

Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238



Araştırma Makalesi / Research Article

HEC-RAS TABANLI İKİ BOYUTLU TAŞKIN TEHLİKE ÇALIŐMASI: BAHADINLI VE KARADERE (BURHANIYE – BALIKESİR)

HEC-RAS Based Two-Dimensional Flood Hazard Study: Bahadınli and Karadere (Burhaniye – Balıkesir)

Melike DURAK^a, İsa CÜREBAL^b

^a Sorumlu Yazar / Corresponding Author

Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Balıkesir/Türkiye
durakmelike1919@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-3102-9132>

^b Balıkesir Üniversitesi, Fen - Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Balıkesir/Türkiye
curebal@balikesir.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0002-3449-1595>

Makale Tarihiçesi

Geliş 3 Eylül 2025
Kabul 2 Ekim 2025

Article History

Received 3 September 2025
Accepted 2 October 2025

Anahtar Kelimeler

Taşkın Tehlike, İki Boyutlu Modelleme, Debris Faktörü, Bahadınli Regülatörü, HEC-RAS

Keywords

Flood Hazard, Two-Dimensional Modeling, Debris Factor, Bahadınli Regulator, HEC-RAS

Atıf Bilgisi / Citation Info

Durak, M. & Cürebal, İ. (2025) HEC-RAS Tabanlı İki Boyutlu Taşkın Tehlike Çalıőması: Bahadınli ve Karadere (Burhaniye – Balıkesir) / HEC-RAS Based Two-Dimensional Flood Hazard Study: Bahadınli and Karadere (Burhaniye – Balıkesir), Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2025 (15): 126-149.

doi: 10.46453/jader.1777585

ÖZET

Taşkın tehlike haritaları, taşkın önleme ve zarar azaltma stratejilerinin önemli bir parçasıdır. Çünkü bu haritalar, taşkın eğilimini belirleyen fiziksel özelliklere dayanarak en savunmasız bölgelerin tespit edilmesini sağlar. Bu çalışmanın amacı, Bahadınli ve Karadere kırsal mahallelerinin (Balıkesir/Burhaniye) taşkın tehlikesini HEC-RAS yazılımı kullanılarak iki boyutlu (2D) modelleme ile ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda kullanılan altlık verileri; SYM5, Devlet Su İşleri (DSİ) D04A016 kodlu Karadere Bahadınli istasyonunun maksimum akım verileri, arazi kullanımı ve bina verileri vb. olarak belirlenmiştir. Q5, Q10, Q50, Q100, Q500 ve Q1000 akım değerleri, Gumbel EV I (Ekstrem Değer) dağılımı kullanılarak hesaplanmıştır. HEC-RAS yazılımı ile gerçekleştirilen iki boyutlu modelleme sonucunda su derinliği ve akım hızı haritaları üretilmiştir. Ardından, ArcGIS/ArcMap 10.8 yazılımı kullanılarak taşkın tehlike haritaları oluşturulmuştur. Bahadınli kırsal mahallesi için regülatörün varlığı ve yokluğunu içeren iki senaryo; Karadere için ise tek senaryo üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Bahadınli'da, her iki senaryoda da taşkın suları geniş tabanlı vadi içerisinde, akarsuyun akış yönüne göre sol tarafında bulunan tarım arazileri boyunca yayılım göstermiştir. Regülatör dikkate alınmadığında hem insanlar hem de tarım arazilerindeki binalar (konut, hayvan barınağı, depo vb.) için tehlike vardır; regülatör dikkate alındığında ise büyük ölçüde yalnızca insanlar için düşük tehlike söz konusudur. Karadere Kırsal Mahallesi taşkın tehlike haritalarında, ana kanalda taşkın suyunun yatak dışına çıkmadığı görülmüőtür. Yan kollardan taőan sular çevreye yayılmakla birlikte, bu yayılım genellikle insanlar için düşük ve orta tehlike sınıfındadır. Bu tür afetlerin tekrar yaşanmaması veya yaşanması durumunda oluşabilecek zararların minimuma indirgenmesi için öncelikle taşkın yatağı belirlendikten sonra bu sınırlar içinde kalan beşeri yapıların belirli bir plan çerçevesinde tahliye edilmesi düşünülebilir. Yerleşim birimlerinin yer seçiminde doğal ortam koşullarının dikkate alınması elzemdir. Ayrıca yapay kanalların havza özellikleri ve akış dinamiği ile uyumlu olmasına dikkat edilmelidir. Son olarak ise mevcut yerleşim birimlerinde akarsu yataklarının demonstrasyon çalışmaları ile genişletilmesi ve sürtünmeyi arttırarak akımı yavaşlatmak, sızmayı da arttırmak amacıyla havza ağaçlandırılması önerilmektedir.

ABSTRACT

Flood hazard maps are an important part of flood prevention and damage mitigation strategies. Because these maps allow the identification of the most vulnerable areas based on the physical characteristics that determine flood susceptibility. The aim of this study is to reveal the flood hazard in the rural neighborhoods of Bahadınli and Karadere (Balıkesir/Burhaniye) using two-dimensional (2D) modeling with HEC-RAS software. The base data used for this purpose include SYM5, maximum flow data from the Karadere Bahadınli station (coded D04A016) of the General Directorate of State Hydraulic Works (DSİ), land use, building data, etc. The flow values Q5, Q10, Q50, Q100, Q500, and Q1000 were calculated using the Gumbel EV I (Extreme Value) distribution. As a result of the two-dimensional modeling performed with HEC-RAS software, water depth and flow velocity maps were produced. Then, flood hazard maps were created using ArcGIS/ArcMap 10.8 software. Two scenarios were evaluated for the rural neighborhood of Bahadınli, one with and one without the regulator; for Karadere, a single scenario was evaluated. In Bahadınli, floodwaters spread along the agricultural lands on the left side of the stream flow within the floodplain in both scenarios. When the regulator is not considered, there is a hazard both for people and buildings in agricultural lands (such as

houses, animal shelters, warehouses, etc.); however, when the regulator is taken into account, there is largely only a low hazard for people. In the flood hazard maps of Karadere rural neighborhood, it was observed that the floodwater didn't overflow from the main channel. Although water overflowing from the tributaries spreads into the surrounding area, this spread generally falls within the low and moderate hazard classes for people. Although water overflowing from the tributaries spreads into the surrounding area, this spread generally within the low and moderate hazard classes for people. To prevent the recurrence of such disasters or to minimize the potential damages in case they occur, it is first necessary to determine the floodplain boundaries, and then consider the evacuation of human settlements within these limits according to a specific plan. It is essential to consider natural environmental conditions in the site selection of settlements. In addition, artificial channels should be designed to be compatible with basin characteristics and flow dynamics. As a last, it is recommended to widen the riverbeds in existing settlements through demonstration projects and to implement basin reforestation in order to increase friction, slow down the flow, and enhance infiltration.

© 2025 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Floods hold a significant place among natural disasters whose impact and frequency are steadily increasing. Although the factors influencing the occurrence of these disasters may vary depending on the regime of rivers, explaining floods solely through natural processes is insufficient. The growing world population, unplanned urbanisation, improper land use, the opening up of floodplains for development, and engineering practices incompatible with the natural characteristics of the basin are causing even rainfall that could be considered normal to turn into floods. Such human-induced interventions increase the loss of life and property during disasters. Therefore, efforts to reduce flood hazards and risks are carried out through flood hazard analyses conducted at the local or regional level, taking into account the magnitude and likelihood of floods. The aim of this study is to reveal the flood hazard in the rural neighbourhoods of Bahadınlı and Karadere (Balıkesir/Burhaniye) through two-dimensional (2D) modelling using HEC-RAS software. The study area is located within the Karadere sub-basin, a tributary of the Karınca Stream. Bahadınlı rural neighbourhood is located at the confluence of Karadere and Alanbey Stream, while Karadere rural neighbourhood is situated at the confluence of Karadere, Hıyarlık Stream, and Karranocağı Stream. When examining the geological structure of the basin, it is observed that the

oldest lithological units belong to the Paleozoic era. On top of these units, metamorphic rocks from the Triassic period arrived as a discordance; subsequently, Palaeogene granodiorites were injected between these rocks. In the basin where Neogene volcanic and lacustrine sedimentary sequences are widely observed, the youngest formations are Quaternary alluvial deposits. South of the Edremit graben, the general morphology of the Karınca Dere Basin, which is of tectonic origin, is characterised by the Burhaniye Plain, which extends in flat areas starting from the coastline, gently rising hill areas behind it, and mountainous units showing a sudden rise at the rear. In terms of climate, the study area is under the influence of a typical Mediterranean climate, with hot and dry summers and mild, rainy winters. As a result of these climatic conditions, Mediterranean vegetation has developed in the region. A large part of the basin is covered with forests, and the natural vegetation consists of red pine (*Pinus brutia*) forests. However, in areas where the red pines have been degraded, maquis and garigue formations are observed. The soil structure consists of Inceptisols and Entisols in mountainous and rugged areas, Alfisols on limestone formations, and predominantly Inceptisols on the valley floor. The Karınca Stream Basin has natural conditions that are quite suitable for human habitation. Therefore, the plain areas, in particular, are densely

populated. The local population sustains its livelihood through various economic activities such as agriculture, animal husbandry, industry, and tourism.

Methods and Materials

In this study, the Digital Elevation Model (DEM5) with a resolution of 5 metres, provided by the Directorate General for Mapping, was used as the basic data for flood modelling. The flow data were obtained from the Karadere Bahadınlı station with the code D04A016, which belongs to the DSİ, and were distributed to the sub-basins using the Shreve method. The Gumbel EV I (Extreme Value) distribution was preferred in flood frequency analyses. Land use data used in the calculation of the debris factor were obtained from Sentinel-2 satellite images, while building data were sourced from the Balıkesir Metropolitan Municipality and the General Directorate of Land Registry and Cadastre. The modeling process was carried out in two dimensions (2D) using ArcGIS/ArcMap 10.8 and HEC-RAS 6.4.1 software. In the creation of flood hazard maps, the DEFRA method, recommended by the DSİ and widely used in international literature, was preferred. In this method, flood hazard is calculated using the formula $FHR = d(v + 0.5) + DF$, where water depth (d), flow velocity (v), and the debris factor (DF) determined based on land use are taken into account. In the classification of flood hazard maps for people, the class intervals presented in the DEFRA/EA (2006) report were used, while for buildings, the class intervals from the DEFRA/EA (2003) report were applied.

Findings and Results

Modelling was carried out in accordance with the data specified in the materials and methods section in order to obtain raster data on floodwater depth and velocity. Two scenarios were created to evaluate the effects of the planned regulator project in Bahadınlı Rural Neighborhood: one including the impact of the regulator, and the other representing the situation without the regulator. For Karadere Rural Neighborhood, only a single scenario analysis was conducted. In the scenario where there was no regulator, floodwaters spread across the broad-based valley, particularly to the agricultural lands on the left side relative to the direction of the river flow, posing a threat to

both people and buildings. In this scenario, the area flooded by the floodwaters ranged between 0.12 and 0.18 km², while the water depth varied between 2.29 and 2.75 meters. In the scenario where the regulator is taken into account, a significant narrowing of the flood-affected area was observed up to the point where the Alanbey Stream reaches the main channel. However, from that point onward, floodwaters spread along the wide-based valley toward the downstream basin, particularly over the agricultural lands on the left side. In this case, the area covered by floodwaters was calculated to be 0.08 km² and the water depth was 1.79 metres, representing a reduction of approximately 2.1 times in the flood area. In Karadere Rural Neighborhood, floodwaters did not overflow from the main channel, but spread into the surrounding areas through the tributaries. This spread largely falls within the low and medium hazard categories, with a flood spread area of 0.02–0.03 km² and a water depth ranging from 3.21 to 3.39 metres.

1. GİRİŞ

Taşkınlr, etkisi ve Őiddeti her geen gn artan doğa olayları arasında yer almaktadır. Taşkınlr tetikleyen unsurlar akarsuyun rejimine gre farklılık gsterebilmektedir. Ancak taşkınlrın oluşumunu yalnızca doğal unsurlara bağlamak doğru değildir. nk her geen gün artan dünya nüfusu ile birlikte yaygınlaşan yanlış arazi kullanımları plansız kentleşme, taşkın yataklarının imara açılması ve havza özellikleri ile uyumsuz mühendislik yapılar, havza için olağan sayılabilecek yağışların dahi taşkına dönüşmesine neden olabilmektedir. Bu tür yapılaşmalar, afet anında can ve mal kayıplarını artırıcı bir etki de göstermektedir.

EM-DAT verilerine göre, 1980–1999 yılları arasında dünya genelinde toplam 1389 taşkın afeti kaydedilmiştir. Bu sayı, 2000–2019 döneminde iki kattan fazla artarak 3254'e ulaşmış ve taşkınlr, bu dönemde en sık meydana gelen doğal afet türü olmuştur (CRED-UNDRR, 2020). 2000 sonrası 20 yıllık süreçte ise yıllık ortalama 163 taşkın afeti rapor edilmiştir. Bu ortalama, 2020 yılında 201'e, 2021 yılında ise 223'e yükselmiştir (CRED, 2022). Yalnızca 2021 yılında gerçekleşen taşkın afetlerinde 4143 kişi hayatını kaybetmiş, 29,2 milyon kişi doğrudan etkilenmiş ve toplamda 74,4 milyar Amerikan doları tutarında ekonomik kayıp meydana gelmiştir.

