

Türkiye’de Çığ Kontrol Projelerinin Hazırlanma Süreçleri: Bingöl İli Adaklı İlçesi Aktaş Köyü Örneği

İsmail Bulut¹, Alaaddin Yüksel², Engin Yıldız³, Alperen Meral^{4*}, Mehmet Nuri Kolak⁵, Derya Kocademir⁶, Hüseyin Akkuş⁷, Mehrzad Mohabbi⁸, Sadık Varolgüneş⁹

¹Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Etüt Proje Daire Başkanlığı, Ankara, Türkiye.
ORCID: 0009-0003-6443-9119 E-mail: ismail.bulut@csb.gov.tr,

²Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bingöl, Türkiye.
ORCID: 0000-0003-4760-1092 E-mail: ayuksel@bingol.edu.tr.

³Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Etüt Proje Daire Başkanlığı, Ankara, Türkiye.
ORCID: 0000-0003-2493-5161, E-mail: engin.yildiz1@gazi.edu.tr.

^{4*}Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bingöl, Türkiye.
ORCID: 0000-0001-6714-7187, E-Mail: alperenmeral@bingol.edu.tr.

⁵Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Programı, Bingöl, Türkiye.
ORCID: 0000-0003-3533-3422, E-mail: mnkolak@bingol.edu.tr.

⁶Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Etüt Proje Daire Başkanlığı, Ankara, Türkiye.
ORCID: 0009-0003-3422-9436, E-mail: derya.kocademir@csb.gov.tr.

⁷Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Etüt Proje Daire Başkanlığı, Ankara, Türkiye. ORCID:
0000-0003-2887-2671, E-mail: huseyin.akkus@csb.gov.tr.

⁸Bingöl Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye.
ORCID: 0000-0002-1177-8788, E-Mail: mmohabbi@bingol.edu.tr.

⁹Bingöl Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye.
ORCID: 0000-0001-9580-9889, E-Mail: svarolgunes@bingol.edu.tr.

(Alınış/Arrival: 08.10.2024, Kabul/Acceptance: 15.11.2024, Yayınlanma/Published: 18.12.2024)

Özet

Türkiye’de özellikle dağlık ve eğimin yüksek olduğu bölgeler, sıkça görülen çığ felaketleri nedeniyle ciddi bir risk altındadır. Çığ kontrol projeleri, bu riskleri minimize etmek, can ve mal kayıplarını önlemek için hayati bir rol oynamaktadır. Özellikle kırsal alanlarda yerel halkın projelere katılımı, projelerin sürdürülebilir kılınması ve toplumsal farkındalığın artırılması için gereklidir.

Bu çalışmada, Türkiye’de çığ kontrol projelerinin hazırlanma süreçleri Bingöl İli Adaklı ilçesi Aktaş Köyü örneği ile detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Hazırlanan projede, meydana gelebilecek çığ felaketinin olası zararlarını en aza indirebilmek için yapısal önlemler önerilmiştir. Türkiye’de çığ riskinin olduğu bölgelerde bu projelerin uygulanması, bölgede yaşayan insanların mal ve can güvenliği açısından kritik bir adım olarak kabul edilmektedir. Neredeyse her yıl can kayıplarının yaşandığı bu bölgede, risklerin azaltılması ve zararlarının en aza indirilebilmesi için çığ kontrol proje ve uygulamalarının hız kazanması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çığ Kontrol Projeleri, RAMMS, Proje Süreçleri, Bingöl, Adaklı

Preparation Processes of Avalanche Control Projects in Turkey: The Case of Aktas Village in Adaklı District of Bingöl Province

Abstract

In Turkey, mountainous and highly sloped areas are at serious risk due to frequent avalanche disasters. Avalanche control projects play a vital role in minimizing these risks and preventing

loss of life and property. Especially in rural areas, the participation of local people in the projects is necessary to make the projects sustainable and to increase social awareness.

In this article, the preparation processes of avalanche control projects in Turkey are discussed in detail with the example of Aktaş Village in Adaklı district of Bingöl province. In the prepared project, structural measures are proposed to minimize the possible damages of an avalanche disaster. The implementation of these projects in avalanche-prone areas in Turkey is considered as a critical step for the safety of the people living in the region.

Avalanche control projects and implementations should gain momentum in order to reduce the avalanche events that cause loss of life almost every year and to minimize the damages.

Keywords: Avalanche Control Projects, RAMMS, Project Processes, Bingöl, Adaklı

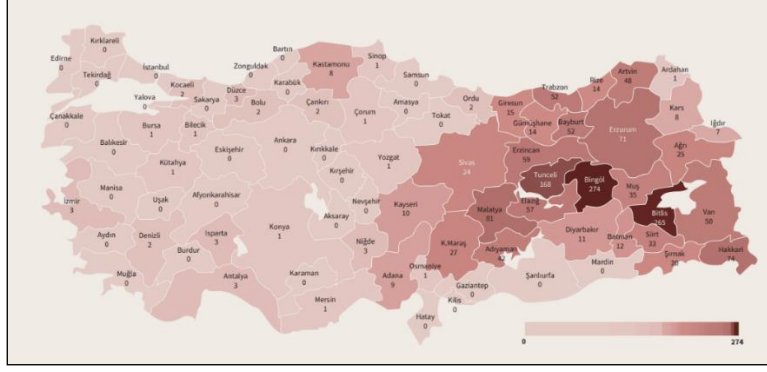
1. GİRİŞ

Sismik açıdan aktif bir bölgede yer alan ve güneydoğu bölgesinde yüksek dağlar bulunan Türkiye, her yıl çığ dahil olmak üzere çeşitli doğal afetlere maruz kalmaktadır [1], [2]. Ani ve hızlı kar, buz ve moloz akışları olan çığlar, dağlık araziye sahip bölgelerde insan hayatı, altyapı ve ekonomik faaliyetler için önemli tehditler oluşturmaktadır [3], [4]. Özellikle artan açık hava rekreasyon faaliyetleri, kuru kar tabakasının neden olduğu çığ olayları ile karşılaşma riskini de arttırmaktadır [5], [6]. Türkiye’de çığ olaylarının sıklığı ve etkisi giderek artan bir endişe kaynağı haline gelmiş ve kapsamlı risk azaltma stratejilerinin geliştirilmesini gerektirmiştir [4].

Islak kar çığlarında, kopma bölgesinden kopan kar 5 saniye içerisinde 130 km/h hıza ulaşabilirken, toz kardan oluşan çıglarda bu hız 350 km/h hıza kadar ulaşabilmektedir. Ortalama hızı 100 km/h olan bir çığın ortalama 1 km uzunluğunda bir çığ patikasını 36 sn gibi kısa bir sürede kat ettiği belirlenmiştir [7].

