

**TRABZON DEĞİRMENDERE HAVZASI'NDA COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMLERİ VE BİR HİDROLİK MODEL YARDIMIYLA TAŞKIN
ANALİZİ YAPILMASI**

İbrahim UÇAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANKARA
HAZİRAN 2010**

İBRAHİM UÇAR tarafından hazırlanan “TRABZON DEĞİRMENDERE HAVZASI’NDA COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE BİR HİDROLİK MODEL YARDIMIYLA TAŞKIN ANALİZİ YAPILMASI” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İbrahim GÜRER

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Nuriinnisa USUL

(İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, ODTÜ)

Prof. Dr. İbrahim GÜRER

(İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi)

Prof. Dr. Can Elmar BALAS

(İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi)

Tarih: 04/06/2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

İbrahim UÇAR

**TRABZON DEĞİRMENDERE HAVZASI'NDA COĞRAFI BİLGİ
SİSTEMLERİ VE BİR HİDROLİK MODEL YARDIMIYLA TAŞKIN
ANALİZİ YAPILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

İbrahim UÇAR

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 2010**

ÖZET

Taşkınlar zararları açısından en büyük meteorolojik karakterli doğal afetlerden birisidir. Ancak, taşkınların afet olmasına sebep olan etkenlerin başında plansız yapılaşma ve önlemlerin yetersizliği gelmektedir. Çeşitli tekerrürlere sahip taşkınların modellenmesi ve oluşturacağı taşkın alanlarının önceden bulunması, sorunun çözümüne önemli bir katkı sağlayacaktır. Taşkınların modellenmesinde kullanılacak en önemli yöntemlerden biri, hidrolik modellerle uyumlu çalışabilen Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamalarıdır. Çalışma alanı olan Trabzon Değirmendere Havzası'nın, ülkenin en çok yağış alan bölgesi olan Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunması ve drenaj alanının büyüklüğü (1054 km²), havzada meydana gelebilecek taşkın debilerinin oldukça yüksek olmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada arazi modellemeleri ve sonuçların sunumu, bir CBS programı olan ArcGIS 9.3 ile, hidrolik analizleri de Hydrologic Engineering Centers River Analysis System (HEC-RAS) 4.0 ile gerçekleştirilmiştir. Özellikle Maçka ilçe merkezinde; yapılaşmanın dere yatağının tam kenarında olması ve mevcut köprülerin dar olan dere yatağını daha da küçültmesinden dolayı, olası maksimum taşkın anlarında yapıların çok zarar göreceği tespit edilmiştir. Çalışmada yerleşim yerlerinin modellenmesi için kullanılan 1/2000 ölçekli haritadaki eksik veriler, arazi çalışmalarında belirlenmiş ve sayısallaştırılarak analizlere dâhil edilmiştir. Bu sayede arazinin

3 boyutlu modeli, ArcGIS ile oluşturulmuştur. Bu modelden alınan tüm topoğrafik veriler, ArcGIS üzerinde çalışan HEC-GeoRAS modülü yardımıyla hidrolik analiz yapılabilen HEC-RAS'a aktarılmıştır. İstatistikî yöntemlerle bulunan çeşitli tekerrürlere sahip debi değerleri de hidrolik modele girilerek su seviyeleri tespit edilmiştir. Sonuçlar HEC-GeoRAS yardımıyla ArcGIS'e aktarılarak taşkın risk haritaları elde edilmiştir. Risk taşıyan birçok yerleşim yeri tespit edilmiş, çeşitli yapısal ve yapısal olmayan çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Bilim Kodu : 911.1.125
Anahtar Kelimeler : Taşkın haritalama, Taşkın koruma, CBS, HEC-GeoRAS, HEC-RAS, Trabzon-Mačka, Türkiye
Sayfa Adedi : 158
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. İbrahim GÜRER

**FLOOD ANALYSIS OF TRABZON DEĞİRMENDERE BASIN USING
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND A HYDRAULIC MODEL**

(M.Sc. Thesis)

İbrahim UÇAR

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

June 2010

ABSTRACT

Flood disaster is one of the most important meteorological hazards from the viewpoint of damages on humans. However, unplanned urbanization and insufficiency of protections are leading factors to the flood disasters. Modeling of the floods and determination of the areal extent of inundated areas are important contributions to solution of the problem. Geographic Information System (GIS) application which can operate together with hydraulic models is one of the most important tools that could be used for modeling of the floods. Trabzon Değirmendere Basin located in Eastern Black Sea Region where the maximum precipitation in the country is experienced, is selected as the study area. The heavy rainfall and the large size of basin (1054 km²) cause high peak flood values. In this study, terrain modeling and determination of floodplain areas have been done the GIS software of ArcGIS 9.3, and hydraulic analysis has been realized by using Hydrologic Engineering Centers River Analysis System (HEC-RAS) 4.0. Especially in Maçka county; it is determined that many places would be affected during the probable maximum flood period due to settlements on the banks of the river, and the decreasing of channel cross section by the existing bridges. The missing data of the special map of 1/2000 scale, prepared for defining the geomorphology and the settlements of the study area, used as input for modeling have been completed by field observations and

included into the map by digitizing. Thus, 3D terrain model of the studied section has been created by ArcGIS. All the topographic data obtained, have been transferred to the HEC-RAS which makes hydraulic analysis using HEC-GeoRAS module. The computed discharge values of different recurrence intervals were included into the hydraulic model, and the water levels corresponding to the same recurrence intervals have been determined, and flood risk maps have been prepared by transferring the results to ArcGIS using HEC-GeoRAS. The structural and non-structural solutions have been proposed according to the areal distribution of the inundated settlements.

Science Code : 911.1.125

**Key Words : Flood mapping, Flood protection, GIS, HEC-GeoRAS,
HEC-RAS, Trabzon- Macka, Turkey**

Page Number: 158

Adviser : Prof. Dr. İbrahim GÜRER

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca kıymetli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. İbrahim GÜNER'e, yine değerli tecrübelerinden faydalandığım Hocam Doç. Dr. Nuriünnisa USUL'e, yapılan protokol kapsamında hidrometrik ve topoğrafik verilerin temin edilmesinde katkı sağlayan Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü'ne, arazi çalışmalarında verdikleri teknik altyapı ve konaklama desteği nedeniyle DSİ XXII. Bölge Müdür Yardımcısı Sn. Mustafa UZUN ve emeği geçen diğer DSİ personellerine, yüksek lisans tezim boyunca "Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı" kapsamında destek veren TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı'na, bu tez çalışmasını "06/2008-01 No'lu" Proje kapsamında destekleyen Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xvi
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xvii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. TAŞKIN OLAYI.....	5
2.1. Taşkınların Oluşumunu Etkileyen Faktörler.....	7
2.1.1. Taşkınları oluşturan doğal faktörler.....	7
2.1.2. Taşkınları oluşturan insani faktörler.....	12
2.2. Taşkın Zararları.....	14
2.3. Taşkınlara Karşı Alınabilecek Önlemler.....	16
2.3.1. Yapısal taşkın önlemleri	16
2.3.2. Yapısal olmayan taşkın önlemleri.....	18
2.4. Taşkınların Kronolojisi	20
2.4.1. Türkiye’de meydana gelen taşkınlar.....	21
2.4.2. Doğu Karadeniz taşkınları.....	25

Sayfa

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	28
4. KULLANILAN YÖNTEM.....	42
4.1. Yöntemin Genel Özellikleri.....	42
4.2. Verilerin Hazırlanması.....	42
4.3. CBS ve Arazi Modelinin Kurulması.....	44
4.4. HEC-GeoRAS Ara Programı ile Verilerin HEC-RAS'a Aktarılması.....	51
4.5. HEC-RAS ile Su Yüzü Profillerinin Tespiti.....	53
4.6. CBS ile Risk Haritalarının Oluşturulması.....	60
5. ÇALIŞMANIN AŞAMALARI.....	61
5.1. Çalışma Alanı.....	61
5.2. Verilerin Temini.....	72
5.2.1. Topoğrafik veriler	72
5.2.2. Hidrometrik veriler.....	75
5.3. Taşkın Debilerinin Tespiti.....	81
5.3.1. Akım gözlem verilerinden analitik yolla taşkın debilerinin bulunması.....	82
5.3.2. Akım gözlem verilerinden taşkın debilerinin grafik metotlarla bulunması.....	91
5.3.3. Uygunluk testleri ile hidrolik analizlerde kullanılacak debilerin tespiti.....	93
5.4. ArcGIS Yardımıyla Arazi Modeli Kurulması ve Hidrolik Analiz İçin Uygun Hale Getirilmesi.....	94
5.5. Hidrolik Analizler.....	97
5.6. Bilgilerin CBS'ye Aktarılması ve Taşkın Risk Haritalarının Tespiti.....	106

Sayfa

5.7. Oluşturulan Model Kullanılarak 20 Haziran 1990 Taşkın Analizi ve Meydana Getirdiği Taşkın Haritalarının Tespiti.....	115
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	118
KAYNAKLAR.....	124
EKLER.....	131
EK-1. Uyum İyiliği Testleri.....	132
EK-2. Altındere Yan Kolu ve Değirmendere Ana Kolundaki Su Yüzü Profillerinin Detayları.....	146
EK-3. Taşkın Risk Haritaları.....	151
ÖZGEÇMİŞ.....	157

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Türkiye’de 1955-2009 döneminde meydana gelen taşkınların karakteristikleri.....	23
Çizelge 2.2. Doğu Karadeniz Havzası’nda 1998-2009 döneminde meydana gelen taşkınlar.....	27
Çizelge 5.1. Değirmendere Havzası’nda bulunan akım gözlem istasyonlarının karakteristikleri.....	76
Çizelge 5.2. Değirmendere Nehri’nin taşkın debilerinin tespiti için kullanılan akım gözlem verileri.....	80
Çizelge 5.3. Altındere yan kolunun taşkın debilerinin tespiti için kullanılan akım gözlem verileri.....	81
Çizelge 5.4. Çeşitli olasılıklar için z değerleri.....	84
Çizelge 5.5. Log-Pearson Tip 3 için frekans faktörü değerleri.....	89
Çizelge 5.6. Akım kaydı olan su yılı sayısına göre y_n değerleri.....	90
Çizelge 5.7. Akım kaydı olan su yılı sayısına göre σ_n değerleri.....	90
Çizelge 5.8. Farklı dağılımlara göre noktasal taşkın frekans analizinin analitik metot sonuçları.....	91
Çizelge 5.9. Hidrolik analizler için kullanılacak taşkın debileri.....	93
Çizelge 5.10. Çeşitli taşkın senaryolarına göre çalışma bölgesinde sular altında kalacak alanlar.....	108

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Nehir taşkınlarının (a) arazide ve (b) şehirde şematik gösterimi	5
Şekil 2.2. Yağışın oluşum şekilleri	8
Şekil 2.3. Aynı havzada meydana gelebilecek farklı taşkın hidrografları.....	9
Şekil 2.4. Drenaj alanı şeklinin hidrografın şekline etkisi.....	11
Şekil 2.5. Taşkın zararlarının sektörel sınıflandırılması.....	21
Şekil 2.6. Son 10 yılda Türkiye’de yaşanan büyük taşkın sayıları.....	21
Şekil 2.7. Türkiye’de 1955 ile 2009 yılları arasında yaşanmış önemli zararları olan taşkın sayıları.....	22
Şekil 2.8. Türkiye’de 2000 ile 2009 yılları arasında yaşanan taşkınların bölgelere göre dağılımı.....	23
Şekil 2.9. Havzalara göre 1955-2009 yılları arasında meydana gelen taşkın sayıları.....	24
Şekil 2.10. Doğu Karadeniz Havzası’nda meydana gelen taşkınların yıllara göre dağılımı (1955-2009).....	26
Şekil 4.1. Çalışmada uygulanan yöntem.....	43
Şekil 4.2. CBS’de veri modelleri.....	46
Şekil 4.3. CBS veri modelleri arasındaki dönüşüm.....	46
Şekil 4.4. Topoğrafik verilerden oluşturulan TIN verisi.....	47
Şekil 4.5. Akış yönü hesaplanması.....	49
Şekil 4.6. CBS’de tespit edilen veriler üzerinden, HEC-GeoRAS’ta yapılan sayısallaştırmalar.....	52
Şekil 4.7. Enkesit çizgilerinin konumlandırılması.....	53
Şekil 4.8. Enerji eşitliğinde kullanılan terimlerin sembolik gösterimleri.....	55
Şekil 4.9. HEC-GeoRAS’tan HEC-RAS’a aktarılan bir kesitin her iki programdaki görünümü.....	57

Şekil	Sayfa
Şekil 4.10. HEC-GeoRAS'ta konumlandırılan köprülerin HEC-RAS ile kesit özelliklerinin belirlenmesi.....	58
Şekil 4.11. Debi değerlerinin HEC-RAS'a girilmesi.....	58
Şekil 4.12. Nehir kollarına ait sınır koşullarının HEC-RAS'a girilmesi.....	59
Şekil 4.13. Analizler sonucu tespit edilen örnek bir su yüzü seviyesinin gösterimi.....	59
Şekil 5.1. Değirmendere ana nehir kolu boy profili.....	65
Şekil 5.2. Noktasal taşkın frekans analizi ile çeşitli dağılımlara ve yineleme dönemlerine göre bulunan sonuçlar.....	91
Şekil 5.3. Gumbel dağılımından grafik yolla çeşitli yineleme dönemlerine sahip debilerin bulunması.....	92
Şekil 5.4. Log-Normal dağılımından grafik yolla çeşitli yineleme dönemlerine sahip debilerin bulunması.....	92
Şekil 5.5. Hazırlanan son topoğrafik verilerden oluşturulan ve arazi kullanımını içeren TIN.....	95
Şekil 5.6. DEM verisinden drenaj ağlarının tespiti için kullanılan yöntemin aşamaları.....	96
Şekil 5.7. TIN verisi üzerinde HEC-GeoRAS kullanılarak yapılan sayısallaştırmalar.....	96
Şekil 5.8. HEC-RAS programının ana menüsü.....	97
Şekil 5.9. Arazi modelinden HEC-RAS'a gönderilen kesitlerin yerleşimi.....	98
Şekil 5.10. HEC-RAS'a gönderilen veriden örnek bir topoğrafik kesit.....	98
Şekil 5.11. Altındere'nin mansabında bulunan köprüünün HEC-RAS programında temsili görünümü.....	99
Şekil 5.12. Araziden izlenimlere göre kullanılan referans fotoğraflar ve seçilen Manning pürüzlülük değerleri.....	100
Şekil 5.13. İstatistiksel analizlerle tespit edilen, nehir kollarına ait debi değerlerinin HEC-RAS'a girilmesi.....	101

Şekil	Sayfa
Şekil 5.14. Değirmendere ana nehir kolunda 500 ve 200 yıl yineleme dönemine sahip debilerin oluşturduğu su yüzü profilleri.....	102
Şekil 5.15. Altındere yan kolunda seçilen bir kesit yerinin fotoğrafı (a) ve kesitteki su yüzü kotları (b).....	103
Şekil 5.16. Değirmendere ana nehir kolunda seçilen bir kesit yerinin fotoğrafı (a) ve aynı kesitteki su yüzü seviyeleri (b).....	104
Şekil 5.17. Birleşim noktasından sonraki nehir kolunda seçilen kesitin fotoğrafı (a) ve oluşabilecek su yüzü kotları (b).....	106
Şekil 5.18. Birleşim noktasından sonraki bir kesitte, 1990 taşkın debisi ile Q_{200} ve Q_{500} 'ün oluşturacağı muhtemel su seviyeleri.....	117
Şekil 6.1. Birleşim bölgesi için önerilebilecek yeni güzergahın şematik çizimi....	121

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 5.1. Maçka ilçe merkezindeki evlerin yerleşimi.....	66
Resim 5.2. Trabzon Değirmendere Nehri, 20 Haziran 1990 sabah saat 07.30 taşkın anı.....	67
Resim 5.3. Trabzon Değirmendere Nehri, 20 Haziran 1990 sabah.....	67
Resim 5.4. Trabzon Değirmendere Nehri bugünkü durumu, dere yatağında dolgu malzemesi	68
Resim 5.5. Maçka ilçe merkezi üst kotları.....	68
Resim 5.6. Maçka ilçe merkezi mansap yerleşimleri.....	69
Resim 5.7. Çağlayan Belediyesi, taşkın yatağındaki yapılaşmanın artışı.....	70
Resim 5.8. Trabzon merkez, eski taş tahkimatlar ve yerleşimler.....	70
Resim 5.9. Nehir yatağındaki köprülerden, Değirmendere II Köprüsü.....	71
Resim 5.10. Değirmendere ve Galyan Deresi (resimdeki köprünün altından gelen kol) birleşimi.....	71
Resim 5.11. Atası Barajı'nın yandan alışı dolusavağı ve gövdesinin mansap tarafından görünüşü.....	72
Resim 5.12. Değirmendere Nehri üzerinde EİEİ'ye ait 2251 No'lu Esiroğlu AGİ.....	78
Resim 5.13. Değirmendere Nehri üzerinde DSI'ye ait 22-86 No'lu Öğütlü AGİ.....	78
Resim 5.14. 22-86 No'lu AGİ'nin hemen mansabında bulunan Teraziler Köprüsü.....	79

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 3.1. Waller Nehir Havzası için elde edilen 2 ve 3 boyutlu haritalar.....	30
Harita 4.1. Sayısal arazi modeli örnekleri, sırasıyla TIN ve DEM haritaları	47
Harita 4.2. Örnek bir akış yönü haritası.....	48
Harita 4.3. CBS ile akış yönü haritasından elde edilen alt havza alanları.....	49
Harita 4.4. Örnek bir drenaj ağı haritası.....	50
Harita 4.5. Havzanın üç boyutlu haritasından bir görünüm.....	50
Harita 4.6. Taşkın anında sular altında kalabilecek yerlere örnek haritalar.....	60
Harita 5.1. Değirmendere nehir havzası genel görünümü ve Türkiye'deki yeri.....	62
Harita 5.2. Değirmendere nehir havzası drenaj kolları, alt havzalar ve yükseklik haritası	63
Harita 5.3. Değirmendere nehir havzası eğim haritası ve Maçka İlçe merkezi yerleşimi	64
Harita 5.4. Değirmendere Nehir Havzası'nda nehir kolları boyunca çıkarılan 1/2000 ölçekli topoğrafik haritaların yerleri.....	74
Harita 5.5. Değirmendere Havzası'nda EİEİ ve DSI'ye ait kullanılabilir verisi olan gözlem istasyonları ve alt havzalar.....	77
Harita 5.6. Taşkın risk haritaları üretilecek bölge.....	94
Harita 5.7. Çeşitli yineleme dönemlerine sahip debilere göre oluşturulan 2 boyutlu taşkın risk haritaları.....	107
Harita 5.8. Maçka ilçe merkezinde iki nehir kolu birleşiminde, oluşturulan 3 boyutlu taşkın risk haritaları.....	109
Harita 5.9. Maçka ilçe merkezinde 500 yıl yineleme dönemine sahip taşkın debisinin oluşturacağı risk haritası.....	110

Harita	Sayfa
Harita 5.10. 500 yıl yinleme dönemine sahip debinin oluşması anında Maçka'da su altında kalması muhtemel bölgeler.....	110
Harita 5.11. Çeşitli debilere göre Altındere yan kolunda Maçka'nın memba yerleşimleri için riskli bölgeler.....	111
Harita 5.12. Çeşitli debilere göre Altındere yan kolunda Maçka'nın mansap yerleşimleri için riskli bölgeler.....	112
Harita 5.13. Çeşitli debilere göre Değirmendere Nehri'nde Altındere ile birleşimden önceki yerleşimler için çeşitli riskler.....	113
Harita 5.14. Değirmendere nehir kolu ile Altındere yan kolu birleşiminden sonraki yerleşimler için oluşturulan risk haritaları.....	114
Harita 5.15. 1990 yılı taşkın debisi oluştuğunda Altındere yan kolu birleşim bölgesinde su altında kalması muhtemel alanlar.....	115
Harita 5.16. Nehir kollarının birleşim bölgesindeki kanalda Q_{500} ile 1990 yılı taşkın değeri olan $610 \text{ m}^3/\text{s}$ ' lik debinin oluşturacağı taşkın alanlarının karşılaştırılması.....	116
Harita 5.17. Nehir kollarının birleşim bölgesinde $677 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_{500}) (a) ile $610 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik (Q_{410}) (b) debilerin oluşturduğu su seviyeleri.....	116

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
c	Yüzey akış katsayısı
C_s	Çarpıklık katsayısı
g	Yerçekimi ivmesi
i	Eğim
n	Manning pürüzlülük katsayısı
Q_p	Pik Debi
T_r	Yinelenme periyodu
x	Rastgele değişken
μ	Ortalama
σ	Standard sapma
K	Frekans faktörü

Kısaltmalar	Açıklama
AGİ	Akım Gözlem İstasyonu
BAP	Bilimsel Araştırma Projeleri
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri

DEM	Digital Elevation Model
DHI	Danish Hydraulic Institute
DSİ	Devlet Su İşleri
EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FESWMS	Finite-Element Surface-Water Modeling System
GK	Gauss-Kruger
GPS	Global Positioning System
HD	Hidrodinamik
HEC	Hydrologic Engineering Center
HGK	Harita Genel Komutanlığı
HMS	Hydrologic Modeling System
LIDAR	Light Detection and Ranging
RAS	River Analysis System
SRTM	Shuttle Radar Topographic Mission
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
TIN	Triangulated Irregular Network
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS	World Geodetic System
YAMA	Yıllık Anlık Maksimum Akım

1. GİRİŞ

Türkiye'nin farklı meteoroloji, jeoloji ve topoğrafik şartları; deprem, taşkın, kuraklık, yangın, heyelan, erozyon, yıldırım gibi çeşitli doğal afetlerle karşı karşıya olmasına neden olmaktadır. Afetleri oluşturan doğa olaylarını önleyebilmek mümkün değildir, ancak afetlerden korunma önlemlerinin alınması, sonrasında oluşacak can ve mal kayıplarının azaltılmasına yardımcı olacaktır. Türkiye'de depremlerden sonra, en fazla can ve ekonomik kayıplara neden olan doğal afet türü taşkındır.

İnsanların hayatını devam ettirebilmesi için olmazsa olmaz olan su, doğrudan veya dolaylı olarak afetlere neden olmaktadır. Doğrudan oluşan durumlar göz önüne alındığında, suyun olmadığı durumlarda kuraklıkla, suyun aşırı olduğu durumlarda da taşkın, erozyon ve taşkın sularının beraberinde sürüklediği ve sular çekildikten sonra kalan sedimentasyon sorunları gibi olaylarla karşılaşılabilir. Dolaylı olarak ise baraj yıkılmasına, taşkınlardan sonra meydana gelebilecek salgın hastalıklara ve sınır aşan sular yüzünden milletlerarası çıkabilecek sorunlara neden olabilir. Suyun en fazla etki gösterdiği ve doğrudan neden olduğu doğal afet olan taşkınlar, bu çalışmada ele alınmaktadır.

Taşkın yatakları, yerleşim yeri olarak çoğu zaman insanlar tarafından tercih edilmektedir. Suyu yakın olmasından ötürü yeşil alan olabilen bu yerler aynı zamanda da düşük eğimli olduklarından ulaşılması kolay bölgelerdir. Ancak potansiyel olarak taşkınların neden olduğu zararlara maruz kalabilirler. Normalde bu bölgelerin yeşil alan olarak korunması, futbol sahası, mesire alanı, vb. gibi taşkın anında boş kalabilecek faaliyetler için ayrılması gereklidir. Ancak, taşkınlardan bütünüyle korunmak genellikle ekonomik açıdan uygulanamadığından, bu yapıların gerçekçi olarak projelendirilmesinde taşkın risk değeri dikkate alınmalıdır. Taşkın olayı her zaman meydana gelebilir. Bu olayı afete dönüştüren ise insan faktörüdür. Taşkın riski bulunan sahalarda önceden tedbir almadan yapılan kontrolsüz yerleşimler taşkın afetinin en önemli nedenlerindendir. Taşkınlar, hidrometeorolojik afet olarak çevreye ve insanlara en çok zarar veren afet türüdür ve Türkiye de dâhil

olmak üzere dünyanın pek çok yerinde önemli ölçüde can ve mal kaybına neden olmaktadırlar.

Özellikle son yıllarda küresel iklim değişikliği beklentisi nedeniyle su kaynaklarının yönetimi daha da önem kazanmaktadır. Sera gazlarının hızlı artışı, muhtemel bir iklim değişikliği tehlikesini de beraberinde getirmektedir. Akarsularda taşkınlara sebep olan yağışlar, ya hiç yağmamakta ya da birden çok fazla yağmaktadır. Yağışın olmadığı dönemlerde kuru dere gibi gözüken yataklara yerleşim yerleri inşa edilerek yatak genişliği azaltılmaktadır. Böylece yatak kapasitesinin üzerinde ve aniden oluşan debilerin kontrolü çok zorlaşmakta, can ve mal kaybıyla sonuçlanan büyük taşkın afetleri yaşanmaktadır. Bu yüzden, oluşabilecek taşkın debilerinin önceden belirlenmesi ve bu taşkınların oluşturabileceği tehlikenin önüne geçebilecek önlemlerin alınması gerekmektedir. Geçmiş yılların akım ve/veya yağış verileri istatistiksel çalışmalarla değerlendirilerek çeşitli tekerrürlere (yineleme dönemi) sahip taşkın debileri tahmin edilmeli ve fayda/maliyet açısından en uygun olan debiye göre akarsuların taşkın yatağı olabilecek bölgeleri tespit edilmelidir. Belirlenen taşkın sahaları kurak veya yağışlı hiçbir dönemde yerleşime açılmamalı ve yeşillendirilerek insanların hizmetine sunulmalıdır.

İnsanlar, taşkınların gözlendiği bu sahaların verimli topraklarından faydalanmak, bazı dik arazileri, buralardan daha düz arazi bulamadıklarından yerleşim yeri olarak kullanmak, suya yakın olmasından kaynaklanan diğer faydalarından yararlanmak amacıyla taşkın yataklarına yerleşimden vazgeçmek istememektedirler. Şu bir gerçektir ki; insanları bu taşkın sahalarından uzak tutabilmek için gerekli hukuksal önlemler alınamamaktadır.

Bu gibi durumlarda özellikle yerel yönetimlere, taşkınlara elverişli alanlara kullanım ruhsatı vermemeleri için, oluşabilecek felaketin görsel olarak daha iyi ifade edilmesi gerekmektedir. Bunu sağlamanın tek yolu da, gelişen teknolojiye yararlanarak taşkın bilgi sisteminin kurulması, tek bir elden risk yönetiminin gerçekleştirilmesi ve bu yolla mevcut hukuksal karmaşanın da önüne geçilmesidir. Bu konuda gerekli teknolojik altyapı oluşmaya başlamıştır. Ancak Türkiye’de gerek hidrometeorolojik

gerekse topoğrafik veriler yeterli miktarda değildir. Eğer taşkın sahalarının önceden belirlenebilmesi, gerekli analizleri yapılarak taşkın modellemesi yapılmak isteniyorsa öncelikle veri alt yapısının iyileştirilmesi gerekmektedir.

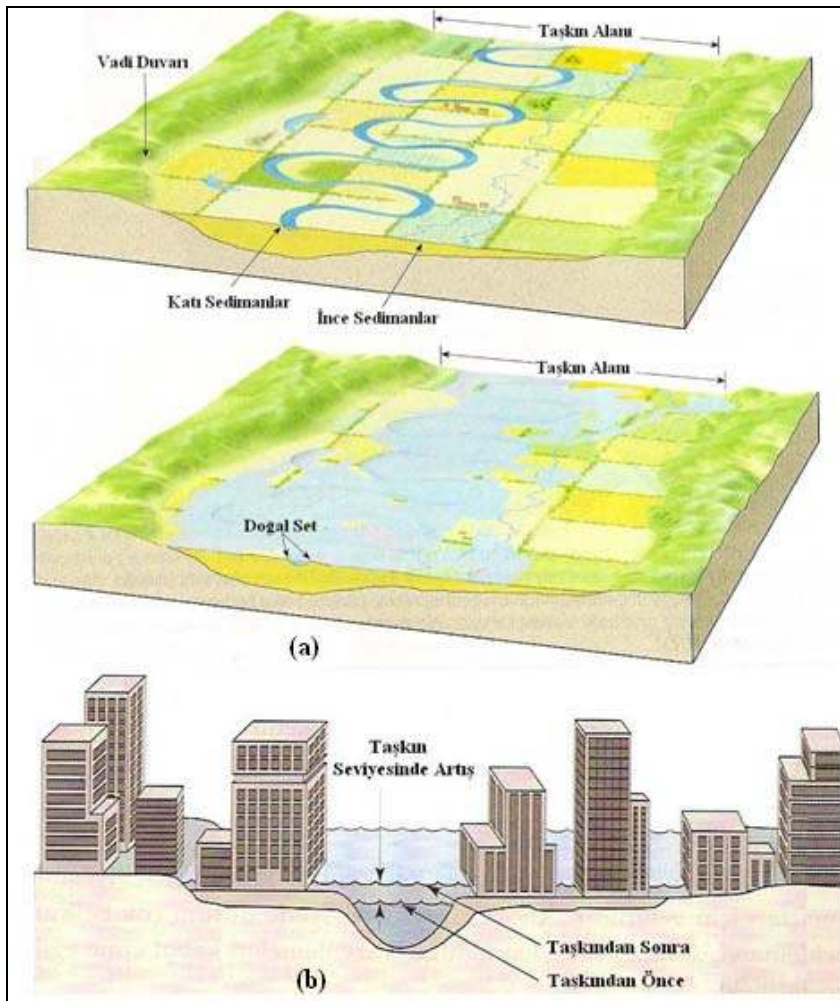
Risk yönetiminin sağlanabilmesi için, çeşitli yinelenme periyotlarına sahip debilerin oluşturacağı taşkınların etkilerinin en kolay şekilde ifade edilmesini sağlayan taşkın risk haritalarının oluşturulduğu bir model geliştirilebilir. Verilerin depolandığı ve arazi modelinin oluşturulduğu Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve su yüzü profillerinin tespit edileceği hidrolik modellerin bir arada kullanımıyla meydana getirilecek taşkın risk haritaları görsel anlamdaki boşluğu dolduracak çalışmalar olacaktır.

Bu çalışmada, Türkiye genelinde en fazla taşkınların meydana geldiği bölgelerden birisi olan Doğu Karadeniz'in Trabzon ilinde, Değirmendere Havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Taşkınlar etkileri, bir CBS yazılımı olan ArcGIS ve hidrolik analizlerin gerçekleştirildiği paket programlardan biri olan Hydrologic Engineering Center tarafından geliştirilen River Analysis System (HEC-RAS) ile modellenmektedir. Bu yaklaşım ile; ArcGIS yazılımı kullanılarak, topoğrafik haritalardan arazinin 3 boyutlu modeli ve çeşitli hidrolojik katmanları (drenaj alanı, nehir sistemi, alt havzaları, eğimi, bakışı, vs.) oluşturulmuştur. Bir sonraki aşamada gerçekleştirilen hidrolik analizler için ihtiyaç duyulan topoğrafik katmanlar (nehir profili, nehir kesitleri, pürüzlülükler, vs.) HEC-GeoRAS adındaki ara yazılım ile hazırlanıp HEC-RAS'a aktarılmış ve hidrolik analizler gerçekleştirilmiştir. Hidrolik analizler için gereken günlük debi değerleri, Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nden (EİEİ) temin edilmiştir. Günlük akım verileri ile değişik dağılım fonksiyonları kullanılarak noktasal taşkın frekans analizleri yapılmış ve gerekli istatistiksel uygunluk analizlerine tabi tutularak en uygun taşkın debileri belirlenmiştir. Ve bulunan debiler, HEC-RAS'a hidrolik analizlerin gerçekleştirilmesi için girilmiştir. Hidrolik analizlerin sonucunda ise çeşitli debi değerlerine göre tespit edilen su yüzü profilleri tekrar HEC-GeoRAS kullanılarak ArcGIS'e gönderilmiştir. Böylece su yüzü profilleri arazi modellerinin üzerine eklenmiş ve çeşitli senaryolar için taşkın risk haritaları hazırlanmıştır. Arazi

modelinin oluşturulduğu topoğrafik veriler; DSİ'den “Taşkın Analizinin Hidrolik Modelleme ile Belirlenmesi” konulu protokol kapsamında temin edilen 1/2000’lik haritalardan, Harita Genel Komutanlığı’ndan (HGK) Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi tarafından 06/2008-01 kodlu proje kapsamında elde edilen destek ile temin edilen 1/25000’lik haritalardan ve Global Positioning System (GPS) ile arazi çalışmalarında tespit edilen verilerin sayısallaştırılması ile oluşturulan haritadan meydana gelmektedir.

2. TAŞKIN OLAYI

Taşkınlar; akarsu taşkınları, dağlık alan taşkınları, kıyı ve şehir taşkınları gibi alt başlıklarda toplanabilir. Türkiye için en sık görülen ve en etkili türü akarsu taşkınlarıdır. Taşkın; bir yataktaki mevcut su miktarının, havzaya normalden fazla düşen yağmur ve/veya kar erimesinden dolayı hızla artması ile yatak çevresinde yaşayan canlılara, arazilere, mal ve mülke zarar vermesi olayıdır [1]. Bir yatakta debi normalinden fazla artarsa su artık nehir yatağına sığmayacak ve yandaki düzlüklere taşacaktır (Şekil 2.1). Bu alanlarda bulunan mevcut yapılar sular altında kalacak ve önemli ölçüde can ve mal kaybına neden olacaktır.



Şekil 2.1. Nehir taşkınlarının (a) arazide [2] ve (b) şehirde şematik gösterimi [3]

Dünyada 1980-2000 yılları arasında 90'dan fazla ülkede meydana gelen büyük taşkın afetleri 196 milyon insanı etkilemiş, yaklaşık 170000 kişinin hayatını kaybetmesine neden olmuştur [4]. Türkiye'de ise 1955-2009 arasında meydana gelen 2089 taşkın olayında 1360 kişi yaşamını yitirmiş ve 3 milyar dolardan fazla maddi kayıp oluşmuştur [5].

Taşkınların yaratacakları etkileri önceden belirlemek depremlere göre çok daha kolaydır. Fakat tam olarak ne kadar zarar görüleceği konusunda net bir bilgi verilemez. Eğer taşkın debilerinin ne kadar olacağı tespit edilebilirse bu taşkınlar modellenerek hangi seviyelere kadar önlem alınması gerektiği de belirlenebilir. Taşkınların hangi büyüklükte gerçekleşeceği mevcut hidrometeorolojik verilerden yapılacak istatistiksel çalışmalarla bilimsel olarak tespit edilebilir. Bu şekilde çeşitli yinelenme sürelerine sahip taşkınlar hesaplanır. Bulunacak taşkınların istatistiksel değerler oldukları unutulmamalıdır. Yani bu taşkınların eşit süre aralıklarında meydana geleceklerini beklemek doğru bir yaklaşım değildir. Uzun süreli tekerrür değerlerine sahip taşkınlar art arda oluşabilirler. Örneğin 200 yıllık yinelenme dönemli bir taşkın bir kez olduktan sonra tam 200 yıl meydana gelmeyeceğini düşünmek yanlıştır. Bunun yanı sıra; incelenen havzadaki veriler çok uzun süreli olsa da, elde edilen sonuçların geçmişi karakterize ettiği, geleceği de %100 yansıtmayacağı, yani sonuçların sadece bir olasılık dâhilinde geçerli olacağı bilinmelidir [6].

Ancak şu da bir gerçektir ki; gerek su yapılarını (köprü, menfez, baraj, regülatör, vb.) boyutlandırmak, gerekse oluşabilecek taşkınlara karşı önlemler (yapısal ve yapısal olmayan) alabilmek için, çeşitli yinelenme dönemlerine sahip debileri önceden tahmin etmek gereklidir. Bu da ancak istatistiksel dağılım fonksiyonlarının kullanımıyla mümkün olabilmektedir. Bu şekilde taşkın yatağı kullanımının riskini belirlemek ve çözüm olacak hidrolik yapıları tasarlamak mümkün olacaktır. Proje taşkını hesaplamasında iki farklı yaklaşım söz konusudur. Bunlar;



Yağış-akış gözlemleri arasındaki ilişkinin matematiksel olarak ifade edilmesiyle kurulacak bir bağıntı,

Yıllık maksimum akım değerlerinin istatistiksel analizlerde kullanılmasıdır.

Bu çalışma kapsamında taşkın frekans analizleri yapılarak olası maksimum taşkın değerleri çeşitli istatistiksel dağılım fonksiyonlarına göre bulunup, uygunluk analizleri yapıldıktan sonra olası maksimum taşkın değerleri belirlenmiş ve hidrolik modellemede bu değerler kullanılmıştır.

2.1. Taşkınların Oluşumunu Etkileyen Faktörler

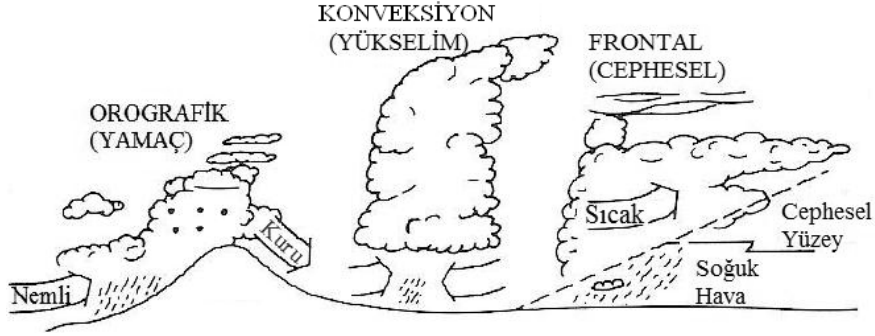
2.1.1. Taşkınları oluşturan doğal faktörler

Bir meteorolojik afet olarak giriş bölümünde tanımlanan taşkınlar, bu karaktere sahip doğal afet türlerinin (çığ, kuraklık, fırtına, yıldırım, don, sis, vb...) başında gelmektedir.

İklim Faktörleri

Taşkınların sebeplerini oluşturan etkenlerin başında iklim faktörleri gelmektedir. Bu faktörler; yağışlar, sıcaklık ve bunlara göre daha az etkili olan buharlaşma, rüzgâr, nem ve basınç olarak sınıflandırılabilir.

Yağışların şekli, şiddeti, süresi vb. özellikleri taşkın oluşumunu etkilemektedir. Taşkınları oluşturan yağışlar; yağmur, kar ve dolu olabilir. Yağışın taşkına etkisi yeryüzüne düştüğü an değil, akışa geçtiği an başlamaktadır. Taşkına sebep olabilecek şiddetli yağışlar, genellikle farklı hava kütlelerinin karşılaşım alanlarında görülen cephesel (frontal) yağış, nemli hava kütesinin bir dağ yamacına çarparak yükselmesi ve soğuması sonucu oluşan orografik (yamaç) yağışları ve ısınan havanın yükselerek soğuması sonucu oluşan konvektif (siklonik-yükselim) yağışlardır (Şekil 2.2).

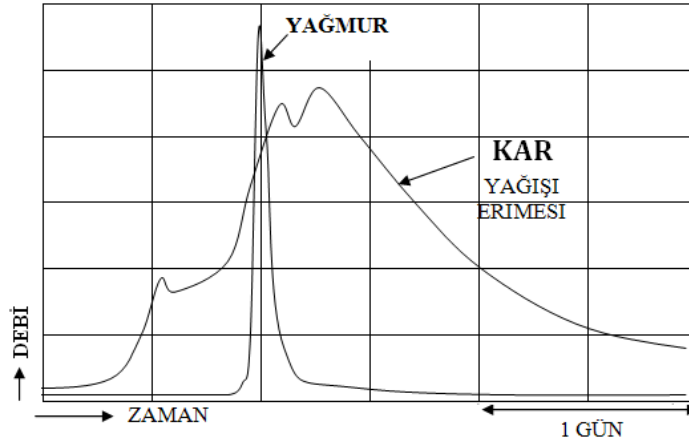


Şekil 2.2. Yağışın oluşum şekilleri [7]

Şiddetli yağışlar, havzaya düşen su miktarının normalden fazla olması ve oluşturduğu akım değerinin yatağın taşıma kapasitesinin üzerinde bulunması; yatak çevresindeki can ve mal kayıplarının daha sık şekilde meydana gelmesine sebebiyet vermektedir. Doğal olarak, yağışların şiddetinin yanı sıra süreleri de taşkınların oluşmasında önemli bir yere sahiptir. Yağış süreleri, yağış miktarları fazla olan bölgelerde, kurak iklim bölgelerine göre daha uzundur. Sabit şiddetteki bir yağışın süresi arttıkça, meydana getireceği taşkın da büyüyecektir. Drenaj alanının büyüklüğü, akımın toplanma zamanı, nehir kanallarının çatallanma oranı gibi diğer özelliklerine bağlı olarak, bir süre sonra dengeye ulaşır ve artık yağışın süresi sonsuz da olsa, taşkın hacmi büyümesine rağmen pik değerinde değişme görülmez. Hidrolik hesaplar, pik (maksimum) değer olan debi değerine göre yapılır ve taşkın anında oluşabilecek su yüzü profilleri tespit edilir.

Özellikle dağlık kesimlerde hızlı kar erimesi sonucu oluşan kuvvetli akışlar, drenaj sisteminin yeterli olmadığı durumlarda büyük taşkınlarla neden olmaktadır. Yağmurlardan meydana gelen taşkınlarla, kardan meydana gelen taşkınlar arasındaki en önemli fark, oluşturacakları hidrografların (debinin zamanla değişimini gösteren grafik) özelliklerinde gizlidir (Şekil 2.3). Yağmurdan meydana gelen taşkın hidrografında tepe noktası yani debinin maksimum olduğu değer yüksek, taşkın pikinin oluşma süresi kısarken, kardan meydana gelen taşkın hidrografında pik değerinin oluşma dönemi daha uzun zamana dağılmıştır. Yağmurdan meydana gelen akımlar aniden yüksek miktarda debilerin oluşmasına neden olsa da, kar erimesinden oluşacak akımların hacimleri çok daha büyüktür. Eğer bu iki durum beraber

oluşuyorsa (şiddetli yağmur + hızlı kar erimesi durumu) ve yan kollardaki seviyeler bu sebepten aynı anda yükseliyorsa, mansapta oldukça tehlikeli taşkınlar meydana gelecektir [8].



Şekil 2.3. Aynı havzada meydana gelebilecek farklı taşkın hidrografı

Dolu yağışının oluşturacağı taşkınlar ise; dolunun erime hızıyla ilgili olarak değişmektedir. Bunu etkileyen faktör ise ortamın sıcaklığıdır. Kara nazaran daha hızlı bir erime oluşacağından yüzey akışı daha fazla olacak ve taşkına, eşit miktarda yağdıkları durumda oransal olarak kardan daha fazla etkisi olacaktır.

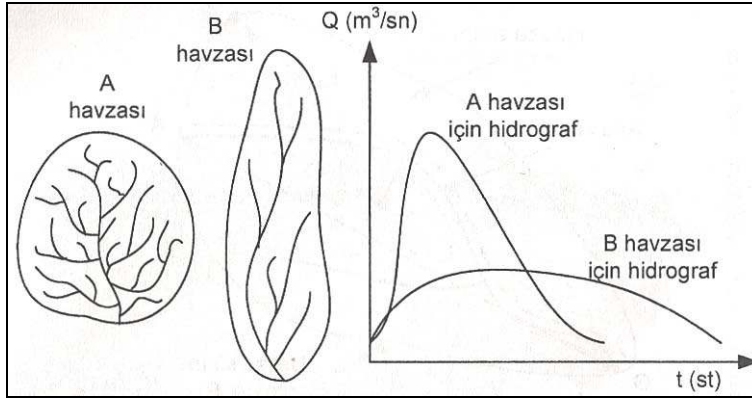
Taşkına etki eden diğer bir iklim faktörü de sıcaklıktır. Taşkın anındaki sıcaklık değişimi oluşacak yağışın türünü etkileyeceğinden meydana gelecek olan taşkın hidrografına etki etmektedir. Sıcaklık 0°C 'nin altına düştüğünde yağış türü genellikle kar olacaktır. Sıfırın üzerine çıktığında da dolu veya yağmur şeklinde olacaktır. Bu nedenle sıcaklık, oluşacak taşkın hidrografının şekline etki edecek ve özelliklerini tamamen değiştirecek, böylece akışa geçecek olan miktarı doğrudan etkileyici bir faktör olacaktır. Türkiye'de özellikle Mart-Nisan aylarında kısa zamanda havanın ısınmasına bağlı olan kar erimesi ve şiddetli yağışların birlikte meydana gelmesi ani taşkınlara neden olmaktadır. Bu durumda; taşkın pik değerine ulaşma zamanı düşük olduğundan, yüksek eğimli bölgelerin mansabında düşük kotlarda kalan yerleşim yerleri için tehlikeli durumlar ortaya çıkabilir.

Taşkını etkileyen bir diğer iklimsel faktör rüzgârlardır. Rüzgâr özellikle karın erimesindeki etkisiyle taşkını hızlandırmaktadır. Bunların yanı sıra basınç, nem gibi etkenler de taşkını dolaylı olarak etkiler.

Şiddetli yağışlar beraberinde erozyon ile sediment hareketini de getirecektir. Yaşanan toprak erozyonu yüzünden eğer önlemleri alınmazsa, sediment akarsu yatağına kadar sürüklenecek ve yatağın kesitini daraltacaktır. Böylelikle zaten mevcut akımı geçirmekte zorlanacak olan kanal daha da küçülecek ve taşkınların çevreye etkisi artacaktır. Katı maddeler (erozyonla sürüklenen irili ufaklı toprak malzemesi, kaya parçaları, köklerinden kopan veya kırılan ağaçlar, sokak malzemeleri, zaman zaman yağışın şiddeti arttıkça otomobil, kamyon gibi araçlar, vb.) özellikle nehir yataklarının üzerinde bulunan köprü, menfez gibi hidrolik yapıların memba tarafına birikerek iletim kapasitesini düşürürler. Bu tip su yapıları ve mendereslerin bulunduğu bölgelerde meydana gelen birikmeler taşkın suyunun göl veya denize erişmesini engeller ve taşan su seviyelerini arttırır. Dolayısıyla taşkının etkisinin daha fazla hissedilmesine neden olur.

Drenaj Alanının Şekli ve Büyüklüğü

Drenaj alanının şekli, oluşacak taşkının pike ulaşma süresini ve debisini etkileyen doğal faktörlerden birisidir. Havzanın mansabında meydana gelecek bir taşkının hidrografi incelenirse, aynı alana sahip iki drenaj alanından, ince uzun olanda oluşacak taşkının toplanma zamanı daha uzundur, kısa ve tıknaz olanda ise daha kısadır. Uzun havza için taşkın debisi havzanın çıkışına daha geç ulaşacağı için zamana yayılır ve maksimum değeri daha küçük olur, kısa ve yuvarlak özellikteki alanda ise pik değere ulaşma süresi toplanma zamanından ötürü daha kısa olacaktır (Şekil 2.4). Drenaj alanının çok büyük olması da debinin büyüklüğünü ve taşkın hacmini arttırmaktadır.



Şekil 2.4. Drenaj alanı şeklinin hidrografın şekline etkisi [9]

Zeminin Doygunluğu

Önceki yağışlar sırasında zemin yeterince nem doygunluğuna ulaşmış ise, üzerinde akışa geçen suyun çok az bir kısmının süzülmesine müsaade eder. Örneğin, az yağışlı ve sıcak bir sonbahar geçiren bir bölgede, ilkbahardaki yağmur ve kar erimesi sonucunda yüzeyde akışa geçen su, doygunluk derecesi düşük olan zemin içerisine daha fazla süzülür. Buna karşın, sonbaharın serin ve yağışlı geçmesi durumunda ise yüzey akışı daha fazla olacak ve zeminin doygunluğu, taşkınlar açısından olumsuz bir faktör olarak ortaya çıkacaktır [10].

Bitki Örtüsü

Topoğrafyayı kaplayan bitki örtüsü, suyun akışını yavaşlatan ve zemin içerisindeki suyu bünyesine alarak azaltan, bu nedenle taşkınların etkisinin azaltılmasında kullanılan olumlu bir faktördür. Ancak drenaj havzasında yetersiz bitki örtüsü varsa, yağıştan süzülen miktar az olacağından taşınan miktarın boyutu artacaktır. Bu da yataktaki su seviyesini artırıcı bir etken olacaktır. Bu tip havzaların memba kesimlerinde ağaçlandırma çalışmaları ve depolamalı tesisler yapmak alınması gereken önlemlerden bazılarıdır.

Eğim

Suyun zemin üzerindeki hızı süzülme miktarını doğrudan etkiler. Drenaj alanının eğimi ise yüzey akışının hızını kontrol etmektedir. Bu nedenle, drenaj alanının

eğiminin yüksek olması, hızı arttırır, süzülmeyi azaltır ve nehir yatağına ulaşacak su miktarının daha fazla olmasına neden olur. Bunun için, yamaçlarda eş yükselti eğrilerine paralel teraslama yapılmalı ve suyun doğrudan hızla aşağıya inmesinin önüne geçilmelidir.

Deniz Seviyesinden Yükseklik

Yağışın hangi oranda kar veya yağmur olacağı konusunda da drenaj alanının deniz seviyesinden yüksekliği önemlidir.

Drenaj Alanının Depolama Kapasitesi

Drenaj alanında bulunan boşluklarda yapılacak yüzey depolamaları taşkın debisinin pik değerinde önemli ölçüde düşüşe neden olacaktır. Bunun yanı sıra jeolojik yapısı karstik olan mağara vb. yapılar ise oluşan akışın bir müddet depolanmasını veya farklı bir yerden çıkmasını sağlayacak ve taşkın etkisini azaltacaktır. Sonuç olarak havza depolaması hem yüzey üzerindeki çukurlarda oluşabilirken, hem de yer altı sularında depolanabilir veya yüzey altı akış ile farklı bir bölgeye transfer edilebilir.

Bunların yanı sıra akarsu yatağının şekli, kollarının sıklığı, yeraltı akiferinin kapasitesi, zeminin killi veya geçirimli bir malzemeden oluşması de taşkını etkileyen doğal faktörlerdendir.

2.1.2. Taşkınları oluşturan insani faktörler

Taşkın afetinin oluşmasında insan etkisinin de önemi büyüktür. Doğal meteorolojik ve jeolojik şartlar oluşmadığı durumda taşkın beklenmez. İnsan müdahalesi, taşkın afete dönüşmesine sebep olan en önemli etkidir. Örneğin; taşkın yatağına yapılan kontrolsüz yerleşimler, havzanın memba bölgelerindeki izinsiz kentleşme ve bunun doğal sonucu olarak orman ve bitki örtüsünün yok edilmesi, hatalı arazi kullanımı gibi faaliyetler bu müdahalelerdendir. İzmir’de 1995 yılı Kasım ayının ilk haftası, 108 mm/gün’lük yağış ve 123 km hızla esen rüzgâr koşullarında meydana gelen taşkın olayında 57 kişi ölmüş ve 1000’den fazla ev de yıkılmıştır. Yapılan

incelemelerde, taşkınının verdiği ağır zararın asıl sebebi olarak şiddetli yağış değil, yanlış ve plansız yerleşim olduğu sonucuna varılmıştır ki; asıl afeti nehir yataklarına yapılan ve şehir planında bulunmayan evler yaşamıştır [11].

Kentleşme

İnsanların drenaj alanları üzerine ve özellikle taşkın yataklarına yaptıkları evler, yollar, vb. yapılar (Şekil 2.1.b), eskiden toprak veya bitki örtüsü bulunan bu yerlerde artık çatı veya beton yapıların olmasına sebep olmaktadır, bu yüzden geçirimli yüzeyler azalmaktadır ve yüzey akış miktarında artış meydana gelmektedir. Rasyonel metot denklemindeki ($Q=C.i.A$) C yüzey akış katsayısının hızla artması ve bu sebeple yağıştan akışa geçen miktarın büyümesi, kontrolsüz kentleşme faaliyetlerinin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

Orman ve Bitki Örtüsünün Yok Edilmesi

Bu müdahaleler nedeniyle, geçirimsizlik katsayısı düşmekte, toprağın mukavemeti azalmakta ve erozyon oluşmaktadır. Toprak erozyonu yüzünden nehir yatağındaki katı maddeler artmaktadır, köprü ve menfez yerleştirilmiş kesitlerde, katı maddelerin artmasıyla kesit küçülmektedir ve taşkın riski artmaktadır. Ayrıca proje sahasında özellikle şehir kesimlerinde akımın yön değiştirdiği bölümlerde biriken katı maddeler, taşkın sırasında suların nehir yatağından taşmasını kolaylaştırıp, kupların mansabında bulunan yerleşimlerin taşan sular altında kalmasına neden olmaktadır.

Baraj Yıkılması

İnsan müdahalesi başlığı altında her zaman olumsuz örnekler vermek yanlış olacaktır. İnsanlar tarafından inşa edilen barajlar, tasarlama aşamasında taşkın kontrolü için yeterli hacim bırakıldığı takdirde, taşkın kontrolünün sağlanması için büyük önem taşımaktadırlar. Gelen taşkın, barajlarda depolanır ve maksimum değeri düşürülüp taban süresi uzatıldıktan sonra, zaman kazanılarak mansaba iletilmektedir. Yani taşkın ötelenmesi gerçekleştirilir. Barajlar, nehir yatağında gelen sedimenti de tutarak mansapta daha düzenli akım şartları oluşmasını sağlamaktadır. Barajlar gibi diğer

depolamalı hidrolik yapılar da bu sınıflandırmaya dâhil edilebilir. Barajlarda, borulanma (dolgunun sızma ile mukavemetini kaybedip su ile birlikte harekete geçmesi) ve suyun baraj üzerinden aşması gibi yine tasarımındaki insan kaynaklı hatalardan meydana gelebilecek yıkılmalarla da karşılaşılabilir. Bu durumda büyük depolamaya sahip olacak barajın veya yüksek bir tersip bendinin mansabındaki yapılar ciddi şekilde taşkın tehlikesi taşırlar. Örneğin; 15 Temmuz 2009 günü Artvin-Şavşat'ta Tigrat Deresi üzerindeki 3 bent, insan kaynaklı faktörler (projelendirmede ve yapımındaki eksiklikler) nedeniyle yıkılmış ve depolanan suyun birden boşalarak dere yatağına sığmamasından, dere kenarındaki bir evin yıkılmasına neden olmuştur. Bu yüzden 5 kişi hayatını kaybetmiştir.

Hatalı Arazi Kullanımı

Arazinin eş yükselti eğrilerine paralel sürülmemesi, teraslanmaması, bitkilerin ekilişinde düzgün sıralama yapılmaması, tarım alanlarının nadasa bırakılması gibi arazi kullanım örnekleri de taşkın zararlarını arttırıcı yönde etki gösterirler.

2.2. Taşkın Zararları

Taşkın zararları, birincil yani doğrudan meydana getirdiği zararlar ile ikincil zararlar olarak iki grupta incelenebilir.

Taşkınların meydana getirdiği birincil zararların en önemlisi can kaybıdır. Bunun yanı sıra evlerin yıkılması, hayvanların telef olması, eşyaların kullanılamaz hale gelmesi büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Ayrıca içme suyu şebekelerinde oluşacak tahribatlardan dolayı ortaya çıkan kirlenme sorunu ile içme suyunun kullanılamaması ve köprü, menfez gibi yapıların kullanılamaması dolayısıyla taşkın bölgelerine erişimin kesilmesi taşkınların doğrudan oluşan diğer zararlarındandır. Afet yerleşimlerinde 2009 fiyatlarıyla bir evin maliyeti yaklaşık 37500 \$ olarak alınmaktadır [5]. Ekonomik kayıp bugünün parasıyla hesaplanmaya çalışıldığında Türkiye'nin taşkınlar nedeniyle son elli yılda 3 milyar dolar civarında bir kaybı olduğu görülmektedir. Türkiye'de, 1955 yılından 2010 yılı başlangıcına

kadar 2189 tane önemli taşkın olayında 1427 kişi yaşamını kaybetmiştir. Sadece 2009 yılında 100 tane büyük taşkın olayı, 67 insanın hayatını kaybetmesine ve yaklaşık 500 milyon TL maddi kayba neden olmuştur [12]. Bu değerler, taşkınların, özellikle son yıllarda daha etkili olduğunu göstermektedir. Maddi kayıplar zaman içerisinde ortadan kaldırılabilir, insanların ihtiyaçları karşılanabilir ve her zaman olduğu gibi sonradan gerekli tedbirler alınabilirse de, mümkün olmayan şey can kayıplarını geri getirebilmektir. Zararları minimuma indirebilmek için taşkınlar yaşanmadan evvel, taşkın alanları daha iyi tanımlanmalı ve bu amaçla modelleme çalışmaları yapılarak riskli bölgeler belirlenip, gerekli yapısal ve yapısal olmayan önlemler alınmalıdır. Bu tez çalışmasında çeşitli büyüklükteki taşkınların alansal dağılımlarının belirlenebilmesi için CBS ve hidrolik modellerden faydalanan bir yöntem kullanılmıştır.

