

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI**

**ESMAHANIM DERESİ HAVZASININ (DÜZCE) TAŞKIN
MODELLENMESİ VE TAŞKIN RİSK ANALİZİ**

Ali Osman KAMUŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ATALAY DUTUCU

EKİM - 2023

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**ESMAHANIM DERESİ HAVZASININ (DÜZCE) TAŞKIN
MODELENMESİ VE TAŞKIN RİSK ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali Osman KAMUŞ

Enstitü Anabilim Dalı: Coğrafya

“Bu tez 06/10/2023 tarihinde online olarak savunulmuş olup aşağıdaki isimleri bulunan jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.”

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ
Doç. Dr. Cercis İKİEL	Başarılı
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ATALAY DUTUCU	Başarılı
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin CİHANGİR	Başarılı

ETİK BEYAN FORMU

Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının benzerlik oranının herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve Etik Kurul Onayı gerektiği takdirde onay belgesini aldığımı beyan ederim.

Etik kurul onay belgesine ihtiyaç var mıdır?

Evet ☐

Hayır ☒

(Etik Kurul izni gerektiren araştırmalar aşağıdaki gibidir:

- Anket, mülakat, odak grup çalışması, gözlem, deney, görüşme teknikleri kullanılarak katılımcılardan veri toplanmasını gerektiren nitel ya da nicel yaklaşımlarla yürütülen her türlü araştırmalar,
- İnsan ve hayvanların (materyal/veriler dahil) deneysel ya da diğer bilimsel amaçlarla kullanılması,
- İnsanlar üzerinde yapılan klinik araştırmalar,
- Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalar,
- Kişisel verilerin korunması kanunu gereğince retrospektif çalışmalar.)

Ali Osman KAMUŞ

06/10/2023

ÖN SÖZ

Çalışmamda bana destek verip bilgi ve birikimini benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ATALAY DUTUCU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca değerli deneyimlerini, bilgi birikimini, bana dair inancını benden esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Cercis İKİEL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam için veri temini sağlayıp, değerli önerilerde bulunan Sayın Doç. Dr. Osman SÖNMEZ'e, Sayın Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR'e, Sakarya eski meteoroloji müdürü Sayın Mustafa YILDIRIM'a, DSİ 5. Bölge Müdürlüğünden Sayın Onur İLBAY'a ve verilerinden yararlandığım tüm kamu kurum ve kuruluşlarına çok teşekkür ederim.

Üniversite eğitimim boyunca bilgi ve birikimden yararlandığım değerli bölüm hocalarıma teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca desteklerini her zaman hissettiğim sabır ve anlayışlarıyla bana cesaret veren sevgili anneme, babama, hayat arkadaşıma, son olarak çalışmalarımda bana ilham kaynağı olan öğrencilerime ve bana destek olan tüm arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Ali Osman KAMUŞ

06/10/2023

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR.....	iv
TABLO LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ	ix
FOTOĞRAF LİSTESİ.....	xiv
ÖZET	xv
ABSTRACT	xvi

GİRİŞ.....	1
------------	---

1. BÖLÜM: ARAŞTIRMA MATERYALİ VE YÖNTEMİNİN DETAYLICA İNCELENMESİ.....	15
---	-----------

1.1. Araştırma Materyalinin İncelenmesi	15
1.1.1. Sayısal ve Altlık Harita Verilerin İncelenmesi	15
1.1.2. Meteorolojik, Hidrolojik ve Nüfus Verilerinin İncelenmesi.....	16
1.2. Araştırma Yönteminin İncelenmesi	17
1.2.1. Yağış Analizleri	17
1.2.1.1. Havzayı En İyi Temsil Eden İstasyonların Tespiti.....	17
1.2.1.2. Frekans Analizi/Olasılık Dağılım Fonksiyonları.....	18
1.2.1.3. Yağış Tutarının Düzeltilmesi.....	20
1.2.2. Havza Girdilerinin Belirlenmesi	25
1.2.2.1. Havza Eğri Numarasının (CN) Belirlenmesi.....	25
1.2.2.2. Harmonik Eğim Hesabı (HE)	27
1.2.3. Tekerrürlü Taşkın Debilerinin Belirlenmesi	27
1.2.3.1. Taşkın Debilerinin Belirlenmesinde Sentetik Yöntemler.....	27
1.2.3.2. Sentetik Hidrografın Elde Edilmesi.....	31
1.2.4. HEC-RAS Yazılımı İle Taşkın Modelleme	33
1.2.4.1. Geometrik Verilerin Oluşturulması	34
1.2.4.2. Tekerrürlü Debi Miktarlarının HEC-RAS Yazılımına Girilmesi ve Taşkın Tehlike Alanlarının Belirlenmesi	36
1.2.5. TaşkınTehlike ve Taşkın Risk Analizi.....	38
1.2.6. Taşkın Duyarlılık Analizi	41
2. BÖLÜM: ÇALIŞMA ALANININ COĞRAFİ ÖZELLİKLERİ	44

2.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri	44
2.1.1. Jeolojik Özellikler	44
2.1.1.1. Stratigrafik ve Litolojik Özellikler	44
2.1.1.2. Tektonik Özellikler	46
2.1.2. Jeomorfolojik Özellikler	48
2.1.2.1. Eğim	49
2.1.2.2. Bakı	51
2.1.2.3. Hipsometrik Eğri ve Hipsometrik İntegral	53
2.1.2.4. Havza Asimetrisi	57
2.1.2.5. Akarsu Uzunluk-Gradyan (SL) İndeksi	58
2.1.2.6. Akarsu Boyuna Profilleri	60
2.1.3. İklim	63
2.1.3.1. Yağış	64
2.1.3.2. Sıcaklık	73
2.1.3.3. Rüzgâr	78
2.1.3.4. Nem	79
2.1.4. Hidrografya	80
2.1.5. Toprak	82
2.1.5.1. Büyük Toprak Grupları	83
2.1.5.2. Hidrolojik Toprak Grupları	84
2.1.6. Bitki Örtüsü	87
2.1.6.1. Bitki Örtüsünün Dağılışı ve Bitkilerin Türü	87
2.1.6.2. Bitki Örtüsünün Zamansal Değişimi	89
2.2. Beşerî Coğrafya Özellikleri	91
2.2.1. Nüfus Özellikleri	91
2.2.2. Yerleşme ve Mesken Özellikleri	94
2.2.3. Arazi Kullanımı	98
3. BÖLÜM: BULGULAR	101
3.1. Taşkın Duyarlılığı Analizi	101
3.1.1. Morfometrik Özelliklerin Belirlenmesi	101
3.1.1.1. Akarsu Drenaj Sistemi ve Rölyef Özelliklerinin Belirlenmesi	101
3.1.1.2. Havza Şekli Analizi	115

3.1.2. Taşkın duyarlılığının belirlenmesi	120
3.2. HEC-RAS Yazılımı ile Taşkın Analizi	123
3.2.1. Yağış Analizleri	123
3.2.1.1. Havzayı En İyi Temsil Eden İstasyonların Tespiti.....	124
3.2.1.2. En Uygun Dağılım Fonksiyonunun Tespiti.....	124
3.2.1.3. Frekans Analizi.....	125
3.2.1.4. Yağış Tutarının Düzeltilmesi Alansal Ortalama Yağışın Bulunması	129
3.2.1.5. Nihai Yağış Tutarının Elde Edilmesi	130
3.2.2. Havza Girdilerinin Tayini	132
3.2.2.1. Havza Numarasının (CN) Belirlenmesi.....	132
3.2.2.2. Harmonik Eğim Hesabı (HE)	133
3.2.3. Taşkın Debilerinin Hesaplanması	134
3.2.3.1. Düzeltilmiş Yağış Değerlerinin Akış Yüksekliğine Çevrilmesi.....	134
3.2.3.2. Taşkın Debi Miktarı ve Hidrograf.....	136
3.2.4. Tekerrürlü Debilerin HEC-RAS Yazılımına Girilmesi ve Taşkın Modellenmesi	140
3.2.4.1. Taşkın Analizi Yapılacak Kesitte 2D Hesaplama Ağının Çizilmesi	140
3.2.4.2. Sınır Şartlarının Tayin Edilmesi ve Modele Girilmesi.....	141
3.2.4.3. Yapısal Elemanların HEC-RAS Programına Tanıtılması	142
3.2.4.4. Arazi Kullanımı Esas Alınarak Belirlenen Arazi Pürüzlülük Katsayısının HEC-RAS Programına Tanıtılması.....	144
3.2.4.5. Analiz Başlatma Ayarlarının HEC-RAS Programına Tanıtılması .	145
3.2.5. Taşkın Alanlarının Belirlenmesi	146
3.2.5.1. Taşkın Modelinin Kalibrasyonu	146
3.2.5.2. Tekerrürlü Taşkın Derinliklerinin Görüntülenmesi	153
3.3. Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Analizi	164
SONUÇ	192
KAYNAKÇA.....	196
ÖZ GEÇMİŞ	212

KISALTMALAR

AA	: Anadolu Ajansı
ALOS	: Advanced Land Observing Satellite (Gelişmiş Kara Gözleme Uydusu)
BTG	: Büyük Toprak Grubu
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CM	: Santimetre
CORINE	: Coordination of Information on the Environment (Çevresel Bilginin Koordinasyonu)
DSİ	: Devlet Su İşleri
ED50	: European Datum 1950 (Avrupa Datumu 1950)
HE	: Harmonik Eğim
HTG	: Hidrolojik Toprak Grubu
IACWD	: Interagency Advisory Committee on Water Data (Su Verilerine İlişkin Kurumlararası Danışma Komitesi)
İHA	: İhlas Haber Ajansı
İMO	: İnşaat Mühendisleri Odası
İSTKA	: İstanbul Kalkınma Ajansı
JAXA	: Japan Aerospace Exploration Agency (Japon Uzay Araştırma Ajansı)
KM	: Kilometre
KM²	: Kilometrekare
M	: Metre
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MM	: Milimetre
M.Ö.	: Milattan Önce
MTA	: Maden Tetkik Arama
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi)
OLI/TIRS	: Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)- Operasyonel Arazi Görüntüleyici (OLI) ve Termal Kızılötesi Sensör (TIRS)
SA/SNZ	: Standards Australia and Standards New Zealand (Avustralya ve Yeni Zellanda Standartları)
SCS-CN	: Soil Conservation Service-Curve Number (Toprak Koruma Servisi-Egri

	Numarası)
SYM	: Sayısal Yükselti Modeli
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UA	: Uzaktan Algılama
USACE	: United States Army Corps of Engineers (ABD Ordusu Mühendisler Birliği)
USDA	: United States Department of Agriculture (ABD Tarım Bakanlığı)
UTM	: Universal Transverse Mercator
YADK	: Yağışın Alansal Dağılımı Katsayısı
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
°C	: Santigrat Derece

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Araştırma Sahası ve Yakın Çevresinde Meydana Gelen Sel/Taşkın Olayları ..	3
Tablo 2: ALOS-PALSAR Algılayıcısının Teknik Özellikleri	16
Tablo 3: Verileri Kullanılan Meteoroloji İstasyonları ve Verilerin Özellikleri.....	16
Tablo 4: Taşkın Çalışmalarında Sıklıkla Kullanılan Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları	19
Tablo 5: Akçakoca İstasyonunda Standart Zamanlardaki Maks Yağış Değerleri (mm)	23
Tablo 6: Ara Seviyeli Yağışın Alansal Dağılımı	25
Tablo 7: Hidrolojik Toprak Grupları ve Arazi Örtüsüne Göre Eğri Numaraları.....	26
Tablo 8: Taşkın Analizlerinde Yaygın Kullanılan Sentetik Metotlar ve Kıstaslar.....	28
Tablo 9: Derinlik, Hız ve Genel Arazi Kullanımına Göre DF Değerleri	41
Tablo 10: Taşkın Derinlik ve Hız Denklemine Bağlı Taşkın Tehlike Sınıfları.....	41
Tablo 11: Morfometrik Parametreler ve Hesaplanmasında Kullanılan Formüller.....	42
Tablo 12: Morfometrik Analizler ve Bunlara İlişkin Etki Değerleri.....	43
Tablo 13: Çalışma Alanında Meydana Gelmiş Depremler ve Büyüklükleri.....	48
Tablo 14: Eğim Derecelerinin Havza İçinde Kapladığı Alan.....	50
Tablo 15: Bakı Değerlerinin Havza İçinde Kapladığı Alan	52
Tablo 16: Yükselti Basamaklarının Havza İçindeki Oranı.....	55
Tablo 17: Hipsometrik İntegral Değerine Karşılık Gelen Jeomorfolojik Safha.....	56
Tablo 18: Düzce İlinin İklim Özellikleri	64
Tablo 19: Seçili Meteoroloji İstasyonlarındaki Veri Yılı ve Veri Tipleri	64
Tablo 20: Akçakoca ve Düzce İstasyonlarına Ait 1965-2022 Yılları Arası Aylık Toplam Yağış Tutarları (mm)	70
Tablo 21: Akçakoca ve Düzce Meteoroloji İstasyonlarında Ölçülmüş Aylık Ekstrem Değerler	76
Tablo 22: Esmahanım Deresi Havzasına Ait Hidrografik Özellikler	81
Tablo 23: Toprak Gruplarının Havza İçindeki Oranı	84
Tablo 24: Hidrolojik Toprak Grubunun Tayin Edilmesinde Kullanılan Kriterler	85
Tablo 25: Hidrolojik Toprak Gruplarını Havza İçindeki Oran.....	86
Tablo 26: Farklı Zamanlardaki Uydu Görüntülerine Ait Tarihler.....	88
Tablo 27: Çalışma Alanındaki Yerleşmelerin Nüfusu-1	92
Tablo 28: Çalışma Alanındaki Yerleşmelerin Nüfusu-2.....	92
Tablo 29: Arazi Kullanımının Sınıflarının Havza İçindeki Oranı	99

Tablo 30: Havzanın Akarsu Ağı ve Relief Parametreleri	112
Tablo 31: Akarsu Ağı ve Relief Hesaplamaları-1	112
Tablo 32: Akarsu Ağı ve Relief Hesaplamaları-2	113
Tablo 33: Esmahanım Deresi Havzasının Şekil Analiz Tablosu.....	117
Tablo 34: Havza Çevre Uzunlukları (HÇU), Alan ve Dizin Derecelerine Göre Dizin Sayıları.....	120
Tablo 35: Alt Havzalara İlişkin Hidromorfometrik Parametre Analiz Sonuçları.....	121
Tablo 36: Hidromorfometrik Parametre Analiz Sonuçlarına İlişkin Oluşturulan Sayısal Etki Tablosu.....	121
Tablo 37: Taşkın Duyarlılığı Seviye Aralıklarına Karşılık Gelen Duyarlılık Tanımları	122
Tablo 38: Esmahanım Deresi Alt Havzaları Taşkın Duyarlılık Sınıflaması	122
Tablo 39: Akçakoca Meteoroloji İstasyonu Veriler İçin Uygulanan Kolmogorov-Smirnov (K-S) Test Sonuçları	124
Tablo 40: Düzce Meteoroloji İstasyonu Veriler İçin Uygulanan Kolmogorov-Smirnov (K-S) Test Sonuçları.....	124
Tablo 41: Akçakoca İstasyonu Log-Pearson Type-3 (LP3) Dağılımından Elde Edilen Maksimum Yağış ve Alansal Ortalama Maksimum Yağış	126
Tablo 42: Düzce İstasyonu Log-Pearson Type-3 (LP3) Dağılımından Elde Edilen Maksimum Yağış ve Alansal Ortalama Maksimum Yağış	127
Tablo 43: Akçakoca ve Düzce Havzası Muhtelif Tekerrürlü Düzeltilmemiş Artık Yağış Yükseklikleri	129
Tablo 44: İstasyon Temsil Oranlarına Göre Tekerrürlü Yağış Değerleri (mm).....	130
Tablo 45: Çalışma Alanına Ait Çeşitli Zaman Aralıklarındaki Plüviyografik Katsayı	130
Tablo 46: Küpler Havzası YADK	132
Tablo 47: Gübi Havzası YADK	132
Tablo 48: Debi Hesap Havzalarına İlişkin CN Değerleri.....	133
Tablo 49: Küpler Havzası HE	133
Tablo 50: Gübi Havzası HE.....	133
Tablo 51: Küpler Havzası Muhtelif Tekerrür Aralıkları ve Yağış Tutarlarına Denk Gelen Akış Miktarları.....	135

Tablo 52: Gübi Havzası Muhtelif Tekerrür Aralıkları ve Yağış Tutarlarına Denk Gelen Akış Miktarları	135
Tablo 53: Debi Hesap Havzalarına İlişkin Girdiler	136
Tablo 54: Debi Hesap Havzalarına İlişkin Hesaplanan Parametreler	136
Tablo 55: Küpler Havzasında Proje Sağanak Sürelerine Denk Gelen Taşkın Debileri (m ³ /s).....	137
Tablo 56: Gübi Havzasında Proje Sağanak Sürelerine Denk Gelen Taşkın Debileri (m ³ /s)	137
Tablo 57: 17-18 Temmuz 2019 Tarihli Sel ve Taşkına Ait Debi Miktarları.....	137
Tablo 58: Tekerrürlü Taşkın Debilerinin Meydana Getirdiği Taşkının Kapladığı Alanlar	163
Tablo 59: Risk Derecelerine Göre Temel Alınan Olasılık Durumu	165
Tablo 60: Qp(2) Bütün Taşkın Alanındaki Tehlike Derecelerine Ait Alan, Etkilediği Nüfus ve Bina Sayısı	172
Tablo 61: Qp(50) Bütün Taşkın Alanındaki Tehlike Derecelerine Ait Alan, Etkilediği Nüfus ve Bina Sayısı	173
Tablo 62: Qp(500) Bütün Taşkın Alanındaki Tehlike Derecelerine Ait Alan, Etkilediği Nüfus ve Bina Sayısı	174
Tablo 63: Qp(2) Bütün Taşkın Alanındaki Risk Derecelerine Ait Alan, Etkilediği Nüfus ve Bina Sayısı	188
Tablo 64: Qp(50) Bütün Taşkın Alanındaki Risk Derecelerine Ait Alan, Etkilediği Nüfus ve Bina Sayısı	189
Tablo 65: Qp(500) Bütün Taşkın Alanındaki Risk Derecelerine Ait Alan, Etkilediği Nüfus ve Bina Sayısı	190

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Çalışma Alanının Lokasyon Haritası.....	7
Şekil 2: Yağışın Alansal Dağılımı	24
Şekil 3: Hidrograf ve Hidrograf Elemanları.....	31
Şekil 4: Hidrograf ve Elemanları	32
Şekil 5: HEC-RAS Yazılımına Ait Görüntüler	33
Şekil 6: Sayısal Yükselti Modelleri ve Elde Edildiği Kaynaklar.	34
Şekil 7: 2D Hesaplama Ağı ve Dere Yatağı Enine Profil Örneği	36
Şekil 8: HEC-RAS Kararsız Akım Veri (Unsteady Flow Data) Sekmesi	37
Şekil 9: HEC-RAS Kararsız Akım Analiz (Unsteady Flow Analysis) Sekmesi	37
Şekil 10: Esmahanım Deresi Havzası Jeoloji Özellikleri	46
Şekil 11: Çalışma Alanında Depremlerin ve Fayların Dağılışı (1900-2021).....	47
Şekil 12: Esmahanım Deresi Havzası Jeomorfoloji Özellikleri.....	49
Şekil 13: Esmahanım Deresi Havzası Eğim Özellikleri	50
Şekil 14: Esmahanım Deresi Havzası Bakı Özellikleri.....	52
Şekil 15: Esmahanım Deresi Havzası Yükseklik Özellikleri.....	54
Şekil 16: Esmahanım Deresi Havzasının Hipsometrik Eğrisi.....	55
Şekil 17: Esmahanım Deresi Havzası Havza Asimetrisi (Güney-Kuzey Yönlü Akış)..	58
Şekil 18: Esmahanım Deresi Havzası SL İndeks Dağılışı	60
Şekil 19: Ana Akarsu ve Alt Havza Kollarının Boyuna Profilleri.....	62
Şekil 20: Havza Yakınında Bulunan İstasyonlar ve IDW Tekniği İle Oluşturulmuş Yıllık Ortalama Yağış Dağılışı (mm)	66
Şekil 21: Havzaya En Çok Etki Eden İstasyonlar ve IDW Tekniği İle Oluşturulmuş Yıllık Ortalama Yağış Dağılışı (mm)	67
Şekil 22: Esmahanım Deresi Havzası Ortalama Yağış Değerleri (mm)	69
Şekil 23: Akçakoca Meteoroloji İstasyonu 1965-2022 Yılları Arası Ekim, Kasım, Aralık ve Ocak Ayları Toplam Yağış Değerleri (mm).....	70
Şekil 24: Düzce Meteoroloji İstasyonu 1965-2022 Yılları Arası Ekim, Kasım, Aralık ve Ocak Ayları Toplam Yağış Değerleri (mm).....	71
Şekil 25. Akçakoca ve Düzce Meteoroloji İstasyonlarının Yıllara Göre Yağış Yoğunluğu	71

Şekil 26: Akçakoca ve Düzce Meteoroloji İstasyonlarının Aylara Göre Yağış Yoğunluğu	72
Şekil 27: Akçakoca ve Düzce Meteoroloji İstasyonlarının 2019 Yılı Temmuz Ayı İçerisindeki Yağış Tutarları (mm)	72
Şekil 28: Akçakoca Min., Maks., ve Ort. Sıcaklıkların Uzun Yıllar (1965-2019) Ortalaması.....	75
Şekil 29: Düzce Min., Maks., ve Ort. Sıcaklıkların Uzun Yıllar (1965-2019) Ortalaması	75
Şekil 30: Havzadaki Maksimum Sıcaklık Değerlerinin Spline Enterpolasyon Yöntemi İle Dağılışı	77
Şekil 31: Havzadaki Minimum Sıcaklık Değerlerinin Spline Enterpolasyon Yöntemi İle Dağılışı	78
Şekil 32: Akçakoca Meteoroloji İstasyonu 1965-2022 Yılları Rüzgârgülü.....	79
Şekil 33: Düzce Meteoroloji İstasyonu 1965-2022 Yılları Rüzgârgülü	79
Şekil 34: Esmahanım Deresi Havzası Alt Kolları ve Akarsu Drenaj Ağı.....	81
Şekil 35: Esmahanım Deresi Havzası Alt Kollarına Ait Enine Profil Kesitleri.....	82
Şekil 36: Esmahanım Deresi Havzasına Ait Toprak Grupları	84
Şekil 37: Esmahanım Deresi Havzası Hidrolojik Toprak Grupları	86
Şekil 38: Esmahanım Deresi Havzası Farklı Zamanlara Ait NDVI Değerleri	89
Şekil 39: Esmahanım Deresi Havzası 1990 Tarihine Ait Landsat TM'den Üretilmiş NDVI Dağılışı	90
Şekil 40: Esmahanım Deresi Havzası 2019 Tarihine Ait Landsat OLI/TIRS'den Üretilmiş NDVI Dağılışı	91
Şekil 41: Çalışma Alanındaki Yerleşmelerin Yıllara Göre Nüfus Grafiği	93
Şekil 42: Esmahanım Deresi Havzasındaki Yerleşmelerin Nüfus Yoğunluğu ve Cinsiyete Göre Nüfus Dağılışı.....	94
Şekil 43: Esmahanım Deresi Havzası Yerleşmelerin Dağılışı	95
Şekil 44: Havza ve Çevresinin 2000 Yılına Ait Uydu Görüntüsünden Elde Edilen Yerleşim Alanları	96
Şekil 45: Havza ve Çevresinin 2019 Yılına Ait Uydu Görüntüsünden Elde Edilen Yerleşim Alanları	96

Şekil 46: Dilaver ve Davutağa Yerleşmelerinin Uydu Görüntüsü ve Ortofotodan Sayısallaştırma Yöntemiyle Elde Edilmiş Mesken ve Yol Dokuları	97
Şekil 47: Esmahanım Yerleşmesinin Uydu Görüntüsü ve Ortofotodan Sayısallaştırma Yöntemiyle Elde Edilmiş Mesken ve Yol Dokuları.....	97
Şekil 48: Uğurlu Yerleşmesinin Uydu Görüntüsü ve Ortofotodan Sayısallaştırma Yöntemiyle Elde Edilmiş Mesken ve Yol Dokuları.....	98
Şekil 49: Esmahanım Deresi Havzası Arazi Kullanımı Sınıfları	99
Şekil 50: Hidrolojik Analizlerin Akış Grafiği.....	102
Şekil 51: DEM Verisi İçerisinde Yer Alan Eksikliklerin ve Yüksekliklerin Giderilmesi	103
Şekil 52: D8 Metoduna Göre Akış Yönler ve Kodları.....	103
Şekil 53: Doğal Akış Yönü ve Doğal Akımın Belirlenmesine Örnek	103
Şekil 54: Hidrolojik Analiz Aşamaları ve DEM'den Akış Ağı Üretme	105
Şekil 55: Strahler Metodu İle Üretilmiş Çatallanma Oranı ve Değerleri.....	106
Şekil 56: Havza Şekil Hesaplamalarında Kullanılan Parametrelerin Örneği.....	116
Şekil 57: Esmahanım Deresi Alt Havzaları Taşkın Duyarlılık Sınıflaması.....	123
Şekil 58: Akçakoca İstasyonu Maksimum Yağışın Log-Pearson Type-3 (LP3) Dağılımı ve Güven Sınırı.....	127
Şekil 59: Düzce İstasyonu Maksimum Yağışın Log-Pearson Type-3 (LP3) Dağılımı ve Güven Sınırı.....	128
Şekil 60: Havzayı En İyi Temsil Eden Meteoroloji İstasyonlarının Havzada Kapladığı Alanlar	129
Şekil 61: Taşkın Analizinin Yapılacağı Kesit.....	131
Şekil 62: Küpler Havzası 4 Saatlik Proje Sağanak Süresine Denk Gelen Taşkın Debi Hidrografi	138
Şekil 63: Gübi Havzası 4 Saatlik Proje Sağanak Süresine Denk Gelen Taşkın Debi Hidrografi	139
Şekil 64: Küpler Havzasında 17-18 Temmuz 2019 Tarihli Sel ve Taşkına Ait Hidrograf	139
Şekil 65: Gübi Havzasında 17-18 Temmuz 2019 Tarihli Sel ve Taşkına Ait Hidrograf	140

Şekil 66: Taşkın Analizinin Yapılacağı Kesit ve Programa Tanımlanan 2D Hesaplama Ağı	141
Şekil 67: Kararsız Akım (Unsteady) Sekmesi, Sınır Koşulları ve Girilen Hidrograflar	142
Şekil 68: Taşkın Analizinin Yapıldığı Kesitteki Köprüler.....	143
Şekil 69: 4 Nolu Örnek Köprü Tasarımının HEC-RAS'a Tanımlanması.....	143
Şekil 70: Taşkın Analizinin Yapılacağı Kesitteki Pürüzlülük Katsayıları.....	144
Şekil 71: HEC-RAS Kararsız Akım (Unsteady Flow Data) Başlatma Ayarları.....	146
Şekil 72: 19.07.2019 Tarihli Sentinel Uydu Görüntüsü ve 17/18 Tarihli Taşkın Modeli İle Uyumu.....	147
Şekil 73: Esmahanım Deresi 17-18 Temmuz 2019 Tarihinde Yaşanan Taşkın Su Yüzü Profili	148
Şekil 74: Gübi Deresi 17-18 Temmuz 2019 Tarihinde Yaşanan Taşkın Su Yüzü Profili.....	149
Şekil 75: 17-18 Temmuz 2019'da Yaşanan Taşkın İle Modelin Kıyaslanacağı Kalibrasyon Noktaları	150
Şekil 76: Modelin 17-18 Temmuz 2019'da Yaşanan Taşkın İle Kıyası (K1 Noktası-Uğurlu Köyü).....	151
Şekil 77: Modelin 17-18 Temmuz 2019'da Yaşanan Taşkın İle Kıyası (K2 Noktası Esmahanım Köyü).....	152
Şekil 78: Modelin 17-18 Temmuz 2019'da Yaşanan Taşkın İle Kıyası (K3 Noktası-Esmahanım Köyü).....	153
Şekil 79: Davutağa ve Dilaver Köyü Civarı Tekerrürlü Taşkın Derinlikleri.....	154
Şekil 80: Esmahanım Köyü Civarı Tekerrürlü Taşkın Derinlikleri.....	155
Şekil 81: Uğurlu Köyü Civarı Tekerrürlü Taşkın Derinlikleri	156
Şekil 82: Davutağa ve Dilaver Köyü Civarı Qp(2) Taşkın Derinlikleri	157
Şekil 83: Davutağa ve Dilaver Köyü Civarı Qp(10) Taşkın Derinlikleri	158
Şekil 84: Davutağa ve Dilaver Köyü Civarı Qp(100) Taşkın Derinlikleri	158
Şekil 85: Davutağa ve Dilaver Köyü Civarı Qp(500) Taşkın Derinlikleri	159
Şekil 86: Esmahanım Köyü Civarı Qp(2) Taşkın Derinlikleri	159
Şekil 87: Esmahanım Köyü Civarı Qp(10) Taşkın Derinlikleri	160
Şekil 88: Esmahanım Köyü Civarı Qp(100) Taşkın Derinlikleri	160

Şekil 89: Esmahanım Köyü Civarı Qp(500) Taşkın Derinlikleri	161
Şekil 90: Uğurlu Köyü Civarı Qp(2) Taşkın Derinlikleri	161
Şekil 91: Uğurlu Köyü Civarı Qp(10) Taşkın Derinlikleri	162
Şekil 92: Uğurlu Köyü Civarı Qp(100) Taşkın Derinlikleri	162
Şekil 93: Uğurlu Köyü Civarı Qp(500) Taşkın Derinlikleri	163
Şekil 94: Davutağa ve Dilaver Köyü Qp(2) Taşkın Tehlike Haritası	166
Şekil 95: Davutağa ve Dilaver Köyü Qp(50) Taşkın Tehlike Haritası	166
Şekil 96: Davutağa ve Dilaver Köyü Qp(500) Taşkın Tehlike Haritası	167
Şekil 97: Esmahanım Köyü Qp(2) Taşkın Tehlike Haritası	168
Şekil 98: Esmahanım Köyü Qp(50) Taşkın Tehlike Haritası	168
Şekil 99: Esmahanım Köyü Qp(500) Taşkın Tehlike Haritası	169
Şekil 100: Uğurlu Köyü Qp(2) Taşkın Tehlike Haritası	170
Şekil 101: Uğurlu Köyü Qp(50) Taşkın Tehlike Haritası	170
Şekil 102: Uğurlu Köyü Qp(500) Taşkın Tehlike Haritası	171
Şekil 103: Qp(2) Bütün Taşkın Alanındaki Tehlike Derecelerine Göre Yapı Türleri .	172
Şekil 104: Qp(50) Bütün Taşkın Alanındaki Tehlike Derecelerine Göre Yapı Türleri	173
Şekil 105: Qp(500) Bütün Taşkın Alanındaki Tehlike Derecelerine Göre Yapı Türleri	174
Şekil 106: Davutağa ve Dilaver Köyü Qp(2) Taşkın Risk Analizi	177
Şekil 107: Davutağa ve Dilaver Köyü Qp(50) Taşkın Risk Analizi	178
Şekil 108: Davutağa ve Dilaver Köyü Qp(500) Taşkın Risk Analizi	179
Şekil 109: Esmahanım Köyü Qp(2) Taşkın Risk Analizi	181
Şekil 110: Esmahanım Köyü Qp(50) Taşkın Risk Analizi	182
Şekil 111: Esmahanım Köyü Qp(500) Taşkın Risk Analizi	183
Şekil 112: Uğurlu Köyü Qp(2) Taşkın Risk Analizi.....	185
Şekil 113: Uğurlu Köyü Qp(50) Taşkın Risk Analizi.....	186
Şekil 114: Uğurlu Köyü Qp(500) Taşkın Risk Analizi.....	187
Şekil 115: Qp(2) Bütün Taşkın Alanındaki Risk Derecelerine Göre Yapı Türleri.....	188
Şekil 116: Qp(50) Bütün Taşkın Alanındaki Risk Derecelerine Göre Yapı Türleri....	189
Şekil 117: Qp(500) Bütün Taşkın Alanındaki Risk Derecelerine Göre Yapı Türleri..	190

FOTOĞRAF LİSTESİ

- Fotoğraf 1:** 17-18 Temmuz 2019 Yılında Yaşanan, 7 Kişinin Hayatını Kaybettiği Taşkın ve Sel Afetinin Gerçekleştiği Köylere Ait Görüntüler, a-c-d) Esmahanım Deresi, b) Dilaver Deresi..... 4
- Fotoğraf 2:** 17-18 Temmuz 2019 Yılında Meydana Gelen Afetin Esmahanım ve Uğurlu Köyünde Oluşturduğu Hasarlar..... 4
- Fotoğraf 3:** 3 Temmuz 2021 Yılında Uğurlu Köyünde Meydana Gelen Taşkına Ait Görüntü..... 6



ÖZET	
Başlık: Esmahanım Deresi Havzasının (Düzce) Taşkın Modellenmesi ve Taşkın Risk Analizi	
Yazar: Ali Osman KAMUŞ	
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ATALAY DUTUCU	
Kabul Tarihi: 06/10/2023	Sayfa Sayısı: xvi (ön kısım) + 211 (ana kısım)
Taşkın, şiddetli sağanak yağışlara bağlı olarak suyun akışa geçtiği kanaldan çıkıp taşması veya miktarcı fazla su kütlesinin mecrasından taşarak kontrolsüzce çevredeki alanlara yayılması olarak nitelendirilir. Taşkın sonucu maddi zarar veya insan faaliyetlerinde bir aksama oluşursa taşkın afeti olarak adlandırılmaktadır. Taşkın afetinin oluşmasında sadece meteorolojik nedenler değil aynı zamanda antropojenik ve topoğrafik faktörler etkilidir. Topoğrafik faktörlerden eğim, bakı, yükseklik akarsu yatağının morfometrisi taşkın afetinin şiddetini ve süresini belirleyen önemli unsurlardan birkaçıdır. Ayrıca beşeri faaliyetler çerçevesinde yoğun sanayileşme ve kentleşme faaliyeti ile arazi betonla örtülmekte ve sızma kabiliyeti azaltılmaktadır. Çalışma alanı olarak belirlenen Esmahanım Deresi havzasının büyük bir bölümü Akçakoca ilçe sınırları içerisinde yer almakla beraber Cumayeri ve Çilimli ilçe sınırları içerisine de girmektedir. Çalışma alanında 17-18 Temmuz 2019 tarihinde yaşanan taşkın sonucu Esmahanım, Davutağa, Dilaver ve Uğurlu köylerinde maddi ve manevi zararlar ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada Esmahanım Deresi'nin ana kolunda taşkın riski taşıyan alanlar ArcGIS ve HEC-RAS programı aracılığıyla modellenmiştir. Taşkın sonucu su altında kalacak alanlar haritalanmış ve risk dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre en yüksek debi miktarına denk gelen 500 yıllık senaryoda 563 kişi, 217 yapı, 54,02 hektar alan düşük risk altında, 353 kişi 134 yapı 45,20 hektar alan orta risk altında ve 106 kişi, 42 yapı, 53,84 hektar alan yüksek risk altında bulunmaktadır. Ayrıca hidromorfometrik analizlerle havzanın taşkına olan duyarlılığı analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre Gübi alt havzası taşkın duyarlılığı en yüksek alt havza iken Esmahanım alt havzası orta, Küpler alt havzası ise düşük taşkın duyarlılığına sahip havzalardır.	
Anahtar Kelimeler: Taşkın Modellenmesi ve Risk Analizi, Taşkın Frekans Analizi, Hidromorfometrik Analizler, Hec-RAS, CBS	

ABSTRACT	
Title of Thesis: Flood Modeling and Flood Risk Analysis of Esmahanım River Catchment, Düzce	
Author of Thesis: Ali Osman KAMUŞ	
Supervisor: Assist. Prof. Ayşe ATALAY DUTUCU	
Accepted Date: 06/10/2023	Number of Pages: xvi (pre text) + 211 (main body)
Flood is defined as the overflow of water from the channel through which it flows due to heavy rains or the excessive water mass overflowing from its channel and spreading uncontrollably to the surrounding areas. If material damage or disruption in human activities occurs as a result of flood, it is called flood disaster. Not only meteorological reasons but also anthropogenic and topographic factors are effective in the occurrence of flood disasters. Among the topographic factors, slope, aspect, elevation, morphometry of the river bed are some of the important factors that determine the severity and duration of the flood disaster. In addition, due to intense industrialization and urbanization within the framework of human activities, the land is covered with concrete and its infiltration ability is reduced. A large part of the Esmahanım Stream basin, determined as the study area, is located within the borders of Akçakoca district, but also within the borders of Cumayeri and Çilimli districts. As a result of the flood in the study area on 17-18 July 2019, material and moral damages occurred in the villages of Esmahanım, Davutağa, Dilaver and Uğurlu. In this study, flood risk areas in the main branch of Esmahanım Creek were modeled using ArcGIS and HEC-RAS program. The areas that will be inundated as a result of floods have been mapped and risk levels have been determined. According to the findings, in the 500-year scenario corresponding to the highest flow rate, 563 people, 217 buildings, 54.02 hectares of land are at low risk, 353 people, 134 buildings, 45.20 hectares of land are at medium risk, and 106 people, 42 buildings, 53.84 hectares of land are at medium risk. hectares of land are at high risk. Additionally, the flood sensitivity of the basin was analyzed with hydromorphometric analyses. According to the findings, the Gübi sub-basin is the sub-basin with the highest flood sensitivity, while the Esmahanım sub-basin is the basin with medium flood sensitivity and the Küpler sub-basin is the basin with low flood sensitivity.	
Keywords: Flood Modeling and Risk Analysis, Flood Frequency Analysis, Hydromorphometric Analysis, Hec-RAS, GIS	

GİRİŞ

Tarihsel süreçte organize veya yarı organize topluluklar ile birlikte günümüzdeki büyük devletlerin temelini oluşturan birçok medeniyetin temeli akarsuların yoğunlaştığı arazilere dayanmaktadır. Yerleşmelerin kuruluş yerlerinin seçiminde bilhassa akarsu yoğunluğu bakımından zengin ovaların tercih edildiği tarihi kaynaklarda gözlemlenmektedir (Tümertekin ve Özgüç, 2014). Örneğin Eski Mısır'da Nil nehri kıyılarında yer alan minerallerce zengin alüvyal topraklar tarım için son derece uygun araziler oluşturmuştur. Nil nehri su seviyesinin doğal olarak yükselmesi ve alçalması sulama ve tarım faaliyetlerini mümkün kılmıştır. Mısır'da taşkın suların çekilmesini takip eden zamanda tarımsal ürünlerin gelişme dönemi Ekim ayından Şubat ayına kadar olan bir zamanı kapsamaktaydı. Bu dönemin hemen başında çiftçiler tarlaları sürer ve tohum ekerdi. Sonrasında, ark ve kanallar yoluyla tarlalar sulanırdı. Mısır, o zaman için de kurak bir iklime sahipti ve çiftçiler bu yüzden tarlaların sulanmasında Nil'e bağımlı ve muhtaçtı. Fakat bazı durumlarda taşkınlar toprağın verimli üst tabakasının süpürülmesine yani erozyona neden oluyordu. Erozyon toprağın bereketini azaltarak tarım ürünlerinin zarar görmesine neden olmaktaydı. Bu nedenle Eski Mısır'da Nil Nehrini kontrol etme çabalarının ilk olarak M.Ö 3100 yıllarında başladığını gösteren kanıtlar bulunmuştur. Anadolu da ise Hititler Anadolu arazilerinde baraj olmadan yaşanılmayacağını anlayan ve bu topraklarda ilk barajları yapan medeniyettir. Ayrıca aşırı yağışların ya da nehirlerin yatağını değiştirmesi sonucunda gerçekleşen sel baskınlarına Hititlerin de maruz kaldığı, yazılı belgelerden bilinmektedir (İnal, 2009; Üzen ve Çetin, 2012; Yıldırım ve Altungök, 2015; Özsoy, 2017)

Akarsuların tarih boyunca beşeri faaliyetlerin temelini teşkil ettiği literatürdeki kaynak ve çalışmalarla ispatlanmıştır. Fakat akarsular daima insanoğluna fayda sağlamamış bazen oluşturduğu afetlerle olumsuzluklara sebebiyet vermiştir. Günümüz itibarıyla halen insan faaliyetlerine olumlu veya olumsuz hadiseler ile etkide bulunmaktadır. Bu olumsuzluklara günümüzde sıklığı giderek artan sel ve taşkın afetlerini örnek vermek mümkündür. Bu afetlerin insan hayatında oluşturduğu etkiye binaen birçok çalışmaya konu olduğu yapılan gözlemlerle anlaşılmaktadır. Birçok araştırmacı bu afet kavramlarını ana bir eksenle tanımlanmış olsa da farklı şekillerde dile getirmişlerdir.

Genel anlamıyla **sel**; sağanak yağmurlar ve anî kar erimeleri sonucu akarsu yataklarında normalin çok üzerinde hızla akan, içerisinde çevre araziden çeşitli materyaller bulunduran şiddetli ve kontrolsüzce yüzeysel akışa geçmiş çamurlu sudur. Yatak içindeki suyun mecrasının dışına çıkarak çevredeki alçak yerlere yayılması ve bu alanlarda hasara neden olmasına ise **taşkın** (su baskını) olarak nitelendirilir (Turoğlu, 2004; Turoğlu ve Özdemir, 2005; Ecer ve Yenigün, 2007; Şahin vd., 2010; Dölek, 2013)

Sel ve taşkın kavramları birbirinden ayrı kavramlar olmakla beraber birbirini tamamlar niteliktedir. Nispeten birçok durumda aralarında bir ardışıklık ve bağlantılılık söz konusudur. Bu duruma örnek olarak: taşkın, bazı durumlarda sel olayının sonucunda meydana gelir ve genellikle sel, taşkına dönüştükten sonra afet özelliği kazanır. Ancak her sel, taşkına neden olmaz. Taşkın oluşabilmesi için, selin meydana geldiği akarsu yatağının çevresinde suların taşarak yayılabileceği alçak alanların bulunması gerekir. Bu alçak yerler, tarım arazileri olabileceği gibi yerleşim birimleri veya endüstriyel üretim birimleri de olabilir (Şahin vd., 2010).

Uşıkay ve Aksu (2002) tarafından yayımlanan bir çalışmada, taşkın afetinin sadece meteorolojik nedenlerden kaynaklanmadığı belirtilmektedir. Afete neden olan faktörler şu şekilde belirtilmektedir. “Özellikle Türkiye gibi ekonomik gelişme faaliyetinin yoğun bir biçimde devam ettiği şartlarda, sanayileşme ve sektör çeşitliliğinin beraberinde getirdiği kentleşme aktivitesi, akarsu havzalarının muhtelif kesimlerindeki insan faaliyetinin çeşitliliğini ve yoğunluğunu da büyük ölçüde arttırmaktadır. Bu durum ise havza bütünündeki hidrolojik dengeyi bozmaktadır. Bozulan hidrolojik denge önemli miktarda can ve mal kaybına yol açan taşkın afetleri yaşanmasına sebep vermektedir.” Akarsu havzaları içinde büyüyen yerleşimler, açılan yeni yollar ve kurulan yeni tesisler ile arazi yapısı değişmektedir. Ayrıca elverişsiz tarım yöntemleri ile topraklar daha yoğun bir şekilde işlenmekte, ormanlar ve meralar tahrip edilmektedir. Tüm bu koşullarda taşkın afetleri giderek daha etkili ve sık olarak görülmektedir (Onuşluel ve Harmancıoğlu, 2002; Özcan, 2006; Özkan ve Tarhan, 2012).

Türkiye’de çok sık görülen doğal tehlikelerin başında taşkın olayları gelmektedir. Önemli can ve mal kaybına neden olan taşkın, ülkemizin mevcut sosyal ve ekonomik yapısı içinde etkisini daha da fazla hissettirmekte netice olarak büyük maddi zararlara yol açan ve can kayıplarının yaşandığı bir afete dönüşmektedir.

Tablo 1: Araştırma Sahası ve Yakın Çevresinde Meydana Gelen Sel/Taşkın Olayları

İlçe	Yerleşim	Akarsu Adı	Tarih
Kaynaşlı	Kaynaşlı		10.05.1974
			12/25.07.1995
			27.05.1998
			21.12.2005
Merkez	Hacılısüleymanbey		15.07.1965
Eften	Efteni Gölü	Efteni Gölü çevresi	15.07.1965
Adaköy		B.Melen	15.07.1965
Karasu		Karasu	15.07.1965
Merkez		Uğursuyu	15.07.1965
Merkez		Asarsuyu	15.07.1965
Merkez		K.Melen	15.07.1965
Merkez	Merkez	Uğursuyu	20.06.1972
Yığılca	Merkez	Ahmetçiler	23.07.1998
Akçakoca	Akçakoca		04.11.2006
Gümüşova	Merkez		18.06.1998
			24.05.1998
Gümüşova	Adaköy		20.05.1998
Akçakoca-Cumayeri		Kıran	17/18. 07.2019
	Esmahanım köyü		07.07.2021

Kaynak: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019'dan güncelleştirilerek alınmıştır.

Çalışma alanı olarak Esmahanım Deresi Havzası seçilmiştir. Araştırma sahasının da içinde bulunduğu bölgede ve komşu havzalarda sel ve taşkın afetinin sık sık yaşandığı bilinmektedir (Tablo 1). Çalışma sahası 17-18 Temmuz 2019 yılında taşkın ve sel afetine maruz kalmıştır. Bu afet sonucunda Uğurlu, Esmahanım, Dilaver ve Davutağa köyleri (Akçakoca) yüksek oranda etkilenmiş ve can kayıpları ile maddi hasarlar meydana gelmiştir (Taş ve Ceylan, 2020) (Fotoğraf 1, Fotoğraf 2).



Fotoğraf 1: 17-18 Temmuz 2019 Yılında Yaşanan, 7 Kişinin Hayatını Kaybettiği Taşkın ve Sel Afetinin Gerçekleştiği Köylere Ait Görüntüler, a-c-d) Esmahanım Deresi, b) Dilaver Deresi

Kaynak: İMO, 2019



Fotoğraf 2: 17-18 Temmuz 2019 Yılında Meydana Gelen Afetin Esmahanım ve Uğurlu Köyünde Oluşturduğu Hasarlar

Kaynak: AA, 2019; İHA, 2019

17-18 Temmuz 2019 tarihinde Akçakoca ve Cumayeri ilçelerinde çalışma sahasının da içinde yer aldığı birçok noktada taşkın ve sel afeti yaşanmıştır. Bu noktalardaki afetin bilançosu listelendiğinde (İMO, 2019);

- 24 köyde elektrik kesintisi,
- 40 köye ulaşım problemi,
- Afetin yol açtığı heyelan sonucu 141 km yolda hasar,
- 4 tanesi büyük olmak üzere 91 köprü ve menfezde hasar,
- 41 köyün içme suyu şebekesinde hasar
- 29 köyde binalarda hasar,
- 40 köyde tarımsal hasar,
- 340 konutta az hasar,
- 50 adet binada ağır hasar,
- 85 binada yıkılma,
- 76 binada heyelan riski,
- 5989 dekar fındıklık arazide zarar,
- 125 dekar sebze bahçesinde zarar,
- 39 balıkçı barınağında zarar ortaya çıkmış ve
- 72 büyükbaş, 177 küçükbaş ve binlerce kümes hayvanı telef olmuştur.

Ayrıca çalışma sahası olarak belirlenen Esmahanım Havzası içinde yer alan Esmahanım köyünde 7 kişi sel ve taşkın afeti nedeniyle hayatını kaybetmiştir (İMO, 2019).



Fotoğraf 3: 3 Temmuz 2021 Yılında Uğurlu Köyünde Meydana Gelen Taşkına Ait Görüntü

Kaynak: Akçakocapostası, 2021

2019 yılında meydana gelen taşkın sonucu DSİ tarafından taşkın önlemeye yönelik çeşitli çalışmalar yapılmasına rağmen 2021 yılında aynı bölgede tekrar sel ve taşkın yaşanmıştır. Bu taşkından başta Esmahanım ve Uğurlu köyleri olmak üzere çeşitli alanlar etkilenmiştir (Fotoğraf 3).

Çalışma Alanının Yeri ve Sınırları

Çalışma sahası olarak belirlenen Esmahanım Deresi Havzası Düzce ili sınırlarında yer almaktadır. Güney kesimindeki küçük bir kısmı Cumayeri ve Çilimli ilçelerinin sınırları içerisine giren havzanın büyük bir bölümü Akçakoca ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Batısında Sakarya ili Kocaali ilçesi, güneydoğusunda Cumayeri, güneyinde Çilimli, kuzey ve doğusunda ise Akçakoca ilçeleri bulunmaktadır. Araştırma sahası içerisinde Esmahanım, Davutağa, Dilaver, Uğurlu köylerine ait araziler bulunmaktadır. Saha kabaca 30°57'50"-31°4'50" doğu boylamları ile 41°1'70"- 40°54'50" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 1).

Temel olarak literatürdeki bu araştırmalar farklı karakteristik özellikler gösteren sahalara en uygun deterministik yöntemlerin tatbikidir. Bu çalışmalardaki temel kusur yöntemin eksiksiz uygulanamamasından kaynaklanmaktadır. Bu gibi hatalar gerçekte örtüşmeyen matematiksel ve istatistiksel sonuçlar vermekte neticede de modellemenin eksik veya hatalı olmasında yol açmaktadır

Çalışma alanında daha önce 17-18 Temmuz 2019 tarihinde taşkın ve sel afeti yaşanmıştır. Söz konusu taşkın afeti yerel ve ulusal medyada da yer almıştır. Bu sebeple çalışma alanında yapılacak olan sel ve taşkın çalışmaları, afetin tekrar yaşanmaması veya yaşanması halinde afetin oluşturduğu risklerin tahmin edilebilmesi adına önem arz etmektedir. Bu çalışmanın konusunu yukarıda bahsedilen analizler çerçevesinde yapılacak olan taşkın risk analizi oluşturmaktadır.

Araştırmanın Amacı

Bu araştırma Esmahanım Deresi havzasını sel ve taşkın açısından detaylıca incelemeyi amaçlamıştır. Havza temel fiziki ve beşeri coğrafi özellikleri ortaya konulmuş, havzayı oluşturan alt havzalar taşkın duyarlılığı açısından incelenmiş ve Esmahanım Deresinin ana kolunda ArcGIS ve HEC-RAS yazılımları ile taşkın modellenmesi yapılmıştır. Modelleme sonucunda elde edilen taşkın yayılım haritalarına taşkın tehlike analizi yapılmış ve sonuç olarak taşkın alanlarında risk derecelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Araştırmanın Önemi

Çalışma alanında 17-18 Temmuz 2019 tarihinde meydana gelen taşkın afeti sonucunda 7 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, yüzlerce evde hasar meydana gelmiş, onlarca hayvan telef olmuş, birçok yolda hasar meydana gelmiş ve binlerce dekar tarım arazisi sular altında kalmıştır. Bu araştırma, çalışma sahasını coğrafi açıdan detaylıca incelenmeyi, çalışma sahasını oluşturan alt havzaların taşkın duyarlılığını irdelemeyi, ileride olması muhtemel sel ve taşkınların sonucunda hangi alanların sular altında kalacağını belirlemeyi ve neticede risk unsurlarının da hesaba katılmasıyla risk analizi yapmayı hedeflemiştir. Tüm bu sebeplerden ötürü bu çalışma; ilgili kurum, kuruluş ve karar vericiler için temel bir referans oluşturmaları açısından önem arz etmektedir.

Araştırmanın Materyali

Çalışma alanın yükselti özelliklerini ortaya koyabilmek için ALOS DEM ve 1/25/000 ölçekli Harita Genel Müdürlüğüne (HGM) ait topografya haritaları referans alınmıştır. Bu veriler çeşitli derleme ve düzenleme işlemlerine tabi tutularak çalışma için optimum şartlar sağlanmıştır. Söz konusu verileri desteklemek ve havzadaki sel ve taşkın karakterini ortaya koymak için daha hassas sayısal yükselti verileri, ortofotolar ve geometrik veriler ise Devlet Su İşlerinden (DSİ) temin edilmiştir. Çalışma alanın jeolojik özelliklerini ortaya koymak için Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğüne (MTA) ait 1/25.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritasından, bitki örtüsü özelliklerini irdelemek için Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından oluşturulmuş sayısal verilerinden faydalanılmıştır. Havzanın iklim özellikleri, Meteoroloji Genel Müdürlüğüne (MGM) ait Akçakoca ve Düzce istasyonlarının 1965-2022 yılları arasındaki sıcaklık, yağış ve rüzgâr verilerinden faydalanılarak ortaya konulmuştur. Havzanın bitki örtüsü özelliklerini ortaya koymak adına Avrupa Çevre Ajansı tarafından oluşturulan CORINE (Coordination of Information on the Environment-Çevresel Bilginin Koordinasyonu) 2018 verisinden faydalanılmıştır. Toprak özelliklerini ortaya koymak amacıyla Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalara dayalı sayısal veriler, yerleşme özellikleri ve idari sınırlar için Harita Genel Müdürlüğüne HGM) ait Türkiye Mülki İdare Sınırları adlı sayısal harita verileri kullanılmıştır. Nüfus özelliklerini ortaya koymak için ise Türkiye İstatistik Kurumu'na (TÜİK) ait 2022 yılı nüfus verilerinden faydalanılmıştır.

Araştırmanın Yöntemi

Çalışma alanında meydana gelen sel ve taşkın afetini anlamak, karakteristiğini ortaya koymak ve geleceğe yönelik bir anlayış ortaya koymak adına detaylıca tetkik edilmiştir. Literatür çalışmasıyla afetin meydana geldiği alan ve taşkın afetini konu alan birçok çalışma gözden geçirilmiştir. Literatürde bilimsel açıdan kabul görmüş yöntemler, analizler, hesaplamalar, teknikler vs. araştırma sahası için titiz ve yalın bir şekilde uygulanmıştır. Öncelikle araştırma sahasına ilişkin fiziki ve beşeri coğrafya özellikleri detaylıca araştırılmış ve bazı noktalarda analize tabii tutulmuştur. Sonrasında çalışmanın asıl amacını teşkil eden sel ve taşkın afeti üzerinde yoğunlaşmıştır. Güncel literatürde sıklıkla kullanılan yöntemler araştırma sahasına uygulanmıştır. Bunlardan biri çalışma

sahasını oluşturan alt havzalarda taşkın duyarlılığının saptanmasıdır. Bu nedenle araştırma alanına ilişkin sayısal veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarından biri olan ArcGIS 10.5 programında Mekansal Analiz (Spatial Analysis) araç kutusu içinde yer alan Hidroloji (Hydrology) aracı kullanılarak analize tabi tutulmuştur. Çalışmanın diğer bir ana kısmını oluşturan taşkın risk alanlarının saptanması için ise Akçakoca ve Düzce istasyonlarının 1965-2022 yılları arasındaki maksimum yağış verileri çeşitli tekerrür aralıklarında frekans analizine tabii tutularak havza için en uygun olasılık dağılım fonksiyonu saptanmıştır. Olasılık dağılım fonksiyonları çerçevesinde elde edilen yeni maksimum yağış tutarları noktasal yağışları temsil ettiğinden bu tutarların alansal yağış tutarlarına çevrilmesi gerekmektedir. Alansal yağış tutarlarına çevrilen yağış tutarları plüvyografik katsayı, maksimizasyon katsayısı, yağışın alansal katsayısı ile çarpılarak nihai yağış tutarı elde edilmiştir. Elde edilen nihai yağış tutarı eğri numarasının da (CN) yer aldığı bir denklem ile akışa çevrilmiştir. Sonrasında havzanın geometrik özelliklerini temsilen havzanın harmonik eğimi, ana akarsu uzunluğu, havza katsayısı ve havza alanı gibi parametreleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar ışığında literatürde sentetik debi hesabı için sıklıkla kullanılan Mockus yöntemi havzaya uygulanmıştır. Çeşitli tekerrür aralıklarında elde edilen debi miktarları HEC-RAS yazılımı aracılığıyla analiz edilmiş ve taşkın yayılım alanları belirlenmiştir. Sonrasında taşkın yayılım haritaları sırasıyla taşkın tehlike ve taşkın risk analizlerine tabii tutularak taşkın yayılımının gerçekleştiği alanlarda taşkın risk dereceleri belirlenmiştir.

Önceki Çalışmalar

Çalışma sahası olarak belirlenen Esmahanım Havzasını temel alarak taşkın ve sel tehlikesini/riskini ortaya koyan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Fakat havzanın hidromorfometrik özelliklerini ortaya koyan ve 17-18 Temmuz 2019 yılında meydana gelen sel/taşkın afetine yönelik rapor ve çalışmalar mevcuttur.

Özcan (1994)'ın Akçakoca ilçesinin güneyindeki Kaplandede Dağı ve dolayının jeomorfolojisini konu alan çalışmasında bölgenin başta jeomorfolojik özellikleri olmak üzere fiziki coğrafya özellikleri irdelenmiştir.

İMO (2019) Ankara şubesi Düzce temsilciliği tarafından 17-18 Temmuz 2019 Düzce Cumayeri ve Akçakoca meydana gelen sel/taşkın felaketi kapsamında yayımlanan değerlendirme raporunda, afetin boyutları tüm boyutları ile ortaya konulmuştur. Rapora

göre; afete neden olan yağış miktarı aynı bölgenin bir yılda aldığı toplam yağış tutarının dörtte biri tutarına tekabül etmektedir. İki günde yağan bu yağışın metrekare başına yaklaşık 160 kg olduğu tespit edilmiştir. Bu durum Melen Nehri ve yan kollarında sularının yükselmesine ve afetin oluşmasına neden olmuştur. Sonuç olarak; afet bölgesinde 7 vatandaşın hayatını kaybettiğini, valilik tarafından "Afet Bölgesi" tanımının sehven kullanıldığı gerekçesiyle "Genel Hayat Etkili" tanımına indirgenme kararının yanlış olduğunu belirtmiştir. Ayrıca plansız uygulamaların bilançosunun ağır olduğunu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Temmuz 2019 tarihinde yayınlamış olduğu "Karadeniz Bölgesi İklim Değişikliği Eylem Planı" içerisinde Düzce ilinin bulunmamasının çelişkili olduğunu ifade etmiştir.

Taş ve Ceylan (2020), yukarıda belirtilen tarihlerde meydana gelen taşkın/sel afetinin havzada yer alan Uğurlu, Esmahanım, Dilaver ve Davutağa köylerine etkisinin Coğrafi Bilgi Sistemler (CBS) ile tespitine yönelik bir çalışma yapmıştır. Çalışmanın neticesi olarak ise havzanın taşkın/sel tehlike ve risk alanlarının tespitine yönelik HEC-GeoRAS vb. taşkın simülasyon yazılımların kullanılması gerektiği ifade etmektedir.

Bayraktar ve Sahtıyancı (2020), söz konusu tarihlerde meydana gelen afetin sonucunda çalışma sahasının da içinde yer aldığı Akçakoca ve Cumayeri ilçelerindeki sel/taşkın felaketinin neden olduğu kayıpları ve Düzce İl AFAD Müdürlüğü'nün TAMP (Türkiye Afet Müdahale Planı) kapsamında müdahale çabalarının tümel bir anlayışla ele almıştır. Sonuç itibarıyla AFAD personelleri ile afete yapılan müdahaleler hakkında görüşmeler yapıldığı ve AFAD personellerinin müdahalelerinin zamanında, yeterli ekip ve donanımlar ile yaptığının, tahliyelerin ve barınma sorunlarının ivedilikle çözüldüğünün tespit edildiğine dair görüş bildirmiştir.

Yiğit ve Kaya (2020), daha önce belirtilen tarihlerde meydana gelen sel/taşkın afetini Düzce ilin genelinde irdelemiştir. Çalışma sahasının da içinde bulunduğu bu çalışmada, afet sonucu oluşan taşkın alanları; uydu görüntüleri aracılığıyla analiz edilmiştir. Selden etkilenen sahalar Sentinel-2A uydu görüntüleri üzerinden nesneye tabanlı sınıflandırma yöntemiyle belirlenmiştir. Farklı tarihlerdeki uydu görüntüsü aracılığıyla tespit edilen taşkın alanları alan temelli karşılaştırılmıştır. Netice olarak su kaplı alanın, sel öncesi ve sel sonrası durumlardan farklı olduğu görülmüş afete neden olan fazla suyun kısa sürede nehrin yatağına döndüğünün tespit edildiğini aktarmıştır.

Akkaya (2019) ise Melen Çayı Havzasını konu alan çalışmasında, havzadaki beşeri ve fiziki coğrafi unsurlarının detaylı incelemesi yapmış; risk analizleri, SWOT analizleri ve birçok konuda multidisipliner bir yaklaşım sergileyerek sürdürülebilir bir havza yönetimi yapısı ortaya koymuştur.

Özmen (2000), Düzce-Bolu illerini kapsayan çalışmasında çalışma havzasının da içinde bulunduğu alanın jeolojisi, diri fayları ve tarihsel süreçte hasar yapan depremleri detaylı bir şekilde incelemiştir. Söz konusu çalışmada havzanın jeolojik ve tektonik geçmişini irdelenmek mümkündür.

Çalışma sahasını temel alan sel/taşkın konulu araştırmaların sayısı az olmasında rağmen bu çalışmanın muhtelif kısımlarında kullanılan yöntemlere dair birçok çalışma mevcuttur. Aşağıda bu çalışmalara kronoloji dikkate alınarak değinilecektir.

Atalay (1974); arazi kullanımı, bitki örtüsü durumu, hidrolojik açıdan toprağın geçirimsizliği vb. durumlar göz önüne alınarak akışa geçen su miktarını hesaplamıştır. Bu çalışma, yağış-akış çalışmalarında sıkça kullanılan SCS (Soil Conservation Service) yönteminin ulusal literatürümüzde ilk tatbiki eserlerinden olması hasebiyle önem arz etmektedir.

Özdemir (1978) uygulamalı taşkın hidrolojisinin temelleri hakkında bilgiler vermiştir. Bu bağlamda yağış-akış modelleri, birim hidrograflar, taşkın tekerrürleri ile ilgili uygulamalı bilgilere ulaşmak mümkündür.

Bayazıt (1995), havzayı temsil eden ve akım üzerinde de etkili olan; litolojik yapı, jeolojik yapı, bitki örtüsü, havza şekli, havza eğimi, havza metriği gibi konuları hidroloji ve taşkın esasları üzerinde irdlemiştir.

Öztürk vd. (2003), birçok küçük akarsu üzerinde akım ölçüm istasyonlarının bulunmamasına bağlı olarak menfez projelerinde çeşitli taşkın debi hesap yöntemlerin değerlendirilmesine yönelik çalışma yapmıştır. Yöntemlere ilişkin usul ve işlem adımları sebebi ile önemli bir çalışmadır.

Turoğlu (2004), çalışmasında Bartın Çayı Havzasının; jeomorfolojik, klimatolojik, jeolojik, hidrografya, bitki özelliklerini, geçmiş ve bugünkü arazi kullanımı/değişimini detaylıca ortaya koymuştur. Bu özellikler ortaya konulurken büyük oranda Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama tekniklerinden faydalanılmıştır.

Özdemir (2007b), doktora tezi olarak yayımlanan çalışmasında SCS-CN yöntemi ile akım ölçümü olmayan alanlarda yağış-akış hesaplamaları yapmış neticede çeşitli tekerrür aralığına sahip taşkın debileri belirlemiştir. Belirlenen debi miktarlarına ilişkin risk analizi yapılmıştır. Ayrıca havzaya ilişkin hidromorfometrik analizlere de çalışmada değinilmiştir.

Sunkar ve Tonbul (2010), sel ve taşkınların havzanın fiziki coğrafya özelliklerine bağlı olduğunu ifade etmiştir. Risk analizlerinde bu özelliklerin göz önünde bulundurulması gerektiğini ifade etmiştir. Çalışmayı ise üç farklı yöntemle ele almıştır; birincisi havzayı esas alan geniş tabanlı risk analizi, ikincisi afet sonrası gözlem ve raporlar, üçüncüsü ise hidrolojik modellere dayanan analizler.

Özdemir (2011) “Havza Morfometrisi ve Taşkınlar” adlı çalışmasında, belli başlı hidromorfometrik parametreler ile ilgili analizler yapmıştır. Çalışmada akarsu ve yan kollarına ilişkin çizgisel, alansal ve rölyef morfometrisi ele alınmıştır. Havzada meydana gelen taşkınlar ve havza morfometrisi arasındaki ilişkiyi detaylı bir şekilde ortaya koymuştur.

Öztürk ve Batuk (2011), yağış-akış modelleri içerisinde iyi bilinen ve sıkça kullanılan SCS yüzey akış eğri numarası metodunu klasik yöntemlerin aksine Coğrafi Bilgi Sistemi kullanarak belirlemiştir. Bu durum ekonomik olmakla beraber daha hassas ve güvenilir sonuçlar vermektedir.

Demir ve Sönmez (2014) tarafından Aşağı Sakarya Nehri Adapazarı kesimi için taşkın risk analizi yapılmıştır. Sonuç olarak farklı tekrar aralığına denk gelen taşkın debileri hesaplanıp haritalanmıştır.

Sönmez vd. (2017), Mudurnu Çayı temelinde akım ölçüm istasyonunun sahip olmayan alanlarda muhtelif yağış akış modelleri kullanarak tekerrürlü taşkın debilerinin hesaplamasını ele almıştır.

Kumanlıoğlu ve Ersoy (2018) Kızıldere Havzasını konu aldığı çalışmada, yağış verileri için en uygun istatistiki olasılık-dağılım modelini belirlemiştir. Elde edilen dağılım verilerine binaen uygun yağış-akış modelleri gelebilecek tekerrürlü taşkın debilerinin hesaplamış, birim hidrografının elde etmiş ve haritalamıştır.

Utlu ve Özdemir (2018) tarafından yapılan çalışmada akarsu ağlarının üretiminde ve bunlara ilişkin analizlerde D8 akış ve Strahler yöntemi kullanılarak Biga Çayı alt havzaları için bazı morfometrik analizler yapılmıştır. Alt havzaların ana kol üzerinde taşkın üretme potansiyeli ortaya koyulmuştur.

Turoğlu ve Aykut (2019), çalışmasında Ergene Nehri Havzası için hidromorfometrik analizler kullanılarak taşkın duyarlılığını belirlemiştir. On dört ayrı alt havza için yapılan çalışmada duyarlılık adına “çok düşük” ve “çok yüksek” seviyeleri sınır olmak üzere beş seviye belirlenmiştir.



1. BÖLÜM: ARAŞTIRMA MATERYALİ VE YÖNTEMİNİN DETAYLICA İNCELENMESİ

1.1. Araştırma Materyalinin İncelenmesi

Çalışmada kullanılan veriler; sayısal ve altlık harita verileri, ikincil veriler ve arazi çalışmaları neticesinde elde edilen veriler olarak üç ana grupta incelenecektir.

1.1.1. Sayısal ve Altlık Harita Verilerin İncelenmesi

Taşkın-sel tehlike ve risk analizlerinde son zamanlarda büyük bir gelişim gösteren uydu teknolojileri ve hava araçlarının (UA) önemi büyüktür. Keza bu minvaldeki gelişmeler ile birlikte söz konusu çalışmaların sayısında ciddi artışlar gözlemlenmektedir. Ayrıca elde edilen geometrik verilerin işlenmesi ve değerlendirilmesi maksadıyla kullanılan CBS metodolojisi de taşkın çalışmalarının artmasındaki bir diğer faktördür (Moore vd., 1991; Van Westen, 1993; Jain vd., 2000; Özdemir, 2007a).

Çalışmada altlık yükselti verisi olarak Harita Genel Müdürlüğüne (HGM) ait F25-c-3, F26-d-4, G25-b-2 ve G26-a-1 pafta numaralı 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından elde edilen sayısal veriler ve ALOS SYM verisi kullanılmıştır. Japon Uzay Araştırma Ajansı (JAXA) ve Japon Kaynakları Gözlem Sistemi (JAROS) tarafından geliştirilen ve idame ettirilen Advanced Land Observing Satellite (ALOS)- Aşamalı donanımlı L-band tipindeki sentetik açıklıklı radar (PALSAR) adlı uydu ile edilen veridir. Söz konusu veri Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) prensibiyle üretilmiş 12,5 metre yersel çözünürlüğe sahip 2008 tarihli Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verisidir (ALOS, 2022) (Tablo 2). Söz konusu yükselti verileri çalışma alanının genel geometrik karakterini ortaya koymak için birtakım derleme, düzenleme ve analizlere tabi tutulmuştur. Havza taşkın geometrisinin ortaya konulmasında ve taşkın alanlarının belirlenmesinde ise Devlet Su İşleri (DSİ)'nden temin edilen yüksek hassasiyetli ortofotolar, geometrik veriler ve sayısal yükselti verileri temin edilmiştir. Çalışma alanının jeolojik özelliklerini ortaya koymak için ise Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğüne (MTA) ait 1/25.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası verileri kullanılmıştır. Çalışma alanı ve çevresine ait idari sınırları göstermek ve çeşitli derlemeler yapmak maksadıyla Harita Genel Müdürlüğüne (HGM) ait Türkiye Mülki İdare Sınırları adlı sayısal harita verileri kullanılmıştır. Havzanın toprak, arazi kullanımı bitki örtüsü gibi özelliklerini ortaya koymak amacıyla Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü

tarafından hazırlanmış olan 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalara dayalı sayısal verileri ve Avrupa Çevre Ajansı tarafından oluşturulan CORINE (Coordination of Information on the Environment-Çevresel Bilginin Koordinasyonu) 2018 verisi altlık olarak kullanılmıştır.

Tablo 2: ALOS-PALSAR Algılayıcısının Teknik Özellikleri

İşletmeci	JAXA
Fırlatma Tarihi	2006
Zamansal Çözünürlük	46 Gün
Frekans	L-bandı (1.27GHz)

Gözlem Modu	Yüksek Çözünürlük	SCAN SAR
Polarizasyon	HH,VV,HH&HV,VV&VH	HH,VV
Çözünürlük	10m (Görüntü M)	100m (Tarama SAR M)
Görüntü Sayısı	2	8
Tarama Genişliği	70 km	100m (Tarama SAR M)
Off – Nadir Açısı	10 - 51 derece	

Kaynak: MTA, 2022’den değiştirilerek alınmıştır.

1.1.2. Meteorolojik, Hidrolojik ve Nüfus Verilerinin İncelenmesi

Taşkın ve sel çalışmalarında bir diğer önemli veri kaynağı iklim, hidroloji ve nüfus verileridir.

Çalışmada kullanılan iklim verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden (MGM) elde edilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen verilerin ait olduğu istasyonlar, zaman aralığı ve türü Tablo 3’te listelenmiştir;

Tablo 3: Verileri Kullanılan Meteoroloji İstasyonları ve Verilerin Özellikleri

İstasyon Adı	Veri Tipi	Veri Yılı (Yıl)
*Akçakoca	Sıcaklık-Yağış Rüzgâr	1965-2022 (54 Yıl)
*Düzce	Sıcaklık-Yağış Rüzgâr	1965-2022 (54 Yıl)
Hendek	Yağış	1988-1993/2013-2017 (9 Yıl)
Karasu	Yağış	2007-2016 (9Yıl)

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Yukarıda bazı istasyonlara ait veriler taşkın debisi hesaplamalarında kullanıldığından dolayı “*” ile belirtilmiştir. İşaretlenen istasyonlara ait belirtilen zaman aralığındaki maksimum yağış verileri; yağış analiz, taşkın debisinin hesaplanması ve birim hidrografın çizilmesinde kullanılmıştır. Maksimum yağış verilerinin temininde Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (OMGI) ile yapılan ölçümler 2005 yılından daha eskiye gitmemektedir. Bu durumdan dolayı 1965 yılına kadar olan yağışlar MGM tarafından kaydedilen MANUEL tipli ölçüm tutarları ile tamamlanmıştır. Diğer istasyonlara ait veriler ise havzanın karakteristik iklim özellikleri ortaya koymak maksadıyla kullanılmıştır.

Yerleşme ve nüfus yapısını ortaya koymak maksadıyla Türkiye İstatistik Kurumu’na (TÜİK) ait 2022 yılı nüfus verilerinden faydalanılmıştır.

1.2. Araştırma Yöntemin İncelenmesi

1.2.1. Yağış Analizleri

Taşkın ve sel çalışmalarında yağış analizi önem arz eden başlıca konulardan biridir. Gerek debi miktarının belirlenmesi gerek küresel iklim değişikliğinin etkisiyle yağış karakterlerindeki değişimlerin tespiti gerek havzanın taşkın hidrolojisi ve iklimatik özelliklerini ortaya koyulması açısından sıkça istifade edilen bir faktördür (Özdemir, 1978; Kutoğlu, 2005; Kömüşcü, 2011; Türkeş, 2012). Bu bakımından araştırma sahasında yapılan birçok çalışma için bu analizlerden faydalanılmıştır.

1.2.1.1. Havzayı En İyi Temsil Eden İstasyonların Tespiti

Yağış verileri noktasal ölçüm istasyonları ile elde edilmiş tutarlardır. Oysa çalışma sahası alan özelliği göstermektedir. Bu bakımdan yağışın alansal olarak revize edilmesi ve alansal yağış büyüklüklerine dönüştürülmesi şarttır. Buna ilişkin çalışma “Yağış Analizleri” başlığı altında yapılmıştır. Fakat öncelikle çalışma alanını temsil eden istasyonların belirlenmesi gerekmektedir. Klimatoloji ve hidroloji çalışmalarında buna ilişkin olarak en çok tercih edilen yöntemlerin başında Thiessen Çokgen metodu gelmektedir.

Çalışmada da tercih edilen Thiessen çokgen yönteminde yağış verileri değil istasyon etki alanı önem arz eder. Bu bakımdan istasyonların havza üzerindeki etki alanları belirlenir

ve ne kadarlık bir ağırlığa sahip olduğu oransal olarak ifade edilir (Thiessen, 1911a). Thiessen çokgen yöntemi şu formülle ifade edilir (Taesombat ve Sriwongsitanon, 2009; Pektaş, 2013);

$$\frac{A_i}{A_T} = w_i$$
$$\sum_i^n w_i = 1$$

Formülde yer alan ifadeler şu şekildedir;

A_i : i numaralı Thiessen çokgeninin alanı,

n : Yağış gözlem istasyonları sayısı,

A_T : Toplam havza alanı,

w_i : i numaralı yağış gözlem istasyonunun Thiessen ağırlık oranı.

1.2.1.2. Frekans Analizi/Olasılık Dağılım Fonksiyonları

Maksimum yağışlar gibi öngörülebilir bir eğilim göstermeyen rastlantısal ekstrem veriler üzerinde analizler yapmak güçtür. Bu bakımdan herhangi bir eğilime sahip olmayan veriler olasılık dağılım fonksiyonlarına tabi tutularak belirli bir dağılıma uydurulur. Taşkın ve sel çalışmalarında frekans analizi önem arz etmektedir. Frekans analizlerinde tekrarlanma sıklıkları, olasılık dağılımlarını kullanarak ve maksimum büyüklük ile eşleştirerek belirlenmektedir (Chow vd., 1964; Benson, 1968; Vogel vd., 1993). Araştırma için belirlenen kayıtların tarihsel veri aralığı ne kadar geniş olursa çalışmada elde edilen sonuçların güvenilirliği de o denli fazla olmaktadır. Bu bakımdan bu çalışmada havza karakterini en iyi yansıttığı belirlenen Akçakoca ve Düzce meteoroloji istasyonlarının kesintisiz 65 yıllık maksimum yağış verileri kullanılmıştır.

Çalışmada en uygun olasılık dağılım parametresinin belirlenmesi adına Birleşik Devletler Ordusu Mühendisler Birliğinin (USACE) Hidrolojik Mühendislik Merkezi (HEC) tarafından geliştirilen HEC-DSSVue ve HEC-SSP yazılımı kullanılmıştır. Literatürdeki çalışmalarda en çok kullanılan olasılık dağılım fonksiyonları

Tablo 4'te listelenmiştir.

Tablo 4: Taşkın Çalışmalarında Sıklıkla Kullanılan Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları

Olasılık Dağılım Fonksiyonları
Normal-Dağılım (ND)
Log-Normal (LN)
Generalized Extreme Vaue (GEV)
Gumbel (EV)
Gamma (G)
Pearson Type 3 (P3)/Gamma Type 3
Log-Pearson Type-3 (LP3)

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Havzayı en iyi yansıttığı ve uygun şartları taşıdığı düşünülen Akçakoca ve Düzce meteoroloji istasyonlarına ait uzun yıllar günlük maksimum yağış verileri ile yapılan analizler sonucunda en uygun olasılık dağılımının her iki istasyonda da Log-Pearson Type-3 olduğu tespit edilmiştir. Bu tespiti elde ederken yapılan analizler ve izlenen adımlar “En Uygun Dağılım Fonksiyonunun Tespiti/Kolmogorov-Simirnov Testi (K-S Test)” başlığı altında belirtilmiştir. Söz konusu olasılık dağılım fonksiyonu olan Log-Pearson Type-3 dağılımına ait denklem aşağıda verilmiştir (IACWD, 1981; Rao ve Hamed, 2000; England Jr vd., 2003); England Jr vd., 2003)

$$Z_T = \overline{\log x} + k * \sigma_{\log x}$$

Formülüyle hesaplanır. Formülde yer alan ifadeler şu şekildedir;

$\overline{\log x}$: Veri setindeki değerlerin logaritmalarının ortalama değerleri,

x : Frekans faktörüdür ve çarpıklık katsayısı (C_{skew}) ile yineleme aralılarının (T) bir fonksiyonudur,

$\sigma_{\log x}$: veri setindeki değerlerinin logaritmasının standart sapmasıdır.

1.2.1.2.1. En Uygun Dağılım Fonksiyonunun Tespiti/Kolmogorov-Smirnov Testi (K-S Test)

Daha önce de ifade edildiği üzere taşkın ve sel çalışmalarında yağış tutarlarının herhangi bir olasılık dağılım fonksiyonuna uydurulması gerekmektedir. Taşkın ve sel çalışmalarında kullanılan birçok olasılık dağılım fonksiyonu bulunmaktadır. Bu fonksiyonlar içerisinde veri setine uyan en uygun olasılık dağılım fonksiyonunun tespiti için Kolmogorov-Smirnov (K-S), Ki-Kare testleri ve olasılık çizgisi korelasyonu uygulanmaktadır (Topaloğlu, 2002; Kumanlıoğlu ve Ersoy, 2018). Bu çalışmada literatürde daha çok tercih edilmesi ve uzun süreli veri setleri için daha güvenilir sonuçlar vermesi nedeniyle Kolmogorov-Smirnov testi kullanılmıştır.

