T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAŞKIN RİSK ALANLARININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK İNCELENMESİ: MURAT NEHRİ (AĞRI) ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Naci BULAN

TEMMUZ 2019
GÜMÜŞHANE

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TAŞKIN RİSK ALANLARININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK İNCELENMESİ: MURAT NEHRİ (AĞRI) ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Naci BULAN

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
"İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı"
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12.07.2019
Tezin Sözlü Sınav Tarihi : 19.08.2019

TEMMUZ 2019

KABUL ve ONAY

Prof. Dr. Salim Serkan NAS danışmanlığında **Mehmet Naci BULAN** tarafından hazırlanan **"TAŞKIN RİSK ALANLARININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK İNCELENMESİ: MURAT NEHRİ (AĞRI) ÖRNEĞİ"** isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Başkan	: Prof. Dr. Şükrü YETGİN
Üye	: Prof. Dr. Şeref ORUÇ
Üye (Danışman)	: Prof. Dr. Salim Serkan NAS

ONAY

Bu tez 25/..9../..19 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum "Taşkın Risk Alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak İncelenmesi: Murat Nehri (Ağrı) Örneği" isimli tez çalışmasında; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

12/07/2019

Mehmet Naci BULAN

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAŞKIN RİSK ALANLARININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK İNCELENMESİ: MURAT NEHRİ (AĞRI) ÖRNEĞİ

Mehmet Naci BULAN

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Salim Serkan NAS
2019, 99 sayfa

Ülkemizde ve dünyada nüfusun hızla artması ile plansız yapılaşma, yanlış arazi kullanımı, taşkın yataklarının imara açılması, bina, yol vb. inşaatlar ile birlikte toprak yüzeyinin geçirimsiz hale getirilmesi gibi olumsuz etkiler sonucu son yıllarda taşkınların sayısı ve oluşturduğu hasarlarda ciddi artışlar görülmektedir. Bu durum özellikle yerleşim yerleri için muhtemel taşkınlar için riskli alanların tespit edilmesini ve tedbirlerin alınmasını gerekli kılmaktadır.

Çalışma alanı olan Ağrı ili ilk yerleşim yerleri dere yataklarından uzak bir konumda olduğu için taşkınlar açısından güvenli bir yerleşim iken, 40-50 yıllık zaman diliminde nüfusun artması ve çarpık kentleşme ile birlikte alçak taraçalar ve dere yataklarının işgal edilmesi ve yapılaşmanın artması sonucu taşkın frekanslarının arttığı ve taşkın risklerinin belirlenmesi gereken bir yerleşim haline gelmiştir.

Bu tez çalışmasında, Ağrı ili, Merkez ilçesindeki yerleşim yerleri muhtemel taşkınları için riskli alanların tespit edilmesi amacıyla Merkez İlçesinden geçen Murat Nehri'nin taşkın risk haritaları, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak elde edilmiştir. Yerleşim yerleri ve tarım arazilerinin içinden geçen Murat Nehri özellikle Nisan – Mayıs aylarında taşkınlara neden olmaktadır. Çalışma alanına ait 1/1000 ölçekli hâlihazır harita ve dere alımları ile bölgenin TIN haritası ArcGIS ve NetCAD yazılımlarıyla oluşturulmuştur. ArcGIS yazılımının bir modülü olan HEC-GeoRAS yazılımı ile TIN haritası üzerinde sayısallaştırmalar yapılmış, kritik kesitler belirlenmiştir. DSİ 8.Bölge Müdürlüğü'nden elden edilen hidrometrik verilerle birlikte HEC-RAS yazılımında Q_2, Q_5, Q_{10}, Q_{25}, Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000} taşkın tekerrür (yineleme) debilerine göre hesaplamalar yapılarak, su yüzü kotları ve taşkın sınırları belirlenmiştir. HEC-RAS yazılımında yapılan analizler, ArcGIS yazılımına aktarılarak sayısal haritalar ve uydu görüntüleri ile birleştirilmiştir. Taşkın riski olan bölgeler belirlenmiş ve taşkın zarar hesabı yapılmıştır.

Taşkın risk haritaları ve taşkın zarar hesabı çıkarılan bu çalışmada; CBS yardımı ile risk analizi için gerçeğe yakın sonuçlar elde edilebilmesi ve taşkınların vereceği zararların önlenmesi için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: ArcGIS, CBS, HEC-GeoRAS, HEC-RAS, Murat Nehri, Taşkın Risk Haritaları

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF FLOOD RISK AREAS BY USING GIS: CASE STUDY MURAT RIVER (AGRI)

Mehmet Naci BULAN

Gümüşhane University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Salim Serkan NAS
2019, 99 pages

With the rapid increase in the population in our country and in the world, the number of floods and damages caused by the negative impacts such as unplanned construction, improper land use, floodplain opening for construction, building, road and similar constructions and impermeability of the soil surface have increased in recent years. This warrants to determine risk regions of potential floods for residential areas and to take appropriate measures.

Ağrı province, which is study area, was a safe settlement in terms of floods since the first settlements were away from river beds. However, the province of Ağrı has become a place where the flood frequencies have increased and flood risks should be determined as a result of the increase of population in the period of 40-50 years and the occupation of low

terraces and river beds together with the distorted urbanization and the increase in the construction. In this thesis, the flood risk maps of Murat River passing through the Central District of Ağrı province in order to determine the risky areas were obtained by using geographic information systems (GIS).

Murat River, which passes through settlements and agricultural lands, causes floods especially in April-May. The region's TIN map which has the region with 1/1000-scale maps with streams was prepared with the ArcGIS and NetCAD softwares. The HEC-GeoRAS program, which is a module of ArcGIS software, has been digitized on TIN map and critical sections have been determined. The hydrometric data obtained from the 8th District of DSI Q_2, Q_5, Q_{10}, Q_{25}, Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} and Q_{1000} flood repetition calculations were carried out with HEC-RAS software, and the surface elevations and flood limits were determined. The analyzes carried out with HEC-RAS software were transferred to the ArcGIS software and combined with digital maps and satellite images.. Flood risk areas were identified and flood damage calculations was performed.

Flood risk maps and flood damage calculation were performed in this study; With the help of GIS, suggestions have been made for the realization of realistic results for risk analysis and for preventing the damages caused by floods.

Keywords: ArcGIS, GIS, HEC-GeoRAS, HEC-RAS, The Murat River, Flood Risk Maps

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalarım boyunca tez danışmanlığımı üstlenerek, yoğun çalışma programına rağmen çalışmanın her aşamasında engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım değerli hocam Sayın Prof. Dr. Salim Serkan NAS'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Topografik ve hidrometrik verilerin temini için yardımlarını esirgemeyen Devlet Su İşleri 85.Şube Müdürlüğü Harita Mühendisi Metin DEMİR'e ve kullanılan yazılımlar hakkında bilgisine başvurduğum kıymetli arkadaşım Abdullah MALTAŞ'a ve hayatımın her alanında desteğini aldığım aileme, eşime ve kızıma teşekkür ederim.

Mehmet Naci BULAN
Gümüşhane, 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET IV
ABSTRACT VI
TEŞEKKÜR VIII
İÇİNDEKİLER IX
ŞEKİLLER DİZİNİ XI
TABLOLAR DİZİNİ XVI
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ XVII
1. GENEL BİLGİLER 1
1.1. Giriş 1
1.2. Çalışmanın Amacı 2
1.3. Taşkınlar İle İlgili Genel Değerlendirmeler 3
1.3.1. Taşkın Nedenleri 4
1.3.2. Taşkınların Oluşturduğu Zararlar 15
1.3.3. Taşkınların Oluşumunu Önlemek 16
1.4. Taşkın Tekerrür (Yineleme) Debilerinin Hesaplanması 21
1.4.1. Snyder yöntemi 22
1.4.2. Mockus Yöntemi 23
1.4.3. SCS (Soil Conservation Service) Yöntemi 25
1.4.4. DSİ Sentetik Yöntemi 28
1.4.5. Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması 29
1.5. Taşkın Risk Haritalarının Modellenmesi 30
1.5.1. Netcad Yazılımı 30
1.5.2. ArcGIS Yazılımı 31
1.5.3. HEC-RAS Yazılımı 36
1.5.4. ArcGIS Yazılımı ile Çıktı Dosyası Oluşturma 45
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR 49
2.1. Giriş 49
2.2. Çalışma Alanı 51
2.3. Taşkın Açısından Çalışma Alanının Mevcut Durumu 54
2.3.1. Çalışma Alanının Jeolojisi 57
2.4. Verilerin Toplanması 59
2.3.2. Taşkın Tekerrür (Yineleme) Debileri 59

2.4. Sayısal Haritaların Oluşturulması 60
2.4.1. Sayısal Arazi Modelinin (SAM) Oluşturulması 60
2.4.2. Eğim Haritası 61
2.5. Manning Pürüzlülük Katsayısının Belirlenmesi 62
3. BULGULAR 66
3.1. Taşkın Risk Haritalarının Oluşturulması 66
3.1.1. CBS ile Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması 66
3.1.2. HEC-RAS ile Hidrolik Hesapların Yapılması 70
3.1.3. ArcGIS ile Taşkın Risk Haritalarının Oluşturulması 79
3.2. Taşkın Zararlarının Hesabı 88
3.2.1. Taşkın Durumunda Oluşacak Bina Zararının Belirlenmesi 89
4. SONUÇLAR 92
5. KAYNAKLAR 96
6. EKLER 100
ÖZGEÇMİŞ

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Akarsu yatağının taşkın durumunda temsili görünümü (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2017). 3

Şekil 1.2. Yamaç Yağışlarının Oluşumu (URL-1, 2014)..... 5

Şekil 1.3. Yükselim(konveksiyonel) yağışların oluşumu (URL-1, 2014). 5

Şekil 1.4. Cephe Yağışlarının oluşumu (URL-1, 2014)..... 6

Şekil 1.5. Eğim haritası Murat Nehri (Ağrı) örneği 8

Şekil 1.6. Bakı haritası Murat Nehri (Ağrı) örneği 8

Şekil 1.7. Drenaj alanının şeklinin hidrografın şekline etkisi (Usul, 2008)..... 9

Şekil 1.8. Taşkın durumunda sular altında kalan Ağrı (a), Bartın (b), Samsun (c), Trabzon (d) yerleşim yerleri ve tarım arazileri 10

Şekil 1.9. Sıcaklığın yapılaşmaya göre dağılımı (Karakuyu, 2002). 11

Şekil 1.10. Yapılaşmanın yağış sularına etkisi (URL-2). 12

Şekil 1.11. Doğal arazi yapısının yapılaşma sonucu bozulması (Arslangündoğdu, 2014)..... 14

Şekil 1.12. Baraj yıkılması sonucu Brezilya (a), Kenya (b), Laos (c), Ukrayna (d) yaşanan taşkın felaketleri (BBC, 2018). 15

Şekil 1.13. Ağrı İlinde 12.05.2010 tarihinde yaşanan taşkından bir görünüm (URL-3). .. 16

Şekil 1.14. Baraj yapıldıktan sonra bir AGİ' de ölçülen debi değeri (Norgbey, 2001). 17

Şekil 1.15. Tersip bendi ile Ağrı Taşlıçay (a), Iğdır Halfeli (b), Kayseri Talas (c), Zonguldak Beycuma (d) bölgelerinde taşkın ve rusubat kontrolü 18

Şekil 1.16. Taşkın koruma kanalı Ağrı Hamur İlçe Merkezi(a), Ağrı Hamur Seyithanbey (b), Erzurum Karayazı Çelikli (c), Ağrı Eleşkirt Aydoğdu (d)... 18

Şekil 1.17. Sedde ve istifli taş tahkimat ile taşkın koruma tesisleri Ağrı Eleşkirt Yücekapı (a), Ağrı Eleşkirt Değirmenoluğu (b), Erzurum Karayazı Çelikli (c), Erzurum Horasan Akçataş (d) 19

Şekil 1.18. Erken uyarı sisteminin şematik gösterimi (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2017)..... 21

Şekil 1.19. Snyder yöntemindeki L ve Lc değerlerinin bir havza üzerinde gösterimi..... 23

Şekil 1.20. Noktasal verilerin Netcad yazılımında görüntülenmesi (Murat Nehri örneği) 31

Şekil 1.21. Netcad verilerinin ArcGIS yazılımında açılması (Murat Nehri Ağrı örneği).. 32

Şekil 1.22. TIN dosyasının oluşturulması 32

Şekil 1.23. TIN dosyası ve yükseklik değerlerinin renkli sınıflandırılması (Murat Nehri Ağrı örneği) 33

Şekil 1.24. HEC-GeoRAS modülünün araç çubuğu görünümü 34

Şekil 1.25. HEC-GeoRAS ile sayısallaştırmaların yapılması 35

Şekil 1.26. HEC-GeoRAS ile oluşturulan katmanlar 35

Şekil 1.27. HEC-RAS ile projeye isim verilmesi ve birim sisteminin seçilmesi 36

Şekil 1.28. HEC-GeoRAS verilerinin HEC-RAS ile açılması 37

Şekil 1.29. HEC-RAS üzerinde kesitlerin düzenlenmesi 37

Şekil 1.30. Manning katsayılarının HEC-RAS yazılımına girilmesi 38

Şekil 1.31. HEC-RAS'ta geometrik verilerin kayıt edilmesi 38

Şekil 1.32. HEC-RAS'ta akım şartlarının belirlenmesi ve debilerin girilmesi 39

Şekil 1.33. HEC-RAS ile hesaplamaların yapılması 40

Şekil 1.34. HEC-RAS yazılımındaki verilerin HEC-GeoRAS modülüne aktarılması 40

Şekil 1.35. HEC-RAS yazılımı ile kesitlerin görüntülenmesi 41

Şekil 1.36. HEC-RAS ile oluşturulan profillerin görüntülenmesi 41

Şekil 1.37. HEC-RAS ile oluşturulan dosyanın ArcGIS ile açılması 42

Şekil 1.38. HEC-RAS ile üretilen hesaplamaların ArcGIS üzerinde çıktı klasörünün belirlenmesi 42

Şekil 1.39. ArcGIS ile taşkın sınırlarının oluşturulması 43

Şekil 1.40. ArcGIS ile su yüzeyinin oluşturulması 43

Şekil 1.41. ArcGIS ile muhtemel taşkın alanlarının görüntülenmesi 44

Şekil 1.42. Taşkın alanlarının Google Earth programında görüntülenmesi 44

Şekil 1.43. ArcGIS ile haritaların çıktıya hazırlanması 45

Şekil 1.44. ArcGIS ile oluşturulan haritalara başlık eklemesi 45

Şekil 1.45. ArcGIS ile oluşturulan haritalara açıklama kısmının eklenmesi 46

Şekil 1.46. ArcGIS ile oluşturulan haritalara kuzey yönünün eklenmesi 46

Şekil 1.47. ArcGIS ile oluşturulan haritalara ölçeğin eklenmesi 47

Şekil 1.48. ArcGIS ile oluşturulan haritaların kayıt edilmesi 47

Şekil 1.49. ArcGIS ile yapılan bir harita örneği (Ağrı Murat Nehri). 48

Şekil 2.1. Çalışma alanı akış diyagramı 50

Şekil 2.2. İlçe Merkezi'nden geçen Murat Nehri'nden bir görünüm 51

Şekil 2.3. Çalışma alanı Google Earth (uydu) görüntüsü 53

Şekil 2.4. 1948-2016 yılları arasında yaşanan taşkın olayları neticesinde oluşan bina hasarlarının illere göre dağılımı (AFAD, 2017). 54

Şekil 2.5. Murat Nehri dere yatağından bir görünüm (Murat 1.Kısım Km: 2+750)..... 55

Şekil 2.6. Körsu Deresi dere yatağından bir görünüm (Briketçiler Sitesi Civarı). 55

Şekil 2.7. Murat Nehri'nin yatağına yapılan kum eleme tesisi (Et ve Balık Kurumu civarı). 56

Şekil 2.8. Murat Nehri'nin kıyı kesimindeki yapılaşmayı gösteren görüntü (Murat Köprüsü'nden membaya doğru). 57

Şekil 2.9. Çalışma alanı ve yakın çevresine ait stratigrafik kolon kesit (Kurtoğlu, 2016). 58

Şekil 2.10. Türkiye ve Ağrı iline ait deprem tehlike haritası (T.C. Resmi Gazete, 2018) 59

Şekil 2.11. Ağrı Murat Nehri ve yan kolları TIN haritası 61

Şekil 2.12. Ağrı Murat Nehri ve Yan Kolları Eğim Haritası 62

Şekil 3.1. Murat Nehri'nin noktasal gösterimi (Murat Köprüsü mevkii). 66

Şekil 3.2. Murat Köprüsü'nün Sayısal Yükseklik Modeli'nin karşılaştırılması, köprü üst kotları dikkate alınmış (a), köprü üst kotları dikkate alınmamış (b)..... 67

Şekil 3.3. Murat Köprüsü'nün HEC-RAS yazılımında modellenmesi ve görüntüsü 67

Şekil 3.4. Çalışma alanı TIN haritası 68

Şekil 3.5. Çalışmada kesit genişlikleri yetersiz alınan, Körsu ve Taşlıçay Derelerinin HEC-RAS'ta görünümü..... 69

Şekil 3.6. HEC-GeoRAS ile sayısallaştırılmış çalışma alanı haritası 70

Şekil 3.7. Çalışma alanının HEC-RAS yazılımı ile görüntülenmesi 71

Şekil 3.8. Çalışma alanından Murat Nehri 1.Kısım (km: 8+969,852) kesitin HEC-Ras ile görüntüsü 71

Şekil 3.9. Çalışma alanından Murat Nehri'nin yan kolu olan Taşlıçay Deresi km:0+312,007) kesitin HEC-RAS ile görüntüsü..... 72

Şekil 3.10. Çalışma alanından Murat Nehri'nin yan kolu olan Körsu Deresi (km:0+550,732) kesitin HEC-Ras ile görüntüsü 72

Şekil 3.11. HEC-RAS yazılımına girilen Manning pürüzlülük değerlerinin görünümü ... 73

Şekil 3.12. Taşkın yineleme debilerinin HEC-RAS yazılımına girilmesi 74

Şekil 3.13. Murat Nehri-1. kısmında seçilen yineleme debilerine göre oluşan su yüzü profilleri 74

Şekil 3.14. Murat Nehri-2. kısmında seçilen yineleme debilerine göre oluşan su yüzü profilleri 75

Şekil 3.15. Murat Nehri-3. kısmında seçilen yineleme debilerine göre oluşan su yüzü profilleri 75

Şekil 3.16. Körsu Deresi seçilen yineleme debilerine göre oluşan su yüzü profilleri 76

Şekil 3.17. Taşlıçay Deresi seçilen yineleme debilerine göre oluşan su yüzü profilleri ... 76

Şekil 3.18. Taşlıçay deresi TOKİ Mevkii (km: 0+778) ve su yüzü profili ve kotları..... 77

Şekil 3.19. Murat Nehri Murat Köprü mevkii (km: 3+290) ve su yüzü profili 78

Şekil 3.20. Su yüzü kotlarının ArcGIS yazılımına aktarılması..... 79

Şekil 3.21. Q_{100} yineleme debisine göre muhtemel taşkın alanı ve su yüksekliği 80

Şekil 3.22. Q_{500} yineleme debisine göre muhtemel taşkın alanı ve su yüksekliği 80

Şekil 3.23. Q_{1000} yineleme debisine göre muhtemel taşkın alanı ve su yüksekliği..... 81

Şekil 3.24. Seçilen senaryolara göre oluşan taşkın alanları 81

Şekil 3.25. Q_{100} yineleme debisi için beklenen taşkın alanı hesabı tablosu..... 82

Şekil 3.26. Q_{500} yineleme debisi için beklenen taşkın alanı hesabı tablosu..... 83

Şekil 3.27. Q_{1000} yineleme debisi için beklenen taşkın alanı hesabı tablosu 84

Şekil 3.28. 100 yıllık yineleme debili Ağrı Merkez'de oluşacak taşkın alanlarının 3 boyutlu görüntüsü 85

Şekil 3.29. 500 yıllık yineleme debili Ağrı Merkez'de oluşacak taşkın alanlarının 3 boyutlu görüntüsü 85

Şekil 3.30. 1000 yıllık yineleme debili Ağrı Merkez'de oluşacak taşkın alanlarının 3 boyutlu görüntüsü 86

Şekil 3.31. 100 yıllık yineleme debili Ağrı Merkez'de oluşacak taşkın alanlarının Google Earth görüntüsü 86

Şekil 3.32. 500 yıllık yineleme debili Ağrı Merkez'de oluşacak taşkın alanlarının Google Earth görüntüsü 87

Şekil 3.33. 1000 yıllık yineleme debili Ağrı Merkez'de oluşacak taşkın alanlarının Google Earth görüntüsü 87

Şekil 3.34. Taşkın derinliği- hasar oranı ilişkisi (Jonkman vd, 2008)..... 89

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Türkiye'de son yıllarda oluşan taşkınlar ve zararları (Dinçergök, 2017). 12
Tablo 1.2. CN eğri değerlerini gösteren tablo (Eren, 2011). 27
Tablo 2.1. Çalışma alanı koordinat ve uzunlukları 53
Tablo 2.2. Önerilen taşkın tekerrür (yineleme) debileri (Bu-Se Ormancılık, 2016). 60
Tablo 2.3. Duraylı-düzgün akarsu yatakları için baz pürüzlülük katsayısı (n_b) değerleri ... 63
Tablo 2.4. n_1 yatak düzensizlikleri için düzeltme faktörü 64
Tablo 2.5. n_2 yatak kesiti biçim ve büyüklük değişimleri için düzeltme faktörü 64
Tablo 2.6. n_3 akış engelleri için düzeltme faktörü 64
Tablo 2.7. n_4 yatak içindeki bitkiler ve akım koşulları için düzeltme faktörü 65
Tablo 2.8. m Mendereslenme için düzeltme faktörü 65
Tablo 2.9. Önerilen Manning pürüzlülük katsayıları tablosu 65
Tablo 3.1. Çalışma alanının 2018 yılı adrese dayalı nüfus sayıları (TUİK, 2018). 88
Tablo 3.2. Ortalama su yüksekliğinin 3m seçilmesi durumunda oluşabilecek hasar 90
Tablo 3.3. Ortalama su yüksekliğinin 2,50 m seçilmesi durumunda oluşabilecek hasar 90
Tablo 3.4. Ortalama su yüksekliğinin 2,00 m seçilmesi durumunda oluşabilecek hasar 91
Tablo 3.5. Ortalama su yüksekliğinin 1,50 m seçilmesi durumunda oluşabilecek hasar 91

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ΔD	: Birim sağanak süresi
A	: Havza alanı
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CN	: Eğri değeri
C	: Eğim katsayısı
D	: Taşkını oluşturan yağış süresi
DSİ	: Devlet Su İşleri
g	: Yer çekimi ivmesi
GIS	: Geographical Information Systems
	: 1mm yağışta oluşacak debi
ha	: Hektar
HGK	: Harita Genel Komutanlığı
	: Havza özelliklerine göre değişen katsayı
İ	: Toprağın su emme değeri
K	: Havza katsayısı
km	: Kilometre
L	: Havza uzunluğu
	: Havza ağırlık merkezinin memba veya mansaba en uzak mesafesi
	: Havzadaki akarsuların toplam uzunluğu
	: Yatağın mendereslenme düzeyini dikkate alan düzeltme faktörü
	: Manning pürüzlülük katsayısı
	: Doğal jeolojik malzeme içinde oluşmuş doğrusal, üniform ve yumuşak uzanımlı yatak baz n değeri
	: Yatak yüzeyi düzensizliğini dikkate alan düzeltme faktörü
	: Yatak kesitindeki biçim ve büyüklük değişimini dikkate alan düzeltme faktörünü
	: Yatak içindeki akış engellerini dikkate alan düzeltme faktörü
	: Yatak içindeki bitkileri ve akım koşullarını dikkate alan düzeltme faktörü
	: Birim debi
	: Taşkın debisi
S	: Harmonik eğim
SAM	: Sayısal arazi modeli
	: Akarsu ana kollarının harmonik eğimi
SYM	: Sayısal yükseklik modeli
	: Toplanma süresi
	: Havzanın gecikme süresi
TIN	: Triangulated Irragular Network (Düzensiz Üçgen Ağı)
TOKİ	: Toplu Konut İdaresi Başkanlığı
	: Hidrografın pik noktası ile havza ağırlık merkezi arasındaki zaman farkı
	: Taşkın sönümlenme süresi
TUİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Taşkınlar insanların ekonomik ve sosyal yaşantısını etkileyen doğal hadiselerdir. Özellikle ilkbahar ve sonbahar mevsim geçişlerinde şiddetli yağışlar ve ani kar erimelerinden dolayı akarsu yataklarına kapasitesinin üzerinde su gelmesi durumu çevresindeki canlılarda, yapılarda ve tarım arazilerinde hasara neden olmaktadır.

Taşkınların büyüklüğünün akarsu morfolojisi, bölgenin topografik ve iklimsel özelliklere bağlı olduğu bilinmektedir. Çalışma özelinde Doğu Anadolu bölgesindeki büyük taşkınlar, kış aylarında oluşan kar örtüsünün, sıcaklığın artması ve yağmur ile birlikte eriyerek akışa geçmesi sonucu oluşmaktadır. Taşkın hadisesinin sadece meteorolojik oluşumlara bağlı olduğunu düşünmek yanlış bir yaklaşım olacaktır. Son yıllarda nüfusun hızla artması ile birlikte kentleşme, akarsu yataklarının imara açılması, arazi örtüsünün değişmesi vb. nedenlerden ötürü taşkın sayılarında artışlar görülmektedir. Türkiye'de taşkın nedenleri incelendiğinde, taşkın yataklarındaki yapılaşma ve akarsu yataklarına yapılan müdahaleler ilk sırada yer almaktadır (Kaplan, 2018).

Dünyada ve Türkiye'de taşkınlar büyük can ve mal kaybına sebebiyet vermektedir. Dolayısıyla bu zararları önlemek için çeşitli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Taşkınların büyüklüğü daha önceden tahmin edilebilirse bu hadiselerin oluşturacağı zarara göre tedbirler alınabilecektir (Nigussie, 2017).

Gelişen teknoloji ile birlikte bazı bilgisayar yazılımlarıyla taşkın analizi yapılarak, taşkın seviyelerini ve taşkın durumunda sular altında kalacak bölgeleri önceden tahmin etmek mümkündür. Ancak bu değerlendirmelerin sağlıklı yapılabilmesi için analizi yapılan bölgenin hidrometeorolojik verilerin doğruluğu ve yeterliliği ile topografik yapısı büyük önem arz etmektedir. Bu verilerle, bölgenin çeşitli taşkın tekerrür (yineleme) debilerini belirlemek ve risk haritalarını oluşturmak mümkündür. Ancak taşkın debilerinin ön görülen yineleme zamanına göre gelmesini beklemek de yanlış bir yaklaşım olmaktadır. Çeşitli yineleme dönemlerine sahip taşkın debilerine göre, taşkın koruma yapıları ve köprü, menfez gibi geçirgen yapıların boyutlandırılması da gerekmektedir. Bu şekilde akarsu yatakları, havza ve riskli olarak belirlenen alanlarda çeşitli tedbirler alınarak, taşkınların neden olduğu can ve mal kayıplarını azaltmak mümkün olacaktır (Nas ve Nas, 2013).

1.2. Çalışmanın Amacı

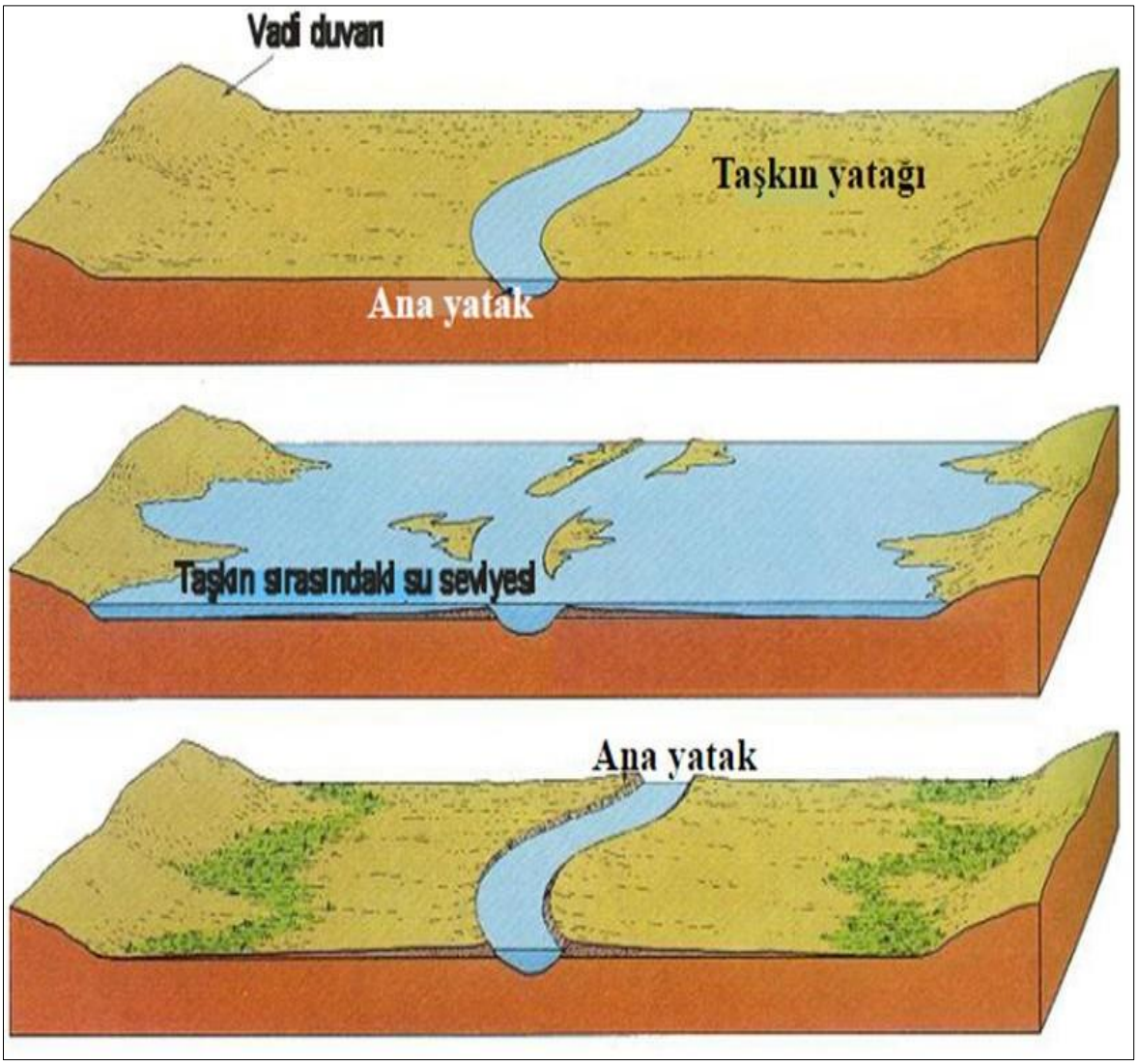
Türkiye'de taşkına maruz kalan alanlar gün geçtikçe artmakta dolayısıyla can ve mal kayıplarında artışlar görülmektedir. Özellikle 2009 ve 2010 yıllarında ülke genelinde büyük taşkınlar yaşanmış, birçok vatandaşımız yaşamını yitirmiş, tarım arazileri, konutlar, sosyal tesisler ve yollar zarar görmüştür. 2010 yılında Ağrı'da yaşanan taşkın olayında 1 kişi yaşamını yitirmiş 2 adet köprü yıkılmış, 1000'e yakın ev sular altında kalmış ve tarım arazileri zarar görmüştür.

Ağrı, Taşlıçay ve Eleşkirt ilçelerindeki akarsuların toplandığı bölgede kurulmuştur. Bu nedenle Ağrı taşkınların en çok yaşandığı iller arasında yer almaktadır. Köylerden gelen göç, nüfusun artması, çarpık kentleşme ve akarsu yataklarına müdahale ile kesitlerin daraltılması sonucu taşkın sayılarında sürekli artışlar görülmektedir.

Bu tez çalışmasında, Ağrı ilçe merkezinden geçen Murat Nehri ve yan kolları incelenmektedir. 100.Yıl, Mehmet Akif Ersoy, Suçatağı, Aşağıküpkıran, Fırat, Kurtuluş, Alpaslan ve Murat Mahalleleri gibi nüfusun kalabalık ve sosyal tesislerin fazla olduğu mahalleler Murat Nehri'ne sınır konumdadır ve oluşabilecek taşkınlardan doğrudan etkilenecek yerlerdir. Bu çalışma ile, Ağrı ilçe merkezindeki bu yerleşimler için Murat Nehri ve yan kollarında çeşitli yineleme debilerine göre taşkın risk haritalarını oluşturmak, olası taşkınlarda su altında kalabilecek yerleşim yerleri belirlemek, taşkın zararlarını hesaplamak ve olası bu taşkınların yaşanmaması için hidrolojik önlemler başta önerilerde bulunmak amaçlanmaktadır.

1.3. Taşkınlar İle İlgili Genel Değerlendirmeler

Taşkın; doğal veya insani nedenlerden dolayı mevcut akarsu yatağındaki suyun taşarak, çevresinde canlılara, yerleşim yerlerine, tarımsal alanlara zarar vermesi ve sosyal kayıplara neden olması olayıdır. Denizlerde dalga hareketleri, göl ve benzeri su birikintilerinde ani su yüksekliğinin artması ve buzulların aniden erimesi nedeniyle oluşan olaylar olarak da taşkınların tanımı yapılabilmektedir (Akkaya, 2016; Zaifoğlu, 2018). Akarsu yatağının taşkın durumunda temsili görünümü Şekil 1.1.'de sunulmuştur.



Şekil 1.1. Akarsu yatağının taşkın durumunda temsili görünümü (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2017).

Dünyada günümüze kadar yaklaşık 3250-3500 taşkın hadisesinin yaşandığı, 235000-240000 insanın hayatını kaybettiği, bu süre zarfında oluşan taşkın afetlerinden ötürü 3.5 milyar dan fazla insanın yaralandığı ve maddi zararın ise 500 milyar $ dan fazla olduğu değerlendirilmektedir (Taş vd., 2016).

Taşkınlar, Dünyada da olduğu gibi ülkemizde de depremlerin ardından en çok can ve mal kaybı yaşanan meteorolojik afetler arasında ilk sırada yer alan olaylardır. Türkiye'de 1975 yılları ile 2017 yılları arasında 1209 taşkın olayı yaşanmış, bu taşkın olaylarında 720 can kaybı meydana gelmiştir. Taşkınların oluşturduğu zarar ise 300 Milyon TL/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu nedenle taşkınların verdiği zararları azaltmak için, yapısal ve yapısal olmayan taşkın tedbirlerinin alınması gerekmektedir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2017).

1.3.1. Taşkın Nedenleri

Taşkınlar oluşum nedenleri yönünden, doğal ve insani nedenler olmak üzere iki ayrı başlık altında incelenmektedir.

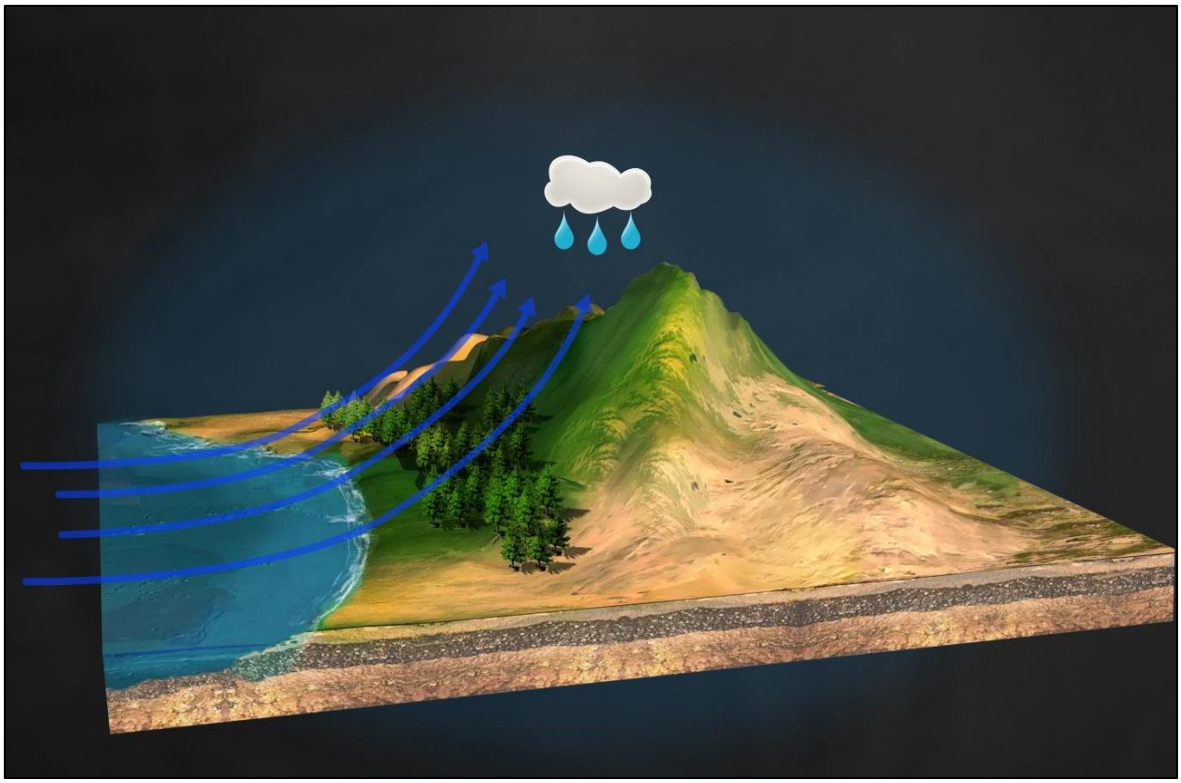
1.3.1.1. Taşkın Oluşumunu Etkileyen Doğal Nedenler

Topografik yapı (engebe ve eğim durumu) ve meteorolojik şartlar (iklimsel özellikler, bakı faktörü, emme kapasitesi, drenaj vb.), taşkın oluşumunu etkileyen doğal nedenler olarak dikkate alınmaktadır. Bu parametreler ana hatlarıyla aşağıda açıklanmaktadır.

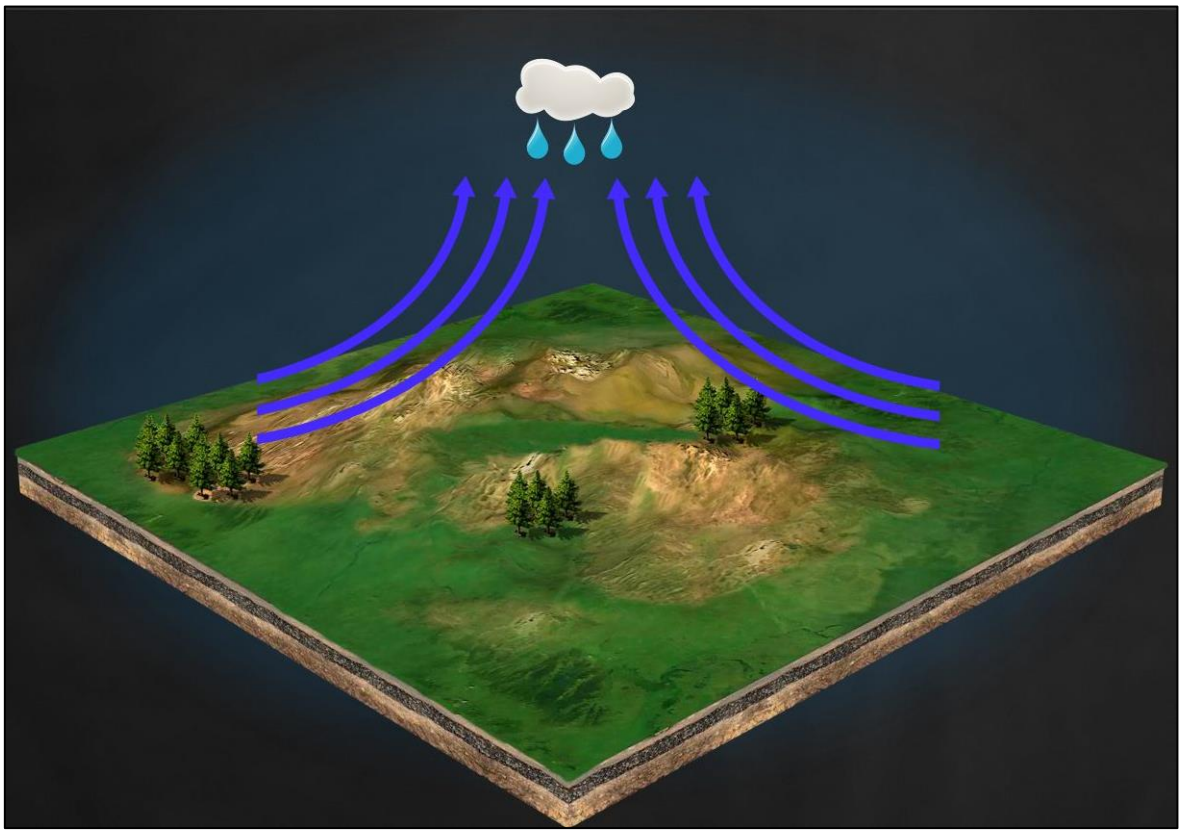
1) İklimsel Nedenler: Taşkınların meydana gelmesine sebep olan en önemli faktörlerden biri iklimsel nedenlerdir. Bunlar; aşırı yağışlar ve sıcaklık başta olmak üzere buharlaşma, nem ve basınç olarak sıralanabilmektedir (Öztürk, 2019).

Denizden yükselen nemli hava parçalarının, dağ yamacı boyunca yükselip soğuması sonucu yamaç yağışları (orografik) oluşur (Şekil 1.2.). Türkiye'de Karadeniz bölgesinde kuzey yönünden gelen rüzgarlar, denize paralel uzanan dağlar doğrultusunda yükselip soğuyarak yamaç yağışlarını meydana getirir (Kaya, 2017).

Isınan hava parçalarının yükselip ve soğuması sonucu yükselim (konveksiyonel) yağışları (Şekil 1.3.) oluşur. Türkiye'de yaz aylarında Doğu Anadolu bölgesinde oluşan yağmurlar da bu yükselim yağışlarıdır (Kaya, 2017)

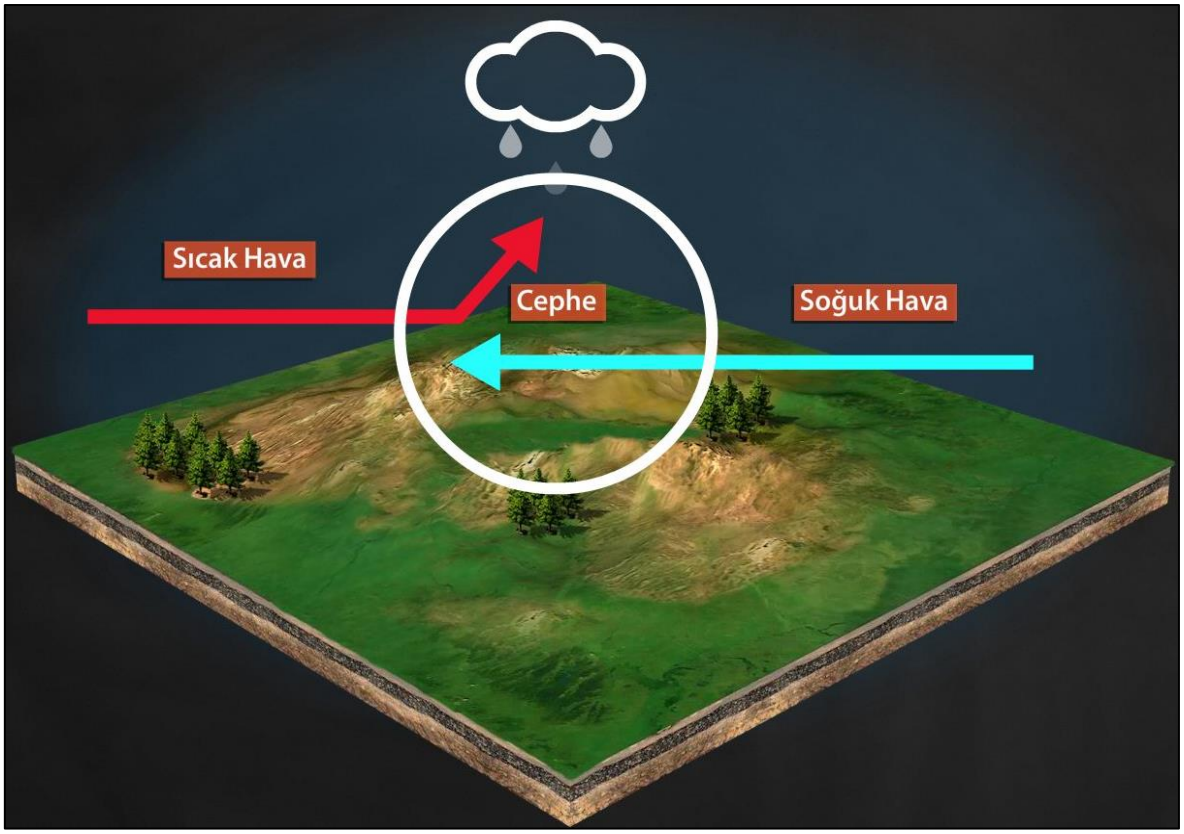


Şekil 1.2. Yamaç Yağışlarının Oluşumu (URL-1, 2014).



Şekil 1.3. Yükselim(konveksiyonel) yağışların oluşumu (URL-1, 2014).

Farklı sıcaklıktaki hava parçalarının çarpışması sonucu, nemli havanın soğuması ile cephe (frontal) yağışları (Şekil 1.4.) oluşur. Türkiye'de Akdeniz bölgesinde kış aylarında bu tür yağışlar görülür (URL-1, 2014).



Şekil 1.4. Cephe Yağışlarının oluşumu (URL-1, 2014).

Şiddetli yağışların, akarsu yatağından taşarak taşkın meydana getirmesi iklimsel nedenlerdendir. Birim zamanda oluşan yağış yüksekliği, yağışın şiddeti olarak tanımlanır. Yağışın şiddetinden ziyade süresi önemlidir. Sürenin uzun olması, akarsu yatağındaki su seviyesinin yükselmesine ve kesitin taşıyamayacağı debilere ulaşmasını sağlayacağı için taşkınlar meydana gelecektir (Karakuyu, 2002; Ertekin, 2018).

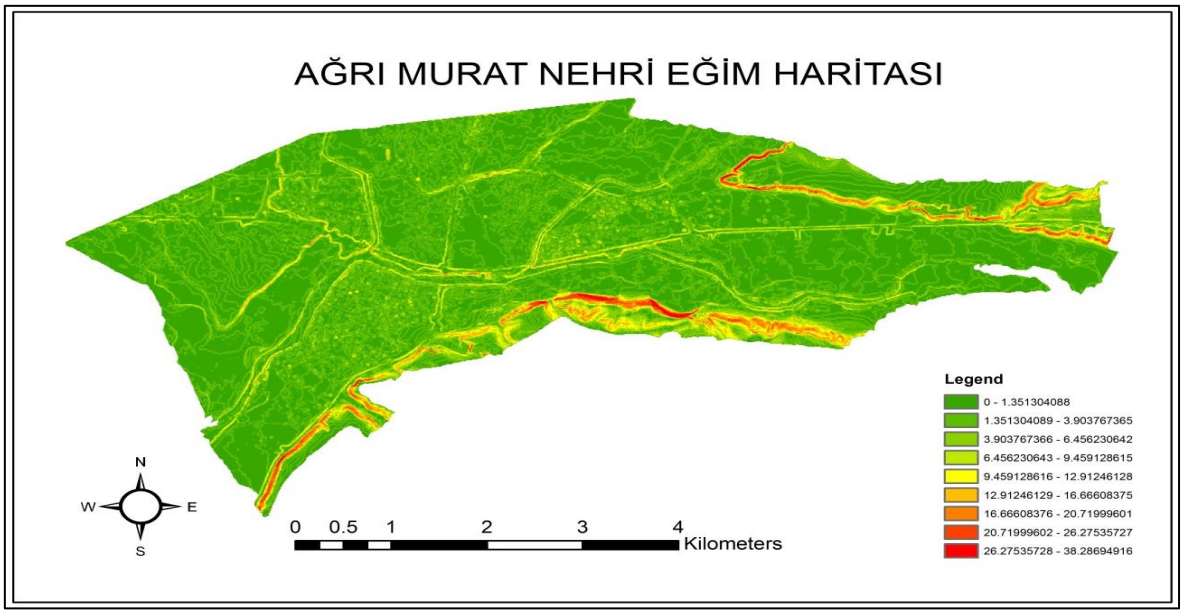
Kar yağışı, taşkın oluşumunu etkileyen önemli faktörlerdendir. İlkbahar mevsiminde, özellikle ülkemizin rakımı yüksek olan Doğu Anadolu bölgesinde kış aylarında yağan yoğun kar ile oluşan tabaka, havaların ısınmasıyla eriyip akışa geçerek akarsulara katılmakta ve mevcut akarsu yatağında taşmalar oluşmaktadır. Kar yağışının fazla olduğu bölgelerde, eğimin fazla olmasından dolayı eriyen kar, taşıdığı potansiyel hız ile ani debi

artışlarına neden olmaktadır. Dolaysıyla bu debi artışları ile taşkınlar oluşmakta ve taşkın bölgesinde ciddi kayıplar meydana gelmektedir (Uçar, 2010; Yaylak, 2016).

Sıcaklık, taşkın oluşumunu etkileyen bir diğer faktördür. Sıcaklığın düşük olduğu bölgelerde oluşan yağışlar kar ve dolu, daha yüksek sıcaklıklarda ise yağmurlar şeklindedir. Doğu Anadolu bölgesinin rakımının yüksek ve sıcaklık değerlerinin ise düşük olması nedeniyle diğer bölgelere göre daha çok kar yağışı almaktadır. Özellikle Nisan ve Mayıs aylarında, hava sıcaklığının artması ile kar tabakası erimeye geçmekte, eriyen karın bir kısmı buharlaşıp tekrar yağmur olarak bahar yağmurları da dediğimiz konveksiyonel yağıları (Şekil 1.3) oluşturmakta, diğer kısmı ise akışa geçerek mevcut akarsulara katılmaktadır. Şiddetli yağmur ve ani kar erimesinin akarsularda su seviyesinin yükselmesine neden olduğu bilinmektedir. İlkbahar mevsiminde sıcaklığın artması ile birlikte hem ani kar erimesi hem de yağmurlar oluşacağı için akarsularda su yükselmeleri ve taşkınlar oluşacaktır. Bu iki durumun birlikte oluşması durumunda, taşkın debisinin oluşması çok kısa zamanda gerçekleşeceği için çok ciddi can ve mal kayıpları oluşabilecektir (Ertekin, 2018; Karakuyu, 2002).

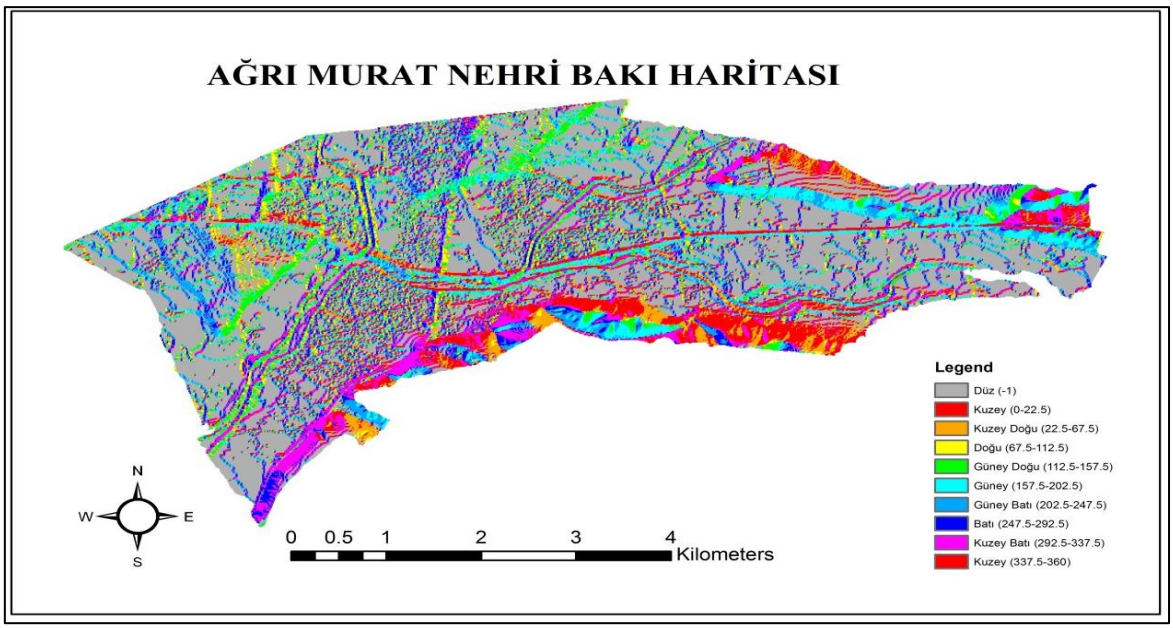
Yağışlar, toprak kayması ve madde taşınımı olaylarını da arttırmaktadır. Toprak kayması ve madde taşınımı ile gelen maddeler akarsu yatağının kesitini küçültecek ve taşkın anında küçülen kesit süreklilik denklemi gereği artan su hızı ile taşkının zarar verici etkisini önemli derecede arttıracaktır. Özellikle yerleşim yerlerinin olduğu bölgelerde, şiddetli yağışlar ile taşınan maddeler kurplarda ve sanat yapıları dediğimiz köprü ve menfezlerde suyun akışını engellemektedir. Bu birikmeler akarsularda suyun ani yükselmesine ve oluşan debiyi mansaplayamamasına neden olacağı için taşkının büyüklüğünü arttıracaktır. Nem ve basınç, taşkın olayını dolaylı yoldan etkilemektedir. Rüzgarlar ise karın erimesinde ve akışa geçmesinde etkin rol oynamaktadır (Yaylak, 2016; Nas ve Nas, 2013).

2) Eğim: Eğim faktörü, taşkın oluşumunu etkilemektedir. Eğimin düşük olması durumunda, drenaj süresi artacak ve akış hızı yavaş olacaktır. Eğimin yüksek olması durumunda ise birim zamanda akarsu yatağına gelen su miktarı ve dolayısıyla debi değerleri artacaktır. Bu nedenle tez çalışma alanında olduğu gibi eğimin fazla olduğu bölgelerin düşük kotlarında taşkın riski daha fazla olmaktadır (Gürer, 2012).



Şekil 1.5. Eğim haritası Murat Nehri (Ağrı) örneği

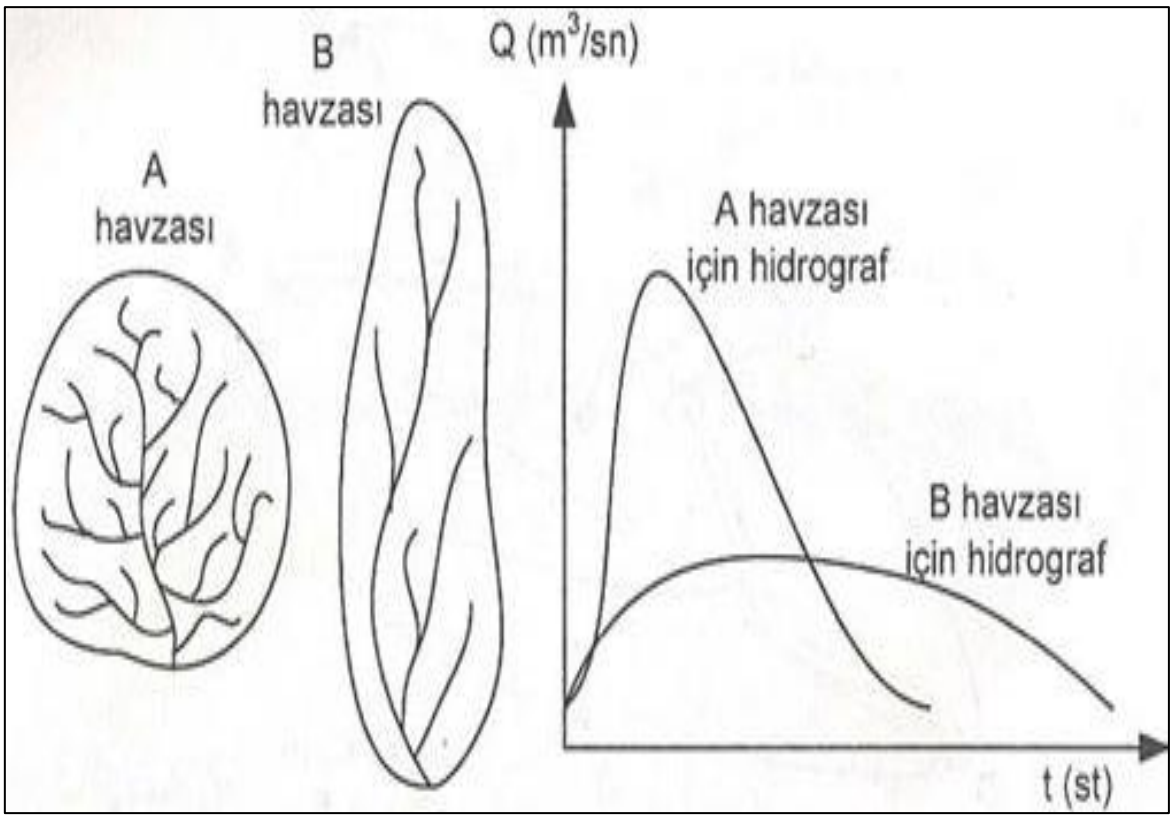
3) Bakı Faktörü (Bakış Yönü): Bir bölgenin bakı değeri, kar erimesi ve buharlaşmayı etkilemektedir. Dolayısıyla bakı değerinin yüksek olduğu yamaçlarda, kar erimesi fazla olacağı için eriyen karın, akarsu yatağına katılması diğer yamaçlara göre daha hızlı olacaktır. Bu nedenle tez çalışma alanında olduğu gibi bakı değerlerinin de taşkın projelerinde dikkate alınması gerekmektedir (Özalp, 2009).



Şekil 1.6. Bakı haritası Murat Nehri (Ağrı) örneği

4) Emme Kapasitesi: Kar ve yağmur suları, akışa geçtiği zaman toprak bu suları emmeye başlar ve belirli bir süre sonra doygunluğa ulaşır. Doygunluğa ulaşan toprak artık geçirimsiz bir yüzeye dönüşür ve suyun tamamı akışa geçer. İlkbahar ve kış aylarında, sıcaklığın diğer mevsimlere göre düşük ve yağışın fazla olmasından dolayı toprak doygunluğa çok kısa sürede ulaşacağı için, suyun akışa geçmesi de daha hızlı olacaktır. Bölgenin bitki örtüsünün yeterli olmaması durumunda ise su ihtiyacı daha az olacağından azalan emme kapasitesi taşkının şiddetini arttıracaktır (Uçar, 2010).