Taşkınlardan dolayı oluşacak zararlardan bir diğeri ise, insanlar dışındaki diğer canlıların yani bitki ve hayvanların yaşam yerlerinin zarar görmesi ve yok olmalarıdır.

Taşkınların ikincil zararları olarak; insanların kaybettikleri varlıklarından ötürü sosyo-ekonomik olarak yaşadıkları sıkıntılar (insanların işsiz kalması, sigorta ücretlerinin artması, vb.), doğal yaşamın etkilenmesinden dolayı oluşan erozyon ile verimli toprakların kaybedilmesi buna bağlı olarak ilerleyen dönemlerde kuraklık oluşması, taşkın sonrası oluşabilecek salgın hastalıklar vb. örnek olarak verilebilir.

Taşkınlar ve oluşan erozyon ile görülen sediment hareketleri, özellikle taşkından etkilenen yerleşim ve tarım alanlarında daha büyük tahribatlar meydana getirmekte ve bu sahaların gelirinin azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, uzun uğraşlarla ve yüksek maliyetlerle yapılan barajların ölü hacimleri artmaktadır. Barajların ekonomik ömürlerinin azalmasının yanı sıra, her yıl milyonlarca m³ verimli toprak denize taşınarak tarım arazileri çoraklaşmaktadır.

2.3. Taşkınlara Karşı Alınabilecek Önlemler

Taşkınlarda oluşacak zararlar, debiye ve su altında kalan alanların miktarına bağlıdır. Taşkınların neden olacağı zararları önlemek için alınacak önlemler ise iki başlıkta toplanabilir [13]:

- *Yapısal Önlemler:* Yapıların taşkından zarar görmeyecek hale getirilmeleri, biriktirme (baraj) hazneleri, seddeler, bentler, derivasyonlar, ayırık sistem kanalizasyonlar ve yatak düzenleme yapıları vb. gibi önlemlerdir.
- *Yapısal Olmayan Önlemler:* Taşkını önceden tahmin ederek uyarıda bulunulması ve risk taşıyan bölgelerin bir an önce boşaltılmasını sağlamak, taşkın yöresindeki insanların eğitimi, taşkın yataklarına yerleşimin önüne geçilmesi ve bu yatakların rekreasyonel amaçlı kullanılması, hatalı arazi kullanımı önlenerek erozyon ve buna bağlı olarak sediment kontrolünün sağlanması, taşkın sigortası, vb. önlemler sayılabilir.

2.3.1. Yapısal taşkın önlemleri

Yapısal önlemlerden, baraj gibi depolama haznesi büyük biriktirme yapıları; hem sulama, elektrik üretimi, içme suyu temini, rekreasyon, ulaşım vb. için kullanılırken hem de taşkın kontrolü için kullanılabilir. Bazı bağlama yapıları da kapaklı yapıldıklarından, kapakların işletmesi doğru yapıldığı takdirde kısmi taşkın kontrolü için kullanılabilirler. Barajlar planlanırken taşkın öteleme konusu da düşünülür ve buna göre projelendirilirler. Baraj haznelerinde, gelebilecek taşkın riski düşünülerek yeterince hacim, taşkın enerjisini kırmak ve ötelemek için boş bırakılır. Barajların dolusavakları da kapaklı yapılırsa, taşkın ötelemesi için kapakları da kullanabilmek mümkündür. Bu sayede, kontrollü biçimde taşkınlardan korunma sağlanabilir.

Barajlar sadece taşkını değil aynı zamanda katı maddeleri de tutarlar. Katı maddeler, taşkınla birlikte yerleşim yerlerine taşındığında, köprü ve menfez gibi yapıların memba girişinde birikerek, hidrolik geçirimsizlik değerlerinin azalmasına ve taşkın

etkisinin artmasına neden olurlar. Taşkınların nedenlerinde ele alınan kentleşme, orman ve bitki örtüsünün yok edilmesi gibi aynı zamanda erozyona da yol açan nedenlerden dolayı artan katı madde taşınımının, ancak baraj gibi büyük depolamalı yapılarla önüne geçilebilir.

Seddeler taşkını kontrol eder ve suyun yatağında akmasını sağlar. Bu sayede sedde dışındaki yerleşimleri koruyabilirler. Özellikle bazı yörelerde yatağın her iki tarafındaki seddelerden sonra boş düzlükler bırakılabilir, bu sayede ıslak alan miktarı artırılır ve taşkın korumada daha etkili bir çözüm üretilebilir. Ancak Türkiye’de Doğu Karadeniz Bölgesi gibi oldukça dar vadilere sahip yerlerde bu alternatif bulunmamaktadır. Seddelerin şehir yerleşimlerinde veya yol kenarlarında çok yüksek yapılmaları, içlerine düşme olasılığı düşünüldüğünde çok riskli olabilir. Gereğinden fazla yüksek yapılacak seddeler ekonomik olarak da ek yük getirecektir. Seddelerin en uygun boyutlarının belirlenebilmesi için muhtemel taşkın sularının oluşacağı kotların ve alansal dağılımının belirlenmesi gerekir. Bunun yanı sıra, dar kesitte yüksek bir sedde ile suyun hızının arttığı durumlarda brit, tersip bendi gibi hız kırıcı enine yapılar yapılmalıdır. Ayrıca, seddenin yüksekliği arttıkça, daha düşük kotta kalan yerleşim yerleri yüzey akışı ile yüksek yamaçlardan gelen sular altında kalabilir. Nitekim son yıllarda bu tip su basma olayları ile sık sık karşılaşmaktadır. Taşkın yataklarında bulunan bu yerleşimlere yapım izni verilmemeli, yapılmış olanlar ise kaldırılmalıdır. Seddelerin yıkılması durumu, özellikle yerleşim yerlerinde felakete yol açabilir, bu yüzden güvenlik katsayısı yeterli olacak şekilde tasarlanmasına dikkat edilmelidir.

Özellikle sedde ile taşkından koruma yapılan yerlerde temelden sızma etkisini azaltmak için drenaj yapılarının da iyi çalışması gerekmektedir. Bunun yanı sıra taşkın anında gelen debinin azaltılması için belirli bir taşkın debisi yönü çevrilmek suretiyle farklı yönlere gönderilebilir, bu da ancak derivasyon ve/veya yan kanal gibi yapılarla mümkündür. Tez çalışmasının uygulama alanı olan Maçka’da bu tür bir önlem bulunmaktadır. Maçka ilçesinin içerisinden geçen Altındere’nin memba kesimlerinden Galyan nehir koluna tüne şeklinde tasarlanan bir yan kanal açılmıştır. Bu kanalın amacı, hem Galyan Nehri’nin üzerindeki Atası Barajı’na su temin etmek,

hem de taşkın anında barajın depolama özelliğinden yararlanarak Maçka ilçesine gidecek taşkın debisinin azaltılmasını sağlamaktır. Bu önlemlerin yanı sıra; sel kapanları, tersip bentleri, brit, anroşman taş dolgu gibi yapısal önlemlerle, taşkın olumsuz etkileri azaltılabilir. Özellikle tersip bentleri ve britler, dere yatağının eğimini azaltarak daha düzenli akım şartlarının oluşmasını sağlarlar. Tersip bentleri ile taşınan katı maddeler tutularak akım şartlarında iyileşme meydana getirilir. Britler ise katı madde taşınımının daha az olduğu doğal yataklı nehirlerde tercih edilir ve suyun enerji hattı eğimini düşürerek yatak tabanında ve kıyı kenarlarında oyulmanın önüne geçilmesi sağlanır. Tersip bentlerinin yükseklikleri zorunlu olmadıkça 2 m'yi aşmamalıdır, bu yüksekliklere ulaştığında düşü havuzu boyutları da çok yüksek çıkacaktır. Britlerde bu yükseklik çok daha az olduğundan katı madde depolama gibi bir işlevi bulunmamaktadır [14].

Taşkın anında evlere dolan suyun kendi başına yaratacağı en büyük etki o evi yıkması durumudur. Ancak, evlere dolan taşkın suyunun çekildikten sonra arkada bırakacağı çamur yığınları hem evleri kullanılamaz hale getirmektedir hem de salgın hastalıklara yol açmaktadır. Bu yüzden taşkın ötelenmesi için kullanılan barajlar, bentler ve yatak düzenleme yapıları, taşkın beraberinde sürüklemekte olduğu katı maddeleri de tutacağından taşkın etkisini bir başka açıdan da azaltmış olacaktır.

2.3.2. Yapısal olmayan taşkın önlemleri

Yapısal olmayan önlemlerden en önemlisi taşkın yaşanabilecek yerlerin önceden uyarılmasını sağlayıcı erken uyarı sistemlerinin kurulmasıdır. Bu sistemin kurulabilmesi için riskli bölgelerin önceden modellenmesi ve çeşitli taşkın simülasyonlarının gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir. Bu sayede meteorolojik tahminlere göre ne kadar yağış alacağı belli olan bir bölgenin nasıl bir taşkın tehlikesi ile karşı karşıya kalacağı belirlenebilir ve riskli yerleşimler önceden uyarılarak gerekli önlemler alınabilir. Örneğin Batı Karadeniz'de 2009 yılında yaşanan bazı taşkınlar erken uyarı sistemi ile belirlenmiş, halka duyurulmuş ve yaşayanlar, riskli bölgeleri taşkından önce terk etmiştir. Bu sayede herhangi bir ölüm vakası gözlenmeden bu taşkınlar atlatılmıştır. Taşkın oluşma süresi daha

erken olan yerlerde de bu tür önlemler acilen alınmalı ve uygulanmalıdır. Bu yüzden bir taşkın bilgi sistemi oluşturulmalı ve tek bir koordinasyon merkezinden bu yönetim sağlanmalıdır.

Taşkınlar daha önce de söylendiği gibi doğa olaylarıdır, önlemleri alınabildiği takdirde afetin boyutu küçültülebilir. Bu konuda en büyük sorumluluk insanlara düşmektedir. Bilinçsizce taşkın yataklarına yapılan yerleşimlerin önüne geçebilmek için yaptırımlar uygulamak yerine öncesinde insanlar, taşkın ve etkileri konusunda eğitilmelidir. Nasıl bir tehlike ile karşı karşıya kalacakları modellerin sonuçları ile görsel olarak ifade edilmelidir. Bu yolla insanları taşkın yataklarından çıkarmak daha kolay olacaktır. İnsanların taşkın yataklarındaki evlerini yıkmak başlı başına bir çözüm değildir, onlara yeni oturma alanları oluşturulmalı ve bu yerlere yerleştirilmelilerdir. Böylece daha güvenli yerleşimlere kavuşmuş olacaklardır. Bu uygulamada en önemli kriter, taşkın alanlarının tespiti olacaktır. Bu tez çalışmasında kullanılan ve belki de en güvenilir olan yöntem, CBS ve hidrolik modellerin uyumu ile hazırlanan simülasyonlarla taşkın alanlarının tespiti. Bu yolla farklı senaryolara ait taşkın risk haritaları üretilecek ve yöreye göre en uygulanabilir olan seçenek seçilip taşkın riski taşıyan bölgeler belirlenmiştir. Yapılan teknik çalışmalar sonucu belirlenen riskli bölgelere, yerleşim yeri olabilmesi konusunda izin verebilen bir sistem oldukça, ne yazık ki taşkınlar afet olmaya devam edecektir. Bu konuda, oluşması muhtemel büyük zararlarının önüne geçilmesi için tüm düzenlemeler yapılarak şu an var olan yasal boşluklar ortadan kaldırılmalıdır.

Taşkın riski taşıyan bölgeler 50, 100, 200, 500 yıl gibi farklı yinleme dönemlerine sahip debilere göre belirlenebilir. Ancak her zaman en büyük risklere göre taşkın yatakları belirlenip, bölgenin kullanımı tamamen engellenemez. Bu seçenek ekonomik olarak mümkün değildir. Ekonomik olmadığı için aynı zamanda mühendislik de olmaktan da çıkar. Her havza için uygulanabilir senaryo tespit edildikten sonra taşkın alanı bu haritaya göre boşaltılsa dahi, yine de risk taşıyan yerler bulunacaktır. Bu aşamada önlemlerden biri olarak taşkın sigortalama seçeneği öne çıkacaktır. Taşkın sigortaları şu an kendi başına uygulanan bir yöntem değildir ve başka bir sigorta poliçesi içerisinde geçen bir maddedir. Taşkın sigortası da

deprem sigortası gibi zorunlu hale getirilmeli ve riskli bölgelerde acilen uygulanmalıdır. Halkın eğitiminde taşkın sigortası yaptırma konusu bulunmalı ve uygulaması sağlanmalıdır.

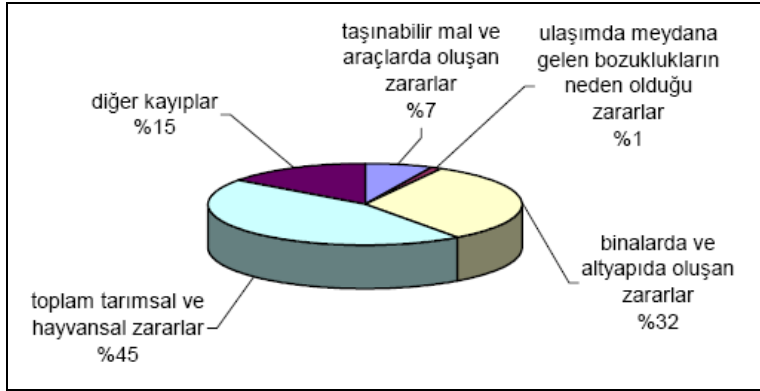
2.4. Taşkınların Kronolojisi

Taşkınların önlenmesi, zararlarının en aza indirgenmesi için tüm çalışmaların yapılması gerekmektedir. Buna rağmen şu an dünyanın gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkesinde zarar anlamında en büyük paya sahip olan doğal afetlerin başındadır.

Özellikle gelişmekte olan ülkeler, taşkınlardan çok daha fazla etkilenmektedir. Bunun nedeni, sele karşı daha hassas olan taşkın ovalarının, alçak kıyı alanlarının ve vadi tabanlarının insanlar tarafından yerleşim alanı olarak seçilmesi ve taşkına karşı yeterli önlemlerin alınamamasıdır. Bu ülkelerdeki hızlı nüfus artışı ile önlemlerin alınması için gerekli ekonomik altyapı ve teknolojik imkânların kısıtlı olması, taşkınların zararlarını arttırmaktadır.

2.4.1. Türkiye’de meydana gelen taşkınlar

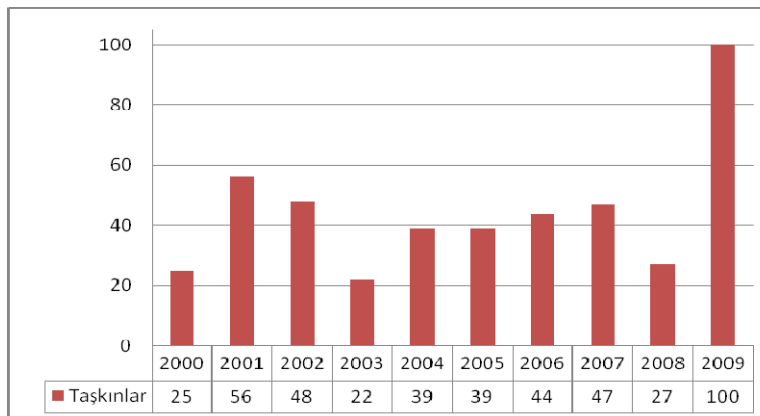
Taşkınlar, Türkiye’de depremlerden sonra en büyük ekonomik kayıplara neden olan doğal afettir. Mevcut envanter verileri itibari ile taşkınlardan kaynaklanan ekonomik kayıp son 10 yılda her yıl için ortalama 260 000 000 ABD Doları’na ulaşmaktadır. Buna karşın taşkınların kontrolü ve zararlarının azaltılmasına yönelik olarak genelde yapısal önlem olarak sürdürülen projeli faaliyetler için ayrılan yatırım miktarı ise yılda ortalama 30 000 000 ABD doları civarındadır [15]. Ekonomik kayıpların sektörel bazda dağılımları incelendiğinde, taşkın zararlarından en fazla etkilenen sektör tarım ve hayvancılık (%45) iken, daha sonra bina ve altyapılarda oluşan zararların (%32) gelmekte olduğu görülecektir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Taşkın zararlarının sektörel sınıflandırılması [15]

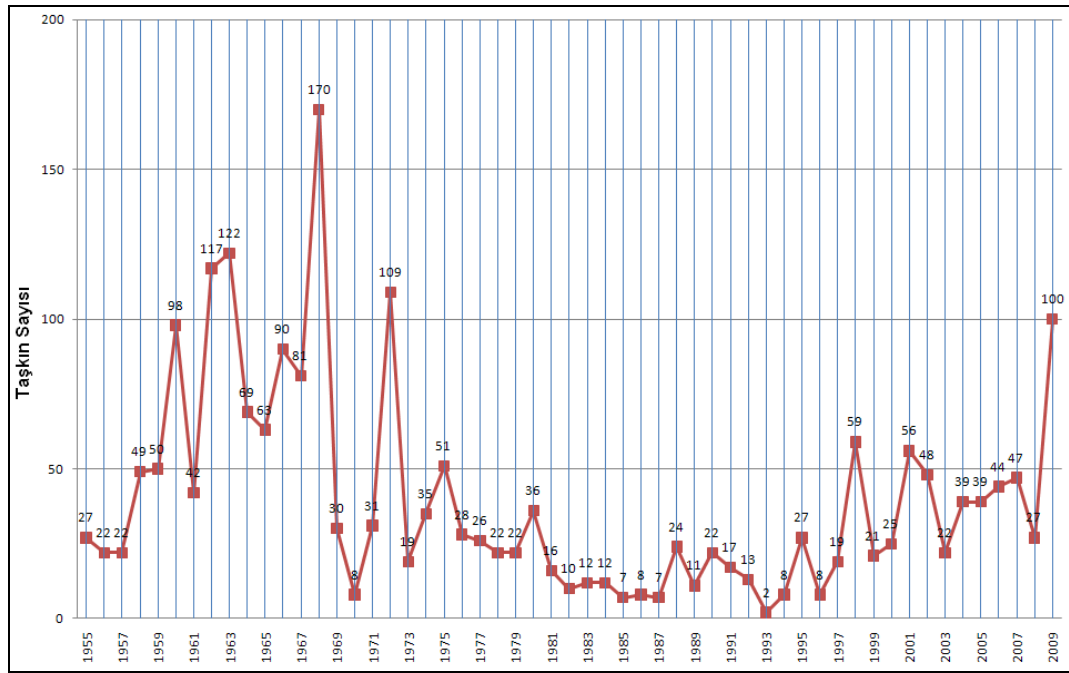
Taşkın afetlerinin yalnızca meteorolojik sebeplere bağlı olarak ifade edilmesi mümkün değildir. Özellikle Türkiye gibi ekonomik olarak gelişmekte olan ülkelerde, sanayileşme ve sektör çeşitliliğinin beraberinde getirdiği kentleşme faaliyetleri ile havzalarının çeşitli kesimlerindeki insan faaliyetleri nedeniyle, taşkın afetlerinin çeşitliliği ve yoğunluğu büyük ölçüde artmaktadır.

Taşkın afetleri özellikle son 10 yılda doğrusal bir artış veya azalış göstermemektedir. (Şekil 2.6). Dolayısıyla insanlar bazı seneler kuru dere gibi davranış gösteren nehir yataklarını işgal edebilmekte ve taşkın olmayacağını düşünmektedirler. Son 35 yılın verileri incelendiğinde ise, Türkiye’de meydana gelen önemli büyüklükteki taşkın afetlerinin son 10 yılda bir artışa sahip olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 2.7). Artan nüfus koşulları nedeniyle taşkın yatakları işgal edilmekte ve yasal boşluklar nedeniyle taşkın arazilerindeki yerleşimlerin sayıları artmaktadır.



Şekil 2.6. Son 10 yılda Türkiye’de yaşanan büyük taşkın sayıları

1955-2010 döneminde en fazla can kaybına yol açan taşkın afeti 1957 yılı Eylül ayında Ankara'nın Hatip çayı vadisinde yaşanmış ve 185 kişinin ölümü ile sonuçlanmıştır [15]. Son meydana gelen büyük taşkın afetinde 08-09 Ağustos 2009 günlerinde İstanbul ve çevresinde yaklaşık 40 can kaybı yaşanmıştır. Bu afet ile oluşan ekonomik kayıp ise 300 000 000 \$ civarındadır. Bu kayıp, Türkiye'de ekonomik kayıpların arttığı son 10 yılın ortalama yıllık değerinden de (260 000 000 ABD Doları) fazladır (Çizelge 2.1). Türkiye'de kırsal alandan büyük şehirlere yaşanan göç ile şehirler daha da büyümekte ve plansız yerleşimlerin sayısı artmaktadır. Yeterince önlem alınmadığı takdirde az sayıda yaşansa bile taşkınların meydana getireceği afetlerin boyutu artacaktır ve daha fazla can kaybı yaşanacaktır.

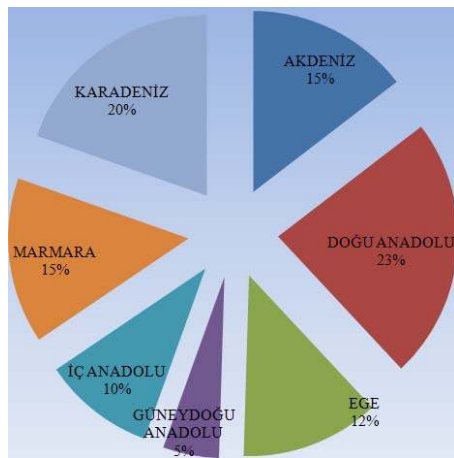


Şekil 2.7. Türkiye’de 1955 ile 2009 yılları arasında yaşanmış önemli zararları olan taşkın sayıları

Çizelge 2.1. Türkiye’de 1955-2009 döneminde meydana gelen taşkınların karakteristikleri

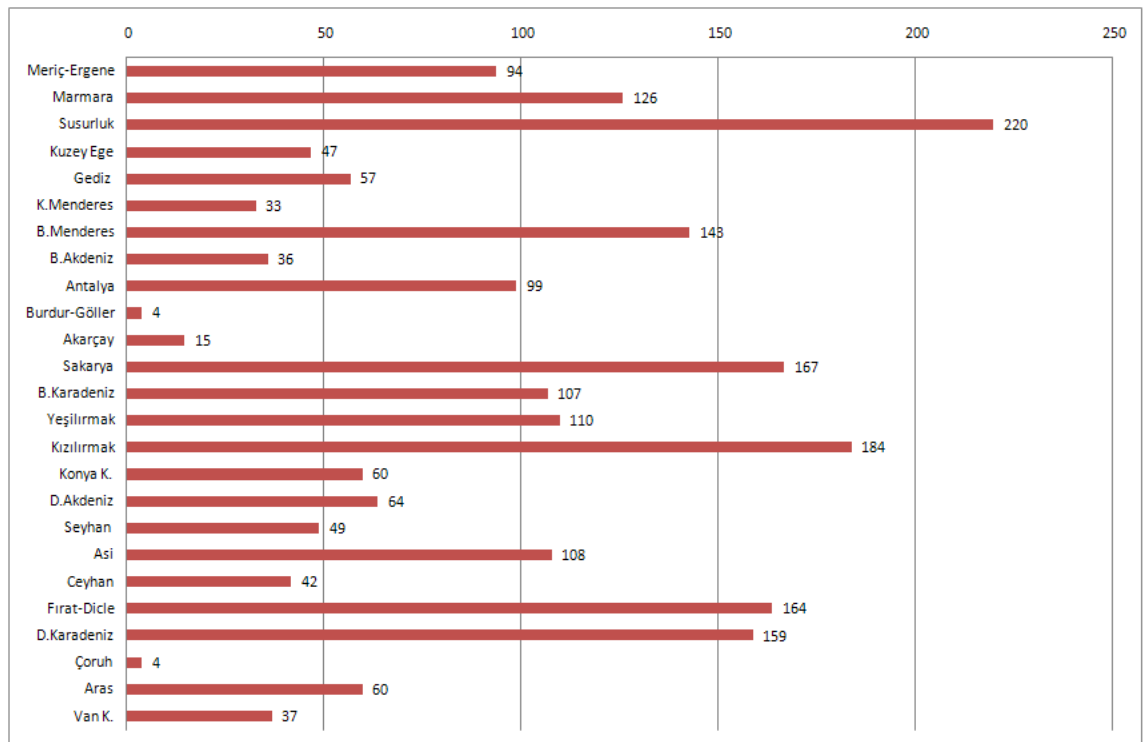
Yıl	Taşkın Sayısı	Ölü	Zarar Gören Alan (Ha)	Maddi Kayıp(\$)	Yıl	Taşkın Sayısı	Ölü	Zarar Gören Alan (Ha)	Maddi Kayıp(\$)
1955	27	-	86675	3 122 733	1983	12	6	1588	21 154 159
1956	22	90	178668	11 324 144	1984	12	-	28457	2 602 760
1957	49	190	61266	20 276 255	1985	7	-	300	211636
1958	22	13	49336	7 617 225	1986	8	-	-	-
1959	50	17	21954	11 564 586	1987	7	-	915	1 275 708
1960	98	1	78123	12 370 351	1988	24	17	3910	10 030 206
1961	42	24	45860	15 510 580	1989	11	1	9550	3 252 309
1962	117	15	94014	16 423 257	1990	22	56	5508	207 616 671
1963	122	25	191983	35 255 747	1991	17	52	11384	6 319 905
1964	69	32	53149	11 379 669	1992	13	1	690	12 644 290
1965	63	3	96358	24 833 845	1993	2	-	60	56095
1966	90	25	137971	39 872 782	1994	8	4	1655	1 283 090
1967	81	4	52466	8 935 221	1995	27	164	201078	202 000 000
1968	170	24	170029	86 153 068	1996	8	-	11026	1 410 010
1969	30	6	125104	20 066 068	1997	19	-	4818	60000
1970	8	3	18306	876242	1998	59	79	42345	41 831 770
1971	31	6	4400	7 831 998	1999	21	5	9889	2 235 967
1972	109	33	21076	17 462 526	2000	25	9	20367	138 281 040
1973	19	22	44188	11 090 778	2001	56	37	95545	405 326 632
1974	35	73	2534	5 366 167	2002	48	47	4494	104 840 590
1975	51	8	7242	18 141 515	2003	22	14	56111	325 377 200
1976	28	1	324	5 488 901	2004	39	15	23458	307 586 950
1977	26	11	426	4 651 923	2005	39	35	53920	502 706 880
1978	22	-	13759	1 466 603	2006	44	62	76377	353 682 242
1979	22	61	2950	13 027 595	2007	47	44	1350	38 416 360
1980	36	9	48473	12 449 342	2008	27	15	10	18 284 150
1981	16	1	1980	13 740 520	2009	100	67	8 000	400 000 000
1982	10	-	2812	1 307 639	Toplam	2189	1427	2 284 231	3 546 093 900

2000-2009 döneminde (Çizelge 2.1), taşkın afetleri en çok Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri’nde meydana gelmiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Türkiye’de 2000 ile 2009 yılları arasında yaşanan taşkınların bölgelere göre dağılımı

Çalışma alanı olarak Trabzon Değirmendere Havzası'nın seçilme nedeni, Türkiye'de en fazla taşkınların meydana geldiği havzalardan biri olan Doğu Karadeniz Bölgesi'ne bulunmasıdır (Şekil 2.9). Doğu Karadeniz Bölgesi fiziksel şartları nedeniyle (yerleşim yerlerinin üst kesimlerinde eğimin fazla olması, dar vadilere sahip olması, bitki örtüsü nedeniyle yerleşim yerlerinin az olması vb.), sel afetlerinden çok daha fazla etkilenmektedir. Taşkınlar, bu yörelerdeki yerleşimlerin dere yataklarının içinde veya çok yakınında olması sebebiyle, fazlaca can ve mal kaybına neden olmaktadır. Doğu Karadeniz bölgesi, uzun yıllar yağış ortalamalarına göre Türkiye'nin en fazla yağış alan bölgesidir. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin yıllık toplam normal yağış yükseklik değerleri 2200 mm'ye kadar ulaşabilirken, Türkiye genelinde bu değer 652 mm'dir [16]. İklim faktörü de, taşkınların nedenlerinde (Bölüm 2.1.1) anlatıldığı gibi taşkınların oluşumunu etkileyen doğal faktörler içerisinde en önemlilerden biridir. Sonuç olarak; hem topoğrafik hem de iklimsel nedenlerden dolayı, Doğu Karadeniz Bölgesi taşkın afeti açısından en riskli bölgelerden biri haline almıştır.



Şekil 2.9. Havzalara göre 1955-2009 yılları arasında meydana gelen taşkın sayıları

Taşkın sayılarının su havzalarına göre dağılımı Şekil 2.9’ da verilmektedir. Bu grafikler hazırlanırken CBS yöntemlerinden faydalanılmıştır. CBS’de, Türkiye haritası ile DSİ’den alınan havza sınırları haritası üst üste çakıştırılmıştır. Bu haritanın üzerine de il sınırları katmanı eklenmiştir. Daha sonra eldeki mevcut envanter bilgilerine göre taşkınların meydana geldiği ilin hangi havzaya ait olduğu tespit edilmiştir. Bazı iller farklı havzalarda aynı anda bulunabildiklerinden taşkınların meydana geldiği nehir ve yerleşim yeri isminden tam koordinatı bulunmuş ve havza sınırlarını gösteren haritada hangi havzaya ait olduğu tespit edilmiştir. Örneğin Yozgat ili aynı anda hem Yeşilırmak (14) hem de Kızılırmak (15) Havzası’nda bulunmaktadır, Bursa ili aynı anda Sakarya (12), Susurluk (03) ve Marmara (02) Havzalarında yer almaktadır. Aynı durum Doğu Karadeniz’de Artvin için de geçerlidir. Artvin’in Hopa ve Arhavi ilçeleri Doğu Karadeniz Havzası’nda (22) iken geri kalan bölümleri Çoruh Havzası’nda (23) bulunmaktadır.

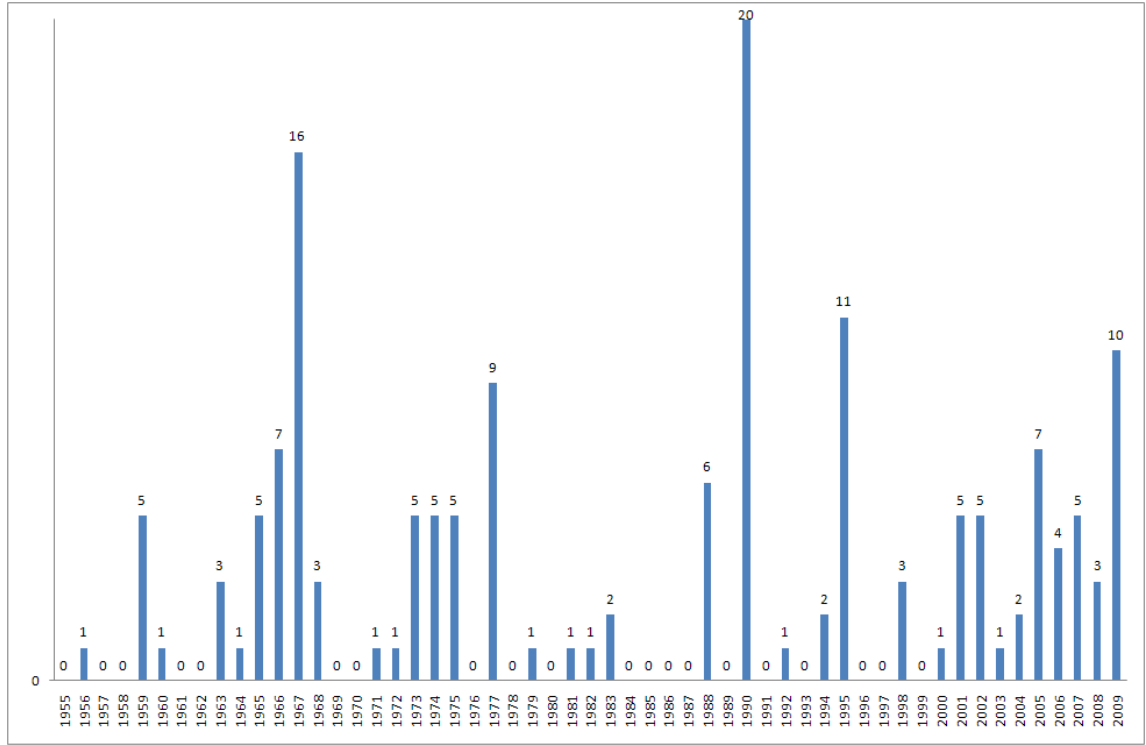
2.4.2. Doğu Karadeniz taşkınları

Çalışma alanının yer aldığı Doğu Karadeniz Havzası topoğrafik yapısı nedeniyle taşkınlara sık sık maruz kalmıştır. Bu yüzden oluşan taşkınlarda, yerleşimlerin genellikle taşkın alanlarında bulunmasından ötürü birçok ölüm ve yaralanma olayı yaşanmıştır.

Doğu Karadeniz Havzası’nda genellikle her yıl taşkınlar meydana gelmektedir (Şekil 2.10). Kaydedilmiş bu taşkınların tamamında can kaybı, yaralanma ve maddi zararlar oluşmaktadır.

Türkiye’de, her ne kadar daha fazla taşkın afeti meydana gelen havza olsa da (Şekil 2.9), Doğu Karadeniz Havzası’nda yaşanan taşkınların gerek ekonomik, gerek can kaybı açısından boyutu, fiziki ve iklimsel koşulları nedeniyle diğer havzalardan daha fazladır. Doğu Karadeniz’de özellikle son 10 yılda meydana gelen taşkınlar genellikle Trabzon, Rize ve çevresinde yaşanmıştır (Çizelge 2.2). Son on yılın taşkınlarına girmeyen ancak bu havzada yaşanan en büyük taşkın afetlerinden biri

olan Trabzon Değirmendere ve çevre havzalarında 20 Haziran 1990'da meydana gelen taşkında ise, yaklaşık 50 kişi hayatını kaybetmiştir [17].



Şekil 2.10. Doğu Karadeniz Havzası'nda meydana gelen taşkınların yıllara göre dağılımı (1955-2009)

Tüm taşkınların bilgileri değerlendirildikten sonra, tez çalışmasının uygulama alanı olarak öncelikle Doğu Karadeniz Bölgesi düşünülmüştür. Alt havza olarak bir seçim yapılmadan önce DSİ XXII. Bölge Müdürlüğü'nden üzerinde bol akım gözlem verisi olan ve topoğrafik haritaları mevcut olan alt havza belirlenmesi için görüş istenmiştir. Sonuç olarak kalan iki havzada (Samsun Terme Havzası ile Trabzon Değirmendere Havzası) yapılan arazi gözlemleri sonucunda, daha fazla risk taşıyan, daha kontrolsüz olan (üzerinde depolamalı taşkın koruma yapısı bulunmayan, vb) ve daha fazla verisi olan Trabzon Değirmendere Havzası çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2.2. Doğu Karadeniz Havzası'nda 1998-2009 döneminde meydana gelen taşkınlar

No	Taşkın Tarihi	Taşkın Yeri	Can Kaybı
1	07 Ağustos 1998	Trabzon, Rize	47
2	04 Haziran 2000	Ordu-Ünye	1
3	14 Ağustos 2001	Artvin-Arhavi	1
4	25 Ekim 2001	Artvin-Hopa	1
5	10 Kasım 2001	Rize-Çayeli, Çamlıhemşin	10
6	20 Haziran 2002	Ordu-Refahiye	1
7	23 Temmuz 2002	Rize-Merkez, Güneysu, Çayeli	27
8	02 Ağustos 2005	Trabzon-Çaykara, Hayrat, Of	9
9	02 Ağustos 2005	Rize-İyidere	2
10	21 Ağustos 2005	Trabzon, Rize-Çamlıhemşin	4
11	03 Ekim 2005	Rize-Taşlıdere	7
12	07 Ekim 2005	Trabzon-Çaykara, Hayrat, Of	1
13	30 Haziran 2006	Ordu-Ünye	1
14	30 Haziran 2006	Giresun-Keşap	2
15	18 Eylül 2008	Rize-Pazar	2
16	15 Temmuz 2009	Ordu-Perşembe	2
17	30 Ekim 2009	Trabzon-Merkez	-

Değirmendere Havzası'nda en son yaşanan büyük taşkın afeti olan 1990 taşkınında, havza çıkışında yaklaşık 1000 m³/s'lik debi ölçülmüştür [17]. Bu taşkın sonucunda havzada birçok sanayi yapısı, yerleşim yerleri, içme suyu tesisleri, ana ulaşım yolu, köprüler vb. yapılar zarar görmüş ve yıkılmıştır. Bu havza ile ilgili detaylı bilgiler çalışma alanı özelliklerinde verilecektir.

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

CBS, mekânsal ve/veya öznitelik bilgilerinin toplanması, işlenmesi, düzenlenmesi, analizi ve raporlanması (harita vb.) için kullanılan bir teknoloji olup, mühendislik, istatistik, idare (yönetim), işletme, jeoloji, şehir planlama, acil yönetim, navigasyon gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Özellikle arazi üzerine uygulanabilen tüm mühendislik çalışmalarında elle yapılamayacak birçok düzenleme, analiz ve haritalama işinde kullanıcıya kolaylık sağlayan ve yanlışlık payını azaltan yardımcı bir teknolojik araçtır. En önemli unsuru kullanıcı olan bu sistemde, yeterince mekânsal ve nitelik bilgileri mevcut ise; bu bilgilerin analizi birçok mühendislik probleminin çözümünde kullanılabilir. CBS'nin su kaynaklarındaki kullanım alanlarından (su kalitesi analizi, sistem optimizasyonu, hidrolojik modelleme, taşkın analizi vb.) biri olan taşkın analizindeki kullanımına yönelik çalışmalar da, özellikle son yıllarda artmaktadır. CBS' de taşkın anında farklı debilerin ne kadar su seviyesine ulaşacakları, kısacası su yüzü profilleri tespit edilemeyeceğinden programlama dilleri yardımıyla, hidrolik analizlerin yapılacağı programlara geçiş için alt programlar (HEC-GeoRAS vb. gibi) geliştirilmiş ve CBS'ye entegre edilmiştir. Bu şekilde çeşitli modellemeler yapılabilmektedir.

Bugüne kadar CBS'nin ve hidrolik modellerin bir arada kullanımıyla ilgili, ilk olarak; Djokic, Beavers ve Deshakulakarni (1994), Arc/HEC-2 olarak bilinen 1 boyutlu zamanla değişmeyen akış analizi yapan ve bunu bir CBS programı olan ArcGIS'te hazırlanan arazi verilerinin üzerinde uygulayan bir yazılım geliştirmişlerdir. Daha sonraki yıllarda Windows tabanında çalışan Hydrologic Engineering Center tarafından geliştirilen HEC-RAS, HEC-2'nin yerine kullanılmaya başlanmıştır [18].

Türkiye'de, HEC-RAS yazılımı ilk kez Yazıcılar ve Önder (1998) tarafından, Bartın nehrinde taşkın anında oluşabilecek su yüzü seviyelerinin hesaplanması için kullanılmıştır. Bulunan su yüzü kotlarına göre tespit edilen taşkın alanı, 1998'de Bartın Merkez'de yaşanan taşkın anında oluşan ve haritalanan gerçek alanlarına oldukça yakın sonuçlar vermiştir [19].

Evans (1998) HEC-RAS paketinin bu dönemdeki son aşamasını geliştirmiştir. Bu pakette HEC ve CBS yazılımlarının çıktıları bir diğerinde kullanılabilir hale gelmiştir. Böylece oluşturulan arazi modelinden kesit geometrileri çıkarılmış, sonra hidrolik modelleme HEC-RAS'ta yapılmış ve çıktılar CBS'ye aktarılarak görsel anlamda bulunan sonuçlar ifade edilebilmiştir. Yine aynı yılda, Amerika'da Environmental Systems Research Institute (ESRI) tarafından Evans'ın çalışmaları ilerletilmiş ve ArcView-GIS'de çalışan HEC-RAS uzantıları oluşturulmuştur [18]. ArcView, ArcGIS yazılımının bir paketi olup diğer iki paketten (ArcEditor ve ArcInfo) daha az kapsamlıdır ve sadece harita üzerindeki analizler, raporlama ve haritalandırma işlerini yapabilir. Sırasıyla daha fazla fonksiyonel olan yazılım paketleri; ArcEditor (harita dışında çeşitli editör seçenekleri de bulunmaktadır), ve ArcInfo'dur (tüm ArcGIS fonksiyonlarına sahiptir) [20]. Uzantılarla her iki programın çıktısı, diğeri için uygun hale getirildikten sonra ise, HEC-RAS ve ArcView yazılımları geliştirilen kodlarla bir arada çalıştırılmış ve kullanıldığı çalışmalar hız kazanmıştır.

Correia ve ark. (1999), iki bölümden oluşan çalışmalarının ilk bölümünde taşkın yataklarının önemi ve çeşitli senaryolara göre modellenmesinin şehir hayatı için gerekliliğini vurgulamışlardır. İkinci bölümünde ise bu konuda CBS teknolojisi ile yapılabileceklerden ve sağladığı kolaylıklardan bahsedilmiştir. Taşkın yönetimiyle ilgili yeterli bilgi ile alternatif senaryoların üretilmesinin yerel yönetimler ve karar vericiler açısından önemi vurgulanmıştır. Taşkın afet yönetimiyle ilgili kapsamlı bir çalışma bulunmaktadır. Böylece bu çalışmanın gerekliliği konusunda farkındalık artmaya başlamıştır [21].

Azagra ve ark. (1999) Texas'ta Waller Nehir Havzası'nı çalışma alanı olarak seçip, bu havzanın topoğrafik verilerinden oluşturdukları Triangulated Irregular Network (TIN) adı verilen üçgen interpolasyonlardan meydana gelen arazi modeli ve hava fotoğraflarıyla HEC-RAS'a girdi olarak kullanacakları kesitleri belirlemişler ve hidrolik model sonuçlarını ArcView'e girerek, iki ve üç boyutlu taşkın risk haritalarını oluşturmuşlardır (Harita 3.1). Ancak Azagra ve Olivera'ya göre hava fotoğraflarını kullandıkları için yaptıkları çalışma pek tatmin edici olmamıştır, çünkü HEC-RAS'a girilen kesitler doğruyu tam olarak yansıtmadığı için bulunan su yüzü

seviyeleri de doğru olmamaktadır [22]. Bu tez kapsamında Değirmendere Havzası'nda yapılacak olan çalışmanın en önemli farkı verilerin ve arazi çalışmalarıyla elde edilen girdilerin kalitesinin daha iyi olması ve hidrolik analizlerin gerçeğe daha yakın çıkacak olmasıdır.



Harita 3.1. Waller Nehir Havzası için elde edilen 2 ve 3 boyutlu haritalar [22]

CBS kullanılarak, taşkın risk haritalarının oluşturulması, taşkın risklerinin ortaya konulması için, Türkiye'deki ilk uygulamada Baga (1999), Çayboğazı Havzası'nın Muğla Fethiye İlçesi'nde, Danish Hydraulic Institute (DHI) ve ESRI tarafından geliştirilen Mike 11 GIS modülünü kullanmış ve çeşitli durumlara (taşkın seddesi olması ve olmaması) göre taşkın risk haritalarını hazırlamıştır [23]. Aynı havzada Doğanoglu (2000) taşkın risk haritalarını oluşturmak için çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmada da taşkın haritaları, CBS ve hidrolik modelin bir arada kullanılmasıyla çeşitli tekerrürlü debiler için oluşturulmuştur [24].

Mcllin ve ark. (2001) Pajarito Platosu'nda (Meksika) 100 yıllık yineleme dönemine sahip taşkın debisinin oluşturabileceği taşkın alanlarını tespit edebilmek için ArcView ve HEC bileşimi bir model hazırlamışlardır. Çalışma alanının hidrolojik analizleri HEC tarafından geliştirilen Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) ile yaptıktan sonra taşkın debisini tespit eden araştırmacılar, HEC-RAS hidrolik modeli ile taşkın anında su seviyelerinin hangi kotlara ulaşacağını bulmuşlardır. Daha sonra da ArcGIS'te bu su yüzü kotları işaretlenerek taşkın alanları 2 boyutlu olarak üstten

görüntülenmiş ve riskleri ortaya konmuştur [25]. Bu tez çalışmasında yapılacak hidrolik analizler anlık debileri içermektedir. McIn ve ark'ın yaptıkları çalışmada ise zamana yayılan ve değişen debi koşullarına göre oluşacak su yüzü seviyeleri tespit edilmiştir.

Sinnakaudan ve ark. (2002) Malezya'da Kinta Nehri'nin bir alt havzası olan Pari Kolu'nda taşkın risk haritalarını belirlemişlerdir. Kullanılan yöntemde ilk önce, bölgenin sayısal verileri HEC-6 paket programına girilmiş ve hidrolik hesapları yapılmıştır. Bu şekilde bulunan su yüzü kotları AVHEC-6 isimli ArcView programının bir uzantısı ile alınıp ArcView 3.1'e aktarılmış ve afet anında oluşacak taşkın alanları modellenmiştir. Yapılan tez çalışmasının, bu çalışma ve bir öncekinden farkı; gelişen teknoloji sayesinde hidrolik modele veriler teker teker elle girilmeyip, oluşturulan arazi modelinden doğrudan aktarılıp, analizleri yapıldıktan sonra geri alınıp risk haritalarının 2-3 boyutlu olarak oluşturulmasıdır. Aynı zamanda programların versiyonları da ilerlemiş, hataları azaltılmış, aktarımlar sırasında yaşanan kayıplar azalmış ve sonuçların yansıtılması sırasında gereken görsel özellikleri de artmıştır [26].

Turan (2002) Ulus Havzası'nda taşkın risk haritalarını oluşturmak için, taşkın analizi yapan Mike 11 Hidrodinamik (HD) Modülü ve CBS'yi bir arada kullanmıştır. Bu çalışmada da yine hidrolik modelden çıktı olarak alınan taşkın anındaki su seviyeleri CBS'ye girilerek oluşacak taşkın sahaları belirlenmiştir [27].

Tate ve ark. (2002) Texas'ta Waller Nehri'nde taşkın sahalarını belirlemek için arazi modellerini oluşturmuşlardır. Arazi modelinin oluşturulması için CBS'den, hidrolik modelin oluşturulabilmesi için de HEC-RAS'tan yararlanılmıştır. Sayısal yükseklik haritası topoğrafik verilerden CBS'de oluşturulmuş ve HEC-RAS'tan alınan akım seviyeleri de Digital Elevation Model (DEM) isimli sayısal arazi modeline girilip taşkın risk haritaları bahsedilen havza için üretilmiştir. Tate aynı zamanda 1999 yılında taşkın sahalarının belirlenebilmesi için HEC-RAS ve ArcView'in bir arada çalışmasını sağlayacak alt programlar da geliştirmiştir [28].

Wiles ve ark.'ın (2002) Ohio Swan Nehir Havzası'nda taşkın zararlarını bir HEC Modeli ve CBS teknikleri kullanarak araştırdıkları çalışma, CBS'nin ve hidrolik modellerin hidrolojide kullanımıyla ilgili yapılan çalışmalardan biridir. Bu çalışma kapsamında araştırmacılar, taşkınla ilgili havza üzerinde 30 yılı aşkın bir süre içerisindeki kullanım alanında yarattığı zararları incelemişlerdir. Havza üzerinde oluşan taşkınları HEC-RAS hidrolik modeli ve bir yüzey akış modelini içinde barındıran CBS programıyla analiz etmişler ve 1973'te oluşan 100 yıl tekerrürlü bir yağışın meydana getirdiği yüzey akışı ile 1995 yılındaki 10 yıl tekerrürlü bir yağışın meydana getirdiği yüzey akış hacminin aynı değerde olduğunu görmüşler. Bu yüzden Swan Havzasının alansal olarak daha fazla kullanımı olduğundan yüzey akış katsayısının büyüdüğünü ve sızma miktarının azalma oranını tespit edip, daha fazla akışın meydana geldiğini göstermişlerdir [29]. Hidrolojik modellerle debilerin tahmin edildiği ve bulunan debilerin hidrolik analizlerde kullanıldığı örnekler daha da arttırılabilir. Literatürde daha fazla rastlanan hidrolik-hidrolojik ve topoğrafik analizlerin birlikte yapıldığı çalışmaların tercih edilmesinin nedeni akım gözlem istasyonlarının yeterli olmayışıdır. Meteoroloji gözlem istasyonlarının bol, akım gözlem istasyonlarının az olduğu nehir havzalarında tercih edilen bu metotta hidrolik modelde kullanılacak olan debi değeri, yağış-akış modellemesi yapılarak belirlenir, daha sonra hidrolik analizler yapılır. Bu tez çalışmasında hidrolik verilerin yeterli olması ve meteorolojik verilerin azlığından havzanın tüm hidrolojik modeli kurulmamıştır. Bunun yerine var olan akım gözlem istasyonlarının verileri istatistiksel çalışmalarla değerlendirilip, çeşitli yineleme dönemlerine sahip taşkın debileri belirlenmekte ve hidrolik modelde girdi olarak kullanılmaktadır.

Tez çalışmasının uygulama alanı olan Doğu Karadeniz'de, Kaleyci (2004) Değirmendere Havzası'nda taşkın frekans analizi ve taşkın sahalarının belirlenmesi adlı bir yüksek lisans tez çalışması yapmıştır. Bu çalışmada taşkın tahmin hesapları için, hem istatistikî yöntemler hem de birim hidrograf yöntemleri kullanılmıştır. Değirmendere Havzası'nda bulunan 7 adet Akım Gözlem İstasyonunun (AGİ) noktasal ve bölgesel taşkın frekans analizi istatistikî yöntemlerle yapılmış ve 500, 1000, 10000 yıl yineleme dönemli taşkın debileri belirlenmiştir. Sentetik birim hidrograf yöntemlerinden, Devlet Su İşleri (DSİ) Sentetik ve Mockus Metotları da

uygulanarak aynı yineleme dönemli debiler elde edilmiştir. Bulunan taşkın debileri HEC-RAS bilgisayar programıyla değerlendirilerek, su yüzü kotları incelenmiş ve derelerin sağ ve sol sahillerinde bazı bölgelerin sular altında kalacağı öngörülmüştür [30].

Knebl ve ark. (2004) sık taşkınların yaşandığı bir yer olan 10000 km²'lik San Antonio Nehir Havzası'nda HEC-HMS ile yağıştan akış değerinin bulunduğu bir model kurmuşlardır. 2002 yılı yazında havzada meydana gelen büyük taşkın olayı değerlendirilmiş ve modellenmiştir. Daha sonra HEC-HMS'den elde edilen yağış hidrografi HEC-RAS'a girilerek unsteady (zamanla değişen) akım durumunda hidrolik analiz gerçekleştirilmiştir. Taşkın anında oluşacak su yüzü profillerinin modellenmesi ise NEXRAD Level III ve CBS teknikleri kullanılarak yapılmıştır [31].

Overton (2005), Avustralya'da Murray Nehri'nin New South Wales ile Alexandrina Gölü arasında kalan, bentlerle ve çeşitli tarımsal amaçlı su alma yapıları ile düzenlenen ve taşkın risklerinin belirlenmesine ihtiyaç duyulan 600 km'lik bir bölümünde, 1 ila 5 km'lik parçalarının taşkın risk haritalarının çıkarılmasıyla ilgili bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada üretilen model; uzaktan algılama, CBS ve hidrolik modellerden oluşmaktadır. Landsat uydu görüntülerinin kullanıldığı bu modelde en az akım değerinden, 13 yıllık yineleme dönemine sahip debi değerine kadar tüm değerler test edilmiş ve riskler ortaya çıkarılmıştır [32].

Oral, Koike ve Yenigün (2005), Bartın ve Silifke Havzaları'nda görülen taşkınların doğal ortama verdikleri zararları en aza indirmek için CBS teknolojisi yardımıyla çeşitli önerilerde bulunmuşlardır. Plansız yerleşme, kontrolsüz nüfus artışı vb. sebeplerle, kontrolsüz arazi kullanımının taşkınlara neden olduğunu ve bunun da zararları arttırdığını vurgulayan bu çalışma, Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) 90m çözünürlüklü sayısal eğim modelleri, Ikonos uydu görüntüleri, bölgelerin mevsimsel yağış verileri, sayısal topoğrafik haritaları, uzaktan algılama teknikleri ve ArcGIS programlarını kapsamaktadır. Bu çalışma sonrasında Türkiye'de yaşanan taşkın felaketlerinin önlenmesi ve bu felaketlerden doğacak

zararın en aza indirgenmesi için CBS tabanlı “karar destek sistemleri” kurulması önerilmiştir [33].

HEC-2’nin taşkın haritalarının tespitinde gereken zamanla değişmeyen akımların su yüzeylerinin tespiti için kullanıldığı son çalışma, Yang ve ark.’ın (2005), Kanada’nın Ottawa bölgesinin yakınlarındaki güney nehir sisteminin bir alt havzası olan Bear Brook’taki uygulamalarıdır. Araştırmacılar HEC-2 programı ile buldukları su yüzü seviyelerini HEC-RAS’a transfer etmişler ve CBS’ye aktarabilmek için yeniden yapılandırmışlardır. Haritalara altlık olarak CBS’de, SYM ve TIN oluşturulmuştur. Sonuç olarak 6 farklı senaryo için bulunan su yüzü profilleri oluşturulan TIN üzerinde 3 boyutlu olarak gösterilmiştir [34].

Onuşluel (2005), İzmir Karşıyaka İlçesindeki Bostanlı Nehir Havzasının taşkın alanlarının HEC-RAS ve CBS yöntemleriyle belirlenmesi ve görsel olarak ortaya konulmasını amaçlayan bir doktora tez çalışması yapmıştır. Onuşluel, on yıl öncesine kadar yapılan taşkın sahası belirleme metotlarının içerdiği zorlukları ve teknolojiyenin uzaklığını dile getirmiştir. Bu çalışmada, hidrolojik ve hidrolik yazılımlardan elde ettiği verileri, CBS tabanında kendi deyimiyle “otomatize taşkın yatağı belirleme tekniği” ile biraz daha karmaşık ama bir o kadar da teknik bir yolla göstermeyi amaçlamıştır. Bu çalışmada, HEC-RAS hidrolik modeli İzmir Bostanlı Havzası’ndaki kritik yerlere zamanla değişen ve zamanla değişmeyen akım simülasyonlarının oluşturulması amacıyla uygulanmıştır. Taşkın pik değerleri ve taşkın hidrografları HEC-HMS ile elde edilmiş ve bu model çıktıları HEC-RAS modelinde girdi olarak kullanılmıştır. HEC-RAS modelinden elde edilen su derinlikleri daha sonra ArcView sistemine uygun yardımcı programlar ile aktarılmış ve böylece taşkın altında kalabilecek olan alanlar belirlenerek görsel hale getirilmiştir [18].

Kılınç ve Şahin (2005), İstanbul Kurbağalı Dere’nin taşkın sahalarını belirlemek için CBS’yi kullanmışlardır. Bu tür çalışma yapılırken en önemli parametrenin verilerin olduğu dile getirilmiştir. Kılınç ve Şahin’in bu çalışmalarında, 100 yıllık taşkın debileri hesaplanırken sadece DSİ Sentetik metottan yararlanılmıştır. Bulunan taşkın

debisi elde edilmiş olan dere kesitleriyle birlikte HEC-RAS yazılımına girilerek hidrolik analizleri yapılmış ve taşkın sahaları belirlenmiştir [35].

Machado ve Ahmad (2006) Kolombiya’da Atrato Nehri’nde meydana gelecek taşkınların etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışmada taşkın debilerini bulabilmek için çeşitli istatistiksel metotlar kullanılmış, bulunan bu debiler HEC-RAS hidrolik modeline girilmiş ve çıkan sonuçlar CBS’de gösterilmiştir. Bu sayede 10, 25 ve 50 yıl yineleme dönemli debilerin taşkın risk haritaları oluşturulmuş ve 50 yıl yineleme dönemine sahip 3054 m³/s’lik debi sonucunda nehrin su yükseklikleri sol sahilde 3,7 m, sağ sahilde de 3,1 m olarak ortaya çıkmıştır. Bu yüzden çeşitli yapısal önlemlerin alınması gerektiği çalışmada vurgulanmıştır [36].

