



Yerbilimleri, 2021, 42 (1), 121-143, DOI: 10.17824/yerbilimleri.820161

Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni

Bulletin of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University

Çerçi ve Murt Deresi (Fethiye-Muğla) Taşkın Duyarlılık Alanlarının CBS ile Çok Kriterli Karar Verme Analizi Kullanılarak Haritalanması

Flood Susceptibility Mapping of Çerçi and Murt River (Fethiye-Muğla) Using Multi-Criteria Decision Analysis and GIS

GÜZİN AKIN TÜZGEN¹, ÖZNUR KARACA^{2*}

¹Cumhuriyet Mah., Çile Sok., No:4/3, İstanbul

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

Geliş (received): 4 Kasım (November) 2020 Kabul (accepted): 14 Nisan (April) 2021

ÖZ

Dünyada ve Türkiye’de en önemli doğal tehlikelerden biri olan taşkınlar doğal ya da insan müdahalesi sonucu, şiddetine ve oluşum şartlarına bağlı olarak az veya çok olumsuz etki yaratarak afetlere yol açmaktadır. Bu çalışmada, Muğla İli Fethiye yerleşim alanı içerisinde yer alan Çerçi Deresi’nin taşkın analizi yapılarak, dere yatağının da bulunduğu çalışma alanı için taşkın duyarlılık haritası hazırlanmıştır. İnceleme alanı için Çerçi Deresi etrafında taşkına duyarlı alanların haritalanmasında bölgeye ait jeolojik, jeomorfolojik, sedimantolojik ve hidrolojik verilerden yararlanılmıştır. Çalışma alanı zeminlerinin fiziksel özellikleri incelenmiş ve ince kum, silt ve kil boyutundaki sedimanların yoğunlukta olduğu görülmüştür. Alınan örnekler ile yapılan zemin deneyleri neticesinde hakim zemin sınıfının orta plastisiteli inorganik

<https://doi.org/10.17824/yerbilimleri.820161>



Ö. KARACA oznurkaraca@comu.edu.tr

¹Cumhuriyet Mah., Çile Sok., No:4/3, İstanbul ORCID 0000-0003-1575-9143

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniv., Müh. Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çanakkale ORCID 0000-0002-8191-1599

kil (CL) olduğu belirlenmiştir. Taşkına duyarlı alanların haritalanmasında konumsal analiz çalışmaları sırasında ArcGIS 10 programı ve alt modül olan Spatial Analysis modülünden yararlanılmıştır. Çalışma alanının eğim, yükseklik, akarsuya yakınlık, jeoloji, arazi kullanımı ve bakı gibi kriterlere ait altlık haritaları oluşturulmuş ve ağırlıklı çakıştırma yöntemi kullanılarak taşkın duyarlılık analizi ArcGIS programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçta, çalışma alanına ait taşkın duyarlılık haritası elde edilmiştir. Oluşturulan bu duyarlılık haritasına göre çalışma alanının %17,64'ü taşkına yüksek duyarlı alanlar içerisinde yer almaktadır. Taşkına çok yüksek duyarlı alanlar da çalışma alanın güneybatısındaki Fethiye yerleşim merkezindeki alanları içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Çerçi Deresi (Fethiye), taşkın duyarlılık analizi, jeoloji, coğrafi bilgi sistemleri (CBS).

ABSTRACT

Floods are one of the most important natural hazards in the world and in Turkey, and depending on their severity and formation conditions, they can cause disasters by creating diverse negative impacts sources from natural effects or human intervention. In this study, flood susceptibility map was prepared by conducting flood analysis of Çerçi River in Fethiye District of Mugla Province, Turkey. While determining the flood susceptibility of Çerçi River, the geologic, geomorphologic, sedimentological, and hydrological data of the region were used. The physical properties of the study area were investigated, and it was observed that the fine sand, silt, and clay sediments were dominant. As a result of the soil tests performed with the samples, it was determined that the dominant soil class was medium plasticity inorganic clay (CL). For performing spatial analyses, the ArcGIS 10 software from ESRI Inc. and its module Spatial Analysis were used to map susceptible areas to floods. Different maps of the study area, such as slope, elevation, proximity to the rivers, geology, land use and aspect were employed in ArcGIS software using the weighted overlay method. As a result, the flood susceptibility map of the study area was obtained. Based on this susceptibility map, 17.64% of the study area is located in high susceptible areas. Very high susceptible areas include the parts of Fethiye District located in the southwest of the study area.

Key Words: Çerçi River (Fethiye-Muğla), flood sensitivity analysis, geology, geographical information systems (GIS).

GİRİŞ

Akarsu yatağında yer alan su miktarının, akarsu havzasına olağandan daha fazla yağış düşmesi veya eriyen kar sularının akarsuya katılmasından dolayı hızla artması ile meydana gelen taşkınlar sonucunda, akarsu yatağının çevresinde yer alan doğal ve suni yapılar, araziler, canlılar, mal ve mülkler zarar görmektedir (MGM, 2021).

Dünya nüfusu genellikle akarsu ve deniz suları etkisinde olan düz alanlarda yaşamayı tercih etmiştir. Tercih sebepleri ise suya yakın olmak, bu alanlarda bulunan toprağın daha kolay işlenebilmesi ve bitki besin elementleri bakımından daha verimli olmasıdır. Ancak bu tür alanlar aynı zamanda taşkına duyarlı alanlardır. Taşkınların daha yoğun olarak görüldüğü bölgeler Avrupa, Amerika ve Güneydoğu Asya ülkeleridir (Ersoy, 2013). Taşkınlar, insan hayatını etkileyen ve çok fazla ekonomik kayıplara neden olan, en çok tekrarlayan ve karşı konulması güç doğal tehlikeler arasında yer almaktadır (Pradhan, 2009; Khan vd., 2011; Uddin vd., 2013).

Akarsu havzalarındaki yanlış uygulamalar, taşkınların büyüklükleri ve sıklıkları üzerinde arttırıcı bir etki yapmaktadır (Özdemir, 2008). Ülkemizde jeomorfolojik koşullara bağlı olarak meydana gelen büyük taşkın olaylarının yanı sıra sanayileşme ve kentleşme faaliyetleri sonucu akarsu havzaları içinde dere yataklarının yapılaşmaya açılması ve tarım arazilerinin bilinçsizce kullanılması sonucu büyük kayıplara neden olan taşkın olayları yaşanmaktadır (Onuşuel ve Harmancıoğlu, 2002). Şiddetli yağışlara bağlı olarak ve insan müdahaleleri ile havzaların hidrolojik dengesinin bozulması sonucunda meydana gelen taşkınlarda, can kayıpları, ekonomik kayıplar, çevresel zararlar ve insan sağlığı açısından tehlike oluşturan büyük kayıplar yaşanmaktadır (Kirmencioğlu, 2015). Taşkınların meydana gelişi doğal ve insan kaynaklı olmak üzere çok farklı nedenlere bağlı olabilmektedir (Shi, 2007; Stefanidis ve Stathis, 2013; Dölek, 2015).

Doğal afetlerle ilgili yapılmış olan çalışmalarda can ve mal kaybını azaltmak, afetlere karşı hazırlıklı olma ve acil afet eylem planı oluşturulması konusunda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniklerinden faydalanmak, problemlerin çözümüne önemli katkılar sağlamaktadır (Arca, 2012). Birçok araştırmacı, değişik sebeplere bağlı olarak

gelişen ve farklı parametreleri içinde barındıran taşkın olaylarının incelenmesinde konumsal analiz tekniklerinden faydalanmıştır. Yapılan çalışmalarda çeşitli faktörlere bağlı olarak meydana gelen taşkınlarda birçok kriterin birbiri ile ilişkilendirilip taşkın senaryolarına ait haritaların oluşturulmasında CBS kullanılmıştır (Turoğlu ve Dölek, 2011; Tonbul ve Sunkar, 2010; Fernandez ve Lutz, 2010; Korah ve Lopez, 2015; Selçuk vd., 2016). Taşkın duyarlılık haritalarının oluşturulmasında çeşitli niteliksel veya niceliksel yaklaşımlar kullanılmaktadır. Son zamanlarda da CBS ve çok kriterli değerlendirme yönteminin birlikte kullanıldığı pek çok çalışma dikkatleri çekmektedir (Malczewski, 1999; Malczewski, 2004; Yang vd., 2013; Tiryaki ve Karaca, 2018). Taşkın duyarlılık haritaları, bir şehrin gelecekteki büyüme yönünü planlamak için yararlı araçlardır ve genellikle taşkına duyarlı alanları tanımlamak için kullanılır (Tehrany vd., 2014; Rahmati vd., 2016). Farklı bölgeler için taşkın alanlarının haritalanması ve tehlike analizi genellikle coğrafik olarak birbirleriyle ilgili olması gereken çok sayıda kriter içermektedir (Minea, 2013; Poussin vd., 2014; Rahmati vd., 2016). Farklı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda, litoloji, eğim, baki, yükseklik, arazi kullanım, topografik nemlilik indeksi, akış birikimi ve akarsuya olan mesafe gibi değişik faktörlerin bazılarını çalışma alanlarının taşkına duyarlılıklarını belirlemek ve haritalandırmak için kullanmışlardır (Korah ve Lopez, 2015; Pourali vd., 2016; Tiryaki ve Karaca, 2018; Sözer vd., 2019).

