

**To Cite This Article:** Toprak, A. & Canpolat, F. A. (2022). Frekans oran, analitik hiyerarşi ve lojistik regresyon modellerinin taşkın tehlike tahmininde karşılaştırmalı kullanımı, Fatsa ilçe merkezi ve yakın çevresi örneği. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 45, 349-379. <http://dx.doi.org/10.32003/igge.998492>

## FREKANS ORAN, ANALİTİK HİYERARŞİ VE LOJİSTİK REGRESYON MODELLERİNİN TAŞKIN TEHLİKE TAHMİNİNDE KARŞILAŞTIRMALI KULLANIMI, FATSA İLÇE MERKEZİ VE YAKIN ÇEVRESİ ÖRNEĞİ

### Comparative Use of Frequency Ratio, Analytical Hierarchy and Logistic Regression Models in Flood Hazard Estimation, Example of Fatsa District Center and Its Environs

Ahmet TOPRAK<sup>ID</sup> Fethi Ahmet CANPOLAT<sup>ID</sup>

#### Öz

Topografyanın eğimli ve dik olması, yaz aylarında meydana gelen ekstrem yağışlar ve dere yataklarında yapılaşmanın artışı nedeniyle Fatsa (Ordu) ilçe merkezi ve yakın çevresi son yıllarda giderek daha fazla taşkına maruz kalmaktadır. Bu nedenle taşkın yayılış alanlarının doğru ve tutarlı bir şekilde oluşturulabilmesi için frekans oran metodu, analitik hiyerarşi süreci ve lojistik regresyon modelleri kullanılmıştır. Taşkın alanları AFAD ve Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilmiş, taşkını etkileyen 11 bağımsız değişkenle taşkın tehlike tahmin modelleri oluşturulmuştur. Buna göre frekans oran metoduna göre 19,5 km<sup>2</sup>, analitik hiyerarşi sürecine göre 30,7 km<sup>2</sup> ve lojistik regresyon modeline göre 14 km<sup>2</sup> alan, yüksek ve çok yüksek riskli taşkın alanı olarak hesaplanmıştır. Bu alanlar nüfus ve yerleşmenin yoğun olduğu Fatsa ilçe merkezine ve vadi tabanlarına karşılık gelmektedir. Çalışmada kullanılan üç yöntemden en yüksek doğruluk oranına sahip model, frekans oran metodudur (%95,9). Ancak arazi gözlemleri neticesinde lojistik regresyon modeli ile oluşturulan taşkın tehlike tahmini haritası, diğer yöntemlere göre doğruya en yakın olduğu tespit edilmiştir. Akarsu mecrasındaki yerleşim alanlarında taşkınların önlenmesi ve iyileştirilmesi için öncelik verilmesi gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Taşkın Analizi, Fatsa, Frekans Oran, Analitik Hiyerarşi Süreci, Lojistik Regresyon Modeli

#### Abstract

The topography is inclined and upright, excessive rainfall in the summer increase and filling of stream beds with settlement, the Fatsa (Ordu) district center and the near circumference is increasingly exposed to more stones in recent years. For this reason, the frequency rate method, analytical hierarchy process and logistic regression models were used so that torrent and flooding areas can be formed correctly and consistently. Flood areas were obtained from AFAD and the General Directorate of Meteorology. Flood hazard prediction models were created with 11 independent variables affecting the floods. Accordingly, 19.5 km<sup>2</sup> according to the frequency ratio method, 30.7 km<sup>2</sup> according to the analytical hierarchy process and 14 km<sup>2</sup> according to the logistic regression model were calculated as a high and very high risk flood area. These fields correspond to the Fatsa County Center and Valley floor where the population and settlement are intensive. The model with the highest accuracy rate of three methods used in the study is the frequency rate method (95.9%). However, the flood hazard estimated map, created with the logistic regression model, is calculated to be more accurate than other methods as a result of land observations. It is necessary to give priority to the prevention and improvement of floods in the settlements in the course of the rivers.

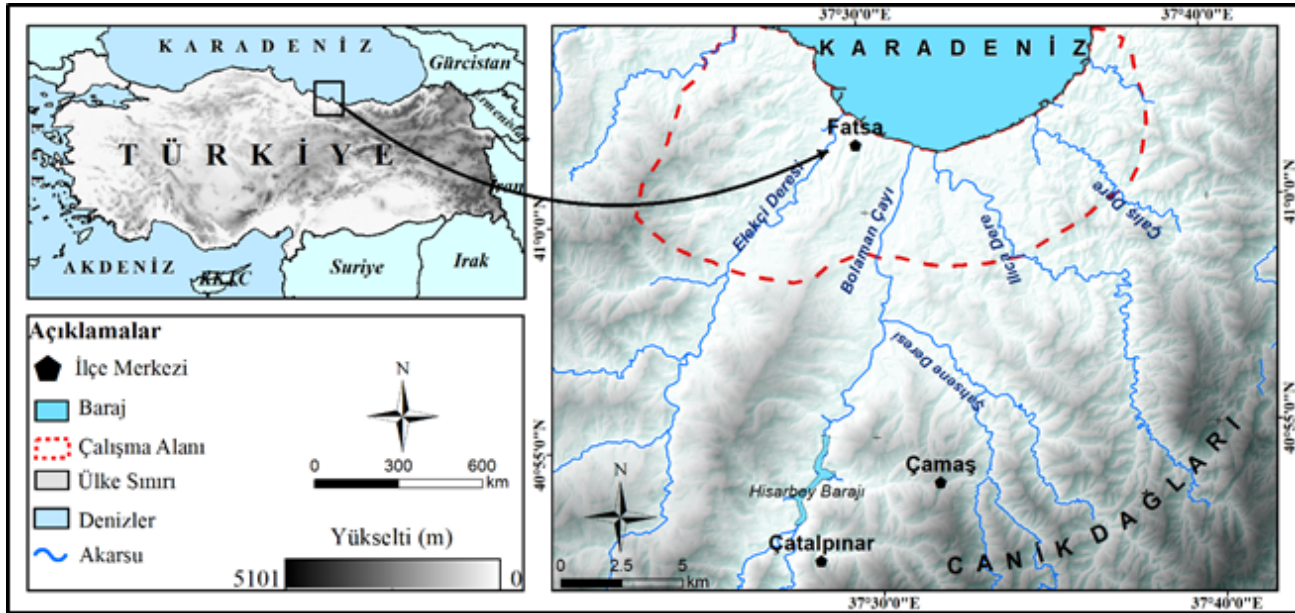
**Keywords:** Flood Analysis, Fatsa, Frequency Ratio, Analytical Hierarchy Process, Logistic Regression Model

\* **Sorumlu Yazar:** Araştırma Görevlisi Dr., Fırat Üniversitesi, ✉ atoprak@firat.edu.tr

## GİRİŞ

Bu çalışmada, Ordu ilinin Karadeniz kıyısında yer alan Fatsa ilçe merkezi ve yakın çevresinin Frekans Oran Metodu, Analitik Hiyerarşi Süreci ve Lojistik Regresyon yöntemleri ile taşkın tehlike tahmini haritaları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. İlçe merkezi, kuzeyden Karadeniz, güneyden Kuzey Anadolu Dağları'nın bir bölümü olan Canik Dağları, batı ve doğudan ise akarsular ile sınırlanmıştır. Fatsa ilçesinde batıdan doğuya doğru Elekçi Dere, Bolaman Çayı, Ilıca ve Çalış dereleri Karadeniz kıyısı boyunca sıralanmıştır (Şekil 1). İlçenin ana jeomorfolojik birimlerini tepelik alanlar, tepelik alanların çevresinde gelişen düzlükler, aşınım yüzeyleri, sekiler, sırt ve yamaçlar oluşturmaktadır. Çalışma alanındaki dereler genellikle "V" şeklindedir. Ancak Elekçi Deresi, Ilıca Deresi ve Bolaman Çayı'nın Karadeniz kıyısına yakın kesimleri geniş tabanlı vadi özelliği göstermektedir.

İlçenin iklim, jeomorfolojik (yüksekti, eğim), hidrografik, nüfus ve yerleşme özellikleri nedeniyle Elekçi Dere, Bolaman Çayı ve Ilıca Deresi üzerinde sık sık taşkınlar meydana gelmektedir. Çalışma sahasında nüfus, başta kıyıya yakın düzlük alanlar olmak üzere, vadi içleri ve eğimli yamaçlarda toplanmıştır. Bu alanlar aynı zamanda taşkın tehlikesini en fazla olduğu yerlere karşılık gelmektedir. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre geçmişte Ordu il genelinde 57, Fatsa ilçesinde ise 36 sel ve taşkın (su baskını) olayı meydana gelmiştir.



Şekil 1: Fatsa (Ordu) İlçe Merkezi ve Çevresinin Lokasyon Haritası

Bölgede iklim değişikliğinin sonucu olarak ekstrem yağışların yanı sıra jeomorfolojik (eğimin fazla olması) ve hidrografik (akarsu sıklığının fazlalığı, yatak eğimi) özellikler, yerleşim planlarının doğru yapılmaması, taşkınların tetikleyici parametreleridir. Son yıllarda Fatsa (Ordu) ilçe merkezi ve çevresinde plansız gelişme, ani sağanak yağışlar, köprülerin gevşek zemin üzerine yapılması ve çoğunluğunun maksimum yağışlara göre yapılmaması sonucunda; Elekçi Dere, Bolaman Çayı, Ilıca ve Çalış dereleri ilçe merkezini etkileyerek sel ve taşkınlara neden olmaktadır. Bu doğa kökenli afetin oluşum nedenlerinin belirlenmesi ve taşkın tehlike tahmini haritalarının üretilmesi gerekmektedir.

Fatsa (Ordu) ilçe merkezi ve çevresinde taşkınların karşılaştırmalı analizi, muhtemel taşkın alanlarının tespiti, taşkın tehlike tahmini haritalarının üretilmesi ve doğrulanması; taşkın yönetimi ve havza planlaması için önemli bir veri kaynağı sunmaktadır. Bu nedenle inceleme alanında 3 farklı yöntem kullanılmıştır. Birincisi frekans oran yöntemidir. Geçmişte meydana gelen taşkınlardan benzer koşullar altında gerçekleşebilecek taşkın alanlarını ortaya çıkarmaktadır. Frekans oran

metodu, taşkın meydana geldiği lokasyonlarla, taşkın tetikleyici unsurları arasında korelasyona bağlı olarak mevcut ve muhtemel taşkın alanlarını öngören bir yöntemdir (Lee & Pradhan, 2006). İkinci metodu uzman görüşüne dayalı olarak birçok kriter ve alt kriter ile amaç arasında ilişkiyi gösteren analitik hiyerarşi sürecidir. Yöntem kriterleri ve alternatifleri sayısal hale getirerek amaca uygun olarak karar verme olarak tanımlanmaktadır. İkili karşılaştırma yoluyla taşkına etki eden faktörlerin önemini birbir karşılaştırır. Daha sonra alternatif seçeneklerin her biri için öncelik sırasına göre hesaplama yapmaktadır (Saaty, 1980). İnceleme alanında son olarak lojistik regresyon modeli kullanılmıştır. Bu model ikili değişkenle 1 (doğru) ve 0 (yanlış) ile ölçülmektedir. Bağımlı değişken (taşkın olan ve olmayan alanlar) ile bağımsız değişkenler (taşkın tetikleyen faktörler) arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır (Menard, 2002).

Yükselti, eğim, baki, eğrisellik, topografik nemlilik indeksi, akarsu güç indeksi, drenaj yoğunluğu, yağış, NDVI (normalize edilmiş bitki indeksi) birincil ve ikincil (ara) yollara mesafe gibi taşkın tetikleyen faktörler göz önünde bulundurulmuş ve taşkın tehlike tahmin haritaları analiz edilmiştir. Taşkınların modellenmesi için önemli faktörleri doğrulamak ve test etmek amacıyla doğruluk analizi (ROC eğrisi) yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak yükselti, eğim ve yağış taşkın tetikleyen önemli faktörlerdir. Yükselti taşkın derinliğini, eğim ise yüzey akışını etkileyen önemli bir faktördür. Farklı metotlara dayalı olarak üretilen taşkın tehlike tahmini haritaları akarsuların mecrası kısmında yer alan yerleşme alanlarının taşkınlarla karşı çok hassas olduğunu ve bu nedenle taşkınların önlenmesi ve iyileştirilmesi için bu alanlara öncelik verilmesi gerektiğini göstermektedir.

Fatsa (Ordu) ilçe merkezi ve çevresinde farklı alanlarda çok sayıda araştırma yapılmıştır. Tez ve makale çalışmaları dışında doğrudan konu ile ilgili olan çalışma Bolaman Çayı ve Elekçi Dere Havzası'nda yapılmıştır. Fiziki coğrafya kapsamında Bolaman (Fatsa) Çayı Havzası'nda sel, taşkın, erozyon, heyelan ve kütle hareketlerine ait risk haritaları yapılmıştır (Dölek, 2008). Çalışma sahasının batısındaki Elekçi Dere Havzası'nda ise sel ve taşkın olaylarının nedenleri ve sonuçları üzerine değerlendirmelerde bulunulmuştur (Özlü, 2012). Bu çalışmada ise Fatsa ilçe merkezi ve çevresinde yapılan çalışmaların ilçe merkezini etkileyen derelerin hepsini kapsamaması, taşkın potansiyelinin yüksek olması ve taşkın tehlike tahmin haritalarının detaylı yapılmaması bu çalışmanın yönlendirici unsurları olmuştur.

OECD'nin çevre raporuna göre, 2050 yılına kadar dünya genelinde şiddetli hava olaylarının sayısı artmaya devam edeceği ifade edilmektedir (IPCC, 2012). Çok sayıda çalışmada, iklim değişikliğinin sel ve taşkınların hem sıklığında hem de yoğunluğunda artışa neden olduğu ifade edilmektedir (Sillmann vd., 2013; Pachauri vd., 2014; Fischer & Knutti, 2016; Aalbers vd., 2018; Innocenti vd., 2019; Martel vd., 2020). Türkiye'de kentsel yerleşmelerin giderek artan bir ivmeyle büyümesi ve yoğunluğunun artmasıyla, jeolojik-jeomorfolojik özellikler, hidrografik-hidromorfometrik ve iklimik özellikler gibi nedenlerle sel ve taşkınlardan daha fazla etkilendiği görülmektedir. Klimatolojik afetlerin %47'sini oluşturan taşkınlar, 2,3 milyar insanın etkilenmesine, 156.000 kişinin hayatını kaybetmesine ve tahmini 662 milyar (ABD Doları) ekonomik kayba neden olmuştur (Boutaghane vd., 2022). Son yıllarda, özellikle ülkemizde bulunduğu Akdeniz ülkelerinde yıkıcı ani taşkınlar meydana gelmektedir (Gaume vd., 2016).

Taşkın yayılış alanlarını belirlemek ve taşkın tehlike tahminini farklı yöntemlere göre karşılaştırılmalı analizi, risk planlaması ve yönetimi bakımından önemlidir. Olası taşkınlarda muhtemel etkileri en az olan yerlerden, en fazla olan yerlere doğru sınıflandırılarak haritalandırılması can kaybını en aza indirmek ve afet planlaması için önemli bir kaynak teşkil etmektedir. Ayrıca bu çalışmanın sadece taşkın sonrası için değil, taşkın öncesi ve taşkın anında yapılabilecek afet müdahale planlaması ve afet bilincinin kazandırılması için de faydalı olacağı düşünülmektedir.

## VERİ VE YÖNTEM

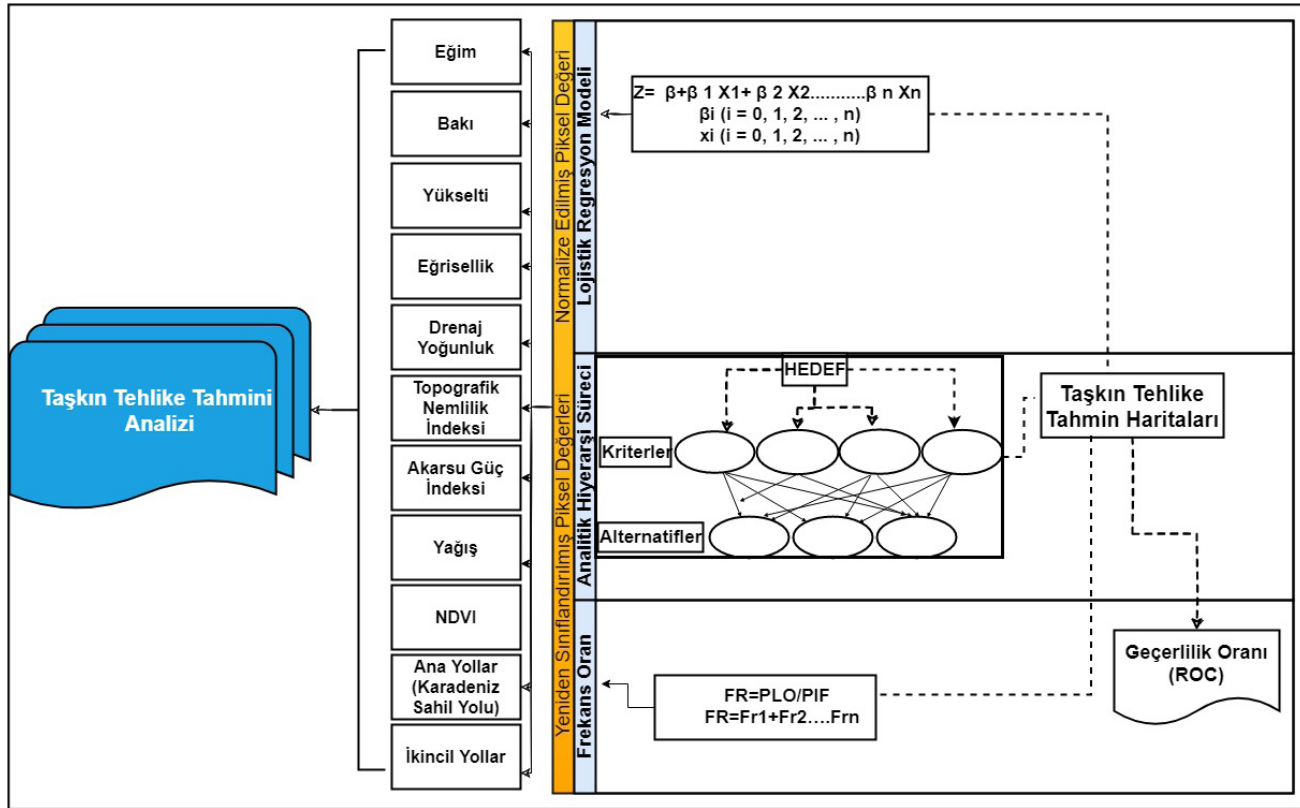
Dünya genelinde son yıllarda literatürde sunulan sel ve taşkınla ilgili birçok çalışmada disiplinler arası yöntemler olan yapay sinir ağları (YSA), frekans oran (FR), lojistik regresyon (LR), analitik hiyerarşi süreci ve karar ağaçları (DT) gibi modeller en popüler teknikler arasına girmiştir (Sunkar & Tonbul, 2010; Youssef vd., 2016; Tehrani vd., 2015; Khosravi vd., 2016; Marconi

vd., 2016; Mojaddadi vd., 2017: 1081; Chapi vd., 2017; Ghosh & Kar, 2018; Giovannettone vd., 2018; Tehrany & Kumar, 2018; Zhao vd., 2018; Toprak, 2021).

