



Taşkınların Ekonomik Zararlarının Değerlendirilmesi (Samsun-Mert Irmağı Havzası)

Evaluation of Economic Damages of Floods (Samsun-Mert River Basin)

Vahdettin Demir¹, Aslı Ülke Keskin²

¹ KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 42020, Konya

² Ondokuzmayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 55139, Samsun

Başyuru/Received: 20/03/2022

Kabul / Accepted: 29/07/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/07/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/07/2022

Öz

Taşkın nehir yatağında bulunan su miktarının çeşitli sebeplerle kesitine sığamayarak, çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine ve canlılara zarar verdiği doğal bir afettir. Yaşamımızı etkileyen taşkınların maddi ve manevi zararlarını azaltmak için taşkın afet haline getiren mekanizmanın iyi bilinmesi ve taşkın meydana gelmeden önce önlemlerin alınması gerekmektedir. Taşkınlar meydana gelmeden önce taşkınlara eğilimli alanların ve bu alanlara ait ekonomik kayıpların belirlenmesi taşkın yönetim planları için önemlidir. Taşkın yönetiminde en önemli adımlardan biri taşkın modellemesidir. Bu modellemede taşkın yayılım alanı, su yüksekliği, su hızı ve ekonomik kayıpları belirlenebilir. Bu çalışmada, Orta Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Mert Irmağı Havzası'nın 2 boyutlu taşkın modellemesi yapılmıştır. Ülkemizde, taşkınlar sonucunda oluşabilecek ekonomik kayıpları belirlemede kullanılan, hasar fonksiyonları bulunmamaktadır. Bu çalışma ile birçok Avrupa ülkesinde kullanılan yöntemler kullanılarak tahmini ekonomik kayıpları elde edilmiştir. Taşkın modellemesinde 50, 100, 500 ve 1000 yıllık tekerrür süresine sahip debiler kullanılmıştır. Bu debiler HEC-RAS programıyla modellenmiştir. Modellemeler sonucunda ilgili taşkın tekerrür debilerinin çalışma alanında 150 ile 500 milyon ₺ tahmini hasar verebileceği ve 9 ile 12 bin insanın etkilenileceği tespit edilmiştir. Bu tahminler bakanlık raporları ile karşılaştırılarak kullanılan hasar fonksiyonlarının ülkemize uygunluğu araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler

“Taşkın modelleme, Hasar fonksiyonu, HEC-RAS, Samsun-Mert Irmağı”

Abstract

Flood is a natural disaster in which the amount of water in the riverbed cannot fit into its cross-section for various reasons and damages the surrounding lands, settlements and living things. To reduce the material and non-material damages of the floods affecting our lives, the mechanism of the flood disaster must be well known, and measures should be taken before flooding. For flood management plans, it is important to determine the areas that may flood before the floods occur and to determine the economic losses of these areas. One of the most important steps in flood management is flood modeling. In this modeling, flood spread area, water height, water velocity and economic losses can be determined. In this study, two-dimensional flood model of the Mert River Basin, located in the Central Black Sea Region, was investigated. In our country, there are no damage functions used in determining the economic losses that may occur as a result of floods. This study estimated flood risk and economic losses using damage curves models from European countries. Hydraulic model was created by using with HEC-RAS for 50, 100, 500 and 1000 years return period. The study exposes those flows cause an estimated damage of 150-500 million ₺, affect 9 and 12 thousand people. These estimates and comparisons show applicability of the damage functions suggested.

Key Words

“Flood Modeling, Damage function, HEC-RAS, Samsun, Samsun-Mert River”

1. Giriş

Taşkın nehir yatağında bulunan su miktarının; normalden fazla yağmur yağması, mevcut karın hızlıca erimesi, heyelan, barajdan kontrolsüz su bırakılması, nehir yatağının kesitinin değiştirilmesi gibi nedenlerle akarsu yatak kesitine sığamayarak, çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine, alt yapı tesislerine ve canlılara zarar vererek bölgede ekonomik ve sosyal faaliyetleri kesintiye uğratan doğal bir afettir. Dünyada ve ülkemizde can ve mal kayıpları açısından tüm afetler arasında ikinci, meteorolojik afetler arasında ise ilk sırada yer almaktadır (Anılan vd., 2016). Mevcut veriler incelendiğinde taşkınlardan kaynaklanan ekonomik kayıp her yıl yaklaşık olarak 300 milyon TL'dir (Anonim, 2014).

Doğal afetlerden taşkınlar tamamen ortadan kaldırılabilecek bir problem değildir. Bu nedenle, özellikle kentsel alanlarda, nehirlerin aşağı ve yukarı kesimlerinde taşkınlara karşı önleyici tedbirlerin alınması gerekmektedir. Küresel olarak, taşkınları tahmin etmek, etkileri yönetmek ve ilgili hasarı azaltmak için son yıllarda artan bir ilgi söz konusudur. Taşkınların neden olduğu hasarı azaltmak, farklı alanlarda farklı stratejiler gerektirir. Bu nedenle, taşkın riski yönetiminde kullanılan hedefler ve önlemler çeşitlendirilmeli ve bölgeselleştirilmelidir (Hooijer vd., 2004). Taşkın modellemesi ve risk analizinin amacı, taşkınların sebep olabileceği can ve mal kaybı en aza indirmektir (Petrow vd., 2006). Aynı zamanda nehir ekolojisinin korunmasıdır (Rubinato vd., 2019). Taşkın tehlikesinin doğası genellikle nedensellik, diğer bir deyişle taşkın olayının olasılığı ve büyüklüğü ile tanımlanır. Taşkın riski ise, taşkın kırılabilirliğinin bir fonksiyonudur (Merz vd., 2007).

Hızlı ve plansız kentleşme, yetersiz altyapı sistemleri ve iklim değişikliğine bağlı yağış özelliklerindeki değişiklikler ülkemizde ve dünya çapında daha fazla taşkından etkilenecek alanları meydana getirmektedir (Willems vd., 2012). Bu alanlarda taşkınlardan dolayı can kayıpları, yaralanmalar, psikolojik travmalar, sosyal hayatta bozulmalar meydana gelmektedir. Ayrıca taşkınlar kamu ve özel mülkiyetlerde, kanalizasyon gibi alt yapı sistemlerinde ve yol, köprü gibi üst yapı sistemlerinde zarara sebep olabilmektedir (Beden & Ülke Keskin, 2020).

Yaşamımızı etkileyen taşkınların maddi ve manevi zararlarını azaltmak için taşkını afet haline getiren mekanizmanın iyi bilinmesi ve taşkın meydana gelmeden önce önlemlerin alınması gerekmektedir. Akarsu yatağına yapılan müdahaleler, plansız şehirleşme, arazi kullanım şeklinin değişmesi ve iklim değişikliği gibi nedenlerle meydana gelen taşkınların önceden tahmin edilmesi, gözlem değeri yardımıyla istatistiksel analizlerin ve hidrolik modelleme çalışmalarının yapılmasıyla mümkün olmaktadır. Günümüzde bir boyutlu ve iki boyutlu hidrolik hesaplamaların yapıldığı birçok model mevcuttur. Bu modeller, taşkın debilerinin simule edilmesinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Quiroga vd., 2016). Bir boyutlu veya iki boyutlu modellemelerin kullanılması, verilerden elde edilecek sonuç ve veri mevcudiyetine bağlıdır (Beden & Ülke Keskin, 2020). Literatürde bir ve iki boyutlu modellemelerin karşılaştırılmasıyla ilgili birçok çalışma mevcuttur (Horritt & Bates, 2002; Alho & Aaltonen, 2008; Leedal vd., 2010; Vozinaki vd., 2017). Bu çalışmalarda görülen ortak sonuç bir boyutlu modellemenin hızlı, pratik ve uygulanmasının kolay olduğudur. Fakat bir boyutlu modellemeler tek yönde akış modellemesi yapabilmektedir. Bu tek yönlü hesap ise oluşturulmuş kesitler arasında yapılmaktadır. Kesitlerin belirlenmesinde topografyanın karmaşıklığına bağlı olarak yapılacak tanımlama hataları kesitler arasında boşlukların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle de akış kesikli olarak modellenmektedir. Bu durumda bir boyutlu modellemenin karmaşık akış sistemlerine ve karmaşık arazilerde uygulanmasının uygun olmadığı görülmektedir (Huthoff vd., 2015). Bir boyutlu modelleme, sabit akış analizi için uygundur (Bates & De Roo, 2000; Zenger & Wealands, 2004; Cesur, 2007). Karmaşık akış ve arazi sistemlerine sahip alanlarda iki boyutlu modellemeler daha uygundur (Cook & Merwade, 2009). İki boyutlu modelleme ile arazi ve serbest yüzey akışı yüksek çözünürlükte modellenilebilir ve taşkın yayılım haritaları, taşkın hız ve taşkın derinlik haritaları modellenmiş alan boyunca gösterilebilir.

