer Alan Yapıların Taşkın Tehlike Sınıflarına Dağılımı

4.2.3. Çalışma Alanında Yer Alan Bağımsız Bölümlerin Taşkın Tehlike Sınıflarına Göre Dağılışı

Çalışma alanında yer alan bağımsız bölümlerin taşkın tehlike sınıfına göre dağılımına bakıldığında bağımsız bölümlerin %13,9'luk kısmının (1.439 adet) çok yüksek, %12,9'luk kısmının (1.342 adet) yüksek, %23,6'lık kısmının (2.447 adet) orta, %41,7'lik kısmının (4.329 adet) düşük, %7,8'lik kısmının (813 adet) tehlikesiz taşkın tehlike sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. İkamet amaçlı kullanılan mesken tipindeki bağımsız bölümlerin %10,7'lik kısmının (983 adet), çok yüksek, %9,5'lik kısmının (878 adet) yüksek, %25,3'lük kısmının (2.325 adet) orta, %45,7'lik kısmının (4.210 adet) düşük ve %8,6'lık kısmının (793 adet) tehlikesiz taşkın tehlike sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Tablo 34). İkamet amaçlı kullanılan mesken tipli yapıların %3,1'lik kısmının çok yüksek taşkın tehlike sınıfında yer almasına rağmen, mesken tipli bağımsız bölümlerin %10,7'lik kısmının çok yüksek taşkın tehlike sınıfında yer alması özellikle havzanın mansap kısmına yakın bölümlerinde 5 ve üzeri kat sayısına sahip bina adetinin havzanın geri kalanına oranla daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bu binalarda maksimum su seviyesinin üzerindeki katlarda ikamet eden vatandaşların, maksimum su seviyesinin altındaki katlarda ikamet eden vatandaşlara göre taşkınlardan daha az zarar göreceği değerlendirilmektedir.

Kullanım türü sanayi olan bağımsız bölümlerin %53,5'lik kısmının (115 adet) çok yüksek, %43,3'lük kısmının (93 adet) yüksek, %1,4'lük kısmının (3 adet) orta, %1,9'lük kısmının (4 adet) düşük taşkın tehlike sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Bu tipteki bağımsız bölümler çalışma alanında yer alan yapıların taşkın tehlike sınıfına göre dağılımı bölümünde de bahsedilen fındık işleme tesisi, mermer ve granit atölyesi, beton üretim tesisi, mobilya atölyesi, otomobil tamir tesisi, otomobil lastik tamir tesisi, otomobil lastik tamir tesisi ve inşaat malzemeleri satış tesisi olarak kullanılan yapılarda yer almaktadır. Bu sanayi tesisleri Sanayi tesislerinin tamamına yakınının taşkın tehlikesinin çok yüksek ve yüksek olduğu alanlarda yer alması olası bir taşkının ilçe ekonomisine vereceği zararın boyutunun fazla olacağını göstermektedir.

Bağımsız Bölüm Kullanım Türü	Tehlikesiz	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek	Toplam
Atölye					1	1
Belediye					1	1
Binalar		3	3	4	27	37
Depolar		4	1	3	21	29
Dernek/Vakıf					1	1
Diğer Kısa Süreli Konaklama		8	2			10
Halka Açık İkamet yeri				42		42
Halka Açık İkamet Yerleri					1	1
Hastane ve Bakım Kuruluşları		1	1	3		5
Hipermarket/Süpermarket					1	1
İbadet veya Dini Faaliyetler için Kullanılan Diğer Binalar	1	29	23	7		60
İkamet Amaçlı Binalar		1				1

İlk ve Orta Öğretim					2	2
Kamu Eğlence Binaları			1	1		2
Kamu Güvenliği ve Savunma				1		1
Mesken	793	4.210	2.325	878	983	9.198
Müze ve Kütüphaneler		1				1
Ofis ve İşyeri	14	64	69	303	268	721
Okul, Üniversite, Araştırma		3	10	6	1	20
Ortak Alan					9	9
Otel	1	1	1			3
Özel amaçlı depolar					1	1
Resmi Kurum					1	1
Restoran Lokanta					3	3
Sanayi		4	3	93	115	215
Spor					1	1
Spor Kompleksi					1	1
Tarım ve Hayvancılık	1		2			3
Tarihi ve Koruma Altındaki Abideler			1			1
Toptan ve Perakende Ticaret	3		5	1		9
Valilik/Kaymakamlık					1	1

Toplam	813	4.329	2.447	1.342	1.439	10.382
---------------	------------	--------------	--------------	--------------	--------------	---------------

Tablo 34. Çalışma Alanında Yer Alan Bağımsız Bölümlerin Taşkın Tehlike Sınıflarına Dağılımı

4.2.4. Çalışma Alanında İkamet Eden Nüfusun Taşkın Tehlike Sınıflarına Göre Dağılışı

Çalışma alanında ikamet eden nüfusun taşkın tehlike sınıfına göre dağılımına bakıldığında nüfusun %14,7'lik kısmı (1.374 kişi) çok yüksek, %10,7'lik kısmı (1.001 kişi) yüksek, %25,9'luk kısmı (2.423 kişi) orta, %40,9'lük kısmı (3.832 kişi) düşük, %7,9'lik kısmı (742 kişi) tehlikesiztaşkın tehlike sınıfında yer alan alanlarda yaşamaktadır (Tablo 35). Çalışma alanındaki nüfusun yarıya yakın kısmının çok yüksek, yüksek ve orta taşkın tehlike sınıfında yer alan alanlarda ikamet etmesi ve havzada meydana gelen taşkın sayısının komşu havzalara göre daha fazla olması nedeniyle çalışma alanındaki taşkın yayılım alanlarının belirlenmesi gerektiği ve tehlikeli alanlarda ikamet eden vatandaşların taşkın farkındalık düzeylerinin artırılması gerektiği değerlendirilmektedir. Ayrıca Mekansal Adres Kayıt Sistemi'nde (MAKS) yer alan yapılara ait nüfus bilgileri kullanılarak taşkın tehlikesine karşı riskli alanlarda ikamet eden nüfus bilgisinin daha detaylı (yaş, cinsiyet vb.) elde edilebileceği değerlendirilmektedir.

Taşkın Tehlike Sınıfı	Nüfus
Çok Yüksek Riskli	1.374
Yüksek Riskli	1.001
Riskli	2.423
Düşük Riskli	3.832
Risksiz	742
Toplam	9.372

Tablo 35. Çalışma Alanında İkamet Eden Nüfusun Taşkın Risk Sınıflarına Dağılımı

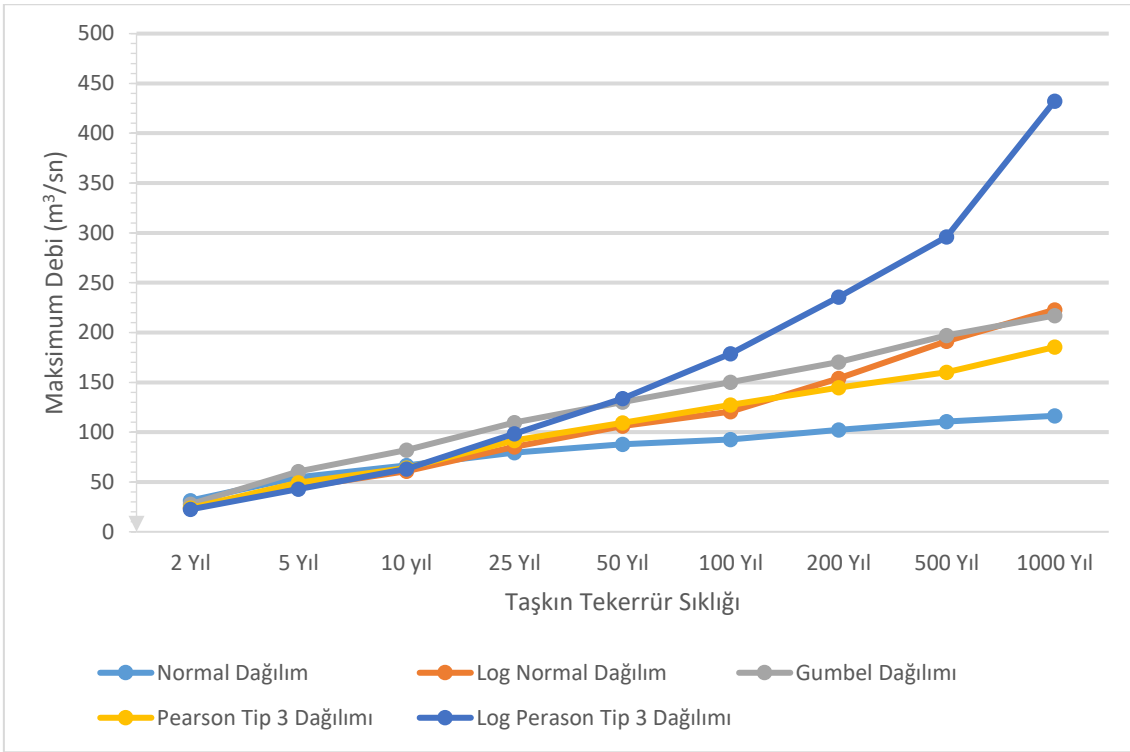
4.3. Taşkın Yayılım ve Risk Haritalarına Ait Bulgular

4.3.1. Taşkın Frekans Analizine Ait Bulgular

Çalışma alanında yer alan AGİ'den elde edilen yıllık maksimum akış verilerine olasılık dağılım fonksiyonları uygulanarak 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 ve 1.000 tekerrürlü taşkın pik debi değerleri elde edilmiştir (Tablo 36, Şekil 65).

Taşkın Tekerrür Periyodu	Normal Dağılım	Log Normal Dağılım	Gumbel Dağılımı	Pearson Tip 3 Dağılımı	Log Perason Tip 3 Dağılımı
2 Yıl	31,4	24,3	27,7	23,9	22,5
5 Yıl	54,6	44,4	60,5	49,4	43,0
10 yıl	66,6	60,9	82,2	64,1	63,0
25 Yıl	79,6	85,3	109,7	91,6	98,4
50 Yıl	87,9	106,0	130,1	109,4	133,7
100 Yıl	92,8	120,5	150,3	127,2	178,7
200 Yıl	102,2	154,1	170,4	144,8	235,7
500 Yıl	110,5	191,4	197,0	160,0	295,9
1000 Yıl	116,4	222,9	217,1	185,4	432,4

Tablo 36. Olasılık Dağılım Fonksiyonlarına Göre Çalışma Alanındaki Taşkın Tekerrür Pik Debi Değerleri (m³/sn)



Şekil 47. Olasılık Dağılım Fonksiyonlarına Göre Çalışma Alanındaki Taşkın Tekerrür Pik Debi Değerleri

