

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) YARDIMIYLA BİTLİS DERESİ TAŞKIN RİSK
ANALİZİ
(FLOOD ANALYSIS OF BITLIS STREAM USING BY GEOGRAPHICAL INFORMATION
SYSTEMS (GIS))

Hazırlayan

Muhammed Mustafa YAYLAK

Danışman

Doç. Dr. Mehmet Cihan AYDIN

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Fevzi ÖNEN

Doç. Dr. Mehmet Cihan AYDIN

Yrd. Doç. Dr. Ercan IŞIK

Eylül 2016

Muhammed Mustafa YAYLAK tarafından hazırlanan “Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yardımıyla Bitlis Deresi Taşkın Risk Analizi” adlı tez çalışması 30/09/2016 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Doç. Dr. Fevzi ÖNEN
(Başkan)

Doç. Dr. Mehmet Cihan AYDIN
(Danışman)

Yrd. Doç. Dr. Ercan IŞIK
(Üye)

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 07./10./2016.gün ve 38./05 Sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Mehmet Cihan AYDIN

Enstitüsü Müdürü



ÖZET

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) YARDIMIYLA BİTLİS DERESİ TAŞKIN RİSK ANALİZİ

Muhammed Mustafa YAYLAK

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. M. Cihan AYDIN

Eylül 2016, 93 sayfa

Taşkınlar yerleşim yerlerini tehdit eden ve sık görülen doğal afetlerden biridir. Özellikle yeryüzündeki nüfus artışına bağlı olarak yerleşim yerlerinin, endüstriyel tesislerin artışı ve bununla birlikte doğaya olan müdahalelerin artışıyla, küresel iklim değişikliğinin de etkisiyle taşkınlar insanoğlu için her geçen gün daha büyük bir risk haline gelmektedir. Bu nedenle yerleşim yerlerinde taşkın kontrol çalışmaları inşaat mühendisliğinin en önemli problemlerinden biridir. Etkin bir taşkın kontrolü için ilgili havzanın hidrolojisinin ve taşkının önceden tahmin edilmesinin önemi de büyüktür.

Bu çalışmada; bölgenin hidrolik ve hidrolojik verilerine dayalı olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak il merkezinden geçen Bitlis Çayının taşkın tahminleri yapılması amaçlanmıştır. Bitlis il merkezi; geçmişte güvenlik, su kaynaklarına yakınlık gibi nedenlerle akarsu yatağı içerisine kurulmuş ve vadi topoğrafyası nedeniyle düzensiz bir kentleşmeye sahip olup zaman zaman taşkınlara maruz kalması nedeniyle taşkınlar bakımından dikkat edilmesi gereken bir bölgedir. Yeraltı kaynak sularıyla birlikte dönemsel olarak yağışların ve ani kar

erimelerinin de etkisiyle yüksek debilere ulaşan dere şehir merkezinde çevresindeki mesken ve ticaret merkezlerine büyük tehdit oluşturmaktadır. Taşkın analizleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımlarından ArcGIS yazılımı ve bu yazılımla entegre kullanılabilen HEC-GeoRAS yazılımı yardımıyla yapılmıştır. Öncelikle, yerel idarelerden temin edilen 1/5000 ölçekli hâlihazır haritalar ArcGIS yardımıyla sayısallaştırılarak havzanın sayısal yükseklik modelleri elde edilmiştir. Daha sonra, *US ArmyCorps of Engineers* tarafından geliştirilen HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers - River Analysis System) yazılımı yardımıyla taşkın yatağının hidrolik karakteristikleri ve su yüzü profilleri belirlenmiştir. Analizin son aşaması olarak HEC-RAS'ta oluşturulan su yüzü profilleri tekrar HEC-GeoRAS'a aktararak taşkın haritaları elde edilmiştir. Sonuç olarak, farklı periyotlarda meydana gelebilecek farklı taşkın senaryoları değerlendirilmiş ve çözüm önerileri tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Bitlis Deresi, Taşkın, Coğrafi Bilgi Sistemleri, HEC-GeoRAS, HEC-RAS.

ABSTRACT

FLOOD ANALYSIS OF BITLIS STREAM USING BY GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS (GIS)

Muhammed Mustafa YAYLAK

Master Thesis

Bitlis Eren University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Cihan AYDIN

September 2016, 93 pages

Floods are one of the frequent natural disasters which threaten the settled areas. Specially, floods are bringing higher risks for increasing settled areas where depending on rises of population and rising industrial facilities for all that because of increasing interventions to the nature with effecting changing global climate daily. Therefore, one of the most important problems of civil engineering is the flood control studies. For an effective flood control, it is important to estimate the basin hydrology and flood conditions previously.

In this study, it has been aimed to estimate the local hydraulic and hydrologic data of flood that passing from city center of Bitlis Stream. Bitlis city center has established around the river by the reason of security and water resources, and the city has an irregular urbanization for valley topography because of exposure, so care should be taken in terms of floods. The river reaches at high flow rate due to the underground spring water, periodical rains and instantaneous snowmelts, and it has been threatening to domicile and the city center. In the field of activity has included ArcGIS software from Geographic Information Systems and software of HEC-GeoRAS which is integrated with this software. First of all, it has obtained the basin's numerical gradient models with the help of ArcGIS by using 1/5000 scale base maps provided by local government. Then, water face profiles and hydrological characteristics of the flood base have been determined with aid of HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers-River Analysis System) software which is developed by US Army Corps of Engineers. As a final step of the analysis, obtained flood maps and water face profiles which are made up at the HEC-RAS are transferred to HEC-

GeoRAS one more time. As a result, different flood scenarios that may occur in different periods were evaluated and solutions were discussed.

Keywords: Bitlis Stream, Flood, Geographic Information Systems, HEC-GeoRAS, HEC-RAS



TEŞEKKÜR/ÖNSÖZ

Tez çalışması sırasında her türlü bilgi, teşvik ve deneyimleri ile yardımlarını esirgemeyen Tez Danışmanım Doç. Dr. Mehmet Cihan AYDIN' a, yüksek lisans eğitimim süresince sağladıkları katkılardan dolayı İnşaat Mühendisliği ABD. Öğretim Üyeleri ve İnşaat Mühendisliği Araştırma Görevlilerine, tez çalışmalarımda yazılım çalışmalarında deneyimlerinden faydalandığım kıymetli arkadaşım Harita Mühendisi Bilal KIZILKAYA' ya; manevi desteklerinden dolayı Gelir Uzman Yardımcısı Orçun ARTUN'a ve bütün arkadaşlarıma, özellikle her türlü maddi ve manevi destekleri ile göstermiş oldukları sabırdan dolayı kıymetli annem, babam ve AİLEM' e sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez Bitlis Eren Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından **BEBAP 2015.06** kodlu “*Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yardımıyla Bitlis Deresi Taşkın Risk Analizi*” başlıklı proje ile desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR/ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER DİZİNİ	xii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Genel Değerlendirme	1
1.2. Taşkınlar	3
1.2.1. Taşkınların Sınıflandırılması.....	5
1.2.3. Taşkınların Oluşumunda Etkili Olan Doğal Faktörler.....	5
a. İklim Faktörleri	5
b. Drenaj Alanı	7
c. Bakı	7
d. Deniz Seviyesinden Yükseklik	7
e. Yükselti ve Eğim.....	8
f. Bitki Örtüsü	8
g. Doygunluk	8
1.2.4. Taşkınları Oluşturan Beşeri Faktörler.....	8
a. Kentleşme	8
b. Arazinin Hatalı Kullanılması.....	9
c. Orman ve Bitki Örtüsü Tahribatı	9
d. Baraj Yıkılması.....	9

1.2.5. Taşkın Zararları	9
1.2.6. Taşkınlara Karşı Alınacak Önlemler	10
a. Yapısız Taşkın Kontrolü.....	10
b. Yapılı Taşkın Kontrolü	11
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	22
3.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri	22
3.2. Verilerin Hazırlanması	24
3.2.1. CBS ile Arazi Modelinin Oluşturulması.....	26
3.2.2. Verilerin HEC-GeoRAS'tan HEC-RAS'a Aktarılması.....	27
3.2.3. HEC-RAS Yardımıyla Su Yüzü Profillerinin Tespit Edilmesi.....	28
3.2.4. CBS Taşkın Riskinin Haritalandırılması	34
3.3. Çalışma Alanının Taşkın Hidrolojisi	35
3.3.1. Hidrolojik Verilerin Oluşturulması	36
a. Lognormal Dağılım Fonksiyonu	37
b. Gumbel Dağılımı	38
c. Weibull Dağılım Fonksiyonu.....	40
3.3.2. Taşkın Riskinin Belirlenmesi	43
3.3.3. Rasyonel Metot.....	44
3.3.4. Havza Geçiş Süresinin Belirlenmesi	45
3.3.5. Havza Eğimi	47
3.3.6. Yağış Miktarına Göre Debi Hesabı	48
4. BULGULAR	51
4.1. Sonuçlar ve Değerlendirmesi.....	51
4.2. Taşkın Kesitlerinin Değerlendirilmesi	54
4.3. Taşkın Haritalarının Değerlendirilmesi	62
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	66

KAYNAKLAR.....	71
EKLER	78
EK-1. Bitlis Çayı 4618.629 – 4283.081 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler.....	78
EK-2 Bitlis Çayı 4205.472 – 3727.995 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler	79
EK-3 Bitlis Çayı 3644.774 – 3276.779 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler	80
EK-4 Bitlis Çayı 3207.361 – 2862.371 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler	81
EK-5 Bitlis Çayı 2789.411 – 2350.441 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler	82
EK-6 Bitlis Çayı 2231.475 – 1839.952 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler	83
EK-7 Bitlis Çayı 1778.996 – 1279.783 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler	84
EK-8 Bitlis Çayı 1183.917 – 807.9923 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler	85
EK-9 Bitlis Çayı 741.7979 – 470.1008 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler	86
EK-10 Bitlis Çayı 416.7294 – 134.5238 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler.....	87
EK-11 Bitlis Çayı 84.91225 – 38.14499 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler.....	88
EK-12 Kömüs Çayı 1637.25 – 1417.267 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler.....	89
EK-13 Kömüs Çayı 1382.854 – 1127.328 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler	90
EK-14 Kömüs Çayı 1083.237 – 845.1001 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler	91
EK-15 Kömüs Çayı 792.9177 – 471.4103 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler	92
EK-16 Kömüs Çayı 346.699 – 174.9306 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler.....	93
ÖZGEÇMİŞ	94

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

Sayfa

Şekil 1. 1. 100 yıllık taşkın debisinden önce ve sonraki nehir kesiti (Davis, 2015).....	4
Şekil 1. 2. Yağış tipleri (Bedient ve Huber, 1992)	6
Şekil 1. 3. Drenaj alanının şeklinin hidrografın şekline etkisi (Uşul, 2008b)	7
Şekil 3. 1. Bitlis ilinin Türkiye havzalar haritasına göre konumu	23
Şekil 3. 2. CBS veri modelleri arası dönüşüm (Uşul, 2004)	26
Şekil 3. 3. Bitlis sayısal arazi modeli örnekleri, DEM ve TIN haritaları	27
Şekil 3. 4. Çalışma alanında yer alan bir kesimin 3D görüntüsü.....	28
Şekil 3. 5. 2988.497 no'lu istasyona ait HEC-GeoRAS ve HEC-RAS kesit görüntüleri	30
Şekil 3. 6. Özgül Enerji Grafiği (Ünsal vd. 2007)	33
Şekil 3. 7. CBS yöntemleriyle taşkın analizlerinin akış diyagramı (Akar, Maktav, 2008).....	35
Şekil 3. 8. E26A016 numaralı AGİ'ye ait debi süreklilik eğrisi	36
Şekil 3. 9. Lognormal dağılımı uygunluk testi	38
Şekil 3. 10. E26A016 numaralı AGİ'den elde edilen Lognormal dağılım fonksiyonları	38
Şekil 3. 11. Gumbel dağılımı uygunluk testi.....	39
Şekil 3. 12. E26A016 numaralı AGİ verilerine ait Gumbel dağılım fonksiyonları.....	40
Şekil 3. 13. Weibull dağılımı uygunluk testi.....	41
Şekil 3. 14. E26A016 numaralı AGİ verilerine göre Weibull olasılık dağılım fonksiyonları	41
Şekil 3. 15. Havzanın Bitlis menbaındaki kısmının eğimi	47
Şekil 3. 16. 2014 yılı 6saatlik maksimum yağış dağılımı (DMİ, 2016b).....	49
Şekil 3. 17. Bitlis iline ait yıllık alansal yağış miktarları (DMİ, 2016b)	50
Şekil 4. 1. Kömüs Deresinin çalışma alanında kalan sırasıyla başlangıç, çarşı merkezi girişi ve kale arkası mevkileri	52
Şekil 4. 2. Kazımpaşa İlkokulu arkasından itibaren başlayan kanal kesit görünümü	53
Şekil 4. 3. 4618.629 istasyon no'lu kesit görüntüsü ve su yüzeyleri	55
Şekil 4. 4. 3207.371 istasyon no'lu kesit görünümü	56
Şekil 4. 5. 3276.779 istasyon no'lu kesit görünümü ve yol seviyesi üzerinde kalan EG500 ve EG1000	56
Şekil 4. 6. 1353.261 istasyon no'lu kesite ait kanal görünümü	57
Şekil 4. 7. 2231.475 istasyon no'lu kesit görünümü	58
Şekil 4. 8. 1915.839 istasyon no'lu kesit görünümü	58

Şekil 4. 9. 1778.996 istasyon no'lu kesit görünümü.....	59
Şekil 4. 10. 1446.023 istasyon no'lu kesit görünümü.....	59
Şekil 4. 11. 914.3606 istasyon no'lu kesit görünümü.....	61
Şekil 4. 12. 714.7979 istasyon no'lu kesit görünümü.....	61
Şekil 4. 13. 182.2466 istasyon no'lu kesit görünümü.....	62
Şekil 4. 14. Q50 debisine göre beklenen taşkın durumu.....	63
Şekil 4. 15. Q100 debisine göre beklenen taşkın durumu.....	63
Şekil 4. 16. Q500 debisine göre beklenen taşkın durumu.....	64
Şekil 4. 17. Q1000 debisine göre beklenen taşkın durumu.....	64
Şekil 4. 18. Belirlenen taşkın alanının hâlihazır altlıklarla görünümü	65



ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

Çizelge 3. 1. DSI'nin önermiş olduğu pürüzlülük katsayısı değerleri	31
Çizelge 3. 2. Akım rejimin belirlenmesindeki faktörler	33
Çizelge 3. 3. DSI çalışmalarına göre 1000 yılda gelmesi muhtemel taşkın anında oluşacak durum	34
Çizelge 3. 4. Bitlis Merkez Karınca E26A016 AGİ aylık akım verileri (m ³ /s)	36
Çizelge 3. 5. E26A10 numaralı AGİ'ye ait olasılık dağılımları	42
Çizelge 3. 6. E26A010 AGİ'nin muhtemel taşkın debileri	43
Çizelge 3. 7. Bitlis Merkez için azaltılmış taşkın debi değerleri	43
Çizelge 3. 8. Rasyonel Metodun C Akış Katsayısı Değerleri (Bayazıt, 2011)	44
Çizelge 3. 9. Hidrolojik toprak gruplarına göre CN değerleri (Chow vd. 1988)	46
Çizelge 3. 10. Bitlis ili maksimum yağışları (DMI, 2014)	48
Çizelge 3. 11. Farklı yaklaşımlara hesaplanmış göre havza geçiş süreleri	49
Çizelge 4. 1. Yerinde yapılan ölçümlerle belli noktalardan alınan kesit bilgileri	54

SİMGELER DİZİNİ

A	Havza alanı
C	Akış katsayıları
g	Yerçekimi ivmesi
i	Yağış şiddeti
L	Havza uzunluğu
N	Yapının ömrü
Q	Debi
R	Determinasyon katsayısı
r	Taşkın hesap riski
S	Havza eğimi
T	Taşkın debisinin tekerrür aralığı
T _C	Geçiş süresi
T _L	Gecikme zamanı
v	Hız
y	Hidrolik derinlik
α	Gumbel dağılım parametreleri
β	Gumbel dağılım parametreleri
σ	Bağımsız değişkenin doğal logaritmasının standart sapması
μ	Bağımsız değişkenin doğal logaritmasının ortalaması
Φ	Standart normal dağılımın kümülatif dağılım fonksiyonu
Fr	Froude sayısı

KISALTMALAR DİZİNİ

TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UA	Uzaktan algılama
CBS	Coğrafi bilgi sistemleri
DSİ	Devlet Su İşleri
AGİ	Akım gözlem istasyonu
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
TABB	Türkiye Afet Bilgi Bankası
SYM	Sayısal yükseklik modeli
SAM	Sayısal arazi modeli
DHI	Danish Hydraulic Institute
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
DEM	Digital elevation model
SRTM	Shuttle radar topography mission
GPS	Geographical positioning system
BSA	Bi-variate statistical analysis
MCE	Multicriteria evaluation
MCDA	Multicriteria decision analysis
TM	Thematic mapper
MSS	Multi spectral scanner
ETM	Enhanced thematic mapper
HGK	Harita Genel Komutanlığı
SI	System international
UTM	Universal transverse mercator
WGS84	World geodetic system 84
ED50	European datum 50
NRCS	Natural resource conservation service
USACE	United States Army Corps of Engineers
CN	Curve number
CDF	Cumulative distribution function

1. GİRİŞ

1.1. Genel Değerlendirme

Türkiye jeolojik yapısı itibarı ile eğimi yüksek bir coğrafyaya sahiptir. Bu durum meteorolojik olayların jeolojik koşullarla birleşmesiyle doğal afet durumuna elverişli bir yapı oluşturmaktadır. Taşkın, sel, heyelan, erozyon, çığ, deprem, kuraklık gibi olaylar Türkiye'nin bu fiziki yapısından dolayı yaygın olarak görülmekte olan doğal afetlerdendir. Teknik olarak çoğu zaman afetlerin önlenmesi mümkün olmayıp, gerekli önlemlerin alınarak en az zararla atlatılabilmesi yoluna gidilmelidir.

Kütlenin korunumu kanunu gereği yeryüzündeki su zamanla değişmez. Yeryüzünde bir yılda düşen yağışla buharlaşma ile atmosfere geri gelen su miktarı eşit olup bu miktar yaklaşık 100 cm/yıl'dır (Uçar, 2010). Üç tarafı sularla çevrili olan Türkiye, su kaynakları bakımından zengin sayılabilecek bir ülkedir. Ülkemizdeki ortalama yağış yüksekliği yaklaşık 65 cm'dir. Ülkemizde yağış halinde düşen ortalama 509×10^9 m³ suyun %38'i (186.5×10^9 m³) akarsularda akış haline geçmektedir (Uçar, 2010). Doğu illerinde bu yağış kışın kar olarak düşmekte ve kar erimelerinin ve yağışların bol olduğu bahar aylarında dağlık ve yüksek eğimli topoğrafya nedeniyle taşkınlar meydana gelebilmektedir. Bu iller içerisinde Bitlis ülkemizin en fazla kar yağışı alan ilidir. Potansiyeli yüksek olan su kontrolsüz bir hâl aldığı anda en tehlikeli afetlerin ilk başlarında yer almaktadır. Ülkemizde can ve ekonomik kaybı yüksek olan doğal afet depremlerdir. Depremlerin ardından taşkınlar en fazla kayıplara neden olan doğal afetlerdir. Taşkınlar su seviyesinin kontrolü kaybedecek düzeylere ulaşması sonucunda oluşmaktadır.

Türkiye çevresinde Orta Doğu, Doğu Avrupa ve Batı Asya ülkelerine komşu durumdadır. Batıda Bulgaristan topraklarından doğan Tunca Nehri ve Türkiye-Yunanistan sınırının bir kısmını oluşturan Meriç Nehri, güneyde Fırat ve Dicle nehirleri, doğuda Aras ve Kura nehirleri, kuzeyde Çoruh Nehri uluslararası akan nehirlerdendir. Uluslararası su politikaları komşu ülkelerle yıllardan beridir sorunlar yaratmaktadır. Taşkın ve kuraklık olayları uluslararası su kaynakları açısından irdelenmelidir. Suyun varlığının yarattığı sorunlar kadar yokluğunun yarattığı sorunlar da çok önemli boyutlara ulaşmaktadır. Orta kuşakta yer alan Türkiye ılıman iklim kuşaklarının etkisi altındadır.

Son yıllarda iklim değişikliğinin etkisi tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de hissedilmeye başlamıştır. Sıcaklık değişimlerinin belirgin olarak yaşandığı bu coğrafyada iklim değişikliğinin de etkisiyle su kaynaklarında önemli değişiklikler görülmektedir. Ülkemizin bir tarafında kuraklık yaşanırken diğer tarafında taşkın olayları yaşanmaktadır. İklim değişikliği ile

birlikte dönemsel olarak gücünü ve miktarını kaybeden su kaynakları yanlış meskûn mahal oluşumlarına sebebiyet vermektedir. Daha sonraki zamanlarda tekrar canlanan su kaynağının g   kazanması ile taşkın olayları can ve ekonomik kayıplar yaşatmaktadır. Özellikle yaz aylarındaki aşırı kuraklıklar ve ani yağışlar bunun bir göstergesidir.

Su kaynaklarına yakınlık verimi de arttıracğından mesken edilecek yerler arasında ilk tercihlerden biri de akarsu havzalarıdır. Eğımlilik ve yüksekliğı az olduğı bu yerler ulaşım kolaylığından dolayı cazibe noktalarındandır. Yerleşim alanları olmaması gereken bu yerlerin yaşam alanı haline getirilmesi, ileriki zamanlarda yüksek debide akan suyun kontrol edilemeyeşinden dolayı verdiğı zararları da beraberinde getirmektedir. Taşkın riski taşıyan bu alanlara yerel idarelerce yapı izini verilmemesi, oluşabilecek taşkınlara için koruma önlemleri alınması gerekirken, maalesef bu bölgelerdeki kontrolsüz yapılaşma felaketlere neden olmaktadır. Canlı, cansız ve ekonomik değerler kaybedilmeden önce koruma politikaları geliştirilmelidir. Gelişmişlik düzeyi yüksek olan ülkelerde bu yönde politikalar esas alınmıştır. Daha yaşanabilir bir  evre için gelecek yılların uygun projeksiyonları hedef alınarak gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

Coğrafi konumu itibariyle iklim değişikliğinin sonuçlarından olan buzul erimeleriyle sular altında kalacak olan Belçika, Danimarka ve Hollanda gibi Avrupa  lkeleri geleceğe yönelik korunma çalışmaları yapmaktadır. Türkiye’de sürekli yaşanan taşkın olaylarından çıkarılmayan derslerden olacaktır ki henüz veri eksikliğı yaşanmaktadır. Teknolojinin de gelişmesiyle ileriye yönelik çalışma ve analizlerin de mümkün olduğı günümüzde uygun çalışmalar yapılarak izlenmesi gereken yolları belirlemek mümkün hale gelmiştir. Gerek hidrolojik gerekse de coğrafik verilerin teminiyle taşkın potansiyeli analiz edilmeli ve bu analizler sonucunda gerekli taşkın koruma çalışmaları ve aynı zamanda meskûn mahal noktaları tespit edilmelidir. Taşkın alanlarının tespiti ve analizinde klasik yöntemlerle birlikte Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) kullanılmasıyla taşkın modellerinin kurulması günümüzde mümkün olmaktadır.

Bu  alışmada Türkiye’de kar yağışının en yoğun görüldüğü yerlerden biri olan Doğu Anadolu Bölgesi’nde ve Dicle Havzası sınırları içerisinde yer alan Bitlis ili şehir merkezi içerisinden geçen Bitlis  ayı havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışma kapsamında CBS yazılımlarından ArcGIS ve hidrolik analizlerin gerçekleştirmek için ise Hydrologic Engineering Center tarafından geliştirilen River Analysis System (HEC-RAS) yazılımı tercih edilmiştir. ArcGIS yazılımı kullanılarak, topoğrafik haritalardan arazinin 3 boyutlu modeli ve çeşitli topoğrafik ve hidrolojik katmanları (Dere, yamaçlar, güzergah, kesitler, köprüler) oluşturulmuştur. HEC-GeoRAS adındaki ara yazılım ile hazırlanıp HEC-RAS’a aktarılmış ve bu katmanlar HEC-RAS yardımıyla analiz edilmiştir. Hidrolik analizler için Devlet Su İşleri (DSİ)

10. Bölge Müdürlüğüne ait Akım Gözlem İstasyonları (AGİ)'nden Kaynarca İstasyonuna ait günlük debi değerleri kullanılmıştır. İstatistiksel analizler ve dağılım fonksiyonları yardımıyla maksimum taşkın debileri belirlenmiştir. Belirlenen debiler taşkın oluşturup oluşturmadığı tespit edilmek üzere HEC-RAS yazılımına aktarılarak analizler ve su yüzeyi kotları belirlenmiştir. Su yüzeyi kotları belirlendikten ve analizleri yapıldıktan sonra tekrar HEC-GeoRAS yardımıyla ArcGIS'e aktarılarak taşkın risk haritaları elde edilmiştir.

Çalışma alanına ait arazinin sayısal ortamda tanımlanabilmesi için gerekli olan tomografik veriler yerel idarelerden temin edilmiştir. Bu verilerin çalışılacak yazılımda kullanılabilmesi ve dünya üzerindeki konumuna uygunluğu için uygun dönüşümler yapılmıştır. Bitlis iline ait 1/5000 ölçekli hâlihazır haritasından elde edilecek ana ve altlık haritalar ile çalışma alanı belirlenmiştir.

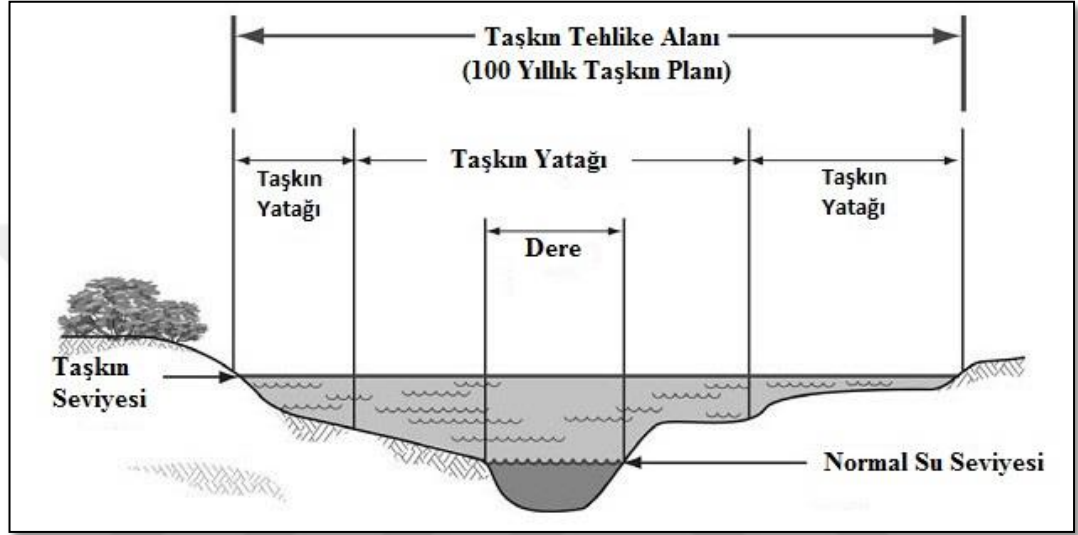
1.2. Taşkınlar

Bir akarsu yatağındaki debinin, havzaya aşırı yağmur yağması veya mevcut kar örtüsünün aniden erimesinden dolayı hızla artması ve yatak çevresinde yaşayan canlılara, arazilere, mal ve mülke zarar vermesi olayına taşkın denmektedir. Uzun süreli aşırı ve şiddetli yağışlardan sonra özellikle fazla eğimli ve geçirimsiz topraklarda taşkın olayı meydana gelmektedir (DMİ, 2016a). Doğal afet olarak sel, bir akarsuyun muhtelif nedenlerle yatağından taşarak, çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine, altyapı tesislerine ve canlılara zarar vermek suretiyle, etki bölgesinde normal sosyo-ekonomik faaliyeti kesintiye uğratacak ölçüde bir akış büyüklüğü oluşturması olayı, şeklinde ifade edilmektedir (Uşıkay ve Aksu , 2002).

Geçmişten günümüze dünya genelinde etki ölçeği büyük ve küçük olan sayısız taşkın yaşanmış ve yaşanmaktadır. Taşkınların Türkiye'ye zararı yılda ortalama 100 milyon dolardır. Taşkınlar için yıllık ortalama yatırım 30 milyon dolardır. Yıllık ortalama ekonomik kayıp 150 milyon dolar iken projeli faaliyetler için ayrılan yatırım miktarı 30 milyon dolardır (Özoral, 2007). Meteoroloji Genel Müdürlüğü (DMİ, 2016a) kayıtlarına göre taşkınların tüm hidrometeorolojik afetler içerisindeki oranı 1967 – 1987 yılları arasında % 33 dolaylarında iken, 1998 – 2008 yılları arasındaki oranı %14 dolaylarına kadar gerilemiştir. Son yıllarda istatistiksel olarak taşkınlarda görülen azalmaların nedenleri olarak yapılan dere ıslah çalışmaları, baraj ve su yapıları tesislerinin inşası, kırsaldan kentlere göçler gösterilmiştir. Yapılan bu koruma politikalarına rağmen DSİ verilerine göre 1975 – 2011 yılları arasında 820 adet taşkın olayında 660 can kaybı ve yaklaşık $8 \times 10^9 m^2$ tarım arazisi taşkına maruz kalmış ve yaklaşık olarak ülke ekonomisine yılda 150 milyon TL zararı olmuştur (DMİ, 2016a). Altundal (2010)'a göre 1900 –

2008 yılları arasında 2238 taşkın sonucunda 2 milyar kişi etkilenmiş, 3 milyona yakın kişi hayatını kaybetmiş, 200 milyar ABD doları maddi kayıp görülmüştür.

Normal su kotunda akan nehir, taşkın debilerine ulaşınca yataklarını zorlayarak taşkınları oluşturur. Şekilde 1.1’de normal su kotunda akan nehrin 100 yıllık taşkın debisinde ulaştığı seviye görülmektedir. Normal seviyede yamaç noktaları taşkın debisiyle sular altında kaldığı görülmektedir (Davis, 2015).



Şekil 1. 1. 100 yıllık taşkın debisinden önce ve sonraki nehir kesiti (Davis, 2015)

Taşkınların yaratacakları etkileri önceden belirlemek depremlere göre çok daha kolaydır. Fakat tam olarak ne kadar zarar görüleceği konusunda net bir bilgi verilemez. Eğer taşkın debilerinin ne kadar olacağı tespit edilebilirse bu taşkınlar modellenerek hangi seviyelere kadar önlem alınması gerektiği de belirlenebilir. Taşkınların hangi büyüklükte gerçekleşeceği mevcut hidrometeorolojik verilerden yapılacak istatistiksel çalışmalarla bilimsel olarak tespit edilebilir. Bu şekilde çeşitli yinelenme sürelerine sahip taşkınlar hesaplanır. Bulunacak taşkınların istatistiksel değerler oldukları unutulmamalıdır. Yani bu taşkınların eşit süre aralıklarında meydana geleceklerini beklemek doğru bir yaklaşım değildir. Bunun yanı sıra; incelenen havzadaki veriler çok uzun süreli olsa da, elde edilen sonuçların geçmişi karakterize ettiği, geleceği de %100 yansıtmayacağı, sonuçların sadece bir olasılık dâhilinde geçerli olacağı bilinmelidir (Özdemir, 1978). Ancak şu da bir gerçektir ki; gerek su yapılarını (köprü, menfez, baraj, regülatör, vb.) boyutlandırmak, gerekse oluşabilecek taşkınlara karşı önlemler (yapısal ve yapısal olmayan) alabilmek için, çeşitli yinelenme dönemlerine sahip debileri önceden tahmin etmek gereklidir. Bu da ancak istatistiksel dağılım fonksiyonlarının kullanımıyla mümkün olabilmektedir. Bu şekilde taşkın yatağı kullanımının riskini belirlemek ve çözüm olacak

hidrolik yapıları tasarlamak mümkün olacaktır. Proje taşkını hesaplamasında iki farklı yaklaşım söz konusudur. Bunlar;

- Yağış-akış gözlemleri arasındaki ilişkinin matematiksel olarak ifade edilmesiyle kurulacak bir bağıntı,
- Yıllık maksimum akım değerlerinin istatistiksel analizlerde kullanılmasıdır.

Çalışma dâhilinde taşkın debisini belirlemek için yıllık maksimum akım değerlerinin istatistiksel analizleri yapılarak kullanılmıştır (Uçar, 2010).

1.2.1. Taşkınların Sınıflandırılması

Taşkınlar oluşumlarına göre; yağmur, kar erimesi, buz yığılması, buzul kırılması, toprak kayması, baraj yıkılması, deniz kabarması, köprü yıkılması, yapay etkiler olarak sınıflandırılır. Taşkın kontrolü çalışmalarında meteorolojik şartlara bağlı olan, yağmur ve kar erimesi taşkınları esas alınır (Erkek ve Ağırlioğlu, 2013).

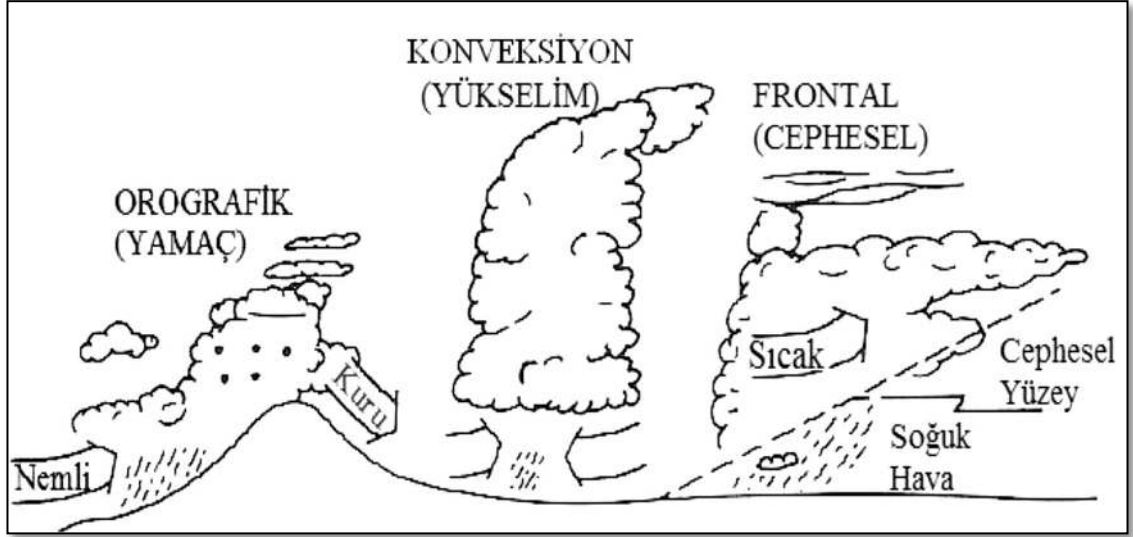
Taşkınlar meydana geliş zamanına ve tekerrür aralığına göre; yıllık taşkın, yaz taşkını, kış taşkını, en büyük taşkın, muhtemel en büyük taşkın olarak sınıflandırılır (Erkek ve Ağırlioğlu, 2013).

1.2.3. Taşkınların Oluşumunda Etkili Olan Doğal Faktörler

Taşkın oluşumunda klimatolojik-meteorolojik ve jeoloji-jeomorfolojik (yapı ve yeryüzü şekilleri) özellikler ile toprak özellikler, bitki örtüsü ve insan kaynakları etkili faktörlerdir (Özcan, 2006).

a. İklim Faktörleri

Yağışların şekli, şiddeti, süresi vb. özellikleri taşkın oluşumunu etkilemektedir. Yağışlar, genellikle başka özellikteki hava kütlelerinin karşılaşması sonucunda görülen cephesel (frontal) yağış, nemli havanın bir dağ yamacına çarparak yükselmesi ve soğuması sonucu oluşan orografik (yamaç) yağışları ve ısınan havanın yükselmesi sonucu oluşan konvektif (siklonik) yağışlar olarak ayrılır. Bu yağış çeşitleri Şekil 1.2’de gösterilmektedir (Bedient ve Huber, 1992).



Şekil 1. 2. Yağış tipleri (Bedient ve Huber, 1992)

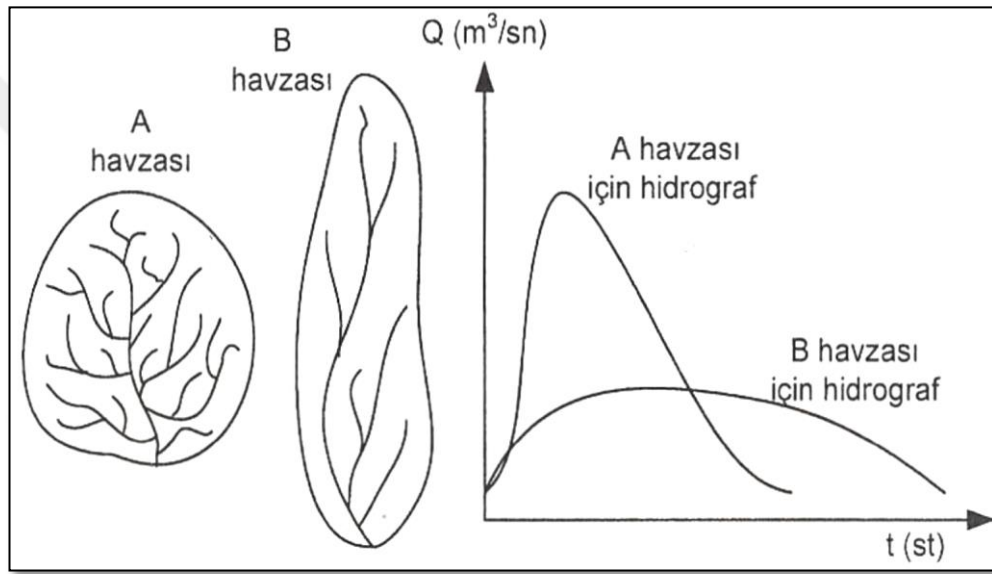
Kar erimelerinden dolayı oluşan taşkınlar bahar mevsimlerinde görülür. Yüksek noktalardan erimeye başlayan kar örtüsü havza boyunca akışa geçerek akarsulara karışır. Normal yağışlarla sabit bir debide akan akarsu kar sularıyla birleşerek artan debinin etkisiyle akarsu yatağını zorlar. Taşıyamayacağı debiye ulaştınca gelen su yatak dışına çıkarak taşkın oluşturur. Kar erimelerinden dolayı oluşan taşkın debileri bölgesel olarak değişmektedir. Kar yağışının yüksek olduğu Doğu Anadolu bölgesinde sıkça görülmektedir. Yükseltisi fazla olan bu bölge ülke ortalamalarının üzerinde yağış almaktadır. Eriyen karlar havza içinde eğimden yararlanarak güç kazanır ve yüksek debilere ulaşır. Yüksek debide oluşan taşkın çevresinde can ve mal kayıplarına yol açar.

İklim özellikleri arasında gösterilecek bir diğer faktör yağış şiddetidir. Yağış şiddeti birim zamanda düşen yağış yüksekliği şeklinde tanımlanmaktadır. Yağış süresi taşkını etkileyen önemli faktörlerden biridir. Yatak boyunca akan su yağışlarla seviyesini yükselterek ilerler. Uzun süreli yağan yağışlar yatak kapasitesinin üstünde debiler oluşturmaktadır. Artan debiyle akarsu dışına taşarak taşkınları oluşturur.