Taşkın tehlikesi ve riskinin azaltılmasına yönelik çalışmalar, özellikle taşkınlrın büyüklüğü ve meydana gelme olasılıkları dikkate alınarak, bölgesel ya da yerel ölçekte gerçekleştirilen taşkın tehlike analizleri şeklinde yürütülmektedir (Alfieri vd., 2014; Sampson vd., 2015; Vojtek & Vojtekova, 2016; Dottori vd., 2016; Uslu, Sesli & Uzun, 2018; Elbaşı & zdemir, 2019; Ertürk & Kaya, 2019; Guerriero vd., 2020; Elbaşı, 2022; Demir & Keskin, 2022; zdemir & Akbaş, 2023). Taşkın anında su derinliği ve akış hızının eşzamanlı analizinden elde edilen taşkın tehlike analizleri, taşkın risk analizlerinin temelini oluşurmaktadır. nk bu iki unsurun birleşimi, hem insanlar hem de yapılar açısından tehlikenin boyutunu artırmaktadır (DEFRA/EA, 2006). Taşkın derinlik ve hız haritaları, modelleme çalışmaları aracılığıyla elde edilmektedir. Bu ıktılar; taşkın risk analizleri

(Apel vd., 2006; Dutta vd., 2006; zdemir, 2007; Apel vd., 2009; zdemir, Akbulak & zcan, 2011; Karabulut 2022), taşkın zararlarının belirlenmesi (Bhujayan & Dutta, 2012; Merz vd., 2010; Uslu, Sesli & Uzun, 2018; Durak, Cürebal & Soykan, 2019; Utlu 2019; Ertürk & Kaya, 2019; Elbaşı 2022; Karakuş & Ceylan Demirel, 2022; Demir & Keskin, 2022; Doğan, Temiz & Sümer, 2023; rapı & zdemir, 2024), taşkınla ilgili mühendislik alışmaları (Gallegos vd., 2009; zdemir, Akbulak & zcan, 2011), su kaynakları planlaması ve akarsu sistemleri hidrolojisi (Dutta vd., 2013) gibi pek çok alanda kullanılmaktadır.

Taşkın tehlikesi ve riskinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi için geçmişten günümüze farklı bilimsel yöntemler geliştirilmiştir. İlk aşamada, morfometrik analizler gibi klasik jeomorfolojik yöntemler kullanılarak havzaların fiziksel özellikleri değerlendirilmiş ve taşkın oluşum potansiyeli öngörülmeye çalışılmıştır (zdemir, 2011; Utlu & zdemir, 2018; Utlu & Ghasemlounia, 2021; Ghasemlounia & Utlu, 2021; zdemir & Akbaş, 2023; Topsakal vd., 2025). Zamanla, taşkınlrın mekânsal ve zamansal dinamiklerini daha hassas modelleyebilmek için HEC-HMS, HEC-RAS, MIKE 11, MIKE 21, LISFLOOD-FP ve FLO-2D gibi gelişmiş hidrolik ve hidrodinamik modelleme araçları kullanılmaya başlanmıştır (zdemir, 2007; Khattak, vd., 2016; Armas, Beilicci & Beilicci, 2017; Maskong, Jothityangkoon & Hirunteeyakul, 2019; Filianoti, vd., 2020; Desalegn & Mulu, 2021; zdemir & Akbaş, 2023; Vashist & Singh, 2023; Gao vd., 2025) Bu fiziksel temelli modelleme yaklaşımları, taşkın suyu derinliği, yayılım alanı ve akış hızı gibi kritik parametrelerin belirlenmesinde önemli rol oynamıştır. Günümüzde taşkın duyarlılık analizleri, hidroinformatik alanındaki gelişmelerle daha güçlü hale gelmiştir. Bu alanda Yapay Sinir Ağları (ANN), Derin Sinir Ağı (DNN), Rasgele Orman (RF), Destek Vektör Makineleri (SVM), Karar Ağaçları (DT) ve LSTM vb., gibi makine öğrenmesi yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Band, vd., 2020; Dazzi, Vacondio & Mignosa, 2021; Seydi, vd., 2022; Tanim, vd., 2022; Hitouri, vd., 2024; Zhao, vd., 2024; Bhattarai, vd., 2024; Dtissibe, vd., 2024;).

Çok kriterli karar verme sürecinde ise MCDA (Çok Kriterli Karar Analizi) yöntemleri tercih edilmektedir (Durak, Cürebal & Soykan, 2019; Swain, Singha & Nayak, 2020; Wang, vd., 2021; Nsangou, vd., 2022; Mitra, Saha & Das, 2022; Taoukidou, Karpouzou & Georgiou, 2025). Taşkın duyarlılığının mekânsal dağılımını belirlemek için Frekans Oranı (FR) ve Shannon Entropisi gibi istatistiksel yöntemler de sıkça uygulanmaktadır (Utlu, 2023).

Bu çalışmanın amacı, Bahadınlı ve Karadere kırsal mahallelerinin (Balıkesir/Burhaniye) taşkın tehlikesini HEC-RAS yazılımı kullanılarak iki boyutlu (2D) modelleme ile ortaya koymaktır.

1.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

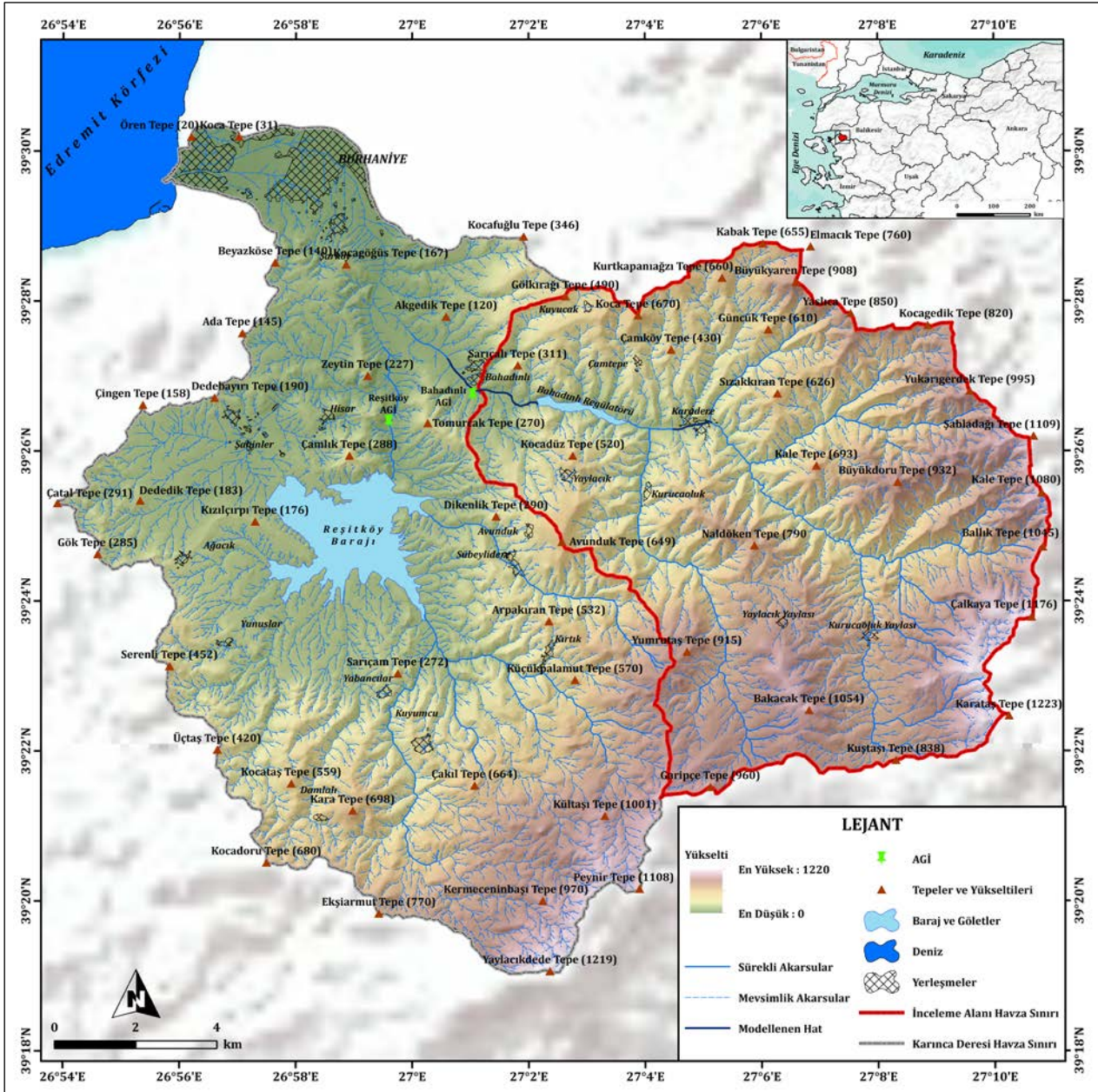
Çalışma alanını oluşturan Bahadınlı ve Karadere kırsal mahalleleri, Karınca derenin bir kolu olan Karadere alt havzası içerisinde bulunur. Karınca Dere Havzası, Türkiye'nin kuzeybatısında, Ege Bölgesi'nin, Ege Bölümü'nün, Edremit Yöresi'nde, 39° 19' 12" ile 39° 30' 36" kuzey enlemleri ve 26° 55' 59" ile 27° 05' 40" doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1). Bahadınlı Kırsal Mahallesi, Karadere ile Alanbey Dere'nin birleşim noktasında; Karadere Kırsal Mahallesi ise Karadere, Hıyarlık Dere ve Karranocağı Dere'nin kesişim noktasında yer almaktadır. Karınca Dere Havzası'ndaki en eski litolojik birimler Paleozoyik döneme aittir. Bu birimlerin üzerine diskordans olarak Triyas dönemine ait metamorfik kayalar gelmiş; ardından Paleojen granodiyoritleri bunların arasına enjekte olmuştur. Neojen'e ait volkanik ve gölssel sedimanter serilerin geniş alanlarda görüldüğü havzada en genç oluşuklar Kuvaterner'e ait alüvyonlardır. Edremit grabeninin güneyinde, tektonik kökenli bir havza olan Karınca Dere Havzası'nın genel morfolojisi; kıyı çizgisinden başlayarak düzlükler halinde uzanan Burhaniye Ovası, onun arkasında hafifçe yükselen tepelik alanlar ve en geride ani yükseliş gösteren dağlık birimler ile karakterize edilir. Çalışma alanı, yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. İklim koşullarına bağlı olarak bölgede Akdeniz bitki örtüsü gelişmiştir. Büyük bir kısmı ormanlarla kaplı olan bu havzada asli vejetasyon, kızılçamlardan oluşmaktadır. Kızılçam ormanlarının tahrip edildiği alanlarda ise maki ve garig bitki toplulukları yayılmış

göstermektedir. Havzada iklim, topografya ve anakayaya bağlı olarak değişik toprak tipleri yer alır. Dağlık ve engebeli alanlarda inceptisol ve entisoller, kireçtaşının hakim olduğu sahalarda alfisoller, ova tabanında ise inceptisoller yaygındır. Karınca Dere Havzası, doğal ortam koşulları bakımından insan faaliyetlerine oldukça elverişli bir alandır. Buna bağlı olarak özellikle ova tabanları yoğun nüfuslanmıştır. Havzada yaşayanların büyük bir kısmı ovalık alanlarda ikamet etmektedir. Doğal ortam koşullarındaki değişiklikler nedeniyle, nüfus tepelik ve dağlık bölgelere doğru azalmaktadır. TÜİK 2024 verilerine göre, Bahadınlı Kırsal Mahaltesinde 592 kişi, Karadere Kırsal Mahallesi'nde ise 571 kişi ikamet etmektedir. Karınca Dere Havzası'nda yaşayan halk, geçimini endüstriyel faaliyetler, turizm, tarım ve hayvancılık gibi çeşitli ekonomik uğraşlarla sağlamaktadır. Bu faaliyetler arasında en yaygın olanı tarımdır ve özellikle zeytin tarımı ön plana çıkmaktadır. Hayvancılık genellikle tarıma uygun olmayan dağlık alanlarda yapılırken, turizm faaliyetleri ise daha çok kıyı kesimlerinde yoğunlaşmaktadır (Durak, Cürebal & Soykan, 2019; Efe vd., 2012).

Yoğun yağışlar sonucu su seviyesinin yükselerek dere kenarındaki setleri yıktığı kaydedilmiştir (Devrim Gazetesi, 6 Ocak 1964). 12 Ocak 1968 tarihinde yaşanan sağanak yağışlar sonucunda Karınca Deresi'nin su seviyesi yükselmiş, eğitim taburunun kıyısında yer alan setlerin önemli bir kısmı yıkılmış ve askeri cephanelik binasında çökme meydana gelmiştir. Ancak askerlerin müdahalesiyle setler ivedilikle onarılmış, böylece taşkın sularının şehir içine yayılması engellenmiştir (Devrim Gazetesi, 13 Ocak 1968). 21 Ocak 1998 tarihinde aralıksız devam eden sağanak yağışlar sonucu meydana gelen taşkın olayıyla ilgili olarak gazete haberlerinden elde edilen bilgilere göre, Karınca Dere Havzası'nda özellikle Öğretmenevleri Mahallesi'nin büyük bir bölümü sular altında kalmıştır. Taşkın sırasında, Öğretmenevleri ile Ören Mahalleleri arasında yer alan köprünün bulunduğu nokta başta olmak üzere, birçok noktada dere yatağının taşması nedeniyle bu mahallelerdeki binaların giriş katları su baskınına uğramıştır (Devrim Gazetesi, 22 Ocak 1998). Devam eden olumsuz hava koşullarının etkisiyle, 1 Şubat

1998 tarihinde meydana gelen yoğun sağanak yağışlar sonucunda özellikle Öğretmenevleri Mahallesi'nde ciddi bir sel tehdidi yaşanmış; su şebekesi zarar görmüş ve bazı mahallelerde günlerce su kesintisi yaşanmıştır (Devrim Gazetesi, 2 Şubat 1998; Devrim Gazetesi, 5 Şubat 1998). Su kesintisi yaşanmayan bölgelerde ise şebeke suyunda kirlilik tespit edilmiş, halk salgın hastalıklara karşı uyarılmıştır. Afetten etkilenen vatandaşlara 60 milyar TL tutarında denek aktarılmıştır (Devrim Gazetesi, 4 Şubat 1998). Edremit Körfezi genelinde etkili olan sel felaketi, bölgeyi ciddi biçimde etkileyerek Balıkesir ilinin Afet Bölgesi olarak ilan edilmesine neden olmuştur (Devrim Gazetesi, 13 Şubat 1998). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından yapılan açıklamada, sel

felaketinin Edremit Körfezi'nde toplam 400 milyar 298 milyon liralık zarara yol açtığı belirtilmiş; 21 hektar ekili alan ile 2.278 adet ağacın zarar gördüğü, ayrıca 450 küçükbaş ve 8 büyükbaş hayvanın telef olduğu bildirilmiştir (Devrim Gazetesi, 20 Mart 1998). 16 Ocak 2024 tarihinde Bahadınlı ve Karadere kırsal mahallelerini etkileyen taşkın olayı sonucunda, Karadere Kırsal Mahallesi'nde yalnızca yapay kanalın bir bölümü zarar görmüştür. Buna karşılığ, Bahadınlı Kırsal Mahallesi'nde dere yatağına yakın konumda bulunan meskenlerde ciddi hasarlar meydana gelmiş; bu kapsamda 22 baş koyun telef olmuştur. Taşkın suları ayrıca 1 adet sağım makinesi, 3 adet jeneratör, 2 adet çapa makinesi ile birlikte toplam 2250 kg yem malzemesini sürükleyerek götürmüştür.