4.3.2. Taşkın Tekerrür Pik Debi Değerlerinin Uygunluğunun Test Edilmesine Ait Bulgular

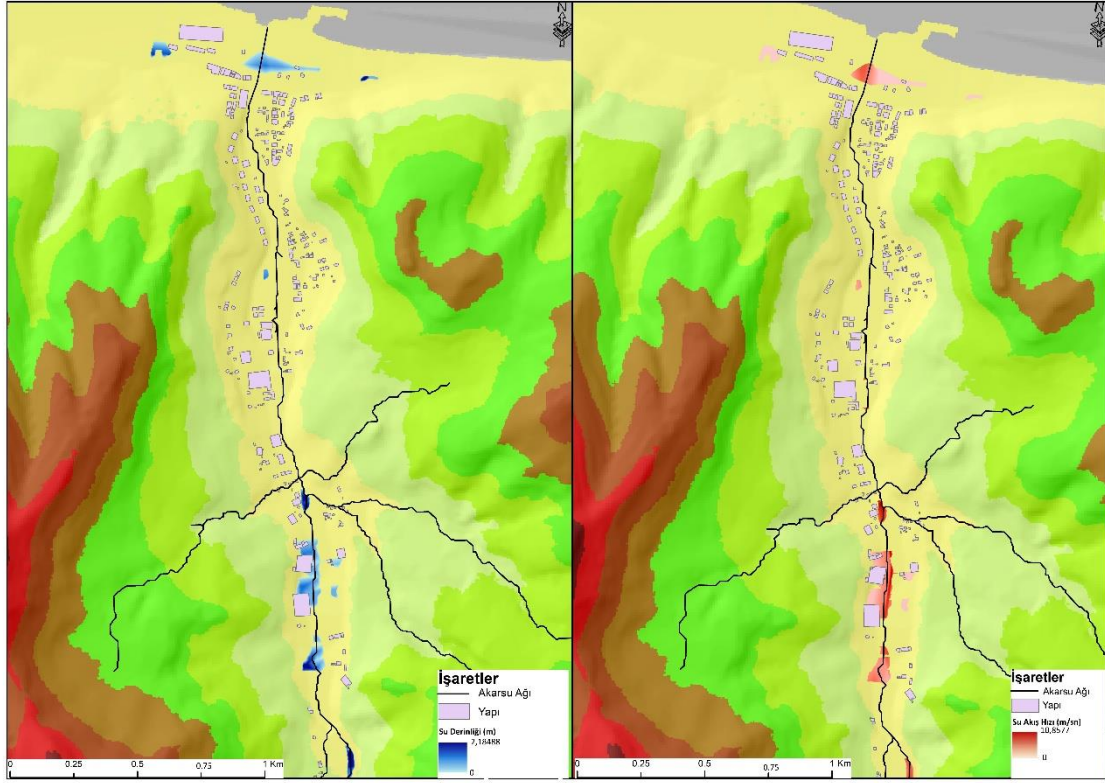
Türkiye Akarsu Havzaları, Maksimum Akımlar Frekans Analizi (MAFA) çalışmasında Doğu Karadeniz Havzası'nda yer alan 72 adet AGİ'ye ait verilere yapılan uygunluk testlerinde AGİ verilerinin en çok Log-pearson Tip 3 dağılımına uyduğu tespit edilmiştir (Kulga ve Dizdar, 1994). Uçar (2010) yaptığı çalışmada, çalışma alanının komşu havzası olan Değirmendere havzasındaki akım AGİ verilerinin Log-pearson Tip 3 dağılımına uygun olduğunu tespit etmiştir. Bu nedenle çalışma alanında yer alan AGİ'ye ait maksimum akım verileri kullanılarak elde edilen tekerrür debilerinden Log Pearson Tip 3 Dağılımı'nın uygunluğu test edilmiştir. Uyum testi sonuçlarına göre D değeri 0,1534, Kolmogorov-Smirnov tablo değeri ise 0,9631 olarak belirlenmiştir. Buna göre çalışma alanı için Log-Pearson Tip 3 dağılımı verilerinin uygun olduğu belirlenmiştir.

4.3.3. Taşkın Yayılım Alanlarının Belirlenmesine Ait Bulgular

Taşkın tekerrür pik debi değerleri kullanılarak taşkın yayılım alanları belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda yalnızca 500 ve 1.000 yıllık taşkın pik tekerrür debilerinin taşkın oluşturacağı belirlenmiştir. 500 yıllık taşkın pik tekerrür debisinin oluşturacağı taşkın yayılım alanının 0,0158 km², 1.000 yıllık taşkın pik tekerrür

debisinin oluşturacağı taşkında ise taşkın yayılım alanının 0,151 km² olacağı belirlenmiştir.

500 yıllık taşkın pik tekerrür debilerine göre hazırlanan taşkın yayılım alanları incelendiğinde taşkın sularının çalışma alanında yer alan Özdil – Oymaltepe grup yolunun 1,5. kilometresinde yer alan sanayi tesislerinin bulunduğu alanda ve Yomra Deresi'nin mansap noktasındaki alanda yayılım göstereceği belirlenmiştir (Şekil 61).



Şekil 48. 500 Yıllık Taşkın Pik Tekerrür Debisine Göre Oluşturulan Taşkın Yayılım Ve Su Derinlik Haritası

500 yıllık taşkın pik tekerrür debisine göre oluşturulan taşkın yayılım haritasına göre 6 adet meskenin, 2 adet kamu binasının, 6 adet işyerinin, 2 adet bina dışı yapınınve 6 adet diğer tipte olmak üzere toplam 22 adet yapının taşkın riski taşıyan alanlarda olduğu belirlenmiştir. (Tablo 37).

Yapı Tipi	Adet
Mesken	6
Kamu	2
İş Yeri	6
Bina Dışı Yapı – Seyyar Satış Yeri	2
Diğer	6
Toplam	22

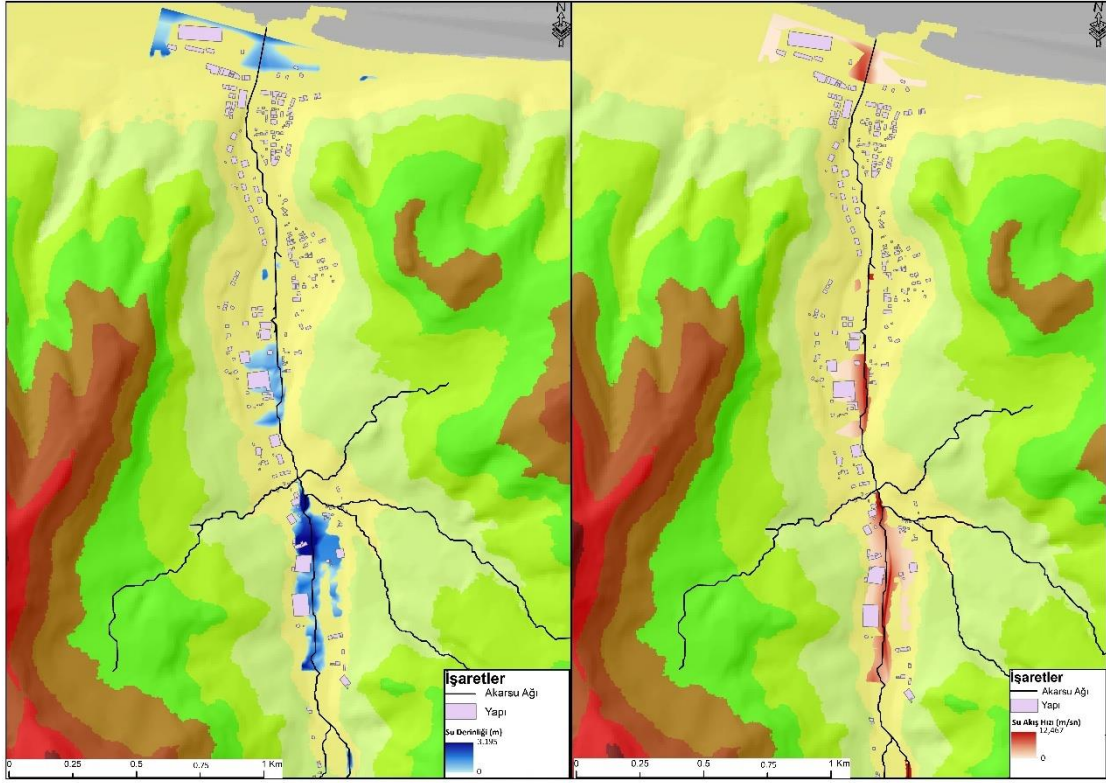
Tablo 37. 500 Yıllık Taşkın Pik Tekerrür Debisine Göre Taşkın Yayılım Alanında Yer Alan Yapılar

500 yıllık taşkın tekerrür debisine göre oluşturulan taşkın yayılım haritasına göre 87 adet sanayi, 23 adet mesken, 6 adet ofis ve işyeri ve 1 adet ilk ve orta öğretim kullanım türünde olmak üzere toplam 117 adet bağımsız bölümün taşkın riski bulunan alanlarda yer aldığı belirlenmiştir (Tablo 38). Ayrıca 500 yıllık taşkın pik tekerrür debisine göre oluşturulan taşkın yayılım alanları içerisinde yer alan mesken tipli bağımsız bölümlerde 31 kişinin ikamet ettiği belirlenmiştir.

Bağımsız Bölüm Türü	Adet
Sanayi	87
Mesken	23
Ofis ve İşyeri	6
İlk ve Orta Öğretim	1
Toplam	117

Tablo 38. 500 Yıllık Taşkın Pik Tekerrür Debisine Göre Taşkın Yayılım Alanında Yer Alan Bağımsız Bölümler

1.000 yıllık taşkın pik tekerrür debilerine göre hazırlanan taşkın yayılım alanları incelendiğinde taşkın sularının çalışma alanında yer alan Özdil–Oymaltepe grup yolunun 1,5. kilometresinden itibaren sanayi tesislerinin bulunduğu alanda yolun her iki tarafında ve Yomra Deresi'nin mansap noktasındaki eğitim kurumu ve spor salonunun yer aldığı alanda yayılım göstereceği belirlenmiştir (Şekil 67).



Şekil 49.1.000 Yıllık Taşkın Pik Tekerrür Debisine Göre Oluşturulan Taşkın Yayılım Ve Su Derinlik Haritası

1.000 yıllık taşkın pik tekerrür debisine göre oluşturulan taşkın yayılım haritasına göre 8 adet meskenin, 17 adet işyerinin, 18 adet diğer tipte, 15 adet bina dışı yapının ve 3 adet kamu binasını olmak üzere toplam 61 adet yapının taşkın riski bulunan alanda yer aldığı belirlenmiştir (Tablo 39). Taşkından etkileneneği belirlenen yapılar içerisinde en dikkat çekenleri Yomra Anadolu Lisesi ve Yomra Jimnastik Salonu ve Spor Kompleksi'dir. Yomra Anadolu Lisesi 13 derslik, 32 öğretmen ile 469 adet öğrenciye eğitim vermektedir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2023). Yomra Jimnastik Salonu ve Spor Kompleksi ise 2 adet antrenman sahası ve 2.500 seyirci kapasitesine sahip bir yapıdır. Taşkın yayılım alanlarında aynı anda çok sayıda kişinin yer alabileceği eğitim kurumu ve spor salonun yer alması bu tipteki yapıların inşası sırasında yer seçimi için taşkın risk haritalarının dikkate alınması gerektiği değerlendirilmektedir.

Yapı Tipi	Adet
Mesken	8
İşyeri	17
Diğer	18
Bina Dışı Yapı – Seyyar Satış Yeri	15
Kamu	3
Toplam	61

Tablo 39. 1.000 Yıllık Taşkın Pik Tekerrür Debisine Göre Taşkın Yayılım Alanında Yer Alan Yapılar

1.000 yıllık taşkın pik tekerrür debisine göre oluşturulan taşkın yayılım haritasına göre 108 adet sanayi, 16 adet ofis ve işyeri, 25 adet mesken, 3 adet depo, 1 adet ilk ve orta öğretim ve 1 adet spor kompleksi kullanım türünde olmak üzere toplam 154 adet bağımsız bölümün taşkın riski bulunan alanlarda yer aldığı belirlenmiştir (Tablo 40). Ayrıca 1.000 yıllık taşkın pik tekerrür debisine göre oluşturulan taşkın yayılım alanları haritasına göre 33kişinin taşkın riski bulunan yapılarda ikamet ettiği belirlenmiştir.

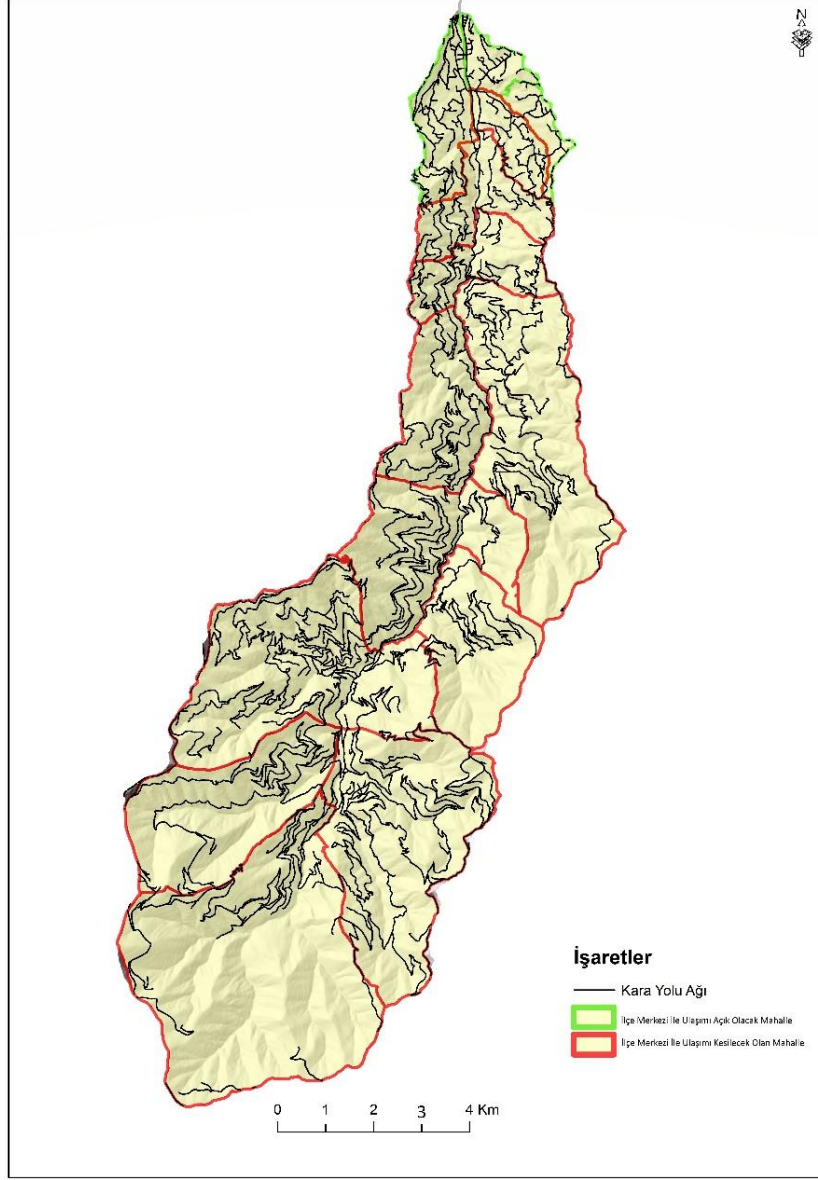
Bağımsız Bölüm Kullanım Tipi	Adet
Sanayi	108
Ofis ve İşyeri	16
Mesken	25
Depolar	3
İlk ve Orta Öğretim	1
Spor Kompleksi	1
Toplam	154