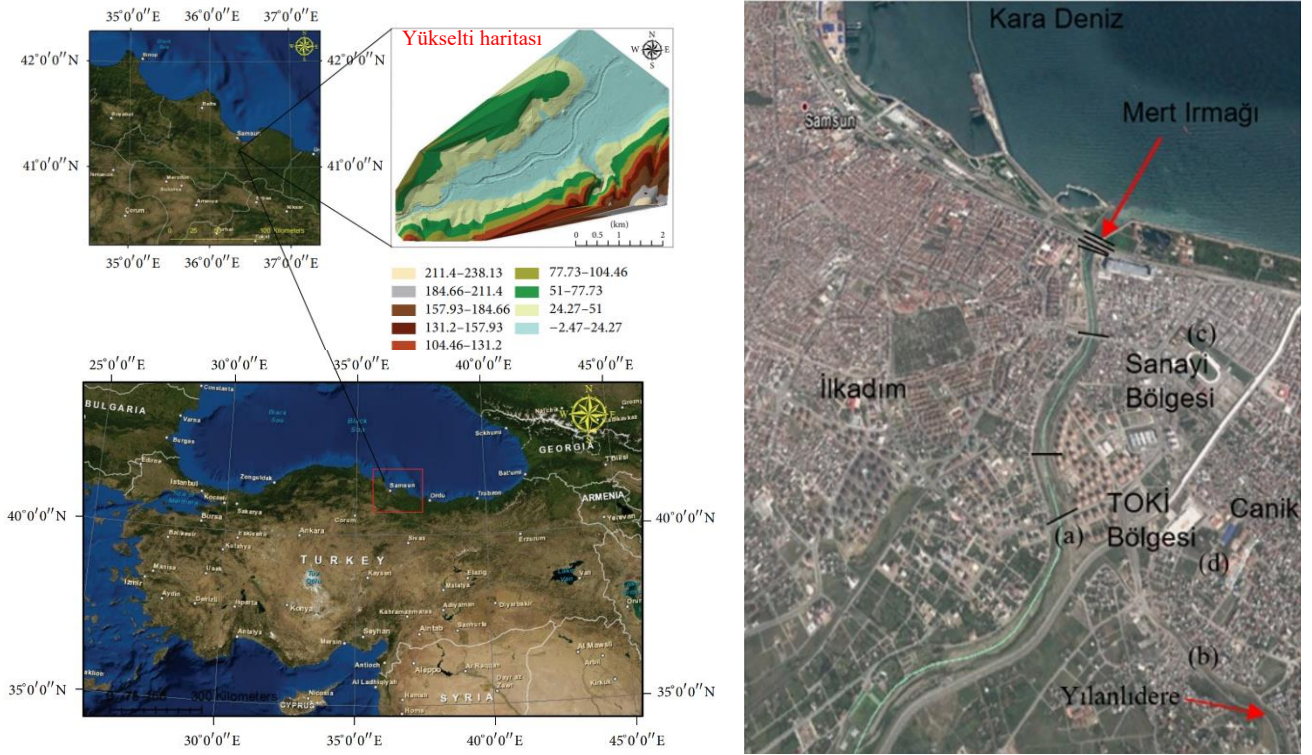
Literatürde Samsun Mert Irmağı havzasında gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde Demir ve Kişi (2016), bölgede bir boyutlu HEC-RAS modellemesi çalışmıştır. Yazarlar, taşkınların kentsel bölgede eğimin azalması nedeniyle su baskını şeklinde meydana geldiğini ve ırmağın sağ yamacında sanayi ve TOKİ bölgesindeki kesitlerin yetersiz olduğunu vurgulamıştır. Ülke vd. (2017) 100 ve 500 yıllık tekerrürlü taşkın debilerini MIKE 1D (1 Boyutlu) ve 2D (2 Boyutlu) programlarıyla modellemiştir. Çalışmada, iki boyutlu modellemede TOKİ bölgesinde ve özellikle sanayi bölgesinde tekerrür debilerinin yayıldığı gösterilmiştir. Bir boyutlu modellemede ise köprülerin modellenen taşkın debilerinden etkilendiği ve nehir yatağının temizlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Uslu vd. (2018), 2012 taşkın debisini ve çeşitli tekerrürlü taşkın debilerini HEC-RAS programıyla modellemiştir. Buna göre, taşkından etkilenecek alanların Tip İmar Yönetmeliği'nin 23. maddesine göre; taşkın koruma bandı içinde bulunan yapıların kaldırılarak kentsel dönüşüm planları kapsamına alınması ve bu alanların ağaçlandırılması gerektiğini gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca taşkından etkilenebilecek alanlar için taşkın sigortası kavramının hayata geçirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Beden ve Ülke Keskin (2020), 100, 500 ve 1000 yıllık tekerrürlü taşkın debilerini MIKE programıyla modellemiştir. Modelleme sonucunda taşkın yayılım, derinlik, hız ve tehlike haritaları elde edilmiştir.

Bu çalışmada Türkiye'nin Orta Karadeniz Bölgesi'nde yer alan ve Karadeniz'de akan Mert Irmağı çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bu bölgede geçmişte birçok büyük taşkın meydana gelmiş ve özellikle de 2012'de yaşanan taşkında, can kayıpları, kamu ve özel mülkiyetlerde büyük zararlar ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı Mert Irmağı havzasında yer alan Mert Irmağı ve yan kolu olan Yılanlıdere'nin geçmiş ve olası taşkınlarını (50, 100, 500 ve 1000 yıllık tekerrürlü taşkın debileri) göz önünde bulundurarak

iki boyutlu taşkın modellemesini yapmak ve taşkın risklerine ait tahmini ekonomik kayıpları belirlemektir. Bu çalışmayla, ülkemizde henüz tanımlanmamış taşkın risklerine ait ekonomik öğeler, geçmiş ve olası taşkınlar göz önünde bulundurularak Huizinga, Van Eck ve Kok, ICBR ve Pistrika ve Jonkman yöntemleri kullanılarak incelenmiştir.

2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Samsun merkez ilçe sınırlarında yer alan ve Karadeniz'e dökülen, Mert Irmağı havzası (havzanın alanı: 814 km², havza uzunluğu: 73 km, eğimi: 0,01029) seçilmiştir. Taşkın modelleme alanı ise Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu alan Mert Irmağı Havzası'nın Karadeniz'e çıkışı yaptığı ve kentsel sınırlar içerisinde kalan bölgesi olup Canik ve İlkadım merkez ilçelerine ait bazı mahalleleri içermektedir. Havzadan gelinerek bu alanın seçilmesinin nedeni, kent sınırlarındaki en değerli ve en önemli alan olması, taşkın en fazla yayılabileceği ve tehlike oluşturabileceği alan olması, topografik, meteorolojik ve hidrolik verilerinin ulaşılabilir olmasıdır. Havzanın ana kolu olan Mert Irmağı üzerinde beşi bölünmüş yol köprüsü biri tramvay köprüsü ve biri yaya köprüsü olmak üzere toplam yedi köprü bulunmaktadır. Mert Irmağı'nın birinci, ikinci ve üçüncü köprüleri Karadeniz sahil şeridinde yer almakta ve şehirlerarası karayolu ulaşımında kullanılmaktadır. Dördüncü ve beşinci köprüler ise Mert Irmağı'nın üzerine inşa edilmiş olup Canik ve İlkadım ilçeleri arasındaki karayolu ulaşımında kullanılmaktadır (Demir & Üke Keskin, 2020a, 2020b).



Şekil 1. Çalışma alanı

Samsun ili Canik ilçesinde, 03-04.07.2012 tarihlerinde şiddetli sağanak sebebiyle meydana gelen taşkın sonucunda 14 kişi yaşamını yitirmiş ve büyük maddi hasar meydana gelmiştir (Anonim, 2014). 2012 taşkını sonrası etkilenen bölgeler Şekil 1'de yer alan plan üzerine işaretlenmiş (a, b, c ve d) ve Şekil 2'de taşkının yıkıcı etkisini gösteren bazı resimler gösterilmiştir.



Şekil 2. 2012 taşkını sonrası çalışma alanından görüntüler (Anonim, 2014).

3. Yöntem

3.1. HEC-RAS 2D

HEC-RAS 2D yazılımı Hydrologic Engineering Center River Analysis System (HEC-RAS) 2D, Birleşik Devletler Ordusu Mühendisler Birliği tarafından geliştirilmiş 2 boyutlu yüzeysel akışı modelleyebilen bir programdır. Bu amaçla geliştirilen yazılım Eş.1-3'te verilen Saint-Venant denklemlerini sayısal yöntemlerle çözmektedir (Quiroga vd., 2016).

