

**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SEL VE TAŞKIN ZARARLARININ ÖNLENMESİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA: DÜZCE-KAYNAŞLI
ÖRNEĞİ**

Tarık ÇİTGEZ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TEMMUZ 2011
DÜZCE**



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SEL VE TAŞKIN ZARARLARININ ÖNLENMESİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA: DÜZCE-KAYNAŞLI
ÖRNEĞİ**

Tarık ÇİTGEZ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TEMMUZ 2011
DÜZCE**

Tarık ÇİTGEZ tarafından hazırlanan “Sel ve Taşkın Zararlarının Önlenmesi Üzerine Bir Araştırma: Düzce-Kaynaşlı Örneği” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Refik KARAGÜL
Tez Danışmanı, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

.....

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

Prof. Dr. Refik KARAGÜL
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce Üniversitesi

.....

Yrd. Doç. Dr. Abdurrahim AYDIN
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce Üniversitesi

.....

Yrd. Doç. Dr. Emrah DOĞAN
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya Üniversitesi

.....

Tarih: 19/07/2011

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Refik KARAGÜL
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.

Tarık ÇİTGEZ

ÖNSÖZ

“Sel ve Taşkın Zararlarının Önlenmesi Üzerine Bir Araştırma: Düzce-Kaynaşlı Örneği” isimli bu çalışma Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırma konusunun seçimi, planlanması ve yürütülmesi sürecinde değerli görüş ve önerileriyle beni yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Refik KARAGÜL’e teşekkür ederim.

Çalışmanın her aşamasında sağladığı katkı ve desteklerinden dolayı Sayın Yrd. Doç. Abdurrahim Aydın’a teşekkür ederim.

Tezin arazi çalışmalarında yardımını esirgemeyen araştırma görevlisi Sayın Ali Kemal ÖZBAYRAM’a; çalışma süresince her zaman yanımda olup destek veren araştırma görevlileri Sayın Faruk YILMAZ ve Ahmet Salih DEĞERMENCİ’ye teşekkür ederim.

Kaynaşlı Belediye Başkanı İsmail KORKMAZ’a sağladığı değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca sürekli destek verip bugünlere gelmemde büyük emekler harcayan aileme ve çalışmam boyunca gösterdiği sabır ve anlayıştan dolayı eşim Yasemin ÇİTGEZ’ e sonsuz teşekkür ederim.

Temmuz, 2011

Tarık ÇİTGEZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
SEMBOL LİSTESİ.....	viii
ÖZ	x
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI.....	5
1.2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	5
2. GENEL KISIMLAR.....	11
2.1. TEMEL KAVRAMLAR.....	11
2.2. SEL KONTROLÜNDE YÖNTEM VE İLKELER.....	13
2.3. BİTKİ ÖRTÜSÜ-SEL VE TAŞKIN İLİŞKİSİ.....	15
2.4. HAVZA MORFOMETRİSİ-SEL VE TAŞKIN İLİŞKİSİ.....	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1. MATERYAL.....	21
3.1.1. Konum	21
3.1.2. Dere Sistemi.....	22
3.1.3. Sel Tarihçesi	24
3.1.4. İklim	24

3.1.5. Bitki Örtüsü.....	28
3.1.6. Jeolojik Yapı.....	29
3.1.7. Sosyo- Ekonomik Yapı	31
3.2. YÖNTEM.....	31
3.2.1. Kullanılan Haritalar	33
3.2.2. Kullanılan Yazılımlar	33
3.2.2.1. <i>ArcGIS 9.2</i>	33
3.2.2.2. <i>HEC-RAS</i>	34
3.2.2.3. <i>HEC-GeoRAS</i>	34
3.2.3. Haritaların Sayısallaştırılması.....	35
3.2.4. Arazi Kullanımının Belirlenmesi.....	36
3.2.5. Havza Morfometrisi.....	36
3.2.5.1. <i>Havza Morfometrik Özellikleri</i>	37
3.2.6. Yağış-Akış Oranının Belirlenmesi.....	39
3.2.6.1. <i>SCS-CN Yöntemi</i>	40
3.2.6.2. <i>Maksimum Akımın Hesaplanması</i>	44
3.2.6.3. <i>Taşkın Sıklık Analizinin Yapılması</i>	45
3.2.7. Kaynaşlı Derelerinde Enkesitlerin Alınması ve Taşkın Analizinin Yapılması.....	47
3.2.7.1. <i>Enkesitlerin Alınması</i>	47
3.2.7.2. <i>Taşkın Analizinin Yapılması</i>	49
3.2.8. Kaynaşlı Dere Kanalıının Bir Enkesitinde Debinin Hesaplanması.....	59
4. BULGULAR	60
4.1. HAVZA MORFOMETRİSİNE İLİŞKİN BULGULAR	60
4.2. HAVZANIN ARAZİ KULLANIMINA İLİŞKİN BULGULAR	63
4.2.1. Meşcere Haritalarına Göre Havzanın Arazi Kullanımı.....	63
4.2.2. Havzada Yanlış Arazi Kullanımı	66

4.3. KAYNAŞLI DERELERİNDE SEL ANALİZİNE İLİŞKİN BULGULAR..	66
4.3.1. Maksimum Akımların Hesaplanması	66
4.3.2. Taşkın Haritalarının Oluşturulması	74
4.3.3. Kaynaşlı Dere Kanalında Debinin hesaplanması	79
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	81
5.1. HAVZA MORFOMETRİSİNE İLİŞKİN SONUÇLAR	83
5.2. HAVZANIN ARAZİ KULLANIMINA İLİŞKİN SONUÇLAR.....	85
5.3. KAYNAŞLI DERELERİNİN HEC-RAS YAZILIMI İLE ANALİZ EDİLMESİNE İLİŞKİN SONUÇLAR.....	86
5.4. ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	98

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	: Türkiye’de afet dağılım oranları (1940-2006) (Ceylan ve Kömüşçü, 2007).	3
Şekil 2.1	: Sel kontrolünde sistematik önlemler şeması (Görcelioğlu, 2003).	14
Şekil 2.2	: Hipsometrik analiz bileşenleri şeması (Strahler, 1964).	20
Şekil 3.1	: Kaynaşlı havzasının konumu.	21
Şekil 3.2	: Kaynaşlı derelerinin konumu	22
Şekil 3.3	: Çakılsuyu deresi boyuna profili (ölçeksiz).....	23
Şekil 3.4	: Akbağlık deresi boyuna profili (ölçeksiz).....	23
Şekil 3.5	: 1. kuru dere boyuna profili (ölçeksiz).....	23
Şekil 3.6	: 1995 selinden görüntü (a:R.KARAGÜL) , 2009 selinden görüntü (b: Kaynaşlı Belediyesi).	24
Şekil 3.7	: Araştırma alanının Thornthwaite yöntemine göre su bilançosu grafiği	28
Şekil 3.8	: Araştırma alanının jeoloji haritası (MTA, 2002).	30
Şekil 3.9	: Çalışmanın iş akış şeması.....	32
Şekil 3.10	: Örnek taşkın derinliği haritası (USACE, 2005).	35
Şekil 3.11	: Sayısallaştırılmış topografik harita ve havza alanı.....	35
Şekil 3.12	: Araştırma alanına ait orman amenajman planına göre 1987 yılı arazi kullanımı	36
Şekil 3.13	: CN öznetelik tablosunun oluşturulması	43
Şekil 3.14	: Kaynaşlı deresinde enkesit alınması.....	48
Şekil 3.15	: Dere enkesitinde alınması gereken noktalar (şematik) (USACE, 2010b).	48
Şekil 3.16	: Enerji denklemindeki öğelerin şematik gösterimi.....	51
Şekil 3.17	: HEC-RAS alt bölüm taşıma yöntemi	52
Şekil 3.18	: Kompozit pürüzlülük katsayısı hesaplaması için yan yüz eğimlerinin tanımlanması	53
Şekil 3.19	: Ortalama enerjinin belirlenmesi.	54
Şekil 3.20	: HEC-GeoRas menüsü.....	55
Şekil 3.21	: HEC-GeoRAS geometri menüsü ve elemanları.....	56
Şekil 3.22	: RAS haritalama menüsü elemanları	56
Şekil 3.23	: ApUtilities menüsünün elemanları.....	57
Şekil 3.24	: Taşkın analizi akış diyagramı.....	58
Şekil 4.1	: Araştırma havzası hipsometrik eğrisi ve hipsometrik integral değeri.....	63
Şekil 4.2	: Kaynaşlı havzasının farklı yıllara ait arazi kullanım durumu	64
Şekil 4.3	: 1967-2010 dönemleri arasında arazi kullanım durumundaki değişim	65
Şekil 4.4	: Havzada yanlış arazi kullanımına konu alanlar.....	66

Şekil 4.5	: Farklı tekerrür aralıklarına göre maksimum akımların logaritmik grafikleri	73
Şekil 4.6	: Taşkın analizinin yapıldığı Kurur dere ve Kaynaşlı deresine ait geometrik veriler	74
Şekil 4.7	: 10 ve 25 yıllık tekerrürlere göre taşkın derinlik haritaları	75
Şekil 4.8	: 50 ve 100 yıllık tekerrürlere göre taşkın derinlik haritaları.....	76
Şekil 4.9	: 500 ve 1000 yıllık tekerrürlere göre taşkın derinlik haritaları.....	77
Şekil 4.10	: Kurur dere 326 m kotundaki enkesitte farklı tekerrür sürelerine göre su yüksekliği.....	78
Şekil 4.11	: Kurur dere boyuna profilinde 100 yıllık yağışa ait su yüksekliği	79
Şekil 4.12	: Kaynaşlı dere enkesitinde 100 yıllık tekerrür süresine göre su yüksekliği.....	80
Şekil 5.1	: Akbağlık deresinin ıslah şekilleri (a), Akbağlık deresinde yamaç göçmeleri (b)	81
Şekil 5.2	: Akbağlık ve Çakılsuyu dereleri birleşim yeri (a), 1. kuru dere 1. materyal birikimi(b)	82
Şekil 5.3	: Türbe tepesi yamacında meydana gelen oyuntu	82

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	: Darıyeri Bakacak mevkiinde farklı arazi kullanım şekillerinde eğim durumuna göre yüzeysel akış ve toprak kaybı (Aydemir, 1973).....	16
Çizelge 2.2	: Farklı arazi kullanımları için yüzeysel akış, infiltrasyon ve erozyon değerleri (Balcı, 1958).....	17
Çizelge 3.1	: Düzce meteoroloji istasyonunda ölçülen bazı meteorolojik elemanlar (DMİ, 2010).....	25
Çizelge 3.2	: Düzce meteoroloji istasyonu verilerine göre enterpole edilmiş ortalama sıcaklık (°C) ve yağış (mm) değerleri.....	27
Çizelge 3.3	: Thornthwaite yöntemine göre enterpole edilen değerler baz alınarak hazırlanan su bilançosu.....	27
Çizelge 3.4	: Hidrolojik toprak grupları (SCS, 1964; SCS, 1986)	41
Çizelge 3.5	: Hidrolojik toprak grupları değerlendirme kriterleri	41
Çizelge 3.6	: Nisan-Ekim ayları arası yağış öncesi nem durumu sınıfları.....	42
Çizelge 3.7	: Kasım-Mart ayları arası yağış öncesi nem durumu sınıfları	42
Çizelge 4.1	: Havzanın eğim grupları	60
Çizelge 4.2	: Araştırma havzasının morfometrik analizi	61
Çizelge 4.3	: Havzanın farklı plan dönemlerindeki arazi kullanımının alansal dağılımı.....	65
Çizelge 4.4	: Kaynaşlı dere havzaları için Qmax hesaplanmada kullanılan parametreler	67
Çizelge 4.5	: Akbağlık deresi akım hesaplama aşamaları	67
Çizelge 4.6	: Akbağlık dere havzası akım verileri.....	68
Çizelge 4.7	: Derelere ait maksimum akım verilerinin logaritmik ortalama, standart sapma ve çarpıklık değerleri.	69
Çizelge 4.8	: Çakılsuyu dere havzası farklı tekerrür aralıklı maksimum akımlar	70
Çizelge 4.9	: Akbağlık dere havzası farklı tekerrür aralıklı maksimum akımlar.....	71
Çizelge 4.10	: 1. kuru dere havzası farklı tekerrür aralıklı maksimum akımlar	71
Çizelge 4.11	: 2. kuru dere havzası farklı tekerrür aralıklı maksimum akımlar	71
Çizelge 4.12	: 3. kuru dere havzası farklı tekerrür aralıklı maksimum akımlar	72
Çizelge 4.13	: Onbaşı dere havzası farklı tekerrür aralıklı maksimum akımlar	72
Çizelge 4.14	: Dikilitaş dere havzası farklı tekerrür aralıklı maksimum akımlar.....	72

SEMBOL LİSTESİ

A	: alan
Bh	: havza rölyefi
C	: daralma veya genişleme katsayısı
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CN	: eğri numarası
Cs	: çarpıklık katsayısı
D	: aşırı yağış süresi
Dd	: drenaj yoğunluğu
DMİ	: Düzce Meteoroloji İstasyonu
DSİ	: Devlet Su İşleri
ESRI	: Environmental System Research Institute
Ff	: form faktörü
Fu	: akarsu sıklığı
G	: yerçekimi ivmesi
Hc	: hipsometrik eğri
he	: enerji yük kaybı
HEC-GeoRAS	: Hydrologic Engineering Center-Geospatial River Analysis System
HEC-HMS	: Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modeling System
HEC-RAS	: Hydrologic Engineering Center-River Analysis System
Hi	: hipsometrik integral
HTG	: hidrolojik toprak grubu
İ	: yatak eğimi
K	: frekans faktörü
KHGM	: Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü
L	: dere uzunluğu
la	: başlangıç tutma miktarı
Lb	: havza uzunluğu
Lch	: kanal
Lob	: sol üst kıyı çizgisi
LP III	: Log Pearson Type III
MTA	: Maden Tetkik ve Arama
n	: Manning pürüzlülük katsayısı
nc	: kompozit veya eşdeğer pürüzlülük katsayısı
Nu	: dere sayısı
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
ÖND	: yağış öncesi nem durumu
P	: havza çevresi
Q	: akım
Qch	: kanal enkesitinde akımın aritmetik ortalaması
Qlob	: sol üst kıyı çizgisinde akımın aritmetik ortalaması
Qrob	: sağ üst kıyı çizgisinde akımın aritmetik ortalaması

Qmax	: maksimum akım
R	: hidrolik yarıçap
Rb	: çatallanma oranı
Rc	: dairesellik oranı
Re	: uzama oranı
RO	: akış miktarı
Rob	: sağ üst kıyı çizgisi
S	: depolama kapasitesi
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
Sf	: iki enkesit arasını temsil eden sürtünme eğimi
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
T	: tekstür oranı
tc	: toplanma süresi
TIN	: Triangulated Irregular Network
tlag	: gecikme zamanı
tpeak	: maksimum akım zamanı
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UA	: Uzaktan Algılama
USACE	: United States Army Corps of Engineers
UTM	: Universal Transverse Mercator
V	: ortalama hız
Y	: enkesitlerdeki su derinliği
Z	: ana kanal yüksekliği
α_1	: hız ağırlık katsayısı

**SEL VE TAŞKIN ZARARLARININ ÖNLENMESİ ÜZERİNE BİR
ARAŞTIRMA: DÜZCE-KAYNAŞLI ÖRNEĞİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Tarık Çitgez

**DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Temmuz 2011**

ÖZ

Batı Karadeniz Bölgesi sel, taşkın ve heyelanlar yönünden Türkiye'nin en hassas bölgelerinden biridir. Sel ve taşkınlar bu bölgede geçmişten bu yana hemen her yıl tekrar ederek yaşanmakta, büyük yıkımlara ve zararlara neden olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı Düzce İli Kaynaşlı İlçesi'ni sel ve taşkın zararlarından korumak için havzanın yukarı bölümünde, dere yataklarında, tarım alanlarında ve yerleşim yerlerinde yapılması gereken ıslah çalışmaları ile alınması gereken önlemlerin saptanmasıdır. Bu amaçla Kaynaşlı havzasında arazi kullanım durumunda meydana gelen değişimler ve yanlış arazi kullanımına konu olan alanlar belirlenmiştir. Havzanın morfometrik özelliklerine göre sel üretme potansiyeli incelenmiş, havzada yağış-akış ilişkisi kurularak farklı tekerrür sürelerindeki maksimum akımlar elde edilmiştir. Bu akımlar kullanılarak Kaynaşlı ve Kurur dere havzasında CBS'ne entegre HEC-RAS yazılımı ile taşkın analizi yapılmıştır. Son olarak da Kaynaşlı deresinin kesitinin geçirebileceği debi hesaplanmıştır.

Morfometrik analizler sonucu havzada bazı parametrelerin yüksek olması sel ve taşkın riskinin yüksek olduğunu göstermektedir. Genel anlamda havzanın orman varlığı alansal olarak azalmıştır. Ormanın yapısı da yıllar itibariyle nitelik olarak bozulmuştur.

Eğimin yüksek olduğu alanlarda tarımsal amaçlı kullanım yoğunluktadır. Havzadaki ziraat alanlarının % 68'i orman olarak kullanılması gereken VII. sınıf araziler üzerinde yer almaktadır.

Kaynaşlı deresi, can kaybı olasılığı yüksek olan yerler için öngörülen 1000 yıl tekerrürlü maksimum akımları geçiremeyeceği gibi 100 yıl tekerrürlü yağışlardan oluşan akımları da geçirebilecek kesite sahip değildir. Kaynaşlı ve Kurur dere

havzalarında yapılan taşkın analizi ile taşkın altında kalabilecek alanlar belirlenmiş ve haritalanmıştır. Havzada ve derelerde alınması gerekli önlemler konusunda önerilerde bulunulmuştur.

Bilim Kodu :
Anahtar Kelimeler : Sel, Taşkın, Kaynaşlı, HEC-RAS
Sayfa Adedi : 98
Tez Yöneticisi : Refik KARAGÜL

**A RESEARCH ON THE PREVENTION OF TORRENT AND FLOOD
DAMAGES: A CASE STUDY ON DUZCE-KAYNASLI
(M.Sc. Thesis)**

Tarık Çitgez

**DUZCE UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
July 2011**

ABSTRACT

Western Black Sea Region is one of the most sensitive region of Turkey in terms of torrents, floods and landslides. Torrents and floods in this region occur frequently and it causes huge destruction.

The aim of the study is to determine the improvement works and precautions at the upstream of the watershed, in stream beds, agricultural and residential areas in order to protect Kaynaşlı district against torrents and floods. The study determined the land misuse and changes of land use status on Kaynaşlı watershed. Flood potential of watershed is analyzed with regard to morphometric characteristics. Maximum current levels regarding the various recurrence intervals are estimated based on the rainfall-runoff correlations. Flood analysis was conducted for Kaynaşlı and Kurur creek watersheds, using GIS integrated HEC-RAS software. Lastly discharge of the Kaynaşlı creek was calculated based on its cross-section.

High levels of some parameters in the watershed as a result of morphometric analysis show that the risk of torrent and flood is high. Analysis of stand maps depict that total area of forest land is diminishing in watershed. Forest structure is also degraded.

Agricultural use is main use on the lands with high slope. 68 % of the current agricultural lands are on the land class VII which should be allocated to the forests.

Kaynaşlı creek has inadequate cross-section to allow maximum current with 1000 year recurrence which is presumed for the watersheds with high level of casualty risk. Neither does it have the capacity for maximum current with 100 year recurrence. As a result of flood analysis in Kaynaşlı and Kurur creek watersheds areas that maybe

deteriorated by flood were specified and mapped. The study includes some suggestions about the precautions to be taken in the watersheds and creeks.

Science Kode :
Key Words : Torrent, Flood, Kaynaslı, HEC-RAS
Page Number : 98
Adviser : Refik KARAGUL

1. GİRİŞ

Karadeniz bölgesi (Batı ve Doğu Karadeniz Bölgeleri ağırlıklı olarak) sel, taşkın ve heyelanlar yönünden Türkiye'nin en hassas bölgelerinden birini oluşturmaktadır. Sel ve taşkınlar, Türkiye'nin bu bölgelerinde geçmişten bu yana hemen her yıl tekrar ederek yaşanmakta ve büyük zararlara neden olmaktadır (Anon, 1999). Batı Karadeniz Bölgesi'nde 1998 yılında meydana gelen sellerin maddi hasarlarının 500 milyon dolar civarında olduğu bildirilmektedir (Çelik ve diğ., 2006). Taşkınlardan kaynaklanan ekonomik kayıp her yıl için ortalama 100 milyon dolara ulaşmaktadır. Buna karşın taşkınların kontrolü ve zararlarının azaltılmasına yönelik olarak genelde yapısal önlemler bağlamında sürdürülen projeli faaliyetler için ayrılan yatırım miktarı ise yılda ortalama 30 milyon dolar civarındadır (Anon, 2003). Türkiye'de 1955-2009 yılları arasında meydana gelen 2089 taşkın olayında 1360 kişi yaşamını yitirmiş ve 3 milyar dolardan fazla maddi kayıp oluşmuştur (Gürer ve Uçar, 2009).

Gelişmekte olan ülkelerde insanların yaşamı ve geçimi büyük ölçüde toprağa bağlıdır. Fakat çoğu zaman mevcut arazi; nüfus artışı, erozyon, kuraklık gibi kısıtlayıcı nedenlerle yetersiz kalmakta veya verimsizleşmektedir. Bu açığı kapatmak için halk doğal orman ve otlak alanlarından yeni tarım arazisi elde etme yoluna gitmektedir. Bu süreci yaşayan Türkiye'de de nüfus artışı ve göçler nedeniyle plansız tarım, kentleşme ve endüstrileşme ile doğal kaynaklar üzerinde aşırı bir baskı oluşmaktadır. Doğal orman ve otlak alanları tarım, turizm, yerleşim ve sanayi arazisi kazanmak amacıyla hızla tahrip edilmektedir. Bunun sonucu olarak şiddetli toprak erozyonu ve sık sık seller meydana gelmektedir (Karagül ve diğ., 2010).

Sel ve taşkın olayları dünyada ve Türkiye'de doğayı tahrip eden, toprak-su-bitki arasındaki doğal dengeyi bozan, can ve mal kayıplarına yol açan bir olaydır. Oluşumu jeolojik, morfolojik, edafik yapı, vejetasyon ve iklimin, özellikle yağışın karmaşık etkilerinden kaynaklanmakla beraber, demografik yapının doğaya olumsuz müdahaleleri

ile afet şeklini almaktadır. Sonuçta bu tür afetler insanlar için problem olmakta, kısa zamanda giderilemeyecek kayıplara yol açmaktadır (Nemlioğlu, 1995).

Hemen hemen bütün ülkelerdeki modern gelişmeler orman örtüsünün tahrip edilmesine, doğal sulak alanların kurutulmasına ve yerleşim alanlarının hızla yayılıp genişlemesine yol açmıştır. Bunlar ve daha birçok insan müdahaleleri infiltrasyonu azaltarak yüzeysel akışın miktarını ve hızını arttırmış, sel ve taşkınların daha sık ve daha şiddetli meydana gelmesine neden olmuştur. Sel ve taşkınları arttıran bu halihazırdaki nedenlerin yanı sıra, küresel iklim değişikliği konusundaki belirti ve tahminler de sel ve taşkın olaylarında daha da artış olması olasılığını büyötmektedir (Görcelioğlu, 2003).

Yeryüzüne ulaşan yağış sularının derelerde ani akış haline dönüşmeden, toprak sisteminden geçerek daha yavaş ve düzenli olarak akışa geçmesi toprağı kaplayan bitki örtüsü tarafından düzenlenmektedir. Bir bölgedeki bitki örtüsü, o bölgedeki iklim ve arazi koşullarının oluşturduğu bir üründür. Doğa iklim koşullarına göre kendine uygun bitki örtüsü geliştirir. Bir başka ifade ile doğanın kendi kendini koruma eylemi olarak oluşan doğal bitki örtüsünün korunması doğal dengeyi korumak, aynı zamanda sel ve taşkınları önlemek, daha geniş ifade ile yaşamı korumaktır (Hızal ve diğ., 2009).

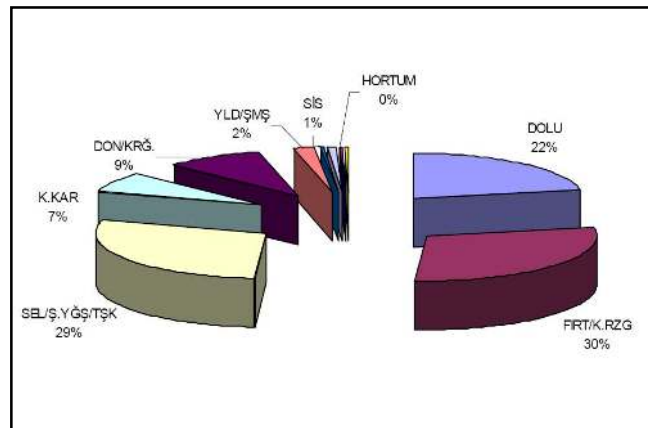
Sel ve taşkınların giderek daha sık ve daha şiddetli yaşanmasında, yağış havzalarındaki doğal bitki örtüsünün (özellikle ormanların), ekolojik denge koşulları dikkate alınmaksızın kısa vadeli çıkarlar uğruna insan eliyle değişikliğe uğratılması ya da ortadan kaldırılması, dere-akarsu yataklarının çeşitli nedenlerle dolması ya da daraltılması, yamaçların ve eğimli arazilerin herhangi bir toprak koruma önlemi alınmaksızın işlemeli tarım altında bulundurulması ve dolayısıyla arazi yetenek sınıflarına aykırı kullanımlar esas rolü oynamaktadır (Anon, 1999).

Taşkınların yalnızca meteorolojik olaylara bağılı olarak ifade edilmesinin mümkün olmadığı ülkemizde, yaşanan taşkın afetleri ile ilgili olarak şu tespitler yapılmaktadır (Anon, 2003): Özellikle Türkiye gibi ekonomik gelişme faaliyetinin yoğun bir biçimde devam ettiği şartlarda, sanayileşme ve sektör çeşitliliğinin beraberinde getirdiğı kentleşme aktivitesi, akarsu havzalarının muhtelif kesimlerindeki insan faaliyetinin çeşitliliğini ve yoğunluluğunu da büyük ölçüde arttırmaktadır. Bu durum ise havza

bütünündeki hidrolojik dengeyi bozmakta ve sonuçta can ve mal kaybına yol açan taşkın afetleri yaşanmaktadır. Akarsu havzaları içinde büyüyen yerleşimler, açılan yeni yollar ve kurulan yeni tesisler ile arazi yapısı değişmekte, elverişsiz tarım yöntemleri ile topraklar daha yoğun bir şekilde kullanılmakta, ormanlar ve meralar tahrip edilmekte, tüm bu koşullarda taşkın afetleri giderek daha büyük ve sık olarak görülmektedir.

Türkiye’de ve dünyada arazi kullanım durumu ile erozyon, dere akımı ve seller arasındaki ilişkiyi araştıran ve açıklayan birçok araştırmalar yapılmış ve yapılmaktadır. Bu çalışmalar doğal koşullarda yapıldığı gibi arazide suni yöntemlerle veya laboratuvar modelleri gibi çeşitli seçenekleri de kapsamaktadır. Bu çalışmalarda çeşitli arazi kullanım şekilleri, yağış, eğim, anakaya, sürüm şekilleri v.b. değişkenlerin yüzeysel akış, erozyon, infiltrasyon v.b. elemanlara etkisi incelenmektedir. Tüm bu çalışmalardan çıkan ortak sonuç en iyi toprak koruma ve hidrolojik dengeyi sağlayan arazi kullanım şeklinin orman ekosistemi olduğunu göstermektedir. Yine arazinin doğal bitki örtüsünün bozulması ve eğimin artması oranında erozyon ve yüzeysel akış ile sellerin arttığı bu çalışmalardan ortaya çıkmaktadır (Karagül, 1998a).

Türkiye’de yaklaşık son 67 yılda meydana gelen afet oluşum kayıtlarına göre, en fazla meydana gelen meteorolojik karakterli doğal afetlerin fırtına, sel ve taşkınlar ile dolu olduğu görülmektedir. Meydana gelen meteorolojik karakterli doğal afetler içerisinde en büyük gerçekleşme oranı % 30 ile fırtına ve kuvvetli rüzgar afetine aittir. Bunu az bir farkla sel ve taşkınlar (% 29) ve dolu (% 22) afetleri izlemektedir (Ceylan ve Kömüşçü, 2007) (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Türkiye’de afet dağılım oranları (1940-2006) (Ceylan ve Kömüşçü, 2007).

Türkiye, dünyada büyük sel afetlerinin yaşandığı bir ülke olarak bilinmemekle birlikte, özellikle Karadeniz Bölgesi'nde zaman zaman yüksek hasarlı, can ve mal kaybına yol açmış sel felaketlerine rastlanılmaktadır. Türkiye'deki taşkınların sayısal olarak % 51' i Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında görülmektedir. İlkbahar ve yaz taşkınlarının toplam taşkınlarla oranı ise % 66'dır. Ilıman bir iklime sahip ve genellikle her mevsimi yağışlı geçen Batı Karadeniz Bölgesi, Türkiye' de taşkınlarla en duyarlı bölge olarak değerlendirilmektedir (Bozkurt, 1991'e atfen Temiz ve diğ.,2004).

Yerleşim birimlerini taşkın felaketlerinden korumak amacıyla Türkiye'de ve dünyada birçok proje çalışması yapılmakta ve bu çalışmalar uygulamaya geçirilmektedir. Özellikle drenaj alanı fazla ve taşkın debi değerleri yüksek olan akarsuların kıyısında yapılaşmaya müsait olan düzlük alanlar yerleşim yerleri olarak seçilirken, arazinin taşkına maruz olup olmadığı hususu dikkate alınması gereken ilk ve en önemli unsurdur (Dursun, 2008).

Meydana gelen taşkınları anlamak, taşkınları zamansal ve mekansal olarak tahmin etmek ve etkilerini ortaya koymak için çeşitli bilgisayar modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modeller, nehir akışının modellenmesi ve taşkın hesaplamaları konularında pek çok çalışmaya öncülük etmiştir (Yamankurt ve diğ., 2010). Bu modellerin ana bileşenlerini genel olarak dört kısımda toplamak mümkündür. Bunlar; hidrolojik modeller, hidrolik modeller, taşkın haritalamaları ve modelde kullanmak üzere mekansal verilerin üretilmesidir (Snead, 2000). Özellikle Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojilerindeki ilerleme ve sayısal yükseklik modellerindeki kalite artırımlarıyla birçok hidrolojik, hidrolik, su kaynakları ve çevre ile ilgili araştırmalarda uygulamalar artmıştır (Moore ve diğ., 1991). Nehir akışının hidrolik hesabı, akışların ve su seviyelerinin nümerik metotlarla hesabını esas alan MIKE 11 hidrodinamik (HD), Hydrologic Engineering Center-River Analysis System (HEC-RAS) ve LISSFLOOD-FP gibi hidrolik modellerle sağlanmaktadır (Pramanik ve diğ., 2010). Bu çalışmada da Kaynaşlı havzasında HEC-RAS yazılımı ile CBS'ne entegre taşkın simülasyonu yapılmıştır.

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmanın amacı Düzce İli'ne bağlı Kaynaşlı İlçesi'nde farklı zaman aralıklarında meydana gelen sel ve taşkınların oluşturduğu zararların önlenmesi için yukarı havza bölümünde, dere yataklarında, derenin mecrası ve mansap kısmında, tarım alanlarında, yerleşim yerlerinde yapılması gereken iyileştirmeler ile alınması gereken önlemlerin saptanmasıdır. Bu kapsamda farklı dönemlerde havzadaki arazi kullanım durumunda meydana gelen değişimler araştırılmış, yanlış arazi kullanımına konu olan alanlar belirlenmiş, havzanın morfometrik özelliklerine göre sel üretme potansiyeli incelenmiş, havzada yağış-akış ilişkisi kurularak farklı tekerrür sürelerindeki maksimum yağışların dere akımında meydana getireceği değişimler ortaya konulmuş ve Kaynaşlı dere kesitinin geçirebileceği debi hesaplanmıştır. Çalışmanın amacına ulaşabilmesi için yağış ve akım değerlerinin tespitlerinin yapılması, dere enkesitlerinin alımı, CBS'nin hassas kullanımı ve hidrolik modellemenin yeterli ve güvenilir verilerle oluşturulması gerekmektedir. Böylelikle oluşabilecek taşkınların, Kaynaşlı havzasında izleyeceği yol boyunca dere yatağında, tarım ve yerleşim alanlarında, köprü ve sanat yapılarında zarar meydana getirip getirmeyeceği HEC-RAS ile tespit edilip zarar görecektir olan yerlerde alınması gereken önlemler vurgulanmıştır.

1.2. LİTERATÜR ÖZETİ

Edirne ili alt-havzalarında taşkın debisi ve su verimi hesaplamaları için ampirik yöntemlerin etkinliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, farklı büyüklüklere sahip birbiri içerisinde yer alan üç alt havza araştırma alanı olarak seçilerek, burada Soil Conservation Service (SCS) boyutsuz, Snyder, Mockus, Turc, Mc Math ve Rasyonel yöntemlerin kendi aralarında mukayesesi ve doğrudan yüzey akış değerleri kullanılarak etkinlikleri araştırılmıştır. Havza taşkın debisi ve hidrografları için bölge koşulları dikkate alınarak geliştirilen katsayıların kullanıldığı Snyder ve Mockus yöntemlerinin iyi sonuçlar verdiği, Mc Math ve Rasyonel yöntemler ile farklı tekerrür aralıkları için hesaplanan taşkın debileri birbirlerinden çok farklı olduğu ve Rasyonel yöntemin her zaman Mc Math yönteminden daha büyük değerler verdiği belirtilmiştir (Göçmen, 2006).

Büyük Menderes nehri sağ sahil derelerindeki sel kontrol çalışmalarının irdelendiği bir çalışmada, CBS kullanılmasıyla havza ıslahı etüd-proje çalışmalarında kolaylık sağlanacağı, havza morfometrik analizlerinin hızlı ve sonuçlarının daha hassas olacağı, CBS tabanlı taşkın modellemesi ile olası bir taşkında risk altında bulunan alanlar ile taşkın derinliğinin belirleneceği, özellikle projelendirme aşamasında karar vericiye alınabilecek yapısal önlemlerinin niteliği ve boyutu hakkında kolaylık sağlayacağı vurgulanmıştır (Aydın, 2008).

Usul ve Turan (2006), CBS'ni kullanarak Ulus Havzası'nın hidrolojik taşkın analizini yapmak ve olası taşkınları tahmin etmek için yaptıkları çalışmada, Mike 11 modelleme sistemini kullanarak 25, 50 ve 100 yıl tekerrürlü taşkın debilerini hesaplamışlar ve taşkın risk haritası oluşturmuşlardır.

Özdemir (2007b), Havran ilçe merkezi ve ovası için CBS ve hidrolik yazılımlar kullanarak olası taşkınların hidrolik modellemesini oluşturmak ve taşkın haritalarını üretmek amacıyla yaptığı çalışmada, HEC-RAS ve HEC-GeoRAS yazılımlarının taşkın haritalaması konusunda güçlü bir alt yapıya sahip olduklarını ve bunların risk yönetimi açısından yapılacak planlarda önemli bir yere sahip olduklarını vurgulamıştır.