5) Drenaj: Bir havzanın doğal drenaj ağını nehir, dere, çay ve ırmaklar oluşturur. Bu ağların uzunluğu, genişliği ve şekli oluşacak taşkın debilerinin büyüklüğünü ve oluşma süresini etkilemektedir. Drenaj alanının mansabındaki bir taşkın hidrografı incelediğinde; eşit drenaj alanı olan havzalardan, drenaj alanı kısa ve yuvarlak olanda taşkın pik değerlerinin, taşkın debisi mansaba çabuk ulaşacağı için daha kısa sürede oluşacakken, İnce ve uzun alana sahip havzalarda, taşkın debisi daha uzun sürede toplanacağı için mansaba ulaşma süresi de uzayacak ve taşkın pik değerleri daha uzun sürede oluşacaktır (Şekil 1.7) (Usul, 2008).



Şekil 1.7. Drenaj alanının şeklinin hidrografın şekline etkisi (Usul, 2008).

1.3.1.2. Taşkın Oluşumunu Etkileyen İnsani Nedenler

Dünyada, 1950 ile 1960 yılları arasında taşkın afetlerinden kaynaklanan maddi zarar yaklaşık 50 milyar $ iken, 1990 ile 2000 yılları arasında taşkın afetlerinden kaynaklanan maddi zarar yaklaşık 220 milyar $ olarak hesaplanmıştır (Jha vd., 2012). Dolayısıyla kent nüfusunun artması ile taşkın miktarı ve zararları artmaktadır. Bu bölümde ise taşkın oluşumunu etkileyen insani nedenler irdelenmektedir.

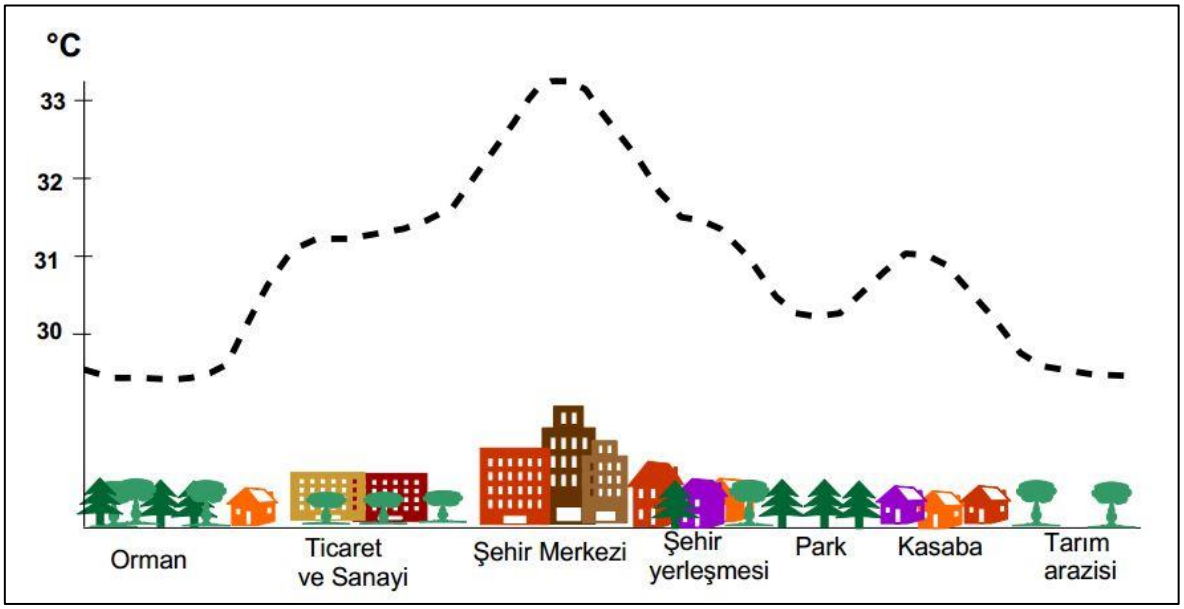
1) Arazi Kullanımı: Arazinin yanlış kullanımı sonucunda şev stabilitesinin bozulması ile oluşan erozyonlar ve bitki örtüsüne yapılan müdahaleler ile emme kapasitesinin azalması, taşkın riskini doğrudan arttırmaktadır.

2) Yapılaşma: Akarsuların doğal yatakları, büyük taşkınlarda oluşan debileri taşıyabilmektedir. Plansız yapılaşma, taşkın yataklarının imara açılması, akarsu yataklarına yapılan müdahaleler, kesiti yetersiz sanat yapıları vb. durumlar yatakların doğal yapısını bozmaktadır (Şekil 1.8.).

Şekil 1.8. Taşkın durumunda sular altında kalan Ağrı (a), Bartın (b), Samsun (c), Trabzon (d) yerleşim yerleri ve tarım arazileri

Türkiye'de son 50 yıllık yağış verileri incelendiğinde bu verilerin yapılaşma gibi düzensiz bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Aynı zamanda taşkın sayılarında, can ve mal kayıplarında da artış görülmektedir (Tablo 1.1). Bu artışın temel nedenleri olarak nüfus sayılarında artış, çarpık kentleşme ve plansız yapılaşma olduğu söylenebilir (DSİ, 2017).

Daha önceden de bahsedildiği gibi özellikle Doğu Anadolu bölgesinde ani sıcaklık artışı Mart-Nisan aylarında hızlı kar erimesine sebep olmakta ve taşkın riskini arttırmaktadır. Bu sıcaklık artışlarının yerleşim yerlerinin yoğun olduğu şehir merkezlerinde daha fazla, doğal alanlarda (tarım arazileri ve ormanlık alanlar) ise daha düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 1.9.) (Karakuyu, 2002).



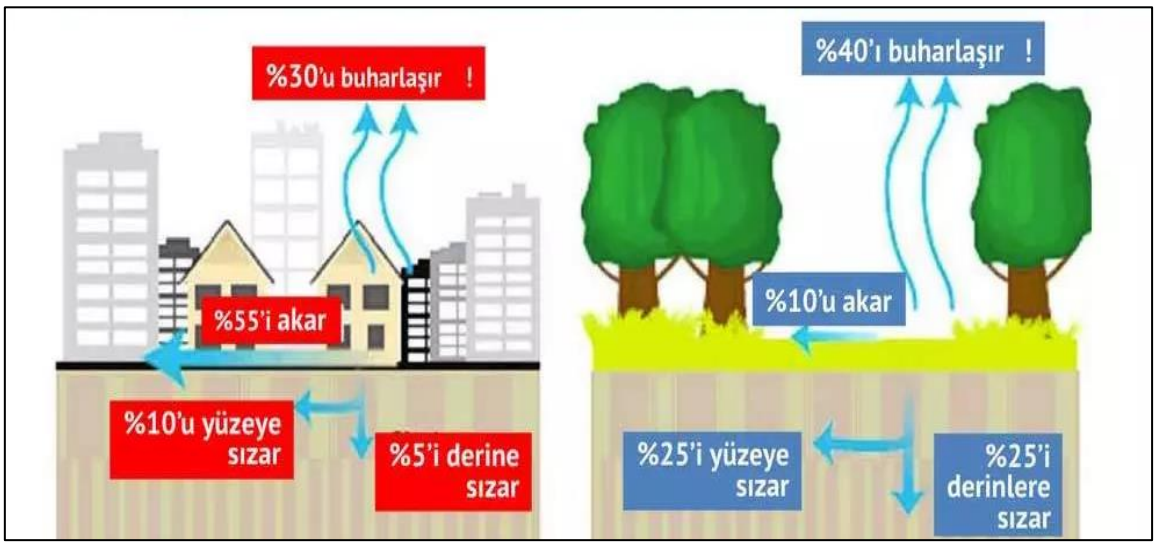
Şekil 1.9. Sıcaklığın yapılaşmaya göre dağılımı (Karakuyu, 2002).

Dünyada ilk kez 2007 yılında kentsel bölgelerin nüfusu, kırsal bölgelerin nüfusunu geçmeye başlamıştır. 2015 yılında ise dünya nüfusunun %57'si kentsel bölgelerde yaşamaktadır. 2050 yılında bu oranın %66 seviyesine çıkacağı düşünülmektedir (Brakel, 2015).

Yapılaşma nüfus artışının yanı sıra ekonomik ve sosyal sorunları da artırmaktadır. Kentsel bölgelerde nüfusun artması, tarım alanlarının yok olmasına dolayısıyla arazi yapısının değişmesine neden olmaktadır. Akarsulardan geçen su miktarı havzanın arazi kullanım planına da bağlıdır. Dolayısıyla taşkınların oluşturdukları hasar, akarsu yatağından

geçen su miktarı kadar havzanın arazi kullanımına bağlı olarak bu su miktarı ile nasıl başa çıkabileceğiyle de ilgilidir (Serencam, 2013).

Kentsel alanlarda yani yapılaşmanın yoğun olduğu bölgelerde (beton, asfalt vb.) yağışların toprak ile temasının kesilmesi ve sızma olayının azalması olarak tanımlanan toprağın mühürlenmesi, taşkınların oluşmasını sağlayan bir diğer önemli faktörlerdendir. Kentsel alanlarda yapılaşma arttıkça yağışlar sızma olmadığı için geçirimsiz bir yüzeyden daha hızlı ve daha fazla yüzeysel akışa geçmektedir (Şekil 1.10) (Uçar, 2010).



Şekil 1.10. Yapılaşmanın yağış sularına etkisi (URL-2).

Tablo 1.1. Türkiye'de son yıllarda oluşan taşkınlar ve zararları (DSİ, 2017).

Yıl	Taşkın Sayısı	Can Kaybı	Su Altında Kalan Alan (ha)
1975	62	8	36.714
1976	29	5	22.536
1977	27	11	3.317
1978	21	0	13.850
1979	21	61	40.966
1980	44	6	83.016
1981	16	2	58.413
1982	10	0	784
1983	14	33	2.113
1984	12	0	29.140
1985	7	0	2.318
1986	8	4	679
1987	7	0	564

Tablo 1.1. (devamı)

1988	24	17	3.910
1989	10	1	9.500
1990	26	57	7.450
1991	23	23	15.770
1992	14	1	690
1993	2	0	60
1994	9	4	1.680
1995	20	164	201.100
1996	4	1	11.000
1997	1	0	1.390
1998	2	57	7.000
1999	1	3	-
2000	4	0	8.066
2001	42	8	43.297
2002	27	27	510
2003	21	7	64 200
2004	23	3	25.750
2005	25	14	13.855
2006	24	45	85.810
2007	22	11	1.050
2008	10	2	10
2009	84	59	3.250
2010	110	25	44.279
2011	56	13	202
2012	69	23	19.685
2013	38	7	17.569
2014	118	9	4.455
2015	122	9	7.985
TOPLAM	1209	720	893.933

Ülkemizde 1990 ile 2014 yılları arasında yaklaşık 15 bin km duble yol, 2013 ile 2018 yılları arasında 3,6 milyon dan fazla konut satışı gerçekleşmiştir. Bu gelişmelerle birlikte toprağın mühürlenmesi sonucu 1990 ile 2014 yılları arasında 775 taşkın yaşanmış, 563 insanımız hayatını kaybetmiş ve 1138 ha alan su altında kalarak zarar görmüştür (Tablo 1.1) (URL-2).

Nüfusun artması ile birlikte yapılaşma artmakta ve kentsel bölgelerin sıcaklığında artışlar meydana gelmektedir. Yağış sularının sızması azalmakta, yağışların direk akışa geçmesinden dolayı taşkın sayılarında artışlar görülmektedir. Taşkın sayısını ve zararlarını azaltmak için; doğal alanların bozulmasını engellemek, mümkün olduğu kadar beton, asfalt

vb. kullanımını azaltmak, plansız yapılaşmayı önlemek ve belirlenen taşkın alanlarının imara kapatılması gerekmektedir (Şekil 1.11.).

Şekil 1.11. Doğal arazi yapısının yapılaşma sonucu bozulması (Arslangündoğdu, 2014).

3) Barajların Yıkılması: Barajlar kuruldukları havzada uygun projelendirildikleri takdirde taşkınları önleyen mühendislik yapılarıdır. Barajlar membadan gelen suyu ve rusubatı tutarak, hızını düşürüp, taşkın ve sediment kontrolü sağlamaktadır. Baraj yıkılması seyrek görülen bir hadise olsa da, ani gelişmesi durumunda yıkılan barajın zararı felaketlere neden olabilmektedir. Dolayısıyla taşkın analizi yapılırken, baraj yıkılmasını hesaba katmak gerekmektedir. Yetersiz dolu savak, kayma dayanımı yetersizliği, çatlak oluşması, borulanma, sızma ve deprem baraj yıkılma nedenleri olarak sıralanabilmektedir (Akgün, 2018).

2018 yılı Mayıs ayında, Kenya'nın başkenti Nairobi'nin kuzeybatısındaki Nakuru bölgesinde bulunan Patel Barajı'nın yıkılması sonucu, 32 kişi yaşamını yitirmiş ve binlerce insan evsiz kalmıştır (Şekil 1.12.).

Şekil 1.12. Baraj yıkılması sonucu Brezilya (a), Kenya (b), Laos (c), Ukrayna (d) yaşanan taşkın felaketleri (BBC, 2018).

1.3.2. Taşkınların Oluşturduğu Zararlar

Taşkınlar akarsu yatağındaki su ve taşıdığı katı maddelerle can ve mal kaybına neden olmaktadır. Kısa vadede yaşam alanlarına, kamu hizmeti sunan alanlara, sanayi ve üretim tesislerine, yollara, içme suyu, elektrik, haberleşme ve kanalizasyon gibi altyapı tesislerine, tarım arazilerine ve sosyal alanlara zarar vermektedir. Taşkın sonrası ise salgın hastalıkların çoğalmasına, tarım arazilerinin yok olmasına ve/veya kullanılamaz hale gelmesine, ülke ekonomisine zarar vermesine, gerçekleştiği bölgelerde işsizliğin artmasına neden olmaktadır (Terzioğlu, 2018; Serencam, 2013). Ağrı'da 2010 yılında yaşanan taşkından bir görünüm Şekil 1.13'te sunulmuştur.

Şekil 1.13. Ağrı İlinde 12.05.2010 tarihinde yaşanan taşkından bir görünüm (URL-3).

1.3.3. Taşkınların Oluşumunu Önlemek

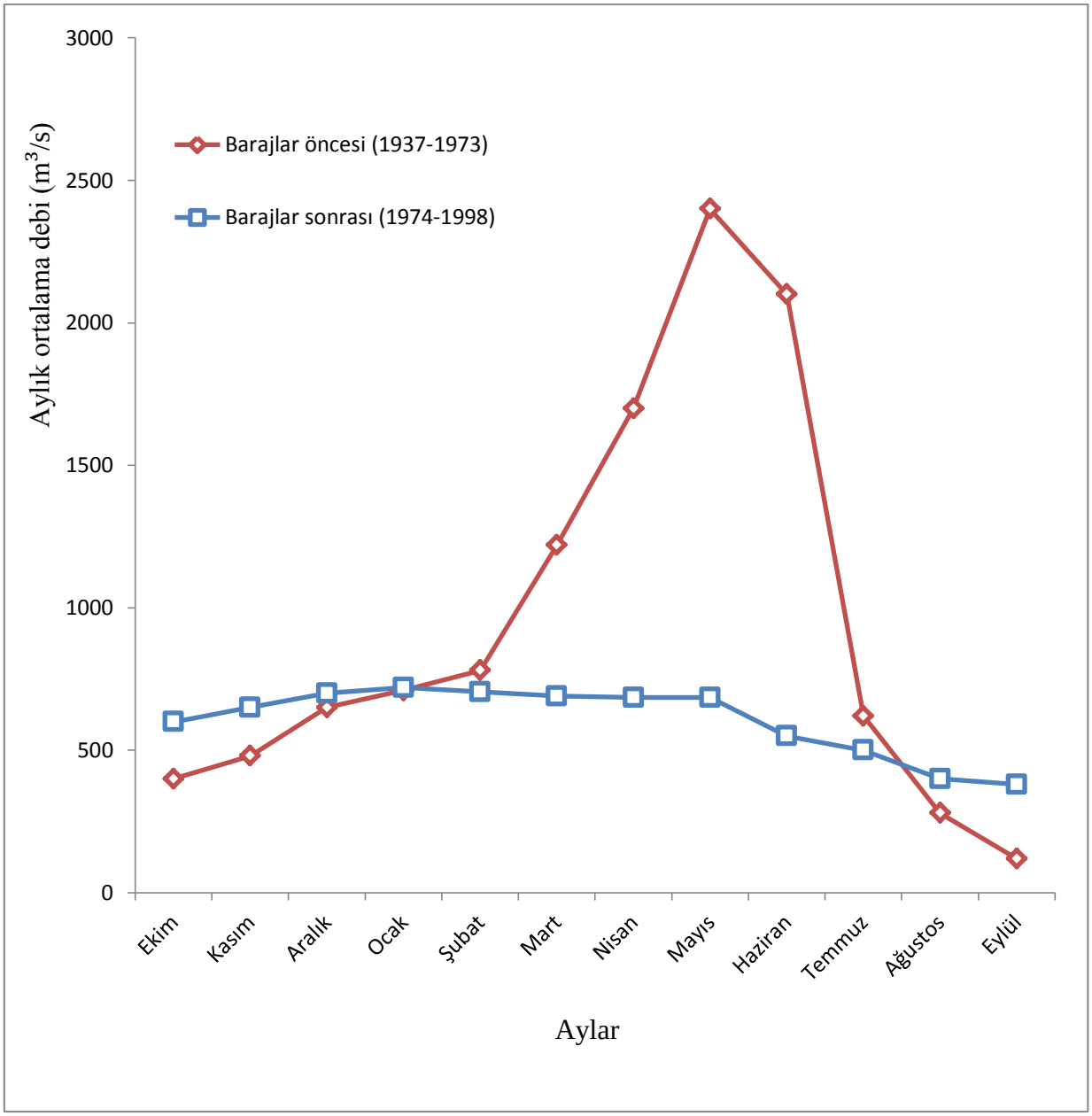
Taşkınların oluşumunu tamamen önlemek mümkün değildir. Fakat taşkınların etkisini azaltmak mümkündür. Bu bölümde taşkın oluşumunu önlemek için yapısal ve yapısal olmayan taşkın tedbirleri irdelenmektedir.

1.3.3.1. Yapısal Taşkın Tedbirleri

Yapısal taşkın tedbirleri; taşkın koruma kanalları, tersip bentleri, derivasyon kanalları, sedde ve istifli taş tahkimat, baraj ve göletler, akarsu yataklarının bakımı, havza ağaçlandırılması olarak sıralanabilmektedir (Hamidioğulları, 2019).

Baraj, tersip bentleri ve göletler; elektrik, sulama ve içme suyu temini gibi nedenler için kullanıldığı düşünülse de projelendirme safhasında dikkate alınmış ise havza için taşkın ve rusubat koruma görevi de üstlenebilmektedir. Barajlar tasarlanırken, taşkın durumunda üst havzadan gelebilecek maksimum debiyi depolayabilecek hacim hesaba katılmaktadır (Şekil 1.14.). Bu şekilde suyun depolanmasıyla gelen suyun enerjisi kırılmış ve taşkın ötelenmiş olur. Daha önce bahsedildiği gibi taşkınlar, sadece su ile değil aynı zamanda bu sularla taşınan katı cisimlerle taşkın alanlarına zarar vermektedir. Barajlar

suyu tuttuğu gibi rusubat ve katı madde taşınımını da engellemektedir. Rusubat ve katı maddeler, akarsu yataklarında köprü ve menfezlerin girişini kapatarak kesitin daralmasına, tarım arazilerinin ve diğer alanların toprak sızma değerlerinin düşmesine, yerleşim yerlerinde salgın hastalıkların artmasına ve yapısal zararlara yol açtığı için baraj, tersip bendi ve göletler yapısal taşkın tedbirleri olarak önemli rol oynamaktadır (Gürer, 2012; Uçar, 2010). Ağrı Taşlıçay Kumluca Köyü'nde taşkın ve rusubat kontrolü amacıyla DSİ tarafından yapılan tersip bendi Şekil 1.15.'te sunulmuştur.



Şekil 1.14. Baraj yapıldıktan sonra bir AGİ' de ölçülen debi değeri (Norgbey, 2001).

Şekil 1.15. Tersip bendi ile Ağrı Taşlıçay (a), Iğdır Halfeli (b), Kayseri Talas (c), Zonguldak Beycuma (d) bölgelerinde taşkın ve rusubat kontrolü

Sızma miktarı diğer taşkın koruma yapılarına göre daha az olan taşkın koruma kanalları DSİ tarafından en çok kullanılan taşkın koruma yapılarıdır. Genellikle yerleşim yerlerinin fazla, nüfusun yoğun ve akarsu yatağının dar olduğu yerlerde tercih edilmektedir. Bu kanallarda taban kaplaması yapıldığı için sızma çok azdır ve gelen suyun neredeyse tamamı akışa geçmektedir. Ağrı ili Hamur ilçesinde DSİ tarafından yapılan taşkın koruma kanalı Şekil 1.16.'da sunulmuştur.

Şekil 1.16. Taşkın koruma kanalı Ağrı Hamur İlçe Merkezi(a), Ağrı Hamur Seyithanbey (b), Erzurum Karayazı Çelikli (c), Ağrı Eleşkirt Aydoğdu (d)

Sedde ve istifli tahkimat, ekonomik olduğu için genellikle tarım arazilerinin taşkından korunmasında kullanılmaktadır. Doğaya uygun olduğu için toprağın sızma miktarını düşürmediğinden taşkın riskini de azalmış olmaktadır. Son yıllarda ülkemizde yapısal hatalar nedeni ile sedde kopması olayları yaşandığı için DSİ yerleşim yerlerinde sedde yapımını tavsiye etmemektedir. Kentsel alanlarda dere yatak kesitlerinin dar olması nedeniyle seddelerin dik ve yüksek yapılması gerekmektedir. Bu durum suyun hızının artması ve yapıların zemin kotlarının sedde üst kotunun çok altında kalması anlamına geldiği için akışa geçen yamaç suları yerleşim yerleri için büyük bir risk oluşturmaktadır. Seddeli taşkın koruma yapılarında sedde malzemesinin sızma miktarı, şev topuklarının oyulma derinliği, kullanılan malzemelerin doğaya olan dirençleri dikkate alınmalı eğimin fazla olduğu yerlere ve kurp mansaplarına hız kesici ve oyulma önleyici enine yapılardan olan britler yapılmalıdır. Seddeli taşkın koruma yapılarında, taşkın yataklarında yapılaşmaya izin verilmemeli ve var olan yapılar kaldırılmalıdır (Gürer, 2012).

Ağrı Eleşkirt Yücekapı Beldesinde DSİ tarafından yapılan taşkın koruma tesisi ile 4041 metre istifli taş tahkimat ve sedde imalatı yapılarak, 983 dekar tarım arazisi ve 3 adet hayvansal tesis taşkından korunmuştur (Şekil 1.17.).

Şekil 1.17. Sedde ve istifli taş tahkimat ile taşkın koruma tesisleri Ağrı Eleşkirt Yücekapı (a), Ağrı Eleşkirt Değirmenoluğu (b), Erzurum Karayazı Çelikli (c), Erzurum Horasan Akçataş (d)

Tarım politikaları ve taşkın yönetimi planlamaları yapılırken, erozyonu önlemek için arazinin eğimine dik olarak sürüm yapılmalıdır. Ağaçlandırma gibi toprağın su tutuma kapasitesini artıracak ve toprak kaymasını önleyecek önlemler de alınmalıdır. Böylece akarsularda katı madde taşınımı azalmış ve toprağın su tutma kapasitesi arttırılmış olacaktır (Zaifoğlu, 2018).

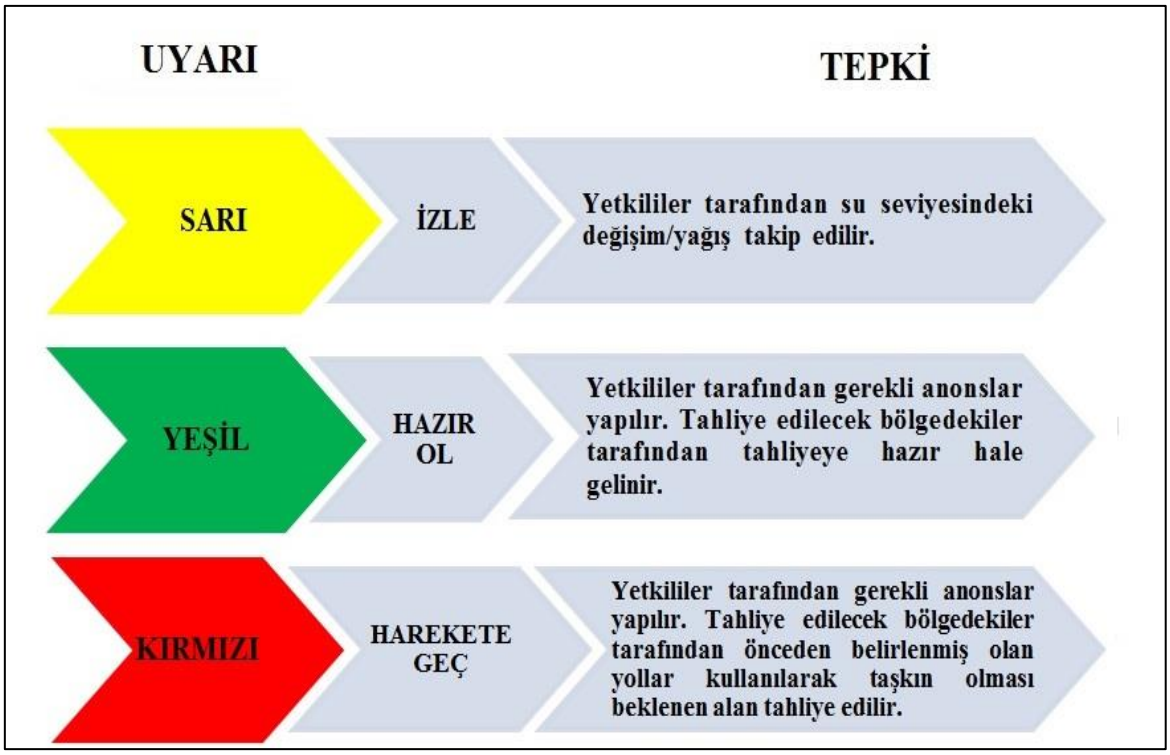
1.3.3.2. Yapısal Olmayan Taşkın Tedbirleri

Bir akarsuda taşkınların zararlarını önleyebilmek için yapısal tedbirler alınırken, 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500, 1000 taşkın tekerrür (yineleme) debilerine göre hesap yapılmaktadır. Ancak en büyük taşkın debisine göre projelendirmek mühendislik açısından ekonomik olmayacağı gibi oluşan bu geniş taşkın yataklarının içerisinde kalan değerli imar alanlarının yapılaşmasının engellenmesi mümkün olmamaktadır. DSİ tarafından ise 100 yıllık taşkın debileri kullanılmaktadır. Bu yineleme debisine göre belirlenecek taşkınların etkilerini azaltabilmek için yapısal olmayan tedbirlerin yapısal tedbirler ile birlikte alınması gerekmektedir. Bu bağlamda; oluşmuş ve oluşması muhtemel taşkın alanları için taşkın yönetim planları hazırlanmalı ve risk seviyesi belirlenmelidir. Bölgenin nüfusu, topografik ve jeolojik yapısı, iklimsel özellikleri, ekonomik ve sosyal imkânları, arazi kullanım durumu, toprak yapısı, su kaynakları, mevcut ve planlanan taşkın koruma yapıları, köprü ve menfez gibi sanat yapılarının boyut ve özellikleri taşkın yönetim planında yer almalıdır (Nas ve Nas, 2013; Dinçergök, 2017).

Muhtemel taşkın alanları için risk haritaları hazırlanmalıdır. Uygunluğu kabul görmüş yöntemlerle taşkın tekerrür (yineleme) debileri hesaplanmalı, havzaya ait yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli oluşturulmalı, köprü, menfez gibi geçiş yapıları ve kritik yerler ve kesitleri belirlenmelidir. Farklı taşkın tekerrür debilerine göre, taşkın alanları ve taşkın derinlik haritaları hazırlanmalıdır (T.C. Resmi Gazete, 2016)

Taşkınların verdiği en büyük zarar can kaybıdır. Taşkınlar diğer afetlere göre tahmin edilebilir afetlerdendir. Dolayısıyla taşkın tahminleri ve kurulacak erken uyarı sistemleri ile can ve mal kayıplarını azaltmak da mümkündür. Erken uyarı sistemleri; taşkın tekerrür debileri, toprağın su emme katsayıları, hava tahminleri, sıcaklık değerleri, kar erime ve buharlaşma miktarları gibi kriterlere göre hidrolik model kurularak oluşacak taşkın debisini ve bu taşkın debisine göre taşkın alanlarının belirlenmesine ve taşkın öncesi bu verilere göre uyarıda bulunulmasını sağlayan sistemlerdir. Bu sistemler kullanılarak, taşkın oluşmadan önce gerekli tedbirlerin alınabilmesi için uyarı verilmesi amaçlanmaktadır

(Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2017). Örnek bir erken uyarı sisteminin şematik gösterimi Şekil 1.18.'de sunulmuştur.



Şekil 1.18. Erken uyarı sisteminin şematik gösterimi (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2017).

Yapısal olmayan bir diğer taşkın tedbiri ise taşınır ve taşınmaz mülkiyetler için taşkın alanları belirlendikten sonra mülkiyetlerin yer aldığı bu alanların taşkın muafiyeti olmayan sigortalar ile güvence altına alınmasıdır.

1.4. Taşkın Tekerrür (Yineleme) Debilerinin Hesaplanması

Taşkın tekerrür debilerinin hesaplanabilmesi için bazı yöntemler (sentetik yöntemler, bölgesel taşkın frekans analizi yöntemi (BTFA) ve noktasal taşkın frekans analiz yöntemleri (NTFA) geliştirilmiştir. Hesaplanan bu yöntemlerin seçilmesinde, havza alanı ve hidrometrik verilerin yeterli olup olmadığı göz önünde bulundurulmaktadır. Bu tez çalışmasında DSİ tarafından önerilen sentetik yöntemlere göre taşkın tekerrür debileri kullanıldığından sadece sentetik yöntemler içerisindeki bu hesap yöntemlerinin karşılaştırılması irdelenmektedir.

1.4.1. Snyder yöntemi

Snyder (1938) tarafından Amerika Birleşik Devletleri'nde çeşitli çalışmalar sonucu bulunmuştur. Sonrasında Amerikan Ordusu Mühendislik Kurulu tarafından geliştirilerek son halini almıştır Hidrometrik verilerin bulunmadığı veya yetersiz verilerin olduğu bir havzada, havzanın fiziksel özelliklerinden yararlanılarak birim hidrografların üretilmesi esasına dayanmaktadır. Taşkın yineleme debilerinin belirlenmesinde en çok kullanılan hesaplama yöntemlerinden biridir. Bu yöntem drenaj alanı 30000 km^2 ve altındaki havzalarda da kullanılabilmektedir. Snyder yöntemi ile taşkın debileri eşitlik 1.1 ile hesaplanabilmektedir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2017).

$$Q_P = q_p * A * 10^{-3} \tag{1.1}$$

Bu eşitlikte;
Q_P; Taşkın debi değeri ($m^3/s/cm$)
A; Havza alanını (km^2) vermektedir.

Formüldeki q_p ise eşitlik 1.2 ile bulunmaktadır.

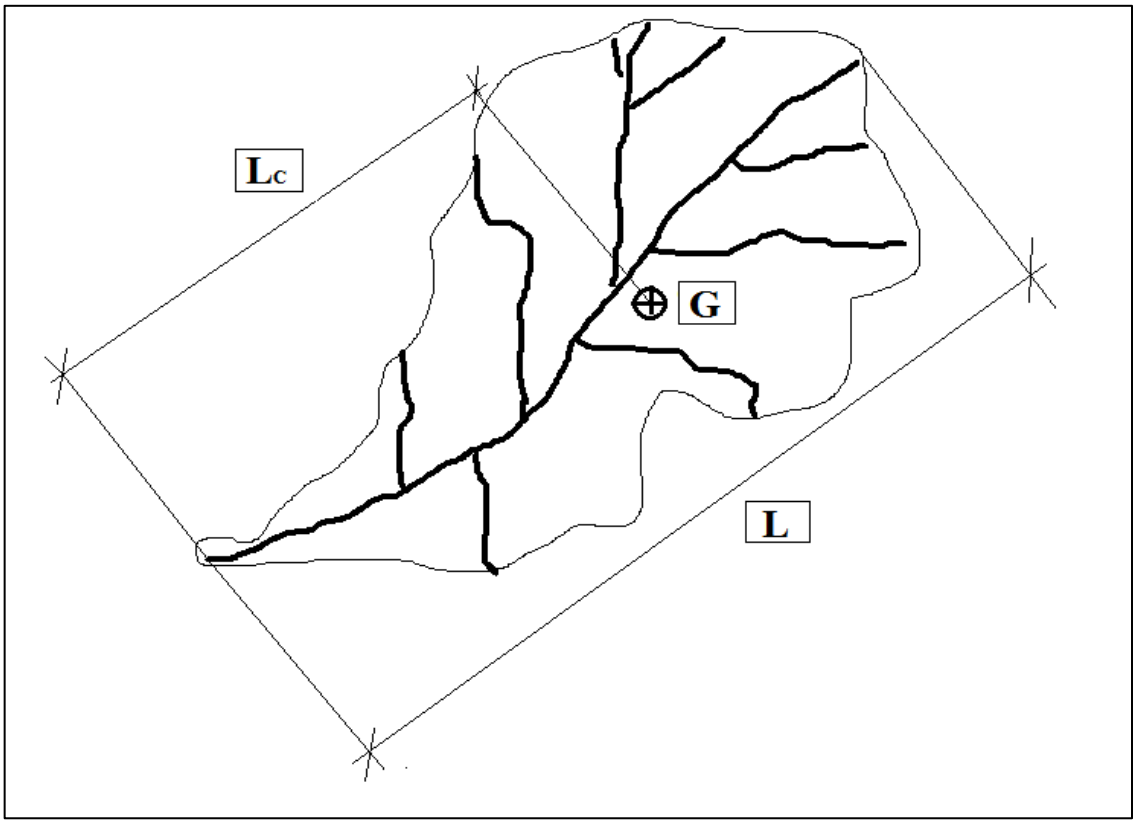
$$q_p = 2760 * C_p/t_p \tag{1.2}$$

Amerikan Ordusu Mühendislik Kurulu tarafından C_t katsayısının eğimin fazla olduğu arazilerde 1.8, eğimin az olduğu arazilerde 2.0 ve düz arazilerde ise 2.2 olduğu ve C_t katsayısının 0.4 ile 8 aralığında yer aldığı belirtilmiştir. C_p değeri ile arasındaki bağlantı eşitlik 1.3'de belirtilmiştir (Eren, 2011).

$$Cp = 0.89 * Ct \tag{1.3}$$

Snyder yönteminde hidrografların pik noktası ile havzaların ağırlık merkezi arasındaki zaman farkı (t_p) saat olarak eşitlik 1.4 ile bulunmaktadır (Sönmez vd., 2012).

$$t_p = 0.75 * C_t * (L * L_c) * 0.3 \tag{1.4}$$



Şekil 1.19. Snyder yöntemindeki L ve L_c değerlerinin bir havza üzerinde gösterimi

Bu eşitlikte;

L; Havza uzunluğu

L_c; Havza alanının ağırlık merkezinin memba veya mansap kısmına en uzak mesafesini vermektedir.

Tüm değerler eşitlik 1.1'e girildikten sonra çıkan sonuç ile yağış yüksekliği çarpılarak taşkın debisi hesaplanmaktadır.

1.4.2. Mockus Yöntemi

Mockus yöntemi, üçgen hidrograf üzerinde çizimlerin daha basit olduğu kullanışlı bir hesaplama yöntemi olması nedeniyle özellikle akım gözlem istasyonu bulunmayan derelerde tercih edilmektedir. Bu yöntem havzada akarsuya en uzak noktaya düşen yağışın akışa geçip akarsu kesitine gelene kadar geçen süre olarak tanımlanan toplanma süresi (t_C) 30 saat ve altında olan havzalarda da uygulanabilmektedir.

Bu yöntemin uygulanmasında öncelikle; yağışların kararsızlığından dolayı taşkın durumlarında birim sağanak süresi olan ΔD seçilir. ΔD değerinin seçimi ise eşitlik 1.5'de verilmiştir.

$$\Delta D = {t_c}/{5} \tag{1.5}$$

İlk 6 saatte ΔD proje sağanak süresi genellikle 1 saat alınmaktadır. Toplanma süresinin 3 saatten az olduğu durumlarda ΔD süresi 0.5, toplanma süresinin 10 - 15 saat aralığında olması durumunda ΔD süresi 2, 15 - 30 saat aralığında ise ΔD değerinin 3 alınması önerilmektedir (Eren, 2011 ; Sönmez vd., 2012).

Mocus yöntemine göre taşkın debisi ise;

$$Q_P = \frac{K * A * h_a}{t_P} \tag{1.6}$$

eşitliği ile belirlenmektedir.

Bu eşitlikte;

h_a; 1 mm yağış gelmesi durumunda oluşacak debi

K; Havza katsayısı

A; Havza alanı (km^2)

t_P; Hidrografın pik debiye erişim zamanını vermektedir.

Erişim zamanı olan t_P eşitlik 1.7 ve toplanma süresi olan t_c eşitlik 1.7 ile hesaplanmaktadır.

$$t_p = 0.5 * \Delta D + 0.6 * t_c \tag{1.7}$$

Bu eşitlikte;

ΔD; Birim sağanak süresini (s) vermektedir.

Toplanma süresi olan t_c değeri ise eşitlik 1.8 ile hesaplanmaktır.

$$\frac{0.77}{} \tag{1.8}$$

Bu eşitlikte;

L; Akarsu kolları uzunluğu (km)

S; Akarsuların ortalama eğimini (%) vermektedir.

Taşkının sönümlenme süresi (t eşitlik 1.9 ile hesaplanmaktadır.

$$\tag{1.9}$$

Eşitliği ile bulunur. Bu eşitlikte H_k, 1-2 aralığında havzanın özelliklerine göre seçilen bir kat sayıdır. Tüm değerler eşitlik 1.6'ya girildikten sonra çıkan sonuç ile istenilen yağış yüksekliği çarpılarak taşkın debisi hesaplanmış olur.

1.4.3. SCS (Soil Conservation Service) Yöntemi

SCS (Soil Conservation Service) yöntemi, Amerika Toprak Koruma ekibi tarafından geliştirilmiştir. Havza alanının 30 km^2'den az olduğu durumlarda tercih edilmektedir. Bu yöntemde hidrometrik verilerin yeterli miktarda olması gerekmektedir. Küçük havzalarda tercih edilen bu yöntem, birçok ülkede kullanılmasına karşın ülkemizde çok fazla kullanılmamaktadır. Çünkü bu yöntemde havzanın en büyük debi değerleri ve dönüş aralıkları için yağış-akış miktarlarının tespit edilmesi gereklidir.

SCS yönteminin tercih edilme sebepleri; formülün sade ve basit olması, günlük yağış verilerinin kullanılması ve sonuçların gerçeğe yakın çıkması olarak sıralanabilmektedir. SCS yönteminin tercih edilmeme nedenleri ise; havzanın drenaj alanlarının homojen yapıya sahip olması gerekliliği, debi ve yağış değerlerinin yeterli olması, havza drenaj alanları, akış katsayısı ve eğri numaralarının çok iyi bilinmesi gerekliliği ve drenaj alanı eğri değerinin sabit olması şeklinde özetlenmektedir.

SCS yöntemine göre taşkın debisi eşitlik 1.10 ile hesaplanmaktadır. Tablo 1.2'de arazi durumuna göre önerilen eğri değerleri sunulmuştur (Sönmez vd., 2012).

(1.10)

Bu eşitlikte;

A; Havza alanı (km^2)

; Taşkının pik değere ulaşma süresi

Maksimum akış yüksekliğini vermektedir.

eşitlik 1.11 ile hesaplanmaktadır.

(1.11)

Bu eşitlikte;

; Ölçülen en yüksek akış yüksekliği

İ; Toprağın su emme değerini vermektedir.

İ değeri, eşitlik 1.12 ile hesaplanmaktadır.

(1.12)

CN değerleri ise Tablo 1.2 yardımı ile seçilebilmektedir.

Tablo 1.2. CN eğri değerlerini gösteren tablo (Eren, 2011).

A. Çok kumlu zeminler
B. Kumu çok, kili az zemin, derince bitkisel toprak
C. Kumu az, kili çok zemin, sığ bitkisel toprak
D. Çok ağır kilili veya kayalık zemin, bitkisel toprak çok ince veya hiç yok

Arazi kullanılması örtü	Muamele ve tatbikat	Sızma için hidrolik şart	Hidrolik toprak grubu			
			A	B	C	D
NADAS	SR	----	77	86	91	94
DİZİ NEBATİ Pancar gibi	SR	Zayıf	72	81	88	91
	SR	İyi	67	78	85	89
	C	Zayıf	70	79	84	88
	C	Zayıf	65	75	82	86
	CT	Zayıf	66	74	80	82
	CT	İyi	62	71	78	81
UFAK DANELİ Buğday gibi	SR	Zayıf	65	76	84	88
	SR	İyi	63	75	83	87
	C	Zayıf	63	74	82	85
	C	İyi	61	73	81	84
	CT	Zayıf	61	72	79	82
	CT	İyi	59	70	78	81
SIK EKİLMİŞ BAKLİYAT VEYA OT RATOSYONU	SR	Zayıf	66	77	85	89
	SR	İyi	58	72	81	85
	C	Zayıf	64	75	83	85
	C	İyi	55	69	78	83
	CT	Zayıf	63	73	80	83
	CT	İyi	51	67	76	80
ÇAYIRLIK VEYA MEYDAN	----	Zayıf	68	79	86	89
	----	Müsait	49	69	79	84
	----	İyi	39	61	74	80
	C	Zayıf	74	67	81	88
	C	Müsait	25	59	75	83
	C	İyi	6	35	70	79
DEVAMLI ÇAYIR	----	----	30	58	71	78
ORMAN Çiftlik Ağaçları	----	Zayıf	45	60	77	83
	----	Müsait	36	60	73	79
	----	İyi	25	55	70	77
ÇİFTLİK BİNALARI	----	----	59	74	82	86
YOLLAR (Tozlu)	----	----	72	82	87	89
YOLLAR (Sert zeminde)	----	----	74	84	90	92

Taşkının pik değere ulaşma süresi olan eşitlik 1.13 ile hesaplanmaktadır.

$$\left(-\right) \tag{1.13}$$

Bu eşitlikte;

; Havzanın gecikme süresi (saat)

Toplam yağış süresini (saat) vermektedir.

Toplam yağış süresi olan D değeri eşitlik 1.14 ile hesaplanmaktadır.

$$D = 0{,}133 * t_c \tag{1.14}$$

Eşitlikteki havza geçiş süresi olan t_c ise eşitlik 1.15 ile hesaplanmaktadır.

$$t_c = 0{,}066 \left(\frac{{L_d}^2}{S}\right)^{0.385} \tag{1.15}$$

Bu eşitlikte;

L_d: Havzadaki akarsuların toplam uzunluğu (km)

S; Ortalama eğimi (%) vermektedir.

t_h değeri ise eşitlik 1.15 ile hesaplanabilmektedir.

$$t_h = 0{,}06 * t_p \tag{1.16}$$

Burada yapılan tüm hesaplamalar sonucu çıkan değerler eşitlik 1.10'a yazıldıktan sonra SCS yöntemine göre taşkın debisi hesaplanmış olmaktadır.

1.4.4. DSİ Sentetik Yöntemi

DSİ sentetik yöntemi 1000 km^2 ve altındaki drenaj alanları için kullanılabilmektedir. Alanın 1000 km^2'den fazla olması durumunda ise küçük alanlara bölünerek birim hidrograflar oluşturulur. 2 saatlik yağış süresine göre belirlendiği için birim hidrografın pik değere ulaşma süresinin (t_p) en az 2 saat olması gerekmektedir (T.C. Resmi Gazete, 2016). DSİ Sentetik yönteminde de SCS yöntemi gibi boyutsuz birim hidrograf usulüne göre hesaplama yapılmaktadır. Bu yöntemde birim akış yüksekliğine karşılık gelen 2 saatlik yağışın oluşturacağı birim debi eşitlik 1.17 ile hesaplanmaktadır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2017).

$$q_b = 414 * \left[A^{0{,}225} * \left(\frac{L * L_c}{\sqrt{S_h}}\right)^{0{,}16}\right]^{-1} \tag{1.17}$$

Bu eşitlikte;

A; Drenaj alanı (km^2)

L; Akarsuyun ana kol uzunluğu (km)

L_c; Akarsuyun havzayı terk ettiği yer ile havza ağırlık merkezi arasındaki uzaklığı

S_h; Akarsu ana kolunun harmonik eğimini vermektedir.

Birim hidrografın pik değeri ise (Q_p) eşitlik 1.18 ile hesaplanmaktadır.

$$Q_p = q_b * A * 10^{-3} \quad (1.18)$$

1.4.5. Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Genel olarak taşkın hesaplama yöntemlerinin karşılaştırılması durumunda; Snyder yöntemi ile hesaplanan taşkın debisi değerlerinin öngörülenden daha büyük değerler verdiği, bunun nedeni olarak da Snyder yöntemi hesaplamalarında drenaj alanı ve havza özelliklerini yansıtan katsayıların kullanılmaması olduğu görülmektedir. Snyder yöntemi taşkın debisi hesaplanan bölgenin geometrisi ve yüzey alanına göre sonuç vermektedir. Havza alanı küçüldükçe hesaplanan taşkın debisi değeri de azalmaktadır.

SCS ve Mockus yöntemlerinde ise havzanın karakteristik özellikleri dikkate alınmaktadır. Havza alanının bitki örtüsü, arazi geçirimlilik katsayısı ve eğim gibi değerler taşkın debisi hesaplarına katılmaktadır. Her iki yöntemde de hidrometrik verilerin yeterli miktarda olması gerekmektedir. SCS ve Mockus yöntemleri ile hesaplanan taşkın debisi değerleri, Snyder ve DSİ sentetik yöntemlerine göre daha küçüktür.

DSİ sentetik yöntemi ise 1000 km^2 ve altındaki alanlarda kullanılabilir olması nedeni ile büyük havzalarda kullanışlı değildir. Yine bu hesap yönteminde havzanın alanı, harmonik eğimi gibi geometrik özellikleri dikkate alınmasına rağmen havzanın bitki örtüsü ve geçirimlilik katsayısı gibi özellikleri dikkate alınmamaktadır.

Farklı yöntemlere göre hesaplanan taşkın debilerinden de anlaşılacağı gibi hesap yöntemi seçilirken hidrometrik verilerin yeterliliği, havzanın geometrik ve karakteristik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Drenaj alanı, eğimi ve havzanın büyüklüğü gibi değerler, yöntemlerin seçilmesinde oldukça önemli kriterler olmalıdır.

1.5. Taşkın Risk Haritalarının Modellenmesi

Taşkın risk haritalarının, gerçeğe yakın sonuçlar verebilmesi için verilerin özenle elde edilmesi, oluşturulması ve doğru olarak işlenmesi gerekmektedir. Taşkın alanlarının belirlenebilmesi içinse taşkın tekerrür (yineleme) debileri yardımı ile bir hidrolik model oluşturulmalıdır. Akarsu yatakları ve taşkın sahalarında, su yükseklikleri ve taşkın haritalarının elde edilmesi için birçok hidrolik model bulunmaktadır. Bu modellerin bazıları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile birlikte çalışabilmektedir ve yaygın olarak kullanılanları ise DHI'nin (Danimarka Hidrolik Enstitüsü) geliştirdiği MIKE 11 ve HEC (Amerika Hidroloji Mühendislik Merkezi) tarafından geliştirilen HEC-RAS yazılımlarıdır. MIKE 11 yazılımı ile 1 boyutlu modelleme, HEC-RAS yazılımında ise kararlı ve kararsız akışların 3 boyutlu modellemesi yapılabilmektedir. Hidrolik model oluşturulabilmesi içinse çeşitli bilgisayar yazılımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Hidrolik modelin oluşturulması için kullanılan yazılımlar aşağıda irdelenmektedir.

1.5.1. Netcad Yazılımı

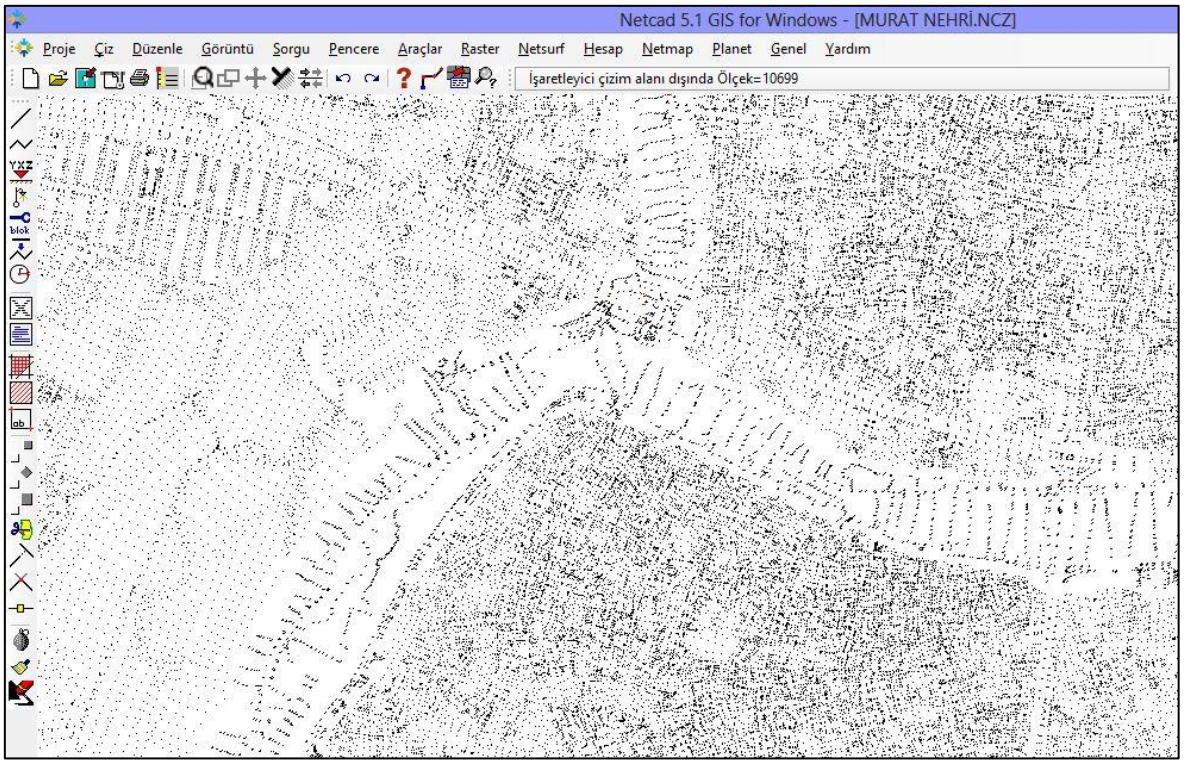
Netcad, 1989 yılında Serdar Ak ve Sarper Ak adında iki kardeş tarafından geliştirilmiştir. Bu yazılım CBS, CAD, haritalama, şehir planlama, tarım, jeoloji, madencilik ve ormancılık gibi alanlarda çözümler üretmek için tasarlanmıştır. Netcad yazılımı kapsamlı GIS tabanlı çizim yapan ilk Türk yazılımıdır.

Netcad yazılımı ile;

- İmar ve kadastro projesinin hazırlanması için koordinat hesaplamaları,
- Arazi çalışmaları, otoyollar, demiryolları, havaalanları, limanlar, barajlar, yerleşim alanı planlaması ve kazıları gibi hacime dayalı projelerin hazırlanması,

yapılabilmektedir (URL-4, 2018).

Netcad yazılımı ile; 1/1000 ölçekli halihazır haritalar, arazi alımları ve diğer sayısal nokta verileri tek tabakada (altlık) birleştirilebilmektedir (Şekil 1.20.).



Şekil 1.20. Noktasal verilerin Netcad yazılımında görüntülenmesi (Murat Nehri örneği)

Bu verilerin dönüştürülmesinde; öncelikle veriler Netcad yazılımı ile açılır ardından ArcGIS yazılımında görüntülenmesi için Proje → Farklı Kaydet seçilir, sonrasında da kayıt türü DWG-DXF belirlenir ve kayıt işlemi tamamlanır.

1.5.2. ArcGIS Yazılımı

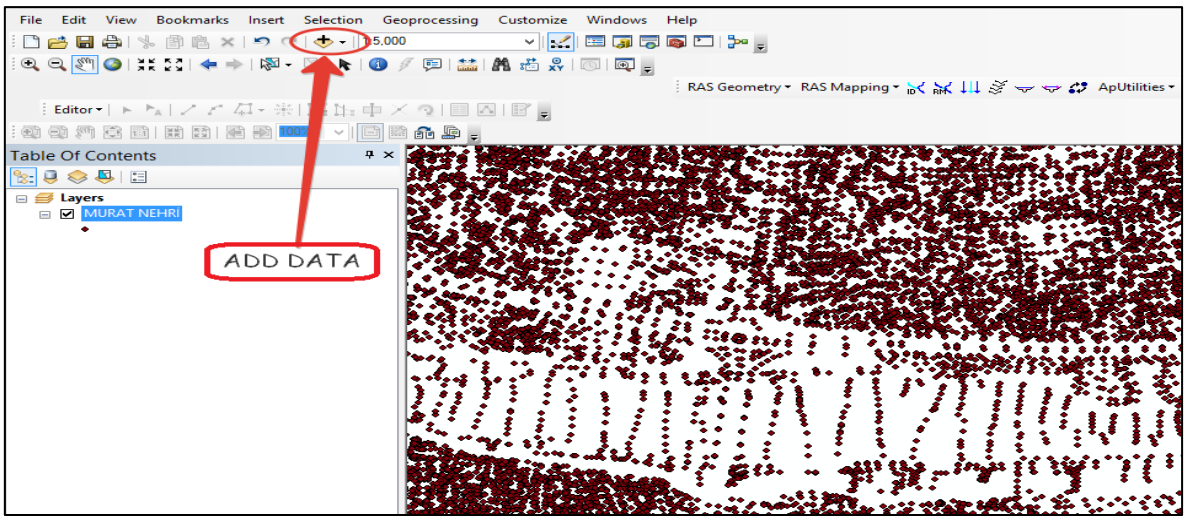
ArcGIS yazılımı bilgileri işlemeyi, analiz etmeyi, harita oluşturmayı, projelendirme ve sonuca bağlayabilme becerisini arttırmayı ve bununla birlikte para ve insan gücünden tasarruf etmeyi sağlayan, haritalar ve coğrafi bilgilere dayalı çalışan coğrafi bilgi sistemli bir bilgisayar yazılımdır.

Bu yazılım; harita oluşturmak ve kullanmak, coğrafi verileri derlemek, haritalanmış bilgileri analiz etmek, coğrafi bilgileri paylaşmak ve keşfetmek, çeşitli uygulamalarda haritalar ve coğrafi bilgileri kullanmak ve bir veri tabanında coğrafi bilgileri yönetmek için kullanılmaktadır (URL-5, 2019).

ArcGIS yazılımı ile taşkın haritalarının oluşturulması için sayısal arazi modellerinin çıkarılması, alt modüller, profil ve su yüzü kotları ve haritalandırma konuları aşağıda irdelenmektedir.

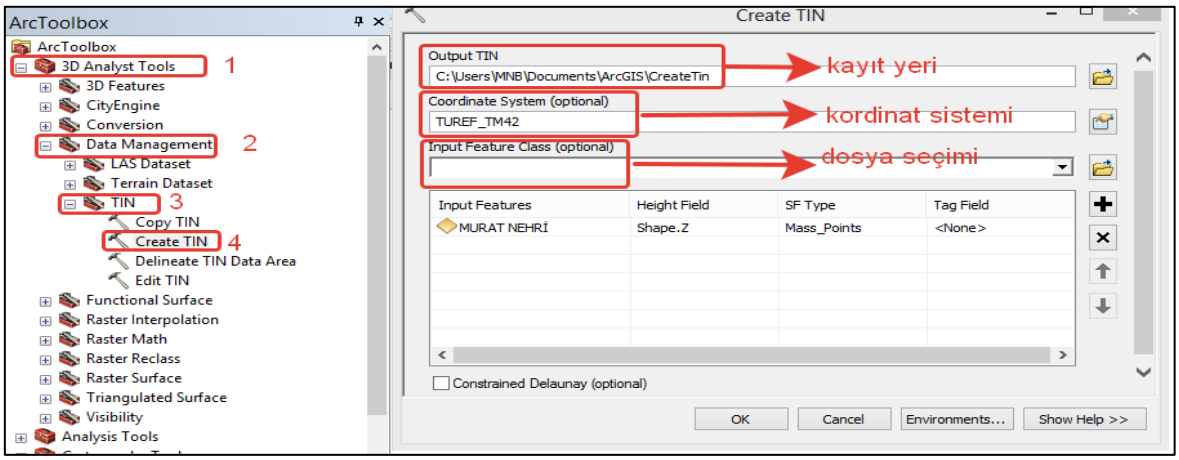
1.5.2.1. ArcGIS ile TIN Oluşturulması

ArcGIS yazılımı ile taşkın analizi yapılabilmesi için sayısal arazi modelinin TIN (**T**riangulated **I**rragular **N**etwork) oluşturulması gerekmektedir. Bunun için öncelikle Netcad yazılımı ile oluşturulan *dxf uzantılı dosya *Add Data* komutu ile açılır (Şekil 1.21.).