Tablo 40. 1.000 Yıllık Taşkın Pik Tekerrür Debisine Göre Taşkın Yayılım Alanında Yer Alan Bağımsız Bölümler

500 ve 1000 yıllık taşkın pik tekerrür debilerine göre taşkın yayılım alanları incelendiğinde yapıların yanı sıra özellikle havza alanı içerisinde yer alan ve 2023 yılı verilerine göre 9.306 kişinin yaşadığı toplam 11 adet mahallenin Yomra ilçe merkezi ile ulaşımını sağlayan Özdil–Oymalıtepe grup yolunun da yer aldığı karayolu ağının bir kısmının taşkın yayılım alanı içerisinde yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 68). 500 yıl tekerrürlü taşkın yayılım alanlarına göre karayolu ağının 0,44 km’lik kısmının, 1.000 yıl tekerrürlü taşkın yayılım alanlarına göre de 1,24 km’lik kısmının taşkın suları tarafından kaplanacağı belirlenmiştir (Tablo 41). Bu durum her ne kadar taşkın tehlikesi havzanın ağız kısmına yakın bölümlerinde havzanın yukarı çığırına göre daha yüksek olsa da bu bölümde meydana gelebilecek olası bir taşkının havzanın yukarı çığırında yer alan mahallelerde ikamet eden vatandaşların Yomra ilçe merkezine ulaşmak için kullanmış oldukları ana yolun ulaşımına kapanmasına neden olacağını ve bu vatandaşların taşkınlardan dolayı olarak etkilenebileceğini göstermektedir.

Taşkın Tekerrür Sıklığı	Su Altında Kalacak Yol Uzunluğu (Km)
500 Yıl	0,44
1.000 Yıl	1,24

Tablo 41. Tekerrür Sıklığına Göre Taşkın Suları Altında Kalan Kara Yolu Uzunluğu



Şekil 50. 500 ve 1.000 Yıllık Taşkın Pik Tekerrür Debilerine Göre Taşkın Olması Durumunda Yomra İlçe Merkezi İle Bağlantısı Kesilecek Olan Mahallelerin Haritası

Saha çalışması sırasında akarsu kanalı ve çevresinde gözlemlenen ve çalışma alanındaki taşkın riski üzerinde etkisi olduğu değerlendirilen en önemli durum akarsu yatağı ve çevresindeki moloz ve hafriyat döküntüleridir (Şekil 69). Bu döküntülerin olası bir taşkın durumunda mevcut taşkın yatağının kesitini daraltarak daha fazla miktarda suyun taşkın yatağına yayılmasına ve taşkın suları tarafından taşınabilen boyuttaki moloz ve döküntülerin taşkın yatağında yer alan yapı vb. alanlarda meydana gelecek olan hasarın miktarını artırabileceği değerlendirilmektedir.

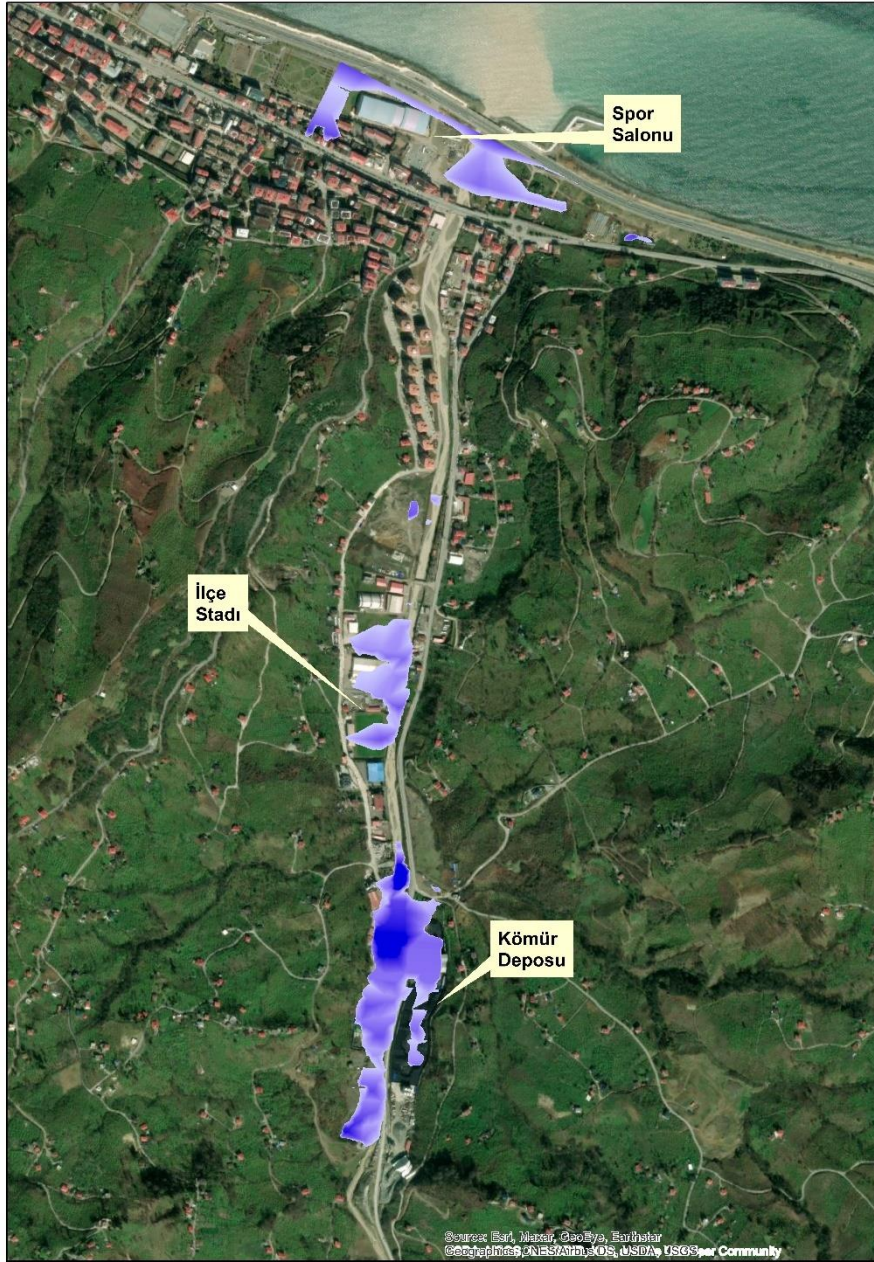


Şekil 51.Çalışma Alanında Dere Yatağında Hafriyat Döküntüsü

4.3.4.Taşkın Yayılım Alanlarına Yönelik Alınabilecek Önlemler

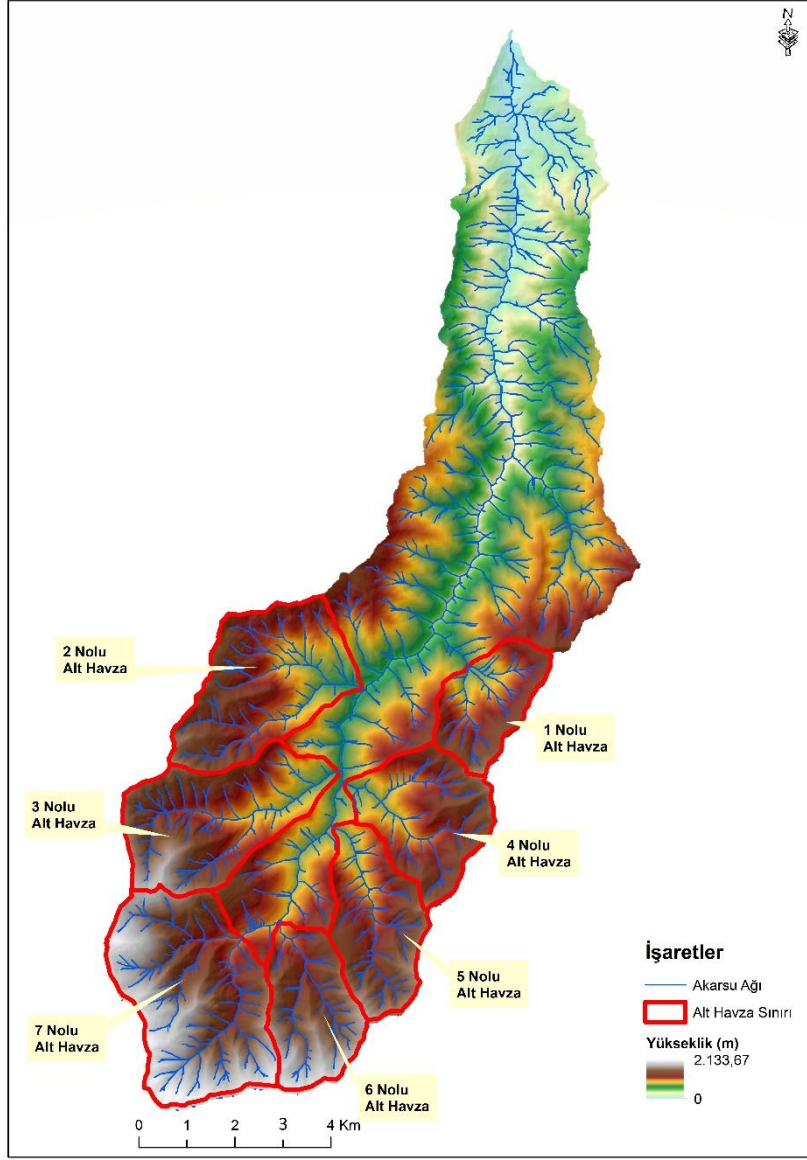
Çalışma alanında 1.000 yıllık taşkın pik tekerrür debisinin oluşturacağı taşkınlara yönelik olarak yapısal ve yapısal olmayan taşkın önleme yöntemlerinin uygulanabileceği değerlendirilmektedir. Özellikle kömür deposu ve ilçe stadının bulunduğu alanlardaki taşkın yayılımını (Şekil 70) önleyebilmek için bu bölgelerde ekosistem açısından daha uygun olan yapısal olmayan taşkın önleme yöntemleri uygulanabilir. Bu yöntemler çerçevesinde bölgedeki yapılar taşkın riski bulunmayan farklı alanlara taşınarak bölge boşaltılabilir ve muhtemel bir taşkın anında taşkın sularının daha kolay bir şekilde sızabilmesini sağlayan yeşil alanlara dönüştürülebilir.

Bölgenin arazi yapısından dolayı taşkın riski altında bulunan bölgelerdeki yapıların taşkın riski bulunmayan bölgelere taşınmaması durumunda bu alanlarda yapısal taşkın önleme yöntemleri kullanılabilir. Yapısal taşkın önleme yöntemi olarak taşkın yayılım alanlarındaki akarsu yatağının genişletilmesi veya taşkın duvarlarının yükseltilmesi ile akarsu kanalının kapasitesini artırılabilir ve bu şekilde bölgede meydana gelebilecek taşkınların önlenmesi sağlanabilir.



Şekil 52.Çalışma Alanı Taşkın Yayılım Alanları Ve Önemli Tesisler

Çalışma alanında meydana gelebilecek taşkınlar Yomra Deresi'nin yukarı havzasında gerçekleştirilecek olan yapısal taşkın önleme yöntemleri ile de önlenabilir. Bu amaçla Yomra Deresi'nin yukarı havzasında yer alan 4. dizin akarsu kollarına inşa edilecek olan sel kapanları ani yağışlarda yan kollardan ana kola deşarj olacak olan suyu geçici olarak depolayarak taşkın oluşumunu önleyebilir. İnşa edilecek olan sel kapanları taşkın suyunu depolamanın yanında yukarı havzadan gelecek olan rüsubatın da depolanmasını sağlayarak da meydana gelebilecek olan taşkınların etkisinin en aza indirilmesini sağlayacaktır (Şekil 71).