Birkhead ve diğ. (2007), Nil Nehri havzasında yaptıkları çalışmada, hidrolojik modelleme ile elde ettikleri verileri kullanarak Nil Nehri taşkın yatağının bir boyutlu hidrolik modelini oluşturup taşkın özelliklerini tahmin etmeye çalışmışlar ve hidrolik modelleme yöntemlerinin taşkın yatağı sistemlerinin analizinde yararlı olacağını belirtmişlerdir.

Reddy ve diğ. (2004) çalışmalarında, Hindistan'ın merkezindeki Vena nehri havzasında drenaj morfometrisini ve bunun arazi karakteristikleri üzerindeki etkisini Uzaktan Algılama (UA) ve CBS yaklaşımıyla araştırmışlar ve morfometrik parametrelerin CBS ve UA yoluyla analiz edilerek toprak karakteristiklerinin ve erozyon durumunun anlaşılabilirliğini ve bu sayede akıllı bir yönetim sistemi oluşturulabileceğini belirtmişlerdir.

Singh ve diğ. (2008), dört farklı hipsometrik integral tahmin yöntemi kullanarak kuzeybatı Himalayalar'daki Sainj ve Tirthan havzalarının erozyon durumunu araştırdıkları çalışmada, hipsometrik analiz yoluyla erozyon durumunu tahmin etmenin çok daha kullanışlı olduğu ve analizde yükselti-rölyef yönteminin daha doğru ve diğer yöntemlere göre daha kolay olduğunu vurgulamışlardır.

Gümrükçüoğlu ve diğ. (2010), ABD'deki Kansas Nehri'nde 1993 yılında meydana gelen taşkından sonra arazi kullanım durumundaki değişimleri belirlemek amacıyla, uzaktan algılama yöntemlerini kullanarak yaptıkları çalışmada, taşkından sonra tarım, orman, mera ve açık alanlarda alansal olarak büyük değişimlerin meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Topaloğlu ve diğ. (1999), örnek bir havzada gözlenmiş akım miktarlarının sistem simülasyonu ve frekans analizlerinde kullanılabilirliğini bazı istatistik analiz teknikleriyle incelemişler, daha sonra bu analiz tekniklerini Orta Anadolu Kapalı Havzasındaki akım gözlem istasyonlarında ölçülen anlık maksimum akış verilerine uygulamışlar ve sonuç olarak 9 istasyondan 5 tanesinin akım verilerinin frekans ve simülasyon çalışmalarında güvenle kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

Temiz ve diğ. (2004), Batı Karadeniz Bölgesi'nde, Log Pearson Type III (LP III) dağılım yöntemiyle hesapladıkları 50 yıllık tekerrür süresine sahip akımların oluşturacağı potansiyel taşkın alanlarını, CBS teknikleri kullanarak değerlendirmişler ve sonuç olarak çalışma alanının kuzeybatı kesimlerinin göreceli olarak daha fazla taşkın potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Özdemir (2008), Havran Çayı'nın (Balıkesir) farklı tekrarlama sıklıklarındaki akım miktarlarını Gumbel ve LP III istatistik dağılım yöntemleriyle hesaplayarak iki yöntemin sonuçlarını karşılaştırmış ve Havran Çayı'nda 1981 yılında meydana gelen taşkında ölçülen akım miktarının yaklaşık olarak Gumbel dağılımında 100 yıllık, LP III dağılımında ise 50 yıllık tekrarlama sıklığına karşılık geldiğini belirlemiştir.

Demirkesen ve diğ. (2007), Landsat-7 ETM+ uydu görüntülerini kullanarak İzmir'in sahil taşkınları risk analizini yapmışlar ve deniz seviyesinden 2 ve 5 m yükseklikte

bulunan sahil alanlarının su baskınına karşı savunmasız olduğunu belirtmişler, yılda 20-50 mm ortalama deniz seviyesi artışı senaryolarına göre 2100 yılı yakınlarında birçok sahil şehirlerinin büyük risk altında olacağını vurgulamışlardır.

Gül ve diğ. (2009), İzmir Bostanlı Havzası'nda yaptıkları çalışmada hidrolojik model ve hidrolik model kombinasyonu ile Bostanlı Barajı'nın potansiyel faydasını test etmişler, barajın potansiyel taşkın kontrolünde ve pik akımları düşürmede pozitif etkilerinin olduğunu belirtmişlerdir.

Aşıkoğlu ve Benzedden (2007), İzmir ve Uşak'ta gözlenen standart süreli maksimum yağış verilerini kullanarak, aykırı gözlemlerin öngörülen dağılım modellerinin uygunluk düzeyini nasıl etkileyebileceğini araştırmışlar ve sonuç olarak veri dizilerindeki aykırı değerler ayıklanmaksızın yapılan uygunluk testlerinin zaman zaman yanlış kararlar verilmesine neden olabildiğini, İzmir ve Uşak istasyonlarının birkaç yıldaki aykırı verileri dizilerden çıkarıldığında, her iki modelin de $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde kabul edilebilir modeller olduğunu saptamışlardır.

Jain ve diğ., (2006), önceki nem değerlerine, arazi kullanımına ve toprak tiplerine bağlı olarak yağış-akış hesaplamasında kullanılan Soil Conservation Service-Curve Number (SCS-CN) yöntemini ABD'nin küçük havzalarında uygulamışlar ve analiz sonucunda bu yöntemin yüksek akış üreten tarım alanlarının bulunduğu havzalarda elverişli olduğunu belirtmişlerdir.

Johnson (1998), 2500 hektardan daha büyük havzalarda SCS-CN yağış-akış metodunun uygulanabilirliğini araştırdığı çalışmada simülasyondan sonraki akış değerleriyle güncel akış değerlerini birbirine yakın bulmuş ve SCS-CN metodunun uygulanmasında havza büyüklüğünün bir etkisi olmadığını belirtmiştir.

Özdemir (2007a), SCS-CN yağış-akış modelini, CBS ve UA yöntemleriyle Havran Çayı havzasındaki derelerin alt havzalarına uygulamış ve modelle elde edilen akım verilerini havzadaki tek akım ölçüm istasyonuna ait akım verilerini karşılaştırmış olup aralarındaki korelasyonları yüksek bulmuştur.

Okonski (2007), Polonya’da örnek bir havzada SCS-CN yağış-akış modelinin uygulayarak farklı arazi kullanım şekillerinin yüzeysel akışa etkilerini araştırmış, en yüksek yüzeysel akışın ormanlık alanların farklı arazi kullanım şekillerine dönüştürüldüğü yerlerde meydana geleceğini ve ormansız alanların yüzeysel akışı 10 kata kadar arttırabildiğini vurgulamıştır.

Das ve Paul (2006), Hindistan’ın Himalayalar bölgesinde hidroelektrik santrali kurmak için uygun koşullara sahip yerleri araştırdıkları çalışmalarında, teknik açıdan elverişli yerin saptanmasında CBS ve UA teknolojisini, aylık ortalama akışın hesaplanmasında da SCS-CN metodunu kullanmışlar ve bu yöntemlerin maliyeti düşürüp yarar oranını arttırdığını belirtmişlerdir.

Amini (2010), İran’ın kuzeybatısındaki örnek bir nehrin bir bölümünde yaptığı çalışmada, taşkın sonrasında su altında kalacak alanları belirlemek amacıyla IKONOS uydu görüntülerini ve Sayısal Yükseklik Modelini (SYM) kullanarak taşkın risk haritaları oluşturmuş ve sonuç olarak geliştirilen bu modelin taşkın risk yönetiminde kullanılabileceğini ileri sürmüştür.

Ludlow (2009), Gana’da örnek bir nehir havzasında meydana gelebilecek pik akımları ve sel sularının zamanını tahmin etmek amacıyla yaptığı araştırmada, UA ve CBS desteğiyle birlikte SCS-CN yağış-akış metodunu kullanmıştır. Bu metodu, pik akımlar ile olası kanal taşkınlarının miktar ve zamanını elde etmek için Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) modelini kullanarak uygulamış ve sonuçlarını daha önce selden etkilenen ve sık sık sular altında kalan alanlarla ilgili yayımlanan belge ve haritalarla karşılaştırarak çalışmanın tarihsel bir taşkın risk verisi olarak yardımcı olacağını vurgulamıştır.

Gürgen (2004), Doğu Karadeniz Bölgesi’nde meydana gelen maksimum yağışları ve taşkınlar açısından önemini incelediği çalışmasında, Doğu Karadeniz Bölgesi’ndeki birçok yerleşim yerine ait 5 dakikalık ve 24 saatlik maksimum yağış verilerini değerlendirmiş ve 5 dakikalık maksimum yağış değerlerinin batıdan doğuya gidildikçe arttığını, 24 saatlik maksimum yağış değerlerinin ise orografik koşullara bağlı olarak genellikle doğuya gidildikçe arttığını belirtmiştir.

Chuan ve Jing (2006), Çin'deki bir nehir havzasında; eğim açısı, şiddetli yağışların olduğu günler, nehir kanalı yapısı, maksimum yağışlar ve geçmişte yaşanan taşkın olayları gibi faktörleri analiz ederek CBS teknikleri vasıtasıyla havzayı, taşkın riski taşınması bakımından bölgelere ayırarak risk haritası oluşturmuş ve havza alanının % 17.9'unu son derece yüksek riskli, % 45.9'unu yüksek riskli, % 25.2'sini orta riskli, % 11'ini düşük riskli bölge olarak belirlemiştir.

Ulusal Konumsal Veri Altyapısı (UKVA) II. Düzey Temel Veriler arasında yer alan afet ve risk verilerinin bir bileşeni olan sel ve taşkın duyarlılığının Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) ve CBS'nin entegrasyonuna dayalı olarak belirlenmesi için yapılan bir çalışmada, bir model tasarlanmış ve Visual Basic (VB) dili ile ArcGIS yazılımı ortamı için bir CBS Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi (C-ÇÖKA) arayüzü geliştirilmiştir. Önerilen model, geliştirilen arayüz kullanılarak Güney Marmara Havzası örneğinde uygulanmış ve sonuçlar envanter verileriyle karşılaştırıldığında modelin doğru sonuç verdiği belirtilmiştir (Öztürk, 2009).

Karagül (1998a), seller nedeniyle büyük erozyon ve maddi hasara uğrayan Kaynaşlı İlçesi'nin içinden geçen derenin su toplama havzasının arazi kullanımını, iklim durumunu, jeolojik ve topografik yapısını, bitki örtüsünü ve topraklarının hidrofiziksel özelliklerini incelemiş ve havzadaki sel olaylarında yağış ve topografya şartları yanında orman azalmasının da etkili olduğu kanaatine varmıştır.

Karagül (1998b), Kaynaşlı'da sık sık meydana gelen erozyon, sel ve heyelanların nedenlerinin, mevcut arazi kullanım durumunun ve bunlara karşı alınması gereken önlemlerin belirlenmesi için yaptığı çalışmada, erozyon ve sellerin oluşumunun önlenmesinde en önemli faktörün havzadaki arazi kullanım şeklinin değiştirilmesi olduğunu vurgulamıştır.

Göl ve arkadaşları (2004), Çankırı-Eldivan yöresinde farklı arazi kullanım türleri (tarım-orman-mera) ve bakının toprağın hidrofiziksel özellikleri üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada, tarla ile doğal orman toprakları arasında fark olduğu ve doğal ormanda hidrolik iletkenliğin daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. TEMEL KAVRAMLAR

Çalışmada kullanılan bazı temel kavramlar aşağıda tanımlanmıştır.

Sel: Çoğunlukla şiddetli yağışların ardından yan derelerden ani olarak gelen ve fazla miktarda katı materyal (asılı yük ve yatak yükü halinde taşıntı) içeren büyük su kütlesini ifade eder (Uzunsoy ve Görcelioğlu, 1985; Görcelioğlu, 2003). Sel olayı, dik eğimli yukarı havzalarda şiddetli ve sürekli yağışlarla birlikte oluşan ve taşkın sularına oranla çok daha büyük bir hız ve kinetik enerji ile dere mecralarında akarak beraberinde taş, çakıl ve büyük kayaları da sürükleyen akımlardır (Balcı ve Öztan, 1987).

Taşkın: Yan derelerden gelen sellerin kısa sürede ana akarsuya ulaşmasıyla vadi boyunca yatakta akan suyun yükselmesi ve normal yatağına sığmayıp taşkın yatağına ve çevresindeki taşkın düzlüğüne yayılması şeklinde gerçekleşen olaya denir (Uzunsoy ve Görcelioğlu, 1985; Görcelioğlu, 2003).

Su Yüzü Profili: Hidrolik hesaplamalar sonucu belirlenen dere boyuna profilindeki su yüksekliğinin ifadesidir (Dyhouse ve diğ., 2003'e atfen Aydın, 2008).

Kritik Altı Akış: Eğimin ya da su düzeyinin düşük olduğu yer ve durumlardaki sakin akışa denir. Kritik altı akışın yatak kıyılarına ve yatak tabanına uyguladığı enerji zayıftır (Görcelioğlu, 2003).

Kritik Üstü Akış: Eğimin ya da su düzeyinin yüksek olduğu yer ve durumlardaki hızlı akışa denir. Kritik üstü akışın yatak kıyılarına ve tabanına uyguladığı enerji yüksek olup yıkıcı etkiler yapabilir (Görcelioğlu, 2003).

Enerji Yük Kaybı: Sürekli ve hızı değişmeyen bir akımın, mecranın herhangi bir kesitinde sahip olduğu toplam yükü (enerjisi), mecranın daha aşağısındaki toplam yükü ile iki nokta arasındaki enerji kaybının toplamına eşittir (Balcı ve ztan, 1987).

Hız Yükü (Kinetik Enerji): Bir kitlenin hızından doğan bir enerjidir (Balcı ve ztan, 1987; zhan, 2004).

Taşıntı Barajları: Sel derelerinde tabanın korunması, gçntl ve heyelanlı kıyıların ve yamaç eteklerinin desteklenmesi, yatak yükü taşınımının azaltılması ya da fazla taşıntının uygun yerlerde depolanması amacıyla dere yataklarında ve genellikle dere eksenine dik doğrultuda yapılan tek ya da bir dizi (sistematiik) enine yapıları ifade eder (Görcelioğlu, 2003;2005).

Islah Sekisi: Tahkim amaçlı taşıntı barajlarına ıslah sekisi denilmektedir. Islah sekilerinin esas fonksiyonları; yapıldıkları yerde ve membaya doğru taban eğimine göre belirli bir mesafe içerisinde dere taban ve kıyılarını erozyona, oyulmalara ve yamaç göçmelerine karşı korumaktır. Dere yatağının eğimine bağlı olarak ya yüksek ya da alçak yapılar halinde inşa edilebilirler. Çoğunlukla 2,00-6,00 m arası yüksekliğe sahiptirler (Görcelioğlu, 2003; 2005).

Tersip bendi: Depolama amaçlı taşıntı barajlarına tersip bendi denilmektedir. Bunlar sel derelerinin yataklarında ve oyuntularda, yapının memba tarafında mümkün olduğu kadar fazla miktarda sedimenti tuzaklayıp alıkoymaya yeterli, büyük bir depolama hacmi oluşturmak amacıyla inşa edilen enine yapılardır (Görcelioğlu, 2003; 2005).

Sel Kapanı: Sel sularını rezervuarda depolayarak yüksek akışları hafifleten ve dere aşağısına planlanan miktarda su bırakmak suretiyle, belirli bir zaman aralığında meydana gelen taşkın akışını daha uzun bir devreye yayarak taşkını ayarlayan bir barajdır. Bu barajların yüksekliği 15 m'den, rezervuar hacmi $5 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'ten az olur (Uzunsoy ve Görcelioğlu, 1985; Balcı ve ztan, 1987).

2.2. SEL KONTROLÜNDE YÖNTEM VE İLKELER

Ormanların çoğunlukla dağlık kesimlerde yer aldığı düşünülürse doğal olarak erozyon ve sedimentasyonla bağlantılı olan sellerin kontrolünde güdülen amaç, dağlık arazideki dere havzalarının toprak varlığına dayanan verim gücünü korumak ve yükseltmek, su ekonomisini ve derelerin akış rejimini düzenlemek, bu çalışmalarla doğrudan ya da dolaylı olarak ilgili toplulukların ekonomik ve sosyal durum ve potansiyellerini geliştirmek ve değerlendirmek biçiminde özetlenebilir (Görcelioğlu, 2005).

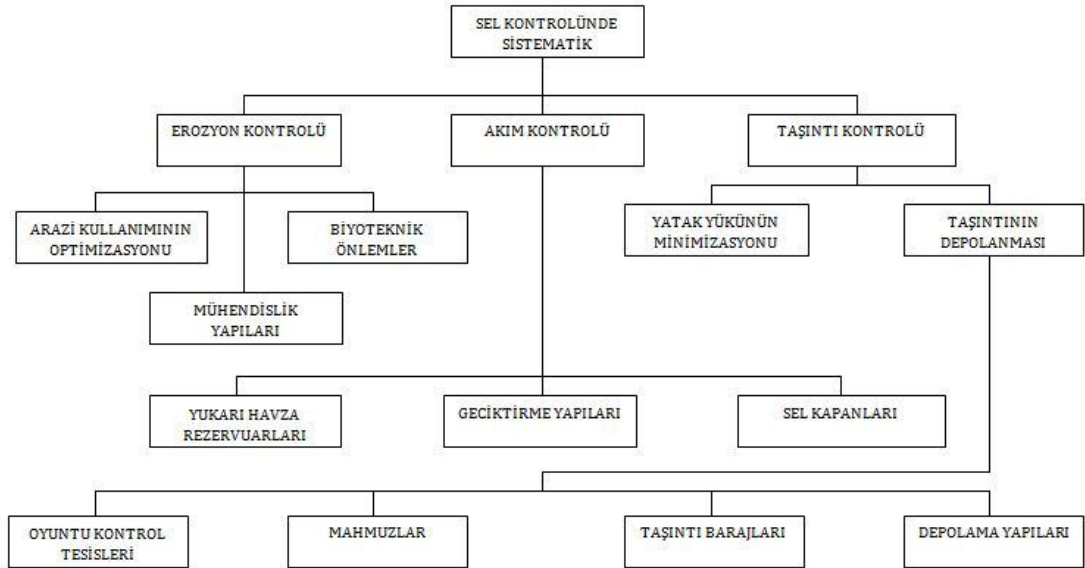
Genel olarak dağlık arazi sel havzalarının ıslahı ile ilgili bütün işlerin yapılmasında aşağıda açıklanan genel prensiplere bağlı kalmak zorunludur (Tavşanoğlu, 1974):

- Alınacak önlemler sırasıyla teknik, kültürel ve yönetsel (idari) nitelikteki önlemlerdir.
- Islah çerçevesi içinde alınacak önlemlerin, zamanında alınması gerekir. Bu önlemlerin gecikmesi oranında ıslah masrafları yüksek ve başarı derecesi zayıf olur.
- Dere havzalarının ıslahı için alınacak önlemlerin yeterli kapsam ve boyutta olmaları gerekir. Yarım ve zayıf önlemler başarısızlık doğururlar ve yarardan çok zarar getirirler.
- Orman üst sınırının yukarısında kalan alanlarda, yani primer taşıntının olduğu bölgelerde, sadece teknik önlemler, buna karşılık bu sınırın altında, yani sekonder taşıntının meydana geldiği bölgelerde ise teknik, kültürel ve aynı zamanda idari önlemler söz konusudur.
- Havza ıslah çalışmalarında genel ve özel mekan ilkelerine uyulmalıdır.
- Genel mekan ilkesine uygun olarak ıslah işlerine havzanın yukarısındaki toplanma bölgesinden başlanılmalıdır. Çünkü ancak bu sayede havzanın yukarı kesimindeki ıslah işlerinin olumlu etkileri hakkında fikir edinildikten sonra boğaz bölgesinde ve taşıntı konisinde alınacak tedbirlerin kapsamı kararlaştırılabilir.
- Özel mekan ilkesi ise, örneğin havzanın geniş bir kesimini ve birçok dere kollarını içine alan bir alanda yapılacak sistematik taşıntı barajları bakımından, ilk olarak en yukarıdaki dere kollarını tahkim etmek, fakat kollardan her

birisinde tahkimata aşağıdan iki dere kolunun birleştiği yerden başlayarak yukarıya doğru devam etmek gereklidir. Çünkü bu iki derenin birleştiği yerde yapılacak bir baraj, iki dere boyunca daha yukarılara yapılacak olanlara dayanak teşkil edecektir.

- İslah çalışmaları çerçevesinde yapılacak tesislerde kullanılacak malzemenin seçimi, yapı biçimi, malzemenin sağlanması olanakları ve yerel koşullarla ilgilidir. Ayrıca malzemenin en az masrafla yapı yerine getirilmesi esası da göz önünde bulundurulmalıdır.
- Sel havzalarının ıslah problemlerinin çözülmesi konusunda doğru bir karara varabilmek için, alınacak önlemlerin iktisadilik yönünden de incelenmesi gerekmektedir.

Sel havzalarının ıslahı için söz konusu olabilecek bütün önlemlerin ilk hedefi, var olan koşullar altında ve olanaklar ölçüsünde toprak taşınmasını durdurmaktır. İkinci hedef akımın kontrol altına alınmasıdır. Üçüncü hedef ise dere yataklarında taşıntı hareketinin kontrolüdür (Görcelioğlu, 2003) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Sel kontrolünde sistematik önlemler şeması (Görcelioğlu, 2003).

2.3. BİTKİ ÖRTÜSÜ-SEL VE TAŞKIN İLİŞKİSİ

Bitki örtüsü, yağış sularının bir kısmını tuttuğundan toprak yüzeyine ulaşan suyun miktarını ve hızını azaltır ve aynı zamanda toprağa giren su miktarını artırır. Toprak sistemine giren yağış suları daha yavaş ve düzenli olarak derelere ulaşarak sorunlara neden olmadan akışa geçerken, toprağa girmeden yüzeyde kalan sular ise sellere ve dere yataklarında taşkınlara neden olur (Hızal ve diğ.,2009).

İyi bir koruma sağlayan bitki örtüsü, özellikle de ormanlar, yağışlardan sonra kısa sürede derelere ulaşan su miktarını azaltmak ve belli bir düzeyde tutmak, toprağın sularla sürüklenmesini önlemek, her türlü materyalin dere yataklarına ulaşmasını engellemek gibi özelliklere sahiptir. Bu nedenle ormancılık en geniş fonksiyona sahip arazi kullanma şeklidir denilebilir (Uzunsoy ve Görcelioğlu, 1985). Ancak ormanlar ile kaplı havzalarda da çok şiddetli ve uzun süreli yağışlardan sonra yüksek akımlar oluşabileceği göz ardı edilmemelidir (Hızal ve diğ., 2009). Ormanların pik akımları azalttığı bilinen bir gerçek olsa da, büyük orman alanlarına sahip Avrupa’da pik akımları azaltmada çok etkin olmadığı bildirilmektedir (Robinson ve diğ., 2003).

Bir havzadaki arazi kullanma şekli dere akımını etkileyen en önemli bir etmendir. Tamamen sık ve boylu bir ormanla kaplı yağış havzasında yağışın bir kısmı çeşitli şekillerde tutulur veya geçici olarak depolanır ve yüzeysel akışa geçmez. Bunda ormanın tepe örtüsünün ve toprak florasının yanı sıra ormanın ölü örtüsünün de büyük bir rolü vardır (Özhan, 2004). Orman ölü örtüsü en şiddetli yağışları kolaylıkla geçirebilecek bir infiltrasyon kapasitesine sahiptir. Örneğin, çürüntü mul veya mor tipi humus içeren bir iğne yapraklı orman ölü örtü tabakası 150 mm/saat şiddetindeki bir yağışı kolaylıkla süzerek toprağa geçirmektedir (Balcı, 1973; Özhan, 2004). Bu nedenle ölü örtü derelerdeki sel akımlarının yavaşlatılmasında, dere hidrografındaki maksimum akımın yani tepe noktasının oluşma zamanının geciktirilmesinde ve buna bağlı olarak dere suyunun sediment yükü miktarının azaltılmasında çok büyük etkiye sahiptir (Balcı, 1996).

Yapılan bilimsel çalışmalara göre yağışın yüzeysel akışa geçme oranı, açık ve çıplak alanlarda ormanlık alanlara nazaran daha fazladır (Karagül, 1998a, b). Orman örtüsü

yok edilerek tarım alanına dönüştürülen havzada aynı şiddetteki sağanak yağışın yol açtığı akım pikinin öncekine oranla yaklaşık beş kat arttığı ortaya konulmuştur (Görcelioğlu, 2003). Aydemir (1973)'e göre farklı eğimlerdeki, farklı arazi kullanım biçimlerinde (mısır, buğday, fındık tarımı, nadas) ve ormanlık alanlarda meydana gelen yüzeysel akış ve taşınan toprak miktarı tespit edilmiş ve diğer tüm arazi kullanımlarına nazaran ormanlık alanda çok daha az toprak taşınımı ve yüzeysel akış meydana geldiği belirtilmiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1: Darıyeri Bakacak mevkiinde farklı arazi kullanım şekillerinde eğim durumuna göre yüzeysel akış ve toprak kaybı (Aydemir, 1973).

Arazi Kullanım Şekli	% 15 eğimde		% 28 eğimde		% 45 eğimde	
	Y.akış %	Toprak kaybı ton/ha/yıl	Y.akış %	Toprak kaybı ton/ha/yıl	Y.akış %	Toprak kaybı ton/ha/yıl
Mısır	27.8	6.98	34.7	9.59	42.5	12.55
Buğday	27.0	5.56	34.3	7.74	42.1	10.18
Nadas	33.6	6.78	39.4	7.77	47.4	10.36
Fındık	10.2	1.32	14.2	2.16	20.4	3.36
Orman	0.5	-	1.3	-	2.9	-

Toprak yüzeyini kaplayan bitki örtüsü, düşen yağışların bir miktarını intersepsiyon ve transpirasyon yoluyla tutarken, toprak yüzeyinin korunması ve yüzeyde akan suyun hızının ve miktarının azaltılması bakımından da önemli işlevler görmektedir. Dolayısıyla doğal bitki örtüsünün kaldırılması veya tarım alanlarında yapılan yanlış tarımsal uygulamalar sonucu derelerde yüksek akımlar meydana gelerek sel ve taşkınlara neden olmaktadır (Hızal ve diğ., 2009). Diğer arazi kullanma tiplerine kıyasla ormanlık alanlarda evapotranspirasyon ve intersepsiyon daha fazladır (Balcı, 1958, 1996; Özhan, 2004). Sık büyüyen ot ve çalı toplumları, vejetasyon devresinde yaprağını döken bir orman kadar intersepsiyona sahip olabilmektedir (Özhan, 2004). Yağışın bitkilerin yaprak, dal ve gövde gibi toprak üstü kısımları tarafından tutulup buharlaşması süreci olan intersepsiyon sonucu toprağa daha az su ulaşmakta ve böylece hem toprak yüzeyi daha az yağmurun çarpma etkisine uğramakta hem de daha az miktarda su yüzeysel akışa geçmektedir (Özhan, 2004).

Bitki örtüsü, intersepsiyonu, toprak gözenekliliğini artırarak infiltrasyonu ve köklerden bitkinin gereksinimi olan suyun alınması sayesinde akımı ve dolayısıyla erozyonu

azaltma özelliklerine sahiptirler (Balcı, 1996). Balcı (1958) tarafından yapılan bir çalışmada, orman olarak kullanılan bir alanda, orman örtüsünün yağışın % 82'sini tutarak sadece % 18'inin yüzeysel akışa geçmesine izin verdiği belirtilmiştir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2: Farklı arazi kullanımları için yüzeysel akış, infiltrasyon ve erozyon değerleri (Balcı, 1958)

Arazi Kullanma Şekli	Yağış	İnfiltrasyon		Yüzeysel akış		Erozyon	15 cm kalınlığındaki toprağın taşınma süresi
	mm	mm	%	mm	%	ton/ha	yıl
Nadas	1336,2	591,7	44	744,5	56	16,014	122
Çayır	1336,2	855,6	64	480,6	36	1,36	1434
Orman	1336,2	1094,8	82	241,4	18	-	-

2.4. HAVZA MORFOMETRİSİ-SEL VE TAŞKIN İLİŞKİSİ

Havza morfometrisi ile sel ve taşkın potansiyeli arasında ilişki olduğunu vurgulayan pek çok çalışma bulunmaktadır (Strahler, 1964; Eyles, 1971; Howard, 1990; Tarboton, 1996; Biswas ve diğ., 1999; Eze ve Efiang, 2010; Diakakis, 2010). Morfometrik özellikler, taşkın pik akımlarını tahmin etmede, sediment verimini belirlemede ve erozyon oranını değerlendirmede çok önemli bir rol oynamaktadır. Son zamanlarda havza morfometrisi ile ilgili çalışmalarda CBS uygulamaları bir hayli artmıştır (Biswas ve diğ., 1999; Grohmann, 2004; Reddy ve diğ., 2004; Özdemir, 2006; Singh ve diğ., 2008; Saud, 2009; Youssef ve diğ., 2011). Çalışmada havza morfometrik elemanlarından eğim, drenaj yoğunluğu, dere sıklığı, tekstür oranı, dairesellik oranı, uzama oranı, form faktörü, çatallanma oranı ve hipsometrik integral hesaplanmıştır.

Havzadaki hidrolojik olayları eğim (S) önemli ölçüde etkiler (Özhan, 2004). Havzanın eğimi arttıkça, akışın yıl içindeki dağılımının düzensizleştiği, yağışın hızla yüzeysel akışa geçtiği, birim alandan gelen maksimum debinin arttığı gözlenir. Bütün koşulların aynı olması şartıyla, eğimin fazla olduğu alanlarda yağışla gelen suların toprağa sızması eğimin az olduğu alanlara nispeten daha azdır (Özdemir, 2007a). Ayrıca eğimin yüksek olması havzanın drenaj yoğunluğunun ve dere sıklığının yüksek olduğunu göstermektedir (Reddy ve diğ., 2004).

Drenaj yoğunluğu (Dd) birim alana düşen ortalama dere uzunluğunu ifade etmektedir (Balcı ve Öztan, 1987; Erdaş, 2002; Özhan, 2004). Bir havzanın dere sıklığı ve drenaj yoğunluğu ne kadar yüksekse o havzada mevcut akarsu şebekesinin yağış sularını boşaltma yeteneğinin o kadar yüksek olduğu anlaşılır (Balcı ve Öztan 1987; Özhan, 2004). Genel olarak küçük drenaj yoğunluğu değerleri reliyefin alçak olduğu ve arazinin sık bir vejetasyonla kaplı bulunduğu havzalarda ve alt toprağın çok dayanıklı veya geçirgen olduğu bölgelerde görülmektedir. Buna karşılık büyük drenaj yoğunluğu değerleri ise havzanın dağlık ve vejetasyonun seyrek olduğu ve alt toprağın da dayanıksız veya geçirgenliğinin az olduğu yerlerde söz konusudur (Strahler, 1964; Biswas ve diğ., 1999; Erdaş ve diğ., 2002). Bölgedeki iklim şartlarının akarsu uzunluğuna etkisini gösteren bu değer genellikle 0,5-2,5 km/km² arasında değişir (Özhan, 2004). Reddy ve diğ., (2004) Dd değerinin 1,75'ten büyük olması halinde yüksek, 2,5'ten büyük olması halinde çok yüksek olarak tanımlanabileceğini ifade etmişlerdir.

Dere sıklığı (Fu) bir havzadaki birim alana düşen dere sayısını ifade eder (Erdaş ve diğ., 2002). Bu değer yüksek olması zeminin geçirgen olmadığını ve bitki örtüsünün seyrek olabileceğini göstermesine karşın, düşük olması ise litolojik yapının geçirgen olduğu anlamına gelmektedir. 3,5'ten yüksek Fu değeri çok yüksek olarak değerlendirilmektedir (Reddy ve diğ., 2004).

Tekstür Oranı (T) havzada 1. dizindeki (order) dere sayısının havzanın çevresine oranı ile elde edilir. Bu değer yüksek olması havzaya düşen yağışın yüksek bir oranda akışa geçtiği anlamına gelmektedir (Reddy ve diğ., 2004). Reddy ve diğ., (2004) yaptıkları çalışmada 2,5'in üzerindeki bir T oranı değerini çok yüksek olarak değerlendirmişlerdir.

Form faktörü (Ff) havzaya düşen yağışların derelere ulaşma hızı ve zamanını etkileyen bir havza karakteristiği olup havza alanının havza uzunluğunun karesine oranı ile ifade edilir (Erdaş ve diğ., 2002; Özhan, 2004). Bu faktör birden küçük bir değere sahiptir ve bu değer küçükliği havzanın dar ve uzun olduğunu ifade eder (Özhan, 2004). Küçük form faktörüne sahip bir havzada şiddetli bir yağışın havzanın uzun ekseninin tümünü kapsamaya ihtimali, yüz ölçümü aynı olan fakat büyük bir form faktörüne sahip olan havzaya oranla daha azdır (Erdaş ve diğ., 2002). Düşük Ff değerine sahip olan

havzalarda uzun süreli zayıf pik akımları meydana gelirken, yüksek Ff değerine sahip olan havzalarda bunun tersine kısa sürede yüksek pik akımlar meydana gelebilmektedir (Biswas ve diğ., 1999; Reddy ve diğ., 2004). Daire şeklindeki bir havza için form faktörü 0,785 değerini alabilmektedir. 0,5'ten küçük Ff değerine sahip havzalar dar ve uzun, 0,6-0,8 Ff değerine sahip havzalar orta uzunluk ve genişlikte, 0,8-1,0 arasında Ff değerine sahip havzalar ise kısa ve geniş havzalar olarak tanımlanabilirler (Howard, 2007).

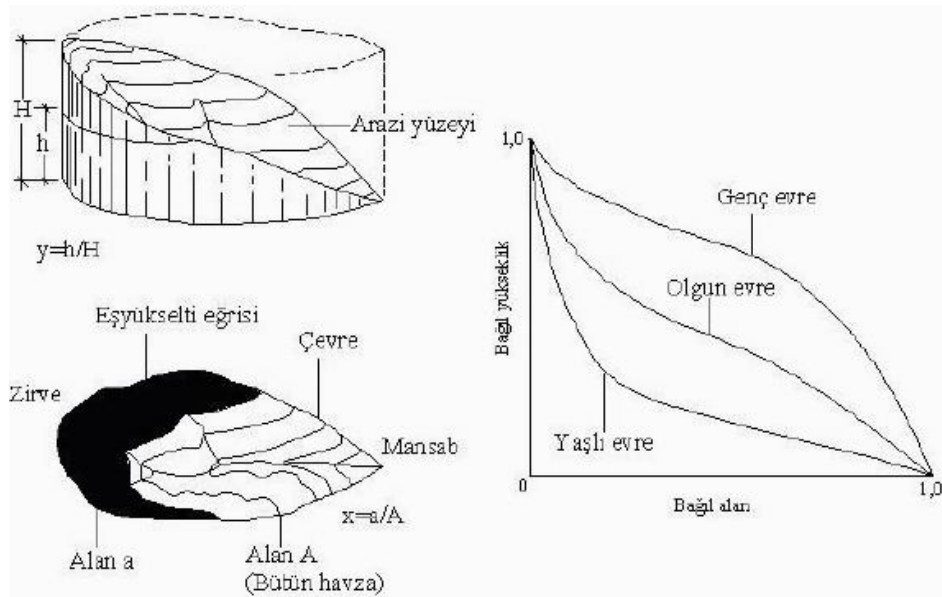
Dairesellik oranı (Rc) havza alanının, havzanın çevre uzunluğuna sahip olan bir dairenin alanına oranıyla ifade edilir (Erdaş ve diğ., 2002; Özhan, 2004). Bu değer 1,0'e yaklaşması havza şeklinin daireye daha yakın olduğu anlamına gelmektedir (Reddy, 2004). Jeolojik yapı bakımından homojenlik gösteren küçük havzalarda bu oran, 0,6-0,7 arasında değişmekte ve havza şekilleri arasında büyük bir benzerlik görülmektedir. Buna karşılık nispeten heterojen bir jeolojik yapıya sahip havzalarda bu oran uzunlama bir havza şekli temsil ederek 0,4-0,5 arasında değişebilmektedir (Erdaş ve diğ., 2002).