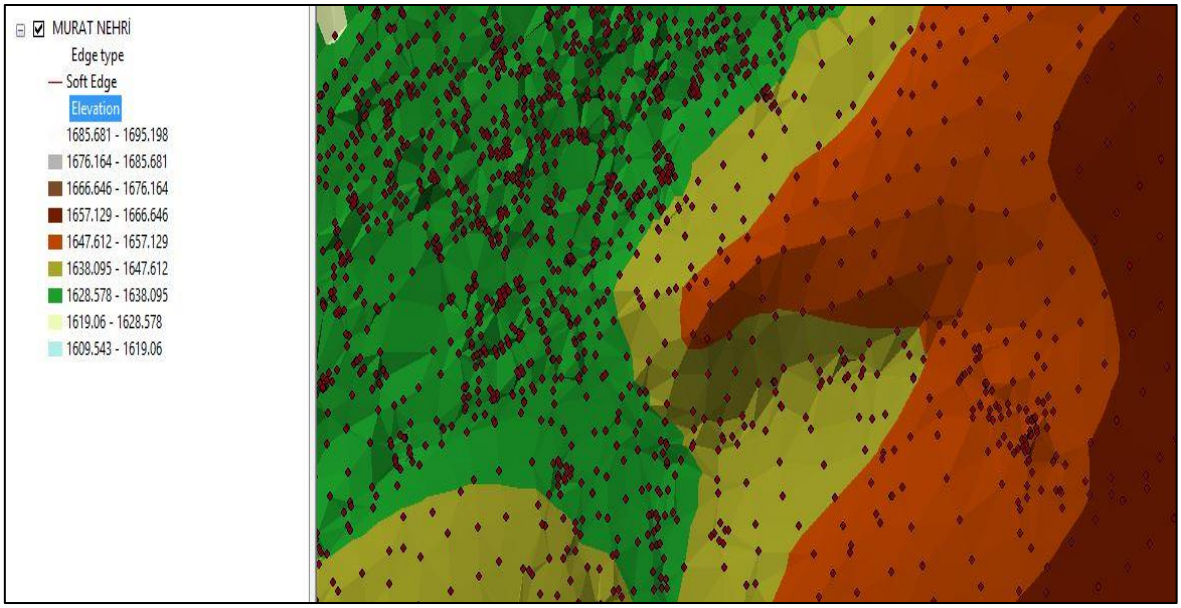
Şekil 1.21. Netcad verilerinin ArcGIS yazılımında açılması (Murat Nehri Ağrı örneği)

Ardından eklenen nokta verilerinin araziyi yansıtabilmesi için bir yüzey modeline dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için düzensiz üçgen ağı denilen (TIN) dosyası; *ArcToolbox → 3D Analyst Tools → Data Management → TIN → Create TIN* komutu ile oluşturulur (Şekil 1.22.).



Şekil 1.22. TIN dosyasının oluşturulması

Koordinat sistemi ve kayıt yeri seçildikten sonra oluşturulan TIN dosyasının değişken yükseklik değerlerine göre otomatik renklendirilmesi (sınıflandırılması) yapılır (Şekil 1.23.).

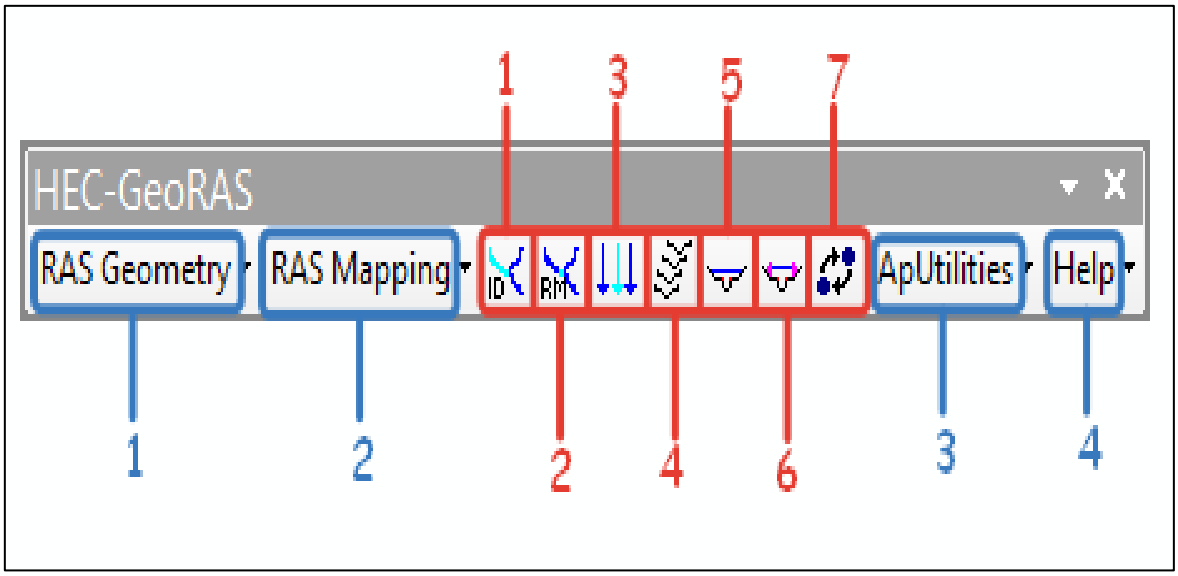


Şekil 1.23. TIN dosyası ve yükseklik değerlerinin renkli sınıflandırılması (Murat Nehri Ağrı örneği)

1.5.2.2. HEC-GeoRAS Modülü

HEC-GeoRAS, ArcGIS yazılımının alt modülü olarak çalışmaktadır. Bu alt modül ArcGIS ile HEC-RAS yazılımı arasında bir köprü görevi görmektedir. HEC-RAS yazılımının hidrolik analiz yapabilmesi için gereli olan geometrik verilerin oluşturulmasında ve HEC-RAS'ta modelleme sonrasında sonuçların tekrar ArcGIS yazılımı ile gösteriminde kullanılmaktadır. Geometrik verilerin hazırlanması ve HEC-RAS yazılımına aktarılabilmesi için geliştirilmiş bir modüldür. Akarsu ve çevresinin mevcut sayısal arazi modeli (TIN) üzerinde gerekli sayısallaştırmalar HEC-GeoRAS ile yapıldıktan sonra HEC-RAS yazılımına aktarılmaktadır (HEC, 2016).

HEC-GeoRAS modülünün araç çubuğundaki menüler ise mavi ve kırmızı renklerle aşağıdaki gibi açıklanmaktadır (Şekil 1.24.).



Şekil 1.24. HEC-GeoRAS modülünün araç çubuğu görünümü

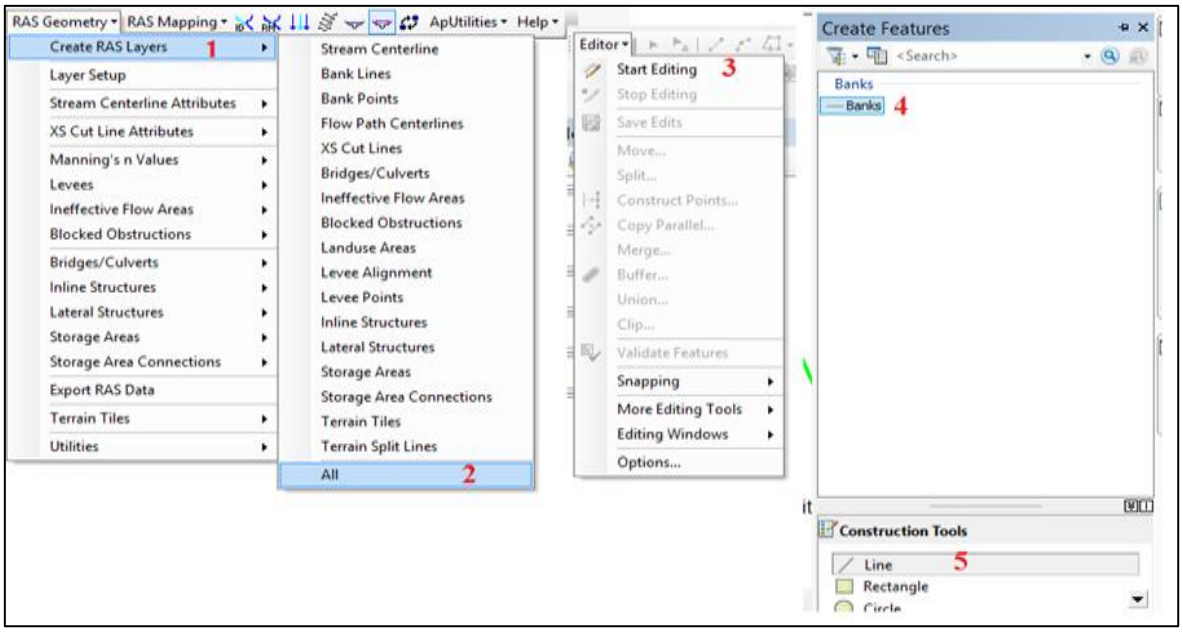
Mavi renkli menüler;

1. Ras Geometry: CBS verilerinin oluşması için gerekli katmaları oluşturur.
2. Ras Mapping: HEC-RAS ile elde edilen sonuçları işleyerek, su altında kalabilecek alanları ve su yüksekliklerini oluşturur.
3. ApUtilities; Veri dönüşümü ve yönetimi için gerekli fonksiyonları bulundurur.
4. Help: Yardım menüsüdür.

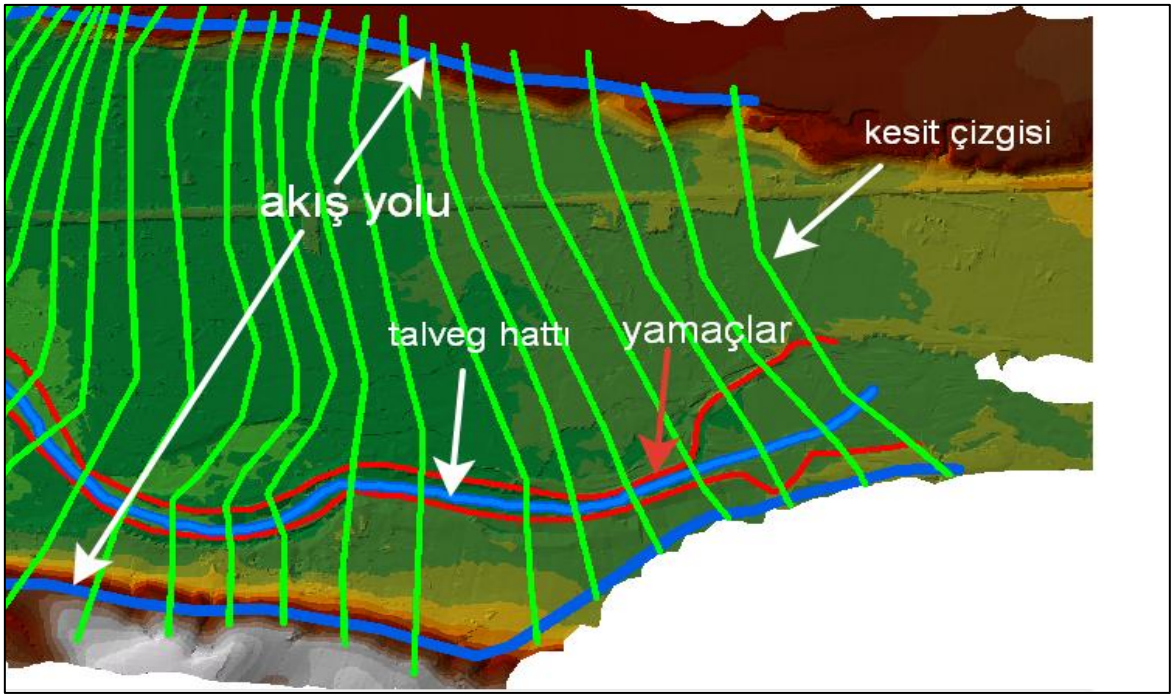
Kırmızı renkli menüler;

1. Akarsu ve kollarını adlandırır.
2. Akarsu ve kollarını tespit eder.
3. Akış yolu ve özelliklerini belirler.
4. Akarsu yatağında, belirli aralık ve uzunlukta otomatik kesit alınmasını sağlar.
5. Seçili kesitin çizimi gerçekleştirir.
6. Yamaç doğrultusunda enterpolasyon için yükseklik değerlerini girer.
7. HEC-RAS'dan gelen *.SDF dosyasını, ArcGIS'te açabilmek için dosyayı *.XML dosya formatına dönüştürür (HEC, 2016; Sargın, 2013).

HEC-RAS ile sayısallaştırmalar yapılırken; *Ras Geometry* → *Create RAS Layers* → *All* komutu ile dere, yamaç, akım yolu, kesitler, köprü ve menfez gibi tabakalar oluşturulur (Şekil 1.25.). Ardından *Editör* → *Start Editing* komutu ile katmanlar sırasıyla aktifleştirilir (Şekil 1.26.).



Şekil 1.25. HEC-GeoRAS ile sayısallaştırmaların yapılması



Şekil 1.26. HEC-GeoRAS ile oluşturulan katmanlar

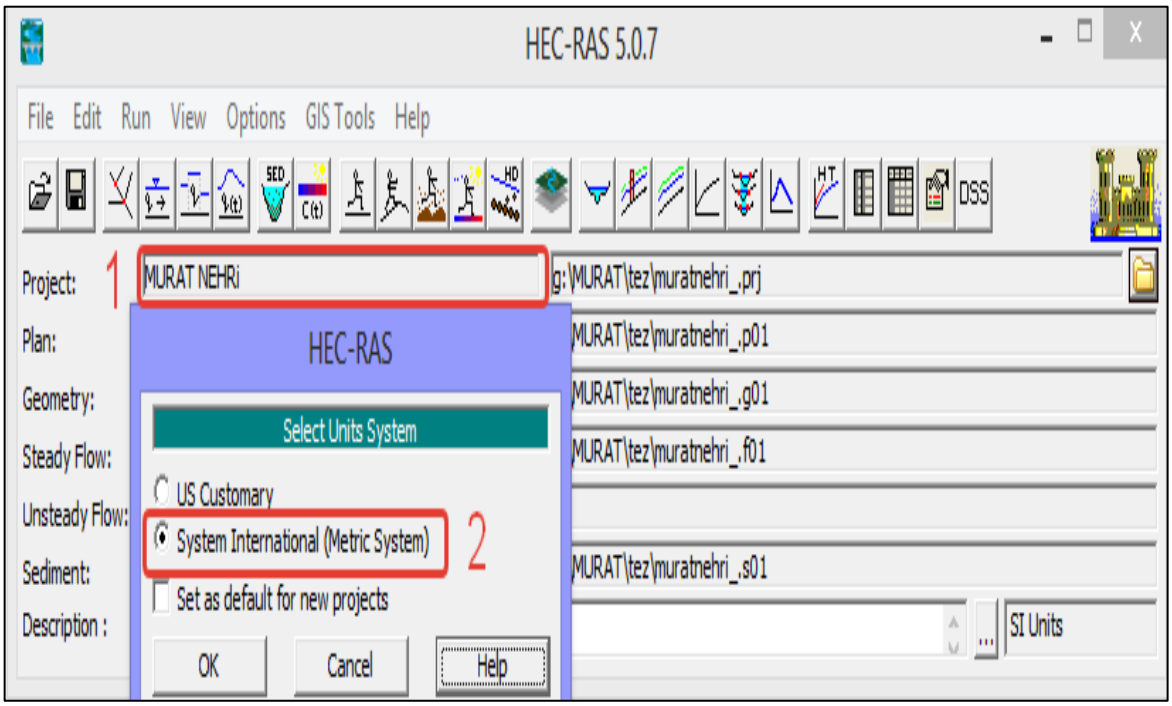
Katmanlar oluşturulduktan sonra, *RAS Geometry → Export RAS Data* komutu ile geometrik veriler *.SDF formatına dönüştürülür. Artık bu şekilde dönüştürülen veriler HEC-RAS yazılımında açılabilecek durumdadır.

1.5.3. HEC-RAS Yazılımı

Bu yazılım California'da bulunan Hidroloji Mühendisliği Merkezi (HEC) tarafından, kanal akış analizi ve taşkın yatağı tespiti için geliştirilmiştir. Çok sayıda veri girişi, veri saklama–yönetimi ve grafik çizme-raporlama kabiliyetlerini ve hidrolik analiz bileşenlerini içerir (URL-6, 2019).

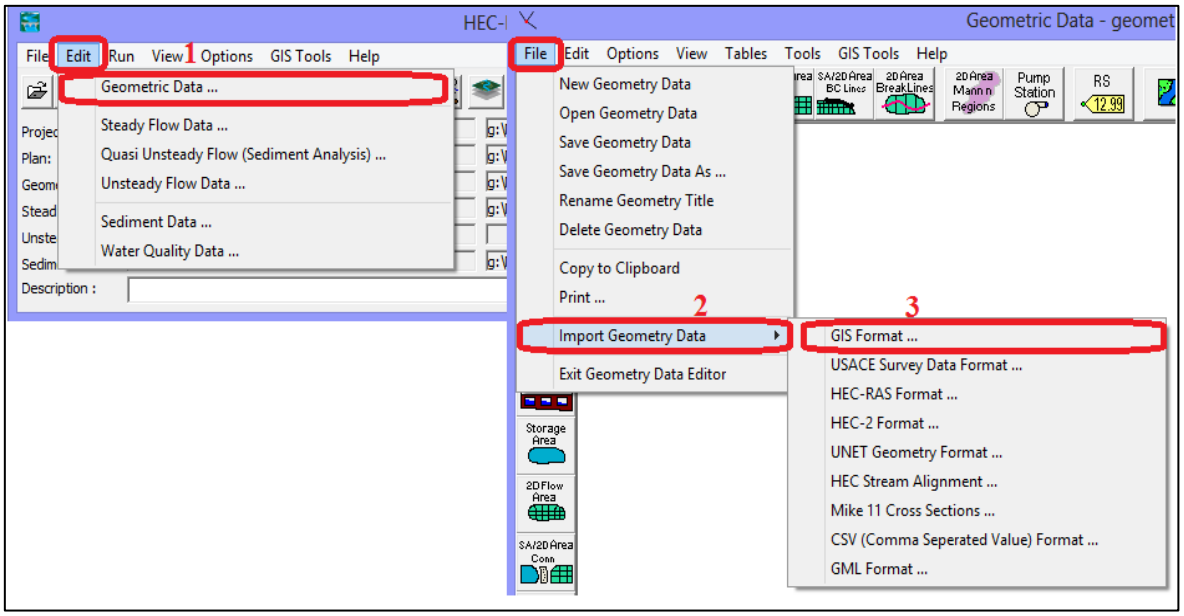
HEC-RAS yazılımı ile taşkın tekerrür (yineleme) debilerine göre boyuna profil ve su yüzü kotları hesaplanabilmekte, ardından taşkın alanlarının belirlenebilmesi için bu analizler ArcGIS yazılımına gönderilebilmektedir. HEC-RAS yazılımı internet ortamından ücretsiz olarak indirilebilmekte, yazılımla ilgili eğitim ve yardım dokümanlarına ücretsiz ulaşılabilmektedir.

HEC-RAS yazılımı ile analize başlamadan önce *File → New Project* komutu ile çalışmaya bir isim verilir ve ardından *Options → Unit System* komutu ile metrik birim sistemi işaretlenerek kayıt edilir (Şekil 1.27.).



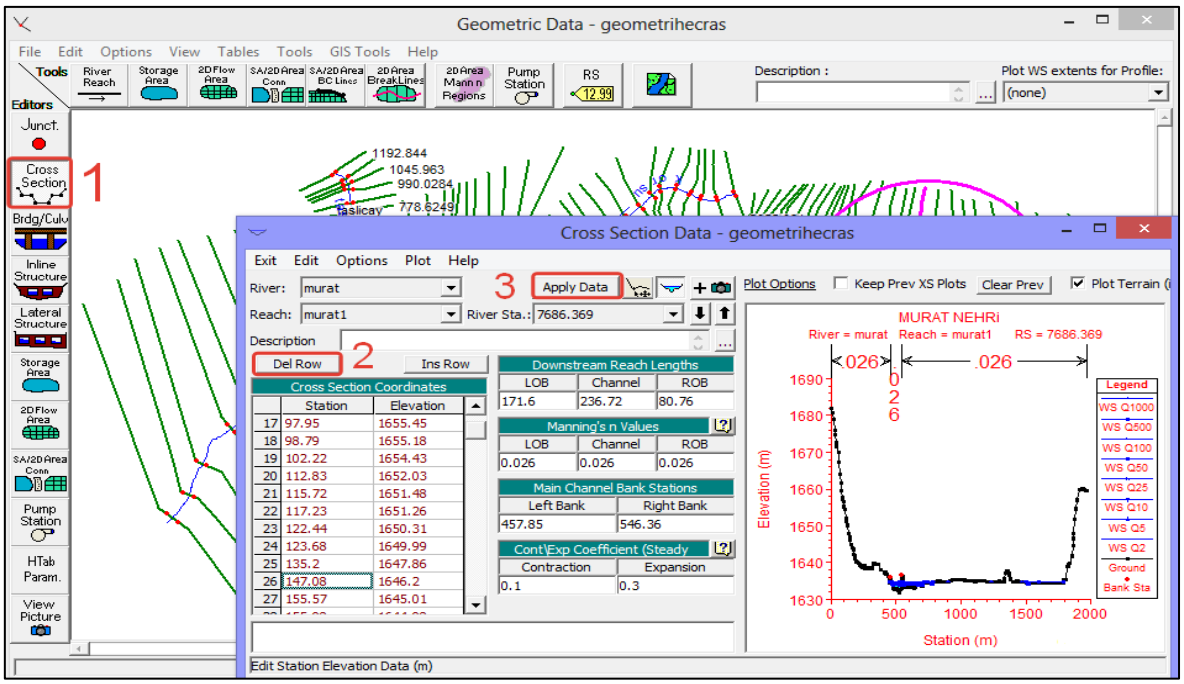
Şekil 1.27. HEC-RAS ile projeye isim verilmesi ve birim sisteminin seçilmesi

Ardından HEC-GeoRAS ile oluşturulan veriler çağırılır. *Edit → Geometric Data* komutuyla açılan pencerede ise *File → İmport Geometry Data → GIS Format* komutu ile oluşturulan kesitler açılmaktadır (Şekil 1.28.).



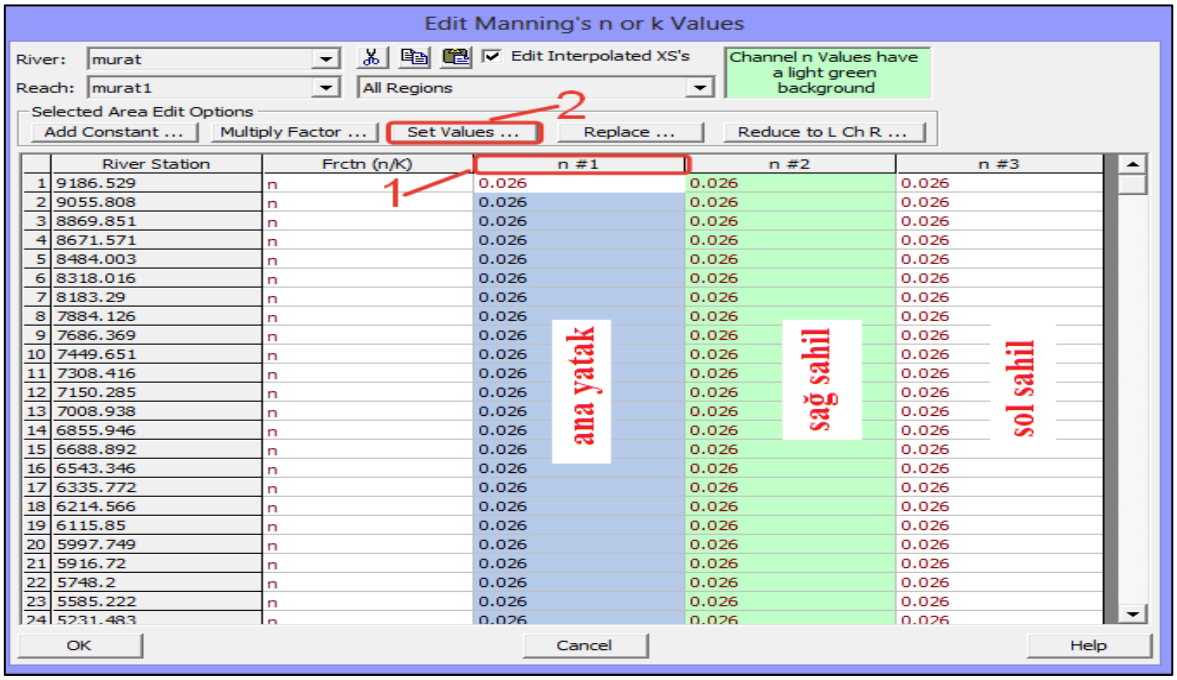
Şekil 1.28. HEC-GeoRAS verilerinin HEC-RAS ile açılması

Sonrasında *Edit* → *Geometric Data* komutu ile daha önceden oluşturulan kesitler açılır. Bu süreçte istenilen kesitler üzerinde düzenleme de yapılabilmektedir (Şekil 4.10). Eğer kesit 500 ve daha fazla noktadan oluşturulmuş ise HEC-RAS tarafından hesaplama yapılabilmesi (hata vermemesi) için bu nokta sayısının en fazla 499 nokta olması gerekmektedir (Şekil 1.29.).

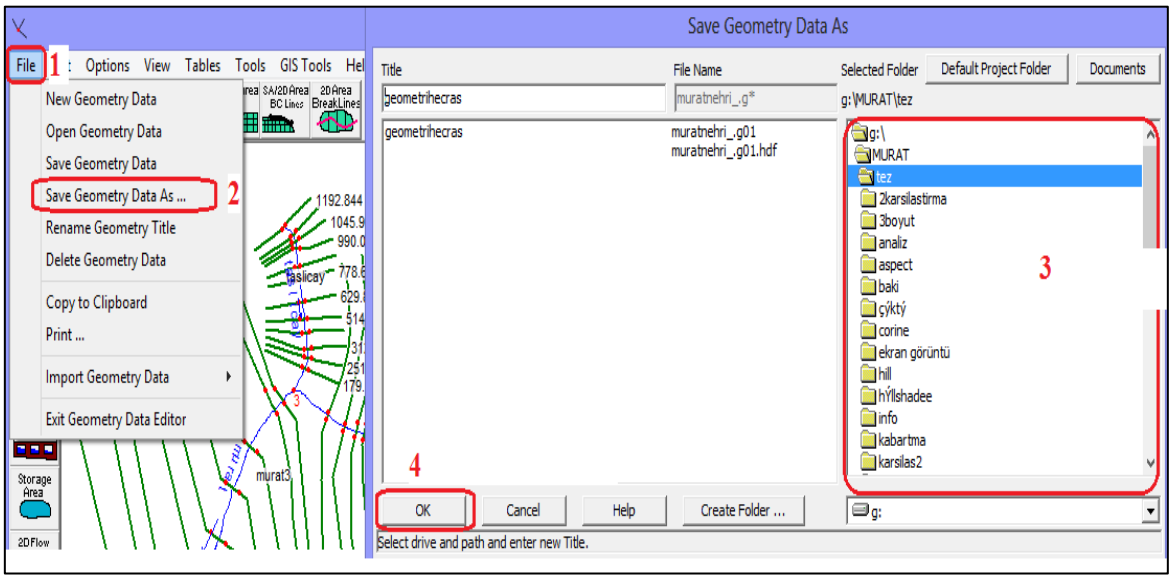


Şekil 1.29. HEC-RAS üzerinde kesitlerin düzenlenmesi

Yazılımda Manning katsayılarının girilmesi için *Tables → Manning's n or k values (Horizontally varied)* komutu kullanılır. Akarsu yatağı, yamaçlar, köprü ve menfez gibi geçirgen yapıların Manning katsayısı ayrı ayrı da girilebilmektedir (Şekil 1.30.). Katsayıların girilmesinin ardından *File → Save Geometry Data As* komutu ile düzenlenen veriler kayıt edilir (Şekil 1.31.).

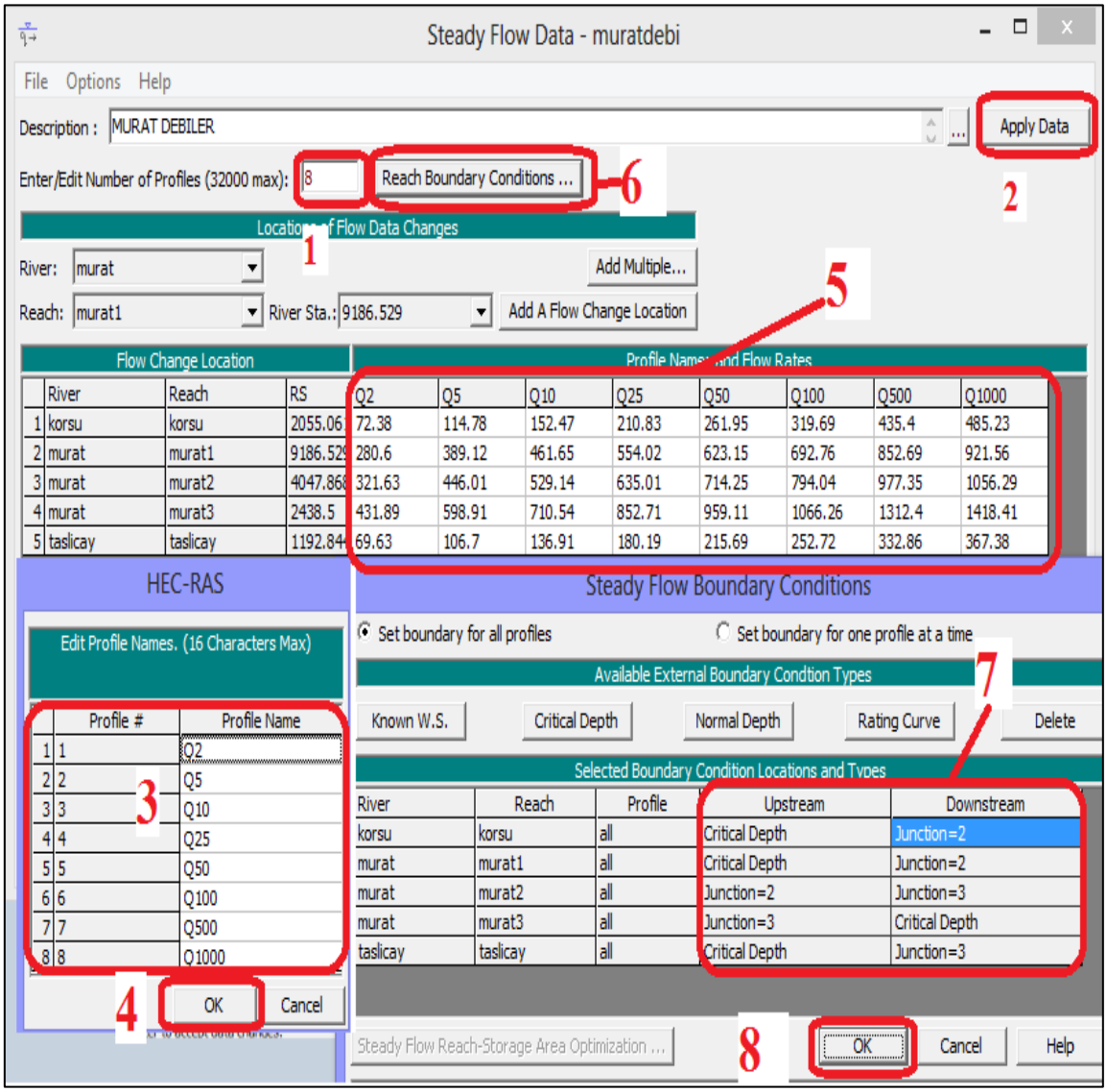


Şekil 1.30. Manning katsayılarının HEC-RAS yazılımına girilmesi



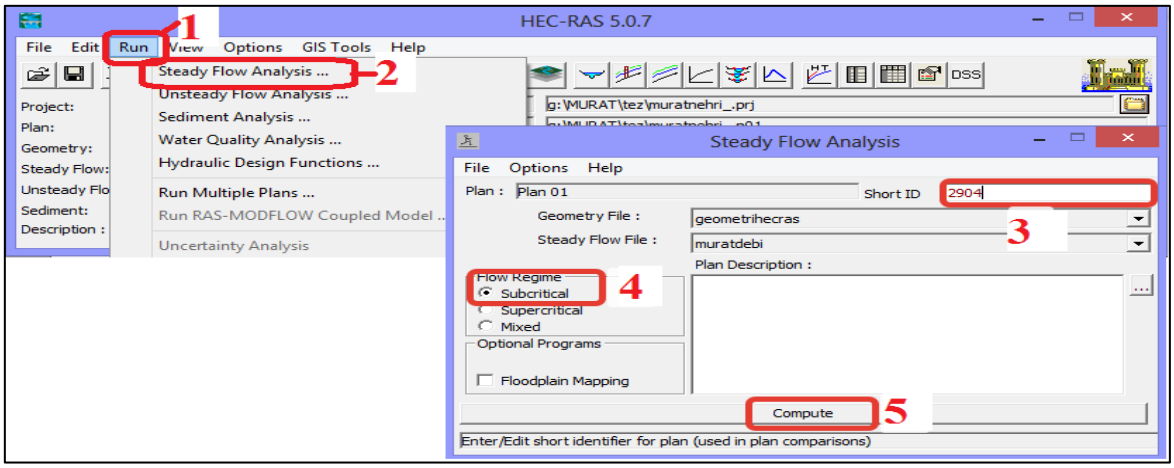
Şekil 1.31. HEC-RAS'ta geometrik verilerin kayıt edilmesi

Düzenlenen verilerin kayıt edilmesinden sonra HEC-RAS yazılımında *Edit* → *Steady Flow Data* komutu ile akım şartları ve debi değerleri girilir. Reach Boundary Condition tuşunun sol tarafındaki kutucuğa; kaç yıllık taşkın tekerrür (yineleme) debisi girilecekse yazılır, taşkın debileri girilir ve Reach Boundary Condition tuşuna basılarak akım şartları belirlenir (Şekil 1.32.) ve File → Save Flow Data As komutu ile akım verileri kayıt edilir.



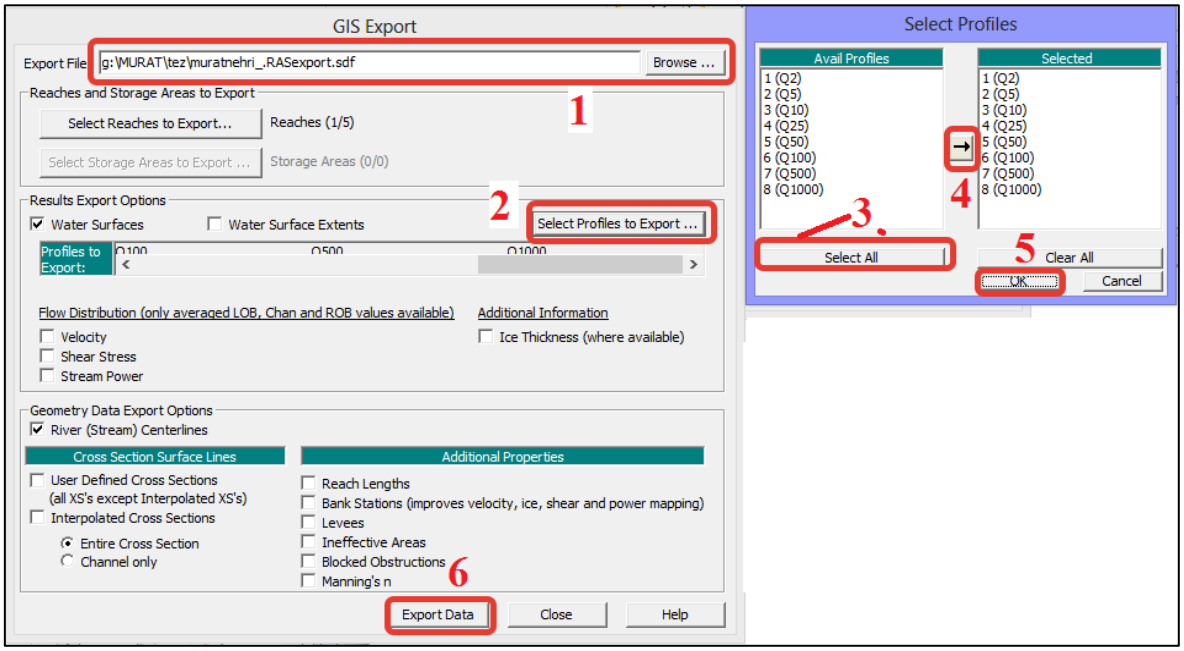
Şekil 1.32. HEC-RAS'ta akım şartlarının belirlenmesi ve debilerin girilmesi

Akımın kararlı olduğu düşünülerek, HEC-RAS yazılımı ana menüsünden *Run* → *Steady Flow Analysis* komutu ile çalışmaya ID verilir (tanımlanır), ardından akım rejimi seçilir (subcritical) ve *compute* tuşu ile analiz tamamlanır (Şekil 1.33.).



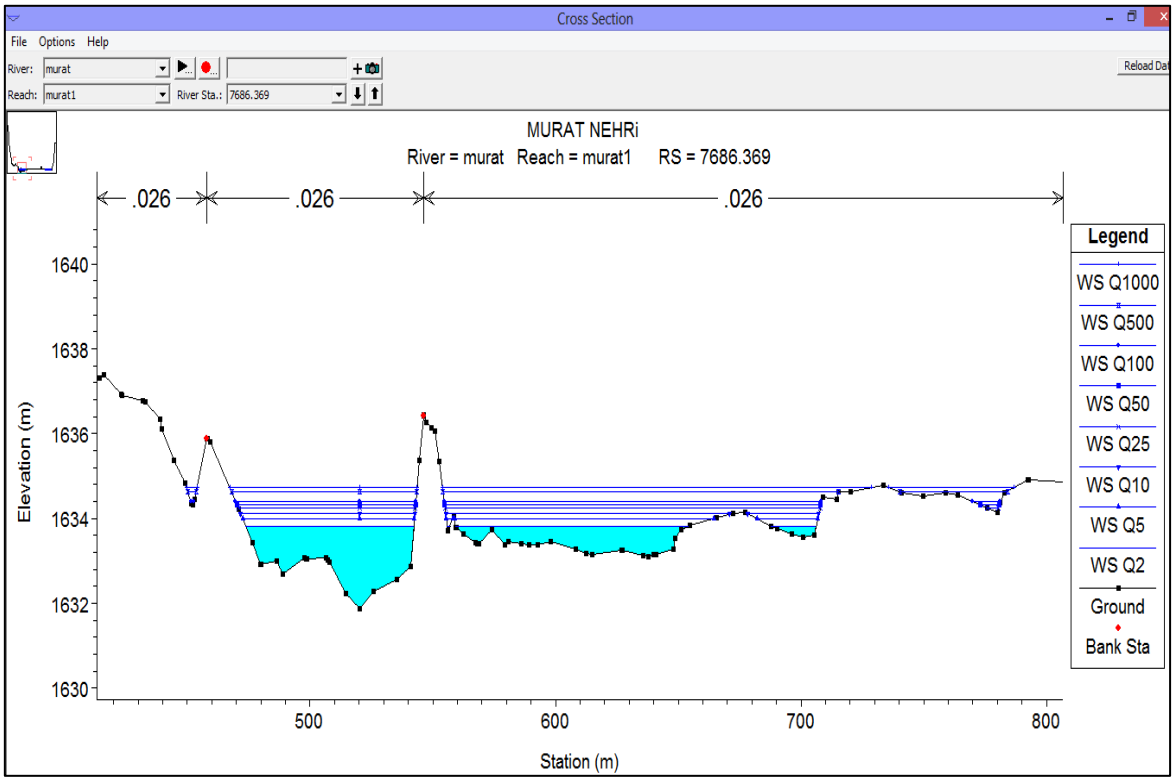
Şekil 1.33. HEC-RAS ile hesaplamaların yapılması

Hesaplama işlemi tamamlandıktan sonra Şekil 1.34. görüldüğü gibi verileri HEC-GeoRAS yazılımına aktarabilmek için *File → Export GIS Data* komutu seçilir. Ardından istenilen taşkın profilleri (*Select Profiles to Export)* için kayıt işlemi tamamlanır.

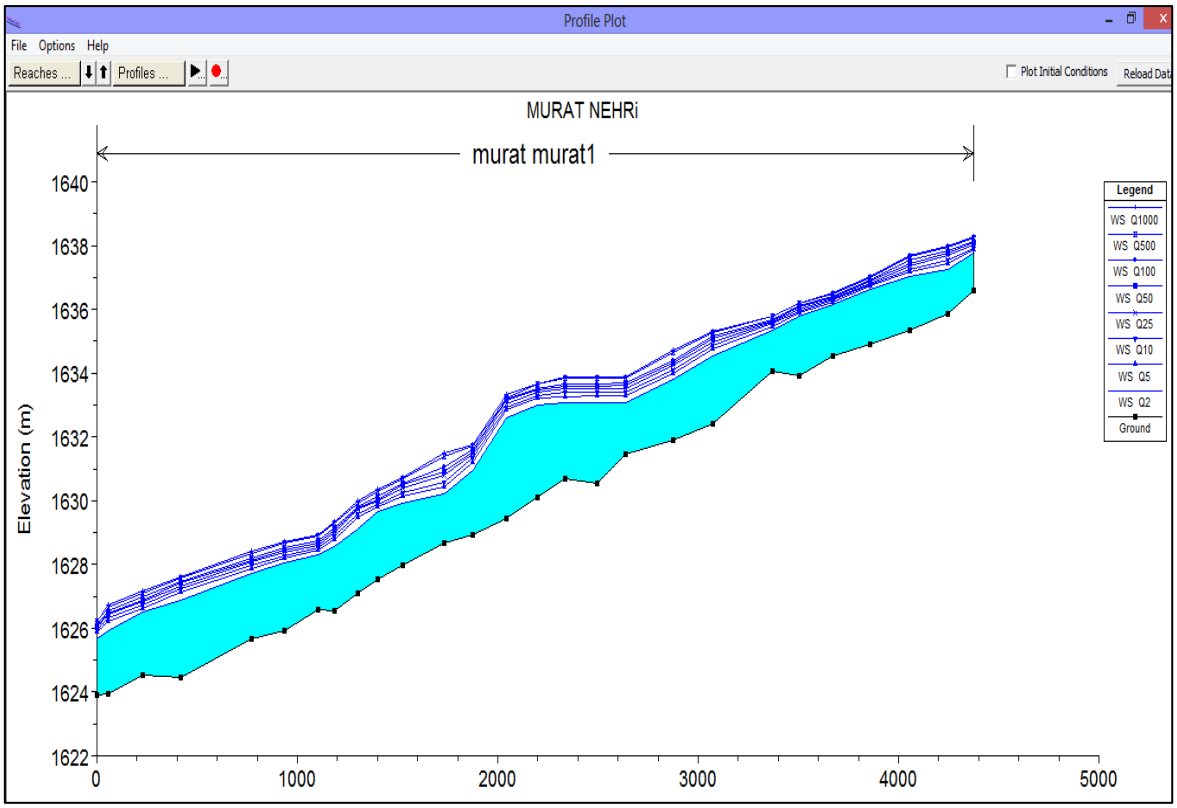


Şekil 1.34. HEC-RAS yazılımındaki verilerin HEC-GeoRAS modülüne aktarılması

Taşkın profillerinin belirlenmesi ve kayıt işlemlerinin ardından analiz sonucu yineleme debilerine göre oluşan kesitler *View → Cross → Section* (Şekil 1.35.), oluşturulan su yüzü profilleri ise *View → Water Surface Profiles* komutu ile görüntülenebilmektedir (Şekil 1.36.).



Şekil 1.35. HEC-RAS yazılımı ile kesitlerin görüntülenmesi

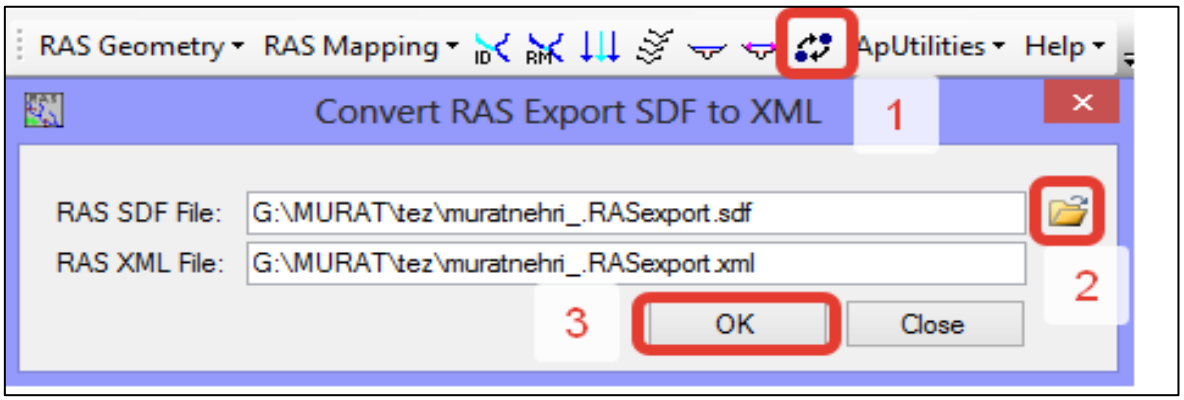


Şekil 1.36. HEC-RAS ile oluşturulan profillerin görüntülenmesi

Açılan pencerede, *File* → *Print* komutu ile yazdırma işlemi gerçekleştirilebilir.

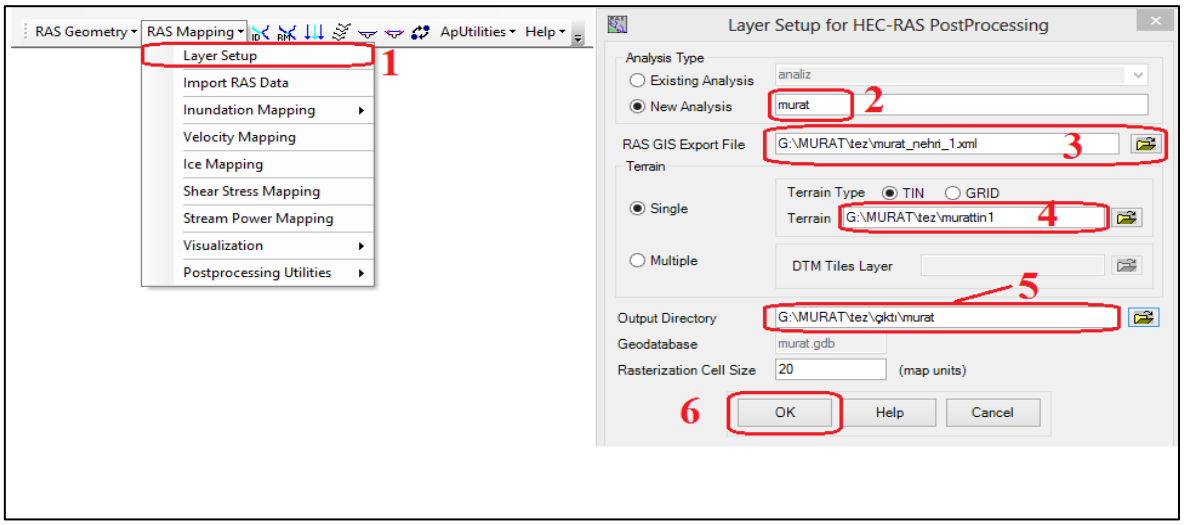
1.5.3.1. ArcGIS Yazılımı ile Taşkın Haritaların Oluşturulması

HEC-RAS ile yapılan hesaplamalar sonucu oluşan *.SDF uzantılı dosya, ArcGIS yazılımında HEC-GeoRAS modülünde bulunan *Import RAS SDF File* kısa yolu ile *.XML formatına dönüştürülür (Şekil 1.37.).



Şekil 1.37. HEC-RAS ile oluşturulan dosyanın ArcGIS ile açılması

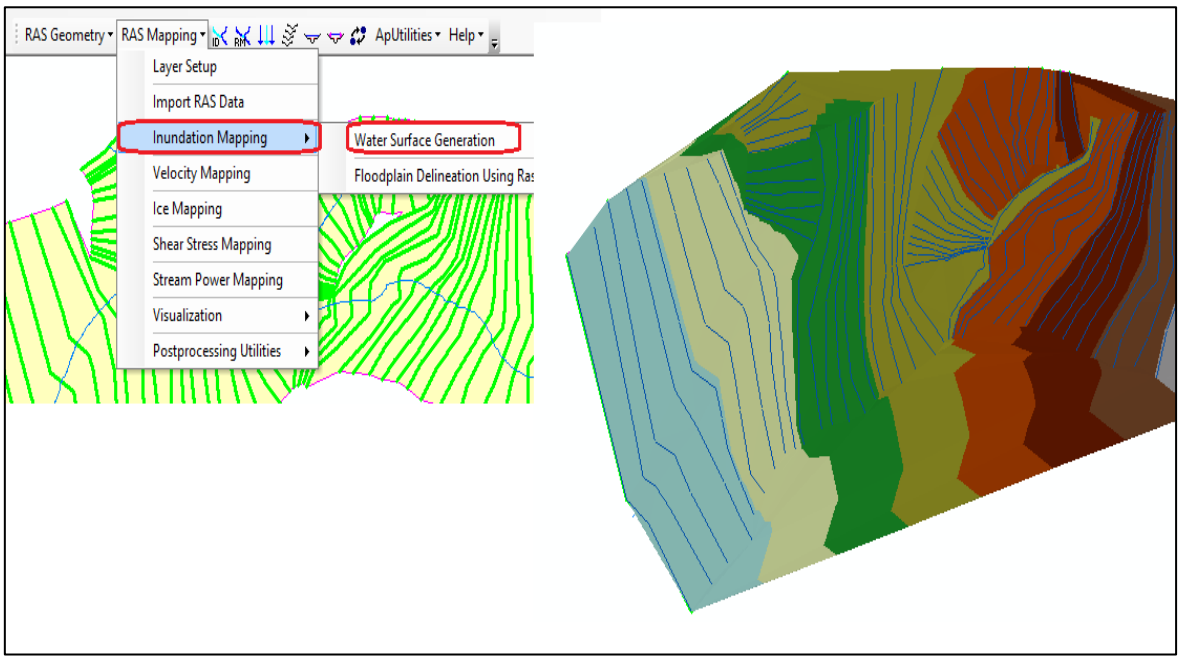
Ardından HEC-GeoRAS modülünde *Ras Mapping* → *Layer Setup* komutu ile XML formatına dönüştürülen dosya ve TIN dosyası seçilerek çıktı klasörü, *Table Of Contents* de oluşturulan klasör ile Data Frame (tabaka) oluşturulur (Şekil 1.38.).



Şekil 1.38. HEC-RAS ile üretilen hesaplamaların ArcGIS üzerinde çıktı klasörünün belirlenmesi

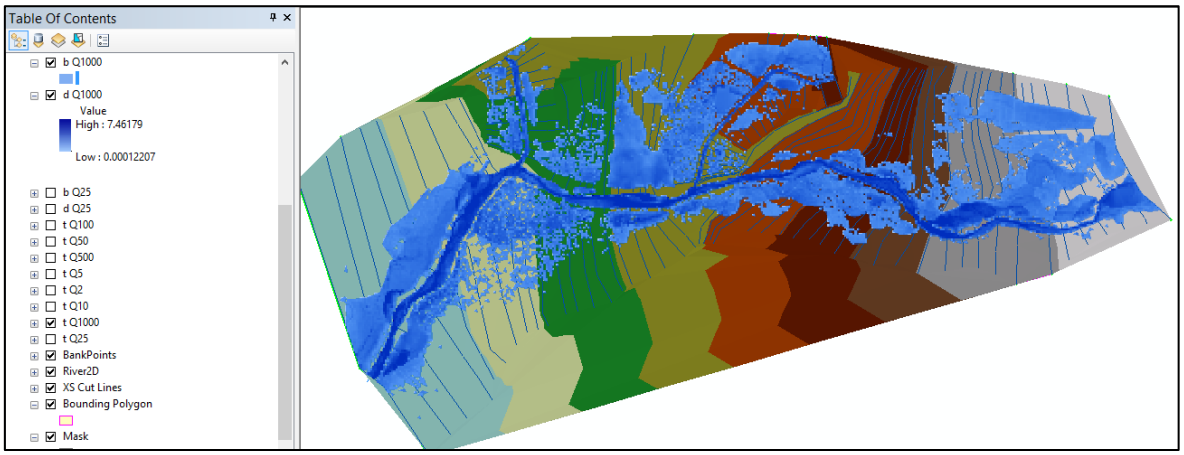
Sonrasında ArcGIS yazılımı ile taşkın sınırlarının ve su yüzeyini gösteren alanların oluşturulması için; sırasıyla *RAS Mapping → Import RAS Data* (Şekil 1.40.) ve *RAS Mapping → Inundation Mapping → Water Surface Generation* komutları kullanılır. Gelen ekranda profiller seçilerek su yüzeyini gösteren TIN haritası elde edilir (Şekil 1.40.).

Şekil 1.39. ArcGIS ile taşkın sınırlarının oluşturulması



Şekil 1.40. ArcGIS ile su yüzeyinin oluşturulması

Su altında kalacak alanların oluşturulması içinse; *RAS Mapping → Inundation Mapping → Floodplain Delineation Using Rasters* komutu kullanılır. Gelen ekranda profiller seçilerek, taşkın bölgesinde oluşacak su kalınlığını gösteren raster haritaları ve muhtemel taşkın alanını gösteren vektör haritaları elde edilir (Şekil 1.41.).



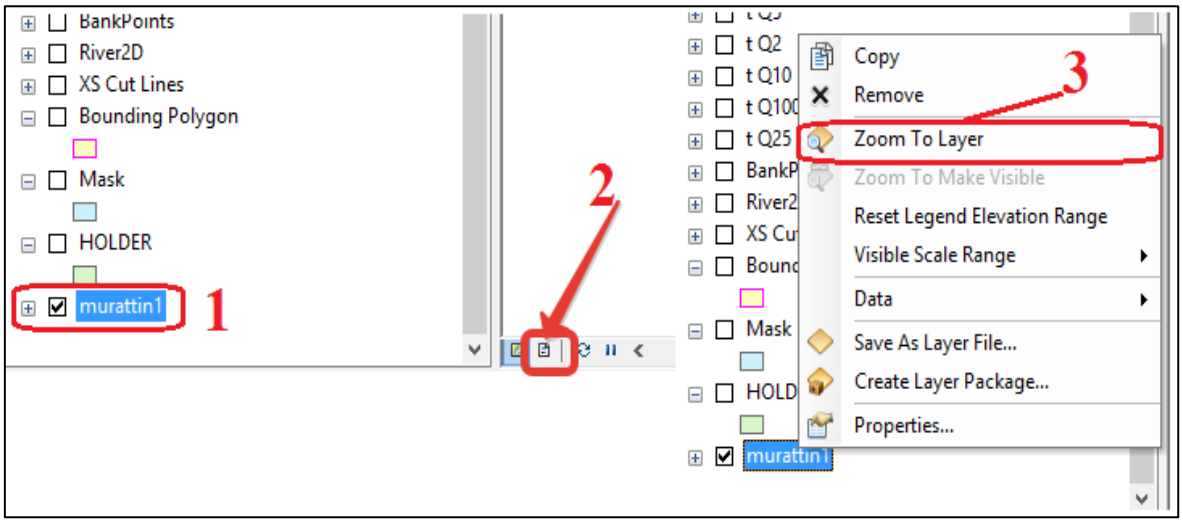
Şekil 1.41. ArcGIS ile muhtemel taşkın alanlarının görüntülenmesi

Google Earth programı ile taşkın alanlarının görüntülenmesinde *Layer To KML* komutu ile vektör harita seçilir ve *.KML dosyası elde edilir (Şekil 1.42.).

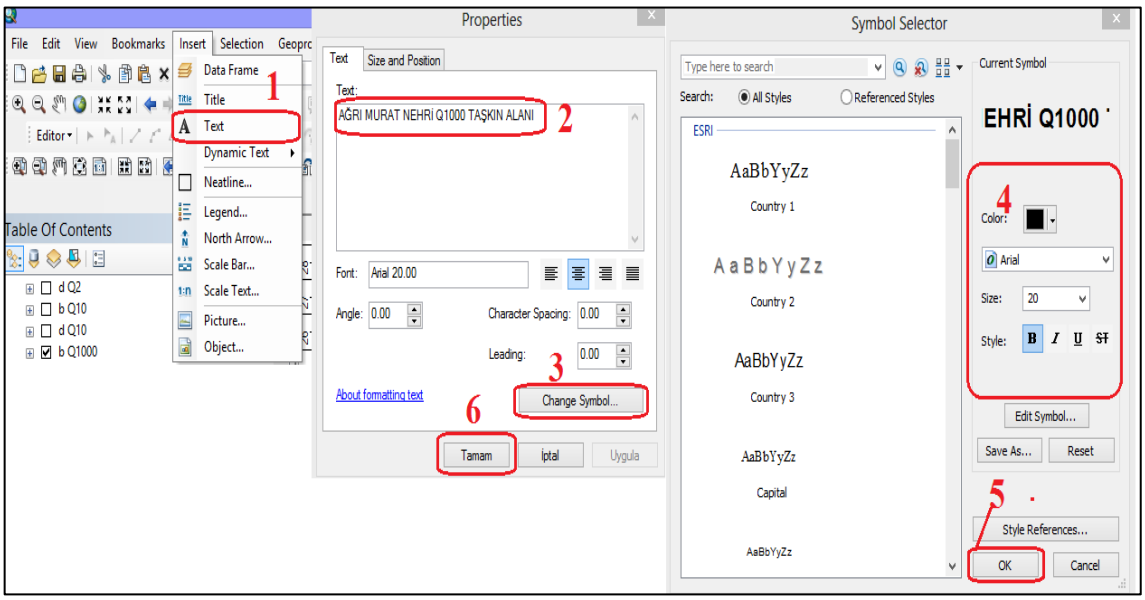
Şekil 1.42. Taşkın alanlarının Google Earth programında görüntülenmesi

1.5.4. ArcGIS Yazılımı ile Çıktı Dosyası Oluşturma

ArcGIS yazılımı ile oluşturulan haritaların ölçekli bir şekilde kaydedilmesi ve bu haritalardan çıktı alınması mümkündür. Ancak bunun için çıktı alınacak tabakalar açık bırakılır, diğer tabakalar kapatılır ve *Layout View* sekmesine geçiş yapılır. Açık bırakılan tabakaya *Zoom To Layer* komutu verilerek haritanın tüm alanı kaplaması sağlanır (Şekil 1.43.) ve ardından *Insert* → *Text* komutu ile haritanın başlığı elde edilir (Şekil 1.44.).

