



## Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknikleri Kullanılarak Taşkın Risk Potansiyelinin Değerlendirilmesi: Afyonkarahisar Çay Deresi Havzası

Emin Taş<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye.

Öne Çıkan Sonuçlar:

- Taşkın risk haritası
- Havza karakteristikleri
- CBS altlığı

Yazışma yazarı:

Emin TAŞ, emin-  
tas@aku.edu.tr

Referans:

Taş, E., (2018), Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknikleri Kullanılarak Taşkın Risk Potansiyelinin Değerlendirilmesi: Afyonkarahisar Çay Deresi Havzası, İklim Değişikliği ve Çevre, 3, (1) 68-74,

Makale Gönderimi : 18 TEMMUZ 2018  
Online Kabul : 8 AĞUSTOS 2018  
Online Basım : 15 AĞUSTOS 2018

**Özet** İklim değişikliğinden dolayı taşkınların sayısında ve şiddetinde büyük artışlar gözlenmektedir. Taşkınlar büyük miktarda can ve mal kaybına sebep olabildikleri için, taşkın yönetimi su kaynakları yönetiminin çok önemli bir unsurudur. Avrupa Birliği (AB) Taşkın Direktifinde ifade edildiği gibi taşkın yönetiminin risk haritaları temelinde yürütülmesi gerektiği WMO (World Meteorological Organization) ve FEMA (Federal Emergency Management Agency-Amerika Birleşik Devletleri) tarafından da belirtilmiştir. AB uyum süreci kapsamında da ülkemiz için taşkın risk haritalarının elde edilmesi büyük önem kazanmaktadır. Bu bağlamda çalışmada birçok coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknikleri kullanılarak ağırlıklı çakıştırma analizi ile Afyonkarahisar Çay deresi havzasında taşkın riski taşıyan alanlar modellenmiş ve tahmin edilmiştir. Taşkın risk haritalamasında yükseklik, eğim, bakı, alt havza durumu, yağış, toprak tipi, arazi örtüsü, yeraltı suyu seviyesi (YASS), nehir ağına yakınlık, drenaj ve nüfus yoğunlukları etkili faktörleri kullanılmıştır. Çoklu-kriter değerlendirmesi temelinde kriter değişkenlerin ağırlıklandırılması ile faktör katmanların çakıştırma analizi gerçekleştirilmiştir. Taşkın risk planlaması için bir etüt olan bu çalışmada, havzanın taşkın risk haritasının oluşturulması ile taşkın zararlarının önlenmesi ve/veya azaltılması için çeşitli öneriler sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** CBS, konumsal analiz, taşkın riski

## Evaluation of Flood Risk Potential Using Geographical Information Systems Techniques: A Case Study of Afyonkarahisar Cay Stream Watershed

**Abstract** Due to climate change, large increases in the number and severity of floods are observed. Flood management is a crucial element in the management of water resources, as floods can cause massive loss of life and property. It is also specified by WMO (World Meteorological Organization) and FEMA (Federal Emergency Management Agency-United States of America) that flood management should be carried out on the basis of risk maps as stated in the European Union (EU) Flood Directive. Within the context of the EU harmonization process, preparing flood risk maps for our country is of great importance. In this context, the flood prone areas in Afyonkarahisar Cay stream watershed are modeled and estimated by weighted overlay analysis using many geographical information systems (GIS) techniques. In flood risk mapping, effective factors such as elevation, slope, aspect, sub-watersheds, precipitation, soil type, land cover, groundwater level, proximity to river network, drainage and population densities are used. On the basis of multi-criteria evaluation, the overlay analysis of the factor layers is performed by weighting of the criterion variables. In this paper, which is a prestudy for flood risk planning, various suggestions are presented to prevent and/or mitigate flood damages by creating flood risk map of the watershed.

