

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İKİ BOYUTLU (2D) ANALİZ İLE BARAJ YIKILMA
TAŞKINININ HAVZA ÜZERİNDE İNCELENMESİ:
MELEN ÇAYI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gökay GÜNDÜZALP

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK
Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet SANDALCI

Eylül 2020

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Gökay GÜNDÜZALP

16.09.2020

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet SANDALCI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışma sırasında verilerin temininde gerekli yardımı sağlayan Yüksel Proje Uluslararası A.Ő.'ye ve meslektaşım İnŐ. Müh. Anıl OLGAÇ'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bana desteğini esirgemeyen, tezimi okuyup gerekli düzeltmeleri yapmamda bana yardımcı olan eşim Seda GÜNDÜZALP'e şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER	10
2.1. Çalışma Alanı	10
2.2. Veriler	12
BÖLÜM 3.	
KULLANILAN YÖNTEM	29
3.1. Akım Denklemlerinin Teorisi	29
3.2. Akım Denklemlerinin Çözümü	31
3.3. Baraj Yıkılma Denklemleri	32
BÖLÜM 4.	
UYGULAMA	35

BÖLÜM 5.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER 67

KAYNAKÇA 70

ÖZGEÇMİŞ 74



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

1D	: Bir Boyutlu
2D	: İki Boyutlu
3D	: Üç Boyutlu
°C	: Santigrad Derece
%	: Yüzde
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CLC	: Corine Land Cover
cm	: Santimetre
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
GIS	: Geographical Information System
ha	: Hektar
HEC-RAS	: Hydrologic Engineering Center - River Analysis System
HES	: Hidroelektrik Santral
m	: Metre
m ²	: Metrekare
m ³	: Metreküp
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
mm	: Milimetre
RANS	: Reynold Ortalamalı Navier Stokes
SSB	: Silindirle Sıkıştırılmış Beton
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
SWE	: Shallow Water Equation
USACE	: United States Army Corps of Engineers

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Çalışma Alanının Türkiye'deki Yeri	11
Şekil 2.2. Melen Çayı Boykesiti	12
Şekil 2.3. Hasanlar Barajı Uydu Görüntüsü.....	13
Şekil 2.4. Hasanlar Barajı Genel Yerleşim Planı	14
Şekil 2.5. Hasanlar Barajı Gövde Kesitleri	15
Şekil 2.6. Hasanlar Barajı Karakteristik Eğrileri	16
Şekil 2.7. Yıllara Göre Hasanlar Baraj Gölü Sedimentasyon Durumu	17
Şekil 2.8. Büyük Melen Barajı Uydu Görüntüsü	18
Şekil 2.9. Büyük Melen Barajı Genel Yerleşim Planı	19
Şekil 2.10. Büyük Melen Barajı Gövde Kesitleri	20
Şekil 2.11. Büyük Melen Barajı Dolusavak En Kesiti.....	21
Şekil 2.12. Büyük Melen Barajı Dolusavak Boy Kesiti	22
Şekil 2.13. Büyük Melen Barajı Karakteristik Eğrileri.....	23
Şekil 2.14. Melen Çayı Havzası Uydu Görüntüsü Raster Verisi	24
Şekil 2.15. Düzce Ovası ve Melen Çayı Üç Boyutlu Uydu Görüntüsü Haritası	24
Şekil 2.16. Corine Avrupa Arazi Örtüsü Sınıflandırma Haritası (CLC2018).....	25
Şekil 2.17. Melen Havzası Corine Arazi Örtüsü Sınıflandırma Haritası	26
Şekil 2.18. ArcGIS Raster to Polygon Penceresi	27
Şekil 2.19. Melen Havzası Manning Pürüzlülük Haritası.....	27
Şekil 4.1. New Terrain Layer Penceresi	35
Şekil 4.2. HEC-RAS Ortamına Alınmış Terrain Layer	36
Şekil 4.3. Manning's n Value Layer Penceresi	37
Şekil 4.4. HEC-RAS Ortamına Alınmış Manning Layer.....	37
Şekil 4.5. Hasanlar Baraj Gövdesine Ait Geometri Girişi	38
Şekil 4.6. Hasanlar Baraj Gölü Yeni Kot-Hacim Eğrisi	39
Şekil 4.7. Baraj Yıkılması Hesabında Gedik Parametreleri	40

Şekil 4.8. Breach Data Parametreleri (MacDonald et al).....	40
Şekil 4.9. Breach Data Parametreleri (Froehlich 1995).....	41
Şekil 4.10. Breach Data Parametreleri (Froehlich 2008).....	41
Şekil 4.11. Breach Data Parametreleri (Von Thun & Gillette).....	42
Şekil 4.12. Breach Data Parametreleri (Xu & Zhang).....	42
Şekil 4.13. Çeşitli Yöntemlerle Hesaplanan Hasanlar Barajı Yıkılma Taşkın Hidrografları.....	43
Şekil 4.14. Büyük Melen Baraj Gövdesi ve Dolusavak.....	44
Şekil 4.15. Büyük Melen Barajı Q_{10000} Öteleme Sonuçları	45
Şekil 4.16. Elevation Controlled Gates Penceresi.....	46
Şekil 4.17. Melen Havzasında Oluşturulan İki Boyutlu (2D) Akım Alanları.....	47
Şekil 4.18. 2D Flow Areas Editörü	47
Şekil 4.19. Unsteady Flow Analysis Editörü	48
Şekil 4.20. 2D Flow Options Sekmesi	49
Şekil 4.21. Advanced Time Step Control Sekmesi.....	50
Şekil 4.22. HEC-RAS Computations Penceresi.....	50
Şekil 4.23. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:00.00.....	51
Şekil 4.24. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:01.00.....	52
Şekil 4.25. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:01.30.....	52
Şekil 4.26. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:02.00.....	53
Şekil 4.27. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:02.30.....	53
Şekil 4.28. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:03.00.....	54
Şekil 4.29. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:03.30.....	54
Şekil 4.30. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:04.00.....	55
Şekil 4.31. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:05.00.....	55
Şekil 4.32. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:06.00.....	56
Şekil 4.33. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:09.00.....	56
Şekil 4.34. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:12.00.....	57
Şekil 4.35. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:18.00.....	57
Şekil 4.36. Belirlenen Noktalar İçin Hesaplanan Taşkın Hidrografları	58
Şekil 4.37. Düzce Ovası Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Sınırları.....	59
Şekil 4.38. Düzce Ovası Baraj Yıkılma Taşkını Su Derinliği Haritası.....	60

Şekil 4.39. Düzce Ovası Baraj Yıkılma Taşkını Su Derinliği Değerleri	60
Şekil 4.40. Düzce Ovası Baraj Yıkılma Taşkını Su Hızı Haritası	61
Şekil 4.41. Düzce Ovası Baraj Yıkılma Taşkını Su Hızı Değerleri.....	61
Şekil 4.42. Düzce Ovası Baraj Yıkılma Taşkını Su Kotu Haritası	62
Şekil 4.43. Düzce Ovası Baraj Yıkılma Taşkını Su Kotu Değerleri.....	62
Şekil 4.44. Baraj Yıkılması Taşkınlardan Doğrudan Etkilenen Düzce Merkez Mahalleleri	63
Şekil 4.45. Düzce Ovası Taşkın Yayılım Haritası $n=0.03$ (sabit).....	64
Şekil 4.46. Düzce Ovası Taşkın Yayılım Haritası $n=0.04$ (sabit).....	65
Şekil 4.47. Düzce Ovası Taşkın Yayılım Haritası $n=0.05$ (sabit).....	65
Şekil 4.48. Düzce Ovası Taşkın Yayılım Haritası $n=0.06$ (sabit).....	66
Şekil 4.49. Farklı Pürüzlülük değerleri için Havza Çıkış Hidrografları	66

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Ülkemizde Yıkılma Durumu Çalışılan Bazı Barajlar	2
Tablo 2.1. Melen Çayı Üzerindeki Taşkın Hidrografi Hesaplanacak Noktalar	12
Tablo 2.2. Hasanlar Barajı Yıkılma Analizi Geometri Parametreleri	17
Tablo 2.3. Corine Haritasına Karşılık Gelen Manning Pürüzlülük Değerleri	26
Tablo 2.4. Baraj Yıkılması Taşkınından Etkilenen Yerleşim Yeri Nüfusları	28
Tablo 4.1. Hasanlar Barajı Yıkılma Hidrografi Hesap Parametreleri ve Hesaplanan Pik Debiler	43

ÖZET

Anahtar kelimeler: Baraj yıkılması, iki boyutlu analiz, HEC-RAS, Melen Çayı, Hasanlar Barajı

Bu çalışmada Küçük Melen Çayı üzerinde bulunan Hasanlar Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkın dalgası havza boyunca incelenmiştir. Çalışma ile barajın mansabındaki Büyük Melen Barajı'nın, Batı bölgemizin ekonomik anlamda kritik noktalarından Düzce ilinin ve Düzce Ovası'nın, Anadolu'yu İstanbul'a bağlayan, trafik akışının oldukça yoğun olduğu Türkiye'nin en kritik iki arteri D100 (E5) karayolu ve TEM otoyolunun bu afetten nasıl etkileneceği araştırılmıştır. Araştırmada hidrodinamik yöntemlerle taşkın dalgasını modelleyebilen HEC-RAS programı kullanılmış, CBS sistemleri ve uydu haritalarından yararlanılmış, iki boyutlu (2D) analiz ile hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Çalışma ile Düzce il merkezinde ve Melen Havzası'nda su altında kalan mahalle ve köyler, tarım alanları tespit edilmiştir. Zamana bağlı olarak su derinliği, su hızı ve su kotu değerlerini gösteren taşkın yayılım haritaları elde edilmiştir. Pürüzlülük değerinin hesaplar üzerindeki etkisi ortaya konmuştur. Sonuç olarak; Hasanlar Barajı'nın yıkılması halinde ciddi anlamda mal ve can kayıpları olacağı tahmin edilmektedir.

INVESTIGATION OF DAM BREAK FLOOD IN THE BASIN USING TWO DIMENSIONAL (2D) ANALYSIS: MELEN RIVER STUDY

SUMMARY

Keywords: Dam break, two dimensional analysis, HEC-RAS, Melen River, Hasanlar Dam

In this study, the flood wave that will occur in case of the demolition of Hasanlar Dam on Küçük Melen Stream was investigated throughout the basin. The study investigated how the Büyük Melen Dam, Düzce province in economically critical point in our west and Düzce Plain, connecting Anatolia to Istanbul in Turkey to be quite intense traffic flow at critical two arteries D100 (E5) road and TEM highway will be affected by this disaster. The HEC-RAS program in which can model the flood wave using hydrodynamic methods, was used in the research, GIS systems and satellite maps were used and calculations were made with two-dimensional (2D) analysis. With the study, the neighborhoods and villages submerged in Düzce City center and Melen Basin and agricultural areas were identified. Flood propagation maps showing water depth, water velocity and water elevation values were obtained depending on the time. The effect of the roughness value on the calculations has been revealed. As a result; Serious prosperity and life losses would predicted if the Hasanlar Dam collapse.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Barajlar insanoğlunun suyu kontrol etmek için yaptığı yapay yapılardır. Baraj, bir drenaj alanının mansabında, gövde yüksekliği 15 m.den büyük olan göl hacmi 5 hm³, gövde hacmi ise 0.5 hm³ ve üzerinde olan su çevirme yapılarına verilen genel isimdir. Barajlar gövde, dolusavak, dipsavak, su alma yapısı, santral, derivasyon ve batardolar gibi elemanların tümünün birleşiminden oluşur (DSİ, 1978). Barajlar suyu ihtiyaç fazlası zamanlarda biriktirerek gerekli zamanlarda kullanılmasını sağlarlar. Şiddetli yağış veya ani kar erimesi sonucunda oluşan yıkıcı taşkınları kontrollü bir şekilde sönümleyerek mansaba aktarırlar. Enerji üretimi, sulama, kullanma ve içme suyu ihtiyaçlarını karşılarlar (Özbek, 2009). Aynı zamanda barajlar taşkın koruma ve diğer pek çok amaca hizmet eden, büyük emniyet katsayıları ile inşa edilen yapılardır. Ancak nihayetinde rezervuarlarında çok miktarda su biriktirmektedirler. Olası bir yıkılma durumunda bu suyun serbest kalacağı ve ciddi düzeyde can ve mal kaybı olabileceği aşikârdır. Baraj yapıları oldukça güvenilir yapılar olsa da rezervuarlarında biriktirdikleri su nedeniyle risk oluşturmaktadır. Özellikle kritik barajlar için olası yıkılma durumlarında serbest kalan suya bağlı olarak oluşacak taşkınım güncel teknolojik imkânlar dâhilinde incelenmesi gerekmektedir.

Tarihte yaşanan baraj yıkılma hadiseleri bu afetin hangi boyutlara ulaşabileceğinin bir göstergesi olmuştur. Geçmişte yıkılan barajlardan çok sayıda istatistiki veri elde edilmiştir. Barajların yaşları arttıkça göçme riskleri de artmaktadır. Yıkılma nedenleri ele alındığında ise üstten su aşması kaynaklı yıkılmalar %34 ile ilk sırada yer almaktadır. Tarihte ilk barajın yapılması ile eş zamanlı olarak baraj güvenliği kavramı oluşmuştur. Amerika'daki Teton Barajı, South Fork Barajı ve Buffalo Barajı yaşanan büyük baraj yıkılması hadiselerindendir, bu barajların yıkılması sonucunda binlerce kişi hayatını kaybederek milyonlarca dolar maddi zarar ortaya çıkmıştır (Abay vd., 2015). Türkiye'de baraj yıkılma hadisesi gerçekleşmemiş olmakla birlikte mevcut

barajların yıkılma durumları çalışılmaktadır. Türkiye’de yıkılma durumu çalışılan bazı barajlar Tablo 1.1.’de verilmiştir.

Tablo 1.1. Ülkemizde Yıkılma Durumu Çalışılan Bazı Barajlar

No	Baraj Adı	İl	Tipi	Talvegden Yükseklik (m)	Dolusavak Tipi
1	Alibeyköy	İstanbul	Toprak Dolgu	30.00	Kapaklı
2	Aslantaş	Osmaniye	Toprak Dolgu	75.00	Kapaklı
3	Atatürk	Adıyaman Şanlıurfa	Kaya Dolgu	169.00	Kapaklı
4	Ayvalı	Kahramanmaraş	Toprak Dolgu	75.50	Serbest
5	Berdan	Mersin	Toprak Dolgu	30.00	Kapaklı
6	Çınarcık	Bursa	Kaya Dolgu	125.00	Kapaklı
7	Çokal	Çanakkale	ÖYB Kaya Dolgu	57.00	Serbest
8	Darıdere	Isparta	Toprak Dolgu	50.00	Serbest
9	Doğancı	Bursa	Kaya Dolgu	65.00	Kapaklı
10	Doğantepe	Sakarya	ÖYB Kum Çakıl Dolgu	50.50	Serbest
11	Kapulukaya	Kırıkkale	Toprak Dolgu	61.00	Kapaklı
12	Kartalkaya	Kahramanmaraş	Kaya Dolgu	56.00	Kapaklı
13	Kestel	İzmir	Toprak Dolgu	62.50	Serbest
14	Kirazlıköprü	Bartın	Kaya Dolgu	53.25	Kapaklı
15	Kozan	Adana	Kaya Dolgu	78.50	Serbest
16	Nilüfer	Bursa	Kaya Dolgu	74.50	Kapaklı
17	Rahmanlar	İzmir	ÖYB Kum Çakıl Dolgu	78.50	Serbest
18	Porsuk	Eskişehir	Beton Ağırlık	50.00	Kapaklı
19	Tahtalı	İzmir	Kaya Dolgu	57.50	Kapaklı
20	Ürkmez	İzmir	Toprak Dolgu	32.00	Serbest
21	Yuvacık	Kocaeli	Toprak Dolgu	102.50	Kapaklı
22	4 Eylül	Sivas	Toprak Dolgu	60.00	Serbest

Türkiye’de ve Dünya’da baraj yıkılması ile ilgili yapılan çalışmalar kısaca şu şekilde sıralanabilir: Pilotti vd. (2020) Kuzey İtalya’da, Lombardia bölgesinde, Adda Nehri üzerinde bulunan Cancano 1 Barajının yıkılması durumunda oluşacak taşkını iki boyutlu (2D) analizle HEC-RAS ve TELEMAC programlarında hesaplamıştır. Çalışmasında dik vadiler için nümerik olarak HEC-RAS programının verdiği sonuçların doğruluğunu araştırmış, oluşacak taşkını barajın mansabındaki 15 km uzunluğundaki Alpine vadisi için incelemiştir. Bu inceleme alanının barajın hemen mansabında, ovalık alana girişte ve model sonunda hidrograf elde edilebilecek kesitlere olanak vermesi bakımından oldukça uygun olduğunu ifade etmiştir. Teorik kısıtlamalarına rağmen iki boyutlu (2D) sığ akım denklemlerinin dik vadi mevcudiyetlerinde bile taşkın haritalaması için oldukça uygun olduğunu bildirmiştir. HEC-RAS ve TELEMAC programında elde ettiği sonuçları De Marchi (1945)

tarafından Cancano 1 Barajının yıkılması durumunda oluşacak taşkını incelemek amacıyla kurulan fiziksel model sonuçları ile de karşılaştırmıştır. Sonuçlarının küçük farklılıklar dışında birbiri ile oldukça uyumlu olduğunu ortaya koymuştur. De Marchi (1945) Cancano 1 Barajını ve barajın mansabındaki bu dik vadiyi 1/500 ölçekte laboratuvar ortamında modelleyerek barajın yıkılması durumunda vadi sonunda 15 km uzaklıkta bulunan Cepina şehrinin taşkından etkilenme durumunu araştırmıştır. Bu model Pilotti vd. (2014) tarafından yeniden yapılandırılmıştır. Pilotti vd. (2014) Cancano 1 Barajının yıkılması durumunda oluşacak taşkını bir boyutlu (1D) analizle Capart Koduyla ve iki boyutlu (2D) analizle Flo-2D programda hesaplamıştır. Sığ akım denklemlerinin dağlık alanlarda bile iyi sonuç verdiğini ifade etmiştir. B. Kocaman (2019) Kahramanmaraş ili, Pazarcık ilçesi, Aksu Çayı'nda bulunan Kartalkaya Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkın yayılımını iki boyutlu (2D) analiz ile HEC-RAS ve Flo-2D programlarını kullanarak hesaplamıştır. Çalışmasında hem her iki program ile elde ettiği sonuçları karşılaştırmayı hem de pürüzlülük katsayısının taşkın üzerindeki etkisini incelemeyi hedeflemiştir. Hesaplama sonuçlarını her iki program için taşkın yayılım haritası, akım derinliği, akım hızı, hesap süresi ve çıkış hidrografları bakımından vermiştir. Programların kıyaslanması ile ovalık bölgede akım derinlikleri ve hızların birbirine daha yakın değerde olduğunu, dar vadide farklılıkların arttığını, HEC-RAS programında akımın pik değere daha hızlı ulaştığını ifade etmiştir. Pürüzlülük değeri açısından ise bu parametrenin artmasının pik debi oluşum süresini de geciktirdiğini tespit etmiş ve bu değerinin doğru belirlenmesinin önemine vurgu yapmıştır. Çalışmasında ilaveten ızgara boyut değişikliklerinin hidrograf oluşum süresine etkisinin az miktarda olduğunu, bu tip modellerde stabilitenin Courant sayısının birden küçük seçilerek ($C < 1$) sağlanabileceğini belirtmiştir. Şen (2019) Adıyaman ve Şanlıurfa il sınırında, Fırat Nehri üzerinde bulunan Atatürk Barajı'nın yıkılması durumunda oluşabilecek taşkını incelemiştir. Baraj yıkılması taşkını yayılım haritalarını iki boyutlu (2D) hesap yaparak HEC-RAS programında elde etmiştir. Analiz sonucunda Şanlıurfa ve Adıyaman illerine bağlı köylerin afetten etkilenebileceğini, 15758 ha alanın sular altında kalacağını, taşkın dalgasının 24 saatten kısa bir sürede Birecik Barajı'na ulaşacağını, bu durumun ikinci bir baraj taşkını tehlikesi oluşturabileceğini hesaplamıştır. Ayrıca baraj çevresinde yerleşimin az olması nedeniyle taşkın

sularından çok fazla binanın etkilenmeyeceğini ancak kalkınmaya başlayan ekonominin özellikle de tarımsal faaliyetin olumsuz şekilde etkileneceğini ortaya koymuştur. Khosravi vd. (2019) İran'da bulunan Sefid-Roud Dam Barajı için taşkın yayılım haritalarını bir boyutlu (1D) ve iki boyutlu (2D) hesap yaparak HEC-RAS programında elde etmiştir. Aliabad-e-Paein ve Roudbar, Rostamabad ve Totkaboun yerleşim yerlerinde 3100 kişinin bu afetten etkilenebileceğini hesaplamış, bu kentlerin 2-25 m su yüksekliğinde ve 4-11 m/s arasında değişen su hızlarında taşkına maruz kalacaklarını ortaya koymuştur. Karataş (2019) Sivas ili, Merkez ilçe, Mısmılırmak Deresi'nde bulunan Sivas 4 Eylül Barajı ile Kızılırmak Nehri arasında kalan bölümü için MIKE programını kullanarak taşkın analizleri yapmıştır. Çalışmasında barajın yıkılması durumunda oluşacak taşkına ilaveten çeşitli taşkın tekerrür debileri için de hesaplar yaparak riskli bölgelerin belirlenmesini amaçlamıştır. Baraj yıkılması için normal su seviyesinde doluluk, maksimum su seviyesinde doluluk ve üstten aşma hallerinde oluşacak baraj yıkılma taşkını ele almıştır. Baraj yıkılma taşkını için bir boyutlu (1D) hesap, diğer taşkın tekerrür debileri için ise bütünlük (1D/2D) hesaplar yapmıştır. Sonuçlara göre taşkın tehlike haritaları oluşturularak risk altında bulunan alanları belirlemiştir. Mısmılırmak ve Sivas 4 Eylül Barajı'ndan kaynaklı taşkınlar ile Sivas il merkezinde 70 bin kişinin etkilenebileceğini ortaya koymuştur. Alppay (2019) Kocaeli ili, Başiskele ilçesi, Kirazdere Çayı'nda bulunan Kirazdere (Yuvacık) Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkın yayılımını iki boyutlu (2D) analiz ile HEC-RAS programını kullanarak hesaplamıştır. Çalışmasında muhtemel bir baraj göçmesi sonucunda Kirazdere (Yuvacık) Barajı mansabındaki riskli bölgelerin belirlenmesi ve değerlendirilmesini amaçlamıştır. Hadisenin gerçekleşmesi durumunda yüksek miktarda mal kaybının meydana geleceğini, bu kayıplara sanayi sektörü üretim kayıpları ve ticari kayıpların da ekleneceğini ortaya koymuştur. Ünal (2019) Mersin ili, Tarsus ilçesi, Berdan Çayı'nda bulunan Berdan Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkın yayılımını iki boyutlu (2D) analiz ile HEC-RAS programını kullanarak hesaplamıştır. Çalışma sonucunda taşkın dalgasının Tarsus ilçe merkezinde ciddi hasara neden olacağını, yerleşim alanlarında su hızlarının 1.5 m/s değerinde olduğunu hesaplayarak Tarsus ilçe merkezinde 340 bin kişinin bu afetten etkilenebileceğini ortaya koymuştur. Ergen (2019) Sakarya ili, Geyve ilçesi, Karakaya Deresi'nde bulunan Doğantepe Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkın

yayımlarını iki boyutlu (2D) analiz ile HEC-RAS programını kullanarak hesaplamıştır. Çalışmasında bu taşkın dalgasının mansap bölgesinde yer alan Geyve ilçe merkezine ulaşip ulaşmayacağını araştırmıştır. Baraj yıkılması taşkın yayılım haritalarını iki boyutlu (2D) hesap yaparak HEC-RAS programında elde etmiştir. Analiz sonucunda taşkın sularının 40 dakikada Geyve ilçe merkezine ulaştığını, mansap bölgesindeki Geyve ilçe merkezinin büyük bir bölümünün ortalama 1.50 m sular altında kaldığını tespit etmiştir. İlçe merkezinde 1458 adet yapının bu afetten etkileneceğini belirlemiştir. Brunner vd. (2018) Fransa'nın güney batı kıyısında Fréjus kasabası yakınında Reyran Nehri üzerinde bulunan ve 1959 yılında çöken Malpasset Barajı'nın yıkılma analizlerini iki boyutlu (2D) HEC-RAS programında tekrar yapmıştır. Analizlerini hem gerçek arazi hem de Ulusal Hidrolik ve Çevre Laboratuvarında (1964) yapılmış 1/400 ölçeğindeki çarpıtılmış model arazisi üzerinde gerçekleştirmiştir. Kurduğu modellerde hem gerçek doğadaki hem de laboratuvar ortamındaki baraj yıkılma simülasyonlarını HEC-RAS programında incelemeyi amaçlamıştır. Hesaplarında her iki model için de aynı mesh ağını kullanmıştır. Her iki model için elde edilen sonuçların birbiri ile uyumlu olduklarını ortaya koymuştur. Biscarini vd. (2016) Malpasset Barajı'nın yıkılma analizlerini üç boyutlu (3D) analiz yaparak CFD ile incelemiştir. Çalışmasında taşkın dalgasının özellikle nehrin karp yaptığı bölümlerdeki hareketlerini araştırmıştır. Hesap sonuçlarını hem gerçek yıkılma hem de fiziksel model laboratuvar sonuçları ile mukayese ederek, CFD'nin oluşan taşkını çok iyi şekilde modelleyebildiğini ifade etmiştir. Duvan (2016) Kırıkkale ili, Merkez ilçe, Kızılırmak üzerinde bulunan Kapulukaya Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkın yayılımını bir boyutlu (1D) analiz ile HEC-RAS programını kullanarak hesaplamıştır. Baraj yıkılma pik debisini, diferansiyel gelişim algoritması ile elde etmiş, baraj mansabında kalan 17 km uzunluğundaki bölüm için hem barajın yıkılması hem de çeşitli taşkın tekerrür debilerinin oluşması durumu için taşkın analizi yapmıştır. Baraj yıkılması durumunda pik debinin 1 saatte ortaya çıkacağını, bu debinin Bahşılı ilçesine 1 saat 45 dakikada, Yahşian ilçesine ise 1 saatte varacağını, su hızının ortalama 5 m/s olacağını ifade etmiştir. Bu tip bir afetin oluşması durumuna karşı erken uyarı sisteminin kurulmasını önermiştir. Şamandar ve Genç (2016) Büyük Melen Çayı tekerrürlü taşkın yayılım hesabını bir boyutlu (1D) analiz ile HEC-RAS programını kullanarak hesaplamıştır. Çalışmasında hem ıslah

yapıldığı hem de ıslah yapılmadığı durum için 100 yıl tekerrürlü taşkın debisinin yayılımını elde etmiş, Efteni gölünün 17 km uzunluğundaki mansap bölgesini incelemiştir. Islah yapılmadığı durum için taşkın araziye yayıldığını, ıslah yapıldığı durum için ise bölgenin taşkından korunduğunu ortaya koymuştur. Pakniyat (2015) İzmir ili, Menderes ilçesi, Tahtalı Çayı'nda bulunan Tahtalı Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkın yayılımını üç boyutlu (3D) analiz ile Flow-3D programını kullanarak hesaplamıştır. Çalışmasında barajın farklı senaryolara göre yıkılma durumlarını inceleyerek oluşabilecek zararları tespit etmiştir. Modelleme sonucunda gövdenin %100 seviyede tamamının göçmesi durumunda oluşacak taşkın 2-3 dakika içinde sahildeki yerleşim yerlerine ulaşacağını, %50 seviyede bu sürenin 4-5 dakikayı bulacağını, %25 seviyede ise can kaybı tehlikesinin olmadığını hesaplamıştır. Gümüldür belde merkezinin bulunduğu kot itibari ile bu afetten etkilenmeyeceğini ancak ciddi miktarda tarım alanının zarar göreceğini belirtmiştir. Bu tip sahile yakın barajlar için gövdenin tamamının yıkılmasına karşı önlem olarak baraj mansabına bir set yapmayı ve bu sayede sahildeki insanlara zaman kazandırmayı teklif etmiştir. Yıkılma mekanizmasının oluşumuna dikkat çekerek gövdenin tamamının bir anda yıkılmasından ziyade tedricen yıkılmasının daha gerçekçi bir model olacağına, her barajın kendine özgü karakteristiğinin varlığını belirterek her bir baraj için ayrı ayrı yıkılma analizlerinin yapılmasının gerektiğine vurgu yapmıştır. Palamut (2014) İzmir ili, Ödemiş ilçesi, Rahmanlar Deresi'nde bulunan Rahmanlar Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkın yayılımını bir boyutlu (1D) analiz ile HEC-RAS, üç boyutlu (3D) analiz ile Flow-3D programlarını kullanarak hesaplamıştır. Hesaplama sonuçlarına göre farklı senaryolar için elde edilen bir boyutlu (1D) ve üç boyutlu (3D) taşkın yayılım haritalarının birbirlerine yakın olduğunu ancak bir boyutlu (1D) analiz çözüm süresinin bir saat iken üç boyutlu (3D) analiz çözüm süresinin iki günden fazla olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle çalışmanın önemine göre ancak gerekli görülmesi halinde üç boyutlu (3D) analiz ile çözüm yapılmasını önermiştir. LaRocque vd. (2013) laboratuvar ortamında, 7.31 m uzunluğunda, 18 cm genişliğince cam dikdörtgen kanal şeklinde kurduğu modelde giyotin kapağın açılması ile baraj yıkılma problemini deneysel ve FLUENT programı ile teorik olarak incelemiştir. Çalışmalarını farklı mansap su seviyeleri ve mansap bölümünün kuru olması durumlarına göre yapmıştır. Mukayese sonucunda Navier-Stokes denklemlerinin baraj yıkılma