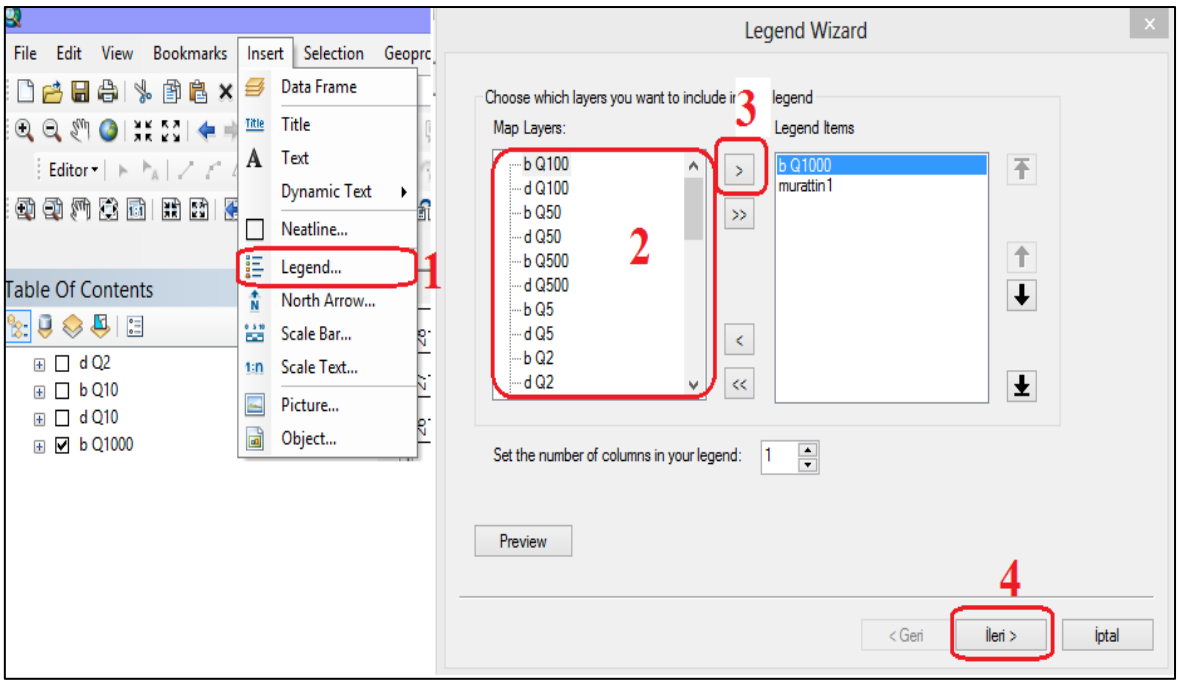


Şekil 1.43. ArcGIS ile haritaların çıktıya hazırlanması

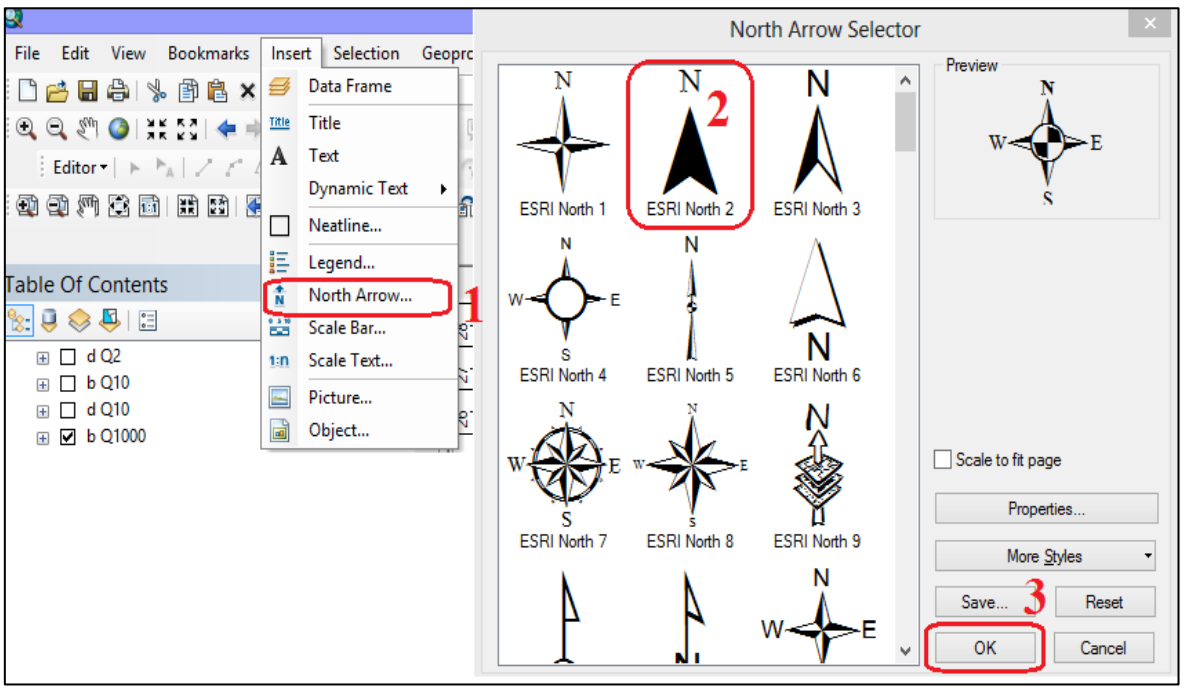


Şekil 1.44. ArcGIS ile oluşturulan haritalara başlık eklemesi

Çıktı ve başlık hazırlığı aşamasından sonra *Insert* → *Legend* komutu ile haritanın açıklama bölümü elde edilir (Şekil 1.45.) ve *Insert* → *North Arrow* komutu ile de kuzey yönü haritaya eklenir (Şekil 1.46.).

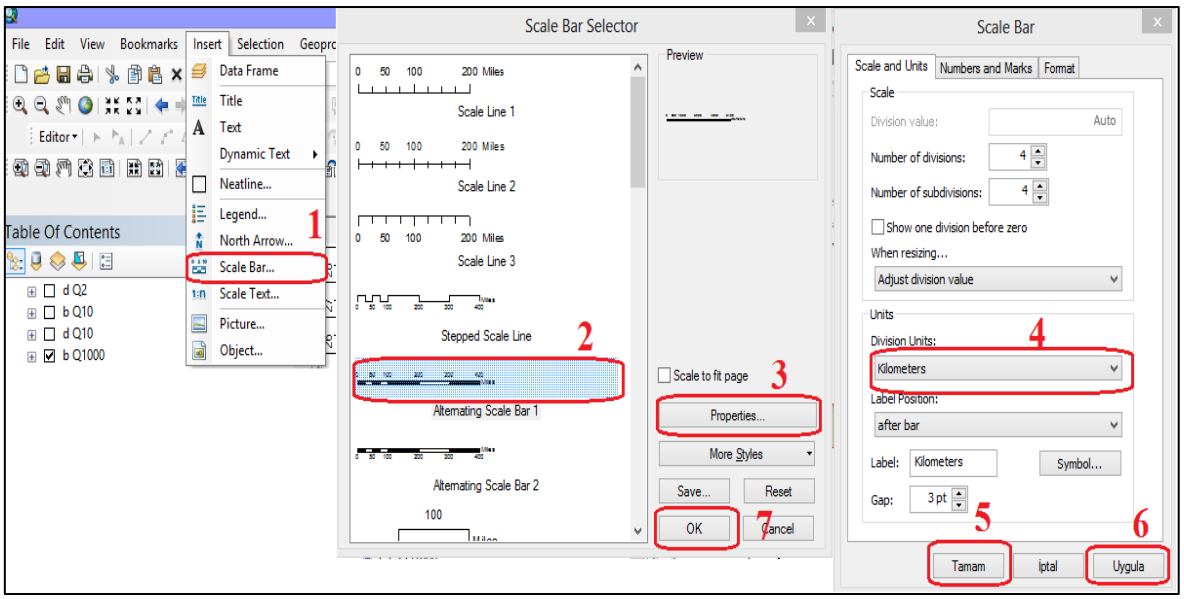


Şekil 1.45. ArcGIS ile oluşturulan haritalara açıklama kısmının eklenmesi

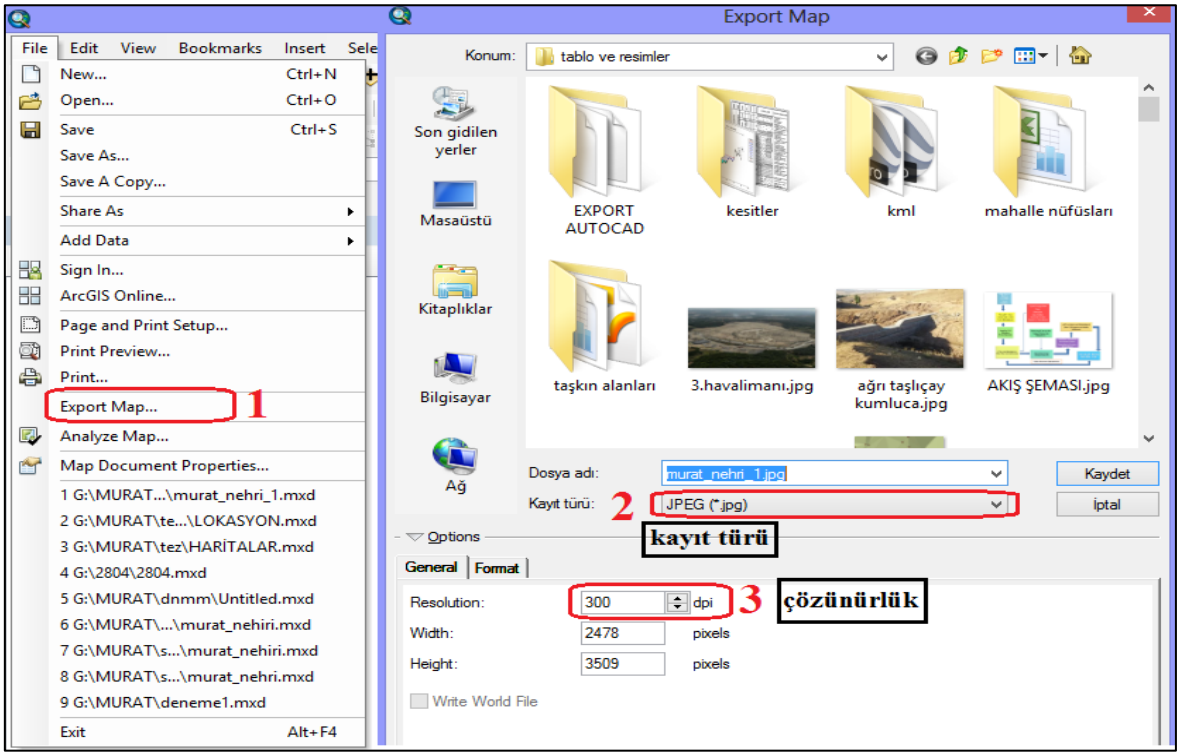


Şekil 1.46. ArcGIS ile oluşturulan haritalara kuzey yönünün eklenmesi

Açıklama bölümlerinin ve yönlerin (kuzey) eklenmesinin ardından *Insert* → *Scale Bar* komutu ile haritalar ölçeklendirilir (Şekil 1.47.) ve yazdırılmaya hazır hale gelen harita, *File* → *Export Map* komutu ile dışa aktarılır (Şekil 1.48.).

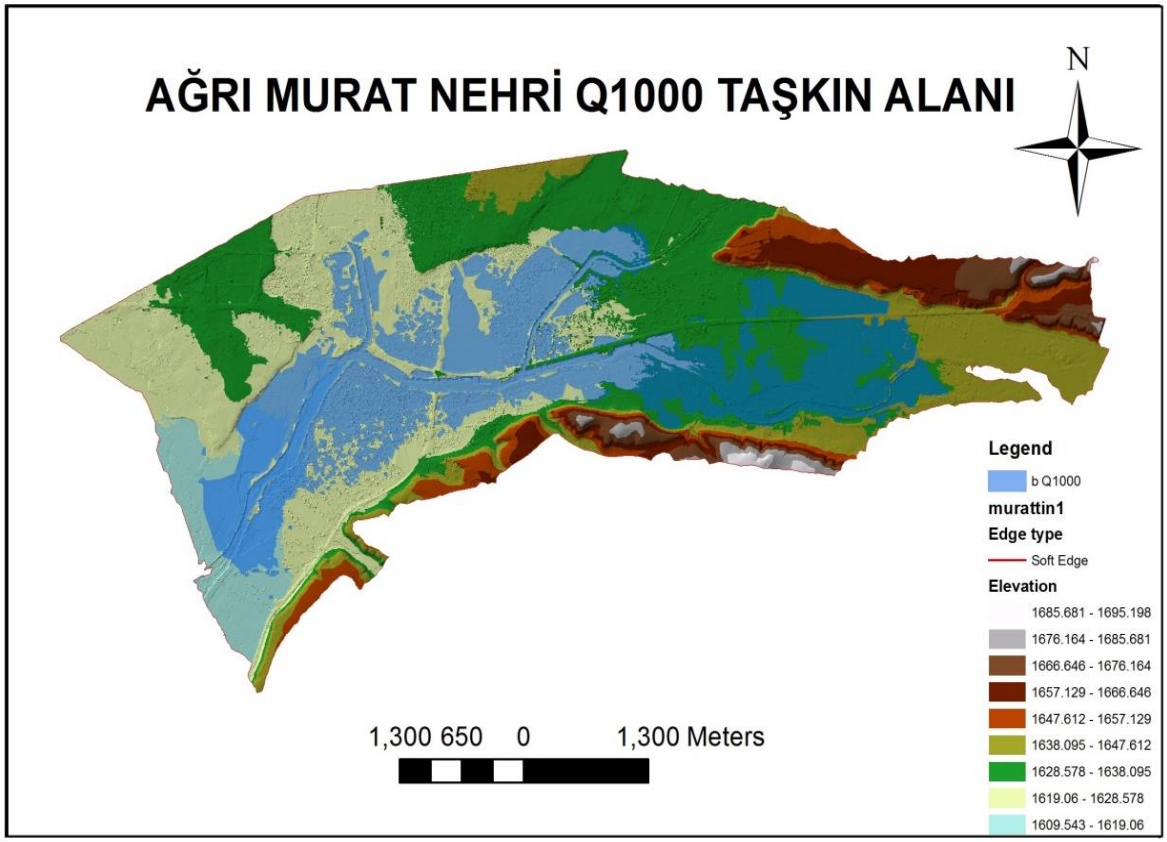


Şekil 1.47. ArcGIS ile oluşturulan haritalara ölçeğin eklenmesi



Şekil 1.48. ArcGIS ile oluşturulan haritaların kayıt edilmesi

Yukarıda belirtilen komutların çalışma alanı özelinde açıklama bölümü ve kuzey yönü oluşturulan, ölçeği elde edilen ve kayıt edilen örnek bir ArcGIS yazılımı çıktı dosyası aşağıda verilmektedir (Şekil 1.49.).



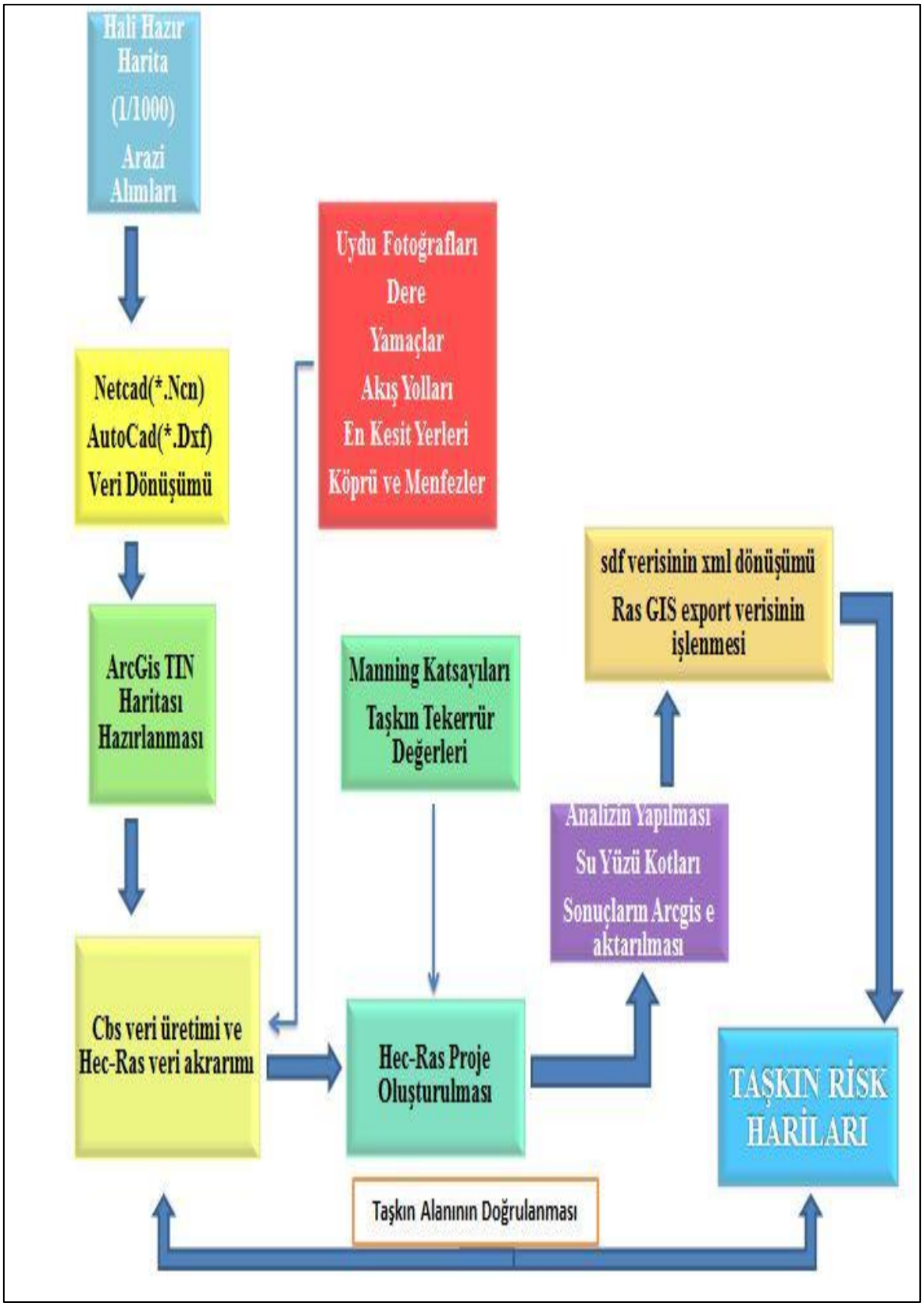
Şekil 1.49. ArcGIS ile yapılan bir harita örneği (Ağrı Murat Nehri).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Bu tez çalışmasında, Ağrı ilçe merkezinden geçen Murat Nehri ve yan kollarında çeşitli tekerrür (yineleme) debilerinde meydana gelebilecek taşkınların oluşturabileceği zararlar, riskli yerleşim yerleri ölçeğinde coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak oluşturulan taşkın risk haritaları üzerinden incelenmektedir. Bu kapsamda bölgenin 1/1000 ölçekli hâlihazır haritaları, arazi etütleri ve uydu fotoğraflarıyla çalışma alanının taşkın risk haritaları hazırlanmıştır. 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın tekerrür (yineleme) debileri DSİ tarafından önerilmiştir. Çalışma alanının sayısal arazi modeli çıkartılmış, uydu görüntüleri ve bölgenin raster haritaları kullanılarak dere, yamaç, akım yolları ve engeller ArcGIS ve Netcad yazılımları ile sayısallaştırılmıştır. Oluşturulan sayısal model HEC-RAS yazılımına aktarılmış, kritik kesitler belirlenmiş, farklı pürüzlülük katsayıları bu kesitlere işlenmiş, anılan taşkın tekerrür (yineleme) debileri girilmiş ve taşkın analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu oluşan su yüzü kotları incelemiş ve taşkın alanları belirlenmiştir. Gerekli kontroller yapılmış, bulunan hatalar düzeltilmiş ve nihai taşkın alanları belirlenmiştir. Yapılan çalışma için akış diyagramı Şekil 5.1.'de sunulmaktadır.

Yerleşim yerleri ve tarım arazilerinin içinden geçen Murat Nehri özellikle Nisan – Mayıs aylarında taşkınlara neden olmaktadır. Çalışma alanına ait 1/1000 ölçekli hâlihazır harita ve dere alımları ile bölgenin TIN haritası ArcGIS ve NetCAD yazılımlarıyla oluşturulmuştur. ArcGIS yazılımının bir modülü olan HEC-GeoRAS yazılımı ile TIN haritası üzerinde sayısallaştırmalar yapılmış, kritik kesitler belirlenmiştir. DSİ 8.Bölge Müdürlüğü'nden elden edilen hidrometrik verilerle birlikte HEC-RAS yazılımında Q_2, Q_5, Q_{10}, Q_{25}, Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000} taşkın tekerrür (yineleme) debilerine göre hesaplamalar yapılarak, su yüzü kotları ve taşkın sınırları belirlenmiştir. HEC-RAS yazılımında yapılan analizler, ArcGIS yazılımına aktarılarak sayısal haritalar ve uydu görüntüleri ile birleştirilmiştir.



Şekil 2.1. Çalışma alanı akış diyagramı

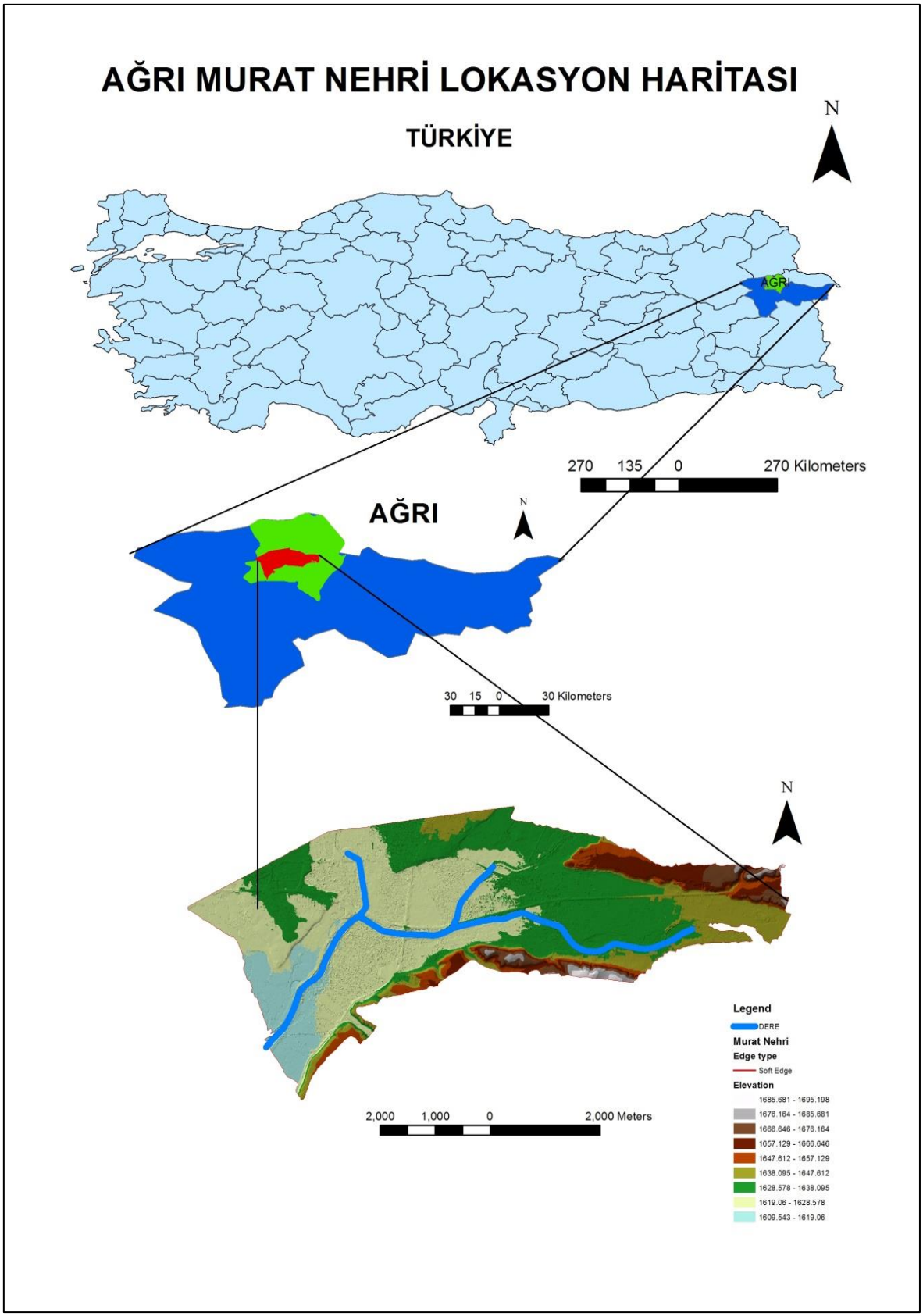
2.2. Çalışma Alanı

Ortalama uzunluğu 722 km olan Murat Nehri Fırat Nehri'nin en büyük koludur ve Ağrı ili, Diyadin ilçesi, Tendürek Dağı eteklerinden doğar. Murat Nehri Muratbaşı, Aladağ'dan çıkan kollarla ve Ağrı Merkez'e Eleşkirt tarafından gelen Şeryan Çayı ile birleşerek Malazgirt Ovası'na doğru akar (URL-7, 2018). (Şekil 2.2.)

Şekil 2.2. İlçe Merkezi'nden geçen Murat Nehri'nden bir görünüm

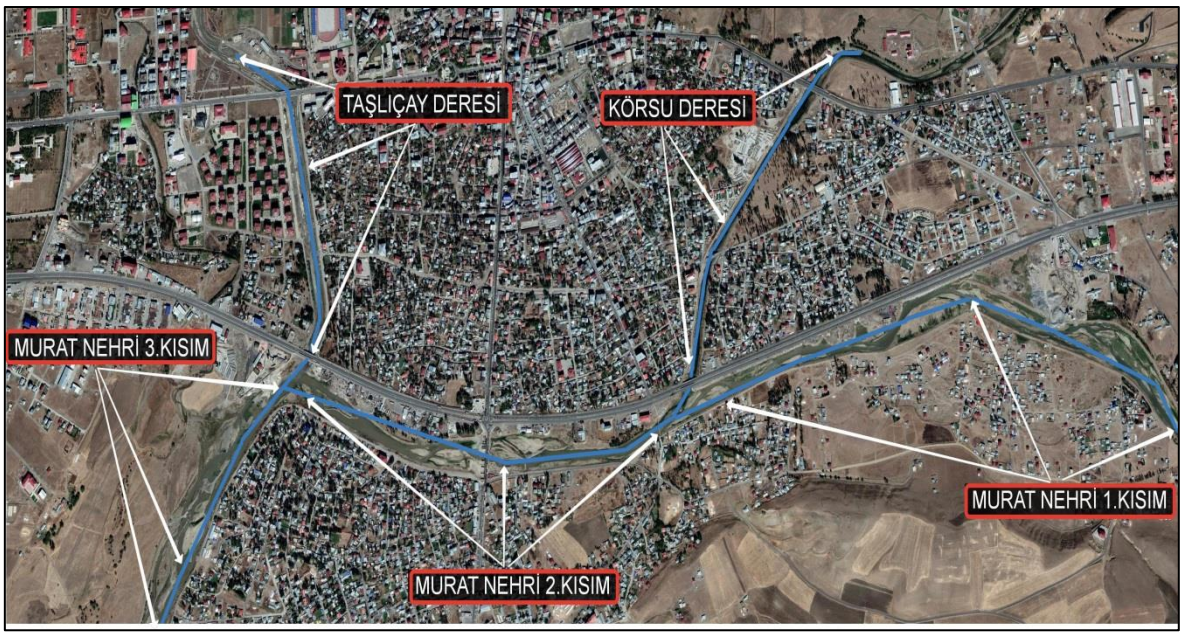
Ağrı Murat Nehri Dicle-Fırat Akarsu Havzası içinde yer almakta ve 1/25.000 ölçekli memleket haritasında İ50-d1 paftasında bulunmaktadır. Murat Nehri'nin ilçe merkezinden geçen kısmı yaklaşık 35 km'dir ve bu kısmın tamamında taşkın risk haritalarının oluşturulabilmesi için yeterli hidrojeolojik ve hidrolik veriler bulunmamaktadır. Bu nedenle yerleşimlerin daha sık (100.Yıl, Mehmet Akif Ersoy, Suçatağı, Aşağıküpkıran, Fırat, Kurtuluş, Alpaslan ve Murat mahalleleri Murat Nehrinin etrafında kurulmuştur), tarım arazilerinin ve geçiş yapılarının bulunduğu, topografik verilerin yeterli, ölçümlerin hassas ve akım gözlem verilerinin olduğu Murat Nehri'nin Ağrı İlçe merkezinden geçen yaklaşık 10 km'lik kısmı çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

Tarım arazileri, evler, çeşitli işletmeler, toplu konutlar ve kamu kurumlarının büyük bir kısmı Murat Nehri'ne sınır yada yakın konumdadır. İlçe merkezinden geçen çalışma alanına konu kısmına yaklaşık 4,5 km sonra yan kolu olan Körsu Deresi ve 6,3 km sonra Taşlıçay Deresi katılmaktadır. Çalışma alanının lokasyonu Şekil 2.3.'de sunulmuştur.



Şekil 2.3. Murat Nehri Ağrı ilçesi geçişi çalışma alanı haritası

Murat Nehri, Körsu ve Taşlıçay Derelerinin proje alanı içinde yatak eğimleri membaya doğru yaklaşık %1-1.5 civarındadır. Su kaynaklarının bu kesimlerinde taban ve kıyı oyulmaları olduğu ancak rusubat birikimi olmadığı görülmemektedir. Yatak zemini kum ve çakıldan oluşmakta, yatak genişliklerinin ise Murat Nehri'nde 60-120m, Körsu ve Taşlıçay Dereleri'nde ise 30-40m olduğu görülmektedir. Taşkın riski taşıyan Murat Nehri'ne yakın yerleşim yerleri ve verimli tarım arazilerinin olduğu (100.Yıl, Mehmet Akif Ersoy, Suçatağı, Aşağıküpkıran, Fırat, Kurtuluş, Alpaslan ve Murat) kısımlar çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 2.3.) (Tablo 2.1.).



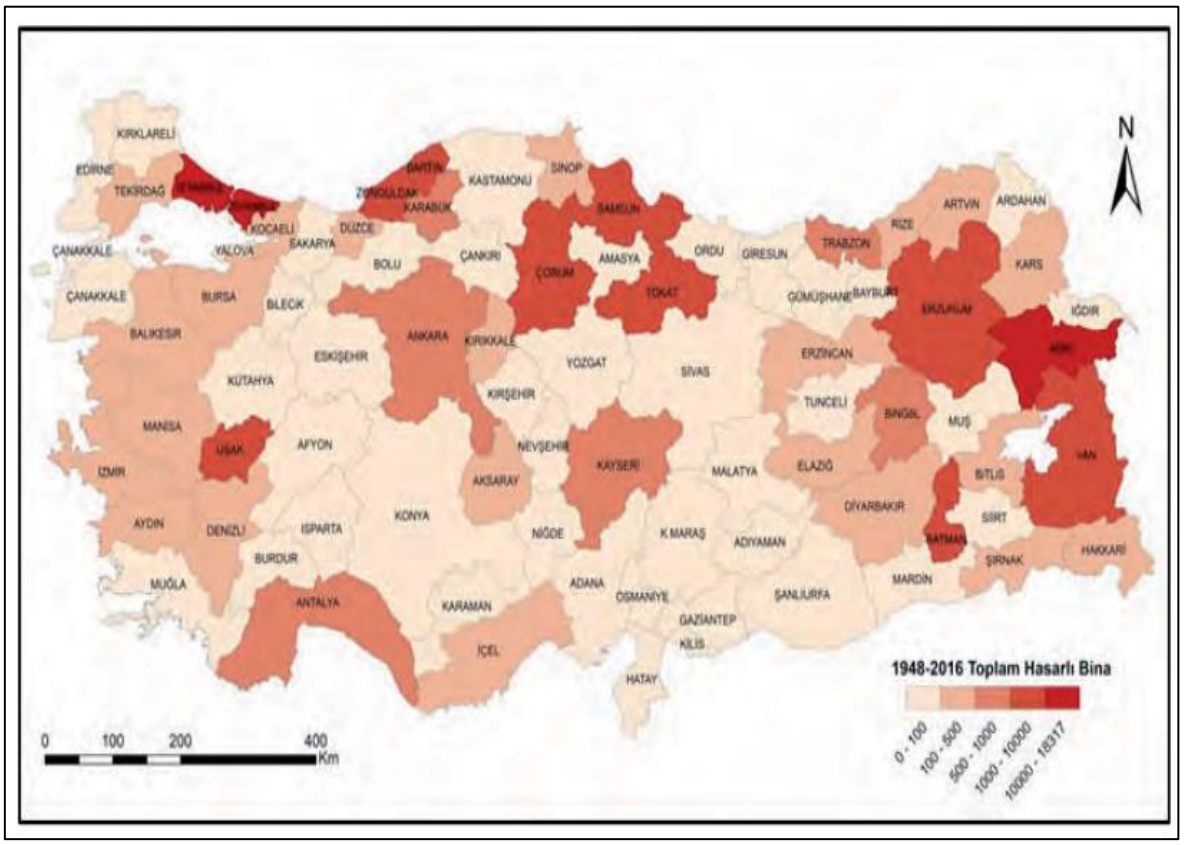
Şekil 2.3. Çalışma alanı Google Earth (uydu) görüntüsü

Tablo 2.1. Çalışma alanı koordinat ve uzunlukları

Çalışma Yeri	Çalışma Yeri Koordinatları 42-3° ITRF 96	Güzergah Uzunluğu(m)
Murat Nehri	595533.851 ; 4397674.096	9200
	586852.172 ; 4393651.086	
Körsu Deresi	591820.268 ; 4398740.151	2055
	590863.933 ; 4397714.063	
Taşlıçay Deresi	588998.388 ; 4398916.362	1200
	589105.762 ; 4397870.032	

2.3. Taşkın Açısından Çalışma Alanının Mevcut Durumu

Çalışma alanı olan Ağrı ili ilk yerleşim yerleri dere yataklarından uzak bir konumda olduğu için taşkınlar açısından güvenli bir yerleşim iken, 40-50 yıllık zaman diliminde nüfusun artması ve çarpık kentleşme ile birlikte alçak taraçalar ve dere yataklarının işgal edilmesi ve yapılaşmanın artması sonucu taşkın olaylarının sıkça olduğu ve ciddi zararların yaşandığı iller arasında yer almaya başlamıştır. AFAD verilerine göre 1948 ile 2016 yılları oluşan taşkın olaylarında 18.000'den fazla yapı hasar görmüştür (Avcı ve Sunkar, 2017) (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. 1948-2016 yılları arasında yaşanan taşkın olayları neticesinde oluşan bina hasarlarının illere göre dağılımı (AFAD, 2017).

Çalışma alanında taşkın koruma tesisi bulunmamaktadır. Murat Nehri, Taşlıçay ve Körsu Dereleri'nde yapılan incelemelerde bu yüzeysel su kaynaklarının akış doğrultularında sürekli olmayan, sayı ve boyutlandırmada yetersiz ve taşkın anında yada sonrasında DSİ 85.Şube Müdürlüğü tarafından yapılan seddelerin bulunduğu görülmektedir (Şekil 2.5. ve Şekil 2.6.).

Şekil 2.5. Murat Nehri dere yatağından bir görünüm (Murat 1.Kısım Km: 2+750).

Şekil 2.6. Körsu Deresi dere yatağından bir görünüm (Briketçiler Sitesi Civarı).

Yapılan incelemeler; özellikle çalışma alanının bulunduğu akış güzergahında dere yataklarına kum çakıl ocaklarının kurulduğunu, inşaat-yıkıntı- hafriyat atıklarının ve çöplerin döküldüğünü, en kesitlerin daraltılarak bu kısımlara ev ve iş yerlerinin yapıldığını göstermektedir (Şekil 2.7.).

Nisan ve Mayıs aylarındaki şiddetli yağışlar ve kar sularının erimesi sonucu oluşacak taşkınlarda özellikle Murat Nehri, Körsu ve Taşlıçay Dereleri kıyı kesimlerinde bulunan yerleşim yerlerinde çok ciddi can ve mal kaybı olabileceği düşünülmektedir (Şekil 2.8.).

Şekil 2.7. Murat Nehri'nin yatağına yapılan kum eleme tesisi (Et ve Balık Kurumu civarı).

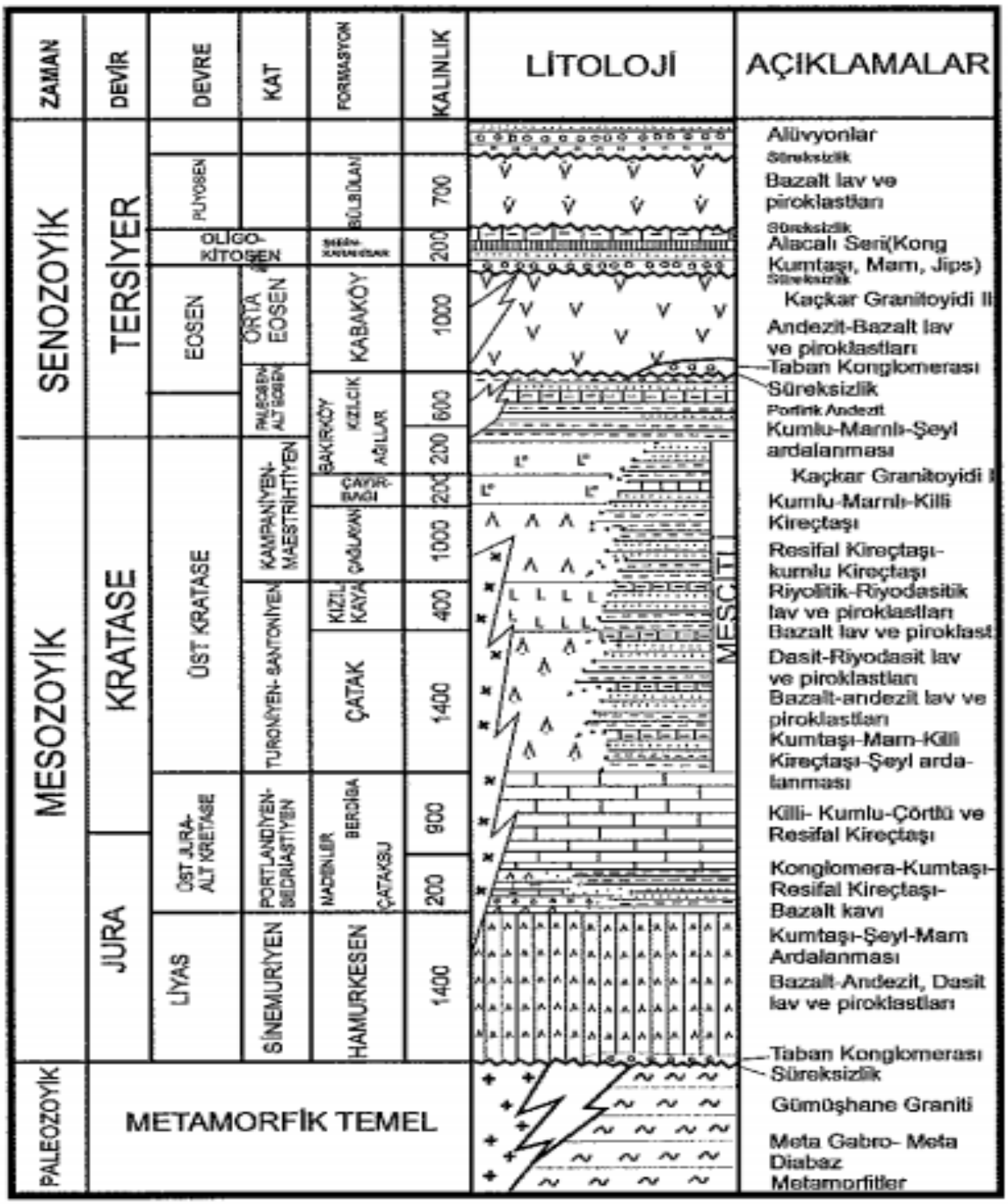
Şekil 2.8. Murat Nehri'nin kıyı kesimindeki yapılaşmayı gösteren görüntü (Murat Köprüsü'nden membaya doğru).

2.3.1. Çalışma Alanının Jeolojisi

Ağrı ili, merkez ilçesinden geçen Murat Nehri, Taşlıçay ve Körsu Dereleri taşkın durumunda yerleşim yerlerine ve tarım alanlarına zarar vermektedir. Bu derelerin taşkınlarını önlemek amacıyla yapılacak taşkın koruma yapılarının, jeolojik özellikleri ve deprem durumu aşağıda sunulmuştur.

2.3.1.1. Genel Jeoloji

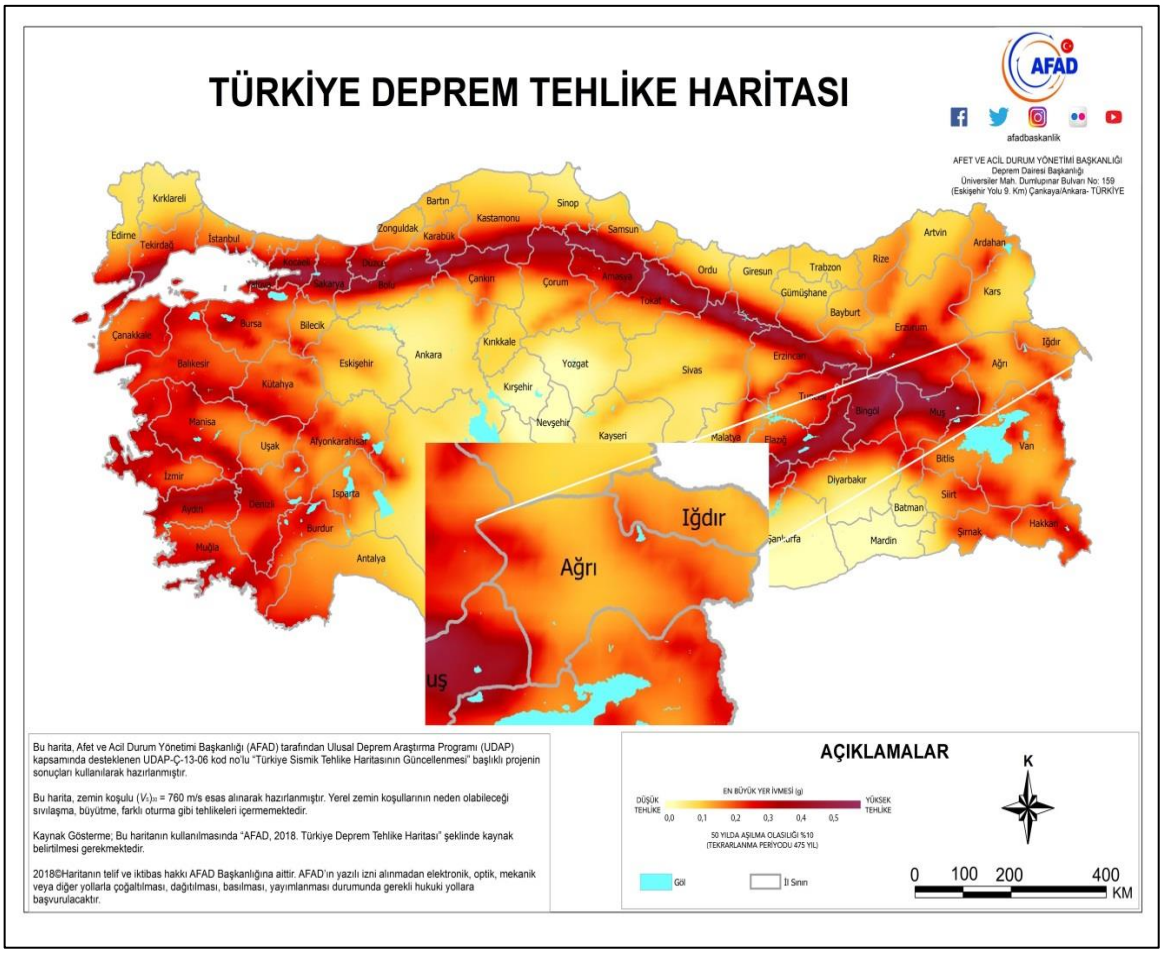
İnceleme alanının büyük bölümünde yüzeyler; birim kumlu, çakıllı, kısmen sıkılaşmış alüvyon ve karasal, çökel kayalardan oluşmaktadır. Çalışma alanı ve yakın çevresine ait stratigrafik (yer katmanları) kolon kesit Şekil 2.9.'da sunulmuştur.



Şekil 2.9. Çalışma alanı ve yakın çevresine ait stratigrafik kolon kesit (Kurtoğlu, 2016).

2.3.1.2. Deprem Durumu

Çalışma alanı, 18 Mart 2018 tarih ve 30364 sayılı (mükerrer) Resmi Gazete' de yayımlanan Türkiye Deprem Tehlike Haritasına göre 0.2g yer ivmesine sahiptir (Şekil 2.10.).



Şekil 2.10. Türkiye ve Ağrı iline ait deprem tehlike haritası (T.C. Resmi Gazete, 2018)

2.4. Verilerin Toplanması

CBS ile taşkın analizinin yapılabilmesi, su yüzü kotlarının belirlenebilmesi ve taşkın haritalarının oluşturulabilmesi için gerekli olan doneler aşağıda anlatılmıştır.

2.3.2. Taşkın Tekerrür (Yineleme) Debileri

Taşkın yineleme debilerinin belirlenmesinin ve kullanılmasının amacı, taşkın riskini azalmak ve projelendirme maliyetini düşürmektir. Bu amacı tam olarak gerçekleştirmek için bu tez çalışmasında tüm verilerin doğru ve eksiksiz olmasına dikkat edilmiştir. Taşkın debileri de aynı ciddiyet ve hassasiyet ile belirlenmeye çalışılmıştır. Bu sebeple DSİ 8.Bölge 85.Şube Müdürlüğü ile yapılan görüşmelerde önerilen taşkın debileri, 2016 yılında hazırlanan '020162' kod numaralı istikşaf raporundan alınmış ve Tablo 2.2.'de sunulmuştur.

Tablo 2.2. Önerilen taşkın tekerrür (yineleme) debileri (Bu-Se Ormancılık, 2016).

		Önerilen Proje Taşkın Debi Değerleri (m3/s)							
Sıra No	Tesis Adı	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{25}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{500}	Q_{1000}
1	Murat Nehri 1.Kısım	280.60	389.12	461.65	554.02	623.15	692.76	852.69	921.56
2	Murat Nehri 2.Kısım	321.63	446.01	529.14	635.01	714.25	794.04	977.35	1056.29
3	Murat Nehri 3.Kısım	431.89	598.91	710.54	852.71	959.11	1066.26	1312.40	1418.41
4	Taşlıçay Deresi	69.63	106.70	136.91	180.19	215.69	252.72	332.86	367.38
5	Körsu Deresi	72.38	114.78	152.47	210.83	261.95	319.69	435.40	485.23

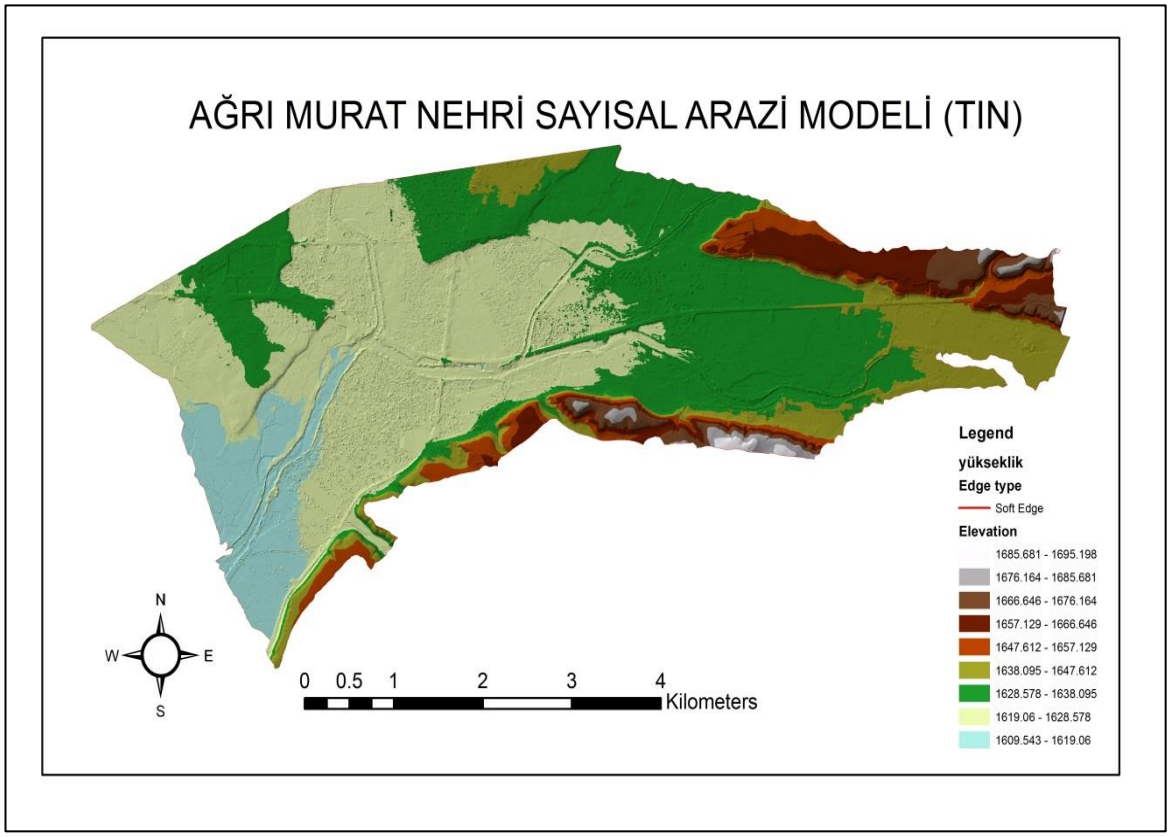
2.4. Sayısal Haritaların Oluşturulması

Bu bölümde ise HEC-GeoRAS ve HEC-RAS yazılımları ile taşkın analizlerinin yapılabilmesi için, Netcad ve ArcGIS yazılımları kullanılarak sayısal haritaların oluşturulması anlatılmaktadır.

2.4.1. Sayısal Arazi Modelinin (SAM) Oluşturulması

Gerçeğe yakın bir analiz yapılabilmesi için, arazi modelinin temelini oluşturan bileşenlerin eksiksiz ve doğru olması gerekmektedir. Bu amaçla çalışma alanı için Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilen 1/25000 ölçekli haritaların düşey konum doğruluğu yeterli düzeyde olmayacağı için bölgeye ait halihazır haritalar kullanılmıştır. Çalışma alanının 1/1000 ölçekli hâlihazır haritası Ağrı Belediyesi'nden, Murat Nehri'ne ait hidrogeometrik veriler ise DSİ'den temin edilmiştir. DSİ dere alımları ve hâlihazır harita üzerinde gerekli dönüşümler yapıldıktan sonra veriler Netcad yazılımı yardımıyla üst üste atılmış, ölçümler üzerinde oluşabilecek eksikler ve hatalar arazi ölçümleri ile düzeltilmiş ve bölgenin son hâlihazır haritası çıkartılmıştır. Taşkın analizin yapılabilmesinde dereler, yamaçlar, akım yolları gibi katmanların sayısallaştırılmasına ve su yüzü kotlarının elde edilebilmesi için sayısal yükseklik modeline ihtiyaç duyulmaktadır. Sayısal Yükseklik

Modeli'nin CBS yardımıyla oluşturulmasında Netcad yazılımında düzenlenen hâlihazır harita ArcGIS yazılımının ArcMap modülünde açılabilmesi için AutoCAD formatında (*.Dxf) kayıt edilmiştir. Ardından ArcGIS vasıtasıyla TIN model dediğimiz düzensiz üçgen ağından oluşan sayısal arazi modeli oluşturulmuş ve Ağrı Murat Nehri ve yan kollarına ait TIN haritası Şekil 2.11.'de sunulmuştur.

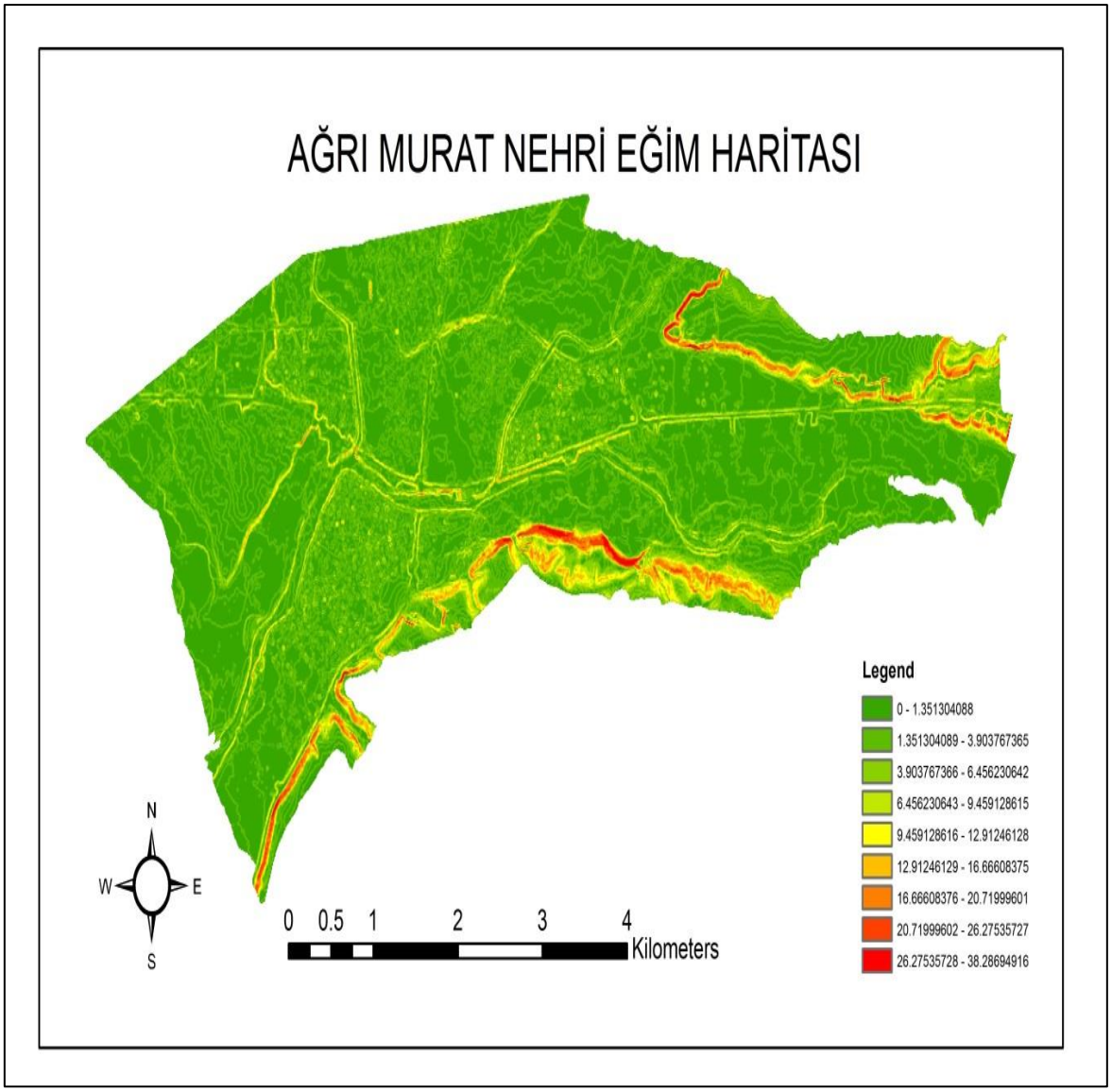


Şekil 2.11. Ağrı Murat Nehri ve yan kolları TIN haritası

2.4.2. Eğim Haritası

Eğim haritası karar verme ve projelendirme safhalarında dikkate alınması gereken önemli bir etmendir. Eğimin büyüklüğü sızma miktarı ve akış hızını etkiler. Eğimin büyük olması ise su emilimini azaltıp, akışı ve madde taşınımını arttırır (Shırzad, 2017). Sonuç olarak, eğiminin fazla olduğu bölgelerde su emilimi az ve akış hızı fazla olacaktır. Dolayısıyla taşkın ihtimali artacak ve zararlarda fazla olacaktır.

Eğim haritası TIN haritasının doğruluğunu kontrol etmek için de kullanılır. Eğim haritaları, ArcGIS yazılımı ile *3D Analyst→ Raster Surface→Slope* komutu yardımıyla oluşturulur. Çalışma alanının oluşturulan eğim haritası Şekil 2.12.'de sunulmuştur.



Şekil 2.12. Ağrı Murat Nehri ve Yan Kolları Eğim Haritası

2.5. Manning Pürüzlülük Katsayısının Belirlenmesi

Taşkın risk haritalarının üretilmesi aşamasında pürüzlülük katsayısının doğru belirlenmesi, sağlıklı ve gerçeğe yakın analizler yapılmasını sağlar. Risk haritaları ve taşkın tesislerinin projelendirme aşamalarında kullanılan pürüzlülük katsayısı, gözlemsel çalışma ve deneyimlerle belirlenebilmektedir. Çalışma alanları içindeki dere yatağı

kesitlerinin HEC-RAS yazılımı ile tahkiklerinde Manning formülü kullanılmıştır. Bu formülün kullanılmasında doğru sonuca ulaşılabilmesi için formüldeki n katsayısının gerçekçi bir şekilde tahmini gerekmektedir. Farklı karakterlerdeki akarsularda veya akarsuyun değişen derinliklerinde geçerli n katsayısı değerlerinin belirlenmesinde Arcement and Schneider (1989) tarafından önerilen yaklaşım izlenmiştir. Bu yaklaşım yöntemine göre n katsayısı aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir.

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m \tag{2.1}$$

Bu eşitlikte;

n_b; Doğal jeolojik malzeme içinde oluşmuş doğrusal, üniform ve yumuşak uzanımlı yatak baz n değerini (Tablo 2.3.)

n_1; Yatak yüzeyi düzensizliğini dikkate alan düzeltme faktörünü (Tablo 2.4.)

n_2; Yatak kesitindeki biçim ve büyüklük değişimini dikkate alan düzeltme faktörünü (Tablo 2.5.)

n_3; Yatak içindeki akış engellerini dikkate alan düzeltme faktörünü (Tablo 2.6.)

n_4; Yatak içindeki bitkileri ve akım koşullarını dikkate alan düzeltme faktörünü (Tablo 2.7)

m; Yatağın mendereslenme düzeyini dikkate alan düzeltme faktörünü (Tablo 2.8.), göstermektedir.

(2.1) eşitliğinin uygulanmasında n1, n2, n3, n4 faktörlerinden hidrogeometrik olarak önemsiz olduğu düşünülenler için sıfır (0) değeri kullanılabilmektedir.