Uzama Oranı (Re), alanı havza alanına eşit bir dairenin çapının havza alanına oranı ile bulunur (Özhan, 2004). Re değerinin düşük olması yüzeysel akış sularının havza çıkışına ulaşmasının gecikmesi, başka bir ifade ile konsantrasyon süresinin uzun olması anlamına gelmektedir (Strahler, 1964 ; Sarangi ve diğ., 2003). Bu değer 1,0'e eşit veya birden küçük olur ve dağlık havzalarda küçük değerler alır (Özhan, 2004). Uzama oranı çeşitli iklim ve jeolojik yapı tiplerinde 0,6-1,0 arasında değişir. 1,0'e yakın değerler çok düşük rölyefi, 0,6-0,8 arasındaki değerler kuvvetli rölyef ve dik yamaçları gösterir (Strahler, 1964).

Çatallanma oranı (Rb) herhangi bir dere dizinin kendisinden bir üst dere dizinine olan oranını ifade eder. Çatallanma oranının düşük olması havzanın keskin pik akımlar ürettiği anlamına gelir (Sarangi ve diğ., 2003) ve taşkın riski yüksektir (Eze ve Efiang, 2010). Eğer çatallanma oranı yüksekse akımın enerjisi düşüktür ve infiltrasyon yoluyla yer altı suyuna karışarak sel ve taşkın riskini düşürür (Saud, 2009). Çatallanma oranı genellikle 3,0-5,0 arasındadır ve teorik olarak 2,0'den küçük olamaz (Strahler, 1964).

Hipsometrik eğri (Hc) havzanın yükseklik dağılımını gösterir. Bir havzanın yüksekliği ve değişik yüksekliklerdeki alan dağılımları hakkında daha iyi bir değerlendirme, havzanın alan-yükseklik dağılımını gösteren hipsometrik eğri yardımıyla yapılabilmektedir (Özhan, 2004).

Hipsometrik integral (Hi), hipsometrik eğri altında kalan toplam alandır ve çalışılan drenaj havzası için hipsometrik eğriyi karakterize etmenin en basit yoludur (Strahler, 1952; Sarangi ve diğ., 2001; Singh ve diğ., 2008). Hipsometrik integral değerinin 0,3 ve daha düşük olması havzanın yaşlılık evresinde olduğu, havzanın stabilite kazandığı ve daha fazla erozyon olayının meydana gelmesinin beklenmediği; değer 0,3-0,6 arasında olması havzanın olgun evrede olduğu; değer 0,6'ya eşit veya daha büyük olması ise havzanın genç evrede olduğu ve erozyona yatkın olduğu anlamına gelmektedir (Strahler, 1964; Lattif ve Sherief, 2010) (Şekil 2.2).



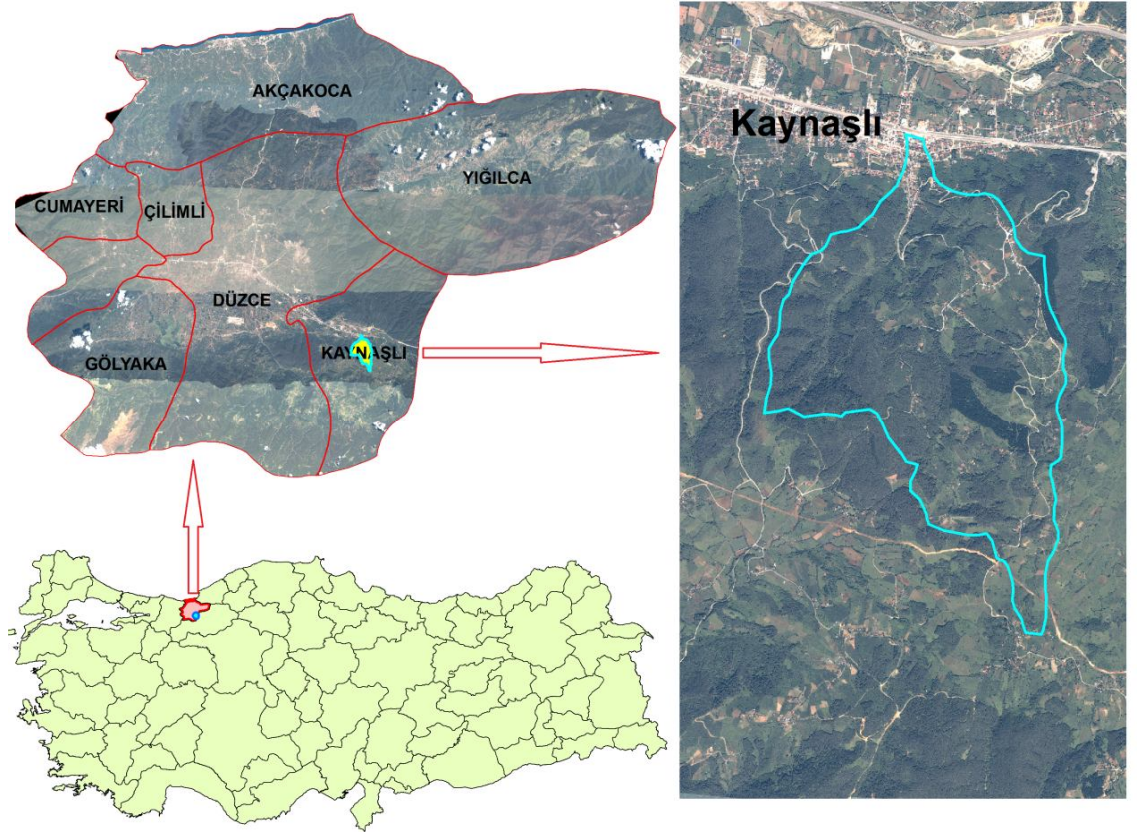
Şekil 2.2: Hipsometrik analiz bileşenleri şeması (Strahler, 1964).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERYAL

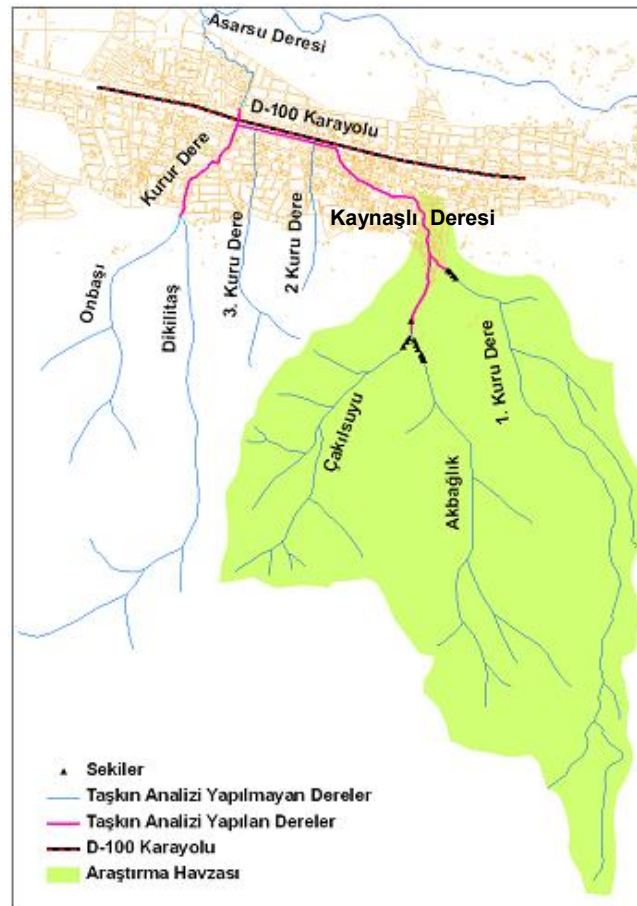
3.1.1. Konum

Kaynaşlı, Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nde Düzce İli'ne 16 km, Bolu İli'ne 28 km uzaklıkta, Bolu Dağı silsilesinin batı eteğinde D-100 karayolu üzerinde yer alan bir ilçedir. Araştırma sahası olan Kaynaşlı Havzası 40°44'12" – 40°46'20" kuzey enlemleri ile 31°18'24" - 31°20'12" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Araştırma sahasının yükseltisi kuzeyde 316 m'den güneyde 900 m'ye kadar ulaşmakta olup çevresi 11,65 km, alanı ise 5,44 km²'dir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Kaynaşlı havzasının konumu

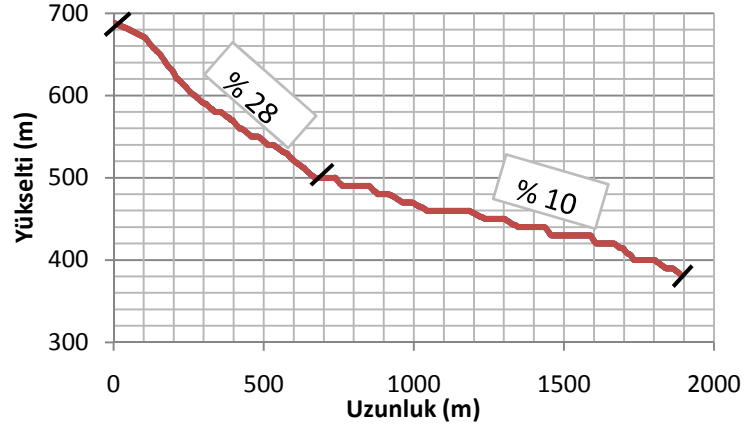
Araştırma havzası, şehrin içinden geçerek D-100 karayolunun altından Asarsu deresine dökülen Kaynaşlı deresinin su toplama alanından oluşmaktadır. Bu su toplama alanında Kaynaşlı deresinin, Akbağlık, Çakılsuyu ve 1. kuru dereden oluşan üç adet kolu bulunmaktadır. Akbağlık deresi üzerinde 7, Çakılsuyu Deresi üzerinde 3 ve 1. kuru dere üzerinde 7 adet ıslah sekisi bulunmaktadır ve sekilerin bittiği yerden itibaren dereler beton kanala alınmıştır. Doğal yatağı değiştirilen Kaynaşlı deresi D-100 karayolu üzerinde Kurur dere ile birleşmektedir. Onbaşı ve Dikilitaş adında iki kolu bulunan Kurur dere, D-100 karayoluna 145 m uzaklıktaki mesafeden itibaren beton kanala alınmıştır. Araştırma havzası ve derelerin konumu Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



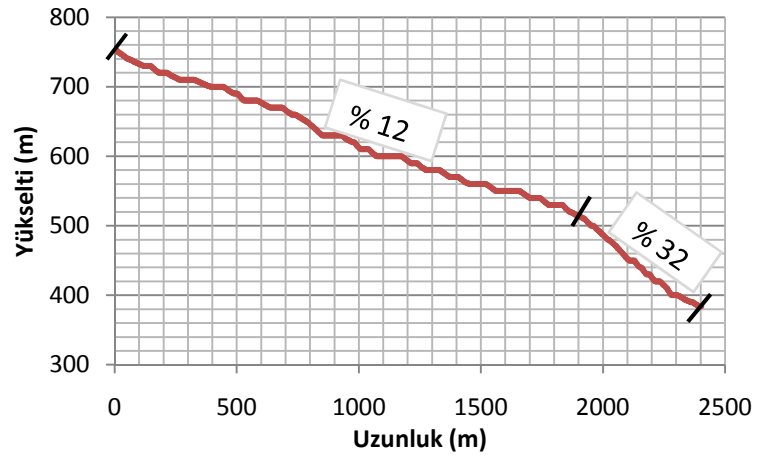
Şekil 3.2: Kaynaşlı derelerinin konumu

Kaynaşlı deresinin Akbağlık, Çakılsuyu ve 1. kuru dere kollarının boyuna profilleri incelendiğinde Akbağlık deresinin 400-520 m yükseltileri arasında, Çakılsuyu deresinin 500-688 m yükseltileri arasında, 1. kuru derenin ise 340-500 m yükseltileri arasında

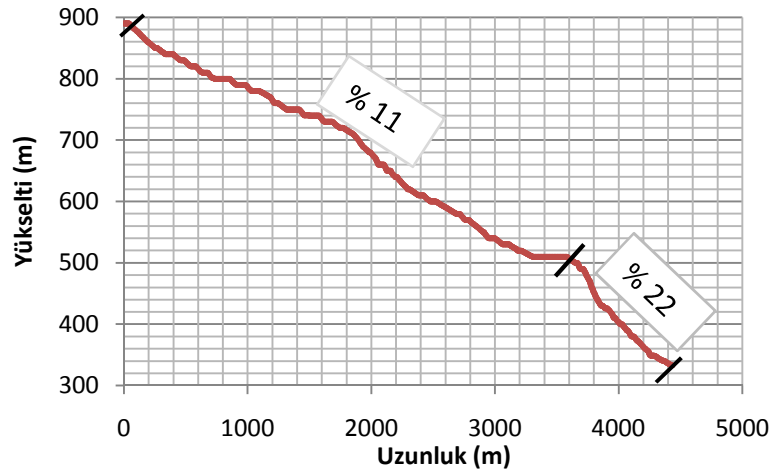
eğimin çok yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 3.3, 3.4, 3.5). İslah sekileri Çakılsuyu kolu dışında bu dere kollarının yüksek eğimli kısımlarında inşa edilmiştir.



Şekil 3.3: Çakılsuyu deresi boyuna profili (ölçeksiz)



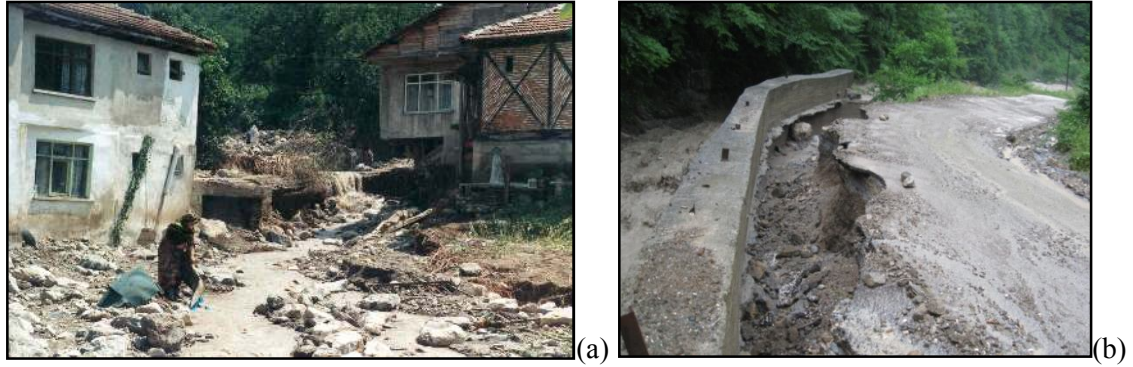
Şekil 3.4: Akbağlık deresi boyuna profili (ölçeksiz)



Şekil 3.5: 1. kuru dere boyuna profili (ölçeksiz)

3.1.3. Sel Tarihçesi

Kaynaşlı’da 12 ve 25 Temmuz 1995’te, 14 Ağustos 1997’de, 19-21 Mayıs 1998’de ve 15-16 Temmuz 2009’da seller meydana gelmiştir. Seller sonucunda birçok ev ve iş yerleri ile yollar zarar görmüş, dere yatakları sedimentle dolmuştur (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: 1995 selinden görüntü (a:R.KARAGÜL) , 2009 selinden görüntü (b: Kaynaşlı Belediyesi).

12 Temmuz 1995’te meydana gelen selde 15.000 m³, 25 Temmuz 1995’te meydana gelen selde 10.000 m³ toprak dere yatağından boşaltılmıştır (Özbal, 1997). Bu tarihlerdeki sellerde büyük hasarların oluşmasındaki en önemli neden yukarı havzadan gelen materyalin dere yatağını doldurmasıdır (Karagül, 1998a, b). 2009 yılında meydana gelen selde de köprü ve menfezler materyalle tıkanmış ve bu nedenle sular dere yatağından taşarak yollarda, sokaklarda ve evlerde hasarlar meydana getirmiştir.

3.1.4. İklim

Araştırma sahasının iklimi Karadeniz ikliminin Batı Karadeniz alt tipidir. Bu iklim tipinin karakteristikleri; Doğu Karadeniz’e göre nispeten daha az yağışa, gerek kışın gerekse yazın daha düşük sıcaklıklara sahip olmasıdır (Karagül, 1998a, b). Araştırma alanında meteoroloji istasyonu bulunmayıp en yakın meteoroloji istasyonu Düzce İli’ndedir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nün işlettiği Düzce Meteoroloji İstasyonu’na (DMI) ait bazı meteorolojik elemanlar Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1: Düzce meteoroloji istasyonunda ölçülen bazı meteorolojik elemanlar (DMİ, 2010)

Yükseklik : 146 m													Enlem : 31.1
Rasat Süresi : 1975-2008													Boylam : 40.5
	AYLAR												
METEOROLOJİK ELEMANLAR	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YILLIK
Ortalama Sıcaklık (°C)	3.8	4.7	7.5	12.2	16.3	20.2	22.3	22.0	18.4	14.1	9.1	5.5	13.01
Ortalama Yüksek Sıcaklık (°C)	8.0	9.7	13.3	18.6	22.8	26.6	28.5	28.5	25.4	20.4	14.8	9.8	18.87
Ortalama Düşük Sıcaklık (°C)	0.4	0.8	3.1	7.1	10.9	14.3	16.6	16.7	13.0	9.5	4.8	2.1	8.28
En Yüksek Sıcaklık (°C)	23.4	25.6	32.2	34.7	37.5	39	42.4	40.3	38.3	38.2	28.8	26.2	42.4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-15	-17.3	-13.6	-3	0.4	6.6	8.8	7.6	4.5	-1	-6.8	-16.5	-17.3
Ortalama Bağıl Nem (%)	80.5	75.9	72.9	71.2	71.7	69.8	71.7	73.5	74.8	78	78.3	80.1	74.87
En Düşük Bağıl Nem (%)	18	16	9	8	14	12	16	15	20	6	14	12	6
Ortalama Bulutluluk	7	6.8	6.3	5.8	4.9	3.8	3.4	3.6	4.1	5.7	6.2	7	5.38
Ortalama Toplam Yağış Miktarı (mm)	86.5	69.2	69.5	58.4	58.9	55.5	46.9	52.7	47.2	83.3	88.4	100.2	816.7
En Yüksek Yağış Miktarı (mm)	60	39.2	39	30.4	55.2	55.3	97	110.3	57.8	60.4	56.1	58.9	110.3
Yağış >= 0.1 mm Olduğu Günler Sayısı Ort.	15.1	13.7	13.5	12.5	11.3	9.4	6.7	6.7	8.1	11.3	12.9	15.6	136.8
Ortalama Kar Yağışlı Günler Sayısı	5.5	6.2	3.2	0.2	-	-	-	-	-	0.1	1.4	3.7	20.3
Ortalama Buharlaşma (mm)	-	-	-	76.4	114.8	145.8	165.4	146.5	96.9	52.6	7.3	0.3	-
Günlük En Çok Buharlaşma (mm)	-	-	-	9	11	19.2	13.1	11.2	9	8.4	6.5	1.6	19.2

Yapılan araştırmalardan; yağış miktarının, denizden yükseldikçe arttığı bilinmektedir. Nitekim yağış ile yükselti arasındaki ilişkiyi vermek üzere çeşitli formüller geliştirilmiştir. Bunlardan Schreiber formülünün yurdumuzda oldukça iyi sonuçlar verdiğı ifade edilmektedir. Bu formülde, yağışın her 100 m'lik yükselişe karşılık 54 mm'lik bir artış gösterdiği esas alınmaktadır (Çepel, 1978; Özyuvacı, 1999). Yağışın aksine denizden yükseklik arttıkça sıcaklık derecesi düşer. Bu düşüş miktarının her 100 m yükseklik için yaklaşık olarak 0.5 °C olduğı kabul edilmektedir (Çepel, 1978). Düzce meteoroloji istasyonu iklim verilerinden yağış ve sıcaklık ortalamaları Schreiber yöntemine göre enterpole edilerek araştırma alanının tahmini iklimi hakkında bilgi edinmek mümkün olmuştur. Enterpolasyon işleminde;

$$Y_h = Y_o \pm 54h \quad (3.1)$$

formülünden yararlanılmıştır (Çepel, 1978; Özyuvacı, 1999). Formülde;

Y_h : Denizden ortalama yüksekliğı bilinen ve üzerinde meteoroloji istasyonu bulunmayan yörenin hesaplanacak olan yıllık yağış miktarı (mm).

Y_o : Denizden yüksekliğı belli olan istasyonunun ölçtüğü yıllık yağış miktarı (mm).

h : Meteoroloji istasyonunun denizden yüksekliğı ile yağış miktarı bulunacak bölgenin ortalama yüksekliğı arasındaki fark (hektometre olarak)'tır.

Böylece bir bölge için toplam yıllık yağış bulununca, bunun aylara dağılışı, artış oranına paralel olarak hesaplanır (Çepel, 1978). Enterpole edilmiş sıcaklık ve yağış değerleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

İklim tipini belirlemek amacıyla günümüzde bazı formül ve yöntemler geliştirilmiştir. Bu konuda kullanılan formül ve yöntemlerin esası genellikle yağış ve sıcaklık gibi meteorolojik elemanlar arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Ancak Thornthwaite yöntemi bu iki elemanın yanı sıra toprağın su depolama kapasitesini de üçüncü bir öğe olarak değerlendirmektedir. Dolayısıyla bu yöntem daha ayrıntılı ve doğru sonuçlar vermektedir. Bu nedenle enterpole edilen değerler kullanılarak çalışma alanının iklimi Thornthwaite yöntemine göre değerlendirilmiştir. Buna göre bölgenin iklimi, nemli, orta sıcaklıkta (mezotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan, okyanus iklimine yakın iklim (B3B'rb'4) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.3 ve şekil 3.7).

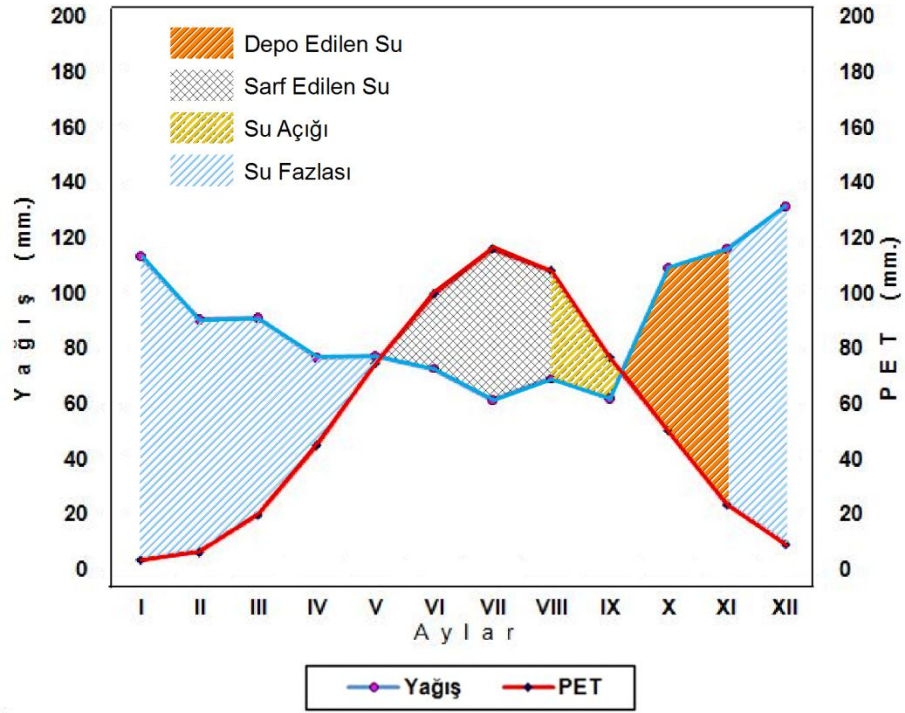
Çizelge 3.2: Düzce meteoroloji istasyonu verilerine göre enterpole edilmiş ortalama sıcaklık (°C) ve yağış (mm) değerleri

ENTERPOLE EDİLEN	AYLAR												YILLIK
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ortalama Sıcaklık (°C)	1.4	2.3	5.1	9.8	13.9	17.8	19.9	19.6	16	11.7	6.7	3.1	10.6
Ortalama Yağış (mm)	113.6	90.9	91.3	76.7	77.4	72.9	61.6	69.2	62	109.4	116.1	131.6	1072.7

(* 620 m. ortalama yükseltiye göre)

Çizelge 3.3: Thornthwaite yöntemine göre enterpole edilen değerler baz alınarak hazırlanan su bilançosu

Bilanço Elemanları	AYLAR												YILLIK
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık	1.4	2.3	5.1	9.8	13.9	17.8	19.9	19.6	16	11.7	6.7	3.1	10.6
Sıcaklık indisi	0.1	0.3	1	2.8	4.7	6.8	8.1	7.9	5.8	3.6	1.6	0.5	43.3
Düzeltilmemiş PE	4.2	7.6	19.4	41.9	63.3	84.7	96.6	94.9	74.7	51.7	26.8	10.8	8.28
Düzeltilmiş PE	3.8	6.6	20	45.3	74.8	100	116.2	108.4	77	50.6	23.7	9.5	635.8
Yağış (mm)	113.6	90.9	91.3	76.7	77.4	72.9	61.6	69.2	62	109.4	116.1	131.6	1072.7
Depo edilen suyun aylık değişimi (mm)	-	-	-	-	-	-27.1	-54.6	-18.3	-	58.8	41.2	-	74.87
Depo edilen su	100	100	100	100	100	72.9	18.3	-	-	58.8	100	100	100
Gerçek Evapotranspirasyon	3.8	6.6	20	45.3	74.8	100	116.2	87.5	62	50.6	23.7	9.5	599.9
So noksanı	-	-	-	-	-	-	-	20.9	15	-	-	-	35.9
Su fazlası	109.8	84.3	71.3	31.4	2.6	-	-	-	-	-	51.2	122.1	472.8
Yüzeysel akış	92	88.1	79.7	55.6	29.1	14.5	7.3	3.6	1.8	0.9	26	74.1	472.8
Nemlilik oranı	29	12.8	3.6	0.7	0	-0.3	-0.5	-0.4	-0.2	1.2	3.9	12.9	



Şekil 3.7: Araştırma alanının Thornthwaite yöntemine göre su bilançosu grafiği

3.1.5. Bitki Örtüsü

Araştırma alanı bitki coğrafyası açısından incelendiğinde Türkiye'deki üç büyük bitki topluluğu (flora) bölgesinden, Avrupa-Sibiry (Euro-Siberian) bitki (flora) alanının Öksin (Euxine) bölgesinde yer almaktadır (Anşin, 1983).

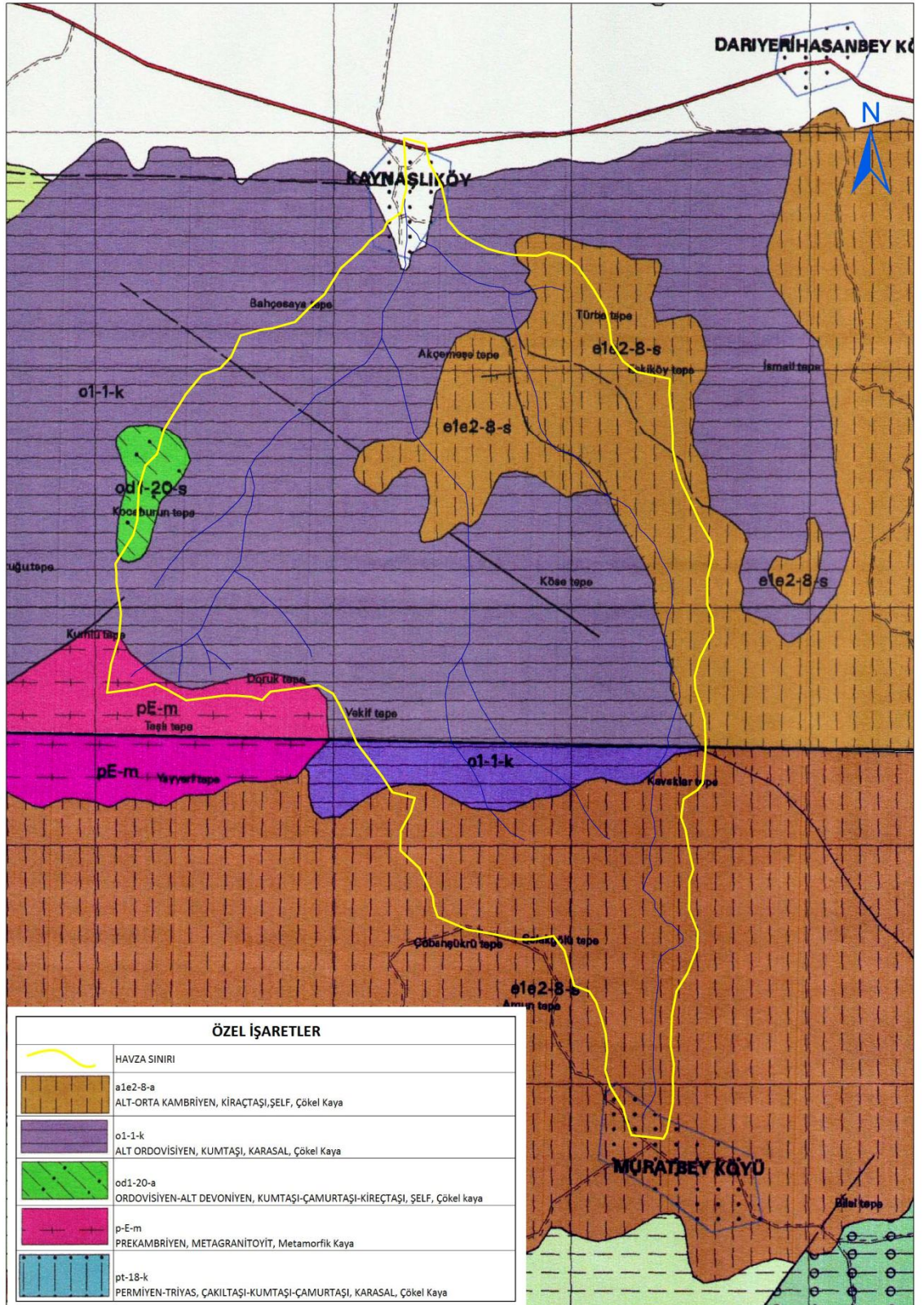
Araştırma alanının ve civarının hakim ağaç türü Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) olup, kayınla birlikte meşe ve gürgen de karışımında yer almaktadır (Aydemir, 1973; Karagül, 1998a). Köse tepe civarında da karaçam plantasyon alanları bulunmaktadır. Ayrıca ormandan açılan alanlarda fındık ve diğer tarım ürünleri de yetiştirilmektedir.

Orman vejetasyonunda, sapsız meşe (*Quercus petraea* ssp. *iberica* Steven ex M.Bieb.), saplı meşe (*Quercus robur* ssp. *robur* L.), ispir meşesi (*Quercus macranthera* Fisch. Et Mey. ssp. *sympirensis* (C. Koch) Menitsky), karadeniz meşesi (*Quercus hartwissiana* Stew.), adi gürgen (*Carpinus betulus* L.), anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.), gümüş ihlamur (*Tilia tomentosa* Moench.), gürgen yapraklı kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.), titre kava (*Populus tremula* L.), keçi söğüdü (*Salix caprea* L.), dağ karaağacı (*Ulmus glabra* Huds.), adi dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) ve çınar

yapraklı akçaağaç (*Acer platanoides* L.) gibi yapraklı ağaçlar bulunmaktadır. Ayrıca, mor çiçekli orman gülü (*Rhododendron ponticum* L.), böğürtlen (*Rubus fruticosus*), süpürge çalısı (*Calluna vulgaris* (L.) Hull.), kızılçık (*Cornus sanguinea* L.), karayemiş (*Laurocerasus officinalis* Roem.), muşmula (*Mespilus germanica* L.), ayı üzümü (*Vaccinium arctostaphylos* L.) gibi ağaççık ve çalılar ile çan çiçeği (*Campanula* sp.), eğrelti otu (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn.), kara mürver (*Sambucus nigra* L.), kantaron (*Hypericum* sp.), çuha çiçeği (*Primula vulgaris*), sığırkuyruğu (*Verbascum* sp.), korunga (*Coronilla* sp.), fiğ (*Vicia* sp.) gibi otsu türler bulunmaktadır. Tarım bitkileri olarak ise fındık, mısır ve bahçe bitkileri asli tarım ürünlerini oluşturmaktadır (Karagöl, 1998a).

3.1.6. Jeolojik Yapı

Araştırma sahasının jeolojik yapısını Alt-Ordovisiyen yaşlı karasal kumtaşı ve çökel kaya ile Alt-Orta Kambriyen yaşlı, şelf türü kireçtaşı ve çökel kaya grupları oluşturmaktadır (MTA, 2002) (Şekil 3.8). İnce mika ve kil ara katkısı ile oluşan ardalı sedimanter yapı bölgenin genel jeolojisini göstermektedir. Burada önemli olan unsur, birimin ardalı ve kil ara katkılı olmasıdır ki bu durum yağışın zemine sızmasını engellemektedir ve yoğun drenaj ağı oluşturarak yağışın hızlı bir şekilde akışa dönüşmesini sağlamaktadır (Şentürk, 1997).



Şekil 3.8: Araştırma alanının jeoloji haritası (MTA, 2002).