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial(zu)}{\partial x} + \frac{\partial(zv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(zu)}{\partial t} + \frac{\partial(zu^2 + gz^2/2)}{\partial x} + \frac{\partial(zuv)}{\partial y} = gz(S_{0x} - S_{fx}) \quad (2)$$

$$\frac{\partial(zu)}{\partial t} + \frac{\partial(zuv)}{\partial x} + \frac{\partial(zv^2 + gz^2/2)}{\partial y} = gz(S_{0y} - S_{fy}) \quad (3)$$

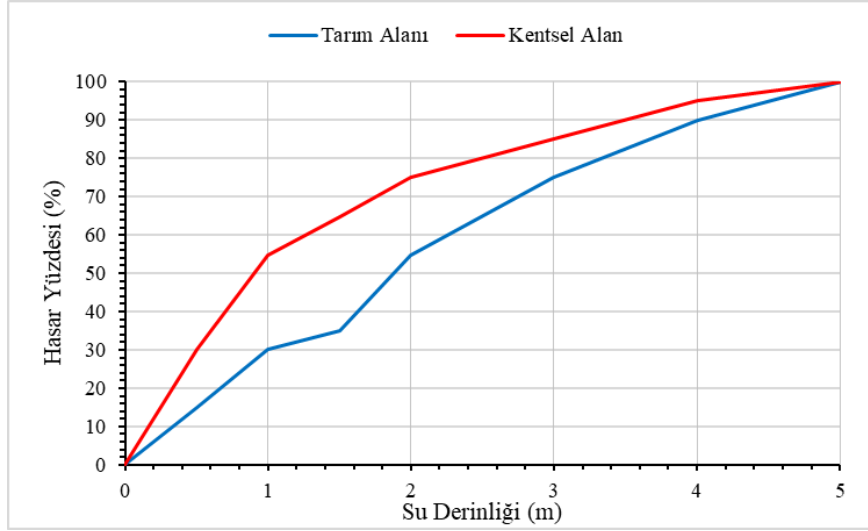
Burada, 1 numaralı eşitlik süreklilik denklemidir. 2 ve 3 numaralı eşitlikler ise sırasıyla x ve y yönleri için geçerli momentum denklemleridir. Eşitliklerde z (m) su yüzeyi yüksekliği, u (m/s) ve v (m/s) sırasıyla x ve y yönlerinde hız bileşenleri, g (m/s²) yerçekimi ivmesi, S_{0x} ve S_{fx} x yönünde su yüzeyi gradyanı ve sürtünme direnci, S_{0y} ve S_{fy} ise y yönünde su yüzeyi gradyanı ve sürtünme direncidir (Kamboh vd., 2016).

Hasar Tespiti (Derinlik-Zarar Fonksiyonları)

Türkiye'de taşkınlar için herhangi bir derinlik-zarar (veya derinlik-hasar) fonksiyonu geliştirilmemiştir. Bu sebeple ülkemiz için derinlik-zarar fonksiyonu geliştirilinceye kadar uluslararası literatürden ülkemize uygun ve genel kabul görmüş derinlik-zarar fonksiyonları kullanılabilir (Bakanlık, 2020). Bir taşkının sebep olduğu mülkiyet zararlarının değerlendirilmesi için, taşkın yayılma haritası ile taşkın derinlik haritası birleştirilerek ayrıntılı bir arazi örtüsü haritası hazırlanmalıdır. Ön bir zarar değerlendirmesi ve taşkınların doğru olarak modellenmesi için; bu harita üzerinde özel mülkler, tarımsal araziler ve altyapı tesisleri belirtilmelidir. Beklenen taşkın zararı, çoğu defa, ortalama derinlik-zarar fonksiyonları şeklinde ifade edilir. Bu fonksiyonlar, genellikle, değerli varlıklarda (binalar, işyerleri, araçlar, yollar vb. altyapı tesisleri) oluşan zararları veya zarar yüzdelere (oranlarını) su derinliğine bağlı

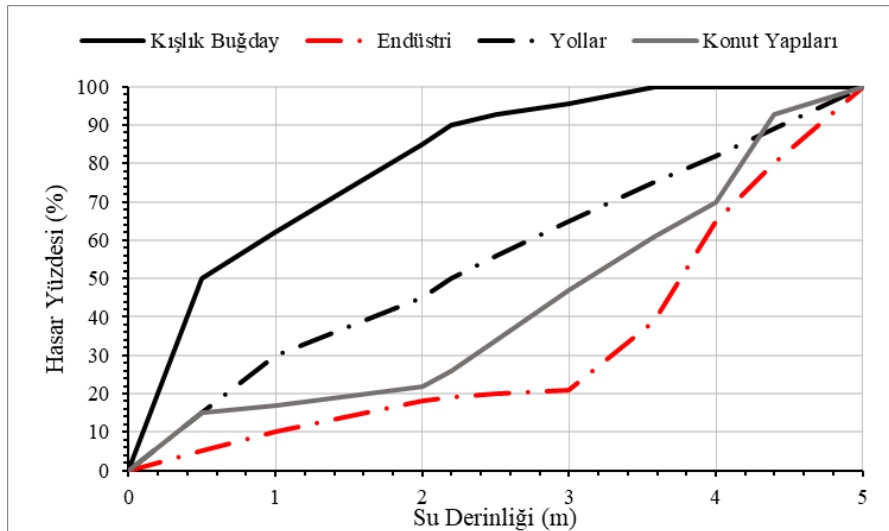
olarak gösterir. Bu fonksiyonların kullanılması çeşitli taşkın senaryolarının analiz edilmesi ve taşkın zararlarını azaltma önlemlerinin etkinliğinin incelenmesi gibi önemli avantajlar sağlamaktadır. Derinlik-zarar eğrilerinin belirlenmesi uzun çalışmalar gerektirir. Önemli olan böyle bir ilişkinin çıkartılabilmesidir. En büyük dezavantajlarından birisi, bu ilişkinin sadece incelenen bölge için geçerli olmasıdır. Doğru bir değerlendirmeye varabilmek için, incenecek her alana ait ayrı bir derinlik-zarar eğrisi çıkarılmalıdır. FIA (Federal Insurance Administration) bu açığı kapatmak için geliştirilmiş derinlik-zarar eğrilerini geliştirmiştir ve bu eğriler her sene güncellenmektedir. Önceki çalışmalarda yapılan çalışmaların çoğunda bu geliştirilmiş ilişki kullanılmasına rağmen müstakil olarak çıkarılmış derinlik-zarar eğrileri de mevcuttur (Serencam, 2013; Beden, 2019).

Bu çalışmada Huizinga, Van Eck ve Kok, ICBR (International Commission for the Protection of the Rhine) Rhine Atlas yöntemi derinlik-zarar eğrileri ve Pistrika ve Jonkman'ın zarar analizi kullanılmıştır (ICBR, 2001; Van Eck & Kok, 2001; Huizinga, 2007; Pistrika & Jonkman, 2010). Derinlik-zarar eğrileri; Huizinga yöntemi için Şekil 3'te, Van Eck ve Kok yöntemi için Şekil 4'te ve ICBR yöntemi için Şekil 5'te yer almaktadır.



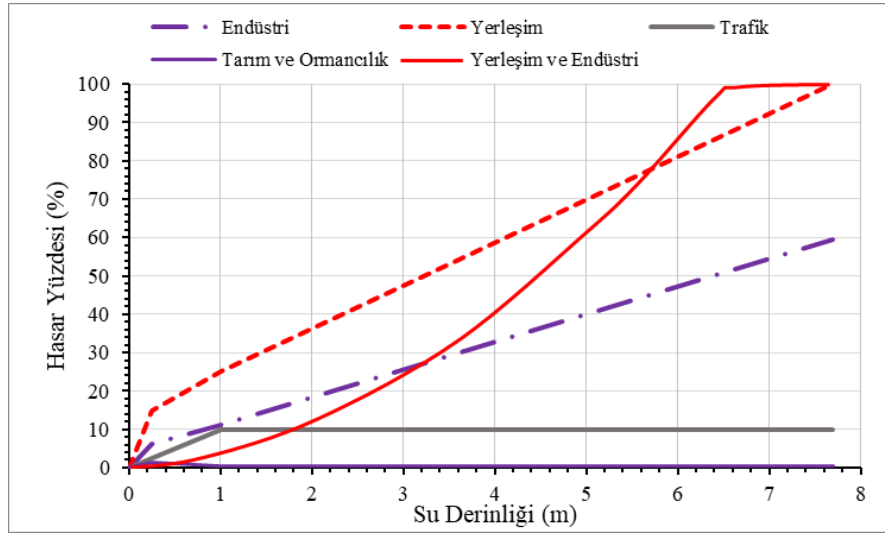
Şekil 3. Huizinga (2007)'nin derinlik-hasar eğrileri

Huizinga (2007)'nin derinlik-hasar eğrisi kentsel alan ve tarım alanı olmak üzere iki kategori içermektedir.



Şekil 4. Van Eck ve Kok (2001)'ün derinlik-hasar eğrileri

Van Eck ve Kok'in derinlik-hasar eğrileri endüstri, konut yapıları, yollar ve kışık buğday olmak üzere dört kategori içermektedir. de Moel ve Aerts'in çalışmalarında yer verdiği ICBR tarafından üretilmiş derinlik-hasar eğrilerinde trafik, tarım ve ormancılık, endüstri, yerleşim, endüstri-yerleşim olarak beş kategori yer almıştır (de Moel & Aerts, 2011).



