



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 28.03.2022  
Kabul Tarihi : 31.05.2022

Received Date : 28.03.2022  
Accepted Date : 31.05.2022

## TAŞKIN YAYILIM HARİTALARINDA ARAZİ KULLANIM TÜRÜ VE YÜZEYSEL AKIŞ ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: MALATYA İLİ ÖRNEĞİ

### EVALUATION OF LAND USE TYPE AND THE EFFECTS OF RUNOFF IN FLOOD INUNDATION MAPS: THE CASE OF MALATYA PROVINCE

Burak ÇIRAĞ<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0002-7721-5128)  
Mahmut FIRAT<sup>2\*</sup> (ORCID: 0000-0002-8010-9289)

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye  
<sup>2</sup>İnönü Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Mahmut FIRAT, [mahmut.firat@inonu.edu.tr](mailto:mahmut.firat@inonu.edu.tr)

#### ÖZET

Dünya genelinde kentleşme artmaktadır ve buna bağlı olarak kentsel nüfus da artmaktadır. Hızlı kentsel nüfus artışının sonucu olarak yetersiz drenaj sistemleri nedeniyle taşkın yağışı durumunda, binaların bodrum katlarını su basması, ulaşım yollarının kapanması gibi can ve mal kaybına neden olabilecek hasarlar meydana gelmektedir. Bu çalışmada, Malatya ili için arazi kullanım türü ve sızma durumlarına bağlı üç farklı senaryo kapsamında taşkın yayılım haritaları oluşturulmuştur. Bu senaryolar, modelde; arazi kullanım türünün olmadığı, arazi kullanım türünün olduğu ve arazi kullanım türü ile yüzeysel akış değerlerinin birlikte olduğu duruma dayanmaktadır. Çalışmanın, hidrolojik veya hidrodinamik modellerde arazi kullanımı ve yüzeysel akış verilerinin kullanımı hakkında detaylar sunması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, InfoWorks ICM yazılımı kullanılarak oluşturulan modeller, model doğruluğunu arttırması için sayısal yükseklik modeli, bina konum verileri, arazi kullanım türü ve gelecekte meydana gelebilecek yağış yükseklikleri verileriyle desteklenmiştir. Sonuçlar, arazi kullanım türü ile yüzeysel akış değerlerinin birlikte kullanıldığı modele dayalı senaryo da diğer iki senaryoya göre havza genelinde daha az akış kollarının oluştuğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Arazi kullanım türü, yüzeysel akış, taşkın modelleme, infoWorks ICM yazılımı, taşkın yayılım haritası

#### ABSTRACT

Urbanization is increasing worldwide, and the urban population is increasing accordingly. As a result of rapid urban population growth, in the event of flooding due to inadequate drainage systems, damages that may cause loss of life and property such as flooding of basements of buildings and closure of transportation roads occur. In this study, flood spreading maps were created for Malatya province within the scope of three different scenarios depending on the land use type and infiltration conditions. These scenarios, in the model; it is based on the situation where there is no land use type, there is a land use type, and the land use type and runoff values are together. The study is intended to provide details on the use of land use and runoff data in hydrological or hydrodynamic models. In this context, the models created using the InfoWorks ICM software are supported by the digital elevation model, building location data, land use type and future precipitation heights to increase the model accuracy. The results showed that in the scenario based on the model, in which land use type and runoff values are used together, less flow occurs throughout the basin compared to the other two scenarios.

**Keywords:** Land use type, runoff, flood modeling, infoWorks ICM software, flood spread map

To Cite: ÇIRAĞ, B., & FIRAT, M., (2022). TAŞKIN YAYILIM HARİTALARINDA ARAZİ KULLANIM TÜRÜ VE YÜZEYSEL AKIŞ ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: MALATYA İLİ ÖRNEĞİ. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(3), 222-236.

## GİRİŞ

Kentsel nüfus ülkelerde kentleşme hızından dolayı son yıllarda hızla artmaktadır. Yapılan çalışmalarda, 21. yüzyılın sonunda dünya nüfusunun üçte ikisinin kentsel bölgelerde yaşayacağı tahmin edilmektedir (Pontius Jr ve Schneider, 2001; Bongaarts, 2006; Rahmati vd., 2019). Kentlerde, yetersiz ve kötü drenaj sistemleri, drenaj sistemlerinin yeterli bakımının yapılmaması ve kentsel bölgelerdeki kontrolsüz büyüme sonucunda şehir bölgelerinde meydana gelen kentsel taşkınlar gözlenmektedir (Naiji vd., 2021). Kentsel taşkınlar, kentsel bölgelerde geçirimsiz yüzeylerin yoğun olması ve drenaj ağlarının yetersiz olmasından kaynaklı meydana gelen ani su basmalarıdır (Kadioğlu, 2019; Çırağ, 2021). Kentsel bölgelerdeki büyüme süreci, doğal yapının değişmesine ve bitki örtüsüyle kaplı yüzeylerin geçirimsiz alanlarla değişmesine sebep olmaktadır (Yao vd., 2016; Cortés-Zambrano vd., 2021). Bunun sonucunda yağış sularının zemine sızmasında ciddi miktarda azalma görülmekte ve kentsel havzalardaki yüzeysel akışta artışa neden olmaktadır (Mejía ve Moglen, 2010; Cortés-Zambrano vd., 2021).

Son çalışmalar, değişen iklim koşulları nedeniyle aşırı yağış olaylarındaki artışı belirtmektedirler (Turkington vd., 2016; Steffen vd., 2017; Mukherjee vd., 2018; Rangari vd., 2019). Bu tür olayların meydana gelmesi kontrol edilemez, fakat modern taşkın modelleme teknikleriyle can ve mal kaybına sebebiyet verebilecek riskler ve hasarlar etkin bir şekilde azaltılabilir (Rangari vd., 2019). Hidrolojik sistemi ve birçok faktörün hidrolojik sistem üzerindeki etkisini daha iyi anlamaya yardımcı olan taşkın modellemeleri, son yıllarda ciddi gelişmeler sağlamıştır (Todini, 1978; Narasimhan vd., 2016; Natarajan ve Radhakrishnan, 2020). Ayrıntılı bir şekilde kentsel taşkın dağılımını ve zemin yüzeyindeki akışı doğru bir şekilde analiz etmek için birleştirilmiş 1 boyutlu (1B) ve 2 boyutlu (2B) hidrodinamik modeller kullanılmaktadır (Fan vd., 2017).