Tablo 2.3. Duraylı-düzgün akarsu yatakları için baz pürüzlülük katsayısı (n_b) değerleri

Yatak Malzemesi	Yatak Malzemesi Medyan Boyutu (mm)	n_b Değer Aralığı
Kaba Toprak (Firm Soil)	--	0.025-0.032
Kaba Kum (Coarse Sand)	1-2	0.026-0.035
Çakıl (Gravel)	2-64	0.028-0.035
İri Çakıl (Cobble)	64-256	0.030-0.050
Blok (Boulder)	>256	0.040-0.070

Tablo 2.4. n_1 yatak düzensizlikleri için düzeltme faktörü

Düzensizlik Düzeyi	n Değer Aralığı	Açıklama
Yumuşak	0	İlgili yatakta olabilecek akışa en az direnç gösteren duruma karşılık gelir.
Az	0.001-.005	Kazıma/tarama yoluyla tabanı düzenlenmiş, yamaçları sınırlı düzeyde erode olmuş (aşınmış) yatak koşullarına karşılık gelir.
Orta	0.006-.010	Kazıma/tarama yoluyla tabanı düzenlenmiş, orta iler derecede yatak düzensizliği içeren, yamaçları orta düzeyde erode olmuş (aşınmış) yatak koşullarına karşılık gelir.
Çok	0.011-.020	Yamaçları ileri derecede erode olmuş (aşınmış), girinti-çıkıntılar içeren düzensiz/biçimsiz yüzeyli yatakları içerir.

Tablo 2.5. n_2 yatak kesiti biçim ve büyüklük değişimleri için düzeltme faktörü

Yatak Kesiti Değişimi	n Değer Aralığı	Açıklama
Yumuşak	0	Yatağın boyutu ve biçimi yumuşak değişim gösterir.
Nadiren Değişen	0.001-0.005	Yatak kesiti nadiren daralmakta ve genişlemekte ya da akımın ağırlığı farklı yamaçlar arasında nadiren değişim göstermektedir.
Sıklıkla Değişen	0.010-0.015	Yatak kesiti sıklıkla daralmakta ve genişlemekte ya da akımın ağırlığı farklı yamaçlar arasında sıklıkla değişim göstermektedir.

Tablo 2.6. n_3 akış engelleri için düzeltme faktörü

Engel Etkisi	n Değer Aralığı	Açıklama
İhmal Edilebilir	0.000-0.004	Akarsu kesit alanının yüzde 5'inden azını kaplayan, moloz yığışımları, ağaç kökü, dal, kazık ya da kaya bloku gibi saçınık engeller
Zayıf	0.005-0.015	Akarsu kesit alanının yüzde 15'inden azını kaplayan, moloz yığışımları, ağaç kökü, dal, kazık ya da kaya bloku gibi akışa olan etkisi bir diğerine ulaşmayan engeller (Engelin yumuşak ya da köseli yüzeye sahip olması durumuna göre düşük ya da yüksek n değeri seçilebilir.)
Dikkate Değer	0.020-0.030	Akarsu kesit alanının yüzde 15'i ile yüzde 50'sini kaplayan, moloz yığışımları, ağaç kökü, dal, kazık ya da kaya bloku gibi akışa olan etkisi bir diğerine ulasan, böylece o bölümdeki akışı sınırlayan engeller
Güçlü	0.040-0.050	Akarsu kesit alanının yüzde 50'sinden fazlasını kaplayan ya da akış kesitinin büyük bölümünde türbülanslı akıma neden olacak denli bir birine yakın engeller

Tablo 2.7. n_4 yatak içindeki bitkiler ve akım koşulları için düzeltme faktörü

Bitki Miktarı	n Değer Aralığı	Açıklama
Az	0.002-0.010	Yatakta yüksekliği ortama su derinliğinin yarısından az olan yoğun turf çimi ya da yabani otlar; yatakta yüksekliği ortalama su derinliğinin üçte birinden az esnek gövdeli söğüt, suoku, kavak fideleri.
Orta	0.010-0.025	Yatakta orta yoğunlukta turf çimi, yabani otlar; Ağaç fidelerinin boyunu iki ya da üç kat asan ortalama su derinliği veya yamaçlarda bir, iki yıllık söğüt ağaçları benzeri bitkiler, yatak tabanında önemsiz vejetasyon, hidrolik yarıçap 0,6 m'den büyük fideleri.
Fazla	0.025-0.050	Yatakta turf çimi boyuna eşit ortalama su derinliği, çalılarla karışık sekiz, on yasındaki söğüt ve kavak gibi ağaçlar, hidrolik yarıçap 0.6 m'den büyük, yatak tabanında dikkate değer bitki olmaması.
Çok Fazla	0.050-0.100	Yatakta turf çimi boyunun yarısı kadar ortalama su derinliği, yamaçlarda çalı seklinde bir yıllık söğütlerle karışık yabani otlarlar ya da yatak tabanında yoğun su kamışları ve yabani otlarla karışık ağaçlar.

Tablo 2.8. m Mendereslenme için düzeltme faktörü

Mendereslenme Düzeyi	m Değeri	Açıklama
Az	1	Yatak uzunluğunun vadi uzunluğuna oranı 1.0 ile 1.2 arasında
Dikkate Değer	1.15	Yatak uzunluğunun vadi uzunluğuna oranı 1.2 ile 1.5 arasında
Yoğun	1.3	Yatak uzunluğunun vadi uzunluğuna oranı 1.5'ten büyük

Çalışma özelinde kullanılan DSİ 85.Şube Müdürlüğü'nün önerdiği Manning pürüzlülük değerleri Tablo 2.9.'da sunulmuştur.

Tablo 2.9. Önerilen Manning pürüzlülük katsayıları tablosu

Proje adı	Önerilen Manning pürüzlülük katsayıları
Murat Nehri	0,026
Taşlıçay Dersi	0,020
Körsu Deresi	0,020

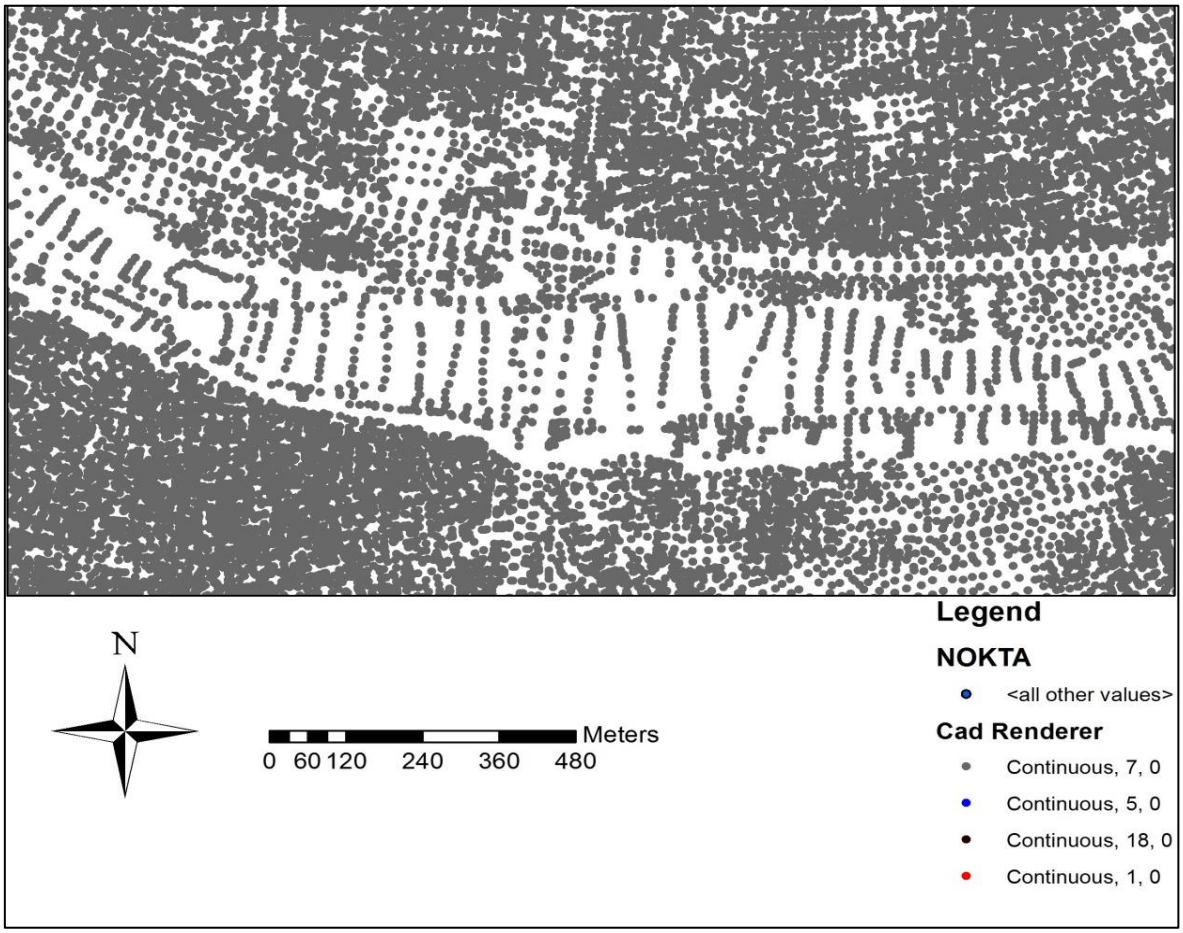
3. BULGULAR

3.1. Taşkın Risk Haritalarının Oluşturulması

Bu bölümde çalışma alanı özelinde ArcGIS yazılımı ile taşkın risk haritalarının oluşturulmasında Sayısal Yükseklik Modeli'nin çıkartılması ve HEC-RAS ile hidrolik hesaplamaların yapılması aşamaları anlatılmaktadır.

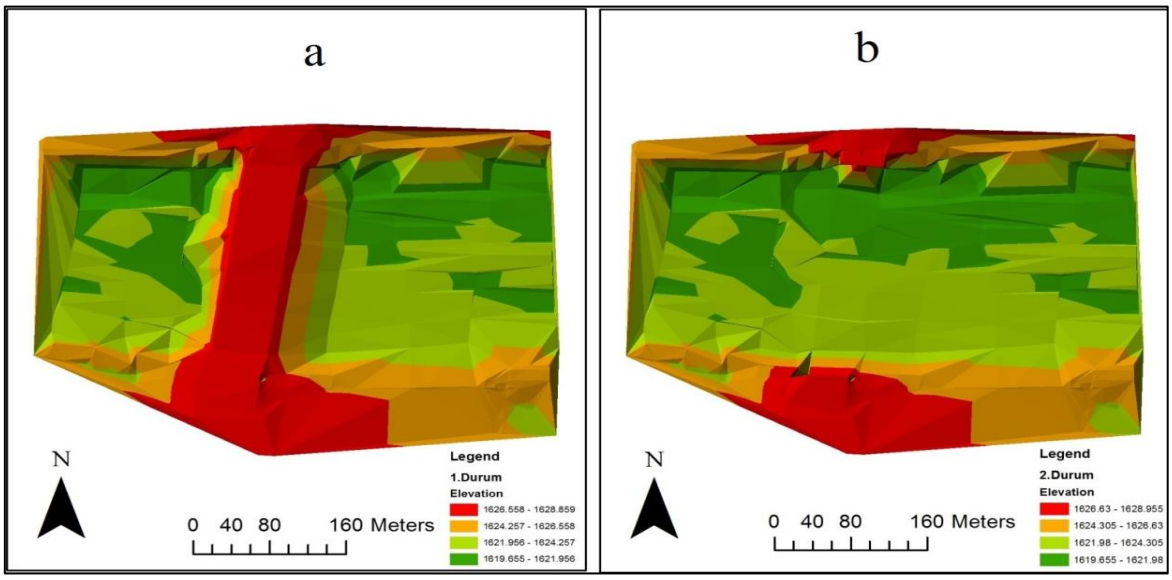
3.1.1. CBS ile Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması

Sayısal yükseklik modeli bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Bu yükseklik modelini elde etmek için arazi etütleri dikkate alınarak öncelikle 1/1000 ölçekli hâlihazır haritalar ve DSİ ölçümlerinden elde edilen nokta verileri ArcGIS yazılımının ArcMap modülü ile açılmıştır (Şekil 3.1.).

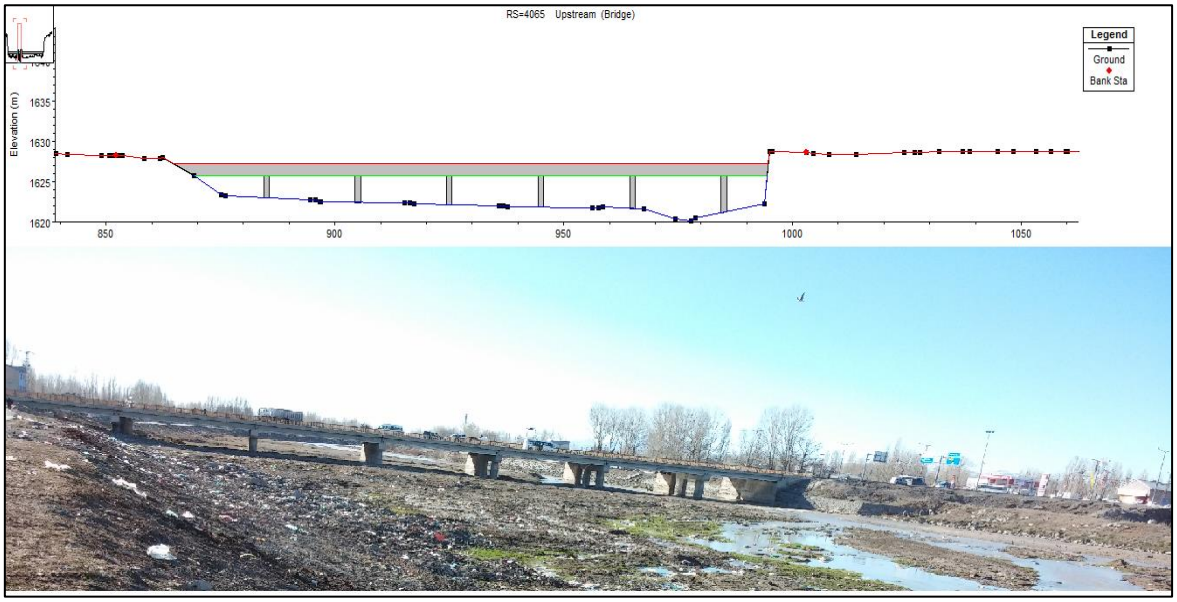


Şekil 3.1. Murat Nehri'nin noktasal gösterimi (Murat Köprüsü mevkii).

Sayısal arazi modeli oluşturulurken köprü ve menfez gibi geçirgen sanat yapılarının üst kotları ArcGIS yazılımında kullanılmamalıdır. Bu detay dikkate alınmaz ise ArcGIS yazılımı o bölgeyi bir engel, set olarak algılamaktadır (Şekil 3.2.). Bu nedenle model oluşumunda sanat yapıları yokmuş gibi hareket edilmeli ve daha sonra hidrolik analiz kısmında dikkate alınmalıdır (Şekil 3.3.). Bu şekilde elde edilen Murat Köprüsü'nün sayısal analiz modeli aşağıda verilmektedir (Şekil 3.4.).

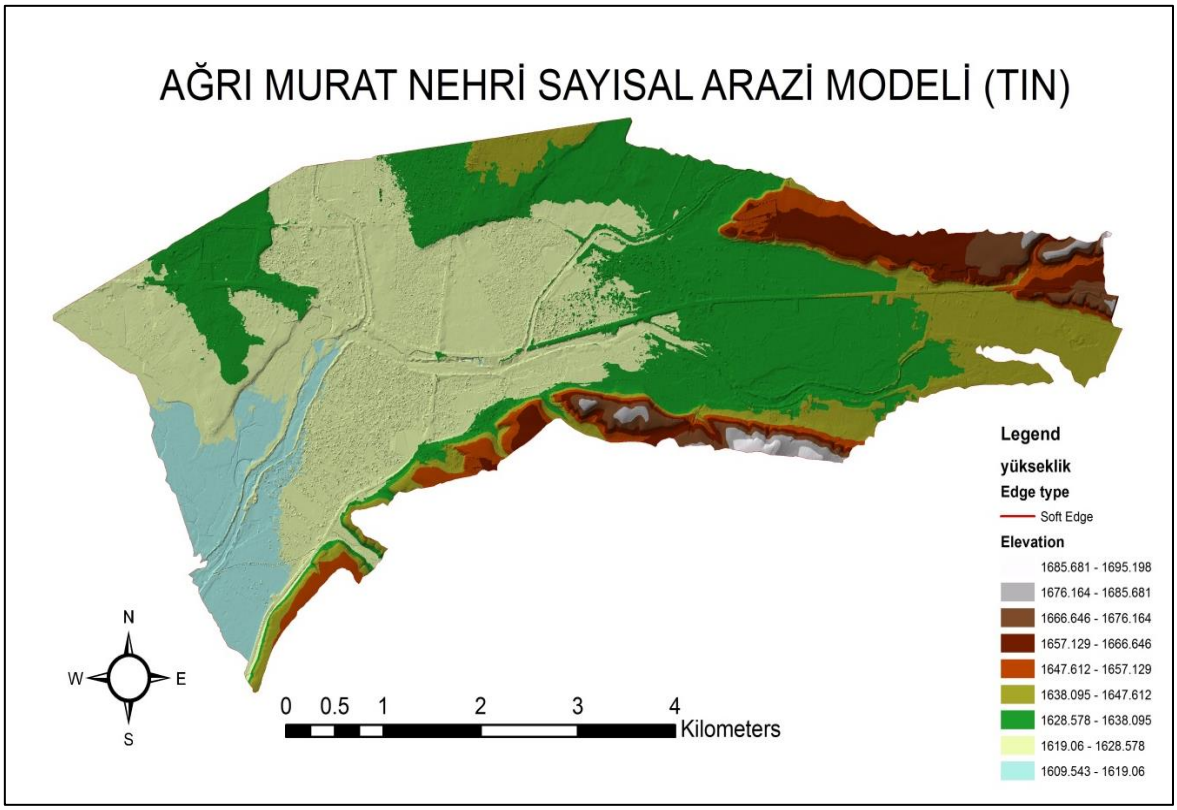


Şekil 3.2. Murat Köprüsü'nün Sayısal Yükseklik Modeli'nin karşılaştırılması, köprü üst kotları dikkate alınmış (a), köprü üst kotları dikkate alınmamış (b)



Şekil 3.3. Murat Köprüsü'nün HEC-RAS yazılımında modellenmesi ve görüntüsü

Ardından noktasal arazi değerleri ArcGIS yazılımına yüklenmiş, ArcGIS de *3D AnalystTools* komutu ile açılmış, *DataManagement* ve *Create TIN* komutları seçilmiş, TUREF_TM42 (ITRF96, 42-3°) koordinat sistemi tanımlanmış ve çalışma alanının TIN haritası oluşturulmuştur. ArcGIS yazılımında sayısallaştırmaların yapılabilmesi için gerekli (*3D analyst, HEC-Georas, Spatial Analyst*) modüller aktifleştirilmiş, düzensiz üçgen ağı (TIN) denilen arazinin üç boyutlu vektör haritası hazırlanmış ve çalışma alanının hazırlanan TIN haritası Şekil 3.4.'de sunulmuştur.

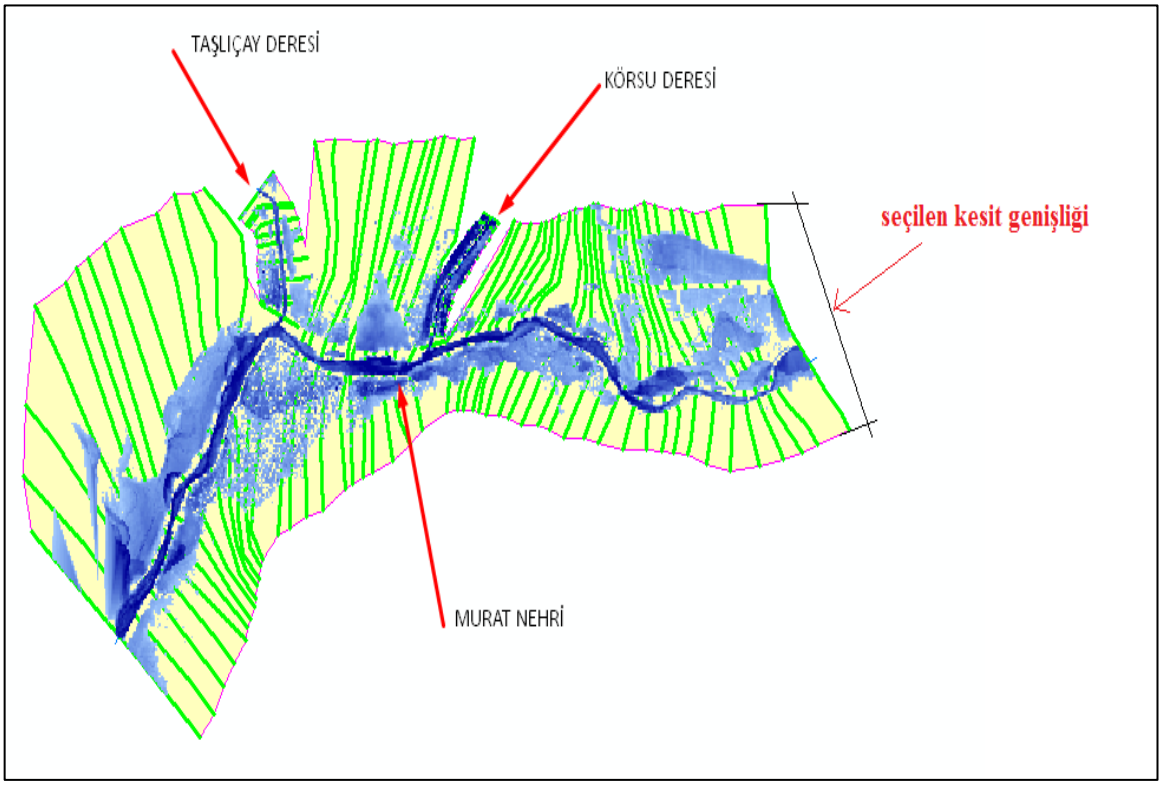


Şekil 3.4. Çalışma alanı TIN haritası

HEC-Ras yazılımında gerekli analizlerin yapılabilmesi için HEC-GeoRas modülü ile uydu görüntülerinden de yararlanılarak dereler, yamaçlar, akım yolları, kesitler, pürüzlülük katsayısının değiştiği alanlar sayısallaştırılmıştır ve gerekli katmanlar oluşturulmuştur (Şekil 3.6.). Katmanlar sayısallaştırılmasında ve bu verilerin HEC-GeoRas modülüne girişinin sağlanmasında aşağıdaki hususlara dikkat edilmiştir.

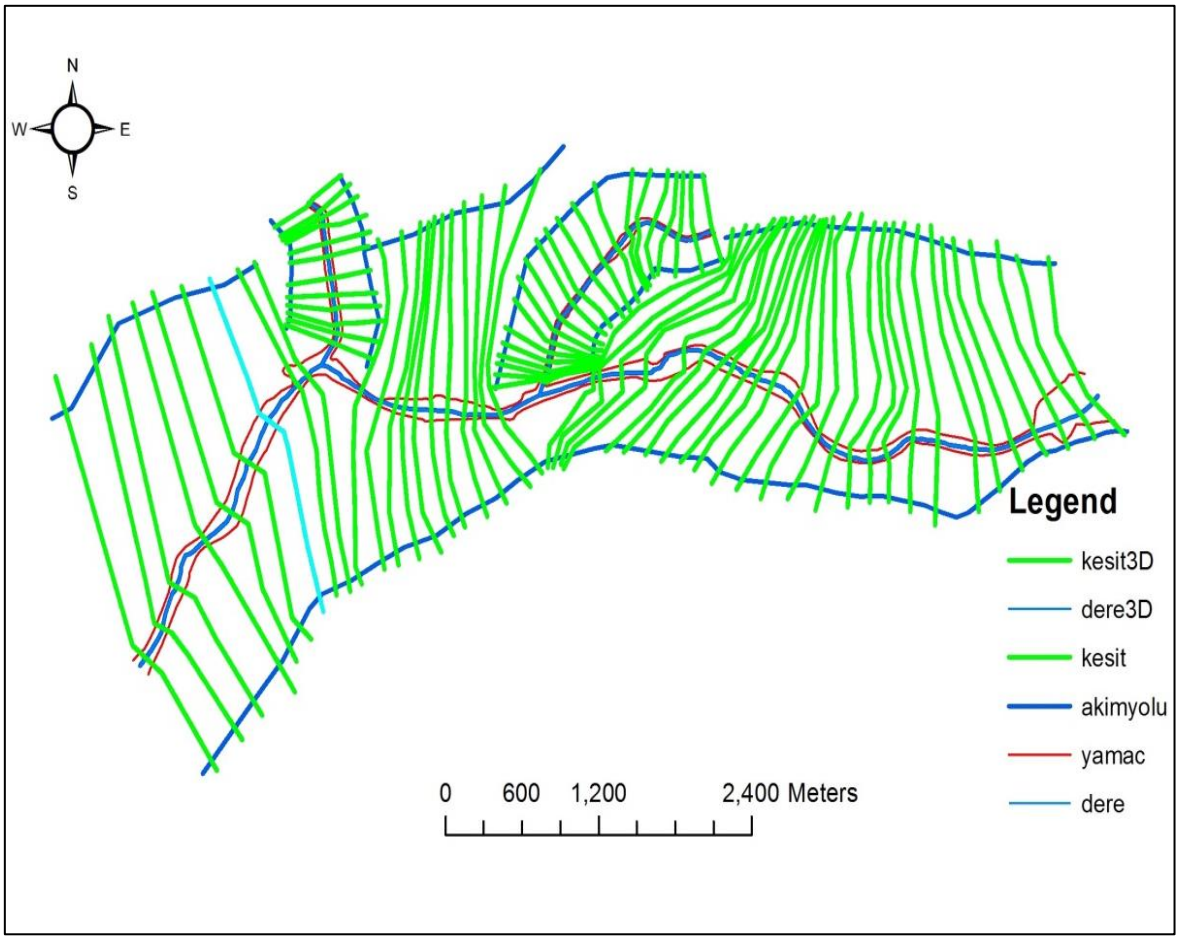
- Dere akış hattı ve yatak kenar hatları dere akış yönüne doğru sayısallaştırılmıştır.
- Akım yollarının tanımlaması yapılmıştır. HEC-Ras yazılımında analizler kesit

genişliğine göre yapılmaktadır. Kesit genişliğinin yetersiz olması durumunda taşkın bölgesi kesit dışına çıkabilmektedir. Çalışmanın başlangıcında Taşlıçay ve Körsu Derelerinde de kesit genişlikleri yetersizliği ve taşkının gözlemlenmemesi durumları ile karşılaşılmış, kesit genişlikleri ve akım yolları düzenlenerek analizlere devam edilmiştir (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. Çalışmada kesit genişlikleri yetersiz alınan, Körsu ve Taşlıçay Derelerinin HEC-RAS'ta görünümü

- Dere yatak en kesitleri akış yönüne doğru sol kıyıdan sağ kıyı doğrultusuna doğru sayısallaştırılmıştır.
- Dere en kesitleri akış doğrultusuna ve eş yükselti eğrilerine dik olarak alınmıştır.
- Dere en kesitlerinin dere akış hattını bir kez kesmesine ve en kesitlerin birbiriyle kesişmemesine dikkat edilmiştir.
- Dere en kesitleri çizilirken dere yatağının ani daraldığı ve engellerin olduğu yerler (köprü giriş ve çıkışları, kum ocağı vb.) dikkate alınmıştır.
- Arazi kullanım katmanı 1/1000 ölçekli harita alımı sırasında ve sonrasındaki arazi çalışmalarıyla belirlenmiş, arazi kullanım katmanlarının Manning pürüzlülük katsayıları ise DSİ'nin önerdiği değerler olarak seçilmiştir (Tablo 2.9.).

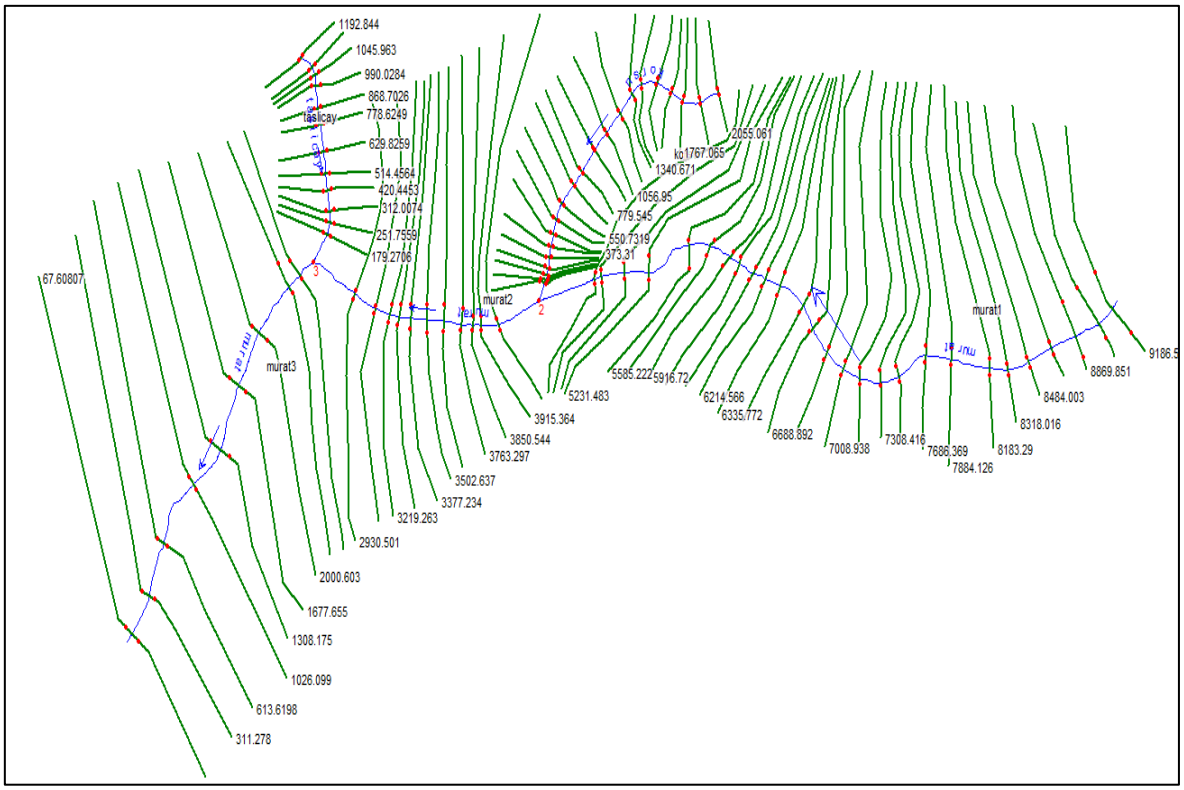


Şekil 3.6. HEC-GeoRAS ile sayısallaştırılmış çalışma alanı haritası

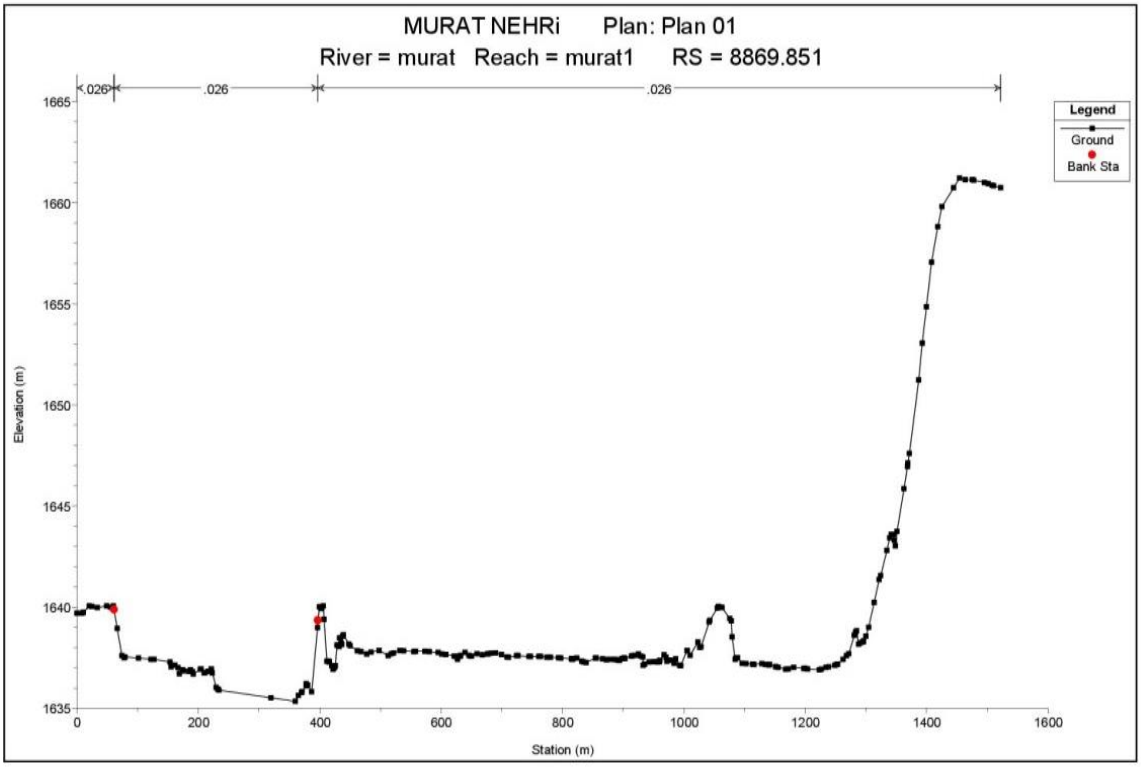
3.1.2. HEC-RAS ile Hidrolik Hesapların Yapılması

HEC-Ras yazılımında analizlerin yapılabilmesi için ArcGIS yazılımı ve HEC-GeoRas modülü ile oluşturulan geometrik datalar açılır, gerekli kesit düzenlemeleri yapılır, hidrolik analizlerle su yüzü kotları bulunur ve bu geometrik datalar risk haritalarının oluşturulması için ArcGIS yazılımına aktarılır, ArcGIS yazılımı ile oluşturulan TIN haritası ve HEC-GeoRAS ile yapılan sayısallaştırmalar bittikten sonra da HEC-RAS yazılımında açılacak formata dönüştürülür.

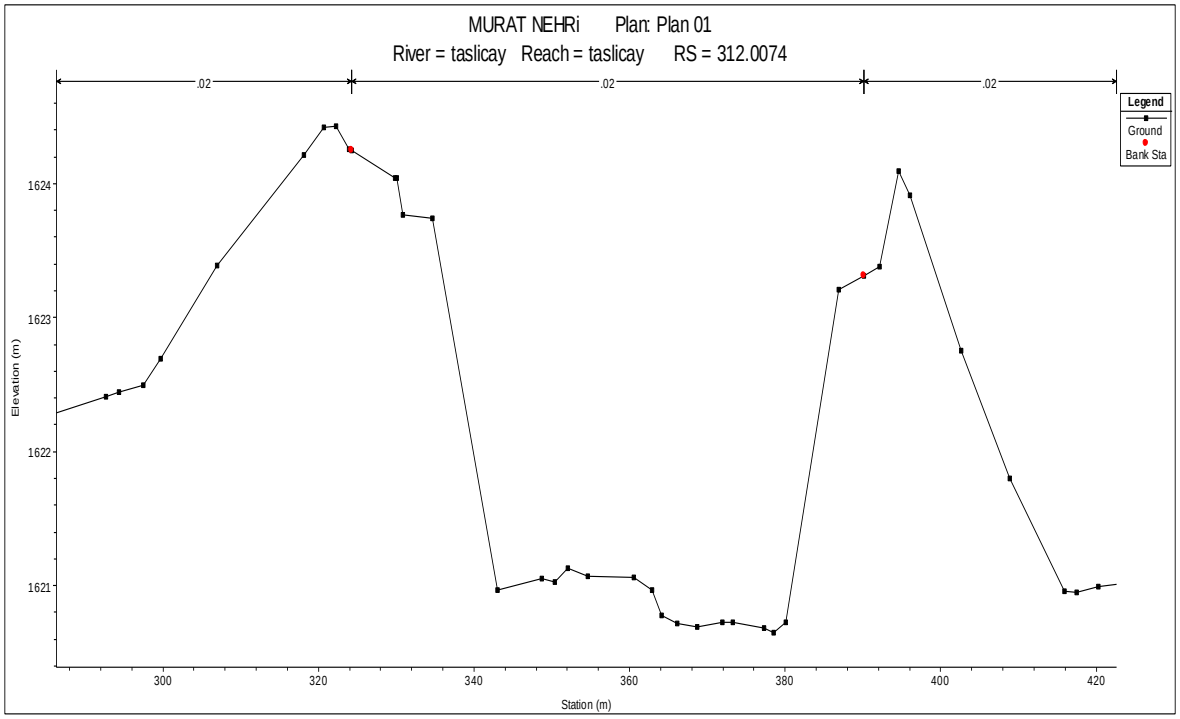
Çalışma özelinde yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda HEC-RAS yazılımı ile çalışma alanı oluşturulmuş ve metrik birim sistemi seçilmiştir. *Edit→ Geometric* data komutu ile çalışma alanının HEC-RAS üzerindeki görünümü açılmış (Şekil 3.7.), → *Cross Section* komutu ile kesitler açılmış, gerekli düzenlemeler yapılmıştır (Şekil 3.8., Şekil 3.9. ve Şekil 3.10.).



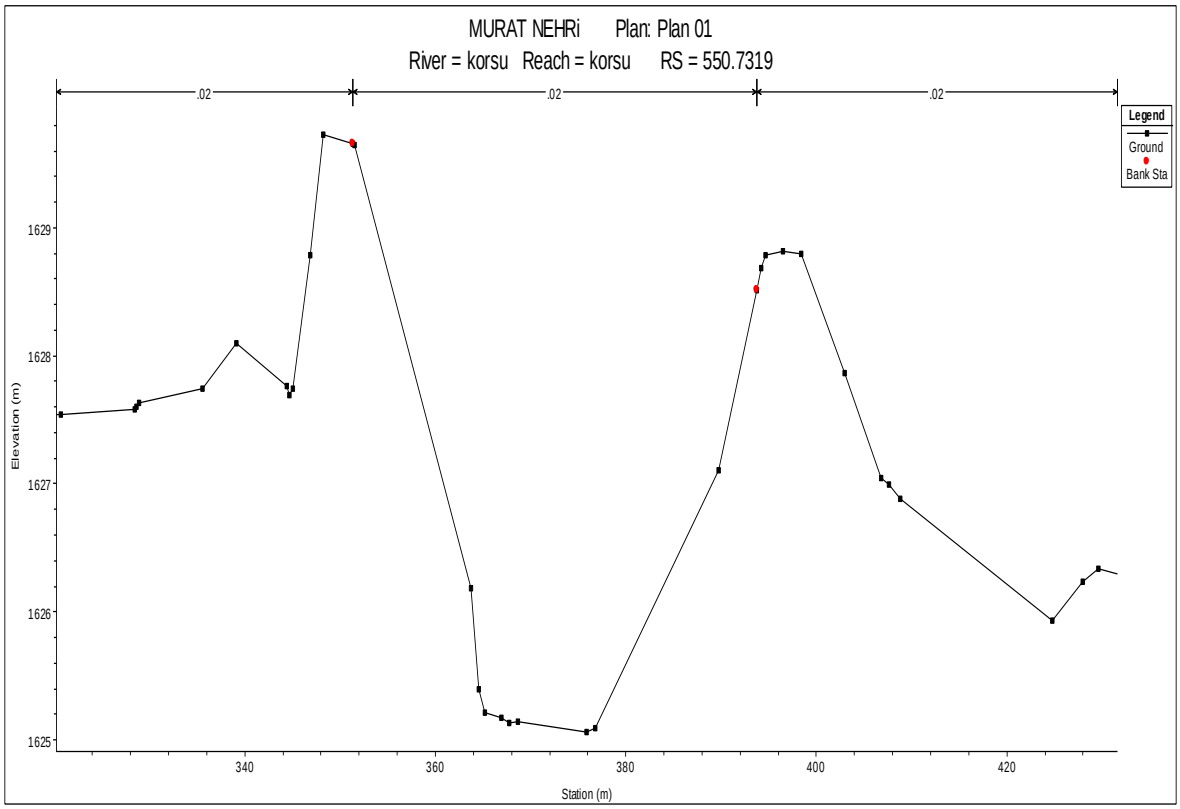
Şekil 3.7. Çalışma alanının HEC-RAS yazılımı ile görüntülenmesi



Şekil 3.8. Çalışma alanından Murat Nehri 1.Kısım (km: 8+969,852) kesitin HEC-Ras ile görüntüsü

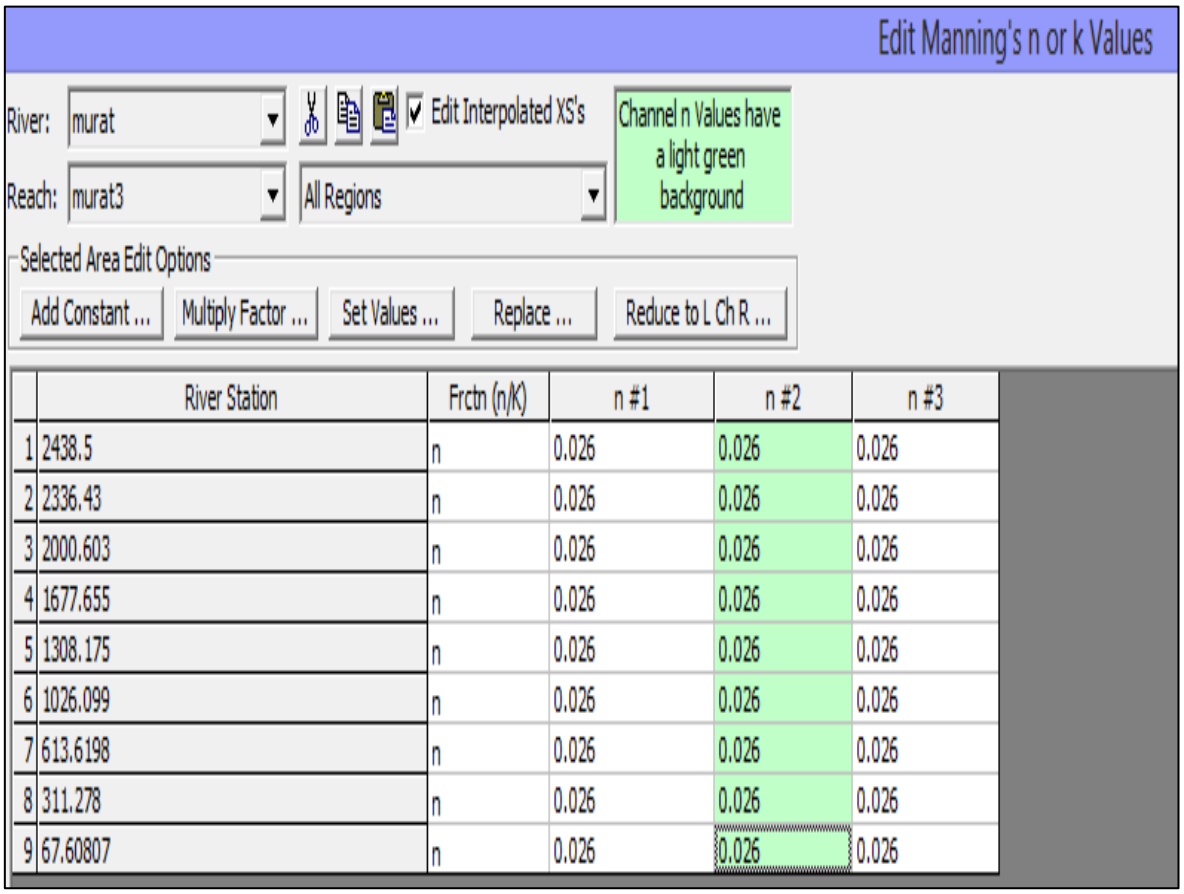


Şekil 3.9. Çalışma alanından Murat Nehri'nin yan kolu olan Taşlıçay Deresi km:0+312,007) kesitin HEC-RAS ile görüntüsü



Şekil 3.10. Çalışma alanından Murat Nehri'nin yan kolu olan Körsu Deresi (km:0+550,732) kesitin HEC-Ras ile görüntüsü

Kesit kontrolleri yapıldıktan sonra kesitlere ait daha önceden belirlenen Manning pürüzlülük katsayıları (Tablo 2.9.), HEC-Ras yazılımında *Edit → Geometric Data → Tables → Manning's n or k values* komutu ile sisteme girilmiştir (Şekil 3.11.). Çalışma alanında dere yatağı malzemesinden oluşan ve DSİ tarafından yapılan sedde imalatları dışında taşkın koruma tesisi bulunmamaktadır. Bu nedenlerle dere ana yatağında ve seddelerde pürüzlülük katsayısı değerleri aynı alınmıştır.

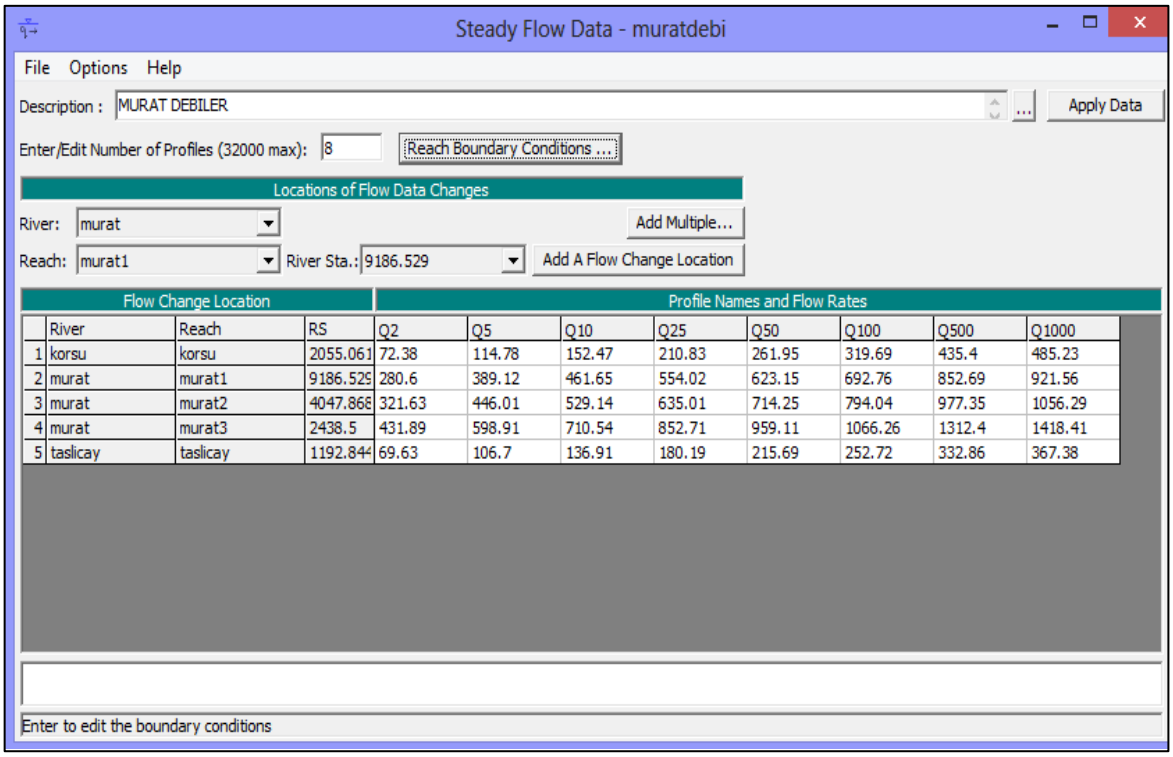


	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	2438.5	n	0.026	0.026	0.026
2	2336.43	n	0.026	0.026	0.026
3	2000.603	n	0.026	0.026	0.026
4	1677.655	n	0.026	0.026	0.026
5	1308.175	n	0.026	0.026	0.026
6	1026.099	n	0.026	0.026	0.026
7	613.6198	n	0.026	0.026	0.026
8	311.278	n	0.026	0.026	0.026
9	67.60807	n	0.026	0.026	0.026

Şekil 3.11. HEC-RAS yazılımına girilen Manning pürüzlülük değerlerinin görünümü

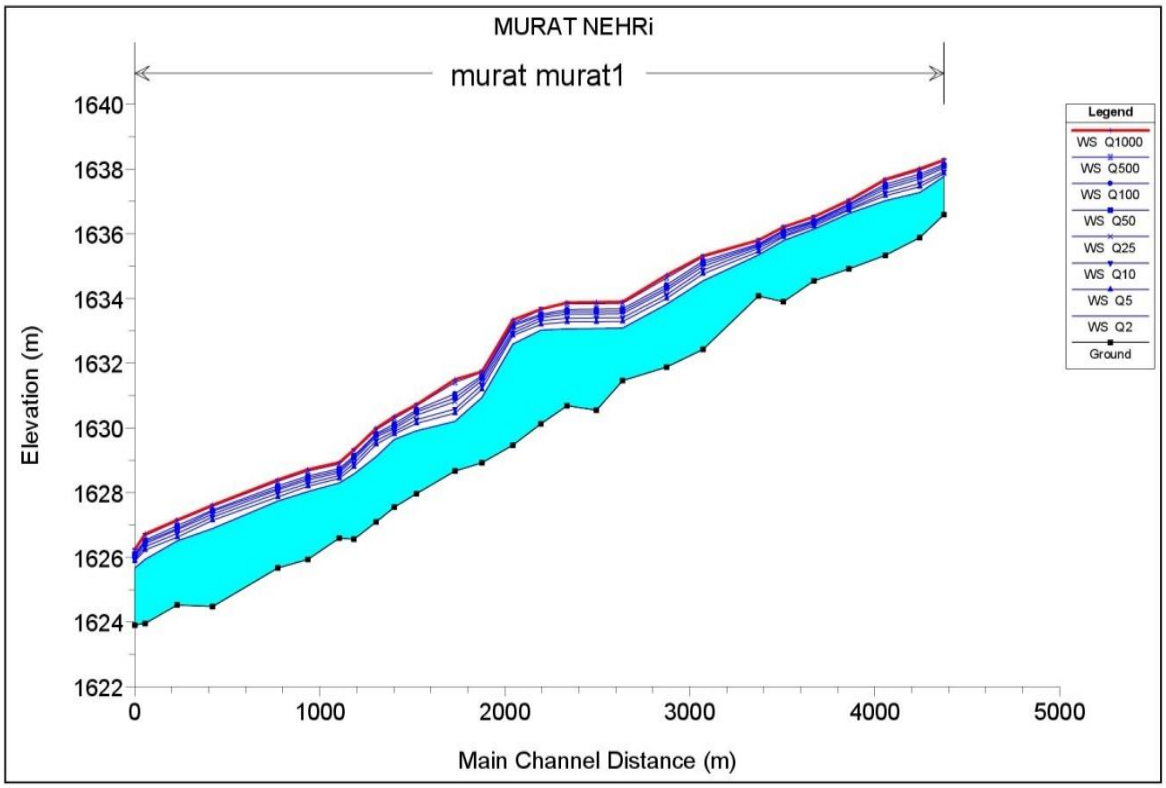
Ardından taşkın tekerrür (yineleme) debileri (Q_2, Q_5, Q_{10}, Q_{25}, Q_{50}, Q_{100}, Q_{500}, Q_{1000}) ise HEC-RAS yazılımına *Edit → Steady Flow Data* komutu ile girilmiştir (Şekil 3.12.).

Taşkın tekerrür (yineleme) debileri HEC-RAS yazılımına girildikten sonra *Run → Flow Analysis* komutu ile su yüzü kotları hesaplanmış, yineleme periyotlarına göre tüm kollar için su yüzü profilleri oluşturulmuştur. Oluşturulan su yüzü profilleri Şekil 3.13., Şekil 3.14., Şekil 3.15., Şekil 3.16. ve Şekil 3.17.'de kesitlere ait su yüzü profilleri ve diğer sonuçlar ise Ek Şekil 1.'de verilmiştir.

