



# ULISA: Uluslararası Çalışmalar Dergisi Journal of International Studies

Cilt 6, Sayı 2 - Volume 6, Number 2

Ahmet ÜNAL\* Kezban Gamze ÇAMCI\*\* Ebru ERSOY TONYALOĞLU\*\*\*

\* Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ziraat Fakültesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi; ahmetleke3@outlook.com; 0000-0001-8920-5499.

\*\* Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ziraat Fakültesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi; gamze1m47@gmail.com; 0000-0002-3603-366X.

\*\*\* Doç. Dr.; Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ziraat Fakültesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye; ebru.ersoy@adu.edu.tr; 0000-0002-2945-3885.

## Çok Kriterli Karar Analizi İle Doğal Afetlerde Haritalama: Aydın İli Sel-Taşkın Riski Örneği

Nüfus artışı, kırsal alanlardan kent merkezlerine göçle birleşerek kent merkezlerinde yapay ve geçirimsiz yüzeylerin daha da yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Son yıllarda, küresel ısınmaya bağlı olarak sıklıkla aşırı hava olayları ve meteorolojik afetler yaşanmaktadır. Bunlar içinde sel ve taşkınlar, özellikle yapay geçirimsiz yüzey yoğunluğunun çok fazla olduğu kentlerde, en yıkıcı tehlikelerden birisi olarak kabul edilmekte ve ciddi can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Sel-taşkın afetlerinin önlenmesi zor olsa da bu olayların önceden tahmin edilerek yaşanabilecek zararların en aza indirilmesi mümkün olabilmektedir. Bu çalışma ile son yıllarda yoğun yapılaşmaya maruz kalmış olan Aydın ili, Efeler, Köşk, Sultanhisar ve Nazilli ilçelerinde CBS tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi (MCDA - Multi-Criteria Decision Analysis) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile, sel-taşkın riski taşıyan bölgelerin haritalanması amaçlanmıştır. Özel sektör ve kamu sektörü karar alımına katkı sağlayacağı için bu çaba, daha etkin ve verimli afet yönetimine yardımcı olacaktır. Diğer taraftan, üretilen haritalar afet nedeniyle ortaya çıkacak kayıpların minimize edilmesi için faydalı olacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Analitik Hiyerarşi Süreci, Aydın, Çok Kriterli Karar Analizi, Risk Yönetimi, Sel-Taşkın.

## Mapping In Natural Disasters Using Multi-Criteria Decision Analysis: Flood Risk Case of Aydın Province

Combined with migration from rural areas, population growth is causing an increase in artificial and impervious surfaces in urban centers. In recent years, extreme weather events and meteorological disasters have frequently occurred due to global warming. Among these, floods and landslides are considered one of the most destructive dangers, especially in cities with a high density of artificial impervious surfaces, and they cause serious losses of lives and property. Although it is very difficult to prevent flood and landslide disasters, it is possible to minimize the damage that can be experienced by predicting these events in advance. This study aims to identify and map flood-landslide risk areas in the Efeler, Köşk, Sultanhisar and Nazilli districts of Aydın province, which have been heavily urbanized in recent years, using the Analytical Hierarchy Process (AHP), a Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) method, and to make recommendations for measures to prevent and reduce the damage from this disaster.

**Keywords:** Analytical Hierarchy Process, Aydın, Multi-Criteria Decision Analysis, Risk Management, Flood-Overflow.

Araştırma Makalesi | Original Article

**Atıf:** *Ulisa: Uluslararası Çalışmalar Dergisi*, Cilt 6, Sayı 2 (2022), ss. 136-150.

**Citation:** *Ulisa: Journal of International Studies*, Vol 6, No 2 (2022), pp. 136-150.

Başvuru 30.10.2022 Received | Kabul 31.12.2022 Accepted

Ulisa: Uluslararası Çalışmalar Dergisi, Uluslararası İlişkiler ve Stratejik Araştırmalar Enstitüsü (ULİSA) tarafından yayınlanmaktadır.  
Ulisa: Journal of International Studies is published by the Institute for International Relations and Strategic Research (ULİSA).  
E-ISSN:2602-3245 | <https://aybu.edu.tr/yulisa>

# Çok Kriterli Karar Analizi İle Doğal Afetlerde Haritalama: Aydın İli Sel-Taşkın Örneği

## 1. Giriş

Nüfus artışı, kırsal alanlardan kent merkezlerine göçle birleşerek kent merkezlerinde yapay ve geçirimsiz yüzeylerin daha da yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Bu durum farklı alan kullanımları için yanlış alan seçimi ile sıradan doğa olaylarının potansiyel olarak afete ve dönüşmesine neden olabilmektedir. Bu da toplam nüfusun %92,5'inin kentsel alanlarda yaşadığı ülkemizde daha büyük bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır (Zengin, 2018). Son yıllarda, küresel ısınmaya bağlı olarak sıklıkla aşırı hava olayları ve meteorolojik afetler yaşanmaktadır. Bunlar içinde sel ve taşkınlar, tüm dünyada, özellikle yapay geçirimsiz yüzey yoğunluğunun çok fazla olduğu kentlerde en yıkıcı tehlikelerden birisi olarak kabul edilmekte ve ciddi can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Sel-taşkın afetlerinin önlenmesi çok zor olsa da bu afetlerin önceden tahmin edilerek yaşanabilecek zararların en aza indirilmesi mümkün olabilmektedir. Bu nedenle, kentsel sel-taşkın risk yönetimi açısından sel-taşkın riskinin yüksek olduğu alanların belirlenmesi ve yaşanan afetlerin değerlendirilmesi gün geçtikçe daha önemli ve acil bir ihtiyaç haline gelmektedir.

Doğal afetler tüm dünyada küresel, bölgesel ve yerel ölçekte incelenmesi gereken en büyük zorluklar olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte günümüzde küresel ölçekte bir sorun olarak karşımıza çıkan iklim değişikliği; sel ve taşkınlar gibi aşırı olayların sıklığını, büyüklüğünü ve mevsimselliğini artırabilmekte ve gelecekte benzeri afetlerin daha sık meydana gelebileceği anlamına gelmektedir (Danumah, 2016). Dünya üzerindeki en yıkıcı doğal afetler arasında yer alan sel-taşkın olaylarının yaşanması; başta çevrenin, insan yaşamının ve iş alanlarının, ülke ekonomisinin olumsuz etkilenmesi gibi daha pek çok yıkıcı soruna neden olmaktadır (Cabrera ve Lee, 2020; Dash ve Sar, 2020). Yaraların sarılması ve hızlı bir şekilde normal yaşam koşullarına dönülebilmesi ise, afetin yaşandığı ülke veya bölgenin ekonomik koşulları ile zararın boyutuna göre değişebilmektedir. Bu nedenle sel-taşkın afeti bakımından riskli alanların belirlenmesi erken önlem tedbirlerinin alınması ve yaşanan olumsuzluklara hızlı çözüm bulunabilmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Her ne kadar il ve ilçe belediyeleri, Afet İşleri Genel Müdürlüğü gibi kurum ve kuruluşların arşivlerinde çeşitli tematik harita verileri bulunsa da tüm bu verilerin bir arada değerlendirilerek analiz edildiği sel-taşkın risk haritalarının yetersizliği dikkat çekmektedir. Ancak, günümüzde gelişen teknolojiye bağlı olarak yağış, topografya, arazi kullanımı, toprak ve akarsu akışı için jeolojiye ilişkin mekansal verilerle birlikte uzaktan algılanan (UA) verilerin mevcudiyeti, sel-taşkınların modellenmesi ve haritalanması için Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) kullanımı zorunlu hale gelmiştir (Oğuz vd., 2016; Cabrera ve Lee, 2020).