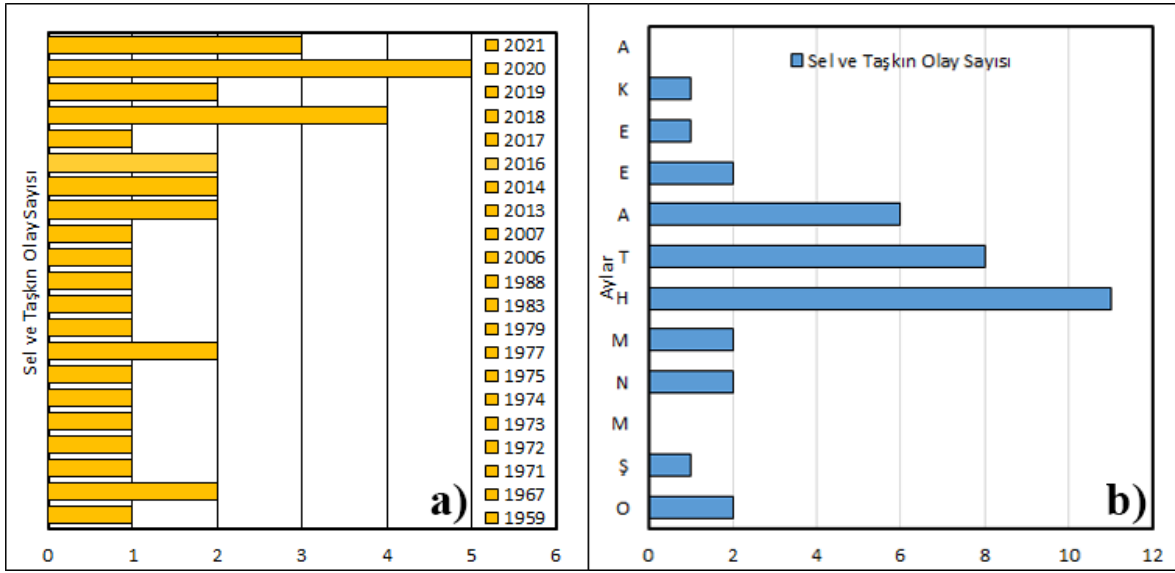
Fatsa ilçe merkezi ve çevresinde farklı metotlara göre taşkın tehlike haritaları oluşturmak ve yayılım alanlarını belirlemek için coğrafi bilgi sistemleri ve istatistiksel teknikler birlikte kullanılmıştır (Şekil 2). Daha sonra, her üç modelin doğruluğu ve uygunluğu analiz edilmiştir.

Taşkın tehlike tahmini yapmak amacıyla, AFAD ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen taşkın envanter verileri kullanılarak taşkın veri seti oluşturulmuştur. Buna göre Fatsa ve çevresinde toplam 36 adet sel ve taşkın (su baskını) olayı gerçekleşmiştir. 2017 yılına kadar sel ve taşkın afet sayıları düşüktür. Ancak bu yıldan sonra sel ve taşkın afet sayılarında bir artış gerçekleşmiştir. Bu taşkınların nedeni, kısa süreli şiddetli yağmur ve dolu ile ilkbahar yağışları sonucu akarsu yataklarında kapasitenin üzerinde meydana gelen akıştır. Haziran ayı en çok sel ve taşkın olayının gerçekleştiği ay olup, bunu Temmuz ve Ağustos ayları izlemektedir. Haziran ayında 58 mm, Temmuz ayında 88 mm, Ağustos ayında ise 90 mm yağış düşmektedir. Sel ve taşkın olayları mevsimsel olarak en fazla ilkbahar ve yaz aylarında, en az ise kış ve sonbahar aylarında vuku bulmuştur (Şekil 3, Şekil 4).

Geçmişte meydana gelen taşkınların veri seti haline getirilmesinde, resmi kurumların yanı sıra Google Earth görüntüleri, uydu görüntüleri, topografya haritaları ve saha gözlemlerinden de yararlanılmıştır. Taşkın alanları belirlendikten sonra rastgele örnekleme yapılarak 10\*10 raster pikseli büyüklüğünde 1100 taşkın noktası elde edilmiştir. Taşkın olmayan noktaları belirlemek için de yine rastgele örnekleme ile aynı sayıda taşkın olmayan nokta belirlenmiştir. Bu noktalar seçilirken taşkın olasılığı az olduğu tahmin edilen yerlerden rastgele seçilmiştir. Taşkın noktalarının değerine "1", taşkın olmayan noktaların değerine "0" değeri atanmıştır. Daha sonra taşkın olan ve olmayan noktaların %70'i eğitim amaçlı, %30'u test amaçlı kullanılmıştır.

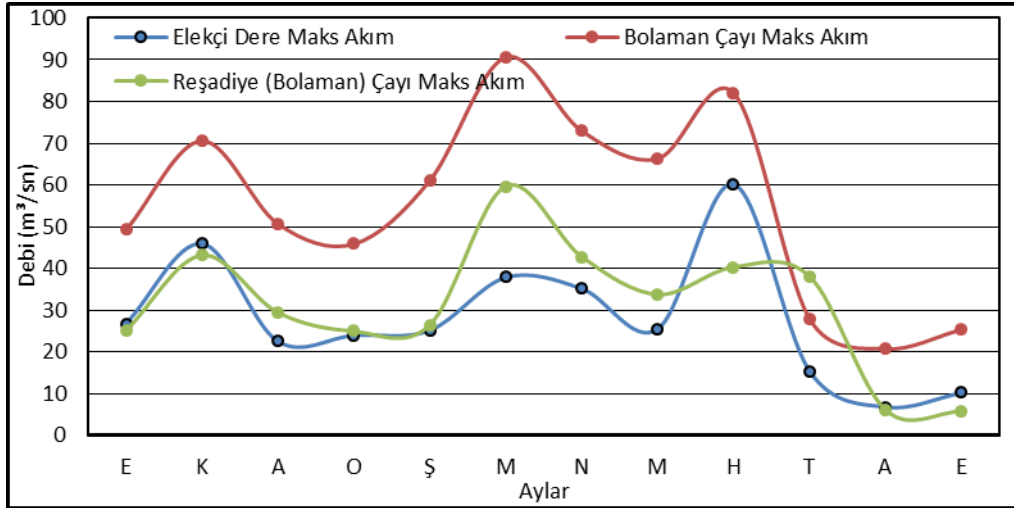


Şekil 2: Fatsa (Ordu) İlçe Merkezi ve Çevresinin Taşkın Tehlike Tahmini Haritaları İçin İş-Akış Şeması



Şekil 3: Fatsa (Ordu) ve Çevresinde Meydana Gelen Sel ve Taşkın Olaylarının Afet Sayısına Göre Yıllara (a) ve Aylara (b) Göre Dağılımı (1959-2021)

Fatsa ilçe merkezi ve çevresinde maksimum akımların 34 yıllık verileri değerlendirildiğinde en yüksek akım kasım, mart ve nisan aylarlarında ölçülmüştür. Ağustos ve eylül ayları ise akımın minimum olduğu aylardır (Şekil 4). Akım gözlem istasyonlarının maksimum akım verileriyle aylık ortalama yağış değerleri karşılaştırıldığında yağış-akış zamanlarında kasım ve mart ayında benzerlik olmasına rağmen haziran ayında farklılık göstermiştir. Kasım ve mart aylarında akımın yüksek olması yağışın fazla olması ve kar erimeleri ile ilgilidir. Akım değerlerinin haziran ayında fazla olmasında ise maksimum yağışların bu ayda toplanmasıdır. Şiddetli sağanak yağışların bu ayda fazla olması sel ve taşkınlarında fazla olmasına neden olmaktadır.



Şekil 4: Fatsa İlçesi ve Çevresindeki Akım Gözlem İstasyonuna (AGİ) Ait Uzun Yıllar (1985-2019) Aylık Maksimum Akım Verilerine Göre Oluşturulan Akım Grafiği.

Taşkın tetikleme faktörleri için ise, öncelikle Harita Genel Müdürlüğü'nden elde edilen 10 m çözünürlüklü sayısal yükselti modeli (SYM) kullanılmıştır. Bu veri ile eğim, baki, drenaj yoğunluk, topografik nemlilik indeksi ve akarsu güç indeksi haritaları üretilmiştir. Yağış haritası açık kaynak erişimli WorldClim sitesi üzerinden indirilen tematik yağış haritası nokta verisine dönüştürülerek oluşturulmuştur. Bir diğer önemli taşkın tetikleyici unsur olan bitki örtüsü özellikleri için ise, yine açık



kaynak erişimli olan EarthExplorer sitesi üzerinden Landsat 8 uydu görüntülerinden yararlanılarak NDVI haritası üretilmiştir. Sel ve taşkınlar için önemli bir faktör olan ana ve tali yollar doğal akışı engelleyerek taşkın hidrolojini etkilemektedir. Bu nedenle çalışma alanındaki ve çevresinde Karadeniz sahil yolu ve ilçeyi diğer yerleşim birimlerine bağlayan yollar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Birincil (ana yol) ve ikincil yollara mesafe haritasının oluşturulmasında açık kaynak erişimli Open Street Map verilerinde yararlanılmıştır (GeoFabrik, 2021). Bu kaynaktan elde edilen birincil ve ikincil yollar ArcGIS mekânsal analizi modülü kullanılarak yollara uzaklık haritası elde edilmiştir.

Frekans oran modeli, taşkın tehlikesini değerlendirmek için kullanılan iki değişkenli istatistiksel modeldir. Doğa kökenli afetlerin duyarlılık haritalarında en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Yöntem taşkın meydana geldiği lokasyon ve taşkın tetikleme faktörleri arasındaki mekânsal ilişkiye dayanarak her sınıfın/kategorinin ağırlığını hesaplayabilmektedir (Sahana vd., 2020). Bu yöntemin en önemli özelliği afet envanterlerini kullanarak afet meydana geldiği yerdeki özelliklerle benzer özellikte olan başka yerleri tahmin etmektir. Bir başka deyişle geçmişte meydana gelen afet alanları ile gelecekteki olabilecek afet alanlarını tahmin etmektedir (Bonham-Carter, 1994; Manandhar, 2010: 7). Taşkını tetikleyen faktörleri önem sırasına göre sıralaması da metodun bir başka önemli özelliğidir. Bu modelin en büyük avantajı, uygulanmasının kolay ve basit olmasıdır.

Frekans oran sınıfı veya faktör  $j$  olarak adlandırılmıştır.  $N_p(Lx_i)$ , faktör değişkeni  $X$ 'in sınıfı içindeki taşkın hücrelerinin sayısıdır,  $N_p(X_j)$ , faktör değişkeni  $X_j$  içindeki hücrelerinin sayısıdır.  $M$ , faktör değişkeni  $X$ 'deki sınıfların sayısıdır ve  $n$ , taşkın etki eden faktörlerin sayısıdır.

$$x = \frac{\frac{N_p(Lx_i)}{\sum_{i=1}^m}}{\frac{N_p(X_j)}{\sum_{j=1}^m N_p(X_j)}} \quad (1)$$

Son olarak aşağıdaki formülde FSI, taşkın duyarlılık indeksidir ve FR ise, analizde dikkate alınan her bir sınıfın veya faktörün frekans oranıdır.

$$FSI_{FR} = \sum_{j=1}^n FR \quad (2)$$

Bu metod da bağımlı değişken ile bağımsız değişken olasılığı ne kadar yüksekse (1'den büyük ise) taşkını tetikleyen faktörler arasındaki korelasyon o kadar güçlü, bağımlı değişken ile bağımsız değişken olasılığı ne kadar düşükse korelasyon o kadar zayıftır.

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), karmaşık kararları organize etmek ve analiz etmek için kullanılan bir yöntemdir. 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen bu yöntem karar verme durumunda veriler kadar değerli olan bilgi ve deneyimlerin de dikkate alınması gerektiği ifade etmektedir. Yöntemin en önemli avantajı değişik koşulların herbirinde aynı şekilde kullanılabilme özelliğinin bulunmasıdır. Bu yöntem 3 bölümden oluşmaktadır. İlk olarak çalışmanın amacı, hedefi belirlenir. İkinci olarak alternatif olarak adlandırılan tüm olası çözümler ve kriterler hesaplanır. Üçüncü olarak ise, kriterleri ve alternatifleri sayısal hale getirerek genel amaçla ilişkilendirilir (Saaty, 1980).

AHP, Ağırlıklı Çakıştırma (Weighted Overlay) ile birlikte kullanılmıştır. Analizde öncelikle taşkını tetikleyen faktörler belirlenmiş ve yeniden sınıflandırmaları yapılmıştır. Daha sonra her faktör için, taşkın etki değeri 10, taşkın etki değeri ise 1 olarak atanmıştır. Bu değerler her faktör ve alt sınıfları için atanmıştır. Taşkını etkileyen faktörlere atanan değerler göreceli olup, faktörün özelliğine göre değişkenlik göstermektedir. Ağırlıklı çakıştırmada taşkını etkileyen faktörlerin her biri önem açısından önceki yapılan hesaplama göre belirlenmektedir.

Modelde tutarlılık oranı 0 ise, ikili karşılaştırma sonucu tam tutarlıdır. Oran 1'e yaklaşır ise karar verici tutarlı olmadığı sonucuna varılır. (Wind & Saaty, 1980: 646; Saaty vd., 2003: 174). Hiyerarşik model oluşturduktan sonra, ölçütlerin birbirine göre önem derecelerinin belirlendiği ikili karşılaştırma yapılmıştır. Bütün kriter ve alt kriterlerde tutarlılık indeksi 0,10'dan düşüktür (Tablo 1).

**Tablo 1:** AHP Değerlendirme Ölçeği (Saaty, 1980)

Önem Derecesi	Tanımı	Açıklaması
1	Eşit Derecede Önemli	Her iki faaliyet de amaca eşit katkıda bulunur.
1	Eşit Derecede Önemli	Her iki faaliyet de amaca eşit katkıda bulunur.
3	Orta Derecede Önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre daha fazla tercih edilir.
5	Güçlü Derecede Önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler bir faaliyet diğerine göre çok daha fazla tercih edilir.
7	Çok Güçlü Derecede Önemli	Bir faaliyet diğerine göre çok güçlü şekilde tercih edilir. Uygulamada üstünlüğü ispatlanmıştır.
9	Son Derece Önemli	Bir faaliyet diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir.
2, 4, 6, 8, 10	Ara Değerler	Tercihe göre değerleri birbirine yakın olduğunda kullanılır.

Lojistik regresyon analizi, kategorik değişkenler ile nominal, sıralı, ölçekli bir veya daha fazla kategorik açıklayıcı değişken arasındaki ilişkiyi bulmak için kullanılan bir regresyon yöntemidir (Atkinson & Massari, 1998; Menard, 2002). Lojistik regresyon, ikili değişken(y) ile yordayıcı değişken (x) arasındaki ilişkiyi bulmak için kullanılan temel bir sınıflandırma yöntemi olarak bilinmektedir. İkili lojistik regresyondan gelen y, “var” ve “yok” olmak üzere iki kategoriden oluşur; burada “var” kategorisi için  $y = 1$  ve “yok” kategorisi için  $y = 0$ 'dir. Böylece yanıt değişkeni y, her bir gözlem için Bernoulli dağılımını takip etmektedir. Olasılık fonksiyonları aşağıdaki gibidir:

$$f(y) = \pi^y (1-\pi)^{1-y}; y=0,1 \quad (3)$$

Burada  $y = 0$  ise  $f(y) = 1 - \pi$  ve  $y = 1$  ise  $f(y) = \pi$ ,

$$f(z) = \frac{e^z}{1+e^z}; z = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n \quad (4)$$

Burada n birden fazla olan yordayıcı değişkendir. Verilen her z değeri için f (z) değeri 0 ile 1 arasındadır, çünkü z değerinin kendisi  $-\infty$  ile  $\infty$  arasındadır. Lojistik regresyon modeli bir olasılık veya nesneyi tanımlamaktadır (Pradhan, 2010a). 1 değeri taşkın olayı, 0 değeri taşkın olmadığını gösterir.

$$\pi(x) = \frac{e^{\alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n}}{1 + e^{\alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n}} \quad (5)$$

Bu çalışmada lojistik regresyon analizinde taşkın verileri bağımlı değişkenler olarak kullanılmıştır. Taşkına tetikleyen tüm faktörler bağımsız değişken olarak SPSS programına girdi olarak hazırlanmıştır. Ancak taşkını etkileyen bazı faktörlerin (toprak, jeoloji vb.) herhangi bir ağırlık değeri olmadığı için analize dâhil edilmemiştir.

