

Kralkızı barajının olası yıkılması sonrası bir boyutlu taşkın analizi

One-dimensional flood analysis of the Kralkızı dam possible collapse

Ali Em^{1*}, Nizamettin Hamidi¹¹ Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır aliem@dicle.edu.tr¹ Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır nhamidi@dicle.edu.tr

MAKALE BİLGİLERİ

Makale geçmişi:

Geliş: 1 Mart 2021
Düzeltilme: 4 Nisan 2021
Kabul: 5 Nisan 2021

Anahtar kelimeler:

Kralkızı baraj, baraj yıkılması, HEC
RAS yazılım, global mapper

ÖZET

Barajlar; inovatif ve teknolojik imkânlar göz önünde bulundurularak inşa edilmektedir. Barajların teknik açıdan değerlendirilip yapım aşamaları gerçekleştirilmesine rağmen projelendirme ve uygulama safhalarında hatalarla karşılaşılabilir. Bu sorunlar kullanılan malzemelerin uygun seçilmemesi, projelendirme-uygulamadan kaynaklanan hatalar ve doğal afetler gibi çevre koşullarının yol açtığı hatalar şeklinde ortaya çıkabilmekte, bu nedenlere bağlı olarak barajlarda yıkılmalar görülebilmektedir. Barajlarda hasar ve yıkılmalar sonucu oluşabilecek can ve mal kayıplarını engellemek için kullanılan malzemelerin ve barajların davranışlarının belirlenmesi açısından birtakım deneysel ve simülasyon çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda öngörü olarak erken uyarı sistemi olması açısından yıkılma analizleri ve risk haritaları çıkarılmalıdır. Çalışma kapsamında Dicle Nehri yan kolu olan Maden Çayı üzerinde bulunan Kralkızı Barajı'nın yıkılma üzerine modellenmesi ile bir senaryo çalışması yapılmıştır. Kralkızı Barajı, Diyarbakır eski şehir merkezinden ortalama 100 metre yükseklikte ve Dicle barajıyla birlikte risk oluşturabilecek konumda olan bir barajdır. Söz konusu baraj yapım tekniği açısından dolgu baraj tipinde olmasına rağmen, çalışmada kemer barajlardaki yıkılma modeli olan, ani yıkılma meydana geldiği kabulü ile en elverişsiz durum dikkate alınarak çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmada; "Global Mapper, CBS programı ile ABD Ordusu Mühendislik Birliği tarafından geliştirilen HEC-RAS programı" kullanılarak bir boyutlu üstten aşma yıkılma modellemesi yapılmıştır. Sonuç olarak, kullanılan programlarla yıkılma modellemesi yapılan Kralkızı Barajı'nın yıkılma hidrografi elde edilmiştir.

Doi: 10.24012/dumf.889307

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 31 March 2021
Revised: 26 May 2021
Accepted: 28 May 2021

Keywords:

Kralkızı dam, dam failure, HEC
RAS, global mapper

ABSTRACT

Dams are built by considering innovative and technological possibilities. Although it is evaluated technically and the construction stages are carried out, major defects can be encountered in the project and implementation phases. These problems may appear not only using the inappropriate materials but also corrigenda project design, misimplementation and natural disasters. Due to these reasons, large damages and collapse can be seen in dams. In order to prevent loss of life and property that may occur as a result of damage and collapse in dams, Some experimental and simulation studies are required to determine the behavior of the materials and dams construction. In this context, collapse analyzes and risk maps should be prepared to occur an early warning system as a foresight. Scope of the study, A scenario study has been carried out by modeling the Kralkızı Dam on the Maden Stream, which is a branch of the Tigris River, upon collapse. Kralkızı dam is located at an average altitude of 100 meters from the old city center of Diyarbakir can pose a risk with Tigris Dam. Although Kralkızı dam is of the fill dam type in terms of construction technique, it was accepted that sudden collapse, which is the collapse model in arch dams, and studies were carried out considering the most unfavorable situation. In this study; One-dimensional overrun failure modeling was performed using the "Global Mapper, GIS program and the HEC-RAS program developed by the US Army Engineering Association". As a result, it was obtained the collapse hydrograph of the Kralkızı Dam, using the collapse modeling program.

