



Topografik Parametreler Kullanılarak Potansiyel Çığ Başlama Bölgelerinin CBS Tabanlı Olarak Belirlenmesi

Abdurrahim AYDIN^{1,*}, Remzi EKER¹

¹Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman İnşaatı Jeodezi ve Fotogrametri AD, Düzce

*İletişim yazarı: aaydin@duzce.edu.tr

Özet

Genellikle dağlık alanlarda görülen çığların olumsuz etkilerine karşı, artan nüfus ve insan faaliyetleri sonucunda koruyucu önlemlerin alınması için gerekli tehlike ve risk değerlendirme çalışmaları da artmaktadır. Çığ önleme ve zararlarını azaltma çalışmalarında mühendislik yapılarının boyutlarının belirlenmesi için gerekli olan hız, akış yüksekliği ve etki basıncı gibi çığ dinamiği parametreleri, CBS tabanlı simülasyon yazılımları kullanılarak belirlenebilmektedir. Ancak bu çalışmaların temel girdisi olan çığ başlama bölgelerinin, CBS tabanlı olarak belirlenerek haritalarının üretilmesi gerekmektedir. Çığlar genellikle 28°-55° (en fazla 35°-45°) eğim aralıklarında meydana gelmektedir. Eğim 28°'den küçük olduğunda genellikle kar kütesinin kırılmasına neden olacak kesme gerilmesi oluşmamakta, 55°'yi aştığında ise büyük çığların meydana gelmesi için yeterli kar kütlesi birikmemektedir. Yükselti ise kar yağı, sıcaklık, rüzgâr gibi klimatolojik faktörler üzerinde ve dolayısıyla vejetasyon üzerinde etkili olduğundan önemli bir parametredir. Daha yüksek zonlarda daha fazla kar yağı meydana gelmekte, daha kuvvetli rüzgârlar görülmekte ve daha fazla soğuma olmaktadır. Ayrıca çığlar üzerinde etkili olan önemli bir parametre olan vejetasyon örtüsü seyrelmektedir. Alanın eğriliği stresin kar örtüsü içerisindeki dağılımı üzerinde etkili olarak çığ oluşumu üzerinde etkili olmaktadır. Arazi kullanım şekli açısından dik yamaçlardaki orman örtüsünün karın rüzgâr ile taşınımını önlemesi, (özellikle ibreli ormanların) yağın karın büyük bir bölümünü ağaç tepelerinde tutarak zemine ulaşmasını engellemesi ve radyasyon üzerindeki etkilerinden dolayı önleyici etkiye sahip olmaktadır. Bu çalışmada Bingöl ili Vahkin Mikro Havzasında, potansiyel başlama bölgeleri eğim, eğriliği, pürüzlülük, yükselti parametreleri kullanılarak raster tabanlı karşılaştırma analizi ile belirlenmiştir. Bu amaç için, Böhler ve diğ. (2013) tarafından geliştirilen algoritma kullanılmıştır. Çalışmada piksel çözünürlüğü 10 m, eğriliği değeri (curvature value) 3, eğim değerleri 28° ile 55° arasında, pürüzlülük eşiği (rugged threshold) 0.03, pürüzlülük komşuluk (rugged neighborhood) değeri 11 olarak seçilmiştir. Yükseklik değerleri 1000m ile 4000m arasında seçilmiş ve potansiyel çığ başlama bölgelerinin alanı minimum 1500 m² olarak tanımlanmıştır. Analiz sonucunda alanda 3799 adet (çalışma alanının % 19.6'sına karşılık gelmektedir) potansiyel başlama bölgesi belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Başlama Bölgesi, CBS, Çığ, Topografik Parametre

GIS-Based Determination of Potential Snow Avalanche Release Zones Using Topographical Parameters

Abstract

Due to increasing population and human activities in mountainous regions, avalanche hazard and risk assessment efforts increased in order to take necessary countermeasures. Dynamic snow avalanche parameters (i.e., flow height, velocity, impact pressure) required to dimension avalanche engineering structures can be conveniently determined using GIS-based simulations. To achieve this purpose, GIS-based determination of potential snow avalanche release zones is necessary. Snow avalanches generally occur on lands with slopes of 28°-55° (mostly between 35°-45°). Generally speaking, snow

mass failures is not observed on slopes with less than 28° because of inadequate shear stress, whereas enough snow mass cannot deposit for occurrence of avalanche when slope degree exceeds 55°. Elevation is an important parameter because it affects the climatologic factors such as snowfall, temperature and wind, and consequently the vegetation. Snowfall, winds and cooling tend to occur to a larger extent in higher elevations. Moreover, density of vegetation cover, which is one most important factors affecting the avalanches, is often lower in higher elevations. Curvature is critical in the distribution of shear stress inside snow cover. Forest cover has normally a preventive effect over the snow avalanche through avoiding snow particles drifted by wind, intercepting important proportion of snow over tree branches, and affecting the radiation. In this study, potential snow avalanche release zones were determined using slope, curvature, ruggedness and elevation parameters in Vahkin Micro Catchment (Bingöl-Turkey); the algorithm developed by Bühler et al. (2013) was used. In the study resample size was determined to be 10m, curvature 3, slope 28° and 55°, rugged threshold 0.03, and rugged neighborhood is 11. Elevation was selected between 1000-4000 meters, and minimum area of release zones as 1500m². By this study a total of 3799 release zones (corresponding to 19.6% of total study area) was determined.

