

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

**ÖMERLİ BARAJI OLASI KIRILMA DURUMUNDA
OLUŞTURACAK TAŞKIN YAYILIM HARİTALARININ
ELDE EDİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Rumeysa GÖZÜBENLİ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Yasin PAŞA

İstanbul – 2024

TEZ TANITIM FORMU

Yazar Adı Soyadı : Rumeysa GÖZÜBENLİ

Tezin Dili : Türkçe

Tezin Adı : Ömerli Barajı Olası Kırılma Durumunda Oluşturacak Taşkın
Yayılım Haritalarının Elde Edilmesi

Enstitü : İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Tezin Türü : Yüksek Lisans

Tezin Tarihi : 18.01.2024

Sayfa Sayısı : 68

Tez : 1. Dr. Öğr. Üyesi Yasin PAŞA

Danışmanları

Dizin Terimleri : Taşkın Yayılım Harita, Baraj Kırılma, HEC RAS, Ömerli
Barajı

Türkçe Özet : Ömerli barajının çeşitli senaryolarda kırılması durumu
modellenmiştir ve oluşacak taşkın yayılımı haritaları elde
edilerek değerlendirilmiştir.

Dağıtım Listesi : 1. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne
2. YÖK Ulusal Tez Merkezine

İmzası

Rumeysa GÖZÜBENLİ

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

**ÖMERLİ BARAJI OLASI KIRILMA DURUMUNDA
OLUŞTURACAK TAŞKIN YAYILIM HARİTALARININ
ELDE EDİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Rumeysa GÖZÜBENLİ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Yasin PAŞA

İstanbul – 2024

BEYAN

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğu, kullanılan verilerde herhangi tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez olarak sunulmadığını beyan ederim.

Rumeysa GÖZÜBENLİ

.../.../2024



İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Rumeysa GÖZÜBENLİ'nin Ömerli Barajı Olası Kırılma Durumunda Oluşturacak Taşkın Yayılım Haritalarının Elde Edilmesi adlı tez çalışması, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği anabilim dalı, İnşaat Mühendisliği bilim dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Ferruh MAHNAMFAR

İmza

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Yasin PAŞA
(Danışman)

İmza

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa NURİ

İmza

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

... / ... / 2024

İmzası

Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu tezin amacı, üstten aşma ve borulanma baraj yıkılma tiplerinin farklı senaryo kurguları altında olası bir baraj yıkılmasının etkilerini analiz etmek ve yoğun yerleşim bulunan Ömerli Barajı mansabında taşkın yayılım haritalarının oluşturulmasıdır. Ömerli Barajı kil çekirdekli toprak dolgu bir barajdır. Bir baraj yıkılma modeli geliştirmek için Hidrolojik Mühendislik Merkezi-Nehir Analiz Sistemi (HEC-RAS) kullanılmıştır. Baraj yıkılma senaryoları üstten aşama durumları için “Gedik Oluşum Süresi”, borulanma tipi baraj kırılması için ise “Borulanmanın Başladığı Yükseklik” ve “Gedik Oluşum Süresi” kriterleri altında incelenmiştir. Bu kapsamda, taşkın pik derinliği (H_p), pik debisi (Q_p), pik hızı (V_p) çıktıları tartışılmıştır. Ömerli Barajı’nın mansabına yakın bir noktadan ve derenin denize döküldüğü konuma çok yakın bir konumdan alınarak elde edilen derinlik – zaman, hız – zaman ve debi – zaman grafikleri incelenmiştir. Oluşturulan senaryolar sonucu elde edilen taşkın yayılım alanlarının alansal değerleri açısından da tartışması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: HEC-RAS, Baraj kırılması, Taşkın yayılım Haritası, Ömerli Barajı

SUMMARY

The aim of this thesis is to analyze the effects of a possible dam failure under different scenarios of overtopping and piping dam failure types and to create flood propagation maps downstream of the densely populated Ömerli Dam. Ömerli Dam is a clay core earthfill dam. The Hydrological Engineering Center-River Analysis System (HEC-RAS) was used to develop a dam failure model. Dam failure scenarios were analyzed in terms of "Breach Formation Time" for overtopping cases and "Initial Piping Elevation" and "Breach Formation Time" for piping type dam breach. In this context, flood peak depth (H_p), peak flow (Q_p), peak velocity (v_p) outputs were discussed. Depth - time, velocity - time and flow - time graphs obtained from a point close to the downstream of Ömerli Dam and from a location very close to the location where the stream flows into the sea were obtained and discussed. A discussion was also made in terms of the areal values of the flood inundation areas obtained as a result of the scenarios created.

Keywords: HEC-RAS, Dam Failure, Flood Propagation Map, Ömerli Dam

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
SUMMARY	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	iv
TABLolar LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
ÖNSÖZ.....	viii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1.1. Tezin Amacı.....	5
1.2. Literatür Taraması	5

İKİNCİ BÖLÜM MATERYAL VE YÖNTEMLER

2.1. Çalışma Alanı	7
2.2. Model Kurulumu	10
2.2.1. Topografik Veriler	10
2.2.2. Ömerli Barajı fiziksel bilgileri.....	12
2.3. Sanat Yapıları	13
2.4. HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System)	19
2.5. Gedik Parametrelerinin Tanımları ve Önemi	20

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM MODEL KURULUMU VE SENARYOLAR

3.1. Sayısal Model Kurulumu	24
3.2. Baraj Yıkılma Modeli Senaryoları.....	25
3.3. Model Çıktıları.....	27
3.3.1. Üstten Aşma Senaryolarının Model Çıktıları	27
3.3.2. Borulanma Senaryolarının Model Çıktıları	38
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	50
KAYNAKÇA	52

KISALTMALAR

HEC-RAS	:	Hydrologic Engineering Center – River Analysis System
H_p	:	Maksimum Derinlik
Q_p	:	Maksimum debi
V_p	:	Maksimum hız



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Ömerli barajı gövde ve dolu savak özellikleri	10
Tablo 2. Köprü K1'in bilgileri	13
Tablo 3. Köprü K2'nin bilgileri	14
Tablo 4. Köprü K3'ün bilgileri	15
Tablo 5. Köprü K4'ün bilgileri	15
Tablo 6. Köprü K5'in bilgileri	16
Tablo 7. Köprü K6'nın bilgileri	17
Tablo 8. Köprü K7'nin bilgileri	17
Tablo 9. Köprü K8'in bilgileri	18
Tablo 10. Köprü K9'un bilgileri	19
Tablo 21. Üstten aşma senaryoları.....	26
Tablo 22. Borulanma senaryoları	26
Tablo 23. Üstten aşma senaryolarında 1. noktadaki maksimum değerler ve yüzdelik farkları	28
Tablo 24. Üstten aşma senaryolarında 2. noktadaki maksimum değerler ve yüzdelik farkları	28
Tablo 25. Üstten aşma senaryoları sonucu oluşan taşkın yayılım alanları ve yüzdesel farkları	36
Tablo 26. Borulanma senaryolarında 1. Noktadan elde edilen parametrelerin değerleri ve yüzdelik farkları.....	38
Tablo 27. Borulanma senaryolarında 2. Noktadan elde edilen parametrelerin değerleri ve yüzdelik farkları.....	39
Tablo 28. Borulanma senaryoları (50 metre) sonucu oluşan taşkın yayılım alanları ve yüzdesel farkları	47
Tablo 29. Borulanma senaryoları (30 metre) sonucu oluşan taşkın yayılım alanları ve yüzdesel farkları	49

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Ömerli Barajı ve haznesinin konumu.....	7
Şekil 2. Ömerli Barajı ve haznesinin konumu.....	8
Şekil 3. Ömerli Barajı Tip En Kesiti.....	9
Şekil 4. Ömerli Barajı Genel Yerleşim Planı.	9
Şekil 5. Ömerli Barajı kırılma modeli için kullanılan DEM verisi.	11
Şekil 6. DEM verisi üzerinde Ömerli barajı gövdesi ve dolusavağının konumu.	11
Şekil 7. Ömerli Barajı Seviye-Hacim -Satih eğrisi	12
Şekil 8. Ömerli Barajı Dolusavak Deşarj Eğrisi.....	12
Şekil 9. Ömerli barajı mansabındaki köprüler.....	13
Şekil 10. K1 köprüsü uydu görüntüsü.	14
Şekil 11. K2 köprüsü uydu görüntüsü.	14
Şekil 12. K3 köprüsü uydu görüntüsü.	15
Şekil 13. K4 köprüsü uydu görüntüsü.	16
Şekil 14. K5 köprüsü uydu görüntüsü.	16
Şekil 15. K6 köprüsü uydu görüntüsü.	17
Şekil 16. K7 köprüsü uydu görüntüsü.	18
Şekil 17. K8 köprüsü uydu görüntüsü.	18
Şekil 18. K9 köprüsü uydu görüntüsü.	19
Şekil 19. Gedik (Breach) Parametrelerinin Geometrik Tanımı	21
Şekil 20. 2 boyutlu sayısal modelin (HEC-RAS) bileşenleri.	24
Şekil 21. 2 boyutlu sayısal hesaplama alanı	25
Şekil 22. Ömerli Barajı'nın kırılma modelinde gediklenme genişliği.....	27
Şekil 23. Üstten aşma senaryolarında maksimum su derinlikleri (1. Nokta).....	29
Şekil 24. Üstten aşma senaryolarında maksimum su derinlikleri (2. Nokta).....	30
Şekil 25. Üstten aşma senaryolarında maksimum debiler (1. Nokta).....	30
Şekil 26. Üstten aşma senaryolarında maksimum debiler (2. Nokta).....	31
Şekil 27. Üstten aşma senaryolarında maksimum hızlar (1. Nokta).....	31
Şekil 28. Üstten aşma senaryolarında maksimum hızlar (2. Nokta).....	32
Şekil 29. Üstten aşma senaryolarının Su derinliği – Zaman grafikleri (1. Nokta).....	33
Şekil 30. Üstten aşma senaryolarında Su derinliği – Zaman grafikleri (2. Nokta)	33
Şekil 31. Üstten aşma senaryolarında Debi-Zaman grafikleri (1.nokta)	34
Şekil 32. Üstten aşma senaryolarında Debi-Zaman grafikleri (2.nokta)	35
Şekil 33. Üstten aşma senaryolarında Hız-Zaman grafikleri (1.nokta)	35
Şekil 34. Üstten aşma senaryolarında Hız-Zaman grafikleri (2.nokta)	36
Şekil 35. Üstten aşma senaryolarında oluşan maksimum (O1) ve minimum (O10) taşkın yayılım alanları	37
Şekil 36. 1. Noktadaki maksimum su derinliği değerlerinin borulanma senaryolarına göre değişimi.....	40
Şekil 37. 2. Noktadaki maksimum su derinliği değerlerinin borulanma senaryolarına göre değişimi.....	40

Şekil 38. 1. Noktadaki maksimum debi değerlerinin borulanma senaryolarına göre değişimi	41
Şekil 39. 2. Noktadaki maksimum debi değerlerinin borulanma senaryolarına göre değişimi	41
Şekil 40. 1. Noktadaki maksimum hız değerlerinin borulanma senaryolarına göre değişimi	42
Şekil 41. 2. Noktadaki maksimum hız değerlerinin borulanma senaryolarına göre değişimi	42
Şekil 42. Borulanma senaryolarında 1. Noktada elde edilen Su derinliği – zaman grafikleri	43
Şekil 43. Borulanma senaryolarında 2. Noktada elde edilen Su derinliği – zaman grafikleri	44
Şekil 44. Borulanma Senaryolarında 1. Noktada elde edilen Debi – Zaman grafikleri	44
Şekil 45. Borulanma Senaryolarında 2. Noktada elde edilen Debi – Zaman grafikleri	45
Şekil 46. Borulanma Senaryolarında 1. Noktada elde edilen Hız – Zaman grafikleri	46
Şekil 47. Borulanma Senaryolarında 2. Noktada elde edilen Hız – Zaman grafikleri	46
Şekil 48. Borulanma kotu 50 metre olan senaryolar içerisindeki maksimum ve minimum taşkın yayılım alanları	47
Şekil 49. Borulanma kotu 30 metre olan senaryolar içerisindeki maksimum ve minimum taşkın yayılım alanları	48

ÖNSÖZ

İstanbul Gelişim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Ömerli Barajı Olası Kırılma Durumunda Oluşturacak Taşkın Yayılım Haritalarının Elde Edilmesi' başlıklı tezimde danışmanım olarak bilgi ve tecrübesi ile her zaman bana destek olan, değerli yardımlarını ve vaktini hiçbir zaman esirgemeyen, çalışmam boyunca sabırla her konuda beni aydınlatmaya çalışan, kendisiyle bir çalışma yürüttüğüm için kendimi daima şanslı hissettiğim kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Yasin PAŞA'ya sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Çalışmalarım sırasında desteklerini ve sevgisini üzerimde daima hissettiğim, her zaman yanımda olan sevgili annem Hatice GÖZÜBENLİ, babam Ali GÖZÜBENLİ'ye sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca benim için yorulan Eşim Ahmet GÖDEOĞLU, tüm hocalarıma ve arkadaşlarıma özellikle Yüksek İnşaat Müh. Abdülbaki HACI'ya teşekkürü bir borç bilirim.

GİRİŞ

Barajlar toplumumuz için içme ve sulama suyu temini, elektrik enerjisi üretimi ve taşkın koruma gibi birçok fayda sağlamaktadır. Ancak, bir baraj yıkıldığında, büyük miktarlarda su aniden serbest kalır ve mansap bölgelerinde hasara yol açabilecek büyük sel dalgaları yaratır (Wahl, 1998). Dünyadaki büyük barajların %83'üne tekabül eden büyük bir kısmı toprak, çakıl ve kaya gibi yerel olarak doğal aşınabilir malzemelerin kullanıldığı setlerden oluşmaktadır (ICOLD, 1984). Çoğunlukla betondan inşa edilen diğer baraj türleriyle (ağırlık barajı ve kemer baraj) karşılaştırıldığında, dolgu barajların kırılma riski çok yüksektir (Wang ve diğ., 2016). Diğer bir yandan geçmişte de dünya çapında sorunlara yol açan baraj yıkılmalarını anlatan raporlar çok sayıdadır, örneğin 575 yılında Marib barajı kırılması (Yemen), 1219 yılında Grenoble (Fransa) yakınlarındaki bir toprak baraj kırılması ve 1923, 1935 ve 1985 yıllarında İtalya'da sırasıyla Gleno, Molare ve Stava bölgelerinde çok sayıda insanın hayatını kaybetmesine neden olan üç baraj yıkılması vakası yaşanmıştır (Luino ve diğ., 2014) . Cezayir'de 1881 yılında Mascara bölgesinde 'Fergoug I' adlı bir barajın yıkılması sebebiyle yaklaşık 200 kişi hayatını kaybetmiştir (Gaagai ve diğ., 2020). Singh (1996), yaptığı çalışma sonucunda 20. yüzyılda baraj kırılmaları sonucu 8000'den fazla can kaybının yaşandığını ve milyonlarca Euro değerinde hasara yol açmış 200 baraj kırılması olduğu konusuna dikkat çekmiştir. Öte yandan dünyanın en kalabalık nüfusuna sahip olan ülkesi Çin'de 1954-2006 yılları arasında meydana gelen 3498 baraj arızasının yaklaşık %93'ü dolgu barajlardır (Xie ve Sun 2009)

BİRİNCİ BÖLÜM

Barajlar, suyun depolanması, yönlendirilmesi, kontrol edilmesi ve enerji üretimi gibi çeşitli amaçlar için inşa edilen büyük su yapılarıdır. Bu yapılar genellikle nehirler üzerine veya vadilerde yer alır ve su kaynaklarının daha etkili bir şekilde kullanılmasına olanak tanır (Ağıralioğlu, N., 2007). Barajlar, birçok fayda sağlayabilen su yönetimi yapılarıdır. Barajların faydaları aşağıda verilmiştir.

Su Depolama ve Temin: Barajlar, yağışlı dönemlerde fazla suyu depolayarak kurak dönemlerde su temin edilmesine yardımcı olur. Bu, suyun daha etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar.

Enerji Üretimi: Barajlar, hidroelektrik enerji üretimi için kullanılabilir. Su, yüksekten aşağı doğru akarken türbinleri döndürerek elektrik enerjisi üretilir.

İrrigasyon: Barajlar, tarım alanlarını sulamak için su sağlar. Sulama, verimliliği artırarak tarım üretimini geliştirebilir.

Taşkın Kontrolü: Barajlar, ani ve yüksek su seviyelerine karşı koruma sağlayarak taşkınları kontrol altına alabilir. Bu, çevredeki yerleşim alanlarını ve tarım arazilerini korur.

Rekreasyon Alanları: Barajlar, su aktiviteleri ve rekreasyon için uygun ortamlar sunabilir. Bu alanlar, balık tutma, yüzme, su sporları ve diğer eğlenceli aktiviteler için kullanılabilir.

Su Kirliliğini Azaltma: Barajlar, suyu filtreleyerek içme suyu sağlayabilir ve su kirliliğini azaltabilir. Bu, yerel toplulukların temiz ve güvenli içme suyu elde etmelerine yardımcı olabilir.

Sedimentasyon Kontrolü: Barajlar, akarsulardan gelen sedimentleri tutarak, suyu temizler ve çevredeki alanlarda erozyonu azaltır.

Endüstriyel ve Tarımsal Kullanım: Barajlardan elde edilen su kaynakları, endüstriyel süreçlerde ve tarımsal sulama için kullanılabilir.

Balık Yetiştiriciliği: Barajlar, su altı yaşamı için uygun ortamlar sağlayarak balık yetiştiriciliği için kullanılabilir.

İçme Suyu Sağlama: Barajlar, su kaynaklarından içme suyu temini için kullanılabilir, özellikle büyük şehirlerde su ihtiyacını karşılamak amacıyla.

Bu avantajlar, barajların su kaynakları yönetimi, enerji üretimi ve çevresel kullanım açısından önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Ancak, barajların inşası ve işletilmesi aynı zamanda çevresel ve sosyal etkileri de beraberinde getirebilir, bu nedenle dikkatlice planlanması ve yönetilmesi önemlidir (Ağırlioğlu, N., 2011). Ancak planlama, tasarım, inşaat ve işletme aşamasında her türlü ihmal ve yanlışlık barajın kırılmasına sebep olacaktır. Baraj kırılması, genellikle büyük bir felakete neden olan ciddi bir olaydır. Barajlar, suyun depolanması, enerji üretimi veya sulama gibi amaçlar için inşa edilen yapılardır. Ancak, bir barajın kırılması çeşitli zararlara yol açabilir. Baraj kırılması sonucu meydana gelebilecek hasarlar:

Sel Felaketi: Baraj kırılması genellikle büyük bir su kütlesinin ani bir şekilde çevresine yayılmasına neden olur. Bu durum, sel felaketlerine yol açabilir ve çevredeki yerleşim alanlarına, tarım arazilerine, altyapıya ve diğer tesislere ciddi zarar verebilir.

Can Kaybı: Baraj kırılması sonucu oluşan sel felaketi, can kayıplarına neden olabilir. Selden etkilenen bölgelerde yaşayan insanlar, hayvanlar ve diğer canlılar zarar görebilir.

Altyapı Hasarları: Baraj kırılması, suyun yüksek hızda hareket etmesine ve güçlü akıntılara neden olabilir. Bu durum, köprüler, yollar, binalar ve diğer altyapı elemanlarına ciddi zarar verebilir.

Tarım Alanlarına Zarar: Selden etkilenen tarım arazileri, verimliliği azaltabilir veya tamamen tahrip edebilir. Toprak erozyonu, sulama sistemlerinin hasar görmesi ve tarım ürünlerinin kaybı gibi sorunlar ortaya çıkabilir.

Ekonomik Kayıplar: Baraj kırılması, etkilenen bölgelerde ciddi ekonomik kayıplara neden olabilir. Altyapı hasarları, tarım kayıpları, su kaynaklarındaki kirlilik ve sel felaketi nedeniyle oluşan maddi kayıplar ekonomik dengeleri ciddi şekilde etkileyebilir.

Çevresel Etkiler: Baraj kırılması sonucu ortaya çıkan sel felaketi çevresel dengeyi bozabilir. Su kaynaklarındaki kirlilik, ekosistemlere zarar verebilir, su yaşamını etkileyebilir ve çevresel sorunlara yol açabilir.

Baraj kırılması durumunda, hızlı ve etkili bir müdahale önemlidir. Acil durum planları, afet yönetimi ve su güvenliği tedbirleri, bu tür felaketlerin etkilerini azaltmaya yönelik önlemler arasında yer alabilir.

Baraj kırılmasının birçok sebebi olabilir ve genellikle karmaşık bir dizi etmenin bir araya gelmesi sonucu meydana gelir. Baraj kırılmasının potansiyel sebepleri:

Yetersiz Tasarım ve İnşaat: Barajların tasarımı ve inşaatı, mühendislik standartlarına uygun olarak yapılmalıdır. Eğer barajın tasarımında veya inşaatında hatalar varsa, dayanıklılık sorunları ortaya çıkabilir.

Doğal Afetler: Deprem, sel, heyelan gibi doğal afetler barajlara zarar verebilir. Özellikle depremler, barajın temel ve yapısal bütünlüğünü etkileyebilir.