Kolmogorov-Smirnov testi, belirlenen bir veri setinin uygulanan olasılık dağılım fonksiyonuna uygunluğu kontrol etmek için kullanılmaktadır. Bu testte veri setindeki her bir veri için $F * (x_i)$ değerleri ve bu veriler için kullanılan istatistiksel dağılımın verdiği $F(x_i)$ değerleri arasındaki maksimum farkın mutlak değeri bulunur. Bulunan bu değer veri setindeki gözlem sayısına karşılık gelen K-S kritik değer anlamlılık (Δa) değerinden küçük ise bu dağılım kabul edilir. K-S testi şu formülle ifade edilir (Öztekin, 2011; Kumanlıoğlu ve Ersoy, 2018);

$$\max \Delta = |F * (x_i) - F(x_i)|$$

Formülüyle hesaplanır. Formülde yer alan ifadeler şu şekildedir;

x_i : Veri setindeki her bir veri,

$F * (x_i)$: i/N formülüyle hesaplanır;

i : Sıra sayısı N : Toplam veri sayısı,

$F(x_i)$: Analize tabi olan dağılımın eklenik olasılık dağılım değeridir.

1.2.1.3. Yağış Tutarının Düzeltilmesi

Taşkın ve sel çalışmalarında çeşitli tekerrür aralıklarında hesaplanan tutarların kullanılabilmesi için alansal ortalama yağış ve nihai yağışın hesaplanması başlıkları altında yer alan bir takım iş ve işlemlere tabi tutulması gerekmektedir.

1.2.1.3.1. Alansal Ortalama Yağışın Bulunması

Olasılık dağılım fonksiyonları analizi sonucunda elde edilen çeşitli tekerrür aralıklarına sahip yağış verileri noktasal ölçüm istasyonları ile elde edilmiş tutarlardır. Daha önce “Havzayı En iyi Temsil Eden İstasyonların Tespiti” başlığı altında da ifade edildiği gibi noktasal tutarların alansal yağış büyüklüklerine revize edilmesi gereklidir. Bu revizyonu yapmak için aşağıdaki yöntemler sıkça tercih edilmektedir (Pektaş, 2013; Çiçek, 2014).

- Kriging
- Inverse distance algorithm (Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi, IDW)
- Aritmetik ortalama
- Thiessen çokgen

Bu çalışmada Thiessen çokgen metodu kullanılmıştır. Temelde çalışma alanını temsil eden istasyonların proje sahasının hangi alanlarını ve ne derecede temsil ettiğini ifade eden bir yöntemdir. Dolayısıyla havzadaki yağışın alansal dağılımı için pratikte çözüm sunmaktadır. Fakat unutulmamalıdır ki bu yöntem istasyonların düzensiz bir dağılım gösterdiğini yağışın ise doğrusal değiştiğini kabul etmektedir. Ayrıca topoğrafik şartlar dikkate alınmadığı için orografik farklılıklar hesaba katılmamaktadır (İSTKA, 2013).

1.2.1.3.2. Nihai Yağış Tutarının Elde Edilmesi

Olasılık dağılım analizleri ile elde edilen tekerrürlü yağış tutarlarının alansal ortalaması hesaplandıktan sonra bazı katsayılarla çarpılmaktadır. Elde edilen tutar analizlerdeki nihai tutardır. Söz konusu nihai tutarın elde edilmesi için istenen zaman aralığına sahip plüviyografik katsayı (PLV), yağışın alansal dağılımı katsayısı ve maksimizasyon faktörü ile çarpılması gerekir (Sönmez vd., 2017; Kumanlıoğlu ve Ersoy, 2018). Maksimize faktörü 1,13 değerine tekabül eden bir katsayıdır. Bu katsayı Türkiye’deki günlük maksimum yağışlarının 24 saatlik yağışı temsil edemediği bilindiğinden elde edilen tutarlar ile çarpılır (Doğu ve Yıldız, 2019). Denklemden diğer çarpılması gereken unsurlar ve bu unsurlar ilişkin bilgiler aşağıdaki başlıkta verilmiştir.

1.2.1.3.3. Plüviyografik Katsayı

Plüviyografik katsayının kavramını anlayabilmek adına öncelikle plüviyograf ve plüviyometre cihazlarını ve aralarındaki farkı idrak etmek gerekir.

Plüviyometre, “Atmosferden yeryüzeyine düşen yağışı direkt olarak ölçen alettir.” Plüviyograf ise “Atmosferden yeryüzeyine düşen yağışı diyagram üzerine kaydeden alettir.” (MGM, 2021).

Plüviyometre ve plüviyograf arasındaki en büyük farklardan biri de plüviyografların düşen yağış tutarını belirli zaman aralıklarında (5 dk-10dk-1 saat-12 saat vs.) diyagram üzerine kaydedebilme özelliğine sahip olmalarıdır. Bu durum pratikte bize yağışın zamansal olarak dağılımını vermektedir (Sarıcan, 2013; Kandır, 2021). Plüviyografik katsayısı istasyonlarda gerçekleşen standart zamanlardaki yağış verileri ve frekans analiz sonuçlarının 24 saatlik değerleri dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Bulunan değerlerin güvenilir olup olmadığı 24 ve 18 saatlik maksimum yağış tutarları farkının 6 saatlik yağış tutarlarından büyük veya küçük olmasına bağlı olarak tespit edilir. Eğer bu fark büyük ise o yıl elde plüviyografin o sene aksak veya çalışmadığı kabul edilir ve hesaba katılmaz (DSİ, 1990; Kandır, 2021).

Çalışmada araştırma sahasını en iyi temsil eden meteoroloji istasyonlarından biri olan Akçakoca meteoroloji istasyonuna ait uzun dönem çeşitli zaman aralıklarında ölçülmüş yıllık maksimum yağış tutarları ve bunlara ilişkin plüviyografik katsayılar aşağıda verilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5: Akçakoca İstasyonunda Standart Zamanlardaki Maks Yağış Değerleri (mm)

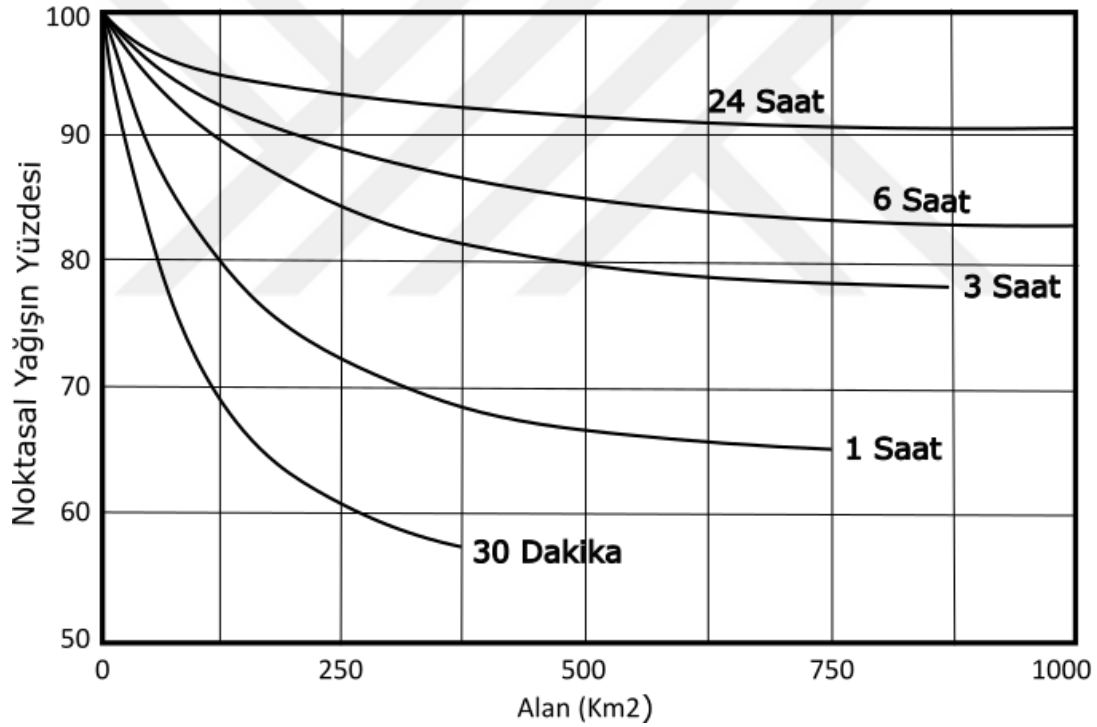
GÖZLEM YILI	DAKİKA				S A A T											
	5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24	24 +	
2015	6,1	9,0	10,5	13,5	19,6	31,6	36,6	43,8	52,6	57,5	64,5	72,6	119,1	123,0		
2014	11,0	15,8	20,6	28,9	36,4	39,0	40,3	40,3	40,6	42,3	43,1	43,2	51,7	55,5		
2013	7,7	12,3	16,8	22,5	27,8	28,0	28,0	28,0	30,8	34,8	42,3	57,3	75,2	90,9		
2012	9,8	16,0	20,1	34,7	46,9	48,5	51,7	53,6	55,4	56,8	60,2	64,4	76,2	77,1		
2011	6,1	10,5	14,9	17,3	20,9	27,1	27,3	27,4	27,4	27,4	27,5	28,3	40,3	52,7		
2010	10,3	20,1	27,8	38,3	40,0	50,3	55,3	55,8	59,9	65,0	68,4	72,2	82,6	100,0		
2009	5,8	10,7	14,9	23,0	30,3	33,6	38,2	38,8	38,9	39,5	41,3	49,0	50,6	114,6	*	
2008	7,9	11,4	17,5	26,8	38,2	40,4	44,6	44,8	44,8	44,8	44,8	44,8	55,7	94,4		
2007	9,2	16,5	19,8	29,1	41,9	59,7	70,2	72,2	73,7	85,9	93,9	94,7	100,7	100,7		
2006	5,3	7,5	9,0	15,0	17,8	26,8	34,7	43,2	46,1	47,9	52,5	68,4	91,3	109,2		
2005	10,2	15,0	19,2	29,8	35,2	64,7	76,9	77,2	81,7	85,9	86,1	86,2	87,2	87,3		
2004	7,2	14,1	17,7	25,3	31,8	35,3	37,8	40,8	42,5	42,6	42,7	45,9	46,2	61,6		
2003	4,9	9,4	10,2	10,2	14,3	21,6	30,2	34,3	34,3	34,4	34,5	36,9	38,0	50,6		
2002	13,9	19,7	32,4	46,7	78,8	89,1	120,4	126,8	127,0	127,2	127,4	148,9	149,3	149,7		
2001	12,7	24,6	36,7	63,3	72,0	79,4	101,3	102,4	102,7	103,1	103,2	103,2	108,2	108,2		
2000	9,7	12,9	15,1	21,7	36,3	40,2	40,3	40,3	40,3	40,3	41,2	56,6	71,9	94,0		
1999	10,3	17,1	20,9	24,1	24,1	25,4	25,7	25,7	26,1	27,2	31,5	31,5	31,5	35,1		
1998	8,5	15,4	20,3	23,0	23,4	23,5	26,7	32,9	34,7	35,4	35,9	47,2	67,6	73,8		
1997	7,3	11,4	16,1	22,2	34,6	62,3	76,7	86,0	103,4	126,0	162,4	203,8	216,9	218,0		
1996	7,5	11,0	13,6	20,4	22,9	29,2	32,2	36,4	47,3	51,0	60,9	72,4	83,1	84,3		
1995	9,7	18,5	21,6	29,9	42,2	48,0	50,3	52,3	53,5	53,5	53,6	53,8	53,8	54,7		
1994	10,1	17,6	24,4	38,1	63,9	109,1	120,1	122,9	128,1	132,4	145,0	147,3	191,2	213,8		
1993	5,5	8,7	9,7	12,4	15,1	19,7	22,5	24,7	25,6	25,7	26,7	43,2	53,0	64,0		
1992	10,6	18,7	26,9	44,3	55,6	57,3	59,9	66,8	67,5	68,1	68,2	72,2	81,4	111,2		
1991	11,1	19,4	24,4	32,2	55,3	60,8	62,8	66,3	67,8	68,6	82,0	82,0	92,2	92,2		
1990	12,2	16,4	22,1	33,3	43,6	49,1	49,1	49,1	59,2	59,6	59,6	70,2	70,6	71,0		
1989	9,1	10,2	10,8	13,4	20,3	20,8	34,7	46,9	49,3	51,7	52,0	52,0	52,0	52,1		
1988	10,5	17,7	22,0	26,6	29,3	31,8	32,3	32,5	32,5	32,5	35,9	49,7	54,9	54,9		
1987	10,9	11,5	13,8	15,9	22,2	35,7	40,4	49,0	50,7	51,5	55,6	59,1	66,3	77,9		
1986	5,3	7,8	9,1	13,8	16,3	17,4	19,6	22,8	27,4	27,4	28,0	35,1	47,9	52,1		
1985	7,9	11,4	14,5	18,1	22,5	28,2	31,0	37,6	41,6	44,0	46,0	52,6	71,5	84,1		
1984	12,0	17,3	25,5	33,6	38,7	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1	42,5	61,4	64,1	75,0		
1983	10,3	14,3	15,5	20,0	25,2	25,5	25,5	31,9	36,2	41,4	43,5	53,9	61,3	63,6		
1982	9,2	12,0	12,7	14,2	15,9	23,8	24,5	26,6	33,1	39,8	44,2	51,4	57,5	71,2		
1981	17,6	28,4	35,7	41,4	60,2	74,9	77,0	77,2	94,2	114,9	115,6	116,0	116,0	120,7		
1980	7,6	9,2	12,2	12,7	15,6	24,6	32,2	34,7	35,7	35,8	39,0	42,8	46,0	49,6		
1979	10,4	17,5	20,1	25,5	32,7	37,6	41,2	41,5	41,6	43,4	46,1	53,4	57,6	66,6		
1978	5,8	8,2	9,5	12,0	15,6	20,3	25,3	29,2	30,5	32,6	36,9	39,6	41,7	41,8		
1977	5,9	8,2	10,8	14,4	21,4	22,4	23,8	26,6	31,6	44,7	50,7	63,1	64,5	84,1		
1976	10,5	14,5	21,4	36,1	45,4	46,1	46,1	48,1	50,9	52,8	53,0	54,6	64,2	65,1		
1975	6,0	7,0	10,0	12,0	14,7	19,8	24,4	24,9	25,7	26,5	27,0	28,3	44,9	57,5		
1974	13,2	17,6	21,6	24,5	28,6	32,2	40,0	40,5	48,9	48,9	49,0	68,2	71,8	76,2		
1973	7,1	9,2	11,1	22,1	30,0	30,0	36,3	38,4	39,3	40,8	41,8	42,2	56,4	56,8		
1972	8,2	13,0	19,5	28,3	49,5	77,3	92,3	108,6	112,1	114,2	120,0	122,4	128,3	156,9		
1971	8,0	13,4	16,0	27,1	42,8	46,0	46,9	47,1	47,1	47,1	47,1	49,0	65,2	73,8		
1970	6,3	8,8	11,1	12,4	14,7	18,8	22,5	26,6	28,3	30,4	38,2	51,6	69,0	80,9		
1969	4,0	7,2	10,7	16,3	17,6	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	18,6	18,7	42,3	*	
1968	8,4	11,8	14,5	23,3	24,0	26,6	31,1	34,1	36,5	37,9	40,8	46,6	55,9	63,0		
N	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	48	
Y-ORT	9,0	13,9	18,0	25,0	33,1	40,6	45,9	49,2	52,3	55,3	58,9	66,1	75,9	84,7	84,5	
Y-EB	17,6	28,4	36,7	63,3	78,8	109,1	120,4	126,8	128,1	132,4	162,4	203,8	216,9	218,0	218,0	
Std.S	2,62	4,66	6,88	11,02	16,01	20,87	24,84	25,67	26,79	28,87	31,83	34,53	37,14	38,51	38,44	
Car.K	0,73	0,79	0,87	1,10	0,98	1,34	1,61	1,64	1,53	1,50	1,71	2,13	2,10	1,93	1,86	
UDF	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	
2 YIL	8,7	13,1	16,7	22,8	29,4	35,0	38,8	41,9	44,7	47,0	49,7	56,6	65,9	75,0	75,0	
5 YIL	11,1	17,4	22,9	32,8	44,0	53,0	58,9	62,6	66,6	70,5	74,9	83,5	95,2	106,3	106,7	
10 YIL	12,5	20,1	27,2	39,8	54,6	67,2	75,8	79,9	84,8	90,1	96,3	105,8	119,1	130,9	131,2	
25 YIL	14,3	23,6	32,7	48,8	69,2	87,9	101,7	106,4	112,4	120,2	129,8	140,0	155,2	166,5	166,9	
50 YIL	15,5	26,1	36,8	55,8	80,8	105,5	124,7	129,9	136,9	147,0	159,9	170,4	186,8	196,1	197,3	
100 YIL	16,8	28,6	41,1	62,9	93,1	125,1	151,3	157,0	165,0	177,9	195,2	205,3	222,9	228,8	231,3	
200 YIL	17,9	31,1	45,4	70,2	106,1	147,1	182,0	188,3	197,4	213,7	236,4	245,7	264,1	264,9	269,1	
PLF	0,09	0,14	0,20	0,29	0,41	0,52	0,61	0,64	0,67	0,72	0,78	0,84	0,93	1,00	1,00	
PLV	0,12	0,18	0,23	0,32	0,41	0,49	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,78	0,89	1,00	1,00	

Kaynak: MGM, 2023

Plüviyografik katsayılar sarı renk ile gösterilirken daha önce de belirtilen nedenlerle hesaba katılmayan yıllara ait tutarlar ise kırmızı renk ile gösterilmiştir. Gri renk ile gösterilen satırlardan “N” şeklinde ifade edilen satır gözlem sayısını ifade ederken “UDF” şeklindeki satır ise veri seti için en uygun dağılım fonksiyonunu ifade etmektedir (Tablo 5).

1.2.1.3.4. Yağışın Alansal Dağılım Katsayısı (YADK)

Yağışın nihai tutarının elde edilmesi denkleminde bir diğer önemli girdi de yağışın alansal (yerel) dağılımı katsayısıdır. Literatürde bu katsayının elde edilmesi için DSİ (1990) tarafından yayımlanmış eserde hazırlanmış olan bir diyagram bulunmaktadır (Şekil 2). Bu diyagram araştırmacılar tarafından sıkça kullanılmakta ve kabul görmektedir.



Şekil 2: Yağışın Alansal Dağılımı

Kaynak: DSİ, 1990'den değiştirilerek alınmıştır.

Çalışma alanında bu katsayının belirlenmesine yönelik olarak diyagramda çalışma sahasının toplam alanına denk gelen ana seviyelerdeki değerler okunmuş ve aşağıdaki tabloya eklenmiştir (Tablo 6). Ara seviyeler ise kendinden bir önceki değer ile bir sonraki değer arasındaki farkın ikiye bölünüp bir önceki değer üzerine eklenmesi ile edilir.

Tablo 6: Ara Seviyeli Yağışın Alansal Dağılımı

Süre (saat)	Aranan Alan (km ²)	Yüzdesi %	Seviyeler
1	61,7	0,876	Ana Seviye
2		0,907	Ara Seviye
3		0,938	Ana Seviye
4		0,947	Ara Seviye
5		0,951	Ara Seviye
6		0,955	Ana Seviye
8		0,963	Ara Seviye
12		0,966	Ara Seviye
18		0,968	Ara Seviye
24		0,970	Ana Seviye

Kaynak: DSI, 1990'den değiştirilerek alınmıştır.

Tabloda gösterilen aranan alan havzanın tüm alanını temsil etmektedir. Fakat bu değer örnek oluşturması bakımından verilmiştir. Zira modellemesi yapılacak havza küçük parçalar halinde değerlendirilip farklı katsayılar bulunabilir. Çalışmada kullanılan ara ve ana seviyeler havzanın yüzölçümüne ve kritik yağış süresine göre belirlenmiştir.

1.2.2. Havza Girdilerinin Belirlenmesi

Taşkın ve sel çalışmalarında taşkın debi miktarının elde edilmesi için önemli parametrelerden biri de havzaya ait girdilerdir. Bu girdiler yaşanabilecek taşkınların şiddeti üzerinde de belirleyici rol oynayan havza eğri numarası (CN) ve harmonik eğimdir. Aşağıda buna ilişkin yöntemler başlıklar halinde sıralanmaktadır.

1.2.2.1. Havza Eğri Numarasının (CN) Belirlenmesi

Yağıştan akışa geçecek su miktarını belirlemek birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu konuda literatürde nispeten en sık kullanılan yöntem ABD Toprak Koruma Servisi (SCS) tarafından tasarlanmış olan Eğri Numarası (CN) yöntemidir (Özdemir, 2007b; Öztürk ve Batuk, 2011). Yağışlar sonrası oluşacak akışı elde etmek için; yağış, Hidrolojik Toprak Grubu (HTG) ve arazi kullanımı verilerine ihtiyaç vardır (Das ve Paul, 2006; Beven, 2011; Öztürk ve Batuk, 2011). Fakat bu başlık altında sadece havzaya ait CN değeri elde edileceği için akışı hesaplamak amaçlı gereken bağıntıya sonraki başlıklarda değinilecektir. Havzaya ait CN değerini tayin etmek amacıyla havzaya ait HTG ve arazi

kullanımı/örtüsü faktörüne ihtiyaç vardır. CN değerini tayin etmek adına diğer faktörlere ait niteliklerin kombinasyonundan elde edilen CN değerleri Halley vd. (2000) tarafından oluşturulan tablo kullanılarak tespit edilebilir (Tablo 7).

Tablo 7: Hidrolojik Toprak Grupları ve Arazi Örtüsüne Göre Eğri Numaraları.

Arazi Kullanımı/Örtüsü	Ortalama Geçirimsiz Alan (%)	Hidrolojik Toprak Gruplarına Göre Eğri Numarası			
		A	B	C	D
Yerleşim (Yüksek yoğunluklu)	65	77	85	90	92
Yerleşim (Orta yoğunluklu)	30	57	72	81	86
Yerleşim (Düşük yoğunluklu)	15	48	66	78	83
Ticari alanlar	85	89	92	94	95
Endüstriyel alanlar	72	81	88	91	93
Çakıl, taş ocağı vb.	5	76	85	89	91
Tarım alanları	5	67	77	83	87
Açık alanlar (park, çim saha vb.)	5	39	61	74	80
Çayır, otlak	5	30	58	71	78
Sık orman, koru	5	30	55	70	77
Seyrek orman, koru	5	43	65	76	82
Su/Sulak alanlar	100	100	100	100	100

Kaynak: Halley vd., 2000'den değiştirilerek alınmıştır.

Her bir arazi örtüsüne denk gelen akış değerlerinin bulunmasından sonra elde edilen değerler aşağıdaki formüle hesaplanır ve havza eğri numarası bulunur (SCS, 1956).

$$CNII = \frac{\sum_{i=1}^n (CN_i * A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Formülde yer alan ifadeler şu şekildedir;

CNII: Havzanın CN II numarası,

CN_i: Her bir arazi kullanımına/örtüsü ve HTG'ye ait CN değeridir,

A_i: Her bir arazi kullanımına/örtüsü ve HTG'ye ait alandır.

Ayrıca günlük yağış-akış çalışmalarında havzanın önceki nem içeriğinin (AMC, Antecedent Moisture Conditions) göz önünde bulundurulmasına bağlı olarak CN I ve CN III değerleri de hesaplanmaktadır (Sobhani, 1976; Hjelmfelt Jr, 1982;

Hawkins vd., 1985). Fakat çalışmada bu yöntem izlenmediği için CN II'nin hesaplanması yeterli olmaktadır.

1.2.2.2. Harmonik Eğim Hesabı (HE)

Havza girdilerinin en önemli parametrelerinden biri de harmonik eğim hesabıdır. Harmonik eğimin hesaplanması için modellenmesi yapılacak havzaya ait ana akış kolunun on eşit parçaya ayrılması ve her bir parçaya ait kot değerlerinin bilinmesi gerekir. Harmonik eğim (HE) aşağıdaki gibi formüle edilmiştir (Sönmez vd., 2017; Kumanlıoğlu ve Ersoy, 2018);

$$S = \left(\frac{10}{\sum \frac{1}{\sqrt{S_i}}} \right)^2$$

Formülde yer alan ifadeler şu şekildedir;

S : Harmonik eğim,

S_i : Kesitler arası harmonik eğimi

1.2.3. Tekerrürlü Taşkın Debilerinin Belirlenmesi

1.2.3.1. Taşkın Debilerinin Belirlenmesinde Sentetik Yöntemler

Akarsu gözlem ağına sahip sahalarda taşkın debi hesaplamaları istatistiki olarak daha gerçekçi sonuçlar vermektedir. Fakat maalesef ülkemizde akış özelliği gösteren her akarsuda bu tarz gözlem istasyonlarının mevcudiyeti söz konusu değildir. Bu nedenle belirli yağışta akışa geçecek su miktarının hesabı için muhtelif modeller kullanılmaktadır. Bu modellerin tercihinde genellikle havza büyüklüğü ve suyun toplanma zamanı (T_c) etkilidir. Buna ilişki olarak aşağıdaki tabloda çoğunlukla kullanılan yöntemler ve kıstasları tablo şeklinde verilmiştir (Öztürk vd., 2003; Sönmez vd., 2012) (Tablo 8).

Tablo 8: Taşkın Analizlerinde Yaygın Kullanılan Sentetik Metotlar ve Kıstaslar.

Sentetik Metot	Alan (km ²)	Toplanma süresi (Tc) Yükselme Zamanı (Tp)
Rasyonel Metot	<1	Yok
Mockus (Mockus, 1957)	1-10	Tc < 30 sa.
D.S.İ Sentetik Metodu /Uyarlanmış SCS (Chow vd., 1964; Özdemir, 1978)	<1000	Tp ≥ 2 sa
Snyder Metodu (Snyder, 1938)	>1000	Yok

Kaynak: Öztürk vd., 2003 ve Sönmez vd., 2012

Çalışma kapsamında yaygın kullanılmasından dolayı D.S.İ Sentetik ve Mockus metotları üzerinde durulacaktır.

1.2.3.1.1. D.S.İ Sentetik Metodu /Uyarlanmış SCS

D.S.İ sentetik metodu 1000 km²'ye yakın büyüklükteki havzalarda kullanılır. Daha büyük havzalarda küçük parçalara ayrılarak bu yöntem uygulanabilir. D.S.İ sentetik yöntemde, 2 saat sağanak süre ile meydana gelen bir yağışın birim alanda getireceği akım verimi (qp, lt/sn/km²/mm) hesaplanır. Bu metot aşağıdaki bağıntıyla tanımlanır (Chow vd., 1964; Özdemir, 1978; Sönmez vd., 2017);

$$E = [(L * L_c) / (\sqrt{S})]$$

E: Eğri numarası,

L: Akarsu uzunluğu (km),

L_c: Akarsu uzunluğu (km),

S: Harmonik eğim.

$$q_v = 414 / [A^{0,225} * (L * L_c / \sqrt{S})^{0,16}]$$

q_v: Akım verimi(lt/sn/km²/mm),

A: Havza alanı (km²),

L: Akarsu uzunluğu (km),

L_c: Akarsu uzunluğu (km),

S: Harmonik eğim.

$$q_p = q_v * A * 10^{-3}$$

q_p : Pik debi(m³/sn/mm),

q_v : Akım verimi,

A : Havza alanı (km²).

$$V_b = A * 10^3$$

V_b : Birim hacim (m³),

A : Havza alanı (km²).

$$T = 3,65 * V_b / q_p \text{ (saniyeden saate çevrilir)}$$

T : Hidrografın devam süresi(saate),

V_b : Birim hacim (m³),

q_p : Pik debi(m³/sn/mm).

$$T_p = T/5$$

T_p : Hidrografın yükselme zamanı(Saat),

T : Hidrografın devam süresi(Saat).

$$Q_{(x)} = q_p * h_x$$

$Q_{(x)}$: İstenilen tekerrürdeki debi değeri (m³/sn/mm), x değeri temsilidir buraya istenilen tekerrür aralığı yazılır.

q_p : Pik debi(m³/sn/mm),

h_x : İstenilen yağış tekerrürüne sahip etkili yağış yüksekliği(mm).

1.2.3.1.2. Mockus Metodu

Mockus metodu toplanma zamanı (T_c) 30 saate kadar olan havzalarda uygulanmaktadır. Üçgen hidrograf kullanılması nedeniyle kullanıcıya kolaylık sağlar. Bu durum söz konusu metodun kullanımı arttıran en büyük faktörlerden biridir. Drenaj sahası daha büyük bir alana sahipse bu durumda havza yan kollara göre alt havzalara ayrılarak bu metodun

kullanımı sağlanabilir. Ayrıca bu metotta üçgen hidrografın eğrisel bir hidrografa dönüşümü de mümkündür (Öztürk vd., 2003; Sönmez vd., 2012). Mockus Metodu aşağıdaki formüllerle ifade edilir (Mockus, 1957; Sönmez vd., 2017);

$$T_c = 0,00032 * (L_h^{0,77} / S^{0,305})$$

T_c : Akım toplanma süresi (Saat),

L_h : Akarsu uzunluğu (m),

S : Harmonik eğim.

$$D = 2\sqrt{T_c}$$

D : Toplam yağış süresi(Saat).

$$T_p = 0,5 * D + 0,6 * T_c$$

T_p : Hidrografın yükselme zamanı(Saat).

$$T_r = H_c * T_p \text{ (Saat)}$$

T_r : Hidrografın alçalma zamanı (Saat),

H_c : Havza özelliklerine göre 1 ile 2 arasında değişen ampirik bir katsayıdır. 1,67 olarak alınmıştır.

$$q_p = K * A / T_p$$

q_p : Pik debi(m^3/sn),

A : Havza alanı (km^2),

K : Havza katsayısıdır. 0,208 olarak alınmıştır.

$$Q_{(x)} = q_p * h_x$$

$Q_{(x)}$: İstenilen tekerrürdeki debi değeri ($m^3/sn/mm$), x değeri temsilidir buraya istenilen tekerrür aralığı yazılır.

q_p : Pik debi($m^3/sn/mm$),

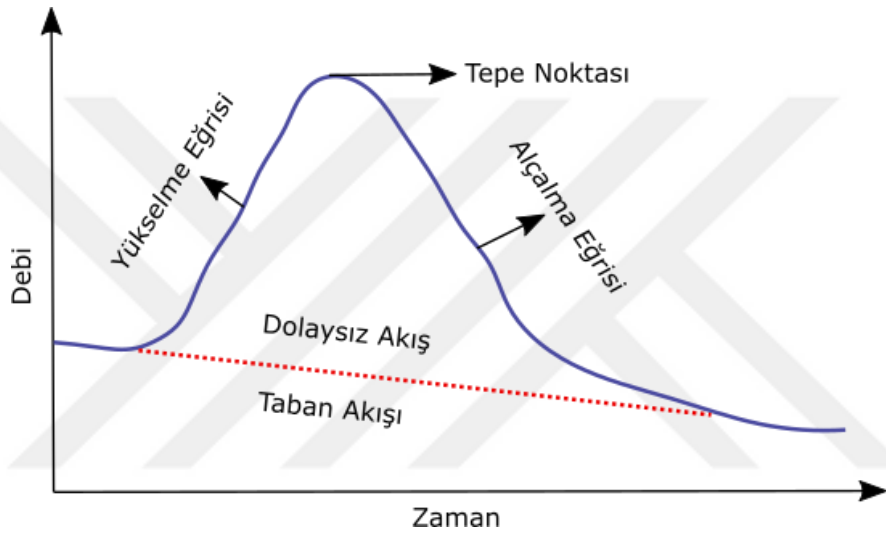
h_x : İstenilen yağış tekerrürüne sahip etkili akış yüksekliği(mm).

1.2.3.2. Sentetik Hidrografın Elde Edilmesi

Taşkın ve sel çalışmalarında elde edilen akışın havza karakterleriyle ifade edilmesini sağlayan en önemli unsurlar birim hidrograf ve taşkın hidrograflarıdır.

1.2.3.2.1. Hidrograf ve Elemanları

Hidrograf akarsuyun belirli bir kesiminden geçen suyun belli bir zaman aralığındaki akımını gösteren grafikdir (AFAD, 2021; DSİ, 2021). Temelde bir hidrografı oluşturan üç eleman vardır. Bunlar; yükseliş eğrisi, tepe noktası ve iniş eğrisidir (Şekil 3).



Şekil 3: Hidrograf ve Hidrograf Elemanları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

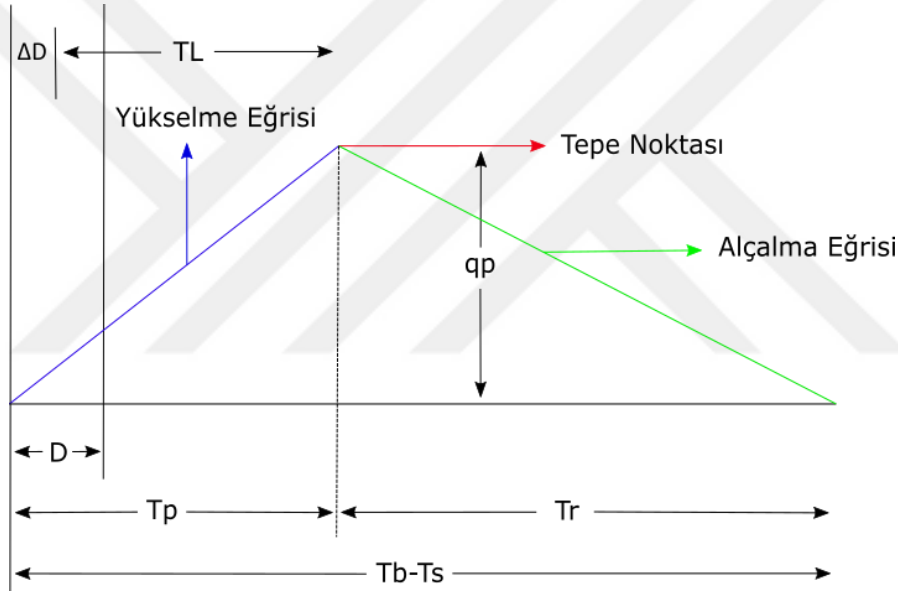
Yükselme Eğrisi: Hidrografta gözlem süresinin başından taşkın tepesine kadar süren akımın artışını gösteren kısma yükselme eğrisi denir. Bu eğrinin şeklini belirleyen en önemli unsurlar yağış öncesi koşullar ve yağışın özelliğidir. Havzanın yukarı çığırlarından gelen su kütesinin katkısına binaen zamanla eğri yukarı yönlü iç bükey bir hal almaktadır. Dolaysız akışın son bulunduğu noktadan uzaklaştıkça eğrinin eğimi artmaktadır (Bayazıt, 1995).

Tepe Noktası: Yükselme eğrisinin son bulunduğu debinin ise maksimum olduğu hidrografın en üst noktasıdır (Bayazıt, 1995).

Alçalma Eğrisi: Debinin maksimuma eriştikten sonra inişe geçtiği eğriyi temsil eder. Bu eğrinin şekli havzanın karakterine bağlıdır (Bayazıt, 1995).

1.2.3.2.2. Birim Hidrograf ve Elemanları

Birim hidrograf terimi ve yöntemi ilk kez Sherman (1932) tarafından ortaya koyulmuştur. Birim hidrograf, bir havzada belirlenmiş bir süre içinde muntazam şiddetle düşen yağışın bir birimli etkili kısmının oluşturduğu dolaysız akışın meydana getirdiği hidrograftır (DSİ, 2021). Hidrografi oluşturan üç temel ögenin yanında bir birim hidrografi oluşturan elemanlar da aşağıdaki şekilde verilmiştir (Şekil 4). Klasik bir hidrograf eğrisel bir hatta sahiptir, fakat basitliği ve kolay anlaşılabilir olması nedeniyle birim hidrograf elemanları üçgen hidrograf üzerinden şematize edilmiştir (Şekil 4). Hesaplamalarda aynı kısaltmalar yaygın olarak kullanılan ifadelerdir.



Şekil 4: Hidrograf ve Elemanları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Birim hidrografi oluşturan elemanlar şu şekilde sıralanabilir (Chow vd., 1988);

Aşırı Yağış Süresi (D): Taşkını oluşturan yağış süresidir.

Etkili Yağış Süresi (ΔD): Aşırı yağışta dolaysız yüzey akışını meydana getiren sağanak yağışıdır.

Pik Zamanı (Tp): Fırtına merkezinden tepe noktasına kadar geçen süredir.

Pik Debi (qp): Birim zamandaki en yüksek akışı ifade eder.

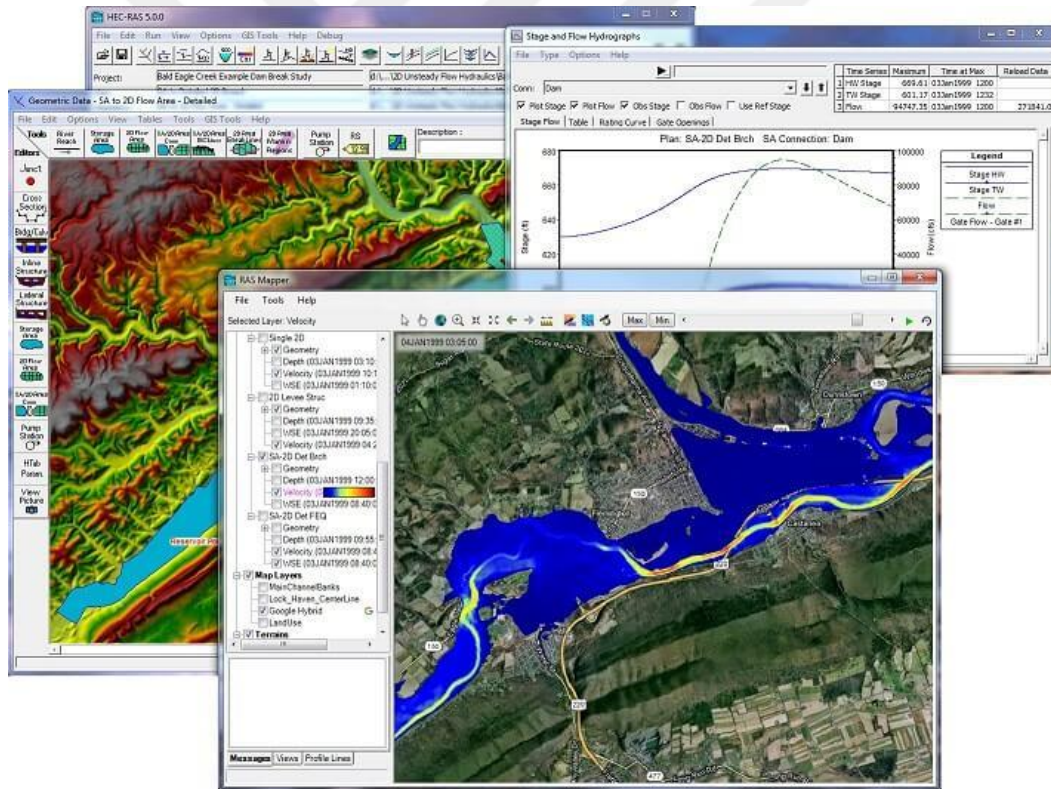
Havza Gecikme Süresi (TL): Etkili yağıştan pik debiye varıncaya kadar geçen süredir.

Hidrograf Alçalma Süresi (Tr): Pik debiden dolaysız akışın bitişine kadar geçen süreyi ifade eder.

Taban Genişliği (Tb-Ts): Birim hidrografın tabanına denk gelir. Dolaysız akışın başlangıç ve bitiş arasındaki süreyi ifade eder.

1.2.4. HEC-RAS Yazılımı İle Taşkın Modelleme

HEC-RAS, Birleşik Devletler Ordusu Mühendisler Birliğinin (USACE) Hidrolojik Mühendislik Merkezi (HEC) tarafından geliştirilen kullanıcının tek boyutlu sabit akış, bir veya iki boyutlu kararsız akış hesaplamaları, tortu taşınması/mobil yatak hesaplamaları, su sıcaklığı/su kalitesi modellemesi gibi analizleri yapmasına imkân veren bir yazılımdır. Ayrıca yazılım veri saklama ve yönetim kapasitelerine de sahiptir (Sargın, 2013; USACE, 2021) (Şekil 5).



Şekil 5: HEC-RAS Yazılımına Ait Görüntüler

Kaynak: USACE, 2021

Yazılım ilk kez 1995 yılında kullanıma sunulmuştur. Sonraki süreçlerde geliştirilerek bugünkü halini alması sağlanmıştır. Yazılama ait son sürüm HEC-RAS 6.0 Beta 3 adlı sürümdür. Fakat sürüm temel bir geliştirilme aşamasında olup temel bir HEC-RAS

yazılımın gördüğü tüm işlevleri görmemektedir. Bu bakımdan tam ve bitmiş en yeni sürüm olan HEC-RAS 6.4.1 kullanılması önerilmektedir. Ücretsiz ve kolay ulaşılabilir bir yazılım olması nedeniyle taşkın ve sel çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır (USACE, 2021).

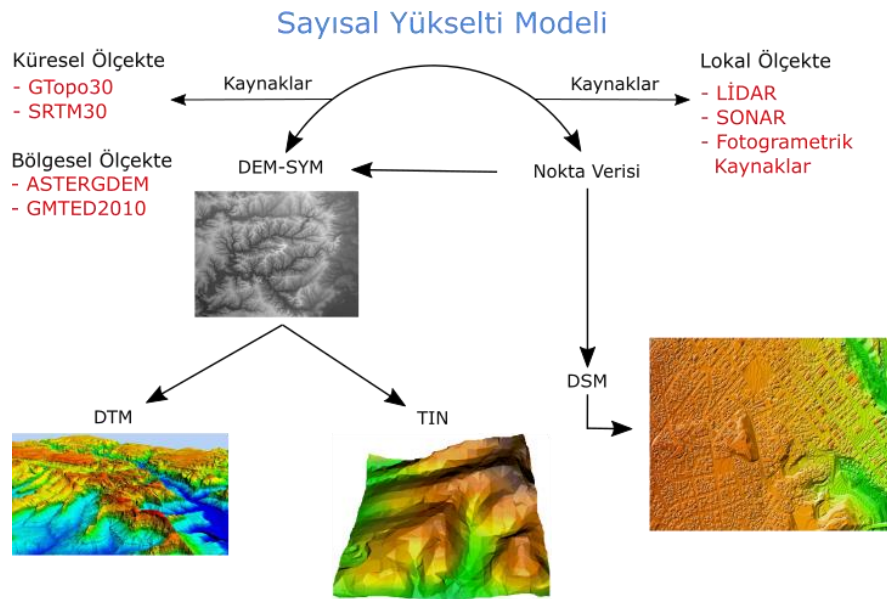
1.2.4.1. Geometrik Verilerin Oluşturulması

Geometrik veriler (geometric data), Akış verileri (steady ya da unsteady flow data) ile beraber HEC-RAS girdilerini oluşturan temel verilerdir (Üyüklüoğlu, 2015). Geometrik veriler araziye temsil eden verilerdir. Bu bakımdan arazi koşullarına ait özneliliklerin ya tam ve eksiksiz girilmesi ya da araziye temsil eden mekânsal verilerin elde edilmesi gerekir. Geometrik veriler köprülerden, en kesitlerden, menfezlerden vs. oluşurken akış verileri ise; debiler ve sınır şartlarından oluşur (Üyüklüoğlu, 2015).

1.2.4.1.1. SYM (Sayısal Yükselti Modeli) Verilerinin Elde Edilmesi

Çalışma yapılacak sahaya ait SYM verisi arazideki yüksekliklerin okunması buna binaen en kesitler, dere talveg noktalarının çizilmesi, dere sağ-sol sahillerinin çizilmesi ve dere akış yolun belirlenmesi adına önemli ve gerekli bir unsurdur (Utlı vd., 2020).

Araziye ait SYM verisi çeşitli hava araçları veya uydular ile elde edilen araziye ait yükseklik değerleri içeren bir veri setidir (Miller, 1958; Saygılı, 2004) (Şekil 6).



Şekil 6: Sayısal Yükselti Modelleri ve Elde Edildiği Kaynaklar.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

SYM'ler DTM (Digital Terrain Model) ve TIN (Triangulated Irregular Network) formatına dönüştürölüp arazinin genel görünümlü hakkında bir fikir elde edilebilir.

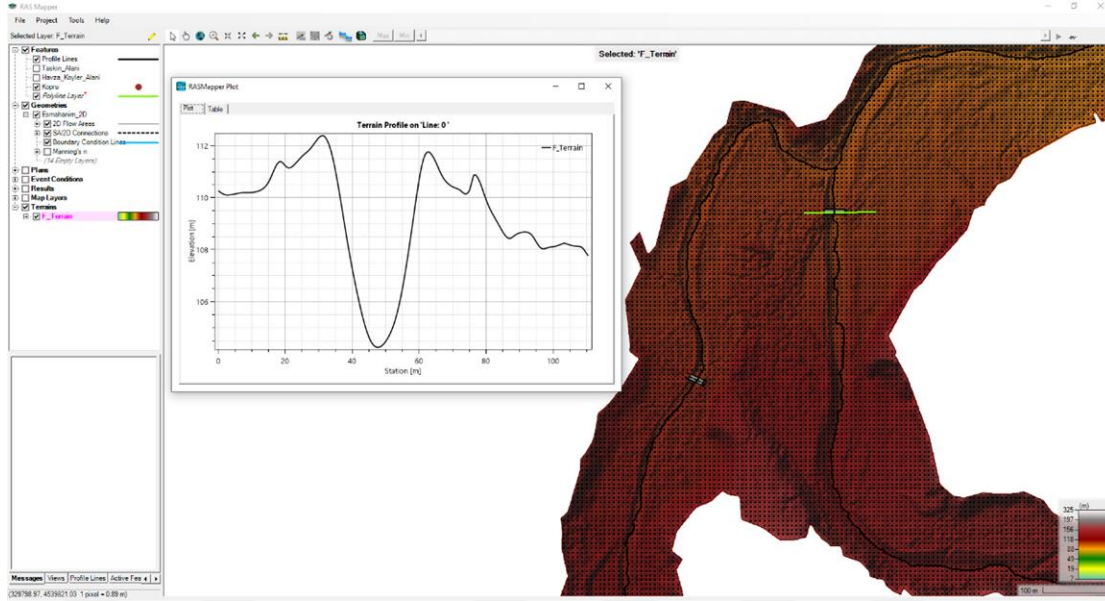
Sayısal Yükseklik Modellerinin üzerine araziye ait diğler bilgiler ve öznitelikler eklendiğinde DTM (Digital Terrain Model-Sayısal Arazi Modeli) elde edilir (Akça, 2000).

TIN, yüzey verilerini temsil etme maksatlı kullanılan vektör tabanlı topolojik bir veri modelidir (Aronoff, 1989). Sürekli yüzeylerin gösterimi için raster yüzeylere alternatif olarak geliştirilmiştir. Genellikle üç boyutlu mekânsal yüzey analizlerini içeren çalışılmlarda tercih edilir. Bu model topografya yüzeyine bağılı olarak çeşitli büyüklükteki üçgenlerin bir ağı oluşturmaya dayanır. Bu sebeple düzensiz üçgen modeli olarak adlandırılır (Akça, 2000).

DSM'ler ise DTM'lere ek olarak ağaç, bina, elektrik direğı vb. diğler tüm objelerin de dâhil edildiğı matematiksel bir yüzeydir. Bu model çoğunlukla üç boyutlu kent modeli, havacılık, enerji sektörü gibi çalışma alanlarının yanında topografya ile ilgili tüm çalışılmlarda kullanılmaktadır (Balenović vd., 2015).

1.2.4.1.2. Akarsu Yatağıının Modellenmesi ve 2D Hesaplama Ağıının Tanımlanması

HEC-RAS'ta 2 Boyutlu analizler için öncelikle belirlenen alan için 2D hesaplama ağı oluşturulmalıdır. 2D hesaplama ağıının oluşturulması için RasMapper arayüzünün kullanılması çeşitli kolaylıklar sağlamaktadır. Bu arayüzde "Geometries" katmanı altında bulunan çalışılmanızın adıyla tanımlı katmanın üstüne sağ tıklayarak "Edit Geometry" seçeneğine tıklanır. Açılan kutucuktan "2D Flow Areas" sekmesine tıklanarak "Perimeters" katmanının üzerine gelinir ve buradan çalışma alanınızda 2D hesaplama ağını tanımlamak istediğiniz alan çizilir. Çizim bittikten sonra Sol üst köşede bulunan edit araç çubuğunda yer alan "Edit Mesh Properties" aracı kullanılarak hüce boyutları (Cell Size) belirlenir (Ardıçoğılu 2020). Hücre boyutu belirlenirken analizin yapılacağı arazi için en uygun hücre boyutu tercih edilmelidir. Hücre boyutu belirlenirken yüksek değler verilmesi arazide taşkın alanıyla uyuşmayacak abartılı yayılım alanları verilir. Bu durum göz önüne alınarak arazi olabildiğince iyi tanınmalı ve bu durum göz önüne alınarak en ideal hücre boyutu seçilmelidir (Kızmaz, 2020) (Şekil 7).



Şekil 7: 2D Hesaplama Ağı ve Dere Yatağı Enine Profil Örneği

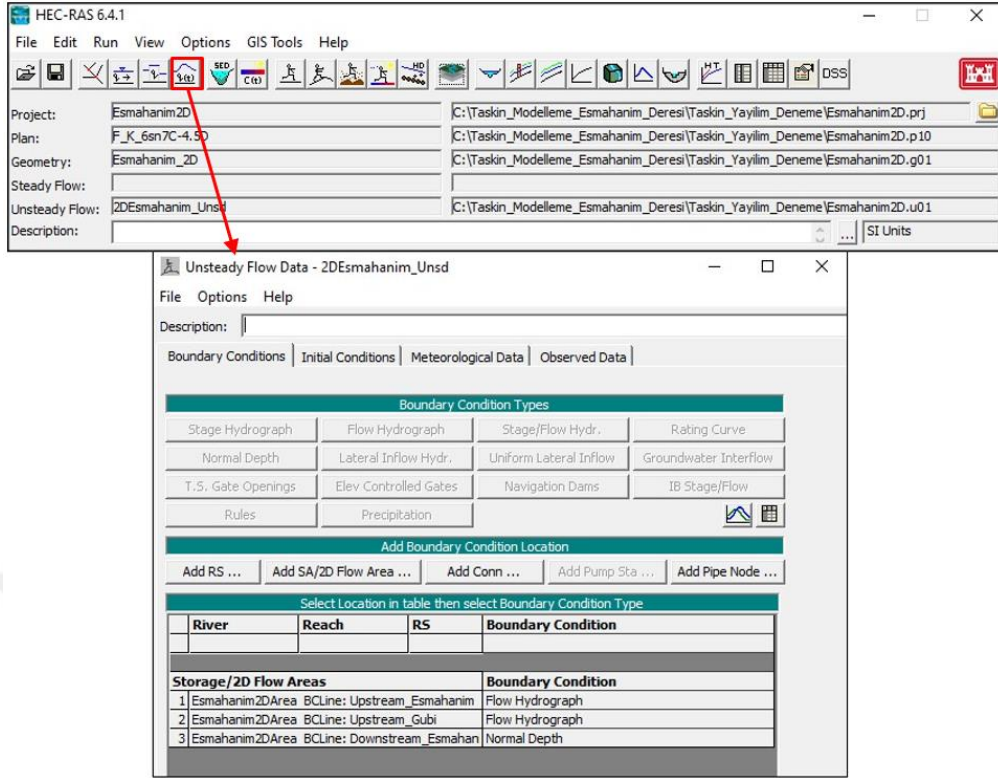
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Analiz yapılacak kesite ilişki sınır koşulları ise yine soldaki “Geometries” araç kutusu içinde yer alan “Boundary Conditions Line” katmanı kullanılarak belirlenebilir. Sınır koşulları analiz yapılacak kesite ilişkin hidrograf ve eğim değerlerini içerir (Ardıçoğlu 2020).

Analiz yapılacak kesitte köprü, menfez, savak vs. gibi sanat yapıları bulunuyorsa bu yapıları yine sol pencerede yer alan “Geometries” katmanı içerisinde yer alan ilgili katmanları tıklanarak eklenebilir (Ardıçoğlu 2020).

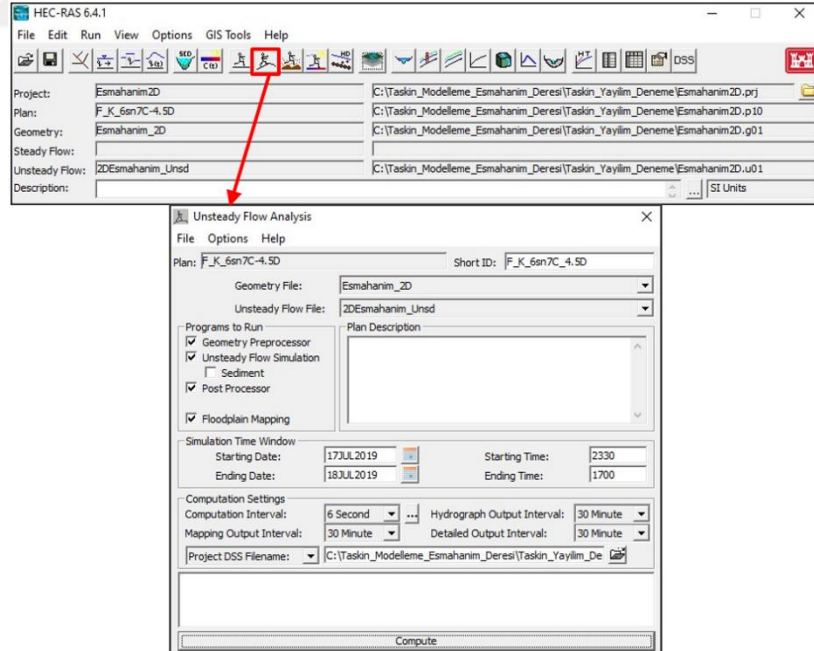
1.2.4.2. Tekerrürlü Debi Miktarlarının HEC-RAS Yazılımına Girilmesi ve Taşkın Tehlike Alanlarının Belirlenmesi

Geometrik verilerin yazılıma girilmesinden sonra hesaplanan debi miktarı yapılacak analize uygun olarak kararsız akım (Unsteady Flow Data) veri penceresine girilir. İstenilen tekerrür aralığındaki hidrograflar “Boundary Conditions” başlığı altında yer alan kutucuğa/kutucuklara üst sınır koşulu (Upstream) olarak girilir. Havzanın mansap kısmını temsil eden Downstream’e ise “Normal Depth” sınır koşulu tipi tıklanarak havza çıkış eğimi girilir (Şekil 8, Şekil 9). Çalışmada da bu yöntem tercih edilmiştir.



Şekil 8: HEC-RAS Kararsız Akım Veri (Unsteady Flow Data) Sekmesi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 9: HEC-RAS Kararsız Akım Analiz (Unsteady Flow Analysis) Sekmesi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Sonrasında kaydedilen veriye uygun analizin çalıştırılacağı yöntem araç çubuğundan seçilir, hidrografa uygun analiz başlangıç ve bitiş tarihleri girilerek “Compute” butonuna tıklanır ve analiz başlar. Bu işlem sonucunda nihai taşkın derinlik alanları elde edilir.

1.2.5. TaşkınTehlike ve Taşkın Risk Analizi

Afet çalışmalarında ele alınması gereken önemli konulardan biri de risk kavramı ve değerlendirmesidir. Bu kavramın daha anlaşılabilir olması adına öncelikle riske yol açabilecek tehlikelerin anlaşılması gerekmektedir. Nitekim tehlike, Dünya Sağlık rgt WHO (2002) tarafından bazı durum, nesne veya etkenlerin insan sağlığını ve vreyi tehdit etmesi olarak tanımlanmıştır. Uluslararası alışma rgt ILO’nun 1991 yılında yayımlamış olduğu “Büyük Endüstriyel Kazaların nlenmesi Uygulama Kodu” çalışmasında insan ile birlikte canlı hayatını, vreyi, mlk ve tesisleri tehdit edici unsurlar barındıran etkisi belirlenmemiş kaza ve zarar ihtimali olarak belirtilmiştir. ISO/IEC-Guide-51 (1999)’da ihtimal dhilindeki zarar kaynağı, can ve mala gelecek fiziksel zarar olarak tanımlanmıştır. Fitzpatrick ve Bonnefoy (1999)’a göre vakanın kontrol altında tutulamaması sonucu meydana gelen fiziksel, fonksiyonel ve maddi hasardır. Afet bilimcilerden Gigliotti ve Jason (1991) tarafından tehlike coğraf ortamda insanların gündelik hayatlarının akışını bozan, sosyoekonomik faaliyetlerinde olumsuzluklara neden olan mal ve hizmetlerde ziyan oluşturabilecek ender olaylar olarak tanımlanmıştır. Yine bir diğer afet bilimci olan zdemir (2007a) tarafından afetin gerçekleşme ihtimali olarak tanımlanmıştır.

Risk kavramı ise zkılı (2008)’ın çalışmasında tehlike ve fırsat kavramlarından oluşan bileşik bir terim olarak ifade edilmiştir. Yine risk analizi disiplininde önemli bir itibara sahip olan araştırmacı Morgan (1993) tarafından tehlikeye şahit olanların daha önce görmediği, tanınmayan ve gözlemlenemeyen, bilim üzerinde yeterince kabil olmadığı etkilerinin sonraları ortaya çıkma ihtimali bulunan şey olarak tanımlamıştır. Coburn ve Spence (2002) ile Okuyama ve Chang (2004)’a göre tehlikenin meydana gelebilme olasılığı ile birlikte neden olacağı sonuçların bileşkesi olarak tanımlamıştır. Yani riskin boyutunu belirleyen unsurlar tehlikenin büyüklüğü ve etkilenen yapının korunumu ile alakalıdır. Dünya Sağlık rgt WHO (2002) göre risk, olasılık taşımakla beraber istenmeyen sonuçlara neden olan faktörlerdir. Afet bilimci zdemir (2007a)’e göre zarar ihtimali ve afetin gerçekleşme düzeyi risk olarak ifade edilebilir.

Bütün bu tanımlar göz önüne alındığında tehlike her türlü zarara yol açabilecek, yaşanma olasılığı bulunan istenmeyen durumlar olarak ifade edilebilir. Risk ise tehlike kavramına ek olarak tehlikenin etki boyutunun artmasına neden olacak unsurların tümüdür. Afet kapsamında değerlendirmek gerekirse; taşkın tek başına bir tehlike iken taşkın afeti bir risktir. Zira taşkını önemli kılan unsur nüfusa, yerleşime, canlı hayatına ve çevreye karşı oluşturduğu tehdittir. Örneğin taşkın tehlikesi taşıyan A ve B adında iki farklı topoğrafyayı ele alalım. A topoğrafyasında yerleşme ve nüfus yoğunluğunun fazla olduğunu B topoğrafyasında ise seyrek olduğunu düşünelim. İkisinde de tehlikenin boyutu aynıdır fakat risk A topoğrafyasında daha fazladır. Çünkü tehlikeye maruz kalan unsurların boyutu daha büyüktür.

Morgan (1993), tehlikelerin gözlemlenmesi ve bilinmesinin zaruri olmadığını ifade etmektedir. Buna ek olarak eğer bir yerde risk varsa bunun bilinmesinin zararı sınırlandıracağı veya ortadan kaldıracığı düşüncesinin yanlış olduğunu ifade etmektedir. Bu durumun riskin denetlenememesinden doğduğunu iddia etmektedir. Fakat birçok araştırmacı tarafından tehlikelerin belirlenmesi ve riske neden olacak unsurların yönetilmesi durumunda ortaya çıkabilecek olumsuzlukların nispeten kontrol altına alınabileceği ifade edilmektedir (Derici vd., 2007; Özcan, 2008). Taşkın çalışmalarında da risk yönetimine sıklıkla değinilmektedir (Özcan, 2008; Doğan vd., 2013; Tombul, 2014; Oğuz vd., 2016). Daha önceki paragraflarda da belirtildiği üzere taşkın çalışmalarında olayın gerçekleşme olasılığı ve vereceği zarar riski oluşturmaktadır. Bu durumda taşkın risk analizinin yapıldığı çalışmalarda öncelikle çeşitli tekerrür aralıklarında meydana gelecek taşkın miktarı hesaplanır ve haritalanır. Sonrasında ise arazi kullanım bilgileri çerçevesinde zarar görebilmesi muhtemel alanlar tespit edilir (Öztürk, 2019). Bütün bu işlemlerin yapılmasında ana yöntem olması ve kullanımı giderek yaygınlaşması CBS metodolojisinin taşkın çalışmalarındaki önemini arttırmaktadır (Özdemir, 2007a; Özcan, 2008; Öztürk, 2009; Kaya, 2012; Bağdatlı, 2013).

HEC-RAS yazılımı ve CBS metodolojisi mantığıyla çalışan ArcGIS yazılımı entegrasyon bakımından birbiriyle uyumludur. Bu iki yazılım aracılığıyla ve çok kriterli yaklaşım yöntemiyle akarsu havzalarının taşkından zarar görme ihtimali ortaya konulabilmektedir (Öztürk, 2009). Bu çalışmada da HEC-RAS aracılığıyla elde edilen verilerin ArcGIS yazılımına entegrasyonu ve dönüşümü sağlanarak taşkın risk analizi yapılmıştır.

Taşkınların insanlar üzerindeki etkisinin derecelendirilmesi Ramsbottom vd. (2003)'e göre taşkın derinlik ve hızının bir fonksiyonudur. Fakat belli bir hızın altında yani yavaş akan ve derinliği fazla olmayan akarsularda taşkın ihtimali düşük olduğu için bunlar taşkın tehlike derecesi belirlenirken sınıflandırmaya tabi tutulmazlar. Bu analizde tehlike derecesi aşağıdaki formülle tanımlanmıştır;

$$(v + 1,5) * d$$

Formülde yer alan ifadeler şu şekildedir;

v : Hız,

d : Derinlik.

Formüle ek olarak taşkın esnasında taşınan malzemenin de hesaba katılmasıyla tehlike düzeyindeki artış gözler önüne serilmektedir. Formül sonraları Wallingford (2006b, 2006a) tarafından geliştirilerek şu hali almıştır;

$$FHR = d * (v + 0,5) + DF$$

Formülde yer alan ifadeler şu şekildedir;

FHR : Taşkın tehlike değeri,

d : Derinlik,

v : Hız,

DF : Debris faktörüdür.

Eşitlikte debris faktörü olarak adlandırılan DF değeri taşkın esnasında suyun içinde taşıdığı malzemeyi temsil etmektedir. Debris faktörü taşkın derinliğine göre değişkenlik göstermektedir (Tablo 9). Buna binaen debris değerinin belirlenmesinde aşağıda verilen tablodan faydalanılır. DF değeri elde edildikten sonra eşitlikteki yerine konulur ve taşkın hızı da dikkate alınarak taşkın tehlike dereceleri belirlenir (Özdemir vd., 2011) (Tablo 10).

Tablo 9: Derinlik, Hız ve Genel Arazi Kullanımına Göre DF Değerleri

Derinlik (m)	Çayır/Tarım	Orman/Ağaçlık	Şehir
0-0.25	0	0	0
0.25-0.75	0	0.5	1
d > 0.75 ve/veya h>2	0.5	1	1

Kaynak: Wallingford, 2006a

Tablo 10: Taşkın Derinlik ve Hız Denkleminin Bağlı Taşkın Tehlike Sınıfları

$d \times (v + 0.5) + 0.5$	Tehlike Derecesi	Açıklama
< 1.25	Düşük	Bazı insanlar için tehlikeli (Örn. çocuk, yaşlı vb.)
1.25 - 2.50	Orta	Birçok insan için tehlikeli
2.50 - <	Yüksek	Bütün insanlar ve yapılar için tehlikeli

Kaynak: Özdemir vd., 2011

HEC-RAS aracılığıyla elde edilen taşkın yayılım alanları, hız ve derinlik tehlike dereceleri yukarıda belirtilen kıstaslara bağlı olarak belirlenir (Tablo 10).

Risk hesaplamaları; taşkın karakteri (derinlik, hız vs.), risk altındaki unsurlar (nüfus, yapı, tarım arazileri vs.) ve risk altındaki unsurların zarar görebilirliği bileşkelerinden oluşan bir formülle ifade edilir (Özdemir, 2007a; Özdemir vd., 2011);

$$R = f(F, E, V)$$

Formülde;

R : Risk,

F : (Flood) Taşkın karakterleri (Derinlik, hız vb.),

E : (Element at Risk) risk altındaki elemanlar (Nüfus, yapı, tarım arazileri vs.)

V : (Vulnerability) risk altındaki elemanların zarar görebilirlikleridir.

Çalışmada ArcGIS yazılımında yer alan Spatial Analysis aracıyla üretilen nihai taşkın tehlike haritaları detaylı arazi kullanımı, yol ve yerleşme unsurları dikkate alınarak risk denetimi yapılmıştır.

1.2.6. Taşkın Duyarlılık Analizi

Bir havzadaki yan kolların ve bunlara ait havzaların taşkın duyarlılığını belirlemek önemlidir. Keza son zamanlarda bununla ilgili çalışmalar giderek atmaktadır. Taşkın

duyarlılığı, ana havza içindeki alt havzaların hidrolojik ve morfolojik özelliklerin değerlendirilmesi ile belirlenir. Esmahanım ana havzası için 3 alt havza belirlenmiştir. Söz konusu havzalara ilişkin hidrolojik ve morfolojik özellikler “**Bulgular**” ana başlığı altında analiz edilmiştir. Sonuç olarak duyarlılığın belirlenmesinde literatürde yaygın olarak kullanılan belli başlı morfometrik analizler kullanılmıştır. Analizlerde yapılan hesaplamalara ilişkin formüller aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 11).

Tablo 11: Morfometrik Parametreler ve Hesaplanmasında Kullanılan Formüller.

Parametre	Formül	Kaynak
Çizgisel Morfometri (Linear Morphometry)		
Çatallanma Oranı (Bifurcation ratio)	$R_b = \frac{N_U}{N_{U+1}}$	(Schumm, 1956)
Akarsu Uzunluk Oranı (Length ratio)	$R_L = \frac{L_U}{L_{U+1}}$	(Patton, 1988)
Tekstür Oranı (Texture ratio)	$T = N_{D1} * \frac{1}{P}$	(Horton, 1945)
Alansal Morfometri (Areal Morphometry)		
Drenaj Yoğunluğu (Drainage density)	$D_d = \frac{\sum L}{A}$	(Horton, 1932, 1945)
Akarsu Sıklığı (Stream frequency)	$F_s = \frac{\sum N_U}{A}$	(Horton, 1932, 1945)
Havza Şekli (Basin shape)	$R_f = \frac{A}{(L_b)^2}$	(Horton, 1932)
Uzunluk Oranı (Elongation ratio)	$R_e = \frac{2}{L_m} * \left[\frac{A}{\pi} \right]^{0,5}$	(Schumm, 1956)
Rölyef Morfometrisi (Relief Morphometry)		
Havza Rölyefi (Basin relief)	$B_h = H_{max} - H_{min}$	(Schumm, 1956)
Rölyef Oranı (Relief ratio)	$R_h = \frac{H}{L}$	(Schumm, 1956)
Engelibelik Değeri (Ruggedness number)	$R_n = B_h * Dd$	(Schumm, 1956)
Akım Toplanma Zamanı (Time of concentration)	$T_c = 0,0195 * \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}}$	(Kirpich, 1940)
Hipsometrik İntegral (Hypsometric integral)	$H_i = \frac{H_{ort} - H_{min}}{H_{max} - H_{min}}$	(Pike ve Wilson, 1971; Mayer, 1990)

Kaynak: Yazar tarafından tablodaki kaynaklar kullanılarak derlenmiştir.

Her alt havza için hesaplanan bu morfometrik değerler taşkın duyarlılığına karşın alt havzalar içinde sıralamaya tabi tutulmuştur. Sıralamaya uygun olarak sayısal etki değerleri atanan alt havzaların söz konusu morfometrik parametrelere ait sayısal etki değerleri toplanmıştır. Sonuç olarak en fazla sayısal etki değerine sahip alt havza diğer havzalara göre taşkına karşı en duyarlı havza iken en düşük değer sahip havza diğer havzalara göre taşkına karşı en duyarsız havzadır (Tablo 12).

Tablo 12: Morfometrik Analizler ve Bunlara İlişkin Etki Değerleri

Alt Havzalar	R_b	R_L	T	D_d	F_s	R_f	R_e	B_h	R_h	R_n	T_c	H_t	Σ
Esmahanım Alt Havzası	3	1	1	3	1	3	2	1	3	1	3	2	24
Gübi Alt Havzası	2	2	3	2	3	2	3	2	2	3	2	3	29
Küpler Alt Havzası	1	3	2	1	2	1	1	3	1	2	1	1	19

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Duyarlılık seviyesini belirlemede ise toplam değerlerin alt ve üst limitleri esas alınarak 3 eşit aralık oluşturulmuştur. Bu duyarlılık aralıkları düşük, orta veya yüksek olarak tanımlanmıştır

2. BÖLÜM: ÇALIŞMA ALANININ COĞRAFI ÖZELLİKLERİ

2.1. Fiziki Coğrafya Özellikleri

2.1.1. Jeolojik Özellikler

Arazideki kayaçların cinsleri, geçirgenlik ve aşınmaya karşı gösterdikleri direnç taşkın ve sel çalışmalarında önem arz etmektedir. Özellikle gözenekleri nedeniyle geçirgenliği fazla olan kayaçların bulunduğu yerlerde sızmanın miktarı artar bu durum yüzeysel akışın azalmasına, dolayısıyla sel ve taşkın şiddetinin de azalmasına neden olur. Geçirimsiz kayaçların olduğu yerlerde ise yüzeysel akışa geçen su kütesinin fazla olması sel ve taşkınların daha sık ve şiddetli oluşmasına neden olmaktadır. Gevşek alüvyal depolarla, gözenekli, çatlaklı kayaçlarda büyük oranlara ulaşan infiltrasyona karşın, killi ve bütün yapıları kayaçlarda yüzeysel akış yüksek miktarlara ulaşmaktadır. Zeminin çoğunlukla çatlaklı kireç taşlarından oluştuğu alanlarda sızma artarak selin etkisi azalır. Bazı durumlarda ise günlerce devam eden yağışların ardından zeminin doymun hale gelmesinden sonra geciken taşkınlara da olabilmektedir (Gürgen, 1993; Özcan, 2006; Yılmaz, 2008).

2.1.1.1. Stratigrafik ve Litolojik Özellikler

Araştırma sahası, Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde ve Melen Çayı Havzası içerisinde yer aldığından dolayı Melen Çayı Havzası geneli ile ortak stratigrafik ve litolojik özellikler göstermektedir. Çalışma sahası Ketin (1966)'nin tanımlamış olduğu ana tektonik birliklerden Pontid Kuşağında yer almaktadır. Güneyinde yer alan Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ile Sakarya Zonundan ayrılan bu saha Okay (1989) tarafından belirlenen tektonik birliklerden İstanbul Zonunda yer almaktadır. Geç Neoproterozoyik-Kambriyen granitik temel ile yüzeylenen saha, Paleozoyik'e ait (Ordovisyen-Karbonifer) sedimenter istifler barındırmaktadır (Gorur vd., 1997). Çalışma sahasının kuzeydoğusunda çok küçük bir alanda metamorfik bir birim yer alırken magmatizmanın etkisi de görülmektedir.

Prekambriyen: Çalışma sahasının en yaşlı birimi Prekambriyen yaşlı metagranitoidlerdir (PEy). Efteni Gölü ile Çapayakbey köyü arasında yer alan Düzce

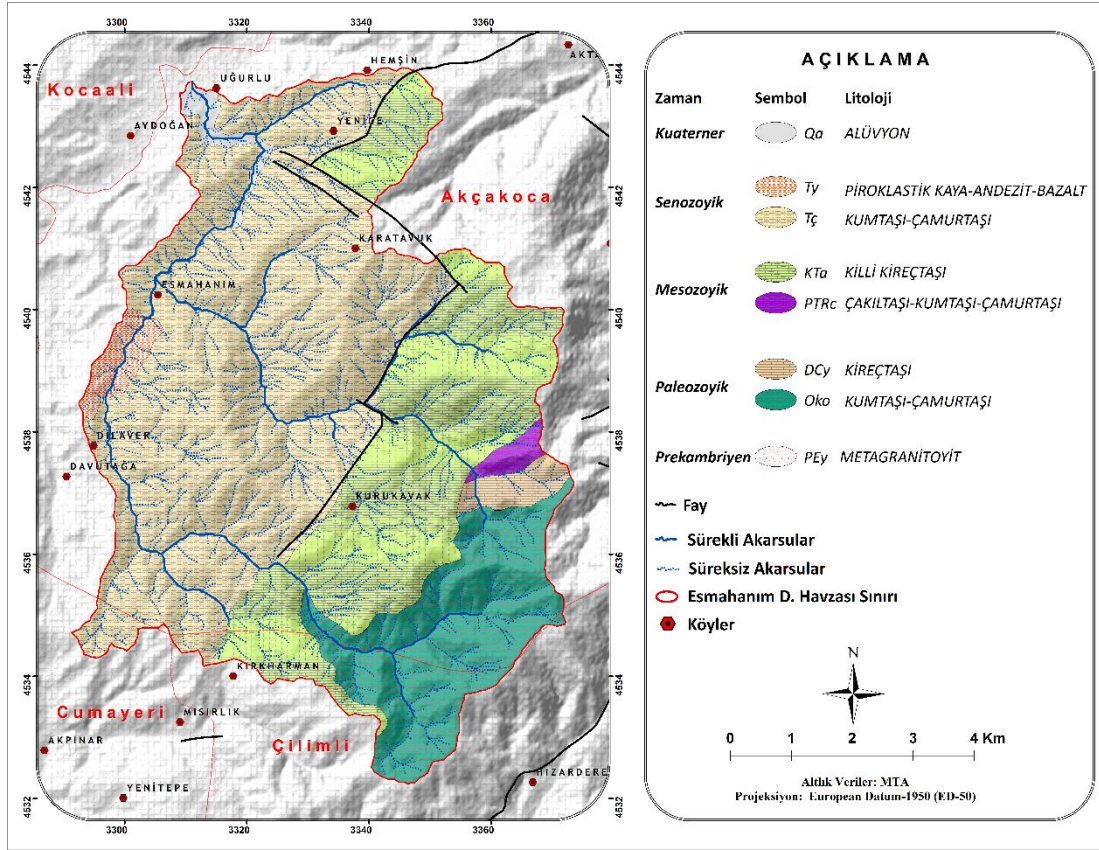
Fayı, metagranitoyidler ile Kuvaterner çökelleri arasındaki sınır oluşturur (Özmen, 2000) (Şekil 10).

Paleozoyik: Ordvisyen yaşlı kumtaşı ve çamurtaşından oluşan jeolojik birim Kocatöngel formasyonuna (Oko) dâhildir. Düzce'nin kuzeyindeki Karacaören-Gürcühüseyinağa köyleri arasında yer alan bu formasyon Bolu Masifi üzerine diskordans olarak gelir. Devoniyen yaşlı dolomitik kireçtaşları ise Yılanlı formasyonuna (DCy) dâhildir. Bu formasyon Çilimli kuzeybatısında çok dar bir alan gözükmektedir (Özmen, 2000) (Şekil 10).

Mesozoyik: Havzada çok sınırlı bir alana sahip Triyas dönemine ait çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşından oluşan birim Çakraz formasyonuna (PTrc) dâhildir. Bu formasyon doğuda Ereğli formasyonu (ODE) sınırlanır. Maestrihtiyen-Alt Eosen yaşlı Kıltaşı, Silttaşı ara seviyeli killi kireçtaşı-marn ve resifal kireçtaşları Akveren formasyonuna (KTA) dâhildir. Bu formasyon Kaynaşlı'nın kuzeyinde yer alan Çapayakbey ve Kaynaşlı ile sınırlanır. Kuzeydoğuda Ketenciler-Kurtköy arasında ve kuzeybatıda Domuzgölü tepe yöresinde yüzeylenir (Özmen, 2000) (Şekil 10).

Senozoyik: Havzanın büyük bir kesimini oluşturan Eosen yaşlı kumtaşı ve çamurtaşları Çaycuma formasyonuna (Tç) dâhildir. Bu formasyon Düzce'nin kuzeyi ve batısında net bir şekilde gözlenir. İçinde yer yer geniş yayılım gösteren volkanitler ise Yığılca üyesi (Ty) olarak ayrılır. Yığılca Üyesinin dominant jeolojik birimleri volkanik kumtaşı, tuf/tüfit, andezit-bazaltik lavlar ve/veya volkanik breşlerden ibarettir. Yığılca üyesi Düzce'nin güneyi, batısı ve kuzeydoğusunda gözlenir (Özmen, 2000) (Şekil 10).

Kuvaterner: Bu dönem ait araziler Esmahanım Çayı'nın mansap kısmı ve yakın alanlarında görülür. Genç alüvyonlardan oluşan bu birim havzada yaklaşık 1 km²'lik bir alan kaplamaktadır.



Şekil 10: Esmahanım Deresi Havzası Jeoloji Özellikleri

Kaynak: MTA, 1/25.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritasından faydalanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

2.1.1.2. Tektonik Özellikler

Çalışma sahası tektonik bakımdan aktif bir alandır. Sahanın güneyinde Ketin (1948) tarafından tanımlanmış Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) olarak adlandırılan sağ yanal atımlı transform özellikli yaklaşık 1600 km uzunluğa sahip aktif levha sınırında yer alan bir fay sistemi mevcuttur (Şengör, 1979). Çalışma alanın güneyinde KAFS'nin kuzey segmentindeki doğu kolunu oluşturan Düzce fayı 12 Kasım 1999 tarihinde 7.2 büyüklüğünde bir deprem üretmiştir (Şekil 11). Bu fayın haricinde çalışma alanına yakın Karadere, Hendek ve Çilimli fayları önemli tektonik unsurları oluşturmaktadır. Söz konusu faylardan Düzce fayı, Karadere Fayı ve Hendek fayının küçük bir kesimi 1999 depreminde kırılmıştır. Bu fay D-B uzanımlı Akyazı ilçesi ve Bolu Tüneli arasında uzanım gösteren yaklaşık olarak 73 km uzunluğundadır. 17 Ağustos 1999 depreminde Düzce Fayı'nın Akyazı ve Gölyaka arasındaki yaklaşık 30 km'lik uzanımına sahip batı segmenti kırılmıştır. 12 Kasım 1999'da gerçekleşen depremde ise Düzce Fayı'nın Gölyaka ilçesinin doğusunda kalan 43 km'lik kısmı kırılmıştır (Emre, Awata, vd., 1999).