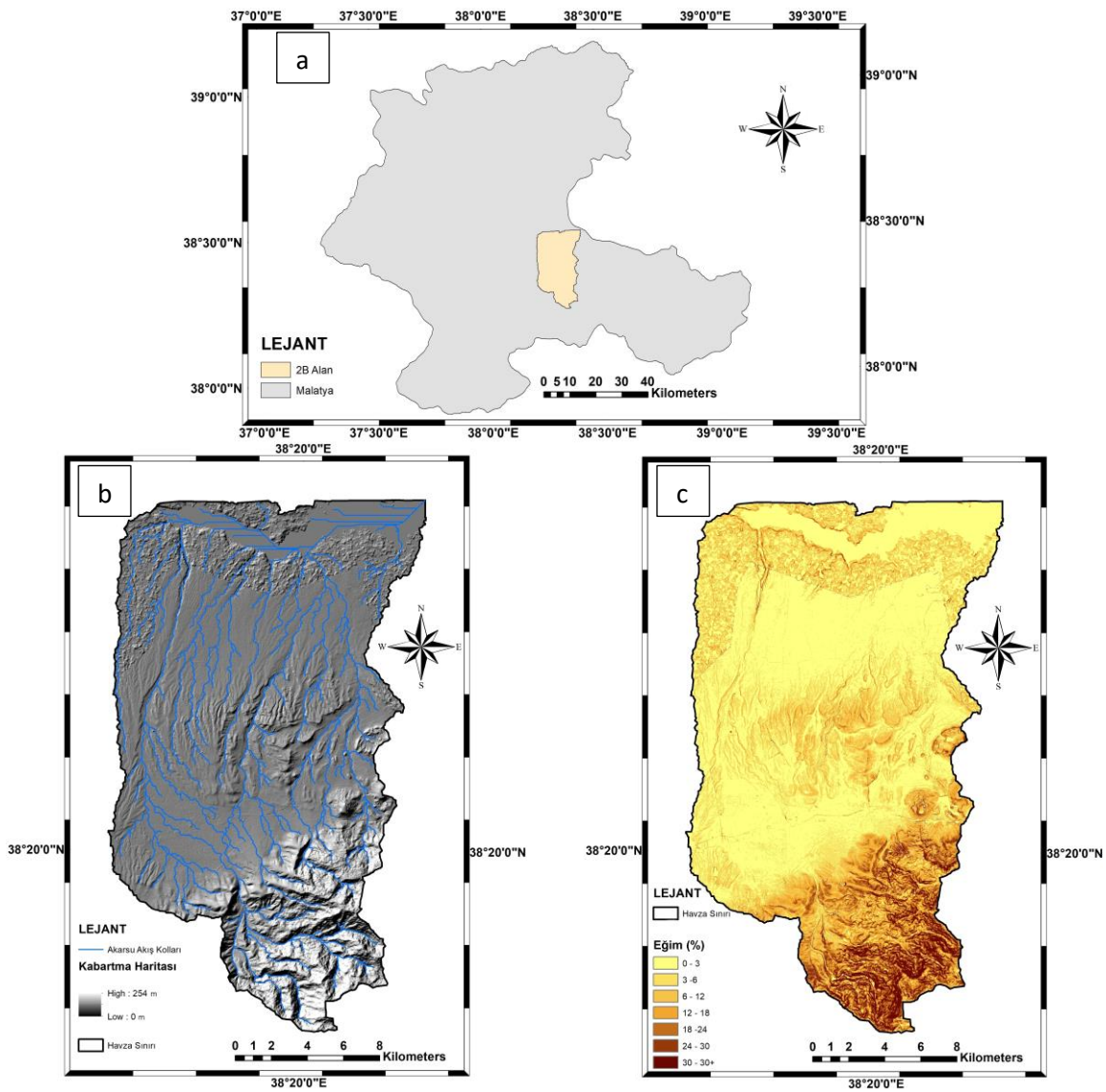
Rangari vd. (2019), Hindistan Haydarabad'ın bir bölümü için şiddet-süre-frekans (IDF) eğrileri temel alınmış, sentetik hiyetrograflar ve geçmiş kritik olaylar dikkate alınarak yağış olayları analiz edilmiştir. Taşkın derinliğini elde etmek ve farklı yağış senaryolarına dayalı taşkın risk haritalarını oluşturmak için 2 boyutlu hidrolik model olan HEC-RAS modelini kullanmıştır. Model sonuçları, toplam alanın %17'sinin sele eğilimli olduğunu ve bunun %9'unun yüksek risk, %52'sinin orta risk ve %35'inin de düşük sel riski altında olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar bölgenin risk durumuna göre mevcut yapıların gözden geçirilmesi ve gerekli tedbirlerin alınması için referans oluşturmaktadır. Jamali vd. (2018) taşkın kapsamını, derinliğini ve bununla ilişkili hasarı hızla tahmin edebilecek Hızlı Kentsel Taşkın ve Hasar Değerlendirme Modeli (RUFIDAM) geliştirmeyi ve doğrulamayı amaçlamıştır. Model çıktıları, 1B-2B hidrodinamik kentsel taşkın model olan MIKE FLOOD ile karşılaştırmışlardır. RUFIDAM modelinin, mevcut hidrodinamik modellerden önemli ölçüde daha hızlı olduğunu, taşkın ve hasar maliyetlerini yeterli doğrulukta tahmin ettiği sonucuna ulaşmışlardır. Jiang, Chen ve Wang (2015) Çin'deki Dongguan şehrinin kentsel taşkını analiz etmek için Yağmursuyu Yönetim Modelini (SWMM) kullanmışlardır. Bunun için önce sayısal yükseklik modeli (SYM), dijital harita ve drenaj sistemlerine dayalı model kurulmuştur. Daha sonra alt havza özelliklerine ve kanalizasyon borularına dayalı parametreler türetilip, bu parametrelere duyarlılık analizi yaparak parametrelerin sağlamlığını göstermişlerdir. Farklı geri dönüş periyotları için analizler yapılmış, 1 yıllık geri dönüş periyoduna sahip yağış için taşkın olmayacağı fakat 2, 5, 10 ve 20 yıllık geri dönüş periyotları için çalışılan alanın sular altında kalacağı sonucuna ulaşılmıştır. Darabi vd. (2019) makine öğrenimi tekniklerinin kentsel taşkın bölgelerine uygulanabileceğini doğrulamak için Genetik Algoritma Kural Kümesi Üretimi (GARP) ve Hızlı Tarafsız Verimli İstatistik Ağacı (QUEST) modellerini kullanmışlardır. Bu iki modeli kullanarak sınırlı hidrolojik ve hidrolik verilerle taşkın risk haritaları üretmişlerdir. Model performansını değerlendirmek için alıcı-operatör karakteristik eğrisi (AUC-ROC) ve Kappa istatistiğinin altındaki alan yöntemlerini kullanmışlardır. Sonuçlar, GARP modelinin (AUC-ROC = %93,5, Kappa = 0,86) QUEST modelinden (AUC-ROC = %89,2, Kappa = 0,79) daha yüksek performans doğruluğuna sahip olduğunu göstermiştir. Sidek vd. (2021), Malezya'da kentsel taşkın senaryolarını analiz etmeyi amaçlamışlardır. Taşkın simülasyonu, 2015 yılında hizmet vermiş drenaj boyutu ile 2020 yılında mevcutta hizmet veren drenaj boyutları olmak üzere iki farklı senaryo kapsamında gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlar, mevcut drenaj koşullarının, 2015'deki drenaj koşullarına göre taşkın sonucu su basan alanları %78 oranında azalttığını göstermektedir. Buna göre mevcutta hizmet veren drenaj sistemlerinin farklı yağış koşullarına göre analiz edilmesi ve risk durumunun belirlenmesi sürdürülebilir alt yapı yönetimi için oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, kentsel alanlarda taşkın yayılım haritalarının oluşturulmasında ve drenaj sistemlerinin performansının analiz edilmesinde, arazi kullanım türü ve sızma etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için beton zemin, asfalt yüzey, meyve bahçeleri, tarım arazisi gibi farklı arazi kullanım türlerinin geçirimsizliği ve bu türlerin yağışın ne kadarını yüzeysel akışa geçirdiği analiz edilmiştir. Yüzeysel akışın sızmaya geçme oranı da arazi kullanım türüne göre farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkların modele olan etkisini incelemek amacıyla, Arc-GIS 10.5

yardımla oluşturulan 2B alana InfoWorks ICM (Integrated Catchment Modelling) yazılımı ile 3 farklı senaryoya göre taşkın analizi yapılarak taşkın yayılım haritaları oluşturulmuştur. Bu çalışma, hidrolojik veya hidrodinamik modellemeye dayalı taşkın modellemelerinde arazi kullanım türü ve sızma etkilerinin boyutunu göstermede temel oluşturabileceği düşünülmektedir.

## ÇALIŞMA ALANI VE VERİ

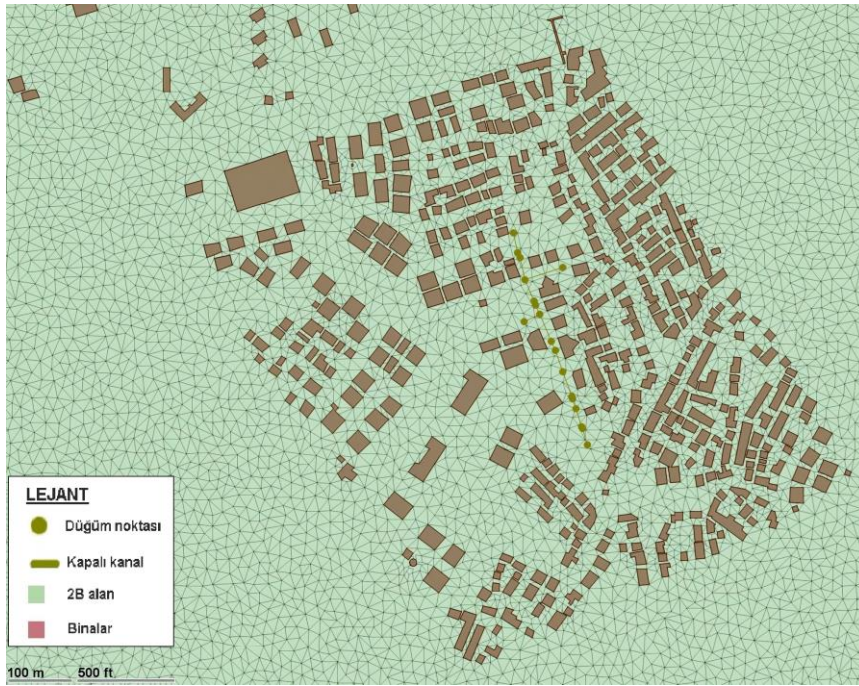
Türkiye’de Doğu Anadolu Bölgesi’nin Yukarı Fırat Havzasında 35 54' ve 39 03' kuzey enlemleri ile 38 45' ve 39 08' doğu boylamları arasında yer alan Malatya, 12.313 km<sup>2</sup> yüzölçümüne ve 808.692 kişilik nüfusa sahiptir. Yağışlar genellikle ilkbahar (%35) ve kış (%34) aylarında yoğun oluyorken, yaz (%7) aylarında en az seviyeye inmektedir. Malatya Ovası ve yakın çevrelerinde yıllık ortalama sıcaklık 13,6 °C ve yıllık yağış miktarı 350 mm’dir (T.C.Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2022). Malatya ilinde 1980-2020 yılları arasında Meteoroloji Genel Müdürlüğünden (MGM) temin edilen meteorolojik verilere göre, aylık en yüksek sıcaklık 42.7 °C (Ağustos 2019); aylık en düşük sıcaklık -19 °C (Aralık 2002); 2009-2020 yılları arasında temin edilen aylık toplam yağış verisine göre, maksimum aylık yağış 115 mm (Şubat 2015)’dir. Ayrıca, 1929-2021 yılları arasında günlük toplam en yüksek yağış miktarı 52,6 mm (05.04.1971) ve en yüksek kar yüksekliği 67 cm (20.12.1951) olarak ölçülmüştür.