Keywords: Release Zone, GIS, Snow Avalanche, Topographical Parameter

1. GİRİŞ

Çığlar dağlık bölgelerde insan aktiviteleri üzerinde olumsuz etki oluşturabilen doğal afetlerdendir. Geçmişte çığlar hakkında çok fazla bilgi mevcut değil iken insanlar tehlikeli alanlarda yapılaşmadan uzak durarak basit bir şekilde korunabilmekteydiler. Günümüzde de turizm vb. faaliyetler ile demografik değişimlerden dolayı insanlar dağlık alanlarda yaşamaya devam etmekte veya boş zamanlarını geçirmektedirler. Bununla beraber zaman zaman yeterli önlem alınmaması gibi nedenlerle çığlar ile ilgili daha fazla bilimsel bilgiye sahip olunmasına rağmen çığların olumsuz etkilerine maruz kalma halen devam etmektedir (Maggioni 2005). Dolayısıyla dağlık alanlarda çığların olumsuz etkilerine karşı koruyucu önlemlerin alınması, tehlike/risk değerlendirme çalışmalarının yapılması ve risk seviyelerinin kabul edilebilir seviyelerde tutulması gerekmektedir. Çığ önleme ve zararlarını azaltma çalışmalarında mühendislik yapılarının standartlarının belirlenmesi için gerekli olan akış yüksekliği, hız ve etki basıncı gibi çığ dinamikleri, CBS tabanlı simülasyon yazılımları kullanılarak belirlenebilmektedir. Çığ tehlike/risk haritaları dağlık alanlarda arazi kullanımının planlanmasında kullanılmak için oldukça yararlı hatta kilit araç olarak kabul edilmektedir (Barbolini vd. 2002). Çığ ve taş-kaya yuvarlanmaları gibi afetlerin haritalanmaları ve dinamiklerinin belirlenmesi temel olarak başlama bölgelerinin ve durma mesafelerinin belirlenmesine dayanmaktadır (Toppe 1987). Potansiyel çığ başlama bölgelerinin belirlenmesi belirli bir alanda çığ tehlikesini değerlendirecek uzman ve mühendisler için oldukça önemlidir. Çığ tehlike/risk haritalama yöntemlerinde genellikle dağlık alanlarda yerleşim alanlarını ve insan aktivitelerini tehdit eden çığların potansiyel başlama bölgelerinin belirlenmesi ilk adımdır (Maggioni 2005). Çığ başlama bölgesinin konumu, büyüklüğü ve kopma derinliği gibi bilgilerin mutlaka doğru ve yeterli ölçüde elde edilmesi gerekmektedir. En önemli bilgi kaynakları geçmişte meydana gelen çığ kayıtlarıdır ancak dağlık birçok bölgede bu kayıtlar bulunmamaktadır. Ayrıca çığ dinamiklerinin belirlenmesinde kullanılan ELBA+ (Volk/Kleemayr 1999), RAMMS (Christen ve diğ. 2010) ve SAMOS (Sampl ve Zwinger, 2004) gibi yazılımlarda da başlama bölgesinin doğru konum bilgisi ve yüksek çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modellerinin (SYM) varlığı önemli rol oynamaktadır (Bühler ve diğ. 2011).

Potansiyel çığ başlama bölgelerinin belirlenmesi, çığ kopma mekanizmasının çok sayıda farklı topografik parametre, meteorolojik koşullar ve kar örtüsü özellikleri ile tetikleyici etkenlere ve bunların etkileşimine bağlı olduğundan dolayı oldukça zor ve maliyetli bir iştir. Eğim, arazi pürüzlülüğü, eğrisellik, bakı ve bitki örtüsü olarak sınıflandırılan (Bühler ve diğ. 2013) topografik parametreler, en önemli ve zamana bağlı değişmeyen faktörlerdir

(Schweizer ve diğ. 2003). Son zamanlarda CBS'deki gelişmelere bağlı olarak SYM kullanılarak elde edilebilen topografik parametrelerden yararlanarak potansiyel çığ başlama bölgelerinin belirlenebilmesi ile ilgili bilimsel çalışmaların sayısı artmış (Maggioni ve diğ. 2002; Maggioni ve Gruber, 2003; Maggioni, 2005; Bühler ve diğ., 2013) ve Bühler ve diğ. (2013) çalışmada potansiyel çığ başlama bölgelerini SYM verisi ile topografik parametrelerden (eğim, eğrisellik ve pürüzlülük) yararlanarak otomatik olarak belirleyen bir algoritma geliştirmişlerdir.