Çalışma alanı olarak seçilen Çerçi Deresi, Muğla'nın Fethiye ilçesinde Murt Deresi'ne bağlanan Susambeleni, Üzümlü, Türbe, Eldirek, Kösebükü, İplikçi, Karacasu ve Kaklık gibi önemli kollardan birisidir. Fethiye, coğrafi koşulları nedeni ile oldukça fazla yağış almaktadır. Şehrin içinden güneydoğu-kuzeybatı yönünde geçerek körfeze bağlanan Murt Deresi geçmiş dönemlerde Fethiye ovasında büyük taşkın olaylarına sebep olmuştur. Murt Deresi kanalı, 1957 yılında Devlet Su İşlerinin kenti taşkınlardan koruma amacıyla yapmış olduğu ilk çalışmalar arasında yer almaktadır. Arazi çalışmaları sırasında yöre halkı ile yapılan görüşmeler neticesinde kanal yapılmadan önce 1950 yılında çok büyük bir taşkın olayının yaşandığı öğrenilmiştir. Murt Deresi'nde yakın tarihli olarak 14.12.2010, 09.01.2012 ve 28.03.2015 tarihlerinde de taşkınlar yaşanmıştır. Yaşanan taşkınlara ait bazı fotoğraflar Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Fethiye’de farklı tarihlerde meydana gelmiş olan taşkın örnekleri.

Figure 1. Examples of floods occurred on different dates in Fethiye.

Çalışma bölgesinde sıcak ve ılıman bir iklim hakimdir. Fethiye’ye kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış düşmektedir. Fethiye Meteoroloji Müdürlüğü’nden alınan veriler doğrultusunda 1960-2014 yılları arası için alınan verilere göre 55 yıllık yağış ortalamalarından yararlanılarak Aralık ayının 197,5 mm’lik değer ile Fethiye bölgesi için en çok yağış alan ay olduğu söylenebilir. 1,2 mm ile en az yağış düşen ay ise Temmuz ayı olarak tespit edilmiştir.

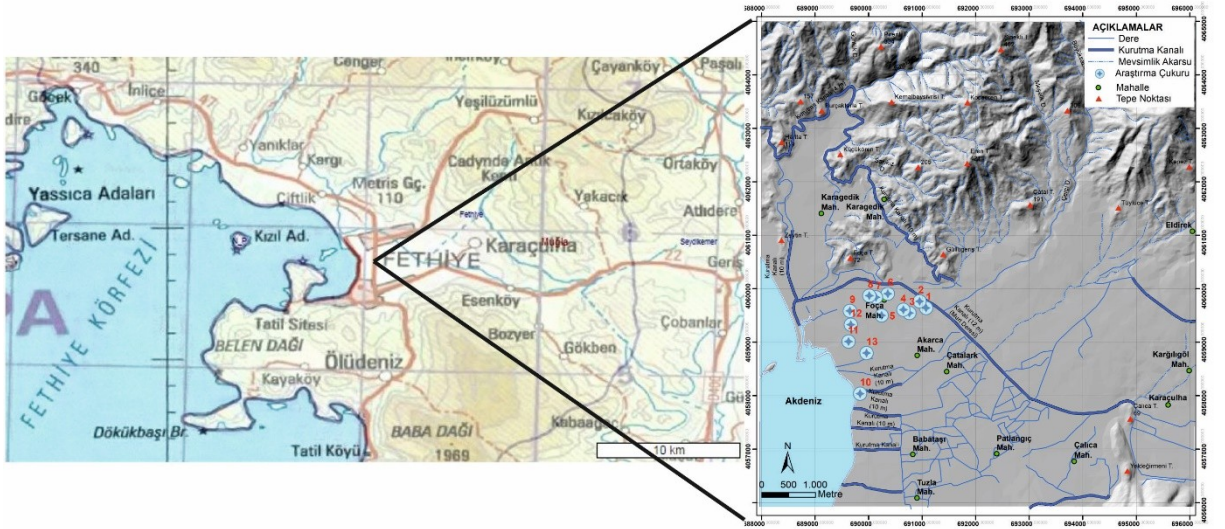
Bu çalışmanın amacı, Fethiye yerleşim alanının kuzeyindeki Çerçi Deresi’nin de bağlandığı Murt Deresi’nde meydana gelmiş taşkınların araştırılarak, taşkına duyarlı alanların konumsal analiz tekniklerinden faydalanılarak haritalandırılmasıdır. Bu kapsamda günümüz taşkınlarının araştırılmasında çalışma alanına ait jeolojik, meteorolojik, hidrolojik ve morfolojik veriler kullanılmıştır. Taşkınların belirlenmesinde ise Fethiye’nin kuzeyinde yer alan Çerçi Deresi’nin taşımış olduğu alüvyal zeminler içerisinde arazi çalışmaları ile araştırma çukurları açılmış jeolojik, sedimentolojik gözlemler yapılarak bu derenin taşkın seviyeleri belirlenmiştir.

Çalışma boyunca elde edilen tüm veriler, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) analizinden de yararlanılarak birbiri ile ilişkilendirilmiş ve bir CBS yazılımı kullanılarak çalışma alanına ait taşkın duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Bu çalışma taşkına

eğilimli alanların belirlenmesi için, bölgede yapılan ilk çalışmadır. Bu çalışma sonucu ile elde edilen bulgular ve oluşturulan duyarlılık haritası, kentsel planlama için önemli bir veri kaynağı olacaktır.

Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Türkiye'nin güneybatısında yer alan Muğla ilinin en büyük ilçesi olan Fethiye ilçesi sınırları içerisinde (Şekil 2). Alanın doğu ve güneydoğusunda Antalya ili, güney, güneybatı ve batısında Akdeniz, kuzeybatısında Dalaman ilçesi, kuzeyinde de Denizli ve Burdur illeriyle çevrilidir. Türkiye topoğrafik haritalarından 1/25000 ölçekli Fethiye O22-d1, O22-d2, O22-d3 ve O22-d4 paftalarını kapsamaktadır.



Şekil 2. Çalışma alanının lokasyon haritası (Akın Tüzgen, 2016).

Figure 2. Location map of the study area (Akın Tüzgen, 2016).

Çalışma alanı, Fethiye yerleşim alanını da içine alan bir bölgeyi kapsamaktadır. Çalışma alanının kuzeyinde Çatal Tepe, Tüylüce Tepe ve Eren Tepe, doğusunda Karakalık Tepe, güneydoğusunda Mendos Dağı ve batısında Oyuk Tepe bulunmaktadır. Fethiye yerleşim alanı genel olarak alüvyal çökellerden meydana gelmektedir. Bu alüvyal çökeller, genellikle derelerle taşınmış ve topoğrafyanın düşük eğimli olduğu düzlüklerde depolanmıştır.

Fethiye yerleşim alanı ve çevresi, Türkiye'nin güneybatısındaki bölgede yer alır. Bölge, jeolojik açıdan birçok farklı kaya biriminin otokton ve allohton olarak yüzeyleme verdiği bir alandır.

Çalışma alanı ve çevresi bölgenin en çukur kısmını teşkil eden bir düzlüktür. Çalışma alanında yüzeyleyen kayalar, Kuvaterner ve Kretase yaşlı olmak üzere iki grupta incelenmiştir. Kretase yaşlı birimler tabanda, temel kayaların üzerinde, açısız uyumsuzlukla tektonik olarak bulunan Marmaris Peridoditleri'nden meydana gelmektedir. Kuvaterner yaşlı çökeller ise çoğunlukla pekleşmemiş çakıl, kum, silt, kil ve bunların karışımından meydana gelen alüvyonlar ile taneleri iyi boylanmış ve iyi yuvarlaklaşmış kireçtaşı, kumtaşı ve ofiyolit topluluğundan türemiş bileşenlerden meydana gelen plaj çökelleri oluşturmaktadır (Şekil 5) (Karaca, 2007).

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın amacı doğrultusunda; arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Akarsu kökenli çökellerin taşkın seviyelerinin belirlenmesi amacı ile önceden yapılmış olan sondaj verilerine ilave olarak 13 adet araştırma çukuru açılmıştır. Bu araştırma çukurlarından zeminlerin fiziksel parametrelerinin belirlenmesi amacıyla alınan örneklerde su muhtevası, dane boyu dağılımı ve kıvam limitleri deneyleri yapılmıştır.