**Şekil 1.** Çalışma Alanına Ait; **a.** Malatya Haritası Üzerindeki Konumu, **b.** Kabartma Haritası ve Akarsu Kollarının Görünümü, **c.** Eğim Haritası

Taşkın analizine başlamadan önce InfoWorks ICM yazılımına uygun veriler temin edilmelidir ve analize uygun hale getirmek için düzenlenmelidir. Bu kapsamda SYM, bina verisi, yağmursuyu drenaj sistemleri verisi, arazi kullanım

türü verisi ve yağış verisi temin edilerek, InfoWorks ICM yazılımına uygun hale getirecek şekilde düzenlenmiştir. Uygulama alanında, 19,935 m ile 2555,820 m arasında değişen 2x2 m hücre boyutuna sahip SYM verisi, Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi (MASKİ)'den temin edilmiştir. Havzaların ve akarsuların uygun şekilde modellenenebilmesi için SYM haritalarındaki bozuk ve eksik kısımların doldurulması gerekmektedir (ArcMap, 2022). Bozuk ve eksik kısım gibi hataların giderilmesi için, temin edilen SYM verisi, Arc-GIS 10.5 'Hydrology' aracı ile uygun hale getirilmiştir. Ayrıca InfoWorks ICM aracılığıyla oluşturulacak modeli etkilemeyecek şekilde analizin hızlı ve etkili bir şekilde yapılabilmesi için SYM çözünürlüğü 10x10 m hücre boyutuna çevrilmiştir. Son olarak SYM verisini InfoWorks ICM yazılımına uygun hale getirmek için nokta veri tipine çevrilmiştir. InfoWorks ICM yazılımı, SYM verisini üçgenlenmiş düzensiz ağa (TIN) çevirerek arazi yüzeyini temsil eder. InfoWorks ICM, nokta verisine çevrilen SYM haritalarına ait noktaları TIN verisi ile birleştirilmesini sağlar ve fazla dolu su hacimlerinin 2B yüzey akışlarını analiz etme fırsatı sağlar (Bertsch vd., 2017). Bu noktaların birleşmesiyle çalışma alanı arazi durumuna göre farklı boyutlarda üçgenlere ayrılır (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma Alanına Ait TIN Verisi Sonucu Oluşturulan Üçgenlerin Havza Üzerindeki Görünümü

InfoWorks ICM'de taşkın analizinin yapılacağı ve verilerin ona göre düzenleneceği 2B alan olmalıdır (Innovyze, 2022). Bu kapsamda SYM haritası kullanılarak, yine 'Hydrology' aracının içinde bulunan sırasıyla 'Flow direction' ve tüm drenaj havzalarını tanımlayan bir raster oluşmasına imkân veren 'Basin' komutu kullanılmıştır. Komutlar sonucunda, temin edilen yağmursuyu drenaj sistemlerini ve Malatya ili merkezindeki kentsel bölgeleri içine alan uygun projeksiyonlara sahip, Şekil 1'de coğrafi konumu gösterilen 2B alan oluşturulmuştur. Çalışma alanı kapsamında oluşturulan 2B alan, çalışma kapsamında yağış verilerinin temin edildiği tek istasyon olan MGM'ye ait Malatya İstasyonunu kapsadığından Malatya ili ile aynı ortalama meteorolojik değerlere sahiptir. 382,53 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip 2B alan, Malatya ilinin 337.049 nüfuslu Yeşilyurt ilçesi ile 304.750 nüfuslu Battalgazi ilçesinin büyük bir bölümünü içine almaktadır.

Uygulama alanında mevcutta hizmet veren yağmursuyu drenaj sistemleri verisi, MASKİ'den temin edilmiştir. Taşkın analiz modeli oluşturulurken drenaj sistemine ait öznelik veri tabanı (boru çapı, arazi kotu, boru alt kotu, boruların başlangıç ve bitiş baca isimleri) tanımlanmıştır. Veriye ait öznelik veri tabanındaki eksik veriler, MASKİ'deki yetkililerden talep edilerek Arc-GIS 10.5 yardımıyla manuel olarak eklenip düzenlenmiştir. Bu kapsamda temin edilen verilerden 8 yağmursuyu drenaj sistemine ait toplamda 183 adet kapalı kanal ve 191 adet düğüm nokta verisi analize dahil edilmiştir. Bina konum poligon verileri, yağış sırasında yüzeysel akışın yönünü ve şiddetini değiştirebileceğinden analize dahil edilmiştir. Bu kapsamda uygulama alanında 2.474 adet bina konum verisi MASKİ'den temin edilmiştir. Temin edilen bina konum verileri, InfoWorks ICM yazılımında model kurulurken hata vermemesi için, bina aralarındaki küçük boşlukların düzeltilmesi, üst üste binen hatalı verilerin giderilmesi gibi düzenlemelerle yazılıma uygun hale getirilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden, çalışma alanı için 1958-2015

yılları arasındaki ‘Standart Zamanlardaki Maksimum Yağışlar ve Tekerrür Analizi’ verisi temin edilmiş ve yağış yüksekliği şeklinde alınan veriler modele uygun hale getirmek için  $i=\Delta P/\Delta t$  formülü kullanılarak yağış şiddetine çevrilmiştir (Tablo 1). Burada  $i$ , yağış şiddeti (mm/dk);  $\Delta P$ , yağış yüksekliği (mm);  $\Delta t$ , zaman aralığı (dk) olmak üzere mm cinsinde olan yağışlar mm/dk birimindeki yağış şiddetine dönüştürülmüştür.

**Tablo 1.** InfoWorks ICM Yazılımında Kullanılacak Olan Yağış Verileri

Yağış Süresi/Geri Dönüş Periyodu	15 dakika
2 yıl	29,6 mm/saat
5 yıl	43,2 mm/saat
10 yıl	53,2 mm/saat

Bir diğer girdi verisi ise arazi kullanım türü verisidir. Arazi kullanım türü verisi T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı’nın CORINE (Coordination of Information on the Environment) projesi kapsamında ürettiği CORINE verileri Malatya ili için temin edilmiştir (T.C.Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022). CORINE arazi örtüsü verilerine göre Manning's  $n$  pürüzlülük katsayısının ortalama değerleri, klasik Manning pürüzlülük katsayı tablosu ile CORINE arazi örtüsü sınıflandırmasını birlikte kullandığı için Papaioannou vd. (2018)’nin yaptıkları çalışmadan alınmıştır. CORINE verisi Arc-GIS 10.5 yardımıyla çalışma alanına uygun boyutta kesilerek 9 farklı değere sahip ve toplamda 106 adet poligon verisi analize uygun hale getirilmiştir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Çalışma Alanına Ait CORINE Arazi Kullanım Türlerine Ait Manning's  $n$  Değerleri

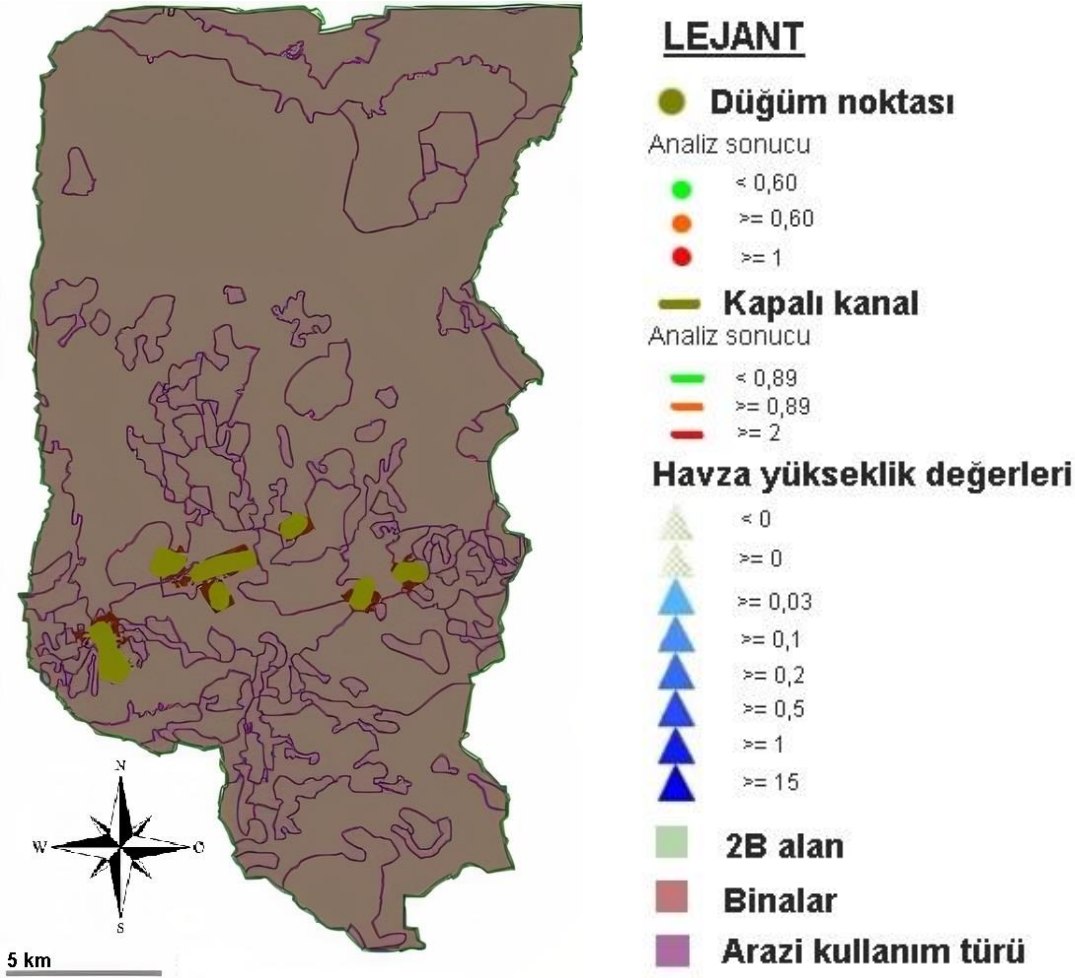
CORINE Sınıfı	Adet	Alan (ha)	Manning's $n$
Sürekli kentsel yapılar, karayolu ve demiryolu ağları, şantiyeler vb.	24	4.760,61	0,013
Tarım dışı yeşil alanlar, spor alanları	2	118,04	0,025
Seyrek bitki örtülü alanlar	6	2.929,5	0,027
Sulanmayan ekilebilir alanlar, sürekli sulanan arazi vb.	4	388,32	0,030
Çıplak kaya vb.	12	1.678,39	0,035
Doğal otlaklar vb.	38	6.962,36	0,040
Su kütleleri vb.	10	3.246,67	0,050
Bitki değişim alanları	2	78,39	0,060
Meyve ağaçları vb.	8	17.553,96	0,080
Toplam	106	37.716,24	