* Sorumlu yazar / Correspondence

Ali Em

✉ aliem@dicle.edu.tr

Giriş

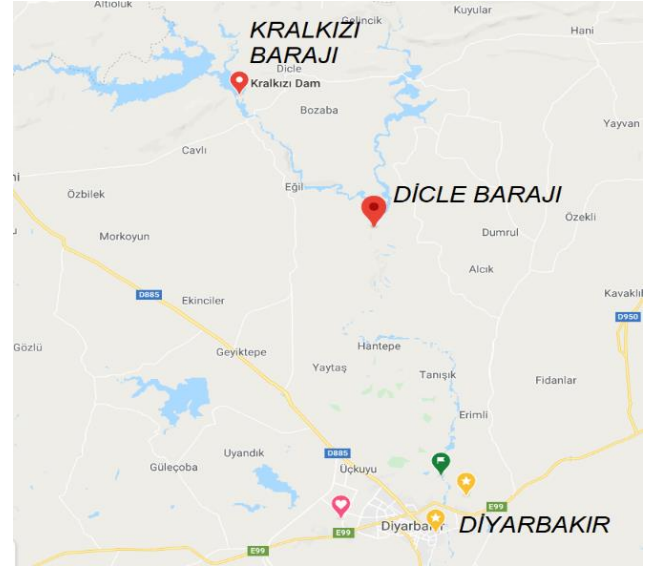
Barajlar su kullanımı, enerji üretimi ve taşkından korunmak amacıyla inşa edilen büyük yapılardır. Şehirlere su sağlamak amacı ile şehirlerin üst kodlarında konumlandırılarak cazibeyle suyun yerleşim yerlerine ulaşmasını sağlamaktadır. Güvenli yapılar olmasına rağmen inşaat sırasındaki hatalar veya doğal afetlerden ötürü devamlı risk altındadır [1].

Hatalar ve afetler dışında savaş sebebiyle de baraj yıkılması ile karşılaşılmaktadır. 1943'te ikinci dünya savaşı esnasında Almanya'daki Mohne Barajı bombalama sonucu yıkılmış ve 1579 kişi hayatını kaybetmiştir. Genel olarak bütün yıkılma nedenleri dikkate alındığında yıkılma sonrası olan taşkın nedeni ile en fazla can kaybı ise 1975 yılında Çin'in Zhumadian kentinde 171000 insanın ölümüne ekstrem olarak 11 milyon insanın evsiz kalmasına sebep olmuştur [10].

1973 yılında Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu'nun [3] barajların %38'i barajların üstünden aşma, %33'ü baraj gövdesinde oluşan borulanma, %23'lük kısmının barajların temel sorunları yıkılma nedeni olduğunu raporunda belirtmiştir.

Tropik iklim kuşaklarındaki ülkelerde hem miktar hem de zarar açısından seller görülmektedir. Türkiye gibi tropikal olmayan iklim ülkeleri de sellerden etkilenmeye başlamıştır [5]. Türkiye'de coğrafi yapı çok karmaşık ve kısa mesafelerde değişiklik gösterdiğinden oluşan taşkınların şekil ve etkileri de bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir. Doğanın kendine özgü durumu göz önüne alındığında, depremden sonra en büyük felaket olan taşkınların meydana gelme ihtimali oldukça düşüktür. Ancak; nüfus artışı, yanlış imar ve plansız mühendislik uygulamaları sonucunda taşkınlar insanoğlu için her geçen gün daha riskli hale gelmektedir [6].

Taşkınlar, toprak kaymaları, depremler, yetersiz temel, yetersiz projelendirme-inşaat ve zayıf inşaat malzemeleri, farklı oturmalar, hatalı rezervuar işletmesi ve savaşlar barajlar için tehlike oluşturan faktörler olarak sıralanabilir, [4].



Şekil 1. Kralkızı barajı konumu

Şekil 1'de Google earth haritasında elde edilen Kralkızı barajının konumu görülmektedir. Kralkızı Barajı Diyarbakır şehrinin il sınırlarında olup, şehir merkezinden 83 km, Dicle ilçesinden 5,5 km güney batısında Maden çayı üzerinde GAP (Güneydoğu Anadolu Proje) kapsamında inşa edilmiş bir barajdır.