**Keywords:** GIS, spatial analysis, flood risk

## 1. Giriş

Bir nehir yatağındaki mevcut su miktarının, havzaya normalden fazla yağmur yağması veya havzada mevcut kar örtüsünün erimesinden dolayı hızla artması ve yatak çevresinde yaşayan canlılara, arazilere, mal ve mülke zarar vermesi olayına taşkın denmektedir. Uzun süreli aşırı ve şiddetli yağışlardan sonra özellikle fazla eğimli ve geçirimsiz topraklarda taşkın olayı meydana gelmektedir. Ayrıca kar yağışının da yoğun olarak yağdığı havzalarda ısının birden bire artması sonucu kar örtüsünün erimesi de taşkınlara yol açabilmekte ve taşkın debilerine etkilmektedir. Her iki etkenin beraber meydana gelmesi ve yan kollardaki suyun aynı anda yükselmesi en tehlikeli taşkınları oluşturmaktadır (URL1). İklim değişikliğinden dolayı hidro-meteorolojik doğal afetlerin sayısında ve şiddetinde büyük artışlar gözlenmektedir. Bu bağlamda taşkın yönetiminin ne kadar önemli olduğu açıktır. Taşkın yönetimi; taşkın afetinin öncesi, esnası ve sonrası faaliyetlerini kapsamaktadır. Taşkın yönetiminde taşkın öncesi faaliyetler en önemli kısımdır. Taşkın yayılım, derinlik, akım hızı, risk ve zarar haritalarının elde edilerek karar vericilerin uygun kararlar alması ve toplumun bilgilendirilmesi de bu kısımda yer alan faaliyetlerdir. Taşkın risk potansiyelinin değerlendirilmesi için hidrolik/hidrodinamik modeller yardımıyla detaylı analizlerle taşkın risk haritalarının türetilmesi gerekmektedir. Bu amaçla detaylı taşkın risk analizi gerçekleştirilecek alanların tespitinde özellikle CBS tekniklerini kullanan -iş yükü, zaman ve maliyet açısından avantajlı- ön inceleme çalışmaları büyük önem kazanmaktadır.

Literatürde özellikle son zamanlarda -CBS'nin hidroloji biliminde kullanımının yaygınlaşmasıyla doğru orantılı bir biçimde- CBS teknikleri kullanan taşkın risk değerlendirmesiyle ilgili olarak yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Fernandez ve Lutz (2010) Arjantin'de veriye kıt olan bir kentsel bölge için CBS ve çok kriterli karar verme analizi ile taşkın tehlike değerlendirmesi yapmışlardır. Belirsizlik ve hassasiyet analizi ile drenaj kanallarına uzaklık, yükseklik, eğim, YASS ve arazi örtüsü parametrelerini incelemişler ve lineer ağırlıklı kombinasyonla taşkın tehlike haritasını elde etmişlerdir. Eğimin düşük olduğu ova alanlarında tehlikenin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Tehran vd. (2014) Malezya'da taşkın hassaslık haritasını özgün bir ensemble ağırlıklılandırma yöntemiyle oluşturmuşlar ve taşkın önleme stratejilerinde yardımcı olacağını ifade etmişlerdir. Taşkın oluşumu ile korelasyon değerlendirmesi yaptıkları eğim, akarsu gücü ve topoğrafik nem indeksleri, yükseklik, eğrilik, nehre uzaklık, jeoloji, yağış, arazi örtüsü ve zemin cinsi faktörlerini kullanmışlardır. Xiao vd. (2017) Çin'de CBS, bulanık analitik hiyerarşi prosesi ve ağırlıklı ortalama yöntemini içeren çok kriterli analiz çerçevesinde taşkına yatkın alanları araştırmışlardır. Değerlendirme kriterleri olarak topoğrafik, hidrolojik ve taşkın direnç karakteristikleri seçilmiş, daha sonra kriterlere ekonomik ölçüt ve nüfus yoğunluğu entegre edilerek taşkın risk analizi gerçekleştirilmiştir. Bunların dışında dünyanın çeşitli yerleri için uygulanmış bazı taşkın risk araştırmaları da örnek olarak verilebilir (Tran vd., 2009; Adiat vd., 2012; Nkeki vd., 2013; Ouma ve Tateishi, 2014; Rahmati vd., 2015; Tas, 2016a).

Bu çalışmada taşkın risk haritalaması ile taşkın zararlarının önlenmesi ve/veya azaltılması için çeşitli öneriler sunulması amaçlanmıştır. AB uyum süreci kapsamında ülkemiz için taşkın risk haritalarının elde edilmesi bakımından da bu çalışma önemlidir. Bu kapsamda Afyonkarahisar Çay deresi havzasında birçok CBS teknikleri kullanılarak ağırlıklı çakıştırma analizi (weighted overlay analysis) ile taşkın risk taşıyan alanlar modellenmiş ve tahmin edilmiştir. CBS ortamında taşkın risk haritalamasında yükseklik, eğim, baki, alt havza durumu, yağış, toprak tipi, arazi örtüsü, YASS, nehir ağına yakınlık, drenaj ve nüfus yoğunlukları konumsal katmanları kullanılmıştır. Çok ölçütlü değerlendirme temelinde kriter değişkenlerin ağırlıklılandırılması ile faktör katmanların çakıştırma analizi gerçekleştirilmiş ve taşkın risk katmanı türetilmiştir.

## 2. Veri ve Çalışma Alanı

Bu çalışmada birçok konumsal veri ve CBS teknikleri kullanılarak ağırlıklı çakıştırma analizi ile Afyonkarahisar Çay deresi havzasının taşkın risk haritası oluşturulmuştur.