Analiz için son girdi verisi ise arazi kullanım türüne göre yüzeysel akış verisidir. Bu kapsamda, oluşturulan arazi kullanım türü verisine karşılık gelen yüzeysel akış değerleri Şimşek (2017) tarafından yapılan çalışmadan temin edilmiştir. Şimşek (2017) yaptığı çalışmada, 4 seviyeye ayrılmış CORINE sınıflarına karşılık türev kullanılarak elde edilen yüzeysel akış değerleri tablosu oluşturmuştur. Fakat T.C.Tarım ve Orman Bakanlığı’ndan temin edilen CORINE poligon verisinin öznel tablosu 3 seviyeye göre hazırlanmıştır. Bu nedenle birbirine uygun CORINE sınıfları ve bu değerlere karşılık gelen yüzeysel akış değerleri belirlenip Tablo 3’te verilmiştir.

**Tablo 3.** CORINE Sınıfına Karşılık Gelen Yüzeysel Akış Değerleri

Corine Sınıfı	Adet	Alan (ha)	Yüzeysel Akış
Sürekli şehir yapısı	1	521,79	0,90
Çıplak kayalar vb.	2	117,20	0,89
Karayolları ve ilgili alanlar vb.	2	322,06	0,79
Yapay su kütleleri vb.	2	2.482,35	0,72
İnşaat sahaları vb.	17	3.697,42	0,71
Seyrek bitki alanları vb.	6	2.929,5	0,68
Boşaltım (döküm) sahaları	1	67,53	0,66
Sürekli sulanan tarlalar vb.	2	217,15	0,58
Diğer bitki değişim alanları vb.	2	78,39	0,53
Çayır ve sürekli çimenlik alanlar	1	88,22	0,50
Spor alanları vb.	4	904,32	0,49
Karmaşık tarım alanları vb.	35	4.879,81	0,48
Sulanmayan ekilebilir alan vb.	2	171,16	0,43
Diğer meyve bahçeleri vb.	4	16.612,37	0,42
Yeşil şehir alanları	1	67,08	0,39
Ağaçlı ve çalılı doğal çayırliklar vb.	16	3.795,57	0,38
Doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanları	8	764,32	0,35
Toplam	106	37.716,24	

Tüm veriler InfoWorks ICM programında içe aktarılarak taşkın yayılım haritaları için model oluşturulmuştur (Şekil 3).

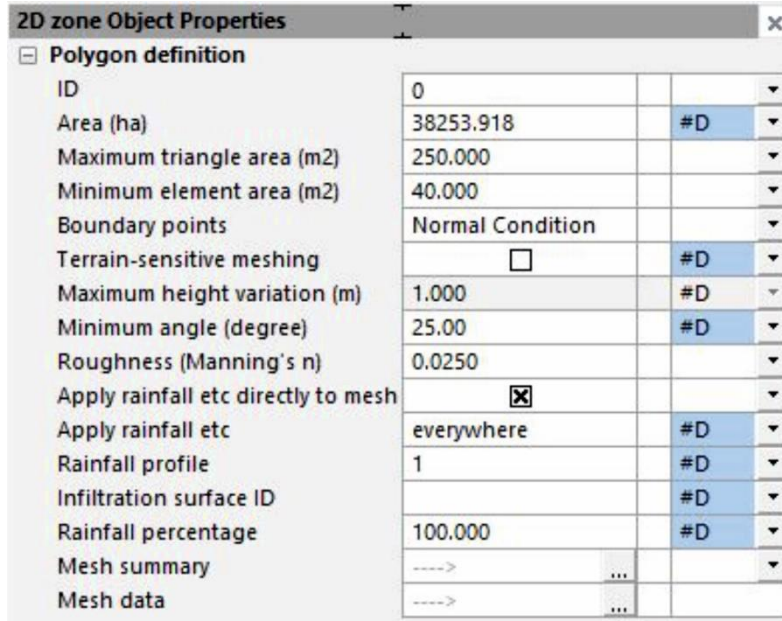


Şekil 3. Çalışma Alanının InfoWorks ICM'deki Görünümü ve Görünüme ve Analizlere Ait Lejant

## MODELLEME VE ANALİZ

Hidrolojik modeller, su kaynakları, çevre yönetimi ve planlaması için kritik öneme sahiplerdir (Abdulkareem vd., 2018; Qi vd., 2021). Kentsel hidrolojik modeller ise kentleşmenin, iklim değişikliğinin etkisini değerlendirmek ve kentsel bölgelerde taşkın tahminleri yapmak için geliştirilmişlerdir (Qi vd., 2021). Bu çalışmada ise doğal su havzalarının ve insan yapımı ortamların hidrolojisini ve hidroligini tek bir entegre modelde birleştiren InfoWorks ICM yazılımı kullanılmıştır. Hidrolojik ve iki boyutlu hidrodinamik modellemeye sahip InfoWorks ICM, iki boyutlu hidrodinamik modellemenin çok zaman alma problemini de çözmektedir (Cheng vd., 2017). Çalışma kapsamında, arazi kullanım türü ve yüzeysel akış değerlerine dayalı sızma verilerinin InfoWorks ICM yazılımı kullanılarak oluşturulacak taşkın yayılım haritaları üzerindeki etkisini incelemek amaçlanmıştır. Bunun için 3 farklı senaryo dâhilinde modeller kurularak her senaryo için taşkın yayılım haritaları üretilmiştir.

**Senaryo 1 (SN1):** Model; yağmursuyu drenaj sistemleri, bina konum verileri ve 2B alan kullanılarak oluşturulmuştur. Modele arazi kullanım türü verisi tanımlanmadığından, 2B alan için arazinin genelindeki farklı kullanım türlerini yansıtmaları için Manning's n değeri ortalama 0,025 alınarak kullanılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. 2B Alanın Özellikleri

**Senaryo 2 (SN2):** Model; yağmursuyu drenaj sistemleri, bina konum verileri, 2B alan ve arazi kullanım türü verisi kullanılarak oluşturulmuştur. Arazi kullanım türü, 9 farklı kullanım türüne göre toplamda 106 adet poligon verisini kapsamaktadır (Tablo 2).

**Senaryo 3 (SN3):** Model; yağmursuyu drenaj sistemleri, bina konum verileri, 2B alan, arazi kullanım türüne ek olarak arazi kullanım türüne göre yüzeyel akış değerlerine dayalı sızma verisi ile oluşturulmuştur. Sızma verisi, 17 farklı akış katsayısı değeri için toplamda 106 adet poligon verisini kapsamaktadır (Tablo 3).

