T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAŞKIN ANALİZİNDE KENTLEŞME ETKİSİNİN İNCELENMESİ: ALİBEYKÖY HAVZASI ÖRNEĞİ

Mukaddes BAKIRCI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Sezar GÜLBAZ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

Nisan, 2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Mukaddes BAKIRCI tarafından, **Doç. Dr. Sezar GÜLBAZ** danışmanlığında hazırlanan **"TAŞKIN ANALİZİNDE KENTLEŞME ETKİSİNİN İNCELENMESİ: ALİBEYKÖY HAVZASI ÖRNEĞİ"** başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından **29/04/2022** tarihinde yapılan sınav sonucunda **oy birliği** ile başarılı bulunarak **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

		İmza	**Sonuç**
DANIŞMAN	Doç. Dr. Sezar GÜLBAZ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret
ÜYE	Prof. Dr. Cevza Melek KAZEZYILMAZ ALHAN İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret
ÜYE	Prof. Dr. Ömer YÜKSEK Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret

Geleceğe ithaf ediyorum…

BÜTÇE DESTEKLERİ

TAŞKIN ANALİZİNDE KENTLEŞME ETKİSİNİN İNCELENMESİ: ALİBEYKÖY HAVZASI ÖRNEĞİ

Bu tez çalışması için herhangi bir kurumdan bütçe desteği alınmamıştır.

TEŞEKKÜR

Gerek lisans gerekse yüksek lisans eğitim ve tez süreçlerim boyunca ilgi, destek ve bilgi birikimini benden esirgemeyerek çalışmamı şekillendirmemi sağlayan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Sezar GÜLBAZ'a gönülden teşekkür ederek saygılarımı sunarım.

Çevre Mühendisliği lisans eğitimimden bu yana desteğini ve yardımlarını benden esirgemeyen, üniversite hayatımdaki ilk danışman hocam Sayın Prof. Dr. Serdar AYDIN'a; Hidrolik A.B.D. hocalarım, Prof. Dr. Cevza Melek KAZEZYILMAZ ALHAN, Dr. Öğr. Üyesi Dilek EREN AKYÜZ ile gerek ders sürecinde gerekse tez aşamamda çalışmamı ilerletmemde destek olan İsmail Bilal PEKER'e sonsuz teşekkürler.

Gerek özel gerekse eğitim hayatım boyunca varlıklarıyla bana güç veren ama daha ne kadar daha okumaya devam edeceğimi sorgulamaktan da kendilerini alıkoyamayan canım annem Halime BAKIRCI; babam Muhammet BAKIRCI ve abim Harun BAKIRCI'ya yanımda oldukları için çok teşekkür ederim.

Manevi desteklerini her daim üzerimde hissettiğim, en stresli zamanlarda bile varlıklarıyla güç veren sabırlı arkadaşlarım Ebru YASSI, Kübra KAPAN, Ebrar ŞENLİK, Yeter KÖKSALDI, Fidan ŞAŞ ve Merve KUTLUTÜRK'e sağladıkları motivasyon için ayrıca teşekkür ediyorum.

Tez çalışmamın kalibrasyon aşaması için gerekli olan yağış ve akış verilerinin temin edilmesinde İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) yetkilileri ile modelde kullandığım harita verisi için T.C. Millî Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü (HGM)'ne katkılarından dolayı teşekkürlerimi birer borç bilirim.

Saygılarımla

Nisan 2022 Mukaddes BAKIRCI

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ KABUL VE ONAYI ..... **ii**
BEYAN ..... **iii**
BÜTÇE DESTEKLERİ ..... **v**
TEŞEKKÜR ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **x**
TABLO LİSTESİ ..... **xv**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xvii**
ÖZET ..... **xx**
ABSTRACT ..... **xxii**
1. GİRİŞ **1**
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE **4**
2.1. TAŞKIN ve TAŞKIN SINIFLARI 5
2.1.1. Taşkın ve Sel Tanımları 5
2.1.2. Taşkınların Sınıflandırılması 6
2.1.2.1. Türüne Göre Taşkınlar *6*
2.1.2.2. Yağışlara Bağlı Taşkınlar *6*
2.1.2.3. Kar ve Buzul Erimesine Bağlı Taşkınlar *6*
2.1.2.4. Oluşma Zamanlarına Göre Taşkınlar *7*
2.1.2.5. Oluşum Sürelerine Göre Taşkınlar *7*
2.1.2.6. Oluşum Yerlerine Göre Taşkınlar *7*
2.1.2.7. Sebeplerine Göre Taşkınlar *7*
2.2. TAŞKINLARIN ETKİLERİ 7
2.3. TAŞKIN RİSKİ ve YÖNETİMİ 8
2.4. TAŞKIN ANALİZİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER 10
2.4.1. Hidrodinamik Yöntemler 11
2.4.1.1. 1-Boyutlu (1-B) Modeller *11*
2.4.1.2. 2-Boyutlu (2-B) Modeller *12*

2.5. TÜRKİYE'NİN TAŞKIN GERÇEĞİ 13
2.6. TAŞKIN ÖNLEME YÖNTEMLERİ 15
2.6.1. Yapısal Önlemler 17
2.6.2. Yapısal Olmayan Önlemler 18
2.6.3. Yenilikçi Yaklaşımlar 18
2.7. CORINE (COORDINATION OF INFORMATION ON THE ENVIRONMENT-ÇEVRESEL BİLGİNİN KOORDİNASYONU) 21
2.8. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 25
2.8.1. Alibeyköy Havzası'na Yönelik Çalışmalar 25
2.8.2. Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Değişikliklerine Yönelik Çalışmalar 27
2.8.3. Hidrolojik ve Hidrolik Modelleme Çalışmaları 31
3. YÖNTEM 35
3.1. ÇALIŞMA ALANI: ALİBEYKÖY HAVZASI 36
3.1.1. Nüfus Tahmini 36
3.2. HARİTALANDIRMA: ArcGIS 39
3.3. HİDROLOJİK MODEL: HEC-HMS 41
3.3.1. Model Kurulumu 42
3.3.2. Hidrolojik Hesap Parametrelerin Tanımlanması 43
3.3.3. Model Kalibrasyonu 47
3.4. HİDROLİK MODEL ve TAŞKIN ANALİZİ: HEC-RAS 48
3.4.1. 2-B HEC-RAS Modelinin Kurulumu 51
3.4.2. Hidrolik Modele Sanat Yapılarının Tanımlanması 54
4. BULGULAR 61
4.1. ARAZİ ÖRTÜSÜ/ARAZİ KULLANIMI HARİTALARI (1990-2100) 61
4.1.1. Senaryo-I 65
4.1.2. Senaryo-II 68
4.1.3. Senaryo-III 71
4.2. HİDROLOJİK MODEL SONUÇLARI 74
4.2.1. Kalibrasyon Sonucu 74
4.2.2. Kentleşmenin Hidrolojik Etkileri 76
4.3. HİDROLİK MODEL SONUÇLARI 83
4.4. TAŞKINLAR İÇİN ÖNERİLEN ÖNLEMLER 92
4.4.1. Önlemlerin Kapsamı 93
4.4.1.1. Bolluca Mahallesi 94
4.4.1.2. Boğazköy Mahallesi 96

4.4.1.3. Pirinççi Köyü *98*
4.4.2. Önerilen Yapısal Tedbirler 100
4.4.2.1. Tedbir-I *100*
4.4.2.2. Tedbir-II *101*
4.4.2.3. Tedbir-III *104*
4.4.3. Önerilerin Değerlendirilmesi 108
5. TARTIŞMA 114
6. SONUÇ ve ÖNERİLER 117
KAYNAKLAR 121
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI 130
ETİK KURUL İZİN YAZISI 131
KURUM İZNİ YAZILARI 132
ÖZGEÇMİŞ 133

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Sel ve taşkın analizlerinde etkili parametreler (Sarıgül & Turoğlu, 2020). 10

Şekil 2.2: Taşkın analizinde pik debinin tespit edilmesi. 11

Şekil 2.3: 1960-2014 yılları arası taşkınların ekonomik etkisi (Koç & Thieken, 2018). 14

Şekil 2.4: 1960-2014 yılları arası taşkınların hayati etkisi (Koç & Thieken, 2018)..... 14

Şekil 2.5: 1960-2014 yıllarında meydana gelen şiddetli taşkınların etkisini en çok hisseden iller (Koç & Thieken, 2018). 15

Şekil 2.6: Sel kapanlarının sınıflandırılması (Berkün, 2005). 18

Şekil 2.7: Avrupa'dan katlanır bariyer sistemlerine ait örnek uygulama, a.) Paneller açık, b.) Paneller kapalı (FCI, 2022). 19

Şekil 2.8: Avrupa'da taşkınlara karşı kullanılan geçici önlemler, a.) Kutu duvar sistemleri, b.) Boru tip bariyer sistemleri (FCI, 2022). 19

Şekil 2.9: Avrupa'da uygulanmış cam korkuluk yapıları (FCI, 2022). 19

Şekil 2.10: Türkiye'de taşkınlara karşı cam korkuluk uygulama örneği, Rize (DHA, 2021). . 20

Şekil 2.11: CORINE kapsamındaki 39 ülkenin 2018 yılı arazi CLC dağılımı (Copernicus, 2021). 21

Şekil 3.1: Akım şeması. 35

Şekil 3.2: Alibeyköy Havzası genel uydu görüntüsü. 36

Şekil 3.3: Nüfus tahmini iş akış şeması. 37

Şekil 3.4: Alibeyköy Havzası a.) İlçe sınırları b.) Mahalle ve ilçe sınırları. 37

Şekil 3.5: Genel ArcMap penceresine dair örnek bir görüntü. 39

Şekil 3.6: Alibeyköy Havzası SYM. 40

Şekil 3.7: Alibeyköy Havzasının tanımlandığı HEC-HMS genel ekran görüntüsü. 42

Şekil 3.8: Alibeyköy deresi üzerindeki yağış ve akım ölçüm istasyonlarının havza üzerindeki konumları. 43

Şekil 3.9: Kinematik dalga modelinin basit bir havzada gösterimi (USACE, 1979). 46

Şekil 3.10: HEC-RAS programı ana menü ve araçları. 49

Şekil 3.11: RAS Mapper'de 2-B hesaplama ağlarının düzenlenmesine ait örnek görüntü. 52

Şekil 3.12: Kararsız akım sınır koşullarının tanımlanmasına dair çalışmadan örnek bir görüntü. 53

Şekil 3.13: 2-B hesaplama alanının RAS Mapper üzerindeki genel görüntüleri. 53

Şekil 3.14: Pirinççi Köyü'nde dere geçişinin sağlandığı köprünün a.) fotoğrafı, b.) kesit bilgileri c.) programda 2-B akım alanına tanımlanması (41° 9'46.52"N-28°51'9.59"E). 55

Şekil 3.15: Boğazköy Mahallesi'nde bulunan köprünün a.) fotoğrafı, b.) kesit bilgileri c.) programda 2-B akım alanına tanımlanması (41°10'51.21"N-28°46'16.24"E). 56

Şekil 3.16: Yıldırım Beyazıt Caddesi'nde bulunan menfezin a.) fotoğrafı, b.) kesit bilgileri c.) programda 2-B akım alanına tanımlanması (41°11'51.68"N-28°45'49.51"E). 57

Şekil 3.17: Sanayi Caddesi'nde bulunan menfezin a.) fotoğrafı, b.) kesit bilgileri c.) programda 2-B akım alanına tanımlanması (41°12'14.82"N-28°45'4.71"E). 57

Şekil 3.18: Sevban Mehmet Caddesi'nde bulunan menfezin a.) fotoğraf, b.) kesit bilgileri c.) programda 2-B akım alanına tanımlanması (41°12'44.06"N-28°44'34.48"E). 58

Şekil 3.19: Vakıf Sokak üzerinde bulunan menfezin a.) fotoğrafı, b.) kesit bilgileri c.) programda 2-B akım alanına tanımlanması (41°12'51.75"N-28°44'19.37"E). 58

Şekil 3.20: Türkiye Caddesi'nde bulunan menfezin a.) fotoğrafı, b.) kesit bilgileri c.) programda 2-B akım alanına tanımlanması (41°12'58.69"N-28°44'13.19"E). 59

Şekil 3.21: Berhudar Sokak üzerinde bulunan köprünün a.) fotoğrafı, b.) kesit bilgileri c.) programda 2-B akım alanına tanımlanması (41°13'13.65"N-28°44'0.03"E). 59

Şekil 3.22: Sanat yapılarının tanımlandığı 2-B akım alanının geometrik veride genel görüntüsü. 60

Şekil 4.1: Alibeyköy Havzası CORINE sınıflandırmasına göre arazi örtüsü/arazi kullanım haritaları a.) Yıl: 1990, b.) Yıl: 2000, c.) Yıl: 2010, d.) Yıl: 2016 ve e.) Yıl: 2020. 63

Şekil 4.2: Alibeyköy Havzası CORINE sınıflandırmasına göre arazi örtüsü/arazi kullanımları, Senaryo-I; a.) Yıl: 2030, b.) Yıl: 2040, c.) Yıl: 2050, d.) Yıl: 2060, e.) Yıl: 2070, f.) Yıl: 2080, g.) Yıl: 2090 ve h.) Yıl: 2100. 67

Şekil 4.3: Alibeyköy Havzası CORINE sınıflandırmasına göre arazi örtüsü/arazi kullanımları, Senaryo-II; a.) Yıl: 2030, b.) Yıl: 2040, c.) Yıl: 2050, d.) Yıl: 2060, e.) Yıl: 2070, f.) Yıl: 2080, g.) Yıl: 2090 ve h.) Yıl: 2100. 70

Şekil 4.4: Alibeyköy Havzası CORINE sınıflandırmasına göre arazi örtüsü/arazi kullanımları, Senaryo-III; a.) Yıl: 2030, b.) Yıl: 2040, c.) Yıl: 2050, d.) Yıl: 2060, e.) Yıl: 2070, f.) Yıl: 2080, g.) Yıl: 2090 ve h.) Yıl: 2100. 73

Şekil 4.5: Model kalibrasyonu için kullanılan HEC-HMS ve ölçüm sonuçları. 75

Şekil 4.6: Senaryo-I arazi örtüsü/arazi kullanımına göre çıkış hidrografları. 77

Şekil 4.7: Senaryo-II arazi örtüsü/arazi kullanımına göre çıkış hidrografları 78

Şekil 4.8: Senaryo-III arazi örtüsü/arazi kullanımına göre çıkış hidrografları 78

Şekil 4.9: Senaryo-I gereği yıllara göre pik debide meydana gelen değişim. 79

Şekil 4.10: Senaryo-II gereği yıllara göre pik debide meydana gelen değişim. 80

Şekil 4.11: Senaryo-III gereği yıllara göre pik debide meydana gelen değişim. 80

Şekil 4.12: Yıllara göre pik debiye ulaşma süreleri (Senaryo-I). 81

Şekil 4.13: Yıllara göre pik debiye ulaşma süreleri (Senaryo-II). 82

Şekil 4.14: Yıllara göre pik debiye ulaşma süreleri (Senaryo-III). 82

Şekil 4.15: Alibeyköy Havzası 1990-2100 yılları için hesaplanan taşkın yayılım alanları. 85

Şekil 4.16: Alibeyköy Havzası taşkın yayılım haritaları; a.) Yıl: 1990, b.) Yıl: 2000, c.) Yıl: 2010, d.) Yıl: 2020 86

Şekil 4.17: Alibeyköy Havzası Senaryo-I kapsamındaki taşkın yayılım haritaları; a.) Yıl: 2030, b.) Yıl: 2040, c.) Yıl: 2050, d.) Yıl: 2060. 87

Şekil 4.18: Alibeyköy Havzası Senaryo-I kapsamındaki taşkın yayılım haritaları; a.) Yıl: 2070, b.) Yıl: 2080, b.) Yıl: 2090, d.) Yıl: 2100 88

Şekil 4.19: Alibeyköy Havzası Senaryo-II kapsamındaki taşkın yayılım haritaları; a.) Yıl: 2030, b.) Yıl: 2040, c.) Yıl: 2050, d.) Yıl: 2060. 89

Şekil 4.20: Alibeyköy Havzası Senaryo-II kapsamındaki taşkın yayılım haritaları; a.) Yıl: 2070, b.) Yıl: 2080, c.) Yıl: 2090, d.) Yıl: 2100. 90

Şekil 4.21: Alibeyköy Havzası Senaryo-III kapsamındaki taşkın yayılım haritaları; a.) Yıl: 2030, b.) Yıl: 2040, c.) Yıl: 2050, d.) Yıl: 2060. 91

Şekil 4.22: Alibeyköy Havzası Senaryo-III kapsamındaki taşkın yayılım haritaları; a.) Yıl: 2070, b.) Yıl: 2080, c.) Yıl: 2090, d.) Yıl: 2100. 92

Şekil 4.23: Taşkın önleme çalışmalarının gerekli görüldüğü öncelikli üç konum. 94

Şekil 4.24: Bolluca Mahallesi genel Google Earth görüntüsü. 95

Şekil 4.25: Bolluca Mahallesi 1/7000 ölçekli taşkın yayılım haritaları, a.) Yıl: 1990, b). Yıl: 2010, c.) Yıl: 2030, d.) Yıl: 2050, e.) Yıl: 2070 f.) Yıl: 2090. 96

Şekil 4.26: Boğazköy Mahallesi genel Google Earth görüntüsü. 97

Şekil 4.27: Boğazköy Mahallesi 1/7000 ölçekli taşkın yayılım haritaları, a.) Yıl: 1990, b.) Yıl: 2010, c.) Yıl: 2030, d.) Yıl: 2050. 97

Şekil 4.28: Boğazköy Mahallesi 1/7000 ölçekli taşkın yayılım haritaları, a.) Yıl: 2070 b.) Yıl: 2090. 98

Şekil 4.29: Pirinççi Köyü genel Google Earth görüntüsü. 98

Şekil 4.30: Pirinççi Köyü 1/5000 ölçekli taşkın yayılım haritaları, a.) Yıl: 1990, b.) Yıl: 2010, c.) Yıl: 2030, d.) Yıl: 2050, e.) Yıl: 2070, f.) Yıl: 2090. 99

Şekil 4.31: Tedbir-I kapsamında planlanan sel kapanı yapısı a.) SYM görüntüsü, b.) Google Earth uydu görüntüsü. 100

Şekil 4.32: Tip-I şematik görüntü. 101

Şekil 4.33: Tedbir-I kapsamında tanımlanan Tip-I ile İmrahor Göleti genel görüntüleri a.) SYM görüntüsü, b.) Google Earth uydu görüntüsü. 101

Şekil 4.34: Tedbir-II kapsamında havza üzerinde önerilen taşkın önleme yapıları ve konumları a.) Tip-II sel kapanı yapısı, b.) Boğazköy Mahallesi taşkın duvarları, c.) Pirinççi Köyü taşkın duvarları. 102

Şekil 4.35: Tip-II şematik görüntü. 102

Şekil 4.36: Tip-II, dip savak için HEC-RAS geometrik detay görüntüsü. 102

Şekil 4.37: Tedbir-II kapsamında tanımlanan taşkın duvarları, a-b.) Boğazköy Mahallesi, c.) Pirinççi Köyü. 103

Şekil 4.38: Tedbir-II uygulaması sonrası sel kapanı, a.) SYM görüntüsü b.) Google Earth uydu görüntüsü. 103

Şekil 4.39: Tedbir-II analiz sonrası Boğazköy bölgesinde tanımlanan taşkın duvarları a.) SYM görüntüsü b.) Google Earth uydu görüntüsü. 104

Şekil 4.40: Tedbir-II analiz sonrası Pirinççi Köyü'nde tanımlanan taşkın duvarları a.) SYM görüntüsü b.) Google Earth uydu görüntüsü. 104

Şekil 4.41: Tedbir-III kapsamında önerilen taşkın önleme yapılarının havza modelindeki konumları, a.) Sel kapanı (Tip-III), b.) Taşkın geciktirme havuzu-I, c.) Taşkın geciktirme havuzu-II. 105

Şekil 4.42: Tip-III şematik görüntü. 105

Şekil 4.43: Tip-III, dip savak için HEC-RAS geometrik detay görüntüsü. 105

Şekil 4.44: Tedbir-III'ün RAS-Mapper'de SYM üzerinden analiz sonuçları. 106

Şekil 4.45: Tedbir-III'ün RAS-Mapper'de uydu görüntüsü altlığı üzerinden analiz sonuçları. 107

Şekil 4.46: Tedbir-I'in taşkın yayılımına etkisi. 109

Şekil 4.47: Tedbir-I'in Bolluca Mahallesi üzerindeki etkisi. 110

Şekil 4.48: Tedbir-II'nin taşkın yayılımına etkisi. 111

Şekil 4.49: Tedbir-II'nin Bolluca Mahallesi üzerindeki etkisi. 111

Şekil 4.50: Tedbir-III'ün taşkın yayılımına etkisi. 112

Şekil 4.51: Tedbir-III'ün Bolluca Mahallesi üzerindeki etkisi. 112

Şekil 5.1: Alibeyköy Havzası için hazırlanan arazi kullanım haritaları (Ahi, 2021). 115

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Taşkınların sebep olduğu etkiler (Kerim & Süme, 2019). 8

Tablo 2.2: Taşkın tedbirlerinin genel olarak taşıdığı avantaj ve dezavantajlar (Kadıoğlu, 2019). 20

Tablo 2.3: Bölge-Alt Bölge Ölçeğinde Yapılan Peyzaj Karakter Analizi ve Değerlendirilmesi Ulusal Teknik Kılavuzu'na göre CORINE arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıfları. 23

Tablo 2.4: CORINE Arazi örtüsü/arazi kullanımı haritalarının gelişimi (Copernicus, 2021). 24

Tablo 2.5: CORINE Türkiye için geliştirilen ek sınıflar (Çivi ve diğ., 2011)..... 25

Tablo 2.6: 1987 ve 2001 yılları için Alibeyköy Baraj Havzası arazi kullanım dağılımı..... 26

Tablo 2.7: Alibeyköy Deresi taşkınları ve meydana gelen zararlar (Özdemir, 2007). 26

Tablo 3.1: Alibeyköy Havzası kapsamındaki tüm yerleşim yerleri ve yerleşim yerlerine ait toplam kayıtlı nüfus (TÜİK, 2021). 38

Tablo 3.2: CORINE Arazi örtüsü/arazi sınıflarının hidrolojik toprak tipine göre CN değerleri (USDA, 1986; Papaioannou vd.,2018). 45

Tablo 4.1: Alibeyköy Havzası'ndaki arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarında yıllara göre meydana gelen değişim (1990-2020). 62

Tablo 4.2: Arazi örtüsü/arazi kullanımına göre hesaplanan havza geneli ağırlıklı CN ve geçirimsiz yüzey alanları (1990-2020). 62

Tablo 4.3: Havza sınırları içerisinde kalan mahallere ait projeksiyon yapılarak hesaplanan nüfuslar. 64

Tablo 4.4: Senaryo-I'e göre Alibeyköy Havzası'nda meydana gelmesi beklenen arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarındaki değişim. 66

Tablo 4.5: Senaryo-I'in arazi örtüsü/arazi kullanım dağılımına göre hesaplanan ağırlıklı CN ve geçirimsiz alan yüzdesi değerleri. 68

Tablo 4.6: Senaryo-II'ye göre Alibeyköy Havzası'nda meydana gelmesi beklenen arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarındaki değişim. 69

Tablo 4.7: Senaryo-II'nin arazi örtüsü/arazi kullanımına göre hesaplanan ağırlıklı CN ve geçirimsiz alan yüzdesi değerleri. 71

Tablo 4.8: Senaryo-III'e göre Alibeyköy Havzası'nda meydana gelmesi beklenen arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarındaki değişim. 72

Tablo 4.9: Senaryo-III'ün arazi örtüsü/arazi kullanımına göre hesaplanan ağırlıklı CN ve geçirimsiz alan yüzdesi değerleri. 74

Tablo 4.10: Alibeyköy Havzası 1990-2020 yılları için kalibrasyon sonrası alınan düzeltilmiş değerler. 75

Tablo 4.11: Senaryo-I'in arazi örtüsü/arazi kullanımına göre hesaplanan CN ve geçirimsiz alan yüzdesi değerlerinin kalibrasyon sonrası aldığı düzeltilmiş değerler. 75

Tablo 4.12: Senaryo-II'nin arazi örtüsü/arazi kullanımına göre hesaplanan CN ve geçirimsiz alan yüzdesi değerlerinin kalibrasyon sonrası aldığı düzeltilmiş değerler. 75

Tablo 4.13: Senaryo-III'ün arazi örtüsü/arazi kullanımına göre hesaplanan CN ve geçirimsiz alan yüzdesi değerlerinin kalibrasyon sonrası aldığı düzeltilmiş değerler. 76

Tablo 4.14: Alibeyköy Havzası senaryo sonuçlarında edilen taşkın yayılım miktarları. 83

Tablo 4.15: Geliştirilen taşkın önleme tedbirlerinin genel özellikleri. 108

Tablo 4.16: Önerilen tedbirlerin genel değerlendirmesi. 113

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
A	: Akım Yüzey Alanı (L^2)
D_d	: Drenaj Yoğunluğu
F_s	: Akarsu Sıklığı
g	: Yer çekimi İvmesi (L^2/T)
h	: Su Derinliği (L)
H_{su}	: Su Kotu (L)
H_{talveg}	: Talveg Kotu (L)
I_a	: Başlangıçta tutulan yağış miktarı (L)
N	: Yüzey Direnç Katsayısı
Q	: Debi, Yüzeysel Akış (L^3/T)
Q_{savak}	: Savaklanan Su Miktarı (L^3/T)
P	: Kümülatif Yağış Miktarı (L)
P_e	: Kümülatif Yüzey Akışı (L)
R	: Hidrolik Yarıçap (L)
R_b	: Çatallanma Oranı
R_f	: Havza Şekli
R_L	: Uzunluk Oranı
S	: Potansiyel maksimum yağış tutulması (L)
S_f	: Sürtünme Eğimi (L/L)
So	: Yatak Eğimi (L/L)
t	: Zaman (T)
V	: Su Hızı (L/T)

Kısaltmalar	Açıklama
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AGİ	: Araştırma Gözlem İstasyonu
AKOM	: Afet Koordinasyon Merkezi
ARS	: Agricultural Research Service (Tarımsal Araştırma Hizmetleri)

AYDES : Afet Yönetimi ve Karar Destek Sistemi

BM : Birleşmiş Milletler

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri

CN : Curve Number (Eğri Numarası)

CN_{ort} : Ağırlıklı (Ortalama) Eğri Numarası

CORINE : Coordination of Information on the Environment (Çevresel Bilginin Koordinasyonu)

DEM : Digital Elevetion Map (Dijital Yükselti Haritası)

DSİ : Devlet Su İşleri

EM-DAT : Emergency Events Database (Acil Durum Veri Tabanı)

EPA : Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)

ETM : Enhanced Thematic Mapper Plus (Çoğaltılmış Tematik Haritalandırma)

FAO : Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)

GWP : Global Water Partnership (Küresel Su Ortaklığı)

HEC-GeoHMS : Hydrologic Engineering Center- Geospatial Hydrologic Modeling Extension

HEC-HMS : Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System

HEC-RAS : Hydrologic Engineering Center-River Analysis System

HGM : Harita Genel Müdürlüğü

HUC : Hydrologic Unit Code (Hidrolojik Birim Kodu)

HWSD : Harmonized World Soil Database (Uyumlaştırılmış Dünya Toprak Veritabanı)

IS : Impervious Surface (Geçirimsiz Yüzey)

İSKİ : İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi

KIA : Kentsel Isı Adaları

LID : Low Impact Development (Düşük Etkili Kentleşme)

MSS : Multispektral Scanner System (Çok Bantlı Tarama Sistemleri)

NLCD : National Land Cover Database (Ulusal Arazi Örtüsü Veri Kaynağı)

NRCS : Natural Resources Conservation Service (Doğal Kaynakları Koruma Servisi)

OLI : Operantional Land Imager

ORNL DAAC : Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center

SCS : Soil Conservation Service (Toprak Koruma Kurumu)

SYM : Sayısal Yükselti Modeli

SWMM : Storm Water Management Model (Yağmur Suyu Yönetim Modeli)
TABB : Türkiye Afet Bilgi Bankası
TIRS : Thermal Infrared Sensor (Termal Kızılötesi Sensörler)
TM : Thematic Mapper (Tematik Haritalandırma)
TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu
UNISDR : United Nations Office for Disaster Risk Reduction
(Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi,
Uluslararası Afetleri Azaltma Stratejisinin)
USACE : United States Army Corps of Engineers
(Birleşmiş Milletler Ordu Mühendisleri Birliği)
USDA : United States Department of Agriculture
(Birleşmiş Milletler Tarım Bakanlığı)
USGS : United States Geological Survey
WHO : World Meteorological Organization (Dünya Meteoroloji Örgütü)

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAŞKIN ANALİZİNDE KENTLEŞME ETKİSİNİN İNCELENMESİ: ALİBEYKÖY HAVZASI ÖRNEĞİ

Mukaddes BAKIRCI

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

Danışman : Doç. Dr. Sezar GÜLBAZ

Taşkınlar, akarsu yataklarında suyun debisinin artması sonucunda akarsuyun çevresindeki yaşamı olumsuz etkileyen doğal afetlerdir. Taşkınların oluşumunda bölgenin topoğrafyası, jeolojik yapısı ve akarsuyun morfolojisi gibi jeofiziksel sebepler ile şiddetli yağış ve kar erimeleri gibi hidro-meteorolojik faktörler etkili olmaktadır. Taşkınların oluşumunda etkili olan doğal faktörler doğrudan veya dolaylı olarak birtakım antropojenik faaliyetlerin sonucunda kısmen veya tamamen değişime uğramaktadırlar. Arazi kullanım şekillerinde meydana gelen değişikliler akarsu havzalarındaki hidrolojik ve hidrolik süreçleri olumsuz etkileyerek taşkın ve sel risklerinin artmasına sebep olmaktadır. Bu tez kapsamında, İstanbul'da bulunan ve kentleşme baskısı altında olan Alibeyköy Havzası araştırma alanı olarak seçilerek kentleşmenin taşkınlar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çevresel Bilginin Koordinasyonu (Coordination of Information on the Environment, CORINE) tarafından 1990-2018 yılları için üretilen "Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı (Land Use and Land Cover, LULC)" haritaları ve bölgeye ait nüfus verileri kullanılarak, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) temelli ArcGIS programında 10 yıllık periyotlarda arazi kullanım haritaları oluşturulmuştur. Kentleşme hızı ve potansiyeli açısından

kademeli olarak üç farklı kentleşme senaryosu üzerinde çalışılmıştır. Arazi kullanımına göre havzanın yüzey Manning pürüzlülük katsayısı, geçirimsiz alan yüzdesi ve Eğri Numarası (CN) değerleri belirlenmiştir. Elde edilen parametreler ve havzanın fiziksel özellikleri kullanılarak HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System) programı ile hidrolojik model oluşturulmuştur. Oluşturulan modelde kullanılan parametreler, havzada 2016 yılında ölçülen yağış-akış verileri kullanılarak kalibre edilmiştir. Kalibrasyonun uygunluğunu test etmek için istatistiksel hesaplar yapılmıştır. Belirleme katsayısı (R^2) ve Nash katsayısı (NSE) sırasıyla 0,98 ve 0,97 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca pik debiler için mutlak yüzde hata değeri 0,05 olarak hesaplanmıştır. Oluşturulan hidrolojik model 1990-2100 yıllarını kapsayan projeksiyonlara göre çalıştırılmıştır. 10'ar yıllık aralıklarla debi-zaman (Q-t), pik debi-zaman (Q_{pik}-t), pik debiye ulaşma süresi (t_{pik}-yıl) grafikleri elde edilerek arazi kullanımlarındaki değişimin meydana getirdiği etki incelenmiştir. Daha sonra 2-Boyutlu HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System) programı kullanılarak hidrolik model oluşturulmuştur. Farklı senaryolar için elde edilen hidrolojik veriler, oluşturulan hidrolik modele girilmiştir. Sonuç olarak, yapılan analizler ile farklı senaryolar için geleceğe yönelik 10 yıllık periyotlarda taşkın derinlik (h_p-t) ve yayılım haritaları elde edilmiştir. Elde edilen bulgular ışığında Alibeyköy Havzası için birtakım yapısal taşkın önleme önerileri geliştirilmiştir. Sel kapanı, taşkın bekletme havuzları ve taşkın duvarlarının çeşitli kombinasyonlarından oluşan yapısal taşkın önleme tedbirlerinin havza için uygulanabilirliği ve faydaları incelenmiştir.

Nisan 2022 , 156 sayfa.

Anahtar kelimeler: Kentleşme, Taşkın, Taşkın Önleme, HEC-HMS, HEC-RAS

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

INVESTIGATION of URBANIZATION EFFECT in FLOOD ANALYSIS: A CASE of ALİBEYKÖY WATERSHED

Mukaddes BAKIRCI

Istanbul University-Cerrahpaşa

Institute of Graduate Studies

Department of Civil Engineering

Civil Engineering Programme

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Sezar GÜLBAZ

Flood is the result of the water level in the stream bed rising and exceeding the stream bed capacity. It occurs due to geophysical reasons such as the topography of the region, geological structure and morphology of the stream and hydro-meteorological factors such as heavy precipitation and snowmelt and it may leave a huge impact. However, the nature of these parameters is partially or completely changed as a result of some direct and indirect anthropogenic activities. Changes in land use patterns negatively affect the hydrological and hydraulic processes in the watersheds and cause an increase in flood and flood risks. Within the scope of this thesis, Alibeyköy Watershed in Istanbul, which has urbanization pressure, has been chosen as the research area and the effects of urbanization on floods have been examined. Coordination of Information on the Environment (CORINE)'s the Land Use and Land Cover (LULC) maps for the years 1990-2018 and the information population of the region have been taken into account and land use maps are created for 10-years periods in the ArcGIS which is based on Geographic Information Systems (GIS). In terms of urbanization rate and potential, three different urbanization scenarios have been studied gradually. The Manning's roughness

coefficient of the watershed, the percentage of impermeable area and the Curve Number (CN) values were determined by land use. Using the obtained parameters and the physical properties of the watershed, a hydrological model has been created with the HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System) program. The parameters used in the created model were calibrated using the rainfall-runoff data measured in the watershed in 2016. Statistical calculations are made to check the adequacy of the calibration. Determination (R^2) and Nash–Sutcliffe Efficiency (NSE) coefficients have been determined as 0,98 and 0,97, respectively. In addition, the absolute percent error has been calculated as approximately 0,05 for peak flow rates. The created hydrological model has been run according to the projections covering the years 1990-2100. Flow rate-time (Q-t), peak flow-time (Q_{peak}-t), time to peak flow (t_{peak}-year) graphs were obtained at 10-year intervals, and the effect of the change in land use was examined. Then, a hydraulic model was created using the 2-Dimensional HEC-RAS (Hydrological Engineering Center-River Analysis System) program. The hydrological data which are obtained for different scenarios have been entered into the hydraulic model. As a result, with the analyzes made, flood depth (h_p-t) and flood inundation maps were obtained for 10-years periods for the future. Some structural flood prevention proposals have been developed for the Alibeyköy Watershed, in the light of the obtained findings. Various combination of flood prevention measures have been discussed for the feasibility and benefits in the watershed. These prevention measures include flood detention dams, flood holding ponds and flood walls.