Çalışma alanı için belirlenen jeoloji, eğim, baki, yükseklik, arazi kullanımı, akarsuya (kanala) yakınlık gibi kriterler tek tek değerlendirilerek Çerçi deresinin taşkın duyarlılık haritasına altlık oluşturacak haritalar hazırlanmıştır. Elde edilen tüm verilerin birbiri ile ilişkilendirilmesinde ArcGIS 10 yazılımı kullanılmış ve ÇKKV analizinde tüm kriterler için yapılan haritaların üst üste çakıştırılması sonucu çalışma alanı için taşkın duyarlılık haritası oluşturulmuştur.

Çok Kriterli Karar Verme Analizi (ÇKKV)

Çerçi deresinin taşkın duyarlılık haritasının hazırlanması sürecinde çalışma alanına ait birçok parametre birlikte değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, taşkına duyarlı bölgeleri haritalandırmak için CBS teknikleri kullanılmış ve ÇKKV analizinde ağırlıklı

çakıştırma yöntemi ile duyarlılık analizi yapılmıştır. Taşkın duyarlılığını değerlendirmede hangi faktörlerin uygulanması gerektiği konusunda kesin bir fikir birliği yoktur (Tehrany vd., 2014; Rahmati vd., 2016). Ancak, taşkın araştırmalarında birçok araştırmacı tarafından kabul edilen kriterler vardır. Bu parametreler yükseklik, eğim, bakı, jeoloji (litoloji, toprak özellikleri), drenaj ağı, akarsuya yakınlık, arazi kullanım, akış birikimi, topografik nemlilik indeksi, yeraltı suyu durumudur. Bu çalışmada, taşkın duyarlılığı konusunda etkili olduğu düşünülen kriterler, literatür (Turoğlu, 2005; Özcan vd., 2009; Fernandez ve Lutz, 2010; Tonbul ve Sunkar, 2010; Kandilioti ve Makropoulos, 2012; Chen vd., 2015; Rahmati vd., 2015; Elsheikh vd., 2015; Dölek, 2015; Selçuk vd., 2016; Dölek ve Avcı, 2017; Tiryaki ve Karaca, 2018) ve uzman görüşlerine göre ayrı ayrı belirlenmiştir. Her bir kriterin önemini göz önüne alarak, ağırlıklı değerlerini tayin etmek için uzman görüşleri alınmıştır. Ek olarak, taşkın duyarlılığının temelini oluşturan kriterlerin her birinde etkiyi azaltma-çoğaltma, sağlamlık-zayıflık ve yakınlık durumuyla bağlantılı alt kriterler oluşturulmuştur. Etki değerleri de belirlenirken literatür (Akar ve Maktav, 2008; Sunkar ve Tonbul, 2010; Turoğlu ve Dölek, 2011; Özşahin ve Kaymaz, 2013; Korah ve López, 2015; Yüksel ve Avcı, 2015; Sunkar ve Avcı, 2015, 2016; Selçuk vd., 2016; Oğuz vd., 2016; Tiryaki ve Karaca, 2018) ve yine uzman görüşlerinden yararlanılmıştır.

Çalışma alanının jeolojik yapısının yanı sıra genel fiziki özellikleri de incelenmiştir. 1/25000 ölçekli sayısallaştırılmış (Karaca vd., 2008) topoğrafya haritasından sayısal yükseklik modeli (SYM veya Digital Elevation Model-DEM) oluşturulmuştur. Elde edilen SYM'den 10 m'ye göre örneklenmiş eğim ve bakı haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca arazi kullanımı ve akarsuya yakınlık olarak belirlenen kriterlere ait altlık haritaları oluşturulmuştur. Tüm kriterlerin taşkına duyarlılık göstermesi bakımından önem sırasına göre her bir kriter, uzman kişilerin görüşleri de alınarak ağırlık değerlerine göre puanlandırılmıştır.

Bir alandaki yüzey akışının yönünü ve miktarını etkilemesi bakımından “yükseklik ve eğim”, çalışma alanındaki en önemli kriterler olarak belirlenmiştir. Yükseklik, biriken yağış miktarını, bitki örtüsünü, buharlaşmayı ve zeminde kalan kar yağışının süresini etkilemektedir. Bu kriter için ağırlık değeri 0.35 olarak belirlenmiştir. Eğim kriteri 5 alt sınıfa ayrılmış olup taşkın duyarlılığı taşıyan alanların belirlenmesi için puanlandırma işlemi yapılmıştır. Eğimi çok düşük olan, düz ve düze yakın alanlar suyu daha fazla

yüzeyde tuttuğu için taşkın açısından yüksek duyarlılığa sahip alanlar olarak değerlendirilmiştir. Alt kriterlerde 0-2° eğime sahip alanların etki değeri “5”, 2-4° eğimi olan alanların da etki değeri “4” olarak belirlenmiştir. Eğimin bu çalışmadaki ağırlık değeri 0.25 olarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanının geniş bölümünü Alüvyonlar kaplamakla birlikte kıyı kesimlerde plaj çökelleri de bulunmaktadır ve bu buralarda yeraltı su seviyesi oldukça yüksektir (Karaca vd., 2008). Dolayısıyla bu alanların geçirimsizlik düzeyleri oldukça düşüktür ve bu da jeoloji faktörünü etkin kılmaktadır. Yerleşim alanında geniş dağılım gösteren Kuvaterner yaşlı akarsu çökelleri dikkate alındığında jeoloji kriteri için ağırlık değeri 0.15 olarak belirlenmiştir. Türkiye'nin bulunduğu konum itibari ile kuzeye bakan yamaçlarda güneşlenme süresi daha kısadır. Bu durum, güneşten elde edilen ısı enerjisi miktarını ve bunun sonucunda da buharlaşma ile karın yerde kalma süresini etkiler. Bu da düz veya düze yakın alanların yağmur ve eriyen kar sularının birikebileceği ve taşkın riskinin yüksek olduğu sahaları göstermesi açısından bakının taşkınlar açısından önemini gösterir (Dölek, 2015). Arazi kullanımı sınıfı içinde bulunan yerleşim, sulu marjinal tarım, kuru marjinal tarım ve kuru mutlak tarım alanları, düz alanlarda yer aldığı ve taşkın sularının yayılarak bu alanları su altında bırakabileceği dikkate alınarak bu kriterin ağırlık değeri 0.1 olarak belirlenmiştir. Yerleşim alanlarında akarsuya olan uzaklık taşkın duyarlılığı için önemli olduğundan dolayı Çerçi Deresi'nin şehir içinde akmakta olan yatağına göre hesaplamalar yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında CBS teknolojisi kullanılarak, ÇKKV analizinde ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile taşkın duyarlılık analizi yapılmıştır. Taşkına duyarlı alanları belirlemek amacıyla kullanılan her bir kriter Çizelge 1'de önem derecelerine göre puanlandırılmıştır. CBS ile haritaların çakıştırılması tekniği kullanılmış ve çalışma alanı için belirlenen kriterler ağırlık değerlerine (AD) göre puanlandırılmıştır. Olası bir taşkından etkilenme durumuna göre bu kriterlerin her bir alt kriteri için de etki değerleri (ED) belirlenmiştir. Bu değerler; çok yüksek (5), yüksek (4), orta (3), az (2), çok az (1) olmak üzere puanlandırılarak taşkın duyarlılığına etki edecek her bir kriterin haritaları oluşturulmuştur. Bütün kriterlere ait oluşturulan haritalar Spatial Analyst Tools'un altında yer alan “Raster Calculator Module” kullanılarak çakıştırılmış, her alanın puanı toplanmış ve çalışma alanı için taşkın duyarlılığı taşıyan alanlar belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuç haritası, beş sınıfa ayrılmış ve böylece taşkın açısından en hassas bölgelerin kolaylıkla belirlenmesi sağlanmıştır.