şekil 1: Çalışma alanının lokasyon haritası / Figure 1: Location map of the study area.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada altlık veri olarak, Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından üretilen 5 metre znrlğe sahip Sayısal Yksetti Modeli (SYM) kullanılmıştır. SYM5, 2013 yılında çekimine başlanan stereo hava fotoğraflarının otomatik eşlemesiyle elde edilmiş, topografyadaki tüm detayları (beşeri yapılar ve bitki örtüsü dahil) içeren, 5 metre grid aralığına sahip ve kaba hatalardan arındırıldıktan sonra %90 güven aralığında ± 3 metre düşey doğruluk sağlayan yükseklik verileridir (am vd. 2013). Kaba hatalar ile su yüzeyleri (geniş akarsu yatakları, gl ve deniz) düzeltilmemiş olan SYM5 verisi, hava fotoğrafı çekilen tüm alanlar için üretilmiştir. Akım verisi olarak, DSİ'ye ait D04A016 kodlu Karadere - Bahadınlı istasyonunun 1979-2021 yıllarını kapsayan döneme ait yıllık maksimum akım verileri kullanılmıştır. Bu veriler, alt havzalara Shreve yöntemi kullanılarak dağıtılmıştır. Taşkın frekans analizleri için ise Gumbel EV I (Ekstrem Değer) dağılımı tercih edilmiştir (Gumbel, 1958). Bu dağılımın tercih edilme nedeni, ekstrem değerlerin istatistiksel modellenmesinde literatürde yaygın olarak kullanılan ve kabul gören bir yöntem olmasıdır. İnceleme alanlarına ait 5, 10, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın frekansları, Gumbel Ekstrem Değer Tip I (EV I) dağılımı kullanılarak belirlenmiş; elde edilen sonuçlar Tablo 5 ve Tablo 6'da sunulmuştur. Taşkın anında suyun akışı ile birlikte çevreden taşıdığı malzeme yani debris (enkaz) miktarı suyun derinliği ve hızına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. DF oranları (enkaz-debris faktörü) Tablo 2'de yer almaktadır. Bina verileri Balıkesir Büyükşehir Belediyesi'nden temin edilmiş olup, bu binalara ait öznetelik bilgileri ise Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nin Parsel Sorgu web sayfası aracılığıyla elde edilerek işlenmiştir.

Taşkın tehlike haritalarının retiminde, Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımlarından ArcGIS/ArcMap 10.8 ve HEC-RAS 6.4.1 (Hydrologic Engineering Center River Analysis System) faydalanılarak iki boyutlu (2D) modelleme gerçekleştirilmiştir. Mesh boyutu, znrlğe uygun olacak şekilde 5 metre olarak belirlenmiştir. Mesh boyutu, znrlğe uygun olarak 5 m olarak

belirlenmiştir. Hesaplamalarda 0.1 saniyelik zaman adımı kullanılmış olup, bu sayede akışın dinamik değişimleri hassas bir şekilde hesaplanmıştır. Modelde kullanılan Manning's N değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Model için taşkın yatağı ve akarsu yatakları için kullanılan Manning's N değerleri / **Table 1:** Manning's N values used for floodplain and stream channel for the model. *

Arazi Kullanım Türleri	Manning's N Değerleri
Tarım Arazileri	0.04
Yerleşim Alanları	0.038
Akarsu Yatağı 1	0.025
Akarsu Yatağı 2	0.04

*Chow (1959)

Bu çalışmada taşkın tehlike haritaları DEFRA yöntemine göre hazırlanmıştır. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından önerilen ve literatürde sıklıkla kullanılan İngiltere Tarım ve evre Bakanlığı'na (DEFRA) ait yöntem açıklanmış; bu yönteme dayanarak çalışma alanındaki taşkın tehlike seviyeleri sınıflandırılmıştır. DEFRA taşkın anında bireylerin nasıl davranması gerektiğine dair bilgileri içeren " insanlar için risk" rehberinde taşkın tehlike seviyelerini tanımlamıştır. Bu rehberde, taşkın sırasında meydana gelen yaralanma ve can kayıplarının büyük lde bireylerin kendi davranışlarından kaynaklanabileceği vurgulanmaktadır. DEFRA yöntemi, özellikle İngiltere, Fransa ve Hollanda gibi ülkelerde taşkın tehlike seviyelerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir yaklaşımdır. Tehlike seviyelerinin belirlenmesinde kullanılan denklem (DEFRA/EA, 2003):

$$FHR=d(v+0,5) + DF \quad (1)$$

Denklemdaki FHR (Flood Hazard Rating) taşkın tehlike oranı, d derinlik (m), v hız (m/s) ve DF Debris (Enkaz) faktörüdür. 0,5 sabit değeri, taşkın suyu hızının 0 (m/s) olduğu alanlarda, su derinliğine bağlı olarak ortaya çıkabilecek en düşük düzeydeki tehlikeyi göstermek amacıyla kullanılmaktadır. 0 ile 1 arasında değişiklik gösteren DF değeri, inceleme alanındaki hakim arazi kullanımı özelliklerine göre belirlenir (DEFRA/EA, 2003; DEFRA/EA 2006).

Tablo 2: Taşkın derinlik-hız ve arazi örtüsü kullanımlarına göre DF oranı / **Table 2:** DF ratio based on flood depth-velocity and land use types. *

Derinlik ve Hız	Ekilebilir Alan	Orman	Kent
0.00 - 0.25 m	0	0	0
0.25 - 0.75 m	0	0.5	1
d>0.75 m & v>2 m/s	0.5	1	1

* DEFRA/EA (2003) ve DEFRA/EA (2006)

Taşkın tehlike haritaları; taşkın yayılımı, su derinliği ve akış hızı gibi parametreleri içeren taşkın haritaları ile bu verilerin çeşitli eşitliklerle birleştirilmesi sonucunda elde edilen tematik haritalardır. Taşkın tehlike

haritalarının insanlar için sınıflandırılmasında DEFRA/EA (2006) raporunda ortaya konulan sınıf aralıkları, binalar için ise DEFRA/EA (2003) raporunda ortaya konulan sınıf aralıkları kullanılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3: İnsan ve binalara ait taşkın tehlike sınıfları / **Table 3:** Flood hazard classes for people and buildings. *

Türü	Tehlike Değer Aralığı	Tehlike Sınıfı	Açıklama
İnsan	< 0.75	Düşük	Sığ akan su veya derin durgun su
	0.75 - 1.25	Orta	ocuklar ve yaşlılar için tehlikeli
	1.25 - 2.5	Yüksek	Birçok insan için tehlikeli
	> 2.5	çok Yüksek	Bütün insanlar için tehlikeli
Bina	< 2.5	Düşük	Geçici, basit yapılar
	2.5 - 5	Orta	İyi yapılı ağşap binalar
	5 - 7	Yüksek	Tuğla yığma binalar
	>7	çok Yüksek	Betonarme yapılar

* DEFRA/EA (2003) ve DEFRA/EA (2006).

3. BULGULAR

Taşkın tehlike analizlerinde ihtiyaç duyulan taşkın suyu derinliği ve hızıyla ilgili raster verilerin elde edilmesi amacıyla, Materyal ve metot bölümünde belirtilen veri girişleri doğrultusunda modellemeler yapılmıştır. Bahadınlı Kırsal Mahallesi'nde yapıımı planlanan regülatör projesinin olası etkilerini değerlendirebilmek amacıyla, modelleme süreci iki farklı senaryo üzerinden kurgulanmıştır. İlk senaryoda regülatörün etkileri göz önünde bulundurulurken, ikinci senaryoda ise regülatör yapısının bulunmadığı varsayılmış ve bu doğrultuda analizler gerçekleştirilmiştir. Karadere Kırsal Mahallesi, regülatör yapısının yukarı havzasında yer aldığından, taşkın tehlike analizleri yalnızca tek bir senaryo üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bahadınlı Kırsal Mahallesi için regülatörün dikkate alınmadığı senaryoya göre, taşkın suları, geniş tabanlı vadi içerisinde, akarsuyun akış yönüne göre sol tarafta yer alan tarım arazileri boyunca yayılım göstermiştir. Söz konusu tarım arazilerinin önemli bir kısmı da bu geniş tabanlı vadinin içinde yer almaktadır (şekil 2, şekil 4). Taşkın tehlike sınıfları açısından değerlendirildiğinde hem insanlar

hem de bu tarım arazileri üzerinde konumlanan binalar (Konut, hayvan barınakları, depo vb.) için bir tehlike söz konusudur (Tablo 3; şekil 6). Regülatörün dikkate alınmadığı senaryoya göre, taşkın yayılış alanı 0.12 ile 0.18 km² arasında değişirken, su derinliği ise 2.29 m ile 2.75 m arasında değişmektedir (Tablo 4, şekil 2). Akarsu yatağında su derinliği artarken, akış hızı özellikle menderesli akışın görüldüğü akarsuyun arpak noktalarında artış göstermektedir. Regülatörün varlığı dikkate alınarak yapılan senaryoya göre, Alanbey Deresi'nin anakola ulaştığı kesime kadar olan bölümde taşkın yayılım alanında belirgin bir daralma meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu durum, regülatörün akış rejimi üzerindeki etkisinin bir sonucu olarak değerlendirilmektedir. Ancak bu birleşim noktasından itibaren, aşağı havzaya doğru geniş tabanlı vadi boyunca, özellikle akarsuyun akış yönüne göre sol tarafında kalan tarım arazileri üzerinde taşkın suları yayılım göstermiştir (şekil 3). Akarsu yatağında su derinliği artarken, akış hızı özellikle menderesli akışın görüldüğü akarsuyun arpak noktalarında artış göstermektedir (şekil 5). Taşkın tehlike sınıfları açısından değerlendirildiğinde ise taşkın yayılım alanı büyük ölçüde < 0.75 düşük tehlike

grubuna dahil olmaktadır (Tablo 3, Şekil 7). Regülatörün dikkate alındığı senaryoya göre, taşkın yayılıő alanı 0.08 km², su derinliği ise 1.79 m'dir (Şekil 3). Regülatörün dikkate alındığı senaryoda, taşkın yayılıő alanı, regülatörün dikkate alınmadığı senaryoya kıyasla yaklaşık 2.1 kat azalmıőtır (Tablo 4). Karadere Kırsal Mahallesi'nin taşkın tehlike haritaları incelendiğinde ana kanalda taşkın suyunun yatak dışına taőmadığı gözlemlenmiőtir. Yan

kollardan gelen taşkın sularında çevreye yayılım gözlemlenmektedir (Şekil 8). Ancak bu yayılım büyük ölçüde insanlar için düşük ve orta tehlike sınıfına dahil olmaktadır (Tablo 3, Şekil 10). Karadere Kırsal Mahallesi'nin taşkın yayılıő alanı, 0.02 ile 0.03 km² arasında deđiőirken, su derinliği ise 3.21 m ile 3.39 m arasında deđiőmektedir (Tablo 4, Şekil 8). Ana kanal boyunca su derinliği ve akış hızı artıő göstermektedir (Şekil 8, Şekil 9).

Tablo 4: Farklı senaryolara ait taşkınların sayısal özellikleri / **Table 4:** Quantitative features of floods in different scenarios.