hesaplarında güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Güney vd. (2013) İzmir ili, Seferihisar ilçesi, Ürkmez Çayı'nda bulunan Ürkmez Barajı'nın ani yıkılma durumunu incelemek için laboratuvar ortamında 1/150 (yatay), 1/30 (düşey) ölçekli çarpıtılmış fiziksel model inşa etmiştir. Fiziksel modelde baraj gölünü, baraj gövdesini, baraj - deniz arasında kalan 30 km uzunluğunda olan mansap bölgesindeki araziye tanımlamış, arazi üzerinde binaları oluşturmuştur. Baraj yıkılması sonrasında oluşacak taşkın dalgasını çeşitli ölçüm aletleri ve kameralar yardımı ile kayıt altına alarak taşkın arazide ilerleyişini gözlemlemiştir. Modelleme ile baraj yıkılma taşkını olması durumunda oluşacak su kotu, su hızı taşkın yayılım süresi gibi parametreleri elde etmiştir. Çalışma sonuçları Bayram (2015) tarafından tez halinde sunulmuştur. Haltas vd. (2016) Ürkmez Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkını HEC-RAS ve Flo-2D programlarını kullanarak hesaplamış, sonuçları çarpıtılmış fiziksel model sonuçları ile karşılaştırmıştır. HEC-RAS ile bir boyutlu (1D) analiz yaparak barajın 300 m mansabındaki yıkılma hidrografını elde etmiş, Flo-2D programı ile bu hidrografi kullanarak iki boyutlu (2D) analiz ile taşkın arazideki yayılımını incelemiştir. İki boyutlu (2D) analizle elde ettiği sonuçları 8 ayrı nokta için çarpıtılmış fiziksel model sonuçları ile kıyaslamıştır. İki boyutlu (2D) analizi gerçekleştirirken çarpıtılmış fiziksel modelde kullanılan sabit pürüzlülük değerinin kullanılması halinde sonuçların uyumlu olduğunu ortaya koymuştur. Şahin (2018) ise Ürkmez Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkını HEC-RAS programında hesaplamıştır. Çalışmasını çarpıtılmış fiziksel modele göre kalibre ederek yapmıştır. Bir boyutlu (1D) ve iki boyutlu (2D) analiz için ayrı ayrı yaptığı hesaplamayı birbiri ile mukayese etmiştir. İki boyutlu (2D) analizde su altında kalan alanların %5 daha fazla olduğunu, hız değerlerinin iki boyutlu (2D) analizde daha yüksek olduğunu hesaplayarak sonuçları tablo halinde vermiştir. Özdemir vd. (2011) Çanakkale ili, Gelibolu ilçesi, Kavak Deresi'nde bulunan Çokal Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkın yayılımını bir boyutlu (1D) analiz ile HEC-RAS programını kullanarak incelemiştir. Hesaplama sonucunda böyle bir afet gerçekleşmesi durumunda Evreşe Ovası'nın ve Çanakkale – İstanbul yolunun zarar göreceğini ifade etmiştir. Düden (2010) Isparta ili, Merkez ilçe, Darı Dere'de bulunan Darıdere Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkın yayılımını bir boyutlu (1D) analiz ile HEC-RAS ve Dambrk programlarını kullanarak hesaplamıştır. Çalışmasında dolusavak proje pik değerinin üzerinde bir

taşkın pik değeri kullanarak suyun baraj üzerinden aşması ve barajın yıkılması senaryosunu ele almış, yıkılma sonrası oluşacak taşkın dalgasını baraj mansabı boyunca 24 km uzunluğundaki bölüm için incelemiştir. Barajın hemen mansabında HEC-RAS ve Dambrk programları ile elde edilen sonuçların farklılık göstermesine karşın bu farklılıkların mansaba doğru azaldığını, mansapta her iki program ile hesaplanan debi ve kotların birbirine yakın olduğunu açıklamıştır. Yıkılma süresindeki değişikliklere göre HEC-RAS programında kesitlerdeki su kotlarında değişiklikler olurken Dambrk programında bu değişikliklerin az olduğunu ifade etmiştir. Çalışma sonucunda baraj mansabındaki bölgeler için debi ve oluşacak su kotlarını tespit etmiştir. S. Kocaman (2007) Baraj yıkılma problemini oluşturduğu fiziki model ile deneysel, iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) analiz ile Flow3D programını kullanarak teorik olarak incelemiş, sonuçları mukayese etmiştir. İki boyutlu (2D) analiz için SWE (Shallow Water Equations / Sığ akım denklemleri), üç boyutlu analiz için RANS (Reynolds Avaraged Navier-Stokes) reynolds ortalamalı Navier-Stokes denklemleri ile çözüm yapmıştır. Laboratuvar ortamında, 9 m uzunluğunda, 30 cm genişliğinde ve 34 cm yüksekliğindeki cam dikdörtgen kanal üzerinde çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Baraj yıkılma olayını kanal içerisine yerleştirdiği bir kapak mekanizması yardımı ile sağlamıştır. Model sonuçlarını üç kameradan oluşan bir görüntü algılama sistemi ile elde etmiş, bu sistem sayesinde istenilen her nokta için gerekli verilerin kolayca elde edilebildiğini söylemiştir. Yıkılma hadisesi için oluşturduğu senaryolarda baraj mansabının kuru olduğu, baraj mansabında çeşitli su seviyelerinin olduğu ve mansapta çeşitli eşik yapılarının bulunduğu durumları incelemiştir. Genel olarak üç boyutlu (3D) analiz sonuçları ile deney sonuçlarının oldukça uyumlu olduğunu, iki boyutlu (2D) analiz sonuçlarının ise yıkılma başlangıcında farklı olduğunu sonrasında ise model ile uyumlu hale geldiğini ifade etmiştir. Begnudelli ve Sanders (2007) Güney Kaliforniya'da 1928 yılında zemin problemleri ile yıkılan Saint Francis Barajı'nın yıkılma taşkınına Godunov tipi sığ akım denklemi algoritması ile iki boyutlu (2D) analiz yaparak tekrar hesaplamaya çalışmıştır. Baraj yıkılması ile oluşan taşkın sularını Pasifik Okyanusuna dökülünceye kadar incelemiş, tek bir pürüzlülük değeri kullanarak taşkın yayılım sınırlarını %4, suların ulaşım sürelerini ise %10 doğrulukla hesaplamayı başarmıştır. Karakaya (2005) Bartın ili, Merkez ilçe, Gökırmak Nehri'nde bulunan Kirazlıköprü Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkın

yayılımını bir boyutlu (1D) analiz ile NWS FLDWAV programını kullanarak hesaplamıştır. Çalışmasını belirlediği altı farklı senaryo için yapmış, en elverişsiz senaryonun çok düşük pürüzlülük değerlerinin seçildiği 5 numaralı senaryo olduğunu ifade etmiştir. Mansapta bulunan yerleşim yerlerinde oluşacak tehlikeyi süre, su kotu ve maksimum taşkın debisi bakımından ortaya koymuştur. S. Kocaman (2002) Adana ili, Kozan ilçesi, Kilgen Çayı'nda bulunan Kozan Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkın yayılımını bir boyutlu (1D) analiz ile NWS FLDWAV programını kullanarak hesaplamıştır. Çalışmasında baraj tiplerine göre gedik oluşumunu inceleyerek gedik oluşum süresi, hızı ve su seviyeleri için analizler yapmıştır. Çalışma sonucunda barajın mansabında, 10 km uzaklıkta yer alan Kozan ilçe merkezinin büyük bir kısmının bu afetten zarar göreceğini ortaya koymuştur. Molu (1995) Osmaniye ili, Düziçi ilçesi, Ceyhan Nehri'nde bulunan Aslantaş Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkın yayılımını bir boyutlu (1D) analiz ile Dambrk programını kullanarak incelemiştir.

Bu çalışmada ise; Melen Çayı'nın önemli bir kolu olan Küçük Melen Çayı üzerinde bulunan Hasanlar Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkın ve bu taşkının Büyük İstanbul Su Temini Projesi'nin önemli bir kısmı olan Büyük Melen Barajı'na olan etkisi incelenmiştir. Aynı zamanda Batı bölgemizin ekonomik anlamda kritik noktalarından biri olan Düzce ili ile Düzce Ovası'nın ve de Anadolu'yu İstanbul'a bağlayan, trafik akışının oldukça yoğun olduğu Türkiye'nin en kritik iki arteri D100 (E5) karayolu ve TEM otoyolunun bu afetten nasıl etkileneceği araştırılmıştır.

BÖLÜM 2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER

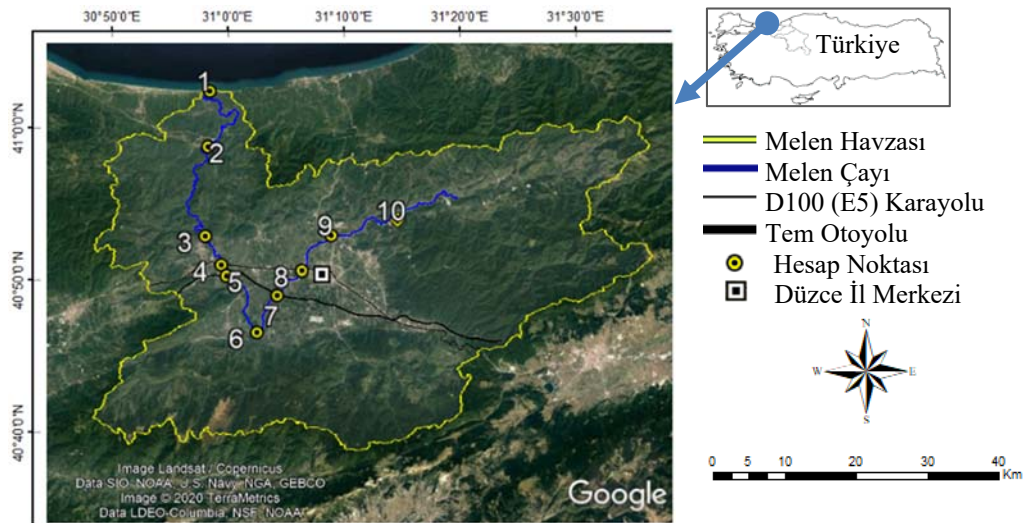
2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Melen Havzası'nın Düzce il sınırları içinde kalan kısmıdır. Türkiye'nin kuzeybatısında, Batı Karadeniz bölgesinde bulunan Düzce, 30° 49' – 31° 51' Doğu Boylamları ve 40° 37' - 41° 06' Kuzey Enlemleri arasında yer almaktadır. Düzce'nin batısında Sakarya, güneybatısında Bolu ve kuzeydoğusunda Zonguldak illeri bulunmaktadır. Düzce ilinin 259300 ha alanı olup 35 km uzunluğunda Karadeniz'de kıyı şeridinde sahiptir (ÇŞB, 2019). Aktif 1. Derece deprem kuşağı içinde yer alan Düzce, tektonik açıdan çok hareketli bir bölgede yer alır. İlde kaydedilen en son büyük depremler 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi ve 12 Kasım 1999 Düzce Depremidir (Özden vd., 2000).

Melen Havzası'nın iklimi Batı Karadeniz iklim tipine uyar. Havzada 1960 - 2018 yılları arası ölçümlere göre en yağışlı mevsimler sonbahar ve kış, en kurak mevsim ise yaz mevsimidir. Düzce ilinin ortalama sıcaklığı 13.3 °C olup en düşük sıcaklık -20.5 °C ve en yüksek sıcaklık 42.0 °C olarak kayıtlara geçmiştir. Aralık ayı 101.5 mm ile yıl içinde en çok yağışın düştüğü aydır. Havza yıllık yağış toplamı ise 819.8 mm olmaktadır. Havzada kar yağışı ve sis etkili olup kar yağışlı gün sayısı 18.8 gün/yıl iken sisli gün sayısı 35.9 gün/yıl olarak ölçülmüştür. Melen Havzası'nda yıllık buharlaşma miktarı 807,8 mm'dir (Akkaya, 2019). Melen havzası 2439 km² büyüklüğünde bir alanı kapsar. Havzaya ismini veren Melen Çayı, Düzce ili Yığılca ilçesinde Bolu dağlarından doğarak Düzce Ovası'na iner. Düzce il merkezinin Kuzey'inden Batı'sına dolanır, ovayı Kuzey-Doğu'dan Güney-Batı'ya kat eder ve Efteni Gölü'ne ulaşır. Bu noktadan sonra Büyük Melen ismini alarak Kuzey yönünde akışına devam ederek Karadeniz'e dökülür. Melen Havzasının küçük bir kısmı Sakarya ve Bolu illeri içerisinde olup büyük kısmı Düzce il sınırları içindedir. Melen

Havzası'ndaki büyük akarsular; Büyük Melen, Küçük Melen, Asar Suyu, Uğur Suyu ve Aksu Deresi'dir. Havzadaki önemli göller; Efteni Gölü, Topuk Yaylası Göleti, Kuru Göl, Islak Göl, Karagöl, Salık Göl, Yayla Gölü, ve Sülüklü Göl'dür. Efteni Gölü Düzce Ovası'nın güneybatısında, Elmacık Dağı'nın kuzey yamacında bulunur (ÇŞB, 2019). Melen Havzasındaki diğer önemli unsurlar Ankara - İstanbul D100 Karayolu, TEM otoyolu, Düzce il merkezi ve Düzce Ovası gösterilebilir. Melen Çayı, Düzce Ovası'nı kat ederken mendereslenme nedeni ile bu yollarla iki kere kesişir.

Melen Çayı'nın önemli kollarından biri olan Küçük Melen Çayı üzerinde Hasanlar Barajı ve anakol olan Büyük Melen Çayı üzerinde Büyük Melen Barajı bulunmaktadır. Yıkılma senaryosu incelenecek Hasanlar Barajı, sulama ve taşkından korunma amacıyla 1965-1972 yılları arasında inşa edilmiş ve 1974 yılında işletmeye açılmıştır. Daha sonra hidroelektrik üretimi planlanmış ve 1991 yılında HES (hidroelektrik santral) kurulmuştur (DSİ, 1991). Baraj halen aktif olarak hizmet vermeye devam etmektedir. Hasanlar Barajı, Düzce il merkezinin 17. km Kuzey-Doğu'sunda, Düzce-Yığılca yolu üzerindeki Hasanlar Köyü'nün 1 km memba kısmındadır. Büyük Melen Barajı ise İstanbul'un su ihtiyacını karşılamak için inşa edilmiştir. Barajın bu asıl görevinin yanında enerji üretmesi de planlanmıştır. Baraj, Sakarya ilinin Kocaali ilçesinde bulunmaktadır. Barajın İstanbul'a yılda 1 milyar 77 milyon m³ su temin etmesi beklenmektedir. Öte yandan 45 MW kurulu güç ile elektrik üretilmesi de planlanmaktadır (DSİ, 2014). Çalışma alanının Türkiye'deki yeri Şekil 2.1.'de verilmiştir.

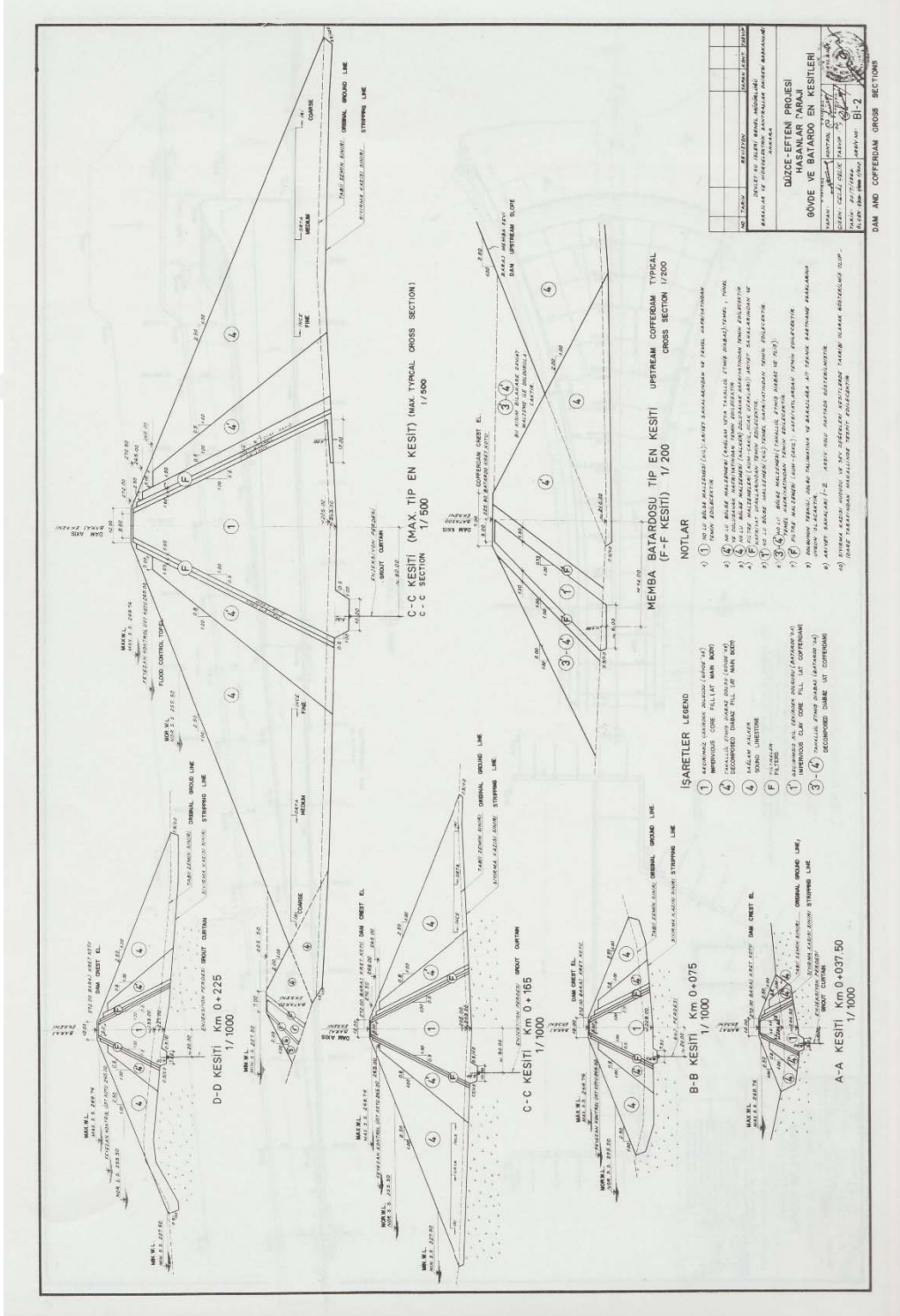


Şekil 2.1. Çalışma Alanının Türkiye'deki Yeri

karakteristik eğrileri Şekil 2.6.'da verilmiştir. Bu projelerden elde edilen ve yıkılma analizi hesaplarında kullanılacak olan veriler aşağıda Tablo 2.2.'de verilmiştir.



Şekil 2.3. Hasanlar Barajı Uydu Görüntüsü

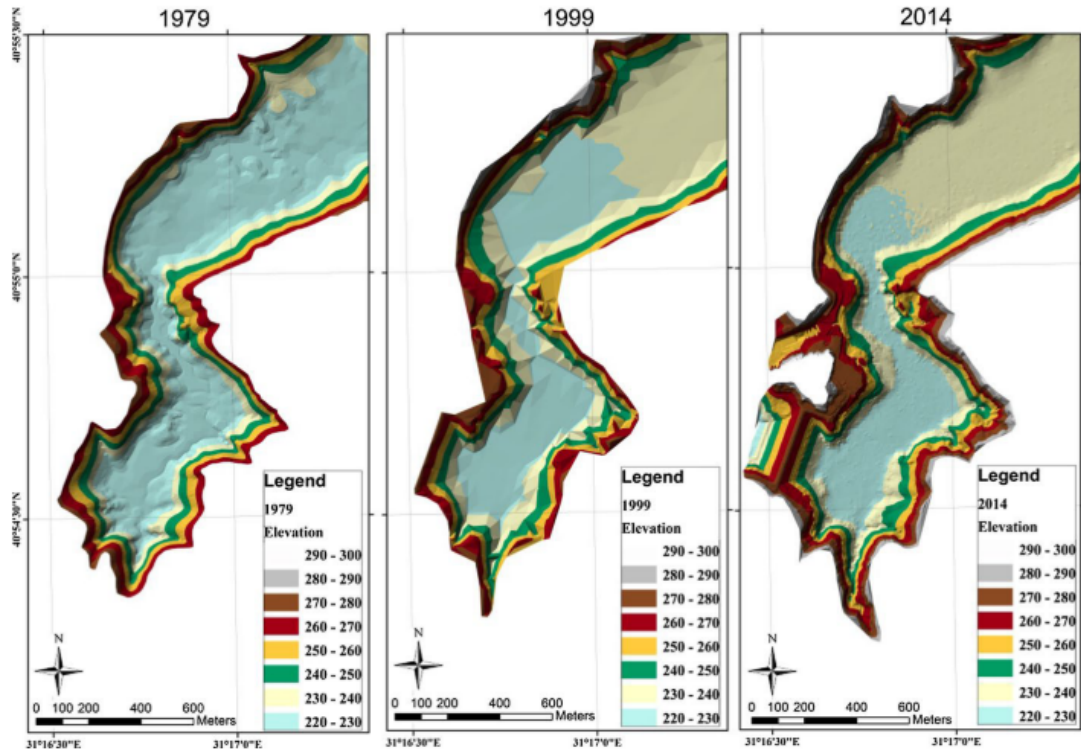


Şekil 2.5. Hasanlar Barajı Gövde Kesitleri (DSİ, 1991)

Tablo 2.2. Hasanlar Barajı Yıkılma Analizi Geometri Parametreleri

Sıra No	Parametre	Birim
1	Kret Kotu	272.80 m
2	Yıkılma Anında Göl Kotu	272.80 m
3	Serbest Kalan Su Hacmi	93550x10 ³ m ³
4	Yıkılma Taban Kotu	235.00 m
5	Memba Yüzü Şev Eğimi	1-2.5 D-Y
6	Mansap Yüzü Şev Eğimi	1-2.5 D-Y

Hasanlar Barajı'nın 45 yıldır işletmede olması ve beklenen bir durum olarak sedimente maruz kalması neticesinde kot-hacim değerlerinde değişiklik ve azalma olmuştur. Bu değişiklik çeşitli yöntemler ile elde edilen 1979, 1999 ve 2014 yıllarına ait batimetrik haritalar ile ortaya konmuştur. Bu haritalar kullanılarak baraj gölüne ait kot-hacim grafikleri elde edilmiştir. Yapılan hesaplamalar işletmeye alındığı 1974 yılından son batimetrik haritanın alındığı 2014 yılına kadar geçen sürede barajın %24 ve 227 m kotuna kadar sediment ile dolduğunu göstermiştir (Darama vd., 2019). Yıllara göre Hasanlar Barajı göl alanı haritaları Şekil 2.7.'de verilmiştir.



Şekil 2.7. Yıllara Göre Hasanlar Baraj Gölü Sedimentasyon Durumu (Darama vd., 2019)

Uygulamalarda kullanılacak olan Büyük Melen Barajı'nın uydu görüntüsü Şekil 2.8.'de, baraj genel yerleşim planı Şekil 2.9.'da, baraj gövde kesitleri Şekil 2.10.'da,

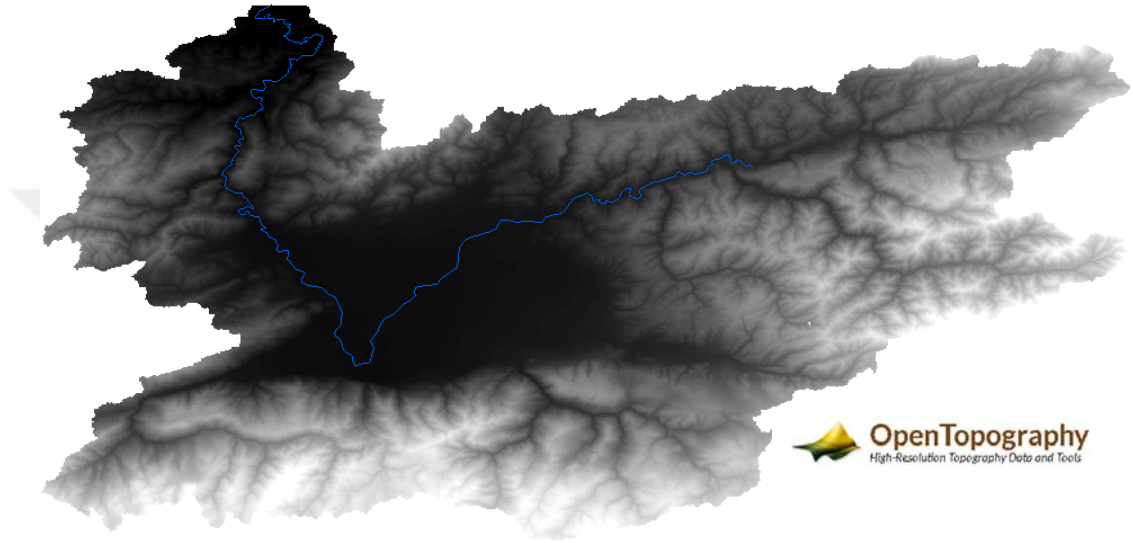
dolusavak en kesiti Şekil 2.11.'de, dolusavak boy kesiti Şekil 2.12.'de ve baraj karakteristik eğrileri Şekil 2.13.'de verilmiştir (Kik, 2019).



Şekil 2.8. Büyük Melen Barajı Uydu Görüntüsü

Projelerin incelenmesi ile görüleceği üzere Baraj gövdesi SSB (Silindirle sıkıştırılmış beton) tiptedir. Dolusavak yapısı baraj gövdesi üzerinde 103.00 m kret kotunda bulunmakta olup 9.00 m genişliğinde 7.76 m yüksekliğinde 5 adet radyal kapak ile donatılmıştır. Karakteristik paftasından görüleceği üzere dolusavak maksimum deşarj kapasitesi 4+1 kapak için 1834 m³/s'dir. Baraj maksimum su seviyesi ise 4 kapak için 2172.00 m³/s pik debili Q₁₀₀₀₀ dolusavak tasarım hidrografına göre yapılan öteleme hesabı sonucunda 110.46 m olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada, taşkın yayılım alanları göreceli olarak büyük olduğundan Opentopography sitesinden ve Yüksel Proje Uluslararası A.Ş.'den elde edilen uydu raster verileri uygulamalarda kullanılmıştır. Kullanılan raster harita 5 m – 30 m arasında değişken çözünürlüktedir. Melen Çayı Havzası raster verisi Şekil 2.14.'de verilmiştir (Opentopography, 2020).



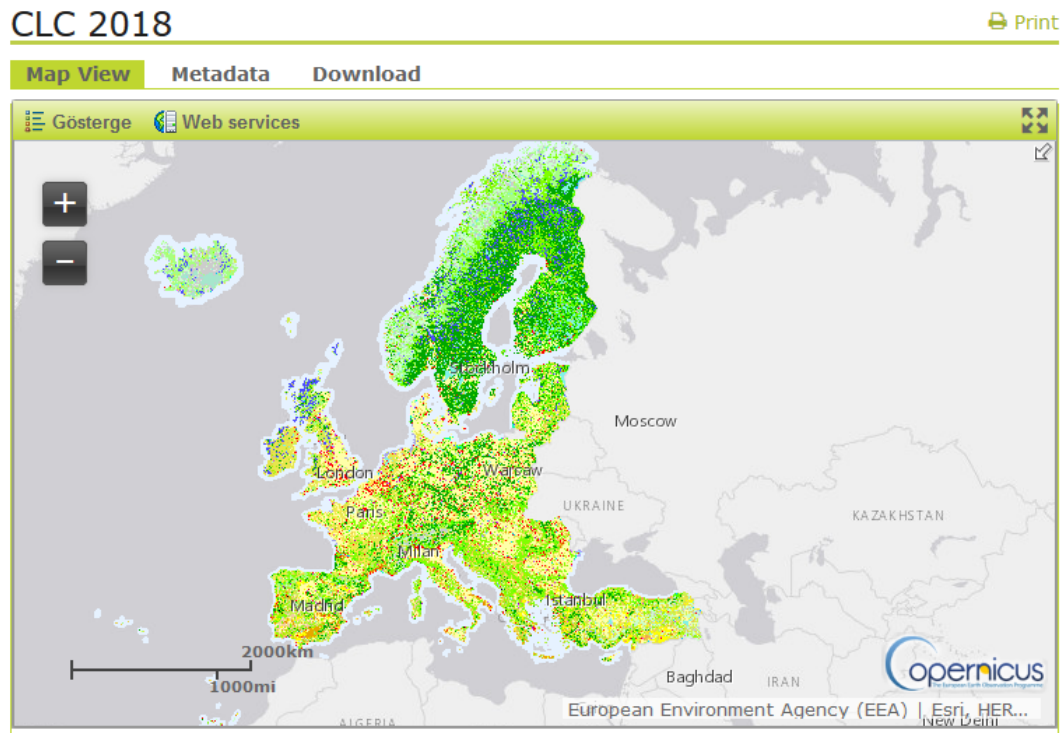
Şekil 2.14. Melen Çayı Havzası Uydu Görüntüsü Raster Verisi

Uydu verisinden üretilmiş yükselti ve düzlüklerin takip edilebildiği üç boyutlu (3D) kabartı uydu görüntüsü haritası Şekil 2.15.'de verilmiştir.