Casas (2006), verilerin çözünürlüğündeki kalitenin hidrolik model üzerindeki etkilerini araştırmak üzere çalışmalar yapmıştır. Bu araştırma yapılırken 3 farklı yükseklik haritası oluşturma yöntemi denenmiş ve 7 adet SYM (DEM) oluşturulmuştur. Çalışmada arazi modeli hazırlanırken kullanılan veri türleri; GPS kullanılarak üretilen harita, bir diğeri Light Detection and Ranging (LIDAR, radarın radyo dalgaları yerine lazer dalgalarını kullanarak nesnenin uzaklığını ölçmeye yarayan aktif bir algılayıcı [37]) ile elde edilen yüksek çözünürlüklü lazer yükseklik verisi ile oluşturulan harita, sonuncusu ise 1/5000 ölçekli sayısal yükseklik haritasıdır. Bu 3 veri türünden yararlanarak oluşturulan arazi modellerinden alınan topoğrafik bilgiler ve hidrolik koşullar bir boyutlu analiz yapan HEC-RAS paket programında değerlendirilip, su yüzü seviyeleri bulunmuş ve elde edilen değerlerle karşılaştırılıp çeşitli Manning pürüzlülük değerlerinin denenmesiyle tespit doğruluğu sağlanmıştır. Eş yükselti eğrilerinden oluşan arazi modelinin sonuçları 4-5 m kadar yanlış sonuçlar verirken toplam taşkın arazilerinde %50’lik bir yanlış orana sahip olmuştur. GPS ölçümleriyle oluşturulan haritanın sonuçları ise toplam taşkın alanlarında %8’lik bir yanlış orana sahip çıkarken, yüksek çözünürlüklü LIDAR verilerinden oluşturulan arazi modellerinden yapılan hidrolik analizin sonuçları gerçek su yüzü seviyelerine göre sadece 0,3 m kadar yanlış sonuçlara neden olmuştur [38]. Bu sonuçlar göstermektedir ki, taşkın alanlarının tespitinde kullanılması gereken topoğrafik veri türü belki de en önemli parametredir ve taşkın alanlarının bulunmasında büyük

hatalara yol açabilir. Literatürde 1/10000 ölçekli haritalardan yapılmış olan taşkın analiz modellerine bile fazlasıyla rastlanmaktadır. Sadece yöntemin gösterilmesi amaçlanan ve uygulaması pek yapılamayacak literatürdeki bu çalışmaların aksine, tez çalışmasında Trabzon Değirmendere Havzası'nda yerleşim yerlerinin yükseklik verileri 1 m'lik eş yükselti eğrilerinden (1/2000 ölçekli bir harita) oluşmaktadır ve arazide yapılan GPS ölçümleriyle daha da iyileştirilmiştir. Bu sayede tespit edilen taşkın alanlarının hassasiyeti mevcut koşullara göre en üst seviyelere çıkarılmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak yapılan çalışmanın işe yaraması ve gerçek hayatta da riskli bölgelerin tespiti için kullanılması amaçlanmaktadır.

Gutry-Korycka ve ark. (2006) Vistula Nehri'nde (Varşova, Polonya) bir boyutlu analiz yapan hidrolik model olan HEC-RAS ile 100 yıl yineleme dönemine sahip debiye göre buldukları su yüzü profillerini, önceden CBS'de hazırlanan sayısal yükseklik modellerinin üzerine ekleyerek taşkın risk haritalarını üretmişlerdir [39].

Sanyal ve Lu (2006) çalışmalarında hangi bölgelerin taşkın risk haritalarının çıkarılması gerektiğinin tespiti için uğraşmışlardır. Muson iklimine sahip Hindistan'ın Gantetic Batı Bengal Bölgesi'nin uygulama alanı olarak seçildiği çalışmada, özellikle taşkınların sürekli etkili olduğu, veri konusunda sıkıntı olan yörelerde en ekonomik şekilde taşkın risk haritalarının hazırlanması için uygulanacak yöntem bulunmaktadır. Ulaşılabilen taşkın envanteri ve CBS kullanılarak risk taşıyan bölgeler harita üzerinde belirlenmiştir. CBS'de nüfus yoğunluğu, ana ulaşım yolları, vb. haritalar yüksek çözünürlüklü hava fotoğraflarından tespit edilerek, üst üste çakıştırılmış ve ilk aşamada taşkın riskinin en fazla olduğu kritik bölgeler tespit edilmiştir. Taşkın risk haritalarının tespiti her yere yapılamayacağından öncelikli olarak nerelerin risklerinin belirlenmesi gerektiğini ortaya koyan bir çalışmadır [40].

Benzer bir çalışmada Dingguo ve ark. (2007), Poyang Gölü Bölgesi'nde 1/50000 ölçekli topoğrafik haritalardan oluşturulan modelleri ve CBS fonksiyonlarını kullanarak taşkın riski taşıyan tarımsal bölgelerin tespitini amaçlamışlardır. Riskli bölgelerin tespitinde kırsal nüfus ve işlenmiş alan oranları, endüstriyel iş alanları, vb. haritalar oluşturulmuş ve CBS'de üst üste çakıştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda

taşkın alanlarında bulunan 180 bucağın %56'sı taşkın hassasiyetine (kırılganlığına) sahip çıkmıştır [41].

Alho ve ark. (2007), İzlanda'da Jökulhlaup adı verilen buzullarda meydana gelen erime sonucu oluşan akımın yerleşim yerlerinde meydana getireceği taşkın riskini araştırmışlardır. Bu tip taşkınlar buzdağlarının birden volkanik çöküntülerle göçmesi ve buzulların altında kalan göllerin akışa geçmesiyle oluşmaktadır. Kuzey İrlanda'da bir nehirde oluşan bu akımın su yüzü modellemesi HEC-RAS programı ile gerçekleştirilmiş ve taşkın anında meydana gelecek su yüzü profilleri tespit edilmiştir. 39 saat süren 14 km^3 hacme ve $180000 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik maksimum taşkın debisine sahip akım modellenmiştir. Sonuçta toplam 460 km^2 'lik alanın taşkın analizi yapılmış, riskli yerler tespit edilmiştir. 120 km'lik bir ana kola sahip olan taşkın alanında akımın ortalama hızı 2,8 m/s bulunmuştur [42].

Sheffer ve ark. (2007), geçmişte Fransa'nın Gardon Irmağı'nda yaşanan büyük taşkınların hidrolik analizini HEC-RAS paket programıyla gerçekleştirmiştir. Geçen 500 yıl boyunca havzada, radyo-karbon birikimi ve jeolojik katmanların durumu göz önüne alındığında en az 5 tane büyük taşkın olayının meydana geldiği anlaşılmıştır. Bu taşkınların en az 3'ünün $6850\text{-}7100 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik debiye, en az iki büyük taşkın ise $8000 \text{ m}^3/\text{s}$ 'nin üzerinde debiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Hidrolik analizler sonucu, 2002 Eylül ayında yaşanan ve 21 kişinin bu havzada hayatını kaybettiği büyük taşkın felaketinde su seviyesinin nehir yatağında 3 m civarında yükseldiği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak araştırmacılar jeolojik ve hidrolik araştırmaları sonucu, kayıtlarda gözlenen maksimum taşkın debisine sahip olan 2002 taşkınının bu havza için en büyük değer olmadığını ve tarihte daha da büyüklerinin de yaşandığını tespit etmişlerdir [43].

Sole ve ark. (2007), Basilicata Bölgesinin (İtalya) ana nehir kolunda 30, 200 ve 500 yıl yinleme dönemlerine sahip debilere göre; Mike 11, Mike 21 ve HEC-RAS paket programlarıyla hidrodinamik simülasyonları gerçekleştirip su yüzü profillerini elde etmiş ve CBS'de haritalandırıp farklı risk haritaları elde etmişlerdir. Çalışmanın amacı bu hidrolik analiz yapan programların taşkın risk haritalaması konusundaki

farklılıklarını ortaya koymaktır. Bu amaçla 1500'den fazla nehir yatağı kesiti ve 3 ayrı program kullanılarak 30, 200 ve 500 yıl yineleme dönemlerine sahip debiler için su yüzü seviyeleri bulunup CBS'de haritalandırılmıştır [44].

Özdemir (2007), Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizini gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışmada Havran İlçe merkezi ve ovası için taşkın risk haritaları oluşturulurken CBS, HEC-RAS ve HEC-GeoRAS yazılımlarından yararlanılmıştır. 1/25000 ölçekli topoğrafik verilerin yanı sıra Havran Çayı yatağındaki GPS verileri ve uydu görüntüleri, ArcGIS, ArcGIS'in bir uzantısı olarak çalışan ve HEC-RAS'a girilecek geometrik verilerin hazırlandığı Hec-GeoRAS ve HEC-RAS yazılımları kullanılarak, farklı senaryolara bağlı taşkın haritalamaları yapılmıştır. Çalışmada kullanılan verilerin hassasiyeti doğrultusunda oluşturulan haritaların doğruluğu etkilenmiştir [45].

Hardmeyer ve Spencer (2007), taşkın afetinin zararlarının tespitinde risk tabanlı analizi CBS kullanarak gerçekleştirmişler ve Rhode Adası'nda (USA) taşkın alanlarını belirlemişlerdir. Bölge için aynı yerleşim modelinin geçmişteki hızıyla devam etmesi halinde taşkın hasarlarının %50 kadar artabileceğini belirtmişlerdir. Olası taşkın zararları belirlenip, karar vericilerin konut yerleşimlerini güvenli bölgelere almalarını sağlayabilmek için önerilerde bulunulmuştur [46].

Balabanova ve ark. (2008), Mike 11 yazılımını kullanarak buldukları su seviyelerini ArcView Programı ile hazırlamış oldukları SYM'ye girmiş ve Bulgaristan Novi Iskar Sahası için taşkın analizi yapmışlardır. Bölge için önemli bir problem olan taşkını modelleyip risk haritalarını oluşturmuşlardır. Ancak haritaları yalnızca iki boyutlu olarak üretebilmişlerdir [47]. Bu tez çalışmasında taşkın risk haritaları Trabzon Değirmendere Havzası için 2 ve 3 boyutlu haritalarla gösterilecektir.

Lastra ve ark. (2008), Kuzey İber Yarımadası'nda yaptıkları çalışmalarında Sarria Nehir Havzası'nın (155 km²) kentsel yerleşim bölgesi olan 4 km'lik nehir kolunda hidrolojik model (HEC-HMS) analizlerini gerçekleştirdikten sonra buldukları debileri hidrolik modelde (HEC-RAS) kullanmışlardır. Bulunan su yüzü

seviyelerinin meydana getireceği taşkın alanlarının tespiti için herhangi bir CBS metodundan yararlanamadıkları için alansal riskleri gösterememişlerdir. Ancak su yüzü seviyelerinden yola çıkarak tarihsel taşkın debileri ile karşılaştırmalar yapmışlardır. Türkiye’den farklı olarak 1918’den beri yaşanan taşkınların tüm debileri ve oluşturdukları seviyeler bilindiğinden tüm taşkınları modellemek ve kalibrasyonunu yapabilmek daha kolay olmuştur. Sonuç olarak; bölge için yineleme dönemi 10 yıldan az olan taşkınlar için modelde bulunan su yüzü seviyeleri ortalama olarak gerçeğin % 44 üzerinde çıkarken, yineleme dönemi arttıkça gerçeğe yaklaştırmaya başlamıştır. 500 yıl ve üzeri yineleme dönemine sahip taşkınlar ise gerçek değerin % 20 daha altında çıkmıştır [48].

Aggett ve Wilson (2009), Naches Irmağı’nın çakıl yataklı bir kolunda (Washington) yüksek çözünürlüklü LIDAR görüntülerini kullanarak hazırladıkları sayısal arazi modelinden, HEC-GeoRAS ile aldıkları topoğrafik kesitlerden faydalanarak, hidrolik analizleri HEC-RAS programı ile gerçekleştirmiş ve tekrar HEC-GeoRAS ile çıktılarını alarak taşkın risk haritalarını oluşturmuşlardır. Literatürdeki son çalışmalarda, LIDAR görüntülerinin çözünürlüğü $\pm 0,5$ m olarak tespit edilmiştir. Bu metot ile araştırmacılar, LIDAR tabanlı görüntülerden oluşturulacak sayısal yükseklik modellerinin kalitesini ve sonuçların ne kadar iyileştirildiğini ortaya koymaktadırlar [49].

Solaimani (2009) çalışmasında, Zaremrood Irmağı’nın 4 km’ lik son bölümünde (Tajan Irmağı’nın membası, İran) 2-5-10-25-50 ve 100 yıl tekerrürlere sahip taşkın debilerinin oluşturacağı taşkın alanlarını HEC-RAS/HEC-GeoRAS paket programlarını ve CBS yöntemlerini kullanarak tespit etmiştir. Çalışmasında, taşkın alanlarının tespitinde kullanılan son teknolojilerden olan bu yöntemin pratikliğini göstermektedir [50].

Cook ve Merwade (2009), HEC-RAS ve Finite-Element Surface-Water Modeling System (FESWMS) programlarını kullanarak, taşkın haritalarının üretilmesi, gereken yerlere ulaştırılması ve yenilenmesi konularına açıklık getirmektedirler. Bu yöntemde kullanılan haritalar LIDAR görüntüleri ile üretilen topoğrafik verilerden

elde edilmiştir. Tüm Amerika'yı kapsamayan LIDAR verileri çalışmanın yapıldığı alanlar olan Kuzey Carolina'daki Strouds Nehri ve Texas'ta bulunan Brazos Irmağı için mevcut olup, hidrolik analizler için gerekli olan topoğrafik kesitler buradan elde edilmiştir. Çalışmanın amacı taşkın haritalarının hazırlanması konusunda yeni hidrolik, topoğrafik uygulamaları göstermektir. Bu yüzden HEC-RAS programının yanı sıra iki boyutlu hidrolik analiz yapan modeller de kullanılmıştır. Yatay ve düşeyde farklı çözünürlüğe sahip, farklı batimetrik detayları olan 6 adet topoğrafik veri seti, HEC-RAS ve iki boyutlu hidrolik analiz yapan FESWMS modeli ile analiz edilmiştir. İki farklı uygulama alanında yapılan analizler karşılaştırılmış ve taşkın haritalarındaki farklılıkların FESWMS ve HEC-RAS programları arasındaki küçük farklardan meydana geldiği belirlenmiştir [51].

Akar ve Ark. (2009), İstanbul Beykoz sınırındaki Yeniçiftlik Nehir Havzası'nda 10, 50 ve 100 yıl tekerrürlü debilerin oluşturacağı taşkın alanlarını tespit etmişlerdir. Analizlerin gerçekleştirildiği topoğrafik veriler 1/25000 ve 1/5000 çözünürlüklü uydu fotoğrafları ve arazi gözlemlerinden oluşmaktadır. Topoğrafik verilerden elde edilen arazi modelinden kesitler çıkarılmış ve HEC-GeoRAS alt programıyla hidrolik analizlerin gerçekleştirilmesi için HEC-RAS'a aktarılmıştır. Hidrolik model ile tespit edilen su yüzü profilleri tekrar CBS' ye aktarılmış ve IKONOS uydu görüntülerinden elde edilen arazi kullanım haritasıyla karşılaştırılıp, nerelerin sular altında kalabileceği 3 farklı senaryo için gösterilmiştir. Bu çalışma sonunda Yeniçiftlik Nehir Havzası'nda yaklaşık 9 km'lik nehir kolunun taşkın haritaları üretilmiştir [52].

Bu tez kapsamında yapılan çalışma ilk aşamasında çeşitli yineleme dönemlerine sahip taşkın debilerinin tespitini içerdiği için, literatür taraması yapılırken CBS ve Hidrolik Modellerin kullanımının yanı sıra taşkın frekans analizleri de araştırılmış ve önceki çalışmalara eklenmiştir.

Büyükkaracığan (1997), taşkın frekans analizinde kullanılan değişik dağılımların Konya Havzası yıllık pik akım serilerine uygulayıp karşılaştırılmasını yapmıştır. Büyükkaracığan çalışmasında, taşkın frekans analizindeki bağımsızlık tezinin geçerliliğini incelemek amacıyla, bağımlılık testleri uygulanmıştır. Bu özellik ancak,

tekil bir fırtına sisteminin meydana getirdiği iki veya daha fazla taşkın piki değerinden sadece bir tanesinin veri grubuna girmesiyle sağlanabileceğinden, bağımsızlık tezinin Konya Havzası için geçerli olduğu kanaatine varılmıştır. En uygun olasılık dağılım modelinin belirlenmesi için, iki ve üç parametrelili Log-normal, Gumbel, Pearson Tip 3, Log-Pearson Tip 3, Log Boughton, Log-Logistik ve ekstrem değerler dağılımları 12 istasyona ait yıllık pik akım serilerine uygulanmıştır. Bu dağılımların çoğunun parametreleri, momentler, maksimum olabilirlik, olasılık ağırlıklı momentler ve L momentler yöntemi ile tahmin edilmiştir. Modellerin en uygununu belirlemek amacıyla, klasik uygunluk testleri Ki-kare ve Kolmogorov-Smirnov testleri de hesaplanmıştır. Bu değerlendirmelere göre, Log-Pearson Tip 3'ün diğer pik akım seri dağılımlarına göre daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır [53].

Türkiye akarsularında seçilen belli istasyonların pik debilerini kullanarak taşkın debilerinin belirlendiği bir araştırmada Onüçyıldız (1999), Yıllık Anlık Maksimum Akım (YAMA) değerlerine sadece Log-Pearson Tip 3 dağılımını uygulamış ve herhangi bir uygunluk testi uygulanmadan debileri elde etmiştir. İncelenen 1545 adet YAMA değerinin gözlendiği istasyonlarda 281 (%18,2)'inin taşkın debisi olduğu kanaatine varılmıştır. Onüçyıldız tarafından, bu çalışma ile elde edilen bilgiler doğrultusunda membadan gelen taşkın, bir nevi erken uyarı ile mansaba haber verilerek, taşkın sularına karşı gerekli önlemlerin alınması sonucu zararların azaltılabileceği önerilmiştir [54].

Seçkin (2002), belirli yineleme dönemleri için gelecek taşkın debilerini, öncelikle havzalarını alt bölgelere ayırarak, Log Lojistik, Log-Pearson Tip 3, Pearson 3, Wakeby, Log Boughton, Gumbel ve Log Normal dağılımlarını kullanarak hesaplamış, hangi dağılımın daha uygun olduğunu bulmak için de Kolmogorov-Smirnov, Cramer Von Mises ve χ^2 testlerini uygulamıştır. Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ)'nin 20 yıla yakın değeri olan ölçüm istasyonlarını seçmiş ve analizlerini bu veriler üzerinde yapmıştır [55].

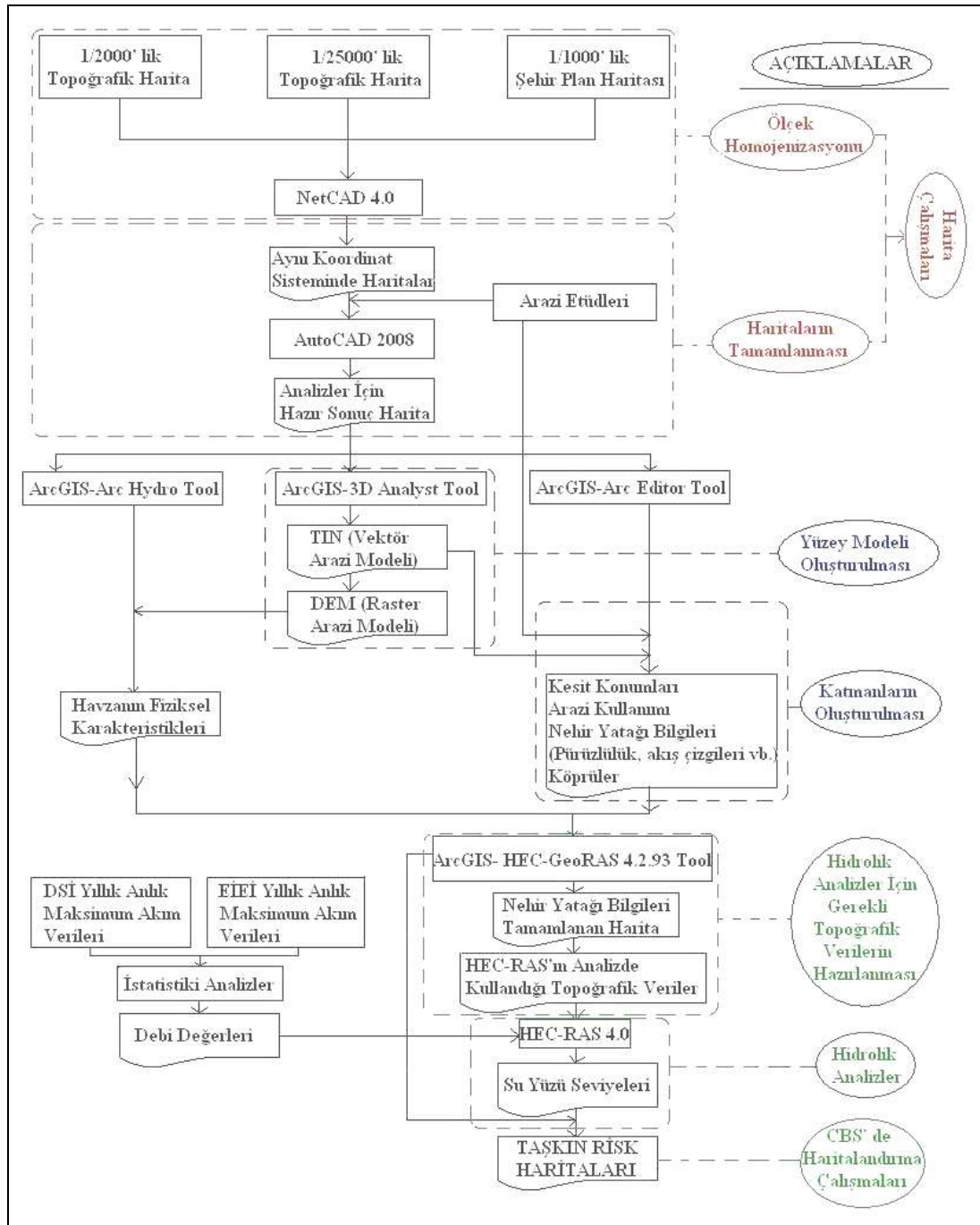
4. KULLANILAN YÖNTEM

4.1. Yöntemin Genel Özellikleri

Bu tez çalışmasının amacı; seçilen bir havzada meydana gelebilecek farklı taşkın debileri için risk haritalarının tespit edilmesidir. İncelenen bölgede geçmiş yıllara ait hidrometeorolojik kayıtlar kullanılarak bulunan çeşitli büyüklükte ve frekanstaki taşkın debilerinin, o bölge için taşıdığı riskler farklı senaryolar halinde değerlendirilmiştir. Çalışmanın aşamaları; topoğrafik haritaların temini ve uygun formatta hazırlanması, CBS ile SYM'nin hazırlanması, CBS'nin hidrolojik analiz kabiliyetlerinden faydalanarak havzanın çeşitli hidrolojik özelliklerinin (drenaj ağı, eğim, bakı, vb.) tespiti, debi değerlerinin istatistikî yöntemlerle bulunması, arazi etüdü ile tespit edilen çeşitli katmanların (evler, taşkın seddeleri, farklı pürüzlülüğe sahip bölgeler, vb.) harita üzerinde sayısallaştırılması, hidrolik analizler için ara program yardımıyla tüm topoğrafik bilgilerin hidrolik analiz yapan programa otomatik olarak aktarılması ve debi değerleri de girilerek analizlerin yapılıp, su yüzü kotlarının bulunması, tekrar CBS'ye su yüzü seviyelerinin gönderilmesi ve taşkın risk haritalarının oluşturulmasını kapsamaktadır (Şekil 4.1).

4.2. Verilerin Hazırlanması

Çalışma, ilk olarak verilerin temini ile başlar. Bu tür bir çalışmayı gerçekleştirebilmek için ilk aşamada iki tür veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar, SYM'nin oluşturulması için gereken topoğrafik veriler ve taşkın anındaki su yüzü seviyelerinin tespiti için hidrolik analizlerde kullanılan debi değerleridir. Arazi modelinin oluşturulacağı sayısal yükseklik haritaları, arazide GPS kullanılarak tespit edilebileceği gibi, uydu görüntülerinden veya yüksek çözünürlüklü lazer yükseklik verilerinden de elde edilebilir. GPS ile arazide ölçüm yapıp baştan harita çıkarmak çok maliyetli ve zaman açısından arazinin büyüklüğüne bağlı olarak pek mümkün olmayan bir yöntemdir. Ancak, belirli eksikliklerin giderilmesi için daha çok, küçük bölgelerin topoğrafik verilerinin tespitinde işe yarayan bir yöntemdir.



Şekil 4.1. Çalışmada uygulanan yöntem

Uydu görüntülerinin yüksek çözünürlüğe sahip olan türlerinin maliyeti de doğru orantılı olarak yükselmektedir. Ücretsiz indirilebilen uydu görüntüleri ise düşük ölçeğe sahip olduklarından taşkın çalışmalarında pek olumlu sonuçlar vermemektedir. Taşkın analizleri en azından 1-2 m çözünürlüklü (1 veya 2 metre hücre boyutuna

sahip, mümkünse 1/1000 - 1/2000 civarı ölçek) haritalar kullanılarak gerçekleştirilmelidir. Yüksek çözünürlüklü lazer verilerinden (LIDAR) oluşturulan arazi modelleri kullanarak yapılan çalışmalar gerçeğe 0,3 m kadar yaklaşabilmektedir [38]. LIDAR verileri, Amerika ve Avrupa'da çok yoğun olarak kullanılmaktadır [37]. Ancak çalışma alanı için üretilmediğinden bu tez çalışmasında kullanılamamıştır. Topoğrafik veriler Türkiye ölçeğinde, uydu fotoğraflarından, HGK'dan veya özel çalışmalarla hazırlanan yüksek hassasiyetli haritalardan elde edilebilir. HGK'dan alınabilecek en hassas haritalar Universal Transverse Mercator (UTM) projeksiyonu ED50 datumunda veya coğrafi koordinatlarda World Geodetic System (WGS84) datumunda, 1/25000 ölçekli eş yükselti eğrileri katmanlıdır ve eş yükselti eğrileri 10'ar m arayla değiştiğinden araziye taşkın analizi için yeterince temsil edememektedir.

İkinci önemli veri türü debilerdir ve iki metotla tespiti mümkündür. Birincisi; havzanın hidrolojik modelinin kurulup yağış-akış ilişkilerinin tespit edilmesi ve yağış verilerine göre akım verilerinin tahmin edilmesi durumudur. İkinci yöntem ise; AGİ'lerin yeterli sayıda ve uzun yıllar verisi bulunması durumunda kullanılan, yıllık maksimum günlük akım değerlerinden noktasal veya bölgesel taşkın analizleri yapılarak çeşitli tekerrürlere sahip taşkın debilerinin bulunmasıdır. İlk yöntem havzada yeterince AGİ bulunmaması durumunda denenmektedir ve bir modele ihtiyaç duymaktadır. İkinci yöntemde ise, sadece kaydedilen yıllık anlık maksimum akım değerleri, farklı tekerrürlere sahip debilerin tespiti için yeterlidir. Ancak iki yöntemde de; verilerin bağımsızlık testleri ve sonuçların uygunluk testleri yapılmalı ve bulunan sonuçların güvenilirliği ispatlanmalıdır.

4.3. CBS ve Arazi Modelinin Kurulması

Verilerin temini ve hazırlanması aşamaları bitirildikten sonra ilk yapılması gereken, inceleme alanı için SYM'nin oluşturulmasıdır. Arazi modelinin hazırlanması ve havzanın çeşitli özelliklerinin tespiti için CBS teknolojisinden yararlanılmalıdır.

CBS yaklaşık 50 yıllık geçmişi olan, ancak 1990'lı yıllardan sonra yaygınlaşan bir araçtır. Arada bu kadar yıl olmasının nedenleri ise;

- ✚ Veri eksikliği
- ✚ Pahalı ve yetersiz bilgisayar sistemleri
- ✚ Teknolojik gelişimler ve eğitim

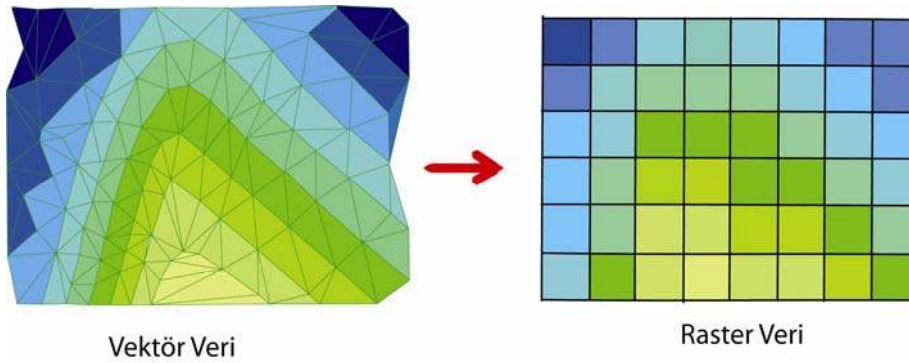
olarak sıralanabilir. Günümüzde gerek teknolojiye gelişmeler, gerekse verilerin (topoğrafik, hidrolojik) daha kolay oluşturulması ve veri tabanının bazı bölgeler için hazırlanmış veya hazırlanmakta olması CBS'ye eğilimi arttırmış, bu konudaki eğitimlerin gerekliliğini ortaya çıkarmış, kullanımını daha zorunlu hale getirmiştir.

CBS'nin bileşenleri ise;

- ✚ Veri
- ✚ Donanım
- ✚ Yazılım
- ✚ Kullanıcı

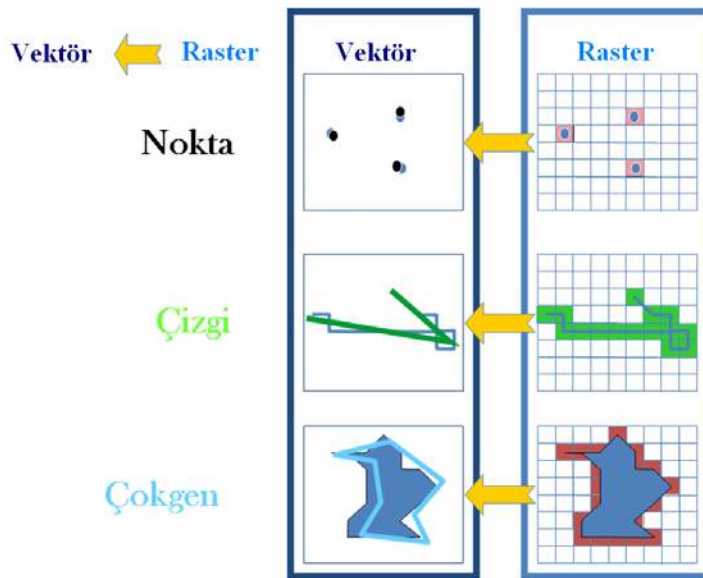
şeklinde sınıflandırılır. Bileşenlerden herhangi biri eksik olduğunda CBS tekniklerinin uygulanması mümkün değildir. Verilerin kalitesi doğrudan o verinin hassasiyeti, güncelliği, doğruluğu ve eksik bölümünün azlığı ile alakalıdır. Kalitesi artan veriyi de elde etmek bir o kadar zorlaşır.

Veri türleri raster ve vektör veri olarak ikiye ayrılırlar. Vektör modelin elemanları; nokta, çizgi ve çokgenlerden oluşur. Vektör verilere bu çalışmadan örnek olarak; nokta verisi ile AGİ'lerin temsili, çizgilerle nehir boy kesitinin ve çokgenlerle taşkın alanlarının tanımlanması gösterilebilir. Raster veriler, hücre verisi olarak da tanımlanır ve daha çok bir resim gibi görünür. Her bir nokta bir pikselle ifade edilir ve bu piksellerin kalitesine göre resim daha ayrıntılı gözükebilir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. CBS’de veri modelleri

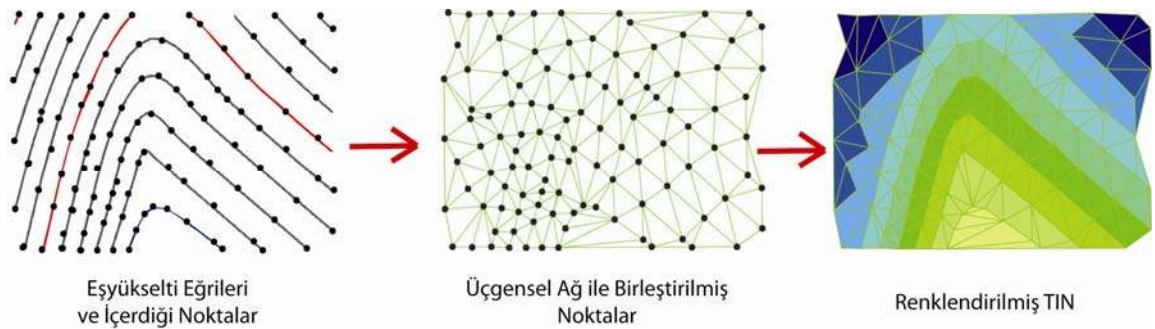
Vektör veriden raster veriye veya tam tersine dönüşümler, CBS yazılımları ile rahatlıkla yapılabilir. Ancak iki dönüşümün üst üste yapılması, kullanılan interpolasyonlardan dolayı verilerde bir kayıp meydana getirir (Şekil 4.3).



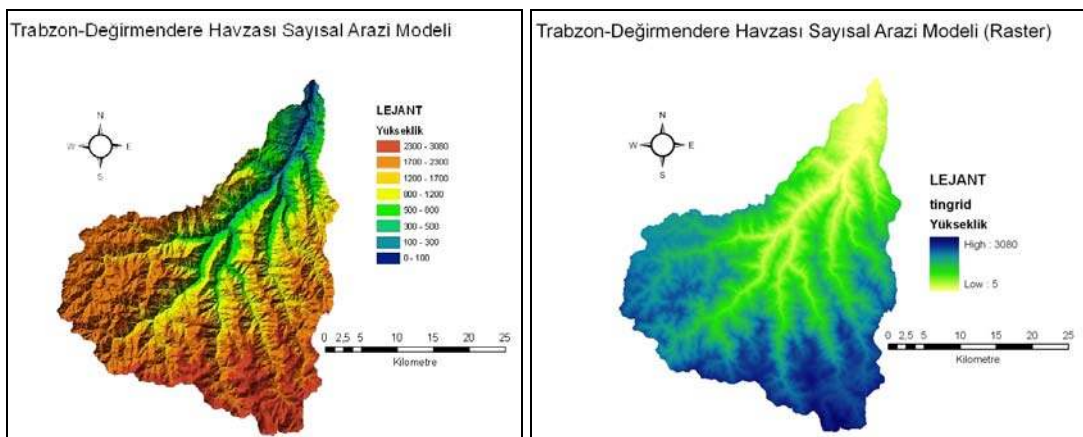
Şekil 4.3. CBS veri modelleri arasındaki dönüşüm [56]

Ancak, bir noktaya düşen yağışın hangi drenaj ağını izleyeceğini bulabilmek, kısacası havzaları tanımlayabilmek için önce o havzanın arazi modeli türlerinden DEM’in oluşturulması gereklidir. DEM’i oluşturabilmek için, üçgen modellerle tespit edilen vektör veri olan üç boyutlu arazi modeli yani TIN’e ihtiyaç duyulur.

CBS’de TIN (vektör formatlı) ve DEM (raster formatında) adında iki farklı sayısal arazi modeli türü bulunmaktadır. TIN, üçgen modelleme yoluyla doğrudan topoğrafik verilerden elde edilir (Şekil 4.4). Üzerinde çeşitli katmanlar tanımlandıktan sonra bir ara program olan HEC-GeoRAS ile gerekli kesitlerin HEC-RAS’a gönderilmesinde ve su yüzü seviyeleri elde edildikten sonra tekrar HEC-GeoRAS ile alınıp ArcGIS’te haritalandırma aşamasında altlık olarak kullanılır. DEM ise, TIN’i veri olarak kullanarak oluşturulan arazi modeli türüdür (Harita 4.1). ArcGIS programında ArcHydro modülünün veri tabanını oluşturan DEM’den; havza, alt havzalar, drenaj kolları, eğim, bakı, vb. havzanın çeşitli karakteristiklerini gösteren sayısal haritalar elde edilir.



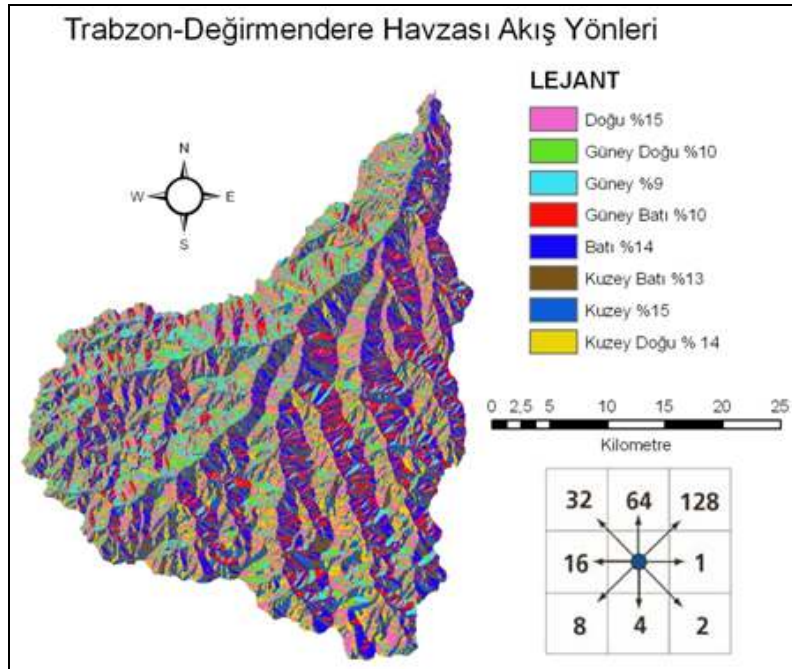
Şekil 4.4. Topoğrafik verilerden oluşturulan TIN verisi



Harita 4.1. Sayısal arazi modeli örnekleri, sırasıyla TIN ve DEM haritaları

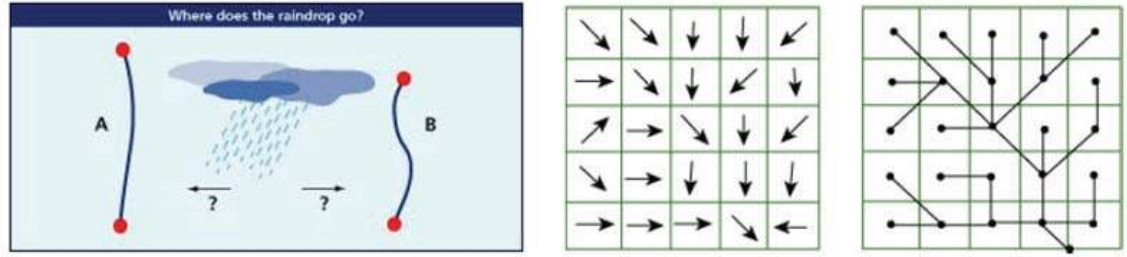
Bir CBS programı kullanılarak, topoğrafik verilerden iki farklı sayısal arazi modeli türü olan TIN ve DEM oluşturulduktan sonra, havzanın genel fiziksel karakteristiklerinin tespiti gerçekleştirilmelidir.

DEM verisi bir sayısal yükseklik haritasıdır (Harita 4.1). Bu harita resim formatında yani raster veri türündedir. Drenaj ağları renklerden rahatlıkla anlaşılmaktadır. Renklerin aralıkları değiştirilip daha farklı görünümde de elde edilebilir. Bu harita küçük karelerden yani piksellerden oluşur. Her pikselin 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 gibi bir değeri vardır, bu da onun akış yönünü ifade eder (Harita 4.2).



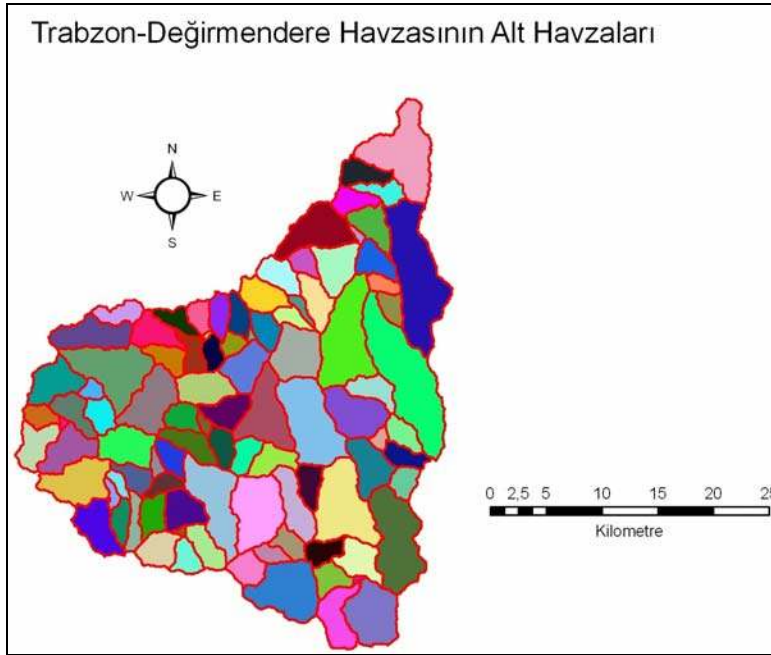
Harita 4.2. Örnek bir akış yönü haritası

Akış yönü haritası tespit edilirken her bir pikselin içerisinde var olan akış yönü bilgisi farklı bir renkle ifade edilir ve toplamda ne kadar pikselin hangi yöne doğru eğimli olduğu tespit edilebilir. Akış yönünün ne tarafa doğru olacağı da çevresindeki piksellerin kotlarına göre kararlaştırılır (Şekil 4.5).

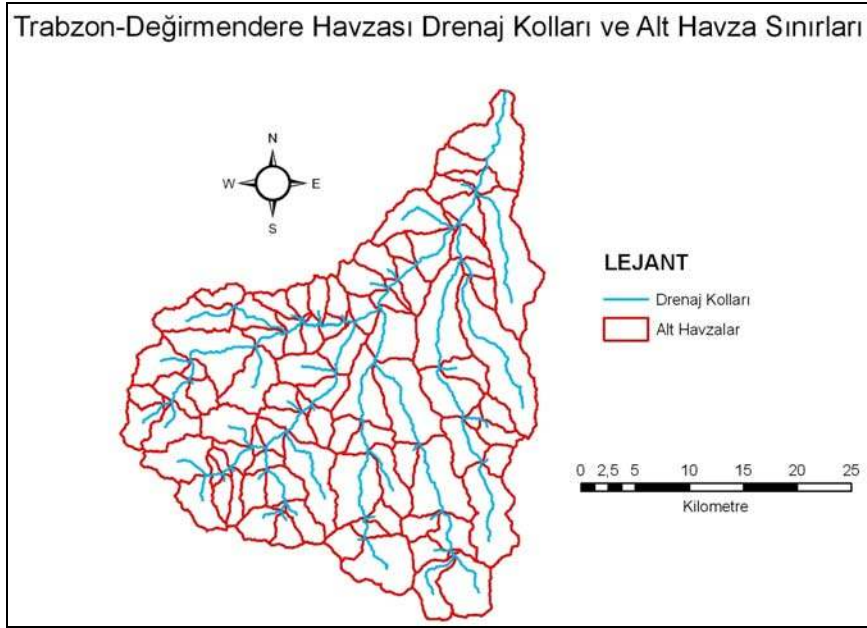


Şekil 4.5. Akış yönü hesaplanması [57]

Akış yönleri ve toplanma bölgelerinin haritaları oluşturulduktan sonra bu haritalardan alt havzalar (Harita 4.3) ve drenaj ağı (Harita 4.4) tespit edilebilir.

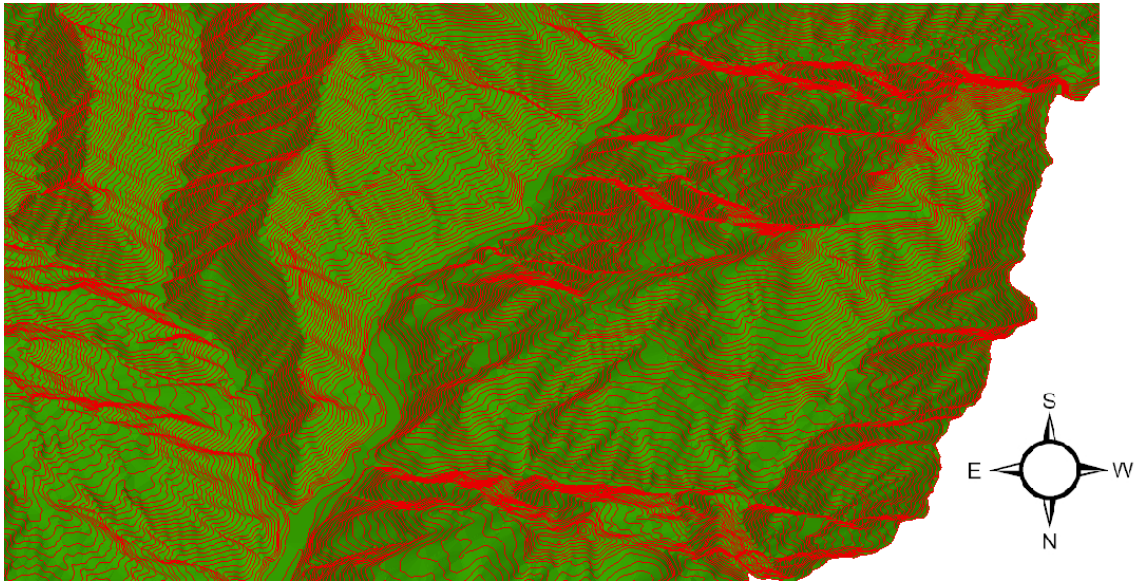


Harita 4.3. CBS ile akış yönü haritasından elde edilen alt havza alanları



Harita 4.4. Örnek bir drenaj ağı haritası

Eğer havzanın çıkış noktasına bir nokta yerleştirilir ve arkasında kalan havza belirlenirse, çalışılan alan için en büyük havza sınırı da çıkarılmış olunur. Daha sonra da oluşturulan tüm haritaları üç boyutlu olarak görüntülemek mümkündür (Harita 4.5).



Harita 4.5. Havzanın üç boyutlu haritasından bir görünüm

❖ Coğrafi Bilgi Sistemleri hidrolojinin yanı sıra; jeoloji, su kaynakları mühendisliği, arazi ölçümleri, inşaat ve şehir planlaması, ziraat ve arazi kullanımı, orman geliştirme, erozyonla mücadele, çevresel uygulamalar, arkeoloji, askeri uygulamalar, vb. gibi birçok alanda da rahatlıkla kullanılabilir [56].

Bu çalışmada CBS’de arazinin sayısal modeli oluşturularak topoğrafik veriler HEC-RAS programına gönderilmiş, daha sonra da tespit edilen su yüzü profillerini hidrolik modelden alarak, arazi kullanım haritası üzerine uygulayıp hangi bölgelerin su altında kalacağını tespit edilmiştir.

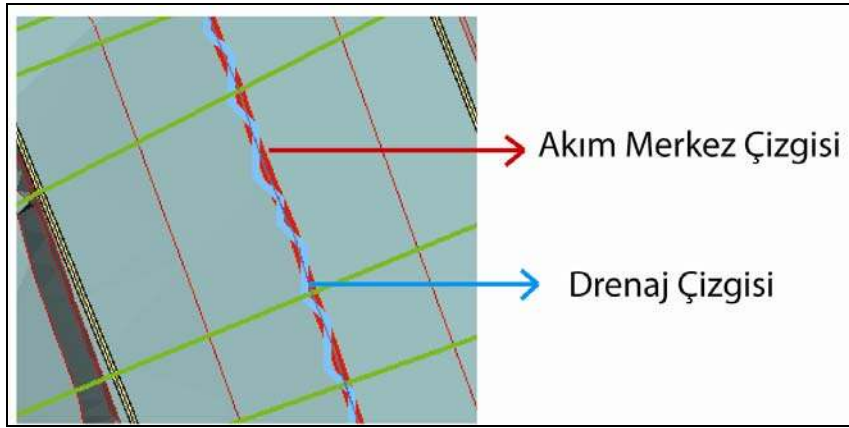
Coğrafi Bilgi Sistemleri için birçok yazılım mevcuttur. Bu yazılımlardan en öne çıkan ArcGIS Programı kullanılarak önce arazi modeli, sonra da HEC-RAS’tan alınan su yüzü kotları verisiyle de taşkın risk haritaları oluşturulmaktadır.

4.4. HEC-GeoRAS Ara Programı ile Verilerin HEC-RAS’a Aktarılması

HEC-GeoRAS; ArcGIS ve HEC-RAS arasında köprü görevi yapıp, HEC-RAS’ta hidrolik analiz yapmak için gerekli geometrik verilerin ArcGIS ile elde edilip HEC-RAS’a aktarılmasını ve hidrolik analiz yapıldıktan sonra bulunan sonuçların görselleştirilmesi amacıyla su yüzü kotlarını içeren çıktının ArcGIS’e alınıp haritalanmasını sağlayan hazır bir makro (kodu yazılarak sonradan ArcGIS’e eklenen) programdır [58]. HEC-GeoRAS’ta akarsu kolları, enkesitlerin alınacağı eksenler, seddeler, engelleyici yapılar, farklı bölgelerin Manning pürüzlülük değerleri, köprülerin konumları tanımlanabilir. Akarsu kolları ve enkesitlerin HEC-GeoRAS’ta tanımlanmaları zorunlu iken; diğer katmanlar HEC-RAS ortamında da girilebilir. Ancak her analizde tekrar topoğrafik bilgilerin HEC-RAS’ta girilmesi zaman kaybına neden olacağından belirlenebilecek tüm detaylar, sayısallaştırmalar HEC-GeoRAS üzerinden gerçekleştirilmelidir.

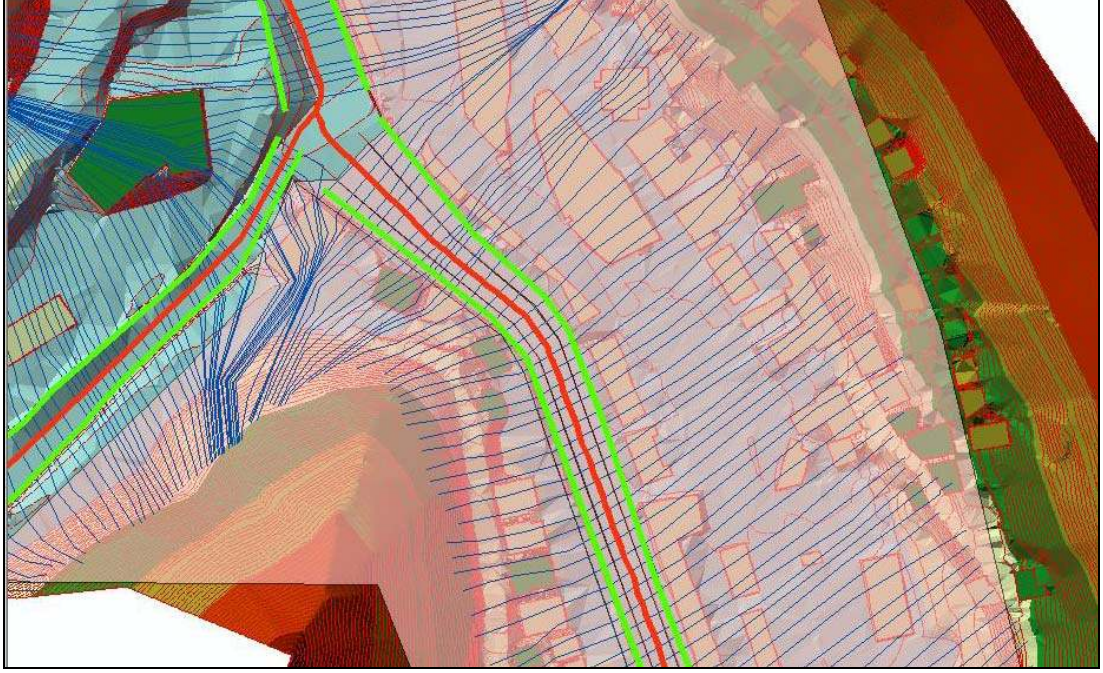
Havzanın sayısal yükseklik modelleri oluşturulduktan sonra, DEM yardımıyla bulunan hidrolojik özellikleri gösteren havza karakteristikleri altlık olarak kullanılıp, TIN üzerinde ArcEditor modülü ile çeşitli katmanlar (kesit konumları, arazi

kullanımı, köprülerin konumları ve özellikleri, pürüzlülük ve akış çizgileri gibi nehir yatağı bilgileri, vb.) oluşturulur (Şekil 4.6). Bu sayısallaştırmalar yapılmadığı takdirde; dere yatağı, sağ ve sol sahil akım çizgileri, arazi konumları vb., bilgiler birtakım eksikliklerle HEC-RAS paket programına aktarılır ve gerçek tam olarak yansıtılamayabilir.



Şekil 4.6. CBS’de tespit edilen veriler üzerinden, HEC-GeoRAS’ta yapılan sayısallaştırmalar

Enkesit çizgileri nehir yatağını dik kesecek şekilde konumlandırılırken (Şekil 4.7), diğer önemli bilgiler (köprüler, seddeler, vb.) arazi çalışması sırasında tespit edildiği şekliyle haritaya işlenir. Enkesit çizgileri standart bir aralık belirlenip otomatik olarak oluşturulabileceği gibi, kesit özelliklerinin değiştiği yerlere de doğrudan yerleştirilebilir.



Şekil 4.7. Enkesit çizgilerinin konumlandırılması

Daha sonra oluşturulan bu sayısal veriler, ArcGIS programına dışarıdan eklenen ve sadece bu program içerisinde çalışan HEC-GeoRAS modülü kullanılarak, doğal veya yapay kanallardan oluşabilecek bir sistemde tek boyutlu hidrolik hesaplamaların yapılabilirdiği, su yüzey profillerinin tespit edilebildiği bir paket program olan HEC-RAS'a otomatik olarak aktarılır [58].

4.5. HEC-RAS ile Su Yüzü Profillerinin Tespiti

Taşkın anında oluşabilecek çeşitli yineleme periyotlarına sahip debilerin, tüm nehir yatağında oluşturacağı su seviyelerinin tespiti için, topoğrafyanın değiştiği yerlerde kesitler alınarak, hesaplamalarının elde yapılması zaman açısından pek mümkün değildir. Aynı zamanda, debinin veya kesitlerden bazılarının değişmesi durumunda tüm hesaplar baştan yapılmak zorundadır. Bu nedenle, CBS ile uyumlu olarak hidrolik analizlerin yapılabileceği hazır bir bilgisayar programından yararlanmak ve dinamik bir model ortaya çıkarmak gereklidir. Bu doğrultuda, literatürde CBS ile birlikte kullanılan iki alternatif paket program Mike 11 ve HEC-RAS'tan, ücretsiz

olarak indirilebilen ve kullanıcı ara yüzü daha pratik olan HEC-RAS programı seçilmiştir.

Nehir su yüzeyi profillerinin hesaplanabilmesi için kullanılan HEC-RAS, U. S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center tarafından geliştirilen, bir boyutlu zamanla değişmeyen ve zamanla değişen nehir akım modellemeleri yapılabilen bir programdır. İlk versiyonu (HEC-RAS 1.0) 1995 yılının Temmuz ayında çıkarılan programın, bir çok sürümü zaman içerisinde kullanıcıya sunulmuştur (1.1; 1.2; 2.0; 2.1; 2.2; 3.0; 3.1; 4.0 ve en son olarak 2010 Ocak ayında kullanıma açılan 4.1 sürümü). Bir boyutlu nehir analizleri HEC-RAS ile birkaç amaç için yapılabilir. Bunlar; zamanla değişmeyen akım şartlarında su yüzü profillerinin tespiti, zamanla değişen akım durumunda su yüzü profillerinin hesaplanması, katı madde taşınım hesaplamaları ve su kalitesi modellemeleridir [59].

Zamanla değişmeyen akım koşullarında su yüzü profillerinin tespit edilebilmesi için hazırlanan modelin analizleri; subcritical (kritik altı, nehir rejimi), supercritical (kritik üstü, sel rejimi) ve mixed flow (her ikisinin de bulunduğu) rejimleri için ayrı ayrı yapılabilir [60]. Sınır koşullarından (hesaplamanın yapılmaya başlanacağı ve bitirileceği noktaların bilgileri), kritik eğimin altında veya üstünde olunmasına göre rejim ve su yüzü seviyesi belirlenir ve bir sınır koşulundan diğer sınır koşulunun belirtildiği yere kadar, analizler ikişer kesit arasında yapılarak, tüm kesitler bitirilerek, su yüzü profilleri tespit edilir. Topoğrafik koşulların değiştiği (kesidin daralıp genişlemesi, nehir boy profilinde eşik veya ani düşü olması gibi) bölgelerde, akım rejimi nehir rejiminden sel rejimine veya sel rejiminden nehir rejimine (hidrolik sıçrama ile) geçiş gösterebileceğinden, her ikisinin de olduğu rejim tercih edilerek analizler gerçekleştirilebilir. Akım rejimi değişmediği takdirde diğer iki şarttan (kritik altı, kritik üstü) hangisi oluşuyorsa ona göre modelleme yapılır.