Farklı birçok meslek disiplini ve alanda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin kullanımı ile birlikte yeryüzüne ilişkin sayısal ve sayısal olmayan veriler bilgisayar ortamında işlenebilir ve modellenebilir hale gelmiştir. Uzun yıllardan beridir kullanılan klasik yöntemlerin aksine, CBS'nin sel-taşkın yönetim çalışmalarına dahil olmasıyla, yaşanabilecek olası sel-taşkın afetinin boyutunu görselleştirmek ve elde edilen sel-taşkın haritalarının analiz edilmesiyle sel-taşkın hasar tahmin haritalarının da oluşturulması mümkün olabilmektedir (Zzaman vd., 2020; Tunalı vd., 2021). Bu yolla, özellikle nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu yapılaşmış alanlar başta olmak üzere sel-taşkın afetinden etkilenebilecek alanlar belirlenmekte, can ve mal kaybına yol açmadan önce önlemlerin alınabilmesi sağlanabilmektedir (Özcan vd., 2009; Tokgözlü ve Özkan, 2018). Sel-taşkın riski altındaki alanların belirlenmesini kolaylaştıran, ve bununla birlikte bu alanlarda yaşanabilecek olumsuzlukların azaltılması ve/veya bu alanlara anında müdahale edilebilmesi çabalarına öncelik verilmesine yardımcı olan sel-taşkın risk haritaları ayrıca ilgili alanda yaşayan halk, yerel yönetimler ve diğer kurum ve kuruluşlar arasında sel-taşkın olasılığı konusunda farkındalığın artırılmasına yardımcı olur, ve aynı zamanda sel-taşkın afetlerine eğilimli bölgelerde yaşayan ve çalışan insanları yerel sel-taşkın riski hakkında daha fazla bilgi edinmeye ve uygun önlemleri almaya teşvik etmektedir (Özcan vd., 2009; Danumah, 2016).

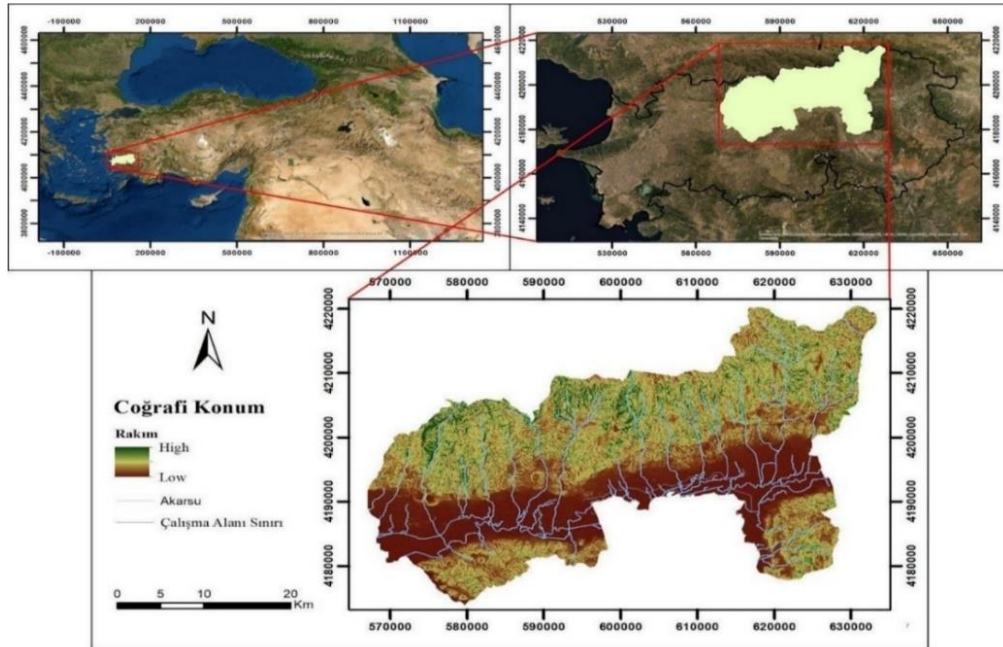
Ülkemizde de depremlerden sonra yaşanma sıklığı fazla olan diğer bir doğal afet, sel ve taşkın olaylarıdır (Oğuz vd., 2016; Tokgözlü ve Özkan, 2018). Bugün ülkemizde birçok bölge, arazi kullanımı değişikliği, nüfus artışı ve iklimin su kaynakları üzerindeki etkisini hem su kıtlığı hem de sel-taşkın afetleri şeklinde kendini göstermektedir. Olası bir sel-taşkın olayında can ve mal kaybının minimize edilebilmesi ve yaşanabilecek olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi bakımından sel-taşkın alanlarındaki risk yönetimi çalışmaları öncelikli konular içinde yer almaktadır. Ancak risk yönetimi çalışmalarının başarıya ulaşabilmesi için riskin tanımlanması, analiz edilmesi ve miktarının belirlenmesi şeklinde sistematik bir yaklaşımla yürütülmesi gerekmektedir. Aynı zamanda, sel-taşkın risk haritalaması, bu afete eğilimli alanlarda uygun alan kullanım / arazi örtüsü (AKAÖ) planlama çalışmaları için temel bileşenlerden birini oluşturmaktadır (Oğuz vd., 2016; Tokgözlü ve Özkan, 2018; Cabrera ve Lee, 2020).

Bu bağlamda bu çalışmanın amacı, son yıllarda yoğun yapılaşmanın yaşandığı ve 2021 yılı içinde sel- taşkın afeti ile karşı karşıya kalınan Aydın ili Efeler, Köşk, Sultanhisar ve Nazilli ilçelerinde sel-taşkın risk haritalama ve değerlendirmesi yaparak, sel-taşkın riskine karşı peyzaj planlama açısından öneriler geliştirmektir. Çalışmada, sel-taşkın risk haritasının oluşturulması amacıyla CBS tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi (MCDA- Multi-Criteria Decision Analysis) yöntemi ile, sel-taşkın riskine katkıda bulunabilecek olası çevresel faktörler ağırlıklandırılarak (Analitik Hiyerarşi Süreci -AHP) değerlendirilmesidir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanı

Çalışmanın ana materyalini oluşturan örnek çalışma alanı, Aydın İli sınırları içinde yer alan Efeler, Sultanhisar, Köşk ve Nazilli İlçelerini kapsamaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı yüzölçümü toplamda 1.725 km<sup>2</sup> 'dir.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyonu

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 1941 - 2021 Aydın İli ölçüm periyoduna göre yıllık ortalama sıcaklık 17.7 ve yıllık yağış miktarı 661.7 mm'dir. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın CORINE (Çevresel Verilerin Koordinasyonu Projesi)'ye göre 2018 yılı itibariyle Aydın'ın yüzölçümünün %3.19'unu Yapay Bölgeler, % 48.32'sini Tarımsal Alanlar, % 46.81'ini Orman ve Yarı Doğal Alanlar, % 0.07'sini Sulak Alanlar ve % 1.61'ini Su Kütleleri oluşturmaktadır (CORINE, 2018).

TÜİK 2021 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi verilerine göre Efeler 300 bin 225, Sultanhisar 20 bin 272, Köşk 28 bin 101 ve Nazilli 160 bin 581 nüfusa sahip olmakla birlikte çalışma alanında toplam nüfus 509 bin 179'dur (TÜİK, 2021).

## 2.2. Veri Kaynakları ve Yazılımlar

Bu çalışmada veri setlerinin depolanması, işlenmesi ve AHY ile ÇKKV yapılabilmesi için CBS yazılımı olan ArcGIS 10.5 kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler Dem (Digital Elevation Model), Urban Atlas 2018, Yağış Verisi, Toprak Verisi ve Eu-Hydro olup bu verilere ait detaylar Tablo 1'de verilmiştir.