Tablo 13: Çalışma Alanında Meydana Gelmiş Depremler ve Büyüklükleri

Deprem Büyüklüğü (Mw)	Frekans (Adet)
2-3	13
3-4	47
>4	3

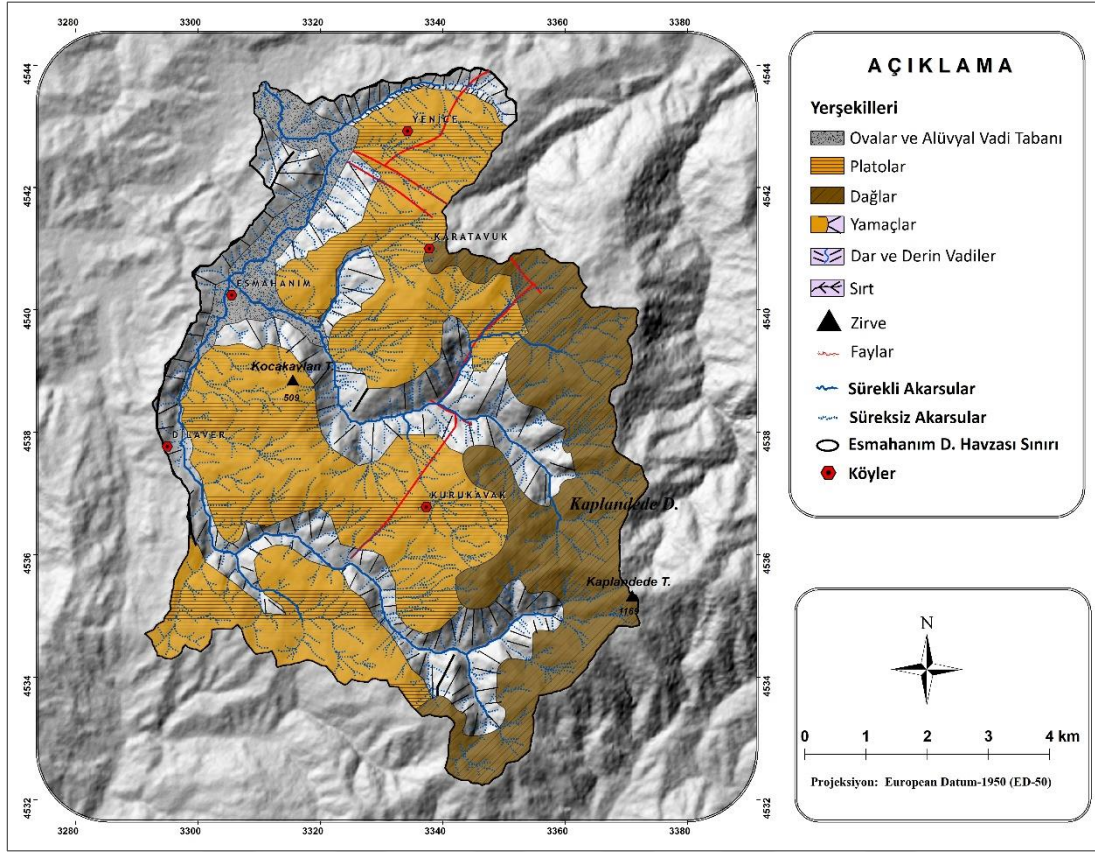
Kaynak: Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü verilerinden faydalanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Havzada büyüklüğü çok olmamakla beraber sıkça deprem yaşandığı söylenebilmektedir (Tablo 13). Havza içerisinde depremlerin sıklık gösterdiği alanların genellikle havzanın güneyinde yoğunlaştığı gözlemlenmektedir (Şekil 11).

2.1.2. Jeomorfolojik Özellikler

Çalışma alanında alt ve orta Miyosende nemli tropikal koşullar nedeni ile aşınım yüzeyleri oluşmuştur. Üst Miyosende ise kurak ve yarı kurak iklimin etkisi ile pediment ve adatepe oluşukları meydana gelmiştir. Pliyosen döneminde ise nemli iklim koşulları sebebiyle aşınım yüzeyleri belirginleşmiştir. Sonraki süreçte denüdasyon etkisini kaybetmiş ve akarsu ağı oluşmaya başlamıştır (Özcan, 1994).

Çalışma sahasında Flüvyal süreçler Pliyosen'den itibaren etkili olmaya başlamıştır. Esmahanım deresi havzasında kısa boylu akarsulardan oluşan sık bir akarsu ağı bulunmaktadır. Havzada yer alan dandritik drenaj ağına sahip birçok akarsu kaynağını Kaplandede dağından almaktadır. Sahada yayılış gösteren dağlık ve platoluk alanlarda yer yer dar ve derin çentik vadilere rastlamak mümkündür. Üst Miyosen aşınım yüzeylerinin arasındaki fay çiziklerine yerleşen akarsular zamanla oluk biçimli depresyonlar oluşturmuştur. Miyosen yaşlı olukların içine Pliyosen yaşlı tekne vadiler yerleşmiştir. Bu vadiler genel taban düzeyine alçalmış menderesler çizmeye başlamıştır. Sonrasında Kuaternerdeki tektonik gençleşme ile “V” biçimli vadiler oluşmuştur. Bu vadiler derin dik bir görünüm arz ederler (Özcan, 1994).



Şekil 12: Esmahanım Deresi Havzası Jeomorfoloji Özellikleri

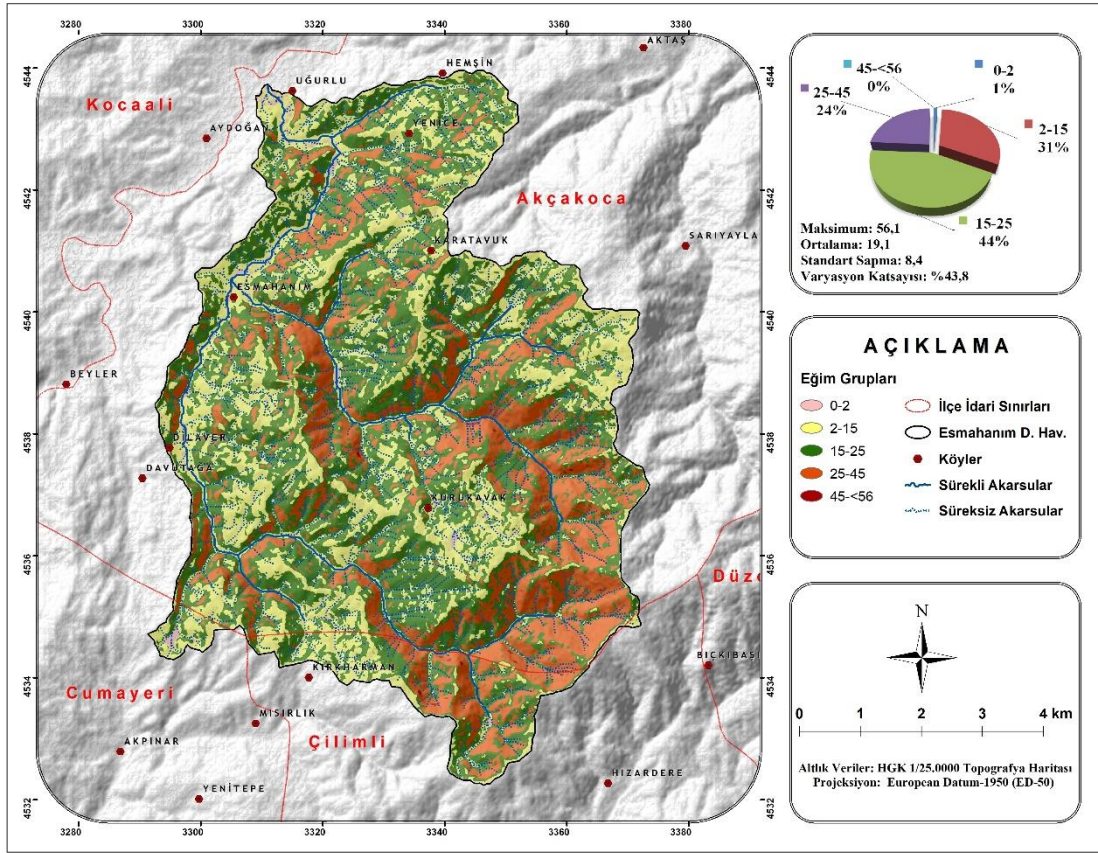
Kaynak: Harita Genel Müdürlüğü topoğrafya haritalarından yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Şekil 12'ye bakıldığında aşınım yüzeylerine denk gelen platoluk alanların genişçe bir yer kapladığı görülmektedir. Dik yamaçlar, keskin sırtlar ve çentik vadilere denk yüzeylerin bilhassa Kaplandede Dağı ve çevresinde olduğu gözlemlenmektedir. Temelde akarsuların boyları kısa olmakla birlikte zaman zaman akım miktarı ve akım gücünün yükseldiği söylenilebilir.

2.1.2.1. Eğim

Bir akarsu havzasında alçak, düz ve düze yakın alanlar taşkın (su basması-göllenme) afeti için en fazla riske sahip sahalardır. Ancak bu alanlarda, akarsu yatağı ve yakın çevresinde, su fazlasının yeterli düzeye ulaştığı hallerde sel karakterli akışlar da taşkınlar ile birlikte yaşanır. Arazinin eğim değerleri arttıkça yüzeye gelen ve toplanan su akışa geçeceğinden seylan ve sel karakteri gösterecektir. Yüzeysel akışa geçen ya da bir akarsu yatağını takip eden su kütlesi, eğimin hızla azaldığı alanlarda aktığı yatağı terk etmesiyle yatağa yakın ve eğimin azaldığı düz ve düze yakın alanları taşkın afetine maruz bırakmaktadır.

Dolayısıyla eğim şartları ve morfoloji, su fazlasına bağlı afet olaylarının türü üzerinde belirleyici olmaktadır (Turoğlu ve Özdemir, 2005; Özcan, 2006; Özdemir, 2007a).



Şekil 13: Esmahanım Deresi Havzası Eğim Özellikleri

Kaynak: Harita Genel Müdürlüğü topoğrafya haritalarından yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Tablo 14: Eğim Derecelerinin Havza İçinde Kapladığı Alan

Eğim (°)	Eğim Grubu	Alan (km ²)	Afet Türü	Alansal Dağılım Grafiği
0-2	Çok az eğimli (Düz)	0,6	Taşkın	
2-15	Az eğimli	19,0	Taşkın, Sel- Heyelan	
15-25	Hafif eğimli (Orta)	27,1	Heyelan	
25-45	Dik	14,9	Heyelan	
45-56	Çok Dik	0,1	Heyelan	

Kaynak: Harita Genel Müdürlüğü topoğrafya haritalarından yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

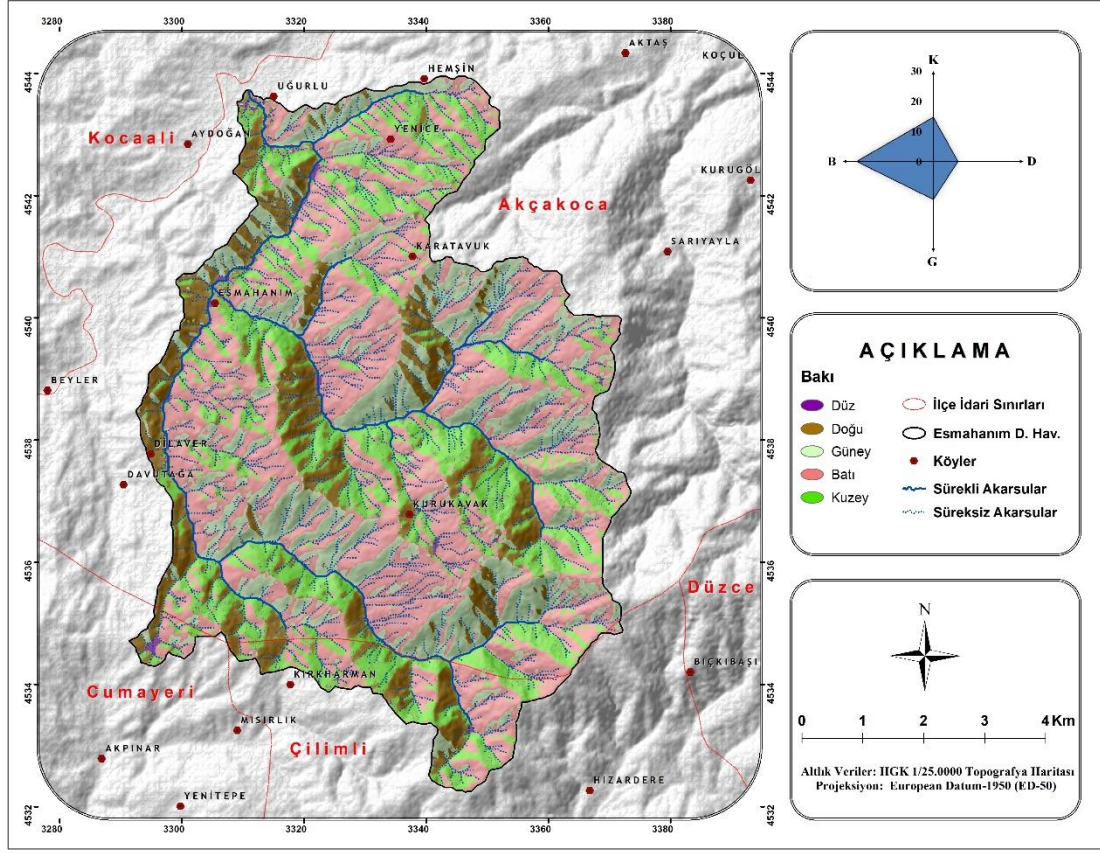
Çalışma sahasında eğim değeri 0°-68° arasında değişkenlik göstermektedir. Havzanın ortalama eğim değeri ise 19,1°'dir. Sahada en fazla alana sahip eğim sınıfları 2°-15° ile

15°-25° arasındaki eğimlere sahip olan az eğimli ve hafif eğimli sahalardır. Bu iki eğim grubu toplam alanın yaklaşık %75’ni kapsarken dik eğim grubuna sahip arazilerin oranında %24 oranında azımsanmayacak bir değer sahiptir. Çok dik alanlar ise %0.01 ile nispeten önemsenecek bir orana sahiptir (Şekil 13, Tablo 14). Havzadaki eğim gruplarının Standart sapması 8,4’tür. Tekin (2017)’nin ifade ettiği üzere bu değer her bir değerinin ortalama eğim değerinden belirtildiği miktarda sapmıştır. Bu miktarın ne kadar olduğunu saptayabilmek adına varyasyon katsayısı kullanılmıştır. Varyasyon katsayısı %43,8’dir (Bruning ve Kintz, 1993). Bu değer arazinin akarsular tarafından derince kazıldığının bir ifadesidir (Goudie, 2004).

2.1.2.2. Bakı

Yamaçların ufka olan açısını ifade eden bakı, belirli bir eğime sahip yamaçların hangi yöne baktığını işaret etmektedir (Huggett, 2007; Hoşgören, 2011). Ülkemizin matematiksel konumu itibarıyla kuzey yarım kürede ve dönenceler dışında bir ülkedir. Buna bağlı olarak ülkemizin bakı yönü güney yamaçlarıdır (Şahin vd., 2010). Bu yöne bakan yamaçtaki yatılıklar yıl boyunca diğer yönlerdeki yatılıklara göre nispeten daha fazla güneş radyasyonuna maruz kalmaktadır. Batı ve doğu yönleri ise güneşin doğuş ve batış zamanlarında güneş radyasyonuna maruz kalmaktadır. En az güneş radyasyonuna maruz kalan yatılıklar ise kuzeye bakan yamaçlardır (Goudie, 2004). Ayrıca bakı durumu bölgesel ve yerel ölçekte yağış şartlarını etkilemektedir. Yağış şartları ise toprağın nemliliğini belirleyen en önemli faktördür. Toprak nemi arttıkça infiltrasyon miktarı azalmakta ve yüzeysel akış artmaktadır. Kuzeye bakan yamaçların güneşlenme süreleri diğer yönlerdeki arazilere göre daha kısa, şiddeti ise daha düşüktür. Bu durum kuzey yarım kürede kuzeye bakan yamaçların yağış etkinliklerinin tür, şiddet, süre ve frekans özellikleri açısından özellikle güneye bakan yamaçlara göre daha fazla olmasının nedenidir. Bu nedenle kuzey yamaçları üzerindeki toprakların infiltrasyon kapasiteleri de düşüktür. Buradan hareketle, havza içindeki kuzeye bakan yamaçların oranı ne kadar fazla ise sızma ile su kaybı o oranda azalacak ve yüzeysel akışa geçen su miktarı artacaktır (Turoğlu ve Özdemir, 2005). Bu duruma ek olarak dağların nemli rüzgârlara açık yamaçları diğer yamaçlara göre daha fazla yağış alır. Bu bakımdan bakı, sellenmenin meydana gelmesi açısından önemli bir unsurdur. Yüksek alanlarda sellenmenin artması

ise alçak alanlarda taşkın riskini arttıran bir önemli bir faktördür (Özcan, 2006). Bakı şartlarının önemine binaen, havzanın bakı özellikleri haritalanmıştır (Şekil 14).



Şekil 14: Esmahanım Deresi Havzası Bakı Özellikleri

Kaynak: Harita Genel Müdürlüğü topoğrafya haritalarından yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Tablo 15: Bakı Değerlerinin Havza İçinde Kapladığı Alan

Bakı	Alan (km ²)	Oran (%)	Bakı Alansal Dağılışı Grafiği
Düz	0,7	1,1	
Doğu	8,2	13,3	
Batı	25,5	41,4	
Kuzey (KD, K, KB)	14,7	23,8	
Güney (GD, G, GB)	12,6	20,4	

Kaynak: Harita Genel Müdürlüğü topoğrafya haritalarından yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Havzanın bakı durumu incelendiğinde infiltrasyon oranının düşük olduğu kuzey ve kuzeyle ilintili yönlerde bakan arazilerin havza içindeki oranı %23,8'dir. İkinci dereceden düşük infiltrasyon oranına sahip güney yönüne bakan araziler ise havza içinde %20,4

orana sahiptir. Tablo 15'e bakıldığında havza içinde en yüksek yüz ölçümüne sahip bakı yönünün %41,4 ile batı olduğu görülmektedir. Doğu yönüne bakan alanların oranı havza genelinde %13,3 civarındadır. Düz alanların oranı ise %1,1'dir (Şekil 14, Tablo 15).

2.1.2.3. Hipsometrik Eğri ve Hipsometrik İntegral

Taşkınların oluşmasında etkin faktörlerden biri de havzanın yükseltisidir. Yüksek arazilerde su kütlesinin, sel ve seyelana sebep olduğu alçak arazilerde ise söz konusu su kütlesinin taşkınlara neden olduğu bilinmektedir. En basit anlamda yükselti arttıkça sıcaklığın düşeceği bilindiğinden bağıl nemin artmasına ve havanın doyma noktasına ulaşmasına neden olacaktır (Erol, 1964; Erinç, 1969; Türkeş, 2016). Bu durum yağışın türü ve yağışın miktarı üzerinde doğrudan etkili olacaktır. Ayrıca söz konusu koşullardaki değişim bitki örtüsü ve sıcaklık ortalamaları gibi parametreler üzerinde etkili olarak karın yerde kalma süresi ve buharlaşma gibi faktörleri de etkileyecektir (Dölek, 2013).

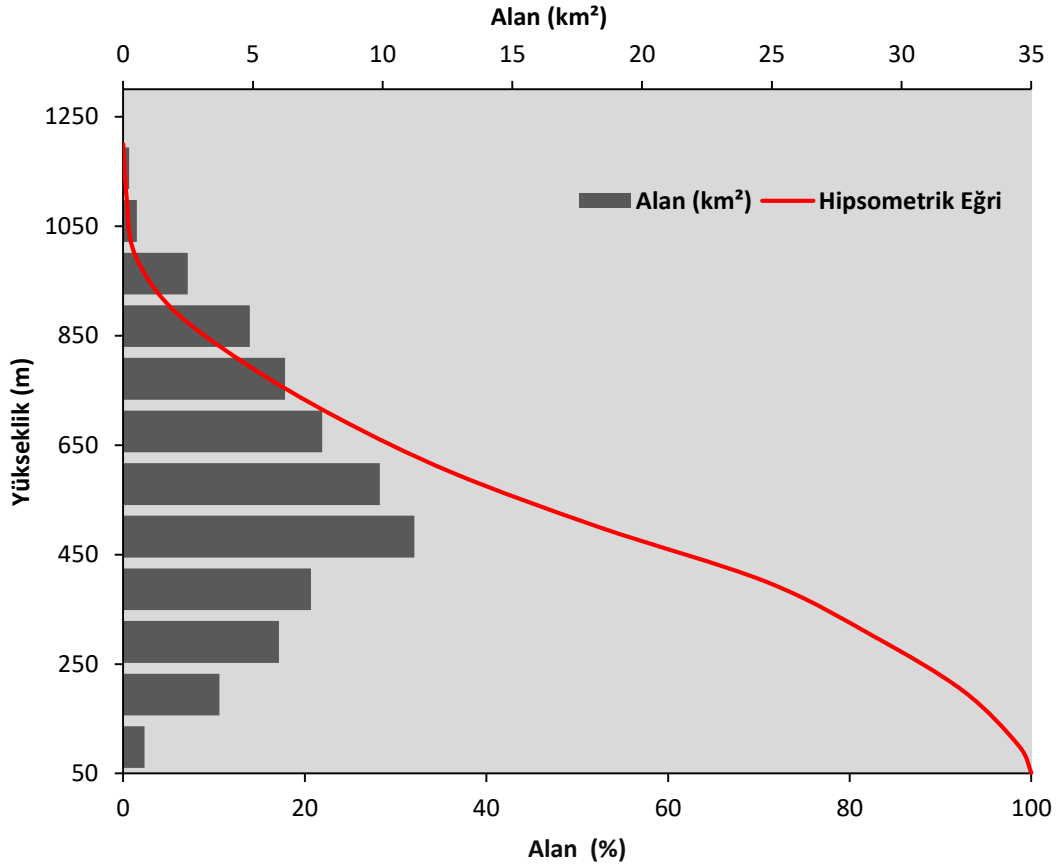
Yükseltinin artmasıyla yağış miktarının da belirli bir yükseltiye kadar artmasına bağlı olarak yükseltisi fazla olan arazilerde aynı koşullardaki daha alçak yerlere göre havzadaki su varlığı daha fazla olmaktadır. Akarsuyun kollarının yamaçlarda yüzeysel akışa geçmiş suları toplayıp aynı anda ana kanala aktarmasıyla akarsuya kapasitesinden fazla su kanallanacak, bu durum ise taşkınların oluşmasıyla sonuçlanacaktır. Ayrıca yükseltiye bağlı olarak yağış türünün farklılaşması da taşkını etkileyen bir diğer faktördür. Örneğin kış mevsiminde yağın karların yükseltisi fazla olan alanlarda mevsim boyu tutulması, ilkbahar ayında yağmur ve sıcaklıkların artmasına bağlı olarak erimesiyle ani su fazlalığı ortaya çıkacak ve bu durum sonucunda drene edilen su düz veya düze yakın alanlarda taşkın neden olacaktır.

Havzanın en alçak noktası ise 51 metre yükseltiye sahip iken en yüksek noktası 1206 metre yükseltiye sahiptir (Şekil 15).

Tablo 16: Yükselti Basamaklarının Havza İçindeki Oranı

Yükselti Aralığı (m)	Alan (km ²)	Alan (%)
51-100	0,83	1,49
100-200	3,71	6,08
200-300	6,00	9,83
300-400	7,23	11,86
400-500	11,22	18,40
500-600	9,89	16,20
600-700	7,67	12,57
700-800	6,24	10,24
800-900	4,88	8,00
900-1000	2,49	4,08
1000-1100	0,53	0,86
1100-1200	0,23	0,38
>1200	0,00	0,01

Kaynak: Harita Genel Müdürlüğü topoğrafya haritalarından yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.



Şekil 16: Esmahanım Deresi Havzasının Hipsometrik Eğrisi

Kaynak: Harita Genel Müdürlüğü topoğrafya haritalarından yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Havzanın yaklaşık %1'lik kesimi 51-100 metre yükseklik basamağı arasında yer alır. Bu yükselti basamağının havza içindeki oranı az olmasına rağmen taşkın tehlikesi potansiyeli yüksektir. 100-400 metre aralığındaki alanların oranı yaklaşık %28'e tekabül etmektedir. 400-500 metre aralığında yükseltiye sahip alanlar çalışma sahasının yaklaşık %19'unu oluşturmaktadır. Bu yükselti aralığı havza içinde en fazla alana sahip aralıktır. 500-1200 metre aralığındaki alanların oranı yaklaşık %53'tür. Havzada en az alana sahip yükselti aralığı %0.01 oranı ile 1200 metreden yüksek arazilerdir (Tablo 16, Şekil 15).

Hipsomerik eğri incelendiğinde iç bükey şeklinde az bir meyile sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum havzanın olgunluk evresinde olduğuna işarettir (Şekil 16). Bazı durumlarda hipsometrik eğrilerin yorumlanması konusunda net bir kanıya varılamaz. Sayısal anlamda net bir fikir elde etmek amacıyla hipsometrik eğriyi karakterize eden hipsometrik integral (H_i) olarak adlandırılan matematiksel bir ifade kullanılır. Temelde hipsometrik integral (H_i), hipsometrik eğri altında kalan toplam alanı temsil etmektedir (Pike ve Wilson, 1971; Mayer, 1990).

$$H_i = \frac{\text{Ortalama Yükseklik} - \text{Minimum Yükseklik}}{\text{Maksimum Yükseklik} - \text{Minimum Yükseklik}}$$

Havza yükselti değerlerini içeren SYM verisinden elde edilen değerler sonucu yapılan hesaplamada havza için hipsometrik integral değeri (H_i);

$$H_i = \frac{525 - 51}{1206 - 51} = 0,41$$

bulunmuştur. Topografyanın hangi devrede olduğunun kestirilmesi adına aşağıdaki tabloda değer aralıkları kullanılabilir (Singh vd., 2008) (Tablo 17).

Tablo 17: Hipsometrik İntegral Değerine Karşılık Gelen Jeomorfolojik Safha

HI Değeri	Safha
$HI < 0,35$	Yaşlılık
$0,35 \leq HI \leq 0,60$	Olgunluk
$HI > 0,6$	Gençlik

Kaynak: Singh vd., 2008'den faydalanılarak yazar tarafından derlenmiştir.

Tablodan anlaşılacağı üzere hipsometrik integral değerlerinin artması topoğrafyanın gençliğine işarettir. Değerin orta veya düşük çıkması ise topoğrafyanın iyiden iyiye aşındırıldığının ve parçalandığının göstergesidir. Topografyanın aşınım döngüsünde hangi safhada olduğunu saptayabilmek için topografyanın parçalanma derecesinin bilinmesi önemlidir. “Gençlik” safhasında olan topografyalarda sayısı az olmakla beraber eğim değerleri yüksek akarsu vadileri, dik yamaçlı “V” profilili veya kanyon şekilli vadiler, eğim kırıklıklarının egemen olduğu yüksek araziler bulunmaktadır. “Olgunluk” safhası eğim kırıklıklarının birçoğunun giderildiği, drenaj ağının geliştiği, akarsu vadilerinin genel taban seviyesine dek aşındırıldığı buna bağlı olarak mendereslerin oluştuğu, denge profiline ulaşmış geniş tabanlı vadiler ile karakterize edilir. “Yaşlılık” safhasında ise akarsu yatağında yer alan bütün eğim kırıklıkları yok edilmiştir. Menderesler geniş taşkın ovaları içerisinde oluşmuş boyuna profile eğim değerleri çok azalmıştır. Eğimin azalmasına da bağlı olarak akarsuyun akış hızı giderek yavaşlamakta, sediment taşınımı oldukça azalmakta ve birikim egemen hale gelmektedir. Topoğrafya deniz seviyesine kadar oldukça düzleştirilmiş hafif dalgalı bir görünüm olarak adlandırılan “peneplen” görünümü kazanmaktadır (Özdemir, 2011).

Çalışma sahası olarak belirlenen Esmahanım Deresi Havzası 0.41 hipsometrik integral değeri (H_t) ile “Olgunluk” safhasında yer almaktadır.

2.1.2.4. Havza Asimetrisi

Havza asimetrisi aktif tektonizmaya maruz kalmış akarsu havzalarında deformasyonun nicel olarak tanımlanmasında ve flüvyal süreçlere yansımalarının ifade edilmesinde kullanılmaktadır (Hare ve Gardner, 1985; Cox, 1994; Pinter ve Keller, 2002; Tonbul ve Sunkar, 2011). Aşağıdaki formüle göre hesaplanır (Pinter ve Keller, 2002);

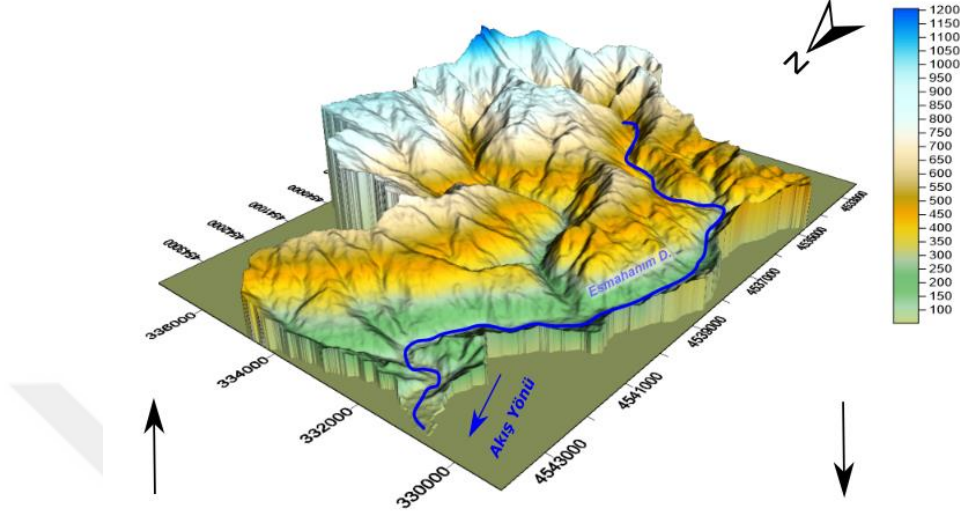
$$AF = 100 * \frac{A_r}{A_t}$$

A_r : Havzadaki ana akarsu talveginin akış yönüne göre sağ tarafında kalan alan (km²),

A_t : Havza toplam alanı (km²).

Çalışma alanı için yapılan hesaplama şu şekildedir;

$$AF = 100 * \frac{46,2}{61,7} = 74,9$$



Şekil 17: Esmahanım Deresi Havzası Havza Asimetrisi (Güney-Kuzey Yönlü Akış)

Kaynak: Harita Genel Müdürlüğü topoğrafya haritalarından yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Hesaplanan değer (AF)>50 ise tektonik hareket sonucu meydana gelen çarpılma (tilt), havzadaki ana akarsuyun akış yönünün sol tarafına doğru olduğunu göstermektedir (Özdemir, 2007a). Araştırma sahasının havza asimetrisi (AF) değeri 0,76'dır. Bu değer çarpılmanın sola doğru olduğunu ifade etmektedir. Esmahanım Deresinin akış yönüne göre sağ tarafında kalan tali kolların sol tarafındaki tali kollardan daha uzun akarsulara ve daha geniş su toplama havzalarına sahip olması bunu ispatlamaktadır (Özdemir, 2007a). Havzada asimetrinin oluşmasının her zaman tek sebebi tektonik hareketler değildir. Zira topoğrafyayı oluşturan kayaçların cinsi ve farklı iklim tiplerine bağlı olarak bitki örtüsünün farklılaşması da bunda etkilidir (Gardner ve Bullard, 1987). Fakat havzanın yükselti değerlerine bağlı olarak oluşturulan 3D diyagramdan asimetrinin kaynağının büyük oranda tektonizma kaynaklı olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 17).

2.1.2.5. Akarsu Uzunluk-Gradyan (SL) İndeksi

Akarsu uzunluk-gradyan indeksi akarsuyun gücünün anlaşılmasında önemli bir kriterdir. Akarsuyun herhangi bir kolundaki toplam akarsu gücü, akarsuyun yatağının aşındırması ve neticesinde aşındırdığı malzemeyi taşıma kapasitesini ifade eden önemli bir hidrolojik parametredir. SL değerlerindeki artış akarsuyun yatak eğimi ve aşındırma hızının

arttığının göstergesidir. Söz konusu aşındırma gücü eğim ve akımın bir fonksiyonudur (Pinter ve Keller, 2002; Cürebal ve Erginal, 2007). Ayrıca SL indeksi kanal içindeki eğim değişkenliğine karşı oldukça hassas olup havzadaki olası tektonik hareketlenmeleri, kayaçların dirençlerini ve topoğrafyayı değerlendirilmede önemle kullanılmaktadır (Özdemir, 2007a). SL indeksi şu formül ile gösterilir (Pinter ve Keller, 2002);

$$SL = \left(\frac{\Delta H}{\Delta L} \right) * L$$

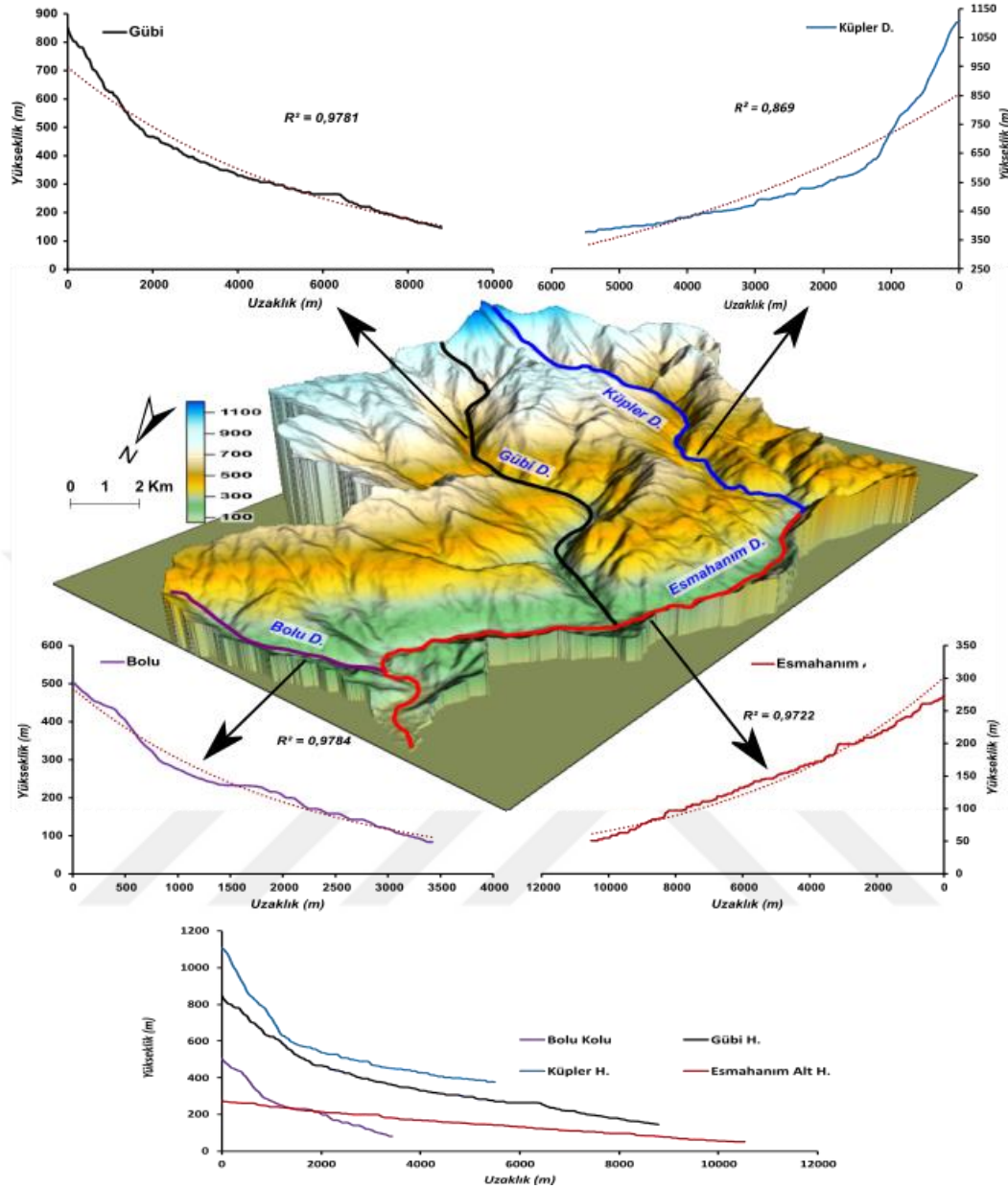
ΔH : Hesaplanan akarsu kolunun yükseklik değişimi (m),

ΔL : Akarsu segmentinin uzunluğu (m),

L : İndeksin hesaplandığı nokta ile kolun en yüksek noktası arasındaki mesafedir (m).

Çalışma alanına ait SL indeksi hesaplanırken bazı ara noktalar dışında büyük oranda 100 m aralıklarla ölçüm noktası atılmıştır. Bu işlem yapılırken 100 m aralıklı izohips eğrileri temel alınmıştır. Dilaver Deresi ve Kıran Deresi, Esmahanım Deresi adı altında tek bir akarsu olarak kabul edilmiştir. Geri kalan yan kollar ayrı bir akarsu olarak değerlendirilmiş ve SL değerleri hesaplanmıştır. Yukarıdaki formülde yer alan değişkenler, örneklem olarak belirlenen ölçüm noktaları aracılığıyla hesaplanmış ve her bir noktaya ait SL değeri bulunmuştur (Şekil 18).

kıyaslama esasına dayalı müşahede kolaylaştırılmıştır. Profillere uygulanan exponential (üstel) matematiksel fonksiyonuna bağlı olarak R^2 değeri elde edilmiştir. Bu değer birçok araştırmacı tarafından profilleri yorumlamada sıklıkla kullanılmaktadır (Demoulin, 1998; Radoane vd., 2003; Özdemir, 2007a). Bu fonksiyon dışında her ne kadar doğrusal (lineer), logaritmik ve power (kuvvet) fonksiyonları kullanılsa da exponential (üstel) fonksiyon daha çok tercih edilmektedir (Ohmori ve Shimazu, 1994; Morris ve Williams, 1997; Demoulin, 1998; Angelier ve Chen, 2002; Radoane vd., 2003; Özdemir, 2007a)) Ayrıca araştırma sahası içi en uygun R^2 değerini veren fonksiyondur. R^2 değerinin 1'e yaklaşması ve matematiksel fonksiyon eğrisi ile akarsu boyuna profilinin birbirine benzerlik göstermesi, akarsuyun geçirdiği süreçleri ve evrimsel aşamasındaki değişikliklerini yansıtmada en uygun matematiksel fonksiyon olduğunun göstergesidir (Ohmori, 1991).



Şekil 19: Ana Akarsu ve Alt Havza Kollarının Boyuna Profilleri

Kaynak: Harita Genel Müdürlüğü topoğrafya haritalarından yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Profiller irdelendiğinde Gübi Deresi memba ve mansap kesimlerinde exponential eğrisine göre negatif bir anomali göstermektedir. Havzanın orta kesimi ise pozitif yönde bir anomali göstermektedir. Genel olarak R^2 değerinden (0,9781) anlaşılacağı üzere Gübi Deresi boyuna profili ile exponential eğrisi birbirine benzerlik göstermektedir. Bolu Deresi ise memba kesiminde pozitif anomali gösterir mansap kesiminde negatif anomali göstermektedir. Orta kesimde ise negatif anomali gözükmemektedir. R^2 değerinden (0,9784) anlaşılacağı üzere exponential eğrisi ile Bolu Deresi boyuna profili birbirine oldukça benzerlik göstermektedir. Esmahanım alt kolu memba ve mansap kesiminde negatif

anomali gösterirken orta kesiminde pozitif anomali göstermektedir. R^2 değeri (0,9722) açısından exponential eğrisi ile Esmahanım Deresi boyuna profili benzerlik göstermektedir. Havza içerisinde en düşük R^2 değerine (0,8690) sahip akarsu Küpler Deresi'dir. Exponential eğrisi ile Küpler Deresi boyuna profili irdelendiğinde akarsuyun memba ve mansap kesimlerinde pozitif anomali gözlemlenirken orta kesimde ise negatif anomali gözükmemektedir. Bu durum havzanın özellikle mansap kesimlerinde belirgin eğim kırıklıklarının olduğunu göstergesidir (Şekil 19).

Genel olarak çalışma sahasında akarsuların iç bükey bir görünüm kazandığı söylenebilir. Bu durum akarsuların nispeten gençlik evresini geride bıraktığına işarettir. Keza havza geneli için hesaplanan hipsometrik integral değeri bunu kanıtlar niteliktedir. Akarsular için çizilen exponential eğilim çizgileri ve boyuna profilleri karşılaştırıldığında benzer eğilimlere sahip oldukları görülmektedir. Bazı kolların bazı kesimlerinde eğilim çizgisi akarsu profillerinden bir miktar da olsa uzaklaşmıştır. Bu kesimlerdeki farklar SL indeks haritası yorumlandığında anlamlı bir sonuca varılabilmektedir. Zira eğilim çizgisinin altında kalan alanlarda yatak eğiminin azaldığı ve SL indeksinin düşük değere sahip olduğu saptanabilir. Aksi durumda ise eğilim çizgisi profil çizgisinin üzerinde gözükmemekte buna bağlı olarak yatak eğimi fazla ve SL indeks değeri yüksek çıkmaktadır (Şekil 19).

2.1.3. İklim

Doğal çevrenin en önemli bileşenlerinden biri oldukça geniş bir bölgede uzun zaman boyunca değişmeyen genel hava koşullarını ifade eden iklimdir (Erol, 1964; Erhat, 2012; Türkes, 2016). İklimin doğal ve beşeri çevre üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir (İkiel ve Kaymaz, 2005).

Çalışma alanı Düzce ili sınırları içerisinde yer alması itibarıyla iklim koşulları bakımından Düzce ilinin iklim özelliklerini yansıtmaktadır. Bu bakımdan Düzce'nin genel iklim özellikleri tablo şeklinde verilmiştir (Tablo 18).

Tablo 18: Düzce İlının İklim Özellikleri

Ölçüm Periyodu (1959-2022) DÜZCE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	3.7	5.2	7.6	12.2	16.5	20.3	22.4	22.3	18.6	14.1	9.4	5.7	13.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	8.2	10.5	13.6	19.0	23.4	27.1	29.1	29.2	26.0	20.8	15.7	10.3	19.4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	0.5	1.4	3.4	7.2	11.2	14.8	16.9	17.0	13.4	9.8	5.3	2.5	8.6
Ortalama Güneşlenme Süresi (Saat)	1.9	2.9	3.8	5.3	6.8	8.0	8.6	8.2	6.6	4.4	2.9	1.8	5.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	15.30	13.42	13.69	12.19	11.64	9.83	6.22	6.03	7.69	10.84	11.66	15.33	133.8
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	91.3	70.4	73.9	59.3	62.8	70.5	45.1	51.4	52.3	79.1	76.5	100.9	833.5
En Yüksek Sıcaklık (°C)	26.1	26.9	32.2	34.7	39.5	39.0	42.4	42.0	38.7	38.2	30.2	29.2	42.4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-20.5	-17.3	-13.6	-3.0	0.4	6.6	8.8	7.6	4.5	-1.2	-6.8	-16.5	-20.5

Kaynak: MGM, 2023

Çalışma alanı özelinde birtakım yöntemler aracılığıyla bazı iklim elemanları analiz edilmiştir. Genel iklim özelliklerini oluşturan iklim elemanlarının başında yağış, sıcaklık ve rüzgâr gelmektedir. Analizlerde verileri kullanılan meteoroloji istasyonları ve veri süresi aralığı aşağıdaki tabloda belirtilmiştir (Tablo 19).

Tablo 19: Seçili Meteoroloji İstasyonlarındaki Veri Yılı ve Veri Tipleri

İstasyon Adı	Veri Tipi	Veri Yılı (Yıl)
Akçakoca	Sıcaklık-Yağış Rüzgâr	1965-2022 (57 Yıl)
Düzce	Sıcaklık-Yağış Rüzgâr	1965-2020 (57 Yıl)

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

2.1.3.1. Yağış

Yeryüzündeki sular üzerinde doğrudan etkili olan unsurlardan biridir. Bir yerin yağış özelliklerini yıllık toplam yağış miktarı, cinsi, şiddeti, yağışın aylara ve mevsimlere göre dağılışı belirlemektedir. Beklenmeyen zamanda beklenmedik miktarda yağın ani ve uzun süreli sağanak yağışlar kısa zamanda yüzeysel akışa geçmektedir. Kontrolsüz biçimde akışa geçen su kütlelerinin, yamaçlarda yüzeysel akışa geçerek ve/veya akarsu yataklarından dışarıya taşarak yamaçlarda sele; düz veya düze yakın alanlarda ise taşkına sebep olduğu bilinmektedir (Özcan, 2006).

Havzanın iklim özellikleri incelendiğinde yıl içerisinde yağışların en çok kış mevsiminde, en az ise ilkbahar mevsiminde düşmekte olduğu dikkati çekmektedir (Şahin vd., 2010).

Bu özelliğiyle araştırma sahası Koçman (1993)'nın yağış rejimi sınıflandırmasına göre aylık yağış tutarları arasında çok fark olmamasına rağmen yağış maksimumunun sonbahar ve kış olduğu, yağış minimumunun ilkbahar olarak belirlendiği, güney rüzgârlarının büyük bir frekansla estiği Karadeniz tipi yağış rejimi içerisine girer (Temuçin, 1990). Yağışın en fazla olduğu mevsimler cephesel faaliyetlerin de en yoğun olduğu dönemdir. Söz konusu mevsimlerde Karadeniz'in çevresindeki kara kütlelerine oranla daha sıcak olması siklon alanı oluşturmakta ve Batı Anadolu boyunca Karadeniz'e uzanan depresyonlar kuzeydoğuya hareket etmektedir. Bu depresyon geçişlerinde tekerrür sıklığının azalması ve karaların bahar ayı ile birlikte ısınmasına bağlı olarak kara ve deniz arasındaki sıcaklık farkı azalmaktadır. Neticede de fön sisteminin gelişmesine neden olmaktadır. Gelişen fön sistemiyle birlikte ilkbahar aylarında yağış tutarında azalmalar meydana gelmektedir (Erinç, 1969). Yöre, genel anlamda Akman (1990)'nın iklim sınıflandırmasına göre (KSYİ Kış/Sonbahar/Yaz/İlkbahar) Oseyanik yağış rejimleri: Denizel Tipi içerisinde yer alır (İkiel ve Kaymaz, 2005).

Sahanın genel yağış özelliklerini ortaya koymak amacı ile çalışma sınırları içerisinde yer almayan Karasu, Akçakoca, Hendek ve Düzce Meteoroloji istasyonlarının toplam yıllık ortalama yağış değerleri kullanılmıştır. Thiessen poligonlamasında Gölyaka meteoroloji istasyonu havzaya yakın konumda bulunmasına rağmen gözlem süresinin çok az olması nedeni ile tercih edilmemiştir. Söz konusu istasyonlardan Karasu (2007-2016) 9 yıllık, Hendek (1988-1993 ve 2013-2016 "kesintili") 8 yıllık toplam yıllık ortalama yağış tutarlarına sahiptir. Bu dezavantajı ortadan kaldırabilmek adına bahse konu olan istasyonlarla en uygun konum ve topoğrafik koşulları taşıyan çevre istasyonlarla rasat süresi enterpole edilmiştir. Hendek istasyonu Düzce, Karasu istasyonu ise Akçakoca istasyonları temel alınarak aşağıdaki formülle yıllık toplam ortalama yağış tutarları yaklaşık olarak hesaplanmıştır (Dönmez, 1990);

$$Y_o = Y * \frac{y_1}{y_2}$$

Formülde:

Y_o : Ortalama değeri tahmin edilecek kısa süreli rasata sahip istasyonu

Y : Uzun süreli rasat yapan temel alınacak istasyonun ortalama yağışı

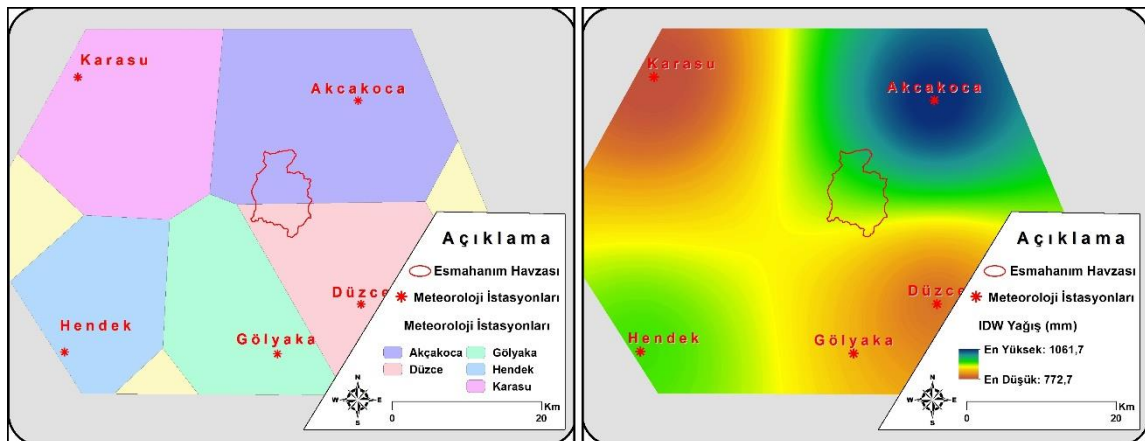
y_1 : Tahmin edilecek kısa süreli rasat yapan istasyondaki yağışların toplamını

y_2 : Uzun süreli rasat yapan istasyonun, tahmin edilecek istasyonla aynı dönemdeki yağışlarının toplamını gösterir.

Yapılan hesaplamalar neticesinde Karasu istasyonu için 772,7 mm, Hendek istasyonu için 933,2 mm toplam yıllık ortalama yağış tutarı hesaplanmıştır (Şekil 20).

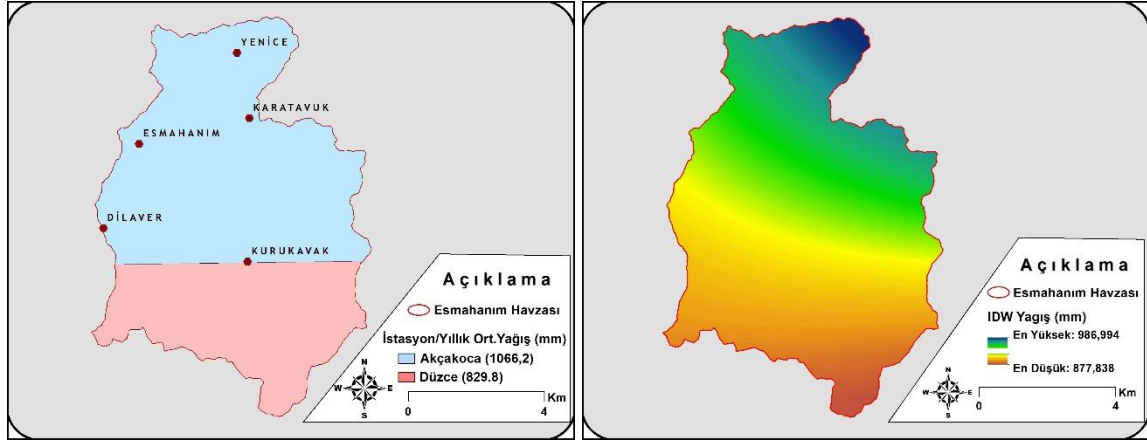
Thiessen yöntemiyle söz konusu meteoroloji istasyonlarının konumu temel alınarak havza içinde temsili etki alanları belirlenmiştir. Bu hesaplama sadece meteoroloji istasyonlarının havza üzerindeki etkinliğini değerlendirmek maksatlı yapılmıştır. Yağışı etkileyecek diğer parametreler göz önüne alınmamıştır. Thiessen metodu belirlenen noktaların arasındaki eşit mesafe kriterine dayanarak çokgenler oluşturma mantığına dayanmaktadır. Burada istasyona yakınlık önem arz etmektedir (Thiessen, 1911b; Çıtakoğlu vd., 2017) Bu tekniğe göre havza içinde etkiye sahip meteoroloji istasyonları Akçakoca ve Düzce meteoroloji istasyonudur (Şekil 21). Bu bakımdan daha önce de belirtildiği üzere havza sınırları içerisinde meteoroloji istasyonu yer almaması dolayısıyla havza içerisindeki iklim analizleri Akçakoca ve Düzce istasyonları verileri temel alınarak yapılmaktadır. Bu istasyonlar; Thiessen etki alanı, havzaya yakınlık ve havza karakterini en iyi yansıttığı düşüncesiyle belirlenmiştir (Şekil 21).

İklim analizlerinin yapılmasında Akçakoca ve Düzce meteoroloji istasyonlarının 1965-2022 yılları arasını kapsayan uzun dönemli yağış verileri kullanılmıştır. Söz konusu veri yılı aralığında Düzce meteoroloji istasyonunda 813,5 mm, Akçakoca meteoroloji istasyonunda 1066,2 mm yıllık ortalama yağış gerçekleşmiştir (Şekil 21).



Şekil 20: Havza Yakınında Bulunan İstasyonlar ve IDW Tekniği İle Oluşturulmuş Yıllık Ortalama Yağış Dağılışı (mm)

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.



Şekil 21: Havzaya En Çok Etki Eden İstasyonlar ve IDW Tekniği İle Oluşturulmuş Yıllık Ortalama Yağış Dağılışı (mm)

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

Yıllık ortalama yağış tutarları için Inverse Distance Weighted (IDW) -Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon- metodu da uygulanmıştır. Bu tekniğe göre bahse konu olan yağış tutarının havza geneline dağılışı sağlanmıştır. İklim özelliklerinin ortaya konulması açısından birçok araştırmacı bu yöntemi kullanmıştır (Apaydin vd., 2004; Li vd., 2011; Samanta vd., 2012; Ramos vd., 2016). Bu teknik enterpolasyonu yapılacak yüzeye en yakın noktadan en uzak noktaya ağırlık değerlerinin azaltılarak hesaplanması mantığıyla işlemektedir. Neticede enterpole edilecek alana numune nokta ne kadar yakınsa doğruluk miktarı da o kadar artacaktır (Arslanoğlu ve Özçelik, 2005). Söz konusu yöntemin en ciddi dezavantajı ise topoğrafya faktörünü göz ardı etmesidir. IDW yönteminin formülü By (2004) tarafından şöyle verilmiştir;

$$\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{d_i^2} / \sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}$$

Formülde,

m_i : Nokta verisi

d_i : Noktalar arası mesafeyi ifade etmektedir.

IDW tekniğine göre havza yakınında bulunan çevredeki 4 istasyonun toplam yıllık ortalama yağış tutarları 1061,7 mm ile 772,7 mm arasında değişkenlik göstermektedir

(Şekil 20). Havza içindeki tutarlar ise 986,9 mm ve 877,8 mm arasında değişkenlik göstermiştir (Şekil 20, Şekil 21).

IDW ve Thiessen tekniği dışında ayriyeten bilhassa topoğrafya faktörünün hesaba katıldığı bir başka teknikte uygulanmıştır. Düzce ve Akçakoca meteoroloji istasyonları verileri kullanılarak havza içinde belli kriterler çerçevesinde rastlantısal noktalar atılmıştır. Bu kriterler söz konusu meteoroloji istasyonunun yer aldığı bakı ve yükseklik değerleridir. Havzaya ait DEM (12,5x12,5 m) verisinde bakı haritası üretilmiş ayrıca 200 m aralıklarla eş yükselti eğrileri oluşturulmuştur. Temel alınan meteoroloji istasyonlarının bakı şartları göz önünde bulundurularak bu yükselti basamaklarına rastgele noktalar atanmıştır. Havzadaki düz, doğu ve kuzey yönleri için Akçakoca (Akc) istasyonu; Batı ve güney yönleri için Düzce (Düz) istasyonu referans alınmıştır. Yükselti farkından doğan yağış tutarındaki değişimler ise Schreiber formülü kullanılarak giderilmeye çalışılmıştır. Schreiber, yükseltiye bağlı yağış tutarını hesaplamak amaçlı kullanılan bir formülüdür (Dönmez, 1990).

$$P_h = P_o + 54h$$

Formülde;

P_h : Yağışı bulunacak yer,

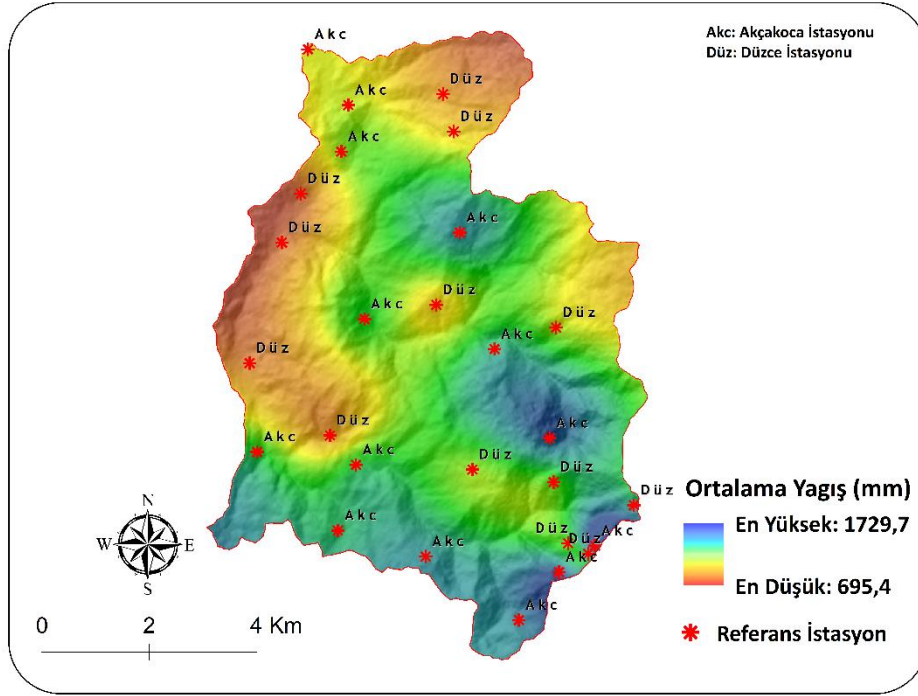
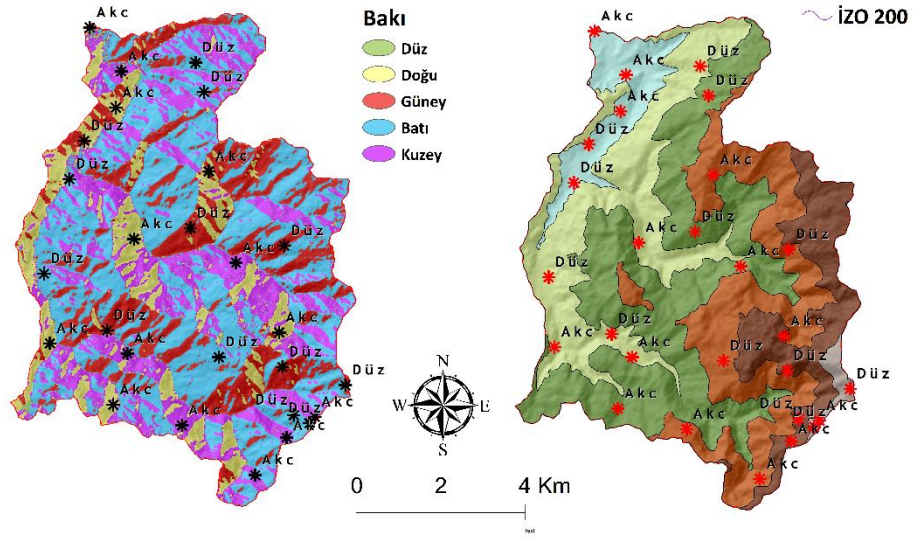
P_o : Karşılaştırma istasyonun yağışı

54: Her 100 m’de ki yağış artış katsayısı

h : Hektometre cinsinden yükselti farkı

Yapılan işlemler sonucunda elde edilen değerler CBS ortamında nokta verisine işlenmiş Şekil 22’de gösterilmiştir. Buna göre havza içinde en yüksek toplam yıllık ortalama yağış tutarı 1729,7 mm’ye tekabül etmektedir. Bu tutar ekseriyetle yükseltinin artmasına bağlı olarak batı ve kuzey yamaçlarda gözükmektedir.

Ayrıca elde edilen bu tutarlar Spline enterpolasyon yöntemi kullanılarak CBS ortamında raster haritaya dönüştürülmüştür (Şekil 22). Spline yöntemi daha çok küçük alanlarda düzgün bir görünüm elde etmek amaçlı kullanılan bir enterpolasyon yöntemidir (Hutchinson, 1995; Tao, 2009).



Şekil 22: Esmahanım Deresi Havzası Ortalama Yağış Değerleri (mm)

Kaynak: MGM, 2023 verilerinden yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Elde edilen haritada yağışlar dağların denize bakan yamaçları yani dağların kuzey yamaçlarında artış göstermektedir. Ayrıca yağışlar havzanın güney, güneydoğu kesimlerinde artış gösterirken orta kesimlerinde de yer yer nispeten yüksek değerler gözükmemektedir. Havzada en az yağış değerlerinin görüldüğü alanlar ise batı, kuzeydoğu ve kuzeybatı yönlerinde tekabül etmektedir (Şekil 22).

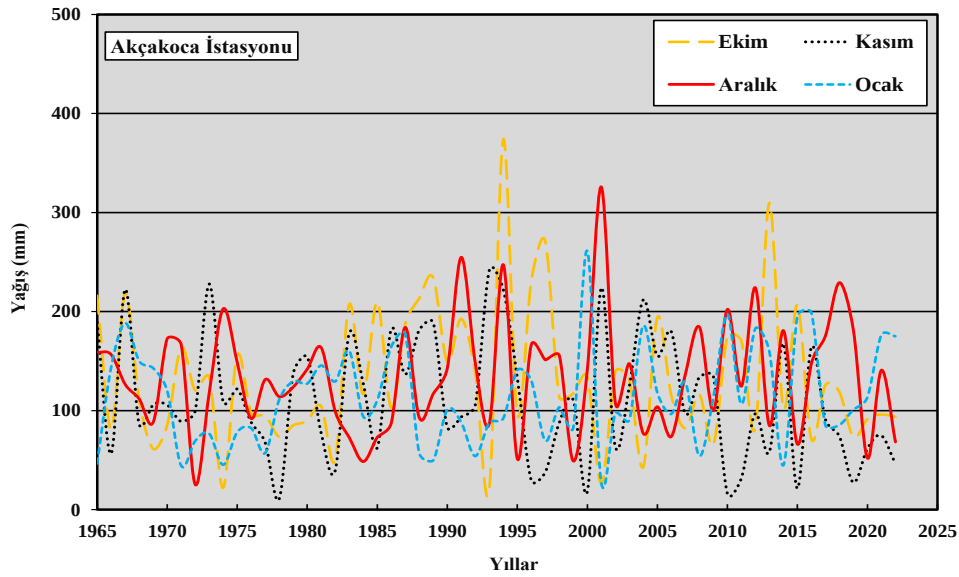
Çalışma alanı için belirlenen meteoroloji istasyonlarının ortalama yağış tutarları incelendiğinde en fazla yağışın Ekim, Aralık ve Ocak aylarında yani sonbahar sonu ve kış mevsiminde gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 20).

Tablo 20: Akçakoca ve Düzce İstasyonlarına Ait 1965-2022 Yılları Arası Aylık Toplam Yağış Tutarları (mm)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Akçakoca	114,5	77,4	79,9	59,3	52,2	69,0	68,1	76,4	91,6	132,8	111,4	133,5	1066,2
Düzce	85,6	69,4	73,1	60,7	61,7	65,9	43,4	50,7	48,3	79,0	77,2	98,5	813,5

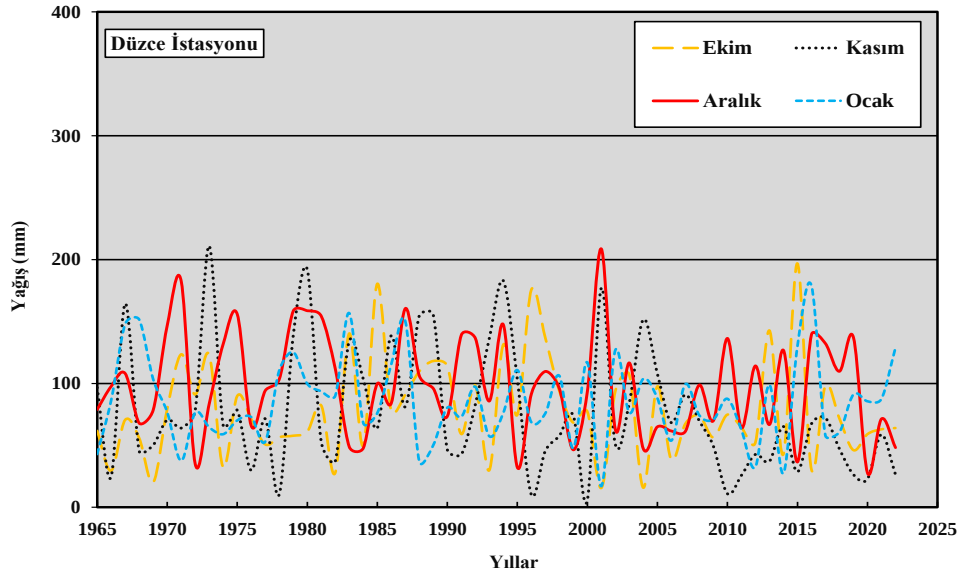
Kaynak: MGM, 2023

Akçakoca 'da ortalama toplam yağış miktarının en fazla olduğu aylar Ekim ve Aralık ayları iken Düzce'de ise Ocak ve Aralık aylarıdır. Her iki istasyonun belirlenen aylardaki yıllık toplam yağış tutarları ekseriyetle Aralık ayında yüksek gözükmetedir (Şekil 23, Şekil 24).



Şekil 23: Akçakoca Meteoroloji İstasyonu 1965-2022 Yılları Arası Ekim, Kasım, Aralık ve Ocak Ayları Toplam Yağış Değerleri (mm)

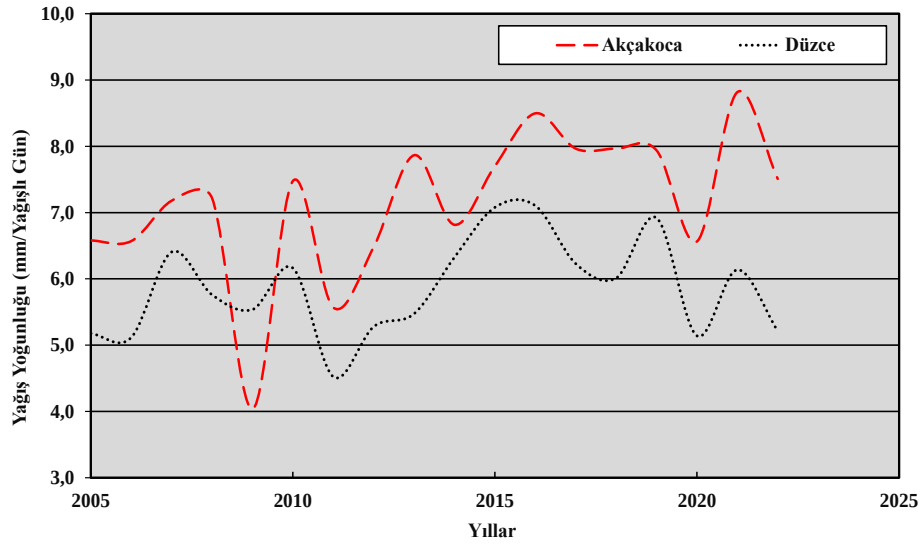
Kaynak: MGM, 2023 verilerinden yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.



Şekil 24: Düzce Meteoroloji İstasyonu 1965-2022 Yılları Arası Ekim, Kasım, Aralık ve Ocak Ayları Toplam Yağış Değerleri (mm)

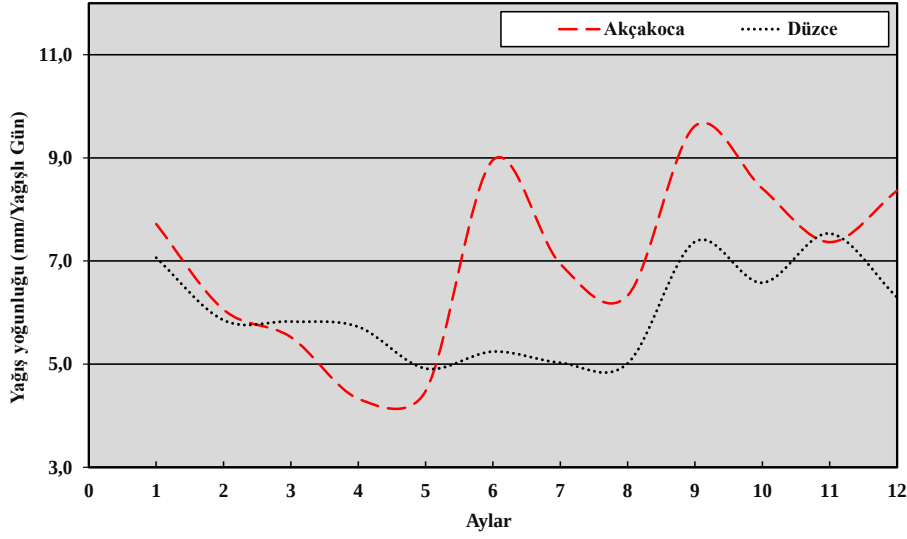
Kaynak: MGM, 2023 verilerinden yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Sahadaki yıllık yağış yoğunluğu bakımından incelendiğinde her iki istasyonun grafikteki eğrilerinin birbirine uyumlu hareket ettiği görülmektedir. Son yıllardaki artış eğilimi ise gözden kaçmamaktadır (Şekil 25).



Şekil 25. Akçakoca ve Düzce Meteoroloji İstasyonlarının Yıllara Göre Yağış Yoğunluğu

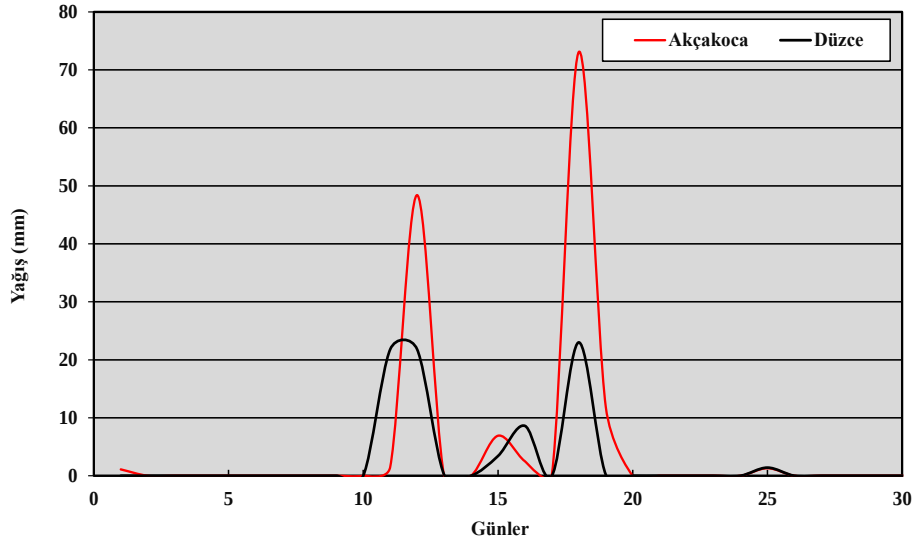
Kaynak: MGM, 2023 verilerinden yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.



Şekil 26: Akçakoca ve Düzce Meteoroloji İstasyonlarının Aylara Göre Yağış Yoğunluğu

Kaynak: MGM, 2023 verilerinden yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Sahadaki aylık yağış yoğunluğu incelendiğinde ise Akçakoca yağış yoğunluğunun Haziran ve Eylül aylarında arttığı görülmektedir. Düzce yağış yoğunluğunun ise Haziran, Ağustos ve Ekim aylarında belirgin bir biçimde arttığı görülmektedir (Şekil 26).



Şekil 27: Akçakoca ve Düzce Meteoroloji İstasyonlarının 2019 Yılı Temmuz Ayı İçerisindeki Yağış Tutarları (mm)

Kaynak: MGM, 2023 verilerinden yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Taşkın afetinin yaşandığı 2019 yılı Temmuz ayında çalışma alanı içerisindeki yağış tutarları incelendiğinde yağış tutarlarının iki defa pik yaptığı gözlemlenmektedir. İlk pik, temmuz ayının 12. gününde Akçakoca istasyonunda 48,4 mm yağış tutarı ile

gerçekleşirken Düzce istasyonunda aynı gün 21,8 mm yağış tutarı ile gerçekleşmiştir. İkinci pikin gerçekleştiği 18 Temmuz günü daha önce de bahsedildiği üzere taşkın ve sel afetinin meydana geldiği güne tekabül etmektedir. İkinci piki gerçekleştiği günde Akçakoca istasyonunda 24 saatlik yağış tutarı 73,1 mm olarak ölçülürken Düzce istasyonunda 23,0 mm olarak ölçülmüştür (Şekil 27). Konum ve havza özelliklerinin benzerliği bakımından Akçakoca istasyonu çalışma alanı için daha fazla önem arz etmektedir.

2.1.3.2. Sıcaklık

Sıcaklıkta meydana gelen ani yükselmeler, özellikle ilkbahar döneminde bir yandan buharlaşmanın artmasına, biryandan da kar ve buz erimelerine sebep olur. Böylece, kısa zamanda ortaya çıkan büyük su kütleleri, ani sel (flash flood) olayının meydana gelmesinde önemli bir etkidir (Turoğlu ve Özdemir, 2005; Özmen, 2015). Yamaç eğimi fazla olan alanlarda meydana gelen sel ve seyelan ise eğimin azaldığı alanlarda taşkına sebebiyet vermektedir. Bu bakımdan yağış ve sıcaklık değerlerindeki ani ve olağan dışı artışlar sel ve taşkın meydana oluşmasında önemli etkidir. Örneğin Karadeniz bölgesinde sıcaklığın artışına paralel olarak akım da artmaktadır. Bu bölgede en yüksek akımlar, yağışın azaldığı ve sıcaklığın yükseldiği Mayıs ayında görülmektedir. Düşük akımlar ise yağışın arttığı ancak kar şeklinde düştüğü kış aylarındadır. İç bölgelerimizde ise en yüksek akımlar, karların eridiği ilkbahar dönemine rastlamaktadır (Atalay, 1986).

Karadeniz kıyılarına yakın bir konumda bulunan araştırma sahasının 1965-2022 yılları arasındaki yıllık sıcaklık ortalaması 13,2 °C, Temmuz ayı sıcaklık ortalaması 23,1°C, Ocak ayı sıcaklık ortalaması 5,9 °C, yıllık amplitüd değeri ise 17,2 °C'dir (MGM, 2023). Araştırma sahası bu özellikleri itibarıyla Koçman'ın termik rejim sınıflandırmasına göre Karadeniz Termik Rejim alanı içerisine girmektedir (İkiel ve Kaymaz, 2005; Gönençgil, 2016).

Çalışmada kullanılan sıcaklık verileri Akçakoca ve Düzce meteoroloji istasyonlarına ait verilerdir. Daha önce de belirtildiği üzere söz konusu istasyonlar havzaya yakınlık ve topoğrafik koşullar bakımından havzaya en çok benzerlik gösteren istasyonlardır. Bu istasyonların ortalama minimum, ortalama maksimum ve ortalama sıcaklıkları bunlara ek olarak maksimum ve minimum ekstrem sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Ayrıca iki istasyonun maksimum ve minimum ekstrem sıcaklık verileri temel alınarak, daha önce

belirlenmiş olan noktalara yaklaşık olarak minimum ve maksimum sıcaklıkları atanmıştır. Bunun için;

$$S_y = T_o - \frac{y_f \cdot t}{100}$$

Formül kullanılır. Formülde;

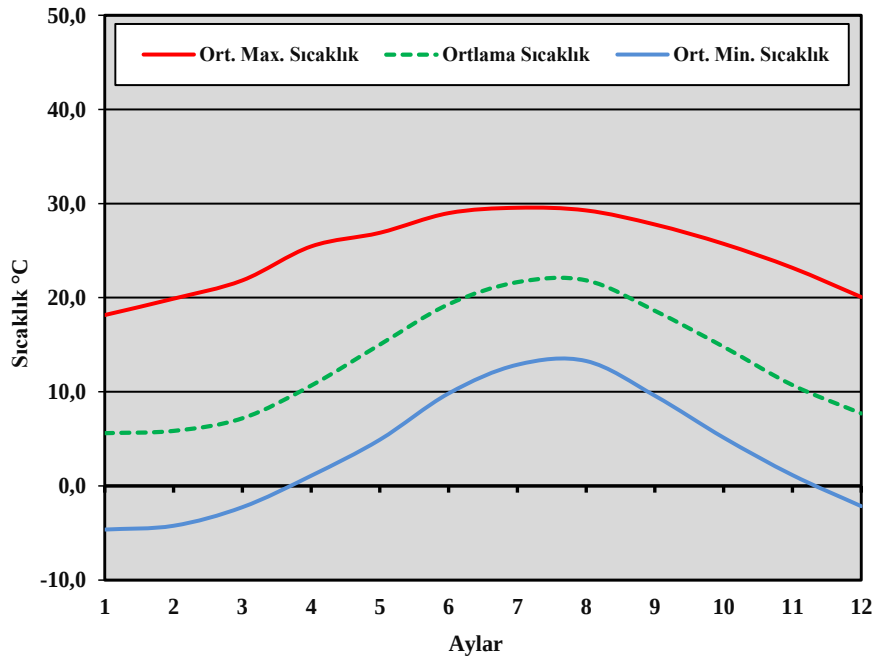
S_y : Sıcaklık değeri bulunacak yer,

T_o : Temel alınan istasyonun sıcaklık değeri,

t : Her 100 m için eklenecek sıcaklık değeri (0,5 °C)

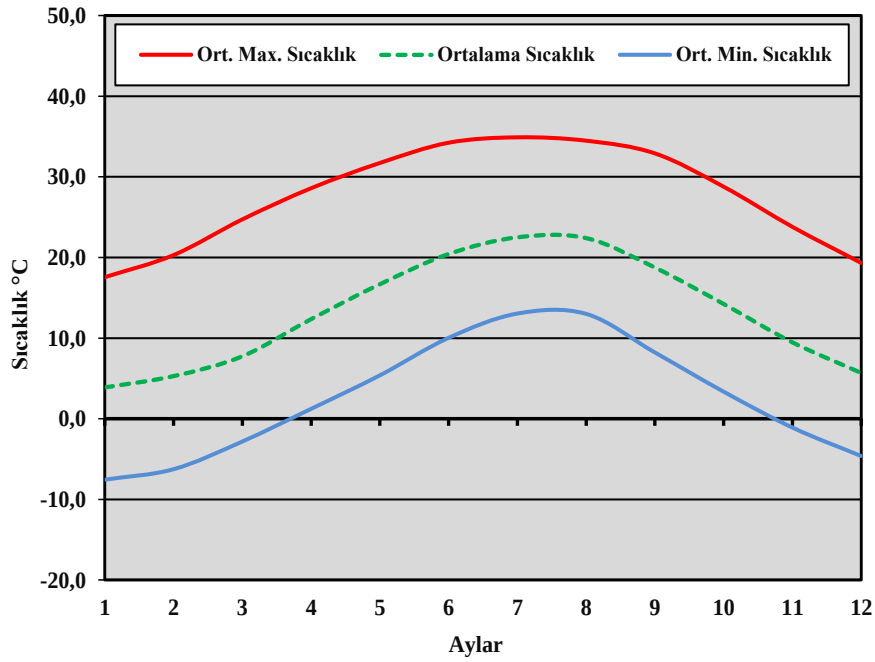
y_f : İstasyonla sıcaklığı bulunacak nokta arasındaki yükselti farkıdır.