HEC-RAS hidrolik analiz programında hesaplamalar mansaptan membaya doğru yapılmaktadır. Eğer sel rejimi meydana gelen bir yer bulunuyorsa burada membadan mansaba doğru da su yüzü seviyeleri bulunmalıdır [59, 61]. Bilinen başlangıç su yüzü seviyesinden bulunması istenen en son kesitteki su yüzü seviyesine kadar her

iki kesit arasındaki su yüzü profili Bernoulli Enerji Eşitliği (Eş 4.1) kullanılarak tespit edilir (Şekil 4.8).

$$Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (4.1)$$

Z_1, Z_2 : Kıyas düzleminden kanal tabanına kadar mesafe

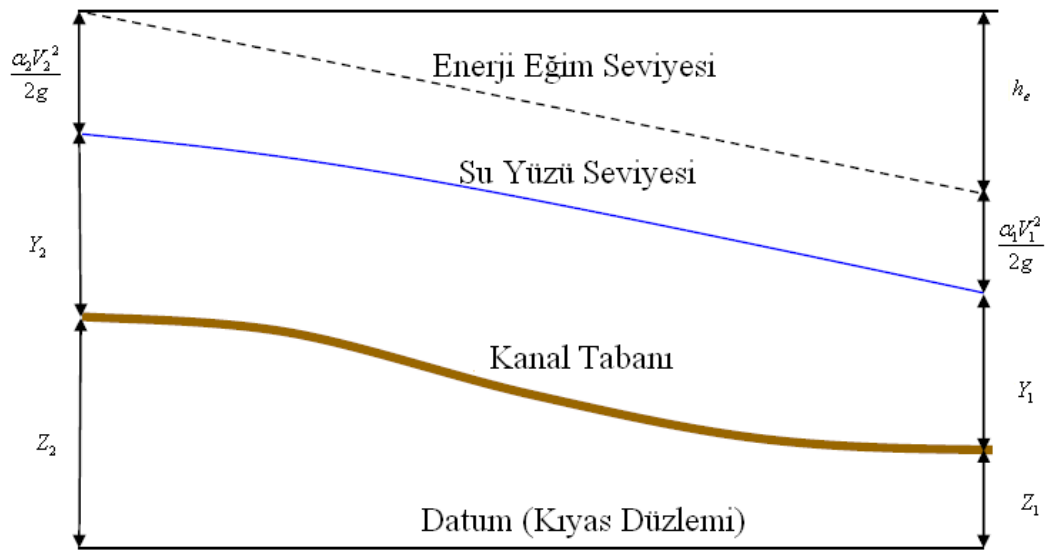
Y_1, Y_2 : Kesitlerdeki su seviyeleri

V_1, V_2 : Kesitlerdeki ortalama hızlar

α_1, α_2 : Hızların düzeltme katsayıları

g : yerçekimi ivmesi

h_e : İki kesit arasındaki enerji yük kaybı



Şekil 4.8. Enerji eşitliğinde kullanılan terimlerin sembolik gösterimleri [59]

Hidrolik hesaplarda kullanılan enerji kaybı kesit genişlemesi veya daralmasına, iki kesit arasındaki eğime, mesafelere (iki kesit arasındaki sağ sahil, sol sahil ve kesit orta noktası uzaklıkları) ve hıza bağlı olarak değişmektedir (4.2). Yani hem sürtünme kaybı hem de kesidin özelliklerinin değişmesine bağlı olarak değişen kayıp hesaplanarak dikkate alınmaktadır.

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (4.2)$$

C : Genişleme veya daralma kayıp katsayısı

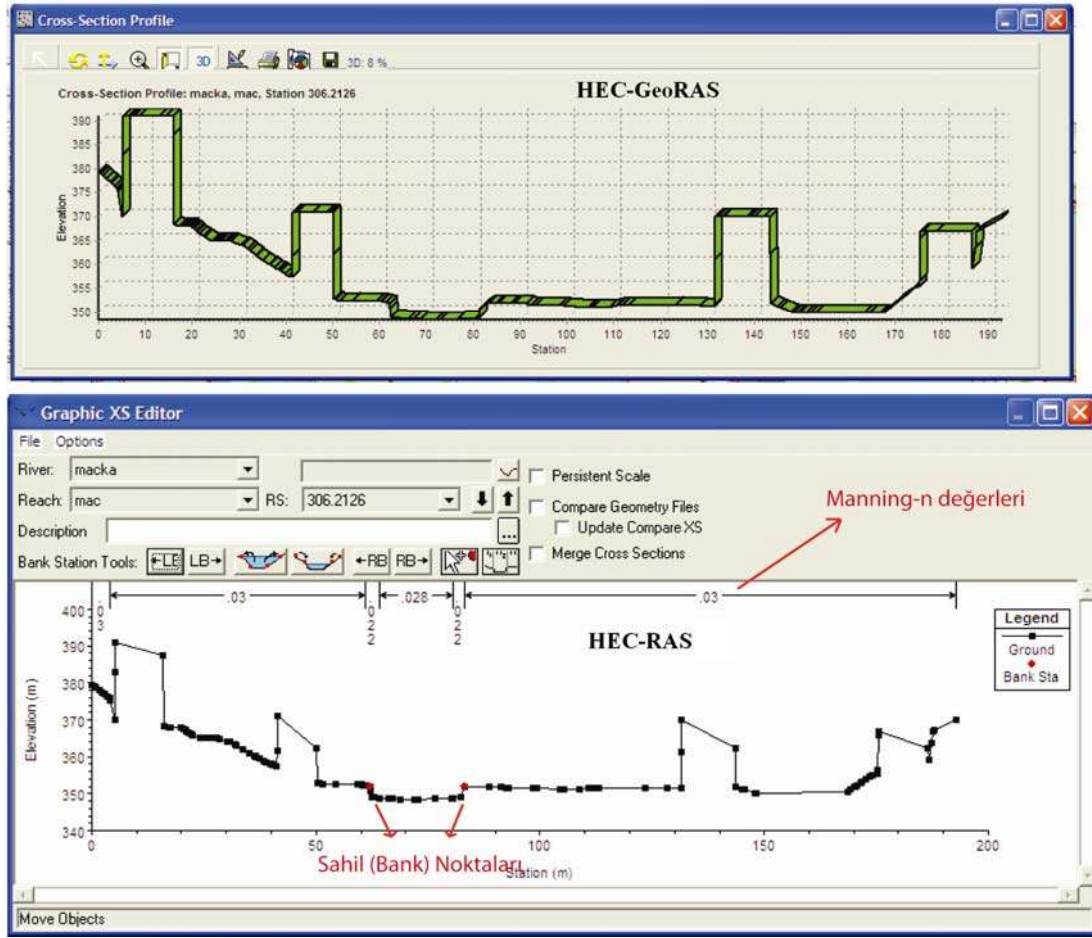
$\bar{S}_f$: İki kesit arasındaki eğim

HEC-RAS analiz programına girilmesi gerekenler veriler:

- i. Nehir yatağı enkesiti
- ii. Nehir yatağı boy profili
- iii. Debi
- iv. Nehir yatağı pürüzlülüğü değerleridir.

HEC-RAS' a tüm kesit noktalarındaki geometrik özellikleri ve yüzey pürüzlülük değerlerinin tek tek girilmesi çok fazla zaman alacağından, oluşturulan arazi modelinden otomatik olarak bu bilgiler aktarılmaktadır. Oluşturulan modelin en önemli özelliği bahsedilen uygulamaları çok kısa sürede başarabilmesi ve farklı hidrolik şartlar için de aynı sistemin kullanılabileceği bir model olmasıdır.

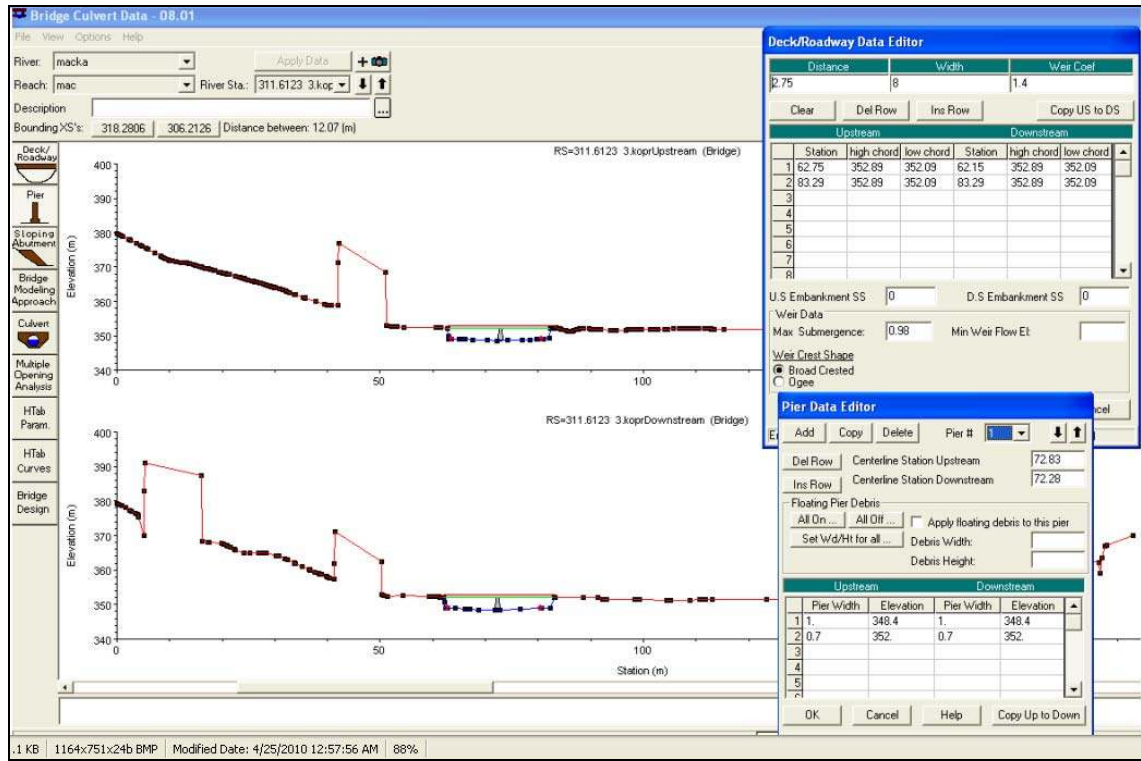
HEC-RAS programına, sayısal arazi modelinden RasGIS.sdf girdi verisi ile alınan topoğrafik kesitler (Şekil 4.9), nehrin pürüzlülük, sağ ve sol sahil kıyı çizgileri vb., bilgileri aktarılır.



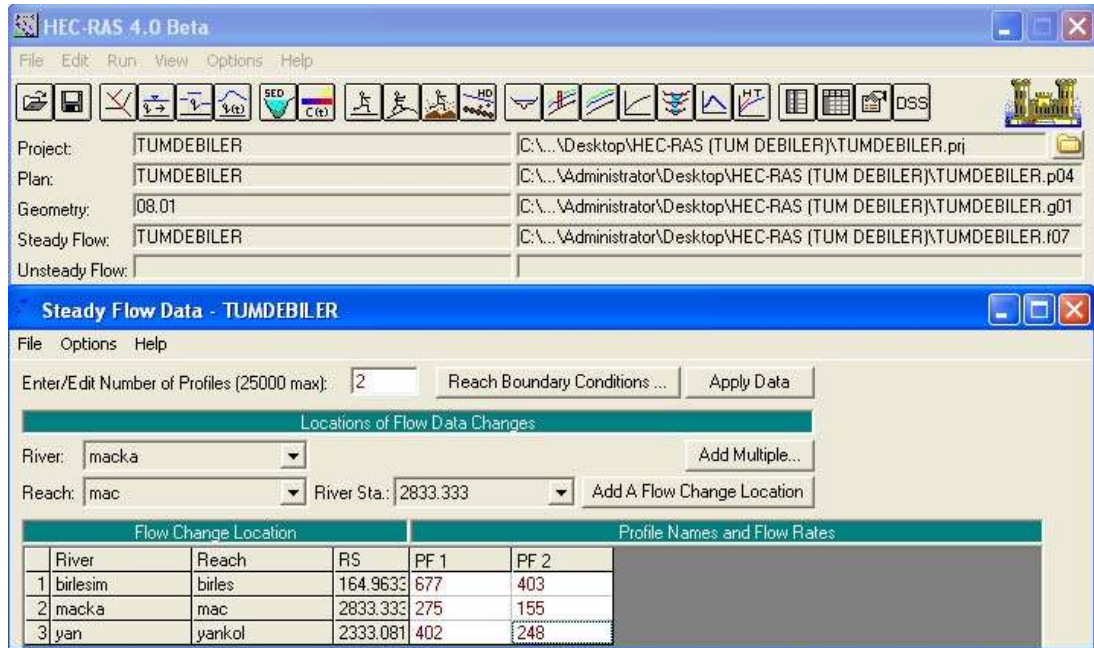
Şekil 4.9. HEC-GeoRAS'tan HEC-RAS'a aktarılan bir kesitin her iki programdaki görünümü

Arazi modeli üzerinde HEC-GeoRAS ile yerleştirilen ve genişlikleri girilebilen köprülerin ve menfezlerin diğer özellikleri (ayaklarının açıklıkları, kalınlıkları vb.) de HEC-RAS içerisinde belirlenir (Şekil 4.10).

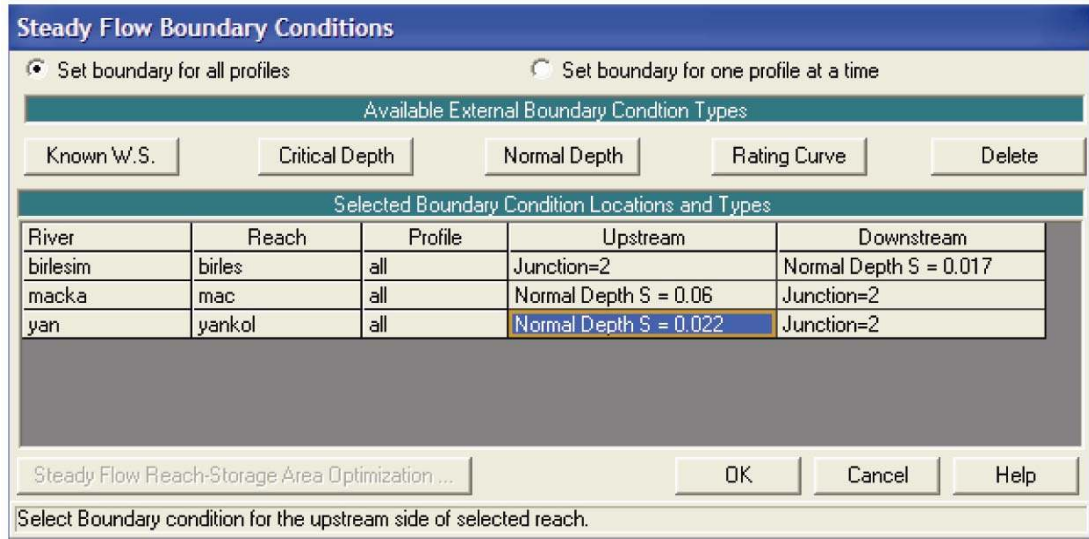
Daha sonra istatistikî çalışmalarla tespit edilen çeşitli tekerrürlere sahip debi değerleri (Şekil 4.11) ile sınır koşulları (Şekil 4.12) girilir ve mevcut akım (zamana göre akım şartlarının değişmediği durum) şartlarında bir boyutlu hidrolik analizler gerçekleştirilir.



Şekil 4.10. HEC-GeoRAS'ta konumlandırılan köprülerin HEC-RAS ile kesit özelliklerinin belirlenmesi

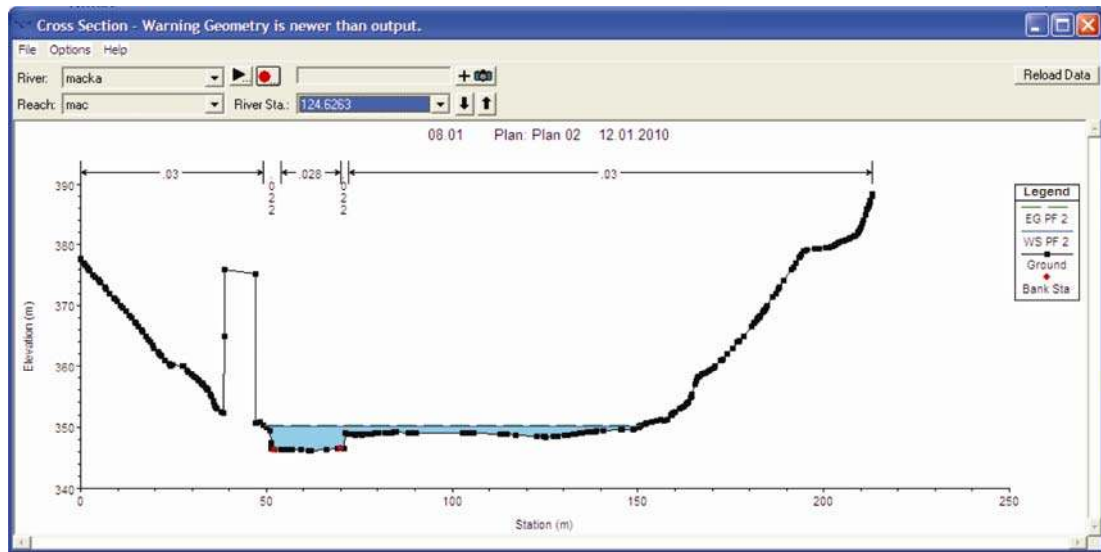


Şekil 4.11. Debi değerlerinin HEC-RAS'a girilmesi



Şekil 4.12. Nehir kollarına ait sınır koşullarının HEC-RAS'a girilmesi

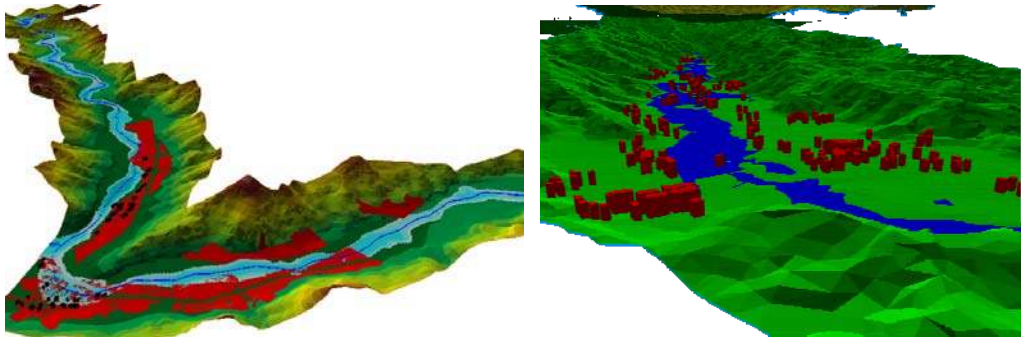
Sınır koşulu olarak başlangıç ve bitiş kesitlerinin kritik derinlikte olması durumu, normal akım derinliğinin olduğu taban eğimi, debi anahtar eğrisi gibi bilgiler girilebilir [59]. Bu çalışmada normal akım derinliğine karşılık gelen taban eğim değeri, kesitlerin bulunduğu noktadaki taban eğimleri okunarak girilmiştir. Sonuç olarak, incelenen tüm nehir yatakları boyunca su yüzü seviyeleri tespit edilir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Analizler sonucu tespit edilen örnek bir su yüzü seviyesinin gösterimi

4.6. CBS ile Risk Haritalarının Oluşturulması

Bulunan su yüzü seviyelerini içeren RasGIS.sdf çıktı dosyası HEC-GeoRAS ile ArcGIS'e yollanır ve ArcGIS'te TIN verisinin üzerine eklenir. Bu şekilde arazi modelinin üzerinde herhangi bir taşkın debisinin oluşması durumunda nerelerin su altında kaldığı 3 boyutlu olarak haritalanabilir (Harita 4.6). Arazi üzerinde uçuş simülasyonları gerçekleştirilerek tüm havza dolaşılabilir ve görsel olarak taşkın riskleri daha kolay ifade edilebilir. Oluşturulan haritalara örnekler, uygulama alanı üzerinde yapılan analizler sonunda verilmiştir.



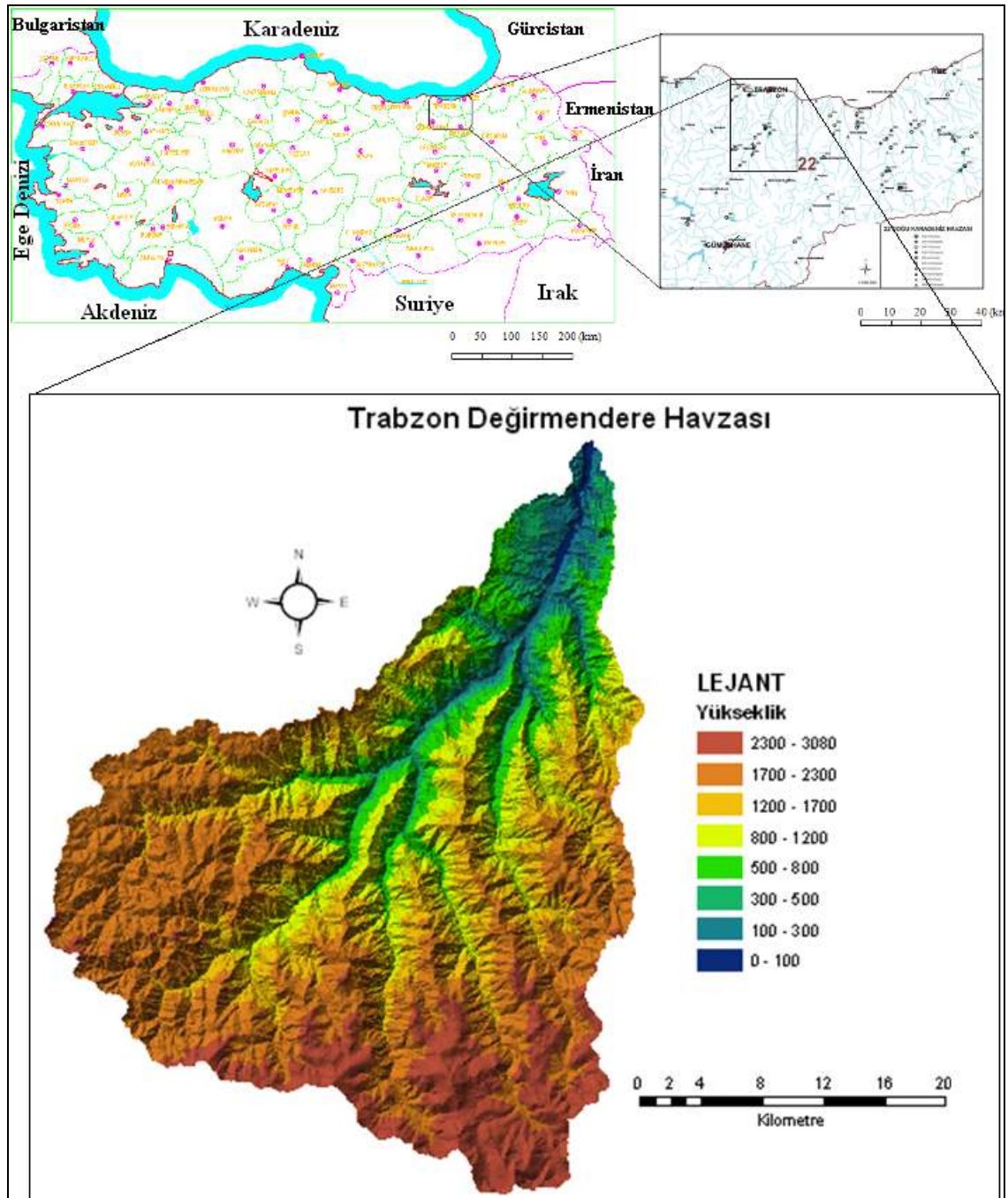
Harita 4.6. Taşkın anında sular altında kalabilecek yerlere örnek haritalar [56]

5. ÇALIŞMANIN AŞAMALARI

5.1. Çalışma Alanı

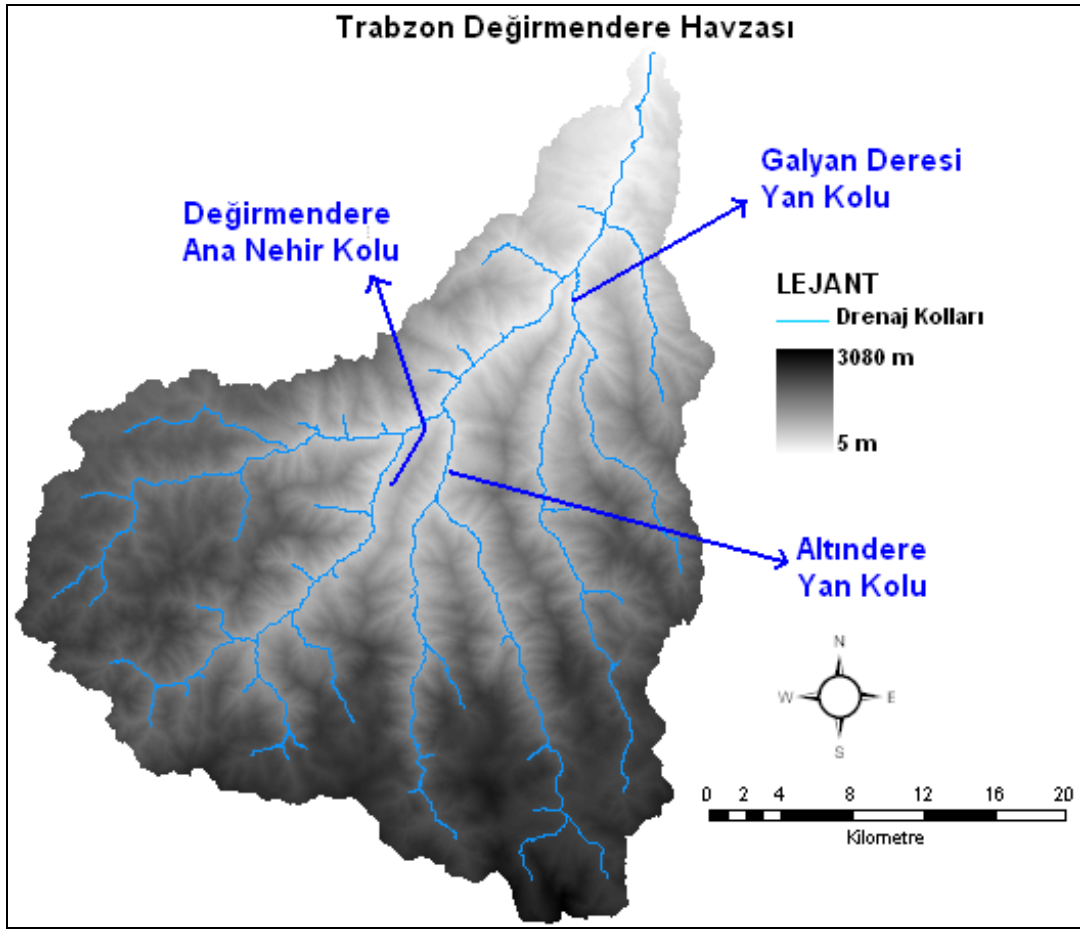
Taşkın risk haritalarının üretilmesi konu edilen bu tez çalışmasının uygulamada işe yarayabilmesi için; öncelikle taşkın riski bulunan, yeterince nehir gözlem verisi ve yüksek hassasiyetli topoğrafik verileri mevcut olan bir havza seçilmelidir. Bu nedenle çalışma alanının, Türkiye’de en fazla ölümle sonuçlanan taşkın afetlerinin meydana geldiği havzalardan biri olan Doğu Karadeniz Havzası’nın bir alt havzası olarak seçilmesi kararlaştırılmıştır. Daha sonra yeterince topoğrafik ve hidrometrik verisi bulunan doğru havzanın tespit edilmesi için, Türkiye’de nehir yataklarından sorumlu kuruluş olan DSİ ile verilerin sağlanması, sonuçların paylaşımı konusunda bir protokol yapılmış ve uygun havzanın belirlenmesi için fikir alınmıştır. Önerilen iki alternatif olan Samsun Terme Havzası ve Trabzon Değirmendere Havzası, arazi çalışmalarında yerlerinde incelendikten sonra, geçmişte yöre ve çevresinde daha büyük taşkınlar yaşanmış (1990 Trabzon taşkını, vb) olan ve hidrometrik, topoğrafik verileri daha fazla bulunan, aynı zamanda topoğrafik yapısı daha eğimli ve taşkına müsait olan (taşkın yataklarındaki yapılaşma, drenaj alanı, taşkının oluşma zamanı, vb.) Trabzon Değirmendere Havzası seçilmiştir.

Trabzon Değirmendere Havzası; 1054 km²’lik drenaj alanına sahip, 3080 m yüksekliğindeki Kalkanlı ve Zigana Dağları’ndan başlayıp Trabzon İli’nin Karadeniz kıyısında sonlanan, Trabzon’un içme suyu ihtiyacının karşılandığı, jeolojik ve topoğrafik şartları nedeniyle bol sedimente sahip bir havzadır [62]. Gümüşhane il sınırından başlayan bu havzanın büyük bölümü Trabzon il sınırları içerisinde kalmaktadır (Harita 5.1). Havza sınırları içerisinde Trabzon İl Merkezinin bir kısmı (sanayi sitesi, çeşitli işletmeler, yerleşimler vs.), Maçka ilçesi, ve 5 belediye bulunmaktadır (Çağlayan, Esiroğlu, Şahinkaya, Akoluk, Çukurçayır) [63].



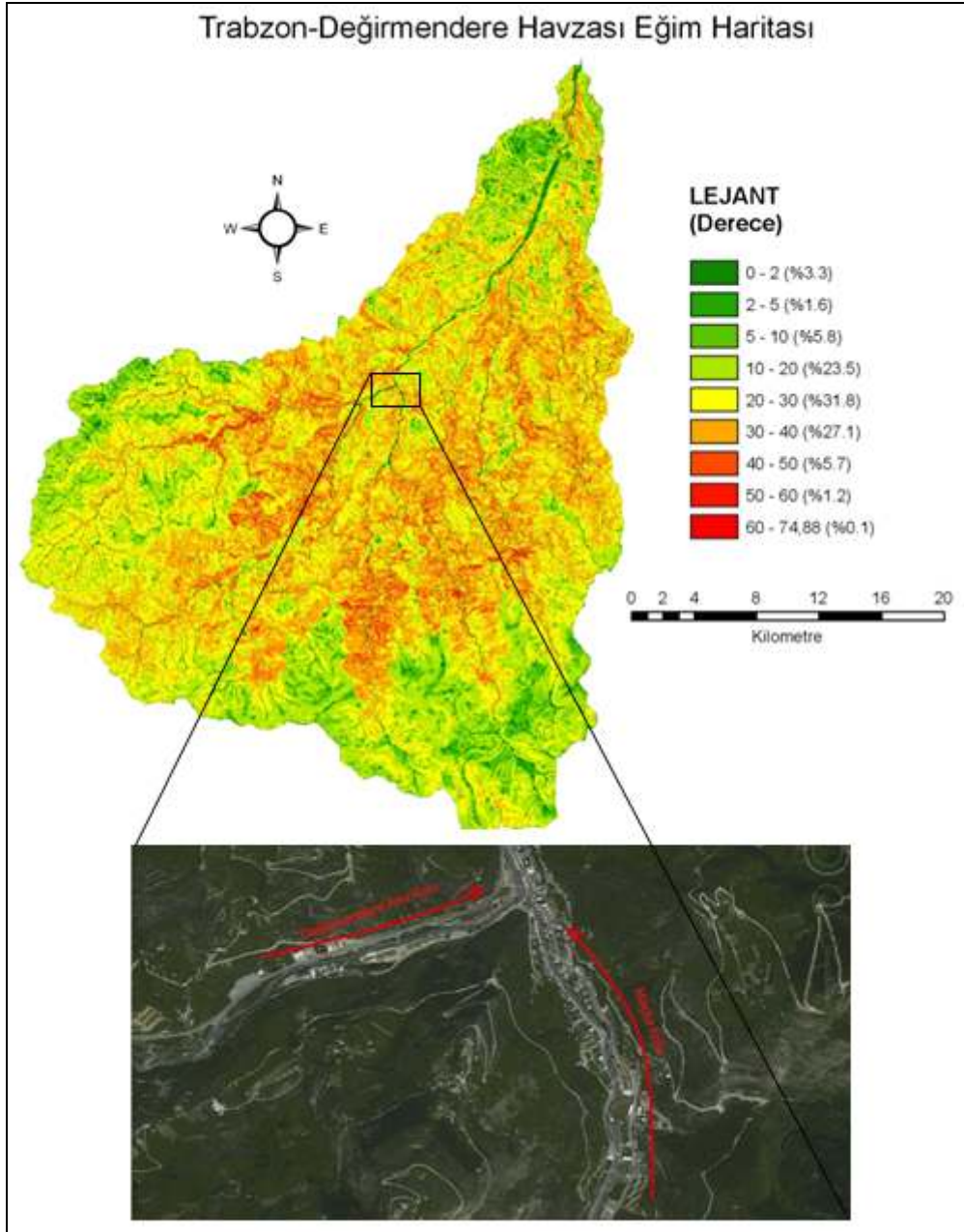
Harita 5.1. Değirmendere nehir havzası genel görünümü ve Türkiye’deki yeri

Değirmendere Havzası, Trabzon-Gümüşhane yolu üzerinde bulunan ve yol boyunca devam eden Değirmendere ana nehir kolu, Maçka ilçe merkezinde ana kola katılan Altındere, bu birleşimin yaklaşık 10 km kadar mansabında yine bir yan kol olan Galyan Nehri ve diğer birçok yan kolun katılımıyla oluşan bir drenaj ağına sahiptir (Harita 5.2).



Harita 5.2. Değirmendere nehir havzası drenaj kolları, alt havzalar ve yükseklik haritası

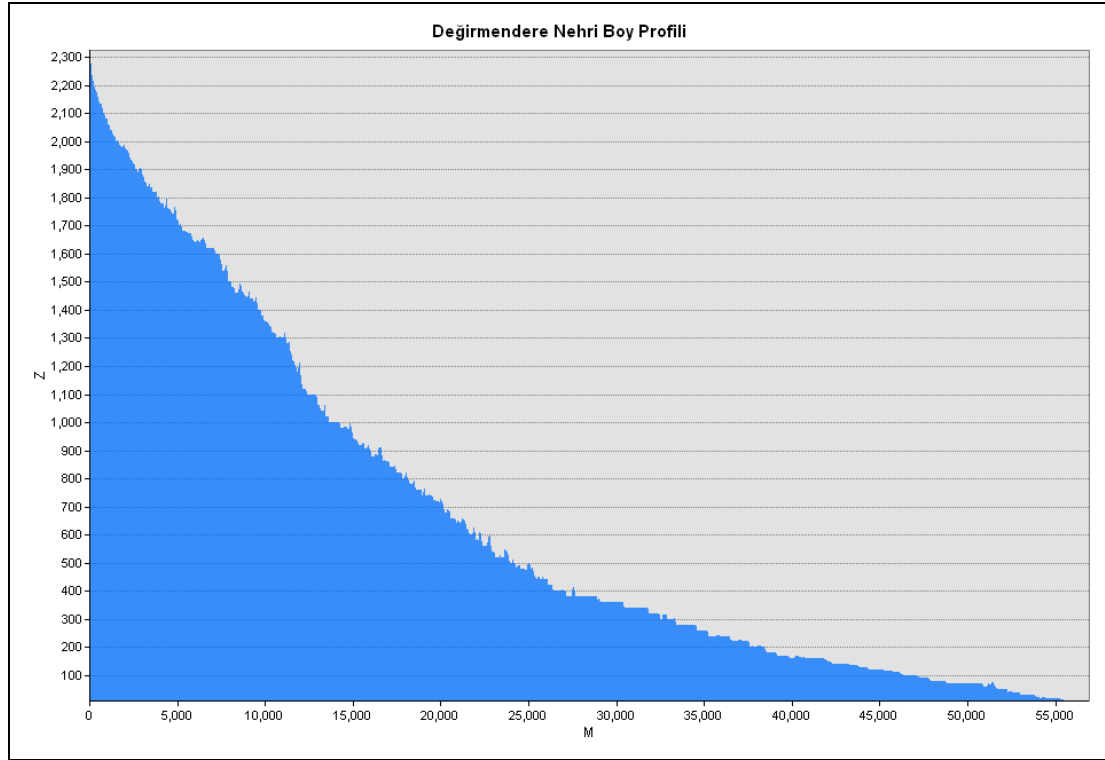
Türkiye'nin en çok yağış alan bölgesi olan Doğu Karadeniz'de bulunan Değirmendere Havzası geçmişte, hem taşkın hem de heyelan afetleriyle karşı karşıya kalmıştır. Ülkenin en çok yağış alan bölgesinde bulunmasının yanı sıra, topoğrafik ve jeolojik şartları da taşkın ve heyelan riskini arttırmaktadır. Havzanın eğimi özellikle üst kotlarda çok yüksektir. Maçka ilçe merkezine kadar çok dik eğimle gelen nehir kolları, bu merkezde birleşip çok daha az bir eğimle Karadeniz'e ulaşmaktadırlar (Harita 5.3).



Harita 5.3. Değirmendere nehir havzası eğim haritası ve Maçka İlçe merkezi yerleşimi

Maçka ilçe merkezinin Değirmendere Havzası'nın ortalarına yakın bir yerde bulunmasına rağmen, dere yatağı kotları ortalama 350-400 m arasında değişmektedir. Bu yüzden taşkın risk haritalarının tespit edilmesi gereken en önemli bölgelerden birisi bu birleşimden önce ve sonraki kısımdır. En uzun nehir kolu olan Değirmendere ana kolu için nehir boy profili belirlendiğinde, yüksekliğin nehir

boyunca değişimi daha net anlaşılabilir (şekil 5.1). Değirmendere nehir havzasında daha yüksek bölgeler ana nehir kolunun doğusunda kalan bölgelerde (Kalkanlı Dağları civarında) bulunduğundan nehrin doğduğu bölgenin kotları yaklaşık 2300 m civarındadır.



şekil 5.1. Değirmendere ana nehir kolu boy profili

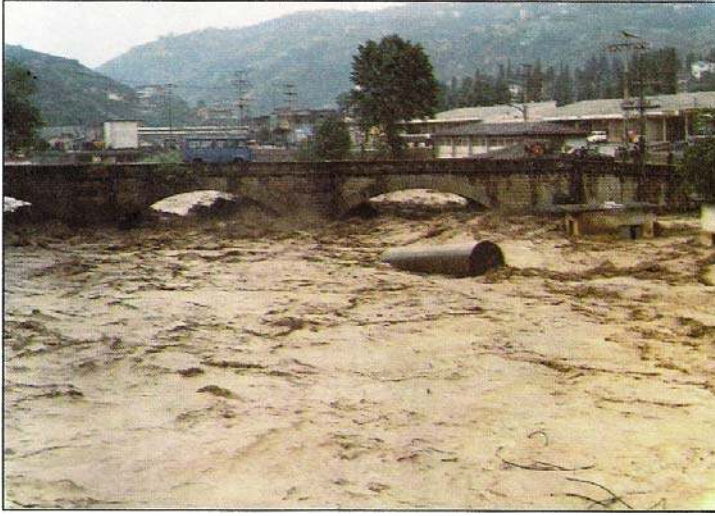
Havzanın st kotlarında depolamalı hiç bir taşkın koruma tesisinin (baraj, bent, vb.) bulunmaması, dere yatağının hemen kenarına yapılan plansız yerleşimler (Resim 5.1), Maçka'nın üst kotlarında % 10'u aşan nehir yatağı eğimi (Harita 5.3) ve eğimin birden ilçe merkezinde azalması, katı madde tutacak tersip bendi gibi yapıların dolmuş olması ve ömrünü tamamlaması nedeniyle nehir yatağının aşırı sediment taşıyan bir yapıya sahip olması, teraslamaların arazinin sahip olduğu eę yükselti eğrilerine paralel yapılmayışı ve toprağın suyu tutamaması gibi nedenlerden dolayı özellikle Maçka ilçe merkezi ve mansabındaki yerleşimler yüksek taşkın riskine sahiptirler. Heyelan da bu yörede sık sık karşılaşılan doğal afet türlerindendir. Havzanın bol yağış alması ve nüfus artışına bağlı olarak yerleşimlerin sayısının da artması yüzey akış katsayısının artmasına dolayısıyla taşkın riskinin de artmasına

neden olurken aynı zamanda erozyona karşı da havzayı korumasız hale getirmektedir. 1988 yılında Maçka'nın Çatak Köyü'nde meydana gelen heyelanda 64 insan hayatını kaybetmiştir. 2009 yılı kasım ayında da yine Trabzon Değirmendere'de aşırı yağışların neden olduğu heyelan sonucu aynı aileden iki kişi yaşamını yitirmiştir [12].



Resim 5.1. Maçka ilçe merkezindeki evlerin yerleşimi

Trabzon ve çevresinin yaşadığı 1990 yılının Haziran ayında meydana gelen büyük taşkın afetinde 53 kişi hayatını kaybetmiştir. 18 Haziran 1990'da başlayıp 19-20 Haziran gecesi sağanağa dönüşen yağışlar sonucu 184 yerleşim yerinde 1005 konut, 82 işyeri yıkılmış veya ağır hasar görmüştür [64] (Resim 5.2). Bu afetten Değirmendere Havzası da oldukça çok etkilenmiş, taşkın yataklarındaki evler, tesisler ve köprüler yıkılmıştır (Resim 5.3). Taşkın anında, Trabzon ilinin içme suyu ihtiyacını sağlayan Değirmendere Havzası'nda içme suyunun elde edildiği kuyular da büyük zarar görmüştür, Trabzon-Gümüşhane yolunun sürekli nehrin paralelinde devam etmesinden dolayı taşkın anında oldukça hasar oluşmuş ve ulaşım, yardım imkânları çok güçleşmiştir.



Resim 5.2. Trabzon Değirmendere Nehri, 20 Haziran 1990 sabah saat 07.30 taşkın anı [65]

Ulaşım imkanının kolaylığından taşkın afetinin yaşandığı o günden bu zamana kadar artan sanayi tesisleri ve yerleşim alanlarının yeterli koruma tedbirleri alınmadan akarsu yataklarına yakın ve taşkın sahası içinde kurulması, karayollarında standardın yükselmesi sonucu yamaçlardan yol yapmanın arttıracığı maliyetten kaçınarak yeterli korunma önlemleri alınmadan dolgularla akarsu yataklarının işgal edilmesi, dolguların şiddetli yağışlarda taşınması ve dere yatağındaki köprü ve menfezlerin geçirimsizlik oranını düşürmesi gibi etkenler, Değirmendere'nin hala risk taşımasını ve belki de bu riskin artmasına sebep olmaktadır (Resim 5.4).



Resim 5.3. Trabzon Değirmendere Nehri, 20 Haziran 1990 sabah [65]



Resim 5.4. Trabzon Değirmendere Nehri bugünkü durumu, dere yatağında dolgu malzemesi

Gazi Üniversitesi BAP Birimince desteklenen bu tez çalışmasına yönelik olarak birkaç kez yapılan arazi çalışmaları neticesinde Değirmendere Nehir Havzası yerinde gözlemlenmiştir. Bu gözlemlerde elde edilen izlenimler, büyük bir taşkın anında bölgedeki taşkın yataklarında bulunan birçok yerleşim yerinin zarar göreceğini göstermektedir (Resim 5.5).



Resim 5.5. Maçka ilçe merkezi üst kotları

Havzanın bazı bölümlerinde taşkın koruma seddelerinin, karayolu istinat duvarlarının, vb. önlemlerin alındığı gözlemlenmiştir. Ancak, arazi şartlarının elverişsizliği ve plansız yapılaşma nedeniyle, Maçka'dan başlayıp Karadeniz'e ulaşmaya kadar birçok yerde, hatalı arazi kullanımı ve dere yatağına yapılan kontrolsüz müdahalelerle karşılaşmak mümkündür.

Maçka şehir merkezinde dere yatağının sınırını oluşturan yerleşimler taşkın yatağına müdahalenin en net göstergeleridir (Resim 5.6). Değirmendere'de yaşanacak büyük bir taşkın anında, evlerin hemen hepsinde olumsuz etkilenmeler, can ve mal kayıpları sorunları ile karşılaşılabilir.

Maçka'da dere yatağının en mansabında bulunan kemer köprü, taşkın anında sediment ve sürüklenen maddeleri tutabilir ve hidrolik kesidi daralıp, membasında kabarmaya neden olup, tehlikenin daha da büyümesine yol açabilir (Resim 5.6).



Resim 5.6. Maçka ilçe merkezi mansap yerleşimleri

Maçka'dan Trabzon merkeze doğru gidilirken iki merkezde yerleşimler bulunmaktadır. Yaklaşık 2'şer km boyunca dere yatağının kenarında bulunan bu yerleşimler Esiroğlu ve Çağlayan Belediyeleri'dir. Her iki yerleşimde de dere kenarındaki evler neredeyse dere talveğinin kotundadırlar (Resim 5.7). Trabzon merkeze kadar, dereden sadece bir taş tahkimatla ayrılmış bu yörelerin bazılarında

dere ve üzerlerinde yerleşimler bulunan taşkın yatağının yakın kotlarda bulunması taşkın riskini arttırmaktadır (Resim 5.8). Taşkınlar, sadece dere yatağından taşacak suyla değil, yüksek kesimlerden dere yatağına gelecek yüzey akışıyla da düşük kotta kalan yerleşimleri tehdit edebilir. Taşkın yatağına bu bölgelerde birikecek sel suları bir kanalla mansaba iletmeli ve taşkın koruma yapılarının kotuna ulaştığında dere yatağına drenajı sağlanmalıdır.



Resim 5.7. Çağlayan Belediyesi, taşkın yatağındaki yapılaşmanın artışı



Resim 5.8. Trabzon merkez, eski taş tahkimatlar ve yerleşimler

Değirmende Nehri'nin, Trabzon-Gümüşhane karayoluna paralel olması ve bazen sağ sahilde, bazen sol sahilde akmasından, ana kol üzerinde 20'ye yakın ulaşım köprüsü bulunmaktadır (Resim 5.9). Köprülerin büyük kısmı taşkın anında problem yaratacak şekilde sediment tutmaktadırlar.



Resim 5.9. Nehir yatağındaki köprülerden, Değirmendere II Köprüsü

Değirmendere Havzası üzerindeki ana kola birleşen büyük derelerden birisi Maçka'da Altındere iken, bir diğeri ise Galyan Deresi'dir (Resim 5.10).



Resim 5.10. Değirmendere ve Galyan Deresi (resimdeki köprünün altından gelen kol) birleşimi

Galyan Deresi'nin debisi de oldukça yüksektir. Ancak, bu nehir kolu üzerinde yapımı süren Atasu Barajı 2010 Haziran sonunda su tutmaya başladığında, Galyan Deresi regüle edilmiş bir dere olma özelliğini kazanacaktır (Resim 5.11).



Resim 5.11. Atasu Barajı'nın yandan alışı dolusavağı ve gövdesinin mansap tarafından görünüşü

5.2. Verilerin Temini

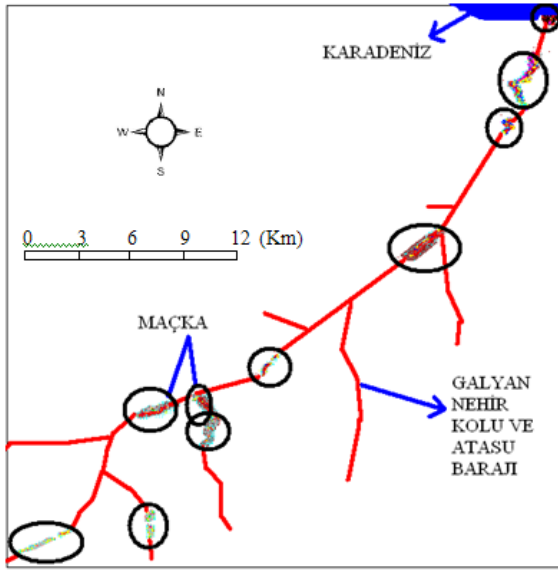
5.2.1. Topoğrafik veriler

Havza seçildikten sonra gelen ilk aşama havzanın topoğrafik haritalarının elde edilmesidir. Bu aşamada, çalışmada kullanmak ve tüm havzanın fiziksel karakteristiklerini tespit edebilmek için, HGK'dan Değirmendere Havzası'nın üzerinde bulunduğu 24 tane 1/25000 ölçekli sayısal harita temin edilmiştir. Bu haritalarda bir çizgi olarak gösterilebilen geniş yataklı bir derenin, 1/1000 veya 1/5000 ölçekli daha detaylı harita türlerinde tüm yatağını (her iki sahilini) görebilmek mümkündür. Veya 1/1000 ölçekli haritada alansal olarak ifade edilebilecek bir bina 1/25000 ölçekli haritada ancak noktasal olarak görülebilir. Bu yüzden, yerleşim yerlerinin bulunduğu bölgelerin taşkın modellemesi için, DSİ

tarafından bölge için özel bir harita firmasına daha önceden hazırlanmış olan 1/2000 ölçekli haritalar, DSİ ile yapılan protokol kapsamında temin edilmiş ve kullanılmıştır. Ayrıca arazi çalışmalarında GPS ile yapılan ve düşey hassasiyeti 5-10 m arasında değişen ölçümler ve özellikle CBS’de sayısallaştırma aşamasında değerlendirilen arazi fotoğrafları kullanılmıştır. Bütün bu haritaların koordinat sistemi doğal olarak aynı değildir. Ülkemizde ulusal topoğrafik haritaların üretiminde 1/25000 ölçekte UTM projeksiyon sistemi kullanılırken 1/5000 ölçekli veya daha detaylı haritaların üretiminde Gauss-Krüger (GK) projeksiyon sistemi temel alınır. Türkiye’de harita üretilirken her iki projeksiyon için de ED50 yani Avrupa Datumu kullanılmaktadır [66]. ED50 ülke koordinat sistemini baz alırken, GPS yoluyla haritalar üretilirken WGS84 datumu kullanılmaktadır [67]. WGS84 ve ED50 elipsoidlerinin merkezleri ve eksenleri çakışık olmadığından, haritaların aynı datumda toplanıp birleştirilmesi ve düzenlemeleri yapıldıktan sonra bir arada kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla, NETCAD programında projeksiyon, datum ve dilim orta meridyen değerleri girilip tüm haritalar aynı koordinat sisteminde toplanmıştır. Böylece sadece koordinat farklılığından aralarında yaklaşık 180 m uzaklık bulunan haritalar aynı noktalara getirilmiş ve AutoCAD ile gerekli düzenlemeleri yapıldıktan sonra tek bir harita elde edilmiştir. Ayrıca, ana nehir kolu üzerindeki bazı bölgelerde alınan 1/2000 ölçekli haritalar yerel koordinatlardadır. Bu koordinat sistemini ulusal koordinatlara dönüştürebilmek için dönüşüm parametreleri gerekmektedir. Bu dönüşüm parametreleri arazi çalışmalarında haritayı hazırlayan ekipten elde edilmiş ve haritalar uygun koordinat sistemine getirilip kullanılmıştır. Böylece tüm havzanın 10 m çözünürlüklü, yerleşim yerlerinin bulunduğu yerlerin de 1 m çözünürlüklü haritası bir bütün olarak oluşturulmuştur. Son aşamada ise arazi çalışması ile tespit edilen konutlar, bulundukları yerler ve yükseklikleri, dere yatağı duvarları, dere yatağının kotu bulunmayan yerlerinin yaklaşık değerleri, şevlerin üst kotları, vb. gibi nehir ve taşkın yataklarının diğer karakteristikleri de haritalara AutoCAD’de işlenip, üzerine arazi modelinin oluşturulabileceği son hali elde edilmiştir.

DSİ’den temin edilen 1/2000 ölçekli haritaların dere yatağından hiç ölçüm yapılmamış olmasından dolayı, arazi çalışmaları neredeyse en az nehir akımı olan ağustos aylarında gerçekleştirilmiş ve dere talveği gözlemlenmiştir. Bu gözlemler

yaklaşık olarak haritalara aktarılmış ve nehir yatağının topoğrafik bilgileri tamamlanmıştır. Bunun yanı sıra dere yatağının yanlarında bulunan şevlerin alt kotları, taşkın duvarlarının ve seddelerin üst kotları vb. değerler de yine arazi çalışmasında tamamlanmıştır. Taşkın riski taşıdığı düşünülen yerlerin haritası alındığından haritanın dereyi takip eden güzergâhında önemli boşluklar bulunmaktadır (Harita 5.4).



Harita 5.4. Değirmendere Nehir Havzası'nda nehir kolları boyunca çıkarılan 1/2000 ölçekli topoğrafik haritaların yerleri

Havzanın drenaj alanını belirleyebilmek, tüm fiziksel karakteristikleri tespit edebilmek ve taşkın anında sular altında kalan alanları tümüyle gösterebilmek için Değirmendere Havzası'nın 1/2000' lik haritaların aralarındaki boşluklar 1/25000'lik topoğrafik sayısal haritalar ile doldurulmuş, arazi çalışmalarında elde edilen ölçümler ve gözlemler kullanılarak, haritalar bilgisayar ortamında tamamlanmıştır. Diğer taraftan, arazi çalışmasında da tespit edildiği gibi nehir boyunca bazı yerlerin taşıma kapasitesi yüksek bir yatağa sahip olması ve yerleşimlerin yer yer bulunmasından dolayı, havzanın tümü için tüm dere yatağı boyunca yüksek ölçekte haritaların çıkarılması maliyetli ve gereksiz bir çalışma olacaktır. Ayrıca çalışma alanının büyüklüğü ve detayların fazla olması tüm havza için tek bir seferde analizlerin yapılmasını mümkün kılmamaktadır. Hem arazi modelinin kurulması, hem de

hidrolik analizlerin yapılacağı HEC-RAS programına verilerin aktarılması sırasında teknik sıkıntılarla karşılaşılabilir. Bu nedenle nehir yatağının belirli bölümleri seçilerek küçük parçalar halinde analizler yapılmalıdır. Bu doğrultuda model başarılı şekilde kurulduktan sonra, hem verilerin kalitesi, hem de arazi çalışmalarında en riskli bölge olarak tespit edilen, her iki büyük nehir kolunun (Değirmendere ana kolu ve Altındere (Maçka Deresi) yan kolu) kesişme noktası olan Maçka ilçe merkezinin bulunduğu bölge bu tez çalışmasının uygulama alanı olarak seçilmiştir (Harita 5.3).

5.2.2. Hidrometrik veriler

Veri toplama işleminin ikinci aşaması olan nehir üzerindeki akım gözlem verileri, yine yapılan protokol kapsamında DSİ arşivinden elde edilmiştir. Hidrometrik veriler, geçmiş yıllara ait EİEİ ve DSİ tarafından Değirmendere Nehri üzerinde bulunan AGİ'lerin ölçüm yapılan her yıl için kaydettikleri günlük maksimum akım değerlerini kapsamaktadır. Her AGİ için, kayıt yapmaya başladıkları ilk yıldan 2005'e kadar günlük maksimum akım değerleri protokol kapsamında DSİ Genel Müdürlüğü'nden, bazı istasyonlar için 2005 yılından 2009 yılına kadar olan maksimum debiler arazi çalışmaları sırasında DSİ XXII. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Tüm bu debiler en fazla 30-40 yıl öncesine kadar değerleri kapsadığından 100, 500 yıl gibi tekerrüre sahip debilerin değerlerini tespit edebilmek için istatistiksel çalışmalar yapmak, verilere çeşitli dağılımlar uygulamak gereklidir. Bunun için Momentler Metodu kullanılarak noktasal taşkın frekans analizi yapılmış ve Normal, 2 Parametrelili Log-Normal, 3 Parametrelili Log-Normal, Log-Pearson Tip 3 ve Gumbel dağılımları yıllık maksimum akım değerlerine uygulanmıştır. Tespit edilen çeşitli yinleme dönemlerine (2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 500 yıl) sahip debilerin hangi dağılıma uyduğu, uygunluk testleri olan Kolmogorov-Smirnov ve Ki-Kare testleri ile belirlenmiştir. Bulunan debi değerleri daha sonra hidrolik analizler yapılırken su yüzü seviyelerinin tespiti için HEC-RAS modeline girilmiştir.

Çeşitli nedenlerden dolayı bazı AGİ'lerde verilerde eksiklik bulunmaktadır. Örneğin, 1990 yılında meydana gelen büyük taşkında gözlem istasyonlarının hemen hepsi büyük zarar görmüştür ve bazılarında 1991, 1994 ve 1995 su yıllarında akım verileri

ölçülememiştir. Değirmendere Nehri üzerinde akım gözlemi yapılan istasyonların karakteristikleri Çizelge 5.1’de verilmektedir.