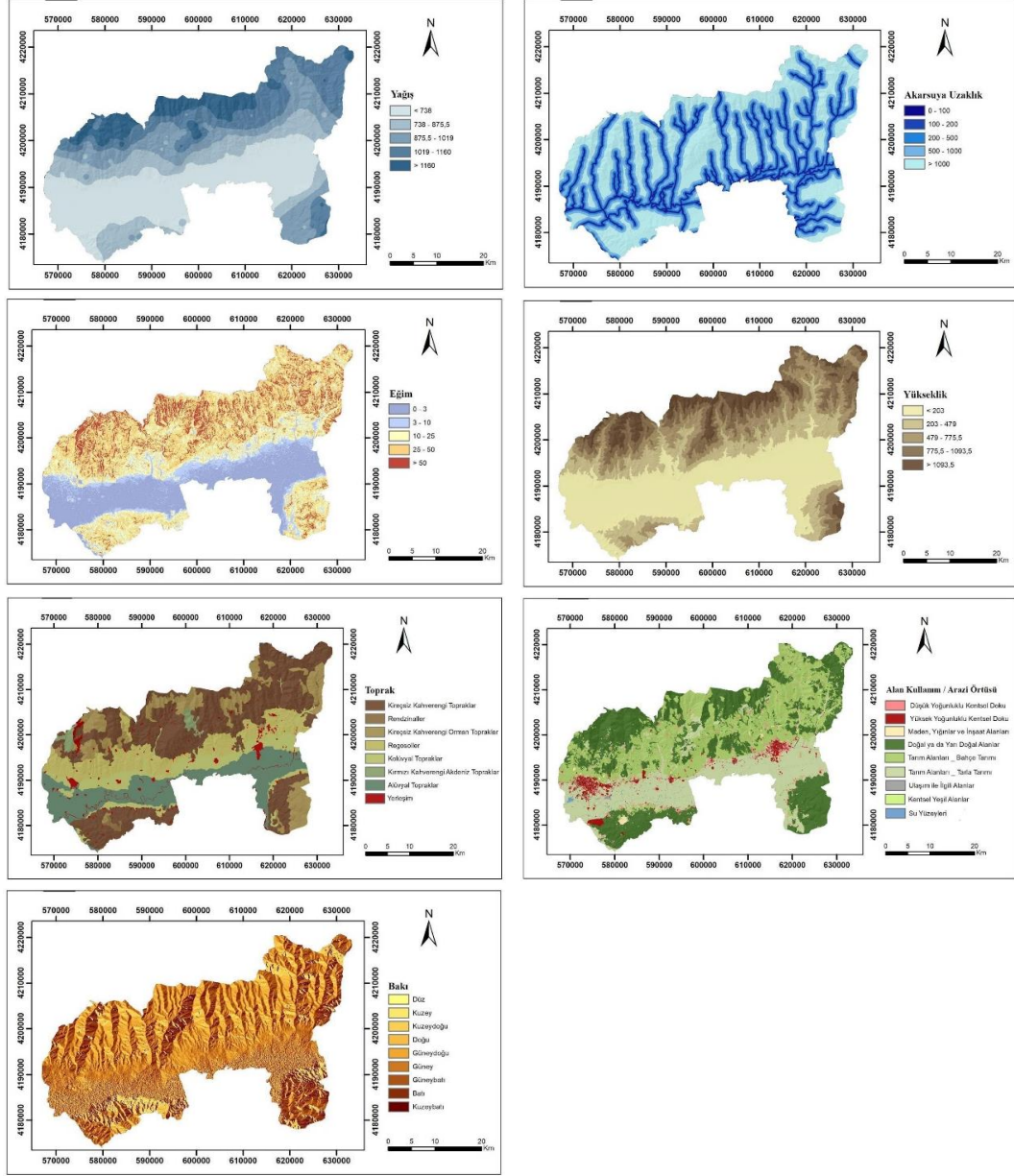
Veri Seti	Çözünürlük	Kaynak
DEM (Digital Elevation Model)	25x25m	Avrupa Birliği- Copernicus
Urban Atlas 2018 (Kent Atlası)	2-4m	Avrupa Birliği- Copernicus
Yağış Verisi	Noktasal veri, 25x25m	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Toprak Verisi	Vektör veri, 25x25m	Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü
Eu - Hydro (Akarsu Ağı)	Vektör veri, 25x25m	Avrupa Birliği- Copernicus

## 2.3. Sel-Taşkın Riski Analizi

Sel-taşkın riski analiz ve değerlendirmelerinde sayısal modellerin kullanımı oldukça yaygındır (Hidrolojik ve hidrodinamik modeller gibi) ve bu modeller çok sayıda mekansal veriyi işleyerek sel-taşkın riski hakkında önemli bilgiler sunulabilmektedir. Ancak bu modellerdeki en yaygın ve zorlu konu hidro-meteorolojik verilerin azlığı veya eksikliğidir (Zzaman vd., 2020). Bu modellerin kullanımında birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de sel-taşkın riski değerlendirmesinin dayandırılabilceği kaliteli ve yüksek çözünürlüklü veri kısıtlılığı en önemli kısıtı oluşturmaktadır. Bu kapsamda çok kriterli karar analiz yönteminin kullanımı, çeşitli seçenekler ile farklı çevresel ve sosyo-ekonomik etkileri barındıran alternatifler arasındaki karmaşıklığın analiz edilmesinde önemli bir araçtır. Çok kriterli karar analiz yöntemine göre seçilen kriterler doğrultusunda farklı alternatiflerin oranlanıp karşılaştırılması suretiyle bilgilerin entegrasyonunu sağlamaktadır. Sel-taşkın riski haritasının oluşturulmasında, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve Çok Kriterli Karar Analizi (MCDA) ile birlikte sel riskine kat kıda bulunan faktörlerin optimal ağırlık seçimini belirlemek için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem temelde üç aşamadan oluşmaktadır (Özcan vd., 2009; Tunalı vd., 2021):

- Analiz için gerekli kriterlerin belirlenmesi,
- Analiz amacına göre uygun ve uygun olmayan alanların (kriterlerin) belirlenerek yeniden sınıflandırma yapılması,
- Kriterlerin etki ve önem derecelerine göre (Analitik Hiyerarşi Süreci-AHP yoluyla) ağırlıklandırılması.

Sel ve taşkına neden olan kriterlerin belirlenmesi, sel ve taşkın riskinin değerlendirilmesi için oldukça önem taşımaktadır. Kullanılacak kriterlerin belirlenmesinde literatür çalışmaları, çalışma alanının genel fiziki özellikleri ve Verilerin ulaşılabilirlik durumu göz önünde bulundurularak karar verilmiştir. Bu kapsamda çalışma da eğim, baki, yükseklik, arazi kullanımı / arazi örtüsü (AKAÖ), toprak, yağış ve akarsuya uzaklık kriterleri kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışmada kullanılan ana kriterler

<b>Tablo 2. Çalışmada kullanılan kriter, alt kriter ve etki değerleri</b>	
<b>Kriterler</b>	<b>Alt Kriterler</b>
Eğim	0 - 3
	3 - 10
	10 - 25
	25 - 50
	> 50
Bakı	Düz
	Güneybatı
	Güney
	Batı
	Güneydoğu
	Kuzeybatı
	Doğu
	Kuzey
	Kuzeydoğu
Yükseklik	< 203
	203 - 479
	479 - 775,5
	775,5 - 1093,5
	> 1093,5
Alan Kullanım / Arazi Örtüsü	Yüksek Yoğunluklu Kentsel Doku
	Su Yüzeyleri
	Ulaşım İle İlgili Alanlar
	Düşük Yoğunluklu Kentsel Doku
	Tarım Alanları - Tarla Tarımı
	Maden, Yığınlar ve İnşaat Alanları
	Kentsel Yeşil Alanlar
	Tarım Alanları - Bahçe Tarımı
	Doğal ya da Yarı Doğal Alanlar
Toprak	Alüvyal Topraklar
	Kolüvyal Topraklar
	Rendzinalar
	Kireçsiz Kahverengi Topraklar
	Regoseller
	Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları
	Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları
Yağış	< 738
	738 - 875,5
	875,5 - 1019
	1019 - 1160
	> 1160
Akarsuya Uzaklık	100
	200
	500
	1000
	> 1000