April 2022, 156 pages.

Keywords: Urbanization, Flood, Flood Prevention, HEC-HMS, HEC-RAS

1. GİRİŞ

Taşkınlar, hidro-meteorolojik ve jeofiziksel sebepler ile akarsu yatağındaki suyun yatak seviyesini aşması sonucu oluşan doğal afetlerdir (Tu & Chen, 2020). Mai ve diğ. (2020)'nin yaptığı tanıma göre taşkınlar; "Şiddetli yağmurlar, nehir yatağı akışının yükselmesi, gel-git vb. dış etkiler sonucunda meydana gelerek insan ve çevre yaşamını risk altında bırakan, sık rastlanır bir çeşit doğal afettir". Taşkın, akarsularda normalin üzerinde akış ve seviye yükselmesi meydana getirmektedir. Böylece normal şartlarda sular altında kalmayan bölgelerin üzeri sularla kaplanmaktadır. Bunun sonucunda yapılarda, tarım arazileri ve yerleşim merkezlerinde büyük hasar ve yıkımlar meydana gelmektedir (Ülke, 2003). Taşkınlar sadece anlık fiziksel kayıplara sebep vermemektedir (Wang ve diğ. 2021). Meydana gelen taşkınlar, gelecekte yeni taşkınların oluşmasına sebep olabilecek birtakım etkileri arkasında bırakmaktadır.

Taşkınlar, en yaygın görülen doğal afetlerden olup meydana gelmeleri durumunda can kayıplarının yanı sıra ciddi ekonomik zararlara sebep olurlar (Bae & Chang, 2019; Azizi ve diğ., 2021; Demir ve diğ., 2021). Dünya çapında meydana gelen doğal afet kaynaklı hasarların büyük bir kısmını taşkınlar oluşturmaktadır (Lendering ve diğ., 2019). Dünya genelinde doğal afetler sebebiyle hayatını kaybeden insan sayısına bakıldığında taşkınlar; kuraklık, deprem ve fırtınalardan hemen sonra gelmektedir. Küresel anlamda yapılan bir değerlendirmeye göre taşkınlar, yaklaşık 180 milyon insanın yaşamını etkilemiştir (UNISDR, 2018; Demir ve diğ., 2021). Taşkın ve seller Avrupa'da etkisini şiddetli bir biçimde gösteren başlıca doğal afetlerdendir. 1870-2016 yılları içerisinde Avrupa genelinde 1.564 büyük vaka meydana geldiği kaydedilmiştir (Bang & Burton, 2021). Özellikle, son yüzyılda Avrupa'da artan nüfus ve kentleşme baskısı ile taşkınların etki alanlarında genişlemeler görülmeye başlanmıştır (Diakakis ve diğ., 2021).

Kentlerde meydana gelen taşkınlar, bölgedeki canlı yaşamı ile altyapı, üst yapı, mülkler ve çevre için büyük bir tehdit oluşturmaktadır (Hussain ve diğ., 2021). Son yıllarda özellikle kentsel alanlarda şiddetli taşkınlar daha sık meydana gelmeye başlamıştır. Bunu kontrolsüz kentleşme ve iklim değişikliği tetiklemektedir. Ayrıca yapılan çalışmalar ve analizler, taşkınların şiddetinin önümüzdeki yıllarda büyümeye devam edeceğine dair öngörüler oluşturmaktadır (Rangari ve diğ., 2019).

İnsanoğlunun zamanla doğa üzerindeki etkisinin artış göstermesine bağlı olarak arazi kullanım şekillerinde birtakım değişimler meydana gelmeye başlamıştır (Kaşıkçı ve diğ., 2020). Her geçen gün gelişen sanayi ve teknoloji şehir nüfusundaki artışı beraberinde getirmektedir. BM, dünya nüfusunun 2030'da 8,5 milyar; 2050'de 9,7 milyar ve 2100'de 11,2 milyara ulaşacağına (UNISDR, 2018) dair projeksiyonlar öngörmektedir. Nüfusun artması beraberinde bu insanların barındırılması ihtiyacını doğurmaktadır. Bu ihtiyaçlar, kentleşmenin artmasına ve yüzey geçirimliliği fazla olan doğal alanların zamanla geçirimsiz veya az geçirimli alanlara dönüştürülmesine sebep olmaktadır (Poudel ve diğ., 2020). Dünya, doğal yeşil alanların geçirimsiz yüzeylere dönüşmeye başladığı bir kentleşme sürecine girmiştir (Li ve diğ., 2019). Dünya üzerinde kaçınılmaz bir kentleşme eğilimi görülmekte olup, 2050 yılına kadar gelişmekte olan ülkelerin yaklaşık %64'ünün ve gelişmiş ülkelerin %86'sının kentleşeceği tahmin edilmektedir (Hu ve diğ., 2020). Dünya nüfusunun %50'si kentlerde yaşamakta olup bu miktarın 2050 yılında %60'a çıkması beklenmektedir (Akman, 2021).

Kentsel alanlarda taşkınlar genellikle aşırı şiddetli yağıştan kaynaklanan yüzey suyu taşkınlarından oluşmaktadır (Almeida ve diğ., 2018). Geçirimsiz alan miktarı, kentleşmenin önemli bir göstergesi olup, arazinin hidrolojik tepkisi (yüzeysel akışın artması, gecikme süresinin azalması, taşkın hacminin ve pik deşarj debisinin artması ve sızmada meydana gelen azalma) ile doğrudan ilintilidir (Poudel ve diğ., 2020). Zaman geçtikçe doğal alanlar yerlerini betonarme binalara, otopark, asfalt gibi geçirimsiz yapılara bırakmıştır. İklim değişikliğinin de etkisiyle arazi kullanımlarındaki bu değişimler, akarsu havzalarının hidrolojisini ve yağışa tepkisini değiştirmektedir (Tamaddun ve diğ., 2019; Chen ve diğ., 2019; Bhandarin ve diğ., 2018; Nyaupane et al., 2018). Kentleşmede meydana gelen artış, kontrolsüz yapılaşma gibi bir problemi de beraberinde getirmiştir. Bu kapsamda, özellikle akarsu yataklarına yapılan müdahaleler artmaktadır. Yapılaşmanın özellikle dere güzergahlarında yapılması sonucu dere kesit alanında daralmalar meydana gelmekte ve taşkınlar oluşmaktadır (Gülbaz, 2019). Dere yataklarına yapılan müdahaleler büyük taşkınlara neden olmaktadır (Burgan, 2013).

Geçirimsiz yüzeylerin artıyor olması doğrudan su dengesini etkilemektedir (Shuster ve diğ., 2005). Yapay yüzeylerdeki artış, konsantrasyon süresini arttırarak yüzeysel akışı arttırmakta ve sızmayı zayıflatarak taşkının tekerrür aralıklarının kısalmasına sebep olmaktadır (Seto & Kaufmann, 2009). Kentleşmenin fazla olduğu havzalarda, pik debi ile yüzey suyu hacminin artması ve pik debiye ulaşma süresinin azalması nedeniyle taşkın riski artmaktadır

(Campana & Tucci, 2001; Nirupama & Simonovic, 2007; Saghafian ve diğ. 2008; Liu ve diğ., 2014).

Özellikle gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkelerde, taşkın koruma stratejilerinin mevcut olmadığı görülmektedir. Taşkınlara karşı savunmasız kalan bu ülkeler, afetlerden daha büyük oranda etkilenmektedirler (Tanoue ve diğ., 2016). Tanoue ve diğ. (2016) araştırmalarında, düşük gelirli ülkelerin sık görülen küçük taşkın olaylarından bile büyük ölçüde zarar görürken, gelir düzeyi yüksek ülkelerin bu tip küçük ölçekli taşkınlardan çok fazla etkilenmediğini belirtmektedirler. Ayrıca ölüm oranlarının da gelişmiş ülkelerde nispeten daha düşük olduğunu söylemektedirler. Gelir düzeyi yüksek ve gelişmiş ülkelerde baraj, sel kapanları, erken uyarı sistemleri gibi taşkın ve sellere karşı önleyici veya koruyucu sistemler bulunmaktadır. Bu tip önlemlerin varlığı gelir düzeyi yüksek ve düşük ülkeler arasında taşkından etkilenme oranının farklılığını oluşturmaktadır. Bu nedenle ülkemizde de taşkınların önlenmesi ve muhtemel zararların önüne geçilebilmesi için birtakım önlemlerin alınması büyük önem arz etmektedir (Akman, 2021).

Bu tez kapsamında, kentleşme baskısı altında olan İstanbul'da bulunan Alibeyköy Havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Alibeyköy Havzası'ndaki artan kentleşme ile arazi kullanımında meydana gelen değişimlerin taşkınlar üzerindeki etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda ilk olarak, taşkın analizi için beşerî bir parametre olan nüfus tespiti yapılmıştır. Havza sınırları içerisinde kalan mahalleler tespit edilerek, nüfus projeksiyonları oluşturulmuştur. Havza nüfusu, nüfusun büyüme potansiyeli, arazi örtüsü ve arazi kullanımlarında 2020 yıllına kadar meydana gelen değişimler göz önünde bulundurulmuştur. Elde edilen verilere göre, Alibeyköy Havzası'nın 1990-2100 yılları içerisindeki arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıfları CORINE terminolojisine uygun olarak ArcGIS'de haritalandırılmıştır. Arazi örtüsü/arazi kullanımında meydana gelen değişim ve dönüşümler üç farklı kentleşme senaryosunda ele alınmıştır. Bu üç senaryoda her bir yıl için havzanın geçirimsiz alan yüzdesi, SCS-CN değerleri ile yüzey Manning pürüzlülük katsayıları (n) tespit edilmiştir. Havzanın 2016 yılına ait yağış-akış verileri ile kalibre edilen bu parametreler, hidrolojik model için HEC-HMS'de ve hidrolik model için HEC-RAS'da kullanılmıştır. Alibeyköy Havzası için 1990-2100 yıllarını kapsayan, 10'ar yıllık kentleşme projeksiyonlarına karşılık hidrolojik ve hidrolik modeller elde edilmiştir. Bu modeller ışığında, havzanın taşkın potansiyeline karşılık yapısal (sel kapanı, taşkın duvarları ve taşkın geciktirme havuzları) tedbirler önerilerek etkileri incelenmiştir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Kentleşme, insanların zamanla yerleşim yerlerinde yoğunlaşması ve kırsal alanların kentsel, yöre kentsel ve endüstriyel topluluklara dönüştürülmesinden kaynaklanan arazi kullanım yoğunluklarındaki değişim sürecidir (Savini & Kammerer, 1961; Davis, 1965; Dan-Jumbo ve diğ., 2018). Kentleşme ve dolayısıyla geçirimsiz yüzeylerdeki artış, hidrolojik döngünün doğal bileşenleri olan buharlaşmanın, terlemenin, sızmanın, yeraltı suyunun yüzeyden beslenmesinin azalmasına neden olmaktadır. Akabinde yağış sonucu meydana gelen yüzeysel akışın hacmi ve pik debisi artmaktadır. Bu olayların sonuncunda da taşkın tehlikesi ve sıklığı artmakta veya kentsel ısı adalarının (KIA) oluşması gibi çevre sorunları meydana gelmektedir (Tu & Chen, 2020). Kentleşmenin bir sonucu olarak meydana gelen KIA da taşkın oluşumunu tetiklemektedir. Bu yüzden, bölgelerin arazi örtüsü ve kullanım amaçlarının doğru şekilde tespit edilmesinin önemi ortaya çıkmaktadır (Sarıyılmaz ve diğ., 2015). Yeterli içme suyunun varlığını devam ettirebilmek ve gelecekte muhtemel taşkın tehlikelerini önlemek için arazi kullanımı ile arazi örtüsündeki değişimlerin hidrolojik etkisinin araştırılması gereklidir (Breuer ve diğ., 2009).

Taşkın afetini önlemek ve meydana getireceği hasarları en aza indirmek için geliştirilebilecek etkili afet yönetim sistemleri için risk tespiti esastır (Lv ve diğ., 2021). Taşkınların meydana gelme olasılığı ile bunun sonucunda meydana gelecek olan kayıp ve zararlar taşkının olumsuz sonuçlarıdır (Begum ve diğ., 2007; Schanze, 2006; Jonkman, 2007). Taşkın tehlike ve risk haritası, havza yönetimleri için oldukça önemlidir (Masoud, 2016). Taşkın büyüklüğünün tespit edilip etkili bir havza yönetim planının geliştirilebilmesi için arazi kullanımlarındaki değişiklilerin tespit edilmesi elzemdir (Bayazıt ve diğ., 2021). Ayrıca, taşkın riskini belirlemek için yayılım haritalarının elde edilmesi önem arz etmektedir. Yayılım haritalarının elde edilmesi için hidrolojik ve hidrolik modellerin oluşturulması gerekmektedir (Ongdas ve diğ., 2020). Çalışmanın bu bölümünde taşkın ve etkileri, taşkın yönetimi, taşkın analizinde kullanılan yöntemler, taşkın önleme yöntemleri ile ilgili genel bilgiler sunulmuştur. Ayrıca, çalışma alanı olan Alibeyköy Havzası ile ilgili yürütülmüş araştırmalar ile tez kapsamına konu olan; arazi örtüsü/arazi kullanımı değişiklikleri, hidrolojik ve hidrolik model konulu literatürde yürütülmüş çalışmalara yer verilmiştir.

2.1. TAŞKIN ve TAŞKIN SINIFLARI

2.1.1. Taşkın ve Sel Tanımları

Yüzeysel akış ile biriken su kütlesinin yatak su taşıma kapasitesini aşması sonucu taşkın ve seller meydana gelmektedir. Gerek dünya genelinde gerekse ülkemizde çok büyük can ve mal kayıplarına neden olan doğal afetlerdir. Özellikle uluslararası terminolojideki karşılıklılıklardan dolayı aynı olaylar olarak algılanan taşkın ve sel esasında birbirinden farklıdır. Daha çok yukarı havzalarda ve havza yan kollarında ani bir şekilde meydana gelen ve nispeten fazla miktarda katı madde ihtiva eden şiddetli su akışları "*sel (torrent)*" olarak tanımlanır. Vadi tabanlarında ve aşağı havzalarda meydana gelerek, sellere oranla daha az katı madde içeren şiddetli su akımları ise "*taşkın (flood)*" olarak ifade edilir (Kerim ve Süme, 2019). Tabiatı gereği sel ve taşkınlar, kararsız akıma sahip akarsuların doğal su coğrafyasına özgü olaylardır (Sarıgül & Turoğlu, 2020; Turoğlu, 2019).

Turoğlu (2019) "taşkın", "sel", "şehir taşkını" ve "şehir seli" için birtakım tanımlamalar yapmıştır;

- *Taşkınlar*, "Sıra dışı büyük hacimlerde bir araya gelen su kütlesinin akarsu yatağı çevresindeki düz ve düze yakın taşkın sahasında bir süreliğine göllenmesi olayı" olarak tanımlanmaktadır. Meydana gelen göllenmeler bir haftaya yakın bir süreç içerisinde etkisini gösterip daha sonra kademeli olarak geri çekilmektedir.

- *Sel*, "Bir akarsu yatağını takip ederek, su hacmine göre yatak kıyılarındaki düşük kottaki alanlara da nüfuz eden, eğim doğrultusunda ilerleyen, yüksek enerjili, kontrol dışı, su akışı" olarak tanımlanmaktadır. Taşkına nispeten daha kısa süreli etkilidir.

- *Şehir taşkını*, "Yoğun nüfusa sahip şehirsel yapılaşma alanlarında jeomorfoloji, iklim, şehir planı, yüzeysel drenaj ve altyapı hatalarına ve/veya yetersizliklerine bağlı olarak gerçekleşen su basması ve göllenmenin meydana gelmesi olayı" olarak tanımlanır. Genel olarak bir-iki günlük süreler boyuna tesirini gösteren şehir taşkınları, meydana geldikten sonra azar azar çekilir.

- *Şehir seli*, "Şehir taşkınlarından farklı olarak su kütlesinin cadde, sokak, kaldırım gibi geçirimsiz yüzeyleri adeta birer akarsu kanalı olarak kullandığı, enerjisi yüksek, kontrol edilemez mertebelerdeki debiler" olarak tanımlanır. Birkaç saat içerisinde etkili olur, hasar verir ve daha sonra sular yatağına çekilir.

2.1.2. Taşkınların Sınıflandırılması

Taşkın türleri, nehir taşkınları, ani taşkınlar, sahil taşkınları, kentsel alan taşkınları ve kanalizasyon taşkınları olarak sınıflandırılabilir (Kourgialas & Karatzas, 2016).

2.1.2.1. Türüne Göre Taşkınlar

A. Nehir Taşkınları: Memba ve mansap taşkınları olarak ikiye ayrılırlar.

   a. *Memba ve ani taşkınlar;* Süzülme hızının düşük olduğu, kısa sürede etkisini gösteren şiddetli yağışların sebep olduğu bu tip taşkınlar çok fazla can kaybına neden olabilir.

   b. *Mansap taşkınları*; Memba taşkınlarına nispeten daha uzun süre etkili olan ve yüksek yağış görülür.

B. Kıyı Taşkınları: Okyanus, deniz, göl vb. yerlerde meydana gelirler. Fırtına, tsunami gibi yüksek dalgalara neden olabilecek olaylar nedeniyle deniz veya okyanus kıyılarında oluşabilecek taşkınlar *kıyı taşkınları* olarak isimlendirilir.

2.1.2.2. Yağışlara Bağlı Taşkınlar

Taşkına sebebiyet veren yağış türüne göre yapılan bu sınıflandırma, bölge bazlı olarak yağış karakterine (orografik, konvektif ve cephe yağışları) bağlıdır. "Akdeniz ve Doğu Karadeniz 'de orografik yağışlar; İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu 'da konvektif yağışlar; Batı Karadeniz ve Ege'de cephesel yağışlar sonucu taşkınlar meydana gelmektedir" (Kerim & Süme, 2019).

2.1.2.3. Kar ve Buzul Erimesine Bağlı Taşkınlar

Mevsimsel olarak yoğun kar yağışının görüldüğü ve buna bağlı olarak kalın kar tabakalarının olduğu yerlerde, sıcaklık değişimlerine bağlı olarak meydana gelen erimelerin sebep olduğu yağışlardır. Ülkemiz açısından değerlendirdiğinde, Türkiye'nin Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde özellikle yüksek rakımlı yerler kış aylarında kalın kar tabakaları ile örtülmektedir. Baharın gelişi ile Nisan ve Mayıs aylarında sıcaklıkta meydana gelen artış ve yağmurlarla kar tabakasında erimeler meydana gelmektedir. Eriyen kar suları da mansap yerleşimlerinde taşkınlara sebebiyet verebilmektedir.

2.1.2.4. Oluşma Zamanlarına Göre Taşkınlar

Yaz aylarında sağanak halinde gelen yağışlar, "*yaz taşkınları*"; Kasım-Mart gibi kış aylarında oluşan taşkınlar, "*kış taşkınları*"; Nisan-Mayıs aylarında kar erimesi sonucu oluşan taşkınlar ise "*ilkbahar taşkınları*" olarak adlandırılır (Kerim & Süme, 2019).

2.1.2.5. Oluşum Sürelerine Göre Taşkınlar

Yağmurun ve karın yağış olarak yeryüzüne düşmesinden akış haline geçmesine kadarki geçen süre taşkınların oluşma süresini belirlemektedir. Bu açıdan taşkınlar, bir hafta veya daha uzun sürede oluşuyor ise "*Uzun süreli taşkınlar"*; 6 saat gibi kısa bir süre içinde oluşuyor ise "*Ani taşkınlar*" olarak sınıflandırılmaktadır (Kerim & Süme, 2019).

2.1.2.6. Oluşum Yerlerine Göre Taşkınlar

Taşkının meydana geldiği yere göre isimlendirmesidir. Bunlar; "dere ve nehir taşkınları, dağlık alan taşkınları, şehir taşkınları ve kıyı taşkınları" olarak kategorize edilmiştir (Kerim & Süme, 2019; Akman, 2021).

2.1.2.7. Sebeplerine Göre Taşkınlar

a. Arazinin fiziksel yapısı (eğimi, uzunluğu, şekli vb.), akarsu yatağının suya doygunluğu, debisi gibi "*doğal etkenler*".
b. Çarpık şehir yapılanması, yeterli ağaçlandırma yapılmaması ve mevcut ağaçların kesilmesi, küresel ısınma, akarsu yatağına çekilen bent/baraj gibi yapıların yıkılması, vb. "*insan etkenleri"* (Kerim & Süme, 2019; Akman, 2021).

2.2. TAŞKINLARIN ETKİLERİ

Taşkınlar, karasız akışa sahip olan akarsular için normal bir durum olup, esasında hidrolojik döngünün bir parçasıdır (Demir ve diğ., 2021). Bu yüzden taşkınlar meydana geldikleri zaman sadece zarara sebep olmayıp, birtakım yararlı özellikler de barındırmaktadırlar. Ancak, antropojenik faaliyetlerin dahil olması bu doğal süreci afete dönüştürmektedir. Taşkın yataklarına doğrudan veya dolaylı yapılan çeşitli müdahaleler (yol ve ilgili yapım işleri dolayısıyla dere yataklarının daraltılması, dere yatağından inşaat vb. alanlar için malzeme alınması) taşkın zararlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Kerim ve Süme, 2019). Arazilerin hatalı kullanımı ve doğal bitki örtüsünün bozulması, dere yataklarına hafriyat dökülmesi, sanat yapılarının (köprü, menfez, bentler vb.) yanlış projelendirilmesi veya projelendirilmemesi ve yanlış uygulama kaynaklı yetersizlikler en

bilenen insan faaliyetleri kaynaklı taşkın sebepleri arasındadır (Akman, 2021). Taşkınların sebep olduğu etkiler **Tablo 2.1**'de özetlenmiştir.

Tablo 2.1: Taşkınların sebep olduğu etkiler (Kerim & Süme, 2019).

Olumlu Etkiler	Akarsu yatağının yer altı su miktarında artış olur.
	Alüvyal topraklar taşınarak, arazilerin verimliliğini arttırır.
	Oluşan yeni verimli araziler ile canlı çeşitliliğinde artış meydana gelir.
	Besleyici malzemelerin taşınması su canlılarına fayda sağlar.
Olumsuz Etkiler	Can kayıpları meydana gelir.
	Maddi kayıplar oluşturur (çeşitli bina, iş yeri, ev, köprü gibi üst yapılar ile kanalizasyon ve isale hattı gibi alt yapıların zarar görmesi ve/veya yıkılması).
	Toplumsa piskolojik travmalar yaratması veya çeşitli bulaşıcı hastalığın yayılması gibi sağlık sorunları.

2.3. TAŞKIN RİSKİ ve YÖNETİMİ

Risk, belirli bir alan ve zamanda meydana gelen tehlike nedeniyle oluşabilecek kayıplar (can kaybı, maddi hasar, sosyal ve ekonomik faaliyetlerin kesintiye uğraması vb.) olarak ifade edilmektedir (Menteş, 2019). Riski ele alabilmek için, belirli bir yerde önemli büyüklükte bir olay veya olayın tehlikesi olmalıdır. *Risk* ve *tehlike (hazard)* kimi zaman eş anlamlı olarak algılanıp ifade edilmektedir. Aralarındaki fark Smith ve Petley (2009)'in verdiği tanımlardan kolayca anlaşılabilir. *Risk*; "Belirli bir tehlikenin fiilen meydana gelmesine ilişkin istatistiksel bir şans" iken, *Tehlike*; "İnsanlar ve onların refahı için potansiyel bir tehdit" olarak tanımlanmıştır. Kısacası risk muhtemel bir sonuç olup, "Bir tehlikenin meydana gelme ve kayıp yaratma olasılığı" olarak ifade edilebilir (Smith & Petley 2009; Koç & Thieken, 2018). Taşkın riski ise taşkın tehlikesi bulunan bir bölgede, taşkının meydana gelmesi durumunda ne kadar süre etkili olacağı (maruz kalma süresi) ile meydana getireceği ekonomik, sosyal ve fiziksel kayıpların (hassasiyet) bir fonksiyonudur (Menteş ve diğ., 2019; Ertürk ve diğ., 2021).

Bir tehlikenin ciddiyetini doğru bir biçimde analiz edebilmek için tehlikeler ve risk altındaki unsurlar arasındaki etkileşimlerin irdelenmesi önemlidir. Bu etkileşimler;

i. İnsanlara yönelik tehlikeler (ölüm, yaralanma, hastalık, zihinsel stres),

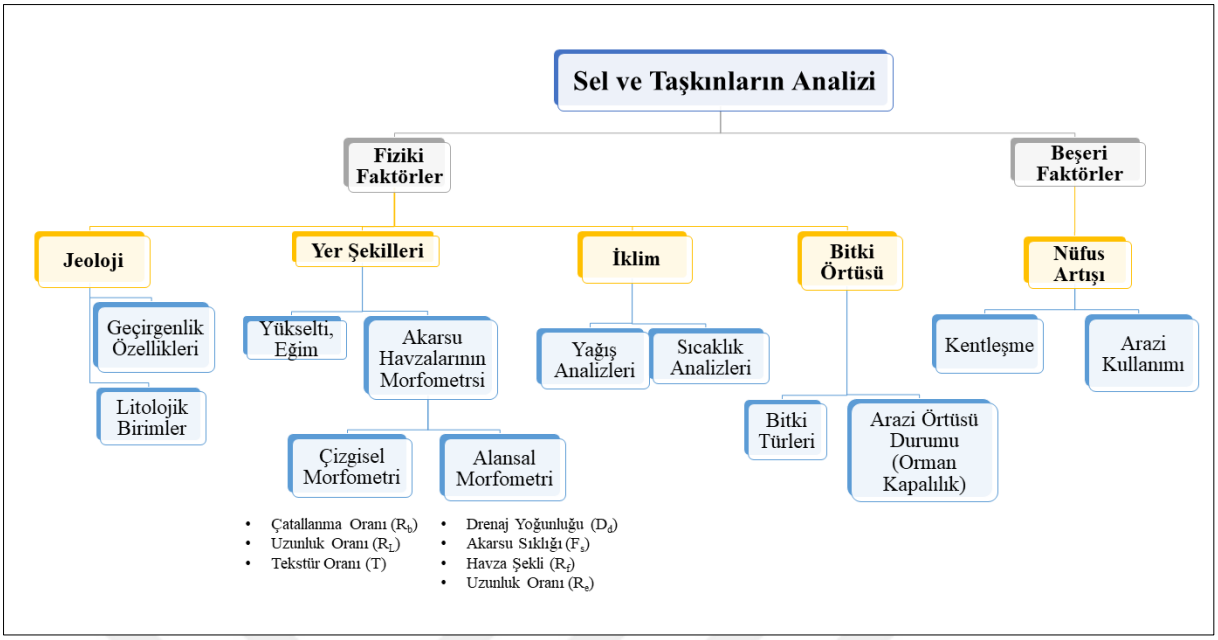
ii. Mallara yönelik tehlikeler (mal hasarı, ekonomik kayıp),

iii. Çevreye yönelik tehlikeler (flora ve fauna kaybı, kirlilik, konfor kaybı) olarak sınıflandırılabilir (Smith & Petley 2009; Koç & Thieken, 2018).

Afetler sonucunda oluşabilecek olan hasarları en aza indirmek ve hatta mümkünse ortadan kaldırmak için risk profilinin oluşturulması öncelikli öneme sahiptir. Gerek yapısal (şehirlerde kentsel dönüşüm projeleri, dere ıslahları vb.), gerekse yapısal olmayan (toplumda bilinç oluşturmaya yönelik eğitimler) çeşitli çalışmalar ile bir risk yönetimi yapılmalıdır. Herhangi bir risk yönetiminin olmadığı durumlarda hasarlar artar ve afet yönetilemez hale gelir (Ekşi & Kantarlı, 2020). Bu kapsamda taşkın risk analizlerinin yapılması için taşkın öncesi, taşkın anı ve sonrası ile ilgili planlamaların yapılması gereklidir.

İklim değişikliği ve sosyoekonomik kalkınmanın bir sonucu olarak kentlerde taşkın riski ciddi boyutta artmaktadır. Taşkına eğilim gösteren bölgelerde sosyoekonomik kalkınma ve nüfus artışı, kentleşmenin başlıca nedenlerindendir. Etkili bir taşkın risk yönetiminin oluşturulabilmesi için, kentsel büyümenin taşkın riski üzerindeki etkisinin kapsamlı bir biçimde anlaşılması gerekmektedir (Hemmati ve diğ., 2020). Risk yönetimi, riskin belirlenmesi, çözümlenmesi ve büyüklüğünün tespit edilmesi gibi üç aşamadan oluşan sistematik bir süreçtir (Oğuz ve diğ., 2022). Günümüz teknolojisinde, hızlı ve etkili sonuç alabilmek amacıyla CBS temelli yazılımlar bu amaçlar için kullanılmaktadır.

Esasında taşkınlar birer sonuçtur (Turoğlu, 2019). Taşkın gerçekleşme potansiyeli taşıyan bölgelerin analiz edilerek birtakım koruyucu önlemler alınması gerekmektedir. Bu tedbirlerin çeşidi ve derecesi hidrolik, topografik ve jeomorfolojik faktörlerin yanı sıra havzanın büyüklüğü ve kentsel yerleşimlerin sosyal ve ekonomik yapılarına da bağlıdır (Baduna Koçyiğit ve diğ., 2021). Bunun için bölgeye ait fiziksel ve beşerî özelliklerin iyi tanımlanmış olması gerekmektedir. Sel veya taşkınların oluşum sürecinde etkili olup tespit edilmesi gereken faktörler **Şekil 2.1**'de özetlenmiştir. Ülkemiz açısından havzaların hidrolik ve coğrafi farklılıkları değerlendirildiğinde, büyük ölçüde farklılıkların olduğunu görmek mümkündür. Bu durum doğrudan havzalarda meydana gelebilecek taşkınları etkilemektedir (Baduna Koçyiğit ve diğ., 2021). Her havzanın kendine has arazi örtüsü ile oradaki insan faaliyetlerindeki çeşitlilikleri (arazi kullanımı) düşünüldüğünde, taşkın risk analizleri ile koruma planlarının havza bazlı yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

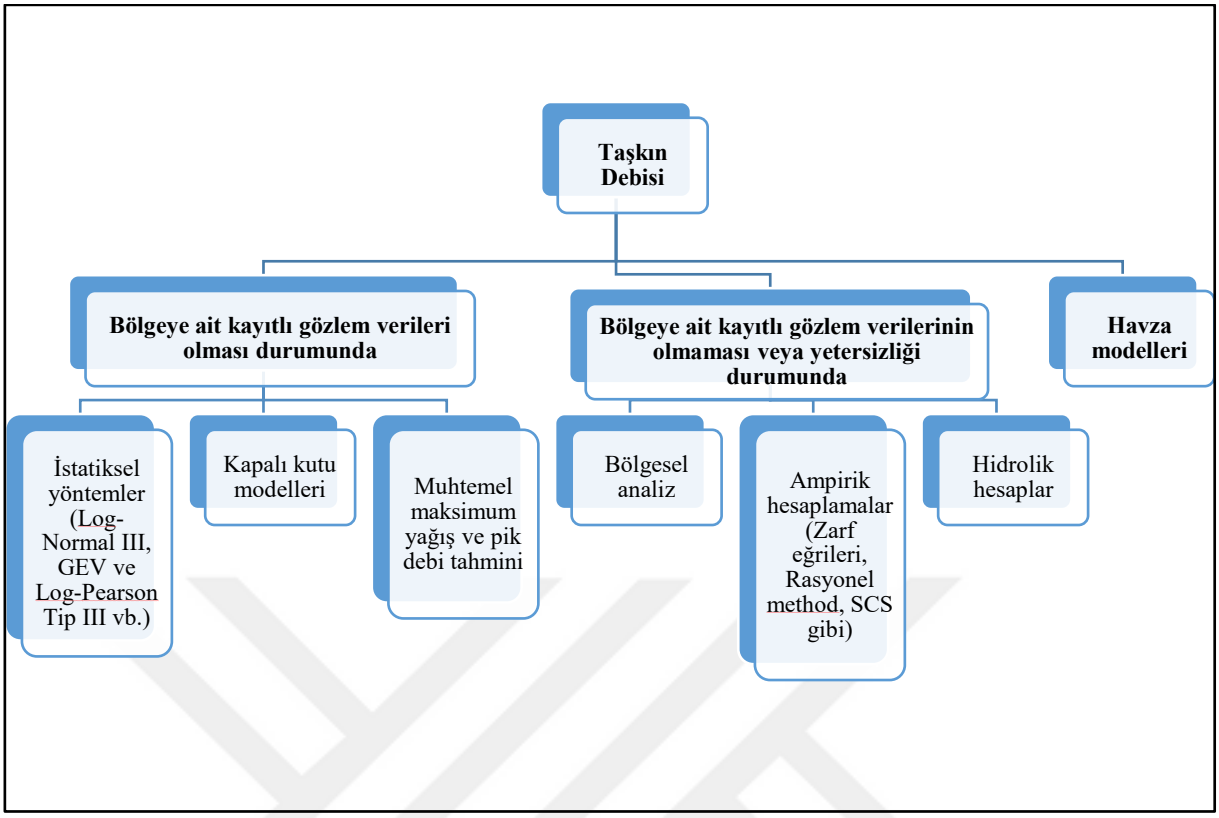


Şekil 2.1: Sel ve taşkın analizlerinde etkili parametreler (Sarıgül & Turoğlu, 2020).

2.4. TAŞKIN ANALİZİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Taşkın analizlerinde kimi zaman birbirlerini tamamlayıcı özellik gösteren çeşitli analiz yöntemleri geliştirilmiştir (Şen, 2018). Taşkınların tahmininde kullanılan yöntemler temel olarak analitik (deterministik) ve istatistik yöntemlerdir. Bu yöntemler temel olarak aşağıda sıralandığı gibi kategorize edilebilir (**Şekil 2.2**):

- Ampirik yani tecrübeye dayalı birtakım formüllerin (Rasyonel Metot, McMath Yöntemi gibi) yardımı ile taşkın analizleri,
- Zarf eğrileri ile taşkın tahminleri,
- Rasyonel (akılcı) yöntemler (havzanın maruz kaldığı yağıştan ortaya çıkabilecek debi miktarını hesaplamaya yaracak formülün çıkarılması esasına dayanır),
- Olasılık ve istatiksel yöntemler,
- Birim hidrograflar ile taşkın pik debilerinin tespit edilmesi.



Şekil 2.2: Taşkın analizinde pik debinin tespit edilmesi.

2.4.1. Hidrodinamik Yöntemler

Temel fizik yasaları ile matematiksel yöntemlerden yararlanılarak akışkanın davranışını formüle ederek göstermeyi hedefleyen, bilgisayar ortamlarında hazırlanan modeller olarak karşımıza çıkmaktadırlar (Demir ve diğ., 2021). Geçmişten günümüze gelişimler göstermiş ve hala daha versiyonlarında yükseltmelerin görüldüğü bu modeller; 1-Boyutlu, 2-Boyutlu ve 3-Boyutlu olabilmektedir.