İklim özelliklerinden bir diğeri ise sıcaklıktır. Çok düşük olan sıcaklık değerlerinde kar, biraz daha fazlasında ise yağmurlar oluşmaktadır. Kış mevsiminde ortalamaları düşük olan sıcaklık değerleri Doğu Anadolu bölgesinde yükselti fazlalığının da etkisiyle yağan kar miktarını arttırmaktadır. Bahar aylarının başında sıcaklığın artmasıyla ısınıp erimeye başlayan kar bir miktar buharlaşarak akışa geçmeye başlar. Buharlaşan sular yağmur bulutlarını oluşturarak bahar yağmurlarını oluşturur. Eriyen kar suları ve yağmurlar birleşerek taşkınları oluşturur. Akarsu güzergâhı boyunca düşük kotlarda kalan yerler taşkın tehlikesine maruz kalır.

b. Drenaj Alanı

Drenaj alanının şekli, oluşacak taşkın pike ulaşma süresini ve debisini etkileyen doğal faktörlerden birisidir. Havzanın mansabında meydana gelecek bir taşkın hidrografi incelenirse, aynı alana sahip iki drenaj alanından, ince uzun olanda oluşacak taşkın toplanma zamanı daha uzundur, kısa ve geniş olanda ise daha kısadır. Uzun havza için taşkın debisi havzanın çıkışına daha geç ulaşacağı için zamana yayılır ve maksimum değeri daha küçük olur, kısa ve yuvarlak özellikteki alanda ise pik değere ulaşma süresi toplanma zamanından ötürü daha kısa olacaktır (Şekil 1.3). Drenaj alanının çok büyük olması da debinin büyüklüğünü ve taşkın hacmini arttırmaktadır (Usul, 2008b).



Şekil 1. 3. Drenaj alanının şeklinin hidrografın şekline etkisi (Usul, 2008b)

c. Bakı

Yamaçların bakı yönlerindeki sıcaklık, diğer yamalara göre daha fazladır. Yüksek olan sıcaklık değerlerinde kar erimeleri fazla olacağından bakı tarafında akışa geçen su miktarı daha fazla olacaktır. Bakı yönündeki akan sular akarsuya daha çabuk ulaşacağından taşkın olma ihtimali bakı yönünde daha yüksek olmaktadır.

d. Deniz Seviyesinden Yükseklik

Deniz seviyesinden yükseklik yağışın çeşidini etkilemektedir. Sıcaklığın düşük olduğu mevsimlerde yüksekliğin fazla olduğu Doğu Anadolu Bölgesinde kar yağışı görülürken, deniz seviyesinden yüksekliği düşük olan bölgelerde ise yağmur görülmektedir.

e. Yükselti ve Eğim

Yükselti eğimi etkileyen temel faktördür. Düşey kenarın yatay kenardan yüksek olması oranında eğim de yükselir. Eğimin yüksek olması durumunda su daha hızlı akarak havzaya ulaşma süresini kısaltmaktadır.

f. Bitki Örtüsü

Bitki örtüsünün sık olduğu yerlerde suyun akışı seyrek olan yerlere nispeten daha düşüktür. Sudan beslenmesi ve suyun önünde set görevi görmesinden dolayı suyun akışını düşürmektedir. Bitki örtüsünün zayıf olması yağıştan ve akıştan beslenme oranını düşüreceğinden suyu kesici etkisini de düşürmektedir. Bitki örtüsünün gür olması taşkın görülme ihtimalini azaltır.

g. Doygunluk

Zemin barındırdığı su miktarına bağlı olarak yüzey sularında sızmalar oluşturur. Doygunluğu fazla olan zemin akışa geçen suyun az bir kısmını çeker ve dolayısıyla taşkın eğilimi daha fazladır. Örneğin kurak dönemlerden sonra gelen yağışlar zemindeki doymunluğun az olmasından dolayı önemli bir kısmını sızma ile kaybeder. İlkbahar ve kış aylarında zemin daha fazla doymun olduğundan yağışlar daha kısa sürede akışa geçer. Bu bakımdan taşkınlar tahmin edilebilmesi açısından zeminlerin sızma indislerinin de bilinmesi gerekir.

1.2.4. Taşkınları Oluşturan Beşeri Faktörler

Taşkın afetinin oluşmasında insan etkisinin de önemi büyüktür. Doğal meteorolojik ve jeolojik şartlar oluşmadığı durumda taşkın beklenmez. İnsan müdahalesi, taşkın afete dönüşmesine sebep olan en önemli etkidir. Örneğin; taşkın yatağına yapılan kontrolsüz yerleşimler, havzanın memba bölgelerindeki izinsiz kentleşme ve bunun doğal sonucu olarak orman ve bitki örtüsünün yok edilmesi, doğal zemin üzerindeki kaplamalar, hatalı arazi kullanımı gibi faaliyetler bu müdahalelerdendir (Gürer, 1996).

a. Kentleşme

Günümüzde hızla artan nüfusa bağlı olarak artış gösteren aşırı kentleşme, bunun beraberinde bitki ve doğal toprak örtüsünün tahrip edilmesine ve geçirimli zemin üstlerinin kapatılması suretiyle akış katsayısının artmasına neden olmaktadır. Bu durum zeminin akış katsayısını arttırarak yağışlar sonucu taşkın riskini arttırmaktadır. Ayrıca kentleşme sırasında akarsuların doğal akarsu yataklarının önlerinin bilinçsizce kesilmesi veya yönlerinin değiştirilmesi, buna

karşın gerekli sanat ve taşkın kontrol yapılarının planlanmaması nedeniyle doğal bir oluşum olan taşkınlar insanlar için büyük bir tehlike haline gelmektedir.

b. Arazinin Hatalı Kullanılması

Taşkının oluşmasına önemli bir faktör de toprak erozyonudur. Tarımdaki yanlış uygulamalar, eğimli arazilerin yanlış tıraşlanması, yanlış sulama teknikleri gibi faktörler taşkınlar açısından olumsuz etki yaratır.

c. Orman ve Bitki Örtüsü Tahribatı

Bitki örtüsü ve ormanlar yeraltı sularından beslenir. Tahribata uğradıkları takdirde toprağın geçirimsizliği ve mukavemeti azalmaktadır. Bu şekilde topraktaki suyun emilim oranı azalacağından sızmaya geçen suyun bir miktarı yüzeyde akışa geçerek taşkınları etkileyecektir. Tahrip edilen orman ve bitki örtüsü erozyon oluşumuna ortam hazırlamaktadır. Erozyon sonucunda akarsu yataklarında biriken rüsubat suyun akışını etkileyerek taşkın oluşumuna neden olmaktadır.

d. Baraj Yıkılması

Planlama ve tasarım aşamasında baraja ait normal hacim değerlerine ek olarak gelebilecek taşkın için de hacim değeri ilave edilmelidir. Baraj rezervuar hacminin gelen taşkını karşılayamaması durumunda gövdeye normal kuvvetten daha büyük bir kuvvet etki edecektir. Bu kuvvet altında dolu savağın yetersiz kalması veya gövdede oluşabilecek muhtemel hasarlar baraj yıkılmasına ve mansabında yer alan bölgelere taşkın tehlikesi oluşturmaktadır. Aynı zamanda bir taşkın koruma yapısı olan barajlar, hidrolojik hesaplar, hazne planlaması ve dolu savak hesaplarının yetersiz yapılması sonucu taşın felaketleri oluşturan yapılar haline gelebilir. Tarihte baraj yıkılması sonucu birçok felaket meydana geldiği bilinmektedir.

1.2.5. Taşkın Zararları

Taşkınların en çok etkilediği unsur insandır. En temelinde insanı etkileyen taşkınlar can kayıplarına, yaralanmalara, toprak kaybına ve/veya kullanılamaz hale gelmesine, tarım arazilerinin zarar görmesine, hayvanların telef olmasına, meskûn yerlerin hasar görmesine ve/veya yıkılmasına, ulaşımın ve iletişimin aksamamasına, içme sularının kirlenmesine sebep, altyapıların zarar görmesine neden olmaktadır. Taşkın ile meydana gelen erozyon sonucunda verimli toprakların taşınmasıyla zamanla kuraklık ve çorak arazilerin oluşmasına sebep olmakta

ve hatta önemli sağlık ve evre sorunları meydana gelebilmektedir. Bitki örtüsünün tahribatı ile doğal ekolojik denge bozulmakta, bataklık alanlar oluşabilmekte ve zararlı canlıların artabileceği koşullar oluşabilmektedir.

Taşkınlarla birlikte görülen erozyon ile oluşan sediment hareketleri, taşkından etkilenen yerleşim yerlerinin ve tarımsal bölgelerin tahribatına yol açmakta ve bu sahaların gelirlerinde azalmaların görülmesine neden olmaktadır. Uzun uğraşlarla ve yüksek maliyetlerle yapılan barajların l hacimleri artmaktadır. Barajların ekonomik mrlерlerinin azalmasının yanı sıra her yıl milyonlarca m³ verimli toprak taşınarak tarım arazileri oraklaşmaktadır (Uçar, 2010).

Taşkın bölgelerinden başka mahallere glerin yaşanmasıyla kentleşme ve yerleşme sorunlarının yaşanmasına sebep olmaktadır. İnsanlarda işsizliğin yanı sıra sosyoekonomik sorunlar görülmektedir.

Erkek ve Ağıralioğlu akarsu havzasında oluşan taşkın zararlarını maddeler halinde sınıflandırmışlardır (Erkek ve Ağıralioğlu, 2006):

- İnsanlar (can ve mal emniyetinin ortadan kalkması),
- Meskenler (yerleşim yerleri ve içlerindeki eşyalar),
- Ticaret merkezleri (banka, dkkn, büro, lokanta, otel, tiyatro),
- Endüstri ve üretim yerleri (sanayi siteleri, fabrikalar),
- Kamu hizmetleri (su, elektrik, doğalgaz, telgraf, telefon, kanalizasyon),
- Kırsal alanlar (tarım alanları, çiftlikler, tarım araç ve gereçler),
- Ulaşım yolları (karayolu, demiryolu, köprü, taşıtlar, taşınan mallar).

1.2.6. Taşkınlara Karşı Alınacak nlemler

Taşkının zararlarını azaltmak ve tamamen önlemek için alınacak tedbirler yapısız ve yapılı taşkın koruma şeklinde iki ayrı başlıkta incelenebilir (Erkek ve Ağıralioğlu, 2006):

a. Yapısız Taşkın Kontrolü

- Taşkın ovası yönetim planı hazırlanmak ve taşkın risk seviyelerini belirlenmek,
- İnsanların ve diğer canlıların taşkın seviyelerinden yukarılarda sığınabileceği alanlar oluşturmak,
- Taşkın erken uyarı sistemleri ve taşkın tahmin sistemleri oluşturulmak,
- Kurtarma ve kaçırma faaliyetlerini planlayarak taşkın anında mücadele etmek,
- Taşkın bölgesinin geçici olarak boşaltılması,

- Taşkın bölgelerindeki faaliyetleri taşkın mevsimlerinden önce tamamlamak,
- Taşkın sigortası yaptırmaktır.

Taşkın yaşanması muhtemel bölgelerde taşkın oluşma durumları çalışılmalıdır. Yönetim planı hazırlanmasıyla taşkın hakkında gerekli bilgilendirmeler ve uyarılar yapılarak halk bilinçlendirilmelidir. Taşkın risk haritaları belirlenmelidir. Taşkın analizleri yapabilen uygun teknoloji ve yazılımların da gelişmesiyle alanın jeolojik ve hidrometeorolojik yapısına uygun olarak olması muhtemel taşkın etki alanı belirlenmeli ve duyurulmalıdır.

Muhtemel taşkın alanları belirlendikten sonra insanlar ve diğer canlılar bu alanlardan daha yüksek seviyelerde yerleşim yerlerine taşınmalıdır. Taşkın bölgelerinde kalan meskûn mahaller ve tarım arazilerinden uzak durulmalıdır. Akarsu yataklarına ve düşük seviyelerdeki alanlara uygun teknoloji kullanılarak taşkın tahmin ve uyarı sistemleri kurulabilir. Bu sistemler yardımıyla erken tahliye ve müdahaleler mümkün olmaktadır.

Taşkınlardan önce halkın bilinçlenmesi ve taşkın anında uygun şekilde hareket edebilmesi için gerekli seminer, konferans ve tatbikatlar yapılmalıdır. Böylelikle taşkın anında nasıl hareket edileceği önceden belirlenebilir. Taşkın olma ihtimalinin yüksek olduğu dönemlerde halk yüksek seviyelerde geçici olarak oluşturulan güvenli alanlara tahliye edilmelidir. Taşkın gelmesi durumunda böylelikle yaşanacak can kayıplarının önüne geçilebilmektedir.

Taşkın bölgelerinde dönemsel olarak yapılan kültürel ve sosyal etkinlikler (fuar, şenlik, yarışma vb.) taşkın mevsimlerinden önce yapılmalıdır. Bu dönemlerde artacak olan nüfus miktarı taşkın anında maruz kalacak insan sayısını ve tehlikenin boyutunu arttırmaktadır.

Taşkın için taşınır ve taşınmaz malların sigortası yapılarak maddi kayıpların karşılanmasına olanak sağlanmalıdır. Sigorta ücretleri taşkın olma sıklığı ve taşkın tehlike alanlarına göre değişebilmektedir.

b. Yapılı Taşkın Kontrolü

- Toprak koruma ve havza düzenleme çalışmaları yapılarak taşkın akımlarını azaltmak,
- Akarsu düzenlemesi ile yatak tabanını alçaltmak veya kesitteki hızları arttırmak suretiyle taşkın su seviyelerini düşürmek,
- Taşkın sularını taşkın kanalları veya yargınlar ile bölmek,
- Taşkın geciktirme havuzları, sel kapanları ve barajlar gibi biriktirme tesisleri ile taşkın sularının bir kısmını geri tutarak taşkın tepe akımlarını azaltmak,

- Sedde, taşkın duvarı veya kapalı bir alan yardımıyla taşkın akımlarını belirli bir taşkın yatağında tutmak.

Toprak koruma ve havza düzenleme çalışmaları kapsamında toprağın erozyonu ve heyelanı önleyebilmek için uygun tarım politikaları sağlanmalıdır. Eğimli bölgelerde arazi eğim yönüne dik olarak sürülmelidir. Yamaçlarda palyeler şeklinde teraslama yapılmalıdır. Bitki örtüsü koruyucu faaliyetler uygulanmalı, erozyon ve toprak kaymalarını yavaşlatacak şekilde ağaçlandırma ve çalılendirma yapılmalıdır. Böylelikle toprağın mukavemeti ve sızdırma kapasitesi artacaktır.

Yatak seviyesi düşük olan bölgelerde akarsu tabanı düşürülerek taşkın seviyesi aşağılara çekilebilmektedir. Bu işlem yapılması durumunda yamaçlar uygun eğimlerde tutulmalıdır. Taban seviyesi düşürülürken değişecek olan yamaç eğimi ve taban eğimine dikkat edilmelidir.

Taşkın güzergâhında akarsuyun fazla kıvrımlı olan bölümlerinde güzergâhı kısaltmak için kıvrım noktalarının memba ve mansabı yargınlar veya su kanalları ile birleştirilmelidir. Bu şekilde bir yapıya ulaşan akarsu taşkın durumunda eski ve yeni güzergâhını birlikte kullanarak ilerleyeceğinden bir miktar sönümlenme görülecektir.

Taşkın geciktirme havuzları akarsuyun bir bölümünde olması muhtemel taşkın için taşkın yatağı yanlarında yapılan ve gelen yüksek debideki suyun pik debilerini düşüren yapılardır. Derinliği az, alanları geniş olan bu yapılar, taşkın anında büyük miktarda suyun gücünü sönümleyerek muhtemel zararları azaltır. Sel kapanları ise akarsu kesitine dik şekilde inşa edilen küçük barajlardır. Gelen suyun bir miktarı bu kapanlar arkasında birikeceğinden taşkın zararlı etkisini düşürecektir. Barajlar planlanırken gelebilecek taşkınlar için yeterli hacim bırakılmalıdır. Baraj haznesinde sönümlenmiş taşkın suları dolu savaklardan tahliye edilebilmelidir.

Taşkın seddeleri sayesinde gelen suyun araziye yayılması engellenir. Daha güvenli yatak çevreleri elde edilmiş olur. Seddelerde suyun debisi artacak, sedde dışında kalan bölümler sudan mahrum kalacak ve yeraltı suları taşkından beslenemeyeceğinden küçük sularda debi düşüşü yaşanacaktır. Yapılı taşkın koruma yöntemlerinin faydaları yanında, seddelerin özelliğinde görüldüğü gibi olumsuz durumlar da karşılaşılabilmektedir. Ancak taşkınların zararları bakımından düşünüldüğünde bu olumsuz durumlar çok fazla ön plana çıkmaz.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tarihte haritalar dünya hakkında bilgiler toplamak için kullanılıyordu. İlk kez Roma İmparatorluğu döneminde arazi ölçümleri ile harita yapım teknikleri gelişmiştir. Kaşgarlı Mahmud'un Dünya Haritası (1076) ve Piri Reis'in (1470-1554) Kuzey Amerika Haritası (1528) ve Batı Afrika, Portekiz, İspanya ve Amerika Haritası (1513) haritaları tarihte önemli yerleri olan haritalardır (Işık, 2012). 1940'larda gelişen bilgisayar teknolojileri daha sonraki süreçlerde CBS teknolojisinin de gelişmesine katkı sağladı. Son 30 yıldan beri uygulayıcıları tarafından daha yararlı hale getirilebileceği anlaşılan CBS günümüzde hızla yayılmaya başlamıştır.

Literatürde taşkın analizi ile ilgili birçok yayın mevcuttur. Geçmişte genel olarak deterministik, stokastik analizlerle taşkın analizleri yapılırken günümüzde mevcut tekniklerin yeni geliştirilen yazılım ve modelleme tekniklerine uyarlanmasıyla daha detaylı ve gerçekçi taşkın analizleri yapmak mümkün olmaktadır. Özellikle CBS tekniklerinin kullanılmaya başlamasıyla taşkın bölgelerinin daha gerçekçi modellenmesi analizi mümkün olmaktadır. CBS teknikleri yardımıyla taşkın analiziyle ilgili geniş bir literatür özeti verilmiştir:

CBS ve hidrolik modellerin bir arada kullanımı ilk olarak; Djokic, Beavers ve Deshakulakarni 1994 yılında Arc/HEC-2 olarak bilinen tek boyutlu zamanla değişmeyen akış analizi yapan ve bunu bir CBS programı olan ArcGIS'te hazırlanan arazi verilerinin üzerinde uygulayan bir yazılım geliştirmişlerdir. Daha sonraki yıllarda geliştirilen HEC-RAS, HEC-2'nin yerine kullanılmaya başlanmıştır.

Yazıcılar ve Önder (1998), Türkiye'de HEC-RAS yazılımını Bartın Çayı'nda taşkın anında oluşabilecek su yüzü seviyelerinin hesaplanması için yapmış olduğu çalışmada kullanmışlardır. Belirlenen su yüzü kotlarına göre taşkın alanı 1998'de Bartın Merkez'de yaşanan taşkın anında oluşan ve haritalanan gerçek alanlarına oldukça yakın sonuçlar vermiştir.

Islam ve Sado (2000) Bangladeş'te 1998 yılında meydana gelmiş olan taşkın olayını sayısal yükseklik, jeolojik ve fiziksel verilere göre incelemişlerdir. Çalışmada taşkın derinliği ve sıklığını taşkın sonunda oluşacak zarara ana etken olarak kabul etmişler ve çalışma sonucunda taşkın alanını farklı kombinasyonlarda değerlendirerek taşkın haritalandırılmasını gerçekleştirmişlerdir.

Demirkesen (2003) SYM haritaları CBS programlarından biri olan River Tools'u kullanarak taşkın çalışması yapmıştır. ABD Kentucky Eyaleti'ndeki Cumberland havzasını analiz ederek yüzeydeki taşkın seviyelerinin sınırlarını belirlemiştir.

Ekinci (2003) Karadeniz Bölgesi'nde geçmişten gelen sıklıkla ve yoğun bir şekilde tekrarlanan taşkınların incelenmesi için taşkın meydana getiren maksimum hidrolojik verilerin,

suyun kaynağının ve pik tahliyenin büyüklüğüne bağlılığını ele almıştır. Bu çalışma kapsamında İhsaniye Deresi Havzası'nın yağış ve hidrolojik parametrelerinin geliştirilmesi amaçlanmış ve yağış ve akış nitelikleri, taşkınların tekrarlama sıklığının tahmini incelenmiştir.

Yalçın ve Akyürek (2004) Karadeniz Bölgesinin Batı Bartın Havzası'ndaki doğal felaketlerden biri olan selin meydana getirebileceği taşkınların hassas alanlarını belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. CBS yardımı ile havzaya ait büyüklük, eğim, ana drenaj kanalının gradyanları, drenaj yoğunluğu, arazi kullanımı ve toprak tipi ile hidrolojik yıllık yağış verilerinin de dikkate alınmasıyla havzaya ait taşkın alanlarını incelemişlerdir.

Dutta vd. (2005) Japonya Chiba'daki Ichinomiya Nehir Havzası'nın oluşabilecek taşkın durumlarındaki etkisini incelemek ve gelebilecek taşkını kontrol etmek amacıyla yapmış oldukları çalışmada CBS ve hidrolojik model yardımıyla 50 ve 100 yılda gelebilecek yağış, akış miktarlarından havzanın etkilenme durumunu incelemişlerdir.

Overton (2005) Avustralya'da taşkın bentleriyle düzenlenmiş Murray Nehri'nin çevre yönetimi ve taşkın koruması amacıyla Avustralya'dan başlayıp Yeni Güney Galler'de Alexandrina Gölü'ne kadar 600 km uzunluğunda ve 1-5 km genişliğinde bir alanda çalışmıştır. Bu çalışmayı CBS, UA Hidrolojik Modellerle ve Landsat Uydu görüntüleriyle 1-13 yılda gelebilecek taşkın olayını incelemiştir.

Kara ve Akar (2007) CBS ve UA ile sel ve taşkınların belirlenmesi amacıyla Karadeniz Bölgesi'nin orta ve doğu kesimlerini kapsayan Beşikdüzü-Solaklı Havzasında çalışma yapmıştır. Bu çalışma kapsamında 1/100.000 ölçekli topoğrafya haritası, Landsat 1975 MSS, 1987 TM, 2000 ETM uydu görüntüleri, ArcGIS9.1 yazılımı ve Erdas 8.5 uzaktan algılama yazılımı ile uygun veri tabanı oluşturmuş, sel ve taşkınlarla ilgili risk faktörlerini saptamıştır.

Malkoç vd. (2008) can ve mal kayıpları yaşatan taşkınların görüldüğü Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Solaklı Deresi üzerinde yapılacak bir tesisin projelendirilmesinde gerekli olan taşkın hidrolojisini çalışmıştır. Bu amaçla muhtemel maksimum taşkını oluşturabilecek yağmur, kar ve baz akım bileşenlerini incelemişlerdir. Bu bileşenlerin süperpozisyonuyla yapılacak bir baraja ait dolusavak proje giriş hidrografını elde etmişlerdir.

Usul (2008a)'un çalışmasında Fethiye Çayboğazı'na ait bir taşkın çalışmasında CBS ve hidrolik model yazılımlarından MIKE 11 modelini kullanmıştır. MIKE 11 modeli, Danimarka Hidrolik Enstitüsü (DHI) tarafından hazırlanmış nehir içerisindeki akımlar, su kalitesi ve sediment taşınımı ile ilgili simülasyonlar yapabilen bir programdır (Usul vd. 2002). Havzaya ait hidrometeorolojik verilerin toplanma sürelerinin farklı olması ve devamlılığının olmamasından dolayı havzanın 25, 50 ve 100 yıllık taşkın hidrograflarını belirleyerek debi değerlerini

kullanmıştır. Çayboğazı'nın elde edilen verileri hidrolik modele girilmesiyle belirlenen taşkın seviyeleri CBS ortamında haritalandırılmıştır (Usul, 2008a).

Bastawesy ve ark. (2009) Mısır Hudain Vadisi Havzası'nın taşkın modelini oluşturmak amacıyla çalışmışlardır. Bu çalışma kapsamında CBS, UA, Landsat Uydu Görüntüleri ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM-DEM)'den faydalanılmıştır. Vadi havzasında etkilenecek alanların tahmini için yağış hidrografları kullanılmış ve Manning Denklemi de kullanılarak analizler yapılmıştır.

Özcan vd. (2009) Aşağı Sakarya Havzası'na ait olası taşkın etkilenecek alanları gözlemek amacıyla, uzaktan algılama verileri, yersel çalışmalar ve farklı veri grupları kullanarak CBS modelleri elde etmişlerdir.

Selvanathan ve Dynmond (2010) Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojilerinden ArcGIS, FloodwayGIS ve Hec-RAS kullanarak sel ve taşkın analizinin incelenmesinde programlar ve modüllerin uygulamasını ele almışlardır. Uygulama kapsamında hidrolojik model oluşturmak için FLOODSIM, HECRAS, MIKE11, MIKE21, WSPRO, FLO-2D ve RMA-2 gibi yazılımlar kullanılmıştır. Bu uygulamada harita, sel yatağı ve düzenlenmesi gibi görsel bilgilerin de görülebileceğine değinmişlerdir.

Sunkar ve Tonbul (2010) Batman ili sınırları içinde kalan İluh Deresi ve kollarının sel ve taşkın risk analizini yapmışlardır. Son 30-40 yıl içerisinde sel ve taşkın frekansları büyük artış gösteren havzada 3 farklı yöntemle çalışılmıştır. Bu yöntemlerin ilki geniş alanlı risk analizleri, ikincisi sel ve taşkından sonra yapılan gözlem ve hasar raporları ve üçüncüsü ise hidrolojik bir modele göre yapılan analizler kapsamında CBS yardımıyla sayısal topoğrafik haritalar kullanılarak sel ve taşkın analizleridir. Çalışmada elde edilen bulgular kapsamında Batman ilinin kurulu olduğu alanın sel ve taşkın açısından yüksek risk taşıdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Uçar (2010) ülkenin en çok yağış alan bölümü olan Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki Değirmendere Havzasının taşkın risklerini incelemek üzere kapsamlı bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada bölgenin 1/2000 ölçekli Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) haritaları ve hidrometeorolojik veriler yardımıyla bir hidrolik model oluşturmuştur. CBS programlarından ArcGIS ve hidrolik model yazılımlarından HEC-RAS ile taşkın analizini gerçekleştirmiştir. Analiz sonucunda elde edilen taşkın alanının 3 boyutlu haritalarını oluşturarak çözüm önerileri geliştirmiştir.

Turoğlu (2011) yapmış olduğu çalışmada İstanbul'da meydana gelen sel ve taşkınların sebepleri, drenaj sistemi ve şehirleşme perspektifi üzerinde durmuştur. UA ve CBS yazılımlarını kullanarak yapmış olduğu analizler sonucunda yapılaşmanın akım yönünü ve akışı engelleyen,

akış hızını arttıran bir faktör olduğu sonucuna varmış ve şehirleşme ile ilgili çözüm önerilerini sunmuştur.

Korkmaz (2011) Coğrafi Bilgi Sistemlerinin hidrolojide uygulamasını göstermek amacıyla Bursa Nilüfer Çayı Havzasını ele alıp hidrolojik modelini oluşturarak yapmış olduğu çalışmada SRTM veritabanı yardımıyla, dünya yüzeyinin %80'ini kapsayan, 3 ark saniye çözünürlüklü SYM kullanılarak havzanın drenaj alanlarını incelemiştir.

Özdemir vd. (2011) Kavak Deresi üzerindeki yapımına devam edilmekte olan Çokak Barajı'nın memba batardosunda meydana gelen çökme sonucunda oluşacak taşkın durumunu incelemiştir. Sahanın tektonik özelliklerini dikkate alarak çökmenin tek boyutlu (1D) hidrolik modellemesi de yapılmıştır. Çalışma kapsamında 1/25000 ölçekli topoğrafik eşyüksekti eğrisi ve saha GPS verileriyle üretilmiş SYM, yüksek ve orta çözünürlüklü uydu görüntüleri ile hidrolojik toprak verileri, 30 yıllık yağış ve akım verileri, Kavak Dere üzerindeki yapılara ait teknik özellikler ve arazi ölçümleri gibi veriler kullanılmıştır. CBS ve alt yazılımı olan HEC-GeoRAS ile hidrolik model yazılımı olan HEC-RAS kullanılarak analizler yapılmıştır.

Abdollahzadeh moradi (2012) İran Karun üst havzasında yer alan 14 Akım Gözlem İstasyonu (AGİ)'na ait debi değerlerini kullanarak taşkın frekans analizi yapmıştır. Her istasyon için 50, 100, 200, 500 yıllık taşkın değerini bulmak için Normal, Log-Normal, Gumbel, Pearson Tip III ve Log-Pearson Tip II olasılık dağılımlarını kullanmıştır. Verilerin zaman değişimi ile artış ve azalışlarını araştırmak için de trend analizleri uygulamıştır. Bölgeyi homojen bölgelere ayırarak bölgesel analizler yapmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek ve en düşük debi değerlerini tespit ederek taşkın mevsimselliği yardımıyla taşkınların değişim aralığını saptamıştır.

Özşahin (2013) Balkan ülkelerinden biri olan Arnavutluk'ta yaşanan ekonomik kayıpların büyük olduğu ve can kayıplarının yaşandığı taşkın olaylarını incelemiştir. CBS yöntem ve tekniklerinden yararlanarak yapmış olduğu çalışmada ülkenin hangi alanlarında hangi boyutlarda taşkın olacağını analiz etmiştir. Elde ettiği haritalardan jeoloji, jeomorfoloji, eğim, bakı, yağış, akarsuya uzaklık, yeraltı suyu, toprak ve arazi kullanımı özelliklerine ait verileri çakıştırma yöntemiyle birleştirip taşkın risk alanlarını belirlemiştir. Analiz sonucunda ülkenin %45'inin risksiz, %19'unun orta riskli ve %36'sının da risk altında olduğunu belirlemiştir.

DSİ (2013) tarafından CBS Şube Müdürlüğüne Konya sınırları içerisinde yer alan İnsuyu Deresi için taşkın analizi yapılmıştır. Çalışma için bölgeye ait 1/25000 ölçekli haritalar kullanılmıştır. CBS yazılımlarından ArcGIS, CBS ile entegre çalışabilen HEC-GeoRAS ve bir boyutlu hidrolik model yazılımı olan HEC-RAS kullanılmıştır. Bölgenin SYM haritası yardımıyla CBS ortamında çalışma alanının 2 ve 3 boyutlu modellerinin oluşturularak hidrolik ve hidrolojik verilerle su yüzeyi kotları belirlenmiştir. Taşkın debisinin HEC-RAS ekranında

girilmesiyle taşkın anında su altında kalacak alanların haritalandırılması yapılmıştır. Ancak, kullanılan haritanın ölçeği küçük olduğu için daha hassas ve doğru sonuçların elde edilebilmesi için daha büyük ölçekli haritaların kullanılması önerilmiştir.

Akkaya vd. (2013), Doğu Karadeniz havzasından Rize Taşlıdere bölgesindeki taşkınlar üzerine çalışmışlardır. CBS yazılımlarından ArcGIS ve hidrolik model yazılımlarından HEC-RAS yazılımlarını kullanarak yaptıkları taşkın analizi ile bölgeyle ilgili DSİ Bölge Müdürlüğüne ölçülmüş olan enkesitleri karşılaştırmışlardır. DSİ'ye ait belirlenmiş olan kesitler ile beklenen taşkınlar arasında yaptıkları analiz ve simülasyonlar sonucunda hangi kesitlerin riskli hangilerinin emniyetli olduğunu tespit etmişlerdir.

Şahin vd. (2013) Kuzey Kıbrıs'ın Güzelyurt bölgesinde 2010 yılında meydana gelen ani taşkınını hidrolik ve hidrolojik modellemesini geliştirmişlerdir. Taşkın bölgesinde AGİ bulunmadığı için hidrolojik veri olarak sentetik birim hidrograf metoduyla tespit ettikleri debiyi tayin etmişlerdir. Yaptıkları çalışma neticesinde bölgede yer alan Bostancı Deresi üzerine bir sel kapanı ve taşkın hacminin bir kısmını Fabrika Deresi'ne bağlayan bir çevirme kanalı yapılmasını önermişlerdir.

CBS yoluyla yapılan çalışmaların sadece taşkın analizleriyle sınırlı kalmayıp birçok farklı alanda da uygulanabilirliğinden yukarıda söz edildi. Bu alanlardan biri de Coğrafya alanında yapılan çalışmalardır. Günek vd. (2013) yılında yapmış oldukları çalışmada Elazığ ili Harput bölgesi ve yakın çevresinin morfolitik özelliklerini CBS ve Uzaktan Algılama yöntemleri yardımıyla incelemişlerdir. Çalışma bölgesine ait 1/25000 ölçekli SYM haritaları ve Landsat uydu görüntülerini kullanmışlardır. Bu veriler yardımıyla sahanın drenaj alanının nicelik analizleri, morfolitik karakterlerini belirlemek için dağ cephesi eğrilik oranı, hipsometrik integral (değişik ölçekteki drenaj alanlarının yükseklik/alan dağılımını tanımlayan sayısal değer (Anonim, 2015), vadi tabanı genişliği oranı, tektonik hatların oluşturduğu çizgisel hatlar, vadilerin boyuna ve enine profilleri gibi morfolitik karakterleri analiz etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarla bölgedeki yerleşimin ve su kaynaklarının nasıl sınırlandığını açıklamışlardır (Günek vd. 2013).

Nas ve Nas (2013) yapmış oldukları çalışma kapsamında Gümüşhane ilinden geçen Harşit Çayı'nda CBS ve hidrolik model kullanılarak taşkın analizi yapmışlardır. Havzaya ait maksimum taşkın debilerinin 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 yıllık sıklıkları istatistik yöntemleri kullanarak tespit etmişlerdir. Belirlenen bu debiler ve hidrolik parametreler HEC-RAS'a girilerek taşkın kotları belirlenmiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre çeşitli uyarı ve koruma yapılarının inşasını önermişlerdir.

Bağdatlı vd. (2013) çalışmasında Marmara Denizi'ne kıyısı olan Tekirdağ Merkez İlçe Belediye imar sahası içinde bölgeyi ele almışlardır. Bölgede bulunan 12 adet dere yatağına ilişkin havza karakteristik özellikleri ve taşkın risk faktörleri 1/25000 ölçekli sayısal topoğrafik ve toprak haritaları kullanılmıştır. ArcGIS yazılımı ve hidrolojik yaklaşımlar için de ArcMap ve ArcCatalog modülleri yardımıyla taşkın alanlarını belirleyip CBS ortamına aktararak havzaya ilişkin önemli çalışmalar yapmışlardır.

Yakın tarihte uygulama alanı gelişen Sakınım planlaması doğal afetler öncesinde yapılması gerekli çalışmalar arasındadır. Ancak ülkemizde ulusal eylem planı olmaktan öteye gidememektedir. Erdem (2013) 1. derece deprem bölgesi olan Balıkesir ilinin yerleşim bölgelerinin maruziyet durumlarını ele almıştır. Bu amaçla mevsimsel şiddetli yağmurlar sonucu nehir taşkınları, deniz taşkınları, jeolojik durumların da ele alınması ve CBS'de SYM ve Sayısal Arazi Modelleri (SAM) yardımıyla bölgesel sakınım planlaması çalışması yapmıştır.

Dölek (2013) Muş'ta meydana gelebilecek taşkınların tehlike aralıklarının belirlenmesini kolaylaştırmak ve birçok beşeri etkinliğin başlama ve bitiş tarihlerini belirlemek amacıyla neden olabilecek faktörleri analiz etmiştir. Bu çalışmada jeomorfolojik faktörler için CBS yazılımlarından ArcGIS ve meteorolojik faktörler için de meteoroloji istasyonlarına ait değerlerin analizini yaparak ovanın taşkın dönemleri belirlenmiştir.

Özşahin ve Kaymaz (2013) Türkiye'nin en önemli ovalarından birisi olan Amik Ovası'nda sürekli meydana gelen taşkınların risk potansiyeli ile indeksinin analiz edilmesi ve böylece olası taşkın riskinin haritalandırılıp, açıklanması amacıyla çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada materyal olarak 1/25000 ve 1/250000 ölçekli topoğrafya paftaları ile Sayısal Yükseklik Modeli verisi (GDEM) ile 2012 yılı sel-taşkın tespit ve köy brifing raporlarından ve TÜİK verilerinden faydalanılmıştır. CBS yazılımlarından ArcGIS/ArcMap 10 paket programı ve UA teknikleriyle Google Earth (KMZ) formatında 2012 tarihli Cnes/Spot Image uydu görüntülerini kullanarak taşkınların durumunu analiz etmişlerdir.

Gökçe vd. (2013) Pamukkale Üniversitesi kampüs alanının muhtemel bir taşkın risk değerlendirmesi için CBS ve hidrolik model yardımıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Üniversite kampüs alanı akış yukarısında kalan Hamamdere Havzasından gelebilecek bir taşkın değerlendirilmiştir. Mevcut yerleşke ve hidrolik yapıların da analizlere dâhil edildiği çalışmada HEC-RAS tabanlı bir hidrolik model oluşturulmuştur. Birim Hidrograf ve Mockus yöntemlerini kullanarak elde ettikleri hidrolojik verilere göre 500 ve 1000 yıllık taşkın debisine göre inceleme yapmışlardır. Çalışma alanı içinde yer alan Hamamdere derivasyon kanalının bu debilerde gelebilecek taşkınlar için yetersiz kalacağı ve kampüs alanını su altında bırakma potansiyeline sahip olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

Efe (2014) çalışmasında bölgenin büyüyen merkezlerinden biri olan Batman ilinden geçen Batman Çayının taşkın durumunu ele almıştır. Yüksek debide akan Batman Çayında yaşanan taşkın olayları zaman zaman can kayıplarına da yol açmıştır. Bu kapsamda yapmış olduğu çalışmada Autocad Civil 3D programı ve 1 boyutlu hidrolik model yazılımlarından HEC-RAS programı kullanılmıştır. Çalışma bölgesine ait akım değerlerini kullanarak 5, 10, 25, 50, 100, 500 yıllık taşkın debilerini belirlemiş ve çözüm önerileri sunmuştur.

Elçi vd. (2014) Alibeyköy ve Porsuk barajlarının yıkılması durumunda baraj göllerinin ve mansap bölgeleri için taşkın yayılımını incelemiştir. Baraj göllerinin CBS ortamında oluşturulan batimetri haritaları, haznedeki su hacminin bir boyutlu model olan HEC-RAS ile elde edilen yıkılma hidrografi ve mansap bölgesinin arazi kullanımı ile pürüzlülük haritalarını birlikte kullanarak barajın ani bir yıkılma durumundaki etkisini incelemiştir. Çalışmada su derinliğinin 10 m'ye kadar çıkabileceği ve su altında kalan toplam yerleşim alanının ise 9.5km² olabileceği sonuçlarına ulaşılmıştır.

Tehrany vd. (2014) Malezya'nın Terengganu eyaletinde en sık yaşanan doğal felaketlerden biri olan sel ve taşkınlar için bir grup taşkın modelleme çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada her hava faktörünün etkisini incelemek amacıyla İki Değişkenli İstatistiksel Analiz (Bivariate Statistical Analysis [BSA]) yöntemi kullanılmıştır. Veri olarak ise yerel veri tabanı, taşkın dokümanları, akarsu, yamaç, topoğrafik ıslaklık endeksi, yükseklik, eğrilik, yağış, yağış miktarı, uzunluk, jeolojik durum, arazi durumu ve kullanımı gibi faktörler kullanılarak taşkın önleme analizleri yapılmıştır.

Bayazıt vd. (2014) Porsuk Çayının Eskişehir için oluşturduğu taşkın risk haritalarını elde etmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışma için yöntem olarak UA ve CBS yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen verileri analiz edilerek çaya ait enkesitler HEC-RAS yazılımına aktarılmış ve 50, 100 ve 1000 yıllık taşkın debilerine göre inceleme yapılmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre, Eskişehir iline ait çayın geçtiği düzlükteki bazı mahallelerin taşkın riski taşıdığı görülmüştür.

Tonbul (2014) Osmancık İlçe Merkezinde bulunan Kavaközü Deresinin taşkın alanının belirlenmesi amacıyla yapmış olduğu çalışma kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemi yardımıyla bölgenin yağış klimatolojisi ve SAM parametre olarak ele alınmıştır. Taşkından etkilenecek alanların 100 ve 500 yıllık periyotta alabileceği taşkın riskini incelemiştir.

İklim değişikliğinin sonuçlarından biri olan deniz seviyesindeki yükselme kıyı alanları için su altında kalma analizlerinin önemini arttırmaktadır. Tulger vd. (2015) çalışmalarında endüstriyel, tarımsal ve ekolojik açıdan önemli bir yeri olan İzmir Gediz Deltasını deniz seviyesi yükselmesi açısından incelemiştir. Verilerin CBS ve SYM ile işlenmesiyle yapılan analizler

sonucunda olası seviye yükselmelerinin deltanın düşük kotlu kıyı alanlarında ekonomik ve ekolojik kayıplara neden olacağını tespit etmişlerdir.