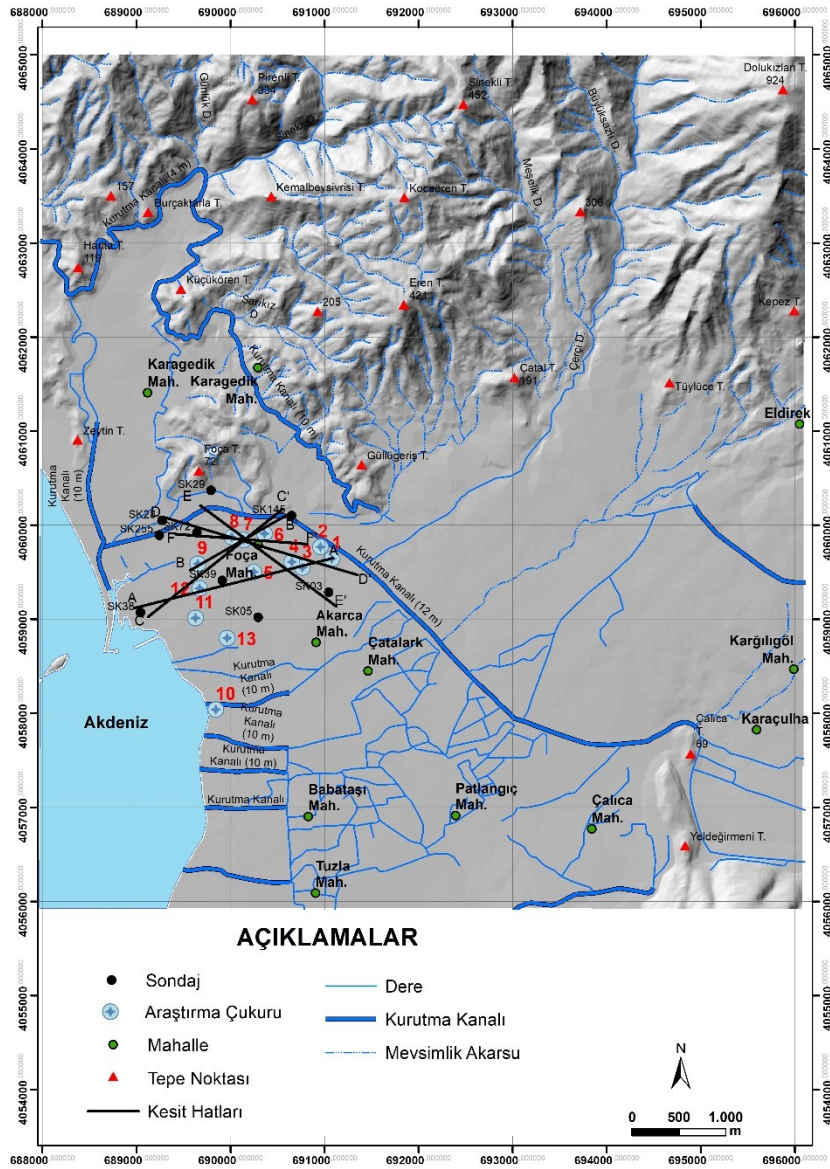
Çizelge 1. Taşkın duyarlılığını oluşturan parametrelere ait ağırlık ve etki değerleri.

Table 1. Weighting and effect values for parameters forming of flood susceptibility.

Taşkın Duyarlılık Değerlendirmesi		
Kriterler	Alt Kriterler	Etki Değerleri
Eğim (Derece) (AD:0.25)	0-2	5
	2-4	4
	4-6	3
	6-10	2
	≥10	1
Yükseklik (Metre) (AD:0.35)	0-20	5
	20-50	4
	50-150	3
	150-300	2
	≥300	1
Bakı (AD:0.05)	Düz	5
	GB	5
	G	4
	B	4
	GD	3
	KB	3
	K	2
	D	2
	KD	1
Jeoloji (AD:0.15)	Plaj Çökelleri	5
	Alüvyon	4
	Ana Kaya	1
Arazi Kullanımı (AD:0.1)	Yerleşim	5
	Sulu marjinal tarım	5
	Kuru marjinal tarım	4
	Kuru mutlak tarım	4
	Dikili zeytin	3
	Orman	2
	Diğer Alanlar	1
Akarsuya Yakınlık (Metre) (AD:0.1)	0-100	5
	100-200	4
	200-300	3
	300-400	2
	≥400	1

SONDAJ VE ARAŞTIRMA ÇUKURLARI

Geçmiş dönemlerde meydana gelmiş taşkınların araştırılması amacı ile Çerçi Deresi'ne ait akarsu kökenli çökellerin dağılımlarını ve yayılımlarını belirlemek amacıyla 13 adet 4x4x0,8 m boyutunda araştırma çukuru açılmıştır (Şekil 3). Ayrıca, birimlerin yanal ve düşeyde birbiri ile geçişlerini değerlendirmek amacıyla Şekil 3'te verilen ve çalışma alanında daha önceden yapılmış olan sondaj verilerinden de yararlanılmıştır.



Şekil 3. Sondaj ve araştırma çukurlarına ait lokasyon haritası.

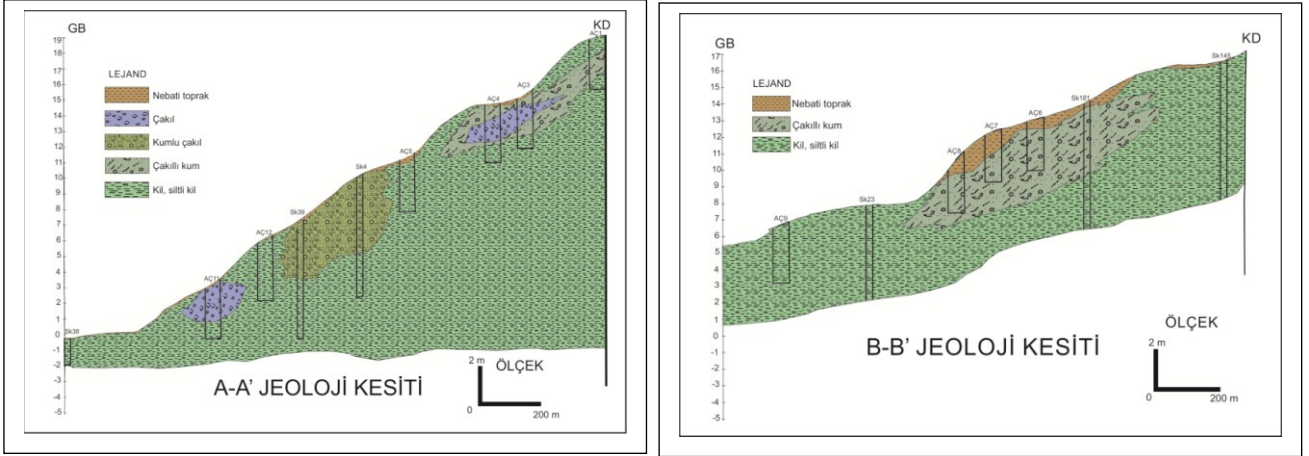
Figure 3. Location map of drilling and research trenches.

Araştırma çukurlarının kuyu kesitleri çizilerek çökellerin istif özellikleri incelenmiş, araştırma çukurlarından elde edilen bulgular ve sondaj verileri birlikte değerlendirilerek jeoloji enine kesitleri hazırlanmıştır. Enine kesit verilerine göre Çerçi Deresi'nin, çalışma alanı için geçmiş dönemlerde meydana gelmiş taşkın seviyeleri belirlenmiştir. Araştırma çukuru ve sondaj verilerinin korelasyonu sonucu elde edilen bulgulara göre çalışma alanı, eski bir akarsu yatağının özelliğini göstermekle birlikte araştırma çukurlarında ve kesitlerde görülen çakıl mercekleri Çerçi Deresi'nin daha önceki dönemlerde taşıdığını ve çeşitli alanlardan malzeme biriktirdiğinin kanıtı olabilir. Araştırma çukurlarında gözlemlenen çakıllı kum, kum, killi kum, silt ve killi birimler sondaj verileri ile birlikte değerlendirilmiş ve enine jeoloji kesitleri hazırlanmıştır. Bu kesitlerde, vadi yatağı boyunca ve ana kanaldan dökülen taşkın sularının taşkın düzlüğüne getirmiş olduğu silt, kil düzeyleri ile ince çakıl, çakıl kanal düzeyleri görülmektedir (Şekil 4).

Hem sondajlardan hem de araştırma çukurlarından elde edilen veriler ile çalışma alanına ait zemin parametreleri birlikte değerlendirilerek Çerçi Deresi'nin eski yatağına dair bulgular elde edilmiştir.

LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Araştırma çukurlarından alınan örneklerde zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesine yönelik laboratuvara getirilen numunelerin fiziksel özellikleri incelenmiş, su muhtevası, dane boyu dağılımı ve kıvam limitleri deneyleri gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarından alınan bütün numunelerde zemin sınıflaması yapılmıştır. Laboratuvar çalışmaları ile çalışma alanında ince daneli zeminlerin hakim olduğu görülmüş olup, zeminlerin plastisite indisine göre plastisite derecesi incelenmiş ve belirtilen aralıklara göre, orta plastik olarak tanımlanmıştır. Çalışma alanı zeminlerinin geneli Şekil 4'te görüldüğü gibi orta plastisiteli CL sınıfına girmektedir.



Şekil 4. Sondaj ve araştırma çukurlarına ait jeoloji enine kesitleri.

Figure 4. Geological cross sections obtained from drilling and trial pits.