Her iki istasyonda aylık ortalama sıcaklıkların sıfırın altına düşmediği Şekil 28 ve Şekil 29'da gözlemlenmektedir. Fakat uzun yıllar ortalama aylık minimum değerlere bakıldığında Kasım ayı ortalarından başlayarak Mart ayı sonlarında kadar 0 °C'nin altına düştüğü gözlemlenmektedir. Uzun yıllar aylık ortalama maksimum sıcaklık değerleri Akçakoca istasyonunda 30 °C civarına yaklaşırken Düzce istasyonunda ise 35 °C civarında seyretmektedir. Bu durum karasallık-denizellik ilişkisi ile açıklanabilmektedir. Düzce, bulunduğu konumdan dolayı Akçakoca'ya göre nispeten denizellik etkisinden uzak olması nedeniyle daha az nemli iklim koşullarına sahiptir. Buna bağlı olarak Düzce istasyonunda yıllık ortalama maksimum ve ortalama minimum değerleri arasındaki amplitüd değeri artmaktadır (Şekil 28, Şekil 29).



Şekil 28: Akçakoca Min., Maks., ve Ort. Sıcaklıkların Uzun Yıllar (1965-2019) Ortalaması

Kaynak: MGM, 2023 verilerinden yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.



Şekil 29: Düzce Min., Maks., ve Ort. Sıcaklıkların Uzun Yıllar (1965-2019) Ortalaması

Kaynak: MGM, 2023 verilerinden yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Her iki istasyona ait ekstrem sıcaklık değerleri Tablo 21’de irdelendiğinde en sıcak ayın her iki istasyonda da Temmuz ayına denk geldiği gözlemlenmektedir. Bu ayda Akçakoca istasyonu için maksimum sıcaklık 42 °C, Düzce istasyonu için ise 42,4 °C olduğu gözlemlenmektedir. Fakat her iki istasyona ait minimum değerler incelendiğinde Akçakoca istasyonu için Şubat ayı en soğuk günün yaşandığı ay iken Düzce istasyonunda ise Ocak ayında gözlemlenmektedir (Tablo 21).

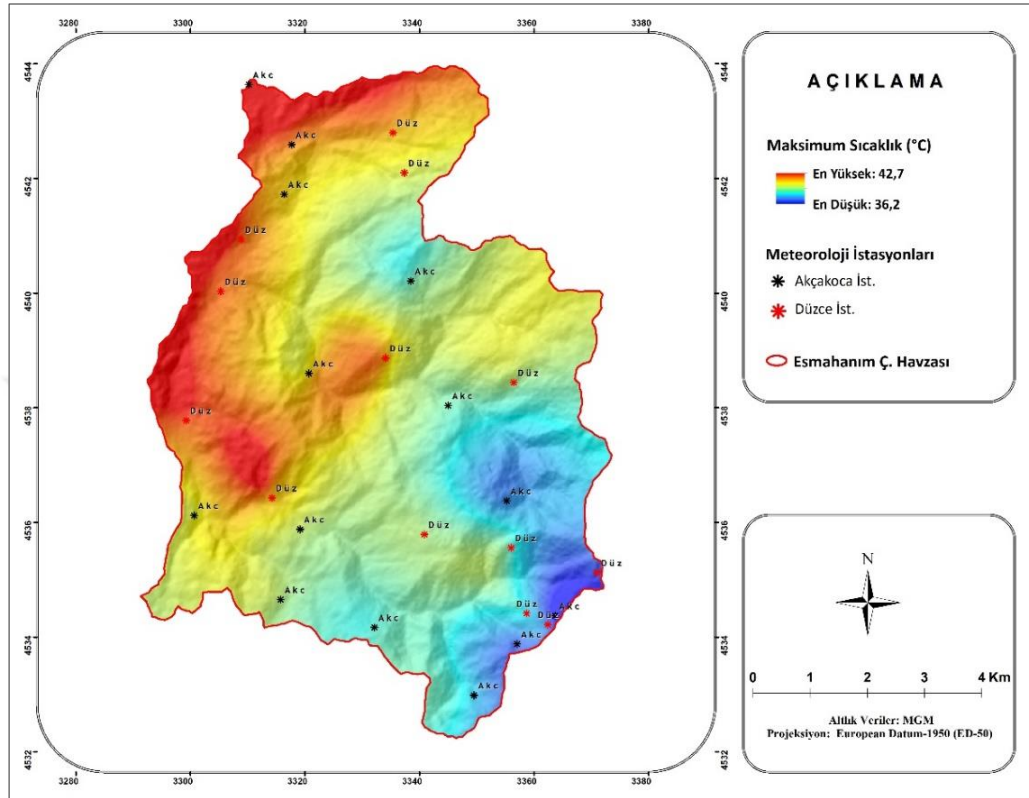
Tablo 21: Akçakoca ve Düzce Meteoroloji İstasyonlarında Ölçülmüş Aylık Ekstrem Değerler

	Akçakoca (1965-2022)		Düzce (1965-2022)	
	En Yüksek (°C)	En Düşük (°C)	En Yüksek (°C)	En Düşük (°C)
Ocak	26,4	-11,0	24,5	-20,5
Şubat	27,2	-13,5	26,9	-17,3
Mart	33	-10,3	32,2	-13,6
Nisan	35,2	-3,0	34,7	-3
Mayıs	36,4	-0,4	37,5	0,4
Haziran	38,1	6,0	39	6,6
Temmuz	42	8,5	42,4	8,8
Ağustos	36,6	9,0	41,4	7,6
Eylül	35,4	4,7	38,7	4,5
Ekim	35,9	0,0	38,2	-1,2
Kasım	31,3	-3,0	28,8	-6,8
Aralık	30,8	-8,0	29,2	-16,5

Kaynak: MGM, 2023 verilerinden yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

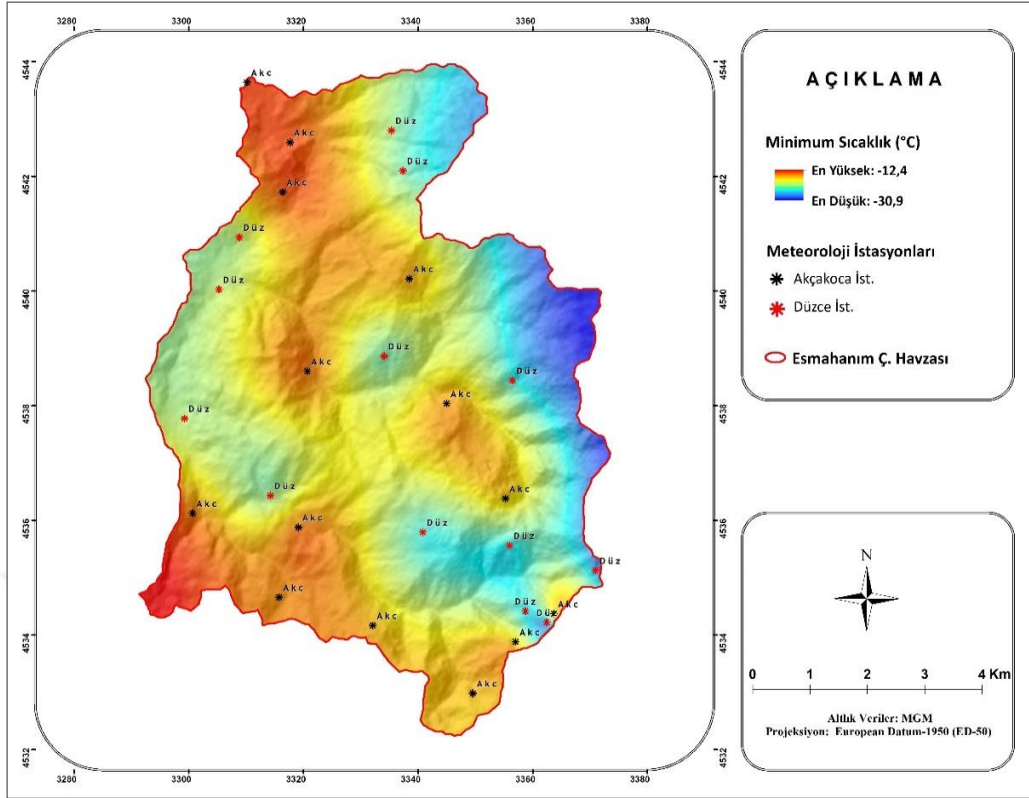
Bunların dışında havza içinde sıcaklığın dağılışını daha iyi gözlemleyebilmek adına iki istasyonun maksimum ve minimum ekstrem sıcaklık verileri temel alınarak, daha önce belirlenmiş olan noktalara yaklaşık minimum ve maksimum sıcaklıkları atanmıştır. Elde edilen nokta verileri daha düzenli dağılım gösterme özelliğine sahip Spline yöntemiyle havza geneline enterpole edilmiş ve dağılış haritaları elde edilmiştir (Jarvis ve Stuart, 2001) (Şekil 30, Şekil 31). Elde edilen haritalar irdelendiğinde maksimum sıcaklıkların havza içerisinde 36,2 °C ve 42,7 °C arasında dağılış gösterdiği görülmektedir. Görece havzanın kuzeybatı ve alçak kesimleri en yüksek sıcaklıkları gösterirken yükseltinin arttığı havzanın güneydoğu kesimleri nispeten daha soğuk bir görünüme sahiptir. Minimum sıcaklıklarda havza içindeki değerler -12,4 °C ila -30,9 °C arasında dağılım

göstermektedir. Havzanın doğu ve yüksek kesimleri en düşük sıcaklıkları gösterirken yükseltinin azaldığı iç bölgeler nispeten daha sıcak bir görünüme sahiptir (Şekil 30, Şekil 31).



Şekil 30: Havzadaki Maksimum Sıcaklık Değerlerinin Spline Enterpolasyon Yöntemi İle Dağılışı

Kaynak: MGM, 2023 verilerinden yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

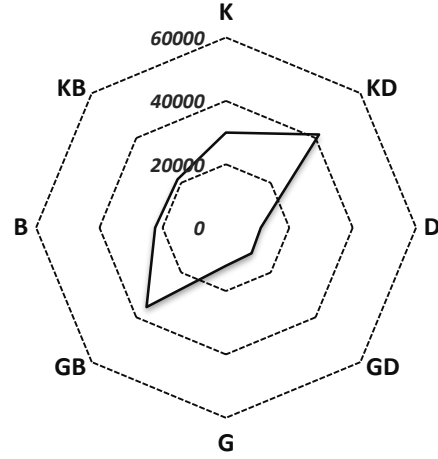
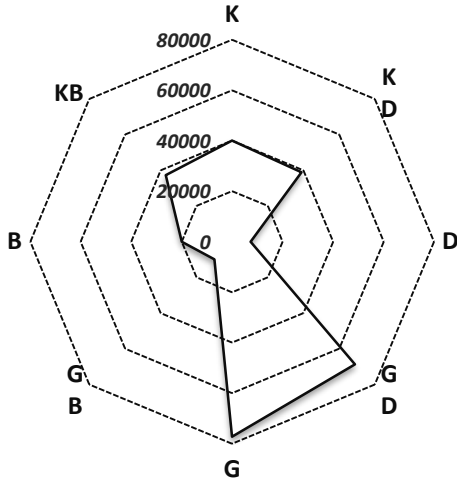


Şekil 31: Havzadaki Minimum Sıcaklık Değerlerinin Spline Enterpolasyon Yöntemi İle Dağılışı

Kaynak: MGM, 2023 verilerinden yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

2.1.3.3. Rüzgâr

Bir bölgeye ait hâkim rüzgâr yönlerinin tespit edilmesi yağış taşıyan sistemlerle de ilintili olarak hangi yamaçların daha fazla yağış alacağını tespit edilmesine olanak sağlar. Bu sonuçlar, yağışların yamaç yönü ile taşkın olabilecek alanlar hakkında bizlere fikir sunar (Turoğlu ve Özdemir, 2005).



Şekil 32: Akçakoca Meteoroloji

İstasyonu 1965-2022 Yılları Rüzgârgülü

Şekil 33: Düzce Meteoroloji İstasyonu

1965-2022 Yılları Rüzgârgülü

Kaynak: MGM, 2023 verilerinden yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Yıllık esme sayılarına göre oluşturulan rüzgâr gülleri incelendiğinde Akçakoca'da hâkim rüzgâr yönünün güney, Düzce'de ise kuzeydoğu olduğu görülmektedir. Akçakoca istasyonunda güney yönünün tüm esme sayıları içerisindeki oranı %26, güneydoğu yönünün %23, kuzey yönünün %14, kuzeydoğu yönünün %13, kuzeybatı yönünün %12'dir. Düzce istasyonunda ise kuzeydoğu yönünün tüm esme sayıları içerisindeki oranı %23, güneybatı yönünün %16, kuzey yönünün %16, batı yönünün %14, kuzeybatı yönünün %12'dir (Şekil 32, Şekil 33). Akçakoca istasyonunun hâkim rüzgâr yönü Düzce'ye göre araştırma sahasındaki jeomorfolojik uzanış yönüne daha çok benzerlik göstermektedir. Zira her iki sahada güneyinde nispeten dik dağlık kütlelerle çevrilidir. Bu bağlamda rüzgârgülü incelenirken hâkim rüzgâr yönü göz önünde bulundurulursa güney ve kuzey sektörlü rüzgârların sahada egemen olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda havzada güney, güneydoğu ve kuzey ile ilintili yönlerde bakan yamaçların rüzgâr sistemlerine daha açık olduğu dolayısıyla yağış bırakma ihtimalinin daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum taşkın tehlikesi bakımından söz konusu sahaları daha duyarlı hale getirmektedir.

2.1.3.4. Nem

Nem miktarının artmasına bağlı olarak yağış oluşma ihtimalinin arttığı bilinmektedir. Bilhassa bağıl nemin artması yağış oluşma ihtimalini yükselten ana etkidir (Erol, 1964; Erinç, 1969; Türkeş, 2016). Bağıl nemin artmasına bağlı olarak meydana gelecek yağışlar

ile yüzeysel akışa geçen sular iyi drene edilemediği takdirde taşkınlara neden olabilmektedir. Ayrıca afet oluşturmayacak boyuttaki az miktardaki yağışlar toprağı nemlendirmekte ve neme doymun hale gelmesini sağlamaktadır. Toprağın doymun hale gelmesine bağılı olarak infiltrasyon (sızma) kabiliyeti azalmakta ve neticede daha fazla suyun yüzeysel akışa geçmesine neden olmaktadır (Atalay, 1974, 1986; Balcı ve Öztan, 1987; Hoşgören, 2001). Ayrıca bağılı nemin az olmasına bağılı olarak buharlaşma kapasitesi artmakta ve sonuç olarak toprak nemi azalmaktadır. Bunun tam tersi durumda ise bağılı nemin fazla olmasına bağılı olarak zeminden buharlaşma (evaporasyon) veya bitkilerin terlemesi (transpirasyon) ile topraktaki nemin kaybolması azalmaktadır (Turoğlu ve Özdemir, 2005).

Kırlangıç (2014) ve Akkaya (2019) tarafından yapılan çalışmalarda sahaya ait Thornthwaite metoduyla hazırlanmış su bilançosu tabloları ve grafiklerine göre, Düzce istasyonu Mayıs ayından Ekim ayına kadar olan süreçte düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon değerleri yağış miktarından fazladır. Yani buharlaşma tutarları yağış tutarından fazladır. Bu durum topraktaki birikmiş suyun yazdan itibaren kullanılıp azalmaya başladığını göstermektedir. Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında toprakta birikmiş su rezervi azalmakta su noksanlığı yaşanmaktadır. Ekim ayından Mayıs sonuna kadar olan dönemde yağış tutarı potansiyel evapotranspirasyondan fazladır. Toprakta su fazlalığı Aralık ayı başında başlayıp Nisan sonuna kadar devam etmektedir.

Akçakoca'da su fazlası Ocak ayı ve Nisan ayları arasında, su noksanı ise Nisan ve Eylül ayları arasında gerçekleşmektedir. Eylül ayından Nisan ayına kadar olan dönemde yağış tutarı potansiyel evapotranspirasyondan fazladır. Her iki istasyonda da su noksanı ve su fazlalığının başladığı aylar farklılık göstermektedir. Bu durumunun nedeni Akçakoca istasyonunun Düzce istasyonundan daha fazla yağış alan bir konumda olmasıdır. Yağış değerlerinin yüksek olması bölgedeki buharlaşma miktarını doğrudan etkilemektedir.

2.1.4. Hidrografiya

Yüzeysel akış gösteren su kütleleri sel ve taşkın oluşturma potansiyeli bakımından önem arz ederler. Yer altı sularının seviyesi ve toprağın neme doymunluk derecesi taşkın ve sel şiddetini etkileyen unsurlardandır. Ayrıca akarsu morfometrisi ve hidrolojik özellikleri de söz konusu afetin oluşmasında önemli bir etkidir (Turoğlu ve Özdemir, 2005). Esmahanım Deresi havzası toplam 3 alt havzadan oluşmaktadır (Şekil 34). Söz konusu

AÇIKLAMA

Alt Havzalar

- Esmahanım Deresi Alt Havzası
- Gübi Deresi Havzası
- Küpler Deresi Havzası

Sürekli Akarsular

Sürekli Akarsular

Esmahanım D. Havzası

N

0 1 2 3 4 Km

Projeksiyon: European Datum-1950 (ED-50)
Hazırlayan: Ali Osman Kamus

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.

Alt Kollar/Alt Havzalar	Alan (km ²)	Alan (%)	Uzunluk (km)	Alt Kol Eğim (%)
Esmahanım D. (Kıran D.)	10,1	16,4	3,2	3,03
Gübi D.	25,8	41,8	9,4	10,08
Küpler D. (Dilaver D., Kurukavak D.)	25,7	41,8	8,5	12,44
Havza Genel	61,6	100,0	19,7	5,84

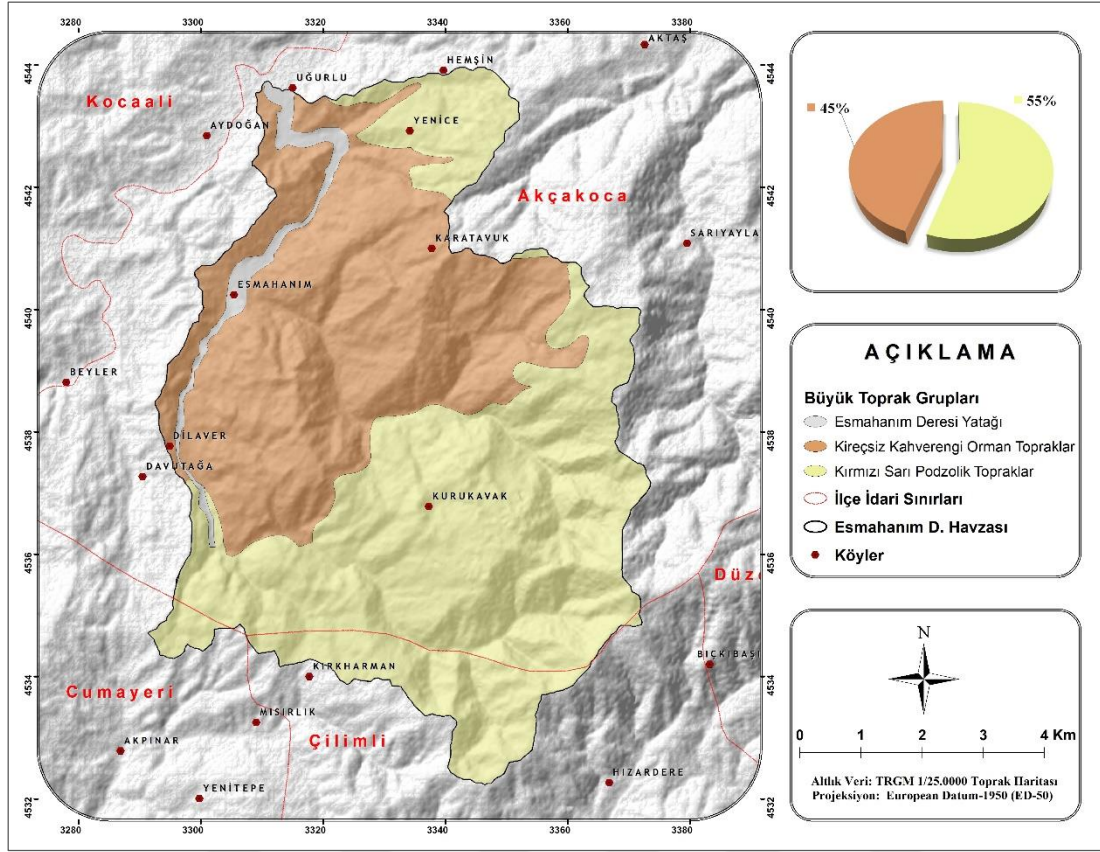
81

2.1.5.1. Büyük Toprak Grupları

Oluşturulan büyük toprak grupları (BTG) haritasına göre havzada iki toprak grubu egemendir. Çalışma sahasının batı-kuzeybatısında Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları hakimken doğu-güneydoğusunda ise Kırmızı Sarı Podzolik Topraklar yayılış göstermektedir (Şekil 36, Tablo 23). Söz konusu büyük toprak gruplarının bazı özellikleri şu şekildedir;

Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı: Havzanın yaklaşık %45'ini kaplayan bu topraklar zonal toprak sınıflamasına girmektedir (Şekil 36, Tablo 23). Oluşumlarında iklim, bitki örtüsü ve anakaya etkili rol oynar. Bu topraklarda A, B, C horizonları ayırt edilebilecek seviyede gelişmişlerdir. Bu topraklarda A horizonundaki eriyik malzemelerin yıkanmanın etkisiyle toprak yüzeyinden uzaklaştırılması nedeniyle asit karaktere ve açık bir renge sahiptirler. Bu nedenle üst katmanlarında kireç biriktiremezler. Yıkanmanın etkisiyle B horizonunda ise kil birikimi meydana gelir. Toprak tanecikleri granüler olduğu için poroziteli bir yapıya sahiptirler. Bu bakımdan toprak içinde havalanma ve sızdırma kabiliyeti yüksektir. Fakat içerdiği kil tabakası nedeniyle su tutma kapasitesi yüksek bir toprak türüdür (Ergene, 1987; Atalay, 1992; Mater, 1998).

Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar: Havzanın ekseriyetle güneydoğusunda bulunan ve %55'lik bir kesimi oluşturan bu topraklar zonal topraklar grubunda yer alan iyi gelişmiş ve iyi drene olma özelliğine sahip asit reaksiyonlu topraklardır (Şekil 36, Tablo 23). Doğal bitki örtüsü orman olan alanlarda bulunurlar. Üst katmanı organik madde ile örtülü olan bu toprakların alt katmanlarında kil egemen hale gelir. Aynı zamanda bu katmanda demir, alüminyum ve mangan oksitler birikmiştir. Bu topraklar tipik kırmızı ve sarı rengini ise şiddetli yıkanma sonucu içindeki demirin oksitlenmesinden almaktadır (Ergene, 1987; Atalay, 1992; Mater, 1998).



Şekil 36: Esmahanım Deresi Havzasına Ait Toprak Grupları

Kaynak: TRGM 1/25.000 toprak haritasından yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Tablo 23: Toprak Gruplarının Havza İçindeki Oranı

Büyük Toprak Grubu	Alan (km ²)	Oran (%)	Alansal Dağılım Grafiği
Kırmızı Sarı Podzolik Topraklar	34,0	55,3	
Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklar	27,5	44,7	

Kaynak: TRGM 1/25.000 toprak haritasından yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

2.1.5.2. Hidrolojik Toprak Grupları

Bir havzanın hidrolojik karakterini analiz etmek adına önemli kıstaslardan biri de hidrolojik toprak gruplarını belirlemek ve özelliklerini ortaya koymaktır. Bu bağlamda toprakları hidrolojik özelliklerine göre dört grupta incelemek mümkündür (Özer, 1990).

Grup A (Düşük Akış Potansiyeli-İyi Drenajlı): Bu topraklar tamamen nemlense bile orta sızdırma kapasitesine sahip topraklardır. Bünyesinde kum ve çakıl barındırması açısından yüksek derecede geçirgen ve düşük akım potansiyeline sahiptir (Özer, 1990).

Grup B (Normal Akış Potansiyeli-Orta Drenajlı): Tamamen nemlenme durumlarında orta sızdırma kapasitesine sahip topraklardır. Orta kaba ve orta ince tekstürlü yapıya sahip olması nedeniyle orta derecede geçirgenlik değerine sahiptir (USDA, 1972; Özer, 1990).

Grup C (Yüksek Akış Potansiyeli-Düşük Drenajlı): Tamamen nemlenme durumlarında yavaş sızdırma kapasitesine sahip topraklardır. Orta ince ve ince tekstürlü yapıya sahip topraklardır. Düşük geçirgenliğe sahiptir (USDA, 1972; Özer, 1990).

Grup D (Çok Yüksek Akış Potansiyeli-Düşük Drenajlı): Tamamen nemlenme durumlarında çok yavaş sızdırma kapasitesine sahip topraklardır. İçinde barındırdığı yüksek kil miktarından dolayı şişme potansiyeline sahiptir. Bu durumda su iletkenliğini kaybetmekte ve çok yavaş geçirgenlik özelliği göstermektedir (USDA, 1972; Özer, 1990).

Hidrolojik Toprak Gruplarının tayin edilmesi için Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi tarafından belirlenmiş Büyük Toprak Grubu birimlerinden ve bazı arazi tiplerinden faydalanılmış, eğim değerleri dikkate alınmamıştır (Tablo 24, Şekil 37).

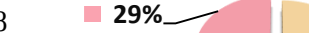
Tablo 24: Hidrolojik Toprak Grubunun Tayin Edilmesinde Kullanılan Kriterler

Büyük Toprak Grubu (BTG)		Büyük Toprak Grubu ve Toprak Özellikleri Kombinasyonu (TOK)						
Sembol Anlamı		Eğim (%)	Derinlik (cm)					
			A	B	C	D	E	
			Derin 90+	Orta Derin 90-50	Sığ 50-20	Çok Sığ 20-0	Litozolik	
P	Kırmızı Sarı Podzolik Topraklar	D 12 – 20	13	14	15	16	28	C
N	Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	E 20 – 30	17	18	19	20	29	
		F 30 +	21	22	23	24	30	D

Kaynak: TRGM 1/25.000 toprak haritasından yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Araştırma sahası içerisinde daha önce de belirtildiği üzere kırmızı-sarı podzolik topraklar (P) ve kireçsiz kahverengi orman toprakları (N) bulunmaktadır. Bu toprak grupları Tablo 24’de gri renk ile gösterilmiştir. Çalışma alanında söz konusu toprak gruplarına karşılık

Kaynak: TRGM 1/25.000 toprak haritasından yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Hidrolojik Toprak Grubu	Alan (km ²)	Oran (%)	Alansal Dağılış Grafiği
C	43,6	70,8	
D	18,0	29,2	

86

2.1.6. Bitki Örtüsü

Bitki örtüsü yönünden zengin olan yerlerde, özellikle çayır ve ormanlarla kaplı alanlarda toprak daha gözeneklidir. Ağaçların dalları ve yaprakları, yağışın toprağa ani inişini engeller, bitki gövdeleri ise yüzeysel akışın hızını azaltır. Dolayısıyla sızma oranı artmakta ve sel riski azalmaktadır. Buna karşılık bitki örtüsü yönünden fakir olan yerlerde özellikle sağanak yağışların hemen ardından sellere daha sık rastlanmaktadır (Marston vd., 1996; Schultz ve Engman, 2000; Görçelioğlu, 2003; Özcan, 2006).

2.1.6.1. Bitki Örtüsünün Dağılışı ve Bitkilerin Türü

Çalışmada sahasında bitki örtüsü dağılışının ve bu örtünün zamana bağlı olarak değişiminin belirlenmesi adına NDVI (Normalized Difference Vegetation Index-Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) metodu kullanılmıştır.

NDVI, temelde elektro manyetik spektrumdaki iki farklı yansıtma değerine sahip olan yakın kızılötesi (IR) ve görünür kırmızı bantın (R) fonksiyonundan oluşur. Sağlıklı bitkiler kendi üzerine gelen görünür dalga boyundaki birçok ışığı soğururken yakın kızılötesi ışınların ise büyük çoğunluğunu geri yansıtır. Sağlıksız/hastalıklı bitkiler ise görünür ışığı yakın kızılötesinden daha çok yansıtır. Bitkilerin yapısındaki pigmentler görünür bantı yansıtırken bitki hücrelerinin yapısı da yakın kızılötesini yansıtır (Baker vd., 1988). Bu duruma bağlı olarak bitki örtüsünün yeşillik miktarı da belirlenebilir (Sellers, 1985; Melesse vd., 2003; Wang ve Tenhunen, 2004). NDVI yöntem olarak daha önce de belirtildiği üzere yakın kızılötesi ve kırmızı bantların fark ve toplamalarının fonksiyonundan oluşur (Rouse vd., 1974). Bu fonksiyon Landsat uydularında şu şekilde formüle edilir:

$$Landsat\ MMS = \frac{Band4 - Band2}{Band4 + Band2}$$

$$Landsat\ TM + ETM = \frac{Band4 - Band3}{Band4 + Band3}$$

$$Landsat\ OLI/TIRS = \frac{Band5 - Band4}{Band5 + Band4}$$

NDVI değerleri -1 ile +1 arasında değişkenlik gösterir. Bitkilerin yoğun olarak bulunduğu yerlerde bu değer 0,1 ila 0,6 arasında bitki yoğunluğu ve yeşilliğine göre değer kazanırken

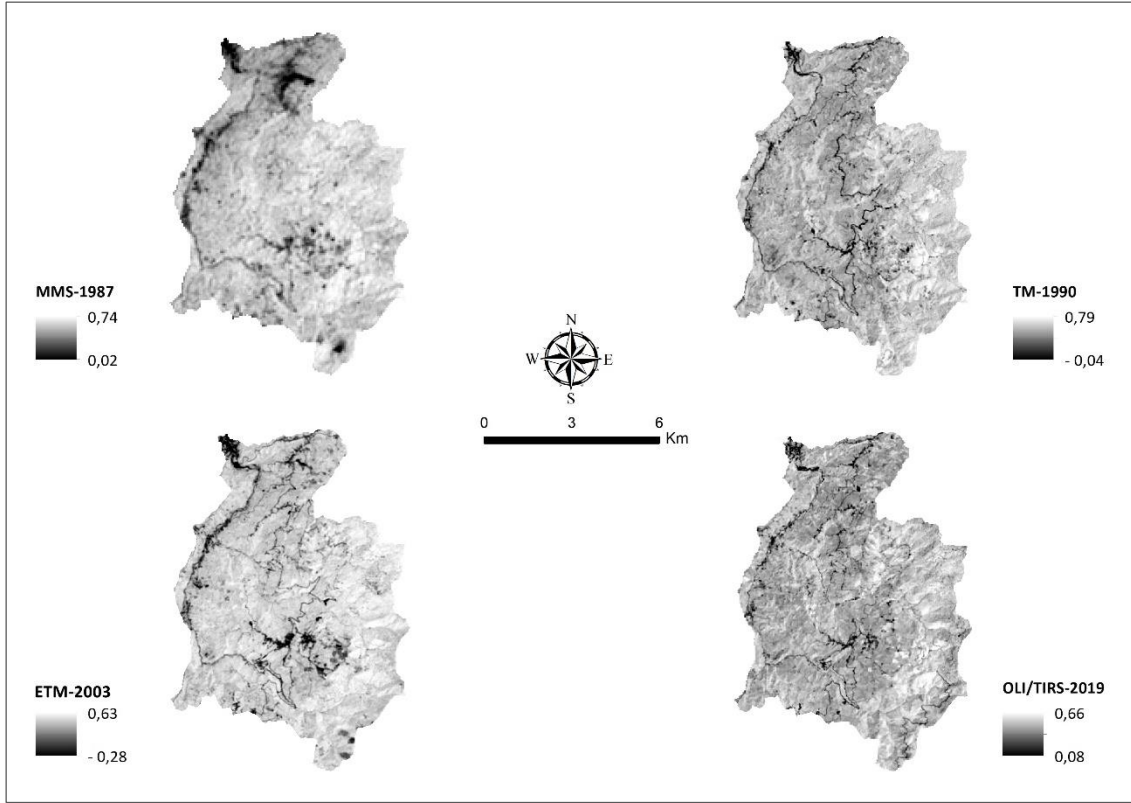
bulut, karlı yüzeyler, su yüzeyleri ve bitki örtüsünün tamamen olmadığı yüzeylerde negatif bir değere sahip olur. Kayalık alan ve toprak örtüsü gibi çıplak yüzeylerde ise bu değer sıfıra yakın konumlanır (Melesse vd., 2003; Pettorelli vd., 2005).

Bitki örtüsündeki değişimi ortaya koymak adına Landsat uydusuna ait farklı zaman aralıklarında elde edilen uydu görüntülerinden faydalanılmıştır (Tablo 26). Bu görüntüler incelendiğinde; NDVI değerleri Landsat MMS’de 0,02 ila 0,74 aralığında, Landsat TM’de -0,04 ila 0,79 aralığında, Landsat ETM’de -0,36 ila 0,61 aralığında, Landsat (8) OLI/TIRS’de 0,08 ila 0,66 aralığında olduğu görülmektedir. NDVI değerlerinin 0,7 ila 1 değerinden büyük olduğu alanlar yüksek yoğunluklu orman bitki örtüsünü temsil etmektedir. Buna ek olarak 0,4 ila 0,7 arası değere sahip olan alanlar ortalama yoğunlukta orman bitki örtüsünü, 0,4 ila 0 arasında değerler düşük yoğunluktaki orman ve çayır/çimen bitki örtüsünü temsil eder. 0 ila -1 arasındaki değerler ise su yüzeyleri ve bitki örtüsünden yoksun alanları temsil eder (Akkartal vd., 2005; Tunay ve Ateşoğlu, 2008; Peng vd., 2012; İkiel ve Koç, 2015). Şekil 38’te bakıldığında genel olarak yüksek yoğunluklu orman bitki örtüsünü temsil eden 0,7 üzeri değer sınıfının zamansal süreçte ortadan kalktığı görülmektedir. Yani yüksek yoğunluklu orman bitki örtüsü zamanla yok olmuştur. Özellikle havzanın orta, doğu ve güneydoğusunda azalmanın olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 26: Farklı Zamanlardaki Uydu Görüntülerine Ait Tarihler

Uydu Görüntüsü	Uydu Görüntülerine Ait Tarihler
Landsat MMS	30.6.1987
Landsat TM	24.7.1990
Landsat ETM	17.6.2003
Landsat OLI/TIRS	8.7.2019

Kaynak: Yazar tarafından üretilmiştir.



Şekil 38: Esmahanım Deresi Havzası Farklı Zamanlara Ait NDVI Değerleri

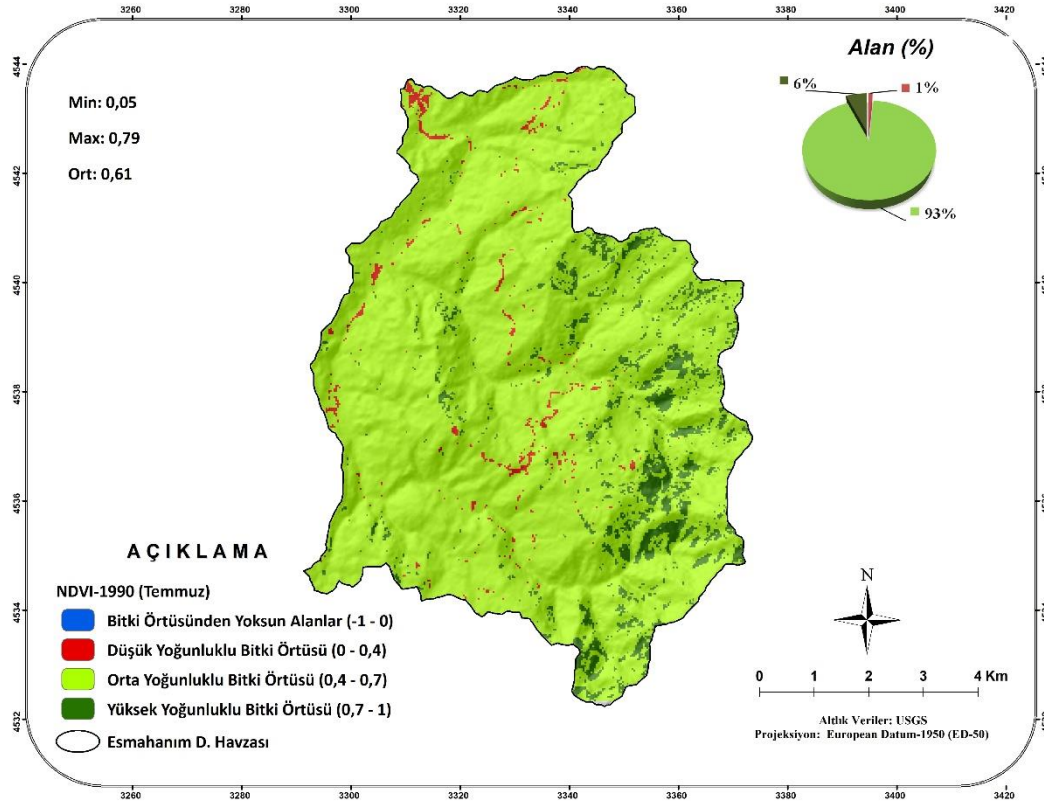
Kaynak: USGS, 2022 yararlanarak yazar tarafından üretilmiştir.

Bitki örtüsünün yüksek ve ortalama yoğunlukta olduğu sahalarda ekseriyetle geniş yapraklılar ailesine mensup kayın (*Fagus orientalis*), kestane (*Castanea sativa*), gürgen (*Carpinus betulus*) türleri bulunur. Fakat havzanın yer yer güneyinde ve doğusunda fındık (*Corylus avellana*) topluluklarına rastlanılmaktadır. Bazı alanlarda kestane ve kayın türleri bazı alanlarda ise kayın ve gürgen toplulukları bir arada bulunur. Ormanların seyredildiği düşük yoğunluklu bitki örtüsüne sahip alanlarda ağaç formasyonuna ait bozuk kayın ve kestane toplulukları ayrıca bozuk kayın ve gürgen toplulukları bir arada bulunmaktadır. Ot formasyonuna ait sahalara olarak nitelendirebileceğimiz otlak, yayla, çayır, bozkırlar ise çalışma sahasında çok az yer kaplamaktadır. Ot formasyonunda en fazla yer kaplayan sahalara ise ziraat alanlarını temsil etmektedir. Zira sahada birçok köy bulunmakta ve söz konusu köylerin etrafında geniş zirai alanlar bulunmaktadır.

2.1.6.2. Bitki Örtüsünün Zamansal Değişimi

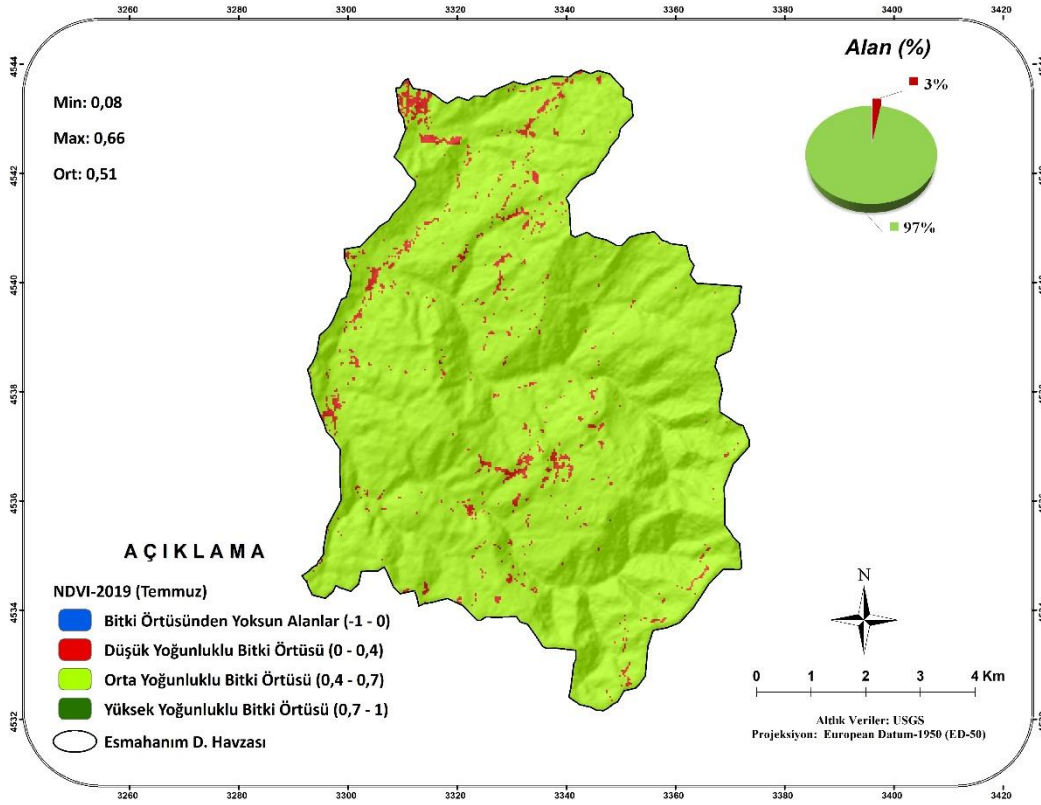
Son zamanlarda şehirleşme ile birlikte birçok yerde yeşil alanların giderek azaldığı ve kentleşmenin arttığına şahit olunmaktadır. Keza çalışma alanında da bu durum NDVI

yöntemiyle elde edilmiş görüntülerde bariz bir şekilde gözlemlenmektedir. Çalışma sahasındaki zamansal bitki örtüsü değişimi Landsat TM (1990) ve Landsat OLI/TIRS (2019) uydu görüntüleri yardımıyla ortaya konmuştur. Elde edilen görüntülerdeki bitki örtüsü sınıflandırma işlemi literatürde kabul gören yöntemler temel alınarak yapılmıştır (Akkartal vd., 2005; Tunay ve Ateşoğlu, 2008; Peng vd., 2012; İkiel ve Koç, 2015) (Şekil 39, Şekil 40).



Şekil 39: Esmahanım Deresi Havzası 1990 Tarihine Ait Landsat TM'den Üretilmiş NDVI Dağılışı

Kaynak: USGS, 2022 yararlanarak yazar tarafından üretilmiştir.



Şekil 40: Esmahanım Deresi Havzası 2019 Tarihine Ait Landsat OLI/TIRS'den Üretilmiş NDVI Dağılışı

Kaynak: USGS, 2022 yararlanarak yazar tarafından üretilmiştir.

Çalışmaya ait görüntüler karşılaştırıldığında Landsat TM (1990)'de 3 NDVI sınıfı tespit edilirken Landsat OLI/TIRS (2019) da sadece 2 sınıf tespit edilmiştir. Landsat TM (1990)'de havzanın doğu ve güneydoğusunda yer alan yüksek yoğunluklu bitki örtüsü sınıfındaki %6'lık alanının tamamen ortadan kalktığı, buna binaen havzanın genelinde egemen olan orta yoğunluktaki bitki örtüsü alanında yaklaşık %4'lük artışın meydana geldiği gözlemlenmektedir. Ayrıca düşük yoğunluklu bitki örtüsü içeren alanın ise yaklaşık %2'lik bir artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 39, Şekil 40).

2.2. Beşerî Coğrafya Özellikleri

2.2.1. Nüfus Özellikleri

Havza içinde yer alan toplam 10 adet köy bulunmaktadır. Söz konusu köylerden sadece Kırkharman köyü Çilimli ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Geriye kalan 9 köyün tamamı Akçakoca ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu yerleşmelerin yıllara ait

nüfus bilgileri aşağıda verilmiştir (TÜİK, 2023) (Tablo 27, Kaynak: TÜİK, 2023 yararlanarak yazar tarafından üretilmiştir.

Tablo 28).

Tablo 27: Çalışma Alanındaki Yerleşmelerin Nüfusu-1

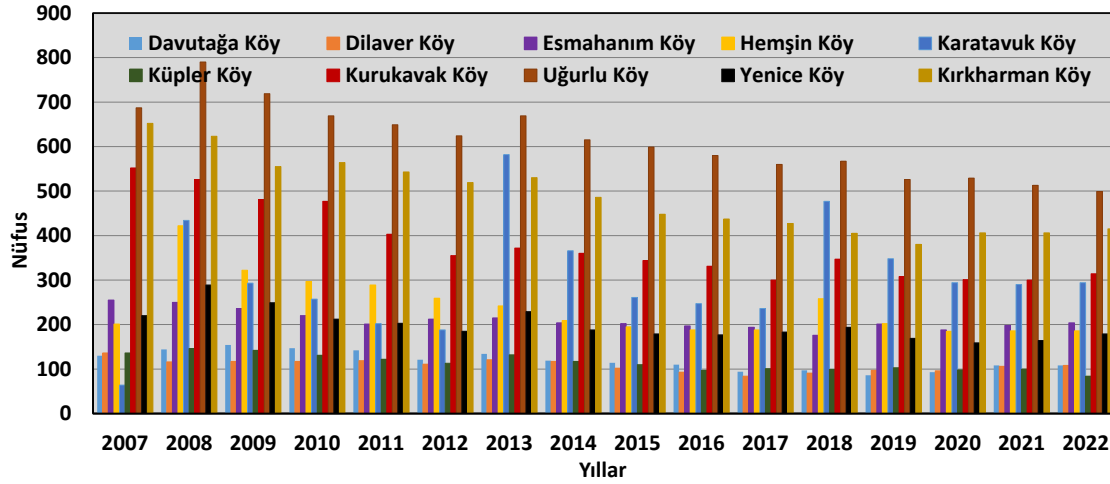
Yıllar	Davutağa Köy	Dilaver Köy	Esmahanım Köy	Hemşin Köy	Karatavuk Köy
2007	130	136	255	201	64
2008	144	116	250	422	434
2009	154	117	236	322	293
2010	147	117	220	297	257
2011	142	119	201	289	202
2012	121	111	212	259	188
2013	134	121	215	242	582
2014	119	117	204	209	366
2015	114	102	202	195	261
2016	110	93	197	188	247
2017	94	84	194	188	236
2018	97	91	176	258	477
2019	86	97	201	202	348
2020	93	96	188	185	294
2021	108	106	198	186	290
2022	108	108	204	186	294

Kaynak: TÜİK, 2023 yararlanarak yazar tarafından üretilmiştir.

Tablo 28. Çalışma Alanındaki Yerleşmelerin Nüfusu-2

Yıllar	Küpler Köy	Kurukavak Köy	Uğurlu Köy	Yenice Köy	Kırkharman Köy
2007	136	552	687	220	652
2008	146	526	790	289	623
2009	142	481	719	249	555
2010	131	477	669	212	564
2011	122	403	649	203	543
2012	113	355	624	185	519
2013	132	372	669	229	530
2014	117	360	615	188	486
2015	110	344	599	179	448
2016	97	331	580	177	437
2017	101	300	560	183	427
2018	99	347	567	194	405
2019	103	308	526	169	380
2020	98	301	529	159	406
2021	100	300	513	164	406
2022	84	314	499	179	415

Kaynak: TÜİK, 2023 yararlanarak yazar tarafından üretilmiştir.

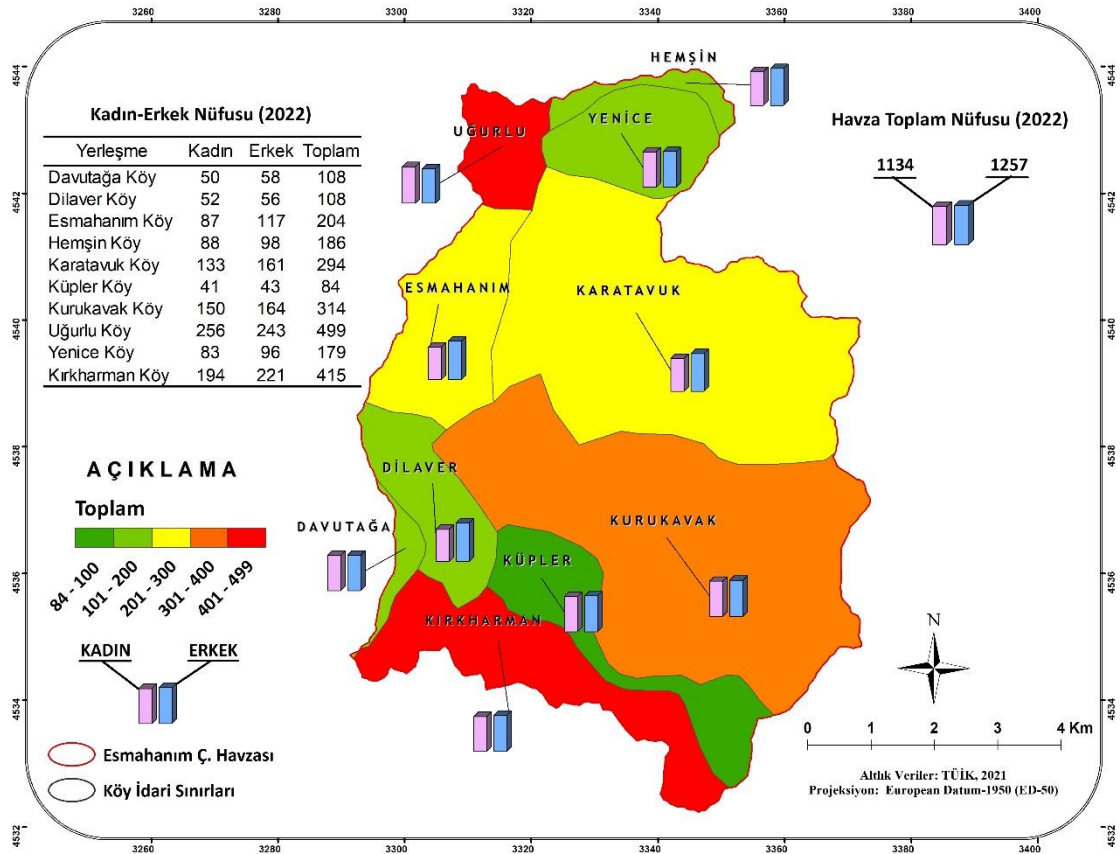


Şekil 41: Çalışma Alanındaki Yerleşmelerin Yıllara Göre Nüfus Grafiği

Kaynak: TÜİK, 2023 yararlanarak yazar tarafından üretilmiştir.

Nüfus verileri irdelendiğinde 2007-2022 yılları arasında genel olarak bir azalış eğilimi olduğu görülmektedir. Söz konusu yıllar arasında sadece Karatavuk köyü nüfusunda bir artış izlenmektedir. 2022 yılına bakıldığında havza içinde en fazla nüfusa sahip yerleşmeler sırasıyla Uğurlu, Kırkharman ve Kurukavak köyleri iken en az nüfusa sahip yerleşmeler ise sırasıyla Küpler, Dilaver ve Davutağa köyleridir. Fakat bu yerleşmeler içinde Dilaver, Davutağa, Esmahanım ve Uğurlu köylerinin taşkına karşı daha duyarlı olduğunu ifade etmek gerekir. Taşkın afetinin yaşandığı 17 Temmuz 2019 yılında bir önceki yıla göre taşkından etkilenen yerleşimlerden biri olan Uğurlu Köyünün nüfusunda 41 kişilik yani yaklaşık %7’lik bir azalma meydana gelmiştir. 2020’de az miktarda artış meydana geldiyse de sonraki yıllarda azalış eğilimi gözlemlenmektedir. Esmahanım Köyünde 2018 yılından 2019 yılına kadar artış meydana gelmiş fakat 2020 yılında azalış meydana gelmiş sonrasında ise tekrardan artış gözlemlenmiştir. Dilaver Köyünde 2018 yılından itibaren genel olarak bir artışın gerçekleştiğini söylemek mümkündür. Davutağa Köyünde ise 2019 yılında bir önceki yıla göre 11 kişilik yani yaklaşık %11’lik bir düşüş gerçekleşmiştir. Sonrasında nüfus artmaya devam etmiştir (Tablo 27, Kaynak: TÜİK, 2023 yararlanarak yazar tarafından üretilmiştir.

Tablo 28, Şekil 41).



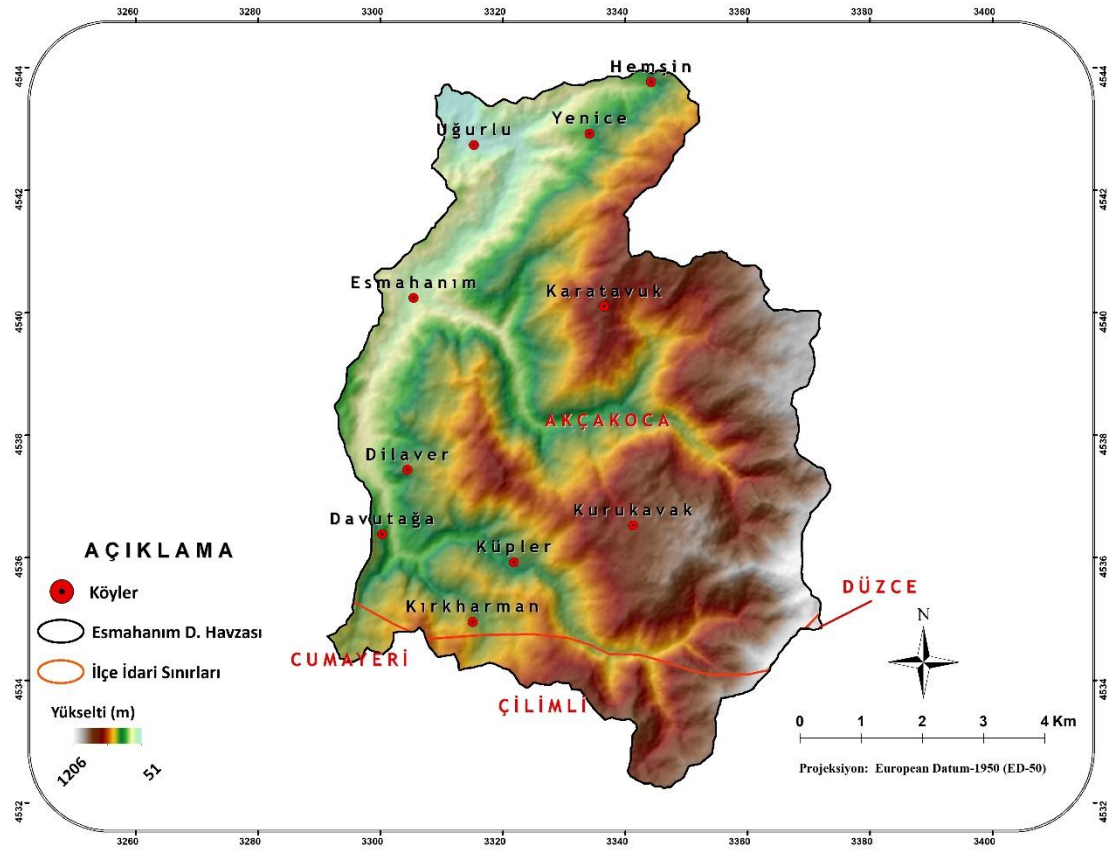
Şekil 42: Esmahanım Deresi Havzasındaki Yerleşmelerin Nüfus Yoğunluğu ve Cinsiyete Göre Nüfus Dağılışı

Kaynak: TÜİK, 2023 yararlanarak yazar tarafından üretilmiştir.

Havza içindeki yerleşmelerin 2022 yılı cinsiyet temelli nüfus dağılımlarına bakıldığında genel olarak yerleşmelerdeki kadın-erkek nüfuslarının birbirine yakın değerler gösterdiği gözlemlenmektedir. Havza toplamında ise erkek nüfusu kadın nüfusuna kıyasla daha fazladır (Şekil 42).

2.2.2. Yerleşme ve Mesken Özellikleri

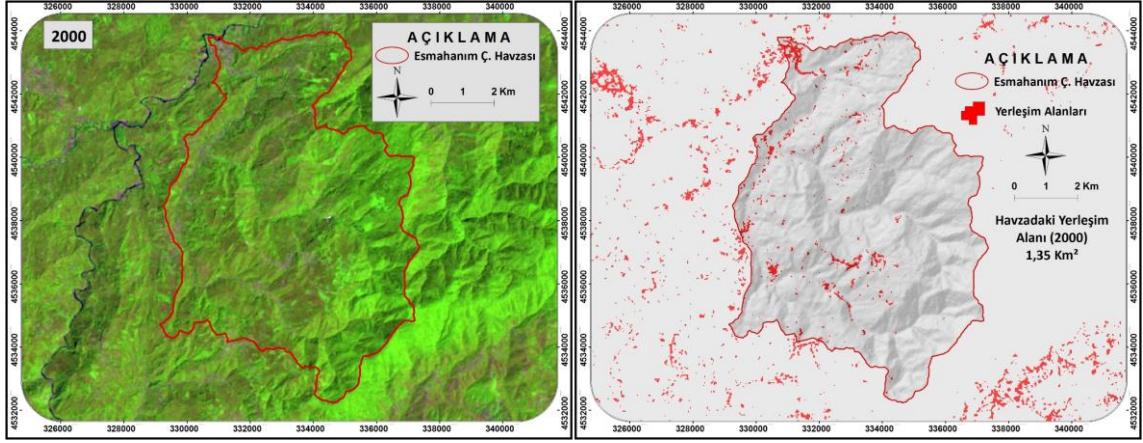
Esmahanım Havzası daha önce de ifade edildiği üzere üç ilçenin kesişim alanında yer almaktadır. Araştırma sahasının büyük bölümü Akçakoca ilçesi içerisinde yer almakla beraber bir kısmı da Çilimli ve Cumayeri sınırları içerisinde bulunmaktadır (Şekil 43).



Şekil 43: Esmahanım Deresi Havzası Yerleşmelerin Dağılışı

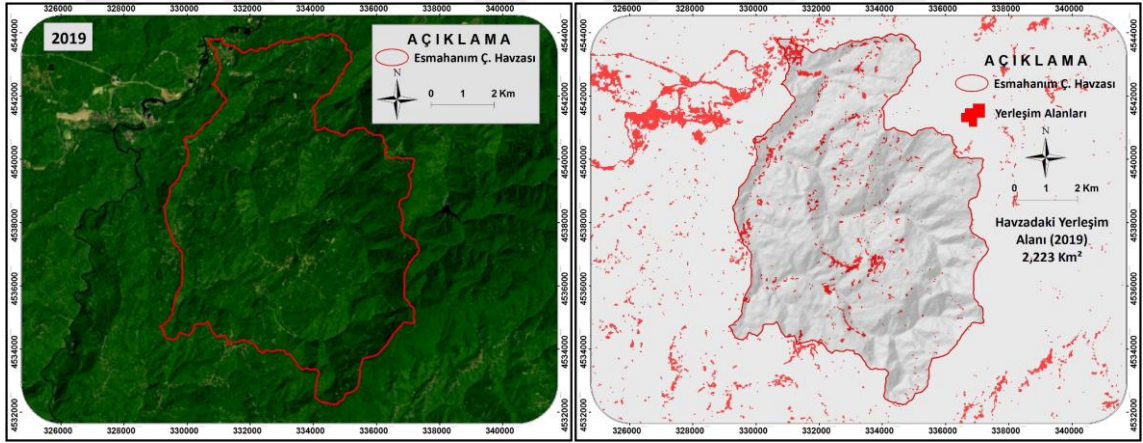
Kaynak: Harita Genel Müdürlüğü verilerinden yararlanılarak yazar tarafından üretilmiştir.

Havza içinde yerleşim alanlarının zamansal değişimini ortaya koymak adına Landsat ETM (2000) ve Landsat OLI/TIRS (2019) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntüleri çeşitli band kombinasyonlarına tabi tutularak “False Color” görüntüsü oluşturulmuştur. Elde edilen görüntü “Kontrolsüz Sınıflandırma” yöntemine tabi tutularak yerleşim alanları belirlenmiştir (Şekil 44, Şekil 45).



Şekil 44: Havza ve Çevresinin 2000 Yılına Ait Uydu Görüntüsünden Elde Edilen Yerleşim Alanları

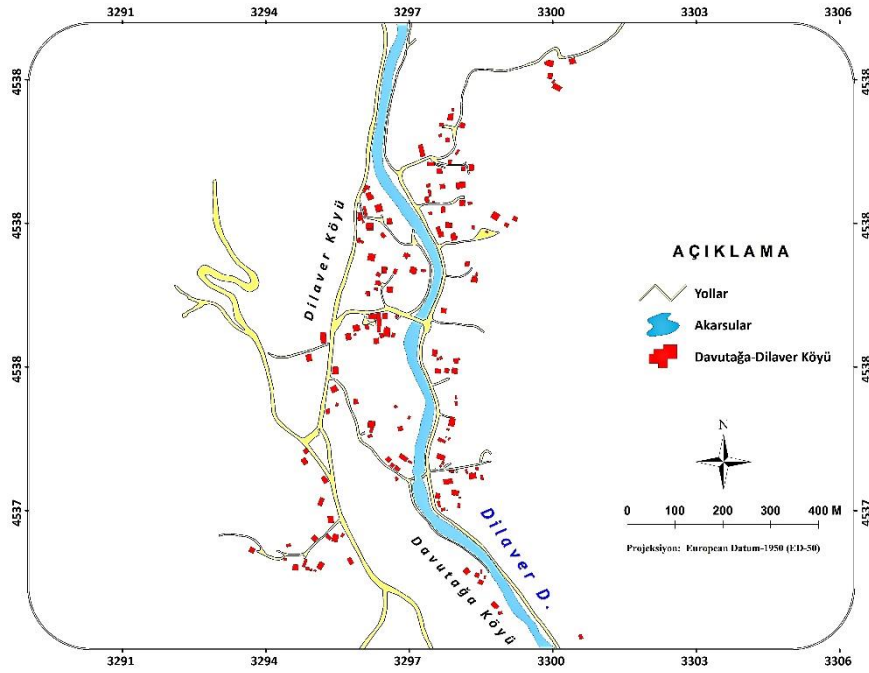
Kaynak: USGS, 2022 yararlanarak yazar tarafından üretilmiştir.



Şekil 45: Havza ve Çevresinin 2019 Yılına Ait Uydu Görüntüsünden Elde Edilen Yerleşim Alanları

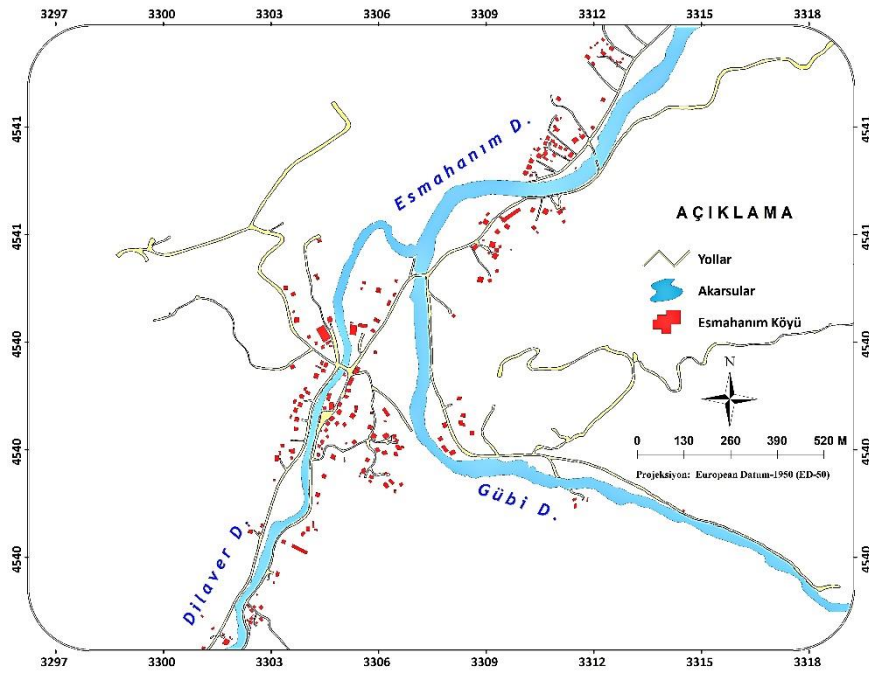
Kaynak: USGS, 2022 yararlanarak yazar tarafından üretilmiştir.

Elde edilen veriler neticesinde yerleşme alanlarının zamanla arttığı dikkati çekmektedir. Bilhassa havza çevresinde yerleşmelerin yoğunluğunun arttığı gözlemlenmektedir. Havza içinde ise Kurukavak, Küpler, Esmahanım, Uğurlu köyleri civarında ve ana akarsu hattı boyunca yerleşme yoğunluğunun arttığı gözlemlenmektedir. Taşkın tehlikesi bakımından Dilaver, Esmahanım ve Uğurlu köyleri ayrı bir önem taşımaktadır (Şekil 44, Şekil 45).



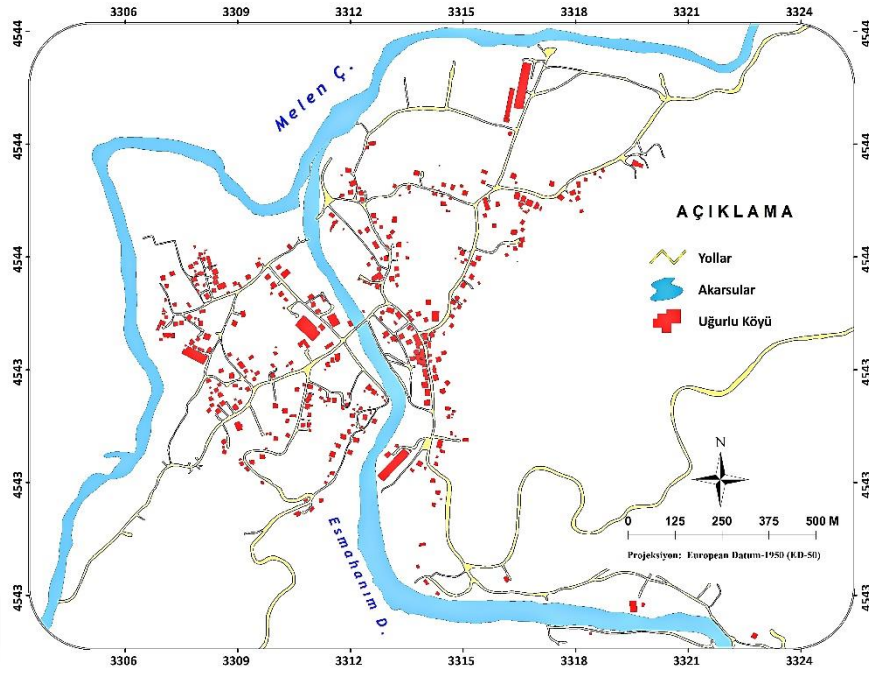
Şekil 46: Dilaver ve Davutağa Yerleşmelerinin Uydu Görüntüsü ve Ortofotodan Sayısallaştırma Yöntemiyle Elde Edilmiş Mesken ve Yol Dokuları

Kaynak: Uydu görüntüsü ve ortofotodan sayısallaştırma yöntemiyle yazar tarafından üretilmiştir.



Şekil 47: Esmahanım Yerleşmesinin Uydu Görüntüsü ve Ortofotodan Sayısallaştırma Yöntemiyle Elde Edilmiş Mesken ve Yol Dokuları

Kaynak: Uydu görüntüsü ve ortofotodan sayısallaştırma yöntemiyle yazar tarafından üretilmiştir.



Şekil 48: Uğurlu Yerleşmesinin Uydu Görüntüsü ve Ortofotodan Sayısallaştırma Yöntemiyle Elde Edilmiş Mesken ve Yol Dokuları

Kaynak: Uydu görüntüsü ve ortofotodan sayısallaştırma yöntemiyle yazar tarafından üretilmiştir.

Mesken ve yol dokuları irdelendiğinde nüfusa bakımından yoğun olan köylerde yerleşmelerin yoğunluk kazandığı görülmektedir. Genel anlamda ev ve eklentilerinden müteşekkil bir yapıya sahip olan yerleşmeler toplu doku özelliği göstermektedir. Köyler ekseriyetle akarsu hattı boyunca kümelenme eğilimi göstermektedir. Bu durum yerleşmeleri taşkın tehlikesine karşı daha duyarlı hale getirmektedir (Şekil 46, Şekil 47, Şekil 48).

2.2.3. Arazi Kullanımı

Arazi kullanımı çoğunlukla yörelerin strüktürel özellikleri, edafik koşullar, iklimin yanı sıra büyük oranda da jeomorfolojinin kontrolü atındadır (Gürgen, 1993). Beşerî faaliyetler ile doğal süreçlere müdahale edilerek arazi kullanım sınıflarıyla birlikte arazi örtüsünün de değişmesi çeşitli problemlere neden olabilmektedir. Doğru arazi kullanımı sayesinde doğal yapının maksimum düzeyde korunmasıyla taşkınların etkileri minimuma indirilebilir. Bu sebepten arazi kullanımı üzerinde durulması gereken coğrafi bir faktördür (Toprak, 2015).

eden “Kesikli Şehir Yapısı” arazi kullanım sınıfının havzadaki alanı 1,5 km²’dir. Havza içindeki oranı ise %2,5’dir (Şekil 49, Tablo 29).



3. BÖLÜM: BULGULAR

3.1. Taşkın Duyarlılığı Analizi

Çalışmanın ana eksenini her ne kadar belirli bölgelerdeki tehlike ve risk alanlarının belirlenmesi olsa da bunu yapabilmek için öncelikle ana akarsuya bağlanan yan kolların ve bunların içerisinde yer aldığı alt havzaların taşkın duyarlılığının tespit edilmesi gerekir. Bir başka deyişle taşkın duyarlılığı ana havza içindeki alt havzaların hidrolojik ve morfolojik özelliklerin değerlendirilmesi ile belirlenir.

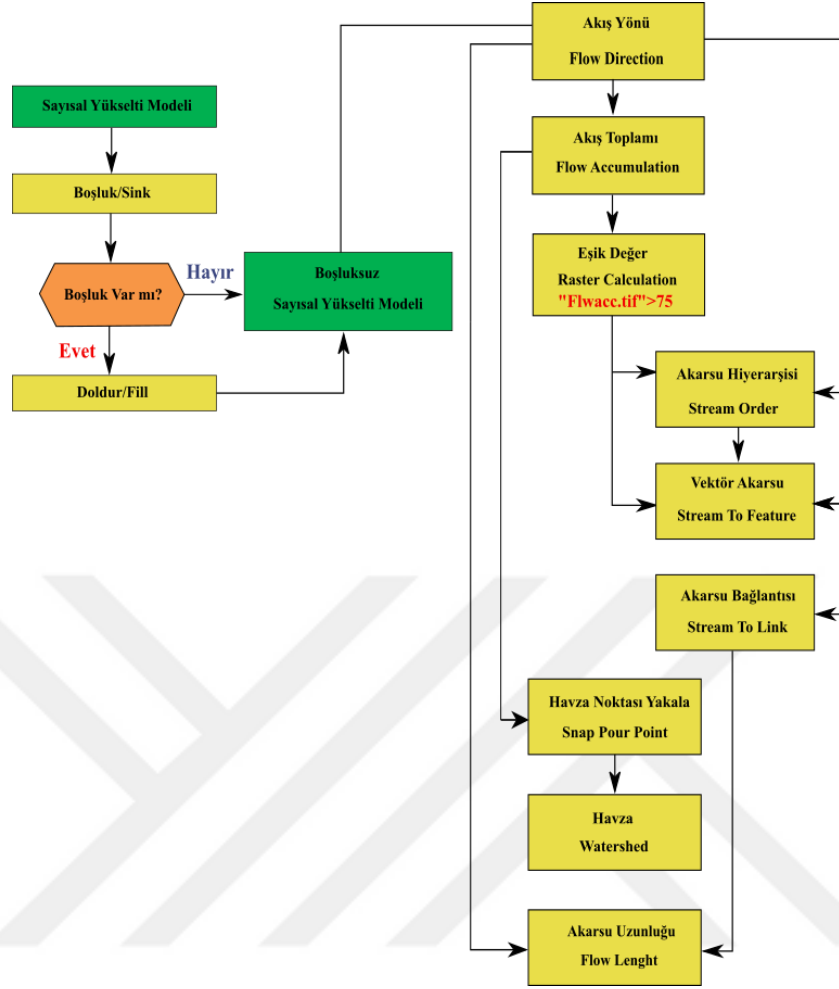
3.1.1. Morfometrik Özelliklerin Belirlenmesi

Akarsu havzalarının genel özelliklerini belirlemeye yönelik çalışmaların başında havzanın morfometrik analizi gelmektedir. Doğrudan akım üzerinde etkili olan Morfometrik Analizler taşkın duyarlılığını belirlemede oldukça önemlidir (Özdemir, 2007a, 2011; Günek vd., 2013; Turoğlu ve Aykut, 2019). Morfometrik özelliklerin analizi sonucu elde edilen sayısal verilerle; havzanın oluşum ve gelişmesinde rol oynayan etmenler ve taşkınların oluşmasındaki etki dereceleri analiz edilmiştir. Bu başlık altında; havza şekil analizi yapılmış drenaj sistemi ve rölyef özellikleri irdelenmiştir. Netice itibarıyla hidromorfometrik analizlerden elde edilen bulgular ışığında Esmahanım Deresi havzası içerisindeki alt havzalar esas alınarak bir taşkın duyarlılık analizi yapılmış ve duyarlılıklarına göre sınıflandırılmıştır.

3.1.1.1. Akarsu Drenaj Sistemi ve Rölyef Özelliklerinin Belirlenmesi

Taşkın ve sel çalışmalarında önemli morfometrik özelliklerden biri akarsu drenaj sisteminin yapısı ve havzanın rölyef özellikleridir (Özdemir, 2007a). Esmahanım Deresi ve yan kollarına ait drenaj yoğunluğu, çatallanma oranı, akarsu sıklığı ve tekstür oranı gibi akarsu drenaj sistemi ile ilgili parametreler ele alınmıştır. Ayrıca havzanın rölyef özellikleri içeren havza rölyefi, engebelilik değeri ve akım toplanma zamanı (time of concentration) analiz edilmiştir.

DEM verisi temel alınarak drenaj sistemi özellikleri ArcGIS 10 yazılımı içerisindeki “Spatial Analyst” modülü içerisinde yer alan Hydrology araç kutusu vasıtasıyla belirlenmiştir. İşlemler ve bulgulara ilişkin akış şeması aşağıda verilmiştir (Şekil 40).



Şekil 50: Hidrolojik Analizlerin Akış Grafiği

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Analizlerde kullanılan DEM verisinin çözünürlüğü arttıkça topoğrafya üzerinde yer alan yer şekilleri ve akarsu drenaj sisteminin ayrıntı gücü artmaktadır. Aksi halde gerçek topoğrafya ile örtüşmeyen yapay drenaj ağları elde edilebilir (Maidment ve Morehouse, 2002). DEM verisi her ne kadar topoğrafyayı yansıtsa bile sürekli yüzeyi temsil eden bir veri olduğundan bazı durumlarda hücrelerde kayıp veya hatalar gözlenebilmektedir. Bu hatalar genellikle yükseltinin kararlı devam ettiği yüzeylerde aniden düşmesi veya abartılı bir şekilde artması olarak tanımlanabilir. Bu durumda akarsu ağında anormallikler meydana gelebilmektedir (Tarboton vd., 1991). Söz konusu hataların giderilmesi için hatalı hücrelere denk gelen düzensiz yükseklik ve çukurluklar elemine edilir. Çalışmada bu düzensizlikler ArcGIS 10 yazılımı içerisindeki Hydrology araç kutusu içerisinde yer alan Fill ve Sink aracıyla giderilmiştir (Şekil 51).



Şekil 51: DEM Verisi İçerisinde Yer Alan Eksikliklerin ve Yüksekliklerin Giderilmesi

Kaynak: ESRI, 2021'den değiştirilerek yazar tarafından oluşturulmuştur.

Fill ve Sink aracıyla düzeltilen DEM verisi işlem akış şemasında gösterildiği üzere doğal akış yönü işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemi ArcGIS programı kendiliğinden tanımlı olan D8 metodunu kullanarak yapmıştır (O'Callaghan ve Mark, 1984; Jenson ve Domingue, 1988; Demirkesen, 2003; Özdemir, 2007a; Rahman vd., 2010; Utlu ve Özdemir, 2018). Bu metot, yükselti değerlerine sahip olan hücrelerden eğimi en fazla olan komşu hücrelere akışın gerçekleştiği varsayımına dayanır. Bu durumda hücreler akış yönü temel alınarak farklı kodlar şeklinde tanımlanır (Özdemir, 2007a).