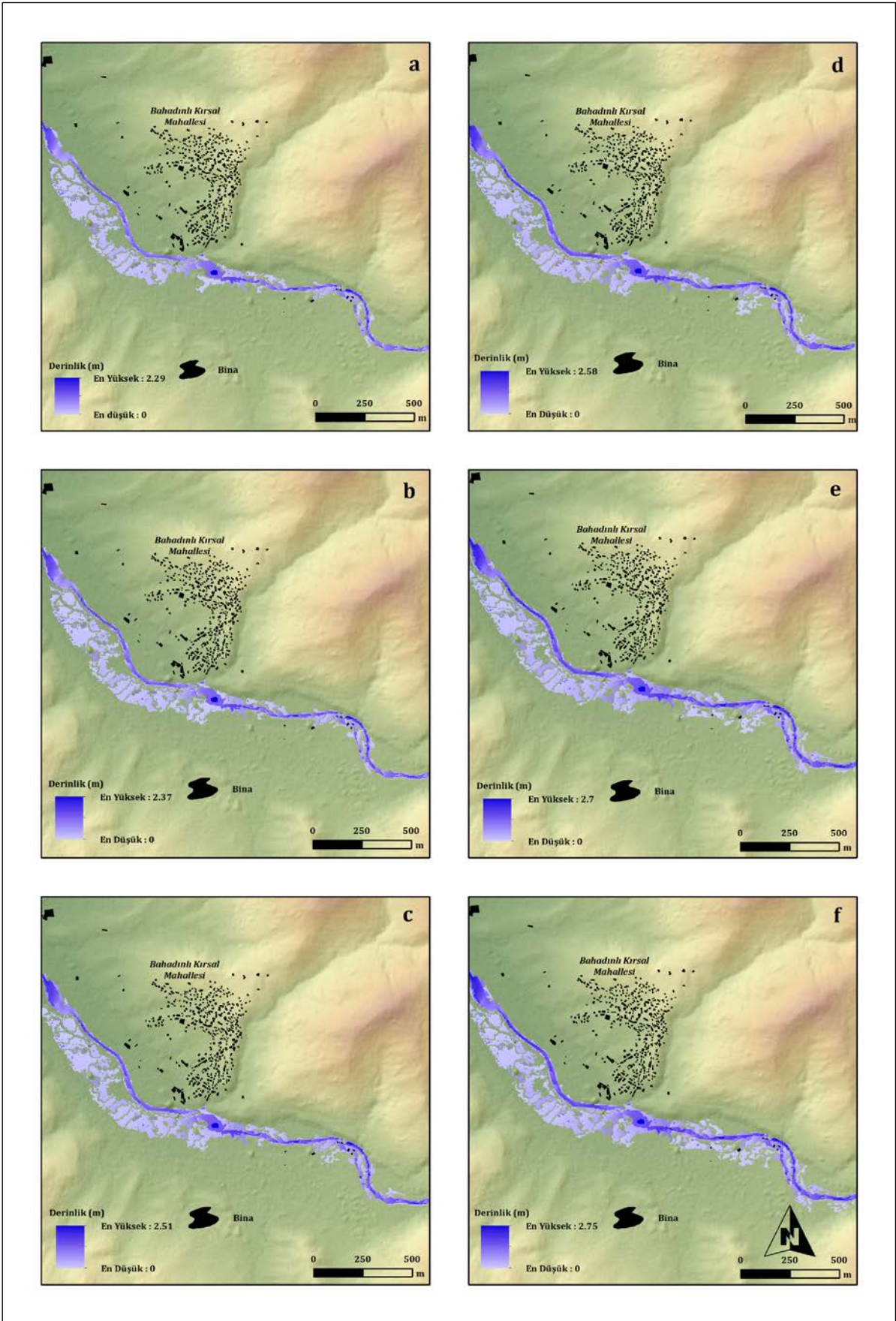
Senaryo	Su Derinliği	Alan (m ²)	Hacim (m ³)
1 Bahadınlı Regülatörü dikkate alınmamıő			
5	2.29	118647	54346
10	2.37	131485	65119
50	2.51	142912	84585
100	2.58	152855	95791
500	2.70	167983	114311
1000	2.75	176764	122271
2 Bahadınlı Regülatörü dikkate alınmıő			
5	1.79	81671	22179
10	1.79	81821	22273
50	1.79	82322	22599
100	1.79	82472	22703
500	1.79	82872	22986
1000	1.79	83198	23173
3 Karadere Kırsal Mahallesi			
5	3.21	18474	13836
10	3.25	20609	16552
50	3.32	23308	21437
100	3.35	23921	23130
500	3.39	27112	27240
1000	3.41	28455	28994

Tablo 5: Bahadınlı ve Karadere kırsal mahallelerini etkileyen akarsuların taşkın frekans analizleri (Regülatör dikkate alınmıőtır) / **Table 5:** Flood frequency analyses of the streams affecting Bahadınlı and Karadere rural neighborhoods (Regulator taken into account).

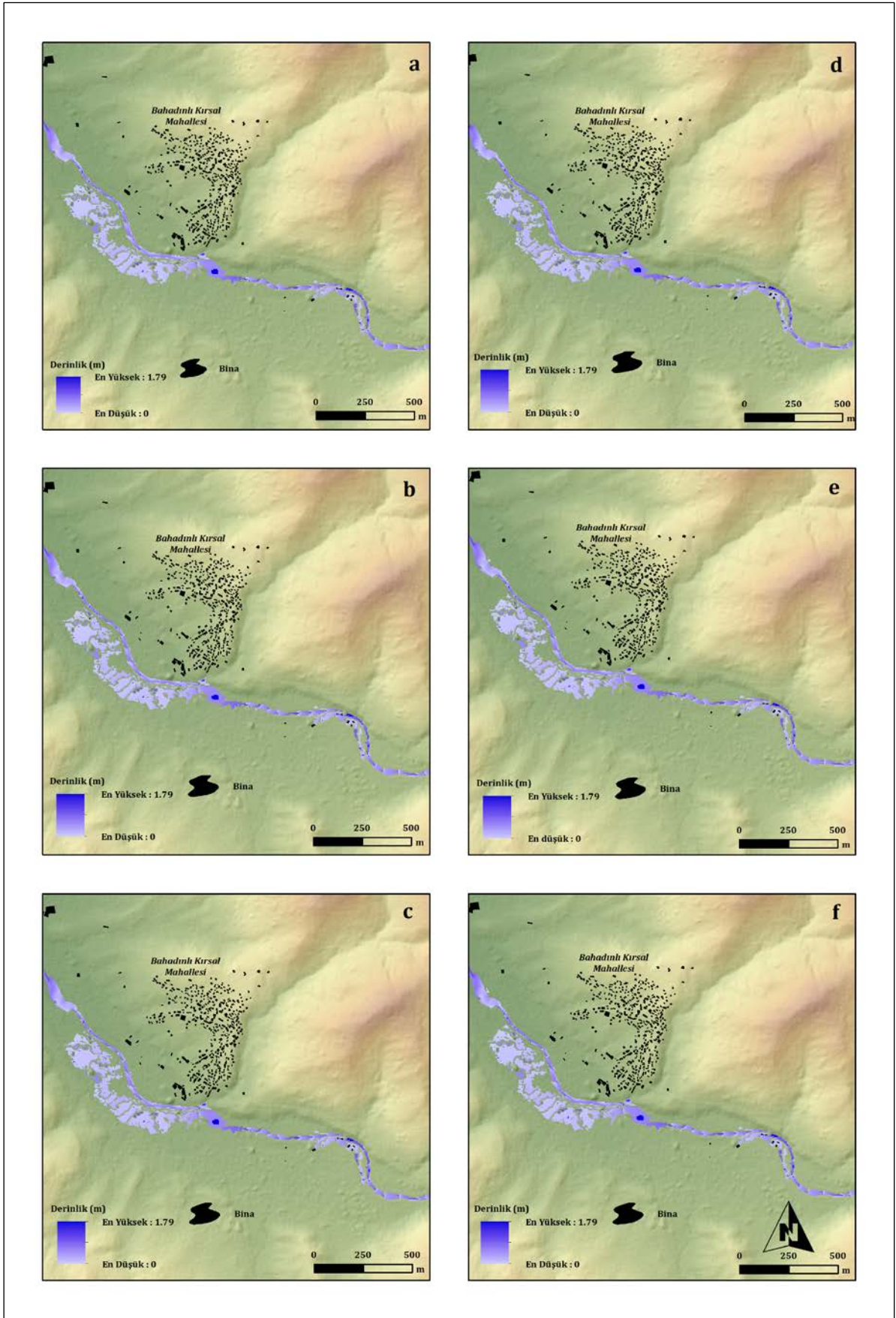
T	T/(T-1)	y _T	y _n	s _n	K	Bahadınlı Q (m ³ /s)	Alanbey Q (m ³ /s)	Karadere Q (m ³ /s)	Karranocağı Q (m ³ /s)	Hıyarlık Q (m ³ /s)
5	1.25	1.50	0.5453	1.1480	1.02	8	0.9	23.9	2.6	1.5
10	1.11	2.25	0.5453	1.1480	1.78	8	1.1	30.8	3.3	2.0
50	1.02	3.90	0.5453	1.1480	3.43	8	1.7	45.9	4.9	3.0
100	1.01	4.60	0.5453	1.1480	4.13	8	1.9	52.3	5.6	3.4
500	1.00	6.21	0.5453	1.1480	5.74	8	2.4	67.1	7.2	4.3
1000	1.00	6.91	0.5453	1.1480	6.43	8	2.7	73.5	7.9	4.7

Tablo 6: Bahadınlı ve Karadere kırsal mahallelerini etkileyen akarsuların taşkın frekans analizleri (Regülatör dikkate alınmamıştır) / **Table 6:** Flood frequency analyses of the streams affecting Bahadınlı and Karadere rural neighborhoods (Regulator not taken into account).

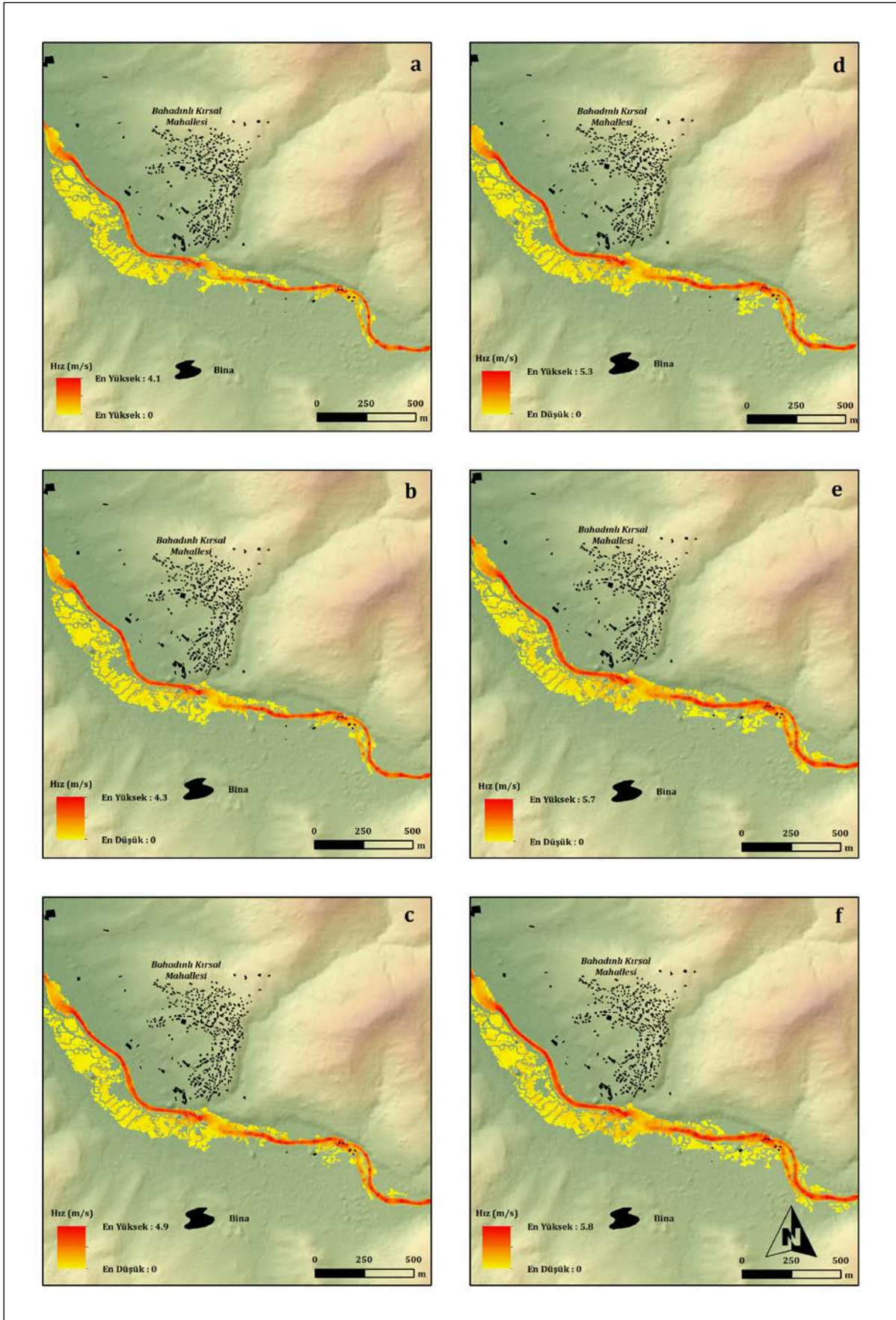
T	T/(T-1)	y _T	y _n	s _n	K	Bahadınlı Q (m ³ /s)	Alanbey Q (m ³ /s)	Karadere Q (m ³ /s)	Karranocağı Q (m ³ /s)	Hıyarlık Q (m ³ /s)
5	1.25	1.50	0.5453	1.1480	1.02	39.4	0.9	23.9	2.6	1.5
10	1.11	2.25	0.5453	1.1480	1.78	50.8	1.1	30.8	3.3	2.0
50	1.02	3.90	0.5453	1.1480	3.43	75.7	1.7	45.9	4.9	3.0
100	1.01	4.60	0.5453	1.1480	4.13	86.3	1.9	52.3	5.6	3.4
500	1.00	6.21	0.5453	1.1480	5.74	110.7	2.4	67.1	7.2	4.3
1000	1.00	6.91	0.5453	1.1480	6.43	121.2	2.7	73.5	7.9	4.7