1950-2008 yılları arasındaki istatistiklere göre toplam 1370 kişi çığ nedeni ile hayatını kaybetmiştir [2], [7]. Bu ölümlerin 1160’ı her afette 2 ya da daha fazla kişinin hayatını kaybettiği yerleşim yerlerinde meydana gelmiştir. Felaketlerin çoğunluğu Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri’nde meydana gelmiştir [8]. 2008 yılından sonra 2009 yılında Zigana/Gümüşhane’de meydana gelen çığ felaketinde 11 can kaybı, 2020 yılında Bahcesaray/Van’da meydana gelen çığ felaketinde 42 can kaybı, 2023 yılında Yusufeli/Artvin’de meydana gelen çığ felaketinde 2 can kaybı, 2024 yılında Genç/Bingöl’de meydana gelen çığ felaketinde ise 1 can kaybı meydana gelmiştir [3], [9].

Türkiye’de 1950-2018 yılları arasında meydana gelen çığ olaylarına bakıldığında Bingöl 274 çığ olayıyla ilk sırada yer alırken, Bitlis 265 çığ olayı ile ikinci, Tunceli 168 çığ olayı ile üçüncü, Malatya 81 çığ olayı ile dördüncü, Hakkâri ise 74 çığ olayı ile beşinci sırada yer almaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1. 1 1950-2018 yılları arasında Türkiye’de meydana gelen çığ olayları [7].

Çığ oluşumu, çığ düşmesine yol açan arazi yapısı, kar yığınlarının yapısı ve meteorolojik koşulların karmaşık etkileşiminden meydana gelir [10]. Artan çığ tehditlerine karşılık olarak AFAD ve Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM) başta olmak üzere çeşitli kurumlar tarafından çığ kontrol projeleri hazırlanmaya başlamıştır [3]. Çıgı durdurmak ya da hasarını azaltmak için yönünü değiştirmek amacıyla duvarlar inşa etmek, potansiyel bir çığın ne kadar uzağa gidebileceği, hangi hızlara ulaşacağı ve ne kadar alanı etkileyeceğini hesaplamak gerekmektedir [11]. Bunun için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanımı çığ araştırmalarında ve çığ tehlikesi modellerinin üretiminde çok önemlidir. Çünkü bu sayede topografik arazi bilgilerini analiz etme ve çok kriterli karar verme bakımından büyük verileri yönetme yeteneğine sahip olunabilmektedir [12].

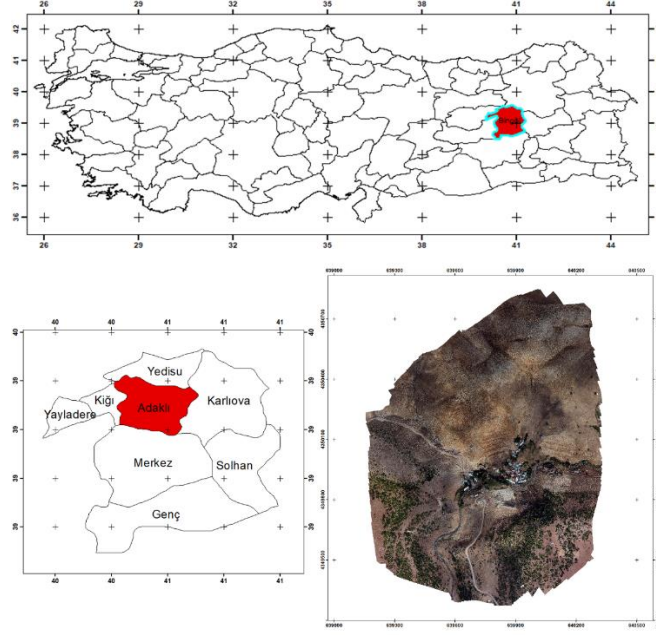
Çığ olaylarının simüle edilmesinde son yıllarda en çok kullanılan programların başında RAMMS Avalanche paket programı gelmektedir. Bu model 3 boyutlu arazide çığ akışını simüle etmek için Voellmy tipi ampirik, kalibre edilmiş sürtünme parametrelerine dayanır [13], [14], [15]. Programda kullanılacak parametreler farklı topografik yapılara olanak sağlayacak şekilde, iklim ve kar yüksekliği verilerinin de araştırmaya dahil edilmesine olanak tanımaktadır [16]. Aynı zamanda arazideki orman varlığı da parametre olarak simülasyona dahil edilebilmektedir [17], [18].

Bu araştırmada ÇEM Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Bingöl İli Adaklı İlçesi Aktaş Köyü örneği ile, çığ kontrol projelerinin RAMMS paket programı hazırlanarak simüle edilmesi ve çığ yapılarının tipleri ile yerlerinin hazırlanma aşamalarını açıklamaktadır. Araştırma bundan sonra yapılacak çığ kontrol projeleri için yol gösterici olacaktır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Proje Sahası

Proje sahası Bingöl İli Adaklı ilçesi sınırları içerisinde yer alan Aktaş Köyü’dür (Şekil 2.1). Köyün İlçe merkezine uzaklığı 37 km, il merkezine uzaklığı ise 72,1 km’dir. TÜİK’e göre mahallenin 2022 nüfusu 90 kişidir.



Şekil 2. 2 Proje sahasının konumu

Köylüler ile yapılan değerlendirmelerde araştırma alanı olarak seçilen bölgede daha önce çığ olaylarının meydana geldiği, hayvanların ve hayvan barınaklarının zarar gördüğü, şans eseri bir can kaybının yaşanmadığı tespit edilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2. 3 Arazi çalışmaları ve köy içinin genel görünüşü

Yerinde yapılan gözlemler neticesinde de bölgede 5 ayrı çığ patikasının aktif olduğu ve birkaç hane dışında neredeyse köyün tamamının tehdit altında olduğu belirlenmiştir [19] (Şekil 2.3).



Şekil 2. 3 Tespit edilen çığ patikaları

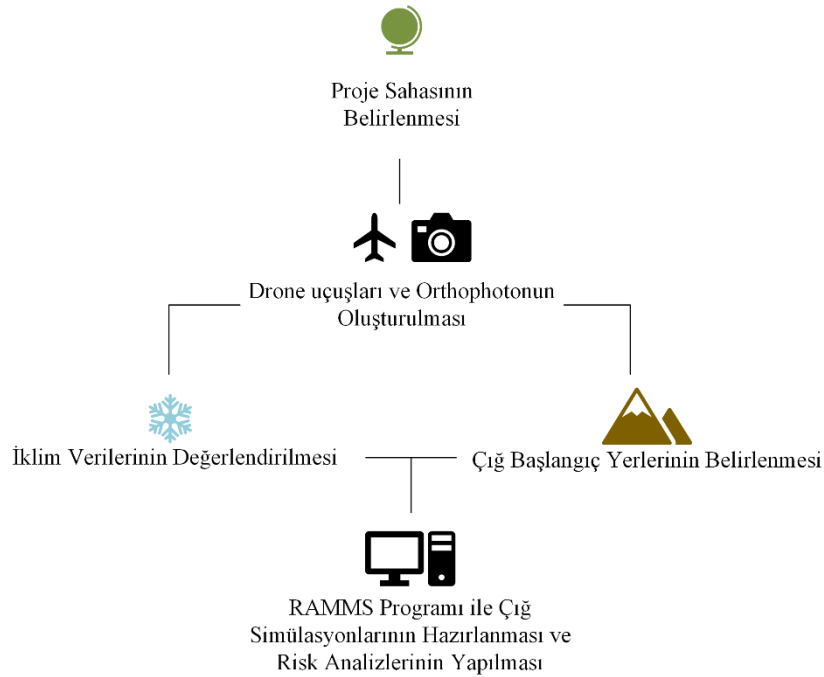
Proje sahası genel itibarla karasal iklimin etkisi altındadır. Bu durum yazların sıcak ve kurak, kışların ise soğuk ve yoğun kar yağışlı geçmesine sebep olmaktadır. Yöreyi temsil edecek uzun süreli gözlem yapan bir meteoroloji istasyonu bulunmamaktadır. Çalışma alanına en yakın meteoroloji istasyonu olan Bingöl Meteoroloji istasyonu (1990-2022) verileri aşağıda verilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Proje sahası iklim verileri