3.1.7. Sosyo- Ekonomik Yapı

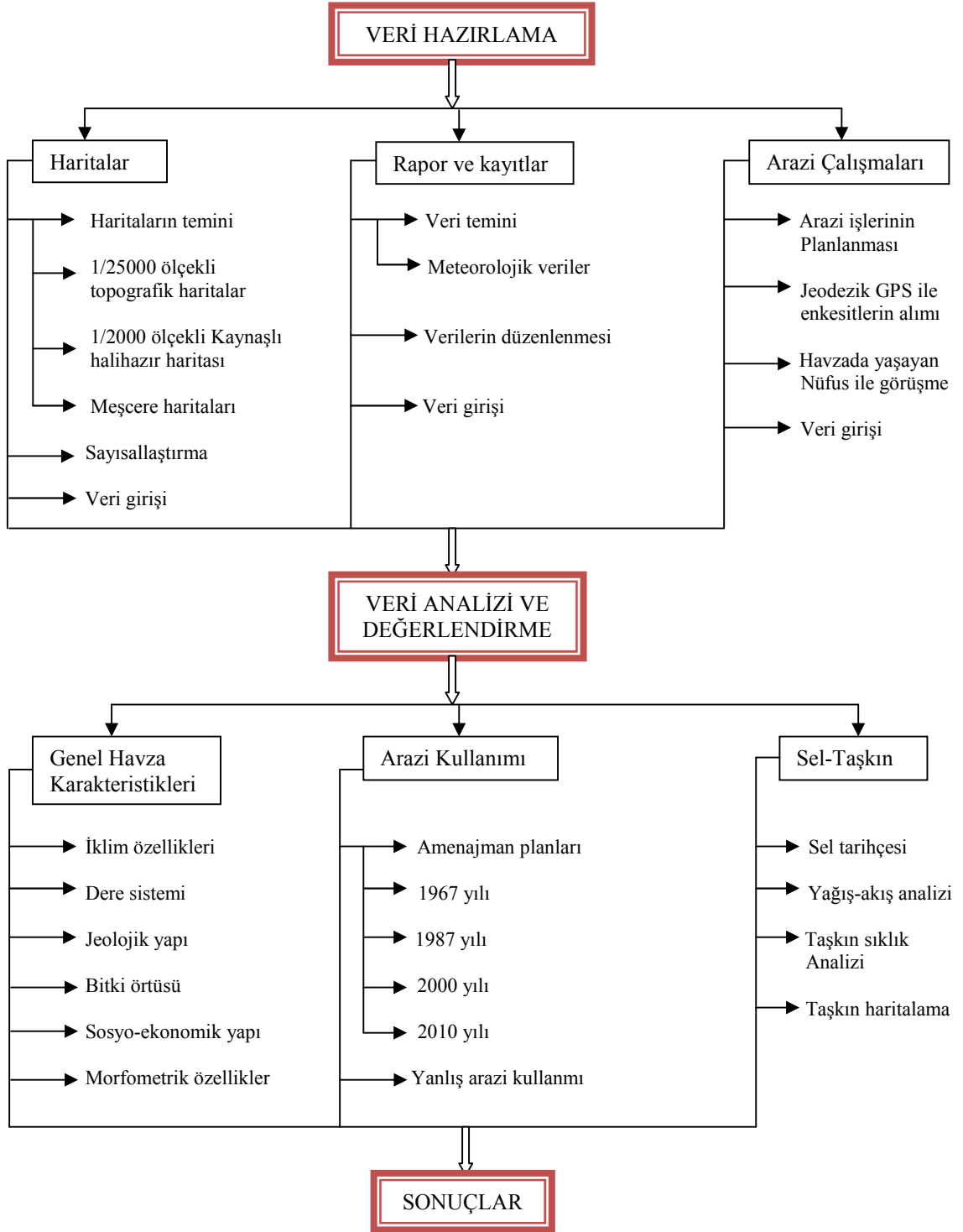
Kaynaşlı ilçesi nüfus dağılımı 2010 yılı Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre; ilçe merkezinde 9.396 kişi, köylerde 11.213 kişi olmak üzere toplam 20.609 kişidir.

Araştırma sahası havzasında yaşayan halk, ağırlıklı olarak Karadeniz ve diğer bölgelerden göçle gelmişlerdir. Halk havza içerisinde kısmen dağınık ve mahalleler halinde yerleşmiştir. Halkın geçim kaynağı tarım ve hayvancıktır ve tarım ürünleri içerisinde fındık üretimi en önemli gelir kaynağıdır. Buna ek olarak endüstri tesisleri, D-100 karayolu üzerindeki dinlenme tesisleri ve diğer fabrikalar da yörenin ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır.

3.2. YÖNTEM

Çalışmada, sellerin oluşumuna neden olan iklim faktörlerinden yağış özellikleri ve fizyografik faktörlerden ise havza özellikleri ile arazi kullanımı incelenmiştir. Orman amenajman planları meşcere haritaları yardımıyla havzanın arazi kullanım durumundaki değişimler saptanmıştır. Bu amaçla 1967, 1987, 2000 ve 2010 tarihli orman amenajman planları meşcere haritaları CBS ortamında sayısallaştırılarak incelenmiş ve orman örtüsündeki değişim araştırılmıştır. Havzanın sayısal arazi yetenek sınıfları haritası ile 2010 yılına ait meşcere haritası CBS ortamında karşılaştırılarak VII. sınıf araziler üzerindeki ziraat alanları belirlenmiş ve bu alanlar yanlış arazi kullanımına konu olan alanlar olarak değerlendirilmiştir. 1/25000 ölçekli topografik haritalar sayısallaştırılarak havzanın morfometrik özellikleri CBS ortamında incelenmiş ve havzaların sel üretme potansiyeli belirlenmiştir. Geçmişte meydana gelen seller hakkında yerel halk ve çeşitli kuruluşlardan bilgi alınmıştır. Ayrıca HEC-RAS hidrolik model yazılımı kullanılarak Kaynaşlı'nın içinden geçen derelerde farklı tekerrür sürelerinde oluşabilecek maksimum akımlar için taşkın haritaları çıkarılmıştır. Derelerin geometrik özelliklerini HEC-RAS'a aktarmak ve taşkın haritalarını çıkarmak için, ArcGIS uzantısı olan HEC-GeoRAS ara yüzü kullanılmıştır. Modelleme için gerekli olan maksimum akım verileri ise SCS-CN yağış-akış yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Bu yöntemle elde edilen yıllık maksimum akım değerleri LP III dağılımına tabi tutularak farklı tekerrür sürelerine ait akım değerleri için taşkın haritaları oluşturulmuştur.

Çalışmanın iş akışı Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.9: Çalışmanın iş akış şeması

3.2.1. Kullanılan Haritalar

Araştırma alanının havza morfometrik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 1/25000 ölçekli topografik haritalar kullanılmıştır. Arazi kullanımında meydana gelen zamansal ve mekansal değişikliklerin belirlenebilmesi için Düzce Orman İşletme Müdürlüğü, Darıyeri Orman İşletme Şefliği'nin 1967, 1987, 2000 ve 2010 yıllarında hazırlanan orman amenajman planlarına ait meşcere haritaları kullanılmıştır. Kaynaşlı Belediyesi'ne ait 1/2000 ölçekli sayısal halihazır haritasının eşyüksekti eğrileri katmanı kullanılarak sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. Bu haritanın kapsamadığı alanlarda ise 1/25000 ölçekli topografik haritalar kullanılarak yükseklik verileri tamamlanmıştır. Havzada yanlış arazi kullanımını belirlemek amacıyla Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nden (KHGM) alınan sayısal toprak haritalarının arazi kabiliyet sınıfları katmanı kullanılmıştır. Taşkın alanlarının gösterilmesi ve analiz yapılması için de IKONOS uydu görüntüsü kullanılmıştır.

3.2.2. Kullanılan Yazılımlar

Çalışmada ArcGIS 9.2 CBS yazılımı ve HEC-RAS yazılımı ile birlikte HEC-RAS yazılımına girdi oluşturacak verilerin CBS ortamında oluşturulmasını sağlayan ve sonuçların yine CBS ortamında grafik olarak görüntülenmesine imkan veren HEC-GeoRAS yazılımları kullanılmıştır.

3.2.2.1. ArcGIS 9.2

CBS'nin en önemli bileşenlerinden birini yazılımlar oluşturmaktadır. CBS yazılımları, verilerin yeryüzündeki konum bilgilerine göre depolanmasını, görüntülenmesini, analiz edilmesini ve haritalanmasını sağlayan bilgisayar programlarıdır. Günümüzde kullanımda olan pek çok CBS yazılımları bulunmaktadır ve bunlar sürekli olarak geliştirilmektedir. Bu çalışmada Environmental System Research Institute (ESRI) tarafında geliştirilen ve entegre bir CBS olan ArcGIS 9.2 kullanılmıştır. Bu yazılım sayesinde HEC-GeoRAS ile HEC-RAS modeli arasında bütünlük sağlanarak model girdileri işlenebilmekte ve model sonuçları yorumlanıp haritalandırılabilir.

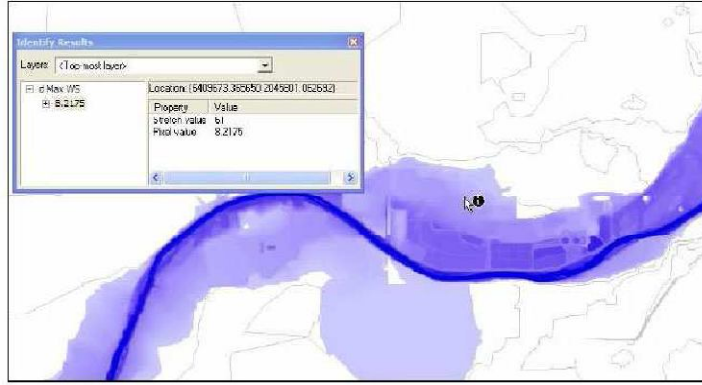
3.2.2.2. HEC-RAS

Bu yazılım United States Army Corps of Engineers (USACE) tarafından geliştirilmiş olup, akarsularda kesitten kesite hız ve alan hesaplarından yola çıkarak su yüksekliklerini hesaplamaktadır. Yazılım HEC-2 modelinin birkaç bileşen eklenerek geliştirilmiş halidir. Sürekli akımların su yüzü profilinin hesaplandığı, süreksiz akımların modellendiği, sediment taşınımının hesaplandığı ve su niteliklerinin analizinin sağlandığı hidrolik yazılımdır (USACE, 2010a). CBS'nin kullanımıyla akarsu sistemlerine ait hidrolik modellemeler kolaylaştırılmıştır. Böylece CBS ve hidrolik yazılımlarla yapılan taşkın modellemeleriyle, olası taşkınlara ait su yüzeylerinin dağılışı alanları, bunlara ait hacim ve derinlik hesaplamaları yapılabilmektedir (Özdemir, 2007b). Buna ek olarak HEC-RAS aşağıda belirtilen bazı hidrolik konuları da modelleme yeteneğine sahiptir (Dyhouse ve diğ., 2003'e atfen Aydın, 2008):

- Kritik altı ve kritik üstü akış hesaplaması,
- Akış rejiminin belirlenmesi,
- Buz hidroliği,
- Kanal modifikasyon analizi,
- Kıyı modellemesi,
- Mevcut köprü ve menfezlerin modellenmesi,
- Köprülerde oyulma analizi,
- Sel ve taşkın analizi,
- Savak analizi,
- Çok bölümlü köprü ve menfez oluşturma,
- CBS uyuşumu.

3.2.2.3. HEC-GeoRAS

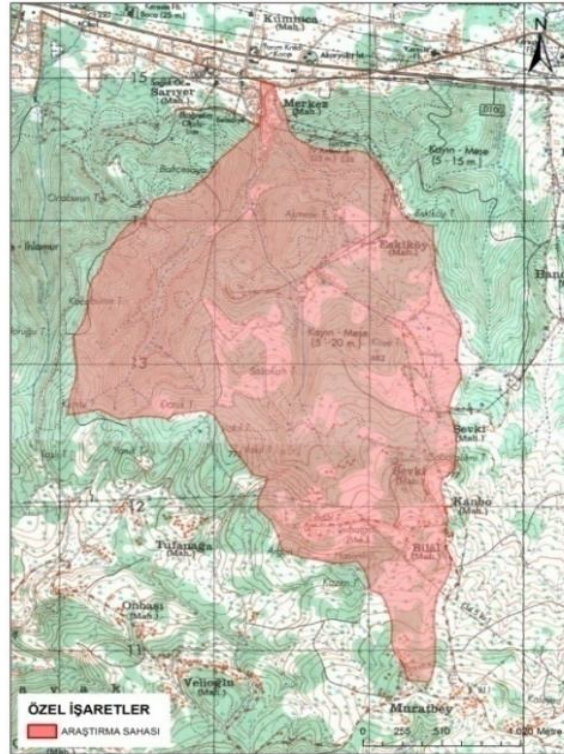
HEC-GeoRAS, ArcGIS yazılımı içerisine kurulan bir uzantı (modül) olup konumsal verilerin işlenmesi için üretilmiştir. Bu uzantıyla, oluşturulan SAM üzerinden, akarsu yataklarına ait geometrik veriler (dere kanalı, enkesitler, dere kıyıları, sanat yapıları vb.) ile diğer tamamlayıcı bilgiler (pürüzlülük katsayısı vb.) çıkartılarak HEC-RAS yazılımının okuyabileceği (import) formata çevrilebilmektedir. HEC-RAS ile analiz bittikten sonra su yüzü profili verisi vb. veriler tekrar CBS formatına çevrilebilmektedir. CBS formatına çevrilen bu verilerden amaç doğrultusunda haritalar (taşkın haritası, taşkın derinliği haritası) yapılabilmektedir (USACE, 2005) (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: Örnek taşkın derinliği haritası (USACE, 2005).

3.2.3. Haritaların Sayısallaştırılması

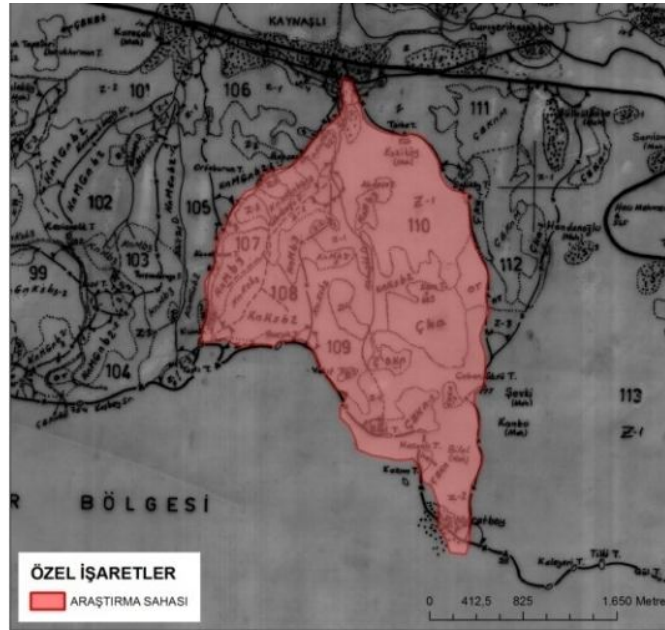
CBS’de tüm veriler Universal Transverse Mercator (UTM) Projeksiyonu European Datum 1950 (ED-50) ZONE-36’ya göre koordinatlandırılmıştır. Taranmış 1/25000 ölçekli topografik paftanın üzerinde bulunan gridlerin kesişim noktaları baz alınmak suretiyle köşe noktalarından koordinatları tanımlanarak sayısallaştırılmaya başlanmıştır. Pafta üzerinde araştırma havzasının sınırları ve eşyüksekti eğrileri çizilerek sayısallaştırılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: Sayısallaştırılmış topografik harita ve havza alanı

3.2.4. Arazi Kullanımının Belirlenmesi

Araştırma havzasında farklı dönemlere ait arazi kullanımının belirlenmesi amacıyla Düzce Orman İşletme Müdürlüğü Darıyeri Orman İşletme Şefliği'nde 1967, 1987, 2000 ve 2010 yıllarında hazırlanan orman amenajman planlarının meşcere haritaları taranmış, 1/25000 ölçekli topografik haritalar baz alınarak koordinatlandırılmış ve sayısallaştırılmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12: Araştırma alanına ait orman amenajman planına göre 1987 yılı arazi kullanımı

Yanlış arazi kullanımının belirlenmesi amacıyla KHGM'den alınan sayısal toprak haritalarının arazi kabiliyet sınıfları katmanı ile 2010 yılına ait meşcere haritası karşılaştırılarak VII. sınıf araziler üzerindeki ziraat alanları belirlenmiş ve bu alanlar yanlış arazi kullanımına konu olan alanlar olarak değerlendirilmiştir.

3.2.5. Havza Morfometrisi

Havza morfometrisi ile ilgili araştırmalar havzanın taşkın analizi amaçları için bazı yorumların yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Morfometrik zelliklerin analizi sonucu elde edilecek kantitatif verilerle, havzanın oluşum ve gelişmesinde rol oynayan etmenlerin daha iyi yorumlanabilmesi, sel ve taşkınlarn oluşmasındaki etki derecelerinin anlaşılabilmesi hedeflenmiştir. Araştırma havzasının morfometrik değişkenleri literatür

ışığında hesaplanmıştır (Dowling ve diğ., 1998; Macka, 2001, Rodriguez-Iturbe ve Rinaldo, 2001; Özhan, 2004; Sarangi ve diğ., 2003; Reddy ve diğ., 2004; Mesa, 2006; Singh ve diğ., 2008).

3.2.5.1. Havza Morfometrik Özellikleri

Havza Alanı (A)

Sırtlardan geçen su ayırım çizgileri çizilerek havza sınırı belirlenmiştir. 1/25000 ölçekli topografik haritalar ArcGIS9.2 programı yardımıyla sayısallaştırıldıktan sonra havza sınırı içerisindeki alan hesaplanmıştır.

Havza Çevresi (P)

Çizilen havza sınırı ArcGIS9.2 programı yardımıyla ölçülmüştür.

Havza Uzunluğu (Lb)

Havza uzunluğu, memba ve mansap arasındaki en uzak iki noktayı birleştiren doğru çizgisinin uzunluğu olarak ifade edilmektedir.

Toplam Dere Sayısı (ΣNu)

Havzadaki toplam dere sayısıdır. CBS ortamında toplam dere sayısının veya başka bir deyişle drenaj ağının belirlenmesi klasik yöntemle dere sayısının belirlenmesine nazaran daha kısa sürede gerçekleşmektedir. Havza drenaj ağının bilgisayar ortamında oluşturulmasında ArcGIS9.2 programından yararlanılmıştır. Bu amaçla 1/25000 ölçekli topografik haritalar sayısallaştırılarak SAM elde edilmiş ve dereler belirlenmiştir.

Toplam Dere Uzunluğu (ΣL)

Havzadaki toplam derelerin uzunluğudur.

Çatallanma Oranı (Rb)

Havzadaki herhangi bir dizindeki dere sayısının (Nu) kendisinden bir üst dizindeki dere sayısına (Nu+1) oranıyla elde edilmektedir.

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad (3.2)$$

Drenaj Yoğunluğu (Dd)

Havzadaki dizinleri oluşturan derelerin toplam uzunluğunun (ΣL) havzanın alanına (A) bölünmesiyle elde edilmektedir.

$$D_d = \frac{\Sigma L}{A} \quad (3.3)$$

Dere Sıklığı (Fu)

Dizinlerdeki toplam dere sayısının (ΣN_u) havza alanına (A) bölünmesiyle elde edilmektedir.

$$F_u = \frac{\Sigma N_u}{A} \quad (3.4)$$

Tekstür Oranı (T)

Havzada 1. dizindeki dere sayısının (N_{D1}) havza çevresine (P) oranı ile elde edilmektedir.

$$T = \frac{N_{D1}}{P} \quad (3.5)$$

Havza Reliyefi (Bh)

Havzanın en yüksek noktası (H_{max}) ile en alçak noktası (H_{min}) arasındaki farktır.

$$B_h = H_{max} - H_{min} \quad (3.6)$$

Form Faktörü (Ff)

Havza alanının (A) havza uzunluğunun (L_b) karesine oranı olarak tanımlanmaktadır.

$$F_f = \frac{A}{L_b^2} \quad (3.7)$$

Ortalama Eğim (S)

Havzanın ortalama eğimi, havzadaki eşyüksekti eğrilerinin uzunluğunun (M), birbirini takip eden iki eş yükselti eğrisi arasındaki kot farkı (N) ile çarpımının, havza alanına (A) bölünmesiyle elde edilmektedir.

$$S = \frac{M \times N}{A} \quad (3.8)$$

Dairesellik Oranı (Rc)

Havza Alanının (A), çevresi havzanın çevresine eşit olan bir dairenin alanına ($\frac{P^2}{4\pi}$) oranı ile elde edilmektedir.

$$R_c = \frac{4\pi A}{P^2} \quad (3.9)$$

Uzama Oranı (Re)

Havza alanına eşit olan bir dairenin çapının ($2\sqrt{A/\pi}$) havza uzunluğuna (L_b) oranı ile elde edilmektedir.

$$R_e = \frac{2\sqrt{A/\pi}}{L_b} \quad (3.10)$$

Hipsometrik Eğri (Hc)

Havzanın yükselti gruplarına ayrılmasıyla (ör: grup aralığı 100 m) o yükselti grubunun (h) üst değerinin maksimum yükseltiye (H) oranının ordinat eksenine, söz konusu yükselti grubunun üzerinde yüksekliğe sahip olan alanın (a) toplam alanına oranının apsis eksenine çizilmesiyle elde edilen eğridir (A).

Hipsometrik İntegral (Hi)

Havza ortalama yüksekliğinin (H_{ort}) havza minimum yüksekliğinden (H_{min}) farkının havza rölyefine (B_h) oranıdır.

$$H_i = \frac{H_{ort} - H_{min}}{B_h} \quad (3.11)$$

3.2.6. Yağış-Akış Oranının Belirlenmesi

Günümüzde yüzeysel akış ve kaynaklarla beslenen akarsulara ait akım verileri akım gözlem istasyonlarından elde edilebilmektedir. Fakat bu veriler, gözlem istasyonlarına sahip olmayan havzalardaki akarsular için temin edilememektedir. Bu amaçla UA ve CBS teknolojileriyle yağış-akış çalışmaları gün geçtikçe artış göstermektedir (Özdemir, 2007a). Yağış-akış oranını belirlemeye yarayan birçok yöntem vardır. Bu çalışmada

ABD Tarım Bakanlığı Toprak Koruma Servisi Eğri Numarası (USDA Soil Conservation Service-Curve Number, SCS-CN) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin seçilmesinin nedeni pek çok ülkede kullanılmış olmasıdır (Kuntner, 2002; Das ve Paul, 2006; Okonski, 2007; Özdemir, 2007a; Aydın, 2008; Ludlow, 2009).

3.2.6.1. SCS-CN Yöntemi

SCS-CN metodu, arazi kullanma şekli ve toprak tiplerine göre şiddetli yağıştan akışı belirlemeye yararmaktadır (SCS, 1985; Aydın, 2008). Yöntem yağış sonrası sızmayla kayba uğrayan suların fazlasının hesaplanması olarak adlandırılır ve küçük havzalarda ortaya çıkan su hacimlerinin tahmininde kullanılmaktadır (Özdemir, 2007a).

Akışın belirlenmesinde CN yönteminin uygulanabilmesi için;

- Arazi kullanım şekli,
- Hidrolojik toprak grupları (HTG),
- Günlük yağış verileri (mm),
- Yağış öncesi nem durumu (ÖND)(Antecedent Moisture Conditions)

değerlerinin bilinmesi gerekmektedir (Beven, 2001; Das ve Paul, 2006, Özdemir, 2007a; Aydın, 2008).

Arazi kullanım şekli 2010 yılına ait meşcere haritasının sayısallaştırılmasıyla belirlenmiştir.

HTG, KHGM'nden alınan 1/25000 ölçekli sayısal toprak haritasından üretilmiştir. Modelde HTG, A, B, C ve D olmak üzere dört grupta değerlendirilmiştir (SCS, 1964; SCS, 1986) (Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5).

Çizelge 3.4: Hidrolojik toprak grupları (SCS, 1964; SCS, 1986)

Hidrolojik Toprak Grubu	Hidrofiziksel Toprak Karakteristikleri
A	Düşük akım potansiyeli, infiltrasyon hızı yüksek, derin, kum-çakıl içeriği fazla ve geçirgenliği çok hızlı
B	İnfiltrasyon hızı orta, kısmen derin ve kısmen kaba tekstürlü, geçirgenliği hızlı
C	İnfiltrasyon hızı yavaş, orta tekstürlü ve geçirgenliği yavaş
D	Yüksek akım potansiyeli, infiltrasyon hızı çok düşük, killi veya sığ topraklar olup geçirgenliği çok yavaş

Çizelge 3.5: Hidrolojik toprak grupları değerlendirme kriterleri

BTG	Toprak Özellikleri Kombinasyonu					
	Eğim (%)	Derinlik (cm)				
		Derin 90+	Orta derin 90-50	Sığ 50-20	Çok sığ 20-0	Litozolik
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	<i>B 2-6</i>	5	6	7	8	26
	<i>C 6-12</i>	9	10	11	12	27
	<i>D 12-20</i>	13	14	15	16	28
	<i>E 20-30</i>	17	18	19	20	29
	<i>F 30+</i>	21	22	23	24	30
Yerleşim						
Erozyon						

Günlük yağış miktarı DMİ'nun 1975-2010 yılları arasındaki ölçümlerinden elde edilmiştir. Yağış-akış analizinde, DMİ'nun yağış değerleri aynen kullanılmamış olup, Schreiber formülüne göre yağış tahminleri yapılarak kullanılmıştır.

ÖND, hesaplanılan günden 5 gün öncesine kadar yağışın yığılmalı olarak toplanması ile belirlenmekte olup 3 sınıfa ayrılmaktadır (Hjelmfelt, 1982; Kızılkaya, 1988'e atfen Aydın, 2008) (Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7).

Çizelge 3.6: Nisan-Ekim ayları arası yağış öncesi nem durumu sınıfları

ÖND Sınıfları	ÖND (mm)	İçerik
I	<35	Kuru toprak koşulları
II	35-52,5	Geçiş-orta koşullar
III	>52,5	Doymuş toprak koşulları

ÖND: Önceki nem durumu

Çizelge 3.7: Kasım-Mart ayları arası yağış öncesi nem durumu sınıfları

ÖND Sınıfları	ÖND (mm)	İçerik
I	<12	Kuru toprak koşulları
II	12-28	Geçiş-orta koşullar
III	>28	Doymuş toprak koşulları

CN Yöntemi Eşitlikleri

SCS-CN metodu, havzanın özelliklerine bağlı olarak geliştirilmiş eğri numarası (CN) değerleri ve 5 gün önceki yağış verilerinden direkt olarak akışa geçen yüzeysel suların hesaplanmasında kullanılmaktadır (Jain ve diğ., 2006). Havza katsayısı CN ile isimlendirilir ve bu veri yağış, arazi örtüsü ve toprak özelliğine bağlı olarak meydana gelebilecek potansiyel akımı gösterir. SCS akış modeli için kullanılan formül (SCS, 1972, 1985; Johnson 1998; Mishra ve Singh 1999):

$$Q = \frac{(P-la)^2}{\{(P-la)+S\}} \quad (3.12)$$

Formülde;

Q : akım (mm)

P : yağış (mm)

S : depolama kapasitesi (mm)

la : başlangıç tutma miktarı (initial abstractions) (mm)

Arazi çalışmaları sonucunda la ve S parametreleri arasında bir bağıntı kurularak formül aşağıdaki şekilde sadeleştirilmiştir. $P \geq 0,2S$ olması durumunda $la = 0,2S$ olarak alınmaktadır (SCS, 1964). Bu durumda yeni formül;

$$Q = \frac{(P-0,2S)^2}{(P+0,8S)} \quad P \geq 0,2S \quad (3.13)$$

$$Q = 0 \quad P < 0,2S \quad (3.14)$$

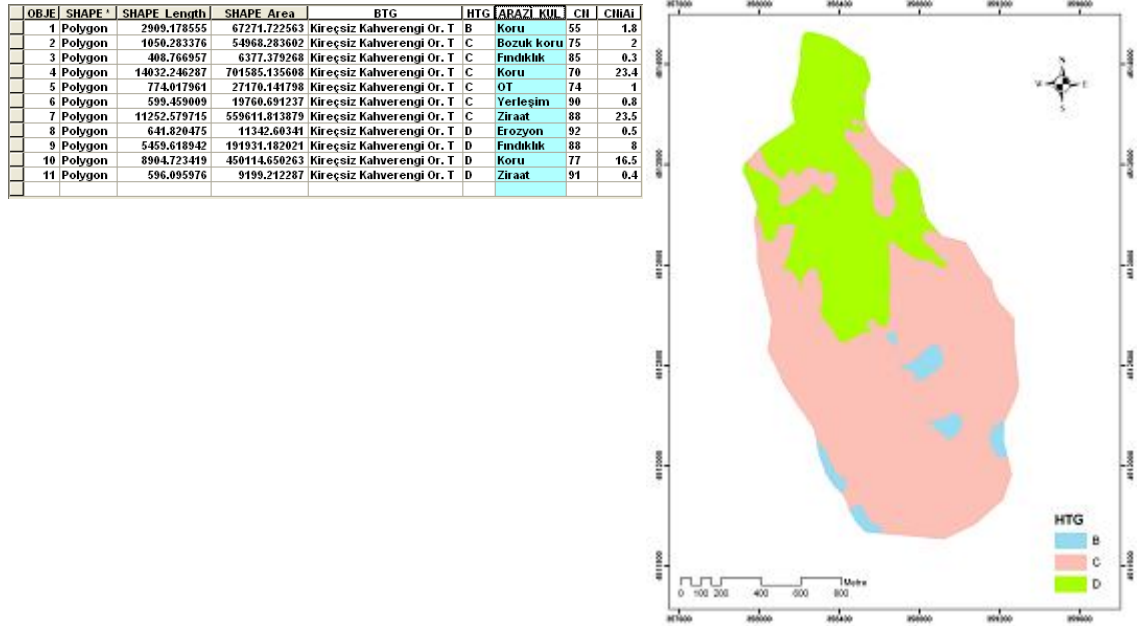
şeklinde yazılır. Depolama kapasitesi (S) ise;

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3.15)$$

formülü ile ifade edilmektedir. Formülde;

CN : eğri numarasıdır.

CN değerinin belirlenmesi için, sayısallaştırılan meşcere haritası ile KHGM'den temin edilen sayısal toprak haritası verileri, ArcGIS yazılımının “intersect” fonksiyonu kullanılarak tek veride birleştirilmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13: CN öznelik tablosunun oluşturulması

Bu aşamadan sonra CNII değeri ÖNDII sınıfına göre;

$$CNII = \frac{\sum_{i=1}^n (CN_i \times A_i)}{A} \quad (3.16)$$

formülünden elde edilmiştir. Formülde;

CNII : Havzaya ait CN II değeri,

CNi : Her bir arazi kullanım ve HTG için CN değeri,

Ai : Her bir arazi kullanım ve HTG alanı,

A : Havzanın toplam alanıdır.

CNI ve CNIII değerleri ÖNDI ve ÖNDIII sınıflarına göre CNII değeri baz alınarak şöyle hesaplanmaktadır (Hawkins ve diğ., 1985; SCS, 1985);

$$CNI = \frac{(4.2 \times CNII)}{(10 - 0.058 \times CNII)} \quad (3.17)$$

$$CNIII = \frac{(23 \times CNII)}{(10 + 0.13 \times CNII)} \quad (3.18)$$

3.2.6.2. Maksimum Akımın Hesaplanması

Kaynaşlı havzasında herhangi bir akım ölçme istasyonu bulunmadığı için DMİ'na ait yağış verileri Schreiber formülüne göre düzenlenip SCS-CN yöntemine göre her bir dere havzasındaki akış hesaplanmış ve ardından da LP III olasılık dağılımı ile farklı tekerrür aralıklarına ait maksimum akımlar belirlenmiştir. Elde edilen akış verilerine;

$$Q_{\max} = 2,8 \frac{RO \times A}{t_{\text{peak}}} \quad (3.19)$$

formülü uygulanarak yıllık maksimum akımlar elde edilmiştir (Schwab ve diğ., 1981; de Brouwer, 2008). Formülde;

$Q_{\max}$: maksimum akım (m^3/san)

RO : akış miktarı (cm)

A : havza alanı (km^2)

t_{peak} : pik akıma ulaşma zamanı (saat)'dır. t_{peak} ise aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$t_{\text{peak}} = \frac{D}{2} + t_{\text{lag}} \quad (3.20)$$

Formülde;

D : aşırı yağış süresi (saat)

t_{lag} : gecikme zamanı (saat)'dır. Aşırı yağış süresi (D);

$$D = \frac{0,133 \times t_{lag}}{0,6} \quad (3.21)$$

formülüyle hesaplanmaktadır. Gecikme zamanı (t_{lag});

$$t_{lag} = 0,6t_c \quad (3.22)$$

formülüyle hesaplanmaktadır. Formülde;

t_c : toplanma süresi (saat)'dir. Akım toplanma süresi (t_c) Kirpich formülü ile aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır;

$$t_c = 0,078 \times \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (3.23)$$

Formülde;

L : ana akarsu uzunluğu (km)

S : ana kanal eğimi (m/m)'dir.

3.2.6.3. Taşkın Sıklık Analizinin Yapılması

Hidrolojik olayların önceden tahmini, değerleri zaman içinde değişen çok sayıda değişkenin etkisi altında meydana geldikleri için oldukça zordur. Ancak, bu işlem olasılık teorisi ve çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. İstatistiksel yöntemlerin kullanılmasıyla, yağış akış modelleri temel alınarak daha az kapsamlı bir çalışma ile, en yüksek değerler için kısa sürede olasılığın hesaplanması sağlanmaktadır (Temiz ve diğ., 2004).

Taşkın sıklık analizlerinin ana amacı, ekstrem olarak akarsular üzerinde gerçekleşen taşkınların olasılık dağılımlarını kullanmak suretiyle tekrarlama sıklıklarıyla ilişkilerinin kurulmasını sağlamaktır (Chow ve diğ., 1988'e atfen Özdemir, 2008). Yıllık maksimum

taşkın değerlerine, genellikle aşağıda verilen olasılık dağılım fonksiyonları uygulanarak taşkın tekrarlanma olasılıkları tahmin edilebilmektedir (Davis, 2002);

- Log Normal (2 ve 3 parametrelili),
- Ekstrem değer (tip I, II ve III),
- Pearson tip III,
- Log Pearson tip III (LP III),
- Gama dağılımları.

1967 yılında Amerikan Su Kaynakları Konseyi (USWRC) tarafından önerilen ve daha sonraları 1975, 1977 ve 1981 yıllarında güncellenerek ABD’de taşkın frekans analizinde temel yöntem olarak kullanılan LP III dağılımı, dünyanın birçok yerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Arora ve Singh, 1989). Reich ve Renard (1981), Pine ve Hira (1983), Greiss (1983), Phien ve Ajirajah (1984), USACE (1993), Griva ve diğ., (2003) gibi kaynaklarda taşkın frekanslarının belirlenmesinde LP III dağılımının tatmin edici sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Hatta United States Geological Service’te (USGS) LP III olasılık dağılımının taşkın çalışmalarında varsayılan (default) olasılık dağılımıdır (Aydın, 2008). Bu nedenlerden dolayı taşkın sıklık analizinde LP III dağılımı kullanılmıştır. Taşkın akım değerinin belirlendiği LP III dağılımı formülü;

$$Z_T = \overline{\log x} + K \times \sigma_{\log x} \quad (3.24)$$

sekinde ifade edilmektedir. Formüle;

Z_T : taşkın akım değeri,

$\overline{\log x}$: ortalama log x akım değeri,

K : frekans faktörü (frekans faktörü değerleri Haan (1977)’den alınmıştır),

σ : log x değerlerinin standart sapmasıdır.