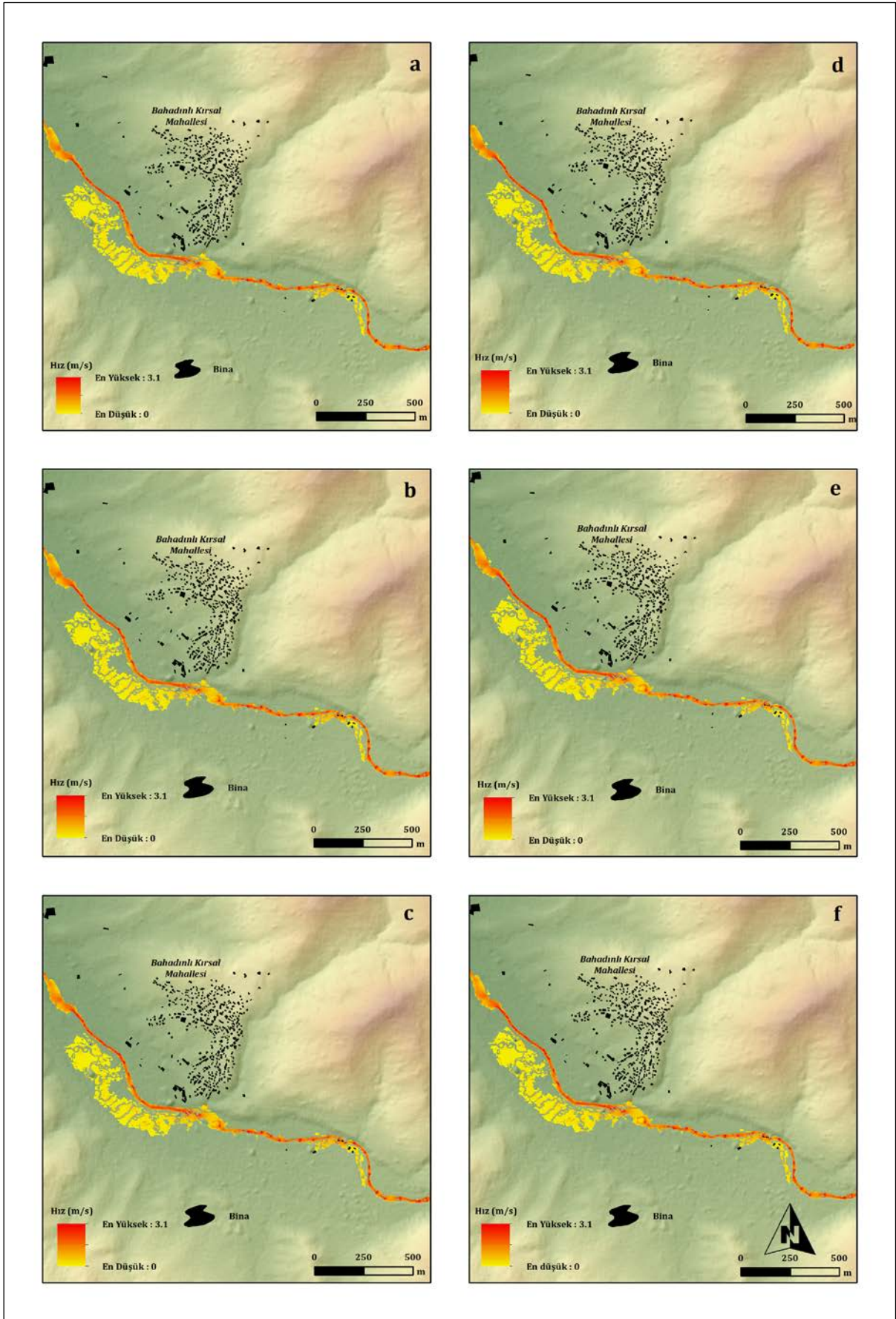
Şekil 1: Bahadınlı Kırsal Mahallesi'nin Taşkın Derinlik Haritaları (a) 5 yıllık taşkın frekansı (b) 10 yıllık taşkın frekansı (c) 50 yıllık taşkın frekansı (d) 100 yıllık taşkın frekansı (e) 500 yıllık taşkın frekansı (f) 1000 yıllık taşkın frekansı (Regülatör dikkate alınmamıştır) / **Figure 2:** Flood Depth Maps of Bahadınlı Rural Neighborhood: (a) 5-year flood frequency, (b) 10-year flood frequency, (c) 50-year flood frequency, (d) 100-year flood frequency, (e) 500-year flood frequency, (f) 1000-year flood frequency (Regulator not taken into account).



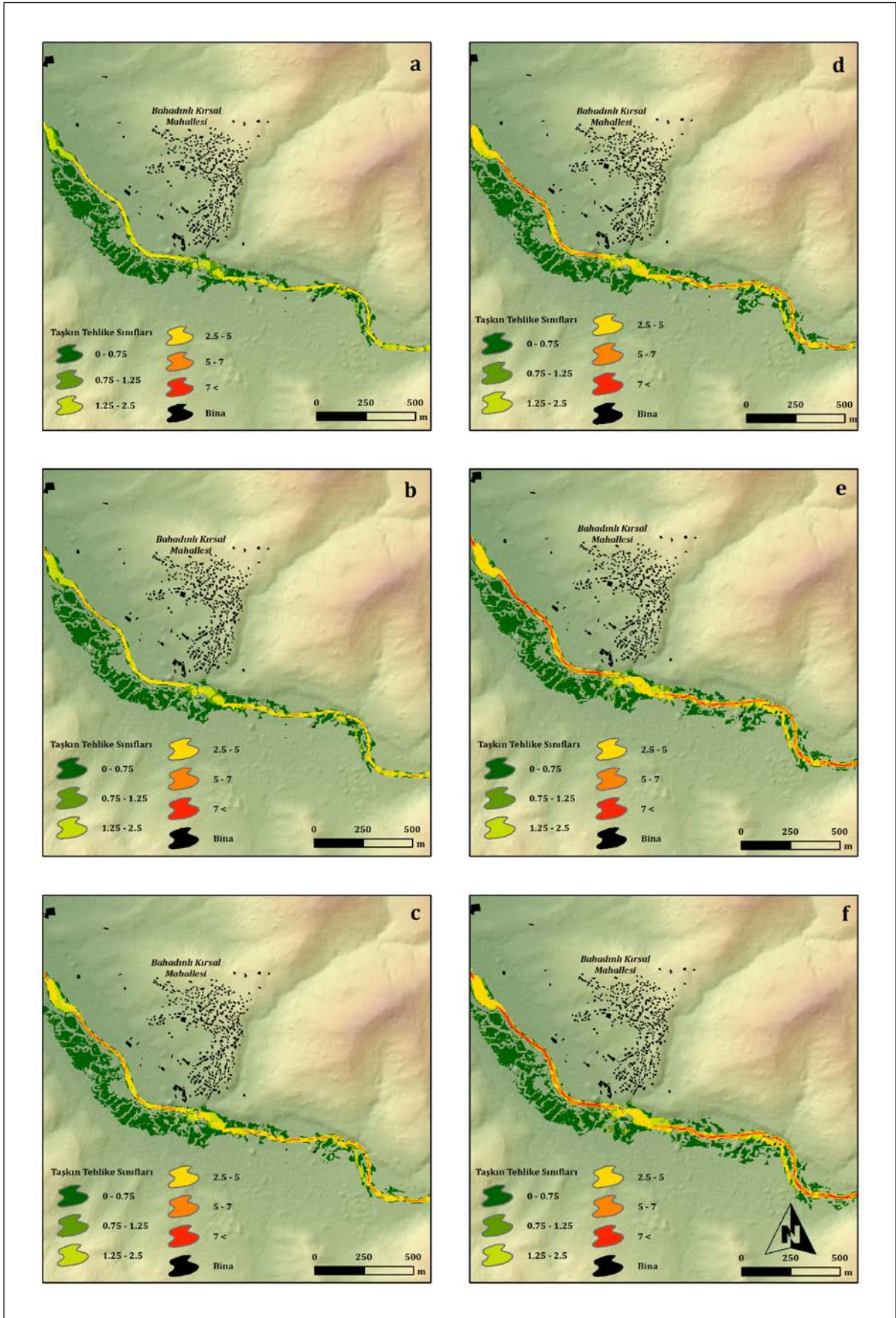
Şekil 2: Bahadınlı Kırsal Mahallesi'nin Taşkın Derinlik Haritaları (a) 5 yıllık taşkın frekansı (b) 10 yıllık taşkın frekansı (c) 50 yıllık taşkın frekansı (d) 100 yıllık taşkın frekansı (e) 500 yıllık taşkın frekansı (f) 1000 yıllık taşkın frekansı (Regülatör dikkate alınmıştır) / **Figure 3:** Flood Depth Maps of Bahadınlı Rural Neighborhood: (a) 5-year flood frequency, (b) 10-year flood frequency, (c) 50-year flood frequency, (d) 100-year flood frequency, (e) 500-year flood frequency, (f) 1000-year flood frequency (Regulator taken into account).



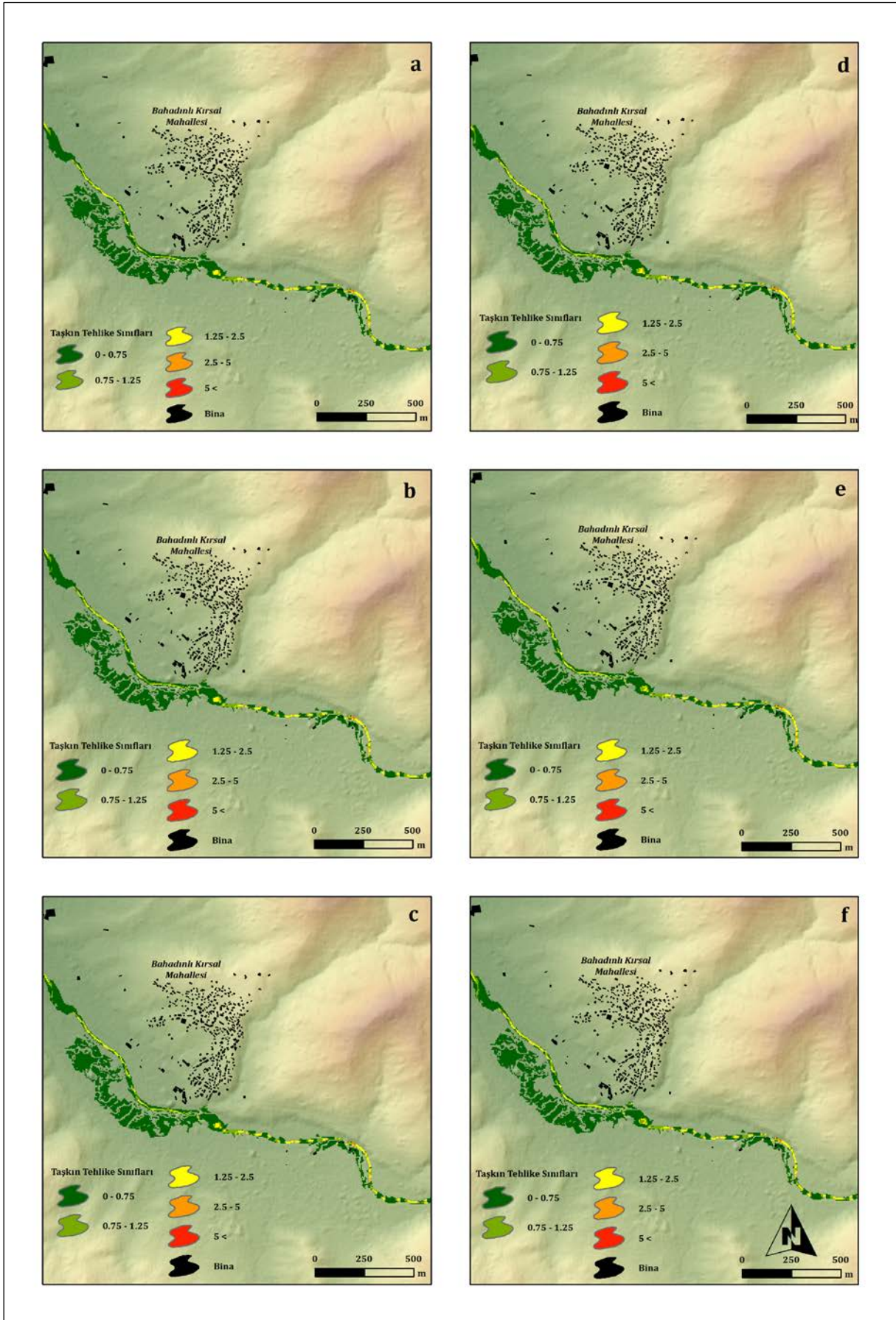
Şekil 3: Bahadınlı Kırsal Mahallesi'nin Taşkın Hız Haritaları (a) 5 yıllık taşkın frekansı (b) 10 yıllık taşkın frekansı (c) 50 yıllık taşkın frekansı (d) 100 yıllık taşkın frekansı (e) 500 yıllık taşkın frekansı (f) 1000 yıllık taşkın frekansı (Regülatör dikkate alınmamıştır) / **Figure 4:** Flood Velocity Maps of Bahadınlı Rural Neighborhood: (a) 5-year flood frequency, (b) 10-year flood frequency, (c) 50-year flood frequency, (d) 100-year flood frequency, (e) 500-year flood frequency, (f) 1000-year flood frequency (Regulator not taken into account).