Türkkan ve Korkmaz (2015) Bursa’da bulunan Kaplıkaya Deresi’nin taşkın durumunu incelemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bölgenin SYM haritası CBS ve HEC-GeoRAS yazılımlarında işlenerek dere profili ve enkesitleri hazırlanmıştır. HEC-RAS’ta hidrolojik verileri 500, 1000, 10000 yıllık tekerrüre göre analiz edilerek taşkın durumunu gözlemlemişlerdir.

Haltaş ve Kocaman (2015) Kahramanmaraş’ta yer alan Ayvalı Barajı’nın yıkılması durumundaki taşkını gözlemlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Baraj yıkılma taşkın hidrografi bir boyutlu, taşkın hidrografının baraj mansabında yayılımını ise iki boyutlu hidrolik model kullanarak hesaplamışlardır. Analizler sonucunda taşkın alanı, maksimum su derinliği, maksimum akım hızı ve maksimum su derinliğine ulaşma hızını haritalandırarak değerlendirmişlerdir.

Eren vd. (2015) yaptıkları çalışmada İstanbul Silivri Kayalı (Boğluca) deresini incelemişlerdir. Çalışmada önceki yıllarda İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) tarafından yapılan taşkın düzenleme kesitleri ele alınmıştır. Bu kesitlerin kritik noktalarda olanları için Sentetik Birim Hidrograf Metotları ile hesaplayıp taşkın su seviyesini belirlemek için HEC-RAS’a aktararak taşkın alanlarını belirlemişlerdir.

Demir ve Kişi (2015) çalışmalarında Samsun’da yer alan Mert Irmağı’nın 2012 yılında meydana gelen taşkın ve farklı tekerrür debilerindeki taşkınlar için analizler yapmışlardır. DSİ tarafından oluşturulmuş kesitler HEC-RAS’a aktarılıp 10, 20, 50 ve 100 yıllık tekerrür debilerine göre analizler yapılmış ve haritalandırılmıştır.

Aydın ve Yaylak (2015) CBS ile taşkın analizine örnek bir çalışma yapmışlardır. Çalışma için kullanılan 1/25000 ölçekli SYM haritalarını kullanarak akarsu profilini ve kesitlerini oluşturmuşlardır. Çalışma alanına yakın AGİ’lerden temin edilen debilerin istatistiki analizi ile belirlenen taşkın debilerinin 500 ve 1000 yıllık tekerrürdeki değerlerine göre analiz yapılmış ve haritalandırılmıştır.

Bayazıt ve Bakış (2015) çalışmalarında Sakarya Havzası’nın alt havzası olan Seydisuyu çayının havzaya olan taşkın riskini incelemişlerdir. CBS ve UA yöntemlerini kullanarak 50, 100 ve 1000 yıllık tekerrürde taşkın debilerini belirlemişlerdir. HEC-RAS’a aktarılıp analiz edilmesiyle belirlenen taşkın yüzeyi kotlarına göre haritalandırarak yerleşim yerleri ve tarım arazilerine olan etkilerini ortaya koymuşlardır.

Girayhan (2015) çalışmasında Samsun’un Terme ilçesinden bir bölgede taşkın modellemesi yapmıştır. CBS yazılımları yardımıyla haritalandırma işlemlerini kullandığı çalışmada hidrolik modellemeler için 1B ve 2B hidrodinamik yaklaşımları tercih etmiştir.

MIKE11 ve MIKE21 modelleri yardımıyla 100 ve 500 yıllık taşkın tehlike haritalarını oluşturmuştur.

Literatürdeki bu çalışmalar göstermektedir ki son yıllarda geliştirilen yazılımlar sayesinde taşkın analizi konusunda CBS sistemlerinin kullanımı yaygınlaşmıştır. Sayısal harita çözünürlüklerinin artırılması ve yeterince nitelikli hidrolojik verilerin elde edilmesi durumunda HEC-RAS gibi bir hidrolik hesap aracının da yardımıyla etkili taşkın analizleri yapılabilmektedir. Bu tezde de önceki çalışmalar ve kullanılan yöntemler ışığında Bitlis ili içerisinde geçen Bitlis Çayının taşkın analizi yapılarak taşkın alanları CBS yöntemleriyle belirlenecektir.

Bu bölümde, araştırma konusuyla ilgili önceki literatür çalışmalarından örnekler verilmiştir. CBS yazılımlarının yaygın olmadığı dönemlerde yapılan analizlerin daha çok istatistiksel ve gözlemsel boyutlarda olduğu görülmektedir. Bu durum yapılan analiz çalışmalarının hassasiyetini ve gerçeğe yakınlığını tamamen yansıtmamıştır. Analizi yapılacak bir çalışma alanı için,

- ✓ CBS yazılımlarının sık kullanılması,
- ✓ Çalışma alanının arazi ve sayısal ortamla uygunluğu için keşiflerin yapılması,
- ✓ Kullanıcının konuya bilgisi ve yetkinliği
- ✓ Kullanılacak haritaların ölçeğinin büyüklüğü,
- ✓ Hidrometrik verilerin alınma sıklığı,
- ✓ Hidrometrik verilerin alındığı AGİ'lerin çalışma alanına yakınlığı

gibi durumlar çalışmanın hassasiyetini ve analizlerin sonucunun gerçeğe yakınlığını arttıracaktır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

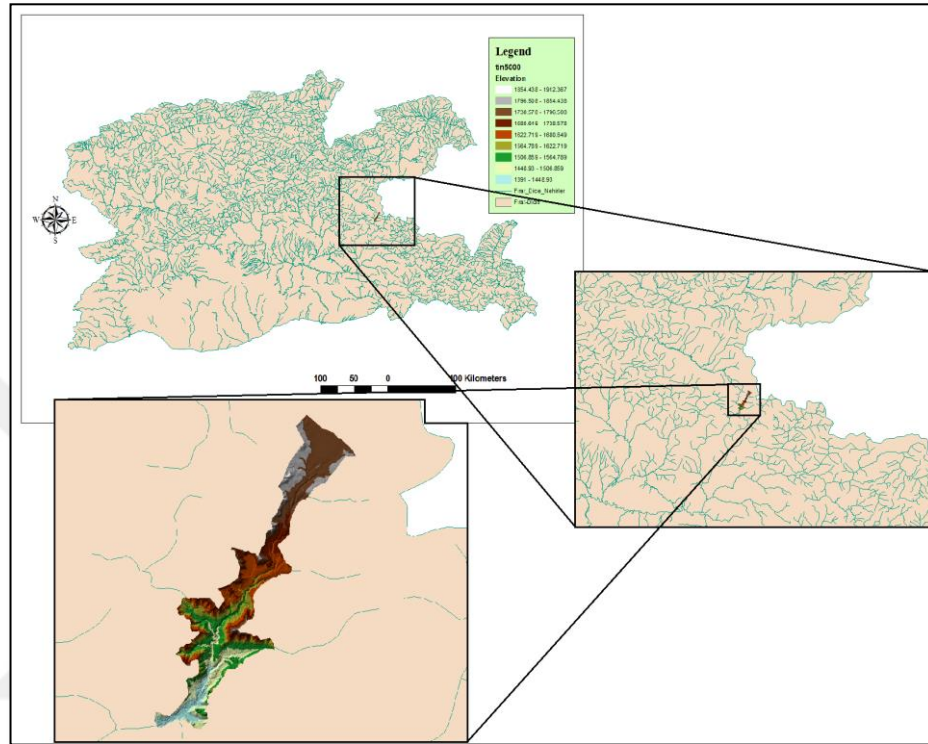
CBS, mekânsal ve öznitelik bilgilerinin toplanması, işlenmesi, düzenlenmesi, analizi ve raporlanması için kullanılan bir teknolojidir. Mühendislik, istatistik, idari, işletme, jeoloji, şehir planlama, acil yönetim, sağlık, ulaşım, navigasyon vb. birçok alanda kullanılmaktadır. Arazide uygulanması gereken mühendislik çalışmalarında elle yapılmayacak olan düzenlemeler, analizler ve harita işlemleri bilgisayar ortamında yapılabilen hata payını en aza indiren ve avantajları olan teknolojik araçlardır. Su kaynakları alanında da kullanılan CBS, su kalitesi analizi, sistem optimizasyonu, hidrolik modelleme, taşkın analizi gibi mühendislik çalışmalarının yapılmasına da olanak sağlamaktadır. Sadece CBS yazılımları taşkın analizinde tespit edilmesi gereken su yüzeyi profillerini tespit etmek için yeterli gelmemektedir. Bunların yapılabileceği alt programların da mevcudiyeti taşkın analizlerinin yapılabilmesine olanak sağlamaktadır (Uçar, 2010). Bu tez kapsamında CBS programına ek olarak HEC-GeoRAS ve HEC-RAS gibi alt yazılım uygulamaları da kullanılarak taşkın analizi gerçekleştirilmiştir.

3.1.Çalışma Alanının Genel Özellikleri

Tarihi Bitlis şehri, Doğu Anadolu Bölgesinde bulunmakta olup Van Gölü'nün batısında dağların arasında bir vadi boyunca konumlanmaktadır. Geçmiş milattan öncesine dayanan Bitlis, dönem dönem birçok uygarlığın yerleşim alanları arasında yer almıştır. Daha sonraki dönemlerde Anadolu'nun Türklere açıldığı dönemlerde de büyük savaşların yaşandığı Bitlis, Cumhuriyetin kurulmasından sonra il yapılmıştır. Tarih boyunca birçok medeniyete tanık olan şehirde geçmişten kalan tarihi kalıntılara da halen ev sahipliği yapmaktadır.

Tarihin izlerinin taşındığı bu şehirde halen modern şehirleşme yapılarından uzak bir yerleşim düzeni görülmektedir. Kayalık ve dağlık bir yapısı vardır. Zemini oluşturan ana kayalar genel olarak bazalttır. Toprağı genelde killi, dik yamaçlarda sığ ve taşlı bir yapıya sahip olan Bitlis, yağışı fazla, dağları yerleşim yerine yakın ve dağlardan inen dik meyilli Bitlis Çayına sahiptir. Şehir merkezi boyunca akan ve DSİ kaynaklarına göre yağış alanı 208.13 km²olan Bitlis Çayı, kuzeyinde yer alan Taşlık, Başhan, Büyük ve Sivri Tepelerinden ve ayrıca Tahtalı Tepe (2102), Şirinkuz Tepe (2558), Koçmir Tepe (2351)'den beslenen Kömüs deresinden kaynak bulmaktadır. Şehir merkezine girdiği yerden itibaren üzerinde betonarme yapıların inşa edildiği ve kutu kesitli bir galeri içerisinden devam eder. Şehrin kuzeybatısındaki Yükseliş Mahallesi dağlarından beslenen Kömüs Deresi Bitlis Çayına mansaplanmakta ve yağış alanı 46.9 km²'dir. Bitlis Çayının batı bölgesindeki dağlardan beslenen küçük bir dere de şehir merkezinin alt

kesimlerinde ana kola bağlanmaktadır. Siirt iline doğru akan Bitlis Çayı, Siirt'in dağlarından beslenen Botan Çayı ile birleşerek Güneydoğu Anadolu'ya doğru akarak Dicle Nehrine bağlanmaktadır. Bitlis ili Türkiye havzalar haritasına göre incelendiğinde Fırat-Dicle havzasının doğusunda bir konuma sahip olduğu Şekil 3.1'de görülmektedir.



Şekil 3. 1. Bitlis ilinin Türkiye havzalar haritasına göre konumu

Bitlis Çayı anakol ve yankolları yerleşim yerlerinden geçerken kısmen bitki örtüsü ile kaplı olduğundan fazla rüsubat getirmemektedir. İl merkezinden geçen derenin rüsubat yapısı ince malzeme görünümündedir. Ayrıca ev ve iş yerlerine ait katı atıklar da halk tarafından dereye atılarak akarsuyun kirlenmesine neden olmaktadır. Suyun akış rejimini dönem değiştiren katı maddeler, akarsu boyunca düzlük alanlarda akış güzergâhını ve morfolojik yapısını değiştirebilmektedir.

Havzadaki meralarda aşırı hayvan otlatılması sonucu ot örtüsünün zayıflaması, yamaç arazilerde hiçbir koruyucu önlemin alınmaması dolayısıyla, bitki-su-toprak arasındaki doğal denge tahrip edilmiş durumdadır. Sağanak yağışlar sonucu oluşan yüzey akışları bu sebeple artmaktadır. Yüzey akışlarının artması dereye oluşan taşkın pik debilerini arttıran temel nedendir. Böylelikle sellerin oluşmasına ve beraberinde mansaba daha fazla rüsubat taşınmasına neden olmaktadır.

Bitlis ilinde karasal iklim hüküm sürmektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlıdır. Aylar bazında Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat ayları kar yağışlı, Mart, Nisan, Mayıs ve Ekim ayları yağmurlu, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları sıcak geçmektedir. Yaz aylarında güneydoğudan gelen sıcak ve nemsiz alçak basınç sıcak ve kurak geçmesine neden olurken, yüksek kesimlerde karların geç erimesiyle kışlar da uzun sürmektedir.

Bu çalışmanın amacı; Bitlis Çayı'nda yağışlar ve kar erimeleri sonucunda oluşabilecek taşkın debileri için risk haritalarının tespit edilmesidir. Çalışma boyunca izlenecek adımlar şunlardır:

- Çalışma alanına ait sayısal yükseklik haritaları ve çalışılacak bölgenin altlık haritalarının temini ve CBS ortamına uygun formatta hazırlanması,
- CBS'nin işlevlerinden faydalanarak bölgeye ait hidrolojik haritaların temini,
- Geçmiş yıllara ait akım debilerinin ve hidrolojik verilerin temini, bu veriler kullanılarak istatistik yöntemlerle taşkın debilerinin bulunması,
- Çalışma alanı içerisinde kalan hidrolik ve diğer yapıların tespiti, akarsu boyunca dere yamaçlar ve kesitlerin oluşturulması,
- Oluşturulan topoğrafik akarsu bilgilerinin analizler sonucunda bulunan taşkın debileriyle hidrolik model yazılımlarına aktarılması ve analiz edilmesi,
- Bu analiz sonucunda belirlenen taşkın seviyelerinin belirlenmesi,
- Hidrolik model çıktısının CBS ortamına uygun formata dönüştürülmesi ile haritalandırılmanın yapılması ve taşkın risk haritalarının elde edilmesi.

Taşkın analizi kapsamında yapılan bu çalışmada, Bitlis il merkezine ait bölgenin öncelikle sayısal modeli oluşturulmuştur. Topoğrafik veriler HEC-RAS programına gönderilmiştir. Hidrolik ve hidrolojik parametreler girildikten sonra tespit edilen su yüzü profilleri hidrolik modelden CBS ortamına aktarılmıştır. Arazi kullanım haritası üzerine uygulayıp hangi bölgelerin su altında kalacağı tespit edilmiştir.

3.2. Verilerin Hazırlanması

Geçmişten günümüze teknolojiyle birlikte gelişen CBS uygulamalarının önemi daha da artmaktadır. CBS yazılımlarından önce yapılan taşkın analizi gibi mühendislik uygulamalarında zaman ve ekonomik olarak büyük kayıplar görülmekteydi. Yapılan çalışmanın da birebir uygunluğu ve doğruluğu kesin sonuçlar vermemekteydi. Örneğin, taşkın çalışması yapılacak bir akarsu için; öncelikle çalışılacak akarsuyun etüdü yapılmalıdır. Metrik ölçümlerle akarsu yatağı,

güzergâhı ve kesitleri belirlenmelidir. Hidrolik ve jeomorfolojik yapısı oluşturulan akarsuyun bir diğer parametresi olan hidrolojik veriler temin edilmelidir. Debi ölçüm kayıt cihazları bulunmayan bir yerde hidrolojik yöntemlerle debi tayini yapılmalıdır. Belirlenen debiler çeşitli istatistiksel yöntemlerle analiz edilerek taşkın debileri tayin edilmelidir. Tayin edilen taşkın debilerinin oluşturulan kesitlerden geçip geçmeyeceğinin kontrolü yapılmalıdır. Hidrolojik taşkın hesapları yöntemlerinin kullanılacağı bu aşamada taşkın seviyesi belirlenmelidir. Akarsuyun taşkın anında etkileyeceği bölgeler yine arazi etütleriyle işaretlenmeli ve yapılabilirse haritalandırılmalıdır. Teknolojik unsurlardan yararlanılmadan yapılan bir taşkın analizi, uzun süreçler alan ve yoğun saha çalışması gerektiren işlemler dizisinden oluştuğu görülmektedir. Günümüzde artık CBS gibi teknolojilerin kullanılmasıyla daha kısa sürede, daha ekonomik ve daha gerçekçi sonuçların elde edildiği bir taşkın analizi yapılabilmektedir.

Taşkın analizinde kullanılacak verilerin eksiksiz olarak temini çalışmanın en gerçekçi ve doğru sonuçlar vermesine katkı sağlamaktadır. Bir taşkın çalışması için önemli iki veri vardır. Birincisi çalışılacak bölgeye ait sayısal topoğrafik haritalar, ikincisi ise hidrolik ve hidrolojik verilerdir. Araziyi oluşturacak olan sayısal haritalar birkaç farklı yöntemle oluşturulmaktadır. Bunlardan biri GPS (Global Positioning System) araçları kullanılarak oluşturulan haritalardır. Bu yöntemle arazide GPS ile ölçümler yaparak elde edilebilir. Bu çok maliyetli ve zaman alabilen bir yöntemdir. Çalışılacak bölgenin büyük olmasıyla orantılı olarak uygulanması mümkün olmamaktadır. Bir diğer yöntem ise uydu görüntülerinden elde edilen haritalardır. Bu haritaların ücretsiz temin edilen türleri, çözünürlüğü düşük ve hassasiyet gerektiren çalışmalarda uygulanabilirliği pek mümkün olmayıp, kesin sonuçlar vermemektedir. Yüksek çözünürlüklü olan türleri ise maliyetli olabilmektedir. Taşkın analizlerinde yüksek çözünürlüğün önemi büyüktür. Elde edilecek sonuçlar, haritanın hassasiyetiyle doğru orantılıdır. Örneğin 1/25000 ölçekli bir harita ile 1/1000 ölçekli bir harita karşılaştırıldığında piksel ve çözünürlük farkları görülmektedir. Harita oluşturma işlemlerinin bir diğeri ve en maliyetlisi olan yüksek çözünürlüklü lazer verilerinden oluşturulan haritalardır. Gerçeğe en yakın sonuçlar veren bu haritalar yüksek maliyetli olduğundan pek yaygın olarak kullanılmamaktadır.

Ülkemizde topoğrafik haritalar uydu görüntülerinin yanında Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından temin edilebilmektedir. HGK'dan alınacak haritalar çözünürlük sınıfına göre değişmektedir. Bu haritalar UTM projeksiyonu ED50 datumunda veya coğrafi koordinatlarda WGS84 datumunda çeşitli ölçeklerde ve 10'ar m arayla çizilmiş eş yükselti eğrilerinden oluşturulmuş haritalardır.

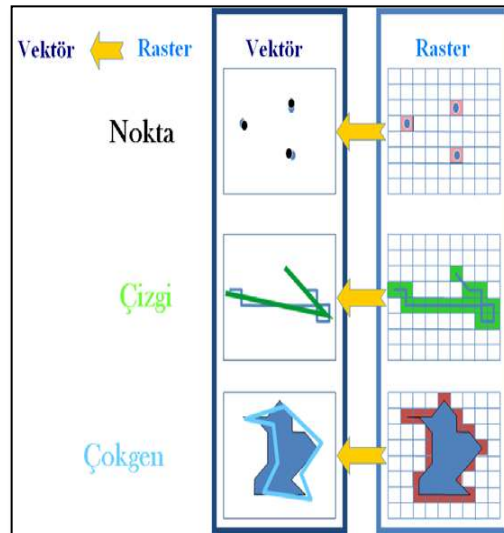
Taşkın analizleri için bir diğer önemli veri türü akarsuyun akım değerleridir. Akarsuların debilerinin belirlenmesi iki yöntemle yapılır. Havzadaki Akım Gözlem İstasyonlarının (AGİ)

sayısının ve kaydettiği verilerin yeterli olması durumuna göre bu yöntemlerden biri kullanılır. AGİ sayısı ve ölçümü yeterli değil ise havzanın yağış-akış ilişkileri tespit edilerek akım verileri belirlenir. AGİ'lerin sayısı ve kayıtları yeterli olması durumunda yıllık maksimum akım değerlerinden noktasal veya bölgesel taşkın analizleri yapılarak çeşitli tekerrürlerde taşkın debileri belirlenir. Bu yöntemde sonuçların uygunluk testleri yapılmalı ve bulunan sonuçların güvenilirliği ispatlanmalıdır (Uçar, 2010).

3.2.1.CBS ile Arazi Modelinin Oluşturulması

Taşkın analizi için gerekli olan iki ana parametreden harita ve akım değerleri temin edildikten sonra inceleme alanına ait SYM hazırlanmalıdır. SYM oluşumunda CBS'nin önemi büyüktür. Bileşenleri veri, donanım, yazılım ve kullanıcı olan CBS teknolojisi yakın tarihte ülkemizde yaygınlaşmaya başlamıştır. Eksiksiz ve hatasız temin edilen veriler donanım-yazılımla ve uzman kullanıcıyla birleştğinde hata oranı en düşük olan ve gerçeğe en yakın sonuçlar almak mümkün olmaktadır.

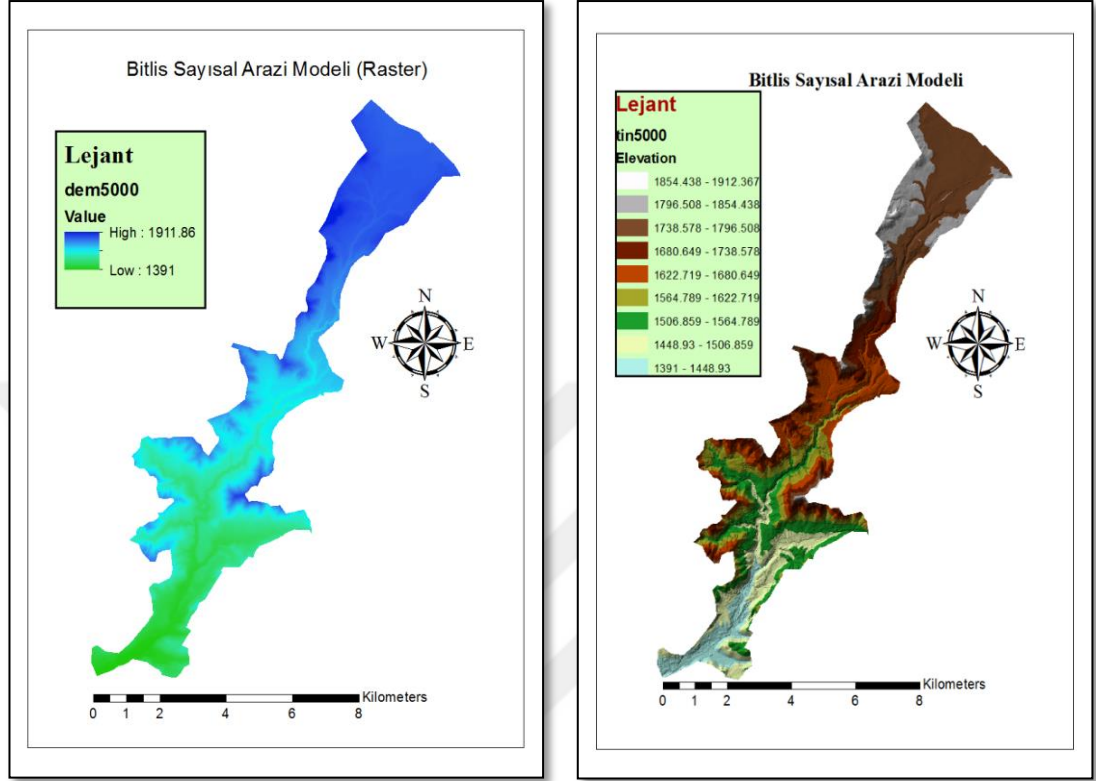
CBS teknolojisinde haritalar olarak raster ve vektör veri olmak üzere iki tür veri vardır. Vektör modelde nokta, çizgi ve çokgenler; raster modelde ise hücre verisi olarak bilinir. Her bir nokta bir pikselle ifade edilir ve piksel sayısının çokluğuyla resim ayrıntısı doğru orantılı olarak değişmektedir. Vektör ve raster veriler arasında dönüşüm mümkündür, ancak verilerde kayıp olabileceği de muhtemeldir. Usul (2004) Şekil 3.2'de bu durumu açıklamıştır.



Şekil 3. 2. CBS veri modelleri arası dönüşüm (Usul, 2004)

CBS teknolojisinde yapılan harita işlerinin büyük bir oranı için ihtiyaç durulan veri türü arazi modelleridir. TIN (vektör) ve DEM (Digital Elevation Model) (raster) olarak iki farklı

SAM (Sayısal Arazi Modeli) türü vardır. TIN haritaları üçgen modelleme yardımıyla direkt topoğrafik verilerden elde edilir. DEM haritaları ise TIN haritalarından yararlanılarak CBS ortamında elde edilmektedir. DEM ve TIN haritalarına örnekler Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3. 3. Bitlis sayısal arazi modeli örnekleri, DEM ve TIN haritaları

CBS sadece hidroloji alanıyla sınırlı kalmayıp; su kaynakları, arazi çalışmaları, şehir planlama çalışmaları, zirai kullanımlar, orman geliştirme çalışmaları, erozyonlar mücadele, çevresel uygulamalar, arkeolojik çalışmalar, askeri uygulamalar, jeolojik çalışmalar vb. birçok alanda kullanılabilmektedir (Usul, 2004).

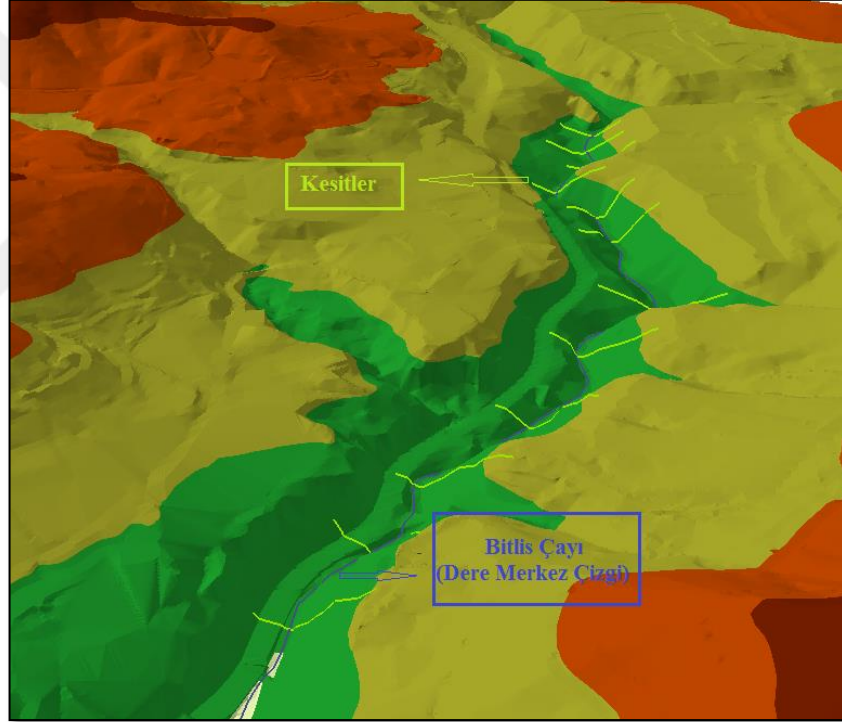
3.2.2. Verilerin HEC-GeoRAS’tan HEC-RAS’a Aktarılması

HEC-GeoRAS, ArcGIS ile HEC-RAS köprü görevi gören bir ara modüldür. HEC-RAS’ta hidrolik analizlerin yapılması için gerekli olan geometrik verilerin ArcGIS’te elde edilip HEC-RAS’a aktarılmasını sağlar. HEC-RAS’ta hidrolik analizler yapıldıktan sonra elde edilen sonuçların görselleştirilmesi için su yüzü kotlarını içeren dosyanın ArcGIS’te haritalandırılmasını sağlayan ArcGIS’le uyumlu çalışabilen bir yazılımdır (HEC, 2009). Bu yazılım kullanılarak, akarsu ve bağlı bulunan kollar (anakol, yankol), enkesitler, akarsuya ait taşkın önleyici ya da düzenleyici yapılar, akarsuya ait yan hidrolik ve sanat yapıları vb. yapılar

tanımlanabilmektedir. Ayrıca akarsuya ait akım güzergâhları ve sağ sol sahil tanımlamaları da yapılabilmektedir. Çalışma alanına ait tüm topoğrafik verilerin tanımlandığı bu yazılımla arazinin görselleştirilmesini sağlamaktadır.

Sayısallaştırmalar yapılırken haritaların mümkün olduğunca en güncel halde olması ve ölçeğin de büyük olması gerekmektedir. Güncel olan harita arazinin en son yapısını gösterecektir. Haritada ölçek önemli olan bir faktördür. Ölçeğin küçük olması arazi yapısındaki ayrıntıları azaltacaktır. Büyük olan ölçekte ise daha ayrıntılı ve daha net görüntüler elde edilebileceğinden en gerçekçi sonuçlara böylelikle ulaşılabilmektedir.

HEC-GeoRAS'ta sayısallaştırma işlemi tamamlandıktan sonra hidrolik yazılımlara aktarılmaya hazır hale gelmektedir. HEC-RAS'a aktarılmaya hazır hale getirilen çalışma alanından bir bölgenin 3D görüntüsü Şekil 3.4.'de görülmektedir.



Şekil 3. 4. Çalışma alanında yer alan bir kesimin 3D görüntüsü

3.2.3. HEC-RAS Yardımıyla Su Yüzü Profillerinin Tespit Edilmesi

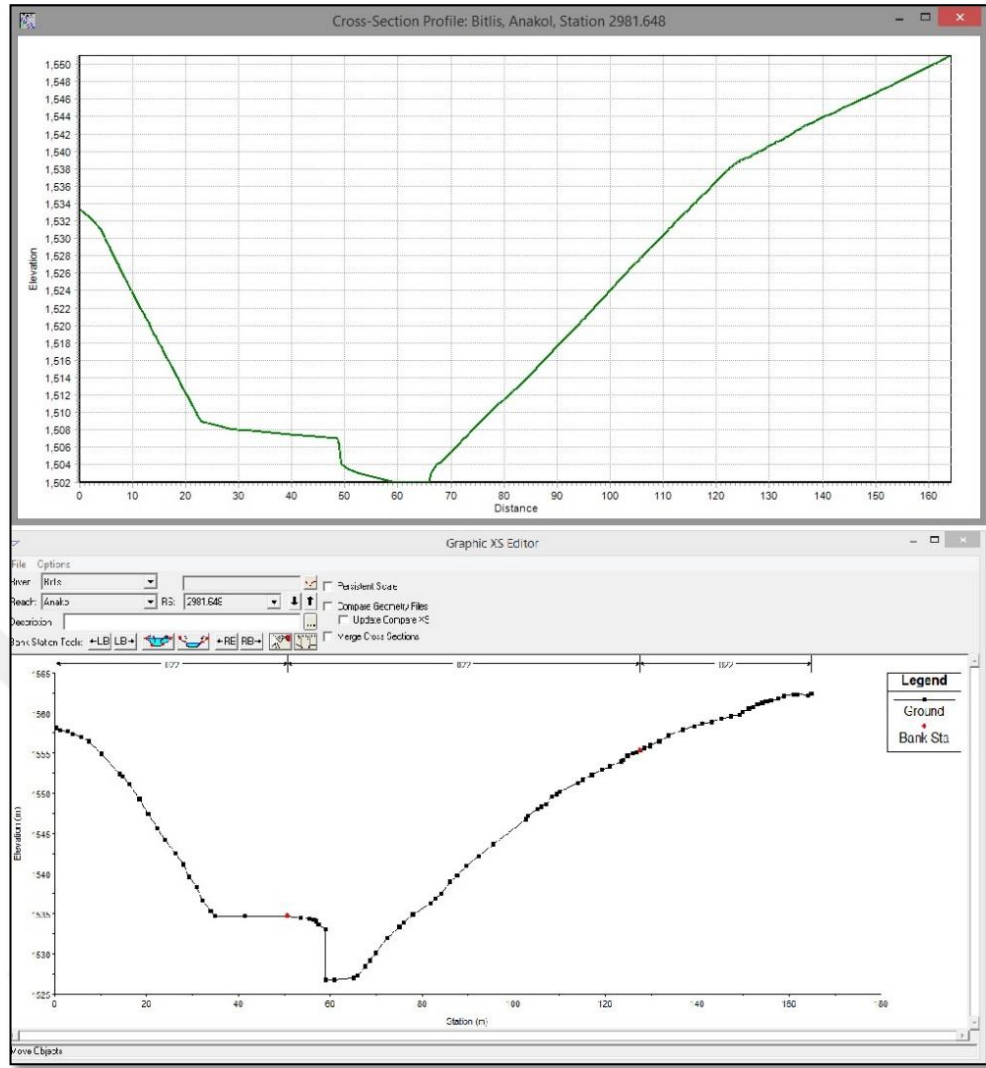
Taşkın oluşma durumunda maksimum debilerin havzada ulaşacağı seviyelerin tespiti, mevcut kesitler ve bu işlemler için hesaplamaların yapılması zaman açısından mümkün değildir. Hesaplardaki muhtemel değişimler sonucunda hesapların yeniden yapılması gerekmektedir (Uçar, 2010). Bu nedenle CBS ile uyumlu çalışabilen hidrolik analizlerin yapılabileceği ve model oluşturabilecek programlar kullanılmalıdır. Bu çalışmada, hidrolik hesaplamalar için daha

pratik kullanıcı ara yüzü olan ve ücretsiz olarak indirilebilen HEC-RAS paket programı tercih edilmiştir.

HEC-RAS tek boyutlu, sürekli akımlara su yüzeylerinin hesaplandığı ve sürekli akımlara ait modellemelerin yapıldığı, veri saklama ve yönetim kapasitesi olan bir hidrolik yazılımdır (HEC, 2010). Nehir su yüzeyi profillerinin hesaplanabilmesi için kullanılan HEC-RAS United States Army Corps of Engineer (USACE) HEC tarafından geliştirilmiş, bir boyutlu zamanla değişmeyen ve zamanla değişen nehir akım modellemeleri yapabilen bir programdır. İlk sürümü Temmuz 1995'te çıkarılan ve sonrasında 1.1, 1.2, 2.0, 2.1, 2.2, 3.0, 3.1, 4.0 ve son olarak da 4.1 sürümü çıkarılmıştır. Bir boyutlu nehir analizleri HEC-RAS ile birkaç amaç için yapılabilir. Zamanla değişmeyen akımlarda su yüzü profillerinin tespiti, zamanla değişen akımlarda su yüzü profillerinin hesaplanması, katı madde taşınım hesaplamaları ve su kalitesi modellemelerinde kullanılır (HEC, 2010).

HEC-RAS'a girilmesi gereken veriler, nehir yatak enkesiti, nehir yatağı boykesiti, debi değerleri ve nehir yatağı pürüzlülük değerleridir. HEC-RAS'a tüm kesitlere ait geometrik özellikler ve yüzeye ait pürüzlülük değerlerinin tek tek girilmesi çok fazla zaman alacaktır. ArcGIS'te HEC-GeoRAS yardımıyla oluşturulan arazi modelinden otomatik olarak bu veriler aktarılabilir. Oluşturulan model farklı hidrolik şartlar için de sadece şartların değiştirilmesiyle kullanılabilir.

HEC-GeoRAS'ta oluşturulan arazi modeli RasGIS.sdf uzantılı veri ile alınan topoğrafik kesitler, nehrin pürüzlülük katsayısı, sağ ve sol sahil kıyı çizgileri bilgileri aktarılır (Uçar, 2010). Çalışma alanında yer alan 2981.648 no'lustayonun HEC-GeoRAS ve HEC-RAS görüntüleri Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3. 5. 2988.497 no'lu istasyona ait HEC-GeoRAS ve HEC-RAS kesit görüntüleri

HEC-RAS'ta yapılacak işlemler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Geometrinin Düzenlenmesi
 - Veri dönüştürme
 - Birim seçimi
 - Dere yatağının düzenlenmesi
 - Manning pürüzlülük katsayısının belirlenmesi
2. Kararlı Akım Şartlarının Düzenlenmesi
 - Akım profil sayısı
 - Akım değerlerinin girilmesi
 - Akım sınır şartlarının belirlenmesi
3. Kararlı Akımın Analizi
 - Akım rejiminin belirlenmesi

$F > 1 \rightarrow$ Sel rejimi (kritik üstü)

$F = 1 \rightarrow$ Kritik rejim

$F < 1 \rightarrow$ Nehir rejimi (kritik altı)

HEC-RAS'ta hidrolik model oluşturmak için belirtilen işlemler uygulanmalıdır. Programa aktarılan arazi modelinin geometri düzenlenmesi aşamasında; dönüşümü tamamlanan verinin öncelikle çalışılacak birim sistemi belirlenir. Bu çalışmada, yaygın olarak kullanılan birim sistemlerden System International (SI/Metrik Sistem) tercih edilmiştir. Harita ölçeğinden kaynaklı olan kesitlerin belirlenmesi aşamasında oluşan düzensizlikleri gidermek için düzenlemeler yapılmıştır. Hidrolik parametrelerden olan Manning pürüzlülük katsayısı DSİ kaynaklarına göre Bitlis Deresi için 0.022 belirlenerek geometrik düzenleme işlemi tamamlanmıştır.

Akarsu akımlarında pürüzlülük katsayısı akım sırasında önemli bir faktördür. Yataktaki malzemenin cinsi, bitki örtüsü, enine yapıların sayısı ve şekli, kanal enkesitinin şekli, kanalın düzensizliği ve kanalın güzergâhı boyunca mendereslenme durumu gibi birçok parametreye bağlıdır. 1956 yılında Cowan tarafından geliştirilen ifade ile n : Pürüzlülük katsayısı, n_0 : Akarsu yatağındaki malzemenin cinsi, n_1 : Kanal düzensizlik derecesi, n_2 : Kanal yarıçapındaki değişim, n_3 : Engellerin benzer etkileri, n_4 : Bitki örtüsü, m : Kanal kıvrım derecesini ifade etmektedir (Efe ve Önen, 2015). DSİ tarafından önerilen pürüzlülük katsayısı değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

$$n = m * (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

Çizelge 3. 1. DSİ'nin önermiş olduğu pürüzlülük katsayısı değerleri

Yataktaki malzeme cinsi	Beton	Ort. Dane çapı (mm)	-	n_0	0.012-0.018
	Kaya		-		-
	Sert Kaya		-		0.025-0.032
	İri Kum		1-2		0.026-0.035
	İnce Çakıl		-		-
	Çakıl		2-64		0.028-0.035
	İri Çakıl		-		-
	İri taş		64-256		0.030-0.050
	Yumru Kaya		>256		0.040-0.070
Kanal şev durumu	Pürüzsüz			n_1	0.000
		Beton duvar			0.003
	Önemsiz	Taş duvar			0.005
		İstifli taş tahkimat			0.008
	Orta				0.010
		Ağaçsız yamaç			0.015
	Şiddetli	Ağaçlı yamaç			0.020

Kanal kesit değişimi	Aşamalı			n ₂	0.000
	Ara sıra değişen				0.005
	Sık değişen				0.010-0.015
Kanaldeki engeller (Birikinti, Tümeşek, Düşü, Köprü Ayağı)	İhmal edilebilir	$\left(\frac{engel}{kesitalanı}\right) * 100$	<%5	n ₃	0.000
	Önemsiz		%5-15		0.010-0.015
	Kayda değer		%15-50		0.020-0.030
	Şiddetli		>%50		0.040-0.060
Kanal bitki örtüsü	Düşük			n ₄	0.005-0.010
	Orta				0.010-0.025
	Yüksek				0.025-0.050
	Çok yüksek				0.050-0.100
Kanal kıvrımı	Önemsiz	$\frac{Dere\ uzunluğu}{kuş\ uçuşu\ uzunluk}$	1-1,2	m	1.000
	Kayda değer		1,2-1,5		1.150
	Şiddetli		>1,5		1.300

HEC-RAS'ta uygulama aşamalarının bir diğeri ise akım çeşidinin belirlenmesidir. Açık kanallarda akım çeşitleri aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

Düzenli (Kararlı - Permenan) Akım: Açık kanallarda su derinliği zamanla değişmediği ya da belirli zaman aralıklarında sabit kaldığı akımlara denir.