Diğer kütle hareketlerinin kayma direncinin gerilme direncini aşması sonucu oluşması gibi çığlar da yamaçtaki kardan kaynaklanan stresin kar kütlelerinin direncini aşması durumunda yer çekimi etkisiyle meydana gelmektedir. Yüksek stres hem lokal dik yamaçlarda hem de derin kar birikintisinin bulunduğu alanlarda oluşmaktadır (Schaerer, 1977). Geometrik olarak yatay düzlem ile yamaç arasındaki açıyı ifade eden ve çığların oluşumunda birincil topoğrafik faktör olan eğim, çığın başlaması ve hızlanmasında önemli rol oynamaktadır (Schaerer, 1972; Mears, 1992; McClung ve Schaerer, 1993; Maggioni ve Grubber, 2003; Barbolini ve diğ., 2011). Literatürde genellikle çığların oluşumunun yaklaşık olarak (farklı kaynaklarda farklı değerler verilmekle beraber) 25°-60° eğim sınıfları arasında meydana geldiği (yaygın kabul ise 28°-55° arasındadır) bildirilmektedir (Mears, 1992; McClung ve Schaerer, 1993). Eğim açısı 25°'den daha az olan yamaçlardaki kar kütlelerinin kırılmaya neden olacak kesme gerilmesine sahip olmamasından dolayı çığın oluşumu çoğu zaman mümkün olamamaktadır. Eğimi 55° 'den daha dik yamaçlarda ise gevşek çığların oluşması sonucunda derin kar kütlelerinin birikememesi yüzünden tabaka çığlarının meydana gelmesi önlenmektedir (McClung ve Schaerer, 1993). Delparte (2008)'de eğimin 60°'yi aşması durumunda büyük çığların oluşumuna neden olan derin kar kütlelerinin bu tür yamaçlarda birikemediğini belirtmiştir. Yine aynı çalışmada Roger Pass (Kanada) karayolundaki çığ yollarında yapılan analiz sonucu çığların en fazla 40° civarındaki eğim değerine sahip yamaçlarda meydana geldiğini ifade etmiştir. Maers (1992)'e göre tekerrür aralığı uzun, yıkıcı etkiye sahip çığlar 30°-40° gibi daha dar eğim aralıklarında oluşmaktadır. Ayrıca Barton ve Wright (1985) tabaka çığlarının çoğunlukla eğimi 30° ile 45° arasında olan yamaçlarda başladığını vurgulamaktadır. Eğim açısı 45°'den daha fazla olan yamaçlarda büyük çığlara neden olacak kar kütlelerinin birikemediği veya birikiminin sınırlı olduğu (Ancey, 2001) ancak böyle yamaçlarda ciddi stabilite bozukluklarına neden olabilecek kısa aralıklarla küçük çığların oluşabildiği de belirtilmektedir (Barton ve Wright, 1985). Maggioni ve Gruber (2003) yaptıkları çalışmada yine yukarıda belirtilen gerekçelerden dolayı potansiyel çığ başlama alanlarını 30°-60° eğim aralıklarında seçmişlerdir. Hemetsberger ve diğ., (2002) ise çalışmalarında eğim sınıflarını çığların oluşumu açısından 0°-25° arasını çok nadir, 25°-35° arasını yüksek, 35°-45° arasını çok yüksek olarak ve 45°-90° arasını ise çığ oluşumunun çok yüksek ancak kar yağışı boyunca kütlelerin hareketinden dolayı boyutlarının küçük olarak sınıflandırmışlardır.

Yükselti çığların oluşumunda rol oynayan önemli bir parametredir çünkü yükseltiye bağlı olarak kar yağışı, rüzgâr, sıcaklık gibi faktörler değişmektedir (McClung ve Schaerer, 1993). Daha yüksek zonlarda daha fazla kar yağışı meydana gelmektedir. Ayrıca hava sıcaklıklarında yüksek basamaklarda daha fazla soğuma olmaktadır. Yine yükselti arttıkça vejetasyon seyrellebilmekte ve güneş radyasyonuna maruz kalma daha düşük yükseltideki yamaçlara göre daha fazla olmakta, daha kuvvetli rüzgârlar görülmektedir (Fredston ve Fesler, 1999). Denizden olan yüksekliğe bağlı olarak ortaya çıkan bu tür değişimlerin kombine etkisi ile çığların oluşumu için daha uygun koşullar oluşturabilmektedir (Delparte, 2008). Biskupič ve Barka (2010) çeşitli topografik parametreleri kullanarak yaptıkları istatistiksel analizde yükselti parametresini de çığa duyarlı yamaçları belirlemek amacıyla kullanmışlardır. Yaptıkları araştırma sonucunda 1200 ile 2200 m yükselti aralığında olan çalışma alanlarındaki 571 adet çığın 339 tanesinin (yaklaşık olarak %59,37'sine karşılık gelmektedir) 1700-1950 yükselti basamaklarında meydana geldiğini ifade etmektedirler.

Bakı kar örtüsünün sıcaklığını ve stabilitesini doğrudan etkileyen güneş radyasyonu üzerinde eğim açısı ve yükselti gibi önemli etkiye sahip olan ancak eğim gibi çığın oluşumunda direkt etkiye sahip olmayan (Hemetsberger ve diğ., 2002) önemli bir topografik parametredir (McClung ve Schaerer, 1993; Fredston ve Fesler, 1999). Kuzeyden saat yönünde 0°-360° arasında değişen derecelerde ölçülen yamaç yönü olarak tanımlanan bakı, bir takım morfolojik, hidrolojik ve ekolojik süreç içinde önemli bir role sahiptir (Covăsnianu ve diğ., 2009). Gölge bakılar kuzey yarım kürede genellikle kuvvetli sıcaklık değişimleri ile karakterize edilirler ve bu yüzden kış mevsiminde diğer bakılara nazaran kar örtüsü daha soğuk olduğu için daha yavaş stabil hale geleceğinden ve kar kütlesinde zayıf tabakalar oluşacağından dolayı daha duyarlı olarak ifade edilmektedir (McClung ve Schaerer, 1993; Ancey, 2001). Yamaç üzerinde biriken kar örtüsünün sıcaklığı güneşli bakılarda gölge bakılara nazaran daha fazladır ve daha stabil bir yapı görülmektedir. Ancak kış sonuna doğru ve ilkbahar döneminde ise güneşli bakılardaki kar örtüsü stabilitesini daha hızlı kaybedebileceğinden çığ riski daha yüksek hale gelebilmektedir (McClung ve Schaerer, 1993; Ancey, 2001). UNESCO (1981)'e göre tabaka çığ oluşumu riski gölge bakılarda daha yüksek olurken, ıslak kar çığ oluşumu riski güneşli bakılarda daha yüksektir. Hemetsberger ve diğ., (2002)'de İsviçre ve Avusturya istatistiklerine göre kuzey bakılı bölümlerde (KB-K-KD bakılarda) çığların %50'sinin meydana geldiğini vurgulamaktadır. Biskupič ve Barka (2010) ise çığa en hassas yamaçların güney bakılı olduklarını ve daha sonra sırasıyla batı ve güney doğu bakıların daha duyarlı olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmalarına konu olan tüm çığların %60,47'si bu bakılarda meydana gelmiştir. Covăsnianu ve diğ. (2009)'de araştırma sahalarında çığ riski yüksek olan alanları güney, güneybatı ve güneydoğu bakılar olarak ifade etmektedirler. Burada verilen açıklamalardan anlaşılacağı üzere bakı faktörünün çığların oluşumu üzerindeki etkisi her yerde aynı olmamaktadır. Örneğin bir alan için kuzeyli bakılar daha duyarlı olabilirken başka bir bölgede güneyli bakılar daha duyarlı olabilmektedir. Çığ başlama zonunun analizinde bakı parametresi kullanılacaksa çalışma alanının klimatolojik ve topografik faktörleri iyi değerlendirilmeli, daha önce meydana gelmiş çığlar referans alınarak alanın duyarlılık değerlendirilmesi yapılmalıdır.