2.4.1.1. 1-Boyutlu (1-B) Modeller

Pek çok çalışmada kullanılmış ve kullanılmaya devam eden en basit modellerdir. Bu modellerde akımın kanal boyunca (membadan mansaba) tek yönlü hareket etmesi hesaba katılır. Hareketin tek yönlü olarak ele alındığı bu modeller özellikle sürekli akım analizleri için uygun görülmektedir (Demir ve diğ., 2021).

1-B modellerin çözümü temel olarak Saint-Venant denklemlerinin iki kesit arasındaki sonlu çözümlerine dayanmaktadır. Saint-Venant denklemleri, Δx mesafesi bulunan iki kesit arasındaki momentum **Denklem (2.1)** ve kütle korunumu **Denklem (2.2)** ilkelerine dayanmaktadır. Denklemler aşağıda verilmiştir:

$$\frac{1}{A}\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{1}{A}\frac{\partial \frac{Q^2}{A}}{\partial x}+g\frac{\partial h}{\partial x}-g(S_o-S_f)=0 \quad \textbf{(2.1)}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial A}{\partial t}=0 \quad \textbf{(2.2)}$$

Burada, Q debi (L^3/T), t zaman (T), h su derinliği (L), g yerçekimi ivmesi (L^2/T), S_f sürtünme eğimi (L/L), S_o akarsu yatak eğimi (L/L), A akım alanı (L^2) olarak verilmiştir.

Günümüz teknolojisinde araştırma amaçlı geliştirilmiş pek çok 1-B taşkın modellemesi yapan yazılım mevcuttur. MIKE 11, MIKE HYDRO River, FASTER, HEC-RAS, Info Works River Simulation, SIPSON söz konusu yazılımlara örnektir.

2.4.1.2. 2-Boyutlu (2-B) Modeller

1-B modeller her ne kadar basit ve pratik olsa da sınırlamaları (kesitler arası boşluklar olması vb.) vardır. Bunları aşabilmek için 2-Boyutlu modeller geliştirilmiştir. Bu modellerde derinlik ortalaması alınmaktadır (Sönmez ve Doğan, 2016; Demir ve diğ., 2021). Kütlenin korunumu (**Denklem (2.3)**) ile momentum korunumunu (**Denklem (2.4)**) temsil eden ve Navier Stokes denklemlerinin derinlik ortalaması alınarak elde edilebilen 2B sığ su denklemlerinin çözümlenmesine dayanmaktadır. Taşkın modellerinin oluşturulmasında 2B modeller yaygın olarak kullanılmaktadır (Teng ve diğ., 2017). **Denklemler (2.3)**, **(2.4)** ve **(2.5)**'de x ve y iki uzamsal boyut olmak üzere 2-B modellerin temellendiği denklemler aşağıda sıralanmıştır.

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial (hu)}{\partial x}+\frac{\partial (hv)}{\partial x}=0 \quad \textbf{(2.3)}$$

$$\frac{\partial (hu)}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(hu^2+\frac{1}{2}gh^2\right)+\frac{\partial (uhv)}{\partial y}=0 \quad \textbf{(2.4)}$$

$$\frac{\partial (hv)}{\partial t}+\frac{\partial (huv)}{\partial x}+\frac{\partial h}{\partial y}\left(hu^2+\frac{1}{2}gh^2\right)=0 \quad \textbf{(2.5)}$$

Burada, t zaman (T), h su derinliği (L), g yerçekimi ivmesi (L^2/T), (u,v) yatay hızı temsil eden 2-B vektör olarak verilmiştir.

2.5. TÜRKİYE'NİN TAŞKIN GERÇEĞİ

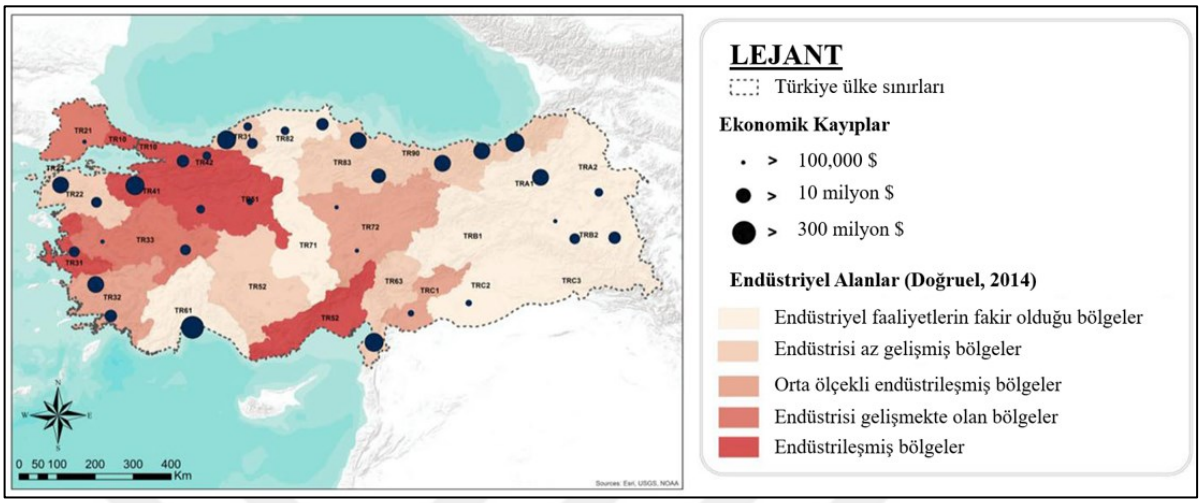
Taşkınlar, 2000-2019 yılları arasında dünya genelinde 1,6 milyon insanı etkilemiştir. 100.000'den fazla can kaybı ile 651 milyar $ ekonomik kayıp oluşturmuştur (UNDRR, 2020). Türkiye'de 1975-2015 yılları arasında toplamda 1.209 taşkın meydana gelmiş olup, 720 kişi hayatını kaybederken 893.333 ha alan sular altında kalmıştır (Oğraş & Önen, 2019).

Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı (AFAD), ulusal anlamda afetlerin kayıtlarının tutulduğu ve bizlere istatistiksel bilgi sağlayan bir kaynaktır. AFAD, sel ve taşkınlara dair istatistiksel verileri genel olarak ortak bir kategoride sunmaktadır. Bu kapsamda, AFAD'tan alınan bilgilere göre, 1950 yılından günümüze kadar meydana gelen taşkınların dağılımı incelendiğinde birinci sırada Erzurum gelmektedir. Erzurum'da bugüne kadar toplamda 440 taşkın meydana gelmiştir. Erzurum'dan sonra ülkemizde en çok taşkının görüldüğü iller; Sivas (319 taşkın/sel), Van (265 taşkın/sel) ve Bitlis (247 taşkın/sel) olarak kaydedilmiştir.

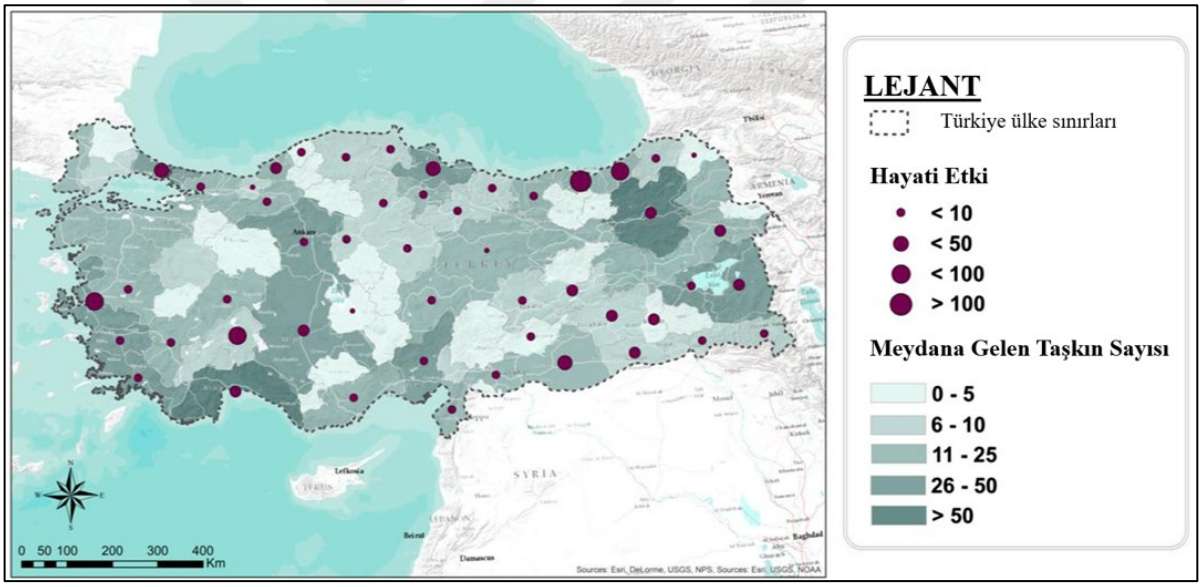
Türkiye haritası üzerinde genel bir değerlendirme yapılırsa, ülkenin batıdan doğusuna ve güneyden kuzeyine doğru gidildikçe taşkın ve sellerin arttığı söylenebilir. 2019 yılı içerisinde toplamda 499 taşkın meydana gelmiştir. Kaydedilen taşkın sayısı bakımından Samsun ili ilk sırada gelmektedir. 2019 yılında sadece Samsun'da 81 taşkın meydana gelmiştir. Samsun ilini Trabzon (37 taşkın), Afyonkarahisar (33 taşkın), Zonguldak (25 taşkın) ve Aksaray (22 taşkın) takip etmektedir. Buna karşın 19 ilde 2019 yılı içerisinde ise hiçbir sel/su baskını olayı kaydedilmemiştir (AFAD, 2020). Sadece 2020 yılı için Türkiye genelinde meydana gelen sel/taşkın sayısı ise Afet Yönetim ve Karar Destek Sistemi (AYDES) tarafından 177 olarak kaydedilmiştir (AFAD, 2021).

Koç ve Thieken (2018), 1960-2014 yılları arasında Türkiye'de meydana gelmiş olan taşkınları ve etkilerini farklı veri tabanları ve literatürden yararlanarak araştırmışlardır. Kullanılan veri tabanları; Türkiye'nin ulusal veri tabanı olan Türkiye Afet Bilgi Bankası (TABB), Acil Durum Veri Tabanı (Emergency Events Database, EM-DAT) ve Dartmouth Taşkın Gözlemevi Veri Tabanı'dır. Bu kaynaklar ile bilimsel araştırmalar ve arşiv bilgilerinden yararlanarak, eksik kayıtların da incelenmesi sağlanmıştır. Çalışmalarında TABB verilerinden elde ettikleri bilgiler ışığında, taşkınların 1960-2014 yılları arasında Türkiye genelinde yarattığı ekonomik (**Şekil 2.3**) ve hayati (**Şekil 2.4**) tehlikeleri haritalandırmışlardır. Ayıca söz konusu yıllar içerisinde meydana gelen şiddetli taşkınları da **Şekil 2.5**'de derlemişlerdir. Buna göre bu

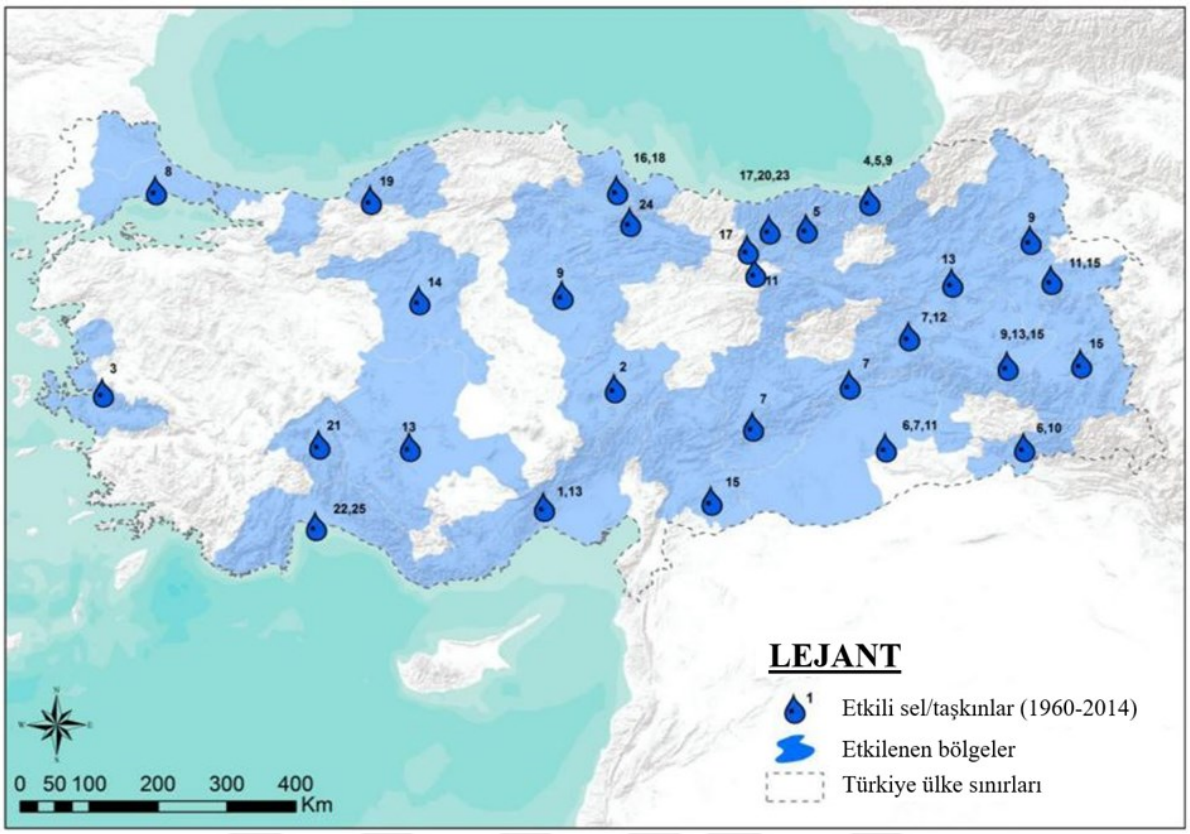
tez kapsamında yer alan çalışma alanının içinde bulunduğu İstanbul'da 8 ciddi taşkın meydana gelmiştir.



Şekil 2.3: 1960-2014 yılları arası taşkınların ekonomik etkisi (Koç & Thieken, 2018).



Şekil 2.4: 1960-2014 yılları arası taşkınların hayati etkisi (Koç & Thieken, 2018).



Şekil 2.5: 1960-2014 yıllarında meydana gelen şiddetli taşkınların etkisini en çok hisseden iller (Koç & Thieken, 2018).

2.6. TAŞKIN ÖNLEME YÖNTEMLERİ

Teknik açıdan bugünün bilgi, birikim ve teknolojisi dikkate alındığında meydana gelebilecek taşkın zararlarının engellenememesi söz konusu değildir (Dernek, 2012). Taşkını önleme yönteminin belirlenebilmesi için öncelikli olarak muhtemel taşkının sebep olması beklenen zararın tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun için de taşkın yayılım alanı, su derinliği, akım hızı gibi parametreler ile etki alanlarının tespit edilmesi gerekmektedir (Uçar, 2010; Taş, 2018).

Ülkemizde taşkınların önlenmesi ve zararlarının azaltılması adına yürütülen çalışmalar ile ilgili mevzuatlar aşağıda listelenmiştir:

i. 442 sayılı "Köy Kanunu"

ii. 1593 sayılı "Umumi Hıfzıssıhha Kanunu",

iii. 4373 sayılı "Taşkın Suları ve Su Baskınlarına Karşı Koruma Kanunu",

iv. 6200 sayılı “Devlet Su İşleri Umum Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunu”,

v. 6381 sayılı “Orman Kanunu”,

vi. 7269 sayılı “Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirler ve Yapılacak Yardımlar Hakkındaki Kanun (1968 yılında 1051 sayılı kanunla değişiklik)”,

vii. 2090 sayılı “Tabii Afetlerde Zarar Gören Çiftçilere Yapılacak Yardımlar Hakkında Kanun”,

viii. 2560 sayılı “İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri”,

ix. 2872 sayılı “Çevre Kanunu”,

x. 3091 sayılı “Taşınmaz Mal ve Zilliyetliğine Yapılan Tecavüzlerin Önlenmesi Hakkında Kanun”,

xi. 3194 sayılı “İmar Kanunu”,

xii. 3251 sayılı “Meteoroloji Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun”.

6200 sayılı DSİ Umum Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun’da verilen görev tanımına göre DSİ, “Taşkın suları ve sellere karşı koruyucu tesisler meydana getirmekle vazifelidir”. Bu kapsamda DSİ vazife ve sorumluluklarını,

i. Yapısal ve yapısal olmayan önleyici eylemler,

ii. Taşkın esnasında yürütülecek eylemler ve

iii. Taşkınların ardından yürütülecek eylemler olarak üç başlıkta ele almaktadır (Akman, 2021).

7-9 Eylül 2009 tarihlerindeki İstanbul’da bulunan Aymama Deresi’nde meydana gelen taşkın sonucu AKOM (Afet Koordinasyon Merkezi) tarafından İstanbul için kararlarlar alınmıştır. Bu kararlardan birisi, “Karadeniz ve baraj rezervuarlarına dökülen derelerin ıslah,

bakım ve işletme sorumluluğu DSİ 14. Bölge Müdürlüğü'ne, Marmara Denizi ile boğaza dökülen derelerin sorumluluğu ise İSKİ'ye bırakılmıştır" şeklindedir (Kadıoğlu, 2019).

2.6.1. Yapısal Önlemler

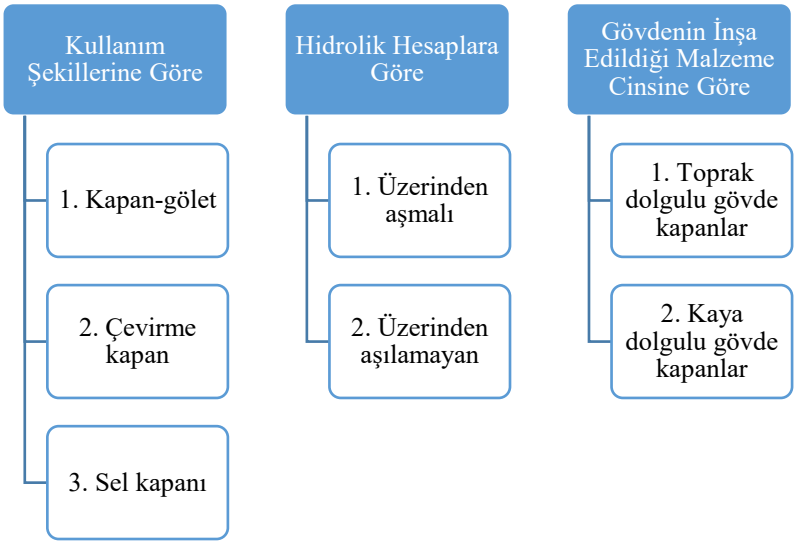
Taşkın riski taşıdığı tespit edilen yerlerde, suların zarar verici etkisini engellemek adına yapılan tesisiler "*yapısal önlemler*" sınıfına girmektedir. Bu tesislerde genel olarak hedef, suları riskli bölgeden uzak tutmaktır (Akman, 2021). Söz konusu taşkının özelliklerine ve meydana getireceği zarara göre tercih edilen bu faaliyetler;

- ✓ Akarsu yatağında çeşitli düzenlemeler yaparak suyun akışına müdahale,
- ✓ Baraj, sel kapanı ve taşkın geciktirme havuzları gibi biriktirme hazneleri ile suyun akışına müdahale edilmesi,
- ✓ Taşkın duvarları ve seddeler ile derivasyon kanal uygulamaları şeklinde yapılan müdahaleler, geçmişten günümüze uygulamasına sıkça rastlanan etkili yöntemlerdir.

Seddeler; Taşkın riski taşıyan yerlerde akarsuyun bir ya da her iki yanına yapılan feyezan yapılarındandır. Taşkın beklenen alanın çevresinin doldurulması şeklinde de uygulanabilir. Uzunluk ve kesit özellikleri taşkın debisine bağlı olarak projelendirilen bu yapılar çoğunlukla homojen malzemelerden imal edilir (Berkün, 2005).

Taşkın duvarları; Alan bakımından fazla elverişli olmayan arazilerde, yerden kazanç sağlamak amacıyla seddeler tercih edilmez veya edilemez. Bu tip durumlarda taşkın duvar uygulamalarına başvurulur. Ağırlıklı duvar, betonarme perde duvar ve payandalı duvar şeklinde çeşitleri mevcut olup kıyı duvarları istinat özelliği gösterir (Berkün, 2005).

Sel kapanı; Taşkını önleyen küçük barajlardır. Temel işlevi taşkını geciktirmek olan sel kapanları, pik debiyi düşürerek mansaba verilecek suyun debisini ayarlar. Daha uzun sürede mansaba ulaşan taşkın sularının büyük kütleler halindeki enerjisini kırarak, yıkıcı etkisini ortadan kaldıran yapılardır. Genellikle kapaksız olan dip savaklarındaki debiler stabil değildir ve değişkenlik gösterir. Teknik açıdan barajlarla aynı nitelikte olan sel kapanları, rezervuar görevi de görmesi sebebiyle projelendirmelerine göre sulama, içme suyu temini gibi işlere de hizmet edebilirler (Berkün, 2005). Kapanlar kullanım şekillerine, hidrolik hesabına ve inşaatında kullanılan gövde malzemesine göre kategorize edilmektedir (**Şekil 2.6**).



Şekil 2.6: Sel kapanlarının sınıflandırılması (Berkün, 2005).

2.6.2. Yapısal Olmayan Önlemler

Yapısal önlemler her ne kadar etkili olsa da doğal arazi ve akarsu ortamına müdahale ediliyor olması, beraberinde ekolojik dönütler de oluşturmaktadır. Doğal ekosisteme müdahale olmaksızın taşkınlara karşı gerçekleştirilen diğer önlemler de "*Yapısal olmayan önlemler*" olarak isimlendirilmiştir. Taşkına karşı gerekli bilincin oluşturulması için verilecek her türlü eğitim faaliyetlerini kapsayan önlemlerdir (Ekşi & Kantarlı, 2020). Bölge insanı üzerinde taşkın kültürünü oluşturmak, birtakım "Acil Durum Eylem Planları" gibi hazırlıkların yapılması, erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi, kamulaştırma, afet sigortası gibi faaliyetleri kapsamaktadır (Anılan ve diğ., 2021). Taşkın bölgesinde yapılaşmanın yapılmaması ve mevcut yapıların tahliyesi en etkili ve ekonomik yapısal olmayan yöntemlerdir. Ancak ülkemizin mevcut sosyal ve ekonomik şartları göz önünde bulundurulduğunda uygulanması zordur.

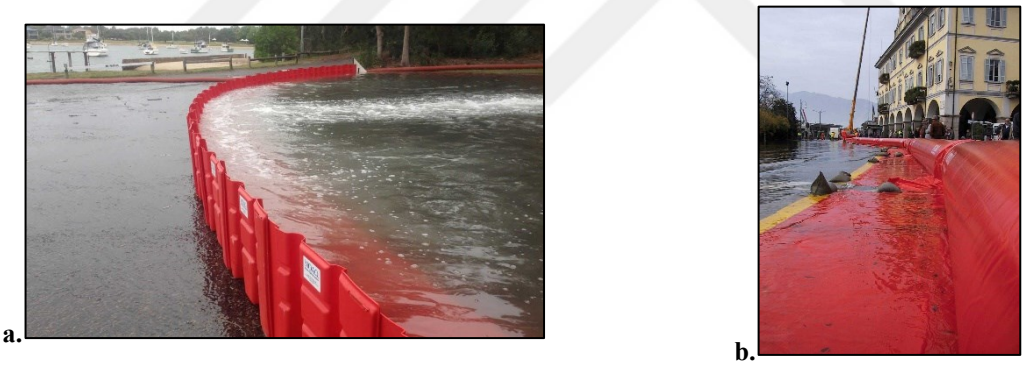
2.6.3. Yenilikçi Yaklaşımlar

Gelişen teknoloji ve yeni ihtiyaçlar, taşkın önleme yöntemlerine yönelik yeni uygulamaların geliştirilmesi konusunda da etkisini göstermiştir. Yapısal olarak geliştirilmiş yöntemler açısından değerlendirildiğinde, kimi zaman bölgesel yeni önerilere ihtiyaçlar oluşmuştur. Örneğin dere yatağının genişletilmesinin mümkün olmadığında veya sedde, duvar gibi yapıların imalatının uygun olmadığı durumlar ortaya çıkabilmektedir. Bunun yanı sıra kamulaştırma maliyetleri ile uzun süren yasal mevzuatlar çözüm üreticileri yeni arayış ve uygulamalara sevk etmiştir (Akçalı, 2018). Özellikle Avrupa'da örnek uygulamaların görülmeye başlandığı; yükselen, katlanır ve prefabrik bariyer sistemleri ile cam korkuluk, şişme ve esnek katlanabilir bariyer sistemler (**Şekil 2.7**, **Şekil 2.8** ve **Şekil 2.9**) örnektir. Söz konusu

bu sistemlerin Türkiye için de uygulanabilirliği üzerinde çalışılmaktadır. Bu kapsamda DSİ 22. Bölge Müdürlüğü tarafından Rize'nin Güneysu ilçesinde cam korkuluklar kullanılmaya başlanmıştır (**Şekil 2.10**). Gazi Üniversitesi laboratuvarlarında test edilen, 30 mm kalınlıkta özel imalat camlar yüksek dayanıma sahiptir (DHA, 2021). Erken uyarı sistemleri doğru bir biçimde çalıştığında taşkın sularının yıkıcı etkilerini ortadan kaldırmayı başarabilen yeni uygulamalardır.



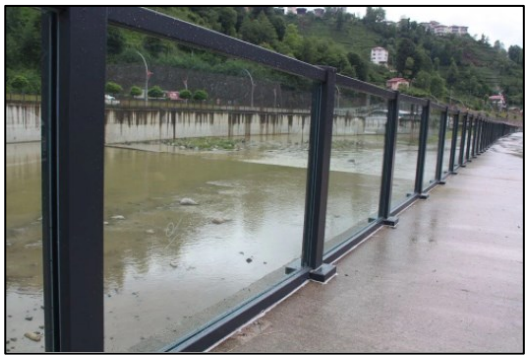
Şekil 2.7: Avrupa'dan katlanır bariyer sistemlerine ait örnek uygulama, **a.)** Paneller açık, **b.)** Paneller kapalı (FCI, 2022).



Şekil 2.8: Avrupa'da taşkınlara karşı kullanılan geçici önlemler, **a.)** Kutu duvar sistemleri, **b.)** Boru tip bariyer sistemleri (FCI, 2022).



Şekil 2.9: Avrupa'da uygulanmış cam korkuluk yapıları (FCI, 2022).




Şekil 2.10: Türkiye'de taşkınlara karşı cam korkuluk uygulama örneği, Rize (DHA, 2021).

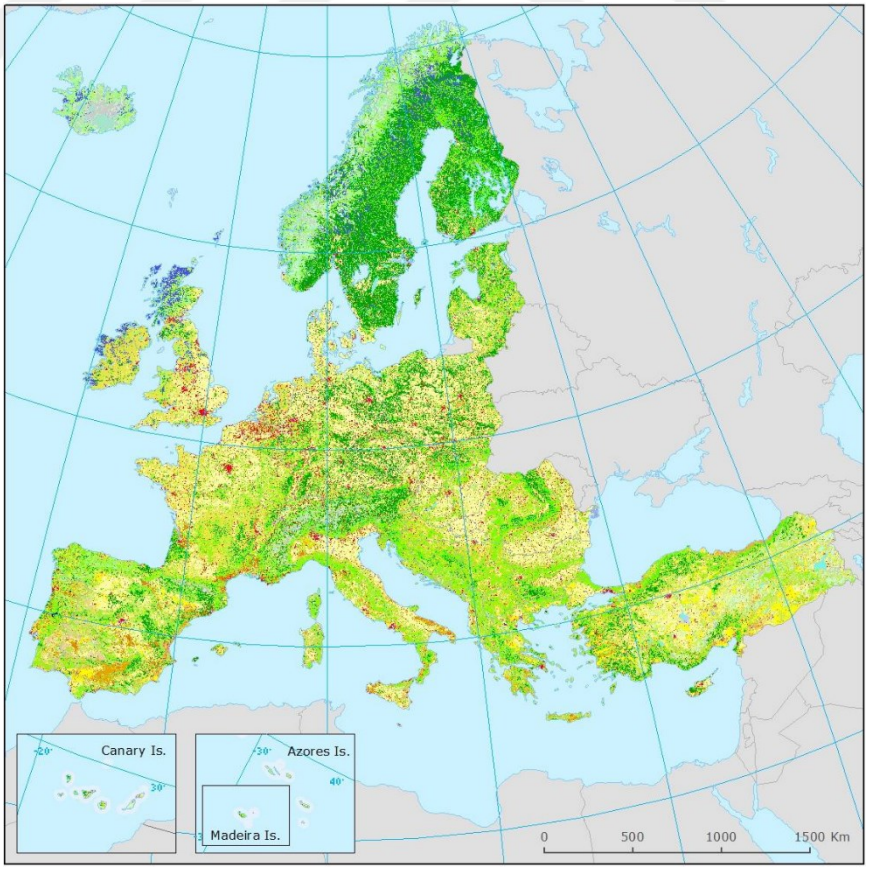
Taşkın zararlarının ortadan kaldırmaya veya azaltmaya yönelik alınabilecek tedbirler ile bunların taşıdığı nitelikler **Tablo 2.2**'de özetlenmiştir (Kadıoğlu, 2019).

Tablo 2.2: Taşkın tedbirlerinin genel olarak taşıdığı avantaj ve dezavantajlar (Kadıoğlu, 2019).

Alınacak Tedbir	Avantajlar	Dezavantajlar
İstimlak	✓ Taşkından %100 koruma sağlanır.	✓ Maliyet yüksektir.
Binaları yükseltme veya yeniden yapılandırma	✓ Taşkının yarattığı tehlike azaltılır. ✓ Taşkın sigortası yaptırma oranı düşer.	✓ Maliyet yüksektir.
Gelişmiş, yetkin yönetmelikler	✓ İnşaat sırasında daha düşük maliyetle mülk koruma tedbirleri alınır. ✓ Gelecekteki taşkın kayıplarının önüne geçmek adına iyi çalışan bir mekanizma sağlanır.	✓ İlk yatırım maliyeti vardır. ✓ Geliştirme projesi gereklidir.
Taşkın sigortası	✓ Etkinliği her zaman, tüm taşkın seviyelerinde geçerlidir.	✓ Taşkının yaratacağı etki yok edilemez. Taşkın sonrası meydana gelen hasarın tamiri için ödenek sağlar.
Drenaj bakımı	✓ Gelecekteki tekrarlı taşkın kayıplarına karşı etkilidir.	✓ Devamlı izleme ve bakım gereksinimi.
Kuru taşkın koruma	✓ Maliyet düşüktür. ✓ Döşeme taban ve yükseltilmiş bodrumlarda sığ taşkın suları için etkilidir.	✓ Derin taşkına maruz alanlar için uygun değildir. ✓ Büyük ölçüde hasar görmüş evler için izin verilmez.
Yaş taşkın koruma	✓ Maliyet düşüktür. ✓ Bodrumu yaşam alanı olarak kullanmayan yükseltilmiş bodrumlu evler için etkilidir.	✓ Yapısal olarak binaların yükseltilmesi ve düzenlenmesi gerekmektedir. ✓ Her taşkın sonrasında temizlik gerekir. ✓ Büyük ölçüde hasar görmüş evler için izin verilmez.
Drenaj geliştirmeleri	✓ Alan ve sokakları olduğu kadar binaları da korur.	✓ Maliyet yüksektir.
Bariyerler	✓ Sığ taşkınlarda etkilidir.	✓ Su uzun süre kalırsa oluşturduğu basınçtan ötürü sızıntılar oluşur. ✓ Derin taşkın sularına maruz yerler için uygun değildir.

2.7. CORINE (COORDINATION OF INFORMATION ON THE ENVIRONMENT-ÇEVRESEL BİLGİNİN KOORDİNASYONU)

CORINE, arazi örtüsü ve arazi kullanımında meydana gelen değişikliklerin belirlendiği bir veri kaynağıdır (Üyük ve diğ., 2020). Bu kaynakla ilgili çalışmaların temel hedefi su, toprak ve arazi örtüsü gibi çevre ile alakalı önemli konuların araştırılması ve mevcut doğal kaynakları verimli bir şekilde yönetebilecek gerçekçi yöntemlerin geliştirilmesidir. Bu amaçla 1985 yılında Portekiz'de AB Komisyonu tarafından başlatılmıştır (Çivi ve diğ., 2011). 1990 yılına kadar AB komisyonu tarafından yürütülen CORINE projesinin gerek terminolojisi gerekse metodolojisi bu süreçte belirlenmiştir (Gençer ve diğ., 2014). 1994 yılı itibari ile Avrupa Çevre Ajansı'nın (AÇA-European Environment Agency, EEA) programına dahil edilen CORINE, arazi yönetimine dayalı olup Çevre ve Güvenlik için Küresel İzleme (Global Monitoring for the Environment and Security, GMES) kapsamındadır (Çivi ve diğ., 2011). 1991 yılına gelindiğinde sadece 13 ülke CORINE veri tabanına sahip iken (Gençer ve diğ., 2014), 2017 yılı itibari ile Türkiye'yi de içine alarak 39 ülkeyi (**Şekil 2.11**) kapsamaya başlamıştır (Karakaş Özür & Ataol, 2018).



Şekil 2.11: CORINE kapsamındaki 39 ülkenin 2018 yılı arazi CLC dağılımı (Copernicus, 2021).

Copernicus, Avrupa Birliği'nin tüm Avrupa vatandaşları için hizmet veren, uydu yer gözleminden ve uzay dışı verilerden yararlanarak sunduğu bir sistemdir. Copernicus'un atmosfer, deniz ortamı ve arazi izleme ile iklim değişikliği, acil durum yönetimi ve güvenlik gibi konular için geliştirdiği sistemleri mevcuttur. Bu sistemlerden, CORINE Land Cover (Arazi Örtüsü, CLC) en eski ve en rağbet görendir. CORINE projesi kapsamında CLC haritalarının ilk olarak 10 yıl, daha sonra 6 yılda bir güncellenmesi kararlaştırılmıştır. Copernicus'un resmi internet sitesinden 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yıllarına ait CORINE arazi örtüsü ve arazi kullanımı haritalarına açık kaynak olarak erişim sağlamak mümkündür.

Arazi örtüsü; yer yüzeyinin fiziksel karakteridir. Bir diğer değişle, yer yüzeyinin su kütlesi barındırıp barındırmaması, ormanlarla kaplı olup olmaması veya tarımsal faaliyetler için hizmet edip etmemesi durumlarını göstermektedir. Arazi örtüsünü çıplak gözle veya hava fotoğraflarıyla gözlemlenebileceği gibi CBS sistemlerinden yararlanılarak izlenilebilmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019).

Arazi kullanımı, herhangi bir alanın sosyo-ekonomik açıdan işlevselliğini yansıtan tanımdır. Alanlar, yerleşim veya endüstriyel, ticari amaçlar, tarım, yol ve ulaşım gibi amaçlar doğrulduğunda hizmet edecek şekilde kullanılabilir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019).