### 2.1 Konumsal veriler

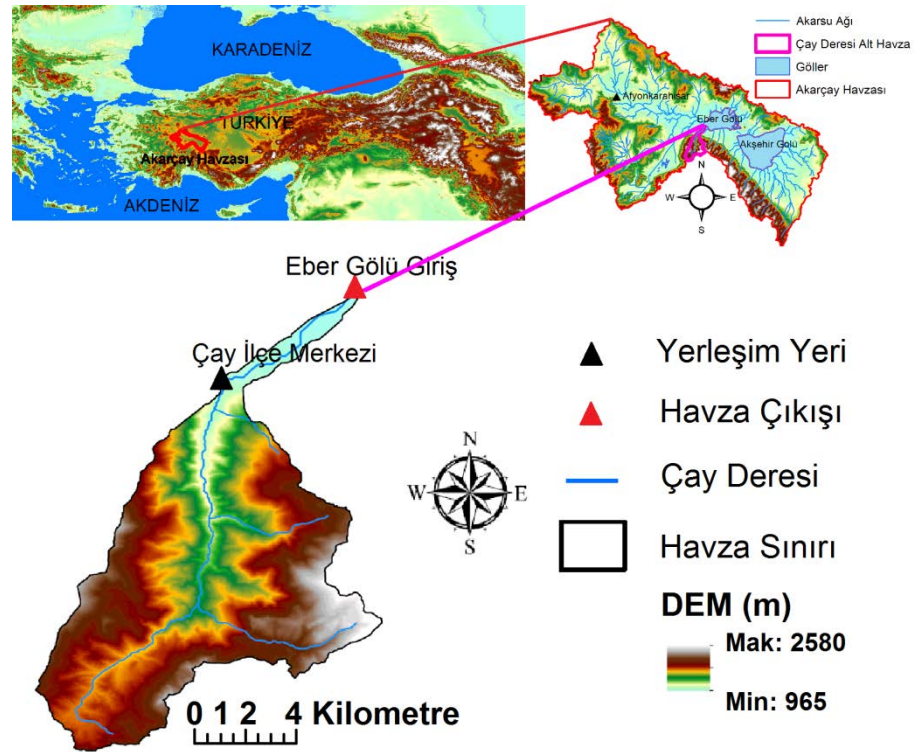
Yükseklik, eğim, baki, alt havza durumu, yağış, toprak tipi, arazi örtüsü, YASS, nehir ağına yakınlık, drenaj ve nüfus yoğunlukları taşkın risk haritalaması için bu çalışmada kullanılan konumsal girdi katmanlarıdır. Kriter değişkenler hidrolojik çevrim süreçlerini etkileyen en önemli unsurlardan seçilmiştir. Değişkenler havzanın topoğrafik, jeomorfolojik, meteorolojik, hidrolojik, jeolojik ve antropojenik karakteristiklerini temsil etmektedir.

Sayısal yükseklik modeli (DEM) olarak Harita Genel Komutanlığından temin edilen 1/25000 ölçekli sayısal topoğrafik haritadan türetilen çözünürlüğü yaklaşık 10 m olan yükseklik verisi kullanılmıştır. Bir kısım verilerin DEM verisinden türetilmesi söz konusu olduğu için DEM verisinin doğruluğu, güvenilirliği ve hassasiyeti önemlidir. DEM üzerinde konumsal hidroloji analizleri ile havza çıkışı noktası Eber Gölü olacak şekilde havza sınırı belirlenmiş, DEM havza sınırı ile kestirilmiş, nehir ağı elde edilmiş ve alt havzalar çizdirilmiştir. Bütün katmanlar Çay deresi havza sınırları ile sınırlandırılmıştır. Daha sonra

raster yüzey analizleri ile çalışma alanının eğim ve bakı durumu -solar radyasyon ve kar erime miktarı açısından- DEM verisinden türetilmiş, arazi örtüsü katmanı -yüzeysel akış açısından- Avrupa Çevre Ajansı (EEA) CORINE 2006 veri tabanından (URL3) alınmıştır. Çay deresi havzası alansal yağış katmanı oluşturulurken, daha hassas sonuç almak için Akarçay havzası ve sınırı yakınındaki 26 yağış gözlem istasyonunun ortalama yıllık toplam yağış verileri Spline enterpolasyon yöntemi ile kullanılmıştır. Yağış verileri MGM ve DSİ'nden alınmıştır. Havzanın toprak tipi katmanı olarak sızmanın modele dahil edilmesi için hidrolojik toprak grubu (HTG) kullanılmıştır. HTG katmanı, USDA Soil Conservation Service (1986) raporuna göre zemin türüne ve sızma miktarına göre oluşturulmuştur. Zeminin kil, kum ve silt oranları SoilGrids veri tabanından (URL4) alınmıştır. USDA Soil Conservation Service (1986) çalışmasına göre killi ve geçirimsiz kayalık zeminler HTG D sınıfına (sızma hızı: <0,05 inç/sa), orta geçirimli kumlu kil zeminler HTG C sınıfına (sızma hızı: 0,05-0,15 inç/sa) ve geçirimsizliği iyi sayılabilecek siltli zeminler HTG B sınıfına (sızma hızı: 0,15-0,30 inç/sa) girmektedir. HTG A sınıfına giren kumlu zeminlerde (sızma hızı: >0,30 inç/sa) geçirimsizlik çok yüksektir. Noktasal arazi sondaj ve kuyu verilerinin enterpolasyonu ile elde edilmiş YASS katmanı, DSİ'nden sağlanmıştır. Yüzeiden 10 m ve daha az derinlikte olan YASS dikkate alınmıştır. Nehir ağına yakınlık katmanı 0,25; 0,5; 1; 2 ve 5 km mesafeleri için oluşturulmuştur. Drenaj uzunluğunun havza alanına oranı olarak ifade edilen drenaj yoğunluğu katmanı Kernel yoğunluk fonksiyonu ile türetilmiştir. Nüfus yoğunluğu ise Çay ilçe merkezi sınırları bazında oluşturulmuştur. Nüfus verisi 2017 yılına ait olup Türkiye İstatistik Kurumundan temin edilmiştir.