Zemin yüzeyinin pürüzlülüğü kar örtüsünün zemine sağlam bir şekilde oturmasında önemli rol oynayan anahtar faktördür (Ancey, 2001). Pürüzlülük kesiksiz zayıf kar tabakalarının oluşumuna engel olarak çığ oluşumunu etkiler (Schweizer ve diğ., 2003). Anakaya, kaya parçaları (yaklaşık 2 m ile 3 m büyüklüğünde), kesilmiş ağaç gövdeleri, kütükler, kısa sert çalılar ve basamaklar genellikle karın miktarını sınırlandırarak çığ oluşumunu engellemektedirler (McClung ve Schaerer, 1993). Barton ve Wright (1985) sert, düzgün yüzeylerin tabaka çığları için ideal yatak yüzeyleri oluşturduklarını ifade etmektedir. Yüzey pürüzlülüğü kar ve zemin arasındaki tutunmayı kuvvetli şekilde etkilemektedir (Mears, 1992). Ancak McClung ve Schaerer (1993) pürüzlü yüzeyler, kar kütlesini, karın derinliği yüzeyi nispeten düzgün hale getirinceye kadar sabitleyeceğini ve büyük kaya parçalarının kar örtüsünü tutucu etkisinin, üzerleri kar ile kaplandıktan sonra tersine dönebileceğini belirtmektedir. Diğer bir deyişle yüzey pürüzlülüğü sağlayan unsurlar kar ile kaplandıktan sonra çığlar başlayabileceklerdir (Mears, 1992).

Arazi kullanım şekli çığların meydana gelmesi üzerinde etkili olan diğer bir parametredir. Dik yamaç üzerindeki bir orman kar örtüsünün karakteristiğini etkilediğinden büyük çığların oluşumunu engellemektedir (McClung ve Schaerer, 1993; Schweizer ve diğ., 2003; Richnavský ve diğ., 2011). Anonim (2007) büyük tabaka çığları veya ıslak çığların gelişimine müsait olan yükselti ve bölgelerde eğimi 30°'den daha yüksek olan yamaçlarda ormanların çığlara karşı koruyucu bir fonksiyona sahip olduğunu belirtmektedir. Açık, büyük boşluklu ormanlar kar kütlesini sabitleyemeyecekler ve çığ oluşumunu önleyemeyeceklerdir (Mears, 1992). Ormanlar a) karın rüzgâr ile taşınmasını önleyerek b) ağaç tepelerinin yağın karı tutarak yalnızca %50-90'ının zemine ulaşmasına izin vererek ve c) aynı zamanda ağaç tepelerinin gelen/giden radyasyonu da kontrol ederek çığlar üzerinde etkili olmaktadır

(McClung ve Schaerer, 1993). Yağan kar ağaçların arasında yavaş yavaş öbekler halinde birikmekte ve düzensiz bir kar örtüsü oluşturmaktadırlar. Ayrıca ağaç gövdeleri kar örtüsünün zemine sabitlenmesini destekleyerek çığların meydana gelmesini önleyebilmektedir. Anonim (2007)'e göre çığlar ormanlık alanlarda eğim değişimi en az 10° olan alanlarda meydana gelmektedir ve yükseltisi 1600-2200 m aralıklarında değişen ibreli ormanlarda başlama zonları genellikle kuzeydoğu ile kuzeybatı yamaçlarda bulunmaktadır. Bu alanlarda çoğunlukla kuru tabaka çığları meydana gelmektedir. McClung ve Schaerer (1993) yaklaşık 500 ibreli adet/hektar yoğunluğundaki ormanların fazla eğimli olmayan yamaçlar için ideal olduğunu ancak yaklaşık 1000 ibreli adet/hektar yoğunluktaki ormanların dik yamaçlar için ideal olduğunu belirtmektedir. Yine Anonim (2007)'e göre 1200 m yükseltinin altındaki geniş yapraklı veya karışık ormanlarda ise çoğunlukla güneşli bakılarda ıslak çığlar veya nemli gevşek çığlar oluşabilmektedir. Ayrıca ağaç zonunun üzerindeki ormanların çoğunlukla seyrek olduğu ve sırtlar boyunca yoğunlaştıkları ve bu zondaki derelerde ormanların meydana gelen çığlar ve kar örtüsünün uzun süre kalkmamasından dolayı yetiştirme imkânı bulamamasından dolayı bu ormanların çığlara karşı koruyucu fonksiyonlarının azaldığı ifade edilmektedir. Biskupič ve Barka (2010) çalışmalarında oluşturdıkları model ile daha önce meydana gelen çığların başlama zonları arasında tutarsızlıklar meydana geldiğini ve bunun nedeninin son 20 yılda bu alanlarda doğal şekilde orman yetiştirmeye başlamasının neden olduğunu ve çığ meydana gelme olasılığının minimuma indiğini ifade etmektedirler.