Düzensiz (Kararsız - Permenan Olmayan) Akım: Su derinliği zamanla değişiyorsa bu akım düzensiz akım olarak tanımlanmaktadır. Akımların kararlılık durumlarına göre sınıflandırılmasındaki temel kriter zaman olarak bilinmektedir.

Üniform Akım: Açık kanal yapılarında su derinliği, kanalın her kesitinde aynı ise yani kanal boyunca her noktada su derinliği ise bu akım üniform akım olarak tanımlanmaktadır. Bu tanıma göre enerji çizgisi, su yüzeyi ve kanal tabanı birbirine paralel bir durumdadır.

Üniform Olmayan Akım: Su derinliğinin kanal boyunca her noktada farklı derinlikte ise bu akım üniform olmayan akım olarak tanımlanmaktadır. Kanal akımının üniform olup olmamasındaki temel kriter ise konum olarak bilinmektedir.

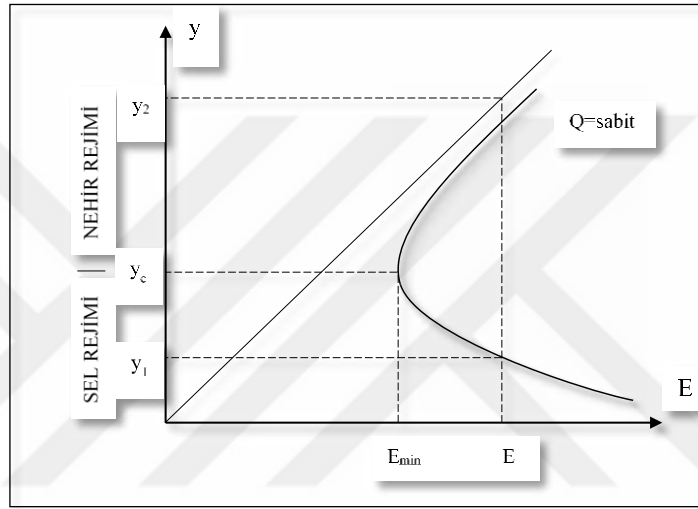
Bu çalışmada Bitlis Çayı için akım tipi kararlı akım olarak kabul edilmiş ve çalışmalara kararlı akım koşulları uygulanmıştır. Akım sınır şartlarını belirlemede menba ve mansap için kritik derinlik, normal derinlik veya bilinen su yüzeyi değerlerinden biri girilmelidir (DSİ, 2013). Bu çalışma uygulanan akım sınır şartı normal derinlik olarak belirlenmiştir. Akım değerleri DSİ, Etüt Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı Rasatlar Şube Müdürlüğünden temin edilen Siirt Baykan mevkiinde yer alan E26A010 numaralı AGİ'ye ait değerlerdir. Bu AGİ'ye ait 32 yıllık aylık akım verileri Log-Normal, Gumbel ve Weibull Olasılık Fonksiyonları kullanılarak 50, 100, 500 ve 1000 yıllık tekerrürde gelmesi muhtemel debi değerleri hesaplanmıştır. Bitlis Deresi için:

$Q_{50} = 181.1 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{100} = 207.0 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{500} = 271.7 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{1000} = 301.4 \text{ m}^3/\text{s}$ debilerine göre taşkın modeli oluşturulup haritalandırılacaktır.

HEC-RAS'ta geometri düzenlemesi yapıp akım tipi belirlenip şartları düzenlendikten sonra akım rejimi belirlenmelidir. Açık kanallarda üç çeşit akım vardır (Şekil 3.6). Bunlar nehir rejimi akımları, kritik akımlar ve sel rejimi akımlarıdır. Aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Ünsal vd. 2007):

Nehir rejiminde akımlar: Derinlik kritik derinlikten büyük, hız kritik hızdan küçüktür.

Sel rejiminde akımlar: Derinlik kritik derinlikten küçük, hız kritik hızdan büyüktür.



Şekil 3. 6. Özgül Enerji Grafiği (Ünsal vd. 2007)

Derinlikler arasında $y_1 < y_c < y_2$ bağıntısı olursa, alanlar arasında ise $A_1 < A_c < A_2$ bağıntısı elde edilir. Çizelge 3.2'de derinlik, hız ve Froude Sayısı (Fr) bağıntılarına göre akım rejimleri sınıflandırılmıştır.

Çizelge 3. 2. Akım rejimin belirlenmesindeki faktörler

Akımın Rejimi	Derinlik	Hız	Fr Sayısı
Nehir(kritik altı)	$y > y_c$	$V < V_c$	$Fr < 1$
Kritik	$y = y_c$	$V = V_c$	$Fr = 1$
Sel (Kritik üstü)	$y < y_c$	$V > V_c$	$Fr > 1$

Bu çalışmada Fr sayısından yararlanılarak akım rejimi belirlenmiştir. Froude sayısı, taban eğimine sahip açık kanal akışlarında akışın bir karakteristiğidir (Anonim, 2016).

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times y_h}} \quad (3.1)$$

Burada;

Fr : Froude sayısını (birimsiz)

V : kanaldaki suyun hızını (m/s)

y_h : hidrolik derinliği (m) - (akışın kesit alanının akışın yüzey genişliğine oranı)

g : yer çekimi ivmesini ($\sim 9.81 \text{ m/s}^2$)

olarak belirtmektedir.

Fr sayısı 1'den küçükse kritik altı veya nehir rejiminde akış, 1'den büyükse kritik üstü veya sel rejiminde akış, 1 ise kritik akış olarak adlandırılır. Akış eğer nehir rejiminden sel rejimine geçiyorsa, bu yavaş bir şekilde su derinliği azalarak olur. Akışın sel rejiminden nehir rejimine dönmesi ise ani bir değişimle (hidrolik sıçrama) meydana gelir.

DSİ kaynaklarından alınan 1000 yıllık tekerrürdeki taşkın debisi Q_{1000} için Çizelge 3.3'te gösterilen parametreler (3.1) eşitliğinde yazılırsa:

Çizelge 3. 3. DSİ çalışmalarına göre 1000 yılda gelmesi muhtemel taşkın anında oluşacak durum DSİ kaynaklarına göre 1000 yıllık taşkın durumu	
Q_{1000}	316 m ³ /s
Islak Alan	49.50 m ²
Islak Çevre	20.00 m/s
Hidrolik Yarıçap	2.48 m
Su Derinliği	4.5 m
Akım Hızı	6.44 m/s

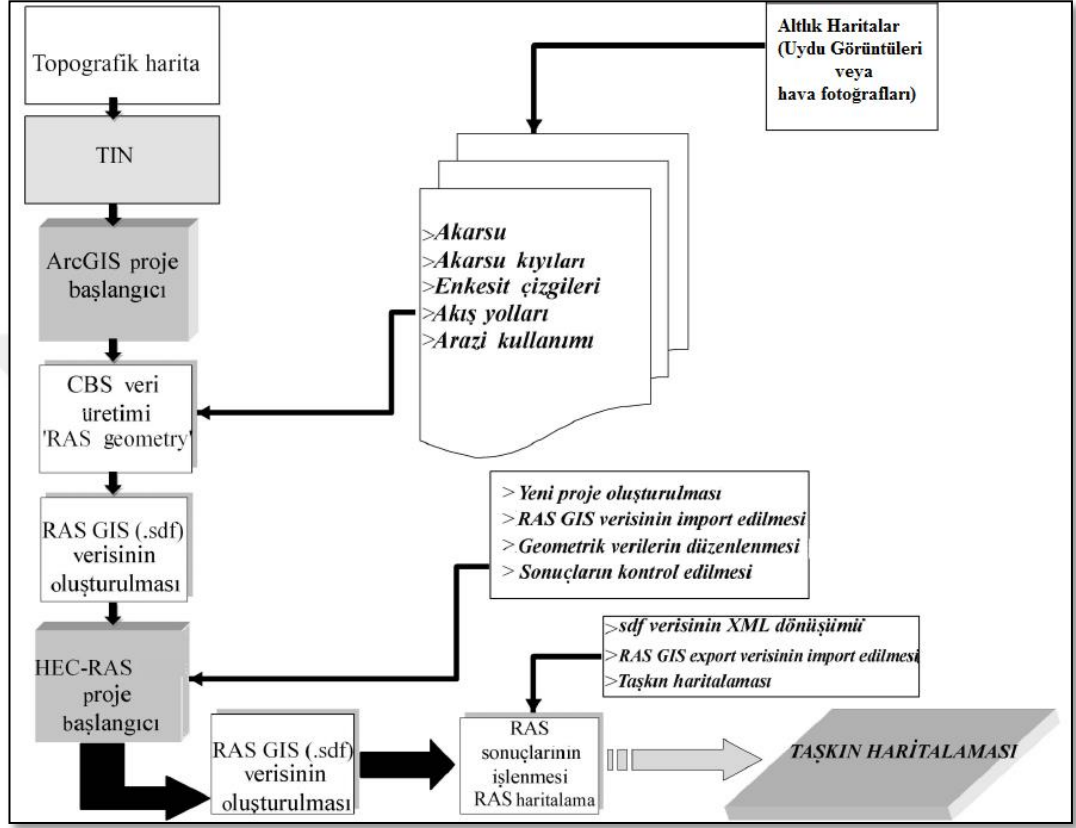
$$Fr = \frac{6.44}{\sqrt{9.81 \times 4.5}} = 0.97$$

$Fr = 0.97 < 1$ olduğundan akımın rejimi nehir rejimi olarak belirlenmiştir.

3.2.4. CBS Taşkın Riskinin Haritalandırılması

HEC-GeoRAS'ta oluşturulan arazi modeli HEC-RAS'a aktarılır. HEC-RAS'ta gerekli düzeltmeler yapılır, hidrolik ve hidrolojik parametreler tanımlanır. Burada oluşturulan hidrolik modelde belirlenmiş olan taşkın su seviyeleri haritalandırılmak üzere RasGIS.sdf çıktı dosyası şeklinde HEC-GeoRAS'a aktarılır. HEC-GeoRAS'ta yapılan haritalandırma işlemi TIN verisi

üzerine eklenir. Havzadaki taşkın durumu 3 boyutlu oluşturulmuş olduğu için ArcGIS'in 3D modeli olan ArcScene ekranında incelenebilmektedir. CBS yazılımları yardımıyla HEC-GeoRAS ve HER-RAS kullanılarak yapılan taşkın analiz yöntemlerinin akış şeması Şekil 3.7.'te gösterilmiştir (Akar ve Maktav, 2008).



Şekil 3. 7. CBS yöntemleriyle taşkın analizlerinin akış diyagramı (Akar, Maktav, 2008)

3.3. Çalışma Alanının Taşkın Hidrolojisi¹

İncelenecek olan Bitlis çayı üzerinde DSI'ne ait iki adet AGİ'den biri olan Bitlis Merkez Karınca mevkiinde bulunan 1145 m kodundaki E26A016 numaralı AGİ olup 1971 yılından bu yana kapalı durumdadır. Yağış alanı 346.4 km² olarak verilen bu istasyonun sadece 1965-1970 yılları arası aylık akım verileri elde edilebilmiştir. Diğerisi ise Siirt Baykan mevkiinde bulunan ve halen açık durumda olan, 910 kodundaki, 640.4 km² yağış alanlı E26A010 numaralı AGİ'dir. Bu AGİ'ye ait 32 yıllık aylık akım verileri DSI, Etüt Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı Rasatlar Şube Müdürlüğünden temin edilmiştir.

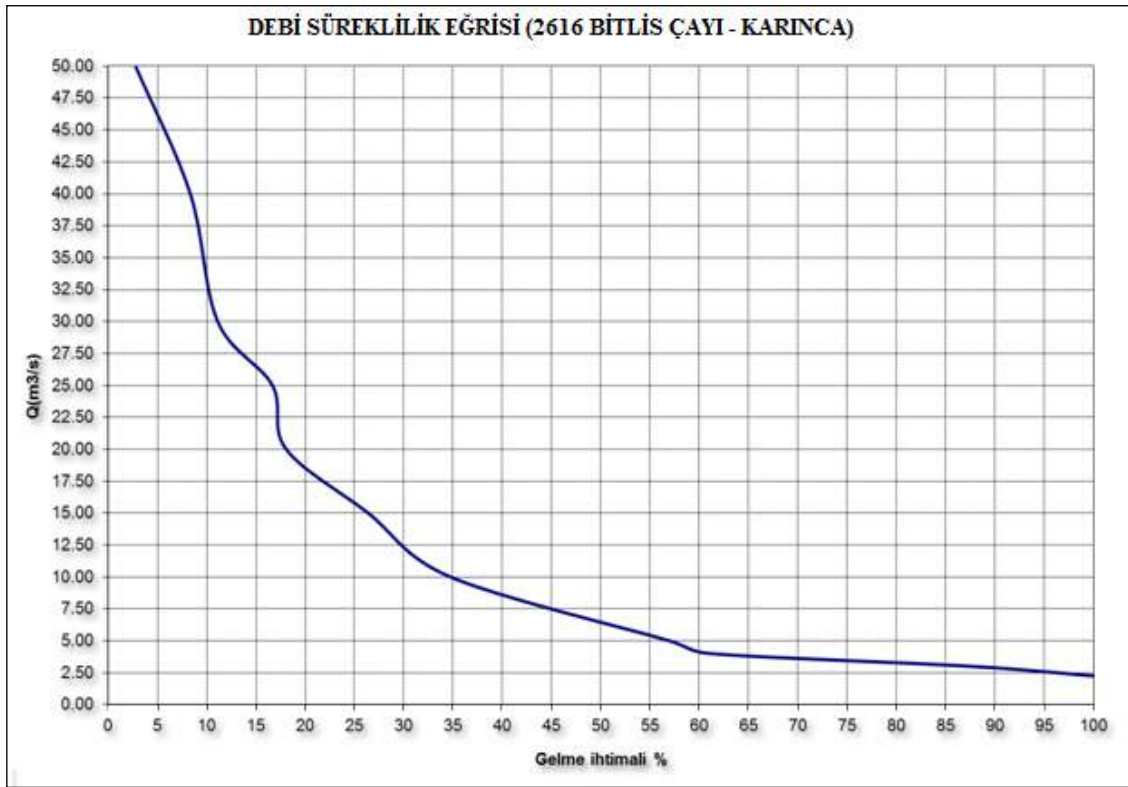
¹Bu başlık altında yapılan çalışmalar, bu tez çalışması ve BEÜ Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenen BEBAP 2015.06 no'lu proje kapsamında tarafımızca yayına çevrilmiştir (Aydın ve Yaylak, 2016).

3.3.1. Hidrolojik Verilerin Oluşturulması

Bitlis Merkez in hemen çıkışında bulunan Karınca mevkiinde bulunan E26A016 nolu AGİ'ye ait 1965-1970 yılları arası aylık akım verileri Çizelge 3.4'de, debi süreklilik eğrisi ise Şekil 5.1'de verilmiştir. Ölçüm yılları arasındaki maksimum debi $58.10 \text{ m}^3/\text{s}$ ve debi süreklilik eğrisine göre $50 \text{ m}^3/\text{s}$ veya daha fazla debi gelme ihtimali %5'in altındadır. Bu değer su yapılarından alınabilecek güvenilir su miktarının tespitinde kullanılabilse de taşkın analizi için kullanılması doğru olmaz. E26A016 numaralı AGİ için 6 yıllık veriler istatistiksel analiz için yeterli olmadığından, daha mansapta yer alan Baykan mevkiindeki E26A010 numaralı AGİ verileri kullanılarak uzun yıllarda gelmesi muhtemel taşkın debilerinin tahmin edilecektir.

Çizelge 3. 4. Bitlis Merkez Karınca E26A016 AGİ aylık akım verileri (m^3/s)

YIL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZ.	TEM.	AĞUS.	EYLÜL	Q (max)
1965	2.36	2.94	2.95	2.70	3.14	15.30	27.30	30.20	11.20	3.67	2.48	2.25	30.20
1966	6.78	6.87	9.20	13.80	12.40	16.20	33.60	25.80	8.63	4.06	3.09	3.12	33.60
1967	3.10	2.91	3.63	5.89	3.79	6.52	43.90	58.10	16.60	5.99	3.42	3.38	58.10
1968	3.59	5.46	10.30	7.43	6.73	22.20	55.00	43.80	16.90	6.50	3.82	3.24	55.00
1969	3.28	3.69	7.25	6.94	5.67	25.40	45.10	48.90	19.00	6.39	3.79	3.54	48.90
1970	3.75	3.62	4.64	4.04	10.90	16.90	28.40	12.80	5.27	3.16	2.50	2.25	28.40
ORT.	3.81	4.25	6.33	6.80	7.11	17.09	38.88	36.60	12.93	4.96	3.18	2.96	38.88



Şekil 3. 8. E26A016 numaralı AGİ'ye ait debi süreklilik eğrisi

Bitlis çayı Baykan mevkiinde bulunan DSI'ye ait E26A010 nolu akım gözlem istasyonuna ait aylık maksimum debi değerlerine göre Log-Normal, Gumbel ve Weibull Olasılık Fonksiyonları ile uzun yıllar tekrarlanması muhtemel debiler tahmin edilecektir. Bunlar aşağıda verilmiştir.

a. Lognormal Dağılım Fonksiyonu

Lognormal dağılımı hidrolojide en yaygın kullanılan dağılımlardan biridir. Bu dağılımda rastgele bir değişken her zaman pozitif ve çarpıktır. Eğer herhangi rastgele bir x değişkeni lognormal olarak dağılmışsa, o zaman $\ln(x)$ normal olarak dağılır. Log-normal dağılımda olasılık yoğunluk fonksiyonu (PDF-Probablity Density Function) aşağıda belirtildiği gibidir(Aydın ve Işık, 2015):

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}}, x > 0 \quad (3.2)$$

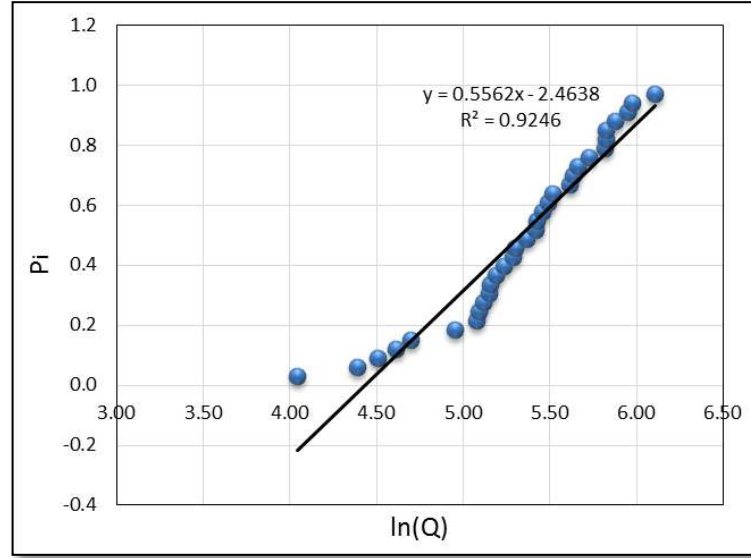
kümülatif dağılım fonksiyonu

$$F(x) = \Phi\left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right) \quad (3.3)$$

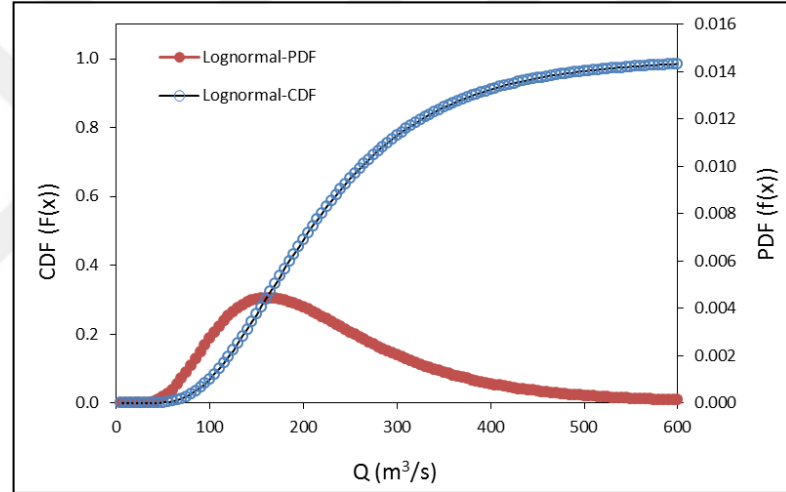
σ ve μ sırasıyla bağımsız değişkenin doğal logaritmasının standart sapması ve ortalaması, Φ standart normal dağılımın kümülatif dağılım fonksiyonudur (CDF=Cumulative Distribution Function) ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilir(Aydın ve Işık, 2015):

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-t^2/2} dt \quad (3.4)$$

E26A010 nolu istasyon verilerine için Lognormal dağılımın uygunluğunu test etmek için Şekil 3.9'deki grafik çizdirilmiştir. Burada determinasyon katsayısının $R^2 = 0.92$ olduğu görülmektedir. Elde edilmiş olasılık dağılım fonksiyonları ise Şekil 3.10'de gösterilmiştir. Bu dağılımın parametreleri $\sigma = 98.50$ ve $\mu = 228.96$ olarak elde edilmiştir.



Şekil 3. 9. Lognormal dağılımı uygunluk testi



Şekil 3. 10. E26A016 numaralı AGİ'den elde edilen Lognormal dağılım fonksiyonları

b. Gumbel Dağılımı

Hidrolojide kullanılan diğer bir olasılık dağılımı Gumbel dağılımıdır. Bu dağılım yıllık maksimum yağış ve akım gibi hidrolojik olayların olasılık analizlerinde kullanılır. Bu yöntemle iyi sonuçlar elde etmek için en az 10 yıllık periyodun maksimum değerlere ihtiyaç vardır. Gumbel dağılımının kümülatif dağılım fonksiyonu aşağıdaki belirtildiği gibidir (Aydın ve Işık, 2015):

$$F(x) = \exp(-e^{-y}) \quad (3.5)$$

Buradaki y parametresi aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$y = \alpha(x - \beta) \quad (3.6)$$

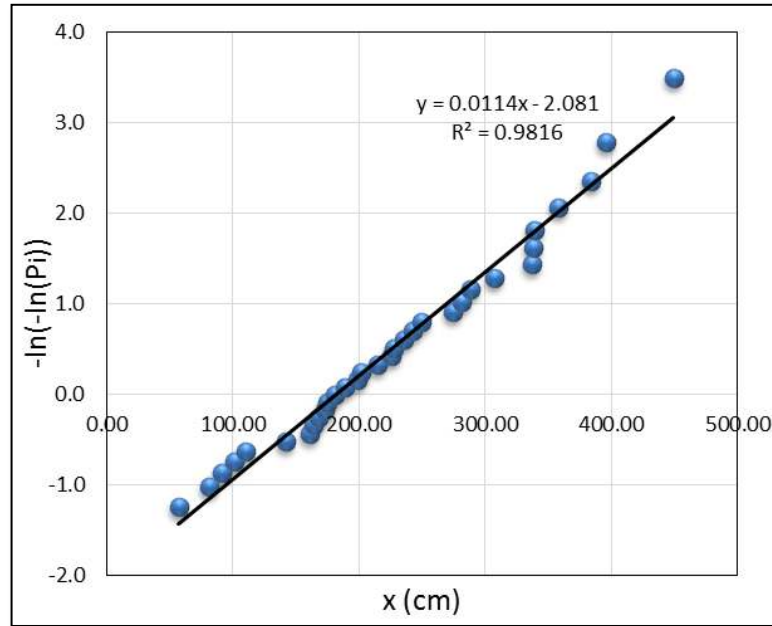
Burada $\alpha = 1.28/\sigma$ ve $\beta = \mu - 0.45\sigma$, μ rastgele değişkenin ortalaması, σ onun standart sapmasıdır. Rastgele değişkenler tahmin için beklenenlerden daha az olabileceğinden, örneklerin eksikliğinden dolayı, aşağıdaki düzeltme uygulanır (Aydın ve Işık, 2015):

$$K = \frac{y - y_n}{S_n} \quad (3.7)$$

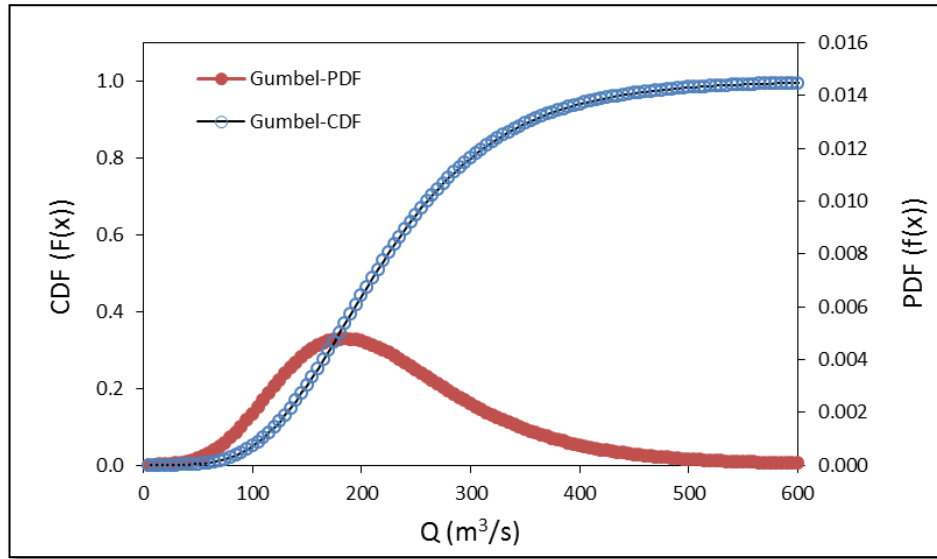
Bu bağıntıdaki, y_n ve S_n bağımsız değişken örneklerinin sayısına bağlı sabitlerdir. Diğer bir taraftan x değerleri K faktörüne dayanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$x = \mu + K\sigma \quad (3.8)$$

AGİ verilerine göre elde edilen Gumbel dağılımının uygunluk testi Şekil 3.11’de gösterilmiştir. Bu grafikte $R^2 = 0.98$ olduğu görülmektedir. Bu dağılımın parametreleri, $\alpha = 0.013$ ve $\beta = 184.64$ olarak elde edilmiş olup dağılıma ait olasılık fonksiyonlarının grafikleri Şekil 3.12’de gösterildiği gibidir.



Şekil 3. 11. Gumbel dağılımı uygunluk testi



Şekil 3. 12. E26A016 numaralı AGİ verilerine ait Gumbel dağılım fonksiyonları

c. Weibull Dağılım Fonksiyonu

İstatistiklerde iki parametrelili Weibull dağılımı sürekli bir olasılık dağılımı olarak bilinir. Bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu $f(x)$ ve kümülatif dağılım fonksiyonu $F(x)$ aşağıdaki gibi verilmektedir (Aydın ve Işık, 2015):

$$f(x) = \frac{\eta}{\varepsilon} \left(\frac{x}{\varepsilon}\right)^{\eta-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)^{\eta}\right] \quad (3.9)$$

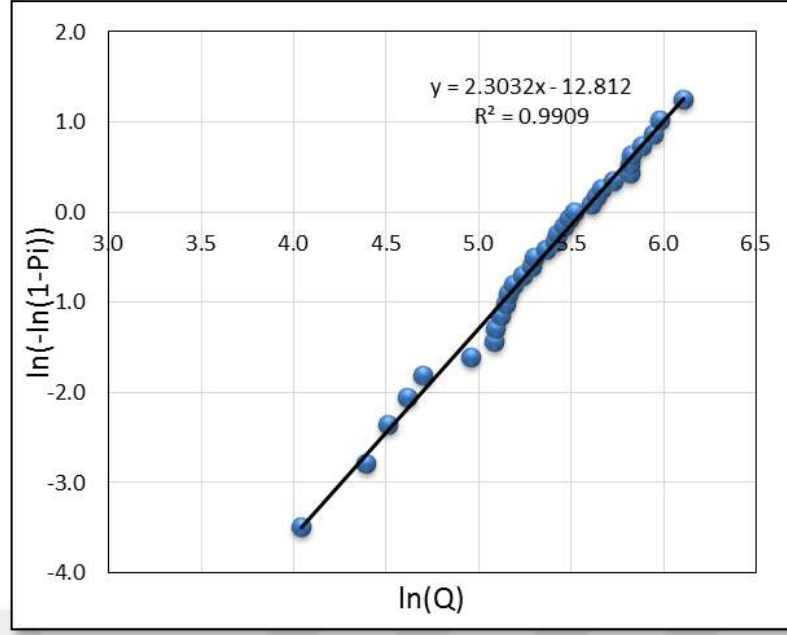
$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)^{\eta}\right] \quad (3.10)$$

η biçim parametresi, ε aşağıdaki bağıntıyla ifade edilen ölçek parametresidir:

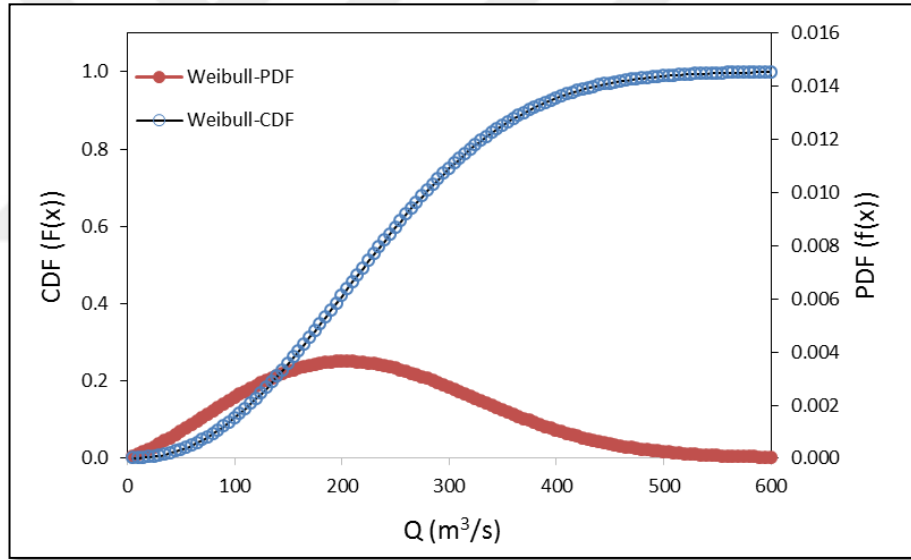
$$\ln\{-\ln[1 - F(x)]\} = -\eta \ln(\varepsilon) + \eta \ln(x) \quad (3.11)$$

Burada, eğer $\alpha = -\eta \ln(\varepsilon)$ ve $b = \eta$ ise, η ve ε katsayıları $Y_i = \alpha + bX_i$ doğrusal eşitliğinin regresyon analizinden katsayıları belirleyerek elde edilir (Aydın, 2015).

Dikkate alınan E26A010 numaralı AGİ'ye göre elde edilmiş uygunluk testi grafiği ve dağılım fonksiyonları sırasıyla Şekil 3.13 ve 3.14'de verilmiştir. Uygunluk testinden determinasyon katsayısının bu dağılım için $R^2 = 0.99$ olduğu görülmektedir. Bu dağılımın parametreleri ise $\alpha = -12.81$, $\eta = 2.30$, $\varepsilon = 260.52$ olarak elde edilmiştir.



Şekil 3. 13. Weibull dağılımı uygunluk testi



Şekil 3. 14. E26A016 numaralı AGİ verilerine göre Weibull olasılık dağılım fonksiyonları

Çizelge 3. 5. E26A10 numaralı AGİ'ye ait olasılık dağılımları

Bitlis Baykan E26A010 nolu AGİ					Lognormal Dağ.		Gumbel Dağ.		Weibull Dağ.	
i	Yıl	Q (m3/s) Maks. Akım	ln(Q)	P _i	Φ ⁻¹	F(x)= CDF	-ln(-ln(P _i))	F(X)=CDF	ln(-ln(1-P _i))	F(x)=CDF
1	2008	57.00	4.043	0.030	4.407	0.004	-1.252	0.005	-3.481	0.030
2	2000	80.90	4.393	0.061	4.568	0.028	-1.031	0.021	-2.772	0.065
3	1983	90.80	4.509	0.091	4.673	0.048	-0.875	0.034	-2.351	0.084
4	1989	101.00	4.615	0.121	4.755	0.073	-0.747	0.052	-2.046	0.107
5	2009	110.00	4.700	0.152	4.823	0.100	-0.635	0.072	-1.806	0.128
6	1994	142.00	4.956	0.182	4.883	0.224	-0.533	0.175	-1.606	0.219
7	2005	161.00	5.081	0.212	4.936	0.307	-0.439	0.257	-1.434	0.281
8	2006	163.00	5.094	0.242	4.986	0.316	-0.349	0.266	-1.281	0.288
9	1986	167.00	5.118	0.273	5.032	0.334	-0.262	0.284	-1.144	0.302
10	2007	172.00	5.147	0.303	5.076	0.356	-0.177	0.308	-1.019	0.319
11	1990	174.00	5.159	0.333	5.118	0.365	-0.094	0.317	-0.903	0.326
12	2003	180.00	5.193	0.364	5.158	0.391	-0.012	0.346	-0.794	0.347
13	1991	188.00	5.236	0.394	5.197	0.425	0.071	0.384	-0.692	0.376
14	1999	198.00	5.288	0.424	5.235	0.467	0.154	0.431	-0.594	0.412
15	1997	201.00	5.303	0.455	5.273	0.479	0.238	0.446	-0.501	0.423
16	2002	214.00	5.366	0.485	5.311	0.530	0.323	0.505	-0.411	0.470
17	2012	225.00	5.416	0.515	5.348	0.570	0.411	0.553	-0.323	0.510
18	2001	227.00	5.425	0.545	5.385	0.577	0.501	0.562	-0.238	0.517
19	1996	235.00	5.460	0.576	5.423	0.605	0.594	0.595	-0.154	0.546
20	1993	242.00	5.489	0.606	5.461	0.627	0.692	0.622	-0.071	0.570
21	1995	249.00	5.517	0.636	5.501	0.649	0.794	0.648	0.012	0.594
22	1985	274.00	5.613	0.667	5.541	0.718	0.903	0.731	0.094	0.675
23	1984	281.00	5.638	0.697	5.583	0.735	1.019	0.751	0.177	0.696
24	1998	288.00	5.663	0.727	5.626	0.751	1.144	0.770	0.262	0.716
25	1992	307.00	5.727	0.758	5.673	0.791	1.281	0.816	0.349	0.768
26	1982	337.00	5.820	0.788	5.722	0.841	1.434	0.871	0.439	0.836
27	1987	338.00	5.823	0.818	5.776	0.842	1.606	0.873	0.533	0.838
28	2013	339.00	5.826	0.848	5.835	0.844	1.806	0.874	0.635	0.840
29	2010	358.00	5.881	0.879	5.904	0.869	2.046	0.900	0.747	0.875
30	2011	383.00	5.948	0.909	5.985	0.896	2.351	0.927	0.875	0.912
31	2004	395.00	5.979	0.939	6.091	0.907	2.772	0.937	1.031	0.926
32	1988	449.00	6.107	0.970	6.251	0.943	3.481	0.968	1.252	0.970

Bitlis Çayı Baykan E26A016 numaralı AGİ verilerine göre elde edilen olasılık dağılımlarının değerleri Çizelge 3.5'te verilmiştir. Üç farklı dağılımın uygunluk testine göre en uygun dağılım $R^2 = 0.99$ ile Weibull dağılımı olduğu görülmektedir. Üç olasılık dağılımı fonksiyonundan elde edilen farklı periyotlarda gelmesi muhtemel debiler Çizelge 3.5'de hesaplanmıştır. En uygun dağılım olmasına karşılık en düşük değerler yine Weibull dağılımı ile elde edilmiştir. Fakat Gumbel dağılımı içinde $R^2 = 0.98$ bu değere yakındır. Gumbel dağılımının hidrolojide daha çok tercih edildiğini düşünürsek bu dağılım sonuçlarını dikkate almak daha uygun olacaktır. Aynı zamanda çizelgede en yüksek debilerin lognormal dağılımıyla elde edildiği görülmektedir. Bununla birlikte bu değerlerin Bitlis merkezden yaklaşık 50 km mansaptaki Baykan AGİ'sine göre hesaplandığını tekrar belirtmekte fayda vardır. Bitlis merkezi etkileyecek taşkın debileri bu değerlerden daha küçük olacak ve hesaplanan bu taşkın debilerine göre elde edilmesi için yağış alanları oranından faydalanılacaktır.

Çizelge 3. 6. E26A010 AGİ'nin muhtemel taşkın debileri

T (Yıl)	Muhtemel Debi (m ³ /s)			
	Lognormal	Gumbel	Weibull	Maks.
5	312	314	320	320
10	378	380	374	380
25	488	463	433	488
50	566	525	471	566
100	647	587	506	647
500	849	729	576	849
1000	942	790	603	942
5000	1175	932	660	1175
10000	1283	993	683	1283
R² =	0.92	0.98	0.99	--

DSİ verilerine göre E26A010 Baykan AGİ'nin mansabındaki yağış alanı (havza toplama alanı) 640,40 km², Bitlis çıkışındaki E26A016 numaralı AGİ mansabındaki yağış alanı 346.40 km², Bitlis merkezde ise yağış alanı 208.13 km², merkezde birleşen Kömüs çayı yağış alanı ise 46.90 km² olarak verilmektedir. Buna göre Bitlis merkezi risk altına tutan yağış alanı Kömüs çayı ile birlikte 255.03 km²'dir. Bu yağış alanının, E26A010 numaralı Baykan AGİ'si yağış alanına oranı $255.03/640.40=0.40$ olarak hesaplanır. Bu oran,E26A010 numaralı AGİ'den elde edilen taşkın debilerini Bitlis il merkezi için azaltma katsayısı olarak kullanılacaktır. Buna göre Çizelge 3.6'daki taşkın debileri 0.40 ile çarpılarak Bitlis merkez için taşkın debileri Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3. 7. Bitlis Merkez için azaltılmış taşkın debi değerleri

T (Yıl)	Muhtemel Debi (m ³ /s)			
	Lognormal	Gumbel	Weibull	Maks.
5	124.8	125.6	128.0	128.0
10	151.2	152.0	149.6	152.0
25	195.2	185.2	173.2	195.2
50	226.4	210.0	188.4	226.4
100	258.8	234.8	202.4	258.8
500	339.6	291.6	230.4	339.6
1000	376.8	316.0	241.2	376.8
5000	470.0	372.8	264.0	470.0
10000	513.2	397.2	273.2	513.2
R² =	0.92	0.98	0.99	--

3.3.2. Taşkın Riskinin Belirlenmesi

Su yapılarında proje taşkın debisi genellikle tekerrür aralığı esas alınarak belirlenir. Olasılık prensibine göre kabul edilebilecek hesap riski değeri (r) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$r = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N \quad (3.12)$$

Burada T : taşkın debisinin tekerrür aralığı, N : yapının ömrüdür. Bu bağıntı şehrin belirli bir tarihi boyunca belirli bir tekerrür aralığındaki taşkın için uygulanacak olursa, $T > N$ olmak üzere örneğin bir yerleşim yerinin 100 yıllık bir tarihi içerisinde $T=1000$ yıllık tekerrür aralığına sahip bir taşkınla karşılaşma olasılığı bu prensibe göre yaklaşık %10 olarak hesaplanır. Daha ekstrem bir senaryo olarak 50 yıllık bir tarih için 10000 yılda gelmesi muhtemel taşkın debisinin meydana gelme olasılığı % 0.5 olacaktır.

3.3.3. Rasyonel Metot

Akarsularda taşkın debisinin belirlenmesinde pratik fakat etkili yöntemlerden biri de Rasyonel Metottur. Daha çok küçük havzalar için kullanılan bu metotta havza alanı A olan bir havzaya düşen i şiddetinde yağışın meydana getireceği maksimum Q debisi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$Q = CiA \quad (3.13)$$

Eşitlikte, C zeminin geçirimsizliğine bağlı sızma ve kayıpları ifade eden akış katsayısı, i yağış şiddeti (m/sn), A havza alanı (m^2) ve Q debi (m^3/sn) olarak tanımlanır. Çizelge 3.8'te verilen C akış katsayıları bölgelerin alanlarının yüzdesi ağırlıklı olarak alınmak üzere ortalama olarak hesaplanır (Bayazit, 2011). Rasyonel Yöntem, geçirimsiz alanların yüzdesi büyük olan yerlerde ve yağış süresinin havzanın geçiş süresinden büyük veya eşit olduğu küçük havzalarda ($0.5-5 \text{ km}^2$) iyi sonuçlar verir. Buradaki çalışma alanı bu değerlerden büyük olduğundan rasyonel metodun bu çalışma alanı için uygulanması pek uygun olmayacaktır. Ancak yine de fikir vermesi açısından yaklaşık bir değer olarak hesaplanacaktır.