CORINE arazi örtüsünü 3 temel seviye ve 44 alt sınıfa ayırmaktadır. Birinci seviye kendi içerisinde; i. Yapay Bölgeleri, ii. Tarım Alanları, iii. Orman ve Yarı Doğal Alanlar, iv. Sulak Alanlar, v. Su Yapıları (Su Kütleleri) olmak üzere 5 ana gruba ayrılmaktadır. İkinci seviyede 15 ve üçüncü seviyeyle beraber 44 alt sınıf bulunmaktadır. Söz konusu arazi kullanım sınıfları **Tablo 2.3**'de sıralanmıştır. Bu tablo, "**Bölge-Alt Bölge Ölçeğinde Yapılan Peyzaj Karakter Analizi ve Değerlendirilmesi Ulusal Teknik Kılavuzu**'ndan elde edilmiş olup, bu tez kapsamında da bu sınıflandırma terminolojisi kullanılmıştır.

Tablo 2.3: Bölge-Alt Bölge Ölçeğinde Yapılan Peyzaj Karakter Analizi ve Değerlendirilmesi Ulusal Teknik Kılavuzu'na göre CORINE arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıfları.

1. Yapay Bölgeler		**2. Tarımsal Alanlar**		**3. Orman ve Yarı Doğal Alanlar**		**4. Sulak Alanlar**		**5. Su Yapıları (Su Kütleleri)**	
1.1	**Şehir Yapısı**	**2.1**	**Ekilebilir Alanlar**	**3.1**	**Orman**	**4.1**	**Karasal Bataklık**	**5.1**	**Karasal Sular**
111	Sürekli Şehir Yapısı	211	Sulanmayan Ekilebilir Alan	311	Geniş Yapraklı Ormanlar (>%70)	411	Bataklıklar	511	Su Yolları
112	Kesikli Şehir Yapısı	2111	Kuru Tarım Alanları	311	Geniş Yapraklı Ormanlar (<%70)	412	Turbalıklar	512	Su Kütleleri
1121	Sürekliliği Olmayan (Kesikli) Kentsel Yerleşim Alanları	2112	Kuru Tarım Alanı İçinde Seralar	312	İğne Yapraklı Ormanlar (>%70)	**4.2**	**Denize Yakın Islak Alanlar**	**5.2**	**Deniz Suları**
1122	Sürekliliği Olmayan (Kesikli) Kırsal Yerleşim Alanları	212	Sürekli Sulanan Alanlar	312	İğne Yapraklı Ormanlar (<%70)	421	Tuz Bataklığı	521	Kıyı Lagünleri
1.2	**End.Tic.ve Ulaşım Birimleri**	2121	Sulu Tarım Alanları	313	Karışık Ormanlar (>%70)	422	Tuzlalar	522	Nehir Ağızları
121	Endüstriyel veya Ticari Alanlar	2122	Sulu Tarım İçinde Seralar	313	Karışık Ormanlar (<%70)	423	Gel-git ile Oluşan Düzlükler	523	Deniz ve Okyanus
122	Karayolları, Demiryolları ve ilgili alanlar	213	Pirinç Tarlaları	**3.2**	**Maki veya Otsu Bitkiler**				
123	Limanlar	**2.2**	**Sürekli Ürünler**	321	Doğal Çayırlıklar (>%70)				
124	Havaalanları	221	Üzüm Bağları	321	Doğal Çayırlıklar (<%70)				
1.3	**Maden, Boşaltım, İnşaat Alanları**	222	Meyve Bahçeleri	322	Fundalıklar (>%70)				
131	Maden Çıkarım Alanları	2221	Sulanmayan Meyve Bahçesi	322	Fundalıklar (<%70)				
132	Boşaltım Alanları	2222	Sürekli Sulanan Meyve Bahçesi	323	Sklerofil Bitki Örtüsü (>%70)				
133	İnşaat Alanları	223	Zeytinlikler	323	Sklerofil Bitki Örtüsü (<%70)				
1.4	**Yapay Tarımsal Olmayan Yeşil Alan**	**2.3**	**Meralar**	324	Bitki Değişim Alanları				
141	Yeşil Şehir Alanları	231	Meralar	**3.3**	**Bitki Örtüsü az ya da Olmayan Alanlar**				
142	Spor ve Eğlence Alan	**2.4**	**Karışık Tarım Alanları**	331	Sahil, Kumsal, Kumluk				
		241	Sürekli Ürünlerle Birlikte Bulunan Senelik Ürünler	332	Çıplak Kayalıklar				
		242	Karışık Tarım Alanları	3321	Çıplak Kaya				
		2421	Sulanmayan Karışık Tarım	3322	Tuz İçeriği Yüksek Çıplak Kayalıklar				
		2422	Sürekli Sulanan Karışık tarım	333	Seyrek Bitki Alanları				
		243	Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları	334	Yanmış Alanlar				
				335	Buzul ve Kalıcı Kar				

CORINE haritalandırma sistemlerinde zamanla düzenlemeler yapılarak geliştirilmiştir. Bu gelişim süreci hakkında özet bir bilgi **Tablo 2.4**'de verilmiştir.

Tablo 2.4: CORINE Arazi örtüsü/arazi kullanımı haritalarının gelişimi (Copernicus, 2021).

	CLC1990	**CLC2000**	**CLC2006**	**CLC2012**	**CLC2018**
Uydu verisi	LANDSAT-5 MSS/TM	LANDSTAT-7 ETM	SPOT-4/5 ile IRS P6 LISS III	ITS P6 LISS III ile RapidEye	Sebitel-2 ve boşlukları doldurmak için LANDSAT-8
Zamansal uyumluluk	1986-1996	2000 (+/-1 yıl)	2006 (+/- 1 yıl)	2011-2012	2017-2018
Geometrik uygunluk, uydu verileri	≤ 50 m	≤ 25 m	≤ 25 m	≤ 25 m	≤ 10 m (Sentinel-2)
Min. Haritalandırma miktar/genişlik	25 ha/100 m	25 ha/100m	25 ha/100 m	25 ha/100 m	25 ha/100 m
Geometrik doğruluk, CLC	100 m	100 m'den daha iyi	100 m'den daha iyi	100 m'den daha iyi	100 m'den daha iyi
Hedeflenen tematik doğruluk ≥ %85	Kontrol edilmemiş ve muhtemelen hedefe ulaşılamamış	Sağlandı	Sağlandı	Sağlandı	Sağlandı
CLC-Değişimi	İnceleme yapılmadı	Standart değişim haritalandırma metodu uygulanmadan incelendi	Standart metotla harita değişiğimi incelendi	Standart metotla harita değişiğimi incelendi	Standart metotla harita değişiğimi incelendi
Üretim süresi	10 yıl	4 yıl	3 yıl	2 yıl	1,5 yıl
Doküman	Eksik meta veri	Standart meta veri	Standart meta veri	Standart meta veri	Standart meta veri
Veriye ulaşım	Belirsiz yayımlama	Başta kabul edilen yayımlama anlaşması	Tüm kullanıcılar için ücretsiz erişim	Tüm kullanıcılar için ücretsiz erişim	Tüm kullanıcılar için ücretsiz erişim
Ülke sayısı	28	39	39	39	39

Türkiye'deki CORINE çalışmaları, ilk olarak 2001'de Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) bünyesinde başlatılmıştır. 2005-2008 yılları arasında Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın yürüttüğü çalışmaların sorumluluğu, 2008 yılı itibari ile Tarım ve Orman Bakanlığı'na geçmiştir. Bakanlığın Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğü bünyesinde farklı disiplin ve meslek gruplarından bir ekip oluşturularak, 2018'de kullanıcılara açık erişim sağlayan bir internet sayfası oluşturulmuştur (Karakaş Özür & Ataol, 2018). Bu site aracılığıyla Türkiye'nin CORINE 1990, 2000, 2006, 2012, 2018 yıllarına ait CLC haritaları ile 1990-200, 2000-2006, 2006-2012 ve 2012-2018 yılları arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimlerine ait verilere ulaşmak mümkündür. Türkiye'nin yürütmüş olduğu çalışmalar Avrupa Çevre Ajansı'na teslim edilerek ve tüm Avrupa verisi ile birleştirilerek, Avrupa

haritasında yerini almıştır. Türkiye'nin sahip olduğu arazi yapısına bağlı olarak CORINE'nin belirlemiş olduğu bu 44 sınıfa 12 sınıf daha önermişlerdir (Çivi ve diğ., 2011). Eklenen bu sınıflar kodları ile **Tablo 2.5**'de verilmiştir.

Tablo 2.5: CORINE Türkiye için geliştirilen ek sınıflar (Çivi ve diğ., 2011).

Kod	Sınıf
1121	Kesikli Şehir Yapısı
1122	Kesikli Kırsal Yapı
2111	Sulanmayan Ekilebilir Alan
2112	Sulanmayan Sera
2121	Sulanan Alan
2122	Sürekli Sulanan Ekilebilir Alan, Sera
2221	Sulanmayan Meyve Bahçesi
2222	Sürekli Sulanan Meyve Bahçesi
2421	Sulanmayan Karışık Tarım
2422	Sürekli Sulanan Karışık Tarım
3321	Çıplak Kaya
3322	Çok Yukarılarda Çıplak Kaya

2.8. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.8.1. Alibeyköy Havzası'na Yönelik Çalışmalar

Alibeyköy Havzası, İstanbul için önemli bir içme suyu kaynağıdır. Havza hakkında sınırlı sayıda ve alanda da olsa birtakım çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmaların bir kısmı havzanın arazi kullanımı hakkında olup bir kısmı da hidrolojik ve hidrolik modellemelerin kurulması üzerinedir.

Musaoğlu ve diğ. (2006), İstanbul ili Gaziosmanpaşa ilçesini Uzaktan Algılama-UA (Remote Sensing, RS) yöntemleri ile incelemişlerdir. 1990-2000 yılları arasında nüfusu neredeyse iki katına çıkan ilçede, hızlı bir kentleşme hareketliliği görülmektedir. Gaziosmanpaşa ilçesi, alanının yaklaşık %61'nin İstanbul için önemli bir içme suyu havzası olan Alibeyköy Baraj Havzası sınırları içinde olması nedeniyle araştırmacılar için önemlidir. 1987 ve 2001 yılları için Gaziosmanpaşa ilçesi ile sınırları içerisindeki Alibeyköy Baraj Gölü için arazi kullanım sınıfları ve dağılımları tespit edilmiştir (**Tablo 2.6**). Çalışmalarında, LANDSAT Tematik Haritalama (Thematic Mapper, TM), LANDSAT Çoğaltılmış Tematik Haritalama (Enhanced Thematic Mapper, ETM+), çeşitli uydu görüntüleri ile standart 1/25000 topografya haritalarından yararlanmışlardır.

Tablo 2.6: 1987 ve 2001 yılları için Alibeyköy Baraj Havzası arazi kullanım dağılımı.

Arazi Sınıf	1987 ALAN (ha)	%	2001 ALAN (ha)	%
Su Alanı	2516	1,6	470,9	2,9
Ormanlar	9.826,8	61,4	104.971,80	65,6
Bitki Örtüsü Olmayan Araziler	4.834,3	30,1	3.021,80	18,9
Yerleşim Yerleri	343,9	2,1	1.008,40	6,3
Maden Çıkarım Alanları	762,4	4,8	1.026,10	6,4
Toplam	16.019	100	16.019	100

Özdemir (2007), Alibeyköy Deresi'nde meydana gelen taşkın ve su basmalarını coğrafi açıdan araştırmıştır. Meydana gelen taşkınların sebeplerine değinerek çözüm önerileri sunmuştur. Çalışmasının ilk aşamasında bölge ile alakalı bilgiler derleyen Özdemir, meydana gelmiş olan taşkınları ve zararları tarihsel olarak sıralamıştır (**Tablo 2.7**).

Tablo 2.7: Alibeyköy Deresi taşkınları ve meydana gelen zararlar (Özdemir, 2007).

TARİH	KAYDEDİLEN ZARAR
11 Ağustos 1997	150'ye yakın ev sular altında kaldı. Dereye yakın bazı sanayi kuruluşlarına ulaşım bir süre engellendi.
21 Ağustos 2001	Pek çok ev ve iş yeri sular altında kaldı. Ulaşım sorunları meydana geldi.
18 Ağustos 2002	Alibeyköy Deresi'ne yakın mesafedeki evlerde su baskınlar meydana geldi. Mahsur kalan vatandaşlar itfaiye yardımıyla çıkartıldı.
10 Ağustos 2004	Pek çok binanın zemin ve bodrum katlarında su baskını meydana geldi. Rüsubat sürüklenmeleri görüldü.
17-18 Ağustos 2004	17 Ağustos itibariyle etkisini gösteren yağış neticesinde Alibeyköy ve Küçükköy Derelerinde taşkınlar meydana geldi. Yer yer su seviyesinin 2 m'ye yükseldiği görülmüştür. Yaklaşık 100 iş yerinde ciddi hasarlar meydana geldi. Sosyal hayat işleyişi etkilenmiştir.

Özdemir (2007), bölgede kontrolsüz gerçekleşen yapılaşmaların ve nüfus artışının taşkınları tetiklediğini ifade etmektedir. Esas problemin hızlı ve düzensiz kentleşme ile alt yapı problemlerinden kaynaklandığını savunmuştur. Gerçekleşen taşkınlar sebebiyle, İSKİ tarafından önlem amaçlı Alibeyköy ve Küçükköy Derelerinde ıslah çalışmaları yapılmıştır. Özdemir (2007)'in İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden edindiği bilgiye göre, 31 Ekim 2005'te 140 kg/m^2 yağış düşmesine rağmen bölgede herhangi bir taşkın, su baskını ve zararlar meydana gelmemiştir. Oysaki bu yağış, 17 Ağustos 2004 tarihli yağışın 4 katı olma özelliğine sahiptir. Buradan, ıslah ve önleme çalışmalarının önemi bir kez daha anlaşılmaktadır.

Gülbaz ve diğ. (2017), Alibeyköy Havzası üzerinde Düşük Etkili Kentleşme (DEK) yöntemlerinin performansını incelemişlerdir. DEK, sel ve taşkınların meydana getirdiği olumsuzlukları engellemek veya azaltmak amacıyla doğal çözüm niteliğinde görülen

uygulamalardır. DEK uygulamalarının Alibeyköy Havzası üzerindeki etkisi ve uygulanabilirliğinin irdelendiği bu çalışmada hidrolojik model "Environmental Protection Agency-Storm Water Management Model (EPA SWMM)" programında kurulmuştur. Pik debinin düşürülmesinin hedeflendiği çalışmada, çeşitli LID teknikleri (biyotutma, geçirimli kaldırımlar, sızma hendekleri gibi) kullanılarak analizler yapışılmıştır. Hidrolojik model sonuçlarını havzada mevcut bulunan yağış ve akış ölçüm verileri ile kalibre edilmiştir.

Özdemir & Akar (2009), Alibeyköy Baraj Gölü ve çevresindeki arazi örtüsü/arazi kullanımında meydana gelmiş olan değişimleri UA metotları ile incelemişlerdir. Çalışmada 1975, 1987, 2000 ve 2003 yılları incelenmiştir. Yıllar geçtikçe, yerleşim yerleri ile yol ve ilgili yapıların kapladığı yüzey alanın arttığı; boş alanlar ile ormanların azaldığı gözlemlenmiştir. Meydana gelen değişimin temel nedenini nüfusun artışına bağlamışlardır. Araştırmacılar, havza içerisinde kontrol dışı ve plansız bir gelişme olduğunu ifade etmişlerdir. Ancak Alibeyköy Deresi Havzası'nın tamamını kapsamayan bu çalışma kısıtlı bir alanı temsil etmektedir.

Alibeyköy Havzası'nın konumu ve içme suyu açısından önemine dikkat çeken Dikici & Kazezyılmaz Alhan (2018) yapmış oldukları çalışmada elde ettikleri taşkın debilerini değerlendirmişlerdir. Çalışma kapsamında istatiksel (Log-Normal III, GEV ve Log-Pearson Tip III); sentetik (Mockus ve SCS) ve deterministik (MIKE 11 NAM hidrolojik modeli) yöntemlerden elde edilen bulguları karşılaştırmışlardır. MIKE 11 NAM ile yapılan hidrolik modelin daha doğru sonuç verdiğini görmüşlerdir.

Ahi (2021), LANDSAT-8 Operasyonel Arazi Görüntüsü (Operational Land Image, OLI) uydu verilerinden yararlanarak hazırladığı yüksek lisans tezinde Alibeyköy Havzası'nda meydana gelen arazi kullanımlarındaki değişimleri incelemiştir. 2013, 2015, 2018 ve 2020 yıllarına ait uydu görüntülerinden yararlanan Ahi, ArcGIS 10.3 ve Envi 5.3 programlarından yararlanmıştır. Sınıflandırmada arazi kullanımlarını **a.** su alanı, **b.** yerleşim, **c.** orman, **d.** tarım alanı, **e.** taş ocağı, **f.** açık toprak ve **g.** koyu toprak olmak üzere 7 kategoride ele almıştır.

2.8.2. Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Değişikliklerine Yönelik Çalışmalar

Etkili bir havza yönetim planının geliştirilebilmesi için taşkın büyüklüğünün doğru hesaplanması gerekmektedir. Bunun için de arazi kullanımlarındaki değişiklilerin tespit edilmesi önem taşımaktadır (Bayazıt ve diğ., 2021). Bu bölümde arazi kullanımlarındaki değişimlerin ve buna bağlı olarak meydana gelen hidrolojik ve hidrolik etkilerin araştırıldığı çalışmalara yer verilmiştir.

Dams ve diğ. (2013), Belçika'da bulunan Kleine Nete Havzası için 1986 ile 2003 yılları arasında geçirimsiz yüzey alanlarında meydana gelen değişimi araştırmışlardır. Havzanın modellemesinde 1986 için LANDSAT TM ve 2003 için LANDSAT ETM+ uydu görüntülerini kullanan araştırmacılar, geçirimsiz yüzey alanının %25,4-29,2 oranında arttığını gözlemlemişlerdir. 1986 ile 2003 yılları arasında kentsel yüzey akış %9,5 artarken, evapotranspirasyon ve deşarjın %1,5-1,6 oranlarında azaldığı sonuçlarına varmışlardır.

Sarıyılmaz ve diğ. (2015), İstanbul'da yer alan Sazlıdere Havzası'nın 1975 ile 2012 yılları arasındaki arazi kullanım çeşitliliği ile toprak sınıflarını incelemişlerdir. Meydana gelen zamansal değişimleri analiz etmişlerdir. Çalışmalarında LANDSAT Çok Bantlı Algılayıcı (Multispectral Scanner, MSS) ve LANDSAT ETM uydu görüntülerinden yararlanmışlardır. Havza yönetimi açısından CORINE arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflandırma sistemi ile bir değerlendirme yapmışlardır. Çalışma sonucunda, orman ve yarı doğal alanlar için %65, yapay yüzeylerde %186 ve tarım alanlarında %93 oranlarında artış olduğu sonuçlarına varmışlardır.

Ansari ve diğ. (2016), Hindistan Nagbur'da geçirimsiz yüzey artışına dikkat çeken bir çalışma yürütmüşlerdir. Hızlı kentleşme sebebiyle değişen arazi kullanımlarının, kentsel havzalardaki yüzeysel akış üzerinde meydana getirdiği etkiye dikkat çekmişlerdir. Bölgedeki, 2000 ve 2012 yıllarında kentsel yapılaşma alanındaki değişimin CN ile yüzeysel akış üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. 12 yıllık süreçte geçirimsiz yüzeylerin %0,9'dan ~%34'e çıktığını gözlemlemişlerdir. Geçirimsiz yüzey alanının artması dolayısıyla artan ağırlıklı CN değerleri ile yapılan analizler sonucunda yüzeysel akış, havza genelinde yaklaşık %47,6 oranında artmıştır.

Doğan & Buğday (2018), 135 km^2yi kapsayan ve kentsel büyümenin görüldüğü Kastamonu ili merkez ilçesinde bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada 1999-2016 yılları arasındaki arazi örtüsü/arazi kullanımı ve değişimini incelemişlerdir. Çalışma alanının 17 Haziran 1999 tarihli LANDSAT 5 TM ve 22 Kasım 2016 tarihli LANDSAT 8 OLI uydu görüntüleri kullanılarak kontrolsüz sınıflandırma metodu doğruluk araştırması yapılmışlardır. Çalışmada 2033 yılında oluşması muhtemel arazi örtüsü/arazi kullanımı ve değişimleri Yapay Sinir Ağları (YSA) yaklaşımı ile elde etmişlerdir. QGIS 3.0 programı ile yapılan çalışmada arazi kullanımı orman, sulak alanlar, tarım arazisi ve inşaat alanları olarak dört gruba ayrılmıştır. Analiz sonucunda 1999-2016 yılları arasında meydana gelen değişime bakıldığında, ormanlık alanlar için %7,8, tarım alanları için %13,9 azalma ve sulak alanlar için %10,8,

yapılaşma alanları için %10,9 artma olduğu tespit edilmiştir. 2033 tahminleri yapıldıktan sonran 2016'ya göre karşılaştırma yapıldığında, ormanlık alanlar %6,4, tarım alanları %13 oranlarında daha da azalırken; sulak alanlar %4,8 ve yapılaşmalarda da %4,6 daha artış olduğu görülmüştür.

Koday & Kızılkan (2019), Ordu'nun Ünye ilçesinde meydana gelen arazi değişimlerini CBS temelli çalışarak incelemişlerdir. 1985, 2000 ve 2017 yıllarının irdelendiği çalışmada, araştırma alanının en uygun olduğu iklim şartları ve açık hava durumuna göre LANDSAT uydu fotoğrafları kullanılmıştır. Araştırma sonucunda orman alanlarının azaldığı, yerleşim ve tarım alanlarında fark edilir bir artış olduğunu gözlemlemişlerdir.

Bae & Chang (2019), son 30 yıldır hızlı bir kentleşme ve ekonomik büyüme gösteren Güney Kore'nin başkenti Seul'un arazi ve topoğrafyasında meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Bu değişimler ile sosyoekonomik faktörlerin taşkın hasarlarını nasıl etkilediklerini araştırmışlardır. Kentsel taşkınların davranışlarını anlamak için yürütülen bu çalışmada, nüfus atışının her dönem etkili olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar, arazi kullanımda zamanla azalan tarımsal faaliyetlerin 1990 ve 2000 yıllarında negatif etki gösterdiğini görmüşlerdir. Ancak 2010'lu yıllara gelindiğinde tarımsal kullanımlardaki azalmaların taşkınlar üzerinde fazla etkisinin kalmadığını gözlemlemişlerdir. Bunun temelinde, 2010'lu yıllarda taşkınları önlemeye yönelik alınan kentsel önlemlerin etkili olduğu düşünülmektedir.

Ahmad ve diğ. (2019), 1972-2014 yılları temsil edecek şekilde Hindistan'nın Kaşmir Vadisi'nde bulunan Sirinagar kentinde bir çalışma yürütmüşlerdir. Artan kentleşme ve 2014'te Kaşmir'de meydana gelerek şehirde büyük hasarlar yaratmış olan afet etkisini araştırmışlardır. Uzaktan algılama sistemleri ile yürütülen çalışmada, şehrin taşkına hassasiyeti, risk taşıyan bölgeler ve risklerin derecelerini tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada, 1972-2014 yılları arasında nüfusta meydana gelen 0,74 milyonluk net büyümeye karşılık; 1972 yılında 5,12 km^2 olan geçirimsiz yüzey alanının, 2014 yıla gelindiğinde 85,27 km^2 alana yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Kaşıkçı ve diğ. (2020), İstanbul'a içme ve kullanma suyu sağlayan yedi önemli havzadan bir tanesi olan Elmalı Havzası'nın arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarını çalışmışlardır. Fatih Sultan Mehmet Köprüsü bağlantı yolları, Kuzey Marmara Otoyolu ve TEM Otoyolu'nun etkisi ile aktif bir yapıya sahip olan Elmalı Havzası'nın zamansal değişimini tespit etmek için 2000 ve 2008 tarihli LANDSAT 4-5 TM ile 2017 tarihli LANDSAT 8 OLI kullanmışlardır. Elde edilen görüntüler için CORINE sınıflandırma sistemini uygulayan araştırmacılar, araziyi birinci

seviyeye göre dört sınıfa ayırmışlardır. Buna göre araziyi, i. Su varlığı, ii. Orman ve yarı doğal alanlar, iii. Yapay yüzeyler ve iv. Tarım alanları olarak sınıflandırmışlardır. Sınıflandırma sonuçları incelendiğinde 2000 yılından 2017 yılına kadar geçen zaman zarfında orman ve yarı doğal alanlarda yaklaşık %35 ve tarım alanlarında yaklaşık %68'lik bir azalma meydana gelirken yapay yüzeyler sınıfında yaklaşık %61'lik bir artış olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar bant oranlama yöntemlerinden (Band Ratio for Built up Area, BRBA) de yararlanarak elde edilen arazi örtüsü/arazi kullanımı sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Havza içerisindeki değişim incelenmiş ve sonuçların birbirleri ile uyumluluk (2000'de ~%90, 2008'de ~%98 ve 2017'de ~%97) yakaladığı gözlemlenmiştir.

Hatipoğlu & Bahadır (2020), Ordu ilinde bulunan Turnasuyu Havzası'nın arazi kullanım durumlarını araştırmışlardır. 1987, 1998 ve 2015 yılları olmak üzere üç farklı dönemi incelemişlerdir. LANDSAT-5 TM, LANDSAT-8 OLI ve Termal Kızılötesi Sensörler (Thermal Infrared Sensor, TIRS) kaynaklarıyla arazi kullanım haritaları elde etmişlerdir. Her bir dönemi kendi içerisinde değerlendiren araştırmacılar, son olarak havza verilerini göz önünde bulundurarak genel bir kıyaslama yapmışlardır. Meydana gelen değişimin mekânsal ve zamansal analizini yapmışlardır. Sınıflandırma işlemlerinde ENVI (5.1), harita işlemlerinde ise ArcGIS (10.2) programlarından yararlanılmışlardır. Turnasuyu Havzası'nın tarım alanları, 1987 yılında 5.952 ha, 1998'de 7.356 ha ve 2015'te 10.723 ha olarak tespit edilmiştir. 1987'de 5.035 ha olan tarım dışı kullanılan alanların, 1998'de %56,8 oranında artarken 2015 yılında %37,8 oranında azaldığı tespit edilmiştir. 1987 yılında 16.564 ha alan ormana sahip olan Turnasuyu Havzası'nda bu miktar 1998'de 12.300 ha ve 2015'te 11.925 ha alanlara düştüğü tespit edilmiştir.

Bayazıt (2021), CORINE tarafından geliştirilmiş olan arazi örtüsü ve kullanımı haritalarından yararlanarak Bilecik'in 2000-2018 yıllarındaki arazi değişimlerini incelemiştir. Çalışmada, 2000-2018 yılları içerisinde meydana gelen değişimin taşkın riski açısından etkisi araştırılmıştır. 2000 yılında 12.250 ha taşkın riski taşıyorken, 2018'e gelindiğinde riskli alanın 13.547 ha alana ulaştığı tespit edilmiştir.

Ateka ve diğ. (2022), Etiyopya'da yürüttükleri çalışmada, arazi örtüsündeki değişimlerin Omo Nehir Havzası'nın yukarısında kalan Abelti Havzası'na etkisini incelemişlerdir. Araştırmada SWAT (Soil and Water Assessment Tool) ile modelleme yapmışlardır. Sınıflandırılmış arazi kullanım haritasının oluşturulması için USGS-EE (United States

Geological Survey-Earth Explorer)'den alınan 2000, 2010 ve 2017 yıllarına ait uydu görüntüleri ile 2015 yılına ait ERDAS (Earth Resources Development Assessment System) görüntüsü temin etmişlerdir. Bu verileri ArcGIS 10.1 programına entegre ederek kullanmışlardır. SWAT modelinin kalibrasyon ve doğrulaması yapılmıştır. Çalışma sonucunda, beklenildiği üzere yüzeysel akışın, temmuz, ağustos, haziran ve eylül gibi yağışlı aylarda çok yüksek ve kasım, aralık ocak, şubat gibi kuru aylarda çok düşük olduğu gözlemlenmiştir. Arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarındaki değişiminin havzadaki yüzeysel akışın değişmesi için önemli bir rol oynadığını analiz sonuçlarıyla ortaya koymuşlardır. Yüzeysel akışın mekânsal ve zamansal dağılımını tespit edilmiştir.

2.8.3. Hidrolojik ve Hidrolik Modelleme Çalışmaları

Daha önceki bölümlerde de ifade edildiği gibi, taşkın riskini belirlemek için geliştirilen yayılım haritalarının oluşturulmasında hidrolik ve hidrolojik modeller büyük öneme sahiptir (Ongdas ve diğ., 2020). Bu tez çalışmasının da analiz yöntemlerinden olan HEC-HMS ve HEC-RAS, literatürde yaygın kullanıma sahip, güvenilir yazılımlardır. Bu bölümde bu konuda yapılmış çalışmalara değinilmiştir.

Santillan ve diğ. (2019), Filipinler'deki Agusan Nehir Havzası'nın arazi örtüsünde meydana gelen değişiklikleri araştırmışlardır. Bu değişikliklerin, hidrolojik ve hidrolik etkilerini incelemişlerdir. 1995 yılında havzanın %67,7'sini temsil eden orman örtüsünün 2017 yılına gelindiğinde %62,8'e gerilediğini ortaya koymuşlardır. Bunun yanı sıra, %12,2'si tarım arazi olan havza için bu oran 2017 yılında %15,5'e yükselmiştir. Çalışmada elde edilen arazi örtüsü haritaları, hidrolojik modelleme için HEC-HMS'de kullanılmıştır. ArcGIS 10.2'de HEC-GeoHMS uzantısı kullanılarak model hazırlanmıştır. Arazi koşullarındaki değişimin toplam deşarj, taşkın derinliği ve taşkın yayılımlarına etkisi HEC-RAS programında 2-B olarak analiz edilmiştir. Simülasyon sonuçları, 1995 ve 2017 yılları arasında deşarj, taşkın derinliği ve taşkın yayılımlarında artış meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Ormanların tarım arazilerine dönüştürülmesi, yüzeysel akış için sorun teşkil etmektedir.

Zafar & Zaidi (2019), Pakistan'nın Karachi ilini hidrolojik ve hidrolik olarak modellemişlerdir. Çalışmada, şehrin nehir yataklarından biri olan Malir'de meydana gelen büyük yağış olaylarından sonra havzanın kentsel alanlarındaki hassasiyet modellenmiştir. Hassasiyeti taşkınların kapsamı belirlemiştir. Bunun için öncelikle LANDSAT ve OLI&TIR uydu görüntülerini kullanarak Malir Havzası'nın arazi örtüsü/arazi kullanımlarınki

değişiklikler tespit edilmiştir. Havzaya ait CN değerleri tespit edilerek HEC-HMS ve HEC-GeoHMS programlarında havzada meydana gelen yüzeysel akış analiz edilmiştir. Taşkın modellemesi HEC-RAS ve GeoRAS programları kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmada, yağış-akış simülasyonları ve 1992, 2003, 2007, 2009 ve 2013 yıllarında meydana gelen beş büyük yağış olayının taşkın kapsamı ve derinliği modellenmiştir.

Li ve diğ. (2019), geçirimsiz yüzeylerin hidrolojik tepkileri üzerine bir araştırma yapmışlardır. Çin'in Shenyang şehrinde yapılan çalışmada uzun vadeli geçirimsiz yüzey serisini yorumlamak için karma bir spektral ayrıştırma yöntemi kullanmışlardır. Çalışmada, SCS-CN modeli geliştirerek yüzeysel akışı değerlendirmişlerdir. 1984–2015 yılları içerisinde meydana gelen kentleşme sırasında yüzeysel akışta meydana gelen değişiklikleri analiz etmişlerdir. LANDSAT fotoğraflarından yararlanılan çalışmada, geçirimsiz yüzey alanın 2000 yılında en yüksek seviyeye ulaştığı görülmüştür. 2000 yılında %52,42 olan geçirimsiz alan miktarı, sonraki yıllarda kademeli olarak azalma eğilimi göstermektedir.

Puno ve diğ. (2019), HEC-HMS, HEC-RAS ve CBS programları kullanarak taşkın simülasyonu yapmışlardır. Filipinler'de bulunan Sawaga Havzası için haritalama yoluyla farklı taşkın senaryolarını incelemişlerdir. Taşkın yatağına ait arazi örtüsü/arazi kullanım haritasının oluşturulması için Sentinel-2 uydusundan yararlanmışlardır. Taşkın eğiliminin olduğu tarım arazilerini belirlemek için ArcMap'ın geometri hesap aracı kullanılmıştır. 5 yıllık, 25 yıllık ve 100 yıllık tekerrür dönemleri analiz edilmiştir. Tarımsal ürün çeşidine göre senaryolara bakıldığında, taşkın yatağında en fazla tehlike altında olan yerlerin pirinç tarlaları olduğunu görmüşlerdir. Bu alanlar toplam taşkın yatağının %66, %74 ve %77'sini oluşturmaktadır. Oluşturulan haritalar ve çıkarılan bilgiler, şehirdeki afet yöneticilerine taşkınlarla karşı karşıya kalındığında bilinçli kararlar verme konusunda rehberlik etmeyi amaçlamaktadır.

Ali Shaikh ve diğ. (2020), kentlerdeki gelişmelerin taşkınlar için oluşturduğu muhtemel etkileri tespit etmek amacıyla ABD'de bulunan Flamingo Havzası'nı modellemişlerdir. Modellemede, alt havzalar ve akım çizgileri ArcGIS'te sayısal yükseklik modeli (SYM) veri seti kullanılarak tanımlanmıştır. Akışın hesaplamalarında SCS-CN yöntemi kullanılırken, deşarj hidrografını tahmin etmek için HEC-HMS programından yararlanmışlardır. İki günlük yağış verisine göre kalibre edilerek doğrulanan model, istatistiksel olarak güvenilir sonuçlar vermiştir. Çalışmada, geçirimsiz yüzeylerde %5 ve %10 artış ile oluşturulan iki kentleşme

senaryosu oluşturulmuştur. Sonuç olarak geçirimsizliğin artışına bağlı olarak deşarj hidrograflarının pik debileri ile deşarj hacimlerinin arttığını gözlemlemişlerdir.

Hu ve diğ. (2020), kentleşme hareketleri ile değişmeye başlayan arazi örtüsü/arazi kullanım çeşitlerinin zamanla yüzeysel akış ile taşkınlar üzerinde nasıl bir etki oluşturduğunu araştırmışlardır. Çalışma alanı olarak Çin'in Beijing şehrinde merkezi bir bölge seçen araştırmacılar, 1984-2019 yıllarında arazi kullanımında meydana gelen değişimi incelemişlerdir. Çalışmalarında LANDSAT uydu görüntülerinden yararlanarak arazi kullanım sınıflarını tespit etmişlerdir. Yıllara göre arazi kullanımında meydana gelen değişimin yüzeysel akıştaki etkisi, SCS-CN metodu ile incelenerek bir korelasyon oluşturulmuştur. Bölgede meydana gelen yüzeysel akışın, geçirimsiz yüzey alan artışı ile orantılı olarak arttığı ve geçirimsiz yüzeyin azalmaya başladığı durumlarda da azaldığı gözlenmiştir. Araştırmacılar, geçirimsiz yüzey alanı değişiminin yüzeysel akış ile pozitif bağlantılı; orman alanları, çalılıklar, tarım arazisi ve su ile negatif bağlantılı olduğunu tespit etmişlerdir.