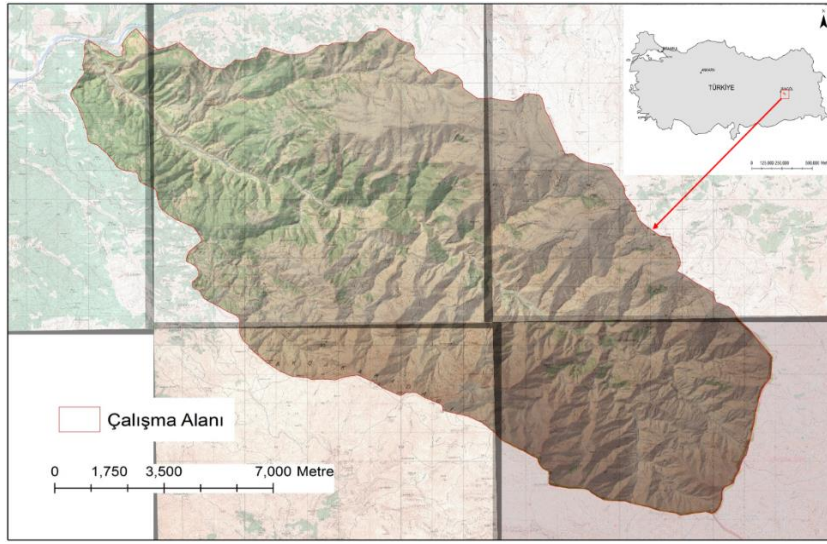
Stresin kar örtüsü içerisindeki dağılımı ve kar derinliğindeki değişim zeminin boylamasına değişimine bağlıdır. Bundan dolayı çığ başlama alanlarının sınırlandırılmasında eğrisellik belirleyici bir faktördür (Barbolini ve diğ., 2011; Delparte, 2008). Eğrisellik genellikle plan eğriselliği ve profil eğriselliği olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. Plan eğriselliği bakının eş yükselti eğrisi doğrultusunda değişim oranını (Zevenbergen ve Thorne 1987, Moore ve diğ. 1991) veya bir eş yükselti eğrisine teğet olan eğriselliği ifade eder (Hengl ve diğ. 2003). Profil eğrisellik ise akış yönüne doğru eğim değişim oranını ifade eder. Eğriselliğin birimi radyan/m'dir. Eğrisellik değerleri genellikle küçüktür (hemen her zaman 1'den küçüktür). Genelde negatif değerleri içbükey arazi şekillerini, pozitif değerler ise dışbükey arazi şekillerini simgeler (Hengl ve diğ. 2003). İçbükey alanlar çoğunlukla yatak nehirleri ile gösterilirlerken, dışbükey olanlar çok yüksek eğim değerleri ile temsil edilirler (Covăşnianu ve diğ., 2009). İçbükey arazilerde çığların oluşum sıklığı daha fazla olmaktadır (McClung, 2001). Dış bükey yamaçlar genellikle kar kütesinin stabilitesinin bozulmasına neden olan kar derinliğindeki değişimle ilgili stresi yoğunlaştırmaktadır (Ancsey, 2001). Kar örtüsünün gerilim altında olduğu bölgelerde tabaka çığlarının üst aynasını (crownwall) ortaya çıkaran enine kırıkların oluşması daha muhtemeldir. Gerilme zonundaki veya hemen altında bu tür kırılmalar dışbükeylikten kaynaklanmaktadır (Barton ve Wright, 1985). Ancak içbükey alanlarda da nadiren de olsa tabaka çığları meydana gelebilmektedir.

Bu çalışmada Bingöl ili Vahkin Mikro Havzasında potansiyel çığ başlama bölgeleri topografik parametreler kullanılarak CBS tabanlı olarak belirlenmiştir. Çalışmada Bühler ve diğ. (2013) tarafından geliştirilen ve Türkiye'de de potansiyel çığ başlama bölgesi çalışmalarında başarıyla kullanılan (Aydın ve diğ. 2014) algoritmadan yararlanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda alanda 3799 adet potansiyel çığ başlama bölgesi belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı Tanıtımı

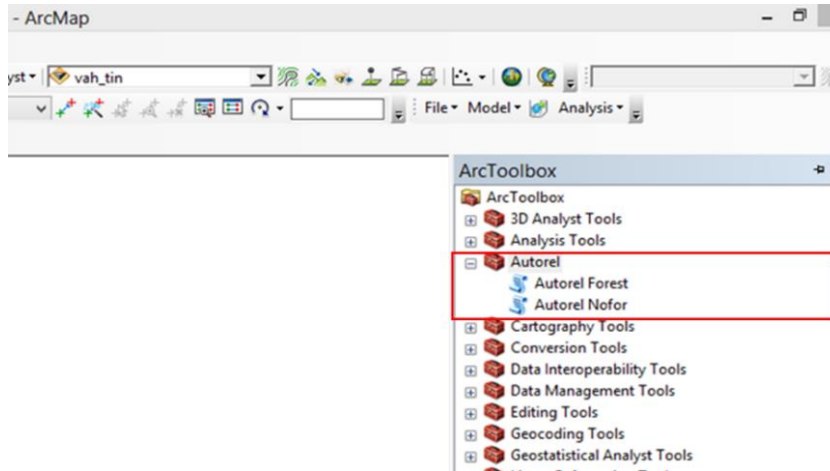
Çalışma alanı Bingöl ili sınırları içerisinde yer alan Vahkin Mikro Havzası'dır. Havza Alanı 20424.9 ha olup konumu European Datum 1950 UTM Zon 37 koordinat sisteminde 649423.5 - 4300891.2N ve 671883.5 - 4284141.2E koordinatları arasındadır (Şekil 1).