Şekil 53.Yomra Deresi Havzasında Sel Kapanı Kurulması Önerilen Alt Havzalar

Sel kapanı inşa etmek için belirlenen alt havzaların debi üretme potansiyelleri drenaj alan oranı metoduna göre hesaplanmıştır. Alt havzaların debi üretme potansiyelleri incelendiğinde birinci sırada 7 nolu alt havzanın, 2. sırada 2 nolu alt havzanın, 3. sırada 3 nolu alt havzanın, 4. sırada 4 nolu alt havzanın, 5. sırada 5 nolu alt havzanın, 6. sırada 6 nolu alt havzanın ve 7. sırada 1 nolu alt havzanın olduğu belirlenmiştir (Tablo 42). Sel kapanlarının debi üretme potansiyeli en yüksek olan alt havzadan en düşük olan havzaya doğru sıralanarak inşa edilmesi çalışma alanındaki taşkın ile mücadele çalışmalarına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Alt Havza	Alan (Km ²)	Q500 Debi Değeri(m ³ /sn)	Q1000 Debi Değeri(m ³ /sn)
1 Nolu Alt Havza	4,1	17,24	25,19
2 Nolu Alt Havza	8,7	36,72	53,66
3 Nolu Alt Havza	8,6	36,31	53,05
4 Nolu Alt Havza	6,2	26,46	38,66
5 Nolu Alt Havza	5,9	24,96	36,47
6 Nolu Alt Havza	5,3	22,30	32,58
7 Nolu Alt Havza	11,5	48,90	71,45

Tablo 42. Yomra Deresi Havzası Sel Kapanı Yapılması Önerilen Alt Havzalar Ve Debi Miktarları

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel iklim değişikliği ve nüfus artışı başta olmak üzere doğal ve beşeri faktörlerin etkisi ile Türkiye ve dünyada taşkın afetinin sayısı her geçen gün artmaktadır. Meydana gelen taşkın sayısındaki artış taşkın ile mücadelede kullanılan yapısal olan ve yapısal olmayan taşkın önleme yöntemlerinin çeşitlerini artırmakta ve ülkelerin taşkın ile mücadele yönetimlerinde değişikliklere yol açmaktadır. Geçmişte taşkın yönetimi genellikle afetlere müdahale, arama kurtarma faaliyetleri insani yardım faaliyetlerini kapsamaktaydı. Daha sonra ise taşkınların etkisini azaltmak için yapısal taşkın önleme yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır. Yapısal taşkın önleme yöntemleri belli ölçüde taşkınlar ile mücadelede başarılı olsa da bakım onarım maliyetlerinin yüksekliği ve ekosisteme verdiği zararlar başta olmak üzere etkili olan faktörler taşkın ile mücadelede entegre bir taşkın yönetim modellerinin geliştirilmesini gerekli kılmıştır. Türkiye’de Avrupa Birliği Taşkın Direktifi’nin imzalamasıyla birlikte taşkın yönetimi konusunda ciddi değişiklikler yapılmış ve özellikle yapısal olmayan taşkın önleme yöntemlerinin kullanımı artmıştır. Bu dönemde taşkın yönetimi konusunda yapılan en önemli projelerden birisi taşkın yönetim planlarının hazırlanmasıdır. Bu çalışmada Türkiye’de taşkın olaylarının en sık görüldüğü bölgelerden birisi olan Doğu Karadeniz Havzası içerisinde yer alan Yomra Deresi havzasındaki taşkın riski, taşkın yönetim planlarındaki metodoloji örnek alınarak CBS ile belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında morfometrik analiz yöntemi kullanılarak taşkın riski ön değerlendirme çalışması yapılmış ve Yomra Deresi havzası ve komşu havzalar olan Şana Deresi, Muratlı Deresi ve Zil Deresi havzalarının morfometrik özellikleri karşılaştırılmıştır. Morfometrik analiz çalışmasında literatürde sıklıkla kullanılan 5 adeti havzaların çizgisel morfometrik özelliklerini, 5 adeti havzaların alansal morfometrik özelliklerini ve 5 adeti de havzaların rölyef özelliklerini yansıtan toplam 15 adet morfometrik parametre kullanılmıştır. Hesaplanan morfometrik parametre değerleri bileşke faktör ve NFMI yöntemine göre sıralanarak havzaların taşkın duyarlılık sıralaması ve taşkın duyarlılık sınıflandırması yapılmıştır. Bileşke faktör yöntemine göre yapılan taşkın duyarlılık sıralamasında Yomra Deresi çizgisel morfometrik parametrelere 3. sırada, alansal morfometrik parametreler göre 4. sırada, rölyef morfometrik parametrelere göre 1. sırada ve tüm morfometrik parametrelerin ortalamasına göre de 3. sırada yer almaktadır. NFMI yöntemine göre yapılan taşkın duyarlılık sınıflandırmasında Yomra Deresi çizgisel morfometrik parametrelere göre orta, alansal morfometrik parametrelere göre düşük, rölyef morfometrik parametrelere

göre yüksek ve tüm morfometrik parametrelerin ortalamasına göre orta düzeyde taşkın duyarlılık sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

Havzaların morfometrik parametre değerleri ve meydana gelen taşkınlar incelendiğinde taşkınların Yomra Deresi ve Şana Deresi havzalarında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durum bölgede meydana gelen taşkınlarda özellikle havzaların rölyef ve şekilsel özelliklerinin etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Yomra ve Şana Dereleri bölgede yer alan diğer havzalara oranla daha yüksek rölyef değerlerine sahip olmaları bu havzalara düşen yüzey sularının akış hızını ve dolayısı ile havzaların aşağı kısımlarındaki taşkın riskini artırmaktadır. Ayrıca Şana Deresi havzasının diğer havzalara göre daha dairesel bir şekle sahip olması bu havzadaki taşkın riskini artırmaktadır.

Yaşanan taşkın olaylarının morfometrik analiz çalışması sonucu taşkın risk sıralaması yüksek olan Şana ve Yomra deresi havzalarında yoğunlaşması morfometrik analiz yönteminin taşkın riski ön değerlendirme çalışmaları için önemli bir yöntem olduğunu ve bölgedeki diğer havzalarda yapılacak olan taşkın risk analizi çalışmalarında kullanılması gereken bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışma alanında meydana gelen tarihi taşkınların büyük çoğunluğunun Yomra Deresi havzasında meydana gelmesi, bölgede yapılacak olan taşkın yönetim planlarına Yomra Deresi havzasının da dahil edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca AB Taşkın Direktifine göre 6 yılda bir yenilenmesi gereken taşkın yönetim planlarında Yomra ilçesinde taşkın riski ön değerlendirme çalışmalarında tekstür oranı, drenaj tekstür oranı, akarsu sıklığı, havza rölyefi ve engebelilik değeri parametrelerinin de kullanılması taşkın yönetimi çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

Çalışmanın ikinci aşaması olarak bölgedeki taşkın riski ön değerlendirme çalışması tamamlandıktan sonra literatürde sıklıkla kullanıldığı belirlenen Analitik Hiyerarşik Yöntemi (AHY) kullanılarak çalışma alanındaki taşkın tehlike durumu belirlenmeye çalışılmıştır. Akarsuya yakınlık, eğim, yükselti, bakı, jeoloji, arazi kullanımı, toprak ve topografik nemlilik indeksi olmak üzere toplam 8 alt kriter kullanılarak çalışma alanının taşkın risk haritası hazırlanmıştır. AHY sonuçlarına çalışma alanının %0,5'lik bölümü taşkın tehlikesine karşı çok yüksek, %3'lük bölümü yüksek, %17,7'lik bölümü orta, %39,1'lik bölümü düşük ve %39,7'lik bölümünün tehlikesiz sınıfta yer aldığı belirlenmiştir. Çalışma alanında yer alan nüfusun ise AHY sonuçlarına göre %14,7'lik kısmının taşkın tehlikesine karşı çok yüksek, %10,7'lik

kısımının yüksek, %25,9'luk kısmının orta, %40,9'luk kısmının düşük ve %7,9'luk kısmının tehlikesiz alanlarda ikamet ettiği tespit edilmiştir.

AHY sonuçlarına göre taşkın açısından çok yüksek risk sınıfında yer alan alanların SYGM (2020) tarafından hazırlanan Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı'nda da taşkın açısından riskli olarak belirlenen yerleşim birimleri içerisinde yer alması bu yönteminde taşkın risk analizi çalışmalarında kullanılması gereken bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır.

Alınabilecek hiçbir önlemin taşkın oluşumunu tamamen ortadan kaldırmayacağı için taşkın tehlikesinin olduğu bölgelerde yaşayan halkın taşkınlar ile ilgili farkındalık düzeyinin yükseltilmesinin önemgöz önünde bulundurulduğunda çalışma alanında taşkın farkındalığı için yapılacak olan faaliyetlerde taşkın tehlikesinin yüksek olduğu alanlarda yer alan okullarda eğitim gören öğrencilere öncelik verilmesi gerekmektedir.

Taşkın riski ön değerlendirme çalışmasının tamamlanmasının ardından çalışmanın 3. adımı olarak taşkın tehlikesinin çok yüksek olduğu belirlenen alandaki taşkın yayılım alanları belirlenmiştir. Taşkın yayılım alanlarını belirlemek için Yomra Deresi üzerinde yer alan Taşdelen Akım Gözlem İstasyonuna ait maksimum yıllık akım verileri kullanılmıştır. Yıllık akım verilerine çeşitli olasılık dağılım fonksiyonları uygulanarak çalışma alanına ait 2,5,10,25,50,100,200,500 ve 1.000 yıllık taşkın pik tekerrür debileri belirlenmiştir. Taşkın pik tekerrür debilerinin taşkın yayılım alanları belirlenmeye çalışılmış ve sadece 500 ve 1.000 yıllık taşkın tekerrür debilerinin çalışma alanında taşkın meydana getireceği belirlenmiştir. 500 yıllık taşkın pik tekerrür debisinin oluşturacağı taşkında toplam 22 adet yapının taşkından etkileneceği ve bu yapılarda toplam 31 kişinin ikamet ettiği, 1.000 yıllık taşkın pik tekerrür debisinin oluşturacağı taşkında toplam 61 adet yapının taşkından etkileneceği ve bu yapılarda toplam 33 kişinin ikamet ettiği belirlenmiştir. Taşkın pik tekerrür debilerinin oluşturacağı taşkında çoğunlukla çalışma alanında yer alan sanayi tesislerinin taşkından etkileneceği belirlenmiş, ayrıca 1.000 yıllık taşkın pik tekerrür debisinin oluşturacağı taşkında ilçe merkezinde yer alan bir adet lise ve spor salonunun taşkın yayılım alanı içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir.

Taşkın yayılım alanları, Yomra Deresi üzerinde yer alan AGİ'den alınan yıllık maksimum akım verileri kullanılarak elde edilen tahmini bir değer ile belirlenmiştir. Taşkın oluşumu üzerinde birden fazla beşeri ve fiziki faktörün etkili olduğu göz önünde bulundurulduğunda havza üzerindeki AGİ sayısının artırılması taşkınlar üzerinde etkili

olan faktörlerin akım miktarına olan etkisini daha fazla yansıtacağı için bu AGİ'lerden elde edilecek olan verilerden de daha doğru tahmin ve analizler yapılabilecektir. Bu nedenle havzadaki AGİ sayısının artırılması, çalışma alanında taşkın ile ilgili yapılacak olan çalışmalara katkı sağlayacaktır. Ayrıca taşkın yayılım haritalarının üretilmesinde hayati öneme sahip olan SYM verilerinin mekânsal çözünürlüğünün yükseltilmesi de taşkın ile ilgili yapılacak olan çalışmalara önemli katkılar sağlayacaktır.

Taşkınların oluşması üzerinde etkili olan faktörlerin başında gelen iklim özellikleri, meteoroloji gözlem istasyonlarından temin edilen veriler kullanılarak elde edilmektedir. Çalışma alanında yer alan meteoroloji gözlem istasyonu 2016 yılında Özdil Mahallesi'nde kurulmuştur. Özdil Meteoroloji Gözlem İstasyonu'nun yeterli zaman uzunluğunda veriye sahip olmaması nedeniyle çalışma alanının iklim özelliklerini ortaya koymak için komşu havzalarda yer alan meteoroloji gözlem istasyonlarının verileri kullanılmıştır. Ayrıca Özdil Meteoroloji Gözlem İstasyonu 1.200 metre yükselti değerine sahip olduğu için taşkın tehlikesinin daha yüksek olduğu Yomra ilçe merkezinin iklim özelliklerini tam olarak yansıtamamaktadır. Bu nedenle taşkın tehlikesi bulunan havzaların mansap ve memba noktalarına yakın kesimlerine kurulacak olan meteoroloji gözlem istasyonlarından temin edilecek olan veriler taşkın çalışmaları için daha doğru analizler yapılabilecek verilerin üretilmesini sağlayacaktır.