Şekil 2.15. Düzce Ovası ve Melen Çayı Üç Boyutlu (3D) Uydu Görüntüsü Haritası

Çalışmada kullanılacak arazi pürüzlülük haritası, CORINE (Coordination of Information on the Environment) Çevresel Bilginin Koordinasyonu projesi kapsamında oluşturulan arazi örtü sınıflandırma harita verisinden türetilmek sureti ile elde edilmiştir. Elde edilen bu veri raster formatında olup, harita tabanlı bir arazi örtü sınıflandırma sistemi, renk ve kodlama geliştirilmiştir. Bu şekilde kullanıcılara açık erişim ile sağlanan CLC2018 (Corine Land Cover) corine arazi örtüsü raster haritası Şekil 2.16.'da görülmektedir (Copernicus, 2020).



Şekil 2.16. Corine Avrupa Arazi Örtüsü Sınıflandırma Haritası (CLC2018)

Şekil 2.16.'da her bir arazi tipi bir renk ve kodla belirtilmiştir. “Karayolu ve Demiryolları” haritada kahverengi renginde 122 kod numarası ile verilmiştir.

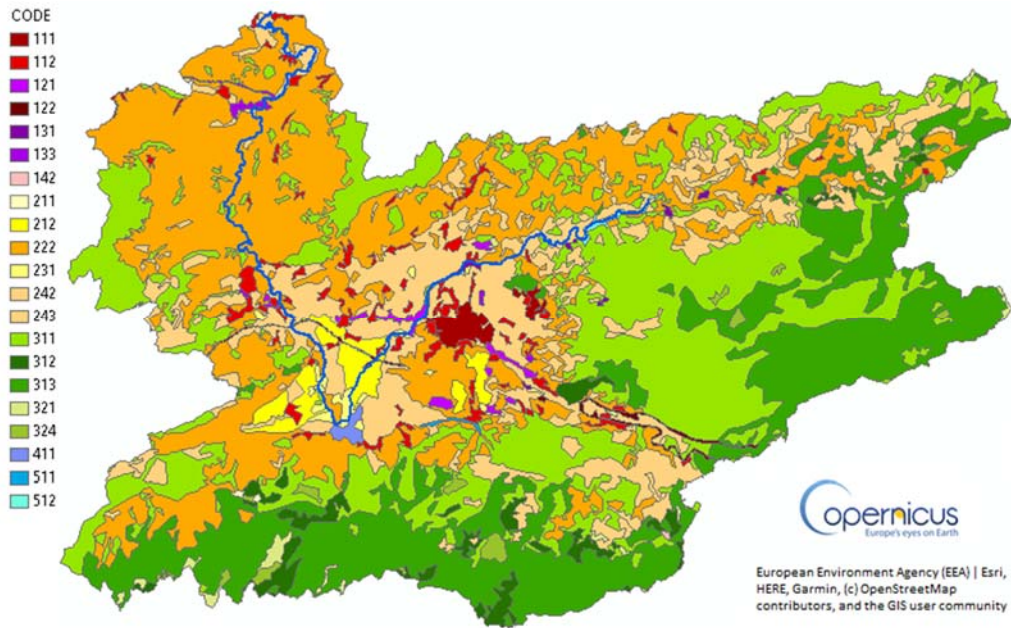
Raster temin edildikten sonra dosya güçlü bir CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) işleme programı olan ArcGIS ile haritanın Melen havza sınırları içinde kalan bölümü clip komutu yardımı ile çıkarılmıştır. Bu şekilde Melen Havzası'nın corine arazi örtüsü sınıflandırma haritası elde edilmiş ve Şekil 2.17.'de verilmiştir. Bu haritadan Manning havza pürüzlülük haritasının türetilmesinde ise Pestana vd. (2013) tarafından yapılan çalışmadan faydalanılmıştır. Yaptıkları çalışmada arazi örtü haritasından Manning

pürüzlülük haritasına geçiş sağlayacak şekilde her kod için bir Manning pürüzlülük katsayısı tespit etmişlerdir.

Melen Havzasında bulunan ve Arazi Örtüsü Sınıflandırma Sistemi kodlarına karşılık gelen Manning pürüzlülük değerleri aşağıda Tablo 2.3.'de verilmiştir.

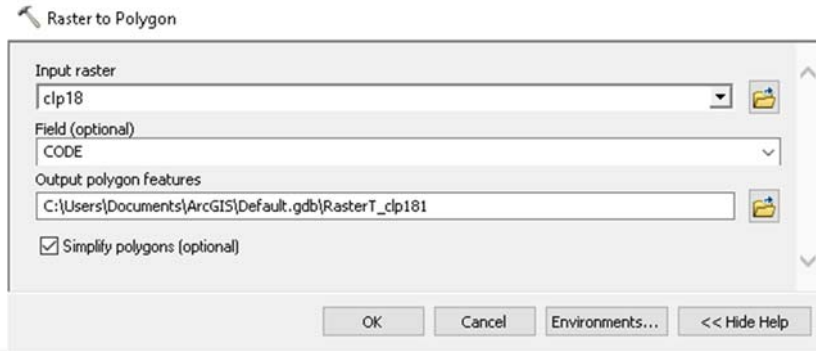
Tablo 2.3. Corine Haritasına Karşılık Gelen Manning Pürüzlülük Değerleri

Code	Tip	n
111	Sürekli Şehirleşme	0.230
112	Kesikli Şehirleşme	0.115
121	Endüstriyel veya Ticari Yerler	0.230
122	Karayolu ve Demiryolları	0.038
131	Maden Sahaları	0.104
133	Şantiyeler	0.115
142	Spor ve Eğlence Yerleri	0.023
211	Sulanamayan Ekilebilir Alanlar	0.043
212	Sürekli Sulama Alanları	0.043
222	Meyve Ağaçları ve Bostanlar	0.043
231	Meralar	0.298
242	Karmaşık Tarım Arazileri	0.023
243	Doğal Bitki Örtüsü İle Kaplı Tarım Alanları	0.058
311	Geniş Yapraklı Ormanlar	0.230
312	İğne Yapraklı Ormanlar	0.127
313	Karışık Ormanlar	0.230
321	Doğal Çayırliklar	0.039
324	Bitki Değişim Alanları	0.058
411	Bataklıklar	0.115
511	Su Yolları	0.035
512	Su Kütleleri	0.035

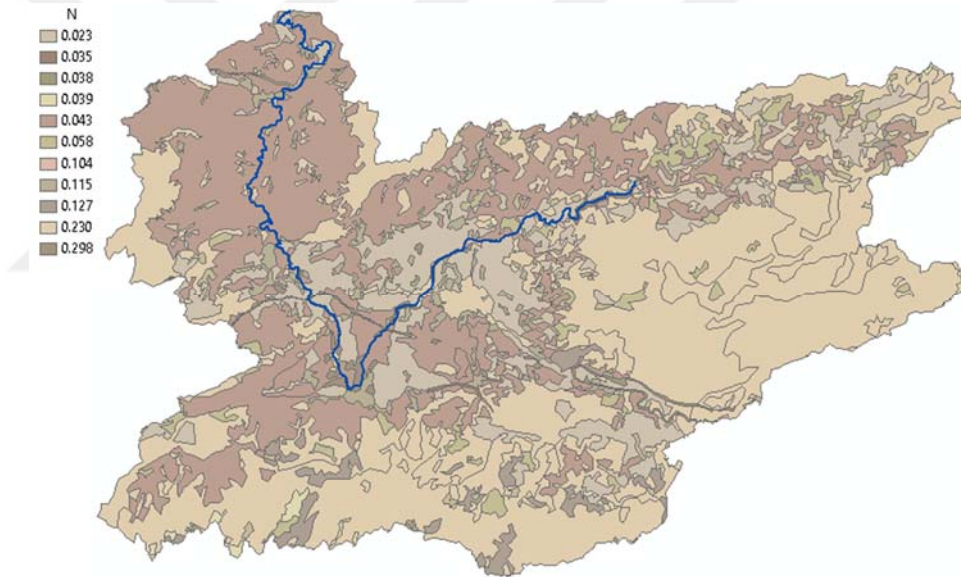


Şekil 2.17. Melen Havzası Corine Arazi Örtüsü Sınıflandırma Haritası

Manning değeri atanması ArcGIS programı vasıtası ile yapılmıştır. ArcGIS Raster to Polygon Penceresi Şekil 2.18.'de verilmiştir.



Şekil 2.18. ArcGIS Raster to Polygon Penceresi



Şekil 2.19. Melen Havzası Manning Pürüzlülük Haritası

Daha sonra her bir kod için Attribute Table açılarak karşılık gelen Manning değeri girilmiş ve Havza Manning (n) pürüzlülük haritası oluşturulmuştur. Elde edilen Melen Havzası Manning (n) pürüzlülük haritası harita Şekil 2.19.'da verilmiştir. Daha sonra elde edilen bu harita Export komutu vasıtası ile HEC-RAS'a aktarılmak üzere SHP formatında kaydedilmiştir.

Düzce Ovası'nda taşkından etkilenecek mahalle ve köylere ait yerleşim yeri nüfusları ise Tablo 2.4.'de verilmiştir (Tüik, 2019).

Tablo 2.4. Baraj Yıkılması Taşkınından Etkilenen Yerleşim Yeri Nüfusları

İl	İlçe	Yerleşim Yeri Adı	Tipi	Nüfus (2019)
	Merkez	Koçyazı	Mahalle	14101
	Merkez	Beyciler	Mahalle	9102
	Merkez	Uzunmustafa	Mahalle	6542
	Merkez	Körpeşler	Mahalle	4802
	Merkez	Kara Hacımusa	Mahalle	4547
	Merkez	Ağaköyü	Mahalle	4086
	Merkez	Karaca	Mahalle	4053
	Merkez	Sancaklar	Mahalle	3891
	Merkez	Orhangazi	Mahalle	2843
	Merkez	Çamköy	Mahalle	2211
	Merkez	Arapçiftliği	Mahalle	2084
	Merkez	Çavuşlar	Mahalle	1979
	Merkez	Akınlar	Mahalle	1520
	Merkez	Çakırlar	Mahalle	975
	Merkez	Mergiç	Mahalle	771
	Merkez	Tokuşlar	Mahalle	562
	Merkez	Sarayyeri	Mahalle	552
	Merkez	Yörük	Köy	3807
	Merkez	Yeni Taşköprü	Köy	2022
	Merkez	Üçyol	Köy	890
Düzce	Merkez	Şaziye	Köy	842
	Merkez	İhsaniye	Köy	837
	Merkez	Bahçe	Köy	806
	Merkez	Taşköprü	Köy	745
	Merkez	Bostanlık	Köy	688
	Merkez	İslahiye	Köy	665
	Merkez	İstilli	Köy	618
	Merkez	Karadere Hasanağa	Köy	557
	Merkez	Akyazı	Köy	424
	Merkez	Köprübaşı	Köy	418
	Merkez	Kadioğlu	Köy	402
	Merkez	Mamure	Köy	393
	Merkez	Yayakbaşı	Köy	377
	Merkez	Nuhlar	Köy	238
	Merkez	Hasanlar	Köy	228
	Merkez	Çiftlik	Köy	202
	Merkez	Paşakonağı	Köy	164
	Çilimli	Dikmeli	Köy	723
	Çilimli	Alacamescit	Köy	553
	Çilimli	Döngelli	Köy	603
	Çilimli	Arabacı	Köy	340
	Gümüşova	Hacıkadirler	Köy	720
	Gümüşova	Yakabaşı	Köy	702
	Gümüşova	Çaybükü	Köy	564
	Gümüşova	Adaköy	Köy	339
	Gümüşova	Kahveleryanı	Köy	286
	Gümüşova	Sultaniye	Köy	272
TOPLAM				85046

BÖLÜM 3. KULLANILAN YÖNTEM

Baraj yıkılma taşkınının arazideki yayılımı bir boyutlu (1D) , iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) analizler ile nümerik olarak hesaplanabilmektedir. Bu mühendislik problemi üç boyutlu (3D) denklemler ile oldukça iyi, iki boyutlu (2D) denklemleri ile ise yeterli hassasiyetle çözülebilmektedir. Bazı problemlerde bir boyutlu (1D) analiz de istenilen sonuca ulaşmakta yeterli olmaktadır. Ancak (1D) analiz çözüm süresi saatler ile üç boyutlu (3D) analiz çözüm süresi ise günler ile ifade edilmekte, iki boyutlu (2D) çözüm ise üç boyutlu çözüme göre çok daha kısa sürmektedir. Kilometrelerce uzunluktaki nehirler için üç boyutlu (3D) çözüm ekonomik olmayıp gerekli de değildir. Bu nedenle ancak gerekli görülmesi halinde üç boyutlu (3D) analiz tercih edilmelidir (Betsholtz ve Nordlöf, 2017; İşcen vd., 2017; Palamut, 2014; Pilotti vd., 2020). Bu çalışmada çalışma alanının büyüklüğü ve çözülmek istenen problem dikkate alınarak hesaplamalar iki boyutlu (2D) analiz ile yapılmış, çalışmada HEC-RAS programı tercih edilmiştir.

3.1. Akım Denklemlerinin Teorisi

Doğadaki akımı en iyi temsil eden, akımdaki türbülansı dikkate alan ve çözümünü en zor denklemler üç boyutlu (3D) Navier-Stokes denklemleridir.

Bu denklemler ile hassas sonuçlar elde edilebilse de sonuçların doğruluğundan belirli oranda feragat edilerek çeşitli yöntemler ile denklem takımı, problemlerin çözümüne uygun hale getirilmiştir. Bu çözümlerden bir tanesi de bu çalışmada da kullanılan iki boyutlu (2D) Difüzyon Dalga Denklemleridir.

Kuvvet ve itme arasındaki temel ilişki, maddeye hareket veren kuvvet F , maddenin kütlesi m ve ivmesi a olmak üzere ($F=m.a$), Newton'un ikinci kanunu ile ifade edilir.

Newton'un ikinci kanununun kontrol hacmine uygulanması ile elde edilen, akışkanlar mekaniğinin temel denklemleri olan Navier-Stokes denklemleri, süreklilik ve momentum denklemlerinden oluşur.

Navier-Stokes denklemleri;

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho V) = 0 \quad (3.1)$$

$$\rho \frac{dV}{dt} = -\nabla p + \nabla \tau + \rho g \quad (3.2)$$

V hız vektörü, ρ yoğunluk, τ gerilme tensörü, g yerçekimi ivmesi, t zaman, p basınç olacak şekilde; (3.1) denklemi kütle korunumunu ifade eden süreklilik denklemi ve (3.2) momentum denklemdir. Buradan sıg akım denklemlerine geçmek için ise düşey ivmenin ihmal edilerek bu denklemlerin indirgenmeleri gerekir. Bu şekilde x yönü için Saint – Venant denklemleri şu şekilde elde edilir (S. Kocaman, 2007).

Saint – Venant denklemleri;

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (3.3)$$

$$(k_t) \left(\frac{\partial Q}{\partial t} \right) + (k_c) \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + (k_p) g A \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right) - (k_f) g A (S_0 - S_f) = 0 \quad (3.4)$$

(3.3) kütle korunumunu ifade eden süreklilik denklemi ve (3.4) momentum denklemdir. Momentum denkleminde soldan sağa doğru terimler yersel ivme, konvektif (taşınasal) ivme, basınç kuvveti ve sürtünmedir. Saint – Venant denklemleri çözüldükten momentum denklemindeki bu sayılan terimlerin tamamı dikkate alınarak ($k_t=k_c=k_p=k_f=1$) yapılan hesaba Full Saint – Venant, Dinamik Dalga veya Dinamik Öteleme denmektedir. HEC-RAS programında bu şekilde çözüm yapılmak isteniyorsa ayarlardan Full Momentum denklem seti seçilmelidir. (k_t), (k_c), (k_p) ve (k_f) değerlerinden bazılarının ihmal edilmesi ile Full Saint – Venant denklemlerinin daha

hızlı, kararlı ve basitleştirilmiş çözümleri türetilmiştir. $k_t=0$, $k_c=0$, $k_p=0$ ve $k_f=1$ için; Kinematik dalga, $k_t=0$, $k_c=0$, $k_p=1$ ve $k_f=1$ için; Ataletsiz dalga, $k_t=1$, $k_c=1$, $k_p=1$ ve $k_f=0$ için; Ağırlık dalgası, $k_t=0$, $k_c=1$, $k_p=1$ ve $k_f=1$ için; Yarı kararlı dinamik dalga çözümleri mevcuttur. Yersel ivme ile konvektif (taşınal) ivmenin ihmal edildiği yani Ataletsiz Dalga çözümüne Difüzyon Dalga ismi verilmiştir (Kaya ve Ülke, 2012; S. Kocaman, 2007). HEC-RAS programında bu çalışmada olduğu gibi Difüzyon Dalga denklemleri ile çözüm yapılmak isteniyorsa ayarlardan Diffusion Wave denklem seti seçilmelidir.

Yukarıda açıklandığı üzere iki boyutlu (2D) çözüm için HEC-RAS programında varsayılan seçenek Difüzyon Dalga denklem seti veya opsiyon seçenek Full Saint-Venant denklem setlerinden birisi seçilir. Genellikle Difüzyon Dalga yaklaşımı ile Full Saint-Venant'a göre çoğu uygulamada daha stabil bir model ile çözüm yapma imkanı bulunur. Kullanıcı tarafından problemin karmaşıklığı göz önüne alınarak bu iki denklem setinden birinin seçilmesi, ancak pratik olduğunda Difüzyon Dalga yerine Full Saint-Venant ile çözüme gidilmesi tavsiye edilmiştir. (Usace, 2010, 2014, 2015a, 2015b).

3.2. Akım Denklemlerinin Çözümü

Saint-Venant denklemleri lineer olmayan bir hiperbolik kısmi diferansiyel denklem takımıdır. Bu kısmi diferansiyel denklem takımının çözüm yöntemlerinden bir tanesi de açık veya kapalı yaklaşımla çözümün alındığı sonlu farklar yöntemidir. Bu yöntemle Saint – Venant denklemleri çözülürken x eksenini ve t eksenini olacak şekilde koordinat ağ sistemi ile çözüm bölgesi oluşturulur. Koordinat takımında x eksenine çizilen paraleller Δt zaman adımları olarak ifade edilir. Bu Δt zaman adımlarını kontrol eden denklem Courant şartı olarak isimlendirilmektedir (Düden, 2010). İki boyutlu (2D) analizde sonlu hacimler yöntemi ile çözüm yapılırken ise bu Δx mesafesi hücre boyutu olmaktadır. HEC-RAS programında C Courant Sayısı, V su hızı, T zaman ve X mesafe olmak üzere denklem (3.5) ile Courant şartı şu şekilde kontrol edilebilir;

$$C = V \frac{\Delta T}{\Delta X} \quad (3.5)$$

3.3. Baraj Yıkılma Denklemleri

HEC-RAS programında baraj yıkılması durumunda oluşacak taşkın hidrografi entegre breach modülü vasıtası ile hesaplanabilmektedir. Program borulanma (piping) ve suyun üstten aşması (overtopping) durumları için baraj yıkılma analizleri yapabilmektedir. Bunun için programa yerleştirilmiş 5 adet denklem seti bulunmaktadır. Bunlar MacDonald, Froehlich (1995) , Froehlich (2008), Von Thun & Gillete ve Xu & Zhang denklem setleridir. Bu denklemler vasıtası ile baraj gövdesinde oluşacak gediğin geometrisi ve oluşma süresi belirlenmektedir. Bu parametreler program tarafından savak formülüne uygulanarak hidrograf ve dolayısı ile pik debi elde edilmektedir. Kaya dolgu barajların üstten aşma ile yıkılma durumları için ilgili denklemler aşağıda verilmiştir.

MacDonald (MacDonald and Langridge-Monopolis) metodunda denklem (3.6) aşınan baraj gövdesi miktarı, denklem (3.7) ortalama gedik genişliği ve denklem (3.8) gedik oluşum süresi olarak ifade edilmiştir.

$$V_{eroded} = 0.00348 (V_{out} h_w)^{0.852} \quad (3.6)$$

$$B_{ave} = \frac{V_{eroded} - h_b^2 (CZ_b + \frac{h_b Z_b Z_3}{3})}{h_b (C + \frac{h_b Z_3}{2})} \quad (3.7)$$

$$t_f = 0.0179 (V_{eroded})^{0.364} \quad (3.8)$$

Burada V_{eroded} baraj gövdesinden boşalan dolgu hacmi, V_{out} gedikten geçen toplam su hacmi, h_w gedik tabanı rezervuar kotu arasındaki mesafe, h_b kret ile gedik tabanı arası mesafe, C kret genişliği, Z_b gedik şev eğimleri, Z_3 baraj gövdesi memba ve mansap şevlerinin eğimleri toplamıdır.

Froehlich (1995) metodunda denklem (3.9) ortalama gedik genişliği ve denklem (3.10) gedik oluşum süresi olarak ifade edilmiştir.

$$B_{ave} = 0.1803K_0V_{res}^{0.32}h_{bre}^{0.19} \quad (3.9)$$

$$t_f = 0.00254 V_{res}^{0.53}h_{bre}^{-0.90} \quad (3.10)$$

Burada K_0 üstten aşma durumları için sabit 1.4, V_{res} göl hacmi, h_{bre} gedik nihai yüksekliğidir.

Uygulamada kullanılan Froehlich (2008) metodunda ise denklem (3.11) ortalama gedik genişliği ve denklem (3.12) gedik oluşum süresi olarak ifade edilmiştir.

$$B_{ave} = 0.27K_0V_{res}^{0.32}h_{bre}^{0.04} \quad (3.11)$$

$$t_f = 63.2 \sqrt{\frac{V_{res}}{gh_{bre}^2}} \quad (3.12)$$

Burada K_0 üstten aşma durumları için sabit 1.3, V_{res} göl hacmi, h_{bre} gedik nihai yüksekliğidir.

Von Thun & Gillete metodunda; denklem (3.13) ortalama gedik genişliği ve denklem (3.14) gedik oluşum süresi olarak ifade edilmiştir:

$$B_{ave} = 2.5h_w + C_b \quad (3.13)$$

$$t_f = \frac{B_{ave}}{4h_w} \quad (3.14)$$

h_w yıkılma anındaki su yüksekliği, C_b tabloda verilen rezervuar katsayısı, t_f gedik oluşum süresidir.

Xu & Zhang metodunda ise denklem (3.15) ortalama gedik genişliği, (3.16) gedik üst genişliği ve denklem (3.17) gedik oluşum süresi olarak ifade edilmiştir.

$$B_{ave} = h_b 0.787 \left(\frac{h_d}{h_r} \right)^{0.133} \left(\frac{V_w}{h_w} \right)^{\frac{1}{3}} 0.652 e^{B_3} \quad (3.15)$$

$$B_{top} = h_b 1.602 \left(\frac{h_d}{h_r} \right)^{0.092} \left(\frac{V_w}{h_w} \right)^{\frac{1}{3}} 0.508 e^{B_2} \quad (3.16)$$

$$t_f = 0.304 \left(\frac{h_d}{h_r} \right)^{0.707} \left(\frac{V_w}{h_w} \right)^{\frac{1}{3}} 1.228 e^{B_5} \quad (3.17)$$

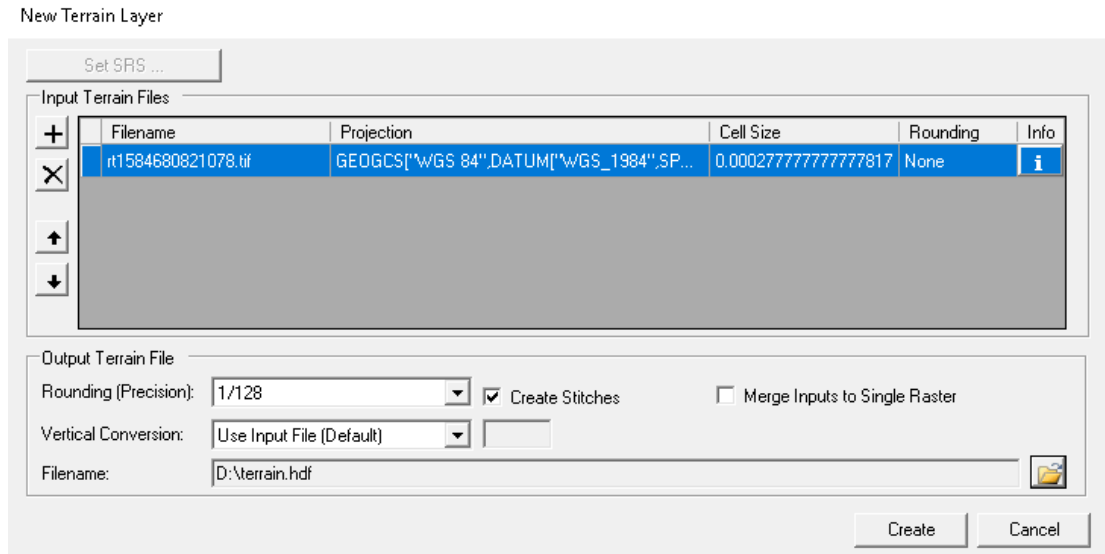
h_b yıkılma anındaki gedik yüksekliği, h_d baraj yüksekliği, h_w yıkılma anındaki gedik yüksekliği, h_r sabit=15 m, V_w yıkılma anındaki rezervuar hacmi, B_{3-2-5} erozyon katsayısıdır.

Baraj gedik geometrilerinin ve gedik oluşum sürelerinin hesaplandığı her bir yöntem kendisine has bir veri kümesinden elde edildiğinden hesap yapılırken denklemler farklı yöntemler karıştırılarak kullanılmamalıdır. Her bir gedik genişliği denklemi ve oluşum süresi denklemi kendi içerisinde birbiri ile ilişkilidir (Usace, 2014).

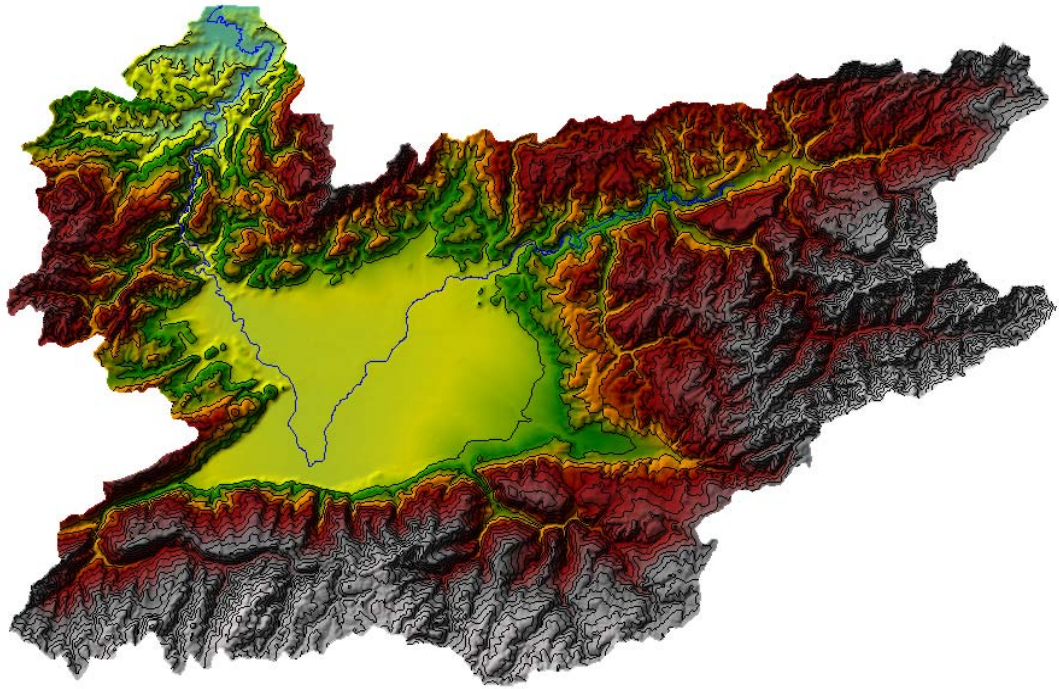
BÖLÜM 4. UYGULAMA

Uygulamaya raster harita ve manning pürüzlülük harita verilerinin HEC-RAS programına yüklenmesi ile başlanmıştır. Bu veriler aşağıda açıklandığı şekilde terrain layer ve Manning layer olarak programa aktarılmıştır.

Programın GIS Tools / RasMapper editörü raster formatındaki haritalar ile çalışmakta olup uygulamanın yapılacağı alanın harita değerleri ve küresel konumunun bilgileri buradan programa veri olarak girilmiştir. Raster verisinin programa eklenmesi Terrain bölümündeki CreateNewRasTerrain sekmesi yardımı ile yapılmıştır. Bu sekme ile NewTerrainLayer penceresi açılmıştır. Yükleme butonu vasıtasıyla Bölüm 2, Şekil 2.14.'de verilen Melen Havzası raster verisi harita programa yüklenmiştir. Raster verinin programa alındığı NewTerrainLayer penceresi Şekil 4.1.'de, bu pencere yüklenmiş ve uygulamada kullanılmak üzere işlenmiş terrain layer Şekil 4.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. New Terrain Layer Penceresi



Şekil 4.2. HEC-RAS Ortamına Alınmış Terrain Layer

Raster haritanın terrain layer olarak programa tanımlanmasından sonra Manning pürüzlülük haritasının programa yüklenmesi işlemine geçilmiştir.

Manning pürüzlülük haritasının tanımlanma işlemleri yine programın harita işlemcisi olan RasMapper editörü vasıtası ile yapılmıştır. Bunun için RasMapper editörü açılmış, MapLayers / Add New Manning's n Layer sekmesi seçilmiş, Manning's n Value Layer penceresindeki input files yardımı ile Bölüm 2, Şekil 2.19.'da verilen SHP formatındaki Melen Havzası pürüzlülük haritası programa yüklenmiştir. Manning pürüzlülük haritası programa yüklendikten pürüzlülük değerlerinin eşleşmesi için Name Field kısmından Code, Manning Field kısmından ise Attribute Table için oluşturulan Manning değeri seçilmiştir. Daha sonra Cell Size kısmından oluşturulacak yeni layer için hücre boyutu girilerek pürüzlülük haritasının programa tanıtılma işlemi tamamlanmıştır. Manning's n Value Layer Penceresi Şekil 4.3.'de, HEC-RAS ortamına alınmış ve uygulamada kullanılmak üzere işlenmiş Manning katmanı Şekil 4.4.'de verilmiştir.