Şekil 52: D8 Metoduna Göre Akış Yönler ve Kodları

Kaynak: ESRI, 2021'den değiştirilerek yazar tarafından oluşturulmuştur.

Akış yönü (Flow Direction) verisinin elde edilmesinden sonra akım toplamı (Flow Accumulation) elde edilir (Şekil 52, Şekil 53). Bu yöntemle göre yüzey suları hiçbir kayba uğramadan direkt yüzeysel akışa geçtiği kabul edilir. Doğal akış yönlerinin toplanmasıyla elde edilen doğal akım çalışma sahasındaki maksimum akarsu ağını verir (Özdemir, 2007a).

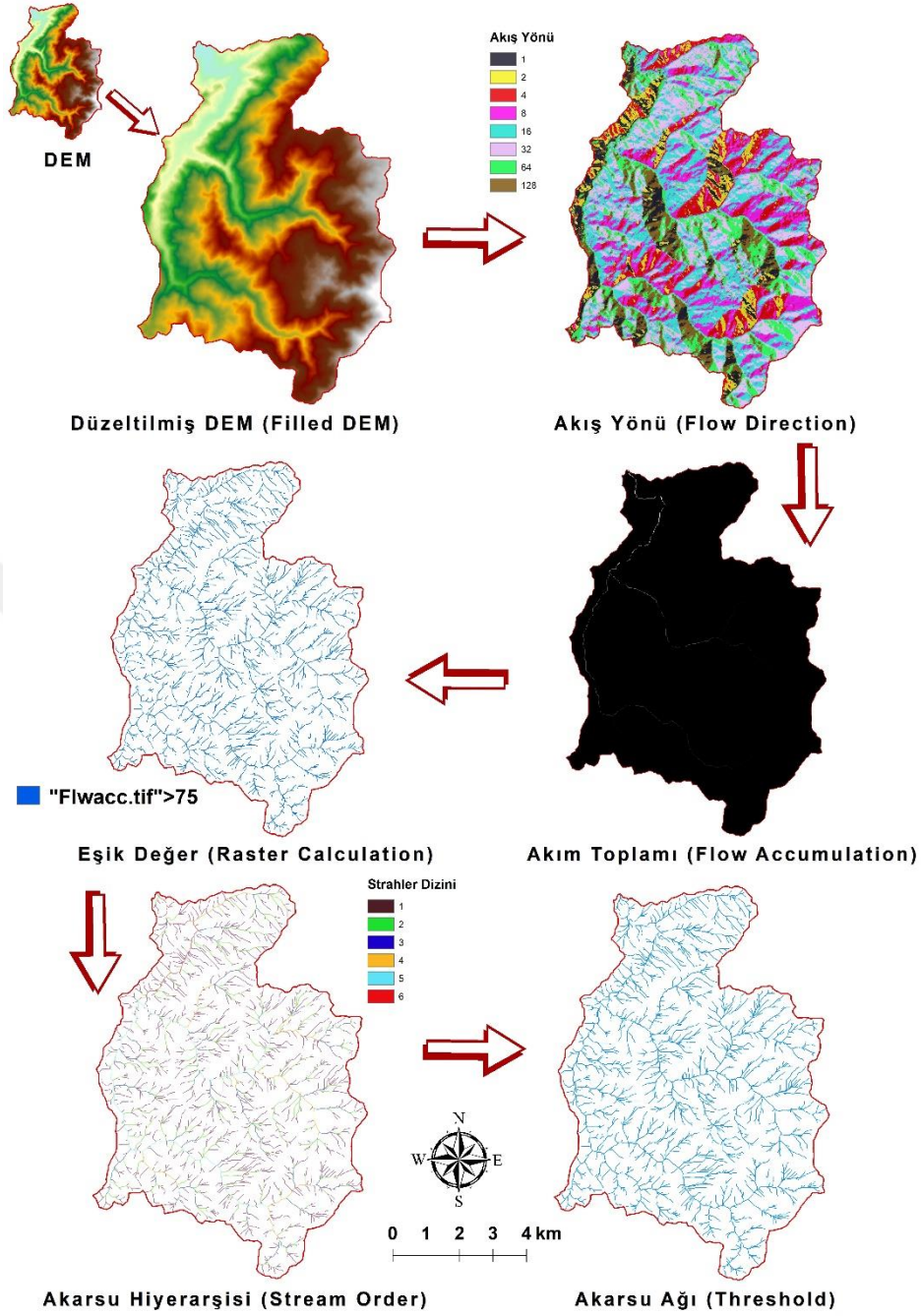


Şekil 53: Doğal Akış Yönü ve Doğal Akımın Belirlenmesine Örnek

Kaynak: ESRI, 2021'den değiştirilerek yazar tarafından oluşturulmuştur.

Elde edilen doğal akım verisi eşik değeri uygulamasına (Raster Calculation) tabi tutulur. Eşik değeri ise “Flwacc.tif”>75 pixel olarak belirlenmiştir. Bu değeri havza için en uygun değeri sağlamakla beraber havza içindeki kurumuş akarsu ve küçük kolların da akış ağına dâhil olmasına olanak sağlamıştır. Bu işlemde sonra akarsu ağı belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Sonraki aşamalarda ise akarsu ağı, Strahler (1957) akarsu dizini yöntemi esas alınarak akarsu hiyerarşisi (Stream Order) işlemine tabi tutulmuş elde edilen raster formatındaki bu veri Stream To Feature işlemi ile vektörel formata (Threshold) dönüştürülmüştür (Şekil 54). Son olarak ana kola bağlanan alt havzaların çıkış noktaları “snap pour point” aracıyla tayin edilerek alt havzalar “watershed” aracıyla belirlenmiştir (Şekil 55).





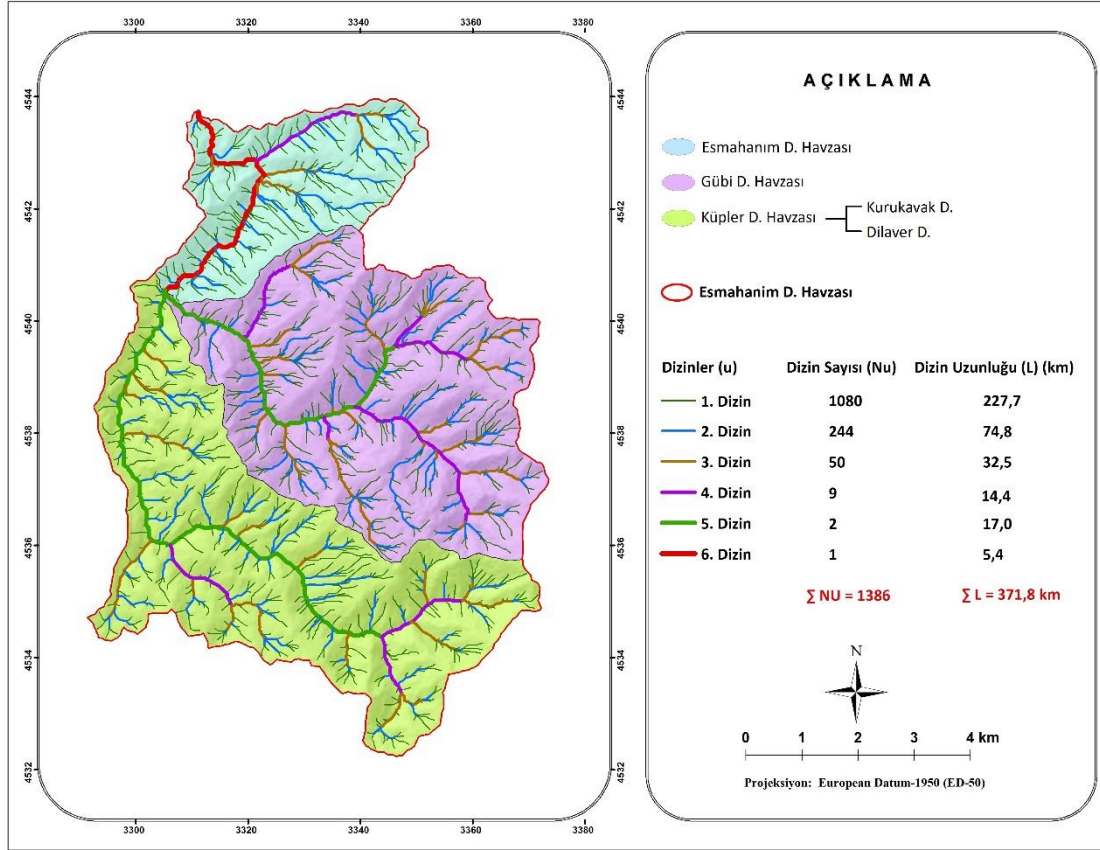
Şekil 54: Hidrolojik Analiz Aşamaları ve DEM'den Akış Ağı Üretme

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Strahler (1957) dizin metoduna göre toplamda 6 dizin ile sınıflandırılan havzanın 6. dizinini Esmahanım Deresi oluşturmaktadır. Alt havzaların belirlenmesinde ise 5. dizin esas alınmıştır (Smith, 1950; Turoğlu ve Aykut, 2019) (Şekil 55). Bu metotta en büyük değere sahip dizin havzanın en büyük akarsuyunu temsil etmektedir. Değerin küçülmesi ana akarsuya bağlanan daha cılız yan kolları temsil etmektedir ve dizin sayıları kendinden

önceki dizinlerden fazladır. Dizin sayıları genel olarak analizi yapılan havzanın büyüklüğüne paralel olarak artış göstermektedir (Şekil 55).

Araştırma sahasında yer alan alt havzalardan yüzölçümü en büyük olan Gübi Deresi alt havzası aynı zamanda en fazla dizin sayısına sahip olan alt havzadır. Gübi Deresi alt havzasını sırasıyla Küpler Deresi alt havzası, Esmahanım Deresi alt havzası takip etmektedir (Tablo 30).



Şekil 55: Strahler Metodu İle Üretilmiş Çatallanma Oranı ve Değerleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Esmahanım Deresi ve alt havzalarına ait akarsu ağı ve rölyef özelliklerini tanımlayacak bazı morfometrik parametreler/değerler taşkın etkinliğinin ortaya konulması adına analize tabi tutulmuştur. Aşağıdaki paragraflarda detaylıca anlatılan işlemlere ilişkin parametreler Tablo 30’de hesaplamalar ise Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 31 ve Tablo 32’de verilmiştir.

Akarsu gelişim evreleri dikkate alındığında öncelikle ana yataktan başlayarak bir gelişimin olduğu gözlemlenmektedir. Birinci derece kolları olarak adlandırıldığımız bu

süreçten sonra zamanla ikinci, üçüncü ve diğer derecelerden yan kollar artan bir sıklıkla dallanarak gelişim gösterir (Turoğlu, 1997; Erinç, 2000).

Dizin Çatallanma Oranı (R_b): Strahler akarsu dizin sistemi temel alınarak bir dizindeki toplam dizin sayısının bir üst dizindeki toplam dizin sayısına bölünmesiyle elde edilir. Bu işlem neticesinde elde edilen R_b değerlerinin ortalaması alınarak havza için bir değer belirlenir. Havzadaki veya dizin hiyerarşisindeki dizin sayılarına bağlı olarak bu değer değişkenlik gösterir. Bu durumda R_b değerinin değerlendirilmesi adına mutlak bir ölçüt yoktur, değerlendirme yapmak için diğer değerlerle karşılaştırmak gerekir (Özdemir, 2011). Strahler (1964)'e göre keskin ve pik noktasının yüksek olduğu dar görünümlü hidrograflarda R_b değeri düşük iken pik noktasının düşük olduğu geniş görünümlü hidrograflarda bu değer yüksektir. Ana akarsu havzasında ve alt havzalardaki çatallanma oranları **3,39-4,73** arasında değişmektedir. Bu çatallanma oranlarıyla araştırma sahası Verstappen (1983)'nin jeolojik anlamda homojen olarak nitelendirdiği değer sınıfı (3-5) içerisinde yer almaktadır.

Alt havzalardaki dizin sayıları incelendiğinde genel olarak ilk ve ikinci dizinler arasındaki değerin yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum havzada gully ve dar derin vadilerin çokça olduğunu ifade etmektedir. Bir diğer deyişle çatallanma oranları arttıkça gully ve dar-derin vadilerin sayısı da artmaktadır (Verstappen, 1983). Havza genelindeki dizin çatallanma oranı (R_b) incelendiğinde ise **4,27** gibi bir değere sahip olduğu görülmektedir. Bu durum Verstappen (1983) tarafından ifade edilen 4,0 değeri üzerinde yer aldığı için yapısal kontrol altında gelişen paralel ve sub-paralel drenaj ağı özelliğini göstermektedir. Genel olarak her ne kadar dandritik drenaj görünümüne sahip bir akarsu ağı gözlemlense de Esmahanım Deresi alt havzasına bağlanan yan kollarda bu tarz drenaj ağlarını görmek mümkündür. Sonuç olarak **3,39** ile en düşük R_b değerine sahip olan Esmahanım Deresi alt havzası taşkın duyarlılığı yüksek bir havza iken, **4,73** ile en yüksek değere sahip Küpler Deresi alt havzasının taşkın duyarlılığı ise düşüktür (Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur).

Tablo 31).

Tekstür Oranı (T): Önemli arz eden bir diğer hidromorfometrik analiz tekstür oranıdır. Tekstür oranı; havzanın litolojisine, zeminin sızma kapasitesine ve rölyef özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterir (Altaf vd., 2013; Rana vd., 2016). Bu değer, 1. dizinin

toplam sayısının havza çevre uzunluğuna oranıdır (Horton, 1945; Biswas vd., 1999; Reddy vd., 2004; Özdemir, 2011)). T değerinin yüksek çıkması ana kola bağlanan 1. düzeydeki dizinlerin sayısının çok yani dizin sıklığının fazla olduğuna işarettir. Bu değer düşük çıkması ise söz konusu kolların az yani dizin sıklığının az olduğunu göstermektedir (Özdemir, 2011; Rana vd., 2016; Turoğlu ve Aykut, 2019). Havza şekline göre değişkenlik gösteren T değeri, dairesel görünüme sahip havzalarda yüksek; uzunlamasına bir görünüme sahip havzalarda düşük çıkmaktadır. Değer hakkında karar verebilme adına Smith (1950)'in drenaj yoğunluğuna bağlı olarak oluşturmuş olduğu T değeri ölçeği kullanılabilir. Beş farklı sınıfa ayrılan bu ölçekte; $T < 2$ ise “çok geniş”, $T = 2-4$ aralığında ise “geniş”, $T = 4-6$ aralığında ise “orta”, $T = 6-8$ arasında ise “dar”, $T > 8$ ise “çok dar” drenaj dokusuna sahip olduğunu göstermektedir (Smith, 1950; Turoğlu ve Aykut, 2019).

Havza genelinde T değeri **26,15** gibi oldukça yüksek bir değere tekabül etmektedir. En düşük T değerine sahip alt havza **10,94** değeri ile Esmahanım alt havzası, en yüksek değere sahip havza ise **19,34** ile Gübi alt havzasıdır. Değer arttıkça havzada akışa geçecek su miktarının da artış yapacağı unutulmamalıdır. Bu durumda taşkın duyarlılığı açısından Gübi alt havzası en duyarlı havza iken Esmahanım alt havzası en düşük duyarlılığa ait havzadır (Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur).

Tablo 31).

Akarsu Sıklığı (F_s): Havzadaki drenaj sisteminin gelişim seviyesinin bir göstergesidir. Havzadaki toplam dizin sayısının havza alanına bölünmesiyle elde edilir (Horton, 1945). Akarsu Sıklığı (F_s) değerlerinin yüksek olması yüksek rölyef özelliklerinin gözüktüğü, bitki örtüsünün seyrek olduğu, geçirgen olmayan zemin koşullarını işaret etmektedir. Bunun tam tersi durumda ise geçirgen bir yapı ve alçak rölyef özellikleri söz konusudur (Reddy vd., 2004; Özdemir, 2011). Bu durumda akarsu sıklığı ve drenaj yoğunluğu havzadaki drenaj dokusu hakkında genel bir kanıya varmamızda bizlere yardımcı olan başlıca hidromorfometrik unsurlardır. Melton (1957)'a göre çoğu zaman bu iki unsur arasında doğru orantı söz konusudur. Fakat drenaj yoğunluğunun eşit olduğu durumlarda akarsu sıklıkları değişkenlik gösterebilir. Zira akarsu sıklığı (F_s) üzerinde drenaj yoğunluğu üzerinde etkili olan faktörlere ek olarak beşeri unsurların da etkisi söz konusudur (Hoşgören, 2001; Özdemir, 2011). Kısaca ifade etmek gerekirse akarsu sıklığı

(F_s), bize topoğrafyanın yarıлма seviyesi ve erozyonal süreçlerin tesiri hakkında bir anlayış sunar (Rana vd., 2016; Turoğlu ve Aykut, 2019). F_s değerinin yüksek çıkması yüksek akıma ve dolayısıyla yüksek taşkın potansiyeline işaret etmektedir (Turoğlu ve Aykut, 2019).

Havza genelinde F_s değeri 22,51 tekabül etmektedir. En yüksek F_s değerine sahip alt havza 23,61 değeri ile Gübi, en düşük değere sahip alt havza 21,70 ile Esmahanım Deresi alt havzasıdır. Dolayısıyla akarsu sıklığına bağlı olarak taşkın duyarlılığı en yüksek olan alt havza Gübi iken, en düşük alt havza ise Esmahanım alt havzasıdır (Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur).

Tablo 31).

Drenaj Yoğunluğu (D_d): havzanın akarsular tarafından ne ölçüde parçalandığını gösteren sayısal bir ifadedir. Toplam akarsu uzunluğunun havza alanına bölünmesiyle elde edilir (Verstappen, 1983; Baker vd., 1988; Turoğlu, 1997; Máčka, 2001; Reddy vd., 2004; Özdemir, 2007b). Bu sayısal ifade parçalanmada etkiye sahip olan jeolojik, iklimik, morfolojik ve bitki örtüsü özellikleri hakkında fikir vermektedir (Verstappen, 1983; Baker vd., 1988; Reddy vd., 2004; Özdemir, 2011). Ayrıca drenaj yoğunluğu, yukarıda bahsi geçen yüzeysel akışı kontrol eden etmenlerin bir neticesi olarak görülebilir zira havzadaki sediment ve su çıkışını etkilemektedir (Máčka, 2001). Drenaj yoğunluğunun düşük olduğu havzalarda yüzeysel akışa geçen suların yeraltına sızdığını buna karşın yüksek değere sahip havzalarda ise aşındırma ve parçalama kaynaklı deformasyonun olduğuna işaret etmektedir (Melton, 1957; Patton, 1988; Özdemir, 2011). Yüksek sızma kabiliyeti gösteren kayalardan müteşekkil arazilerde birim alanda akarsu yoğunluğu azalmakta bu durum düşük D_d değerlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Tam tersi durumda yani geçirgenliğin azaldığı sahalarda ise yüzeysel akışın artmasına paralel olarak birim alandaki akarsu yoğunluğu artış göstermekte neticede D_d değeri de yüksek çıkmaktadır. Bunlara ek olarak D_d değerlerindeki değişkenliğin tek nedeninin jeolojik ve morfolojik etkenler olduğunu düşünmek doğru değildir. Çünkü jeolojik ve morfolojik özelliklerin benzer olduğu fakat nemli iklim koşulları ve yoğun bitki örtüsüne sahip sahalarda, infiltrasyona bağlı su kaybı artış göstermekte bu durumda D_d değeri düşük olmaktadır. Aksi durumda yani kuraklığın egemen olduğu sahalarda ise bu değer yüksektir (Melton, 1957; Özdemir, 2011). Keza Bandara (1974) ve Melton

(1957Melton (1957) drenaj yoğunluğu ve Thornthwaite yağış etkinlik indisi arasında bir ilişki kurmuştur. Netice itibariyle yukarıdaki görüşü destekler nitelikte bir fikir ortaya koymuşlardır. Buna göre bitki örtüsü bakımından fakir ve kuraklığın egemen olduğu sahalarda drenaj yoğunluğunun (D_d) zirve yaptığını ifade etmişlerdir. Ayrıca nemli iklime sahip bol yağışlı sahalarda sık vadi oluşumunun gerçekleştiği gözlemlemiş neticede bu sahaları drenaj yoğunluğunun (D_d) yüksek olduğunu sahalar olarak belirtmişlerdir. Bahsi geçen her iki sahadaki sediment yükü birikimi D_d değerine paralel olarak artmaktadır. Temel olarak özetlemek gerekirse drenaj yoğunluğu (D_d), havzadaki akarsu ağının morfolojik karakterini ve hidrolojik tepkisini ortaya koyan bir ifadedir. Çünkü D_d değerlerindeki yüksek oran eğimli yamaçları ve düşük yüzeysel akış uzunluğunu ifade eder (Schumm, 1956).

Havza genelinde D_d değeri **6,04** iken en düşük D_d değerine sahip alt havza **5,78** değeri ile Küpler en yüksek değere sahip havza ise **6,68** ile Esmahanım alt havzasıdır. Bu durumda Esmahanım alt havzası en yüksek su iletme başka bir deyişle yüzeysel akış iletkenliğine sahip alt havzadır. Bu durum yüksek taşkın duyarlılığını ifade etmektedir. Yüzeysel akış uzunluğu yani her bir kolun aldığı mesafenin en fazla olduğu alt havza Küpler alt havzasıdır. Bu durum Küpler alt havzasını en düşük taşkın duyarlılığına sahip alt havza yapmaktadır (Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur).

Tablo 31).

Akım Toplanma Zamanı (T_c): Havzanın mansaba en uzak olan noktasına düşen yağışın, havzanın deşarj olduğu çıkış noktasına kadar olan yolculuğunda geçen süreyi ifade eder (Kirpich, 1940; Mockus, 1961; Verstappen, 1983; Fang vd., 2007). Hidrolojik açıdan değerlendirildiğinde bu değer yüksek olması suyun havzada oyalandığına işaret etmektedir. Bu oyalanma topoğrafyadaki arızalar, eğim koşulları, zemin geçirimsizliği, bitki örtüsünün yoğun olması, şehirleşme vb. faktörlere bağlı olarak yüksek çıkabilir. Özellikle şehirleşmenin yüksek olduğu ve zeminin asfalt-beton kaplandığı sahalarda suyun yeraltına sızma kabiliyeti azalmakta sonuç olarak su yüzeysel akışa daha çabuk geçmektedir. Burada suyun akışa geçtiği yatağın yapısı da önem arz eder. Doğal yatağa sahip yataklarda suyun oyalanma ve sızma miktarı artarken, sonradan ıslah edilmiş yapay yataklarda yani kanallarda sızma kabiliyeti ve sürtünme direnci buna bağlı olarak akıştaki oyalanma süresi azalacaktır. Eğim miktarının fazla olduğu yataklarda su daha çabuk çıkış

noktasına ulaşacağından T_c değeri azalmakta taşkın duyarlılığı yükselmektedir (Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019). Ayrıca yan kollardaki T_c değerlerinin birbirine yakın olması ve mansap noktalarının ana kola bağlandığı kavşak noktaları arasındaki mesafenin az olması taşkın tehlikesini arttıran faktörlerdendir. Akım toplam süresini hesaplanmasında birçok yöntem kullanılmaktadır (Kirpich, 1940; Mockus, 1961; Chow, 1962; Kennedy ve Watt, 1969; Haktanır ve Sezen, 1990; NRCS, 1991; Sharifi ve Razaz, 2014).

Kirpich (1940) metodu kullanarak hesaplanan değerler irdelendiğinde havza genelinde T_c değeri **118,00** dakika olduğu hesaplanmıştır. Alt havzalarda ise T_c değerinin en yüksek olduğu alt havza **79,91** dakika ile Küpler, en düşük değer **34,10** dakika ile Esmahanım Deresi alt havzasına aittir. Dolayısıyla akım toplanma zamanına göre taşkın duyarlılığı en yüksek olan havza Esmahanım Deresi alt havzası iken en düşük olan havza ise Küpler Deresi alt havzasıdır (Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur).

Tablo 31).

Engebelilik Değeri (R_n): Drenaj yoğunluğu ve havza rölyefinin çarpılmasıyla elde edilir (Melton, 1957). Bir bakıma havzanın yarıma derecesini ortaya koymaktadır. Ayrıca sahadaki akım gravitesi, yüzeysel akış durumu, infiltrasyon ve erozyonal süreçler hakkında da fikir edinmemizi sağlar (Verstappen, 1983; Reddy vd., 2004). Yüksek R_n değeri az yarılmış havzalara, su kaybının azlığı ve yüzeysel akışın fazla olduğuna işaret eder. Buna ek olarak bu değer yüksek çıkması havzanın sel potansiyeline sahip olduğunu da göstermektedir (Baker vd., 1988; Ritter vd., 1995; Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019). R_n değerinin düşük çıkması halinde ise su kaybının artarak yüzeysel akışın azalması buna bağlı olarak da taşkın duyarlılığının düşmesi söz konusudur.

Havza genelindeki R_n değeri **6,97** ile alt havzalara göre nispeten yüksektir. Alt havzalar içinde en yüksek R_n değerine sahip havza **6,23** ile Gübi Deresi alt havzası iken en düşük değere sahip havza ise **3,88** ile Esmahanım Deresi alt havzasıdır. Bir başka ifade ile alt havzalar içerisinde taşkın duyarlılığı en fazla olan Gübi Deresi alt havzası iken en düşük olan Esmahanım Deresi alt havzasıdır (Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur).

Tablo 31).

Tablo 30: Havzanın Akarsu Ağı ve Relief Parametreleri

	Çevre Uzunluğu (km)	Alan 1 (km ²)	Havza Uzunluğu (km)	Maksimum Yükseklik (m)	Minimum Yükseklik (m)	Akarsu Dizinleri (Nu)						Toplam Dizin Sayısı	Toplam Dizin Uzunluğu (km)
	(P)	(A)	(L)	(H _{max})	(H _{min})	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	(ΣN _U)	(ΣL)
Esmahanım Alt Havzası	15,54	10,09	4,14	631	51	170	40	7	1	-	1	219	67,44
Gübi	24,25	25,75	7,97	1177	147	469	108	25	5	1	-	608	155,72
Küpler	31,31	25,74	9,67	1206	147	441	96	18	3	1	-	559	148,63
Havza Genel	41,30	61,58	12,03	1206	51	1080	244	50	9	2	1	1386	371,80

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 31: Akarsu Ağı ve Relief Hesaplamaları-1

	Dizin Çatallanma Oranı						Tekstür Oranı	Akarsu Sıklığı	Drenaj Yoğunluğu	Akım Toplanma Zamanı (Dk)	Engebelilik Değeri
	$R_b = \frac{N_U}{N_{U+1}}$						$T = N_{D1} * \frac{1}{P}$	$F_s = \frac{\sum N_U}{A}$	$D_d = \frac{\sum L}{A}$	$T_c = 0,0195 * \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}}$	$R_n = B_h * \frac{D_d}{Dd}$
Esmahanım Alt Havzası	4,3	5,7	7,0	0,0	0,0	Ort: 3,39	10,94	21,70	6,68	34,10	3,88
Gübi	4,3	4,3	5,0	5,0	-	Ort: 4,67	19,34	23,61	6,05	52,44	6,23
Küpler	4,6	5,3	6,0	3,0	-	Ort: 4,73	14,08	21,72	5,78	79,91	6,12
Havza Genel	4,4	4,9	5,6	4,5	2,0	Ort: 4,27	26,15	22,51	6,04	118,00	6,97

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Akarsu Uzunluk Oranı (R_L): Bu değer bir dizinin toplam uzunluğunun bir sonraki dizinin uzunluğuna bölünmesiyle elde edilir (Patton, 1988; Özdemir, 2011; Goudar, 2015). Akarsu kollarındaki uzunluk, suyun bu kollardaki tutulma oranı hakkında bizlere fikir vermektedir. Böylece üst dizinlerden gelen su miktarının alt dizinler tarafından ne ölçüde taşınabileceğinin anlaşılmasında önemli bir değerdir. R_L havza şekline göre farklı değerler alabilmektedir. Örneğin uzun ve dar havzalarda R_L değeri düşük çıkmaktadır. Bu durum suyun hızlı bir şekilde drene olduğu ve daha az tutulduğunu göstermektedir. Dairesel havzalarda ise bu oran yüksek çıkmakta, ana kol üzerindeki su birikim yükü daha fazla artmaktadır (Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019) (Tablo 32).

Havzadaki R_L değerleri göz önünde bulundurulduğunda en yüksek değere sahip havza **2,17** değeri ile Küpler Deresi alt havzasıdır. En düşük değer sahip olan alt havza **1,71** değeri ile Esmahanım alt havzası iken havza genelinde bu değer **2,32** olarak saptanmıştır. Sonuç itibarıyla Küpler Deresi alt havzası yüksek R_L değeri nedeniyle en yüksek taşkın duyarlılığına sahip iken Esmahanım alt havzası düşük taşkın duyarlılığına sahiptir.

Tablo 32: Akarsu Ağı ve Relief Hesaplamaları-2

	Akarsu Uzunluk Oranı	Rölyef Oranı	Havza Rölyefi	Hipsometrik İntegral
	$R_L = \frac{L_U}{L_{U+1}}$	$R_h = \frac{H}{L}$	$B_h = H_{max} - H_{min}$	$H_t = \frac{H_{ort} - H_{min}}{H_{max} - H_{min}}$
Esmahanım Alt Havzası	1,71	0,14	580	0,40
Gübi	2,05	0,13	1030	0,46
Küpler	2,17	0,11	1059	0,36
Havza Genel	2,32	0,10	1155	0,41

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Rölyef Oranı (R_h): Havza rölyefinin ana akarsuya paralel maksimum havza uzunluğuna bölünmesiyle elde edilir (Schumm, 1956; Patton, 1988). Bu değer ana yatağın yamaç eğimlerinin hangi ölçüde olduğu hakkında fikir verir (Turoğlu ve Aykut, 2019). Ayrıca havzanın en yüksek noktası ile ana akarsuyun en yüksek noktası arasındaki farkın çok az olduğu sahalarda ana akarsu eğiminin çıkarsamasında da kullanılabilmektedir (Özdemir, 2011; Zavoianu, 2011). Rölyef oranı R_h , iklim faktörü ve bitki örtüsü ile birlikte havzadaki sediment kayıplarında önemli bir etkiye sahiptir (Özdemir, 2011). Schumm (1956) rölyef oranı R_h ve drenaj yoğunluğundan yola çıkarak uzunluk oranı, yatak eğimi

ve asılı yük arasında pozitif yönde bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuştur. Morisawa (1962) ise litolojik anlamda sade bir yapı gösteren sahaların akarsu oluşumu bakımından elverişli koşullara sahip olduğunu ifade etmiştir. Buna bağlı olarak artan dizin sayısına bağlı olarak rölyef oranı R_h düşmektedir. Sonuç olarak yüksek R_h değerleri yüksek topoğrafya ve dik yamaçlara işarettir, bu durumda akışa geçen suyun hızının artmasına bağlı olarak mansaba ulaşma süresi kısalmaktadır.

Havzadaki R_h değerleri göz önünde bulundurulduğunda en yüksek değere sahip havza **0,14** değeri ile Esmahanım Deresi alt havzasıdır. En düşük değere sahip olan alt havza **0,11** değeri ile Küpler alt havzası iken havza genelinde bu değer **0,10**'dur. Bu sonuçlara göre araştırma sahası içerisindeki alt havzalardan taşkın duyarlılığı en yüksek olan Esmahanım alt havzası, en düşük olan ise Küpler Deresi alt havzasıdır (Tablo 32).

Havza Rölyefi (B_h): Havzadaki en yüksek nokta ile en alçak nokta arasındaki farkı ifade etmektedir (Schumm, 1956). B_h değerinin yüksek çıkması durumunda havzada yükselti farkının çok, yamaçların dik, engebe ve akarsu yatak eğiminin fazla olduğu anlaşılmaktadır (Turoğlu ve Aykut, 2019). Buna bağlı olarak havzada akım toplanma süresi kısalmakta ve akım hızı artmaktadır. Netice olarak taşkın duyarlılığı artmaktadır (Özdemir, 2011).

Havza genelinde B_h değeri **1155** gibi çok yüksek bir rölyef değerine denk gelmektedir. Bu durum havzanın taşkına olan duyarlılığını gösteren önemli bir unsurdur. En düşük B_h değerine sahip alt havza **580** ile Esmahanım Deresi alt havzası iken **1059** değeri ile Küpler Deresi alt havzası en yüksek değere dolayısıyla en yüksek taşkın duyarlılığına sahip alt havzadır (Tablo 32).

Hipsometrik İntegral (H_i), Hipsometrik eğri altında kalan alanı temsil etmektedir (Strahler, 1952b; Pinter ve Keller, 2002). Bu değer hesaplanırken havza yükseklik ortalamasından havza minimum yüksekliği çıkarılır elde edilen değer havza rölyefine bölünür (Pike ve Wilson, 1971; Mayer, 1990). Hesaplamalar neticesinde çıkan değer ortalama ve düşük olursa bu havzanın büyük oranda aşındırıldığına ve parçaladığına işaret etmektedir (Özdemir, 2011). Ayrıca bu değer göz önünde bulundurularak havzadaki yamaç gelişimi hakkında değerlendirmeler yapılabilmektedir (Andreani vd., 2014). H_i değerleri göz önünde bulundurularak arazinin hangi aşınım evresinde olduğu hakkında bilgi edinilebilir. Buna göre $H_i < 0,35$ ise “Yaşlılık”, $0,35 \leq H_i \leq 0,60$ ise

“Olgunluk”, $H_i > 0,6$ ise “Gençlik” evresinde olduğunu göstermektedir (Singh vd., 2008). Taşkın duyarlılığı açısından ön plana çıkan safha “Olgunluk” safhasıdır (Turoğlu ve Aykut, 2019).

Havza genelinde **0,41** olan H_i değeri havzanın olgunluk safhasında olduğunu göstermekle birlikte, araştırma sahası içindeki tüm alt havzalar da taşkına karşı duyarlılığın yüksek olduğu olgunluk aşamasındadır. En yüksek H_i değerine sahip alt havza **0,46** ile olgunluk safhasında olan Gübi Deresi alt havzası iken **0,36** değeri ile olgunluk safhasında olan Küpler Deresi alt havzası en düşük değere sahip alt havzadır. Bu sonuçlar itibarıyla en yüksek taşkın duyarlılığına sahip alt havza Gübi alt havzası iken en düşük duyarlılığa sahip alt havza ise Küpler alt havzasıdır (Tablo 32).

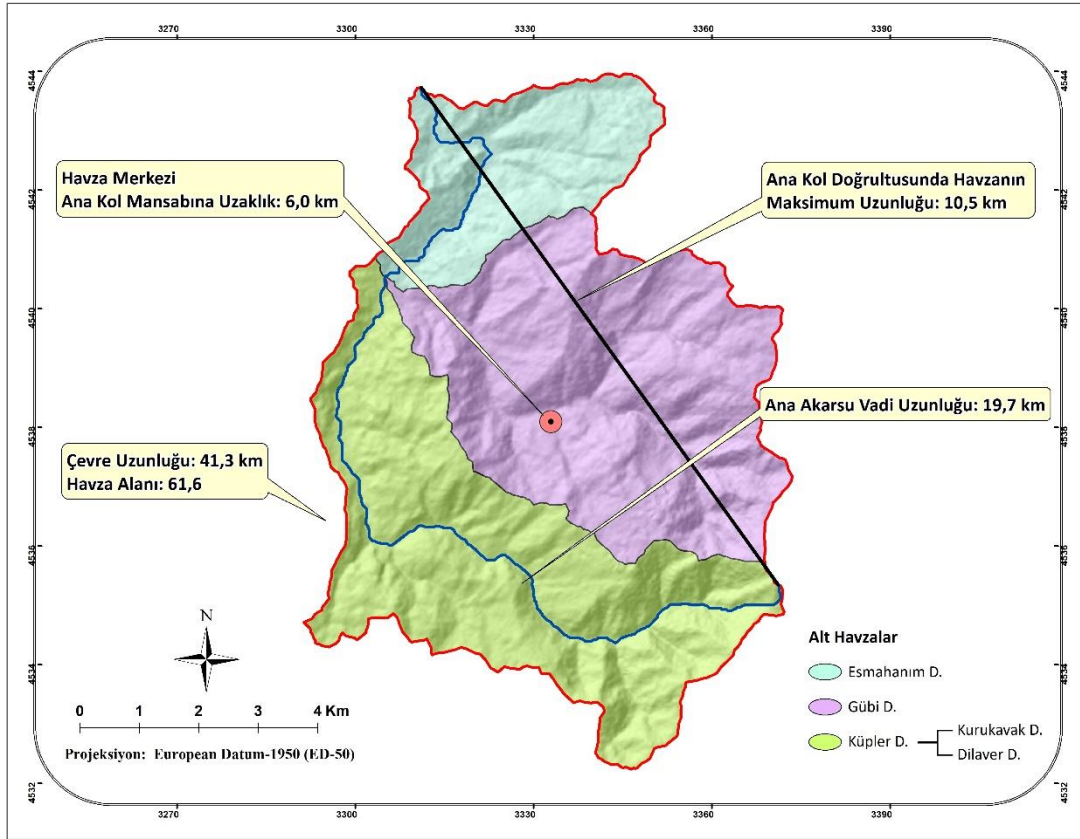
3.1.1.2. Havza Şekli Analizi

Havza şekli sahadaki akımı şekillendiren en önemli unsurlardan biridir. Havzadaki akarsulara ait hidrografların biçimlendirilmesinde önem arz eder (Verstappen, 1983; Özdemir, 2011). Havzanın uzun veya dairesel bir şekle sahip olması taşkına karşı havzanın duyarlılığını da belirlemektedir (Özdemir, 2011). Ayrıca saha hakkında fazla malumat söz konusu değilse havza şekil faktörü aracılığıyla havzadaki akarsulara ait akım karakterleri ile ilgili tahminlerde bulunmak mümkündür (Verstappen, 1983; Özdemir, 2011).

Havza şekli analizleri için başlıca ihtiyaç duyulan sayısal ifadeler; havza alanı, çevre uzunluğu, havza uzunluğu ve genişliği vb. parametreleridir (Şekil 56). Çalışmada yukarıda bahsi geçen verilerden faydalanılarak havza şekli ile ilgili birçok morfometrik özellik analiz edilmiştir (Tablo 33). Bu analizlere ilişkin hesaplamalar ve bilgiler aşağıda verilmiştir.

Şekil İndeksi (S_w): Ana akarsu doğrultusunda havzanın uzunluğunun ortalama havza genişliğine bölünmesiyle elde edilir (Horton, 1932). Şekil İndeksi (S_w), havza uzunluğu ve havza alanı arasındaki denklemin bir sonucudur. Havza alanı büyüdükçe şekil indeksi küçülmekte bu durum dairesel havzalarda gözlemlenmektedir. Bu tür havzalarda hidrograflardaki ani iniş ve çıkışlar meydana gelmekte neticede taşkın duyarlılığının artmasına neden olmaktadır. Ana akarsu doğrultusundaki havza uzunluğu artarsa şekil indeksi yükselmektedir (İmamoğlu, 2020).

Havzadaki genelinde (S_w) değeri 6,32 iken alt havzalarda maksimum değer 7,27 ile Küpler Deresi alt havzasına, minimum değer ise 2,84 ile Esmahanım Deresi alt havzasına aittir. Bu sonuçlara göre araştırma sahası içerisindeki alt havzalardan taşkın duyarlılığı en yüksek olan Esmahanım Deresi alt havzası, en düşük olan ise Küpler Deresi alt havzasıdır (Tablo 33).



Şekil 56: Havza Şekil Hesaplamalarında Kullanılan Parametrelerin Örneği
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 33: Esmahanım Deresi Havzasının Şekil Analiz Tablosu

	Çevre Uzunluğu (km)	Havza Maksimum Uzunluğu (km)	Yatak Uzunluğu (Mansaptan-Havza Merkezine)	Şekil İndeksi	Gravelius İndeks	Uzunluk Oranı	Şekil Faktörü	Havza Şekli (Form Faktörü)
	(<i>P</i>)	(<i>L_m</i>)	$L_{ca} = 0,54 * L^{0,96}$	$S_w = \frac{L}{W}$	$Kg = \frac{P}{2\sqrt{\pi * A}}$	$= \frac{2}{L_m} * \left[\frac{A}{\pi}\right]^{0,5}$	$L_l = (L * L_{ca})^{0,3}$	$= \frac{R_f A}{(L_b)^2}$
Esmahanım Alt Havza	15,5	4,1	2,08	2,84	1,38	0,23	2,06	0,59
Gübi	24,2	8,0	4,21	3,44	1,35	0,24	3,02	0,41
Küpler	31,3	9,7	5,10	7,27	1,74	0,18	3,57	0,27
Havza Genel	41,3	12,0	6,04	6,32	1,48	0,21	4,20	0,43

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

A : Havzanın alanı (km²)

L: Ana akarsu doğrultusunda havzanın uzunluğu (vadi uzunluğu) (km)

P : Havza çevre uzunluğu (km)

W: Ortalama havzanın genişliği (A/L)

L_m: Havzanın Maksimum uzunluğu (ana akarsu doğrultusunda) (km)

L_{ca}: Havza merkezinden akarsu ağzına olan uzaklık (km)

L_b: Havzanın Maksimum uzunluğu (ana akarsu doğrultusunda) (km)

Gravelius İndeks (K_g): Bu indeksin hesaplanmasında havza çevre uzunluğu ve alan gibi parametreler kullanılır. Havza şeklini ifade etmekte kullanılan morfometrik özelliklerden biridir (Özdemir, 2011). Değer küçüldükçe havzanın dairesellik oranı artmaktadır (Hoşgören, 2001; Özdemir, 2007a). Bu durum havzadaki akarsulara ait hidrografın şekillenmesinde önemli bir etkidir (Özdemir, 2011). Taşkın açısından değerlendirildiğinde daha önce de bahsedildiği üzere uzunlamasına bir şekle sahip havzalarda çatallanma oranı yüksek; akım az ve sürekli, bu da taşkın duyarlılığını düşürmektedir. Dairesel görünümlü havzalarda ise çatallanma oranı az olmakla beraber hidrografta ani iniş çıkışlar gözlemlenmektedir (Özdemir, 2011).

Çalışma sahasındaki K_g değerleri göz önünde bulundurulduğunda en yüksek değere sahip havza **1,74** değeri ile Küpler Deresi alt havzasıdır. En düşük değer sahip olan alt havza **1,35** değeri ile Gübi Havzası iken havza genelinde bu değer **1,48**'dir. Değerlerden de anlaşılacağı üzere nispeten en dairesel havza Gübi alt havzasıdır. Bu duruma binaen taşkın duyarlılığının en fazla olduğu alt havza Gübi iken en az olduğu alt havza ise Küpler alt havzasıdır (Tablo 33).

Uzunluk Oranı (R_e): Havza maksimum uzunluğu ile havzayla aynı alana sahip bir dairenin çapının oranlanmasıyla hesaplanır (Schumm, 1956; Özdemir, 2011). Bu değer havzanın infiltrasyon kapasitesi hakkında bilgi verir. Bununla birlikte yüzeysel akış hakkında da bilgi elde edinilebilir. İnfiltrasyonun düşük, yüzeysel akışın yüksek olduğu havzalarda R_e değeri yüksek çıkar. Düşük R_e değerleri ise havzadaki aşınma ve sediment taşıma kabiliyetinin az olduğunu göstermektedir (Verstappen, 1983; Reddy vd., 2004; Özdemir, 2007a). Ayrıca değer 1'e yaklaştıkça havzanın daireselliği artar (Biswas vd., 1999; Özdemir, 2011). Sonuç olarak değer 1'e yaklaştıkça taşkına duyarlılık artar (Turoğlu, 1997).

Havza genelinde R_e değeri **0,21** gibi bir değere tekabül etmektedir. En düşük R_e değerine sahip alt havza **0,18** değeri ile Küpler Deresi alt havzası, en yüksek değere sahip havza ise **0,24** ile Gübi Deresi alt havzasıdır. Bu sonuçlara göre alt havzalar içerisinde taşkın duyarlılığı en yüksek olan Gübi alt havzası iken, en düşük olan ise Küpler alt havzasıdır (Tablo 33).

Şekil Faktörü (L_l): Ana akarsu mansabından havza ortasına kadar olan mesafenin havza uzunluğu ile çarpılıp sonucun 0,3 kuvvetinin alınmasıyla elde edilir. Şekil Faktörü (L_l),

maksimum akımı en iyi temsil eden denklemlerden biridir. Söz konusu morfometrik indis ile maksimum akım arasında ters orantılı bir ilişki mevcuttur. Değerin büyük çıkmasına bağlı olarak maksimum akım değeri küçük çıkarken tam tersi durumda ise maksimum akım değeri yüksek çıkmaktadır (Ratnayake, 2005; Özdemir, 2007b).

Alt havzalar içinde en yüksek L_I değerine sahip havza 3,57 ile Küpler Deresi alt havzası iken en düşük değere sahip havza ise 2,06 ile Esmahanım Deresi alt havzasıdır. Havza genelindeki L_I değeri 4,20 ile alt havzalara göre nispeten yüksektir. Dolayısıyla şekil faktörüne göre taşkın duyarlılığı en yüksek olan havza Esmahanım Deresi alt havzası iken en düşük olan havza ise Küpler Deresi alt havzasıdır (Tablo 33).

Havza Şekli-Form Faktörü (R_f): Havzanın şeklini ifade eden önemli indislerden biridir. R_f değeri azaldıkça havzanın uzun ve dar bir şekle sahip olduğu anlaşılmaktadır (Horton, 1932; Görür ve Karadeniz, 2018). Bu tip havzalarda ana akarsuya aralıklarla bağlanan yan kollar kısa boylu olma özelliği gösterir. Bu nedenle küçük su toplama havzasına sahip olan yan kollar, kısa sürede az miktardaki su kütlesini ana akarsuya aktarmaktadır. Bu tip drenaj ağı ani yağışlarla meydana gelen yüksek akımları aynı anda toplanmasını engellemektedir. R_f değerinin yüksek olduğu durumda ise havzanın şekli dairesel bir görünüm kazanmaktadır. Böylece nispeten büyük su toplama havzasına sahip olan uzun boylu yan kollar uzun bir süre taşıdığı yüksek miktardaki su kütlesini kısa aralıklarla ana kola aktarmaktadır. Bu durum ana akarsu üzerindeki su miktarını arttırarak taşkın oluşturma ihtimalini arttırmaktadır (Horton, 1932; Selby, 1985; Biswas vd., 1999; Bishop ve Prosser, 2001; Reddy vd., 2004; Özdemir, 2007b; Görür ve Karadeniz, 2018).

R_f değeri 0-1 arasında değişkenlik göstermektedir. Değerin, 0'a yaklaşması dar ve uzun havzaları işaret ederken, 1'e yaklaşması ise dairesel havzalara işaret etmektedir (Horton, 1932). Bu bağlamda alt havzalar içinde en yüksek R_f değerine sahip alt havza 0,59 ile Esmahanım Deresi alt havzası iken en düşük değere sahip havza ise 0,27 ile Küpler Deresi alt havzasıdır. Havza genelindeki R_f değeri, 0,43 gibi bir değere tekabül etmektedir. Bu indise göre araştırma sahasındaki alt havzalarda taşkın duyarlılığı yüksek olandan düşük olana doğru; Esmahanım, Gübi ve Küpler alt havzaları şeklinde sıralanmaktadır (Tablo 33).

3.1.2. Taşkın duyarlılığının belirlenmesi

Alt havzaların taşkın duyarlılığın test edilmesi için hidromorfometrik analizler neticesinde elde edilen parametrelere bu başlık altında değinilmiştir. Buna göre Esmahanım ana havzası için 3 alt havzaya ait havzaların çevre uzunlukları (HÇU), alan ve dizin derecelerine göre dizin sayıları Tablo 34’te verilmiştir.

Tablo 34: Havza Çevre Uzunlukları (HÇU), Alan ve Dizin Derecelerine Göre Dizin Sayıları

Alt Havzalar	Alan (km ²)	HÇU (km)	1. Dizin	2. Dizin	3. Dizin	4. Dizin	5. Dizin	6. Dizin	Toplam
Esmahanım Alt Havzası	10,09	4,14	170	40	7	1	-	1	219
Gübi	25,75	7,97	469	108	25	5	1	-	608
Küpler	25,74	9,67	441	96	18	3	1	-	559

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 34’te alt havzalar içinde en fazla dizine sahip olan havzanın Gübi Deresi havzası olduğu görülmektedir. Bu durum havzada yoğun bir akarsu ağının göstergesidir. Genel anlamda havza yüzölçümü büyüdükçe dizin sayısının da arttığını söylemek mümkündür. Yüzölçümü bakımında en az alana sahip olan Esmahanım Deresi alt havzası dizin sayısı bakımından da alt havzalar içinde en az değere sahiptir. Tablo 34’te ve önceki başlıklarda yer alan bilgilerden yola çıkarak alt havzaların hidromorfometrik analizleri yapılmıştır (Tablo 35).

Tablo 35: Alt Havzalara İlişkin Hidromorfometrik Parametre Analiz Sonuçları

Çizgisel Morfometri (Linear Morphometry)			
	Esmahanım Alt Havzası	Gübi Alt Havzası	Küpler Alt Havzası
Çatallanma Oranı (Bifurcation ratio)	3,39	4,67	4,73
Akarsu Uzunluk Oranı (Length ratio)	1,71	2,05	2,17
Tekstür Oranı (Texture ratio)	10,94	19,34	14,08
Alansal Morfometri (Areal Morphometry)			
Drenaj Yoğunluğu (Drainage density)	6,68	6,05	5,78
Akarsu Sıklığı (Stream frequency)	21,70	23,61	21,72
Havza Şekli (Basin shape)	0,59	0,41	0,27
Uzunluk Oranı (Elongation ratio)	0,23	0,24	0,18
Rölyef Morfometrisi (Relief Morphometry)			
Havza Rölyefi (Basin relief)	580	1030	1059
Rölyef Oranı (Relief ratio)	0,14	0,13	0,11
Engebelilik Değeri (Ruggedness number)	3,88	6,23	6,12
Akım Toplanma Zamanı (Time of concentration)	34,10	52,44	79,91
Hipsometrik İntegral (Hypsometric integral)	0,40	0,46	0,36

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Toplam 12 farklı parametrenin işleme alındığı bu analizde alt havzaların taşkın duyarlılığı belirlenmiştir. Analize tabi tutulan alt havzalara 1-3 arasındaki değerler verilerek bir “Sayısal Etki Tablosu” oluşturulmuştur (Tablo 36). Bunun yapılmasındaki amaç toplam 3 alt havzanın taşkına duyarlılık derecesine göre kendi aralarında sıralanmasıdır. Tablo 36’nin sonundaki toplam değer yüksek çıkması taşkın duyarlılığının yüksek olduğunu ifade etmektedir. Bu nedenle her bir parametre değerlerinin toplanması sonucunda elde edilen en yüksek değer alt havzalar arasında taşkın duyarlılığının en fazla olduğu havzayı vermektedir.

Tablo 36: Hidromorfometrik Parametre Analiz Sonuçlarına İlişkin Oluşturulan Sayısal Etki Tablosu

Alt Havzalar	R_b	R_L	T	D_d	F_s	R_f	R_e	B_h	R_h	R_n	T_c	H_i	Σ
Esmahanım Alt Havzası	3	1	1	3	1	3	2	1	3	1	3	2	24
Gübi Alt Havzası	2	2	3	2	3	2	3	2	2	3	2	3	29
Küpler Alt Havzası	1	3	2	1	2	1	1	3	1	2	1	1	19

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Analiz sonucunda en yüksek değere sahip havzanın Gübi Deresi alt havzası olduğu görülmektedir. Bu durum taşkın duyarlılığı açısından en duyarlı havzanın Gübi Deresi alt havzası olduğuna işaret etmektedir. Gübi Deresi alt havzasını sırasıyla Esmahanım deresi alt havzası ve Küpler Deresi alt havzası takip etmektedir. Söz konusu havzaların duyarlılık seviyesinin belirlenmesine ilişkin duyarlılık sınıflandırılması yapılmıştır. Bu sınıf aralıkları temelde en düşük değere sahip alt havza ile en yüksek değere sahip alt havza arasındaki farkın 3 eşit aralıklı duyarlılık sınıfına ayrılmasıyla belirlenmektedir (Turoğlu ve Aykut, 2019) (Tablo 37). Yapılan analiz ve hesaplama sonuçlarına göre 19-29 arasında değişen etki değerleri düşük, orta ve yüksek duyarlılık seviyelerine ayrılmıştır (Tablo 37). Buna göre yüksek duyarlılık seviyesinde Gübi Deresi alt havzası bulunurken, düşük duyarlılık seviyesinde Küpler Deresi alt havzası bulunmaktadır. Esmahanım Deresi alt havzası ise orta duyarlılık seviyesinde yer almaktadır (Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur).

Tablo 38).

Tablo 37: Taşkın Duyarlılığı Seviye Aralıklarına Karşılık Gelen Duyarlılık Tanımları

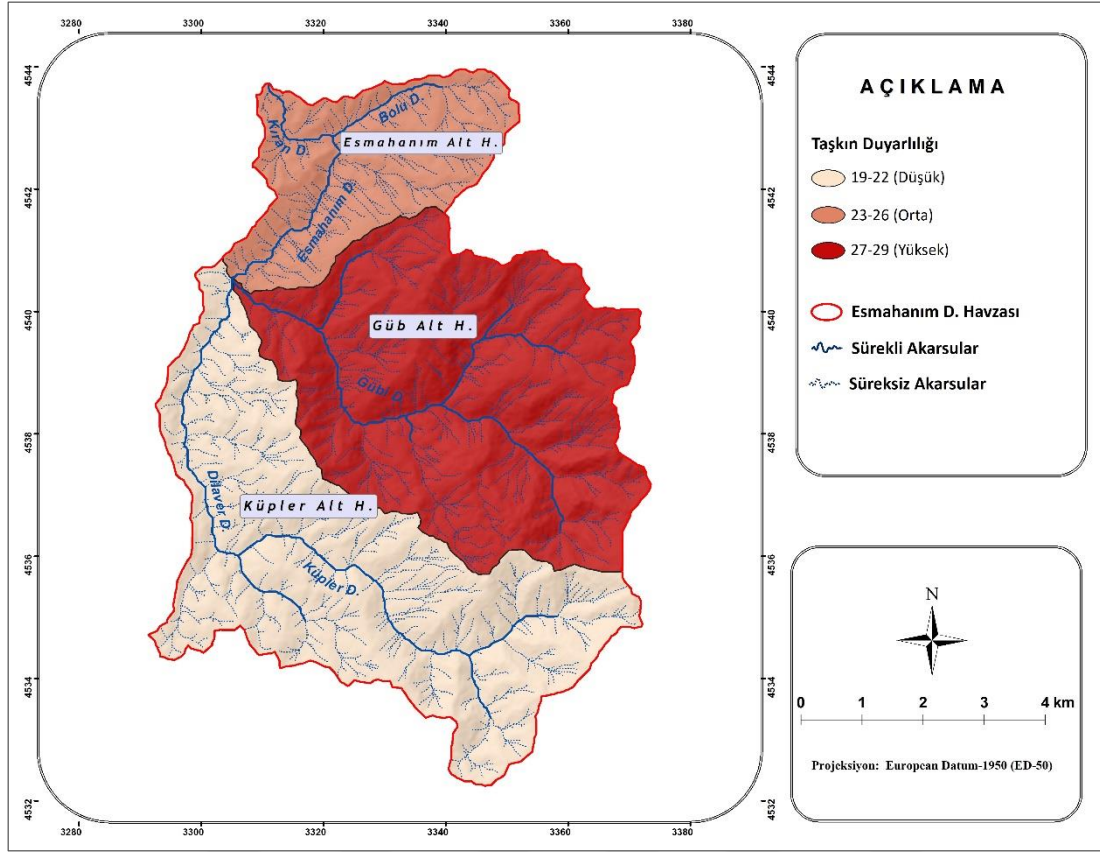
Seviye Aralığı	Tanım
19-22	Düşük
23-26	Orta
27-29	Yüksek

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 38: Esmahanım Deresi Alt Havzaları Taşkın Duyarlılık Sınıflaması

Alt Havzalar	Duyarlılık Değeri	Tanım
Küpler Alt Havzası	19	Düşük
Esmahanım Alt Havzası	24	Orta
Gübi Alt Havzası	29	Yüksek

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 57: Esmahanım Deresi Alt Havzaları Taşkın Duyarlılık Sınıflaması.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Yapılan analizler neticesinde taşkın duyarlılığı açısından en duyarlı alt havzanın Gübi Deresi alt havzası olduğu, en düşük duyarlılığın olduğu havzanın ise Küpler Deresi alt havzası olduğu saptanmıştır (Şekil 57). Bu durum sadece Esmahanım Deresi havzasının alt havzalarını duyarlılık açısından değerlendirmektedir. Bizzat akarsuyun yatak morfometrisinin analiz edildiği, geometrik anlamda tanımlandığı ve taşkın debi miktarının hesaplandığı/alındığı analizler mahallî anlamda daha doğru ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Çalışmanın bir sonraki bölümünde söz konusu bu analizler de yapılacaktır.

3.2. HEC-RAS Yazılımı ile Taşkın Analizi

3.2.1. Yağış Analizleri

Yağış analizleri çerçevesinde havzayı temsil eden istasyonların tespiti, yağış değerlerinin frekans analizi, sahayı en iyi temsil eden olasılık yoğunluk fonksiyonunun tespiti gibi

analizler yapılmıştır. Elde edilen yağış tutarı, “Yağış Tutarının Düzeltilmesi” başlığı adı altında birtakım düzeltmelere tabi tutulacaktır.

3.2.1.1. Havzayı En İyi Temsil Eden İstasyonların Tespiti

Çalışma sahası için yapılan Theissen poligonlama analizi sonucunda daha önce de belirtildiği üzere havzayı en iyi temsil eden istasyonların Düzce ve Akçakoca meteoroloji istasyonları olduğu tespit edilmiştir.

3.2.1.2. En Uygun Dağılım Fonksiyonunun Tespiti

Çalışmaya ait yağış verilerine Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi uygulanarak en uygun olasılık dağılım fonksiyonu tespit edilmiştir (Tablo 39, Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur).

Tablo 40).

Tablo 39: Akçakoca Meteoroloji İstasyonu Veriler İçin Uygulanan Kolmogorov-Smirnov (K-S) Test Sonuçları

Olasılık Dağılımı	Akçakoca İstasyonu (1965-2022)			
	Maks Δ	0,01	0,05	0,10
Normal-Dağılım (ND)	0,170	KABUL	KABUL	RET
Log-Normal (LN)	0,088	KABUL	KABUL	KABUL
Generalized Extreme Vaue (GEV)	0,070	KABUL	KABUL	KABUL
Gumbel (EV)	0,100	KABUL	KABUL	KABUL
Gamma (G)	0,114	KABUL	KABUL	KABUL
Pearson Type 3 (P3)/Gamma Type 3	0,087	KABUL	KABUL	KABUL
Log-Pearson Type-3 (LP3)	0,051	KABUL	KABUL	KABUL

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 40: Düzce Meteoroloji İstasyonu Veriler İçin Uygulanan Kolmogorov-Smirnov (K-S) Test Sonuçları

Olasılık Dağılımı	Düzce İstasyonu (1965-2022)			
	Maks Δ	0,01	0,05	0,10
Normal-Dağılım (ND)	0,137	KABUL	KABUL	KABUL
Log-Normal (LN)	0,078	KABUL	KABUL	KABUL
Generalized Extreme Vaue (GEV)	0,075	KABUL	KABUL	KABUL
Gumbel (EV)	0,092	KABUL	KABUL	KABUL
Gamma (G)	0,109	KABUL	KABUL	KABUL

Pearson Type 3 (P3)/Gamma Type 3	0,099	KABUL	KABUL	KABUL
Log-Pearson Type-3 (LP3)	0,070	KABUL	KABUL	KABUL

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Yapılan analiz neticesinde her iki istasyona ait yağış verileri 0.01, 0.05 ve 0.10 anlamlılık düzeylerinde test edilmiştir. Tablo 39 ve Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 40'de genel olarak K-S sonucu (Maks Δ) tüm anlamlılık düzeylerinden (Δ_a) küçük çıkmıştır. Bu duruma Akçakoca istasyonunda 0.10 anlamlılık düzeyinde Normal Dağılıma (ND) uymamaktadır. Yağış veri seti için en uygun dağılım en küçük Maks Δ değere sahip olan dağılımdır. Bu duruma binaen en uygun olasılık dağılım fonksiyonunun her iki istasyon için de Log-Pearson Type-3 (LP3) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 39, Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 40).

3.2.1.3. Frekans Analizi

En uygun olasılık dağılım fonksiyonunun tespitini takiben bu istasyonlara ait yıllık maksimum yağış tutarları frekans analizine tabi tutularak uzun zamanlarda gelmesi muhtemel yağış tutarları hesaplanmıştır (Tablo 41, Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 42). Tabloda çeşitli tekerrür aralıklarına denk gelen ortalama başlığı altındaki sütun, istasyonlar için kabul edilen yağış tutarlarıdır.

Tablo 41: Akçakoca İstasyonu Log-Pearson Type-3 (LP3) Dağılımından Elde Edilen Maksimum Yağış ve Alansal Ortalama Maksimum Yağış

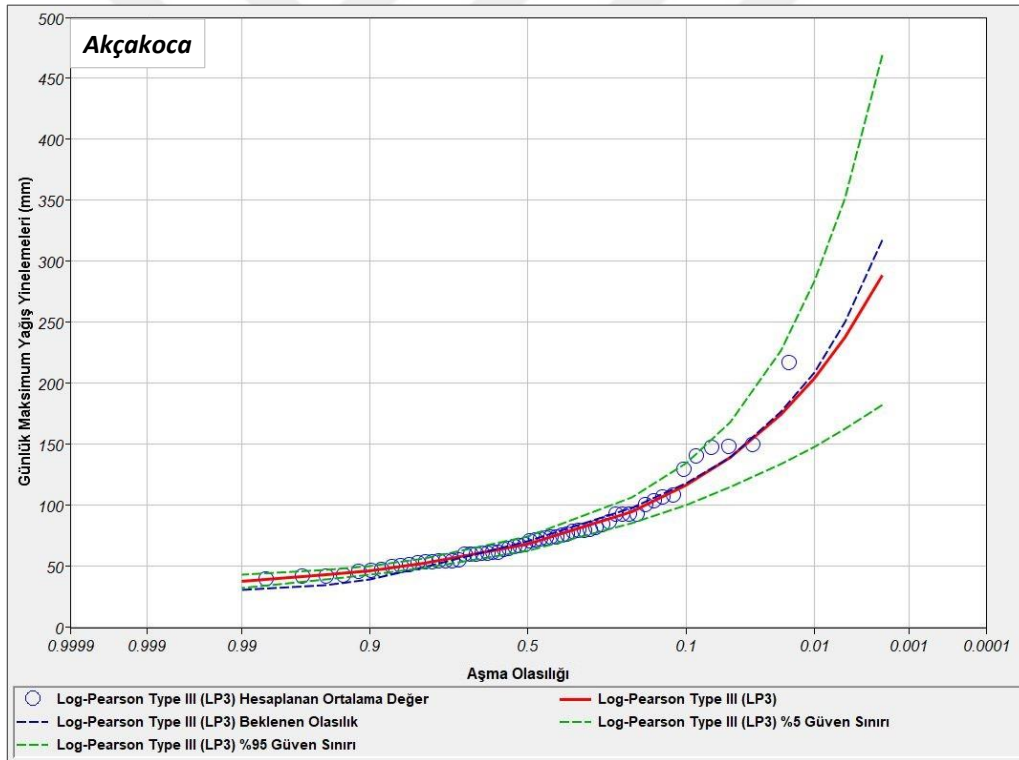
Akçakoca İstasyonu (1965-2022)					
Tekerrür Aralığı (Yıl)	Olasılık (%)	Ortalama (mm)	Beklenen Olasılık (mm)	%5	%95
2	50,0	68,4	70,7	74,9	63,1
5	20,0	95,3	98,2	106,6	85,3
10	10,0	116,5	118,2	134,5	100,5
20	5,0	139,8	139,4	168,7	115,0
50	2,0	174,5	176,7	227,2	133,9
100	1,0	204,3	208,7	283,8	148,2
200	0,5	237,9	250,5	352,3	162,8
500	0,2	288,7	317,6	468,9	182,7

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 42: Düzce İstasyonu Log-Pearson Type-3 (LP3) Dağılımından Elde Edilen Maksimum Yağış ve Alansal Ortalama Maksimum Yağış

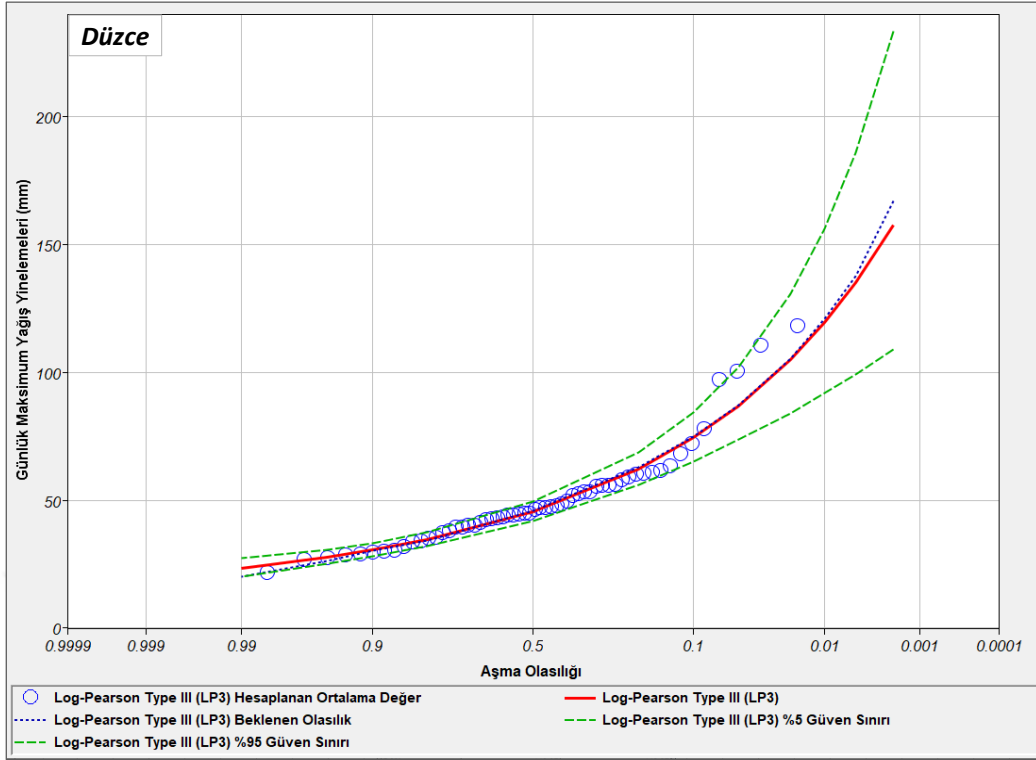
Düzce İstasyonu (1965-2022)					
Tekerrür Aralığı (Yıl)	Olasılık (%)	Ortalama (mm)	Beklenen Olasılık (mm)	%5	%95
2	50,0	45,5	45,8	49,4	42,0
5	20,0	62,1	62,2	68,6	56,2
10	10,0	74,4	74,4	84,1	65,4
20	5,0	87,0	86,9	101,8	73,7
50	2,0	104,8	105,7	130,3	84,3
100	1,0	119,3	120,7	155,5	91,9
200	0,5	134,9	139,9	185,7	99,5
500	0,2	157,4	167,3	232,6	109,3

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 58: Akçakoca İstasyonu Maksimum Yağışın Log-Pearson Type-3 (LP3) Dağılımı ve Güven Sınırı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 59: Düzce İstasyonu Maksimum Yağışın Log-Pearson Type-3 (LP3) Dağılımı ve Güven Sınırı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tekerrür yılı arttıkça yağışın gerçekleşme olasılığının azaldığı gözden kaçmamalıdır. Log-Pearson Type-3 (LP3) dağılımı sonucunda elde edilen yağış tutarları Akçakoca istasyonunda tamamen güven sınırları arasında yer alırken Düzce istasyonunda ise bir ortalama değer parametresi dışında güven sınırı alt ve üst limitleri arasında bulunmaktadır (Tablo 41, Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur).

Tablo 42, Şekil 58, Şekil 59).

3.2.1.4. Yağış Tutarının Düzeltilmesi Alansal Ortalama Yağışın Bulunması

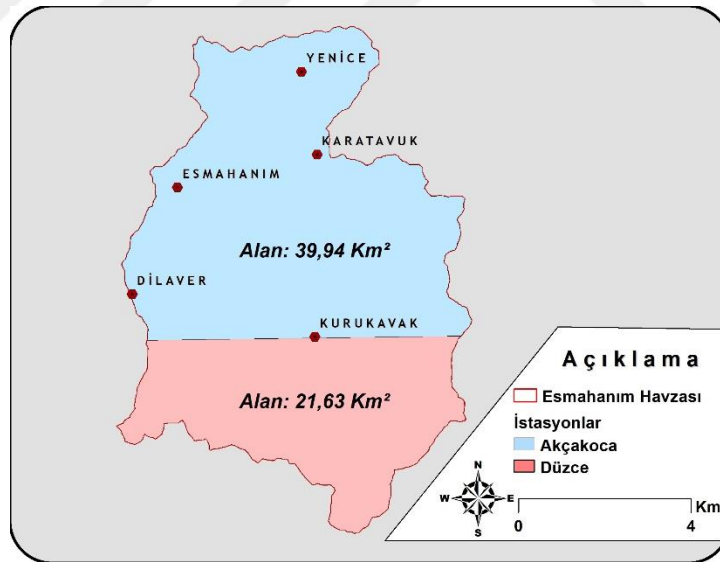
Yapılan hesaplamalar neticesinde her iki istasyon içinde yağış tutarları tayin edilmiştir (Tablo 43).

Tablo 43: Akçakoca ve Düzce Havzası Muhtelif Tekerrürlü Düzeltilmemiş Artık Yağış Yükseklikleri

İstasyon Adı	2	5	10	20	50	100	200	500
Akçakoca	68,4	95,3	116,5	139,8	174,5	204,3	237,9	288,7
Düzce	45,5	62,1	74,4	87,0	104,8	119,3	134,9	157,4

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Daha önce de belirtildiği üzere havzanın kuzeyinden başlamak suretiyle büyük çoğunluğunda Akçakoca istasyonunun etkili olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 60). Bu durumda istasyonların havza içinde kapladığı alanın oranı göz önünde bulundurularak noktasal yağış tutarları alansal yağış tutarlarına çevrilmiştir (Tablo 44).



Şekil 60: Havzayı En İyi Temsil Eden Meteoroloji İstasyonlarının Havzada Kapladığı Alanlar

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 44: İstasyon Temsil Oranlarına Göre Tekerrürlü Yağış Değerleri (mm)

İstasyon Adı	Thiessen'e Göre Yağış Alanları (km ²)	İstasyon Temsil Oranı (%)	2	5	10	20	50	100	200	500
Akçakoca	39,94	0,65	44,36	61,79	75,6	90,67	113,2	132,5	154,3	187,2
Düzce	21,63	0,35	15,98	21,83	26,13	30,56	36,82	41,92	47,4	55,3
Toplam Yağış Alanı	61,57	1,00								
24 Saatlik Havza Yağış Tutarı			60,3	83,6	101,7	121,2	150,0	174,5	201,7	242,5

Kaynak: MGM, 2023 verilerinden analiz sonucunda elde edilmiştir.

Sonuç olarak havza için belirlenen 24 saatlik yağış tutarları çeşitli tekerrür aralıklarında hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yağış tutarları tekerrür yıllarına paralel olarak artış sağlamıştır. Çalışma için 2 ve 500 yıllık tekerrür aralıkları minimum ve maksimum değerleri oluşturduğu için önem arz etmektedir. 2 yıllık tekerrür değeri 60,3 mm olarak hesaplanırken 500 yıllık tekerrür değeri 242,5 mm olarak hesaplanmıştır (Tablo 44).

3.2.1.5. Nihai Yağış Tutarının Elde Edilmesi

3.2.1.5.1. Plüviyografik Katsayının Hesaba katılması

Havza için alansal olarak belirlenen 24 saatlik yağış tutarının zamansal dağılımını tayin edebilmek adına kullanılan plüviyografik katsayılar aşağıda verilmiştir (Tablo 45).

Tablo 45: Çalışma Alanına Ait Çeşitli Zaman Aralıklarındaki Plüviyografik Katsayı

	Dakika					Saat									
	5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24	24+
PLV	0,12	0,18	0,23	0,32	0,41	0,49	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,78	0,89	1,00	1,00

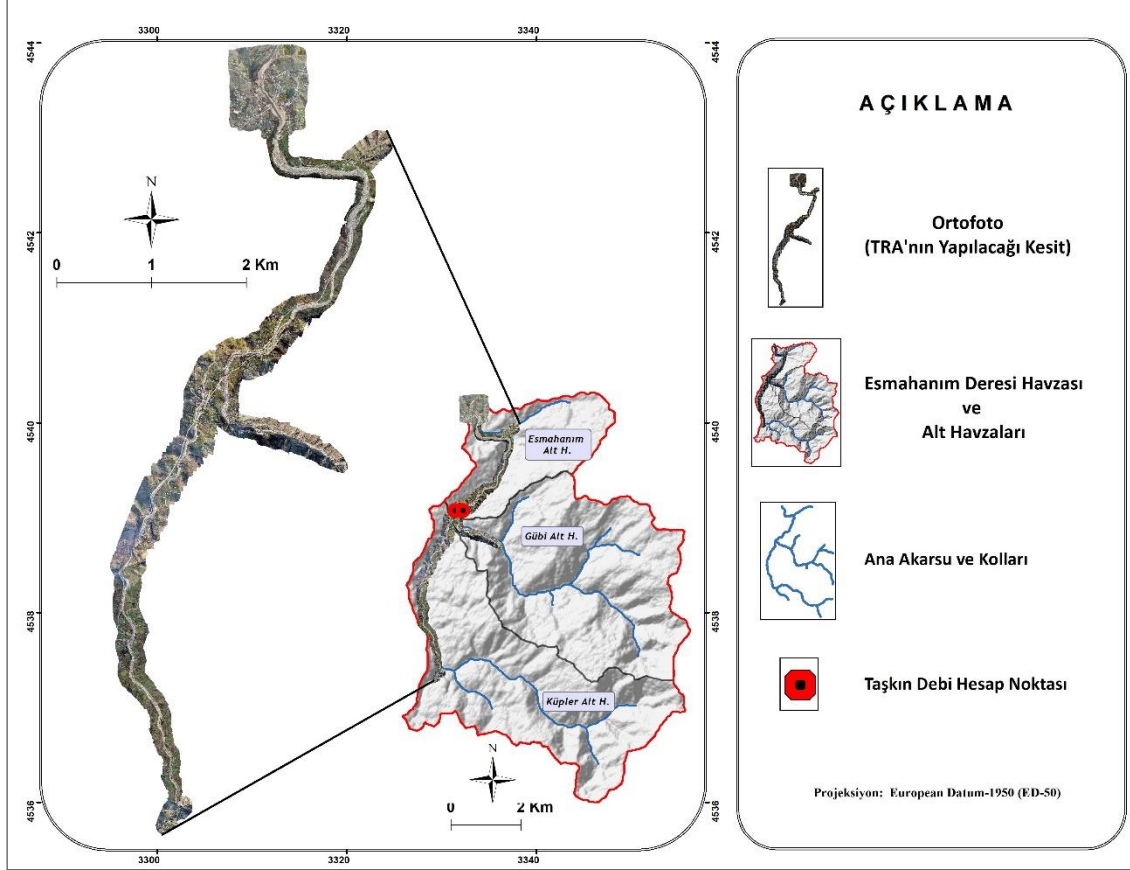
Kaynak: MGM, 2023

Plüviyografik katsayılar çalışma ve alt havzalar için belirlenen diğer kriterler de hesaba katılınca nihai yağış tutarı aşağıda yer alan alt başlıklarda hesaplanmıştır.

3.2.1.5.2. Taşkın Analizinin Yapılacağı Kesit

Çalışmada taşkın analizinin yapılacağı kesit Şekil 61'de gösterilmiştir. Kesit belirlenirken daha çok yerleşmelere denk gelen alanlar referans alınmıştır. Taşkın analizini yapılacağı

kesit 2D analize tabi tutulmuştur. Söz konusu kesitte Esmahanım ve Gübi Derelerine iki ayrı Başlangıç (Upstream) Sınır Koşulu atanmıştır. Noktalara bağlı olarak havza sınırları oluşturulmuştur. Havzaların kapladığı alanlar Şekil 61’de belirtilmiştir.



Şekil 61: Taşkın Analizinin Yapılacağı Kesit

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Debi hesaplarının ve analizlerin yapılacağı noktalar ve havzalar; Gübi alt havzası ve Küpler alt havzası olarak adlandırılmıştır. Bu durumda mansaba yaklaştıkça debi miktarının artması muhtemeldir (Şekil 61).

3.2.1.5.3. Yağışın Alansal Dağılım Katsayısı (YADK)

Yağışın Alansal Dağılım Katsayısının (YADK) elde edilirken veri kısmında da belirtildiği üzere Yağışın Alansal Dağılımı DSİ (1990) grafiği esas alınmıştır. Çalışmada debi hesabı yapılacak noktalara ilişkin Yağışın Alansal Dağılım Katsayıları (YADK) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Tablo 46: Küpler Havzası YADK

Süre (saat)	Aranan Alan (km ²)	Oran (%)	Seviyeler
1	25,75	0,938	Ana Seviye
2		0,956	Ara Seviye
3		0,974	Ana Seviye
4		0,977	Ara Seviye
5		0,978	Ara Seviye
6		0,979	Ana Seviye
8		0,982	Ara Seviye
12		0,983	Ara Seviye
18		0,983	Ara Seviye
24		0,984	Ana Seviye

Kaynak: DSİ, 1990'den değiştirilerek alınmıştır.

Tablo 47: Gübi Havzası YADK

Süre (saat)	Aranan Alan (km ²)	Oran (%)	Seviyeler
1	25,74	0,941	Ana Seviye
2		0,957	Ara Seviye
3		0,973	Ana Seviye
4		0,977	Ara Seviye
5		0,978	Ara Seviye
6		0,980	Ana Seviye
8		0,984	Ara Seviye
12		0,985	Ara Seviye
18		0,986	Ara Seviye
24		0,987	Ana Seviye

Kaynak: DSİ, 1990'den değiştirilerek alınmıştır.