Şekil 1. Vahkin Mikro Havza Konumu.

2.2. Potansiyel Çığ Başlama Bölgelerinin Belirlenmesi

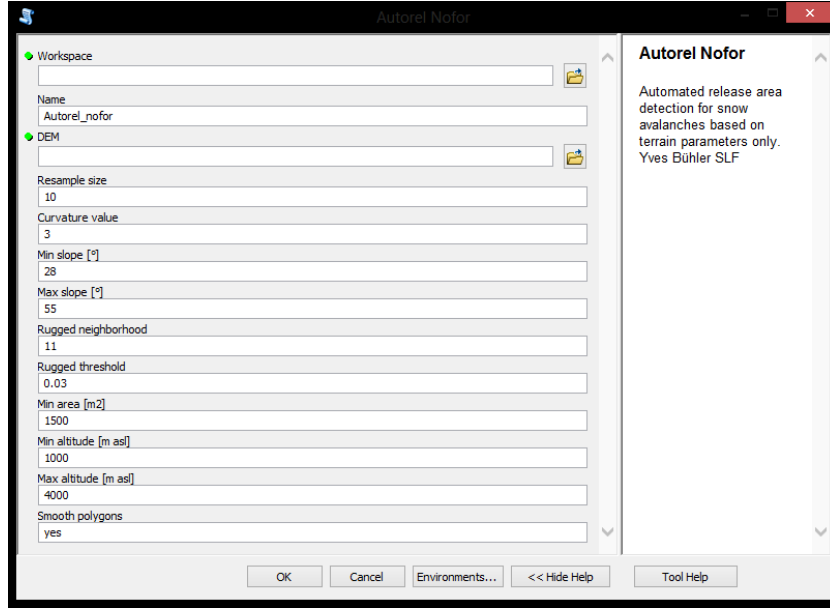
Potansiyel çığ başlama bölgeleri topografik parametrelerden yararlanarak CBS tabanlı olarak belirlenmiştir. Potansiyel çığ başlama bölgeleri, Bühler ve diğ. (2013) tarafından ArcGIS 10.1 yazılımının ArcMap masaüstü yazılımı içerisinde araç kutusu (Toolbox) olarak geliştirilen algoritma (Autorel olarak adlandırılmıştır) kullanılarak belirlenmektedir (Şekil 2). Tasarlanan araç kutusunun arayüz görüntüsü ise Şekil 3'de gösterilmektedir.



Şekil 2. ArcMap masaüstü yazılımı içerisinde tasarlanan araç kutusu görüntüsü

Çalışmada kullanılan algoritma ormanlık alanı dikkate alarak (Autorel Forest) veya dikkate almadan (Autorel Nofor) potansiyel çığ başlama bölgelerini belirlemektedir. Çalışma alanı olarak seçilen alanda çığ önleme potansiyeli taşıyan ormanlık alanlar bulunmadığından çalışmada Autorel Nofor kullanılarak potansiyel çığ başlama bölgeleri belirlenmiştir. Kullanılan algoritma, girdi (input) olarak sadece SYM verisi gerektirmektedir. Çalışma alanına ait SYM verisi 1/25000 ölçekli sayısal topografik harita ile üretilmiştir. Algoritma potansiyel çığ başlamalarını vektör tabanlı veri olarak üretmektedir. Ancak SYM verisinden potansiyel çığ başlama bölgelerinin belirlenmesinde kullanılan parametreler raster tabanlı olduğu için piksel boyutu (resample size) ayarlanabilmektedir. Çalışmada piksel boyutu 10

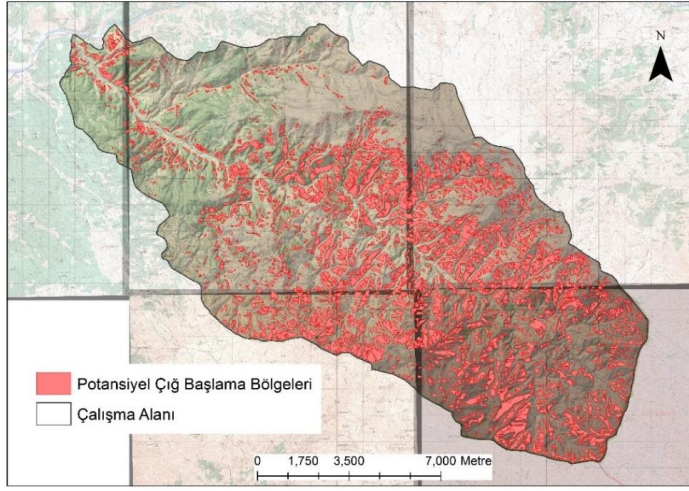
olarak seçilmiştir. Eğrisellik değeri (curvature value) 3, eğim değerleri 28 ile 55 arasında, pürüzlülük eşiği (rugged threshold) 0.03, pürüzlülük komşuluk (rugged neighborhood) değeri 11 olarak seçilmiştir. Yükseklik değerleri 1000 m ile 4000 m arasında seçilmiş ve potansiyel çığ başlama bölgelerinin alanı minimum 1500 m² olarak tanımlanmıştır. Algoritma ile üretilen başlama bölgelerinin ham olarak kullanılmaması ancak bir uzman denetiminden geçtikten ve gerektiğinde düzeltmeler yapıldıktan sonra potansiyel başlama bölgesi olarak tanımlanmalıdır. Bu çalışmada da vektör tabanlı veri daha sonra revize edilerek potansiyel çığ başlama bölgeleri gerçeğe uygun olarak elde edilmiştir.