Çizelge 3. 8. Rasyonel Metodun C Akış Katsayısı Değerleri (Bayazit, 2011)

Havzanın Özelliği	C
Ormanlık Bölgeler	0.05 – 0.20
Otlaklı Bölgeler	
Kumlu Zemin	0.05 – 0.20
Az Geçirimli Zemin	0.13 – 0.35
Yerleşme Bölgeleri	
Ayrık Nizam	0.30 – 0.60
Bitişik Nizam	0.60 – 0.75
İş ve Endüstri Bölgeleri	

<i>Seyrek</i>	0.50 – 0.70
<i>Sık</i>	0.70 – 0.95
<i>Yollar</i>	0.70 – 0.95

Not: Küçük olan değerler eğimin az, büyük olan değerler eğimin çok olduğu bölgelerdir.

Uygulama alanı olarak belirlenen Bitlis çayının havzası genel olarak otla kaplı, sert, geçirimsiz bir yapıya sahip, volkanik ve eğimli bir zemin yapısına sahiptir. Bitlis kent merkezini risk altında tutan kentin membaındaki yağış alanının yaklaşık olarak % 10'ü bitişik nizam yerleşim bölgesi, geriye kalan % 90'si ise otla kaplı geçirimsiz eğimli bölge olarak kabul edilebilir. Buna göre Çizelge 3.7'den akış katsayısı (C) aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$C = (0.75 \times 0.10 + 0.35 \times 0.90) = 0.39$$

3.3.4. Havza Geçiş Süresinin Belirlenmesi

Havzaların hidrolojik bakımdan en önemli özelliklerinden biri olan geçiş süresi, yüzeysel akışın havzanın en uzak noktasından çıkış noktasına varabilmesi için tanımlanan süre olarak bilinmektedir. Eğimle ters orantılı olan geçiş süresi, havza alanı arttıkça büyür. Gecikme süresinin hesaplanması için Natural Resource Conservation Service (NRCS) tarafından verilen aşağıdaki formül kullanılabilir:

$$T_L = \frac{[L^{0.8}(2540 - 22.86CN)^{0.7}]}{(1410CN^{0.7}S^{0.5})} \quad (3.14)$$

Burada T_L değeri gecikme zamanı (saat) bağlı olarak T_c geçiş süresi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$T_c = \left(\frac{5}{3}\right) T_L \quad (3.15)$$

Burada L : Havza uzunluğu (m), CN : Eğri numarası, S : Havza eğimi (%), T_c : Geçiş süresi (saat)

Havzanın geçiş numarasının bulunabilmesi için önce havzanın CN (eğri numarası) bulunmalıdır. CN değeri Johnson (1998) tarafından, havzada bulunan hidrolojik toprak grupları, arazi kullanımı/örtüsü ve önceki nem durumu (AMC-Antecedent Moisture Contidions) değerlerinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır.

CN ya bölgedeki birim hidrograflardan ya da havzanın toprak ve bitki örtüsü ile sızma durumuna göre tablolardan edilebilir. CN belirlenmesinde Chow vd. (1988) Çizelge 3.8'da arazi kullanımı/örtüsüne göre hidrolojik toprak gruplarına bağlı olarak değerler belirlemişlerdir. Kuru

nem durumu (I. Durum), orta nem durumu (II. Durum), ve doymuş nem durumu (III. Durum) olmak üzere üç farklı durum vardır.

Çizelge 3. 9. Hidrolojik toprak gruplarına göre CN değerleri (Chow vd. 1988)

Arazi Kullanımı/Örtüsü	Hidrolojik Toprak Grupları			
	A	B	C	D
<i>Orman Formasyonu</i>	30	55	70	77
<i>Tarım Alanları</i>	72	81	88	91
<i>Maki Formasyonu</i>	45	66	77	83
<i>Ot Formasyonu</i>	39	61	74	80
<i>Açık Alanlar - Yerleşmeler</i>	54	70	80	85
<i>Zeytinlikler</i>	36	60	73	79

Çizelge 3.9'dan elde edilen CN değeri CNII olarak kullanılır. Bu değerden arazinin önceki nem durumuna göre ortaya çıkan değerler CNI ve CNIII olarak belirtilmektedir ve Sohmani (1975), Hawkins vd. (1985) aşağıdaki formüllerle hesaplanacağını belirtmişlerdir (Özdemir, 2007):

$$CNI = \frac{(4.2CNII)}{(10 - 0.058CNII)} \quad (3.16)$$

$$CNIII = \frac{(23CNII)}{(10 + 0.13CNII)} \quad (3.17)$$

Bitlis ilinin içinde bulunduğu havza için hesaplanan CN değerleri aşağıda gösterilmektedir. DSİ Bitlis 173. Şube Müdürlüğü'nden alınan havzanın CNII değeri 85'tir. Bu değer (3.16) ve (3.17) eşitliklerinde yerine yazılırsa;

$$CNI = \frac{(4.2CNII)}{(10 - 0.058CNII)} = \frac{(4.2 \times 85)}{(10 - 0.058 \times 85)} = 70.41$$

$$CNIII = \frac{(23CNII)}{(10 + 0.13CNII)} = \frac{(23 \times 85)}{(10 + 0.13 \times 85)} = 92.87$$

olarak bulunur.

Geçiş süresi havzanın alanı arttıkça büyür ve eğimle ters orantılıdır. Küçük havzalarda geçiş süresinin hesaplamak için Kirpich aşağıdaki ampirik bağıntıyı vermiştir (Bayazit, 2011):

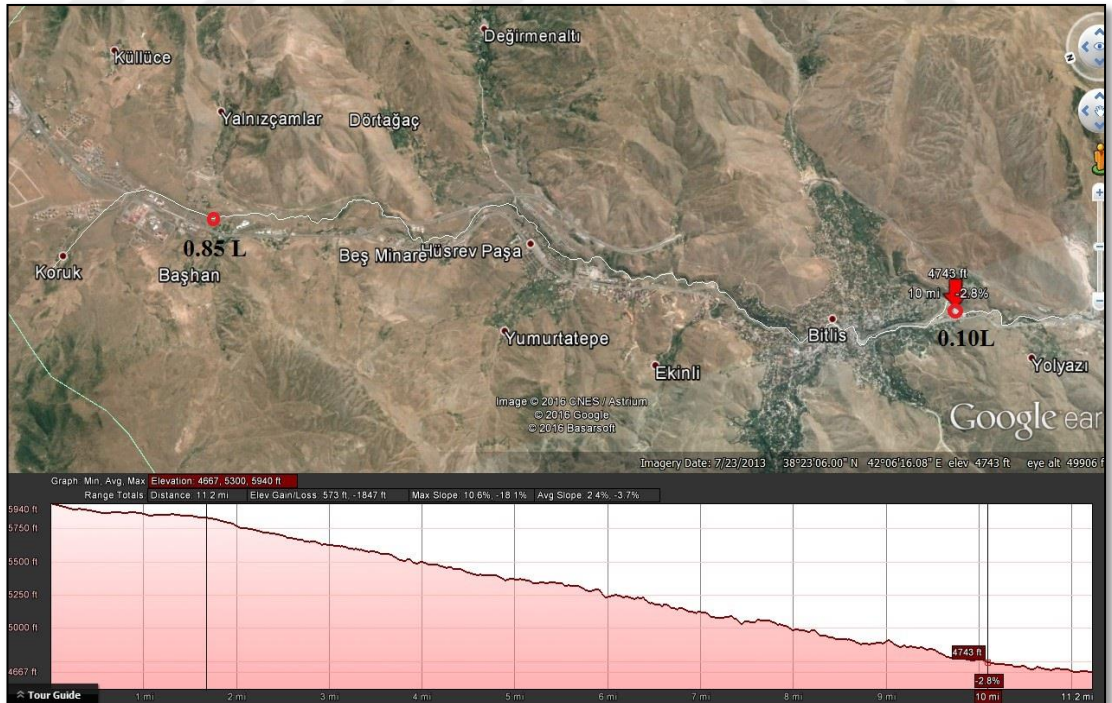
$$T_c = 0.066 \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0.385} \quad (3.18)$$

Burada T_c saat cinsinden geçiş süresini, L km cinsinden akarsu uzunluğunu, S ise havza eğimini ifade etmektedir. Kinematik teoriye göre T_c dakika, L metre, yağış şiddeti i mm/saat cinsinden ve n Manning pürüzlülük katsayısı olmak üzere geçiş süresi aşağıdaki formülle de verilmiştir (Bayazıt, 2011):

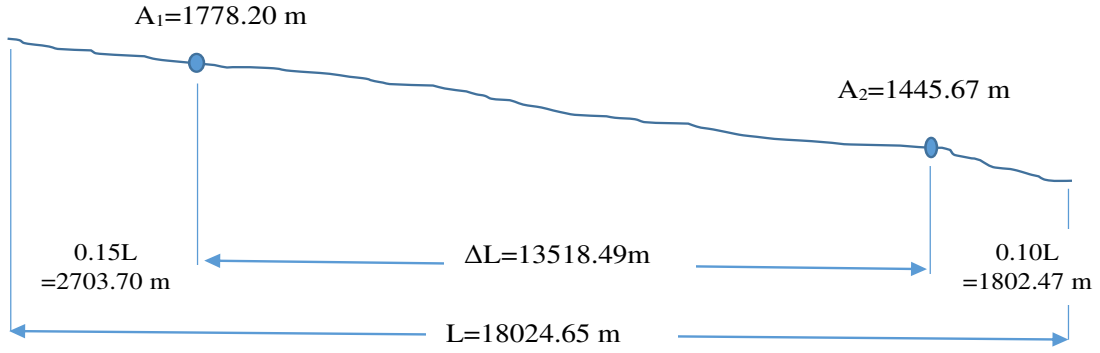
$$T_c = \frac{6.92(L \times n)^{0.6}}{i^{0.4} \times S^{0.3}} \quad (3.19)$$

3.3.5. Havza Eğimi

Hidrolojide diğer bir havza özelliği ise havza eğimidir. Havza eğimini ölçmek için farklı yöntemler kullanılabilir de en basit ve etkili yöntemlerden biri, ana akarsu kolunun uzunluğunun %10'u ile %85'indeki kodlar arasındaki farkın, bu değerlerin alındığı noktalar arasındaki uzaklığa oranıyla bulunur (Erkek ve Ağralıoğlu, 2013). Buna göre çalışma alanına ait havza alanı Şekil 3.15'e göre aşağıda hesaplanmıştır.



Şekil 3. 15. Havzanın Bitlis menbaındaki kısmının eğimi



$$S = \tan \alpha = \frac{Kot(A_1) - Kot(A_2)}{\Delta L} = \frac{1778.20 - 1445.67}{13518.65} = 0.025 \rightarrow \%2.5$$

3.3.6. Yağış Miktarına Göre Debi Hesabı

Bitlis ili 2014 meteorolojik verilerine göre farklı sürelerde meydana gelmiş olan maksimum yağış miktarları Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3. 10. Bitlis ili maksimum yağışları (DMİ, 2014)

Süre (dakika)	5	60	360	1440
Yağış (mm)	4-5	3-13	23-40	43-71

Bitlis Çayının Bitlis menbaı için DSİ verilerine göre uzunluğu $L = 22.6$ km, alanı 255.3 km^2 , eğri numarası $CN(II)=85$, Manning katsayısı $n=0.022$, DMİ'ye göre bir saatlik maksimum yağış 13 mm/saat olarak alındığında geçiş süreleri farklı formüller için Çizelge 3.11'de hesaplanmıştır. Bu tabloya göre geçiş süresi yaklaşık ortalama 6 saat alınabilir. Taşkın hesabı için yağış süresinin geçiş süresine eşit veya daha büyük şiddetli bir yağışın kabul edilmesi gerektiği bilindiğinden DMİ'nin Bitlis için 6 saatlik maksimum yağış miktarı olarak $40 \text{ mm}/6 \text{ saat} = 6.7 \text{ mm/saat}$ dikkate alınabilir. Her ne kadar Rasyonel metot için büyük bir alan olsa da diğer yaklaşımlarla kıyaslamak için Rasyonel metoda göre yağış miktarı:

$$Q = 0.39 \times \frac{6.7}{1000 \times 3600} \text{ m/s} \times 255.03 \times 10^6 \text{ m}^2 = 185 \text{ m}^3/\text{s}$$

Olarak elde edilir. Belirtmek gerekir ki bu değer sadece 2014 yılı 6 saatlik maksimum yağış (40 mm) dikkate alınarak hesaplanmıştır (Şekil 3.16).bu değer DMİ tarafından aşırı yağışların belirlenmesinde kullanılan (3.20) eşitliğine göre aşırı yağış olarak nitelendirilebilir. Uzun yıllar ölçülmüş maksimum yağışlar dikkate alınabilseydi belirli bir periyotta gelmesi muhtemel

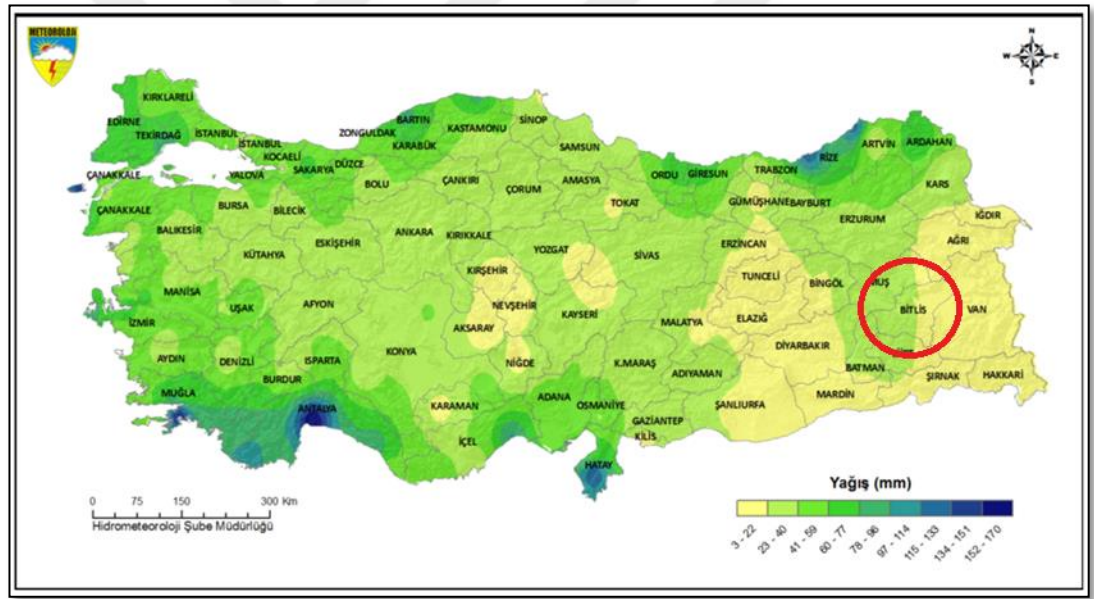
yağışlara göre taşkın debisi Rasyonel metot ile tahmin edilebilirdi. Yine de bu değerin, diğer hesaplarla karşılaştırıldığında iyi bir tahmin olduğu söylenebilir.

$$R = \sqrt{5t - \left(\frac{t}{24}\right)^2} \quad (3.20)$$

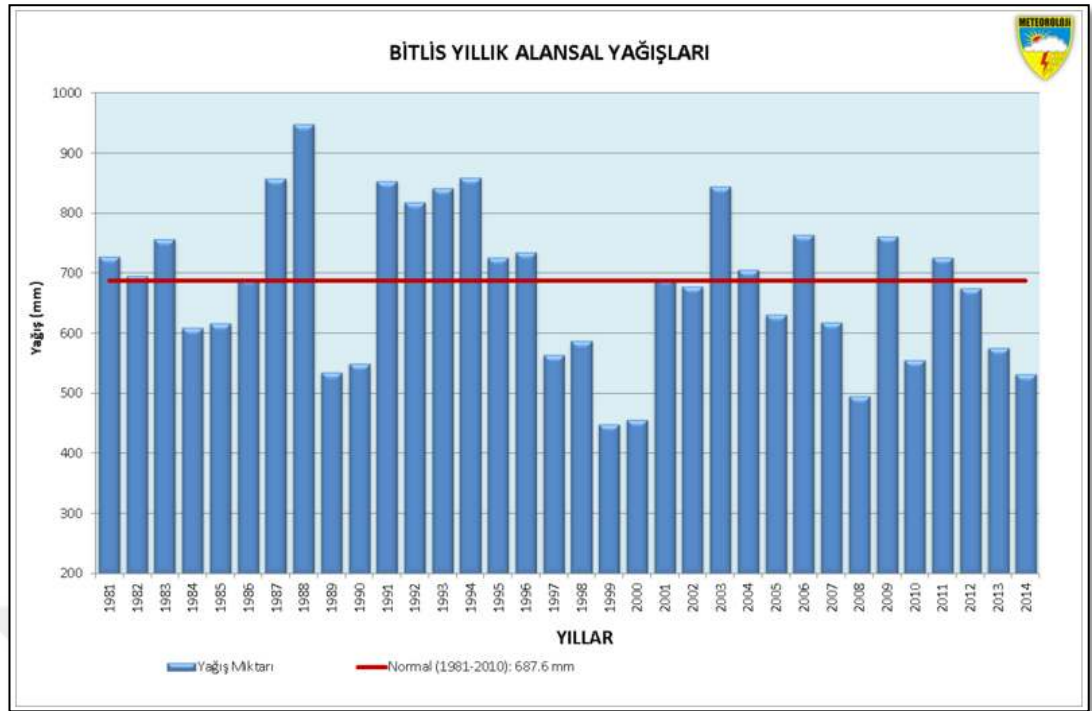
Buradaki R : yağış miktarı (mm), t : yağışın devam süresi (dak)'dir. Ayrıca Bitlis iline ait DMI tarafından verilen yıllık alansal yağış miktarları Şekil 3.17'da verilmiştir (DMI, 2016b).

Çizelge 3. 11. Farklı yaklaşımlara hesaplanmış göre havza geçiş süreleri

L (km)	CN(II)	S	n	i (mm/sa)	T_L (sa)	Geçiş süresi, T_c (sa)		
						Denk. (5.14)	Denk. (5.17)	Denk. (5.18)
22.60	85	0.025	0.022	13.0	5.34	8.90	3.01	6.76



Şekil 3. 16. 2014 yılı 6saatlik maksimum yağış dağılımı (DMI, 2016b)



Şekil 3. 17. Bitlis iline ait yıllık alansal yağış miktarları (DMİ, 2016b)

Sonuç olarak; Bitlis ilini risk altında tutacak maksimum taşkın Gumbel dağılımına göre $Q_{50} = 210 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{500} = 291.6 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{1000} = 316.0 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak dikkate alınacaktır. Taşkın debileri DSİ tarafından sentetik seriler yardımıyla $Q_{500} = 283.3 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{1000} = 311.8 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak verilmiştir. Rasyonel metotla elde edilen değer ise $Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$ olup bu değer Gumbel dağılımı için 25 yıllık periyoda karşılık gelmektedir.

4. BULGULAR

4.1. Sonuçlar ve Değerlendirmesi

Belirli bir çalışma alanında CBS yöntemleri kullanılarak taşkın çalışması yapılabilmesi için elde edilmesi gereken temel veriler haritalar, hidrolik ve hidrolojik parametrelerdir. Bu verilerin eksiksiz temin edilmesi taşkın çalışmalarının hassasiyetini ve doğruluğunu arttıracaktır. Bu tezde yapılacak taşkın analizleri için Bitlis Çayının, anakolu üzerinde Değirmendere Şelalesi ve Arap Köprüsü arası, Kömüs Deresi yankolu üzerinde ise Çırtkaya Kayak Merkezi yakınlarından başlayıp çarşı merkezinde yer alan sebze hali yakınlarından anakola bağlandığı bölgeler arasındaki kısımlar dikkate alınmıştır. Çalışma alanı Kömüs Deresi yankolu üzerinde 1637.25 m, Bitlis Çayı anakolu üzerinde ise 4618.63 m olarak belirlenmiştir. Bu bölgeler arasında Kömüs Deresi yakınlarında yerleşim yerleri seyrek olarak görülmektedir. Dere yatağından yüksek kesimlerde kurulan yerleşim bölgelerine ek olarak küçük tarım arazileri yer almaktadır. Kömüs Deresinin çarşı merkezine girdiği bölgelerde tarım arazileri yerini sık yerleşim yerleri ve iş yerlerine bırakmaktadır. Kömüs Deresinin çarşı merkezine girdiği bu bölgede tarihi Bitlis Kalesi de bulunmaktadır. Taşkın yatağına yakın şehrin yerleşim alanları genel olarak eski ve yeni yapıların bir arada yer aldığı düzensiz yapılaşmaya sahip ticaret ve yerleşim alanlarıdır. Dere yatağı şehrin içinden geçtiği birçok yerde üzeri kapatılarak yapılar yapılmıştır. Bu yerleşim şekli akarsu yatağını kısıtlayarak taşkın riskini ve etkilenebilecek kişi sayısını da arttırmaktadır.

Bitlis Kalesi, Bitlis Çayı anakolu ve Kömüs Deresi yankolu arasında bir set halinde yükselmiştir. Kömüs Deresi ise kale çevresinden dolanarak sebze hali mevkiinde anakola bağlanmaktadır. Bitlis Çayı anakolu, kuzeyindeki havzalardan biriken sularla beslenerek Bitlis şehir merkezine doğru akmaktadır. Şehir merkezi eski zamanlardan günümüze kadar şu anki konumundadır. Coğrafyası ve tarihi yapısı itibarıyla yerleşim alanları daha düzenli olan kuzey bölgelere doğru kaymaktadır. Bu yeni bölgede kurulan yerleşim bölgeleri akarsu yatağından metrelerce yüksekte kalmaktadır. Bazı bölgelerde derin vadilerden yol bularak akan Bitlis Çayı şehir merkezini boylu boyunca geçerek Siirt iline oradan da Dicle Nehrine doğru akmaktadır. Bitlis Çayını besleyen en önemli kol olan Kömüs Deresinin bazı görüntüleri Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4. 1. K m s Deresinin  alışma alanında kalan sırasıyla başlangıç,  arşı merkezi girişi ve kale arkası mevkileri

Bitlis Çayı anakolu şehir merkezinden geçmektedir. Çarşı merkezinin kuzey bölgesinden gelen dere Kazımpaşa İlkokulu yakınlardan bir kanal halinde düzenlenmiş bir yapı içinden akmaktadır (Şekil 4.2). Şehir içerisinde geçen anakol yer yer istinat ve yan duvar benzeri yapılarla oluşturulmuş düzensiz dikdörtgen kesitli kanal ve yer yer de bina altlarından galeriler içerisinde ilerlemektedir. Bitlis çayının çarşı merkezinde yapılan yerinde ölçümlerle kanal boyutları ve kesitleri belirlenmiştir. Yerleşim yapısı itibarıyla her noktasında ölçümler yapılamamıştır. Belirli bölgelerle alınan kesit ölçüleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çalışma alanının belirlenmesinde kullanılan sayısal haritalardaki hatalardan dolayı elde edilen kesitler doğal akarsu düzenindedir. Bu noktada çalışma alanını gerçek boyutta yansıtmadığından dolayı kesitler çizelgedeki ölçüler baz alınarak kesit düzeltmeleri yapılmış ve kanal görünümü elde edilmiştir. Bazı noktalarda ölçüm yapılmaya müsait yerler kanal duvar seviyesinin alt noktalarında kalmaktadır. Bu hususların da dikkate alınmasıyla birlikte kesitlerin HEC-RAS ölçüleri yaklaşık olarak kanal genişliği: 7-8 m, kanal derinliği: 5-6 m olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. 2. Kazımpaşa İlkokulu arkasından itibaren başlayan kanal kesit görünümü

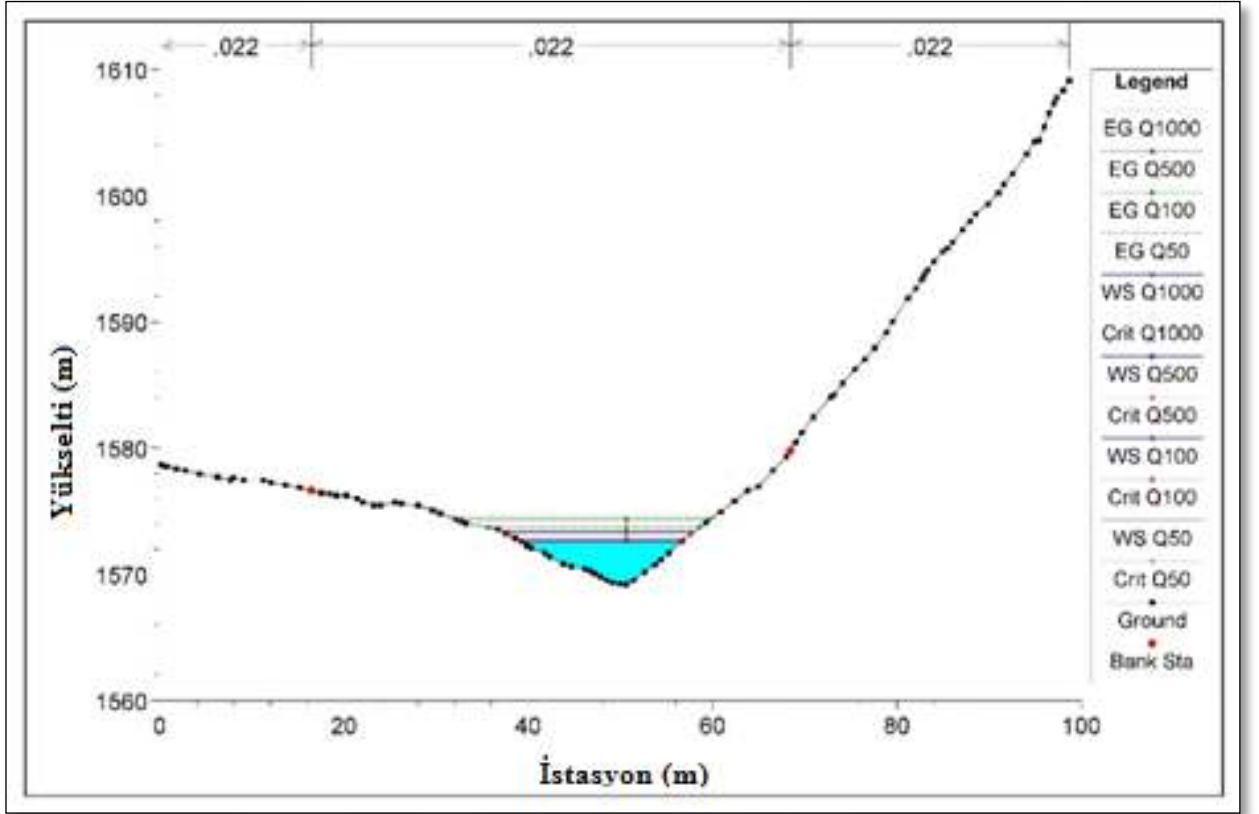
Çizelge 4. 1. Yerinde yapılan ölçümlerle belli noktalardan alınan kesit bilgileri

Nokta Adı	Yükseklik(m)	Genişlik(m)	Nokta Adı	Yükseklik(m)	Genişlik(m)
Çağlayan Çay.(Başlangıç)	4.80	8.60			
Çağlayan Çay.(Köprü)	4.93	9.15			
Kazımpaşa I.O	4.15	7.98			
Vangözü Köprüaltı	4.47	7.41			
Telekom Aşağı	4.31	6.78			
Kalealtı Taksı	6.10	7.66			
İş Bankası Arkası(Pastane)	5.03	7.10			
İş Bankası Arkası(Y.Durak)	5.00	8.94			
Ulu Camii Ön	5.25	10.40			
Mng Kargo	4.83	10.37			
Şerefiye Camii (Anakol)	4.30	9.10			
			Mutki Durağı(Kömüs Yankol)	4.51	6.81
Şerefiye Camii2 (Mansap)	5.90	15.09			
Hanedan Aşağı	3.73	6.75			
Hanedan Aşağı(Viraj)	3.10	15.43			
Garaj Yukarı (Köprü)	10.85	17.86			
Mutki Yolu Köprü	10.05	40,20			

4.2. Taşkın Kesitlerinin Değerlendirilmesi

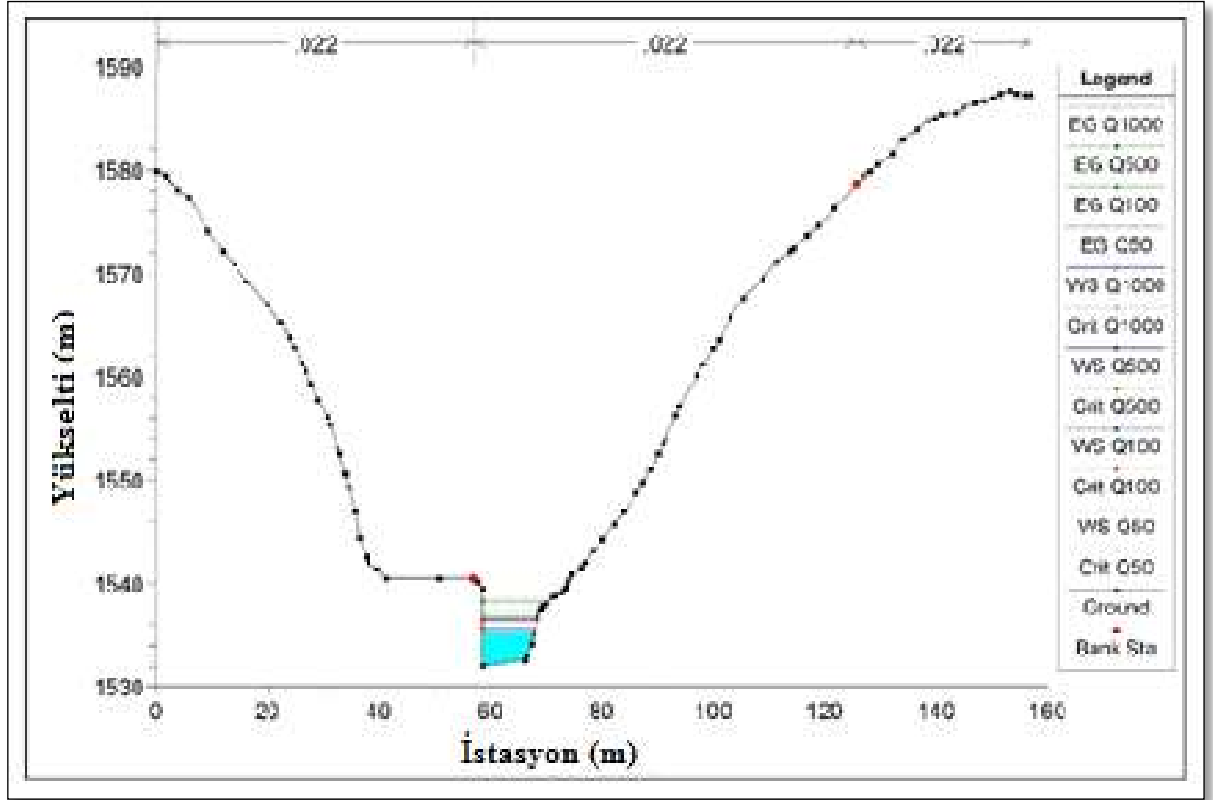
Kesitlerin düzeltilmesi tamamlandıktan sonra analizi yapılan taşkın durumu incelendiğinde, kesitlerde yükselecek olan su seviyelerine göre taşkın oluşup oluşmayacağı belirlenebilecektir. Analizi yapılan bu kesitlerden belirli bölgelerden alınacak örnekleri aşağıda açıklanmıştır. 1000 yıllık tekerrürdeki bir taşkın debisi daha kısa süreli tekerrür debilerinden daha yüksek debi taşıyacağı için kesit açıklamaları 1000 yıllık debiye göre yapılmıştır. Görünümleri verilen kesitlerde kullanılan *istasyon* ibaresi HEC-RAS yazılımında oluşturulan kesitlerin program içindeki numaralandırması olarak tanımlanmaktadır.

4168.629 - 3903.881 istasyon no'lu kesitler başlangıç noktası olan Değirmendere Şelalesinden başlayıp akarsuyun yola bitişik olarak akmaya devam ettiği bölüm arasında kalan kesitler incelendiğinde akarsu doğal düzeninde akmakta olduğu görülmektedir. Derin vadiler arasında akan taşkın debilerinin oluşturduğu su seviyeleri bu bölgede tehlike oluşturmamaktadır. Şekil 4.3 – 4.13'teki kesitlerde, tanımlanan hidrolik ve hidrolojik koşullara göre HEC-RAS'ta elde edilmiş taşkın yatağı boyunca bazı akarsu kesitlerdeki akım seviyeleri verilmektedir. Dikkate alınan bu kesitlerde tekerrür sürelerine göre enerji çizgisi (EG), su yüzeyi (WS) ve kritik derinlik (Crit) seviyeleri gösterilmektedir.

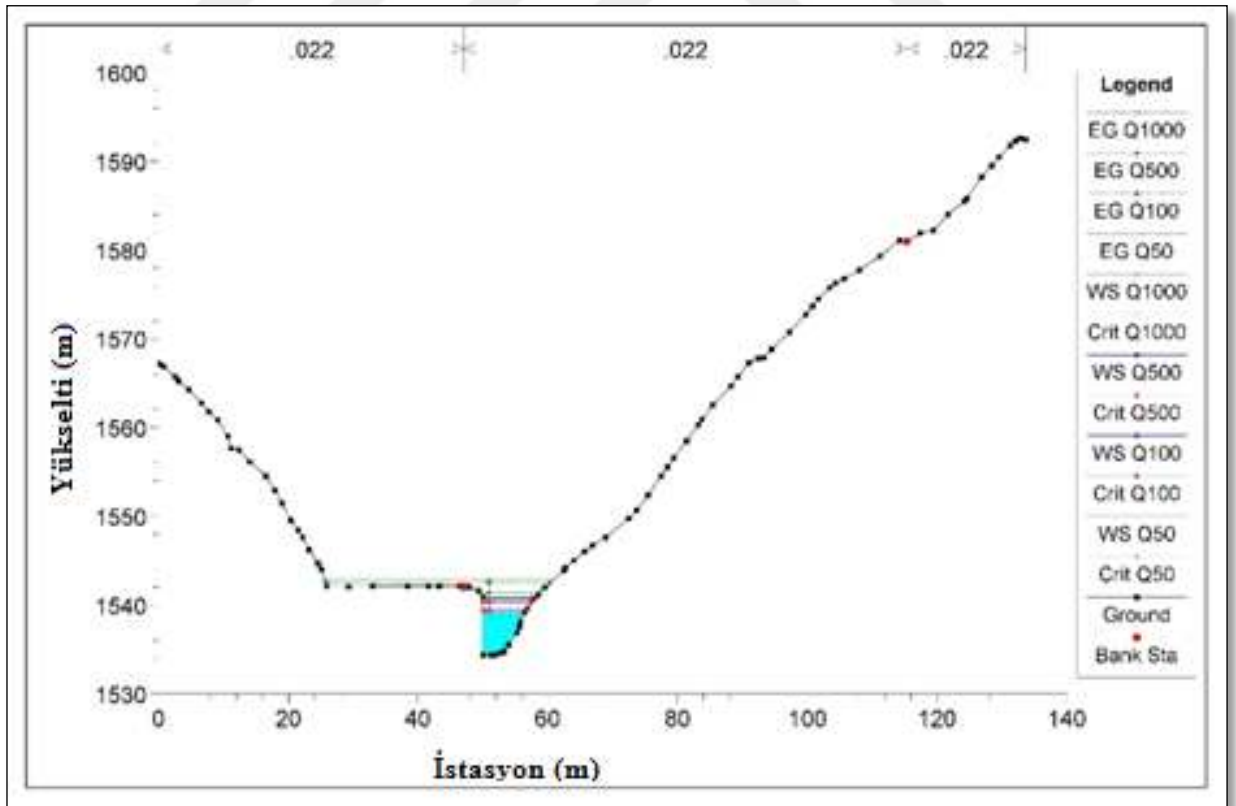


Şekil 4.3. 4618.629 istasyon no'lu kesit görüntüsü ve su yüzeyleri

3830.836 - 2586.516 istasyon no'lu kesit görünümüleri arasındaki kesitler Bitlis-Tatvan güzergâhındaki yolun bitişiğinden akmaktadır. Kesitler incelendiğinde akarsuyun sol sahilinde kalan bu yol akarsudan yan duvarlarla ayrılmaktadır. Şekil 4.4'te görüldüğü gibi, akarsudan yüksekliği ortalama 9-11 m aralığında değişen bu yol analizi yapılan debiler dışında bir debi gelmesi durumunda yani gelmesi beklenmeyen bir taşkın durumunda kullanılamayacaktır. Bu aralıkta yer alan kesitler genel olarak incelendiğinde herhangi bir taşkın durumu görülmemektedir. Bu aralıktaki tüm kesitlerde Şekil 4.4'te olduğu gibi enerji çizgileri, su yüzeyleri ve kritik derinlikler yol seviyesinin altında kalmaktadır. Burada yol ile akarsu arasında dik olan yüzey yan duvarları temsil etmektedir. Ancak Şekil 4.5'te görüldüğü gibi 3276.779 istasyon no'lu kesit incelendiğinde 500 ve 1000 yıllık tekerrürdeki debiler için enerji seviyeleri yol seviyesinin üzerine çıktığı görülmektedir. Enerji çizgileri bilindiği üzere su seviyesinden $v^2/2g$ kadar yukarıda olduğu için taşkın durumu su seviyesine göre değerlendirilmektedir. Bu durumda bu kesitte taşkın beklenmemektedir. Ancak herhangi bir taşkın durumunda bu kesitteki bir engel nedeniyle akım zorlanacağından taşkın seviyesinin enerji çizgisi dolaylarına yükseleceği ve taşkın tehdidi oluşturacağı unutulmamalıdır.