Tabloda gösterilen değerler arasında çalışmada kullanacak olan veriler 4 saatlik süreye denk gelen değerlerdir. Çünkü çalışma için 4 saatlik sağanak proje süresi seçilmiştir (Tablo 46, Tablo 47).

3.2.2. Havza Girdilerinin Tayini

3.2.2.1. Havza Numarasının (CN) Belirlenmesi

Çalışma sahasında daha önce belirtildiği üzere noktalar havza çıkış noktasını temsil etmektedir. Bu sebeple bu noktalara ait havzalara ilişkin Curve Number-Eğri Numarası (CN) belirlenirken öncelikle Hidrolojik Toprak gruplarını belirlemek gerekir. “Toprak” ana başlığı altında elde edilen bulgular ışığında havza için yapılan HTG analizinde havzanın güneydoğusu ve Esmahanım Deresi yatağı boyunca çok yüksek akış potansiyeline sahip “D” grubu topraklara rastlanılmıştır. Bu toprakların havza içindeki oranı %30 civarındadır. Havzanın geri kalanında ise yüksek akış potansiyeline sahip “C” grubu topraklar yer almaktadır. Bu toprakların havza içindeki oranı ise yaklaşık %70 civarındadır. HTG belirlendikten sonra ise CN'nin belirlenmesi gerekmektedir. “Veri” ana başlığı altında yer alan işlemlerden faydalanılarak debi hesap noktaları için CN hesaplanmıştır (Tablo 48).

Tablo 48: Debi Hesap Havzalarına İlişkin CN Değerleri

Debi Hesap Alt Havzaları	CNI	CNII	CNIII
Küpler Havzası	56,68	75,70	87,75
Gübi Havzası	54,55	74,07	86,79

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Debi hesap noktaları adına yapılan hesaplamalar neticesinde noktaların temsil ettiği alt havzalar için belirlenen CN'ler tabloda verilmiştir. Çalışmada CNII değerleri tercih edilmiştir. CN değerlerinin yüksek çıkması havza için hesaplanan debi miktarının da yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle CN değerleri belirlenirken hassas davranılmalıdır. Debi hesap noktaları için belirlenen CN değerlerinin normal bir düzeyde olduğu söylenebilir.

3.2.2.2. Harmonik Eğim Hesabı (HE)

Harmonik eğimin (HE) hesaplanmasında havzada yer alan ana akarsuyun uzunluğunun eşit olan on parçaya bölünmesi gerekir. Her bir parçaya ait başlangıç ve bitiş kot değerlerinin okunması ile harmonik eğim (HE) hesaplanır (Sönmez vd., 2017; Kumanlıoğlu ve Ersoy, 2018) (Tablo 49, Tablo 50).

Tablo 49: Küpler Havzası HE

Sıra No	H (m)	h (m)	$I = L/10$ (m)	$\sqrt{(1/h)}$
0	147	0		
1	172	25		7,40
2	209	37		6,08
3	241	32		6,54
4	287	46		5,45
5	333	46		5,45
6	378	45	1367,9	5,51
7	428	50		5,23
8	500	72		4,36
9	629	129		3,26
10	1133	504		1,65
	986	986		50,93

Kaynak: Sönmez vd., 2017; Kumanlıoğlu ve Ersoy, 2018

Tablo 50: Gübi Havzası HE

Sıra No	H (m)	h (m)	$I = L/10$ (m)	$\sqrt{(1/h)}$
0	147	0		
1	181	34		5,26
2	222	41		4,79
3	265	43		4,68
4	297	32		5,42
5	329	32		5,42
6	378	49	941,1	4,38
7	446	68		3,72
8	576	130		2,69
9	698	122		2,78
10	1092	394		1,55
	945	945		40,69

Kaynak: Sönmez vd., 2017; Kumanlıoğlu ve Ersoy, 2018

Havzaya ilişkin harmonik eğim değeri $\sqrt{((1h))}$ toplamı ne kadar düşük çıkarsa eğim o kadar büyür. Sonuç olarak en fazla harmonik eğime sahip havza Gübi havza iken en az harmonik eğime sahip havza ise Küpler havzasıdır.

3.2.3. Taşkın Debilerinin Hesaplanması

Ölçüm istasyonu olmayan veya yetersiz olan havzalarda taşkın debileri belirlenirken sentetik yöntemler kullanılmaktadır. Sentetik yöntemlerin tercihinde yaygın olarak kullanılan bazı kıstaslar bulunmaktadır. Çalışma alanı daha önce de değinildiği üzere iki ayrı debi miktarı ile temsil edileceğinden en uygun yöntemin “Mockus” yöntemi olduğu saptanmıştır.

3.2.3.1. Düzeltilmiş Yağış Değerlerinin Akış Yüksekliğine Çevrilmesi

Belirlenen beş kesitte yağış süresi (saat) ve muhtelif tekerrür aralığındaki milimetre cinsinden düzeltilmiş yağış (P_d) değerleri yine milimetre cinsindeki akış yüksekliğine (H_a) çevrilmelidir. Elde edilen değerler tablolar halinde aşağıda listelenmiştir (Tablo 51, Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 52). Ayrıca 17-18 Temmuz 2019 tarihinde yaşanan taşkın ve sel afetine sebep olan yağış miktarı 160 mm’dir. Bu yağış tutarının akışa çevrimesi sonucu 89.09 mm civarında bir tutar elde edilmiştir. Söz konusu yağışın süresi 24 saatlik yağış süresinden az olduğu için maksimize faktörü ve plüvyografik katsayı hesaba katılmamıştır.

Tablo 51: Küpler Havzası Muhtelif Tekerrür Aralıkları ve Yağış Tutarlarına Denk Gelen Akış Miktarları

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Saat													
	Pd (2)	Ha (2)	Pd (4)	Ha (4)	Pd (6)	Ha (6)	Pd (8)	Ha (8)	Pd (12)	Ha (12)	Pd (18)	Ha (18)	Pd (24)	Ha (24)
2	31,3	2,0	39,3	4,5	44,1	6,4	46,2	7,3	52,3	10,1	59,7	14,0	67,1	18,3
5	43,4	6,1	54,4	11,2	61,1	14,8	64,0	16,5	72,4	21,6	82,7	28,3	93,0	35,5
10	52,8	10,4	66,2	17,8	74,3	22,7	77,8	25,1	88,1	32,0	100,6	41,0	113,1	50,5
20	63,0	15,9	78,9	25,8	88,5	32,3	92,8	35,3	105,0	44,3	119,9	55,9	134,8	67,9
50	77,9	25,1	97,6	38,9	109,5	47,8	114,8	51,8	129,9	63,9	148,3	79,2	166,8	94,9
100	90,6	33,8	113,6	50,9	127,4	61,9	133,5	66,8	151,1	81,5	172,5	99,9	194,0	118,9
200	104,7	44,1	131,3	65,0	147,3	78,3	154,3	84,3	174,7	101,8	199,5	123,8	224,3	146,3
500	126,0	60,7	157,9	87,3	177,1	103,9	185,6	111,4	210,1	133,4	239,9	160,6	269,7	188,3

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.**Tablo 52:** Gübi Havzası Muhtelif Tekerrür Aralıkları ve Yağış Tutarlarına Denk Gelen Akış Miktarları

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Saat													
	Pd (2)	Ha (2)	Pd (4)	Ha (4)	Pd (6)	Ha (6)	Pd (8)	Ha (8)	Pd (12)	Ha (12)	Pd (18)	Ha (18)	Pd (24)	Ha (24)
2	31,4	2,0	39,3	4,5	44,1	6,4	46,3	7,3	52,4	10,2	59,8	14,1	67,3	18,4
5	43,6	6,2	54,4	11,2	61,1	14,8	64,1	16,6	72,6	21,7	82,9	28,5	93,3	35,7
10	53,0	10,5	66,2	17,8	74,3	22,8	78,0	25,2	88,3	32,2	100,9	41,2	113,5	50,8
20	63,2	16,0	78,9	25,8	88,6	32,4	93,0	35,5	105,3	44,5	120,2	56,1	135,2	68,2
50	78,1	25,3	97,6	38,9	109,6	47,8	115,0	52,0	130,2	64,2	148,7	79,5	167,3	95,4
100	90,9	34,0	113,6	50,9	127,5	62,0	133,8	67,1	151,5	81,8	173,0	100,4	194,6	119,4
200	105,1	44,4	131,3	65,0	147,4	78,4	154,7	84,5	175,1	102,2	200,0	124,3	224,9	146,9
500	126,4	61,0	157,9	87,3	177,3	104,1	186,0	111,8	210,6	133,8	240,5	161,2	270,5	189,1

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

3.2.3.2. Taşkın Debi Miktarı ve Hidrograf

Yağış verilerinin akış verilerine çevrilmesinden sonra taşkın debi miktarlarının hesaplanması esnasında kullanılan havzalara ilişkin girdiler ve hesaplanan parametreler aşağıdaki tablolarda verilmiştir (Tablo 53, Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 54). Hesap noktaları içerisinde havza alanı en fazla olan havza çok küçük bir farkla Küpler havzasıdır. Bu havza aynı zamanda ana akarsu uzunluğunun da en fazla olduğu havzadır.

Tablo 53: Debi Hesap Havzalarına İlişkin Girdiler

Debi Hesap Alt Havzaları	Havza Alanı (km^2)	Ana Akarsu Uzunluğu (m)	Harmonik Eğim (HE)	Havza Katsayısı (C)
Küpler Havzası	25,73	13679,1	0,038	0,208
Gübi Havzası	25,75	9411,0	0,060	0,208

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 54: Debi Hesap Havzalarına İlişkin Hesaplanan Parametreler

Debi Hesap Alt Havzaları/Parametreler	T_c	D	T_p	T_r	T_s-T_b	q_p
Küpler Havzası	1,71	2,61	3,02	5,05	8,08	1,76
Gübi Havzası	1,08	2,08	2,64	4,42	7,07	2,02

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Akış değerlerinin yukarıdaki parametrelerle işleme alınmasından sonra muhtelif yağış süresi (saat) ve tekerrür aralığına denk gelen debi miktarları aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir (Tablo 55, Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 56). Analiz sonucunda daha önce de belirtildiği üzere tüm hesap noktalarında 4 saatlik proje sağanak süresi tercih edilmiştir. Söz konusu proje sağanak süresi tercih edilirken etkili yağış süresi (D) dikkate alınmıştır. Buna göre (D) değerinden büyük ve en yakın sağanak süresi referans alınmalıdır (Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 54). Buna ilişkin değerleri içeren sütunlar renklendirilerek gösterilmiştir. Ayrıca 18 Temmuz 2019 günü yağış 07.30 sularında etkisini artırmış havzanın orta kesmine tekabül eden Esmahanım köyünde 08.30 gibi sel ve taşkın afeti gözlemlenmeye başlamıştır. Edinilen bilgilere göre yağış etkisini 10.30 sularında kaybetmiş ve 11.30 sularında sel ve taşkın suları yavaş yavaş dinmiştir. Bu durumdan anlaşılabileceği üzere

yaşanan sel ve taşkın afetinde taşkını meydana getiren yağış süresi yaklaşık 4 saate tekabül etmektedir. Bu nedenle 17-18 Temmuz yaşanan sel ve taşkın afeti için havzadaki hidrograf parametrelerinde bir değişiklik yapılmamıştır.

Tablo 55: Küpler Havzasında Proje Sağanak Sürelerine Denk Gelen Taşkın Debileri (m³/s)

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Saat						
	2	4	6	8	12	18	24
2	3,52	7,96	11,28	12,89	17,93	24,80	32,35
5	10,82	19,87	26,15	29,12	38,15	50,02	62,70
10	18,43	31,43	40,20	44,29	56,59	72,52	89,31
20	28,07	45,55	57,10	62,43	78,36	98,73	119,99
50	44,35	68,67	84,40	91,61	112,93	139,89	167,76
100	59,70	89,96	109,31	118,12	144,06	176,63	210,11
200	78,01	114,93	138,30	148,90	179,97	218,77	258,46
500	107,29	154,26	183,66	196,94	235,68	283,78	332,74

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 56: Gübi Havzasında Proje Sağanak Sürelerine Denk Gelen Taşkın Debileri (m³/s)

Tekerrür Aralığı (Yıl)	Saat						
	2	4	6	8	12	18	24
2	4,08	9,11	12,95	14,83	20,65	28,56	37,26
5	12,50	22,73	30,00	33,47	43,88	57,55	72,15
10	21,25	35,96	46,10	50,89	65,07	83,40	102,73
20	32,35	52,12	65,46	71,71	90,07	113,50	137,98
50	51,08	78,57	96,75	105,19	129,76	160,78	192,85
100	68,73	102,94	125,28	135,60	165,49	202,96	241,48
200	89,77	131,51	158,50	170,91	206,71	251,33	297,00
500	123,42	176,51	210,47	226,02	270,65	325,96	382,29

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

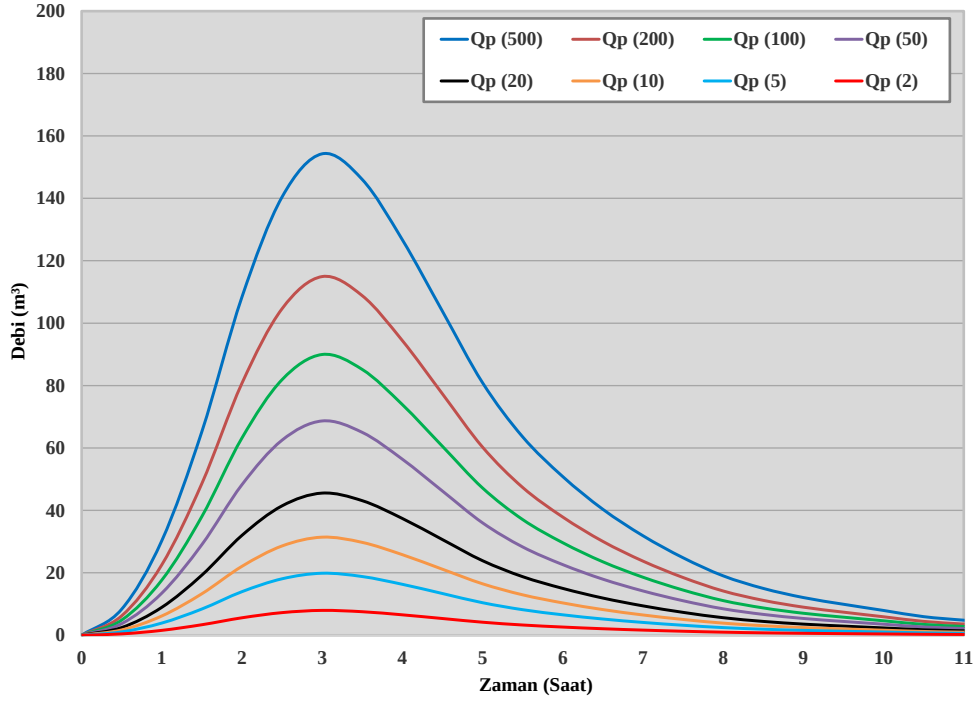
Taşkının yaşandığı 17-18 Temmuz 2019 yılında havzaya düşen yağış tutarı 160 mm olarak ölçülmüştür. Söz konusu yağış tutarı akışa çevrilmiş ardından Mockus sentetik debi yöntemiyle debisi hesaplanmıştır (Tablo 57).

Tablo 57: 17-18 Temmuz 2019 Tarihli Sel ve Taşkına Ait Debi Miktarları

Havzalar	Debi (m ³ /s)
Küpler	157,44
Gübi	164,61

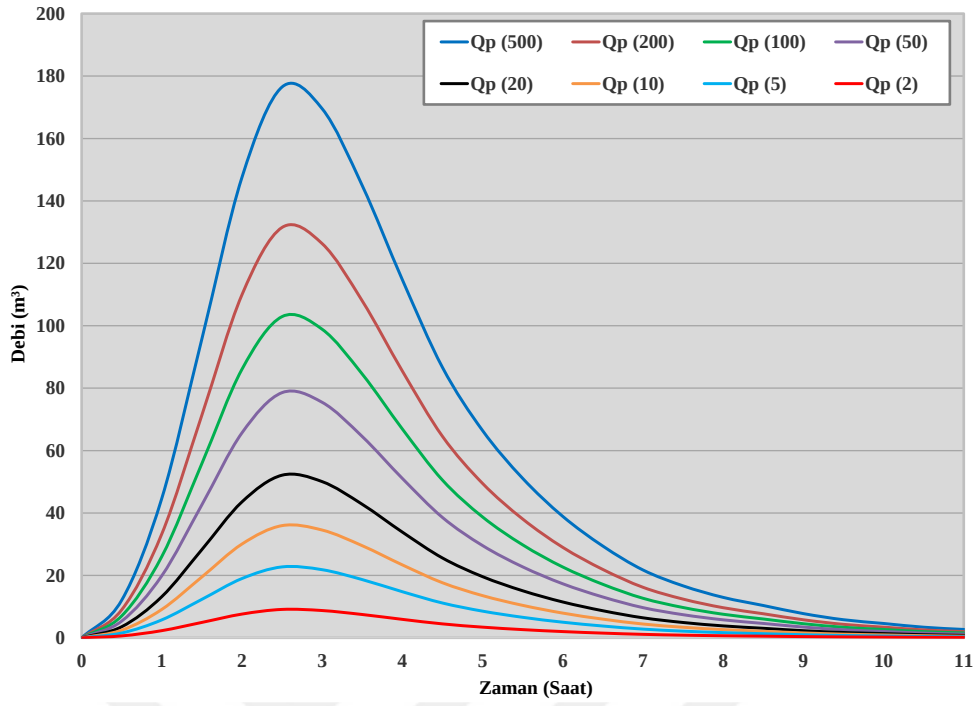
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Taşkın debi miktarının belirlenmesinden sonra çeşitli tekerrüre sahip debilerin hidrograflarının çizilmesi gerekmektedir. Hidrograf daha önce de belirtildiği üzere akarsuyun belirli bir kesiminden geçen suyun belli bir zaman aralığındaki akımını gösteren grafiklerdir. Bu nedenle akım özellikleri hakkında fikir edinmemizi sağlayan önemli bir kıstastır. Havzalara ilişkin tekerrürlü hidrograflar ve taşkın afetinin yaşandığı güne ait hidrograflar aşağıda verilmiştir (Şekil 62, Şekil 63, Şekil 64, Şekil 65).



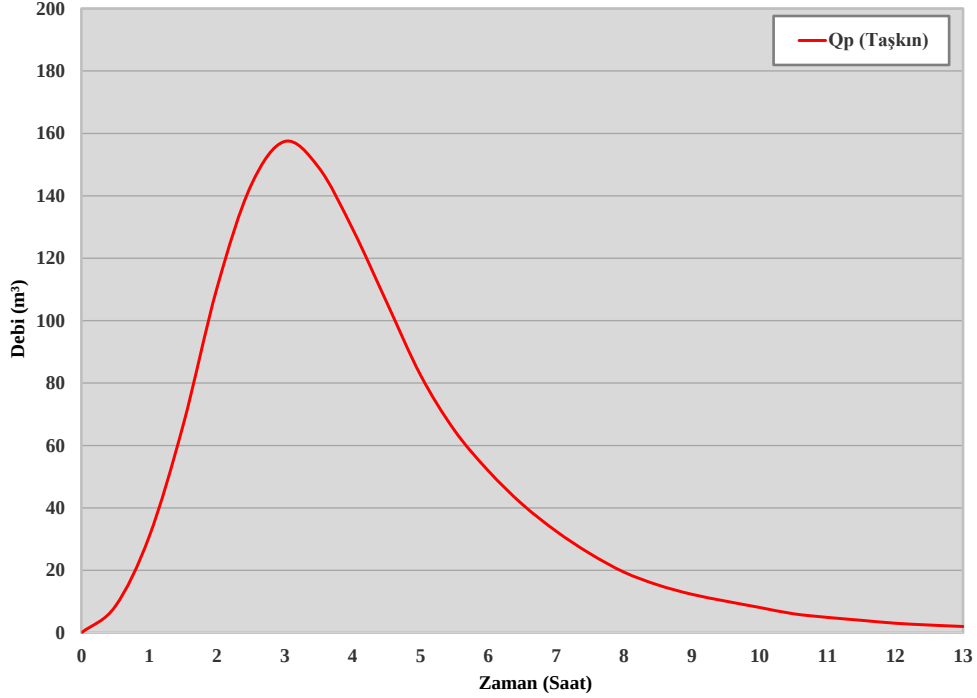
Şekil 62: Küpler Havzası 4 Saatlik Proje Sağanak Süresine Denk Gelen Gelen Taşkın Debi Hidrografı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



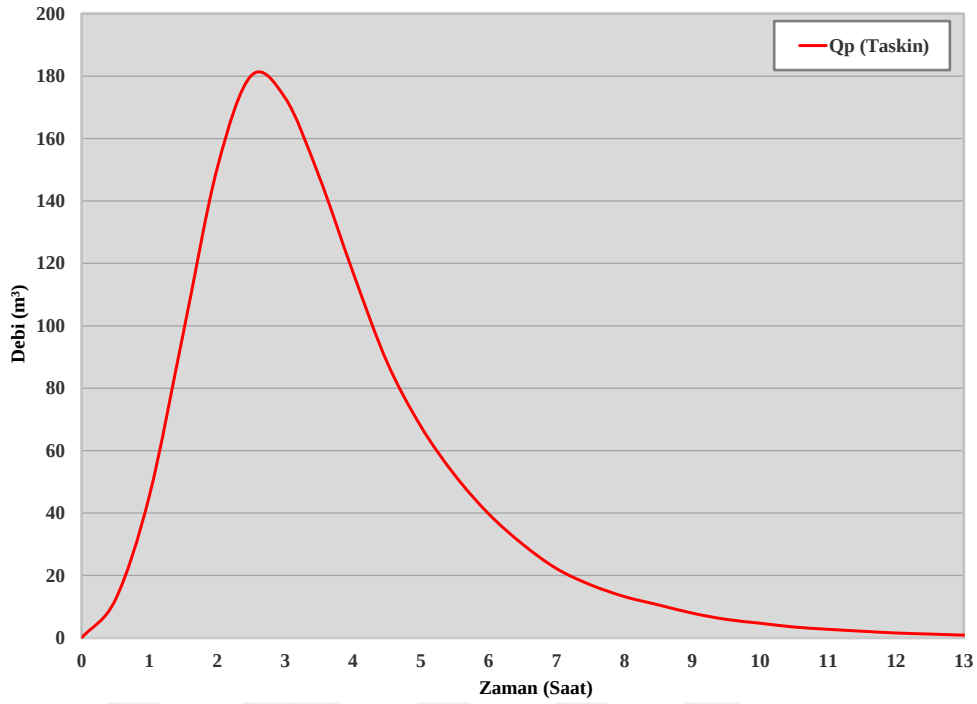
Şekil 63: Gübi Havzası 4 Saatlik Proje Sağanak Süresine Denk Gelen Taşkın Debi Hidrografı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 64: Küpler Havzasında 17-18 Temmuz 2019 Tarihli Sel ve Taşkın Ait Hidrograf

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 65: Gübi Havzasında 17-18 Temmuz 2019 Tarihli Sel ve Taşkına Ait Hidrograf

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Debi hesap havzalarına ait hidrograflar gözlemlendiğinde sol eksene yakın bir görünüme sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum akımın çok kısa bir sürede pik seviyesine ulaştığını göstermektedir (Şekil 62, Şekil 63, Şekil 64, Şekil 65). Ayrıca bu durumu hidrografın pike ulaşma süresi olan (T_p) değerinden de anlamak mümkündür (Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur).

Tablo 54). Özellikle ani sağanak yağışlarda akımın bu denli hızlı pik seviyesine ulaşması taşkın afetinin açısından oldukça risklidir.

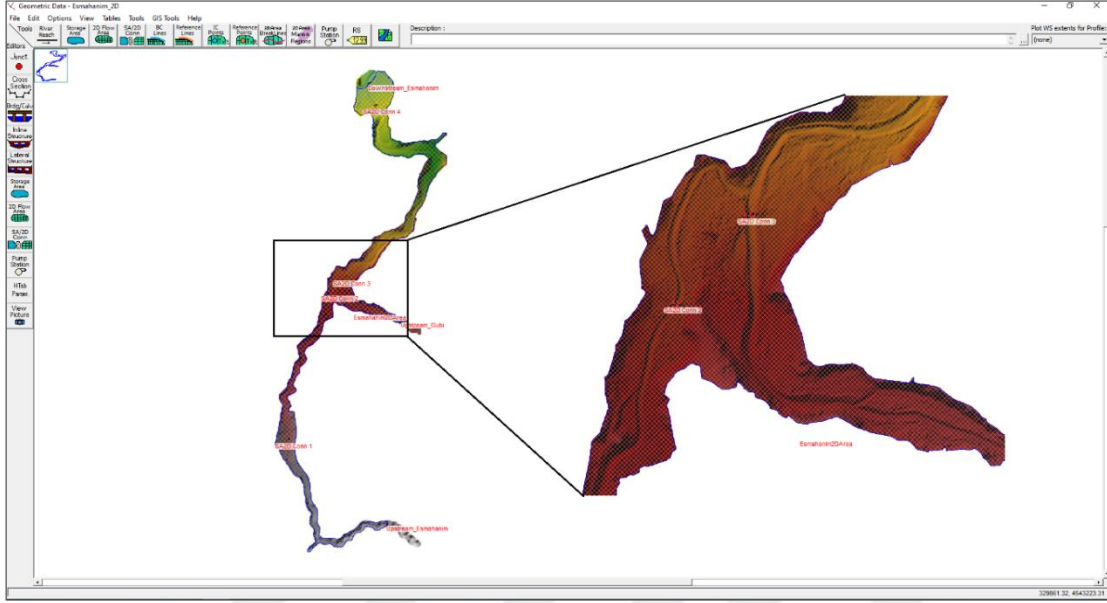
Taşkın debi miktarları hesaplandıktan sonra elde edilen debi miktarlarının araziye ilişkin geometrik verilerle birlikte programa girilmesi gerekmektedir.

3.2.4. Tekerrürlü Debilerin HEC-RAS Yazılımına Girilmesi ve Taşkın Modellenmesi

3.2.4.1. Taşkın Analizi Yapılacak Kesitte 2D Hesaplama Ağının Çizilmesi

Debi Havzalarının ve taşkın alanının modellenmesinde daha önce belirtildiği üzere yüksek hassasiyetli sayısal yükselti modelleri (SYM) esas alınmıştır. Bu duruma binaen analizin yapılacağı kesitte 2D hesaplama ağı oluşturularak alan iki boyutlu olarak programa

tanımlanmıştır (Şekil 66). Alan tanımlanırken çalışma için alt başlıklarda kalibrasyonu sağlanarak en uygun hücre boyutu olan 7 m belirlenmiştir. Hücre boyutu belirlenirken yatak boyutunu aşmaması ve araziyi temsil gücünün yüksek olması gerekmektedir (Kızmaz, 2020) (Şekil 66).

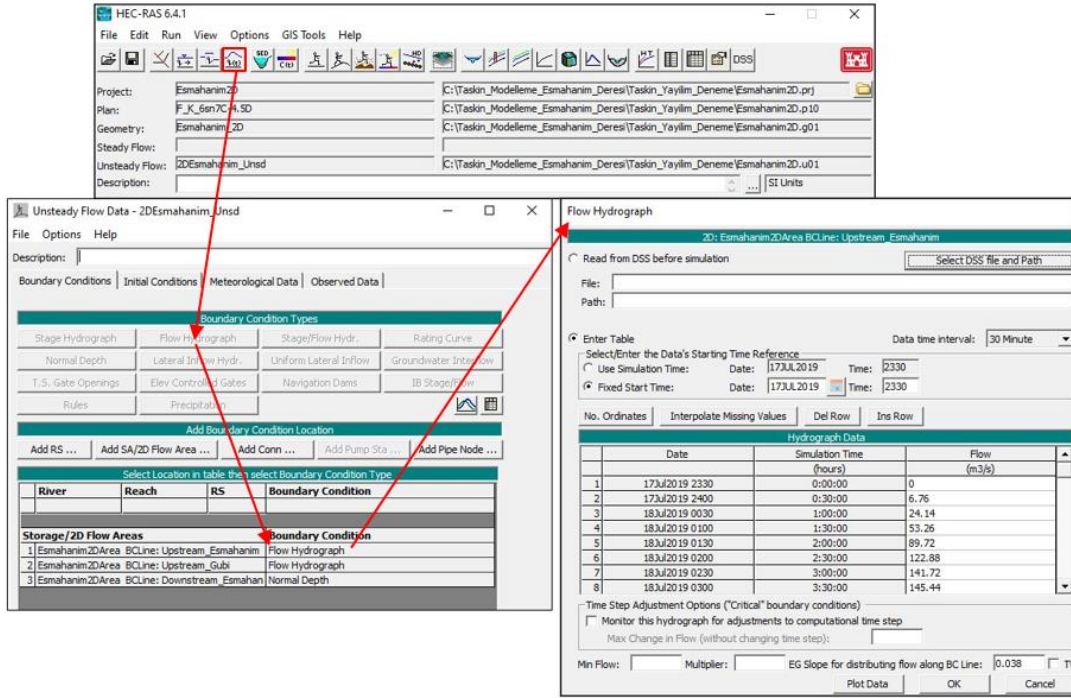


Şekil 66: Taşkın Analizinin Yapılacağı Kesit ve Programa Tanımlanan 2D Hesaplama Ağı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

3.2.4.2. Sınır Şartlarının Tayin Edilmesi ve Modele Girilmesi

Daha önceki başlıklarda hesaplanan çeşitli tekerrür aralığındaki hidrograflar HEC-RAS yazılımına girilerek analize hazır hale getirilmiştir. Analizin yapılacağı kesitte Küpler ve Gübi Deresi gibi iki akarsu bulunduğu için 2 üst sınır (memba- upstream) koşulu tanımlanmıştır. Bunlara çeşitli tekerrür aralıklarına denk gelen hidrograflar tanımlanmış, havzanın çıkış (mansap-downstream) kısmına ise “Normal Depth” sınır koşulu olarak 0,027 eğim değeri girilmiştir (Şekil 67).



Şekil 67: Kararsız Akım (Unsteady) Sekmesi, Sınır Koşulları ve Girilen Hidrograflar

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

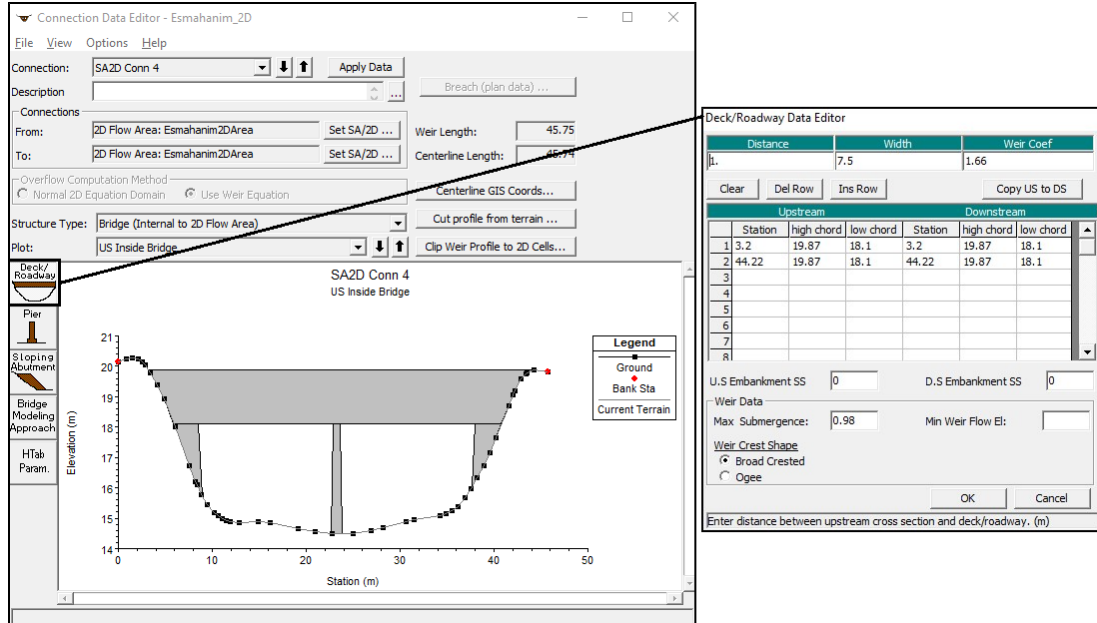
3.2.4.3. Yapısal Elemanların HEC-RAS Programına Tanıtılması

Çalışma sahasında 4 adet köprü bulunmaktadır. Söz konusu köprüler arazide gözlemlenmiş ve ölçümlenmiştir (Şekil 68). Köprüler 2 Boyutlu alan üzerine akarsuların her iki sahilini birleştirecek şekilde yatay olarak tanımlanmıştır. Köprü, talveg ve tavan pürüzlülük katsayıları sel ve taşkın anında akarsuların yukarı çıkışlarından gelen ağaç parçaları, çeşitli molozlar, atıklar vs. köprü ağzında tıkanmalara sebebiyet verdiği için Q_p (50) üzeri akımlarda 0.06; Q_p (50) altı akımlarda ise dere yatağına tanımlanan manning katsayıları kullanılmıştır (Şekil 69).



Şekil 68: Taşkın Analizinin Yapıldığı Kesitteki Köprüler

Kaynak: Yazar tarafından çekilmiştir.

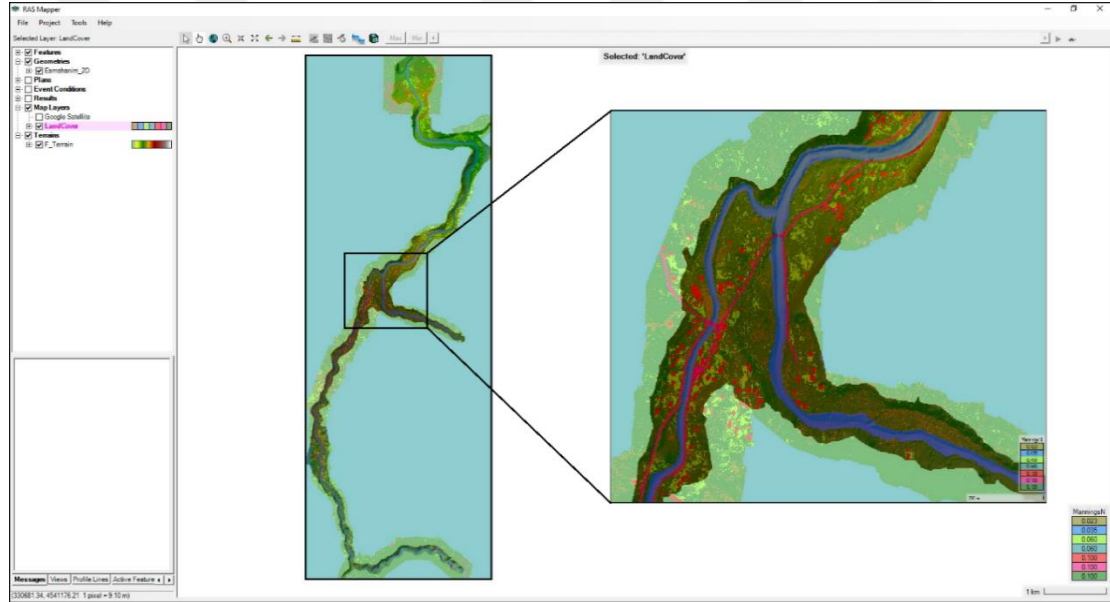


Şekil 69: 4 Nolu Örnek Köprü Tasarımının HEC-RAS'a Tanımlanması

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

3.2.4.4. Arazi Kullanımı Esas Alınarak Belirlenen Arazi Pürüzlülük Katsayısının HEC-RAS Programına Tanıtılması

Yüzey pürüzlülük (manning) katsayısı taşkın analizinin yapılacağı kesit için oldukça önemli bir tanımlamadır. Analizin yapılacağı kesitte taşkın yayılımını, taşkın hızını ve taşkın yönünü belirlemede son derece önem arz eder. Havzadaki vejetasyon türü, yerleşim dokusu, ulaşım yapıları, barajlar, çeşitli ekolojik önem taşıyan yapılara vs. göre yüzey pürüzlülüğü değişkenlik göstermektedir. HEC-RAS programında yer alan RAS Mapper arayüzü kullanılarak arazi kullanımı alansal olarak tanımlanabilmektedir. Söz konusu arazi kullanım sınıflarına literatürdeki pürüzlülük katsayıları temel alınarak çeşitli değerler tayin edilebilir.



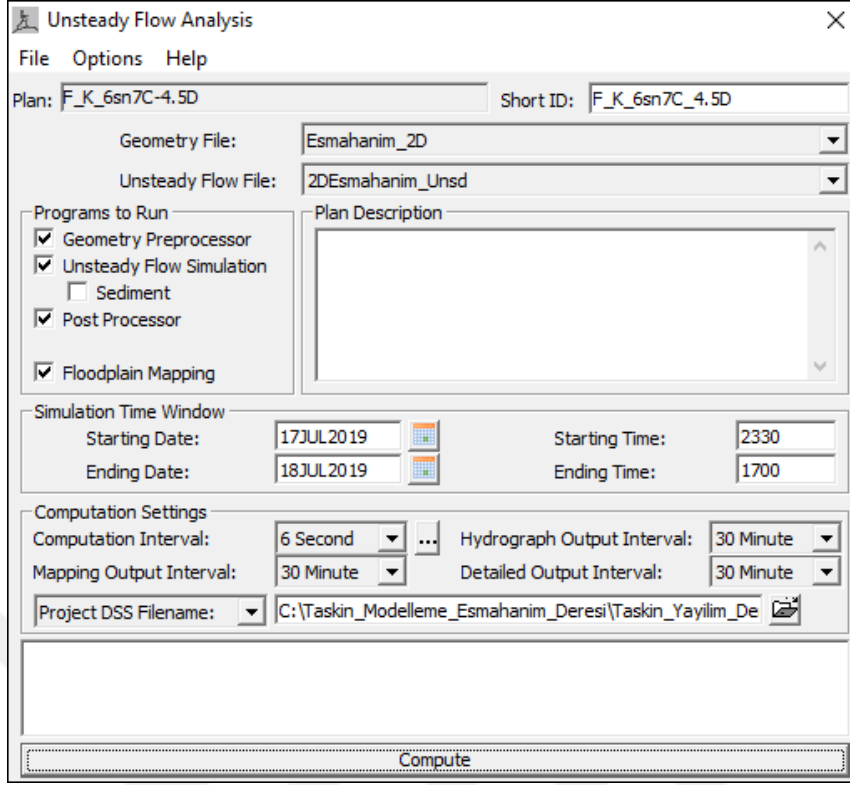
Şekil 70: Taşkın Analizinin Yapılacağı Kesitteki Pürüzlülük Katsayıları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Analizin yapılacağı kesitte ise arazi kullanım sınıfları hassas ortofotolar üzerinden Arcmap programı kullanılarak kontrollü sınıflandırma (Supervised Classification) yöntemi ile elde edilmiştir. Elde edilen arazi sınıflarına çeşitli manning katsayıları tayin edilmiş ve kalibrasyonu sağlanarak nihai arazi örtüsü (pürüzlülük) elde edilmiştir (Şekil 70).

3.2.4.5. Analiz Başlatma Ayarlarının HEC-RAS Programına Tanıtılması

Analize ilişkin bütün verilerin HEC-RAS programına tanıtılmasından sonra kararsız akım simülasyonu başlatılmalıdır. Analiz başlatma ayarlarının doğru ve eksiksiz tanımlanabilmesi için tecrübe ve araziye iyi tanımak gerekmektedir. Karadeniz bölgesinde yatak eğimleri yüksek olduğundan akarsular 3-4 m/sn hıza sahiptirler. Fakat analizin yapıldığı çalışma sahasının büyük bir bölümünde eğim profili düşüktür. Bu nedenle arazideki su hızı ve hücre boyutunun birbiriyle uyumlu olması gerekmektedir. Arazideki hücre boyutunun belirlenmesi için öncelikle arazideki su hızının ön görülmesi gerekmektedir. Tüm bunlar göz önünde bulundurarak hücre boyutu 7 m olarak belirlenmiştir. Hesap aralığının hücre içinde kalması maksadıyla hesap aralığı (Computation Interval) değeri 6 sn olarak belirlenmiş ve hücre boyutundan düşük olması sağlanmıştır. Değerin büyük seçilmesi hücrelerde yığılmaya dolayısıyla taşkın olduğundan büyük simüle edilmesine yol açacaktır (Kızmaz, 2020). Diğer kriterlerden Hidrograf çıkış ve detay çıktı aralıkları (Hydrograph Output Interval, Detailed Output Interval) hidrograftaki zaman aralığı ile uyumlu olması gerekmektedir. Harita çıktı aralığı (Mapping Output Interval) değeri ise analizin hangi aralıkta görüntüleneceğini ifade eder (Şekil 71).



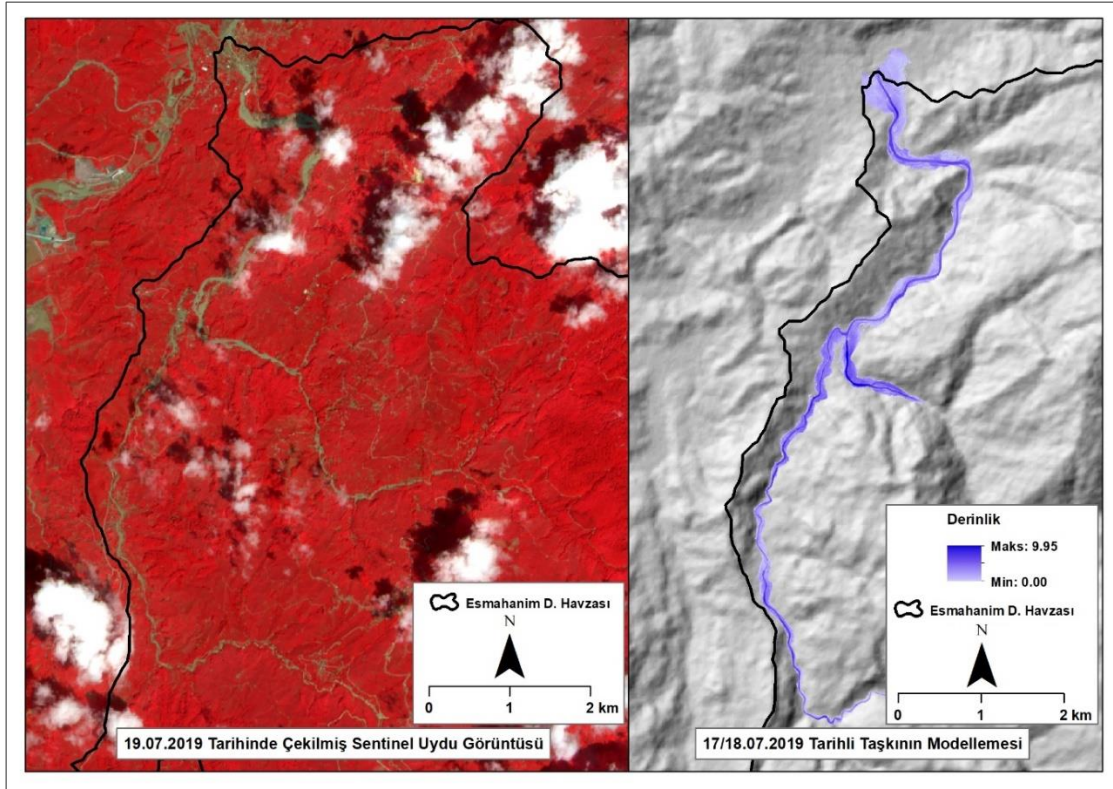
Şekil 71: HEC-RAS Kararsız Akım (Unsteady Flow Data) Başlatma Ayarları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

3.2.5. Taşkın Alanlarının Belirlenmesi

3.2.5.1. Taşkın Modelinin Kalibrasyonu

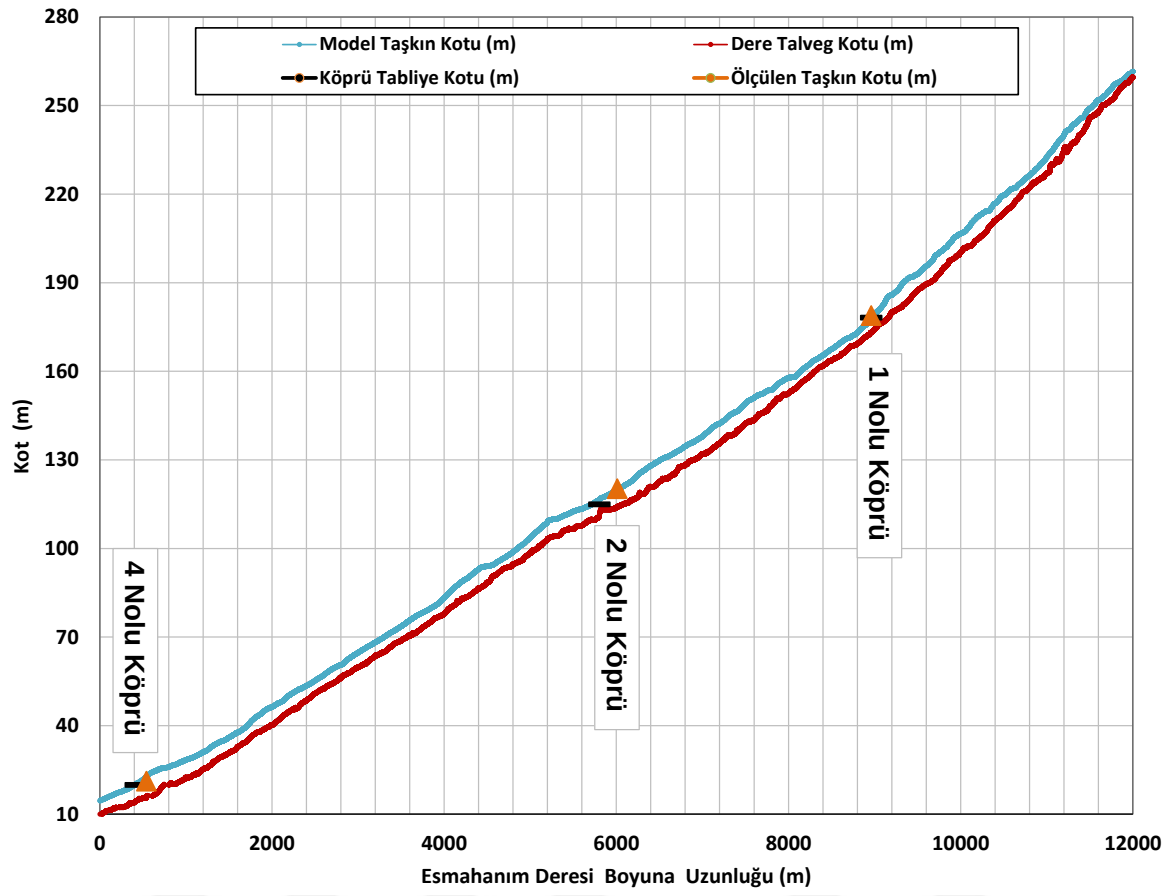
Modele ilişkin tüm hidrolojik ve hidrolik tanımlamaların tamamlanmasından sonra modelin doğru çalıştığını test etmek maksadıyla modelin kalibre edilmesi gerekmektedir. Modelin çalışma sahasını ne ölçüde temsil ettiğini belirlemek için 17-18 Temmuz 2019 tarihinde yaşanan taşkın afeti kullanılmıştır. Öncelikle taşkın afetinin yaşandığı günün sonrasında çekilen Senitel uydu görüntüsü ile model kıyaslandığında yüksek oranda uyum gözükmemektedir. Bazı noktalarda uydu görüntüsündeki taşkın yayılım alanlarının daha az olduğu gözlemlenmektedir. Bilhassa uydu görüntüsüne bakıldığında akarsuyun mansap kesminin genişçe bir düzlüğe sahip olması ve su derinliğinin sığ olması nedeniyle yayılım miktarı düşmüştür. Bu durumun sebebi uydu görüntüsünü taşkın afetinden bir gün sonra çekilmesi yani taşkın sularının nispeten geri çekilmesidir (Şekil 72).



Şekil 72: 19.07.2019 Tarihli Sentinel Uydu Görüntüsü ve 17/18 Tarihli Taşkın Modeli İle Uyumu

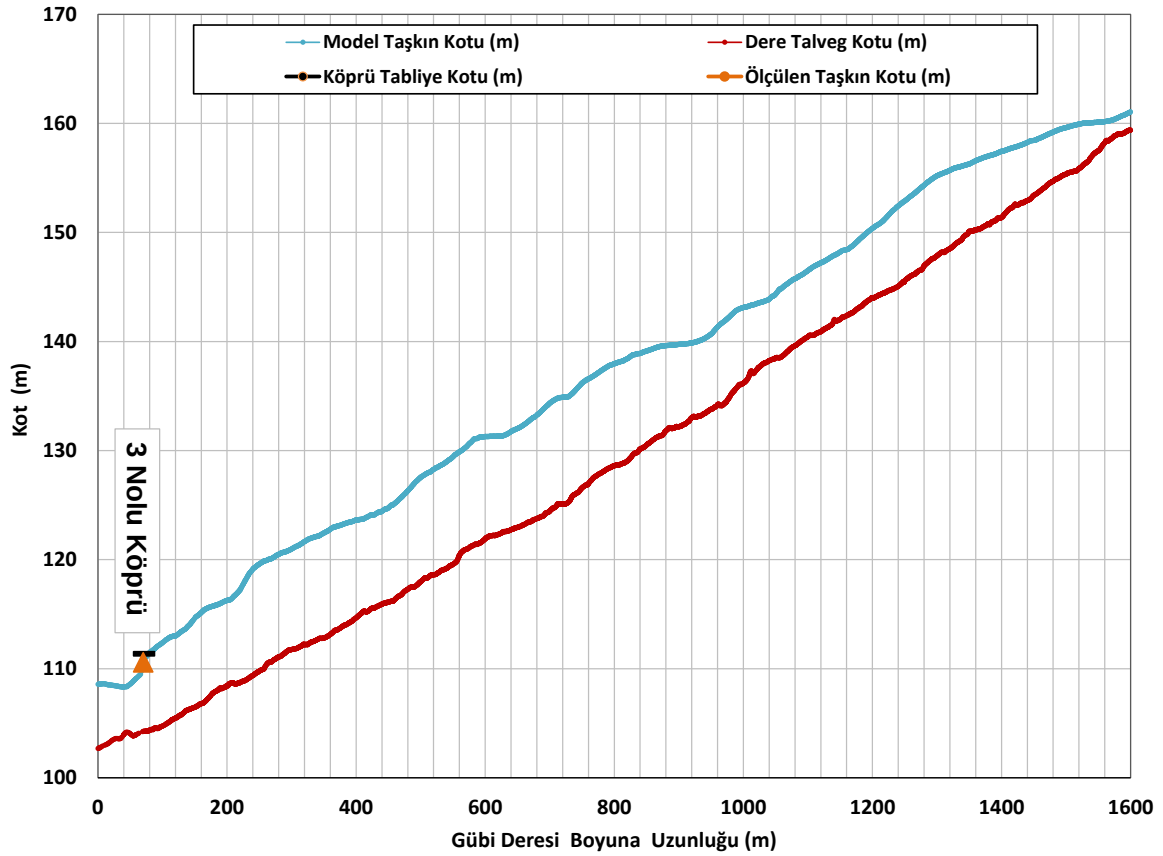
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

17-18 Temmuz 2019 tarihinde yaşanan taşkın afetinin kıyaslandığı bir diğer unsur modeldeki taşkın su yüzü profilidir. Taşkın esnasında köprülerde, binalarda ölçülen maksimum su seviyesi ile model doğrulanmış ve neticede hassas bir model elde edilmiştir. Ayrıca arazide yapılan gözlemler ve vatandaşlar ile olan görüşmelerle arazide ölçülmüş maksimum taşkın kotu ölçümleri doğrulanmıştır (Şekil 73, Şekil 74).



Şekil 73: Esmahanım Deresi 17-18 Temmuz 2019 Tarihinde Yaşanan Taşkının Su Yüzü Profili

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 74: Gübi Deresi 17-18 Temmuz 2019 Tarihinde Yaşanan Taşkın Su Yüzü Profili

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Kalibrasyon için alınan diğer referanslar ise araştırma sahasında yapılan gözlemler, ölçümler, vatandaşlarla yapılan görüşmeler, video ve fotoğraflardır. Fakat taşkın anını görüntileyen görsel materyaller oldukça azdır. Bu nedenle taşkın alanlarının tespit etmek maksadıyla taşkın sonrası çekimlerden elde edilen görüntüler kullanılmıştır. Belirlenen kalibrasyon noktaları üzerinde taşkın sularının oluşturduğu izlerden yola çıkılarak taşkın alanları belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 75).



Şekil 75: 17-18 Temmuz 2019’da Yaşanan Taşkın İle Modelin Kıyaslanacağı Kalibrasyon Noktaları

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Uğurlu köyünde afetin yaşandığı 17-18 Temmuz 2019 tarihindeki görüntüler çalışmada yer alan taşkın modeli ile kıyaslandığında yüksek derecede uyumun sağlandığı anlaşılmaktadır. Şekil 76’daki 1 nolu görüntüde yer alan evin kuzey cephesinde su yükseliği 0.66 m’ye denk gelmektedir. Verilen görüntüde bu taşkın kotu nispeten anlaşılmaktadır. 2 nolu görselde ise evi basan suyun kotu 1,38 m’ye takabül etmektedir. Söz konusu bina yıkılarak yeri otoparka çevrildiğinden derinlik haritasında görülmemektedir. Fakat söz konusu alanda suyun yükseldiği, akış deseninin 2 nolu alanın gerisine kadar yayıldığından anlaşılmaktadır. Ayrıca 1 nolu görüntünün bulunduğu alanda yapılan arazi görüşmeleri neticesinde taşkın diz seviyesini aştığı öğrenilmiştir. Söz konusu alanın doğusuna doğru meskenlerin arka kesimlerinde su seviyesinin düşük olduğu ve yayılımının bittiği öğrenilmiştir. Tüm bu bilgiler ışığında Uğurlu köyünde yerleşmenin bilhassa yoğunluk kazandığı çeşitli iş meskenlerinin bulunduğu bu mevkide model yüksek hassasiyetle doğru sonuçlar vermiştir (Şekil 76).



Şekil 76: Modelin 17-18 Temmuz 2019’da Yaşanan Taşkın İle Kıyası (K1 Noktası-Uğurlu Köyü)

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

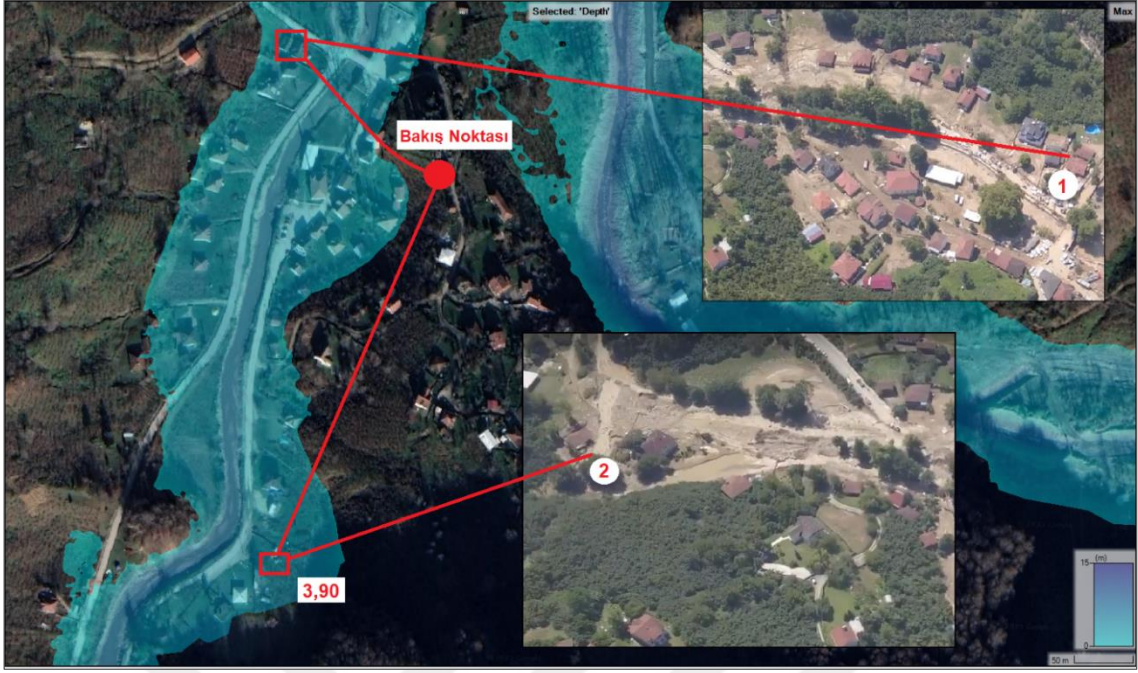
Esmahanım köyü 17-18 Temmuz 2019 tarihinde taşkın afetinin en şiddetli yaşandığı yerleşim birimidir. Dolayısıyla bilhassa akarsu yatağı başta olmak üzere yüksek miktarlarda su kütlesine maruz kalmıştır. Bu nedenle taşkın yükseklikleri diğer alanlara göre nispeten daha yüksektir. Örneğin Şekil 77’deki 1 nolu meskende model sonucunda taşkın kotu 4.26 m olarak belirlenmiştir. Arazide yapılan çeşitli görüşmelerde söz konusu meskenin sadece çatı ucu olmak üzere tamamen sular altında kaldığı ifade edilmiştir. Konutun yükseliği ve çatı yüksekliği hesaba katıldığında modelde elde edilen taşkın yüksekliğinin gerçek taşkın kotuyla uyumlu olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca taşkın sonrasında elde edilen görüntülerde taşkın yayılım sınırlarının tespit edilmesi oldukça kolaydır. Bu nedenle 2 nolu meskenin hemen ardında taşkın yayılım deseninin durması modelin bu alan için de oldukça hassas sonuçlar verdiğinin kanıtıdır (Şekil 77).



Şekil 77: Modelin 17-18 Temmuz 2019’da Yaşanan Taşkın İle Kıyası (K2 Noktası Esmahanım Köyü)

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Kalibrasyon yapılan son nokta Esmahanım köyünde 7 can kaybının yaşandığı alanı göstermektedir Şekil 78’de yer alan 2 nolu alanın hemen öncesinde akarsuyun kurplu bir yapıya sahip olması ve akarsu önünü tıkayan yığınaklar nedeniyle bir sonraki çarpak kısmında ciddi bir su baskınına yol açmıştır. 7 can kaybının yaşandığı bu noktada su yüksekliği 3,90 m tespit edilmiştir. Taşkın sonrası görüntüde eve dair herhangi bir iz gözlemlenememektedir. Arazide yapılan gözlemler ve elde edilen görüntüler modeldeki taşkın yayılım deseni ile uyuşmaktadır. 1 nolu alanda ise su deseni, görüntüde işaretlenen evlerin arkasından dolanarak yol boyu bir miktar ilerlemektedir. Bu durum modelin hassasiyetini destekler niteliktedir (Şekil 78).

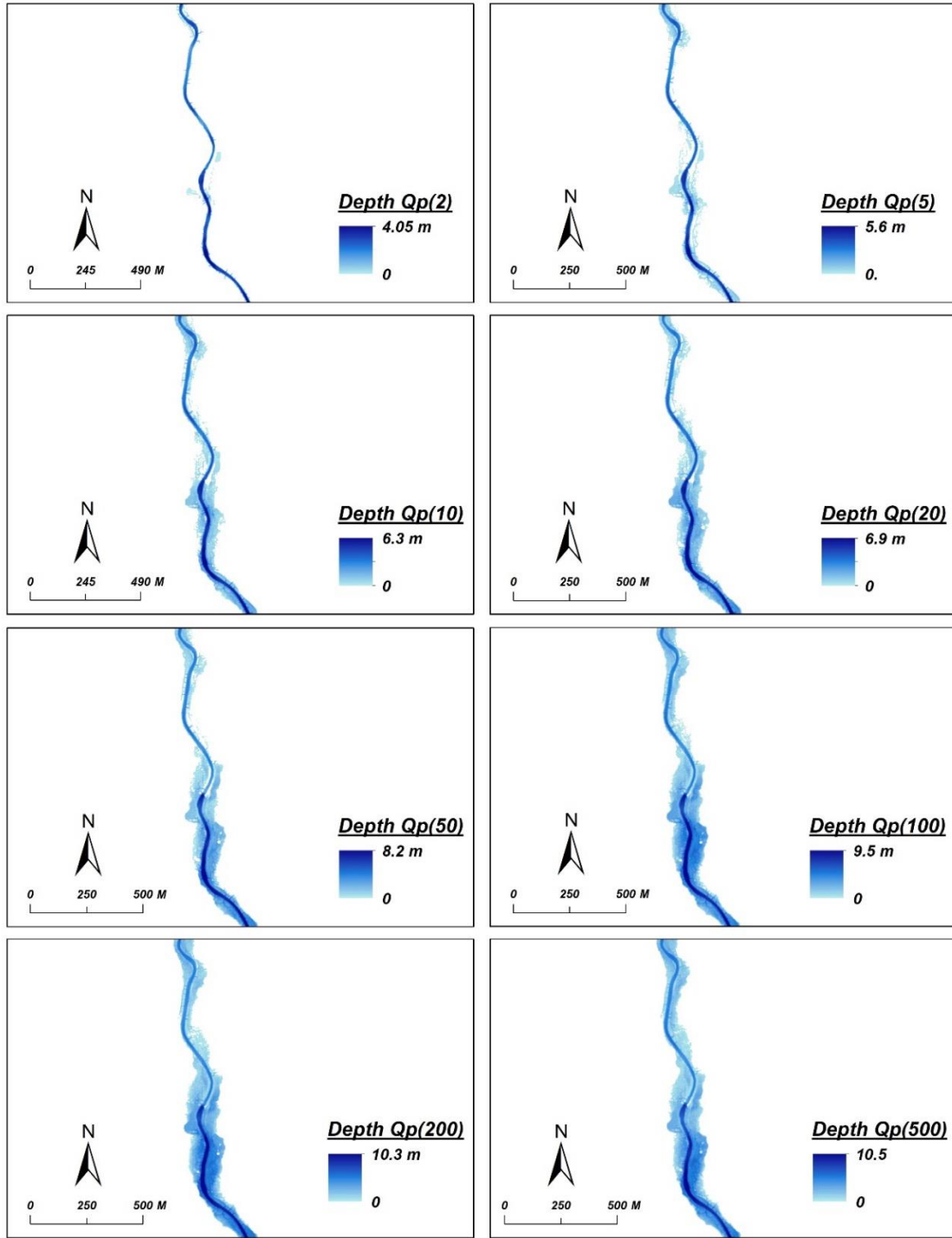


Şekil 78: Modelin 17-18 Temmuz 2019’da Yaşanan Taşkın İle Kıyası (K3 Noktası-Esmahanım Köyü)

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

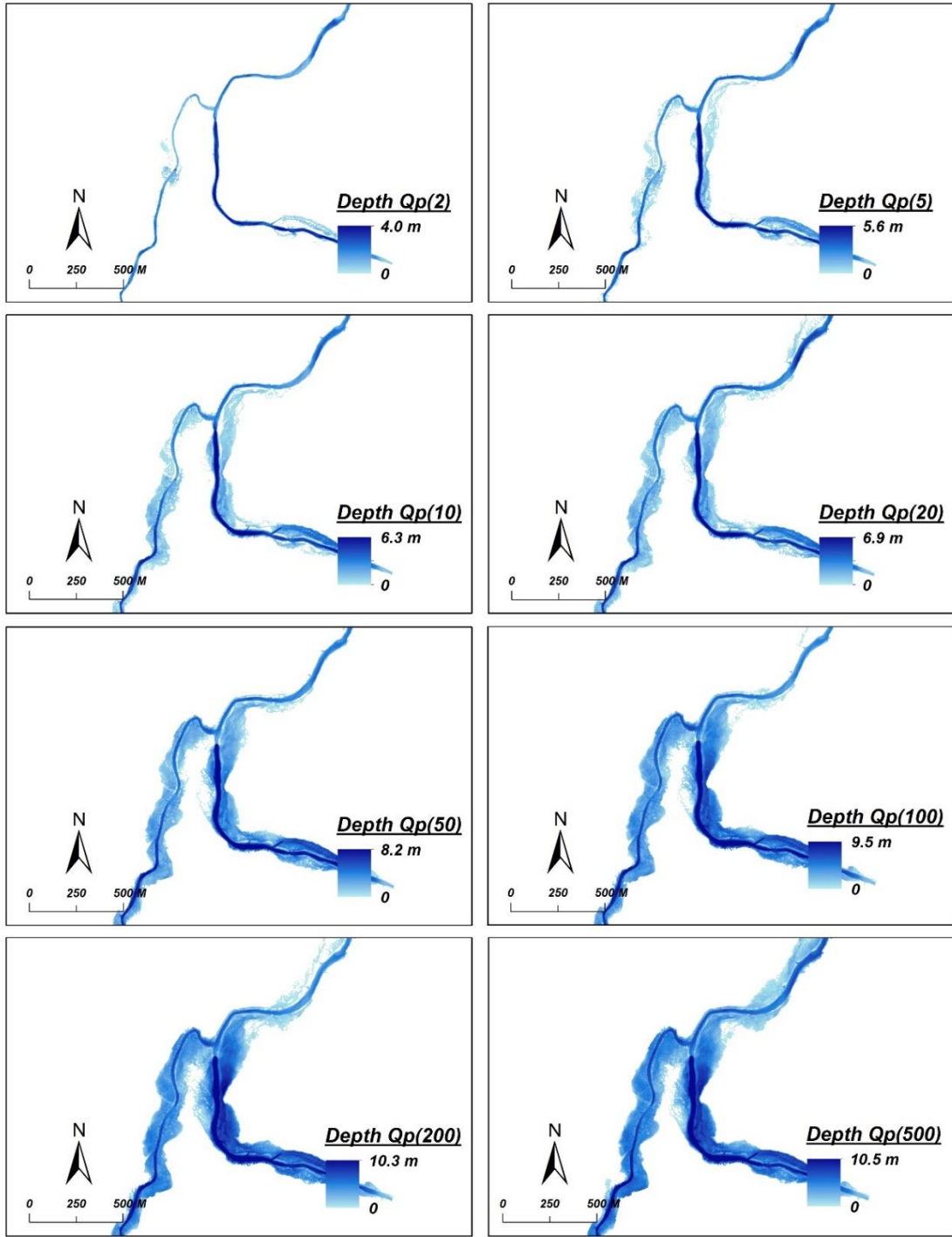
3.2.5.2. Tekerrürlü Taşkın Derinliklerinin Görüntülenmesi

Yapılan analiz sonucunda muhtelif tekerrür aralıklarına denk gelen taşkın alanları ve derinlikleri hesaplanmıştır. Sonuç aşağıdaki görsellerde haritalanmıştır (Şekil 79, Şekil 80, Şekil 81). Taşkın analizinin yapıldığı kesit oldukça geniş bir alanı kapladığı için olabildiğince yerleşmelerin yoğunluk kazandığı alanlara odaklanılmıştır. Bu kapsamda Davutağa-Dilaver, Esmahanım ve Uğurlu köylerinin bulunduğu alanlardaki taşkın derinlik ve yayılım alanları gösterilmiştir.



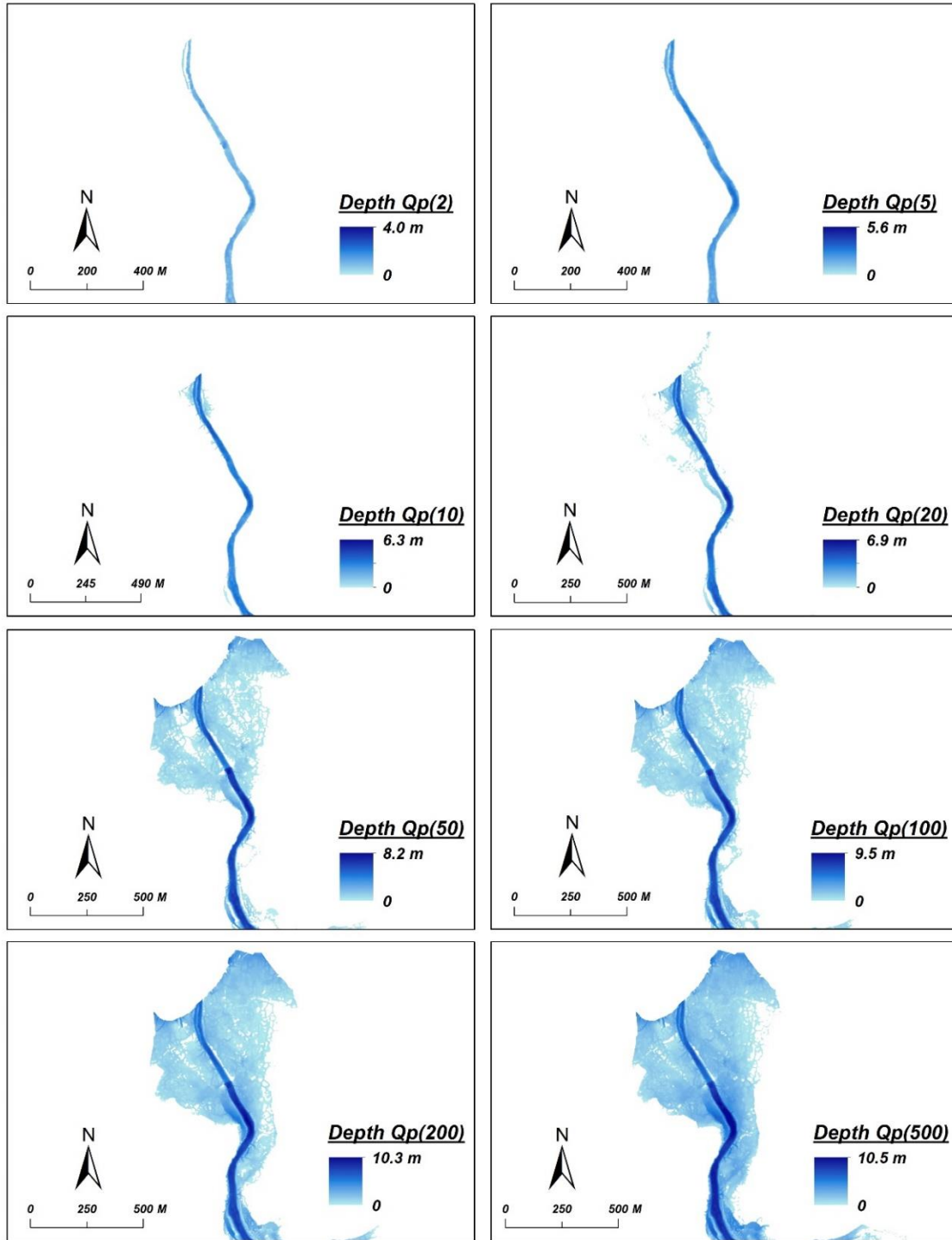
Şekil 79: Davutağa ve Dilaver Köyü Civarı Tekerrürlü Taşkın Derinlikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 80: Esmahanım Köyü Civarı Tekerrürlü Taşkın Derinlikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



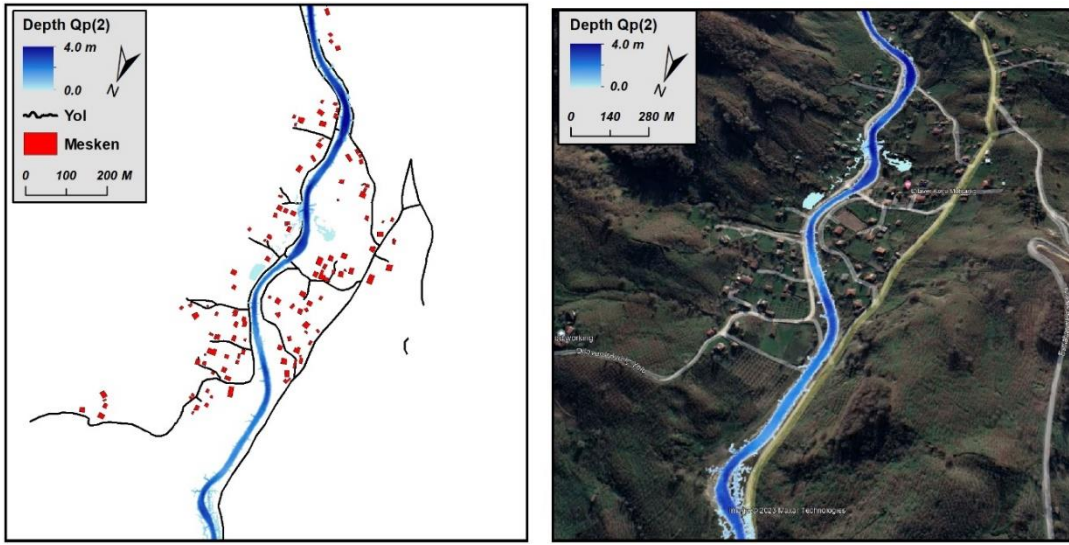
Şekil 81: Uğurlu Köyü Civarı Tekerrürlü Taşkın Derinlikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Sonuç olarak tüm alanlarda tüm tekerrürlü taşkın derinlikleri içerisinde en düşük maksimum su yüksekliği 4,0 metre iken en yüksek maksimum su yüksekliği ise 10,5 metre olarak analiz edilmiştir. Bu derinlikler canlı hayatını tehlike sokacak düzeyde bir

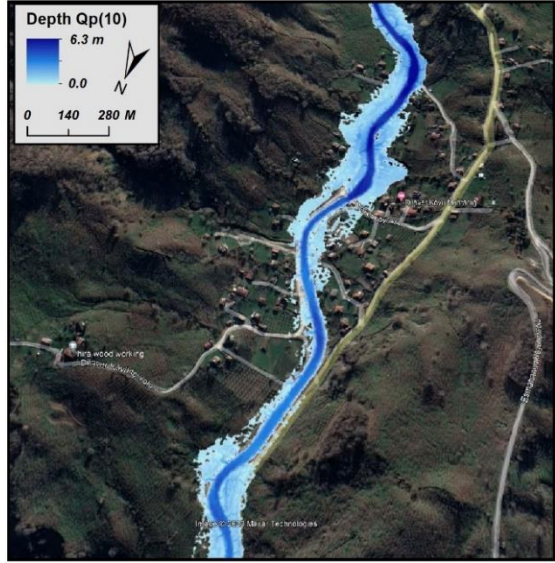
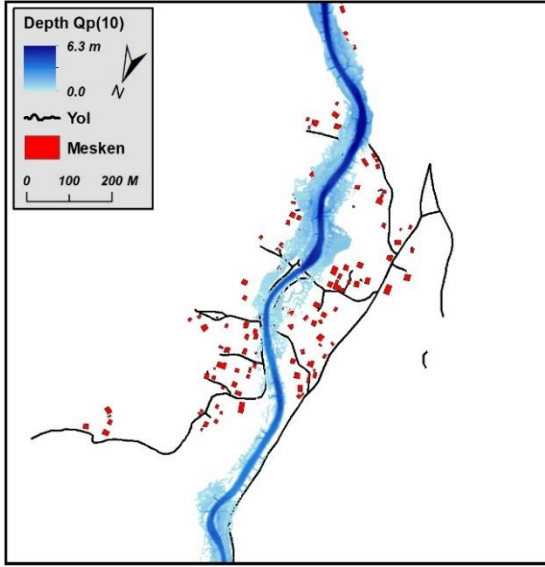
derinliğe tekabül etmektedir. Keza bu su yüksekliği birkaç katlı bir evin boyunu aşacak seviyeye denk gelmektedir (Şekil 79, Şekil 80, Şekil 81).