Poudel ve diğ. (2020), ABD Arizona'da bulunan Walnut Gulch Deneysel Havzası üzerindeki geçirimsiz yüzeylerde meydana gelen değişikliklerin akış ve sızma üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Varsayıma dayalı şehirleşme senaryoları, geçirimsiz yüzey alanlarının yüzdesel olarak değişimleri göz önünde bulundurularak geliştirilmiştir. Hidrolojik modeli HEC-GeoHMS yazılımı kullanılarak geliştirilen havzanın simülasyonu, HEC-HMS kullanılarak gerçekleştirilmiştir. HEC-HMS modeli için model girdileri olarak yağış, yükseklik ve geçirimsiz alan yüzdesi verileri kullanılmıştır. Havzaya ait uydu görüntüleri USGS'den 30 m çözünürlüklü olarak elde edilirken; arazi haritası ile SYM verileri USDA-ARS'dan sırasıyla 40 m ve 10 m çözünürlükte elde edilmiştir. Arazi tipi ve toprak tipine göre CN değeri belirlenen havza modeli kalibre edilmiştir. Elde edilen sonuçlar beklenildiği üzere, geçirimsiz yüzey alanların artışına bağlı olarak sızmanın azalması, pik debinin ve akış hacminin artması yönündedir.

Zotou ve diğ. (2020), Sentinel-1 uydusundan elde edilen görüntülere göre oluşturulmuş bir taşkın yayılım haritasını referans almışlardır. Çalışmalarında HEC-HMS ve HEC-RAS yazılımlarını kullanmışlardır. Seçilen akış hidrografı, topografya ve pürüzlülük katsayısına bağlı olarak hidrolik model performansının %61,04-%65,49 arasında değişiğim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre, akış bakımından yukarı akış koşullarının daha kritik bir rol

oynadığı saptanmıştır. Araştırmacılar, pürüzlülük katsayısı ve topografyanın model simülasyonu sunucundaki etkisinin daha küçük değişikliklere neden olduğunu görmüşlerdir.

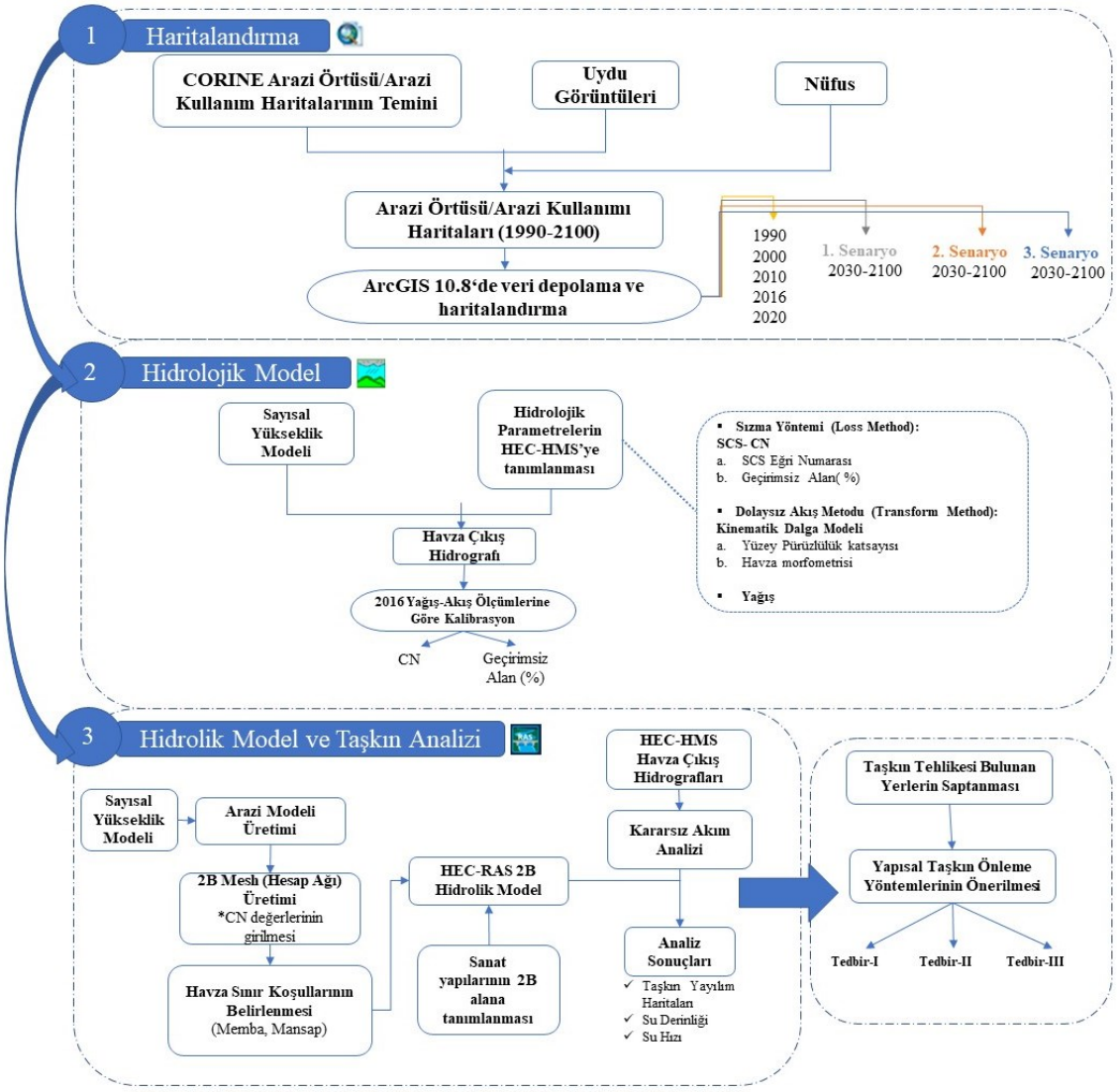
Bayazıt ve diğ. (2021), Türkiye'nin önemli turizm merkezlerinden biri olan Bodrum'da bir çalışma yürütmüşlerdir. Kentleşmenin sebep olduğu sel ve taşkınların meydana geldiği Aliyan, Gerence, Gökçeler, Çukur ve Gaz Havzalarını incelemişlerdir. Uydu görüntülerinden havzalara ait arazi değişimleri tespit edilerek US Natural Resources Conversation Service-Curve Number (NRCS-CN) yöntemi ile bu değişikliklerin taşkın büyüklükleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır.

Azizi ve diğ. (2021), İran'daki Ekbatan Baraj Havzası'nda arazi kullanımında meydana gelen değişiklikler ile taşkın üzerindeki etkilerini araştırılmışlardır. Çalışmada, UA temelli programlar ile HEC-HMS'den yararlanan araştırmacılar, arazi kullanımı haritalarının oluşturulmasında LANDSAT uydu görüntülerinden yararlanmışlardır. Simülasyon sonucunda elde edilen hidrografların ayarlama ve doğrulama analizleri yapılarak arazi kullanımındaki değişimlerin etkisi ile alakalı çıkarımlarda bulunmuşlardır. Buna göre, meralar, kuru tarım arazileri ve tarım alanları 1985 yılında havzanın yaygın arazi sınıfları iken sonraki yıllarda artan nüfus ve azalan su rezervuarları nedeniyle değişim meydana gelmiştir. Meralar ağırlıklı olarak kuru tarım arazisine ve kısmen yerleşim alanlarına dönüşmüştür. Böylece kuru tarım arazisi alanları 31,64 km^2den 39,7 km^2ye; yerleşim alanları 1,14 km^2den 1,71 km^2ye yükselmiştir. Bu dönüşümler arazi kullanımı ile doğrudan ilintili olan CN değerinin ve dolayısıyla pik debinin yükselmesine sebep olmuştur. Dolayısıyla yüzeysel akış hacmi ve pik deşarj değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Eryılmaz-Türkkan (2021), pürüzlülük katsayısının açık kanal akımına etkisine dikkat çekmek için Bayburt'ta bulunan Sarıhan Deresi'ni modellemişlerdir. Farklı pürüzlülük katsayılarının kullanılarak akım durumunun incelendiği çalışmada, sayısal model kurulumunda ArcGIS ve HecGeo-RAS programlarından yararlanmışlardır. Araştırmada, açık kanal modelinin oluşturulmasında HEC-RAS kullanılmıştır. Çalışmada, Sarıhan Deresi'nin herhangi bir kesiminde su baskınına neden olabilecek kritik akış hızları da tespit edilmiştir.

3. YÖNTEM

Çalışma temel olarak üç aşamadan oluşmuştur; (1.) ArcGIS 10.8 üzerinden kentleşme senaryolarının geliştirilerek haritalandırılması, (2.) HEC-HMS 4.2.1 ile kentleşme potansiyelinin havza hidrolojisine etkisinin modellenmesi (3.) HEC-RAS 6.1 programı ile hidrolik modeller kurularak taşkın yayılım haritalarının elde edilmesi. Bu aşamalar sonucunda, taşkın tehlikesi taşıyan yerler tespit edilerek yapısal taşkın önleme yöntemleri önerilmiştir. **Şekil 3.1**'de çalışmanın akım şeması görülmektedir. Kullanılan yöntem ve araçlar bu bölümde detaylandırılmıştır.



Şekil 3.1: Akım şeması.

3.1. ÇALIŞMA ALANI: ALİBEYKÖY HAVZASI

İstanbul'un kuzeybatısında yer alan Alibeyköy deresi (**Şekil 3.2**), Bağlık tepeden *Çıplak Dere* adıyla doğmaktadır. Dere, yan kollarla birleştikten sonra *Tayakadın Deresi*, Bolluca yerleşiminin membasında *Ayazmadere* ile birleşerek *Malova Deresi* adını almaktadır. Alibeyköy deresi, Alibeyköy Baraj Gölü alanını geçtikten sonra güneye doğru akarak Haliç'ten Marmara Denizi'ne dökülmektedir. Uzunluğu yaklaşık 50 km olan Alibeyköy Deresi kararsız akıma sahiptir. Yaz aylarında su seviyesi düşüktür. Arnavutköy, Eyüp, Sultangazi ve Gaziosmanpaşa ilçelerinden geçen derenin öncelikli bağlantılı olduğu akarsular; Taylıdere, Cebecidere, Kavaklıdere, Balıklıdere, Kiremithane Deresi ve Turşudere olarak sıralanmaktadır (Özdemir, 2007).



Şekil 3.2: Alibeyköy Havzası genel uydu görüntüsü.

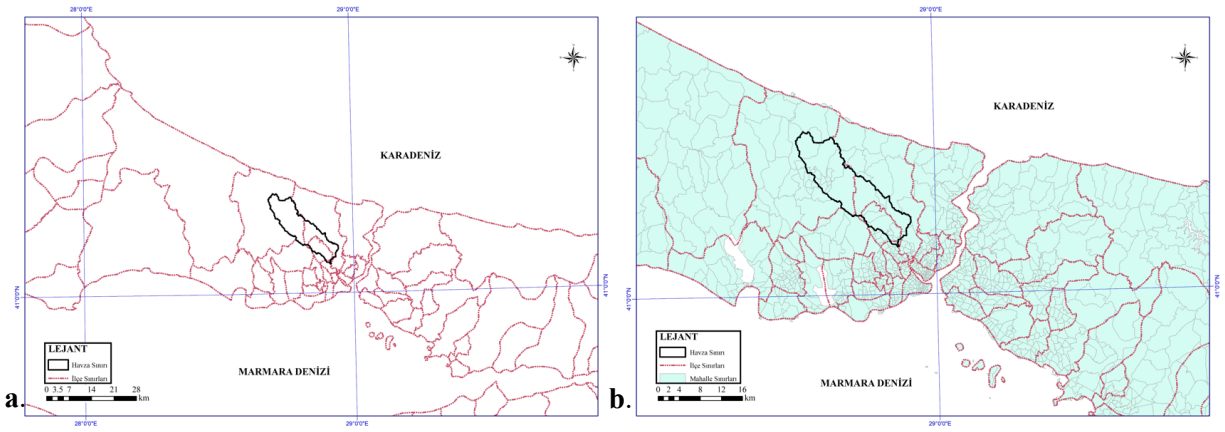
3.1.1. Nüfus Tahmini

Nüfus, bir bölgenin veya yerin kentleşme potansiyeli hakkında fikir geliştirilmesi noktasında önemli parametrelerden birisidir. Nüfus arttıkça barınma ihtiyacında da orantılı bir artış meydana gelir. Bu yüzden, çalışmanın ilk adımında Alibeyköy Havzası'nın nüfus dinamikleri incelenerek bir nüfus projeksiyonu oluşturulmuştur. Bu aşamada izlenen adımlar **Şekil 3.3**'de özetlenmiştir.

Temin edinilen “Türkiye Mülki İdare Sınırları” verisi (HGM, 2021) ile Alibeyköy Havza sınırları çakıştırıldığında Alibeyköy Havzası’nın 4 ilçenin sınırlarına girdiği görülmektedir (**Şekil 3.4**). Bu ilçeler Arnavutköy, Eyüp, Sultangazi ve Gaziosmanpaşa ilçeleridir. Mahalle alt sınıfına inildiğinde de Arnavutköy’den 13, Eyüp’ten 4, Sultangazi’den 8 ve Gaziosmanpaşa’dan da 2 mahalle olmak üzere toplam 27 mahalle bu havza sınırları içerisindedir.



Şekil 3.3: Nüfus tahmini iş akış şeması.



Şekil 3.4: Alibeyköy Havzası **a.)** İlçe sınırları **b.)** Mahalle ve ilçe sınırları.

Alibeyköy Havzası kapsamında olan mahallelerin nüfus bilgilerine “Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi”nden (TÜİK, 2021) ulaşılmıştır. Ulaşılan veriler **Tablo 3.1**’de derlenmiştir. Nüfus kayıtları ve hareketlilikler incelenerek “Geometrik Artış”, “İller Bankası” ve “Aritmetik Artış” metotlarına göre nüfus tahminleri yapılmıştır. Aritmetik artış sonucu oluşturulan projeksiyonun havzayı daha iyi temsil ettiğine karar verilerek çalışmada kullanılmıştır. Geleceğe yönelik yapılan nüfus tahminleri bulgular bölümünde tablo halinde sunulmuştur.

Tablo 3.1: Alibeyköy Havzası kapsamındaki tüm yerleşim yerleri ve yerleşim yerlerine ait toplam kayıtlı nüfus (TÜİK, 2021).

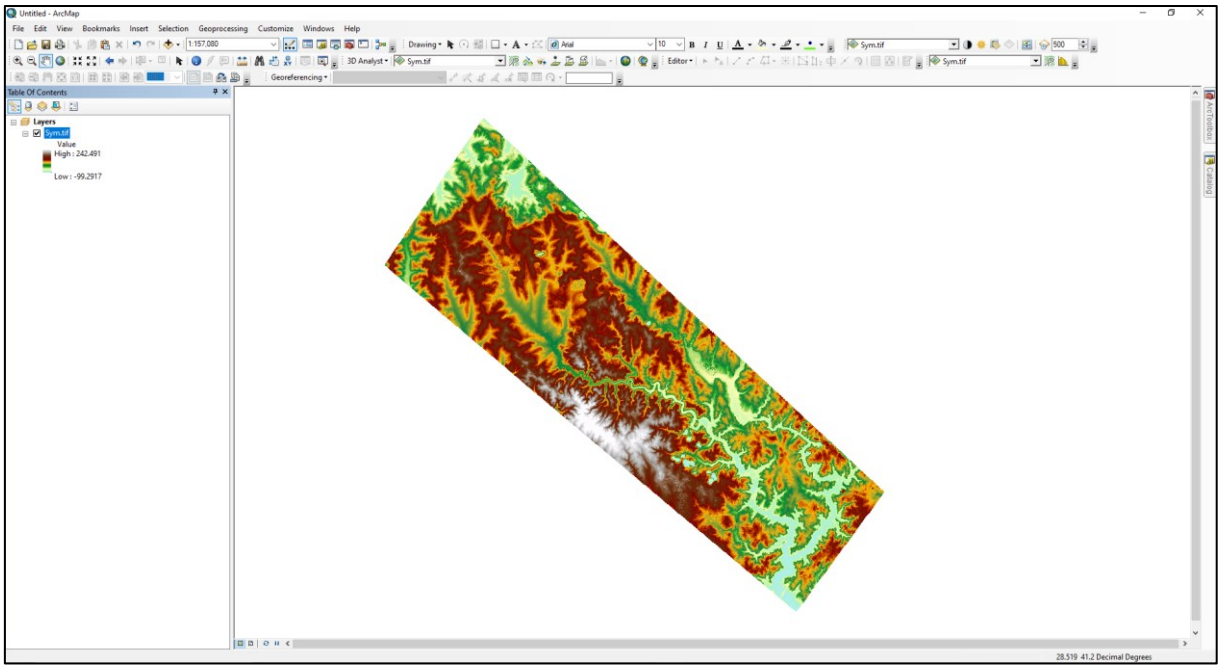
S. No	Yerleşim Adı	Nüfus Kayıt Yılları																Son Nüfus Sayımı
		1985	1990	2000	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016*	2017	2018	2019	2020
1	İstanbul(Arnavutköy Bel.,İmrahor Mah.)-40481	958	1.863	7.995	1.191	7.392	7.745	8.200	8.434	8.458	8.629	9.071	9.463	9.678	10.052	10.231	10.465	**10.930**
2	İstanbul(/Arnavutköy Bel.,İslambey Mah.)-40479	-	-	-	19.188	12.168	12.847	13.281	13.922	14.304	14.866	15.694	16.566	17.504	18.832	19.732	21.425	**22.678**
3	İstanbul(Boğazköy Bel./Atatürk Mah.)-40482	-	-	-	4.936	5.489	5.757	6.096	6.364	6.623	6.832	7.037	7.254	7.380	7.726	7.933	8.417	**8.946**
4	İstanbul(Boğazköy Bel./İstiklal Mah.)-40483	-	-	-	5.709	6.313	6.917	7.242	7.583	8.009	8.564	8.892	9.194	9.475	9.925	10.010	10.415	**10.893**
5	İstanbul(/Boğazköy Bel./Yunus Emre Mah.)-40484	-	-	-	11.765	12.796	13.281	13.520	13.833	14.338	14881	15.25	15.61	15.853	16.085	16.262	17.020	**17.707**
6	İstanbul(Gaziosmanpaşa/Bolluca Bel./Mavigöl Mah.)-40485	-	-	-	3.654	3.814	4.049	4.389	4.595	5.019	5.392	5.752	6.046	6.721	7.412	7.683	8.161	**8.840**
7	İstanbul(Gaziosmanpaşa/Bolluca Bel./Hicret Mah.)-40486	-	-	-	2.069	2.216	2.429	2.473	2.602	2.657	2.767	2.783	2.842	2.996	3.086	3.141	3.222	**3.458**
8	İstanbul(Gaziosmanpaşa/Bolluca Bel./Merkez Mah.)-40487	-	-	-	5.152	5.365	5.576	5.788	5.942	6.156	6.298	6.439	6.719	6.827	6.984	6.986	7.322	**7.588**
9	İstanbul(Gaziosmanpaşa/Taşoluk Bel./M.Fevzi Çakmak Mah.)-40493	-	-	-	2.619	2.778	2.924	3.062	3.282	3.468	3.836	4.052	4.235	4.415	4.611	4.733	4.927	**5.263**
10	İstanbul(Arnavutköy/Arnavutköy Bel./Yavuz Selim Mah.)-40480	-	-	-	18.011	8.163	8.550	8.764	8.992	9.209	9.488	9.784	9.973	11.427	11.217	11.191	11.470	**11.433**
11	İstanbul(Arnavutköy/Arnavutköy Bel./Anadolu Mah.)-99359	-	-	-	-	16.480	17.682	18.601	19.491	20.259	22.032	24.242	27.083	29.862	33.177	35.515	38.263	**41.026**
12	İstanbul(Arnavutköy/Arnavutköy Bel./Nenehatun Mah.)-99357	-	-	-	-	6.306	6.644	6.955	7.204	7.492	7.798	8.067	8.242	8.290	8.344	8.433	8.813	**9.284**
13	İstanbul(Arnavutköy/Arnavutköy Bel./Tayakadın Mah.)-191977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.533	2.556	3.140	3.402	5.242	5.555	3.385	**2.889**
14	İstanbul(Eyüp,Mithatpaşa Mah.)-40370	-	-	-	4.080	4.386	4.653	4.908	4.999	5.090	5.132	5.214	5.269	5.246	5.179	5.123	5.969	**6.571**
15	İstanbul(Eyüp/Eyüp Bel./Pirinççi Mah.)-191753	1.546	3.699	3.349	-	-	-	-	-	-	3.785	3.954	3.693	3.600	3.561	3.493	3.435	**3.452**
16	İstanbul(Eyüp/Göktürk Bel./Merkez Mah.)-40379	-	-	-	16.085	19.575	22.291	25.004	27.791	30.782	32.773	34.976	36.292	36.612	36.843	36.811	37.853	**38.444**
17	İstanbul(Eyüpsultan/Eyüpsultan Bel./Güzeltepe Mah.)-40366	-	-	-	27.924	27.711	28.101	29.056	29.651	31.024	32.345	33.181	34.122	34.263	34.564	36.536	40.631	**42.087**
18	İstanbul(Eyüp Bel./Yayla Mah.)-40377	-	-	7.995	7.837	7.841	7.800	7.893	8.021	8.112	8.262	8.142	8.251	8.243	8.076	7.961	7.934	**8.044**
19	İstanbul(Esenler Bel./Habipler Mah.)-40356	-	-	-	2.685	2.775	2.958	3.057	3.130	3.085	3.235	4.061	5.120	6.180	7.275	8.579	10.342	**11.781**
20	İstanbul(Gaziosmanpaşa Bel./75. Yıl Mah.)-40467	-	-	-	2.5295	25.918	26.644	28.035	29.169	29.924	30.858	30.810	31.668	31.940	32.605	31.998	32.398	**32.075**
21	İstanbul(Gaziosmanpaşa Bel./Cebeci Mah.)-40474	-	-	-	49.856	50.729	51.301	53.106	54.184	54.860	56.624	58.544	59.455	59.996	60.416	59.829	60.653	**60.669**
22	İstanbul(Gaziosmanpaşa Bel./Gazi Mah.)-40469	-	-	-	24.932	25.879	27.029	28.580	30.151	31.425	32.275	32.845	33.688	34.184	34.762	3.452	35.205	**35.240**
23	İstanbul(Gaziosmanpaşa Bel./Zübeyde Hanım Mah.)-40468	-	-	-	27.094	27.707	28.117	29.374	30.312	30.847	31.715	31.987	32.218	32.068	32.238	31.411	31.609	**31.719**
24	İstanbul(Gaziosmanpaşa/Gaziosmanpaşa Bel./Esentepe Mah.)-40470	-	-	-	48.212	50.821	52.740	54.867	57.409	59.664	61.607	62.787	63.499	63.449	63.310	62.771	63.799	**64.030**
25	İstanbul(Sultangazi/Sultangazi Bel./Yunus Emre Mah.)-40466	-	-	-	33.186	34.160	35.503	37.370	39.813	42.001	44.059	45.007	45.797	46.236	46.999	47.697	49.821	**51.490**
26	İstanbul(Gaziosmanpaşa Bel./Karayolları Mah.)-40463	-	-	-	32.331	32.502	33.074	37.287	38.723	40.006	41.226	41.625	41.731	41.111	40.628	39.709	39.697	**39.935**
27	İstanbul(Gaziosmanpaşa/Gaziosmanpaşa Bel./Mevlana Mah.)-40462	-	-	-	22.514	22.196	21.906	22.570	22.857	23.198	23.196	23.015	23.578	23.580	23.816	23.524	23.621	**23.425**

**Kalibrasyon yılı*

3.2. HARİTALANDIRMA: ArcGIS

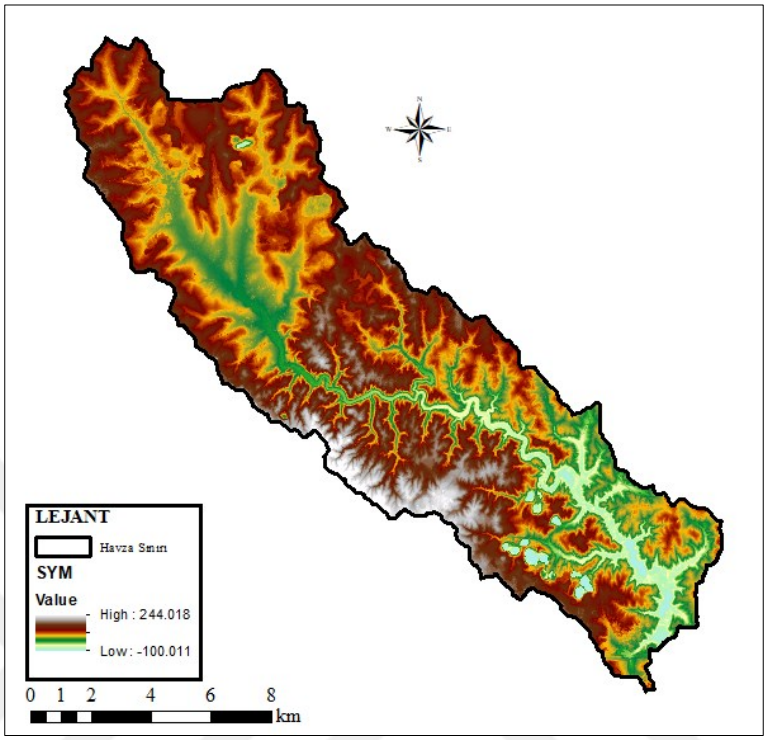
ArcGIS, Çevre Sistemleri Araştırma Enstitüsü (Environmental Systems Research Institute, ESRI) tarafından geliştirilmiş CBS yazılımıdır (DPU, 2022). CBS verisinin girişi, işlenmesi ve analiz edilmesi gibi temel fonksiyonlar barındıran program dünya genelinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Kılıçer ve diğ., 2018). Birbiri ile entegre çalışan "ArcMap", "ArcCatalog", "ArcToolbox", "ArcScene" ve "Model Builder" ara yüzleri ile haritalama, coğrafi analizler, veri yöntemi ve görüntüleme işlemleri ölçeklendirilerek yürütülmektedir (Gül & Taşkaya, 2019).

Bu tez kapsamında, haritalandırma ve sonuçların görüntülenerek depolanması için ArcGIS 10.8 yazılımından yararlanılmıştır. CBS'de topografik veriler uydu fotoğrafları, özel çalışmalar veya doğrudan Millî Savunma Bakanlığı'na bağlı HGM'den temin edilebilmektedir (Eryılmaz Türkkan, 2021). Bu çalışma için de HGM'den bölgeye ait 5x5 m çözünürlüklü ".tif" uzantılı SYM (Sayısal Yükselti Modeli) verisi temin edilmiştir. ArcGIS'te doğru konumda çalışmayı sağlayabilmek için dosyanın projeksiyon ayarları "WGS 1984 UTM Zone 35N" koordinatına göre ayarlanmıştır. Temin edilen Alibeyköy Havzası'nı temsil eden SYM'nin ArcMap üzerindeki genel görüntüsü **Şekil 3.5**'te verilmiştir.



Şekil 3.5: Genel ArcMap penceresine dair örnek bir görüntü.

"ArcToolbox" aracıyla ham veriden çalışma alanı çıkartılarak **Şekil 3.6**'da görüldüğü gibi havzaya ait SYM elde edilmiştir.



Şekil 3.6: Alibeyköy Havzası SYM.

Alibeyköy Havzası'nın 1990-2100 yılları için kentleşme hareketliliğinin gözlemlenmesi için aşağıdaki adımlar takip edilmiştir:

i. CORINE'nin 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yıllarına ait halihazırda var olan arazi örtüsü/arazi kullanımı verileri temin edilmiştir (Copernicus, 2022).

ii. Çalışma yılları arasında olan 1990 ve 2000 yıllarına ait mevcut CORINE haritaları için yeni bir çalışma yapılmamıştır. Hazır haritaların bilgisi kullanılmıştır.

iii. Mevcut haritalar ve geçmişe ait uydu görüntüleri kullanılarak 2010, kalibrasyon yılı olan 2016 ve 2020 yıllarına ait geçmişe dönük arazi örtüsü/arazi kullanımları tespit edilerek haritaları oluşturulmuştur.

iv. Mevcut haritalar ve nüfus projeksiyonları göz önünde bulundurularak 2030-2100 yılları için 10'ar yıllık periyotlarda kentleşme senaryoları geliştirilmiştir. Geliştirilen senaryolardaki her bir arazi örtüsü/arazi kullanım sınıfının kapladığı yüzey alanı "Öz nitelik" tablolarında hesaplanmıştır.

v. 2030-2100 yılları için üç farklı senaryo geliştirilmiştir. Kentleşme hızı az-orta-çok şeklinde olan 3 senaryo oluşturulmuştur.

vi. Alibeyköy Havzası'nın bazı mahallelerinin nüfuslarında yıllar içerisinde çok büyük değişikliklerin olmadığı görülmektedir. Artış hızlarının inişli-çıkışlı olduğu bölgeler mevcuttur. Bu açıdan bakıldığında, mevcut nüfusun çok fazla büyümeyeceği kabulüne bağlı olarak, arazi örtüsü/arazi kullanımlarındaki değişim ve dönüşümlerin yavaş ilerlediği Senaryo-I geliştirilmiştir. Bu açıdan Senaryo-I daha çok havzanın mevcut nüfusunun büyümesi göz önünde bulundurularak geliştirilmiştir.

vii. İstanbul Havalimanı'nın inşaatı ve faaliyete geçmesi akabinde yeni yol ve ilgili yapılaşmalar başlamıştır. Havza ve çevresinde meydana gelen ve gelmesi muhtemel bu tip sosyo-ekonomik gelişmeler göz önünde bulundurulduğunda, kentleşme hızı ve etkileri açısından Senaryo-I'in iyimserliğine karşılık Senaryo-II tasarlanmıştır.

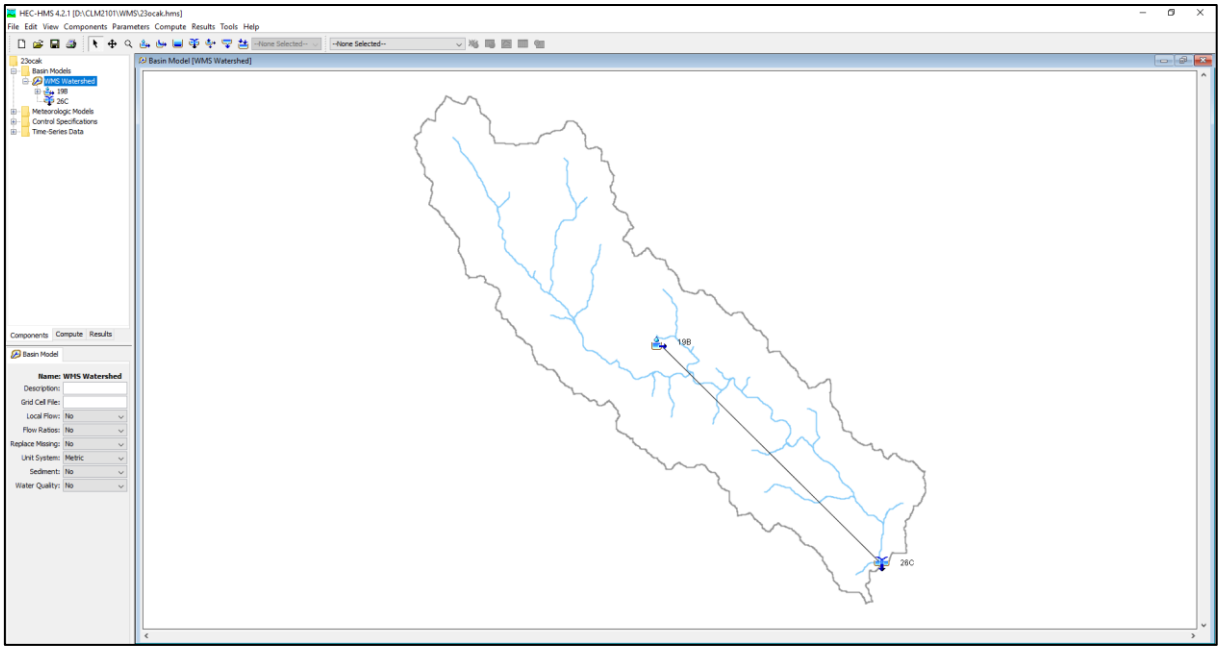
viii. İlk iki senaryoda arazi örtüsü/arazi kullanımlarındaki değişimler göz önünde bulundurulurken yüzey geçirimliliği en yüksek orman ve ilgili alanların miktarlarında çok ciddi azalmaların olmayacağı kabul edilmişti. Ancak orman, doğal alanlar ve su kütlelerinin azalarak yapay bölgelere dönüşmesi kentleşme hızını ve etkisini çarpıcı bir şekilde arttırmaktadır. Bu kapsamda, Alibeyköy Havzası'nda geniş yer kaplayan orman alanlarının zamanla azalarak yapay ve geçirimsiz bölgelere dönüştüğü Senaryo-III tasarlanmıştır.

