



# Bodrum Yarımadası Kent Taşkınlarının Nedenleri ve Çözüm Önerileri Üzerine Bir Çalışma

Cengiz Koç<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Muğla, Türkiye (ORCID: 0000 0001 7310 073X) [cengizko9@gmail.com](mailto:cengizko9@gmail.com)

(İlk Geliş Tarihi 17 Mart 2021 ve Kabul Tarihi 27 Haziran 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.898178)

**ATIF/REFERENCE:** Koç, C. (2021). Bodrum Yarımadası Kent Taşkınlarının Nedenleri ve Çözüm Önerileri Üzerine Bir Çalışma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (25), 207-216.

## Öz

Taşkınlar bir alanın gelişimini etkileyen en tehlikeli doğal felaketler arasındadır. Dünya genelinde taşkın olayları en fazla ölüme ve maddi hasara neden olmaktadır. Artan kentleşme ve nüfus doğal çevre üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Kentsel alanlarda kontrolsüz bina inşaatı, yeşil alanların azalması, arazi kullanım değişiklikleri ve kentsel planlama eksikliği gibi insan kaynaklı faaliyetler taşkınları etkilemektedir. Kentsel taşkın yönetiminde, taşkının büyüklüğünü ve risk alanlarını belirlemek yaşanabilecek zararları azaltmak için son derece önemlidir. Bu çalışmada, Türkiye'nin önemli turizm merkezlerinden biri olan Bodrum yarımadasında yer alan beş dereye ait su toplama havzasının mansabında giderek artan kentleşme, mevcut taşkın ve drenaj tesislerine kentsel gelişim amaçlı yapılan müdahaleler ve iklim değişikliğinden kaynaklanan ani taşkın olayları incelenmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemiyle yarımada'nın kentsel büyümesinin 1985-2020 yılları arasında %11.36 oranında arttığı belirlenmiştir. Yarımada da Aliyan deresi yıllar içerisinde taşkın oluşturma riskinin en fazla büyüme gösterdiği havza olarak dikkat çekmiştir. Aliyan deresinin ardından riskli havzalar olarak Çukur, Gökçeler ve Gaz havzaları gelmektedir. Çalışma sonucunda, kentleşmedeki artışın taşkın debilerinin büyümesine ve taşkın riski altındaki alanların artmasına neden olduğu belirlenmiştir. Yarımada da inşa edilen taşkın tesislerine yapılan müdahaleler, arazi kullanımındaki değişiklikler, kentsel büyüme ve çarpık kentleşmenin yarattığı taşkın sorunları belirlenerek oluşabilecek taşkın zararlarını en aza indirmek ya da ortadan kaldırmak için beş dere havzasının memba ve mansabında alınması gereken önlemler ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kent taşkınları, kentleşme, arazi kullanım değişiklikleri, taşkın tesisleri, Bodrum yarımadası.

## A Study on Solution Suggestions and Causes of Bodrum Peninsula Urban Floods

### Abstract

Floods are among the most dangerous natural disasters affecting the development of an area. Flood events cause the most deaths and material damage in worldwide. Increasing urbanization and population create significant effects on the natural environment. Human-induced activities such as uncontrolled building construction in urban areas, reduction of green areas, land use changes and lack of urban planning affect floods. In urban flood management, determining the magnitude and risk areas of the flood is extremely important in order to reduce the damages which may occur. In this study, increasing urbanization at downstream of the catchment of the five streams located in Bodrum peninsula, one of Turkey's most important tourism centers, interventions aimed at development of the urban to the current flood and drainage facilities, and sudden floods arising from climate change, are investigated. It was determined that the urban growth of the peninsula increased by 11.36% between 1985-2020 with the Geographical Information System. In the peninsula, Aliyan Stream has attracted attention as the basin where the risk of flooding has grown the most over the years. After Aliyan stream, Çukur, Gökçeler and Gaz catchments are ranked as risky catchments. In the results of studying, it has been determined that the increase in urbanization causes an increase in flood flow rates and an increase in the areas under flood risk. The measures to be taken upstream and downstream of the five stream catchments have been suggested to minimize or eliminate flood damages to be occurred by determining the flood problems that interventions to the flood facilities built on the peninsula, changes in land use, urban growth and unplanned urbanization caused.

**Keywords:** Urban floods, urbanization, land use changes, flood facilities, Bodrum peninsula.

\* Sorumlu Yazar: [cengizko9@gmail.com](mailto:cengizko9@gmail.com)

## 1. Giriş

Taşkın olayları, nüfus, arazi kullanımındaki değişiklikler, kentsel yerleşim alanlarının artması, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi nedenlere bağlı olarak daha az tahmin edilebilir bir hale gelmektedir. Kent merkezlerinde taşkın riski oldukça yüksektir ve özellikle, nehirler ve kıyılarda yer alan kentlerin daha hızlı büyümesi, insanlar ve binaların taşkına maruz kalmasını artırmaktadır (Jha vd., 2012). Artan dünya nüfusuyla bağlantılı olarak yaşanan küresel iklim değişikliği taşkın felaketlerinin artarak devam edeceğini göstermektedir (Hirabayashi vd., 2013; Wahl vd., 2015). Taşkın zararlarının etkili görüldüğü yerlerin şehirleşmenin fazla olduğu kentsel bölgeler olduğu bilinmektedir. Günümüzde küresel nüfusun yaklaşık %55'i şehirlerde yaşamaktadır. Bu rakamın 2050 yılına kadar %68'e ulaşması beklenmektedir (UN, 2018). Taşkın olaylarının sayısı ve ortaya çıkan zararları günümüzde de artmakta olup, 1998 ile 2017 yılları arasında taşkından etkilenenler dünyada oluşan afetlerden etkilenen insanların %45'ini oluşturmaktadır (UNISDR, 1998-2017). Dünyada, 2018 yılında 1860 şehrin 683'ü yani üçte birinden fazlasının taşkın riskinin yüksek olduğu alanlarda bulunduğu bildirilmiştir (Gu, 2019). Taşkın riskinin yüksek olduğu şehirlerin özellikle kıyı şeridi kentleri olduğu bilinmektedir. Aşırı yağış olaylarının artması ve deniz seviyesinin yükselmesi bu kentlerdeki taşkın riskini artırmaktadır (Buurman & Babovic, 2016; Hallegatte vd., 2013; Hansen & Pauleit, 2014). Taşkın riskini etkileyen bir diğer önemli faktör ise arazi kullanımının değişimidir. Özellikle şehirleşme, düşen yağışın yeraltına sızmasını engelleyen geçirimsiz yüzeylerin artmasına neden olmaktadır (Chen vd., 2013; Jacobson, 2011; Liu vd., 2015; Kuang vd., 2016; Scholz, 2004). Arazi kullanımındaki değişiklikler, kentleşmenin artması ve iklim değişikliğinin etkileri kentler ve kent taşkınları arasındaki karmaşıklık artırmaktadır (Pettersson vd., 2018). Pathirona vd (2014) birçok çalışmada, taşkın tehlikesi ve kentsel büyüme, kentsel büyümeye bağlı arazi kullanım değişikliğinin kentlerde ve çevresindeki aşırı yağış değişkenliği üzerine etkisini duyarlılık çalışmaları ile araştırmışlardır. Geçirimsiz yüzeyler, düşen yağışın akış hacmini önemli oranda artırarak taşkın debisinin büyüklüğünü artırmaktadır. Ayrıca, akışın mambadan mansaba ulaşma süresini kısaltarak ani taşkınların yaşanmasına neden olmaktadır (Abas & Hashim, 2014). Birçok çalışma, bir taşkın riski çalışmasının kentsel planlama sürecinin bir parçası olarak göz önüne alınması gerektiğini göstermiştir (Zhou vd., 2019; Liao, 2012). Kentsel nüfusun hızla artması, yetersiz kentsel drenaj tasarımı ve alt yapının yaşlanması insanlar ve binaları taşkın riskine maruz bırakmaktadır (Miller & Mobini, 2017; Sørensen & Hutchins, 2017). Arazi kullanımındaki değişikliklerin akış miktarına olan etkisini değerlendirmek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Birçok araştırmacı, taşkın ovalarındaki kentsel faaliyetlerin artmasının pik akışları artırdığını, zirveye çıkma süresini kısalttığını ve akış hacmini artırdığını ortaya koymuştur (Sanyal & Lu, 2004; Satheeshkumar vd., 2017). Yapılan bazı çalışmalar özellikle, yapı çevre üzerine taşkınların etkisini incelemiştir (Ahmad vd., 2019). Devi vd (2019) Kentsel gelişimin önemi ve yağışlardaki değişiklikler bir şehirde taşkın felaketinin olası en kötü sonuçlarını değerlendirmiş ve her yıl ortalama 1.7 kat daha fazla binanın taşkın tehlikesine maruz kaldığını göstermiştir.