Eğim değerlerinin düz ve düze yakın olduğu Yomra Deresi'nin mansap noktasından 3 km kuzeye kadar olan bölümünde taşkın tehlikesi çok yüksektir ve bu bölümdeki akarsu kanalının dar ve derinliğinin az olduğu alanlarda 500 ve 1.000 yıllık tekkerrür debilerine göre taşkın meydana geleceği belirlenmiştir. Bu durum da AHY'nin akarsu havzalarında taşkın tehlikesinin belirlenmesi çalışmalarında kullanılması gerektiğini göstermektedir.

Eğim değerinin düşük olması ve ulaşım olanaklarının elverişli olması Yomra Deresi'nin mansap noktası çevresinde yerleşme, sanayi ve ticari yapıların yoğunlaşmasına neden olmuştur. Bu bölgenin eğim özelliklerinden dolayı aynı zamanda taşkın tehlikesinin çok yüksek olması Yomra ilçe merkezinin taşkın riskini yükseltmektedir. Taşkın riskinin yüksek olduğu alanlarında ticari ve sanayi tesislerinin fazla olması çalışma alanının ilçe ekonomisi için çok önemli bir konumda olduğunu ve bu nedenle Yomra Deresi'nde taşkınlarla karşı alınacak olan yapısal ve yapısal olmayan taşkın önleme yöntemleri ilçe ekonomisi için hayati öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Çalışma alanının ağız kısmına yakın noktalarda meydana gelecek olan bir taşkın havzanın güneyinde yer alan yerleşim birimleri ile ilçe merkezi arasındaki ulaşımı sağlayan ana yolun kapanmasına neden olarak bu yerleşim birimlerinde ikamet eden vatandaşların taşkınlardan dolayı olarak etkilenmelerine neden olacaktır. Bu nedenle taşkın riski ile ilgili yapılacak olan çalışmalarda taşkınların dolaylı etkilerini ortaya koyabilmek amacıyla havzalarda yer alan ulaşım ve iletişim gibi alt yapı ağlarının da dikkate alınması gerekmektedir.

Çalışma alanında taşkınlar ile mücadele için kullanılacak olan yapısal taşkın önleme yöntemlerinin yerini belirlemek için bu çalışma sonucunda elde edilen veriler kullanılabilir. Çalışma sonucu oluşturulan taşkın yayılım alanları haritasında taşkın sularının yatak dışına çıktığı noktalardaki taşkın koruma duvarlarının yükseltilmesi gerekmektedir. Bu yöntem özellikle taşkın yayılım alanında yer alan kömür deposunu taşkın sularından koruyarak bir taşkın esnasında ortaya çıkacak olan olası çevre kirliliğini de önleyecektir. Taşkın yayılım alanlarındaki taşkın koruma duvarlarının yükseltilmesi olası bir taşkın anında ana akarsu kanalına yakın bir konumda bulunan kara yolunun kapanmasını engelleyerek havzanın yukarı kısımlarında bulunan yerleşimlerin de taşkınların dolaylı etkilerinden korunmasına yardımcı olacaktır. Ayrıca yükseltilen taşkın koruma duvarlarının arkasında birikecek olan yüzey sularının da ayrı bir kanal vasıtası ile ana kanala deşarj edilmesi gerekmektedir.

Çalışma alanındaki taşkın yayılım alanlarının yanı sıra havzanın yukarı kesimlerinde, yapılacak olan sel kapanları dahavzadaki akım miktarının arttığı dönemlerde yan kollardan ana kanala deşarj olacak olan suyu ve taşkınların etkisini artıran rüsubatın tutulmasını sağlayarak Yomra Deresi'nin kuzey bölümünde meydana gelebilecek olan taşkınların önlenmesi veya etkisinin azaltılmasını sağlayacaktır.

Çalışmada taşkın tehlike sınıflarına göre nüfus dağılışının belirlendiği yöntem, taşkın maruziyeti çalışmaları için literatüre katkı sağlayacaktır. Taşkın tehlike sınıflarına göre ve taşkın yayılım alanlarına göre belirlenen kişi sayısının daha detaylı bir biçimde kullanılabilmesi için Mekansal Adres Kayıt Sistemi'nde (MAKS) yer alan verilerden yararlanılabilir. Bu verilerin kullanılması, taşkın öncesindeki bilinçlendirme faaliyetlerinin doğru kişilere ulaşması ve olası bir taşkın anında önceliğe sahip olan çocuk, yaşlı ve engelli gibi kırılgan nüfus grubunda yer alan bireylere öncelik verilebilmesini sağlayacaktır. Ayrıca çalışma sonucunda elde edilen taşkın risk haritaları

bölgede hazırlanacak olan imar planları ve altyapı projelerinde altlık olarak kullanılabilir.

Küresel iklim değişikliği çalışma alanının yer aldığı Doğu Karadeniz Havzası'nda meydana gelen taşkın sayısında artışa neden olacaktır. Bunun sonucunda çalışmada elde edilen taşkın etkilerinin de havzada daha sık ortaya çıkması beklenmektedir. Bu nedenle çalışmada önerilen ve çalışma alanında meydana gelecek taşkınların etkisini en aza indirecek olan taşkın önleme yöntemlerinin ivedilikle hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Taşkın esnasında taşkın sularının etkisinin artmasına neden olan ve akarsuyun üst kollarından gelen sedimanların ve akarsu kanalına izinsiz olarak dökülen hafriyatların akarsu kanalından uzaklaştırılması için periyodik olarak rüsubat temizliğinin yapılması ve kaçak hafriyat dökümlerinin engellenmesi için gerekli yasal mevzuatın uygulanması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdelkader, M. M., Al-Amoud, A. I., El Alfy, M., El-Feky, A., ve Saber, M. (2021). Assessment of flash flood hazard based on morphometric aspects and rainfall-runoff modeling in Wadi Nisah, central Saudi Arabia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 23, 100562. doi:10.1016/j.rsase.2021.100562
- Ağan, A., Altınbaş, A.F., Eroğlu, İ.C., Hamzaçebi, S., Aydın, Ü. ve Çetiner, L. (2017), Trabzon – Rize (Doğu Karadeniz) Metalik Maden Aramaları, *MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 23, 53-65.
- Ağar, Ü., (1977). *Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi: Doktora Tezi*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akgün, A. (2001). *Trabzon Güney Çevre Yolu Güzergahı Arsin-Yomra Arasının Mühendislik Jeolojisi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akkaş, M., (1990). *Trabzon İklim Etüdü*, T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Alam, A., Ahmed, B., ve Sammonds, P. (2021). Flash flood susceptibility assessment using the parameters of drainage basin morphometry in SE Bangladesh. *Quaternary International*, 575-576, 295-307.
- Altıparmak, S. ve Türkoğlu, N. (2018). Yakacık Çayı Havzasının Hatay Morfometrik Analizi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 58(1), 353-374.
- Alqahtani, F. ve Qaddah, A. A. (2019). GIS digital mapping of flood hazard in Jeddah–Makkah region from morphometric analysis. *Arabian Journal of Geosciences*, 12, 1-20.
- Andjelkovic, I. (2001). *Guidelines on non-structural measures in urban flood management*. *International Hydrological Programme (IHP)*, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).
- Anılan, T., Durmuş, H., Akçalı, E. ve Yüksek, Ö. (2021). Taşkın farkındalık ve erken uyarı sistemleri değerlendirmesi: Trabzon Beşikdüzü örneği. *Doğal Afet Çevre Dergisi*, 7 (1), 110-123.
- Arman, H., Yüksel, I., Saltabaş, L., Göktepe, F. ve Sandalcı, M. (2010) Overview of flooding damages and its destructions: a case study of Zonguldak-Bartın basin in Turkey. *Nat Sci* 2(04):409.
- Avcı, V., (2023) Esmahanım Deresi Havzası'nın (Akçakoca-Düzce) Morfometrik Özellikleri ve Taşkınlara Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 25(1), 1-1.
- Avcı, V. ve Sunkar, M. (2018). Bulancak'ta (Giresun) sel ve taşkın olaylarına neden olan Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak derelerinin morfometrik analizleri. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 28(2), 15-41.

- Bayazıt, Y. (2021). Bilecik İlindeki Şehirleşmenin Taşkın Riski Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*,8(1),217-227.
- Beden, N. (2019). *Cevizdere Havzasının Sayısal Modelleme Sistemlerine Dayalı Taşkın Analizi Ve Taşkın Zararlarının Değerlendirilmesi*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Beyhan, F. ve Erbaş, M.(2013). A Study on Green Roofs with the Examples from the World and Turkey. *Gazi University Journal Of Science*, 26(2), 303-318.
- Bhatt, S. ve Ahmed, S. A. (2014). Morphometric analysis to determine floods in the Upper Krishna basin using Cartosat DEM. *Geocarto International*, 29(8), 878-894.
- Bircan, H.,Karagöz, Y., ve Kasapoğlu Y.(2003), Ki-Kare Ve Kolmogorov Smirnov Uygunluk Testlerinin Simulasyon İle Elde Edilen Veriler Üzerinde Karşılaştırılması. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 4(1),69-80.
- Biswas, S., Sudhakar, S. ve Desai, V. R. (1999). Prioritisation of subwatersheds based on morphometric analysis of drainage basin: A remote sensing and GIS approach. *Journal of the Indian society of remote sensing*, 27, 155-166.
- Bonacci, O., Ljubenkovic, I. ve Roje-Bonacci, T., (2006), Karst flash floods: an example from the Dinaric karst (Croatia). *Natural Hazards and Earth System Sciences*,6,195-203.
- Brunner, M. I., Viviroli, D., Sikorska, A. E., Vannier, O., Favre, A. C. ve Seibert, J. (2017). Flood type specific construction of synthetic design hydrographs. *Water Resources Research*, 53(2), 1390-1406.
- Bulan, M. N. (2019). *Taşkın risk alanlarının coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak incelenmesi: Murat Nehri (Ağrı) örneği*. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Cenderelli, D. A. (2000). Floods from natural and artificial dam failures. *Inland Flood Hazards: human, riparian and aquatic communities*, 73-103.
- Chandrashekar, H., Lokesh, K. V., Sameena, M. ve Ranganna, G. (2015). GIS-based morphometric analysis of two reservoir catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka. *Aquatic Procedia*, 4, 1345-1353.
- Chen, M., Chen, Y., Fang, G., Zheng, G., Li, Z., Li, Y., ve Zhu, Z. (2024). Risk assessment of glacial lake outburst flood in the Central Asian Tianshan Mountains. *npj Climate and Atmospheric Science*, 7(1), 209.
- Chow, V.T. (1959). *Open-Channel Hydraulics*, McGraw-Hill: New York.

- Coşkun, M. ve Öztürk, A., (2022). Havza önceliklendirmesi bakımından Ermenek Çayı Havzası ve Gökçay Havzasının karşılaştırmalı morfometrik analizi. *Turkish Journal of Forestry*,23(1): 1-10.
- Colombo, A., Hervás, J. ve Vetere Arellano, A. L. (2002). *Guidelines on flash flood prevention and mitigation*. European Commission Joint Research Centre (JRC).
- Çeliker, M., Nacar Koçer, N. ve Yıldız, O. (2020). Bingöl il merkezinde taşkın yayılım alanlarının coğrafi bilgi sistemleri ve HEC-RAS ile belirlenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*,6(2), 354-365.
- Çınaklı, M. (2008). *Doğu Karadeniz bölümü'nde meydana gelen taşkınlar*. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı Fiziki Coğrafya Bilim Dalı Yüksek Lisan Tezi.
- Das, Sumit. (2018). Geographic information system and AHP-based flood hazard zonation of Vaitarna basin, Maharashtra, India, *Arabian Journal of Geosciences*, 11,576.
- Demiroğlu, M.(2020). Karst Ani Taşkınları. Dicle Üniversitesi *Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(1),431-438.
- Department Of Ecology State of Washington, (2021), *Comperhensive Planning For Flood Hazard Management: A Guidebook*, Washington.
- Desalegn, H. ve Mulu, A. (2020). Flood vulnerability assessment using GIS at Fetam watershed, upper Abbay basin, Ethiopia. *Heliyon*, 7(1).
- Doğan, U., (2012). *Akarsu Süreçleri, İç: Kuvaterner Bilimi*, Ed.: Kazancı, N., Gürbüz, A., Ankara Ünivertesi Yayınları, Ankara.
- Dou, X., Song, J., Wang, L., Tang, B., Xu, S., Kong, F. ve Jiyang, X. (2017), Flood risk assessment and mapping based on a modified multiparameter flood hazard index model in the Guanzhong Urban Area, China, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 32,1131-1146
- Dursun, Y.(2022). *Coğrafi Bilgi Sistemi İle Taşkın Risk Analizi: Osmaneli/Bilecik Örneği*. Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- DSİ, (2023). *İllere Göre Taşkın Koruma Tesisleri ,2013-2022*, <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1847> adresinden erişilmiştir.
- Efe, H. ve Önen, F. (2015). Batman Çayı'nın taşkın analizinin HEC-RAS programıyla yapılması. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 6(2), 83-92.
- Elbaşı, E. ve Özdemir, H. (2023). Akım Gözlem İstasyonu Bulunmayan Havzalarda Taşkın Debisi Tahmini: Doğu Karadeniz Örneği. *Türk Coğrafya Dergisi*, 84, 85-96.