3.3. HİDROLOJİK MODEL: HEC-HMS

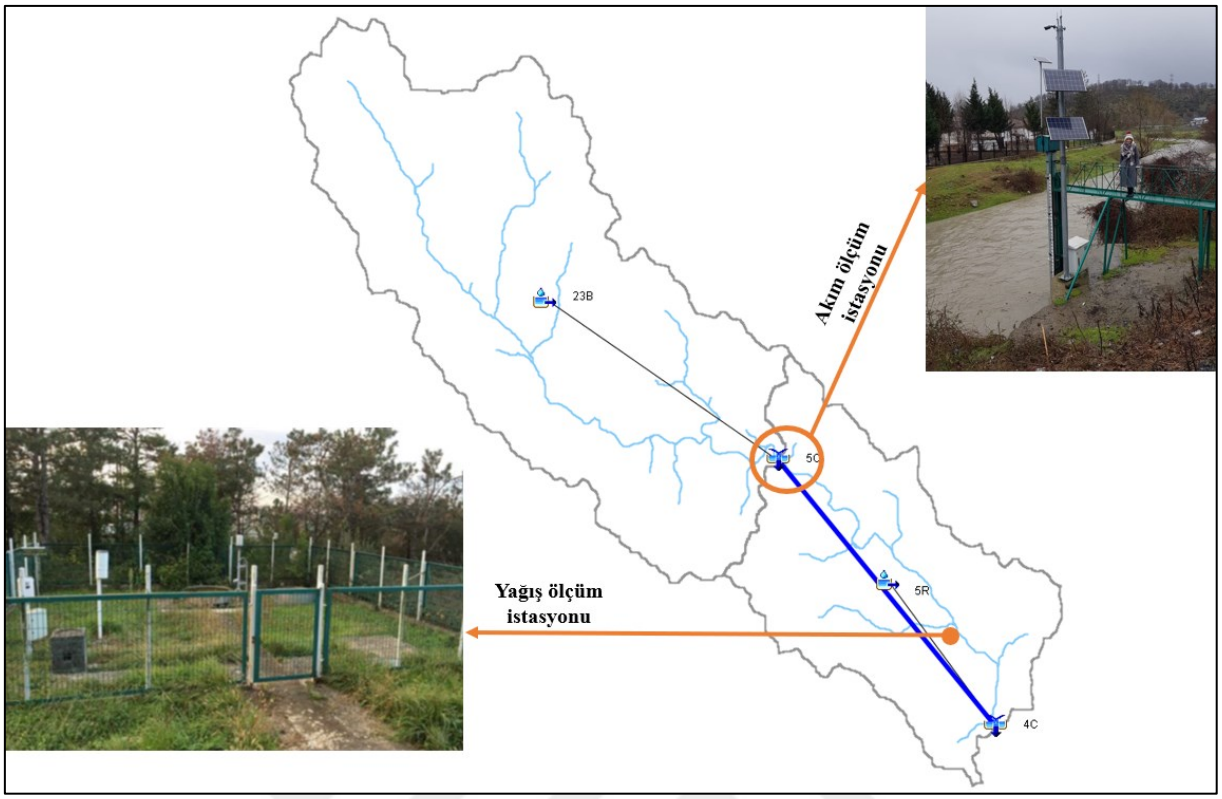
HEC-HMS, ABD Ordu Mühendisleri tarafından geliştirilmiş olup yağış-akış ilişkisini modelleyebilen literatürde kabul gören güvenilir bir programdır (USACE, 2002). Farklı tiplerdeki havzaları modellemeyi hedefleyen genel bir hidrolojik model sistemi olup, yaygın bir kullanıma sahiptir. HEC-HMS, a.) Havza modeli, b.) meteorolojik model, c.) kontrol şartları ve d.) zaman serilerinin tanımlanması olmak üzere 4 bölümden oluşmaktadır (Gao ve diğ., 2019). Bu çalışma kapsamında HEC-HMS 4.2.1 versiyonu kullanılmış olup, hidrolojik modelin kurulması adına yürütülen adımlar aşağıda sıralanmıştır.

3.3.1. Model Kurulumu

Alibeyköy Havzası, çıkış noktası Alibeyköy Baraj gölü olacak şekilde HEC-HMS modeline tanımlanmıştır (**Şekil 3.7**). Yaklaşık 161,21 km^2 alana sahip olan havzanın kalibrasyonu için "Pirinççi" mevkiinde bir çıkış noktası daha tanımlanarak havza iki alt havzaya bölünmüştür. Bunun sebebi kalibrasyon için kullanılan akım verilerinin Pirinççi Köyü'nde bulunan İSKİ'ye ait akım ölçüm istasyonundan kaydedilmiş olmasıdır. Bu akım ölçüm istasyonunda ölçülen akım verileri havzanın yaklaşık 107 km^2sini temsil etmektedir (**Şekil 3.8**).



Şekil 3.7: Alibeyköy Havzasının tanımlandığı HEC-HMS genel ekran görüntüsü.



Şekil 3.8: Alibeyköy deresi üzerindeki yağış ve akım ölçüm istasyonlarının havza üzerindeki konumları.

3.3.2. Hidrolojik Hesap Parametrelerin Tanımlanması

Sızma yöntemi olarak SCS-CN yöntemi kullanılmıştır. SCS-CN, ABD Toprak Koruma Kurumu tarafından havza üzerindeki "yağış-akış-kayıp" ilişkisini izlemek adına geliştirilmiş bir yöntemdir (Özcan, 2017). CN, 0-100 arasında değerler alabilir. Bu değerler, havzanın toprak, topografya, arazi kullanımı, bitki örtüsü, ekim şekli ve toprak koruma önlemleri gibi parametreler ile belirlenir. SCS-CN, **Denklem (3.1)**'de de görüldüğü üzere kümülatif yağış, arazi örtüsü/arazi kullanımı ile nemin bir fonksiyonu olarak sızmayı hesaplamaktadır (USACE, 2022a).

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \qquad \textbf{(3.1)}$$

Burada, P_e kümülatif yüzey akışı (L), P kümülatif yağış miktarı (L), I_a başlangıçta tutulan yağış miktarı (L), S potansiyel maksimum yağış tutulması (L) olarak verilmiştir.

Pek çok küçük deneysel havzada yapılan analizler sonucunda, I_a ve S parametreleri arasında **Denklem (3.2)**'de verilen ampirik ilişki geliştirilmiştir. Bunun sonucunda da t zamanda meydana gelen yüzeysel akış **Denklem (3.3)**'de toplanmıştır.

$$I_a = 0.2S \quad \textbf{(3.2)}$$

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P - 0.8S)} \quad \textbf{(3.3)}$$

Topraktan maksimum tutma, *S* ve su havzası özellikleri bir araya geldiğinde CN ile ilişkilendirildiğinde **Denklem (3.4)** elde edilmektedir.

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN} \quad \textbf{(3.4)}$$

Bir havza için CN, SCS tarafından yayınlanan tablolar kullanılarak tahmin edilebilmektedir. A, alan olmak üzere ağırlıklı CN değeri hesaplanışı **Denklem (3.5)**'de verilmiştir.

$$CN_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(CN_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^{n} A_i} \quad \textbf{(3.5)}$$

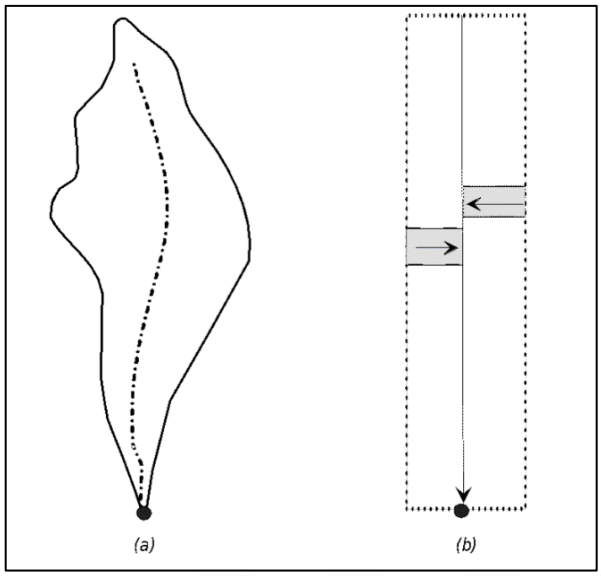
Burada, CN_{ort} ağırlıklı CN değeri olmak üzere, *A* alan (L^2), CN_i etkili alanın CN değeri olarak verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında Alibeyköy Havzası'nın hidrolik toprak grubunun "C" ile "B" arasında olduğu saptanmıştır (ORNL DAAC, 2022). Ancak C tipine daha yakın olması dolaysıyla çalışma kapsamında C olarak ele alınmıştır. C toprak tipinin temsil ettiği CN değerlerine ABD Tarım Bakanlığı tarafından yayınlanmış olup, pek çok çalışmada kaynak gösterilen teknik rapordan erişilmiştir (USDA, 1986). Böylece, arazi örtüsü/arazi kullanımı çeşidine sınıfına göre CN değerleri ile geçirimsizlik yüzdeleri elde edilmiştir (USDA, 1986). Alibeyköy Havzası için geliştirilen her bir kentleşme senaryosunun 10'ar yıllık periyotları için bir ağırlıklı CN değeri hesaplanmıştır. Alibeyköy Havzası içinde görülen arazi örtüsü/arazi kullanım sınıfları ile bunların CN değerleri, yüzey geçirimsizlik yüzdeleri ve yüzey Manning pürüzlülük katsayıları derlenerek **Tablo 3.2**'de verilmiştir.

Tablo 3.2: CORINE Arazi örtüsü/arazi sınıflarının hidrolojik toprak tipine göre CN değerleri (USDA, 1986; Papaioannou vd.,2018).

	ID KOD	CORINE Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Sınıfları	CN HSG: C	Geçirimsiz Alan, I (%)	Yüzey Manning Katsayısı (n)
1. Yapay Bölgeler	111	Sürekli Şehir Yapısı	94	85	0,015
	112	Kesikli Şehir Yapısı	91	65	0,013
	121	Endüstriyel veya Ticari Alanlar	91	72	0,013
	122	Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar	92	75	0,013
	131	Maden Çıkarım Alanları	91	69	0,013
	133	İnşaat Alanları	91	70	0,013
	141	Yeşil Şehir Alanları	85	5	0,025
	142	Spor ve Eğlence Alan	85	85	0,025
2. Tarımsal Alanlar	211	Sulanmayan Ekilebilir Alan	79	20	0,03
	231	Meralar	79	35	0,035
	242	Karışık Tarım Alanları	82	10	0,04
	243	Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları	79	20	0,04
3. Orman ve Yarı Doğal Alanlar	311	Geniş Yapraklı Ormanlar	73	5	0,1
	312	İğne Yapraklı Ormanlar	73	5	0,1
	313	Karışık Ormanlar	73	5	0,1
	321	Fundalıklar	79	33	0,04
	324	Bitki Değişim Alanları	70	30	0,06
5. Su Yapıları (Su Kütleleri)	511	Su Yolları	0	0	0,05
	512	Su Kütleleri	0	0	0,05

Dolaysız akış metodu olarak kinematik dalga modeli seçilmiştir. Model için gerekli olan dere uzunluğu ve eğim verileri ArcGIS'ten alınmıştır. Manning katsayıları da her kentleşme durumuna göre ağırlıklı olarak hesaplanmıştır. **Şekil 3.9**'da metodun basitleştirilmiş bir gösterimi mevcuttur. **Şekil 3.9(a)**'da yüzey akışının hesaplanması gereken örnek bir havza modeli görülmektedir. Havza üzerindeki suyun hareketi de kinematik dalga yönlendirmesi bakımından kavramsallaştırılmış hali **Şekil 3.9(b)**'de verilmiştir.



Şekil 3.9: Kinematik dalga modelinin basit bir havzada gösterimi (USACE, 1979).

Temel olarak bir boyutlu akışın temsil ettiği modelde, momentum ve süreklilik denklemleri esas olup hesap formülü **Denklem (3.6)**'da verildiği gibidir;

$$S_f = S_0 - \frac{\partial y}{\partial x} - \frac{V}{g}\frac{\partial V}{\partial x} - \frac{1}{g}\frac{\partial V}{\partial t} \quad \textbf{(3.6)}$$

Burada, *t* zaman (*T*), S_f enerji gradyanı (*L/L*), S_0 taban eğimi (*L/L*),*V* su hızı (*L/T*), *y* su derinliği *(L)*, *g* yer çekimi ivmesi (L^2/T), $\partial y/\partial x$ basınç gradyanı, $(V/g)\ (\partial V/\partial x)$ taşınımlı ivme, $(1/g)\ (\partial V/\partial t)$ yersel ivme olarak ifade edilmektedir.

Enerji gradyanı, Manning formülü ile **Denklem (3.7)**'deki gibi tahmin edilebilmektedir.

$$Q = \frac{CR^{2/3}S_f^{1/2}}{N}A \quad \textbf{(3.7)}$$

Burada, *Q* debi (L^3/T), *R* hidrolik yarıçap (*L*), *A* kesit alanı (L^2) ve *N* yüzey direnç katsayısıdır. Bu katsayı yüzey Manning pürüzlülük katsayısından farklıdır. Çeşitli laboratuvar deneyleri ile tespit edilmiştir (USACE, 1993).

Denklemde yer alan basınç ve atalet kuvvetleri ihmal edildiğinde ($S_f = S_0$) momentum denklemi **Denklem (3.8)**'deki gibi basitleştirilmektedir.

$$Q = \alpha A^m \quad \textbf{(3.8)}$$

Burada, Q debi (L^3/T), R hidrolik yarıçap (L), A kesit alanı (L^2), α geometriye bağlı parametre ve m yüzey pürüzlülüğüne bağlı bir parametredir.

Momentumdan sonra ikinci kritik denklem olan süreklilik denklemi Chow (1959) ve pek çok kitapta belirtildiği üzere **Denklem (3.9)**'daki halini almaktadır:

$$\mathrm{A}\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial \mathrm{t}} + \mathrm{VB}\frac{\partial \mathrm{y}}{\partial \mathrm{x}} + \mathrm{B}\frac{\partial \mathrm{y}}{\partial \mathrm{t}} = \mathrm{q} \qquad \textbf{(3.9)}$$

Burada, B su yüzeyi genişliği (L), q yanal akış (L^2/T) olmak üzere kinematik dalga modelinin kollektor ve havza akış modellerindeki ötelenmesi **Denklem (3.10)** ve **Denklem (3.11)**'de görüldüğü üzere formüle edilmektedir.

$$\frac{\partial \mathrm{A}}{\partial \mathrm{t}} + \frac{\partial \mathrm{Q}}{\partial \mathrm{x}} = \mathrm{q} \qquad \textbf{(3.10)}$$

$$\frac{\partial \mathrm{A}}{\partial \mathrm{t}} + \alpha \mathrm{m} A^{(m-1)}\frac{\partial \mathrm{A}}{\partial \mathrm{x}} = \mathrm{q} \qquad \textbf{(3.11)}$$

Hidrolojik modelde yağış verisi olarak, Alibeyköy yağış gözlem istasyonunda 05.02.2016 ile 08.02.2016 tarihleri arasında kaydedilen veriler kullanılmıştır (Dikici & Kazezyılmaz Alhan, 2018). Ayrıca, bölgeye en yakın uzun süreli ölçüm alan yağış istasyonu olması nedeni ile Sarıyer Meteoroloji Gözlem İstasyonu yağış verileri temin edilmiştir. Yeni taşkın ve rüsubat yönetmeliğine göre derelerin ıslah edilmesinde 500 yıl tekerrür aralığına sahip yağış değerleri kullanılacağı için analizlerde 500 yıl tekerrür aralığına sahip yağışlar kullanılarak taşkın hidrografları elde edilmiştir.

3.3.3. Model Kalibrasyonu

Meydana getirilen hidrolojik model "5-8 Şubat 2016" tarihlerinde kaydedilen yağış ve akış ölçüm değerleri ile kalibre edilmiştir. Model kalibrasyonunda, Dikici (2016)'nin "*Alibeyköy Havzası'nın Hidrodinamik Modeli ve Kentleşme Süreci Çerçevesinde Taşkın Risk Haritalarının Çıkarılması*" başlıklı doktora çalışmasından edinilmiş olan akım ve yağış ölçüm verilerinden yararlanılmıştır. Ölçüm verilerinin 2016 yılına ait olması dolayısıyla, söz konusu yılın arazi örtüsü/arazi kullanımı haritalarından elde edilen CN ve Geçirimsiz alan yüzdesi parametreleri kalibre edilmiştir. Model sonucu ile ölçüm değerlerinin birbirlerine yakınlığı istatistiksel analizlerle ortaya koyulmuştur. Bu kapsamda ölçülen ve hesaplanan hidrograflar

için belirleme katsayısı (R^2), Nash katsayısı (ENS) ve pik debiler için mutlak yüzde hata değerleri (APE) sırasıyla **Denklem (3.12**), **Denklem (3.13)** ve **Denklem (3.14)**'deki formüllerden tespit edilmiştir.

$$R^2 = \frac{\sum_i^n [X_i - X_{ort}] \times [Y_i - Y_{ort}]}{\sqrt{\sum [X_i - X_{ort}]^2} \times \sqrt{\sum [Y_i - Y_{ort}]^2}} \quad \textbf{(3.12)}$$

$$ENS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [(X_i - Y_i)^2]}{\sum_{i=1}^n [(X_i - X_{ort})^2]} \quad \textbf{(3.13)}$$

$$APE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{X_i - Y_i}{maks(X_i, Y_i)} \right| \quad \textbf{(3.14)}$$

Burada, X_i arazide ölçülen debi değeri (L^3/T), Y_i, HEC-HMS analiz sonuçlarından elde edilen debi değerleri (L^3/T), X_{ort} arazide ölçülen debi değerlerinin ortalaması (L^3/T) ve Y_{ort} arazide ölçülen debi değerlerinin ortalaması (L^3/T) olarak verilmiştir.

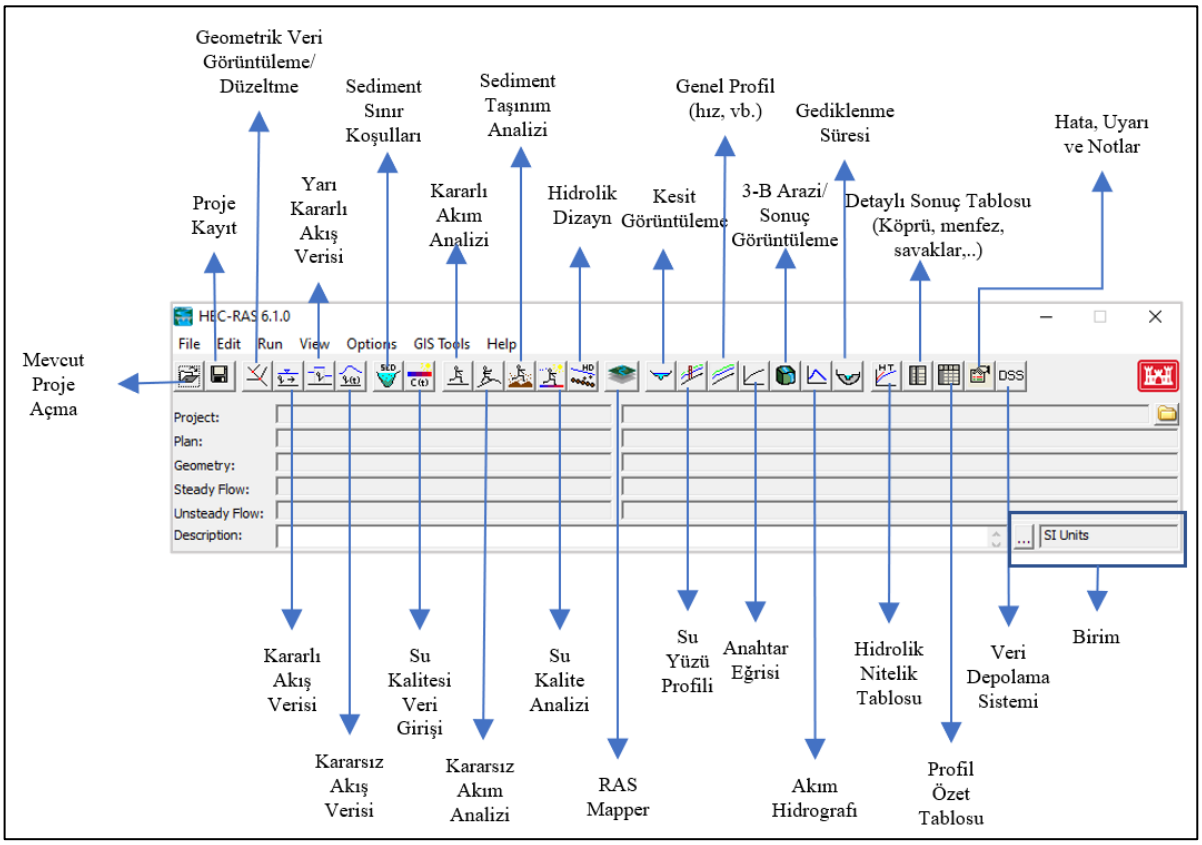
Havzanın 2016 yılı arazi örtüsü/arazi kullanımı için yapılan kalibrasyonda, parametrelerin önceki ve sonraki değerleri arasında bir oran saptanmıştır. Saptanan oran kadar diğer yılların (1990, 2010, 2020, 2030, 2040, 2050, 2060, 2070, 2080, 2090 ve 2100) ağırlıklı CN ve geçirimsiz alan yüzde değerlerinde düzeltmeler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar bulgular bölümünde detaylı olarak sunulmuştur.

3.4. HİDROLİK MODEL ve TAŞKIN ANALİZİ: HEC-RAS

HEC-RAS, Amerikan Ordu Mühendisleri tarafından geliştirilmiş bir yazılımdır. Taşkın modellemesi konusunda dünyada yaygın kullanıma sahip, erişime açık bir hidrolik modeldir (Puno ve diğ., 2019). Bu çalışma kapsamında hidrolik model ve taşkın analizleri HEC-RAS 6.1 programında yürütülmüştür.

Şekil 3.10'da genel ekran görüntüsü görülen programda, kullanıcının isteğine bağlı olarak kararlı, kararsız veya yarı kararlı akım durumlarında analiz yapılabilmektedir. Taşkın analizlerinin yapıldığı bu çalışmada kararsız akım durumu kullanılmıştır. Programdaki "RAS-Mapper" aracılığıyla akım alanları 2-B olarak haritalandırılmıştır. Kullanıcının tercihine bağlı olarak, "Saint-Venant" veya "difüzyon dalga denklemleri" kullanılabilen programda, denklem

seti olarak difüzyon dalga denklemleri seçilmiştir. Analizlerin daha hızlı ve stabil bir şekilde sonuçlanması için bu denklem veri seti seçilmiştir.



Şekil 3.10: HEC-RAS programı ana menü ve araçları.

Difüzyon dalga denklemleri, süreklilik ve momentum denklemlerini tanımlamaktadır. Süreklilik denkleminin çözümlenmiş hali **Denklem (3.15)**'de verilmiştir (USACE, 2022b):

$$\frac{\Omega_i^{n+1} - \Omega_i^n}{\Delta t} + \sum_{k \in K(i)} s_{i,k} u_{N,k}^{n+\theta} A_k^n = Q_i \qquad \textbf{(3.15)}$$

Burada, Δt zaman (T), Ω_i herhangi bir i hesap hücresindeki hacim (L^3) olarak verilmiştir.

Δt zaman olmak üzere hız vektörleri Crank-Nicolson metodu kullanılarak interpolasyon yapılmıştır. Difüzyon dalga denklemi yaklaşımı için momentum denklemleri **Denklem (3.16)**'daki yapıyı almıştır.

$$u_{N,k}^{n+\theta} = -\alpha_k \frac{z_{s,R}^{n+\theta} - z_{s,L}^{n+\theta}}{\Delta x_{N,k}} \qquad \textbf{(3.16)}$$

Burada, $\Delta x_{N,k}$ L ve R hücreleri arasındaki mesafe (L) olmak üzere,

$$\alpha_k = \frac{K_k}{|\nabla z_s|^{1/2}}$$

$$K_k = A_k \frac{R_k^{2/3}}{n}$$

$$z_s^{n+\theta} = (1-\theta) z_s^n + \theta z_s^{n+1}$$

Denklem (3.15) ve (3.16)'nın kaynaştırılması ile difüzyon dalga denklemi **Denklem (3.17)** ile verilen yapıya dönüşür:

$$\frac{\Omega_i^{n+1} - \Omega_i^n}{\Delta t} - \sum_{k \in K(i)} s_{i,k} \frac{\alpha_k}{\Delta x_N} \left(z_{s,R}^{n+\theta} + z_{s,L}^{n+\theta} \right) = Q_i \qquad \textbf{(3.17)}$$

Elde dilen difüzyon dalga denklemi çözüldüğünde, su seviyesinin yükselmesini Difüzyon Dalgası denkleminde hızların yerine koyulması ile geri kazanılabilir**. Denklem (3.17)** daha kompakt bir biçimde **Denklem (3.18)** gibi yazılabilir:

$$\Omega_i^{n+1} + \sum_{j \in C(i)} a_{i,j} z_{s,j}^{n+\theta} = b_i \qquad \textbf{(3.18)}$$

Burada,

$$\alpha_{i,j} = -\frac{\Delta t \theta \alpha_k}{\Delta x_{N,k}}, \forall\, j \in \mathrm{N}(i)$$

$$a_{i,j} = -\sum\nolimits_{j \in N(i)} a_{i,j}$$

$$b_i = \Omega_i^n + \Delta t Q_i - \frac{1-\theta}{\theta} \sum\nolimits_{j \epsilon C(i)} a_{i,j} z_{s,j}^n$$

Elde edilen bu denklem sistemi, tüm hücreler daha bütüncül vektörel olarak **Denklem (3.19)** gibi ifade edilirse;

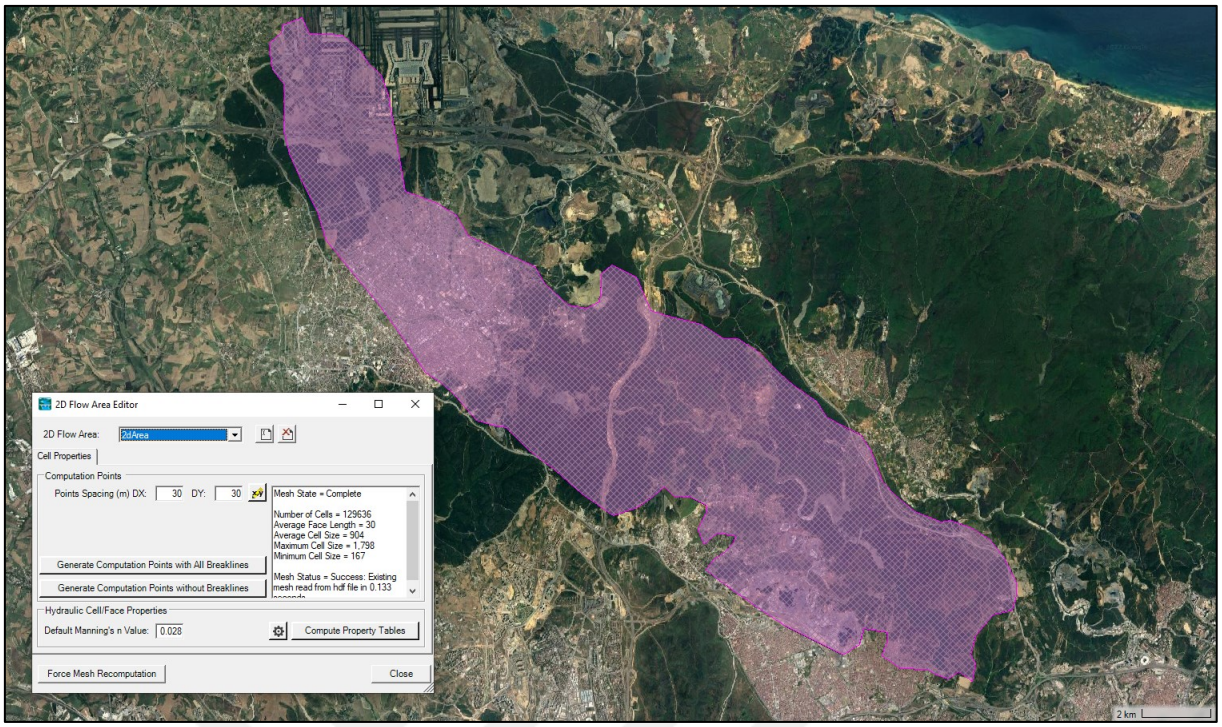
$$\Omega(Z) + \Psi \mathrm{Z} = \mathrm{b} \qquad \textbf{(3.19)}$$

Burada, Ω hesap hücre vektörü, Z n+1 anında tüm hücre su yüzeyi yükselmelerinin vektörü, Ψ *matris katsayısı ve b* sağ el vektörüdür.

3.4.1. 2-B HEC-RAS Modelinin Kurulumu

Öncelikle arazi modeli oluşturulmuştur. HGM'den ".tif" formatında alınmış olan SYM dosyası ve dosyanın koordinatlarını temsil eden projeksiyon dosyası ile RAS Mapper'de arazi dosyası üretilmiştir. Bu işlem sonucunda ".hdf (hierarchical data format)" ve ".vrt (virtual raster translator)" formatlı iki dosya çıktısı elde edilmiştir. ".hdf", çoklu GeoTIFF uçlarının nasıl birbirine bağlandığı hakkında bilgi içerir. ".vrt", tüm tarama dosyaları (.tif) hakkında bilgi içeren bir XML dosyasıdır.

Arazi modeli oluşturulduktan sonra, 2-B hesaplamaların yapılacağı alan sınırları poligon şeklinde çizilmektedir. Bu poligon, 2-B akışın meydana geleceği alanın sınırlarını ifade etmektedir. 2-B modellerde hesaplamaları sağlayan hesap ağları (mesh) vardır. Suyun hareketi bu ağ içerisinde kontrol edilmektedir. Modellemede, sonlu hacimlere dayalı bir çözüm şeması kullanmaktadır. Bu algoritma, yapılandırılmış veya yapılandırılmamış bir hesaplama ağının kullanımına izin vermek için geliştirilmiştir. Bu sayede hesap ağları oluşturulmaktadır. Hesap ağlarının boyutları kullanıcı tarafından programa tanımlanmaktadır. 2-B Hec-RAS modelinin stabil bir şekilde çalışması için uygun boyutlandırmanın yapılması gerekmektedir. Tanımlanan boyut, simülasyon süresine ve modelin stabil çalışmasına doğrudan etki etmektedir. Bu tez kapsamında, Alibeyköy Havzası'nın özellikleri ve simülasyon süresi göz önünde bulundurularak hesap ağları DX=30 ve DY=30 olarak tanımlanmıştır. Bu aralık, hesap ağında oluşan ızgaralar içerisindeki her bir hücre merkezleri arasındaki mesafeyi tanımlamaktadır. Çizilen alanın sınırı ile daha sonra ilave edilecek sanat yapılarının olduğu yerler dışında boyut 30x30'dur. Köprü ve menfezler 2-B alana entegre edilirken 20x20 boyutlarında hesap ağları tanımlanarak yapılar ve akım alanı arasında bağlantı oluşturulmuştur. Yazılım, bu hücre merkezleri için bir dizi X ve Y koordinatını hesaplamaktadır. Manning katsayıları **Tablo 3.2**'de verilen arazi örtüsü/arazi kullanımına göre her yıl ve senaryo için hesaplanarak analize katılmıştır (**Şekil 3.11**).



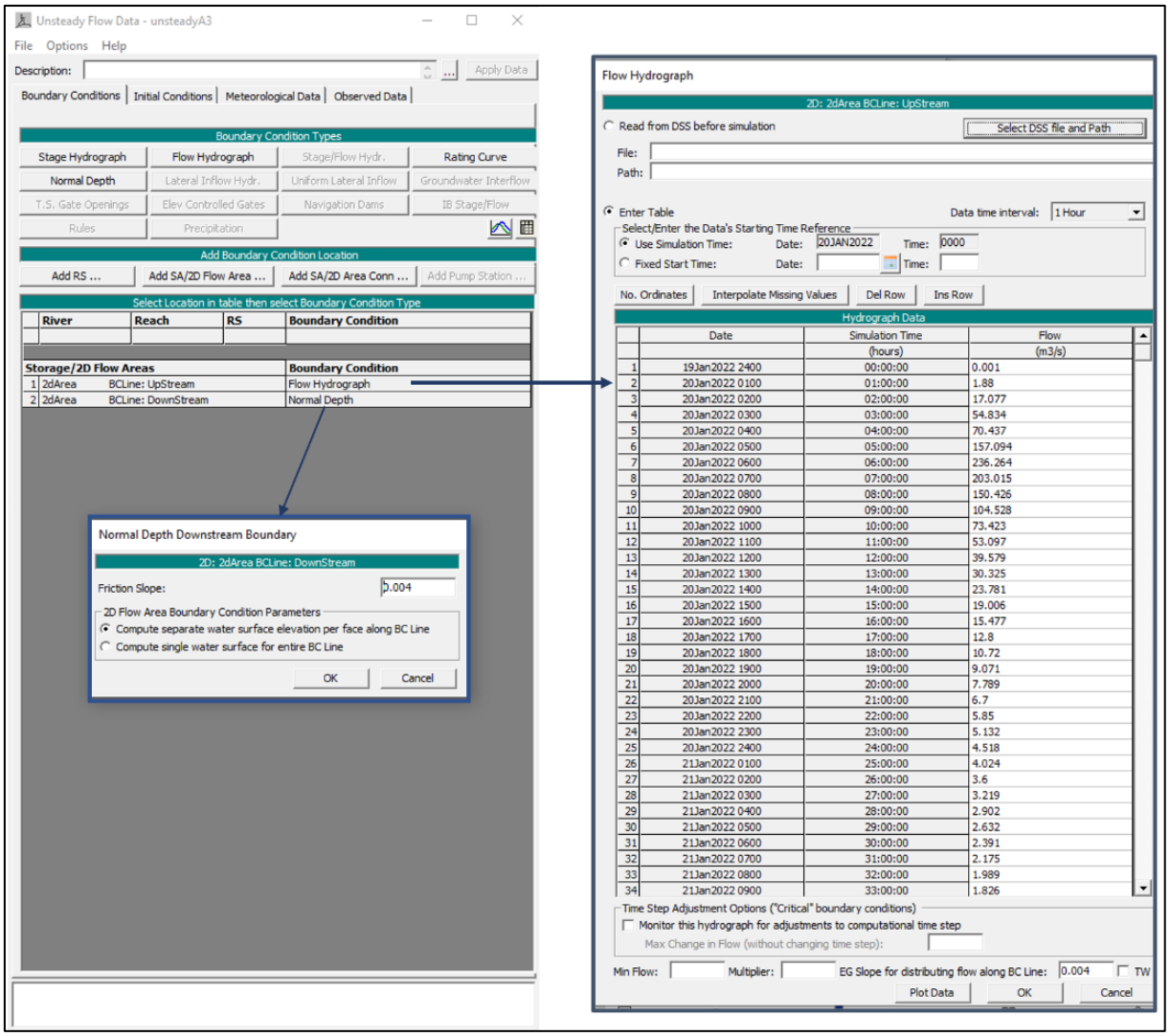
Şekil 3.11: RAS Mapper'de 2-B hesaplama ağlarının düzenlenmesine ait örnek görüntü.

Kararsız akımın sınır koşulları (boundary conditions) belirlenmiştir. Havza çıkış sınırına "normal depth (normal derinlik)" tanımlanmıştır. Bu çalışmada 2-B alanın çıkış noktası, Alibeyköy Barajı'nın bulunduğu nokta ile sınırlandırılmıştır. HEC-RAS modelinde bu kısım "Downstream" olarak isimlendirilmiştir. Burada sürtünme eğimi belirlenmiştir. Sürtünme eğimi, 2-B akış alanı sınır koşulu çizgisinin yakınındaki arazi eğimine dayalı olarak yaklaşık 0,004 olduğu tespit edildi. Sürtünme eğimi, Manning denkleminde kullanılmaktadır. Her bir hesaplama yüzeyindeki akışı **Denklem (3.20)** formüle etmektedir.