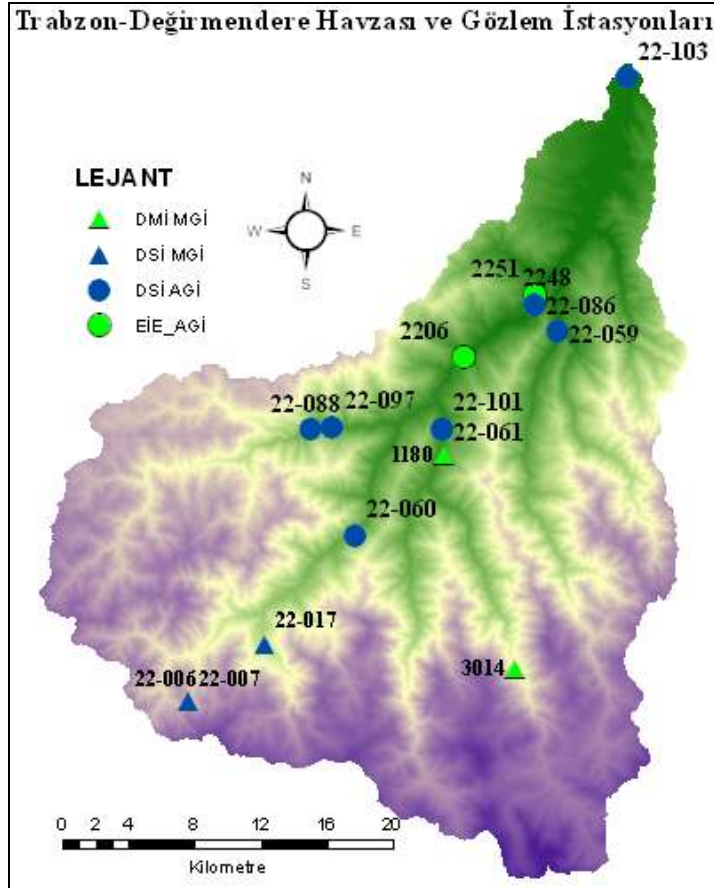
Çizelge 5.1. Değirmendere Havzası’nda bulunan akım gözlem istasyonlarının karakteristikleri

İstasyon Adı	No	İşleten Kuruluş	Nehir Kolu Adı	Gözlem Süresi (yıl)	Yağış Alanı (km ²)	Kot (m)	Durumu
Sanayi Site	22-103	DSİ	Değirmendere	4	1045	5	Açık
Esiroğlu	2251	EİEİ	Değirmendere	14	728,5	155	Açık
Öğütlü	22-86	DSİ	Değirmendere	18	728,4	160	Açık
Öğütlü	2248	EİEİ	Değirmendere	1	732,6	162	Kapalı
Çiftdere	22-59	DSİ	Galyan Deresi	21	121,5	250	Kapalı
Kanlıpelit	2206	EİEİ	Değirmendere	39	708	257	Kapalı
Ortaköy	22-61	DSİ	Altındere	23	261	450	Kapalı
Ortaköy	22-101	DSİ	Altındere	4	261	450	Açık
Ormanüstü	22-97	DSİ	Maçka	9	168,8	600	Açık
Ormanüstü	22-88	DSİ	Maçka	13	150	770	Kapalı

Ölçülemeyen verilerin tahmini için yan kollarda var olan ve ölçüm değeri kaydedilmiş bir AGİ ile ölçüm yapılamamış olan AGİ arasında doğrusal, polinom ve logaritmik regresyon uygulanmış, en uygunu bu regresyonların vermiş olduğu korelasyon sayısına göre belirlenmiştir. Burada çıkan en uygun fonksiyona göre, eksik veriler tamamlanmış ve momentler yöntemi kullanılarak çeşitli dağılımlar için farklı yineleme dönemlerine sahip debilerin hesaplanmasına hazır hale getirilmiştir.

Maçka ilçe merkezinde iki büyük dere bulunmaktadır ve bu derelerin her birinin çeşitli yineleme dönemlerine sahip taşkın debileri ayrı ayrı tespit edilmelidir (Harita 5.3). Bu debiler, AGİ’lerin kaydettiği yıllık anlık maksimum akım değerlerinden hesaplanacağından, mevcut durum değerlendirildiğinde tek bir alternatif uygulanabilir olarak ortaya çıkmaktadır. Sümela manastırının bulunduğu bölgeden gelen Altındere yan kolunun üzerinde 20 yıldan fazla kaydedilmiş veri bulunmaktadır ve kollar birleştikten sonra Değirmendere ana nehir kolunun üzerindeki EİEİ ve DSİ’ye ait AGİ’lerin verileri 50 yılı aşkın bir seri meydana

getirmektedir. Bu nedenle, Altındere yan kolu ve birleşimden sonraki ana kolda taşkın debileri hesaplanarak aralarındaki fark bulunacak, böylece Maçka ilçe merkezine, Gümüşhane-Trabzon yolu üzerinden gelen Değirmendere nehir kolunun taşıyacağı debiler tespit edilecektir (Harita 5.5).



Harita 5.5. Değirmendere Havzası'nda EİEİ ve DSI'ye ait kullanılabilir verisi olan gözlem istasyonları ve alt havzalar

İki nehir kolu birleştikten hemen sonra 1950'den 1991'e kadar akım ölçümü yapılmış olan ve 1951'den 1990'a kadar, 39 yıllık aralıksız günlük maksimum yıllık akım verisi bulunan EİEİ'ye ait 2206 No'lu AGİ, bu havzada en fazla ölçüm yapılmış olan istasyondur. Yağış alanı 708 km² olan bu istasyon kapatıldıktan sonra yaklaşık 5 km mansabında, EİEİ tarafından işletilen önce 2248 No'lu sonra da 2251 No'lu AGİ'ler kurulmuştur (Çizelge 5.1). 2248 No'lu AGİ'de yalnızca bir yıl tam akım ölçümü yapılmış ve 1995'ten sonra açılan 2251 No'lu istasyonla akım ölçümleri EİEİ

tarafından bugüne kadar yapılmaya devam edilmiştir. Sonuç olarak EİEİ tarafından havzanın bu bölümünde işletilmekte olan istasyon 728,5 km²'lik drenaj alanına sahip 2251 No'lu AGİ'dir (Resim 5.12). DSİ tarafından da neredeyse aynı noktada (2251 No'lu istasyonun 500 m kadar membasında) 728,4 km² drenaj havzasına sahip olan 22-86 No'lu AGİ ile ölçüm yapılmaktadır (Resim 5.13).



Resim 5.12. Değirmendere Nehri üzerinde EİEİ'ye ait 2251 No'lu Esiroğlu AGİ



Resim 5.13. Değirmendere Nehri üzerinde DSİ'ye ait 22-86 No'lu Öğütlü AGİ

Bu iki istasyonun birbirine yakın olmalarına rağmen, ölçüm yaptıkları yılların pik debileri birbiriyle uyuşmamaktadır. Örneğin, 02.04.2000 tarihinde 22-86 No'lu AGİ'de ölçülen pik debi 126 m³/s iken, 2251 No'lu EİEİ AGİ'sinin pik debisi 05.04.2000 tarihinde 96 m³/s olarak ölçülmüştür. Genellikle DSİ'nin ölçümleri daha

fazla gözükmektedir ve bunun nedeni de, 22-86'nın hemen mansabında bulunan bir kemer köprü olan Teraziler Köprü'sünün akımı boğmasından kaynaklanan bir ölçüm hatası olabileceği düşünülmektedir (Resim 5.14).



Resim 5.14. 22-86 No'lu AGİ'nin hemen mansabında bulunan Teraziler Köprüsü

Bu yüzden hemen hemen aynı drenaj havzasına sahip bu iki istasyonun akım verileri bir araya getirilip, beraber incelenmiş ve aynı yıllarda yapılan gözlemlerden EİEİ'nin 2251 No'lu Esiroğlu AGİ'sinin verileri kullanılmıştır. Elde edilen veriler havza oranında (708/728,4) 2206 AGİ'sine taşınmış ve üç istasyonun verileri bir istasyona aitmiş gibi değerlendirilmiştir. Böylece arada birkaç (2'si art arda, biri daha sonra olan) pik akım değeri hariç, 52 yıllık bir seri elde edilmiştir. Eksik akımlar ise bu serinin verileriyle çok iyi bir korelasyona sahip olan, aynı kolda bulunmayan ve yaklaşık olarak aynı meteorolojik koşullara sahip 22-59 istasyonunun kaydettiği aynı yıllara ait verilerden oluşturulan fonksiyon ile taşınmış ve 55 yıllık sürekli akım serisi elde edilmiştir.

Çizelge 5.2. Değirmendere Nehri'nin taşkın debilerinin tespiti için kullanılan akım gözlem verileri

m	Yıllar	Q _p (m ³ /s)	m	Yıllar	Q _p (m ³ /s)
1	1951	86,3	31	1981	58,5
2	1952	103,0	32	1982	71,2
3	1953	88,1	33	1983	54,6
4	1954	109,0	34	1984	59,2
5	1955	45,0	35	1985	177,0
6	1956	88,6	36	1986	47,7
7	1957	85,2	37	1987	92,6
8	1958	108,0	38	1988	135,0
9	1959	224,0	39	1989	87,0
10	1960	90,9	40	1990	610,0
11	1961	86,0	41	1991	67,5
12	1962	89,6	42	1992	158,0
13	1963	93,8	43	1993	123,0
14	1964	89,6	44	1994	58,2
15	1965	85,3	45	1995	171,2
16	1966	51,8	46	1996	85,8
17	1967	81,0	47	1997	153,0
18	1968	112,0	48	1998	158,0
19	1969	162,0	49	1999	82,0
20	1970	58,5	50	2000	96,0
21	1971	78,3	51	2001	58,3
22	1972	78,3	52	2002	65,0
23	1973	70,1	53	2003	108,0
24	1974	126,0	54	2004	91,0
25	1975	68,9	55	2005	108,0
26	1976	75,5	56*	2006	125,0
27	1977	50,6	57*	2007	117,0
28	1978	103,0	58*	2008	67,0**
29	1979	99,2	59*	2009	74,0**
30	1980	90,8	*Hidrolik analizlere katılamamıştır. **Değerlendirilmesi resmi olarak bitmemiştir.		

Maçka merkezindeki nehir kollarının birleştiği noktadan sonraki kısmın tüm debi verileri bir noktada toplandığından, noktasal taşkın frekans analizinde, momentler metodu kullanılarak taşkın debileri tespit edilmiştir. Altındere yan kolunda ise yeterli sayıda verisi olan bir AGİ (22-61 ve sonra aynı yere kurulan ve numarası değişen 22-101 Ortaköy AGİ'si) bulunmaktadır. Bu istasyonun günlük bazda yıl içerisinde kaydettiği en yüksek değerler her yıl için noktasal taşkın frekans analizinde kullanılmak üzere tespit edilmiştir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. Altındere yan kolunun taşkın debilerinin tespiti için kullanılan akım gözlem verileri

Yıllar	Q_p (m ³ /s)	Yıllar	Q_p (m ³ /s)	Yıllar	Q_p (m ³ /s)	Yıllar	Q_p (m ³ /s)
1980	18,5	1986	25,0	1992	41,5	1998	52,9
1981	16,0	1987	29,0	1993	35,4	1999	52,3
1982	16,5	1988	42,0	1994	10,8	2000	29,6
1983	18,5	1989	17,8	1995	30,7	2001	40,6
1984	18,5	1990	150,0	1996	28,1	2002	23,5
1985	21,0	1991	11,2	1997	47,7		

5.3. Taşkın Debilerinin Tespiti

Toplanan tüm bu akım verilerinden elde edilecek olan; 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 yıl gibi yinleme dönemlerine sahip taşkın debilerinin hesaplanmasıdır. Taşkın debilerinin büyüklüğü ve frekans değerleri bulunurken yapılması gereken, en uygun olasılık dağılım modelini bulabilmek için yıllık maksimum akım değerlerine çeşitli dağılımların uygulanıp, bu dağılımlardan en uygununu bulabilmek için bazı testlerin uygulanmasıdır. Bu çalışma kapsamında önce; Normal, 2 Parametrelili Log-Normal, 3 Parametrelili Log-Normal, Log-Pearson Tip 3 ve Gumbel dağılımları yıllık maksimum akım değerlerine uygulanmış ve en uygun dağılımı bulmak için, Kolmogorov-Smirnov ve Ki-Kare testlerinden yararlanılmıştır.

Daha önce belirtildiği gibi, ilk inceleme DSI'nin 22-86, EİEİ'nin 2206, 2248 ve 2251 istasyonlarının verilerinden yapılacağından bu istasyonların bulunduğu bölge şartlarının homojen olması gerekmektedir. Homojenlik koşulunun sağlanabilmesi için istasyonların, meteorolojik, jeolojik olarak benzer özellik gösteren yerlerde bulunması gerekir. İstasyonların karakteristiklerine bakıldığında (Çizelge 5.1 ve Harita 5.5), bu özelliğin mevcut olduğu anlaşılmıştır.

Homojenlik şartları sağlanan AGİ'lerde; taşkın debileri, analitik yöntem olarak bilinen olasılık dağılımları kullanılarak tespit edilebilir. Dağılımların eklenik dağılım fonksiyonları, taşkınların frekans eğrileri olarak kabul edilir ve genellikle grafik olarak yapılır. Yatay ekseninde pik debi, düşeyde de bu değerlere karşılık gelen

eklenik frekans değerleri işaretlenir. Bu amaçla analitik bir kâğıt kullanılabileceği gibi taşkın verilerinin oluşturduğu seriyi temsil edebilecek çeşitli olasılık dağılımlarına ait geliştirilmiş olasılık kâğıtlarından da yararlanılabilir [13].

Bu çalışmada öncelikle analitik yöntemler kullanarak taşkın frekans analizi yapılmıştır.

5.3.1. Akım gözlem verilerinden analitik yolla taşkın debilerinin bulunması

Normal Dağılım

Aynı zamanda Gauss Tipi dağılım olarak da adlandırılan Normal Dağılım, hidrolojik değişkenlerin istatistiğinde çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Hidrolojide ve pek çok disiplinde verilerin normal dağılıma iyi uyduğu söylenebilir. Bu da merkez limit teoremiyle açıklanabilir. Merkez limit teoremine göre bir rastgele değişken (x), n adet bağımsız değişkenin toplamından meydana geliyor, n arttıkça x ' in dağılımı, esas değişkenlerin dağılımı ne olursa olsun hızla normal dağılıma yaklaşır. Dağılım $-\infty$ ile $+\infty$ aralığındadır, parametreleri de; ortalama (μ) ve standart sapmasıdır (σ). x rastgele değişkenin olasılık dağılım fonksiyonu [68];

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (5.1)$$

Aynı zamanda normal dağılımın arpıklık katsayısı sıfır olup, kurtosisi 3'tür. Çarpıklık katsayısının sıfır olması dağılımın simetrik, pozitif olması sağa çarpık, negatif olması ise sola çarpık olması anlamına gelir [13].

Normal dağılımın izelge 5.2'de verilen akım değerlerine uygulanması ile;

Ortalama (μ)= 104,62 m³/s

Standart Sapma (σ)= 79,405 çıkmıştır. Buradan da;

$$x = x_{\text{ort}} + z \times \sigma \quad (5.2)$$

Eşitliğindeki z katsayısı, bir taşkının meydana gelebilme olasılığına göre Çizelge 5.4'ten okunur. Bir debinin seçilen bir değeri aşması için, gereken ortalama süreye yineleme dönemi T_r , bu aralığa sahip bir taşkın her bir yıl seçilen değeri aşma olasılığı ise $1/T_r$ yani oluşma olasılığıdır. Bu şartlarda 100 yıllık periyoda sahip bir debinin herhangi bir yıl aşılma olasılığı $1/100$ den 0,01 olarak çıkacaktır. 0,01 değeri Çizelge 5.4'ten okunduğunda $z=2,3264$ olarak okunur.

Bulunan z değerinden sonra tüm değerler Eş. 5.2'de yerine konulduğunda $Q_{100}=286,7 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak tespit edilir. Benzer şekilde işlemler devam ettirilirse, yani her bir oluşma olasılığı için z değerleri bulunur ve Eş. 5.2'de yerine konursa;

$$\begin{array}{ll} Q_2 = 104,95 \text{ m}^3/\text{s} & Q_{50} = 265,4 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_5 = 170,5 \text{ m}^3/\text{s} & Q_{100} = 286,7 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_{10} = 205,0 \text{ m}^3/\text{s} & Q_{200} = 306,9 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_{25} = 241,8 \text{ m}^3/\text{s} & Q_{500} = 330,00 \text{ m}^3/\text{s} \text{ olarak bulunur.} \end{array}$$

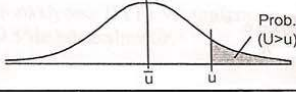
2 Parametrelili Log-Normal Dağılım

Simetrik bir yoğunluk fonksiyonuna sahip olan standart normal dağılım, olasılık dağılımlarının ana modelidir. Merkez limit teoremine göre, bir x değişkeninin normal kabul edilebilmesi için, x değişkenini etkileyen çok sayıda faktörler, birbirleriyle toplanacak şekilde etkilememelidir. Benzer şekilde eğer x , birçok faktörün etkilerinin sonucuna eşitse, $\ln x$ normal dağılmış olarak kabul edilebilir. Bu da, $y = \ln x$ ' in hesaplanmasıyla, $y = \ln(x_1 x_2 \dots x_n)$ şeklinde olacaktır [69].

Çeşitli tekerrürlere sahip debiyi bulabilmek için şu eşitlikler bulunmaktadır;

$$Q = x_{\text{ort}} + \kappa \sqrt{\left(\frac{\sum x^2}{N} - \left(\frac{\sum x}{N} \right)^2 \right) \times \left(\frac{N}{N-1} \right)} = x_{\text{ort}} + \kappa \times S_n \quad (5.3)$$

Çizelge 5.4. Çeşitli olasılıklar için z değerleri [68]

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-u^2/2} du$$


Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	Z
0.0	50000	49601	49202	48803	48405	48006	47608	47210	46812	46414	0.0
0.1	46017	45620	45224	44828	44433	44038	43644	43251	42858	42465	0.1
0.2	42074	41683	41294	40905	40517	40129	39743	39358	38974	38591	0.2
0.3	38209	37828	37448	37070	36693	36317	35942	35569	35197	34827	0.3
0.4	34458	34090	33724	33360	32997	32636	32276	31918	31561	31207	0.4
0.5	30854	30503	30153	29806	29460	29116	28774	28434	28096	27760	0.5
0.6	27425	27093	26763	26435	26109	25785	25463	25143	24825	24510	0.6
0.7	24196	23885	23576	23270	22965	22663	22363	22065	21770	21476	0.7
0.8	21186	20897	20611	20327	20045	19766	19489	19215	18943	18673	0.8
0.9	18406	18141	17879	17619	17361	17106	16853	16602	16354	16109	0.9
1.0	15866	15625	15386	15151	14987	14686	14457	14231	14007	13786	1.0
1.1	13567	13350	13136	12924	12714	12507	12302	12100	11900	11702	1.1
1.2	11507	11314	11123	10935	10749	10565	10383	10204	10027	98525	1.2
1.3	96800	95098	93418	91759	90123	88508	86915	85343	83793	82264	1.3
1.4	80757	79270	77804	76359	74934	73529	72145	70781	69437	68112	1.4
1.5	66807	65522	64255	63008	61780	60571	59380	58208	57033	55917	1.5
1.6	54799	53699	52616	51551	50503	49471	48457	47460	46479	45514	1.6
1.7	44565	43633	42716	41815	40930	40059	39204	38364	37538	36727	1.7
1.8	35930	35148	34380	33625	32884	32157	31443	30742	30054	29379	1.8
1.9	28717	28067	27429	26803	26190	25588	24998	24419	23852	23295	1.9
2.0	22750	22216	21692	21178	20675	20182	19699	19226	18763	18309	2.0
2.1	17864	17429	17003	16506	16177	15778	15386	15003	14629	14262	2.1
2.2	13903	13553	13209	12874	12545	12224	11911	11604	11304	11011	2.2
2.3	10724	10444	10170	99031	96419	93867	91375	88940	86563	84242	2.3
2.4	81975	79763	77603	75494	73436	71428	69469	67557	65691	63872	2.4
2.5	62097	60366	58677	57031	55426	53861	52336	50849	49400	47988	2.5
2.6	46612	45271	43965	42692	41453	40246	39070	37926	36811	35726	2.6
2.7	34670	33642	32641	31667	30720	29798	28901	28028	27179	26354	2.7
2.8	25551	24771	24012	23274	22557	21860	21182	20524	19884	19262	2.8
2.9	18658	18071	17502	16948	16411	15889	15382	14890	14412	13949	2.9
3.0	13499	13062	12639	12228	11829	11442	11067	10703	10350	10008	3.0
3.1	96760	93544	90426	87403	84474	81635	78885	76219	73638	71136	3.1
3.2	68714	66367	64095	61895	59765	57703	55706	53774	51904	50094	3.2
3.3	48342	46648	45009	43423	41889	40406	38971	37584	36243	34946	3.3
3.4	33693	32481	31311	30179	29086	28029	27009	26023	25071	24151	3.4
3.5	23263	22405	21577	20778	20006	19262	18543	17849	17180	16534	3.5
3.6	15911	15310	14730	14171	13632	13112	12611	12128	11662	11213	3.6
3.7	10780	10363	99611	95740	92010	88417	84957	81624	78414	75324	3.7
3.8	72348	69483	66726	64072	61517	59059	56694	54418	52228	50122	3.8
3.9	48096	46148	44274	42473	40741	39076	37475	35936	34458	33037	3.9
4.0	31671	30359	29099	27888	26726	25609	24536	23507	22518	21569	4.0
4.1	20658	19783	18944	18138	17365	16624	15912	15230	14575	13948	4.1
4.2	13346	12769	12215	11685	11176	10689	10221	97736	93447	89337	4.2
4.3	85399	81627	78015	74555	71241	68069	65031	62123	59340	56675	4.3
4.4	54125	51685	49350	47117	44979	42935	40980	39110	37322	35612	4.4
4.5	33977	32414	30920	29492	28127	26823	25577	24386	23249	22162	4.5
4.6	21125	20133	19187	18283	17420	16597	15810	15060	14344	13660	4.6
4.7	13008	12386	11792	11226	10686	10171	96796	92113	87648	83391	4.7
4.8	79333	75465	71779	68267	64920	61731	58693	55799	53043	50418	4.8
4.9	47918	45538	43272	41115	39061	37107	35247	33476	31792	30190	4.9
Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	Z

$$\kappa = \frac{e^{(\sqrt{a} \times z_{\alpha/2})} - 1}{\sqrt{b} / x_{\text{ort}}} \quad (5.4)$$

$$a = \ln \left[1 + \left(\sqrt{b} / x_{\text{ort}} \right)^2 \right] \quad (5.5)$$

$$b = \left(\frac{\sum x^2}{N} - x_{\text{ort}}^2 \right) \times \frac{N}{N-1} \quad (5.6)$$

a ve b katsayılarıdır. κ frekans faktörüdür. Bu değerler yerlerine konulduğunda istenen yineleme dönemine sahip debi bulunur. κ formülünün içerisindeki z katsayısı normal dağılımın z katsayısı ile aynıdır. z, sonuçların farklı çıkmasına neden olan değerdir ve yine Çizelge 5.4'ten bulunup eşitliklerde yerine konulur.

Bu şekilde işlemler uygulandığında;

Eş. 5.6'dan $b=6147,311$,

Eş. 5.5'ten $a=0,445723$, $T_r=100$ yıl için hesaplanırsa; $z=2,3264$

Eş. 5.4'ten $\kappa=3,712485$,

Eş. 5.3'teki S_n değeri 78,40479 ve buna bağlı olarak da $Q_{100}=395,7 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak bulunur.

Sadece z değerlerini değiştirerek de;

$$Q_2= 83,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{50}= 329,00 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_5= 146,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{100}= 395,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{10}= 196,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{200}= 468,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{25}= 269,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{500}= 570,7 \text{ m}^3/\text{s} \text{ olarak tespit edilmiştir.}$$

3 Parametrelı Log-Normal Dağılım

Birçok durumda x rastgele değişkenin logaritmalarını almakla, değişken normal dağılıma pek uymamaktadır. Ancak x_0 gibi bir alt sınır değeri çıkarıldıktan sonra logaritmik dönüşüm yapıldığında değişken normal dağılıma uyabilmektedir [13].

$$y = \ln(x - x_0) \quad (5.7)$$

Debiyi hesaplamak için kullanılan formül Eş. 5.8' de verilmektedir.

$$Q = x_{\text{ort}} + \kappa \sqrt{\left(\frac{\sum x^2}{N} - x_{\text{ort}}^2 \right) \times \left(\frac{N}{N-1} \right)} \quad (5.8)$$

Bu formüldeki κ frekans faktörünün açık yazılışı da Eş. 5.9' da verilmektedir.

$$\kappa = \frac{e^{(\sqrt{a} \times z - a/2)} - 1}{f} \quad (5.9)$$

Frekans faktöründe geçen z katsayısı Çizelge 5.4'ten okunacaktır. a ve f katsayıları aşağıdaki eşitliklerle açıklanmıştır.

$$a = \ln(z^2 + 1) \quad (5.10)$$

$$f = \frac{(1 - d^{(2/3)})}{d^{(1/3)}} \quad (5.11)$$

$$d = \frac{-c + \sqrt{c^2 + 4}}{2} \quad (5.12)$$

$$c = \frac{\left(\frac{\sum x^3}{N} \right) + 2x_{\text{ort}}^3 - 3x_{\text{ort}} \times \left(\frac{\sum x^2}{N} \right)}{\left(\frac{\sum x^2}{N} - x_{\text{ort}}^2 \right)^{1.5}} \quad (5.13)$$

$$C_s = \frac{N \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(N-1) \times (N-2) \times S_n^3} \quad (5.14)$$

Eş. 5.14' te geçen C_s ifadesi çarpıklık katsayısıdır. Formülde bulunan S_n ise Eş. 5.3'ten alınmıştır ve değeri de 79.70402' dir.

Bu şekilde formüller açıklandıktan sonra; değerler yerlerine konulduğunda:

$$C_s = 5,199196$$

$$c = 5,0563117$$

$$d = 0,1905887$$

$$f = 1,162188$$

$$a = 0,854705$$

$$T_r = 100 \text{ yıl için hesaplanırsa; } z = 2,3264$$

$$\kappa \text{ frekans faktörü (100 yıllık yineleme dönemi için) } = 3,961154 \text{ hesaplanmıştır.}$$

Değerler formülde yerlerine yerleştirildiğinde ise, $Q_{100} = 415,2 \text{ m}^3/\text{s}$ çıkmıştır.

Aynı şekilde z değerlerini ve dolayısıyla κ frekans faktörü değerlerini diğer tekerrürlü debiler için bulur ve yerlerine koyarsak;

$$Q_2 = 81,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_5 = 132,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{10} = 180,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{25} = 259,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{50} = 329,9 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{100} = 415,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{200} = 515,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{500} = 664,9 \text{ m}^3/\text{s} \text{ olarak bulunur.}$$

Log-Pearson Tip 3 Dağılımı

Log-Pearson Tip 3 Dağılımı taşkın analizlerinde sıkça kullanılan bir olasılık dağılımıdır. Kullanılan logaritmik değişkenler, Log-Normal dağılıma benzerdir. Dağılımı oluşturan parametreler ise;

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{N} \quad (5.15)$$

$$\sigma_{\log x} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{N-1}} \quad (5.16)$$

$$C_s = \frac{N \times \sum (\log x - \overline{\log x})^3}{(N-1) \times (N-2) \times (\sigma_{\log x})^3} \quad (5.17)$$

$$\log x = \overline{\log x} + \kappa \times \sigma_{\log x} \quad (5.18)$$

κ değeri C_s (Çarpıklık) katsayısına göre Çizelge 5.5'ten okunacaktır.

Eş. 5.15' ten $\overline{\log x}$ (logaritmik ortalama) değeri 1,965965,

Eş. 5.16' dan $\sigma_{\log x}$ (logaritmik standart sapma) değeri 0,190341,

Eş. 5.17' den C_s (çarpıklık katsayısı) değeri 1,55124,

Eş. 5.18' deki κ (frekans faktörü) değeri Çizelge 5.5'ten 100 yıllık yineleme dönemi için, 3.3597 okunduğunda, Eş. 5.18' den $\log_{Q100} = 2,6054$ ve buradan da $Q_{100} = 403,1 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak bulunmuştur.

Aynı şekilde diğer dönüş aralıkları için frekans faktörü değerleri bulunup yerine konulduğunda aşağıdaki debiler elde edilmiştir:

$$Q_2 = 83,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{50} = 310,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_5 = 124,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{100} = 403,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{10} = 165,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{200} = 522,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{25} = 237,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{500} = 676,93 \text{ m}^3/\text{s} \text{ olarak bulunur.}$$

Çizelge 5.5. Log-Pearson Tip 3 için frekans faktörü değerleri [68]

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

Gumbel Dağılımı

Hidrolojik değişkenlerin dağılım hesaplamalarında belki en önemlisi Ekstrem Değer I dağılımıdır [70]. Yıllık ekstrem akım değerlerine bağlı bir istatistiksel metot olup, ilk olarak 1958’de taşkın analizi için Gumbel tarafından kullanıldığından Gumbel ismiyle anılmıştır. Bu dağılımda;

$$p = 1 - e^{-y} \quad (5.19)$$

Bu eşitlikteki y değeri Eş. 5.20’de verilmiştir.

$$y = a (x - x_0) \quad (5.20)$$

$$a = \frac{\sigma_n}{\sigma_x} \quad (5.21)$$

$$x_0 = \bar{x} - y_n \left(\frac{\sigma_x}{\sigma_n} \right) \quad (5.22)$$

Formüllerde geçen $\bar{x}$ ve σ_x sırasıyla, ortalama ve standart sapma değerleriyken y_n ve σ_n değerleri ise gözlem süresinin fonksiyonu olarak sırasıyla Çizelge 5.6 ve Çizelge 5.7'dan okunur.

Çizelge 5.6. Akım kaydı olan su yılı sayısına göre y_n değerleri [68]

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

Çizelge 5.7. Akım kaydı olan su yılı sayısına göre σ_n değerleri [68]

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

$N=55$ ' ye göre $y_n = 0,5493$ ve $\sigma_n = 1,1638$ olarak okunduktan sonra;

$\bar{x} = 104,62$ ve $\sigma_x = 78,40479$ bulunur,

Eş. 5.21' den de $a = 0,014843$ ve Eş. 5.22' den de $x_0 = 67,61549$ elde edilir.

Bu sayede Q_{100} 'ü bulmak için aşılıma olasılığı $q = 0,99$ alınırsa Eş. 5.19 ve Eş.

5.20'nin ortak çözümünden $x = Q_{100} = 376,43 \text{ m}^3/\text{s}$ bulunur.

Aynı şekilde diğer dönüş aralıkları için aynı formüller uygulandığında;

$$Q_2 = 92,28 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{50} = 329,57 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_5 = 168,35 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{100} = 376,43 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{10} = 218,72 \text{ m}^3/\text{s}$$

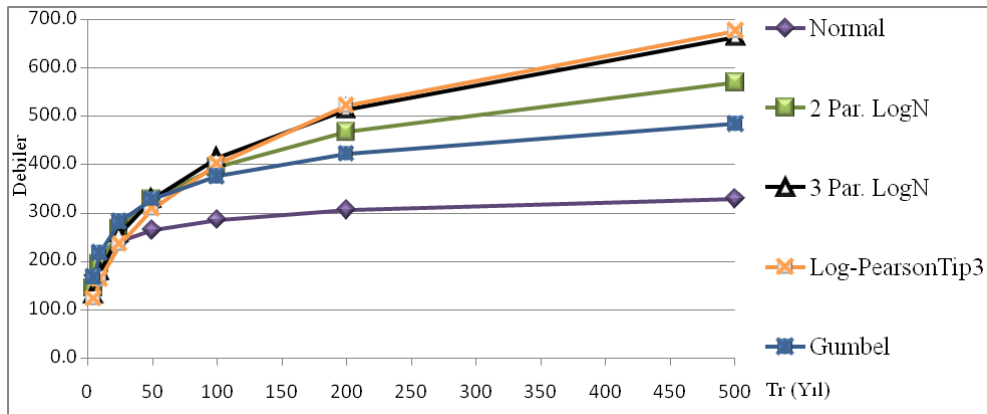
$$Q_{200} = 423,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{25} = 282,35 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{500} = 484,72 \text{ m}^3/\text{s} \text{ olarak bulunur.}$$

Çizelge 5.8. Farklı dağılımlara göre noktasal taşkın frekans analizinin analitik metot sonuçları

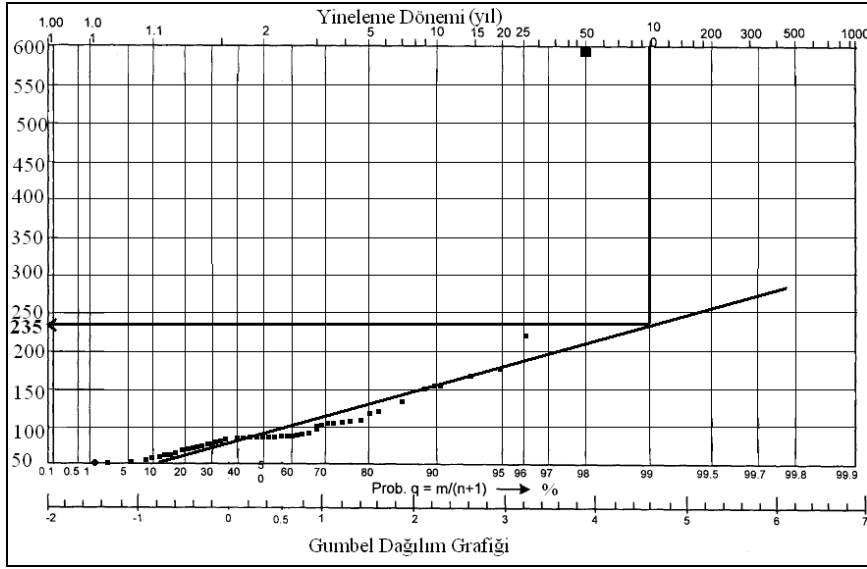
Birleşim den Sonra (2206, 2248, 2251, 22- 86)	Dağılım	T_r (Yıl)	5	10	25	50	100	200	500
	Normal	Debiler (m^3/s)	170,5	205,0	241,8	265,4	286,7	306,9	330,0
	2 Par. Log-Normal		146,7	196,8	269,3	329,0	395,7	468,7	570,7
	3 Par. Log-Normal		132,8	180,8	259,0	329,9	415,2	515,1	664,9
	Log Pearson Tip 3		124,7	165,7	237,7	310,4	403,1	522,4	676,93
	Gumbel		168,4	218,7	282,4	329,6	376,4	423,1	484,7



Şekil 5.2. Noktasal taşkın frekans analizi ile çeşitli dağılımlara ve yineleme dönemlerine göre bulunan sonuçlar

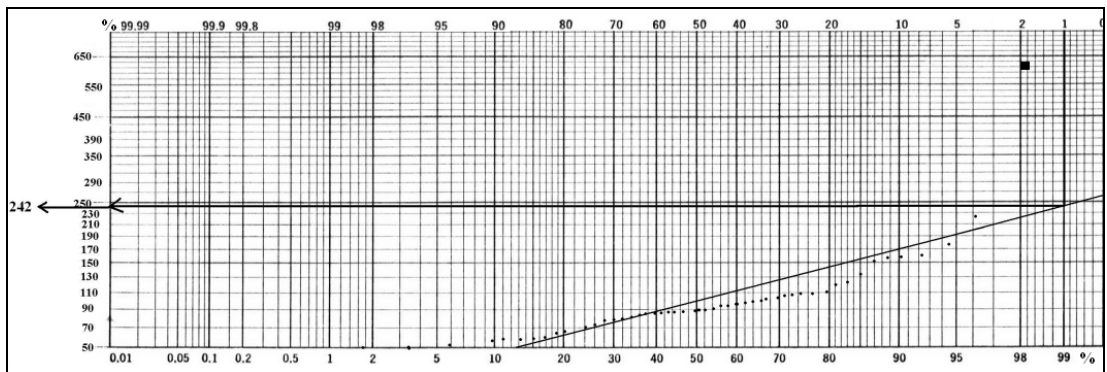
5.3.2. Akım gözlem verilerinden taşkın debilerinin grafik metotlarla bulunması

Gumbel Dağılım grafiğinde, akım gözlem istasyonunda ölçülen akım değerleri küçükten büyüğe sıralanmış, sonra da her birinin sıra numarası toplam gözlem sayısının bir fazlasına bölünerek çizimdeki pozisyonları bulunmuş ve Gumbel kâğıdına çizilmiştir (Şekil 5.3). Uygun bir doğru geçirilerek grafikte de görüldüğü gibi Q_{100} debisi $235 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak bulunmuştur.



Şekil 5.3. Gumbel dağılımından grafik yolla çeşitli yineleme dönemlerine sahip debilerin bulunması

Şekil 5.4'te de aynı işlemler yapılmış, bu kez Log-Normal kağıda çizilmiştir. 100 yıllık yineleme dönemine sahip debi $242 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak elde edilmiştir. Gumbel ve Log-Normal dağılımları için grafik metotla bu işlemler yapılırken, 1990 yılında meydana gelen büyük taşkın debisi ihmal edilmiş gibi gözükmemektedir. Tek bir ölçüm bu kadar büyük olduğundan en uygun doğruyu geçirmek için bu ölçüm göz ardı edilmek zorunda kalınmıştır. Sonuç olarak, grafik yolla tahmin bu şartlarda pek mümkün gözükmemektedir.



Şekil 5.4. Log-Normal dağılımından grafik yolla çeşitli yineleme dönemlerine sahip debilerin bulunması

5.3.3. Uygunluk testleri ile hidrolik analizlerde kullanılacak debilerin tespiti

Mevcut veriler düşünüldüğünde, taşkın debilerinin tespitinde grafik metodun kullanılması pek mümkün olamayacağından, analitik metotlarla bulunan debilerin kullanılmasına karar verilmiştir. Analitik metotla bir nokta için bulunan taşkın debileri farklı dağılımlara göre tespit edildiğinden hangi dağılımın en uygun sonucu verdiğinin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu şartlarda; tüm dağılımlara göre çeşitli yinelenme periyotları için debiler analitik metotla bulunduktan sonra, Kolmogorov-Smirnov ve Ki-Kare Testleri uygulanmış, birleşimden önceki ve sonraki istasyonların oluşturduğu iki veri dizisi için de, en uygun dağılım Log-Pearson Tip 3 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5.9). Bu uygunluk testlerinin detayları ve sonuçları EK-I’ de verilecektir.

Çizelge 5.9. Hidrolik analizler için kullanılacak taşkın debileri

İstasyon	En Uygun Dağılım	Yinelenme Dönemi, T_r (Yıl)						
		5	10	25	50	100	200	500
Birleşimden Önce (22-61, 22-101)	Log-Pearson Tip 3 ($Q \text{ m}^3/\text{s}$)	43,9	61	90,3	119	154,7	199,3	275,5
Birleşimden Sonra (2206, 2248, 2251, 22-86)	Log-Pearson Tip 3 ($Q \text{ m}^3/\text{s}$)	124,7	165,7	237,7	310,4	403,1	522,4	676,93

DSİ tarafından hazırlanan ve 1988’e kadar kaydedilmiş su yıllarının verilerini kapsayan “Türkiye Akarsu Havzaları, Maksimum Akımlar Frekans Analizi (MAFA)” adlı yayına göre, Doğu Karadeniz Havzası’nda bulunan ve uygunluk testi yapılmış olan 72 adet AGİ’ nin verilerinin en çok Log-Pearson Tip 3 dağılımına uyduğu tespit edilmiştir. Verilerinin dağılımı Log-Pearson Tip 3’e uyan 36 adet AGİ’nin (%50) yanı sıra, 18 tanesi Gumbel dağılımına (%25), geri kalanlarının verileri de diğer dağılımlara (2 parametrelili Gamma (8 adet), 3 parametrelili Log-Normal (7 adet) ve 2 parametrelili Log-Normal (3 adet)) uymaktadır [71]. Aynı yayında, Değirmendere Havzası’nda geçmişte en çok veriye sahip olan 2206 No’lu istasyonun verilerinin de Log-Pearson Tip 3’e uyduğu belirlenmiştir. 1990 yılında

yaşanan taşkın sonrasında 2206 No'lu istasyonun bulunduğu bölgede tespit edilen, bugüne kadar kaydedilen en yüksek değer olan ve diğer verilerle arasında büyük fark bulunan $610 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik debinin analize dâhil edilmemesi durumunda da veriler uygunluk testlerine göre, yine Log-Pearson Tip 3 dağılımına uymaktadır. Uygunluk testleri için hazırlanmış en detaylı programlardan biri olan ve daha çok akademik çalışmalarda kullanılan hazır bir program [Örneğin: 72, 73, 74, 75] ile tüm yılların maksimum akım değerleri test edilmiş ve bir kez daha en uygun dağılım olarak Log-Pearson Tip 3 belirlenmiştir.

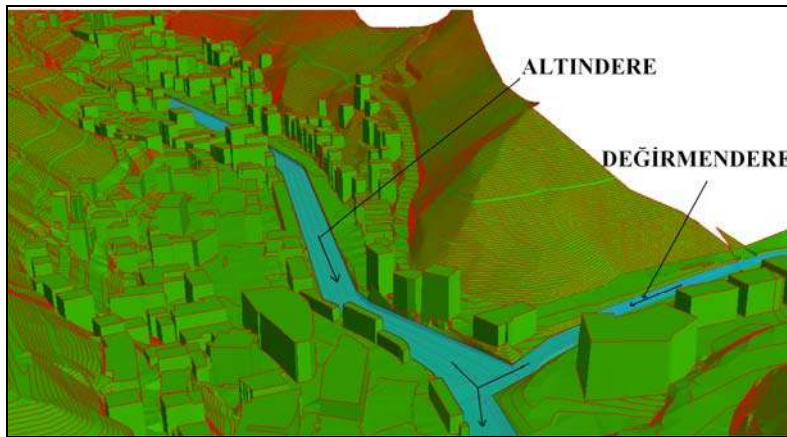
5.4. ArcGIS Yardımıyla Arazi Modeli Kurulması ve Hidrolik Analiz İçin Uygun Hale Getirilmesi

Veriler toplanıp istatistiksel analizlere paralel olarak, arazinin 3 boyutlu modeli kurulur. Böylece hidrolik analizlerin yapılacağı kesitlere, aktarma işleminden önceki son hali verilmiş olur. Değirmendere Havzası'nın merkezinde bulunan, mevcut topoğrafik ve hidrometrik veriler göz önüne alındığında en zengin bölge olan ve arazi çalışmalarında en riskli bölge olarak tespit edilen Maçka ilçe merkezi, bu tez çalışmasının uygulama alanı olarak seçilmiştir (Harita 5.6).



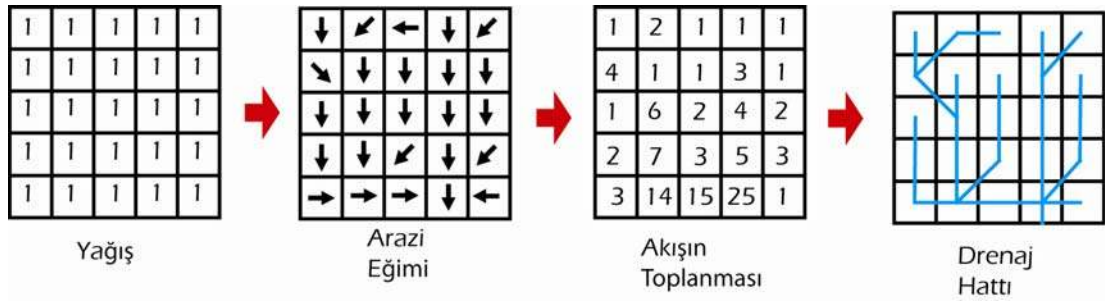
Harita 5.6. Taşkın risk haritaları üretilecek bölge [76]

Maçka ilçesinin içinden geçen iki ayrı nehir kolu (Değirmendere ana kolu ve Altındere yan kolu) ve birleşim noktasından sonra devam eden bölümün yerleşimlerin bittiği yere kadar olan sınırı bu çalışmanın uygulama alanını oluşturmaktadır. Çeşitli kurumlardan elde edilerek uygun koordinat sisteminde bir araya getirilen topoğrafik verilerin (1 m çözünürlüklü) üzerine arazi gözlemlerinden elde edilen veriler sayısallaştırılmış ve en detaylı harita elde edilmiştir. Bu harita kullanılarak ilk önce ArcGIS programı yardımıyla 3 boyutlu vektör arazi modeli (TIN) oluşturulmuştur (Şekil 5.5). ArcGIS’ te kurulan modelde sadece köprüler 3 boyutlu olarak gösterilememiştir. Çünkü köprülerin detaylı bilgileri (yükseklik, açıklık, kalınlıkları, ayak geometrileri, vb.) HEC-RAS programında tanımlanacaktır. CBS’de sadece yerleri ve genişlikleri belirtilebilmiştir.



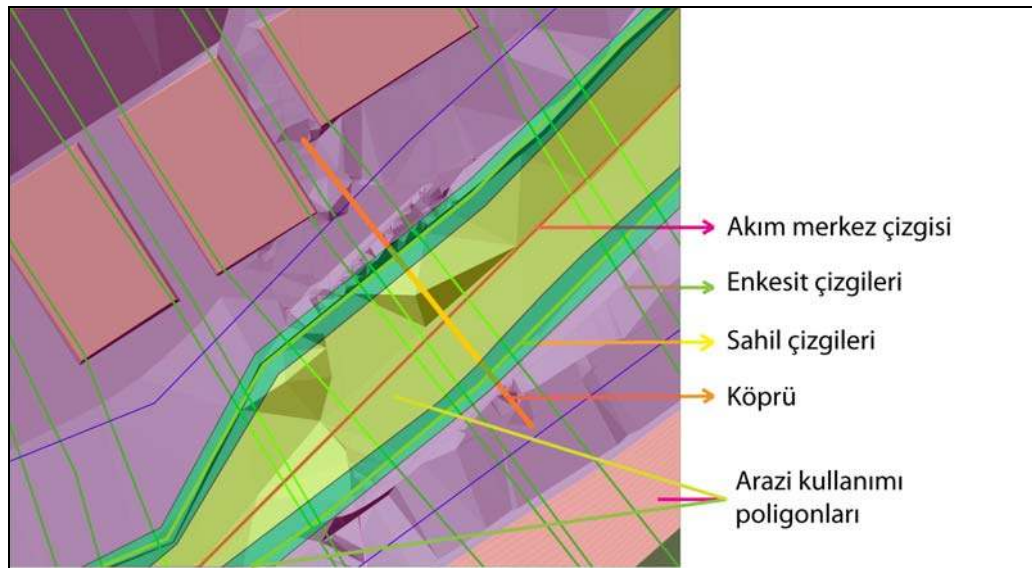
Şekil 5.5. Hazırlanan son topoğrafik verilerden oluşturulan ve arazi kullanımını içeren TIN

CBS anlatılırken detaylarıyla bahsedildiği gibi önce DEM oluşturulmuş, sonra da havzanın fiziksel karakteristiklerini içeren haritalar (eğim, akış yönleri, bakı, drenaj havzaları, drenaj ağları, vb.) üretilmiştir. Örneğin drenaj ağları haritası; öncelikle DEM verisinden eğim haritasının, sonra akım yönleri haritasının, daha sonra akım toplanma bölgeleri haritasının, en son olarak da drenaj ağı çizgilerinin çizilmesiyle elde edilmiştir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. DEM verisinden drenaj ağlarının tespiti için kullanılan yöntemin aşamaları

Üretilen bu haritalar üzerinde HEC-GeoRAS kullanılarak, akım merkez çizgileri, enkesit konumları, sağ ve sol sahil geçiş yerleri, köprülerin bulundukları yerler ve genişlikleri, Manning pürüzlülük değerlerinin değişim gösterdiği bölgeler sayısallaştırılmıştır (Şekil 5.7).

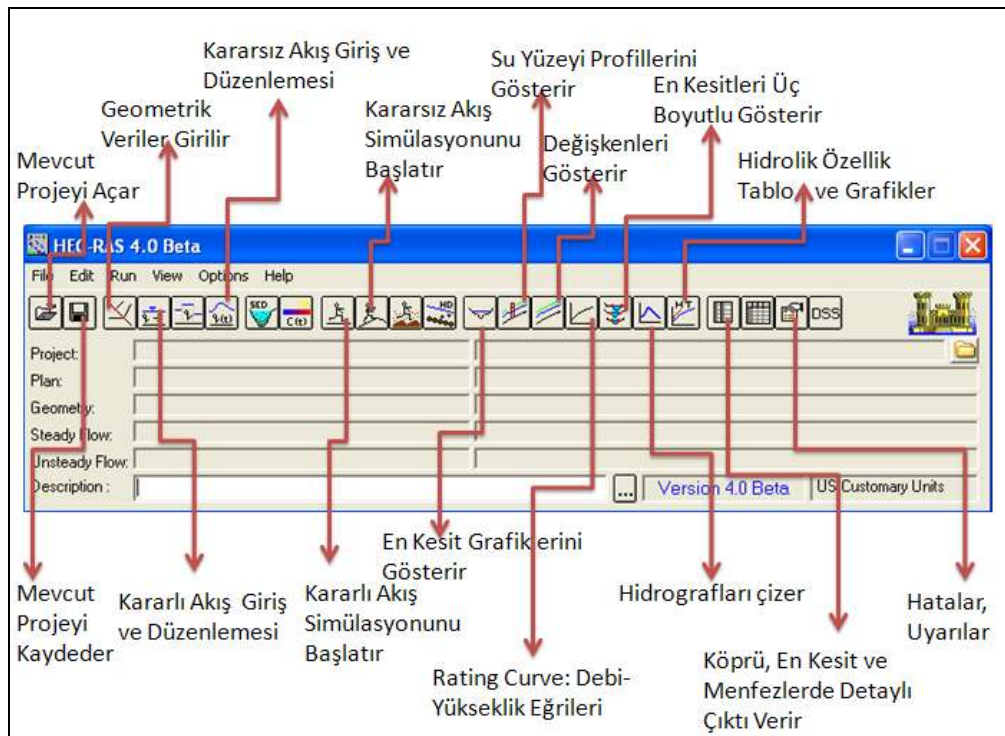


Şekil 5.7. TIN verisi üzerinde HEC-GeoRAS kullanılarak yapılan sayısallaştırmalar

ArcGIS ve HEC-GeoRAS kullanılarak tüm bu modelleme ve sayısallaştırma işlemleri bittikten sonra, veriler hidrolik analizlerin gerçekleştirilmesi için HEC-RAS'a gönderilmeye hazır hale getirilir.

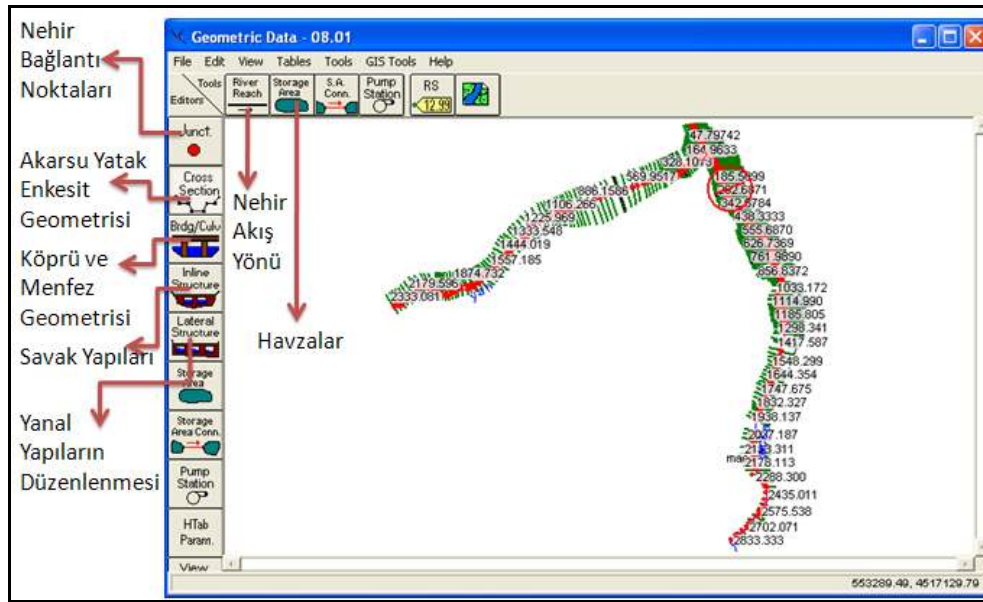
5.5. Hidrolik Analizler

Hidrolik hesaplamaların yapılacağı HEC-RAS programının teknik özellikleri kullanılan yöntemde Bölüm 4.5'te anlatılmıştır. Bu program, ArcGIS ile dışarıdan uyumlu olarak çalışabilmesi, ücretsiz olması, grafiklerinin kullanıcı tarafından rahat anlaşılır olması, nehir akım modellerinin daha uygulanabilir olması nedeniyle diğer paket programlara tercih edilmiştir (Şekil 5.8) [77].



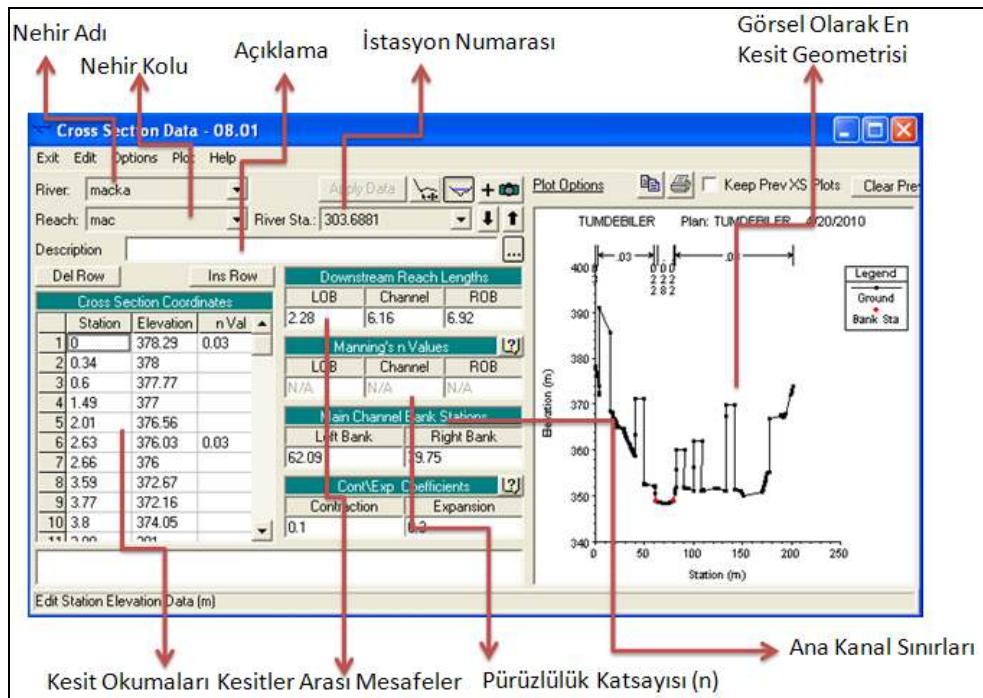
Şekil 5.8. HEC-RAS programının ana menüsü

CBS yardımıyla uygulama alanı için hazırlanan jeomorfolojik veriler HEC-RAS programına aktarılmıştır (Şekil 5.9). Bu yöntemin uygulanması durumunda elde edilen en önemli avantajlar, tüm kesitlerin tam koordinatlarında bulunması ve kesit özelliklerinin tümüyle 3 boyutlu arazi modelinden okunmasından dolayı hiçbir verinin (kesitler arasındaki mesafeler, kesitlerin sol baştan başlayarak tüm kotlarının girilmesi, Manning pürüzlülük katsayıları, vb.) elle sonradan tanımlanmasına gerek kalmamasıdır. Arazi modeli HEC-RAS'a aktarıldıktan sonra her iki nehir yatağında da neredeyse 2,5-3 km civarında topoğrafik veri kayıtlı hale gelmiştir (Şekil 5.9).



Şekil 5.9. Arazi modelinden HEC-RAS'a gönderilen kesitlerin yerleşimi

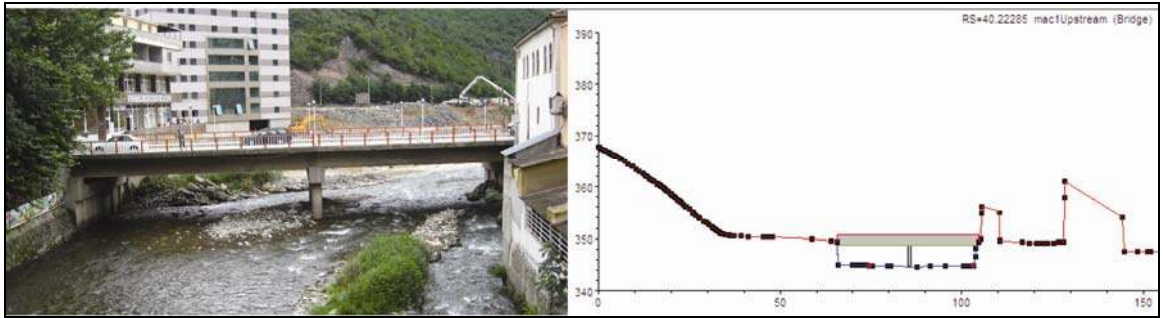
Bu verilerin otomatik olarak aktarılması ve teker teker sisteme tanıtılması haftalar alacaktır. Çünkü her bir kesitte onlarca farklı kot okuması bulunmaktadır ve bu kesit yerlerini tam koordinatına yerleştirmek, yani kesitler arası mesafeleri tam olarak girmek de son derece güçtür (Şekil 5.10).