## BULGULAR

### Taşkını Tetikleyen Faktörler

Taşkın duyarlılık haritalarının hazırlanması için taşkın oluşumu üzerindeki etkili faktörlerin belirlenmesi gerekmektedir (Liu & De Smedt, 2005; Kia vd., 2012). Taşkına etki eden faktörler alansal farklılık gösterebilmektedir. Bu çalışmada literatürde en çok tercih edilen faktörlere, çalışma sahasındaki akarsu havzalarındaki arazi gözlemlerine ve sayısal analizlere göre 11 nedensel parametre seçilmiş ve haritalanmıştır. Bu faktörler yükselti, eğim, bakı, eğrisellik, topografik nemlilik indeksi (TWI), drenaj yoğunluğu, akarsu güç indeksi, yağış, NDVI, birincil ve ikincil yollara mesafedir. İlgili haritaları 5 x 5 piksel boyutunda raster formatlara dönüştürülerek tematik mekânsal veritabanı oluşturulmuştur (Tablo 2).

**Tablo 2:** Fatsa İlçe Merkezi ve Çevresinde Taşkın Tetikleyen Verilerin Özellikleri

Parametrenin Elde Edildiği Yer/Kurum	Taşkın Tetikleme Faktörü	Veri Tipi	Piksel Boyutu
AFAD, MGM	Taşkın Lokasyonları	Nokta	-
Harita Genel Müdürlüğü'ne ait Sayısal Yükselti Modeli (SYM)	Eğim	Raster	10*10
	Bakı	Raster	10*10
	Eğrisellik	Raster	10*10
	Topografik Nemlilik İndeksi	Raster	10*10
	Akarsu Güç İndeksi	Raster	10*10
	Drenaj Yoğunluk	Raster	10*10
<a href="https://www.worldclim.org">https://www.worldclim.org</a> , Yağış haritası	Yağış	Raster	5*5
<a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a> Landsat 8	NDVI	Raster	5*5
Open Street Map	Birincil ve İkincil Yollar	Çizgi	-

## Yükselti

Sayısal yükselti modeli bu çalışmadaki temel verilerden biridir. Yükselti, taşkın yönü hareketinin kontrolünde ve taşkın derinliğinde anahtar role sahip önemli bir faktördür (Aniya, 1985; Fernandez & Lutz, 2010). Fatsa ilçe merkezi ve çevresine ait sayısal yükselti modeli Harita Genel Müdürlüğü'nden 10 m çözünürlüklü münhane haritasından enterpolasyon (Topo to raster) yöntemi elde edilmiştir. Buna göre yükselti 0-650 m arasında değişmektedir. 5 sınıfta (0-100 m, 100-200 m, 200-300 m, 300-400 m, 500 m'nin üzerinde) yeniden sınıflandırma ile sınırlandırılmıştır (Şekil 5).

## Eğim

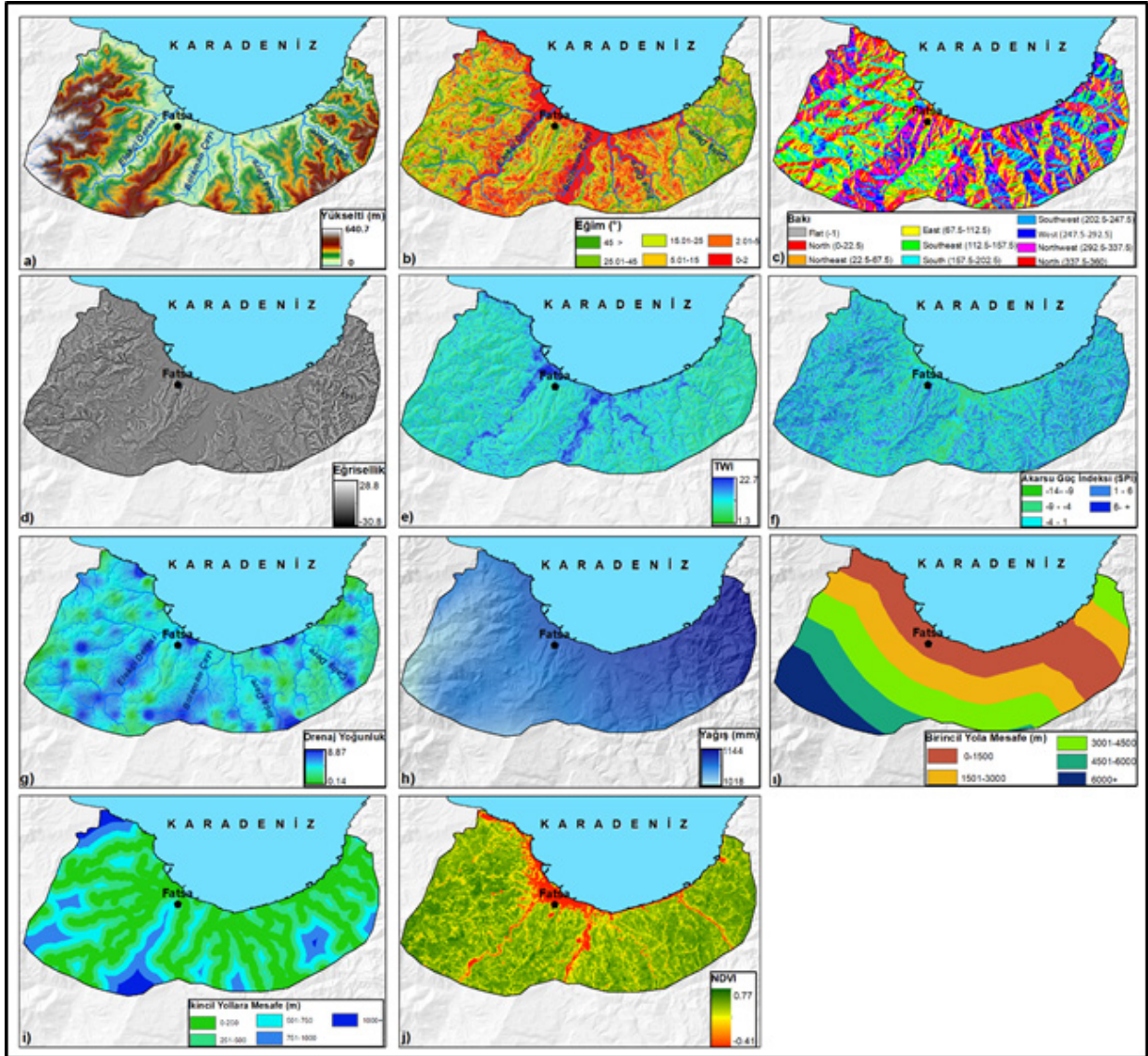
Eğim, yüzey akışını ve sızma miktarını kontrol etmektedir (Lee & Min, 2001; Adiat vd., 2012). Eğimin düşük olduğu yerlerde yüzeysel akış yavaş, sızma miktarı daha fazla olurken, eğimin yüksek olduğu yerlerde yüzeysel akış hızlı, sızma miktarı az olmaktadır. Seller dik eğime sahip küçük havzalarda ortaya çıkarken, taşkınlar düz veya düze yakın alanlarda meydana gelmektedir. Eğimin fazla olması sediment taşınımını tetikleyerek akarsu bölümlerinin ve köprülerin tıkanmasına neden olmaktadır. Fatsa (Ordu) ilçe merkezi ve çevresinde eğim haritası oluşturulurken eğim değerleri derece cinsinden alınmış olup, aralık (sınıf) değerleri 0-2, 2-5, 5-15, 15-25, 25-45 ve 45 ve üzeri olarak hesaplanmıştır. Eğim 0-54 arasında değişmekte olup, ortalama eğim 15,7 standart sapma ise 9,95'dir (Şekil 5). Eğim değerlerinin sınıflandırılması literatür gözönünde bulundurularak oluşturulmuştur (Verstappen, 1983; Tunçdilek, 1985; Turoğlu & Özdemir, 2005; Özdemir, 2007). Fatsa ilçe merkezinin bulunduğu alanlarda eğim düşük, güneyindeki dağlık alanlarda eğim fazladır. Güneydeki Canik Dağlarının yamaçlarında eğiminin fazla olması, sel ve taşkınların meydana gelmesini doğrudan etkilemektedir.

## Bakı

Ülkemizin kuzey yarım kürede yer alması nedeniyle güneye bakan yamaçlar kuzeye göre daha fazla kısa dalgalı güneş radyasyonu almaktadır. Bu durum evapotranspirasyon (buharlaştırma-terleme) oranının fazla olmasına ve güneye bakan yamaçların bitki örtüsü kuzeye bakan yamaçların bitki örtüsüne göre daha seyrek olmasına neden olmaktadır. Kuzeye bakan yamaçlar güneye bakan yamaçlara göre, daha az ısınır, daha fazla yağış aldığı için toprak nemliliği yağıştan sonra uzun süre muhafaza edilmektedir. Böylelikle nemliliği seven bitki örtüsü gelişir. Bu özellik sızmayı artırmakta ve yüzeysel akışı azaltıcı bir etki oluşturmaktadır (Kirkby vd. 1990; Turoğlu & Özdemir, 2005; Özalp, 2009).

Nominal bir değişken olan bakı analitik hiyerarşi ve frekans oranında kullanılmasında herhangi bir problem oluşturmamaktadır. Ancak lojistik regresyonda kullanabilmek için sayısal (sürekli) bir veriye dönüştürülmesi veya dummy değişken olarak kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada bakı, frekans oranı metodu kullanılarak yoğunluk yaklaşımı ile sürekli bir veriye dönüştürülmüş ve lojistik regresyon modeline dâhil edilmiştir. Çalışma sahasının bakı özellikleri topografik özellikler dikkate alınarak sınıflandırılmıştır. Bakı değerlerinin oransal dağılımına göre, %28,16'sı kuzey, %19,8'i güney, %27,4'ü doğu ve %22,5'i ise batıya bakan yamaçlar oluşturmaktadır (Şekil 5).





Şekil 5: Fatsa İlçe Merkezi ve Çevresinde Taşkını Etkileyen Faktörler: a) Yükselti, b) Eğim, c) Bakı, d) Eğrisellik, e) Topografik Nemlilik İndeksi, f) Akarsu Güç İndeksi, g) Drenaj Yoğunluk, h) Yağış, ı) Birincil Yola Mesafe, i) İkincil Yola Mesafe, j) NDVI

### Eğrisellik

Eğrisellik akışın belirli bir yönde eğime bağlı olarak değişimi ifade etmektedir (Wilson & Gallant, 2000). Eğrisellik analizinde, negatif eğriler içbükey, sıfır eğrilik düz, pozitif eğriler ise, dışbükey olarak temsil edilmektedir. Eğrisellik analizi değerlendirildiğinde dışbükey olan yerler sırt ve dik yamaçlara karşılık gelmektedir. Eğriselliğin sıfır olduğu yerler Fatsa ilçe merkezinin bulunduğu kıyı düzlüğüdür. Son olarak iç bükey yüzeyler ise vadilere karşılık gelmektedir. Eğriselikte içbükey yüzeyler, daha fazla akışa neden olarak erozyon ile sel ve taşkınları tetikleyebilir (Sahana & Patel, 2019).

### Akarsu Güç İndeksi (SPI)

Akarsu güç indeksi, akarsuyun akışı sırasında üretmiş olduğu enerjinin zaman içindeki değişimini ifade etmektedir (Sambaziotis & Fountoulis, 2007: 1623; Barker vd., 2009: 280; Diakakis, 2011: 805; Karagiozi, vd. 2011: 1; Ermiş, 2015: 45). Bu indeks Florinsky, (2012) tarafından formüle edilmiştir.

$$\text{Akarsu Güç İndeksi (SPI)} = \ln(A \cdot \tan\beta) \quad (6)$$

A= havza alanı, Tan  $\beta$ = Eğim olarak verilmiştir.

Akarsu güç indeksi, sel ve taşkın taşkın duyarlılık analizlerinin sınıflandırılmasında sıkça kullanılmaktadır. Bu indekste 6 değerinden küçük olan alanlar taşkın olaylarına duyarlı, bu değerlerden büyük olan alanlar ise sel olaylarına duyarlı olduğu ifade edilmektedir (Sambaziotis & Fountoulis, 2007: 1631). Bu analiz sonuçlarına göre – 14 ile 11,7 arasında değişen aralıklarda akarsu güç indeks değerleri hesaplanmıştır. Eğimin fazla olduğu dağlık alanlarda akarsu güç indeksi değerleri de artmıştır. Buna karşın düz ve düze yakın alanlarda akarsu güç indeks değerleri de düşüktür. Bu alanlar taşkın alanlarına duyarlı olup, kıyı düzlüğüne karşılık gelmektedir (Şekil 5).

### Topografik Nemlilik İndeksi (TWI)

Topografik Nemlilik İndeksi, topografyadaki nem dağılışını ve yeraltı suyu akışını belirlemek için kullanılan indekslerdendir (Beven & Kirkby 1979; Moore vd., 1991). Bu indeks yüzeyin suya doygunluğunun belirlenmesinde ve yüzey akışında doğrudan etkili olduğu için taşkın oluşumunun değerlendirilmesinde önemli bir indekstir (Pradhan, 2010b). Bu indeks çalışma alanı ve eğim göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır (Beven & Kirkby 1979).

$$\text{TWI} = \ln \frac{\alpha}{\tan\beta} \quad (7)$$

Burada  $\alpha$ = havza alanını ifade ederken,  $\tan\beta$  ise, yamaç eğimini göstermektedir.

Topografik nem, su yüksekliği ile doğru orantılı olup, topografik nem arttığında su yüksekliği ve taşkın riski potansiyeli arttığı ifade edilmektedir (Ermış, 2015: 30). Eğimin yüksek olduğu dağlık alanlarda topografik nem düşük, eğimin düşük olduğu düz alanlarda topografik nem yüksektir. Topografik nemlilik 1,3-22,7 arasında değişen aralıklarda hesaplanmıştır. Akarsu kollarında ve kıyı düzlüklerinde topografik nem yüksek çıkmıştır. Buna karşın yükselti ve eğimin arttığı güneydeki dağlık alanlarda topografik nemlilik düşük çıkmıştır.

### Drenaj Yoğunluk

Drenaj yoğunluğu toplam akarsu uzunluğunun, havza alanına bölünmesiyle elde edilmektedir (Horton, 1932). Drenaj yoğunluğu formülü Şen (2002) tarafından aşağıdaki gibi verilmiştir.

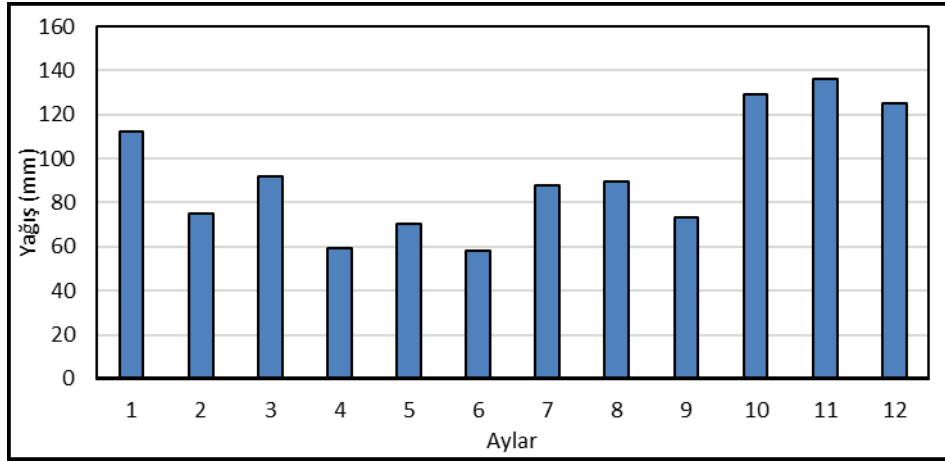
$$\text{Dy} = \frac{\sum_{i=1}^m U_i}{A} \quad (8)$$

Drenaj yoğunluğu, havzadan havzaya değişiklik göstermektedir. Akarsu ağının sık olduğu bir havzada, akarsu ağının seyrek olduğu bir havzaya göre daha yüksek bir drenaj yoğunluğuna sahiptir (Nag, 1998:72). Drenaj yoğunluğunun yüksek olduğu alanlar dağlık alanlar, seyrek bitki örtüsü ve yüzey akışının yüksek olduğu alanlardır (Strahler, 1964; Ziemer, 1973). Drenaj yoğunluğu 0-2 düşük, 2-2,5 orta, 2,5-3 yüksek ve 3 + üzeri değerler çok yüksek drenaj yoğunluğu olarak 4 sınıfa ayrılmıştır (Malik vd., 2011:124). Fatsa ilçe merkezi ve çevresinde drenaj yoğunluğu 0,14-8,87 arasında değişen aralıklarda hesaplanmıştır. Bu sınıflandırmaya göre çalışma sahasında genel olarak 3 ve üzerindeki değerlerde drenaj yoğunluğu görülmektedir (Şekil 5).

### Yağış

Yağış, taşkın çalışmalarında yaygın olarak kullanılan ve taşkını tetikleyen önemli değişkeni temsil etmektedir. Çalışma alanı Orta Karadeniz Bölümünün en fazla yağış alan kıyı kesiminde yer alan yerleşmelerinden biridir. Yağışların çoğu yaz ve sonbahar mevsimindedir (Şekil 6). Bu yönü ile Doğu Karadeniz (TR9) ile benzerlik göstermektedir. Bu mevsimde özellikle kıyıların bol yağışlı olmasının yanı sıra, son yıllarda ekstrem yağışların artması sel ve taşkınlara neden olmaktadır (Turgut, 2006; Dölek, 2008).