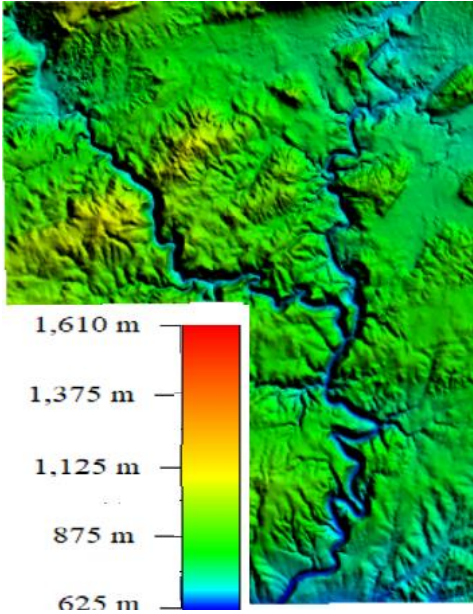


Şekil 2. Kralkızı barajı gövdesi görünümü [8].

Şekil 2.'de kaya gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 15.172.000 m³, akarsu yatağından yüksekliği 126,00 m, normal su kotunda göl hacmi 1919,00 hm³, normal su kotunda göl alanı 57,50 km²'dir. Baraj 'da 90 MW güç ile yıllık 146 KWh'lik elektrik enerjisi üretilmektedir [8].

Materyal ve Metod

Baraj inşa edildiği zamanda coğrafi bilgi sistemleri yaygın olmadığı için haritalandırma yersel ölçümler paftalara işlenerek eş yükseklik eğrileri elde edilmiş ve topografik haritalar elde edilmiştir. Elde edilen haritalar proje üzerinde olup bu verileri dijitalleştirilerek coğrafi bilgi sistemlerinde kullanılabilecek norma getirilmiştir. Şekil 3'te çalışma alanını gösteren dijitalleşmiş harita görülmektedir.



Şekil 3. Çalışma alanının Sayısal Yükseklik Model haritası

Bugünün teknolojileri, uydu verileri ve dronlar ile elde edilen haritalar kadar hassas olması ölçüm ekiplerinin tecrübesine ve şartlara bağlı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Veriler paftalardan veriler tif normundan 32 bit floating point veri tipine Global Mapper programıyla çevrilmiştir. Veri ile ilgili detaylar Çizelge 1. de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışma alanı veri bilgileri

Description=Terrain.Dicle Gol.Tif
Upper Left X=587351.964
Upper Left Y=4262102.526
Lower Right X=609566.836
Lower Right Y=4219598.824
West Longitude=39° 59' 45.3706" E
North Latitude=38° 29' 15.5343" N
East Longitude=40° 15' 20.6947" E
South Latitude=38° 06' 08.5615" N
Proj_Datum=Wgs84
Proj_Units=Meters
Covered Area=944.21 Sq Km
Pixel Width=5.945 Meters
Pixel Height=5.945 Meters
Min Elevation=620 M
Max Elevation=1610 M
Sample Type=32-Bit Floating Point
Tiff_Desc=Terrain Raster

Modelde Amerikan ordu mühendislerinin Hidrolojik masası tarafından üretilen HECRAS programıyla hidrolik modelleme yapılmıştır. HECRAS programı ile hidrolik modelleme yanında hidrolojik modelleme, su kirliliği, sediment ve hidrolik tasarımlar yapılabilmektedir. HECRAS programında kullanılan altlık dosyaları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Global Mapper programıyla hazırlanmıştır.

Baraj yıkılma hesaplarında ilk olarak baraj haznesindeki suyun ötelenmesiyle başlanır. Baraj hazne ötelenmesi HECRAS programıyla bir boyutlu olarak üç şekilde yapılmaktadır.