Erozyon: Baraj çevresindeki toprak erozyonu, barajın temelini zayıflatabilir. Ayrıca, baraj gövdesini çevreleyen alanlardaki erozyon, suyun barajın çevresine sızmasına neden olabilir.

Su Basıncı: Barajın su dolu olması durumunda, su basıncı artar. Eğer bu basınç barajın dayanıklılık sınırlarını aşarsa, barajın çatlaması veya kırılması mümkün hale gelir.

KontROLSÜZ Su Akışı: Barajın aşırı su birikimi, kontROLSÜZ bir şekilde tahliye edilemezse, bu durum barajın kırılmasına yol açabilir. Su tahliye sistemlerinin yetersiz olması veya işlevsiz hale gelmesi durumunda sorunlar ortaya çıkabilir.

İklim Değişikliği: İklim değişikliği, yağış rejimlerini, su seviyelerini ve sıcaklık değişimlerini etkileyebilir. Bu durum, barajların su yönetimini etkileyebilir ve potansiyel olarak kırılma riskini artırabilir.

Yetersiz Bakım ve Denetim: Barajların düzenli bakımı ve denetimi önemlidir. Eğer bakım ve denetim yetersizse, potansiyel sorunlar tespit edilemez ve giderilemez.

İnsan Kaynaklı Hatalar: İnsan kaynaklı hatalar, baraj işletimi veya bakımı sırasında yapılan yanlış kararlar, ihmal veya kötü yönetim gibi faktörleri içerebilir.

Bu faktörler genellikle bir araya geldiğinde, baraj kırılması gibi ciddi olaylar meydana gelebilir. Barajların güvenliği için sürekli izleme, düzenli bakım ve güvenlik önlemleri önemlidir.

1.1. Tezin Amacı

Bu tezin amacı, İstanbul (Anadolu yakası) ilinde yer alan Ömerli Barajı'nın 30 farklı senaryoda üstten aşma ve borulanma sebepli kırılması sonucunda oluşacak taşkın yayılımalarını ve iki ölçüm noktasından elde edilen derinlik – zaman, hız – zaman, debi – zaman grafikleri ile oluşan farkları incelemektedir.

1.2. Literatür Taraması

Literatürde baraj kırılması ve baraj kırılması sonucu oluşan taşkınlar ile ilgili yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bu araştırmalar konunun önemini göstererek baraj kırılmalarından meydana gelen taşkınların yayılım haritalarını sunmaktadırlar.

Bharath, A. Ve Ark. (2021). HEC-RAS ve HEC-GeoRAS hidrolik modellerini kullanarak Karnataka, Hindistan'daki Hidkal barajının baraj yıkılma analizini yapmışlardır. Çalışma, kırılma parametrelerini, taşkın hidrografını, pik debiyi, taşkın varış zamanını tahmin etmeyi ve su altında kalma haritaları oluşturmayı amaçlamaktadır. Araştırma ayrıca farklı ampirik yöntemlerden elde edilen sonuçların karşılaştırılmasını ve gedik parametrelerinin pik debi ve maksimum aşama üzerindeki etkisini anlamak için bir duyarlılık analizi yapılmasını da içermektedir.

Basheer, T.A. ve Ark. (2017), Musul Barajı'nda bir baraj gediğinden kaynaklanan taşkın hidrografları üzerinde gedik parametrelerinin etkisini incelemişlerdir. Çalışma, gedik geometrisinin ve gedik oluşumu için gerekli sürenin maksimum gedik çıkışları üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, farklı gedik tahmin yaklaşımlarını ve bunların Musul Barajı için gedik parametrelerini tahmin etmeye uygunluğunu değerlendirmektedir. Bu çalışmanın amacı, çeşitli senaryolar altında olası bir baraj yıkılmasının etkilerini analiz etmek ve yoğun yerleşim bölgesi ve yoğun trafikli bir otoyolun bulunduğu bir çalışma alanında yer alan ardışık iki baraj için bir taşkın tehlike haritası oluşturmaktır. Amaç, baraj yıkılmasının taşkın pik derinliği, pik debisi, pik hızı ve zirveye ulaşma süresi üzerindeki etkisini değerlendirmek ve olası taşkınlardan etkilenen toplam alanı hesaplamaktır. Çalışma ayrıca barajların işletilmesi, baraj yıkılmasının zararlı etkilerini en aza indirmek için gerekli önlemlerin alınması ve uygun önlemler ve tehlikelerin azaltılması için taşkına eğilimli alanların belirlenmesi için değerli bilgiler sağlamayı amaçlamaktadır.

Urzică, A., ve Ark. (2019). Romanya'nın kuzeydoğusundaki Cal Alb barajının yıkılması sonucu meydana gelen taşkını modellemek ve bunun mansap depolama alanları ve çevredeki yerleşim yerleri üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir.

Eldeeb, H., ve Ark. (2023) Büyük Rönesans Rönesans Barajı'nın (GERD) başarısız olması durumunda mansap bölgeleri üzerindeki potansiyel etkileri değerlendirmişlerdir. Çalışma, rezervuar kapasitesi ve gedik genişliğindeki varyasyonlar da dahil olmak üzere farklı baraj arızası senaryolarını incelemekte ve HEC-RAS iki boyutlu hidrolik yönlendirme modelini kullanarak ortaya çıkan taşkın hidrografını ve taşkın dalgalarının yayılmasını modellemektedir. Çalışmanın sonuçları, katastrofik bir baraj yıkımının potansiyel tehlikeleriyle başa çıkmak için acil durum planları ve hafifletme stratejileri geliştirmede karar vericilere yardımcı olabilir.

Bu çalışmanın amacı, Kuzey Carolina'daki Mountain Island Barajı'ndaki hidrolojik altyapının çeşitli aşırı olay senaryoları altında sistematik bir etki riski değerlendirmesi yapmak ve gelecekteki tehlikelere karşı korunmak için zamanında kritik kararlar, risk değerlendirmeleri ve adaptasyon stratejileri için içgörü sağlamaktır.

Bu çalışmanın amacı, Brezilya'nın Bahia Eyaleti'ndeki São José do Jacuípe şehri yakınlarında meydana gelen bir baraj patlamasının neden olduğu potansiyel riski değerlendirmek ve can kaybını tahmin etmektir. Çalışma, acil durum eylem planlaması için değerli bilgiler sağlamayı ve potansiyel yıkımı ve can kaybını azaltmada bir uyarı sisteminin etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmanın amacı, baraj gediklerinin neden olduğu taşkınların anlaşılmasını ve yönetimini geliştirmek, taşkına eğilimli bölgelerde dayanıklılığı ve toplum refahını artırmak ve etkili risk azaltma stratejileri geliştirmektir. Çalışma ayrıca barajların ve çevresindeki çevrenin güvenliğini sağlamak için karar vericiler, güvenlik uygulayıcıları ve devlet kurumları için değerli veriler sağlamayı amaçlamaktadır.

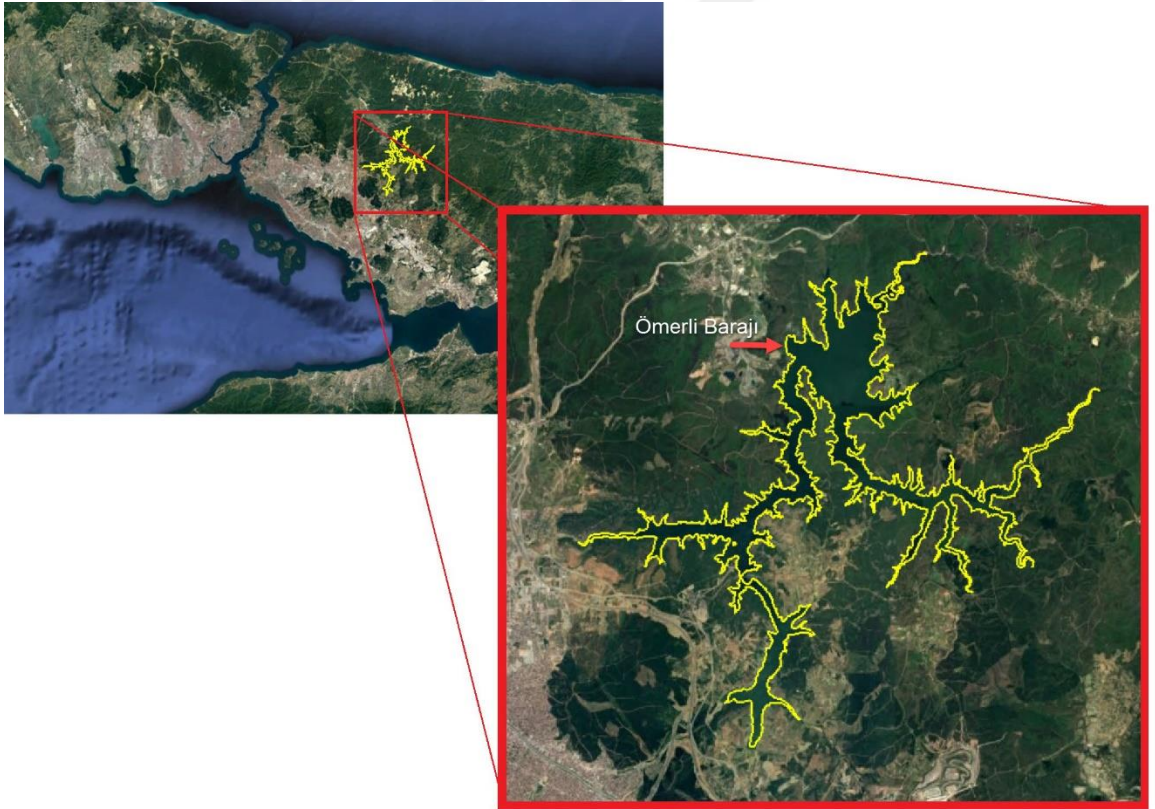
İKİNCİ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEMLER

2.1. Çalışma Alanı

Ömerli Barajı, İstanbul'da Çayağz Deresi üzerinde, içme suyu temini amacıyla 1968-1972 yılları arasında inşa edilmiştir. Kil çekirdekli kum-çakıl dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 1.650.000 m³, talvegten yüksekliği 53.0 m, normal su kotunda göl hacmi 370.82 hm³, Maksimum su kotunda göl alanı 23,91 km²'dir.

Yağış alanı 613 km² olan Ömerli barajının yıllık ortalama yağış miktarı 800 mm'dir. Sarayburnu–Salacak arasında bulunan isale hatlarıyla günlük 500 bin metreküp içmesuyunu Avrupa Yakası'na ulaştırma imkânı bulunmaktadır ve barajın yerleşim yeri **Şekil 1**'de verilmiştir.



Şekil 1. Ömerli Barajı ve haznesinin konumu.

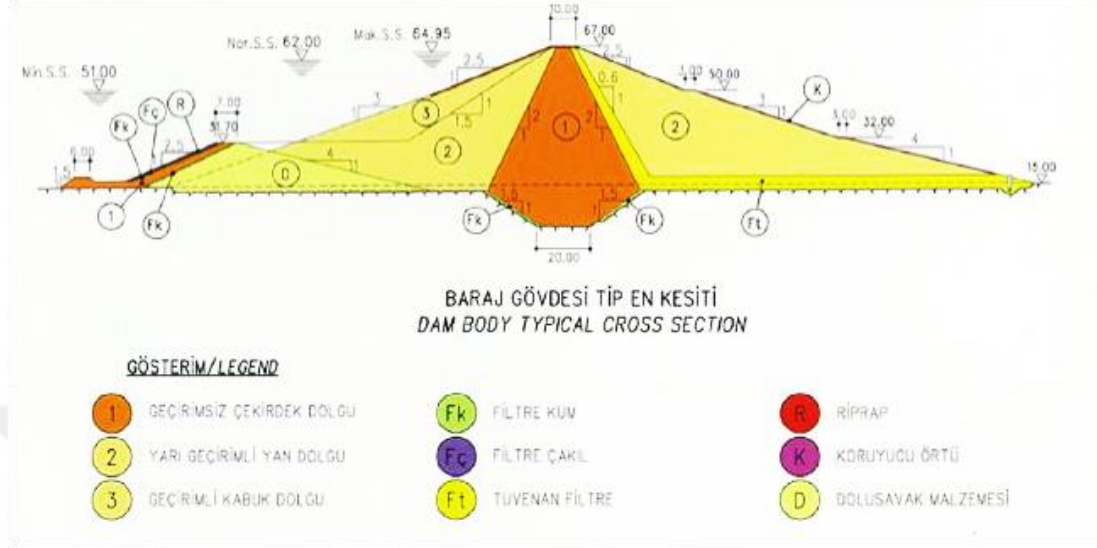
Yıllık 220 milyon metreküplük kapasitesiyle İstanbul'un en büyük su kaynağı olan Ömerli Barajı 1972 yılında hizmete alınmıştır ve İstanbul'da Anadolu Yakası'nın neredeyse tamamına Ömerli Barajı'ndan su verilmektedir. Barajın suları Ömerli İçmesuyu Arıtma Tesislerinde arıtılarak şehre ulaştırılmaktadır. Ayrıca;

Sarayburnu–Salacak arasında bulunan isale hatlarıyla günlük 500 bin metreküp imesuyunu Avrupa Yakası’na ulaştırma imkânı bulunmaktadır. Ömerli barajı ile ilgili görseller **şekil 2**’de verilmiştir.

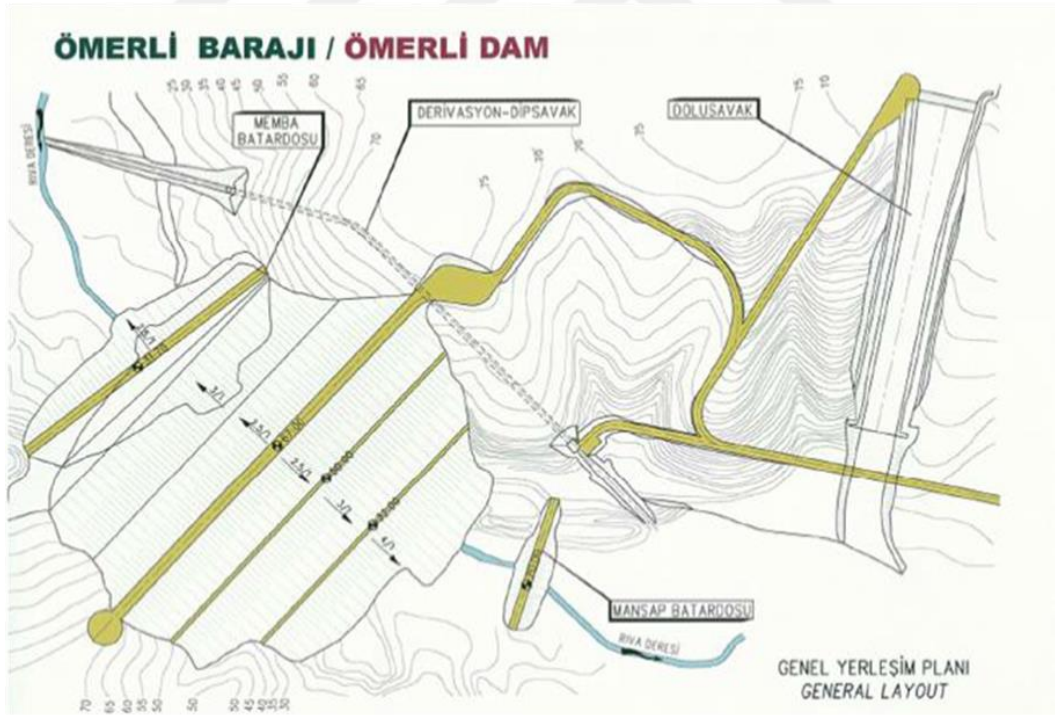


şekil 2. Ömerli Barajı ve haznesinin konumu.

1968- 1972 yılları arasında İstanbul İline içme, kullanma ve sanayi suyu temini amacı ile inşa edilmiş olan Ömerli Barajında 03.12.1972 yılında su tutulmaya başlanmıştır. Baraj tip en kesiti **Şekil 3**'d3 ve genel vaziyet planı ise **Şekil 4**'de verilmiştir.



Şekil 3. Ömerli Barajı Tip En Kesiti



Şekil 4. Ömerli Barajı Genel Yerleşim Planı.

Tablo 1. Ömerli barajı gövde ve dolu savak özellikleri

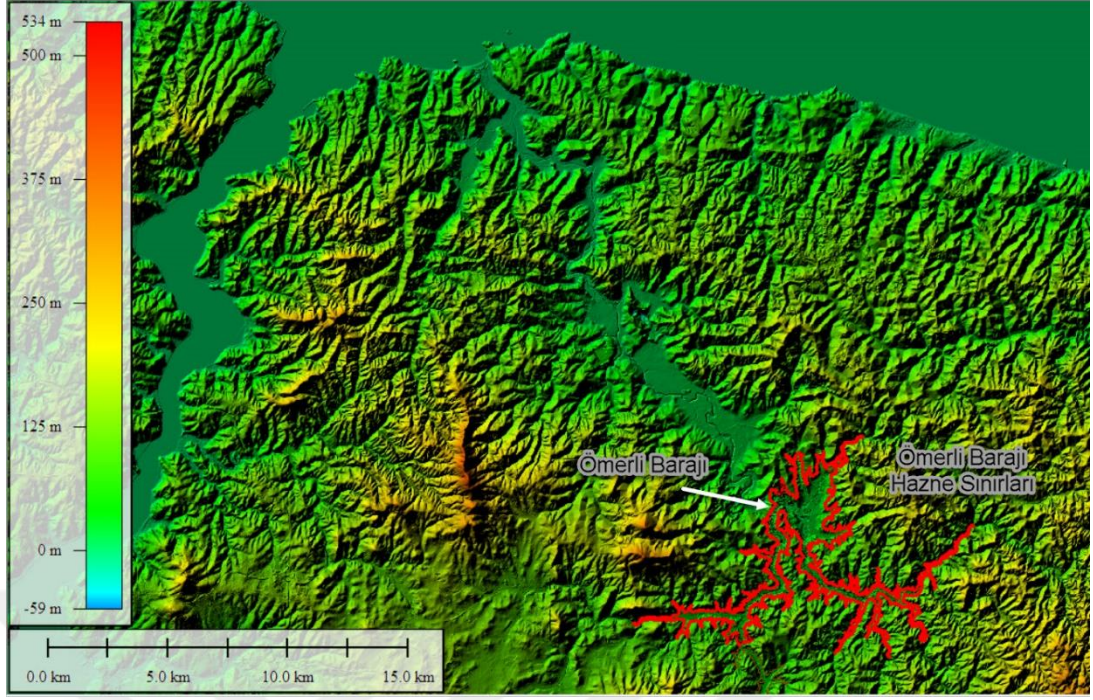
Ömerli Baraj Gövdesi		Ömerli Baraj Dolu savağı	
Tipi	kil çekirdekli kum-çakıl dolgu	Yeri	Sol sahil
Yapılış Maksudı	İçme, kullanma ve endüstri suyu temini	Tipi	Radyal kapaklı (5 adet/6.00×6.80 m)
Talveg kotu	14.00 m	Deşarj kapasitesi	2145,08 m ³ /sn
Kret kotu (Ana gövde)	67.00 m	Ötelenmiş Debi	897,95 m ³ /sn
Kret uzunluğu	372.00 m	Maksimum Hesap Yüğü	5.64 m
Kret genişliği	10.00 m	Yaklaşım kanalı Taban kotu	57.00 m
Mın su seviyesi	46.00 m	Eşik Yüksekliği	2.00 m
Normal su seviyesi	62.00 m	Eşik Kotu	59.00 m
Max su seviyesi	64.95 m	Eşik genişliği	44.00 m
Ölu hacim	127,34 hm ³	Kret uzunluğu (net)	34.00 m
Toplam depolama hacmi	438,04 hm ³	Boşaltma kanalı	Betonarme dikdörtgen
Mın su seviyesinde göl sahası	10,36 hm ³	Enerji kırıcı	Enerji kırıcı havuz (tip III)
Normal su seviyesinde göl sahası	370.82 hm ³	Dolusavak köprü tipi	Perkaset
Max su seviyesinde göl sahası	438,04 hm ³		
Drenaj sahası	613 km ²		
Aktif Hacim	243,48 hm ³		

2.2. Model Kurulumu

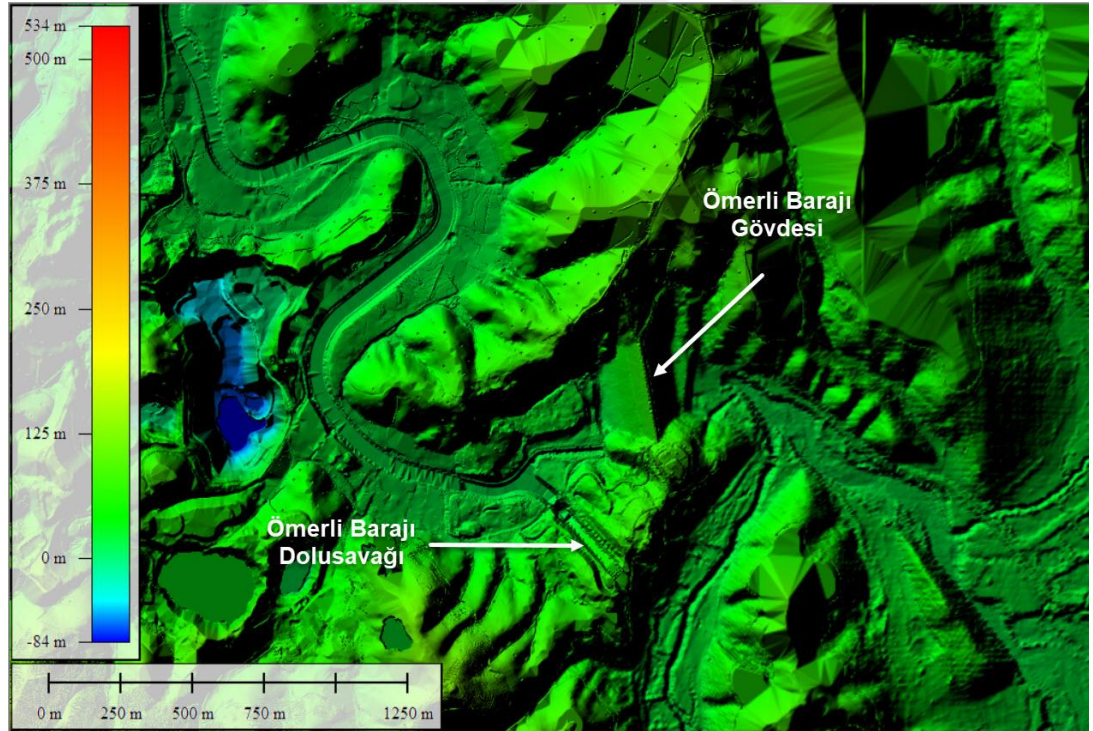
Bu bölümde, HEC-RAS programında kurulan baraj kırılma modeli senaryolarından ve sanat yapılarından bahsedilmiştir.