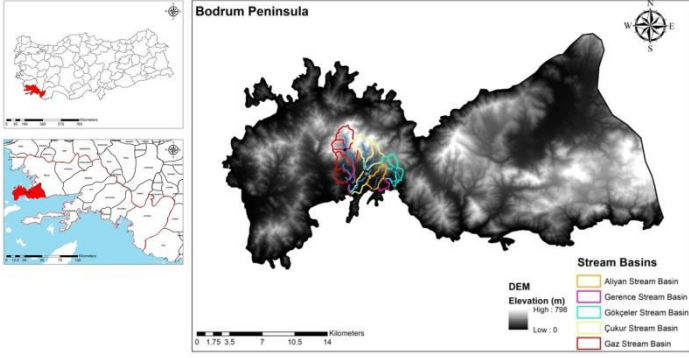
Uzaktan algılama teknikleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamaları, kentleşme ve nehir akımları arasındaki ilişkinin belirlenmesinde yararlı araçlardır. Uydu görüntüleri, geniş alanlarda ve sürekli algılama yapma özellikleriyle birçok doğal felakete karşı önceden planlama yapılmasında, risk bölgelerinin belirlenmesinde ve sonuçların izlenmesinde vazgeçilmez bir kaynaktır. Özellikle, kentleşmenin taşkınlar üzerinde etkisi göz önüne alındığına uydu görüntülerinden arazi değişiminin belirlenebilmesi bu konuda önemli bir veri kaynağı olduğunu ortaya koymaktadır. Literatürde uydu görüntülerinden arazi kullanımı haritalarının oluşturulmasında farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılmaktadır (Gündoğdu vd., 2002; Lockaby vd., 2011; O'Driscoll vd., 2010; Walsh vd., 2016; Walega vd., 2020; Chikwue, 2019; Salimi vd., 2017; Sudhakar vd., 2015 ).

Bu çalışmada, Dünya ve ülkemizde önemli bir turizm merkezi olarak kabul görmüş Bodrum yarımadası ele alınmıştır. Bodrum yarımadasında nüfus ve şehirleşmenin çok fazla olduğu ve sıklıkla taşkınların meydana geldiği Aliyan, Gerence, Gökçeler, Çukur ve Gaz derelerinin havzaları incelenmiştir. Ayrıca, Bodrum yarımadasında inşa edilmiş taşkın tesislerine yapılan müdahaleler, 1985-2020 yılları arasında arazi kullanımındaki değişiklikler, kentsel büyüme ve çarpık kentleşmenin yaratacağı taşkın problemleri belirlenerek oluşabilecek taşkın zararlarını en aza indirmek ya da ortadan kaldırmak için beş dere havzasının mamba ve mansabında alınması gereken önlemler ortaya konmuştur.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Çalışma Alanı

Bodrum yarımadası Türkiye'nin güney batı ucunda yer alan önemli bir turizm kentidir. Yarımada 37°21'18" Kuzey enlemi, 27°25'45" Doğu boylamında yer almakta olup, kuzeyinde Güllük körfezi, güneyinde Gökova körfezi batısında ise Ege denizi bulunmaktadır (Şekil 1). Bodrum yarımadası 680 km<sup>2</sup>'lik bir alana, 174 km'lik bir kıyı şeridinde sahiptir (Koç vd., 2017). Bölge Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Yarımada, yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı bir iklime sahiptir. Bodrum yarımadası önemli bir turizm bölgesi olması nedeniyle bölgenin nüfus dağılımı yarımada'nın sahil şeridinde yoğunlaşmıştır. Özellikle sahil şeridinde artan nüfus ile birlikte kentleşme de hızla artmıştır (Koç vd., 2020). Son yıllarda yerel ve ulusal basında bölgenin maruz kaldığı taşkın haberleriyle sıklıkla karşılaşılmaktadır. Özellikle kentleşmenin yoğun olduğu bölgelerde yağışlı dönemlerde bir çok taşkın olayı yaşanmaktadır. Yaşanan taşkınların en sık meydana geldiği dereler yarımada'nın güneyinde yer almakta ve denize mansaplanmaktadır. Bu bölgelerdeki dere yatakları (taşkın drenaj sistemi) kentleşme sonucu doğal durumunu kaybettiği için taşkınların sıklıkla meydana geldiği düşünülmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada taşkınların sıklıkla meydana geldiği Aliyan, Gerence, Gökçeler, Çukur ve Gaz dereleri ve havzaları incelenmiştir.



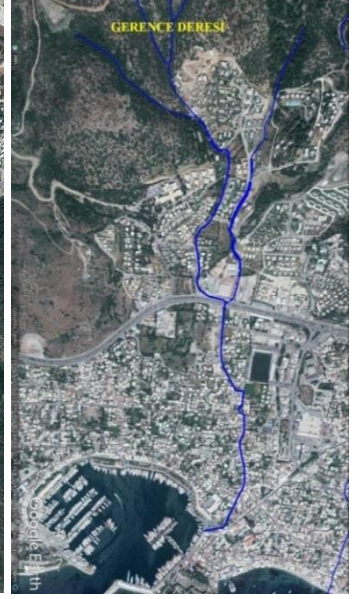
Şekil 1. Bodrum Yarımadasının Türkiye'deki Konumu

## 2.2. Taşkın Oluşturan Dereler ve Müdahaleler

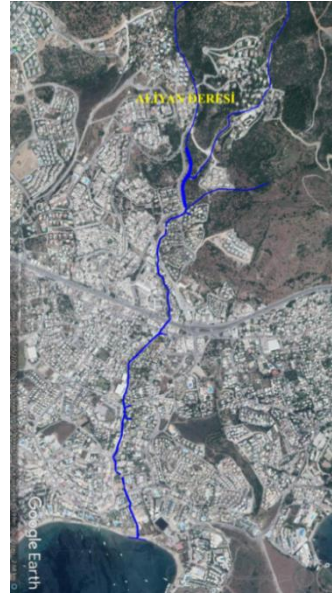
Bodrum ilçe merkezinin betonla kaplı olması ve aşırı kentleşmenin bir sonucu olarak mevcut taşkın tesislerine yapılan müdahaleler yağış sularını kısa sürede yüzeysel akışa geçirmekte ve ani taşkınlara neden olmaktadır. İlçe merkezindeki dere yataklarının tamamı Devlet Su İşleri (DSİ)'nin izni olmaksızın imara açılarak bina, cadde, yol, otopark ve kaldırım inşa edilmiş olduğundan yüzeysel yağmur sularının zamanında tahliye olabilmesi için gerekli drenaj alt yapısı yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, yoğun yağışlarda özellikle Bodrum ilçe merkezi sürekli taşkın riski altında kalmaktadır. İlçe merkezinde taşkınlar meydana getiren ve sorun yaşanan dereler, doğudan batıya doğru (Bodrum girişinden yarımadaya doğru) sıralanırsa, Gökçeler, Gerence, Aliyan, Çukur ve Gaz dereleridir (Şekil 2, 3, 4, 5, 6). Bodrum kent merkezinde kalmış olan derelerin her birinin etrafında yoğun yerleşim alanları bulunmaktadır. Bu nedenle, derelerin bazı bölümlerinin üzeri kapatılarak yol, oto park, kaldırım ve bina yapılarak işgal edilmiştir. Bu durum, yoğun yağışlarda özellikle, kent merkezini sürekli taşkın riski altında bırakmaktadır. Kent merkezinde oluşan taşkınların en önemli nedenleri, derelerin mansap noktalarının kent içerisinde yer alması, pik debileri iletebilecek yeterli kesitte dere yataklarının olmaması ve plansız kentsel gelişmedir. Koç vd (2010) Büyük menderes ve Batı Akdeniz havzalarında işletmede olan taşkın tesislerine yapılan müdahaleler üzerine yaptığı çalışmada, yanlış imar uygulamaları ve arazi kullanım değişiklikleri nedeniyle dere yataklarının daraltılması, mevcut durumuna göre daha küçük kesitli kanal içerisine alınması ve kesit alanlarının diğer kullanım amaçları için küçültülerek kısmen yada tamamen yok edilmesi, üzeri kapatılarak otopark yapılması ve yol haline getirilmesinin taşkın olaylarının etkisini ve şiddetini artırdığını belirtmektedir.