Bazı tekerrür aralıklarına karşılık gelen debi değerlerinin oluşturduğu taşkın derinlikleri ve alanları farklı bir gösterim tekniğiyle ayrıca verilmiştir. Söz konusu tekerrürler $Q_p(2)$, $Q_p(10)$, $Q_p(100)$ ve $Q_p(500)$ olarak belirlenmiştir. Bu tekerrürlere karşılık gelen debi değerleri yerleşme ve yol katmanı gösterime katılarak haritalanmış daha net bir kanıya varmak amacıyla Google Earth üzerinde de gösterilmiştir. Söz konusu haritalar aşağıda verilmiştir;



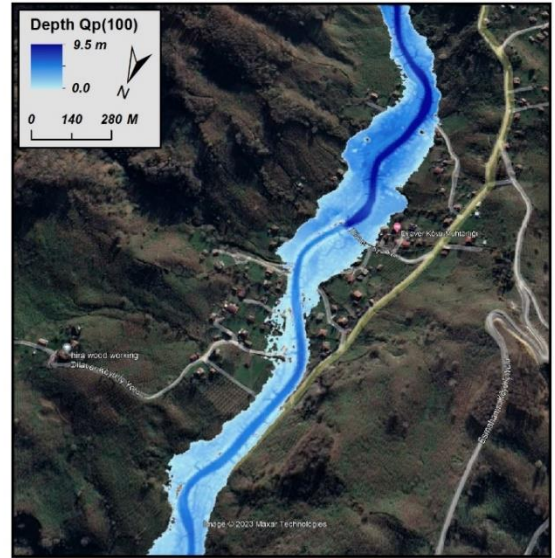
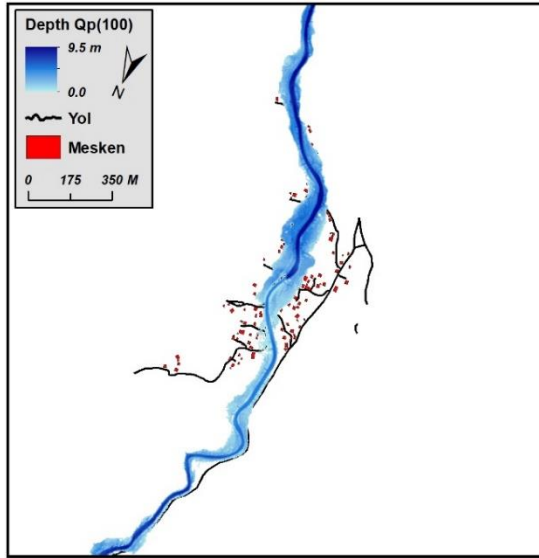
Şekil 82: Davutağa ve Dilaver Köyü Cıvarı $Q_p(2)$ Taşkın Derinlikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



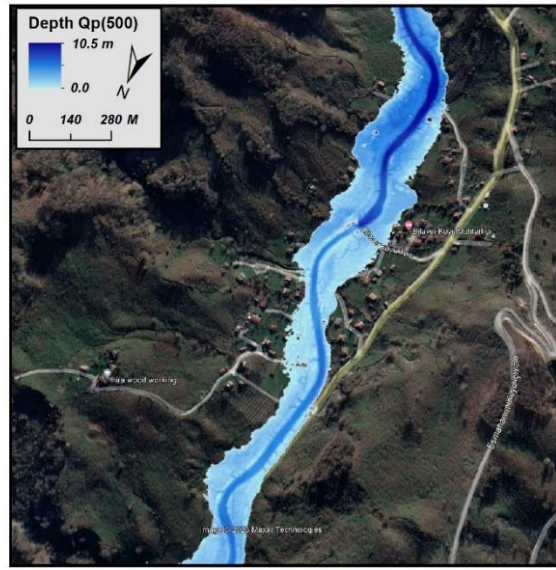
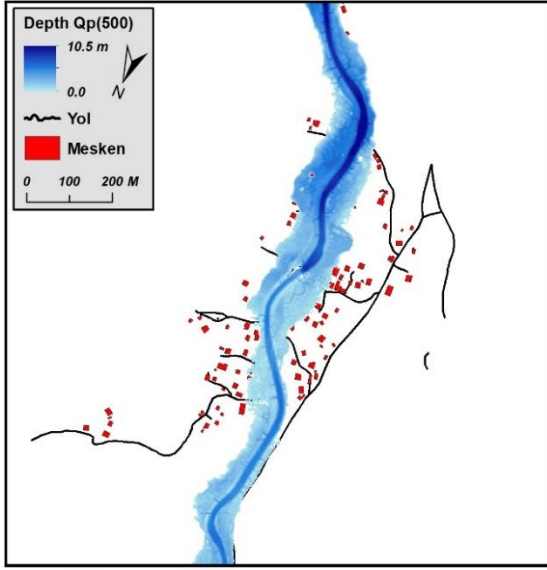
Şekil 83: Davutağa ve Dilaver Köyü Civarı Qp(10) Taşkın Derinlikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



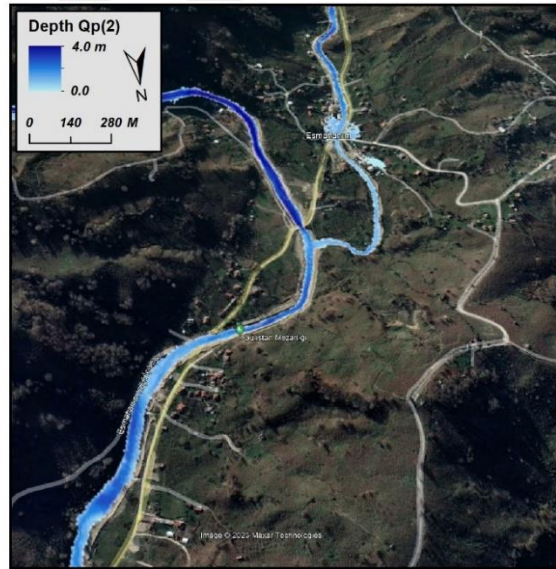
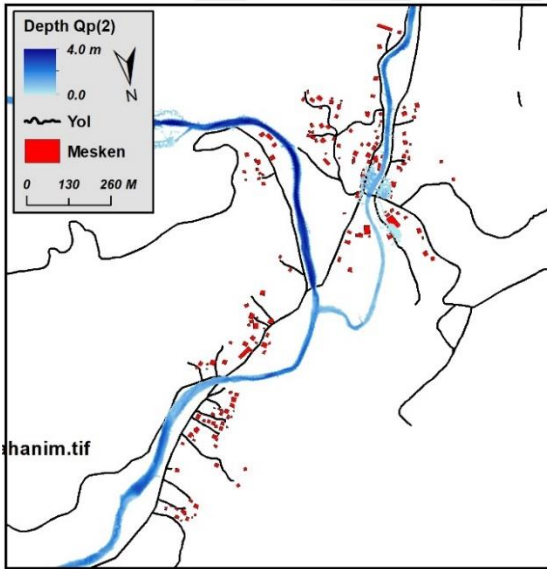
Şekil 84: Davutağa ve Dilaver Köyü Civarı Qp(100) Taşkın Derinlikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



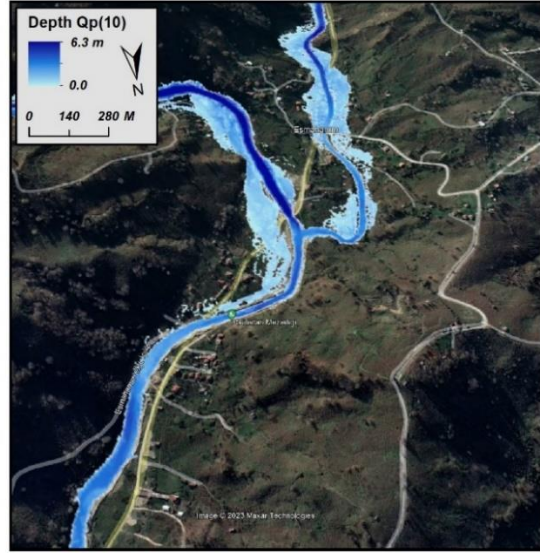
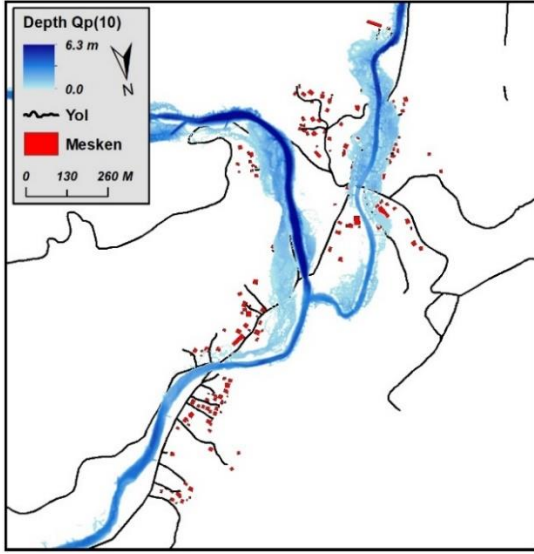
Şekil 85: Davutağa ve Dilaver Köyü Civarı Qp(500) Taşkın Derinlikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



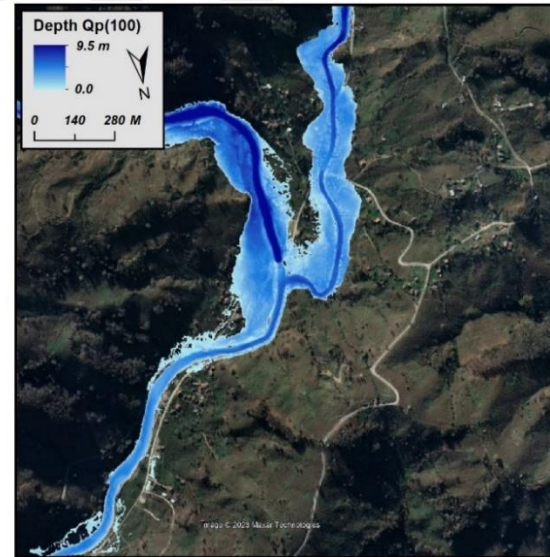
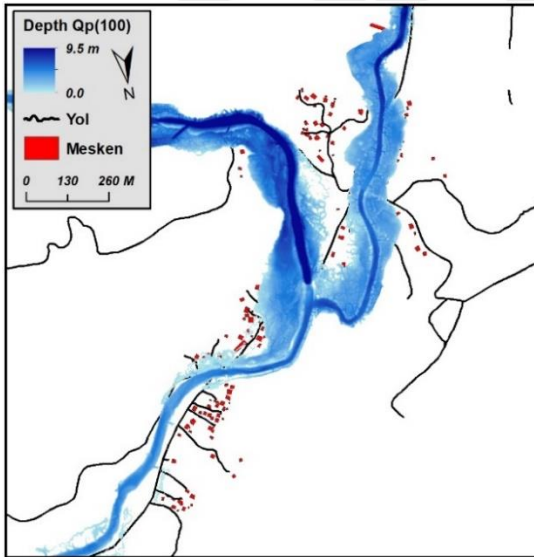
Şekil 86: Esmahanım Köyü Civarı Qp(2) Taşkın Derinlikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



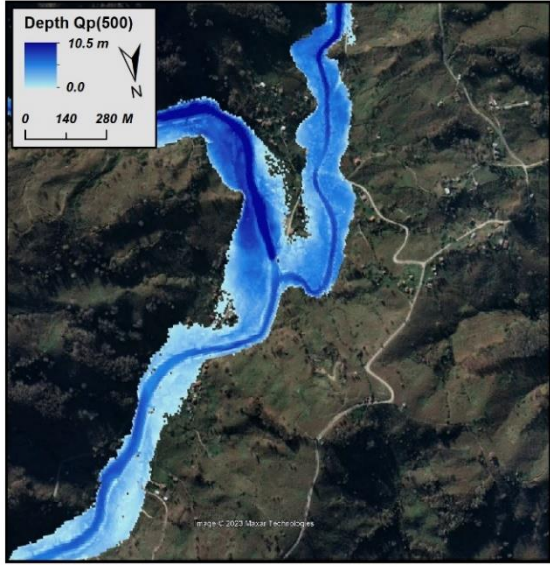
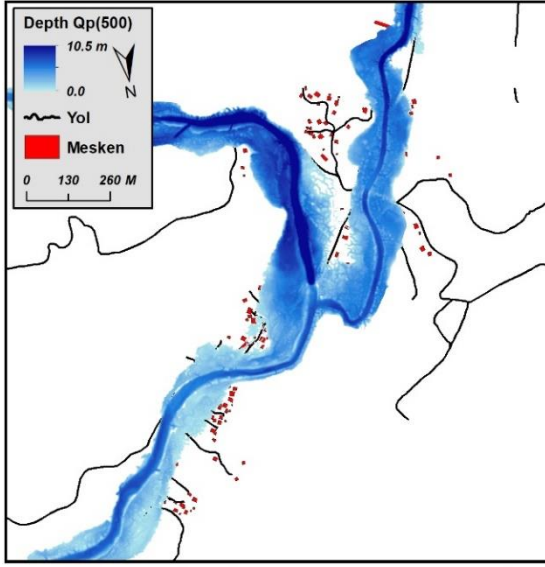
Şekil 87: Esmahanım Köyü Civarı Qp(10) Taşkın Derinlikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



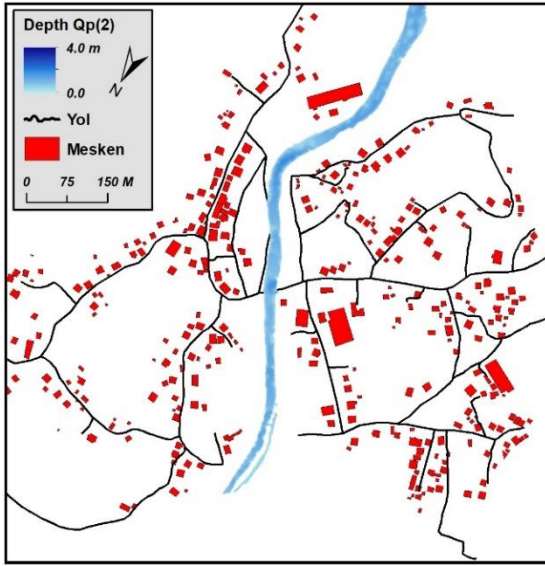
Şekil 88: Esmahanım Köyü Civarı Qp(100) Taşkın Derinlikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



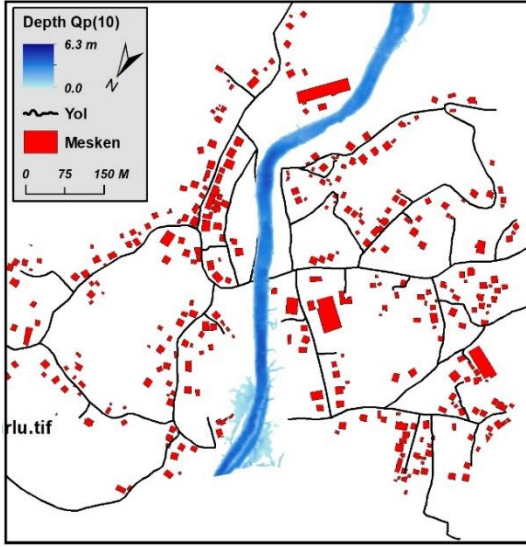
Şekil 89: Esmahanım Köyü Civarı Qp(500) Taşkın Derinlikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



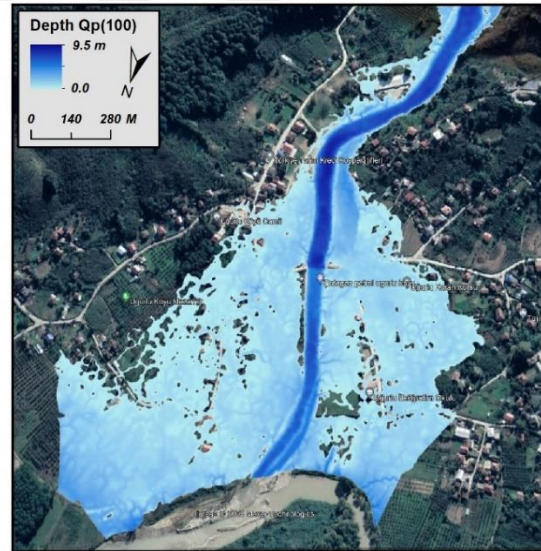
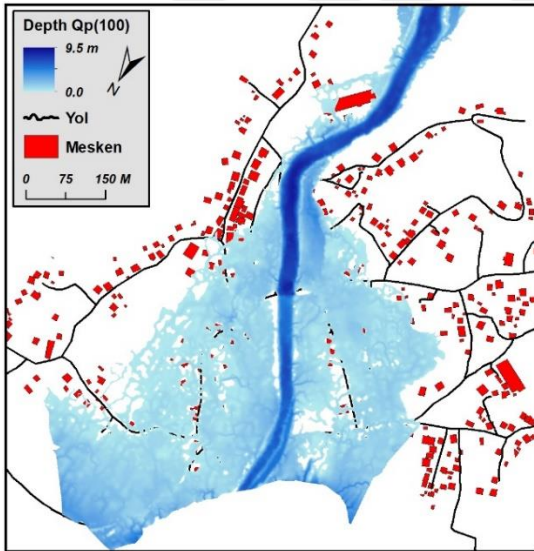
Şekil 90: Uğurlu Köyü Civarı Qp(2) Taşkın Derinlikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 91: Uğurlu Köyü Civarı Qp(10) Taşkın Derinlikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 92: Uğurlu Köyü Civarı Qp(100) Taşkın Derinlikleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

arttığı orta kesimlerde yol ve mesken gibi riske konu olan bazı unsurların sular altında kaldığı görülmektedir (Şekil 85). Esmahanım köyü civarının 2 yıllık tekerrürlü taşkın debisi incelendiğinde Esmahanım köyü merkezinde yer alan Köprü-2 olarak adlandırılan alanda derinliği az da olsa bir birikmenin olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca Esmahanım Deresinin yan kollarından biri olan Gübi Deresinde ciddi bir taşkın derinliğinin olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 86). Esmahanım köyü civarı 500 yıllık tekerrürlü taşkın debisi irdelendiğinde göllenmelerin ana kol ile yan kolunun birleştiği kesimlerde bilhassa birleşmeden hemen önce Gübi kolu üzerinde derinliğin arttığı görülmektedir. Ayrıca Esmahanım köyü boyunca derinlik nispeten yüksek olmakla beraber çevreye doğru yayılış gösterdiği görülmektedir. Esmahanım köyü akarsu boyu ve Gübi Deresi kenarında yer alan yerleşmelerin yüksek oranda tehdit altında olduğu düşünülmektedir (Şekil 89). Uğurlu köyü civarı 2 yıllık tekerrürlü taşkın debisi incelendiğinde suyun neredeyse tamamen akarsu yatağını izlediği görülmektedir (Şekil 90). Uğurlu köyü civarı 500 yıllık tekerrürlü taşkın derinliğine bakıldığında köyün kuzeydoğusundan başlamak üzere ciddi miktardaki su kütesinin aşağı kesimlerde ova görünümlü düşük eğimin olduğu alana bir yelpaze gibi yayıldığı görülmektedir. Derinlik her ne kadar eğimin düşük olduğu bu düzlüklerde az gözükse de bu alandaki yerleşme yoğunluğu, tarımsal alanlara ve ekonomik etkinlikler düşünüldüğünde ciddi miktarda ziyana yol açacağı öngörülmektedir (Şekil 93).

Genel olarak haritalardan da anlaşılabileceği üzere akarsuya yakın alanlarda yer alan yol ve mesken gibi risk unsurları taşkın tehlikesiyle karşı karşıyadır. Bu durumun daha net ortaya koyulabilmesi adına risk unsurlarının da hesaba katıldığı taşkın risk analizi yapılmıştır.

3.3. Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Analizi

2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 ve 500 yıllık toplamda 8 farklı tekerrür aralığındaki debi modellemeleri yapılmış ve analiz edilmiştir. Bunlara ilişkin taşkın alanları ve derinlikleri bir önceki başlıkta haritalanmıştır. Son olarak taşkın risk analizi yapılmadan önce Taşkın Tehlike Değerlerinin (FHR) hesaplanması gerekmektedir. FHR; hız, derinlik ve debris faktörünün bir kombinasyonudur. Debris faktörü ise akarsuyun taşkın esnasında taşıdığı yükü temsil etmektedir. Debris faktörü hesaplanırken taşkın derinliği, hızı ve genel arazi kullanımından faydalanılır. Bu nedenle oluşturduğumuz modelde taşkın alanlarının

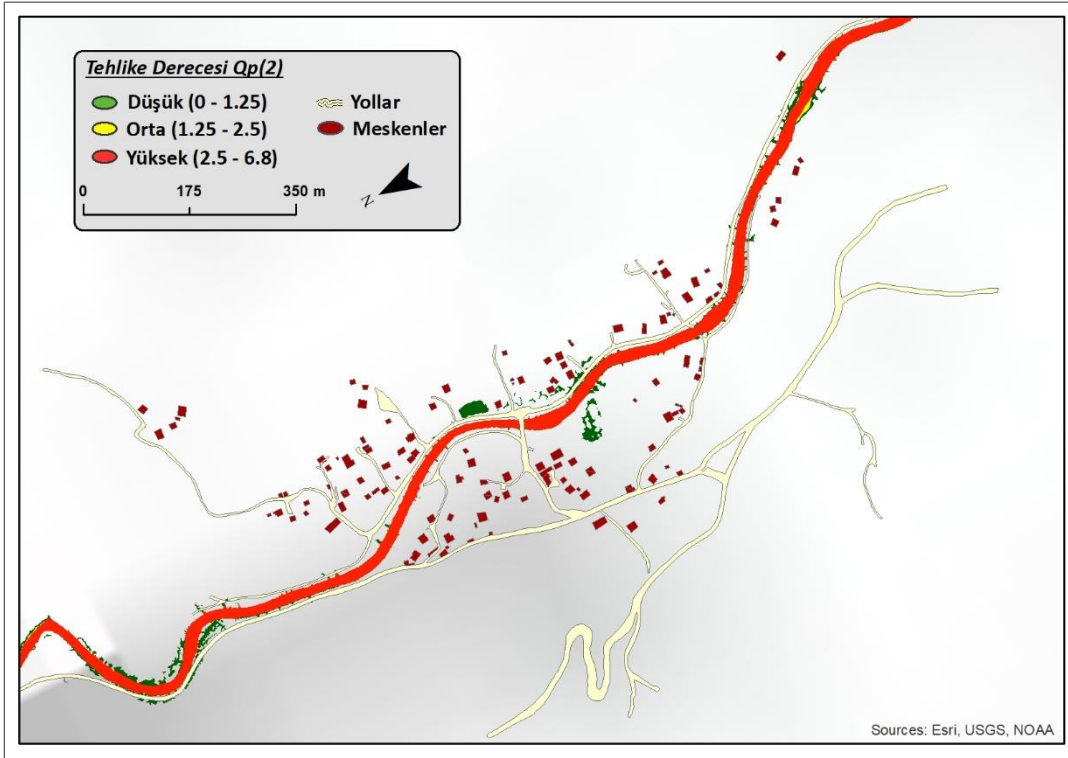
büyükçe bir alanı kapsadığı düşünüldüğünden debris faktörü de hesaba katılmıştır. Son aşamayı içeren taşkın risk analizinde tekrar aralıklarına karşılık gelen olasılık durumu ve risk derecesi Avustralya/Yeni Zelanda Risk Yönetimi tarafından ortaya konmuştur (Tablo 59).

Tablo 59: Risk Derecelerine Göre Temel Alınan Olasılık Durumu

Risk Derecesi	Olasılık Durumu	Taşkın Tekrarlama Periyodu (Yıl)
Yüksek	Kesin	0-5
Orta	Olma İhtimali Fazla	6-19
Düşük	Mümkün	20-99
Çok Düşük	Çok Düşük	100-999
Nadir	Nadir-Yok	≥1000

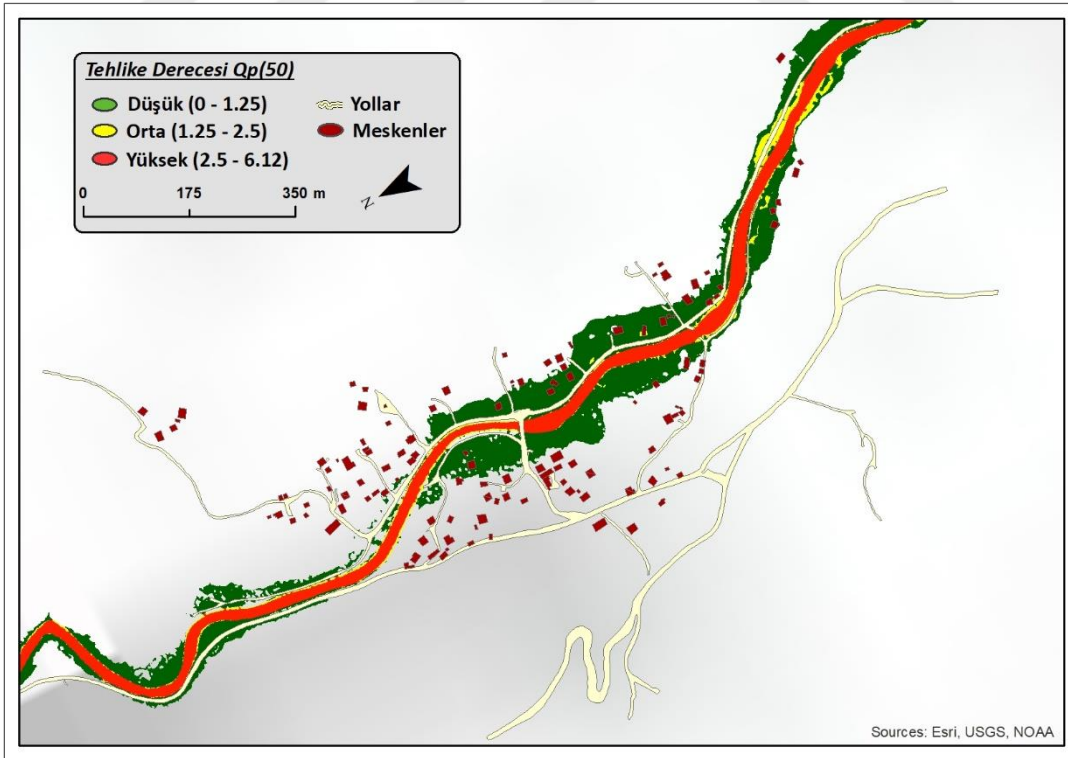
Kaynak: SA/SNZ, 1999

SA/SNZ, 1999’e göre taşkın tekrarlanma periyotları ve olasılık ihtimalleri beş farklı risk derecesinde gruplandırılmıştır. Yapılan analizlerde çalışma sahası için “Yüksek”, “Orta”, “Düşük” olmak üç risk derecesi belirlenmiştir. Çalışmada, olasılık durumu “Kesin” olarak ifade edilen **2 yıllık** taşkın tekerrür aralığı, olasılık durumu “Mümkün” olarak ifade edilen **50 yıllık** taşkın tekerrür aralığı ve son olarak olasılık durumu “Çok Düşük” olarak ifade edilen **500 yıllık** tekerrür aralığı risk analizine tabi tutulmuştur. Havza içinde modellemesi yapılan söz konusu tekerrür aralığındaki taşkın risk haritaları aşağıda gösterilmiştir. Fakat öncesinde yukarıda bahsi geçen tekerrür aralıkları dikkate alınarak taşkın tehlike analizi yapılmıştır.



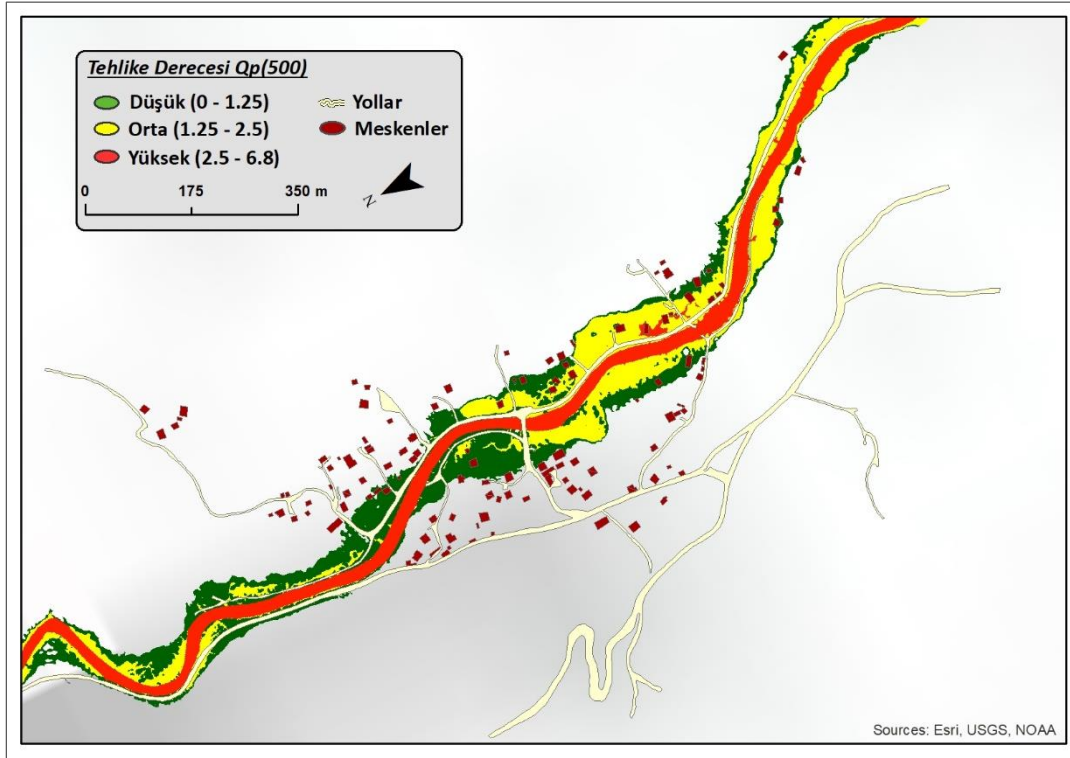
Şekil 94: Davutağa ve Dilaver Köyü Qp(2) Taşkın Tehlike Haritası

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 95: Davutağa ve Dilaver Köyü Qp(50) Taşkın Tehlike Haritası

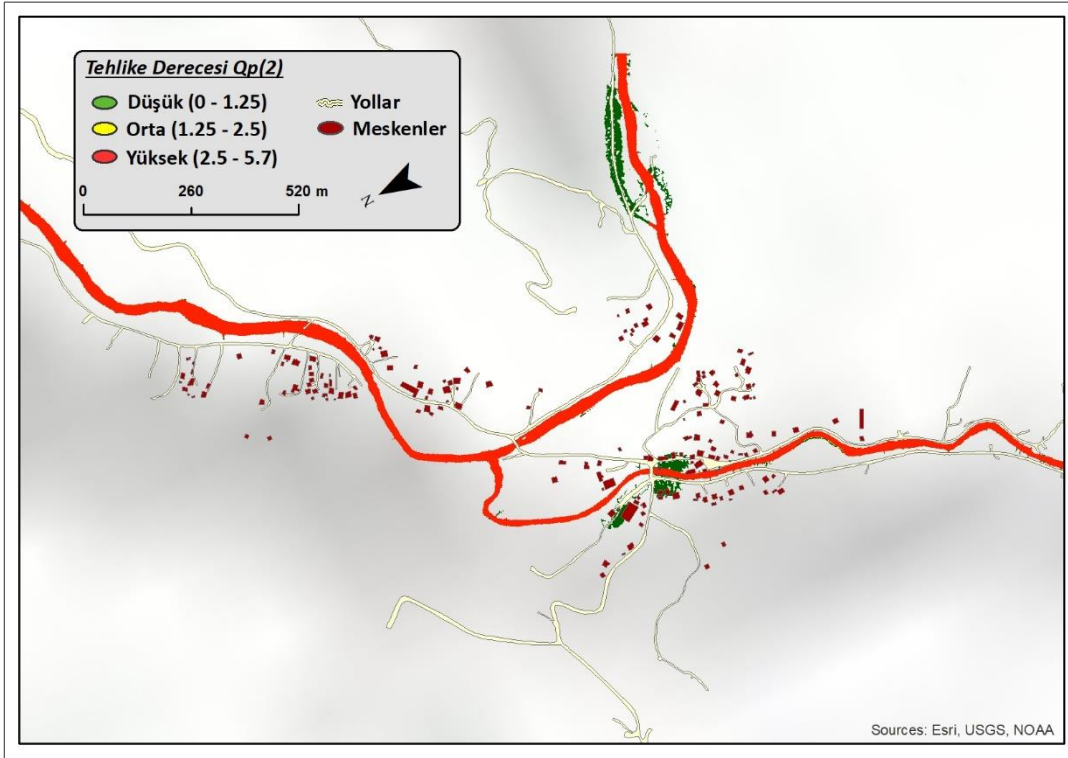
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 96: Davutağa ve Dilaver Köyü Qp(500) Taşkın Tehlike Haritası

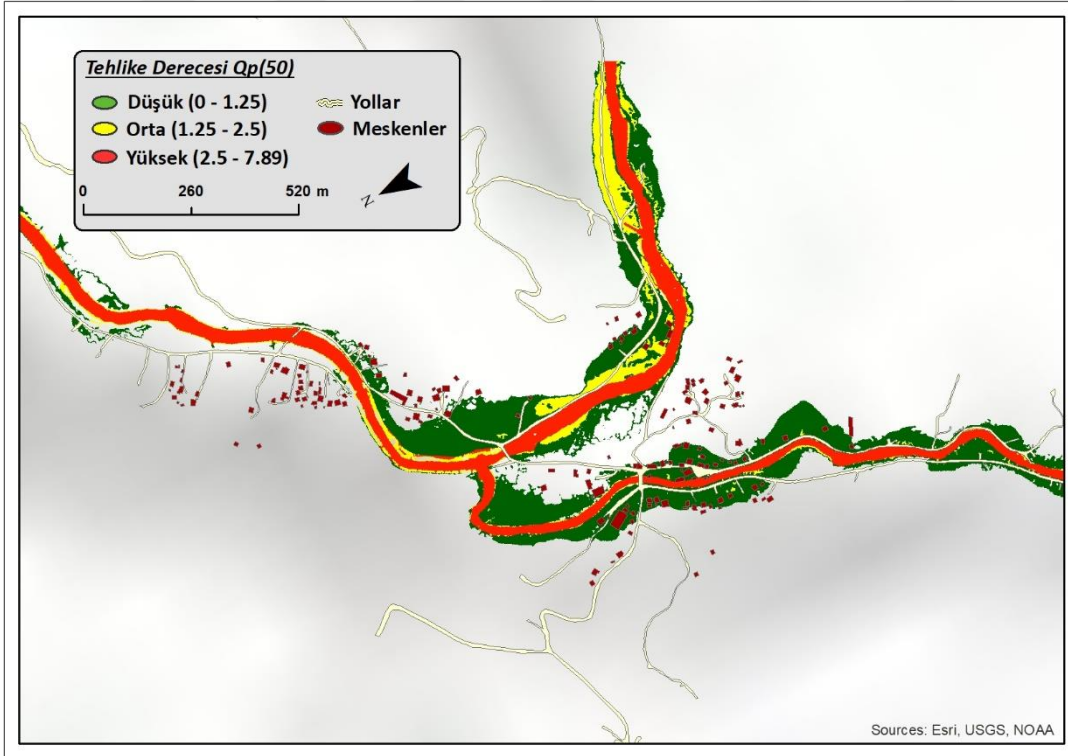
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Davutağa ve Dilaver Köyü taşkın tehlike haritaları incelendiğinde 2 yıllık tekerürlü taşkın tehlike haritasında yüksek riskli alanlar akarsu vadisini takip etmektedir. Dilaver köyünün orta kesminde ise çok az da olsa düşük tehlikeli alanları görmek mümkündür. 50 yıllık tekerrürlü taşkın debisinde denk gelen tehlike alanları irdelendiğinde yüksek tehlike taşıyan alanların akarsu vadisi boyunca ilerlediği görülmektedir. Yerleşim alanlarında tehlike nispeten düşük kalmaktadır. Dilaver köyünün güneyinde az da olsa orta tehlike grubuna mensup sahalar gözlemlenmektedir. 500 yıl tekerrürlü taşkın tehlike haritası incelendiğinde yüksek risk grubunun akarsu vadisi boyunca görüldüğü, köyün güney ve orta kesimlerinde ise taşkın tehlikesinin orta seviyede olduğu görülmektedir (Şekil 94, Şekil 95, Şekil 96).



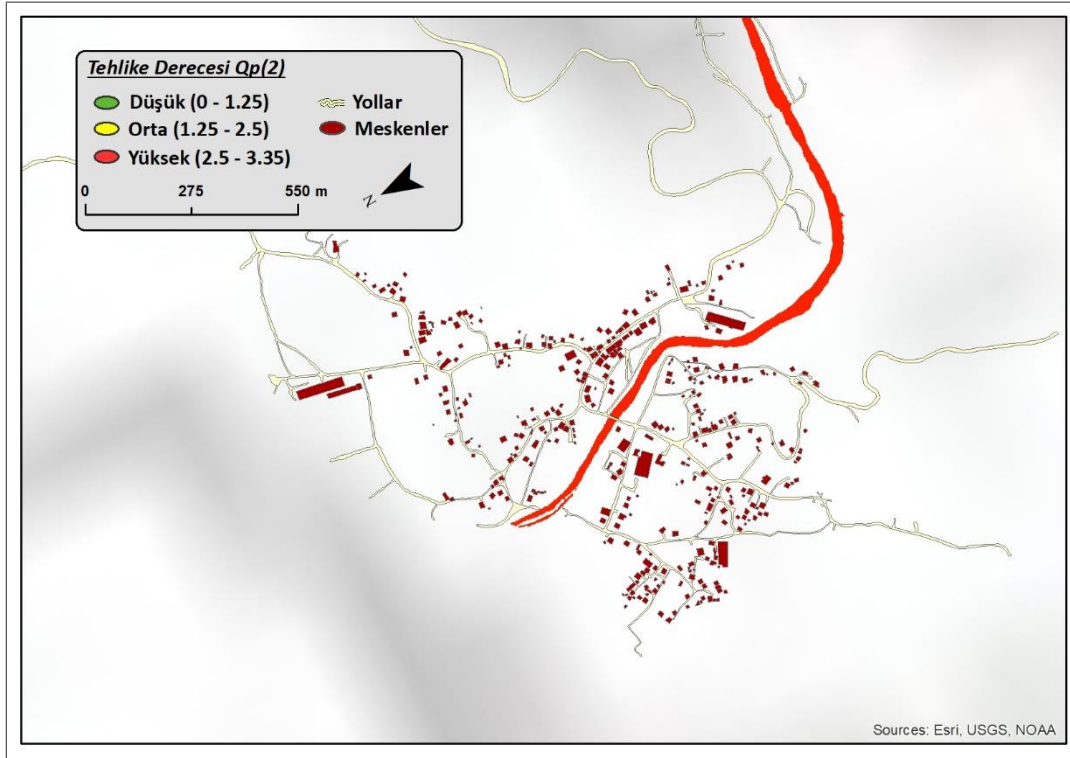
Şekil 97: Esmahanım Köyü Qp(2) Taşkın Tehlike Haritası

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



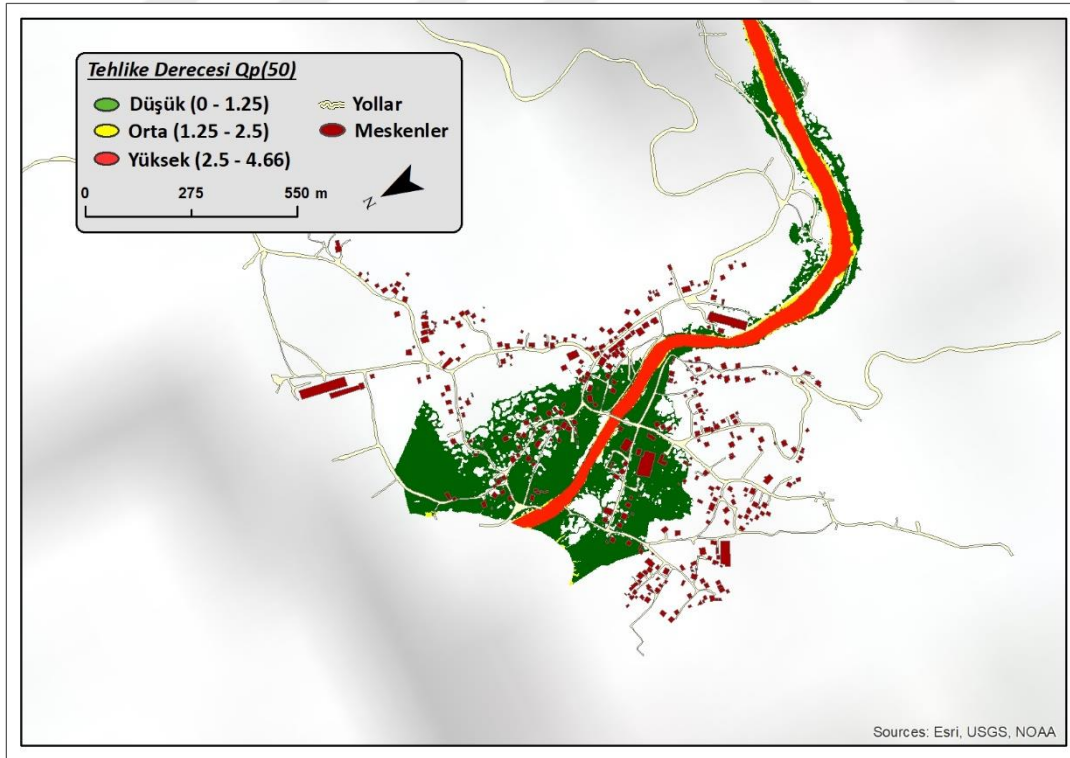
Şekil 98: Esmahanım Köyü Qp(50) Taşkın Tehlike Haritası

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



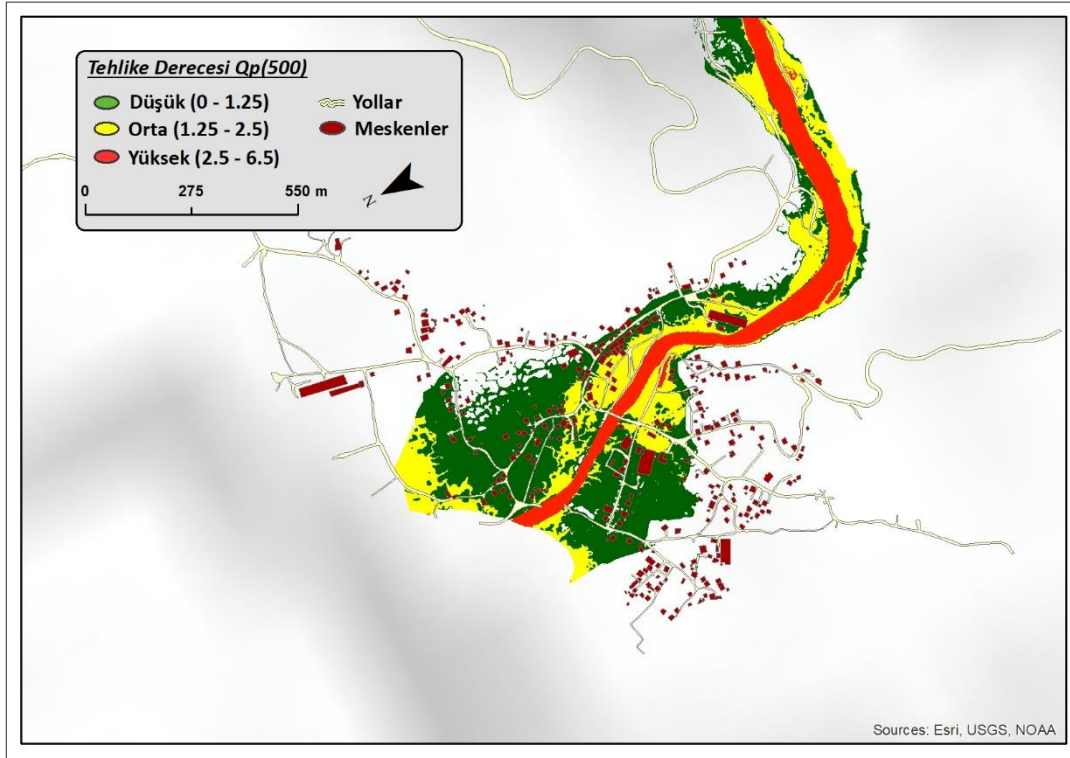
Şekil 100: Uğurlu Köyü Qp(2) Taşkın Tehlike Haritası

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 101 Uğurlu Köyü Qp(50) Taşkın Tehlike Haritası

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 102 Uğurlu Köyü Qp(500) Taşkın Tehlike Haritası

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Uğurlu köyü taşkın tehlike haritaları incelendiğinde 2 yıllık tekerürlü taşkın tehlike haritasında yüksek tehlikeli alanların akarsu vadisini takip ettiği görülmektedir. 50 yıllık tekerrürlü tehlike alanları iredelendiğinde yüksek tehlike taşıyan alanların akarsu vadisi boyunca devam etmiştir. Fakat yüksek taşkın tehlikesini taşıyan araziler bir önceki 2 yıllık tekerrürlü taşkın tehlike alanlarına göre nispeten yer yer akarsu vadisinden biraz daha genişçe bir görünüme sahiptir. Orta taşkın tehlike grubuna ait sahalar orta kesimlerde gözlemlenmekle birlikte oldukça azdır. Düşük tehlike grubuna sahip araziler ise mansap kesminde gözlemlenmektedir. 500 yıl tekerrürlü taşkın tehlike haritası incelendiğinde yüksek risk grubunun çok daha genişçe bir alana yayılmakla beraber akarsu vadisini izlediğini söylemek mümkündür. Fakat Uğurlu köyünün giriş kısmında akarsu boyunca yüksek tehlikenin artış gösterdiği görülmektedir. Orta tehlike grubuna mensup arazilere köyün giriş, orta ve bilhassa Melen Çayı ile kavuştuğu düzlüklerde rastlamak mümkündür (Şekil 100, Şekil 101, Şekil 102).

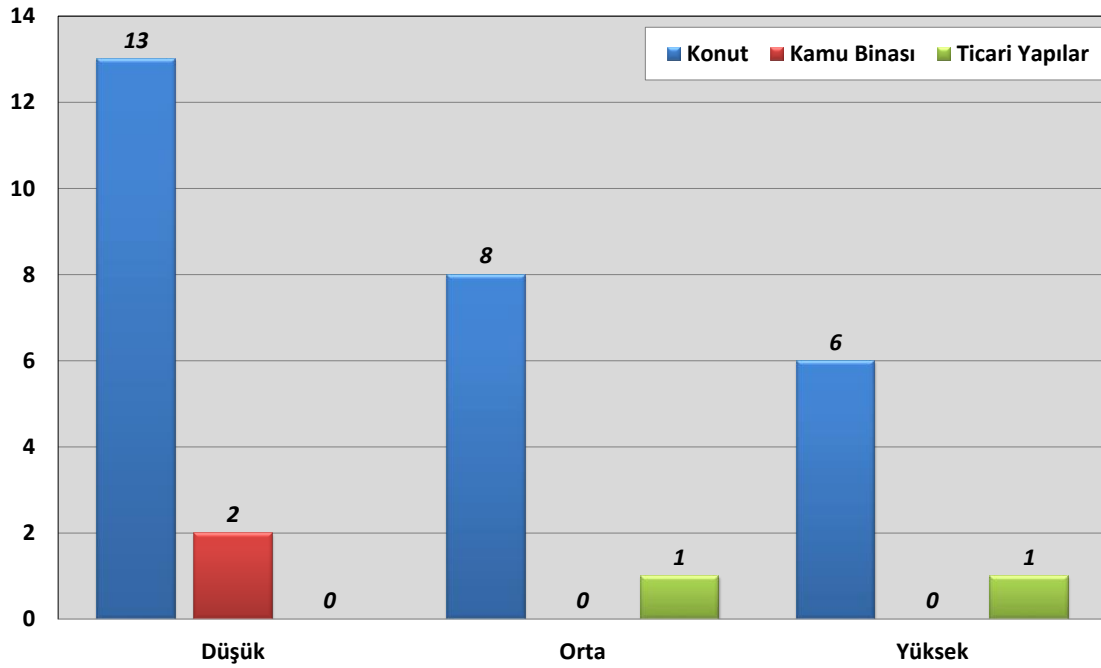
Qp(2) yıllık senaryoda tüm havzada 39 kişi düşük, 20 kişi orta ve 15 kişi yüksek tehlike gösteren alanlarda yaşamaktadır. Tehlike gruplarının alansal miktarlarına bakıldığında

yüksek tehlike gösteren alanlar 21,22 hektarlık alan kaplarken, orta tehlike grubundaki alanlar 5,20 hektar, düşük tehlike grubuna mensup alanlar ise 3,76 hektara tekabül etmektedir. Buna bağlı olarak 15 yapı düşük, 9 yapı orta, 7 yapı ise yüksek tehlike grubunda yer almaktadır (Tablo 60). Düşük tehlike grubunda 13 konut, 2 kamu binası bulunmaktadır. Orta tehlike grubunda 8 konut ve 1 tane ticari yapı bulunmaktadır. Yüksek tehlike grubunda ise 6 konut, 1 ticari yapı bulunmaktadır (Şekil 103).

Tablo 60: Qp(2) Bütün Taşkın Alanındaki Tehlike Derecelerine Ait Alan, Etkilediği Nüfus ve Bina Sayısı

Tehlike Dereceleri	Nüfus	Yapı Sayısı	Alan (ha)
Düşük	39	15	3,76
Orta	20	9	5,20
Yüksek	15	7	21,22

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 103: Qp(2) Bütün Taşkın Alanındaki Tehlike Derecelerine Göre Yapı Türleri

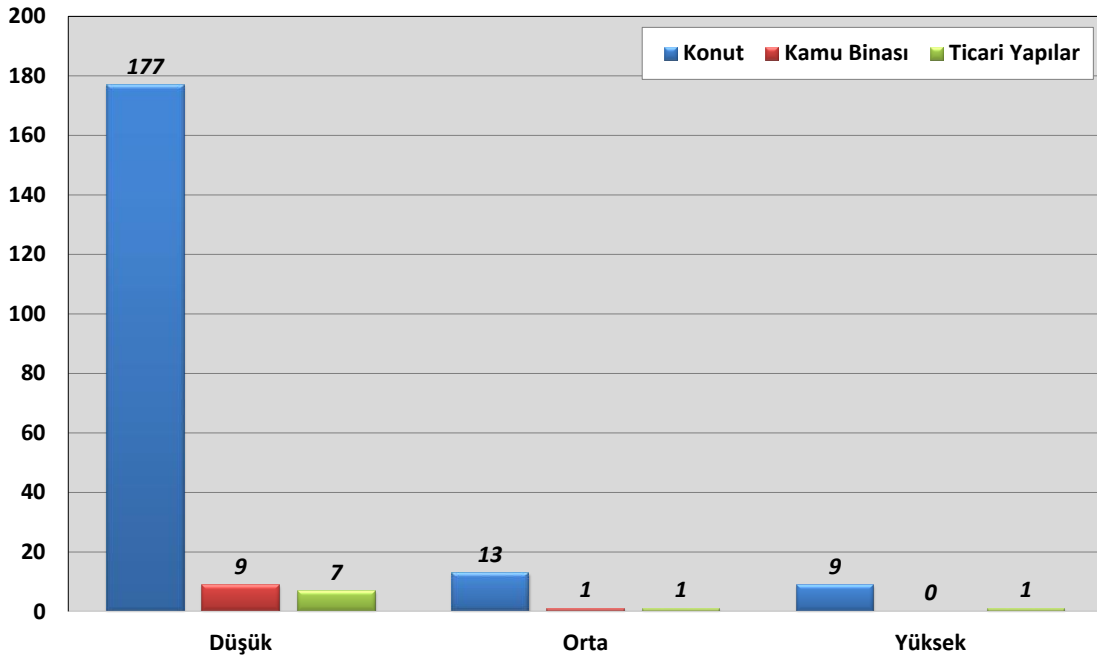
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Qp(50) yıllık senaryoda tüm havzada 505 kişi düşük, 35 kişi orta ve 23 kişi yüksek tehlike gösteren alanlarda yaşamaktadır. Tehlike gruplarının alansal miktarlarına bakıldığında yüksek tehlike gösteren alanlar 32,95 hektarlık alan kaplarken, orta tehlike grubundaki alanlar 9,96 hektar, düşük tehlike grubuna mensup alanlar ise 62,28 hektara tekabül etmektedir. Buna bağlı olarak 193 yapı düşük, 15 yapı orta, 10 yapı ise yüksek tehlike grubunda yer almaktadır (Tablo 61). Düşük tehlike grubunda 177 konut, 9 kamu binası ve 7 tane ticari yapı bulunmaktadır. Orta tehlike grubunda 13 konut, 1 kamu binası ve 1 tane ticari yapı bulunmaktadır. Yüksek tehlike grubunda ise 9 konut, 1 ticari yapı bulunmaktadır (Şekil 106).

Tablo 61: Qp(50) Bütün Taşkın Alanındaki Tehlike Derecelerine Ait Alan, Etkilediği Nüfus ve Bina Sayısı

Tehlike Dereceleri	Nüfus	Yapı Sayısı	Alan (ha)
Düşük	505	193	62,28
Orta	35	15	9,96
Yüksek	23	10	32,95

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 104: Qp(50) Bütün Taşkın Alanındaki Tehlike Derecelerine Göre Yapı Türleri

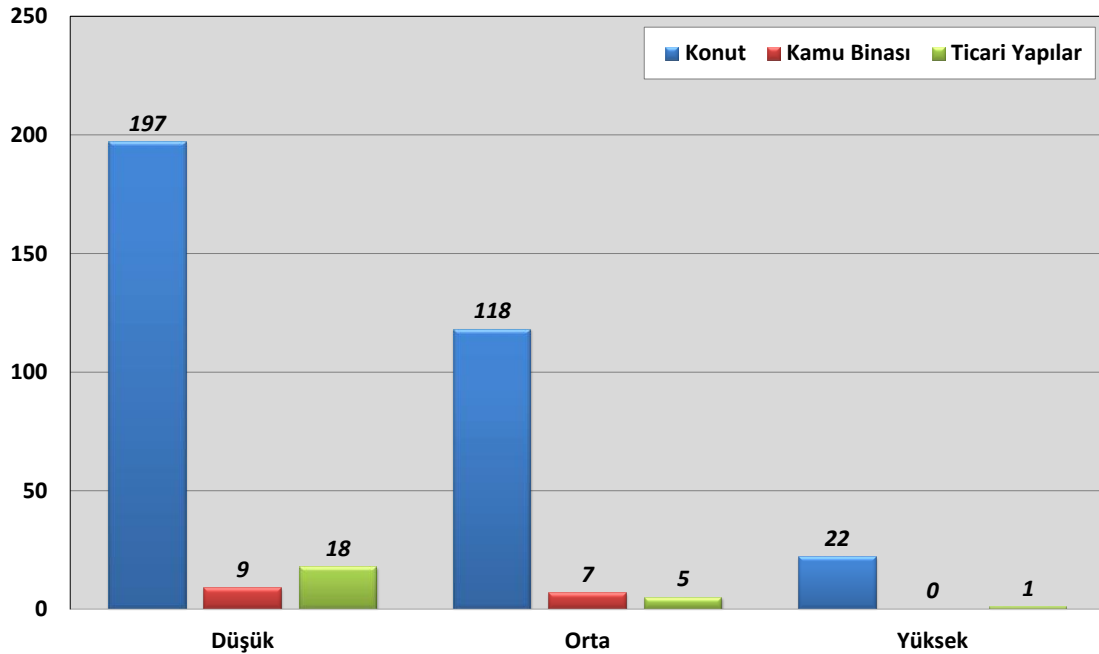
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Qp(500) yıllık senaryoda ise tüm havzada 590 kişi düşük, 341 kişi orta ve 55 kişi yüksek tehlike gösteren alanlarda yaşamaktadır. Tehlike gruplarının alansal miktarlarına bakıldığında yüksek tehlike gösteren alanlar 56,87 hektarlık alan kaplarken, orta tehlike grubundaki alanlar 48,10 hektar, düşük tehlike grubuna mensup alanlar ise 32,95 hektara tekabül etmektedir. Buna bağlı olarak 224 yapı düşük, 130 yapı orta, 23 yapı ise yüksek tehlike grubunda yer almaktadır (Tablo 62). Düşük tehlike grubunda 197 konut, 9 kamu binası ve 18 tane ticari yapı bulunmaktadır. Orta tehlike grubunda 118 konut, 7 kamu binası ve 5 tane ticari yapı bulunmaktadır. Yüksek tehlike grubunda ise 22 konut, 1 ticari yapı bulunmaktadır (Şekil 105).

Tablo 62: Qp(500) Bütün Taşkın Alanındaki Tehlike Derecelerine Ait Alan, Etkilediği Nüfus ve Bina Sayısı

Tehlike Dereceleri	Nüfus	Yapı Sayısı	Alan (ha)
Düşük	590	224	56,87
Orta	341	130	48,10
Yüksek	55	23	48,14

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 105: Qp(500) Bütün Taşkın Alanındaki Tehlike Derecelerine Göre Yapı Türleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Taşkın tehlike haritalarının hazırlanmasından sonra risk analizleri yapılmıştır. Taşkın risk analizi yapılırken “Yöntem” başlığı altında da değinilen formülden faydalanılmıştır. Bu formül; taşkın karakteri (derinlik, hız vs.), risk altındaki unsurlar (nüfus, yapı, tarım arazileri vs.) ve risk altındaki unsurların zarar görebilirliği bileşkelerinden oluşan bir formülle ifade edilir (Özdemir, 2007a; Özdemir vd., 2011). Risk altında olan unsurlar yapılar ve nüfus olarak belirlenmiştir. Yapı bazlı nüfus verilerine erişilemediğinden köylere ilişkin nüfusların ortalaması kullanılmıştır. Zarar görülebilirlik faktörü olarak Sönmez ve Demir (2017) tarafından İstanbul’un Ağva ilçesini temel alan çalışması referans olarak alınmıştır. Bu çalışmada taşkın derinliğine bağlı olarak meydana gelen zarar, derinlik-maddi zarar eğrisi perspektifinde sunulmuştur. Yapı kullanımı açısından konut, kamu binaları ve ticari yapılar olmak üç grup belirlenmiştir. Bu yapılara afet anındaki önem derecelerine binaen Yapı Kullanım Katsayısı (YKK) atanmıştır. Söz konusu yapılardan olan kamu binalarının afet durumlarında kullanımının süreklilik arz etmesi nedeniyle en yüksek katsayı olan 1, konutlara 0,75, ticari yapılara ise 0,5 katsayısı atanmıştır. Çalışmada belirlenen bir diğer risk ve zarar görülebilirlik unsurları ise Maddi Zarar Katsayısı (MZK) ve Nüfus Yoğunluğu Katsayısı (NYK)’dır. Bu unsurlara çeşitli katsayılar atanmıştır bu katsayılar kullanılırken aşağıdaki formüllerden faydalanılmıştır (Kızmaz, 2020):

$$\text{Maddi Zarar Katsayısı (MZK)} = \frac{\text{Birim Yerleşim Alanındaki Zarar}}{\text{Birim Yerleşim Alanlarında bulunan Maksimum Zarar}}$$

$$\text{Nüfus Yoğunluğu Katsayısı (NYK)} = \frac{\text{Birim Yerleşim Alanındaki Nüfus}}{\text{Birim Yerleşim Alanlarında bulunan Maksimum Nüfus}}$$

Katsayıların atanması sonucunda elde edilen risk ve zarar görülebilirlik unsurları aşağıdaki formülde yerine konularak taşkın risk analizi yapılmıştır.

$$a * b * c(0,35 * YKK + 0,35 * MZK + 0,3 * NYK)$$

a: Taşkın derinliği

b: Taşkın hızı

c : Zarar görebilirlik faktörü

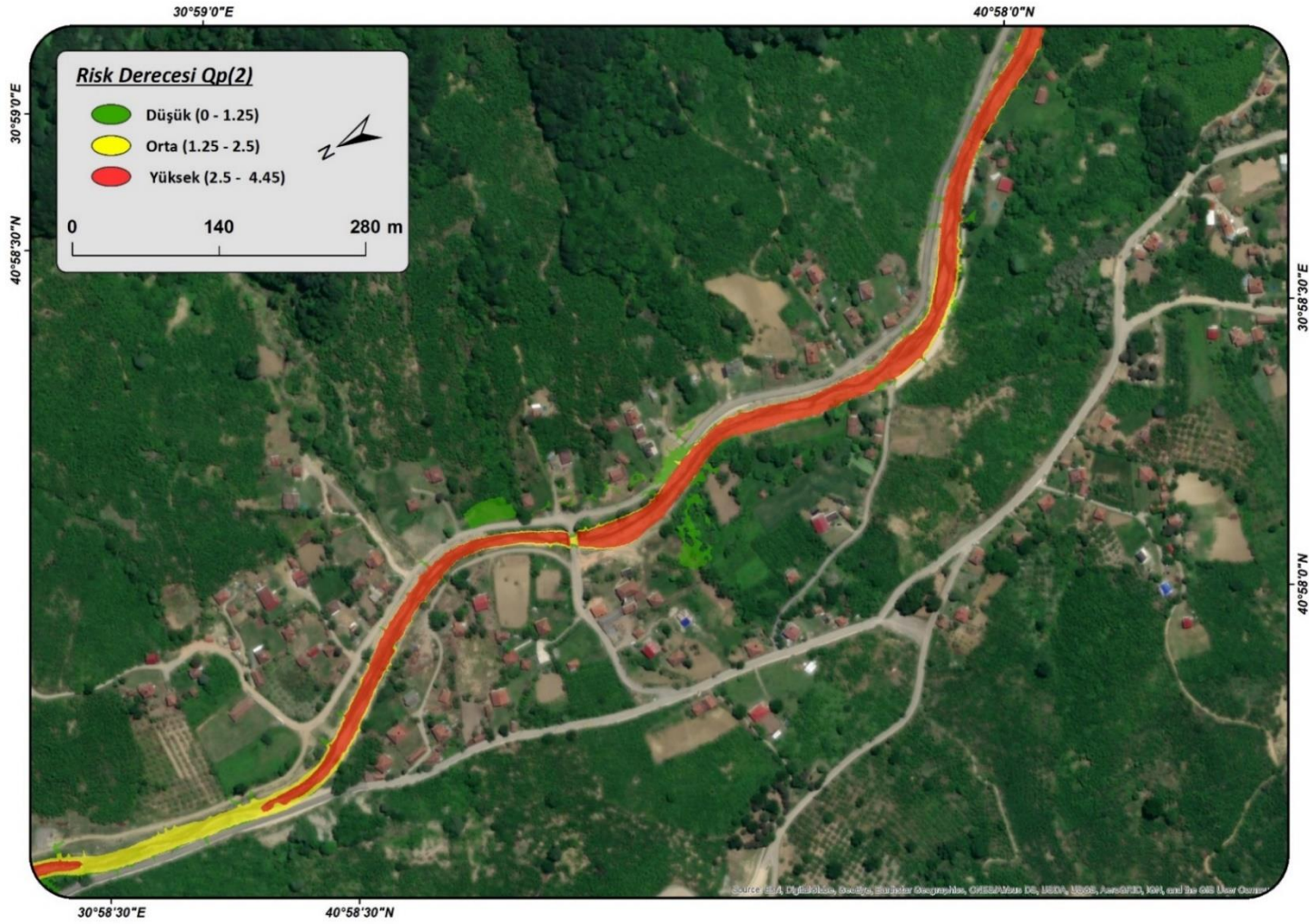
Risk derecelendirilmesi yapılırken tehlike derecelendirmede kullanılan sınır aralıkları esas alınmıştır. Bunun nedeni zarar görebilirlik katsayısının tehlike sınıfını bir bir üst

sınıfa taşınmasıdır. Zarar görebilirlik faktörü içerisinde ağırlık dereceleri belirlenirken toplamda %100 tamamlayacak şekilde Yapı Kullanım Katsayısına (YKK) %35, Maddi Zarar Katsayısına (MZK) %35, Nüfus Yoğunluk Katsayısına (NYK) %30 etki oranı tayin edilmiştir. Katsayılar büyüdükçe risk oranı da değişkenlik gösterecektir.

Davutağa-Dilaver köyü ve çevresi için Qp(2) yıllık senaryoda risk gruplarının dağılımı incelendiğinde yüksek riskli alanların akarsu yatağını izlediği görülmektedir. Orta riskli alanlar Dilaver köyünün çıkışına doğru yine akarsu yatağı boyunca görülmektedir. Düşük riskli alanlar ise Dilaver köyünün orta kesminde ve yer yer çok az alanda gözlemlenmektedir (Şekil 107).

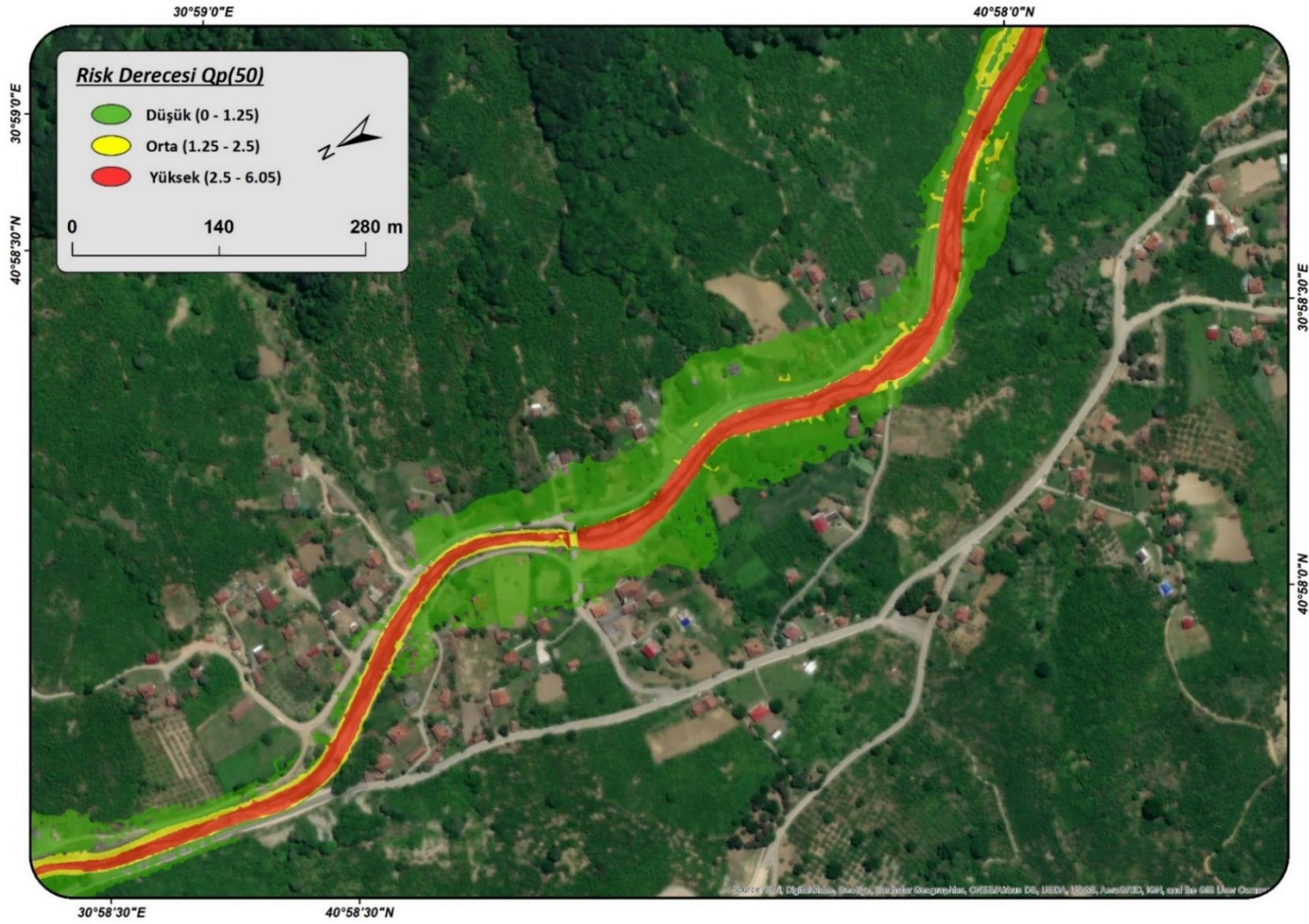
Davutağa-Dilaver köyü ve çevresi için Qp(50) yıllık senaryoda risk gruplarının dağılımı incelendiğinde yüksek riskli alanların akarsu yatağı boyunca devam ettiği gözlemlenmektedir. Orta riskli alanlara Dilaver köyünün girişinde akarsu yatağı hemen dışında yer yer rastlanırken Dilaver köyünün çıkışında ise yüksek riskli alanların kenarlarında ilerlediği görülmektedir. Düşük riskli alanlar ise Dilaver köyünün girişinden başlayarak orta kesmine kadar gözlemlenmektedir (Şekil 107).

Davutağa-Dilaver köyü Qp(500) yıllık senaryoda risk gruplarının dağılımı incelendiğinde yüksek riskli alanların Dilaver köyünün güneyinden başlayarak köyün girişine kadar olan alanda yayıldığını görmek mümkündür. Orta riskli alanlar içinde aynı şeyi söylemek mümkündür. Fakat orta riskli alanların köyün ortalarına kadar uzadığı gözlemlenmektedir. Köyün hemen hemen ortasına tekabül eden köprüden sonra ise düşük riskli alanları görmek mümkündür (Şekil 108).



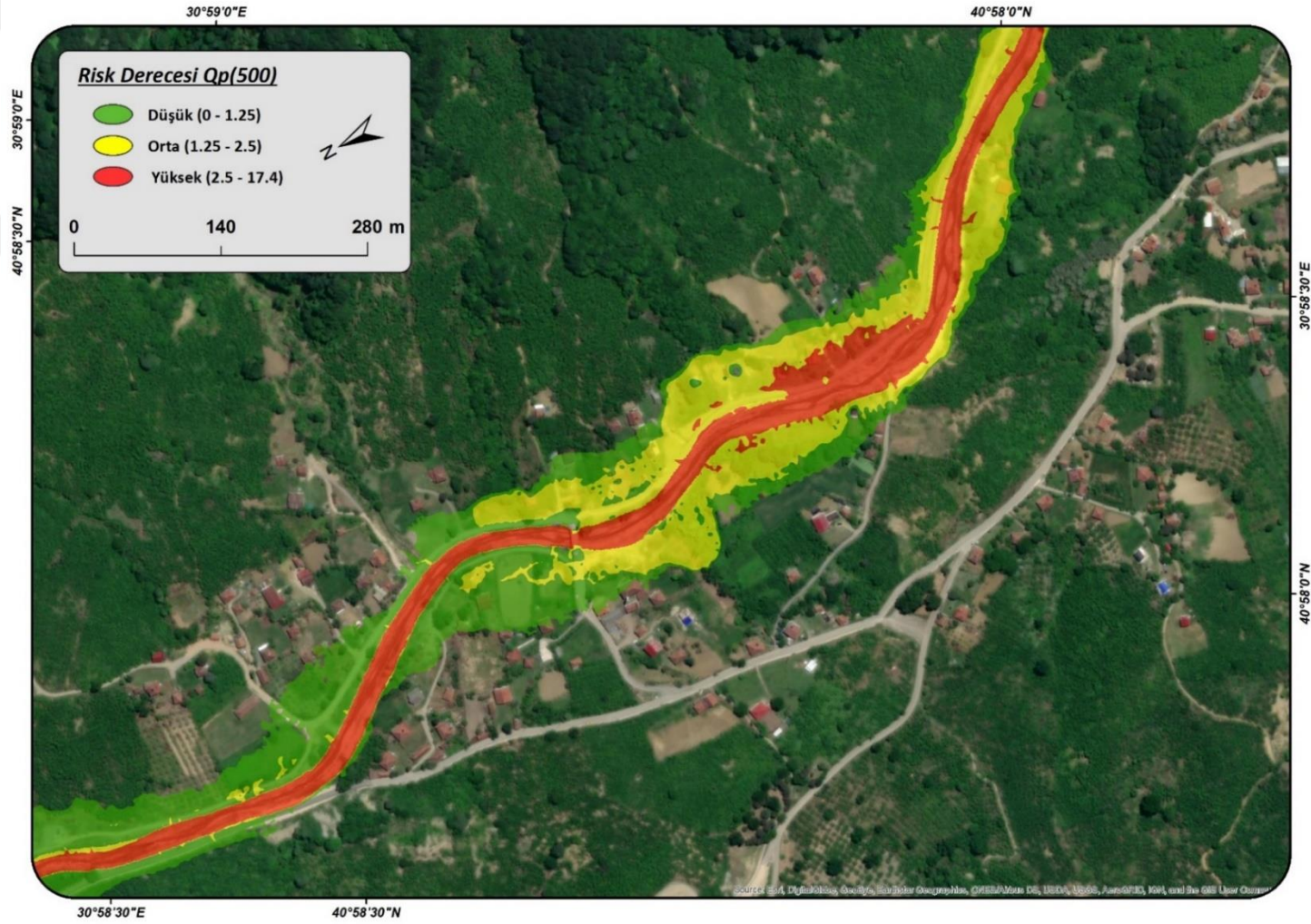
Şekil 106: Davutağa ve Dilaver Köyü Qp(2) Taşkın Risk Analizi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 107: Davutağa ve Dilaver Köyü Qp(50) Taşkın Risk Analizi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



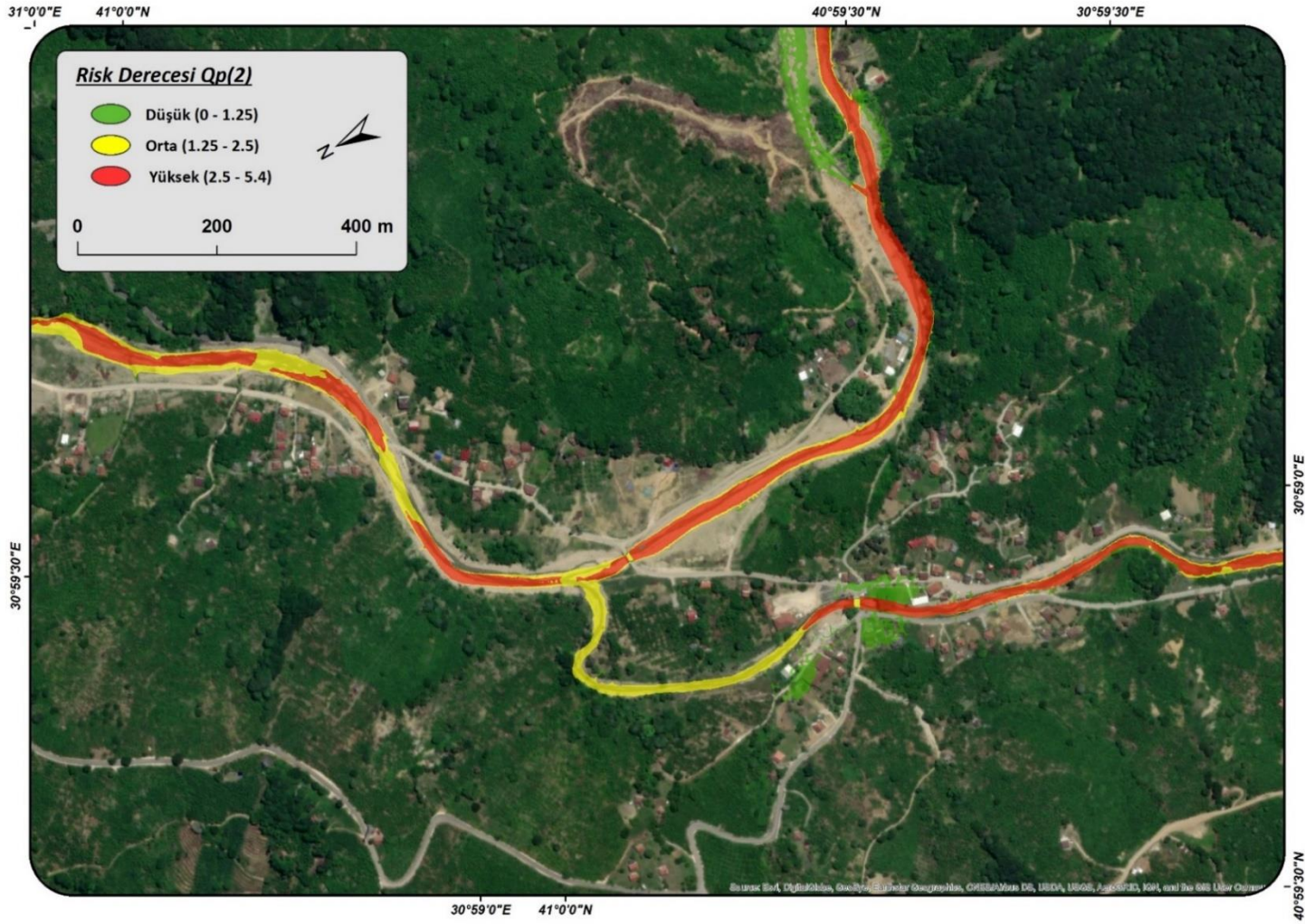
Şekil 108 Davutağa ve Dilaver Köyü Qp(500) Taşkın Risk Analizi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Esmahanım köyü ve çevresi için Qp(2) yıllık senaryoda risk gruplarının dağılımı irdelendiğinde yüksek riskli alanların bilhassa Gübi Deresi yatağını izlediği görülmektedir. Diğer bir yüksek riskli alan ise Esmahanım köyü ortalarına kadar akarsu yatağı boyunca uzayan kısımdır. Gübi ve Küpler Derelerinin birleşimden sonra ise yer yer akarsu yatağı boyunca yüksek riskli alanlara rastlamak mümkündür. Orta riskli alanlar Esmahanım köyü Küpler Deresi üzerinde yer alan köprüden sonra birleşim noktasına kadar gözlemlenmektedir. Düşük riskli alanlar ise Gübi Deresinin yukarı çıkışında ve Esmahanım köyünün orta kesminde görülmektedir (Şekil 109).

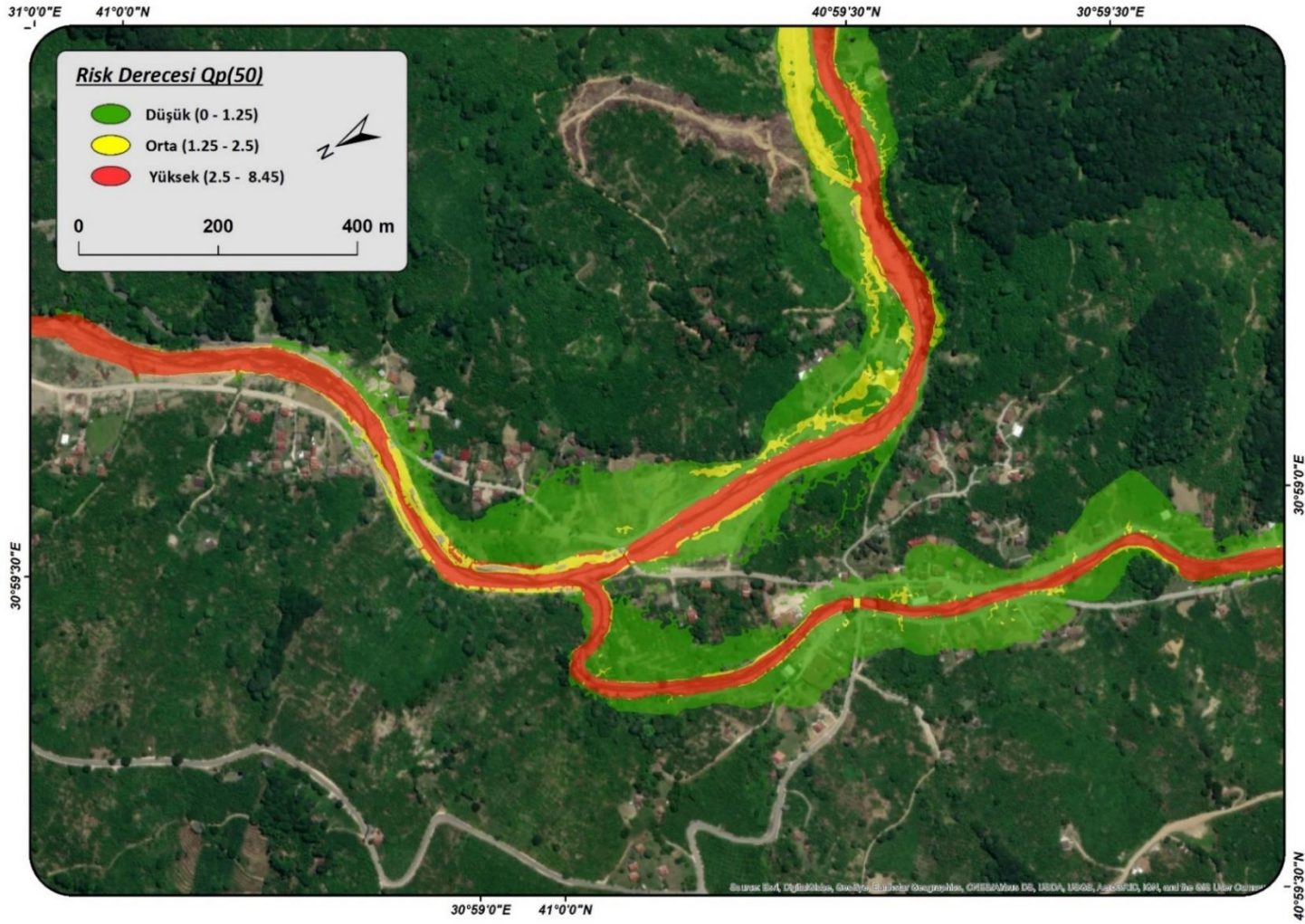
Esmahanım köyü ve çevresi için Qp(50) yıllık senaryoda risk gruplarının dağılımı irdelendiğinde yüksek riskli alanların Gübi Deresi yatağında ve Esmahanım köyü bitişinde genişlediği görülmektedir. Orta riskli alanlar Gübi Deresi üzerinde ve iki derenin birleştiği noktada gözlemlenmektedir. Düşük riskli alanlar ise yoğunluklu olarak Gübi Deresinin Küpler Deresi ile birleştiği noktada ve Küpler Deresi boyunca görülmektedir (Şekil 110).