## 2.4. Ana Kriterlerin ve Alt Sınıfların Ağırlıklarının AHY ile Belirlenmesi

AHY, problemler/sorunlar için amaç, kriter ve alt kriter seviyelerinden meydana gelen kademeli bir hiyerarşik yapı kullanır (Özcan vd., 2009). Bu çalışmada ağırlıkların belirlenmesinde analitik hiyerarşi yönteminin ikili karşılaştırma matrisi kullanılmıştır. Bu yöntemle göre 1 ile 9 aralığı kullanılarak tüm faktörler ikili olarak ve birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bir kriterin başka kriterle oranla ne kadar etkili olduğuna literatür incelemeleri neticesinde karar verilmiştir. AHP'nin ilk aşamasında ana kriterlerin ikili karşılaştırma hiyerarşik modeline göre şekillendirilerek matris ve sütun toplamları elde edilmiştir. Daha sonra ikili karşılaştırma hiyerarşik modeline göre matris elde edildikten sonra ölçütlerin bağıl ağırlıklarının toplamını 1 olacak şekilde elde edebilmek amacı ile ikili karşılaştırma matrisindeki üstten aşağı doğru sırası ile her değer sütun toplamına bölünmüştür. Daha sonra her satırın aritmetik ortalaması alınarak ana kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Elde edilen kriter ağırlıklarının tutarlılığının belirlenmesi sürecinde ilk olarak tutarlılık oranı hesaplanması gerekmektedir. Tutarlılık oranını belirlemek için kriter ağırlığı değerleri ikili karşılaştırma matrisinin sütunundaki değerleri sırası ile çarpılır ve elde edilen bu değerlerin satır toplamları bulunur (Tanrıverdi, 2019). Tutarlılık oranının (CR) belirlenmesi için Tutarlılık indeksinin (CI) Tesadüflük Göstergesine (RI) bölünmesi sonucunda elde edilen değer 0.10 değerinden küçük olması gerekmektedir. Tutarlılık indeksi (CI), tutarlılık vektörünün ortalama değeri ( $\lambda$ ) ve ölçüt sayısına (n) bağlı olarak hesaplanmaktadır (Tanrıverdi, 2019). Bu kapsamda sırası ile satır toplamları ve kriter ağırlıkları birbiri ile bölünerek tutarlılık vektörü elde edilir. Tutarlılık vektörlerinin aritmetik ortalaması alınarak tutarlılık vektörünün ortalama değeri ( $\lambda$ ) bulunur.  $CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$  formülü yardımıyla Tutarlılık indeksi (CI) hesaplanır. Tesadüflük Göstergesi (RI) ölçüt sayısına bağlı olarak değişen tesadüflük göstergesi tablosuna göre belirlenir. Bu çalışmada ana kriterler 7 alt sınıf içerdiğinden ötürü ölçüt sayısı 7 olarak alınmıştır. 7 ölçütlü bir sınıflandırma için Tesadüflük Göstergesi değeri 1,32'dir. Aynı işlemler doğrultusunda bu ana kriterlere bağlı alt kriterlerin de ikili karşılaştırma matrisleri, kriter ağırlık oranının belirlenmesi, satır toplamlarının belirlenmesi ve tutarlılık oranı hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

## 2.5. Kriter Katmanlarına Analitik Hiyerarşi Yönteminin Entegrasyonu

**Yağış:** Meteorolojik kökenli doğal afet türü olan sel ve taşkınlar da meteorolojik parametreler (yağış) sel-taşkınların meydana gelmesine neden olan doğal etkenlerin başında yer almaktadır (Hoque ve ark., 2019). İklim değişikliği sebebiyle mevsim geçişlerinde meydana gelen ani basınç farklılıkları yağış rejiminde düzensizliğe neden olur. Bu düzensizlik beraberinde sel ve taşkın gibi olumsuzlukları meydana getirmektedir. Sel ve taşkınlarda etkili olan diğer meteorolojik parametreler yer yer sabit olsa da yağış rejimi bölge iklimine, ani değişimlere göre (basınç vs.) değişkenlik göstermektedir (Hammami vd., 2019; Tokgözlü ve Özkan, 2018; Zelenakova vd., 2018; Kabenge vd., 2017; İşler vd., 2016; Toprak, 2015). Bu çalışma da yağış haritası "Schreiber Yöntemi" ile elde edilmiştir. Yağış haritasının doğal gruplandırmalara dayandırılması amacı ile Natural breaks classification göre 5 sınıfa ayrılmıştır. Belirlenen alt sınıflar AHY ile elde edilen kriter ağırlıklarına göre tekrar sınıflandırılmıştır.

**Akarsuya uzaklık:** Sel ve taşkınlardan etkilenecek alanların belirlenmesinde akarsulara uzaklık faktörü göz önünde bulundurulur ve bu parametre kritik rol oynamaktadır (Rahmati vd., 2015). Ayrıca bu parametreye ek olarak akarsu kollarının bulunduğu yerlerde birden fazla kol aynı akımda birleşir ve bunun sonucu olarak sel ve taşkın riski artmaktadır (Dernek, 2012). Literatüre göre (Hoque vd., 2019; Tokgözlü ve Özkan, 2018; Romdani vd., 2018) sel ve taşkınlardan en fazla etkilenecek alanların akarsulara yakın olan alanlar olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmada belirlenen alt sınıflar AHY ile elde edilen kriter ağırlıklarına göre tekrar sınıflandırılmıştır.

**Eğim:** Eğim, sel ve taşkın oluşumunda su akışı ve su birikimi açısından önemli etkenlerin başında gelmektedir (Tanrıverdi, 2019). Eğimin yüksek olduğu alanlarda yağışla birlikte gelen yağmur sularının toprak tarafından emilmesi, eğimin az olduğu bölgelere göre daha azdır. Sonuç olarak,



toprağa sızamayan yağmur suyu mevcut olan akışa katılarak akım parametresini/değerini artırır. Bu durum bitki örtüsü bakımından yoksun bölgelerde yüzeysel akış faaliyetlerinin başlamasına neden olur (Özcan, 2008). Bu sebeple sel-taşkın afeti oluşması açısından oldukça önemli bir etki eşliğine sahip olan eğim faktörünün değerlendirmeye alınması gerekmektedir. Bu çalışma da eğim haritası ArcGIS 10.5 yazılımında DEM haritası kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen eğim haritasının alt sınıfları literatüre dayanarak belirlenmiştir (Özkan ve Tarhan, 2016; Günseli, 2019; Ertan vd., 2021). Belirlenen alt sınıflar AHY ile elde edilen kriter ağırlıklarına göre tekrar sınıflandırılmıştır. Eğimi çok düşük olan, düz ve düze yakın alanlar suyu daha fazla yüzeyde tuttuğu için taşkın açısından yüksek duyarlılığa sahip alanlar olarak değerlendirilmiştir (Tüzgen ve Karaca, 2021).

**Yükseklik:** Yükseklik yağışların belli bir alanda toplanması ve birikmesi açısından oldukça önemli bir faktördür (Rahmati vd., 2015). Artan yükseklik, düşük sıcaklık ve yüksek yağış ile ilişkilendirilirken, yüksek bölgelerde sel-taşkın riskinin az, alçak bölgelerde sel-taşkın riskinin yüksek olmasına neden olur. Bu nedenle yükseklik, biriken yağış miktarını etkilemektedir. Yükseklik faktörü iklim ve eğim değerleri üzerinde bu şekilde etkili olduğundan, yağışın sel-taşkın biçiminde akışında da önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Özcan, 2017). Bu çalışmada kullanılan yükseklik aralıklarını belirlerken “DEM Sınıflandırma (Natural Breaks)” baz alınarak oluşturulmuştur.

**Toprak:** Toprak, yağışın akıştaki etkisini tolere edebilen önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Toprak tipine göre yüzeye gelen yağışın toprak içine sızma oranı da değiştiği için toprak tipi sel-taşkın afetleri boyunca etkisi en önemli olan faktörlerden birisidir (Özcan, 2017). Bu çalışmada kullanılan toprak tiplerinin sel-taşkın riskine göre yeniden sınıflandırılmasında literatürden yararlanılmıştır (Günseli, 2019; Tokgözlü ve Özkan, 2018; Vedat vd., 2015).