Verilerin ortalama, varyans ve standart sapma değerleri de sırasıyla aşağıdaki formüllerden hesaplanmaktadır:

$$\log x = \frac{\sum \log x_i}{n} \quad (3.25)$$

$$\text{var} = \frac{\sum_{i=1}^n (\log Q - \text{ort}(\log Q))^2}{n-1} \quad (3.26)$$

$$\sigma_{\log x} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}} \quad (3.27)$$

Çarpıklık katsayısı (Cs) ise;

$$C_s = \frac{n \sum (\log x - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma_{\log x})^3} \quad (3.28)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Formüllerde n örnek sayısını, x de taşkın olasılığını göstermektedir.

3.2.7. Kaynaşlı Derelerinde Enkesitlerin Alınması ve Taşkın Analizinin Yapılması

Araştırma havzası, şehrin içinden geçen Kaynaşlı deresinin su toplama alanından oluşmaktadır. Doğal yatağı değiştirilen Kaynaşlı Deresi D-100 karayolunda, Kurur dere ile birleşerek Asarsu deresine akmaktadır.

Taşkın analiz çalışması, Kaynaşlı deresi ve Kurur derenin tamamını, 1. kuru derenin ise yerleşim yerlerinin başladığı kısmını kapsamaktadır. DMİ verilerinin enterpole edilerek bulunan değerlerinin kullanılabilirliğinin araştırılması, D-100 karayolunun taşkın tehlikesi altında olup olmadığının incelenmesi ve şehir içi deresinin doğal yatağının değiştirilmesi sonucu olası taşkınların Kaynaşlı'yı ne ölçüde tehdit ettiğini belirlemek amacıyla taşkın analizi bu derelerde yapılmıştır.

3.2.7.1. Enkesitlerin Alınması

Kaynaşlı derelerinde taşkın analizi yapmak amacıyla dere enkesitleri aşağıdaki noktalardan alınmıştır (Aydın, 2008):

- dere yatağının memba tarafındaki en üst kotunda,
- dere yatağının genişlediği ve daraldığı yerlerde,
- dere boy profilinde eğimin değiştiği yerlerde,
- dere mansabında.

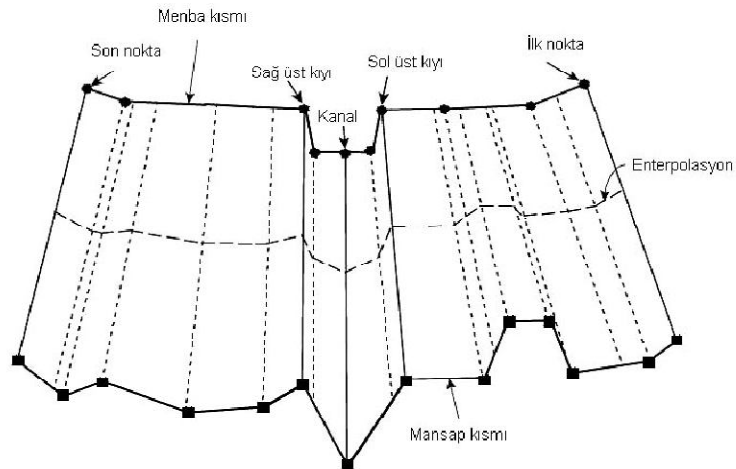
Enkesitler jeodezik GPS yardımıyla yersel ölçme ile alınmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14: Kaynaşlı deresinde enkesit alınması

Dere enkesiti alımında noktalar arası mesafe ile kot farkı ve sağ-sol kıyı üst noktaları tanımlanmıştır. Her enkesitte aşağıdaki noktalara ait ölçümler mutlaka alınmalıdır (USACE, 2010b) (Şekil 3.15):

- enkesitin ilk noktası (sol üst kıyı çizgisi de olabilir),
- sol üst kıyı çizgisi,
- kanalın en düşük kota sahip noktası,
- sağ üst kıyı çizgisi,
- enkesitin son noktası (sağ üst kıyı çizgisi de olabilir).



Şekil 3.15: Dere enkesitinde alınması gereken noktalar (şematik) (USACE, 2010b).

3.2.7.2. Taşkın Analizinin Yapılması

Taşkın analizinde HEC-RAS ve HEC-GeoRAS yazılımlarından yararlanılmıştır. HEC-RAS bir boyutlu hidrolik bir model olup taşkın modellemesinde özellikle su yüzü profillerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Modelin çalıştırılması sonucunda elde edilen çıktı ise taşkın ötelemesinden elde edilen her kesit için su seviyesidir. HEC-GeoRAS ise HEC-RAS'ın CBS ile entegrasyonunu ve sonuçların grafik olarak sunumunu sağlayan ArcGIS 9.2 yazılımı için hazırlanan bir uzantıdır. Bu yazılım ve uzantının teknik detayları aşağıda açıklanmıştır (USACE, 2010b).

HEC-RAS

Su yüzü profili hesaplarında kullanılan HEC-2 programının grafik yönden geliştirilmesinin ardından HEC-RAS serisi olarak kullanıma sunulmuştur. HEC-RAS yazılımı doğal ve suni kanallardaki bir boyutlu kararlı ve/veya kararsız akışların su yüzü profillerinin hesaplanmasına ve köprü, menfez gibi yapıların modellemesine izin veren yazılımdır. Bu yazılımın en son versiyonu HEC-RAS 4.1 olup bu versiyonla birlikte su kalitesi ile ilgili hesaplama da yapabilmektedir. Taşkın modellemesinde HEC-RAS programının temelde girdilerini oluşturan değerler şunlardır;

- Akarsular ve yan kolları
- Akarsu sağ ve sol kıyıları
- Akış yolları
- Enkesitler
- Köprüler
- Etkisiz alanlar
- Akışı engelleyici yapılar
- Arazi kullanımı
- Manning pürüzlülük katsayıları.

HEC-RAS model uygulamalarında, Manning pürüzlülük katsayılarının belirlenmesi en önemli aşamadır. Genel olarak arazi hakkında iyi bir bilginin olması ve arazi çalışmalarında kesitlerin yanı sıra pürüzlülük katsayısı içinde gerekli gözlem ve çalışma yapılmalıdır. Akım esnasında birikmelerin nerede olacağı, hız ve enerji kayıplarının hesaplanması pürüzlülük katsayısı ile mümkün olabilmektedir.

Hidrolik hesaplamalar her kesit için hesaplanan su yüzü, kritik derinlik, enerji çizgisi ve hızların bulunması ile yapılmaktadır.

Kararlı akım su yüzü profilleri hesaplanması sadece ana mecra için yapılabildiği gibi dandritik veya loop sisteminde olduğu gibi tüm akarsu ağı için de yapılabilmektedir. Temel hesaplama prosedürü bir boyutlu enerji denkleminin çözümü ile sağlanmaktadır. Mecra üzerindeki yapıların su yüzü profilleri hesaplanabilmektedir. Kararlı akım simülasyonu genellikle taşkın düzlüğünün yönetilmesi, taşkın sigortası, taşkın nereye kadar ulaşacağı ve mecra tabanı ile kıyılarda alınabilecek önlemlerin su yüzü profilini nasıl etkileyeceğini belirlemek amacıyla yapılmaktadır (Aydın, 2008).

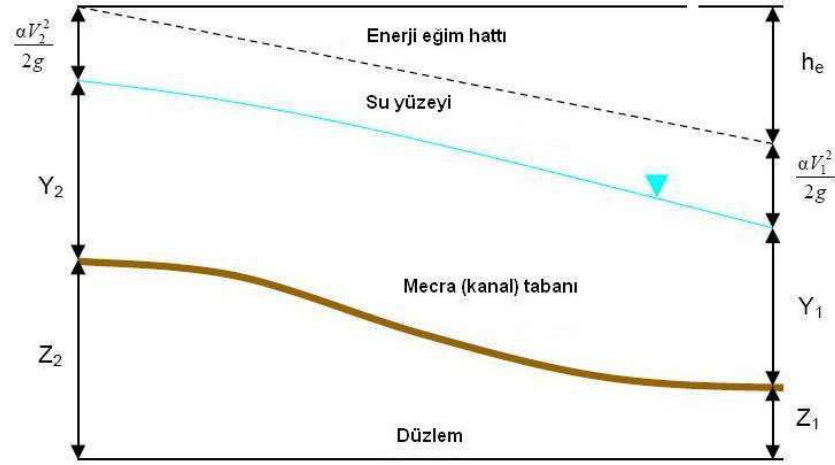
Kararsız akım simülasyonu denklemi ise UNET (Barkau, 1992) modelinden adapte edilmiş ve öncelikle kritikaltı yağışların analizinde kullanılması için geliştirilmiştir. Kararlı akım su yüzü profilinin hesaplanması için profil hesaplama denklemleri, enkesit taşıma hesaplamaları, ana mecra için kompozit Manning formülü, hız ağırlık katsayısı, sürtünme kayıpları değerlendirilmesi, daralma ve genişleme kayıpları ve kararlı akım modeli için sınırlamalar açıklanmıştır (Aydın, 2008).

Kararlı akım simülasyonunda bir enkesitten diğerine su yüzü profilinin hesabı standart adım yöntemi olarak adlandırılan iteratif enerji denklemi ile yapılmaktadır. Enerji denklemi:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (3.29)$$

şeklinde yazılmaktadır. Formülde;

- Y1, Y2 : enkesitlerdeki su derinliğini,
- Z1, Z2 : ana kanal yüksekliğini (elevation of the main channel invert),
- V1, V2 : ortalama hızları (toplam deşarj/toplam akım alanı),
- α_1, α_2 : hız ağırlık katsayılarını,
- g : yerçekimi ivmesini,
- h_e : enerji yük kaybı (energy head loss)'nı göstermektedir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16: Enerji denklemindeki öğelerin şematik gösterimi

İki enkesit arasındaki enerji yük kaybı (h_e):

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (3.30)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Formülde;

L : iki enkesit arasındaki deşarj ağırlıklı uzunluk (discharge weighted reach length)

$\bar{S}_f$: iki enkesit arasını temsil eden sürtünme eğimi,

C : daralma veya genişleme katsayısıdır.

g : yerçekimi ivmesi

Deşarj ağırlıklı uzunluk (L) ise şu formül ile hesaplanmaktadır:

$$L = \frac{L_{lob}\bar{Q}_{lob} + L_{ch}\bar{Q}_{ch} + L_{rob}\bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \quad (3.31)$$

Formülde;

L_{lob} , L_{ch} , L_{rob} : sırasıyla sol kıyı üst çizgisi, kanal ve sağ kıyı üst çizgisi için iki enkesit arasındaki mesafe,

Q_{lob} , Q_{ch} , Q_{rob} : sırasıyla sol kıyı üst çizgisi, kanal ve sağ kıyı üst çizgisi için enkesitlerdeki akımın aritmetik ortalamasıdır.

Her enkesitteki toplam taşıma (conveyance) ve hız katsayısının belirlenmesi için akımın uniform olarak dağıldığı varsayılarak alt birimlere bölünmektedir. HEC-RAS

yaklaşımında akımın kıyı (sağ ve sol) alanlarına alt bölümlere ayrılması, girdi enkesitindeki n -değeri kırılma noktası (n -değerinin değiştiği yer) kullanılarak yapılmaktadır (Şekil 3.17). Her alt bölümdeki taşınma Manning eşitliği ile hesaplanmaktadır.

$$Q = K S_f^{1/2} \quad (3.32)$$

$$K = \frac{1,486}{n} AR^{2/3} \quad (3.33)$$

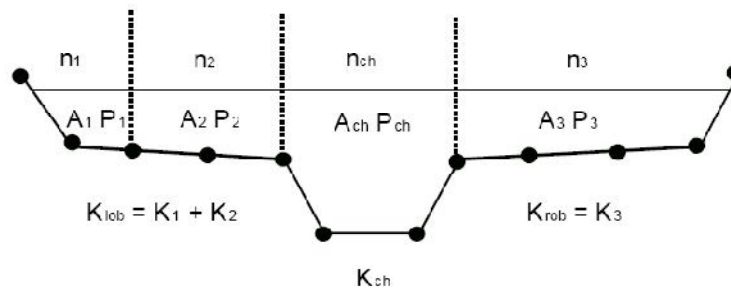
Formülde;

K : alt bölüm için taşınma,

n : alt bölüm için Manning pürüzlülük katsayısı,

A : alt bölüm alanı,

R : alt bölüm için hidrolik yarıçaptır.



Şekil 3.17: HEC-RAS alt bölüm taşıma yöntemi

HEC-RAS sağ ve sol kıyıdaki taşımaları, sağ ve sol kıyılara ait alt bölümlerin taşımalarını toplayarak, ana kanal taşımalarını ise tek taşıma ögesi olarak bir defada hesaplamaktadır. Enkesite ait toplam taşıma ise sağ kıyı, sol kıyı ve ana kanalın taşımaları toplanarak hesaplanmaktadır.

Ana kanal için Kompozit Manning n değeri: Ana kanaldaki pürüzlülük değişmediği müddetçe akış herhangi bir alt bölüme ayrılmadan hesaplanmaktadır. Pürüzlülük katsayısı değişse bile bu her koşulda programda alt bölümlere ayırmada uygulama olanağı bulamamaktadır. Bunun için ana kanal yan yüz eğimleri 5:1 den daha dik ise bu

durumda ana kanalda birden fazla n-değeri olabilmekte ve kompozit pürüzlülük n_c değeri şu formül ile hesaplanmaktadır (Chow, 1959):

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1.5})}{P} \right]^{2/3} \quad (3.34)$$

Formülde;

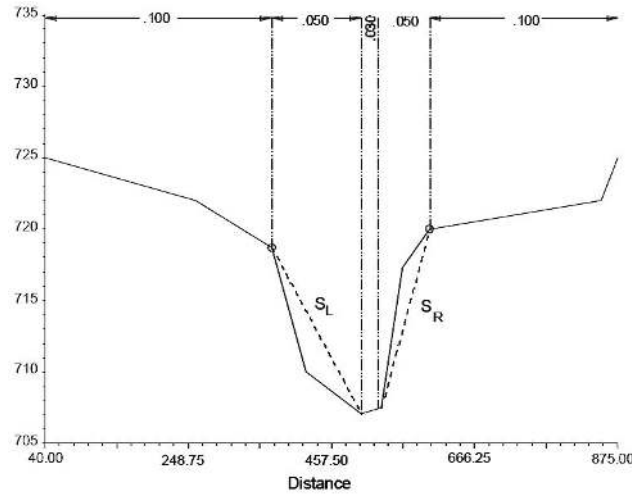
n_c : Kompozit veya eşdeğer pürüzlülük katsayısı,

P : ıslak çevre,

P_i : i.ci alt bölüm için ıslak çevre,

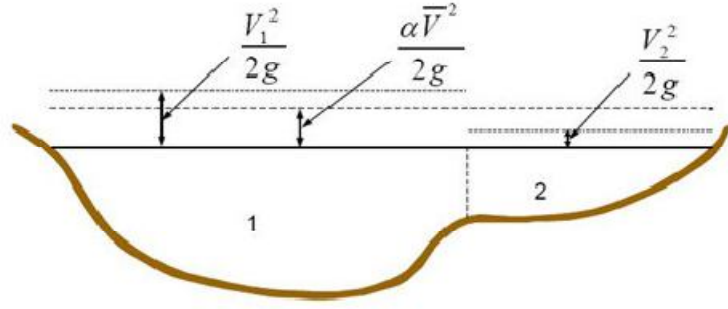
n_i : i.ci alt bölüm için pürüzlülük katsayısıdır.

Kanal yan yüz eğimi ise ana kanaldaki en yakın iki n-değeri istasyonunun yatay mesafesinin kot farkına oranı olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18: Kompozit pürüzlülük katsayısı hesaplaması için yan yüz eğimlerinin tanımlanması

Ortalama Kinetik Enerji Yüğü (Head) Değerlendirmesi: HEC-RAS, bir boyutlu su yüzü profil hesaplama yazılımı olduğu için her enkesitte ancak bir su yüzü profili dolayısıyla bir ortalama enerji hesaplayabilmektedir. Verilen su yüzü yüksekliği için ortalama enerji, söz konusu enkesitin üç alt bölümünün (sağ kıyı, ana kanal, sol kıyı) akım ağırlıklı enerjisinden hesaplanmaktadır. Örnek olarak Şekil 3.19’da verilen enkesitte ana kanal ve sağ kıyı hesaba katılarak ağırlıklı enerjinin nasıl hesaplanacağı gösterilmiştir.



Şekil 3.19: Ortalama enerjinin belirlenmesi.

Hız katsayısı α , aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$\alpha = \frac{|Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2|}{Q \bar{V}^2} \quad (3.35)$$

Sürtünme Kaybı Değerlendirilmesi: HEC-RAS'ta sürtünme kaybı S_f (sürtünme eğimi) ve L (deşarj ağırlıklı uzunluk) tarafından belirlenmekte ve sürtünme eğimi her enkesit için aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$S_f = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 \quad (3.36)$$

Daralma ve Genişleme Kaybı Değerlendirmesi: HEC-RAS'ta daralma ve genişleme kaybı aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$h_{ce} = C \left| \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right| \quad (3.37)$$

Formülde;

C : daralma /genişleme katsayısıdır.

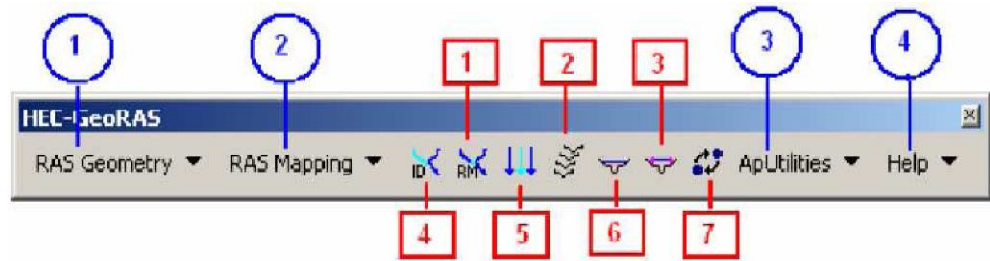
Kararlı Akım İçin Sınırlamalar: Kararlı akım için sınırlama ve kabuller şöyle sıralanabilir:

- Akış kararlıdır,

- Kanalda akış değişimi çok hızlı değildir (köprü, menfez gibi hidrolik yapılar hariç),
- Akış bir boyutludur,
- Ana kanal eğimi % 10'dan fazla değildir.

HEC-GeoRAS

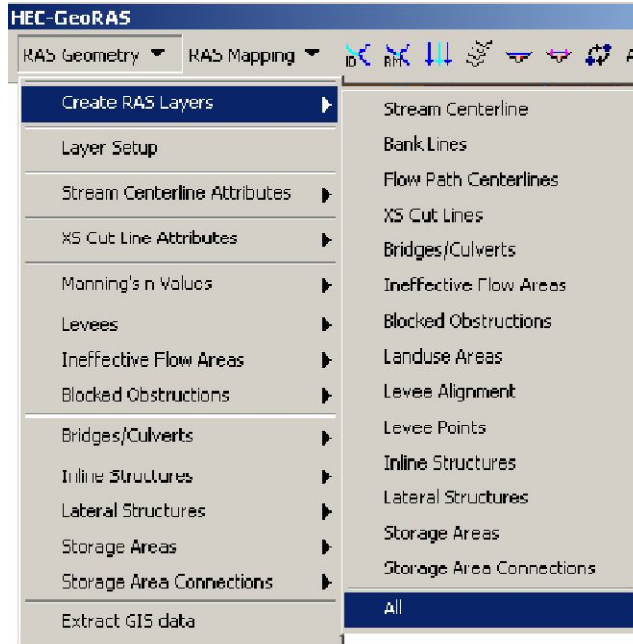
ArcGIS 9.2 yazılımının bir uzantısı olarak çalıştırılabilen HEC-GeoRAS temel olarak HEC-RAS yazılımı ile hidrolik modelleme yapılabilmesi için ihtiyaç duyulan geometrik verinin hazırlanması ve HEC-RAS'ta modelleme sonrasında sonuçların gösterim ve sunumunda kullanılmaktadır. Bu geometrik veriler; başlıca akarsu doğrultusu, (akarsu ana yatağının akış çizgisi), akarsu ana yatak sınır noktaları (mansap yönünde bakıldığında kanalın sağ ve sol sınırları), taşkın yatağının doğrultusu, akarsu enkesitlerinin yerleri ve bu enkesitte yer alan noktaların memba yönünde bakıldığında sol başlangıç noktasına olan mesafesidir. Bunların yanı sıra akarsu üzerinde bulunan köprüler ve menfezlerin yerleri de yine CBS ortamında HEC-GeoRAS araçları yardımıyla belirlenebilmektedir. HEC-RAS programına geometrik verilerin taşınması için ilk olarak, incelenecek olan bölgenin SAM'nin hazırlanması gerekmektedir. HEC-GeoRAS alt programı geometrik verileri hazırlamak için arazinin Triangulated Irregular Network (TIN) formatında SYM'ne gerek duymaktadır. TIN, 1/2000 ölçekli Kaynaşlı halihazır haritasından alınan eşyüksekti eğrileri ve arazide ölçülen GPS verileriyle oluşturulmuştur. HEC-GeoRAS 4 menü (mavi daire) ve 7 düğmeden(kırmızı dörtgen) oluşmaktadır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20: HEC-GeoRas menüsü

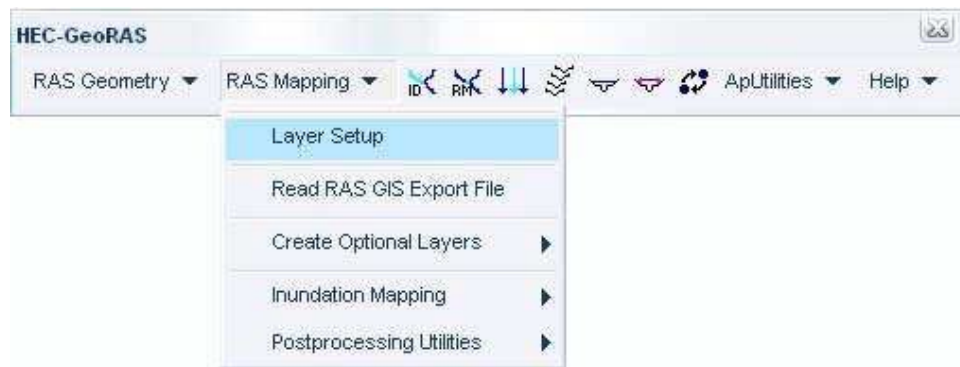
“RAS Geometri” menüsü, CBS verilerinin HEC-RAS ortamında değerlendirilmesi için gerekli olan geometrik verilerin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Bu menü altında

geometrik verilere ait sınıflar (feature class) (Şekil 3.21) için öznitelik değerleriyle beraber varsayılan (default) olarak .mdb dosyası oluşturulmaktadır.



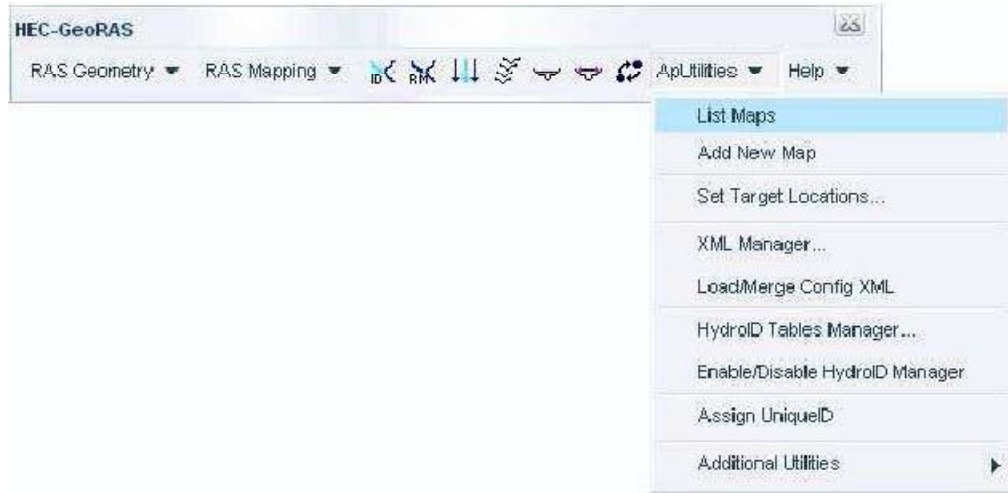
Şekil 3.21: HEC-GeoRAS geometri menüsü ve elemanları

“RAS Harita Yapım” menüsü (Şekil 3.22), HEC-RAS analiz sonuçlarının CBS ortamında işlenmesi, taşkın sınır ve derinlik haritalarının oluşturulması ve sunumunda kullanılmaktadır.



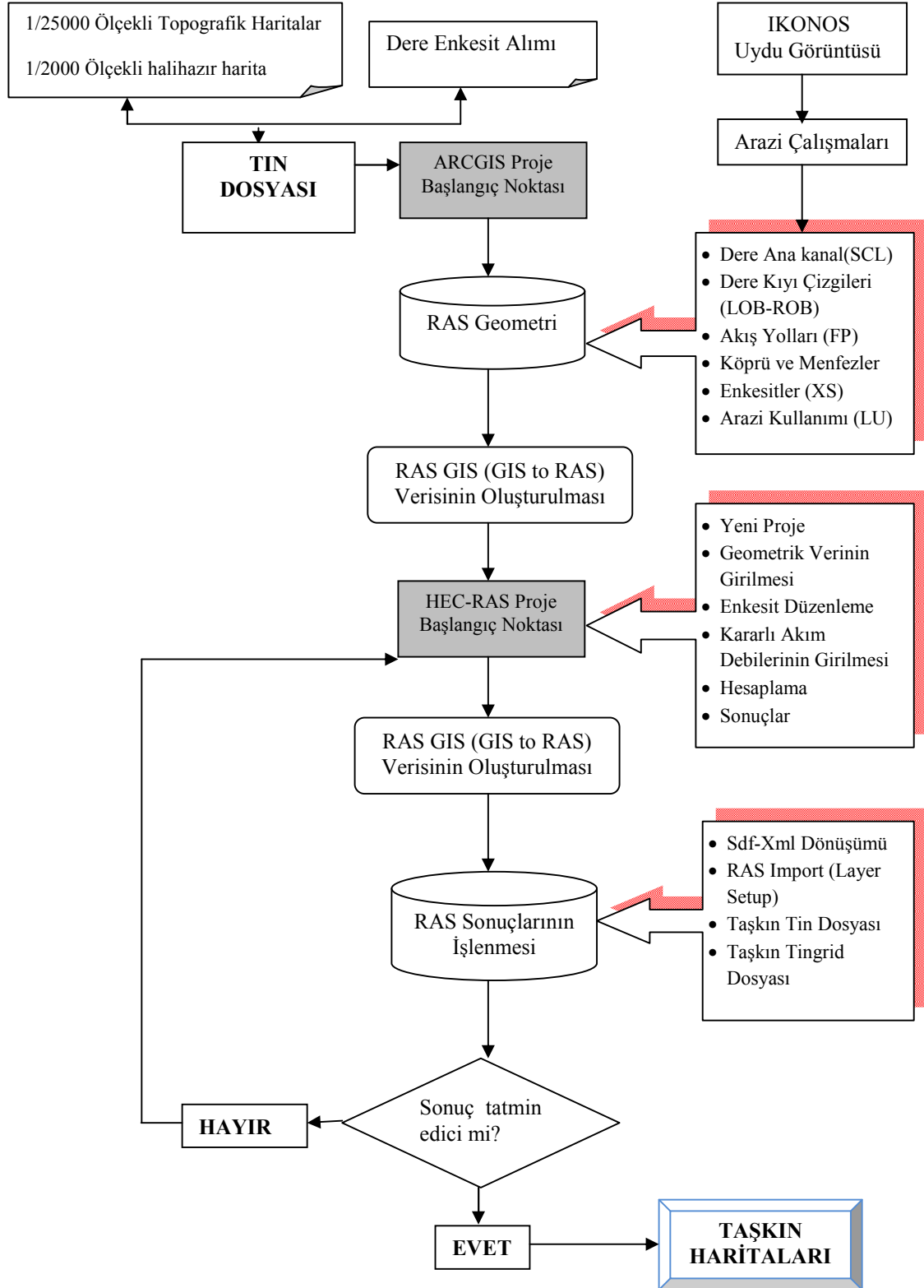
Şekil 3.22: RAS haritalama menüsü elemanları

“ApUtilities” menüsü Geometri dosyasının saklanacağı yeni harita katmanının oluşturulması ve veri yönetiminde kullanılmaktadır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23: ApUtilities menüsünün elemanları

HEC-GeoRAS düğmeleri Geometri katmanlarına veri girilmesi ve HEC-RAS analiz sonuçlarının çıktı formatının (.sdf), HEC-GeoRAS'ta harita ve analiz sonrası işlemlerde kullanılmak üzere (.xml) formatına dönüştürülmesinde kullanılır. Taşkın analizinde HEC-RAS ve HEC-GeoRAS yazılımlarının beraber kullanılarak taşkın haritası oluşturulması sırasında izlenen adımlar Şekil 3.24'te gösterilmiştir.



Şekil 3.24: Taşkın analizi akış diyagramı

3.2.8. Kaynaşlı Dere Kanalının Bir Enkesitinde Debinin Hesaplanması

Yatak enkesitinin maksimum akımı güvenli geçirebilmesi için optimum boyutlarda olması gerekmektedir. Optimum enkesitin belirlenmesinde ise ekonomik düşünce devreye girmektedir. Bu nedenle hesaplamalarda hangi aralıkla yineleme olasılığı olan akım değerlerinin esas alınacağı önem kazanmaktadır (Görcelioğlu, 2003)

Akarsu yatakları ve kanallar hidrolikte açık kanal olarak adlandırılır. Açık kanalların belirli bir enkesitinden birim zamanda geçen su miktarı (debi), ortalama bir değer olarak genel debi formülüyle hesaplanmaktadır. Açık kanallarda ortalama hızın hesaplanmasında ise Chezy (1775) ve Manning (1890) formülleri, kullanım kolaylığı nedeniyle günümüzde çok yaygın kullanılmaktadır (Görcelioğlu, 2003).

Çalışmada, açık kanal olan Kaynaşlı deresinin 1. kuru dere ile birleştiği kısımdaki enkesitinin geçirebileceği debi;

$$Q = A \times V \quad (3.38)$$

şeklindeki genel debi formülü ile hesaplanmıştır. Formülde;

$$Q = \text{debi (m}^3/\text{sn)}$$

$$A = \text{enkesitte su ile kaplı alan (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{hız (m/sn)}$$

Formüldeki hızın hesaplanmasında ise Kuzey Amerika başta olmak üzere bazı ülkelerde kullanılan ve Chezy formülünün bir varyasyonu olan Manning formülü kullanılmıştır. Manning formülü;

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \quad (3.39)$$

şeklindedir ve bu formülde;

$$V = \text{su hızı (m/sn)}$$

$$n = \text{Manning pürüzlülük katsayısı}$$

$$R = \text{hidrolik yarıçap (Islak alan/ ıslak çevre) (m)}$$

$$I = \text{yatak eğimi (\%)}$$

4. BULGULAR

4.1. HAVZA MORFOMETRİSİNE İLİŞKİN BULGULAR

Bir yağış havzasında diğer fizyografik faktörlerden daha karmaşık ilişkiler gösteren eğim; infiltrasyon, yüzeysel akış, toprak nemi ve taban suyu tarafından dere akımına yapılan katkılar bakımından büyük önem taşımaktadır. Eğim yüzeysel akışın oluşumu, süresi ve derelere ulaşarak yüksek akımlar meydana getirmesi üzerinde en etkin rol oynayan faktörlerden biri olduğu için sel ve taşkın çalışmalarında dikkate alınmaktadır. Diğer koşullar aynı kalmak koşulu ile yüksek eğime sahip havzalarda sel meydana gelme olasılığı daha yüksektir. Araştırma havzasının Akbağlık deresi ve 1. kuru dere kollarının eğimi su toplama alanına oranla nispeten daha az eğimli olup buralarda tarım alanları daha geniş yer kaplamaktadır. Çakılsuyu kolunun eğimi yüksek olup burada orman alanı fazladır. Ancak kaçak kesim ve açmalar nedeniyle ormanın yapısı bozulmuştur. Genel olarak araştırma havzasının ortalama eğimi ise yüksek olup (% 50,20) havzada meydana gelen şiddetli bir yağışın çok kısa sürede pik akıma dönüşebileceği görülmektedir (Çizelge 4.1). Havzanın morfometrik analizine ilişkin bulunan değerler Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1: Havzanın eğim grupları

Eğim Grupları	Alan	
(%)	(ha)	(%)
6-12	3.18	0.59
12-20	5.96	1.09
20-30	11.54	2.12
30-45	178.60	32.81
45-60	173.08	31.79
>60	172.05	31.60
Toplam	544.41	100

Çizelge 4.2: Araştırma havzasının morfometrik analizi

Karakteristik özellikler	Değer
Havza çevresi, P (km)	11,65
Havza alanı, A (km ²)	5,44
Havza uzunluğu, Lb (km)	4,28
Havza minimum yüksekliği, Hmin (m)	316
Havza maksimum yüksekliği, Hmax (m)	900
Akarsu dizinleri sayısı; 1. dizin	20
2. dizin	7
3. dizin	3
4. dizin	1
Toplam dere sayısı, $\sum N_u$	31
Toplam dere uzunluğu, $\sum L$ (km)	16,94
Kompaktlık katsayısı, Cc	1,41
Konsantrasyon süresi, Tc (dak.)	18,73
Çatallanma oranı; Rb1/Rb2	2,86
Rb2/Rb3	2,33
Rb3/rb4	3
Rbort.	2,73
Drenaj yoğunluğu, Dd	3,11
Dere sıklığı, Fu	5,69
Tekstür oranı, T	1,72
Engebelilik değeri, Rn	1,82
Havza reliyefi, Bh (m)	584
Form faktörü, Ff	0,3
Ortalama eğim, S (%)	50,20
Dairesellik oranı, Rc	0,5
Uzama oranı, Re	0,61

Havzanın drenaj yoğunluğu (Dd) değeri yüksek (3,11) çıkmıştır. Dd değerinin yüksek olması alanın dağlık olduğunu, vejetasyon örtüsünün seyrek, alt toprağın dayanıksız veya geçirgenliğinin az olduğunu, arazinin akarsular tarafından bölündüğünü ve yüzeysel akışın çabuk oluştuğunu göstermektedir.

Dere sıklığı (Fu) değeri yüksektir (5,69). Yüksek Fu değeri zeminin geçirgen olmadığını ve bitki örtüsünün seyrek olabileceğini göstermektedir.

Havzanın tekstür oranı (T) değeri 1,72 olarak bulunmuştur ve çok yüksek değildir.