Aylar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YILLIK
Ortalama Yağış (mm)	140,3	128,0	131,9	115,4	76,6	20,6	7,0	4,2	12,5	65,4	105,9	134,3	942,1
Ort. Yağışlı Gün sayısı	12,5	12,0	14,2	14,5	13,8	5,1	1,9	1,5	2,7	8,4	8,9	12,4	107,9
Ort. Kar Yağ. Gün sayısı	7,3	6,1	3,4	0,2	0	0	0	0	0	0	0,8	3,7	21,5
Ort. Karla Ört. Gün sayısı	21,2	20,0	8,4	0,4	0	0	0	0	0	0	1,3	9,5	60,7
Aylık Ortalama Kar Yüksekliği (cm)	20,3	27,2	9	0,4	0	0	0	0	0	0	3,6	8,2	-

2.1. Yöntem Akış Şeması

Çığ kontrol projelerine başlanmadan, olası çığ sahasında fizibilite raporu hazırlanarak çığın etkileyebileceği alan ve kullanım durumunun belirlenmesi oldukça önemlidir [3], [7]. Çığ projelerinde risk analizlerinin belirlenmesinde izlenen yöntem şeması Şekil 2.4’de verilmiştir.



Şekil 2. 4 Çığ projeleri hazırlanma süreçleri [3]

2.3. ıg Kopma Bölgelerinin Belirlenmesi

Potansiyel ıg salınım alanlarının oluşunu çeşitli faktörlere bağlıdır. Bunlar arasında kar yığınının yapısı, arazinin topografyası ve ıgın akışını etkileyebilecek engellerin veya diğer özelliklerin varlığı yer almaktadır [20]. Arazinin topografyası da potansiyel ıg dışme alanlarının oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır. Dik yamaçlar, özellikle de içbükey Őekillere veya eğimde önemli değişikliklere sahip alanlar ıg dışmesine daha yatkındır. Sırtlar veya diğer yükseltilmiş engeller de ıgın akışını etkileyebilir ve potansiyel ıg kopma alanlarının oluşumuna neden olmaktadır [21], [22].

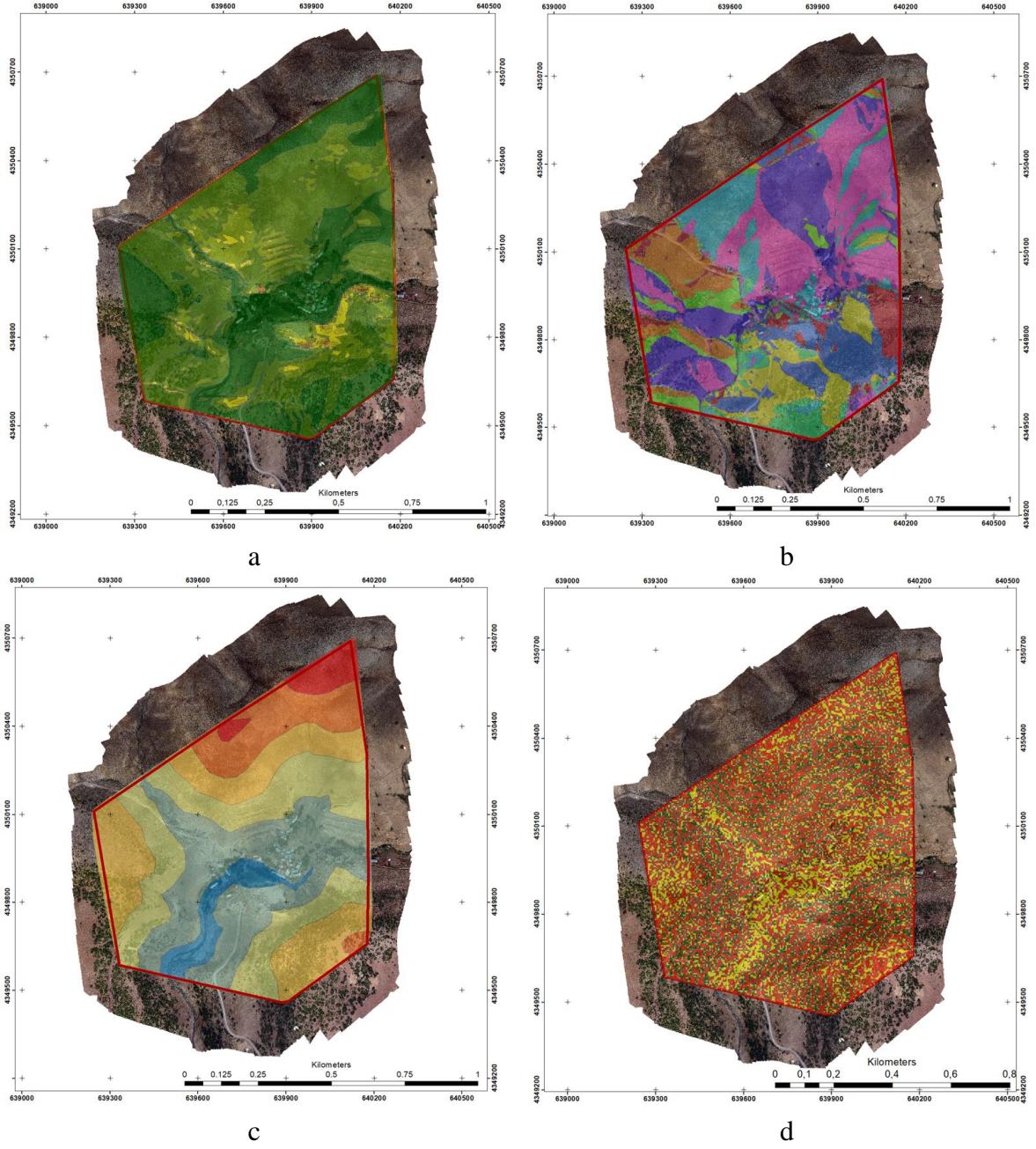
ıg kopma bölgelerinin belirlenmesi, ıg risk analizinin son aşaması olan RAMMS modeli üzerinde büyük etkiye sahiptir. Literatüre göre ortalama eğim, eğrisellik ve sırtlara olan uzaklık ıg kopma bölgesini etkileyen en önemli parametreler olarak belirlenmiştir. Bu çalışmalarda eğimin artmasının kk ığların oluşma sıklığını arttırdığı ifade edilmiştir [3], [23], [24].