Manning's n Value Layer

Input Files

Import Extents: Geometries (Custom) CODE_12 N_Value

Filename	Projection	Info	Naming Std.	Name Field	Mann. N Field
Export_Output_2.shp	PROJCS["ETRS...	544 of 786 Polyg...	(Custom)	CODE_12	N_Value

Selected File Land Cover Identifiers

Name Field	Description
313	313
222	222
112	112
242	242
311	311
243	243
324	324
131	131

Output File

RAS Description	ID	Mann. N
NoData	0	
111	1	0.23
112	2	0.115
121	3	0.23
122	4	0.038
131	5	0.104
133	6	0.115

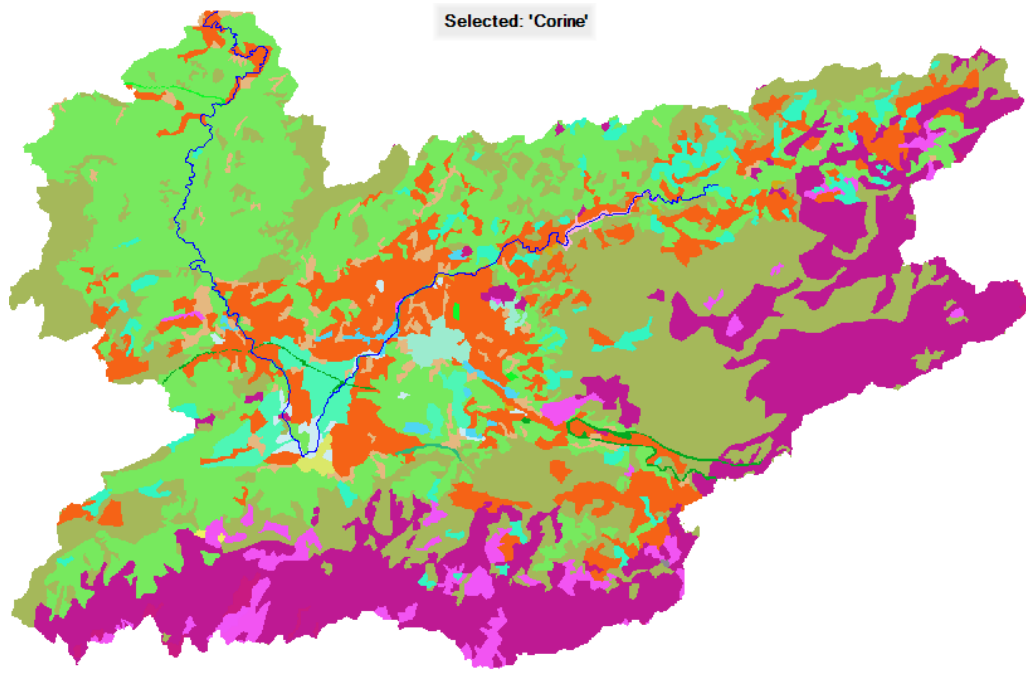
Output ID Standards: (Custom)

Cell Size: 1 meters Output Size: ~17 MB

Filename: d:\...\ManningMap\Mannings_n.hdf

Create Cancel

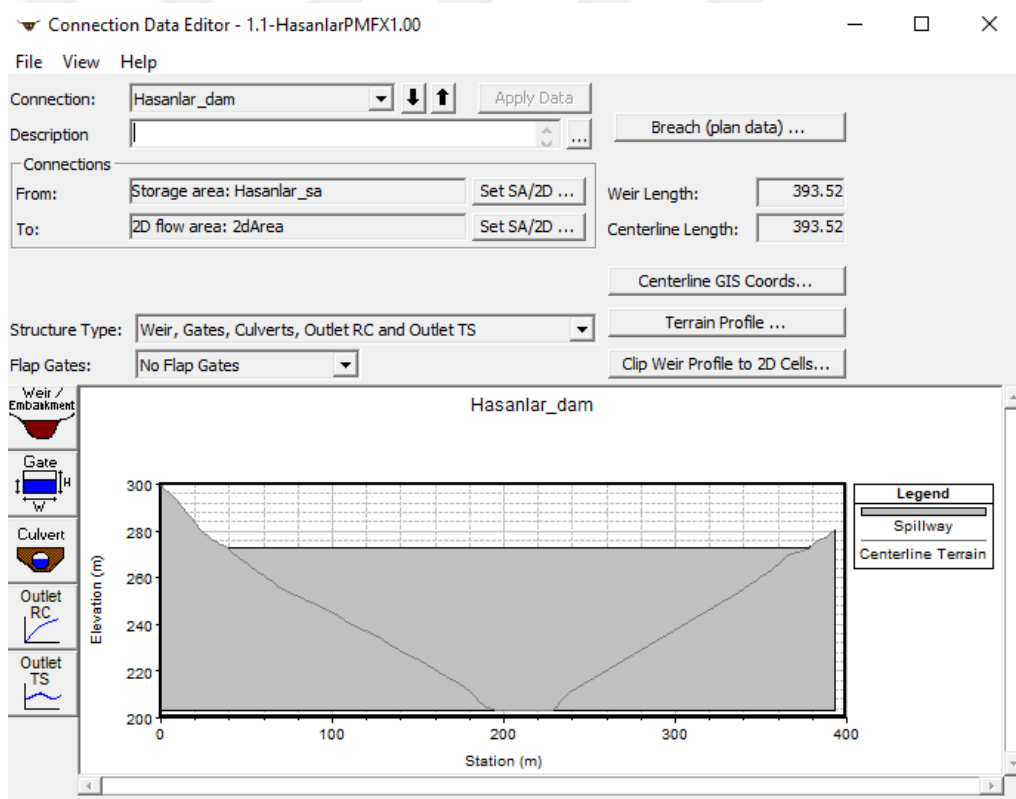
Şekil 4.3. Manning's n Value Layer Penceresi



Şekil 4.4. HEC-RAS Ortamına Alınmış Manning Layer

Harita verilerinin programa yüklenmesinden sonra Hasanlar Barajı ve Büyük Melen Barajı geometri verilerinin programa tanımlanması işlemi ile uygulamaya devam edilmiştir.

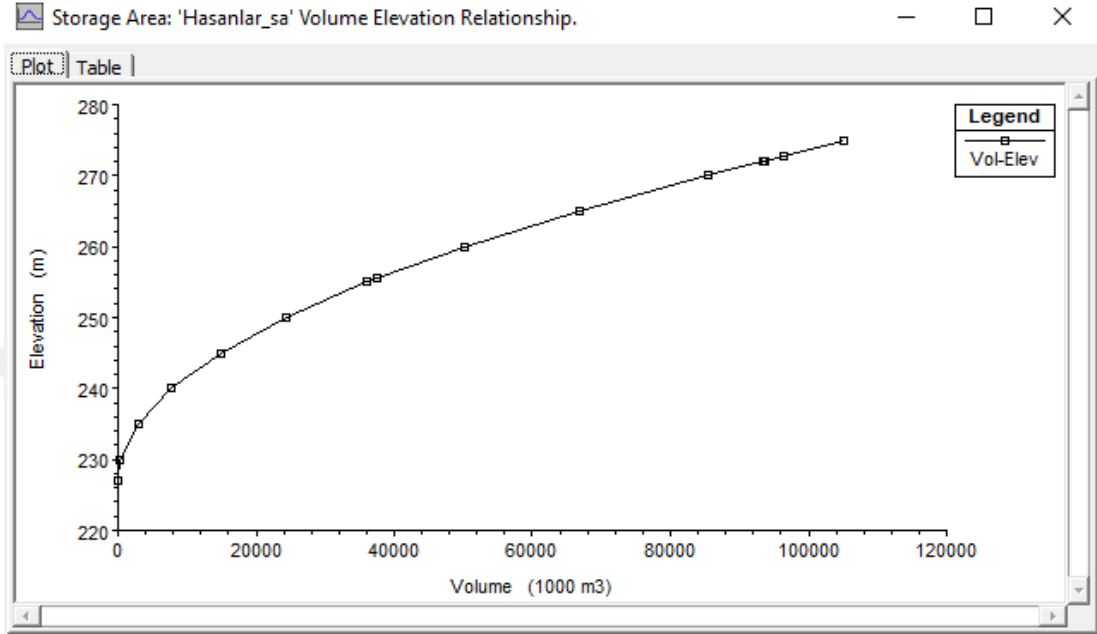
Hasanlar Barajı'nın gövde geometrisi ile ilgili bilgiler Bölüm 2, Şekil 2.4.'de ve Şekil 2.5.'de verilen projeler ve Tablo 2.2.'deki veriler kullanılarak programa Edit / Geometric Data editöründeki Connection Data penceresinden girilmiştir. Bu işlem için editör açılmış, harita üzerinden koordinatlar dikkate alınarak yapı aksı sol sahilden sağ sahile doğru çizilmiş ve çizim sonrası açılan ekranda metre bazında kot değerleri girilerek hidrolik yapının gövde geometrisi oluşturulmuştur. Connection Data Penceresinden tanımlanan baraj gövdesi Şekil 4.5.'de verilmiştir.



Şekil 4.5. Hasanlar Baraj Gövdesine Ait Geometri Girişi

Baraj gövdesinden sonra baraj gölü, Edit / Geometric Data editöründeki Storage Area penceresinden harita üzerinde çizilmiş ve programa tanımlanması yapılmıştır. Bu çizim yapılırken kret su seviyesine karşılık gelen münhani takip edilmiş ve kapalı poligon oluşturulmuştur. Çizim tamamlandıktan sonra açılan pencere yardımı ile

Bölüm 2, Şekil 2.7.'de verilen yeni gölalanı batimetrik haritasındaki kot-hacim değerleri bu ekrana girilmiştir. Bu şekilde programda Hasanlar Barajı kot-hacim eğrisi oluşturulmuş ve eğri aşağıda Şekil 4.6.'da verilmiştir.

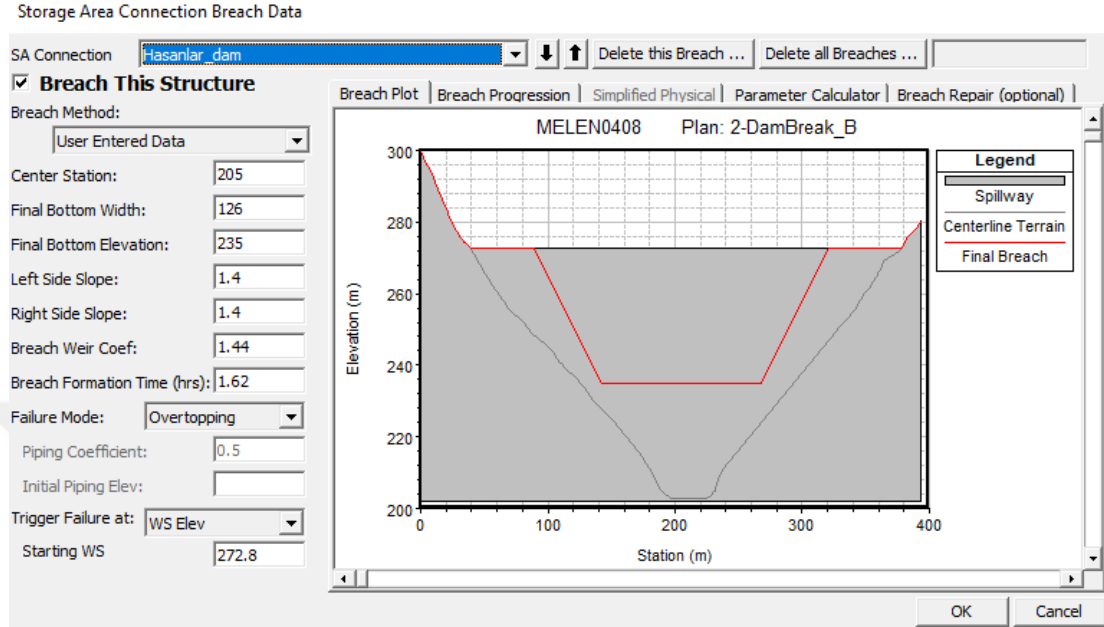


Şekil 4.6. Hasanlar Baraj Gölü Yeni Kot-Hacim Eğrisi

Hasanlar Barajı gövdesi ve gölalanı tanımlanması işleminden sonra baraj için gediklenme parametrelerinin programda ayarlanması işlemine geçilmiştir. Bu çalışmada barajın mevcut durumu dikkate alınarak sadece suyun üstten aştığı hal için barajın gediklenerek tedricen yıkıldığı durumu gösteren (overtopping) yıkılma modeli seçilmiştir. Baraj yıkılma hidrografının hesaplanması için daha önce Connection Data peneresinden tanımlanmış olan baraj gövdesi seçilerek Breach penceresi vasıtası ile yıkılma parametreleri bu bölüme girilmiştir.

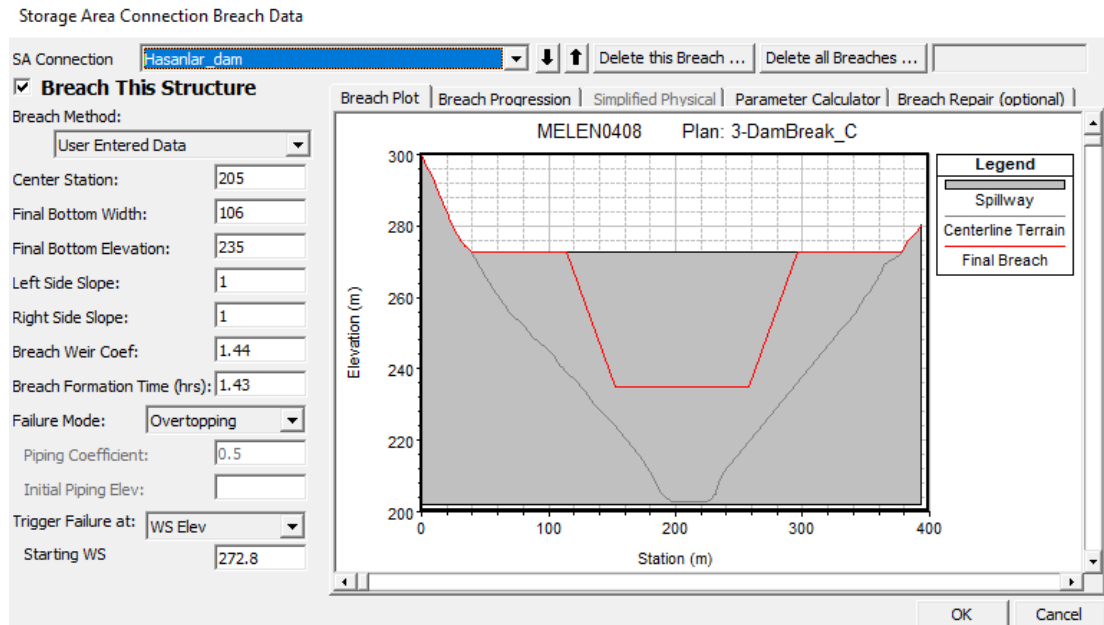
HEC-RAS programı 5 farklı yıkılma deklemleri için baraj yıkılma hidrograflarını elde edebilmekte olup bu opsiyon dikkate alınarak hesaplamalar MacDonald et al, Froehlich 1995, Froehlich 2008, Von Thun & Gillette ve Xu & Zhang yöntemleri için ayrı ayrı yapılmıştır. Her bir yıkılma denklemi için kullanılan ve sabit olan geometri parametreleri Bölüm 2, Tablo 2.2.'de verilmiştir.

Connection Data peneresinden Froehlich 1995 yöntemi için yapılan veri girişi Şekil 4.9.'da,



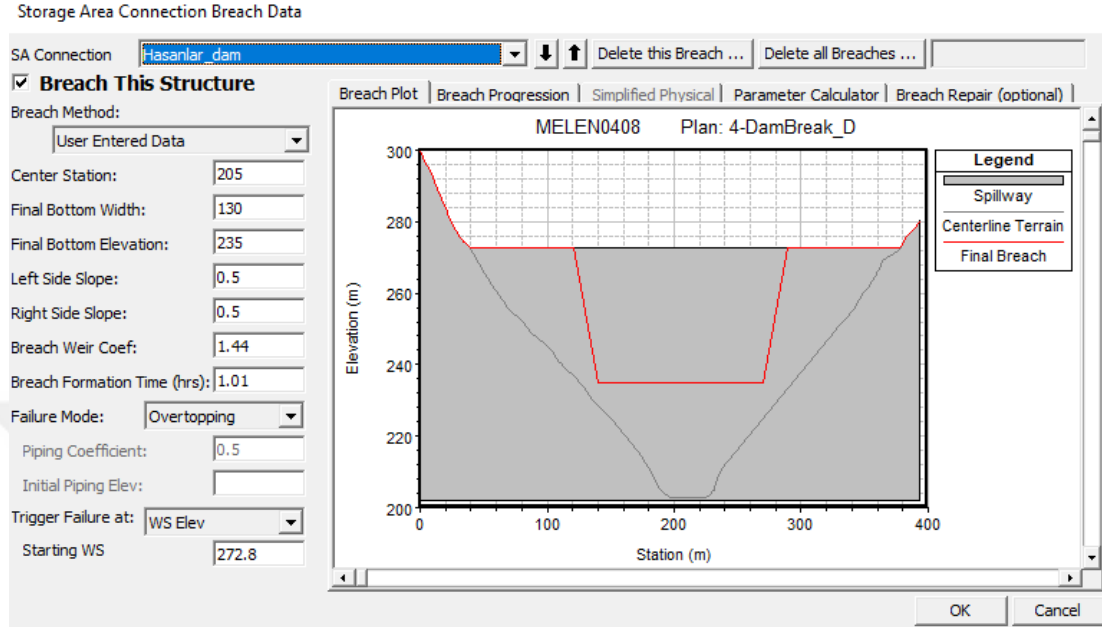
Şekil 4.9. Breach Data Parametreleri (Froehlich 1995)

Connection Data peneresinden Froehlich 2008 yöntemi için yapılan veri girişi Şekil 4.10.'da,



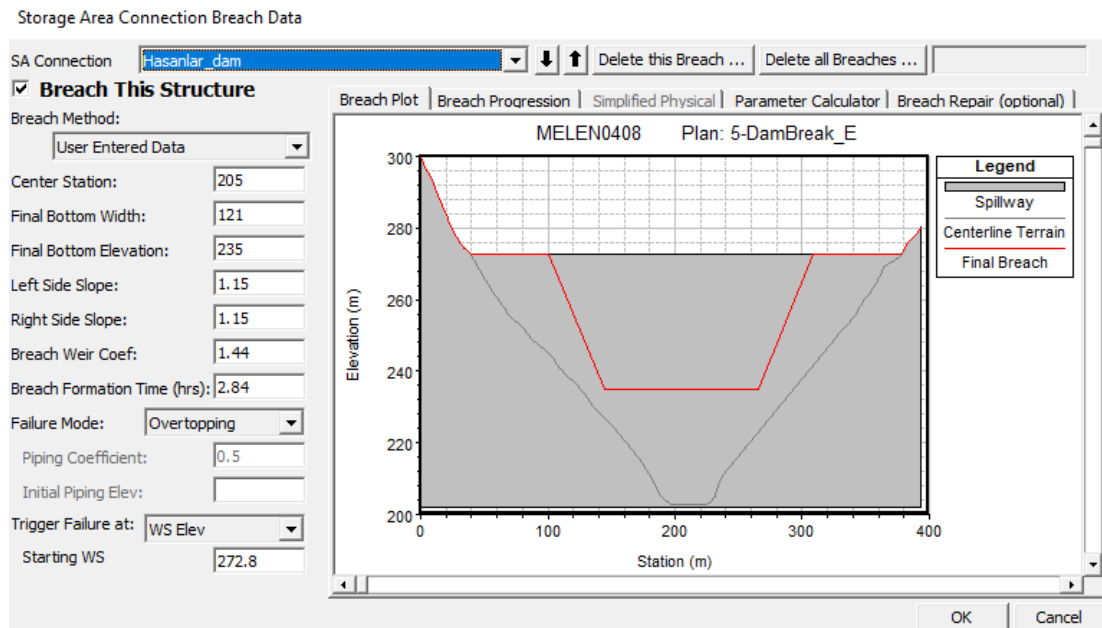
Şekil 4.10. Breach Data Parametreleri (Froehlich 2008)

Connection Data peneresinden Von Thun & Gillette yöntemi için yapılan veri girişi Şekil 4.11.'de,



Şekil 4.11. Breach Data Parametreleri (Von Thun & Gillette)

Connection Data peneresinden Xu & Zhang yöntemi için yapılan veri girişi Şekil 4.12.'de verilmiştir.



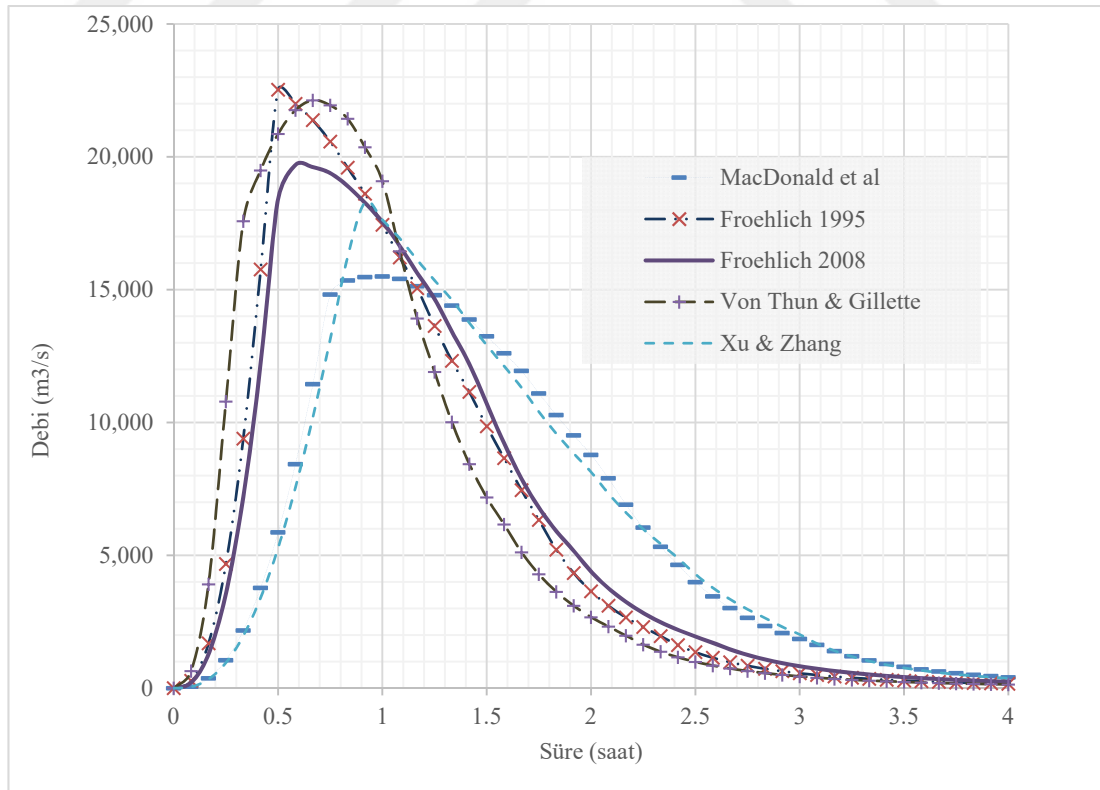
Şekil 4.12. Breach Data Parametreleri (Xu & Zhang)

Hesaplamalar 5 dakika hassasiyetle Unsteady Flow kabulü ile yapılmış ve Hasanlar Barajı Yıkılma Hidrografi Hesap Parametreleri ve sonuçları her bir model için Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Hasanlar Barajı Yıkılma Hidrografi Hesap Parametreleri ve Hesaplanan Pik Debiler

Sıra No	Hesap Yöntemi Adı	Gedik		Yıkılma		Pik Debi Oluşum Süresi (dakika)
		Taban Genişliği (m)	Gediklenme Şev Eğimi Y:D	Tamamlanma Süresi (saat)	Pik Debi (m ³ /s)	
1	MacDonald et al	105	0.5	2.09	15507	60
2	Froehlich 1995	126	1.4	1.62	22529	30
3	Froehlich 2008	106	1.0	1.43	19698	35
4	Von Thun & Gillette	130	0.5	1.01	22134	40
5	Xu & Zhang	121	1.15	2.84	18293	55

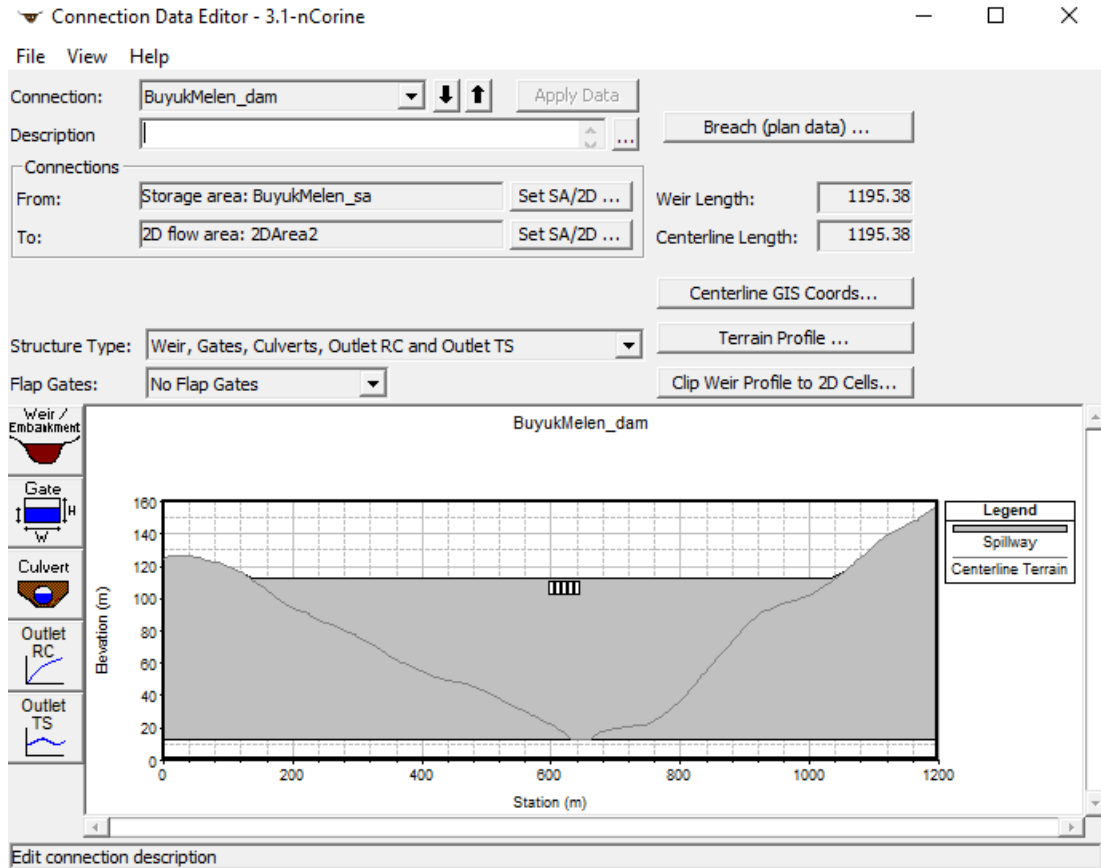
Tablonun incelenmesi ile pik debilerin ortalamasının 19632 m³/s, ve pik debinin oluşum süresinin ortalamasının 44. dakika olduğu görülmüştür. Bu parametreler gedik yıkılma gelişimi, göl kotundaki değişim ve deşarja bağlı olarak ele alındığında ise taşkın hidrografları elde edilmiştir. Çeşitli Yöntemlere Göre Hesaplanan Hasanlar Barajı Yıkılma Hidrografları Şekil 4.13.'de verilmiştir.



Şekil 4.13. Çeşitli Yöntemlerle Hesaplanan Hasanlar Barajı Yıkılma Taşkın Hidrografları

Sonuçların incelenmesi ile ortalamaya yakın ve baraj tipine uygun olarak 3. Sırada bulunan Froehlich (2008) yaklaşımı benimsenmiş ve bu çalışmada baraj yıkılma taşkın hidrografi olarak seçilmiştir. Buna göre Hasanlar Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak pik debi 19698 m³/s ve pik debinin oluşum zamanı 35. Dakika olarak hesaplanmıştır.