HİDROLOJİK ÇALIŞMALAR

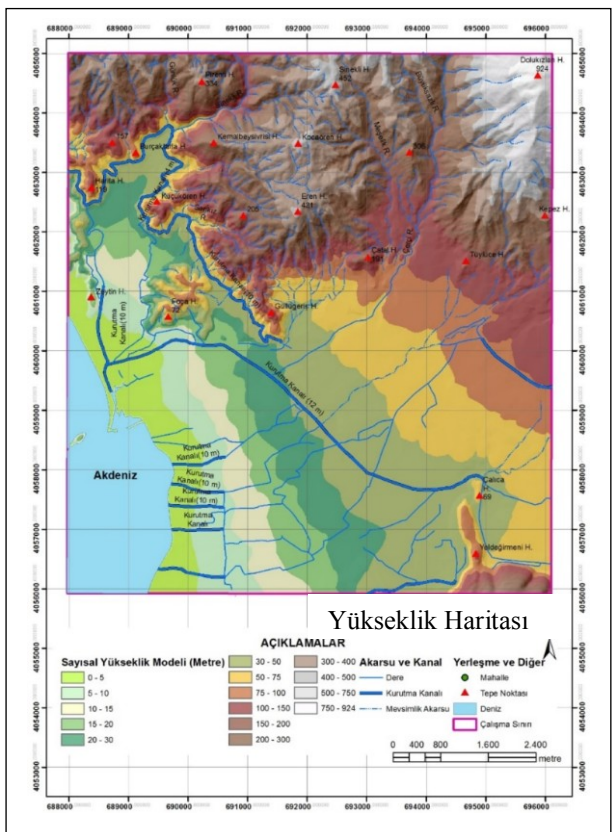
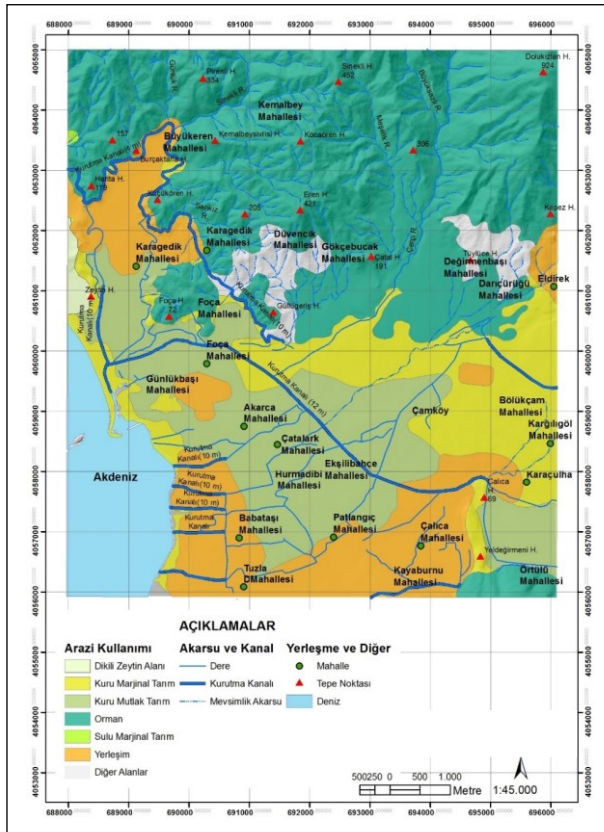
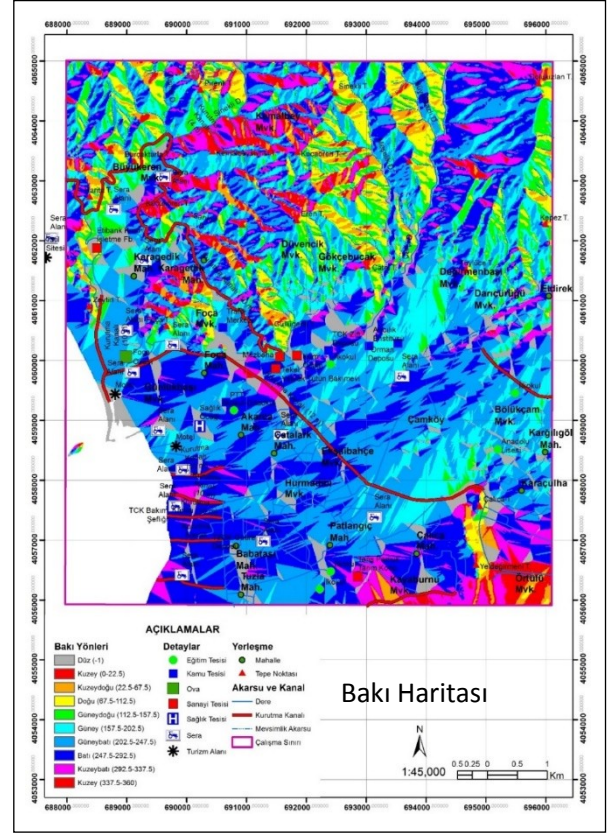
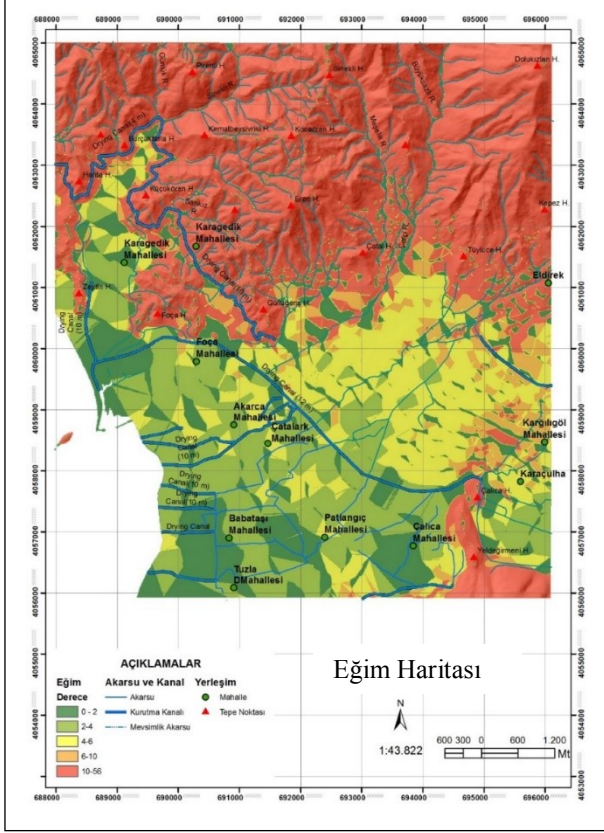
Günümüzde bazı bölgelerde derelerin taşkın sularının oluşturduğu riskleri dikkate almadan dere yataklarında yapılaşmanın olduğu görülmektedir. Yerleşimlerin bundan olumsuz etkilendiği, gelişmiş ülkelerde bile gözlenmiştir. Bu tür yanlış uygulamalar hidroloji çalışmalarının yerleşim alanlarında ve yerleşime açılacak bölgelerde dikkatle yapılması zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Geçmiş olaylarda taşkınların yaşamı nasıl olumsuz etkilediği açıkça görülmektedir. Bu nedendir ki yerleşim alanı seçiminde taşkın potansiyelinden uzaklık önem kazanmaktadır.