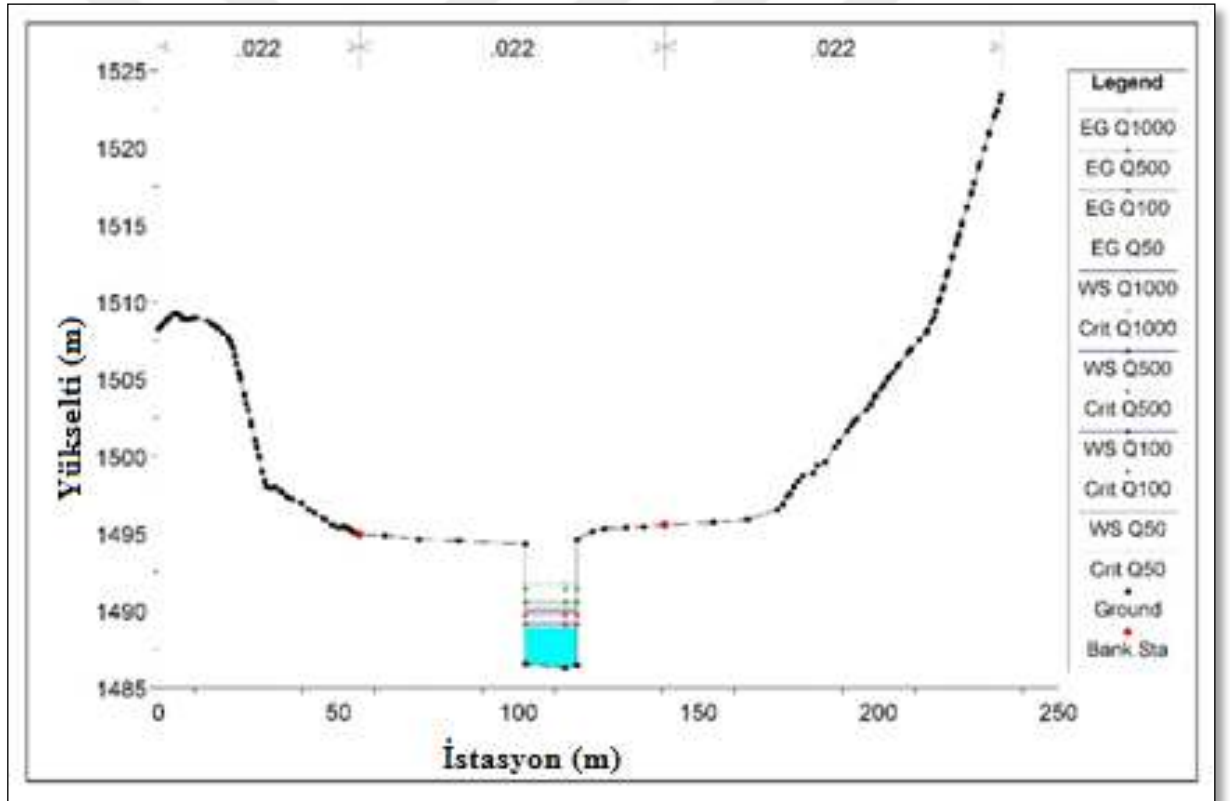


Şekil 4. 4. 3207.371 istasyon no'lu kesit görünümü

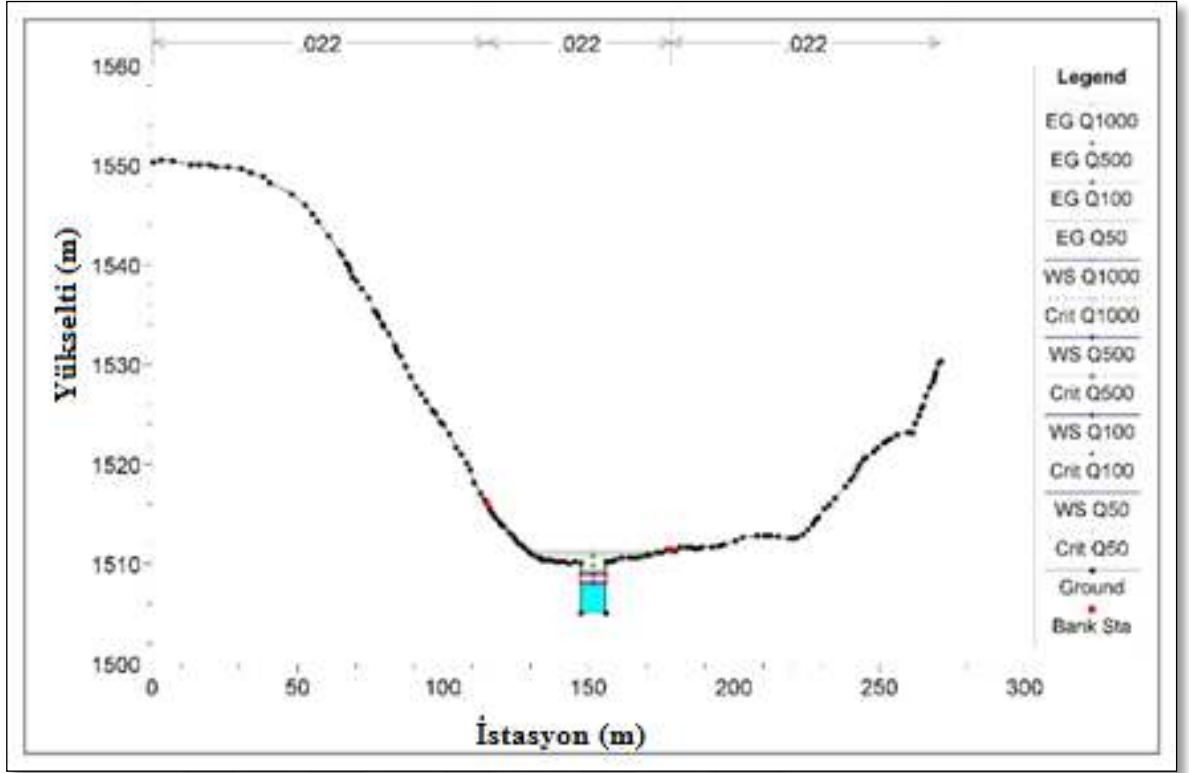


Şekil 4. 5. 3276.779 istasyon no'lu kesit görünümü ve yol seviyesi üzerinde kalan EG500 ve EG1000

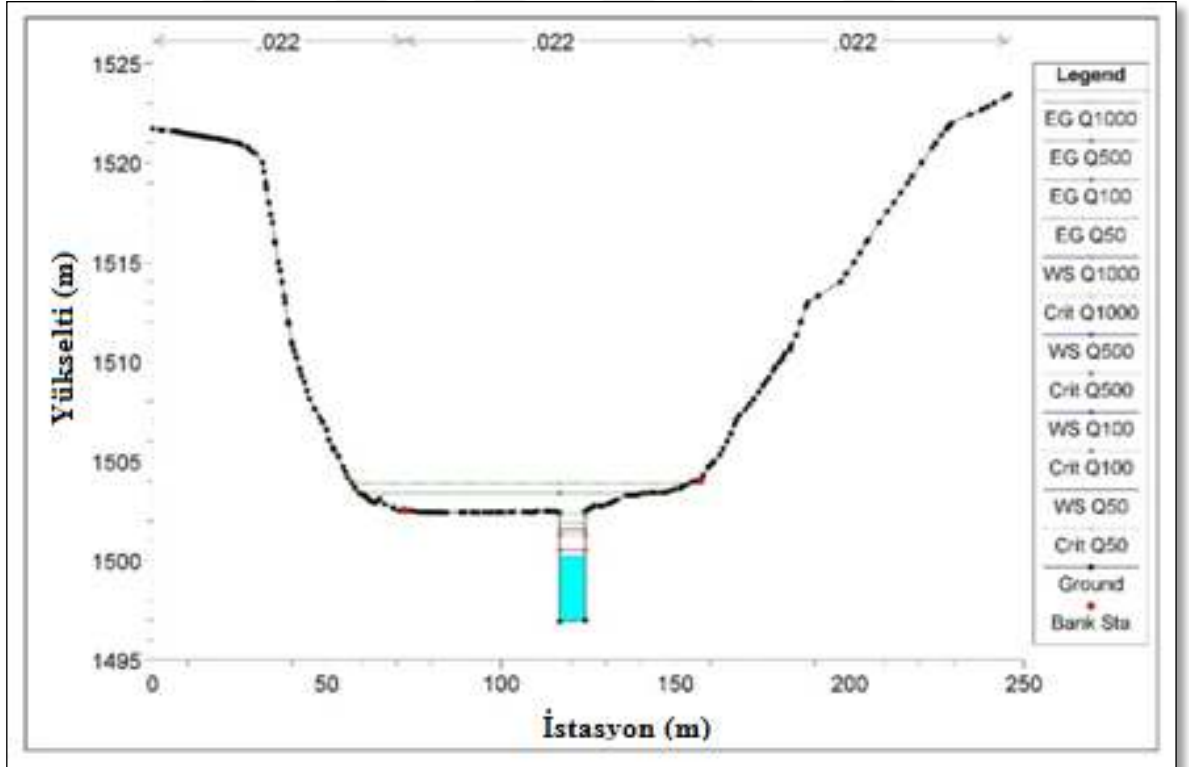
Şekil 4.6’da gösterildiği gibi 2431.875 – 1279.783 istasyon no’lu kesitler arasında kalan kesitler Kazımpaşa İlkokulu ve Feyzullah Ensari Camii yakınlarına kadar olan çarşı merkezden alınan kesitlerdir. Bu kesimde akarsu düzenleme yapılarıyla dikdörtgen kanal kesitinde geçirilmiştir. Bazı kesimlerde taş örme, bazı kesimlerde ise dökme betonla imal edilen bu duvarlar akarsu ile çarşı merkezi arasında bir set görevi görmektedir. Yerinde yapılan ölçümlere göre Çizelge 4.1’de bazı noktalardan alınmış kanal ölçüleri verilmiştir. Yamaç noktalarından dik inen yüzeyler bu duvarları temsil etmektedir (Şekil 4.6). Akarsuyun bu aralıktaki kesiminde akım seviyeleri yapay kanal kesiti içerisinde kalmaktadır. Şekil 4.8– 4.10’da görüleceği gibi kritik derinliğin de kanal içerisinde kaldığı bu aralıkta EG500 ve EG1000 enerji seviyeleri kesitlerin çoğunda duvar seviyelerini aştığı görülmektedir. Enerji seviyelerinin altında kalan bu kesimler taşkın bakımından riskli bölgeler olarak değerlendirilebilir.



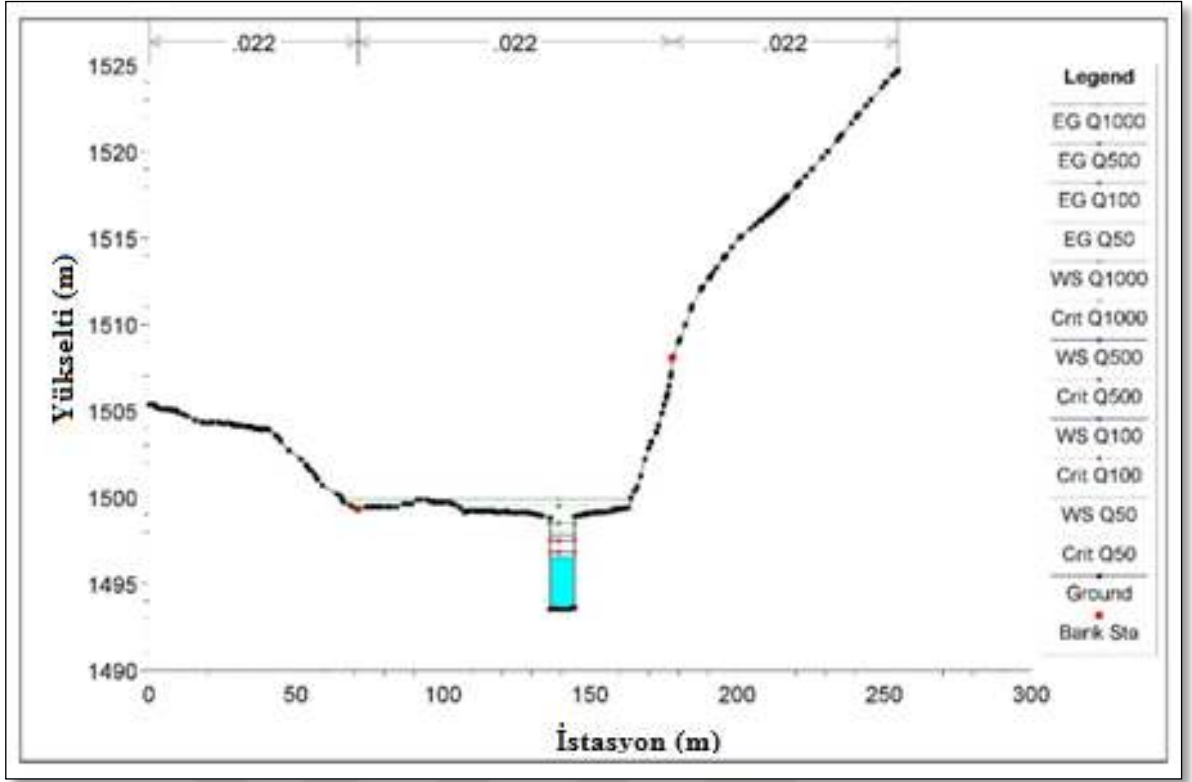
Şekil 4. 6. 1353.261 istasyon no’lu kesite ait kanal görünümü



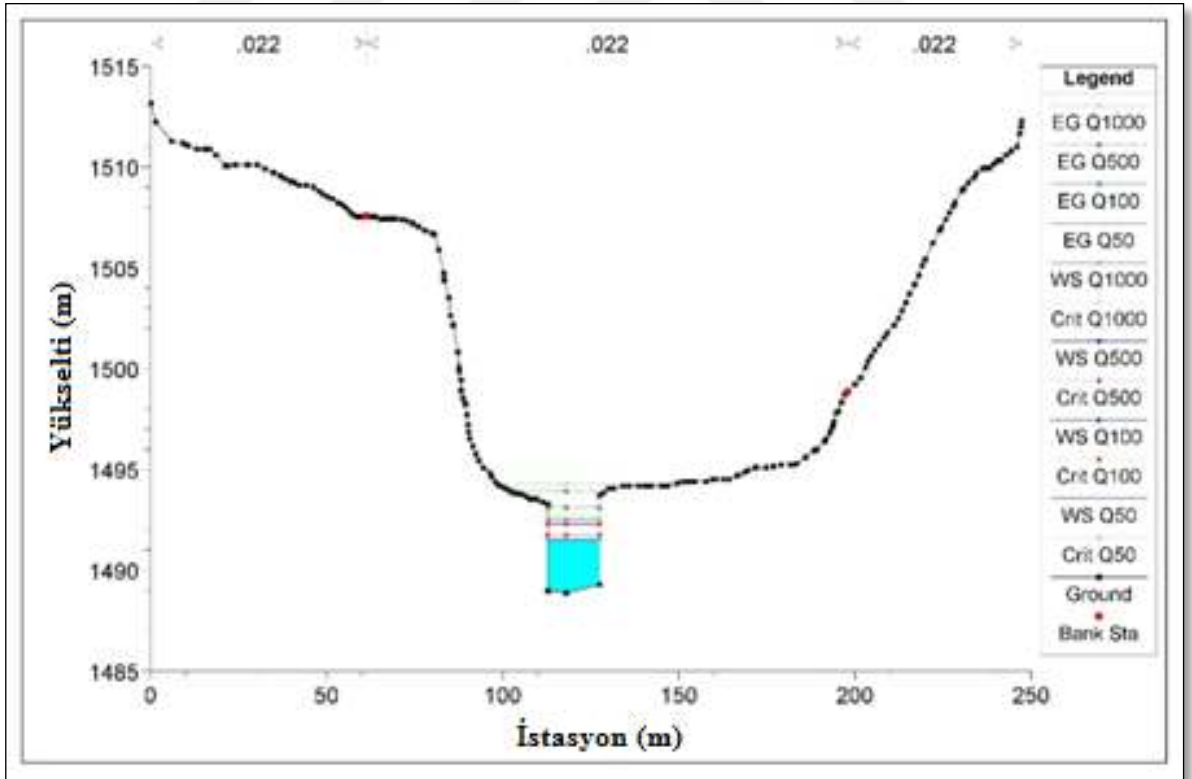
Şekil 4. 7. 2231.475 istasyon no'lu kesit görünümü



Şekil 4. 8. 1915.839 istasyon no'lu kesit görünümü



Şekil 4. 9. 1778.996 istasyon no'lu kesit görünümü

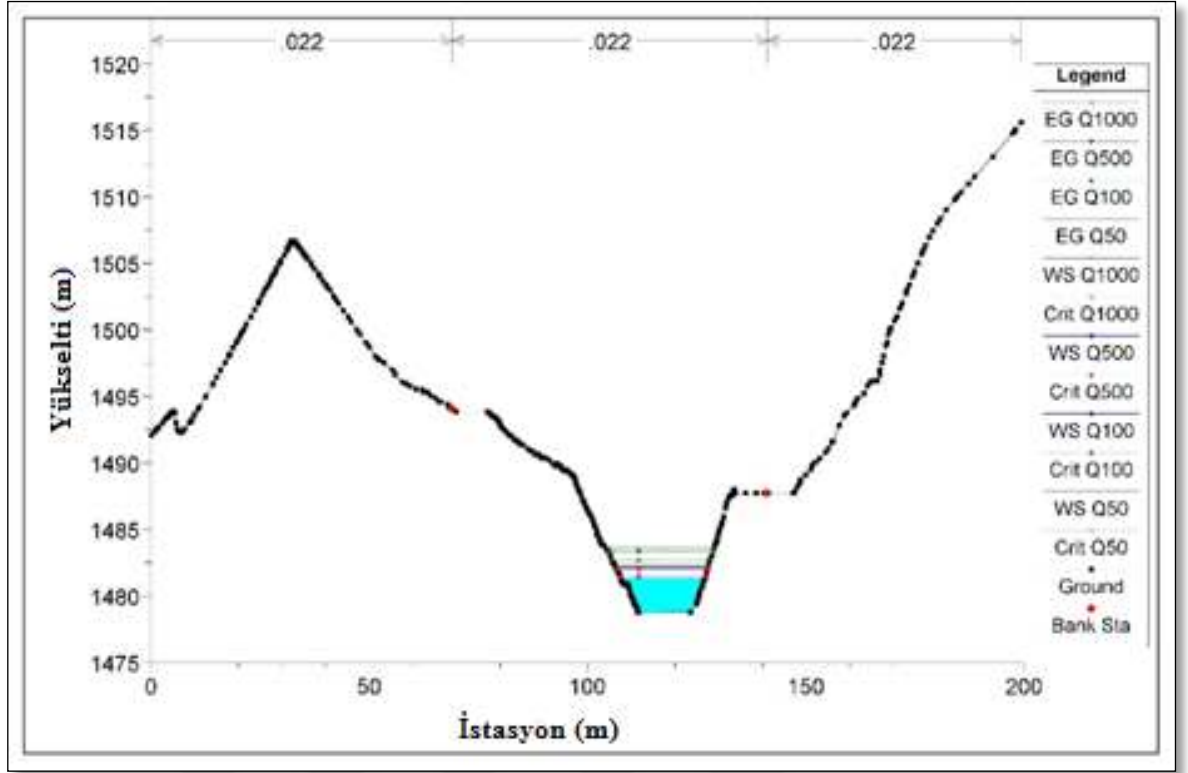


Şekil 4. 10. 1446.023 istasyon no'lu kesit görünümü

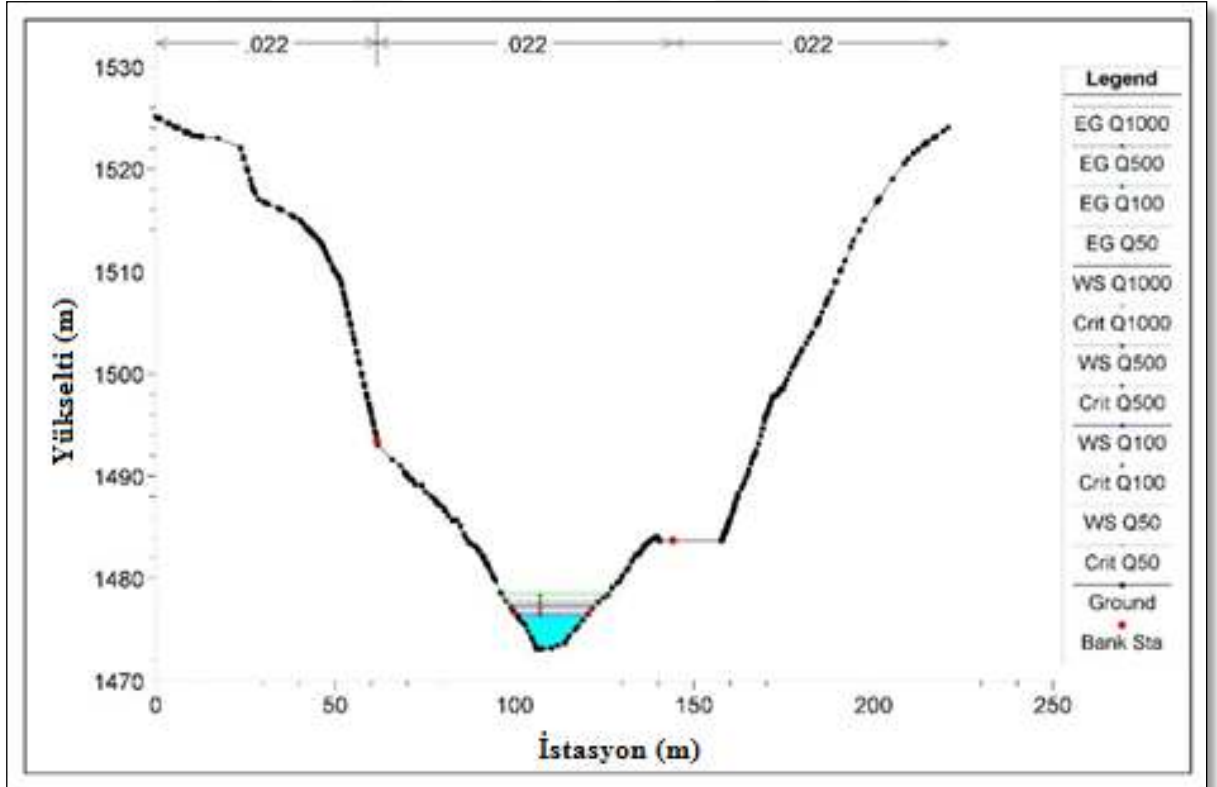
Şekil 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10 çarşı merkezinde yer alan kesitler olarak görülmektedir. Bu gibi kesitlerde enerji seviyeleri kanal boyutları yetersiz olduğundan dolayı yol seviyesine çıktığı görülmektedir. Hesaplanan debilere göre maksimum debi olan Q_{1000} debisi şartlarında bile akım seviyeleri bakımından taşkın oluşmadığı görülmektedir. Fakat bu kesitlerde enerji seviyelerine de dikkat edilmelidir. Taşkın sırasında oluşabilecek herhangi engel nedeniyle akımın enerjisini kaybetmesi akım seviyesinin enerji seviyesine ulaşmasına ve yatağından taşmasına neden olabilir. Bu nedenle Enerji çizgisinin seviyesine de dikkat edilmeli ve bu seviyenin altındaki alanlar da taşkın riski olan alanlar olarak değerlendirilmelidir.

Yapılan analizlerde kanal duvarlarının yapısal özellikleriyle ilgili herhangi bir veri girişi yapılmamıştır. Duvarların imalat çeşitlerine göre dayanımı değişmektedir. Buna dayanarak taş örme duvarlar ve beton duvarlar arasında da bir dayanım farkı olacağı açıktır. Taşkın anında gelebilecek suyun ve rüsubatın etkisiyle nerelerde hasar oluşacağı bu çalışmanın dışında kalmaktadır. Bu faktörün göz ardı edilmesine durumuna göre yapılan analizler sonucunda çarşı merkez ve menbada kalan bölgelerde herhangi bir taşkın gözlemlenmemiştir.

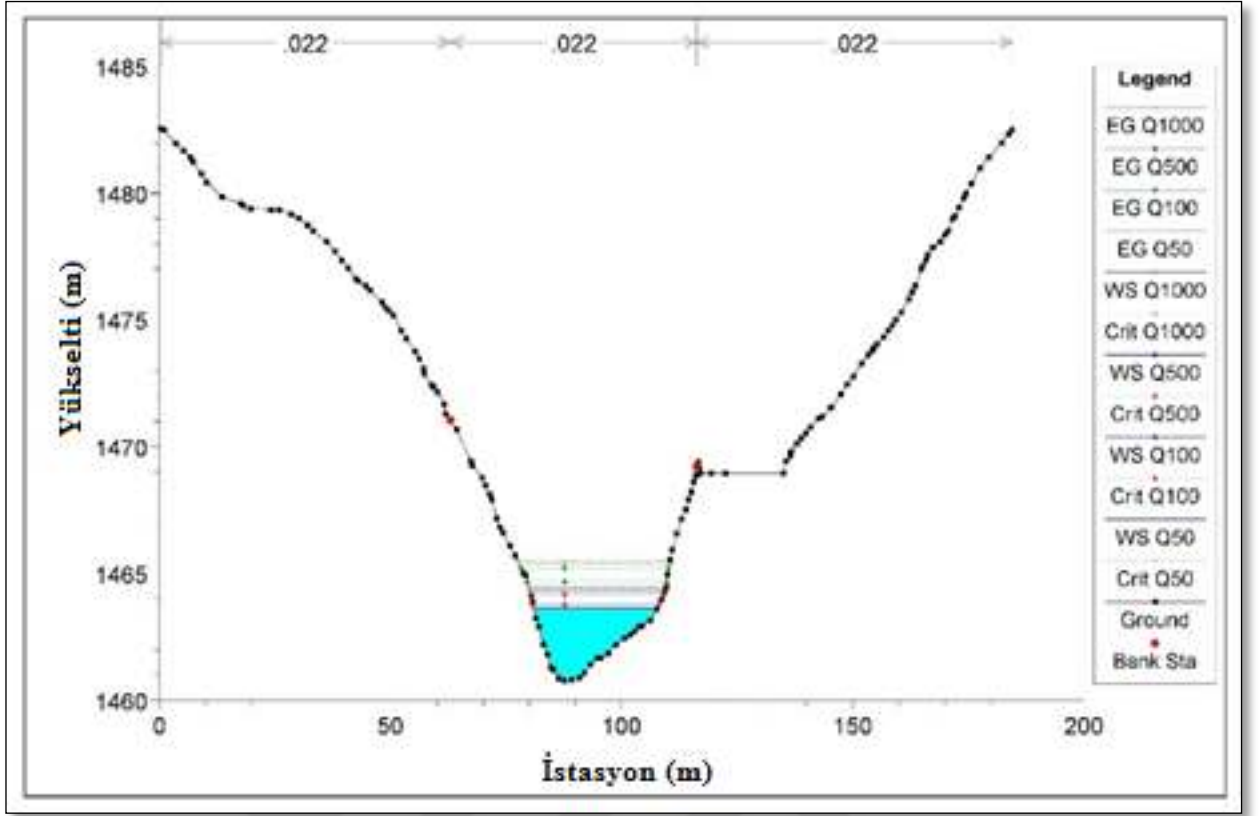
Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve 4.13'teki kesitler, 1183.917 – 84.22195 istasyon no'lu kesitler aralığında Feyzullah Ensari Camii ve Arap Köprüsü olarak bilinen bölümler arasındaki kesitlerdir. Bu bölümde kalan kesitler sol sahilde dağ yamacı ve sağ sahilde de Bitlis – Siirt yolu yer almaktadır. Yol seviyesinden aşağılarda akan akarsu doğal görünümünde akmaktadır. Bu aralığın son kesimlerinde yan duvarlar inşaa edilmiştir. Yapılan analizler ve DSİ Bölge Müdürlüğünden elde edilen taşkın çalışmaları sonucunda yaklaşık değerlere ulaşılmış olup herhangi bir taşkın riski gözlemlenmemiştir. İnşaa edilen duvarlar sağ yamacın yoldan gelebilecek ve sudan gelebilecek etkilerin olumsuz sonuçlarından kaçınmak için olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 4.11, 4.12 ve 4.13'te bu bölümde kalan kesitlere ait görünüm vermiştir.



Şekil 4. 11. 914.3606 istasyon no'lu kesit görünümü



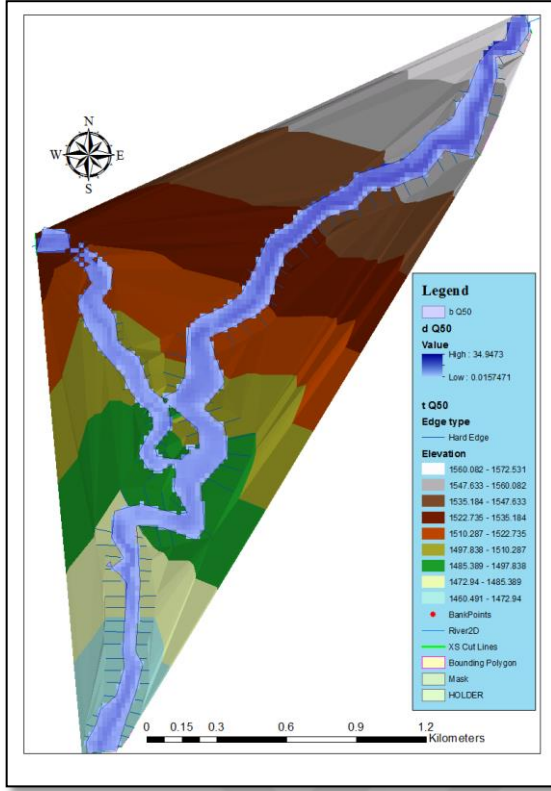
Şekil 4. 12. 714.7979 istasyon no'lu kesit görünümü



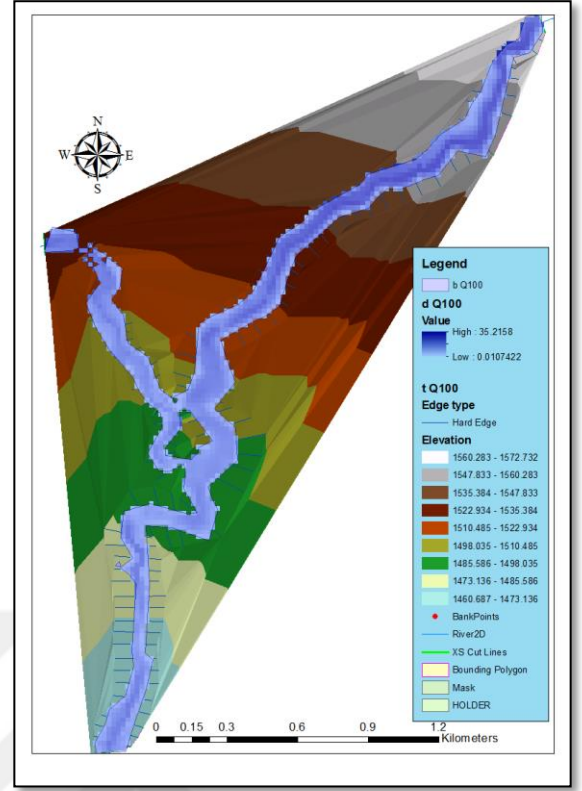
Şekil 4. 13. 182.2466 istasyon no'lu kesit görünümü

4.3. Taşkın Haritalarının Değerlendirilmesi

HEC-RAS'ta tamamlanan analizlerin HEC-GeoRAS'a aktarılması sonucunda elde edilen 2 boyutlu taşkın risk haritalarının Q_{50} , Q_{100} , Q_{500} ve Q_{1000} debilerine göre nihai durumları Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de verilmiştir.

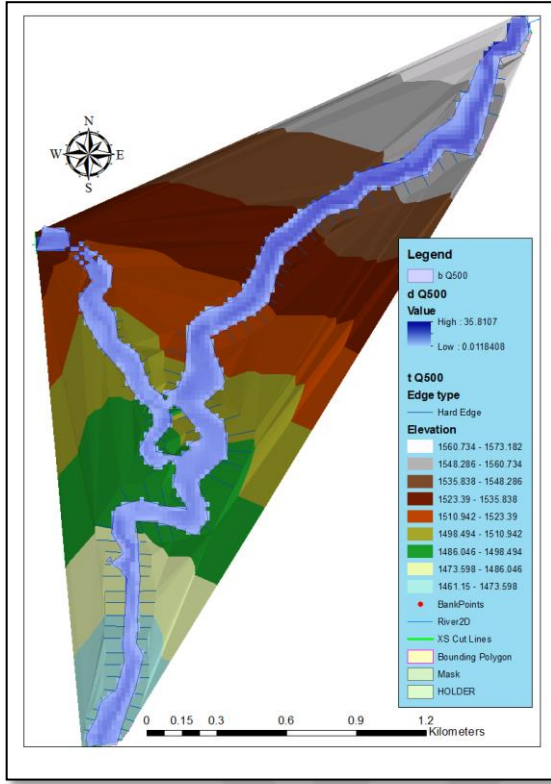


Şekil 4. 14. Q50 debisine göre beklenen taşkın durumu

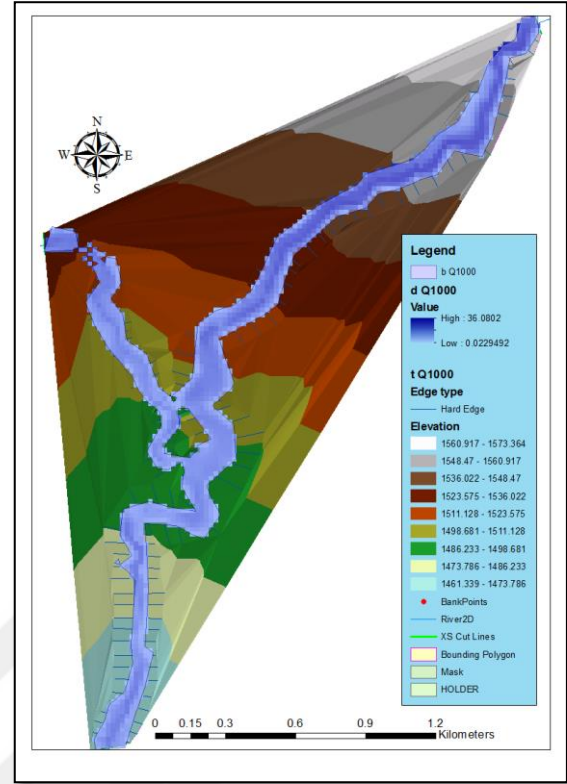


Şekil 4. 15. Q100 debisine göre beklenen taşkın durumu

Şekil 4.14 ve Şekil 4.15 incelendiğinde Q₅₀ ve Q₁₀₀ debilerinin oluşturduğu taşkın durumu görülmektedir. Haritalar incelendiğinde mavi renkle belirlenen taşkın düzeyi her iki haritada da yaklaşık olarak benzer görülmektedir. Bu durumun oluşmasının temel sebebi akarsuyun genel itibariyle kanal düzenine dönüştürülmesi olarak söylenebilmektedir. Kanal düzeni dışında kalan doğal akarsu düzeninde kalan kesimlerde ise dar ve derin vadiden geçtiğinden dolayı benzerlik durumu görülmektedir. Su seviyesi kanal dışına çıkmadığından dolayı akarsu yatağı içinde yükselmektedir. Bundan dolayı haritalar birbirine benzemektedir. Haritalara bakılacak olduğunda kanal görünümüne benzer mavi bölgeler akarsuyu, bunlara dik çizgiler ise kesitleri tanımlamaktadır. Çalışma alanının başlangıç noktalarında yer alan bölgeler doğal akarsu düzeninde kaldığından su derinliğine ait renklendirme tonu derinliğe bağlı olarak koyulaşmaktadır.

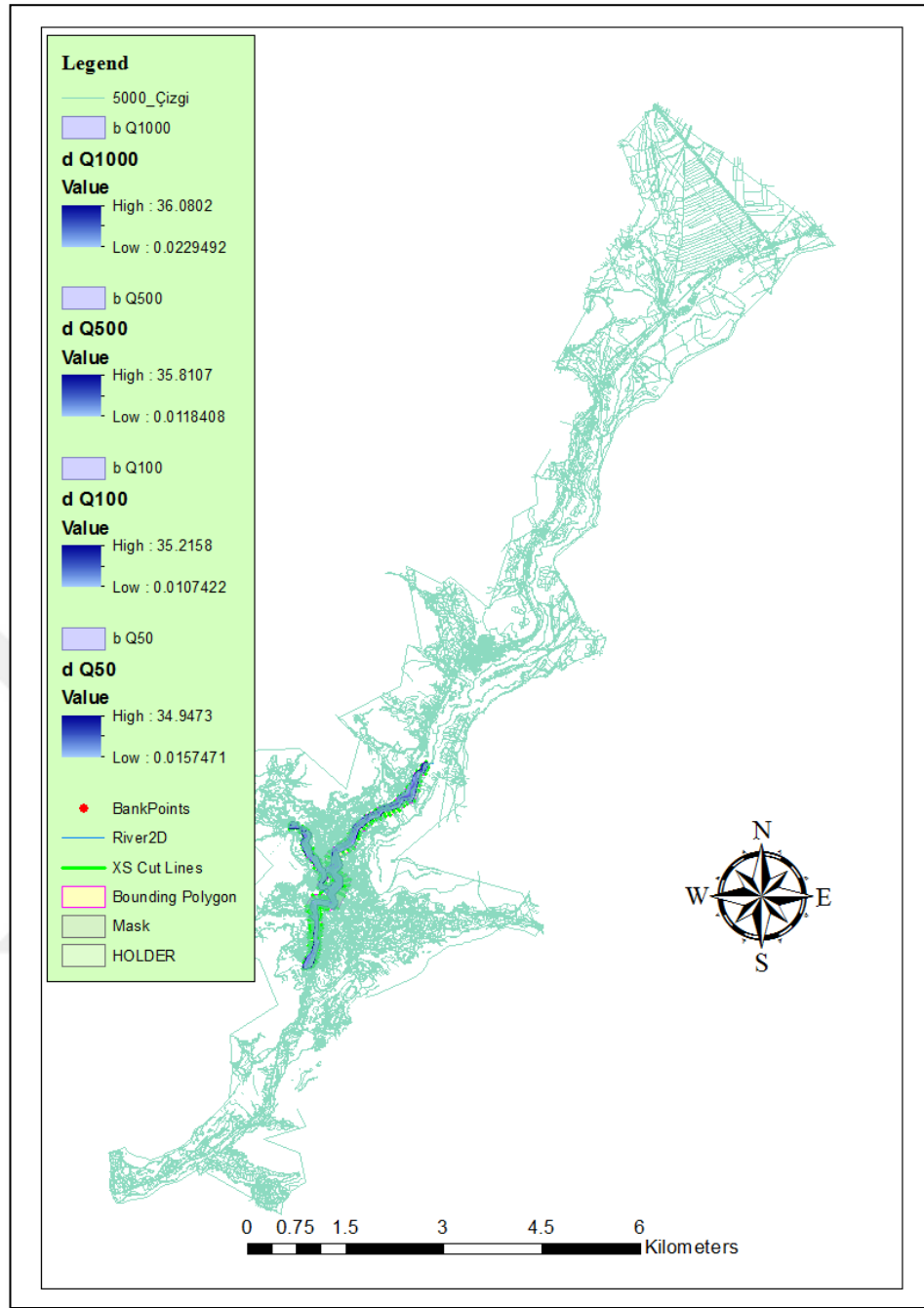


Şekil 4. 16. Q500 debisine göre beklenen taşkın durumu



Şekil 4. 17. Q1000 debisine göre beklenen taşkın durumu

Şekil 4.16 ve Şekil 4.17 haritaları Q_{500} ve Q_{1000} debilerine göre oluşturulan taşkın haritalarıdır. Bu haritalar arasındaki benzerliğin sebepleri yukarıdaki gibi Şekil 4.14 ve Şekil 4.15 haritaları için yazılmıştır. Yukarıda yapılan açıklamalar neticesinde Q_{500} ve Q_{1000} debilerinde de benzer neticelere ulaşılmaktadır.



Şekil 4. 18. Belirlenen taşkın alanının hâlihazır altlıklarla görünümü

Taşkın durumunun hali hazır altlık haritaları ile entegre kullanılması sonucunda elde edilen bir diğer harita Şekil 4.18’de gösterilmiştir. Bitlis ili için hâlihazır haritalarından elde edilmiş olan sayısal haritalar kullanılarak yapılan taşkın çalışması bu haritanın elde edilmesiyle taşkın çalışması tamamlanmıştır. Bu bölümde çalışma neticesinde elde edilen sonuçların detaylı irdelenmesi yapılmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bitlis Çayı taşkın analizi tamamlanmasıyla elde edilen sonuçlar kapmasında dere çalışma alanı üç ayrı bölüm halinde incelenmesi gerekmektedir. Birinci bölüm olarak çarşı menbaında kalan kısım ele alındığında iki ayrı akarsu yatağı düzeni görülmektedir. Bir kısmı tamamen doğal akarsu yatağı düzeninde ve diğer kısmı ise yol ile akarsu arasında yapılmış olan koruma duvarlı yapay kesit düzeninde görülmektedir. Bitlis Çayı yoğun rüsubat taşımaktadır. Doğal yatak düzenindeki akarsular yatağından çevresel atık ve rüsubatı akışa dâhil eder. Akarsudaki mevcut debi böylelikle hesaplanan debi değerlerinden daha fazla olabilmektedir. Taşkınlar sırasında yıkıcı etkisi aynı oranda daha yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Bitlis Çayının bu belirtilen nehir düzeninde aktığı kesimi derin ve dar bir vadiden oluşmaktadır. Yamaç eğiminin de fazla olmasıyla akarsu yatağına büyük miktarda olumsuz etkisinin olduğu görülmektedir. Sürekli ve bol yağış alan Bitlis bölge itibariyle meteorolojik koşullardan dolayı doğal afet tehdidi altındadır. Nehrin bu kesimi için taşkın riski görülmese de akarsuya gelen rüsubat miktarını azaltmak için koruma duvarlarının yapılması uygun görülmektedir. Ayrıca yamaçlarda bulunan gevşek zeminlerin iyileştirilmesi yapılmalıdır. Kademeli olarak teraslama işlemi uygulanmalıdır. Çalışma alanının menbaında akarsuyun akışını kontrol etmek için DSİ Bitlis Şube Müdürlüğü tarafından önceki yıllarda taşkın seddeleri inşa edilmiştir. Nehir düzeninde yer alan bu bölümlerde uygulanması gereken taşkın seddeleri gelecek olan rüsubatın akışa dâhil olmasını ve gelecek tehlikeleri engellemesi öngörülmektedir.