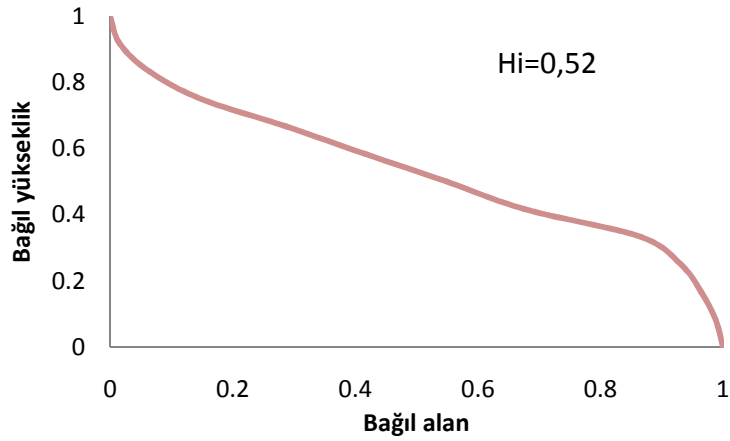
Form faktörü (Ff) havzaya düşen yağışların derelere ulaşma hızı ve zamanını etkileyen bir havza karakteristiği olduğundan yüksek Ff değerine sahip olan havzalarda kısa sürede yüksek pik akımlar meydana gelebileceğini göstermektedir. Havzanın form faktörü değeri düşük olup 0,3 olarak bulunmuştur.

Dairesellik oranının (Rc) 1,0'e yaklaşması havza şeklinin daireye daha yakın olduğunu göstermektedir. Rc değerinin düşük olması yüzeysel akış sularının havza çıkışına ulaşma süresini kısaltarak taşkın riskini artıracak bir etmen olarak göze çarpmaktadır. Havzanın Rc oranı 0,5 olarak bulunmuş olup uzunlamasına bir havza şeklini temsil etmektedir.

Uzama Oranı (Re) değerinin düşük olması yüzeysel akış sularının havza çıkışına ulaşmasının gecikmesi, başka bir ifade ile konsantrasyon süresinin uzun olması anlamına gelmektedir. Havzanın Re değeri 0,61 olarak bulunmuş olup bu değer kuvvetli rölyef ve dik yamaçlara sahip olduğunu göstermektedir.

Çatallanma oranının (Rb) düşük olması akımın enerjisinin yüksek olduğu ve havzanın keskin pik akımlar üretme potansiyeline sahip olduğu anlamına gelmektedir. Havzanın Rb değeri 2,73 olup sel ve taşkın oluşturma riski yüksektir.

Hipsometrik eğri (Hc) havzanın yükseklik dağılımını göstermekte ve havzadaki erozyon durumu hakkında fikir vermektedir. Eğrinin içbükey olması havzada erozyon olgusunun az olduğunu aksine dışbükey olması ise havzada aşınma ve taşınma olaylarının devam ettiğini gösterir. Bunun sayısal ifadesi olan Hipsometrik integral (Hi) değeri de Hc eğrisi ile beraber belirlenmiştir (Şekil 4.1). Araştırma havzası 0,52 Hi değerini alarak olgun evrede olduğunu ve aşınma ve taşınma olaylarının bitmediğini göstermektedir.



Şekil 4.1: Araştırma havzası hipsometrik eğrisi ve hipsometrik integral değeri

4.2. HAVZANIN ARAZİ KULLANIMINA İLİŞKİN BULGULAR

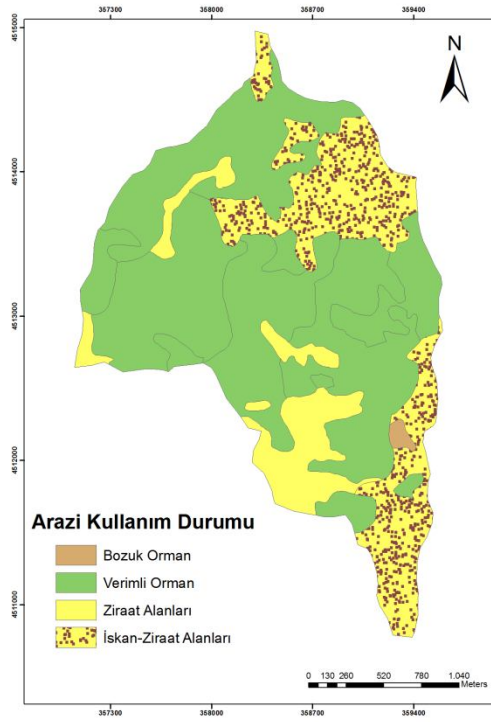
4.2.1. Meşcere Haritalarına Göre Havzanın Arazi Kullanımı

1967 yılında yapılan ilk amenajman planına göre havzanın % 65.83'ü orman (% 65.36'sı verimli, % 0.47'si bozuk), % 34.17'si ziraat-yerleşim alanlarından oluşmaktadır (OGM, 1967) (Şekil 4.2 A).

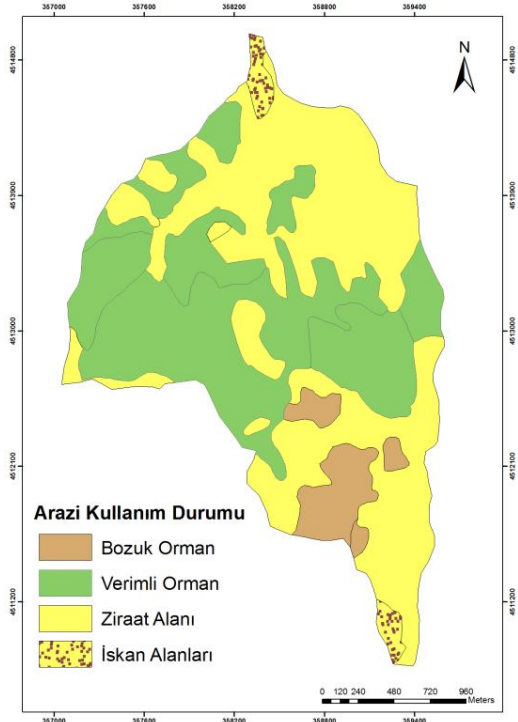
1987 yılı amenajman planına göre havzanın % 49.79'u orman (% 43.49'u verimli, % 6.3'ü bozuk), % 50.21'i ziraat-yerleşim alanlarından oluşmaktadır (OGM, 1987) (Şekil 4.2 B)

2000 yılında yapılan amenajman planına göre havzanın % 51.43'ü orman (% 51.06'sı verimli, % 0.37'si bozuk), % 48.57'si ziraat-yerleşim alanlarından oluşmaktadır (OGM, 2000) (Şekil 4.2 C)

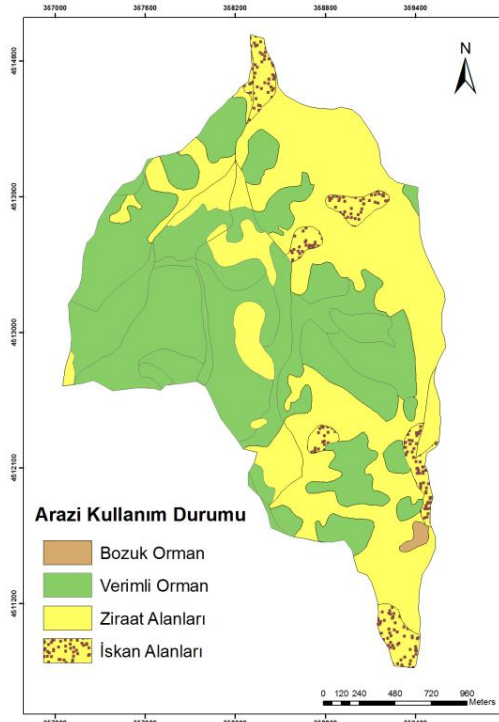
2010 yılında yapılan amenajman planına göre ise, havzanın % 55.07'si orman (% 51.12'si verimli, % 3.95'i bozuk), % 44.27'si ziraat-yerleşim ve % 0.66'sı erozyon alanlarından oluşmaktadır (OGM, 2010) (Şekil 4.2 D)



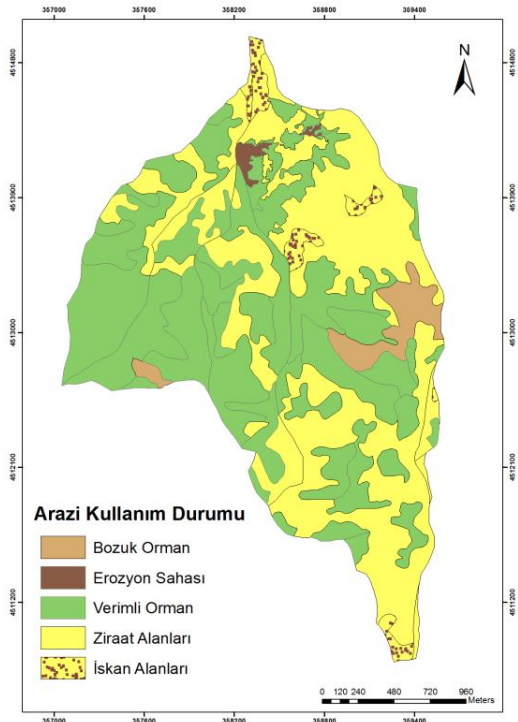
(A)



(B)



(C)



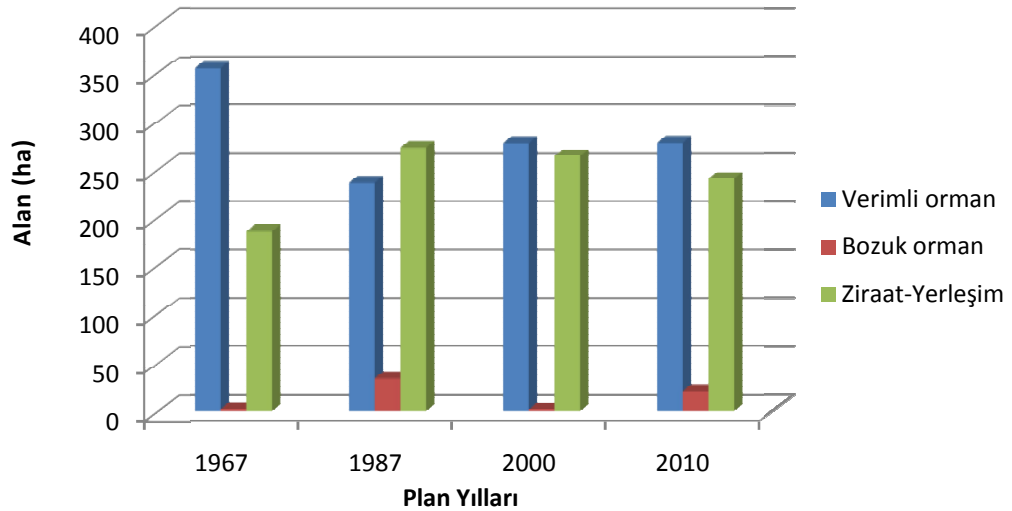
(D)

Şekil 4.2: Kaynaşlı havzasının farklı yıllara ait arazi kullanım durumu
(A : 1967, B : 1987, C: 2000, D: 2010 yıllarına ait) (OGM)

Yerleşimin çok dağınık olması nedeniyle 1967 yılında yapılan amenajman planında ziraat ve yerleşim alanları birlikte gösterilmiştir. Bu nedenle 1967-1987 yılları arasında yerleşim alanındaki azalma çok fazla olarak gözükmemektedir. Aynı dönemde orman azalması da büyük boyutlardadır. Bu dört amenajman planı dönemi boyunca verimli ve bozuk orman alanları birlikte değerlendirildiğinde; 1967-2010 yılları arasında orman alanı 58.63 ha azalmıştır. Bu azalma 1967-1987 yılları arasında diğer yıllara nazaran daha yüksektir. 1987-2010 yılları arasındaki iki dönem boyunca çok az da olsa orman alanında artış olmuştur. İnsan amaçlı kullanılan ziraat ve yerleşim alanları birlikte değerlendirildiğinde ise bu alanların 1967-2010 yılları arasında genel olarak arttığı görülmüştür. Bu artış 1987 yılına kadar daha yüksektir (87.37 ha). 1987-2010 yılları arasında ziraat-iskan alanları azalış göstermiştir (32.36 ha). Ziraat-iskan alanlarının azaldığı alan miktarı kadar da orman alanlarında artış meydana gelmiştir.(Çizelge 4.3; Şekil 4.3).

Çizelge 4.3: Havzanın farklı plan dönemlerindeki arazi kullanımının alansal dağılımı

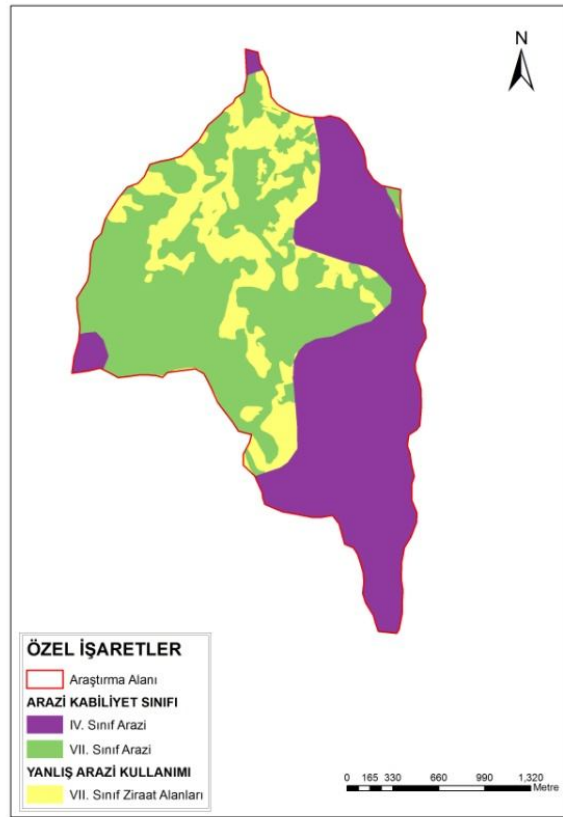
ARAZİ KULLANIMI	ALAN (ha)			
	1967	1987	2000	2010
VERİMLİ ORMAN	355.84	236.73	277.96	278.3
BOZUK ORMAN	2.58	34.32	2.05	21.49
ZİRAAT-İSKAN	185.99	273.36	264.4	241.0
EROZYON	-	-	-	3.62
TOPLAM	544.41	544.41	544.41	544.41



Şekil 4.3: 1967-2010 dönemleri arasında arazi kullanım durumundaki değişim

4.2.2. Havzada Yanlış Arazi Kullanımı

Kaynaşlı havzasında IV. ve VII. sınıf araziler bulunmaktadır. IV. sınıf araziler tüm havzanın % 40.94'ünü (222.90 ha), VII. sınıf araziler ise % 59.06'sını (321.51 ha) oluşturmaktadır. Çalışma alanında ziraat alanı toplamı 226.27 ha olup bu alanların % 68'i (153.88 ha) VII. sınıf orman arazileri üzerinde, % 32'si (72.39 ha) IV. sınıf kısıtlı tarıma uygun araziler üzerindedir. Dolayısıyla havzada VII. sınıf arazi üzerinde 153.88 ha orman alanında (havzanın % 28.26'sı) yanlış arazi kullanımı mevcuttur (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Havzada yanlış arazi kullanımına konu alanlar

4.3. KAYNAŞLI DERELERİNDE SEL ANALİZİNE İLİŞKİN BULGULAR

4.3.1. Maksimum Akımların Hesaplanması

Kaynaşlı deresinin her bir dere kolu havzasında maksimum akımlar SCS-CN yöntemine göre hesaplanmıştır. Bu yöntemle göre Q_{max} hesaplanmasında kullanılan parametreler Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4: Kaynaşlı dere havzaları için Q_{max} hesaplanmada kullanılan parametreler

Dere Adı	CNI	CNII	CNIII	Tc (dak)	Tlag (saat)	D	Tpeak
Çakılsuyu	61.38	79.15	89.70	15.20	0.15	0.03369	0.16885
Akbağlık	59.96	78.09	89.13	18.73	0.19	0.04152	0.20806
1. Kuru Dere	65.22	81.66	91.13	33.16	0.33	0.07315	0.36658
2. Kuru Dere	59.96	78.10	89.13	5.75	0.06	0.01274	0.06386
3. Kuru Dere	59.54	77.79	88.96	9.00	0.09	0.02056	0.10303
Onbaşı	54.97	74.44	86.99	14.22	0.14	0.03103	0.15552
Dikilitaş	53.81	73.47	86.45	25.78	0.26	0.05714	0.28635

CN: Eğri numarası; Tc: Toplanma zamanı; Tlag: Gecikme zamanı; D: Aşırı yağış süresi; Tpeak: Maksimum akım zamanı

Günlük yağışlara ait akım ve maksimum akım hesaplama aşamaları Akbağlık deresi örnek alınarak Çizelge 4.5'te gösterilmiştir. Akışın gerçekleştiği günler koyu gösterilmiştir.

Çizelge 4.5: Akbağlık deresi akım hesaplama aşamaları

Tarih	Yağış Düzce (mm)	Yağış Araştırma Havzası (mm)	ÖND	ÖND Sınıfı	CN Değeri	S (Depolama Kapasitesi) (mm)	RO (mm)	Q_{max} (m ³)
01.05.1998	0.1	0.1	5.3	1	60.00	169.333	0.000	-
02.05.1998	-	-	0.8	1	60.00	169.333	0.000	-
03.05.1998	-	-	0.5	1	60.00	169.333	0.000	-
04.05.1998	0.1	0.1	0.7	1	60.00	169.333	0.000	-
05.05.1998	0.3	0.4	0.7	1	60.00	169.333	0.000	-
06.05.1998	3.4	4.5	5.0	1	60.00	169.333	0.000	-
07.05.1998	-	-	5.0	1	60.00	169.333	0.000	-
08.05.1998	9.2	12.1	17.1	1	60.00	169.333	0.000	-
09.05.1998	-	-	16.9	1	60.00	169.333	0.000	-
10.05.1998	2.1	2.8	19.3	1	60.00	169.333	0.000	-
11.05.1998	5.2	6.8	21.7	1	60.00	169.333	0.000	-
12.05.1998	0.6	0.8	22.5	1	60.00	169.333	0.000	-
13.05.1998	10.5	13.8	24.2	1	60.00	169.333	0.000	-
14.05.1998	6.3	8.3	32.4	1	60.00	169.333	0.000	-
15.05.1998	2.1	2.8	32.4	1	60.00	169.333	0.000	-
16.05.1998	0.1	0.1	25.7	1	60.00	169.333	0.000	-
17.05.1998	4.7	6.2	31.1	1	60.00	169.333	0.000	-
18.05.1998	6.3	8.3	25.6	1	60.00	169.333	0.000	-

19.05.1998	-	-	17.3	1	60.00	169.333	0.000	-
20.05.1998	47.3	62.1	76.7	3	89.10	31.073	35.937	101.528
21.05.1998	48.4	63.6	140.1	3	89.10	31.073	37.200	105.098
22.05.1998	3.5	4.6	138.6	3	89.10	31.073	0.000	-
23.05.1998	1.3	1.7	132.0	3	89.10	31.073	0.000	-
24.05.1998	5.1	6.7	138.7	3	89.10	31.073	0.007	0.021
25.05.1998	-	-	76.6	3	89.10	31.073	0.000	-
26.05.1998	-	-	13.0	1	60.00	169.333	0.000	-
27.05.1998	4.5	5.9	14.3	1	60.00	169.333	0.000	-
28.05.1998	14.3	18.8	31.4	1	60.00	169.333	0.000	-
29.05.1998	-	-	24.7	1	60.00	169.333	0.000	-
30.05.1998	-	-	24.7	1	60.00	169.333	0.000	-
31.05.1998	0.7	0.9	25.6	1	60.00	169.333	0.000	-

ÖND: Önceki nem durumu; CN: Eğri numarası; RO: Akış miktarı; Qmax: Maksimum akım

Örnek olarak Akbağlık dere havzasının SCS-CN yöntemi ve Log-Pearson Tip III dağılımı ile hesaplanan yıllara ait maksimum akımları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Diğer derelere ait maksimum akım verilerinin logaritmik ortalama, standart sapma ve çarpıklık değerleri de Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.6: Akbağlık dere havzası akım verileri

Yıllar	Akım (m ³ /sn)	Sıralama	Akım (m ³ /sn)	Akım Log. (m ³ /sn)	Tekrarlama Aralığı Tr=(n+1/m)	Olma Olasılığı (1/Tr)
01.05.1975	97.976	1	320.009	2.51	37.00	0.03
13.12.1976	46.724	2	283.538	2.45	18.50	0.05
20.11.1977	38.977	3	272.502	2.44	12.33	0.08
03.08.1978	320.009	4	167.095	2.22	9.25	0.11
06.07.1979	272.502	5	149.021	2.17	7.40	0.14
21.11.1980	118.210	6	144.959	2.16	6.17	0.16
15.12.1981	55.636	7	143.607	2.16	5.29	0.19
31.12.1982	139.897	8	139.897	2.15	4.63	0.22
01.01.1983	129.502	9	130.504	2.12	4.11	0.24
13.12.1984	69.694	10	129.502	2.11	3.70	0.27
12.10.1985	108.683	11	128.500	2.11	3.36	0.30
09.11.1986	130.504	12	127.833	2.11	3.08	0.32
07.07.1987	101.205	13	118.210	2.07	2.85	0.35
12.11.1988	35.494	14	115.901	2.06	2.64	0.38
26.11.1989	60.058	15	114.914	2.06	2.47	0.41
11.10.1990	128.500	16	108.683	2.04	2.31	0.43
01.02.1991	58.281	17	105.098	2.02	2.18	0.46
15.06.1992	127.833	18	101.205	2.01	2.06	0.49

13.08.1993	283.538	19	100.558	2.00	1.95	0.51
13.10.1994	92.204	20	97.976	1.99	1.85	0.54
11.07.1995	85.221	21	92.204	1.96	1.76	0.57
14.10.1996	115.901	22	92.204	1.96	1.68	0.59
12.08.1997	149.021	23	89.019	1.95	1.61	0.62
21.05.1998	105.098	24	85.221	1.93	1.54	0.65
31.07.1999	64.542	25	76.152	1.88	1.48	0.68
03.08.2000	89.019	26	75.842	1.88	1.42	0.70
21.11.2001	76.152	27	73.989	1.87	1.37	0.73
06.01.2002	143.607	28	69.694	1.84	1.32	0.76
18.12.2003	100.558	29	64.542	1.81	1.28	0.78
14.02.2004	75.842	30	60.058	1.78	1.23	0.81
06.07.2005	114.914	31	58.281	1.77	1.19	0.84
27.12.2006	29.789	32	55.636	1.75	1.16	0.86
28.01.2007	92.204	33	46.724	1.67	1.12	0.89
16.10.2008	144.959	34	38.977	1.59	1.09	0.92
10.09.2009	167.095	35	35.494	1.55	1.06	0.95
11.12.2010	73.989	36	29.789	1.47	1.03	0.97
		$\sum x_i$	4043.341	71.62		
		x_{ort}	112.315	1.99		
		σ	65.144	0.23		
		C_s		0.0008		

Cs: Çarpıklık katsayısı

Çizelge 4.7: Derelere ait maksimum akım verilerinin logaritmik ortalama, standart sapma ve çarpıklık değerleri.

Sıralama	Çakılsuyu Akım Log.	1. Kuru dere Akım Log.	2. Kuru dere Akım Log.	3. Kuru dere Akım Log.	Onbaşı Akım Log.	Dikilitaş Akım Log.
1	2.38	2.23	2.07	2.08	2.35	2.26
2	2.33	2.18	2.02	2.03	2.29	2.21
3	2.31	2.16	2.00	2.01	2.28	2.19
4	2.10	1.96	1.79	1.80	2.05	1.96
5	2.05	1.91	1.74	1.75	2.00	1.91
6	2.04	1.90	1.73	1.73	1.99	1.90
7	2.04	1.90	1.72	1.73	1.99	1.89
8	2.02	1.89	1.71	1.72	1.97	1.88
9	1.99	1.86	1.68	1.69	1.94	1.85
10	1.99	1.85	1.68	1.68	1.94	1.84
11	1.99	1.85	1.67	1.68	1.93	1.84
12	1.99	1.85	1.67	1.68	1.93	1.84
13	1.95	1.82	1.64	1.64	1.90	1.80
14	1.94	1.81	1.63	1.64	1.89	1.79
15	1.94	1.80	1.63	1.63	1.88	1.79
16	1.92	1.78	1.60	1.61	1.86	1.76

17	1.90	1.77	1.59	1.59	1.84	1.75
18	1.89	1.75	1.57	1.58	1.82	1.73
19	1.88	1.75	1.57	1.57	1.82	1.72
20	1.87	1.74	1.56	1.56	1.81	1.71
21	1.85	1.72	1.53	1.54	1.78	1.68
22	1.85	1.72	1.53	1.54	1.78	1.68
23	1.83	1.70	1.51	1.52	1.76	1.67
24	1.81	1.68	1.50	1.50	1.74	1.65
25	1.76	1.64	1.45	1.45	1.69	1.59
26	1.76	1.64	1.44	1.45	1.69	1.59
27	1.75	1.63	1.43	1.44	1.68	1.58
28	1.73	1.60	1.41	1.41	1.65	1.55
29	1.69	1.57	1.37	1.38	1.61	1.51
30	1.66	1.54	1.34	1.35	1.58	1.48
31	1.65	1.53	1.33	1.34	1.57	1.47
32	1.63	1.51	1.31	1.32	1.54	1.44
33	1.56	1.44	1.23	1.24	1.46	1.36
34	1.48	1.37	1.16	1.16	1.38	1.27
35	1.44	1.33	1.11	1.12	1.33	1.23
36	1.37	1.26	1.04	1.04	1.25	1.14
Σxi	67.35	62.62	55.95	56.20	64.99	61.51
xort	1.87	1.74	1.55	1.56	1.81	1.71
σ	0.23	0.22	0.23	0.23	0.25	0.25
Cs	0.0135	0.0442	0.0008	-0.0013	-0.0426	-0.0548

Cs: Çarpıklık katsayısı

Çizelge 4.6'dan yararlanılarak her bir dere havzası için 2, 5,10, 25, 50, 100, 200, 500 ve 1000 yıllık tekerrür aralıklı akımlar bulunmuştur (Çizelge 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14). Bulunan bu akım değerlerin logaritmik grafikleri Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.8: Çakılsuyu dere havzası farklı tekerrür aralıklı maksimum akımlar

T	σ	Cs	K	Zt	Q (m ³ /sn)
2	0.23	0.014	0.002	1.87	74.37
5	0.23	0.014	0.841	2.06	115.98
10	0.23	0.014	1.283	2.17	146.56
25	0.23	0.014	1.755	2.27	188.19
50	0.23	0.014	2.061	2.34	221.29
100	0.23	0.014	2.337	2.41	256.12
200	0.23	0.014	2.589	2.47	292.69
500	0.23	0.014	2.895	2.54	344.18
1000	0.23	0.014	3.110	2.59	385.69

T: Tekerrür süresi; σ: Standart sapma; Cs: Çarpıklık katsayısı; K: Frekans faktörü; Zt: Taşkın akım değeri; Q: Akım

Çizelge 4.9: Akbağlık dere havzası farklı tekerrür aralıklı maksimum akımlar

T	σ	Cs	K	Zt	Q (m³/sn)
2	0.23	0.0008	0.000	1.99	97.72
5	0.23	0.0008	0.842	2.18	152.61
10	0.23	0.0008	1.282	2.28	192.64
25	0.23	0.0008	1.751	2.39	246.98
50	0.23	0.0008	2.054	2.46	289.98
100	0.23	0.0008	2.326	2.53	335.01
200	0.23	0.0008	2.576	2.58	382.33
500	0.23	0.0008	2.878	2.65	448.72
1000	0.23	0.0008	3.090	2.70	501.35

Çizelge 4.10: 1. kuru dere havzası farklı tekerrür aralıklı maksimum akımlar

T	σ	Cs	K	Zt	Q (m³/sn)
2	0.22	0.0442	0.007	1.74	55.09
5	0.22	0.0442	0.839	1.92	83.97
10	0.22	0.0442	1.286	2.02	105.31
25	0.22	0.0442	1.766	2.13	134.29
50	0.22	0.0442	2.077	2.20	157.21
100	0.22	0.0442	2.359	2.26	181.35
200	0.22	0.0442	2.617	2.32	206.67
500	0.22	0.0442	2.932	2.38	242.43
1000	0.22	0.0442	3.153	2.43	271.14

Çizelge 4.11: 2. kuru dere havzası farklı tekerrür aralıklı maksimum akımlar

T	σ	Cs	K	Zt	Q (m³/sn)
2	0.23	0.0008	0.000	1.55	35.82
5	0.23	0.0008	0.842	1.75	55.93
10	0.23	0.0008	1.282	1.85	70.61
25	0.23	0.0008	1.751	1.96	90.52
50	0.23	0.0008	2.054	2.03	106.28
100	0.23	0.0008	2.326	2.09	122.79
200	0.23	0.0008	2.576	2.15	140.13
500	0.23	0.0008	2.878	2.22	164.47
1000	0.23	0.0008	3.090	2.26	184.01

Çizelge 4.12: 3. kuru dere havzası farklı tekerrür aralıklı maksimum akımlar

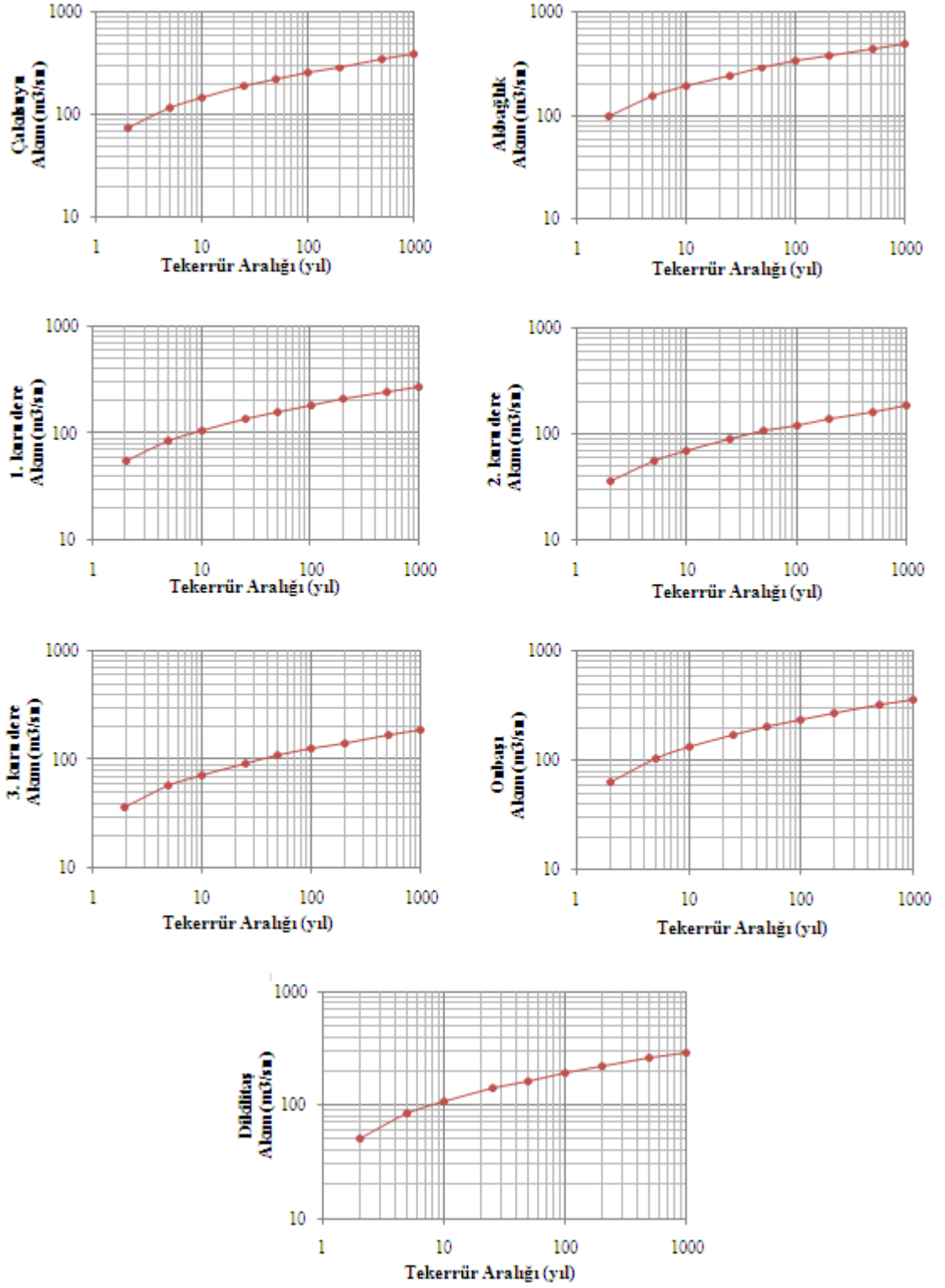
T	σ	Cs	K	Zt	Q (m³/sn)
2	0.23	-0.0013	0.000	1.56	36.41
5	0.23	-0.0013	0.842	1.75	56.87
10	0.23	-0.0013	1.281	1.86	71.77
25	0.23	-0.0013	1.750	1.96	91.99
50	0.23	-0.0013	2.053	2.03	107.99
100	0.23	-0.0013	2.325	2.10	124.75
200	0.23	-0.0013	2.577	2.15	142.53
500	0.23	-0.0013	2.877	2.22	167.04
1000	0.23	-0.0013	3.088	2.27	186.87

Çizelge 4.13: Onbaşı dere havzası farklı tekerrür aralıklı maksimum akımlar

T	σ	Cs	K	Zt	Q (m³/sn)
2	0.25	-0.0426	0.007	1.81	64.14
5	0.25	-0.0426	0.844	2.02	103.85
10	0.25	-0.0426	1.277	2.12	133.24
25	0.25	-0.0426	1.736	2.24	173.54
50	0.25	-0.0426	2.031	2.31	205.66
100	0.25	-0.0426	2.295	2.38	239.41
200	0.25	-0.0426	2.535	2.44	274.88
500	0.25	-0.0426	2.826	2.51	325.01
1000	0.25	-0.0426	3.029	2.56	365.30