Şekil 5. ICBR'nin derinlik-hasar eğrileri

Pistrika ve Jonkman, 2005 yılında meydana gelen Katrina kasırgasının neden olduğu büyük felakette New Orleans'ta sular altında kalan yapılara yönelik hasar analizi yapmıştır. Yazarlar, bu analiz için kamuya ait verileri alarak taşkın özellikleri ile ekonomik zarar arasındaki ilişkiyi araştırmıştır (Pistrika & Jonkman, 2010). Buna göre, ekonomik zararı bulmak için taşkın derinliğini ve hızını kullanarak,

$$D = 0,457 + 0,06dv^{0,654} \quad (4)$$

4 numaralı eşitliği elde etmiştir. Burada, D taşkın zarar faktörü (%), d taşkın derinliği (m), v taşkın hızıdır (m/s). Bu yöntemde diğerlerinden farklı olarak taşkın hızı da hesaba dahil edilmektedir. Çalışmada Q_{50} , Q_{100} , Q_{500} ve Q_{1000} debilerinin meydana getireceği zararların tahmininde risk altındaki varlıkların (yapılar) hasar faktörleri/dereceleri yukarıda anılan yöntemler ile bulunmuş ve varlıkların değerleri ile çarpılarak muhtemel hasarlar tahmin edilmiştir.

4. Uygulama

Taşkın modellemesi birtakım süreçleri içerir. Modelleme için öncelikle sayısal bir yükseklik modeli, nehir veya kanal boyunca kesitler, farklı dönüş süreleri için hesaplanan taşkın tekerrür debileri, çalışma alanına ait halihazır haritalar ve Manning sürtünme katsayıları gerekir. Bu çalışmada sadece ekonomik kayıplar üzerine yoğunlaşmış olup diğer veriler, özellikleri ve hesaplama detayları ile sonuçları yazarlar tarafından daha önce yayınlanan makalelerde (Demir & Ülke Keskin, 2019, 2020b, 2021) ve Demir (2020) tez çalışmasında yer almaktadır.

- Çalışmada sayısal yükseklik modeli ilçe belediyelerinden temin edilen 1/1000 ölçekli halihazır haritalardan oluşturulmuştur (Şekil 1).
- Nehir kesitleri DSİ'den temin edilmiştir.
- Mert Irmağı üzerinde yer alan akım gözlem istasyonunda 2007'den günümüze kadar akım verileri bulunmaktadır. Fakat elde edilen veriler taşkın tekerrür debilerinin istatistiksel yöntemlerle hesaplanması için yeterli uzunluğa sahip değildir (Beyazıt, 1981, Çıtakoğlu vd., 2017). Bu nedenle yağış-akış modeline dayalı sentetik birim hidrograf yöntemleri kullanılarak farklı tekerrürlü taşkın debileri hesaplanmıştır. Taşkın tekerrür debileri havza alanı ve karakteristik özelliklerine göre Mert Irmağı için DSİ sentetik hidrograf yöntemine göre hesaplanmıştır. Yıllıklı dere üzerinde ise herhangi bir akım gözlem istasyonu bulunmadığından buradaki taşkın tekerrür debileri havza alanının büyüklüğüne göre Mockus yöntemine göre belirlenmiştir. Mockus yöntemi, hesabının pratikliği ve üçgen hidrografının çizim kolaylığı nedeniyle genellikle tekerrür debilerinin elde edilmesinde tercih edilmektedir. Üçgen hidrograflar, rezervuarlarda ve akarsu yataklarındaki ötelemelerde de eğrisel hidrograflar kadar hassas neticeler vermekte, sadece hidrograf kuyruğunun projelendirmeye tesir ettiği hallerde eğrisel hidrograflar zorunlu olmaktadır. Ayrıca üçgen hidrografların eğrisel hidrograflara dönüştürülmesi hassasiyetleri bozulmadan mümkün olmaktadır. Yöntemde, toplanma zamanı (tc) 30 saate kadar olan drenaj alanları için uygulanabilmekte, daha büyük alanlarda drenaj alanı tali parçalara ayrılarak her bir parça için çizilecek hidrograflar geciktirme sürelerine göre süperpoze edilmektedir (Aslan, 1997). Ayrıca çalışma alanı 1000 km²'ye kadar olan alanlarda Mockus yönteminin kullanılması önerilmektedir (Özdemir, 1978).

Tablo 2. Taşkın etkilerine maruz kalan yapıların yaklaşık maliyetleri

Bölge/Debi	Taşkın etki alanındaki toplam alan (m ²)				Taşkın etki alanındaki toplam maliyet (₺)			
	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀
Liman-Park	21.780	24.983	28.186	29.467	17.702.784	20.306.182	22.909.581	23.950.778
Sanayi-Konut	376.204	394.140	426.811	443.466	354.233.686	371.122.224	401.885.238	417.567.586
Memba-Konut	46.763	63.419	92.246	101.214	29.928.320	40.588.160	59.037.440	64.776.960
Konutlar	203.512	203.512	203.512	203.512	12.954.957	212.954.957	12.954.957	12.954.957
Piazza AVM	24.366	24.366	24.366	24.366	32.007.178	32.007.178	32.007.178	32.007.178
Toplam	672.625	710.420	775.121	802.025	646.826.925	676.978.701	728.794.393	751.257.458

Daha önce görüldüğü gibi Huizinga'nın derinlik-hasar eğrileri tarımsal ve kentsel alanları kapsamaktadır. Çalışmamızda bu yöntem ile yapılan hesaplamalarda taşkına maruz kalan alanlar “kentsel alan” olarak seçilmiştir. Buna göre meydana gelen tahmini zararlar Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Huizinga'ya göre toplam taşkın zarar tahmini

Bölge/Debi		Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀
Liman-Park	Derinlik (m)	0,957	1,207	1,192	1,334
	Hasar (%)	30	30	32	34
	Maliyet (₺)	17.702.784	20.306.182	22.909.581	23.950.778
	Toplam Zarar (₺)	5.310.835	6.091.855	7.331.066	8.143.264
	Derinlik (m)	1,194	1,314	1,62	1,854
Sanayi-Konut	Hasar (%)	32	33	38	49
	Maliyet (₺)	354.233.686	371.122.224	401.885.238	417.567.586
	Toplam Zarar (₺)	113.354.780	122.470.334	152.716.390	204.608.117
	Derinlik (m)	2,007	1,88	1,934	2,06
	Hasar (%)	55	50	54	56
Memba-Konut	Maliyet (₺)	29.928.320	40.588.160	59.037.440	64.776.960
	Toplam Zarar (₺)	16.460.576	20.294.080	31.880.218	36.275.098
	Derinlik (m)	1,7	1,9	2,1	2,2
	Hasar (%)	41	50	56	58
	Maliyet (₺)	212.954.957	212.954.957	212.954.957	212.954.957
Konutlar	Toplam Zarar (₺)	87.311.532	106.477.478	119.254.776	123.513.875
	Derinlik (m)	3,2	3,6	3,9	4,2
	Hasar (%)	79	84	87	91
	Maliyet (₺)	32.007.178	32.007.178	32.007.178	32.007.178
	Toplam Zarar (₺)	25.285.670	26.886.029	27.846.245	29.126.532
Çalışma Alanı Toplam Zarar (₺)		247.723.393	282.219.776	339.028.694	401.666.885

Tablo 3 incelendiğinde, Q₅₀'de toplam zarar yaklaşık 247 milyon ₺, Q₁₀₀'de 282 milyon ₺, Q₅₀₀'de 339 milyon ₺ ve son olarak Q₁₀₀₀'de 401 milyon ₺'dir.

Bir diğer yöntem olan Van Eck ve Kok'un derinlik-hasar eğrilerinin kullanımında tüm bölgeler “konut yapıları” olarak alınmıştır. Buna göre çalışma alanında meydana gelen zararlar Tablo 4'te verilmiştir. Diğer taraftan, ICBR yöntemi derinlik-hasar eğrilerinin kullanımında tüm bölgeler “yerleşim” olarak alınmıştır. Buna göre çalışma alanında meydana gelen zararlar Tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 4. Van Eck ve Kok'a göre toplam taşkın zarar tahmini

Bölge/Debi		Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀
Liman-Park	Derinlik (m)	0,957	1,207	1,192	1,334
	Hasar (%)	18	19	19,5	20
	Maliyet (₺)	17.702.784	20.306.182	22.909.581	23.950.778
	Toplam Zarar (₺)	3.186.501	3.858.175	4.467.368	4.790.156
Sanayi-Konut	Derinlik (m)	1,194	1,314	1,62	1,854
	Hasar (%)	19,5	19,9	20,5	21
	Maliyet (₺)	354.233.686	371.122.224	401.885.238	417.567.586
	Toplam Zarar (₺)	69.075.569	73.853.323	82.386.474	87.689.193
Membra-Konut	Derinlik (m)	2,007	1,88	1,934	2,06
	Hasar (%)	23	21,5	22,5	25
	Maliyet (₺)	29.928.320	40.588.160	59.037.440	64.776.960
	Toplam Zarar (₺)	6.883.514	8.726.454	13.283.424	16.194.240
Konutlar	Derinlik (m)	1,7	1,9	2,1	2,2
	Hasar (%)	21	23	23,5	25
	Maliyet (₺)	212.954.957	212.954.957	212.954.957	212.954.957
	Toplam Zarar (₺)	44.720.541	48.979.640	50.044.415	53.238.739
Piazza	Derinlik (m)	3,2	3,6	3,9	4,2
	Hasar (%)	53	62	66	79
	Maliyet (₺)	32.007.178	32.007.178	32.007.178	32.007.178
	Toplam Zarar (₺)	16.963.804	19.844.450	21.124.737	25.285.670
Çalışma Alanı Toplam Zarar (₺)		140.829.929	155.262.042	171.306.418	187.197.998

Tablo 4 incelendiğinde, Q₅₀'de toplam zarar yaklaşık 140 milyon ₺, Q₁₀₀'de 155 milyon ₺, Q₅₀₀'de 171 milyon ₺ ve son olarak Q₁₀₀₀'de 187 milyon ₺'dir.