**Alan kullanım (AK/AÖ):** Her AK/AÖ tipi, yüzey suyunun hızını artırma veya azaltma ve bu yolla sel-taşkın oluşumuna sebep olma gibi farklı özelliğe sahip olduğundan, arazi kullanımı / arazi örtüsü (AK/AÖ) ve sel-taşkın riski arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Alan kullanımında bitki örtüsünün bulunması muhafaza edici görev alır ve akışı düzenler (Stefanidis ve Stathis, 2013). Geçirimsiz alanlar (yollar, konut alanları vb.) yağmur suyunun toprağa sızmasını önemli miktarda engellediğinden dolayı infiltrasyona geçen yağış miktarı geçirimli alanlara oranla daha fazladır (Önsoy, 2008). Bu çalışmada belirlenen Arazi Kullanımı / Arazi Örtüsü (AK/AÖ) sınıfları bölgenin mevcut yapısı dikkate alınarak ve literatürden yararlanılarak belirlenmiştir. Belirlenen alt sınıflar AHY ile elde edilen kriter ağırlıklarına göre tekrar sınıflandırılmıştır. Yüksek yoğunluklu kentsel doku ve su yüzeyleri etki değeri bakımından etkilenebilecek en riskli alanlar olarak belirlenmiştir.

**Bakı:** Bakının etkisiyle farklı yamaçlarında evapotranspirasyon etkisi ile yaşanan su kayıplarında büyük farklılıklar oluşmaktadır. Yaşanan yağışın buharlaşma ve terleme miktarını tayin eden önemli bir faktör olarak bakı sel-taşkın üzerinde de etkili olmaktadır (Görcelioğlu, 2003). Ayrıca düz ve düze yakın olan alanlar yağmur sularının ve eriyen kar sularının birikmesi nedeniyle sel-taşkın açısından daha riskli alanlar olarak kabul edilmektedir (Dölek, 2016). Bu çalışmada bakı faktörü ana yönleri, ara yönleri ve düz alanları kapsayacak şekilde 9 sınıfta incelenmiştir, bu belirlenen kriterler ve alt kriterler literatür incelemelerinde dikkate alınarak yapılmıştır (Akar ve Maktav, 2008; Yılmaz vd., 2017; Tiryaki ve Karaca, 2018; Mind'je vd., 2019). Belirlenen alt sınıflar AHY ile elde edilen kriter ağırlıklarına göre tekrar sınıflandırılmıştır.

## 2.6. Sel ve Taşkın Risk Haritasının Oluşturulması

Çalışma alanına ait yağış, akarsuya uzaklık, eğim, yükseklik, toprak, alan kullanım/arazi örtüsü (AK/AÖ) ve bakı haritaları Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKV) yöntemine göre hazırlanmasından sonra Analitik Hiyerarşi Yöntemin (AHY) de belirlenen ağırlık değerlerine göre (Çizelge 4.3) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında “Weighted Overlay” aracı ile çakıştırıldıktan sonra Sel ve taşkın risk haritası oluşturulmuştur. Sel ve taşkın riskli alanlarının kolay



anlaşılabilirliği bakımından literatüre dayalı olarak çok yüksek (5), yüksek (4), orta (3), az (2) ve çok az (1) riskli alanlar olarak sınıflandırılarak haritalandırılmıştır (Ocak vd Bahadır,2020; Tokgözlü vd Özkan, 2018; Dölek,2015).

## 2.7. Sel ve Taşkın Sonrası Olası Zarar Analizi

Olası zarar analizi, afet sonrası ortaya çıkacak hasar boyutu olarak tanımlanabilir (Dang vd., 2011). Scheuer vd. göre (2010) olası zarar analizi; risk unsurlarının değeri, miktarı ve maruz kalma durumuna bağlıdır. Olası Zarar Analizi, risk belirleme sürecinin bir diğer unsurudur ve birçok ölçüte bağlıdır. Olası zarar analizindeki sosyal boyut; nüfusu, eğitimi, göçü, sağlıklı olmayı, kültürü, kurumları ve yönetim durumunu kapsamaktadır (Cardona vd., 2012). Bu çalışmada olası zarar analizi için ölçüt olarak nüfus yoğunluğu ve AKAÖ seçilmiştir. Sosyal zarar görebilirliği belirlemede kullanılan önemli araçlardan birisi olan nüfus niteliğinin yanı sıra nüfus yoğunluğudur (Dewan, 2013; Dang vd., 2011). Bu çalışmada nüfus yoğunluğu ile sel ve taşkın risk haritası birlikte değerlendirilerek mahalle düzeyinde en çok etkilenen bölgeler belirlenmiş ve olası sel-taşkın afetlerinden en çok etkilenebilecek nüfus saptanmıştır. AKAÖ ise; sel ve taşkın afetinin gerçekleşmesi halinde bir fiziksel unsur veya unsurlar grubunda meydana gelebilecek hasar derecesini tanımlamakta bize yardımcı olmaktadır. Bu kapsamda AK/AÖ ile sel-taşkın risk haritası birlikte değerlendirilerek olası bir sel-taşkın afetinde en çok etkilenebilecek alan kullanımları tespit edilmiştir.

## 3. Bulgular

### 3.1. AHP Sonuçları

Ana kriterlere ilişkin ikili karşılaştırma matrisi sonuçları ile ana kriterler ağırlıkları Tablo 3 ve Tablo 4'te sunulmuştur.

<b>Ana Kriterler</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
<b>A (Yağış)</b>	1	3,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00
<b>B (Akarsuya Uzaklık)</b>	0,33	1	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
<b>C (Eğim)</b>	0,20	0,33	1	2,00	3,00	4,00	5,00
<b>D (Yükseklik)</b>	0,17	0,25	0,50	1	3,00	4,00	5,00
<b>E (Toprak)</b>	0,14	0,20	0,33	0,33	1	2,00	3,00
<b>F (Alan Kullanım/Arazi Örtüsü)</b>	0,13	0,17	0,25	0,25	0,50	1	3,00
<b>G (Bakı)</b>	0,11	0,14	0,20	0,20	0,33	0,33	1
<b>TOPLAM</b>	2,08	5,09	10,28	13,78	19,83	25,33	33,00

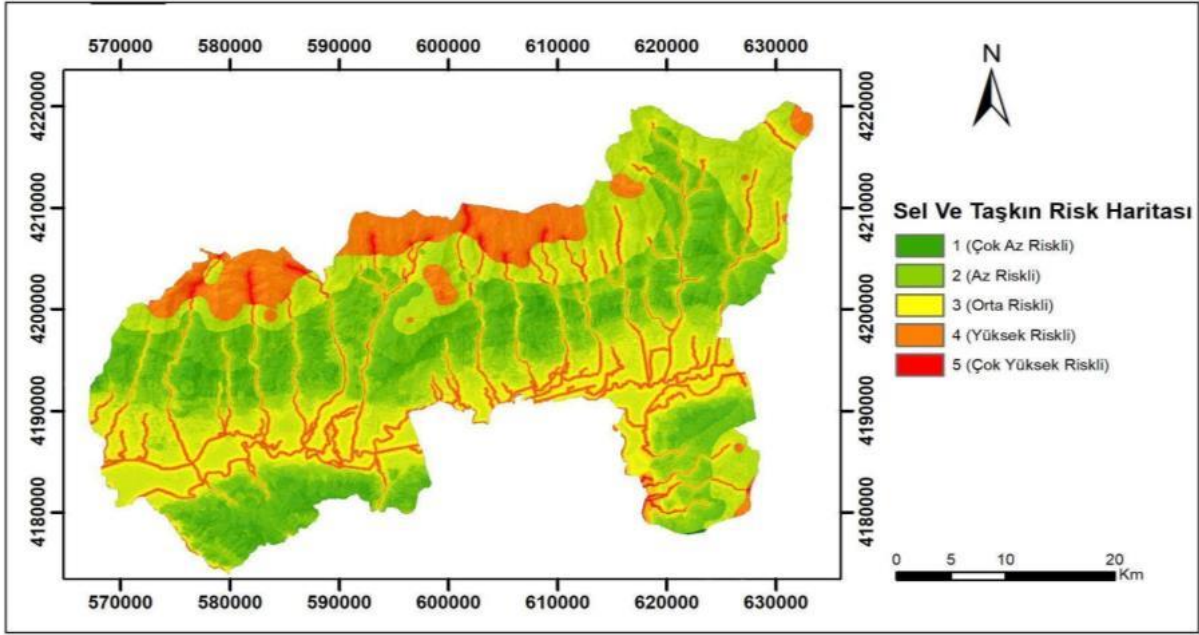
Ana kriterlere ilişkin ana tutarlılık hesabı sonuçları Tablo 5'te verilmiştir. Ana kriterler için Tutarlılık Oranı 0,06 olarak hesaplanmıştır ve hesaplanan değerde 0,06 <0,10 olduğundan ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılığı doğrulanmıştır.