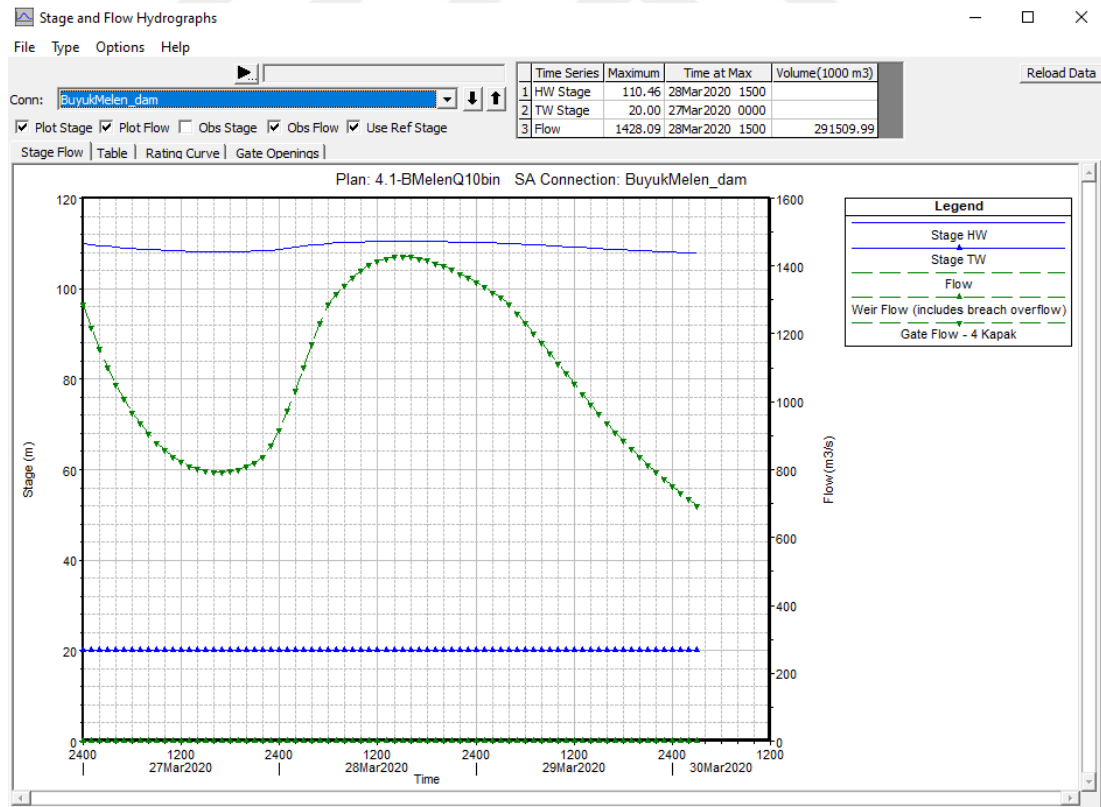
Hasanlar Barajı ile ilgili veri girişi tamamlandıktan sonra Büyük Melen Barajı'nın veri girişi işlemlerine geçilmiştir. Büyük Melen Barajı için baraj gövdesi, dolusavak yapısı ve baraj gölünün programa tanımlanması yapılmıştır. Baraj gövdesi ve dolusavağı aynı Hasanlar Barajı için yapılan işlemler takip edilerek ve Bölüm 2, Şekil 2.9., Şekil 2.10., Şekil 2.11. ve Şekil 2.12.'deki veriler kullanılarak Edit / Geometric Data editöründeki Connection Data penceresinden programa tanımlanmıştır. Programa tanımlanmış Büyük Melen baraj gövdesi ve gövde üzerinde bulunan dolusavak Şekil 4.14.'de verilmiştir.



Şekil 4.14. Büyük Melen Baraj Gövdesi ve Dolusavak

Gölalanı için de yine Hasanlar Barajı için yapılan işlemler takip edilerek Edit / Geometric Data editöründeki Storage area penceresinden gölalanı programa tanımlanmış ve Bölüm 2, Şekil 2.13.'den elde edilen kot-hacim değerleri programa girilmiştir.

Bu parametreler tanımlandıktan sonra Büyük Melen Barajı dolusavak deşarjının projesine göre kalibrasyonu için ara analiz yapılmıştır. 2172.00 m³/s pik debili Q₁₀₀₀₀ dolusavak tasarım hidrografi, Edit / Unsteady Flow Data editöründen lateral inflow hydrograph olarak programa tanımlanmıştır. Analiz başlangıç göl kotu baraj normal su seviyesi olan 110.00 m olacak şekilde ara analiz çalıştırılmıştır. Q₁₀₀₀₀ öteleme hesabı 4 kapak açıklığına göre yapılmış ve maksimum su seviyesi karakteristik paftasında verilen değer ile uyumlu olarak 110.46 m olarak hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.15.'de verilmiştir. Burada tespit edilen deşarj ve kapak katsayıları uygulamada dikkate alınmıştır.



Şekil 4.15. Büyük Melen Barajı Q₁₀₀₀₀ Öteleme Sonuçları

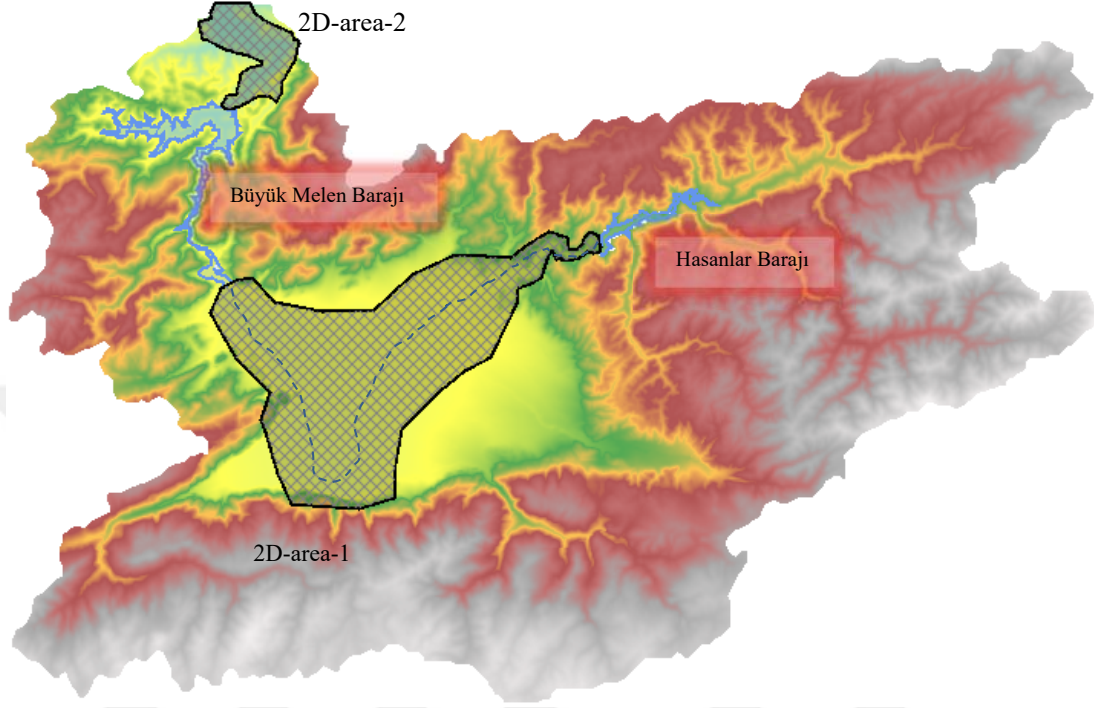
Hasanlar Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak taşkın, mansabındaki Büyük Melen Barajı'ndan deşarj edileceğinden baraja dolusavak işletme kuralı tanımlanmıştır. Bu kural programa Edit / Unsteady Flow Data editöründeki Boundary Conditions kısmından tanımlanmıştır. Bölüm 2, Tablo 2.13.'de verilen karakteristik paftasındaki verilere göre Büyük Melen Barajı için göl kotunun 110.05 m-109.95 m aralığında tutulması ve 5 kapak için öteleme yapılması kapak işletme şartı olarak programa girilmiştir. Bu verilerin girildiği Elevation Controlled Gates penceresi Şekil 4.16.'da verilmiştir.

The screenshot shows the 'Elevation Controlled Gates' dialog box. The title bar reads 'SA Conn: BuyukMelen_dam'. The 'Gate Group' is set to '5 Kapak'. The 'Reference' is 'Based on upstream WS'. The 'Upstream WS Elevation Reference' section has two fields: 'Upstream WS elevation at which gate begins to open:' with the value '110.05' and 'Upstream WS elevation at which gate begins to close:' with the value '109.95'. Other fields include 'Gate Opening Rate:(m/min):' (0.23), 'Gate Closing Rate:(m/min):' (0.23), 'Maximum Gate Opening:' (7.46), 'Minimum Gate Opening:' (0), and 'Initial Gate Opening (Optional):' (0). There are 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom right.

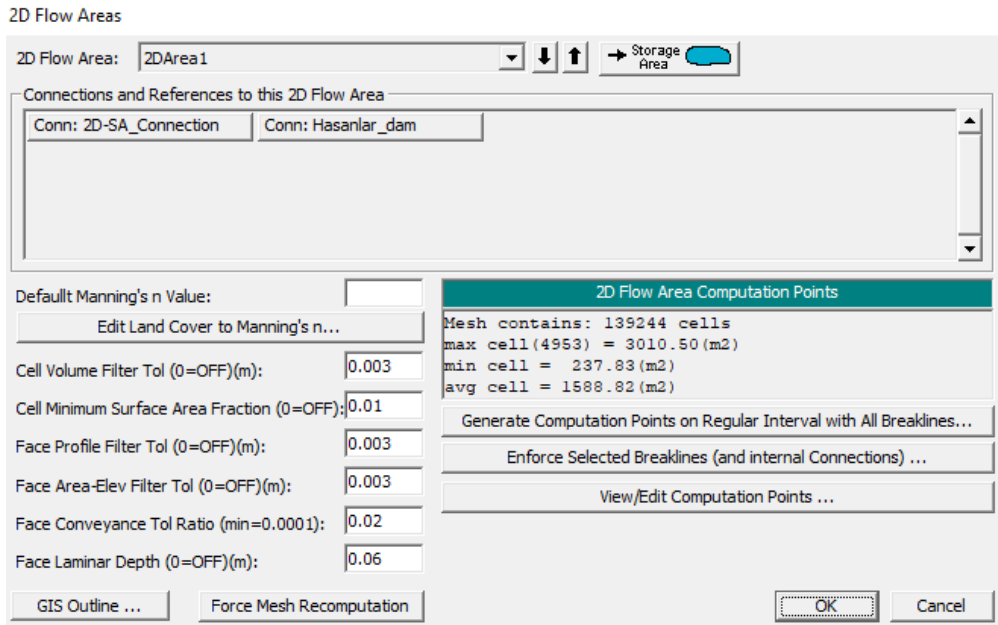
Şekil 4.16. Elevation Controlled Gates Penceresi

Hasanlar Barajı ve ardından Büyük Melen Barajı için yapılan geometri veri giriş işlemlerinin ardından iki boyutlu (2D) akım alanlarının ve bu alanlara ait sınır şartların programa tanımlanması işlemlerine geçilmiştir. İki boyutlu (2D) hesap için taşkın dalgasının yayılacağı alan ön görülerek kapalı bir poligon olarak çizilmiş, bu poligon için hesap ağı oluşturulmuştur. Cell yani hücre ebatları ve Manning pürüzlülük değerleri belirlenmiş, suyun bu kapalı ağa gireceği ve de çıkacağı noktalar sınır şartları olarak tanımlanmıştır. Bu akım alanlarının ilki Hasanlar Barajı ve Büyük Melen Barajı arası, yani Düzce Ovası için oluşturulan 2D-area-1'dir. Bu alanın memba sınır şartı Hasanlar Barajı'nın yıkılma hidrografi, mansap sınır şartı ise Büyük Melen Barajı giriş

hidrografi olarak tanımlanmıştır. Şekil 4.17.'de uygulama kapsamında oluşturulan iki boyutlu akım alanları verilmiştir.



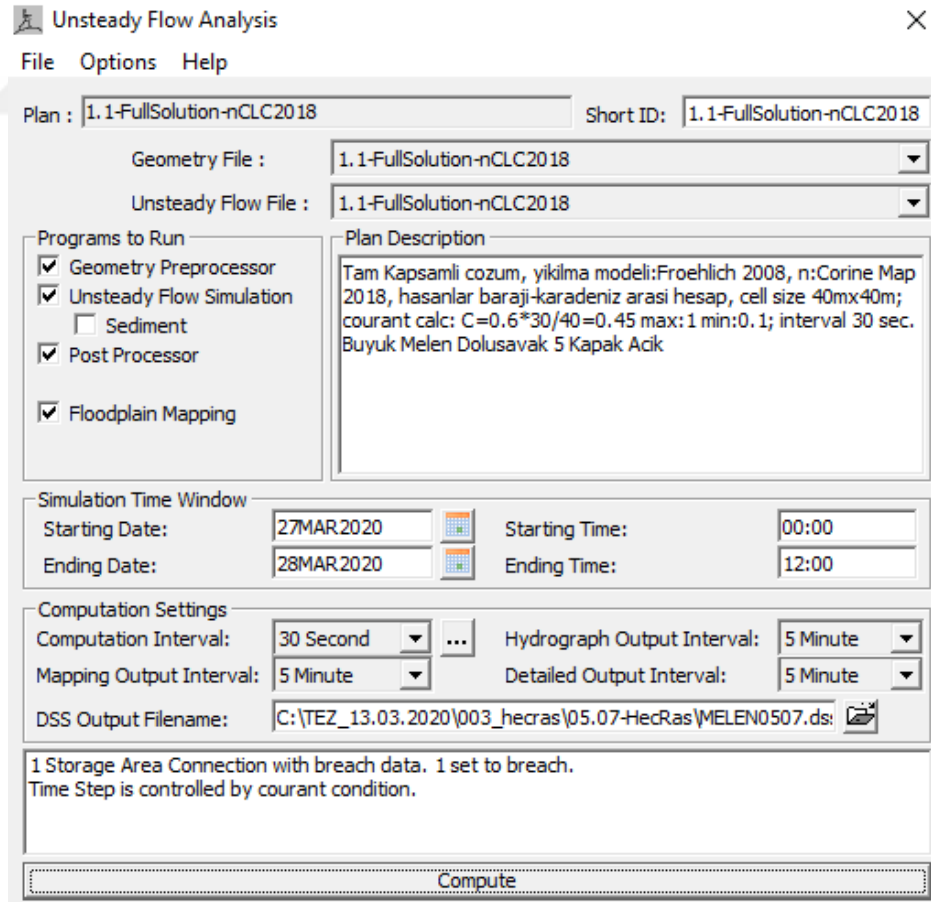
Şekil 4.17. Melen Havzasında Oluşturulan İki Boyutlu (2D) Akım Alanları



Şekil 4.18. 2D Flow Areas Editörü

2D-area-1 akım alanı için 40 m x 40 m hücre boyutu seçilmiştir. Diğer akım alanı 2D-area-2 ise Büyük Melen Barajı ile Melen Çayı'nın Karadeniz'e döküldüğü nokta arası için oluşturulmuştur. Bu alanın memba sınır şartı Büyük Melen Barajı dolusavak çıkış hidrografi, mansap şartı ise Karadeniz'e dökülmeyi temsil eden sınır şartıdır. Bu alan için ise 50 m x 50 m hücre boyutu seçilmiştir. İki boyutlu (2D) akım alanları için veri girişinin yapıldığı 2D Flow Areas editörü Şekil 4.18.'de verilmiştir.

İki boyutlu (2D) akım alanları ve bu alanlara ait sınır şartların programa tanımlanmasından sonra analiz parametrelerinin ayarlanması işlemine geçilmiş ve Run / Unsteady Flow Analysis editörü açılmıştır. Bu editörden hesaplamanın hangi Geometry File ve Unsteady Flow File için hesap yapılacağı, simülasyon başlangıç ve bitiş tarih ve saatleri, hesap adımı ve haritalama süreleri ile elde edilecek hidrografların hesap aralıkları gibi genel parametreler seçilmiştir. Bu işlemlerin yapıldığı Unsteady Flow Analysis Editörü Şekil 4.19.'da verilmiştir.



Şekil 4.19. Unsteady Flow Analysis Editörü

HEC-RAS Unsteady Computation Options and Tolerances

General | **2D Flow Options** | 1D/2D Options | Advanced Time Step Control | 1D Mixed Flow Options

Use Coriolis Effects (only when using the momentum equation)

Number of cores to use in 2D computations: All Available

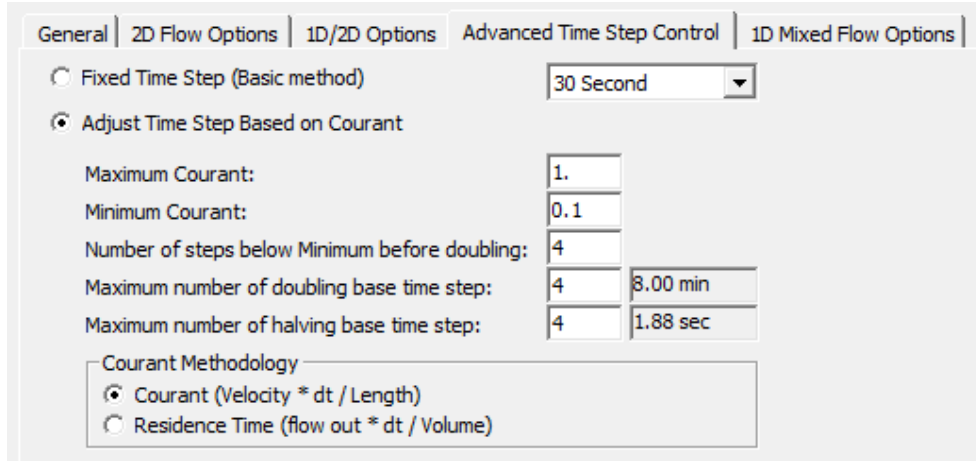
Parameter	(Default)	2DArea1	2DArea2
1 Theta (0.6-1.0):	1	1	1
2 Theta Warmup (0.6-1.0):	1	1	1
3 Water Surface Tolerance [max=0.06](m)	0.003	0.003	0.003
4 Volume Tolerance (m)	0.003	0.003	0.003
5 Maximum Iterations	20	20	20
6 Equation Set	Diffusion Wave	Diffusion Wave	Diffusion Wave
7 Initial Conditions Time (hrs)			
8 Initial Conditions Ramp Up Fraction (0-1)	0.1	0.1	0.1
9 Number of Time Slices (Integer Value)	1	1	1
10 Eddy Viscosity Transverse Mixing Coefficient			
11 Boundary Condition Volume Check	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12 Latitude for Coriolis (-90 to 90)			

OK Cancel Delts ...

Şekil 4.20. 2D Flow Options Sekmesi

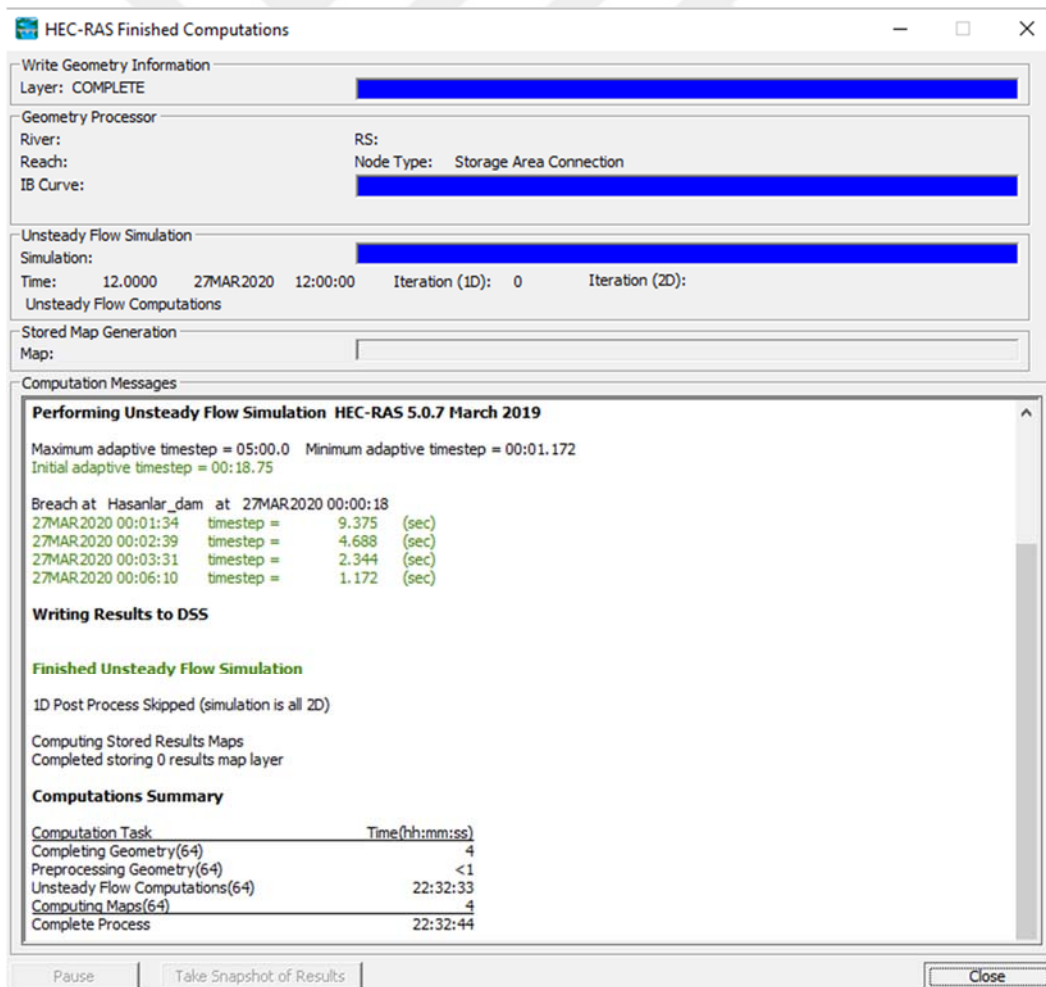
Daha sonra editör üzerinde bulunan Options / Calculation Options and Tolerances sekmesi yardımı ile detay ayarlamaların yapıldığı Unsteady Calculation Options and Tolerances penceresi açılmıştır. 2D Flow Options Sekmesi Şekil 4.20.'de verilmiştir. Modelin büyüklüğü ve çözülmek istenen problemin karmaşıklığı dikkate alınarak hidrodinamik çözümde her iki boyutlu (2D) akım alanı için Equation Set kısmından (varsayılan) Diffusion Wave denklem seti seçilmiştir.

Unsteady Calculation Options and Tolerances penceresinin içinden Courant sayısı belirlenmiştir. Courant sayısı baraj yıkılma problemi ele alındığından literatüre uygun olarak $C \leq 1$ olacak şekilde hesaplarda dikkate alınmıştır. Courant sayısının maksimum değeri 1 ve Minimum değeri 0.1 seçilerek ve modelin stabilitesi sağlanmıştır. Advanced Time Step Control Sekmesi ve yapılan ayarlamalar Şekil 4.21.'de verilmiştir.



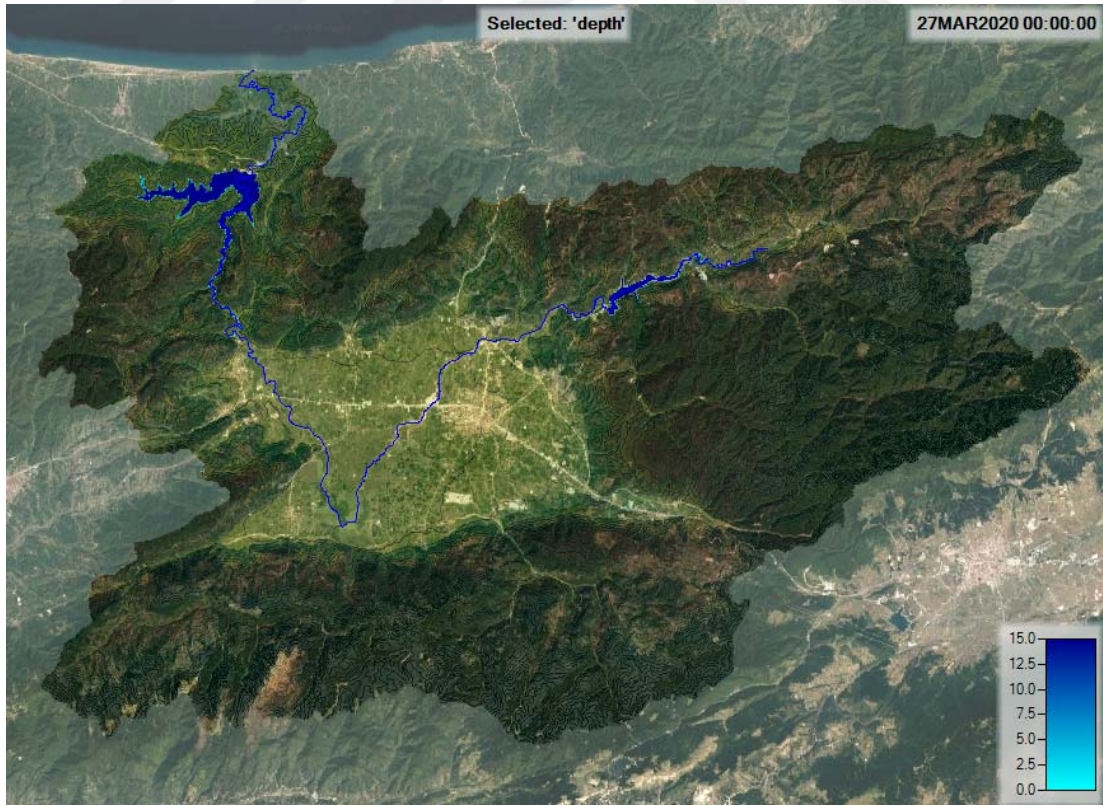
Şekil 4.21. Advanced Time Step Control Sekmesi

Bu ayarlara müteakip Unsteady Flow Analysis Editörü üzerinde bulunan Compute butonuna basarak analiz gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.22. HEC-RAS Computations Penceresi

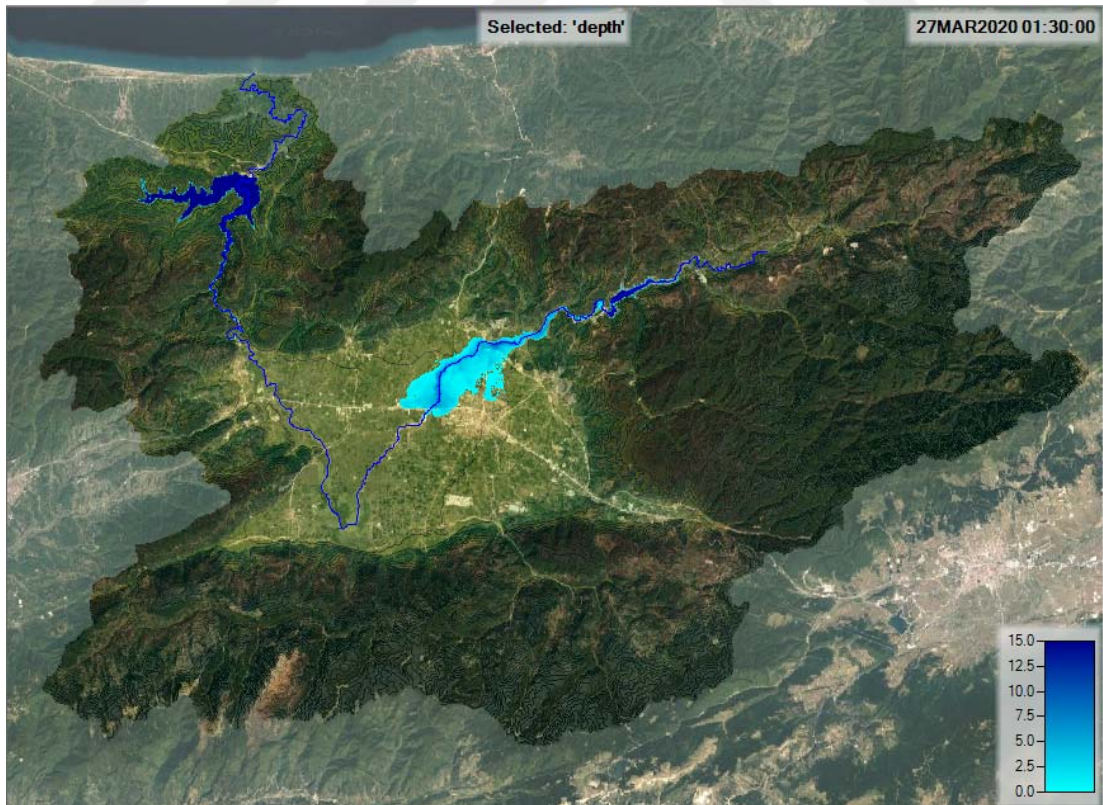
Açılan pencerede veri akışı takip edilmiş ve analiz ile ilgili bilgiler incelenerek yapılan analizin hatasız tamamlandığı anlaşılmıştır. HEC-RAS Computations penceresi Şekil 4.22.'de verilmiştir. Buradan görüleceği üzere hidrodinamik analiz 22 saat sürmüştür. Analiz tamamlanınca Bölüm 3.2'de detayları açıklandığı şekilde; Difussion Wave denklem setinin seçiminin hesaba etki mertebesinin ortaya konması amacıyla sadece Hasanlar Barajı'nın 4 km mansabındaki hidrografi elde etmek için ayrı bir yıkılma analizi yapılmıştır. Bu ara analizle barajın 4 km mansabındaki kesitte oluşacak hidrograf kontrol edilmiş, Full Momentum çözümünde pik debi değerinin Difüzyon Dalgasına göre %3 mertebesinde daha az olduğu, pik debinin 10 dakika geciktiği hesaplanmıştır. Bu nedenle güvenli tarafta kalınarak Difüzyon Dalgası ile yapılan hesaplar ve mertebe uygun bulunmuştur. Analiz sonuçlarına göre Hasanlar Barajının yıkılması ile oluşacak taşkın dalgasının Melen Havzası'nda ilerleyişi su derinliği cinsinden zamana bağlı olarak Şekil 4.23.'den Şekil 4.35.'e kadar verilmiştir. Bölüm 2, Tablo 2.1.'de belirlenen kontrol noktalarına ait taşkın hidrografları ise Şekil 4.36.'da verilmiştir.