Tablo 5. ICBR Yöntemi'ne göre toplam taşkın zarar tahmini

Bölge/Debi		Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀
Liman-Park	Derinlik (m)	0,957	1,207	1,192	1,334
	Hasar (%)	24	25	27	29
	Maliyet (₺)	17.702.784	20.306.182	22.909.581	23.950.778
	Toplam Zarar (₺)	4.248.668	5.076.546	6.185.587	6.945.726
Sanayi-Konut	Derinlik (m)	1,194	1,314	1,62	1,854
	Hasar (%)	27	28	31	34
	Maliyet (₺)	354.233.686	371.122.224	401.885.238	417.567.586
	Toplam Zarar (₺)	95.643.095	103.914.223	124.584.424	141.972.979
Membra-Konut	Derinlik (m)	2,007	1,88	1,934	2,06
	Hasar (%)	35,5	34	35	36
	Maliyet (₺)	29.928.320	40.588.160	59.037.440	64.776.960
	Toplam Zarar (₺)	10.624.554	13.799.974	20.663.104	23.319.706
Konutlar	Derinlik (m)	1,7	1,9	2,1	2,2
	Hasar (%)	32	35	38	38
	Maliyet (₺)	212.954.957	212.954.957	212.954.957	212.954.957
	Toplam Zarar (₺)	68.145.586	74.534.235	80.922.884	80.922.884
Piazza	Derinlik (m)	3,2	3,6	3,9	4,2
	Hasar (%)	48	55	58	62
	Maliyet (₺)	32.007.178	32.007.178	32.007.178	32.007.178
	Toplam Zarar (₺)	15.363.445	17.603.948	18.564.163	19.844.450
Çalışma Alanı Toplam Zarar (₺)		194.025.349	214.928.925	250.920.161	273.005.744

Tablo 5 incelendiğinde, Q₅₀'de toplam zarar yaklaşık 194 milyon ₺, Q₁₀₀'de 214 milyon ₺, Q₅₀₀'de 250 milyon ₺ ve son olarak Q₁₀₀₀'de 273 milyon ₺'dir.

Pistrika ve Jonkman'a göre taşkından etkilenen binalar çevresindeki maksimum hızların ortalaması Tablo 6'da, tahmini zararlar ise Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 6. Pistrika ve Jonkman'a göre maksimum hızların ortalaması

Bölge/Debi	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀
Liman-Park	0,465	0,526	0,655	0,761
Sanayi-Konut	0,634	0,715	0,906	1,043
Memba-Konut	1,279	1,253	1,377	1,51
Konutlar	2,201	2,404	2,404	2,401
Piazza AVM	2,201	2,400	1,680	4,00

Tablo 7. Pistrika ve Jonkman'a göre toplam taşkın zarar tahmini

Bölge/Debi	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	
Liman-Park	Derinlik (m)	0,957	1,207	1,192	1,334
	D (%)	0,49	0,51	0,51	0,53
	Maliyet (₺)	17.702.784	20.306.182	22.909.581	23.950.778
	Toplam Zarar (₺)	8.737.029	10.294.306	11.774.213	12.629.116
Sanayi-Konut	Derinlik (m)	1,194	1,314	1,62	1,854
	D (%)	0,51	0,52	0,55	0,58
	Maliyet (₺)	354.233.686	371.122.224	401.885.238	417.567.586
	Toplam Zarar (₺)	181.663.648	194.272.849	222.113.600	240.962.691
Memba-Konut	Derinlik (m)	2,007	1,88	1,934	2,06
	D (%)	0,61	0,59	0,61	0,63
	Maliyet (₺)	29.928.320	40.588.160	59.037.440	64.776.960
	Toplam Zarar (₺)	18.122.159	24.120.105	35.847.327	40.610.332
Konutlar	Derinlik (m)	1,7	1,9	2,1	2,2
	D (%)	0,64	0,67	0,69	0,70
	Maliyet (₺)	212.954.957	212.954.957	212.954.957	212.954.957
	Toplam Zarar (₺)	135.516.747	142.510.177	147.266.995	149.645.403
Piazza	Derinlik (m)	3,2	3,6	3,9	4,2
	D (%)	0,79	0,86	0,80	1,11
	Maliyet (₺)	32.007.178	32.007.178	32.007.178	32.007.178
	Toplam Zarar (₺)	25.433.713	27.496.392	25.668.189	35.596.605
Çalışma Alanı Toplam Zarar (₺)	369.473.296	398.693.829	442.670.324	479.444.147	

Tablo 7 incelendiğinde, Q₅₀'de toplam zarar yaklaşık 369 milyon ₺, Q₁₀₀'de 398 milyon ₺, Q₅₀₀'de 442 milyon ₺ ve son olarak Q₁₀₀₀'de 479 milyon ₺'dir.

Alana oranla en büyük zararlar TOKİ yerleşim yerlerinin de yer aldığı konutlar bölgesinde ve Piazza AVM bölgesinde görülmektedir.

Taşkın zarar tahmini ekonomik öğelerin yanında olası taşkınlardan etkilenebilecek insan sayısı üzerinden de yapılmıştır. Çalışma alanı olan Canik - İlkadım merkez ilçelerinde yer alan mahallelerin nüfus bilgilerine göre taşkınlardan etkilenebilecek nüfus için tahminler yapılmıştır (Canik, 2020; İlkadım, 2020). Çalışma alanında, taşkından etkilenen insanların sayısı; farklı tekerrür debileri için taşkın yayılım alanlarının mahallelerle çakıştırılmasıyla elde edilen bölgesel alan-mahalle nüfusu doğrusal ilişkisine göre yaklaşık olarak tespit edilmiştir. Mahallelerdeki nüfusun alana homojen dağıldığı varsayımı yapılmıştır. Göz önüne alınan taşkın tekerrür debilerine göre etkilenen nüfus bilgileri Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Taşkınlardan etkilenen tahmini nüfus değerleri

Taşkın Debisi	Nüfus (kişi)
Q ₅₀	8.510
Q ₁₀₀	9.434
Q ₅₀₀	10.917
Q ₁₀₀₀	11.841

Tablo 8'de verilen olası taşkınlardan etkilenebilecek nüfusların yüzdeleri incelendiğinde, Q₅₀'de bölge nüfusunun %1,98'inin etkilenebileceği görülmüştür. Bu değer Q₁₀₀₀'de %2,75'e kadar çıkmaktadır. Kişi sayıları incelendiğinde Q₅₀'de yaklaşık 9 bin insanın

etkilenebileceği görülmüştür. Bu değer Q_{1000} 'de 12 bin'e kadar çıkmaktadır. Q_{1000} gibi taşkınların görülme olasılığı çok düşük olsa da Q_{50} gibi taşkınların Karadeniz Bölgesi'nde görülme olasılığı oldukça yüksektir (Beden, 2019, 2021). Q_{50} debisi meydana geldiğinde ilgili bölgedeki nüfusun yaklaşık %2'sinin etkilenebilecek olması çalışma alanı için ciddi önemlerin alınması gerektiğini göstermektedir.