Tablo 4. Ana kriterler ağırlıklarının belirlenmesi								
Ana Kriterler	A	B	C	D	E	F	G	Kriter Ağırlığı
A	0,48	0,59	0,49	0,44	0,35	0,32	0,27	0,42
B	0,16	0,20	0,29	0,29	0,25	0,24	0,21	0,23
C	0,10	0,07	0,10	0,15	0,15	0,16	0,15	0,12
D	0,08	0,05	0,05	0,07	0,15	0,16	0,15	0,10
E	0,07	0,04	0,03	0,02	0,05	0,08	0,09	0,06
F	0,06	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,09	0,04
G	0,05	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,03
<b>TOPLAM</b>	1	1	1	1	1	1	1	1

Tablo 5. Ana kriterlerin tutarlılık hesabı			
Satır Toplamları	Kriter Ağırlığı	Tutarlılık Vektörü	Tutarlılık Vektörünün Ortalama Değeri ( $\lambda$ )
3,29	0,42	7,86	7,47
1,85	0,23	7,90	Tutarlılık İndeksi (CI)
0,95	0,12	7,65	$(\lambda - 7) / (7-1) = 0,08$
0,75	0,10	7,37	Tesadüflük Göstergesi (RI)
0,40	0,05	7,19	1,32
0,29	0,04	7,03	Tutarlılık oranının (CR)
0,18	0,03	7,26	CI / RI = 0.06

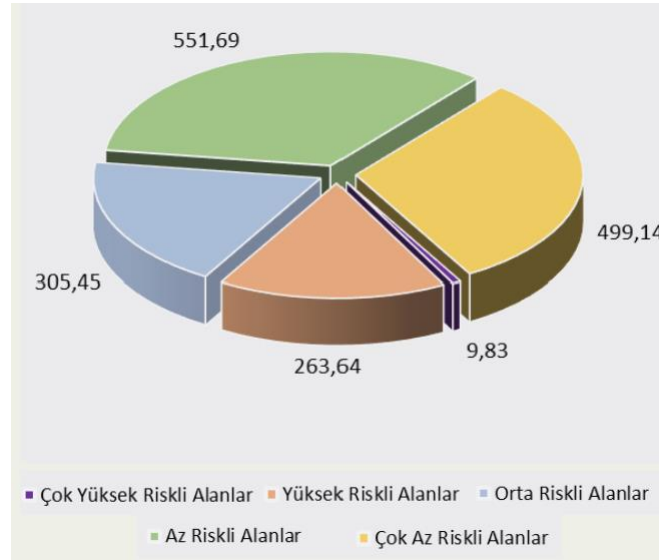
Ana kriterlerde olduğu gibi alt kriterlere ilişkin ikili karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra, alt kriter ağırlıkları belirlenerek tutarlılık oranları belirlenmiştir (Tablo 6). Alt kriterlere ilişkin tutarlılık oranları yağış, akarsuya olan uzaklık, eğim, yükseklik, toprak, AK/AÖ ve bakı için sırasıyla 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.06 ve 0,06 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3'te verilen sel-taşkın risk haritasının sınıflandırılmasına göre çalışma alanının yalnızca %0,60'ı çok yüksek risk değeri taşırken, yüksek (%16,18) ve orta riskli (18,74%) alanlar toplam alanın yaklaşık %35'ine denk gelmektedir. Az Riskli ve Çok Az Riskli alanlar ise sırasıyla toplam alanın 33,85% ve 30,63%'ünü oluşturmaktadır.

<b>Tablo 6. Alt kriterler ağırlıkları</b>			
<b>Ana Kriter</b>	<b>Ağırlık Değeri</b>	<b>Alt Kriter</b>	<b>Ağırlık Değeri</b>
<b>Yağış</b>	0,42	A (> 1160)	0,50
		B (1019 - 1160)	0,26
		C (875,5 - 1019)	0,13
		D (738 - 875,5)	0,07
		E (< 738)	0,03
<b>Akarsuya Uzaklık</b>	0,23	A (0-100)	0,50
		B (100-200)	0,26
		C (200-500)	0,13
		D (500-1000)	0,07
		E (>1000)	0,03
<b>Eğim</b>	0,12	A (0-3)	0,50
		B (3-10)	0,26
		C (10-25)	0,13
		D (25-50)	0,07
		E (>50)	0,03
<b>Yükseklik</b>	0,1	A (< 203)	0,50
		B (203-479)	0,26
		C (479-775,5)	0,13
		D (775,5-1093,5)	0,07
		E (>1093,5)	0,03
<b>Toprak</b>	0,06	A (Yerleşim)	0,33
		B (Alüvyal Toprak)	0,27
		C (Kolüvyal Toprak)	0,16
		D (Rendzinaller)	0,09
		E (Kireçsiz Kahverengi Toprak)	0,05
		F (Regosoller)	0,04
		G (Kireçsiz Kahverengi Orman Toprak)	0,04
		H (Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprak)	0,02
<b>Alan Kullanım/ Arazi Örtüsü</b>	0,04	A (Yüksek Yoğunluklu Kentsel Doku)	0,29
		B (Su Yüzeyleri)	0,24
		C (Ulaşım İle İlgili Alanlar)	0,16
		D (Düşük Yoğunluklu Kentsel Doku)	0,10
		E (Tarım Alanları - Tarla Tarımı)	0,08
		F (Maden, Yiğınlar ve İnşaat Alanları)	0,05
		G (Kentsel Yeşil Alanlar)	0,03
		H (Tarım Alanlar - Bahçe Tarımı)	0,03
		I (Doğal ya da Yarı Doğal Alanlar)	0,02
<b>Bakı</b>	0,03	A (Düz)	0,29
		B (Güneybatı)	0,24
		C (Güney)	0,14
		D (Batı)	0,12
		E (Güneydoğu)	0,07
		F (Kuzeybatı)	0,06
		G (Doğu)	0,03
		H (Kuzey)	0,03
		I (Kuzeydoğu)	0,02



Şekil 3. Sel-taşkın risk haritası

Şekil 4'te toplam çalışma alanının sel-taşkın riski bakımından alansal dağılımı sunulmuştur.



Şekil 4. Sel-taşkın riski alansal dağılımı

Elde edilen sel-taşkın risk haritasına göre alanın 263,64 km<sup>2</sup>'si yüksek riskli alanları ve 9,83 km<sup>2</sup>'si çok yüksek riskli alanları oluşturmaktadır. Oluşturulan risk haritasına göre, çok yüksek ve yüksek sel-taşkın riskine sahip alanların akarsuya yakın kesimlerde, yüksek eğimli bitki örtüsü az ya da olmayan alanlar, ekilebilir alanlar, sürekli kentsel alan ve izole yapıların bulunduğu alanları kapsadığı ve bu alanlarda meydana gelecek bir sel ve taşkında zarara uğrama olasılığı en yüksek alanlar olduğu görülmektedir. Çalışma alanının geneli incelendiğinde, AKAÖ bakımından en yüksek risk taşıyan AK/AÖ tipleri ise su alanları, sulak alanlar ve bitki örtüsü az ya da olmayan alanlardan oluşurken, en düşük risk oranı ormanlar, sürekli tarımsal ürün ile örtülü olan tarımsal alanlar ve yollar ile ilişkili olan diğer alanlardan (refüjler, kaldırım ve yol yanı bitkilendirme şeritleri vb.) oluşmaktadır. Bununla birlikte Balcı ve Öztan (1987) birçok açıdan önemli zararlara sebep olan sel olaylarının eğimi fazla olan havzalarda şiddetli yağışlarla birlikte oluşarak, yüksek hız ve enerji ile beraberinde birçok parçayı da sürükleyen akımlar olduğunu belirtmektedir. Taşkınlar ise, daha düz alanlarda hızla artan su ve parçacıklar nedeniyle yakın

çevresindeki arazi, mülk ve bölgede yaşayan insanlara zarar verebilen olaylar olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda, değerlendirildiğinde Şekil 3'te elde edilen sel-taşkın haritasında yüksek eğime sahip bitki örtüsünden yoksun alanların yüksek yağış ile birlikte sel afeti bakımından büyük risk oluşturduğu biçiminde değerlendirilmiştir.