Maggioni (2002) yaptıkları çalışmada İsviçre'nin Davos bölgesinde 4500 adet çığa ait verileri kullanarak olası kopma bölgelerinin belirlenebilmesi için bir algoritma geliştirmişlerdir [25]. Bu projede de ıg kopma bölgelerinin belirlenmesi için aynı yöntem kullanılmıştır. Kullanılan yöntemde;

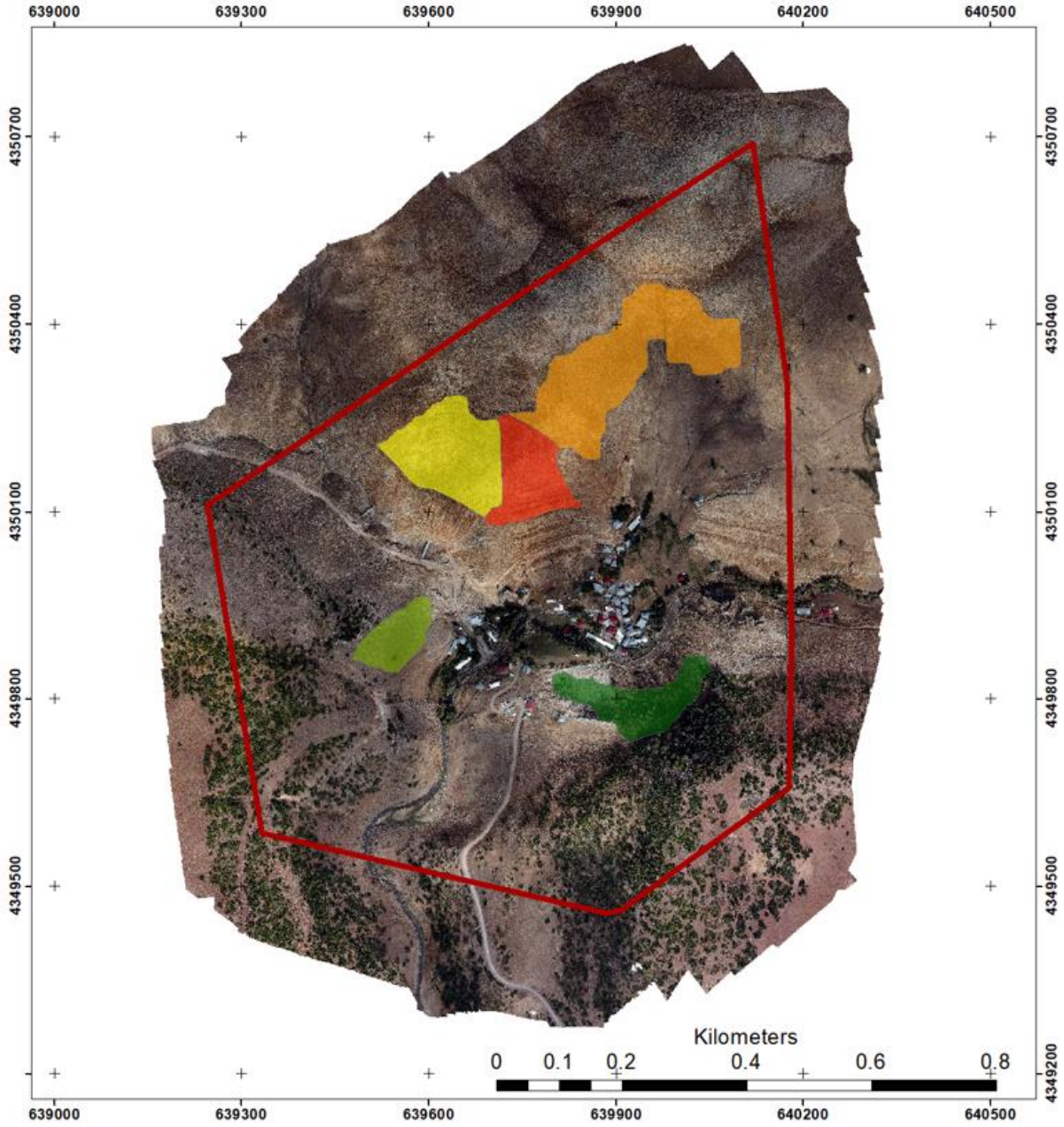
- Yamaç eğimi açılarının 30°-60° arasında olması
- Arazideki ana sırtların kopma bölgelerinin oluştuğu temel alanlar olması,
- ıg kopma bölgelerinin içbükey arazilerde bulunması
- Arazi bakısının göz önünde bulundurulması değerlendirilmiştir.

Bu verilerin hazırlanması için elde edilen ortophoto görüntüsünden Sayısal Arazi Modellemesi oluşturulmuş ve eğim, bakı, yükselti grupları, eğim Şekilleri haritaları oluşturulmuştur (Şekil 2.5).

Proje sahasının gerekli haritaları hazırlandıktan sonra elde edilen veriler ArcGIS Pro programında işlenmiş ve ıg başlama bölgeleri belirlenmiştir (Şekil 2.6). ıg başlama bölgeleri, oluşturacakları riskler (maddi hasar, can kaybı, hayvan telefı vb.) göz önüne alınarak gruplandırılmış ve harita üzerinde renklendirilmiştir. Haritada kırmızı ile ifade edilen bölge ıg kopması durumunda en riskli bölgeyi ifade ederken yeşil bölgeler ise en risksiz bölgeleri ifade etmektedir. Sarı ve turuncu kopma bölgeleri ise orta derecede riskli alanları göstermektedir. Ardından belirlenen ıg başlama bölgelerinden hareketle ıg simülasyonları oluşturulmuş ve projeye dahil edilmiştir.