Nehrin birinci bölümünde yer alan bir diğer kesim ise yola bitişik akışın sağlandığı koruyucu duvarların yer aldığı kısımdır. Tüm kesimlerin detaylı incelenmesiyle görülmektedir ki mevcut parametreler altında herhangi bir taşkın durumu gözlemlenmemektedir. Ancak bazı kesitlerde enerji düzeyleri akarsuyun doğal yatağının dışına çıkmaktadır. Bu durumda olan yerler yine de taşkın ihtimalinin olduğu yerler olarak değerlendirilmelidir. Kesitteki herhangi bir enerji kırıcı engel su seviyesini enerji seviyesine yükseltecek ve bu kesimleri sular altında bırakabilecektir. Bu kısımda mevcut olan koruyucu duvarlar dökme betonla imal edilmiştir. Temel bazı noktalarda su ve rüsubatla birlikte aşınma durumuna gelmiştir. Suyun akışını kontrol eden bu duvarlar şuan için koruyucu olsa da ileride beklenmeyecek koşullarda yeterli olmayabileceği öngörülmektedir. Bu duvarların bakım, onarım ve güçlendirilmesi işlemleri yapılmalıdır. Sağ sahilde sağlanan karayolu ulaşımı için yapılmış koruyucu duvarların sol sahile de inşa edilmesi öngörülmektedir. Sol sahilde herhangi bir yerleşim yerinin olmaması bu sahilde koyucu duvarların yapılmasına gereklilik oluşturmamıştır. Ancak yamaç eğiminin yüksek olduğu bu noktalarda yüksek kotlarda yer alan yerleşim yerleri ve tarım arazileri sürekli akarsuya

rüsubatın karışmasına sebebiyet vermektedir. Kış aylarında küçük çapta çığların da yaşanabilme riski ve heyelan durumu göz önüne alındığında sol sahilin de koruyucu duvar imalatı, sağ sahildeki mevcut duvarların iyileştirilmesi uygun görülmektedir. Sürekli heyelan riski bulunan yamaçlar arasında akış sağlayan Bitlis Çayı çevresinde yer alan evsel ve ticari atıklarla daha kötü boyutlara ulaşmaktadır. Bu atıkların bertarafı ve engellenmesi sağlanmalıdır. Halkın bilinçlendirilmesi yönünde yerel idarelerin gerekli bilinçlendirme ve bilgilendirme faaliyetleri yapması gerekmektedir.

Bitlis Çayının üç bölümden bir diğeri olan ikinci bölüm şehrin çarşı merkezinden geçtiği çalışmanın en önemli kısmıdır. Bu kısım incelendiğinde Kazımpaşa İlköğretim Okulu yakınlarında başlayan galeri şeklinde bir yapı içerisinden akmaktadır. Bu kesimde kanal düzeninde kontrollü bir akış sağlanmıştır. Büyük bir kesimi örme taş duvar ile imal edilmiş olan kanal yapısının dayanım durumu incelenmelidir. Bu tezde sadece taşkın durumları incelenmiş fakat akarsu üzerindeki bu yapıların durumu ve dayanımları dikkate alınmamıştır. Yapı ömrü uzun olan bu duvarlar bakım ve onarıma tabi tutulması gerekmektedir. Bazı bölümlerde tahrip edilmiş olan bu duvarların beklenmeyen bir akış ve rüsubat ile büyük tehlikeler doğuracağı öngörülmektedir. Çarşının büyük bir kısmı bu mevcut kanal üzerinde yerleşim yeri durumundadır. İşyeri ve evlerin altından geçen Bitlis Çayı bu yapılara da tehdit oluşturmaktadır. Yüzlerce işyeri ve evlerden gelen atıklar da tehlikenin boyutunu arttırmaktadır. Bu kısımda rüsubat ve katı atık miktarının engellenmesi ve akışa geçmesinin önüne geçilmelidir. Belirli mesafelerde küçük boyutlarda da olsa yapılacak olan taşkın seddeleri bu atıkların akışa geçmesine engel olacağı öngörülmektedir. Belirli dönemlerde yerel idare ekiplerinin akarsuyu temizleme faaliyetleri yürütmesi gerekmektedir. Halkın bu doğrultuda bilgi ve bilinçlendirilmesi de yapılması gerekenlerden biridir. Yakın tarihte ilgili yerel idareler tarafından uygulanması düşünülen proje kapsamında çarşı merkezinin ve yakın yapıların tahliyesinin yapılp daha yukarı noktalara taşınması uygun görülmekteydi. Bu kapsamda Bitlis Çayının yataklarının yeniden düzenlenmesi ve kanal görünümünün iyileştirilmesi düşünülmektedir. Bu projenin uygulanması halinde Bitlis Çayının üzerinin açılması, akışının düzenlenmesi, üzerindeki ve yakınındaki yapıların kaldırılması suretiyle şehre daha güvenli doğal bir düzenleme yapılabilecektir. Fakat şehrin doğal ve tarihi görünümünün bozulmaması için dikkat edilmelidir. Boş bir araziden geçer gibi sadece akışı kontrol etmek için yapılacak yapılar, örneğin beton bir kanal, şehrin doğal ve tarihi yapısıyla uyuşmayacaktır. Bu nedenle bu tür bir çalışmada taşkın kontrolüyle birlikte, akış hidroliği, peyzaj, mimari, tarihi doku, imar durumu gibi konuların birlikte düşünüldüğü ve çalışıldığı bir proje yapılmalıdır. Aksi takdirde yapılacak özensiz bir proje şehrin geleceğini kurtarmayacaktır.

Bitlis Çayının üçüncü bölümü ise çarşı merkezinin mansabında kalmaktadır. İlk iki bölümdeki gibi bu bölümde de beşeri faktörler aynı riskleri oluşturmaktadır. Bir kısmı nehir düzeninde olan akarsu yatağı çalışma alanının son bölümlerine doğru sol sahile inşa edilen koruma duvarları ile akışa devam etmektedir. Sağ sahilde yüksek eğimli yamaçların bulunduğu bu noktada yüksek heyelan riski bulunmamaktadır. Taşkın halinde yükselecek maksimum su seviyeleri verilen kesitlerde de görülmektedir. Bu bölümde herhangi bir yapıya risk oluşturmeyen akarsuyun doğal akışı ve mansaptaki bölümlere tehlike oluşturmaması için taşkın seddelerinin yapılması uygun görülmektedir. İnşa edilen duvarların bakımı ve gerekli yerlerde onarımı uygun görülmektedir. Yerel idare çalışmalarının bu bölümde de uygulanması gerekmektedir.

Bitlis Çayı şehir merkezinden Siirt iline doğru akmaktadır. Bu güzergâhta irili ufaklı akarsulara anakol görevindedir. Her akarsu kendi miktarınca katı atık ve rüsubat taşımaktadır. Siirt ili sınırlarına ulaştığında Botan Çayına yankol olarak bağlanmaktadır. Bu iki akarsu birleşip Dicle Nehrine doğru akmaktadır. Dicle Nehri üzerinde yer alan irili ufaklı barajlara menba durumundadır. Meydana gelen taşkınlar akarsuların getirdiği rüsubat miktarını da önemli ölçüde arttırmaktadır. Barajlarda istenmeyen ve barajın ömrünü kısaltan etkenlerin başında bu rüsubat ve katı atıklar gelmektedir. Gelen rüsubat zamanla baraj tabanına çökmekte ve haznedeki su hacmini azaltmaktadır. Zamanla gelen sular baraj gövdesini aşarak baraj yapılarına zarar vermektedir. Dicle Nehri üzerinde yer alan barajlar ülkemizin enerji potansiyeli bakımından önemli barajlarıdır. Bu barajlar ayrıca uluslararası sulara menba durumunda olduğu için ayrı bir önemi daha bulunmaktadır. Bugün Suriye ve Irak topraklarının ve Ortadoğu coğrafyasının önemli bir bölümüne kaynak olan nehirlerimiz, barajlarımız ve en genel tabiriyle Fırat-Dicle Havzası bu bağlamda önem verilmesi gereken yerlerin başındadır. Bu durumların göz önünde bulundurulmasıyla su kaynaklarımızın daha dikkatli ve bilinçli değerlendirilmesi en temel görevlerimizdendir.

Kömüs yankolu için yapılmış olan taşkın çalışmasında Bitlis Çayı anakolu için öngörülen durumlar uygun görülmektedir. Yani Bitlis Çayı için yapılacak olan koruyucu ve önleyici faktörlerin Kömüs Çayı için de yapılması uygun görülmektedir. Yerleşim bölgesi tarım arazilerinin yoğun olduğu bu bölümde uygun koruma çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Taşkın çalışmaları yapılırken gerekli olan birkaç temel bileşen vardır. Bunlar harita, hidrometrik veriler ve kullanıcı vb. bileşenlerdir. Haritaların güncel olması, çözünürlük faktörünün yüksek olması, araziye ait girilecek olan sayısal parametrelerin araziye uygunluğu çalışmanın gerçeğe en yakın sonuçların elde edilmesine yardımcı olacaktır. Hidrometrik parametreler içerisinde yer alan debi vb. akış bilgileri ve bu verilerin uygun istatistiki

analizlerinin doğruluğu çalışmanın hassasiyetini de doğrudan etkilemektedir. Taşkın çalışmalarında en önemli bileşen ise kullanıcıdır. Kullanıcının bilgi birikimi, elde edilen verilerin işlenmesi, araziyle bilgisayar arasındaki koordinasyonun sağlanması bu bileşenin önemini arttırmaktadır. Yapılacak olan taşkın çalışmalarında bu bileşenlerin bir arada en uygun şekilde değerlendirilmesi ile elde edilecek sonuçların daha sağlıklı olmasına yardımcı olmaktadır. Bu bağlamda elde edilecek taşkın risk haritalarına göre hangi bölgelerin risk altında olduğu, hangi bölgelerin güvenli olduğu, suların yükselmesi durumunda su seviyelerinin hangi noktalara çıkacağı sayısal ortamda görülebilmektedir. Arazinin bu sonuçların değerlendirilmesiyle daha doğru kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Su kaynakları bakımından zengin olan ülkemizde tehlike görülen bütün akarsularda taşkın risk çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalar neticesinde uygun önlemler alınmalıdır.

Bu tezde elde edile sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. Son yıllarda gelişme gösteren Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) taşkın kontrol çalışmaları için de etkili bir araç olarak kullanılabilir.
2. Bu çalışmada kullanılan ArcGIS yazılımı, HEC-RAS, HEC-GeoRAS gibi araçların birlikte kullanılmasıyla etkili taşkın analizleri yapılmıştır.
3. CBS ile taşkın analizlerinde sonucu etkileyen en önemli bileşenlerden biri sayısal haritaların ölçek ve çözünürlüğüdür. Burada kullanılan 1/5000 ölçekli haritalar yeterli bir yaklaşım sunmuş fakat daha büyük ölçek ve çözünürlüklü haritalar daha hassas sonuçlar alınmasını sağlayacaktır.
4. Tüm taşkın analizlerinde olduğu gibi CBS ile taşkın analizlerinde de diğer önemli bir girdi hidrolojik verilerdir. Akım ölçüm verileri dağılım fonksiyonları kullanılarak analiz edilmiş ve çalışma alanı için maksimum taşkın Gumbel dağılımına göre $Q_{50} = 210 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{500} = 291.6 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{1000} = 316.0 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak elde edilmiştir. Bu debiler DSİ tarafından sentetik seriler yardımıyla $Q_{500} = 283.3 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{1000} = 311.8 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak verilmiştir. Rasyonel metotla elde edilen değer ise $Q = 185 \text{ m}^3/\text{s}$ olup bu değer Gumbel dağılımı için 25 yıllık periyoda karşılık gelmektedir.
5. Taşkın kesitleri ve haritalarından anlaşılabileceği üzere 50, 100, 500 ve 1000 yıllık tekerrürlü gelmesi muhtemel debilerinde, Bitlis şehir merkezinde akım akarsu yatağı içerisinde kalmakta ve önemli bir taşkın oluşmayacağı görülmektedir.
6. Ancak özellikle şehir içerişindeki yapay kesitlerde akımın enerji seviyeleri kesit dışına taşıdığı görülmektedir. Taşkın sırasında oluşabilecek herhangi engel nedeniyle akımın enerjisini kaybetmesi akım seviyesinin enerji seviyesine ulaşmasına ve yatağından

taşmasına neden olabilir. Bu nedenle enerji çizgisinin seviyesine de dikkat edilmeli ve bu seviyenin altındaki alanlar da taşkın riski olan alanlar olarak değerlendirilmelidir.

7. Analizi yapılan kısımlar dışında kalan yerleşim yeri olmayan bölgeler için de daha detaylı haritalar yardımıyla taşkın çalışması yapılmalıdır. Bu kesimlerin de detaylı çalışması tamamlanmasıyla bir bütün halinde taşkın durumları irdelenmelidir.
8. CBS araçlarının ve kullanıcı birimlerinden kaynaklanan hataların olabileceği ihtimaline karşı bu çalışmaların kontrolü için yerinde kontrollerin yapılması gerekmektedir.

Öneriler:

1. Taşkınların getireceği rüsubat ve katı madde miktarları önemli bir sorun olup ayrıca incelenmelidir.
2. Bu tezde incelenmeyen akarsu üzerindeki düzenleme yapılarının tamamı gözden geçirilmeli ve dayanımları kontrol edilmelidir.
3. Bitlis çayının şehir içerinden geçen kesiminin tamamının üzeri açılmalıdır.
4. Şehrin doğal ve tarihi yapısını yeniden canlandıracak çok disiplinli bir çalışma yapılmalıdır.
5. Akarsuyun uygun noktaları yerel idareler yardımıyla rüsubattan arındırılmalıdır.
6. Akarsuyun uygun kesimlerine katı madde kapanları yapılmadığı. Gerekli görüldüğü hallerde mekanik sistemlerin kullanılması katı madde miktarını engelleyici ve akarsuyun akışını koruması uygun görülmektedir.
7. Akarsu yakınlarında yer alan yerleşim ve iş yerlerinden çıkan atık maddelerin akarsuya karışması engellenmelidir.
8. Yerel halkın katı madde konusunda gerekli idarelerce bilgilendirilmesi yapılmalıdır.
9. Akarsu yakınlarında yer alan arazilerin gerekli kesimlerinde ağaçlandırma yapılmalıdır.
10. Akarsu yamaçları gerekli kesimlerde teraslanmalıdır.
11. İklim ve bitki örtüsünü koruyucu çalışmalar yapılmalı, yeşil alanların arttırılması sağlanmalıdır.
12. Akarsu yamaçlarında kalan tarihi kalıntıların korunması yönünde çalışmalar yapılmalıdır.
13. Şehir merkezi akarsu yatağından uzak noktalara taşkın riskinin bulunmadığı noktalara taşınmalıdır.
14. Bitlis Çayının ilgili yerel idareler aracılığıyla çeşitli faaliyetler yapılarak öncelikle yakın çevresi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve orta doğu için arz ettiği önem anlatılmalı ve bilinçlendirme çalışmaları yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abdollahzadeh moradi Y, 2012. Karun (İran) Üst Havzası'nda Taşkın Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akar İ, Maktav D, 2008. Taşkın Araştırmalarında Çok Kriterli Karar Verme Analizi ve Hidrolojik Modellemelerin Uzaktan Algılama ve CBS Entegrasyonu ile Karşılaştırılması. II. Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu, Kayseri.
- Akkaya U, Saraylı S, Doğan E, Akçalı E, Akpınar A, Yıldırım MS, 2013. Rize Taşlıdere'nin Taşkın Analizinin Yapılması. Taşkın ve Heyelan Sempozyumu Trabzon, 503-512.
- Altundal M, 2010. Taşkınların Ekonomik Boyutu. Dünya Su Günü. 22-24 Mart 2010, Afyon.
- Anonim, 2015. Histometrik İntegral https://tr.wikipedia.org/wiki/Hipsometrik_e%C4%9Fri (erişim tar. 23.12.2015)
- Anonim, 2016. Froude Sayısı, https://tr.wikipedia.org/wiki/Froude_say%C4%B1s%C4%B1 (erişim tar. 09.02.2016)
- Aydın MC, Işık E, 2015. Evaluation of Ground Snow Loads in the Micro-climate Regions. Russian Meteoroloji an Hidroloji, 40 (11): 741-748.
- Aydın MC, Yaylak MM, 2015. CBS Yardımıyla Akarsularda Taşkın Analizi ve Örnek Bir Uygulaması. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, 147-156.
- Aydın MC, Yaylak MM, 2016. Bitlis Çayı Taşkın Hidrolojisi. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 5(1): 49-58.
- Bağdatlı MC, Albut S, Altürk B, 2013. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Destekli Taşkın Veri Tabanının Oluşturulması: Tekirdağ İli Marmara Kıyı Havzaları Örneği. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri 2013 Kongresi, Ankara.
- Bastawesy ME, White K, ve Nasr A, 2009. Integration of Remote Sensing and GIS for Modelling Flash Floods in Wadi Hudain Catchment, Egypt. Hydrological Processes, (23): 1359–1368.
- Bayazıt M, 2011. Hidroloji Ders Kitabı. Birsan Yayınevi, İstanbul.
- Bayazıt Y, Bakış R, 2015. Seydisuyu Çayının Havza Taşkın Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Oluşturulması. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, 157-164.

- Bayazıt Y, Bakış R, Koç C, Kaya T, 2014. Elazığ Uluslararası Katılımlı IV. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu, 731-737.
- Bedient PB, Huber, WC, 1992. Hydrology and Floodplain Analysis 2nd Edition. Addison-Wesley, USA.
- Chow VT, Maidment DR ve Mays LW, 1988. Applied Hydrology. McGraw- Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering, New York.
- Davis, V, 2015. Floodplains. http://www.nhflooded.org/flood_plains101.php [erişim tar. 10.12.2015]
- Demir V, Kişi Ö, 2015. Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Taşkın Haritalarının Oluşturulması: Samsun Mert Irmağı Örneği. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, 107-120.
- Demirkesen AC, 2003. Sayısal Yükseklik Modeli Yardımıyla Taşkın Alanlarının Belirlenmesi. Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7 (1-2): 61-73.
- DMİ, 2014. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/maksimum-yagisalar.aspx> (erişim tar. 05.02.2016)
- DMİ, 2016. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx> (erişim tar. 05.02.2016)
- DMİ, 2016a. Doğal Afetler. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü. <http://www.mgm.gov.tr/arastirma/dogal-afetler.aspx?s=taskinlar> [erişim tar. 09/12/2015]
- Dölek İ, 2013. Muş'ta Yaşanan Sel ve Taşkınlara Neden Olan Doğal Faktörlerin Analizi. Marmara Üniversitesi Coğrafya Dergisi, 28: 408-422.
- DSİ Etüd ve Plan Dairesi, 2010. Denizli il Merkezi 19.06.2010 Tarihinde Meydana Gelen Taşkın Özet Raporu.
- DSİ, 2013. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Taşkın Riski Ön Değerlendirmesi. Orman ve Su İşleri Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü Teknoloji Daire Başkanlığı.
- Dutta D, Herath S, Musiake K, 2005. An Application of a Flood Risk Analysis System for Impact Analysis of a Flood Control Plan in a River Basin. Hydrological Processes, (20): 1365–1384.
- Efe H, 2014. Batman Çayının Taşkın Analizinin HEC-RAS Programıyla Yapılması. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır.

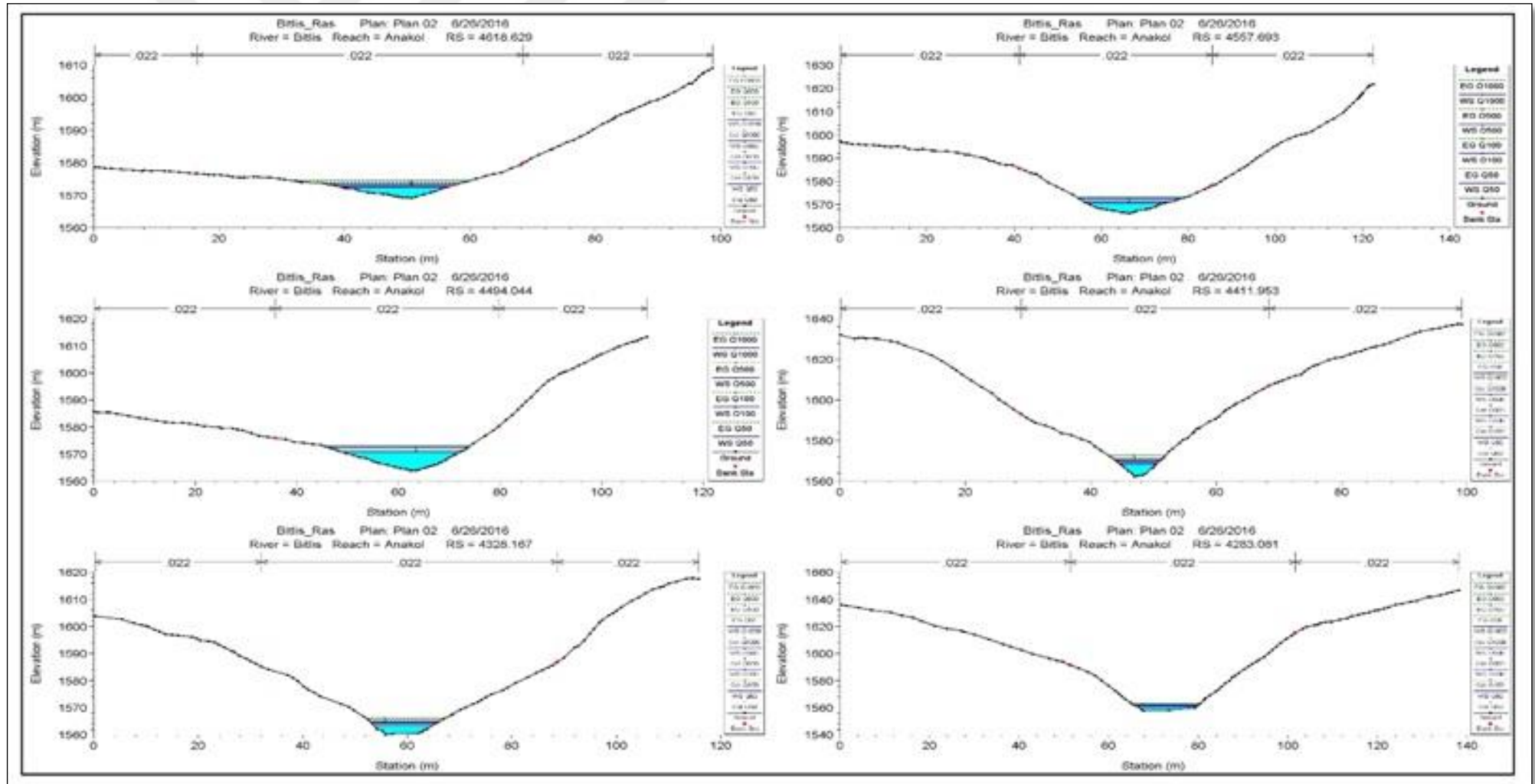
- Efe H, Önen F, 2015. Batman Çayının Taşkın Analizinin HEC-RAS Programıyla Yapılması. Mühendislik Dergisi, 6(2): 83-92, Diyarbakır.
- Ekinci D, 2003. İhsaniye Deresi Havzası(Zonguldak) Taşkın Analizi. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, (11): 97-118.
- Elçi Ş, Tayfur G, İsmail H, 2014. Baraj Yıkılması Sonrasında Taşkın Yayılımının Hesabı İçin Verilerin CBS Ortamında Hazırlanması: Porsuk ve Alibey Barajları Örnekleri. Elazığ Uluslararası Katılımlı IV. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu, 159-170.
- Erdem U, 2013. Yerleşimlerin Taşıdığı Deniz Taşkını, Sel ve Deprem Afet Tehlikelerinin CBS Kullanılarak Yorumlanması: Balıkesir Örneği. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15(2): 40-57.
- Eren ME, Coşar A, Bostan T, 2015. Silivri Kayalı (Boğluca) Deresi Taşkın Riskinin İrdelenmesi. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, 93-106.
- Erkek C, Ağralıoğlu N, 2013. Su Kaynakları Mühendisliği. Beta Yayınevi, İstanbul.
- Girayhan TK, 2015. Nicel Taşkın Risk Değerlendirmesiyle Hasar Modellemesi ve Metodolojinin Geliştirilmesi. Uzmanlık Tezi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Gökçe Ş, Ayvaz MT, Genç Ö, Koç AC, 2013. Taşkın Alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemi ve Hidrolik Modelleme Teknikleri ile Belirlenmesi: Pamukkale Üniversitesi Kınıklı Yerleşkesi İçin Bir Uygulama. Taşkın ve Heyelan Sempozyumu Trabzon, 391-403.
- Günek H, Akdemir İO, Kuşçu V, 2013. Harput ve Yakın Çevresinin CBS-Uzaktan Algılama ile Morfometrik Özelliklerinin Analizi. Fırat Üniversitesi Harput Uygulama ve Araştırma Merkezi Geçmişten Geleceğe Harput Sempozyumu, Elazığ, 265-278.
- Gürer İ, 1996. Türkiye’de Taşkın Problemi. International Symposium on Natural and Man-Made Hazards. Toronto, Canada.
- Haltaş İ, Kocaman B, 2015. Ayvalı Barajı Olası Yıkılma Taşkın Tehlike Modellemesi ve Haritalaması. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, 70-78.
- HEC, 2009. HEC-GeoRAS GIS Tools for Support of HEC-RAS using ArcGIS User’s Manual 4.2. U.S. Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources.
- HEC, 2010. HEC-RAS River Analysis System User’s Manual 4.1. U.S. Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources.

- Islam M, Sado K, 2000. Development of Flood Hazard Maps of Bangladesh Using NOAA-AVHRR Images with GIS. Hydrological Sciences Journal, 45 (3): 337-355.
- Işık, Y, 2012. Coğrafi Bilgi Sisteminin Tarihçesi.
<https://ysnisik.wordpress.com/2012/07/11/cografi-bilgi-sisteminin-tarihcesi/> (erişim tar. 22.12.2015).
- Johnson, R.R. 1998. An Investigation of Curve Number Applicability to the Watersheds in Excess of 2500 Cectares (250km²).Jornal of Environmental Hydrology, Volume 6.
- Kara S, ve Akar İ, 2007. Sel ve Taşkınların; Nedenlerinin, Sonuçlarının ve Çözüm Önerilerinin Belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) ve Uzaktan Algılamanın (UA) Kullanımı “Beşikdüzü-Solaklı Arasındaki Karadeniz Akları Örneği”. 5. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu, İstanbul.
- Korkmaz S, 2011. Hidrolojide Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları: Nilüfer Çayı Havzası. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri 2011 Kongresi, Antalya.
- Malkoç FÖ, Yıldız M, Malkoç Y, 2008. Solaklı Deresi Havzası İçin Taşkın Hidrolojisi Çalışmaları. Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı Bildiriler Kitabı, 89-100.
- MGM, 2016. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Web sitesi: <http://www.mgm.gov.tr/arastirma/dogal-afetler.aspx?s=taskinlar>. Erişim Tarihi: 24.07.2016.
- Nas S, Nas E, 2013. Taşkın Alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Belirlenmesi ve Risk Analizi: Harşit Çayı (Gümüşhane) Örneği. Taşkın ve Heyelan Sempozyumu Trabzon, 405-419.
- Onuşluel G, 2005. Floodplain Management Based On The HEC-RAS Modeling System. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Overton IC, 2005. Modelling Floodplain Inundation on A Regulated River: Integrating GIS, Remote Sensing & Hydrological Models. River Research& Applications, 21: 991–1001.
- Özcan E, 2006. Sel Olayı ve Türkiye. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 26 (1): 35-50.
- Özcan O, Musaoğlu N, Şeker DZ, 2009. Taşkın Alanlarının CBS ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi ve Risk Yönetimi; Sakarya Havzası Örneği. TMMOB Harita ve

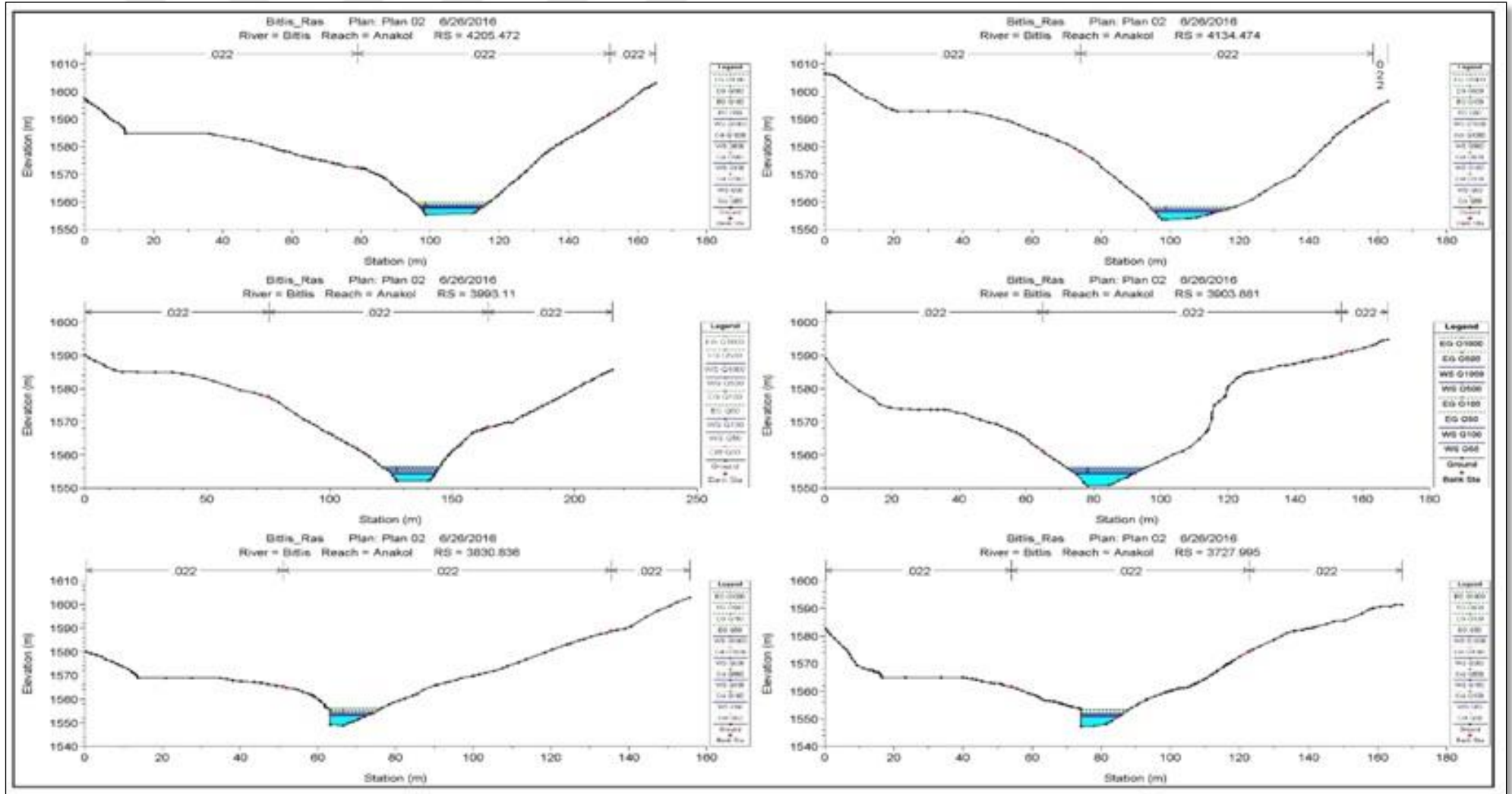
- Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel Teknik 2009 Kurultayı, Ankara.
- Özdemir H, 1978. Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi. DSİ Basım ve Foto – Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, Ankara.
- Özdemir H, 2007. SCS CN Yağış-Akış Modelinin CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Uygulanması: Havran Çayı Örneği (Balıkesir). Ankara Üniversitesi Coğrafi Bilimler Dergisi, 5 (2): 1-12.
- Özdemir H, Akbulak C, Özcan H, 2011. Çokal Barajı (Çanakkale) Çökme Modeli Ve Taşkın Risk Analizi. Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi, 8: 659-698.
- Özoral E, 2007. Taşkın Koruma Faaliyetlerinde Memba ve Mansap Planlaması ve Yukarı Havza Önlemleri. Sel-Heyelan-Çığ Sempozyumu Bildiriler Kitabı. 67-93.
- Özşahin E, 2013. Arnavutluk'ta Taşkın Risk Analizi. Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi 12: 91-109.
- Özşahin E, Kaymaz ÇK, 2013. Taşkın Riskinin Değerlendirilmesine Bir Örnek: Amik Ovası Taşkınları. Turkish Studies-International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic, 8(8): 2021-2039.
- Selvanathan S, Dynmond RL, 2010. FloodwayGIS: An ArcGIS Visualization Environment to Remodel a Floodway. Research Article, Transactions in GIS, 14(5): 671–688.
- SunkarM, ve Tonbul S, 2010. İluh Deresi Havzası'na (Batman) Yönelik Sel ve Taşkın Riski Analizleri. E-Journal of New World Sciences Academy Nature Sciences, 5(4): 255-273.
- Sümer BM, Ünsal İ, Bayazıt M, 2007. Hidrolik Ders Kitabı. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Şahin E, Akıntuğ B, Yanmaz MA, 2013. Güzelyurt Taşkını Modellemesi ve Çözüm Önerileri. İMO Teknik Dergi, 6447-6462.
- Tehrany MS, Pradhan B, Jebur MN, 2014. Flood Susceptibility Mapping Using a Novel Ensemble Weights-of-Evidence and Support Vector Machine Models in GIS. Journal of Hydrology, 512: 332–343.
- Tonbul Ü, 2014. CBS Destekli Taşkın Alanlarının Belirlenmesi: Kavaközü Deresi Örneği. 7. Ulusal Mühendislik Ölçümleri Sempozyumu.

- Tulger G, Bilgiç E, Gündüz O, 2015. Deniz Seviyesi Yükselmesi Durumunda Gediz Deltasının Su Altında Kalma Analizi. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, 40-51.
- Turoğlu H, 2011. İstanbul'daki Sel ve Taşkınlar. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 3 (1): 39-46.
- Türkiye Afet Bilgi Bankası Veri Modülü. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. <https://tabb-analiz.afad.gov.tr/Genel/Sorgulama.aspx> [erişim tar. 10.12.2015].
- Türkkan GE, Korkmaz S, 2015. Kaplıkaya Deresinin Sayısal Model ile Taşkın Analizi. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, 62-69.
- Uçar İ, 2010. Trabzon Değirmendere Havzası'nda Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bir Hidrolik Model Yardımıyla Taşkın Analizi Yapılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Usul N, 2004. Taşkın Çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması. 22 Mart Dünya Su Günü Suya Bağlı Afetlerin Etkilerinin Azaltılmasında Yaşanan Sorunlar ve Çözüm Yolları Paneli, 41-61.
- Usul N, 2008a. Çayboğazı Havzasında Hidrolojik-Hidrolik Model ve CBS ile Taşkın Çalışması. Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı Bildiriler Kitabı, 147-159.
- Usul N, 2008b. Mühendislik Hidrolojisi. ODTÜ Basımevi, Ankara.
- Usul N, Şorman Ü, Akyürek Z, Turan B ve Yılmaz M, 2002. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Hidrolojik– Hidrolik Model Entegrasyonu ile Taşkın Analizi Pilot Projesi, Kesin Rapor. ODTÜ, Ankara.
- Uşkay Ş, Aksu S, 2002. Ülkemizde Taşkınlar, Nedenleri, Zararları ve Alınması Gereken Önlemler. Türkiye Mühendislik Haberleri, (420-421-422): 133-136.
- Yalçın G, Akyürek Z, 2004. Analysing Flood Vulnerable Areas With Multicriteria Evaluation. XX. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress, 12-23.
- Yazıcılar F, Önder H, 1998. Taşkın Yatakları Planlamasında HEC-RAS Bilgisayar Programı ile Su Yüzü Profili Hesaplanması-Bartın Nehrinde Bir Uygulama. Su Mühendisliği Problemleri Semineri (V), Fethiye, Muğla, 1-21.