Nüfus bakımından Efeler ilçesinde yer alan mahallelerdeki sel-taşkın risk sonuçlarına göre en risk ortalamasına sahip mahalleler Ortaköy, Güzelhisar, Soğukkuyu ve Yukarıkayacak olarak saptanmıştır. Köşk ilçesinde en yüksek risk ortalamasına sahip mahalleler Sarıçam ve Ahatlar, Sultanhisar ilçesinde en yüksek risk ortalamasına sahip mahalleler Malgaçmustafa ve Malgaçemir, Nazilli ilçesinde ise en yüksek riskli mahalleler Çobanlar ve Yeşilyurt olarak bulunmuştur.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Ülkemiz fiziki yapısı sebebiyle taşkın, sel, heyelan, erozyon, çığ, deprem, kuraklık vb. doğal afetler yaygın olarak görülmektedir. Kontrolsüz nüfus artışı ve doğal kaynakların hızlı tüketimi ve hatalı kullanımı nedeniyle, meydana gelen doğal afetlerin etkileri zamana paralel olarak hızla artmaktadır. Ülkemiz bölgeleri arasında yaşanan sıcaklık değişimleri ve iklim değişikliğinin etkisiyle su kaynaklarında değişimler yaşanmaya başlanmıştır. Dünya çapında plansız gelişme, küresel iklim değişiklikleri ve hızlı nüfus artışı gibi nedenlerden dolayı sel-taşkın olaylarında büyük bir artış olduğu görülmektedir. Bu kapsamda zarar önleme sistemlerinin temelini oluşturan risk yönetimi evrensel boyutta daha fazla önemli hale gelmiştir (Tek, 2013). Risk yönetimi, olası tehlikeli durumlara hazırlıklı olmak ve afetin gerçekleşmesi durumunda en az zararla atlatmak amacını gütmektedir. Bu kapsamda risk altında bulunan bölgelerin fiziki ve insanlarla ilişkili özelliklerinin belirlenerek analiz edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada örnek alan olarak seçilen Aydın ili Efeler, Sultanhisar, Köşk ve Nazilli ilçelerinde de yakın geçmişte sel-taşkın afetleri yaşanmış ve bunun sonucunda maddi-manevi çeşitli zararlarla karşılaşmıştır. Bu nedenle sel-taşkın riskinin önceden belirlenerek, özellikle sel-taşkın riskinin yüksek olduğu ilçe ve mahalleler üzerinden değerlendirme yapılması ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi gelecek zararların en aza indirilmesi için bir gerekliliktir.

Bu çalışma sonucunda, sel-taşkın afeti bakımından çalışma alanının 499,14 km<sup>2</sup>'sinin çok az riskli, 551,69 km<sup>2</sup>'sinin az riskli, 305,45 km<sup>2</sup>'sinin orta riskli, 263,64 km<sup>2</sup>'sinin yüksek riskli ve 9,83 km<sup>2</sup>'sinin ise çok riskli alanlardan oluştuğu tespit edilmiştir. Ele alınan ilçeler içinde, Efeler ilçesinin yüksek kesimlerinde yer alan Ortaköy, Yukarıkayacak ve Zeytinköy mahallelerinde ani sağanak sonrasında yüzey akışa geçen yağmur suları neticesinde 2020 yılının Ağustos ayında ve 2021 yılının Haziran ayında sel afeti yaşanmıştır. Bu mahalleler de yüzeysel akışa geçen su miktarını azaltılmasında bizlere yardımcı olabilecek bazı öneriler arasında: bitki örtüsünün engelleyici etkisini arttıracak tedbirlerin alınması, infiltrasyonu azaltıcı uygulamalardan kaçınılması; eğimi yüksek alanlarda teraslama yapılması sayılabilir (Turoğlu, 2005). Karahayıt ve Dalama/Yeniköy mahalleleri düz ve düşük kotlu dağ eteği ve tarım alanları arasına kurulmuş olup sağanak yağış sonrası sele maruz kaldığı gibi bir de dağ yamaçlarından yüzey akışı ile birlikte sürüklenen malzemeler ile erozyona da maruz kalmaktadır. Bu mahalleler de alınabilecek önlemler arasında en önemlileri: yağmur suyu kanalizasyonlarının yapılması ve bu kanalların sürekli olarak bakımdan geçirilemsi, geçirimsiz yüzeyler yerine geçirimli yüzeylerin tercih edilmesi, bitki örtüsü artırılmasıdır.

2021 ve 2022 yıllarının Haziran ayında sağanak yağış sonrasında Köşk ilçesinde Sarıçam, Gökkiriş, Menteşeler, Başçayır ve Kızılcaköy mahallelerinde sel-taşkın afeti yaşanmıştır. Bunlar içinde Gökkiriş, Menteşe ve Kızılcaköy mahalleleri yüksek, çok eğimli ve seyrek bitki örtüsüne sahip bir alanda yer aldığından ani sağanaklar sonrasında bu mahallelerde sel olayı meydana gelmektedir. Benzer şekilde Sultanhisar ilçesinde yer alan Malgaçmustafa ve Malgaçemir mahallelerinde de köy yerleşimi yüksek kesimlerde ve yamaçlarda kurulmuştur ve ani yağışlar hızla yüzeysel akışa geçerek bölgede toprak kayması, yol çökmesi vs. sorunlara neden olmaktadır. Nazilli ilçesinde de yüksek risk ortalamasına sahip mahalle Çobanlar, Yaylapınar ve Pirlibey'dir.

2019 yılının Haziran ve 2022 yılının Haziran ayında sağanak yağış sonrası bu mahaller sel afetine maruz kalmıştır. Çobanlar ve Yaylapınar mahallelerinin kotunun ve eğiminin yüksek olması ve seyrek bir örtüsüne sahip olması ile birlikte ani ve sağanak sonrası sel afetine maruz kalmaktadırlar. Bu mahallerde de Efeler ilçesine benzer önlemlerin yanı sıra Başçayır barajına yakın olan Mentешeler mahallesinde yağmur suları kanallar aracılığı ile baraja yönlendirilmesi önem taşımaktadır.

## Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 2021/2. Dönem “2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı” kapsamında desteklenmiştir.

## Kaynakça

- Akar, İ., & 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*.
- Balcı, A.N., Öztan, Y., (1987), Sel Kontrolü, Karadeniz Üniversitesi, Orman Fakültesi , Genel Yayın No: 113, Fakülte Yayın No: 12, *Karadeniz Üniversitesi Basımevi*, Trabzon, 466 s.
- Cabrera, J. S., & Lee, H. S. (2020). Flood risk assessment for Davao Oriental in the Philippines using geographic information system-based multi-criteria analysis and the maximum entropy model. *Journal of Flood Risk Management*, 13(2), e12607.
- Cardona, O. D., Ordaz, M., Reinoso, E., Yamín, L. E., & Barbat, A. H. (2012, September). CAPRA-comprehensive approach to probabilistic risk assessment: international initiative for risk management effectiveness. In *Proceedings of the 15th world conference on earthquake engineering* (Vol. 1, No. 10).
- Dang, N. M., Babel, M. S. ve Luong, H. T., (2011). Evaluation of food risk parameters in the Day River flood diversion area, Red River delta, Vietnam. *Natural hazards*, 56(1), 169-194.
- Danumah, J. H., Odai, S. N., Saley, B. M., Szarzynski, J., Thiel, M., Kwaku, A., ... & Akpa, L. Y., (2016). Flood risk assessment and mapping in Abidjan district using multi - criteria analysis (AHP) model and geoinformation techniques,(cote d'ivoire). *Geoenvironmental Disasters*, 3(1), 1-13.
- Dash, P., & Sar, J. (2020). Identification and validation of potential flood hazard area using GIS-based multi-criteria analysis and satellite data-derived water index. *Journal of Flood Risk Management*, 13(3), e12620.3
- Dölek, İ. (2016). Muş ilinde Doğal Tehlike Kaynağı Olarak Sel ve Taşkınlar, Sel ve Taşkına Duyarlı Alanların Analizi. *Muş İli İçin Doğal Tehlike Kaynakları. Edt. İskender Dölek*, Ankara, 85-134.
- Dölek, İ. (2015). SUNGU BELDESİ VE YAKIN ÇEVRESİNDE (MUŞ) SEL VE TAŞKINA DUYARLI ALANLARIN BELİRLENMESİ. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (31), 258-280.
- Dewan, A. (2013). *Floods in a megacity: geospatial techniques in assessing hazards, risk and vulnerability* (pp. 119-156). Dordrecht: Springer.
- Ertan, A., Özelkan, E., & Karaman, M., (2021). Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Sel ve Taşkın Alanlarının Belirlenmesi: Çanakkale - Karamenderes Havzası Örneği.