Şekil 5.10. HEC-RAS'a gönderilen veriden örnek bir topoğrafik kesit

Bu metot ile kesidin hangi nehrin hangi kolunda bulunduğu (River, Reach), kesitte yapılan ölçümlerin soldan başlayarak kotları (Cross Section Coordinates), ana kanal sınırları (Main Channel Bank Station), daralma ve genişlemede kullanılacak kayıp katsayıları (Cont/Exp Coeff.), bir sonraki (mansaptaki) kesitle arasındaki mesafeler (Downstream Reach Lengths) ve Manning pürüzlülük katsayıları tüm kesitler için otomatik olarak aktarılmıştır (Şekil 5.10) [58].

Nehir üzerinde bulunan köprü vb. sanat yapılarının yerleri HEC-GeoRAS ile belirlendikten sonra HEC-RAS programında geometrik özellikleri girilir. Bu özellikler; köprülerin yüksek ve alçak platform bilgileri, ayaklarının eni ve boyları, ayaklar arası mesafe, köprü eni gibi bilgilerdir (Şekil 5.11) [60].

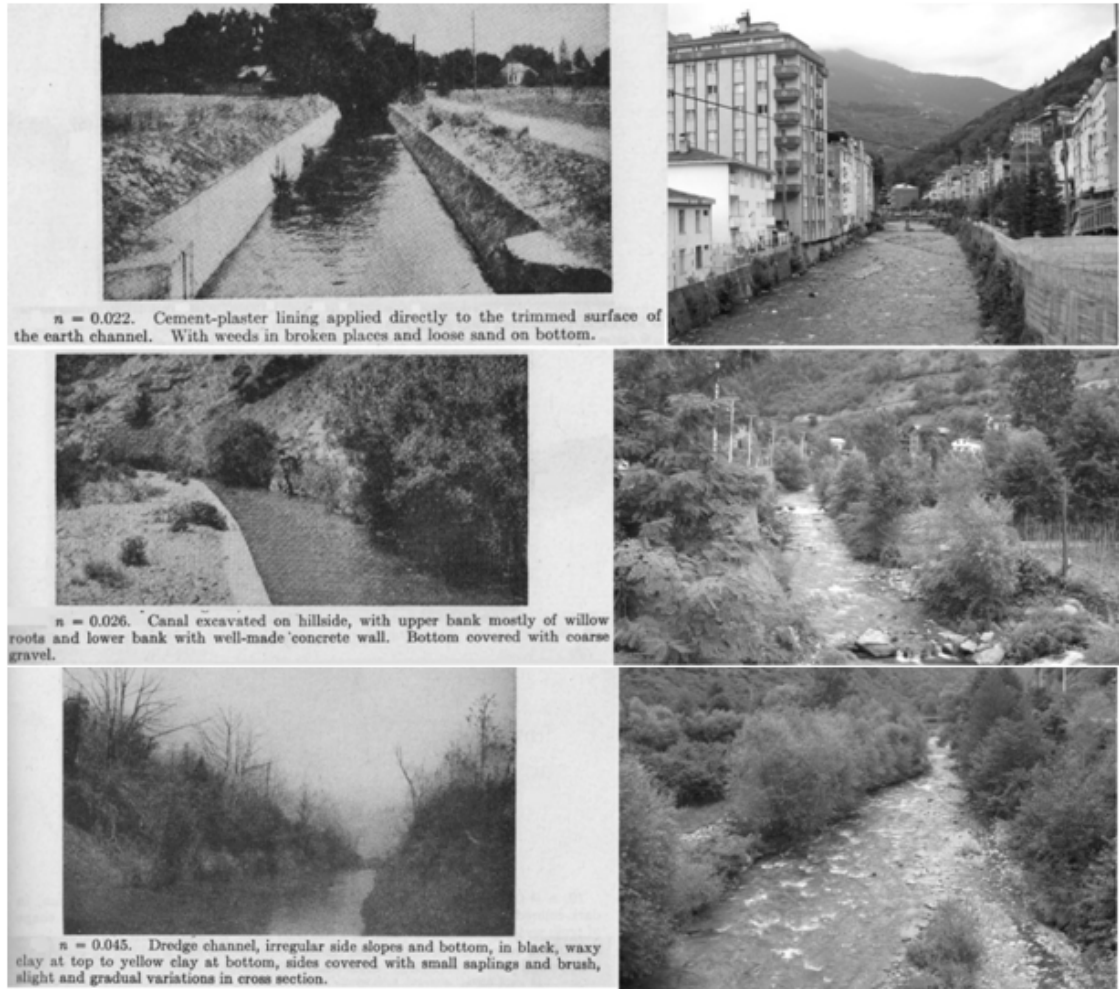


Şekil 5.11. Altındere'nin mansabında bulunan köprünün HEC-RAS programında temsili görünümü

HEC-GeoRAS'ta arazi ile ilgili bilgiler tanımlanırken sonucu en fazla etkileyen parametre olan Manning pürüzlülük katsayıları; arazi çalışmaları ve Ven Te Chow tarafından belirlenen referans fotoğraflar kullanılarak, en uygun şekilde tespit edilmiştir (Şekil 5.12). Farklı pürüzlülük bölgeleri alansal olarak CBS yardımıyla girilir. Daha sonra topoğrafik verilerle beraber HEC-RAS'a otomatik olarak aktarılır. Çalışmanın yapıldığı bölümde herhangi bir debi-anahtar eğrisi bulunmadığından bu aşamada su yüzü profillerinin kalibrasyonu yapılamamıştır. Ancak bu çalışma için debi-anahtar eğrisi tespit edildiği an, su yüzü kotları kontrol edilebilir ve herhangi bir uyumsuzluk anında tüm pürüzlülük değerleri tablodan rahatlıkla değiştirilip, enkesit bilgileri tek hamleyle HEC-RAS'a yeniden aktarılabilir ve su yüzü seviyeleri

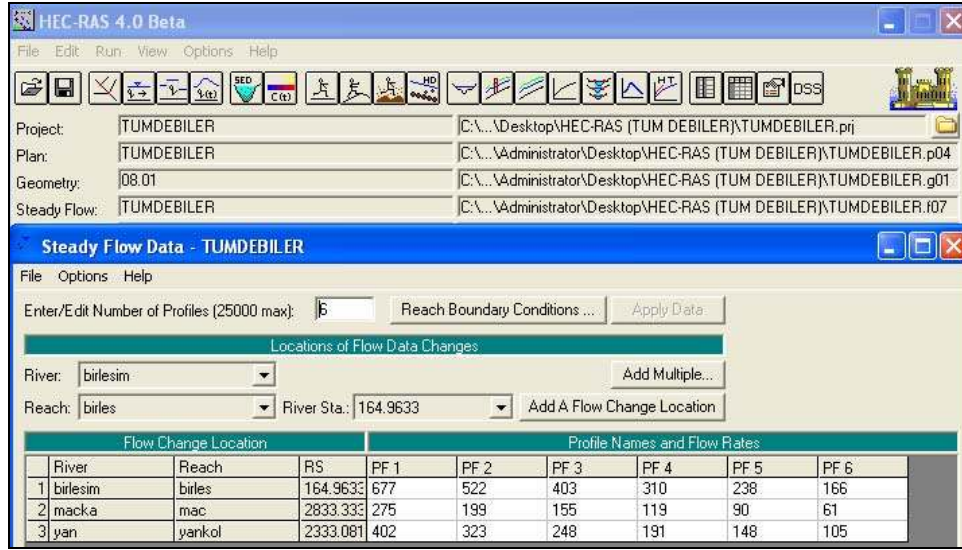
yeniden hesaplanabilir. Bu işlemler çok kısa sürdüğünden model oluşturulduktan sonra sonuca gidebilmek, eldeki veriler oranında kolaylaştırılmış olur.

Dere yatağının Manning pürüzlülük değeri bol sediment taşımamasından ötürü şehir merkezinde bu sınıfın en yüksek değeri olan $n=0,030$ olarak alınmıştır. Dere yataklarının yan yüzeyleri için; iki tarafı beton duvar iken $n=0,022$, tek tarafı beton duvar diğer tarafı ağaçlık iken $n=0,026$, iki tarafı da çalılık olan yüzeyler (genelde memba kısımları) için de $n=0,045$ değerleri kullanılmıştır (Şekil 5.12). Evlerin bulunduğu taşkın yatakları için pürüzlülük değeri $n=0,060$ alınmıştır.



Şekil 5.12. Araziden izlenimlere göre kullanılan referans fotoğraflar ve seçilen Manning pürüzlülük değerleri [78]

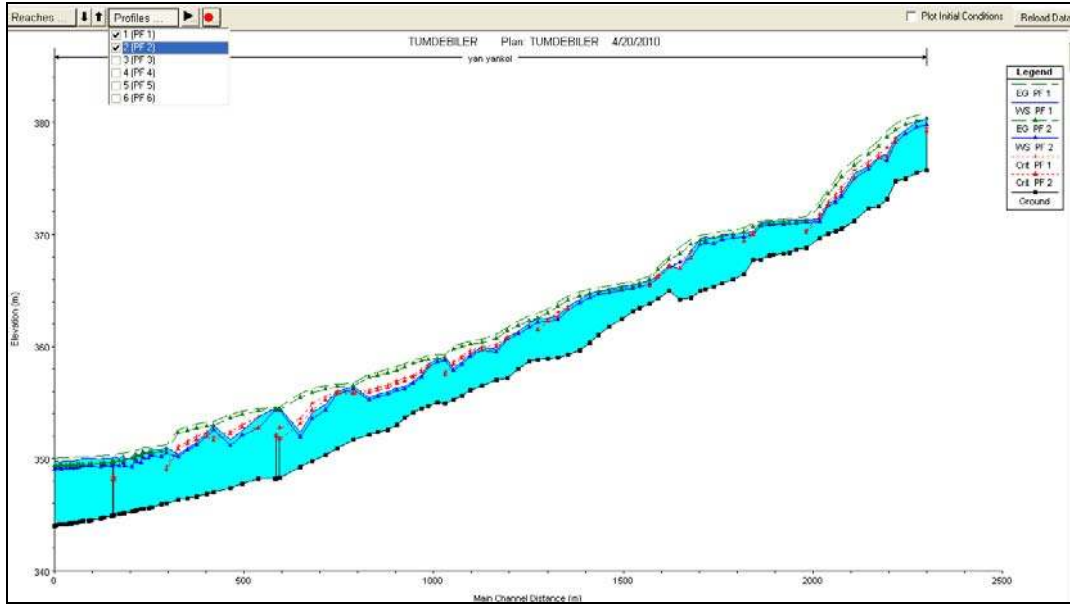
Uygulama alanının tüm fiziksel şartları HEC-RAS programında sağlandıktan sonra istatistiksel çalışmalarla bulunan; 10, 25, 50, 100, 200 ve 500 yıl yineleme periyotlarına sahip debi değerleri, ayrı ayrı sisteme girilmiş ve birbirinden farklı 6 senaryo için su yüzü profilleri tespit edilmiştir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13. İstatistiksel analizlerle tespit edilen, nehir kollarına ait debi değerlerinin HEC-RAS'a girilmesi

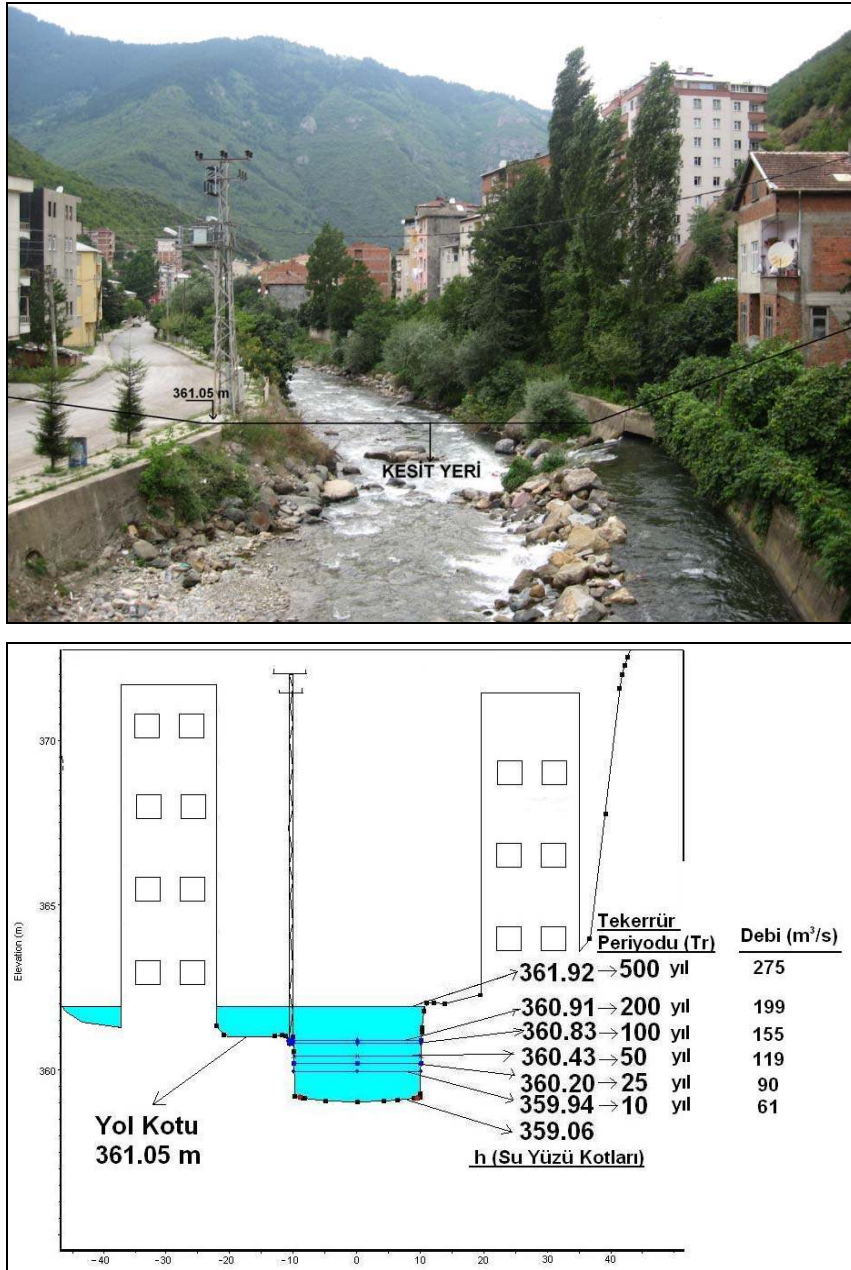
Hidrolik analizler öncesi, iki derenin birleşim kesiminin dışında kalan akarsuda normal akım derinliğine karşı gelen taban eğimi değerleri kollar üzerinde hesaplanmıştır ve sınır koşulu olarak sisteme girilmiştir (Şekil 4.12). Daha sonra da hesaplamalar yapılmış ve tüm senaryolar için su yüzü seviyeleri tespit edilmiştir.

Sonuç olarak; Değirmendere ana kolu ile Altındere yan kolunda ve bu kolların birleşiminden sonraki bölümde tüm senaryolar için su yüzü seviyeleri elde edilmiştir. Bulunan su yüzü seviyeleri tüm nehir kollarında farklı frekanslara sahip debiler için ayrı ayrı gösterilebilir (Şekil 5.14). Değirmendere ana nehir kolunda bulunan 2 köprünün de, 200 ve 500 yıllık frekanslara sahip taşkın debilerinin oluşması sırasında tamamen sular altında kalacağı görülmektedir (Şekil 5.14). Ayrıntılı sonuçlar EK-2'de verilmiştir.



Şekil 5.14. Değirmendere ana nehir kolunda 500 ve 200 yıl yinleme dönemine sahip debilerin oluşturduğu su yüzü profilleri

Hidrolik analizler tamamlandıktan sonra, her frekansta ayrı debi değerlerine sahip üç kanalda seçilen kesitler ve bu kesitlerde meydana gelecek su yüzü seviyeleri değerlendirilmiştir. İlk olarak, bu üç kol içinde en az debi taşınan Altındere yan kolunda fotoğrafı alınan bölgenin bulunduğu yerde bir kesit belirlenmiş ve su yüzü seviyeleri işaretlenerek kıyaslama yapılmıştır (Şekil 5.15).

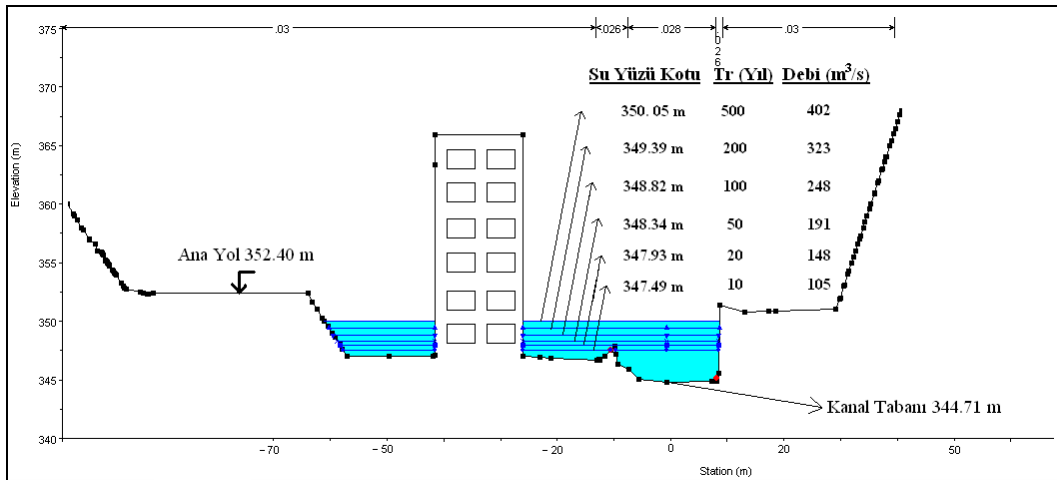


Şekil 5.15. Altındere yan kolunda seçilen bir kesit yerinin fotoğrafı (a) ve kesitteki su yüzü kotları (b)

İncelenen kesitte 200 yıl üzeri yinleme dönemine sahip debiler sonucunda oluşan su seviyelerinin nehir yatağının sol tarafında kalan yolu tutan istinat duvarını aştığı görülmektedir. Bu seviyeden sonra su seviyesinin 500 yıl yinleme dönemine sahip debinin oluşması anında yaklaşık 1 m kadar yükseleceği görülmektedir (Şekil

5.15(b)). Bu durumda nehir yatağının sol kısmında bulunan yerleşimlerin giriş katları taşkın suları altında kalacaktır.

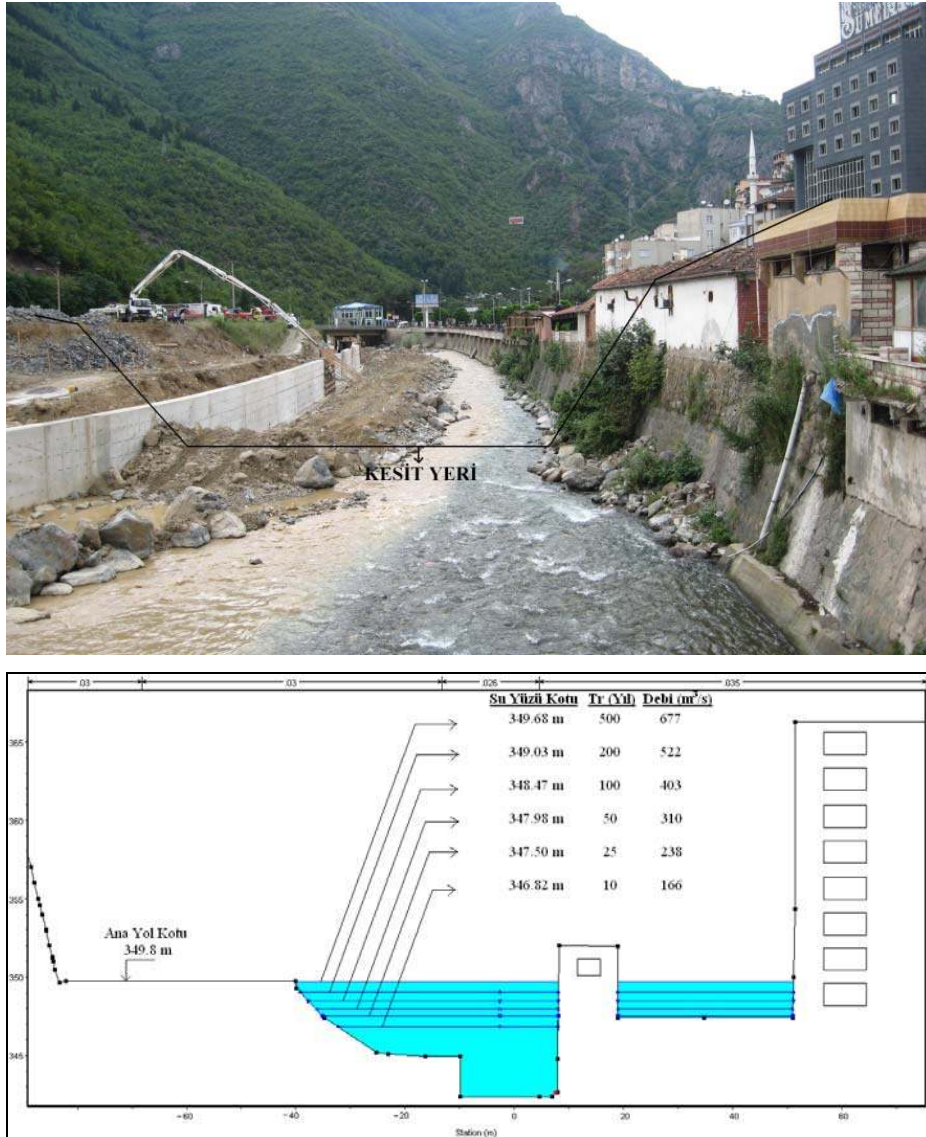
Benzer şekilde daha fazla debinin taşındığı Değirmendere ana nehir kolu üzerinde bir bölge tespit edilmiş ve su yüzü seviyeleri farklı frekanslara sahip debiler için gösterilmiştir (Şekil 5.16).



Şekil 5.16. Değirmendere ana nehir kolunda seçilen bir kesit yerinin fotoğrafı (a) ve aynı kesitteki su yüzü seviyeleri (b)

Nehrin sol tarafında kalan kısımda bulunan bir dizi bina, olası taşkınlardan en fazla etkilenecek olan yerleşimler olarak tespit edilmiştir. Çünkü binaların yerleştikleri kotlar neredeyse dere yatağı talveg kotuna yaklaşık seviyededir. Çok dar olan kanal kesiti yüksek taşkın debilerini geçirmekte zorlanacak ve kanalın sağ tarafındaki duvar da yüksek olduğundan sol tarafta taşmalar meydana gelecektir. Bu nedenle sular altında kalacak olan bu yerleşimler neredeyse tüm taşkın debilerinde risk taşımaktadır. 500 yıl yinleme dönemine sahip taşkın debisinin meydana gelmesi durumunda bu yerleşimlerin yaklaşık olarak 2,5 m sular altında kalması muhtemeldir (Şekil 5.16(b)). Önlem olarak taşkın duvarı yetersiz bölüm boyunca yükseltilebilir.

Son olarak iki nehir kolu birleşip Trabzon şehir merkezine doğru ilerlerken Maçka sınırlarındaki son yerleşimlerden geçtiği bölgede, hidrolik hesaplamalarının yapıldığı programla olası taşkın debilerinin oluşturacağı su yüzü seviyeleri belirlenirken, araziden kesit yeri için çekilen fotoğrafı ile kıyaslama imkânı sağlanmıştır. Normal koşullarda kesitte sol tarafta kalan şev ve üzerindeki ana yol için yapısal bir tehlike bulunmamaktadır (Şekil 5.17(b)). Ancak Doğu Karadeniz derelerinin çok fazla sediment taşınması durumu göz önüne alındığında taşkın suları, daralan kesit şartlarında bu bölgedeki yola da çıkabilir ve ulaşımı aksatabilir. Fotoğrafta sağ tarafta bulunan yerleşimler taşkın anında en fazla etkilenmenin yaşanacağı bölgelerdir (Şekil 5.17(a)). Nehir yatağının sağ tarafında kalan bu evler yapılırken nehre bakan taraflarına pencere konulmaması da olası taşkınlardan en az etkilenmek istemelerini göstermektedir. Ancak yine de bu yapılar ve özellikle resimde görünmeyen ve biraz daha membada kalan birkaç yerleşim yeri de risk teşkil etmektedir ve önlemlerin alınması gereklidir (Şekil 5.17(a)).



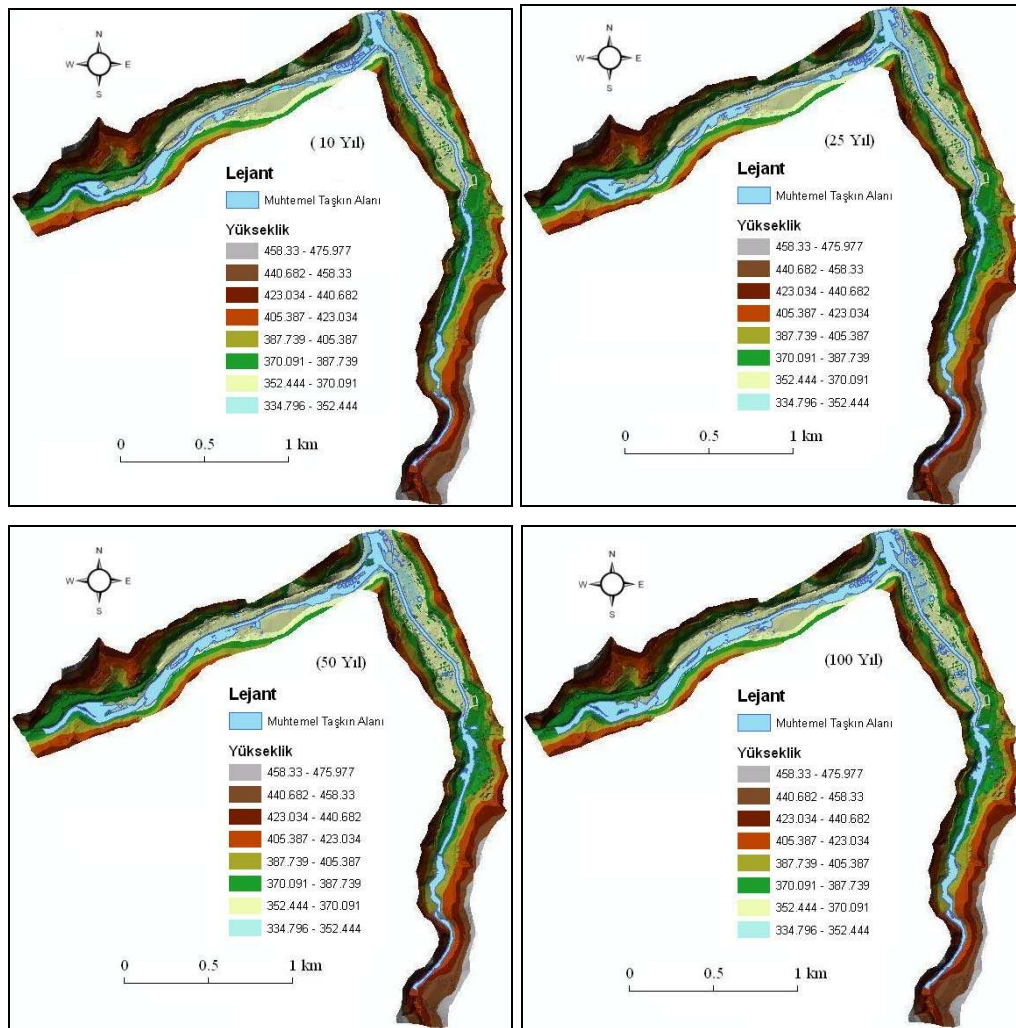
Şekil 5.17. Birleşim noktasından sonraki nehir kolunda seçilen kesitin fotoğrafı (a) ve oluşabilecek su yüzü kotları (b)

5.6. Bilgilerin CBS'ye Aktarılması ve Taşkın Risk Haritalarının Tespiti

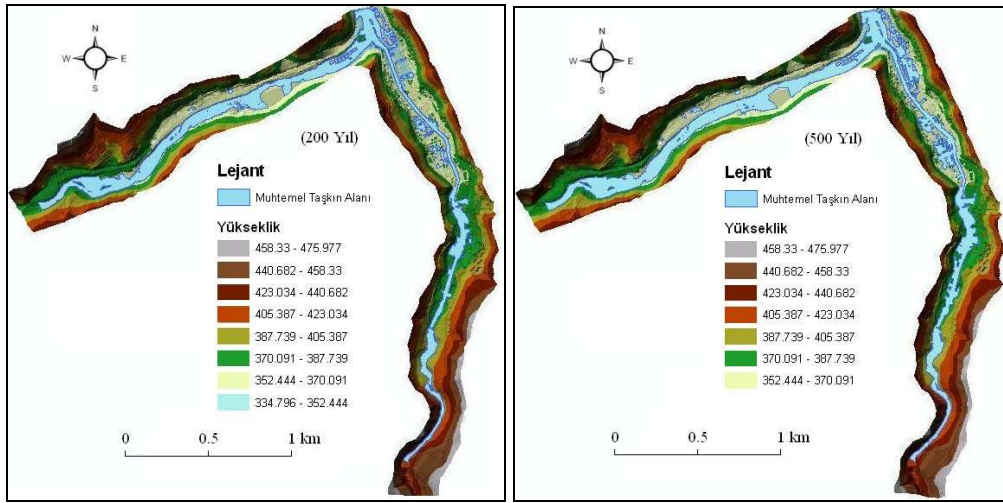
Trabzon Değirmendere Havzası'nın Maçka ilçe merkezi ve civarındaki nehir kollarının taşkın analizleri HEC-RAS programı ile yapıldıktan sonra, akım yükseklikleri elde edilmiş ve CBS'ye aktarılmıştır. Böylece; çeşitli frekanslardaki debilerin oluşturacağı taşkın alanları tespit edilmiştir. Taşkın yataklarındaki evlerin hangi yüksekliklerine kadar su altında kalacağı, çeşitli amaçlar için kullanılan

arazilerin ne kadarının zarar görebileceği vb. analizler CBS ile üç boyutlu olarak gösterilebilir.

Hidrolik model ile tespit edilen su yüzü profilleri ArcGIS'e aktarılırken, HEC-GeoRAS alt programından yararlanılmıştır. ArcGIS programı içerisinde, HEC-GeoRAS yardımıyla HEC-RAS'tan alınan su yüzü kotlarını içeren çıktı dosyası, çeşitli aşamalardan geçirilerek arazi modeli üzerine eklenmeye hazır hale getirilmiştir. Sonuç olarak 10, 25, 50, 100, 200 ve 500 yıl yinelenme periyotlarına sahip debiler için 6 farklı taşkın senaryosu incelenmiş ve oluşabilecek taşkın alanları tespit edilmiştir (Harita 5.7).



Harita 5.7. Çeşitli yinelenme dönemlerine sahip debilere göre oluşturulan 2 boyutlu taşkın risk haritaları

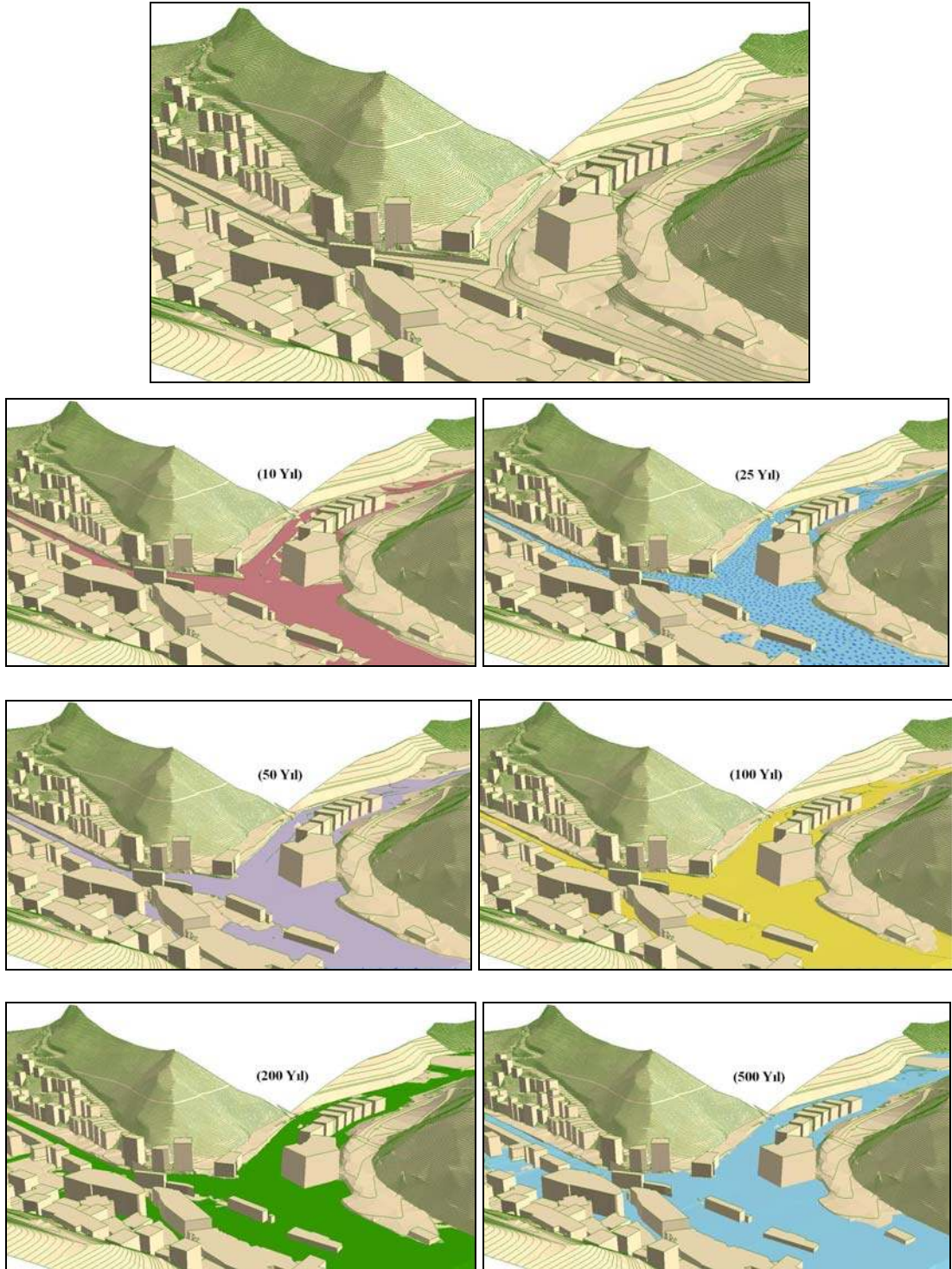


Harita 5.7. (Devam) Çeşitli yinelenme periyotlarına sahip debilere göre oluşturulan 2 boyutlu taşkın risk haritaları

Taşkın risk haritaları oluşturulan 6 farklı senaryoya göre, taşkın suları altında kalacak arazilerin büyüklükleri debilere göre farklılık göstermektedir (EK-3'te detaylıca gösterilmiştir). Buna göre Q_{10} debisi meydana geldiğinde 14,3 ha alan taşkın suları altında kalırken, Q_{500} debisinin oluşma anında bu rakam 29,4 hektara kadar ulaşmaktadır (Çizelge 5.10). Risk haritalarında görüldüğü gibi özellikle Altındere yan kolu güzergâhında yerleşimlerin daha sıklıkla bulunduğu bölgelerde Q_{200} debisi meydana geldiğinde nehir yatağından taşmalar artmaktadır. Bu nedenle taşkın alanlarının artışı Q_{100} debisi oluşana kadar doğrusala yakınken, daha sonra birden artmaktadır. Bunun nedeni ilçe merkezindeki dere yatağının genelde 2-3 m yüksekliğindeki taşkın duvarına sahip olmasıdır. Değirmendere Nehri'nin bulunduğu ana kolda ise birleşim yerine yakın bölgede bulunan bir büyük bina ve 7 tane binadan oluşan site Q_{10} debisinin oluşması sırasında sular altında kalmaya başlamıştır (Harita 5.8). Çalışma alanının topografyası ve vadilerin dar olması nedeniyle taşkın debilerinin artışına göre taşkın alanlarının artış oranı yakındır.

Çizelge 5.10. Çeşitli taşkın senaryolarına göre çalışma bölgesinde sular altında kalacak alanlar

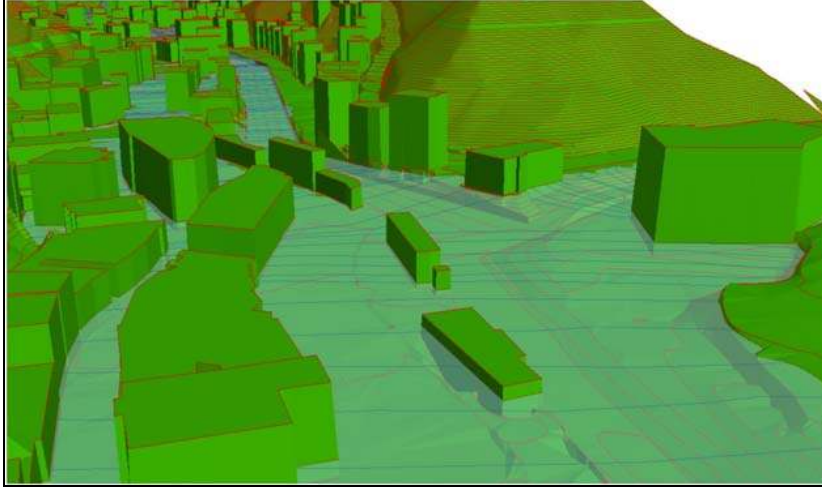
Yineleme Dönemi (Tr, Yıl)	10	25	50	100	200	500
Su Altında Kalan Alan (ha)	14,3	16,5	18,5	20,5	24,4	29,4



Harita 5.8. Maçka ilçe merkezinde iki nehir kolu birleşiminde, oluşturulan 3 boyutlu taşkın risk haritaları

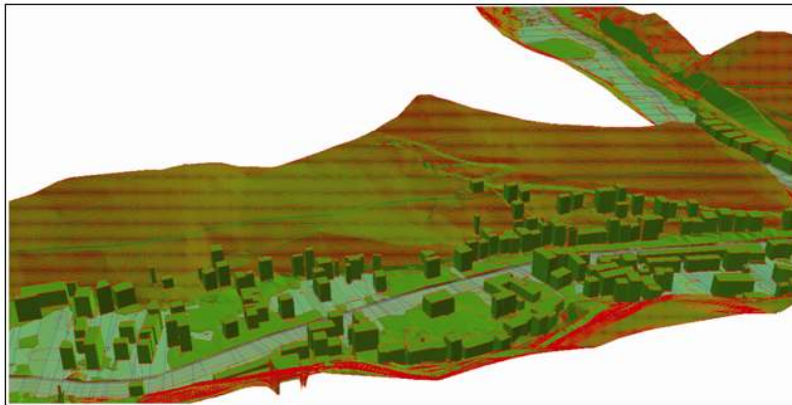
CBS'nin çıktıları, risklerin etkisini ve riskli alanların nerelere erişebileceğini çok net olarak ortaya koymaktadır. Su yüzü kotlarının ulaştığı maksimum seviyelerin

bulunduğu katmanın saydamlığı ayarlanabilir ve sular altında kalan alanlar daha anlaşılır biçimde görülebilir (Harita 5.9).



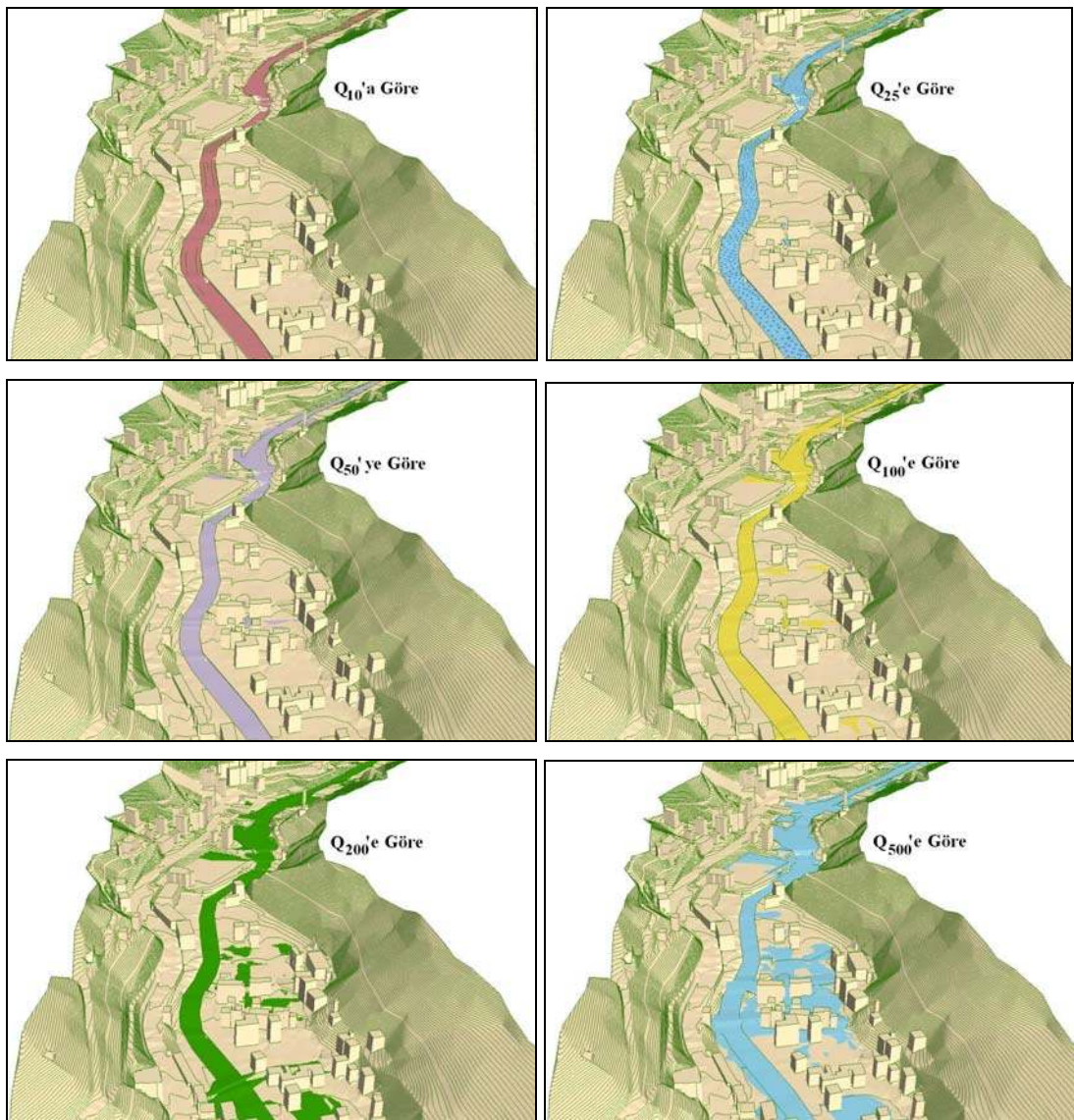
Harita 5.9. Maçka ilçe merkezinde 500 yıl yinleme dönemine sahip taşkın debisinin oluşturacağı risk haritası

Özellikle Q_{500} 'ün meydana getireceğı taşkın, Altındere yan kolunun bulunduğu kesimde birçok yerleşim yerinin sular altında kalmasına sebep olmaktadır. Bazı bölgeler mevcut taşkın duvarlarının yeterli olmasından dolayı taşkından etkilenmese de çoğu bölgede, en az nehir yatağının bir sahili taşkın suları altında kalmaktadır (Harita 5.10).



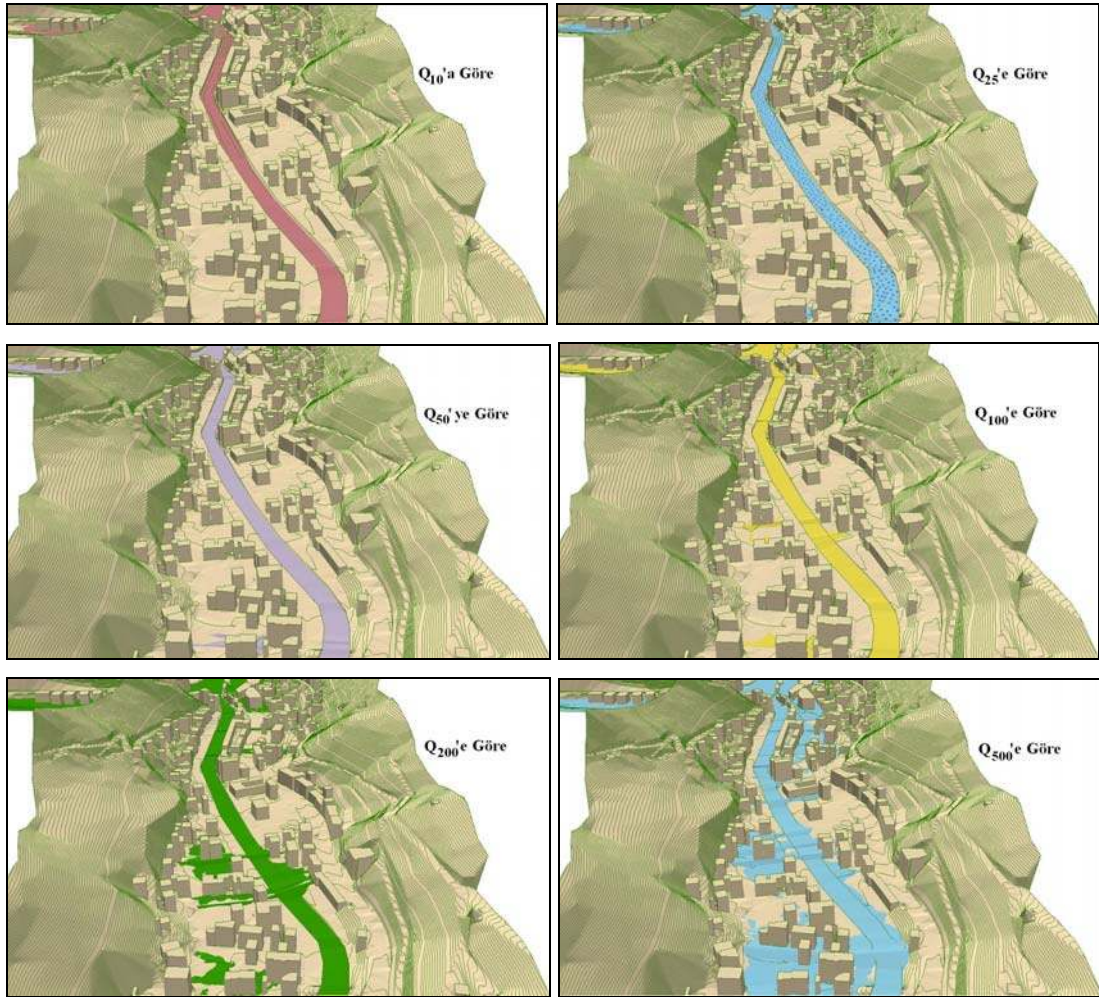
Harita 5.10. 500 yıl yinleme dönemine sahip debinin oluşması anında Maçka'da su altında kalması muhtemel bölgeler

Kesitlerde, farklı tekerrüre sahip taşkın debilerinin oluşması anında su altında kalacak bölgelerin daha rahat anlaşılabilmesi için yerleşimler bölgesel olarak incelenmiştir. İlk olarak Maçka'nın memba yerleşimleri incelendiğinde Q_{100} 'e kadar taşkın riski azken daha sonra, ilk olarak memba kesimlerinde sonra da orta ve mansap bölümlerinde taşkın alanlarının arttığı görülmektedir (Harita 5.11). Altındere kolu, incelenen üç ayrı kolda en az debisi olan bölgedir. Buna rağmen birçok yerleşim yeri taşkın riski taşımaktadır.



Harita 5.11. Çeşitli debilere göre Altındere yan kolunda Maçka'nın memba yerleşimleri için riskli bölgeler

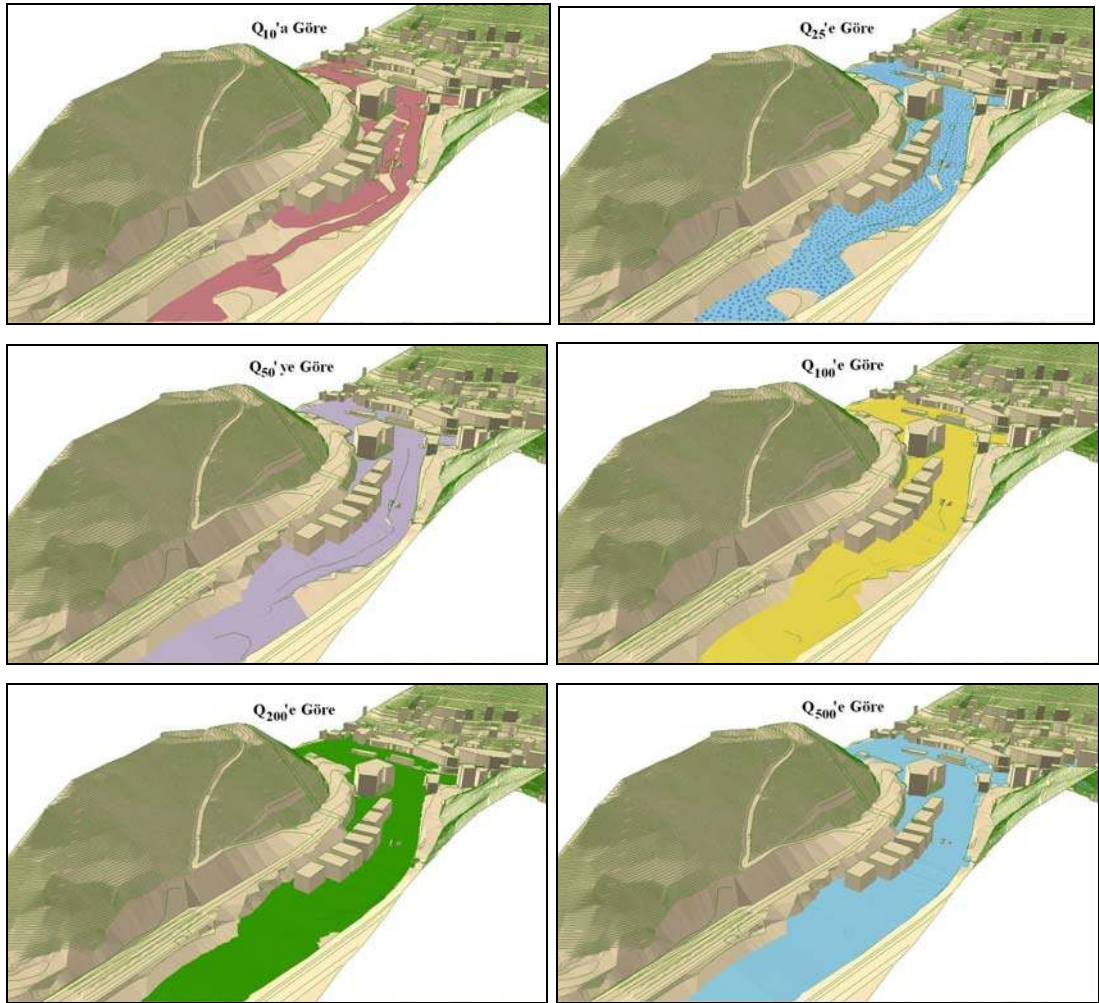
Altındere yan kolunda bakış açısı değiştirilip, bu kez Değirmendere Nehri ile birleşim bölgesine doğru bakıldığında yerleşimlerin sayısı artmaktadır ve aynı debilerde daha fazla alanın su altında kalabileceği görülmektedir (Harita 5.12).



Harita 5.12.Çeşitli debilere göre Altındere yan kolunda Maçka'nın mansap yerleşimleri için riskli bölgeler

Altındere yan kolunun Maçka ilçe merkezinden geçtiği tüm bölümünde Q_{10} ile Q_{50} arasındaki debilerin geçmesi açısından dere yatağının yeterli olduğu söylenebilir. Ancak daha büyük debiler oluştuğunda risk artacak, mevcut taşkın duvarları yetersiz kalacak ve dere yatağının tam kenarında bulunan yerleşimler olası taşkın suları altında kalacaktır.

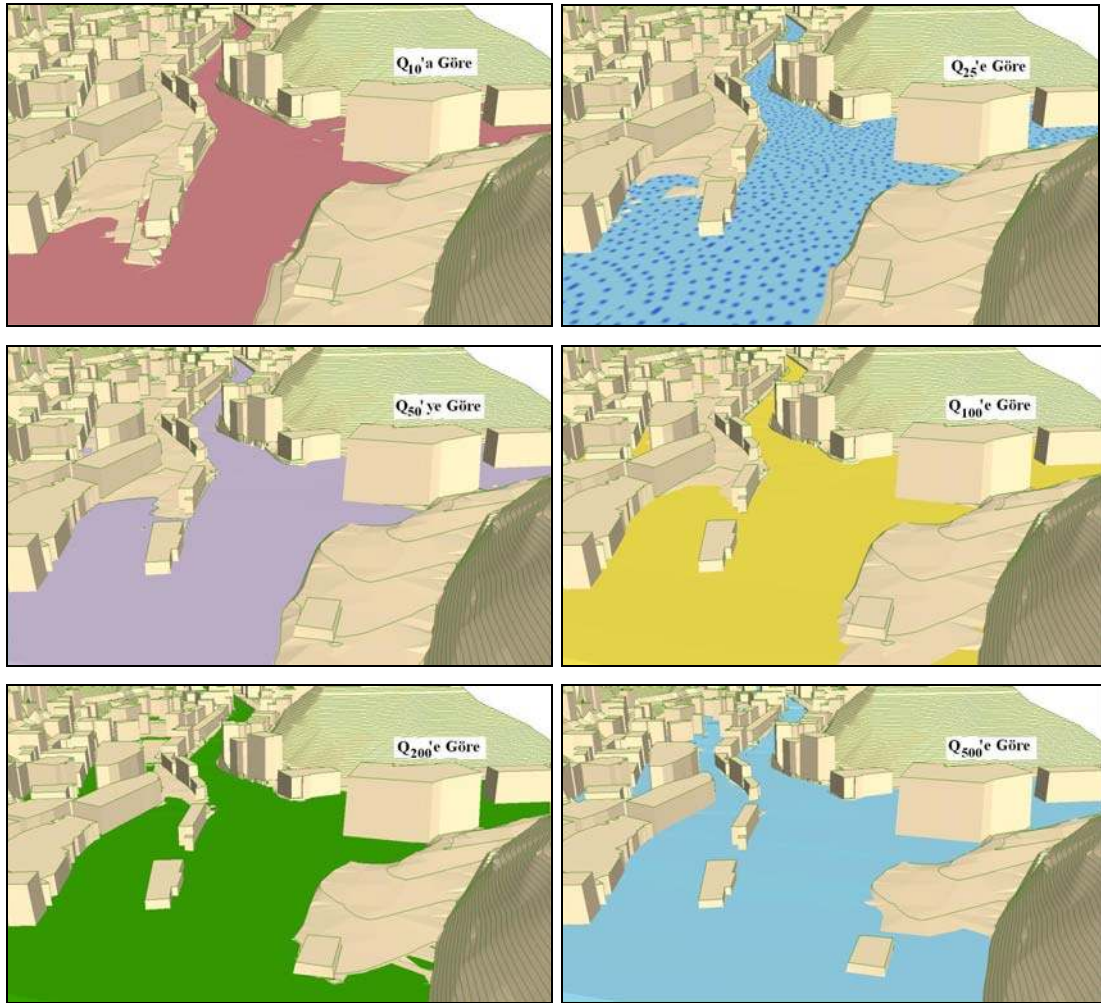
Değirmendere ana nehir kolunun Altındere yan kolu ile birleştiği kısmının mansap bölümü detaylıca incelendiğinde, sıra halinde bulunan binaların dere yatağındaki taşkın duvarının üst kotundan altta bulunmaları ve bu nehirde yüksek debilerin oluşmasından taşkın alanları çok düşük frekanslı debilerde de yerleşimleri etkilemektedir (Harita 5.13).