2.2.1. Topografik Veriler

Bu çalışmada 1-metre çözünürlüğe sahip olan sayısal yükseklik modeli (Dijital Elevation Model-DEM) topografik verileri kullanılmıştır. Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilen veriler oldukça yüksek kalitede hazırlanmıştır.



Şekil 5. Ömerli Barajı kırılma modeli için kullanılan DEM verisi.

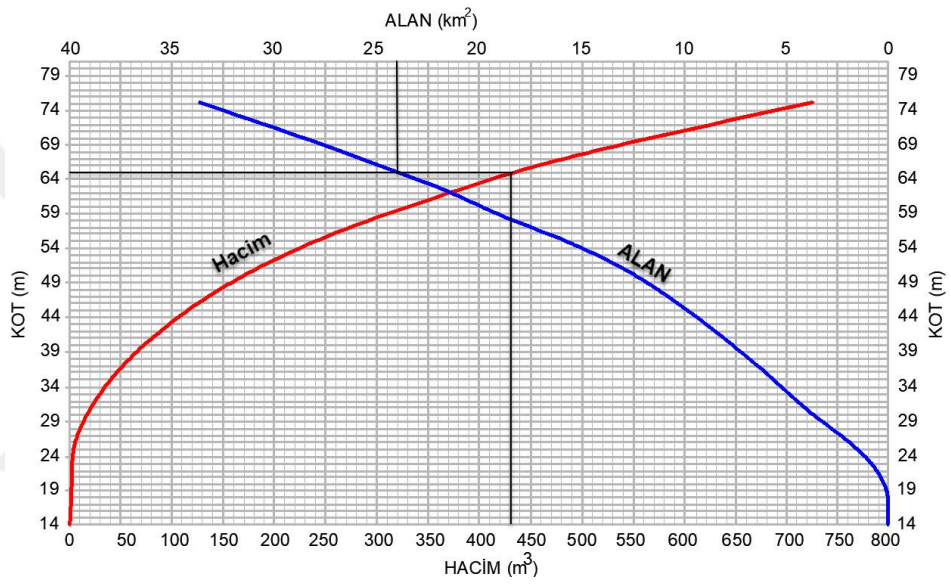


Şekil 6. DEM verisi üzerinde Ömerli barajı gövdesi ve dolusavağının konumu.

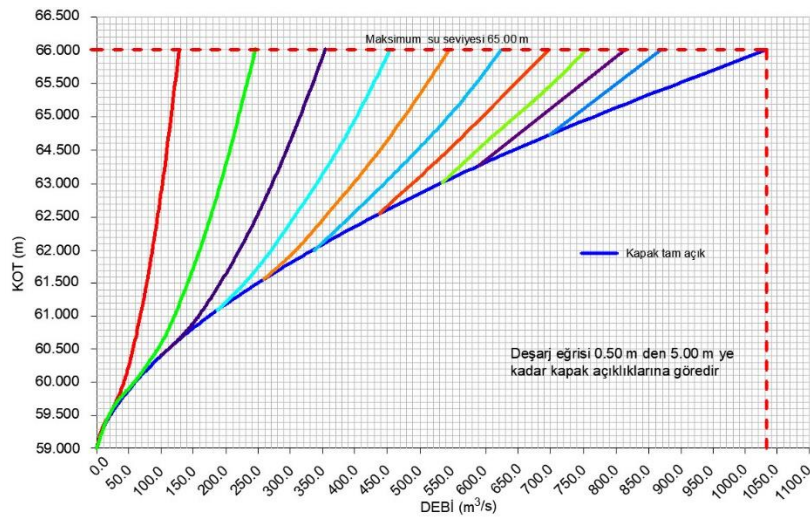
2.2.2. Ömerli Barajı fiziksel bilgileri

Metin kısmı, tez bölümlerini takiben sonuç ile tamamlanır. Sonuçta; girişte açıklanan hususlar çerçevesinde, tezin bölümlerinde varılan sonuçlar açıklanır. Elde edilen sonuçlar, başta öne sürülen hipotezlerinin geçerliliğine yönelik olarak yorumlanır.

Ömerli barajı hazne kapasitesi maksimum yükseklikte (65 m) 438,04 hm³ 'dür. Şekil 7'de Satış eğrisi gösterilmiştir. Şekil 8'de Sol sahilde yer alan dolu savağın deşarj eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 7. Ömerli Barajı Seviye-Hacim -Satış eğrisi



Şekil 8. Ömerli Barajı Dolusavak Deşarj Eğrisi

2.3. Sanat Yapıları

Ömerli barajı mansabında mevcut köprülerin yerleşim yeri **Şekil 9**'te verilmiştir. Her bir köprü için uydu görüntüsü **Şekil 10** ila **Şekil 18**'de gösterilmiştir. Ayrıca bu köprülerin bilgileri **Tablo 2**. Köprü K1'in bilgileri -**Tablo 10**. Köprü K9'un bilgileri. **Şekil 9**. Ömerli barajı mansabındaki köprüler. sayısal modele dahil edilmiştir.



Şekil 9. Ömerli barajı mansabındaki köprüler.

Tablo 2. Köprü K1'in bilgileri

Köprü Kesit No	502.17	KÖPRÜ KOORDİNAT ITRF 30 3			
Genişlik	12.2 m				
Kalınlık	130 cm				
Taban Kotu	6.7 m				
Talvek Kotu	-2.8 m				
Membra			Mansap		
İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu	İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu
0	8	6.7	0	8	6.7
30	8.15	6.85	60	8.15	6.85
90	7.45	6.15	90	7.45	6.15
120	6.2	4.9	120	6.2	4.9
152.4	5.2	3.9	152.4	5.2	3.9



Şekil 10. K1 köprüsü uydu görüntüsü.

Tablo 3. Köprü K2'nin bilgileri.

Köprü Kesit No	10720.51			KÖPRÜ KOORDİNAT	
Genişlik	14 m			ITRF 30 3	
Kalınlık	150 cm			Y	X
Taban Kotu	6.65 m			438761.67	4558712.01
Talvek Kotu	-1.00 m				
Memba	Mansap				
İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu	İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu
0	8.15	6.65	0	8.15	6.65
46.4	8.15	6.65	46.4	8.15	6.65



Şekil 11. K2 köprüsü uydu görüntüsü.

Tablo 4. Köprü K3'ün bilgileri.

Köprü Kesit No	11668.5			KÖPRÜ KOORDİNAT	
Genişlik	21 m			ITRF 30 3	
Kalınlık	250 cm			Y	X
Taban Kotu	53.8			438541.61	4557924.16
Talvek Kotu	-0.80				
Memba			Mansap		
İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu	İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu
0	56.3	53.8	0	56.3	53.8
307	53.5	51	307	53.5	51
320	53.5	51	320	53.5	51
1006	48.64	46.14	1006	48.64	46.14



Şekil 12. K3 köprüsü uydu görüntüsü.

Tablo 5. Köprü K4'ün bilgileri.

Köprü Kesit No	15418.78			KÖPRÜ KOORDİNAT	
Genişlik	7 m			ITRF 30 3	
Kalınlık	110 cm			Y	X
Taban Kotu	10.6 m			439106.38	4555871.75
Talvek Kotu	-0.10 m				
Memba			Mansap		
İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu	İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu
0	11.7	10.6	0	11.7	10.6
22	11.7	10.6	22	11.7	10.6



Şekil 13. K4 köprüsü uydu görüntüsü.

Tablo 6. Köprü K5'in bilgileri.

Köprü Kesit No	19074.45	KÖPRÜ KOORDİNAT			
Genişlik	89.5 m	ITRF 30 3			
Kalınlık	170 cm	Y		X	
Taban Kotu	17.7 m	440597.73		4552979.66	
Talvek Kotu	7.00 m				
Memba	Mansap				
İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu	İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu
0	19.45	17.75	0	16.22	14.52
35	20.15	18.45	40	17	15.3
80	21.6	19.9	85	18.2	16.5
114.5	23.1	21.4	123.5	19.35	17.65



Şekil 14. K5 köprüsü uydu görüntüsü.

Tablo 7. Köprü K6'nın bilgileri.

Köprü Kesit No	21383.74	KÖPRÜ KOORDİNAT			
Genişlik	9.2 m	ITRF 30 3			
Kalınlık	220 cm	Y		X	
Taban Kotu	9.85 m	442243.51		4551828.77	
Talvek Kotu	6.00 m				
Memba	Mansap				
İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu	İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu
0	12.05	9.85	0	12.05	9.85
58.9	12.05	9.85	58.9	12.05	9.85



Şekil 15. K6 köprüsü uydu görüntüsü.

Tablo 8. Köprü K7'nin bilgileri.

Köprü Kesit No	24893.69	KÖPRÜ KOORDİNAT ITRF 30 3			
Genişlik	35.6 m				
Kalınlık	150 cm	Y	X		
Taban Kotu	16.5	443997.64	4550220.71		
Talvek Kotu	9.50				
Membra		Mansap			
İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu	İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu
0	18	16.5	0	18	16.5
48	18	16.5	48	18	16.5



Şekil 16. K7 köprüsü uydu görüntüsü.

Tablo 9. Köprü K8'in bilgileri.

Köprü Kesit No	25732.83			KÖPRÜ KOORDİNAT	
Genişlik	7 m			ITRF 30 3	
Kalınlık	190 cm			Y	X
Taban Kotu	20.15 m			444546.82	4549718.23
Talvek Kotu	12.20 m				
Memba	Mansap				
İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu	İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu
0	22.05	20.15	0	22.05	20.15
68.2	22.05	20.15	68.2	22.05	20.15



Şekil 17. K8 köprüsü uydu görüntüsü.

Tablo 10. Köprü K9'un bilgileri.

Köprü Kesit No	29969.46	KÖPRÜ KOORDİNAT			
Genişlik	9.2 m	ITRF 30 3			
Kalınlık	180 cm	Y		X	
Taban Kotu	22.2 m	445707.47		4547147.70	
Talvek Kotu	17.08 m				
Memba		Mansap			
İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu	İstasyon	Üst Kot	Taban Kotu
0	24	22.2	0	24	22.2
38.8	24	22.2	38.8	24	22.2



Şekil 18. K9 köprüsü uydu görüntüsü.

2.4. HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System)

HEC-RAS, United States Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC) tarafından geliştirilen ve bir akarsu ortamını tek boyutlu olarak hidrolik ve hidrodinamik olarak analiz edebilen bir modelleme programıdır. Modele bileşenleri şunlardır;

- Grafik kullanıcı arayüzü
- Hidrolik analiz bileşenleri
- Veri toplama ve yönetme bileşenleri
- Sonuçların raporlanması ve görselleştirilmesi ile ilgili bileşenlerdir.

HEC-RAS, hidrolik analizleri üç ayrı şekilde yapabilmektedir. Bunlar:

1. Kararlı(permanan) akım koşullarında su yüzü profilinin hesaplanması

2. Dinamik (permanan olmayan) akım koşullarında su yüzü profilinin hesaplanması
3. Hareketli sınır koşullarında sediment taşınımının hesaplanması ile ilgili bileşenler olarak düzenlenmiştir.

Hidrolik analiz bileşenleri, ortak analiz verileri ve ortak geometrik, hidrolik rutinleri kullanacak şekilde tasarlanmıştır. HEC-RAS ayrıca su yüzeyi profilini ile;

- Köprü ayaklarında oyulma hesapları
- Üniform akım hesapları
- Stabil kanal tasarımı
- Sediment taşınım kapasitesi

gibi tasarım bileşenlerini de içermektedir.

HEC-RAS modeline veri girişi grafik kullanıcı arayüzü ile kolaylaştırılmıştır. Akarsuyun geometrik yapısını tanımlayan veriler ve akarsu içindeki hidrolik yapılar ile ilgili verilerin tümü, grafik kullanıcı arayüzü ile girilmektedir. Ayrıca veri girişi kolaylaştıran CBS arayüzü de bulunmaktadır (Paşa, Y. ve Baki, A., 2023).

HEC-RAS modelli yağış ve akış gibi hidrolojik hesapları yapamamaktadır. Fakat yardımcı modeller yardımı ile oluşturulmuş olan hidrolojik veriler okunabilmektedir. HEC-RAS 1 ve 2 boyutlu olarak hidrodinamik hesapları yapabilmektedir. Model; nehir rejimi, sel rejimi yada hidrolik sıçrama gibi karışık rejim durumlarında hesap yapabilmektedir. Ayrıca hidrolik yapı ve su seviyesi kontrol elemanlarının su yüzü profiline etkisini de hesaplayabilmektedir. Hidrolik analiz hesapları Manning formülüne dayanmaktadır. Buna ek olarak su yüzü kotunun kısa mesafede değişmesi durumunda momentum denklemlerini kullanmaktadır.

Sonuç olarak HEC-RAS modeli modern ve kullanımı kolay olan bir yazılımdır. Bu modelde veri girişi kolaylaştırılmış ve CBS entegrasyonu sağlanmıştır. Bir akarsuyun hidrolik analizini tamamen yapabilmektedir. Modelin dezavantajı ise modelin kaynak kodunun açık olmamasıdır.

2.5. Gedik Parametrelerinin Tanımları ve Önemi

Baraj kretinin aşılması ile tetiklenen yıkılma benzeşimi çalışmalarında gediklenmenin geometrik şekli dikdörtgen, üçgen veya trapez alınabilir. Gediklenmenin zaman içindeki gelişiminin bu geometrik şekillerden biri kullanılarak baraj kretinden başlanıp, baraj topuğuna doğru gerçekleştiği varsayılır ki, bu varsayım

Toprak veya kaya dolgu zonlu barajlarda gedik şekli genellikle trapez kesitli kabul edilir. Gedik geometrisi, gedik yüksekliği, ortalama gedik genişliği ve yan kenar eğimleri ile tanımlanır. Daha sonra geniş kretli dolusavak özellikleri kullanılarak gedikten geçen debi hesaplanır. HEC-RAS programında kullanıldığı şekliyle yıkılma zamanı (the time of failure) şöyle tanımlanmıştır. Baraj yıkılma zamanı, barajın menba yüzünde gediklenmenin başladığı an ile gedik oluşumunun bittiği an arasında geçen süredir. Barajın kreti üzerinden su aşması durumunda oluşan yıkılmalar söz konusu olduğunda, yıkılma süresi başlangıcı olarak barajın mansap yüzündeki dolgunun akıp gitmesi ve gövde üzerinde oluşan yarılmaların kret genişliği boyunca ilerleyerek barajın menba yüzüne ulaştığı an kabul edilir. Ayrıca insanları uyarma ve bölgeyi boşaltma amaçlı olarak gedik başlama zamanı (breach initiation time) tanımı verilmektedir. Gedik başlama zamanı, insanların uyarılmasını ve bölgenin boşaltılmasını düşündürtecek kadar önemli miktarda suyun barajın üzerinden veya gövdesinden ilk kez akması durumunda başlar ve gedik oluşumu (breach formation) başladığında biter. Gedik başlama zamanının tahmini konusunda bize rehber olacak fazla bilgi yoktur.

2008 yılında Dr. Froehlich, yeni verilerin eklenmesine dayanarak kırılma denklemlerini güncellemiştir. Dr. Froehlich, ortalama kırılma genişliğini, yan eğimleri ve kırılma süresini tahmin etmek için bir denklem seti geliştirmek için 74 toprak, çekirdek duvarlı toprak (yani kil) ve kaya dolgu veri setleri kullanmıştır. Froehlich'in regresyon analizi için kullandığı veriler aşağıdaki aralıklardır:

Baraj yüksekliği: 3.05 - 92.96 m, 93% < 30 m, ve 81% < 15 m

Baraj kırılma esnasında doluluk oranı: $0.0139 - 660.0 \text{ m}^3 \times 10^6$, 86% < $25.0 \text{ m}^3 \times 10^6$, ve 82% < $15.0 \text{ m}^3 \times 10^6$

Ortalama kırılma genişliği ve kırılma süresi için Froehlich'in regresyon denklemleri:

$$B_{ort} = 0.27 K_0 V_w^{0.32} h_b^{0.04} \quad (1)$$

$$t_f = 63.2 \sqrt{\frac{V_w}{g h_b^2}} \quad (2)$$

Bu denklemde

Bort = Ortalama kret genişliği (m)

K_o = katsayısı (Baraj üzerinden aşma için 1.3, borulanma için 1.0)

V_w = Kırılma anında barajdaki su hacimi (m^3)

h_b = kıyı son yüksekliği (m)

g = yer çekimi ivmesi ($9.80665 m/s^2$)

t_f = kırılma süresi (Saniye).