Fatsa da yağış miktarı 1107,8 mm'dir. Kıyıdağın itibaren dağların yükselmesi, hava kütlelerinin içeriye sokulmasını engellemektedir. Bu çalışmada kullanılan yağış verileri yüksek mekânsal çözünürlüklü küresel hava ve iklim verilerinin tutulduğu veritabanı olan ve aynı zamanda açık erişimli olan WorldClim sitesinden ve Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilmiştir. Bu veriler raster formatta olup, nokta verisine dönüştürüldükten sonra enterpolasyon yöntemleriye yağış haritası oluşturulmuştur (Şekil 5).



Şekil 6: Fatsa Meteoroloji İstasyonu Verilerine Göre Aylık Yağış Değerleri (2000-2020)

### Birincil ve İkincil Yollara Olan Mesafe

Yollara olan uzaklık da taşkın tehlike haritalamasında önemli bir faktördür. Yollar geçiren alanları azaltarak geçirimsiz yüzeyleri artırmaktadır. Böylece aynı miktarda yağış daha az sızmaya ve daha fazla akışa neden olmaktadır (Shuster vd., 2005; Pham vd., 2020). Yollara olan mesafenin sınıflandırılmasında literatürde sabit bir değer aralığı bulunmamaktadır. Genellikle eşit sınıf aralıkları dikkate alınmıştır (Shafapour vd. 2017). Birincil yol olan Karadeniz sahil yolu 1500 m aralıklı oluşturulurken tali (ara) yollar daha kısa mesafe aralığında (250 m aralıklı) sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma bu çalışmaya özgü eşit olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca yolların yoğunluğu dikkate alınmıştır.

Birincil ve ikincil yollardan uzaklık haritaları ArcMap arayüzünde bulunan mekânsal analizi tool'u kullanılarak Öklid mesafesi aracı ile üretilmiştir. Fatsa İlçe merkezi ve yakın çevresine ait yol ağları, 1/25 000 ölçekli topografya haritasından ve internet tabanlı Google Maps'den yararlanılarak çizilmiştir (Şekil 5).

### NDVI

Doğu Karadeniz de (TR9), bitki örtüsünün zayıf olduğu dik eğimli alanlarda, şiddetli yağışlar kısa sürede akışa geçerek akarsuların aşağı mecralarında taşkınlara yol açmaktadır (Çınaklı, 2008). Bitki örtüsü zemindeki akışın hızını azaltmada önemli bir parametredir (Lei vd., 2014). Bu nedenle taşkın analizlerinde bitki yoğunluğunun ortaya konması için NDVI analizi yapılmıştır. Fatsa ilçe merkezi ve çevresinde 2016 yılına ait uydu görüntülerinden NDVI haritası üretilmiştir. Bu analizde Landsat 8 OLI/TIRS 02 Eylül 2016 tarihine ait uydu görüntüsü kullanılmıştır.

$$NDVI = \frac{\text{Band 5} - \text{Band 4}}{\text{Band 5} + \text{Band 4}} \text{ formülü ile elde edilir.} \quad (9)$$

NDVI değeri düşük yerler çalışma sahasında yerleşim alanlarına karşılık gelmektedir. NDVI değeri orta olan yerler Elekçi, Bolaman, Ilıca ve Çalış dereleri, güneydeki yamaçlar ve dağlık alanlardır. Kıyıdağın itibaren içi kesimlere doğru NDVI değeri artmakta ve en fazla alan kaplayan NDVI sınıfını oluşturmaktadır.

## Frekans Oran Analizi

Frekans oranı metodu taşkın meydana geldiği yer ile taşkın etkileyen faktörlerin her biri arasındaki mekânsal ilişkiyi göstermektedir. Buna göre öncelikle taşkın tehlike tahmini analizinde taşkın tetikleyen faktörlerin taşkın ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra taşkın en fazla etkileyen faktörden, en az etkileyen faktöre doğru sıralanmıştır. Buna göre;

Fatsa ilçe merkezi ve çevresinde 0-640 metre arasında değişen yükselti, beş sınıfa ayrılmıştır. Taşkın tahmin değerinin en yüksek olduğu sınıf 0-100 metre aralığındadır. Bu aralıkta maksimum ağırlık değeri 1 çıkmıştır. Taşkın piksellerinin %99,73'ünü temsil etmektedir. Eğim altı sınıfa ayrılmıştır. Taşkın tahmin ağırlık değeri en fazla 0-3 derece aralıktaki eğim değerlerine sahip, düz alanlarda görülmektedir. Bu aralıkta taşkın piksellerinin oranı %81'dir. Taşkın etkileyen bakı faktörü 4 ana yön olarak sınıflandırılmıştır. Buna göre kuzeye bakan yamaçlar (%26) ve düz alanların (%23) taşkın piksellerinin daha fazla alan kapladığı görülmektedir. Bakı faktörünün ağırlıklandırma değeri kuzeye bakan yamaçlarda daha fazladır. Bunun nedeni kuzey yamaçların nem oranının fazla olması ve kar erimeleri suyun hızla yüzeysel akışa geçerek taşkınlar için neden olmaktadır.

Eğrisellik faktörü 3 sınıfa ayrılmış olup taşkın tahmin ağırlık değeri düz ve düze yakın alanları kapsamaktadır. Topografik nemlilik indeksi, 1,3-22,7 aralıkta değişen beş sınıfa ayrılmıştır. Topografik nemlilik değeri 12'nin üzerindeki alanlar taşkın tahmin değeri daha fazladır. Buna göre topografik nemlilik değerinde yoğunluk %53 ile 12-16 arasındadır. Yağış, taşkın araştırmalarında yaygın olarak kullanılan bir diğer bağımsız değişkeni temsil etmektedir. Oluşturan yağış haritası 1018-1144 mm ve üzeri arasında değişen aralıkta beş sınıfa ayrılmıştır. Taşkın tahmin ağırlık değeri % 57 ile 1250-1300 mm yağış aralığındadır.

**Tablo 3:** Fatsa İlçe Merkezi ve Çevresinde Taşkın Tetikleyen Faktörlerin Frekans Oran Metoduna Göre Katsayıları

Faktörler	Faktör Sınıfı	Grid Sayısı	Grid Yüzde (%)	Top. Sınıf	Top.Yüzde (%)	Oran	Fr. Oran	Ölçeklendirme
Yükseklik	0-100	1400975	99,73	1624343	30,60	3,26	1,00	100
	100-200	3800	0,27	1606391	30,26	0,01	0,00	0
	200-300	0	0,00	1253385	23,61	0,00	0,00	0
	300-400	0	0,00	610891	11,51	0,00	0,00	0
	400+	0	0,00	212931	4,01	0,00	0,00	0
	<b>Toplam</b>	<b>1404775</b>	<b>100</b>	<b>5307941</b>	<b>100</b>	<b>3,27</b>	<b>1,00</b>	<b>100</b>
Eğim	<b>Faktör Sınıfı</b>	<b>Grid Sayısı</b>	<b>Grid Yüzde (%)</b>	<b>Top. Sınıf</b>	<b>Top.Yüzde (%)</b>	<b>Oran</b>	<b>Fr. Oran</b>	<b>Ölçeklendirme</b>
	0-2	1238550	88,17	1005878	18,95	4,65	0,87	87
	2.01-5	55000	3,92	1225552	23,09	0,17	0,03	3
	5,01-15	46800	3,33	1094874	20,63	0,16	0,03	3
	15,01-25	34600	2,46	925444	17,44	0,14	0,03	3
	25,01-45	23600	1,68	709609	13,37	0,13	0,02	2
	45.01+	6225	0,44	346584	6,53	0,07	0,01	1
	<b>Toplam</b>	<b>1404775</b>	<b>100</b>	<b>5307941</b>	<b>100</b>	<b>12,09</b>	<b>1,00</b>	<b>100</b>
Bakı	<b>Faktör Sınıfı</b>	<b>Grid Sayısı</b>	<b>Grid Yüzde (%)</b>	<b>Top. Sınıf</b>	<b>Top.Yüzde (%)</b>	<b>Oran</b>	<b>Fr. Oran</b>	<b>Ölçeklendirme</b>
	-1 – 0 (Düz)	31650	2,25	104859	1,98	1,14	0,23	23
	0 – 45 + 315 – 360 (Kuzey)	512975	36,52	1491337	28,17	1,30	0,26	26
	45 – 135 (Doğu)	399750	28,46	1451734	27,42	1,04	0,21	21
	135 – 225 (Güney)	170950	12,17	1053145	19,89	0,61	0,12	12
	225 – 315 (Batı)	287375	20,46	1193842	22,55	0,91	0,18	18
	<b>Toplam</b>	<b>1402700</b>	<b>100</b>	<b>5294917</b>	<b>100</b>	<b>4,99</b>	<b>1,00</b>	<b>100</b>
	Eğrisellik	<b>Faktör Sınıfı</b>	<b>Grid Sayısı</b>	<b>Grid Yüzde (%)</b>	<b>Top. Sınıf</b>	<b>Top.Yüzde (%)</b>	<b>Oran</b>	<b>Fr. Oran</b>
-16,1– 7,07 (İç Bükey)		28900	2,06	582397	10,97	0,19	0,10	10
7,07 – 17,3(Düz)		1338550	95,29	3346739	63,05	1,51	0,84	84
17,3 – 27,6 (Dış Bükey)		37325	2,66	1378805	25,98	0,10	0,06	6
<b>Toplam</b>		<b>1404775</b>	<b>100</b>	<b>5307941</b>	<b>100</b>	<b>1,80</b>	<b>1,00</b>	<b>100</b>

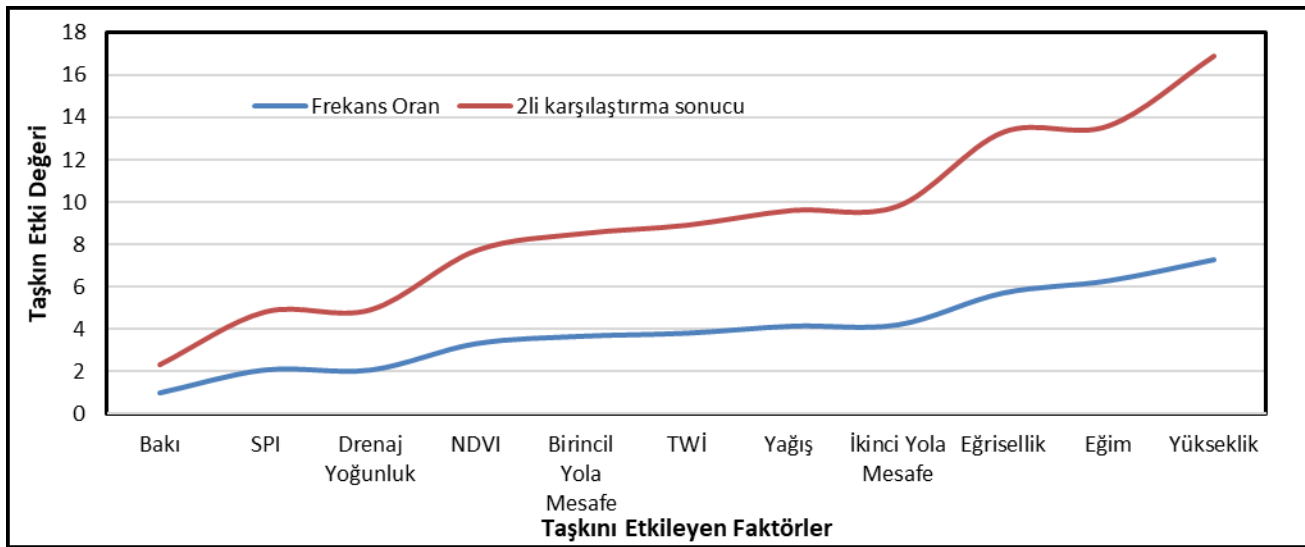
TWI	<b>Faktör Sınıfı</b>	<b>Grid Sayısı</b>	<b>Grid Yüzde (%)</b>	<b>Top. Sınıf</b>	<b>Top.Yüzde (%)</b>	<b>Oran</b>	<b>Fr. Oran</b>	<b>Ölçeklendirme</b>
	0-4	50625	3,60	1337188	25,19	0,14	0,01	1
	4-8	133600	9,51	2288972	43,12	0,22	0,02	2
	8-12	432400	30,78	1190878	22,44	1,37	0,11	11
	12-16	724150	51,55	427683	8,06	6,40	0,53	53
	<b>Toplam</b>	<b>1404775</b>	<b>100</b>	<b>5307941</b>	<b>100</b>	<b>11,96</b>	<b>1,00</b>	<b>100</b>
Yağış	<b>Faktör Sınıfı</b>	<b>Grid Sayısı</b>	<b>Grid Yüzde (%)</b>	<b>Top. Sınıf</b>	<b>Top.Yüzde (%)</b>	<b>Oran</b>	<b>Fr. Oran</b>	<b>Ölçeklendirme</b>
	1118-1050	0	0,00	321901	6,06	0,00	0,00	0
	1051-1080	0	0,00	834877	15,73	0,00	0,00	0
	1081-1110	406425	28,93	1683721	31,72	0,91	0,25	25
	1111-1140	814925	58,01	1460015	27,51	2,11	0,57	57
	<b>Toplam</b>	<b>1404775</b>	<b>100</b>	<b>5307941</b>	<b>100</b>	<b>3,71</b>	<b>1,00</b>	<b>100</b>
SPI	<b>Faktör Sınıfı</b>	<b>Grid Sayısı</b>	<b>Grid Yüzde (%)</b>	<b>Top. Sınıf</b>	<b>Top.Yüzde (%)</b>	<b>Oran(+)</b>	<b>Fr. Oran</b>	<b>Ölçeklendirme</b>
	-13,8 – -10,7	34925	2,49	43575	0,82	3,03	0,11	11
	-10,7 – -9,2	13600	0,97	265858	5,01	0,19	0,01	1
	-9,2 – -5,4	34525	2,46	16164	0,30	8,07	0,29	29
	-5,4 – -1,5	458600	32,65	549690	10,36	3,15	0,11	11
	-1,5 – -0	595600	42,40	1908371	35,95	1,18	0,04	4
	-0 – 1,1	231575	16,48	2381104	44,86	0,37	0,01	1
	1,1 – 2,5	11425	0,81	117698	2,22	0,37	0,01	1
	2,5 – 4,8	21450	1,53	23996	0,45	3,38	0,12	12
	<b>Toplam</b>	<b>1404775</b>	<b>100</b>	<b>5307941</b>	<b>100</b>	<b>27,56</b>	<b>1,00</b>	<b>100</b>
Sahil Yoluna Mesafe	<b>Faktör Sınıfı</b>	<b>Grid Sayısı</b>	<b>Grid Yüzde (%)</b>	<b>Top. Sınıf</b>	<b>Top.Yüzde (%)</b>	<b>Oran(+)</b>	<b>Fr. Oran</b>	<b>Ölçeklendirme</b>
	0 – 1500	694600	49,45	1039634	19,59	2,52	0,50	50
	1501 – 3000	249375	17,75	1066871	20,10	0,88	0,18	18
	3001 – 4500	243000	17,30	1073101	20,22	0,86	0,17	17
	4501 – 6000	217800	15,50	1083415	20,41	0,76	0,15	15
	<b>Toplam</b>	<b>1404775</b>	<b>100</b>	<b>5307941</b>	<b>100</b>	<b>5,02</b>	<b>1,00</b>	<b>100</b>
İkinci Yola Mesafe	<b>Faktör Sınıfı</b>	<b>Grid Sayısı</b>	<b>Grid Yüzde (%)</b>	<b>Top. Sınıf</b>	<b>Top.Yüzde (%)</b>	<b>Oran(+)</b>	<b>Fr. Oran</b>	<b>Ölçeklendirme</b>
	0 – 250	748300	53,27	942164	17,75	3,00	0,58	58
	251 – 500	438000	31,18	1126040	21,21	1,47	0,28	28
	500 – 750	164850	11,73	1158480	21,83	0,54	0,10	10
	751 – 1000	53625	3,82	1037920	19,55	0,20	0,04	4
	<b>Toplam</b>	<b>1404775</b>	<b>100</b>	<b>5307941</b>	<b>100</b>	<b>5,20</b>	<b>1,00</b>	<b>100</b>
NDVI	<b>Faktör Sınıfı</b>	<b>Grid Sayısı</b>	<b>Grid Yüzde (%)</b>	<b>Top. Sınıf</b>	<b>Top.Yüzde (%)</b>	<b>Oran(+)</b>	<b>Fr. Oran</b>	<b>Ölçeklendirme</b>
	-0,41-0,19	470225	33,47	215136	4,05	8,26	0,46	46
	0,19-0,39	471225	33,54	237924	4,48	7,48	0,41	41
	0,39-0,54	305325	21,73	585036	11,02	1,97	0,11	11
	0,54-0,63	129575	9,22	1670292	31,47	0,29	0,02	2
	<b>Toplam</b>	<b>1405125</b>	<b>100</b>	<b>5308056</b>	<b>100</b>	<b>18,05</b>	<b>1,00</b>	<b>100</b>



	Faktör Sınıfı	Grid Sayısı	Grid Yüzde (%)	Top. Sınıf	Top.Yüzde (%)	Oran(+)	Fr. Oran	Ölçeklendirme
Drenaj Yoğunluk	0,1 - 1,3	0	0,00	127636	2,40	0,00	0,00	0
	1,3 - 1,8	12325	0,88	311699	5,87	0,15	0,02	2
	1,8 - 2,2	56750	4,04	779905	14,69	0,27	0,04	4
	2,2 - 2,5	255350	18,18	951380	17,92	1,01	0,13	13
	2,5 - 2,7	420250	29,92	1296417	24,42	1,22	0,16	16
	2,7-3,1	181950	12,95	870311	16,40	0,79	0,10	10
	3,1-3,50	334550	23,82	586186	11,04	2,16	0,29	29
	3,50-4	141250	10,05	289767	5,46	1,84	0,24	24
	4-5,51	1800	0,13	76280	1,44	0,09	0,01	1
	5,51+	0	0,00	18209	0,34	0,00	0,00	0
	<b>Toplam</b>	<b>1404225</b>	<b>100</b>	<b>5307790</b>	<b>100</b>	<b>7,54</b>	<b>1,00</b>	<b>100</b>

Akarsu güç indeksi dokuz sınıfa ayrılmış olup, taşkın tahmin ağırlık değeri en fazla akarsu güç indeksi değeri 6 değerinden az olan düz ve düze yakın alanlarda ve vadi içlerinde görülmektedir. Bu değerler toplam akarsu güç indeksi alanındaki oranı %40'dır. Bu oranın akarsu güç indeksi değeri 2,5+ üzerindedir. Birincil yollara mesafe haritası beş sınıfa ayrılmış ve yola en yakın mesafe olan 0-200 m aralığındaki alanlar taşkın ağırlık değeri en fazla olduğu alanlar (0,50) olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). İkincil yollara mesafe haritası da aynı yöntemle hesaplanmış ve taşkın ağırlık değeri en fazla yine 0-200 metre aralığındadır. Değeri 0,58'dir. NDVI analizi beş sınıfa ayrılmış ve taşkın değerinin %46'sı, NDVI aralığı - 0,41-0,19 arasındaki sınıftadır. Bu alanlar bitki yoğunluğu zayıf alanlardır. Drenaj yoğunluğu 0-8,8 km/km<sup>2</sup> arasında değişen 10 sınıfa ayrılmıştır. Maksimum taşkın etki değerinin olduğu sınıf yüksek ve çok yüksek drenaj (2,5-3,5 km/km<sup>2</sup>) yoğunluğunun olduğu alanları kapsamaktadır (Tablo 3).