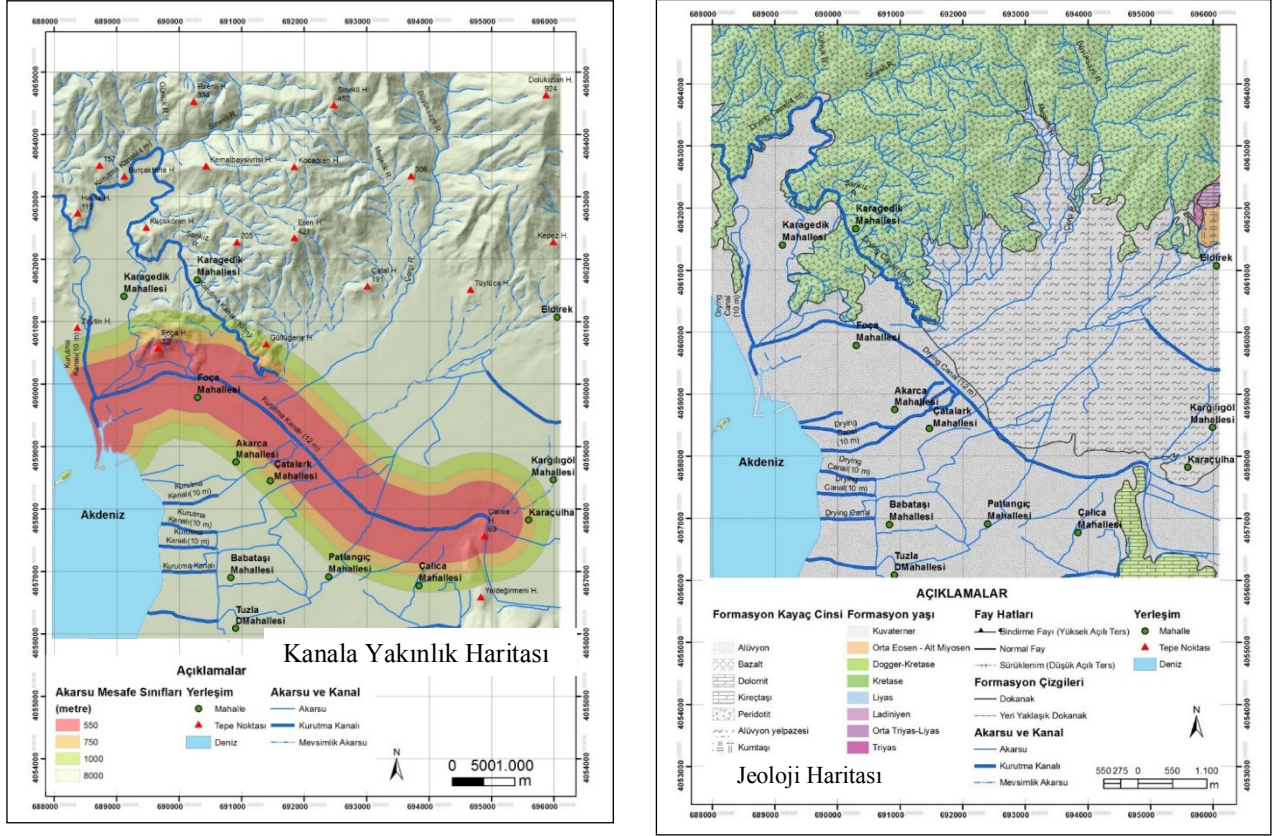
Çalışma alanını besleyen akarsular Şekil 3'te gösterilmektedir. Ovada yapılan sondajlardan elde edilen verilerle ve bölgede açılmış olan araştırma çukurlarından da görüldüğü gibi yer yer kil mercekleri gözlenmektedir. Mercekler halinde bulunan bu kil seviyeleri, basınçlı akifer koşullarının oluşmasını sağlamıştır. Kıydan uzaklaştıkça basınçlı akiferler yerlerini serbest akiferlere bırakmıştır (Karaca, 2007).

ÇERÇİ DERESİ'NİN TAŞKIN DUYARLILIK HARİTASI

Bir bölgede taşkın oluşmasında etkili olan çeşitli coğrafik kriterler (jeoloji, eğim, arazi kullanımı, akarsuya yakınlık, baki, yükseklik) bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı doğrultusunda belirlenmiş olan her bir kriter, taşkın duyarlılığı taşıyan alanların ortaya konması için ayrı ayrı haritalandırılmıştır. 1/25000 ölçekli sayısallaştırılmış (Karaca vd., 2008) topoğrafya haritasından sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuştur. Elde edilen SYM'den 10 m'ye göre örneklenmiş eğim ve baki

haritaları oluşturulmuştur. Bu çalışmada kullanılan jeoloji haritası, Karaca vd. (2008)'den alınmıştır. Bu verilere ek olarak arazi kullanımı ve akarsuya yakınlık gibi kriterlerin de analizi yapılmış (Akin Tüzgen, 2016) ve haritaları Şekil 5'te gösterilmiştir. Bu çalışma kapsamında, şehrin içinden geçen, Çerçi Deresi'nin de bağlandığı GB-KD doğrultulu olan en büyük kanal analiz için seçilmiştir.





Şekil 5. Taşkın duyarlılık kriterlerine ait oluşturulan altlık haritalar.

Figure 5. Base maps created for flood susceptibility criteria.

Çalışmanın amacı doğrultusunda belirlenmiş olan kriterler ve bu kriterlerin her bir alt kriteri, taşkın duyarlılığı bakımından ağırlık ve etki değerleri verilerek puanlandırılmıştır. Taşkına maruz kalacak alanların belirlenmesi amacı ile bütün kriterlere ait verilen puanlamalar sonucu ve her bir kriterle ait oluşturulan haritaların çakıştırılması sonucu duyarlı alanlar belirlenmiştir. Çalışma alanı, taşkına duyarlı alanlarının sorgulanması bakımından çok yüksek (5), yüksek (4), orta (3), az (2) ve çok az duyarlı (1) olarak haritalandırılmıştır.

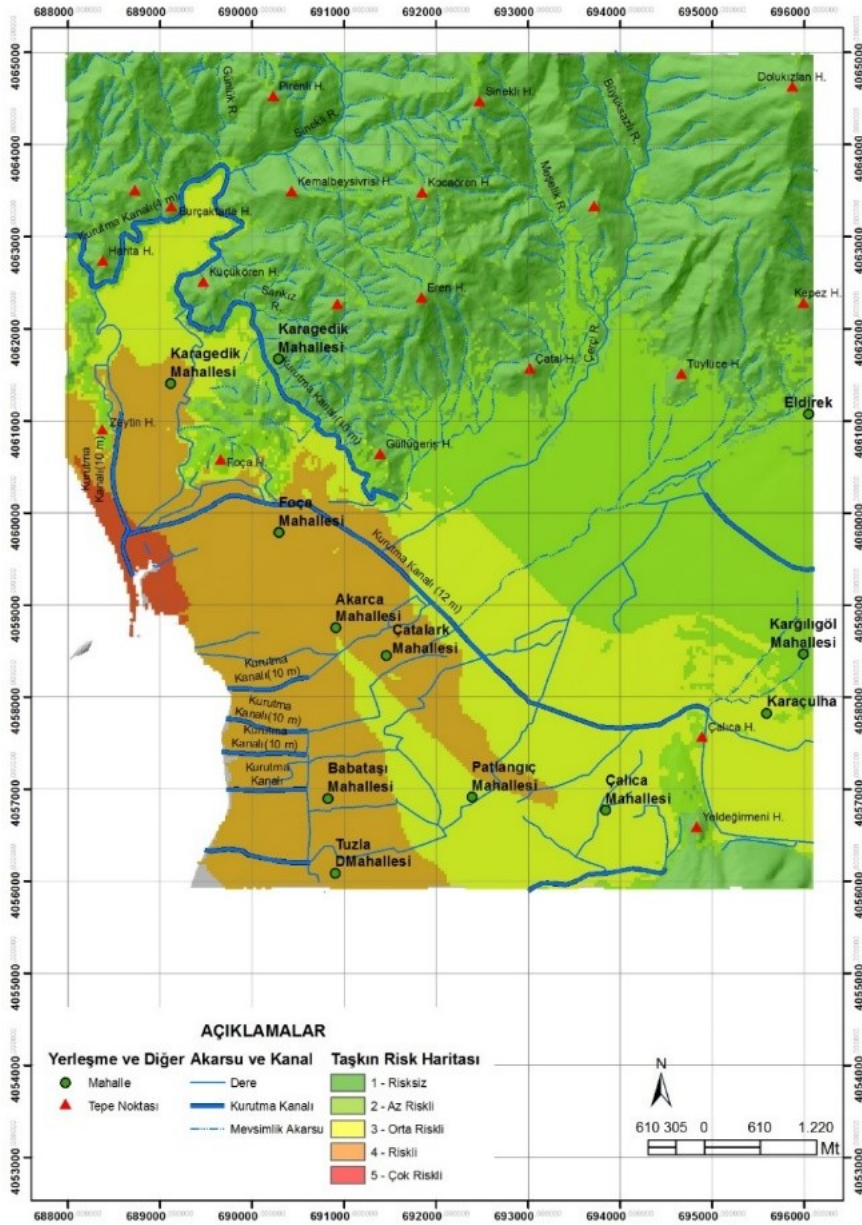
Ağırlık değerleri verilen her bir kriter için puanlama sistemi uygulanarak ArcGIS 10 programının alt modülleri ile çakıştırma işlemi yapılmıştır. Çakıştırma işleminden sonra meydana gelen haritadan alan hesaplamaları yapılmış ve duyarlılık derecelerine göre yüzde oranları hesaplanmıştır.

Oluşturulan taşkın duyarlılık haritasına göre Çizelge 2'de çalışma alanının %17.64'ü taşkın açısından riskli alanlar içerisinde yer almaktadır. Şekil 6'da da görüldüğü gibi taşkına çok yüksek duyarlı alanlar çalışma alanının GB'sindeki yerleşim alanlarını içermektedir. Çalışma alanında 35,39 km² tarım arazisi ve yerleşim alanı bulunmaktadır. Olası bir taşkın afetinde tarım alanlarındaki yüksek tehdit de göz ardı edilmemelidir.