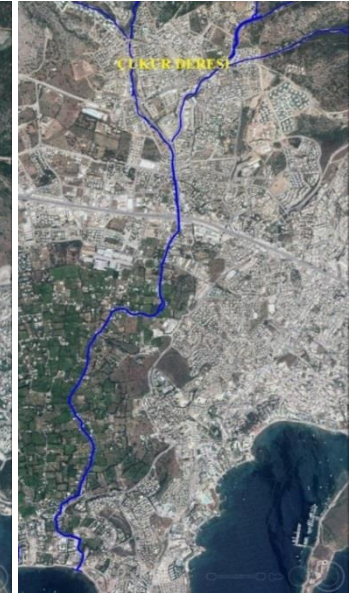
Şekil 2. Gökçeler Deresi



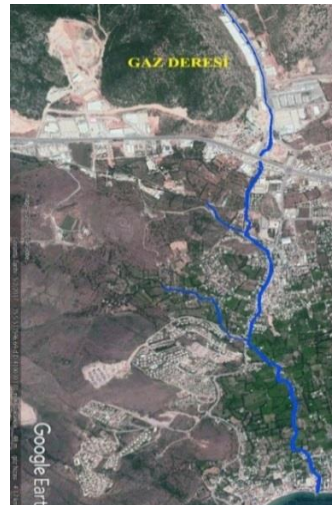
Şekil 3. Gerence Deresi



Şekil 4. Aliyan Deresi



Şekil 5. Çukur Deresi



Şekil 6. Gaz Deresi

### 2.2.1. Gökçeler Deresi

Bodrum merkez girişinde yer alan ve taşkın oluşturan ilk dere olan Gökçeler deresi, yağış havzası küçük olmasına karşın Bodrumda taşkın etkisinin en fazla görüldüğü deredir (Şekil 2).Yokuşbaşı mahallesinden geçerek Azmakbaşı mevkiinde denize mansaplanmaktadır. Gökçeler deresi, mansabının şehir merkezinde yer alması, uygun kesitte yatağının olmaması ve plansız yapılaşma nedeniyle en fazla taşkın oluşturan dere konumundadır. Gökçeler deresinin Bodrum-Turgutreis karayolunu kestiği bölümde, Bodrum Ticaret Odası binası yer almaktadır. Devamında inşa edilen menfez ile Bodrum-Turgutreis karayolunun altından geçmektedir. Derenin Bodrum-Turgutreis karayolunu kesip, yolun güneyine geçtiği bölümünde üzerinin kapatıldığı ve buraya Bodrum İlçe Emniyet Müdürlüğü binasının inşa edildiği görülmektedir. Dere yatağı kare şeklinde bir kutu menfezden geçirilmiş, çıkışı ise Emniyet Müdürlüğü binasının altına insan ve hayvan girişini engellemek amacıyla demir ızgara ile kapatılmıştır. İlçe merkezinde 2015 yılında meydana gelen taşkın sırasında ızgara tıkanarak arkasında büyük miktarda su biriktirmiş ve ardından basınca dayanamayıp patlamıştır. Dere yatağı Emniyet Müdürlüğü çıkışında plansız ve yetersiz kesitte büz içerisine alınarak önce Reşitoğlu Hacı Halil Efendi Sokağı, ardından da Üçkuyular Caddesi altından geçerek denize mansaplanmaktadır.

### 2.2.2. Gerence Deresi

Gerence deresi, kentin doğudan batıya doğru ilerleyen ikinci deresidir. Kısmen açık kesit, kısmen kapalı kesit olarak ilerlemektedir. Türkkuşu mahallesinden gelen ve Lapaçavuş Sokağı boyunca ilerleyip, Bodrum-Turgutreis karayolunu kestikten sonra kısmen açık kesit, kısmen kapalı kesit olarak ilerlemekte ve Bodrum Hükümet Konağı'nın batısından denize mansaplanmaktadır (Şekil 3).

### 2.2.3. Aliyan Deresi

Doğudan batıya doğru üçüncü dere olan Aliyan deresi, Konacık mahallesinin doğu tarafında, üst kotlardan gelecek Bodrum-Turgutreis karayolunu kesmekte ve Gümbet mahallesinden geçerek Gümbet sahilinden denize mansaplanmaktadır (Şekil 4). Aliyan deresindeki en büyük problem mevcut yol geçişlerinde bulunan yetersiz kesitteki menfezlerdir. Dere üzerinde inşa edilmiş 9 adet menfez yapısının acil olarak yenilenmesi gerekmektedir. Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından duble yol kapsamında inşa edilen Bodrum-Turgutreis Karayolunun Aliyan Deresinden geçişini sağlayan menfezin 29.11.2018 tarihinde tıkanması sonucu karayolu su altında kalmıştır (DSİ, 2019). Aliyan Deresinin membasına düşen yağışları tutmak ve oluşabilecek taşkınları önleyebilmek amacıyla 2018 yılında tersip bendi inşa edilmiştir.

### 2.2.4. Çukur Deresi

Vaziyet planında dördüncü sırada yer alan Çukur deresi, Konacık mahallesinden gelecek Bodrum-Turgutreis karayolunu kestikten sonra Bitez sahilinde denize mansaplanmaktadır (Şekil 5). Projeye göre Bodrum-Turgutreis karayolu menfezi dışındaki güzergahın tamamında kesitler yetersizdir. Ayrıca, Bitez Mahallesinde dere güzergahının yaklaşık 2 km'lik kısmı mevcut durumda yol olarak kullanılmaktadır. Yol olarak kullanılan güzergaha Söğütlü caddesi ismi verilmiştir. Güzergahın bazı kısımlarında taban betonlaması yapılmıştır.

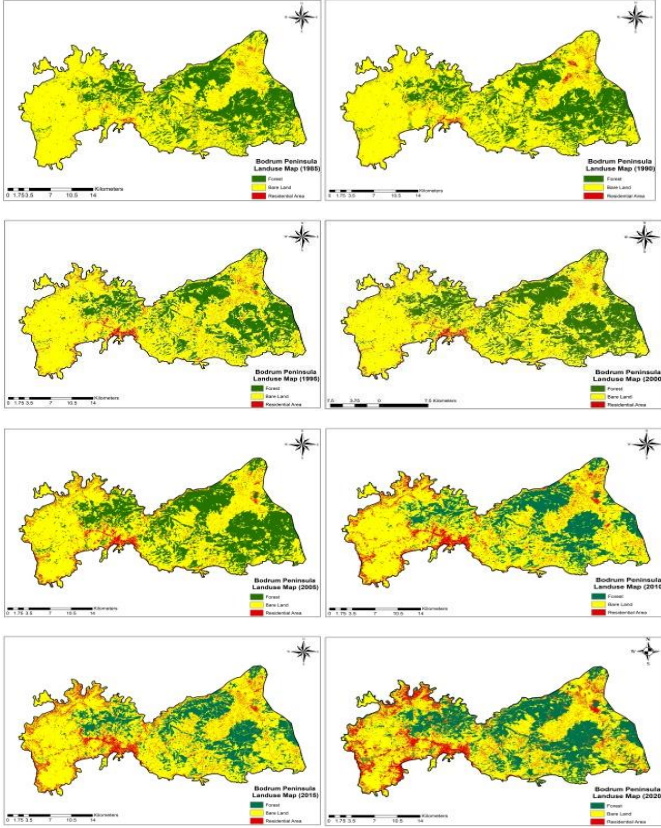
Kişilerin kendi imkanları ile yaptığı bahçe duvarları, dere güzergahı caddeye çevrildiği için istinat duvarı görevi görmektedir. Bu nedenle, duvarı olmayan parseller taşkın riski altında bulunmaktadır.

### 2.2.5. Gaz Deresi

Konacık mahalle sınırları içerisinde, üst kotlardan aşağıya doğru inerek, Bitez sahilinde denize mansaplanan Gaz deresi vaziyet planında doğudan batıya doğru gösterilen beşinci deredir (Şekil 6). Bu derenin, Bodrum-Turgutreis karayolu öncesinde bulunan sanayi sitesi bölgesinde yatak ıslahı yapılmış olup, kesit yeterlidir. Karayolu menfezi de yeterli kesite sahiptir. Gaz deresi, Bodrum-Turgutreis karayolu'nu geçtikten sonra, Bodrum Adliye Sarayı'nın hemen ardından geçmektedir. Ancak, memba tarafında oldukça büyük bir yatağa sahip olan Gaz deresinin üzeri buradaki yol geçişi nedeniyle kapatılmış ve su geçişi için iki adet Ø 80 cm çapında büz konularak kapatılmıştır. Bu büzlerin kesiti, kesinlikle yeterli olmadığı gibi zaten yetersiz olan kesitler çeşitli katı atıklar ile tamamen tıkanmaktadır. Gaz deresinin söz edilen kesiminin devamında (mansap tarafında), Adliye caddesinin sağ tarafına çıkarak, Cadde boyunca sağ taraftan dar bir kesit ile devam etmektedir. Bir noktadan sonra dere yatağının etrafı korkuluklar ile çevrilerek, devamı kapalı kesit (Ø 80 cm büz) şeklinde devam ettirilmiştir. Ancak, kapalı kesitin başladığı yerdeki büzün ağız tıkanmış ve mansap şartı tamamen ortadan kalkmıştır. Bu durum nedeniyle sel suları tamamen yola taşmaktadır. Belediye tarafından bu kesimde bir miktar temizlik yapılmış ancak, büzün ağız yine de açılmamıştır. Olası yeni bir yağış durumunda aynı taşkın olayının yenilenmesi kaçınılmazdır. Gaz deresinin yan kolu olan Bal deresiyle birleştiği kısımdan sonra Bodrum ilçesinin genel bir sorunu olan dere yataklarının yol olarak kullanımı konusu burada da karşımıza çıkmaktadır. Söz konusu dereler şehir merkezi içerisinde kalmış olup her birinin etrafında yoğun ve çarpık yerleşim mevcuttur. Yer yer üzeri kapatılarak yol olarak kullanılan ve bazı bölümlerde yerleşim yerlerine ulaşılacak tek yol konumunda bulunan bu derelerin ıslah edilmesi, uygulama aşamasında oldukça zor ve uzun zaman alacaktır.