## 2.2 Uygulama havzası

Su ayırım çizgileriyle sınırlanmış en küçük doğal birimler olan nehir havzalarının bir sistem olarak ele alınması ve su kaynakları planlama ve yönetimi çalışmalarının nehir havzaları bazında gerçekleştirilmesi daha uygun olmaktadır. Bu açıdan çalışma alanı olarak İç Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgeleri arasında kapalı bir havza olan Akarçay havzasının küçük bir alt havzası olan Çay deresi havzası (Şekil 1) seçilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı coğrafi konumu.

Havza nispeten dağlık ve kar erimesinin etkili olduğu bir akım rejimine sahiptir. Güneyde Sultan Dağları ile sınırlanmış, havza çıkışı Eber Gölü olan Çay deresi havzasında yamaç yağışı da etkilidir ve havza yağış bakımından Akarçay havzasının en zengin alt havzalarından biridir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'nden alınan verilere göre havzada ortalama yıllık toplam yağış 526 mm ve ortalama yıllık sıcaklık 11,8 °C'dir (Taş, 2016b). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından işletilen D11A021 nolu akım gözlem istasyonu (1986-2013) verilerine göre ortalama debisi 0,7 m<sup>3</sup>/s olan Çay deresinde 13.06.1997 tarihinde 27 m<sup>3</sup>/s ile anlık en büyük akım değeri gözlenmiştir (URL2). 81,3 km<sup>2</sup> havza alanına sahip ve rölyef değeri (1615 m) yüksek olan havzanın güneyinde dağların yüksekliği 2580 metrelere kadar ulaşmaktadır. Havza çıkışında ise yüksekliği 965 m olan havzanın ortalama yüksekliği 1738 m'dir.

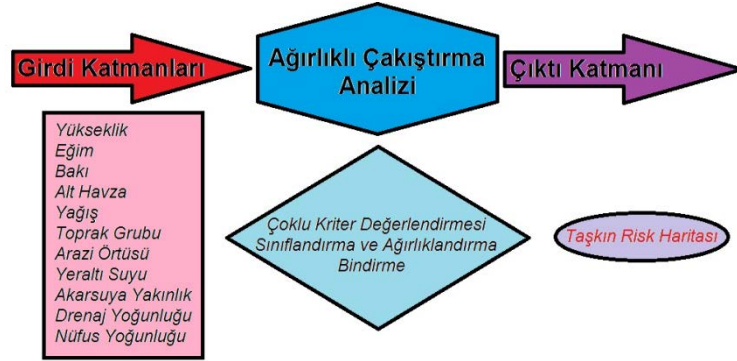
Havzadaki D11A021 nolu akım gözlem istasyonunun 1986-2013 yılları arasında gözlenmiş aylık ortalama akımlarına bakıldığında kar erime mevsiminde yıllık toplam akımın yaklaşık 3/4'ünün gerçekleştiği görülmektedir. Havzanın topoğrafik yapısından kaynaklı kar hidrolojisinin etkin olması, yüksekliğin kısa mesafede büyük oranda düşmesi, eğimin yüksek olması (ortalama havza eğimi %42,8), Akarçay

havzasının en fazla yağış alan bölgelerinden biri olması ve mansap kısmında Çay ilçe yerleşiminin bulunmasından dolayı Çay deresi havzası taşkın riski açısından ele alınması gereken bir havzadır. Ayrıca Çay deresi ekolojik açıdan çok önemli bir sulak alan olan Eber Gölü'ne döküldüğünden yaşanacak taşkınların -taşıdığı sediment dolayısıyla- Ramsar Sözleşmesi ile koruma altında olan gölün su kalitesini olumsuz etkileyeceği göz ardı edilmemelidir. Bu sebeplerden dolayı havzada taşkın analiz çalışmalarının yapılması önemli bulunmaktadır.