Harita 5.13. Çeşitli debilere göre Değirmendere Nehri'nde Altındere ile birleşimden önceki yerleşimler için çeşitli riskler

Son olarak iki nehir kolu birleştikten sonraki kısmın taşkın haritaları detaylı olarak incelendiğinde, dere yatağının kapasitesinin daha düşük tekerrürlü debilerin oluşmasında dahi yetersiz olduğu görülebilecektir (Harita 5.14). Çünkü oluşacak taşkın debileri iki ana nehir kolu birleştiğinden çok fazla artacaktır. Bu nedenle

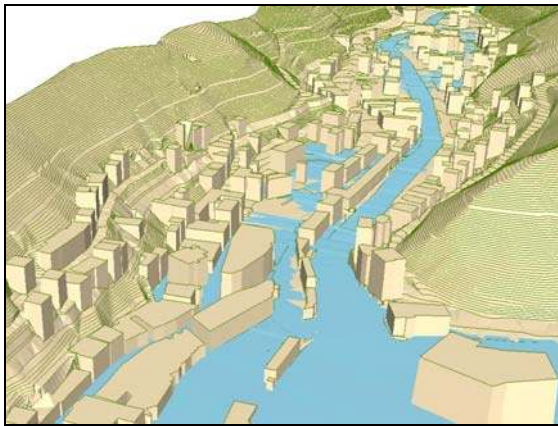
birleşimden sonra bulunan yerleşimler çok büyük risk altında kalacaktır. Olası bir taşkında, debinin 100 yıl veya üzerinde bir yinelenme periyoduna sahip olması durumunda Maçka'nın bu bölümündeki yerleşimlerin tamamen su altında kalması muhtemeldir. Yerleşimlerin yanı sıra dere yatağının her iki tarafında kalan ulaşım yollarının da sular altında kalabileceği tespit edilmiştir. Bu yüzden taşkın anında bölgeye ulaşım imkânı da oldukça zorlaşacaktır.



Harita 5.14. Değirmendere nehir kolu ile Altındere yan kolu birleşiminden sonraki yerleşimler için oluşturulan risk haritaları

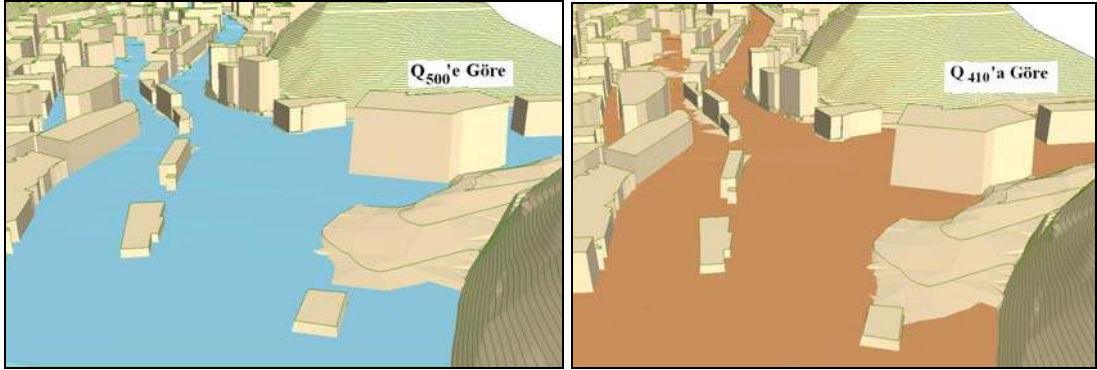
5.7. Oluşturulan Model Kullanılarak 20 Haziran 1990 Taşkın Analizi ve Meydana Getirdiği Taşkın Haritalarının Tespiti

Altındere yan kolu üzerinde ve Değirmendere ana nehir kolu ile birleşim bölgesinden sonra, noktasal taşkın frekans analizi, momentler metodu kullanılarak uygulanmıştır. Buna göre kullanılan dağılım fonksiyonlarından en uygunu Kolmogorov-Smirnov ve Ki-Kare uygunluk testleri sonucunda Log-Pearson Tip 3 olarak tespit edilmiştir. Bu nedenle birleşim noktası sonrasında günümüzde ölçüm alınamayan 2206 AGİ'sinin bulunduğu bölgede 20 Haziran 1990 günü tespit edilen maksimum akım değeri olan $610 \text{ m}^3/\text{s}$ debisinin kaç yıllık yinelenme periyoduna sahip olduğu Log-Pearson Tip 3'e göre bulunmuştur. Buna göre $610 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik debinin oluşması için gereken yinelenme periyodu 410 yıl çıkmıştır. İstatistiksel çalışmalara göre 410 yıllık yinelenme dönemine sahip olabilecek $610 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik debi oluştuğunda iki ana nehir kolu birleştikten sonra su seviyesinin nereye ulaşacağını hesaplayabilmek için HEC-RAS programı kullanılmıştır. Bu paket programda daha önce kullanılan topoğrafik kesitler ve $610 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik debi değeri girilmiş ve su seviyeleri tespit edilmiştir. Birleşimden sonra $610 \text{ m}^3/\text{s}$ debi alındığında, Altındere yan kolundan gelen debi aynı oranda küçültülüp $248 \text{ m}^3/\text{s}$, Değirmendere ana kolundan gelen debi ise $362 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak bulunmuş ve hidrolik analizlerde kullanılmıştır. Hidrolik analizler sonucu bulunan su yüzü seviyelerini içeren katman CBS'ye aktarıldıktan sonra 1990 taşkınına ait taşkın alanları belirlenmiş olur (Harita 5.15).

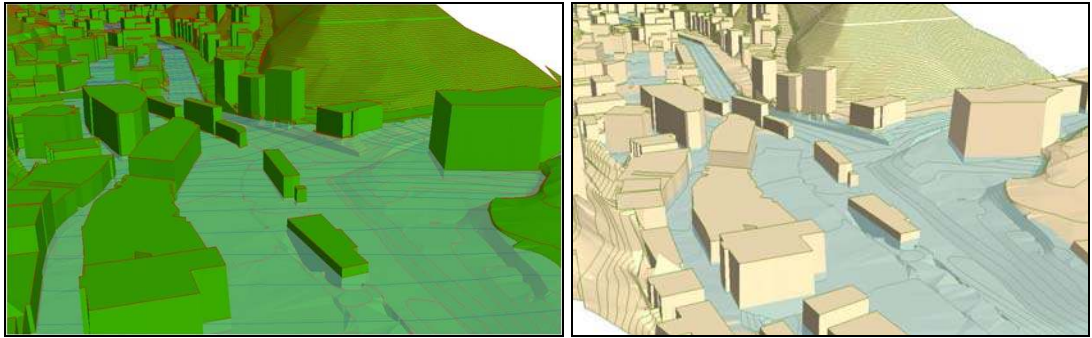


Harita 5.15. 1990 yılı taşkın debisi oluştuğunda Altındere yan kolu birleşim bölgesinde su altında kalması muhtemel alanlar

Bu taşkın debisi ile elde edilen risk haritaları, daha önce oluşturulan haritalarla kıyaslanmış ve taşkın alanlarının değişimi ortaya konulmuştur (Harita 5.16 ve Harita 5.17).

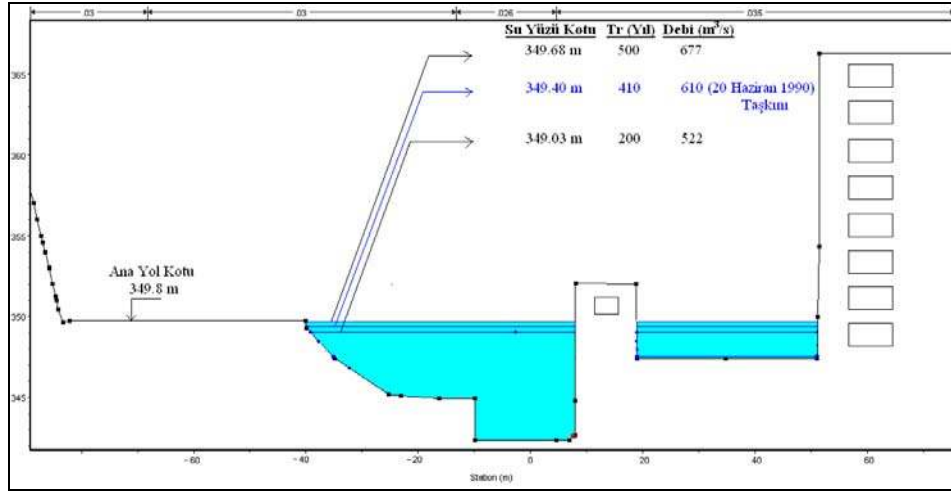


Harita 5.16. Nehir kollarının birleşim bölgesindeki kanalda Q_{500} ile 1990 yılı taşkın değeri olan $610 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik debinin oluşturacağı taşkın alanlarının karşılaştırılması



Harita 5.17. Nehir kollarının birleşim bölgesinde $677 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_{500}) (a) ile $610 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik (Q_{410}) (b) debilerin oluşturduğu su seviyeleri

Bulunan su yüzü seviyeleri, risk haritalarının yanı sıra HEC-RAS paket programı içerisinde de incelenebilir. Daha önceden HEC-RAS'ta oluşturulan bir keside, $610 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik debinin oluşturacağı su seviyeleri eklendiğinde, taşkın seviyelerindeki değişim incelenebilir (Şekil 5.18).



Şekil 5.18. Birleşim noktasından sonraki bir kesitte, 1990 taşkın debisi ile Q_{200} ve Q_{500} 'ün oluşturacağı muhtemel su seviyeleri

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Maçka yerleşimi ve çevresi için bulunan taşkın risk haritaları incelendiğinde, 100 yıllık veya daha az yinelenme periyoduna sahip debisi olan taşkınlar meydana geldiğinde, özellikle Altındere yan kolundaki taşkın duvarlarının yeterli olduğu görülmektedir (Harita 5.11 ve Harita 5.12). Ancak Değirmendere Ana Nehir kolunda ve iki nehir kolu birleştikten sonraki bölümlerde, yetersiz nehir yatakları ve taşkın debilerinin çok büyük olması nedeniyle Q_{100} ve altındaki debilerin oluşması anında dahi bazı yerleşimler sular altında kalabilir (Harita 5.8, Harita 5.13 ve Harita 5.14). Muhtemel Q_{100} üzeri taşkın debilerinin meydana gelmesi durumunda, tüm nehir kollarında yerleşim yerlerinin büyük bölümü taşkın tehlikesine maruz kalabilir. Özellikle 500 yıllık yinelenme dönemine sahip taşkın debisinin oluşması anında, Altındere yan kolunun neredeyse tüm yatağı boyunca sağ ve sol sahillerde birçok yerleşim yeri önemli ölçüde zarar görebilir. Değirmendere ana nehir kolu ve Altındere yan kolu birleştikten sonra taşkın debisi $677 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lere ulaştığından, buradaki yerleşim yerlerinde taşkın tehlikesinin boyutu en fazla olacaktır.

500 yıllık yinelenme dönemine sahip taşkın debisinin oluşma olasılığı çok az gibi görülebilir; ancak 19-20 Haziran 1990'da yaşanmış olan taşkın afetinde, incelenen bölgenin 1 km kadar mansabında yer alan ve bu taşkından sonra kullanılamayan 2206 No'lu AGİ'nin bulunduğu bölgede $610 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik debi tespit edilmiştir. $610 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik debinin, bulunduğu bölge için 410 yıllık yinelenme dönemine sahip olduğu hesaplanmıştır. 1990 yılına kadar Değirmendere Nehri'nde gözlenmiş en büyük debi değeri 23 yıllık kayıt içerisinde $224 \text{ m}^3/\text{s}$ iken, taşkın olayının yaşandığı 20 Haziran 1990 günü nehir, denize ulaştığında debinin $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ 'nin üzerinde olduğu belirlenmiştir [17].

Değirmendere Havzası'nın membaında hiçbir kontrol yapısının bulunmaması, derenin regülasyonunun sağlanamamasına neden olmaktadır. Bu yüzden alınacak önlemlerden en önemlisi, dere yatağının üst kotlarında çeşitli büyüklüklerde depolamalı taşkın koruma yapılarının inşaa edilmesidir.

Dere yatağının kenarına yapılan taşkın koruma duvarları kendi başına tüm riskleri ortadan kaldıramaz. Taşkın afetine maruz kalmamak için sadece kanaldaki suyun taşmasının önlenmesi yeterli değildir. Duvarlar yükselse de aşırı yağışlarda daha düşük kotlarda kalan yerleşim yerleri, biriken suların tahliyesi yapılamadığı durumda taşkın riski taşıyacaktır. Bu bölgelerde bahsedilen riskin ortadan kaldırılabilmesi için, biriken suların mansaba bir kanal yardımıyla ulaştırılması ve dere yatağına güvenli bir şekilde iletilmesi gereklidir. Taşkın suları tahliye edilemeyecek bölgelerde bulunan yapıların ise olabildiğince güvenli bölgelere taşınması sağlanmalıdır. Ayrıca taşkın sularının geçmesi gereken dere yatağını doğrudan işgal yapılar bulundukları yerlerden kaldırılmalıdır (Resim 5.5).

Taşkın öteleme imkânına sahip olmayan Değirmendere gibi depolamalı debi kontrol yapısı bulunmayan nehirlerde, insanların taşkınlara karşı bilinçlendirilmesi ve erken uyarı sistemlerinin kurulması gerekmektedir. Bu ve benzer çalışmalarla riskler önceden ortaya çıkarılmalı ve muhtemel taşkınlara karşı insanlar uyarılarak oluşabilecek afetın zararları azaltılmalıdır. Bu çalışmanın bir ileri aşaması olan meteorolojik gözlemlerden, oluşabilecek akımların tahmin edilebileceği bir hidrolojik model kurulabildiğinde, olası yağmurun miktarı bilinirse oluşacak akım miktarı da bulunabilir ve su altında kalabilecek yerler tespit edilebilir. Bu sayede daha erken bir uyarı sistemi kurulabilir ve önlemler daha kolay alınabilir. Halkın, taşkın konusunda daha da bilinçlendirilmesi için taşkın risk haritaları büyük önem taşımaktadır. Yaşadıkları bölgelerin 3 boyutlu haritaları üzerinde taşkın sularının ulaşabileceği yerleri görmeleri, insanların kafalarındaki soru işaretlerini daha kolay ortadan kaldırabilir.

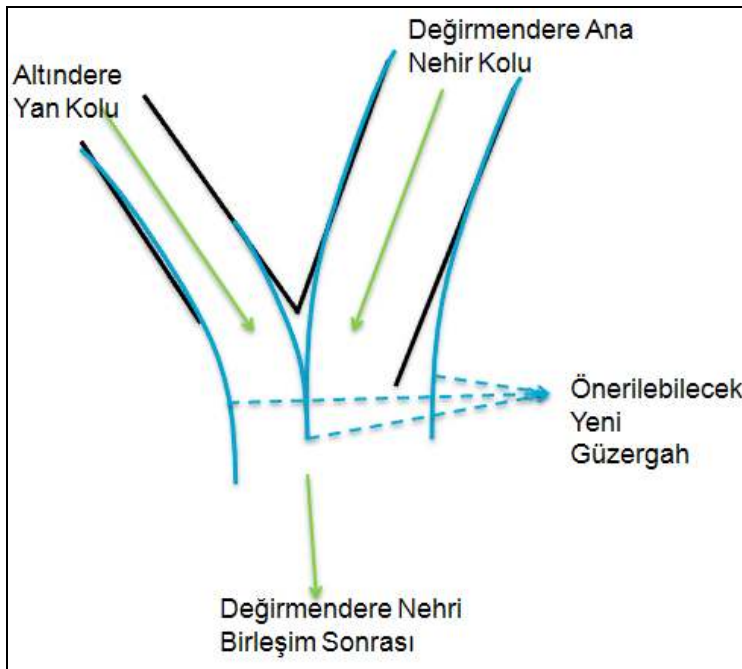
Trabzon Değirmendere Havzası'nda bulunan tüm nehir kolları çok fazla sediment taşımaktadır. Bu tez çalışmasında arazi gözlemlerinde tespit edilen dere yatağı kenarındaki bazı katı madde yığılmaları, oluşturulan arazi modellerine dâhil edilmiştir. Ancak taşkın anında sürüklenebilecek veya askı halinde taşınabilecek katı maddeler hidrolik hesaplamalara dâhil edilmemiştir. Bu yüzden oluşacak taşkın sularının ulaşabileceği seviyeler daha fazla olabilir ve taşkın etkisi de artabilir. Çünkü katı maddeler çalışma alanında dere yatağı üzerinde bulunan köprülerin

önünde birikebilir ve kesidini daraltarak membasında kabarmaya neden olabilir. Bu nedenle hidrolik hesaplamalar yapılırken taşkın sularının taşıyabileceği sedimentlerin etkisi de düşünülmeli ve model kurulurken bu maddeler de göz önüne alınmalıdır. Katı maddelerin olumsuz etkilerini azaltabilmenin yolu; nehrin üst kotlarında erozyon ile gelen sediment miktarının azaltılması ve nehir yatağına tersip bendi gibi yapıların inşa edilmesiyle mümkündür. Erozyonla gelen sediment taşınım miktarının azaltılması için, yamaçlarda arazinin eğimine paralel teraslama yapılması, sediment tutan sel kapanların yerleştirilmesi, arazinin bitki örtüsünün zenginleştirilmesi gibi önlemler alınabilir.

Tersip bentleri nehir yatağında sürüklenen katı maddeleri tutmak için yapılır, aynı zamanda nehir üzerinde düşü yapısı olmasından dolayı akımının düzenlenmesinde de kullanılır. Akım rejimini düzenleyebilmek için tersip bentlerinin yanı sıra britler de kullanılabilir. Değirmendere Nehri üzerinde çeşitli bölgelerde brit ve tersip bentleri bulunmaktadır. Bu yapıların bir kısmı dolmuştur, bazılarının ise yarıya yakını yıkılmıştır. Dolan tersip bentleri sadece brit gibi nehir akımı düzenlemesinde işe yararken, birçok brit de yıkılmasından dolayı işlevini tam anlamıyla yerine getirememektedir. Bu yapıların bakımlarının yapılması ve özellikle Maçka ilçesinin daha üst kotlarına yenilerinin inşa edilmesi gerekmektedir.

Değirmendere ana nehir kolu ve Altındere yan kolunun birleştiği bölge detaylıca incelendiğinde, birleşimin hidrolik olarak nehir akımı açısından uygun olmadığı düşünülmektedir. Çünkü yüksek debilerde, düşük eğimli bir yan kolun, daha fazla debi taşıyan ve daha yüksek eğimle birleşim bölgesine ulaşan ana nehir koluna birleşimi sırasında aralarındaki açının yaklaşık $20\sim 30^\circ$ olması gerekmektedir [82]. Bu şekilde yan koldan gelen akım, kabarmalar olmadan yani zorlanmadan ana nehre katılabilir. Oysaki çalışmanın yapıldığı birleşim bölgesinde daha düşük eğimli ve daha az debinin taşındığı Altındere yan kolu, Değirmendere ana nehir koluna birleşirken aralarındaki açı 60° 'den biraz daha fazladır. Bu birleşim yerinin HEC-RAS paket programıyla yapılan hidrolik analiz sonuçları incelendiğinde, Değirmendere Nehri'nde taşkın suyu hızı $6\sim 7$ m/s'lerden, birleşimden hemen önce yaklaşık 3 m/s'ye düşerken, Altındere yan kolunun memba bölgelerinde $5\sim 6$ m/s ile

akan suyun hızı, birleşim bölgesinde 1~1,2 m/s'ye kadar düşmektedir. Saf su ile yapılan bu analizlerde dahi, yan koldaki akımın birleşimden sonraki kısma geçerken zorlandığı tespit edilirken, yüksek miktarda taşınan sediment miktarları göze alındığında, yan koldaki yığılmalarla birlikte ters akımın oluşabilme ihtimali yüksektir. Birleşim bölgesinde, yan koldaki akım ana nehir koluna iletilirken oluşacak çevrıntiler ve sediment yığılması yan kolda ters akıma neden olduğunda, taşkın etkisi Maçka ilçesi için daha da artacaktır. Bu durum detaylıca deneysel olarak incelenmeli ve en doğru çözümler tespit edilmelidir. Ancak ilk aşamada en kolay çözüm olarak, bu birleşimin geometrik yapısı düzenlenebilir ve aradaki birleşim açısı olması gereken seviyelere indirilebilir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. Birleşim bölgesi için önerilebilecek yeni güzergahın şematik çizimi

Taşkınlara maruz kalan yerleşimler önceden uyarılırsa, yaşanabilecek can kayıpları azaltılabilir. Ancak yine de yapısal zararlar oluşabilir. Çünkü tüm derelerin, en büyük risklere göre taşkından korunabilmeleri ekonomik değildir ve bir üst sınırı da bulunmamaktadır. Yaşanabilecek büyük taşkınlarda insanların kaybettikleri tarım arazileri, evler ve diğer taşınmazlarından doğacak zararlarını karşılayabilmeleri için taşkın sigortası yaptırmaları önerilebilir. Taşkın sigortası da diğer tüm sigortalar gibi

risklere göre farklı içeriklerde oluşturulabilir. Örneğin taşkın sigortası oluşturulurken göz önüne alınacak taşkın alanları Q_{100} 'e göre farklı, Q_{500} 'e göre daha farklıdır. Bu yüzden taşkın sigortalaması yapılabilmesi için de önceden oluşabilecek riskli bölgelerin belirlenebilmesi gerekir.

Taşkınların zararlarını azaltmak için uygulanabilecek yöntemlerden birisi de, taşkın sularının derivasyon veya yan kanallara alınarak dere yatağının taşıyacağı debiyi düşürmektir. Bu yöntem Altındere yan kolu üzerinde Maçka ilçe merkezinin üst kotlarında uygulanmaktadır. Maçka ilçe merkezine ulaşmadan daha üst kotlarda yapılan bir derivasyon tüneli ile bu alt havzadan alınan su Değirmendere'nin alt havzalarından bir diğeri olan Galyan Nehri'nin bulunduğu bölüme transfer edilecektir. Asıl amacı, Galyan Nehri üzerinde yapılan Atası Barajı'na su temin etmek olan bu derivasyon kanalı ile aynı zamanda taşkın anında Maçka merkezine inecek olan suyun bir kısmı alınacaktır. Böylece Atası Barajı'nın depolamasından faydalanarak Maçka'da oluşacak taşkınların zararlarının azaltılabileceği düşünülmektedir.

Çalışmada kullanılan hidrometrik veriler; Türkiye'de bulunabilecek en uzun serilerden biri olan 55 yıllık maksimum anlık akım gözlem verisi (Değirmendere ana kolunda) ve yaklaşık 25 yıllık gözlem verisinden (Altındere yan kolu üzerinde) oluşmaktadır. Buna rağmen ulaşılmak istenen risk haritaları 100, 200, 500 yıl gibi yineleme dönemine sahip taşkın debilerine sahip olacağından, verilerin istatistiksel çalışmalarla uygun bir dağılım fonksiyonu ile uzatılması gerekmektedir. Bu nedenle yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar istatistikî yöntemlerle tespit edildiği için tam anlamıyla gerçek taşkını yansıtamayabilir. Aynı zamanda, incelenen havzadaki veriler çok uzun süreli olsa da, elde edilen sonuçların geçmişi karakterize ettiği, geleceği de %100 yansıtmayacağı, yani sonuçların sadece bir olasılık dâhilinde geçerli olacağı bilinmelidir. Ancak, en uygun dağılım fonksiyonunun kullanılması için uygunluk testlerinin yapılması, arazi koşullarının gerçeğe en yakın şekilde tanımlanması için arazi çalışmalarının sık ve yeterli sayıda yapılmış olması, vb. etkenlerden dolayı olabildiğince doğru bir model kurulmaya çalışılmıştır. Gerçek bir taşkın sırasında oluşabilecek su seviyeleri tespit edilebildiğinde model sonuçlarının

kalibrasyonu yapılabilir ve jeomorfolojik parametrelerde değişiklik yapılarak en doğru model oluşturulabilir.

Yapılan çalışma sonucunda; yerleşimlerin dere yatağı kenarındaki konumları, dere yatağının kapasitesi, membasında taşkın öteleme yapısının bulunmaması gibi nedenlerden dolayı, Trabzon Değirmendere Havzası'nda taşkınlar açısından en riskli bölgelerden birisi olan Maçka ilçesi ve çevresi için taşkın risk haritaları üretilmiştir. CBS teknikleri ve bir hidrolik model yardımıyla oluşturulan bu haritalar, yeterli topoğrafik ve hidrometrik verisi olan ve taşkın riski taşıyan tüm bölgelerde oluşturulabilir. Oluşturulan haritalar yardımıyla olası taşkın anında sular altında kalabilecek alanlar önceden belirlenebilir ve önlemler alınabilir. Bu ve benzeri çalışmalar yapılmadan önce riskli bölgeler tespit edilmeli, bu bölgelerin taşkın analizleri yapılabilecek kadar hassas topoğrafik haritaları çıkarılmalı ve model kurularak taşkın risk haritaları üretilmelidir. Haritalardaki hassaslık tümüyle dere yatağı ve taşkın yatağındaki kot okumaların sıklığıyla alakalıdır ve sık ölçüm yapılarak duvarlar, seddeler, şevlerin alt üst kotları, taşkın yataklarında bulunan evlerin konumları yüksek çözünürlüklü haritalarla belirlenmelidir. Bu veriler kullanılarak oluşturulan modeller gerçeği daha iyi yansıtacak ve erken uyarı sistemi, taşkın sigortalaması, halkın bilgilendirilmesi ve eğitimi, gerekli taşkın koruma yapılarının yerlerinin ve büyüklüklerinin tespiti gibi farklı çalışmalar için kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Gürer, İ., “Doğu Anadolu’da Kar Örtüsü ve İlkbahar Taşkınları”, **Bayındırlık ve İskan Bakanlığı ile Belediyeler**, Ankara, 6 (15): 17-26 (1992).
- [2] Tarbuck, E.J., Lutgens F.R., “The Earth: an Introduction to Physical Geology”, **Bell & Howell Company**, USA, 594 (1984).
- [3] Keller, E.A., “Environmental Geology”, **Bell & Howell Company**, Ohio, USA, 522 (1979).
- [4] United Nations Development Programme, “Reducing Disaster Risk: A Challenge For Development A Global Report” **Bureau for Crisis Prevention and Recovery**, USA, 57 (2004).
- [5] Gürer, İ., Uçar, İ., “Flood Disasters’ Inventory in Turkey in 2009”, **International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering**, Ohrid/Macedonia, 1-5 September, 371-380 (2009).
- [6] Özdemir, H., “Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi”, **DSİ Basım ve Foto – Film İşletme Müdürlüğü Matbaası**, Ankara, 10-15 (1978).
- [7] Bedient, P.B., Huber, W.C., “Hydrology and Floodplain Analysis 2nd ed.”, **Addison-Wesley**, USA, 14 (1992).
- [8] Linsley, J.R.K., Kohler, M.A., Paulhus, J.L.H., “Applied Hydrology”, **Tata McGraw-Hill Publishing**, New York, 397-404 (1983).
- [9] Usul, N., “Mühendislik Hidrolojisi”, **ODTÜ Basımevi**, Ankara, 140 (2008).
- [10] Gürer, İ., "Batı Karadeniz Taşkın Afeti Örneği ile Türkiye’de Taşkın Problemi", **AMHY-FRIEND grubu- Heavy Floods-Flush Floods Toplantısı**, 15-16 Ekim, İstanbul, Türkiye, 3 (1998).
- [11] Gurer, I., “Flood Inventory, and Recent Flood Problems in Turkey”, **Hazard 96 Symposium**, Toronto, Canada, 1-4 (1996).
- [12] Gurer, I., Ucar I., “The Importance of Flood Zoning Using GIS: A Case Study from Macka, Trabzon, Northeastern Turkey”, **BALWOIS 2010, Conference on Water Observation And Information System For Decision Support**, Ohrid/Macedonia, 25-29 May, 1, 2 (2010).
- [13] Bayazıt, M., Önöz, B., “Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi”, **Nobel Basımevi**, Ankara, 139-142 (2008).

- [14] Dinçsoy, Y., “İslah Sekisi ve Tersip Bentleri”, *DSİ Basım ve Foto – Film İşletme Müdürlüğü Matbaası*, Ankara, 25, 61 (2008).
- [15] Kılıçer, Ü., Özgüler, H., “Türkiye’de Taşkın Durumu”, *TMH – Türkiye Mühendislik Haberleri*, 420-421-422 (4-5-6): 142-144 (2002).
- [16] Zirai Meteoroloji ve İklim Rasatları Dairesi Başkanlığı, “2009 Yılı İklim Verilerinin Değerlendirmesi”, *DMİ Genel Müdürlüğü*, Ankara, 18-22 (2010).
- [17] Özcan, A., “Trabzon Yöresi 20 Haziran 1990 Sel Felaketi”, *Trabzon Yöresi 20 Haziran 1990 Sel Felaketi Sempozyumu*, Trabzon, 46-50 (1990).
- [18] Onuşluel, G., “Floodplain Management Based On The HEC-RAS Modeling System”, Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 6 (2005).
- [19] Yazıcılar, F., Önder, H., “Taşkın Yatakları Planlamasında HEC-RAS Bilgisayar Programı ile Su Yüzü Profili Hesaplanması-Bartın Nehrinde Bir Uygulama”, *Su Mühendisliği Problemleri Semineri (V)*, Fethiye, Muğla, 13 (1998).
- [20] İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Eğitim Birimi, “ArcGIS 9 Uygulama Dokümanı”, *İşlem Şirketler Grubu*, Ankara, 32 (2004).
- [21] Correia, N.F., Saraiva, M.G., Silva, N.F., Ramos I., “Floodplain Management in Urban Developing Areas: Part II. GIS-Based Flood Analysis and Urban Growth Modelling” *Water Resources Management*, (13): 23-37 (1999).
- [22] Azagra, E., Olivera, F., Maidment, D., “Floodplain Visualization Using TINs”, *CWR Online Report 99-5*, The University of Texas, 7-14, 23-53 (1999).
- [23] Baga, İ., Usul, N., Sorman, Ü., “Application of MIKE 11 Model on Çayboğazı Basin in Turkey”, *DHI Third User Conference*, Denmark, 14 (1999).
- [24] Doğanoglu, V.İ., “Coupling of GIS With a Hydraulic Model for Flood Inundation Mapping”, Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 46-58 (2000).
- [25] McLin, S.G., Springer, E.P., Lane, L.J., “Predicting Floodplain Boundary Changes Following the Cerro Grande Wildfire”, *Hydrological Processes*, 15: 2967–2980 (2001).
- [26] Sinnakaudan, S.K., Ab Ghani, A., Kiat, C.C., Ahmad, M.S.S., Zakaria, N.A., “Integrated Triangular Irregular Network (ITIN) Model For Flood Risk

Analysis Case Study: Pari River, Ipoh, Malaysia”, *Advances in Hydraulics and Water Engineering*, 1-2: 656-660 (2002).

- [27] Turan, B., “Obtaining Inundation Maps by Integration of GIS and Hydrologic and Hydrologic-Hydraulic Model”, Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 50, 90, 121 (2002).
- [28] Tate E.C., Maidment D.R., Olivera F., Anderson D.J., “Creating a Terrain Model for Floodplain Mapping”, *Journal of Hydrologic Engineering*, 7: 100-108 (2002).
- [29] Wiles, J.J., Levine, N.S., “A Combined GIS and HEC Model for the Analysis of the Effect of Urbanization on Flooding: The Swan Creek Watershed, Ohio”, *Environmental and Engineering Geoscience*, 8 (1): 47-61 (2002).
- [30] Kaleyçi, H., “Değirmendere Havzası’nda Taşkın Frekans Analizi ve Taşkın Sularının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 38, 39 (2004).
- [31] Knebl, M.R., Yang, Z.L., Hutchison, K., Maidment, D.R., “Regional Scale Flood Modeling Using NEXRAD Rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: A Case Study for The San Antonio River Basin Summer 2002 Storm Event”, *Journal of Environmental Management*, 75 (4): 325-336 (2004).
- [32] Overton I.C., “Modelling Floodplain Inundation on a Regulated River: Integrating GIS, Remote Sensing and Hydrological Models”, *River Research and Applications*, 21 (9): 991-1001 (2005).
- [33] Oral, V., Koike, K., Yenigün, O., “Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Bartın ve Silifke-Göksu Nehri Havzaları’nda Görülen Taşkınların Analizi için Kullanımı”, *I. Ulusal Taşkın Sempozyumu*, Ankara, 345-353 (2005).
- [34] Yang, J., Townsend, R.D., Daneshfar, B., “A GIS-Based Approach to River Network Floodplain Delineation”, *River Basin Management III - WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 83: 517-524 (2005).
- [35] Kılınç, İ., Şahin, V., “İstanbul’daki Kurbağalı Dere’nin Taşkın Sahasını Belirlemede HEC-RAS Kullanılması”, *I. Ulusal Taşkın Sempozyumu*, Ankara, 317-325 (2005).
- [36] Machado, M.S., Ahmad, S., “Flood Hazard Assessment of Atrato River in Colombia”, *Water Resources Management*, 21 (3): 591-609 (2006).
- [37] Duran C, Daban F., “Hava LIDAR (Light Detection And Ranging) Verilerinin Jeomorfolojik Ve Ekolojik Ortam Analizlerinde Kullanım Olanakları”, *Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, KTÜ, Trabzon, 1, 2 (2007).

- [38] Casas, A., Benito, G., Thorndycraft, V.R., Rico, M., “The Topographic Data Source of Digital Terrain Models as a Key Element in the Accuracy of Hydraulic Flood Modelling”, *Earth Surface Processes and Landforms*, 31 (4): 444-456 (2006).
- [39] Gutry-Korycka, M., Magnuszewski, A., Suchozbrski, J., Jaworski, W., Marcinkowski, M., Szydlowski, M., “Numerical Estimation of Flood Zones in the Vistula River Valley, Warsaw, Poland”, *Climate Variability and Change - Hydrological Impacts, IAHS Publication*, 308: 191-195 (2006).
- [40] Sanyal, J., Lu, X.X., “Remote Sensing and GIS-Based Flood Vulnerability Assessment of Human Settlements: A Case Study of Gangetic West Bengal, India”, *Hydrological Processes*, 19 (18): 3699-3716 (2006).
- [41] Dingguo, M.A., Jie, C., Zhang, W.J., Zhang, W.J., Zheng, L., Liu, Y., “Farmers' Vulnerability to Flood Risk: A Case Study in the Poyang Lake Region”, *Journal of Geographical Sciences*, 17 (3): 269-284 (2007).
- [42] Alho, P., Roberts, M.J., Kayhko, J., “Estimating the Inundation Area of a Massive, Hypothetical Jokulhlaup From Northwest Vatnajokull, Iceland”, *Natural Hazards*, 41 (1): 21-42 (2007).
- [43] Sheffer, N.A., Rico, M., Enzel, Y., “The Palaeoflood Record of The Gardon River, France: A Comparison With The Extreme 2002 Flood Event”, *Geomorphology*, 98 (1-2): 71-83 (2008).
- [44] Sole, A., Giosa, L., Copertino, V., “Risk Flood Areas, A Study Case: Basilicata Region”, *River Basin Management IV - WIT Transactions On Ecology And The Environment*, 104: 213-228 (2007).
- [45] Özdemir, H., “Havran Çayı Havzası'nın (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi”, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 3-8 (2007).
- [46] Hardmeyer, K., Spencer, M.A., “Using Risk-Based Analysis and Geographic Information Systems to Assess Flooding Problems in an Urban Watershed in Rhode Island”, *Environ Manage*, 39: 563-574 (2007).
- [47] Balabanova, S., Koshinchanov, G., Dimitrov, D., “GIS Tools and Hydraulic Modeling Usage in Flood Simulation Via DHI Mike 11 Platform (On the Example of Novi Iskar Area)”, *Edirne Taşkın Konferansı*, 143-152 (2008).
- [48] Lastra, J., Fernandez, E., Diez-Herrero, A., Marquinez, J., “Flood Hazard Delineation Combining Geomorphological and Hydrological Methods: An Example in the Northern Iberian Peninsula”, *Natural Hazards*, 45: 277-293 (2008).

- [49] Aggett, G.R., Wilson, J.P., “Creating and Coupling a High-Resolution DTM with a 1-D Hydraulic Model in a GIS for Scenario-Based Assessment of Avulsion Hazard in a Gravel-Bed River”, *Geomorphology*, 113: 21-34 (2009).
- [50] Solaimani, K., “Flood Forecasting Based on Geographical Information System”, *African Journal of Agricultural Research*, 4 (10): 950-956 (2009).
- [51] Cook, A., Merwade, V., “Effect of Topographic Data, Geometric Configuration and Modeling Approach on Flood Inundation Mapping”, *Journal of Hydrology*, 377: 131–142 (2009).
- [52] Akar, I., Maktav, D., Kalkan, K., Ozdemir, Y., “Determination of Land Use Effects on Flood Risk by Using Integration of GIS and Remote Sensing”, *RAST 2009: Proceedings of the 4th International Conference on Recent Advances In Space Technologies*, 23-26 (2009).
- [53] Büyükkaracıgan N., “Taşkın Frekans Analizinde Kullanılan Değişik Dağılımların Konya Havzası Yıllık Pik Akım Serilerine Uygulanıp Karşılaştırması”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 3,9 (1997).
- [54] Onüçyıldız, M., “Türkiye Akarsularında Taşkın Debilerinin Belirlenmesi”, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 13-20 (1999).
- [55] Seçkin, N., “Ceyhan ve Seyhan Havzalarının Bölgesel Taşkın Frekans Analizi”, *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 11, 12 (2002).
- [56] Usul, N., “Taşkın Çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması”, *22 Mart Dünya Su Günü Suya Bağlı Afetlerin Etkilerinin Azaltılmasında Yaşanan Sorunlar ve Çözüm Yolları Paneli*, Ankara, 41-61 (2004).
- [57] Özkeser, İ., “Geomedia Coğrafi Bilgi Sistemleri Hidroloji Uygulamaları”, *Mescioğlu Mühendislik ve Müşavirlik A. Ş., Gazi Üniversitesi*, Ankara, 15 (2008).
- [58] HEC, “HEC-GeoRAS GIS Tools for Support of HEC-RAS using ArcGIS”, *U.S. Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, User's Manual 4.2*, 2, 3 (2009).
- [59] HEC, “HEC-RAS River Analysis System”, *U.S. Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydraulic Reference Manual 4.1*, 2.1, 2.2, 2.43-2.45 (2010).

- [60] HEC, "HEC-RAS River Analysis System", *U.S. Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, User's Manual 4.1*, 4.11, 6.25 (2010).
- [61] Yıldız, K., "Hidroelektrik Santraller Hesap Esasları ve Projelendirilmesi", *DSİ Matbaası*, Ankara, 229-232 (1992).
- [62] Uçar, İ., Güner, İ., "Taşkın Alanlarının Modellenmesi, Trabzon Maçka Örneği", *II. Ulusal Taşkın Sempozyumu*, Afyonkarahisar, 393-403 (2010).
- [63] Yomralıoğlu T., "Çevresel Bilgi Sistemleri İçin Model - Altılık Tasarımı, Trabzon-Değirmendere Havzası Örneği", *Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulamaları Sempozyumu*, Trabzon, 297-306 (1999).
- [64] Yağcı, A., "19.6.1990 Günü Meydana Gelen Sel Afetinin Sonuçları ve Afete Uğrayan Vatandaşlara Götürülen Hizmetler", *Trabzon Yöresi 20 Haziran 1990 Sel Felaketi Sempozyumu*, Trabzon, 265-271 (1990).
- [65] KTÜ, "Trabzon Yöresi 20 Haziran 1990 Sel Felaketi Sempozyumu Bildiriler Kitabı", *KTÜ Matbaası*, Trabzon, 321, 323 (1991).
- [66] Uçar, D., İpbüker, C., Bildirici, İ.Ö., "Matematiksel Kartografi, Harita Projeksiyonları Teorisi ve Uygulamaları", *Atlas Yayın Dağıtım*, Ankara, 135-141 (2004).
- [67] Kutoğlu, H.Ş., Ayan, T., "WGS84'den ED50 Koordinat Sistemine Dönüşümde Yükseklik Sorunu İçin Yeni Bir Yaklaşım", *HKMO Dergisi*, 82-90 (1998).
- [68] Usul, N., "Engineering Hydrology", *ODTÜ Basımevi*, Ankara, 257-267 (2001).
- [69] Haan, C.T., "Statistical Methods in Hydrology 2nd ed.", *Iowa State Press*, USA, 126-128 (2002).
- [70] Gumbel, E.J., "Statistics of Extremes", *Columbia University Press*, New York, 198 (1958).
- [71] Kulga, Z., Dizdar, M., "Türkiye Akarsu Havzaları, Maksimum Akımlar Frekans Analizi (MAFA)", *DSİ Basım ve Foto-Film Merkezi*, Ankara, 1-24 (1994).
- [72] Haktanır, T., "Taşkın Frekans Analizi İçin Paket Program", *DSİ Teknik Bülteni*, 53: 48-57 (1982).
- [73] Haktanır, T., "A Few Distributions Compiled Together for Flood Frequency Analysis", *Tübitak Doğa Bilim Dergisi*, 14 (1): 146-165 (1990).

- [74] Haktanır, T., “Comparison of Various Flood Frequency Distributions Using Annual Flood Peaks Data of Rivers in Anatolia”, *Journal of Hydrology*, 136 (1-4): 1-31 (1992).
- [75] Haktanır, T., “Gözlenmiş Yıllık Taşkın Pikleri Örnek Serilerinin Frekans Analizi için Paket Program”, DSİ Genel Müdürlüğü, *I.Ulusal Taşkın Sempozyumu*, Ankara, 303-315, (2006).
- [76] İnternet: “Google Earth Version 5”, <http://earth.google.com/>, (2010).
- [77] Methods, H., Dyhouse G., Hatchett, J., Benn, J., “Floodplain Modeling Using HEC-RAS 1th ed.”, *Heastad Press*, USA, 4-11 (2003).
- [78] Chow, V.T., “Open-Channel Hydraulics”, *McGraw-Hill*, New York, 115-123 (1959).
- [79] Gamgam, H., Altunkaynak, B.. “Parametrik Olamayan Yöntemler” *Gazi Kitabevi*, Ankara, 41-78 (2008).
- [80] Bircan, H., Karagöz, Y., Kasapoğlu, Y., “Ki-kare Kolmogorov-Smirnov Uygunluk Testlerinin Simülasyon İle Elde Edilen Veriler Üzerinde Karşılaştırılması” *Cumhuriyet Üniversitesi*, Sivas, 69-80 (2003).
- [81] McCuen, R.H., “Modeling Hydrologic Change Statistical Methods” *University of Maryland*, USA, 387-408 (2002).
- [82] Przedwojski, B., Blazejewski, R., Pilarczyk, K.W., “River Training Techniques”, *Balkema Publish*, Rotterdam, Netherlands, 577-578 (1995).

EKLER

EK-1. Uyum iyiliği testleri

Ki-kare Uyum İyiliği Testi

Bu testin temel özelliği, gözlenen frekanslar ile yokluk hipotezi doğru iken beklenen frekanslar arasındaki farkların büyüklüklerine bağlı olarak test istatistiğinin tanımlanmasıdır [79].

Hipotezler araştırma hipotezleri ve istatistiksel hipotezler olmak üzere ikiye ayrılır. Araştırma hipotezleri gözlemlere dayalıdır. İstatistiksel hipotezler yokluk hipotezi ve alternatif hipotez olarak ikiye ayrılır. Yokluk hipotezleri H_0 , karşıt hipotezler H_1 ile gösterilir. Yokluk hipotezi test edilen hipotezdir. Karşıt hipotez, yokluk hipotezi reddedilirse kabul edeceğimiz hipotezdir [79].

Bu çalışmada yokluk hipotezi gözlenen frekansların çeşitli dağılımlara göre beklenen frekanslara uygun olduğunu öne sürecektir. Karşıt hipotezde aksini ifade edecektir.

1. Hipotezler

$H_0 : o_i = e_i, i = 1, 2, \dots, r, (o_1 = e_1, o_2 = e_2, \dots, o_r = e_r)$ (Gözlenen frekanslar beklenen frekanslara uygundur)

$H_1 : o_i \neq e_i$ (Gözlenen frekanslar beklenen frekanslara uygun değildir. Fark önemlidir)

2. Test İstatistiği

Test istatistiği aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

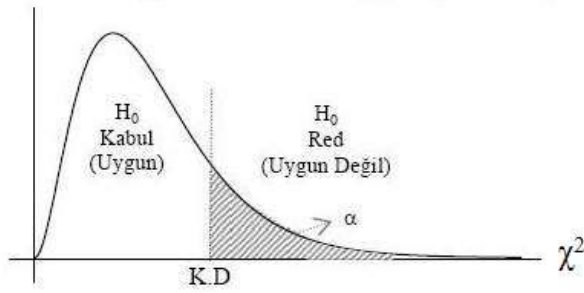
$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} \quad (1.1)$$

EK-1. (Devam) Uyum iyiliği testleri

Görüldüğü gibi o_i 'lerin e_i 'lere yaklaşması durumunda χ^2 istatistiği sıfıra yaklaşacaktır [80].

3. Karar Modeli

Ki-Kare uygunluk testi sağ kuyruk testidir. Çünkü $o_i - e_i$ farklarının kareleri alınarak % test istatistiği hesaplanır. Fark büyüdükçe, farkların kareleri pozitif yönde sonsuza doğru büyür. Böylece red bölgesi daima dağılımın sağ kuyruğunda olur. Buna göre karar modeli aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Ki-Kare uygunluk testi için karar modeli

Kritik değer (K.D), α önem seviyesi ve serbestlik derecesine ($s.d = r - 1 - m$) göre hazırlanmış χ^2 kritik değerler tablosundan belirlenir. Burada m tahmin edilen parametre sayısıdır. Örnek olarak; normal dağılım için tahmin edilen parametreler standart sapma ve ortalama olduğundan $m = 2$ alınır [80].

4. Karar Verme

Test istatistiğinde hesaplanan χ^2 değeri ile kritik %1 değeri, karar modeline göre mukayese edilerek karar verilir. Buna göre,

EK-1. (Devam) Uyum iyiliği testleri

$\chi^2 > \chi^2_{\alpha; r-m-1}$ ise, H_0 hipotezi reddedilerek gözlenen değerlerle beklenen değerlerin birbirine (o_i 'lerin e_i 'lere) uygun olmadığına α önem seviyesinde karar verilir. Testten daha güvenilir sonuç almak için şu iki durum dikkate alınmalıdır [80]. İki kategori varsa her bir beklenen frekans 10 veya daha büyük olmalıdır. Kategori sayısı ikiden fazla ise ($r > 2$) her bir beklenen frekans beş veya daha büyük olmalıdır.

Ki-Kare testi yaparken, çok sık yapılan yanlış kullanma hatalarından birisi küçük beklenen frekanslarla çalışılmasıdır. Küçük bir beklenen frekansın χ^2 'ye katkısı büyük olacaktır. e_i küçüldükçe χ^2 büyüyecektir. Bu durum H_0 hipotezinin reddedilmesi ihtimalini artırır [80].

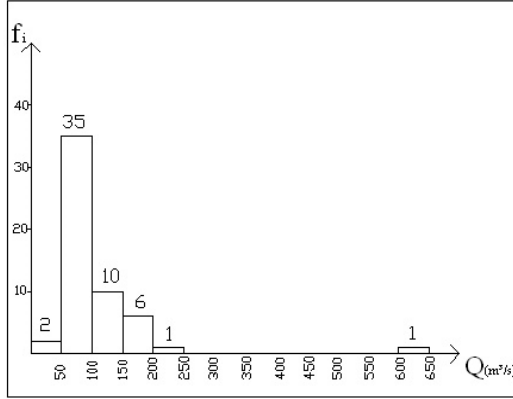
➤ Ki kare uyum iyiliği testinin Normal dağılımı uygulanması

Q Sınırları	Standartlaştırılmış Değerler	Beklenen Oranlar	Beklenen Frekanslar
$0 \leq Q < 50$	$Z_1 < -0,688$	0,24573	13,51515
$50 \leq Q < 100$	$-0,688 \leq Z_2 < -0,058$	$0,47687 - 0,24573 = 0,23114$	12,7127
$100 \leq Q < 150$	$-0,058 \leq Z_3 < 0,572$	0,23913	13,15215
$150 \leq Q < 200$	$0,572 \leq Z_2 < 1,2012$	0,16893	9,29115
$200 \leq Q < \infty$	$-1,2012 \leq Z_2$	0,11507	6,32885
		$\sum B = 1,00$	$\sum Fi = 55,00$

Normal dağılıma ait bir değişkenin standart normal dağılımlı bir değişkene dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm şu şekilde yapılır;

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (1.2)$$

EK-1. (Devam) Uyum iyiliği testleri



Şekil 1.2. Mevcut verilerin histogramı

Örnek olarak ilk satırı yapıldığında;

x'in üst sınır değeri 50 için $Z = (50-104,62)/79,405 = -0,688$ olarak bulunur. Standart normal dağılım tablosundan (Çizelge 1.1) $Z=0,24573$ olarak okunur. Beklenen frekans da beklenen oran ile tüm veri sayısının çarpımı olur. $0,24573 \times 55 = 13,51515$ olarak bulunur.

Q Sınırları	Gözlenen Frekanslar(Gj)	Beklenen Frekanslar(Bj)	$\frac{(Bj - Gj)^2}{Bj}$
$0 \leq Q < 50$	2	13,51515	9,81111
$50 \leq Q < 100$	35	12,7127	39,07303
$100 \leq Q < 150$	10	13,15215	0,75547
$150 \leq Q < 200$	6	9,29115	1,16580
$200 \leq Q < \infty$	2	6,32885	2,96088
	$\sum Gj = 55,00$	$\sum Bj = 55,00$	$\sum \frac{(Bj - Gj)^2}{Bj} = 53,76629$

Serbestlik derecesi = $r-m-1 = 5-2-1 = 2$ olarak bulunur. Serbestlik derecesi bir parametrenin tespiti için kullanılması gereken bağımsız bilgi parçalarının sayısıdır [79].

EK-1. (Devam) Uyum iyiliği testleri

$\sum \frac{(E_j - G_j)^2}{E_j}$ denklemi 2 serbestlik derecesinde χ^2 (kikare) değerini vermektedir.

Hesaplanan χ^2 değeri χ^2 tablo değerinden büyük olduğunda yokluk hipotezi reddedilir. Diğer bir ifadeyle, debi verilerine ilişkin dağılımın normal dağılıma uygun olmadığına karar verilir.

Anlamlılık der.	0,90	0,95	0,975	0,99
χ^2 (Çizelge 1.2)	4,605	5,991	7,378	9,210
Sonuçlar	ret	ret	ret	ret

Çizelge 1.2 Ki-kare birikimli olasılıkları sağlayan değerler

S.d.	Red Bölgesi Alanı					
	0,99	0,95	0,90	0,10	0,05	0,01
1	0,000	0,004	0,016	2,706	3,841	6,635
2	0,020	0,103	0,211	4,605	5,991	9,210
3	0,115	0,352	0,584	6,251	7,815	11,345
4	0,297	0,711	1,064	7,779	9,488	13,277
5	0,554	1,145	1,610	9,236	11,070	15,086
6	0,872	1,635	2,204	10,645	12,592	16,812
7	1,239	2,167	2,833	12,017	14,067	18,475
8	1,646	2,733	3,490	13,362	15,507	20,090
9	2,088	3,325	4,168	14,684	16,919	21,666
10	2,558	3,940	4,865	15,987	18,307	23,209
11	3,053	4,575	5,578	17,275	19,675	24,725
12	3,571	5,226	6,304	18,549	21,026	26,217
13	4,107	5,892	7,042	19,812	22,362	27,688
14	4,660	6,571	7,790	21,064	23,685	29,141
15	5,229	7,261	8,547	22,307	24,996	30,578
16	5,812	7,962	9,312	23,542	26,296	32,000
17	6,408	8,672	10,085	24,769	27,587	33,409
18	7,015	9,390	10,865	25,989	28,869	34,805
19	7,633	10,117	11,651	27,204	30,144	36,191
20	8,260	10,851	12,443	28,412	31,410	37,566
21	8,897	11,591	13,240	29,615	32,671	38,932
22	9,542	12,338	14,041	30,813	33,924	40,289
23	10,196	13,091	14,848	32,007	35,172	41,638
24	10,856	13,848	15,659	33,196	36,415	42,980
25	11,524	14,611	16,473	34,382	37,652	44,314

➤ Ki kare uyum iyiliği testinin Log-Pearson Tip 3 dağılımına uygulanması

$$\log(x_{\text{ort}}) = 1,965965$$

$$\text{Standart Sapma}(\sigma \log x) = 0,190341$$

EK-1. (Devam) Uyum iyiliği testleri

$$\log x = \log x_{\text{ort}} + K \cdot \sigma \log x$$

$$C_s = \text{Çarpıklık katsayısı} = 1,55124$$

Kümülatif P	K	$X = X + KS$	$Y = 10^X$	O_i	Kümülatif Q_i	p_i	$e_i = n \cdot p_i$	$(Q_i - e_i)^2 / e_i$
0,1	-1,00614	1,764455	58,14	5	5	0,1	5,5	0,04545
0,2	-0,82118	1,799661	63,05	5	10	0,1	5,5	0,04545
0,3	-0,6419	1,833785	68,20	2	12	0,1	5,5	2,22727
0,4	-0,454075	1,869536	74,05	3	15	0,1	5,5	1,13636
0,5	-0,24709	1,908934	81,08	4	19	0,1	5,5	0,40909
0,6	-0,007695	1,954500	90,05	11	30	0,1	5,5	5,5
0,7	0,286375	2,010474	102,44	7	37	0,1	5,5	0,40909
0,8	0,68291	2,085951	121,89	7	44	0,1	5,5	0,40909
0,9	1,33115	2,209338	161,93	6	50	0,1	5,5	0,04545
1				5	55	0,1	5,5	0,04545

Serbestlik derecesi= 10-3-1=6

$$\chi^2 = 10,2727$$

K değerleri $C_s=1,55124$ çarpıklık katsayısı ve q (olmama olasılığı) değerine göre çizelge 1.2'ten okunmuştur.

Anlamlılık der.	0,90	0,95	0,975	0,99
χ^2 (Çizelge 1.2)	10,645	12,592	14,449	16,812
Sonuçlar	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul

Sonuçlara göre Log-Pearson Tip 3 dağılımı veri serisi için tüm anlamlılık dereceleri için kabul edilebilir çıkmaktadır. O halde bu dağılım Ki-Kare uyum iyiliği testine göre uygundur ve kullanılabilir.

Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testi

Kolmogorov-Smirnov testi, Kolmogorov tarafından 1933 yılında önerilmiştir. Kolmogorov, tek örnek için uyum iyiliği testini önermiştir. 1939 yılında ise bir Rus matematikçisi olan Smirnov tarafından iki bağımsız örnek için uyum iyiliği testi geliştirilmiştir. Kolmogorov ve Smirnov testi benzerlik nedeniyle, uygulamada, Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testleri olarak bilinirler. χ^2 testinin uygulanabilmesi

EK-1. (Devam) Uyum iyiliği testleri

için beklenen frekansların 5'ten büyük olması istenir. Kolmogorov-Smirnov testi böyle bir şarta dayanmadığı için kolayca uygulanabilmektedir. Ki-Kare testinde beklenen frekansların 5'ten büyük olması için ya örneklerin büyük hacimli olması gerekir (uygulanması biraz zordur), ya da sınıflar birleştirilmek suretiyle beklenen frekansların 5'ten büyük olması sağlanır. Bu durumda ise bilgi kaybı söz konusudur. Oysa Kolmogorov-Smirnov testinde beklenen frekanslar için bir alt limit söz konusu değildir [80].

Bu çalışmada Kolmogorov-Smirnov tek örnek testi kullanılacaktır. Tek örnek için Kolmogorov-Smirnov testi iki kümülatif dağılım fonksiyonunun incelenmesi temeline dayanır [79] .

Bunlardan birincisi sıfır hipotezinde belirtilen kümülatif dağılım fonksiyonudur. İkincisi örnekten elde edilen gözlenen kümülatif dağılım fonksiyonudur. Kolmogorov-Smirnov tek örnek testinde hipotezlerin kuruluşu [80].

1. Hipotezler

$H_0: o_i = e_i$ (Gözlenen frekanslar beklenen frekanslara uygundur)

$H_1: o_i \neq e_i$ (Gözlenen frekanslar beklenen frekanslara uygun değildir. Fark önemlidir).

2. Test İstatistiği

Test istatistiği D ile gösterilir. D; gözlenen ve beklenen değerlerin kümülatif nisbi frekansları arasındaki mutlak farkın en büyüğüdür.

$$D_{\max} = | F_0 - F_e |$$

F_0 =Gözlenen kümülatif nisbi frekans

F_e = Beklenen kümülatif nisbi frekans

EK-1. (Devam) Uyum iyiliği testleri

3. Karar Modeli ve Karar

$$D_k = D(\alpha; n)$$

$D_h > D_k$ ise gözlenen frekanslar beklenen frekanslara uygun olmadığına α önem seviyesinde karar verilir.

H_0 hipotezi kabul edilirse gözlenen frekansların beklenen frekanslara uygun olduğuna karar verilir [80].