- Bir boyutlu kararsız akım ötelenmesi (Saint Venant denklemleri)
- İki boyutlu kararsız akım ötelenmesi (Saint Venant denklemleri veya Difüzyon dalga denklemi)
- Seviye ötelenmesi

Mevcut veriler eski olup, inşa zamanında coğrafi bilgi sistemleri çok yaygın olmadığı için yersel ölçümlerden elde edilmiş ve dijital olmayan veriler mevcuttur. Bu veriler göz önünde tutulduğunda modelimizde seviye öteleme kullanılmıştır.

Venant, S. (1871) Saint Venan ilkeleri olarak bilinen,

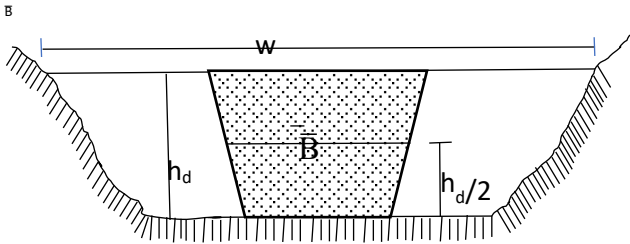
$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} + q = 0 \quad \text{süreklilik ve}$$

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial \left(\frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + g \left(\frac{\partial y}{\partial x} - S_0 + S_f \right) = 0$$

Momentum denklemlerini çalışmada taşkın ötelemesinde kullanılmıştır.

Taşkın hesaplarında hem kararlı hem de karasız akım kullanılmaktadır. Baraj yıkılmalarında su miktarının fazla olması ve akım değerleri noktadan noktaya değiştiği için karasız akım tercih edilmektedir.

İkinci adım olarak baraj gedik parametrelerinin hesaplanması gelmektedir.



Şekil 4. Baraj gövdesi trapez gedik elemanları

Şekil 4'te W kret genişliği, h_d Gedik yüksekliği, \bar{B} ortalama gedik genişliğini ifade etmektedir.

Modelde barajların yıkılma istatistiğine göre en büyük pay olan %38 i kapsayan üstten aşması sonucu yıkılma senaryosu dikkate alınmıştır. Gedik şekli olarak literatürde üçgen, dikdörtgen ve trapez şekil mevcut olup, yine en fazla kullanılan trapez şeklinde gediklenme hesabı yapılmıştır. Baraj yıkılmalarında gedik lineer ve nonelineer şekilde ilerlemektedir. Bu çalışmada gediklenme lineer olduğu kabul edilmiştir.

Bir akarsuyun taşkın debisinin bilinmesi hidrolojide pek çok sorunun çözülmesi için gerekmektedir. Yapılması düşünülen tesise göre bazen toplam hacim, bazen pik debi bazen her ikisi birden bilinmesi gerekmektedir [7].

Baraj yıkılma modelleri hesaplarında gedik parametreleri hesaplanıp kabuller yapılmalıdır. Yapılan hesaplarda baraj cinsi yüksekliği, gövde hacmi, baraj gölü hacmi gibi bazı kriterleri hesaplayan çok sayıda ifade mevcuttur. Çalışmada en çok kullanılan iki formül ile parametreler hesaplanmıştır. Baraj gedik parametreleri yıkılma zamanı t_f , pik debi Q_p ve gedik ortalama genişliği \bar{B} olmak üzere üç tanedir modelde aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

USBR [9].

$$t_f = 0,11 (\bar{B}) = 36,63 \text{ saat}$$

$$\bar{B} = 3(hw) = 332,40 \text{ m}$$

$$Q_p = 16,6(hw)^{1,85} = 116,113,01 \text{ m}^3/\text{s}$$

Froehlich [2],

$$t_f = 0,00254 (V_w)^{0,53} h_b^{-0,9} = 3,21 \text{ saat}$$

$$\bar{B} = 0,1803 K_o V_w^{0,32} h_b^{0,19} = 600 \text{ m}$$

$$Q_p = 0,607 (V_w)^{0,295} h_w^{1,24} = 91,84 \text{ m}^3/\text{s}$$

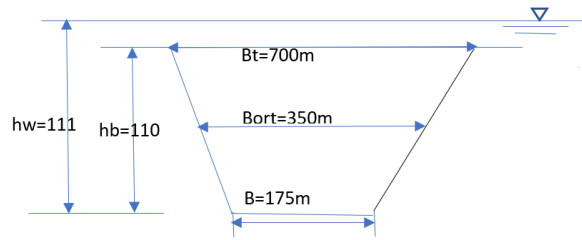
Yıkılma örnekleri dikkate alınarak seçilen

$$t_f = 1 \text{ saat}$$

$$\bar{B} = 350 \text{ m}$$

$$Q_p = 150000$$

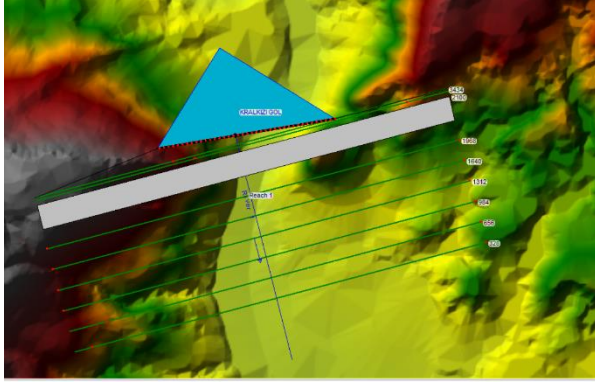
değerler kullanılmıştır.



Şekil 5. Trapez gedik nihai değerleri

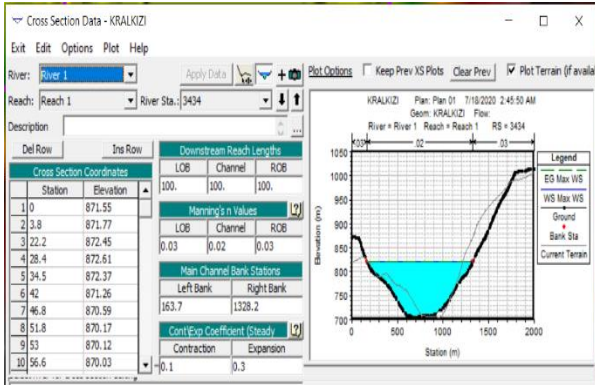
Simülasyon sonunda en son kesitteki hidrograf elde edilmiştir

Kalibrasyon yapılırken baraj yıkılma süresinde, gediklenme tamamen bitirilmeli, baraj gölet hacminin büyük bir çoğunluğunu boşalmış olmalıdır.



Şekil 6. Kralkızı barajı HEC RAS bir boyutlu yıkılma model planı

Şekil 6’da modelimizin planı görülmektedir. Rezervuar ötelemede üçgen şeklinde baraj göleti olup seviye hacim eğrisiyle tanımlanmıştır. Baraj gölüyle mansap kısmı baraj ile inline structure olarak bağlanmıştır. Memba kısmında iki kesit yakın mesafeli olarak yerleştirilirken; bir kesit rezervuarı diğer kesit ise baraj sınır şartlarını ifade etmektedir.



Şekil 7. Bir boyutlu yıkılma modeli enkesiti

Mansap kısmında ise altı kesit iki kilometre genişlik yüz metre arayla yerleştirilmiştir.



Şekil 8. Kralkızı barajı mansap gövde görünüşü

Manning sürtünme katsayısı ise arazide yapılan incelemelerde, baraj mansap kısmında bitki örtüsü olmadığı gibi az pürüzlü bir yüzey

görülmektedir. Şekil 9’da bu hususlar göz önünde bulundurularak sürtünme katsayısı nehir yatağında 0.02 ve bankette 0.03 alınmıştır.

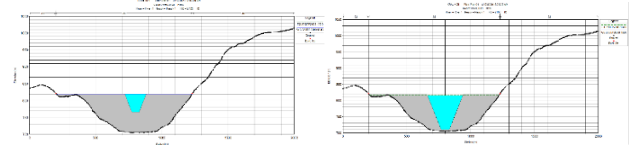
Edit Manning's n or k Values

River: River 1
Reach: Reach 1
Selected Area Edit Options: Add Constant ..., Multiply Factor ..., Set Values ..., Replace ..., Reduce to L Ch R ...

River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1 3434	n	0.03	0.02	0.03
2 3388	n	0.03	0.02	0.03
3 2100	Inf Struct			
4 1968	n	0.03	0.02	0.03
5 1640	n	0.03	0.02	0.03
6 1312	n	0.03	0.02	0.03
7 984	n	0.03	0.02	0.03
8 656	n	0.03	0.02	0.03
9 328	n	0.03	0.02	0.03

Şekil 9. Kesitlerde n sürtünme katsayısı tablosu

Nehir yatağında bitki olmadığından n=0.02 alınırken, banketlerde otlar ve daha engebeli arazi olduğu için n=0.03 alınmıştır. Baraj yıkılması taşkınlarında kısa bir süre sonra su tabakları olduğundan düşük almak sonucu etkilemez.

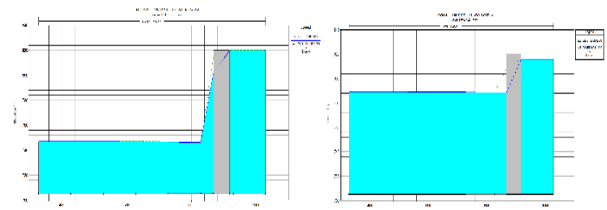


Şekil 10. Otuz ve altmış dakikada gedik şekli

Şekil 10’da kalibrasyon açısından ilk yarım saatte yüzde elli, gedik ilerlemesi ve bir saatte gediklenmenin tamamlandığı görülmüştür.

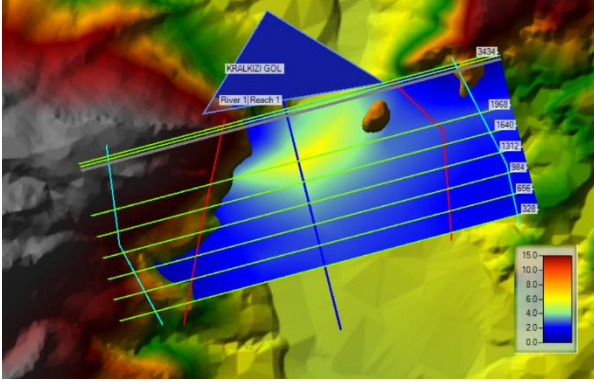
Bulgular ve Tartışma

Şekil 11 barajdaki gediklenme sonucundaki seviye görülmektedir.



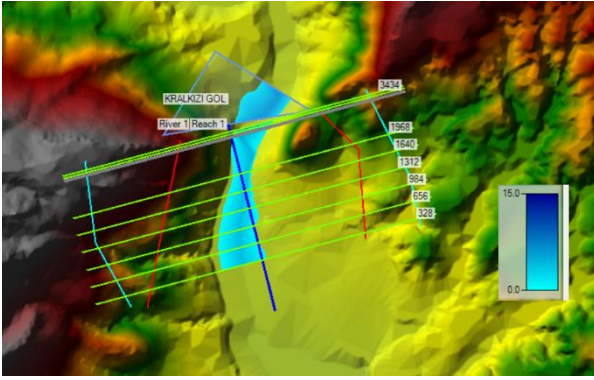
Şekil 11. Nehir ağı boykesit

Dünyada yapılan baraj yıkılmalarının aşırı yağış sonucu dolu savak kapasitesinin yeterli olamaması sonucu dolgu barajlarda kret üstünden aşması sonucu aşınma ve yıkılma meydana gelmektedir.



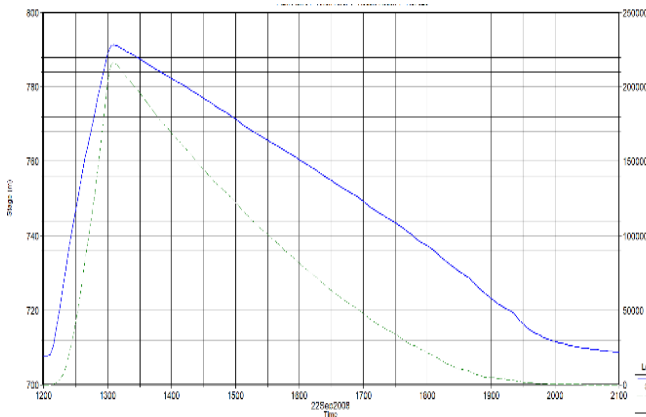
Şekil 12. Maksimum su derinliği

Şekil 12’de maksimum hızlara baktığımızda baraj mansabında hız değerleri yüksek olduğu, genişleyen vadiye yayılan su hızı düşmektedir.



Şekil 13. Dokuz saat sonunda derinlik

Şekil 13’te modelin diğer bir kalibrasyonu, simülasyon süresinin az veya çok olmasının belirlenmesidir. Seçilen dokuz saat sonunda baraj tamamen boşalmış olduğu ve sürenin çok uzamadığı görülmüştür.



Şekil 14. Hidrolik modelin son kesitindeki hidrograf

Şekil 14’te son kesit hidrografta bir saat sonunda max akışa ulaşmış olup sonra inişe geçmiş ve en son olarak baz akıma ulaştığı görülmektedir.

Sonuç

Kralkızı barajı Diyarbakır içme suyu temini açısından Dicle barajı ile birlikte büyük bir öneme sahiptir. Kralkızı barajı yıkılması sonucu oluşacak taşkında baraj mansabı kısmında vadi boyunca yayılmakta hemen Dicle baraj gölüyle birleşmektedir. Kralkızı mansabın hemen önünde başlayan Dicle baraj gölü sebebiyle iki baraj gölü tek baraj gölü gibi düşünülebilir. Kralkızı barajının normal seviyede göl hacmi 1919 hm³, Dicle barajının 595 hm³ olduğu göz önünde bulundurulursa Kralkızı olası yıkılması Dicle barajını tetikleyeceği öngörülmüştür. Çalışma sonucunda Kralkızı barajının yıkılma analizi yapılması yeterli olmayıp Dicle barajının yıkılma analizlerinin yapılması çok önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Teşekkür

Bu araştırma makalesi, Mühendislik 16.008 nolu bilimsel araştırma projesi ve Mühendislik 17.007 nolu doktora tezi kapsamındaki proje ile Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Koordinatörlüğü’nce desteklenmiştir. Bu nedenle yazarlar, destek sağlayan Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Ofisine (DÜBAP) teşekkür ederler.

Kaynaklar

- [1] Em, A., “Kralkızı ve Dicle barajlarının yıkılması sonrası nümerik taşkın modellemesi ve simülasyon”, Doktora tezi, Dicle Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 2020.
- [2] Froehlich, David C., 1995b, “Peak Outflow from Breached Embankment Dam”, ASCE Journal of Water Resources Planning and Management, Volume 121, Issue 1, pages 90 – 97, January 1995.
- [3] ICOLD “Dam- Lessons from Dam Incidents,” Bulletin 111, 1973.
- [4] Kocaman, S., “Baraj yıkılması analizi ve uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana. 133, 2002.
- [5] Ogras, S., Onen, F., “Flood Analysis with HEC-RAS: A Case Study of Tigris River”, Advances in Civil Engineering, 2020.
- [6] Önen, F., Ogras, S.,” Dicle Nehri'nin taşkın analizinin HEC-RAS programı ile yapılması”, DÜMF Mühendislik Dergisi 10 (3), 1087-1098, 2019.
- [7] Sönmez, O., Öztürk, M., Doğan, E., “İstanbul Derelerinin Taşkın Debilerinin Tahmini”, SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, 16. Cilt, 2, s. 130-135, 2012.
- [8] Wikipedia, https://tr.wikipedia.org/wiki/Kralk%C4%B1z%C4%B1_Baraj%C4%B1_ve_Hidroelektrik_Santrali (Erişim zamanı; Temmuz 15.2020)
- [9] USBR, “Guidelines for defining inundated areas downstream from Bureau of Reclamation dams”, Reclamation Planning Instruction, No.82-11;15 June 1982, U.S. Bureau of Reclamation, 1982.
- [10] Zagonjoli, M.,” Dam Break Modelling, Risk Assessment and Uncertainty Analysis for Flood Mitigation”, Delft University of Technology, Institute of Science and Technology , Delft.162, 2007