- El-Shamy, I.Z. (1992) *New approach for hydrological assessment of hydrographic basins of recent recharge and flooding possibilities*. 10th Symp. Quaternary and Development, Egypt, Mansoura Univ.
- Erdede, B. ve Öztürk, D. (2016). *Kızılırmak havzasının taşkın potansiyelinin çizgisel, alansal ve rölyef morfolometrik indisler kullanılarak değerlendirilmesi*. Maktav, D. Berberoğlu, S. (Ed), 6. Uzaktan Algılama CBS Sempozyumu Bildiriler Kitabı (s. 392-399) içinde. Çukurova Üniversitesi.
- Ertan, A., Özelkan, E. ve Karaman, M. (2021). Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Sel ve Taşkın Alanlarının Belirlenmesi: ÇanakkaleKaramenderes Havzası Örneği. *Journal of Research in Atmospheric Science*, 3(2).
- Ertürk, E. ve Kaya, N. (2019). Taşkın tehlike alanlarının oluşturulması: Trabzon ili Vakfıkebir ilçesi Kirazlı Deresi örneği. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31(2), 337-344.
- Esen, F. (2022). Ayancık çayı havzası'nda (Sinop) meydana gelen taşkın olaylarının havza morfolometrisi açısından değerlendirilmesi. *International Journal of Geography and Geography Education*, 47, 233-257.
- Farhan, Y. ve Anaba, O. (2016). Flash flood risk estimation of Wadi Yutum (Southern Jordan) watershed using GIS based morphometric analysis and remote sensing techniques. *Open Journal of Modern Hydrology*, 6(02), 79.
- Fleaming, G. (2002). *Flood Risk Management Learning to With Rivers*, Thomas Telford Publishing, London.
- Geçen, R., ve Balcı, K. (2022). Tahtaköprü Ve Zilli Çayları Havzalarının Karşılaştırmalı Jeomorfometrik Analizi. *Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(50), 201-225.
- Gerger, R. ve Tanrıverdi, M. (2018) *Coğrafi Bilgi Sistemleri(Cbs)Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi İle Şanlıurfa İl Merkezinin Taşkın Alanlarının Belirlenmesi*, 7. Uzaktan Algılama – CBS Sempozyumu'nda sunulmuş bildiri, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Gholami, V., Asghari, A. ve Taghvaye Salimi, E. (2016). Flood hazard zoning using geographic information system (GIS) and HEC-RAS model (Case study: Rasht City). *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 14(3), 263-272.
- Ghosh, A. ve Kar, S. K. (2018). Application of analytical hierarchy process (AHP) for flood risk assessment: a case study in Malda district of West Bengal, India. *Natural Hazards*, 94, 349-368.
- Golshan, M., Jahanshahi, A. ve Afzali, A. (2016). Flood hazard zoning using HEC-RAS in GIS environment and impact of manning roughness coefficient changes on flood zones in Semi-arid climate. *Desert*, 21(1), 24-34.

- Gökçeoğlu, C., Sönmez, H. ve Nefiseoğlu, H.A., Duman, T.Y., Can, T. (2005). The 17 March 2005 Kuzulu landslide (Sivas, Turkey) and landslide-susceptibility map of its near vicinity. *Engineering Geology*,81,65-83.
- Gravelius, H. (1914). Morphometry of drainage bassins. *Quaternary International*, v. *Goschen Ve*.
- Günel, N.(2013), Türkiye’de İklimin doğal Bitki Örtüsü Üzerindeki Etkileri. *Çevrimiçi Tematik Türkoloji Dergisi*,5,1.
- Güngör, M. (2008). Ki-kare testi üzerine. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 84-89.
- Gürer, I., ve Uçar, I. (2021). *The Inventory of Flood Disasters in Turkey*. In International Conference on Natural Resources and Sustainable Environmental Management (pp. 313-322). Cham: Springer International Publishing.
- Gürgen, G. (2004), Doğu Karadeniz Bölümü’nde Maksimum Yağışlar ve Taşkınlar Açısından Önemi, *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*,24(2),79-92.
- Güven, İ.H. (1993). *Doğu Pontitler’in Jeolojisi ve 1/250.000 Ölçekli Kompilasyonu*, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara .
- Hammami, S., Zouhri, L., Souissi, D., Souei, A., Zghibi, A., Marzougui, A. ve Dlala, M. (2019). Application of the GIS based multi-criteria decision analysis and analytical hierarchy process (AHP) in the flood susceptibility mapping (Tunisia). *Arabian Journal of Geosciences*, 12, 1-16.
- Hakan, M.(2008). *Kızılırmak Havzasında Taşkın Frekans Analizi*. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Haltaş, İ., Yıldırım, E., Öztaş, F. ve Demir, İ. (2021) , A comprehensive flood event specification and inventory: 1930–2020 Turkey case study, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 56.
- Horton, R. E. (1932). Drainage-basin characteristics. *Transactions, American geophysical union*, 13(1), 350-361.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin*, 56(3), 275-370.
- Hirsch, R.M., (1979) An Evaluation of Some Record Reconstruction Techniques, *Water Resources Research*, 15(6), 1781-1790.
- Huggett, R. J. (2010). *Fundamentals of Geomorphology 2*. USA: Edt. Routledge.
- Hundecha, Y., Parajka, J. ve Viglione, A. (2017). Flood type classification and assessment of their past changes across Europe. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 2017, 1-29.

- Hutchinson, M. F. (1988). *Calculation of hydrologically sound digital elevation models*. In Proceedings of the third international symposium on spatial data handling 133, 117-133.
- Işık, F. (2017). *Karaçam deresi havzasının (Trabzon) uygulamalı jeomorfolojisi*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü , Samsun.
- Işık, F., Bahadır, M., Zeybek, H. İ. ve Çağlak, S. (2020). Karadere Çayı Taşkını (Araklı-Trabzon). *Mavi Atlas Dergisi*, 8(2), 526-547.
- IPCC, (2021). *Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli 6. Değerlendirme Raporu*, https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/IPCC%206.%20De%20C4%9Ferlendirme%20Raporu/IPCC%20-%20ar6_WGI_Y%C3%B6netici%20-%20C3%96zeti.pdf adresinden erişilmiştir.
- İrcan, M. R., ve Duman, N. (2024). 15 Mart 2023'te Şanlıurfa'da Meydana Gelen Sel ve Taşkının Oluşumunda Etkili Olan Coğrafi Faktörlerin Değerlendirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 10(2), 450-464.
- İzmir Büyükşehir Belediyesi (2024), *Sünger Kent İzmir Projesi*, <https://sungerkent.izmir.bel.tr/tr/Project/OnProgress> adresinden erişilmiştir.
- Jenson, S. K., ve Domingue, J. O. (1988). Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 54(11), 1593-1600. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=06a20725ae38b4dce81951bbb230b197dd346daa> adresinden edinilmiştir.
- Jonkman S.N. (2003). Loss Of Life Caused By Floods: An Overview Of Mortality Statistics For Worldwide Floods, *Delf Cluster Publication*, 233-6, 31.
- Jonkman, S. N. (2005). Global perspectives on loss of human life caused by floods. *Natural hazards*, 34(2), 151-175.
- Jonkman, S. N., Bockarjova, M., Kok, M. ve Bernardini, P., (2008), Integrated hydrodynamic and economic modelling of flood damage in the Netherlands. *Ecological Economics*, 66, 77–90.
- Jothimani, M., Dawit, Z. ve Muluaem, W. (2021). Flood susceptibility modeling of Megech river catchment, lake tana basin, north western Ethiopia, using morphometric analysis. *Earth Systems and Environment*, 5, 353-364.
- Kabenge, M., Elaru, J., Wang, H. ve Li, F. (2017). Characterizing flood hazard risk in data-scarce areas, using a remote sensing and GIS-based flood hazard index. *Natural hazards*, 89, 1369-1387.
- Kadioğlu, M. (2008), *Günümüzden 2100 Yılına İklim Değişimi*, Ankara, 2008.
- Kadioğlu, M. (2012). *Türkiye'de İklim Değişikliği Risk Yönetimi, Birinci Baskı*, Türkiye'nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, Ankara, 2012.

- Kamuş, A. O. ve Dutucu, A. A. (2023). Hidromorfometrik Analizlerle Esmahanım Deresi Havzasının Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 11, 1-21.
- Ketin, İ. (1966), Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, *Maden Tektik ve Arama Dergisi*, 66,20-37.
- Kirpich, Z. P. (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil Engineering*, 10-6, 362.
- Koç, G., Petrow, T. ve Thielen, A. H. (2020). Analysis of the most severe flood events in Turkey (1960–2014): which triggering mechanisms and aggravating pathways can be identified?. *Water*, 12(6), 1562.
- Koç, G. ve Thielen, A. H. (2018). The relevance of flood hazards and impacts in Turkey: What can be learned from different disaster loss databases?. *Natural Hazards*, 91, 375-408.
- Koçyiğit, M.B. ve Akay, H. (2018). Estimation of potential flash flood risk in a basin using morphometric parameters: A case study of Akçay Basin. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(4),1321-1332.
- Koçyiğit, M. B., Akay, H., ve Babaiban, E. (2021). Temel bileşen analizi kullanılarak Doğu Akdeniz Havzası ani taşkın potansiyelinin morfometrik yaklaşımla değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(3), 1669-1686.
- Kron, W. (2005). Flood risk hazard values vulnerability. *Water international*, 30(1), 58-68.
- Kulga, Z. ve Dizdar, M. (1994). *Türkiye Akarsu Havzaları, Maksimum Akımlar Frekans Analizi (MAFA)*. DSİ Basım ve Foto-Film Merkezi, Ankara.
- Kuruüzüm, . Atsan, N. (2001), Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları. *Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*,1,83-105.
- Kusre, B. C. (2016). Morphometric analysis of Diyung watershed in northeast India using GIS technique for flood management. *Journal of the Geological Society of India*, 87, 361-369.
- Kuşcu, İ., ve Özdemir, H. (2023). Taşkın duyarlılık analizinde kullanılan parametreler üzerine bir değerlendirme. *Türk Coğrafya Dergisi*, 84, 67-83.
- Lermi, A.(1996). *Kayabaşı (Kanköy-Yomra-Trabzon) cevherinde toprak ve bitki jeokimyasının uygulanması*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Mahala, A. (2020). The significance of morphometric analysis to understand the hydrological and morphological characteristics in two different morpho-climatic settings. *Applied Water Science*, 10(1), 1-16.