➤ Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testinin Normal dağılıma uygulanması

Q Sınırları	Gözlenen frekanslar(G _j)	$\sum S(x)$	Standartlaştırılmış Değerler	$\sum F(x)$	$ F(x)-S(x) $
$0 \leq Q < 50$	2	2/55	$Z_1 < -0,688$	0,2451	0,2087
$50 \leq Q < 100$	35	37/55	$-0,688 \leq Z_2 < -0,058$	0,4761	0,1966
$100 \leq Q < 150$	10	47/55	$-0,058 \leq Z_3 < -0,572$	0,7157	0,1388
$150 \leq Q < 200$	6	53/55	$0,572 \leq Z_2 < 1,2012$	0,8830	0,0806
$200 \leq Q < \infty$	2	55/55	$-1,2012 \leq Z_2$	1,000	0,0

$$\max|F(x)-S(x)| = 0.2087 = D_h$$

Normal dağılıma ait bir değişkenin standart normal dağılımlı bir değişkene dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm Eş. 1.2'deki gibi yapılır.

Örnek olarak ilk satır yapılırsa;

x 'in üst sınır değeri 50 için $Z = (50 - 104,62) / 79,405 = -0,688$ olarak bulunur. Standart normal dağılım tablosundan (Çizelge 1.1) $Z = 0,2451$ olarak okunur. Bu değer beklenen oranı $F(x)$ 'i ifade etmektedir.

EK-1. (Devam) Uyum iyiliği testleri

Çizelge 1.3. Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testine ilişkin Dk değerleri

n	Anlamlılık Düzeyi				
	0,20	0,15	0,10	0,05	0,01
1	0,900	0,925	0,950	0,975	0,995
2	0,684	0,726	0,776	0,842	0,929
3	0,565	0,597	0,642	0,708	0,828
4	0,494	0,525	0,564	0,624	0,733
5	0,446	0,474	0,510	0,565	0,669
6	0,410	0,436	0,470	0,521	0,618
7	0,381	0,405	0,438	0,486	0,577
8	0,358	0,381	0,411	0,457	0,543
9	0,339	0,360	0,388	0,432	0,514
10	0,322	0,342	0,368	0,410	0,490
11	0,307	0,326	0,352	0,391	0,468
12	0,295	0,313	0,338	0,375	0,450
13	0,284	0,302	0,325	0,361	0,433
14	0,274	0,292	0,314	0,349	0,418
15	0,266	0,283	0,304	0,338	0,404
16	0,258	0,274	0,295	0,328	0,392
17	0,250	0,266	0,286	0,318	0,381
18	0,244	0,259	0,278	0,309	0,371
19	0,237	0,252	0,272	0,301	0,363
20	0,231	0,246	0,264	0,294	0,356
25	0,210	0,220	0,240	0,270	0,320
30	0,190	0,200	0,220	0,240	0,290
35	0,180	0,190	0,216	0,230	0,270
35 üzeri	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,14}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

$\max|F(x)-S(x)|= 0.2087 =D_h$; olduğuna göre

Anlamlılık der.	0,8	0,9	0,95	0,99
Dk (çizelge 1.3)	0,144278	0,164504	0,183382	0,219789
Sonuç	ret	ret	ret	kabul

Bulunan sonuçlara göre Kolmogorov-Smirnov testi uygulandığında verilerin normal dağılıma uymadığı tespit edilmiştir.

EK-1. (Devam) Uyum iyiliği testleri

➤ **Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testinin Log-Pearson Tip 3 dağılımına uygulanması**

Kümülatif p	K	$X = X + KS$	$Y = 10^X$	O_i	Küm. Q_i	p_i	$e_i = n \cdot p_i$	Olasılık	Fark
0,001	-1,2754	1,72320	52,87	4	4	0,001	0,055	0,0727	-0,0727
0,002	-1,2671	1,72479	53,06	0	4	0,001	0,055	0,0727	-0,0717
0,005	-1,2489	1,72824	53,49	0	4	0,003	0,165	0,0727	-0,0707
0,010	-1,2265	1,73252	54,02	0	4	0,005	0,275	0,0727	-0,0677
0,020	-1,1915	1,73917	54,85	1	5	0,010	0,550	0,0909	-0,0809
0,025	-1,1764	1,74204	55,21	0	5	0,005	0,275	0,0909	-0,0709
0,040	-1,1362	1,74969	56,19	0	5	0,015	0,825	0,0909	-0,0659
0,050	-1,1121	1,75429	56,79	0	5	0,010	0,550	0,0909	-0,0509
0,100	-1,0061	1,77445	59,49	5	10	0,050	2,750	0,1818	-0,1318
0,200	-0,8212	1,80966	64,52	0	10	0,100	5,500	0,1818	-0,0818
0,300	-0,6419	1,84379	69,79	3	13	0,100	5,500	0,2364	-0,0364
0,400	-0,4541	1,87954	75,78	3	16	0,100	5,500	0,2909	0,0091
0,430	-0,3953	1,89073	77,76	0	16	0,030	1,628	0,2909	0,1091
0,500	-0,2471	1,91893	82,97	4	20	0,070	3,872	0,3636	0,0660
0,570	-0,0830	1,95016	89,16	8	28	0,070	3,872	0,5091	-0,0091
0,600	-0,0077	1,96450	92,15	5	33	0,030	1,628	0,6000	-0,0296
0,700	0,2864	2,02047	104,83	6	39	0,100	5,500	0,7091	-0,1091
0,800	0,6829	2,09595	124,72	6	45	0,100	5,500	0,8182	-0,1182
0,900	1,3312	2,21934	165,71	6	51	0,100	5,500	0,9273	-0,1273
0,950	1,9565	2,33836	217,95	2	53	0,050	2,750	0,9636	-0,0636
0,960	2,1544	2,37604	237,71	1	54	0,010	0,550	0,9818	-0,0318
0,975	2,5672	2,45460	284,84	0	54	0,015	0,825	0,9818	-0,0218
0,980	2,7614	2,49158	310,16	0	54	0,005	0,275	0,9818	-0,0068
0,990	3,3592	2,60536	403,05	0	54	0,010	0,550	0,9818	-0,0018
0,995	3,9499	2,71780	522,16	0	54	0,005	0,275	0,9818	0,0082
0,998	4,7226	2,86487	732,61	1	55	0,003	0,165	1,0000	-0,0050
0,999	5,3022	2,97519	944,48	0	55	0,001	0,055	1,0000	-0,0020
0,9995	5,8783	3,08485	1215,76	0	55	0,0005	0,028	1,0000	-0,0010
0,9999	7,2055	3,33746	2175,02	0	55	0,0004	0,022	1,0000	-0,0005
1,00	-	-	-	0	55	0,0001	0,0055	1,0000	-1E-04

log(Q_{iort}): 1,965965Standart Sapma($\sigma \log Q_i$)= 0,190341

EK-1. (Devam) Uyum iyiliği testleri

Kolon 1= p (toplam olmama olasılığı). Aynı zamanda toplam beklenen frekansını ifade eder.

Kolon 2 = p ve $C_s = 1,55124$ çarpıklık katsayısına göre çizelge 1.4'ten okunan K değerleri.

Kolon 3= $\text{Log}(Q_{iort}) + K * \log(\sigma \log Q_i) = X$

Kolon 4= $10^X = Y$

Kolon 5= Kolon 4'te belirtilen aralıklarda gözlenen frekanslar.

Kolon 6= Toplam gözlenen frekanslar.

Kolon 7= Aralıklardaki olasılık değerleri. Kolon 1'deki toplam olasılık değerleri arasındaki farklar.

Kolon 8= Beklenen oranları ifade eder. Beklenen frekanslarla toplam veri sayısının çarpımı sonucu elde edilir.

Kolon 9= Gözlenen oranları verir. Kolon 1 de verilen toplam gözlenen olasılıkların aralarındaki farktır, $S(x)$.

Kolon 10 = Beklenen ve gözlenen frekanslar arasındaki en büyük farkı tespit etmek için yapılır.

$\max|F(x) - S(x)| = 0,109091 = D_h$ olarak bulunmuştur.

Anlamlılık der.	0,8	0,9	0,95	0,99
Dk(Çizelge 1.3)	0,144278	0,164504	0,183382	0,219789
Sonuç	kabul	kabul	kabul	kabul

Bulunan sonuçlara göre Kolmogorov-Smirnov Uyum iyiliği testine göre Log-Pearson Tip 3 dağılımı veri dizisine uyumlu çıkmıştır ve bu dağılım kullanılarak bulunan çeşitli yineleme dönemlerine sahip debi değerleri çalışmalarda kullanılabilir.

EK-1. (Devam) Uyum iyiliği testleri

Çizelge 1.4. P olasılık ve C_s çarpıklık katsayısına göre K değerleri [81]

Olasılık	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
0,9990	-1,39408	-1,31275	-1,23805	-1,16974	-1,10743	-1,05068	-0,99900
0,9980	-1,37981	-1,30279	-1,23132	-1,16534	-1,10465	-1,04898	-0,99800
0,9950	-1,35114	-1,28167	-1,21618	-1,15477	-1,09749	-1,04427	-0,99499
0,9900	-1,31815	-1,25611	-1,19680	-1,14042	-1,08711	-1,03695	-0,98995
0,9800	-1,26999	-1,21716	-1,16584	-1,11628	-1,06864	-1,02311	-0,97980
0,9750	-1,25004	-1,20059	-1,15229	-1,10537	-1,06001	-1,01640	-0,97468
0,9600	-1,19842	-1,15682	-1,11566	-1,07513	-1,03543	-0,99672	-0,95918
0,9500	-1,16827	-1,13075	-1,09338	-1,05631	-1,01973	-0,98381	-0,94871
0,9000	-1,04144	-1,01810	-0,99418	-0,96977	-0,94496	-0,91988	-0,89464
0,8000	-0,83223	-0,82516	-0,81720	-0,80837	-0,79868	-0,78816	-0,77686
0,7000	-0,63779	-0,64080	-0,64300	-0,64436	-0,64488	-0,64453	-0,64333
0,6000	-0,43949	-0,44942	-0,45873	-0,46739	-0,47538	-0,48265	-0,48917
0,5704	-0,37824	-0,38977	-0,40075	-0,41116	-0,42095	-0,43008	-0,43854
0,5000	-0,22535	-0,23996	-0,25422	-0,26808	-0,28150	-0,29443	-0,30685
0,4296	-0,05803	-0,07476	-0,09132	-0,10769	-0,12381	-0,13964	-0,15516
0,4000	0,01824	0,00092	-0,01631	-0,03344	-0,05040	-0,06718	-0,08371
0,3000	0,31307	0,29535	0,27740	0,25925	0,24094	0,22250	0,20397
0,2000	0,70512	0,69050	0,67532	0,65959	0,64335	0,62662	0,60944
0,1000	1,33665	1,33330	1,32900	1,32376	1,31760	1,31054	1,30259
0,0500	1,93836	1,95083	1,96213	1,97227	1,98124	1,98906	1,99573
0,0400	2,12768	2,14591	2,16293	2,17873	2,19332	2,20670	2,21888
0,0250	2,52102	2,55222	2,58214	2,61076	2,63810	2,66413	2,68888
0,0200	2,70556	2,74325	2,77964	2,81472	2,84848	2,88091	2,91202
0,0100	3,27134	3,33035	3,38804	3,44438	3,49935	3,55295	3,60517
0,0050	3,82798	3,90973	3,99016	4,06926	4,14700	4,22336	4,29832
0,0020	4,55304	4,66651	4,77875	4,88971	4,99937	5,10768	5,21461
0,0010	5,09505	5,23353	5,37087	5,50701	5,64190	5,77549	5,90776
0,0005	5,63252	5,79673	5,95990	6,12196	6,28285	6,44251	6,60090
0,0001	6,86661	7,09277	7,31818	7,54272	7,76632	7,98888	8,21034

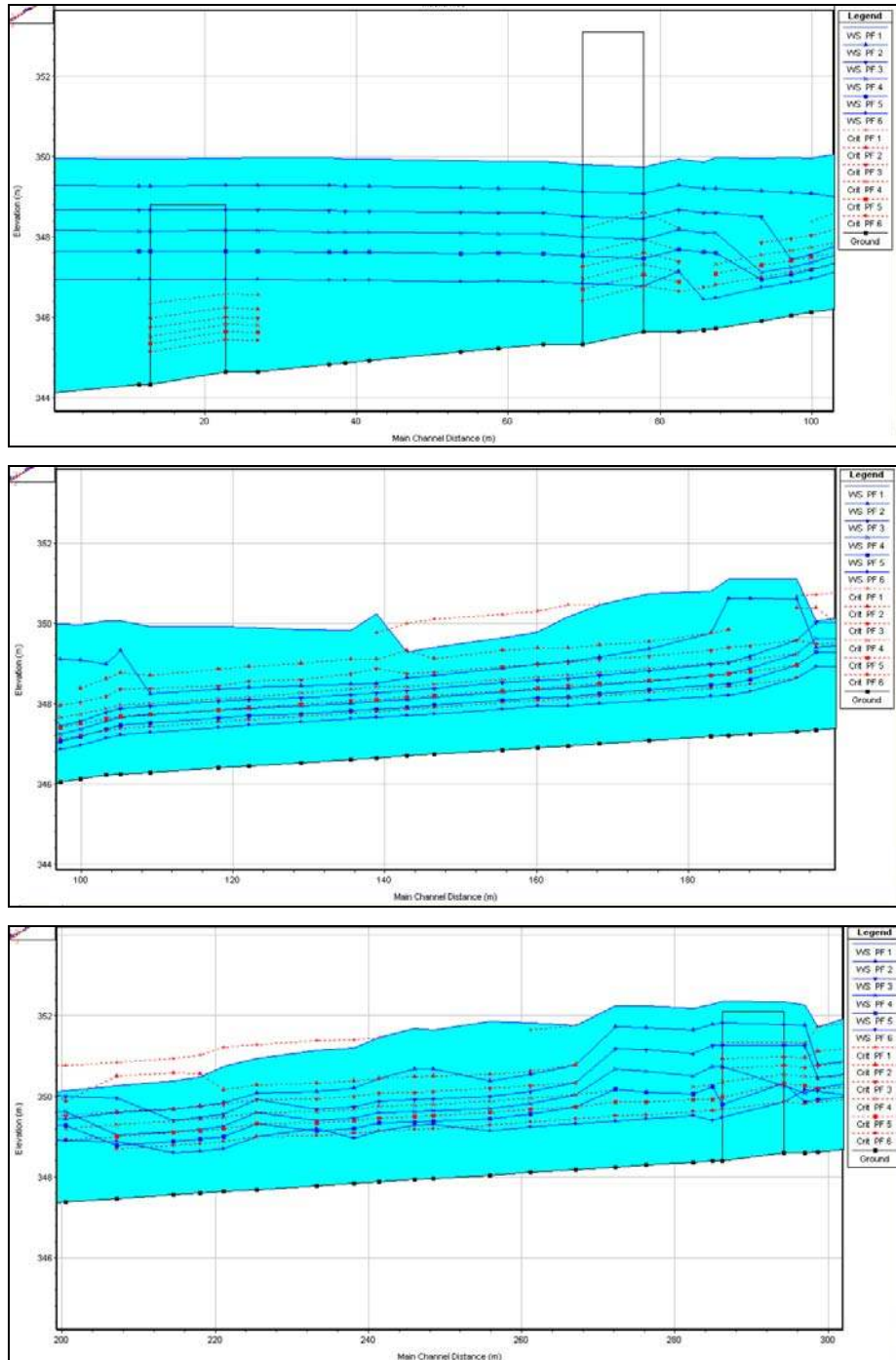
EK-1. (Devam) Uyum iyiliği testleri

- Son olarak; bu konuda yazılmış ve birçok çalışmada daha önce kullanılmış olan hazır bir programla tüm dağılımların uygunluk analizi yapıldığında, mevcut veri seti için momentler metoduna göre en uygun dağılım fonksiyonu olarak Log-Pearson Tip 3 seçilmektedir [71,72, 73, 74].

KIKARE UYGUNLUK TESTİ İSTATİSTİKLERİ EŞİT DİLİM GENİŞLİKLİ HISTOGRAMLAR İLE											
A R A L I K A D E D İ :											
MODELLER:	6	7	8	Or.Ol.	Sra	Or.Chii	Sra	60%	80%	90%	
LN2-MO	40.7	100%	69.4	100%	99.8	100%	100%	32	70.0	28	H
GUMB-M	20.4	100%	24.1	100%	29.5	100%	100%	26	24.7	26	H
GUM-MO	99.7	100%	100.3	100%	102.5	100%	100%	27	100.8	29	H
GUM-OM	786.9	100%	*****	100%	*****	100%	100%	28	*****	32	H
GUM-KB	786.9	100%	*****	100%	*****	100%	100%	30	*****	31	H
PAR-M	5.0	92%	4.9	82%	6.5	84%	86%	12	5.5	10	H
PAR-OM	6.6	96%	6.5	91%	7.7	90%	92%	19	6.9	18	H
LLOG-M	6.8	97%	7.6	94%	10.0	96%	96%	21	8.2	21	H
LLOGMO	5.1	92%	4.8	81%	6.1	81%	85%	10	5.3	9	H
LLOGOM	3.9	86%	3.4	66%	4.5	65%	72%	3	3.9	2	H
LLOGKB	4.6	90%	4.2	76%	5.4	75%	80%	8	4.7	7	H
P3-M	5.3	93%	5.3	85%	6.6	84%	87%	13	5.7	12	H
P3-MO	109.0	100%	110.8	100%	114.4	100%	100%	29	111.4	30	H
P3-OAM	17.7	100%	20.6	100%	24.8	100%	100%	24	21.0	24	H
P3-KB	17.7	100%	20.6	100%	24.8	100%	100%	25	21.0	25	H
LP3-M	3.0	78%	2.2	47%	7.3	88%	71%	1	4.2	4	H
LP3-MO	4.1	87%	5.3	85%	7.7	90%	87%	14	5.7	11	H
LP3-OM	4.3	88%	4.9	82%	6.6	84%	85%	11	5.3	8	H
LP3-KB	5.5	93%	8.0	95%	12.2	98%	96%	22	8.5	22	H
LP3-EN	3.5	83%	3.8	72%	6.3	82%	79%	6	4.6	6	H
LP3-KM	3.2	80%	2.7	56%	6.5	83%	73%	4	4.1	3	H
LN3-M	3.4	82%	8.4	96%	9.7	95%	91%	17	7.1	19	H
LN3-MO	3.2	79%	3.0	61%	12.7	99%	80%	7	6.3	16	H
LN3-OM	1.1	41%	10.9	99%	5.4	76%	72%	2	5.8	14	H
LN3-KB	37.3	100%	63.1	100%	92.3	100%	100%	31	64.2	27	H
LN3-KA	7.6	98%	8.0	95%	14.3	99%	98%	23	10.0	23	H
LN3CKO	3.1	78%	10.0	98%	4.7	68%	81%	9	5.9	15	H
GEV-M	5.8	95%	6.1	89%	8.2	91%	92%	18	6.7	17	H
GEV-MO	7.2	97%	7.3	94%	9.0	94%	95%	20	7.8	20	H
GEV-OM	4.2	88%	3.8	71%	5.0	71%	77%	5	4.3	5	H
GEV-KB	5.4	93%	5.2	84%	6.6	84%	87%	15	5.7	13	H
WAKEBY	3.8	100%	2.8	91%	3.3	80%	90%	16	3.3	1	H

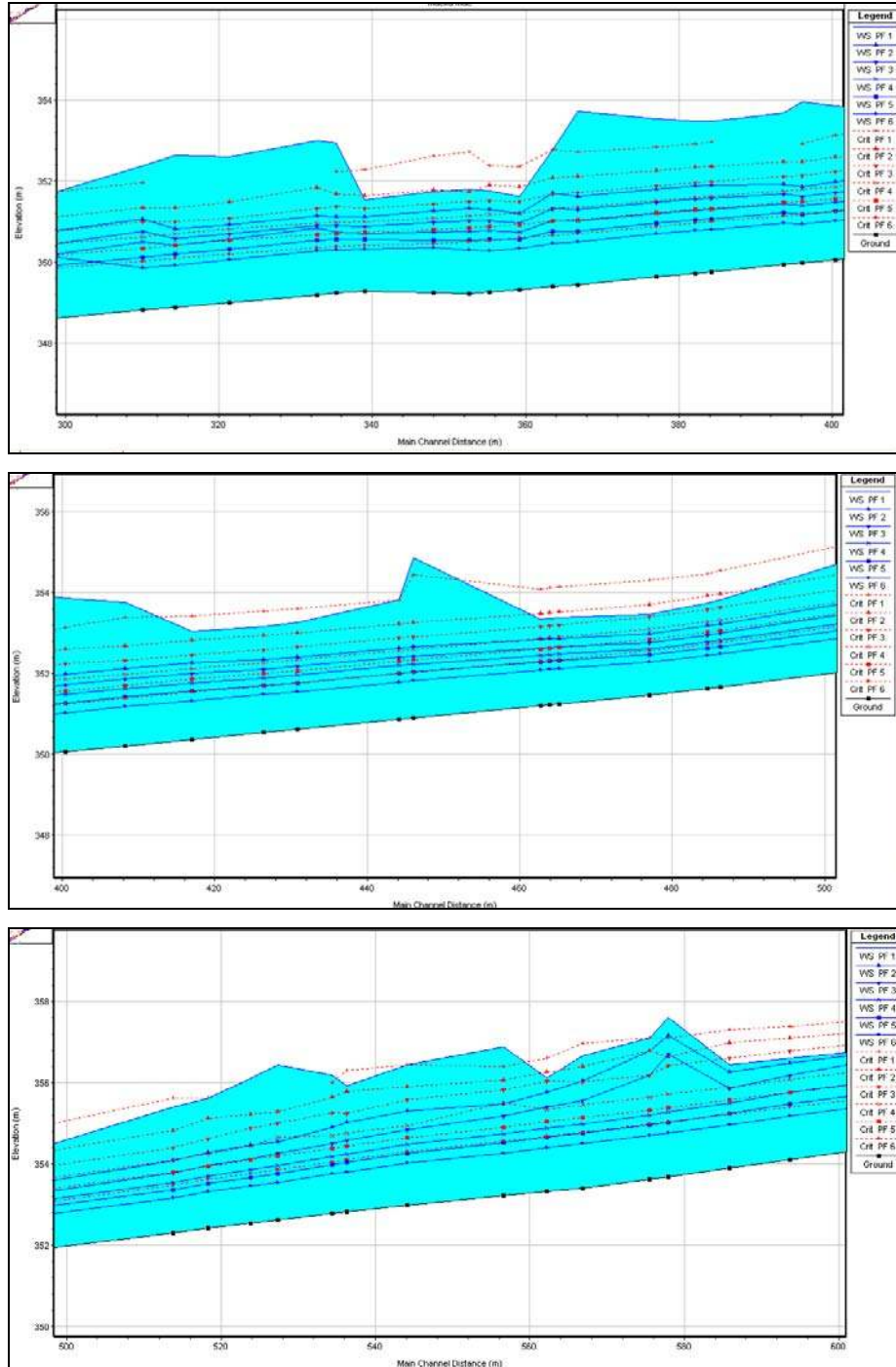
Bu analiz yardımıyla Değirmendere ana nehir kolu için ölçülen değerlerin Log-Pearson Tip 3 dağılımına uyduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde Altındere yan kolu için de bu analizler yapılmış ve Log-Pearson Tip 3 dağılımı en iyi sonucu vermiştir. Her iki nehir kolu için de Log-Pearson Tip 3 ile bulunan taşkın debileri kullanılmış ve hidrolik analizler bu değerlere göre yapılmıştır.

EK-2. Altındere yan kolu ve Değirmendere ana kolundaki su yüzü profillerinin detayları



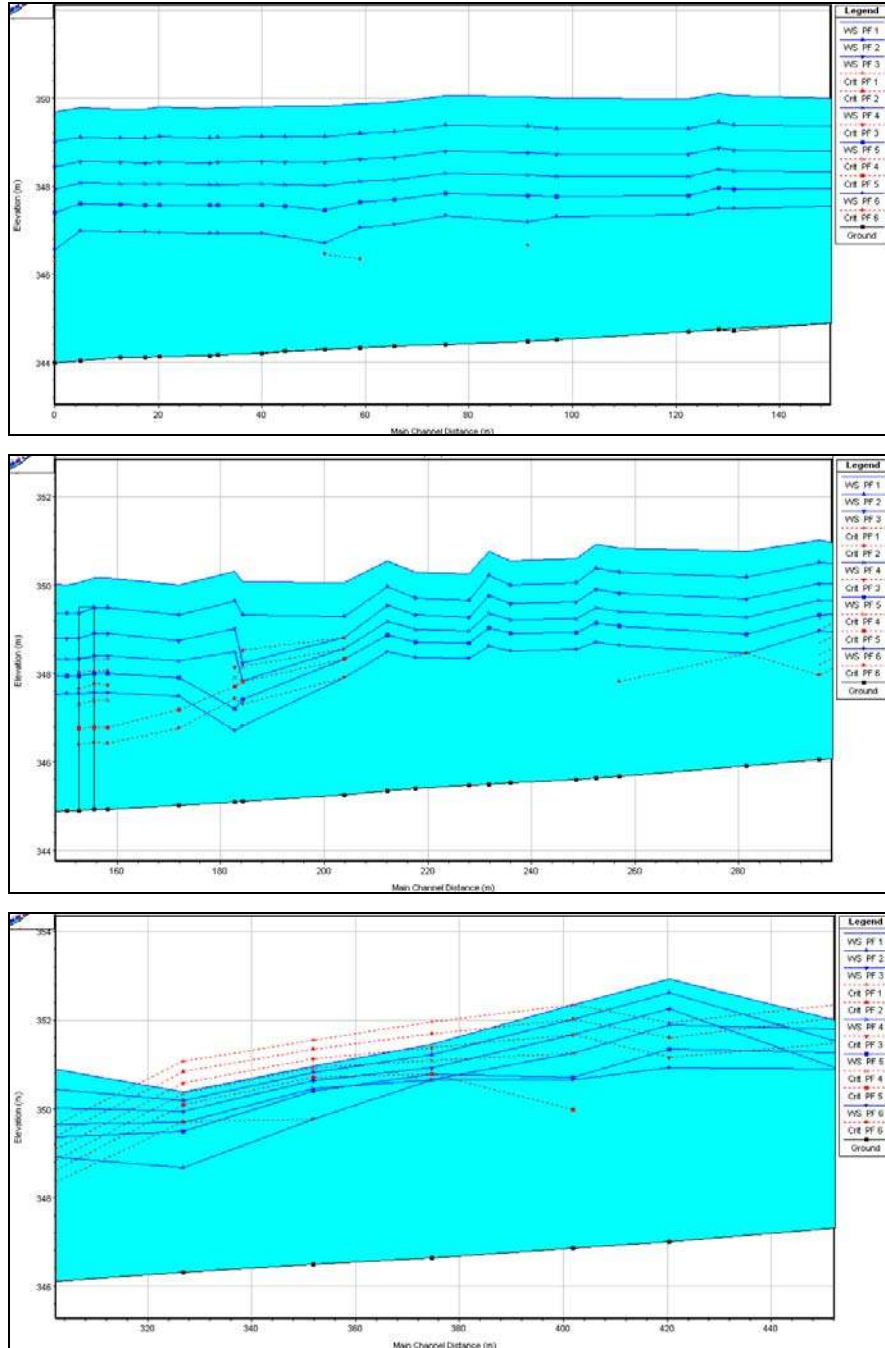
Şekil 2.1. Altındere yan kolunda çeşitli senaryolara göre hesaplanan su yüzü profilleri (0-300 m)

EK-2. (Devam) Altındere yan kolu ve Değirmendere ana kolundaki su yüzü profillerinin detayları



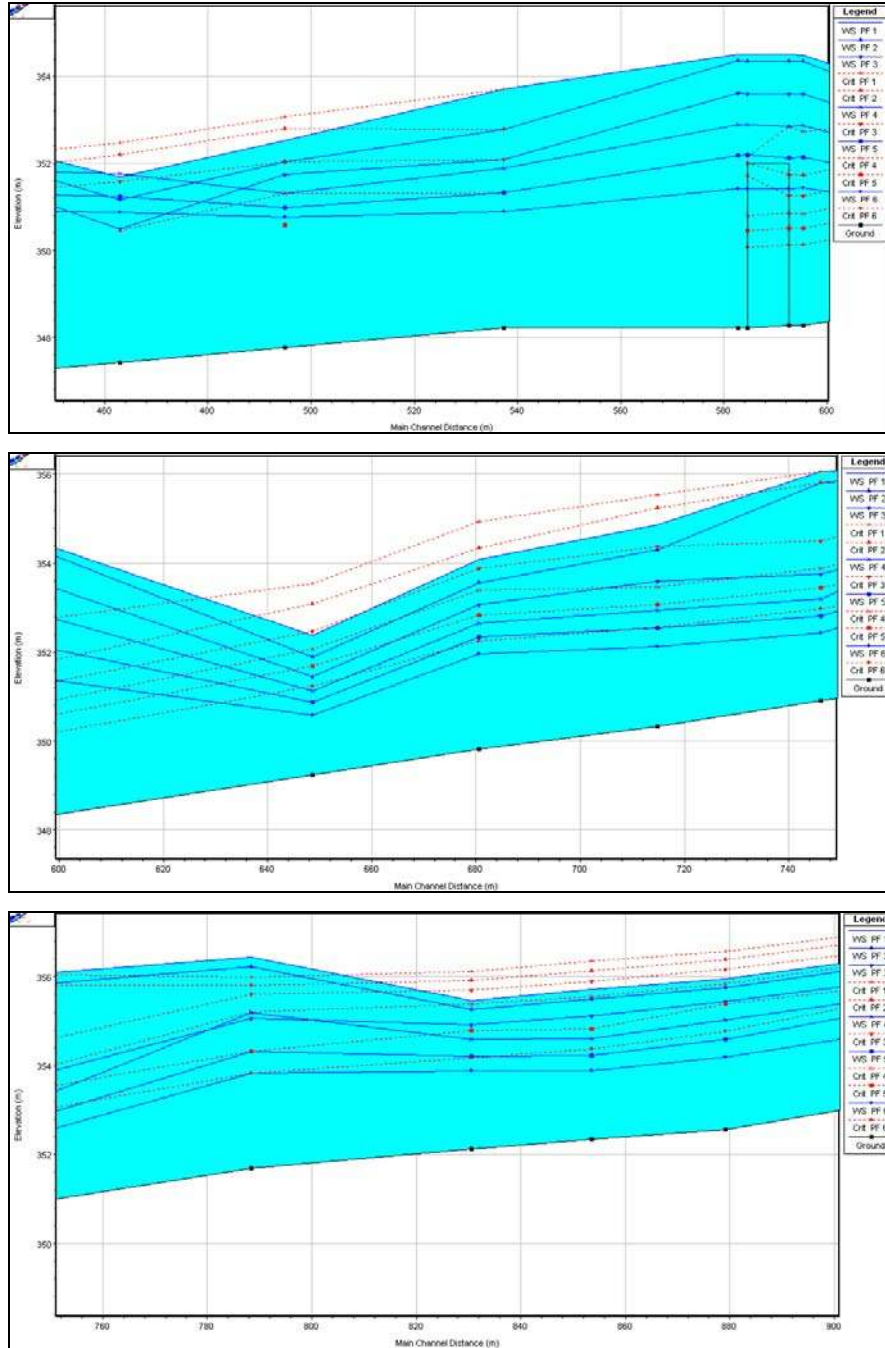
Şekil 2.2. Altındere yan kolunda çeşitli senaryolara göre hesaplanan su yüzü profilleri (300-600 m)

EK-2. (Devam) Altındere yan kolu ve Değirmendere ana kolundaki su yüzü profillerinin detayları



Şekil 2.3. Değirmendere ana kolunda çeşitli senaryolara göre hesaplanan su yüzü profilleri (0-450 m)

EK-2. (Devam) Altındere yan kolu ve Değirmendere ana kolundaki su yüzü profillerinin detayları

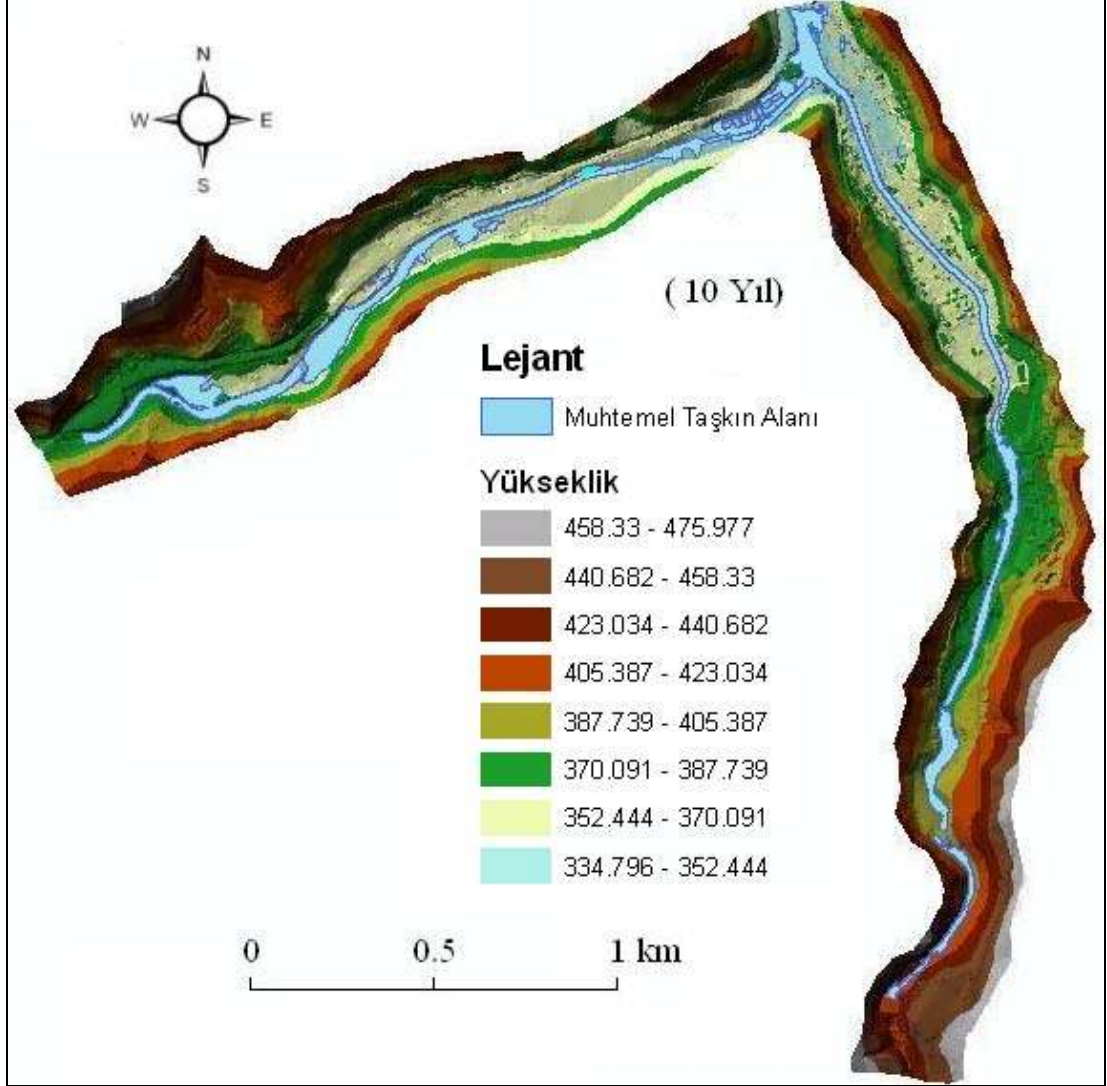


Şekil 2.4. Değirmendere ana kolunda çeşitli senaryolara göre hesaplanan su yüzü profilleri (450-900 m)

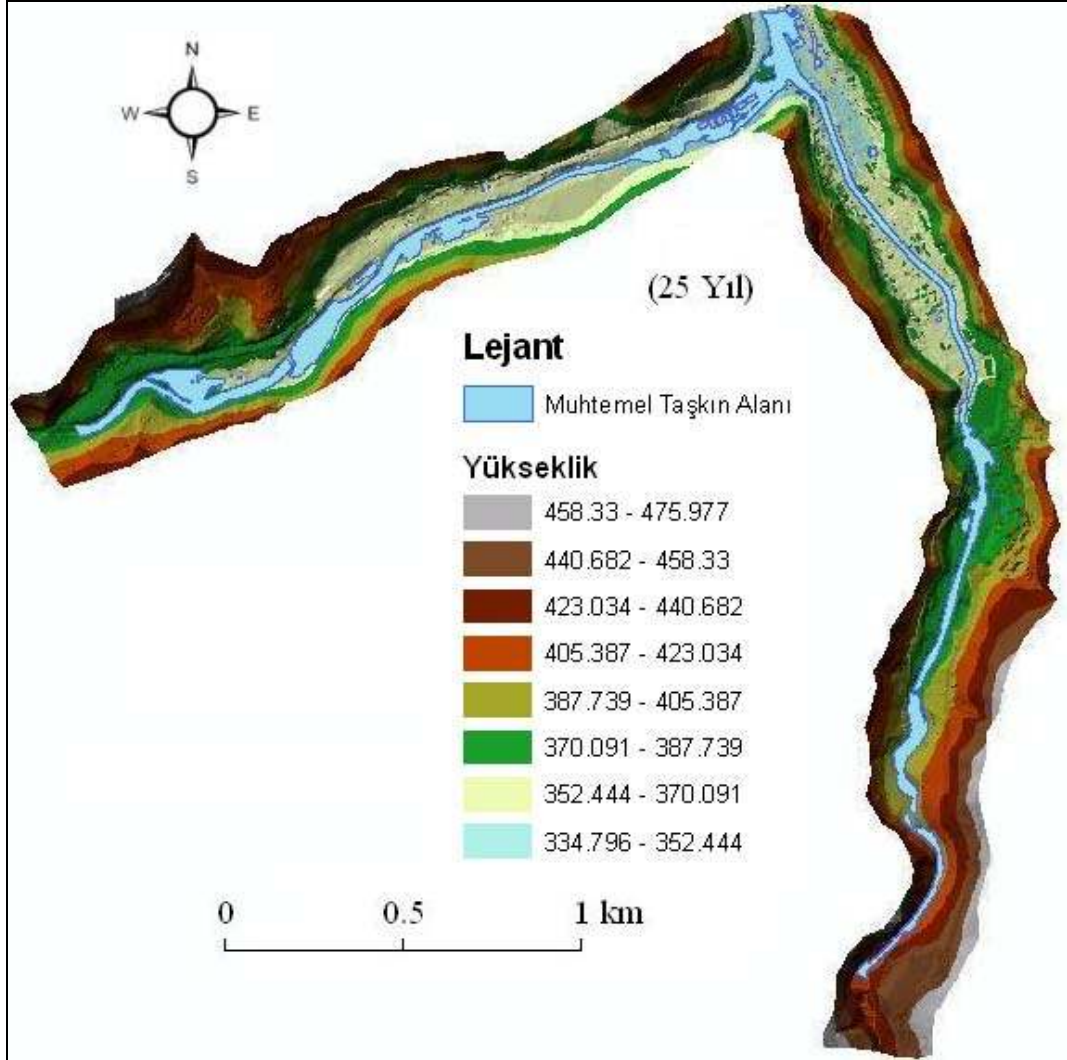
EK-2. (Devam) Altındere yan kolu ve Değirmendere ana kolundaki su yüzü profillerinin detayları

Tüm şekillerde görülen su yüzü profilleri sırasıyla 10, 25, 50, 100, 200 ve 500 yıl yineleme dönemlerine sahip taşkın debileri için yapılmış hidrolik analizlerin sonucudur. Bazı profillerde özellikle Q_{100} üzerindeki taşkın debilerinde kanal taşıma kapasitesi aşıldığı için dere yatağı kenarında bulunan evlerin de etkisiyle su yüzü seviyelerinde ani değişimler oluşabilmektedir. Bir kesitte dere yatağı kenarında yerleşim yeri bulunduğu su yükselirken, bir sonraki kesitte kenardaki yerleşim yerinin sona ermesi ve suyun açık alana yayılması nedeniyle su seviyesinde ani düşüşler görülebilmektedir.

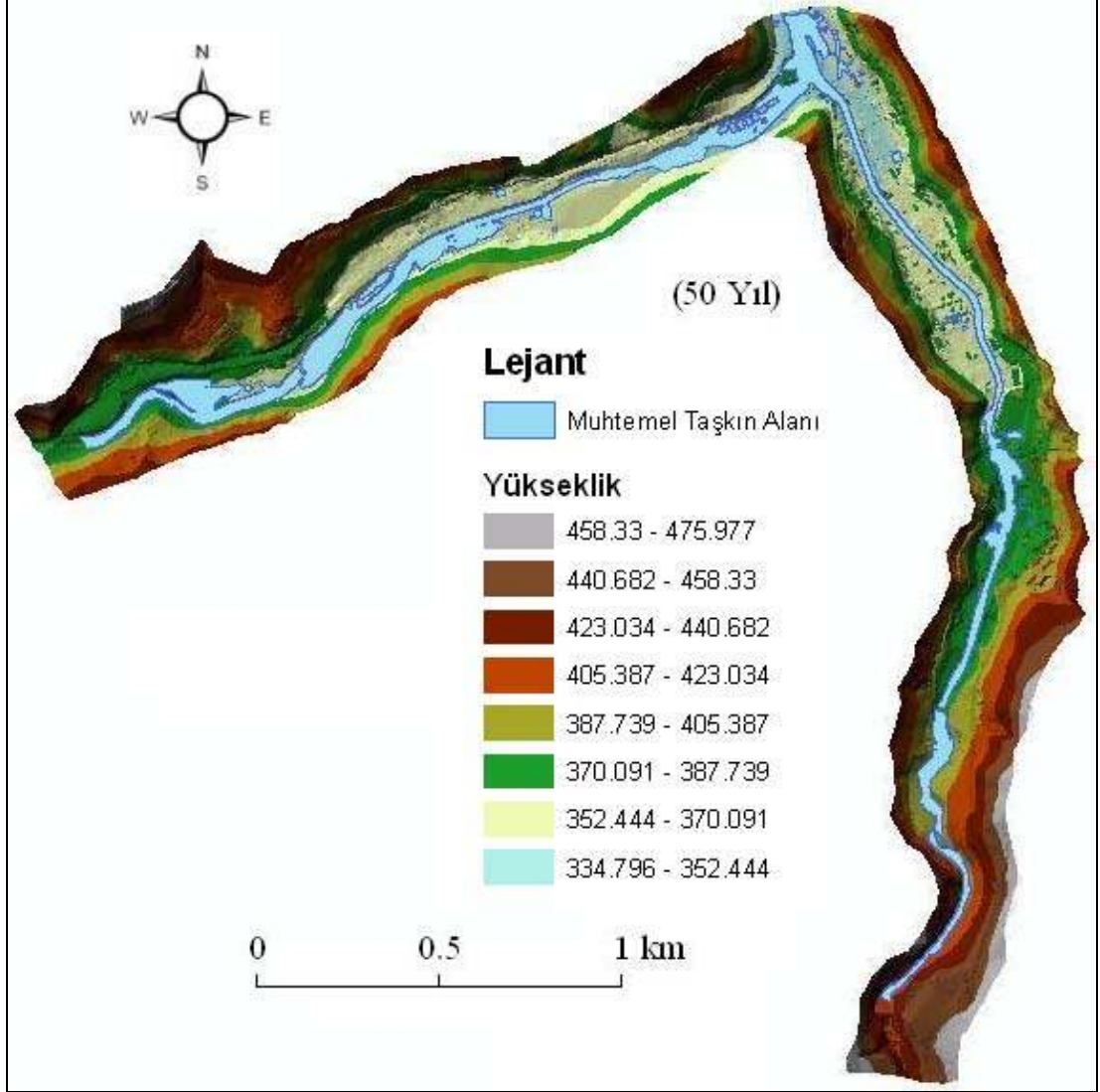
EK-3. Taşkın risk haritaları

Şekil 3.1. Çalışma alanında Q_{10} 'a göre oluşabilecek taşkın risk haritası

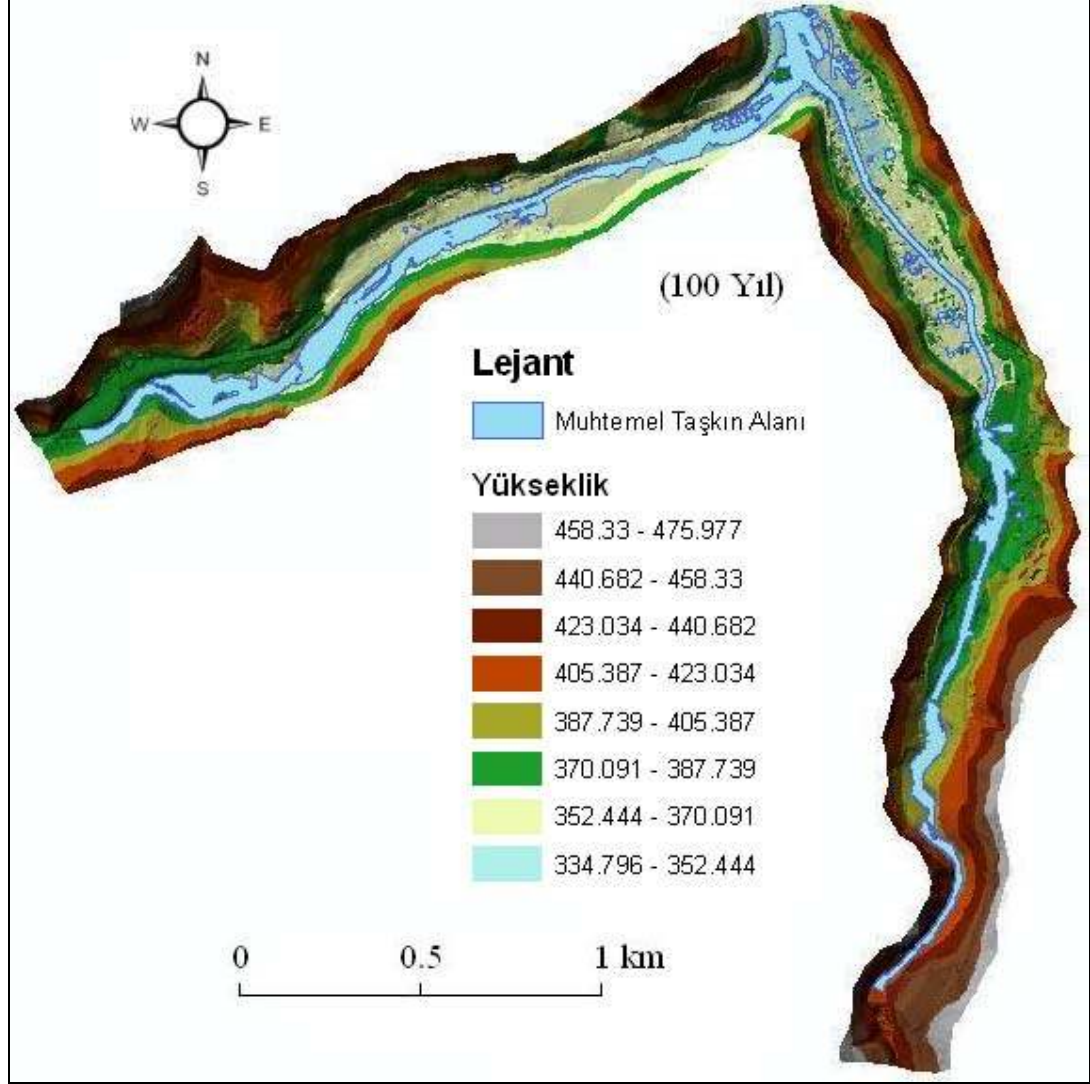
EK-3. (Devam) Taşkın risk haritaları

Şekil 3.2. Çalışma alanında Q_{25} 'e göre oluşabilecek taşkın risk haritası

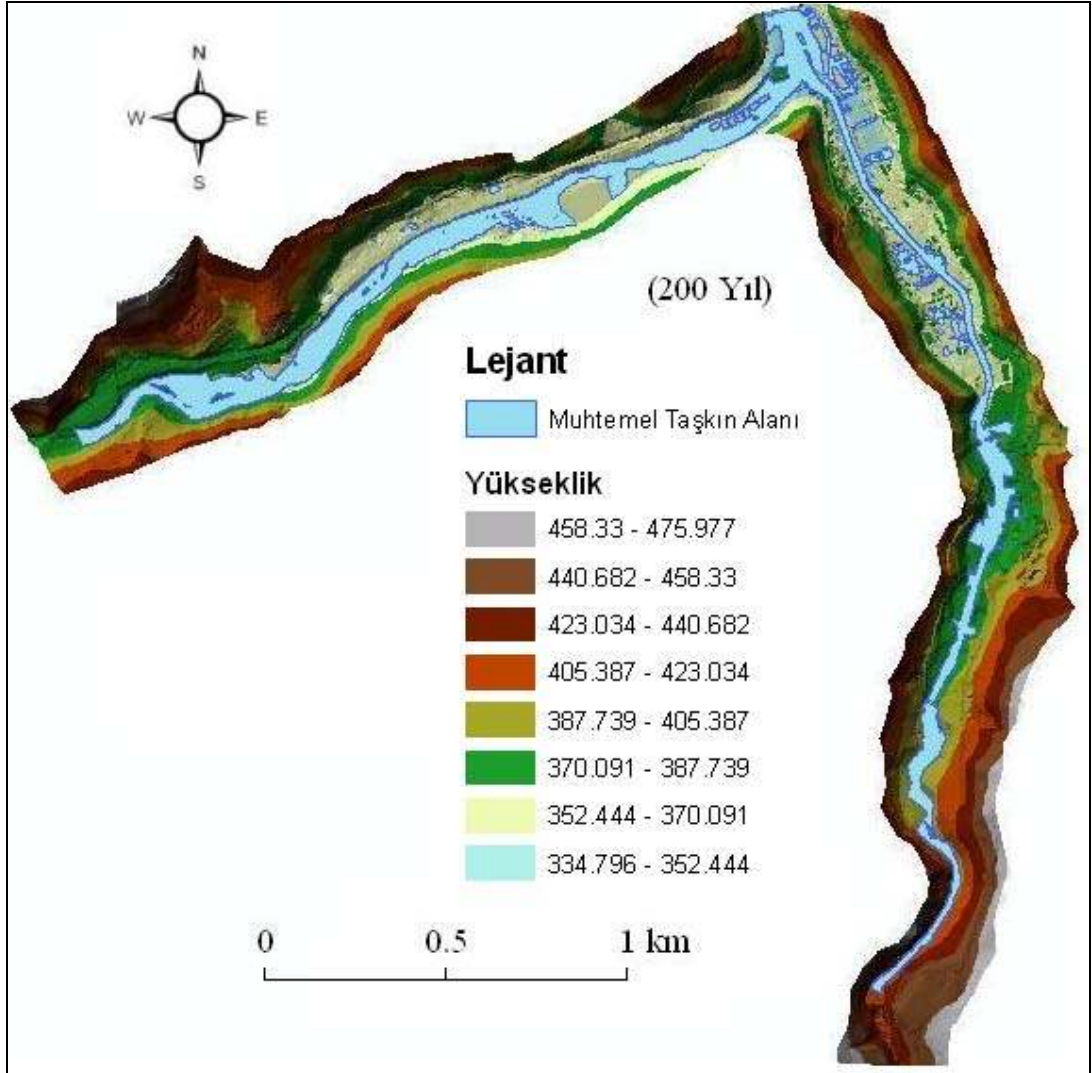
EK-3. (Devam) Taşkın risk haritaları

Şekil 3.3. Çalışma alanında Q_{50} 'ye göre oluşabilecek taşkın risk haritası

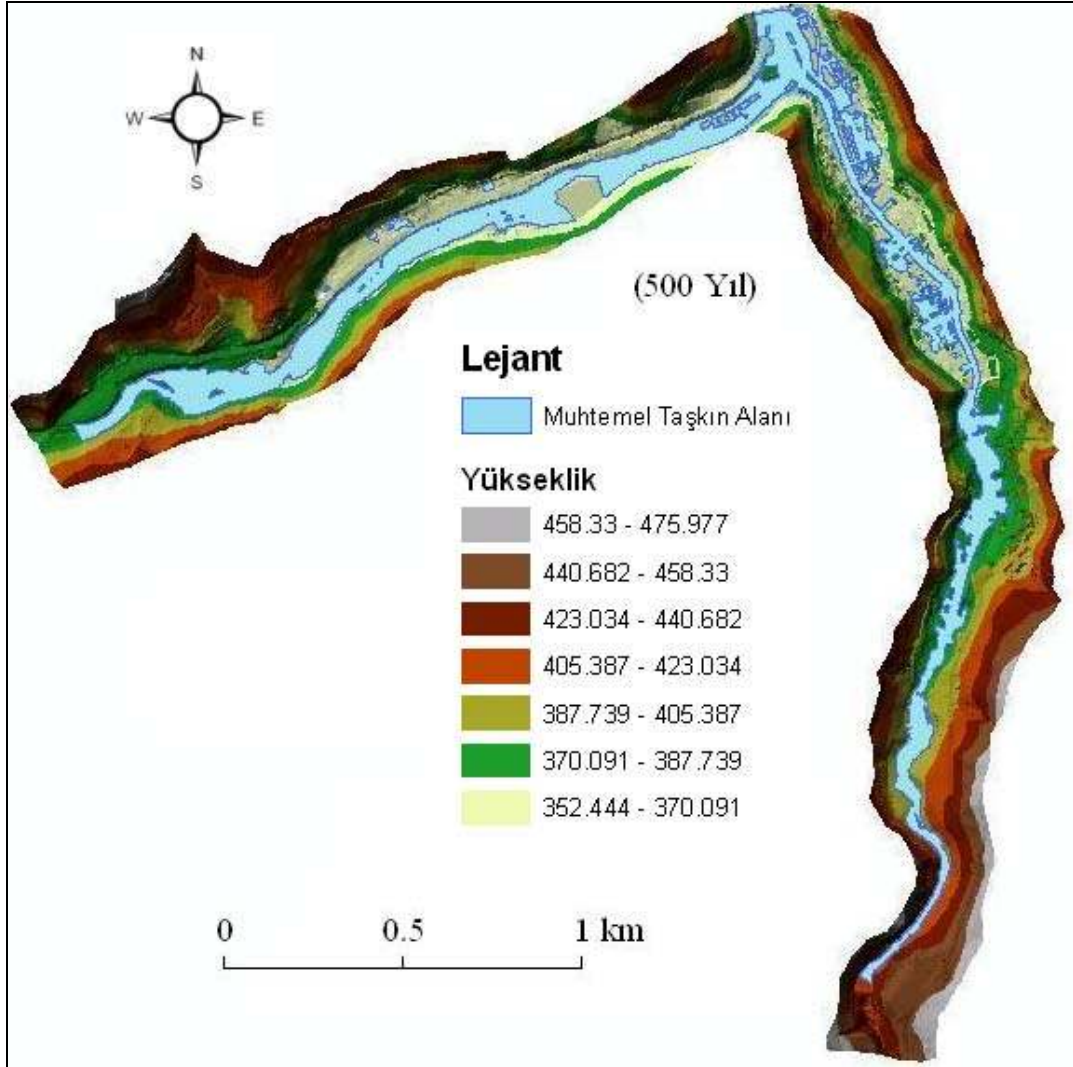
EK-3. (Devam) Taşkın risk haritaları

Şekil 3.4. Çalışma alanında Q_{100} 'e göre oluşabilecek taşkın risk haritası

EK-3. (Devam) Taşkın risk haritaları

Şekil 3.5. Çalışma alanında Q_{200} 'e göre oluşabilecek taşkın risk haritası

EK-3. (Devam) Taşkın risk haritaları

Şekil 3.6. Çalışma alanında Q_{500} 'e göre oluşabilecek taşkın risk haritası

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : UÇAR, İbrahim
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 09.08.1985 Ankara
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 582 32 52
 Faks : 0 (312) 231 92 23
 e-mail : iucar@gazi.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi /İnşaat Mühendisliği Bölümü	2007
Lise	Nahit Menteşe Lisesi	2002

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2007 (Aralık)-2010	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2007 (Haziran)- 2007 (Aralık)	Yolsu Müh. Ltd. Şti.	Proje Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Gurer, I., Ucar I., “The Importance of Flood Zoning Using GIS: A Case Study from Macka, Trabzon, Northeastern Turkey”, *BALWOIS 2010, Conference on Water Observation And Information System For Decision Support*, Ohrid/Macedonia, 25-29 May (2010).
2. Uçar, İ., Gürer, İ., “Taşkın Alanlarının Modellenmesi, Trabzon Maçka Örneği”, *II. Ulusal Taşkın Sempozyumu*, Afyonkarahisar, 393-403 (2010).

3. Gürer, İ., Uçar, İ., “Flood Disasters’ Inventory in Turkey in 2009”, *International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering*, Ohrid/Macedonia, 1-5 September, 371-380 (2009).
4. Gurer I., Yildiz F.E., Kucukkoseler G., Ucar I., Gurer N., “Environmental Studies And Water Resources Management of the Wetlands In Turkey Environmental Politics Of Iller Bank”, *5th World Water Forum*, Istanbul (2009).
5. Gurer, I., Yildiz, F.E., Ucar, I., Gurer, N., “Water Resources Management of the Wetlands In Turkey”, *Dahlia Greidinger International Symposium on Crop Production in the 21th Century, Global Climate Change, Environmental Risks and Water Scarcity*, Haifa, Israel, 230-241 (2009).

Hobiler

Basketbol, Bilgisayar Teknolojileri, İnternet, Yüzme, Motor Sporları