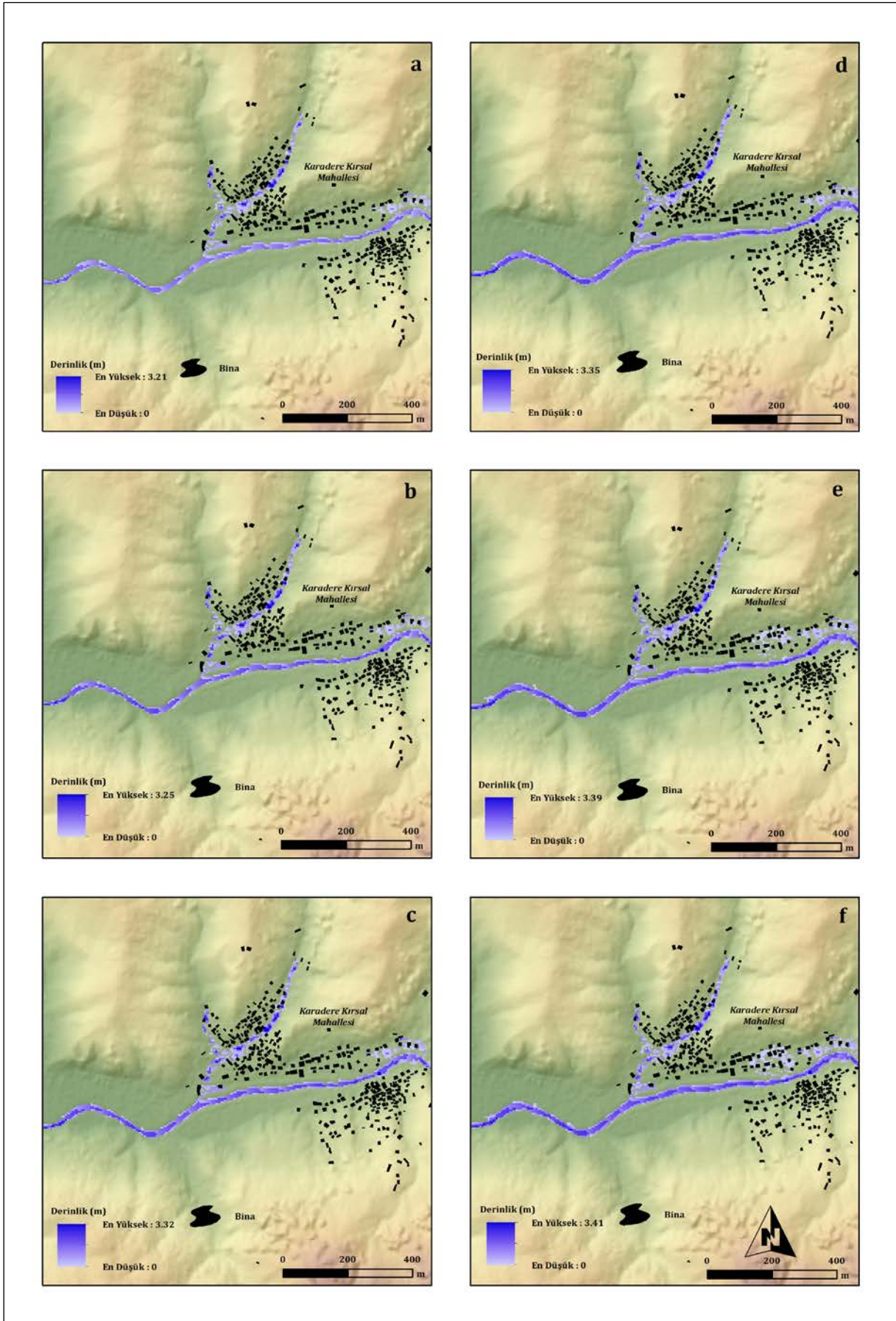
Şekil 4: Bahadınlı Kırşal Mahallesi'nin Taşkın Hız Haritaları (a) 5 yıllık taşkın frekansı (b) 10 yıllık taşkın frekansı (c) 50 yıllık taşkın frekansı (d) 100 yıllık taşkın frekansı (e) 500 yıllık taşkın frekansı (f) 1000 yıllık taşkın frekansı (Regülatör dikkate alınmıştır) / **Figure 5:** Flood Velocity Maps of Bahadınlı Rural Neighborhood: (a) 5-year flood frequency, (b) 10-year flood frequency, (c) 50-year flood frequency, (d) 100-year flood frequency, (e) 500-year flood frequency, (f) 1000-year flood frequency (Regulator taken into account).



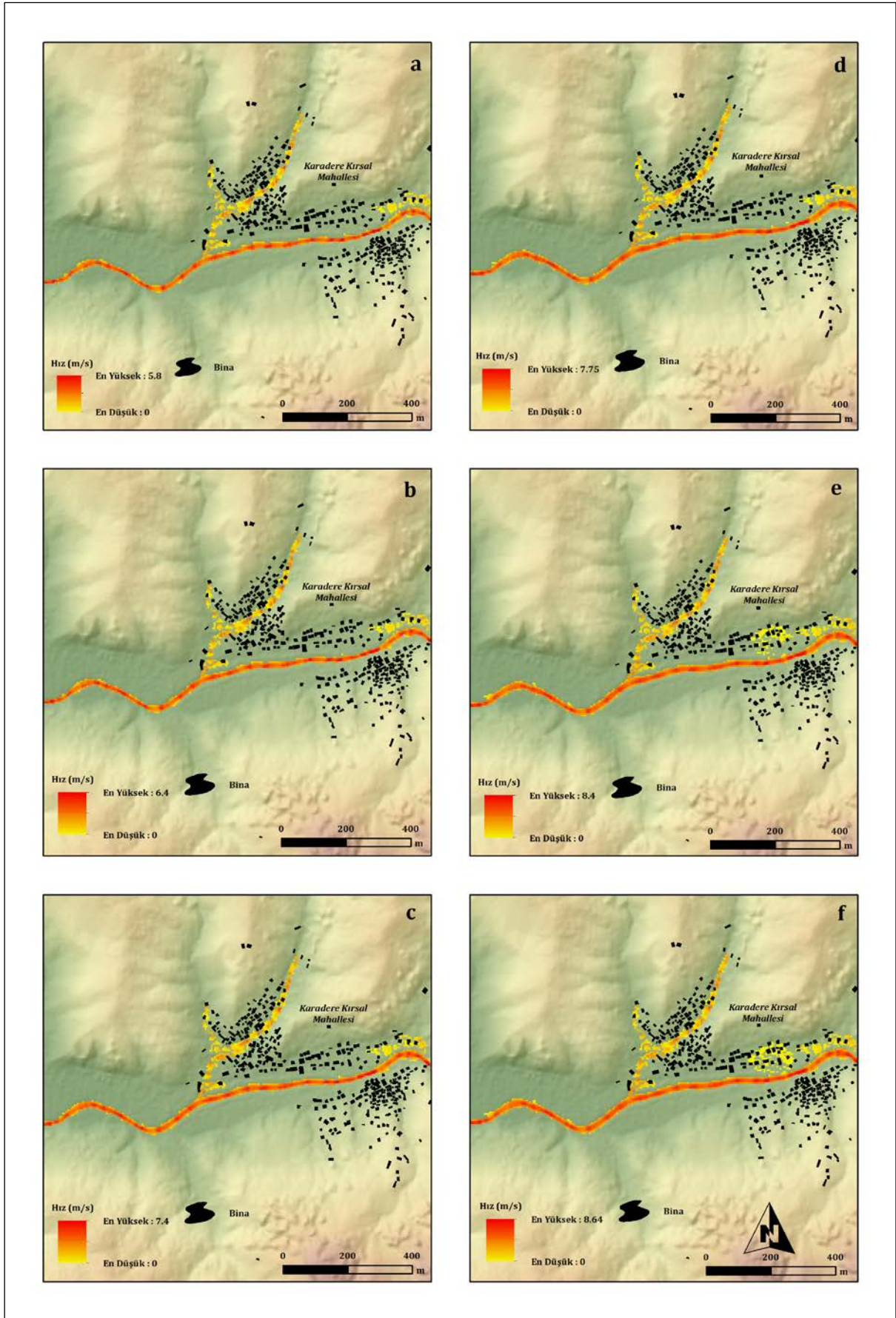
Şekil 5: Bahadınlı Kırsal Mahallesi'nin Taşkın Tehlike Haritaları (a) 5 yıllık taşkın frekansı (b) 10 yıllık taşkın frekansı (c) 50 yıllık taşkın frekansı (d) 100 yıllık taşkın frekansı (e) 500 yıllık taşkın frekansı (f) 1000 yıllık taşkın frekansı (Regülatör dikkate alınmamıştır) / **Figure 6:** Flood Hazard Maps of Bahadınlı Rural Neighborhood: (a) 5-year flood frequency, (b) 10-year flood frequency, (c) 50-year flood frequency, (d) 100-year flood frequency, (e) 500-year flood frequency, (f) 1000-year flood frequency (Regulator not taken into account).



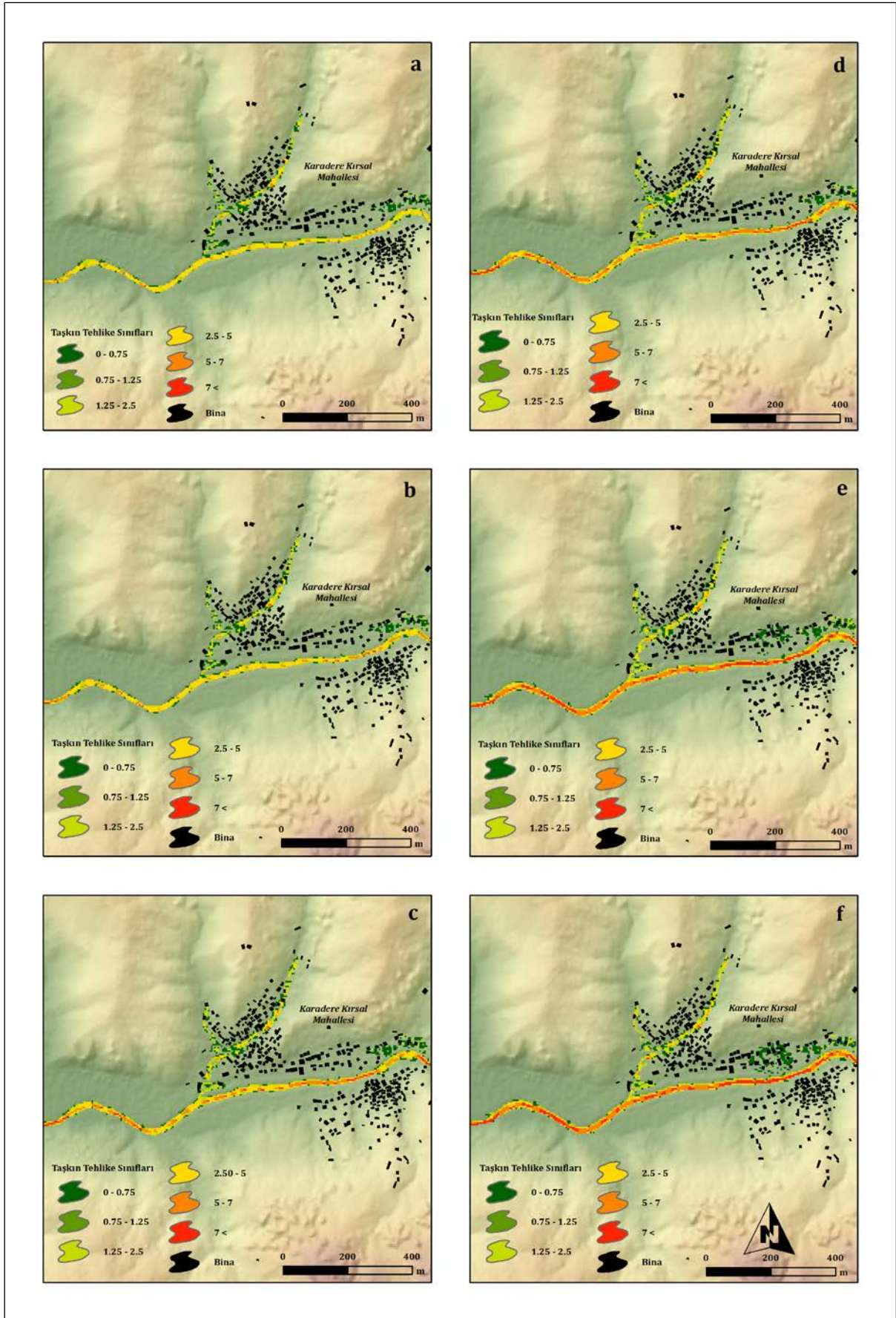
Şekil 6: Bahadınlı Kırşal Mahallesi'nin Taşkın Tehlike Haritaları (a) 5 yıllık taşkın frekans (b) 10 yıllık taşkın frekans (c) 50 yıllık taşkın frekans (d) 100 yıllık taşkın frekans (e) 500 yıllık taşkın frekans (f) 1000 yıllık taşkın frekans (Regülatör dikkate alınmıştır) / **Figure 7:** Flood Hazard Maps of Bahadınlı Rural Neighborhood: (a) 5-year flood frequency, (b) 10-year flood frequency, (c) 50-year flood frequency, (d) 100-year flood frequency, (e) 500-year flood frequency, (f) 1000-year flood frequency (Regulator taken into account).



Şekil 7: Karadere Kirsal Mahallesi'nin Taşkın Derinlik Haritaları (a) 5 yıllık taşkın frekansı (b) 10 yıllık taşkın frekansı (c) 50 yıllık taşkın frekansı (d) 100 yıllık taşkın frekansı (e) 500 yıllık taşkın frekansı (f) 1000 yıllık taşkın frekansı / **Figure 8:** Flood Depth Maps of Karadere Rural Neighborhood: (a) 5-year flood frequency, (b) 10-year flood frequency, (c) 50-year flood frequency, (d) 100-year flood frequency, (e) 500-year flood frequency, (f) 1000-year flood frequency.



Şekil 8: Karadere Kirsal Mahallesi'nin Taşkın Hız Haritaları (a) 5 yıllık taşkın frekansı (b) 10 yıllık taşkın frekansı (c) 50 yıllık taşkın frekansı (d) 100 yıllık taşkın frekansı (e) 500 yıllık taşkın frekansı (f) 1000 yıllık taşkın frekansı / **Figure 9:** Flood Velocity Maps of Karadere Rural Neighborhood: (a) 5-year flood frequency, (b) 10-year flood frequency, (c) 50-year flood frequency, (d) 100-year flood frequency, (e) 500-year flood frequency, (f) 1000-year flood frequency.