- Mahmood, S., ve Rahman, A. U. (2019). Flash flood susceptibility modeling using geomorphometric and hydrological approaches in Panjkora Basin, Eastern Hindu Kush, Pakistan. *Environmental earth sciences*, 78, 1-16.
- Melton, M. A. (1957). An analysis of the relations among elements of climate, surface properties, and geomorphology. New York: Department of Geology, Columbia University.
- Merz, B. ve Kreibich, H., Schwarze, R., Thieken, A.(2010). Assessment of economic flood damage. *Natural Hazards and Earth System Sciences*,10,1697-1724.
- Merz, R. ve Blöschl, G. (2003). A process typology of regional floods. *Water Resources Research*, 39(12), 1340.
- Messner, F. ve Meyer, V., (2006) *Flood Damage, Vulnerability And Risk Perception – Challenges For Flood Damage Research*, J. Schanze., E. Zeman., J. Marsalek (Eds.), Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures, (pp. 149-167) <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-4598-1?page=1#toc> adresinden erişilmiştir.
- Mete, B., Baki, O. T. ve Bayram, A. (2022). Değirmendere, Yomra ve Galanima akarsu havzalarında (Trabzon) askıda katı madde taşınımının incelenmesi ve değerlendirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(3), 803-817.
- MGM(2024a), 2023 Yılı Meteorolojik Afetler Değerlendirmesi. <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=TRABZON> adresinden edinilmiştir.
- MGM(2024b), Trabzon İklim Sınıflandırması. <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=TRABZON> adresinden edinilmiştir.
- MTA (2002), 1/500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Naughton, O., McCormack, T., Gill, L. ve Johnston, P. (2017). Groundwater flood hazards and mechanisms in lowland karst terrains. *Geological Society, London, Special Publications*, 466(1), 397-410.
- Nautiyal, M. D., (1994), Morphometric analysis of a drainage basin using aerial photographs: A case study of Khairkuli basin, district Dehradun, U.P. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 22, 251-261.
- Nyarko, K.B., (2002), Application Of A Rational Model In GIs For Flood Risk Assessment In Accra, Ghana, *Journal Of Spatial Hydrology*, 2,1.
- Ogarekpe, N. M., Obio, E. A., Tenebe, I. T., Emenike, P. C. ve Nnaji, C. C. (2020). Flood vulnerability assessment of the upper Cross River basin using

- morphometric analysis. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1), 1378-1403.
- Oğuz, E., Oğuz, K. ve Öztürk, K. (2022). Düzce bölgesi taşkın duyarlılık alanlarının belirlenmesi. *Geomatik*, 7(3), 220-234.
- Ödeker, B., ve Türkoğlu, N. (2020). Sabuncular Deresi Havzası'nın Rize/Çayeli Morfometrik Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Cbs İle Belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Dil Ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 60(1), 14-38.
- Öz, T. (2022). *Solaklı Çayı Havzası'nın (Trabzon) uygulamalı jeomorfolojisi*. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ.
- Özcan, E. (2006), Sel Olayları ve Türkiye, *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26(1), 35-50.
- Özdemir, H. (2007). *Havran çayı havzasının (Balıkesir) CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizi*. Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul.
- Özdemir, H.(2011), Havza Morfometrisi ve Taşkınlar. *Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistematik ve Bölgesel*, 5, 507-526.
- Özdemir, H. ve Akbaş, A. (2023). Is there a consistency in basin morphometry and hydrodynamic modelling results in terms of the flood generation potential of basins? A case study from the Ulus River Basin (Türkiye). *Journal of Hydrology*, 625, 129926.
- Özdemir H., ve Bird D.(2009) Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods, *Environ. Geol.*, 56 (7), 1405–1415.
- Pilon, J. (2006). Guidelines for Reducing Flood Losses. United Nations.
- Prashad, R. N., ve Pani, P. (2017). Geo-hydrological analysis and sub watershed prioritization for flash flood risk using weighted sum model and Snyder's synthetic unit hydrograph. *Modeling Earth Systems and Environment*, 3, 1491-1502.
- Perera, D., Seidou, O., Agnihotri, J., Rasmy, M., Smakhtin, V., Coulibaly, P. ve Mehmood, H. (2019). *Flood early warning systems: a review of benefits, challenges and prospects*. UNU-INWEH, Hamilton.
- Rai, P., Mohan, K., Mishra, S., Ahmad, A., ve Mishra, V. (2014). A GIS-based approach in drainage morphometric analysis of Kanhar River Basin, India. *Applied Water Science*, 7(1), 217–232.
- Rama, V. Anantha. (2014) Drainage Basin Analysis for Characterization of 3rd Order Watersheds Using Geographic Information System (GIS) and ASTER Data. *Journal of Geomatics* 8.2

- Rana, N., Singh, S., Sundriyal, P.Y., Rawat, S.G. ve Juyal, N., (2016) Interpreting the geomorphometric indices for neotectonic implications: An example of Alaknanda valley. *Journal of Earth System Science*, 125(4),. 841–854.
- Rajasekhar, M., Raju, G. S., ve Raju, R. S. (2020). Morphometric analysis of the Jilledubanderu river basin, Anantapur District, Andhra Pradesh, India, using geospatial technologies. *Groundwater for Sustainable Development*, 11, 100434.
- Reddy, G. P. O., Maji, A. K. ve Gajbhiye, K. S. (2004). Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India—a remote sensing and GIS approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 6(1), 1-16.
- Rentschler, J., Salhab, M., ve Jafino, B. A. (2022). Flood exposure and poverty in 188 countries. *Nature communications*, 13(1), 3527.
- Rhoads, B. L. (2020). *River dynamics: geomorphology to support management*. Cambridge University Press.
- River Beurau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2012). *Flood Management in Japan*, https://www.narbo.jp/data/04_materials/ma_fmij.pdf adresinden erişilmiştir.
- Robins, N. S., Finch ve J. W. (2012). Groundwater flood or groundwater-induced flood?. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 45(1), 119-122.
- Romali, N. S., Yusop, Z. ve Ismail, A. Z. (2018). Application of HEC-RAS and Arc GIS for floodplain mapping in Segamat town, Malaysia. *Geomate Journal*, 15(47), 7-13.
- Samson, S. A., Eludoyin, A. O., Ogbole, J., Alaga, A. T., Oloko-Oba, M., Okeke, U. H., ve Popoola, O. S. (2015). Drainage basin morphometric analysis for flood potential mapping in Owu using geospatial techniques. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 4(3), 1-8.
- Samules, P.G. (2000). *An Overview Of Flood Estimation And Flood Prevention*. International Symposium On Flood Defence, Kassel.
- Saat, M.(2000). Çok Amaçlı Karar Vermede Bir Yaklaşım: Analitik Hiyerarşi Yöntemi. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*.2,149-162.
- Saaty T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill Comp., U.S.A.
- Sattar, A., Haritashya, U. K., Kargel, J. S., ve Karki, A. (2022). Transition of a small Himalayan glacier lake outburst flood to a giant transborder flood and debris flow. *Scientific reports*, 12(1), 12421.
- Serencem, U., (2013). *Taşkın Zararları Ve Zarar Görebilirlik Analizi: Trabzon Değirmendere Sanayi Mahallesi Örneği*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Seyhan, M. (2022). *Tarımsal uygulamaların eski arazi kullanım kabiliyeti sınıflarının değişimine etkisi* . Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological society of America bulletin*, 67(5), 597-646.
- Scottish Environment Protection Agency. (2015). *Natural Flood Management Handbook*, <https://www.sepa.org.uk/media/163560/sepa-natural-flood-management-handbook1.pdf> adresinden erişilmiştir.
- Shekar, P. R., ve Mathew, A. (2023). Morphometric Analysis of Watersheds: A Comprehensive Review of Data Sources, Quality, and Geospatial Techniques. *Watershed Ecology and the Environment*.6,13-25.
- Sikorska, E.A., Vivriol, D. ve Seibert, J.(2015). Flood-type classification in mountainous catchments using crisp and fuzzy decision trees. *Water Resources Research*,51, 7959-7976.
- Smith, K.G., 1950. Standards for grading textures of erosional topography. *American Journal of Science*, 248:655-668.
- Sohail, M., ve Mahmood, S. (2023). Flood susceptibility modeling using geomorphometric ranking approach in Jhelum River basin, Pakistan. *Natural Hazards Research*.
- Souissi, D., Zouhri, L., Hammami, S., Msaddek, M. H., Zghibi, A. ve Dlala, M., (2020). GIS-based MCDM–AHP modeling for flood susceptibility mapping of arid areas, southeastern Tunisia. *Geocarto International*, 35(9), 991-1017.
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological society of America bulletin*, 63(11), 1117-1142.
- Sukristiyanti, S., Maria, R., ve Lestiana, H. (2018.). Watershed-based morphometric analysis: a review. *In IOP conference series: earth and environmental science* 118(1),012028.
- [SYGM \(2016\) İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu – EK 24 Doğu Karadeniz Havzası, Erişim adresi, https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/iklim%20de%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Finin%20su%20kaynaklar%C4%B1na%20etkisi/Iklim_NihaiRapor.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/iklim%20de%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Finin%20su%20kaynaklar%C4%B1na%20etkisi/Iklim_NihaiRapor.pdf)
- Şen, Z. (2022). İklim Değişikliği ve Türkiye. *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, 1,1-19.
- Tahmiscioğlu, M. S., Karaca, Ö., Özdemir, A. D. ve Özgüler, H. (2006). *Possible effect of the global climate change on water resources and floods in Turkey*. In International conference on climate change and the Middle East past, present and future. ITU, İstanbul .

- Tanrıverdi, M.,(2019). *Coğrafi Bilgi Sistemleri(Cbs) Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi İle Şanlıurfa İl Merkezi'nin Taşkın Alanlarının Belirlenmesi*. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Taylor, C., Robinson, T. R., Dunning, S., Rachel Carr, J., ve Westoby, M. (2023). Glacial lake outburst floods threaten millions globally. *Nature Communications*, 14(1), 487.
- T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, (2018). *Türkiye’de Afet Yönetimi ve Doğa Kaynaklı Afet İstatistikleri*, Ankara.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, (2023). <https://www.meb.gov.tr/baglantilar/okullar/index.php?ILKODU=61&ILCEKODU=13> adresinden erişilmiştir.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, (2007), *Taşkın Risk Değerlendirme ve Yönetimi Hakkında 23 Ekim 2007 Tarih Ve 2007/60/EC Sayılı Konsey ve Avrupa Parlamentosu Direktifi*, https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/ab%20mevzuat%C4%B1/taskin_direktifi.pdf adresinden edinilmiştir.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, (2017). *Taşkın Yönetimi*. Ankara.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, (2022). *Taşkın Yönetimi*, Ankara.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, (2020). *Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı*, Ankara.
- T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, (2008). *Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuat*, Ankara.
- T.C. Trabzon Valiliği Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, (2021). *İl Afet Risk Azaltma Planı*, Trabzon.
- T.C. Trabzon Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, (2011). *Trabzon İl Çevre Durum Raporu*, Trabzon.
- T.C. Sayıştay Başkanlığı, (2022). *Taşkın Risk Yönetimi Sayıştay Raporu*, Ankara.
- Tektaş, Y. ve Polat, N. (2021). Hec-ras ile taşkın modelleme ve sentinel-2 uzaktan algılama görüntüsünden taşkın hasar analizi: Diyarbakır ili Çakmak deresi çınar bölgesi örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 3(1), 28-35.
- Thaler, T., Nordbeck, R., Löschner, L. ve Seher, W. (2020). Cooperation in flood risk management: Understanding the role of strategic planning in two Austrian policy instruments. *Environmental Science & Policy*, 114, 170-177.
- Tingsanchali, T. (2012). Urban flood disaster management. *Procedia engineering*, 32, 25-37

- Tokgözlü, A. ve Özkan, E. (2018). Taşkın risk haritalarında AHP yönteminin uygulanması: Aksu Çayı Havzası örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 44, 151-176.
- Turoğlu, H. ve Aykut, T. (2019). Ergene nehri havzası için hidromorfometrik analizlerle taşkın duyarlılık değerlendirmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 2, 1-15
- Tüzgen, G.A. ve Karaca, Ö. (2021). Çerçi ve Murt Deresi (Fethiye-Muğla) taşkın duyarlılık alanlarının CBS ile çok kriterli karar verme analizi kullanılarak haritalanması. *Yerbilimleri*, 42(1), 121-143.
- Uçar, İ. (2010). *Trabzon Değirmendere Havzası'nda Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Bir Hidrolik Model Yardımıyla Taşkın Analizi Yapılması*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Uluğ, A. , (2009). *Nasıl Bir Afet Yönetimi*, 1. İzmir Kent Sempozyumu.
- UNDRR, (2020). *Human Cost of Disasters An Overview of the Last 20 Years*. <https://www.undrr.org/publication/human-cost-disasters-overview-last-20-years-2000-2019> adresinden erişilmiştir.
- Utlu, M. ve Özdemir, H. (2018). Havza morfometrik özelliklerinin taşkın üretmedeki rolü Biga Çayı havzası örneği. *Coğrafya Dergisi*, 36, 49-62.
- Uzuntaş, Ö. (2019). *Sel Ve Taşkınlarda Uluslararası Yönetmelikler Ve Mühendislik Yaklaşımlar: Trabzon İli Örneği*. Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gümüşhane.
- Waikar, M. L., ve Nilawar, A. P. (2014). Morphometric analysis of a drainage basin using geographical information system: a case study. *Int J Multidiscip Curr Res*, 2(2014), 179-184.
- Wang, L., Cui, S., Li, Y., Huang, H., Manandhar, B., Nitivattananon, V., ... ve Huang, W. (2022). A review of the flood management: from flood control to flood resilience. *Heliyon*, 8(11).
- Watson, D., Adams, M. (2010). *Design for flooding: Architecture, landscape, and urban design for resilience to climate change*. John wiley & sons.
- WMO, (2009). *Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation*. https://www.ecad.eu/documents/WCDMP_72_TD_1500_en_1.pdf adresinden edinilmiştir.
- WMO, (2012). *Integrated Flood Management Series Management Of Flash Floods*, https://www.floodmanagement.info/publications/tools/APFM_Tool_16.pdf adresinden edinilmiştir.
- WMO, (2013). *Integrated Flood Management Tools Series Flood Forecasting And Early Warning*,

<https://library.wmo.int/viewer/37081/?offset=#page=1&viewer=picture&o=bookmark&n=0&q=> adresinden erişilmiştir.