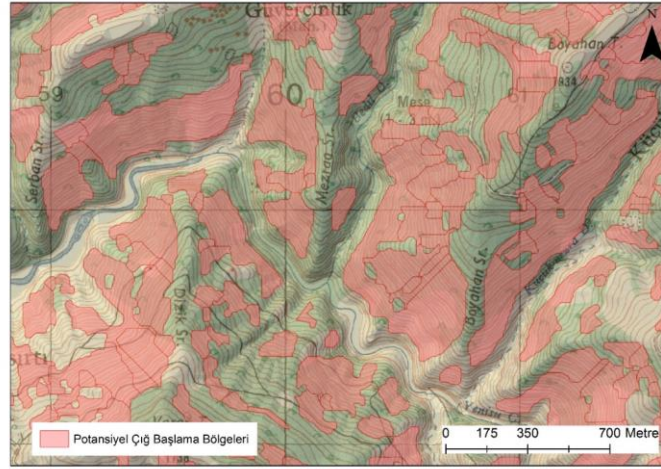
Şekil 3. Autorel Nofor arayüz görüntüsü

3. BULGULAR

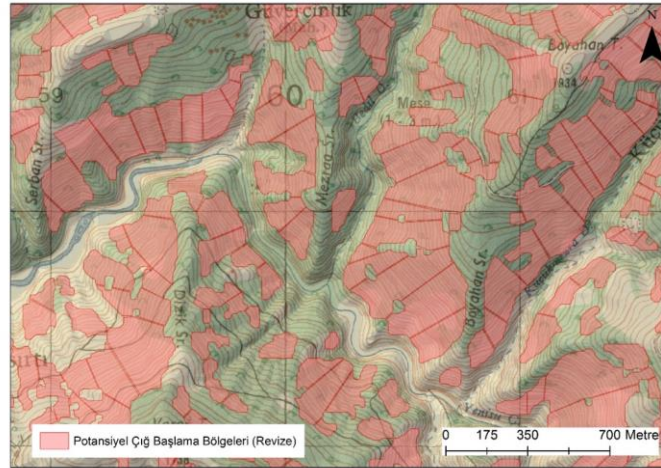
Potansiyel çığ başlama bölgeleri vektör tabanlı veri formatında üretilmiştir (Şekil 4). Üretilen başlama bölgelerinin düzeltme yapılmadan önceki ve düzeltme yapıldıktan sonraki görüntüleri sırasıyla Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmektedir. Çalışma ile Vahkin Mikro Havzası'nda girilen parametrelere bağlı olarak 3799 adet başlama bölgesi belirlenmiştir. Başlama bölgelerinin alanları 610.3 m² ile 91649.7 m² arasında değişmektedir. Potansiyel başlama bölgelerinin toplam alanı 3996.6 Ha olup, Vahkin Mikro Havzasının toplam alanının % 19.6'üne karşılık gelmektedir.