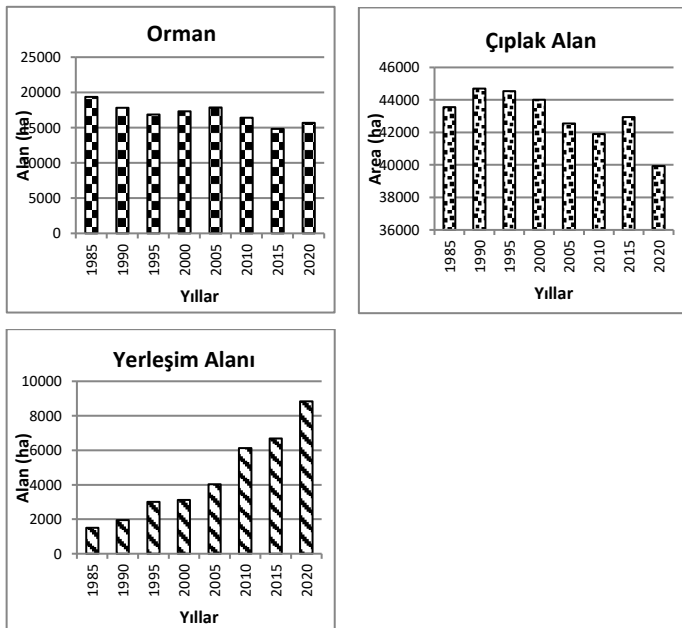
## 2.3. Arazi Kullanımındaki Değişimler ve Kentleşme

Uydu görüntülerinden elde edilen görüntüler kontrollü sınıflandırma yapılarak çalışma alanı 3 ana arazi kullanımı sınıfı (Orman alanı, Çıplak alan, Yerleşim alanı) altında değerlendirilmiştir. Beş yıllık periyotlar ile 1985-2020 yılları arasında arazi kullanımının değişimi bölgede şehirleşmenin hızlı bir şekilde arttığını göstermektedir. Çalışmada kontrollü sınıflandırmaya göre 1985-2020 yıllarındaki arazi kullanım haritaları Şekil 7'de verilmiştir. Şekil 7 incelendiğinde ilk göze çarpan kırmızı renkle gösterilen yerleşim alanlarının 1985 yılından 2020 yılına doğru düzenli bir şekilde artış göstermesidir. Sarı ile gözüken çıplak arazinin yerini yerleşim yerlerine bıraktığı gözlenmiştir. Bu durum, Bodrum yarımadasının giderek artan turizm potansiyeli nedeniyle şehirleşmenin çıplak arazilerin yerine geçtiği görülmektedir. Orman arazilerinde ise çıplak araziye göre nispeten daha düşük oranda azalma meydana geldiği görülmüştür. Şekil 8'de verilen grafiklerde 1985-2020 yılları arasında arazi değişiminin alansal değişimi ortaya konmaktadır.



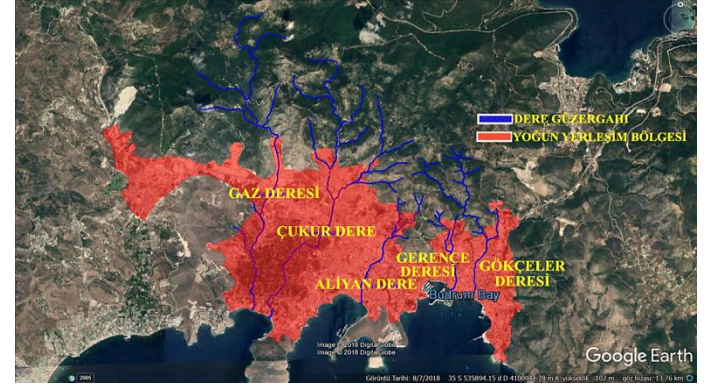
Şekil 7. Arazi kullanımının yıllara göre değişimi (Koç vd., 2020)

Şekil 8'den görüleceği üzere yarımadadaki ormanlık alanlar %5.75 azalarak 2020 yılında 15665.58 ha'lık bir alanı kapladığı hesaplanmıştır. İncelenen 35 yıllık süreç içerisinde çıplak araziler %5.61 azalarak 2020 yılında 39937.77 ha'lık alan kapladığı görülmüştür. Yarımada yerleşim alanlarında, orman ve çıplak arazinin aksine artış görülmüştür. 1985 yılında 1510,94 ha'lık alanla yarımadanın sadece %2.35'lik kısmını kaplayan yerleşim alanları, 2020 yılına gelindiğinde 8830.88



Şekil 8. Arazi kullanımındaki değişimler (Koç vd., 2020)

ha'lık alanla %13.71'ini kapladığı görülmüştür. Bu durum yarımadadaki şehirleşmenin %11.36'lık bir artış gösterdiğini ortaya koymaktadır (Koç vd., 2020). Yapılaşma için uygun olmayan yer seçimleri, yanlış mekansal planlamalar ve uygulamalar kentsel taşkınların meydana gelmesine neden olmaktadır. Bodrum yarımadasının 2019 yılındaki yoğun yerleşim yerleri ve taşkın oluşturan dere güzergahları Şekil 9'da verilmektedir.



Şekil 9. Bodrum yarımadası yoğun yerleşim bölgeleri ve dere güzergahları (DSİ, 2019)

Soil Conservation-Curve Number (SCS-CN) Yağış-Akış modelinde 1984, 2010, 2011 ve 2019 yıllarına ilişkin uydu görüntülerinin kontrolü sınıflandırılması yapılarak bölgenin toprak verileriyle birlikte değerlendirilerek Eğri numaralarının CN (Curve Number) arazi kullanım alanlarına göre ortalama değerleri hesaplanmıştır. Kontrollü sınıflandırmada havzalar orman, çıplak arazi ve yerleşim alanı olarak üç sınıf altında arazi kullanım haritaları oluşturulmuştur. Aliyan, Gerence, Gökçeler, Çukur ve Gaz dere havzalarının arazi kullanımı ve yıllara göre değişimi Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Aliyan, Gerence, Gökçeler, Çukur ve Gaz dere havzalarında incelenen yıllara göre arazi kullanımındaki değişim (Bayazit vd., 2021)

Havza	Yıl	Arazi Kullanımı	Alan (%)	Yıl	Alan (%)	Yıl	Alan (%)	Yıl	Alan (%)
Aliyan	1984	Orman	10.9	2010	1.2	2011	0.5	2019	11.8
		Çıplak	82.4		34.5		30.3		14.1
		Yerleşim	6.5		64.2		69.0		73.9
Gerence	1984	Orman	1.5	2010	0	2011	0	2019	0
		Çıplak	64.9		24.7		22.0		8.6
		Yerleşim	33.4		75.2		77.9		91.3
Gökçeler	1984	Orman	19.0	2010	21.8	2011	17.3	2019	23.5
		Çıplak	75.0		46.6		50.4		28.6
		Yerleşim	5.9		31.5		32.1		47.7
Çukur	1984	Orman	20.4	2010	28.6	2011	23.9	2019	38.4
		Çıplak	74.9		39.4		40.2		16.1
		Yerleşim	4.6		31.8		35.7		45.3
Gaz	1984	Orman	21.5	2010	32.9	2011	28.6	2019	40.2
		Çıplak	73.8		44.3		42.4		17.9
		Yerleşim	4.6		22.6		28.8		81.5

Son zamanlarda yapılan birçok çalışmada kara örtüsü haritalarını üretmek ve doğruluklarını test etmek için düşük maliyetli ve makul derecede doğru referans verileri sağlamak için yüksek çözünürlüklü görüntülerin görsel yorumlamasını kullanılmaktadır (Clark & Aide, 2011). Uydu görüntülerinden elde edilen görüntüler kontrollü sınıflandırma yapılarak çalışma alanı üç ana arazi kullanım sınıfı (ormanlık, çıplak, yerleşim) altında değerlendirilmiştir. 1984, 2010, 2011 ve 2019 yılları arasında arazi kullanımının değişimi bölgede kentleşmenin hızlı bir şekilde arttığını göstermektedir. Kentleşmenin artması düşen yağışların zemine sızmaksızın doğrudan akışa geçeceği alanları artırmıştır. Bu durum, son yıllarda artan taşkın olaylarını açıklayabilmektedir. Yerleşim