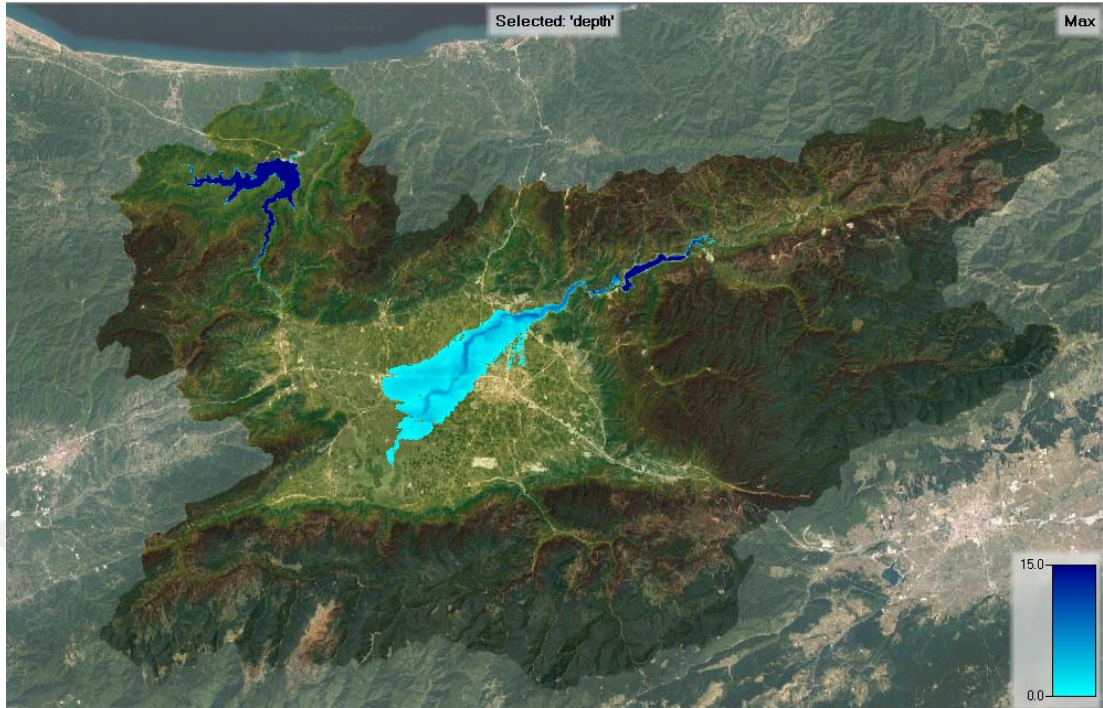
Şekil 4.23. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:00.00



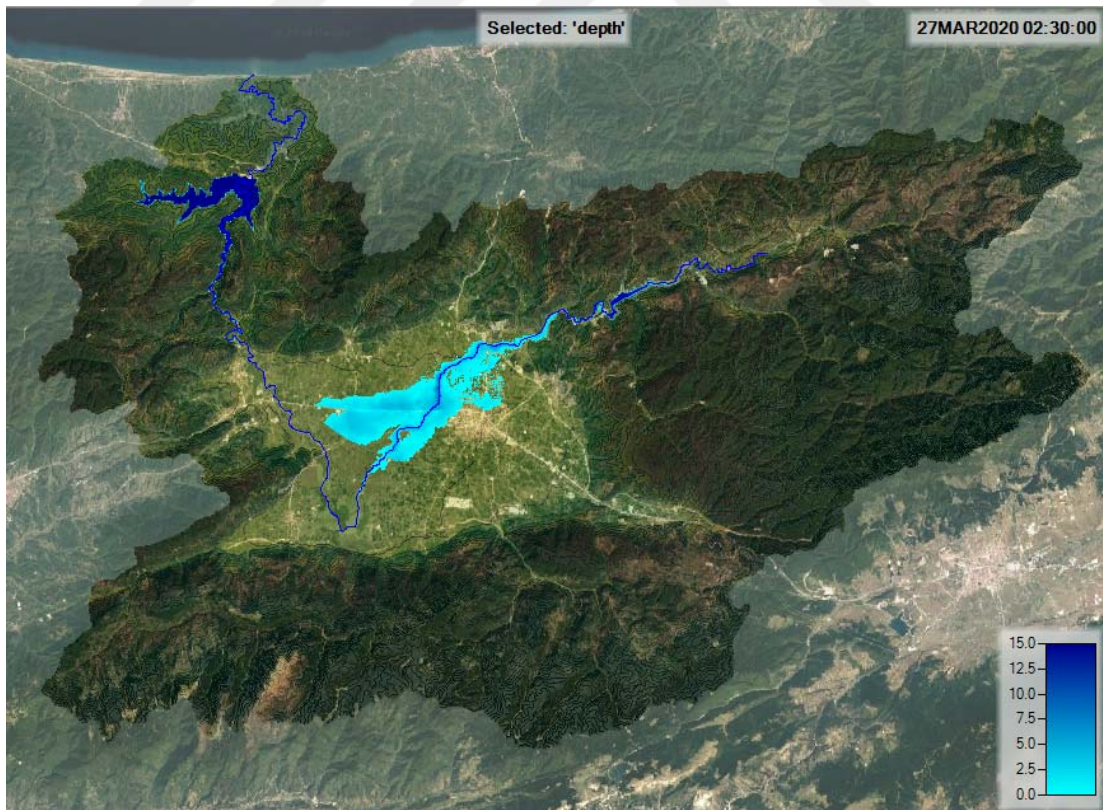
Şekil 4.24. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:01.00



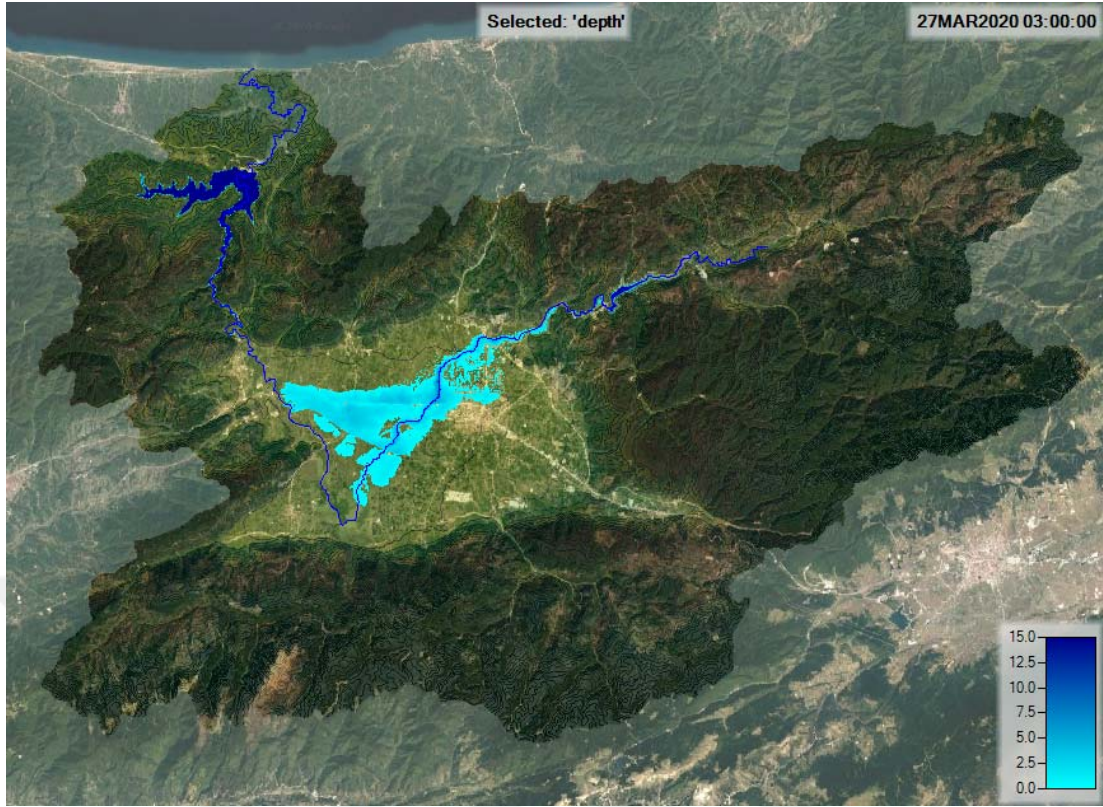
Şekil 4.25. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:01.30



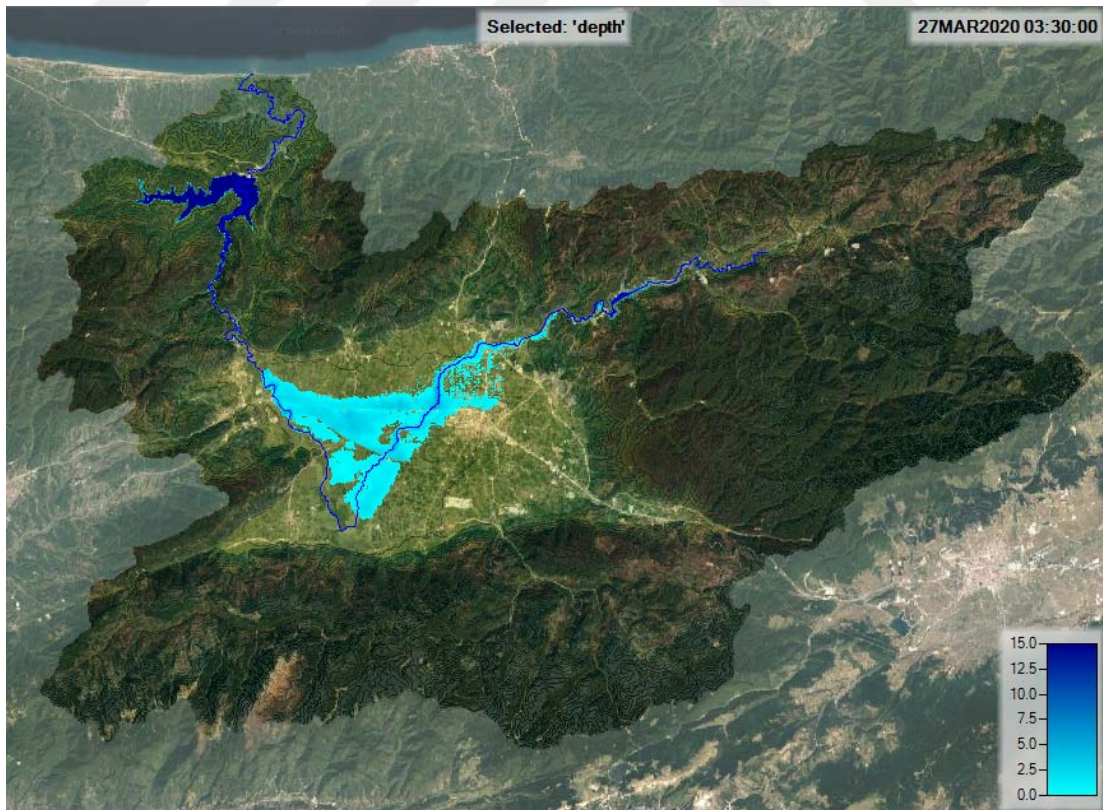
Şekil 4.26. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:02.00



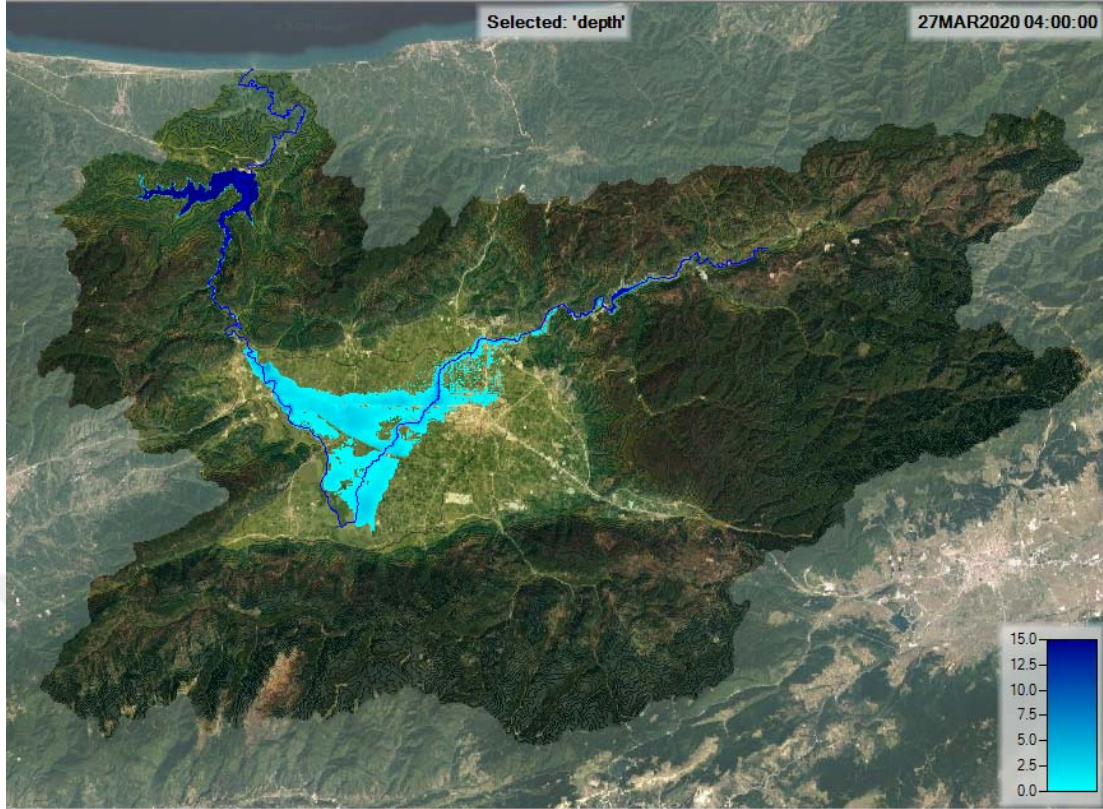
Şekil 4.27. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:02.30



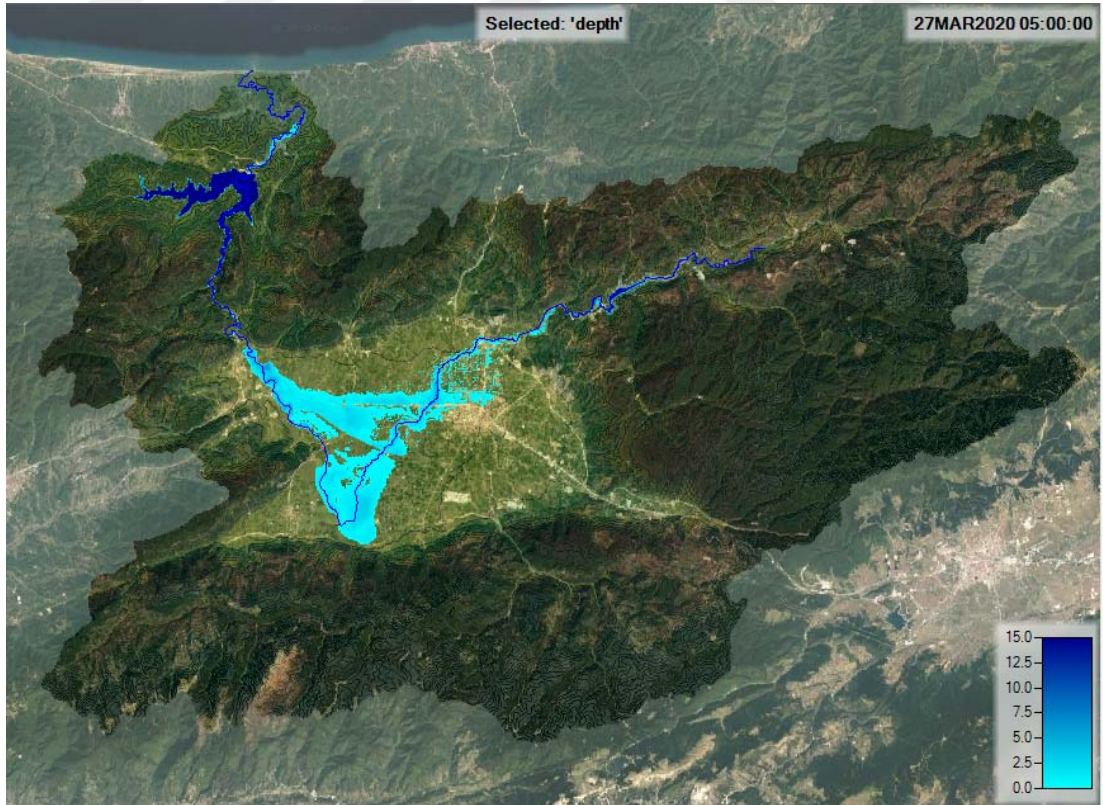
Şekil 4.28. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:03.00



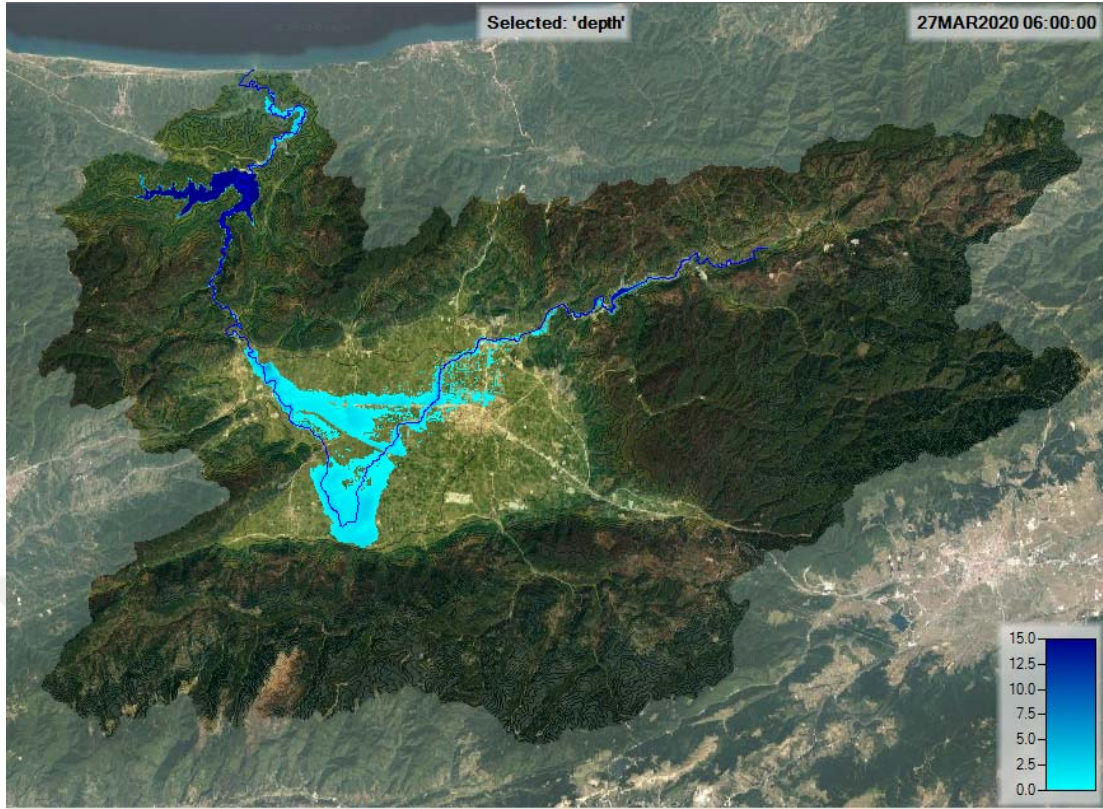
Şekil 4.29. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:03.30



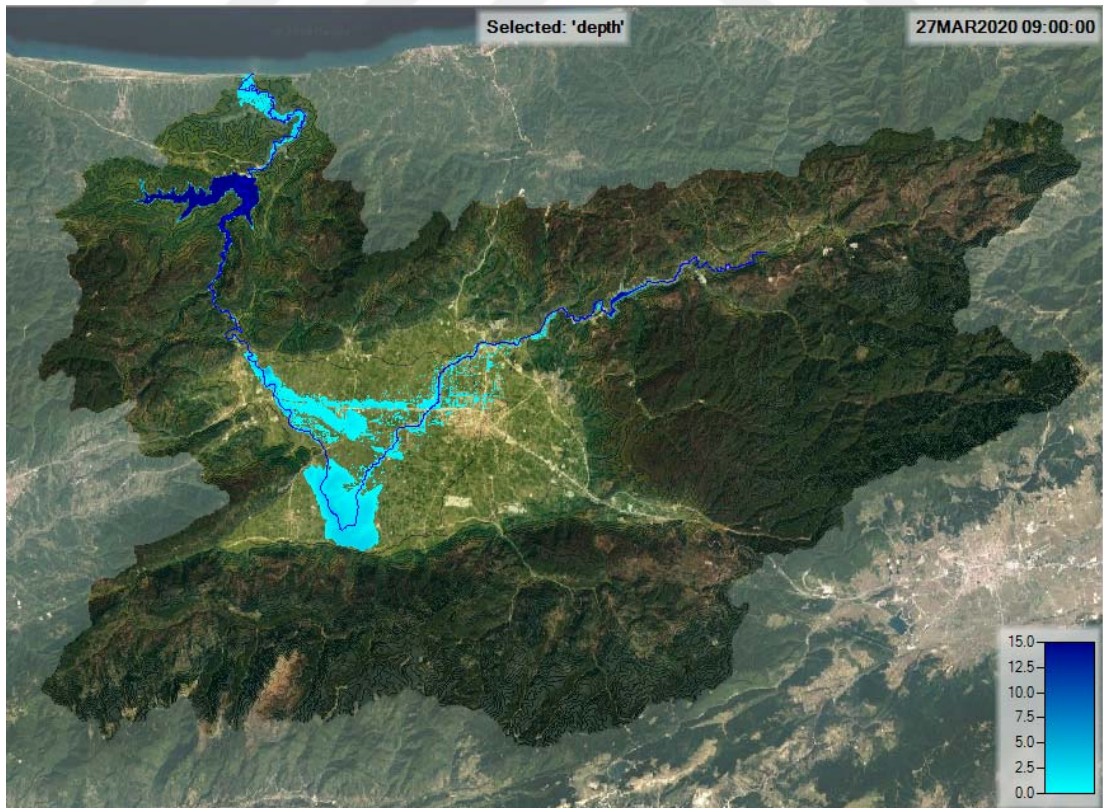
Şekil 4.30. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:04.00



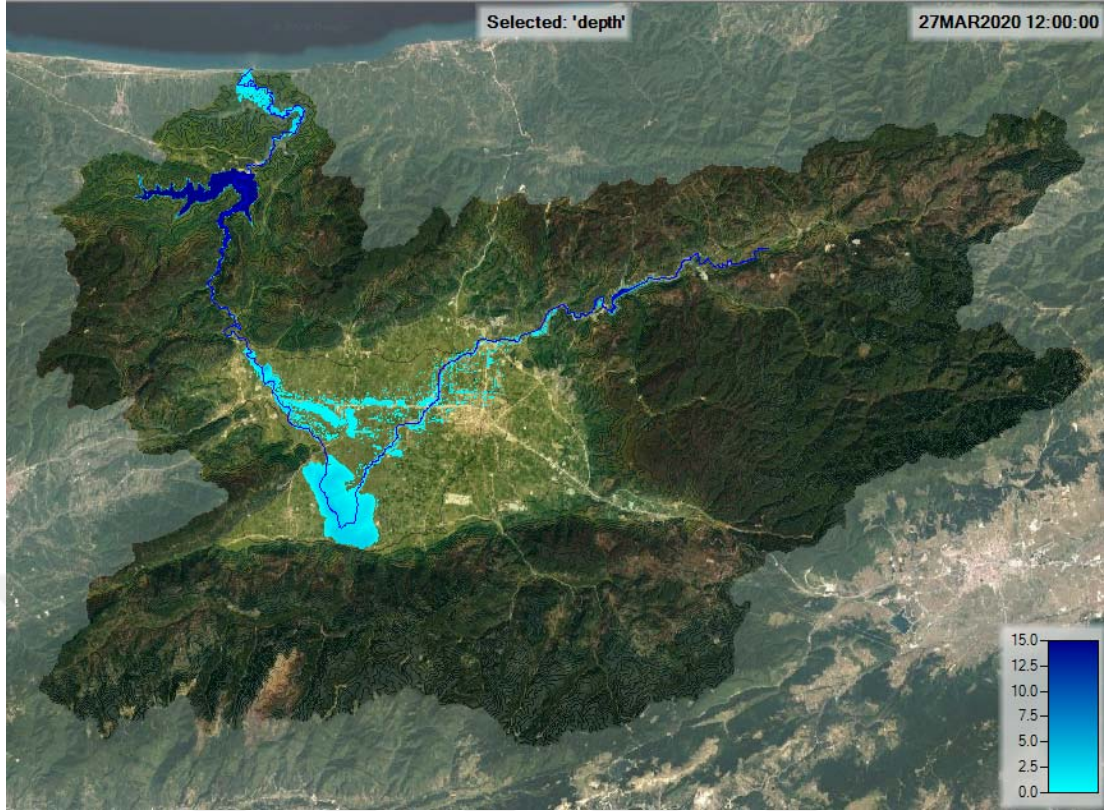
Şekil 4.31. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:05.00



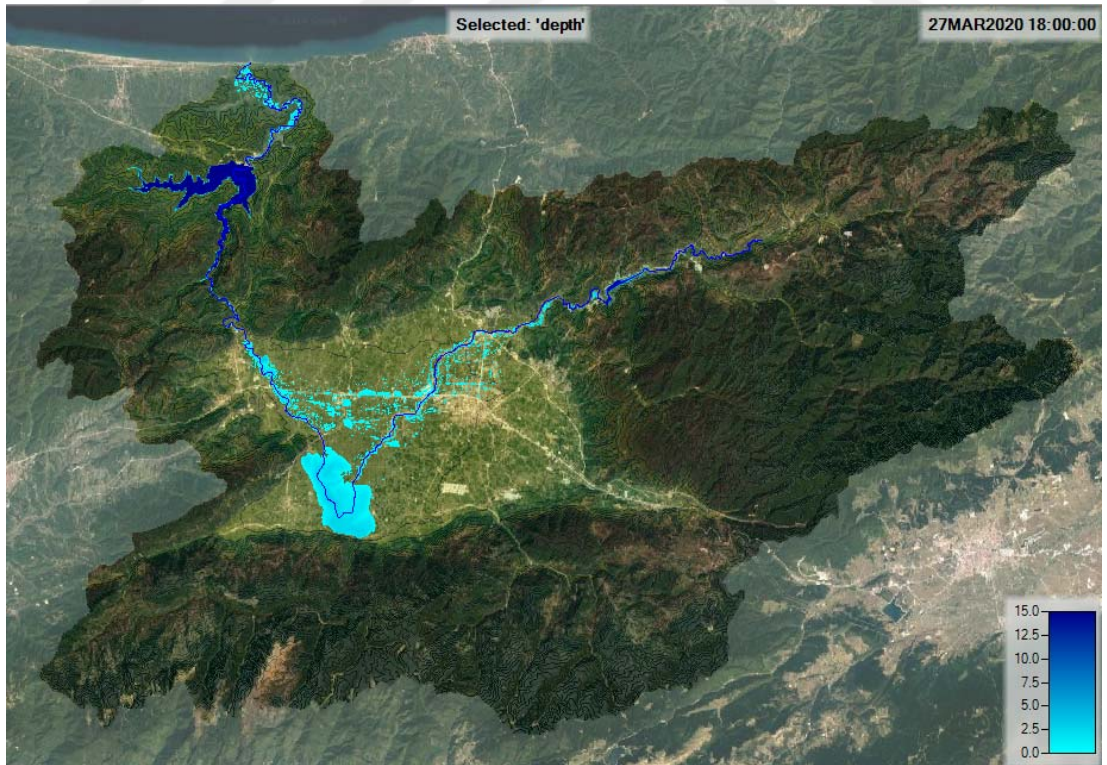
Şekil 4.32. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:06.00