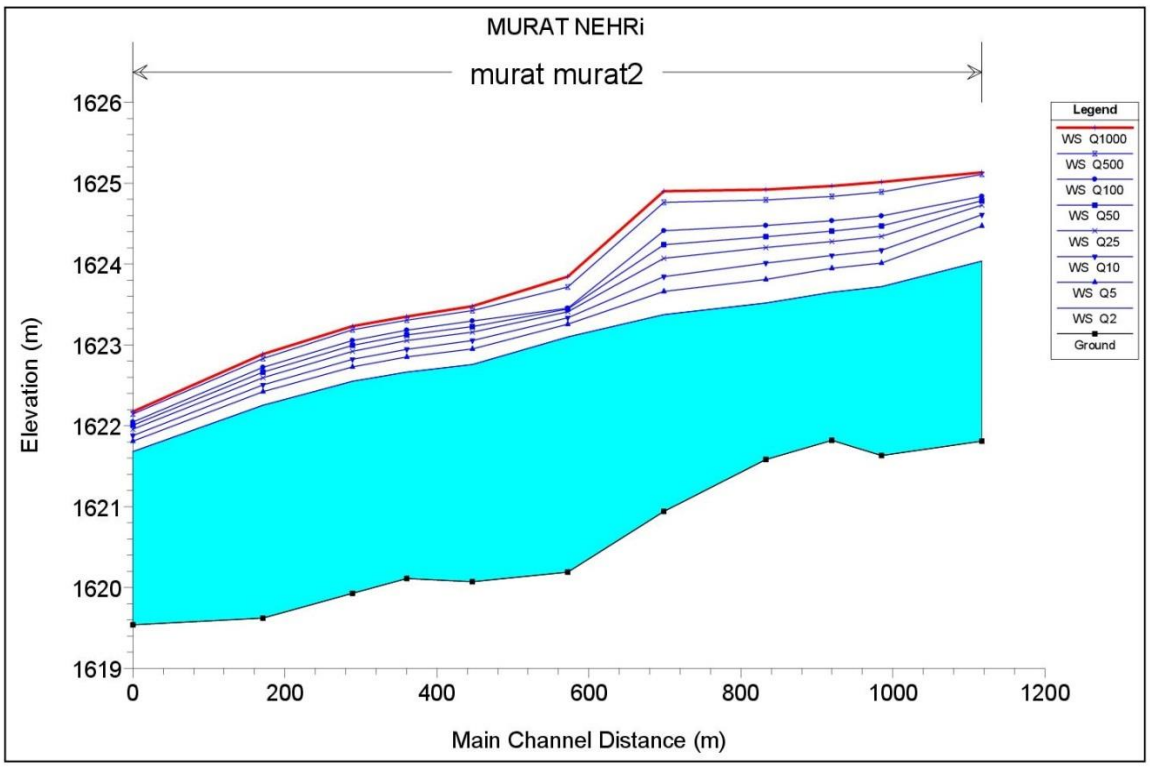


	River	Reach	RS	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100	Q500	Q1000
1	korsu	korsu	2055.061	72.38	114.78	152.47	210.83	261.95	319.69	435.4	485.23
2	murat	murat1	9186.529	280.6	389.12	461.65	554.02	623.15	692.76	852.69	921.56
3	murat	murat2	4047.868	321.63	446.01	529.14	635.01	714.25	794.04	977.35	1056.29
4	murat	murat3	2438.5	431.89	598.91	710.54	852.71	959.11	1066.26	1312.4	1418.41
5	taslicay	taslicay	1192.844	69.63	106.7	136.91	180.19	215.69	252.72	332.86	367.38

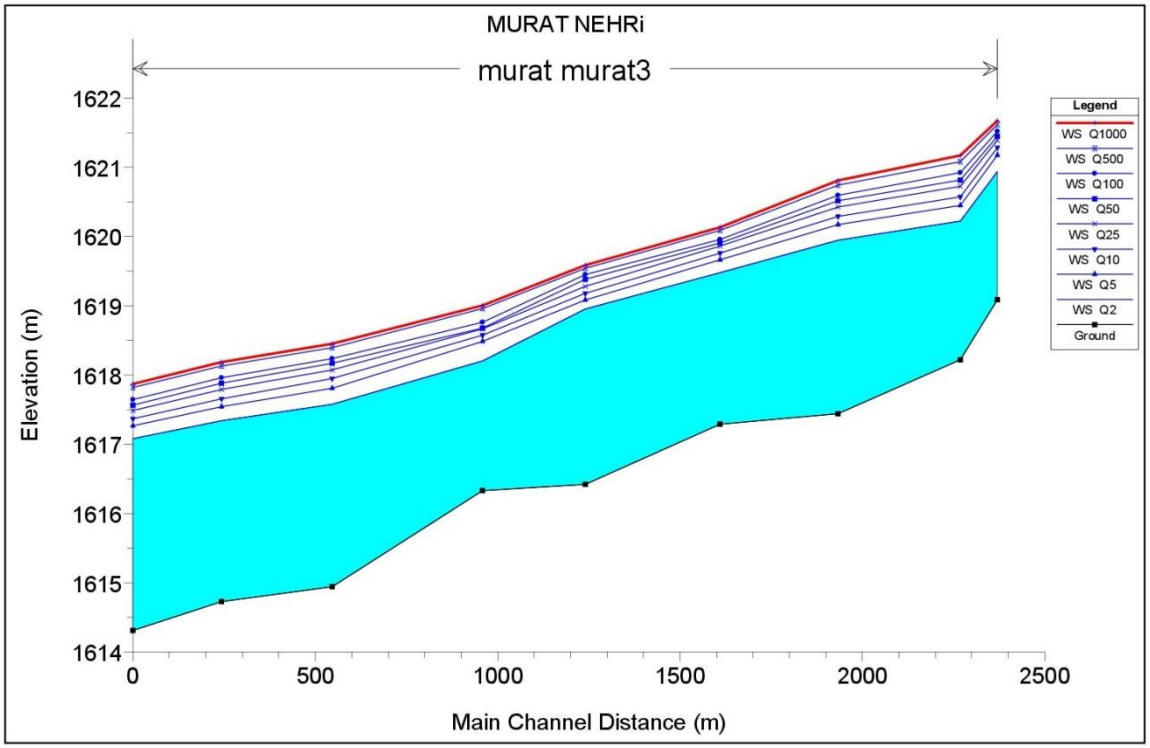
Şekil 3.12. Taşkın yineleme debilerinin HEC-RAS yazılımına girilmesi



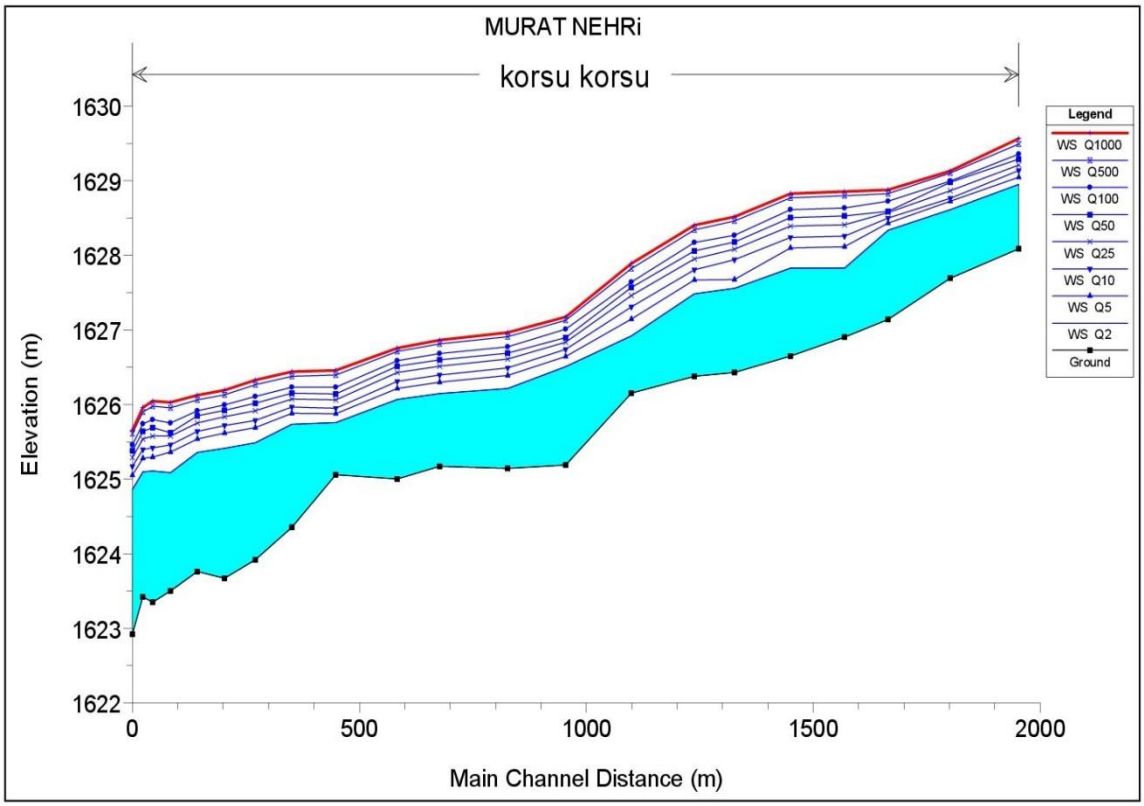
Şekil 3.13. Murat Nehri-1. kısmında seçilen yineleme debilerine göre oluşan su yüzü profilleri



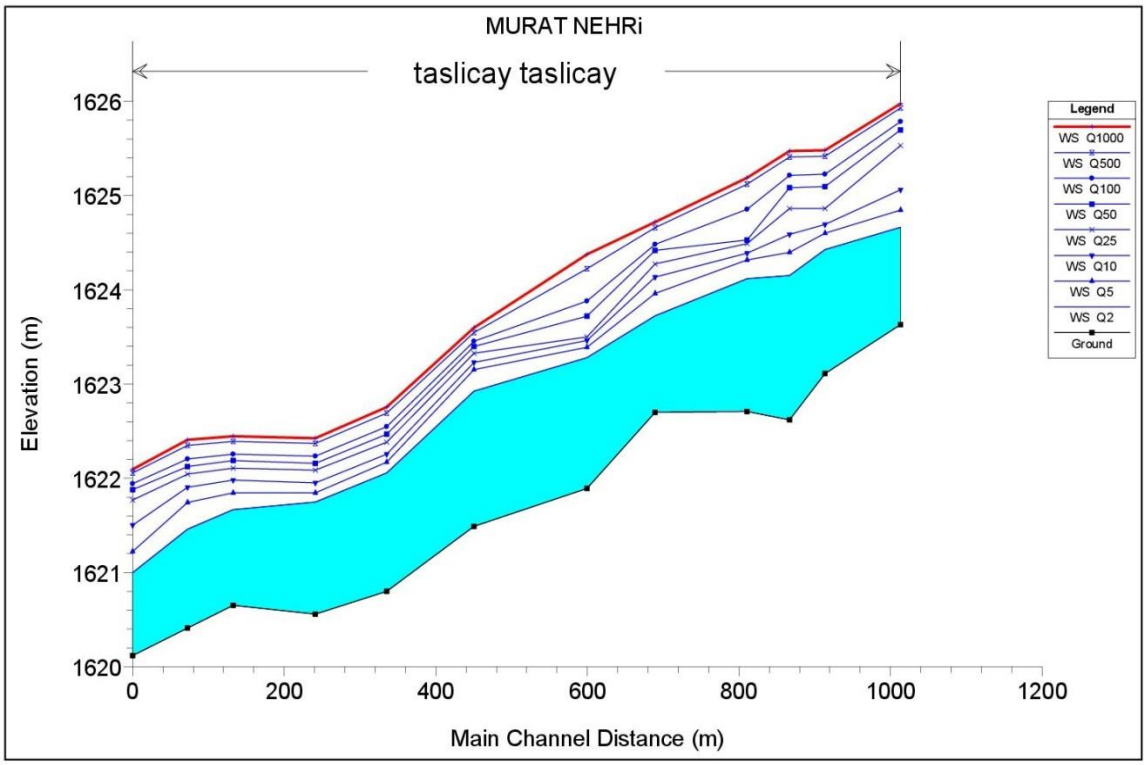
Şekil 3.14. Murat Nehri-2. kısmında seçilen yineleme debilerine göre oluşan su yüzü profilleri



Şekil 3.15. Murat Nehri-3. kısmında seçilen yineleme debilerine göre oluşan su yüzü profilleri



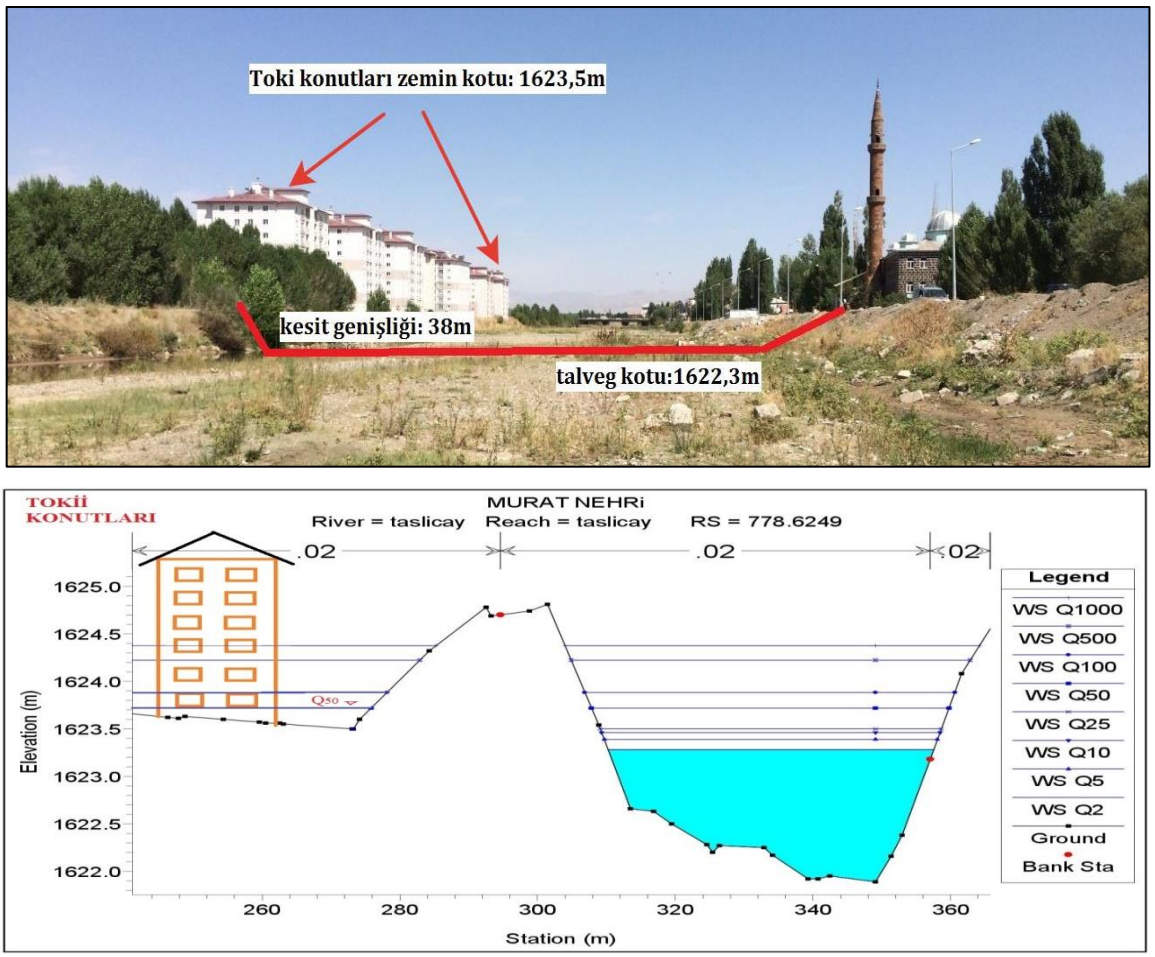
Şekil 3.16. Körsu Deresi seçilen yineleme debilerine göre oluşan su yüzü profilleri



Şekil 3.17. Taşlıçay Deresi seçilen yineleme debilerine göre oluşan su yüzü profilleri

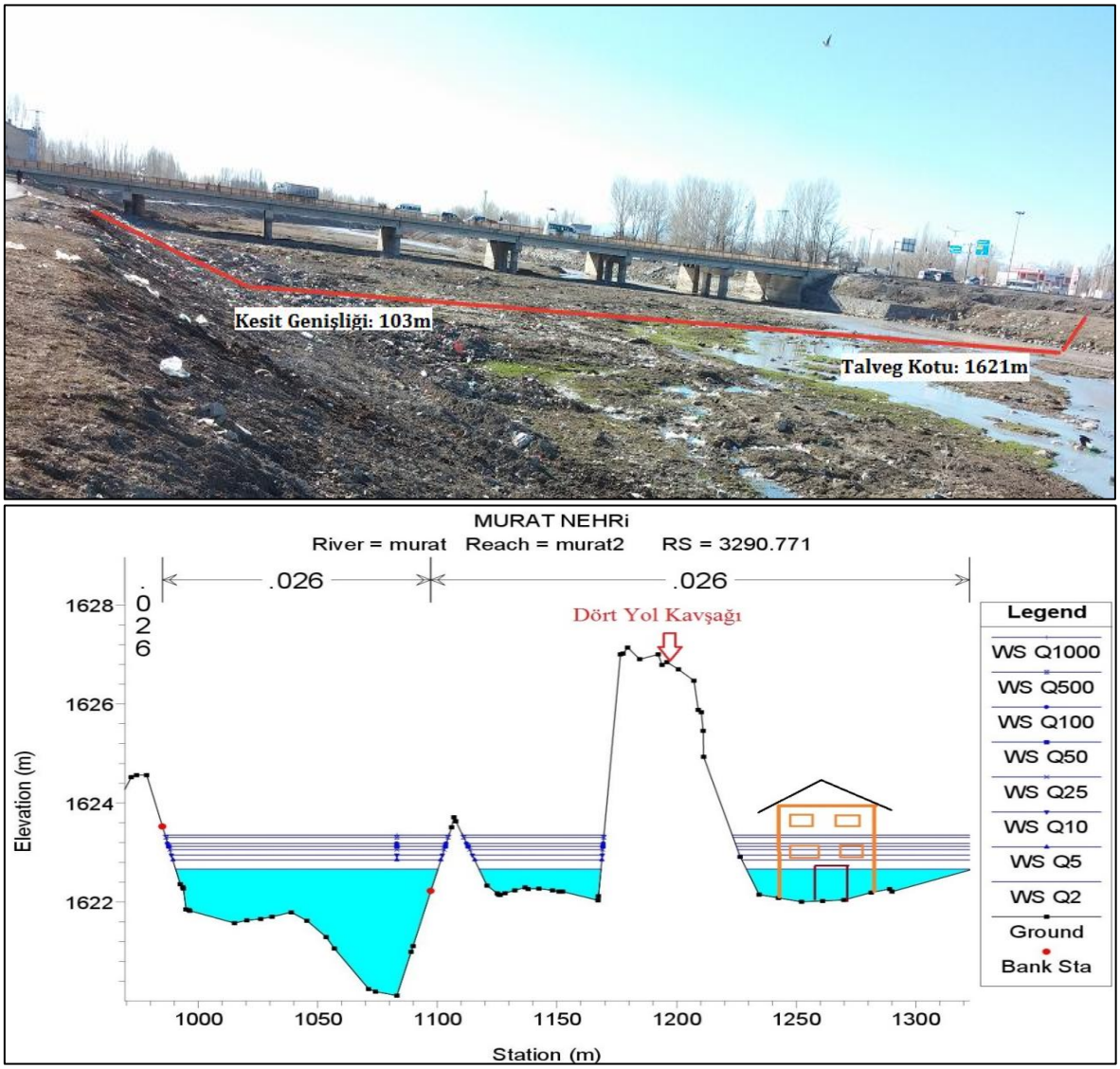
Oluşturulan su yüzü profillerinin ardından kritik kesitlerin su yüzü kotlarının belirlenmesi amacı ile çalışma alanında yerleşim yerlerinin yoğun ve kıyı kesimine oldukça yakın yerleşimler (Taşlıçay Deresi TOKİ Konutları Mevkii ve Murat Nehri Murat Köprü Mevkii) üzerinde incelemeler yapılmış ve seçilen tekerrür (yineleme) debilerine göre oluşabilecek su yüzü kotları belirlenmiştir.

Belirlenen su yüzü kotlarına göre; bölgede kentsel dönüşüm ile birlikte TOKİ konutları, okullar, valilik binası, camii ve sosyal tesisler inşa edilen Taşlıçay Deresi'nin akışa göre sağ tarafında olan alan, oluşabilecek taşkınlarda zararın en fazla olacağı öngörülen alandır. Yapıların zemin kotları incelendiğinde belirlenen su yüzü kotlarının neredeyse 1 metre suyun yükselmesi durumda bile taşkın oluşacağını göstermektedir. Seddelerin yüksekliklerinin düşük olmasının, kanal içinde rusubat ve ağaç gibi suyun akışını engelleyici etmenlerin bulunmasının Q_{50} ve daha büyük debilerde taşkınların meydana gelmesine neden olacağı da değerlendirilmektedir (Şekil 3.18.).



Şekil 3.18.Taşlıçay deresi TOKİ Mevkii (km: 0+778) ve su yüzü profili ve kotları

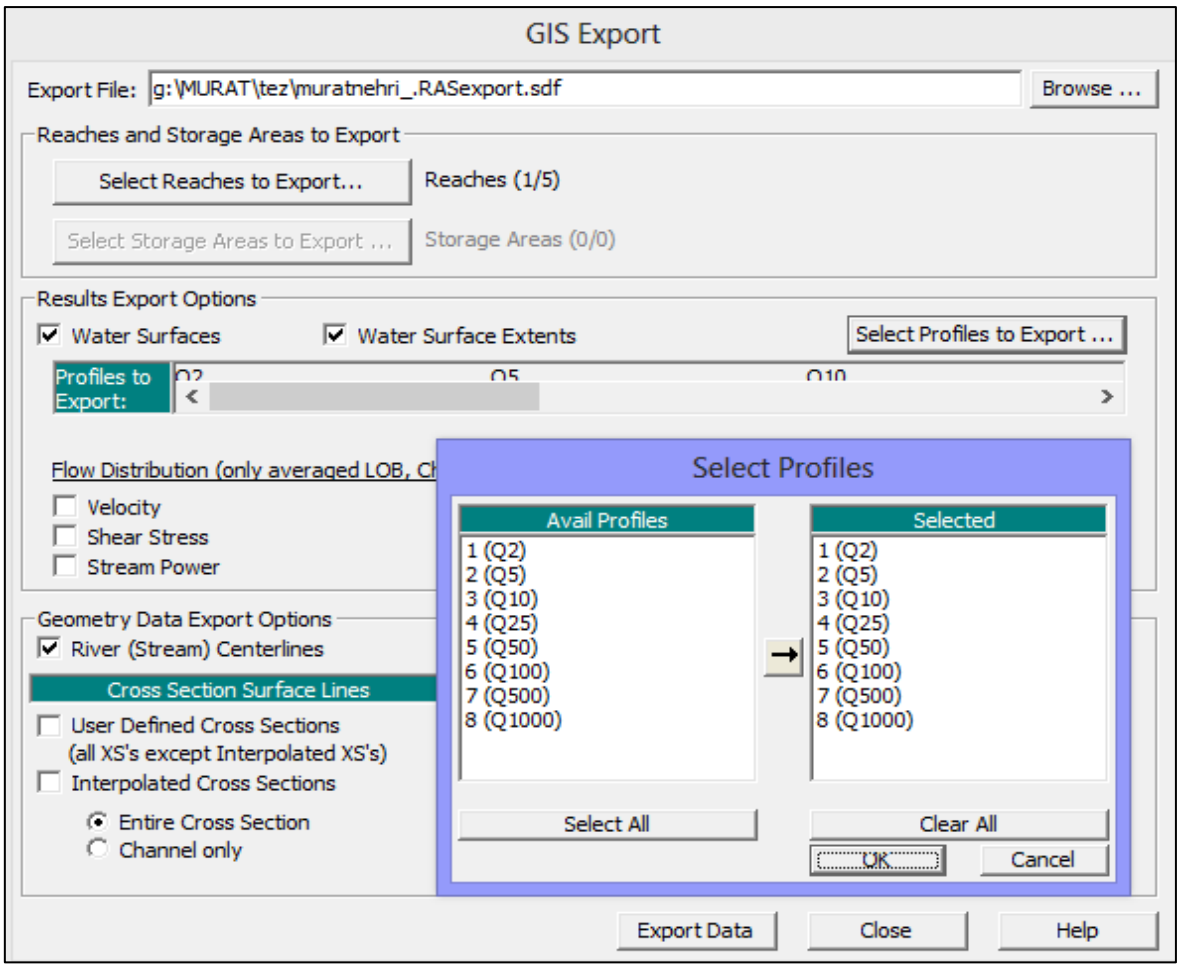
Murat Nehri'nin Murat Köprüsü yakınlarında akışa göre sağ ve sol sahilde nüfusun fazla, yapılaşmanın genellikle tek katlı, düzensiz ve yoğun olduğu gözlemlenmektedir. Şehir geçişi olduğu için akaryakıt istasyonları ve iş yerleri de bulunan alanın, köprü ayaklarına doğru rusubat birikintilerinin olmasından ve sedde yüksekliklerinin yetersiz ve dere yatağının köprüye doğru ani daralmasından dolayı oluşabilecek taşkınlardan en fazla etkilenecek bölge olacağı değerlendirilmektedir. Yapıların zemin kotları incelendiğinde belirlenen su yüzü kotlarına göre dere yatağında suyun 2 metre yükselmesi durumda taşkın oluşacağı, seçilen kesitte Q_2 debisinde bile yapıların zarar görebileceği, Q_{500} taşkın debisinin oluşması durumunda ise su yüksekliğinin yapılarda yaklaşık 2 metreye ulaşacağı öngörülmektedir (Şekil 3.19.).



Şekil 3.19. Murat Nehri Murat Köprü mevkii (km: 3+290) ve su yüzü profili

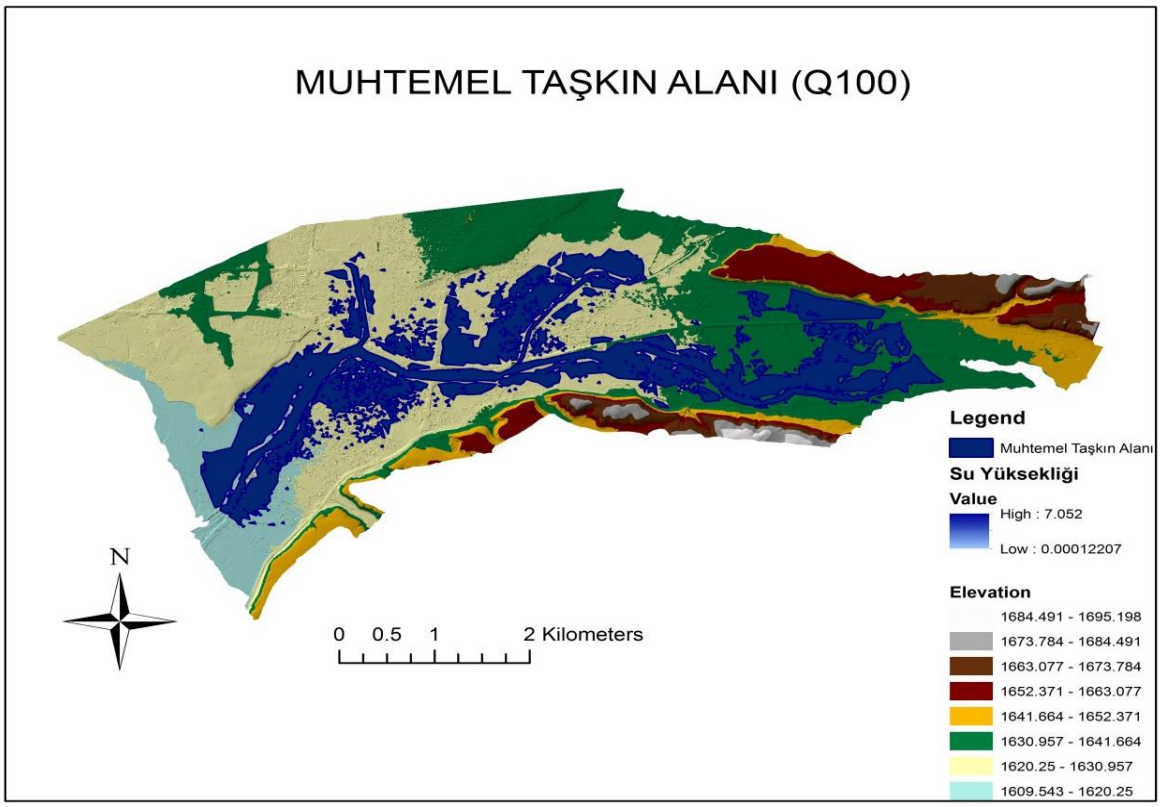
3.1.3. ArcGIS ile Taşkın Risk Haritalarının Oluşturulması

HEC-Ras yazılımı ile analiz işlemleri bittikten sonra, taşkın haritalarının oluşturulabilmesi için ArcGıs yazılımına aktarılması gerekli olduğundan *File → Export Gıs Data* komutu ile hesaplanan su yüzü kotlarını içiren *.sdf uzantılı dosya ArcGIS yazılımına gönderilmiştir (Şekil 3.20.).

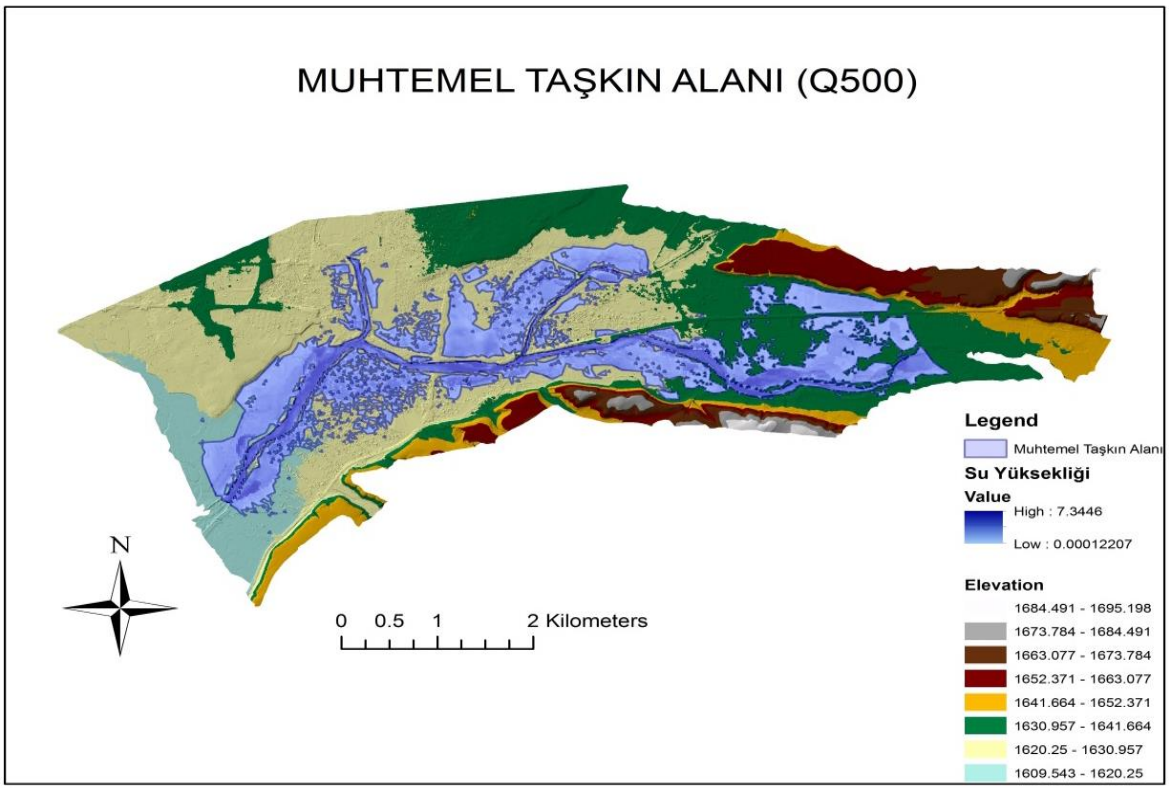


Şekil 3.20. Su yüzü kotlarının ArcGIS yazılımına aktarılması

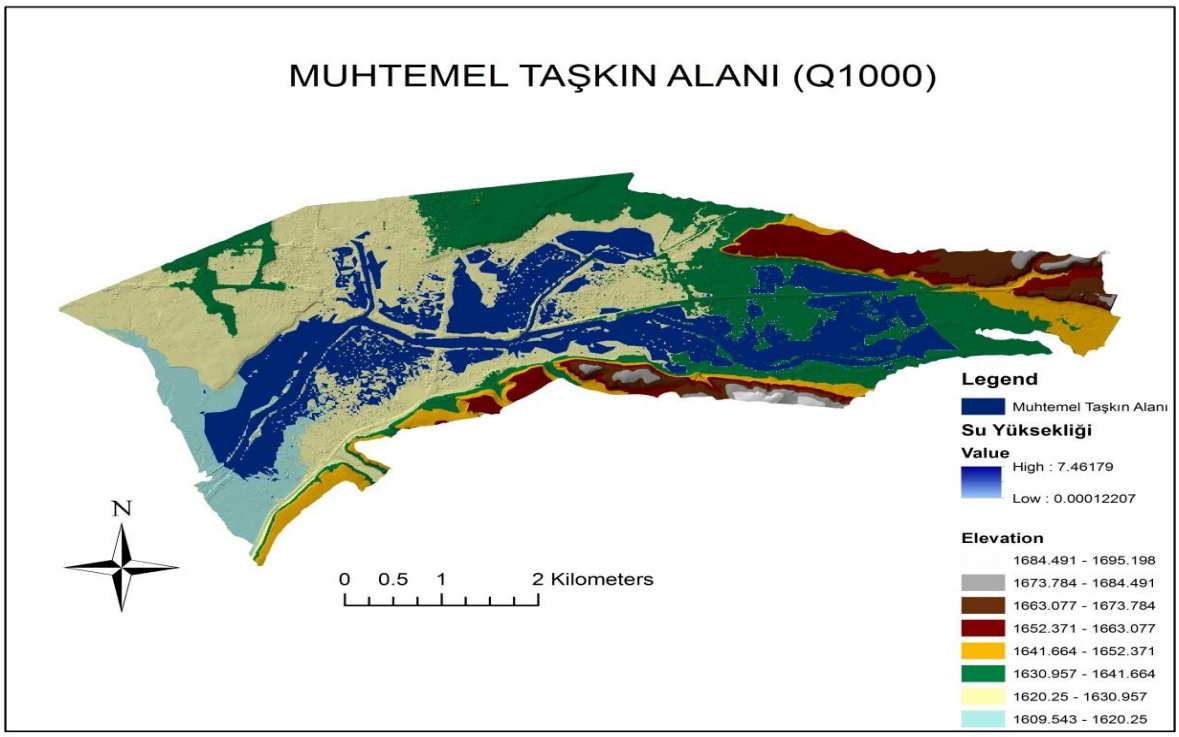
HEC-Ras yazılımı ile hesaplanan su yüzü kotları HEC-GeoRas modülünde → *import Ras SDF file* komutu ile açılmış, ardından belirlenen (Q_2,Q_5,Q_{10},Q_{25},Q_{50},Q_{100},Q_{500},Q_{1000}) senaryolara göre *Ras Mapping* komutu ile taşkın risk haritaları oluşturulmuştur. Kritik 100, 500 ve 1000 yıllık yineleme debilerine göre oluşan taşkın alanları Şekil 3.21., Şekil 3.22. ve Şekil 3.23.'de, 2,5,10,25,50 yıllık yineleme debilerine göre oluşan taşkın alanları ise Ek Şekil 1.'de sunulmuştur.



Şekil 3.21. Q_{100} yineleme debisine göre muhtemel taşkın alanı ve su yüksekliği

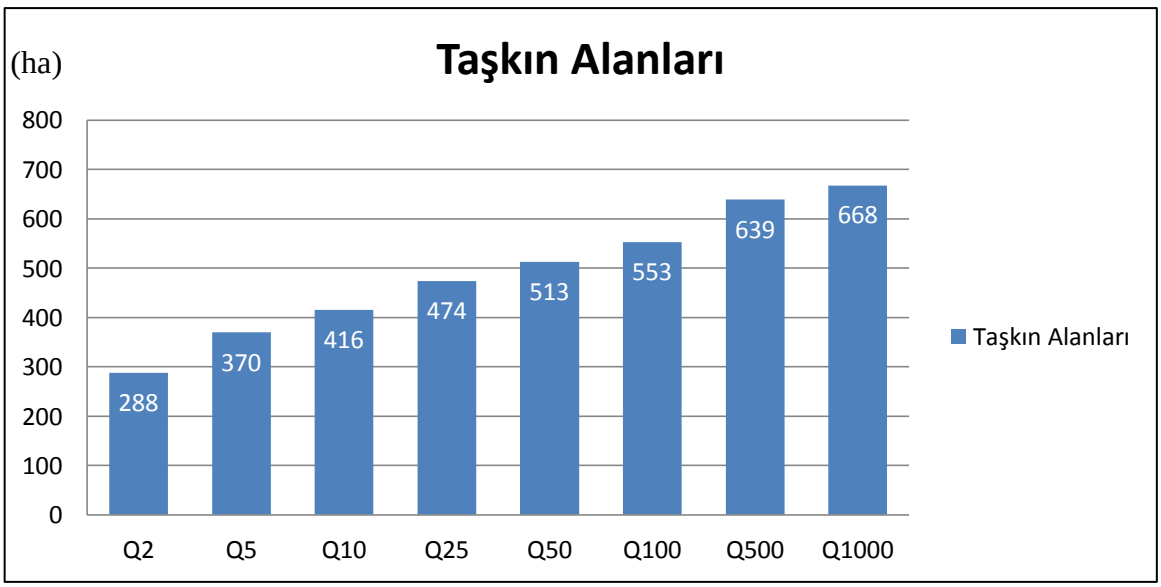


Şekil 3.22. Q_{500} yineleme debisine göre muhtemel taşkın alanı ve su yüksekliği



Şekil 3.23. Q_{1000} yineleme debisine göre muhtemel taşkın alanı ve su yüksekliği

Muhtemel taşkın alanlarının hesaplanabilmesi için ArcGIS yazılımında beklenen her taşkın için oluşan katmanın öz nitelik tablosundaki taşkın alanları da Microsoft Excel yazılımı ile hesaplanmış (Şekil 3.24.) ve kritik 100, 500 ve 1000 yıllık yineleme debilerine göre oluşan taşkın alanları tablosu Şekil 3.25., Şekil 3.26. ve Şekil 3.27.'de sunulmuştur.



Şekil 3.24. Seçilen senaryolara göre oluşan taşkın alanları

Table

b Q100

FID *	Shape *	ID	GRIDCODE	Shape_Length	Shape_Area
1	Polygon	1	1	175.338044	1350.321125
2	Polygon	2	1	75.457071	273.862735
3	Polygon	3	1	214.002614	2136.721021
4	Polygon	4	1	455.916505	8160.970569
5	Polygon	5	1	113.474817	539.940667
6	Polygon	6	1	75.457071	273.862735
7	Polygon	7	1	108.662619	558.082
8	Polygon	8	1	566.965367	14247.68806
9	Polygon	9	1	133.474628	1051.741
10	Polygon	10	1	139.800396	876.52755
11	Polygon	11	1	75.456904	273.861516
12	Polygon	12	1	75.457071	273.862735
13	Polygon	13	1	75.457071	273.862735
14	Polygon	14	1	318.407103	5196.075251
15	Polygon	15	1	75.457071	273.862735
16	Polygon	16	1	200	2400
17	Polygon	17	1	75.457238	273.863954
18	Polygon	18	1	75.457071	273.862735
19	Polygon	19	1	113.474817	539.940667
20	Polygon	20	1	203.964589	1814.063344
21	Polygon	21	1	75.457071	273.862735
22	Polygon	22	1	75.457071	273.862735
23	Polygon	23	1	217.290272	2035.058
24	Polygon	24	1	75.457071	273.862735
25	Polygon	25	1	75.457071	273.862735

1 (0 out of 345 Selected)

Şekil 3.25. Q_{100} yineleme debisi için beklenen taşkın alanı hesabı tablosu

Table

b Q500

FID *	Shape *	ID	GRIDCODE	Shape_Length	Shape_Area
1	Polygon	1	1	75.457238	273.863954
2	Polygon	2	1	435.552683	6183.050355
3	Polygon	3	1	75.457071	273.862735
4	Polygon	4	1	113.474817	539.940667
5	Polygon	5	1	184.202157	1531.82287
6	Polygon	6	1	75.457071	273.862735
7	Polygon	7	1	75.457238	273.863954
8	Polygon	8	1	108.662619	558.082
9	Polygon	9	1	75.456904	273.861516
10	Polygon	10	1	75.457071	273.862735
11	Polygon	11	1	75.457071	273.862735
12	Polygon	12	1	74.996689	256.156
13	Polygon	13	1	80	400
14	Polygon	14	1	75.456904	273.861516
15	Polygon	15	1	793.274557	19410.52553
16	Polygon	16	1	75.457238	273.863954
17	Polygon	17	1	75.457071	273.862735
18	Polygon	18	1	182.936103	1522.52164
19	Polygon	19	1	75.457071	273.862735
20	Polygon	20	1	159.77953	1175.065
21	Polygon	21	1	113.474792	539.94224
22	Polygon	22	1	876.421268	26928.582348
23	Polygon	23	1	75.457071	273.862735
24	Polygon	24	1	74.996689	256.156

1 (0 out of 316 Selected)

Şekil 3.26. Q_{500} yineleme debisi için beklenen taşkın alanı hesabı tablosu

Table

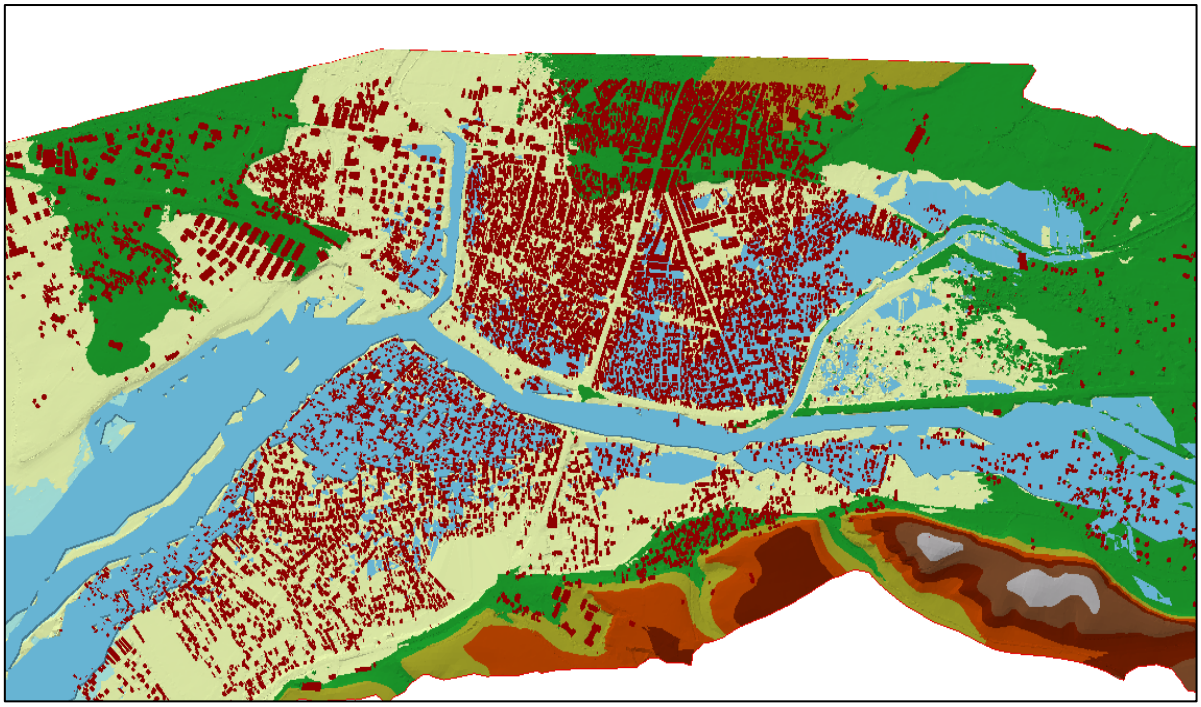
b Q1000

FID *	Shape *	ID	GRIDCODE	Shape_Length	Shape_Area
1	Polygon	1	1	75.457071	273.862735
2	Polygon	2	1	442.057891	7439.835973
3	Polygon	3	1	113.177128	546.15919
4	Polygon	4	1	113.474817	539.940667
5	Polygon	5	1	184.202157	1531.82287
6	Polygon	6	1	75.457238	273.863954
7	Polygon	7	1	172.771536	1380.596703
8	Polygon	8	1	75.457238	273.863954
9	Polygon	9	1	75.456904	273.861516
10	Polygon	10	1	80	400
11	Polygon	11	1	75.457071	273.862735
12	Polygon	12	1	75.457071	273.862735
13	Polygon	13	1	75.457071	273.862735
14	Polygon	14	1	74.996689	256.156
15	Polygon	15	1	75.457071	273.862735
16	Polygon	16	1	80	400
17	Polygon	17	1	163.320472	1324.878896
18	Polygon	18	1	75.457071	273.862735
19	Polygon	19	1	75.457071	273.862735
20	Polygon	20	1	200	2400
21	Polygon	21	1	75.457071	273.862735
22	Polygon	22	1	75.457071	273.862735
23	Polygon	23	1	108.662781	558.084
24	Polygon	24	1	328.21401	4961.025744

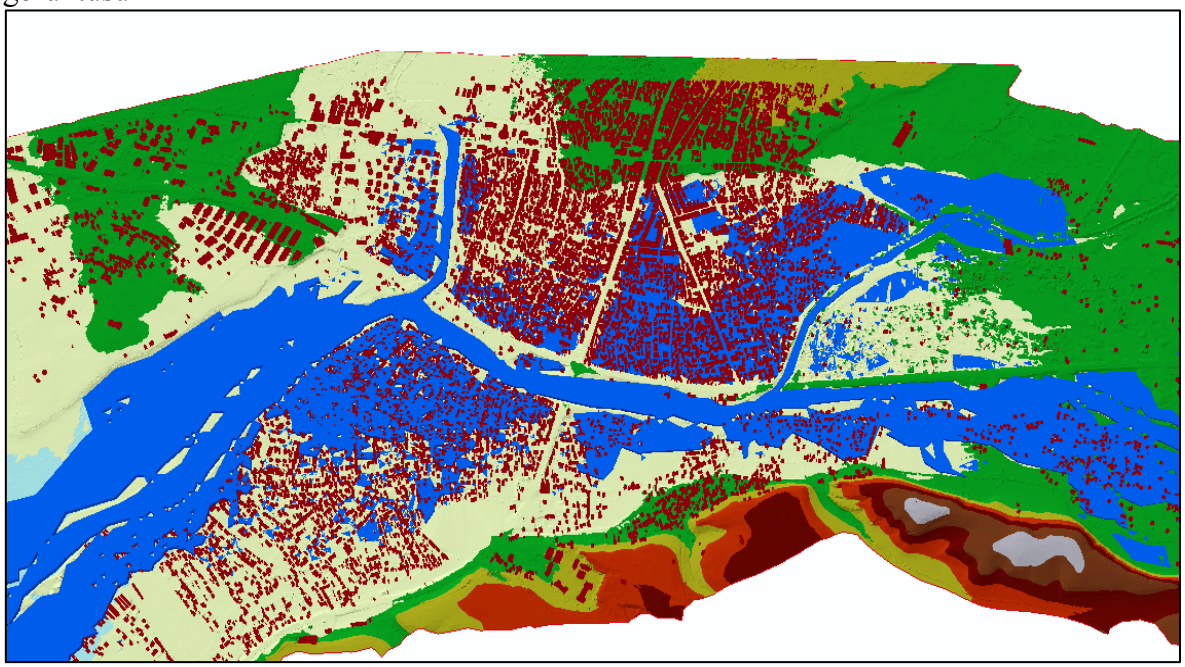
1 (0 out of 295 Selected)

Şekil 3.27. Q_{1000} yineleme debisi için beklenen taşkın alanı hesabı tablosu

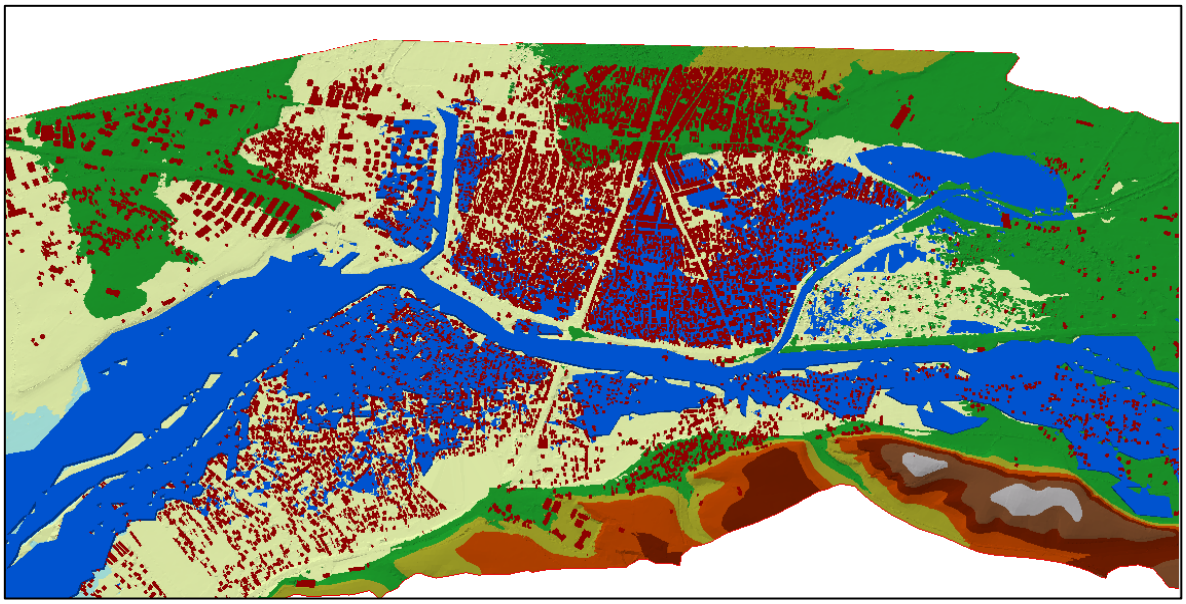
Taşkın alanlarının 3 boyutlu görüntülenebilmesi için ArcScene yazılımına ArcGIS yazılımında oluşturulan taşkın katmanları ve TIN haritası eklenmiş ve taşkın alanlarının 3 boyutlu görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 3.28., Şekil 3.29. ve Şekil 3.30.).



Şekil 3.28. 100 yıllık yineleme debili Ağrı Merkez'de oluşacak taşkın alanlarının 3 boyutlu görüntüsü



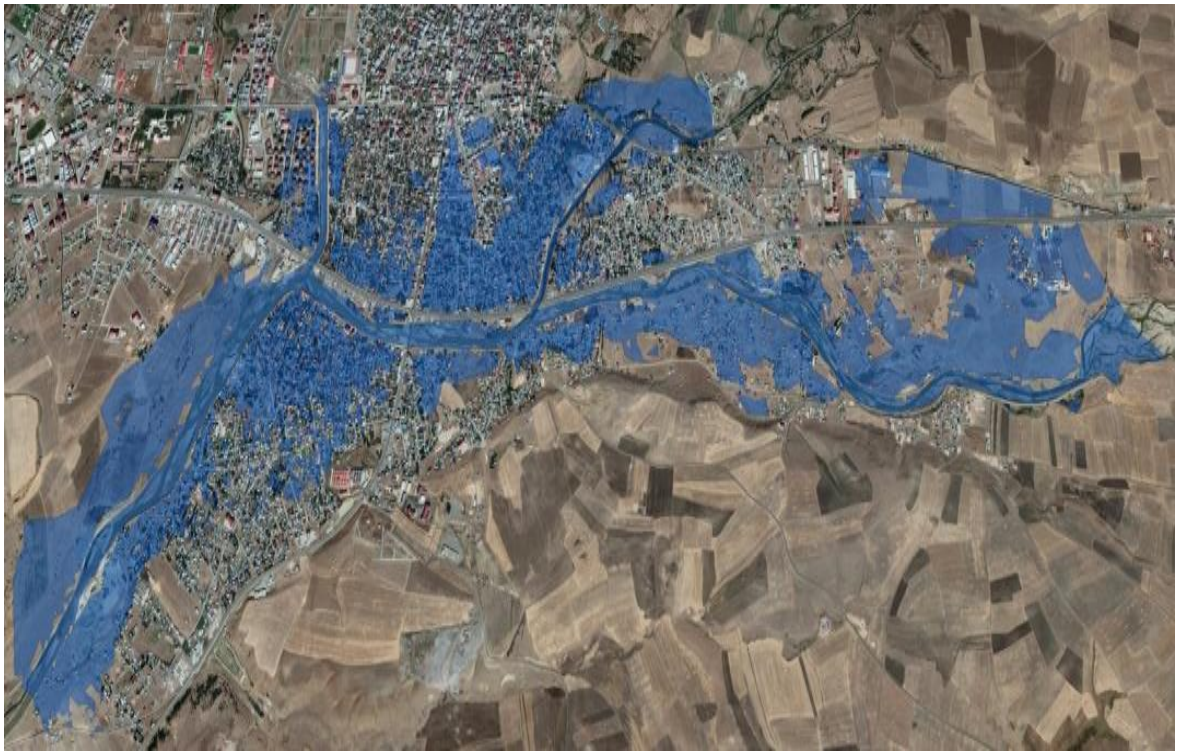
Şekil 3.29. 500 yıllık yineleme debili Ağrı Merkez'de oluşacak taşkın alanlarının 3 boyutlu görüntüsü



Şekil 3.30. 1000 yıllık yineleme debili Ağrı Merkez'de oluşacak taşkın alanlarının 3 boyutlu görüntüsü

Oluşan taşkın alanlarının uygu görüntüleri üzerinde görüntülenebilmesi için ArcGIS yazılımında *Layer To Kml* komutu ile Q_{100}, Q_{500}, Q_{1000} yineleme debilerinin taşkın katmanları Google Earth yazılımına aktarılmış ve bu görüntüler Şekil 3.31., Şekil 3.32. ve Şekil 3.33.'de, seçilen Q_2, Q_5, Q_{10}, Q_{25} ve Q_{50} taşkın yineleme debilerinin taşkın katmanlarının Google Earth yazılımındaki görüntüleri ise Ek Şekil 2.'de sunulmuştur.

Şekil 3.31. 100 yıllık yineleme debili Ağrı Merkez'de oluşacak taşkın alanlarının Google Earth görüntüsü



Şekil 3.32. 500 yıllık yineleme debili Ağrı Merkez'de oluşacak taşkın alanlarının Google Earth görüntüsü

Şekil 3.33. 1000 yıllık yineleme debili Ağrı Merkez'de oluşacak taşkın alanlarının Google Earth görüntüsü

3.2. Taşkın Zararlarının Hesabı

Taşkınlar insan ölümlerine ve mal kayıplarına neden olan afetler olarak nitelendirilebilmektedir. Çalışma alanı incelendiğinde nüfusun ve yerleşim yerlerinin yoğun olduğu anlaşılmaktadır. Çalışma alanının TUİK verilerine göre 2018 yılı adrese dayalı nüfus verileri Tablo 3.1.'de sunulmuştur.

Tablo 3.1. Çalışma alanının 2018 yılı adrese dayalı nüfus sayıları (TUİK, 2018).

Ağrı(Merkez/Ağrı Bel./100.Yıl Mah.)	12515
Ağrı(Merkez/Ağrı Bel./Alpaslan Mah.)	4085
Ağrı(Merkez/Ağrı Bel./Aşağıküpkıran Mah.)	1780
Ağrı(Merkez/Ağrı Bel./Fırat Mah.)	23415
Ağrı(Merkez/Ağrı Bel./Kurtuluş Mah.)	2948
Ağrı(Merkez/Ağrı Bel./Mehmet Akif Ersoy Mah.)	6875
Ağrı(Merkez/Ağrı Bel./Murat Mah.)	3444
Ağrı(Merkez/Suçatağı Köy.)	347
Toplam	**55409**

Taşkınların neden olduğu zararlar değerlendirilirken daha önceden meydana gelen taşkın afetlerinde oluşan su derinlikleri ile hasar oranları arasındaki ilişkilerden faydalanıldığı, bu ilişkiler (derinlik-hasar eğrileri) ile taşkından etkilenen yapıların toplam maliyetine oranının belirlenebildiği bilinmektedir (Şekil 3.34.).

Çalışma alanında tarım arazileri ve yerleşim yerleri bulunmaktadır. Hasar miktarının tahmin edilebilmesi için öncelikle Şekil 3.34'de ki verilen eğrilerden faydalanılarak hasar faktörü belirlenmiştir. Çalışma alanındaki yapıların 16 Mart 2019 tarihinde Resmi Gazete 'de yayınlanan 'Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2019 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ' e göre 3-A grubu (980TL/m²) ve yıpranma payının %25, taşkın anında ortalama su yüksekliğinin 3m ve oluşan taşkın alanının %20'lik kısmının ise bina (tarım arazileri, yollar, kaldırımlar, parklar vb.) olduğu kabul edilmiştir, uydu fotoğrafları incelendiğinde yapılaşmanın büyük bir bölümünün dere yatağı kenarlarında oluştuğu görülmüştür (Taş vd., 2016).

Şekil 3.34. Taşkın derinliği- hasar oranı ilişkisi (Jonkman vd., 2008).

3.2.1. Taşkın Durumunda Oluşacak Bina Zararının Belirlenmesi

Taşkın durumunda oluşacak bina zararlarının belirlenmesinde tüm taşkın yineleme debileri için hesaplamalar farklı su yükseklikleri karşılık ayrı ayrı yapılmış, bu hesaplamalar ile ilgili sonuçlar Tablo 3.2., 3.3., 3.4. ve 3.5.'de sunulmuş, 100 yıllık yineleme debisi ve 3m'lik su yüksekliği için ayrıntılar aşağıda verilmiştir.

ArcGIS ve HEC-RAS yazılımları ile yapılan analizler sonucu Q_{100} yineleme debisi için oluşan su derinliğinin 7.052m olacağı (Şekil 5.34), ortalama su yüksekliğinin 3m olması durumunda ise çalışma alanındaki binaların düşey doğrultuda 4.052m'lik (7.052-3) kısmının taşkından etkileneceği belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalar ayrıca 100 yıllık taşkın yineleme debisi oluşması durumunda 553 hektarlık alanın da taşkın anında bu sulardan etkileneceğini göstermiştir (Şekil 5.39.). Taşkından etkilenen bina alanlarının toplam taşkın alanın %20'si, yıpranma payının %25 ve 3-A grubu yapılar olduğu kabulleri ile hasar faktörü 0.47 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.34.). 100 yıllık yineleme debisi gelmesi durumunda oluşacak taşkın zararı ise aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Oluşan Taşkın Zararı : 5528061.00 m^2 x 980 TL/m^2 x 0.75 x 0.47 x 0.20 = 381.93 Mil. TL

Benzer şekilde seçilen taşkın tekerrür(yineleme) debilerine ve ortalama su yüksekliklerine göre çalışma alanındaki binalarda oluşabilecek taşkın zararları aşağıda verilmektedir.

Tablo 3.2. Ortalama su yüksekliğinin 3m seçilmesi durumunda oluşabilecek hasar

	Taşkın alanı (m²)	Bina al./ taşkın al.	3/A grubu (TL/m²)	Yıp.oranı (%25)	Bina su yük.	Hasar fak.	Bina hasarı (Mil.TL)
Q_2	2881573	0.2	980	0.25	3.1823	0.23	97.43
Q_5	3696710	0.2	980	025	3.4835	0.33	179.33
Q_{10}	4163900	0.2	980	0.25	3.6377	0.34	208.11
Q_{25}	4742630	0.2	980	0.25	3.8076	0.42	292.81
Q_{50}	5128100	0.2	980	0.25	3.9303	0.46	346.76
Q_{100}	5528061	0.2	980	0.25	4.0520	0.47	381.93
Q_{500}	6386600	0.2	980	0.25	4.3446	0.55	516.36
Q_{1000}	6675700	0.2	980	0.25	4.4618	0.63	618.24

Tablo 3.3. Ortalama su yüksekliğinin 2,50 m seçilmesi durumunda oluşabilecek hasar

	Taşkın alanı (m²)	Bina al./ taşkın al.	3/A grubu (TL/m²)	Yıp.oranı (%25)	Bina su yük.	Hasar fak.	Bina hasarı (Mil.TL)
Q_2	2881573	0.2	980	0.25	3.6823	0.35	148.26
Q_5	3696710	0.2	980	0.25	3.9835	0.48	260.84
Q_{10}	4163900	0.2	980	0.25	4.1377	0.52	318.29
Q_{25}	4742630	0.2	980	0.25	4.3076	0.58	404.36
Q_{50}	5128100	0.2	980	0.25	4.4303	0.63	474.91
Q_{100}	5528061	0.2	980	0.25	4.5520	0.64	520.08
Q_{500}	6386600	0.2	980	0.25	4.8446	0.68	638.40
Q_{1000}	6675700	0.2	980	0.25	4,9618	0.68	667.30

Tablo 3.4. Ortalama su yüksekliğinin 2,00 m seçilmesi durumunda oluşabilecek hasar

	Taşkın alanı (m²)	Bina al./ taşkın al.	3/A grubu (TL/m²)	Yıp.oranı (%25)	Bina su yük.	Hasar fak.	Bina hasarı (Mil.TL)
Q_2	2881573	0.2	980	0.25	4.1823	0.48	203.32
Q_5	3696710	0.2	980	0.25	4.4835	0.64	347.79
Q_{10}	4163900	0.2	980	0.25	4.6377	0.66	403.98
Q_{25}	4742630	0.2	980	0.25	4.8076	0.68	474.07
Q_{50}	5128100	0.2	980	0.25	4.9303	0.68	512.60
Q_{100}	5528061	0.2	980	0.25	5.0520	0.68	552.58
Q_{500}	6386600	0.2	980	0.25	5.3446	0.68	638.40
Q_{1000}	6675700	0.2	980	0.25	5.4618	0.68	667.30

Tablo 3.5. Ortalama su yüksekliğinin 1,50 m seçilmesi durumunda oluşabilecek hasar

	Taşkın alanı (m²)	Bina al./ taşkın al.	3/A grubu (TL/m²)	Yıp.oranı (%25)	Bina su yük.	Hasar fak.	Bina hasarı (Mil.TL)
Q_2	2881573	0.2	980	0.25	4.6823	0.66	279.57
Q_5	3696710	0.2	980	0.25	4.9835	0.68	369.52
Q_{10}	4163900	0.2	980	0.25	5.1377	0.68	416.22
Q_{25}	4742630	0.2	980	0.25	5.3076	0.68	474.07
Q_{50}	5128100	0.2	980	0.25	5.4303	0.68	512.60
Q_{100}	5528061	0.2	980	0.25	5.5520	0.68	552.58
Q_{500}	6386600	0.2	980	0.25	5.8446	0.68	638.40
Q_{1000}	6675700	0.2	980	0.25	5.9618	0.68	667.30

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Dicle-Fırat Akarsu Havzası içinde yer alan Murat Nehri'nin, Ağrı ilçe merkezinden geçen kısmının, ArcGIS ve HEC-RAS yazılımları ile 8 farklı taşkın tekerrür (yineleme) debisine göre taşkın risk alanları ile haritaları oluşturulmuş ve taşkın zarar analizleri derinlik hasar eğrileri yardımıyla hesaplanmıştır. Oluşturulan risk haritaları sayısal haritalar ve uydu görüntüleri ile birleştirilerek riskli alanlar belirlenmiştir. Çalışma alanı Murat Nehri'nin 1., 2. ve 3. Kısımları ile Taşlıçay ve Körsu Dereleri olmak üzere beş bölümde incelenmiştir. Çalışma alanında yer alan Taşlıçay Deresi'nin üst kısmı 'Ağrı Merkez Taşlıçay Deresi Taşkın Koruma İnşaatı' işi kapsamında 2017 yılı sonunda tamamlandığı için taşkın analizi değerlendirmelerine katılmamıştır.

Çalışmanın literatür bilgileri içeren ve yapılan çalışmalara altyapı oluşturan bölümlerinin ilkinde taşkın olayı, taşkın oluşumunu etkileyen doğal ve insani nedenler, taşkınların oluşturduğu zararlar, taşkınların oluşumunu önlemek için alınabilecek yapısal ve yapısal olmayan tedbirler anlatılmış, ardından taşkın tekerrür (yineleme) debilerinin, Snyder, Mockus, SCS (Soil Conservation Service), DSİ sentetik yöntemlerine göre hesaplamaları ve bu hesap yöntemlerinin karşılaştırılmaları yapılmış, sonrasında taşkın risk haritalarının modellenmesi bölümünde ise taşkın analizi ve taşkın haritalarının oluşturulması için kullanılan Netcad, ArcGIS, HEC-GeoRAS ve HEC-RAS yazılımları hakkında bilgiler verilmiştir.