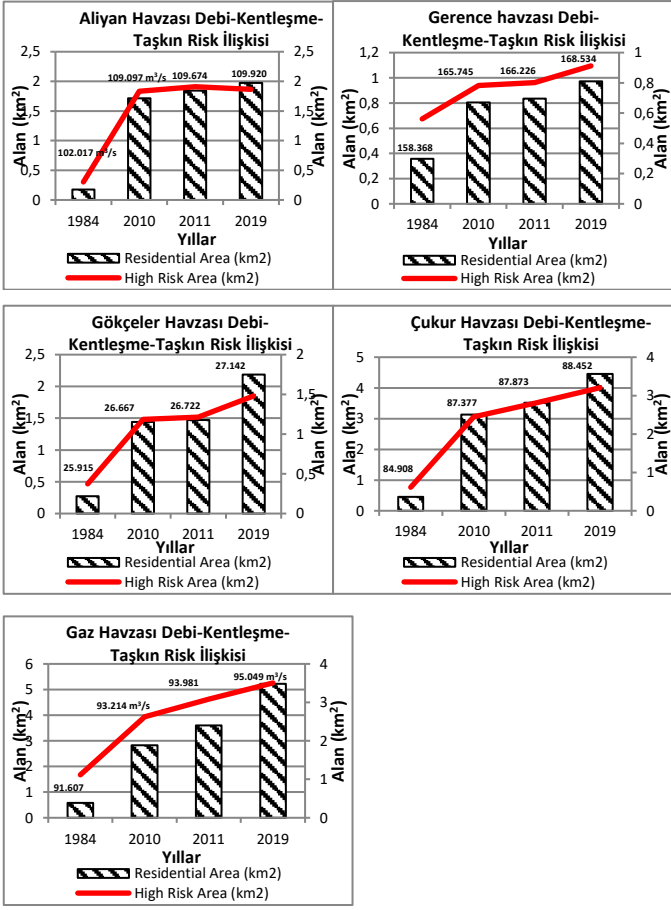
alanlarının miktarı 1984 yılından 2019 yılına kadar artış göstermiştir. Gerence dere havzası dışındaki havzalarda orman ve makilik alanların bir artış içerisinde olduğu gözlenmiştir. Ancak, çıplak arazilerin yerini orman ve yerleşim alanlarının kapladığı açıkça görülmektedir. Burada önemli olan çıplak arazinin yerini yüzde kaç ormanlık alan yüzde kaç yerleşim alanının aldığı tespit edilmesidir. Veriler incelendiğinde tüm havzalarda ortalama olarak çıplak arazi alanlarının %18.79'u yerini ormanlık alana %81.21'i ise yerleşim alanına bırakmıştır. Havzalarda ağaçlandırma çalışmaları olmasına karşın, yerleşim alanlarının çok daha yüksek oranda artma eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu durum, incelenen havzalarda yerleşim alanlarının hızla arttığını önümüzdeki yıllarda ormanlık alanlarında da kentleşme tehlikesi altında olduğunu açıkça ortaya koymaktadır (Bayazıt vd., 2021).

#### 2.4. Kentleşme, Taşkın Debisi ve Taşkın Riski Arasındaki İlişkiler

Şekil 10'da Aliyan, Gerence, Gökçeler, Çukur ve Gaz havzaları için debi-kentleşme-taşkın riskleri arasındaki ilişkiler gösterilmiştir. Grafikler ayrıntılı olarak incelendiğinde 1984 yılında tüm havzalardaki yerleşim alanları kısıtlıyken ilerleyen yıllarda yerleşim alanlarının arttığı açıkça görülmektedir. Aynı oranda grafiklerde kırmızı çizgiyle gözükken eğride yüksek taşkın riski taşıyan alanlarında arttığı görülmektedir. SCS-CN metoduyla bulunan taşkın büyüklükleri de yıllara göre artış göstermektedir. Bu üç kriter arasındaki doğru orantının kentleşme faktöründen kaynaklandığı açıktır. Kentleşme nedeniyle havzalardaki geçirimsiz alanların artması düşen yağışların büyük oranda doğrudan akışa geçmesini, bu durumun da taşkın debilerini arttırdığı değerlendirilmiştir. Her bir dere havzası kendi içerisinde kentleşme ve oluşturacağı taşkın büyüklüğü açısından değerlendirildiğinde; Aliyan dere havzasında 1984 yılında 0.17 km<sup>2</sup>'lik bir yerleşim alanı varken 2010 yılında 9.83 kat artışla bu alan 1.72 km<sup>2</sup>'ye yükselmiştir. SCS-CN metoduna göre yerleşim alanındaki bu büyümenin taşkın büyüklüğüne etkisi %6.94'lük bir artış olarak yansımıştır. 1984 yılında 102.02 m<sup>3</sup>/s olan taşkın büyüklüğü 2010 yılında 109.10 m<sup>3</sup>/s olarak hesaplanmıştır. 2011 ve 2019 yıllarında yerleşim alanları büyüme eğilimini devam ettirerek 1.85 km<sup>2</sup> ve 1.97 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Taşkın büyüklüğü 2011 yılında 109.67 m<sup>3</sup>/s olarak hesaplanırken 2019 yılında 109.92 m<sup>3</sup>/s olarak bulunmuştur. Aliyan havzasında şehirleşme 1984 yılından 2019 yılına kadar 11.29 kat büyüme göstermiştir. Aliyan deresinin 1984 yılından 2019 yılına kadar taşkın büyüklüğü ise %7.75 oranında artmıştır. Gerence dere havzasında 1984 yılında 0.36 km<sup>2</sup>'lik bir yerleşim alanı varken 2010 yılında 2.25 kat artışla bu alan 0.81 km<sup>2</sup>'ye yükselmiştir. SCS-CN metoduna göre yerleşim alanındaki bu büyümenin taşkın büyüklüğüne etkisi %4.68'lik bir artış olarak yansımıştır. 1984 yılında 158.37 m<sup>3</sup>/s olan taşkın büyüklüğü 2010 yılında 165.75 m<sup>3</sup>/s olarak hesaplanmıştır. 2011 ve 2019 yıllarında yerleşim alanları büyüme seyrini devam ettirerek 0.83 km<sup>2</sup> ve 0.97 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. 2011 yılındaki taşkın büyüklüğü 166.23 m<sup>3</sup>/s olarak hesaplanırken 2019 yılında 168.53 m<sup>3</sup>/s olarak bulunmuştur. Gerence havzasında şehirleşme 1984 yılından 2019 yılına kadar 2.72 kat büyüme göstermiştir. Gerence deresinin 1984 yılından 2019 yılına kadar taşkın büyüklüğü ise %6.42 oranında artmıştır. Gökçeler dere havzasında, 1984 yılında 0.27 km<sup>2</sup>'lik bir yerleşim alanı varken 2010 yılında 5.29 kat artışla bu alan 1.44 km<sup>2</sup>'ye yükselmiştir. SCS-CN metoduna göre yerleşim alanındaki bu

büyümenin taşkın büyüklüğüne etkisi %2.90'lık bir artış olarak yansımıştır. 1984 yılında 25.92 m<sup>3</sup>/s olan taşkın büyüklüğü 2010 yılında 26.67 m<sup>3</sup>/s olarak hesaplanmıştır. 2011 ve 2019 yıllarında yerleşim alanları büyüme seyrini devam ettirerek 1.47 km<sup>2</sup> ve 2.18 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. 2011 yılındaki taşkın büyüklüğü 26.72 m<sup>3</sup>/s olarak hesaplanırken 2019 yılında 27.14 m<sup>3</sup>/s olarak bulunmuştur. Gökçeler havzasında şehirleşme 1984 yılından 2019 yılına kadar 8.01 kat büyüme göstermiştir. Gökçeler deresinin 1984 yılından 2019 yılına kadar taşkın büyüklüğü ise % 4.74 oranında artmıştır. Çukur dere havzasında 1984 yılında 0.45 km<sup>2</sup>'lik bir yerleşim alanı varken 2010 yılında 6.93 kat artışla bu alan 3.12 km<sup>2</sup>'ye yükselmiştir. SCS-CN metoduna göre yerleşim alanındaki bu büyümenin taşkın büyüklüğüne etkisi %2.91'lik bir artış olarak yansımıştır. 1984 yılında 84.91 m<sup>3</sup>/s olan taşkın büyüklüğü 2010 yılında 87.38 m<sup>3</sup>/s olarak hesaplanmıştır. 2011 ve 2019 yıllarında yerleşim alanları büyüme seyrini devam ettirerek 3.51 km<sup>2</sup> ve 4.46 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. 2011 yılındaki taşkın büyüklüğü 87.87 m<sup>3</sup>/s olarak hesaplanırken 2019 yılında 88.45 m<sup>3</sup>/s olarak bulunmuştur. Çukur dere havzasında şehirleşme 1984 yılından 2019 yılına kadar 9.87 kat büyüme göstermiştir. Çukur deresinin 1984 yılından 2019 yılına kadar taşkın büyüklüğü ise %4.17 oranında artmıştır. Gaz dere havzasında 1984 yılında 0.58 km<sup>2</sup>'lik bir yerleşim alanı varken 2010 yılında 4.89 kat artışla bu alan 2.83 km<sup>2</sup>'ye yükselmiştir. SCS-CN metoduna göre yerleşim alanındaki bu büyümenin taşkın büyüklüğüne etkisi %1.75'lik bir artış olarak yansımıştır. 1984 yılında 91.61 m<sup>3</sup>/s olan taşkın büyüklüğü 2010 yılında 93.21 m<sup>3</sup>/s olarak hesaplanmıştır. 2011 ve 2019 yıllarında yerleşim alanları büyüme seyrini devam ettirerek 3.60 km<sup>2</sup> ve 5.22 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. 2011 yılındaki taşkın büyüklüğü 93.98 m<sup>3</sup>/s olarak hesaplanırken 2019 yılında 95.05 m<sup>3</sup>/s olarak bulunmuştur. Gaz havzasında şehirleşme 1984 yılından 2019 yılına kadar 9.04 kat büyüme göstermiştir. Gaz deresinin 1984 yılından 2019 yılına kadar taşkın büyüklüğü ise %3.76 oranında artmıştır (Bayazıt vd., 2021).