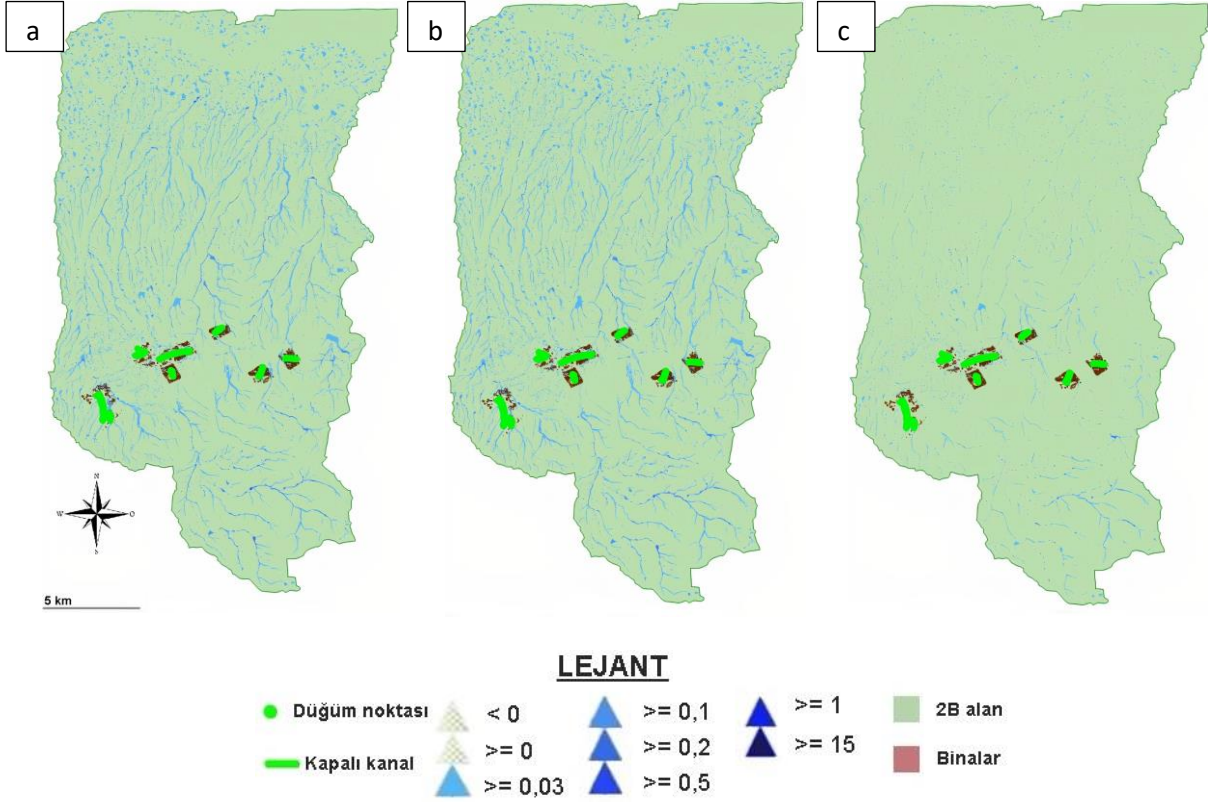
Meteorolojik yağış verileri incelendiğinde, yağışın geri dönüş periyotları ve süreleri arttıkça yağışın şiddeti azalmaktadır. Bu nedenle, kısa süreli geri dönüş periyotları ve kısa süreli yağışların model üzerindeki etkisini görmek amacıyla, her senaryo için 2, 5 ve 10 yıl geri dönüş periyotlarına sahip, 15 dakikalık yağışlar kullanılmıştır (Tablo 1).

T.C. Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİB)'nin 2017 yılında yayımlanmış 'Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik'te yağmursuyu sistemlerinin 35 yıllık tasarım ömrünü sağlamasını ve bu sistemlerin tasarım ömrü boyunca en fazla %90'a kadar dolu akmasını belirtmişlerdir (ÇŞİB, 2017). Bu nedenle InfoWorks ICM yazılımı ile yapılan analizlerde yağmursuyu drenaj sistemlerindeki boruların %90 doluluğu aşanların, görevlerini yerine getiremediği şeklinde yorumlanmıştır. InfoWorks ICM, tablo çıktıları ve veri sonucunu işlemeyi kolaylaştıran SQL (Structured Query Language) sorgusuna sahiptir (Cheng vd., 2017). Çalışmada 3 farklı senaryo için ve 2, 5 ve 10 yıl geri dönüş periyotları için yapılan analizler sonucu %90 doluluk oranını aşan yağmursuyu drenaj sistemlerindeki borular SQL sorgusu ile belirlenip, yüzdesi Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. 15 Dakikalık Yağış İçin Farklı Senaryo ve Geri Dönüş Periyotları İçin Doluluk Oranını Aşan Boru Sayısı

Senaryo / Geri dönüş periyodu	2 yıl geri dönüş periyodu	5 yıl geri dönüş periyodu	10 yıl geri dönüş periyodu
SN1	40,43	45,90	51,36
SN2	40,43	44,26	51,36
SN3	25,13	38,25	41,53

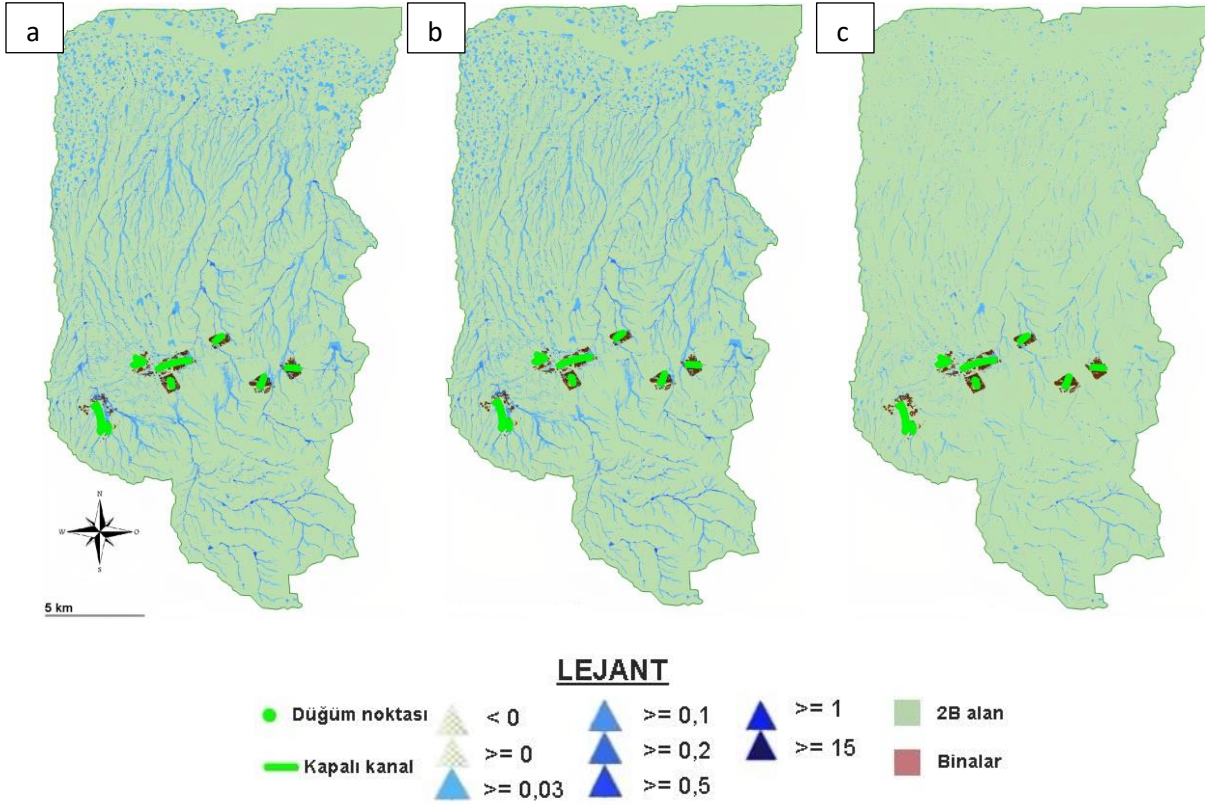
Her senaryo için geri dönüş periyotları uzadıkça yağışın şiddeti de arttığı için borulardaki doluluk oranı sınırı olan %90'ı geçen boru sayısının yükseldiği görülmektedir (Tablo 1, Tablo 4). Ayrıca, 2, 5 ve 10 yıl geri dönüş periyotları ve 15 dakikalık yağış süresine sahip 3 farklı senaryo için oluşturulmuş gelen kesit görüntüleri Şekil 5, 6 ve 7'de verilmiştir.



**Şekil 5.** 2 Yıl Geri Dönüş Periyodu ve 15 Dakikalık Yağış Süresine Sahip Senaryoların Genel Kesiti; **a.** SN1 **b.** SN2 **c.** SN3