Elde edilen sonuçlara göre yükselti 7,27 taşkın tahmin değeri ile taşkını etkileyen birincil faktördür. Bunu 5,82 eğim, 5,70 eğrisellik, 4,20 ikincil yollara mesafe, 4,15 yağış, 3,81 topografik nemlilik indeksi, 3,66 birincil yollara mesafe, 3,32 NDVI, 2,08 drenaj yoğunluk, 2,08 akarsu güç indeksi ve 1 ile bakı değeri izlemektedir (Şekil 7). Çalışma sahasının özellikle ilçe merkezinin bulunduğu Karadeniz kıyısı boyunca eğimin 0-2 dere olduğu alanlarda ekstrem yağışla birlikte taşkınlara neden olmaktadır.



Şekil 7: Fatsa İlçe Merkezi ve Çevresinde Frekans Oran Metoduna Göre Taşkını Etkileyen Faktörlerin Etki Değerleri

## Analitik Hiyerarşi Süreci

Analitik Hiyerarşi Sürecine göre taşkın analizinde frekans oran metodundan farklı olarak kriter ve alt kriterler (taşkına etki eden faktörler) için 1 ve 10 arasında değer atanmıştır. 1 değeri taşkında en az etkili, 10 değeri taşkında en fazla etkili olacak şekilde puanlanmıştır (Tablo 4). Alt kriter olarak isimlendirilen taşkına etki eden her bir faktör sınıfı birbiri ile kıyaslanmış sınıfının değer ataması yapıldıktan sonra ana kriterlerin (taşkın etkileyen faktörler) değerleri atanmıştır. Her faktörün aralık değeri belirlenirken literatürden yararlanılmıştır (Turoğlu & Özdemir, 2005; Özşahin, 2013). Faktörlerin ağırlıklandırılması taşkın üzerinde etkili olduğu düşünülen aralık değerleri uzman görüşüne dayalı olarak oluşturulmuştur.

**Tablo 4:** Fatsa İlçe Merkezi ve Çevresinde Taşkını Tetikleyen Faktörlerin Analitik Hiyerarşi Metoduna Göre Alt Kriter Katsayıları

Yükselti Sınıfları		0-100	101-200	201-300	301-400	401+	Ağırlıklandırma Katsayısı	Tutarlılık Oranı
Yükselti	1 0-100	1	1	3	5	7	0,360	4%
	2 101-200	1	1	3	5	7	0,360	
	3 201-300	1/3	1/3	1	3	5	0,164	
	4 301-400	1/5	1/5	1/3	1	3	0,079	
	5 401 +	1/7	1/7	1/5	1/3	1	0,040	
Eğim Sınıfları		0-2	2.01-15	15.01-25	25,01-45	45+	Ağırlıklandırma Katsayısı	Tutarlılık Oranı
Eğim	1 0-2	1	2	3	5	7	0,439	2%
	2 2.01-15	1/2	1	1	3	5	0,225	
	3 15,01-25	1/3	1	1	3	5	0,210	
	4 24,01-45	1/5	1/3	1/3	1	1	0,071	
	5 45 +	1/7	1/5	1/5	1	1	0,055	
Eğrisellik Sınıfı		İç Bükey	Düz	Dış Bükey			Ağırlıklandırma Katsayısı	Tutarlılık Oranı
Eğrisellik	1 İç Bükey	1	1/2	6			0,334	1%
	2 Düz	2	1	9			0,605	
	3 Dış Bükey	1/6	1/9	1			0,061	
Bakı Sınıfları		Düz	Kuzey	Doğu	Güney	Batı	Ağırlıklandırma Katsayısı	Tutarlılık Oranı
Bakı	1 -1 - 0 (Düz)	1	1	3	5	7	0,399	5%
	2 0 - 45 + 315 - 360 (Kuzey)	1	1	1	3	5	0,276	
	3 45 - 135 (Doğu)	1/3	1	1	1	3	0,167	
	4 135 - 225 (Güney)	1/5	1/3	1	1	1	0,095	
	5 225 - 315 (Batı)	1/7	1/5	1/3	1	1	0,062	
TWI Sınıfları		0-4	4-8	8-12	12-16	16+	Ağırlıklandırma Katsayısı	Tutarlılık Oranı
Topografik Nemlilik İn.	1 0-4	1	1	3	5	7	0,399	2%
	2 4-8	1	1	1	3	5	0,273	
	3 8-12	1/3	1	1	2	3	0,184	
	4 12-16	1/5	1/3	1/2	1	2	0,091	
	5 16+	1/7	1/5	1/3	1/2	1	0,053	
Yağış Sınıfları		1140+	1111-1140	1081-1110	1051-1080	1118-1050	Ağırlıklandırma Katsayısı	Tutarlılık Oranı
Yağış	1 1140+	1	3	5	7	9	0,514	4%
	2 1111-1140	1/3	1	3	5	7	0,269	
	3 1081-1110	1/5	1/3	1	2	3	0,11	
	4 1051-1080	1/7	1/5	1/2	1	2	0,066	
	5 1118-1050	1/9	1/7	1/3	1/2	1	0,041	
Akarsu Güç İn. Sınıfları		-13,8 - -6,8	-6,8 - -1,8	-1,8-3,2	3,2-8,2	8,2+	Ağırlıklandırma Katsayısı	Tutarlılık Oranı
Akarsu Güç İn.	1 -13,8 - -6,8	1	1	3	5	7	0,399	2%
	2 -6,8 - -1,8	1	1	1	3	5	0,273	
	3 -1,8-3,2	1/3	1	1	2	3	0,184	
	4 3,2-8,2	1/5	1/3	1/2	1	2	0,091	
	5 8,2+	1/7	1/5	1/3	1/2	1	0,053	
Birincil Yola Mesafe Sınıfları		0-1500	1501-3000	3001-4500	4501-6000	6000 +	Ağırlıklandırma Katsayısı	Tutarlılık Oranı

Birincil Yola Mesafe	1	0 – 1500	1	3	5	7	9	0,510	5%
	2	1501-3000	1/3	1	3	5	7	0,266	
	3	3001 – 4500	1/5	1/3	1	3	3	0,121	
	4	4501– 6000	1/7	1/5	1/3	1	2	0,062	
	5	6000 +	1/9	1/7	1/3	1/2	1	0,041	
<b>İkincil Yola Mesafe Sınıfları</b>			0-250	251-500	501-750	751-1000	1001+	<b>Ağırlıklandırma Katsayısı</b>	<b>Tutarlılık Oranı</b>
İkincil Yola Mesafe	1	0 – 250	1	3	5	7	9	0,515	4%
	2	251 – 500	1/3	1	3	5	7	0,271	
	3	501 –750	1/5	1/3	1	1	3	0,097	
	4	751 – 1000	1/7	1/5	1/3	1	2	0,076	
	5	1001 +	1/9	1/7	1/3	1/2	1	0,041	
<b>NDVI Sınıfları</b>			-0,41-0,19	0,19-0,39	0,39-0,54	0,54-0,63	0,63+	<b>Ağırlıklandırma Katsayısı</b>	<b>Tutarlılık Oranı</b>
NDVI	1	-0,41-0,19	1	3	5	7	9	0,510	5%
	2	0,19-0,39	1/3	1	3	5	7	0,266	
	3	0,39-0,54	1/5	1/3	1	3	3	0,121	
	4	0,54-0,63	1/7	1/5	1/3	1	2	0,062	
	5	0,63+	1/9	1/7	1/5	1/3	1	0,041	
<b>Drenaj Yoğunluk Sınıfları</b>			0,14-1,8	1,8-2,4	2,4-3,1	3,1-4,5	4,5+		
Drenaj Yoğunluk	1	0,14-1,8	1	3	5	7	9	0,542	2%
	2	1,8-2,4	1/3	1	1	3	5	0,193	
	3	2,4-3,1	1/5	1	1	2	3	0,144	
	4	3,1-4,5	1/7	1/3	1/2	1	2	0,076	
	5	4,5+	1/9	1/5	1/3	1/2	1	0,046	

Daha sonra kriterlerin tutarlık analizi yapılmıştır. Litaretürde kriterlerin tutarlılık oranının 0,10'un altında olur ise, kriterlerin geçerli (tutarlı) olduğu ve analizlerde kullanılabilceği, tutarlılık oranının 0.10'un üzerinde ise geçersiz (tatarsız) olduğu, analizlerde kullanılamayacağını ve gözden geçirilmesi gerektiği ifade edilmektedir (Saaty, 1980; Özyörük & Özcan, 2008; Timor, 2011). Bu nedenle kriter ve alt kriterlerin tutarlılık oranı hesaplanmıştır. Saaty, tutarlılık oranı (CR) aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (10)$$

Burada RI, rastgele matrisler indisidir (Forman, 1990; Saaty, 1980). CI, matristeki değerin ortalamasıdır ve  $CR < 0.1$  büyük ise tutarlı bir matris olarak kabul etmektedir. Saaty (1980) tarafından tutarlılık endeksi (CI) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n-1} \quad (11)$$

AHP'de ağırlık değerleri atanırken literatürde yapılan çalışmalardan yararlanılmıştır. Ayrıca arazi gözlemlerine dayalı (uzman görüşü) olarak oluşturulmuştur. Buna göre yapılan analizde taşkına etki eden faktörlerin tutarlılık değerleri 0,10'un altında (%4) olduğu görülmektedir (Tablo 5).

Çalışma alanında analitik hiyerarşi sürecine (AHP) göre taşkına etki eden en önemli faktör yükseltidir (0,212). Bu alanlar 0-100 m yükselti aralığına karşılık gelmektedir. Bu alanlar daha çok kıyı düzlüğüdür. Yağış ve eğim AHP'nin ağırlık puanında 2. ve 3. sırada yer almaktadır. Bu durum 1100-1150 mm yağışın olduğu alanlar ve 0-2 derece eğime sahip düz ve düze yakın alanlardır. Taşkın ağırlık değeri sıralamasına göre taşkına etki eden diğer faktörler drenaj yoğunluğu (0,127), NDVI (0,088), eğrisellik (0,065), akarsu güç indeksi (0,049), topografik nemlilik indeksi (0,040), birincil yollara mesafe (0,027) ikincil yollar (0,019), ve bakıdır (0,015) (Tablo 5).

**Tablo 5:** Fatsa İlçe Merkezi ve Çevresinde Taşkını Tetikleyen Faktörlerin Analitik Hiyerarşi Metoduna Göre Kriter Katsayıları

Faktör	Yükselti	Yağış	Eğim	Drenaj Yoğ.	NDVI	Eğrisellik	Akarsu Güç İ.	Topografik Nem İ.	Sahil Yolu	İkincil Yol	Bakı	Ağırlık Kat.	Tutarlılık
Yükselti	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,212	4%
Yağış	1	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0,186	
Eğim	1	1	1	1	5	3	4	5	6	7	8	0,180	
Drenaj Yoğ.	1/2	1/2	1	1	1	1	2	3	4	5	6	0,127	
NDVI	1/3	1/3	1/2	1	1	1	2	3	4	5	6	0,088	
Eğrisellik	1/4	1/4	1/3	1/2	1	1	1	2	3	4	5	0,065	
Akarsu Güç İn.	1/5	1/5	1/4	1/3	1/2	1	1	1	2	3	5	0,049	
Topografik Nem İ.	1/6	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	1	1	3	5	0,040	
Sahil Yolu	1/7	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	1	1	3	0,027	
İkincil Yol	1/8	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/3	1	1	1	0,019	
Bakı	1/9	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/5	1/5	1/3	1	1	0,015	

## Lojistik Regresyon Metodu

Lojistik regresyon modelinde bağımsız değişkenlerin (taşkını etki eden faktörlerin) bağımlı değişkenle (taşkın) arasındaki ilişkisi hesaplanmıştır. Lojistik regresyon fonksiyonu bir taşkın olayının oluşumunun olasılığını açıklamaktadır. Model, bir tematik katmanın her sınıfı için hesaplanan taşkın olasılık fonksiyonu, sayısal değişkenlere dönüştürülmüştür. İlk olarak bağımlı değişkende 0 değeri taşkın yok, 1 değeri taşkın var olarak kodlanmıştır. Bağımlı değişkende taşkın olduğu alanlar AFAD ve MGM'den elde edilmiştir. Bağımsız değişkenlere ait katsayıların birbiriyle karşılaştırmayı kolaylaştırmak ve regresyonun uyumlu çalışabilmesi için yordayıcı değişkenler yeniden ölçeklendirilerek (0 ile 1 arasında) modele dâhil edilmiştir. Modele ait ilk denemelerde daha farklı yordayıcı değişkenler kullanılmış ancak katkısı düşük olanlar hem eş doğrusallık hemde aşırı öğrenme (overfitting) problemlerine de bağlı olarak çıkarılmıştır. Bu alanların dışındaki alanlara ise, rastgele örneklem yöntemiyle aynı sayıda taşkın olmayan alanlar örneklem olarak belirlenmiştir. Bu modelleme için bağımlı ve bağımsız değişkenlerin tamamı SPSS ortamına aktarılmış ve regresyon modeli oluşturulmuştur.

Bağımlı değişkenlerin sınıflandırma tablosuna göre, taşkın yokken, 1045 nokta doğru sınıflandırılmış, 100 nokta yanlış sınıflandırılmıştır. Doğruluk oranı %91,3'tür. Taşkın varken 21 noktayı yanlış sınıflandırmış, 1122 noktayı doğru sınıflandırmıştır. Doğruluk oranı %98,2'dir. Yani modelin taşkını duyarlı olan alanları belirleme kabiliyeti (%98,2), taşkınlarla duyarlı olmayan alanları belirleme kabiliyetinden (%91,3) daha yüksektir. Genel doğruluk oranı ise, %94,7 olarak hesaplanmıştır (Tablo 6).

**Tablo 6:** Değişkenlerin Sınıflandırma Tablosu

Gözlemlenen		Tahmin		
		Taşkın		Doğruluk Oranı(%)
		Taşkın Yok	Taşkın Var	
Taşkın Yok	0	1045	100	91,3
Taşkın Var	1	21	1122	98,2
<b>Genel Doğruluk Oranı (%)</b>				<b>94,7</b>

Lojistik regresyon modelinin sonuçlarına göre, taşkını etki eden en etkili parametrelerin eğrisellik (27,04), topografik nemlilik indeksi (10,05) ve yağış (8,45) olarak hesaplanmıştır. Bunu drenaj yoğunluk (4,67) ve birincil yollara mesafe (4,23) ve bakı (1,11) izlemektedir. Bu parametreler pozitif bir korelasyonu göstermektedir. Lojistik regresyon katsayıları ile ilgili olarak ikincil yollara mesafe, yükselti, eğim, akarsu güç indeksi ve NDVI taşkın ile negatif korelasyon göstermektedir. R<sup>2</sup> değerleri (0,64 ve 0,86) seçilen bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni başarıyla açıkladığını göstermektedir (Tablo 7). Lojistik regresyonda

eşitlikteki değişkenlerin analizine göre P değerleri 0,05'ten küçük olup, modele katkısı açısından anlamlıdır. P değerleri 0,05'ten daha büyük olduğunda değişkenlerin anlamlı bir etkisinin bulunmadığını göstermektedir. B değeri negatif olduğunda ters bir ilişki, pozitif olduğunda lineer bir ilişki olduğu görülmektedir.