Esmahanım köyü ve çevresi için Qp(500) yıllık senaryoda risk gruplarının dağılımı incelendiğinde yüksek riskli alanların Gübi kolu üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Diğer yüksek riskli alanların Esmahanım köyünün girişinde ağırlık kazandığı ve köyün ortalarına kadar ilerlediği gözlemlenmektedir. Orta riskli alanlar ise yüksek riskli alanların etrafına kümelenmiştir. Köyün akarsu etrafında yer alan yapıların büyük bir kısmı bu risk grubunda yer almaktadır. Düşük riskli alanlar ise daha çok köyün çıkışına tekabül etmektedir (Şekil 111).



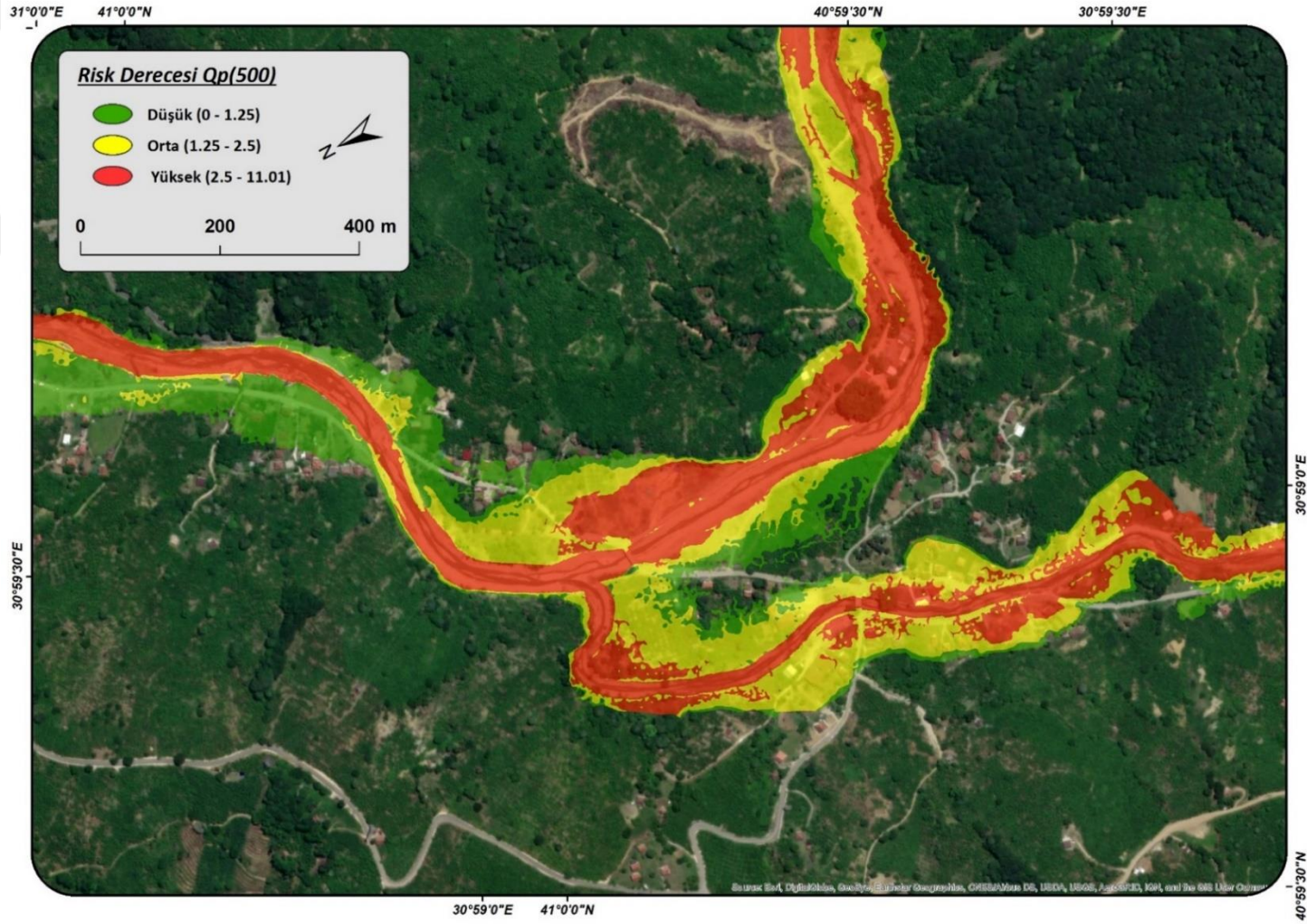
Şekil 109: Esmahanım Köyü Qp(2) Taşkın Risk Analizi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 110: Esmahanım Köyü $Q_p(50)$ Taşkın Risk Analizi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



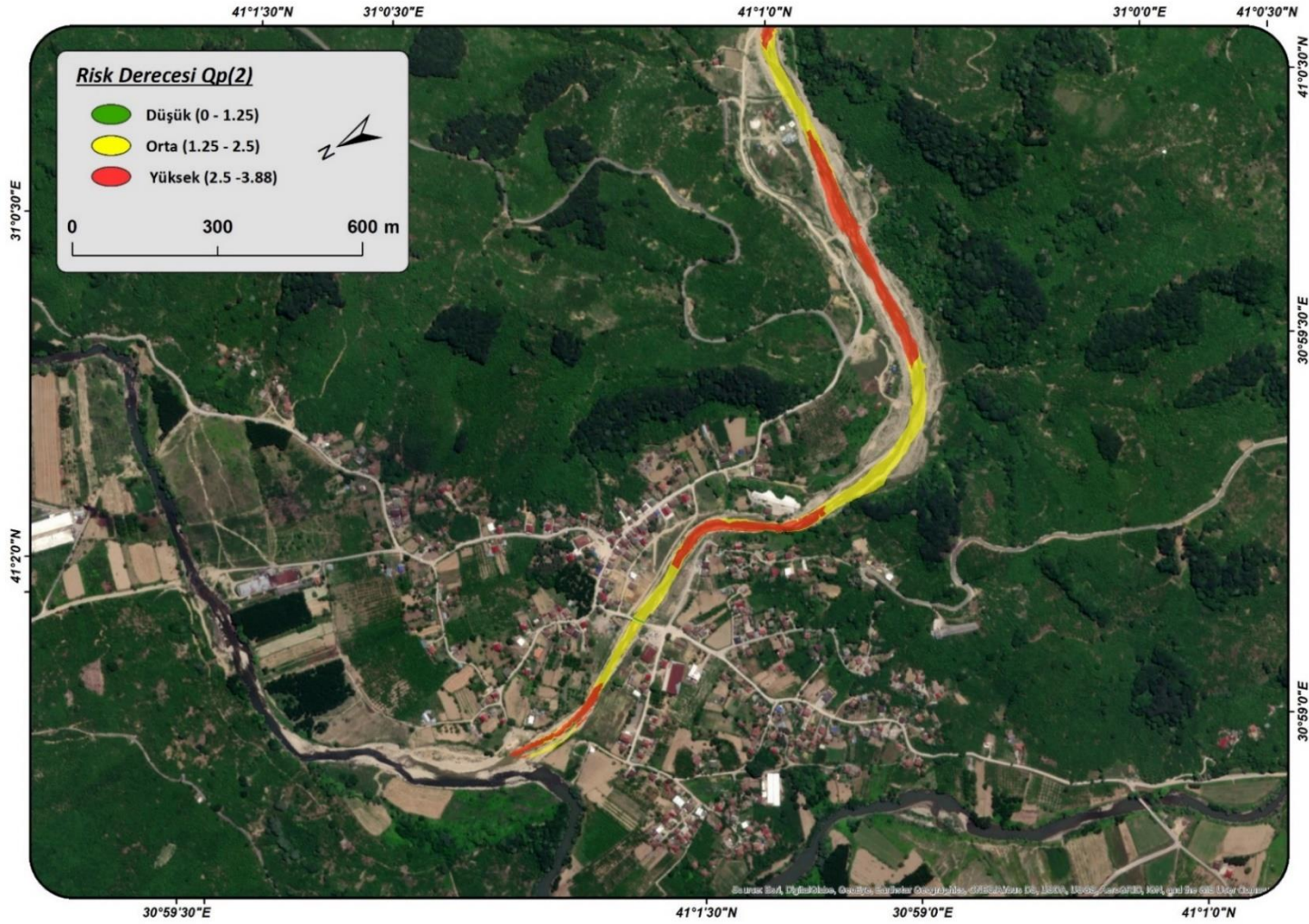
Şekil 111: Esmahanım Köyü Qp(500) Taşkın Risk Analizi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Uğurlu köyü ve çevresi için Qp(2) yıllık senaryoda risk gruplarının dağılımı incelendiğinde yüksek riskli ve orta riskli alanların yer yer akarsu yatağını izlediği görülmektedir. Düşük riskli alanlar ise çok az bulunmaktadır (Şekil 112).

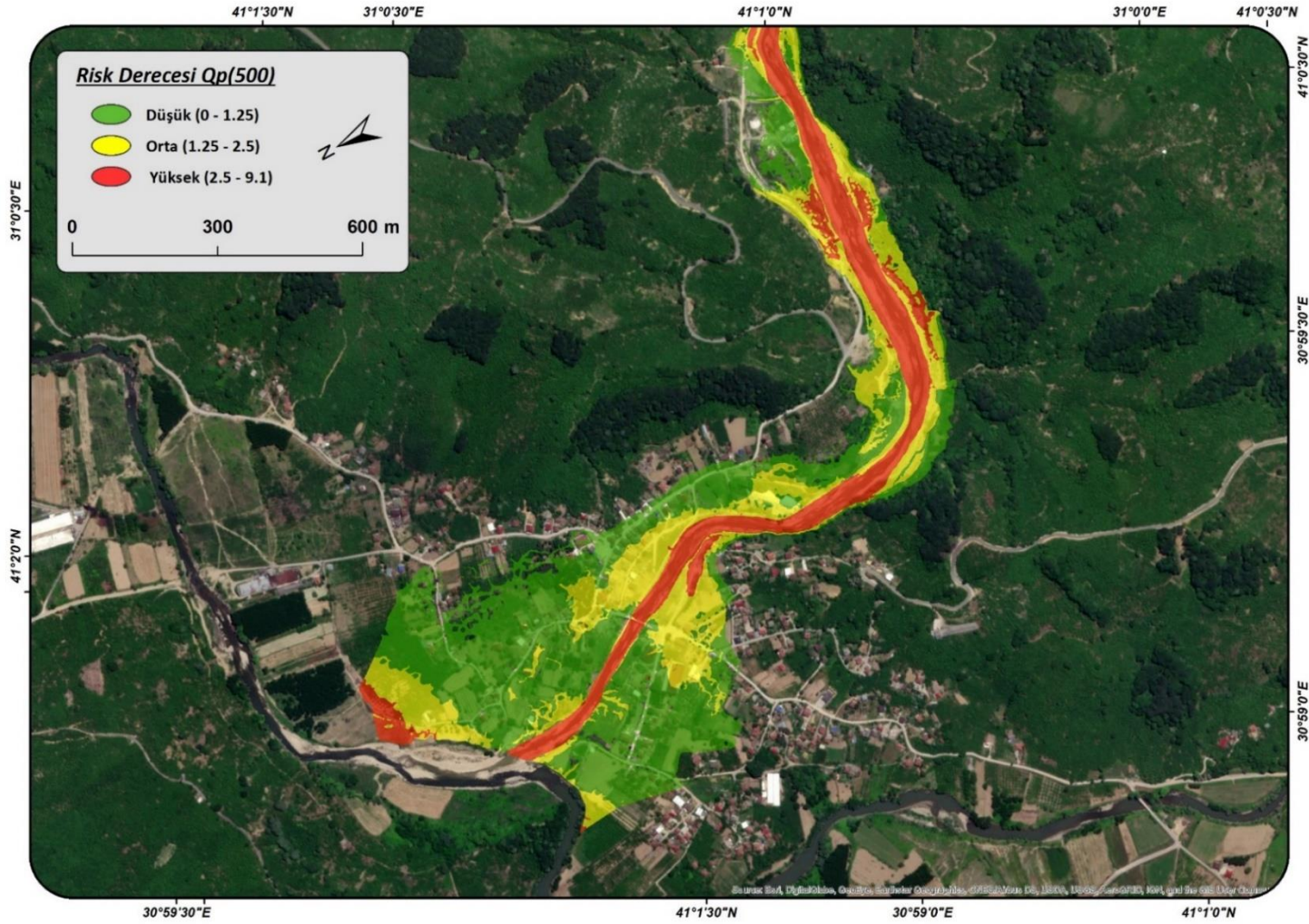
Uğurlu köyü ve çevresi için Qp(50) yıllık senaryoda risk gruplarının dağılımı incelendiğinde yüksek riskli alanların akarsu yatağı boyunca devam ettiği gözlemlenmektedir. Orta riskli alanlara Uğurlu köyünün girişinde akarsu yatağı kenarında yer yer düşük riskli alanlar ise Esmahanım Deresinin mansap kısmına kadar gözlemlenmektedir (Şekil 113).

Qp(500) yıllık senaryoda Uğurlu köyü ve çevresi için risk gruplarının dağılımı incelendiğinde yüksek riskli alanların Uğurlu köyünün girişinden hemen önce yayılım gösterdiği görülmektedir. Ayrıca Esmahanım Deresinin Büyük Melen Çayı ile birleştiği noktalarda da yer yer yüksek riskli alanlara rastlamak mümkündür. Köyün girişinde ise daha çok orta riskli alanlar görülmekteyken düşük riskli alanlar daha çok köyün çıkışına tekabül etmektedir (Şekil 114).



Şekil 112: Uğurlu Köyü Qp(2) Taşkın Risk Analizi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 114: Uğurlu Köyü Qp(500) Taşkın Risk Analizi

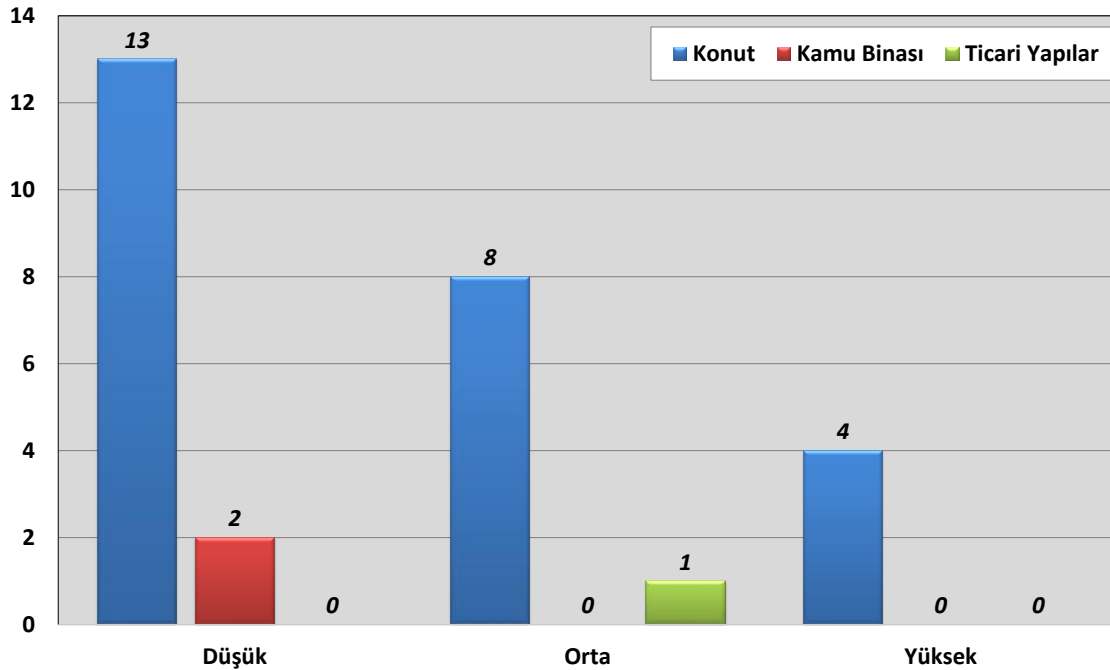
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Qp(2) yıllık senaryoda tüm havzada 39 kişi düşük, 20 kişi orta ve 9 kişi yüksek risk gösteren alanlarda yaşamaktadır. Risk gruplarının alansal miktarlarına bakıldığında yüksek risk gösteren alanlar 18,43 hektarlık alan kaplarken, orta risk grubundaki alanlar 8,15 hektar, düşük risk grubuna mensup alanlar ise 3,62 hektara tekabül etmektedir. Buna bağlı olarak 15 yapı düşük, 9 yapı orta, 4 yapı ise yüksek risk grubunda yer almaktadır (Tablo 63). Düşük risk grubunda 13 konut, 2 kamu binası bulunmaktadır. Orta risk grubunda 8 konut ve 1 tane ticari yapı bulunmaktadır. Yüksek risk grubunda ise sadece 4 konut bulunmaktadır (Şekil 115).

Tablo 63: Qp(2) Bütün Taşkın Alanındaki Risk Derecelerine Ait Alan, Etkilediği Nüfus ve Bina Sayısı

Risk Dereceleri	Nüfus	Yapı Sayısı	Alan (ha)
Düşük	39	15	3,62
Orta	20	9	8,15
Yüksek	9	4	18,43

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 115: Qp(2) Bütün Taşkın Alanındaki Risk Derecelerine Göre Yapı Türleri

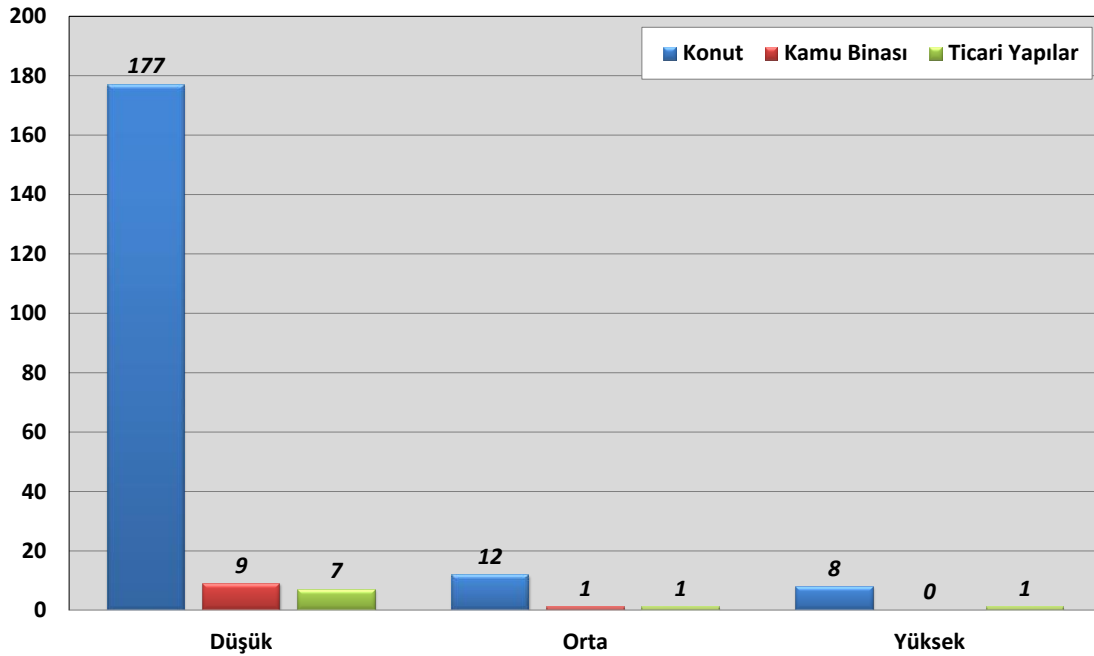
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Qp(50) yıllık senaryoda tüm havzada 504 kişi düşük, 33 kişi orta ve 21 kişi yüksek risk gösteren alanlarda yaşamaktadır. Risk gruplarının alansal miktarlarına bakıldığında yüksek risk gösteren alanlar 33,52 hektarlık alan kaplarken, orta risk grubundaki alanlar 8,99 hektar, düşük risk grubuna mensup alanlar ise 62,66 hektara tekabül etmektedir. Buna bağlı olarak 193 yapı düşük, 14 yapı orta, 9 yapı ise yüksek risk grubunda yer almaktadır (Tablo 64 **Tablo 61**). Düşük risk grubunda 177 konut, 9 kamu binası ve 7 tane ticari yapı bulunmaktadır. Orta risk grubunda 12 konut, 1 kamu binası ve 1 tane ticari yapı bulunmaktadır. Yüksek risk grubunda ise 8 konut, 1 ticari yapı bulunmaktadır (Şekil 116).

Tablo 64: Qp(50) Bütün Taşkın Alanındaki Risk Derecelerine Ait Alan, Etkilediği Nüfus ve Bina Sayısı

Risk Dereceleri	Nüfus	Yapı Sayısı	Alan (ha)
Düşük	504	193	62,66
Orta	33	14	8,99
Yüksek	21	9	33,52

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 116: Qp(50) Bütün Taşkın Alanındaki Risk Derecelerine Göre Yapı Türleri

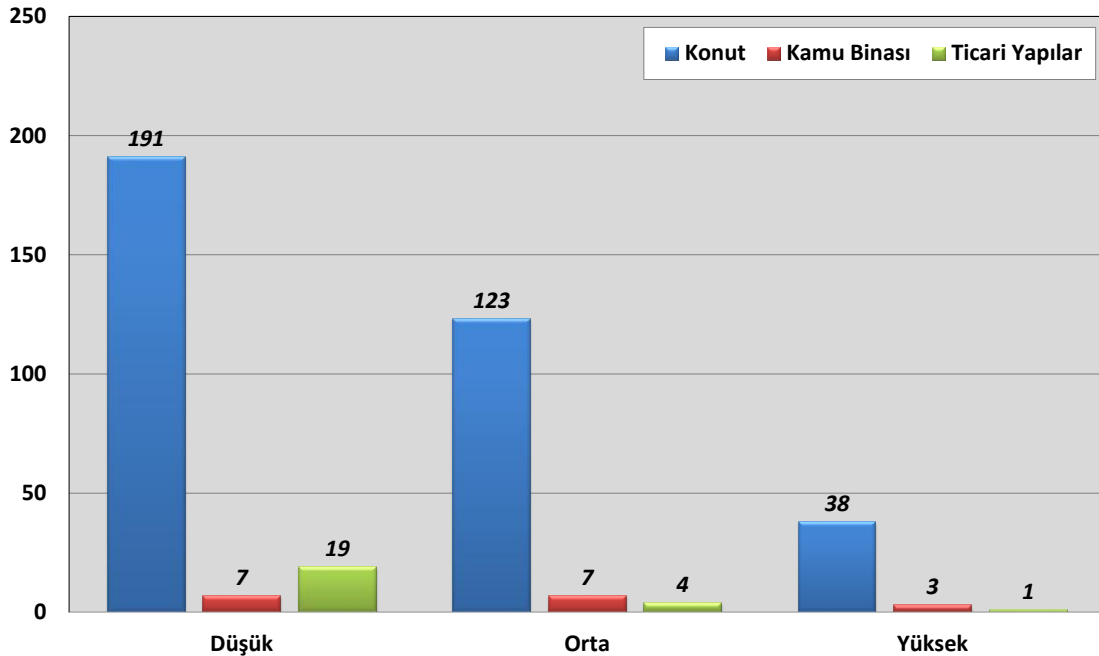
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Qp(500) yıllık senaryoda ise tüm havzada 563 kişi düşük, 353 kişi orta ve 106 kişi yüksek risk gösteren alanlarda yaşamaktadır. Risk gruplarının alansal miktarlarına bakıldığında yüksek risk gösteren alanlar 53,84 hektarlık alan kaplarken, orta risk grubundaki alanlar 45,20 hektar, düşük risk grubuna mensup alanlar ise 54,02 hektara tekabül etmektedir. Buna bağlı olarak 217 yapı düşük, 134 yapı orta, 42 yapı ise yüksek risk grubunda yer almaktadır (Tablo 65). Düşük risk grubunda 191 konut, 7 kamu binası ve 19 tane ticari yapı bulunmaktadır. Orta risk grubunda 123 konut, 7 kamu binası ve 4 tane ticari yapı bulunmaktadır. Yüksek risk grubunda ise 38 konut, 3 kamu binası ve 1 ticari yapı bulunmaktadır (Şekil 117).

Tablo 65: Qp(500) Bütün Taşkın Alanındaki Risk Derecelerine Ait Alan, Etkilediği Nüfus ve Bina Sayısı

Risk Dereceleri	Nüfus	Yapı Sayısı	Alan (ha)
Düşük	563	217	54,02
Orta	353	134	45,20
Yüksek	106	42	53,84

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 117: Qp(500) Bütün Taşkın Alanındaki Risk Derecelerine Göre Yapı Türleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Değerlendirilmesi yapılan tüm taşkın risk haritaları göstermektedir ki tekerrür aralığının artmasına bağlı olarak risk miktarı da artış göstermektedir. Bilhassa 17-18 Temmuz 2019 yılındaki sel ve taşkın afetine ait oluşturan debi miktarı ile Q(500) yıllık senaryodaki debi miktarı oldukça birbirine yakındır. Bu senaryodaki taşkın yayılım, taşkın tehlike ve taşkın risk haritaları oldukça önemlidir. Tablo, grafik ve haritalar irdelendiğinde taşkın açısından havza genelinde yüksek bir risk potansiyeli söz konusudur. Buna ilişkin nihai değerlendirmeler “Sonuç ve Öneriler” ana başlığı altında ele alınmıştır.



SONUÇ

Bu çalışmada, Düzce il sınırları içerisinde yer alan ve Melen ırmağının kollarından birini oluşturan Esmahanım Deresi üzerinde taşkın risk analizi yapılmıştır. Çalışmanın nihai amacı her ne kadar taşkın riskinin ortaya konulması üzerine olsa da havza Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) metotları yardımıyla analiz edilmiştir. Bu nedenle havzanın genel fiziki coğrafya özellikleri ve muhtelif beşerî coğrafya özellikleri detaylıca ele alınmıştır. Netice de ulaşılan bulgular “Bulgular” ana başlığı altında verilmiştir. Bulgulardan yola çıkılarak elde edilen sonuç ve değerlendirmelere aşağıda maddeler halinde değinilecektir.

- ❖ Esmahanım Deresi havzası bulunduğu coğrafi konum itibarıyla denize uzaklığı 5 km civarındadır. Bu durum havzanın, oldukça kısa bir sürede yüksek yağış tutarlarını alabilecek bir konumda olduğunu destekler niteliktedir. Bilhassa araştırma sonucunda yağış miktarlarının havzanın denize bakan yamaçları olan kuzey ve kuzeydoğu kesimlerinde artış gösterdiğini, havzanın orta kesimlerinde de yer yer nispeten yüksek değerler gösterdiği görülmektedir. Bu durum göstermektedir ki kuzey yönlü denizel nemli hava kademeli olarak yükselip belli bir yükseltiye varınca yağış bırakmaktadır. Bu özelliği itibarıyla yağış türünün orografik görünümünde olduğu anlaşılmaktadır. Bu tezi havzanın etrafının yüksek dağlarla çevrili olması ve yükseltinin kademeli olarak artması desteklemektedir.
- ❖ Sahanın jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri incelendiğinde her ne kadar havza genelinde Eosen yaşlı nispeten geçirgen kumtaşı-çamurtaşı birimlerinde rastlanılsa da akarsuların oluşmaya başladığı memba kesimlerde nispeten daha az geçirgen olan Maestrihtiyen-Alt Eosen yaşlı killi kireçtaşları görmek mümkündür. Akarsuların az infiltrasyona uğraması havzanın mansap kesimlerinde ciddi sel ve taşkın afetlerine neden olabilmektedir. Ayrıca jeomorfolojik özellikler incelendiğinde havzanın güney ve güneydoğu sınırlarını oluşturan su bölümü çizgisinin bölgenin en yüksek dağlarından biri olan Kaplandede Dağının sırt ve zirve noktalarından geçtiği görülmektedir. Akarsuların kaynak kısımlarına denk gelen bu alanlar yüksek yağış alma potansiyeli bakımında oldukça uygun koşullar sağlamaktadır.

- ❖ Hidrolojik toprak grupları taşkın ve sel afetleri açısından büyük öneme sahiptir. Bu bakımından değerlendirildiğinde havzanın tamamında düşük geçirgenlik ve yüksek akış potansiyeli özelliğine sahip C ve D tipi toprak türlerine rastlanmaktadır.
- ❖ Hidrolojik ve morfometrik açıdan havzayı değerlendirdiğimizde; havzanın büyük bir bölümü az ve hafif eğim sınıfında yer almaktadır. Bu durum söz konusu alanlarda göllenmenin oluşmasına ve neticede taşkın tehlikesinin artmasına sebebiyet vermektedir. Havzanın hipsometrik integral değeri havzanın olgunluk safhasında olduğunu göstermektedir. Bu durum göllenme ve taşkın afetleri için ideal bir safhadır. Havza asimetrisi bakımından havza tiltlenmiş akış yönünün soluna doğru yatıklaşmıştır. Bu durum akarsuyun bu yönde daha etkin olduğunu göstermektedir.
- ❖ Havza içinde Küpler Deresi ve Gübi Deresi akım değerleri, parametreleri ve hidrografları göz önünde bulundurulduğunda çok kısa bir süre içerisinde taşkın pik yaptığı görülmektedir. Bu durum ani su baskınları açısından havzanın tehlike taşıdığını gösterir niteliktedir.
- ❖ Geçmiş yıllarda havzada yaşanan taşkın ve sel afetleri sonucunda maddi ve manevi kayıpların yaşandığı kayıt altına alınmıştır. Her ne kadar havzada nüfus yüksek olmasa da belirli alanlarda yoğunlaşmıştır. Genellikle köy merkezlerinde yer alan bu nispeten yüksek yoğunluklu nüfus alanları akarsu yatağına yakın olması nedeniyle ciddi tehlike potansiyeli taşımaktadır. Taşkın analizine tabi tutulan alanlar içerisinde en fazla nüfusa sahip yerleşim birimleri sırasıyla Uğurlu köyü ve Esmahanım köyüdür. Söz konusu yerleşim birimlerini Dilaver ve Davutağa köyleri takip etmektedir. Bu durum göstermektedir ki risk potansiyeli en yüksek yerleşim birimi Uğurlu ve Esmahanım köyleridir.
- ❖ Havzada 2000 yılından 2019 yılında geçen sürede net bir şekilde görülmektedir ki yerleşmelerin kapladıkları alan genişlemiştir. Bitki örtüsü açısından değerlendirildiğinde havza içindeki birçok bölgede yeşil alanların yerleşim alanlarına dönüştürüldüğü anlaşılmaktadır. Bu durum bitki örtüsü ile kaplı yüzeylerin azalmasına betonarme veya asfalt yüzeylerin artmasına işaret eder. Sonuç olarak zeminin infiltrasyon kapasitesi azalmakta taşkın tehlikesine açık hale gelmektedir.
- ❖ Havzadaki arazi kullanım verileri irdelendiğinde meyve bahçeleri ve geniş yapraklı ormanların geniş yer kapladığı görülmektedir. Yerleşim birimlerinin tüm alan içindeki

oranı ise %2,6'ya tekabül etmektedir. Ormanlık alanların yüksek bir orana sahip olması sel ve taşkın riskini azaltsa da tarım alanları ve yerleşim birimlerinin varlığı risk faktörünü arttırmaktadır. Bilhassa yerleşim birimleri düşük bir orana sahip olmasına rağmen akarsuya yakın olması nedeniyle ciddi bir risk taşımaktadır.

- ❖ Alt havzalar içinde en fazla taşkın duyarlılığına sahip olan havza Gübi Deresi alt havzasıdır. Bu havzayı sırasıyla Esmahanım ve Küpler alt havzaları takip etmektedir. Duyarlılık her ne kadar havzanın taşkına karşı olan yatkınlığını ifade etse de daha büyük ölçekte taşkın yayılım alanlarının belirlenmesi ve riske konu olan unsurları dikkate almamaktadır. Bu nedenle hassas bir sonuca varmak için yeterli bir analiz türü değildir. Fakat havzanın taşkın eğilimini belirlemek açısından önem arz etmektedir.
- ❖ Tüm tekerrür aralığında membadan mansaba doğru taşkın derinliğinin arttığı net bir şekilde gözlemlenmektedir. Bu durum taşkın çalışmaları için olağan bir durumdur. Zira membadan yola çıkan su kütlelerinin debisi mansaba doğru artmakta ve azalan eğimle birlikte göllenme artmaktadır.
- ❖ 17-18 Temmuz 2019 tarihinde yaşanan taşkına ilişkin afet sonrası uydu görüntüsü ve fotoğraf, video vb. gibi görsel medya araçları yoluyla meydana gelen sel ve taşkın afetinin etkilediği alanlar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Elde edilen verilerin ışığında modelin doğruluğu test edilerek model kalibre edilmiştir. 17-18 Temmuz 2019 sel ve taşkını temsil eden modele göre başta Gübi ve Küpler Deresi birleşim noktası başta olmak üzere bahse konu yerleşmelerin önemli bir kısmı taşkın suları ile karşı karşıya kalmıştır. Taşkın yükseliği ise 9 m'ye varabilecek düzeyde seyretmiştir. Su yükseklikleri arazi ölçümleri ve arazide görüşmeler esas alınarak modelin taşkın su yüzü profili ile kalibre edilmiştir.
- ❖ Taşkın risk analizi neticesinde $Q_p(2)$, $Q_p(50)$ ve $Q_p(500)$ yıllık tekerrür aralığına sahip tüm taşkın debilerinde en yüksek risk altındaki yerleşmenin Esmahanım Köyü ve çevresi olduğu görülmektedir. Bu yerleşmeyi sırasıyla Davutağa-Dilaver Köyü ve Uğurlu Köyü takip etmektedir. Tüm havza genelinde $Q_p(2)$ tekerrür aralığında risk altındaki unsurlar arasında yüksek risk grubunda yapılar yer almamakta yollar ise çok az yer almaktadır. $Q_p(50)$ tekerrür aralığında risk altındaki unsurlar arasında yüksek risk grubunda yapılar yer almamakla beraber taşkın dağılışı deseni az da olsa dışarı doğru genişlemiştir. Bu durum yol gibi risk unsurları için bir risk oluşturmaktadır.

Taşkın anında ve sonrasında yol gibi stratejik unsurların su baskınlarına maruz kalması başta insan kaybı olmak üzere maddi ve manevi birçok olumsuzluğa yol açabilir. Qp(500) tekrür aralığında; yapıların, yolların ve tarım arazilerinin önemli bir kısmı ciddi taşkın riski taşımaktadır. Söz konusu risk grubunda risk altındaki unsurlar arasında yol ve mesken gibi stratejik unsurların bir önceki tekrür aralığına kıyasen çok ciddi bir şekilde artış gösterdiği görülmektedir. Bu durum can ve mal kayıpları riskinin artmaktadır.

- ❖ Arazi de yapılan gözlemler neticesinde akarsu yatağının akarsunun yukarı çıkırından getirilen iri bloklar ve molozlarla doldurulduğu anlaşılmıştır. Bu durumun sebebi ani ve yüksek yağışlarla beraber akım gücünün artmasıdır. Akarsu yatağındaki bu iri blok ve molozlar taşkına sebebiyet veren önemli etkenlerden biridir. Söz konusu iri blokların ve molozların akarsu yatağından temizlenmesi ve akarsu akış hızını kesecek taşkın koruma seddelerinin inşası taşkın afetini önlemek veya azaltmak için oldukça faydalı olacaktır.
- ❖ Çalışma alanı ile ilgili daha hassas ve gerçekçi sonuçlar alabilmek için daha fazla, daha yoğun ve detaylı verilere ihtiyaç vardır. Havzayı temsil eden yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve DEM verileri tam bir kanıya varılmış olan daha gerçekçi bir taşkın riski analizi yapılmasına olanak vermektedir.
- ❖ Çalışmada risk unsurlarının çeşitlenmesi ve bu unsurlara ilişkin verilerin detaylıca elde edilmesi sağlıklı bir risk analizi için gereklidir. Zira sosyoekonomik alandaki veri eksikliği nedeniyle yapılan analizler detaylı bir risk çalışmasının oluşturduğu katma değerden nispeten uzak olmaktadır.

KAYNAKÇA

- AA. (2019). Düzce'deki Sel ve Toprak Kayması. AA. <https://www.aa.com.tr/tr/pg/foto-galeri/duzcedeki-sel-ve-toprak-kaymasi/0>. E.T. 10/10/2022.
- AFAD. (2021). *Açıklamalı Afet Terimleri Sözlüğü*. <https://www.afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozlugu>. E.T. 02/09/2022.
- Akça, M. D. (2000). Coğrafi Bilgi Sistemi İle Çevresel ve rilerin Modellenmesi: Trabzon-Değirmendere Vadisi Örneği. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*.
- Akçakocapostası. (2021). Uğurlu Köyü Sular Altında Kaldı. *Akçakoca Postası*. <https://www.akcakocapostasi.com/akcakoca/ugurlu-koyu-sular-altinda-kaldi-h9772.html>. E.T. 18/07/2022.
- Akkartal, A., Türüdü, O. ve Erbek, F. S. (2005, 1 Nisan 2005). *Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri İle Bitki Örtüsü Değişim Analizi* 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Akkaya, Y. (2019). Melen Çayı Havzası'nın Coğrafi Potansiyeli ve Sürdürülebilirlik Açısından Havza Yönetimi. *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Akman, Y. (1990). *İklim ve Biyoiklim* (Vol. 186). Palme Yayınları
- ALOS. (2022). *Earth Observation Research Center Japan Aerospace Exploration Agency*. JAXA. Retrieved 19 Kasım from https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/index_e.htm. E.T. 02/04/2022.
- Altaf, F., Meraj, G. ve Romshoo, S. A. (2013). Morphometric Analysis to Infer Hydrological Behaviour of Lidder Watershed, Western Himalaya, India. *Geography Journal*, 2013.
- Andreani, L., Stanek, K. P., Gloaguen, R., Krentz, O. ve Domínguez-González, L. (2014). Dem-Based Analysis of Interactions between Tectonics and Landscapes in the Ore Mountains and Eger Rift (East Germany and Nw Czech Republic). *Remote Sensing*, 6(9), 7971-8001.
- Angelier, J. ve Chen, R.-F. (2002). Soulèvement Et Plissement Tectoniques Révélés Par Analyse Mathématique Empirique De Profils Longitudinaux De Rivières: Un Cas À Taiwan. *Comptes Rendus Geoscience*, 334(15), 1103-1111.
- Apaydin, H., Sonmez, F. K. ve Yildirim, Y. E. (2004). Spatial Interpolation Techniques for Climate Data in the Gap Region in Turkey. *Climate Research*, 28(1), 31-40.
- Ardıçlıoğlu, M. (2020). *HEC-RAS Mapper ile Akarsuların 1D/2D Modellenmesi ve Uygulamalar*.
- Aronoff, S. (1989). *Geographic Information Systems: A Management Perspective*.

- Arslanoğlu, M. ve Özçelik, M. (2005). Sayısal Arazi Yükseklik ve rilerinin İyileştirilmesi.
- Atalay, İ. (1974). Yüzeysel Akışa Geçen Su Miktarının Tayin Edilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*(26), 135-145.
- Atalay, İ. (1986). *Uygulamalı Hidrografiya*. Ege Üniversitesi.
- Atalay, İ. (1992). *Genel Fiziki Coğrafya*. Ege Üniversitesi Basımevi.
- Bağdatlı, M. C. (2013). *Tekirdağ İli Marmara Kıyı Havza Karakteristikleri ve Taşkın Risk Faktörlerinin Belirlenerek Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) ve ri Tabanının Oluşturulması* Namık Kemal Üniversitesi]. Tekirdağ.
- Baker, V., Kochel, R. ve Patton, P. (1988). Flood Geomorphology. In: New York, John Wiley.
- Balcı, A. ve Öztan, Y. (1987). Sel Kontrolü. *KTÜ Basımevi* (Trabzon).
- Balenović, I., Marjanović, H., Vuletić, D., Paladinić, E., Sever, M. Z. O. ve Indir, K. (2015). Quality Assessment of High Density Digital Surface Model over Different Land Cover Classes. *Periodicum biologorum*, 117(4).
- Bandara, C. M. (1974). Drainage Density and Effective Precipitation. *Journal of Hydrology*, 21(2), 187-190.
- Barka, A. (1992). The North Anatolian Fault Zone. *Annales tectonicae*,
- Barka, A. (1996). Slip Distribution Along the North Anatolian Fault Associated with the Large Earthquakes of the Period 1939 to 1967. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 86(5), 1238-1254.
- Barka, A. ve Kadinsky-Cade, K. (1988). Strike-Slip Fault Geometry in Turkey and Its Influence on Earthquake Activity. *Tectonics*, 7(3), 663-684.
- Bayazıt, M. (1995). *Hidroloji*. Birsan Yayınevi.
- Bayraktar, H. ve Sahtiyancı, E. (2020). 17-18 Temmuz 2019 Akçakoca ve Cumayeri (Düzce) Sel Afeti Sonuçları ve Müdahale Çalışmaları. *Resilience*, 4(2), 239-255.
- Benson, M. A. (1968). Uniform Flood-Frequency Estimating Methods for Federal Agencies. *Water resources research*, 4(5), 891-908.
- Beven, K. J. (2011). *Rainfall-Runoff Modelling: The Primer*. John Wiley & Sons.
- Biswas, S., Sudhakar, S. ve Desai, V. (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(3), 155-166.
- Bruning, J. L. ve Kintz, B. (1993). *İstatistik*. Eren Gündoğan.

- By, R. A. (2004). Principles of Gis. *ITC Educational Textbook Series*.
- Chow, V. (1962). *Hydrologic Determination of Waterway Areas for the Design of Drainage Structures in Small Drainage Basins*.
- Chow, V., Maidment, D. ve Mays, L. (1964). Applied Hydrology. *Journal of Engineering Education*, 308, 1959.
- Chow, V., Maidment, D. ve Mays, L. (1988). Water Resources and Environmental Engineering. In: McGraw-Hill, Inc., New York, New York.
- Coburn, A. W. ve Spence, R. J. (2002). *Earthquake Protection*. Wiley Online Library.
- Cox, R. T. (1994). Analysis of Drainage-Basin Symmetry as a Rapid Technique to Identify Areas of Possible Quaternary Tilt-Block Tectonics: An Example from the Mississippi Embayment. *Geological society of America bulletin*, 106(5), 571-581.
- Cürebal, İ. ve Erginal, A. E. (2007). Mıhlı Çayı Havzası'nın Jeomorfolojik Özelliklerinin Jeomorfolojik İndislerle Analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(19), 126-135.
- Çiçek, İ. (2014). Türkiye’de Yıllık Ortalama Yağışın Mekânsal Dağılımının Farklı Jeostatistik Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi.
- Çıtakoğlu, H., Çetin, M., Çobaner, M. ve Haktanır, T. (2017). Mevsimsel Yağışların Jeostatistiksel Yöntemle Modellenmesi ve Gözlemi Olmayan Noktalarda Tahmin Edilmesi. *Teknik Dergi*, 28(1), 7725-7745.
- Das, S. ve Paul, P. (2006). Selection of Site for Small Hydel Using Gis in the Himalayan Region of India. *Journal of Spatial Hydrology*, 6(1).
- Davis, W. M. (1899). The Geographical Cycle. *The Geographical Journal*, 14(5), 481-504.
- Demir, F. ve Sönmez, O. (2014). Aşağı Sakarya Nehri Adapazarı Kesimi Taşkın Risk Tayini. *ISITES2015*.
- Demirkesen, A. C. (2003). Sayısal Yükseklik Modellerinin Analizi ve Sel Basman Alanlarının Belirlenmesi. *TUJK Yılı Bilimsel Toplantısı Poster Bildiri Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, 24-25.
- Demoulin, A. (1998). Testing the Tectonic Significance of Some Parameters of Longitudinal River Profiles: The Case of the Ardenne (Belgium, Nw Europe). *Geomorphology*, 24(2-3), 189-208.
- Derici, O., Tüysüz, Z. ve Sarı, A. (2007). Kurumsal Risk Yönetimi ve Sayıştay Uygulaması. *Sayıştay Dergisi*(65), 151-172.

- Doğan, E., Sönmez, O., Yapan, E., Othan, K., Özdemir, S. ve Çitgez, T. (2013). Aşağı Sakarya Nehrinde Taşkın Yayılım Haritalarının Elde Edilmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(3), 363-369.
- Doğu, A. ve Yıldız, O. (2019). Kırıkkale Çoruhözü Deresi'nde Bir Boyutlu Taşkın Modellemesi. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 11(2), 748-758.
- Dölek, İ. (2013). Muş'ta Yaşanan Sel ve Taşkınlara Neden Olan Doğal Faktörlerin Analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (28), 408-422.
- Dönmez, Y. (1990). *Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları*. İstanbul Üniversitesi.
- DSİ. (1990). *Türkiye Maksimum Yağışları Frekans Analizi* (Vol. I). DSİ.
- DSİ. (2021). Hidroloji Sözlüğü. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1352>. E.T. 16/04/2021.
- Ecer, R. ve Yenigün, K. (2007). Gap Bölgesi'nde Kentsel Altyapının Bir Taşkın Örneğinde Değerlendirilmesi; Nedenler ve Öneriler. *TMMOB Afet Sempozyum*, 185-200.
- Emre, Ö., Awata, Y. ve Duman, T. (1999). Ağustos 1999 İzmit Depremi Yüzey Kırığı. *MTA Özel Yayın Serisi*, 1, 280.
- Emre, Ö., Duman, T., Doğan, A., Ateş, Ş., Keçer, M., Erkal, T., Özalp, S., Yıldırım, N. ve Güner, N. (1999). *12 Kasım 1999 Düzce Depremi Saha Gözlemleri ve Ön Değerlendirme Raporu*.
- England Jr, J. F., Salas, J. D. ve Jarrett, R. D. (2003). Comparisons of Two Moments-Based Estimators That Utilize Historical and Paleoflood Data for the Log Pearson Type Iii Distribution. *Water resources research*, 39(9).
- Ergene, A. (1987). *Toprak Biliminin Esasları*.
- Erinç, S. (1969). *Klimatoloji ve Metodları*. İstanbul Üniversitesi, Coğrafya Enstitüsü.
- Erinç, S. (2000). *Jeomorfoloji I (Güncelleştirenler: Ahmet Ertek-Cem Güneysu)*. Der Yayınları.
- Erlat, E. (2012). *İklim Sistemi ve İklim Değişimleri*. Ege Üniversitesi.
- Erol, O. (1964). *Genel Klimatoloji*. Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Fang, X., Thompson, D. B., Cleveland, T. G. ve Pradhan, P. (2007). Variations of Time of Concentration Estimates Using Nrcs ve Locity Method. *Journal of irrigation drainage engineering*, 133(4), 314-322.

- Fitzpatrick, M. ve Bonnefoy, X. (1999). Environmental Health Services in Europe 4: Guidance on the Development of Educational and Training Curricula.
- Gardner, T. W. ve Bullard, T. F. (1987). *Geomorphic Systems of North America* (Vol. 2). Geological Society of America.
- Gigliotti, R. ve Jason, R. (1991). *Emergency Planning for Maximum Protection*. Gulf Professional Publishing.
- Gönençgil, B. (2016). *Türkiye Fiziki Coğrafyası*. AUZEF.
- Görcelioğlu, E. (2003). Sel ve Çığ Kontrolü. *İÜ Orman Fakültesi Yayınları*(4415/473,384).
- Görür, A. E. ve Karadeniz, C. (2018). Morfometrik Parametrelerin Havza Hidrolojisi Bakımından Değerlendirilmesi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 19(4), 447-454.
- Görür, N., Monod, O., Okay, A. I., Sengor, A. C., Tuysuz, O., Yigitbas, E., Sakinc, M. ve Akkok, R. (1997). Palaeogeographic and Tectonic Position of the Carboniferous Rocks of the Western Pontides (Turkey) in the Frame of the Variscan Belt. *Bulletin de la Société géologique de France*, 168(2), 197-205.
- Goudar, M. (2015). Morphometric Analysis and Stream Network Characteristics in Gadag District. In *Integrated Watershed Development in Gadag District* (pp. 147-167).
- Goudie, A. G. (2004). *Encyclopedia of Geomorphology* (Vol. 2). Psychology Press.
- Güneş, H., Sunkar, M. ve Toprak, A. (2013). Muş Şehrini Etkileyen Çar ve Muş Derelerinin Bazı Jeomorfometrik İndislere Göre Analizleri. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2013 Bildirileri, Ankara.
- Gürgen, G. (1993). *Bolaman Çayı-Melet Irmağı Arasında Perşembe Yarımadasının Uygulamalı Fiziki Coğrafyası* Ankara Üniversitesi]. Ankara.
- Haktanır, T. ve Sezen, N. (1990). Suitability of Two-Parameter Gamma and Three-Parameter Beta Distributions as Synthetic Unit Hydrographs in Anatolia. *Hydrological sciences journal*, 35(2), 167-184.
- Halley, M. C., White, S. O. ve Watkins, E. W. (2000). Arcview Gis Extension for Estimating Curve Numbers. Esri International User Conference,
- Hare, P. W. ve Gardner, T. W. (1985). Geomorphic Indicators of Vertical Neotectonism Along Converging Plate Margins, Nicoya Peninsula, Costa Rica. *Tectonic geomorphology*, 4, 75-104.
- Hawkins, R. H., Hjelmfelt Jr, A. T. ve Zevenbergen, A. W. (1985). Runoff Probability, Storm Depth, and Curve Numbers. *Journal of Irrigation Drainage Engineering*, 111(4), 330-340.

- Hjelmfelt Jr, A. T. (1982). Closure to “Empirical Investigation of Curve Number Technique”. *Journal of the Hydraulics Division*, 108(4), 614-616.
- Horton, R. E. (1932). Drainage-Basin Characteristics. *Eos, transactions american geophysical union*, 13(1), 350-361.
- Horton, R. E. (1945). Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. *Geological society of America bulletin*, 56(3), 275-370.
- Hoşgören, M. Y. (2001). *Hidrografya’Nın Ana Çizgileri: Yeraltı suları-Kaynaklar-Akarsular*. Çantay Kitapevi.
- Hoşgören, M. Y. (2011). Jeomorfoloji Terimleri Sözlüğü [Dictionary of Geomorphological Terms]. *Çantay Kitabevi*.
- Huggett, R. (2007). *Fundamentals of Geomorphology*. Routledge.
- Hutchinson, M. F. (1995). Interpolating Mean Rainfall Using Thin Plate Smoothing Splines. *International journal of geographical information systems*, 9(4), 385-403.
- IACWD. (1981). *Guidelines for Determining Flood Flow Frequency* (Vol. 17). US Water Resources Council.
- ISO/IEC-Guide-51. (1999). Safety Aspects–Guidelines for Their Inclusion in Standards.
- İHA. (2019). Selin Vurduğu Köy Savaş Alanına Döndü. *Sözcü*. <https://www.sozcu.com.tr/2019/gundem/selin-vurdugu-koy-savas-alanina-dondu-5238629/>
- İkiel, C. ve Kaymaz, B. (2005). Adapazarı’nda İklim Koşullarının Mısır Yetiştiriciliğine Etkisi Ulusal Coğrafya Kongresi,
- İkiel, C. ve Koç, D. E. (2015). Analysis of the Changes in ve getation of the Sapanca Lake Basin (in Turkey) Using Multitemporal Satellite Data. *Journal of Human Sciences*, 12(1), 1095-1106.
- İmamoğlu, A. (2020). Alaca Çayı Havzası Erozyon Durumunun Morfometrik Ölçümler ile İlişkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*(18), 868-878.
- İMO. (2019). 17-18 Temmuz 2019 Düzce Cumayeri ve Akçakoca Sel Felaketi Değerlendirme Raporu. T. M. Odası. https://www.imo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=30815&tipi=1&sube=3. E.T. 15/09/2019.
- İnal, İ. (2009). MÖ 1250’den Günümüze Hitit Barajı. *DSİ Genel Müdürlüğü Yayınları*.
- İSTKA. (2013). *Kozlar Deresinin Taşkın Riskinin Belirlenmesi ve Koruma Tedbirleri* (Kozlar Havzası Raporu, Issue.

- Jain, S., Singh, R. ve Seth, S. (2000). Design Flood Estimation Using Gis Supported Giuhapproach. *Water Resources Management*, 14(5), 369-376.
- Jarvis, C. H. ve Stuart, N. (2001). A Comparison among Strategies for Interpolating Maximum and Minimum Daily Air Temperatures. Part Ii: The Interaction between Number of Guiding Variables and the Type of Interpolation Method. *Journal of Applied Meteorology*, 40(6), 1075-1084.
- Jenson, S. K. ve Domingue, J. O. (1988). Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. *Photogrammetric engineering remote sensing*, 54(11), 1593-1600.
- Kandır, S. F. (2021). Taşkın Debi Hesaplarında Plüviyograf Katsayısının Önemi, Plüviyograf Nedir? Ne İşe Yarar? *İklim, Havanı Bilirsen Riskini de Bilirsin*, 5, 22-32.
- Kaya, Ç. (2012). *Giresun Pazarsuyu Örneğinde, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Entegrasyonu İle Taşkın Risk Haritalarının Üretilmesi* Karadeniz Teknik Üniversitesi]. Trabzon.
- Kennedy, R. ve Watt, W. (1969). The Relationship between Lag Time and the Physical Characteristics of Drainage Basins in Southern Ontario.
- Ketin, İ. (1948). Über Die Tektonisch-Mechanischen Folgerungen Aus Den Grossen Anatolischen Erdbeben Des Letzten Dezenniums. *Geologische Rundschau*, 36(1), 77-83.
- Ketin, İ. (1966). Anadolu'nun Tektonik Birlikleri. *MTA dergisi*, 66(20).
- Kırlangıç, E. (2014). Efteni Gölü (Düzce) Sulak Alanı ve Çevresinin Hidrojeoloji İncelemesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Kızmaz, Y. (2020). Sakarya Kaynarca Havzası Yayılım-Tehlike-Risk Haritalarının Modellenmesi: Seyren Deresi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Kirpich, Z. (1940). Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds. *Civil engineering*, 10(6), 362.
- Koçman, A. (1993). *Türkiye İklimi*. Ege Üniversitesi.
- Kömüscü, A. Ü. (2011). 8-12 Eylül 2009 Tarihlerinde Marmara Bölgesi'nde Meydana Gelen Sel Olayının Yağış Analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9(2), 209-220.
- Kumanlıoğlu, A. A. ve Ersoy, S. B. (2018). Akım Gözlemi Olmayan Havzalarda Taşkın Akımlarının Belirlenmesi: Kızıldere Havzası. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 20(60), 890-904.
- Kutoğlu, H. Y. (2005). Taşkınlar Hidrolojisi. *TMMOB Su Politikaları Kongresi*.

- Li, Q., Chen, Y., Shen, Y., Li, X. ve Xu, J. (2011). Spatial and Temporal Trends of Climate Change in Xinjiang, China. *Journal of Geographical Sciences*, 21(6), 1007-1018.
- Máčka, Z. (2001). *Determination of Texture of Topography from Large Scale Contour Maps*.
- Maidment, D. R. ve Morehouse, S. (2002). *Arc Hydro: Gis for Water Resources*. ESRI, Inc.
- Marston, R., Kleinman, J. ve Miller, M. (1996). Geomorphic and Forest Cover Controls on Monsoon Flooding, Central Nepal Himalaya. *Mountain Research Development*, 257-264.
- Mater, B. (1998). *Toprak Coğrafyası*. Çantay Kitabevi.
- Mayer, L. (1990). *Introduction to Quantitative Geomorphology: An Exercise Manual*. Prentice-Hall International, Inc.
- Melesse, A. M., Graham, W. D. ve Jordan, J. D. (2003). Spatially Distributed Watershed Mapping and Modeling: Thermal Maps and ve getation Indices to Enhance Land Cover and Surface Microclimate Mapping (Part 1). *Journal of Spatial Hydrology*, 3(2).
- Melton, M. A. (1957). *An Analysis of the Relations among Elements of Climate, Surface Properties, and Geomorphology*.
- MGM. (2021). *Meteorolojide Kullanılan Alet ve Cihazlar-Yağış Ölçen Aletler*. Retrieved 05.05 from <https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojikaletler.aspx>. E.T. 13/07/2021.
- MGM. (2023). Ankara: T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Miller, C. L. (1958). *The Theory and Application of the Digital Terrain Model* [Massachusetts Institute of Technology].
- Mockus, V. (1957). Use of Storm and Watershed Characteristics in Synthetic Hydrograph Analysis and Application. *US Department of Agriculture, Soil Conservation Service*.
- Mockus, V. (1961). *Watershed Lag* (Vol. ES-1015). US Department of Agriculture, Soil Conservation Service.
- Moore, I. D., Grayson, R. ve Ladson, A. (1991). Digital Terrain Modelling: A Review of Hydrological, Geomorphological, and Biological Applications. *Hydrological processes*, 5(1), 3-30.
- Morgan, M. G. (1993). Risk Analysis and Management. *Scientific American*, 269(1), 32-41.

- Morisawa, M. E. (1962). Quantitative Geomorphology of Some Watersheds in the Appalachian Plateau. *Geological society of America bulletin*, 73(9), 1025-1046.
- Morris, P. H. ve Williams, D. J. (1997). Exponential Longitudinal Profiles of Streams. *Earth Surface Processes Landforms: The Journal of the British Geomorphological Group*, 22(2), 143-163.
- MTA. (2022). *Palsar'ın Başlıca Özellikleri*. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/birimler/uacbs-uydu-palsar>
- NRCS. (1991). *Time of Concentration. Engineering Hydrology Training Series Module 206a* (0098-3004).
- O'callaghan, J. F. ve Mark, D. M. (1984). The Extraction of Drainage Networks from Digital Elevation Data. *Computer vision, graphics, image processing*, 28(3), 323-344.
- Oğuz, K., Oğuz, E. ve Coşkun, M. (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Taşkın Risk Alanlarının Belirlenmesi: Artvin İli Örneği. 4. Ulusal Taşkın Sempozyumu, Rize.
- Ohmori, H. (1991). Change in the Mathematical Function Type Describing the Longitudinal Profile of a River through an Evolutionary Process. *The Journal of Geology*, 99(1), 97-110.
- Ohmori, H. ve Shimazu, H. (1994). Distribution of Hazard Types in a Drainage Basin and Its Relation to Geomorphological Setting. In *Geomorphology and Natural Hazards* (pp. 95-106). Elsevier.
- Okay, A. (1989). Tectonic Units and Sutures in the Pontides, Northern Turkey. In *Tectonic Evolution of the Tethyan Region* (pp. 109-116). Springer.
- Okuyama, Y. ve Chang, S. E. (2004). *Modeling Spatial and Economic Impacts of Disasters*. Springer Science & Business Media.
- Onuşluel, G. ve Harmancıoğlu, N. (2002). Su Kaynaklı Doğal Afet: Taşkın. *Türkiye Mühendisleri Haberleri*(420-421), 422.
- Özcan, A. İ. (1994). *Akçakoca Güneyinde Kaplandede Dağı ve Dolayının Jeomorfolojisi* [İstanbul Üniversitesi]. İstanbul.
- Özcan, E. (2006). Sel Olayı ve Türkiye. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 26(1), 35-50.
- Özcan, O. (2008). *Sakarya Nehri Alt Havzası'nın Taşkın Riski Analizinin Uzaktan Algılama ve Cbs İle Belirlenmesi* İTÜ Bilişim Enstitüsü.
- Özdemir, H. (1978). *Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi*. DSİ Genel Müdürlüğü Basım ve Foto-Film İşletme Müdürlüğü Matbaası.

- Özdemir, H. (2007a). Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) Cbs ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi. *İÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı*.
- Özdemir, H. (2007b). Scs Cn Yağış-Akış Modelinin Cbs ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Uygulanması: Havran Çayı Havzası Örneği (Balıkesir). *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(2), 1-12.
- Özdemir, H. (2011). Havza Morfometrisi ve Taşkınlar. *Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistemik ve Bölgesel*, 5, 457-474.
- Özdemir, H., Akbulak, C. ve Özcan, H. (2011). Çokal Barajı (Çanakkale) Çökme Modeli ve Taşkın Risk Analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8, 2-660.
- Özer, Z. (1990). Su Yapılarının Projelendirilmesinde Hidrolojik ve Hidrolik Esaslar (Teknik Rehber). *Hydrological and Hydraulic Principles in Designing Water Structures-Technical Guide*, 714.
- Özkan, S. P. ve Tarhan, Ç. (2012). *Srtm Sayısal Yükseklik Modeli ve Cbs İle Sel Risk Alanlarının Belirlenmesi: İzmir Örneği* V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012), Zonguldak. http://uzalcbs.org/wp-content/uploads/2016/11/2012_079.pdf
- Özkılıç, Ö. (2008). Tehlike ve Risk Kavramları–Terminoloji. *İ. T. İ. G Başkanlığı*.
- Özmen, B. (2000). Düzce-Bolu Bölgesi'nin Jeolojisi, Diri Fayları ve Hasar Yapan Depremleri. *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi*, 12, 1-14.
- Özmen, M. T. (2015). *Sel-Taşkın Türkiye ve Antalya*. Kutlu ve Avcı Ofset.
- Özsoy, S. (2017). Hitit Döneminde İnşa Edilen Su Yapılarının Bilimin Tarihsel Gelişimi Açısından Değerlendirilmesi. *Mavi Atlas*, 5(2), 489-501.
- Öztekin, T. (2011). Samsun, Sinop, Ordu ve Tokat İlleri Günlük En Yüksek Yağışları İçin En Uygun Dağılımların Belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3), 194-202.
- Öztürk, D. (2009). *Cbs Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemleri İle Sel ve Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi: Güney Marmara Havzası Örneği* Yıldız Teknik Üniversitesi]. İstanbul.
- Öztürk, D. ve Batuk, F. (2011). Scs Yüzey Akış Eğri Numarasının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Belirlenmesi. *TUFUAB V. Teknik Sempozyumu*, 23-25.
- Öztürk, M., Kaya, N. ve Aşkan, A. (2003). Menfezlerin Projelendirilmesinde Kullanılan Taşkın Hesap Metotlarının Değerlendirilmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 167-171.

- Öztürk, O. (2019). *Kuzey Ege Havzalarında Yüksek Akım ve Taşkın Analizi* Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi]. Çanakkale.
- Patton, P. C. (1988). Drainage Basin Morphometry and Floods. In Baker Vr, Kochel Rc, ve P. Pc (Eds.), *Flood Geomorphology* (pp. 51–65). John Wiley & Sons New York.
- Pektaş, A. O. (2013). *Büyük Havzalarda Akış Katsayısının Hesaplanması* Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Peng, J., Liu, Y., Shen, H., Han, Y. ve Pan, Y. (2012). ve getation Coverage Change and Associated Driving Forces in Mountain Areas of Northwestern Yunnan, China Using Rs and Gis. *Environmental monitoring assessment*, 184(8), 4787-4798.
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Myserud, A., Gaillard, J.-M., Tucker, C. J. ve Stenseth, N. C. (2005). Using the Satellite-Derived Ndvi to Assess Ecological Responses to Environmental Change. *Trends in ecology evolution*, 20(9), 503-510.
- Pike, R. ve Wilson, S. (1971). Elevation-Relief Ratio, Hypsometric Integral, and Geomorphic Area-Altitude Analysis. *Geological society of America bulletin*, 82(4), 1079-1084.
- Pinter, N. ve Keller, E. (2002). Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape. In: Prentice Hall, Hoboken.
- Radoane, M., Rădoane, N. ve Dumitriu, D. (2003). Geomorphological Evolution of Longitudinal River Profiles in the Carpathians. *Geomorphology*, 50(4), 293-306.
- Rahman, M., Arya, D. S. ve Goel, N. K. (2010). Limitation of 90 M Srtm Dem in Drainage Network Delineation Using D8 Method—a Case Study in Flat Terrain of Bangladesh. *Applied Geomatics*, 2(2), 49-58.
- Ramos, Y., St-Onge, B., Blanchet, J.-P. ve Smargiassi, A. (2016). Spatio-Temporal Models to Estimate Daily Concentrations of Fine Particulate Matter in Montreal: Kriging with External Drift and Inverse Distance-Weighted Approaches. *Journal of exposure scienceenvironmental epidemiology*, 26(4), 405-414.
- Ramsbottom, D., Floyd, P. ve Penning-Rowsell, E. (2003). *Flood Risks to People: Phase 1*. London: DEFRA.
- Rana, N., Singh, S., Sundriyal, Y., Rawat, G. ve Juyal, N. (2016). Interpreting the Geomorphometric Indices for Neotectonic Implications: An Example of Alaknanda Valley, Garhwal Himalaya, India. *Journal of Earth System Science*, 125(4), 841-854.
- Rao, R. ve Hamed, K. H. (2000). *Flood Frequency Analysis*. CRC press.
- Ratnayake, U. (2005). Watershed Characteristics. *Lecture note: CE*, 205.

- 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 Geoinformation*, 6(1), 1-16.
- Ritter, D., Kochel, R. ve Miller, J. (1995). Process Geomorphology, Dubuque, William C. Brown Pub, 539.
- Rouse, J., Haas, R. H., Schell, J. A. ve Deering, D. W. (1974). Monitoring ve getation Systems in the Great Plains with Erts. *NASA special publication*, 351(1974), 309.
- SA/SNZ. (1999). Risk Management, Standards Australia and Standards New Zealand.
- Samanta, S., Pal, D. K., Lohar, D. ve Pal, B. (2012). Interpolation of Climate Variables and Temperature Modeling. *107(1)*, 35-45.
- Sargın, A. (2013). Coğrafi Bilgi Sistemleri Ile Taşkın Riski Ön Değerlendirmesi. *Teknoloji Dairesi Başkanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü*.
- Sarıcan, Y. (2013). Taşkın Tehlikesinin Belirlenmesi Amacı Ile Otomatik Yağış Miktarı Ölçüm Sisteminin Geliştirilmesi.
- Saygılı, A. (2004). Coğrafi Bilgi Teknolojilerinde Sayısal Yükseklik Paftalarının Arazi Karakteristik Hatları Kullanılarak Otomatik İyileştirilmesine İlişkin Bir Sistem Geliştirme ve Gerçekleştirme. *Harita Yüksek Teknik Okulu (HYTO)*.
- Schultz, G. A. ve Engman, E. T. (2000). Present Use and Future Perspectives of Remote Sensing in Hydrology and Water Management. *IAHS-AISH PUBL(267)*, 545-551.
- 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.
- SCS. (1956). Hydrology, National Engineering Handbook, Supplement a, Section 4. In: Soil Conservation Service, US Department of Agriculture Washington.
- Sellers, P. J. (1985). Canopy Reflectance, Photosynthesis and Transpiration. *International journal of remote sensing*, 6(8), 1335-1372.
- Sharifi, S. ve Razaz, M. (2014). A New Methodology for Deriving Regional Time of Concentration Equations Using Gis and Genetic Programming.
- Sherman, L. K. (1932). Streamflow from Rainfall by the Unit-Graph Method. *Eng. News Record*, 108, 501-505.
- Singh, O., Sarangi, A. ve Sharma, M. (2008). Hypsometric Integral Estimation Methods and Its Relevance on Erosion Status of North-Western Lesser Himalayan Watersheds. *Water Resources Management*, 22(11), 1545-1560.
- Smith, K. G. (1950). Standards for Grading Texture of Erosional Topography. *American journal of Science*, 248(9), 655-668.

- Snyder, F. F. (1938). Synthetic Unit-Graphs. *Eos, transactions american geophysical union*, 19(1), 447-454.
- Sobhani, G. (1976). *A Review of Selected Small Watershed Design Methods for Possible Adoption to Iranian Conditions*.
- Sönmez, O., Hırca, T. ve Demir, F. (2017, 29-30 September 2017). *Akım Ölçümü Olmayan Nehirlerde Farklı Yağış Akış Modelleri İle Tekerrürlü Taşkın Debisi Hesabı: Mudurnu Çayı Örneği* 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, Baku - Azerbaijan.
- Sönmez, O., Öztürk, M. ve Doğan, E. (2012). İstanbul Derelerinin Taşkın Debilerinin Tahmini. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(2), 130-135.
- Strahler, A. N. (1952a). Dynamic Basis of Geomorphology. *Geological society of America bulletin*, 63(9), 923-938.
- Strahler, A. N. (1952b). Hypsometric (Area-Altitude) Analysis of Erosional Topography. *Geological society of America bulletin*, 63(11), 1117-1142.
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913-920.
- Strahler, A. N. (1964). Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks. In *Chow Vt (Ed) Handbook of Applied Hydrology* (pp. 4-40–44-74).
- Sunkar, M. ve Tonbul, S. (2010). İluh Deresi Havzası'na (Batman) Yönelik Sel ve Taşkın Riski Analizleri. *Nature Sciences*, 5(4), 255-273.
- Şahin, C., Doğanay, H. ve Özcan, N. A. (2010). *Türkiye Coğrafyası*. Gündüz Eğitim ve Yayıncılık
- Şahin, İ. ve Sağ, F. (2015, Ekim 12). , F. S. (2015). Economic Impact of Flood Disaster between 1980-2015 Years: The Sample of Turkey. *Eurasian Academy of Sciences Eurasian Business & Economics Journal*, 3, 71-82.
- Şengör, A. (1979). The North Anatolian Transform Fault: Its Age, Offset and Tectonic Significance. *Journal of the Geological Society*, 136(3), 269-282.
- Şengör, A., Tüysüz, O., Imren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X. ve Rangin, C. (2005). The North Anatolian Fault: A New Look. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 33, 37-112.
- Taesombat, W. ve Sriwongsitanon, N. (2009). Areal Rainfall Estimation Using Spatial Interpolation Techniques. *Science Asia*, 35(3), 268-275.
- Tao, T. (2009). Uncertainty Analysis of Interpolation Methods in Rainfall Spatial Distribution—a Case of Small Catchment in Lyon. *Journal of Environmental Protection*, 1(01), 50.

- Tarboton, D. G., Bras, R. L. ve Rodriguez-Iturbe, I. (1991). On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data. *Hydrological processes*, 5(1), 81-100.
- Taş, M. A. ve Ceylan, M. A. (2020). Melen Çayı Havzası'nda 17-18 Temmuz 2019 Tarihinde Meydana Gelen Sel Afetinin Uğurlu, Esmahanım, Dilaver ve Davutağa Köylerine (Akçakoca) Etkilerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) Yazılımlarıyla Tespiti. *Journal of International Social Research*, 13(74).
- Taymaz, T. (1999). Marmara Bölgesi'ninaktif Tektoniği: Gölcük–Düzce Depremleri. *TÜBİTAK Bilim Teknik Dergisi*, 44-47.
- Tekin, A. (2017). *Temel İstatistik Dersleri*. Eğitim Yayınevi.
- Temuçin, E. (1990). Aylık Değişme Oranlarına Göre Türkiye’de Yağış Rejimi Tipleri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 5(1), 160-183.
- Thiessen, A. H. (1911a). District No. 10, Great Basin. *Monthly weather review*, 39(1), 111-117.
- Thiessen, A. H. (1911b). Precipitation Averages for Large Areas. *Monthly weather review*, 39(7), 1082-1089.
- Tombul, F. (2014). Uluslararası Antlaşmalar Çerçevesinde Meriç Havzasında Su Yönetimi. *Anadolu University of Sciences Technology-A: Applied Sciences Engineering*, 15(2).
- Tonbul, S. ve Sunkar, M. (2011). Batman’da Yaşanan Sel ve Taşkın Olaylarının (31 Ekim-1 Kasım 2006) Sebep ve Sonuçları. *Fiziki Coğrafya Araştırmaları*, 237-258.
- Topaloğlu, F. (2002). Determining Suitable Probability Distribution Models for Flow and Precipitation Series of the Seyhan River Basin. *Turkish Journal of Agriculture Forestry*, 26(4), 187-194.
- Toprak, A. (2015). Solhan Deresi Havzasının (Bingöl) Sel ve Taşkın Analizi. In *Yüksek Lisans Tezi*. Elazığ: Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı Fiziki Coğrafya Bilim Dalı.
- TÜİK. (2023). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr>. E.T. 03/05/2023.
- Tümertekin, E. ve Özgüç, N. (2014). *Beşeri Coğrafya İnsan. Kültür. Mekan*. Çantay Kitapevi.
- Tunay, M. ve Ateşoğlu, A. (2008). Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile Amasra ve Yakın Çevresine Ait Bitki Örtüsü Değişim Analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10(13), 71-80.
- Türkeş, M. (2012). Türkiye’de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 1-32.

- Türkeş, M. (2016). *Genel Klimatoloji: Atmosfer, Hava ve İklimin Temelleri*. Kriter Yayınevi.
- Turoğlu, H. (1997). İyidere Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*(32), 355-364.
- Turoğlu, H. (2004). Bartın'da Sel ve Taşkınlar. *Türk Coğrafya Dergisi*, 12-24.
- Turoğlu, H. ve Aykut, T. (2019). Ergene Nehri Havzası İçin Hidromorfometrik Analizlerle Taşkın Duyarlılık Değerlendirmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*(2), 1-15.
- Turoğlu, H. ve Özdemir, H. (2005). *Bartın'da Sel ve Taşkınlar, Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri*. Çantay Kitabevi.
- USACE. (2021). *About Hec-Ras*. Retrieved 10.05 from <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>. E.T. 05/10/2021.
- USDA. (1972). National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology. In: USDA Soil Conservation Service Washington, DC.
- Uşkay, S. ve Aksu, S. (2002). Ülkemizde Taşkınlar, Nedenleri, Zararları ve Alınması Gereken Önlemler. In: TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi.
- Utlı, M. ve Özdemir, H. (2018). Havza Morfometrik Özelliklerinin Taşkın Üretmedeki Rolü Biga Çayı Havzası Örneği. *Coğrafya Dergisi*(36), 49-62.
- Utlı, M., Şimşek, M. ve Öztürk, M. Z. (2020). 1d Taşkın Modellemeleri Açısından Topo Sym ve Alos Sam ve rilerinin Karşılaştırılması: Alara Çayı Örneği (Antalya). *Aegean Geographical Journal*, 29(2), 161-177.
- Üyüküoğlu, M. (2015). *Hec-Ras Ile Taşkın Bölgelerinin Modellenmesi* Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Üzen, N. ve Çetin, Ö. (2012). Geçmişten Günümüze Su ve Sulama Yönetimi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1(2), 281-290.
- Van Westen, C. (1993). Remote Sensing and Geographic Information Systems for Geologic Hazard Mitigation. *ITC journal*(4), 393-399.
- Verstappen, H. T. (1983). *Applied Geomorphology: Geomorphological Surveys for Environmental Development*. ITC Enschede.
- Vogel, R. M., Thomas Jr, W. O. ve McMahon, T. A. (1993). Flood-Flow Frequency Model Selection in Southwestern United States. *Journal of Water Resources Planning Management*, 119(3), 353-366.
- Wallingford, H. R. (2006a). Flood Risks to People. Phase 2. In *FD2321/TR2 The flood risks to people methodology*. UK: Department for Environment Food and Rural Affairs and the Environment Agency DEFRA, EA.

- Wallingford, H. R. (2006b). Flood Risks to People. Phase 2. In *FD2321/TR1 The flood risks to people methodology*. UK: Department for Environment Food and Rural Affairs and the Environment Agency DEFRA, EA.
- Wang, Q. ve Tenhunen, J. D. (2004). ve getation Mapping with Multitemporal Ndvi in North Eastern China Transect (Nect). *International Journal of Applied Earth Observation*, 6(1), 17-31.
- WHO. (2002). *The World Health Report 2002: Reducing Risks, Promoting Healthy Life*. World Health Organization.
- Yiğit, A. Y. ve Kaya, Y. (2020). Sentinel-2a Uydu ve rileri Kullanılarak Sel Alanlarının İncelenmesi: Düzce Örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(1), 1-9.
- Yıldırım, T. ve Altungök, A. (2015). Nil, Fırat ve Dicle Suyollarının Ortaçağ Dünyası Açısından Önemi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25(1), 317-336.
- Yılmaz, F. K. (2008). Antalya'nın Günlük Yağış Özellikleri ve Şiddetli Yağışların Doğal Afetler Üzerine Etkisi. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 20.
- Zavoianu, I. (2011). *Morphometry of Drainage Basins*. Elsevier.

ÖZ GEÇMİŞ

Ad Soyad: Ali Osman KAMUŞ	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Sakarya Üniversitesi
Fakülte	Fen Edebiyat Fakültesi
Bölümü	Coğrafya
Makale ve Bildiriler	
1. Kamuş, A. O. ve Atalay Dutucu, A. (2023). Hidromorfometrik Analizlerle Esmahanım Deresi Havzasının Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi , (11) , 1-21. DOI: 10.46453/jader.1182773 2. Döker, M. F ve Kamuş, A. O. (2018). Van İli Turizm Değerlerinin Tanıtılmasında İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları. II. Uluslararası Batı Asya Turizm Araştırmaları Kongresi. 27-30 Eylül 2018, IWACT, Van 2018, s. 501-513.	