### 3. Yöntem

Taşkın yönetiminde verilerin toplanması, depolanması, derlenmesi, mekansal sorgulama ve çözümlemesi, sunulması gibi süreçler için CBS, birçok alanda olduğu gibi su kaynakları alanında da çok önemli bir karar destek sistemidir. Bu çalışmada taşkın risk haritaları ESRI (Environmental Systems Research Institute, California) tarafından geliştirilen bir CBS yazılımı olan ArcGIS 10.3 aracılığıyla ağırlıklı çakıştırma/bindirme analizi uygulanarak elde edilmiştir. ArcGIS, içerisinde bütünleşik olarak bulunan ara yüzleri ile haritalama, konumsal analizler, veri düzenleme, veri yönetimi ve görüntüleme işlemlerini gerçekleştirebilen bir bilgisayar yazılımıdır (Icaga vd., 2016). En çok bilinen ve kullanılan ileri konumsal analiz yöntemi olan "çok katmanlı ağırlıklı çakıştırma yöntemi" girdi katmanlarının puanlanarak analiz edilmesi sonucu istenilen ağırlıklarla normalize edilerek çakıştırılması yöntemidir (URL5).

Çakıştırma analizi; verilerin toplanması, işlenmesi ve çözümleme aşamasından oluşmaktadır. Çakıştırma analizi gerçekleştirilirken veri toplama sürecinden sonra hazırlık safhasında öncül birçok CBS tekniği kullanılmaktadır. CBS platformunda taşkın risk haritalaması sürecinde (Şekil 2), girdi katmanlarının ağırlıklı çakıştırma analizi için derlenmesi, türetilmesi ve işlenmesi ile çıktı katmanı elde edilir. Bu şekilde tematik haritaların analizi ve entegrasyonu ile ağırlıklı çakıştırma yöntemi uygulanır.



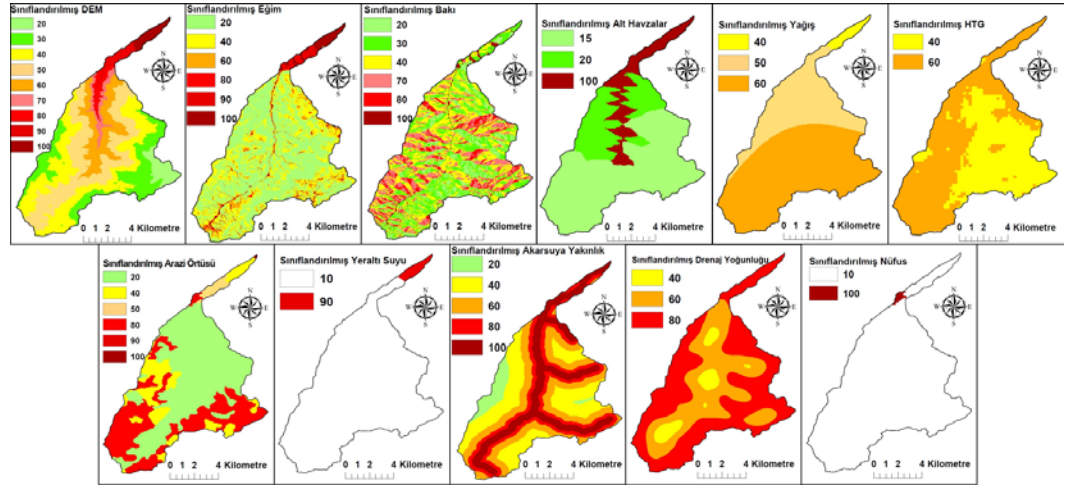
Şekil 2. CBS tabanlı taşkın risk haritalaması akış şeması.

### 4. Bulgular ve Tartışma

Ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile taşkın riskinin modelleme aşamasından önce bir dizi CBS işlemi uygulanmıştır. DEM verisinden eğim, bakı, nehir ağı ve havza sınırı katmanları türetilmiştir. Çay deresi havzası, alt havzalara ayrılarak havza biçimi açısından sınıflandırılmıştır. Alansal yağış katmanı, noktasal yağış verilerinden konumsal enterpolasyon ile türetilmiştir. Akarsuya yakınlık ve drenaj yoğunluğu nehir ağı yardımıyla belirlenmiştir. Arazi örtüsü katmanı uygun şekilde sınıflandırılarak birleştirilmiştir. Zemin yapısına göre HTG katmanı oluşturulmuştur.