Şekil 2. 5 Proje sahasında çığ kopma bölgelerinin belirlenmesi için üretilen haritalar (a. eğim grupları haritası, b.bakı grupları haritası, c.yükselti grupları haritası, d.eğim şekilleri haritası)



Şekil 2. 6 Aktaş Köyü çığ kopma bölgeleri

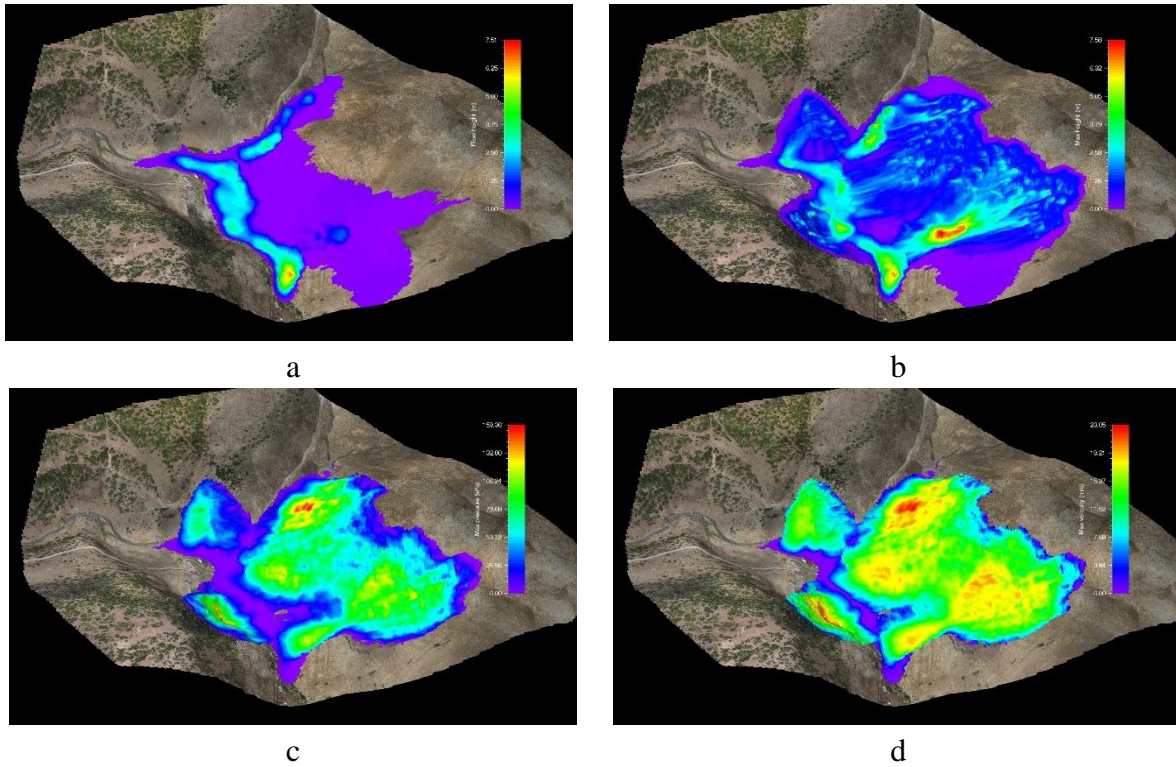
2.3 Çığ simülasyonlarının hazırlanması

Çığ simülasyonlarının hazırlanmasında dünya üzerinde en çok kullanılan simülasyon programlarından biri olan RAMMS Avalanche programından yararlanılmıştır. Programda simülasyon girdisi olarak meteoroloji istasyonundan alınan ortalama kar yüksekliği, arazi pürüzlülüğü, kar yoğunluğu ve çığ sahasının bitki örtüsü kullanılmıştır. Simülasyona hazırlık aşamasında girdi verileri programa girilirken hakim rüzgar yönünden karın taşınacağı ve güneyli bakılarda karın daha hızlı eriyeceği, kuzeyli bakılarda ise karın daha uzun süre kalacağı ve yoğunluğunun artabileceği göz önünde bulunularak hareket edilmiştir.

Girdiler programa işlendikten sonra 30, 100 ve 300 yıllık simülasyonlar koşturulmuş ve çığın etki alanı, birikme zonunda oluşacak kar yüksekliği, akış sırasında oluşacak kar yüksekliği, akış sırasında çığın ulaşacağı maksimum hız ve çığ süresince oluşacak maksimum basınç parametreleri belirlenmiştir.

2.3.1. 30 yıllık senaryo

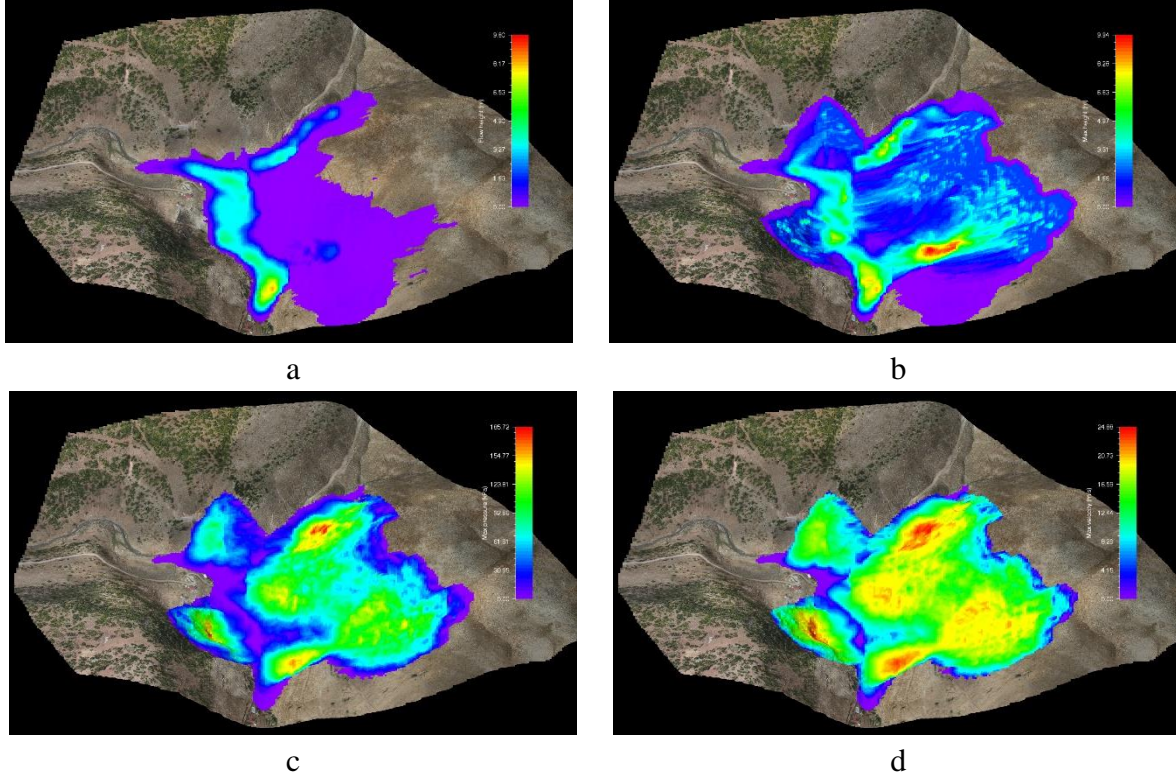
Yapılan simülasyonlar sonucunda 30 yıllık senaryo verilerine bakıldığında çığ akışı sırasında kar yüksekliğinin 7,51 m'ye kadar ulaştığı, maksimum kar yüksekliğinin 7,58 m'ye kadar ulaştığı, çığ akışı anında basıncın 159,36 kPa'ya ulaştığı ve çığ hızının çığ akma bölgesinin ortalarında 23,05 m/s'ye ulaştığı gözlemlenmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2. 7 30 yıllık simülasyon sonuçları (a. çığ akışı sırasında ulaşılan kar yüksekliği, b. maksimum kar yüksekliği, c. çığ basıncı, d. çığ akma hızı)