**Tablo 7:** Fatsa İlçe Merkezi ve Çevresinde Taşkını Tetikleyen Faktörlerin Lojistik Regresyon Modeline Göre Tahmini Katsayıları

	B (Katsayı)	Standart Sapma	Wald	Serbestlik Derecesi	P (Sig.)	Exp(B)	
FAKTÖRLER	Yağış	8,453	1,557	29,465	1	,000	4688,558
	Akarsu Güç İn.	-4,682	1,493	9,834	1	,002	,009
	Eğim	-4,994	1,663	9,022	1	,003	,007
	Curvature	27,045	3,835	49,723	1	,000	556.614.135774,029
	NDVI	-4,673	,582	64,526	1	,000	,009
	İkinci Yola Mesafe	-18,969	1,950	94,661	1	,000	,000
	Drenaj Yoğunluk	4,673	,582	64,534	1	,000	107,059
	Yükselti	-22,257	2,981	55,761	1	,000	,000
	Topografik Nemlilik İn.	10,054	1,881	28,569	1	,000	23239,241
	Baki	1,115	,286	15,217	1	,000	3,050
	Birincil Yola Mesafe	4,233	,718	34,776	1	,000	68,912
	Sabit Değer	-16,277	1,840	78,216	1	,000	,000
	N= 1145	<b>R<sup>2</sup> = 0,645 (Cox &amp; Snell)</b>		<b>R<sup>2</sup> = 0,860 (Nagelkerke)</b>			

$$P(Y) = \frac{1}{1 + \exp(-(-16,277 + 8,453 * \text{yağış} - 4,682 * \text{akarsu gücü} - 4,994 * \text{eğim} + 27,045 * \text{curvature} - 4,673 * \text{NDVI} - 18,969 * \text{ikincil yol} + 4,673 * \text{Dd} - 22,257 * \text{Dem} + 10,05 * \text{TWI} + 1,11 * \text{Baki} + 4,23 * \text{Sahil Yol})} \quad (12)$$

Modelin genel anlamlılığı en çok olabilirlik testi ile modeldeki değişkenlerin anlamlılığı için Wald testi değişkenleri değerlendirmede önemli bir testtir. Wald sütunu, her bir faktörün taşkın olayındaki önemini ölçmek için kullanılmaktadır. Eşitlikteki bir diğer önemli sütun Odds (Exp (B)) değeridir. Odds oranı, bağımsız değişkende gözle görülür \*birim\* bir değişiklik olduğunda, bağımlı değişkeni etkileyeceğini ifade etmektedir. Ölçü birimi, anlamlı bir değişikliğin boyutuna kıyasla çok küçükse, olasılık oranı bire çok yakın olacaktır. Yani odds (Exp (B)) değeri, açıklayıcı değişkendeki (taşkını etkileyen faktör) bir birimlik artışın bağımlı değişken olan taşkını ne kadar değiştirebileceğini (etkilebileceğini) göstermektedir (Tablo 7).

Lojistik regresyon modelinde eğrisellik, topografik nemlilik indeksi ve yağış, frekans oran metodunda yükselti, eğim ve eğrisellik, analitik hiyerarşi sürecinde ise yağış, yükselti ve eğim taşkını etkileyen en etkili parametreler olarak hesaplanmıştır. Her üç modelde de taşkını etkileyen ortak faktörler yağış ve eğriseliktir. 1250 mm'nin üzerindeki yağışlı alanlar taşkın tehlikesi oldukça yüksektir. Eğrisellikte taşkın tehlikesi 7,07–17,3 aralıktaki değerlerde yüksektir. Bu alanlar kıyı ve vadi içi düzlüklere karşılık gelmektedir.

### Taşkın Tehlike Tahmini Haritaları ve Analizi

Fatsa ilçe merkezi ve çevresinde frekans oran, analitik hiyerarşi süreci ve lojistik regresyon modellerine göre taşkın tehlike tahmini haritaları üretilmiştir. Taşkın tehlike haritaları literatürde yer alan çalışmalara göre sınıflandırılmıştır (Adiat vd., 2012; Sahana & Patel, 2019; Ahmadlou vd, 2021; Wang vd., 2021). Buna göre, taşkın tehlike tahmini haritaları çok düşükten, çok yüksek tehlike alanlara doğru doğal kesiklik (natural breaks) yöntemi ile beş sınıfa ayrılmıştır. İncelenen alan içerisinde frekans oran metodunda 39,8 km<sup>2</sup>, analitik hiyerarşi sürecinde 18,2 km<sup>2</sup>, lojistik regresyon modelinde 105,5 km<sup>2</sup> alanda taşkın tehlikesi çok düşük çıkmıştır. Buna karşın frekans oran metodunda 19,5 km<sup>2</sup>, analitik hiyerarşi sürecinde 30,7 km<sup>2</sup>, lojistik regresyon modelinde 14,1 km<sup>2</sup>, alanda taşkın tehlikesi yüksek ve çok yüksek çıkmıştır (Tablo 8).



**Tablo 8:** Frekans Oran, Analitik Hiyerarşi Süreci ve Lojistik Regresyon modellerine Göre Taşkın Tehlike Haritalarının Alanı ve Yüzesel Dağılımı

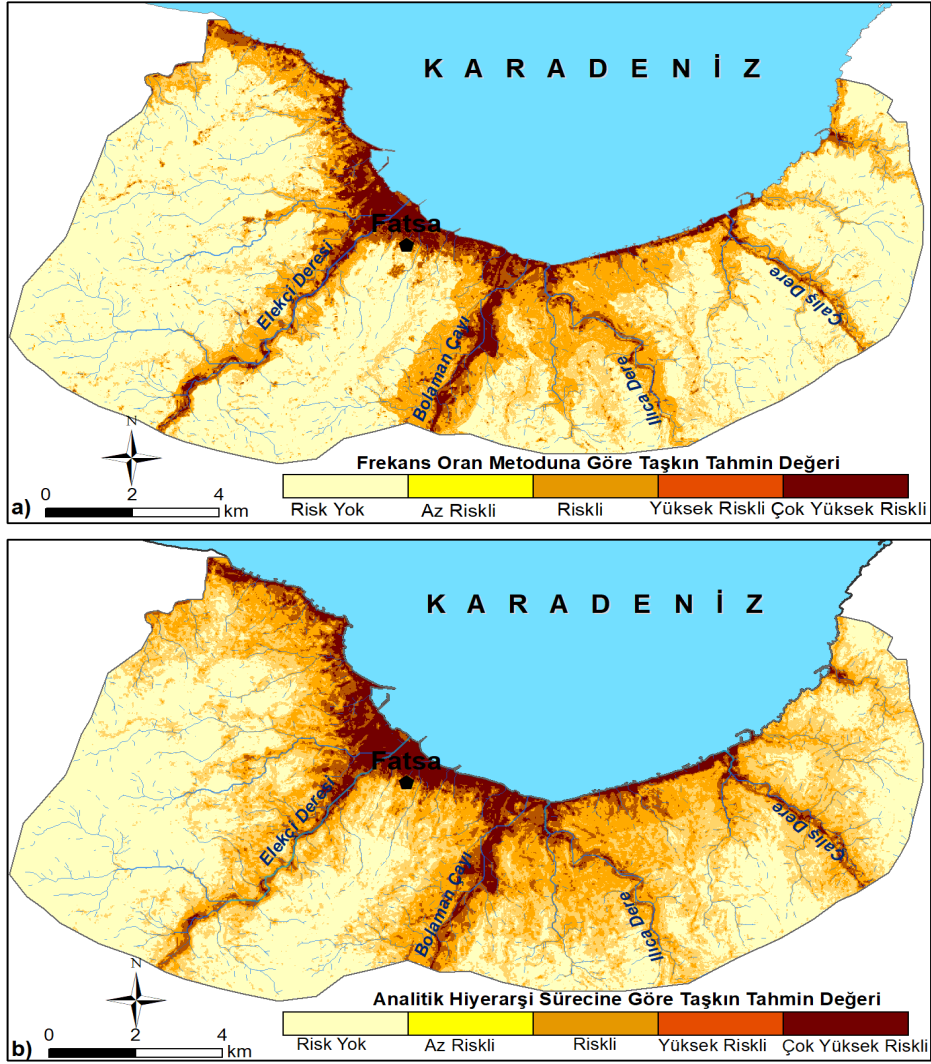
Taşkın Tehlike Sınıfları	Frekans Oran Alanı (km <sup>2</sup> )	Frekans Oran Alanı %	Analitik Hiyerarşi Süreci Alanı (km <sup>2</sup> )	Analitik Hiyerarşi Süreci Alanı %	Lojistik Regresyon Alanı (km <sup>2</sup> )	Lojistik Regresyon Alanı %
Çok düşük tehlike	39,8	30,2	18,2	13,8	105,5	80
Düşük tehlike	50,6	38,4	40,4	30,7	7,8	5,9
Orta tehlike	21,9	16,6	42,5	32,2	4,4	3,3
Yüksek tehlike	10,1	7,7	23,6	17,9	4,7	3,6
Çok Yüksek tehlike	9,4	7,1	7,1	5,4	9,4	7,1
<b>Toplam</b>	<b>131,8</b>	<b>100</b>	<b>131,8</b>	<b>100</b>	<b>131,8</b>	<b>100</b>

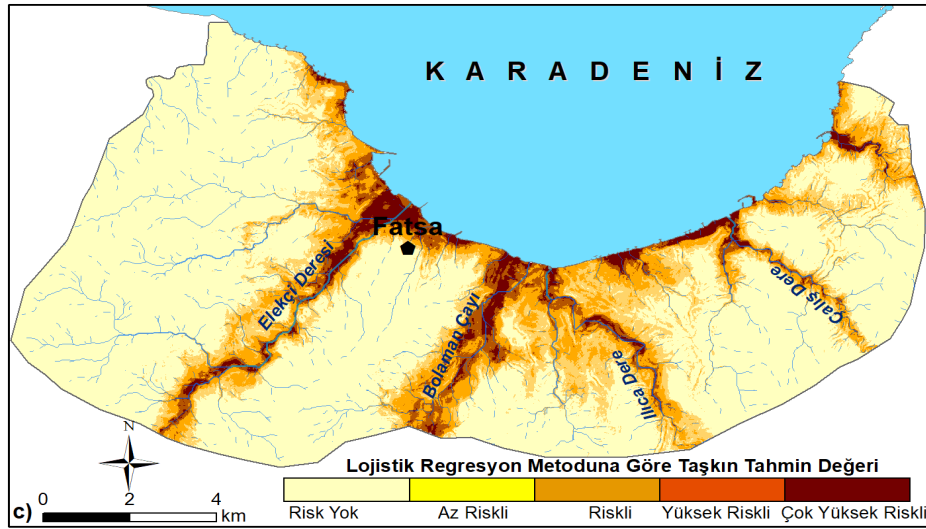
Frekans oran, analitik hiyerarşi süreci ve lojistik regresyon modellerinin performansları karşılaştırıldığında basit ve hızlı sonuçlara ulaşılması bakımından önemli metotlardır. Ancak lojistik regresyon modelinin diğer iki metoda göre daha doğru sonuç verdiği görülmüştür. Bunun nedeni arazi gözlemleri ve modelde taşkın olmayan alanların da taşkın olma ihtimalinin hesaplanmasıdır. Her üç modele göre üretilen taşkın tehlike tahmini haritalarına göre, çok düşük taşkın tehlikesi olan alanlar çoğunlukla güneydeki Canik Dağlarının güney, güneybatı ve güneydoğu kesimleridir. Fatsa ilçe merkezinden başlayarak doğuya doğru Karadeniz kıyısı boyunca çok yüksek taşkın tehlike alanı olarak hesaplanmıştır (Şekil 8). Çalışma sahasındaki derelerin taşkın tehlikesi en fazla olandan en az doğru sırasıyla Elekçi Dere, Bolaman Çayı, Ilıca ve Çalış dereleridir (Şekil 8). Akarsu yataklarının daraltılması, köprülerin akışı kolaylaştıracak yükseklikte olmaması oluşabilecek taşkında etkilenecek sahaların başında yer almaktadır. İnceleme alanının topoğrafik nemliliğinin fazla olması ve ekstrem yağışlar, akarsu havzalarının üst kısmındaki fazla suyun, kısa sürede eğimin de etkisiyle alt havzada toplanmasına neden olmaktadır (Fotoğraf 1). Bu nedenle alt havzada taşkınlar artmaktadır. Elekçi Deresi ve Bolaman Çayı'nın Karadeniz'e döküldüğü yerde ve kıyıdaki düzlüklerde taşkın tehlikesi yüksek ve çok yüksektir (Fotoğraf 2).

**Fotoğraf 1:** Fatsa İlçe Merkezi ve Çevresinde a) Derelerin Binalar İle Daraltılması, b) Dere Kesitinin Daraltılması ve Akışı Kolaylaştıracak Yükseklikte Olmaması, c) Elekçi Derenin Fatsa İlçe Merkezinde Kalan Bölümü, d) Fatsa İlçe Merkezinin Dere Yataklarına Doğru Genişlemesi (Fatsa Belediyesi, 2021)



Fotoğraf 2: 05 Temmuz 2016 Tarihinde Fatsa (Ordu) Çevresinde Meydana Gelen Taşkın (Tahmaz, 2016).





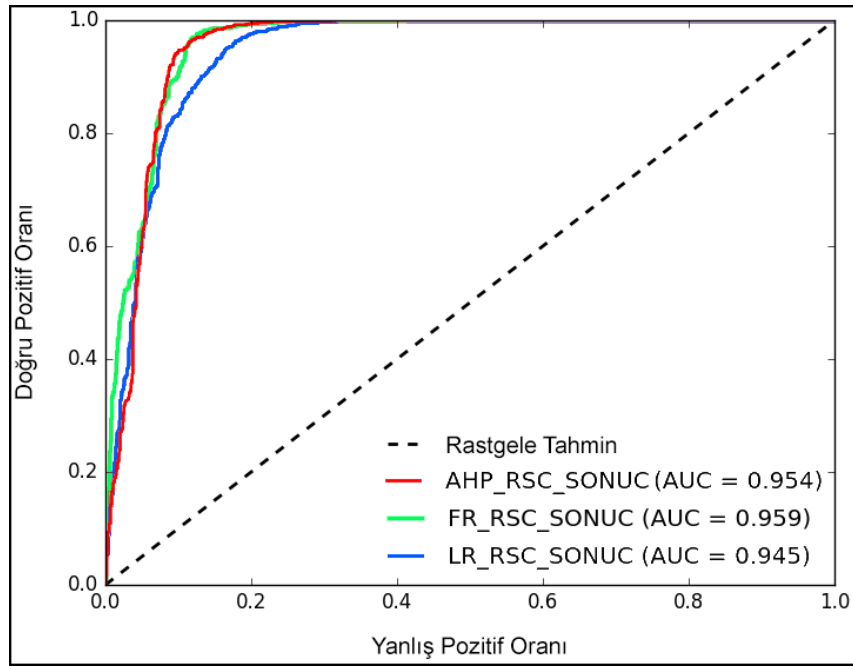
Şekil 8: Fatsa İlçe Merkezi ve Çevresinde a) Frekans Oran, b) Analitik Hiyerarşi Süreci, c) Lojistik Regresyon Modeline Göre Taşkın Tehlike Tahmin Haritaları

### Doğruluk (Geçerlilik) Analizi

Taşkın tehlike tahmin analizinde modelin ortaya çıkardığı sonucun doğrulanması, olası taşkında etkilenebilecek alanları hesaplamak kadar önemlidir. Taşkın tehlike tahmini haritalarının doğruluğunun sınanması, performansı taşkınları ne derece tahmin ettiğinin belirlenmesi için gerekmektedir. Çünkü hangi yöntemin kullanıldığının önemi olmayıp, o yöntemin sonuçlarının doğrulanması daha önemlidir (Chung & Fabbri, 2003: 460). Bu analiz taşkın çalışmalarında modelin performans değerlendirmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Taşkın tehlike tahmini analizinde modelin doğruluğu için ROC (Receiver Operating Characteristic, Alıcı işlem karakteristikleri) eğrisi analizi yapılmıştır. ROC eğrisinde Y ekseninde doğru pozitif oranı, X ekseninde yanlış pozitif değeri yer almaktadır. Doğru pozitif oranı ile yanlış pozitif karşılık gelen noktalar birleştirilerek ROC eğrisi elde edilmektedir. ROC eğrisinin yorumlanmasında derecelendirme verilmiştir. .90-1 mükemmel, .80-.90 iyi, .70-.80 orta, .60-.70 zayıf, .50-.60 başarısız olarak sınıflandırılmıştır (Kanık & Erden, 2003; Ertorsun vd., 2010).

Taşkın tehlike tahmini analizinde hesaplanan ROC eğrisi yüksek hassasiyetten, alçak hassasiyete doğru sıralanmıştır. Eğrinin altında kalan alan ne kadar büyük olursa başarı oranı o kadar yüksek demektir. Buna göre, frekans oran metodunda başarı oranı %95,9, analitik hiyerarşi sürecinde başarı oranı %95,4 ve lojistik regresyon modelinde başarı oranı %94,5 olarak hesaplanmıştır (Şekil 9). En yüksek başarı oranı frekans oran metodunda hesaplanmıştır. Her üç metodunda yüksek doğruluk oranına sahip, (.90-1) olduğu görülmektedir.





Şekil 9: Fatsa İlçe Merkezi ve Çevresinde Frekans Oran, Analitik Hiyerarşi Süreci, Lojistik Regresyon Modellerinin ROC Eğrisi

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Karadeniz kıyı kesiminde, giderek daha fazla gündeme gelen sel ve taşkın olaylarından etkilenen alanlardan birisi de, Fatsa ilçe merkezi ve yakın çevresidir. Bu kapsamda, ilgili alanda farklı metotlara göre taşkın tehlike tahmini haritalarını oluşturmak ve yayılış alanlarını belirlemek, çalışmanın hedefini oluşturmaktadır.

AFAD ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen taşkın envanter verilerine göre toplam 36 adet sel ve taşkın (su baskını) olayı gerçekleşmiştir. 2017 yılına kadar sel ve taşkın afet sayıları düşük olmasına karşın, bu yıldan sonra sel ve taşkın afet sayılarında bir artış gerçekleşmiştir. Bu taşkınların nedeni, topografik özellikler, kısa süreli şiddetli yağmur ve dolu ile ilkbahar yağışları sonucu akarsu yataklarında kapasitenin üzerinde meydana gelen akıştır. Sel ve taşkın olayları en fazla ilkbahar ve yaz aylarında gerçekleşmektedir.

Yükselti, eğim, bakı, eğrisellik, akarsu güç indeksi, topografik nemlilik indeksi, drenaj yoğunluğu, yağış, NDVI, birincil ve ikincil yollara mesafe taşkına etki eden faktörler olarak seçilmiştir. Oluşturulan taşkın tehlike tahmini haritalarında; frekans oran metodunda yükselti, analitik hiyerarşi sürecinde yağış ve lojistik regresyon modelinde kıvrımlılık (eğrisellik) taşkını etkileyen birincil faktörler olarak hesaplanmıştır. Her üç metodu değerlendirdiğimizde taşkını etkileyen en önemli faktörler; topografya (yükselti ve eğim), yağış ve yollardır. Taşkın tehlike tahmini haritaları ve sonuçlarına göre lojistik regresyon modelinin daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu model sonuçları ile çalışma sahasının topografik özellikleri, ekstrem yağış ve antropojenik aktivitelerdeki (dere yataklarında yapılaşma) artış, üretilen taşkın tehlike haritalarını doğrulamaktadır.