Ağırlıklı çakıştırma analizi için bütün katmanların raster veri olması gerektiğinden vektör formatta olan veriler raster formata dönüştürülmüştür. Çakıştırma analizinde raster verilerin piksel değerleri kullanıldığından, raster katmanların ideal olarak aynı hücre boyutuna sahip olmaları istenmektedir. Aksi takdirde çözünürlüğü en düşük olan girdi katmanı, çıktı katmanının çözünürlüğünü belirleyecektir. Bu çalışmada girdi katmanlarından çözünürlüğü en düşük olan HTG katmanı (yaklaşık 60 m), taşkın risk haritasının çözünürlüğünü belirlemiştir. Bu çözünürlük değeri taşkın riski ön değerlendirmesi için yeterli görüldüğünden çözünürlüğün artırılması yönünde girdi katmanlarına herhangi bir işlem yapılmamıştır.

Girdi katmanları uygun şekilde sınıflandırılmış ve çakıştırma analizinde kullanılabilmesi için puanlama yapılarak tekrardan sınıflandırılmıştır (Şekil 3). Sınıflandırma ve puanlama işlemleri yapılırken hidroloji bilgilerinden ve literatürden faydalanılmıştır. 0 ve 100 değer aralığında puanlama yapılmıştır. Konumsal katmanlar puanlanırken her birinin hidrolojik tepki bakımından taşkın riskine etkileri göz önüne alınmıştır. Yükseklik, eğim, sızma ve drenaj yoğunluğu taşkın riski ile ters orantılı puanlanırken; yağış, yüzeyel akış, solar radyasyon, kar erime miktarı, akarsuya yakınlık, YASS ve nüfus yoğunluğu doğru orantılı olarak taşkın risk sınıflandırması uygulanmıştır. Alt havza katmanı puanlanırken; havza biçimi, geçiş süresi ve taşkın hidrografının pike erişme süresine bağlı olarak risk sınıflaması yapılmıştır. Ana akarsu koluna ait kısım yüksek risk içerecek şekilde sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.



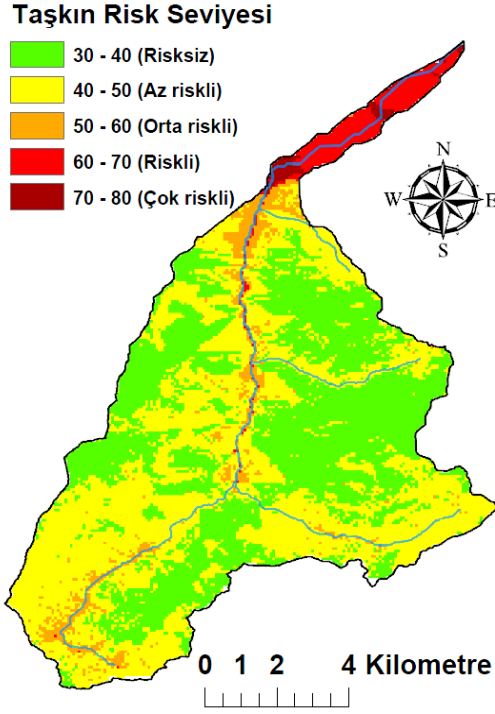
Şekil 3. Sınıflandırılmış girdi katmanları.

Etkili faktör katmanlar sınıflandırma ve puanlama ile çakıştırma analizi için hazır hale getirildikten sonra, elde edilen sınıflandırılmış ve puanlanmış raster verilerin ağırlıkları (Tablo 1) belirlenmiş ve taşkın risk değerlendirmesi yapılmıştır. Konumsal verilerin ağırlıkları hidrolojik döngü ve havza karakteristikleri dikkate alınarak tayin edilmiştir.

Tablo 1. Taşkın risk potansiyeli kriter değişkenlerinin ağırlıkları.

Parametreler	Ağırlık oranları (%)
Yükseklik	10
Eğim	10
Bakı	7
Alt havza durumu	10
Yağış	12
HTG	10
Arazi örtüsü	10
YASS	7
Akarsuya yakınlık	10
Drenaj yoğunluğu	7
Nüfus yoğunluğu	7
<b>TOPLAM</b>	<b>100</b>

Son olarak da ağırlıklı çakıştırma analizi sonucunda elde edilen taşkın risk haritası değerlendirilmiş ve risk sınıflaması yapılmıştır. Raster katmanlar üzerine uygulanan ağırlıklı çakıştırma analizi sonucunda oluşturulan taşkın risk haritası (Şekil 4) risk seviyelerini gösterir. Taşkın risk seviyesi beş alt grup olarak gösterilmiştir. Taşkın risk haritasında yeşil renkli alanlar risksiz, sarı renkli yerler az riskli, turuncu renkli kısımlar orta riskli ve kırmızı renkli alanlar da riskli alanları temsil etmektedir. Havza alanının yaklaşık %90'ı riskin olmadığı ve düşük risk içeren kısımlardan oluşurken; %5,8'i orta risk, %4,4'ü de yüksek risk içermektedir (Tablo 2).