Yapılan çalışmalar kısmında anılan yazılımlar kullanılarak DSİ tarafından önerilen farklı yineleme debileri (Q_2, Q_5, Q_{10}, Q_{25}, Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000}) ile bölgenin 1/1000 ölçekli halihazır haritaları, arazi etütleri ve uydu fotoğraflarıyla çalışma alanının taşkın risk haritaları hazırlanmıştır. Çalışma alanının sayısal arazi modeli çıkartılmış, uydu görüntüleri ve bölgenin raster haritaları kullanılarak dere, yamaç, akım yolları ve engeller ArcGIS ve Netcad yazılımları ile sayısallaştırılmıştır. Oluşturulan sayısal model HEC-RAS yazılımına aktarılmış, kritik kesitler belirlenmiş, farklı pürüzlülük katsayıları bu kesitlere işlenmiş, anılan taşkın tekerrür (yineleme) debileri girilmiş ve taşkın analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu oluşan su yüzü kotları incelenmiş ve taşkın alanları belirlenmiştir.

Ayrıca taşkın durumunda oluşacak bina zararlarının belirlenmesi için tüm taşkın yineleme debileri ile hesaplamalar farklı su yüksekliklerine karşılık ayrı ayrı yapılmış ve

bu hesaplamalar ile ilgili sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın yineleme debileri gelmesi durumunda sırasıyla 553, 639 ve 668 hektarlık alanların sular altında kalacağı ve derinlik-hasar eğrilerinden yararlanılarak taşkın anında su yüksekliğinin 3m, yıpranma payının %25, yapıların 3-A grubu ve oluşan taşkın alanının %20'lik kısmının bina (tarım arazileri, yollar, kaldırımlar, parklar vb.) olması durumunda 2019 yılı birim fiyatları ile oluşacak bina hasarlarının ise 381.93, 516.36 ve 618.24 Milyon TL olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir.

Çalışma alanında yer alan taşkın modellemeleri sonucunda Taşlıçay Deresi incelendiğinde belirlenen su yüzü kotlarına göre; bölgede kentsel dönüşüm ile birlikte TOKİ konutları, okullar, valilik binası, camii ve sosyal tesisler inşa edilen Taşlıçay Deresi'nin akışa göre sağ tarafında olan alanların, oluşabilecek taşkınlarda maksimum zarar öngörülen alanlar olacağı değerlendirilmektedir. Yapıların zemin kotları incelendiğinde ise belirlenen su yüzü kotlarının, dere yatağındaki suyun neredeyse 1 metre yükselmesi durumda bile taşkın oluşturacağını göstermektedir. Seddelerin yüksekliklerinin düşük olmasının ve kanal içinde rusubat ve ağaç gibi suyun akışını engelleyici etmenlerin bulunmasının Q_{50} ve daha büyük debilerde taşkınların meydana gelmesine neden olacağı da değerlendirilmektedir.

Murat Köprü Mevkii incelendiğinde ise sağ ve sol sahilde nüfusun fazla, yapılaşmanın genellikle tek katlı, düzensiz ve yoğun olduğu gözlemlenmektedir. Şehir geçişi olduğu için akaryakıt istasyonları ve iş yerleri de bulunan alanın, köprü ayaklarına doğru rusubat birikintilerinin olmasından ve sedde yüksekliklerinin yetersiz ve dere yatağının köprüye doğru ani daralmasından dolayı oluşabilecek taşkınlardan en fazla etkilenecek bölge olacağı değerlendirilmektedir. Yapıların zemin kotları incelendiğinde belirlenen su yüzü kotlarına göre dere yatağında suyun 2 metre yükselmesi durumda taşkın oluşacağı, Q_2 debisinde bile yapıların zarar görebileceği, Q_{500} taşkın debisinin oluşması durumunda ise su yüksekliğinin yapılarda yaklaşık 2 metreye ulaşacağı öngörülmektedir.

Arazi gözlemleri sonucu Taşlıçay Deresi ve Körsu Deresi'nde rusubat birikintilerinin olduğu görülmüştür. Bu birikintiler arazi alımları ile taşkın analizine dahil edilmiş fakat taşkın durumunda katı madde taşınımı taşkın zarar analizine dahil edilmemiştir. Taşınan katı maddeler, köprü ve menfez gibi geçirgen yapıların kesitlerinin daralmasına neden olacaktır. Dolayısıyla taşkın durumunda oluşabilecek taşkın alanı ve su yüksekliği daha fazla olabileceği için taşkının zararı da artacaktır. Taşlıçay ve Körsu Deresi'nde katı madde

taşınımını önlemek için memba kısımlarına tersip bendi yapımı önerilmektedir. İnşa edilecek tersip bentleri ile rusubat kontrolü sağlanabilecektir.

Çalışma alanının büyük bölümünde, yapı zemin kotları talveg kotlarının altında kalmaktadır. Dolayısıyla bu bölümlerde sular birikecek ve taşkın riski oluşturacaktır. Bu riskin giderilebilmesi için riskli bölgeler tespit edilmeli ve iyi bir drenaj ağı ile suların dere yatağına tahliyesi sağlanmalıdır.

Yapılan analizlerin gerçeğe yakın sonuçlar verebilmesi için çalışma alanında bulunan köprü, menfez gibi geçirgen yapıların kesitleri çıkarılarak, HEC-RAS yazılımında hesaplamalara katılmalıdır. Sayısal yükseklik modeli oluşturulurken, halihazır harita ve dere alımlarının güncelliği kontrol edilmeli ve daha hassas arazi alımları yapılmalıdır. Taşkın zarar analizinde, taşkın altında kalan bölgenin harita alımı yapılarak, yapı alanları hesaplanmalıdır.

Hesaplamalarda kullanılan taşkın tekerrür (yineleme) debileri, DSİ 8.Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Çalışma alanında yeterli sayıda Akım Gözlem İstasyonu bulunmadığı için ilçe merkezindeki akarsuların mansap kısımlarına bu istasyonların kurulması önerilmektedir.

Bilindiği üzere taşkın koruma yapıları Q_{100} debisine göre tasarlanmaktadır. Daha büyük debilere göre taşkın tesislerini boyutlandırmak ise ekonomik olmamaktadır. Tüm güvenli boyutlandırmalara rağmen taşkın riskini tamamen ortadan kaldırmak da mümkün değildir. Murat Nehri (Ağrı) gibi taşkın riski taşıyan bölgelerde erken uyarı sistemleri kurularak, taşkın öncesi uyarı ile can ve mal kayıplarının önüne geçilebilecektir. Oluşması muhtemel büyük taşkınlarda yapısal hasarlar meydana gelebilmektedir. Oluşabilecek bu tür taşkınlarda taşkın alanlarına göre taşkın sigortası yapılarak tarım arazileri, konutlar ve diğer mülkiyetlerin zararları karşılanabilmektedir.

Çalışma alanında taşkın kontrol yapısının bulunmadığı, mevcut dere yataklarında seddelerin süreklilik arz etmediği, kurulan kum yıkıma ve eleme tesisleri, hafriyat, çevresel atıklar ve çalışma alanının kıyı kesimlerde oluşan yapılaşmanın taşkın riskini arttırdığı görülmüştür.

Taşkınların vereceği zararları azaltabilmek için taşkın ve rusubat kontrolü yapılmalı ve üst havza tedbirleri alınmalıdır. Çalışma alanı yerleşim yerlerinin yoğun olduğu bölgelerden geçtiği için beton kıyı duvarı yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Bölgenin kadastro haritası incelendiğinde projelerin inşası için kamulaştırma problemi olmadığı da görülmüştür. Önerilen projeler Ek Şekil 4. 'te sunulmuştur. Murat Nehri'nin

memba kısmında depolamalı taşkın koruma yapılarının inşasının uygun olacağı da önerilmektedir.

5. KAYNAKLAR

AFAD, 2017. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Afet Bilgileri Envanteri, Ankara.

Akgün, Ç., 2018. Tuzluca Barajı Çevresel Etkilerinin Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, 119s.

Akkaya, U., 2016. Meriç ve Tunca Nehirleri'nin Edirne Şehir Merkezi Kısmında 2 Boyutlu Taşkın Modellemesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitisü, Sakarya, 160 s.

Arcement, G. J. ve Schneider, V. R., 1989. Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Floodplains, US Geological Survey Water Supply, 2339 pp.

Arslangündoğdu, Z. (2014, 12 Eylül). 3. Havalimanı İçin Korkutan Hesaplama, http://www.yapi.com.tr/haberler/3-havalimani-icin-korkutan-hesaplama_124688.html.

Avcı, V. ve Sunkar, M., 2017. Ağrı'da Yaşanan Sel ve Taşkınlar ile Kentsel Gelişim Arasındaki İlişkiler. Uluslar Arası Jeomorfoloji Sempozyumu, 395-403s.

BBC, 2018. Bilimden Haberdar Olun, https://bilimfili.com/sel-baskinlarinin-sebepleri-nelerdir-onlem-icin-neler-yapmaliyiz/. 5 Mayıs 2018.

Beden, N., 2019. Cevizdere Havzasının Sayısal Modelleme Sistemlerine Dayalı Taşkın Analizi ve Taşkın Zararlarının Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 169s.

Brakel, K., 2015. Toprak Atlası, Toprak, araziler ve tarlalar hakkındaki olgular ve rakamsal veriler, Atlas Manufaktur, 84s.

Bu-Se Ormancılık, 2016. Ağrı İl Merkezi Tk İstiksaf Raporu ve Kati Proje, BU-SE Ormancılık ve Dan.Hiz.İnş.Tur.Tic.Ltd.Şti, Ağrı, 148s.

DSİ, 2017. DSİ Teknik Bülten, Sayı: 123, Ankara, 62s.

Eren, M. E., 2011. Boğluca (Kayalı) Deresinin Taşkın Riskinin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 122s.

Ertekin, U., 2018. Türkiye'deki Akarsu Havzalarında Taşkın Mevsimselliğinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 417s.

Gürer, İ., 2012. Türkiyede Doğal Afet Olarak Taşkın ve Önlem Yöntemleri. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Çorum, 97s.

Hamidioğulları, H. Z., 2019. Hatay İli Genelinde Meydana Gelen Taşkınların Sebep ve Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, 127s.

HEC, 2016. HEC-RAS River Analysis System. Us Army Corps of Engineers Institute For Water Resources, User's Manual 5.0, Davis, 960p.

Hepdoğar, R., 1988. B.Çekmece Gölü Havzasının Hidrolik ve Hidrolojik Karakteristikleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 108s.

Jha, A. K., Bloch, R. ve Lamond, J., 2012. Cities and Flooding A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century, The World Bank, Washington D.C.,635p.

Jonkman, S. N., 2007. Loss of Life Estimation in Flood Risk Assessment Theory and Applications. PhD Thesis, Delft University, 360p.

Jonkman, S. N., Bočkarjova, M., Kok, M., ve Patrizia, B., 2008. Integrated Hydrodynamic and Economic Modelling of Flood Damage in The Netherlands. Ecological Economics, Vol. 66, No. 1, 77-90 p.

Kaplan, F. Ç., 2018. Taşkın ve risk alanlarının coğrafi bilgi sistemleri ile incelenmesi: Muş ili Karni deresi örneği, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitisü, Kayseri, 72s.

Karakuyu, M., 2002. Şehirleşmenin Küresel İklim Sapmaları ve Taşkınlar Üzerindeki Etkisi. Marmara Coğrafya Dergisi, 97-108s.

Kaya, A., 2017. Yağış Nedir? Nasıl Oluşur? Çeşitleri Nelerdir?, TechWorm, https://www.tech-worm.com/yagis-nedir-nasil-olusur-cesitleri-nelerdir. 5 Mart 2017.

Kurtoğlu, T., 2016. Ağrı İl Merkezi Taşkın Koruma Projesi Jeoloji Raporu. DSİ 8.Bölge Müdürlüğü, 15s.

Nas, S. S. ve Nas, E., 2013. Taşkın Alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Belirlenmesi ve Risk Analizi: Harşit Çayı (Gümüşhane) Örneği, Taşkın ve Heyelan Sempozyumu, 405-419s.

Nigussie, T. A., 2017. İstanbul'da Şehirleşme ve İklim Değişikliği Tesirleri Altında Taşkın Riskinin Modellenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitisü, İstanbul, 134s.

Norgbey, S., 2001. Annual Evaluation Report. United Nations Envirorment Programme, 88p.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2017. Taşkın Yönetimi. Orman ve Su İşleri Bakanlığı yayınları, Ankara, 248s.

Özalp, D., 2009. Dere Taşkın Risk Haritalarının Cbs Kullanılarak Oluşturulması ve Cbs ile Taşkın Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, 131s.

Öztürk, O., 2019. Kuzey Ege Havzalarında Yüksek Akım ve Taşkın Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, 129s.

Sargın, A. H., 2013. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Taşkın Alanlarının Belirlenmesi. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknoloji Dairesi Başkanlığı, Ankara, 70s.

Serencam, U., 2013. Taşkın zararları ve zarar görebilirlik analizi: Trabzon Değirmendere Sanayi Mahallesi örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 118 s.

Shırzad, M. R., 2017. Taşkın Riskinin Uzaktan Algılama ve Cbs Teknolojileri ile Değerlendirilmesi: Kocaeli Maden Deresi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 46s.

Sönmez, O., Öztürk, M. ve Doğan, E., 2012. İstanbul Derelerinin Taşkın Debilerinin Tahmini, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 130-135s.

T.C. Resmi Gazete, 2016. Taşkın Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve İzlenmesi Hakkında Yönetmelik. Sayı: 29710, 12 Mayıs 2016.

T.C. Resmi Gazete, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Sayı: 30364, 18 Mart 2018.

T.C. Resmi Gazete, 2019. Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2019 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ, Sayı: 30716, 16 Mart 2019.

Taş, E., İçağa, Y. ve Zorluer, İ., 2016. Taşkın Yayılım Haritalarının Oluşturulması ve Taşkın Zarar Analizi: Akarçay Afyon Alt Havzası Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 711-721s.

Terzioğlu, Z. Ö., 2018. Taşkın Zararlarının Tahmini, Zarar Derecelendirmesi ve Risk Sınıflandırması: Doğu Karadeniz İçin Bir Uygulama, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 106s.

TUİK, 2018. Veri Tabanları, Adrese Dayalı Nufüs Kayıt Sistemi sonuçları, https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr.

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, 118s.

URL-1, https://www.havaforum.com/olusumuna-gore-yagislar-cephe-yamac-yukselim-yagislari. 8 Ağustos 2014.

URL-2, https://350ankara.org/daha-cok-beton-daha-cok-sel-felaketi. 24 Eylül 2016.

URL-3, http://www.milliyet.com.tr/mayis-ayinda-sel-felaketi-magazin-1237284. 13 Mayıs 2010.

URL-4, https://en.wikipedia.org/wiki/Netcad. 1 Aralık 2018.

URL-5, https://en.wikipedia.org/wiki/ArcGIS. 18 Ocak 2019.

URL-6, https://en.wikipedia.org/wiki/HEC-RAS. 17 Nisan 2019.

URL-7, https://www.diyadinnet.com/Bolgemiz-114-murat-nehri. 28 Mart 2018.

Uşkay, S., ve Aksu, S., 2002. Ülkemizde Taşkınlar, Nedenleri, Zararları ve Alınması Gereken Önlemler. TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 420-421-422, 133-136.

Usul, N., 2007. Taşkın Çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (Cbs) kullanılması. Sel - Heyelan - Çığ Sempozyumu, 12-43s.

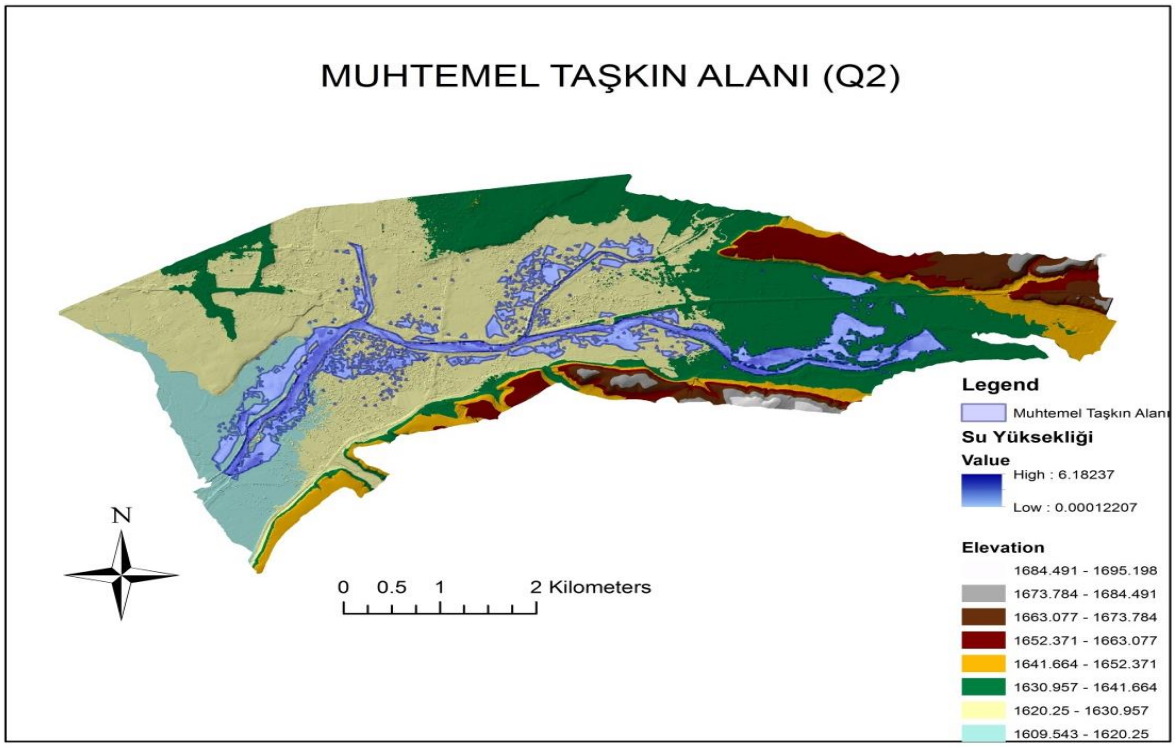
Usul, N., 2008. Mühendislik Hidrolojisi. Odtü Basımevi, Ankara, 140s.

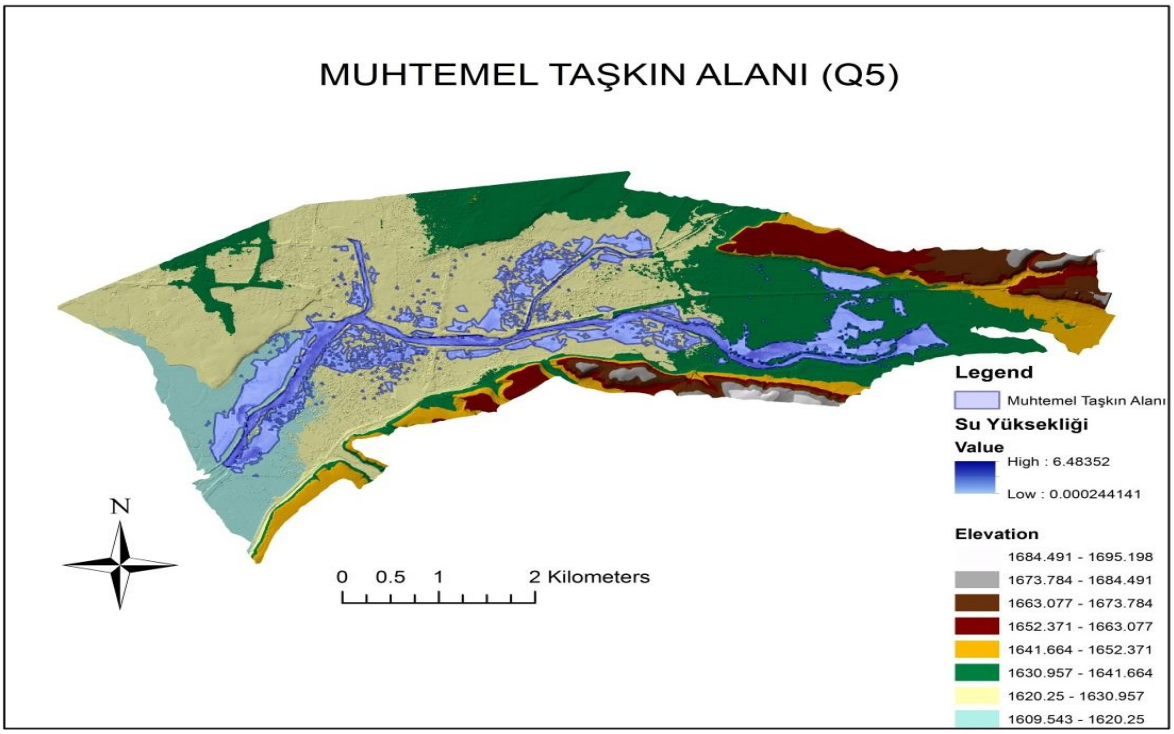
Uzuntaş, Ö., 2019. Sel ve Taşkınlarda Uluslararası Yönetmelikler ve Mühendislik Yaklaşımlar: Trabzon İli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gümüşhane, 135 s.

Yaylak, M. M., 2016. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla Bitlis Deresi Taşkın Risk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitlis, 109s.

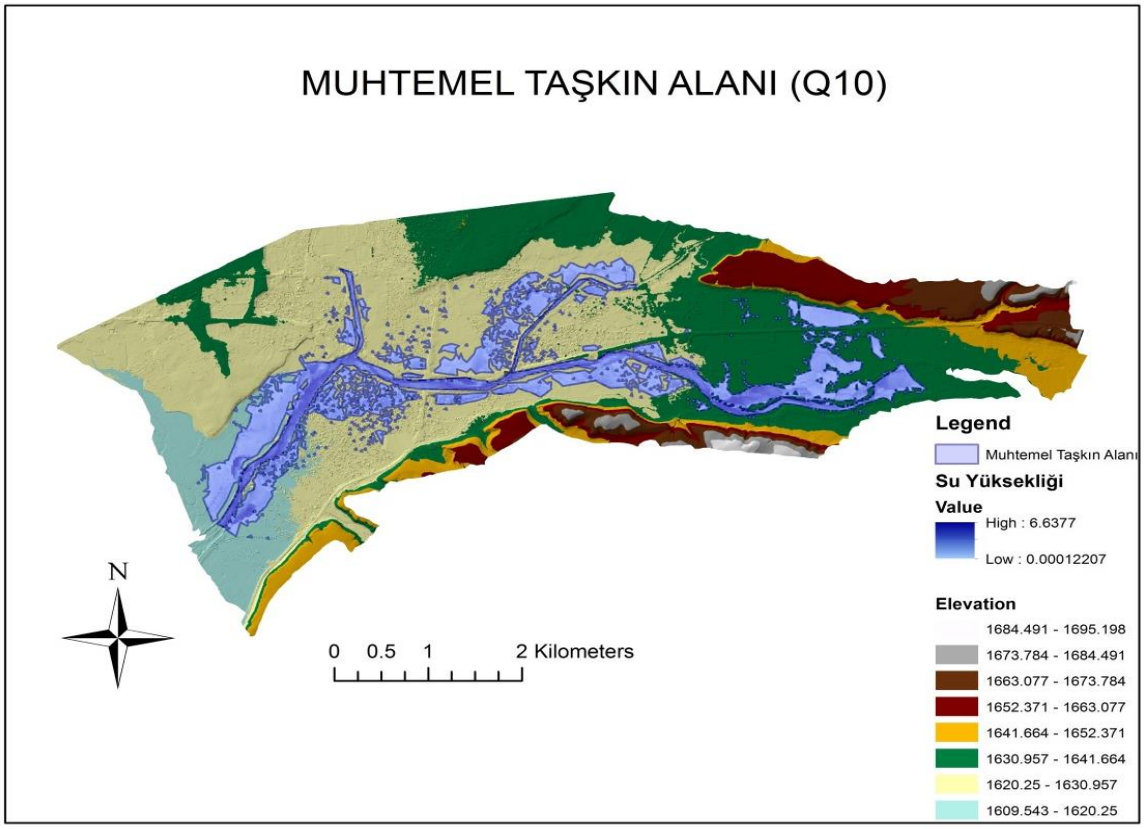
Zaifoğlu, H., 2018. Lefkoşa İçin Bir Taşkın Yönetim Sistemi Geliştirilmesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 254s.

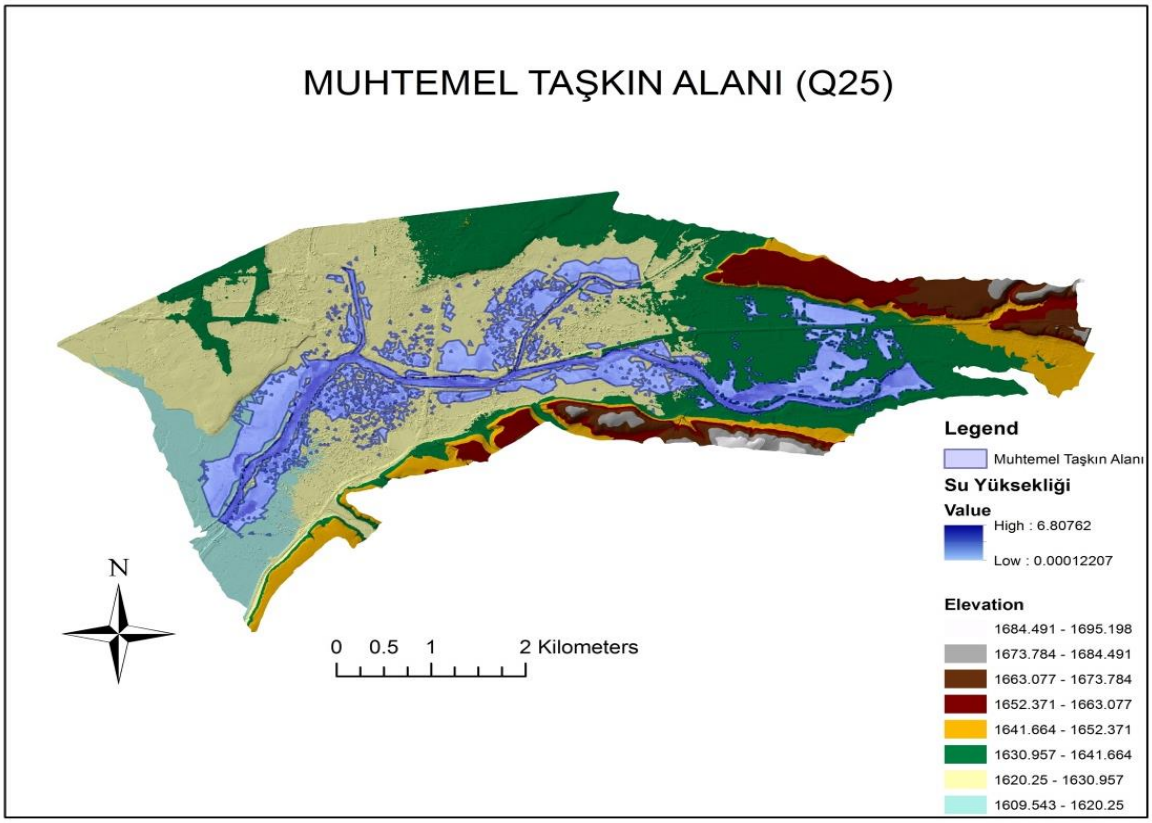
6. EKLER



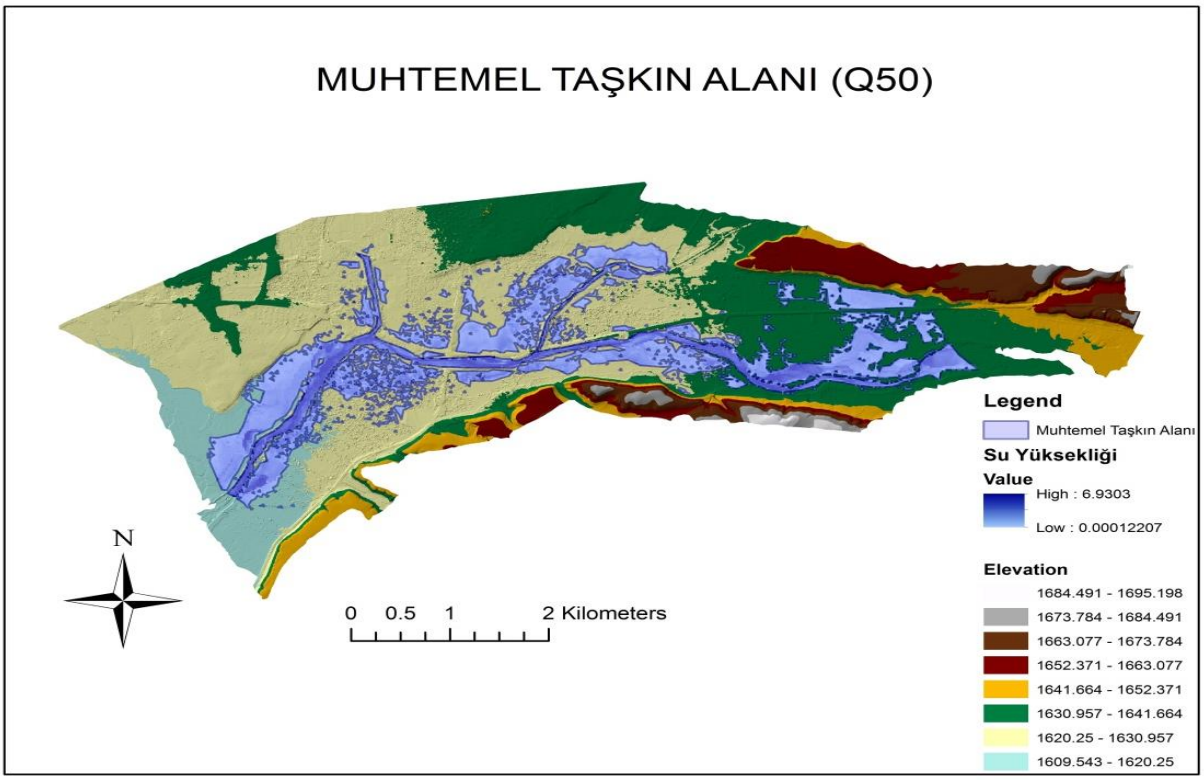


Ek Şekil 1. Q_2, Q_5, Q_{10}, Q_{25} ve Q_{50} yineleme debilerine göre muhtemel taşkın alanları ve su yükseklikleri





Ek-Şekil 1.'in devamı

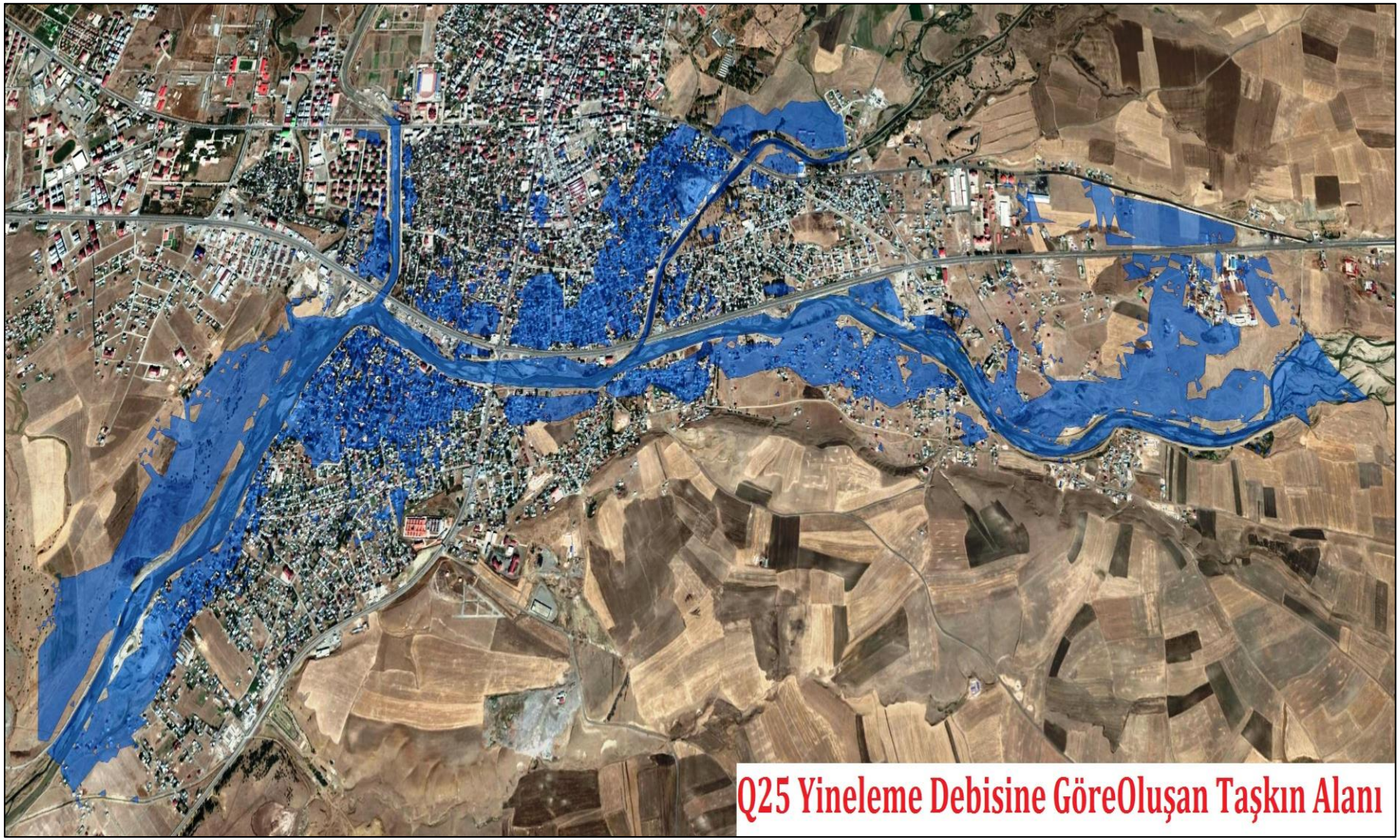


Ek-Şekil 1.'in devamı

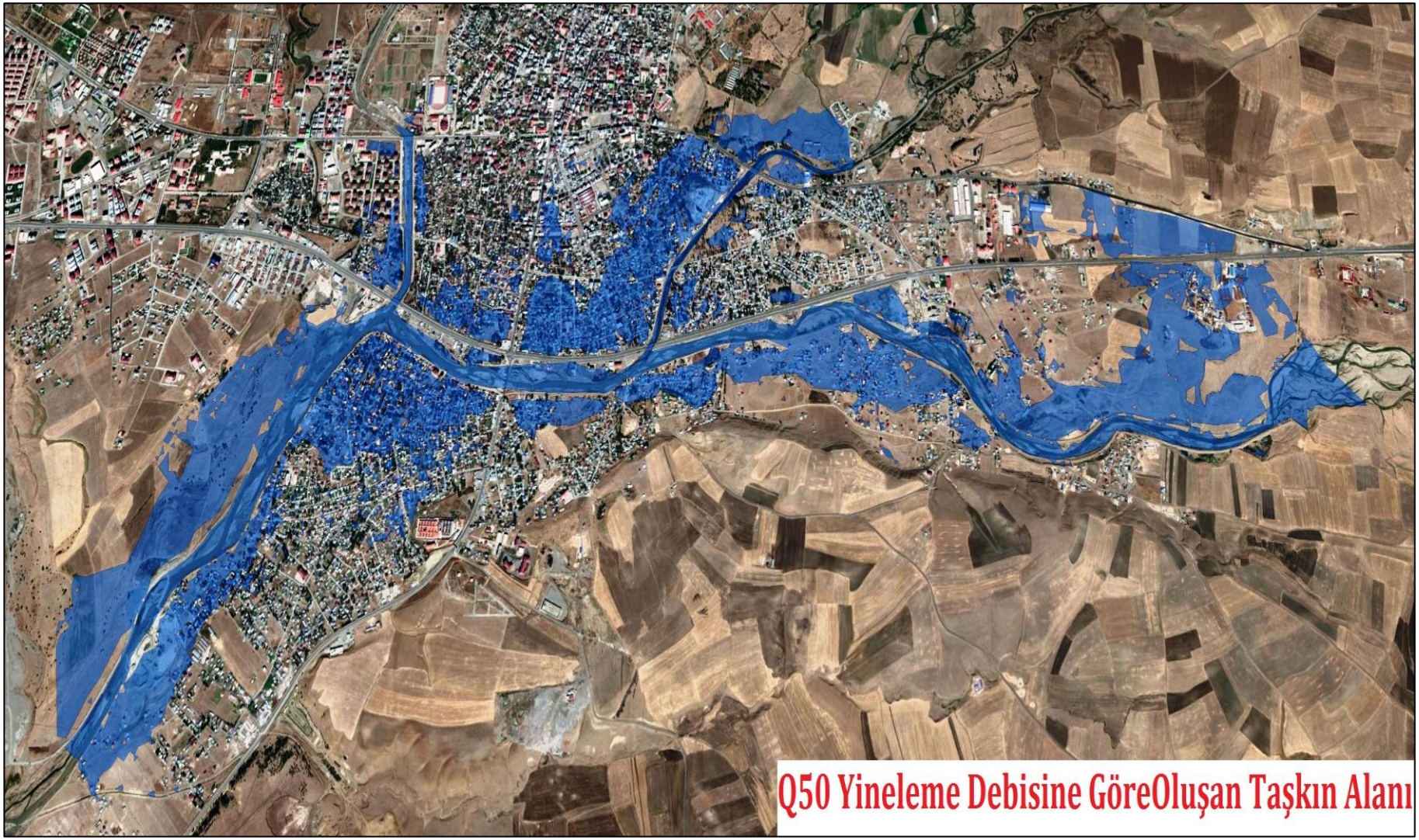
Ek-Şekil 2. -2- 5- 10-25 ve 50 yıllık taşkın yineleme debilerine göre Ağrı Merkez'de oluşacak taşkın alanlarının Google Earth görüntüleri

Ek-Şekil 2.'nin devamı

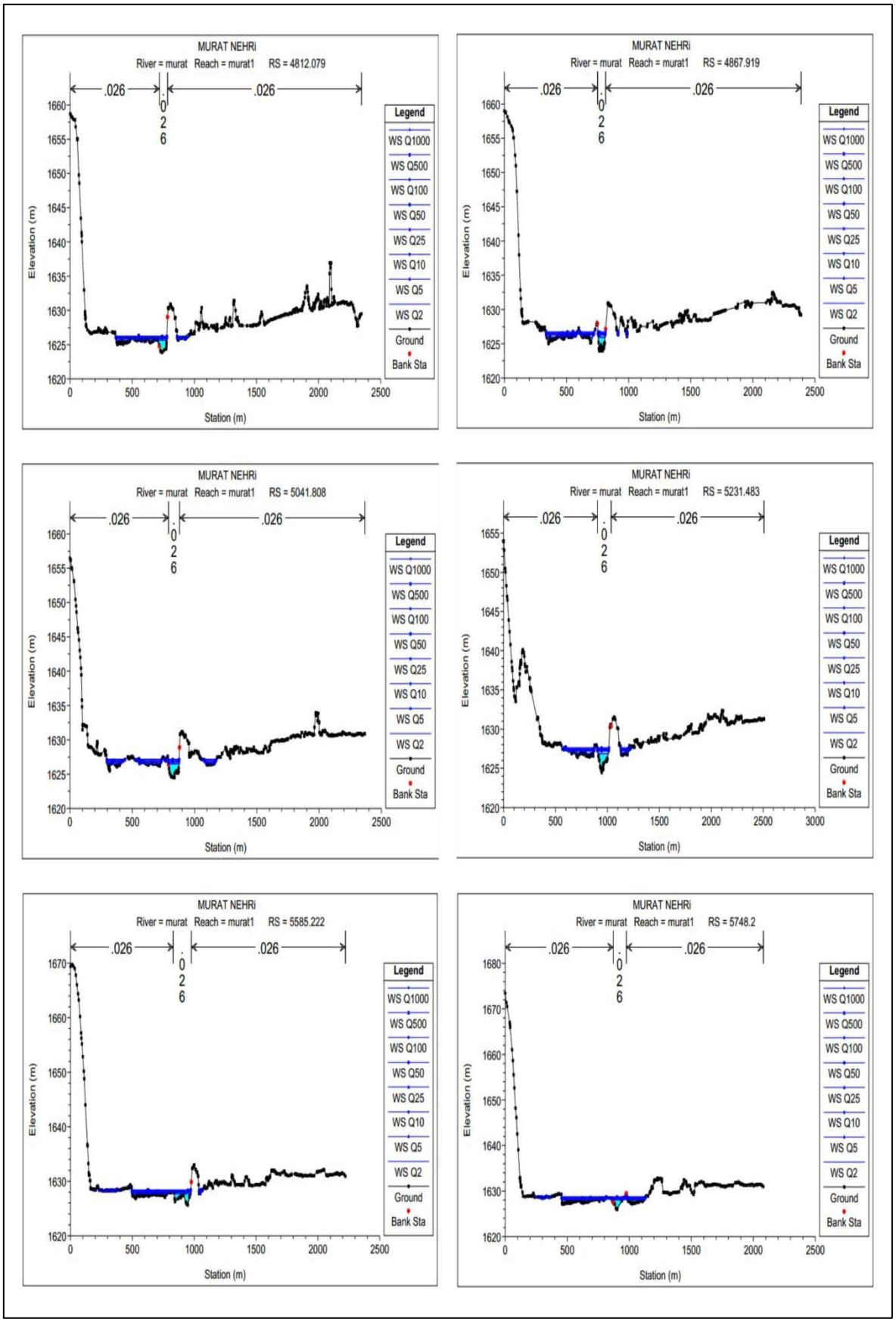
Ek-Şekil 2.'nin devamı



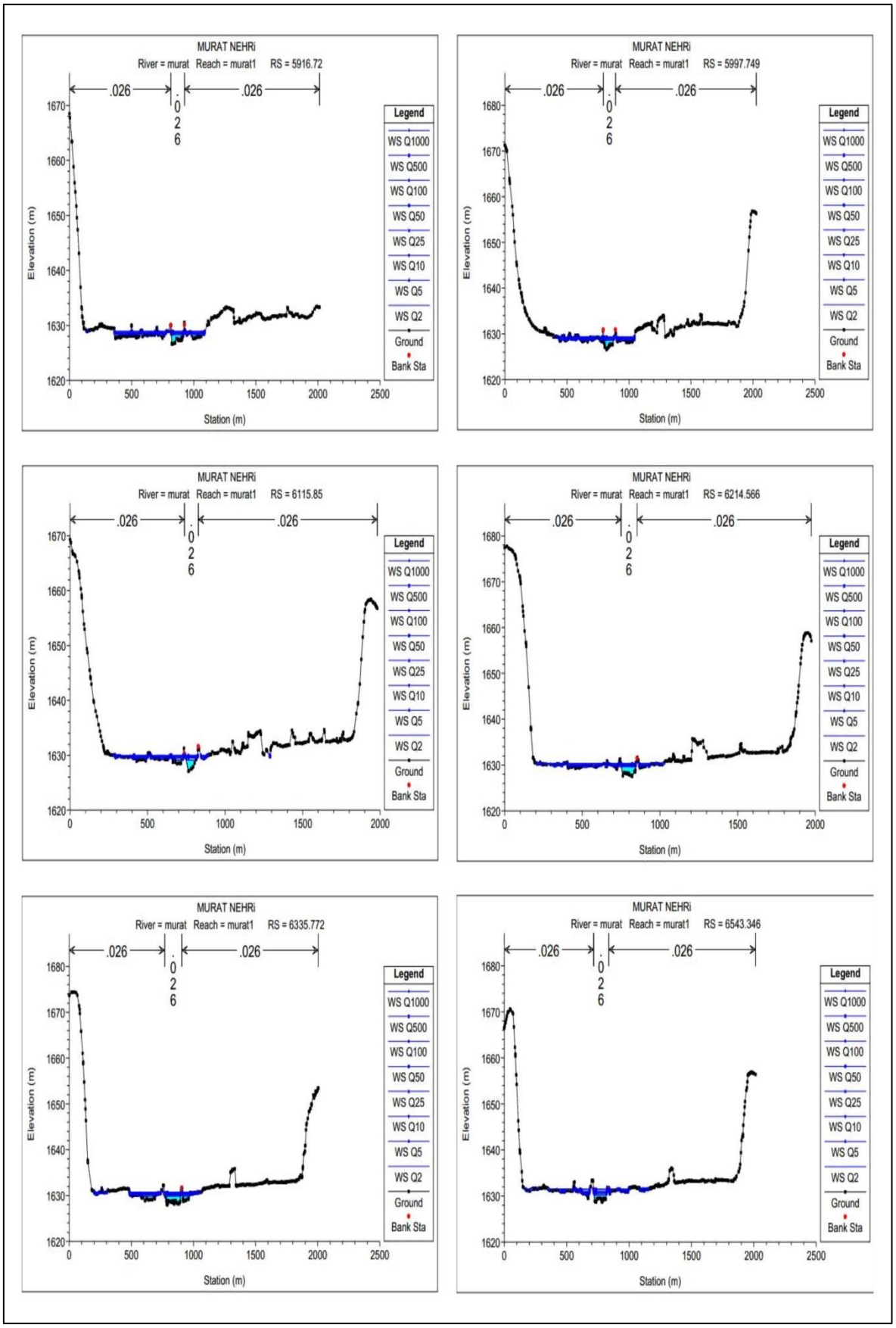
Ek-Şekil 2.'nin devamı



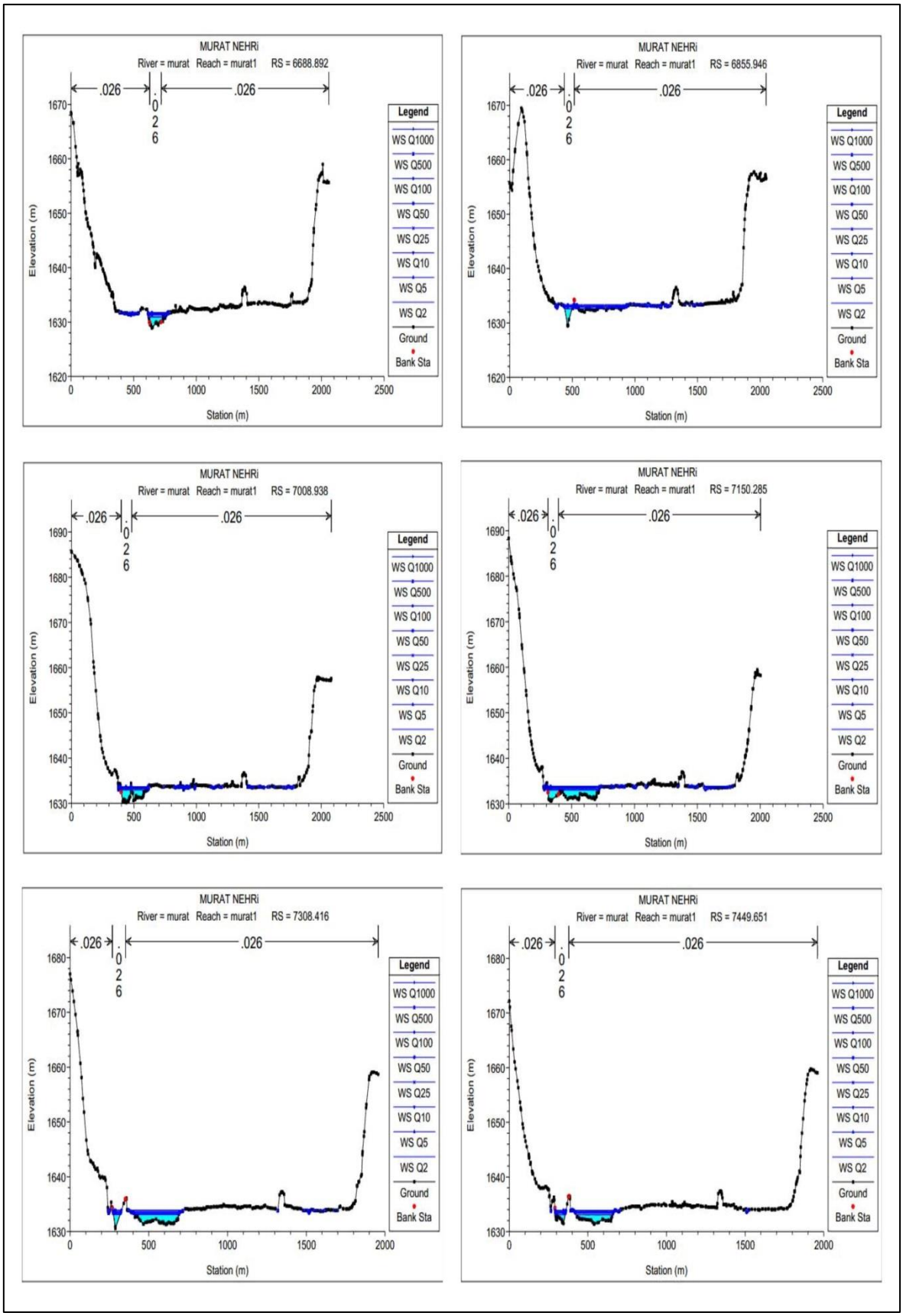
Ek-Şekil 2.'nin devamı



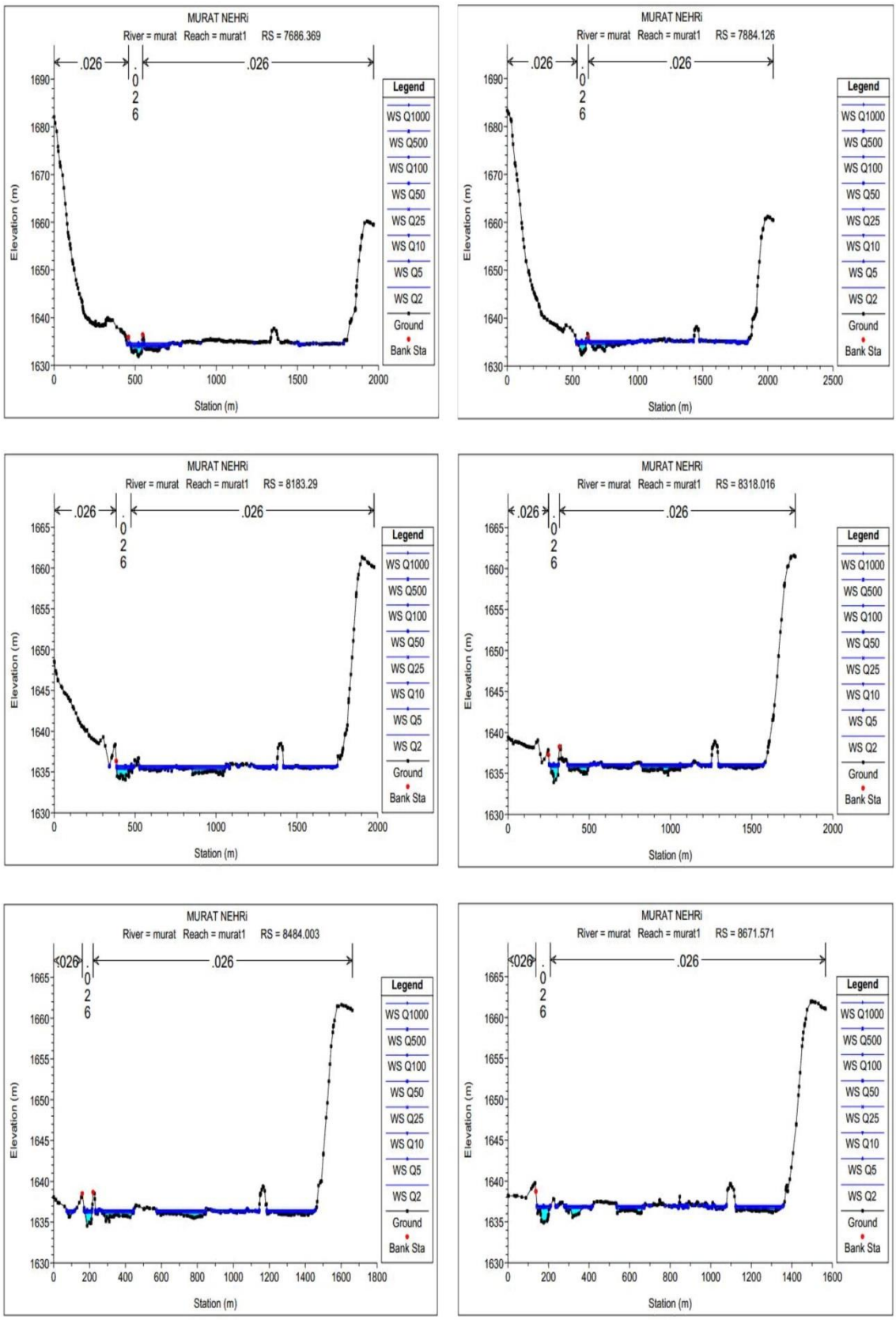
Ek-Şekil 3. Taşkın yineleme debilerine göre oluşturulan kesitler ve su yüzü kotları