Tüm bu veriler değerlendirildiğinde 1984-2019 yılları arasında şehirleşme açısından en fazla büyüme 11.29 kat artış ile Aliyan dere havzasında görülmüştür. Aliyan havzasının ardından sırasıyla şehirleşmedeki artış olarak Çukur, Gaz, Gökçeler ve Gerence havzaları gelmektedir. Taşkın büyüklüklerindeki artış olarak 1984-2019 yılları arasında %7.75'lik artışla yine Aliyan havzasında görülmüştür. Ardından sırasıyla Gerence, Gökçeler, Çukur ve Gaz havzaları gelmektedir. Şekil 10'da kırmızı çizgiyle görülen taşkın risk alanlarındaki değişimler incelendiğinde 1984-2019 yılları arasında Aliyan havzasında yüksek taşkın riski taşıyan alanların 6.15 kat büyüdüğü görülürken, Gerence havzasında 1.63 kat, Gökçeler havzasında 3.96 kat, Çukur havzasında 5.24 kat, Gaz havzasında ise 3.14 kat büyüdüğü görülmüştür. Tüm bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde incelenen beş havza içerisinde Aliyan deresi yıllar içerisinde taşkın oluşturma riskinin en fazla büyüme gösterdiği dere olarak dikkat çekmiştir. Aliyan deresinin ardından riskli havzalar olarak Çukur, Gökçeler ve Gaz havzaları gelmektedir (Bayazıt vd., 2021).

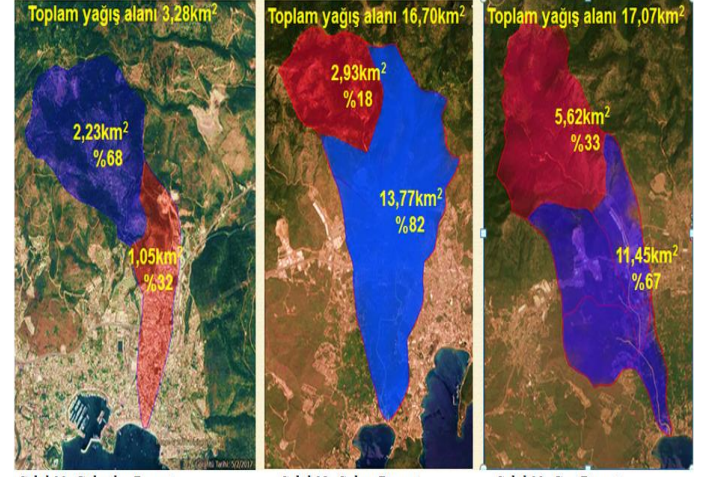


Şekil 10. Havzaların incelenen yıllara göre Debi-Kentleşme-Taşkın Riski arasındaki ilişkiler (Bayazıt vd., 2021)

### 3. Taşkınların Önlenmesi için Alınması Gereken Önlemler

Taşkın yaratan derelerin yukarı havzalarından gelebilecek taşkın sularını depolamak ve mansaba güvenli bir akışı iletmek amacıyla Gökçeler, Çukur ve Gaz dereleri üzerine “sel kapanı” yapısının inşa edilmesi önerilmektedir. Sel kapanı, taşkın sularını rezervuarda geçici olarak depolayarak, belirli bir zamanda oluşan taşkın akımını daha uzun bir zamana yayarak öteleyen ve bu sayede mansaptaki emniyetli yatak kapasitesi kadar çıkış debisi sağlayan alçak barajlardır. Bu derelerin memba güzergahlarında topoğrafik açıdan bu yapıların inşa edilebileceği alanlar bulunmaktadır. Bu derelerin mansabında yoğun yerleşim alanları yer aldığı için bu yapıların gerekli rezervuarları beş yüz yıllık debide ( $Q_{500}$ ) göre belirlenmelidir. Ancak, bu derelerin güzergahlarında yer alan depolama alanları kısmen doğal sit, Arkeolojik sit alanında ve orman tahdit sınırları içerisinde kaldığı için projelerin hazırlanmasından hemen sonra ve yapım öncesinde ilgili kurumlardan gerekli izinler alınmalıdır. Yapılan incelemelerde bölgedeki parsellerin maliye hazinesi adına tescilli olduğu görüldüğünden kamulaştırma maliyetinin olmayacağı düşünülmektedir. İnşa edilmesi düşünülen sel kapanları (kısmen depolama yapıları) mambadan gelen aşırı akımların bir kısmını yerleşim yerlerine ulaşmadan tutmayı ve mansaba ulaşabilecek akımları geciktirmeyi ve kontrol etmeyi amaçlamaktadır. Bu yapılara inşa edildiği havzadan sediment taşınımı olmaz ise depolanan sular yazın su sıkıntısı çekilen Bodrum yarımadası mevcut su kaynaklarına ek bir kaynak da oluşturabilecektir. Ancak, sedimet taşınımı nedeniyle bu yapılar kısa sürede dolar ise

gelen taşkın sularını depolama ve akışı geciktirme özelliği azalabilir. Bu nedenle, bu yapıların inşası ile birlikte yukarı havzada erozyon önleyici ağaçlandırma ve doğal vejetasyon çalışmaları yapılmalıdır. Şekil 11, 12 ve 13’de sel kapanı inşa edilme olanağına sahip Gökçeler, Çukur ve Gaz derelerine ilişkin toplam yağış alanları, memba ve mansap yağış alanları verilmektedir (DSİ, 2019).



Şekil 11. Gökçeler Deresi

Şekil 12. Çukur Deresi

Şekil 13. Gaz Deresi

Bodrum yarımadasında yer alan Gökçeler deresinin toplam yağış alanı 3.28 km<sup>2</sup> dir. Gökçeler deresinde yukarı havza (membra) çalışmaları yapılması kapsamında inşa edilecek sel kapanı dere su toplama havzasının 2.23 km<sup>2</sup>’lik alanına (%68) düşen yağış sularını tutulabilecektir. Havzada kentsel yapılaşmanın yoğun olduğu 1.05 km<sup>2</sup>’lik alana (%32) düşen yağış için mansap önlemlerinin alınması gerekmektedir. Yarımada için taşkın yaratma riski en yüksek olan Gökçeler deresinin membasında inşa edilecek sel kapanı oluşabilecek taşkın azaltılması ve ortadan kaldırılmasına önemli katkı verecektir. Ayrıca, derenin membasında yer alan çıplak alanlarda uygulanacak erozyon önleme çalışmaları inşa edilecek sel kapanının ekonomik ömrünü uzatacak ve sel kapanında daha temiz ve kullanılabilir bir su kaynağının depolanmasına olanak sağlayacaktır. Çukur deresinin toplam yağış havzası 16.70 km<sup>2</sup> dir. Çukur deresinde yukarı havza çalışmalarının yürütülmesi durumunda 2.93 km<sup>2</sup>’lik alana (%18) düşecek yağış suyunu tutulabilecek ve 13.77 km<sup>2</sup>’lik alana (%82) düşen yağış suyu için mansap önlemlerinin alınması gerekmektedir. Çukur deresi yağış havzasının %82’lik kısmı yapılaşmanın olduğu kentsel alanlar içerisinde kalmaktadır. Gaz deresinin 17.07 km<sup>2</sup>’lik toplam yağış alanına sahiptir. Gaz deresinde yukarı havza çalışmalarının olması durumunda %33’lük yağış alanına düşen suyu tutulabilecek ve %67’lik yağış alanı için mansap önlemlerinin alınması gerekecektir. Gaz deresi yağış alanının 11.45 km<sup>2</sup>’lik kısmı kentsel yerleşim alanı içerisinde yer almaktadır. Bu bağlamda, Çukur deresi ve Gaz deresi üzerine inşa edilecek sel kapanları derelerin membalarına düşen yağışları tutacak ve oluşabilecek taşkınların ötelenmesini sağlayacaktır.