- Görcelioğlu, E. (2003). Sel ve çığ kontrolü. *İÜ Orman Fakültesi Yayınları*, (4415/473,384).
- Günseli, İ., (2019). Determination of flood risk areas and mitigation strategies: A case study of the Menemen Plain, İzmir (Doctoral dissertation, İzmir Institute of Technology (Turkey)).
- Haque, M., Siddika, S., Sresto, M. A., Saroar, M., & Shabab, K. R., (2021). Geo-spatial analysis for flash flood susceptibility mapping in the North-East Haor (Wetland) Region in Bangladesh. *Earth Systems and Environment*, 5(2), 365-384.
- Hammami, S., Zouhri, L., Souissi, D., Souei, A., Zghibi, A., Marzougui, A., & Dlala, M., (2019). Application of the GIS based multi-criteria decision analysis and analytical hierarchy process (AHP) in the flood susceptibility mapping (Tunisia). *Arabian Journal of Geosciences*, 12(21), 1-16.
- İşler, S., Oğuz, E., & Durmuş, O., (2016). Antalya Kemer İlçesi İçin Sentetik Yöntemlerle Taşkın Analizi.
- Kabange, M., Elaru, J., Wang, H., Li, F., (2017). Characterizing flood hazard risk in data-scarce areas, using a remote sensing and GIS-based flood hazard index. *Nat Hazards*, 89:1369-1387
- Mind'je, R., Li, L., Amanambu, A. C., Nahayo, L., Nsengiyumva, J. B., Gasirabo, A., & Mindje, M., (2019). Flood susceptibility modeling and hazard perception in Rwanda. *International journal of disaster risk reduction*, 38, 101211.
- Ocak, F., & Bahadır, M. (2020). Örnek taşkın risk modeli oluşturulması ve Ünye şehrindeki derelere ait taşkın risk analizleri. *Jass Studies-The Journal of Academic Social Science Studies*, (80), 21-37.
- Oğuz, K., Oğuz, E., & Coşkun, M. (2016). COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE TAŞKIN RİSK ALANLARININ BELİRLENMESİ: ARTVİN İLİ ÖRNEĞİ.
- Önsoy, H., (2008). Kentleşmede hidrolojinin önemi, 5. *Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları: Sel, Taşkın ve Heyelan Konferansları Bildiriler Kitabı*, 38-42.
- Özcan, E. (2006). Sel olayı ve Türkiye. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26(1), 35-50.
- Özcan, O., (2008). Sakarya Nehri Alt Havzası'nın Taşkın Riski Analizinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 62s).
- Özcan, O., Musaoğlu, N., & Şeker, D. Z., (2009). Taşkın alanlarının CBS ve uzaktan algılama yardımıyla belirlenmesi ve risk yönetimi: Sakarya Havzası örneği. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 12, 11-15.
- Özcan, O., (2017). Taşkın tespitinin farklı yöntemlerle değerlendirilmesi: Ayamama Deresi örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 3(1), 9-27.
- Özkan, S. P., & Tarhan, C., (2016). Detection of flood hazard in urban areas using GIS: Izmir case *Procedia Technology*, 22, 373-381.
- Rahmati, O., Zeinivand, H., Besharat, M., (2015). Flood Hazard Zoning İn Yasooj Region, Iran, Using GIS And Multi-Criteria Decision Analysis. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7 (3): 1000-1017
- Romdani, R. P., Tamamadin, M., Susandi, A., Pratama, A., & Wijaya, A. R., (2018). Development of flash flood hazard map in bima City (NTB) using analytical hierarchy process. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 166, No. 1, p. 012035). IOP Publishing.



- Scheuer, S., Haase, D. ve Meyer, V., (2011). Exploring multicriteria flood vulnerability by integrating economic, social and ecological dimensions of flood risk and coping capacity: from a starting point view towards an end point view of vulnerability. *Natural hazards*, 58(2),731-751.
- Stefanidis, S., & Stathis, D., (2013). Assessment of flood hazard based on natural and anthropogenic factors using analytic hierarchy process (AHP). *Natural hazards*, 68(2), 569-585.
- Tanrıverdi, M., (2019). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çok ölçütlü karar analizi ile şanlıurfa il merkezi'nin taşkın alanlarının belirlenmesi/Determination of flood areas of Şanlıurfa provincial center by multi-criteria decision analysis based on geographic information systems (GIS) (Doctoral dissertation).
- Tek, D., (2013). CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Kâğıthane Deresinin (İstanbul) Taşkın Risk Analizi (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul).
- Tiryaki, M., & Karaca, O., (2018). Flood susceptibility mapping using GIS and multicriteria decision analysis: Sarıca-Çanakkale (Turkey). *Arabian Journal of Geosciences*, 11(14), 1-17.
- Tokgözlü A., Özkan E., (2018). Taşkın risk haritalarında ahp yönteminin uygulanması: Aksu Çayı Havzası örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (44), 151-176.
- Toprak, A., (2015). Solhan Deresi Havzasının (Bingöl) sel ve taşkın analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Elazığ*.
- Tunalı, S.P., Kesgin Atak B., Ersoy Tonyaloğlu E., (2021). CBS Tabanlı Sel ve Taşkın Risk Analizi, İzmir İli Örneği. *4th International Congress on Agriculture, Environment and Health, 20-22 May 2021, Aydın Adnan Menderes University, Aydın/Turkey*, 133
- Turoğlu, H., (2005). Bartın'da Sel ve Taşkınlar: Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri. Çantay Kitabevi.
- Tüzgen, G. A., & Karaca, Ö., (2021). Çerçi ve Murt Deresi (Fethiye-Muğla) Taşkın Duyarlılık Alanlarının CBS ile Çok Kriterli Karar Verme Analizi Kullanılarak Haritalanması. *Yerbilimleri*, 42(1), 121-143.
- Vedat, A. V. C. I., & Sunkar, M., (2015). Giresun'da Sel Ve Taşkın Oluşumuna Neden Olan Aksu Çayı Ve Batlama Deresi Havzalarının Morfometrik Analizleri. *Coğrafya Dergisi*, (30), 91-119.
- Yılmaz, İ., Öztürk, D., & Kırbaş, U., (2017). Çorum ili taşkın tehlikesinin analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak incelenmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 3-6.
- Zeleňáková, M., Gaňová, L., Purcz, P., Horský, M., & Satrapa, L. (2018). Determination of the potential economic flood damages in Medzev, Slovakia. *Journal of Flood Risk Management*, 11, S1090-S1099
- Zengin, E. Ç. (2018). Kent ve kentleşme sarmalında Türkiye. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(1), 84-103.
- Zzaman, R. U., Nowreen, S., Billah, M., & Islam, A. S., (2021). Flood hazard mapping of Sangu River basin in Bangladesh using multi-criteria analysis of hydro-geomorphological factors. *Journal of Flood Risk Management*, 14(3), e12715