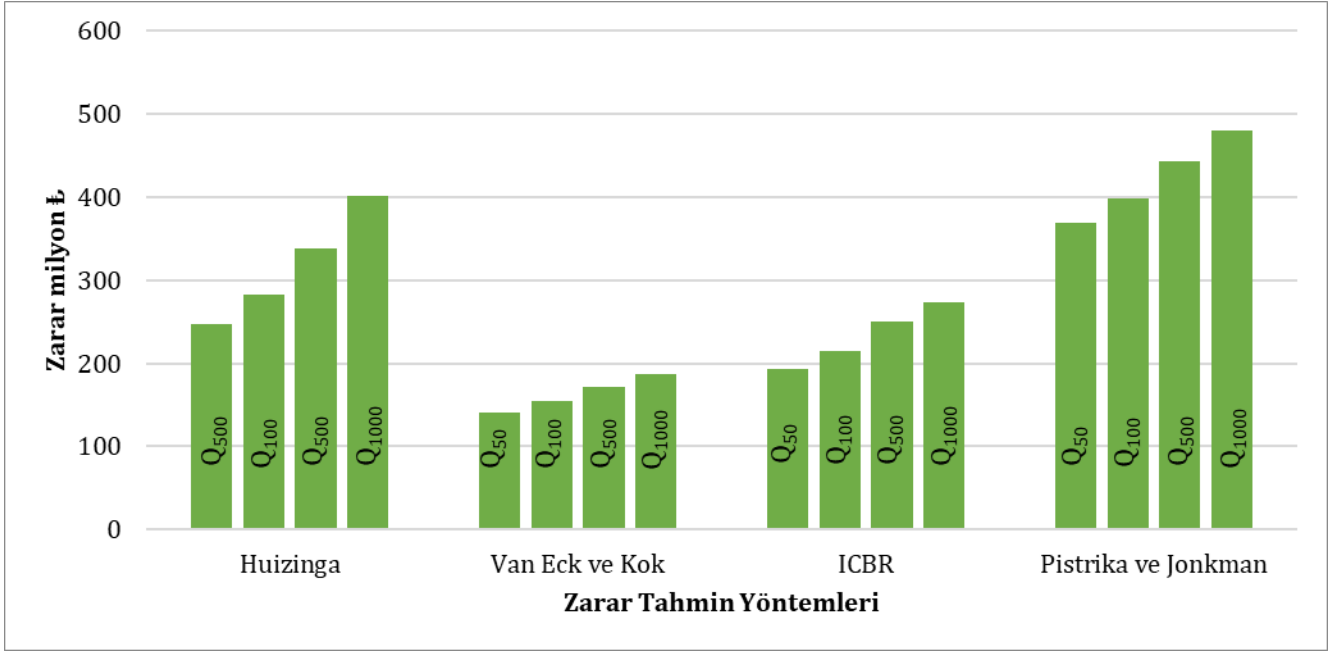
5. Tartışma

Bu çalışmada HEC-RAS 2D yazılımı ile taşkın modellenmesi yapılmıştır. Modelleme sonucunda taşkın haritaları elde edilmiştir ve taşkınlar nedeniyle oluşabilecek zararlar tahmin edilmiştir. Bu çalışma alanı ve literatürde yer alan diğer başka çalışmaların birçoğunda taşkınlar modellendikten sonra taşkın hasarlarına ait zararlar incelenememektedir. Bunun temel nedeni ise ülkemizde derinlik-hasar çalışmalarının yeni yeni çalışılan konular olmasıdır. Bu çalışma ile hem HEC-RAS 2D modellenmesi hem de hasar tahmin çalışmaları bölgede ilk kez yapılmıştır. Taşkın yayılım, hız, derinlik, tehlike ve risk haritalarının yanında bu haritalarda olayın büyüklüğünü anlamlı kılacak zararların da belirlenmesi, taşkınların yıkıcı etkilerini anlamak için büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından 2015 yılında hazırlanan “Yeşilirmak Havzası Taşkın Yönetim Planı” raporu ile karşılaştırılmıştır. Raporda elde edilen sonuçların 2014 yılı nüfus bilgilerine göre ve Mert Irmağı için yapılan taşkın modellenmesi ve 2013 yılında DSİ tarafından hazırlanan “Taşkın Tehlike Alanlarının Belirlenmesi” planlama raporlarından alındığı belirtilmiştir (Bakanlık, 2020). Rapora göre, Samsun Mert Irmağı havzası Q_{100} , Q_{500} ve Q_{1000} taşkın debileri için öncelikli riskli bölgelerdendir. Söz konusu raporda, risklerin belirlenmesinde ülkemizde herhangi bir tanımlı yöntem olmadığı için Avrupa ülkelerinde kullanılan hasar fonksiyonları kullanılmış ancak hangi yöntem(ler) olduğu belirtilmemiştir. Taşkın etki şiddeti ve tekerrürüne göre sağlık, çevre, kültürel miras ve ekonomik risklere göre Yeşilirmak Havzası'nda incelenen 20 nehrin önem sırasına göre Samsun Mert Irmağı Q_{50} debisine göre 16. sırada Q_{100} debisine göre 3. sırada, Q_{500} debisine göre 5. sırada, Q_{1000} debisine göre ise 8. sırada yer almaktadır. Mert Irmağı'nda şiddetli taşkınların ve çok yüksek hasarların yaşandığı belirtilmekte ve yıllık 12 milyon ₺'lik hasar beklentisi öngörülmektedir. Havzadaki taşkından etkilenen insanların beklenen yıllık sayıları bağlamında Samsun'un tehlikenin en fazla olduğu yerleşim yeri olduğu görülmektedir. Mert Irmağı için tahmini etkilenen nüfus sayıları 2014 nüfus verine göre; Q_{100} için 6.119 kişi, Q_{500} için 10.254 ve Q_{1000} için 14.733 kişidir (Bakanlık, 2020). Taşkın zararları ise tekerrür debilerine ve 2013 yılında DSİ tarafından hazırlanan rapora göre; Q_{100} için 297 milyon ₺, Q_{500} için 420 milyon ₺, Q_{1000} için 600 milyon ₺ şeklindedir. Mert Irmağı için yıllık ortalama taşkından etkilenen insan sayısı 111 olarak belirtilmiş ve havzada Terme çayı (238), Çorum merkez (209), Samsun Batı (189) nehirlerinden sonra 4. sıradadır. Havzada taşkından etkilenen toplam yıllık beklenti ise 1237 kişidir. Mert Irmağı taşkınları için yıllık ortalama tahmini zarar ise 4,95 milyon ₺'dir. Olası taşkınlardan etkilenebilecek tahmini kişi sayıları Tablo 9'da karşılaştırılmıştır.

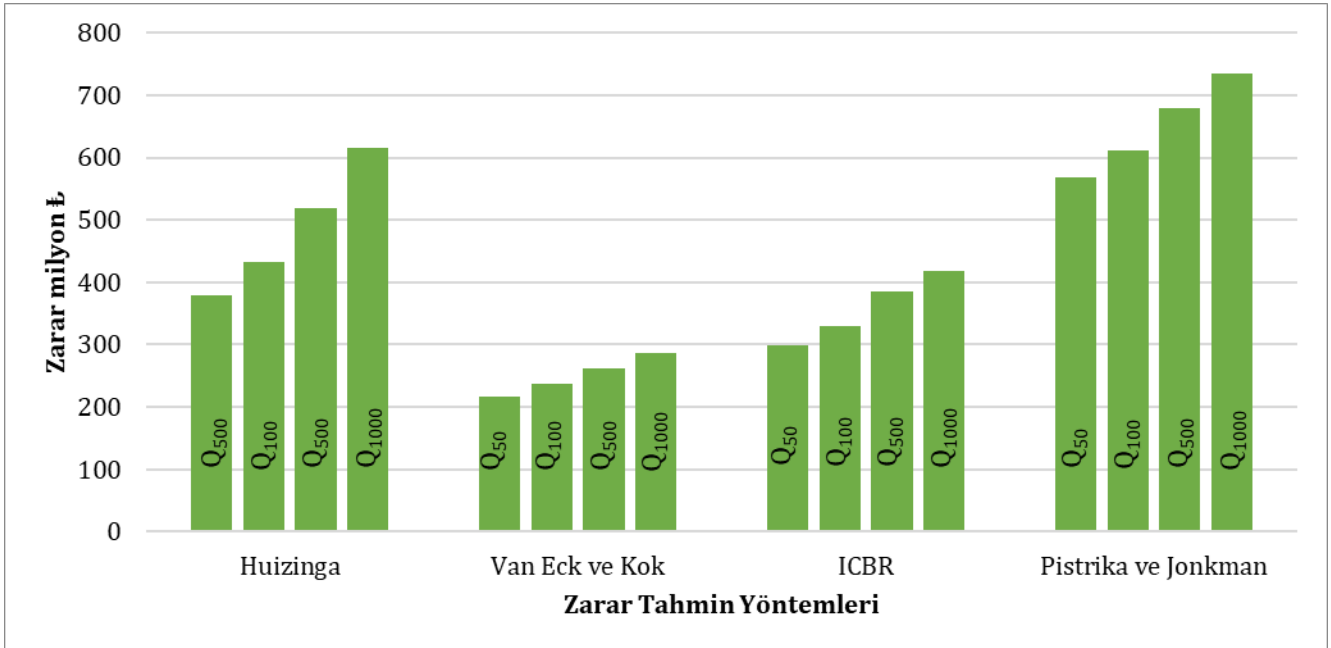
Tablo 9. Taşkınlardan etkilenen tahmini nüfus sayılarının karşılaştırması

Taşkın Debisi	HEC-RAS 2D	Rapor
Q_{50}	8.510	-
Q_{100}	9.434	6.119
Q_{500}	10.917	10.254
Q_{1000}	11.841	14.733