Gökçeler, Gerence, Aliyan, Çukur ve Gaz dereleri yağış toplama havzalarının büyük bir bölümü kentsel yerleşim alanlarının yer aldığı mansapta yer almaktadır. Yukarı havza çalışmaları tamamlandığında göz önüne alınacak yağış alanının tamamının yerleşim içerisinde kalması nedeniyle taşkın debi hesaplarının Yağmur Suyu Drenaj Hattı proje kriterlerine göre yapılması gerekmektedir. Yapılacak çalışmalar ile memba önlemleri alındıktan sonra kentsel alanda oluşabilecek yeni

taşkın debisi hesaplanmalı ve bu debiyi temel alan tip kesitler belirlenmelidir. Hesaplanan bu debi ve kesitlere göre mevcut dere yataklarının kullanılabilme olanakları araştırılmalı ve mevcut taşkın-drenaj tesislerine yapılan müdahaleler ortadan kaldırılmalıdır. Ayrıca, tüm dere güzergahları için gerekli kamulaştırma planları hazırlanmalı ve finansal kaynaklar ayrılmalıdır. Bodrum ilçe merkezinde yer alan ve Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından ıslah projeleri hazırlanarak 2010/5 sayılı "Akarsu ve Dere Yataklarının Islahı" konulu Başbakanlık Genelgesi'nin 9. Maddesi "DSİ tarafından yapılacak akarsu ve dere yatağı ıslahlarının projesine göre yapılabilmesi için; bu alanlardan belediye ve mücavir alan sınırları içinde bulunanlar, ilgili belediyelerce DSİ'ye ihtilafsız olarak teslim edilecek, bu alanların dışında kalan yerlerin ise DSİ'ye tesliminin sağlanması hususunda gerekli çalışmalar valilerin koordinasyonunda yürütülecektir." maddesi gereği ıslah edilecek dere güzergahlarının Muğla Büyükşehir Belediyesi tarafından DSİ'ye sorunsuz yer tesliminin yapılması gerekmektedir.

Kentsel yerleşim alanlarında taşkın debisini azaltmak amacıyla binaların çatılarından, beton ve asfalt yüzeyli alanlardan gelen yağış sularını yeraltı taşkın suyu depolama, akışı geciktirme, havza içinde depolama ve infiltrason önlemleri ve yeraltı taşkın tünelleri inşa ederek azaltma olanakları araştırılmalıdır. Ayrıca, kentsel yerleşimde yer alan beton alanlar ve çatı yüzelerinde oluşabilecek akış oranının (F) 0.9 olduğu dikkate alınır, 1 hektarlık beton kaplı alanlar için 480 m<sup>3</sup> den daha fazla yağış suyunu depolayabilecek taşkın suyu düzenleme göletleri kent içerisinde uygun alanlara inşa edilmelidir (Baba, 2018). Bu nedenle, Bodrum merkezinde tesis edilecek taşkın düzenleme göletleri taşkın zamanında taşkın depolama amacıyla, diğer zamanlarda ise spor ve park-rekreasyon alanları olarak kullanılacak şekilde planlanmalıdır. Ayrıca, kentsel alanda inşa edilecek binaların su basmanlarının yüksek tutulması taşkından etkilenmeyi azaltacaktır. Beton ve asfalt alanlar arttıkça inşa edilecek drenaj ve taşkın tesisleri kısa sürede oluşan pik debileri zarar vermeden boşaltacak şekilde planlanmalıdır. Kent içerisinde yer alan tüm drenaj ve taşkın tesislerinin her yıl gerekli bakım-onarım çalışmaları yapılmalı ve kurulan ekipler tarafından tüm boşaltım tesisleri izlenmelidir.

#### 4. Araştırma Sonuçları ve Öneriler

Bu çalışma, ülkemizin önemli bir turizm bölgesi olan Bodrum yarımadasının kentsel alanlarında taşkın oluşturan dereler, taşkına maruz kalan alanlar, kentsel büyüme, taşkınları önleme ve yönetme arasındaki ilişkileri incelemeyi amaçlamaktadır. Yerleşim alanları 1985 yılında 1510.94 ha'lık alan ile yarımada'nın sadece %2.35'lik kısmını kaplarken, 2020 yılına gelindiğinde 8830.88. ha'lık alana ulaşarak %13.71'lik bir alanı kapladığı görülmüştür. Bodrum kent merkezinde meydana gelen taşkınlar Gökçeler, Gerence, Aliyan, Çukur ve Gaz derelerinden kaynaklanmaktadır. İncelenen beş havza içerisinde taşkın riskinin en fazla olduğu havzalar Aliyan deresi ile kentsel büyümenin en fazla olduğu Gökçeler, Çukur ve Gaz dereleridir. Dereler kent merkezinde kalmış olup her bir derenin etrafında yoğun yerleşim alanları bulunmaktadır. Kent merkezinde oluşan taşkınların nedenleri, derelerin mansap noktalarının kent içerisinde yer alması, pik taşkın debilerini iletebilecek kesitte dere yataklarının olmaması, mevcut taşkın tesislerine yapılan çeşitli müdahaleler ve plansız kentsel büyüme olarak sıralanabilir. Kent merkezinin genelinde şehrin

beton, taş ve asfalt yüzeyler ile kaplı olması nedeniyle yağış suları hemen yüzeysel akışa geçerek ani taşkınlara neden olmaktadır. Ayrıca, kent merkezindeki dere yataklarının tamamı imara açılarak cadde, yol, otopark, kaldırım ve bina yapılarak işgal edilmiş olduğundan yüzeysel yağmur sularının tahliyesi için drenaj altyapısı yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, yoğun yağışlarda özellikle kent merkezi sürekli taşkın riski altındadır.

İncelenen yıllarda kentsel büyümede önemli bir artışın olması taşkından etkilenebilecek alanların artmasına neden olmaktadır. Kentsel gelişmenin büyüklüğü ve büyümenin yönü taşkın riskinin artmasına veya azalmasına neden olmaktadır. Yağış eğilimindeki değişimler kentsel bölgelerde taşkından etkilenebilecek alanları azaltan yada artıran tek faktör değildir. İncelenen beş havzada yağışlar ile taşkına karşı korumasız olan alanlar arasında net bir ilişki bulunmamaktadır. Ancak, taşkına eğilimli alanlar, yağış yoğunluğu ve sıklığındaki farklılıktan ve kentsel büyümenin boyutundan önemli ölçüde etkilenmektedir. Kentsel büyüme ve büyümenin taşkın tehlikesi olan alanlara yönelmesi taşkın riskine hassas alanların artmasına neden olacağı için yerel ve ulusal düzeydeki karar vericiler kalıcı çözümler üretmelidir. Kentsel alan içerisinde inşa edilecek yeni bir yol yada diğer altyapı hizmetlerinin taşkın tehlikesi olan alanlardan uzakta yapılması hem planlı hem de planlanmamış kentsel büyüme için riskli alanlardan kaçınmaya yardımcı olacaktır. Bu durum, özellikle ani taşkın riski olan bölgelerde yaşayanlar için risk azaltmanın önemli bir adımı olabilecektir. Ayrıca, doğal ve inşa edilmiş ortamlar arasında daha somut bir ilişki kurularak nüfusun yaşam kalitesini artırarak taşkınların etkisini azaltmak için entegre kentsel planlama yaklaşımına sahip olunmalıdır. Planlamacılar, mühendisler, yerel yöneticiler ve politikacılar kentsel büyüme için uygun alanların seçimi için taşkın tehlikesi olan alanları gösteren haritaları kullanabilirler. Kentsel taşkın tehlike haritaları, taşkın tehlike bölgeleri ile taşkınların mekansal dağılımı arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Yağmur suyu akış altyapısına ihtiyaç duyulan alanların tanımlanması ve sürdürülebilir kentsel kalkınmaya ilişkin politika ve stratejiler için taşkın tehlike haritaları yetkililer tarafından dikkate alınmalıdır. Koç & Bozkurt (2013), havzada doğru yağış-akış tahmini ve zamanında yapılan erken uyarıların can ve mal kaybını önlemedeki önemi havzada daha yaygın bir gözlem ağı ve erken uyarı sistemi kurulmasını zorunlu kılmaktadır.