Froehlich'in 2008 tarihli makalesinde, ortalama yan eğimlerin olması gerektiği belirtilmektedir:

1.0 H:1V Baraj üzerinden aşma

0.7 H:1V diğerleri (borulanma ve sızma gibi)

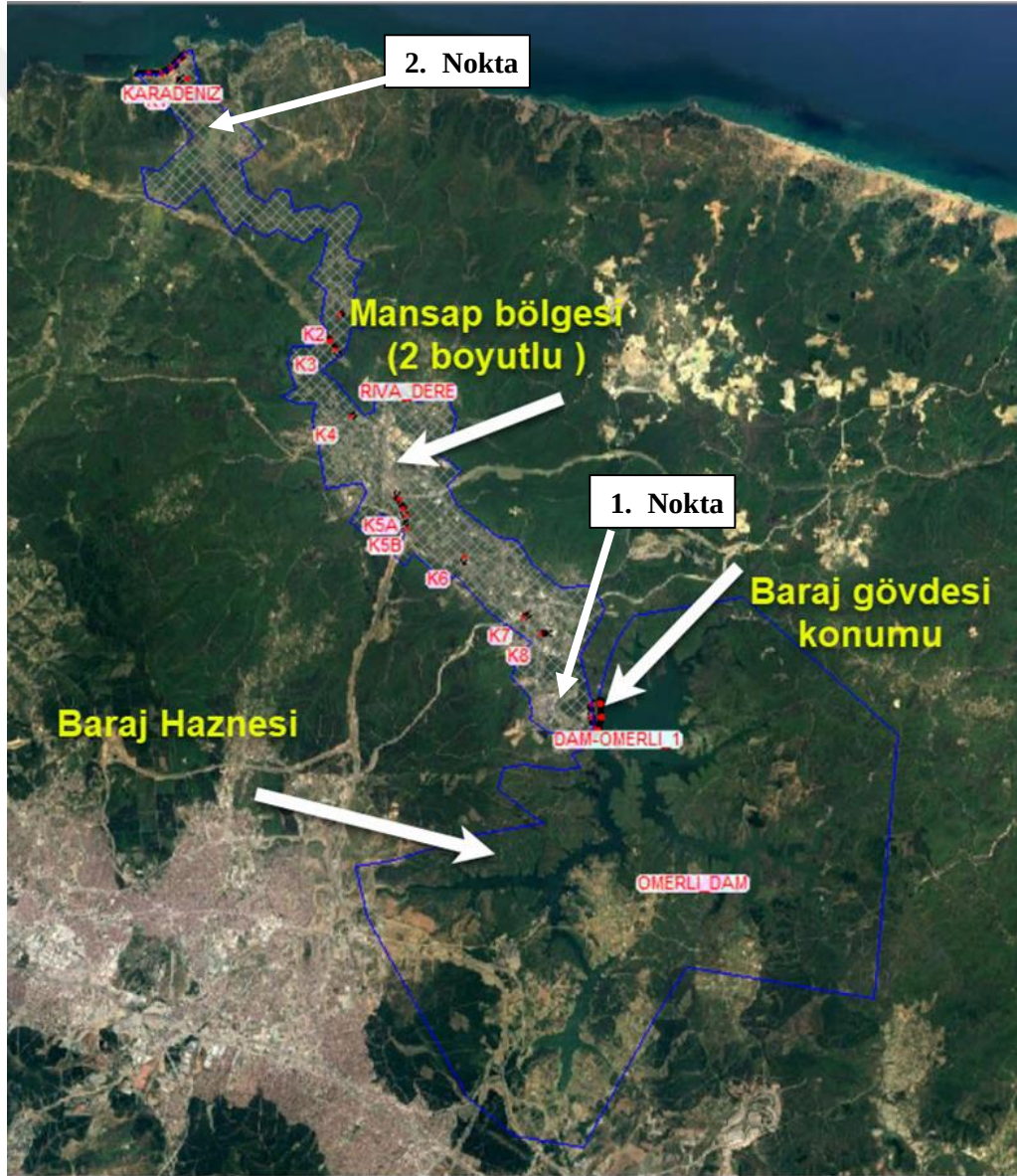
Froehlich'in makalesinde açıkça belirtilmese de, kırılmanın yüksekliği, kırılmanın barajın tepesinden başlayarak kırılma yerindeki doğal zemine kadar devam etmesini varsayılarak hesaplanmıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MODEL KURULUMU VE SENARYOLAR

3.1. Sayısal Model Kurulumu

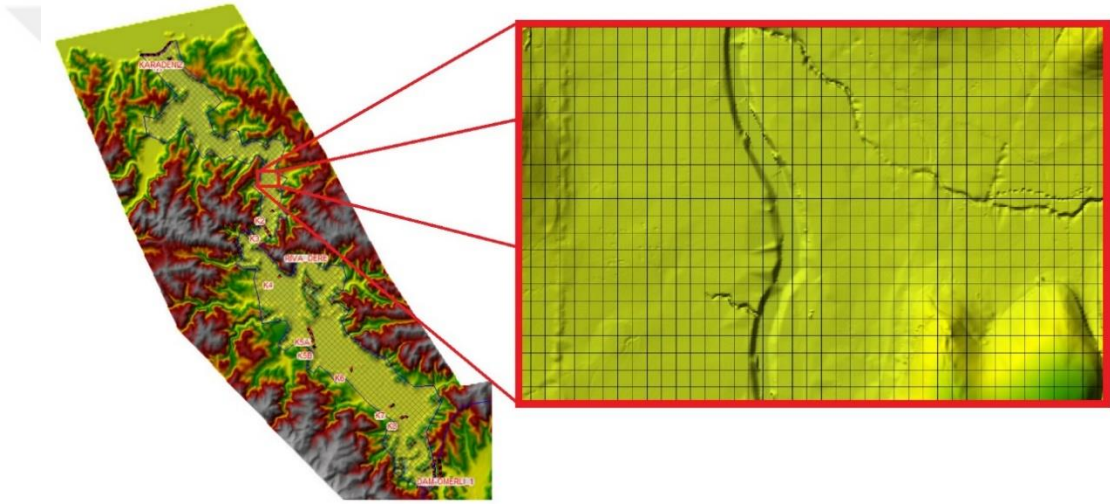
Baraj kırılma modeli hazırlanması için başta arazi topografik verileri olmak üzere barajı gövdesi ve haznesinin fiziksel tüm bilgileri’de gerekmektedir. Barajın mansabında yer alan yerleşim bölgeleri, dere ya tağı bilgileri, köprüler ve arazi kullanımı haritaları da barajın sayısal modeli kurulumunda büyük bir önem taşımaktadır. Şekil 20’te sayısal modelin bileşenleri gösterilmiştir.



Şekil 20. 2 boyutlu sayısal modelin (HEC-RAS) bileşenleri.

Mansap bölgesinde kurulan iki boyutlu sayısal model

Barak kırılması sonucu barajın mansap bölgesinde yayılan su kütlesi 1 ve 2 boyutlu modeller ile elde edilmektedir ancak son yıllarda çok gelişmiş olan 2 boyutlu sayısal modeller gerçeğe daha yakın sonuçlar elde etmektedir. Bu çalışmada baraj kırılması sonucunda mansap bölgesinde taşkın yayılım haritasını elde etmek için 2 boyutlu HEC-RAS yazılımı kullanılmıştır. Bu bölgedeki taşkın yayılım haritasını elde etmek için **Şekil 21**'te de gösterilen 10 x 10 m çözünürlüğe sahip olan dikdörtgen sayısal hesaplama ağı kullanılmıştır. Modelin sınır şartı olarak memba tarafında baraj kırılmasında dolayı oluşan taşkın debisi ve Karadeniz'e bağlandığı yerde kendi hesapladığı su yüzey eğimi kullanılmıştır.



Şekil 21. 2 boyutlu sayısal hesaplama alanı

3.2. Baraj Yıkılma Modeli Senaryoları

Bu tez kapsamında, Ömerli Barajı'nın kırılma senaryoları üstten aşma (overtopping) ve borulanma (piping) tiplerinde oluşturulmuştur. Üstten aşma senaryoları toplam adet olup, taşkın debisini etkileyen parametre olarak gediklenme oluşum süresinin akım hızı, su yüksekliği ve taşkın debisi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu senaryolarda gediklenme süreleri 0.5 saatten başlayıp 5 saate kadar devam etmiştir. Senaryolar 0.5 saat artış ile oluşturulmuştur. Borulanma tipindeki senaryolar için ise hem gedik oluşum süresi hem de borulanma yüksekliği parametrelerinin hız, su yüksekliği ve taşkın debisi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Borulanma tipi kırılma için ise 20 farklı senaryo oluşturulmuştur. Bu senaryolardaki

ilk incelenen parametre olan gediklenme süresi üstten aşma senaryolarındaki gibi 0.5 saaatden 5 saate kadar değiştirilmiştir. Diğer tipe kıyasla bu sefer iki farklı borulanma yüksekliği kullanılmıştır. Baraj kırılma senaryosu haznede su seviyesi en yüksek yani 65 m kotunda olduğu şekilde hazırlanmıştır. **Tablo 11** ve **Tablo 12**'da oluşturulan senaryolar gösterilmiştir.

Tablo 11. Üstten aşma senaryoları

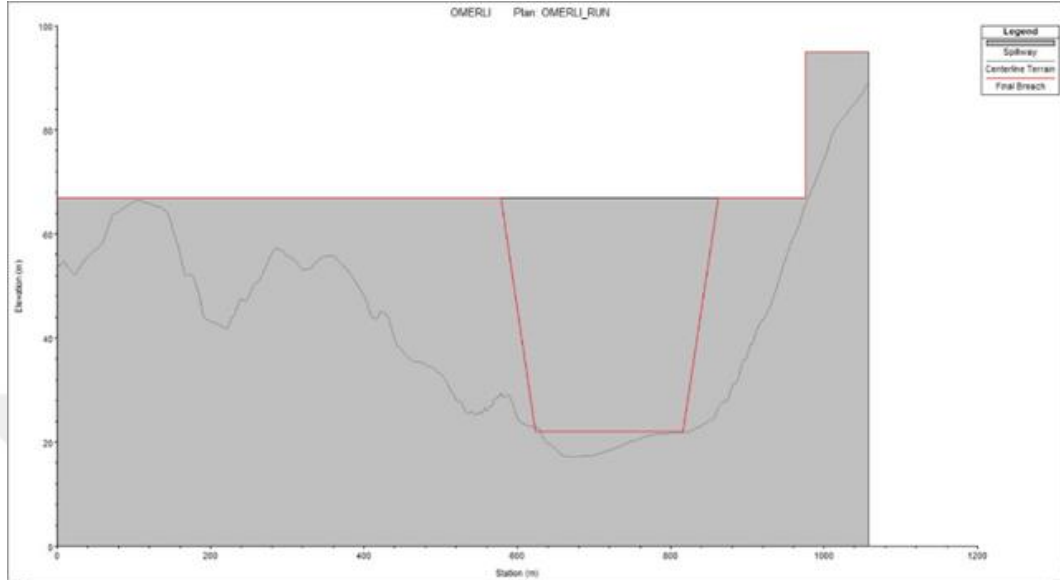
Senaryolar (Üstten Aşma)	Gediklenme Süresi	Kırılma Taban Genişliği
O1	0.5	193
O2	1	193
O3	1.5	193
O4	2	193
O5	2.5	193
O6	3	193
O7	3.5	193
O8	4	193
O9	4.5	193
O10	5	193

Tablo 12. Borulanma senaryoları

Senaryolar	Gediklenme Süresi (saat)	Borulanma Kotu
P1	0.5	50
P2	1	50
P3	1.5	50
P4	2	50
P5	2.5	50
P6	3	50
P7	3.5	50
P8	4	50
P9	4.5	50
P10	5	50
P11	0.5	30
P12	1	30
P13	1.5	30
P14	2	30
P15	2.5	30
P16	3	30
P17	3.5	30
P18	4	30
P19	4.5	30
P20	5	30

Baraj Haznesi Modeli

Ömerli Barajı'nın haznesi için **Şekil 7**'de gösterilen Seviye – Hacim verilerine göre model kurulmuştur. Oluşturulan baraj modeli **Şekil 22**'da gösterilmiştir.



Şekil 22. Ömerli Barajı'nın kırılma modelinde gediklenme genişliği

3.3. Model Çıktıları

Bu bölümde, kurgulanan 30 senaryonun (10 adet üstten aşma, 20 adet borulanma) çıktıları tartışılmıştır. Sonuçlar her iki senaryo için de noktasal olarak alınmıştır.

3.3.1. Üstten Aşma Senaryolarının Model Çıktıları

Bu bölümde üstten aşma senaryolarının çıktıları gösterilecektir. **Tablo 13**'de üstten aşma senaryolarında hesaplanan maksimum su derinliği, hız ve debi değerleri verilmiş ve yüzdelik farkları gösterilmiştir. Su yüksekliği parametresinde maksimum yüzdelik fark maksimum %22.69, hız parametresinde %30.91, debi parametresinde ise %48.80 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar **Şekil 20**'de gösterilen 1. ve 2. noktalarında elde edilerek aşağıda verilmiştir.

Tablo 13. Üstten aşma senaryolarında 1. noktadaki maksimum değerler ve yüzdelik farkları

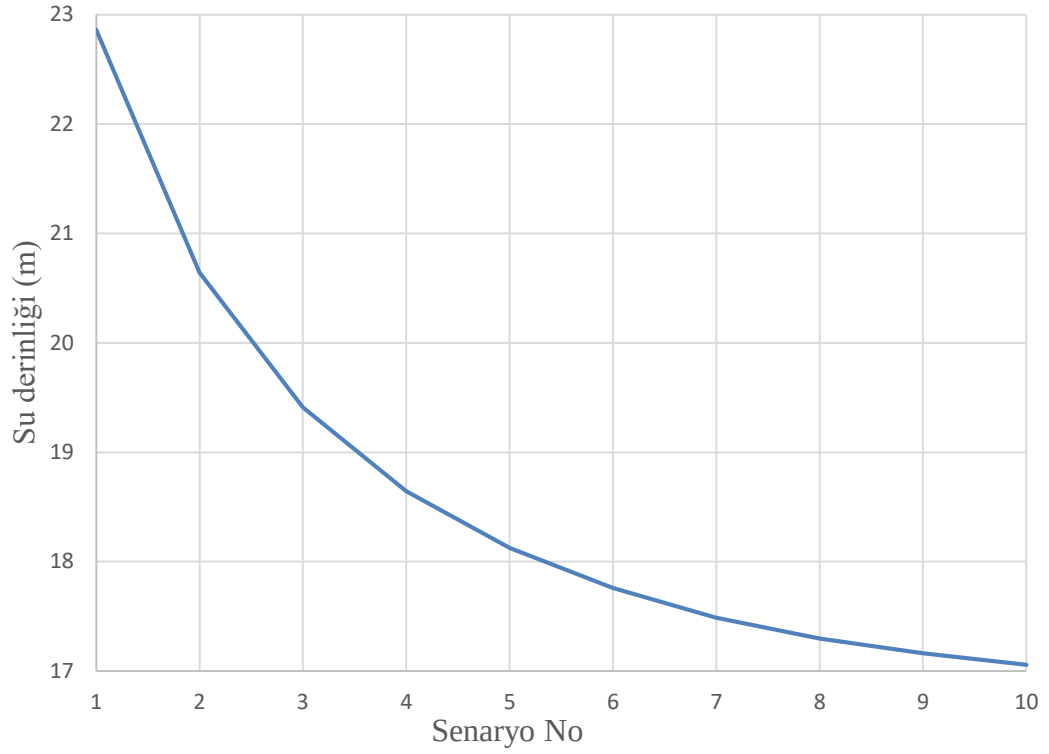
Senaryolar	Su yüksekliği	Hız	Debi	Su yüksekliği % fark	Hız % Fark	Debi % Fark
O1	22.063	16.361	53374.75	0.00	0.00	0.00
O2	20.643	14.549	44074.68	6.44	11.08	17.42
O3	19.411	13.327	37540.45	12.02	18.54	29.67
O4	18.643	12.592	33821.29	15.50	23.04	36.63
O5	18.126	12.095	31442.91	17.84	26.07	41.09
O6	17.759	11.81	29801.27	19.51	27.82	44.17
O7	17.487	11.64	28673.98	20.74	28.86	46.28
O8	17.297	11.511	27871.53	21.60	29.64	47.78
O9	17.161	11.401	27325.22	22.22	30.32	48.80
O10	17.057	11.304	26937.36	22.69	30.91	49.53

Tablo 14'de 2. Noktada hesaplanan değerlerde maksimum yüzdelik fark su derinliğinde %6.11, hızdaki fark %7.30 ve debi değerleri arasındaki fark %13.69 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 14. Üstten aşma senaryolarında 2. noktadaki maksimum değerler ve yüzdelik farkları

	Su yüksekliği (m)	Hız (m/s)	Debi (m ³ /s)	Su yüksekliği % fark	Hız % Fark	Debi % Fark
O1	9.409	11.074	9670.469	0.00	0.00	0.00
O2	9.395	11.054	9637.142	0.15	0.18	0.34
O3	9.356	10.999	9545.057	0.56	0.68	1.30
O4	9.292	10.909	9393.084	1.24	1.49	2.87
O5	9.197	10.776	9170.986	2.25	2.69	5.17
O6	9.105	10.647	8958.662	3.23	3.86	7.36
O7	9.019	10.526	8762.418	4.14	4.95	9.39
O8	8.948	10.427	8601.878	4.90	5.84	11.05
O9	8.886	10.341	8464.918	5.56	6.62	12.47
O10	8.834	10.266	8346.945	6.11	7.30	13.69

Şekil 23'de üstten aşma senaryolarında hesaplanan maksimum su derinliklerinin değişimi gösterilmiştir. Üstten aşma senaryolarında 1. Senaryodan (0.5 saat) 10. Senaryoya (5.0 saat) giderken her senaryo değişiminde gediklenme süresi 0.5 saat arttırılmıştır. **Şekil 23'**de gediklenme oluşum süresinin pik su derinliğine olan etkisi görülmektedir.



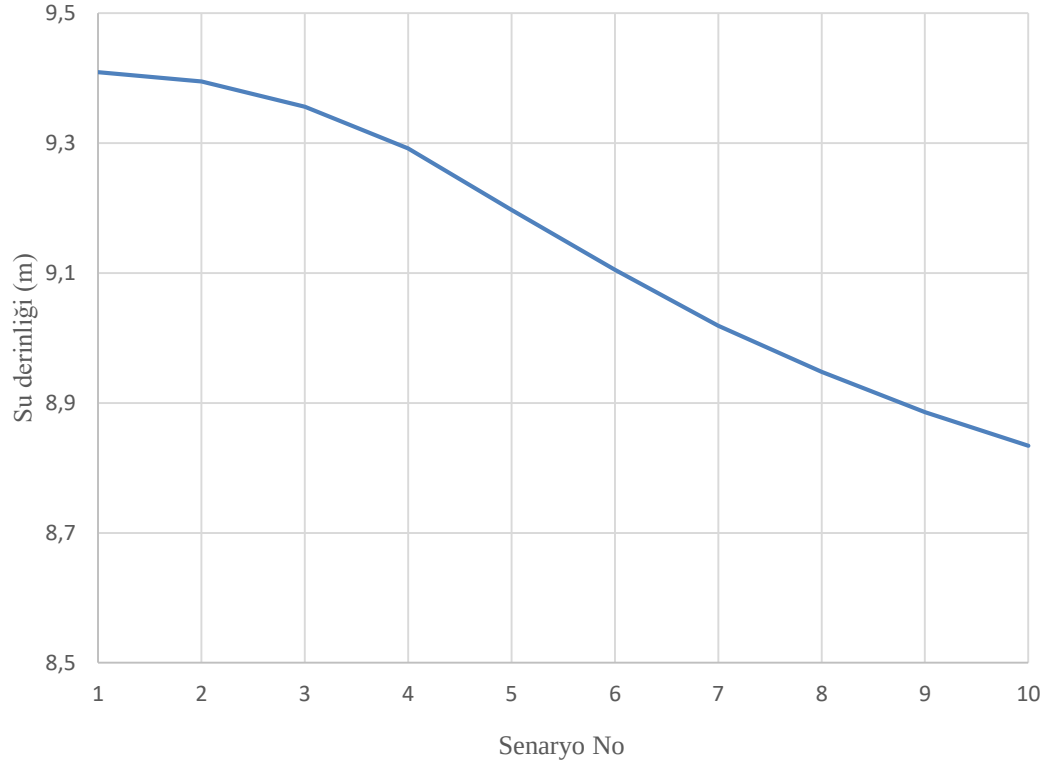
Şekil 23. Üstten aşma senaryolarında maksimum su derinlikleri (1. Nokta)

1. noktadaki (membra) maksimum su derinliği değerleri 2. Noktada daha az değişim göstermiştir. **Şekil 24**'deki şekilden hareketle 1. Noktada oluşan eğri ile 2. Noktada oluşan eğrinin dahi farklılaştığı, gediklenme süresi arttıkça mansap noktasındaki maksimum su yüksekliği değişiminin 1. Noktada olduğu kadar dramatik olmadığı gözlemlenmiştir.

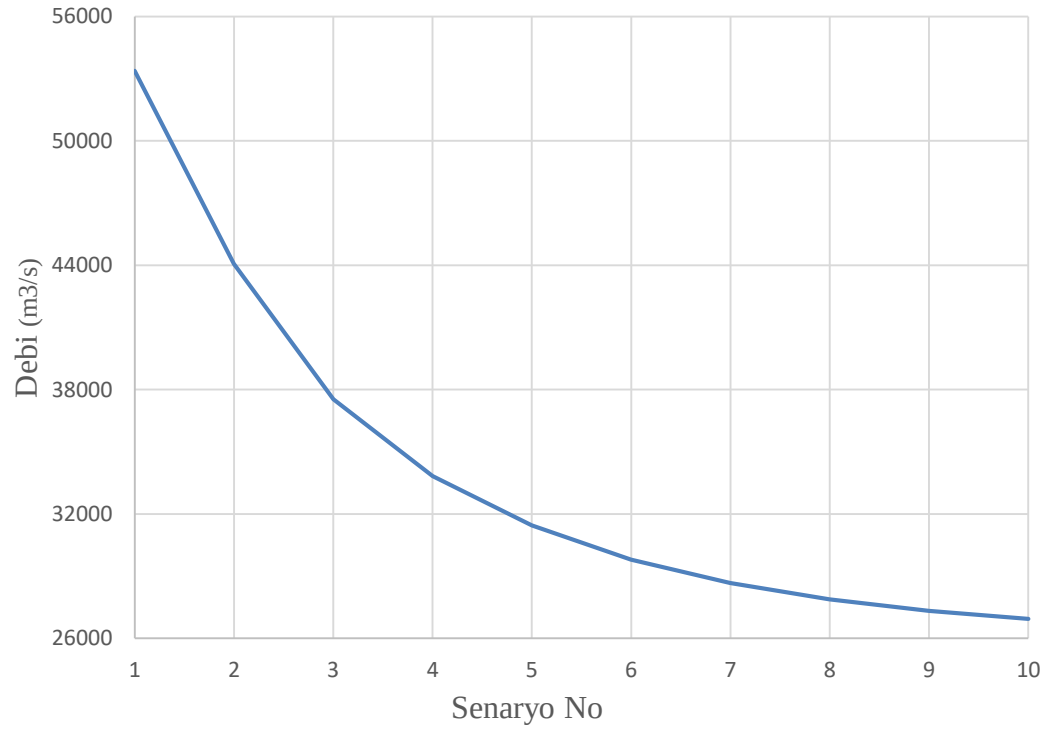
Şekil 25'de üstten aşma senaryolarından elde edilen maksimum debi değerleri grafiği oluşturulmuştur. Çalışma alanının 1. Noktasından elde edilen veriler ışığında gediklenme oluşum süresinin uzamasının ulaşılan pik debi üzerinde ciddi bir etkisi olduğu görülmüştür.

2. noktadaki maksimum debi değerlerine baktığımızda ise maksimum su derinliklerinde gördüğümüz trendin debi grafiklerinde de benzeştiği görülmektedir (**Şekil 26**).