Frekans oran metodu sonuçlarına göre toplam 19,5 km<sup>2</sup> alan taşkın tehlikesi yüksek ve çok yüksek olarak hesaplanmıştır. Bu alanın 9,4 km<sup>2</sup>'si çok yüksek tehlikelidir. Bu alanlar Fatsa ilçe merkezinin bulunduğu kıyı düzlüğü ve vadi tabanlarına karşılık gelmektedir. Model üzerinde en fazla etkili olan parametreler, yükselti ve eğim olarak tespit edilmiştir.

Analitik hiyerarşi sürecinde, taşkın tehlike tahmini haritasında 30,7 km<sup>2</sup> alan taşkın tehlikesi yüksek ve çok yüksek olarak hesaplanmıştır. Düşük tehlikeli alanlar frekans oran metodundaki sonuçlarla benzerlik göstermesine rağmen yüksek ve çok

yüksek taşkın tehlikesi olan alanların genişlediği görülmektedir. Taşkını etkileyen birincil faktörler bu defa yağış ve yükseltidir. Çalışma sahasında genel olarak taşkın olayı üzerinde ekstrem yağışlarla birlikte, akış hızını etkileyen relief özellikleri nedeniyle, modelde bu iki faktörün ağırlık değerleri daha yüksek atanmıştır. Buna bağlı olarak tehlike değeri daha yüksek çıkan araziler akarsu vadisi, vadi tabanları ve kıyıdaki düzlüklere karşılık gelmektedir.

Lojistik regresyon modelinde ise 14,1 km<sup>2</sup>'lik alanda taşkın tehlikesi yüksek ve çok yüksek çıkmıştır. Bu modelde çok düşük ve düşük tehlikeli alanlar toplam alanın yaklaşık %86'sına karşılık gelmektedir. Eğrisellik ve topografik nemlilik indeksi taşkını etkileyen birincil faktörlerdir. Modele göre oluşturulan taşkın tehlike tahmin haritasının arazi gözlemlerine bağlı olarak, daha doğru sonuçlar elde ettiği görülmüştür.

Fatsa ilçe merkezi ve çevresinde kullanılan modellerin taşkını tahmin etme oranı yüksek çıkmış olup, ROC eğrisi her üç model için de 0,90'nın üzerindedir. Yüksek ve çok yüksek taşkın tehlikesine sahip olan alanlar toplam alanın % 10-15 arasında olsa da bu alanların nüfus ve yerleşmeye denk gelmesi taşkın tehlikesini artırmaktadır. Bunun haricinde akarsu vadilerinde de taşkın tehlikesi yüksektir. Çalışma alanının büyük çoğunluğu çok düşük ve düşük taşkın tehlikesine sahiptir. Bu alanlar güneydeki dağlık alanlardır.

Taşkın tehlikesi tahmini haritaları yeni ve mevcut kentsel alanların çeşitli planlama haritaları için risk bilgisi sağlayacağı öngörülmektedir. Çalışma alanı taşkın tehlikesi yüksek bir alanda kurulmuştur. Bu nedenle taşkın tehlike tahmin haritalarının (taşkın öncesinde, taşkın anında ve taşkın sonrasında) yönetim, planlama ve zarar azaltmadaki önemi gözardı edilmemelidir.

Genellikle düz veya düze yakın alanlar, dağlık alanlara göre taşkın tehlikesi daha yüksektir. Geçmişte meydana gelen taşkınların çoğu bu düzlük alanlarda meydana gelmiş olması bu durumu kanıtlar niteliktedir. Bunun dışında yükseltinin düşük olduğu Canik Dağları'nın etekleri boyunca ve vadilerde taşkın tehlike olasılığı yüksektir.



## | EXTENDED ABSTRACT |

**Comparative Use of Frequency Ratio, Analytical Hierarchy and Logistic Regression Models in Flood Hazard Estimation, Example of Fatsa District Center and Its Environs**Ahmet TOPRAK<sup>ID</sup> Fethi Ahmet CANPOLAT<sup>ID</sup>**INTRODUCTION**

In this study, Fatsa district center and its immediate surroundings which is located in the Black Sea coast near Ordu province in the central part of the Black Sea Region of Turkey were analyzed comparatively by comparing flood hazard maps using “Frequency Ratio Method, Analytical Hierarchy Process and Logistic Regression method”. The center of the district is bordered by the Black Sea in the north, Canik Mountains in the south which are part of the Northern Anatolian Mountains, and various streams and rivers from the west and east. From the West to the East, in ascending order, Elekçi Creek, Bolaman Creek, İlica and Çalış streams surround the district of Fatsa. The main geomorphological features of the district do consist of hilly areas, flatlands around hilly areas, erosive surfaces, benches, ridges and slopes. Streams in the studied area are usually “V” shaped.

According to the Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD) and the General Directorate of Meteorological Studies of Turkey, there have been 57 torrent and flood incidents in the Ordu province and 36 in the district of Fatsa. In addition to extreme rainfall as a result of climate change in the region, geomorphological (excessive slope) and hydrographic (excessive number of streams, riverbed slope) and failure to make correct settlement plans are the triggering parameters of floods.

Comparative analysis of floods in and around Fatsa (Ordu) district center provides an important data source for the detection of possible flood sites and the creation and verification of flood hazard forecasting maps and flood management and basin planning projects. Therefore, 3 different methods were used in the area of examination.

Factors that trigger flooding were considered and flood hazard prediction maps were analyzed. Accuracy analysis (ROC Curve) method was used to test and verify important factors for the modeling of floods. The results point out elevation, slope and precipitation as the important factors that trigger floods.

Determining flood spread areas and comparative analysis of flood hazard estimates in accordance with different methods is important for risk planning and management. Making an accurate classification of the locations beginning from where the possible impact of possible floods are the least and ending in the areas where it is the most, is an important resource for disaster planning in order to minimize the loss of life.

## DATA AND METHOD

In many studies on torrent and flood presented in the literature in recent years, models such as artificial neural networks (ANN), frequency ratio (FR), logistic regression (LR), analytical hierarchy process and decision trees (DT) have become among the most popular techniques used. (Sunkar & Tonbul, 2010; Youssef et al., 2016; Tehrani et al., 2015; Khosravi et al., 2016; Marconi et al., 2016; Mojaddadi et al., 2017: 1081; Chapi et al., 2017; Ghosh & Kar, 2018; Giovannettone et al., 2018; Tehrani & Kumar, 2018; Zhao et al., 2018; Toprak, 2021).

Geographical information systems and statistical techniques have been used together to create flood hazard prediction maps for Fatsa district center and its surroundings and to determine the areas of spread, according to frequency ratio, analytical hierarchy process and logistic regression methods (Figure 2). After that, the accuracy and suitability of all three models were analyzed.

## RESULTS

### Factors That Trigger Floods

#### Elevation

The digital elevation model is one basic data used in this study. Elevation is an important factor that plays a key role in the control of the flood direction and movement and its depth (Aniya, 1985; Fernandez & Lutz, 2010). The numerical elevation model for Fatsa district center and its surroundings was created using interpolation (Topo to raster) method derived from the 10 m resolution contour map obtained from the General Directorate of Mapping of Turkey.

#### Slope

The slope controls surface flow and the amount of leakage (Lee & Min, 2001; Adiat et al., 2012). Where the slope is low, the flow is usually slow and the amount of leakage is higher, however, where the slope is higher, the flow becomes faster, the amount of sediment transported is higher and the amount of leakage is usually lesser. Excess slope triggers sediment transport, causing obstruction of streams and bridges. When creating the slope map for Fatsa (Ordu) district center and its surroundings, the slope values were taken in degrees and the range (class) values were calculated as 0-2, 2-5, 5-15, 15-25, 25-45 and 45 and above. The classification of slope values was performed with the literature in mind (Verstappen, 1983; Tunçdilek, 1985; Turoğlu & Özdemir, 2005; Özdemir, 2007).

#### Aspect

The aspect of the studied region was classified taking into account its topographical characteristics. According to the proportional distribution of aspect values, the region consists of 28.16% north-facing, 19.8% south-facing, 27.4% east-facing and 22.5% west-facing slopes (Figure 5).

#### Curvature

In the curvature analysis, negative curves were represented as concave, zero curvature was represented as flat and positive curves were represented as convex. When evaluating curvature analysis, it should be taken into account that the convex places correspond to ridges and steep slopes. The curvature is zero for the coastal plain where Fatsa district center is located. Finally, concave surfaces correspond to the valleys. In curvature, concave surfaces, causing more flow, can trigger torrent and flood due to erosion (Sahana & Patel, 2019).

### Stream Power Index (SPI)

In the stream power index, areas that are less than 6 are sensitive to flood events while areas larger than these values are sensitive to deluges (Sambaziotis & Fountoulis, 2007: 1631). According to the results of this analysis, stream power index values were calculated in intervals ranging from – 14 to 11.7. In mountainous areas where the slope is high, the values of the stream power index have also increased. However, in flat and near-flat areas, the stream power index values are lower. These areas are sensitive to flooding and correspond to coastal plains (Figure 5).

### Topographic Wetness Index (TWI)

This index is an important one in the evaluation of flood formation (Pradhan, 2010b), as it is directly effective in determining the surface's saturation with water and the surface flow. In mountainous areas where the slope is high, topographic wetness is low, and in flat areas where the slope is low, topographic wetness is high. Topographic wetness was calculated in intervals ranging from 1,3 to 22.7. Topographic wetness was high in the tributaries and coastal plains. By contrast, topographic wetness was low in mountainous areas in the south, where elevation and slopes do increase.

### Drainage Density

In a basin where the stream network is frequent, drainage density is higher, compared to a basin where the stream network is sparse (Nag, 1998:72). Areas with high drainage density are usually mountainous areas, areas with sparse vegetation and high surface flow (Strahaler, 1964; Ziemer, 1973). Drainage density is divided into 4 different categories, with 0-2 low, 2-2.5 medium, 2.5-3 high and values above 3 being very high (Malik et al., 2011:124). Drainage density in and around Fatsa district center was calculated in values ranging from 0.14 to 8.87. According to this classification, drainage density in the area of study is usually in values 3 and above (Figure 5).

### Precipitation

Fatsa and its surroundings which is located in the coastal part of the Central Black Sea Region, is among the settlements in the region which receives the most amount of rainfall. Most of the precipitation falls in summer and autumn months (Figure 6). The precipitation amount in Fatsa is 1107.8 mm. The immediate rising of the mountains from the coastline prevents the air mass from penetrating deeper into the region. The precipitation data used in this study were obtained from the WorldClim website and the General Directorate of Meteorological Studies of Turkey. This data, being in raster format, after being converted to point data, precipitation map was created via interpolation methods (Figure 5).

### Distance to Primary and Secondary Roads

Roads increase impermeable surfaces by reducing permeable areas. Thus, the same amount of precipitation causes less leakage and more flow (Shuster et al., 2005; Pham et al. 2020). There is no fixed value range in the literature regarding the classification of distance to the roads. Generally, equal classification ranges were taken into account (Shafapour et al., 2017). The primary road which is the Black Sea coastal road, creates ranges of 1500 m, while secondary roads are classified in the shorter distance ranges (250 m intervals). This classification was created at equal intervals, specific to this study. In addition, the density of the roads was also taken into account.

### NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

In the Black Sea Region, in steep areas where vegetation is weak, heavy rains start flowing in a short period of time, causing flooding in the channel parts of the streams (Çınaklı, 2008). Vegetation is an important parameter in reducing the speed of flow on the ground (Lei et al., 2014). Places with low NDVI values correspond to residential areas in the area of study. The

places with medium NDVI values are Elekçi, Bolaman, İlica and Çalış streams and southern slopes and mountainous areas. The NDVI values gradually increase from the coast inwards and these parts constitute the areas with the highest NDVI values.

### Frequency Ratio Analysis and Its Results

According to the results obtained from the frequency ratio method, elevation is the primary factor affecting flooding with a flood forecast value of 7.27. This followed by slope with 5.82, curvature with 5.70, distance to secondary roads with 4.20, precipitation with 4.15, topographic wetness index with 3.81, distance to primary roads with 3.66, NDVI with 3.32, drainage density with 2.08, stream power index with 2.08 and aspect with 1 (Figure 7). In the area of study, especially along the coast of Black Sea, where the district center is located, floods occur due to extreme precipitation in areas where the slope is 0-2 degrees.

### Analytical Hierarchy Process Analysis and Its Results

According to the Analytical Hierarchy Process (AHP), the most important factor that affects flooding is elevation (0.212). Precipitation and slope rank 2nd and 3rd in the AHP score. Other factors that affect flooding according to the ranking are drainage density (0.127), NDVI (0.088), curvature (0.065), stream power index (0.049), topographic wetness index (0.040), distance to primary roads (0.027), distance to secondary roads (0.019), and aspect (0.015) (Table 5).

### Logistics Regression Method and Its Results

According to the results of the logistic regression model, the most effective parameters affecting flooding were calculated as curvature (27.04), topographical wetness index (10.05) and precipitation (8.45). These are followed by drainage density (4.67), distance to primary roads (4.23) and aspect (1.11). These parameters indicate a positive correlation. According to logistic regression coefficients, distance to secondary roads, elevation, slope, stream power index and NDVI indicate a negative correlation with flooding.

### Accuracy (Validity) Analysis

In the flood hazard prediction analysis, ROC (Receiver Operating Characteristic) curve analysis was performed for the accuracy of the model. Accordingly, the success rate in the frequency ratio method was found to be 95.9%, the success rate in the analytical hierarchy process was found to be 95.4% and the success rate in the logistic regression model was found to be 94.5% (Figure 9). It can be seen that all three methods have a high rate of accuracy (.90-1).

## CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

According to flood inventory data obtained from AFAD (Disaster and Emergency Management Presidency) and the General Directorate of Meteorological Studies of Turkey, a total of 36 torrent and flood events occurred in the region. It was seen that until 2017, the number of flood and deluge events were low, however, after this year, an increase was observed in the number of torrent and floods. The cause of these floods are topographical features, heavy rainfall and hails happening in short periods of time and flows due to the over capacity in stream beds as a result of spring rains. Floods and deluge events occur mostly in spring and summer months.

Accordingly, flood hazard prediction maps are divided into five degrees by natural breaks method from very low to very high danger areas. Within the area examined, the risk of flooding was found to be very low in an area of 39.8 km<sup>2</sup> according to frequency ratio method, in an area of 18.2 km<sup>2</sup> according to analytical hierarchy process and in an area of 105.5 km<sup>2</sup> according to logistic regression model. In contrast, the risk of flooding was found to be high and very high in an area of 19.5 km<sup>2</sup> according to frequency ratio method, 30.7 km<sup>2</sup> according to analytical hierarchy process, and 14.1 km<sup>2</sup> according to logistic regression model.

In the flood hazard prediction maps created, elevation according to frequency ratio method, precipitation according to analytical hierarchy process and curvature according to logistic regression model were calculated as the primary factors affecting floods. According to flood hazard prediction maps and results, the logistic regression model was found to yield more accurate results.

For Fatsa district center and its surroundings, the models used, correctly predicted the floods at a high rate. The ROC curve was found to be over 0.90 for all three models. Usually in flat or near-flat areas, the risk of flooding is higher than in mountainous areas. The fact that most of the floods that occurred in the past have occurred in these flat areas proves this prediction. In addition, there is a high flooding probability along the foothills of Canik Mountains and in the valleys, where the elevation is low.