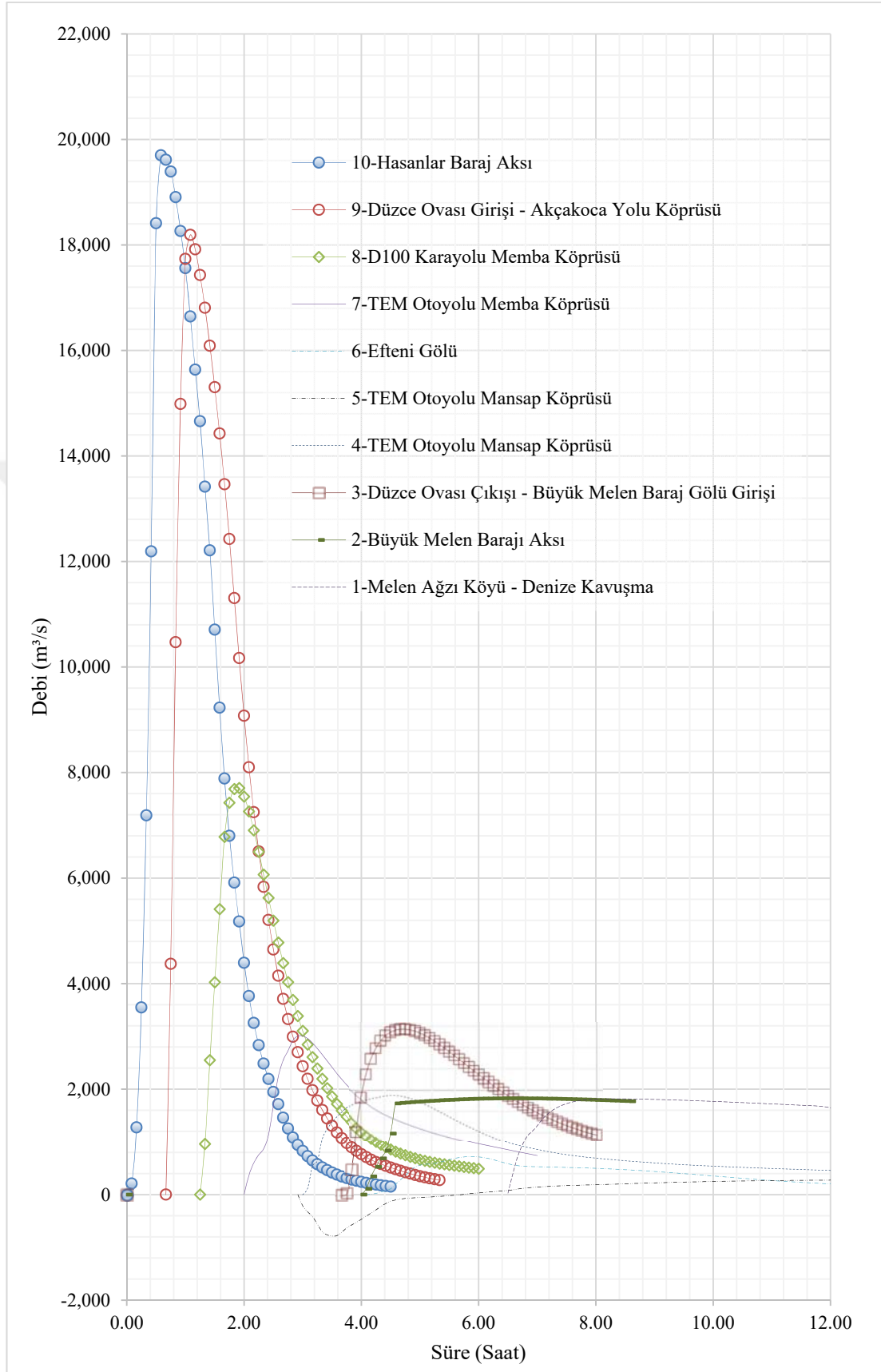
Şekil 4.33. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:09.00



Şekil 4.34. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:12.00



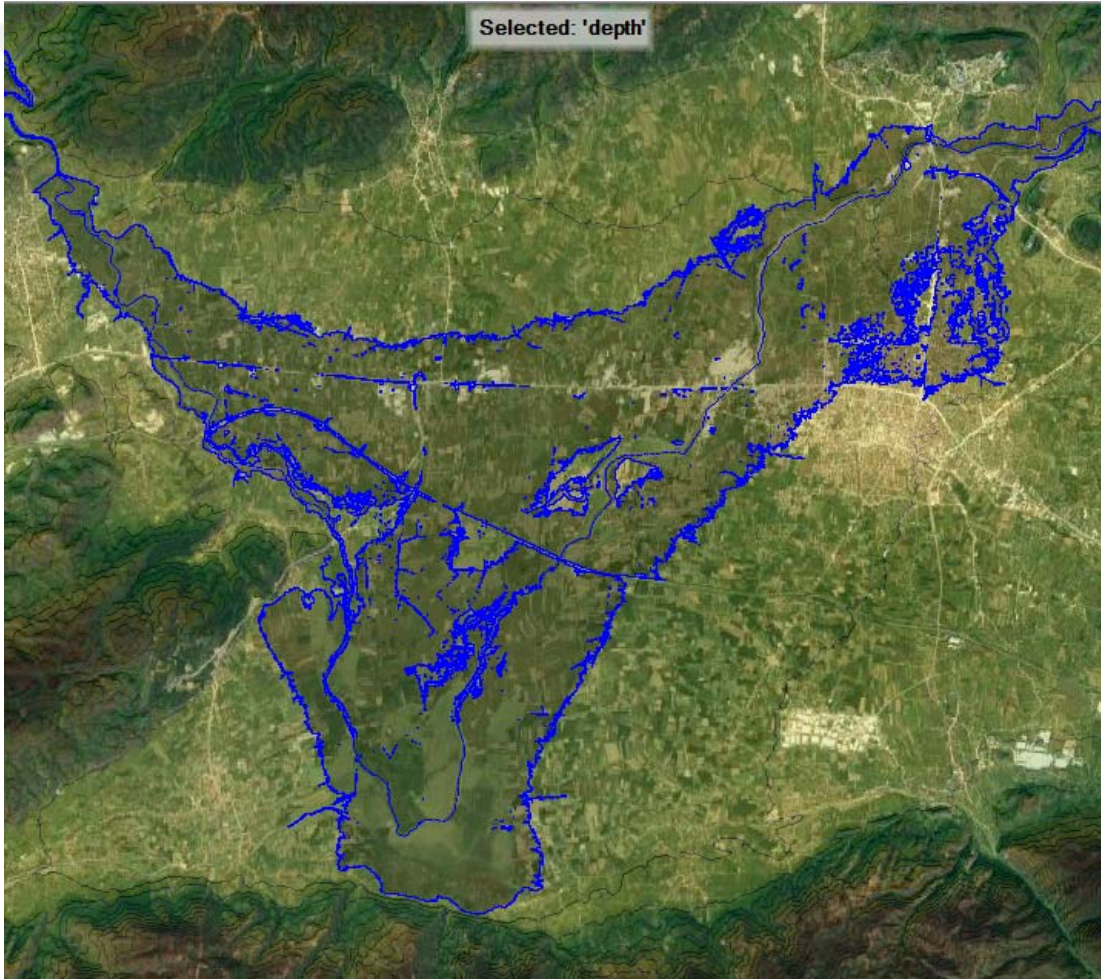
Şekil 4.35. Havza Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Haritası Saat:18.00



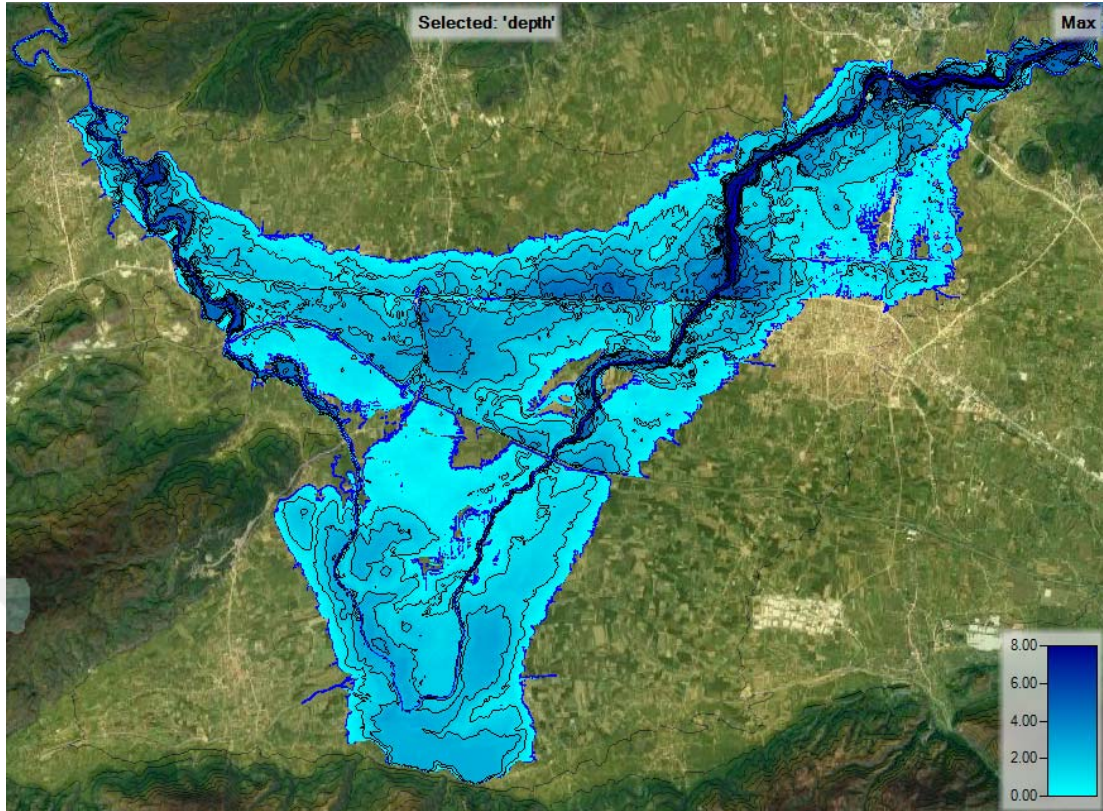
Şekil 4.36. Belirlenen Noktalar İçin Hesaplanan Taşkın Hidrografları (Süre: 12 saat)

Daha sonra, Düzce Ovası çalışma sahası içerisinde insan yoğunluğu bakımından en önem arz eden alan olduğundan, Hasanlar Barajı yıkılma taşkınının Düzce Ovası'nda yayılımını detaylı olarak ele alınmıştır. Taşkın yayılımını gösteren haritalar, su derinliği, su hızı ve su kotunu gösterecek şekilde ayrı ayrı verilmiştir.

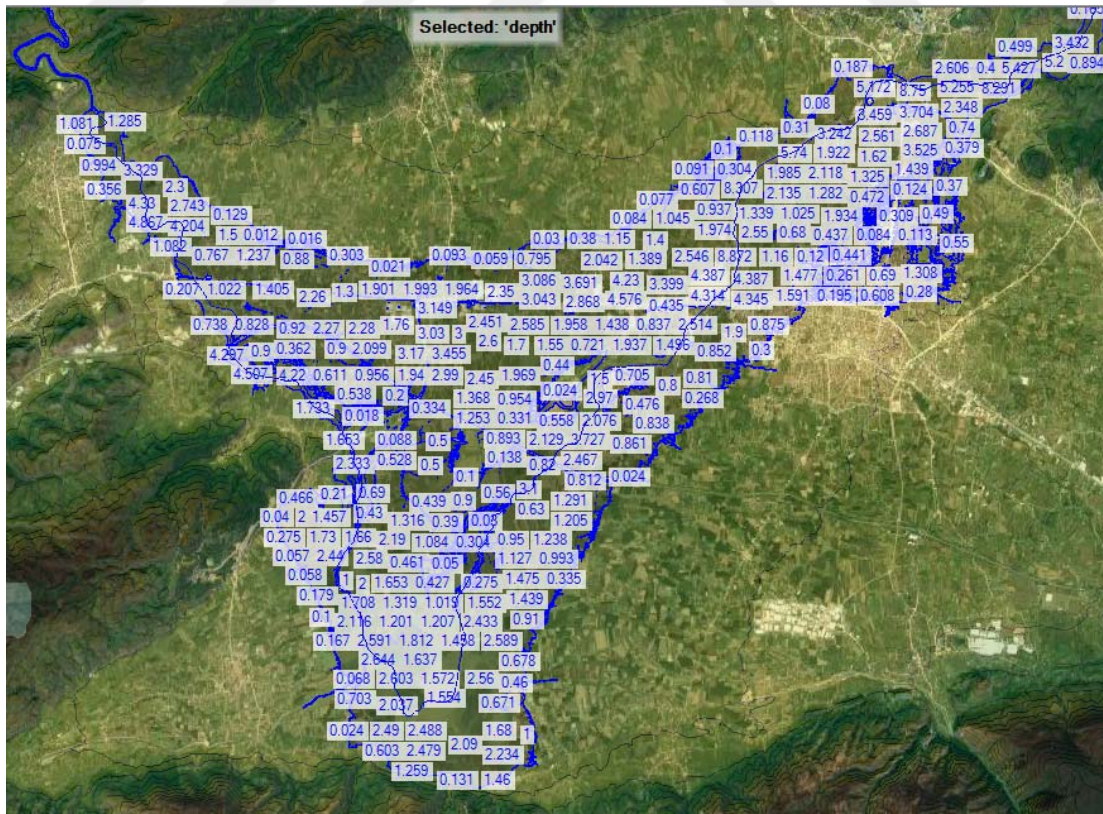
Hasanlar Barajı Yıkılma Taşkınının Düzce Ovası yayılım sınırlarını gösterir harita Şekil 4.37.'de görülmektedir. Su derinliği haritası Şekil 4.38.'de, su derinliği değerleri Şekil 4.39.'da, su hızları haritası Şekil 4.40.'da, su hızları değerleri Şekil 4.41.'de, su kotları haritası Şekil 4.42.'de ve su kotları değerleri Şekil 4.43.'de verilmiştir.



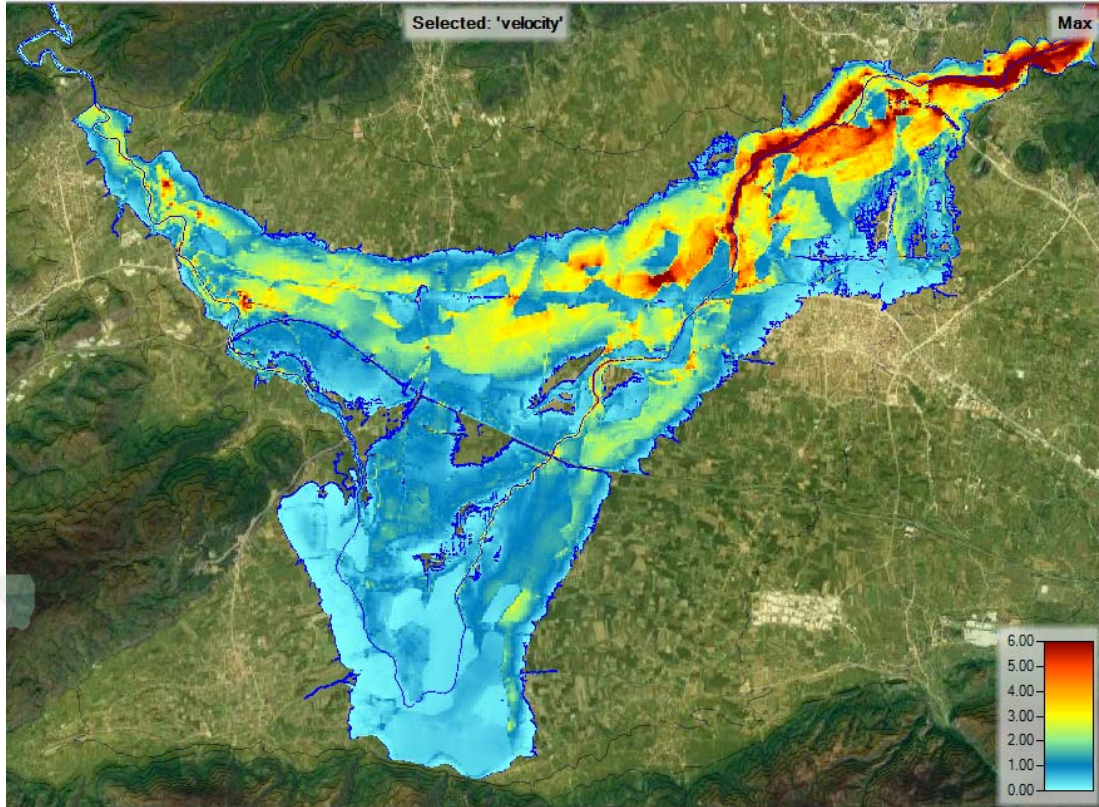
Şekil 4.37. Düzce Ovası Baraj Yıkılma Taşkını Yayılım Sınırları



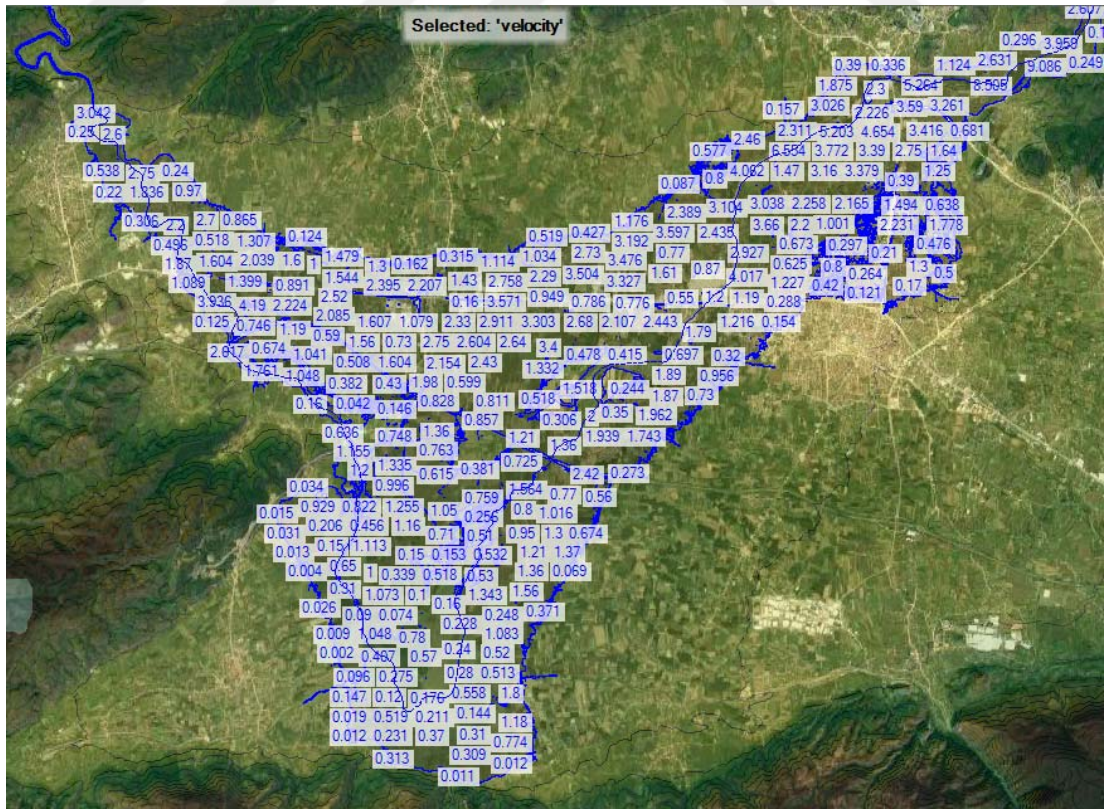
Şekil 4.38. Düzce Ovası Baraj Yıkılma Taşkını Su Derinliği Haritası



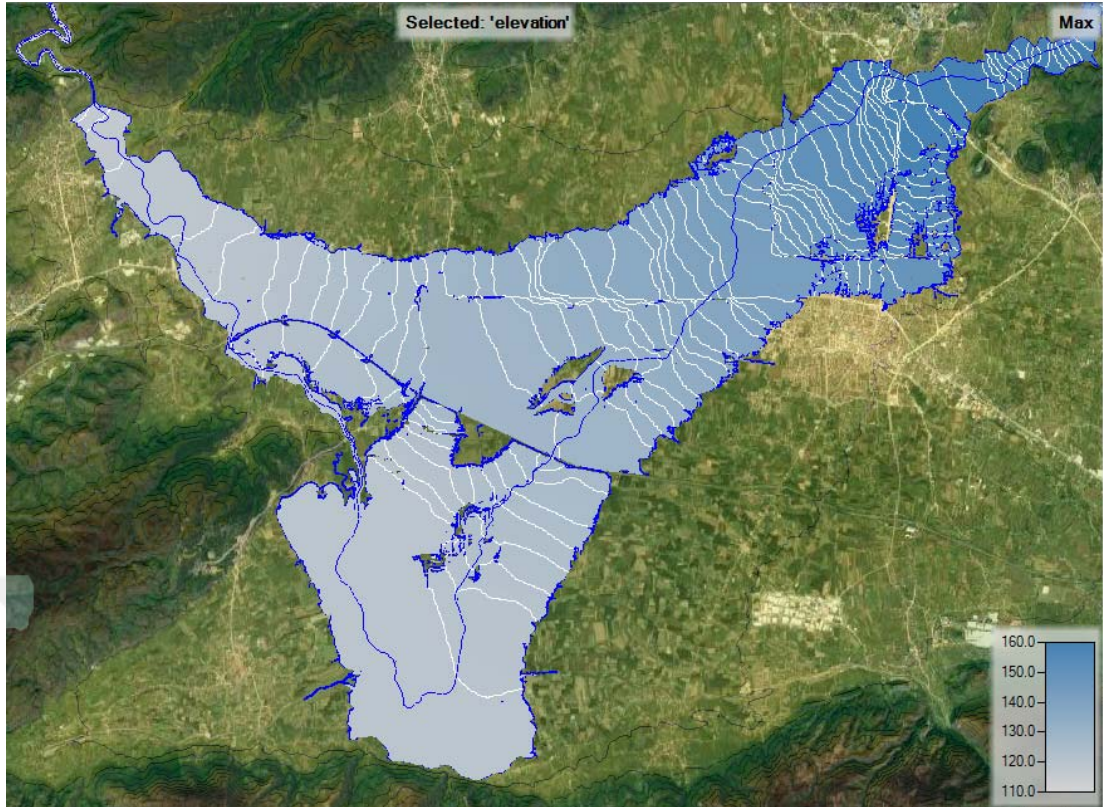
Şekil 4.39. Düzce Ovası Baraj Yıkılma Taşkını Su Derinliği Değerleri



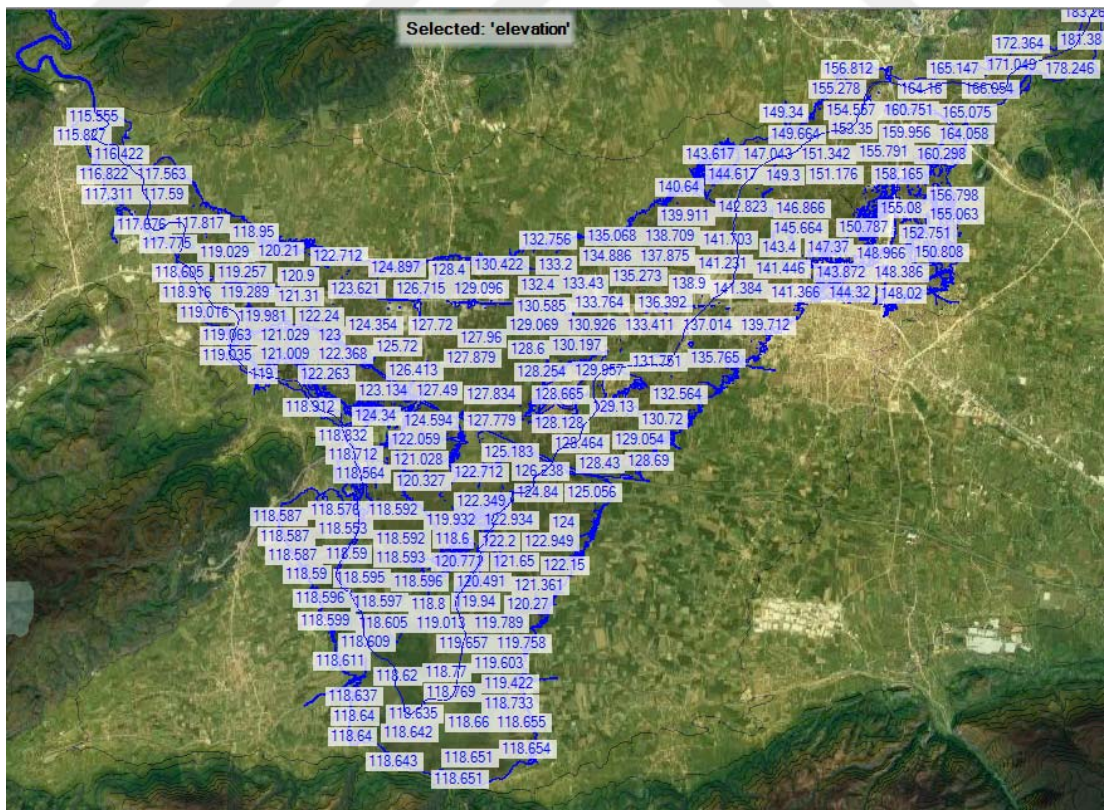
Şekil 4.40. Düzce Ovası Baraj Yıkılma Taşkını Su Hızı Haritası



Şekil 4.41. Düzce Ovası Baraj Yıkılma Taşkını Su Hızı Değerleri

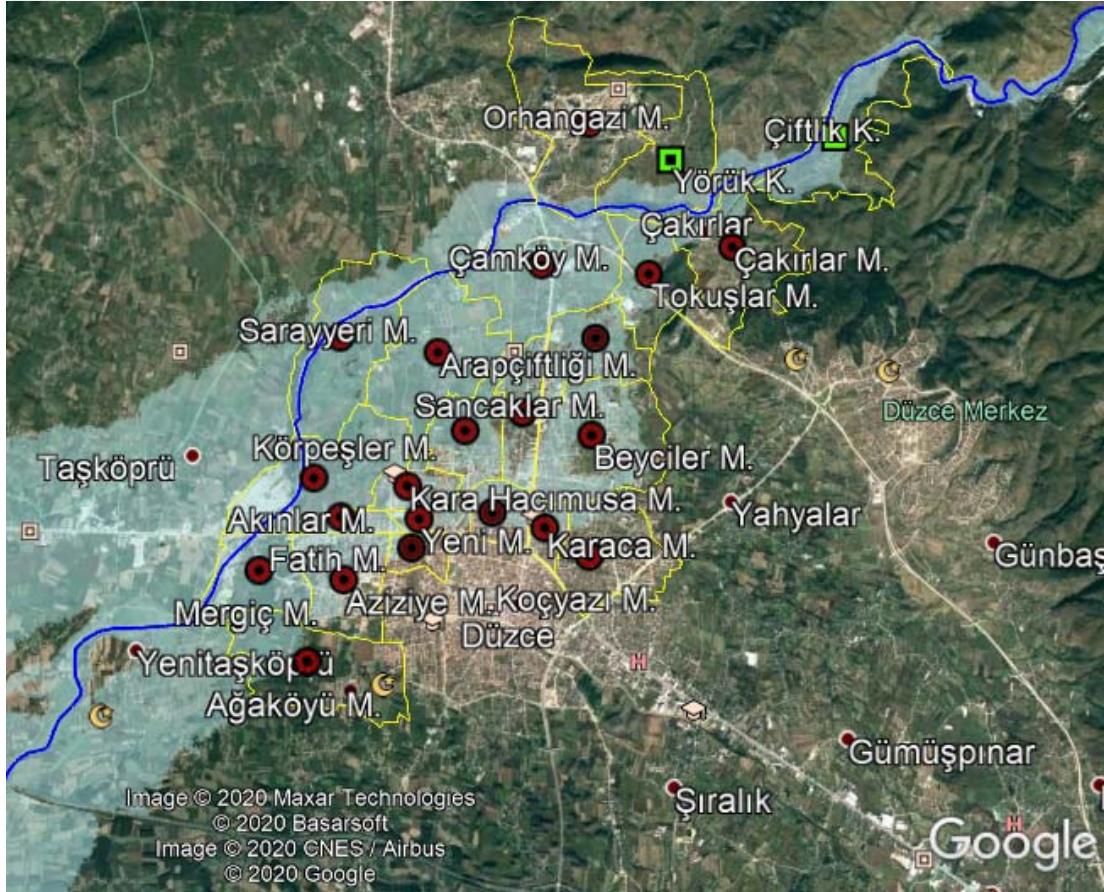


Şekil 4.42. Düzce Ovası Baraj Yıkılma Taşkını Su Kotu Haritası



Şekil 4.43. Düzce Ovası Baraj Yıkılma Taşkını Su Kotu Değerleri

Hasanlar Barajı yıkılma taşkınının incelenmesi ile görüleceği üzere taşkın dalgası Düzce il merkezindeki kalabalık nüfuslu mahalleleri su altında bırakmıştır. Taşkından öncelikle Melen Çayı'nın geçtiği sonrasında Melen Çayı'na yakın konumda olan mahalleler bu afetten etkilenmiştir. Taşkın hızla yayılım göstermekte olduğu ve kısa sürede yerleşim yerlerini su altında bıraktığı anlaşılmıştır. Baraj yıkılması taşkınyından doğrudan etkilenen Düzce merkez mahalleleri Şekil 4.44.'de verilmiştir. Bölüm 2, Tablo 2.4.'ün incelenmesi ile görüleceği üzere bu afetten ilk etapta doğrudan 85046 kişinin etkileneceği hesaplanmıştır. Jonkman ve Penning-Rowse (2008) 0.30 m derinlik ve 2 m/s su hızı oluştuktan sonra insanların suda sürüklenmeye başlayacaklarını ifade etmiştir.