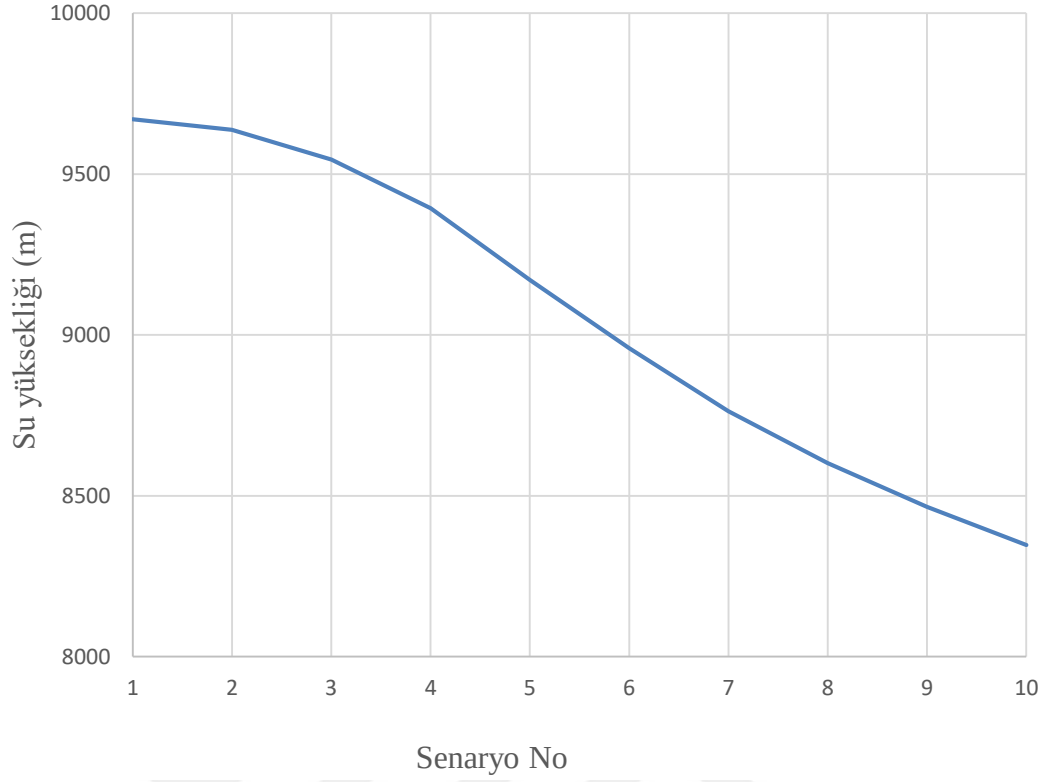
Şekil 27'de birinci noktada bütün üstten aşma senaryolarının maksimum hız değerleri gösterilmiştir. Birinci noktada incelenen diğer parametrelerin grafiklerinde olduğu gibi bu grafikte de aynı eğilim gözlemlenmiştir. Gediklenme oluşum hızının pik hız değerleri üzerindeki etkisinin çok olduğu görülmektedir.



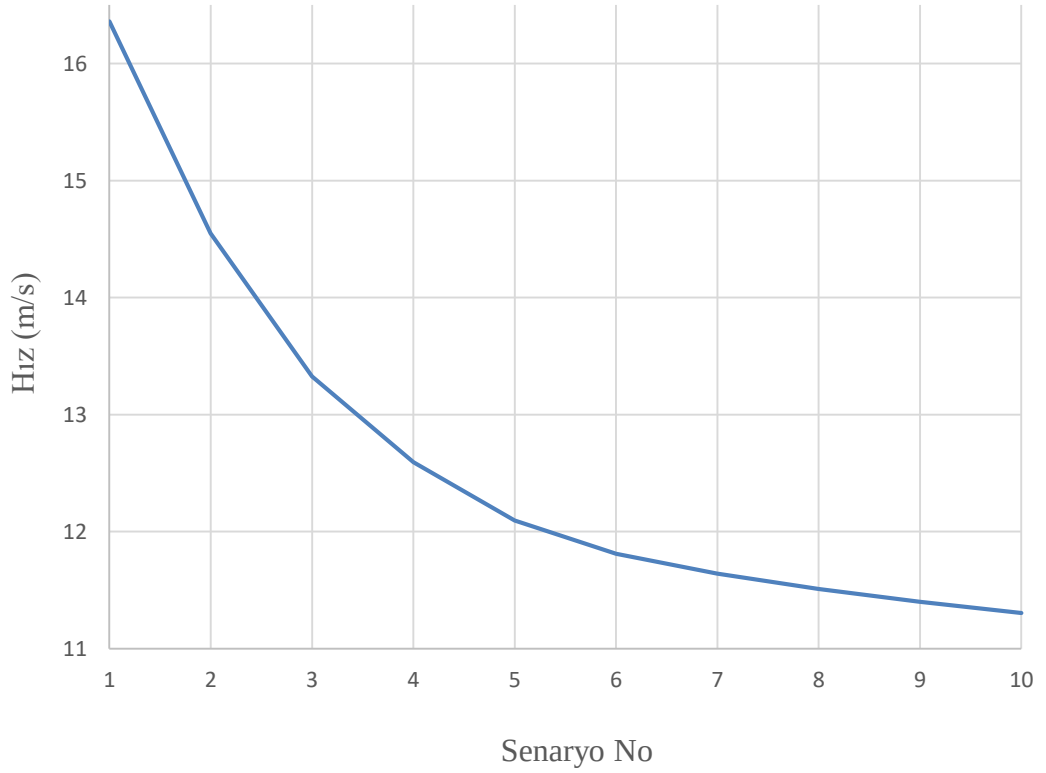
Şekil 24. Üstten aşma senaryolarında maksimum su derinlikleri (2. Nokta)



Şekil 25. Üstten aşma senaryolarında maksimum debiler (1. Nokta)

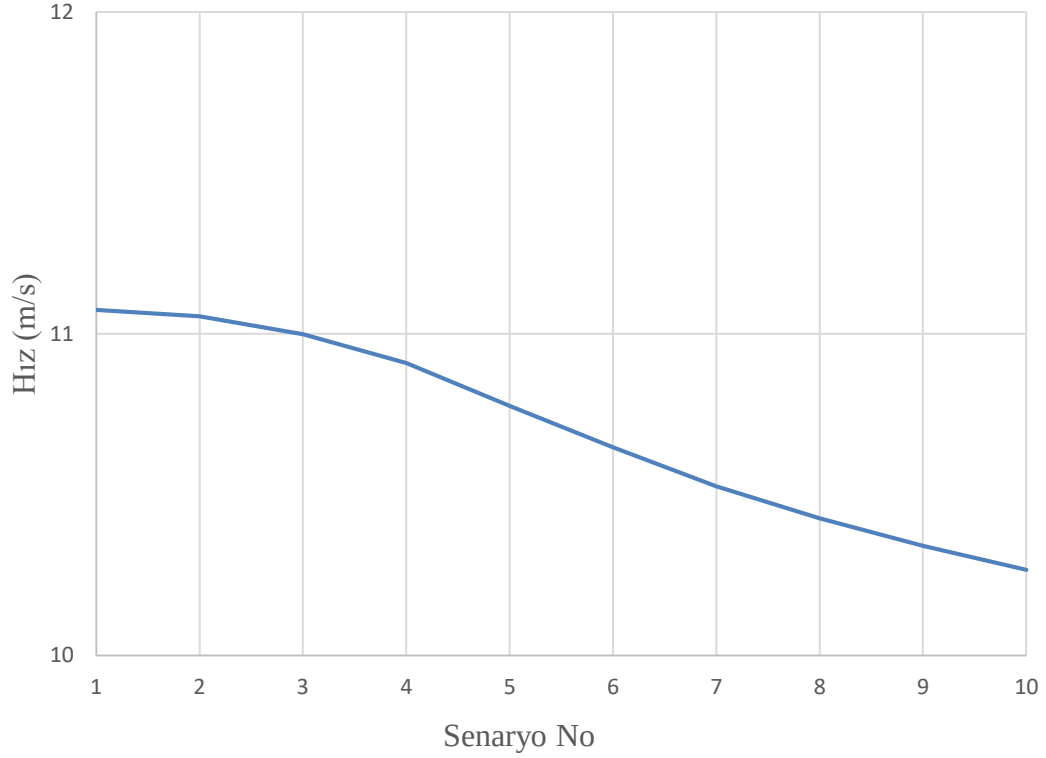


Şekil 26. Üstten aşma senaryolarında maksimum debiler (2. Nokta)



Şekil 27. Üstten aşma senaryolarında maksimum hızlar (1. Nokta)

Şekil 28'de üstten aşma senaryolarına ait 2. Noktadaki pik akış hızı değerleri gösterilmiştir. Bu bağlamda diğer grafiklerle paralellik göstermiş olup gediklenme oluşum süresinin çalışma alanının 2. Noktasından alınan değerler özelinde etkisinin düşük olduğu gözlemlenmiştir.

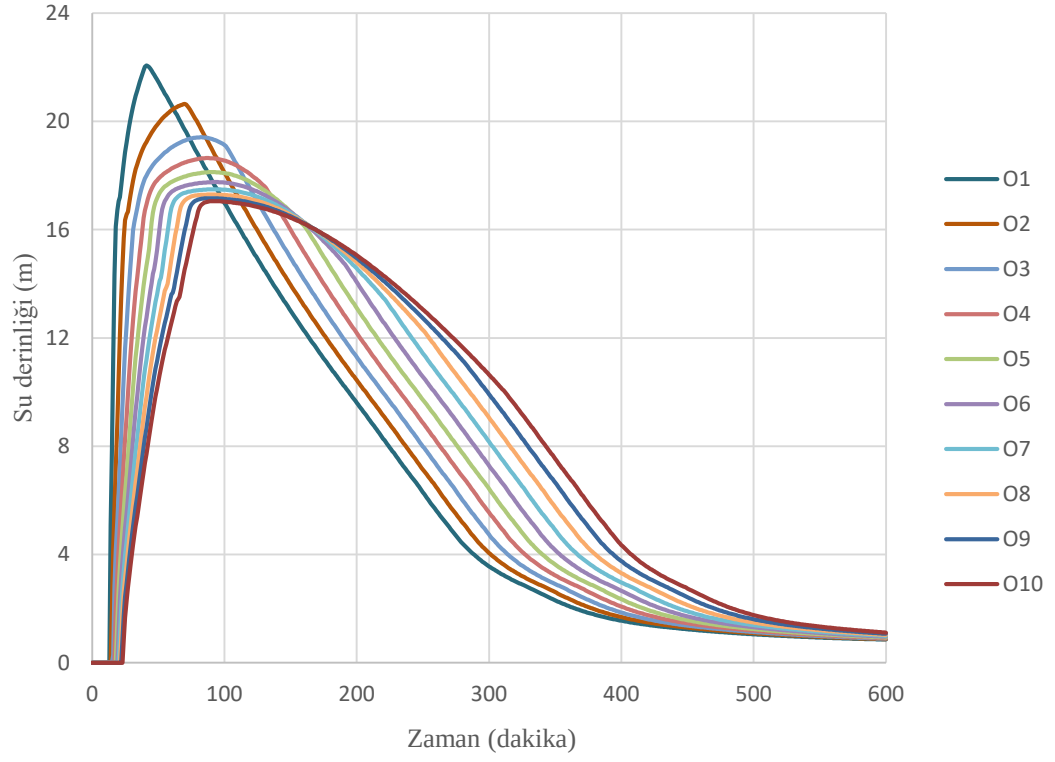


Şekil 28. Üstten aşma senaryolarında maksimum hızlar (2. Nokta)

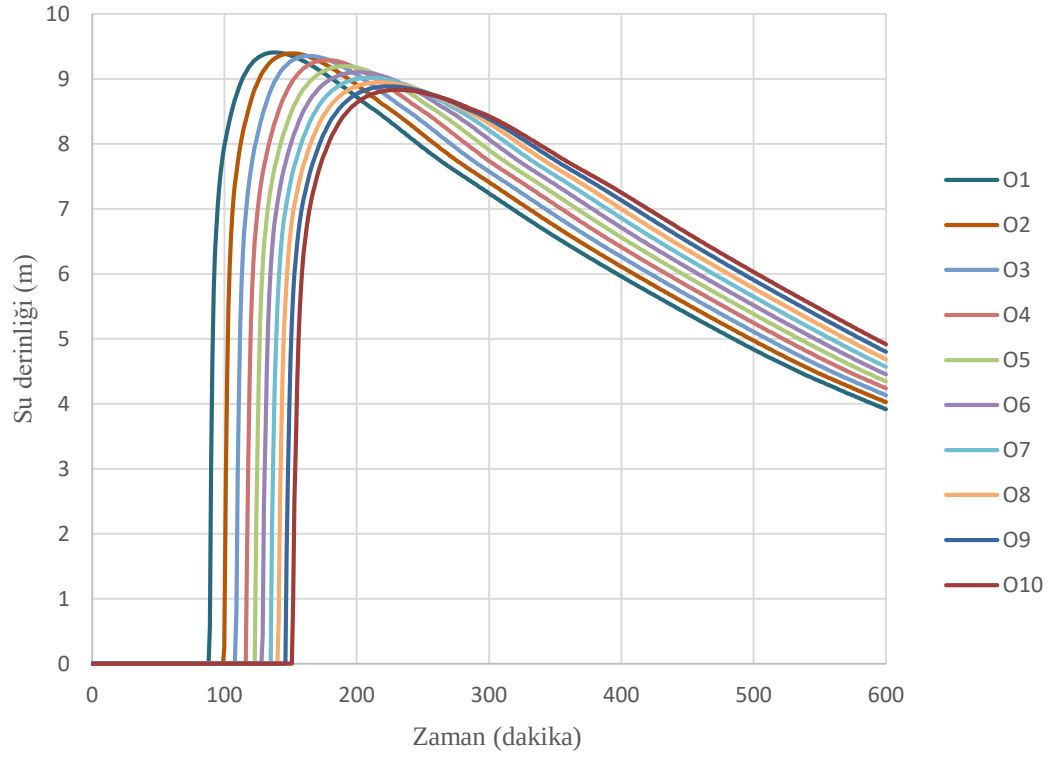
Şekil 29'te her üstten aşma senaryosunun 1. Noktadaki Su derinliği – Zaman grafiği verilmiştir. Verilen grafikten hareketle, gedik oluşumunun en hızlı olduğu senaryodaki (O1) pik su derinliği en yüksek iken, gedik oluşumunun en yavaş olduğu senaryodaki (O10) ise en düşük pik su yüksekliği değeri hesaplanmıştır.

Şekil 30'te ise üstten aşma senaryolarında 2. Noktada oluşan su derinliği – zaman grafikleri verilmiştir. **Şekil 29**'e kıyasla pik su derinliği değerleri 2. Noktada, gedik oluşum süresi uzadıkça daha az düşüş göstermiştir.

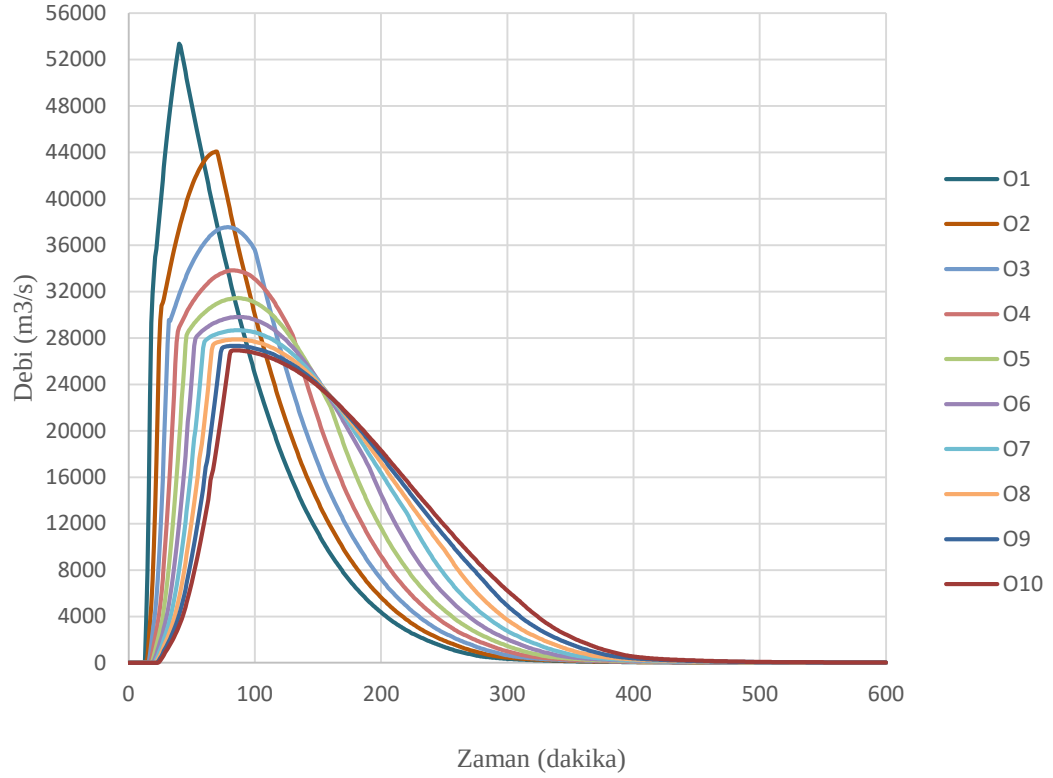
Şekil 31'te senaryolar sonucu 1. Noktadan elde edilen Debi-zaman grafikleri gösterilmiştir. Debi özelinde gedik oluşum süresinin pik debi üzerindeki etkisinin yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 29. Üstten aşma senaryolarının Su derinliği – Zaman grafikleri (1. Nokta)



Şekil 30. Üstten aşma senaryolarında Su derinliği – Zaman grafikleri (2. Nokta)

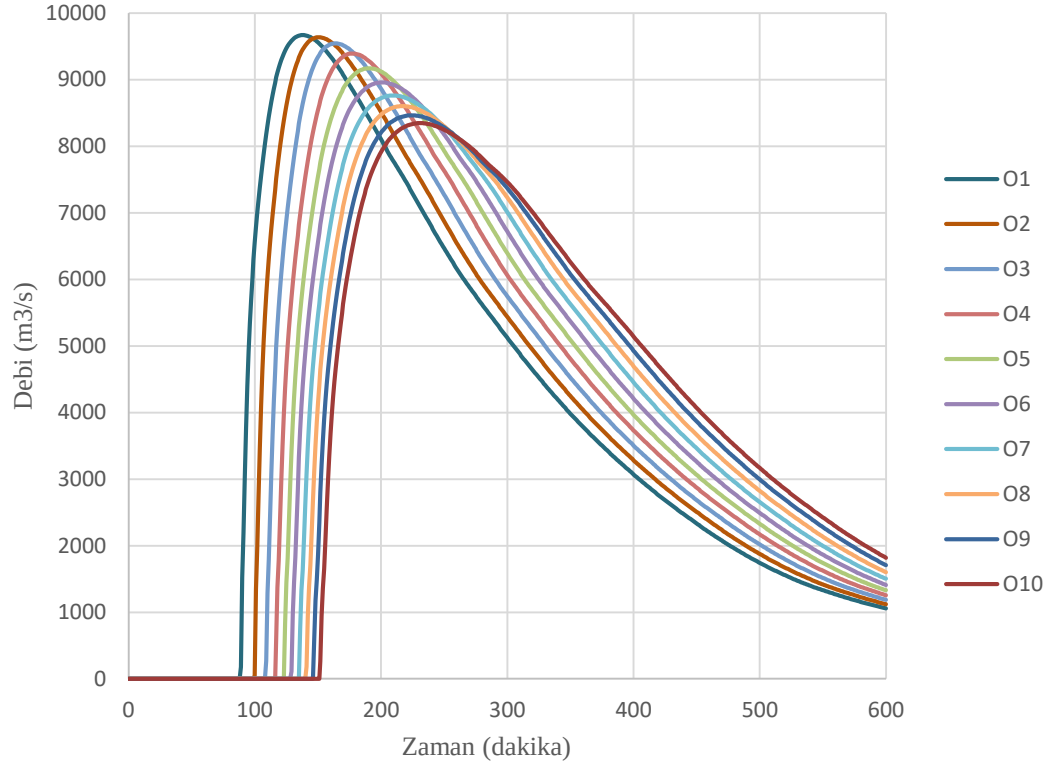


Şekil 31. Üstten aşma senaryolarında Debi-Zaman grafikleri (1.nokta)

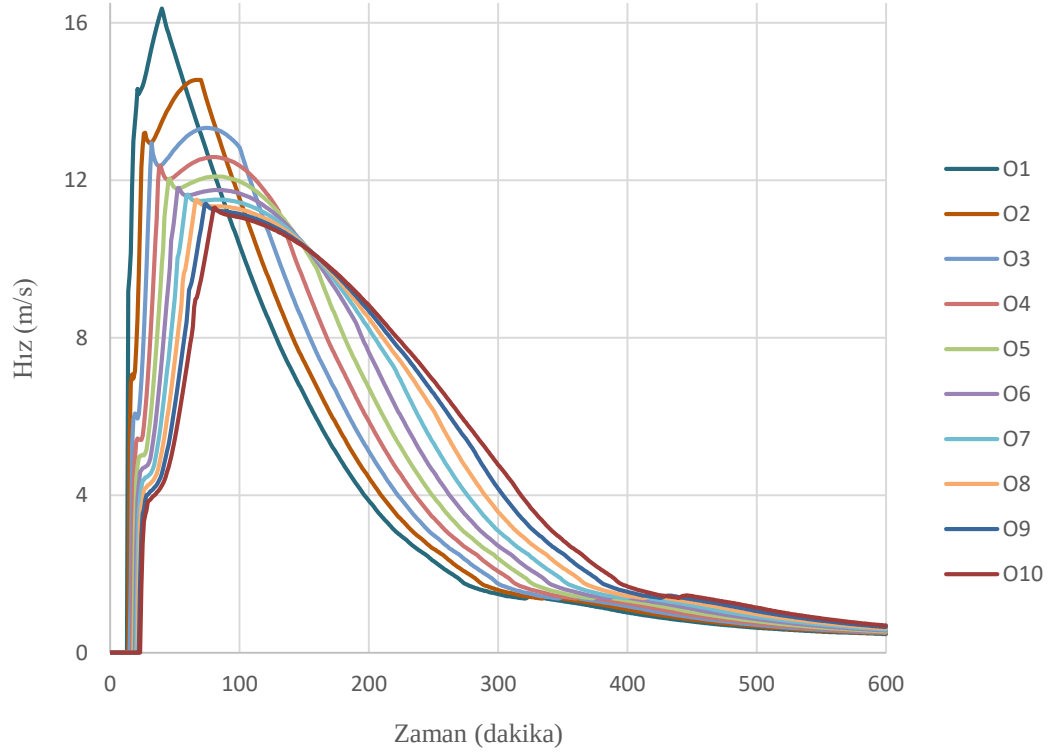
Şekil 32’de 2. Noktada oluşan debi – zaman grafikleri gösterilmiştir. Şekil 31’de 1. Nokta için verilen debi – zaman grafiklerine kıyasla 2. Noktada gedik oluşum süresinin debi üzerindeki etkisinin düştüğü görülmüştür.