## KAYNAKÇA / REFERENCES

- Aalbers, E. E., Lenderink, G., van Meijgaard, E., & van den Hurk, B. J. (2018). Local-scale changes in mean and heavy precipitation in Western Europe, climate change or internal variability? *Climate Dynamics*, 50(11), 4745-4766. <https://doi.org/10.1007/s00382.017.3901-9>
- Adiat, K. A. N., Nawawi, M. N. M., & Abdullah, K. (2012). Assessing the accuracy of GIS-based elementary multi criteria decision analysis as a spatial prediction tool-a case of predicting potential zones of sustainable groundwater resources. *Journal of Hydrology*, 440-441, 75-89. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.03.028>
- Ahmadlou, M., Al-Fugara, A. K., Al-Shabeeb, A. R., Arora, A., Al-Adamat, R., Pham, Q. B., Al-Ansari N., Linh, N. T. T., & Sajedi, H. (2021). Flood susceptibility mapping and assessment using a novel deep learning model combining multilayer perceptron and autoencoder neural networks. *Journal of Flood Risk Management*, 14(1). <https://doi.org/10.1111/jfr3.12683>
- Aniya, M. (1985). Landslide-susceptibility mapping in the Amahata River basin, Japan. *Annals of the Association of American Geographers*, 75(1), 102-114. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1985.tb00061.x>
- Atkinson, P. M., & Massari, R. (1998). Generalized linear modeling of susceptibility to landsliding in the central appennines, Italy. *Computer & Geoscience*, 24(4), 373-385. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(97\)00117-9](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(97)00117-9)
- Barker, D. M., Lawler, D. M., Knight, D. W., Morris, D. G., Davies, H. N., & Stewart, E. J. (2009). Longitudinal distributions of river flood power: the combined automated flood, elevation and stream power (CAFES) methodology. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(2), 280-290. <https://doi.org/10.1002/esp.1723>
- Beven, K. J., & Kirkby, M. J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology/Un modèle à base physique de zone d'appel variable de l'hydrologie du bassin versant. *Hydrological Sciences Journal*, 24(1), 43-69. <https://doi.org/10.1080/026.266.67909491834>
- Bonham-Carter, G. F., & Bonham-Carter, G. (1994). *Geographic information systems for geoscientists: Modelling with GIS*. (1st Ed.). Elsevier.
- Boutaghane, H., Boulmaiz, T., Lameche, E. K., Lefkir, A., Hasbaia, M., Abdelbaki, C., Moulahoum A. W., Keblouti M. & Bermad, A. (2022). Flood analysis and mitigation strategies in Algeria. In T. Sumi, S. A. Kantoush, & M. Saber (Eds.), *Wadi Flash Floods* (pp. 95-118). Singapore: Springer [https://doi.org/10.1007/978-981-16-2904-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-16-2904-4_3)
- Chapi, K., Singh, V. P., Shirzadi, A., Shahabi, H., Bui, D. T., Pham, B. T., & Khosravi, K. (2017). A novel hybrid artificial intelligence approach for flood susceptibility assessment. *Environmental modelling & software*, 95 (2017), 229-245. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.06.012>
- Chung, C. J. F., & Fabbri, A. G. (2003). Validation of spatial prediction models for landslide hazard mapping. *Natural Hazards*, 30(3), 451-472. <https://doi.org/10.1023/B:NHAZ.000.000.7172.62651.2b>
- Çınaklı, M. (2008). *Doğu Karadeniz bölümünde meydana gelen taşkınlar*. (Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara).
- Diakakis, M. (2011). A method for flood hazard mapping based on basin morphometry: Application in two catchments in Greece. *Natural hazards*, 56(3), 803-814. <https://doi.org/10.1007/s11069.010.9592-8>
- Dölek, İ. (2008). *Bolaman Çayı Havzası'nın (Ordu) uygulamalı jeomorfoloji etüdü*. (Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul).
- Ermiş, I. S. (2015). *Akarsu havzalarında topoğrafik nem indeksleri ile taşkına meyilli alanların belirlenmesi*. (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul).
- Ertorsun, A. D., Bağ, B., Uzar, G., & Turanoğlu, M. A. (2010). ROC (Receiver Operating Characteristic) Eğrisi Yöntemiyle Tam Testlerinin performanslarının Değerlendirilmesi. XII. Öğrenci Sempozyumu Çalışma Grubu Raporları.
- Fatsa (Ordu) Belediyesi (2021) 1 Haziran 2021 <https://fatsa.bel.tr/galeri/fatsa-resimleri/> adresinden edinilmiştir.
- Fernandez, D. S., & Lutz, M. A. (2010). Urban hazard zoning in Tucumán province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. *Engineering Geology*, 111(1-4), 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.12.006>



- Fischer, E. M., & Knutti, R. (2016). Observed heavy precipitation increase confirms theory and early models. *Nature Climate Change*, 6(11), 986-991. <https://doi.org/10.1038/nclimate3110>
- Florinsky, I. V. (2012). *Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/C2010-0-65718-X>.
- Forman, E. H. (1990). Random indices for incomplete pairwise comparison matrices. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 153-155. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90072-J](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90072-J)
- Gaume, E., Borga, M., Llasat, M. C., Maouche, S., Lang, M., & Diakakis, M. (2016). Mediterranean extreme floods and flash floods. In Moatti, J., & Thiébaud, S. (Eds.), *The Mediterranean region under climate change: A scientific update*. Sub-chapter 1.3.4. IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.23181>
- GeoFabrik, (2021). Geofabrik: openstreetmap data, web tabanlı uygulama adresi, (1 Haziran 2021) <https://download.geofabrik.de/europe/turkey.html> adresinden edinilmiştir.
- Ghosh, A., & Kar, S. K. (2018). Application of analytical hierarchy process (AHP) for flood risk assessment: A case study in Malda district of West Bengal, India. *Natural Hazards*, 94(1), 349-368. <https://doi.org/10.1007/s11069.018.3392-y>
- Giovannetone, J., Copenhaver, T., Burns, M., & Choquette, S. (2018). A statistical approach to mapping flood susceptibility in the Lower Connecticut River Valley region. *Water Resources Research*, 54(10), 7603-7618. <https://doi.org/10.1029/2018WR023018>
- Horton, R. E. (1932). Drainage basin characteristics. *American Geophysical Union*, s. 350-361. <https://doi.org/10.1029/TR013i001p00350>
- Innocenti, S., Mailhot, A., Leduc, M., Cannon, A. J., & Frigon, A. (2019). Projected changes in the probability distributions, seasonality, and spatiotemporal scaling of daily and subdaily extreme precipitation simulated by a 50-member ensemble over northeastern North America. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(19), 10427-10449. <https://doi.org/10.1029/2019JD031210>
- IPCC (2012), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pp. 582, Cambridge University Press.
- Kanik, E. A., & Erden, S. (2003). Tanı testlerinin değerlendirilmesinde ROC (Receive Operating Characteristics) eğrisinin kullanımı. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 3, 260-264.
- Karagiozi, E., Fountoulis, I., Konstantinidis, A., Andreadakis, E., & Ntouros, K. (2011). Flood hazard assessment based on geomorphological analysis with GIS tools-the case of Laconia (Peloponnesus, Greece). In *Proceedings, Symposium GIS Ostrava (Vol. 2011, p. 11p)*.
- Khosravi, K., Nohani, E., Maroufinia, E., & Pourghasemi, H. R. (2016). A GIS-based flood susceptibility assessment and its mapping in Iran: A comparison between frequency ratio and weights-of-evidence bivariate statistical models with multi-criteria decision-making technique. *Natural Hazards*, 83(2), 947-987. <https://doi.org/10.1007/s11069.016.2357-2>
- Kia, M. B., Pirasteh, S., Pradhan, B., Mahmud, A. R., Sulaiman, W. N. A., & Moradi, A. (2012). An artificial neural network model for flood simulation using GIS: Johor River basin, Malaysia. *Environmental Earth Sciences*, 67(1), 251-264. <https://doi.org/10.1007/s12665.011.1504-z>
- Kirkby, M. J.; Atkinson, K.; Lockwood, J. Thornes, J. B. (1990) Vegetation and erosion. Processes and environments. (pp. 25-39), John Wiley and Sons Ltd., Chichester.
- Landsat 8 Uydu Görüntüsü, (2021) 1 Haziran 2021 tarihinde <https://earthexplorer.usgs.gov/> adresinden edinilmiştir.
- Lee, S., & Min, K. (2001). Statistical analysis of landslide susceptibility at Yongin, Korea. *Environmental Geology*, 40(9), 1095-1113. <https://doi.org/10.1007/s002.540.100310>
- Lee, S., & Pradhan, B. (2006). Probabilistic landslide hazards and risk mapping on Penang Island, Malaysia. *Journal of Earth System Science*, 115(6), 661-672. <https://doi.org/10.1007/s12040.006.0004-0>
- Lei, H., Yang, D., & Huang, M. (2014). Impacts of climate change and vegetation dynamics on runoff in the mountainous region of the Haihe River basin in the past five decades. *Journal of Hydrology*, 511, s. 786-799. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.02.029>
- Li, X. H., Zhang, Q., Shao, M., & Li, Y. L. (2012). A comparison of parameter estimation for distributed hydrological modelling using automatic and manual methods. In *Advanced Materials Research (Vol. 356, pp. 2372-2375)*. Trans Tech Publications Ltd. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.356.360.2372>
- Liu, Y. B., & De Smedt, F. (2005). Flood modeling for complex terrain using GIS and remote sensed information. *Water Resources Management*, 19(5), 605-624. <https://doi.org/10.1007/s11269.005.6808-x>
- Malik, M. I., Bhat, M. S., & Kuchay, N. A. (2011). Watershed based drainage morphometric analysis of Lidder catchment in Kashmir valley using geographical information system. *Recent Research in Science and Technology*, 3(4), 118-126.
- Manandhar, B. (2010). *Flood plain analysis and risk assessment of Lothar Khola*. (Master's Thesis, Tribhuvan University, Phokara-Nepal)
- Marconi, M., Gatto, B., Magni, M., & Marincioni, F. (2016). A rapid method for flood susceptibility mapping in two districts of Phatthalung province (Thailand): Present and projected conditions for 2050. *Natural Hazards*, 81(1), 329-346. <https://doi.org/10.1007/s11069.015.2082-2>
- Martel, J. L., Mailhot, A., & Brissette, F. (2020). Global and regional projected changes in 100-yr subdaily, daily, and multiday precipitation extremes estimated from three large ensembles of climate simulations. *Journal of Climate*, 33(3), 1089-1103. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0764.1>

- Menard, S. (2002), *Applied Logistic Regression Analysis* (Quantitative Applications in the Social Sciences) . 2nd Edition, Volume 106, Beverly Hills, CA : Sage. <https://dx.doi.org/10.4135/978.141.2983433>
- SageSaaty, T. L., Vargas, L. G., & Dellmann, K. (2003). The allocation of intangible resources: The analytic hierarchy process and linear programming. *Socio-Economic Planning Sciences*, 37(3), 169-184. [https://doi.org/10.1016/S0038-0121\(02\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0038-0121(02)00039-3)
- Mojaddadi, H., Pradhan, B., Nampak, H., Ahmad, N., & Ghazali, A. H. B. (2017). Ensemble machine-learning-based geospatial approach for flood risk assessment using multi-sensor remote-sensing data and GIS. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(2), 1080-1102. <https://doi.org/10.1080/19475.705.2017.1294113>
- Moore, I. D., Grayson, R. B., & Ladson, A. R. (1991). Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological processes*, 5(1), 3-30. <https://doi.org/10.1002/hyp.336.005.0103>
- Nag, S. K. (1998). Morphometric analysis using remote sensing techniques in the Chaka sub-basin, Purulia district, West Bengal. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 26(1), 69-76. <https://doi.org/10.1007/BF03007341>
- Özalp, D. (2009). *Dere taşkın risk haritalarının CBS kullanılarak oluşturulması ve CBS ile taşkın risk analizi*. (Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul).
- Özdemir, H., (2007). *Havran Çayı havzasının (Balıkesir) CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizi* (Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul).
- Özlü, T. (2012). Elekçi Deresi (Fatsa) havzasının hidrolojik sorunları ve bunların iklim şartları ile ilişkileri. *ODÜ Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi (ODÜSOBİAD)*, 3(6), 282-299. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/odusobiad/issue/27570/290107>
- Özşahin, E. (2013). Arnavutluk'ta taşkın risk analizi. *International Journal of Eurasia Social Sciences*, 2013(12), 91-109. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijoess/issue/8530/105929>
- Özyörük, B., & Özcan, E. C. (2008). Analitik hiyerarşi sürecinin tedarikçi seçiminde uygulanması: Otomotiv sektöründen bir örnek. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(1), 133-144. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sduiibfd/issue/20834/223215>
- Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J. A., Clarke, L., Dahe, Q., Dasgupta, P., Dubash, N. K., Edenhofer, O., Elgizouli, I., Field, C. B., Forster, P., Friedlingstein, P., Fuglestvedt, J., Gomez-Echeverri, L., Hallegatte, S., Hegerl, G., Howden, M., Jiang, K., Jimenez Cisneros, B., Kattsov, V., Lee, H., Mach, K. J., Marotzke, J., Mastrandrea, M. D., Meyer, L., Minx, J., Mulugetta, Y., O'Brien, K., Oppenheimer, M., Pereira, J. J., Pichs-Madruga, R., Plattner, G.-K., Pörtner, Hans-Otto, Power, S. B., Preston, B., Ravindranath, N. H., Reisinger, A., Riahi, K., Rusticucci, M., Scholes, R., Seyboth, K., Sokona, Y., Stavins, R., Stocker, T. F., Tschakert, P., van Vuuren, D. and van Ypserle, J.-P. (2014). *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 151). Ipcc.
- Pham, B. T., Avand, M., Janizadeh, S., Phong, T. V., Al Ansari, N., Ho, L. S., Das, S., Van Le, H., Amini, A., Bozchaloei, S. K., Jafari, F., & Prakash, I. (2020). GIS based hybrid computational approaches for flash flood susceptibility assessment. *Water*, 12(3), (pp. 1-30), <https://doi.org/10.3390/w12030683>
- Pradhan, B. (2010a). Flood susceptible mapping and risk area delineation using logistic regression, GIS and remote sensing. *Journal of Spatial Hydrology*, 9(2), 1-18.
- Pradhan, B. (2010b). Remote sensing and GIS-based landslide hazard analysis and cross-validation using multivariate logistic regression model on three test areas in Malaysia. *Advances in Space Research*, 45(10), 1244-1256. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2010.01.006>
- Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process (AHP). *The Journal of the Operational Research Society*, 41(11), 1073-1076.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Saaty, T. L., Vargas, L. G., & Dellmann, K. (2003). The allocation of intangible resources: The analytic hierarchy process and linear programming. *Socio-Economic Planning Sciences*, 37(3), 169-184. [https://doi.org/10.1016/S0038-0121\(02\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0038-0121(02)00039-3)
- Sahana, M., & Patel, P. P. (2019). A comparison of frequency ratio and fuzzy logic models for flood susceptibility assessment of the lower Kosi River basin in India. *Environmental Earth Sciences*, 78(10), 1-27. <https://doi.org/10.1007/s12665.019.8285-1>
- Sahana, M., Rehman, S., Sajjad, H., & Hong, H. (2020). Exploring effectiveness of frequency ratio and support vector machine models in storm surge flood susceptibility assessment: A study of Sundarban Biosphere Reserve, India. *Catena*, Cilt 189, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104450>
- Sambaziotis, E., & Fountoulis, I. (2007). Estimation of flash flood hazard in the Pidima-Arfara area (Messinia, SW Greece), based on the study of instantaneous unitary hydrographs, longitudinal profiles and stream power. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 40(4), 1621-1633. <https://doi.org/10.12681/bgsg.17066>
- Shafapour Tehrani, M., Shabani, F., Neamah Jebur, M., Hong, H., Chen, W., & Xie, X. (2017). GIS-based spatial prediction of flood prone areas using standalone frequency ratio, logistic regression, weight of evidence and their ensemble techniques. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(2), 1538-1561. <https://doi.org/10.1080/19475.705.2017.1362038>
- Shuster, W. D., Bonta, J., Thurston, H., Warnemuende, E., & Smith, D. R. (2005). Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review. *Urban Water Journal*, 2(4), 263-275. <https://doi.org/10.1080/157.306.20500386529>

- Sillmann, J., Kharin, V. V., Zwiers, F. W., Zhang, X., & Bronaugh, D. (2013). Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 2. Future climate projections. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(6), 2473-2493. <https://doi.org/10.1002/jgrd.50188>
- Strahler, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. *Handbook of applied hydrology*.
- Sunkar, M., & Tonbul, S. (2010). İluh Deresi Havzası'na (Batman) Yönelik Sel ve Taşkın Riski Analizleri. *Nature Sciences*, 5(4), 255-273. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/nwsanature/issue/10849/130539>
- Şen, Z. (2002). *Su Bilimi temel konuları*. İstanbul İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Hidroloji Anabilim Dalı: Su Vakfı Yayınları.
- Tahmaz, A. (2016) 6 Temmuz 2016 tarihli <https://www.youtube.com/watch?v=OMJxK5cbXkk> adresinden elde edilmiştir.
- Tehrany, M. S., Pradhan, B., & Jebur, M. N. (2013). Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS. *Journal of Hydrology*, 504, 69-79. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.09.034>
- Tehrany, M. S., Pradhan, B., Mansor, S., & Ahmad, N. (2015). Flood susceptibility assessment using GIS-based support vector machine model with different kernel types. *Catena*, 125, 91-101. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.10.017>
- Tehrany, M.S., & Kumar, L., (2018). The application of a Dempster-Shafer-based evidential belief function in flood susceptibility mapping and comparison with frequency ratio and logistic regression methods. *Environ. Earth Sci.* 77, 490. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7667-0>
- Timor, M. (2011). *Analitik hiyerarşi prosesi*. İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- Toprak, A., (2021). *Ağrı ve Doğubayazıt havzalarında coğrafi faktörlerin sel ve taşkın oluşumundaki etkisi ve taşkın risk analizleri*. (Doktora tezi, Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ).
- Tunçdilek, N. (1985). *Türkiye'de relief şekilleri ve arazi kullanımı*. İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü yayınları; no. 3.
- Turgut, Ü. (2006). *Doğu Karadeniz Bölgesinde Sel ve heyelan felaketine neden olan sinoptik modellerin tahmin tekniği açısından incelenmesine dönük karşılaştırmalı bir araştırma. I. Ulusal Taşkın Sempozyum Bildiri Kitabı*. Ankara: D.S.İ Yayınları.
- Turoğlu, H., & Özdemir, H. (2005). *Bartın'da sel ve taşkınlar. Sebepler, etkiler, önleme ve zarar azaltma önerileri*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Verstappen, H. (1983). The Applied Geomorphology, International Institute for Aerial Survey and Earth Science (ITC), Enschede. *The Netherlands*.
- Wang, Y., Fang, Z., Hong, H., Costache, R., & Tang, X. (2021). Flood susceptibility mapping by integrating frequency ratio and index of entropy with multilayer perceptron and classification and regression tree. *Journal of Environmental Management*, 289(1). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112449>
- Wilson, J.P., & Gallant, J.C. (2000). *Terrain analysis: principles and applications*. U.S.A.
- Wind, Y., & Saaty, T. L. (1980). Marketing applications of the analytic hierarchy process. *Management Science*, 26(7), 641-658. <https://doi.org/10.1287/mnsc.26.7.641>
- Worldclim.org, (2021). 1 Haziran 2021 tarihinde <https://www.worldclim.org/> adresinden edinilmiştir.
- Youssef, A. M., Pradhan, B., & Sefry, S. A. (2016). Flash flood susceptibility assessment in Jeddah city (Kingdom of Saudi Arabia) using bivariate and multivariate statistical models. *Environmental Earth Sciences*, 75(1), 12. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4830-8>
- Zhao, G., Pang, B., Xu, Z., Yue, J., & Tu, T. (2018). Mapping flood susceptibility in mountainous areas on a national scale in China. *Science of the Total Environment*, 615(13), 1133-1142. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.037>
- Ziemer, G. L. (1973). *Quantitative geomorphology of drainage basins related to fish production*. Alaska Department of Fish and Game, Informational Leaflet 162, Juneau, Alaska