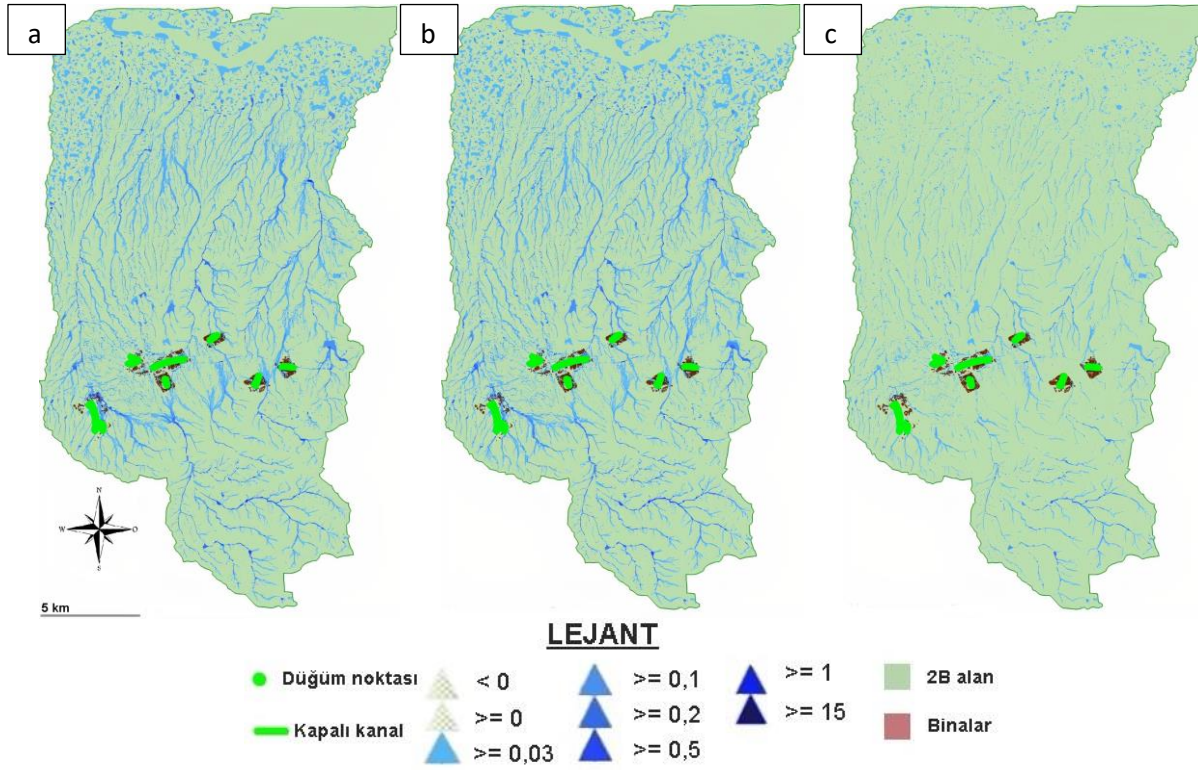
15 dakikalık yağış sürelerine sahip 2 yıl tekerrürlü taşkın yayılım haritaları incelendiğinde, SN1 ve SN2'nin SN3'e göre daha çok akış kolları ve derinliklerinin oluştuğu görülmektedir (Şekil 5). Sonuçlar, SN1 ve SN2 için taşkın haritalarının benzer görüntüleri oluştuğu ve doluluk oranını aşan boru yüzdesinin birbiriyle aynı olduğunu göstermektedir (Tablo 4, Şekil 5).





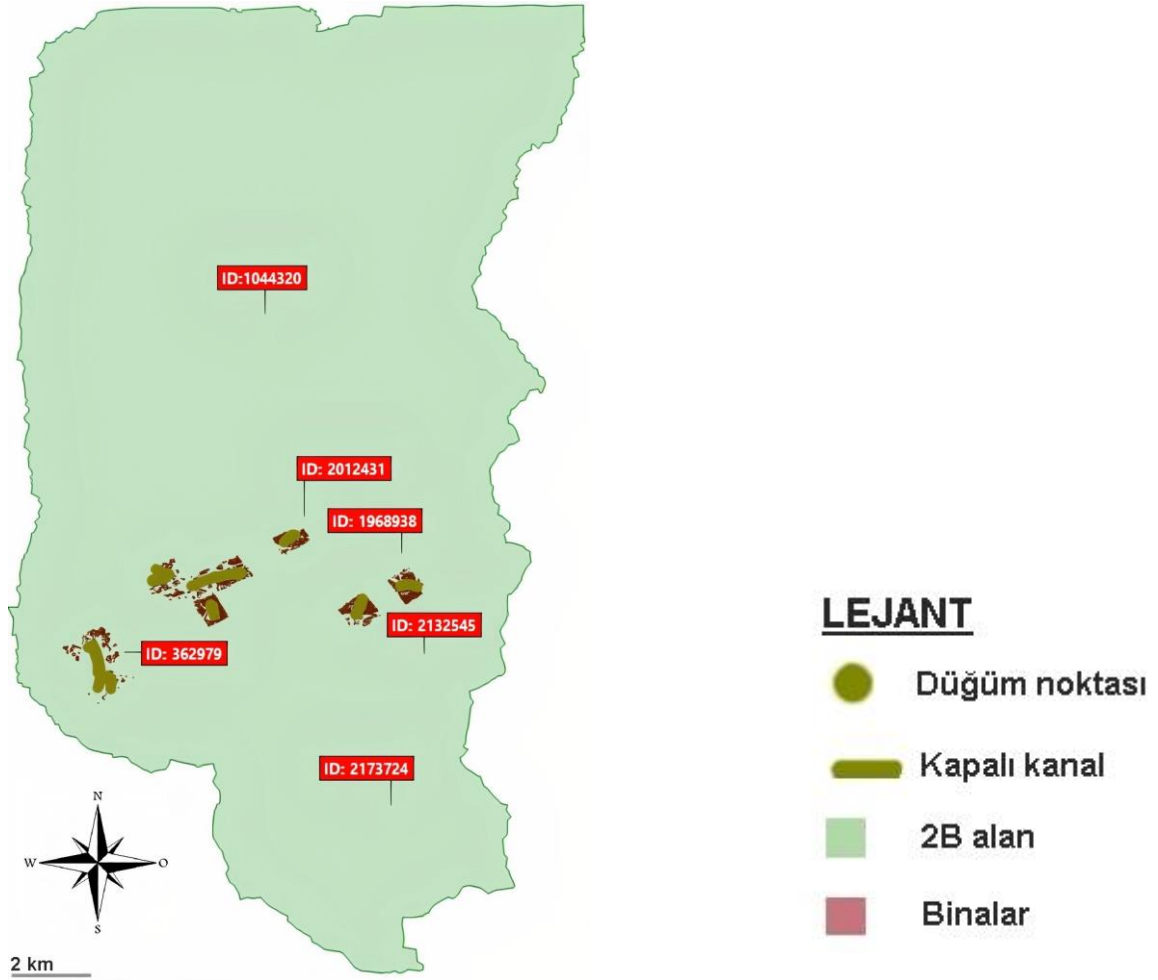
**Şekil 6.** 5 Yıl Geri Dönüş Periyodu ve 15 Dakikalık Yağış Süresine Sahip Senaryoların Genel Kesiti; **a.** SN1 **b.** SN2 **c.** SN3

Arazi kullanım türü ve sızma değerlerine dayalı analizi gerçekleştirilmiş SN3, diğer senaryolara göre daha az kentsel taşkın riski oluşturduğu sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 6). 5 yıl geri dönüş periyodu için SN1’de boruların % 45,90’ı doluluk oranını aşarken, SN3’de % 38,25’nin aştığı görülmektedir (Tablo 4). InfoWorks ICM yazılımı için arazi kullanım türü ve sızma değerlerinin detaylı bir şekilde analize dahil edilmesi, Malatya ili merkez ilçelerini kapsayan alan için oluşturulmuş taşkın yayılım haritaları sonucunda, taşkın tehlikesini azaltmıştır.



**Şekil 7.** 10 Yıl Geri Dönüş Periyodu ve 15 Dakikalık Yağış Süresine Sahip Senaryoların Genel Kesiti; **a.** SN1 **b.** SN2 **c.** SN3

Kentsel bölgelerin yakınılarında, 10 yıl geri dönüş periyodu ve 15 dakikalık yağış süresi için, özellikle SN1 ve SN2’de kentsel yaşam alanlarını etkileyebilecek yüksek derinliğe sahip akışların oluştuğu gözlemlenmektedir (Şekil 7). SN1 ve SN2 sonucu oluşturulan taşkın yayılım haritaları tüm geri dönüş periyotları için benzer özellikleri gösterdiği görülmektedir (Şekil 5, 6, 7). Ayrıca tüm geri dönüş periyotları için doluluk oranını aşan boru yüzdeleri de hemen hemen aynı değeri almıştır (Tablo 4). Bu sonuçların ışığında, SN1 modeli oluşturulurken seçilen ortalama Mannings’ın değerinin (0,025) ürettiği sonuç çıktıları ile SN2 için model kurulurken kullanılan ve arazinin tümünü detaylı bir şekilde temsil eden 9 farklı Mannings’ın değeriyle benzer çıktılar ürettiği söylenilebilir. Ayrıca, 2, 5 ve 10 yıl geri dönüş periyodu ve farklı senaryolar için çalışma alanının farklı bölgelerinden TIN sonucu oluşturulan üçgenlere ait maksimum derinlik değerleri Tablo 5’de ve coğrafi konumları Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. Çalışma Alanının Farklı Bölgelerinden TIN Sonucu Oluşturulan Üçgenlerin Havza Üzerindeki Konumları