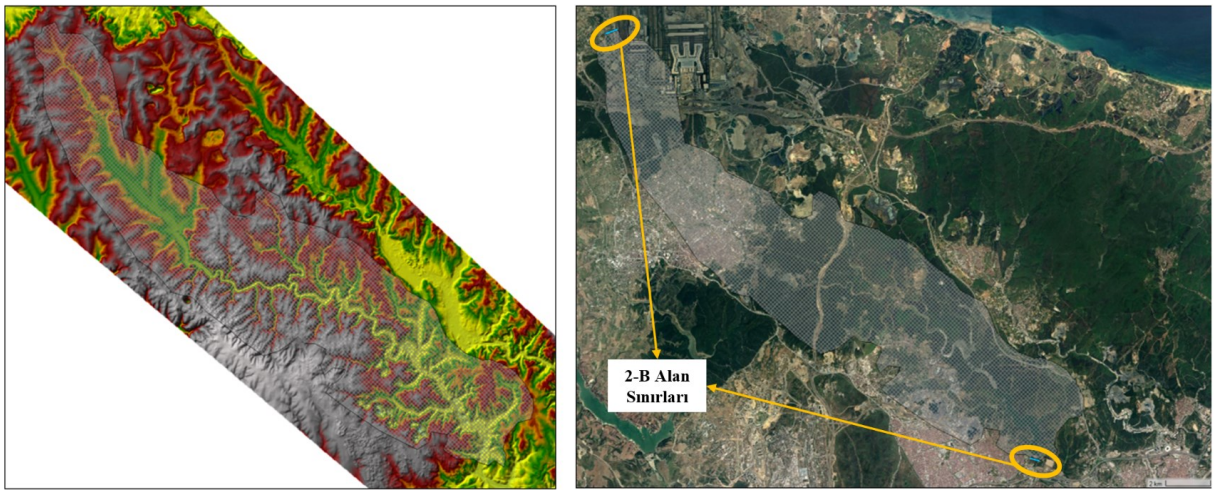
$$Q = -KS_{f,b}^{1/2} \tag{3.20}$$

Burada, $S_{f,b}^{1/2}$ *sürtünme eğimi*, K kesit taşıma kapasitesi (konveyans) olarak tanımlanmaktadır.

Bir diğer sınır koşulu olarak da "akım hidrografı (flow hydrograph)" tanımlanmıştır. HEC-RAS modelinde bu kısım "Upstream" olarak isimlendirilmiştir. Kararsız akım koşullarının tanımlanmasına dair bu çalışmadan alınan bir örnek **Şekil 3.12**'de verilmiştir. Hesaplamanın yapılacağı alanın ve sınır koşullarının görüldüğü RAS Mapper genel program görüntüleri **Şekil 3.13**'de verilmiştir.



Şekil 3.12: Kararsız akım sınır koşullarının tanımlanmasına dair çalışmadan örnek bir görüntü.



Şekil 3.13: 2-B hesaplama alanının RAS Mapper üzerindeki genel görüntüleri.

3.4.2. Hidrolik Modele Sanat Yapılarının Tanımlanması

Hec-RAS, 2-B akım alanı tanımlandıktan sonra bu alanda istenilen noktalarda bağlantı noktaları eklenmesine olanak sağlamaktadır. Tanımlanan köprü ve menfezlerin hidrolik hesabında **Denklem (3.21)**'de verilen savak denklemi kullanılmaktadır (USACE, 2021a).

$$Q = CLH^{3/2} \tag{3.21}$$

Burada, Q savak boyunca geçen toplam debi (L^3/T), C savak akım katsayısı, L savak uzunluğu (L), H savak giriş ve çıkışındaki enerji farkı olarak tanımlanmaktadır.

Menfezlerde meydana gelen akım kayıpları için program **Denklem (3.22)**'i çalıştırmaktadır (USACE, 2021b).

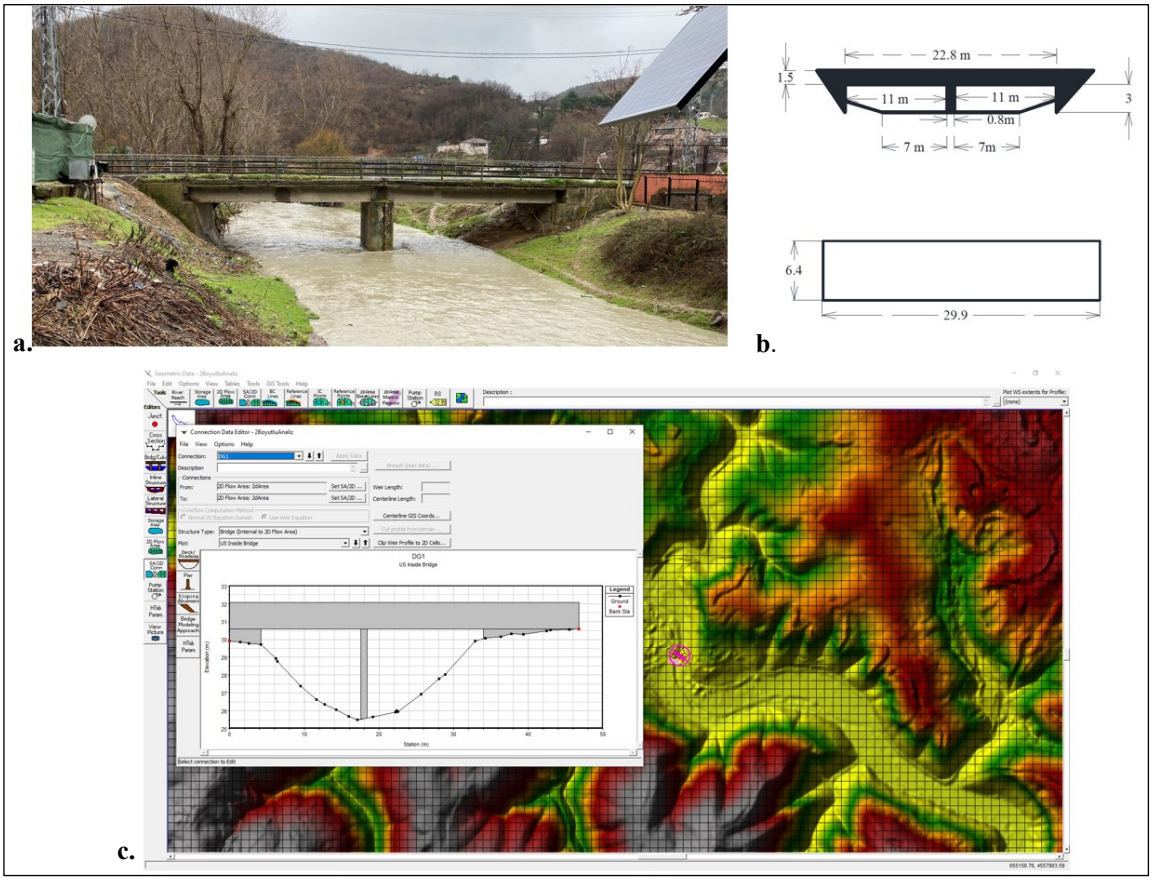
$$h_{en} = k_{en}\frac{V_{en}^2}{2g} \tag{3.22}$$

Burada, h_{en} yapıya girişteki başlangıç enerji kaybı (L), k_{en} başlangıç kayıpları katsayısı, V_{en} suyun menfeze giriş hızı (L/T) ve g yerçekimi ivmesi (L^2/T) olarak verilmiştir.

Bu kapsamda, 2-B akım alanına sanat yapıları tanımlanmıştır. Öncelikle Alibeyköy Deresi üzerinde bulunan sanat yapıları (köprü ve menfezler) tespit edilmiştir. Yapılar ve konumları İSKİ'den temin edilen "1/1000 ölçekli Hâlihazır Haritalar" üzerinden tespit edilmiştir. Tespit edilen sanat yapılarının yerleri Google Earth uydu görüntülerinden kontrol edilmiştir. Söz konusu yapıların güncel durumları arazi gezisinde gözlemlenmiştir. Program için gerekli ölçüler alınarak fotoğraflanmıştır. Dere geçişinin olduğu 14 sanat yapısı olup, bunlardan 7 tanesi menfezdir.

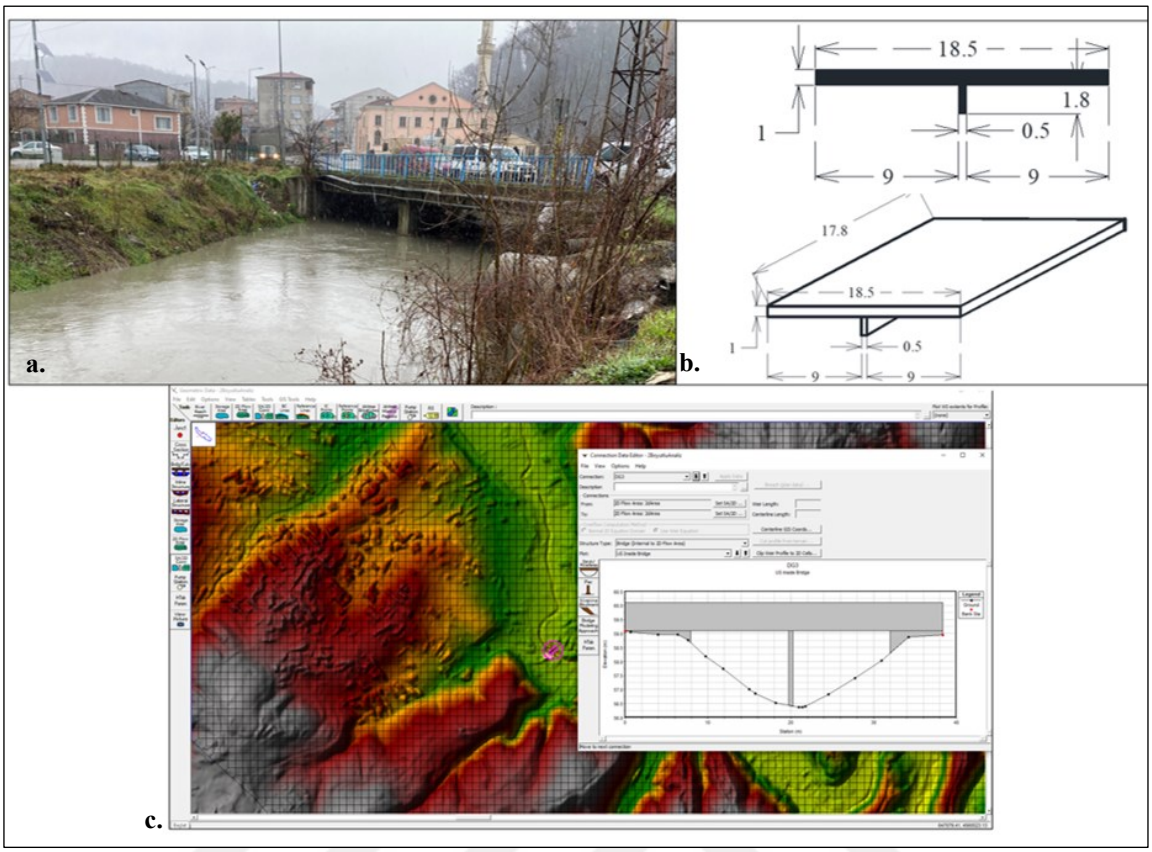
Savak akım katsayısı olarak, USACE (2021)'nin önerisine uyularak 2,6 kullanılmıştır. Menfezlerin kesit özellikleri, göz sayısı ve malzemeleri dikkate alınarak modele tanımlanmıştır. Menfezler için yüzey Manning pürüzlülük katsayıları katsayısı (n) 0,011 ve kayıp katsayısı (k_{en}) 0,4 olarak seçilmiştir (USACE, 2021b). Bu seçimler yapılırken yapıların malzemeleri ile akarsu yatak özellikleri göz önünde bulundurulmuştur. Köprü tanımlamaları yapılırken, köprü ayak sayısı, ayak genişlikleri, tabliye uzunluğu ve genişliği ile tabliye kalınlığı gibi bilgiler programa tanımlanmıştır. Havzada bulunan sanat yapıları yerinde incelenerek ölçüler alınmıştır. Bu kapsamda köprü ayak yükseklikleri, ayak açıklıkları, tabliye kalınlıkları sahaya gidilerek lazer metre ile ölçülmüştür. Arazide gözlemlenip fotoğraflanan sanat yapıları **Şekil 3.14**'den **Şekil**

3.21'e kadar verilen görsellerde detaylandırılmıştır. Ayrıca, bu yapılara ait koordinatlar parantez içinde şekiller ile birlikte verilmiştir.

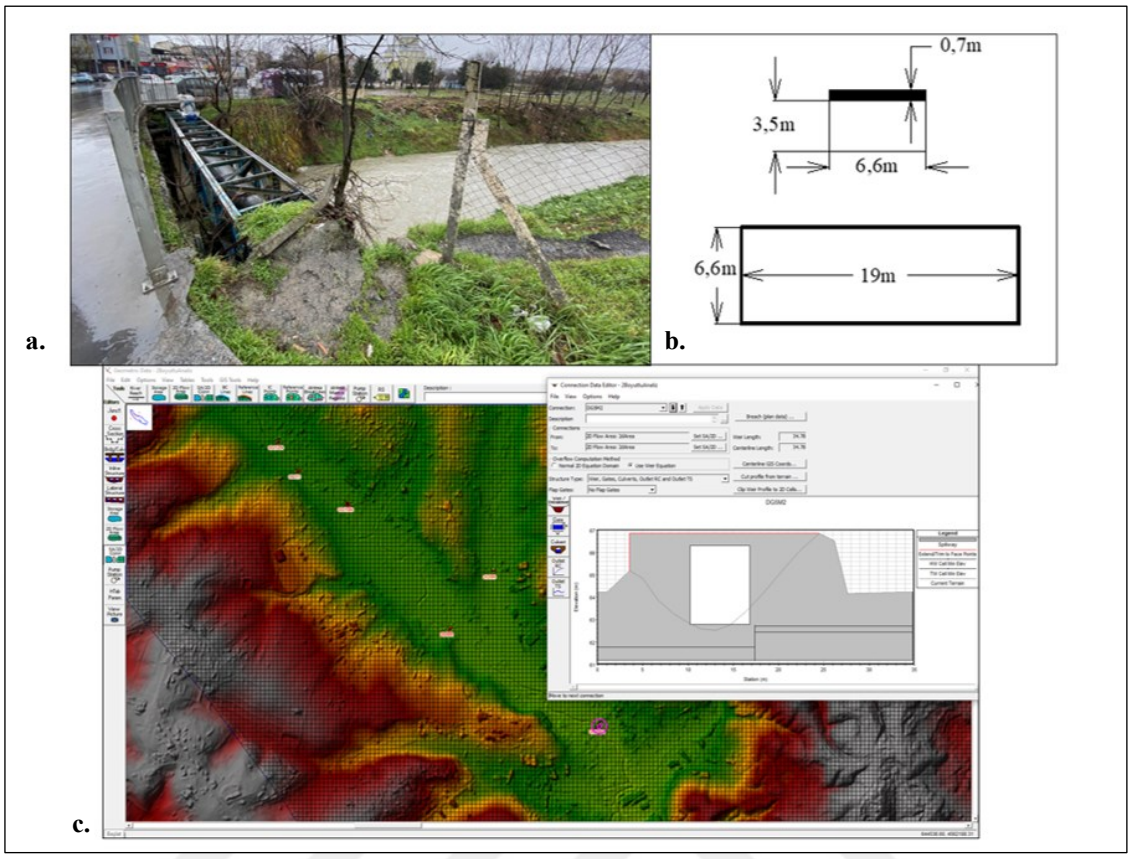


Şekil 3.14: Pirinççi Köyü'nde dere geçişinin sağlandığı köprünün **a.)** fotoğrafı, **b.)** kesit bilgileri **c.)** programda 2-B akım alanına tanımlanması (41° 9'46.52"N-28°51'9.59"E).

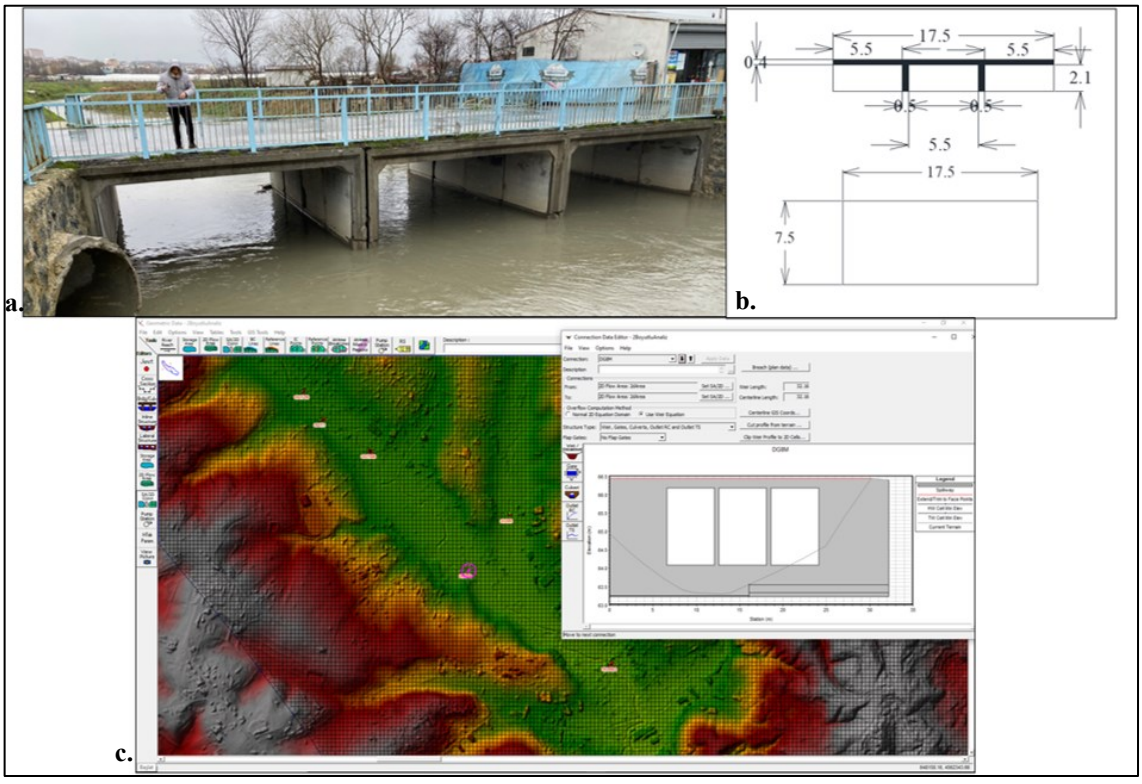
HEC-RAS köprü modellemelerinde, eğer birbirine çok yakın paralel iki köprü var ise bu köprüler için tek bir köprü tanımlanmasını uygun görmektedir. Boğazköy Mahallesi'nde bulunan paralel köprüler için de bu uygulamaya başvurulmuştur **(Şekil 3.15**). **Şekil 3.14**, **Şekil 3.15** ve **Şekil 3.21**'de dere üzerindeki köprüler verilirken, **Şekil 3.16**, **Şekil 3.17**, **Şekil 3.18**, **Şekil 3.19** ve **Şekil 3.20**'de menfezler gösterilmiştir.



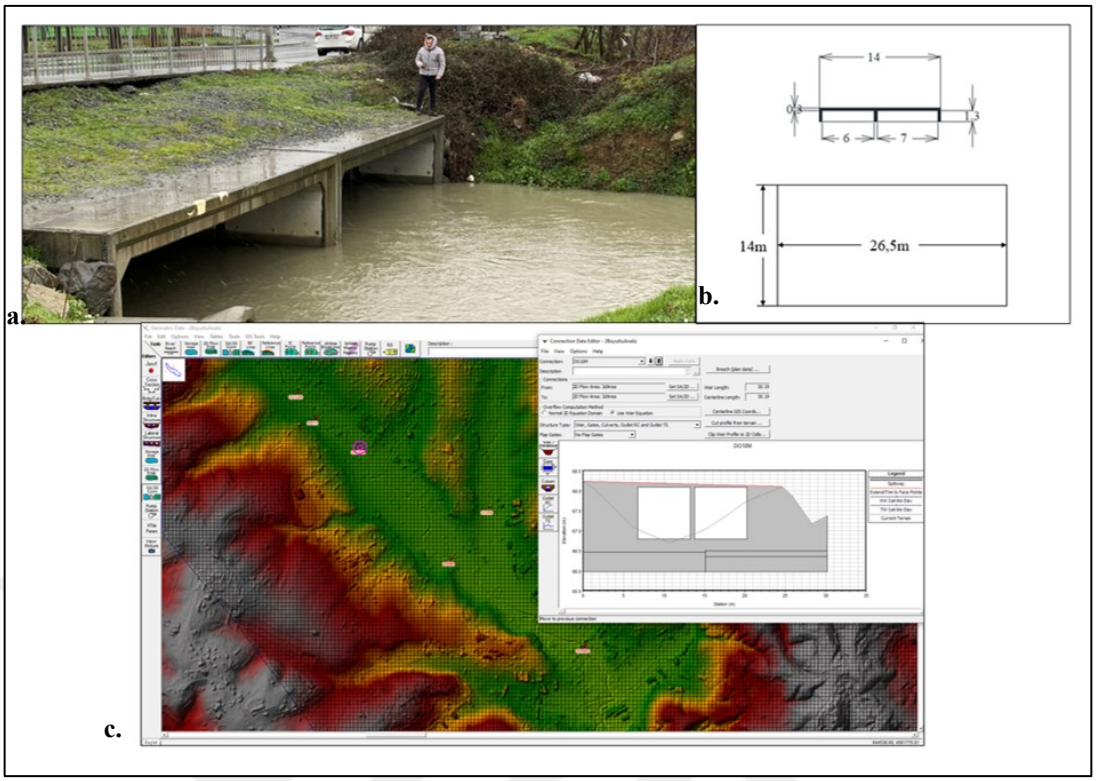
Şekil 3.15: Boğazköy Mahallesi'nde bulunan köprünün **a.)** fotoğrafı, **b.)** kesit bilgileri **c.)** programda 2-B akım alanına tanımlanması (41°10'51.21"N-28°46'16.24"E).



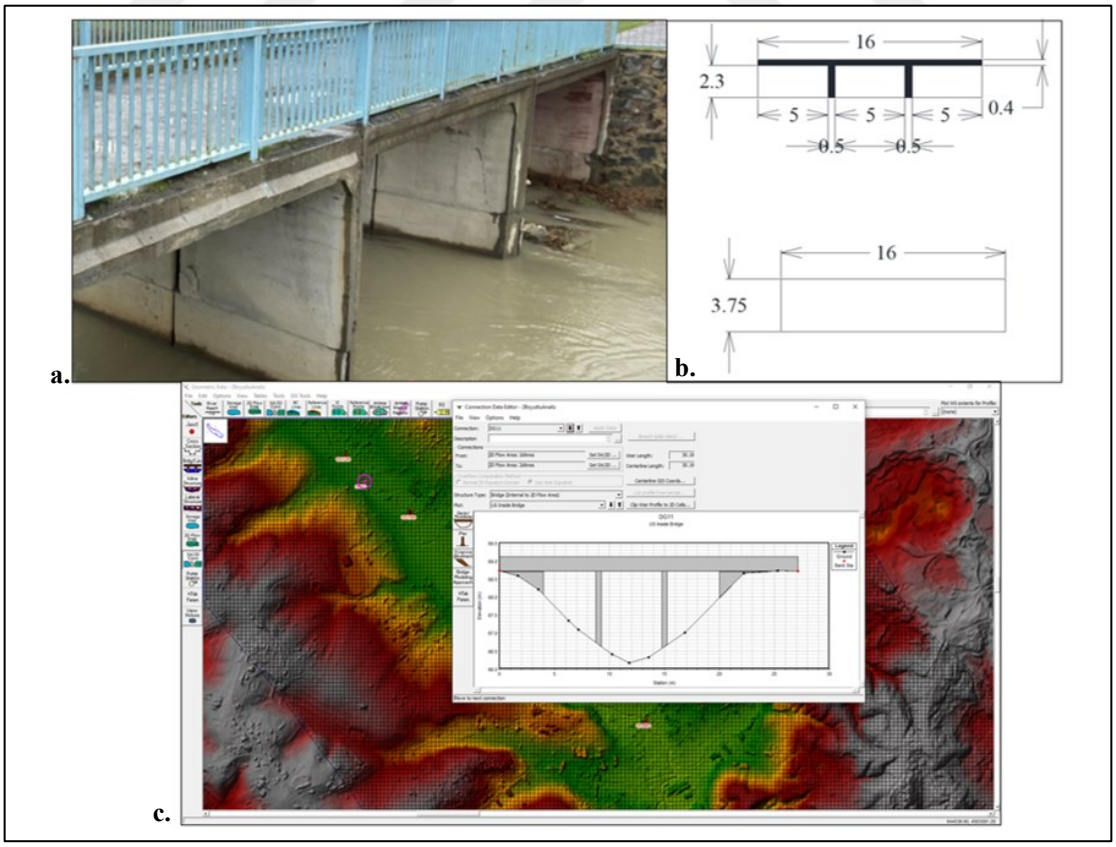
Şekil 3.16: Yıldırım Beyazıt Caddesi'nde bulunan menfezin **a.)** fotoğrafı, **b.)** kesit bilgileri **c.)** programda 2-B akım alanına tanımlanması (41°11'51.68"N-28°45'49.51"E).



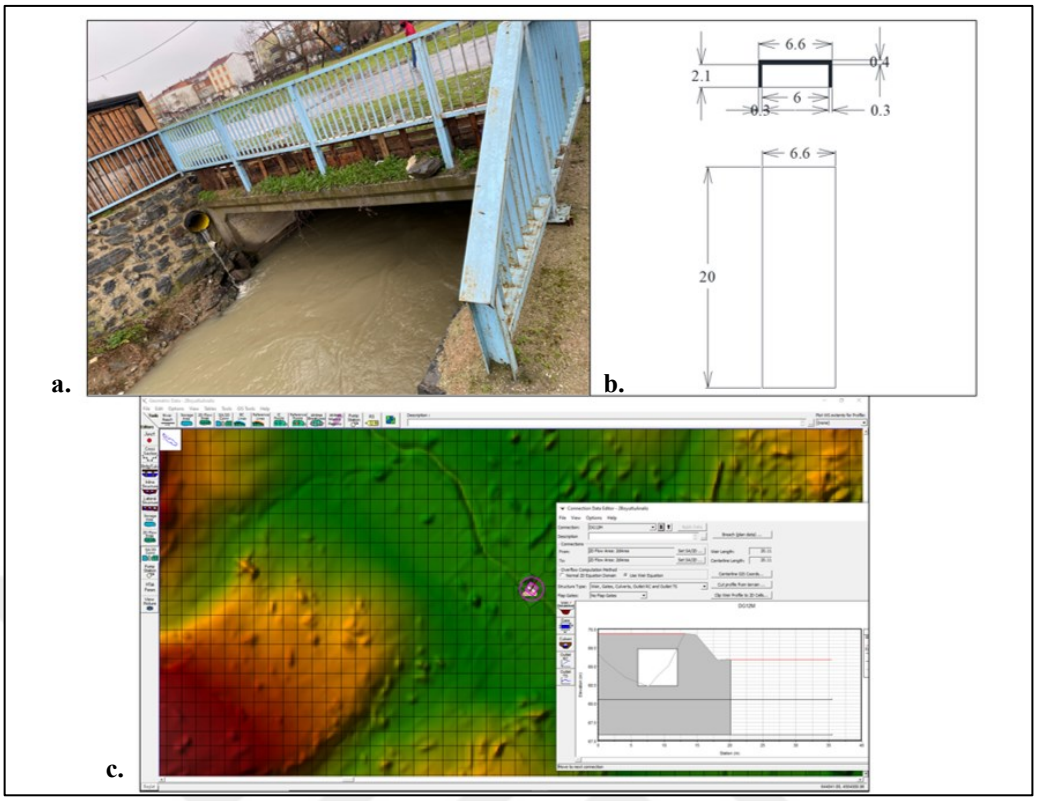
Şekil 3.17: Sanayi Caddesi'nde bulunan menfezin **a.)** fotoğrafı, **b.)** kesit bilgileri **c.)** programda 2-B akım alanına tanımlanması (41°12'14.82"N-28°45'4.71"E).



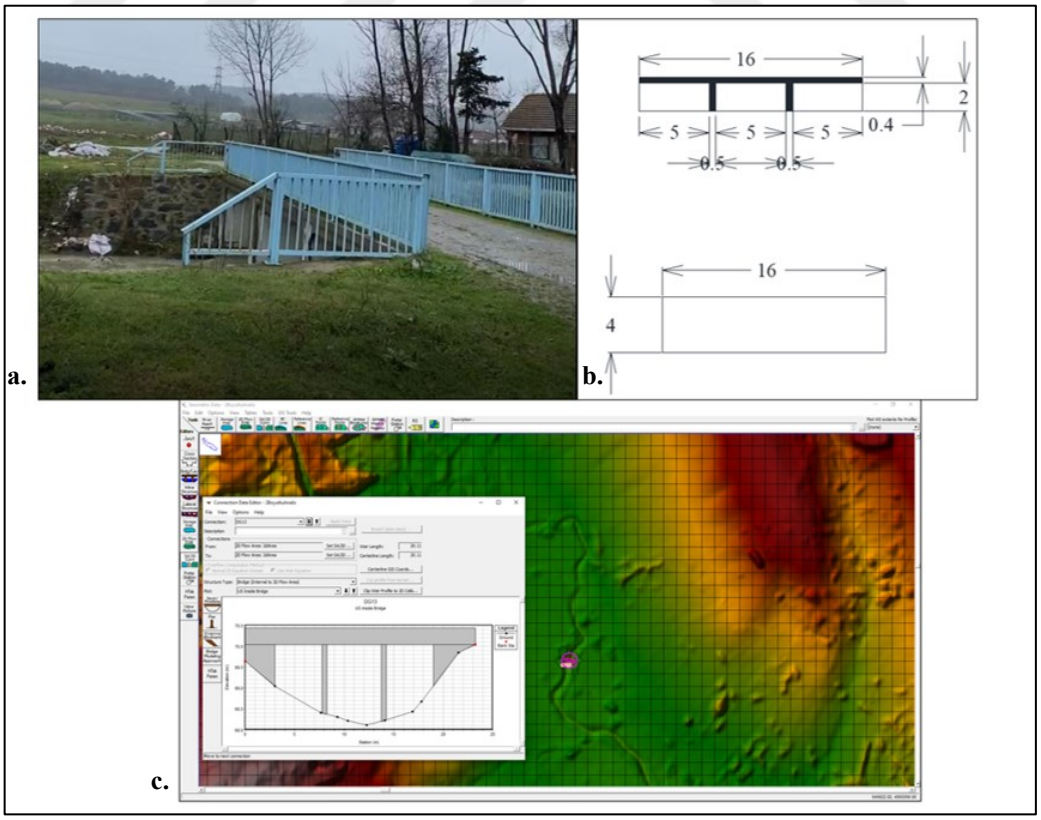
Şekil 3.18: Sevban Mehmet Caddesi'nde bulunan menfezin **a.)** fotoğraf, **b.)** kesit bilgileri **c.)** programda 2-B akım alanına tanımlanması (41°12'44.06"N-28°44'34.48"E).



Şekil 3.19: Vakıf Sokak üzerinde bulunan menfezin **a.)** fotoğrafı, **b.)** kesit bilgileri **c.)** programda 2-B akım alanına tanımlanması (41°12'51.75"N-28°44'19.37"E).

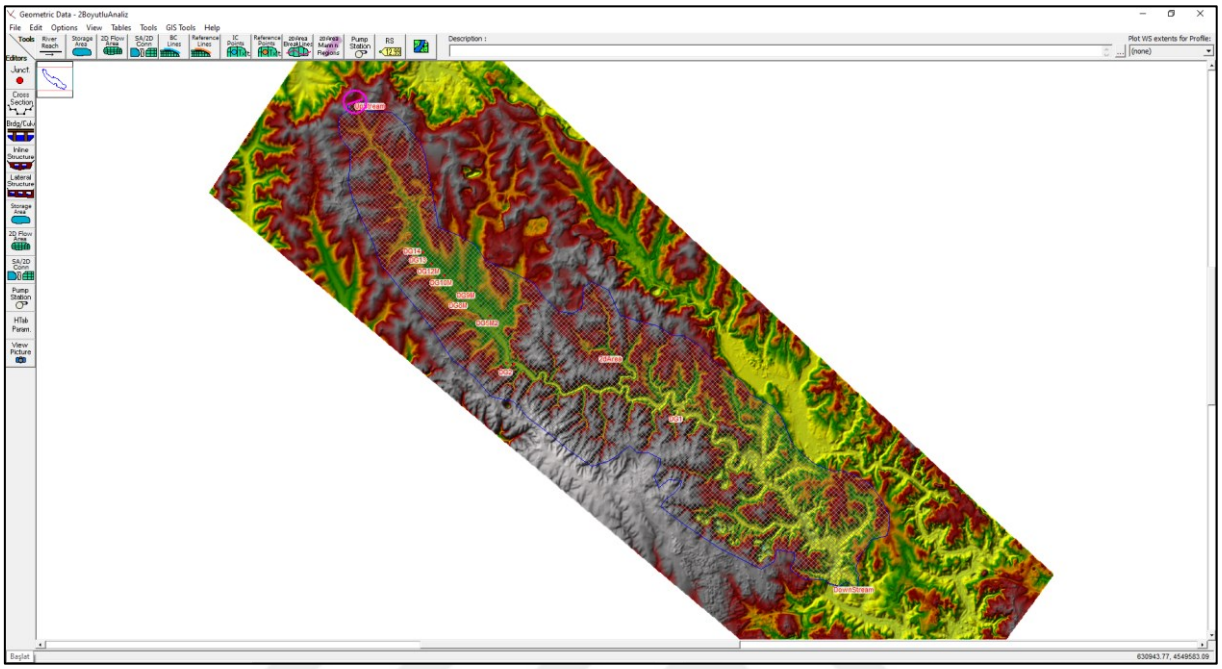


Şekil 3.20: Türkiye Caddesi'nde bulunan menfezin **a.)** fotoğrafı, **b.)** kesit bilgileri **c.)** programda 2-B akım alanına tanımlanması (41°12'58.69"N-28°44'13.19"E).



Şekil 3.21: Berhudar Sokak üzerinde bulunan köprünün **a.)** fotoğrafı, **b.)** kesit bilgileri **c.)** programda 2-B akım alanına tanımlanması (41°13'13.65"N-28°44'0.03"E).

Bütün yapıların tanımlandığı, akım sınır koşullarının belirlendiği 2-B akım alanının geometrik veri penceresi üzerindeki genel görüntü **Şekil 3.22**'de verilmiştir.



Şekil 3.22: Sanat yapılarının tanımlandığı 2-B akım alanının geometrik veride genel görüntüsü.

4. BULGULAR

4.1. ARAZİ ÖRTÜSÜ/ARAZİ KULLANIMI HARİTALARI (1990-2100)

CORINE'nin hazırlamış olduğu mevcut çalışmalara (1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yılları) ait arazi sınıf bilgileri doğrudan kullanılmıştır. ArcGIS'de hesaplanan yüzey alan değerleri kaydedilerek, arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıfına göre havza üzerindeki yüzdelik dağılımları hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında geçmişe dönük olarak ihtiyaç duyulan 2010, 2016 ve 2020 yıllarına ait sınıflandırma değerleri ise havza üzerindeki nüfus hareketliliği, uydu görüntüleri ile bu tarihlere nispeten yakın zamanda hazırlanmış arazi örtüsü/arazi kullanımı haritaları göz önünde bulundurularak tespit edilmiştir. Havzanın 2016 yılına ait ölçüm değerleri bulunduğu için bu yılın arazi sınıf dağılımları önem taşımaktadır. Bu değerler kalibrasyonda kullanılmıştır.