2.3.2. 100 yıllık senaryo

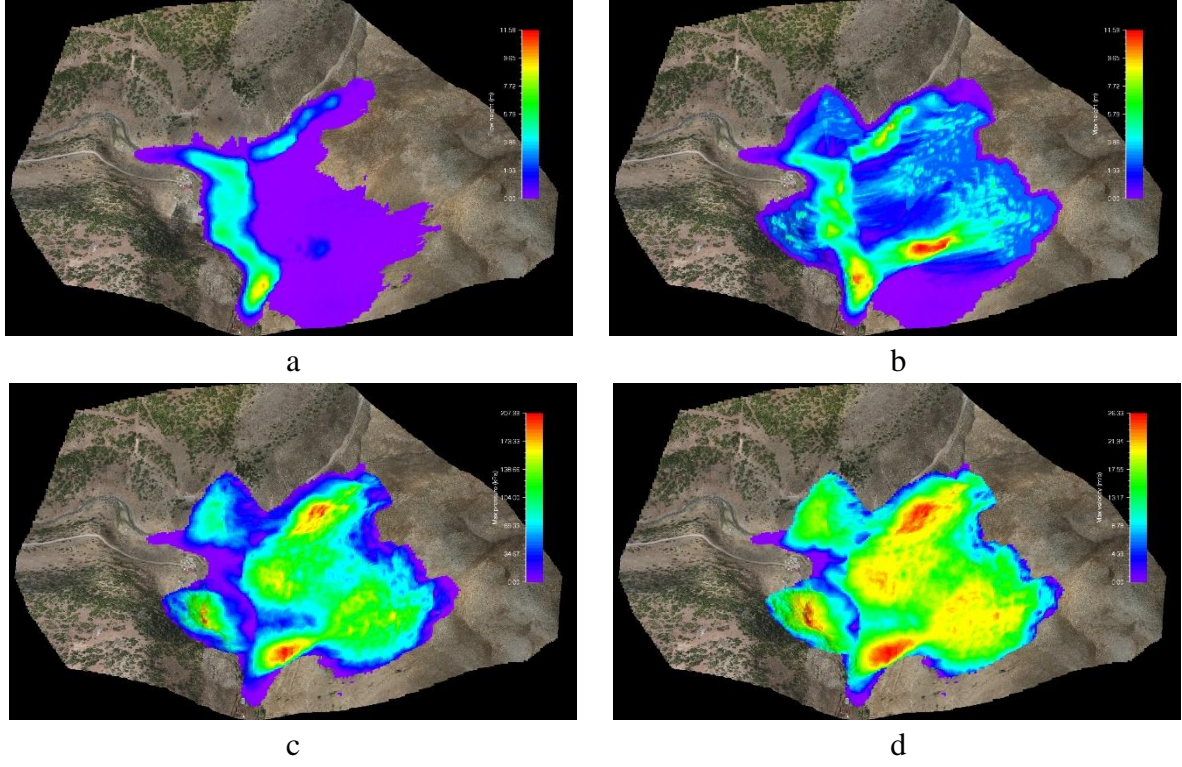
Yapılan simülasyonlar sonucunda 100 yıllık senaryo verilerine bakıldığında çığ akışı sırasında kar yüksekliğinin 9,81 m'ye kadar ulaştığı, maksimum kar yüksekliğinin 9,94 m'ye kadar ulaştığı, çığ akışı anında basıncın 185,72 kPa'ya ulaştığı ve çığ hızının çığ akma bölgesinin ortalarında 24,88 m/s'ye ulaştığı gözlemlenmiştir (Şekil 2.8).



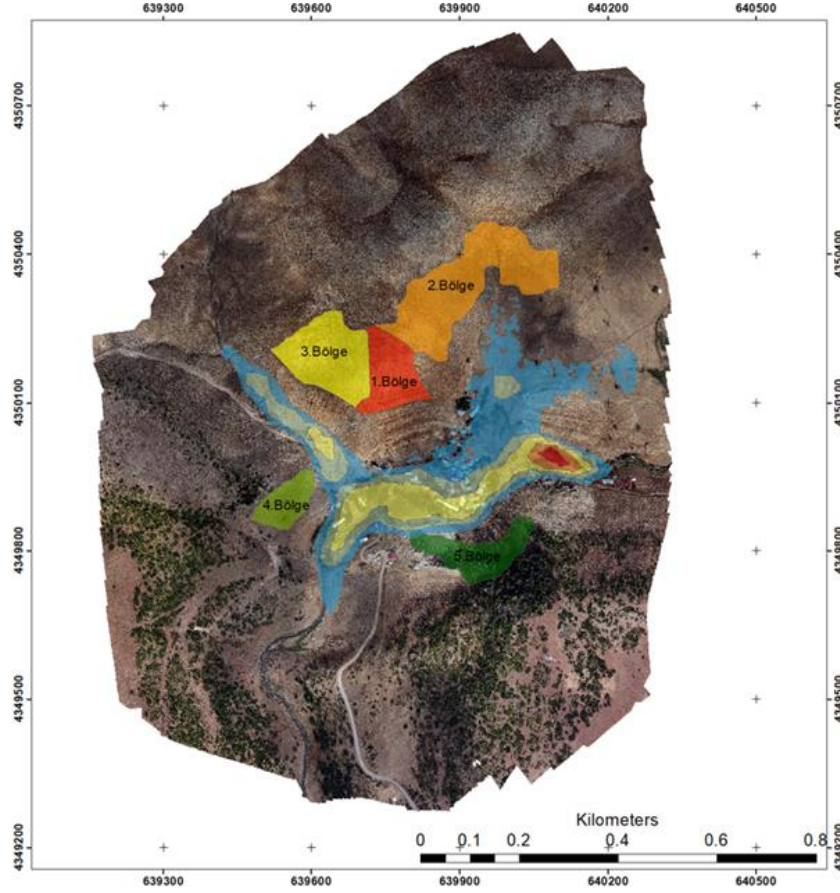
Şekil 2. 8 100 yıllık simülasyon sonuçları (a. *çığ akışı sırasında ulaşılan kar yüksekliği*, b. *maksimum kar yüksekliği*, c. *çığ basıncı*, d. *çığ akma hızı*)

2.3.3. 300 yıllık senaryo

Yapılan simülasyonlar sonucunda 300 yıllık senaryo verilerine bakıldığında *çığ akışı* sırasında kar yüksekliğinin 11,58 m'ye kadar ulaştığı, maksimum kar yüksekliğinin 11,59 m'ye kadar ulaştığı, *çığ akışı* anında basıncın 207,99 kPa'ya ulaştığı ve *çığ hızının* *çığ akma bölgesinin* ortalarında 26,33 m/s'ye ulaştığı gözlemlenmiştir (Şekil 2.9).