Şekil 33’de 1. Noktadan elde edilmiş hız – zaman grafikleri gösterilmiştir. 1. Noktada gedik oluşum süresinin hızlar üzerindeki etkisinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

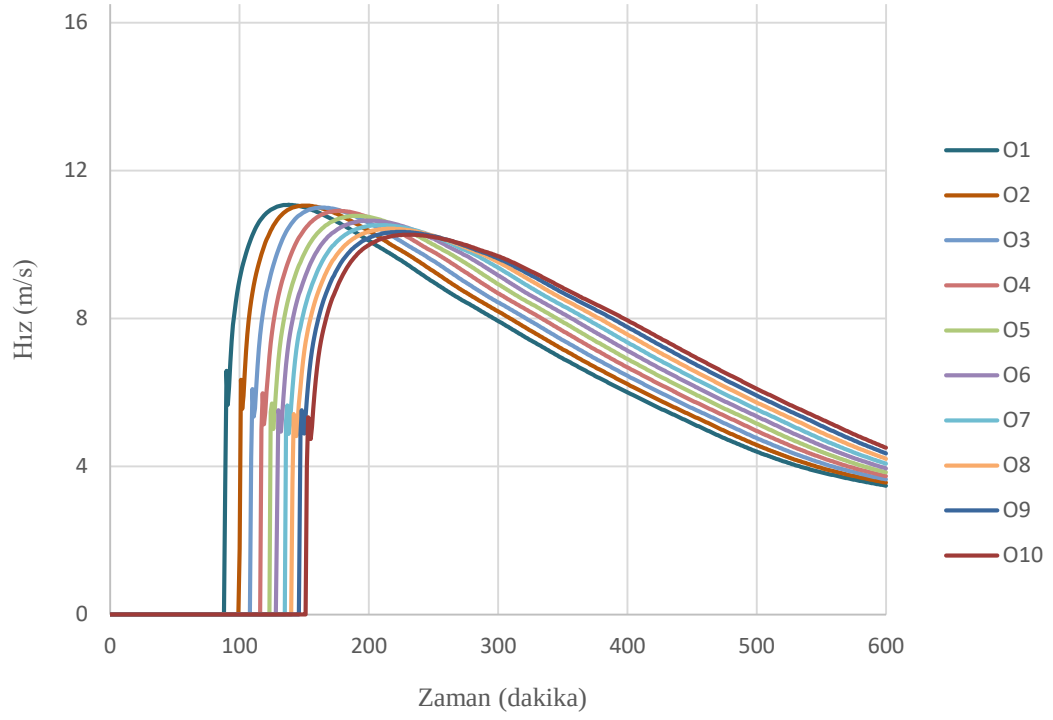
Şekil 34’de 2. Noktadan elde edilen hız – zaman grafikleri sunulmuştur. Sunulan grafikte Şekil 33’deki grafiklerin aksine 2. Noktadaki hız – zaman grafiklerinin birbirine yaklaştığı ve benzer olduğu gözlemlenmiştir. Pik hız değerler de birbirine 1. Noktadaki değerlere kıyasla daha yakındır.



Şekil 32. Üstten aşma senaryolarında Debi-Zaman grafikleri (2.nokta)



Şekil 33. Üstten aşma senaryolarında Hız-Zaman grafikleri (1.nokta)



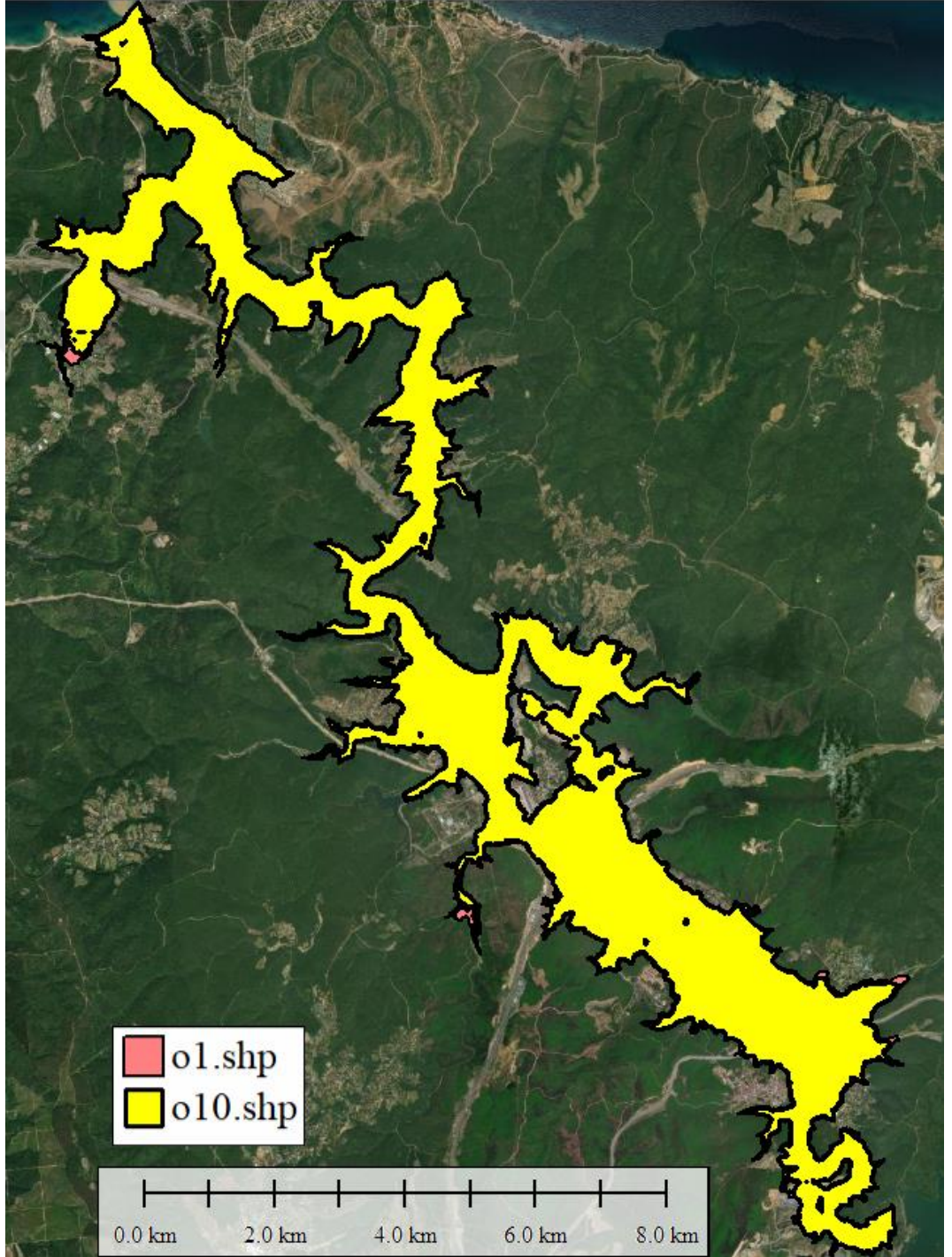
Şekil 34. Üstten aşma senaryolarında Hız-Zaman grafikleri (2.nokta)

Tablo 15'de üstten aşma senaryolarının sonucunda oluşan taşkın yayılım alanları ve en yüksek taşkın alanını oluşturan senaryo ile diğer senaryoların oluşturduğu taşkın alanlarının yüzdesel farkları verilmiştir. Verilen tablodan hareketle en yüksek taşkın yayılım alanı 0.5 saat gediklenme süresine sahip O1 senaryosunda oluşurken en düşük taşkın alanı ise 5 saatlik gediklenme oluşum süresine sahip O10 senaryosunda oluşmuştur. Taşkın alanları arasındaki en yüksek farkın %6.07 olduğu hesaplanmıştır.

Tablo 15. Üstten aşma senaryoları sonucu oluşan taşkın yayılım alanları ve yüzdesel farkları

Senaryolar	Alan km ²	Fark %	Gediklenme Oluşum Süresi (saat)
O1	31.890	0.00	0.50
O2	31.698	0.60	1.00
O3	31.485	1.27	1.50
O4	31.222	2.09	2.00
O5	30.913	3.06	2.50
O6	30.659	3.86	3.00
O7	30.438	4.55	3.50
O8	30.239	5.18	4.00
O9	30.091	5.64	4.50
O10	29.953	6.07	5.00

Şekil 35’da Tablo 15’de gösterilen senaryolardaki maksimum ve minimum taşkın yayılım alanlarını oluşturan senaryoların taşın yayılım haritalarının karşılaştırılması verilmiştir. Çalışma alanı çok büyük olduğu için %6.07 fark göz ile kolaylıkla seçilememektedir.



Şekil 35. Üstten aşma senaryolarında oluşan maksimum (O1) ve minimum (O10) taşkın yayılım alanları

3.3.2. Borulanma Senaryolarının Model Çıktıları

Bu bölümde, kurgulanan 20 borulanma (piping) senaryosunun simülasyon sonuçları gösterilmiştir. P1'den P10'a kadar olan senaryolardaki borulanma kotu 50 metre iken, P11'den P20'ye kadar olan senaryoların borulanma kotu ise 30 metredir. **Tablo 16**'de Borulanma senaryolarında 1. Noktadan elde edilen maksimum su derinliği, hız ve debi değerleri ve kendi içlerinde yüzdelik farkları verilmiştir. Bu bağlamda, 50 metre borulanma kotunun olduğu senaryolarda (P1-P10) su derinliğindeki maksimum yüzdelik fark %29.95, hız farkı %43.60 ve debi farkı ise %62.55 olarak hesaplanmıştır. 30 metre borulanma kotuna sahip senaryolarda (P11-P20) ise bu değerler, su derinliğinde %27.27, hızlar arasındaki maksimum fark %39.34 ve debi yüzdelik farkı ise %58.05 olarak hesaplandığı görülmüştür.

Tablo 16. Borulanma senaryolarında 1. Noktadan elde edilen parametrelerin değerleri ve yüzdelik farkları

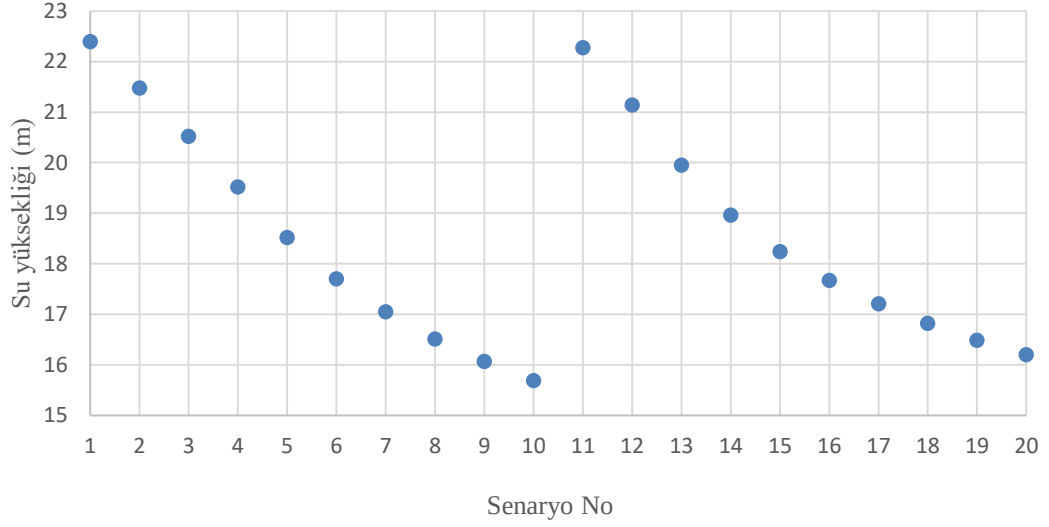
	Su yüksekliği (m)	Hız (m/s)	Debi (m ³ /s)	Su derinliği % fark	Hız % fark	Debi % fark
P1	22.396	17.145	56361.08	0.00	0.00	0.00
P2	21.478	15.775	49855.63	4.10	7.99	11.54
P3	20.52	14.569	43811.43	8.38	15.02	22.27
P4	19.524	13.425	38132.41	12.82	21.70	32.34
P5	18.524	12.387	33039.99	17.29	27.75	41.38
P6	17.702	11.597	29312.38	20.96	32.36	47.99
P7	17.05	10.975	26510.06	23.87	35.99	52.96
P8	16.516	10.464	24324.45	26.25	38.97	56.84
P9	16.071	10.037	22570.27	28.24	41.46	59.95
P10	15.689	9.669	21109.16	29.95	43.60	62.55
P11	22.275	16.776	55087.36	0.00	0.00	0.00
P12	21.142	15.223	47403.64	5.09	9.26	13.95
P13	19.954	13.836	40273.52	10.42	17.53	26.89
P14	18.964	12.863	35283.1	14.86	23.32	35.95
P15	18.239	12.152	29263.73	18.12	27.56	46.88
P16	17.672	11.6	29263.73	20.66	30.85	46.88
P17	17.21	11.152	27253.75	22.74	33.52	50.53
P18	16.822	10.778	25623.32	24.48	35.75	53.49
P19	16.489	10.456	24263.48	25.98	37.67	55.95
P20	16.2	10.177	23108.67	27.27	39.34	58.05

Tablo 17'de ise 2. Noktadaki borulanma senaryolarında hesaplanan değerler gösterilmiştir. 50 metre borulanma kotuna sahip senaryolarda (P1-P10) maksimum yüzdelik farklar sırasıyla %7.58, %9.06, %16.85 olarak hesaplanmıştır. P11-P20 arasında ise yine bu değerler sırasıyla %6.59, %7.86, %14.71 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 17. Borulanma senaryolarında 2. Noktadan elde edilen parametrelerin değerleri ve yüzdelik farkları

	Su yüksekliği	Hız	Debi	Su derinliği % fark	Hız % fark	Debi % fark
P1	9.41	11.076	9674.562	0.00	0.00	0.00
P2	9.402	11.064	9653.911	0.09	0.11	0.21
P3	9.375	11.027	9591.222	0.37	0.44	0.86
P4	9.335	10.97	9494.786	0.80	0.96	1.86
P5	9.268	10.876	9337.944	1.51	1.81	3.48
P6	9.175	10.746	9122.129	2.50	2.98	5.71
P7	9.068	10.595	8874.047	3.63	4.34	8.27
P8	8.946	10.424	8597.761	4.93	5.89	11.13
P9	8.82	10.247	8316.659	6.27	7.48	14.04
P10	8.697	10.072	8044.355	7.58	9.06	16.85
P11	9.41	11.075	9672.582	0.00	0.00	0.00
P12	9.399	11.06	9647.878	0.12	0.14	0.26
P13	9.369	11.018	9576.477	0.44	0.51	0.99
P14	9.321	10.951	9462.787	0.95	1.12	2.17
P15	9.248	10.848	9290.405	1.72	2.05	3.95
P16	9.154	10.716	9071.83	2.72	3.24	6.21
P17	9.053	10.575	8840.556	3.79	4.51	8.60
P18	8.957	10.44	8623.532	4.81	5.73	10.85
P19	8.871	10.319	8429.789	5.73	6.83	12.85
P20	8.79	10.204	8249.423	6.59	7.86	14.71

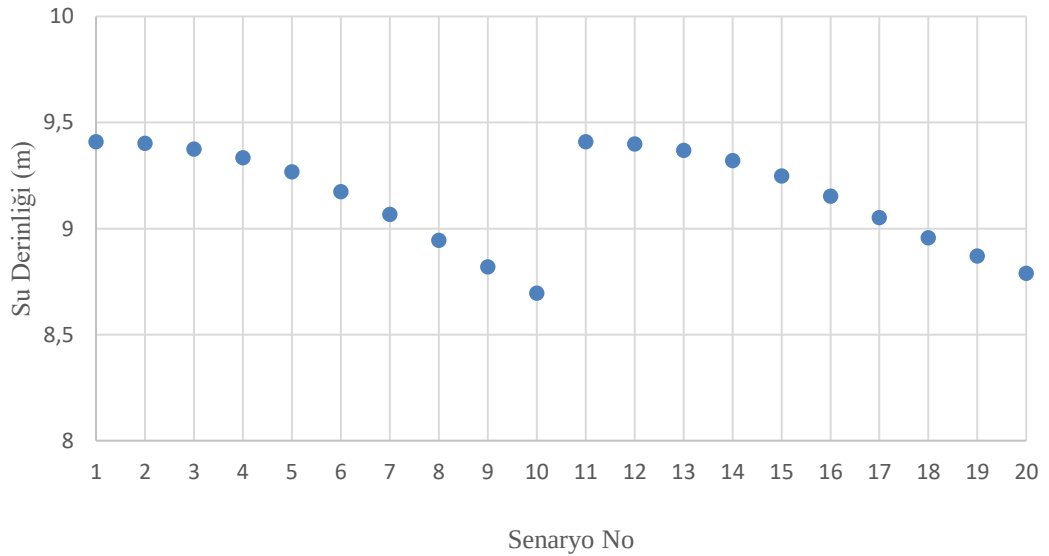
Şekil 36'ta 1. Noktada oluşan maksimum su derinliği değerlerinin senaryolara göre değişimi gösterilmiştir. P1 ile P10 arasında borulanma kotu 50 metreden başlarken, P11 ile P20 arasındaki senaryolarda ise borulanma kotu 30 metredir. Bu şekilde grafik oluşturma sebebi borulanma yüksekliği değişse dahi bütün borulanma senaryoların tek bir grafikte irdelenmek istenmesidir. 1. Noktada gedik oluşum süresi arttıkça her iki borulanma yüksekliği değişse dahi pik su derinliği değerlerinde sert düşüş gözlemlenmiştir.



Şekil 36. 1. Noktadaki maksimum su derinliği değerlerinin borulanma senaryolarına göre değişimi

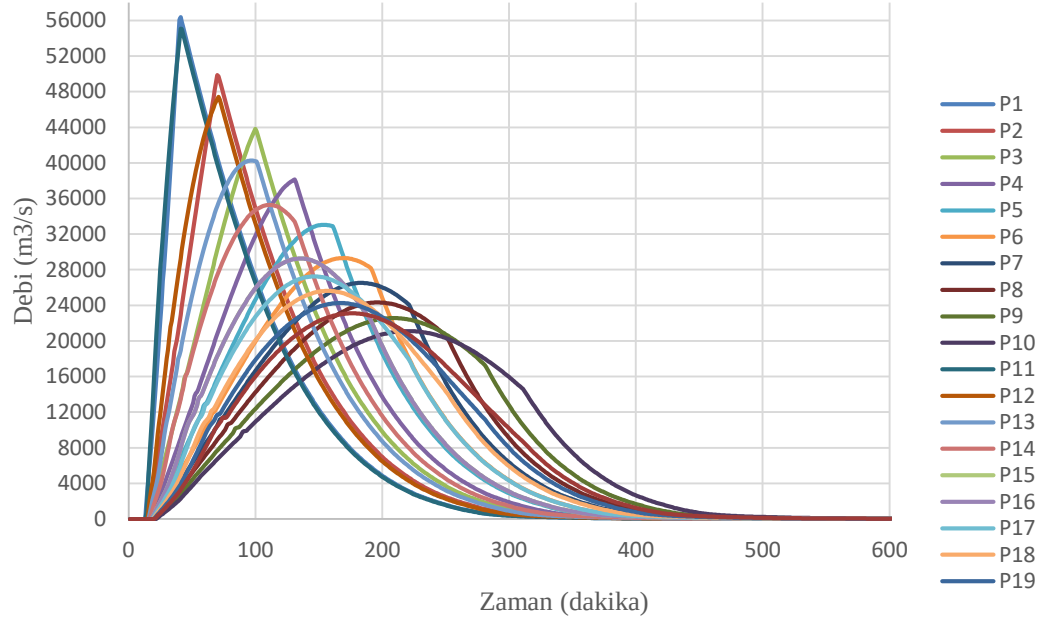
Şekil 37’de 2. Noktadaki maksimum su derinliği değerlerinin senaryolara göre değişimi gösterilmiştir. 1. Noktadaki kadar sert düşüşler gerçekleşmese de gediklenme süresi uzadıkça pik su yüksekliği değerlerinin düşüş yaşadığı gözlemlenmiştir.