Çizelge 4.14: Dikilitaş dere havzası farklı tekerrür aralıklı maksimum akımlar

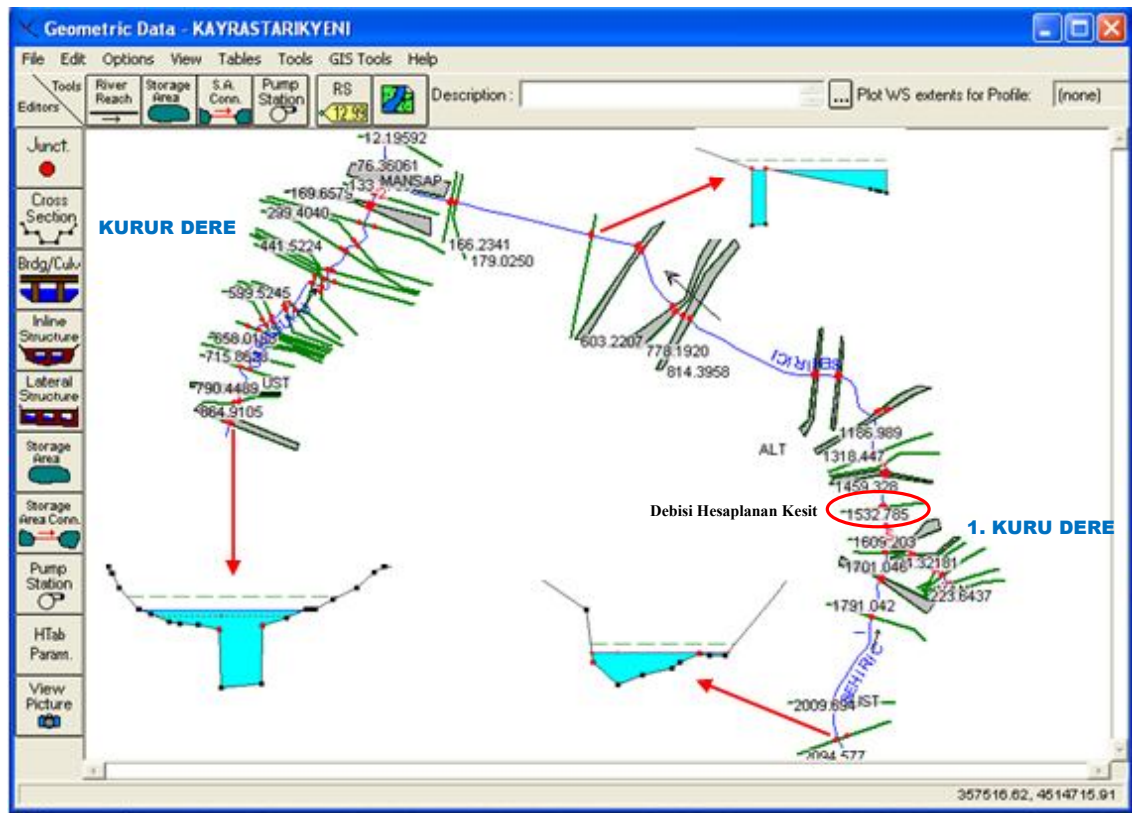
T	σ	Cs	K	Zt	Q (m³/sn)
2	0.25	-0.0548	0.009	1.71	51.55
5	0.25	-0.0548	0.844	1.92	83.37
10	0.25	-0.0548	1.275	2.03	106.84
25	0.25	-0.0548	1.732	2.14	139.00
50	0.25	-0.0548	2.024	2.22	164.44
100	0.25	-0.0548	2.286	2.28	191.21
200	0.25	-0.0548	2.524	2.34	219.28
500	0.25	-0.0548	2.811	2.41	258.67
1000	0.25	-0.0548	3.012	2.46	290.40



Şekil 4.5: Farklı tekerrür aralıklarına göre maksimum akımların logaritmik grafikleri

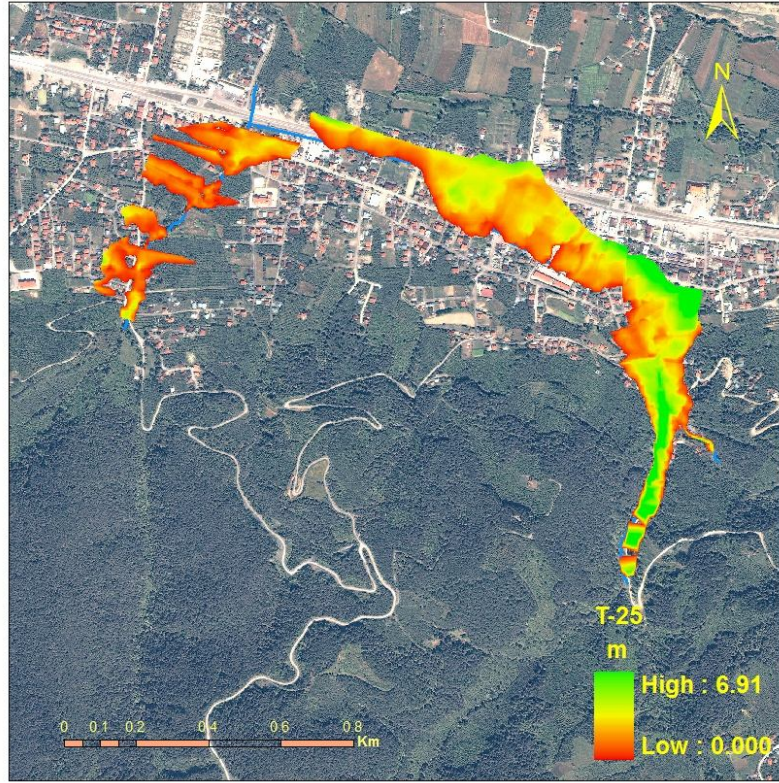
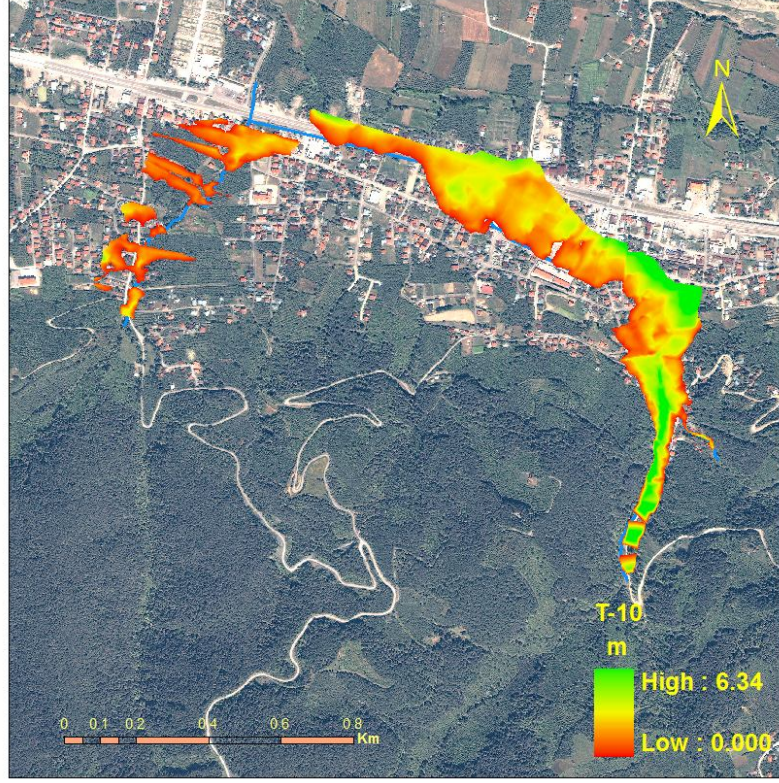
4.3.2. Taşkın Haritalarının Oluşturulması

Şehrin içinden geçen Kaynaşlı deresi ve Kurur derenin kollarını oluşturan tüm dere havzalarında 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500, 1000 yıllık maksimum akımlar hesaplanarak, farklı tekerrür sürelerindeki bu akımlar için taşkın haritaları oluşturulmuştur. Akarsu yataklarına ait geometrik veriler (dere kanalı, enkesitler, kıyı çizgileri, sanat yapıları) HEC-GeoRAS ortamında hazırlanarak HEC-RAS ortamına aktarılmıştır (Şekil 4.6). Maksimum akım değerleri de HEC-RAS ortamında girilerek simülasyon yapılmış ve sonuçlar HEC-GeoRAS ortamında haritalandırılmıştır.

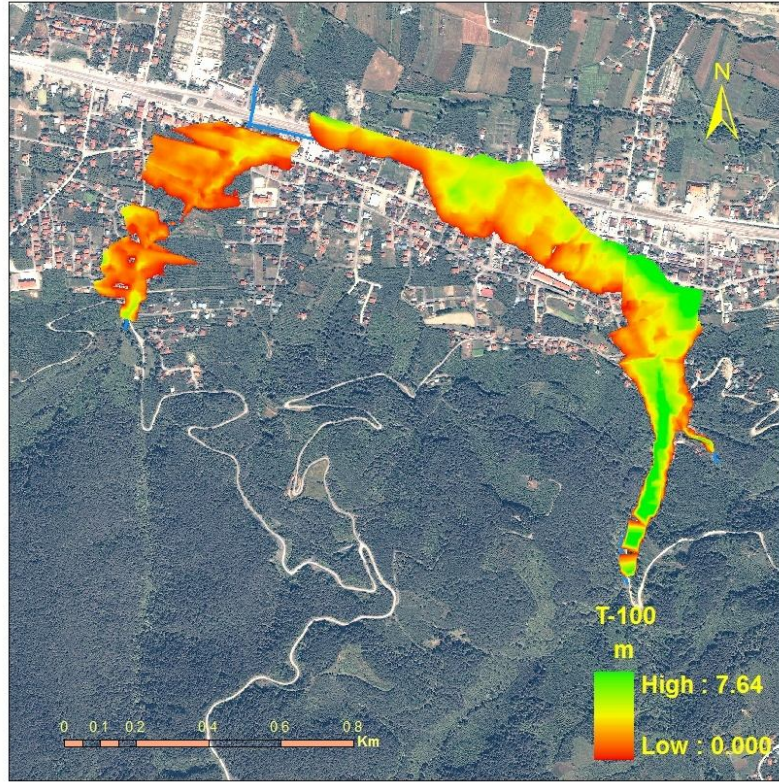
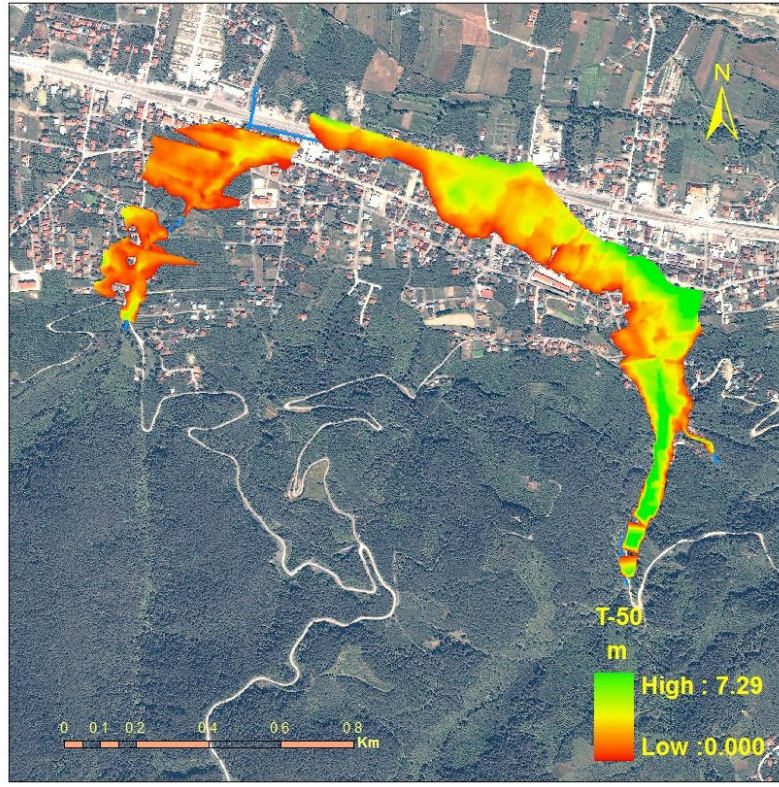


Şekil 4.6: Taşkın analizinin yapıldığı Kurur dere ve Kaynaşlı deresine ait geometrik veriler

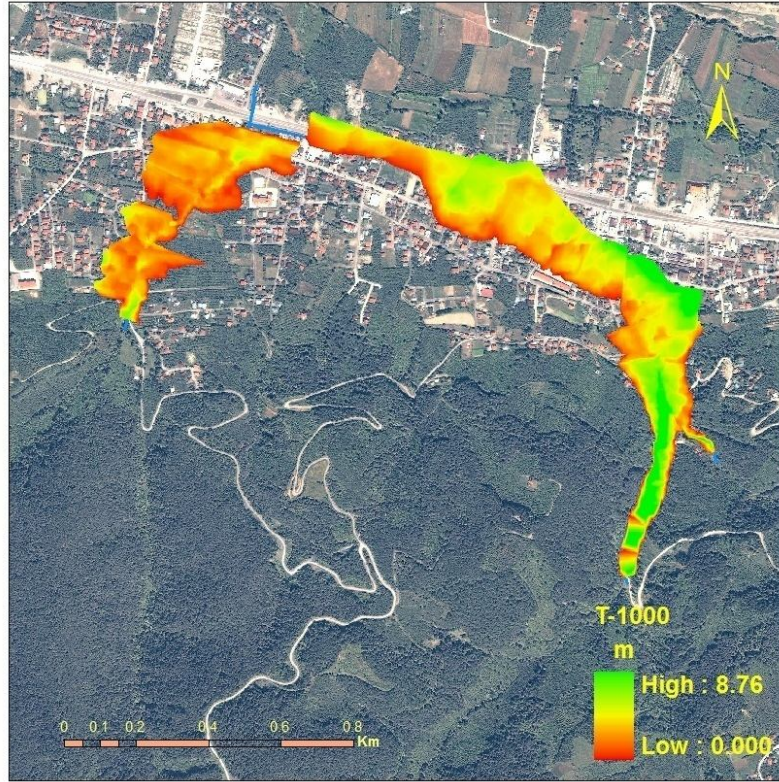
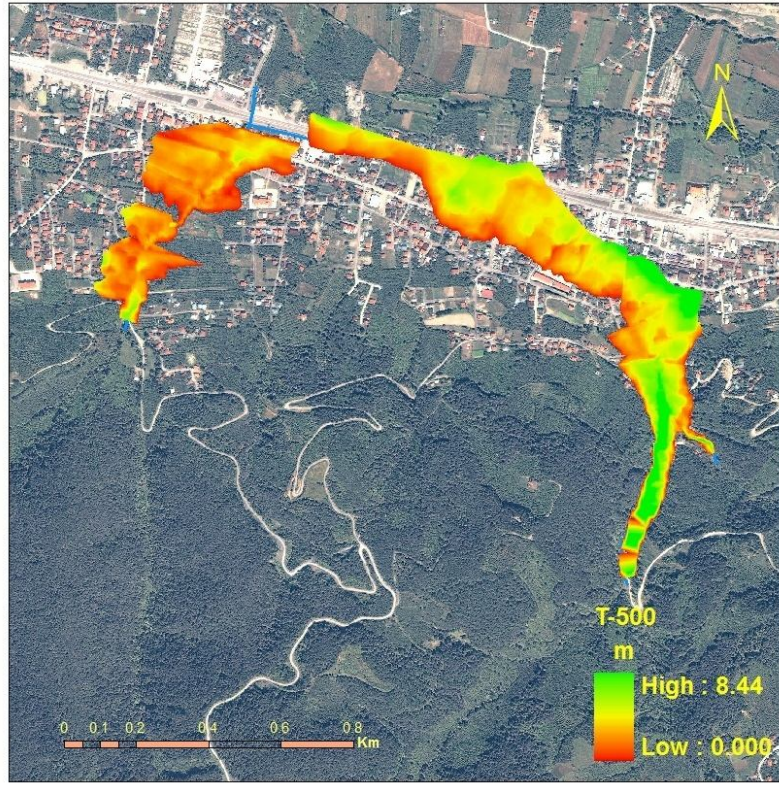
Simülasyon sonucunda taşkın alanında maksimum su yüksekliği 2 yıllık tekerrür aralığı için 5.19 m, 5 yıllık tekerrür aralığı için 5.84 m, 10 yıllık tekerrür aralığı için 6.34 m, 25 yıllık tekerrür aralığı için 6.91 m, 50 yıllık tekerrür aralığı için 7.29 m, 100 yıllık tekerrür aralığı için 7.64 m, 500 yıllık tekerrür aralığı için 8.44 m ve 1000 yıllık tekerrür aralığı için 8.76 m olmuştur. 10, 25, 50, 100, 500, 1000 yıllık tekerrür aralıkları için taşkın derinlik haritaları Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9’da sunulmuştur.



Şekil 4.7: 10 ve 25 yıllık tekerrürlere göre taşkın derinlik haritaları

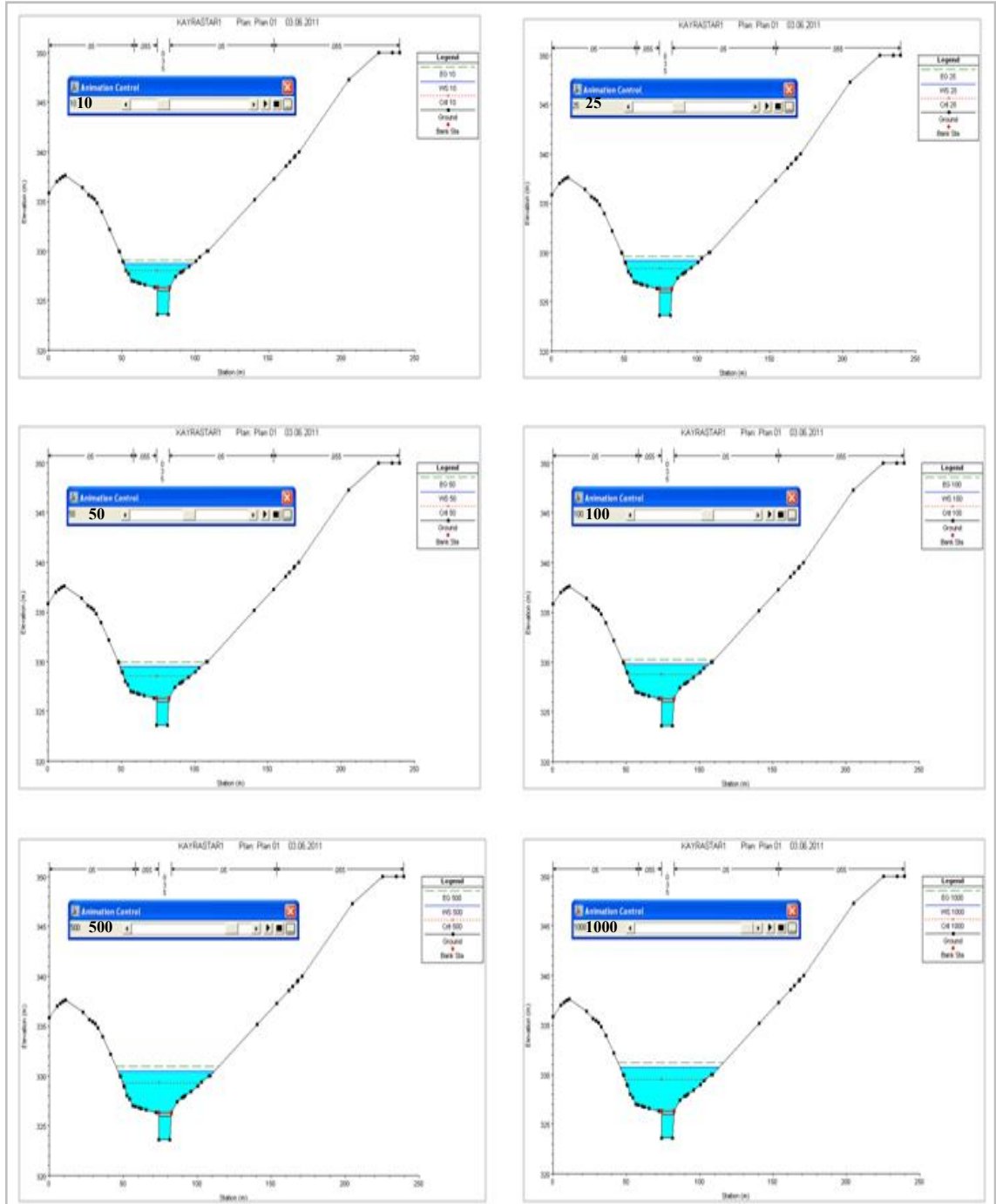


Şekil 4.8: 50 ve 100 yıllık tekerrürlere göre taşkın derinlik haritaları



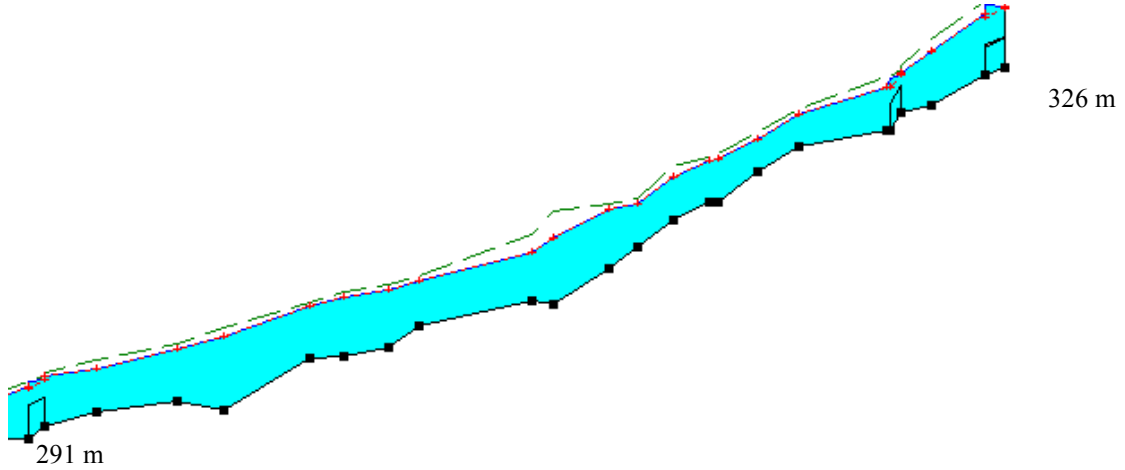
Şekil 4.9: 500 ve 1000 yıllık tekerrürlere göre taşkın derinlik haritaları

Kaynaşlı deresi ve Kurur derede alınan her bir enkesitte farklı tekerrür aralıkları için taşkın yükseklikleri de belirlenmiştir. Şekil 4.10'da Kurur derede 326 m kotundaki enkesit için farklı tekerrür aralıklarına göre su yüksekliği verilmiştir.



Şekil 4.10: Kurur derede 326 m kotundaki enkesitte farklı tekerrür sürelerine göre su yüksekliği

Ayrıca 100 yıl tekerrür aralığına sahip akımlar için her bir derenin boyuna profili boyunca su yüksekliği belirlenmiştir. Şekil 4.11’de Kurur dere boyuna profili ve su yüksekliği verilmiştir.



Şekil 4.11: Kurur dere boyuna profilinde 100 yıllık yağışa ait su yüksekliği

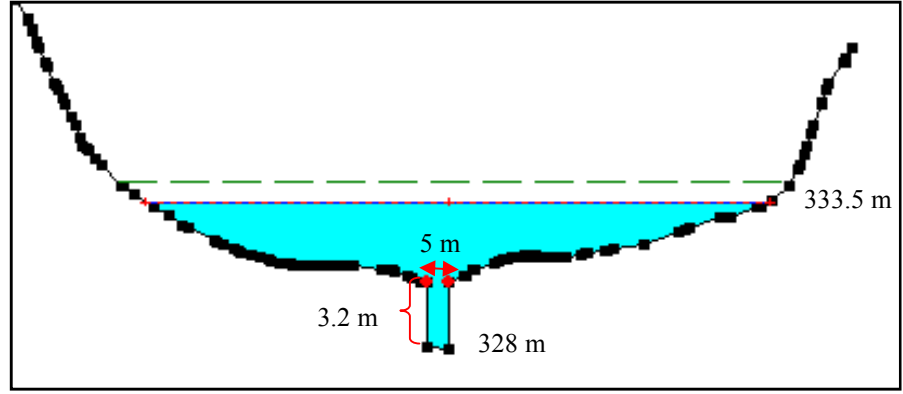
4.3.3. Kaynaşlı Dere Kanalında Debinin hesaplanması

Kaynaşlı deresinin kanalının Çakılsuyu, Akbağlık ve 1. kuru dere kollarından gelen maksimum akımların toplamını geçirecek kapasitede olması gerekmektedir. Bu nedenle debi hesabı Kaynaşlı deresi ile 1. kuru dere kolunun kesiştiği kısımdaki enkesit için yapılmıştır.

Genel debi formülüyle Kaynaşlı deresinin 1. kuru dere kolu ile birleştiği kısımdaki enkesitin geçirebileceği debi $307.5 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak hesaplanmıştır. Akbağlık, Çakılsuyu ve 1. kuru dere kollarının SCS-CN yöntemi ve LP III dağılımına göre hesaplanan akım değerleri incelendiğinde bu üç dere kolunun 5, 10, 25, 50, 100, 1000 yıllık tekerrüre sahip akımlarının toplamının sırasıyla $352.56 \text{ m}^3/\text{sn}$, $444.51 \text{ m}^3/\text{sn}$, $569.37 \text{ m}^3/\text{sn}$, $668.48 \text{ m}^3/\text{sn}$, $772.48 \text{ m}^3/\text{sn}$, $1158.18 \text{ m}^3/\text{sn}$ olduğu görülmektedir (Çizelge 4.8, 4.9, 4.10). Dolayısıyla Kaynaşlı dere kanalının 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık tekerrüre sahip akımları geçiremeyeceği söylenebilmektedir. Araştırma havzasının çıkışında yerleşim yerinin bulunması ve meydana gelebilecek bir selde can kaybı riskinin yüksek olması nedeniyle 1000 yıllık tekerrür süresine sahip akım dikkate alındığında, bu akımın Kaynaşlı deresinin geçirebileceği akımdan yaklaşık 3.5 kat fazla

olduğu belirlenmiştir. HEC-RAS yazılımı ile yapılan simölasyon sonucunda oluşturulan haritalarda da kanalın yetersiz olduğu ve taşkın oluşabileceği görölmüştür (şekil 4.7, 4.8, 4.9).

Kaynaşlı deresinin 1. kuru dere ile keşiştiği yerdeki kesitte HEC-RAS yazılımı ile yapılan simölasyon sonucunda oluşan 100 yıllık tekerrür süreli akımın su yüksekliği şekil 4.12’de gösterilmiştir.



şekil 4.12: Kaynaşlı dere enkesitinde 100 yıllık tekerrür süresine göre su yüksekliği

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma alanı, Düzce İli Kaynaşlı İlçesi'nden geçen, üzerinde İstanbul-Ankara otoyolunun ayaklarının bulunduğu Asarsu deresine sularını akıtan Kaynaşlı deresinin su toplama havzasıdır. Havzada Kaynaşlı deresinin Çakılsuyu, Akbağlık ve 1. kuru dere kolları bulunmaktadır. Kaynaşlı deresi şehrin içinden geçtikten sonra Kurur dere ile birleşmektedir. Bu havzada günümüze kadar birçok sel meydana gelmiş ve yüksek miktarlarda maddi hasar ve toprak kayıpları oluşmuştur.

Yaşanan sel ve taşkın olaylarından sonra Kaynaşlı deresi ve kollarında ıslah amaçlı çalışmalar yapılmıştır. Fakat yapılan ıslah çalışmaları teknik açıdan yetersizdir. Özellikle Akbağlık deresinin Kaynaşlı deresine bağlandığı yüksek eğimli kısmında yapılan ıslah sekileri düzensiz inşa edilmiş olup amaca hizmet etmemektedir. Islah sekilerinin sağlam şekilde ve yöntemine uygun olarak inşa edilmemesi sonucunda kıyı oyulmaları ve yamaç göçmeleri devam etmekte, seki gövdeleri gelen su ve materyalle tahrip olmakta, seki temellerinde göçmeler başlamakta ve sürekli ıslak olan seki gövdesindeki harçlı taşlar zarar görerek materyal tehlikesi oluşturmaktadır (Şekil 5.1).



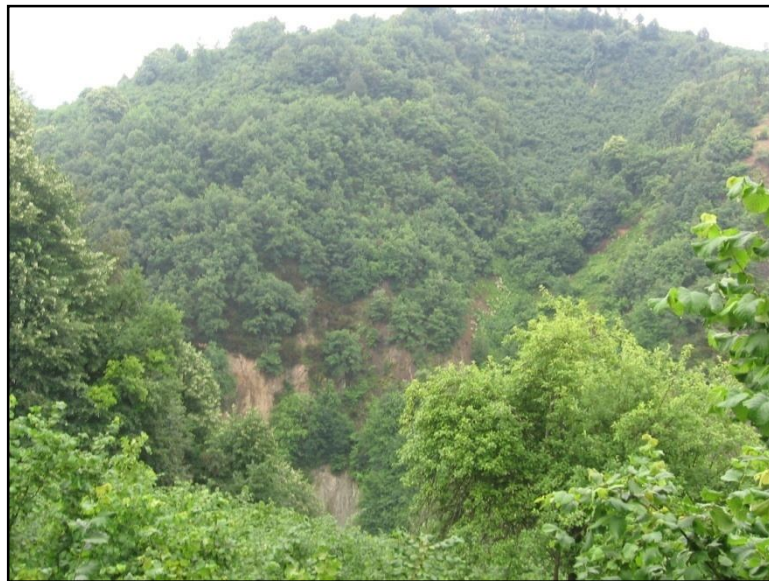
Şekil 5.1: Akbağlık deresin ıslah sekileri (a), Akbağlık deresinde yamaç göçmeleri (b)

Çakılsuyu ve Akbağlık dere kollarının birleştiği yerde materyal depolandığından dolayı kesit daralmış ve dere kotu köylere ulaşımın sağlandığı yolun seviyesine yaklaşmıştır. Aynı şekilde 1. kuru dere kolundaki ıslah sekileri ve dere yatağı taş ve kaya parçalarıyla dolmuş ve yatağın yükselmesine sebep olmuştur (Şekil 5.2). Yüksek inşa edilmeyen sekilerin olası bir selde gelen materyalle gömülme olasılığı yüksektir. Ayrıca gelen materyal şehirdeki köprü ve menfezleri tıkayarak büyük hasarlara yol açabilecektir.



Şekil 5.2: Akbağlık ve Çakılsuyu dereleri birleşim yeri (a), 1. kuru derede materyal birikimi(b)

1. kuru dere kolunun yukarı kısmındaki Türbe tepe yamacında oyuntular başlamış olup tepeye doğru ilerlemektedir (Şekil 5.3). Dolayısıyla derenin yukarı kısımlarında hem oyuntu ıslahı önlemleri hem de mecra ıslahı önlemleri alınmalıdır.



Şekil 5.3: Türbe tepe yamacında meydana gelen oyuntu

Çalışma havzasında geçmişte yaşanan seller incelenmiş, havza morfometrisinin meydana gelen sel ve taşkınlar üzerindeki etkisi araştırılmış, 1967 yılından 2010 yılına kadar arazi kullanımındaki değişimler belirlenmiş, havzanın arazi yetenek sınıflarına uygun olarak kullanıp kullanılmadığı araştırılarak yanlış arazi kullanımına konu olan alanlar belirtilmiş, HEC-RAS yazılımı kullanılarak şehrin içinden geçen Kaynaşlı deresi ve Kurur derede farklı tekerrür sürelerinde meydana gelebilecek maksimum akımlara göre yaşanabilecek taşkın senaryoları haritalandırılmış ve 1. kuru dere ile Kaynaşlı deresinin birleştiği yerdeki enkesitin geçirebileceği debi hesaplanmıştır.

Bu çalışmada, CBS kullanımının havza ıslah çalışmalarını kolaylaştıracağı, havza morfometrik özelliklerine ait analizlerin daha hızlı yapılabilmesi ve daha hassas sonuçlar elde edilebileceği, CBS tabanlı taşkın modellemesi ile olası bir taşkında risk altında bulunan alanlar ile taşkın derinliğinin belirleneceği, özellikle projelendirme aşamasında karar vericiye alınabilecek yapısal önlemlerinin niteliği ve boyutu hakkında kolaylık sağlayacağı, taşkın modellerinin ve model elemanlarının CBS'ne entegrasyonu sayesinde daha etkili sonuçlara ulaşılabileceği, bir kez daha görülmüştür.

5.1. HAVZA MORFOMETRİSİNE İLİŞKİN SONUÇLAR

Yapılan analizler sonucunda araştırma havzasının ortalama eğiminin yüksek (% 50.20) olduğu belirlenmiştir. Eğimi % 30'a kadar olan alanlar havzanın % 3.80'ini (20.68 ha), % 30'dan büyük olan alanlar ise % 96.20'sini (523.73 ha) oluşturmaktadır (Çizelge 4.1). Çeşitli araştırmacıların deneysel olarak aynı koşullar altında eğimin artmasıyla erozyon şiddetinin arttığını saptadıkları belirtilmektedir (Aydemir, 1973; Balcı, 1996; Özhan, 2004; Özdemir, 2006).

Havzanın Dd (drenaj yoğunluğu) ve Fu (dere sıklığı) değerlerinin çok yüksek olması (Çizelge 4.2) sel ve taşkın riskinin de yüksek olduğunu göstermektedir. Genel olarak çok yüksek Dd değeri ($>1,75$) bitki örtüsünün seyrek olduğu, toprağın da dayanıksız veya geçirgenliğinin az olduğu, havzaya düşen yağışın yüksek bir oranda akışa geçtiği (Strahler, 1964; Biswas ve diğ., 1999; Macka, 2001; Erdaş ve diğ., 2002; Sarangi ve diğ., 2003), çok yüksek Fu değeri ise ($>3,5$) eğimin yüksek olduğu, litolojik yapının geçirgen

olmadığı (Reddy ve diğ.,2004) anlamlarına gelmektedir. Karagül (1998a) Kaynaşlı havzasında yapmış olduğu benzer bir çalışmada da alt toprak geçirgenlik değerlerini orman alanlarında 4,34 cm/saat, fındık alanlarında ise 4,49 cm/saat olarak belirlemiştir.

Havzanın T (tekstür oranı) değeri 1,72 olarak bulunmuştur ve çok yüksek olarak belirtilen sınırın ($>2,5$) altında bir değer almıştır.

Havzanın Re (uzama oranı) değeri 0,61 olarak bulunmuş olup bu değer kuvvetli rölyef ve dik yamaçlara sahip olduğunu göstermiştir. Uzama Oranı (Re) değerinin düşük olması yüzeysel akışın yüksek, konsantrasyon süresinin uzun olduğu anlamına gelmektedir (Strahler, 1964 ; Sarangi ve diğ., 2003; Reddy ve diğ., 2004).

Havzanın Ff (form faktörü) değeri çok düşük olarak belirtilen değerin altında olup 0,3 olarak bulunmuştur. Ff'nin düşük olması uzun süreli zayıf pik akımların meydana gelebileceğini göstermektedir (Biswas ve diğ., 1999; Reddy ve diğ., 2004).

Havzanın Rb (çatallanma oranı) değeri 2,73 olup sel ve taşkın oluşturma riski yüksektir. Çatallanma oranının (Rb) düşük olması akımın enerjisinin yüksek olduğu ve havzanın keskin pik akımlar ürettiği anlamına gelmektedir (Sarangi ve diğ., 2003; Saud, 2009; Eze ve Efiog, 2010).