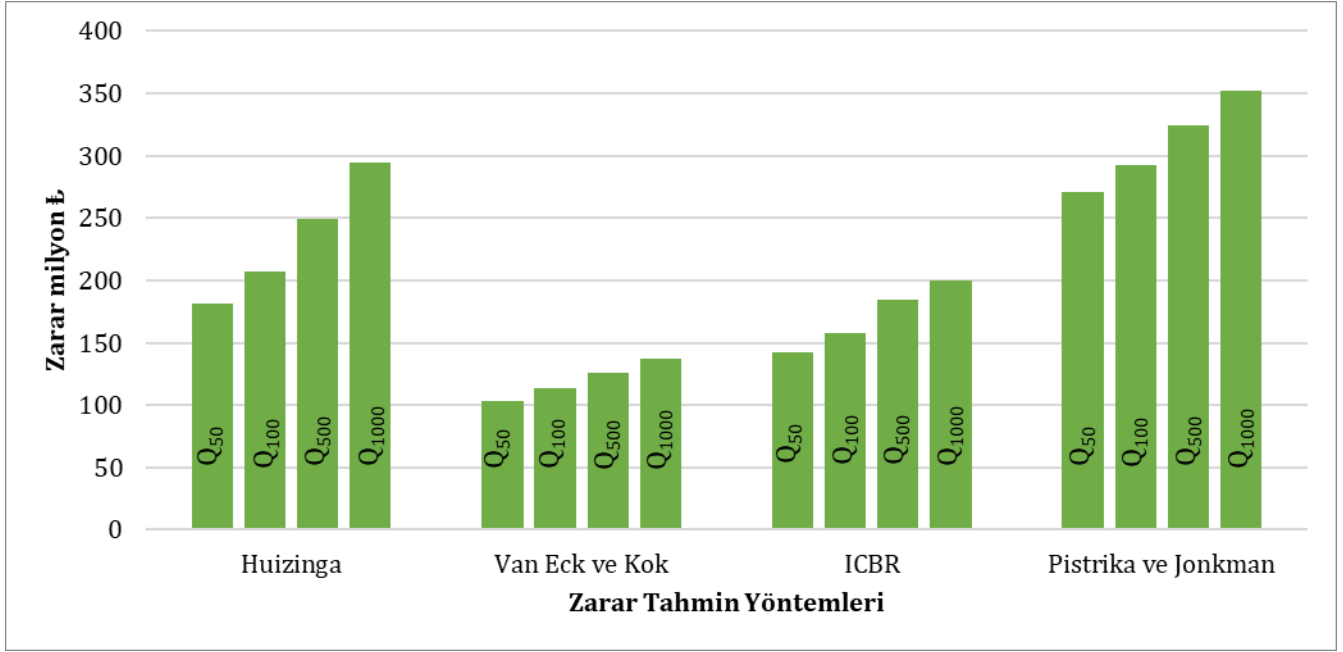
Tablo 9'da modellemeler sonucunda elde edilen tekerrür debileri - etkilenebilecek nüfus sayılarına bakıldığında Q_{100} debisinde modeller daha fazla nüfus tahmin etmiş, Q_{500} debisinde sonuçlar birbirine 1-2 bin kişi kadar yaklaşmış, Q_{1000} debisinde ise rapordan daha düşük sayılar elde edilmiştir. 2014 ile 2018 yılları arası ilçe nüfuslarında artış da göz önüne alındığında sonuçların daha da yaklaşacağı düşünülmektedir. Nüfusun bölgesel artış hızının tam olarak bilinmemesi bu farkın sebebi olarak düşünülmektedir. Ayrıca, 2018, 2020 ve 2015 (rapor yayınlanma yılı) yıllarına ait taşkın zararları sırasıyla Şekil 7, 8 ve 9'da karşılaştırılmıştır. Raporda tahmini zararların hangi yıla ait yapı maliyetleriyle ve birim fiyatları ile yapıldığı hakkında bilgi yer almamaktadır. Bu bölümde sonuçların değerlendirilmesi üç farklı (2015, 2018, 2020) yıla ait birim fiyatlar üzerinden değerlendirilmiştir. Buna göre, mimarlık ve mühendislik hizmet bedellerinin hesabında kullanılacak 2015, 2018 ve 2020 yılları için yapı yaklaşık birim maliyetleri hakkında resmi tebliğlere göre yapı birim maliyetleri göz önüne alınmıştır. Bu yılların seçilme sebepleri; (i) “Yeşilirmak Havzası Taşkın Yönetim Planı” 2015 yılında yayınlandığından bu yıla ait modelden elde edilen sonuçlarla rapor sonuçları karşılaştırılmıştır, (ii) Taşkın modellemeleri 2018 yılı verileriyle gerçekleştirildiğinden bu yıla ait yapı birim maliyetleri kullanılmıştır, (iii) 2020 yılı verileri ise güncel yapı birim maliyetlerini içerdiği için güncel verilerle de sonuçlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 7. 2018 yılı için tahmini taşkın zararların karşılaştırılması



Şekil 8. 2020 yılı için tahmini taşkın zararların karşılaştırılması



Şekil 9. 2015 yılı için tahmini taşkın zararların karşılaştırılması

Şekil 9 incelendiğinde, 2015 yılından 2018 yılına yapı yaklaşık maliyetlerinin %50-%70 oranında arttığı göz önüne alınarak, çalışma alanı için Pistrika ve Jonkman zarar tahmin yönteminin daha uyumlu olduğu düşünülmektedir. Burada kullanılan yöntemlerden elde edilen sonuçlar ile rapor çıktıları arasındaki farklılığın başlıca sebepleri çalışmada kullanılan veri ve yöntemlerden kaynaklanan belirsizlikler olarak sıralanabilir. Öncelikle, çalışma yılının farklı olması model girdi ve çıktılarını (yağış ve akış) dolayısıyla modelleme sonuçlarını değiştirmektedir. Diğer taraftan, Manning değerlerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemin ve yapı yaklaşık maliyetleri için hangi yılın baz alındığının bilinmemesi bir diğer belirsizlik kaynağıdır. Bu çalışmada yıpranma payı %20 olarak alınmıştır, fakat raporda bununla ilgili herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Ayrıca, hidrolik modelleme altlıkları hakkında karşılaştırma amacıyla gerekli bilgi yer almamaktadır.

6. Sonuçlar

Bu çalışmada Mert Irmağı havzasında yer alan Mert Irmağı ve yan kolu Yılanlıdere'nin iki boyutlu taşkın modellemesi HEC-RAS 2D paket programıyla yapılmıştır. Bu amaçla, 4 farklı (Q₅₀, Q₁₀₀, Q₅₀₀ ve Q₁₀₀₀ yıllık) taşkın tekerrür debisi kullanılmıştır. Çalışma alanında HEC-RAS 2D programı ilk kez kullanılarak taşkın yayılım haritaları oluşturulmuştur. Daha sonra ArcMap, coğrafi bilgi sistemi yazılımı, kullanılarak bu haritalardan taşkın sonucunda oluşabilecek ekonomik kayıplar tahmin edilmiştir. Ayrıca, mahalle nüfus verileri ile taşkından etkilenecek alanlar ArcMap'de üst üste çakıştırılarak taşkınlardan etkilenecek kişi sayısı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen veriler Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından 2015 yılında hazırlanan Yeşilirmak Havzası Taşkın Yönetim Planı'nda yer alan rapor sonuçlarıyla karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Buna göre çalışma bölgesinde;

1. Göz önüne alınan taşkın debileri sonucunda oluşan taşkın zararları hesaplanırken mansap bölgesinde yer alan yapılar beş bölgede incelenmiştir. Her bir debinin çalışma alanında meydana getireceği zararları tahmin etmek için Huizinga, Van Eck ve Kok, ICBR ile Pistrika ve Jonkman'ın zarar belirleme yöntemleri kullanılmıştır. Huizinga yönteminde taşkın zarar miktarları 247 ile 401 milyon ₺, Van Eck ve Kok'da 140 ile 187 milyon ₺, ICBR'de 194 ile 273 milyon ₺ ve Pistrika ve Jonkman'a göre ise 369 ile 479 milyon ₺ arasında değiştiği tespit edilmiştir.
2. Tüm zarar tahmin yöntemlerinin sonuçları incelendiğinde en büyük zarar maliyetleri Pistrika ve Jonkman yöntemiyle; en düşük zarar maliyetleri ise Van Eck ve Kok yöntemiyle hesaplanmıştır. Bunun başlıca nedeninin Pistrika ve Jonkman yönteminde hesaplamalara hem hız hem de derinliğin etki ettirilmesi olarak düşünülmektedir. İki boyutlu taşkın modellemesi ve bakanlık rapor sonuçlarının değerlendirilmesi sonucunda çalışma bölge için güvenli tarafta kalabilecek hasar tahmininde Pistrika ve Jonkman eşitliğinin kullanılması uygun olacaktır.

Teşekkür

Karatay Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümüne ve çalışmanın makale formatına uyarlanması konusunda yardımlarından dolayı Abdulkadir Özcan'a teşekkür etmektedir. Yazarlar bağımsız hakemlere önerileri için teşekkür etmektedir.

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi'nde Aslı Ülke Keskin danışmanlığında Vahdettin Demir tarafından hazırlanan "Samsun Mert Havzasında Bir ve İki Boyutlu Modeller ile Taşkın Alanlarının Belirlenmesi" başlıklı doktora tez çalışmasının bir bölümü kullanılarak hazırlanmıştır.