Yazıcı, H. (1996). *Özdil (Yomra-Trabzon) ve yakın çevresinin maden yatakları açısından incelenmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Yıldırım, Ü. (2021). Trabzon (KD Türkiye) Akarsu Havzalarının Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Morfometrik Analiz Yoluyla Hidrolojik Değerlendirmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(1), 244-253.

Yılmaz, E. ve Çiçek, İ. (2016). Thornthwaite climate classification of Turkey Türkiye Thornthwaite iklim sınıflandırması. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 3973-3994.

Yılmaz, E. ve Çiçek, İ. (2018). Türkiye'nin detaylandırılmış Köppen-Geiger iklim bölgeleri Detailed Köppen-Geiger Climate Regions of Turkey. *International Journal of Human Sciences*, 15(1), 2458-9489.

Youssef, A. M., Pradhan, B. ve Hassan, A. M. (2011). Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery. *Environmental Earth Sciences*, 62(3), 611-623.

Yurdakul, M. E. (2019). *Güney Sapanca Havzası taşkın yayılım haritalarının modellenmesi: Keçi Deresi örneği*. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Yurtal, R. (2016). *Mühendislikte İstatistik Metodlar Ders Notu*. https://abs.cu.edu.tr/Dokumanlar/2016/IMZ219/685125199_muhendislikte_istatistik_metotlar_1.pdf adresinden erişilmiştir.

Yüksek, Ö., Babacan, H. T. ve Yüksek, O. (2022). Doğu Karadeniz Havzası'nda taşkın sebepleri, zararları ve taşkın yönetimi çalışmaları. *Türk Hidrolik Dergisi*, 6(2), 36-46.

Zheng, G., Allen, S. K., Bao, A., Ballesteros-Cánovas, J. A., Huss, M., Zhang, G., ... ve Stoffel, M. (2021). Increasing risk of glacial lake outburst floods from future Third Pole deglaciation. *Nature Climate Change*, 11(5), 411-417.

URL'LER

URL-1, <https://math.arizona.edu/~jwatkins/normal-table.pdf>, 06.08.2024 tarihinde erişilmiştir.

URL-2, <https://mustafaotrar.net/istatistik/kikare-chi-square-degerleri-tablosu/>, 06.08.2024 tarihinde erişilmiştir.

URL-3, <https://real-statistics.com/statistics-tables/kolmogorov-smirnov-table/>, 12.08.2024 tarihinde erişilmiştir.

EKLER

Ek 1. Normal Dağılım Tablosu (URL-1)

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

Ek 2. Akım Gözlem Kaydı Bulunan Su Yılı Sayısına Göre y_n Değerleri(Uçar, 2010)

n (yıl)	y_n değerleri									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5402	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600									

Ek 3. Akım Gözlem Kaydı Bulunan Su Yılı Sayısına Göre σ_n Değerleri (Uçar, 2010)

n (yıl)	σ_n değerleri									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9476	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1086
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1657	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1959	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065									

Ek 4. Pearson Tip 3 T Dönüş Aralığı Tablosu (Uçar, 2010)

C_s	T Yineleme Dönemi (yıl)										C_s
	1.010	1.25	2	5	10	25	50	100	200	1000	
	Aşılma Olasılığı (P)										
	99	80	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1	
3.0	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250	3.0
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847	6.915	2.8
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718	6.672	2.6
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584	6.423	2.4
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.248	2.240	2.970	3.705	4.444	6.168	2.2
2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.908	2.0
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.642	1.8
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.371	1.6
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.095	1.4
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.815	1.2
1.0	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.531	1.0
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312	4.244	0.8
0.6	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.956	0.6
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.666	0.4
0.2	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.377	0.2
0.0	-2.326	-0.842	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090	0.0
-0.2	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.808	-0.2
-0.4	-2.615	-0.816	0.366	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.533	-0.4
-0.6	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.268	-0.6
-0.8	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.017	-0.8
-1.0	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.786	-1.0
-1.2	-3.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.577	-1.2
-1.4	-3.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.394	-1.4
-1.6	-3.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.238	-1.6
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.107	-1.8
-2.0	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995	1.000	-2.0
-2.2	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.909	-2.2
-2.4	-3.800	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833	0.833	-2.4
-2.6	-3.889	-0.499	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769	0.769	-2.6
-2.8	-3.973	-0.460	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714	0.714	-2.8
-3.0	-4.051	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668	-3.0

Ek 5. Ki-Kare Dağılımı Kritik Değer Tablosu (URL-2)

Serbestlik Derecesi	Güven Düzeyi							
	0.99	0.975	0.95	0.9	0.1	0.05	0.01	0.005
1	---	0.001	0.004	0.016	2.706	3.841	6.635	7.879
2	0.02	0.051	0.103	0.211	4.605	5.991	9.21	10.597
3	0.115	0.216	0.352	0.584	6.251	7.815	11.345	12.838
4	0.297	0.484	0.711	1.064	7.779	9.488	13.277	14.86
5	0.554	0.831	1.145	1.61	9.236	11.07	15.086	16.75
6	0.872	1.237	1.635	2.204	10.645	12.592	16.812	18.548
7	1.239	1.69	2.167	2.833	12.017	14.067	18.475	20.278
8	1.646	2.18	2.733	3.49	13.362	15.507	20.09	21.955
9	2.088	2.7	3.325	4.168	14.684	16.919	21.666	23.589
10	2.558	3.247	3.94	4.865	15.987	18.307	23.209	25.188
11	3.053	3.816	4.575	5.578	17.275	19.675	24.725	26.757
12	3.571	4.404	5.226	6.304	18.549	21.026	26.217	28.3
13	4.107	5.009	5.892	7.042	19.812	22.362	27.688	29.819
14	4.66	5.629	6.571	7.79	21.064	23.685	29.141	31.319
15	5.229	6.262	7.261	8.547	22.307	24.996	30.578	32.801
16	5.812	6.908	7.962	9.312	23.542	26.296	32	34.267
17	6.408	7.564	8.672	10.085	24.769	27.587	33.409	35.718
18	7.015	8.231	9.39	10.865	25.989	28.869	34.805	37.156
19	7.633	8.907	10.117	11.651	27.204	30.144	36.191	38.582
20	8.26	9.591	10.851	12.443	28.412	31.41	37.566	39.997
21	8.897	10.283	11.591	13.24	29.615	32.671	38.932	41.401

22	9.542	10.982	12.338	14.041	30.813	33.924	40.289	42.796
23	10.196	11.689	13.091	14.848	32.007	35.172	41.638	44.181
24	10.856	12.401	13.848	15.659	33.196	36.415	42.98	45.559
25	11.524	13.12	14.611	16.473	34.382	37.652	44.314	46.928
26	12.198	13.844	15.379	17.292	35.563	38.885	45.642	48.29
27	12.879	14.573	16.151	18.114	36.741	40.113	46.963	49.645
28	13.565	15.308	16.928	18.939	37.916	41.337	48.278	50.993
29	14.256	16.047	17.708	19.768	39.087	42.557	49.588	52.336
30	14.953	16.791	18.493	20.599	40.256	43.773	50.892	53.672
40	22.164	24.433	26.509	29.051	51.805	55.758	63.691	66.766
50	29.707	32.357	34.764	37.689	63.167	67.505	76.154	79.49

Ek 6. K-S Kritik Değer Tablosu (URL-3)

Örnek Adeti	Güven Düzeyi				
	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.490
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.210	0.220	0.240	0.270	0.320

30	0.190	0.200	0.220	0.240	0.290
35	0.180	0.190	0.210	0.230	0.270

ÖZET

Trabzon ve çevresi Türkiye’de taşkın afetinin en sık görüldüğü bölgelerden biridir. Özellikle son yıllarda bölgede meydana gelen taşkınlar can ve mal kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle bölgede yer alan akarsu havzalarının taşkın riskinin derecesinin belirlenmesi bölgedeki taşkınların etkisinin azaltılması çalışmalarına önemli katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada Trabzon’un dördüncü büyük ilçesi olan Yomra ilçe merkezinden Karadeniz’e dökülen Yomra Deresi’nin taşkın riski, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından hazırlanan “Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı”nda kullanılan metodoloji örnek alınarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamaları ile belirlenmiştir. Çalışmada ilk olarak morfometrik analiz yöntemi kullanılarak Yomra Deresi ile birlikte Yomra ilçe merkezinde Karadeniz’e dökülen Şana Deresi, Muratlı Deresi ve Zil Deresi’nin taşkın duyarlılık sınıfları belirlenerek, Yomra Deresi için taşkın riski ön değerlendirme çalışması yapılmıştır. Taşkın riski ön değerlendirme çalışmasının ardından Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ile Yomra Deresi havzasında tehlikesiz, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere taşkın tehlike sınıfları belirlenmiş ve bu tehlike sınıfı içerisinde kalan, tiplerine göre yapı sayısı, kullanım türüne göre bağımsız bölüm sayısı ve nüfus miktarı belirlenmiştir. Yomra Deresi’nin taşkın tehlike sınıfı belirlendikten sonra taşkın tehlikesinin çok yüksek olduğu bölümde, Yomra Deresi üzerinde yer alan akım gözlem istasyonuna ait yıllık maksimum akım verilerinden Taşkın Frekans Analizi Yöntemi kullanılarak 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 ve 1.000 yıllık taşkın tekerrür periyotlarına göre oluşacak maksimum akım miktarı hesaplanmıştır. Elde edilen taşkın tekerrür debilerinden 500 ve 1.000 yıl tekerrür debilerinin taşkın oluşturabileceği belirlenmiş ve bu debilere bağlı oluşacak olan taşkın yayılım alanları ve taşkın su yükseklikleri hesaplanarak bu alanlarda yer alan tiplerine göre yapı sayısı, kullanım türüne göre bağımsız bölüm sayısı ve nüfus miktarı hesaplanmıştır. Çalışmanın son aşaması olarak kullanılan metodoloji ve çalışma alanında taşkın riskine karşı alınabilecek yapısal ve yapısal olmayan taşkın önleme yöntemleri ile ilgili öneriler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Taşkın Riski, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Morfometrik Analiz, Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Yomra.

ABSTRACT

Trabzon and its surroundings is one of the regions in Turkey where flood disasters occur most frequently. Especially in recent years, floods in the region have caused loss of life and property. For this reason, determining the degree of flood risk of the river basins in the region will make an important contribution to the efforts to reduce the impact of floods in the region. In this study, the flood risk of Yomra Creek, which flows into the Black Sea from Yomra district center, the fourth largest district of Trabzon, was determined by Geographic Information Systems (GIS) applications by taking the methodology used in the “Eastern Black Sea Basin Flood Management Plan” prepared by the General Directorate of Water Management (SYGM) as an example. In the study, firstly, the flood susceptibility classes of Yomra Creek and Şana Creek, Muratlı Creek and Zil Creek, which flow into the Black Sea in Yomra district center, were determined by using the morphometric analysis method and a preliminary flood risk assessment study was carried out for Yomra Creek. Following the preliminary flood risk assessment study, flood hazard classes as non-hazardous, low, medium, high and very high were determined in the Yomra Creek basin by Analytical Hierarchy Process (AHP) and the number of buildings by type, the number of independent sections by type of use and the amount of population within these hazard classes were determined. After determining the flood hazard class of Yomra Creek, in the section where the flood hazard is very high, the maximum flow amount that will occur according to the flood recurrence periods of 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, 500 and 1.000 years was calculated by using the Flood Frequency Analysis Method from the annual maximum flow data of the current observation station located on Yomra Creek. From the obtained flood recurrence flows, it was determined that 500 and 1,000 year recurrence flows could cause flooding and the number of structures according to their types, the number of independent sections according to the type of use and the population amount were calculated by calculating the flood spreading areas and flood water heights that will occur depending on these flows. As the last stage of the study, recommendations were made regarding the methodology used and the structural and non-structural flood prevention methods that can be taken against the flood risk in the study area.

Keywords: Flood Risk, Geographic Information Systems, Morphometric Analysis, Analytical Hierarchy Process, Yomra.