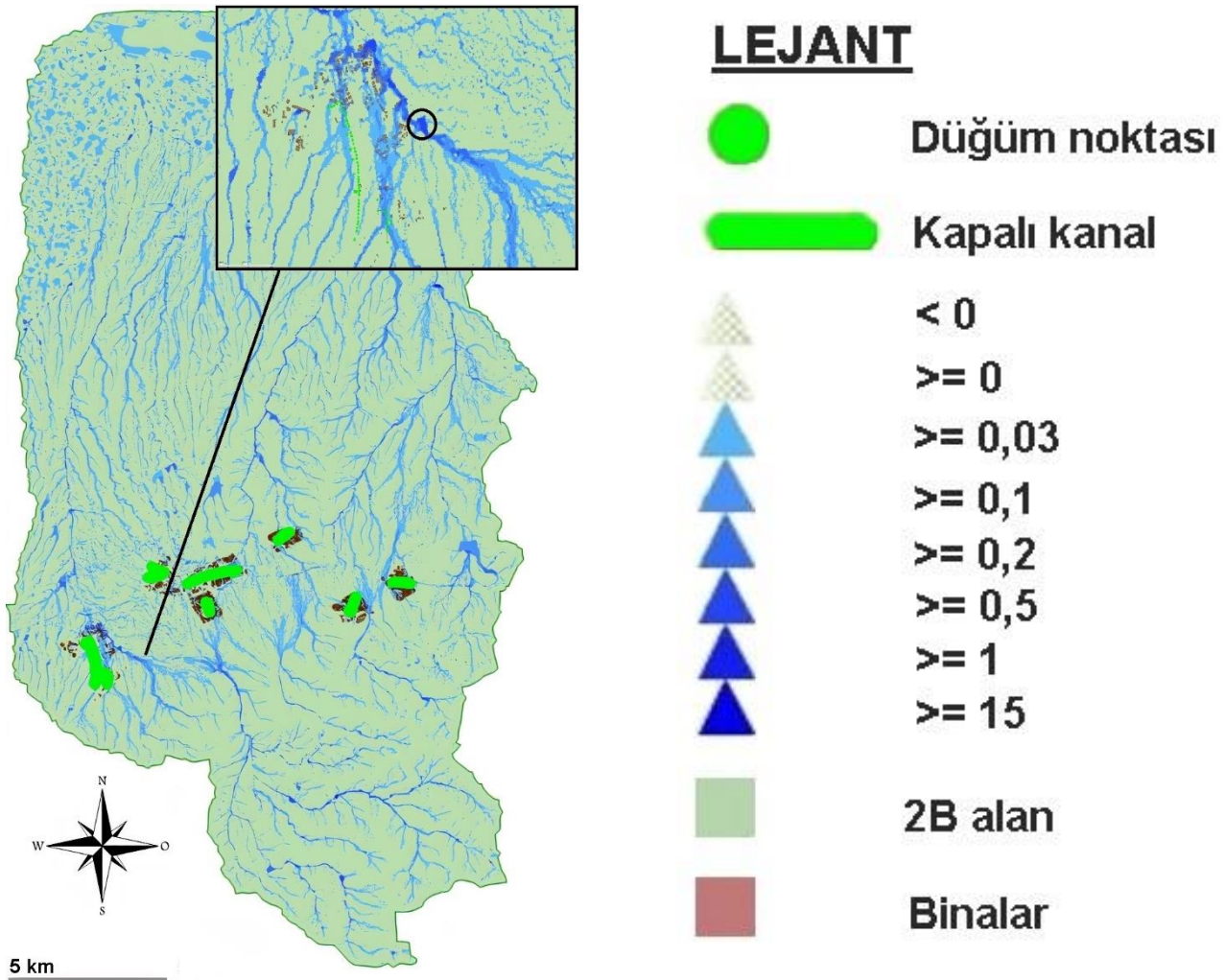
Tablo 5. 2, 5 ve 10 Yıl Geri Dönüş Periyotları ve Farklı Senaryolar İçin Çalışma Alanının Farklı Bölgelerinden TIN Sonucu Oluşturulan Üçgenlere Ait Maksimum Derinlik Değerleri

Element ID	Senaryo	Mannings'n değeri	2 yıl geri dönüş periyodu için maksimum derinlik (m)	5 yıl geri dönüş periyodu için maksimum derinlik (m)	10 yıl geri dönüş periyodu için maksimum derinlik (m)
1044320	SN1	0,025	0,120	0,170	0,226
	SN2	0,080	0,106	0,168	0,236
	SN3	0,080	0,030	0,060	0,084
1968938	SN1	0,025	0,075	0,103	0,137
	SN2	0,040	0,032	0,052	0,078
	SN3	0,040	0,019	0,029	0,040
2012431	SN1	0,025	0,003	0,004	0,005
	SN2	0,013	0,107	0,143	0,167
	SN3	0,013	0,079	0,108	0,139
2132545	SN1	0,025	0,001	0,002	0,003
	SN2	0,035	0,246	0,367	0,504
	SN3	0,035	0,072	0,117	0,167
2173724	SN1	0,025	0,437	0,998	1,255
	SN2	0,040	0,116	0,629	0,874
	SN3	0,040	0,004	0,109	0,412
362979	SN1	0,025	0,415	0,568	0,785
	SN2	0,080	0,383	0,528	0,647
	SN3	0,080	0,120	0,217	0,309

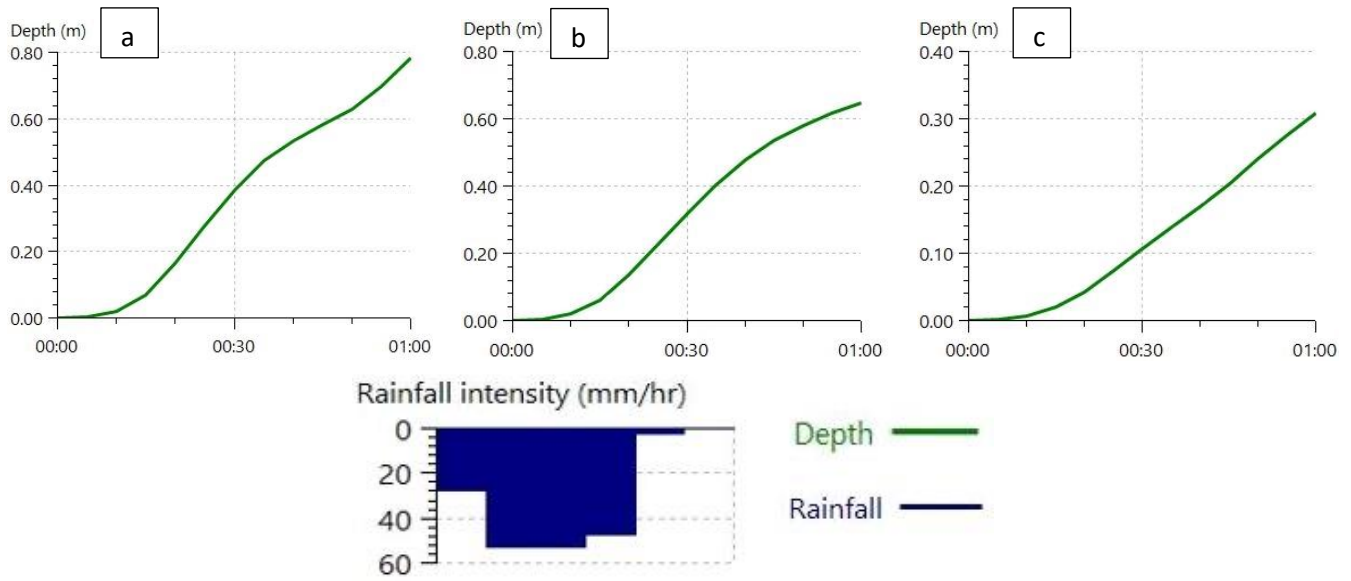
Genel kesit görünüşleri ve doluluk oranını aşan boru yüzdesi değerlerine bakıldığında SN1 ve SN2'nin sonuç çıktılarının birbirine çok yakın olmasına rağmen, arazinin farklı yerlerinden alınan üçgenlerin analiz sonucu ulaştıkları maksimum derinlik değerleri farklılık göstermektedir (Tablo 5). SN1 ve SN2 arasındaki bu değer farkı, havzanın üst kısmında bulunan 1044320 ID numaralı üçgende çok büyük olmamasına rağmen havzanın alt kısmında bulunan 2173724 ID numaralı üçgende büyük değerler aldığı görülmektedir. Bunun nedeni, havzanın giriş kısmına göre çıkış noktasında akış yüksekliklerinin büyük değerler almasıdır. Arazi kullanım türünün detaylı bir şekilde modele yansıtılması, çıkış noktasına yakın bölgelerdeki akış yükseklik değerlerinin daha iyimser sonuçlar oluşturduğu görülmektedir. Çünkü havzanın üst kısımlarında geçirimsiz bir bölgenin 0,08 Mannings'ın değeri alması gerekirken daha az geçirimsiz bir değer olan 0,025 alındığında, havza çıkışına kadar doğru temsil edilmeyen bu akışlar birikerek büyük yükseklik değerleri alan akış kolları oluşturmaktadır. Bundan dolayı, veri temini zorluğu olmayan bölgelerde taşkın modellemesi yapılırken arazi kullanım türü verisinin modele dâhil edilmesi son derece önemlidir.

SN2'ye göre SN3'de üçgenlerin aldığı maksimum yükseklik değerleri arasında da farklar olduğu gözlenmektedir. Bu sonuçlar ışığında, modele arazi kullanım türüne ek olarak yüzeysel akışa dayalı sızma değerlerinin eklenmesinin akış yüksekliklerini azalttığı söylenebilir.