Şekil 9: Karadere Kirsal Mahallesi Taşkın Tehlike Haritaları (a) 5 yıllık taşkın frekansı (b) 10 yıllık taşkın frekansı (c) 50 yıllık taşkın frekansı (d) 100 yıllık taşkın frekansı (e) 500 yıllık taşkın frekansı (f) 1000 yıllık taşkın frekansı / **Figure 10:** Flood Hazard Maps of Karadere Rural Neighborhood: (a) 5-year flood frequency, (b) 10-year flood frequency, (c) 50-year flood frequency, (d) 100-year flood frequency, (e) 500-year flood frequency, (f) 1000-year flood frequency.

4. TARTIşMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu alışmada, Bahadınlı ve Karadere kırsal mahallelerinin (Balıkesir/Burhaniye) taşkın tehlikesi HEC-RAS yazılımı kullanılarak iki boyutlu (2D) olarak modellenmiş ve taşkın tehlike haritaları oluşturulmuştur. Bahadınlı Kırsal Mahallesi'ne yönelik taşkın frekans ve taşkın tehlike analizleri, regülatörün dikkate alındığı ve dikkate alınmadığı iki farklı senaryo kapsamında gerçekleştirilmiştir. Regülatörün yukarı havzasında yer alan Karadere Kırsal Mahallesi'nde, yalnızca doğal taşkına yönelik taşkın frekans ve tehlike analizleri yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları, 16.01.2024 tarihinde Bahadınlı ve Karadere kırsal mahallelerinde meydana gelen taşkın verileri ile karşılaştırılmış ve model sonuçlarının gerçeği ne ölçüde yansıttığı test edilmiştir.

Bahadınlı Kırsal Mahallesi zeline, planlanan regülatör yapısının taşkın dinamiklerine olası etkilerini değerlendirmek üzere iki senaryo kurgulanmıştır: birinci senaryoda regülatör yapısı modele dahil edilmiş, ikinci senaryoda ise bu yapı göz ardı edilmiştir. Regülatörün dikkate alınmadığı senaryoda taşkın yayılış alanı 0.12–0.18 km², su derinliği ise 2.29–2.75 m arasında değişmiş; taşkın suları geniş tabanlı vadi içerisinde, özellikle tarım arazilerine doğru yayılım göstermiştir. Buna karşılık, regülatörün dahil edildiği senaryoda taşkın yayılış alanı 0,08 km²'ye, su derinliği ise 1,79 m'ye düşerek; taşkın yayılış alanı yaklaşık 2,1 kat azalmıştır (Tablo 4). Bu durum, regülatörün akış rejimi üzerindeki düzenleyici etkisinden kaynaklanmaktadır.

Karadere Kırsal Mahallesi ise regülatörün yukarı havzasında yer aldığından, yalnızca doğal taşkın koşullarını temsil eden tek bir senaryo üzerinden analiz edilmiştir. Bu senaryoda, ana akarsu yatağındaki taşkın suları, yapay kanal derinliğinin 3,5 metre olması nedeniyle yatağın dışına taşmamış; ancak yan kollardan gelen taşkın sularının sınırlı yayılım gösterdiği gözlemlenmiştir. Söz konusu yayılım, çoğunlukla düşük ve orta tehlike sınıflarında değerlendirilmiştir. Karadere için taşkın yayılım alanı 0.02–0.03 km², su derinliği ise 3.21–3.39 m aralığında belirlenmiştir (Tablo 4).

16.01.2024 tarihinde D04A016 kodlu Karadere Bahadınlı AGİ istasyonunda 15.01.2024 tarihinde eşel seviyesi 196 cm, 100 m³/sn akım ölçüldü. Bu akım, taşkın frekans analizinde 5, 10, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık akım verileri arasında 500 yıllık akım değerine karşılık gelmektedir. 500 yıllık akım verisinin uygulandığı modellerden elde edilen sonuçların, 16.01.2024 tarihinde gerçekleşen taşkın anı ve sonrasında yapılan ölçümlerle karşılaştırıldığında büyük oranda uyum sağladığı tespit edilmiştir. Bahadınlı Kırsal Mahallesi'nde, taşkından etkilenen tarım arazilerinde bulunan meskenlerin yanında yapılan ölçümlerde su derinliği 62 cm olarak kaydedilmiştir (şekil 13). Aynı noktada, 500 yıllık akım verisinden elde edilen su derinliği haritasındaki veriler incelendiğinde 63 cm su derinliği tespit edilmiştir. Elde edilen model sonuçları ile taşkın yayılım alanı arasında büyük ölçüde bir uyum gözlemlenmiştir (şekil 2, şekil 13, şekil 14). Bu taşkında, Karadere Kırsal Mahallesi'nde taşkın suları modelde de görüldüğü gibi yatak dışına çıkmamıştır. Mahallede yalnızca yapay kanalın bir bölümü zarar görmüş ve taşkın sırasında gelen materyallerle yatak dolmuştur (şekil 11). Taşkın sonrasında zarar gören kısım doldurulmuş ve yapay kanalda temizleme çalışmaları yapılmıştır (şekil 12). Bu verilere dayanarak, geniş yataklı vadilerde ve yapay kanal genişliklerinin uygun olduğu alanlarda SYM5 verisinin gerçeğe yakın sonuçlar verdiği ifade edilebilir. Bununla birlikte, mevcut verinin çözünürlüğü özellikle daha dar akarsu yataklarının detaylı biçimde modellenmesi açısından yetersiz kalmaktadır. Bu bağlamda, daha yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip LİDAR (Light Detection and Ranging) ve İHA (İnsansız Hava Aracı) verilerinin kullanımı, hem yatak geometrisinin daha hassas biçimde ortaya konulmasına olanak tanımakta hem de taşkın riskinin daha gerçekçi ve güvenilir şekilde analiz edilmesini mümkün kılmaktadır. Özellikle yerleşim alanlarına yakın dere kesitlerinde meydana gelebilecek taşkınların etkilerini öngörmede ve yapısal önlemlerin planlanmasında, bu tür yüksek çözünürlüklü verilerle yapılan çalışmalar önemli katkılar sunmaktadır.



Şekil 11: Karadere Kırsal Mahallesi yapay kanalda oluŐan zarar / **Figure 11:** Damage occurring in the artificial channel in Karadere Rural Neighborhood (16.01.2024).



Şekil 12: Karadere Kırsal Mahallesi yapay kanalın onarılmış halinin g r nt s  / **Figure 12:** The view of the repaired artificial channel in Karadere Rural Neighborhood (23.01.2024).



Şekil 13: Akarsuyun akış y n ne g re sol tarafında kalan yerleŐmelere ait g r nt  (Bahadınlı Kırsal Mahallesinin Karadere Kırsal mahallesine doğru  ıkıŐında) / **Figure 13:** The view of the settlements located on the left side of the stream flow direction (at the exit of Bahadınlı Rural Neighborhood towards Karadere Rural Neighborhood) 23.01.2024.



Şekil 14: Akarsuyun taşkın anında yatak deđiŐtirerek  arpak noktasını aŐındırdıđı nokta ve DSI'nin demonstrasyon  alıŐması / **Figure 14:** The point where the stream changes its channel during a flood and erodes the impact point, and the demonstration study conducted by the General Directorate of State Hydraulic Works (DSI) (23.01.2024).

İnceleme alanının yakın çevresinde taşkın riski üzerine gerçekleştirilen çalışmalar değerlendirildiğinde, Özdemir (2007) tarafından Havran Çayı'nda taşkın riski, Havran Barajı'ndan itibaren mansap noktasına kadar olan kesimde, HEC-RAS yazılımı kullanılarak farklı senaryolara göre bir boyutlu (1D) hidrolik modelleme yöntemiyle analiz edilmiştir. Bu çalışmada, Havran Barajı'nın yapısının tamamlanma aşamasına gelmesi nedeniyle risk analizi açısından barajın dikkate alınmadığı senaryo değerlendirilmemiştir. Barajın varlığı, Havran yerleşim alanında taşkın sularının kanal dışına çıkmasını engelleyerek koruyucu bir rol üstlenmekteyken; dolu savak taşkını ve baraj yıkılması gibi ekstrem senaryolar, düşük gerçekleşme olasılıklarına rağmen bölge için yüksek düzeyde taşkın riski oluşturmaktadır. Bu bağlamda, baraj ve regülatör gibi hidrolik yapıların taşkın yayılımını sınırlayarak risk yönetiminde stratejik bir işlev üstlendiği görülmektedir. Yerdelen, Engin ve Eriş (2023) tarafından Zeytinli Deresi'nde HEC-RAS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen bir boyutlu (1D) hidrolik modelleme kapsamında, farklı taşkın tekrarlama periyotlarına göre su yüzeyi profilleri analiz edilmiş ve önerilen önleme senaryoları doğrultusunda taşkın yayılımı ile akış alanlarındaki değişimler değerlendirilmiştir. Ancak bu çalışmada 1.28 km bir hat modellenmiştir. Üretilen modellerde Zeytinli Kırsal Mahallesi'nin durumu taşkın tehlikesi durumu mevcut değildir. Öztürk (2019), Kuzey Ege Havzaları'nda taşkın riskini ele aldığı yüksek lisans tezinde, Zeytinli Deresi Havzası'nı örnek alan olarak seçmiş ve taşkın risk analizini, Zeytinli Kırsal Mahallesi'nin kuzeyinde yer alan AĞİ istasyonuna yakın kesimden itibaren gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada taşkından en çok zarar görebilecek mahalle Akçay Mahallesi olarak tespit edilmiştir.

Bu tür afetlerin tekrar yaşanmaması veya yaşanması durumunda oluşabilecek zararların minimuma indirgenmesi için öncelikle taşkın yatağı belirlendikten sonra bu sınırlar içinde kalan beşeri yapıların belirli bir plan çerçevesinde tahliye edilmesi düşünülebilir. Yerleşim birimlerinin yer seçiminde doğal ortam koşullarının dikkate alınması elzemdir. Ayrıca yapay kanalların havza özellikleri ve akış

dinamiği ile uyumlu olmasına dikkat edilmelidir. Son olarak ise mevcut yerleşim birimlerinde akarsu yataklarının demonstrasyon çalışmaları ile genişletilmesi ve sürtünmeyi arttırarak akımı yavaşlatmak, sızmayı da arttırmak amacıyla havza ağaçlandırılması önerilmektedir.

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Melike DURAK'ın Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalında hazırlamış olduğu "Karınca Dere (Balıkesir) Havzası'nın Taşkın Risk Analizi" başlıklı doktora tezinin bulgularından üretilmiştir.

KAYNAKÇA

- Aliferi, L., Salamon, P., Bianchi, A., Neal, J., Bates, P., Feyen, L. (2014). Advances in pan-European flood hazard mapping. *Hydrol. Process.*, 28: 4067–4077. <https://doi.org/10.1002/hyp.9947>
- Apel, H., Aronica, G.T., Kreibich, H., Thielen, A.H. (2009). Flood risk analyses how detailed do we need to be?. *Nat. Hazards*, 49 (1): 79-98. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-008-9277-8>
- Apel, H., Thielen, A., Merz, B., Blöschl, G. (2006). A probabilistic modelling system for assessing flood risks. *Nat. Hazards*, 38 (1-2): 79-100. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-005-8603-7>
- Armas, A., Beilicci, R., Beilicci E. (2017). Numerical limitations of 1D hydraulic models using MIKE11 or HEC-RAS software – case study of Baraolt River, Romania. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 245, 072010. [doi:10.1088/1757-899X/245/7/072010](https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/7/072010)
- Balıkesir Büyükşehir Belediyesi (2024). Burhaniye ilçesi bina envanteri. Balıkesir.
- Band, S.S., Janizadeh, S., Pal, S.C., Saha, A., Chakraborty, R., Melesse, A.M., & Mosavi, A. (2020). Flash flood susceptibility modeling using new approaches of hybrid and ensemble tree-based machine learning algorithms. *Remote Sensing*, 12(21), 3568. <https://doi.org/10.3390/rs12213568>
- Bhattacharai, Y., Duwal, S., Sharma, S., Talchabhadel, R. (2024). Leveraging machine learning and open-source spatial datasets to enhance flood susceptibility mapping in transboundary river basin. *International Journal of Digital Earth*, 17