Çizelge 2. Taşkın duyarlılık değerleri ve yüzde dağılımları.

Table 2. Flood susceptibility values and percentage distributions.

Risk Faktörü	Alan (km ²)	Alan %
Çok riskli	0.67	1
Riskli	12	17.64
Orta riskli	14.21	20.90
Az riskli	15.53	22.82
Risksiz	25.64	37.67



Şekil 6. Taşkın duyarlılık haritası.

Figure 6. Flood susceptibility map.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanında açılmış araştırma çukurları ve önceki sondaj verileri kullanılarak hazırlanan sütun ve enine kesitlerde zemin profilleri ortaya konulmuştur. Buradan elde edilen bulgulara göre çalışma alanı, eski bir akarsu yatağının özelliğini göstermekle birlikte araştırma çukurlarında ve kesitlerde görülen çakıl mercekleri Çerçi Deresi'nin daha önceki dönemlerde taşıdığı ve çeşitli alanlardan malzeme biriktirdiğinin kanıtı olabilir. Ayrıca bu kesitlerde, vadi yatağı boyunca ve ana kanaldan dökülen taşkın sularının taşkın düzlüğüne getirmiş olduğu silt, kil düzeyleri ile ince çakıl, çakıl kanal düzeyleri görülmektedir.

Laboratuvar çalışmaları ile zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi için alınan numunelerin su muhtevası, dane boyu dağılımı ve kıvam limitleri deneyleri yapılarak zemin sınıfları belirlenmiştir. Laboratuvar çalışmaları ile çalışma alanında ince taneli zeminlerin hakim olduğu görülmüş olup, zeminlerin plastisite indisine göre plastisite derecesi incelenmiş ve orta plastik olarak tanımlanmıştır. Çalışma alanındaki zeminlerin geneli orta plastisiteli kil (CL) sınıfına girmektedir.

Bu çalışmada, Çerçi ve Murt Deresi'nin taşkınları incelenmiş ve taşkın duyarlılık analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda taşkın duyarlılığı taşıyan alanların belirlenmesi, CBS tekniklerinden faydalanılarak gerçekleştirilmiş olup çalışma alanının jeoloji, yükseklik, eğim, bakı, arazi kullanımı, akarsuya yakınlık gibi parametreler, duyarlılık haritasına etki edecek kriterler olarak seçilmiştir. Her bir kriter, taşkın duyarlılığı açısından ağırlık değerleri verilmiştir. Bu kriterlere ait alt kriterler ise taşkın duyarlı alanların oluşturulması açısından uzman kişilerin de görüşleri alınarak 5 (çok yüksek), 4 (yüksek), 3 (orta), 2 (az), 1 (çok az) olmak üzere puanlandırılmıştır. CBS ile bütün kriterlere ait oluşturulmuş olan haritalar üst üste karşılaştırılarak taşkın oluşturabilecek alanların duyarlılık analizi yapılmış ve Çerçi Deresi'nin boşalmış olduğu ıslah kanalını da kapsayan taşkın duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan taşkın duyarlılık haritasına göre çalışma alanının %17,64'ü riskli sınıf içerisinde kalmakta olup 12 km²'lik bir alanı kapsamaktadır.

Çalışma alanının büyük bir bölümü yerleşim ve tarım alanlarını kapsamaktadır. Elde edilen duyarlılık haritasına göre Çerçi Deresi'nin döküldüğü kanalda, meydana

gelebilecek olası taşkınlarda yerleşim alanlarının ve tarım arazilerinin önemli ölçüde etkilenebileceği görülmektedir. Bu çalışma kapsamında, şehrin içinden geçen, GB-KD doğrultulu olan en büyük kanal analiz için seçilmiştir. Ancak yeni bir çalışma şehrin içindeki diğer kanallarla birlikte şehir merkezine akan dereleri de kapsayacak şekilde genişletilerek yapılmalıdır.

Yapılan analizler ve çalışmalar sonucunda taşkın duyarlılığı yüksek olan alanlarda olası taşkın afeti bölgede büyük tahribata sebep olabilecektir. Bu sebeple taşkın riski yüksek alanlarda yapılaşma kontrol altına alınmalı, şehirde bundan sonra gerçekleşecek yapılaşmada bunlar göz önünde bulundurulmalıdır.

Taşkın duyarlılığı yüksek olan alanlarda alt yapı standartları ile ilgili bütün düzenlemeler dikkatli bir şekilde uygulanmalıdır. Mevcutta devam eden dere ıslah çalışmaları bölgede olası taşkın duyarlılığını minimize etmek için oldukça önemli bir önleyici faaliyet olup ayrıca taşkın koruma çalışmalarına gerekli önem gösterilmelidir.

Bu çalışmada da kullanılan CBS'nin, özellikle çoklu kriterler kullanılarak yapılan çalışmalarda oldukça yararlı olduğu görülmüştür. Konumsal analiz teknikleri ile haritalama, yerel seviyelerde uygulanabilecek duyarlılık ve risk durumlarını gösterme konusunda gelişmiş yöntemler sunar. CBS mekansal verilerin türetilmesi, entegrasyonu ve analizi sürecinde etkin rol oynamaktadır. Önceki çalışmalarda olduğu gibi (Vatalis ve Manoliadis, 2002; Kontos vd., 2005; Şener vd., 2006; Sinha vd., 2008; Şener vd., 2010; Sözer vd., 2019) özellikle büyük miktarlarda farklı verilerin eşzamanlı değerlendirilmesi ve duyarlılık haritalarının hazırlanmasında güçlü bir araç olduğunu bu araştırmada da göstermiştir. Ancak CBS-ÇKKV yöntemi, doğal afet analizinde ve haritalanmasında yaygın olarak kullanılmasına rağmen, yöntemin bazı sınırlayıcı özellikleri de vardır. Yöntemin dezavantajlarından biri, kriter seçiminin uzmanların görüş ve kararları ile bağlantılı olmasıdır (Chang vd., 2008).

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, ilk yazarın "Çerçi Deresi (Fethiye-Muğla) Paleotaşkınlarının Belirlenmesi ve Taşkın Risk Alanlarının CBS Kullanılarak Haritalanması" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiş ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma

Projeleri Komisyonu Başkanlığı (BAP) tarafından 2012/047 no'lu proje ile desteklenmiştir. Bu çalışmaya başından sonuna kadar bilgi ve tecrübesiyle katkı sağlayan Mustafa BOZCU'ya (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi) ve ayrıca desteklerinden dolayı Erdem Yer Bilimleri'ne (Fethiye) teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akar, I. ve Maktav, D., 2008. Taşkın araştırmalarında çok kriterli karar verme analizi ve hidrolojik modellemelerin uzaktan algılama ve CBS entegrasyonu ile karşılaştırılması. 2. Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu, Kayseri, Türkiye.
- Akın Tüzgen, G., 2016. Çerçi Deresi (Fethiye-Muğla) Taşkın Duyarlılık Alanlarının Çok Kriterli Karar Verme Analizi ve CBS Kullanılarak Haritalanması. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale (yayımlanmamış).
- Arca, D., 2012. Afet yönetiminde coğrafi bilgi sistemi ve uzaktan algılama. *Karaelmas Sci. Eng. J.*, 2(2), 53–61.
- Chang, N., Parvathinathan, G. ve Breeden, J., 2008. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. *J. Environ. Manag.*, 87(1), 139–153.
- Chen, H., Ito, Y., Sawamukai, M. ve Tokunaga, T., 2015. Flood hazard assessment in the Kujukuri plain of Chiba prefecture, Japan, based on GIS and multicriteria decision analysis. *Nat. Hazards*, 78(1), 105–120.
- Davraz, A., Karagüzel, R. ve Soyaslan, İ. İ., 2003. The importance of hydrogeological and hydrological investigations in the residential area: a case study in Burdur, Turkey. *Environmental Geology*, Springer, 44(7), 852-861.
- Dölek, İ., 2015. Sungu beldesi ve yakın çevresinde (Muş) sel ve taşkına duyarlı alanların belirlenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 31, 258-280.
- Dölek, İ. ve Avcı, V., 2017. Muş ilinin sel ve taşkın duyarlılık haritalarının oluşturulması. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(44), 190-204.
- Elsheikh, R.F.A., Ouerghi, S. ve Elhag, A.R., 2015. Flood risk map based on GIS, and multi criteria techniques (case study terengganu malaysia). *Journal of Geographic Information System*, 7, 348-357.
- Ersoy, Ş., 2013. Afet Raporu Dünya ve Türkiye, Yıldız Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi, İstanbul.