Havzanın Rc (dairesellik oranı) değeri 0,5 olarak bulunmuş olup uzunlamasına bir havza şeklini temsil etmektedir. Rc değerinin düşük olması yüzeysel akış sularının havza çıkışına ulaşma süresini kısaltarak taşkın riskini artıracak bir etmen olarak göze çarpmaktadır. Çünkü Rc değerlerinin yüksek olması havzada üniform bir infiltrasyondan bahsedilebileceği ve fazla suların havza çıkışına ulaşmasının uzun zaman alacağı (Strahler, 1964; Sarangi ve diğ., 2003; Reddy ve diğ., 2004) ifade edilmektedir.

Bir havzada hipsometrik integral değerinin 0,6'ya eşit veya daha büyük olması havzanın genç evrede olduğunu dolayısıyla aşınma ve taşınma olaylarının ciddi boyutta olduğunu göstermektedir (Strahler, 1964; Bishop ve diğ., 2002; Singh ve diğ., 2008). Araştırma havzasının hipsometrik integral değeri 0,52 olup olgun evrede yer almaktadır.

Dolayısıyla genç evrede yer alan havzalara oranla araştırma havzasında aşınma ve taşınma olaylarının nispeten daha az olduğu sonucuna varılabilir. Havzanın ortalama eğiminin % 50.20 olduğu göz önüne alındığında erozyon riskinin yüksek olduğu söylenebilir.

5.2. HAVZANIN ARAZİ KULLANIMINA İLİŞKİN SONUÇLAR

Araştırma alanında 1967-2010 yılları arasında genel olarak ormanlık alanlar azalmış, ziraat-yerleşim alanları ise artmıştır. 1987 yılı, orman alanlarındaki ve yerleşim yerlerindeki azalmanın en fazla olduğu plan dönemidir. Bunun nedeni yerleşimin çok dağınık olması sebebiyle 1967 yılı amenajman planında ziraat ve yerleşim alanlarının birlikte gösterilmesidir. 1987'den 2010 yılına kadar ise orman alanlarında düşük miktarda artış gözlenmiş, bu artış oranında da ziraat-yerleşim alanlarında azalma meydana gelmiştir. Son amenajman planındaki ziraat-yerleşim alanlarının toplamı ile havzanın toplam alanı kıyaslanacak olursa alanın yarısına yakın kısmı ziraat-yerleşim alanlarından oluşmaktadır (Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3).

Tüm plan dönemlerinde oluşturulan arazi kullanım durumu haritalarına bakıldığında 1967, 1987, 2000 yılı plan haritalarında orman alanlarının sınırlarının doğrusal olduğu, 2010 yılı haritasında ise kavisli ve girintili olduğu açıkça görülmüştür. Bu durum orman açmalarının oluşturduğu tehlikeyi gözler önüne sermektedir. Havzadaki bir başka tehlike de meydana gelmeye başlayan erozyondur (Şekil 4.2 D).

Havzadaki tarımsal faaliyetler arazi kabiliyet sınıfları açısından değerlendirildiğinde alanın 222.9 ha'lık kısmı kısıtlı tarıma (IV. sınıf) uygundur. Havzanın geriye kalan 321.51 ha'lık bölümü ise VII. sınıf arazidir ve orman olması gerekmektedir. Çünkü "V., VI., VII. ve VIII. sınıf arazilerin hiçbir şekilde tarım amaçlı kullanılmaması gerekmektedir" (Kantarıcı, 1983; Balcı, 1996). Oysa orman olarak kullanılması gereken alanın % 48'i (153.88) ziraat alanı olarak kullanılmakta ve bunun sonucunda şiddetli yüzeysel akış, erozyon ve heyelanlara yol açarak toprak kaybına neden olmaktadır. Nitekim Aydemir (1973) araştırma sahasına yakın bir bölge yaptığı çalışmada, tarım alanlarında yüzeysel akışın ormanlık alanlara nazaran daha fazla olduğunu belirtmiştir. Aşırı sağanak yağışlar sonucu taşınan toprak ve materyal ise sel sonrası oluşan hasarın

boyutunu daha da arttırmaktadır. Ayrıca yanlış arazi kullanımı yapılan alanlarda sel ve erozyon zararlarını önlemek için alınan teknik önlemler maddi olarak külfetli olacaktır.

5.3. KAYNAŞLI DERELERİNİN HEC-RAS YAZILIMI İLE ANALİZ EDİLMESİNE İLİŞKİN SONUÇLAR

HEC-RAS yazılımı kullanılarak taşkın altında kalacak alanlar belirlenebilmekte, HEC-GeoRAS uzantısı aracılığıyla CBS tabanlı harita, sorgulama ve analizler yapılabilmekte ve sonuçlar tartışılabilmektedir (USACE, 2010a). Yazılımın girdilerini oluşturan verilerin kalitesi ve hassasiyeti oranında simülasyonun hassasiyeti de artmaktadır.

Havzanın morfometrik özellikleri, arazi kullanım durumu, yağış-akış ilişkisi ile belirlenen maksimum akım değerlerinden elde edilen değerlere göre farklı tekerrür aralıklı maksimum akımlar elde edilmiş ve bunlardan 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık tekerrürlü akımlara göre Kaynaşlı derelerinde oluşabilecek taşkınlar haritalandırılmıştır. Kurur derenin doğal yatağının, Kaynaşlı dere kanalının ve 1. kuru derenin analize dahil edilen kısmının tamamının farklı tekerrür sürelerindeki bu maksimum akımları akıtamayacağı HEC-RAS yazılımı kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 4.7, 4.8, 4.9). Bu kısımlarda dere enkesitinin maksimum akımları geçirecek yeterliliğe sahip olmadığı da HEC-RAS ile yapılan analiz sonucunda anlaşılmıştır.

Yerleşim alanına dönüşmüş bölgeler için tehdit oluşturan akarsularda dere enkesitlerinin hesabı 100 yılda bir beklenebilecek yükseklikteki maksimum akımlara göre yapılırken, yerleşim alanına dönüşmemiş yerlerde duruma göre 10, 25 ya da 50 yılda bir beklenebilecek maksimum akımlara göre yapılmaktadır (Görcelioğlu, 2003). Fazla can kaybı olasılığı bulunan yerleşim yerlerinde ise 1000 yıllık tekerrür süreleri dikkate alınmaktadır (Balcı ve Öztan, 1987). Bu durumda Kaynaşlı dere kesiti için genel debi formülü kullanılarak bulunan debi miktarı düşük olup 1000 yıllık tekerrür süresine sahip akımları geçirecek kapasitede değildir. HEC-RAS ile yapılan analizin sonuçları da kanal kesitinin 1000 yıllık maksimum akımları geçiremeyeceği yönündedir.

Yapılan analiz sonucuna göre Kurur dere çevresinde hasarın maddi boyutunun daha az, Kaynaşlı deresi ve bunun 1. kuru dere kolunda daha fazla olabileceği söylenebilir.

Bunun nedeni Kurur dere de eğimin düşük ve yerleşim yerlerinin dere yatağına uzak olması, Kaynaşlı deresi ve 1. kuru dere kolunda ise eğimin yüksek olması, yukarı havzadan gelen materyalin tehlike arz etmesi ve yerleşim yerlerinin su toplama havzasının çıkış bölgesinde dere yatağına yakın olmasıdır. Araştırma alanı olarak Kaynaşlı deresi su toplama havzasının seçilmesinin nedeni de geçmişte yaşanan sellerde en çok hasarın bu kısımlarda yaşanmış olmasındandır.

Daha önceden yaşanan sellere ilişkin mevcut raporlar ile çevrede yaşayan halkın söylemleri analiz sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, bulunan sonuçların benzerlik gösterdiği bu çalışmayla belirlenmiştir. 2009 yılı seline ilişkin raporda Kurur derenin taşmasıyla Millet Caddesi ve Kopuzlar Sokak yollarının, Kaynaşlı deresinin taşmasıyla dere ağız mevkiindeki evlerin zarar gördükleri belirtilmiştir. Taşkın derinliği haritalarına bakıldığında raporda belirtilen bu kısımlara taşkın sularının ulaştığı görülmüştür.

5.4. ÖNERİLER

- Havzadaki erozyon ve sellerin önlenmesi için arazi kullanım sınıflamasına uyulması başta gelen önlemdir (Karagöl, 1998a, b).
- Havzada yüksek eğimli alanlardaki fındıklık ve tarım alanlarının orman bitki örtüsüne çevrilmesi gerekmektedir (Karagöl, 1998a, b).
- IV. sınıf tarım alanlarında gerekli toprak koruma önlemlerinin (eşyükselti tarımı, rotasyon, teraslama vb) alınması gereklidir (Karagöl, 1998a, b).
- Dere yatağına yakın kısımlarda yapılaşma önlenmelidir.
- Dere yatakları 1000 yıllık maksimum akımlara göre boyutlandırılmalıdır. Bu amaçla Kaynaşlı deresinin kesiti en az 3.5 katına çıkarılmalıdır.
- Havza ıslah etüd-projelendirme aşamasında HEC-RAS gibi CBS ile entegre edilebilen taşkın simülasyon yazılımları kullanılması çalışmaların hızını arttıracaktır (Aydın, 2008).
- Çalışmanın hassasiyeti için CBS'ye altlık olarak kullanılacak haritaların ölçeklerinin büyük olmasına önem verilmelidir. Yerleşim yerlerinde yapılacak taşkın modellemesinde harita ölçeğinin 1/5000'den küçük olmaması gerekir (Aydın, 2008).

- Taşkın simülasyonu için gerekli olan enkesit ölçümlerinin hassasiyeti de simülasyon için önem arz etmektedir (USACE, 2010a, b).
- Dere kanallarında biriken materyal her yıl ilkbahar ve sonbaharda düzenli olarak temizlenmelidir.
- Gelen iri materyalin tutulması için derelerin yerleşim yerlerine girmeye başladığı bölümlerinde kademeli olarak ızgaralı tersip bentleri yapılmalıdır.
- Akbağlık ve Çakılsuyu derelerinin her birine ya da köylere giden yola alternatif başka yol bulunduğu takdirde bu yol iptal edilerek iki derenin birleştiği yere, depolama alanı geniş olan taşıntı barajı inşa edilmelidir.
- Islah sekileri tekniğine uygun olarak inşa edilmeli ve seki gövdelerini korumak için kronmanlar yapılmalıdır.
- Derelerin kıyı oyulmaları ve yamaç göçmelerinin yoğun olduğu bölümlerinde kıyı duvarları inşa edilmeli ya da vejetatif önlemler alınmalıdır.
- Kadastro çalışmalarında arazi sınıflaması ve eğim koşullarına aykırı olarak orman dışına çıkarılan orman alanları yörede doğal olarak yetişen türlerle ağaçlandırılarak tekrar ormana dönüştürülmelidir (Karagül, 1998a, b).
- Çakılsuyu dere kolunda arazi dik eğimlidir ve dere eksenini kısadır. Buralarda tarım yapılmamalı ve muhafaza ormanı olarak ayrılmalıdır (Karagül, 1998a, b).
- Araştırma havzasında geçmiş dönemlerde doğal vejetasyonun traşlanıp ibrelili türlerin (karaçam, sarıçam) dikildiği alanlar doğal yapısına dönüştürülmelidir. Bu dönüştürme çalışmalarında tıraşlama yöntemi uygulanmamalıdır.

KAYNAKLAR

- AMINI, J., 2010, A Method for Generating Floodplain Maps Using IKONOS Images and DEMs, *International Journal of Remote Sensing*, 31(9), 2441-2456.
- ANŞİN, R., 1983, Türkiye'nin Flora Bölgeleri ve Bu Bölgelerde Yayılan Asal Vejetasyon Tipleri, *K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 6(2), 318-340.
- ANON, 1999, *19-21 Mayıs 1998 Batı Karadeniz Seli Nedenleri Alınması Gerekli Önlemler ve Öneriler*, TMMOB Orman Mühendisleri Odası, Yayın No:22, Ankara.
- ANON, 2003, *Türkiye Ulusal Meteorolojik ve Hidrolojik Afetler Programı* (TUMEHAP), Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği, Ankara.
- ARORA, K. ve SINGH, V.P., 1989, A Comparative Evaluation of The Estimators of The Log Pearson Type (LP) 3 Distribution, *Journal of Hydrology*, 105(1-2), 19-37.
- AŞIKOĞLU, Ö.L. ve BENZEDEN, E., 2007, Standart Süreli Yıllık Maksimum Yağışlar İçin Kararlı Frekans Dağılım Modelleri, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 19(4), 543-551.
- AYDEMİR, H., 1973, *Bolu Massifinde Araziden Faydalanma Biçimlerinde Yüzeysel Akışla Su Kaybı ve Toprak Taşınması Üzerine Araştırmalar*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No:54, Ankara.
- AYDIN, A., 2008, *Büyük Menderes Nehri Sağ Sahil Derelerindeki Sel Kontrol Çalışmalarının İrdelenmesi*, Doktora Tezi, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BALCI, A.N., 1958, *Elmalı Barajının Siltasyondan Korunması İmkânları ve Vejetasyon Su Düzeni Üzerine Araştırmalar*, İ.Ü.Orman Fakültesi Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- BALCI, A.N., 1973, *İç Anadolu'da Ana Materyal ve Bakı Faktörlerinin Erodibilite ile İlgili Toprak Özellikleri Üzerindeki Etkileri*, İ.Ü.Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü.Yayın No:1844, Orm.Fak.Yayın No:195, İstanbul.
- BALCI, A.N. ve ÖZTAN, Y., 1987. *Sel Kontrolü*, Karadeniz Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Trabzon.
- BALCI, A.N., 1996, *Toprak Koruması*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü.Yayın No: 3947, Orman Fakültesi Yayın No: 439, İstanbul, ISBN: 975-404-423-6.

- BARKAU, R.L., 1992, *One-Dimensional Unsteady Flow Through a Full Network of Open Channels*, UNET, St. Louis, MO.
- BEVEN, K.J., 2001, *Rainfall-Runoff Modeling: The Primer*, John Wiley & Sons. Xth Edition, Chichester, England, ISBN: 0471985538.
- BIRKHEAD, A.L., JAMES, C.S. ve KLEYNHANS, M.T., 2007, Hydrological and Hydraulic Modelling of the Nyl River Floodplain Part 2: Modelling Hydraulic Behaviour, *Water SA*, 33(1), 9-20.
- BISHOP, M.P., SHRODER, J.F. BONK, R. ve OLSENHOLLER, J., 2002, Geomorphic Change in High Mountains: A Western Himalayan Perspective, *Globe Planet Change*, 32, 311-329.
- BISWAS, S., SUDHAKAR, S. Ve DESAI, V.R., 1999, Prioritisation of Subwatersheds Based on Morphometric Analysis of Drainage Basin: A Remote Sensing and GIS Approach, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 27(3), 155-166.
- CEYLAN, A. ve KÖMÜŞÇÜ, A.Ü., 2007, Meteorolojik Karakterli Doğal Afetlerin Uzun Yıllar ve Mevsimsel Dağılımları, *1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi Bildiriler Kitabı*, 11-13 Nisan 2007, İTÜ İstanbul, 93-104.
- CHOW, V.T., 1959, *Open Channel Hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, NY, 0070107769.
- CHUAN, T. ve JING, Z., 2006, Torrent Risk Zonation in The Upstream Red River Basin Based on GIS, *Journal of Geographical Sciences*, 16(4), 479-486.
- ÇELİK, H.E., AYDIN, A., ÖZTÜRK, T. ve DAĞCI, M. 2006, Causes of the 1998 Bartın River Flood in Western Black Sea Region of Turkey, *J. Environ. Biol.*, 27 (2 suppl), 341-348.
- ÇEPEL, N., 1978, *Orman Ekolojisi*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 2479, Orman Fakültesi Yayın No: 257, İstanbul.
- DAS, S. ve PAUL, P. K., 2006, Selection of Site for Small Hydel Using GIS in the Himalayan Region of India, *Journal of Spatial Hydrology*, 6(1), 18-28.
- DAVIS, J.C., 2002, *Statistics and Data Analysis in Geology*, 3rd Ed., John Wiley&Sons, ISBN: 978-0471172758.
- DEMİRKESEN, A.C., EVRENDİLEK, F., BERBEROĞLU, S. ve KILIÇ, S., 2007, Coastal Flood Risk Analysis Using Landsat-7 ETM+ Imagery and SRTM DEM: A Case Study of Izmir, Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 131, 293-300.
- DIAKAKIS, M., 2010, A Method for Flood Hazard Mapping Based on Basin Morphometry: Application in Two Catchments in Greece, *Natural Hazards*, DOI 10.1007/s11069-010-9592-8.

- DMİ, 2010, Düzce Meteoroloji İstasyonu İklim Verileri, Ankara.
- DOWLING, T.I., RICHARDSON, D.P., O’SULLIVAN, A., SUMMEREL, G.K. ve WALKER, J., 1998, *Application of the Hypsometric Integral and Other Terrain Based Metrics as Indicators of Catchment Health: A Preliminary Analysis*, Technical Report 20/98 CSIRO Land and Water, Canberra.
- DURSUN, Ö.F., 2008, Murat Nehrinin Elazığ İli Palu İlçesi Civarındaki Taşkın Seviyesinin Belirlenmesi, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 7(1), 130-133.
- ERDAŞ, O., YÜKSEL, A. ve YÜZER, İ., 2002, Kahramanmaraş Akdere Yağış Havzasında Yapılan Erozyon ve Sel Kontrolü Çalışmalarının Havza Amenajmanı Bakımından İrdelenmesi, *Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi, ve Yönetimi Sempozyumu*, Tebliğler Kitabı, 18-20 Eylül 2002 Antakya/HATAY, 402-406.
- EYLES, R.J., 1971, A Classification of West Malaysian Drainage Basins, *Annals of the Association of American Geographers*, 61 (3), 460-467.
- EZE, E.B. ve EFIONG, J., 2010, Morphometric Parameters of the Calabar River Basin: Implication for Hydrologic Processes, *Journal of Geography and Geology*, 2(1), 18-26.
- GÖÇMEN, E., 2006, *Edirne İli Alt-Havzalarda Taşkın Debisi ve Su Verimi Hesaplamaları İçin Ampirik Yöntemlerin Etkinliklerinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- GÖL, C., ÜNVER, İ. ve ÖZHAN, S., 2004, Çankırı-Eldivan Yöresinde Arazi Kullanma Türleri İle Yüzey Toprağı Nemi Arasındaki İlişkiler, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Sayı: 2, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 17-29.
- GÖRCELİOĞLU, E., 2003, *Sel ve Çığ Kontrolü*, İ.Ü.Orman Fakültesi Yayınları. İ.Ü.Yayın No.4415, O.F.Yayın No.473, İstanbul, ISBN: 975-404-688-3.
- GÖRCELİOĞLU, E., 2005, *Sel ve Çığ Kontrolü Yapıları*, İ.Ü.Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü.Yayın No.4555, O.F.Yayın No.487, İstanbul, ISBN:975-404-751-0.
- GRECO, S.E., GIRVETZ, E.H., LARSEN, E.W., MANN, J.P., TUIL, J.L. ve LOWNEY, C., 2008, Relative Elevation Topographic Surface Modelling of a Large Alluvial River Floodplain and Applications for the Study and Management of Riparian Landscapes, *Landscape Researches*, 33(4), 461-486
- GREIS, P.N., 1983, Flood Frequency Analysis: A Review of 1979-1982, *Reviews of Geophysics and Space Physics*, 21(3), 699-706
- GRIVA, A., BALTAS, E.A., VARANOU, A. ve MIMIKOU, M.A. 2003, GIS-Based Floodplain Mapping in Greece, *International Conference on “Towards Natural Flood Reduction Strategies”* 6-13 September 2003, Warsaw.

- GROHMANN, C.H., 2004, Morphometric Analysis in Geographic Information Systems: Applications of Free Software GRASS and R, *Computers and Geosciences*, 30, 1055-1067.
- GÜL, G.O., HARMANCIOĞLU, N., VE GÜL, A., 2009, A Combined Hydrologic and Hydraulic Modeling Approach for Testing Efficiency of Structural Flood Control Measures, *Natural Hazards*, DOI 10.1007/s11069-009-9464-2.
- GÜMRÜKÇÜOĞLU, M., GOODİN, D.G. ve MARTİN, C., 2010, Landuse Change in Upper Kansas River Floodplain: Following the 1993 Flood, *Natural Hazards*, DOI 10.1007/s11069-010-9540-7.
- GÜRER, İ., UÇAR, İ., 2009, Flood Disasters' Inventory in Turkey in 2009, *International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering*, Paper:A109, Ohrid/Macedonia.
- GÜRGEN, G., 2004, Doğu Karadeniz Bölümü'nde Maksimum Yağışlar ve Taşkınlar Açısından Önemi, *GÜ Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(2), 79-92.
- HAAN, C.T., 1977, *Statistical Methods in Hydrology*, Iowa State University Press, Ames, Iowa 500014, ISBN: 978-0813815107.
- HAWKINS, R.H., HJELMFELT, A.T. ve ZEVENBERGER, A.W., 1985, Runoff Probability, Storm Depth, and Curve Numbers, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 111(4), 330-340.
- HIZAL, A., ŞENGÖNÜL, K., ÇELİK, H.E., AŞK, K. ve KÜÇÜKKAYA, İ., 2009, İstanbul İli'nde 8-9 Eylül 2009 Tarihlerinde Meydana Gelen Sellere İlişkin Orman Mühendisleri Odası Komisyon Raporu, *Orman Mühendisliği Dergisi*, 46(10-11-12), 14-19.
- HJELMFELT, A.T., 1982, Closure to Empirical Investigation of the Curve Number Technique, *J. Hydraul Div.*, ASCE, 108(4), 614-616.
- HOWARD, A.D., 1990, Role of Hypsometry and Planform in Basin Hydrologic Response, *Hydrological Processes*, 4, 373-385.
- HOWARD, S.M. 2007, *Relationship of Headwater Stream Geomorphology to Catchment Geomorphology in the Piedmont of North Carolina*, Unpublished Master Thesis, North Carolina State University, USA.
- JAIN, M.K., MISHRA, S.K., ve SINGH, V.P., 2006, Evaluation of AMC-Dependent SCS-CN-Based Models Using Watershed Characteristics, *Water Resources Management*, 20, 531-552.
- JOHNSON, R.R., 1998, An Investigation of Curve Number Applicability to Watersheds in Excess of 25000 Hectares (250 km²), *Journal of Environmental Hydrology*, Vol.6.

- KANTARCI, M.D. 1983, *Türkiye’de Arazi Yetenek Sınıfları ile Arazi Kullanımının Bölgesel Durumu*, İ.Ü.Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü.Yayın No:3153, O.F.Yayın No:350, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- KARAGÜL, R., 1998a, Kaynaşlı Havzasında Arazi Kullanım Durumu ve Bazı Toprak Özelliklerinin Araştırılması, *A.İ.B.Ü. Araştırma Fonu Projesi*, Proje Kod No: 96.05.02.17, Düzce/BOLU.
- KARAGÜL, R., 1998b, Kaynaşlı’yı (Bolu) Tehdit Eden Sellerin Nedenleri ve Alınması Gerekli Önlemler, *Tarım ve Orman Meteorolojisi’98 Sempozyumu*, 21-23 Ekim 1998, İTÜ, İstanbul, 222-231.
- KARAGÜL, R., ŞAMANDAR, A., ÖZCAN, M., YILMAZ, F. ve ÇİTGEZ, T., 2010, Düzce Çevresindeki Sel ve Taşkınların Nedenleri ve Alınması Gerekli Önlemler, *II. Ulusal Taşkın Sempozyumu, Tebliğler Kitabı*, 22-24 Mart 2010 Afyonkarahisar, 543-551
- KUNTNER, R., 2002, *A Methodological Framework Towards Formulation of Flood Runoff Generation Models Suitable in Alpine and Prealpine Regions*, Doctoral Dissertation, Diss. ETH No.14699, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich.
- LATTIF, A.A. ve SHERIEF, Y., 2010, Morphometric Analysis and Flash Floods of Wadi Sudr and Wadi Wardan, Gulf of Suez, Egypt: Using Digital Elevation Model, *Arabian Journal of Geosciences*, DOI 10.1007/s12517-010-0156-8.
- LUDLOW, C.D., 2009, *Flood Modeling in a Data-Poor Region: A Satellite Data-Supported Flood Model for Accra, Gana*, The Faculty of The Columbian College of Arts and Sciences Of the George Washington University in partial satisfaction Of the requirement for the degree of Master of the Arts, University of Sussex.
- MACKA, Z., 2001, Determination of Texture of Topography From Large Scale Contour Maps, *Geografski Vestnik*, 73(2), 53-62.
- MESA, L.M., 2006, Morphometric Analysis of a subtropical Andean Basin (Tucuman, Argentina), *Environ. Geology*, 50, 1235-1242.
- MISHRA, S.K. ve SINGH, V.P., 1999, Another Look at SCS-CN Method, *Journal of Hydrological Engineering*, 4(3), 257-263.
- MOORE, I.D., GRAYSON, R.B. ve LANDSON, A.R., 1991, Digital Terrain Modelling: A Review of Hydrological, Geomorphological and Biological Applications, *Hydrological Processes*, 5 (1), 3-30.
- MTA, 2002, *Türkiye Jeoloji Haritası*, Ölçek: 1/25000, Adapazarı (G26-b4, G26-c1) Paftası, Ankara

- NEMLİOĞLU, A., 1995, Karadeniz’de Sel-Taşkın Olayları ve Doğa Koruma, *I. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Bildiriler Kitabı, 23-25 Ekim 1995 Trabzon, Cilt 3, Sayfa 82-90.
- OGM, 1967, *Düzce Orman İşletme Müdürlüğü, Darıyeri Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı*, Düzce.
- OGM, 1987, *Düzce Orman İşletme Müdürlüğü, Darıyeri Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı*, Düzce.
- OGM, 2000, *Düzce Orman İşletme Müdürlüğü, Darıyeri Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı*, Düzce.
- OGM, 2010, *Düzce Orman İşletme Müdürlüğü, Darıyeri Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı*, Düzce.
- OKONSKI, B., 2007, Hydrological Response to Land Use Changes in Central European Lowland Forest Catchments, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 15(1), 3-13.
- ÖZBAL, R., 1997, Erozyon, Taşkın ve Rusubat Kavramı, *A.İ.B.Ü. Orman Fakültesi Konferansları 4*, Ormancılık Haftası Konferansları, 19 Mart 1997 Kaynaşlı-Düzce, s11-15.
- ÖZHAN, S., 2004, *Havza Amenajmanı*, İ.Ü.Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü.Rektörlük Yayın No:4510, Orman Fakültesi Yayın No:481, İstanbul, ISBN:975-404-739-1.
- ÖZDEMİR, H., 2006, Taşkın Çalışmaları Açısından Topografik Haritalardan ve DEM’den Üretilmiş Akarsu Morfometrik Özelliklerinin Karşılaştırılması, *İTÜ CBS sempozyumu Cilt 1*, 27-29 Kasım 2006, İTÜ, İstanbul.
- ÖZDEMİR, H., 2007a, SCS-CN Yağış-Akış Modelinin CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Uygulanması: Havran Çayı Havzası Örneği (Balıkesir), *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(2), 1-12.
- ÖZDEMİR, H., 2007b, Taşkınların Haritalanmasında Hec-Georas ve Hec-ras’ın Kullanımı: Havran çayı örneği (Balıkesir), *TMMOB Harita Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 30 Ekim-02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon,.
- ÖZDEMİR, H., 2008, Havran Çayı’nın (Balıkesir) Taşkın Sıklık Analizinde Gumbel ve Log Pearson Tip III Dağılımlarının Karşılaştırılması, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 6(1), 41-52.
- ÖZTÜRK, D., 2009, *CBS Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemleri İle Sel ve Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi: Güney Marmara Havzası Örneği*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- ÖZYUVACI, N., 1999, *Meteoroloji ve Klimatoloji*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Rektörlük Yayın No: 4196, Orman Fakültesi Yayın No: 460, İstanbul, ISMN: 975- 404-544-5.
- PHIEN, H.N. ve AJIRAJAH, T.A., 1984, Application of The Log Pearson Type-3 Distribution in Hydrology, *Journal of Hydrology*, 73(3-4), 359-372.
- PHINE, H.N. ve HIRA, M.A., 1983, Log Pearson Type-3 Distibution: Parameter Estimation, *Journal of Hygrology*, 64(1-4), 25-37.
- PRAMANIK, N., PANDA, R.K. ve SEN, D., 2010, One Dimensional Hydrodynamic Modeling of River Flow Using DEM Extracted River Cross-sections, *Water Resource Management*, 24, 835-852.
- QUINONEZ, C.G, 2005, *Development of HEC-HMS and HEC-RAS Models for Urban Floodplain Mapping and Flood Damage Reduction in Brownsville, Texas*, Master of Science, Rice University, Houston-Texas.
- REDDY, G.P.O., MAJI, A.K. ve GAJBHIYE, K.S. 2004, Drainage Morphometry and its Influence on Landform Characteristics in a Basaltic Terrain, Central India-A Remote Sensing and GIS Approach, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 6, 1-16.
- REICH, B.M. ve RENARD, K.G. 1981, Applications of Advances in Flood Frequency Analysis, *Water Resources Bulletin*, 17(1), 67-74.
- ROBINSON, M., COGNARD-PLANCQ, A.L., COSANDEY, C., DAVID, J., DURAND, P., FUHRER, H.W., HALL, R., HENDRIQUES, M.O., MARC, V., MCCARTHY, R., McDONNELL, M., MARTIN, C., NISBET, T., O'DEA, P., RODGERS, M. ve ZOLLNER, A., 2003, Studies of the Impact of Forests on Peak Flows and Baseflows: A European Perspective, *Forest Ecology and Management*, 186, 85-97.
- RODRIGUEZ-ITURBE, I. ve RINALDO, A., 2001, *Fractal River Basins: Chance and Self Organization*, Cambridge University Press, ISBN: 0521004055.
- SAUD, M.A., 2009, Morphometric Analysis of Wadi Aurnah Drainage System, Western Arabian Peninsula, *The Open Hydrology Journal*, 3, 1-10.
- SARANGI,A.,BHATTACHARYA, A.K., SINGH, A. ve SINGH, A.K. 2001, Use of Geographic Information Sysytem (GIS) for Determination of Erosion Status of Watersheds, *Indian Journal of Soil Conservation*, 29 (3), 190-195.
- SARANGI,A., MADRAMOOTOO, C.A., ENRIGHT, P. 2003, *Development of User Interface in ArcGIS for Watershed Geomorphology*, CSAE (The Canada Society for Engineering in Agricultural, Food and Biological Systems) Paper No.03-120.
- SCHWAB, G.O., FREVERT, R.K., EDMINSTER, T.W. ve BARNES, K.K. 1981, *Soil and Water Conservation Engineering*, 3rd edition, NY.

- SCS, 1964. *National Engineering Handbook Supplement A, Section 4*, Chapter 10, Soil Conservation Service, USDA, Washington D.C.
- SCS, 1972. *National Engineering Handbook (NEH) Section 4. Hydrology*, Soil Conservation Service, USDA, Washington D.C.
- SCS, 1985. *Hydrology-National Engineering Handbook, Section 4, Chapter 10*, Soil Conservation Service, USDA, Washington D.C.
- SCS, 1986. *Urban Hydrology for Small Watersheds*, TR-55, USDA, Washington D.C.
- SINGH, O., SARANGI, A. ve SHARMA, M.C., 2008, Hypsometric Integral Estimation Methods and its Relevance on Erosion Status of North-Western Lesser Himalayan Watersheds, *Water Resources Management*, DOI 10.1007/s11269-008-9242-z.
- SNEAD, D.B., 2000, *Development and Application of Unsteady Flow Models Using Geographic Information Systems*, Departmental Report, Master of Science in Engineering, The University of Texas at Austin, USA.
- STRAHLER, A.N., 1952, Hypsometric (Area-Altitude) Analysis of Erosional Topography, *Geological Society of America Bulletin*, 63 (11), 1117-1142.
- STRAHLER, A.N., 1964, *Handbook of Applied Hydrology, Section 4-II Geology, part II. Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks*, (Editor V.T. CHOW) McGraw-Hill Company, NY.
- ŞENTÜRK, C., 1997, Kaynaşlı'nın Jeolojisi ve Sel Sorununa Yönelik Öneriler, *A.İ.B.Ü. Orman Fakültesi Konferansları 4*, Ormancılık Haftası Konferansları, 19 Mart 1997 Kaynaşlı-Düzce, s9-10.
- TARBOTON, D.G., 1996, Fractal River Networks, Horton's Laws and Tokunaga Cyclicity, *Journal of Hydrology* 187, 105-117.
- TAVŞANOĞLU, F., 1974, *Sel Yataklarının Tahkimi (Dağlık Arazi Dere Havzalarında Sel Kontrolü)*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No:1972, Orman Fakültesi Yayın No:203, İstanbul.
- TEMİZ, N., AKSOY, H., ERCANOĞLU, M., 2004, Batı Karadeniz Bölgesi'nde Potansiyel Taşkın Alanlarının Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Cilt 47, Sayı 2, Beytepe/ANKARA
- TOPALOĞLU, F., YÜCEL, A., TÜLÜCÜ, K. ve ÇETİN, M., 1999, Anlık Maksimum Akım Miktarlarının Taşkın Frekans Analizinde Kullanılması, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(1), 187-192.
- USACE, 1993, *Engineering and Design Hydrologic Frequency Analysis*, EM-1110-2-1415, USA.

- USACE, 2005, *HEC-GeoRAS. GIS Tools for Support of HEC-RAS Using ArcGIS*, US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.
- USACE, 2010a. *HEC-RAS River Analysis System, User's Manual*, US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.
- USACE, 2010b. *HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual*, US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.
- USUL, N. ve TURAN, B., 2006, Flood Forecasting and Analysis within the Ulus Basin, Turkey, Using Geographic Information Systems, *Natural Hazards*, 39, 213-229.
- UZUNSOY, O. ve GÖRCELİOĞLU, E., 1985, *Havza Islahında Temel İlke ve Uygulamalar*, İ.Ü.Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü.Yayın No: 3310, O.F.Yayın No:371, İstanbul.
- VERSTAPPEN, H.T., 1983, *Applied Geomorphology*, ITC, Enschede, The Netherlands.
- YAMANKURT, E., MISIK, M. ve KUCERA, M., 2010, Bir Boyutlu Hidrodinamik Modelleme İle Taşkın Analizi, Hornad Nehri Örneği, II. Ulusal Taşkın Sempozyumu, Tebliğler Kitabı, 22-24 Mart 2010 Afyonkarahisar, 211-218.
- YOUSSEF, A.M., PRADHAN, B. ve HASSAN, A.M., 2011, Flash Flood Risk Estimation Along the St. Katherine Road, Southern Sinai, Egypt Using GIS Based Morphometry and Satellite Imagery, *Environmental Earth Sciences*, 62, 611-623.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇİTGEZ, Tarık
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 04.01.1984 Balıkesir
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (380) 542 11 37
Faks : 0 (380) 542 11 36
e-mail : tarikcitgez@duzce.edu.tr

Eğitim

Derece

Eğitim Birimi

Mezuniyet Tarihi

Lisans

Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Orman Mühendisliği Bölümü

2007

Lise

Balıkesir Lisesi

2002

İş Deneyimi

Yıl

Yer

Görev

2008-2011

Düzce Üniversitesi

Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce