




Araştırma Makalesi / Research Article

**HEYELAN SET GÖLLERİNİN OLUŞUM VE GELİŞİM ŐARTLARININ
JEOMORFOLOJİK İNDİSLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ:
KOP (AKBURAK) GÖLÜ (BAYBURT) ÖRNEĞİ**

**The Evaluation of the Formation and Development Conditions of the Landslide
Dammed Lakes with Geomorphological Indices:
Example of Kop (Akburak) Lake (Bayburt)**

Onur YAYLA^a, Yıldırım ATAYETER^b, Uğur TOZKOPARAN^c

^a Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Isparta
onuryayla29@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-8710-3701>

^b Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Isparta
yilatayeter@sdu.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0002-7570-2993>

^c Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Isparta
ugurtozkoparan@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-3225-1651>

Makale Tarihi

Geliő 4 Kasım 2020
Düzenleme 4 Nisan 2021
Kabul 10 Nisan 2021

Article History

Received November 4, 2020
Received in revised form April 4, 2021
Accepted April 10, 2021

Anahtar Kelimeler

Heyelan, Heyelan set gölleri, Kop (Akburak) Gölü, Jeomorfolojik İndisler

Keywords

Landslide, Landslide dammed lakes, Kop (Akburak) Lake, Geomorphologic Indices

Atıf Bilgisi / Citation Info

Yayla, O., Atayeter, Y., Tozkoparan, U. (2021) Heyelan Set Göllerinin Oluşum ve Gelişim Őartlarının Jeomorfolojik İndislerle Değerlendirilmesi: Kop (Akburak) Gölü (Bayburt) Örneği / The Evaluation of the Formation and Development Conditions of the Landslide Dammed Lakes with Geomorphological Indices: Example of Kop (Akburak) Lake (Bayburt), Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2021 (7): 1-18
[doi: 10.46453/jader.820756](https://doi.org/10.46453/jader.820756)

ÖZET

Türkiye Alp orojenik dağ kuőađı üzerinde yer alan ve Kuvaterner döneminde günümüz haline yakın bir hal alan oldukça arızalı bir topoğrafyaya sahiptir. Böyle bir topoğrafya üzerinde yer alması Türkiye'de yüksek dağların, derin vadilerin, dik yamaçların görölmesine olanak sağlamaktadır. Bu ortamda birtakım yerşekillerinin oluşması veya süreç içerisinde topoğrafyanın deđiőmesi de kaçınılmaz bir gerçektir. Heyelan set gölleri de böyle dağlık, tepelik, eğim değeri yüksek özette arızalı topoğrafyalarda oluşmuş göllerdir. Bu göller; topoğrafyadaki özel Şartların yardımıyla hareket eden bir kütlelenin akarsu yatağının önünü kesmesiyle oluşan doğal su birikim ortamlarıdır. Bayburt - Aőkale arasında Kop dağı üzerinde gerçekteőmiş heyelan kütlelenin bir akarsu yatağının önünü keserek oluşturduğu Kop (Akburak) heyelan set gölü topoğrafik, iklimik ve vejetatif Şartları itibarıyla hem ölkemizdeki hem de yakın çevredeki set göllerinden farklı özellikler sunmaktadır. Bu gölün oluştuğu saha ve yakın çevresinde literatürde yer alan bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalıőmanın amacı Kop (Akburak) heyelan set gölünü literatüre kazandırmak ve bundan sonra yapılacak çalışmalara öncülük etmektir. Bu çalışmada gölün bu günkü durumu, oluşum Şartları, topoğrafyanın hareketliliğine göre gölün kalıcı olup olmayacağı üzerine de değerlendirmeler yapılacaktır. Çalıőmanın indisler yardımıyla Türkiye'deki bir heyelan set gölü üzerine yapılan ilk çalıőmalardan olması onu bu bakımdan da önemli kılmaktadır. Jeomorfolojik indislerin bu göl örneğinde tutarlılık durumu belirlenmeye çalıőılmıőtır. Bu amaçla çalışmada Blokaj, Hapsölmuş (Tutulmuş) Su, Boyutsuz Blokaj, Morfolojik Tıkanma ve Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik indisleri kullanılmıőtır. Araştırma için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile araştırma sahasının 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları sayısallaőtırılmıőtır. CBS üzerinden hacim hesaplamaları, havza değerlendirmeleri ve eğim değerleri üzerine analizler yapılmıştır. Bu analizler aynı zamanda Uzaktan Algılama programları (HGM Küre ve Google Earth Pro) ile desteklenmiőtir. Arazi çalışmaları sırasında GPS, altimetre, lazermetre ile ölçümler yapılıp fotoğraf makinesi ile fotoğraflar çekilerek veriler elde edilmiştir. Elde edilen bütün bu veriler değerlendirilmek suretiyle Kop (Akburak) heyelan set gölü jeomorfolojik indisler ile yorumlanmıőtır. Çalışma alanında yapılan değerlendirmeler sonucunda; Blokaj İndisi, Hapsölmuş (Tutulmuş) Su İndisi, Boyutsuz Blokaj İndisi ve Morfolojik Tıkanma İndisi açısından Kop (Akburak) Gölü Kararsız Oluşmuş Heyelan set gölü sınıfında nitelendirilmiőtir. Ancak Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi açısından ise Süreksizlik Alanı içerisinde sınıflandırılmıőtır.

ABSTRACT

Turkey has a very defective topography, which is located on the Alpine orogenesis mountain belt and become close to today in the Quaternary period. The fact that our country is located on such a topography makes it possible to see the high mountainous areas, the deep valleys and the steep slopes in our country. The formation or disappearance of some landforms in this environment is an inevitable reality. The Landslide dammed lakes are also such mountainous, hilly, high slope value lakes, in short, formed on defective topographies. These lakes are natural water accumulation areas formed by a mass moving by means of special conditions in the topography by cutting the river bed. The Kop (Akburak) landslide dammed lake, formed by the mass of landslides, by cutting the front of a river bed, on Kop Mountain between Bayburt and Aşkale offers different characteristics from both our country and the surrounding dammed lakes in terms of topographic, climatic and vegetative conditions. In addition, there is no study in the literature in the area where this lake was formed and its immediate surroundings. The aim of this study is to introduce the Kop (Akburak) landslide dammed lake to the literature and to lead the further studies. In this study, the current situation of the lake, its formation conditions, and whether it will be permanent will be evaluated. This is also one of the first studies to be conducted on a landslide dammed lake with the help of the indexes in Turkey makes it important in this respect. The consistency of the geomorphological indexes in this lake sample has been tried to be determined. For this purpose; Blockage, Impoundment, Dimensionless Blockage, Morphological Obstruction and Hydromorphological Dam Stability indexes were used in the study. For the research, 1 / 25.000 scaled topography maps of the research area were digitized with Geographical Information Systems (GIS). The volume calculations, the basin assessments, and the analysis on the slope values were made on GIS. These analyzes were also supported by Remote Sensing programs (HGM Kre and Google Earth Pro). During the field studies, the measurements were made with GPS, the altimeter, the laser meter and the photographs were taken with the camera equipment. All these data obtained have been interpreted by evaluating the geomorphological indexes of Kop (Akburak) landslide dammed lake. As a result of the evaluations made in the study area; Kop (Akburak) Lake was classified as Unstable Landslide dammed lake in terms of Blockage Index, Dimensionless Blockage Index, Impoundment Index, and Morphological Obstruction Index. However, it was classified in Instability Domain in terms of Hydromorphological Set Lake Continuity Index.

© 2021 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

1. GİRİŐ

Heyelan set gölleri doğal göller grubundadır ve nehrin akış yönünün kopan heyelan kütleleri tarafından doldurulup bloklaőması (tıkanması) ile oluőurlar (Hermanss vd., 2011). Yapılan araştırmalarda heyelan kütlelerinin kayması ve heyelanın oluőmasını tetikleyen birçok faktör görülmektedir. Bu faktörlerden bazıları; kar yaęıőı ve erimeleri, akarsuyun oluőturduęu erozyon, sağanak yağış, antropojenik nedenler ve depremlerdir. Örneğin; İtalya'da meydana gelen heyelan ve heyelan set göllerinin oluşmasına neden olan faktörlerin dağılımı incelendiğinde, oluşmuş heyelan set göllerinin yarıdan fazlası (%52) sismik aktivitelerden, 1/3'ünün (%33.5) sağanak yaęıőlar sonrası olaylardan meydana geldiği görülmektedir. Bu ülkedeki heyelan set göllerinin geriye kalanlarının oluşumunda ise akarsu erozyonu (%10.4), kar yaęıőı ve erime (%2.9), antropojenik faktörler (%1.2) etkili olmuştur (Stefanelli vd., 2015). Depremler (Huang, 2009)

ve sağanak yaęıőlar (Costa & Schuster, 1988) heyelan set göllerinin oluşumu için en çok ne çıkan iki önemli tetikleyici faktördür. Dünya genelinde yapılan çalışmalarda heyelanların oluşmasında tektonizmanın da önemli etkisi olduğu vurgulanmaktadır. Bu sahalardaki güçlü tektonik etkiler, vadi yarılma oranının fazlalığı ve zayıf kaya kütlesi yapıları bu tür heyelanların oluőumunun arkasındaki ana faktörler olduğu çalıőmalarla ortaya konulmuőtur (Dai vd., 2005; Huang, 2009; Zhang vd., 2011; Zhang vd., 2016; Zhang & McSaveney, 2017).

Heyelan set gölleri üzerine araştırma yapan bilim insanlarının bazıları çalışmalarında dikkatlerini heyelan kütleleri üzerine de yoęunlaőtırırken, bazı araştırmacılar ise ilgisini daha çok oluşmuş heyelan setlerinin (barajlarının) tahrip olmasına yneltilmiőler ve böylesi durumlardaki riskler üzerine çalıőmıőlardır (Hewitt, 1982; Costa & Schuster,

1988; Walder & Costa, 1996; Hewitt & Liu, 2010; Winsemann & Lang, 2020). Bu çalışmaların bazılarında heyelan set göllerinin setlerinin tahrip olması ile büyük miktarda su kütlelerinin kontrolsüz hareketi sonucunda doğal afetlerin oluşabileceği varsayımları üzerine modellemeler yapılmıştır (Costa & Schuster, 1988).

Son yıllarda heyelan set göllerinin setlerinin tahrip olmasıyla oluşturabileceği sel ve taşkın risklerine yönelik analiz çalışmaları da yapılmıştır (Wang vd., 2019). Bazı heyelan set gllerini meydana getiren heyelanların malzemesi ve diğer unsurları gibi yardımcı faktörlerle birlikte çok kısa sürelerde deforme olduğu görülmektedir (Costa & Schuster, 1988; Ermini & Casagli 2003; Korup, 2004). Bu hızlı bozulmalar bazen setin tahrip olmasını, bazen de patlama olarak gerçekleşme ihtimalini taşımaktadırlar. Böylesi durumlarda ise heyelan setinin tahrip olmasıyla meydana gelen sellerin insan ve meknlar üzerinde kalıcı ve yıkıcı hasarlar oluşturması kuvvetle muhtemeldir (Chen vd., 2004; Dai vd., 2005; Hermanns vd., 2011). Böylesi heyelan set gllerinden kaynaklı en etkili tarihi sel olaylarından biri, 1786'da in'in Daru Nehri zerindeki sismik kaynaklı oluşan heyelan set gölünün setinin tahrip olması ile gerçekleşmiş ve 100.000'den fazla insanın hayatının kaybetmesine neden olmuştur (Dai vd., 2005). Heyelan set göllerinin son davranışları aslında gölün ilk (oluşum) şartlarıyla yakından ilgilidir. Bu nedenle bir heyelan set gölünün oluşum sürecini anlamak, o gln ve setinin risk değerlendirmesini de anlamak bakımından son derece önemlidir (Zhou vd., 2013).

Türkiye'de de yukarıda bahsedilen şartlar altında oluşmuş heyelanlar (Uzun, 1992; Cihangir & Görüm, 2016; Görüm, 2019) ve heyelan set göllerinin örnekleri vardır. Zira Türkiye'nin topoğrafik, klimatolojik, vejetatif şartları ile Türkiye'yi etkileyen sismik olaylar ve antropojenik faktörler dikkate alındığında Türkiye'de heyelan set göllerinin oluşumuna uygun ortamların bulunduğu ortaya çıkmaktadır. Türkiye'de heyelan set göllerinin varlığı ile ilgili olarak hazırlanmış bu literatür eserleri (Zeybek, 2002; Hoşgören & Ekinci, 2004; Duman, 2009; Bayrakdar & Görüm,

2012; Kopar & Sevindi, 2013; avuş, 2014; Atayeter vd., 2020) temel kaynak niteliğindedir. Bu alışmalar, ortamın paleoecoğrafik şartlarının analizi, gllerin oluşum şartları, geçirdikleri jeomorfolojik evrimin izahı gibi birçok temel durumu ortaya koymaları açısından önemlidirler. Jeomorfolojik analizler ile ilgili yapılan nicel araştırmalarda genel olarak morfometrik ilişkiler yöntemi kullanılırken (Strahler, 1957; ztrk & Erginal, 2008; Troiani & Della Seta, 2008; Larsen, vd., 2010; Elbaşı & zdemir, 2018) bunun dışında bazı çalışmalarda jeomorfolojik indislerden de yararlanılarak heyelan set göllerinin oluşumu ve evrimi de değerlendirilmiştir (Ermini & Casagli, 2003; Korup, 2004; Dong vd., 2011; Fan vd., 2012; Peng & Zhang, 2012; Stefanelli vd., 2016).

Jeomorfolojik sınıflandırmaya göre heyelan set gllerini oluşum açısından altı tipte (Costa & Schuster, 1988), oluşum süreci açısından ise üç tipte (Swanson vd., 1986; Ermini & Casagli, 2003; Stefanelli vd., 2016) ifade etmek mümkündür.

Costa & Schuster (1988) oluşum açısından heyelan set gllerini şu şekilde sınıflandırmaktadır:

TİP I: Akarsu vadisi içerisine sokulan heyelan kütlesinin vadinin diğer yamacı ile birleşemediği sahalarda meydana gelen set glleridir. Bu tip heyelanlarda kısmen gl oluşabilir ve ardından oluşan bu gl bozularak akarsu yatağını yeniden şekillendirmeye başlar (şekil-1 a.).

TİP II: Akarsu vadisinin bir yamacının kayarak diğer yamacıyla birleşmesi sonucu akarsu yatağının tıkanması şeklinde oluşan heyelanlar ile meydana gelen set glleridir. Bu tarz heyelanlar nispeten kk çaplı heyelanlardır (şekil-1 b.).

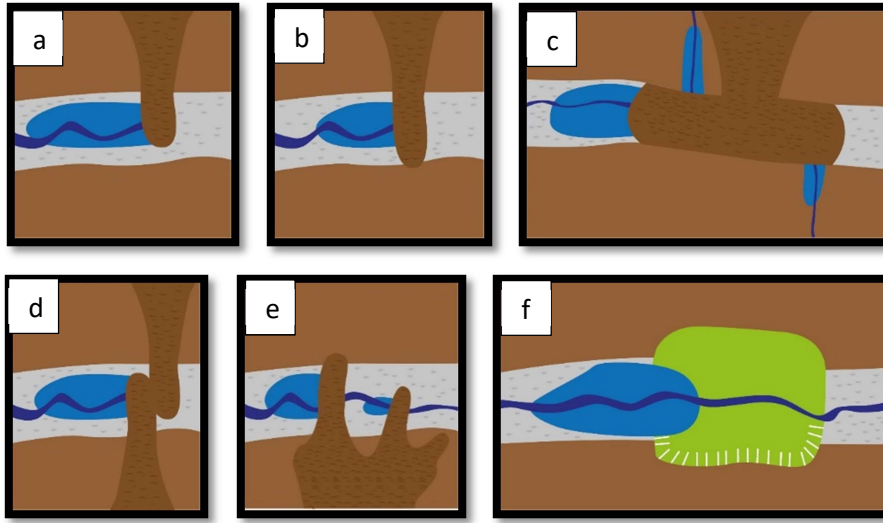
TİP III: Büyük akarsu vadilerinin bir yamacından diğer yamacına kadar ulaşabilen yani vadinin hem yukarı kesimine hem de aşağı kesimine doğru farklı yönlerde ilerleme gösteren heyelanlardır. Arazi eğimine ters yönde ilerleme gösteren bu büyük heyelan kütleleri gerisinde büyük alan kaplayan set gölleri oluşur (şekil-1 c.).

TİP IV: Bir akarsu vadisinin her iki yamacından karşılıklı olarak gelişmeye başlayan ve hemen hemen aynı sürelerde gerçekleşen kütle hareketleridir. Bu kütleler zamanla vadinin içerisini doldurur. Bu kütle akarsuyun önünü keser ve setin gerisinde bir set gölü oluşur. Bu tip kütlelere çalışmalarda 1 ve 2 şeklinde tanımlayıcı numaralar verilmekte ve buna göre yorumlamalar yapılmaktadır (Şekil-1 d.).

TİP V: Bir heyelan kütlelerinin akarsu vadisi içerisinde dillere ayrılarak birçok noktada akarsu yatağını kesmesi ile oluşan göllerdir. Akarsu bu şartlarda zaman içerisinde bazı dilleri (heyelan setleri) geçip, öndeki diğer dilin

gerisinde birikmektedir. Böylelikle vadi içerisinde birden fazla gölcük oluşabilmektedir (Şekil-1 e.).

TİP VI: Bu tip heyelan set gölleri vadi tabanına doğru yavaşça kayıp yayılan aşınım yüzeyi kütlelerinin gerisinde oluşmuştur. Bu göller yavaş yavaş kayan ve yavaş yavaş hareket eden aşınım yüzeyi parçalarının akarsu yatağını yükseltmesi ve akarsuyun yatak gradyanını değiştirmesiyle oluşur. Böylelikle oluşan bu kütle gerisinde göller meydana gelir. Zamanla akarsu diğer heyelan set göllerinde olduğu gibi bir şekilde bu seti aşar ve setin üzerinden yoluna devam eder (Şekil-1 f.).



Şekil 1. Heyelan set göllerinin oluşum şekillerine göre sınıflandırılması **a)** Vadi tabanını kapatmayan heyelan gerisinde. **b)** Vadi tabanını kapatan heyelan gerisinde. **c)** Vadi ve vadi kollarının tıkanması ile heyelan gerisinde. **d)** İki yamaçtan gelen kütlelerin gerisinde. **e)** Heyelanın farklı topuk noktalarında birden fazla tıkanma ekseninde. **f)** Aşınım yüzeyi gerisinde oluşan heyelan set gölleri (Costa ve Schuster, 1988' den yeniden çizilerek). **Figure 1.** The classification of landslide dammed lakes according to their formation. **a)** Behind the landslide that does not cover the valley floor. **b)** Behind the landslide that covers the valley floor. **c)** Behind the landslide due to the clogging of the valley and its branches. **d)** Behind the mass coming from the two slopes. **e)** Behind more than one occlusion axis at the landslide's different heel points. **f)** The landslide dammed lakes formed behind the erosional surface (redrawn from Costa and Schuster, 1988).

Swanson vd. (1986); Ermini & Casagli (2003) ve Stefanelli vd. (2016) jeomorfolojik oluşum ve gelişim süreçleri açısından heyelan set göllerini şu şekilde sınıflandırmaktadırlar:

1. Oluşmamış (not-formed) heyelan set gölleri: Bu göller sadece akarsu yatağı bölümünün daralması ile bir akarsu üzerinde tam oluşmamış göllerdir. Bu durumdaki sahalarda suyun kaynağına doğru bir göl havzasının oluşumu gerçekleşmemiştir. Bazı durumlarda kayan kütle mevcut akarsu yatağının önünü kapatmış, bu durumda akarsu sapsması veya

heyelan topuk erozyonu gibi sadece farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır.

2. Kararsız (formed-unstable) oluşmuş heyelan set gölleri: Bu ortamlarda heyelana, genellikle dış etkenler (örneğin depremler, yağış, eğim veya antropojenik durumlar) neden olmuştur. Bu tip şartlar, gölün genel çöküşüne veya bozulmasına kadar giden (saatlerden yüzyıllara) relik (kalık) göl ve göl havza örneklerinin oluşumuna yol açar. Bazı hallerde tıkanmanın şartları (heyelan set gölünün gövdesinin parçalanarak, tutulan suyun

boşalması nedeniyle), büyük bir afet tehlikesi oluşmasına neden olabilir. Bu gibi durumlarda heyelan set gölünün gövde kalıntıları araştırmacılar tarafından genellikle zorlukla tanınır. Bu sınıf içerisinde olan heyelan set göllerinde risk analizleri yapılmakta, olası tehlikeli sonuçları önlemek için insan müdahalesi ile gölün gelişiminin takip edilmesi, gerekirse gölün devamlılığı için tedbirler alınmasına yönelik çalışmalar planlanmaktadır.

3. Kararlı oluşmuş (formed-stable) heyelan set gölleri: Heyelan sonucu, dere yatağının tamamen tıkanması ile bunun sonucunda bir göl havzasının oluşmasına neden olan göllerdir. Bu tip oluşumlarda heyelan set gölü, oluşum şartları nedeniyle ancak küresel bir kararlılık ve dinamik bir denge içerisinde varlığını sürdürmektedir.

Gerek oluşum ve gerekse de süreç nedeniyle meydana gelmiş heyelan set göllerinin bazıları jeomorfolojik durumlarına göre yıllarca muhafaza edilerek varlığını sürdürmekte bazıları ise akarsu alüvyonları tarafından doldurularak sönmülenebilmektedirler. Yukarıda bahsedilen heyelan kütleleri, set göllerinin içerisinde erozyon faaliyetleri sınıfında kabul edilen ve gölün aynasına doğru gelişen dolgular yapmaktadırlar. Zaman içerisinde bu dolgular gölün taşarak önündeki set üzerinden aşması ve küçük taşkınlar oluşturmasına sebep olabilmektedir. Bu küçük taşkınlar ile sadece gölün tıkanma noktasının üzerinden aşan akarsu, yatağını kısmen genişletmekte ve zamanla büyük derecede sellere veya heyelan set gölünün suyunun tamamen boşalmasına neden olmaktadır (Stefanelli vd., 2016).

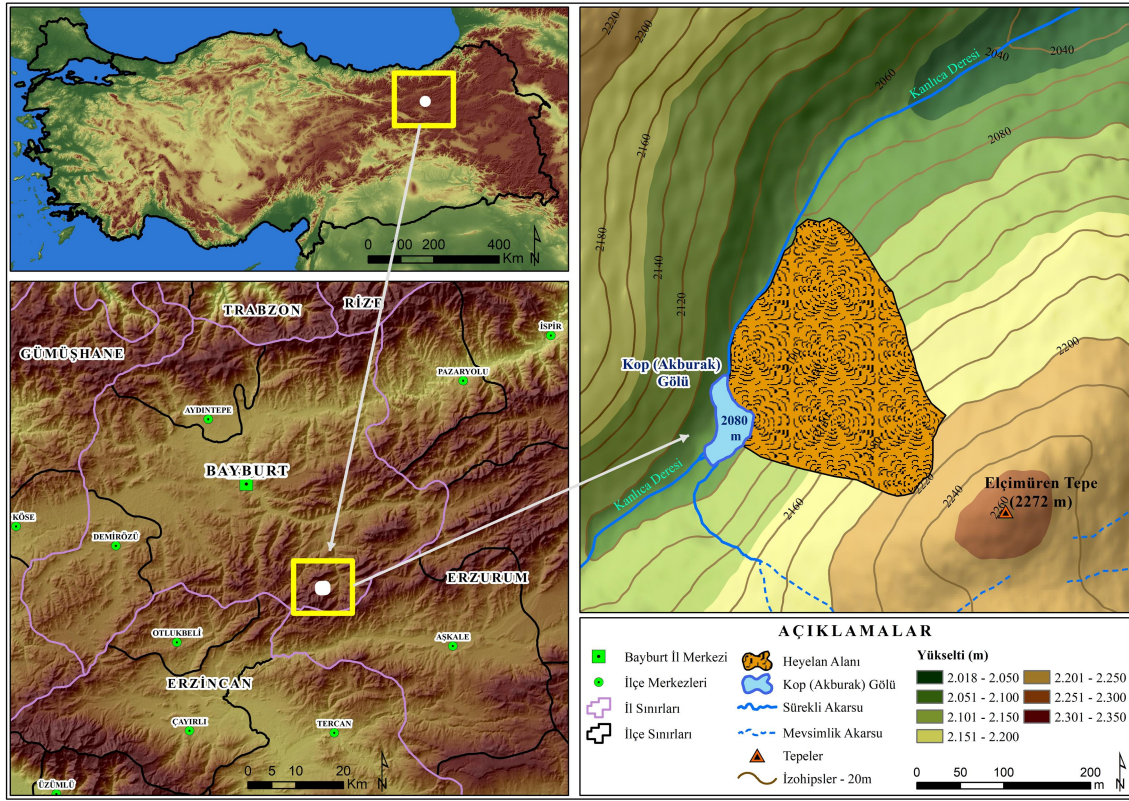
Heyelan set göllerini ele alan yeni nesil çalışmalar hem oluşum mekanizmasını hem de oluşum sürecini ele almaktadır. Bu çalışmalar Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ile arazi çalışmalarının birlikte kullanıldığı farklı indisler üzerinden yapılan çalışmalardır.

Bugüne kadar ülkemizde heyelan set göllerinin, heyelan setlerinin jeomorfolojik indisler yardımıyla değerlendirildiği çalışmalar

yaygın olarak yapılmamıştır. Oysa Dünya'da artık araştırmacıların yeni çalışmalarında örnek araştırma sahalarını gölün oluşumu, jeomorfolojik evrimi, heyelan setinin morfometrik şartları, setin risk analizi gibi birçok farklı parametreler üzerinden farklı indisler kullanarak değerlendiren çalışmalar yaptıkları görülmektedir. Bu çalışma Türkiye'de coğrafi bir bakış açısı ile ilk defa Bayburt/Aşkale arasında yer alan Kop Dağı üzerindeki Kop (Akburak) Gölü'nün farklı jeomorfolojik indisler yardımıyla ele alan bir çalışmadır. Bu göl, topoğrafik, iklimik ve vejetatif şartları itibariyle hem ülkemizdeki hem de yakın çevredeki set göllerinden farklı özellikler sunmaktadır. Ayrıca bu gölün oluştuğı saha ve yakın çevresinde literatüre girmiş bir göl bu yöntemlerle incelenmemiştir. Bütün bu şartlar dikkate alınarak Kop (Akburak) heyelan set gölünü literatüre kazandırmak ve bundan sonra yapılacak çalışmalara öncülük etmek maksadıyla kaleme alınmıştır. Bu çalışmada gölün bu günkü durumu, oluşum şartları, sürekli olup olmayacağı üzerine de değerlendirmeler yapılmıştır. Bu çalışmada; jeomorfolojik indisler yardımıyla Kop gölünün, heyelan setinin sürekliliğı, heyelanın kütle hacmi, vadi genişliğı, gölün kütle hacmi, setin ve gölün oluşumu üzerine etkileri, gölün oluşum evrimi, gölün süreklilik süreci üzerine yapılan değerlendirmeler de sunulmuştur.

1.1. Araştırma Alanının Yeri ve Sınırları

Çalışma lokasyon olarak 40° 2'55.08"K enlemi ile 40°23'9.56"D boylamında yapılmıştır (Şekil 2). Kop (Akburak) Gölü Kop Dağı (2918 m.) ve İmamalı Dağı (2776m.) üzerinde yer alan Napçalma Tepe (2417 m.) ve Elçimüren Tepe (2272 m.) arasında akan Kanlıca Deresi üzerinde meydana gelen bir heyelan set gölüdür. Göl farklı kaynaklarda farklı şekilde isimlendirilmesine rağmen çoğunlukla Kop Gölü veya yerel halk tarafından söylenen şekli ile Akburak Gölü olarak ifade edilmektedir. Kanlıca Deresinin kaynaklandığı lokasyonlar ve heyelan set gölünün oluşum mekanizmasına etki eden formasyonların yer aldığı çalışma alanı yaklaşık 10 km² 'lik bir alanı kapsamaktadır.



Şekil 2. Kop (Akburak) Heyelan Set Gölünün lokasyon haritası / **Figure 2.** The location map of Kop (Akburak) Landslide Dammed Lake.

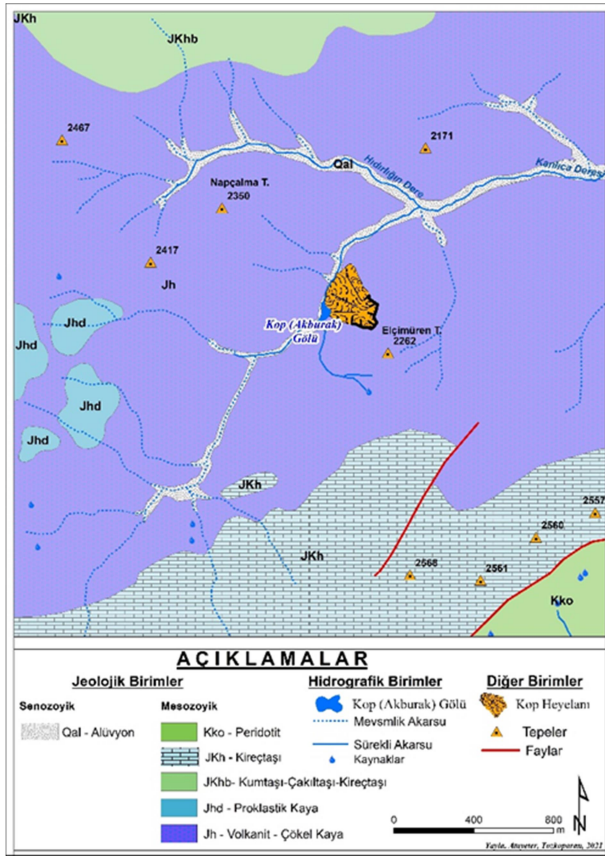
Kop (Akburak) heyelan set gölünün oluşumunda birçok faktör etkilidir. Bu faktörler içerisinde sahanın litolojik yapısı, iklimi ve bitki örtüsü öne çıkanlardır. Bu nedenle metnin bu bölümünde çalışma sahasının jeolojik, klimatolojik ve vejetatif şartları hakkında kısa bir bilgilendirme yapılmıştır.

Bu saha ağırlıklı olarak Jura ve Alt Kretase yaşlı birimlerden oluşmaktadır. Sahanın temelini Alt-Orta yaşlı volkanitler oluştururken üstte aşınımından arta kalan Jura, Geç Jura ve Kretase yaşlı kireçtaşı blokları gözlenmektedir. Bu kireç taşları havza kenarı veya şelf kenarı fasiyesindedir. Az eğimli bir şelf yamacından veya havza düzlüğünden çökelmişlerdir (Keskin, 2016). Bu birimler göz önüne alınarak alanın ve yakın çevresinin jeoloji haritası oluşturulmuştur (Şekil 3).

Araştırma sahası daha önce de yakın çevresinde bu şekilde gerçekleşmiş kütle hareketlerine sahne olmuş bir sahadır (Uzun, 1992; Atayeter vd., 2020). Kop gölünün oluştuğu Kanlıca Deresi vadisinde heyelan oluşumuna sebep olabilecek şartların varlığı bu sahada heyelan olasılığını yükseltmektedir. Nitekim Kanlıca Dere vadisinde Kop (Akburak)

gölünü oluşturan heyelan, batıda Napçalma Tepe (2437m.), doğuda Elçimüren Tepe (2272m.), güneyde Coşan Dağı (2975m.) yüksek kütleleri arasında meydana gelmiştir. Araştırma sahası ve yakın çevresinde eğim değerlerinin yüksekliği kütle hareketlerinin oluşumunda etkili olan temel faktörlerdendir. Bu özellikler göz önüne alınarak alanın ve yakın çevresinin jeomorfoloji haritası oluşturulmuştur (Şekil 4).

Kop (Akburak) gölü hidrografik olarak yıl boyu akış gösteren Kanlıca Deresi üzerinde gelişmiştir. Coşan Dağından kaynaklanan Kanlıca Deresi ortaçığırında Kop Deresi ile birleştikten sonra kuzeye doğru akarak önce Masat Çayına ve böylelikle Çoruh Nehrine katılmaktadır. Kanlıca Deresinin kaynaklandığı Coşan Dağlarından Masat Çayına katıldığı kesime kadar yaklaşık uzunluğu 22,81 km. dir ve Danritik drenaj tipinde bir akarsudur. Kanlıca Deresi 2000 m. rakım değerinin üzerinde akış gösteren bir akarsu olduğundan ve bu sahanın iklim karakteri gereği kar örtüsünün yerde kaldığı süreler, donlu günler, kar erimelerinin yaşandığı günler akarsuyun akım değeri üzerinde etkili olmaktadır.



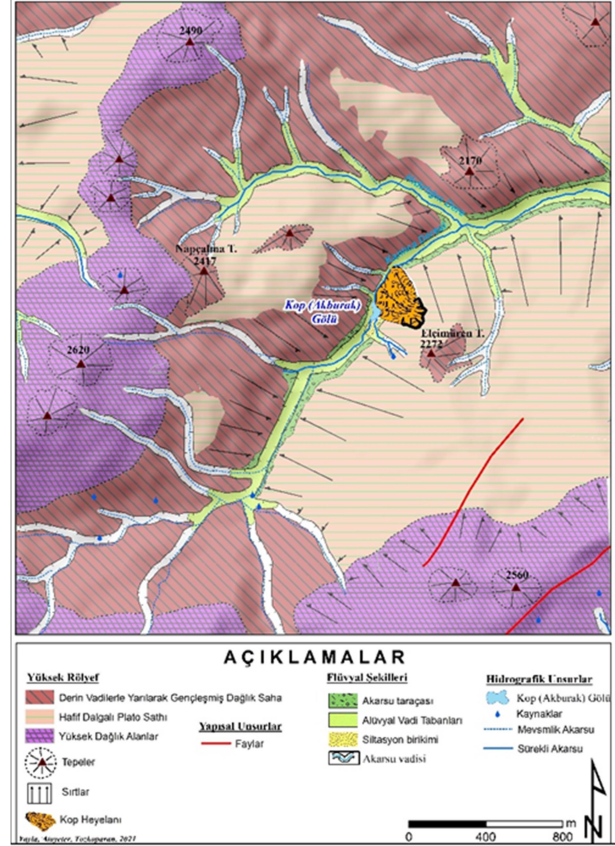
Şekil 3. Kop (Akburak) Heyelan Set Gölü ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Maden Tetkik Arama (MTA) Enstitüsü'nün H44 harita paftasından üretilmiştir).

Figure 3. The geology map of Kop (Akburak) Landslide Dammed Lake and its immediate surroundings (Produced from the H44 map chart sheet of Mineral Research and Exploration (MTA) Institute).

Kop Dağı kayak merkezi meteoroloji istasyonu verilerine göre çalışma sahasının yıllık ortalama sıcaklığı 5 °C'dir. Aylık sıcaklık değerleri kasım ve mart ayları arasında (-) eksi derecelerde seyretmektedir. Bu sahada en yüksek değer 16.9 °C ile temmuz ayında ölçülürken en düşük değer -4.8 °C ile şubat ayında ölçülmüştür. Araştırma sahası ve yakın çevresinde yıllık toplam yağış miktarı 420.5 mm'dir. Bu sahaya en az yağış 12.20 mm ile ağustos ayında düşerken en fazla yağış 79.20 mm ile mayıs ayında düşmektedir.

Özellikle kar erimelerinin artması ile bahar aylarında Kanlıca Deresinin debisinde önemli artışlar meydana gelmekte ve bu mevsimde dere bol miktarda su taşımaktadır. Bu mevsimlerde akarsuyun debi artışı ile beraber

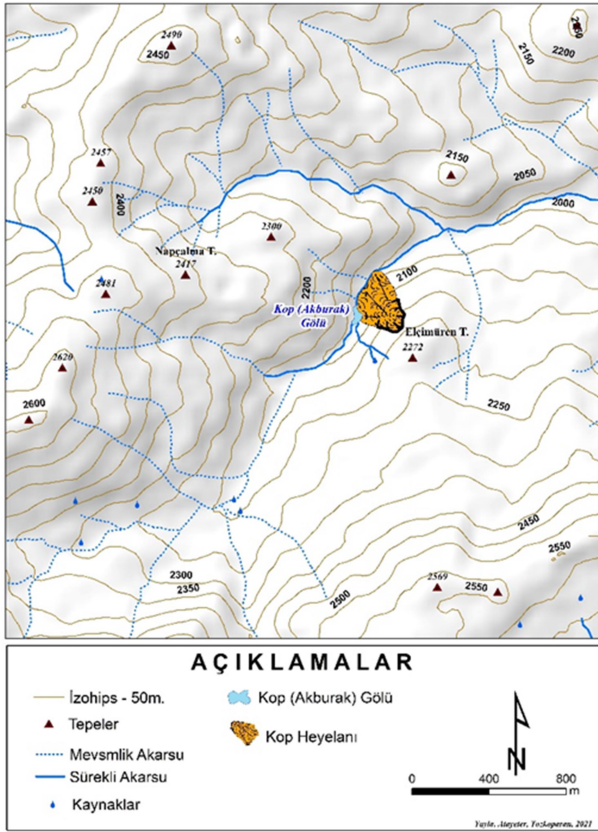
gölün seviyesi de yükselmektedir. Bu hidrografik özellikler göz önüne alınarak alanın ve yakın çevresinin hidrografya haritası oluşturulmuştur (Şekil 5).



Şekil 4. Kop (Akburak) Heyelan Set Gölü ve yakın çevresinin jeomorfoloji haritası

Figure 4. The Geomorphological map of Kop (Akburak) Landslide Dammed Lake and its immediate surroundings

Kop (Akburak) heyelan set gölü havzasında, kuzeyde İmamalı Dağı (2776 m.), güneyinde Coşan Dağı (2975 m.), doğusunda ise Kop Dağı (2918 m.) gibi yüksek kütleler arasındaki alçak vadiler içerisinde farklı akarsular tarafından aşındırılmıştır. Vadi çevresindeki yüksek topoğrafya ile vadi içerisinde farklı bitki türleri yetişmektedir. Yüksek dağ kütlelerine varan farklı yükselti basamaklarında vadi tabanından başlayarak 2200 m'lere kadar Karaağaç (*Ulmus glabra Huds.*), Meşe (*Quercus sp.*), Kuşburnu (*Rosa canina L.*), gibi farklı ağaç ve ağaççıklar yer almaktadır. 2200 m'lerden 2500 m'lere kadar Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*), Titrek kavak (*Populus tremula L.*) ve Huş (*Betula pendula Roth.*) ağaçlarıyla karşılaşılırken 2500 m üzerinde ise Alpin çayırlar yer almaktadır.



Şekil 5. Kop (Akburak) Heyelan Set Gölü ve yakın çevresinin hidrografi haritası.

Figure 5. The hydrographic map of Kop (Akburak) Landslide Dammed Lake and its immediate surroundings.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada Kop (Akburak) heyelan set gölünün oluşumu ve gelişimi, bu gölü oluşturan heyelan setinin yüksekliği, heyelanın hacmi, gölü oluşturan tıkanma noktasından geriye doğru akarsu havza alanı, gölün su hacmi, vadi genişliği, akarsu yatak eğimi değerlerinden de yararlanılarak jeomorfolojik indisler yoluyla değerlendirmeler yapılmıştır. Gölün jeomorfolojik oluşum ve gelişimini belirlemek ve bu süreç üzerinden değerlendirmeler yapmak için jeomorfolojik indislere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle çalışmada Blokaj İndisi *Blockage Index* (BI) (Casagli and Ermini, 1999; Ermini ve Casagli, 2002; 2003; Korup, 2004; Stafanelli vd., 2016), Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisi *Impoundment Index* (II) (Casagli and Ermini, 1999; Korup, 2004), Boyutsuz Blokaj İndisi *Dimensionless Blockage Index* (DBI), (Ermini ve

Casagli, 2002; Ermini ve Casagli, 2003; Stafanelli vd., 2016), Morfolojik Tıkanma İndisi *Morphological Obstruction Index* (MOI), (Stafanelli vd., 2016) ve Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndislerinden *Hydromorphological Dam Stability Index* (HDSI) (Stafanelli vd., 2016) yararlanılmıştır.

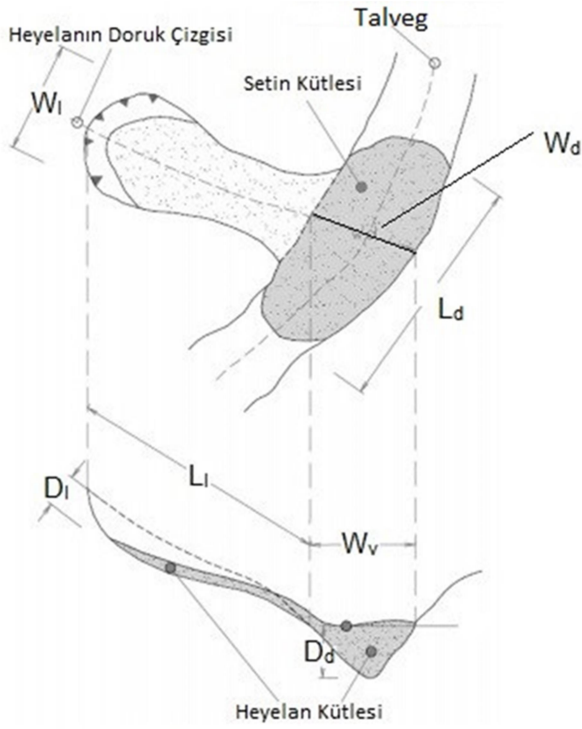
2.1. Blokaj İndisi (BI)

Blokaj İndisi yöntemi genel bir ifade ile heyelan kütesinin vadiyi tıkayan heyelan setinin hacmi ile gölün oluşumuna sebep olan tıkanma noktasından akarsu kaynağına doğru akarsuyun toplandığı havza alanının ilişkisine dayanan bir indistir. $BI = \log(V_d/A_b)$ formülü ile hesaplanmaktadır. Bu formülde V_d : vadiyi tıkayan heyelan setinin hacmini, A_b : tıkanma noktasından akarsu kaynağına doğru havza alanını (km^2/m^2) ifade etmektedir.

Heyelan set gölleri üzerine çalışmaları bulunan Swanson vd. (1986), Canuti, Casagli ve Ermini (1998) hesaplamalar yaparken heyelanın tüm hacmi yerine sadece heyelan set gölünün oluşumuna katkıda bulunan malzemenin dikkate alınması gerektiğine dikkat çekmişlerdir. Daha öncesinde ise bu tip çalışmalar ile heyelan set göllerindeki jeomorfolojik süreçleri inceleyen araştırmacılar olmuştur (Casagli ve Ermini, 1999).

Kop (Akburak) Gölü üzerinde BI indisinin değerlerinin hesaplanabilmesi için işlemler aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir; GPS, lazer metre ve CBS araçları kullanılarak jeomorfolojik parametreler elde edilmiştir. Ancak yer değiştiren heyelan kütesinin vadiyi tıkararak gölü oluşturan kesiminin yaklaşık hacminin hesaplanması için Catani vd., (2016)'ya göre heyelan alanı yarı elipsoid bir şekil olarak kabul edilerek hesaplama yapılmıştır. Bu hesaplamada $V = 1/6 \pi DWL$ 'dir.

Burada V heyelanın gerçekleşmesi ile vadi yatağını doldurarak tıkayan kütenin hacmini ifade etmektedir. D gölü oluşturan heyelan setinin derinliğini, W gölü oluşturan heyelan setinin genişliğini, L ise gölü oluşturan heyelan setinin boyuna uzunluğunu ifade etmektedir. Bu hesaplamaların yapılma sürecinde Stafanelli vd. (2018) çalışması (Şekil 6) esas alınmış, jeomorfometrik parametreler Kop (Akburak) Gölü'ne uyarlanmıştır.



Şekil 6. L_l , W_l ve D_l 'nin sırasıyla heyelan kütleinin uzunluğu, genişliği ve derinliğini simgeleyen genel bir heyelan setinin planı ve enine kesit görünümü; L_d , W_d ve D_d setin uzunluğu, genişliği ve derinliğidir; W_v vadi genişliğidir (Stefanelli vd., 2018).

Figure 6. Plan and cross-section view of a generic landslide dam, where L_l , W_l , and D_l are the landslide length, width and depth; L_d , W_d , and D_d are the dam length, width, and depth; W_v is the valley width (Stefanelli vd., 2018).

2.2. Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisi (II)

Hapsolmuş (Tutulmuş) Su indisi (II) $II = \log(V_d/V_l)$ formülü ile hesaplanmaktadır. Bu formülde V_d : vadiyi tıkayan heyelan setinin hacmini (m^3), V_l : heyelan setinin gerisinde oluşan gölün hacmini (m^3) ifade etmektedir (Casagli ve Ermini, 1999; Korup, 2004).

Hapsolmuş (Tutulmuş) Su indisinin hesaplanmasında vadiyi tıkayan heyelanın hacmi ile heyelan set gölünün hacminin birbirine oranının değerlendirilmesi ile setin ve gölün sürekliliği konusunda hesaplamalar yapılmaktadır. Heyelan set gölleri ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalarda (Ermini ve Casagli, 1999; Korup, 2004) Hapsolmuş (Tutulmuş) Su indisinde kullanılan jeomorfometrik parametrelerden heyelan set göllerinin süreklilikleriyle ilgili grafiksel yorumlamalar da yapılmıştır.

Bu indiste kullanılan V_d : vadiyi tıkayan heyelan setinin hacminin nasıl hesaplanacağı BI başlığı altında açıklanmıştır. Formülde V_l ise heyelan seti gerisinde oluşan gölün hacmini ifade etmektedir. Gölün hacmini belirleyebilmek için gölün batimetrik verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda arazi çalışmaları sırasında bot ile göl üzerinden GPS kullanılarak lokasyonlar belirlenmiş, bu lokasyonlarda şerit metre yardımı ile derinlik ölçümleri yapılmıştır. 88 farklı noktadan elde edilen derinlik verileri Kriging enterpolasyon yöntemi ile yayılmış ve CBS ortamında bu verilerden gölün hacim hesabı yapılmıştır.

2.3. Boyutsuz Blokaj İndisi (DBI)

Boyutsuz Blokaj indisi (DBI) $DBI = \log(A_b \cdot H_d / V_d)$ formülü ile hesaplanmaktadır. Bu formülde H_d : heyelan setinin yüksekliğini (m), V_d : vadiyi tıkayan heyelan setinin hacmini (m^3), A_b : gölün oluşumuna sebep olan tıkanma noktasından akarsu kaynağına doğru akarsuyun toplandığı havza alanını (km^2/m^2) ifade etmektedir (Ermini ve Casagli, 2002; 2003).

Boyutsuz blokaj indisinin hesaplanmasında heyelan kütleinin hacmi set gölünün oluşumu açısından büyük önem taşımaktadır. Ermini ve Casagli (2002 ve 2003)'e göre, heyelan set gölünün yüksekliği suyun tıkanma noktasında taşma yaptığı yerden heyelanın akarsu yatağına ulaştığı yer arasındaki yükseklik ölçüsü (m) olarak belirlenmektedir. Bu değer hem gölün tıkanma noktasının üzerinden aşması hem de bir akarsu yatağının oluşamama mekanizmalarına karşı akarsu yatağının sürekliliğini değerlendirmek için önemli bir değişkendir (Stefanelli vd., 2016).

H_d heyelan setinin yüksekliğini ifade eder. Buradaki yükseklik vadi tabanından suyun taşma noktasına olan dikey irtifa farkıdır, metre cinsinden tanımlanır (Costa ve Schuster, 1991). Birikim oluşmasından sonra heyelan setinin (tıkacın) yüksekliğine bağlı olarak bu tıkacın gerisinde göl oluşabilecektir. Biriken su kütlei oluşması durumunda bir müddet sonra su tıkacın en alçak noktasından aşarak yeni bir yatak içinden geçip yoluna devam edecektir. Bu sürecin gelişmesinde akarsuyun hidrolik eğimi ile heyelan kütleinin eğimi arasındaki

ilişki, suyun seti yeniden aşmasında belirleyici faktörlerdendir.

Bu çalışmada heyelan setinin yüksekliğini belirleyebilmek için ilk olarak tıkanma noktasının GPS ile yüksekliği ölçülmüştür. Sonrasında heyelanın topuk noktası ile gölün tıkanma noktası arasındaki yükselti farkı hesaplanarak setin yüksekliği belirlenmiştir. Heyelan setinin hacmi (V_d) ve gölün oluşumuna sebep olan tıkanma noktasından akarsu kaynağına doğru akarsuyun toplandığı havza alanının (A_b) hesaplanma süreci yukarıda BI başlığında açıklanmıştır. Bu nedenle bu rakamın nasıl hesaplandığı burada tekrar anlatılmamıştır.

2.4. Morfolojik Tıkanma İndisi (MOI)

Morfolojik tıkanma indisi (MOI) daha çok jeomorfolojik bakış açısı ile bir değerlendirme yapmaktadır. Bu indis önceki üç indisten farklı olarak biraz daha coğrafyacı bir yaklaşım prensibi ile çalışmaktadır. $MOI = \log(V_1/W_v)$ formülü ile hesaplanmaktadır. Burada V_1 heyelanın hacmini (m^3), W_v ise heyelanın gerçekleştiği ve heyelan set gölünün oluştuğu vadinin genişliğini ifade etmektedir (Stefanelli vd., 2016).

Morfolojik tıkanma indisi heyelanın etkilediği ortam ile akarsu vadisinin genişliği arasındaki ilişkiyi önemli bir jeomorfometrik parametre olarak görmektedir. Yani genel bir ifade ile morfolojik tıkanma indisi yatak genişliği ile heyelan hacmi arasındaki ilişkinin heyelan set göllerinin oluşumunun değerlendirilmesi için en önemli veriler olduğunu öne sürmektedir.

Çalışmada heyelanın hacmi CBS ortamında *Triangulated Irregular Network* (TIN) araçları ile 1 m çözünürlükteki veriler kullanılarak bulunmuştur. Bu veriler arazi çalışmalarında heyelan kütleleri üzerinde 0.5 ve 1 m aralıklarla alınan çoklu yüksekliklik değerlerinin enterpolasyon edilmesiyle eř yükselti eğrileri oluşturularak topoğrafyanın yakın TIN verisi elde edildi. Vadinin genişliği ise arazi çalışmaları ve çoklu ortam verilerinin uzaktan algılama teknikleri ile beraber kullanılması ile hesaplanmıştır.

2.5. Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi (HDSI)

Hidromorfolojik Set Gölü süreklilik İndisi (HDSI), en basit ifadesi ile tıkanma alanının sürekliliğininin gölün hacmi ile akarsuyun aşındırma gücü arasındaki ilişkiye dayanmaktadır (Stefanelli vd., 2016). $HDSI = \log(V_1/A_b.S)$ formülü ile hesaplanmaktadır. Burada V_1 heyelan hacmi (m^3), A_b gölün oluşumuna sebep olan tıkanma noktasından akarsu kaynağına doğru akarsuyun toplandığı havza alanı (km^2) ve S ise akarsu yatağının yerel uzunlamasına eğimi ifade etmektedir.

Bu alışma için gerekli heyelan hacmi ve göl yüzey alanı verilerinin nasıl elde edildiği BI ve MOI başlıklarında açıklanmıştır. HDSI hesaplamasında gerekli olan akarsuyun uzunlamasına eğim değerinin hesaplanmasında aşağıdaki yol izlenmiştir; Kanlıca Deresinin ana kolunun yan kollar ile birleştiği başlangıç noktasından Kop (Akburak) gölüne ulaştığı nokta arasındaki yatay uzunluk değeri ile bu iki nokta arasındaki yükseklik farkı GPS verilerinden elde edilmiştir. Ayrıca CBS ortamından da bu iki nokta arasındaki mesafe (m) hesaplanmıştır. Burada eğim hesaplama formülü kullanılmıştır. $S = \text{Yükselti farkı} \times 100 / \text{yatay uzaklık}$.

3. BULGULAR

Bu alışmada Kop (Akburak) gölünün jeomorfolojik indisler yardımıyla farklı kategorilerdeki değerlendirilmeleri sunulmuştur. Bu indislerde aşağıdaki jeomorfometrik parametreler kullanılmıştır (Tablo 1).

3.1. Kop (Akburak) Heyelan Set Gölünün Blokaj İndisine (BI) İlişkin Bulgular

Kop (Akburak) Heyelan set gölü üzerinde lazer metre ile ölçümler yapılarak gölü oluşturan setin hacmi hesaplanmıştır (Foto 1). Hacim hesaplama işlemleri yapılırken Canuti vd., (1998)'ya göre heyelanın bütün kütsel hacmini değil, sadece göl önünde set oluşturan kütselin hacmi esas alınmıştır. Bu kütselin hacminin hesaplanmasında kütselin genişliği, uzunluğu ve derinliği yarı elipsoid geometrik bir şekil varsayılarak yapılmıştır. Arazide

kütlenin genişlik ve uzunluğu lazermetre ile derinliği ise GPS ile belirlenmiştir. Bu belirlemelere göre L_d ; 256,57 m W_d ; 48,17 m D_d ; 22 m'dir. Buna göre $V_d = 142365,2 \text{ m}^3$ tür. Formüldeki A_b : gölün oluşumuna sebep olan tıkanma noktasından akarsu kaynağına doğru akarsuyun toplandığı havza alanını ifade

$$BI = \log(V_d/A_b), BI = \log(142365,2/8,49) = 4,22 \quad (2)$$

BI üç sınıfta değerlendirilmektedir (Canuti vd., 1998; Casagli ve Ermini, 1999) (Tablo 2). Bu değerlere göre Kop (Akburak) heyelan set gölünün değeri $3,00 < BI < 5,68$ arası bir değer

etmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda bu havzanın km^2 cinsinden değerinin $8,49 \text{ km}^2$ olduğu belirlenmiştir. Bulunan değerler formülde yerine konulduğunda Kop (Akburak) heyelan set gölünün BI değeri şu şekildedir:

olan 4,22 değeri olması nedeni ile **Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında yer almaktadır.

Tablo 1. Araştırma için elde edilen jeomorfometrik parametreler / **Table 1.** The geomorphometric parameters are obtained for the research

Jeomorfometrik Parametreler	Tanım	Kaynak
V_d	Heyelan bir set olarak vadiyi tıkadığı kütlenin hacmi	25 m DEM
W_d	Vadi içerisini dolduran heyelan kütlesinin genişliği	Lazermetre
L_d	Vadi içerisini dolduran heyelan kütlesinin vadi boyunca uzunluğu	Lazermetre
D_d	Vadi içerisini dolduran heyelan kütlesinin set yüksekliği	GPS
A_b	Suyun tıkanma noktasından akarsu kaynağına doğru havza alanı	HGM Ortofoto, 25 m DEM
H_d	Heyelan setinin suyun setten aşma yaptığı alan ile heyelan topuğunun arasındaki yükselti farkı	GPS, 25 m DEM
V_l	Heyelan sonucu oluşmuş olan gölün hacmi	Arazi alışmaları ile hesaplanan veri
V_1	Heyelanın kütleli hacmi	1 m DEM
W_v	Akarsuyun vadi genişliği, farklı noktalardan alınan ölçümlerin ortalaması ile elde edilmiştir	Lazermetre
S	Akarsu yatağının eğimi, akarsuyun kaynak alanında toplandığı noktadan göle ulaştığı yer arasındaki eğimi ifade eder.	GPS, 25 m DEM



Foto 1a) ve 1b) Kop (Akburak) heyelan set gölünde arazi çalışmalarından görüntüler / **Photo 1a) and 1b)** The view from the field studies in Kop (Akburak) landslide dammed lake.

Tablo 2. Blokaj İndis (BI)'e göre heyelan set göllerinin sınıflandırılması / **Table 2.** The classification of the landslide dammed lakes according to Blockage Index (BI). (Canuti vd., 1998'den düzenlenerek)

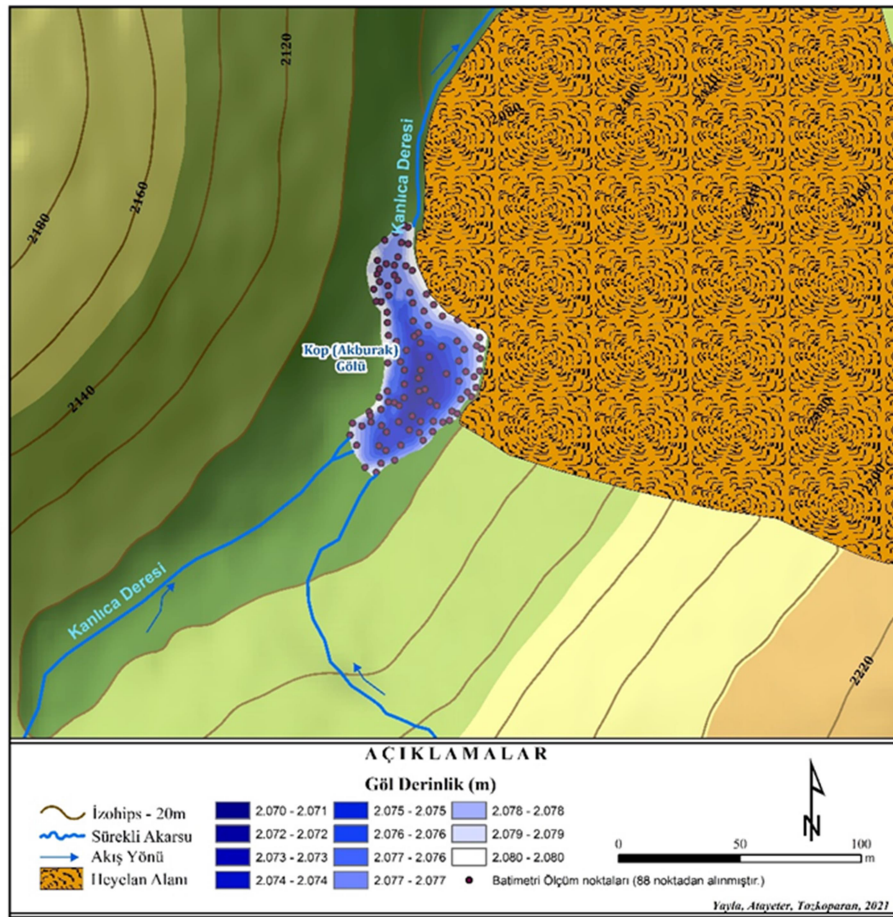
Sınıfı	Değeri
Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri	$BI > 5,68$
Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri	$3,00 < BI < 5,68$
Oluşmamış Heyelan Set Gölleri	$BI < 3,00$

3.2. Kop (Akburak) Heyelan Set Gölünün Hapsolmuş (Tutulmuş) Su İndisine (II) İlişkin Bulgular

II indisi vadiyi tıkayan heyelan setinin hacmi (V_d) (m^3) ile tıkanma noktasının gerisinde meydana gelen gölün hacim (V_i) (m^3) oranıyla hesaplanmaktadır. V_d verisinin nasıl elde edildiği BI indisi başlığında açıklanmıştır. V_i ise göl üzerinde şerit metre ve GPS kullanılarak elde edilmiştir, bu veriler CBS ortamında sayısalılaştırılarak hacim bilgisine ulaşılmıştır. Bu hesaplamalara göre gölün hacmi 13.725,08 m^3 olarak tespit edilmiştir. Gölün hacim değerlerinin hesaplanmasında derinlik ölçümü

yapılan noktaları gösteren ve gölün batimetrik durumunu yansıtan bir batimetri haritası oluşturulmuştur (şekil 7). Veriler formülde yerine konulduğunda Kop (Akburak) Gölü $II = \log(V_d/V_i)$, $II = \log(142365,2/13725,08) = 1,01$ olarak hesaplanmıştır.

II indisine göre heyelan set gölleri Kararlı ve Kararsız göller şeklinde iki kategoride değerlendirilmektedir (Casagli ve Ermini, 1999; Korup, 2004).(Tablo 3). Buna göre Kop (Akburak) heyelan set gölünün II değerı = 1,01 olduğundan bu göl **Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında değerlendirilmelidir.



şekil 7. Kop (Akburak) heyelan set gölünün noktasal ölçüm alanları ile Batimetrik haritası / **Figure 7.** The bathymetric map of Kop (Akburak) landslide dammed lake with point measurement areas.

Tablo 3. Hapsolmuş (Tutulmuş) Su indisine göre heyelan set göllerinin sınıflandırılması / **Table 3:** The classification of the landslide dammed lake according to Impoundment Index (Korup, 2004'ten düzenlenerek).

Sınıfı	Değerı
Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri	$II < 1$
Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri	$1 < II$

3.3. Kop (Akburak) Heyelan Set Gölünün Boyutsuz Blokaj İndisine (DBI) İlişkin Bulgular

DBI indisinin hesaplanması için heyelan setinin yüksekliği (H_d), vadiyi tıkayan heyelan setinin hacmi (V_d), gölün oluşumuna sebep olan tıkanma noktasından akarsu kaynağına doğru akarsuyun toplandığı havza alanı (A_b) verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlardan A_b ve V_d verilerinin toplanma süreçleri BI başlığı altında

$$DBI = \log(A_b \cdot H_d / V_d), \quad DBI = \log(8,49.22 / 142365,2) = 3,11 \quad (2)$$

DBI indisine göre heyelan set gölleri üç sınıfa ayrılmaktadır (Tablo 4). Buna göre Kop (Akburak) heyelan set gölünün DBI değeri 3.11



Foto 2. Arazi alışmaları sırasında heyelan setinin yüksekliği / **Photo 2.** The height of the landslide dammed during the field studies

anlatılmıştır. Bu indisin hesaplanması için gereken bir başka veri H_d 'dir. Heyelan setinin yüksekliği (H_d) topuk noktası nirengi alınarak gerçekleştirilen ölçümler ile hesaplanmıştır. Buna göre topuk noktasının yüksekliği 2055 m. heyelan setinin (Foto 2) üst noktasının yüksekliği ise 2077 m. olarak ölçülmüştür (şekil 8). Buna göre $H_d=22$ m.'dir. Veriler formülde yerine konulduğunda $DBI = 3.11$ olarak hesaplanmıştır.

olduğundan **Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında değerlendirilmelidir.



şekil 8. HGM Küre uydu görüntüsünden heyelan göl önündeki setin yüksekliği / **Figure 8.** The height of the dam in front of the landslide dammed lake from HGM Küre satellite image

Tablo 4. Boyutsuz Blokaj İndisine göre heyelan set göllerinin sınıflandırılması / **Table 4.** The classification of landslide dammed lakes according to the Dimensionless Blockage Index. (Ermini ve Casagli, 2003 ve Stefanelli vd., 2016'dan düzenlenerek)

Sınıfı	Değeri
Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri	$DBI < 2.43$
Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri	$2.43 < DBI < 3.98$
Oluşmamış Heyelan Set Gölleri	$DBI > 3.98$

3.4. Kop (Akburak) Heyelan Set Gölünün Morfolojik Tıkanma İndisine (MOI) İlişkin Bulgular

Bu indiste heyelanın hacmi (V_1) ve heyelan set gölünün oluştuğu vadi genişliği (W_v) dikkate alınarak bir logaritma hesabı üzerinden MOI'nin değerlendirilmesi yapılmaktadır. Uzaktan algılama ve arazi çalışmaları ile elde edilen veriler kullanılarak hesaplama yapıldığında heyelan kütesinin hacim değeri

(V_1) 179693,14 m³'tür. Bu değerin elde edilmesinde arazide çalışmalarında GPS ile heyelanın gerçekleştiği topoğrafyanın önce bozulmamış (heyelanın gerçekleşmemiş) durumu CBS ortamında ele alınarak topoğrafyanın bozulmadığı varsayılmıştır. Sonra heyelan kütesi üzerinde çoklu ortamlardan alınan lokasyon verilerinin CBS ortamında Kriging yöntemi ile enterpole edilmesiyle iki durum arasındaki fark

belirlenerek heyelanın kayan kütlesinin hacmi hesaplanmıştır. Vadi genişliği (W_v) ise 11 farklı noktadan alınan ölçümlerin ortalamasına göre 20,5 m.'dir. Buna göre veriler formülde yerine konulduğunda Kop (Akburak) heyelan set

$$MOI = \log(V_1/W_v), MOI = \log(179693,14 / 20,5) = 3,94 \quad (3)$$

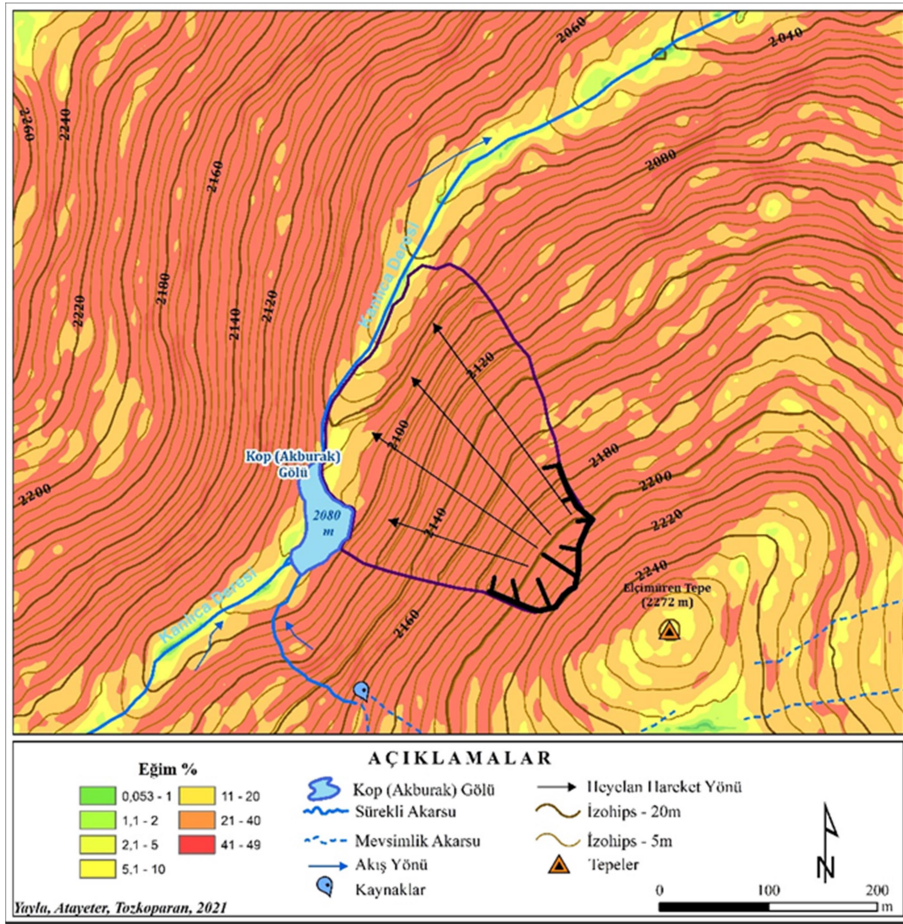
MOI indisine göre heyelan set gölleri üç sınıfta değerlendirilmektedir (Stefanelli vd.,2016) (Tablo 5). Kop (Akburak) heyelan set gölünün

gölünün MOI değeri 3,94 olarak hesaplanmıştır.

MOI indis değeri 3.94 olarak hesaplandığından **Belirsiz Gelişmiş Heyelan Set Gölleri** sınıfında değerlendirilmelidir.

Tablo 5. Morfolojik Tıkanma İndisine göre heyelan set göllerinin sınıflandırılması / **Table 5.** The classification of landslide dammed lakes according to Morphological Obstruction Index. (Stefanelli vd.,2016'dan düzenlenerek)

Sınıfı	Değer
Oluşmamış Heyelan Set Gölleri	MOI < 3.00
Belirsiz Gelişmiş Heyelan Set Gölleri	3.00 < MOI < 4.60
Kararlı Oluşmuş Heyelan Set Gölleri	MOI > 4.60



Şekil 9. Kop (Akburak) Heyelan Set Gölü ve yakın çevresinin eğim haritası / **Figure 9.** The slope map of Kop (Akburak) landslide dammed lake and its immediate surrounding

3.5. Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisine (HDSİ) İlişkin Bulgular

Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisi ile heyelan set gölünün oluşmasında heyelanın hacmi (V_1), tıkanma noktasından akarsu

kaynağına doğru havza alanı (A_b) ve akarsuyun yerel eğimi (S) üzerinden elde edilen veriler bir logaritma hesabı ile analiz edilerek değerlendirilmektedir. Uzaktan algılama ve arazi çalışmaları sonucu bu heyelan set gölünü oluşturan heyelanın hacmi (V_1) 179693,14

m³tür. Tıkanma noktasından akarsu kaynağına doğru havza alanı ise 8,49 km²'dir. CBS ortamında sayısal yükseklik modeline göre çalışma alanının eğim durumunu yansıtan bir eğim haritası oluşturulmuştur (Şekil 9). CBS ortamında akarsuyun yatay uzaklığı 1118 m. olarak hesaplanmış GPS ile Kanlıca deresi

$$HDSI = \log(V_1/A_b.S), \quad HDSI = \log(179693,14/ 8,49.9) = 5,27 \quad (4)$$

HDSI indisine göre heyelan set gölleri üç sınıfta değerlendirilmektedir (Stefanelli vd., 2016) (Tablo 6). Buna göre Kop (Akburak)

yükselti farkı (Kanlıca Deresinin ana kollarının birleştiği nokta 2181 m. göl seviyesi 2080 m.) 101 m. olarak bulunmuştur. Bu değerler eğim hesabı formülünde yerine konulduğunda $101 \times 100 / 1118 = 9,03$ değeri elde edilmiştir. Bu verilerin formülde yerine konulması ile HDSI değeri de 5,27 olarak hesaplanmıştır.

heyelan set gölü HDSI değeri 5,27 olarak hesaplandığından bu göl alanı **Süreksizlik Alanı** sınıfında yer almaktadır.

Tablo 6. Hidromorfolojik Set Gölü Süreklilik İndisine göre heyelan set göllerinin sınıflandırılması / **Table 6.** The classification of landslide dammed lakes according to Hydromorphological Dam Stability Index. (Stefanelli vd., 2016'dan düzenlenerek)

Sınıfı	Değeri
Süreksizlik Alanı	HDSI < 5.74
Belirsiz Belerileme Alanı	5.74 < HDSI < 7.44
Kararlılık Alanı	MOI > 7.44

4. TARTIŞMA

Heyelan set göllerinde heyelan setlerinin hacimleri gölün kalıcılığı üzerinde etkilidir. Bu bağlamda büyük heyelan kütleleri arkasında oluşmuş heyelan set göllerinin kalıcılık süresi daha fazla iken, küçük hacimli heyelan kütleleri arkasında oluşmuş heyelan set göllerinin kalıcılık süresi daha azdır (Stefanelli vd., 2016). Bu çalışmada Kop (Akburak) heyelan set gölünü ve bu gölün oluşum mekanizmasında vadiyi tıkayan heyelanın kütle hacmi, göl hacmi, vadi genişliği, heyelanın hacmi, set yüksekliği, akarsu eğimi özellikleri üzerine indisler yardımıyla değerlendirmeler yapılmıştır. Gölü oluşturan heyelan setinin hacmi 142.365,2 değeri ile küçük hacimli kütle olarak kabul edilmektedir. Ancak bu küçük hacimli durumuna göre setin gerisinde bir göl oluşturmayı başarmıştır.

Kop (Akburak) heyelan set gölünün BI değeri 4,22 olarak hesaplanmıştır. Bu değere göre Kop (Akburak) heyelan set gölü BI açısından **Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında kabul edilmektedir. Saha ve büro çalışmalarında yapılan hesaplamalara göre ayrıca Google Earth verileri incelendiğinde bu

heyelanın 2009 yılının aralık ayı ile 2010 yılının temmuz ayları arasındaki süreçte gerçekleştiği görülmektedir. Yöre halkı ile sahada yapılan görüşmelerde de gölün 2010 yılı başında oluştuğu bilgisine ulaşılmıştır. 11 yıllık geçmiş periyodu bulunan ve bu periyotta da yoğun alüvyon dolgusuna maruz kalmış olmasına rağmen halen 10 m. derinliğini koruyan ve haritalarda yer alan Kop (Akburak) Gölü **kararsız** oluşmuş bir göl durumundadır. Üzerinde yer alan alüvyonlar bu kararsızlığın kanıtı niteliğindedir. Önümüzdeki süreçlerde gölün tamamen alüvyonlar ile dolması olası görünmektedir.

Ermini ve Casagli (1999) ve Korup (2004)'e göre II indis değerleri ile heyelan set göllerinde kararlı oluşmuş bir gölden bahsedebilmek için $II < 1$ eşik değerinin altında sonuçların alınması gerekmektedir. Eğer $II > 1$ eşik değerinin üzerinde sonuçlar verirse burada kararsız oluşmuş bir gölün varlığından söz edilebilir. Kop (Akburak) Gölü II indis değeri 1,01'dir. Bu değere göre **Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri** sınıfında kabul edilmelidir.

Ermini ve Casagli (2003)'e göre Kararlı Oluşmuş bir gölden bahsedebilmek için elde

edilen değerlendirmenin sonuçlarında DBI < 2.75 eşik değerinin altında sonuçların alınması gerekmektedir. Kop (Akburak) Gölü DBI indis değeri 3.11'dir. Bu değere göre göl, Stefanelli vd. (2016) ölçeğine göre *Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri* sınıfında kabul edilmelidir. Bize göre de bu indis Kop (Akburak) Gölü için tutarlıdır. Bu bilgiler ve veriler araştırmaya konu olan Kop (Akburak) heyelan set gölünün *Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri* sınıfında kabul edilmesi gerektiğini doğrulamaktadır.

Stefanelli vd. (2016)'e göre heyelan alanında kararlı bir set gölü oluşumundan söz etmek için MOI indis değerinin 4.60 eşik değerinden büyük değerler alması beklenmektedir. Kop (Akburak) Gölünün MOI indis değeri 3.94 dir. Bu değere göre göl *Belirsiz Gelişmiş Heyelan Set Gölleri* sınıfında kabul edilmelidir. Bize göre de bu indis de Kop (Akburak) heyelan set gölü için tutarlı sonuçlar vermektedir.

Heyelan set göllerinin süreklilik alan içerisinde varlığını sürdürebilmeleri için HDSI >7.44 değerinin üzerinde bir değer alması gerekmektedir (Stefanelli vd., 2016). İtalya'daki veri setine göre HDSI < 5.74 eşik değerinin altındaki alanlar Süreksiz Alan sınıfına kabul edilmektedir. Bu durumda HDSI = 5,27'dir. HDSI indisine göre burada bir göl oluşmasının mümkün olamayacağı sonucu ortaya çıkmaktadır. Ancak 11 yıldır varlığını sürdüren Kop (Akburak) Gölü'nün bize göre ekstrem bir iklim olayı gerçekleşmediği sürece varlığını uzun yıllar daha sürdürmesi muhtemeldir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmanın sonuçlarında beş farklı indis üzerinden değerlendirmelere tabi tutulan Kop (Akburak) Gölü heyelan hareketi sonucu oluşmuş doğal bir göldür. Topoğrafyanın sürekli değişiyor ve hareket ediyor olması gölün oluşum ve gelişim aşamaları üzerine araştırmaları gerekli kılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda farklı indislerle yapılan değerlendirmeler neticesinde BI, II, DBI ve MOI sonucuna göre Kop (Akburak) gölü *Kararsız Oluşmuş Heyelan Set Gölleri* sınıfı içerisinde yer alırken HDSI sonuçlarına göre Kop (Akburak) gölü Süreksizlik alanı içerisinde oluşan heyelan set gölleri sınıfında yer almaktadır. Sonuç

olarak zaman içerisinde iklimsel süreçler, sismik hareketler veya antropojenik etkilerden kaynaklı olarak göl varlığını sürdürebileceği gibi ortadan kalkması da olasıdır.

Yoğun bir şekilde yükle akan akarsuyun set gölünün tıkanma noktasını patlatması ile Kanlıca Deresi havzası içerisindeki tarım arazileri ve birtakım köy yerleşmeleri bu durumdan olumsuz etkilenecektir. Bu sahada da akarsuyun debi artışı sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde olmaktadır. Bu durumu sonbaharda etkili yoğun yağışlar, ilkbaharda ise yağışlar ile bölgede uzun süre yerde kalan kar kütlelerinin erimesi etkilemektedir. Kop (Akburak) heyelan set gölü de oluşması muhtemel afetlerden korunması gerekmektedir. Karar vericiler tarafından gölün hacim değeri sürekli kontrol edilmelidir. Mümkünse gölün de korunması, bu sahada ileriye dönük bir rekreasyon alanı oluşturulabilmesi için akarsu havzasında akarsuyun göle ulaşmadan önceki alanlarına birtakım setler çekilerek akarsu alüvyonlarının bu setler üzerinde birikimi sağlanıp göle ve göl havzasındaki insanlara, beşeri alanlara zarar verilmesinin önüne geçilmesi için tedbirli olunması gerekmektedir. Bu işlemler yapılırken ekolojik dengenin bozulmamasına ve yapılacak bu işlemler ile doğal şartların korunmasına dikkat edilmelidir.

Araştırmacılar tarafından daha önce yapılan ve yapılmakta olan farklı çalışmalara ek olarak bu çalışmanın da literatüre kazandırılmasıyla, konu ile ilgili çoklu örneklem koşulları artacağından Türkiye veri seti oluşturulabilecektir. Oluşan veri setlerinden istifade edilerek Dünya'daki heyelan set gölleri ile kıyaslamalar yapılabilecektir.

Türkiye'de meydana gelmiş heyelan set gölleri üzerinden yapılabilecek bir analiz sonucunda elde edilen ortalama değerler t-testine veya koraleasyon istatistiklerine tabi tutularak incelenebilir ve bu verilerin topoğrafya, iklim şartları, sismik olaylar ve antropojenik etkiler ile birlikte değerlendirilmesi sonucunda değişken veri setleri oluşturularak akademik alan yazına katkı sunması muhtemeldir.

Türkiye'de coğrafya alanında heyelan set göllerinin jeomorfolojik indisler yardımıyla

analizi konusunda ilk örnek olarak ortaya konulan bu çalışmanın daha sonra yapılacak çalışmalara öncü olması ve oluşması muhtemel veri setinin diğer ülkelerdeki örnekler ile karşılaştırılması neticesinde akademik veri tabanına katkı sağlaması beklenmektedir.

KATKI BELİRTME / TEŐEKKÜR

Çalışmaya katkılarından ötürü Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Anar ADILOĞLU ve Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Serhat DAĞ'a teőekkür ederiz.

KAYNAKÇA

Atayeter, Y., Yayla O., Tozkoparan U. (2020). Tekeli Gölü'nün (Kop Dağı/Bayburt) Fiziki Coğrafyası ve Turizm Potansiyeli Açısından Önemi. Türkan ERDOĞAN, Abidin TEMİZER, Ruhi İNAN içinde, Sosyal Bilimlerde Akademik alışmalar. Montenegro: Ivpe Cetinje.

Bayrakdar, C., ve Görüm, T. (2012). Yeşil Göl heyelanının jeomorfolojik özellikleri ve oluşum mekanizması. Türk Coğrafya Dergisi, (59).

Casagli, N. ve Ermini, L. (1999). Geomorphic analysis of landslide dams in the Northern Apennine. 20(3):219–249.

Canuti, P., Casagli, N. ve Ermini L. (1998). Inventory of landslide dams in the Northern Apennine as a model for induced flood hazard forecasting. In Managing Hydro-geological Disasters in a Vulnerate Environment, Andah K (ed.). CNR-GNDCI Publication 1900.CNR-GNDCI-UNESCO (IHP): Perugia; 189–202.

Catani, F., Tofani, V. ve Lagomarsino, D. (2016) Spatial patterns of landslide dimension: a tool for magnitude mapping. *Geomorphology* 273: 361–373.

Chen, C. Y., Chen, T. C., Yu, F. C., ve Hung, F. Y. (2004). A landslide dam breach induced debris flow—a case study on downstream hazard areas delineation. *Environmental Geology*, 47(1), 91-101.

Cihangir, M.E., ve Görüm, T. (2016). Kelkit vadisinin aşağı ığırında gelişmiş heyelanların dağılım deseni ve oluşumlarını kontrol eden faktörler. Türk Coğrafya Dergisi, (66), 19-28.

Costa, J. E.,ve Schuster, R. L. (1988). The formation and failure of natural dams. *Geological society of America bulletin*, 100(7), 1054-1068.

Costa, J. E.,ve Schuster, R. L. (1991). Documented historical landslide dams from around the world. U.S. Geological Survey Open Report 91-239. Vancouver, Washington, pp.1-4.

avuş, A. (2014). Trabzon'da doğa turizmi aısından değerlendirilmesi gereken turistik bir alan: Sera Gölü. *Türk Coğrafya Dergisi*, (63), 43-50.

Dai, F. C., Lee, C. F., Deng, J. H., ve Tham, L. G. (2005). The 1786 earthquake-triggered landslide dam and subsequent dam-break flood on the Dadu River, southwestern China. *Geomorphology*, 65(3-4), 205-221.

Dong, J. J., Tung, Y. H., Chen, C. C., Liao, J. J., ve Pan, Y. W. (2011). Logistic regression model for predicting the failure probability of a landslide dam. *Engineering Geology*, 117(1-2), 52-61.

Duman, T. Y. (2009). The largest landslide dam in Turkey: Tortum landslide. *Engineering Geology*, 104(1-2), 66-79.

Ermini, L., Casagli, N., 2002. Criteria for a preliminary assessment of landslide dam evolution. In: Rybar, J., Stemberk, J., Wagner, P. (Eds.), *Landslides. Proceedings 1st European Conference on Landslides 24–26 June 2002*. Balkema, Prague, pp. 157–162

Ermini, L., ve Casagli, N. (2003). Prediction of the behaviour of landslide dams using a geomorphological dimensionless index. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 28(1), 31-47.

Elbaşı, E., ve Özdemir, H. (2018). Marmara Denizi Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi. *Journal of Geography*, 36.

Görüm, T. (2019). Tectonic, topographic and rock-type influences on large landslides at the northern margin of the Anatolian Plateau. *Landslides*, 16(2), 333-346.

Fan, X., van Westen, C. J., Xu, Q., Gorum, T., ve Dai, F. (2012). Analysis of landslide dams induced by the 2008 Wenchuan earthquake. *Journal of Asian Earth Sciences*, 57, 25-37.

Hermanns, R.L., Hewitt, K., Strom, A., Evans, S.G., Dunning,S.A. ve Scarascia-Mugnozza, G. (2011). The Classification of Rockslide Dam. In: Evans, S.G., Hermanns, R.L., Strom, A., Scarascia-Mugnozza, G. (Eds.) *Natural and artificial rockslide dams (581-595)*. New York: Springer Science & Business Media.

Hewitt, K. (1982). Natural dams and outburst floods of the Karakoram Himalaya. *IAHS*, 138, 259-269.

Hewitt, K., ve Liu, J. (2010). Ice-dammed lakes and outburst floods, Karakoram Himalaya: historical

- perspectives on emerging threats. *Physical geography*, 31(6), 528-551.
- Huang, R. (2009). Some catastrophic landslides since the twentieth century in the southwest of China. *Landslides* 6, 69–81,
- Hoşgören, M. Y. ve Ekinci, D. (2004). Heyelan seti göllerine tipik bir örnek: Sünnet Gölü. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 12, 1-11.
- Keskin, İ. (2016). M.T.A. Genel Müdürlüğü Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, 1:25.000 Ölçekli Trabzon-H44c3 Paftası, Ankara: M.T.A. Yayınları.
- Kopar, İ., ve Sevindi, C. (2013). Tortum Gölü'nün (Uzundere-Erzurum) güneybatısında aktüel sedimantasyon ve siltasyona bağlı alan-kıyı çizgisi değişimleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (60), 49-66.
- Korup, O. (2004). Geomorphometric characteristics of New Zealand landslide dams. *Engineering Geology*. 73 (1), 13–35.
- Larsen, I. J., Montgomery, D. R., ve Korup, O. (2010). Landslide erosion controlled by hillslope material. *Nature Geoscience*, 3(4), 247-251.
- Öztürk, B., ve Erginal, A. (2008). Bayramdere Havzasında (Biga Yarımadası, Çanakkale) havza gelişiminin morfometrik analizler ve jeomorfik indislerle incelenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (50), 61-68.
- Peng, M., ve Zhang, L. M. (2012). Breaching parameters of landslide dams. *Landslides*, 9(1), 13-31.
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, 38(6), 913. doi:10.1029/tr038i006p00913
- Stefanelli, C. T., Catani, F., ve Casagli, N. (2015). Geomorphological investigations on landslide dams. *Geoenvironmental Disasters*, 2(1), 21.
- Stefanelli, C. T., Segoni, S., Casagli, N., ve Catani, F. (2016). Geomorphic indexing of landslide dams evolution. *Engineering Geology*, 208, 1-10.
- Stefanelli, C. T., Vilimek, V., Emmer, A., ve Catani, F. (2018). Morphological analysis and features of the landslides dams in the Cordillera Blanca, Peru. *Landslides*, 15, 507-521.
- Swanson, F.J., Oyagi, N., ve Tominaga, M. (1986). Landslide dams in Japan. In: Schuster, R.L. (Eds.), *Landslide Dams: Processes Risk and Mitigation* (pp. 131–145). New York: Geotechnical Special Publicatio.
- Troiani, F. ve Della Seta, M. (2008). The use of the Stream Length–Gradient index in morphotectonic analysis of small catchments: A case study from Central Italy. *Geomorphology*, 102(1), 159-168.
- Uzun, A. (1992). Kop Dağı Heyelanı. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7, 272-282.
- Walder, J. S., ve Costa, J. E. (1996). Outburst floods from glacier-dammed lakes: The effect of mode of lake drainage on flood magnitude. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21(8), 701-723.
- Wang, W., Yin, K., Chen, G., Chai, B., Han, Z., ve Zhou, J. (2019). Practical application of the coupled DDA-SPH method in dynamic modeling for the formation of landslide dam. *Landslides*, 16(5), 1021-1032.
- Winsemann, J., ve Lang, J. (2020). Flooding Northern Germany: Impacts and Magnitudes of Middle Pleistocene Glacial Lake-Outburst Floods. In *Palaeohydrology* (pp. 29-47). Springer, Cham.
- Zeybek, H.İ. (2002). Sinan (Zinav) Gölü (Reşadiye / Tokat). *Türk Coğrafya Dergisi*.38, 105-120
- Zhang, Y., Zhao, X., Lan, H., ve Xiong, T. (2011). A Pleistocene landslide-dammed lake, Jinsha River, Yunnan, China. *Quaternary International*, 233(1), 72-80.
- Zhang, M., Yin, Y., ve McSaveney, M. (2016). Dynamics of the 2008 earthquake-triggered Wenjiagou Creek rock avalanche, Qingping, Sichuan, China. *Engineering Geology*, 200, 75-87.
- Zhang, M., ve McSaveney, M. J. (2017). Rock avalanche deposits store quantitative evidence on internal shear during runout. *Geophysical Research Letters*, 44(17), 8814-8821.
- Zhou, J. W., Cui, P., ve Fang, H. (2013). Dynamic process analysis for the formation of Yangjiagou landslide-dammed lake triggered by the Wenchuan earthquake, China. *Landslides*, 10(3), 331-342.