Şekil 4. Çalışma Alanında Potansiyel Çığ Başlama Bölgelerinin Dağılımı



Şekil 5. Algoritma ile elde edilen Potansiyel Çığ Başlama Bölgeleri



Şekil 6. Potansiyel Çığ Başlama Bölgelerinin düzeltilmiş şekli

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Potansiyel çığ başlama bölgelerinin belirlenmesi çığ hareketi üzerinde etkili olan çok sayıda parametre olmasından dolayı oldukça zor bir iştir. Ancak potansiyel çığ başlama bölgelerinin belirlenmesi çığ tehlikesini değerlendirecek uzman ve mühendisler için oldukça önemlidir. Çığ başlama bölgelerinin konumu, büyüklükleri ve kopma derinliği gibi bilgilerin elde edilmesi çığ analiz ve haritalama çalışmalarında ilk adımdır. Gelişen CBS yazılımları sayesinde CBS tabanlı olarak topografik parametrelerden yararlanarak çığ başlama bölgeleri belirlenebilmektedir. Bühler ve diğ. (2013) tarafından geliştirilen algoritma ile bu işlem oldukça kolay ve hızlı şekilde yapılabilmektedir. Bu çalışmada bu algoritma kullanılarak Bingöl ili Vahkin Mikro Havzası'nda potansiyel çığ başlama bölgeleri belirlenmiştir. Çalışma ile gerek çığ dinamiklerinin belirlenmesi gerekse çığ tehlike/risk haritalama çalışmaları için temel girdi veri olan çığ başlama bölgeleri kolay ve hızlı şekilde elde edilebileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Ancey, C. 2001. Snow avalanches. N. Balmforth, A. Provenzale (Eds.), *Geomorphological Fluid Mechanics: Selected Topics in Geological and Geomorphological Fluid Mechanics*, Springer, Berlin, 319–338pp.
- Anonim, 2007: Sustainability and success monitoring in protection forests. Federal Office for the Environment FOEN. UW-0727-E. Pg 55.
- Aydın, A., Bühler Y., Christen, M., Güner, İ. 2014. Avalanche situation in Turkey and back-calculation of selected events, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14(5), 1145-1154.
- Barbolini M., Natale L., Savi F. 2002. Effects of release conditions uncertainty on avalanche hazard mapping. *Natural Hazards* 25: 225–244.
- Barbolini, M. Pagliardi, M., Ferro, F., Corradeghini, P. 2011. Avalanche hazard mapping over large undocumented areas. *Natural Hazards* 2011, 56: 451–464, DOI 10.1007/s11069-009-9434-8.
- Barton, R., and Wright, B. (2000). A Chance in a Million?. *Scottish Mountaineering Trust*.
- Biskupič, M., Barka, I. 2010. Spatial modelling of snow avalanche run-outs using GIS. In: *Proceedings from symposium GIS Ostrava 2010*, Ostrava, ISSN 1213-239X.
- Bühler Y., Kumar S., Veitinger J., Christen M., Stoffel A., Snehmani, 2013. Automated identification of potential snow avalanche release areas based on digital elevation models. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13, 1321–1335.
- Christen M., Kowalski J., Bartelt P. 2010. RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain, *Cold Regions Sci. Technol.*, 63, 1–14.
- Covăşnianu, A., Grigoraş, I.R., State, L.E., Balin, D., Hogaş, S., Balin, I. (2011). Mapping Snow Avalanche Risk Using GIS Technique and 3D Modeling: Case Study Ceahlau National Park. *Rom. Journ. Phys.*, Vol. 56, Nos. 3–4, P. 476–483, Bucharest.
- Delparte, D., 2008. Avalanche Terrain Modeling in Glacier National Park, Canada. Ph. D. Thesis, University of Calgary, Calgary, AB, Canada. 195 pp.
- Fredston, J., Fesler, D. (1999). *Snow Sense: A Guide to Evaluating Snow Avalanche Hazard*, Alaska Mountain Safety Center, Anchorage, AK.
- Hemetsberger, M., Klinger, G., Niederer, S., Benedikt, J. 2002. "Risk assessment of avalanches—a fuzzy GIS application," in *Proceedings of the 5th International FLINS Conference Computational Intelligent Systems for Applied Research*, D. Ruan, P. D'hondt, and E. E. Kerre, Eds., pp. 397–402, World Scientific, Singapore, Republic of Singapore.
- Hengl, T., Gruber S., Shrestha D.P. 2003. Digital Terrain Model analysis in ILWIS, ITC, The Netherlands.
- Maggioni M., Gruber U., 2003. The influence of topographic parameters on avalanche release dimension and frequency, *Cold Regions Sci. Technol.*, 37, 407–419.
- Maggioni M., Gruber U., Stoffel A, 2002. Definition and characterisation of potential avalanche release areas, *ESRI International User Conference*, 1161–1166.
- Maggioni, M. 2005. *Avalanche Release Areas and Their Influence on Uncertainty in Avalanche Hazard Mapping*, PhD Thesis, University of Zurich UZH.
- Maggioni, M. And Gruber, U. 2003. The influence of topographic parameters on avalanche release dimension and frequency. *Cold Regions Science and Technology*, 37: 407-419.

- McClung, D. 2001. Characteristics of terrain, snows supply and forest cover for avalanche initiation caused by logging. *Annals of Glaciology*, 32: 223-229.
- McClung, D. and Schaerer, P. 1993. *The Avalanche Handbook*. The Mountaineers, Seattle, WA, 271 pp.
- Mears, A.I. (1992). *Snow Avalanche Hazard Analysis for Land-Use Planning and Engineering*, Bulletin 49. Colorado Geological Survey, Geological Survey, Dept. of Natural Resources, Denver, Colorado, 54 pp.
- Moore, I.D., Grayson, R.B., Lanson A.R. 1991. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications: *Hydrological processes* 5: 3-30.
- Richnavský, J., Biskupič, M., Mudroň, I., Devečka, B., Unucka, J., Chrustek, P., Lizuch, M., Kyzek, F., Matějček, L. 2011. Using Modern Gis Tools to Reconstruct The Avalanche: A Case Study of Magurka 1970. *Proceedings Eight International Symposium, GIS Ostrava*. ISBN 978-80-248-2406-2
- Sampl, P. and Zwinger, T. 2004. Avalanche simulation with SAMOS, *Ann. Glaciol.*, 38, 393-398.
- Schaerer, P. 1977. Analysis of snow avalanche terrain. *Canadian Geotechnical Journal*, 14(3): 281-287.
- Schweizer J., Jamieson B., Schneebeli, M., 2003. Snow avalanche formation, *Rev. Geophys.*, 41, 1016-1041.
- Schweizer, J., Jamieson J.B., Schneebeli, M. 2003. *Snow Avalanche Formation*. *Reviews of Geophysics*, Vol. 41, 1016, 25pp, doi:10.1029/2002RG000123.
- Toppe, R. 1987. Terrain models-A tool for natural hazard mapping. *Avalanche Formation, Movement and Effects (Proceedings of the Davos Symposium, September 1986)* IAHS Publ. no. 162.
- UNESCO 1981. *Avalanche Atlas: Illustrated International Avalanche Classification*. ISBN 92-3-001696-9, Switzerland.
- Volk G., Kleemayr K., 1999. Lawinensimulationmodell ELBA. *Wildbach und Lawinenverbau*, 63. Jg. Heft 138.
- Zevenbergen, L.W., Thorne, C.R. 1987. Quantitative analysis of land surface topography: *Earth Surface Processes and Landforms*, 12: 47-56.