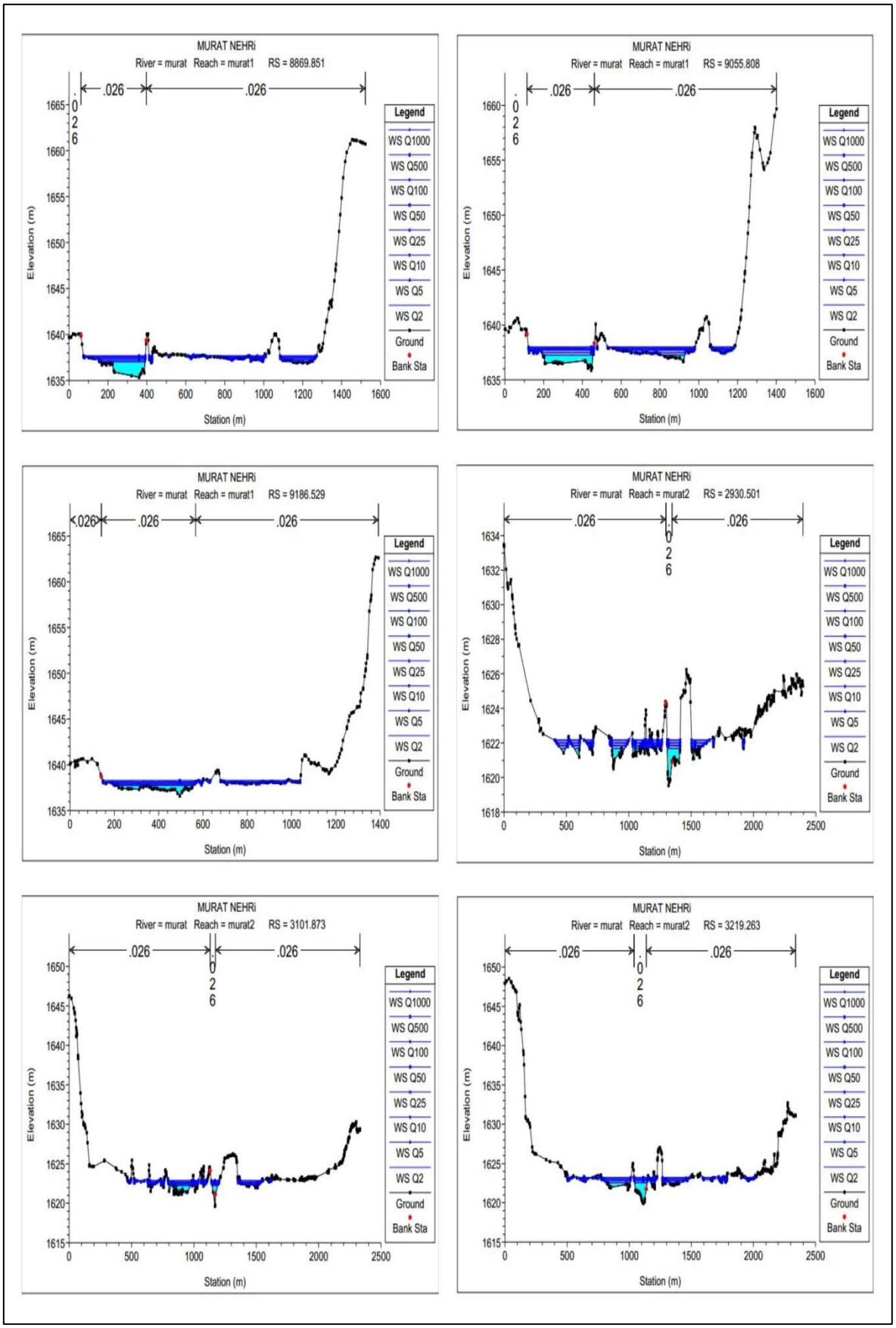
Ek-Şekil 3.'ün devamı



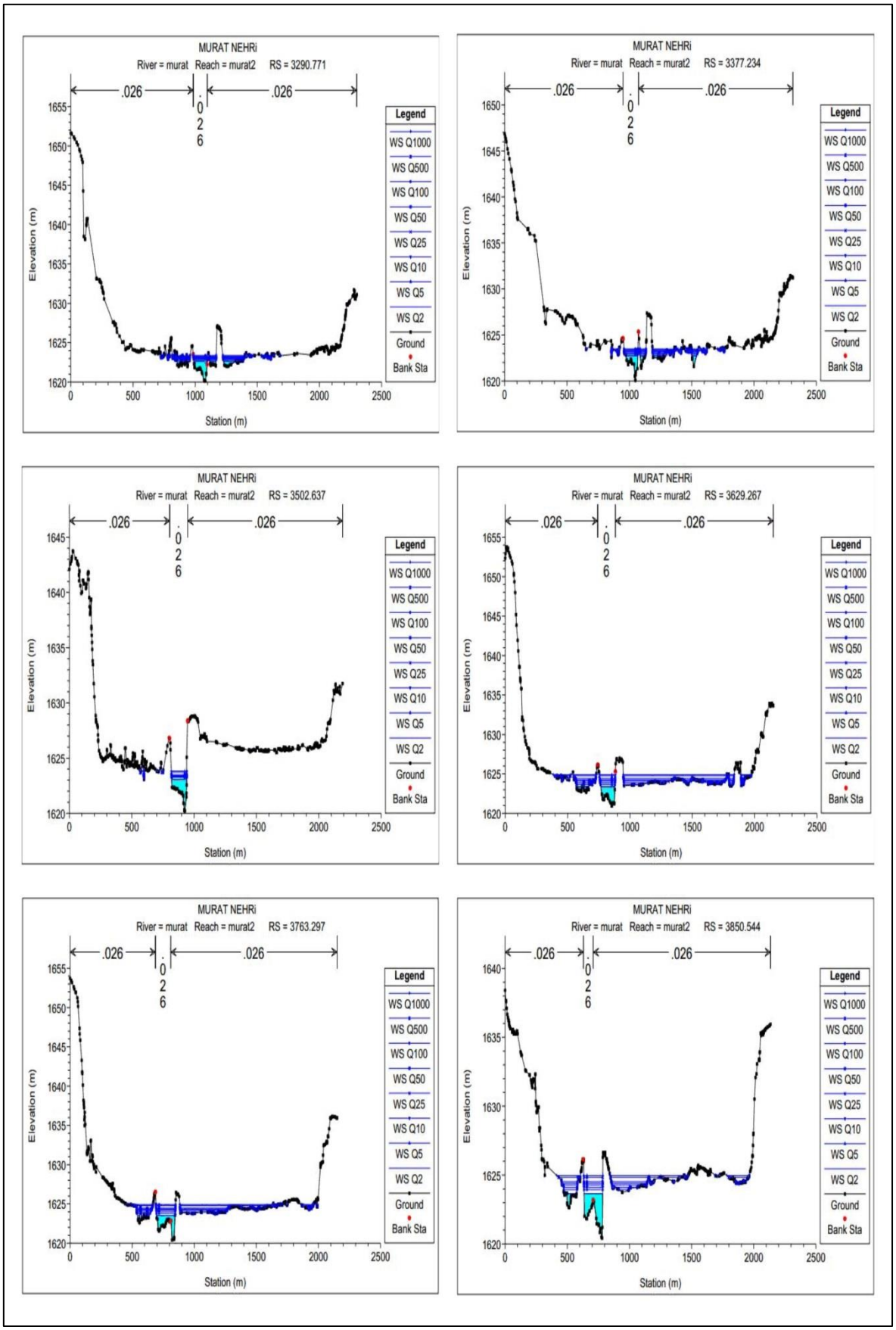
Ek-Şekil 3.'ün devamı



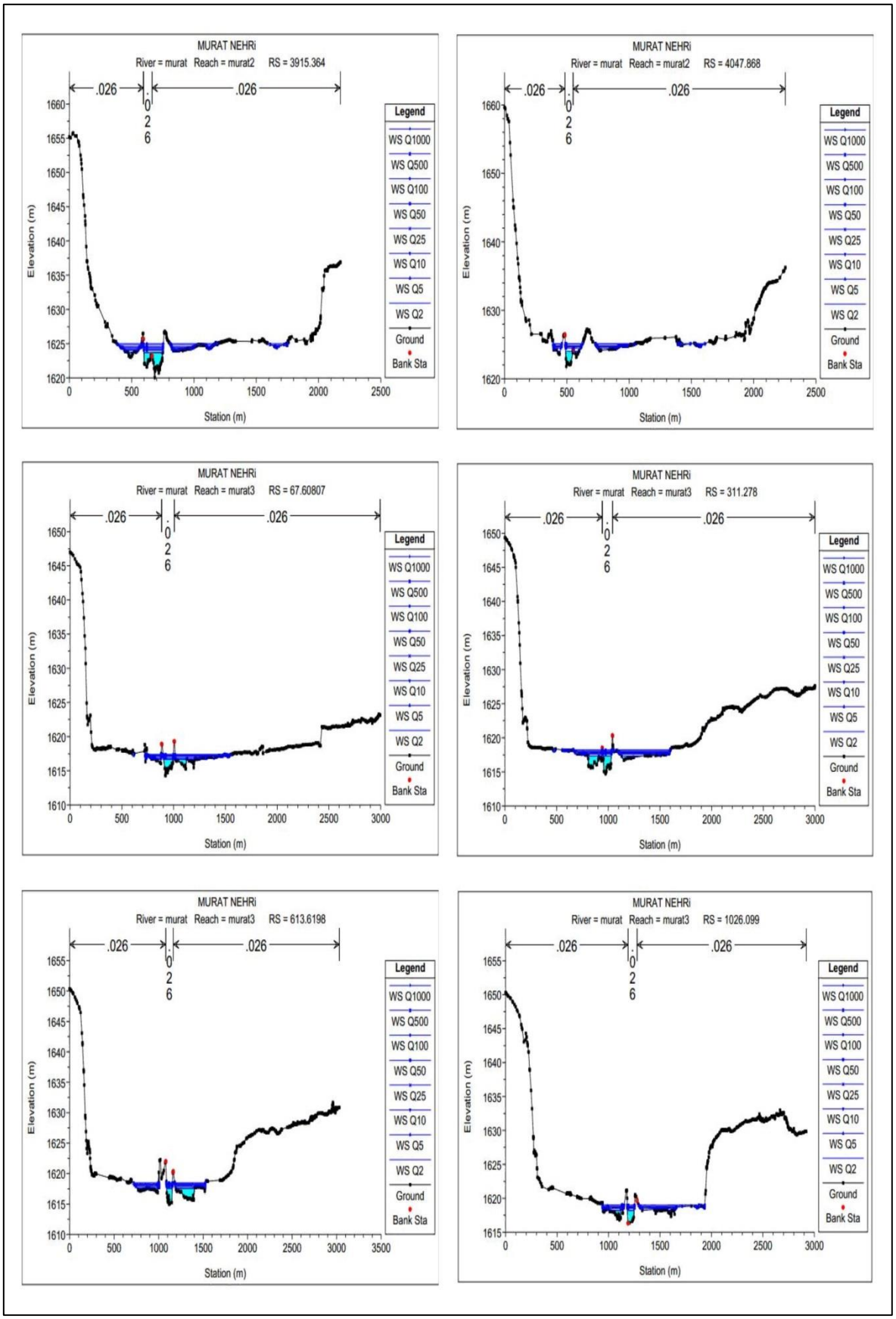
Ek-Şekil 3.'ün devamı



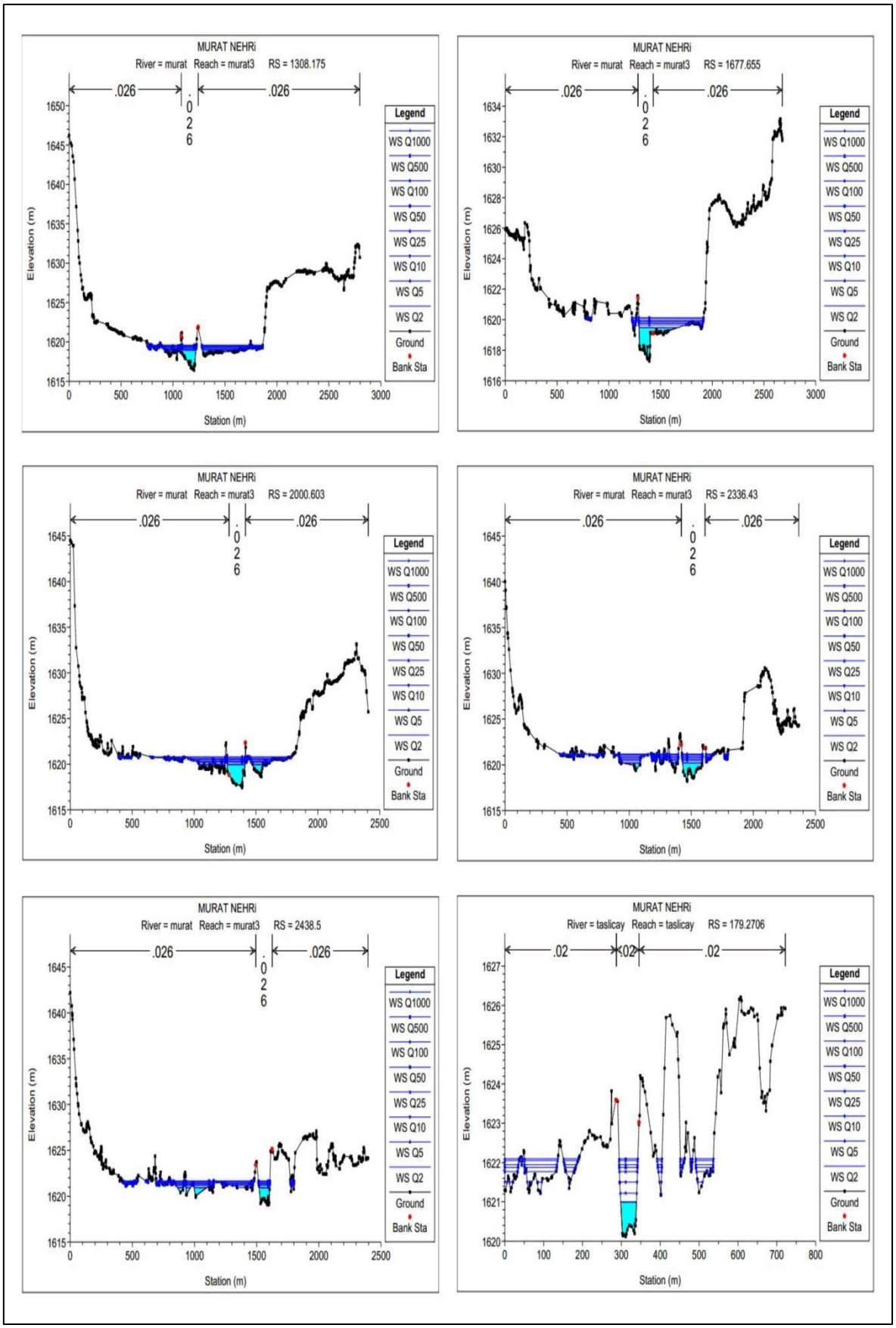
Ek-Şekil 3.'ün devamı



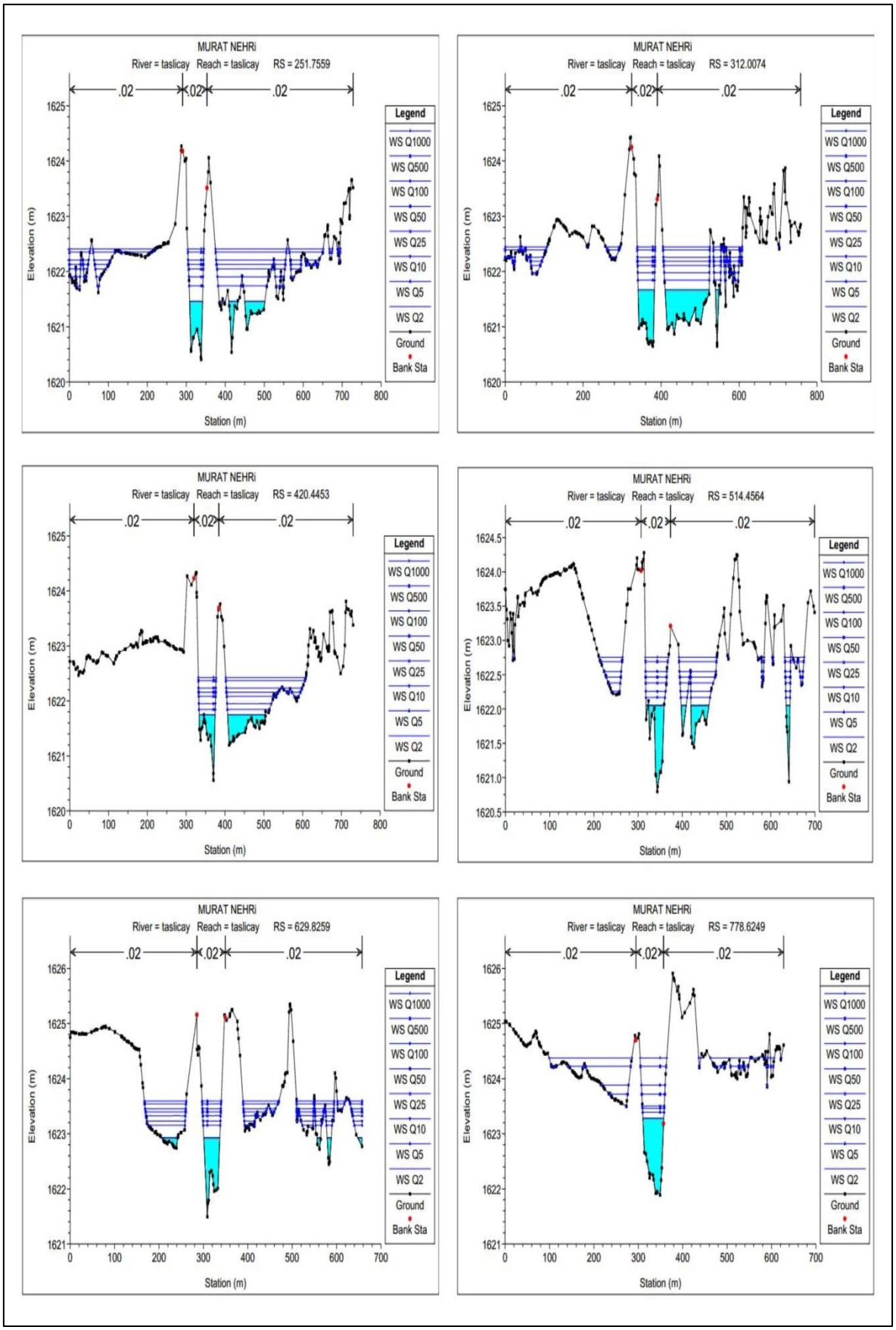
Ek-Şekil 3.'ün devamı



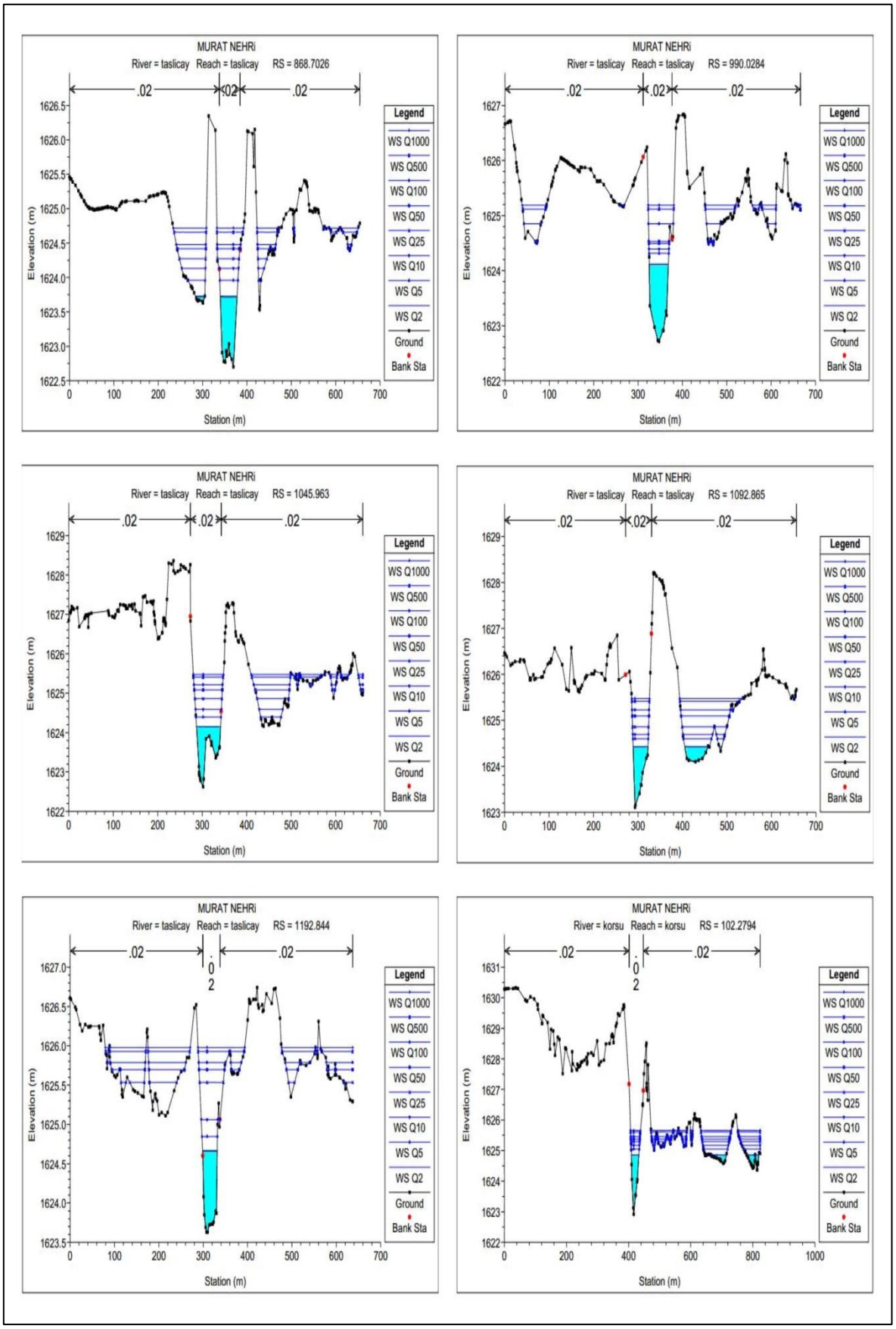
Ek-Şekil 3.'ün devamı



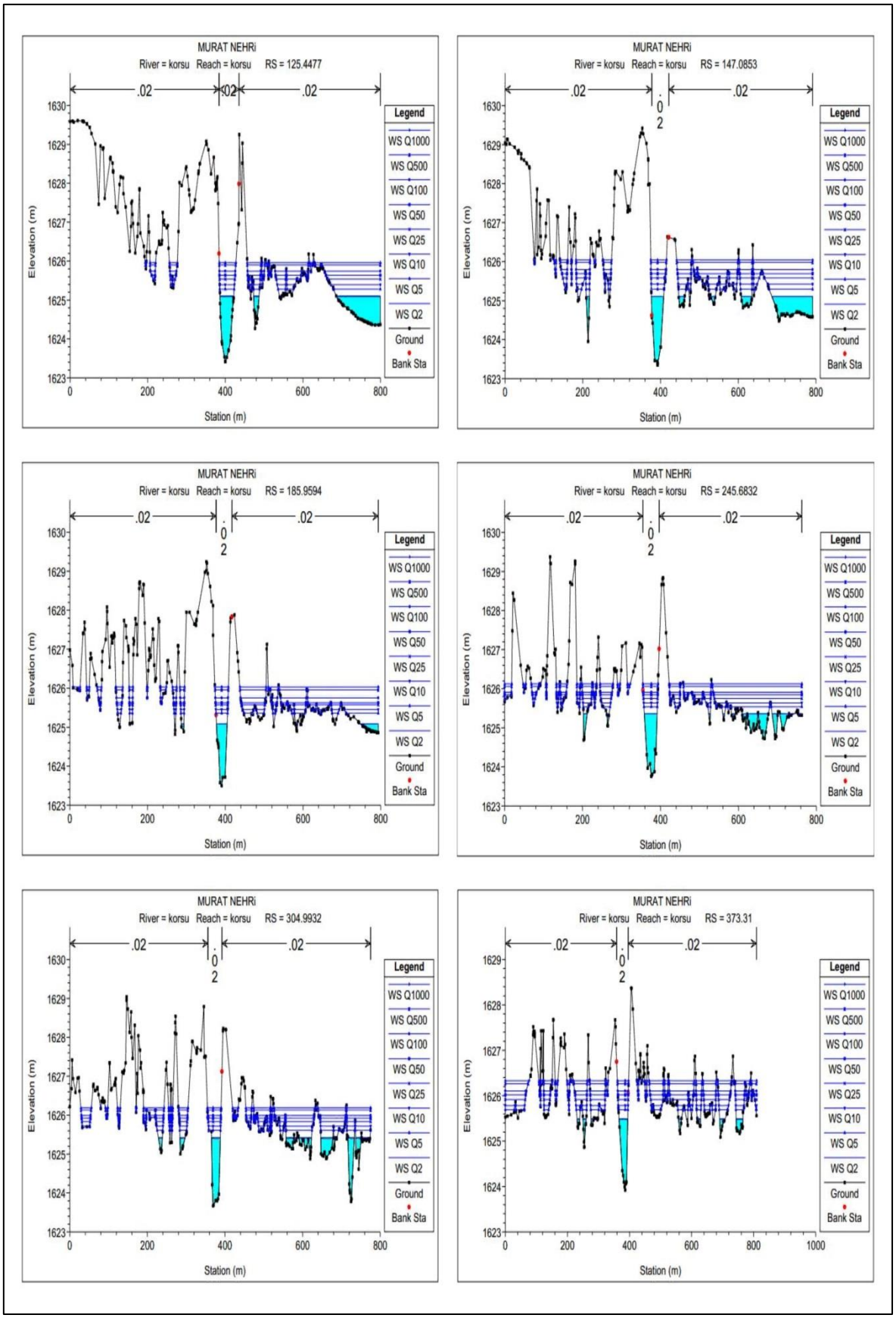
Ek-Şekil 3.'ün devamı



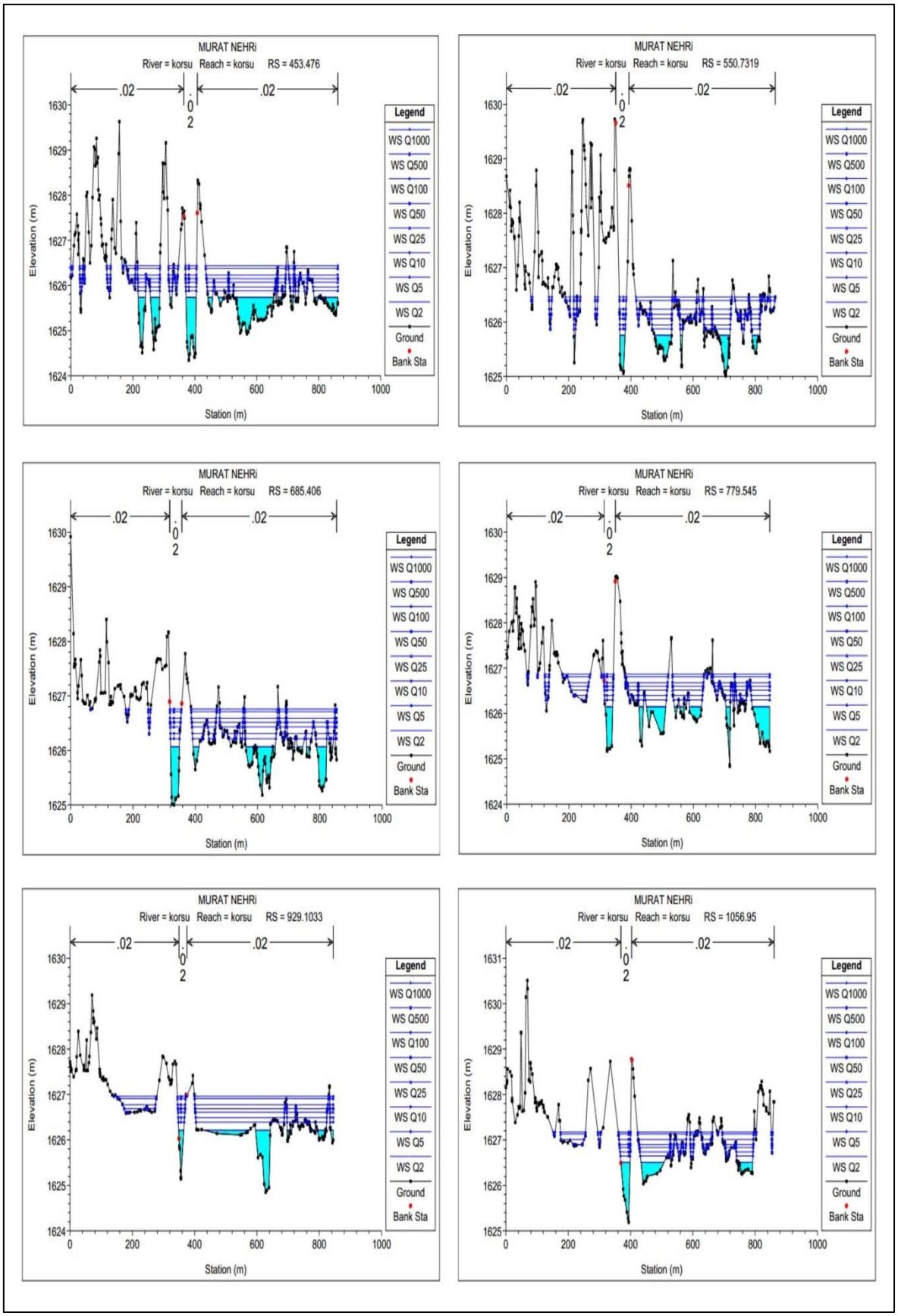
Ek-Şekil 3.'ün devamı



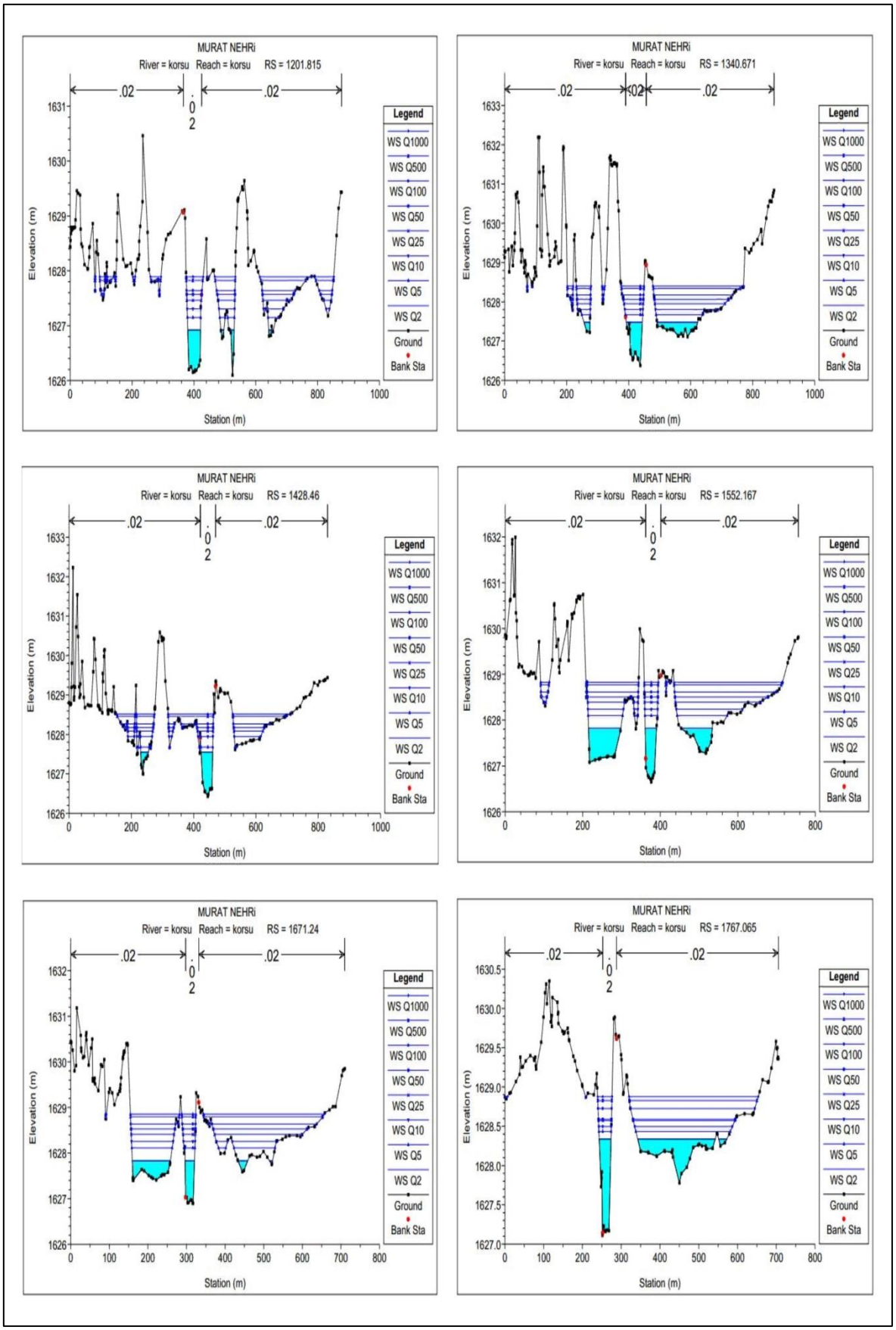
Ek-Şekil 3.'ün devamı



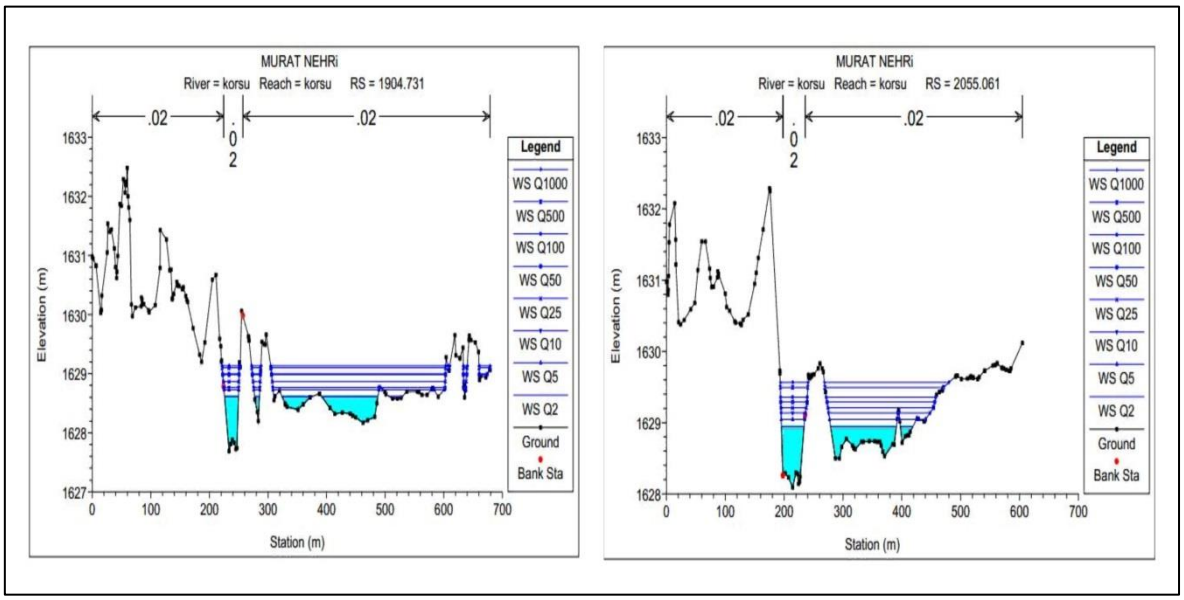
Ek-Şekil 3.'ün devamı



Ek-Şekil 3.'ün devamı



Ek-Şekil 3.'ün devamı



Ek-Şekil 3.'ün devamı

MURAT NEHRİ KESİT 1 (MEMBADAN KÖRSU DERESİ BİRLEŞİMİNE KADAR)

HİDROLİK HESAP

Hidrolik Hesap ve Oyulma Derinliği İçin Veri Girişi

Q_{1000} =	921,56	m^3/s
Q_{100} =	692,76	m^3/s
B =	90,00	m (kesit genişliği)
J =	0,0015	dere eğimi
n =	0,0260	(pürüzlülük katsayısı)
m_1 =	0,00	(duvar yüzey eğimi)
m_2 =	0,00	(duvar yüzey eğimi)
R=	150	m (en küçük kurp yarıçapı)
H =	4,00	m (elevasyon yüksekliği)
h_{temel} =	1,50	m (temel derinliği)

DEĞİŞKENLER

h_{1000} =	3,27	m
h_{100} =	2,75	m

HİDROLİK TABLO

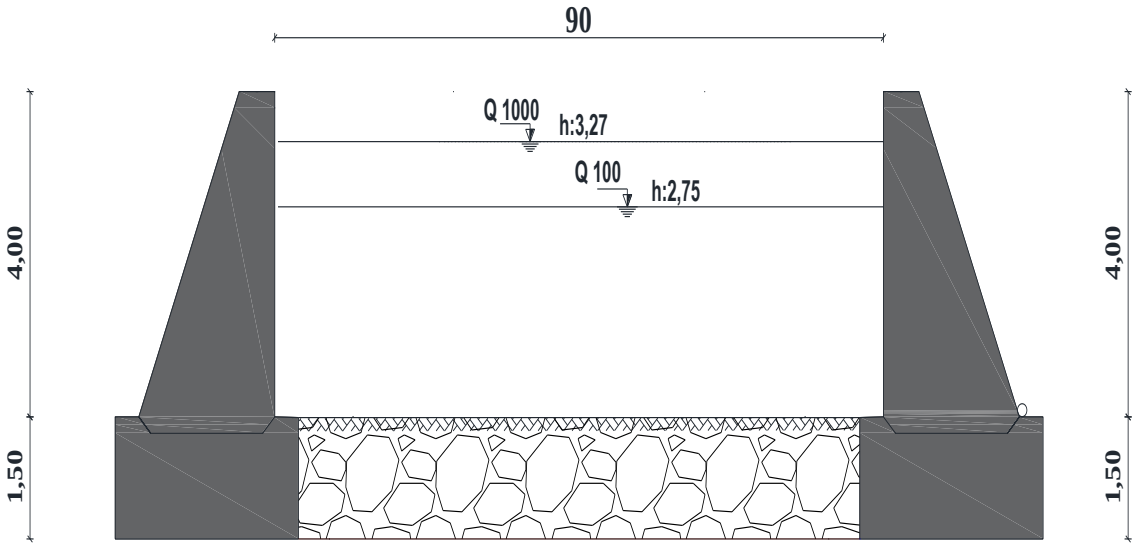
	Q	J	n	m_1	m_2	B	h	A	U	R	V	Hp	τ	Qhes	
	(m^3/s)					(m)	(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	kg/m²		
Q_{1000}	921,56	0,0015	0,026	0,00	0,00	90,00	3,27	294,30	96,54	3,05	3,13	0,77	4,57	921,69	UYGUN
Q_{100}	692,76	0,0015	0,026	0,00	0,00	90,00	2,75	247,50	95,50	2,59	2,81	0,75	3,89	695,60	UYGUN

($Hp=0.60+0.03731*V*h^{(1/3)}$)

OYULMA DERİNLİĞİ

			y_s (m)		
R	h100	W	Alynman	Kurpta	Kurpta
(m)	(m)	(m)		(Maynord)	(Thorne)
150,00	2,75	90,00	0,83	2,93	#SAYI!

SONUÇ BÖLÜMÜ		KIYAS BÖLÜMÜ
h_{100} =	2,75	100 yıllığa göre hava payı : UYGUN
ys (m) =	2,93	$h_{temel} > y_{s\,(opt)}$ olmalı : dbüyütülsün



Not: Ölçüler metre cinsindendir.

Ek-Şekil 4. Önerilen projeler

MURAT NEHRİ KESİT 2 (KÖRSU DERESİ BİRLEŞİMİNDEN TAŞLIÇAYI BİRLEŞİMİNE KADAR)

HİDROLİK HESAP

Hidrolik Hesap ve Oyulma Derinliği İçin Veri Girişi

Q_{1000} =	1056,29	m^3/s
Q_{100} =	794,04	m^3/s
B =	100,00	m (kesit genişliği)
J =	0,0015	dere eğimi
n =	0,0260	(pürüzlülük katsayısı)
m_1 =	0,00	(duvar yüzey eğimi)
m_2 =	0,00	(duvar yüzey eğimi)
R=	150	m (en küçük kurp yarıçapı)
H =	4,00	m (elevasyon yüksekliği)
h_{temel} =	1,50	m (temel derinliği)

DEĞİŞKENLER

h_{1000} =	3,33	m
h_{100} =	2,79	m

HİDROLİK TABLO

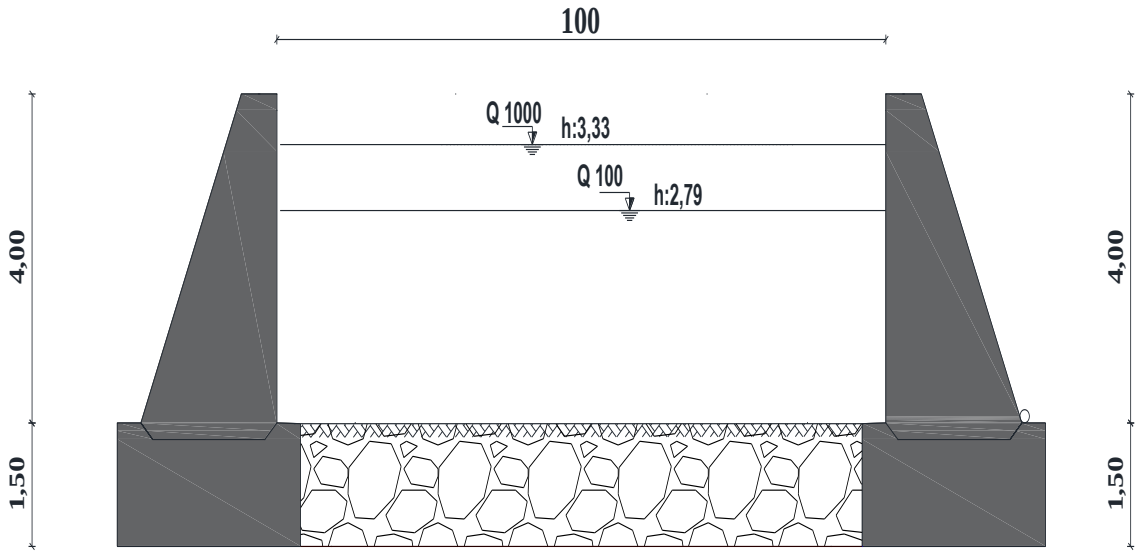
	Q	J	n	m_1	m_2	B	h	A	U	R	V	Hp	τ	Qhes	
	(m^3/s)					(m)	(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	kg/m²		
Q_{1000}	1056,29	0,0015	0,026	0,00	0,00	100,00	3,33	333,00	106,66	3,12	3,18	0,78	4,68	1059,61	UYGUN
Q_{100}	794,04	0,0015	0,026	0,00	0,00	100,00	2,79	279,00	105,58	2,64	2,85	0,75	3,96	794,37	UYGUN

($Hp=0.60+0.03731*V*h^{(1/3)}$)

OYULMA DERİNLİĞİ

R	h100	W	y_s (m) Alynman	Kurpta (Maynord)	Kurpta (Thorne)
(m)	(m)	(m)			
150,00	2,79	100,00	0,84	3,05	#SAYI!

SONUÇ BÖLÜMÜ		KIYAS BÖLÜMÜ
h_{100} =	2,79	100 yıllığa göre hava payı : UYGUN
ys (m) =	3,05	$h_{temel} > y_{s\,(opt)}$ olmalı : dbüyütülsün



Not: Ölçüler metre cinsindendir.

Ek-Şekil 4.'ün devamı

MURAT NEHRİ KESİT 3 (TAŞLIÇAYI BİRLEŞİMİNDEN MANSABA KADAR)

HİDROLİK HESAP

Hidrolik Hesap ve Oyulma Derinliği İçin Veri Girişi

Q_{1000} =	1418,41	m^3/s
Q_{100} =	1066,26	m^3/s
B =	130,00	m (kesit genişliği)
J =	0,0015	dere eğimi
n =	0,0260	(pürüzlülük katsayısı)
m_1 =	0,00	(duvar yüzey eğimi)
m_2 =	0,00	(duvar yüzey eğimi)
R=	150	m (en küçük kurp yarıçapı)
H =	4,00	m (elevasyon yüksekliği)
h_{temel} =	1,50	m (temel derinliği)

DEĞİŞKENLER

h_{1000} =	3,37	m
h_{100} =	2,83	m

HİDROLİK TABLO

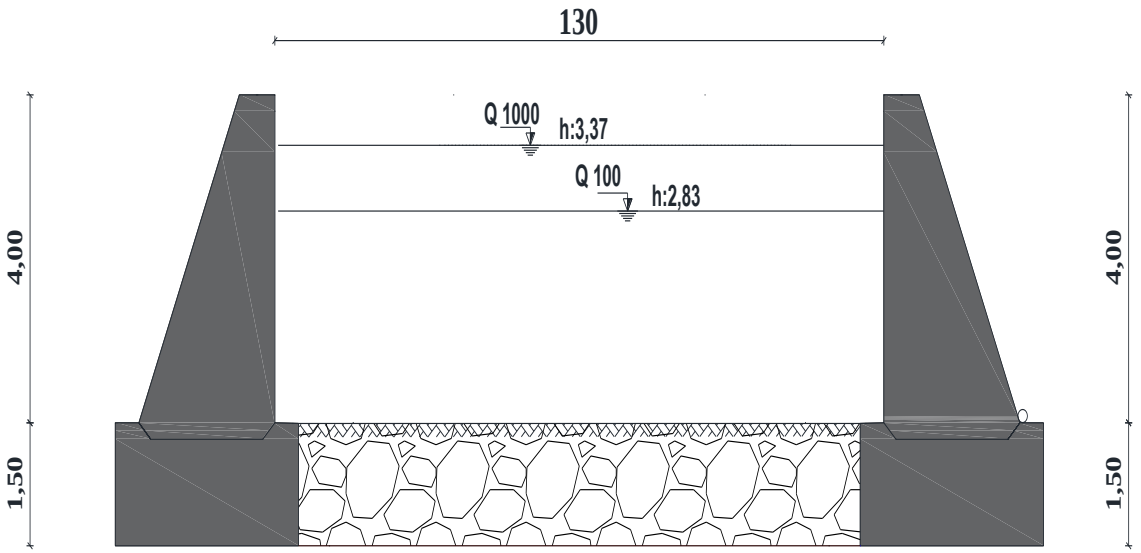
	Q	J	n	m_1	m_2	B	h	A	U	R	V	Hp	τ	Qhes	
	(m^3/s)					(m)	(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	kg/m²		
Q_{1000}	1418,41	0,0015	0,026	0,00	0,00	130,00	3,37	438,10	136,74	3,20	3,24	0,78	4,81	1418,29	UYGUN
Q_{100}	1066,26	0,0015	0,026	0,00	0,00	130,00	2,83	367,90	135,66	2,71	2,90	0,75	4,07	1065,75	UYGUN

($Hp=0.60+0.03731*V*h^{(1/3)}$)

OYULMA DERİNLİĞİ

R	h100	W	y_s (m) Alynman	Kurpta (Maynord)	Kurpta (Thorne)
(m)	(m)	(m)			
150,00	2,83	130,00	0,85	3,34	#SAYI!

SONUÇ BÖLÜMÜ		KIYAS BÖLÜMÜ
h_{100} =	2,83	100 yıllığa göre hava payı : UYGUN
ys (m) =	3,34	$h_{temel} > y_{s\,(opt)}$ olmalı : dbüyütülsün



Not: Ölçüler metre cinsindendir.

Ek-Şekil 4.'ün devamı

TAŞLIÇAY DERESİ

HİDROLİK HESAP

Hidrolik Hesap ve Oyulma Derinliği İçin Veri Girişi

Q_{1000} =	367,38	m^3/s
Q_{100} =	252,72	m^3/s
B =	30,00	m (kesit genişliği)
J =	0,0037	dere eğimi
n =	0,0200	(pürüzlülük katsayısı)
m_1 =	0,00	(duvar yüzey eğimi)
m_2 =	0,00	(duvar yüzey eğimi)
R=	150	m (en küçük kurp yarıçapı)
H =	3,00	m (elevasyon yüksekliği)
h_{temel} =	1,50	m (temel derinliği)

DEĞİŞKENLER

h_{1000} =	2,44	m
h_{100} =	1,93	m

HİDROLİK TABLO

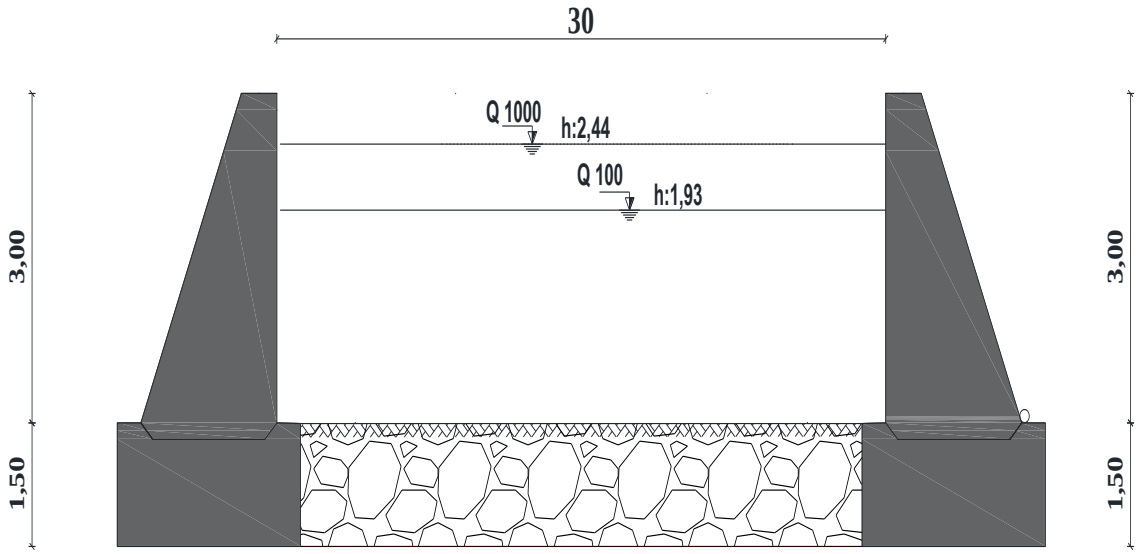
	Q	J	n	m_1	m_2	B	h	A	U	R	V	Hp	τ	Qhes	
	(m^3/s)					(m)	(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	kg/m²		
Q_{1000}	367,38	0,0037	0,020	0,00	0,00	30,00	2,44	73,20	34,88	2,10	5,01	0,85	7,85	366,89	UYGUN
Q_{100}	252,72	0,0037	0,020	0,00	0,00	30,00	1,93	57,90	33,86	1,71	4,37	0,80	6,40	253,17	UYGUN

($Hp=0.60+0.03731*V*h^{(1/3)}$)

OYULMA DERİNLİĞİ

			y_s (m)		
R	h100	W	Alynman	Kurpta	Kurpta
(m)	(m)	(m)		(Maynord)	(Thorne)
150,00	1,93	30,00	0,58	1,75	1,97

SONUÇ BÖLÜMÜ		KIYAS BÖLÜMÜ
h_{100} =	1,93	100 yıllığa göre hava payı : UYGUN
ys (m) =	1,75	$h_{temel} > y_{s\,(opt)}$ olmalı : dbüyütülsün



Not: Ölçüler metre cinsindendir.

Ek-Şekil 4.'ün devamı

KÖRSU DERESİ

HİDROLİK HESAP

Hidrolik Hesap ve Oyulma Derinliği İçin Veri Girişi

Q_{1000} =	485,23	m^3/s
Q_{100} =	319,69	m^3/s
B =	30,00	m (kesit genişliği)
J =	0,0026	dere eğimi
n =	0,0200	(pürüzlülük katsayısı)
m_1 =	0,00	(duvar yüzey eğimi)
m_2 =	0,00	(duvar yüzey eğimi)
R=	150	m (en küçük kurp yarıçapı)
H =	4,00	m (elevasyon yüksekliği)
h_{temel} =	1,50	m (temel derinliği)

DEĞİŞKENLER

h_{1000} =	3,28	m
h_{100} =	2,51	m

HİDROLİK TABLO

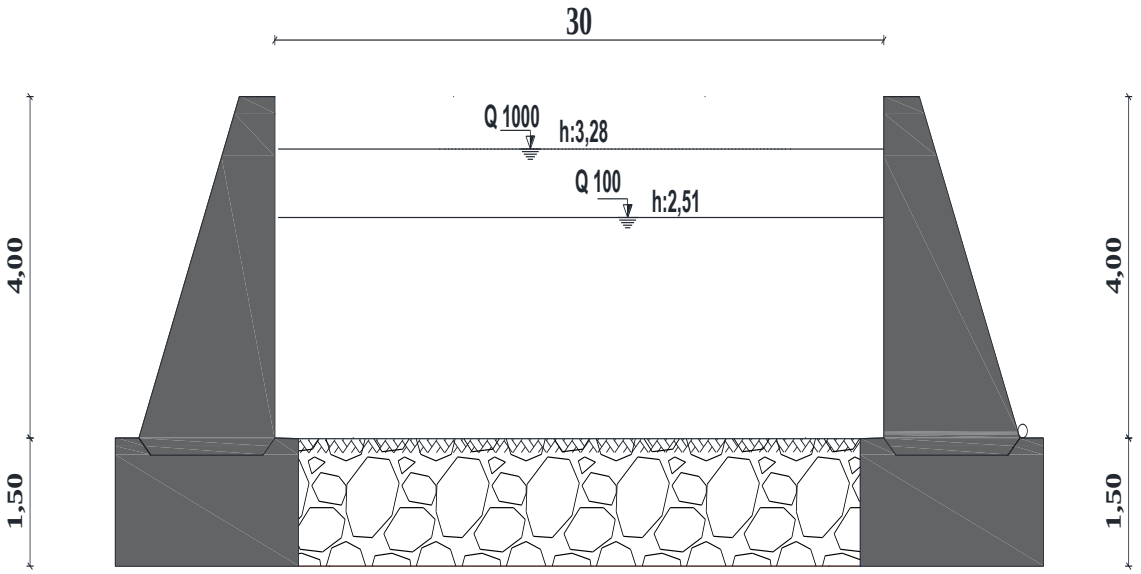
	Q	J	n	m_1	m_2	B	h	A	U	R	V	Hp	τ	Qhes	
	(m^3/s)					(m)	(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	kg/m²		
Q_{1000}	485,23	0,0026	0,020	0,00	0,00	30,00	3,28	98,40	36,56	2,69	4,93	0,87	7,00	485,41	UYGUN
Q_{100}	319,69	0,0026	0,020	0,00	0,00	30,00	2,51	75,30	35,02	2,15	4,25	0,82	5,59	319,82	UYGUN

(Hp=0.60+0.03731*V*h$^{(1/3)}$)

OYULMA DERİNLİĞİ

			y_s (m)		
R	h100	W	Alynman	Kurpta	Kurpta
(m)	(m)	(m)		(Maynord)	(Thorne)
150,00	2,51	30,00	0,75	2,20	2,56

SONUÇ BÖLÜMÜ		KIYAS BÖLÜMÜ
h_{100} =	2,51	100 yıllığa göre hava payı : UYGUN
ys (m) =	2,20	h_{temel} > $y_{s\,(opt)}$ olmalı : dbüyütülsün



Not: Ölçüler metre cinsindendir.

Ek-Şekil 4.'ün devamı

MURAT NEHRİ KESİT 2 (KÖRSU DERESİ BİRLEŞİMİNDEN TAŞLIÇAYI BİRLEŞİMİNE KADAR)

HİDROLİK HESAP

Hidrolik Hesap ve Oyulma Derinliği İçin Veri Girişi

Q_{1000} =	1056,29	m^3/s
Q_{100} =	794,04	m^3/s
B =	100,00	m (kesit genişliği)
J =	0,0015	dere eğimi
n =	0,0260	(pürüzlülük katsayısı)
m_1 =	0,00	(duvar yüzey eğimi)
m_2 =	0,00	(duvar yüzey eğimi)
R=	150	m (en küçük kurp yarıçapı)
H =	4,00	m (elevasyon yüksekliği)
h_{temel} =	1,50	m (temel derinliği)

DEĞİŞKENLER

h_{1000} =	3,33	m
h_{100} =	2,79	m

HİDROLİK TABLO

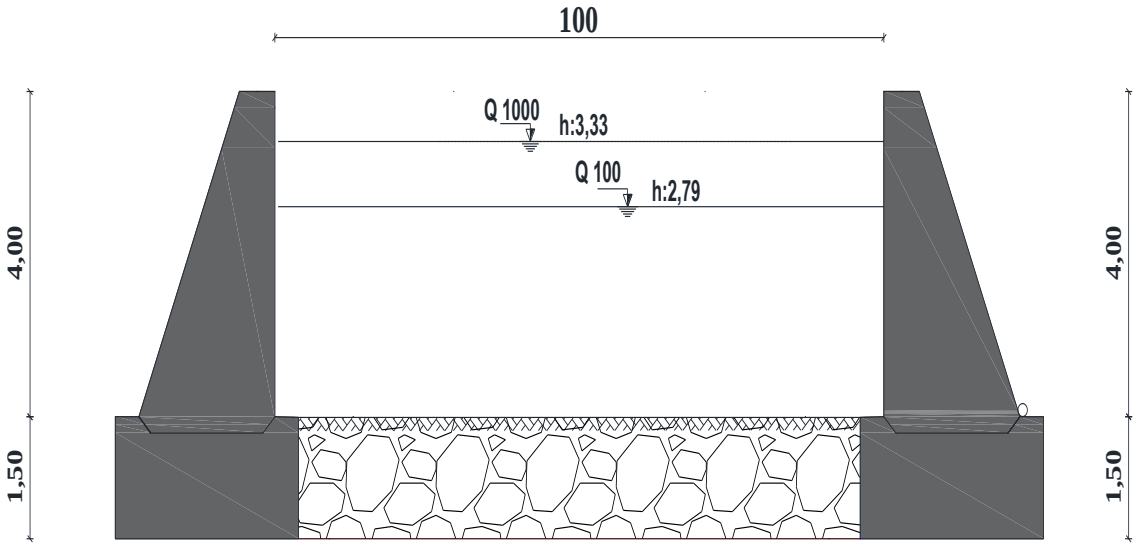
	Q	J	n	m_1	m_2	B	h	A	U	R	V	Hp	τ	Qhes	
	(m^3/s)					(m)	(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	kg/m²		
Q_{1000}	1056,29	0,0015	0,026	0,00	0,00	100,00	3,33	333,00	106,66	3,12	3,18	0,78	4,68	1059,61	UYGUN
Q_{100}	794,04	0,0015	0,026	0,00	0,00	100,00	2,79	279,00	105,58	2,64	2,85	0,75	3,96	794,37	UYGUN

(Hp=0.60+0.03731*V*h$^{(1/3)}$)

OYULMA DERİNLİĞİ

R	h100	W	y_s (m) Alynman	Kurpta (Maynord)	Kurpta (Thorne)
(m)	(m)	(m)			
150,00	2,79	100,00	0,84	3,05	#SAYI!

SONUÇ BÖLÜMÜ		KIYAS BÖLÜMÜ
h_{100} =	2,79	100 yıllığa göre hava payı : UYGUN
ys (m) =	3,05	h_{temel} > $y_{s\ (opt)}$ olmalı : dbüyütülsün



Not: Ölçüler metre cinsindendir.

Ek-Şekil 4.'ün devamı

MURAT NEHRİ KESİT 2 (KÖRSU DERESİ BİRLEŞİMİNDEN TAŞLIÇAYI BİRLEŞİMİNE KADAR)

HİDROLİK HESAP

Hidrolik Hesap ve Oyulma Derinliği İçin Veri Girişi

Q_{1000} =	1056,29	m^3/s
Q_{100} =	794,04	m^3/s
B =	100,00	m (kesit genişliği)
J =	0,0015	dere eğimi
n =	0,0260	(pürüzlülük katsayısı)
m_1 =	0,00	(duvar yüzey eğimi)
m_2 =	0,00	(duvar yüzey eğimi)
R=	150	m (en küçük kurp yarıçapı)
H =	4,00	m (elevasyon yüksekliği)
h_{temel} =	1,50	m (temel derinliği)

DEĞİŞKENLER

h_{1000} =	3,33	m
h_{100} =	2,79	m

HİDROLİK TABLO

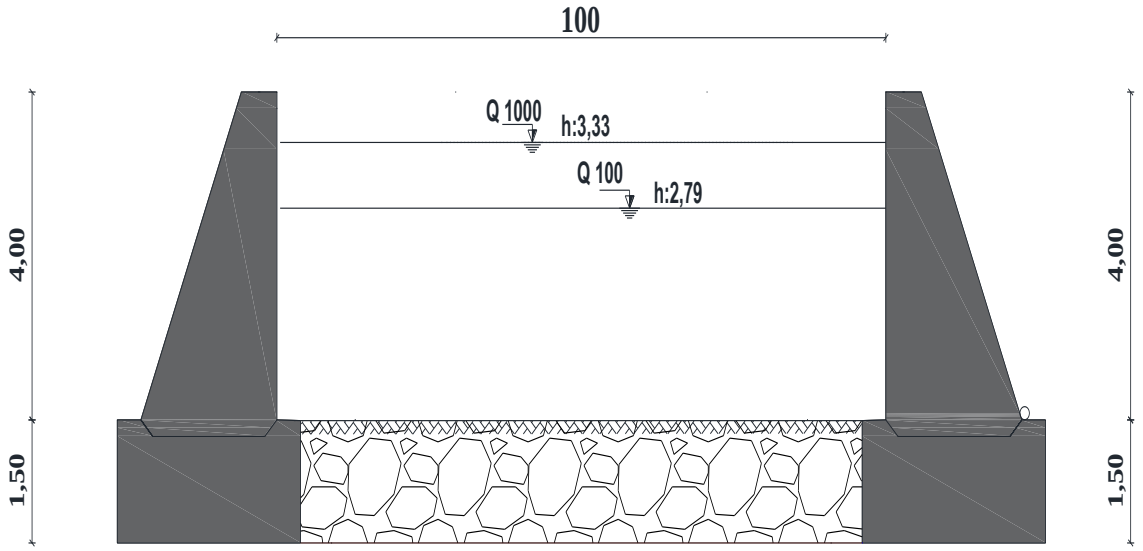
	Q	J	n	m_1	m_2	B	h	A	U	R	V	Hp	τ	Qhes	
	(m^3/s)					(m)	(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	kg/m²		
Q_{1000}	1056,29	0,0015	0,026	0,00	0,00	100,00	3,33	333,00	106,66	3,12	3,18	0,78	4,68	1059,61	UYGUN
Q_{100}	794,04	0,0015	0,026	0,00	0,00	100,00	2,79	279,00	105,58	2,64	2,85	0,75	3,96	794,37	UYGUN

($Hp=0.60+0.03731*V*h^{(1/3)}$)

OYULMA DERİNLİĞİ

R	h100	W	y_s (m) Alynman	Kurpta (Maynord)	Kurpta (Thorne)
(m)	(m)	(m)			
150,00	2,79	100,00	0,84	3,05	#SAYI!

SONUÇ BÖLÜMÜ		KIYAS BÖLÜMÜ
h_{100} =	2,79	100 yıllığa göre hava payı : UYGUN
ys (m) =	3,05	$h_{temel} > y_{s\,(opt)}$ olmalı : dbüyütülsün



Not: Ölçüler metre cinsindendir.

Ek-Şekil 4.'ün devamı

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Naci BULAN, 1987 yılında Ağrı ilinde doğmuştur. 2005 yılında Ağrı Anadolu Lisesi'nden mezun olmuştur. 2007 yılında başladığı Karadeniz Teknik Üniversitesi Gümüşhane Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümünden 2011 yılında mezun olmuştur. 2013 yılında Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans eğitimine başlayan Mehmet Naci Bulan, orta düzeyde İngilizce bilmektedir.