Şekil 2. 9 100 yıllık simülasyon sonuçları (a. çığ akışı sırasında ulaşılan kar yüksekliği, b. maksimum kar yüksekliği, c. çığ basıncı, d. çığ akma hızı)



Şekil 2.10 Olası bir çığ felaketinin etki alanı sınırları

Simülasyonları koşturmanın amacı meydana gelebilecek çığ felaketinin etkileyebileceği alanları belirleyebilmektir. Simülasyonlar koşturulduktan sonra ArcGIS Pro programı kullanılarak RAMMS Avalanche programından çekilen veriler işlenmiş ve olası bir çığ felaketinin etki alanları belirlenmiştir (Şekil 2.10).

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çığ felaketleri dünyada ve Türkiye’de can kayıplı afetlerin başında gelmektedir. Özellikle Türkiye’nin Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde meydana gelebilecek felaketlerde can ve mal kaybı riskini minimum seviyeye indirmek için Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Orman Genel Müdürlüğü ve AFAD gibi kurumlar tarafından projelendirme ve uygulama çalışmaları yapılmaktadır.

Çığ projelerinin kurgulanmasında teknolojik imkanlardan yararlanmak büyük önem kazanmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama sistemlerinin risk analizlerinde kullanılması ile felaketlerin muhtemel etki alanları günümüzde rahatlıkla belirlenebilmektedir. Çığ ve diğer afet azaltma projelerinin bu bulgular doğrultuda yapılması hem uygulama esnasında karşılaşılabilecek mali yük hem de sosyal dokunun korunması açısından doğru yaklaşımların sergilenebilmesine olanak sağlayacaktır.

Eğim analizleri ve meteorolojik veriler analiz edilerek oluşturulan risk haritaları bölgede meydana gelen çığ afetlerine karşı alınacak önlemlerin temelini oluşturmaktadır. Tüm bu uygulama projelerinin yanında yerel halkın çığ riski ve alınabilecek önlemler konusunda bilgilendirilmesi, halkın acil durum planları konusunda eğitilmesi de olası can kayıplarının en aza indirilebilmesi konusunda oldukça önemlidir.

Çığ kontrol projeleri sadece fiziksel altyapı ile sınırlı kalmamalıdır. Fiziksel altyapı ile birlikte toplumsal farkındalığın da artırılmasına yönelik çalışmaların da yapılması oldukça önemlidir.

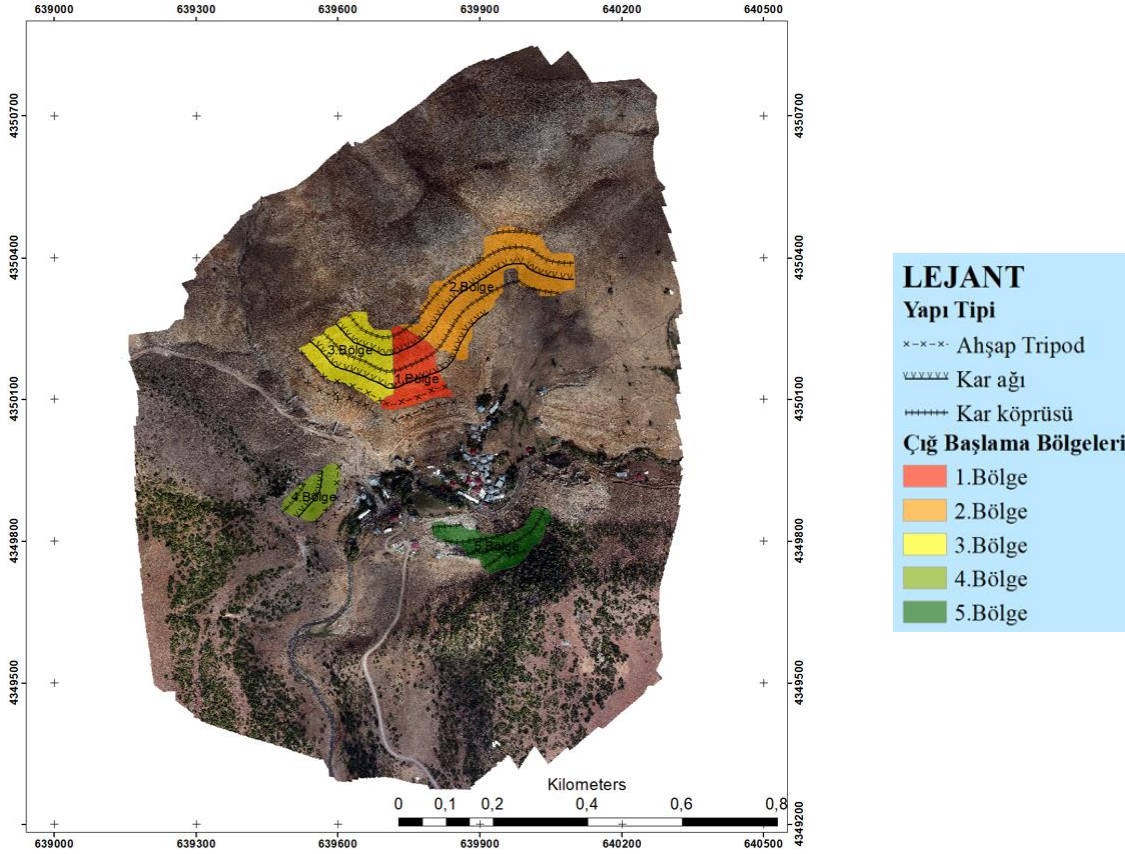
4. ÖNERİ

Proje sahasında 3 farklı yamaçta 5 adet potansiyel çığ başlama bölgesi tespit edilmiştir. Başlama bölgelerinden çığ kopması halinde, 30, 100 ve 300 yıllık senaryoların tümünde, Aktaş Köyü’ndeki evlerin neredeyse tümünün etkileneceği görülmektedir.

Proje alanında sıklıkla çığların meydana geldiği bildirilmiştir. Alınabilecek önlemler 100 yıllık çığ senaryoları referans alınarak belirlenmiş, projelendirilmiş ve hesaplamaları yapılmıştır. Çığ sahasında yapılacak olan kar köprüleri, kar ağları ve ahşap tripotlar ile birlikte çığın başlamasının engellenmesi durumunda köyde bulunan yapıların neredeyse tamamında çığ riskinin minimize edilebileceği belirlenmiştir.