#### Kaynakça

- Abas, A.A., & Hashim, M. (2014). Change detection of runoff-urban growth relationship in urbanised watershed. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 18, 8th International Symposium of the Digital Earth (ISDE8) 26–29 August 2013, Kuching, Sarawak, Malaysia, 1-7 p.
- Ahmad, T., Pandey, A.C., & Kumar, A. (2019). Evaluating urban growth and its implication on flood hazard and vulnerability in srinagar city, kashmir valley, using geoinformatics. Arab. J. Geosci. 12 (9), 1-20
- Baba, H. (2018). Comprehensive Risk Management of Urban Flood-Flood Damage Control Law for Specified Urban River Basins. JICA (Japan International Cooperation Agency), presentation, 37p.



- Bayazit, Y., Koç, C., & Bakış, R. (2021). Urbanization impacts on flash urban floods in Bodrum Province, Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 66, No. 1, 118–133
- Buurman, J., & Babovic, V. (2016). Adaptation pathways and real options analysis: An approach to deep uncertainty in climate change adaptation policies. *Policy Soc.* 35, 137–150.
- Chen, S.Y., Xue, Z.C., Li, M., & Zhu, X.P. (2013). Variable sets method for urban flood vulnerability assessment. *Sci. China Technol.* 56, 3129–3136.
- Chikwue, M.I. (2019). Computation of peak Flow discharge using global Mapper 15.0 to design open channel. *Conference Book of proceedings. The Dynamics of Environmental Change: Impact of Engineering.*
- Clark, M., & Aide, M. (2011). Virtual Interpretation of Earth Web-Interface Tool (VIEW-IT) for Collecting Land-Use/Land-Cover Reference Data. *MDPI Remote Sensing*, 3(3), 601–620
- Devi, N.N., Sridharan, B., & Kuiry, S.N. (2019). Impact of urban sprawl on future flooding in chennai city, india. *J.Hydrol.* 574, 486–496
- DSI (Devlet Su İşleri). (2019). Bodrum İlçe Merkezi Dereleri. Tarım ve Orman Bakanlığı. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. XXI. Bölge Müdürlüğü. Bodrum İlçe Merkezi Dereleri Sunumu, 10 Ocak 2019, Aydın.
- Gu, D. (2019). Exposure and vulnerability to natural disasters for world's cities. United Nations: Department of Economic and Social Affairs. Population Division. Technical Paper, December, 125 p.
- Gündoğdu, K.S., Değirmenci, H. & Demirtaş, Ç. (2002). Creation of GIS Supported Database in Irrigation Project Management. *AGROENVIRON*, 26-29 October, Cairo, Egypt. 1-6p.
- Hallegatte, S., Green, C., Nicholls, R.J., & Corfee-Morlot, J. (2013). Future flood losses in major coastal cities. *Nat. Clim. Chang.* 3, 802–806.
- Hansen, R., & Pauleit, S. (2014). From multifunctionality to multiple ecosystem services? A conceptual framework for multifunctionality in green infrastructure planning for urban areas. *Ambio.* 43, 516–529.
- Hirabayashi, Y., Mahendran, R., Koirala, S., Konoshima, L., Yamazaki, D., Watanabe, S., Kim, H., & Kanae, S. (2013). Global flood risk under climate change, *Nature Climate Change*, volume 3, 816–821
- Jacobson, C.R. (2011). Identification and quantification of the hydrological impacts of imperviousness in urban catchments: A review. *J. Environ. Manag.* 92, 1438–1448.
- Jha, Abhas K., Robin Bloch, & Jessica Lamond. (2012). *Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century.* Washington, DC: World Bank and Global Facility for Disaster Reduction and Recovery.
- Koç, C., Bakış, R., & Bayazit, Y. (2017). A study on assessing the domestic water resources, demands and its quality in holiday region of Bodrum Peninsula, Turkey. *Tourism Management*, Volume 62, 10-19
- Koç, C., & Bozkurt, H (2013). Büyük Menderes Havzasında Taşkınların Entegre Havza Yönetimiyle Kontrol Edilmesi Üzerine bir Çalışma [A Study on the Control of Floods in Büyük Menderes Basin by Integrated Watershed Management]. 3. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 29-30 Nisan 2013, Tebliğler kitabı, 95-102s. Haliç Kongre Merkezi. İstanbul.
- Koç, C., Kosif, K., Kızıltepe, S., & Özdemir, K (2010). Büyük Menderes ve Batı Akdeniz Havzalarında İşletmede olan Taşkın Tesislerine Yapılan Müdahaleler Üzerine Bir Çalışma [A Study on Interventions on Flood Facilities Operated in Büyük Menderes and West Mediterranean Basins]". II. Ulusal Taşkın Sempozyumu 22–24 Mart, Afyonkarahisar, 71–79p.
- Koç, C., Bayazit, Y., & Bakış, R. (2020). A study on assessing the urban growth, population, and water resources of Bodrum Peninsula, Turkey. *Environ Monit Assess.* 192:631, 2-12.
- Kuang, W.H., Chen, L.J., Liu, J.Y., Xiang, W.N., Chi, W.F., Lu, D.S., Yang, T.R., Pan, T., & Liu, A.L. (2016). Remote sensing-based artificial surface cover classification in Asia and spatial pattern analysis. *Sci. China Earth Sci.* 59, 1720–1737.
- Liao, K.H. (2012). A theory on urban resilience to floods-A basis for alternative planning practices. *Ecol. Soc.*17, 134–145.
- Liu, Y.Z., Bralts, V.F., & Engel, B.A. (2015). Evaluating the effectiveness of management practices on hydrology and water quality at watershed scale with a rainfall-runoff model. *Sci. Total Environ.* 511, 298–308.
- Lockaby, G., Nagy, C., & Vose, J.M., ( 2011). Water and forests. In: Wear, D.N., Greis, J.G. (Eds.), *Southern Forest Futures Project*, Chapter 13. 85 p.
- Miller, J.D., & Hutchins, M. (2017). The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom. *J. Hydrol. Reg. Stud.* 12, 345–362.
- O'Driscoll, M., Clinton, S., & Jefferson, A. (2010). Urbanization effects on watershed hydrology and in-stream processes in the Southern United States. *Water* 2, 605–648.
- P. Pettersson, M., Priest, S., & Suykens, C. (2018). Governance Strategies for Improving Flood Resilience in the Face of Climate Change. *Water*, 10 (11), 1595.
- Pathirana, A., Deneke, H.B., Veerbeek, W., Zevenbergen, C., & Banda, A.T. (2014). Impact of urban growth-driven landuse change on microclimate and extreme precipitation-A sensitivity study. *Atmos. Res.* 138, 59–72
- Salimi, E.T., Nohegar, A., Malekian, A., Hoseini, M., & Holisaz, A. (2017). Estimating time of concentration in large watersheds. *Paddy and Water Environment.* 15 (1):123-13.
- Sanyal, J., & Lu, X. (2004). Application of remote sensing in flood management with special reference to monsoon asia: A review. *Nat. Hazards*, 33, 283–301.
- Satheeshkumar, S., Venkateswaran, S., & Kannan, R. (2017). Rainfall-runoff estimation using SCS-CN and GIS approach in the Pappirepipatti watershed of the Vaniyar sub basin, South India. *Model. Earth Syst. Environ.* 3(24):1-8.
- Scholz, M. (2004). Case study: Design, operation, maintenance and water quality management of sustainable storm water ponds for roof runoff I. *Bioresource Technology*, 95, 269–279.
- Sörensen, J., & Mobini, S. (2017). Pluvial, urban flood mechanisms and characteristics—assessment based on insurance claims. *J. Hydrol.* 555, 51–67
- Sudhakar B.S., Anupam, K.S., & Akshay, O.J. (2015). Snyder Unit Hydrograph and GIS for Estimation of Flood for Ungauged Catchments in Lower Tapi Basin, India. *Hydrol Current Res* 6: 195-206

- UNISDR. (1998–2017). *Economic Losses, Poverty & Disasters*. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters & UN Office for Disaster Risk Reduction: Geneva, Switzerland, 2017.
- UN (United Nations). (2018) *Revision of World Urbanization Prospects*. New York, NY, USA, 2018.
- Wahl, T., Jain, S., Bender, J., Meyers, S.D., & Luther, M.E. (2015). Increasing risk of compound flooding from storm surge and rainfall for major US cities. *Nat. Clim. Chang.* 5, 1093–1097.
- Walega, A., Amatya, D. M., Caldwell, P., Marion, D., & Pandey, S. (2020). Assessment of storm direct runoff and peak flow rates using improved SCS-CN models for selected forested watersheds in the Southeastern United States. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 27 100645. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100645>
- Walsh, C.J., Booth, D.B., Burns, M.J., & vd. (2016). Principles for urban stormwater management to protect stream ecosystems. *Freshw. Sci.* 35 (1), 398-411
- Zhou, Q., Leng, G., Su, J., & Ren, Y (2019). Comparison of urbanization and climate change impacts on urban flood volumes: Importance of urban planning and drainage adaptation. *Sci. Total Environ.* 25;658:24-33