Şekil 38’de bütün borulanma senaryoları için 1. noktada elde edilen maksimum debi değerlerinin senaryolara göre değişimi gösterilmiştir. 50 metre ve 30 metre borulanma kotu senaryolarında oluşan maksimum debilerde farklılık olduğu görülmüştür.

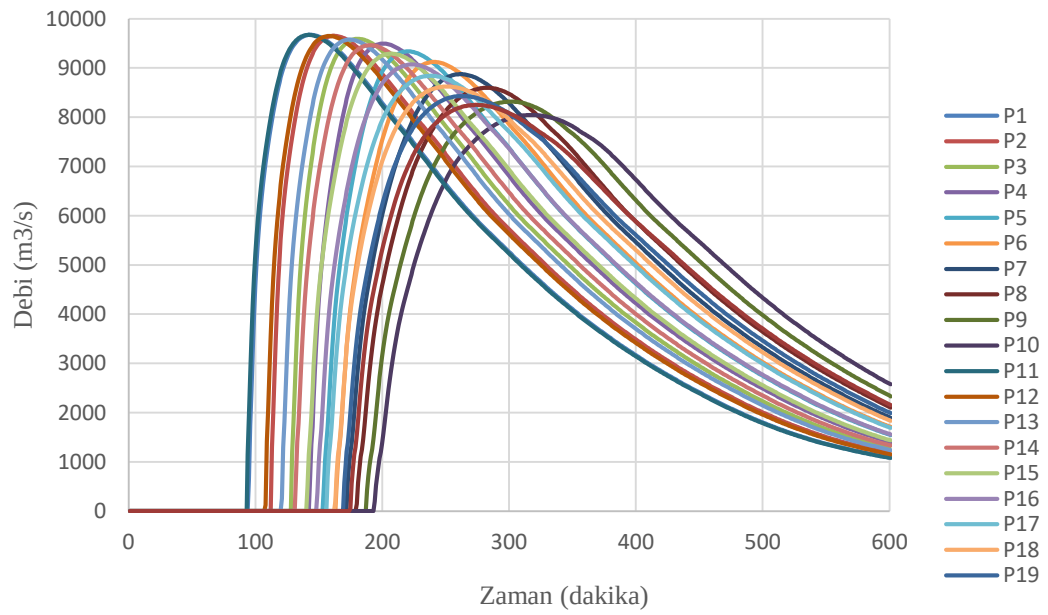


Şekil 37. 2. Noktadaki maksimum su derinliği değerlerinin borulanma senaryolarına göre değişimi

Şekil 39'de 2. Noktadaki maksimum debi değerlerinin senaryolar arasında değişimi görülmektedir. 50 metre borulanma senaryolarında (P1-P10) hesaplanan maksimum minimum değerler aralarındaki yüzdelik fark 30 metre kotundaki senaryolardan daha yüksek olduğu görülmüştür.

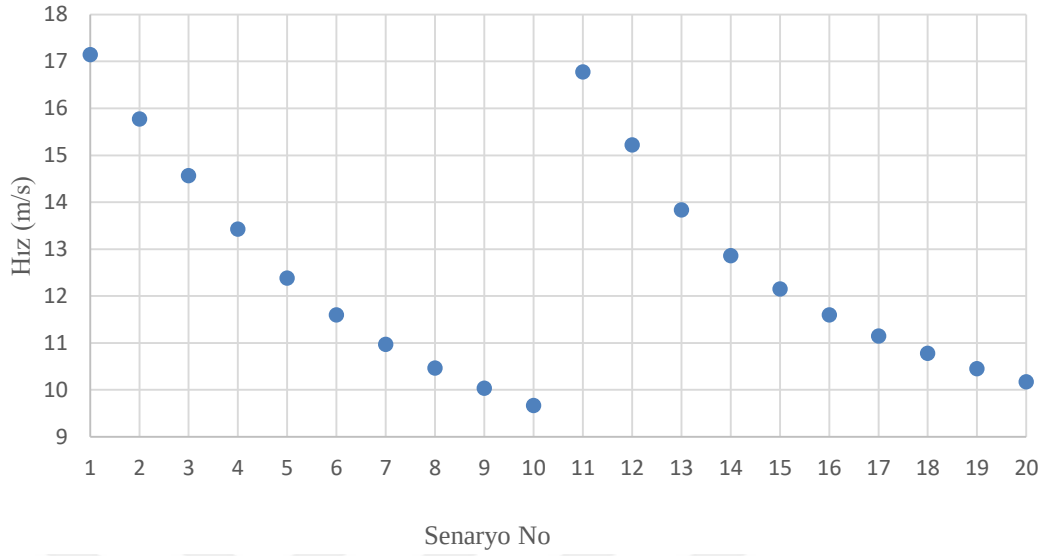


Şekil 38. 1. Noktadaki maksimum debi değerlerinin borulanma senaryolarına göre değişimi



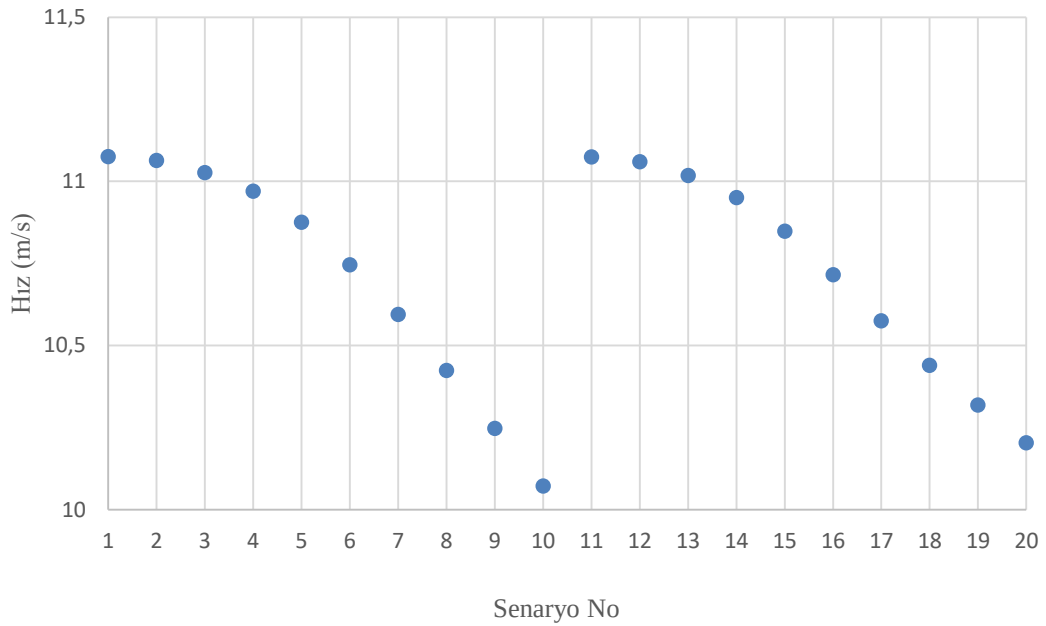
Şekil 39. 2. Noktadaki maksimum debi değerlerinin borulanma senaryolarına göre değişimi

Şekil 40'te gediklenme süresinin değişimine göre değişen senaryolarda 1. Noktada oluşan maksimum hız değişimi grafiği verilmiştir.



Şekil 40. 1. Noktadaki maksimum hız değerlerinin borulanma senaryolarına göre değişimi

Şekil 41'te gediklenme süresinin değişimine göre değişen senaryolarda 2. Noktada oluşan maksimum hız değişimi grafiği verilmiştir. Gediklenme süresinin 2. Noktada maksimum değerler üzerindeki etkisinin düşük olduğu açıkça görülebilmektedir.

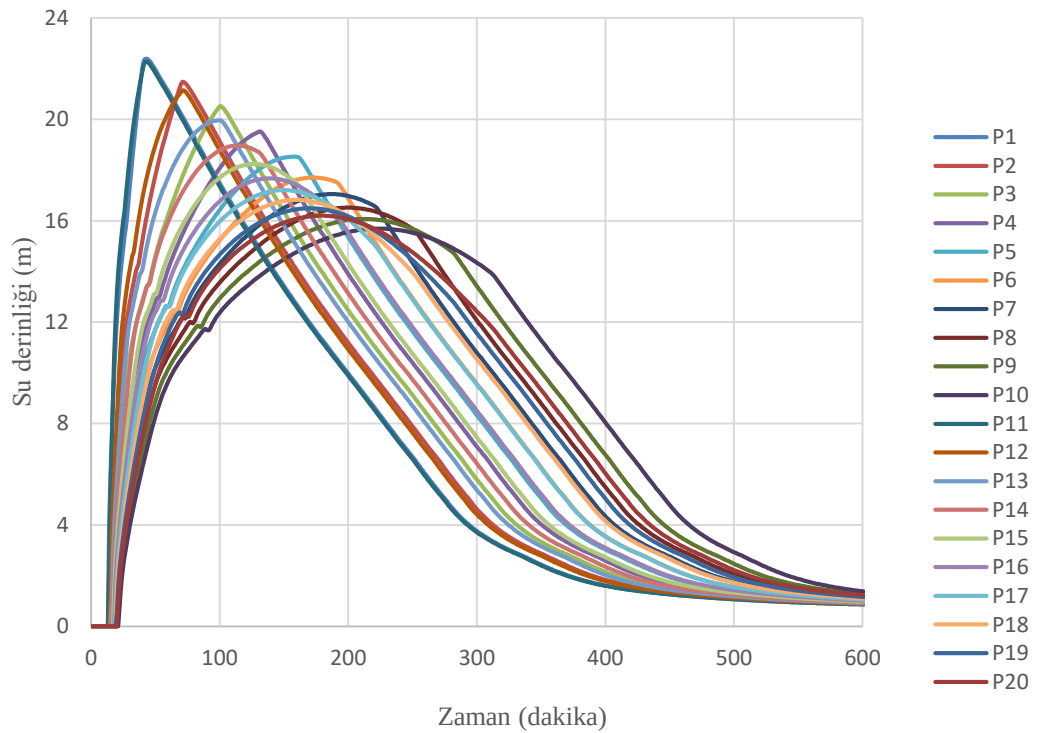


Şekil 41. 2. Noktadaki maksimum hız değerlerinin borulanma senaryolarına göre değişimi

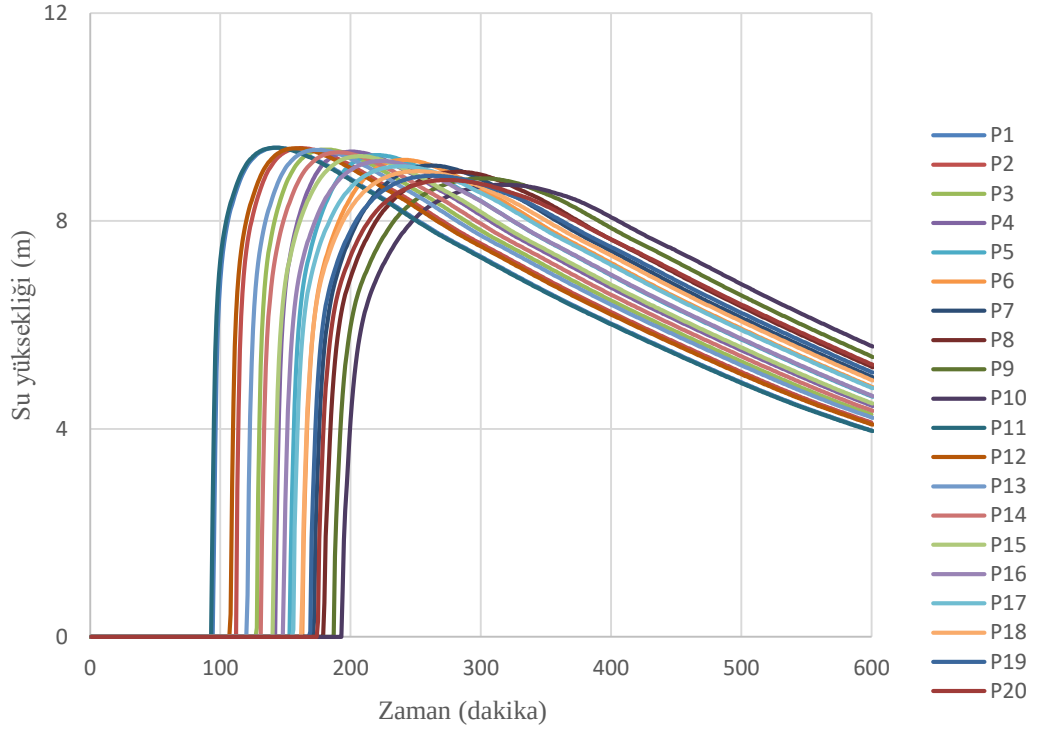
Şekil 42'da verilen grafikte borulanma senaryolarında 1. Noktadan elde edilen Su – Zaman grafikleri gösterilmiştir. 50 metre ve 30 metre borulanma kotlarına sahip senaryolarının korelasyon içerisinde olduğu görülmekle beraber aralarında ufak farkların olduğu göze çarpmaktadır.

Şekil 43'de ise 2. Noktadaki Su derinliği – Zaman grafikleri verilmiştir. İki farklı borulanma kotunda oluşturulan senaryoların aynı gediklenme süresine sahip olanları neredeyse üst üste düşmektedir. Bundan hareketle borulanma kotunun 2. Noktada zaman bağlı değişen su derinliği değerleri üzerinde bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

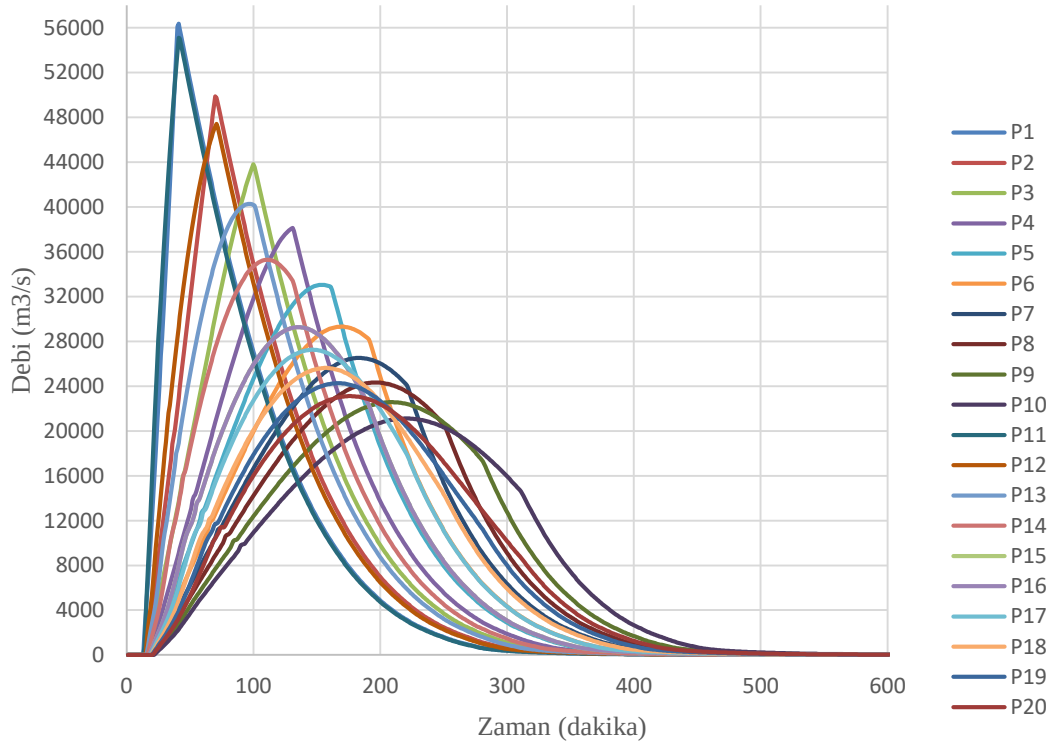
Şekil 44'de 1. Noktadan elden debi - zaman grafikleri verilmiştir. Önceki grafiklerdeki trendlere paralel bir trend göstermiştir ve aynı şekilde farklı borulanma kotlarına sahip fakat aynı gediklenme süresine sahip senaryolar birbirlerine yakın sonuçlar oluşturduğu görülmüştür.



Şekil 42. Borulanma senaryolarında 1. Noktada elde edilen Su derinliği – zaman grafikleri

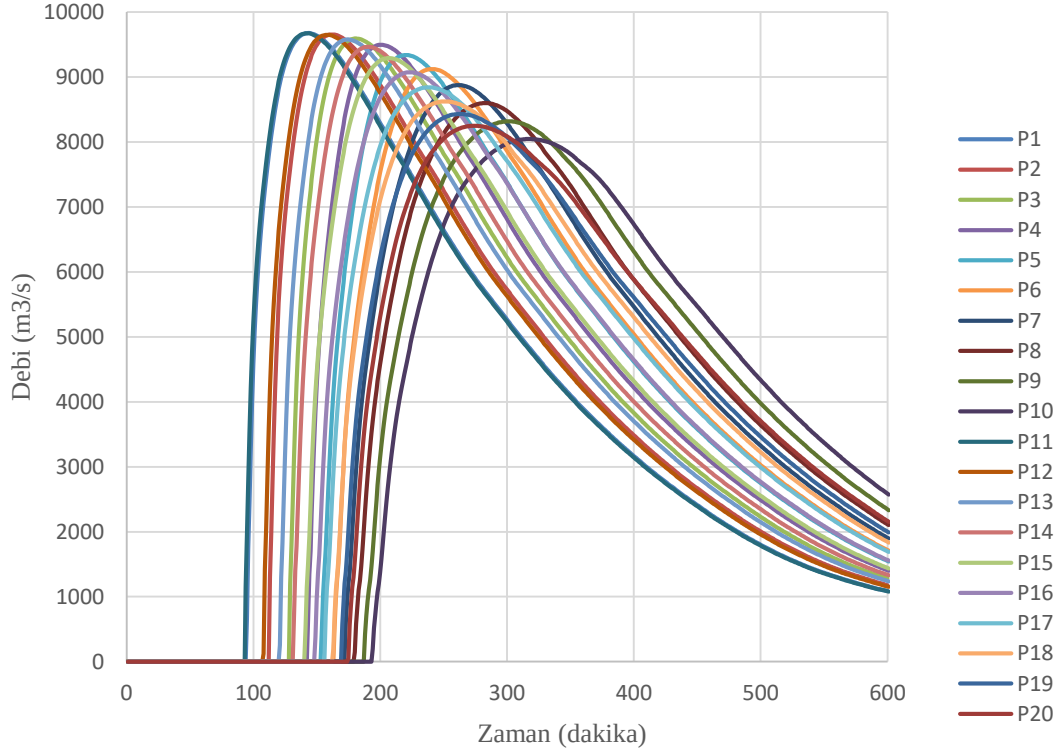


Şekil 43. Borulanma senaryolarında 2. Noktada elde edilen Su derinliği – zaman grafikleri



Şekil 44. Borulanma Senaryolarında 1. Noktada elde edilen Debi – Zaman grafikleri

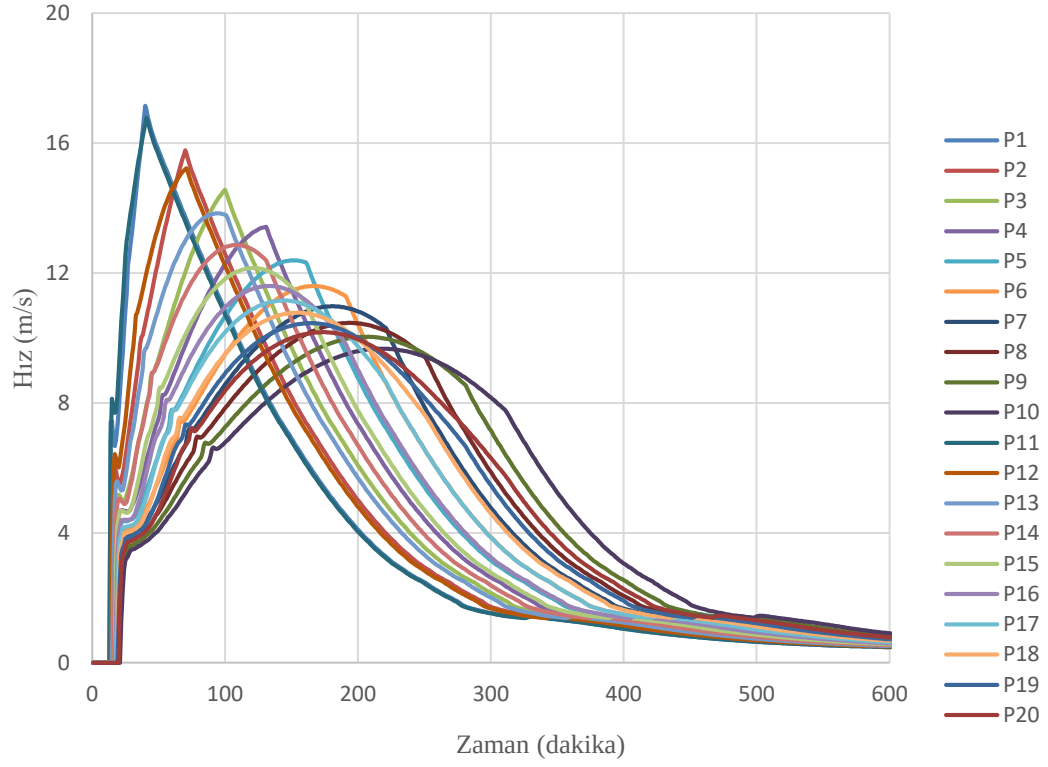
Şekil 45'da 2. Notadan elde edilen debi – zaman grafikleri her iki borulanma kotuna ait senaryolarda yine neredeyse üst üste oturmuştur. Buradan hareketle, borulanma kotunun 2. Noktadaki debi – zaman grafikleri üzerinde etkisinin yok denecek akdar olduğu varsayımı yapılabilir.