Şekil 4. Taşkın risk haritası.

Tablo 2. Taşkın risk seviyelerinin alansal dağılımı.

Risk seviyesi	Alan (%)
Risksiz	41,7
Az Riskli	48,1
Orta Riskli	5,8
Riskli	3,6
Çok Riskli	0,8
<b>TOPLAM</b>	<b>100</b>

## 5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada Afyonkarahisar Çay deresi havzasında CBS teknikleri kullanılarak ağırlıklı çakıştırma analizi ile taşkın riski ön değerlendirme yapılmıştır. Beklendiği gibi taşkın riskinin havzanın mansap kısımlarında, akarsu kolları birleşim noktalarında ve akarsuyun büyük açılarla yön değiştirdiği bölümlerde daha fazla olduğu görülmektedir. Derin bir vadi yapısında olan Çay deresi havzasının mansap kısmındaki düzlük arazi taşkın riski açısından en riskli alanlardır. Taşkın riskinin yüksek olduğu alanların yanında mambaı ıslahı ile de yapısal ve yapısal olmayan taşkın koruma önlemlerinin alınması yerinde olacaktır. Yüksek taşkın riski içeren yerleşim alanlarında gelişiminin kontrol altına alınması gerekmektedir. Bu alanların daha çok tarımsal ve rekreasyonel olarak değerlendirilmesi uygun olacaktır. Havzanın mansap kısmında yapımı bitme aşamasında olan sulama-içme suyu amaçlı Çay Barajının -temelden 103 m gövde yüksekliği ile bölgenin en yüksek barajı- taşkın koruma hizmeti sağlayacağı da açıktır. Bu bağlamda önemli bir su yapısı olan barajın, havzanın mansap kısmındaki ovada taşkın riskini büyük oranda azaltması beklenmektedir. Yağış yada akış tabanlı taşkın erken uyarı sisteminin oluşturulması ve iletişim unsurlarının aktif kullanılarak taşkın riskinin duyurulması büyük önem arz etmektedir. Taşkın risk seviyesi yüksek yerlerdeki insanlar -Çay ilçe merkezi sakinleri- taşkın hazırlık, müdahale ve tahliye planlaması çalışmaları kapsamında -katılımcı yönetim yaklaşımı çerçevesinde- bilinçlendirilebilir. Taşkın risk değerlendirmesi temelinde taşkın afet sigortaları teşvik edilebilir.

Taşkın risk haritalamasında bir dizi konumsal veri kullanılmıştır. Kullanılan parametreler havza karakteristikleri, hidrolojik döngü ve beşeri faaliyetlerle ilgilidir. Çalışmada dikkate alınan katmanların yanında morfolojik birçok karakteristik (biçim-şekil indeksleri, ana akarsu kolu uzunluğu ve eğimi, havza ağırlık merkezi, çatallanma oranı, drenaj frekansı, geçiş süresi vb.) taşkın risk haritalamasında değerlendirilebilir. Örneğin kar erimesi kaynaklı akışın etkili olduğu dağlık havzalarda, kar kaplı alan, kar derinliği, sıcaklık ve solar radyasyon verileri de girdi katmanları olarak değerlendirilebilir. Kriter değişkenlerinin ağırlıkları nehir havzası bazında kriterlere verilen önem derecesine göre karar vericiler (hidrometeoroloji uzmanı, su kaynakları mühendisi vb.) tarafından değiştirilebilir. Aynı şekilde kriter değişkenlerinin ağırlıkları, analitik hiyerarşi yöntemi gibi çok ölçütlü değerlendirme (karar verme) yöntemleriyle de belirlenebilir.

Bu çalışma taşkın risk planlaması için bir ön çalışma niteliğindedir. Tarihi taşkınların noktasal ve uydu görüntüsü verileriyle modelleme değerlendirilebilir ve kalibre edilebilir. Bu çalışma ile belirlenen taşkın riski yüksek alanlar için 1 ve 2 boyutlu hidrolik/hidrodinamik modelleme çalışmaları yapılarak çeşitli

tekerrür aralıkları için taşkın riski daha ayrıntılı ve karşılaştırmalı olarak ortaya konulabilir. Bu şekilde taşkın yayılım süresi, akış hızı ve su derinliği haritaları CBS ortamında türetilerek taşkın risk haritaları oluşturulabilir. Taşkın hızı ve derinliğinin çarpımına dayalı taşkın tehlike değerlendirmeleri yapılabilir. Arazi kullanım ve nüfus özellikleri ile taşkın risk haritaları beraber değerlendirilerek taşkın zarar haritası nitel ve nicel olarak elde edilebilir.