- Fernandez, D.S. ve Lutz, M.A., 2010. Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. *Eng. Geol.*, 90–98.
- Kandilioti, G. ve Makropoulos, C., 2012. Preliminary flood risk assessment: the case of Athens. *Nat. Hazards*, 61(2), 441–468.
- Karaca, Ö., 2007. Fethiye Yerleşim Alanı Zeminlerinin Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Jeoteknik Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Haritalanması. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye.
- Karaca, Ö., Karagüzel, R. ve Ertunç, A., 2008. Uzaktan algılama yöntemi kullanılarak Fethiye ve çevresinin jeolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri*, 20(1), 52-61.
- Khan, S.I., Hong, Y., Wang, J., Yilmaz, K.K., Gourley, J. J., Adler, R. F., Brakenridge, G.R., Policelli, F., Habib, S. ve Irwin, D., 2011. Satellite remote sensing and hydrologic modeling for flood inundation mapping in Lake Victoria basin: implications for hydrologic prediction in ungauged basins. *IEEE Trans. Geosci.Remote Sens.*, 49, 85–95.
- Kirmencioğlu, B., 2015. Türkiye’de Dere Yataklarına Müdahalelerin Taşkınlar Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi, Uzmanlık Tezi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, 146.
- Kontos, T.D., Komilis, D.P. ve Halvadakis, C.P., 2005. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. *Waste Management*, 25, 818–832.
- Korah, P.I. ve Lopez, F.M.J., 2015. Mapping flood vulnerable areas in Quetzaltenango Guatemala using GIS. *Journal of Environment and Earth Science*, 5(6), 132–143.
- Malczewski, J., 1999. *GIS And Multicriteria Decision Analysis*, Wiley, New York.
- Malczewski, J., 2004. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Prog. Plan.*, 62(1), 3–65.
- MGM, 2021. Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü sayfası, <http://www1.mgm.gov.tr/arastirma/dogal-afetler.aspx?s=taskinlar>, 19 Şubat 2021’de ulaşılmıştır.
- Minea, G., 2013. Assessment of the flash flood potential of Basca river catchment (Romania) based on physiographic factors. *Cent. Eur. J. Geosci.*, 5, 344-353.

- Oğuz, K., Oğuz, E. ve Coşkun, M., 2016. Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Taşkın Risk Alanlarının Belirlenmesi: Artvin İli Örneği, 4. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 21-24 Kasım 2016, Rize, Türkiye.
- Onuşluel, G. ve Harmancıoğlu, N.B., 2002. Su Kaynaklı Doğal Afet: Taşkın. Türkiye Mühendislik Haberleri, 420–421-422, 131–132.
- Özcan, O., Musaoğlu, N. ve Seker, D. Z., 2009. Taşkın Alanlarının CBS ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi ve Risk Yönetimi; Sakarya Havzası Örneği. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 11-15 Mayıs 2009, Ankara.
- Özdemir, H., 2008. Havran Çayı'nın (Balıkesir) taşkın sıklık analizinde Gumbel ve log Pearson tip III dağılımlarının karşılaştırılması. Coğrafi Bilimler Dergisi, 6(1), 41-52.
- Özşahin, E. ve Kaymaz, Ç.K., 2013. Taşkın riskinin değerlendirmesine bir örnek: Amik Ovası taşkınları. Turkish studies-International periodical for the languages, literature and history of Turkish or Turkic, 8(8), 2021-2039.
- Pradhan, B., 2009. Flood susceptible mapping and risk area delineation using logistic regression, GIS and remote sensing. J. Spat. Hydrol., 9(2), 1–18.
- Poussin, J.K., Botzen, W. J. W. ve Aerts, J.C.J.H., 2014. Factors of influence on flood damage mitigation behavior by households. Environ. Sci. Policy, 40, 69-77.
- Pouralli, S.H., Arrowsmith, C., Chrisman, N., Matkan, A.A. ve Mitchell, D., 2016. Topography Wetness Index Application in Flood-Risk-Based Land Use Planning. Appl. Spatial Analysis, 9,39–54.
- Rahmati, O., Samani, A. N., Mahdavi, M., Pourghasemi, H. R. ve Zeinivand, H., 2015. Groundwater potential mapping at Kurdistan region of Iran using analytic hierarchy process and GIS. Arab. J. Geosci., 8, 7059–7071.
- Rahmati, O., Zeinivand, H. ve Besharat, B., 2016. Flood hazard zoning in Yasooj region, Iran, using GIS and multi-criteria decision analysis. Geomat. Nat. Haz. Risk, 7(3), 1000–1017.
- Selçuk, L., Selçuk, A. S. ve Kasapoğlu, D., 2016. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çok kriterli karar analizi (ÇKKA) kullanılarak, Van ili merkez ilçelerinin kentsel taşkın duyarlılık değerlendirmesi. Yerbilimleri Dergisi, 37(1), 1–18.
- Shi, P.J., Yuan, Y., Zheng, J., Wang, J.A., Ge, T. ve Qiu, G.Y., 2007. The effect of land use/cover change on surface runoff in Shenzhen Region, China. Catena, 69(1), 31-35.

- Sinha, R.G.V. Bapalu, G.V., Singh, L.K. ve Rath, B., 2008. "Flood risk analysis in the Kosi River Basin, North Bihar using multi-parametric approach of AHP. *Indian Journal of Remote Sensing*, 36, 293-307.
- Sözer, B., Kocaman, S., Nefeslioğlu, H.A., Fırat, O. ve Gökçeoğlu, C., 2019. Değiştirilmiş AHP (M-AHP) yöntemi kullanılarak Ankara için taşkın duyarlılık haritası üretimi. *Harita Dergisi*, 162, 12-24.
- Stefanidis, S. ve Stathis, D., 2013. Assessment of flood hazard based on natural and anthropogenic factors using analytic hierarchy process (AHP). *Nat. Hazards*, 68, 569–585.
- Sunkar, M. ve Tonbul, S., 2010. İluh Deresi Havzası'na (Batman) yönelik sel ve taşkın riski analizleri. *NWSA: Nature Sciences*, 5(4), 255–273.
- Şener, B., Süzen, M.L. ve Doyuran, V., 2006. Landfill site selection by using geographic information system. *Environmental Geology*, 49(3), 376–388.
- Şener, Ş., Şener, E., Nas, B. ve Karagüzel, R., 2010. Combining AHP with GIS for landfill site selection: a case study in the Lake Beyşehir catchment area (Konya, Turkey). *Waste Manag.*, 30(11), 2037–2046.
- Sunkar, M. ve Avcı, V., 2015. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama (UA) ile Hasret Dağı ve çevresinin (Elazığ) erozyon duyarlılık analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3(1), 17-40.
- Sunkar, M. ve Avcı, V., 2016. Şepker Çayı Aşağı Havzası'nın (Adıyaman Batısı) heyelan duyarlılık analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26 (2), 13-43.
- Tehrany, M.S., Lee, M.J., Pradhan, B., Jebur. M.N. ve Lee, S., 2014. Flood susceptibility mapping using integrated bivariate and multivariate statistical models. *Environ. Earth Sci.*, 72(10), 4001–4015.
- Tiryaki, M. ve Karaca, Ö., 2018. Flood susceptibility mapping using GIS and multicriteria decision analysis: Sarıca-Çanakkale (Turkey). *Arabian Journal of Geosciences*, 11(14), 364.
- Tonbul, S. ve Sunkar, M., 2010. Paleotaşkın Araştırma Yöntemleri ve Batman'da Yapılan Paleotaşkın Çalışmaları. *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, Afyon, Türkiye*, 28–37.
- Turoğlu, H., 2005. Bartın'da Meydana Gelen Sel ve Taşkınlara Ait Zarar Azaltma ve Önleme Önerileri. *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu, 2-5 Haziran 2005, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.

- Turoğlu, H. ve Dölek, İ., 2011. Doğu Karadenizde taşkın alanlarının CBS yardımıyla belirlenmesi ve risk yönetimi: Bolaman Çayı Havzası örneği. *RJAS*, 43(4), 167–173.
- Uddin, K., Gurung, D.R., Giriraj, A. ve Shrestha, B., 2013. Application of remote sensing and GIS for flood hazard management: a case study from Sindh province, Pakistan. *Am. J. Geogr. Inf. Syst.*, 2 (1), 1–5.
- Vatalis, K. ve Manoliadis, O., 2002. .A two-level multicriteria DSS for landfill site selection using GIS: case study in Western Macedonia, Greece. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 6, (1), 49–56.
- Yang, X.L., Ding, J.H. ve Hou, H., 2013. Application of a triangular fuzzy AHP approach for flood risk evaluation and response measures analysis. *Nat. Hazards*, 68, 657–674.
- Yüksel, A. ve Avcı, V., 2015. Ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile Vahkin Çayı (Bingöl) Havzası'nda erozyon durumunun belirlenmesi. *JAFAG*, 32(2),116-128.