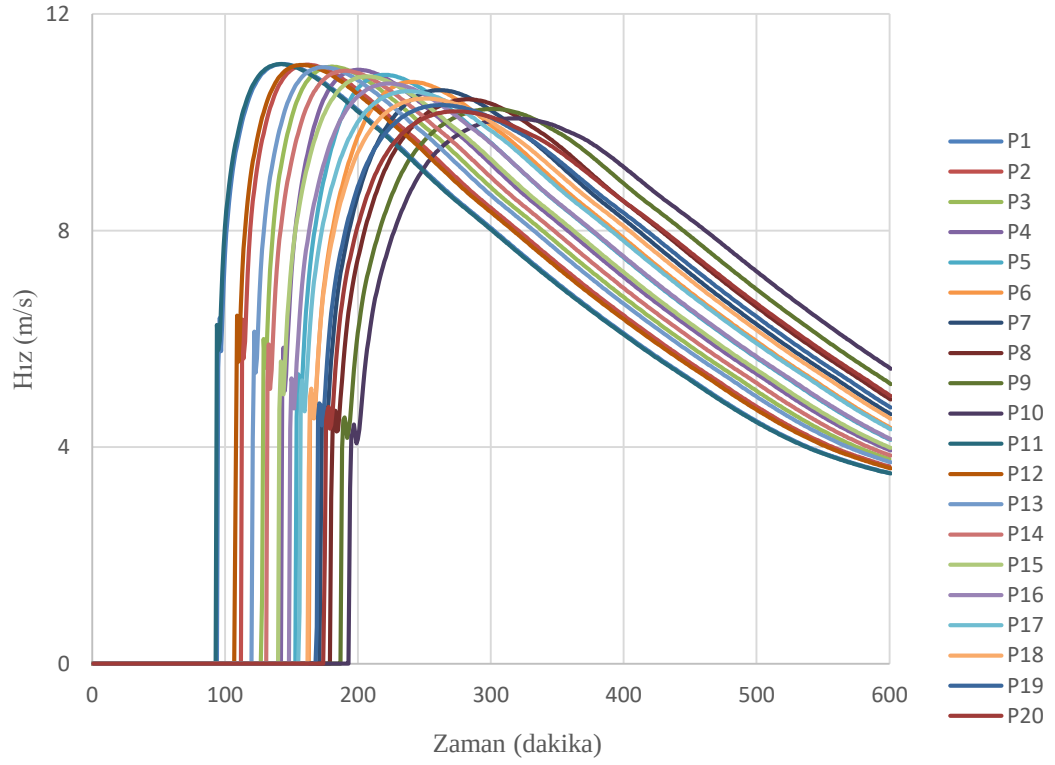
Şekil 45. Borulanma Senaryolarında 2. Noktada elde edilen Debi – Zaman grafikleri

Şekil 46'de borulanma senaryolarında 1. Noktadan ve **Şekil 47**'de 2. Noktadan elde edilen Hız – zaman grafikleri gösterilmiştir. Bu bağlamda gediklenme süresinin hız değerleri üzerindeki etkisinin baskın olduğunu fakat 2. Noktada baskınlığının azaldığı görülmektedir. Öte yandan borulanma kot farkının etkisi 1. Noktada etkisini gösterse de 2. Noktada etkisinin neredeyse tamamen ortadan kalktığı görülmektedir.

Borulanma kotunun 50 metre olduğu (P1-P10) senaryoları sonucunda oluşan taşkın yayılım alanların alansal değerleri ve yüzdelik olarak farkları **Tablo 18**'de, maksimum ve minimum taşkın yayılım alanların olduğu senaryoların taşkın yayılım haritaları ise **Şekil 48**'de gösterilmiştir. Buradan hareketle maksimum alansal fark P1 ve P10 senaryoları arasında %7.25'lik bir fark oluşmuştur.



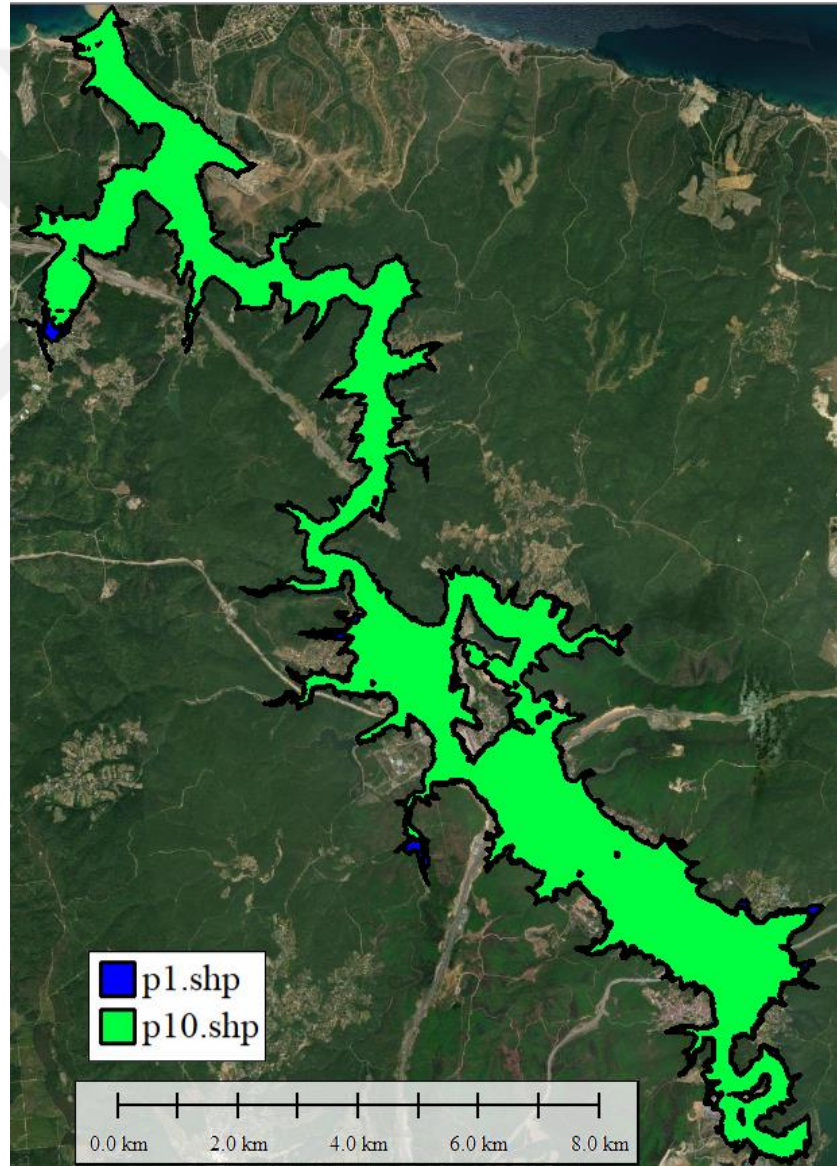
Şekil 46. Borulanma Senaryolarında 1. Noktada elde edilen Hız – Zaman grafikleri



Şekil 47. Borulanma Senaryolarında 2. Noktada elde edilen Hız – Zaman grafikleri

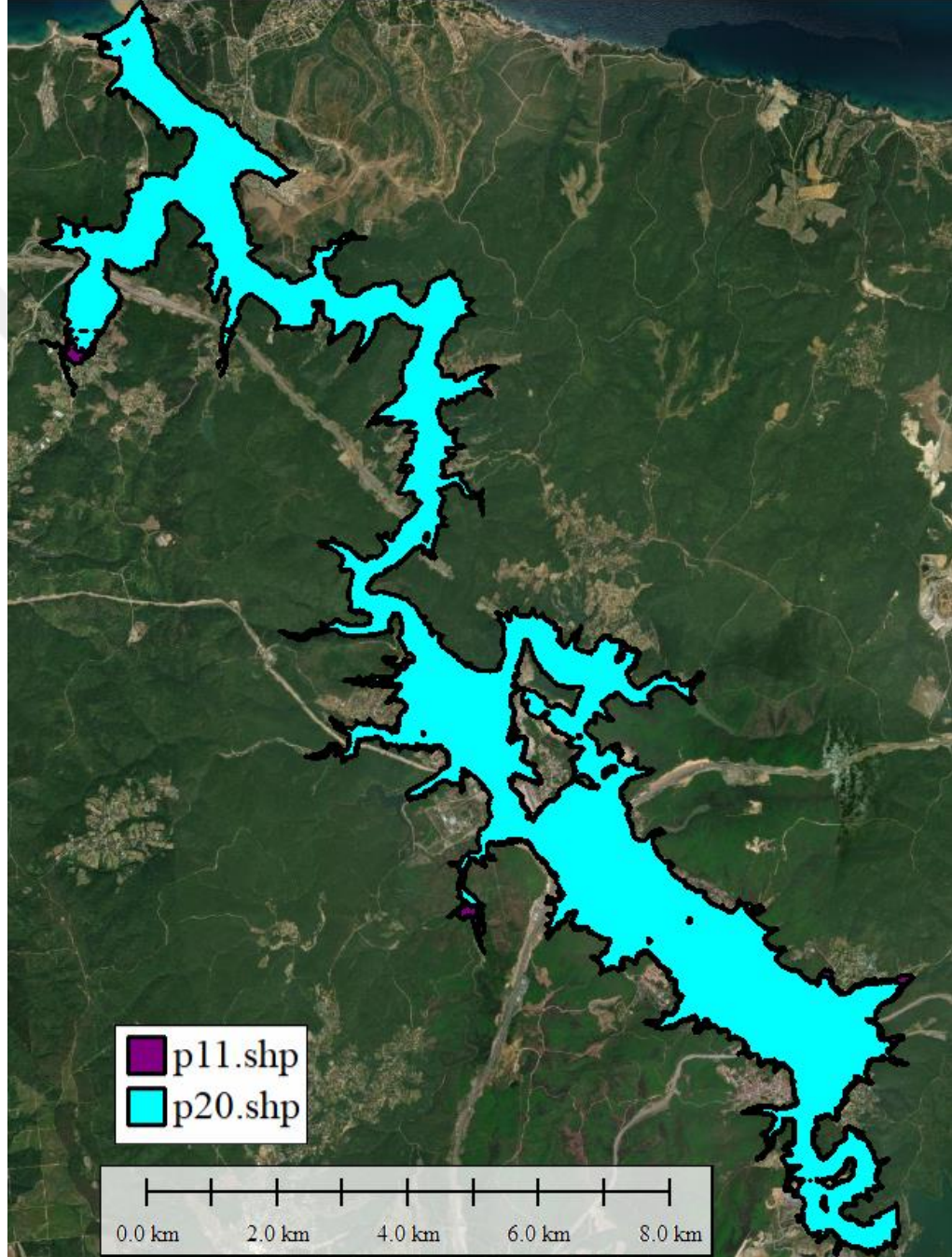
Tablo 18. Borulanma senaryoları (50 metre) sonucu oluşan taşkın yayılım alanları ve yüzdesel farkları

Senaryolar	Alan Km ²	Fark (%)	Borulanma Yüksekliği
P1	31.839	0.00	50 metre
P2	31.762	0.24	
P3	31.629	0.66	
P4	31.426	1.30	
P5	31.173	2.09	
P6	30.874	3.03	
P7	30.551	4.05	
P8	30.184	5.20	
P9	29.846	6.26	
P10	29.532	7.25	



Şekil 48. Borulanma kotu 50 metre olan senaryolar içerisindeki maksimum ve minimum taşkın yayılım alanları

Borulanma kotunun 30 metre olduğu (P11-P20) senaryoları sonucunda oluşan taşkın yayılım alanların alansal değerleri ve yüzdelik olarak farkları **Tablo 19**'te, maksimum ve minimum taşkın yayılım alanların oluştuğu senaryoların taşkın yayılım haritaları ise **şekil 49**'te gösterilmiştir. Buradan hareketle maksimum alansal fark P11 ve P20 senaryoları arasında %6.42'lik bir fark oluşmuştur.



şekil 49. Borulanma kotu 30 metre olan senaryolar içerisindeki maksimum ve minimum taşkın yayılım alanları

Tablo 19. Borulanma senaryoları (30 metre) sonucu oluşan taşkın yayılım alanları ve yüzdesel farkları

Senaryolar	Alan (km ²)	Fark %	Borulanma Yüksekliği
P11	31.831	0.03	30 metre
P12	31.739	0.31	
P13	31.578	0.82	
P14	31.343	1.56	
P15	31.079	2.39	
P16	30.784	3.31	
P17	30.504	4.19	
P18	30.234	5.04	
P19	30.011	5.74	
P20	29.796	6.42	

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ömerli Barajı, İstanbul'da Çayağz Deresi üzerinde, içme suyu temini amacıyla 1968- 1972 yılları arasında inşa edilmiştir. Kil çekirdekli kum-çakıl dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 1.650.000 m³, talvegten yüksekliği 53.0 m, normal su kotunda göl hacmi 370.82 hm³, Maksimum su kotunda göl alanı 23,91 km²'dir. Bu tez çalışmasında 30 farklı kırılma senaryosu dikkate alınarak her bir senaryonun kırılma sonucu meydana getireceği taşkın yayılım haritası elde edilmiştir. Baraj gövdesinde kırılma esnasında hız ve derinlikler, debi parametreleri kırılma süresince sunulmuştur. Ayrıca 2 boyutlu model ile hazırlanan yayılım haritaları incelenmiştir.

Yapılan tez çalışması kapsamında aşağıda sıralanan sonuçlara ulaşılmıştır.

- Her iki kırılma senaryosunun pik değerleri kendi içlerinde karşılaştırıldığında, hesaplanan pik değerlerin birbirinden çok da farklı olmadığı görülmüştür.
- Borulanma tipi yıkılmanın incelendiği senaryolarda su derinliği, akım hızı, akım debisi gibi parametrelerin maksimum yüzdelik farklarına bakıldığında, üstten aşma tipi kırılmaya kıyasla farkın daha fazla olduğu görülmüştür.
- Gediklenme oluşum süresinin su derinliği, akım hızı, akım debisi çıktılarının üzerindeki etkisinin membaya yakın noktalarda yüksek olduğu görülürken mansaba doğru ilerledikçe etkisinin düştüğü gözlemlenmiştir.
- Borulanma kotunun incelenen çıktıların üzerindeki etkisinin gediklenme süresine kıyasla daha zayıf kaldığı, membadan uzak noktalarda ise neredeyse yok hükmünde olduğu sonucuna varılmıştır.
- Taşkın yayılım alanlarına bakıldığı zaman üstten aşma tipi kırılma senaryolarının oluşturduğu taşkın yayılım alanlarının borulanma tipi kırılma senaryolarının oluşturduklarına kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür.
- Taşkın alanlarındaki yüzdesel fark ise 50 metre borulanma yüksekliğinde gerçekleştirilen senaryoların sonuçlarında gerçekleştiği görülmüştür.

Yapılan tez kapsamında elde edilen bilgiler ışığında, Ömerli Barajı'nın mansap bölgesindeki yaşam alanları olası bir kırılma hadisesi karşısında korunaksız durumda olduğu görülmektedir. Barajın membasına yakın bölgelerde neredeyse

nehir yatağında oluşmuş olan yerleşim yerlerinin taşkın alanının dışarısına taşınmasının olası bir afet durumunda can ve mal kaybını azaltacağı düşünülmektedir. Ayrıca Ömerli Barajı'na yakın konumda bulunan maden sahalarının olası bir kırılma durumunda taşkın pik değerlerine ve taşkın geciktirmesi üzerindeki etkilerinin incelenmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.



KAYNAKÇA

- Ağırlioğlu, N. (2007). Baraj Planlama ve Tasarımı-Cilt 1, Kitap, Su vakfı yayınevi
- Ağırlioğlu, N. (2011). Baraj Planlama ve Tasarımı-Cilt 2, Kitap, Beta yayınevi
- Alaghmand, S., bin Abdullah, R., Abustan, I. ve Eslamian, S. (2012). Comparison between flood capabilities of HEC-RAS and MIKE11 hydraulic models in river risk modelling (a case study of Sungai Kayu Ara River basin, Malaysia). *International Journal of Horticulture, Science and Technology*, 2(3), 270-291.
- Basheer, T.A., Wayayok, A., Yusuf, M.B. ve Kamal, R. (2017). Dam breach parameters and their influence on flood hydrographs for Mosul Dam. *Journal of Engineering Science and Technology*, 12(11), 2896-2908.
- Bharath, A., Shivapur, A.V., Hiremath, C.G. ve Maddamsetty, R. (2021). Dam break flood routing and inundation mapping using HEC-RAS and HEC-GeoRAS. *Environmental Challenges*, 5, 129-137. DOI: 10.1007/978-3-030-794002_11.
- Bozkuş, Z., Bağ, F., (2011). “Çınarcık Barajının Sanal Yıkılma Analizleri”, İMO Teknik Dergi, 5675-5688, Yazı 364, 2011.
- de Oliveira, A. M., Conti, J. B., Santos, R. L., de Oliveira, L. N. A., Brito, C. A. O., Costa, F. P. ve de Santana, E. N. (2022). Loss of life estimation and risk level classification due to a dam break. *Heliyon*, 8(4), e09257.
- Eldeeb, H., Mowafy, M. H., Salem, M. N. ve Ibrahim, A. (2023). Flood propagation modeling: Case study the Grand Ethiopian Renaissance dam failure. *Alexandria Engineering Journal*, 71, 227-237.
- Gaagai, A., Boudoukha, A. ve Benaabidate, L. (2020). Failure simulation of Babar dam—Algeria and its impact on the valley downstream section. *J. Water Land Dev.*, 44, 75–89.
- Luino, F., Tosatti, G. ve Bonaria, V. (2014). Dam Failures in the 20th Century: Nearly 1000 Avoidable victims in Italy Alone. *J. Environ. Sci. Eng.*, 3, 19–31.
- Paşa, Y., Hacı, A. (2023), Su kaynakları mühendisliğinde bilgisayar uygulamaları (HEC-RAS). Kitap. İstanbul Gelişim Üniversitesi Yayınevi.
- Paşa, Y., Peker, İ. B., Hacı, A. ve Gülbaz, S. (2023). Dam failure analysis and flood disaster simulation under various scenarios. *Water Science and Technology*, 87(5), 1214-1231. <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2023.052>
- Phyo, A.P., Yabar, H. ve Richards, D. (2023). Managing dam breach and flood inundation by HEC-RAS modeling and GIS mapping for disaster risk management. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8, 100487.

- Singh V.P. 1996. Dam breach modeling technology. Kluwer Academy Publishers. Dordrecht. ISBN 0-7923- 3925-8 pp. 242.
- Urzică, A., Huțanu, E., Mișu-Pintilie, A. ve Stoleriu, C.C. (2019). Dam break analysis using HEC-RAS techniques. Case study: Cal Alb dam (NE Romania). In Proceedings of the 9th International Conference on Environmental Science and Technology (pp. 1-7). Rhodes, Greece.
- Wang, B., Chen, Y., Wu, C., Dong, J., Ma, X. ve Song, J. (2016). Semi-analytical model for predicting peak discharge of dam-break flood. Hydrol. Processes, 30, 3682–3691.
- Wahl T.L., (1998). Prediction of embankment dam breach parameters – A literature review and needs assessment. Dam Safety Report No. DSO-98-004. US Dept of the Interior, Bureau of Reclamation. Denver
- Xie J. B. ve Sun D. Y. (2009). Statistics of dam failures in China and analysis on failure causations. Water Resources and Hydropower Engineering, 40, 124–128. DOI: 10.13928/j.cnki.wrahe.2009.12.025. (in Chinese)