Kentsel yerleşim yeri yakınında taşkın oluşturabilecek bir akış kolu üzerinde bulunan 362979 ID'li üçgenin coğrafi konumu Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Kentsel Yerleşim Yeri Yakınındaki 362979 ID'li Üçgenin Coğrafi Konumu



**Şekil 10.** 362979 ID'li Üçgene Ait 10 Yıl Geri Dönüş Periyodu İçin Farklı Senaryolardaki Derinlik-Zaman Grafikleri, **a.** SN1, **b.** SN2, **c.** SN3

Şekil 9'da coğrafi konumu verilen üçgene ait derinlik-zaman grafikleri sonucunda üç farklı senaryoda da derinlik değerleri farklıdır (Şekil 10). Arazi kullanım türünün ortalama değeri alındığında SN1'de derinlik en yüksek değeri aldığı, SN2'de bu değer azaldığı ve SN3'de de en az değere ulaştığı görülmektedir. Yağışın 10. dakikasına kadar 3 senaryoda benzer özellik gösterebilir, 30. dakikası ve 60. dakikasında ciddi derinlik farkları oluşmuştur. Geçmişte meydana gelmiş taşkın olaylarının detaylı kayıtları tutulmadığı için model doğrulamasının yapılması zor olsa da, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın ciddi arazi çalışmaları sonucu ürettiği arazi kullanım türü verileri dâhil edilerek kurulan modele dahi bakıldığında, arazi kullanım türü verisinin modellemeye katılması gerektiği söylenilebilir.

## SONUÇ

Bu çalışmanın amacı, Malatya ili kentsel bölgeleri için InfoWorks ICM yazılımı yardımıyla oluşturulan taşkın yayılım haritalarındaki arazi kullanım türü ve sızma verilerinin etkilerini incelemektir. Bu kapsamda, temin edilen veriler Arc-GIS 10.5'de düzenlenerek 1B-2B hidrodinamik model olan InfoWorks ICM yazılımına girdi olarak eklenmiştir. 3 farklı senaryo için farklı periyotlarda taşkın yayılım haritaları oluşturulmuştur. Analizler neticesinde arazi kullanım türü verisinin ortalama bir değer alınarak yapılan modeller, detaylı arazi kullanım türü verileriyle yapılan analizlere benzerlik gösterse de detayında farklılıklar oluşmuştur. Arazi kullanım türü verisine dayalı yüzeysel akış değerleri kullanılarak oluşturulan sızma verisi ve arazi kullanım türü verisinin ortak kullanıldığı model de diğer iki senaryo sonucu oluşan analizlere göre taşkın şiddetinin azaldığı ve daha az zarar verecek görüntü oluşturduğu sonucuna ulaşılmıştır. Taşkın yayılım haritalarının oluşturulması, halkın taşkın tehlikelerine karşı bilinçlenmesi için oldukça önemlidir. Ayrıca imar planı oluşturulurken ilgili belediyelere taşkın riski bakımından detaylar sunmaktadır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (Proje no: İÜ BAP-FYL 2020/2058).

## KAYNAKLAR

Abdulkareem, J., Pradhan, B., Sulaiman, W., ve Jamil, N. (2018). Review of studies on hydrological modelling in Malaysia. *Modeling Earth Systems and Environment*, 4(4), 1577-1605.

ArcMap. (2022). How fill works. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/how-fill-works.htm> Accessed 28.03.2022.

- Bertsch, R., Glenis, V., ve Kilsby, C. (2017). Urban flood simulation using synthetic storm drain networks. *Water*, 9(12), 925.
- Bongaarts, J. (2006). United nations department of economic and social affairs, population division world mortality report 2005. *Population and Development Review*, 32(3), 594-596.
- Cheng, T., Xu, Z., Hong, S., ve Song, S. (2017). Flood risk zoning by using 2D hydrodynamic modeling: A case study in Jinan City. *Mathematical Problems in Engineering*, 2017.
- Cortés-Zambrano, M., Amaya-Tequia, W. E., ve Gamba-Fernández, D. S. (2021). Implementation of the hydraulic modelling of urban drainage in the northeast sector, Tunja, Boyacá. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*(101), 74-83.
- Çırağ, B. (2021). Yağmursuyu drenaj sistemlerinin taşkın performansının değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Malatya 158s.
- ÇŞİB. (2017). Yağmursuyu toplama, depolama ve deşarj sistemleri hakkında yönetmelik. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/06/20170623-8.htm> Erişim 28.03.2022
- Darabi, H., Choubin, B., Rahmati, O., Haghghi, A. T., Pradhan, B., ve Kløve, B. (2019). Urban flood risk mapping using the GARP and QUEST models: A comparative study of machine learning techniques. *Journal of Hydrology*, 569, 142-154.
- Fan, Y., Ao, T., Yu, H., Huang, G., ve Li, X. (2017). A coupled 1D-2D hydrodynamic model for urban flood inundation. *Advances in Meteorology*, 2017.
- Innovyze. (2022). 2D zones. [https://help2.innovyze.com/infoworksicm/Content/HTML/ICM\\_ILCM/2D\\_Zones.htm](https://help2.innovyze.com/infoworksicm/Content/HTML/ICM_ILCM/2D_Zones.htm) Accessed 28.03.2022
- Jamali, B., Löwe, R., Bach, P. M., Urich, C., Arnbjerg-Nielsen, K., ve Deletic, A. (2018). A rapid urban flood inundation and damage assessment model. *Journal of Hydrology*, 564, 1085-1098.
- Jiang, L., Chen, Y., ve Wang, H. (2015). Urban flood simulation based on the SWMM model. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 368, 186-191.
- Kadioğlu, M. (2019). Kent Selleri Yönetim ve Kontrol Rehberi. Marmara Belediyeler Birliği Kültür Yayınları, İstanbul.
- Mejía, A. I., ve Moglen, G. E. (2010). Spatial distribution of imperviousness and the space-time variability of rainfall, runoff generation, and routing. *Water Resources Research*, 46(7).
- Mukherjee, S., Aadhar, S., Stone, D., ve Mishra, V. (2018). Increase in extreme precipitation events under anthropogenic warming in India. *Weather and Climate Extremes*, 20, 45-53.
- Naiji, Z., Mostafa, O., Amarjouf, N., ve Rezqi, H. (2021). Application of two-dimensional hydraulic modelling in flood risk mapping. A case of the urban area of Zaio, Morocco. *Geocarto International*, 36(2), 180-196.
- Narasimhan, B., Bhallamudi, S. M., AMondal, A., Ghosh, S., ve Mujumdar, P. (2016). Chennai floods 2015, A Rapid Assessment. Interdisciplinary Centre for Water Research Indian Institute of Science, Hindistan.
- Natarajan, S., ve Radhakrishnan, N. (2020). An integrated hydrologic and hydraulic flood modeling study for a medium-sized ungauged urban catchment area: A case study of Tiruchirappalli City Using HEC-HMS and HEC-RAS. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, 101(2), 381-398.
- Papaioannou, G., Efstratiadis, A., Vasiliades, L., Loukas, A., Papalexiou, S. M., Koukouvinos, A., Tsoukalas, I., ve Kossieris, P. (2018). An operational method for flood directive implementation in ungauged urban areas. *Hydrology*, 5(2), 24.
- Pontius Jr, R. G., ve Schneider, L. C. (2001). Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture, ecosystems ve environment*, 85(1-3), 239-248.
- Qi, W., Ma, C., Xu, H., Chen, Z., Zhao, K., ve Han, H. (2021). A review on applications of urban flood models in flood mitigation strategies. *Natural Hazards*, 108(1), 31-62.
- Rahmati, O., Darabi, H., Haghghi, A. T., Stefanidis, S., Kornejady, A., Nalivan, O. A., ve Tien Bui, D. (2019). Urban flood hazard modeling using self-organizing map neural network. *Water*, 11(11), 2370.

- Rangari, V. A., Umamahesh, N., ve Bhatt, C. (2019). Assessment of inundation risk in urban floods using HEC RAS 2D. *Modeling Earth Systems and Environment*, 5(4), 1839-1851.
- Sidek, L. M., Chua, L. H. C., Azizi, A. S. M., Basri, H., Jaafar, A. S., ve Moon, W. C. (2021). Application of PCSWMM for the 1-D and 1-D-2-D Modeling of Urban Flooding in Damansara Catchment, Malaysia. *Applied Sciences*, 11(19), 9300.
- Şimşek, H. (2017). Corine 4. seviye arazi örtüsü/kullanım sınıflarının belirlenmesi ve yüzey akış risk haritasının oluşturulması (Bartın çayı havzası örneği). Yüksek Lisans Tezi. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bartın 101s.
- T.C.Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2022). İklim ve bitki örtüsü. <https://malatya.ktb.gov.tr/TR-58266/iklim-ve-bitki-ortusu.html> Erişim 23.05.2022.
- T.C.Tarım ve Orman Bakanlığı. (2022). Corine projesi. <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/index.html> Erişim 28.03.2022.
- Todini, E. (1978). Using a desk-top computer for an on-line flood warning system. *IBM Journal of Research and Development*, 22(5), 464-471.
- Turkington, T., Breinl, K., Ettema, J., Alkema, D., ve Jetten, V. (2016). A new flood type classification method for use in climate change impact studies. *Weather and Climate Extremes*, 14, 1-16.
- Yao, L., Wei, W., ve Chen, L. (2016). How does imperviousness impact the urban rainfall-runoff process under various storm cases?. *Ecological indicators*, 60, 893-905.
- W. Steffen, L. Hughes, D. Alexander, ve M.Rice. (2017). Cranking up the intensity: climate change and extreme weather events. *Climate Council*, Avustralya.