Taşkın risk analizinin yapıldığı ve risk alanlarının belirlendiği bu çalışma; ileride Akarçay Çay alt havzasında kentsel, endüstriyel ve tarımsal planlamaya yardımcı olabilecek bulgulara sahiptir. Taşkın risk planlaması ve yönetimine olumlu katkısı olacağı umulan çalışma sonuçlarının, taşkın zararlarının iyi bir yönetim sonucu azaltılması suretiyle de somut sosyal ve ekonomik faydalar sağlayabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, konumsal havza karakteristiklerinin bir veritabanı yapısı içerisinde derlenmesi, havzada daha sonra yapılacak hidrolojik çalışmalar için önemli bir imkan sağlayacaktır. Bu çalışma ülkemizde yapılacak benzer taşkın riski ön değerlendirme çalışmalarına da bir kılavuz niteliğinde olma potansiyeline sahiptir.

Son zamanlarda hidroloji ve su kaynakları yönetiminde sıkça kullanılan CBS araçları, taşkın afet yönetim planlarının hazırlanmasında da çok önemli karar destek sistemleri olarak kullanılmaktadır. Taşkın afet yönetimi aşamalarında CBS araçları verilerin elde edilmesinden gerekli analizlerin yapılmasına kadar birçok alanda kullanılarak yönetim başarısının artmasında etkili olmaktadır.

## 6. Kaynaklar

- Adiat, K. A. N., Nawawi, M. N. M., Abdullah, K. (2012), "Integration of Geographic Information System and 2D Imaging to Investigate the Effects of Subsurface Conditions on Flood Occurrence", *Modern Applied Science*, 6(3), pp. 11-21.
- Fernandez, D. S., Lutz, M. A. (2010), "Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis", *Engineering Geology*, 111, pp. 90-98.
- Icaga, Y., Tas, E., Kilit, M. (2016), "Flood inundation mapping by GIS and a hydraulic model (HEC RAS): A case study of Akarçay Bolvadin subbasin, in Turkey", *Acta Geobalkanica*, 2(2), pp. 111-118.
- Nkeki, F. N., Henah, P. J., Ojeh, V. N. (2013), "Geospatial Techniques for the Assessment and Analysis of Flood Risk along the Niger-Benue Basin in Nigeria", *Journal of Geographic Information System*, 5, pp. 123-135.
- Ouma, Y., Tateishi, R. (2014), "Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment", *Water*, 6, pp. 1515-1545.
- Rahmati, O., Zeinivand, H., Besharat, M. (2015), "Flood hazard zoning in Yasooj region, Iran, using GIS and multi-criteria decision analysis", *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, pp. 1-18.
- Tas, E. (2016a), "Flood Risk Potential Assessment in Akarçay Sinanpasa Subbasin Using GIS Techniques", 3rd International Conference on Geography, Environment and GIS, 19-21 May, Targoviste, Romania.
- Taş, E. (2016b), "Determination of Watershed Characteristics by Geographical Information Systems: Afyonkarahisar Cay Stream Watershed", 1st International Academic Research Congress, 3-5 November, Antalya.
- Tehrany, M. S., Pradhan, B., Jebur, M. N. (2014), "Flood susceptibility mapping using a novel ensemble weights-of-evidence and support vector machine models in GIS", *J. of Hydrology*, 512, pp. 332-343.
- Tran, P., Shaw, R., Chantry, G., Norton, J. (2009), "GIS and local knowledge in disaster management: a case study of flood risk mapping in Viet Nam", *Disasters*, 33(1), pp. 152-169.
- URL1, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2018), Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler, <http://www.mgm.gov.tr/arastirma/dogal-afetler.aspx?s=taskinlar>, 27.02.2018.
- URL2, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (2018), SVT Rasatlar Bilgi Bankası, <http://svtbilgi.dsi.gov.tr/Bilgi.aspx?istasyon=D11A021%20%C3%87AY%20%C3%87AY%20D>, 27.02.2018.
- URL3, European Environment Agency (2018), Corine Land Cover 2006 Seamless Vector Data, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2006-vector-data-version-3>, 27.02.2018.
- URL4, SoilGrids (2018), Global Gridded Soil Information, [www.soilgrids.org](http://www.soilgrids.org), 27.02.2018.
- URL5, Scott Miller's GIS 520 Experience (2018), Suitability Analysis and Weighted Overlay, <https://sites.google.com/site/samill12ncsugis520/topicsoverview/Suitability-Analysis-and-Weighted-Overlay>, 27.02.2018.
- USDA Soil Conservation Service (1986), "Urban Hydrology for Small Watersheds TR-55", USA, Washington, DC.
- Xiao, Y., Yi, S., Tang, Z. (2017), "Integrated flood hazard assessment based on spatial ordered weighted averaging method considering spatial heterogeneity of risk preference", *Science of the Total Environment*, 599-600, pp. 1034-1046.