Arazi çalışmaları ve RAMMS çığ dinamiği simülasyonu sonuçları kullanılarak proje alanı belirlenmiştir. Arazi çalışmalarında topografik koşullar nedeniyle çığ kütlelerinin harekete geçtikten sonra aktarılabilmesi güvenli bir bölge olmadığı için saptırma, durdurma ve

yavaşlatma gibi yapılar planlanmamıştır. Proje alanında başlama bölgelerinde çelik kar köprüleri, kar ağırları ve ahşap tripodlar yapılarak çığın harekete geçmesinin önlenmesi planlanmıştır. Yamaçta kaya hareketliliği olması nedeniyle çalışmaya başlamadan önce yüzey temizliği yapılması amacıyla riskli durumdaki kayalar, kaya kırıcı toz ile kırılarak gerekiyorsa sahadan uzaklaştırılması planlanmıştır. Proje sahasında 3 yamaçta 5 kopma bölgesinde toplam uzunluğu 1944 m olan 4 m yüksekliğinde çelik kar köprüleri yapılması planlanmıştır. Ayrıca 2 yamaçta 4 kopma bölgesinde toplam uzunluğu 1197 m olan 4 m yüksekliğinde kar ağırları, 2 yamaç ve 3 kopma bölgesinde ise 988 m'lik sıra boyunca 203 adet ahşap tripod yapılması projelendirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Projelendirme sonucu önerilen yapılar ve yerleri

5. TEŞEKKÜR

Bu proje Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü tarafından ÇEM13.03.12.05 numaralı “Bingöl İli Adaklı İlçesi Aktaş Köyü Çığ Kontrol Projesi” başlıklı proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] S. Tonkul, A. Baba, M. M. Demir, ve S. Regenspurg, “Characterization of Sb scaling and fluids in saline geothermal power plants: A case study for Germencik Region (Büyük Menderes Graben, Turkey)”, *Geothermics*, c. 96, s. 102227, 2021, doi: 10.1016/j.geothermics.2021.102227.
- [2] C. Kuzucuoğlu, A. M. C. Şengör, ve A. Çiner, “The Tectonic Control on the Geomorphological Landscapes of Turkey”, *Springer Nature*, ss. 17-40, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-03515-0_3.
- [3] A. Meral ve A. Yüksel, “Çığ Kontrolü Projelendirme Çalışmalarında Risk Analizi Değerlendirmesi”, *Ege 11th Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi*, İzmir: Academy Global Publishing House, Haz. 2024, ss. 842-855.
- [4] R. Henson, “Avalanche!: When the snow comes tumbling down”, *Weatherwise*, c. 52, sy 1, ss. 14-21, 1999, doi: 10.1080/00431679909604256.
- [5] J. Schweizer ve M. Lütschg, “Characteristics of human-triggered avalanches”, *Cold Reg Sci Technol*, c. 33, sy 2-3, ss. 147-162, 2001, doi: 10.1016/S0165-232X(01)00037-4.
- [6] G. Strapazon, J. Schweizer, I. Chiambretti, M. Brodmann Maeder, H. Brugger, ve K. Zafren, “Effects of climate change on avalanche accidents and survival”, *Front Physiol*, c. 12, 2021, doi: 10.3389/fphys.2021.639433.
- [7] AFAD, “Türkiye’de afet yönetimi ve doğa kaynaklı afet istatistikleri”, Ankara, 2018.
- [8] İ. Gürer, “International cooperation for solving the avalanche problem in Turkey”, *Natural Hazards*, c. 18, ss. 77-85, 1998.
- [9] Wikipedia, “Türkiye’deki çığ faciaları listesi”.
- [10] J. Schweizer, J. Bruce Jamieson, ve M. Schneebeli, “Snow avalanche formation”, *Reviews of Geophysics*, c. 41, sy 4, 2003, doi: 10.1029/2002RG000123.
- [11] C. Ancey, “Snow avalanches”, içinde *Geomorphological Fluid Mechanics*, New York: Wiley & Sons, 2008, ss. 319-338. doi: 10.1007/3-540-45670-8_13.
- [12] L. Selçuk, “An avalanche hazard model for Bitlis Province, Turkey, using GIS based multicriteria decision analysis”, *Turkish Journal of Earth Sciences*, c. 2013, sy 22, ss. 523-535, 2013, doi: 10.3906/yer-1201-10.
- [13] J. Glaus vd., “Ramms::extended – sensitivity analysis of numerical fluidized powder avalanche simulation in three-dimensional terrain”, içinde *International Snow Science Workshop*, Oregon, 2023, ss. 795-802.

- [14] M. Christen, J. Kowalski, ve P. Bartelt, “RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain”, *Cold Reg Sci Technol*, ss. 1-14, 2010, doi: 10.1016/j.coldregions.2010.04.005.
- [15] A. Voellmy, “Über die zerstörungskraft von lawinen”.
- [16] G. Ortner *vd.*, “Assessing climate change impacts on snow avalanche hazard”, *SSRN*, 2003.
- [17] T. Feistl, P. Bebi, M. Christen, S. Margreth, L. Diefenbach, ve P. Bartelt, “Forest damage and snow avalanche flow regime”, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, c. 15, sy 6, ss. 1275-1288, 2015, doi: 10.5194/nhess-15-1275-2015.
- [18] L. Védrine, X. Li, ve J. Gaume, “Detrainment and braking of snow avalanches interacting with forests”, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, c. 22, sy 3, ss. 1015-1028, 2022, doi: 10.5194/nhess-22-1015-2022.
- [19] ÇEM, “Bingöl İli Adaklı İlçesi Aktaş Köyü çığ kontrol projesi”, Ankara, 2023.
- [20] H. Frutiger-Gmunder ve B. Voight, “Snow avalanche hazards and mitigation in the United States”, *Mt Res Dev*, c. 11, sy 3, s. 277, 1991, doi: 10.2307/3673621.
- [21] D. M. McClung, A. I. Mears, ve P. Schaerer, “Extreme avalanche run-out: Data from four Mountain Ranges”, *Ann Glaciol*, c. 13, ss. 180-184, 1989, doi: 10.1017/S0260305500007850.
- [22] S. P. Pudasaini ve K. Hutter, “Dynamics of rapid flows of dense granular avalanches”, içinde *Avalanche Dynamics*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007. doi: 10.1007/978-3-540-32687-8.
- [23] E. Demir, “Çığ hareketinin sayısal model ile incelenmesi; Bozdağ uygulaması”, Doktora, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2018.
- [24] M. Maggioni ve U. Gruber, “The influence of topographic parameters on avalanche release dimension and frequency”, *Cold Reg Sci Technol*, c. 37, sy 3, ss. 407-419, 2003, doi: 10.1016/S0165-232X(03)00080-6.
- [25] M. Maggioni, U. Gruber, ve A. Stoffel, “Definition and characterisation of potential avalanche release areas”, içinde *ESRI Conference*, San Diego, ABD, 2002.