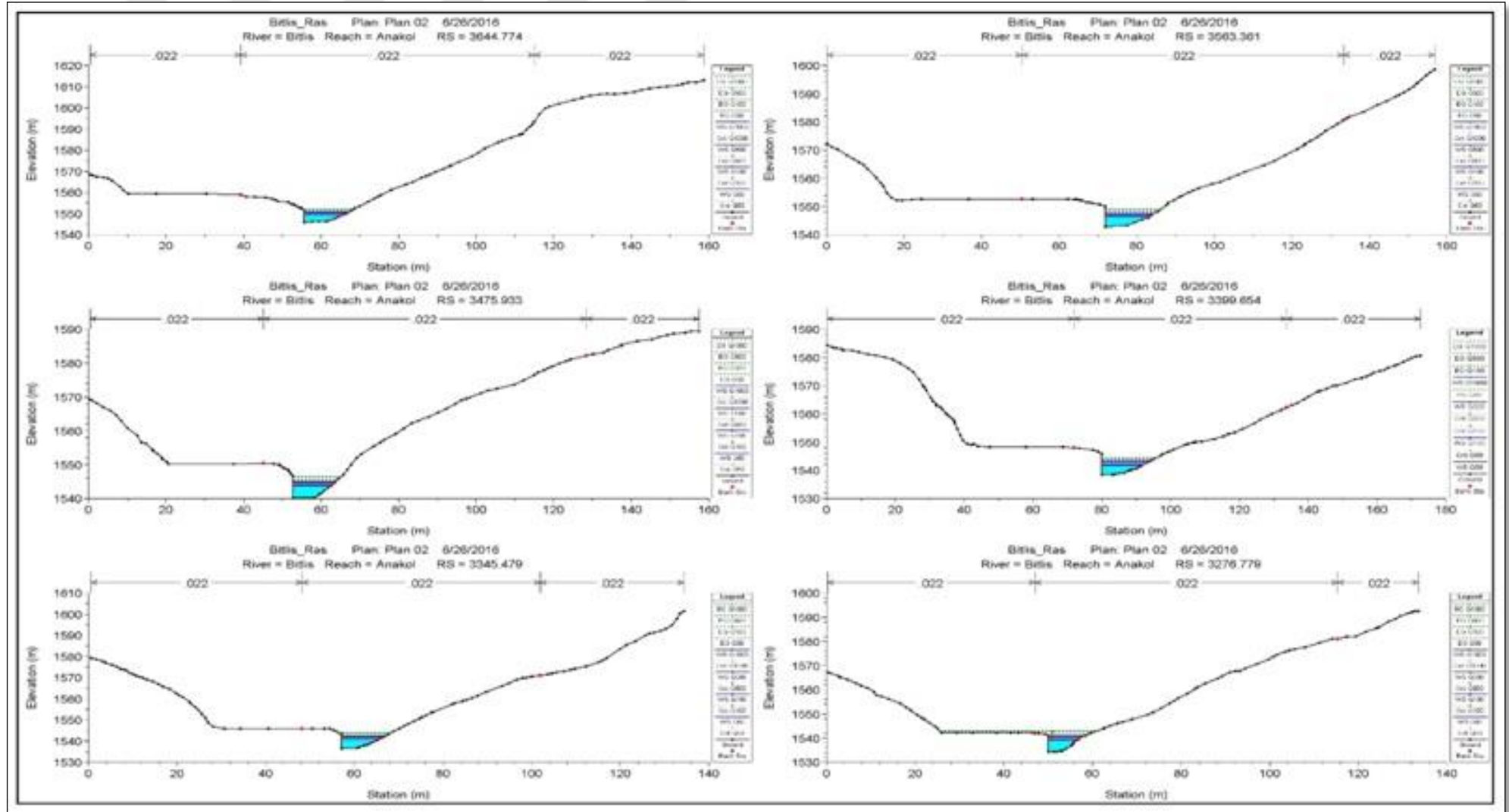




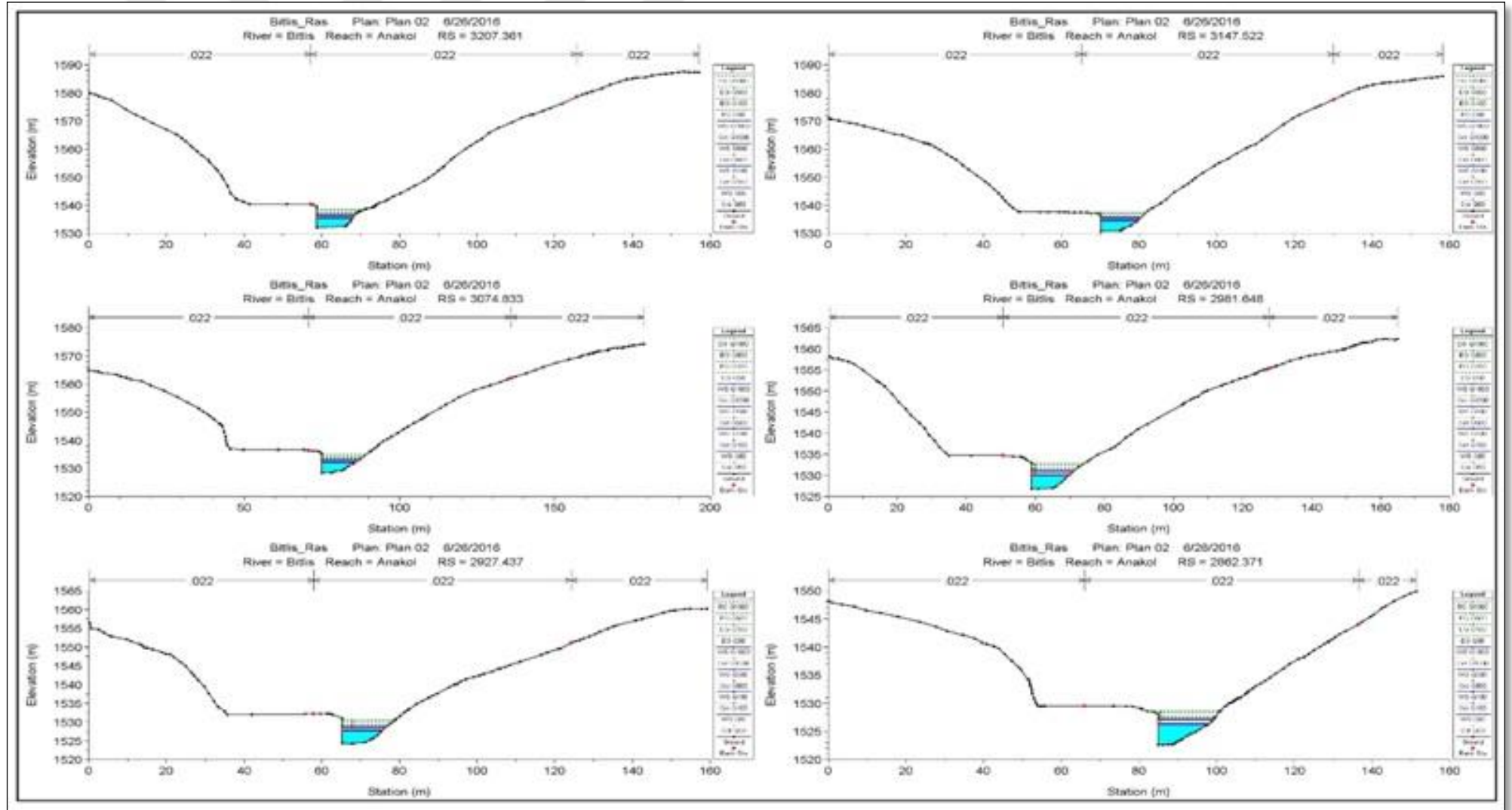
EK-1. Bitlis Çayı 4618.629 – 4283.081 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler



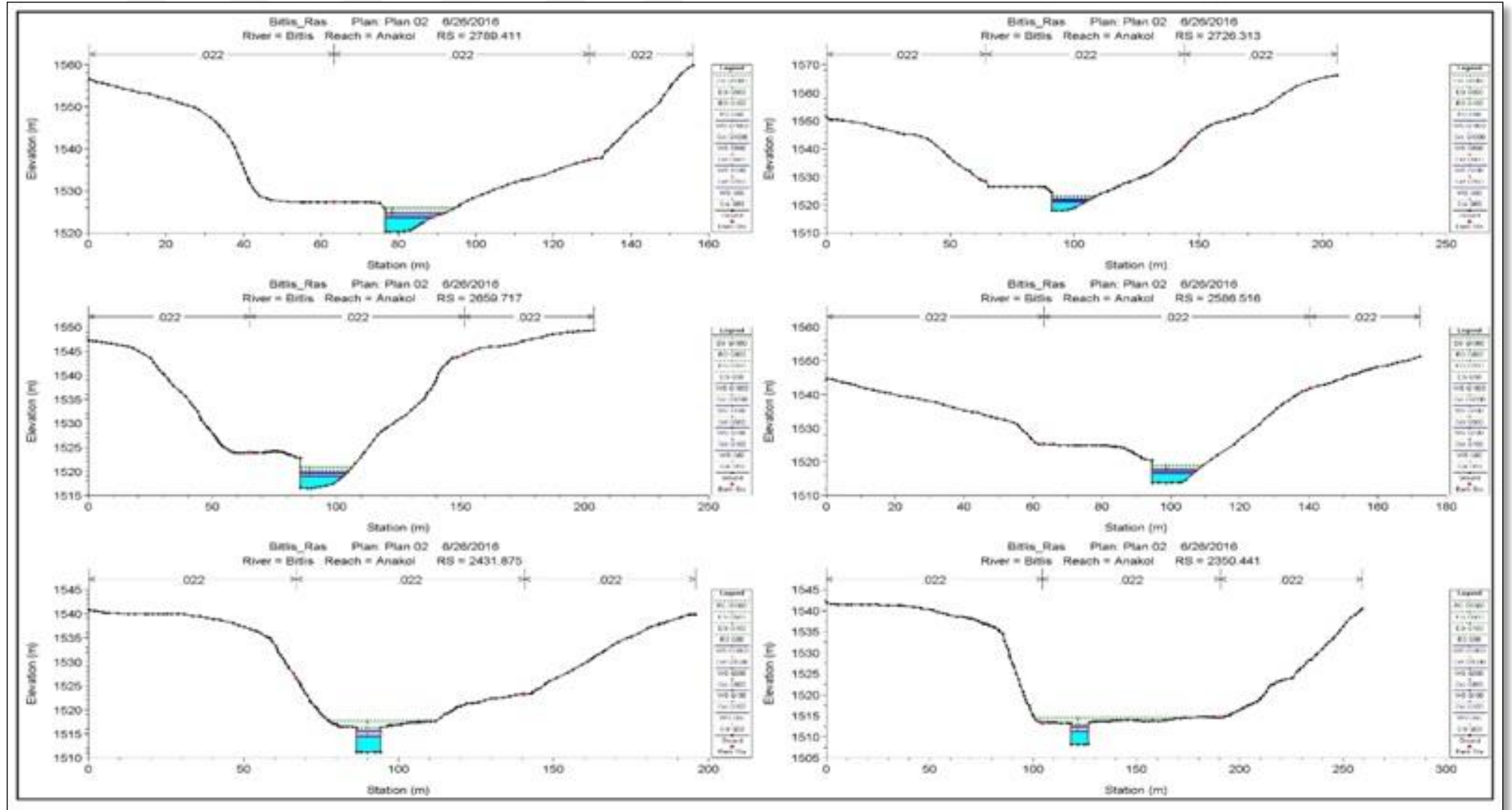
EK-2 Bitlis Çayı 4205.472 – 3727.995 no'lu istasyonlar arasındaki kesitler



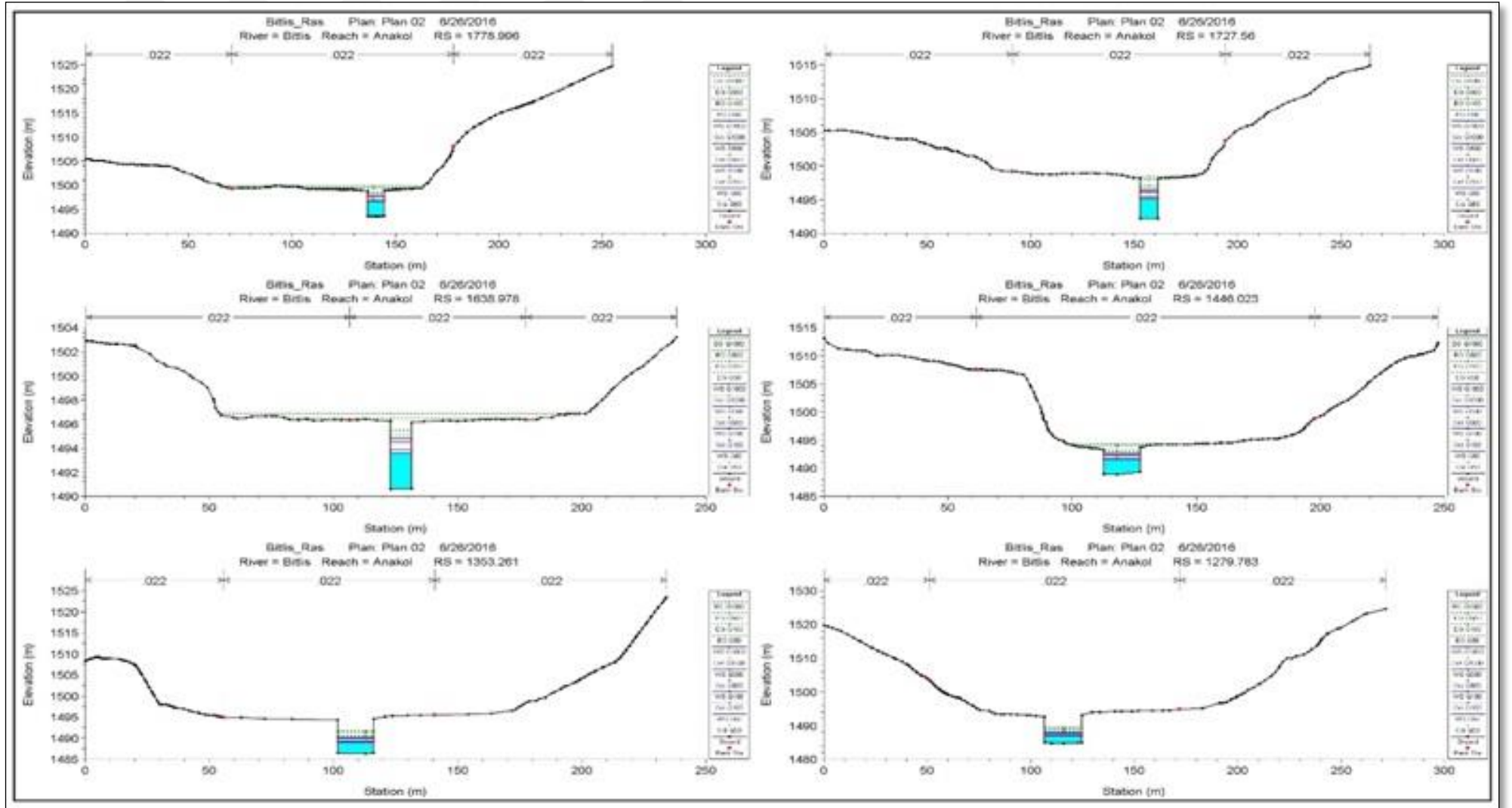
EK-3 Bitlis Çayı 3644.774 – 3276.779 no'lu istasyonlar arasındaki kesitler



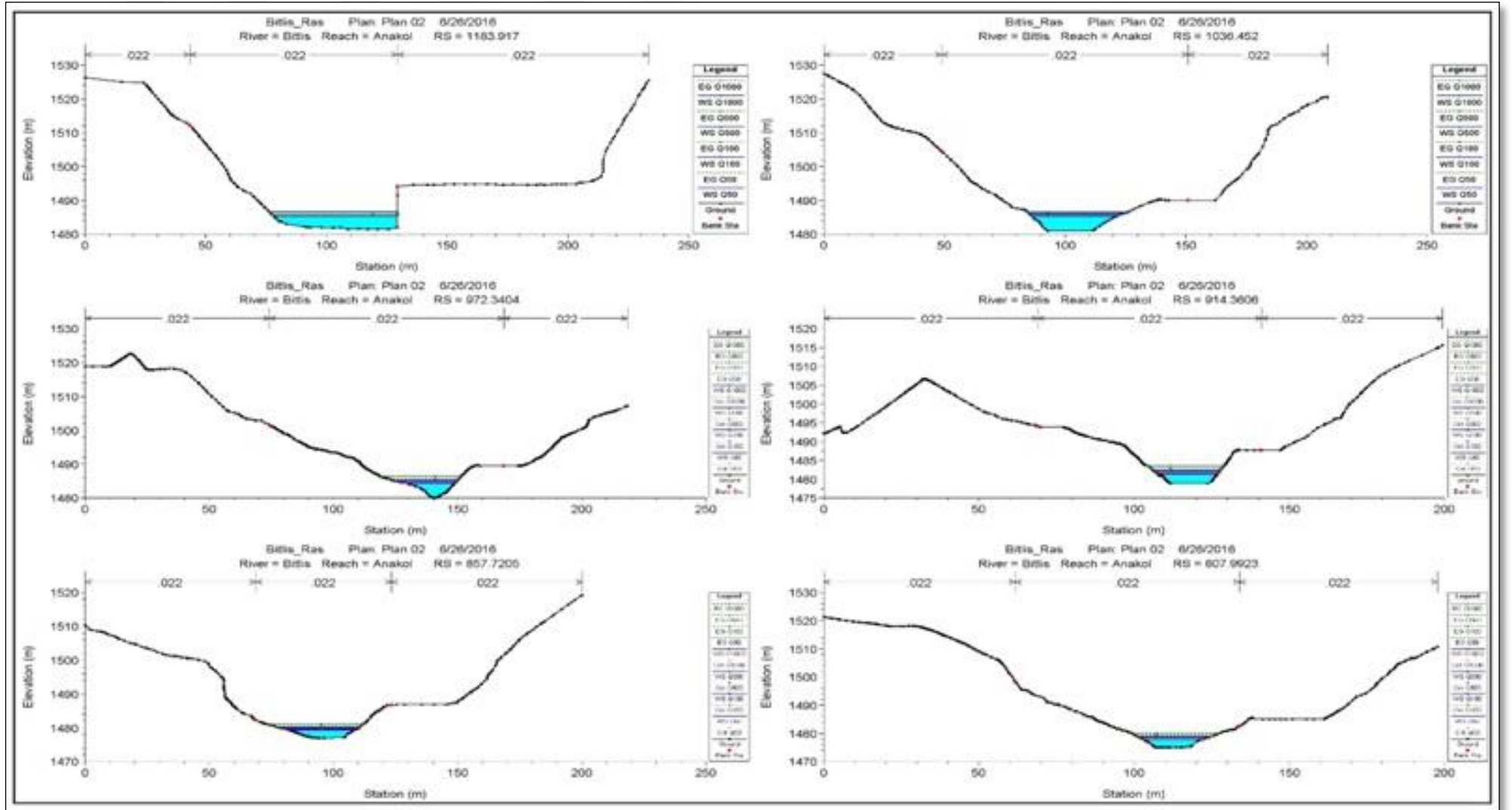
EK-4 Bitlis Çayı 3207.361 – 2862.371 no'lu istasyonlar arasındaki kesitler



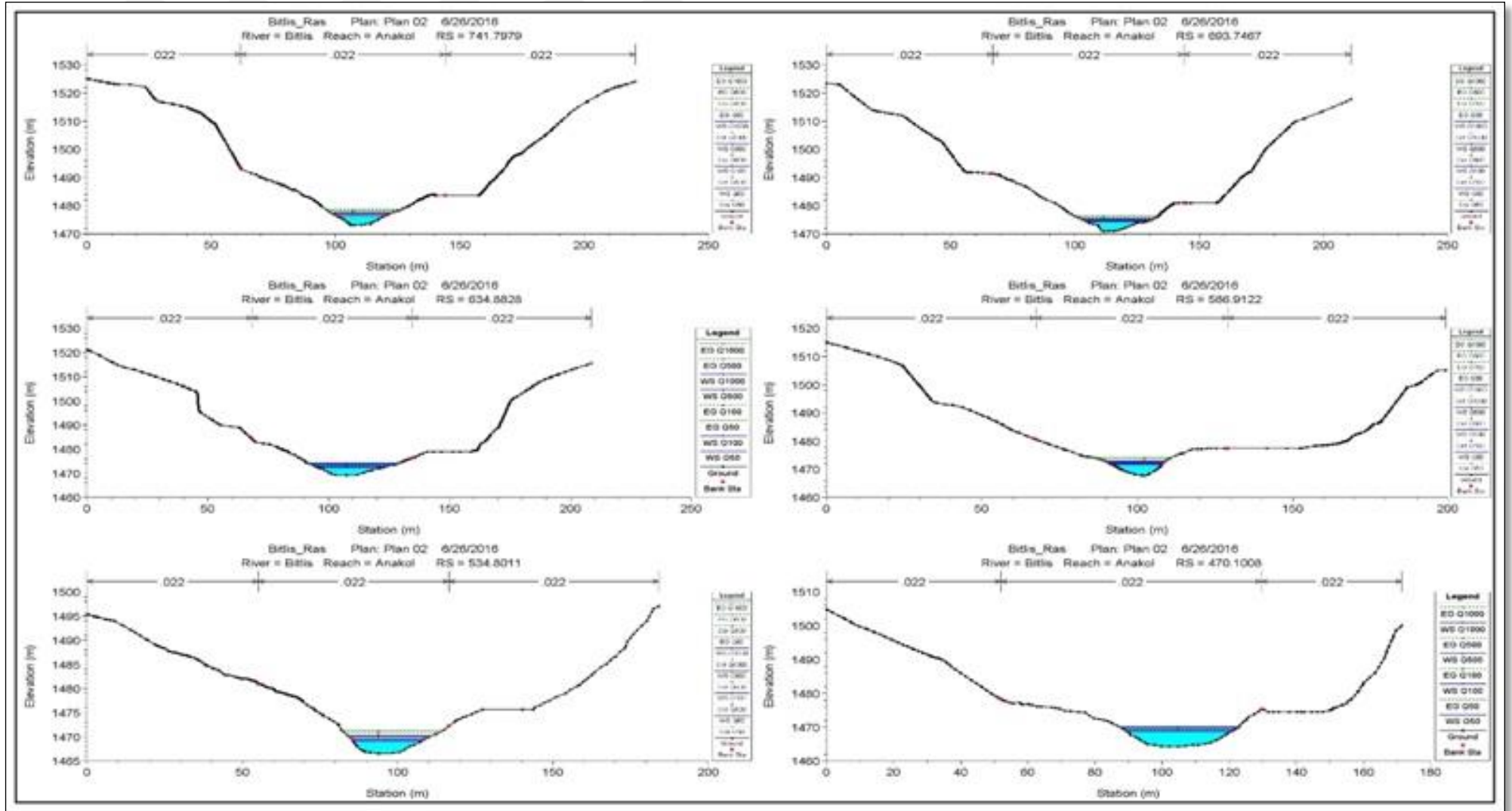
EK-5 Bitlis Çayı 2789.411 – 2350.441 no'lu istasyonlar arasındaki kesitler



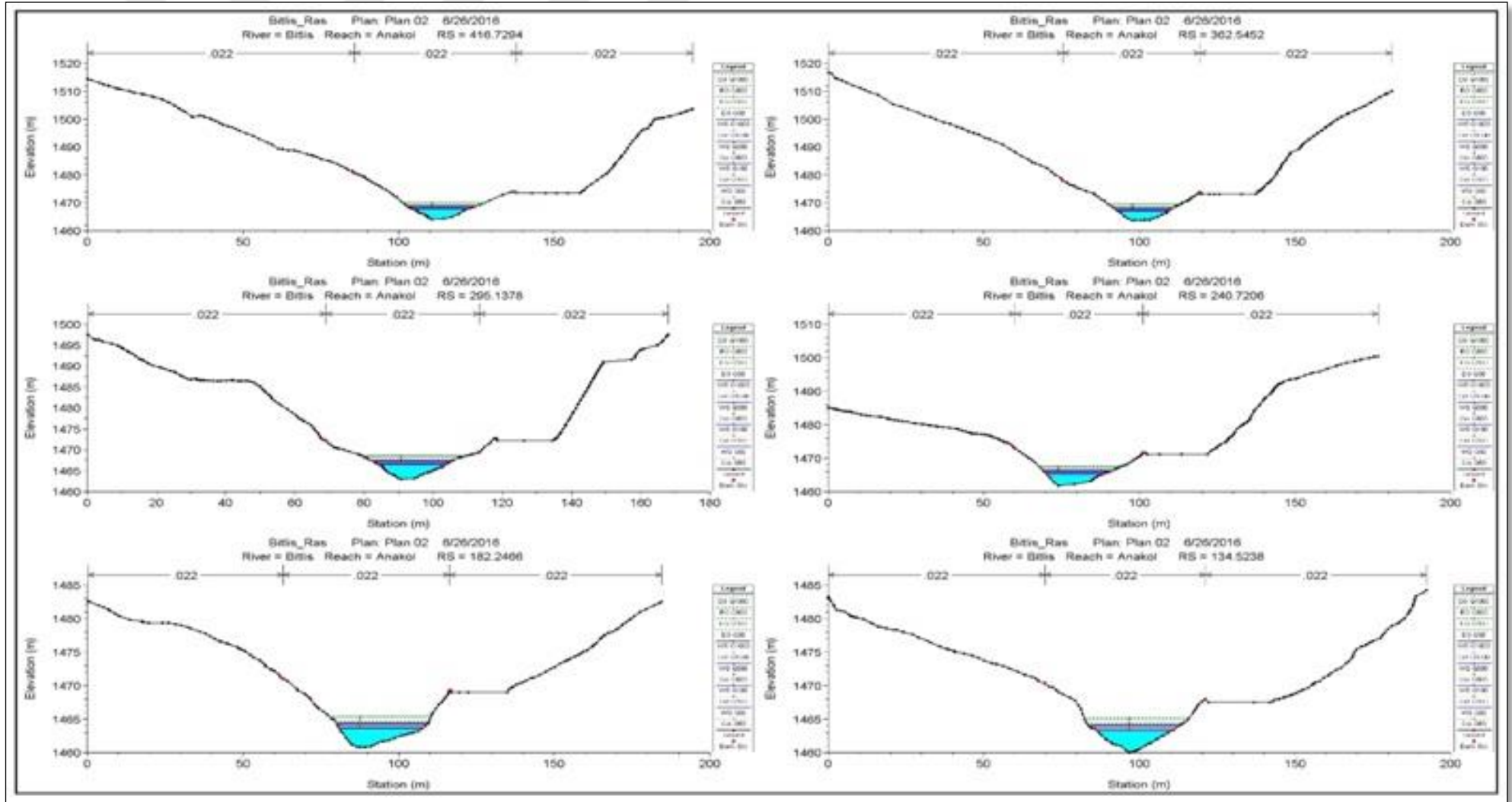
EK-7 Bitlis Çayı 1778.996 – 1279.783 no'lu istasyonlar arasındaki kesitler



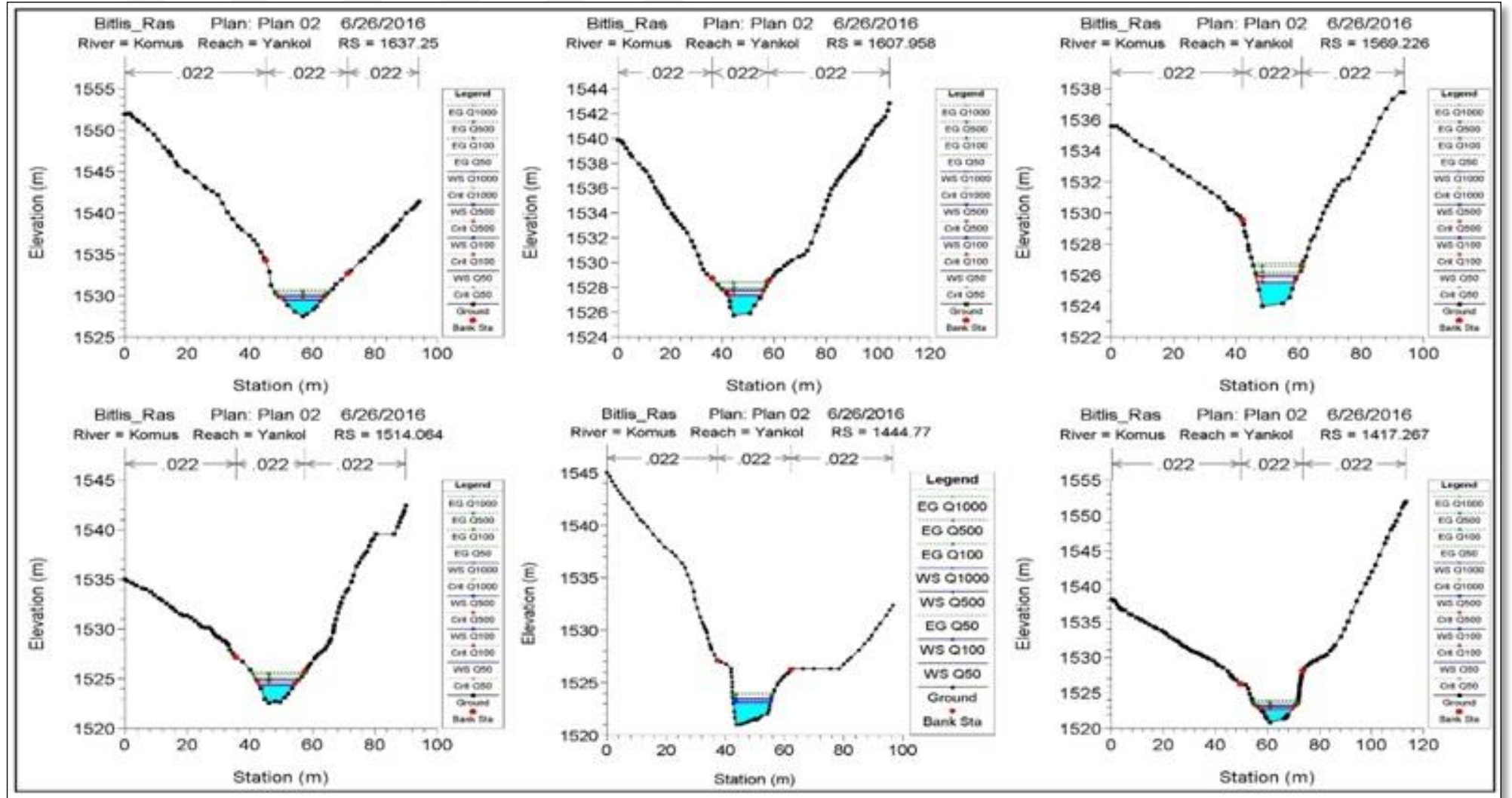
EK-8 Bitlis Çayı 1183.917 – 807.9923 no'lu istasyonlar arasındaki kesitler



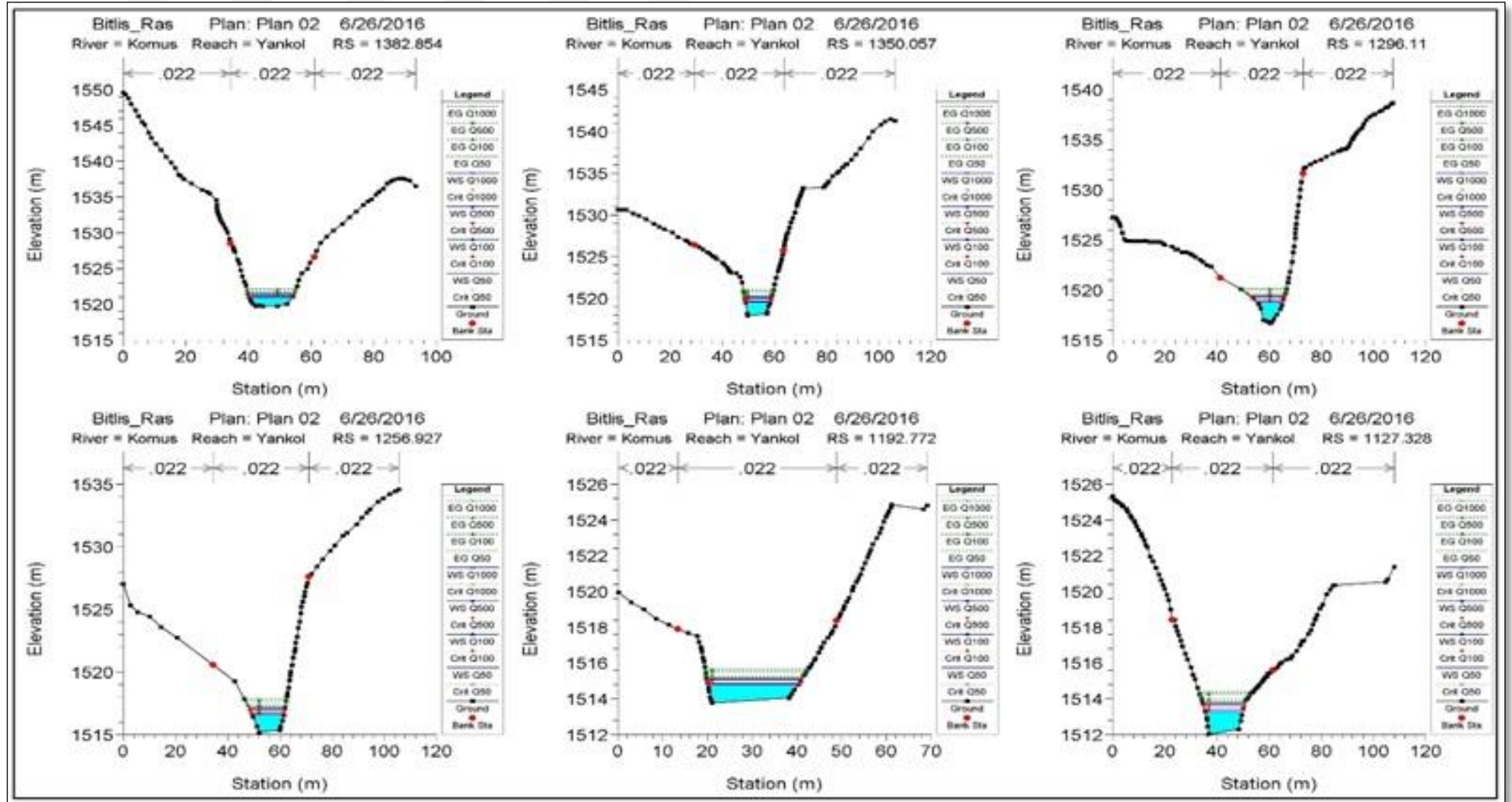
EK-9 Bitlis Çayı 741.7979 – 470.1008 no'lu istasyonlar arasındaki kesitler



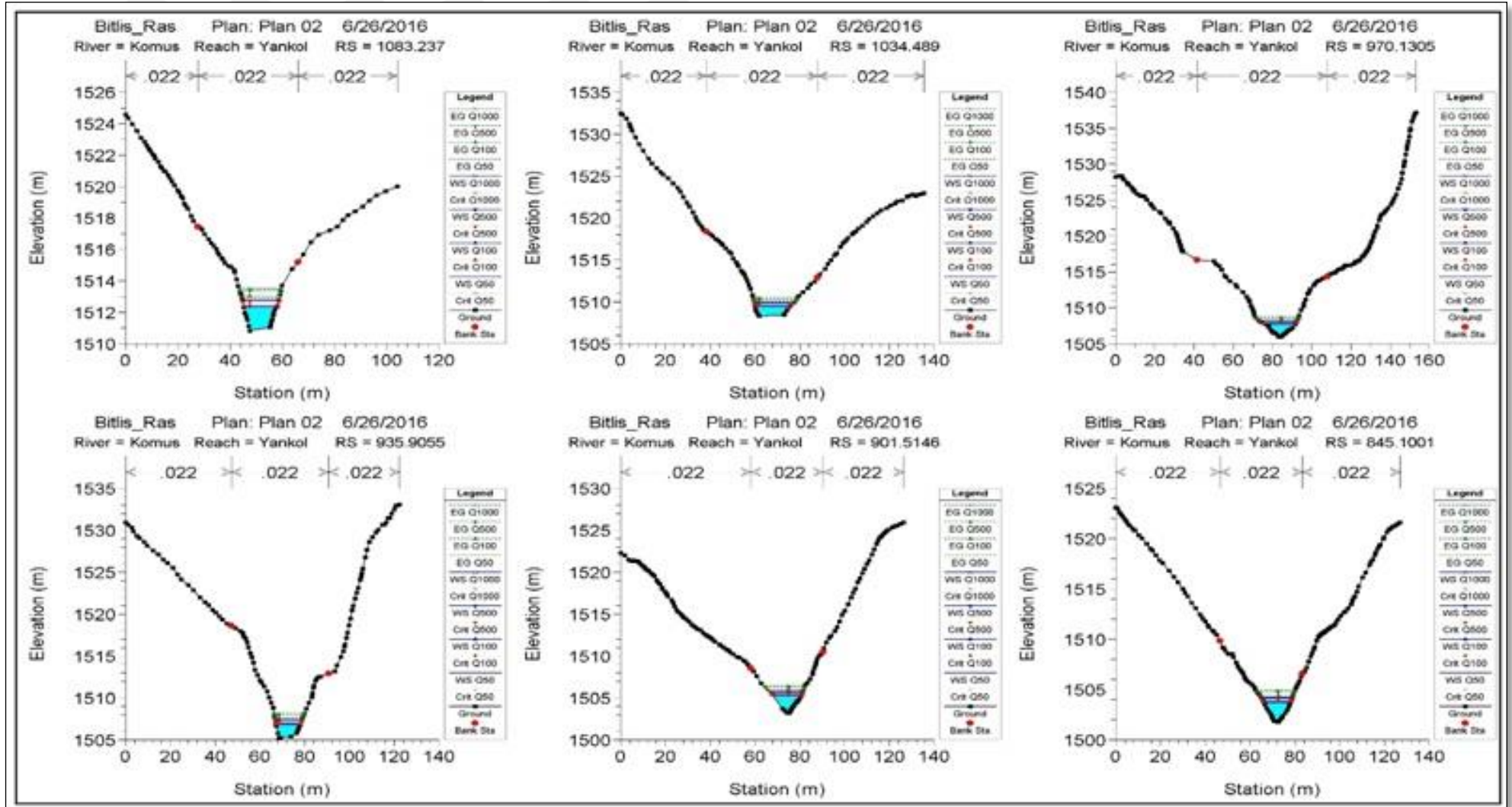
EK-10 Bitlis Çayı 416.7294 – 134.5238 no'lu istasyonlar arasındaki kesitler



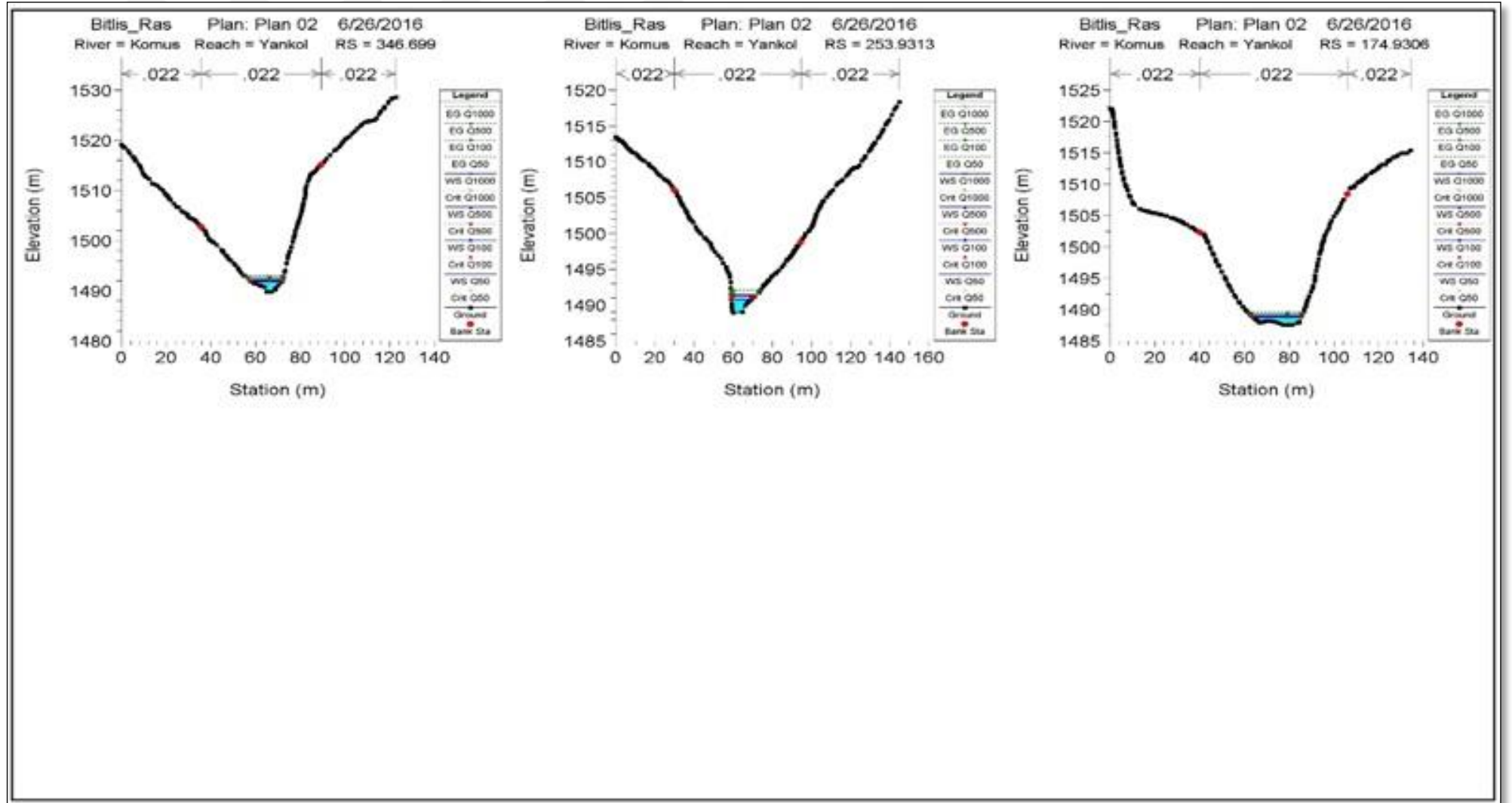
EK-12 K m s  ayı 1637.25 – 1417.267 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler



EK-13 K m s  ayı 1382.854 – 1127.328 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler



EK-14 K  m  s   ayı 1083.237 – 845.1001 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler



EK-16 K m s  ayı 346.699 – 174.9306 no’lu istasyonlar arasındaki kesitler

ÖZGEÇMİŞ

13.06.1990 yılında Tatvan/Bitlis'te doğdu. İlköğretimi Tatvan Tuğ İlköğretim Okulu'nda, ortaokulu Tatvan Tuğ İlköğretim Okulu'nda ve liseyi Tatvan Atatürk (YDA) Lisesi'nde tamamladı. 2008 yılında kazandığım Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2012 yılında derece ile mezun oldu. Eylül 2014'te Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı. Haziran 2016'da yüksek lisansımı tamamladı. Yabancı dili İngilizce'dir.

Akademik Faaliyetler

Aydın MC, Yaylak MM, 2015. CBS Yardımıyla Akarsularda Taşkın Analizi ve Örnek Bir Uygulaması. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, 147-156, Şanlıurfa.

Aydın MC, Çelik R ve Yaylak MM, 2015. Küresel İklim Değişikliğinin Keban Barajı'na Hidrolojik Etkisi 4. Su Yapıları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 439-448, Antalya.

Aydın MC, Yaylak MM, 2016. Bitlis Çayı Taşkın Hidrolojisi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5(1): 49-58.

Adı Soyadı

Muhammed Mustafa YAYLAK