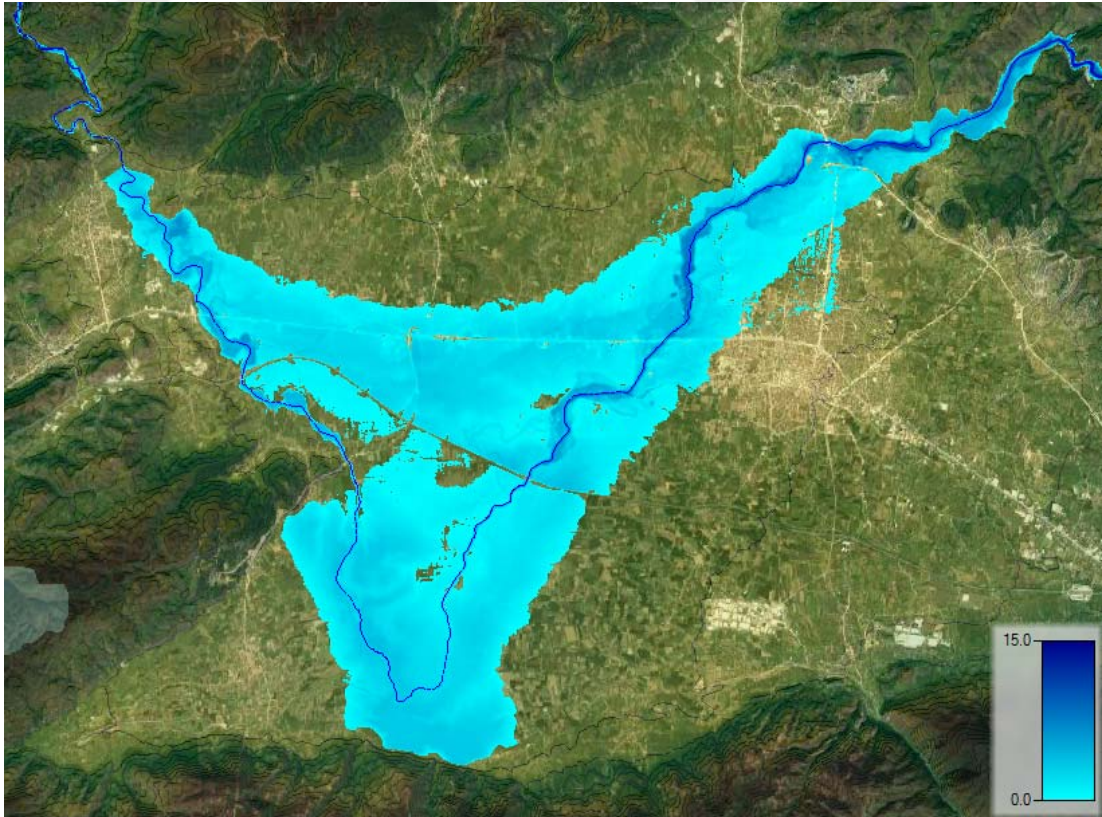


Şekil 4.44. Baraj Yıkılması Taşkınyından Doğrudan Etkilenen Düzce Merkez Mahalleleri

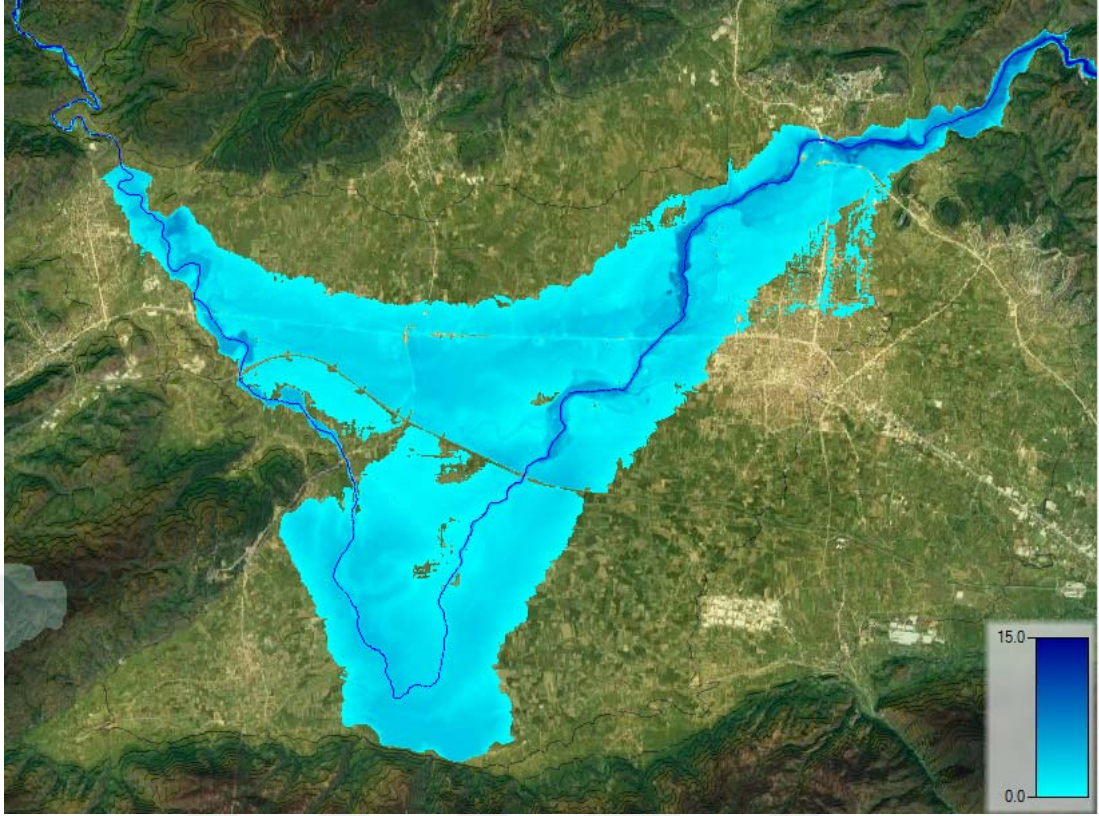
Baraj yıkılması gibi çok miktarda suyun serbest kaldığı ve kontrolsüz şekilde geniş alanlarda ilerlediği bu tip hesaplamalarda en önemli parametrelerden birisi de pürüzlülük katsayısı olmaktadır. Bu nedenle çalışma kapsamında havza pürüzlülük

haritası elde edilerek yapılan analizlere ilave olarak Düzce Ovası için $n=0.03$, $n=0.04$, $n=0.05$ ve $n=0.06$ sabit pürüzlülük değerleri için de ek analizler yapılmıştır. Bu şekilde Düzce Ovası taşkın yayılım haritaları ve Düzce Ovası taşkın çıkış hidrografları elde edilmiştir. Elde edilen haritalar $n=0.03$ için Şekil 4.45.'de, $n=0.04$ için Şekil 4.46.'da, $n=0.05$ için Şekil 4.47.'de ve $n=0.06$ için Şekil 4.48.'de, taşkın dalgalarının ovadın çıkış hidrografları ise beraber Şekil 4.49.'da verilmiştir.

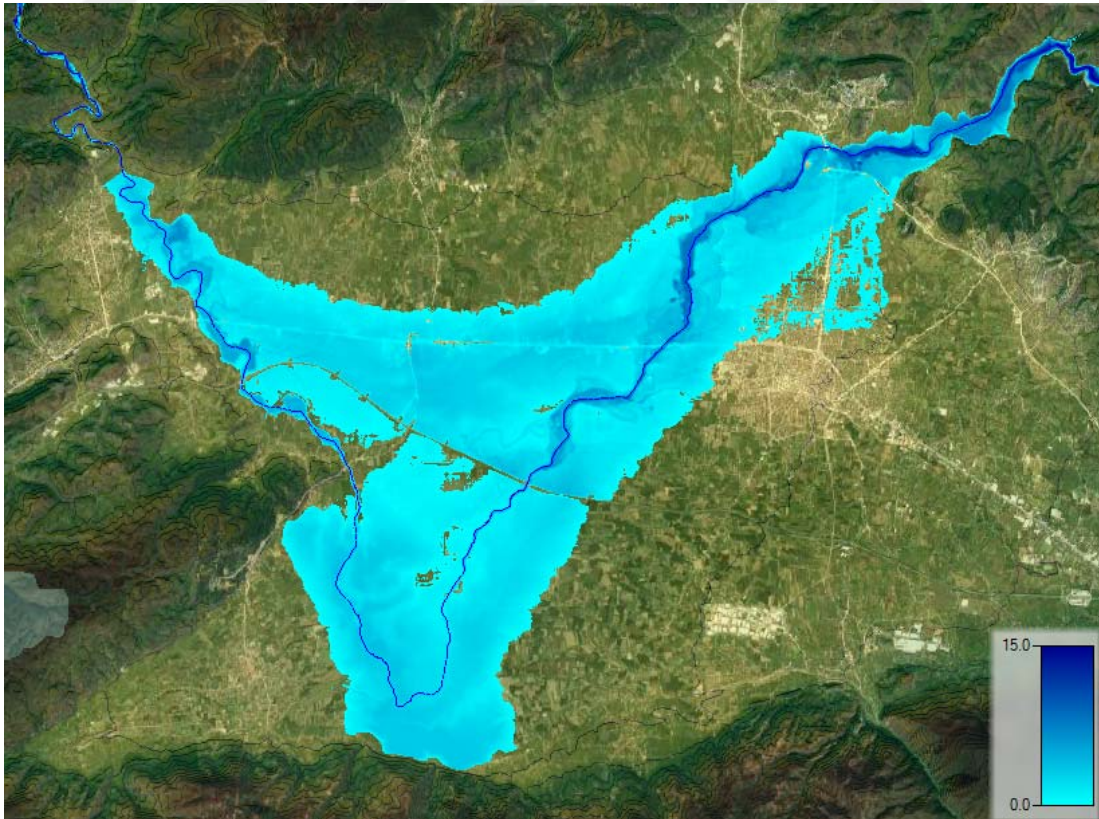
Bu haritaların ve hidrografların incelenmesi ile pürüzlülük değerinin sonuçlara doğrudan etki ettiği tespit edilmiştir. Şöyle ki; pürüzlülük değeri azaldıkça su derinlikleri düşmüş, taşkın yayılım alanları azalmış ancak ova çıkış hidrografının pik değeri büyümüş ve pik debi oluşum süresi kısalmıştır. Pürüzlülük değerinin büyümesiyle ise su derinlikleri artarak su altında kalan alanlar artmış, ova çıkış hidrografının pik debisi azalarak gecikmiştir. $n=0.03$ için pik debi $3241 \text{ m}^3/\text{s}$ ve oluşum anı saat 04:15 ve olarak hesaplanırken $n=0.06$ için pik debi $1899 \text{ m}^3/\text{s}$ ve oluşum anı 06:45 olarak hesaplanmıştır.



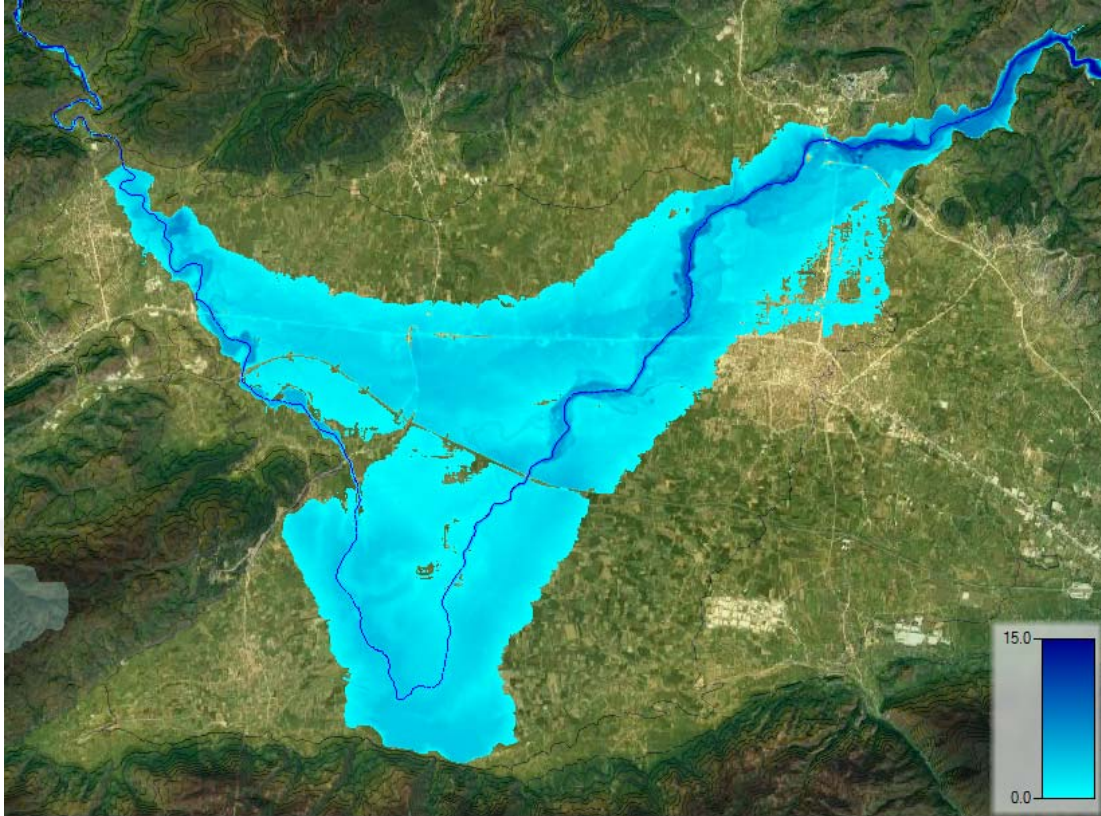
Şekil 4.45. Düzce Ovası Taşkın Yayılım Haritası $n=0.03$ (sabit)



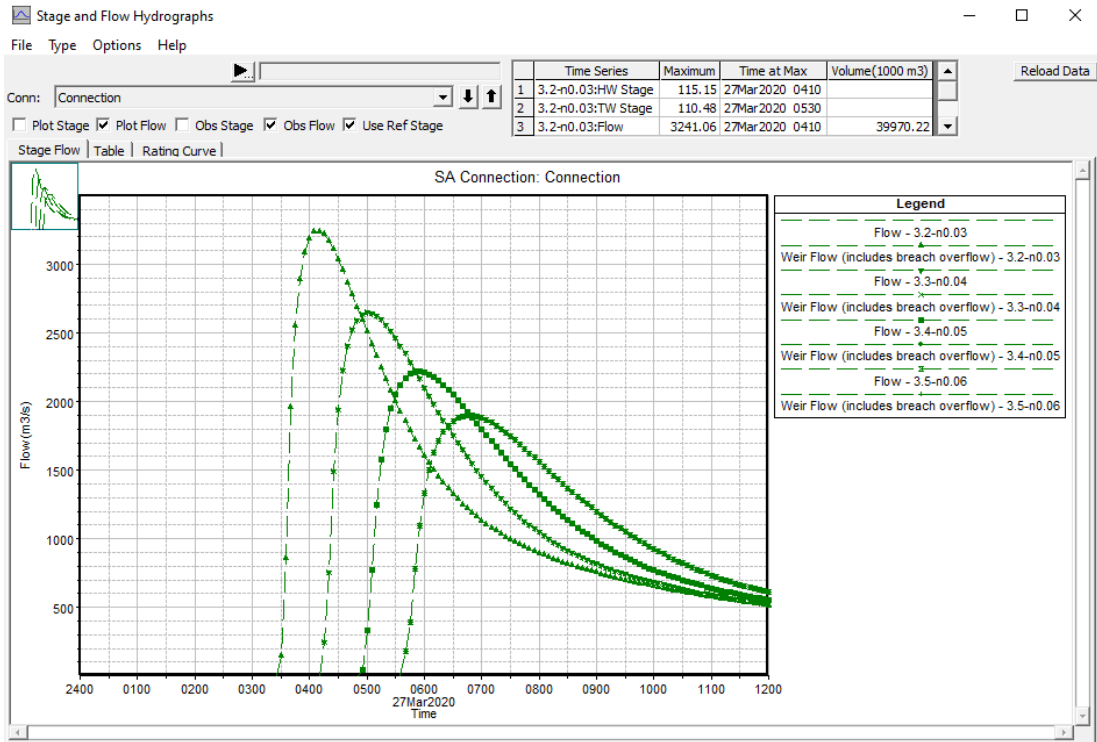
Şekil 4.46. Düzce Ovası Taşkın Yayılım Haritası $n=0.04$ (sabit)



Şekil 4.47. Düzce Ovası Taşkın Yayılım Haritası $n=0.05$ (sabit)



Şekil 4.48. Düzce Ovası Taşkın Yayılım Haritası $n=0.06$ (sabit)



Şekil 4.49. Farklı Pürüzlülük değerleri için Havza Çıkış Hidrografları

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Düzce Ovası 300 km² büyüklüğünde bir alana sahip olup bunun büyük bir kısmını merkez ilçe oluşturmaktadır. Baraj yıkılması taşkın dalgası ovada 110 km² büyüklüğünde bir alana yayılmakta olup, bu da ovanın %37'sinin bu afetten zarar göreceği anlamına gelmektedir.

Hasanlar barajının yıkılması durumunda 93.55 hm³ su serbest kalacak olup 19698 m³/s pik debi ile mansaba doğru ilerleyecektir. Bu sular 50 dk sonra Düzce merkez mahallelerine, 1 saat 15 dakika sonra D100 karayoluna, 2 saat 20 dakika sonra TEM otoyoluna, 3 saat 45 dakika sonra ise Büyük Melen Barajı gölüne ulaşacaktır.

Çakırlar, Tokuşlar, Çamköy, Orhangazi, Sarayyeri, Arapçiftliği, Akınlar, Aziziye, Fatih ve Mergiç gibi Düzce merkez mahallelerinin Melen Çayı'na yakın olanları 3-4 m, Sancaklar, Beyciler, Çavuşlar, Karahacımus, Uzunmustafa, Koçyazı, Ağaköyü, Karaca ve Körpeşler gibi Melen Çayı'na daha uzak mahalleler ise 1-2 m arasındaki derinlikte taşkın sularına maruz kalacaktır. Aynı şekilde Melen Çayı'na yakın mahallelerde su hızı 3-4 m/s, uzak mahallelerde ise 1-2 m/s olacaktır. Melen Çayı'nın Düzce merkez mahallelerinin arasından geçen ana yatak kısmı için su derinliği 7-8 m, su hızı 6 m/s ve üzerinde hesaplanmıştır.

D100 karayolunun, Akınlar mahallesinden İstanbul yönüne doğru 13.7 km uzunluğundaki bölümü taşkın sularından etkilenecek, yol ortalama 1.35 m, maksimum 3.54 m taşkın suyu ile kaplanacaktır. TEM otoyolunun ise sınırlı olarak bu afetten etkilendiği, sadece 500 m uzunluğundaki kesiminde, 1 m altında su basması olabileceği hesaplanmıştır. TEM otoyolunda aksamlar olacak ve D100 (E5) karayolu geçici olarak ulaşımına kapanacaktır.

Hasanlar Barajı'nın yıkılması durumunda muhtemelen can kayıpları olacak, ilk etapta 85 bin kişi doğrudan, 160 bin kişi ise dolaylı olarak etkilenecektir. Bunun yanı sıra yüksek maddi zararlar ortaya çıkacaktır.

Düzce il merkezinin büyük kısmının ve çok sayıda mahallenin su altında kalmasının yanında birçok köy ve tarım alanı da su altında kalacaktır.

Büyük Melen barajından ciddi miktarlarda su deşarj edilmesi gerekecektir. Büyük Melen Barajı'nın dolusavak kapakları Hasanlar Barajının yıkılmaya başladığı andan itibaren en geç emniyet paysız 4 saat sonra açılmaya başlanmalıdır.

Hasanlar Barajının yıkılması durumunda ortaya çıkan taşkın dalgası D100 karayolunun ve TEM otoyolunun dalganın önünü kesen setler olması nedeni ile Düzce ovasına girişte 3 parçaya ayrılmaktadır. Asıl büyük taşkın dalgası yataktan ayrılarak D100 ve TEM otoyolu arasından akmakta sonra tekrar Melen Çayı yatağına birleşmektedir. Melen yatağından ayrılarak TEM ve D100 arasından devam eden asıl taşkın dalgası TEM otoyolu mansap köprüsüne ana yataktan gelen dalgadan önce ulaşmaktadır. Bu olay, TEM otoyolu mansap köprüsünde bir süreliğine tersine, mansapdan membaya doğru akıma neden olmaktadır ve köprü hidrografında önce negatif sonra da pozitif değerlerin görülmesi sonucu ortaya çıkmaktadır.

Bu tip durumlarda hesaplamaların iki boyutlu (2D) analiz ile yapılmasının önemi ortaya konmuştur.

Taşkın dalgası pikinin ovada yüksek oranda kırıldığı ve hesaplanan ovadan çıkış hidrografının kapaklar zamanında açılırsa Büyük Melen Barajı dolusavağından tehlike oluşturmadan deşarj edilebileceği anlaşılmıştır.

Hasanlar Barajı Yıkılma Taşkını 105 km yol kat ederek ve Büyük Melen Barajın'dan geçerek Karadeniz'e ulaşmış, pik debi değeri Karadeniz'e ulaştığında 1817 m³/s'ye düşmüştür. Pik debinin Hasanlar Barajından Karadeniz'e ulaşım süresi 7.5 saat olarak hesaplanmıştır.

Farklı pürüzlülük değerleri için yapılan hesaplar sonucunda; pürüzlülük değeri azaldıkça su hızının arttığı, su derinliklerinin düştüğü, taşkın yayılma alanlarının azaldığı ancak ova çıkış hidrografının pik değerinin büyüdüğü, pik debi oluşum süresinin kısaldığı tespit edilmiştir.

İleride muhtemel teknolojik gelişmeler ve çalışmada kullanılan verilerin daha hassas şekilde elde edilmeleri ile analizler güncellenebilecektir.

Bu tip bir afetin meydana gelmesi halinde can kaybı sayısını azaltmak için erken uyarı sistemlerinin kurulması uygun olacaktır.

Bu çalışma ile ileride Hasanlar Barajı'nın yıkılması durumunda oluşacak afetin büyüklüğü ortaya konmuş olup, yetkili merciler tarafından risk yönetimi çerçevesinde afet acil durum eylem planı hazırlanmalıdır.

KAYNAKÇA

- Abay, O., Baykan, N., & Baykan, N. O. (2015). Tarih Boyunca Barajların Elden Çıkma Nedenleri. 4. Su Yapıları Sempozyumu, 157–166.
- Alppay, H. (2019). Baraj Yıkılması Taşkın Risk Değerlendirmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Bayram, D. O. (2015). Çarpıtılmış Fiziksel Model Yardımıyla Baraj Yıkılması Sonucu Oluşan Taşkının Deneysel Araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Begnudelli, L., & Sanders, B. F. (2007). Simulation of the St. Francis dam-break flood. *Journal of Engineering Mechanics*, 133(11), 1200–1212.
- Betsholtz, A., & Nordlöf, B. (2017). Potentials and Limitations of 1D, 2D and Coupled 1D-2D Flood Modelling in HEC-RAS: A Case Study on Høje River. Lund University, Department of Building and Environmental Technology, Division of Water Resources Engineering.
- Biscarini, C., Francesco, S. Di, Ridolfi, E., & Manciola, P. (2016). On the Simulation of Floods in a Narrow Bending Valley: The Malpasset Dam Break Case Study. *Water (Switzerland)*, 8(11).
- Brunner, G. W., Sanchez, A., Molls, T., & Parr, D. A. (2018). HEC-RAS Verification and Validation Tests. Usace.
- Copernicus, (2020). 15 Mart 2020 tarihinde, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2018> adresinden erişildi.
- ÇŞB. (2019). Düzce İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Darama, Y., Selek, Z., Selek, B., Akgul, M. A., & Dagdeviren, M. (2019). Determination of Sediment Deposition of Hasanlar Dam Using Bathymetric and Remote Sensing Studies. *Natural Hazards*, 97(1), 211–227.
- De Marchi, G. (1945). On the Dam-Break Wave Resulting From the Collapse of the Cancano Dam. *L'Energia Elettrica*, 22(1), 319–340.
- DSİ, (1978). Su Yapıları Cilt - 1 (Baraj ve Göletler), DSİ Yayınları, Ankara, 1-6.

- DSİ, (1991). Türkiye'deki Barajlar, DSİ Yayınları, Ankara, 306-312.
- DSİ, (2014). 16 Şubat 2020 tarihinde, <http://dsi.gov.tr/haberler/2014/04/07/melenbarajigovde> adresinden erişildi.
- Düden, İ. (2010). Darıdere Barajının Tedrici Yıkılması ve Yarıktan Çıkan Taşkın Hec-Ras ve Dambrk Programlarında İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Duvan, A. (2016). Kızılırmak Nehri Kırıkkale Bölgesinde Hidrolik Yöntemlerle Taşkın Ötelemesi. Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale.
- Ergen, K. (2019). Baraj Taşkın Risk Analizi Sakarya Geyve Doğantepe Barajı Örneği. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Güney, M. Ş., Tayfur, G., Bombar, G., & Bayram, D. O. (2013). Experimental Investigation of Flood Propagation Due to Trapezoidal Breach in The Distorted Physical Model of Ürkmez Dam. İçinde VI. International Perspectives on Water Resources & the Environment Conference. İzmir.
- Haltas, I., Tayfur, G., & Elci, S. (2016). Two-Dimensional Numerical Modeling of Flood Wave Propagation in an Urban Area Due to Ürkmez Dam-Break. *Natural Hazards*, 81(3), 2103–2119.
- İşcen, B. N., Öktem, N., Yılmaz, B., & Aydın, İ. (2017). Sığ Akım Denklemlerinin Hidrolikte Kullanılması Üzerine Değerlendirmeler. *Teknik Dergi*, 28(1), 7747–7747.
- Jonkman, S. N., & Penning-Rowsell, E. (2008). Human Instability in Flood Flows. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, 44(4), 1208–1218.
- Karakaya, K. (2005). Numerical Simulation of the Kirazlıköprü Dam Failure on the Gökirmak River. ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Karataş, B. (2019). Sivas 4 Eylül Barajının Yıkılma Senaryolarına Göre Taşkın Analizi ve Taşkın Tehlike Raporunun Hazırlanması. Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Yozgat.
- Kaya, B., & Ülke, A. (2012). Diferansiyel Kuadratur Yöntemi Kullanılarak Difüzyon Dalga Yaklaşımı ile Taşkınların Ötelenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 27(2), 313–322.

- Khosravi, K., Rostaminejad, M., Cooper, J. R., Mao, L., & Melesse, A. M. (2019). Dam Break Analysis and Flood Inundation Mapping: The Case Study of Sefid-Roud Dam, Iran. *Extreme Hydrology and Climate Variability: Monitoring, Modelling, Adaptation and Mitigation*.
- Kik, (2019). 15 Mart 2020 tarihinde, www.ihale.gov.tr (ihale dokumani 2019-727977) adresinden erişildi.
- Kocaman, B. (2019). Baraj Yıkılması Sonucu Taşkın Yayılım Alanının İki Farklı Hidrodinamik Modelle Belirlenmesi Kıyaslanması ve Yüzey Pürüzlülüğünün Taşkın Üzerindeki Hassasiyetinin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Kocaman, S. (2002). Baraj Yıkılması Analizi ve Uygulaması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Kocaman, S. (2007). Baraj Yıkılma Probleminin Deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
- LaRocque, L. A., Imran, J., & Chaudhry, M. H. (2013). Experimental and numerical investigations of two-dimensional dam-break flows. *Journal of Hydraulic Engineering*, 139(6), 569–579.
- Molu, M. (1995). Dam-break flood in a natural channel: A case study. ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Opentopography, (2020). 15 Mart 2020 tarihinde, <https://portal.opentopography.org/datasets> adresinden erişildi.
- Özbek, T. (2009). Açık Kanal Akımlarının Hidroliği ve Hidrolik Yapılar, Teknik Yayınevi, Ankara, 509-511.
- Özdemir, H., Cengiz, A., & Özcan, H. (2011). Çokal Barajı (Çanakkale) Çökme Modeli ve Taşkın Risk Analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8(2), 659–698.
- Özden, S., Tatar, O., Mesci, B. L., Koçbulut, F., Doğan, B., & Tüvar, O. (2000). 12 Kasım 1999 Düzce Depremi ve Bölgesel Tektonik Anlamı. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 43(2).
- Pakniyat, H. (2015). Tahtalı Barajının Yıkılması Durumunda Oluşacak Taşkın Dalgalarının Modellenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Palamut, N. (2014). Baraj Yıkılma Analizi ve Uygulaması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

- Pestana, R., Matias, M., Canelas, R., Roque, D., Araujo, A., Zeller, E. Van, ... Falcão, A. P. (2013). Calibration of 2D Hydraulic Inundation Models with SAR Imagery in the Floodplain Region of the Lower Tagus River. ESA Living Planet Symposium.
- Pilotti, M., Maranzoni, A., Milanesi, L., Tomirotti, M., & Valerio, G. (2014). Dam-Break Modeling in Alpine Valleys. *Journal of Mountain Science*, 11(6), 1429–1441.
- Pilotti, M., Milanesi, L., Bacchi, V., Tomirotti, M., & Maranzoni, A. (2020). Dam-Break Wave Propagation in Alpine Valley with HEC-RAS 2D: Experimental Cancano Test Case. *Journal of Hydraulic Engineering*, 146(6), 1–11.
- Şahin, G. S. (2018). Numerical Modeling the Flood Wave As a Result of Urkmez Dam Failure. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Şamandar, A., & Genç, Ö. (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Düzce Büyük Melen Çayı Taşkın Haritasinin Oluşturulması. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 5(2), 183–189.
- Şen, T. (2019). Atatürk Baraj Bendinin Yıkılmasıyla Oluşacak Taşkın ve Etkilerinin Cbs Yardımıyla İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Tüik, (2019). 10 Nisan 2020 tarihinde, www.tuik.gov.tr adresinden erişildi.
- Ünal, Ç. I. (2019). Two-Dimensional Dam Break Analyses of Berdan Dam. ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Usace. (2010). HEC-RAS Hydraulic Reference Manual. Us Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center.
- Usace. (2014). Using HEC-RAS for Dam Break Studies T-39. Us Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center.
- Usace. (2015a). HEC-RAS 2D Modeling User's Manual. Us Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center.
- Usace. (2015b). HEC-RAS User's Manual. Us Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center.

ÖZGEÇMİŞ

Gökay GÜNDÜZALP, 1985’de Ankara’da doğdu. İlkokul eğitimini Giresun’da, orta ve lise eğitimini ise Çankırı’da tamamladı. 2003 yılında Çankırı Anadolu Lisesi’nden mezun oldu. 2003 yılında başladığı Sivas Cumhuriyet Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nü 2007 yılında bitirdi. 2017 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2007-2014 yılları arasında özel sektörde, proje bürosunda proje mühendisi olarak çalıştı. Çok sayıda hidroelektrik santral (HES) ve taşkın kontrol yapısının projelendirilmesinde görev aldı. 2014 yılında kamu sektörüne geçerek Çankırı Karatekin Üniversitesine kontrol mühendisi olarak atandı. Halen Hacettepe Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığında kontrol mühendisi olarak görev yapmaktadır.