Referanslar

- Aslan, B. (1997). S.C.S. sentetik birim hidrograf yönteminin Türkiye şartlarında uygulanabilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Alho, P., Aaltonen, J., Comparing A (2008), 1D Hydraulic Model with A 2D Hydraulic Model for The Simulation of Extreme Glacial Outburst Floods. *Hydrol. Process.*, 22(10), 1537–1547.
- Anılan, T., Yüksek, Ö., Kankal, M. (2016), Regional Flood Frequency Analysis of Eastern Black Sea Basin Based on L-Moments. *UCTEA Technical Journal*, 451, 7403–7427.
- Anonim, 2014. Guidelines for the preparation of flood risk management plans, capacity building for the implementation of the flood directive EU twinning project. General Directorate of Water Management, Ankara. http://taskinyonetimi.suyonetimi.gov.tr/taskin/Files/Outputs/TRYP_Kilavuzlar.pdf Yayın tarihi 2014. Erişim tarihi Mayıs 11, 2019.
- Bakanlık (2020) Yeşilirmak Basin Flood Management Plan Available online: [https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Taşkın Yönetim Planları/1\) YESILIRMAK HAVZASI TAŞKIN YÖNETİM PLANI.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Taşkın_Yönetim_Planları/1)YESILIRMAK_HAVZASI_TAŞKIN_YÖNETİM_PLANI.pdf) Yayın tarihi 2020. Erişim tarihi Mayıs 11, 2020.
- Bates, P., De Roo, A.P., (2000), A simple Raster-Based Model for Flood Inundation Simulation. *J. Hydrol.*, 236(1-2), 54–77.
- Bayazıt, M. (1981), Hidrolojide İstatistik Yöntemler; İstanbul Teknik Üniversitesi matbaası, İstanbul, 1981.
- Beden, N. (2019) Cevizdere havzasının sayısal modelleme sistemlerine dayalı taşkın analizi ve taşkın zararlarının değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Ondokuzmayıs Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Beden, N., Ülke Keskin, A., (2020), Flood Hazard Assessment of A Flood-Prone Intensively Urbanized Area - A Case Study From Samsun Province, *Geofizika*, 37(1), 1–31.
- Beden, N., Ülke Keskin, A. (2021), Flood Map Production and Evaluation Of Flood Risks in Situations of Insufficient Flow Data. *Nat. Hazards* 105, 2381–2408.
- Canik (2020), Canik Nüfusu, https://www.nufusu.com/ilce/canik_samsun-nufusu Yayın tarihi 2020. Erişim tarihi Mayıs 15, 2020.
- Cesur, D. (2007), GIS As An Information Technology Framework for Water Modeling. *J. Hydroinformatics*, 9(2), 123–134.
- Çıtakoğlu, H., Demir, V., & Haktanır, T. (2017). L–momentler yöntemiyle Karadeniz'e dökülen akarsulara ait yıllık anlık maksimum akım değerlerinin bölgesel frekans analizi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 571-580. doi: 10.28948/ngumuh.341711
- Cook, A., Merwade, V. (2009), Effect of Topographic Data , Geometric Configuration and Modeling Approach on Flood Inundation Mapping. *J. Hydrol.*, 377(1), 131–142.
- de Moel, H.; Aerts, J.C.J.H., (2011), Effect of Uncertainty in Land Use, Damage Models and Inundation Depth on Flood Damage Estimates. *Nat. Hazards*, 58 (1), 407–425.
- Demir, V. (2020), Samsun Mert havzasında bir ve iki boyutlu modeller ile taşkın alanlarının belirlenmesi, Doktora Tezi, Ondokuzmayıs Üniversitesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.
- Demir, V., Kisi, O. (2016), Flood Hazard Mapping by Using Geographic Information System and Hydraulic Model: Mert River, Samsun, Turkey. *Adv. Meteorol.*, 2016.
- Demir, V., Ülke Keskin, A., (2021), Flood flow calculation and flood modeling in rivers that do not have enough flow measurement (Samsun, Mert River sample). *Geomatik*, 7(2), 149–162.

- Demir, V., Ülke Keskin A., (2020a), Height Modeling with Artificial Neural Networks (Samsun-Mert River Basin). *Gazi J. Eng. Sci.*, 6(1), 54–61.
- Demir, V., Ülke Keskin, A., (2020b), Obtaining the Manning Roughness with Terrestrial-Remote Sensing Technique and Flood Modeling using FLO-2D, a case study Samsun from Turkey. *Geofizika* 37(2), 131-156.
- Demir, V., Ülke Keskin A., (2019), Determination of Manning Roughness Coefficient by Cowan Method and Remote Sensing. *Gazi J. Eng. Sci.* 5(2), 167–177.
- Hooijer, A., Klijn, F., Pedroli, G.B.M., Van Os, A.G. (2004), Towards sustainable flood risk management in the Rhine and Meuse river basins: synopsis of the findings of IRMA-SPONGE. *River Res. Appl.*, 20(3), 343–357.
- Horritt, M.S., Bates, P.D., (2002), Evaluation of 1D and 2D Numerical Models for Predicting River Flood Inundation. *J. Hydrol.*, 268(1-4), 87–99.
- Huizinga HJ (2007), Flood damage functions for EU member states. Technical Report, HKV Consultants. Implemented in the framework of the contract #382441-FISC awarded by the European Commission Joint Research Centre, 2007.
- Huthoff, F., Remo, J.W.F., (2015), Pinter, N., Improving Flood Preparedness Using Hydrodynamic Levee-Breach and Inundation Modelling: Middle Mississippi River, USA. *J. Flood Risk Manag.*, 8(1), 2–18.
- ICBR (2001), Atlas van het overstromingsgevaar en mogelijke schade bij extreem hoogwater van de Rijn. Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR), Koblenz, 2001.
- İlkadım (2020), İlkadım Nufusu, https://www.nufusu.com/ilce/ilkadim_samsun-nufusu Yayın tarihi 2020. Erişim tarihi Mayıs 15, 2020.
- Kamboh, S.A., Sarbini, I.N., Labadin, J., Eze, M.O., (2016), Simulation of 2D Saint-Venant equations in open channel by using MATLAB. *J. IT Asia*, 5(1), 15–22.
- Leedal, D., Neal, J., Beven, K., Young, P., Bates, P. (2010), Visualization Approaches for Communicating Real-Time Flood Forecasting Level And Inundation Information. *J. Flood Risk Manag.*, 3(2), 140–150.
- Merz, B., Thielen, A. H., Gocht, M. (2007), Flood risk mapping at the local scale: Concepts and challenges. - In: Beguim, S., Stive, M., Hall, J. W. (Eds.), *Flood Risk Management in Europe: Innovation in Policy and Practice*, (Advances in natural and technological hazards research; 25), Springer, (2007), 231-251.
- Özdemir, H. (1978). *Uygulamalı taşkın hidrolojisi*. Ankara: DSİ Matbaası.
- Petrow, T., Thielen, A.H., Kreibich, H., Merz, B., Bahlburg, C.H. (2006), Improvements on Flood Alleviation in Germany: Lessons Learned from the Elbe Flood in August 2002. *Environ. Manage.*, 38(5), 717–732.
- Pistrika, A.K., Jonkman, S.N., (2010), Damage to residential buildings due to flooding of New Orleans after hurricane Katrina. *Nat. Hazards*, 54(2), 413–434.
- Quirogaa, V.M., Kurea, S., Udoa, K., Manoa, A. (2016), Application of 2D Numerical Simulation for The Analysis of The February 2014 Bolivian Amazonia Flood: Application of The New HEC-RAS version 5, *Ribagua*, 3, 25–33.
- Resmî Gazete (2022), <https://www.resmigazete.gov.tr/>. Erişim tarihi Nisan 20, 2022.
- Rubinato, M., Nichols, A., Peng, Y., Zhang, J., Lashford, C., Cai, Y., Lin, P., Tait, S. (2019), Urban and River Flooding: Comparison of Flood Risk Management Approaches in The UK and China and An Assessment of Future Knowledge Needs. *Water Sci. Eng.*, 12(4), 274–283.
- Serencam, U. (2013), Taşkın zararları ve zarar görebilirlik analizi: Trabzon değirmendere sanayi mahallesi örneği, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Trabzon.

- Taş, E., İçağa, Y., Zorluer, İ., (2016), Constitution of Flood Inundation Maps and Flood Damage Analysis: A Case Study of Akarcay Afyon Subbasin, *Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering*, 16, 711–721.
- Ulke, A., Beden, N., Demir, V., Menek, N. (2017), Numerical modeling of Samsun Mert River floods. *EWRA Publ.*, 57, 27–34.
- Uslu, G., Sesli, A. F., Uzun, B., Yilmazsoy, B., Akdemir, Ç., Güler, S. (2018), Determination of Flood Hazard Maps with Geographic Information Systems. *Journal of Urban Culture and Management*, 11(4), 545–558.
- Van Eck N.V., Kok M. (2001), *Standaard Methode Schade en Slachtoffers Als Gevolg Van Overstromingen. Dienst Wegen Waterbouwkunde. Ministerie van Rijkswaterstaat, Netherlands.* https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_20427_31/, 2001.
- Vozinaki, A.E.K., Morianou, G.G., Alexakis, D.D., Tsanis, I.K. (2017), Comparing 1D and Combined 1D/2D Hydraulic Simulations Using High-Resolution Topographic Data: A Case Study of The Koiliaris Basin, Greece. *Hydrol. Sci. J.*, 62(4), 642–656.
- Willems, P., Arnbjerg-Nielsen, K., Olsson, J., Nguyen, V.T.V., (2012), Climate Change Impact Assessment on Urban Rainfall Extremes and Urban Drainage: Methods And Shortcomings. *Atmos. Res.*, 103, 106–118.
- Zerger, A., Wealands, S., (2004), Beyond Modelling: Linking Models with GIS for Flood Risk Management. *Nat. Hazards*, 33, 191–208.