- (1), 2313857.
<https://doi.org/10.1080/17538947.2024.2313857>
- Bhuiyan, M., Dutta, D., (2012). Analysis of flood vulnerability and assessment of the impacts in coastal zones of Bangladesh due to potential sea-level rise. *Nat. Hazards*, 61 (2): 729-743.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-011-0059-3>
- Chow, V.T. (1959). *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill, New York.
- CRED. (2022). 2021 Disasters in numbers. Brussels: CRED.
https://cred.be/sites/default/files/2021_EMDAT_report.pdf
- CRED-UNDRR. (2020). Human cost of disasters, an overview of the last 20 years (2019-2020). CRED Disaster Report, Belgium.
- Çam, A., Fırat, O., Yılmaz, A. (2013). Harita Genel Komutanlığında ortofoto ve sayısal yüzey modeli üretimi faaliyetleri. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 11-13 Kasım 2013, Ankara.
https://obs.hkmo.org.tr/show-media/resimler/ekler/00360d17e5981e4_ek.pdf
- Çorapçı, F., Özdemir, H. (2024). A new approach to flood susceptibility analysis of urbanised alluvial fans the case of Bursa City Türkiye. *Natural Hazards*, 120: 12909–12932.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-024-06723-w>
- Dazzi, S., Vacondio, R., Mignosa, P. (2021). Flood stage forecasting using machine-learning methods: a case study on the Parma River (Italy). *Water*, 13, 1612.
<https://doi.org/10.3390/w13121612>
- DEFRA/Environmental Agency. (2003). Flood Risks to People Phase 1. R&D Technical Report FD2317. DEFRA/Environmental Agency Flood and Coastal Defence R&D Programme. UK.
<https://share.google/5KLzm2nZhsJMCb5aY>
- DEFRA/Environmental Agency. (2006). Flood Risks to People Phase 2. Defra/Environment Agency Flood and Coastal Defence R&D Programme. UK.
<https://share.google/2RVq4YdAe9rveg4x>
- Demir, V., Keskin, A.Ü. (2022). Taşkın tehlike haritalarının oluşturulması (Samsun, Mert Irmağı Örneği). *Türkiye Coğrafi Bilig Sistemleri Dergisi*, 4(1): 47-54.
<https://doi.org/10.56130/tucbis.1120501>
- Desalegn, H., Mulu, A. (2021). Mapping flood inundation areas using GIS and HEC-RAS model at Fetam River, Upper Abbay Basin, Ethiopia. *Scientific African*, 12, e00834.
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00834>
- Devlet Su İşleri (DSİ) (2014). Küçükkuuyu-Dikili arası sahil şeridi su temin projesi Reşitköy Barajı teknik raporu. DSİ 25. Bölge Müdürlüğü, Balıkesir.
- Devlet Su İşleri (DSİ) (2022). Maksimum akım verileri. Balıkesir.
- Devrim Gazetesi 13 Ocak 1968 Günü Baskısı.
- Devrim Gazetesi 13 Şubat 1998 Günü Baskısı.
- Devrim Gazetesi 2 Şubat 1998 Günü Baskısı.
- Devrim Gazetesi 20 Mart 1998 Günü Baskısı.
- Devrim Gazetesi 22 Ocak 1998 Günü Baskısı.
- Devrim Gazetesi 4 Şubat 1998 Günü Baskısı.
- Devrim Gazetesi 5 Şubat 1998 Günü Baskısı.
- Devrim Gazetesi 6 Ocak 1964 Günü Baskısı.
- Doğın, E., Temiz, T., Sümer, M. (2023). Kamara deresi taşkın risk yayılımının incelenmesi. *J. Innovative Eng. Nat. Sci.*, 3(1): 13-26.
<http://dx.doi.org/10.29228/JIENS.67513>
- Dottori, F., Salamon, P., Bianchi, A., Alfieri, L., Hirpa, F.A., Feyen, L. (2016). Development and evaluation of a framework for global flood hazard mapping. *Advances in Water Resources*, 94: 87–102.
<https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2016.05.002>
- Dtissibe, F.Y., Ari, A.A.A., Abboubakar, H., Njoya, A.N., Mohamadou, A., Thiare, O. (2024). A comparative study of Machine Learning and Deep Learning methods for flood forecasting in the Far-North region, Cameroon. *Scientific African*, 23, e02053.
- Durak, M., Cürebal, İ., Soykan, A. (2019). Flood susceptibility analysis and mapping in Karınca River Basin (Burhaniye, Balıkesir, Turkey). *Actual Questions and Innovations in Science*, May 12, 2019, Craiova, Romania.
- Dutta, D., Herath, S., Musiaka, K. (2006). An application of a flood risk analysis system for impact analysis of a flood control plan in a river basin. *Hydrol. Process.*, 20 (6): 1365-1384.
[doi:10.1002/hyp.6092](https://doi.org/10.1002/hyp.6092)
- Dutta, D., Teng, J., Vaze, J., Lerat, J., Hughes, J., Marvanek, S. (2013). Storage-based approaches to build floodplain inundation modelling capability in river system models for water resources planning and accounting. *J. Hydrol.*, 504: 12-28.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.09.033>
- Efe, R., Soykan, A., Cürebal, İ., Sönmez, S. (2012). Burhaniye "Doğal Kaynak Değerleri". Burhaniye Belediyesi Kültür Yayınları, Balıkesir.
- Elbaşı, E. (2022). Bölgesel Taşkın Analizleri Kullanılarak Taşkın Tehlike Haritalarının Hazırlanması (Tez No:722167) [Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi.

- Elbaşı, E., Özdemir, H. (2019). Farklı çözünürlükteki sayısal yükselti modellerinin 2 boyutlu hidrodinamik modeller üzerindeki etkisi. 1. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi. İstanbul. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2023-1177718>
- Ertürk, E., Kaya, N. (2019) Taşkın tehlike alanlarının oluşturulması: Trabzon İli Vakfıkebir İlçesi Kirazı Deresi örneği. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 31 (2):337-344. <https://doi.org/10.35234/fumbd.613291>
- Filianoti, P., Gurnari, L., Zema, D.A., Bombino, G., Sinagra, M., Tucciarelli, T. (2020). An evaluation matrix to compare computer hydrological models for flood predictions. Hydrology, 7 (42), doi:10.3390/hydrology7030042
- Gallegos, H.A., Schubert, J.E., Sanders, B.F. (2009). Two-dimensional, high-resolution modeling of urban dam-break flooding: a case study of Baldwin Hills, California. Adv. Water Resour., 32 (8): 1323-1335. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2009.05.008>
- Gao, H., Wang, Q., Zhou, Z., Wu, W., Wang, W., Li, Y., Hu, J., Li, P., Zhang, Y., Hu, W. (2025). Optimizing hydrodynamic regulation in coastal plain river networks in eastern China: A MIKE11-based partitioned water allocation framework for flood control and water quality enhancement. Water, 17(12), 1829. <https://doi.org/10.3390/w17121829>
- Ghasemlounia, R., Utlu, M. (2021). Flood prioritization of basins based on geomorphometric properties using principal component analysis, morphometric analysis and Redvan's priority methods: A case study of Harşit River basin. Journal of Hydrology, 603, Part C, December, 127061. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127061>
- Guerriero, L., Ruzza, G., Guadagno, F. M., Revellino, P. (2020). Flood hazard mapping incorporating multiple probability models. Journal of Hydrology, 587: 125020. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125020>
- Gumbel, E.J. (1958). Statistics of Extremes, Columbia University Press, NewYork.
- Hitouri, S., Mohajane, M., Lahsaini, M., Ali, S.A., Setargie, T.A., Tripathi, G., D'Antonio, P., Singh, S.K., Varasano, A., (2024). Flood Susceptibility Mapping Using SAR Data and Machine Learning Algorithms in a SmallWatershed in Northwestern Morocco. Remote Sens., 16, 858. <https://doi.org/10.3390/rs16050858>
- Karabulut, M.S. (2022). CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle Riva (Çayağzı) Deresi havzasında taşkın risk analizi (Tez No: 757082) [Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi.
- Karakuş, C.B., Ceylan Demirel, Ş. (2022). Coğrafi bilgi sistemi tabanlı analitik hiyerarşi süreci kullanılarak taşkın tehlike haritalaması. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 10(4): 1155 – 1173. <https://doi.org/10.21923/jesd.1049464>
- Khattak, M.S., Anwar, F., Saeed, T.U., Sharif, M., Sheraz, K., Ahmed, A. (2016). Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcGIS: A case study of Kabul River. Arabian Journal for Science and Engineering, 41(3), 1375–1390. <https://doi.org/10.1007/s13369-015-1915-3>
- Maskong, H., Jothityangkoon, C., Hirunteeyakul, C. (2019). Flood hazard mapping using on-site surveyed flood map, HECRAS V.5 and GIS tool: a case study of Nakhon Ratchasima Municipality, Thailand. International Journal of GEOMATE, 16 (54), 1 – 8. <https://geomatejournal.com/geomate/article/view/2850/2420>
- Merz, B., Kreibich, H., Schwarze, R., Thielen, A. (2010). Review article 'Assessment of economic flood damage'. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10 (8): 1697-1724. doi:10.5194/nhess-10-1697-2010
- Mitra, R., Saha, P., Das, J. (2022). Assessment of the performance of GIS-based analytical hierarchical process (AHP) approach for flood modelling in Uttar Dinajpur district of West Bengal, India. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 13:1, 2183-2226. doi:10.1080/19475705.2022.2112094
- Nsangou, D., Kpoumiéb, A., Mfonka, Z., Ngouh A.N., Fossi, D.H., Jourdan, C., Mbele, H.Z., Moucherou, O.F., Vandervaere, J.P., Ngoupayou, J.R.N. (2022). Urban flood susceptibility modelling using AHP and GIS approach: case of the Mfoundi watershed at Yaoundéin the South-Cameroon plateau. Scientific African, 15, e01043. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e01043>
- Özdemir, H. (2007). Havran çayı havzasının (Balıkesir) CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizi (Tez No: 215084) [Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi.
- Özdemir, H. (2011). Havza morfometrisi ve taşkınlar. Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistemik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, No:5, 507-526, İstanbul.
- Özdemir, H., Akbaş, A. (2023). Is there a consistency in basin morphometry andhydrodynamic modelling results in terms of theflood generation potential of basins? A case studyfrom the Ulus River Basin (Türkiye). Journal of

- Hydrology, 625, Part A, 129926.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129926>
- Özdemir, H., Akbaş, A. (2023). Sayısal yükseklik modellerindeki mekânsal çözünlük değişkenliğinin taşkın tehlike analizine etkileri. Coğrafya Dergisi, 46: 137-156.
<https://doi.org/10.26650/JGEOG2023-1177718>
- Özdemir, H., Akbulak, C., Özcan, H. (2011). Çokal Barajı (Çanakkale) çökme modeli ve taşkın risk analizi. Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi, 8(2): 659-698. <https://www.j-humansciences.com/ojs/index.php/IJHS/article/view/1816/800>
- Öztürk, O. (2019). Kuzey Ege havzalarında yüksek akım ve taşkın analizi (Tez No: 543502) [Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi.
- Sampson, C. C., Smith, A. M., Bates, P. D., Neal, J. C., Alfieri, L., Freer, J. E. (2015). A high-resolution global flood hazard model. Water resources research, 51(9): 7358-7381.
<https://doi.org/10.1002/2015WR016954>
- Seydi, S.T., Kanani-Sadat, Y., Hasanlou, M., Sahraei, R., Chanussot, J., Amani, M., (2022). Comparison of machine learning algorithms for flood susceptibility mapping. Remote Sens. 2022, 15, 192. <https://doi.org/10.3390/rs15010192>
- Swain K.C., Singha, C., Nayak, L. (2020). Flood susceptibility mapping through the GIS-AHP technique using the Cloud. ISPRS Int. J. Geo-Inf., 9, 720, [doi:10.3390/ijgi9120720](https://doi.org/10.3390/ijgi9120720)
- Tanim, A. H., McRae, C. B., Tavakol-Davani, H., Goharian, E. (2022). Flood detection in urban areas using satellite imagery and machine learning. Water, 14(7), 1140.
<https://doi.org/10.3390/w14071140>
- Taoukidou, N., Karpouzou, D., Georgiou, P. (2025). Flood hazard assessment through AHP, fuzzy AHP, and frequency ratio methods: A comparative analysis. Water, 17(14), 2155.
<https://doi.org/10.3390/w17142155>
- Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (2024). Parsel sorgu bina öznitelik bilgisi. Erişim tarihi 10 Ekim 2024. <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/>
- Topsakal, M., Dogan, E., Yasak, S.S., Corapci, F., Özdemir, H. (2025). Basin morphometry? It is no longer an issue with HydroMachine toolbox. Environmental Earth Sciences, 84, 342
<https://doi.org/10.1007/s12665-025-12352-8>
- Türkiye İstatistik Kurumu (2024). Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi Burhaniye İlçesi mahalle nüfusları verisi. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>
- Uslu, G., Sesli F. A., Uzun B. (2018). Coğrafı bilgi sistemleri ile taşkın tehlike haritalarının belirlenmesi. Kent Akademisi, 11 (4): 545-558.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/kent/issue/42449/467335>
- Utlu, M., Özdemir, H. (2018). Havza morfometrik özelliklerinin taşkın üretmedeki rolü Biga Çayı Havzası örneği. Coğrafya Dergisi, 36, 49-62.
[doi:10.26650/JGEOG408101](https://doi.org/10.26650/JGEOG408101)
- Utlu, M. (2019). Farklı çözünlüklü veri kaynaklarına bağlı taşkın tehlike analizi: Biga Çayı Havzası örneği (Tez No: 593795) [Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi.
- Utlu, M. (2023). Frekans Oranı ve Shannon Entropisi yöntemi kullanarak Ezine Çayı Havzası taşkın duyarlılık analizi (Kastamonu-Bozkurt). Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 11, 160-178.
[doi: 10.46453/jader.1358845](https://doi.org/10.46453/jader.1358845)
- Utlu, M., Ghasemlounia, R. (2021). Flood prioritization watersheds of the Aras River, based on geomorphometric properties: case study Iğdır Province. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 6, 21-40. [doi: 10.46453/jader.781152](https://doi.org/10.46453/jader.781152)
- Vashist, K., Singh, K.K. (2023). HEC-RAS 2D modeling for flood inundation mapping: A case study of the Krishna River Basin. Water Practice & Technology, 18(4), 831.
<https://doi.org/10.2166/wpt.2023.048>
- Vojtek, M., Vojteková, J. (2016). Flood hazard and flood risk assessment at the local spatial scale: a case study. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 7(6): 1973-1992.
[DOI:10.1080/19475705.2016.1166874](https://doi.org/10.1080/19475705.2016.1166874)
- Wang, G., Liu, L., Shi, P., Zhang, G., Liu, J. (2021). Flood risk assessment of metro system using improved Trapezoidal Fuzzy AHP: a case study of Guangzhou. Remote Sens., 13, 5154.
<https://doi.org/10.3390/rs13245154>
- Yerdelen, C., Engin, U., Eriş, E. (2023). Flood Risk Analysis with Prevention Scenarios for Zeytinli Stream. Türk Hidrolik Dergisi, 7 (2), 22-29.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/turhidder/issue/81763/1375404>
- Zhao, J., Zhang, C., Wang, J., Abbas, Z., Zhao, Y. (2024). Machine learning and SHAP-based susceptibility assessment of storm flood in rapidly urbanizing areas: a case study of Shenzhen, China. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 15 (1), 2311889,
[doi: 10.1080/19475705.2024.2311889](https://doi.org/10.1080/19475705.2024.2311889)