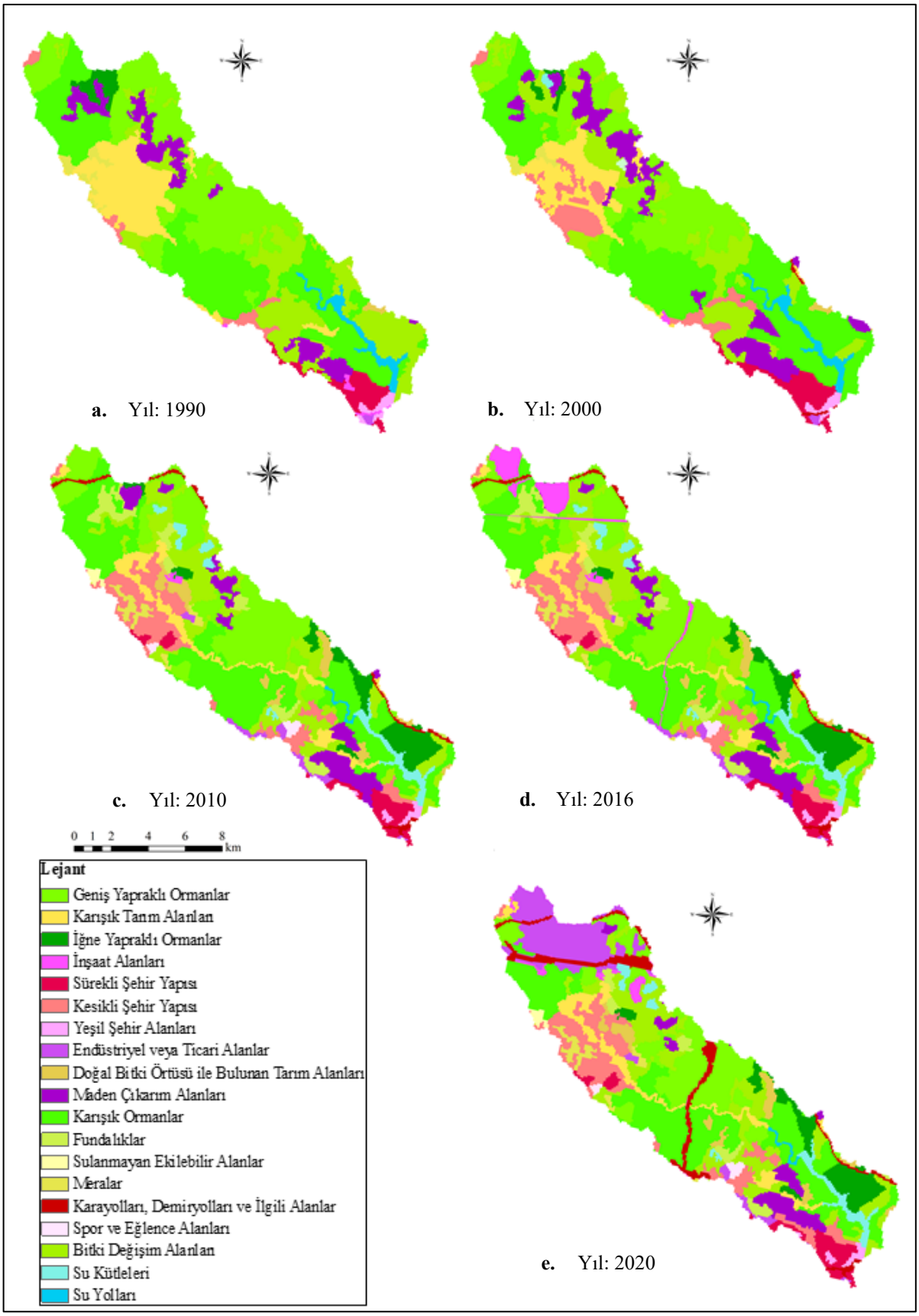
Çalışma kapsamında, Alibeyköy Havzası'nın arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarının 1990-2020 yılları içerisindeki alansal ve yüzde dağılımları tespit edilerek **Tablo 4.1**'de sunulmuştur. Yıllara göre arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarında meydana gelen yüzde ve alansal değişimler genel olarak görülmektedir. Söz konusu değişimlerin, havza üzerindeki zamansal dağılımları **Şekil 4.1**'de verilen haritalarda gösterilmektedir. Özellikle 2016 yılı itibari ile başlayan İstanbul Havalimanı inşaatının, havzanın arazi örtüsü/arazi kullanımı üzerinde dikkat çekici bir etki yarattığı görülmektedir. Söz konusu yıllar içerisinde "*Orman ve Yarı Doğal Alanlar*" sınıfında zamanla bir azalış görülürken, "*Yapay Bölgeler*" sınıfında ise yeni sınıfların ortaya çıktığı ve zamanla bu alanlarda artış olduğu görülmektedir. Yapay bölgelerin artışı doğrudan kentleşme faaliyetlerinin hızlandığı anlamına gelmektedir. Geçirimliliği yüksek doğal arazi örtüleri yerlerini geçirimsiz veya az geçirimli yapılara bırakmaya başlamıştır. Havzayı temsil eden arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarının CN değerleri ile bunlara karşılık gelen geçirimlilik yüzdeleri **Tablo 3.2**'de özetlenmişti. Söz konusu tablodaki bilgiler ile sınıfların alansal dağılımları kullanılarak, Alibeyköy Havza'sının araştırma yılları içerisinde sahip olduğu ağırlıklı CN değerleri ile geçirimsiz yüzey alanları tespit edilmiştir. Elde dilen bulgular **Tablo 4.2**'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Alibeyköy Havzası'ndaki arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarında yıllara göre meydana gelen değişim (1990-2020).

			YILLAR													
			1990		2000		2006		2010		2016		2018		2020	
Sınıf	Kod	Alt Sınıf	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%
1. Yapay Bölgeler	111	Sürekli Şehir Yapısı	4,49	2,79	5,28	3,27	4,40	2,73	4,63	2,87	4,64	2,87	4,63	2,87	4,63	2,87
	112	Kesikli Şehir Yapısı	2,69	1,67	9,90	6,14	13,62	8,45	13,22	8,20	13,40	8,31	13,81	8,57	12,75	7,91
	121	Endüstriyel veya Ticari Alanlar	0,25	0,16	0,25	0,16	1,35	0,84	1,78	1,11	1,68	1,04	1,26	0,78	17,13	10,63
	122	Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar			0,40	0,25	0,42	0,26	2,23	1,38	2,23	1,38	2,23	1,38	5,88	3,65
	131	Maden Çıkarım Alanları	11,51	7,14	15,92	9,87	11,69	7,25	9,15	5,68	8,00	4,96	7,11	4,41	6,68	4,14
	133	İnşaat Alanları	0,54	0,34	0,19	0,12	0,46	0,29	0,36	0,22	9,64	5,98	21,42	13,29	3,42	2,12
	141	Yeşil Şehir Alanları	1,18	0,73	1,01	0,63	0,80	0,50	0,92	0,57	0,92	0,57	0,92	0,57	0,92	0,57
	142	Spor ve Eğlence Alan							0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53
2. Tarımsal Alanlar	211	Sulanmayan Ekilebilir Alan					0,58	0,36	0,58	0,36	0,58	0,36	0,58	0,36	0,58	0,36
	231	Meralar	1,79	1,11	1,10	0,68	2,08	1,29	2,27	1,41	2,27	1,41	2,27	1,41	2,27	1,41
	242	Karışık Tarım Alanları	18,36	11,39	12,29	7,62	7,65	4,74	7,86	4,87	7,86	4,87	7,96	4,94	7,96	4,94
	243	Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları	0,43	0,27	0,43	0,27	4,95	3,07	4,44	2,76	4,44	2,76	4,11	2,55	4,11	2,55
3. Orman ve Yarı Doğal Alanlar	311	Geniş Yapraklı Ormanlar	40,14	24,90	32,84	20,37	29,93	18,57	30,12	18,68	21,91	13,59	22,71	14,09	22,71	14,09
	312	İğne Yapraklı Ormanlar	2,62	1,63	1,13	0,70	9,17	5,69	8,84	5,48	8,84	5,48	8,53	5,29	8,53	5,29
	313	Karışık Ormanlar	44,92	27,87	52,53	32,59	38,80	24,07	39,85	24,72	39,85	24,72	34,21	21,22	34,21	21,22
	321	Fundalıklar			23,97	14,87	9,28	5,76	5,63	3,49	5,63	3,49	3,12	1,94	3,12	1,94
	324	Bitki Değişim Alanları	28,89	17,92	0,26	0,16	21,67	13,44	23,45	14,55	23,45	14,55	20,71	12,85	20,71	12,85
5. Su Yapıları (Su Kütleleri)	511	Su Yolları	3,38	2,10	3,38	2,10	0,47	0,29	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30
	512	Su Kütleleri			0,32	0,20	3,87	2,40	4,52	2,81	4,52	2,81	4,26	2,65	4,26	2,64

Tablo 4.2: Arazi örtüsü/arazi kullanımına göre hesaplanan havza geneli ağırlıklı CN ve geçirimsiz yüzey alanları (1990-2020).

Yıllar	CN_{ort}	Geçirimsiz Alan, I (%)
1990	74,3856	18,44
2000	76,6948	22,69
2010	74,9534	23,73
2016	75,8697	27,04
2020	77,1801	30,88



Şekil 4.1: Alibeyköy Havzası CORINE sınıflandırmasına göre arazi örtüsü/arazi kullanım haritaları **a.)** Yıl: 1990, **b.)** Yıl: 2000, **c.)** Yıl: 2010, **d.)** Yıl: 2016 ve **e.)** Yıl: 2020.

2030-2100 yılları için arazi kullanım haritalarının elde edilebilmesi için öncelikle nüfus tahminleri yapılmıştır. Havzada yer alan mahallelerin nüfusları dikkate alınarak (**Tablo 3.1**) aritmetik ortalama metodu ile hesaplanan geleceğe ait nüfus tahminleri **Tablo 4.3**'de verilmiştir.

Tablo 4.3: Havza sınırları içerisinde kalan mahallere ait projeksiyon yapılarak hesaplanan nüfuslar.

	Mahalle	Nüfus Tahminleri							
		2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Artnavutköy	**İmrahor***	8931	9117	9304	9491	9678	9864	10051	10238
	İslambey	25363	28047	30732	33416	36101	38786	41470	44155
	Atatürk	12031	15115	18200	21284	24369	27454	30538	33623
	Boğazköy İstiklal	14881	18868	22856	26844	30831	34819	38807	42795
	Yunus Emre	22278	26849	31419	35990	40561	45132	49702	54273
	Mavi Göl	12829	16818	20808	24797	28786	32775	36765	40754
	Hicret	4526	5595	6663	7732	8800	9869	10937	12006
	Merkez	9462	11336	13210	15083	16957	18831	20705	22579
	M.Fevzi Çakmak*	3648	4665	5682	6699	7716	8733	9750	10767
	Yavuz Selim	12576	13720	14863	16006	17150	18293	19436	20579
	Anadolu	61481	81936	102391	122846	143301	163756	184211	204666
	Nenehatun	11766	14247	16729	19211	21692	24174	26656	29137
	Tayakadın	2039	2344	2649	2954	3259	3564	3869	4175
Eyüp	**Mithat Paşa***	8487	10403	12319	14236	16152	18068	19984	21900
	Pirinççi	3548	3644	3740	3837	3933	4029	4125	4221
	Göktürk Merkez*	13911	18211	22510	26810	31110	35410	39710	44009
	Güzeltepe*	10596	12775	14954	17133	19312	21491	23670	25849
Sultangazi	Yayla	8176	8307	8439	8571	8703	8834	8966	9098
	Habipler	18778	25775	32772	39769	46766	53763	60759	67756
	75. Yıl	37290	42506	47721	52937	58152	63367	68583	73798
	Cebeci	68987	77304	85622	93940	102257	110575	118893	127211
	Gazi	43169	51098	59028	66957	74886	82815	90745	98674
	Zübeyde Hanım	35277	38834	42392	45950	49507	53065	56623	60181
	Esentepe	76198	88365	100533	112701	124868	137036	149204	161372
	Yunus Emre	65570	79650	93730	107810	121890	135970	150050	164130
Gop	**Karayolları***	22892	25817	28741	31666	34591	37515	40440	43364
	Mevlana	24126	24827	25527	26228	26929	27630	28330	29031
Toplam		638815	756175	873536	990897	1108258	1225618	1342979	1460340

**Mahalle sınırlarının tamamı Alibeyköy Havzası içersinde değildir. Bu yüzden mahallenin geleceğe dönük nüfus projeksyionundaki tahminler havza sınırlarında kalan alanları temsil edebilecek şekilde makul oranlarda azaltılmıştır.*

Nüfus tahmin sonuçları ve havzanın büyüme potansiyeli göz önünde bulundurularak üç farklı senaryo kurgulanmış ve 2030-2100 yılları için 10'ar yıllık periyotlar için arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarında değişimler oluşturulmuştur. Her bir senaryo için arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarında yıllara göre meydana gelen değişimler, arazinin kentleşme eğilimi dikkate alınarak tahmin edilmiş ve kurgulanmıştır. Arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarındaki değişim, mera ve ekilebilir arazilerin tarım alanlarına; tarım alanlarının kesikli yerleşim yerlerine, kesikli yerleşim yerlerinin ise sürekli yerleşim veya endüstriyel kullanım alanlarına dönüştürülmesi şeklinde bir bakış açısı takip edilerek kurgulanmıştır. Kentleşmenin ve buna bağlı olarak geçirimsiz alanların değişim hızlarının düşük, orta ve hızlı olması durumları dikkate alınarak 3 faklı senaryo oluşturulmuştur.

4.1.1. Senaryo-I

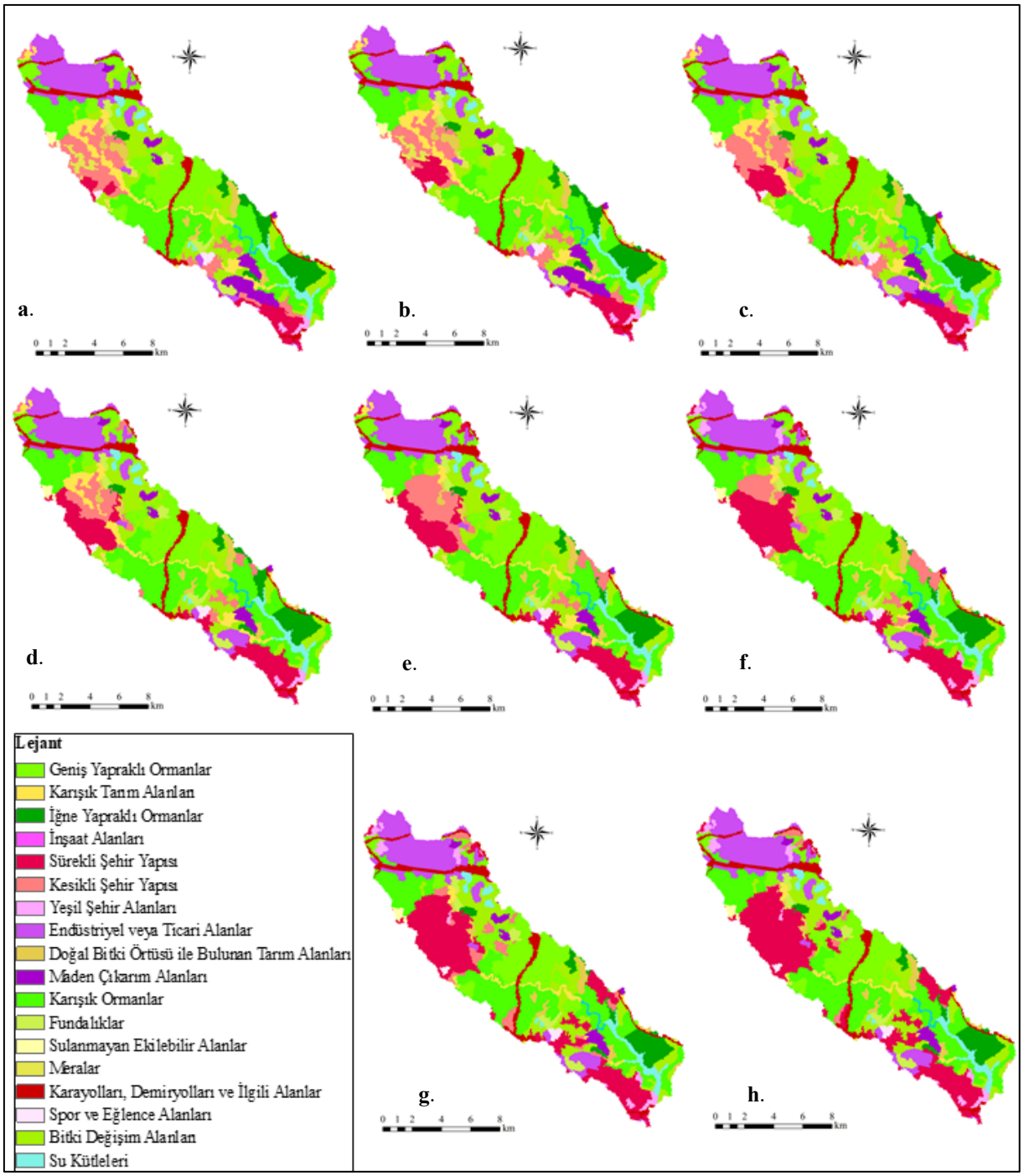
Senaryo-I, **kentleşme hızının düşük olması durumunu temsil etmektedir**. Nüfus artış hızı ve önceki yıllarda arazi sınıflarında meydana gelmiş olan değişim eğilimleri göz önünde bulundurularak kurgulanmıştır. Yüzey geçirimliliği fazla olan "Orman ve Yarı Doğal Alanlar" sınıfındaki arazilere mümkün mertebe müdahale edilmeyeceği varsayılmıştır. Çünkü, orman statüsündeki yerlerin içerisinden yol ve benzeri yapıların geçirilmesi veya imara açılarak yerleşim ve ticari faaliyetlerin yürütülmesi çok gerçekçi ve kabul edilebilir bir senaryo değildir. Bu yüzden, daha çok benzer yüzey geçirimsizliğine sahip olan güncel "Yapay Bölgeler"in alt sınıfları içerisinde bir dönüşüm geçirmesi üzerinden bu senaryo geliştirilmiştir. Buna göre yıllara göre oluşturulan arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarının havza üzerindeki dağılımları **Tablo 4.4**'de verilmiştir. Arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıfı açısından, söz konusu sınıflar havzanın bazı bölgelerinde azalıp daralırken, başka bir noktasında ortaya çıkıp artış gösterebilmektedir. Değişimlerin havza üzerindeki zamansal ve mekânsal dağılımları ise **Şekil 4.2**'de görüldüğü üzere haritalandırılmıştır. Kentleşmeye bağlı olarak yapay bölgeler sınıfında zamanla kademeli olarak artışlar sürmektedir.

Senaryo-I kapsamında, 2020 yılı itibariyle mevcut kesikli şehir yapısına sahip bölgeler, nüfus artışına bağlı olarak zamanla sürekli şehir yapısına dönüşmektedir. Sürekli şehir yapısında meydana gelen ve gelmesi beklenen artış ve genişleme insanların sosyo-ekonomik taleplerinde de artışa neden olacaktır. Bu yüzden, ticaret alanları ve endüstriyel faaliyetlerin yürütüldüğü alanların zamana, nüfus artışına ve yerleşim yerlerinin yoğunluğuna bağlı olarak artacağı varsayılmıştır. **Tablo 4.4** incelendiğinde, kesikli şehir yapısının havza üzerindeki toplam yüzde dağılımı 2030, 2050 ve 2070 yıllarında önceki yıla göre artarken, diğer yıllarda ise azalmakta olduğu görülmektedir. Bu durum, mera, boş çıplak arazi veya karışık tarım alanların kesikli şehir yapısına dönüşme hızının, kesikli şehir yapılarının sürekli şehir yapısına dönüşme hızından daha fazla olacağı varsayımdan kaynaklanmaktadır. Zira, düşük ve kontrollü kentleşme durumunda, mera sınıfına giren bir alanın sadece nüfus artışına bağlı olarak zamanla kesikli şehir yapısına dönüşmesi ihtimali daha olasıdır.

Tablo 4.4: Senaryo-I'e göre Alibeyköy Havzası'nda meydana gelmesi beklenen arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarındaki değişim.

			1. Senaryo Yılları															
			2030		2040		2050		2060		2070		2080		2090		2100	
Sınıf	**Kod**	**Alt Sınıf**	**km²**	**%**	**km²**	**%**	**km²**	**%**	**km²**	**%**	**km²**	**%**	**km²**	**%**	**km²**	**%**	**km²**	**%**
1. Yapay Bölgeler	111	Sürekli Şehir Yapısı	5,82	3,61	8,29	5,15	9,35	5,80	15,97	9,91	17,20	10,67	22,60	14,02	30,50	18,92	33,91	21,04
	112	Kesikli Şehir Yapısı	12,91	8,01	10,56	6,55	11,77	7,30	8,51	5,28	10,71	6,64	7,09	4,40	4,18	2,59	0,77	0,48
	121	Endüstriyel veya Ticari Alanlar	18,48	11,47	18,59	11,53	20,36	12,63	20,36	12,63	20,36	12,63	20,36	12,63	20,36	12,63	20,36	12,63
	122	Karayolları, Demiryolları ve ilgili alanlar	5,88	3,65	6,10	3,78	6,10	3,78	6,10	3,78	6,15	3,82	6,15	3,82	6,15	3,82	6,15	3,82
	131	Maden Çıkarım Alanları	6,68	4,14	6,68	4,14	4,90	3,04	3,38	2,10	3,38	2,10	3,38	2,10	3,38	2,10	3,38	2,10
	133	İnşaat Alanları	0,88	0,54	0,71	0,44	0,71	0,44	0,71	0,44	0,65	0,40	0,65	0,40	0,65	0,40	0,65	0,40
	141	Yeşil Şehir Alanları	0,92	0,57	0,92	0,57	0,92	0,57	0,92	0,57	0,92	0,57	2,72	1,69	2,87	1,78	2,87	1,78
	142	Spor ve Eğlence Alan	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53
2. Tarımsal Alanlar	211	Sulanmayan Ekilebilir Alan	0,58	0,36	0,58	0,36	0,58	0,36	0,58	0,36	0,58	0,36	0,58	0,36	0,58	0,36	0,58	0,36
	231	Meralar	2,11	1,31	1,99	1,23	0,21	0,13	0,21	0,13	0,21	0,13	0,21	0,13	0,21	0,13	0,21	0,13
	242	Karışık Tarım Alanları	7,96	4,94	7,96	4,94	7,47	4,64	7,47	4,64	5,11	3,17	4,29	2,66	4,29	2,66	4,29	2,66
	243	Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları	4,11	2,55	4,11	2,55	4,11	2,55	4,11	2,55	4,11	2,55	4,11	2,55	3,97	2,46	3,97	2,46
3. Orman ve Yarı Doğal Alanlar	311	Geniş Yapraklı Ormanlar	22,71	14,09	22,71	14,09	22,71	14,09	22,71	14,09	22,71	14,09	20,23	12,55	20,23	12,55	20,23	12,55
	312	İğne Yapraklı Ormanlar	8,53	5,29	8,53	5,29	8,53	5,29	7,96	4,94	6,90	4,28	6,90	4,28	6,90	4,28	6,90	4,28
	313	Karışık Ormanlar	34,21	21,22	34,21	21,22	34,21	21,22	32,94	20,43	32,94	20,43	32,94	20,43	31,24	19,38	31,24	19,38
	321	Fundalıklar	3,12	1,94	3,12	1,94	3,12	1,94	3,12	1,94	3,12	1,94	3,12	1,94	3,12	1,94	3,12	1,94
	324	Bitki Değişim Alanları	20,71	12,85	20,56	12,75	20,56	12,75	20,56	12,75	20,56	12,75	20,27	12,58	16,98	10,53	16,98	10,53
5. Su Yapıları (Su Kütleleri)	511	Su Yolları	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30
	512	Su Kütleleri	4,26	2,64	4,26	2,64	4,26	2,64	4,26	2,64	4,26	2,64	4,26	2,64	4,26	2,64	4,26	2,64

Önceki yıla göre: *Artış* *Azalış*



Şekil 4.2: Alibeyköy Havzası CORINE sınıflandırmasına göre arazi örtüsü/arazi kullanımları, Senaryo-I; **a.)** Yıl: 2030, **b.)** Yıl: 2040, **c.)** Yıl: 2050, **d.)** Yıl: 2060, **e.)** Yıl: 2070, **f.)** Yıl: 2080, **g.)** Yıl: 2090 ve **h.)** Yıl: 2100**.**

Senaryo-I için oluşturulan arazi örtüsü/arazi kullanımı alanları (**Tablo 4.4**) ve **Tablo 3.2**'de verilen bilgiler ışığında, Alibeyköy Havza'sı için muhtemel ağırlıklı CN değerleri ile geçirimsiz yüzey alanları hesaplanarak **Tablo 4.5**'de verilmiştir. Elde edilen bu değerler hidrolojik model aşamasında kalibre edilerek daha sonra taşkın modelinde kullanılmıştır.

Tablo 4.5: Senaryo-I'in arazi örtüsü/arazi kullanım dağılımına göre hesaplanan ağırlıklı CN ve geçirimsiz alan yüzdesi değerleri.

Yıllar	CN_{ort}	Geçirimsiz Alan (%)
2030	77,2147	31,04
2040	77,2910	31,42
2050	77,4699	32,08
2060	77,7991	33,55
2070	78,0726	34,90
2080	78,4656	36,17
2090	79,2366	38,48
2100	79,3000	38,90

4.1.2. Senaryo-II

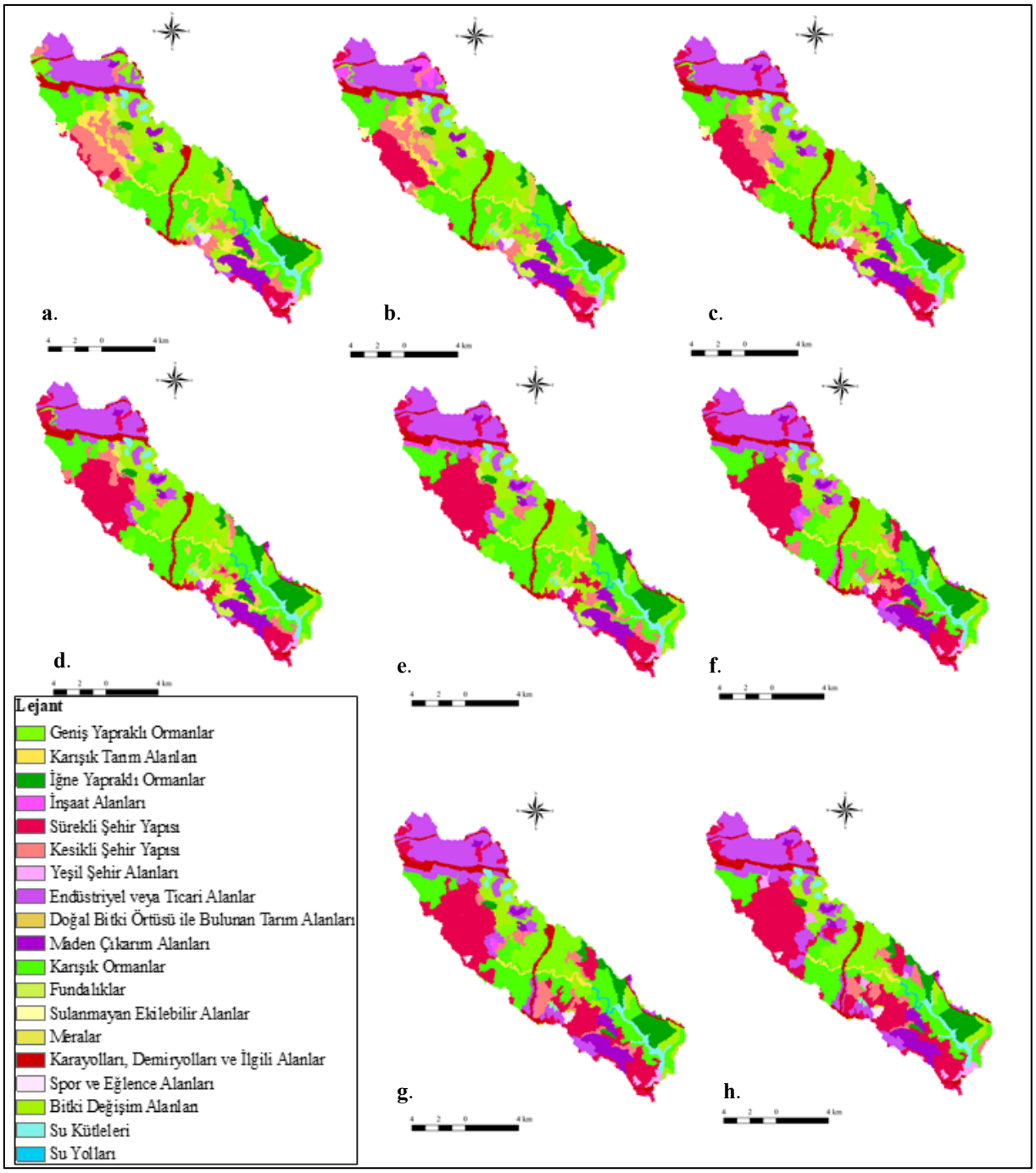
Senaryo-II, **ilk senaryoya göre kentleşmenin daha hızlı ilerlemesi durumu üzerine kurgulanmıştır.** Havza içerisindeki kentleşme senaryosunu büyük ölçüde mevcut ve gelecek nüfusa dayandırmak fazla iyimser ve kontrollü bir bakış açısı oluşturmaktadır. Sosyo-ekonomik ihtiyaçlara cevap vermek adına yürütülen çalışmalar neticesinde beklenmedik değişiklikler meydana gelebilir. İstanbul Havalimanı'nın inşaatı ve kullanıma açılması buna bir örnektir. Alibeyköy Havzası üzerinde önemli bir yer kaplayan havalimanı, havzanın arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarındaki değişimlerde önemli bir etki yaratmıştır. Havalimanının gelmesi, yeni yollar ve çevrede yeni yapılaşma faaliyetlerini de beraberinde getirmiştir. Bu yüzden, Senaryo-I'deki korumacı varsayımdan biraz uzaklaşılarak kentleşmenin daha hızlı olduğu bu senaryo oluşturulmuştur. Havza genelindeki arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarındaki değişim ve dönüşüm daha keskin ve fark edilebilirdir. **Tablo 4.6**'da da görüleceği üzere, arazi geçirimliliği fazla olan "Orman ve Yarı Doğal Alanlar" ile "Tarımsal Alanlar" zamanla azalırken, "Yapay Bölgeler" için alansal artışların meydana geleceği varsayılmıştır. Değişimlerin havza üzerindeki sınıfsal dağılımı **Şekil 4.3**'de verilmiştir.

Yüzey geçirimliliği yüksek arazi alanlarının yerlerini zamanla geçirimsiz yapay alanlara bırakma hızı doğrudan kentleşme hızını etkilemektedir. Bir diğer ifadeyle, ne kadar çok geçirimli yüzey alanı ne kadar kısa sürede geçirimsiz yapılarla yer değiştirirse kentleşme o kadar hızlıdır. Senaryo-II, geçirimliliği yüksek olan tarımsal alanlar ile orman ve yarı doğal alanlara Senaryo-I'e nispeten daha fazla müdahale edilmesi durumuna göre kurgulanmıştır. **Tablo 4.6** ve **Tablo 4.4** incelendiğinde, yapılan müdahale ve kurgulama farklılıkları anlaşılmaktadır. Bu senaryoda, 2040 yılı itibariyle bitki değişim alanlarının ve 2070 yılı itibariyle de fundalık ve karışık orman gibi orman ve yarı doğal alanlara daha çok müdahale edileceği kabul edilmiştir. **Tablo 4.6**'da sunulduğu üzere, Senaryo-I'e göre tarımsal alanlar ile orman ve yarı doğal alanlarda daha çok azalmanın olduğu görülmektedir.

Tablo 4.6: Senaryo-II'ye göre Alibeyköy Havzası'nda meydana gelmesi beklenen arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarındaki değişim.

			2. Senaryo Yılları															
			2030		2040		2050		2060		2070		2080		2090		2100	
Sınıf	Kod	Alt Sınıf	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%
1. Yapay Bölgeler	111	Sürekli Şehir Yapısı	5,87	3,64	13,38	8,30	19,85	12,32	25,20	15,63	29,09	18,05	32,84	20,37	38,62	23,96	42,59	26,42
	112	Kesikli Şehir Yapısı	15,27	9,48	9,94	6,16	6,72	4,17	5,15	3,20	4,58	2,84	3,91	2,43	2,03	1,26	0,29	0,18
	121	Endüstriyel veya Ticari Alanlar	16,35	10,14	16,35	10,14	19,84	12,31	20,79	12,90	22,07	13,69	25,10	15,57	27,49	17,05	29,97	18,59
	122	Karayolları, Demiryolları ve ilgili alanlar	8,52	5,29	8,52	5,29	8,52	5,29	8,52	5,29	8,52	5,29	8,52	5,29	8,52	5,29	8,52	5,29
	131	Maden Çıkarım Alanları	7,11	4,41	7,11	4,41	7,11	4,41	7,11	4,41	7,11	4,41	7,11	4,41	7,11	4,41	7,11	4,41
	133	İnşaat Alanları	0,05	0,03	3,32	2,06	1,22	0,76	1,22	0,76	1,62	1,01	1,68	1,04	0,13	0,08	0,00	0,00
	141	Yeşil Şehir Alanları	0,92	0,57	0,92	0,57	0,92	0,57	0,92	0,57	0,92	0,57	0,92	0,57	0,92	0,57	3,02	1,87
	142	Spor ve Eğlence Alan	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53
2. Tarımsal Alanlar	211	Sulanmayan Ekilebilir Alan	0,58	0,36	0,58	0,36	0,58	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	231	Meralar	0,71	0,44	0,71	0,44	0,47	0,29	0,47	0,29	0,47	0,29	0,47	0,29	0,47	0,29	0,47	0,29
	242	Karışık Tarım Alanları	7,50	4,65	7,24	4,49	5,06	3,14	4,10	2,55	2,68	1,66	2,68	1,66	2,68	1,66	2,68	1,66
	243	Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları	4,11	2,55	4,11	2,55	3,37	2,09	1,59	0,98	1,14	0,71	0,50	0,31	0,29	0,18	0,15	0,09
3. Orman ve Yarı Doğal Alanlar	311	Geniş Yapraklı Ormanlar	22,71	14,09	19,44	12,06	19,15	11,88	18,57	11,52	17,83	11,06	17,00	10,54	17,00	10,54	12,83	7,96
	312	İğne Yapraklı Ormanlar	8,53	5,29	8,53	5,29	8,53	5,29	8,53	5,29	8,53	5,29	8,53	5,29	8,53	5,29	8,53	5,29
	313	Karışık Ormanlar	34,21	21,22	34,21	21,22	34,21	21,22	34,21	21,22	33,67	20,89	32,52	20,18	29,96	18,58	29,16	18,09
	321	Fundalıklar	3,12	1,94	3,12	1,94	2,55	1,58	2,55	1,58	1,74	1,08	0,17	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
	324	Bitki Değişim Alanları	20,03	12,43	18,12	11,24	17,51	10,86	16,67	10,34	15,64	9,70	13,67	8,48	11,87	7,37	10,32	6,40
5. Su Yapıları (Su Kütleleri)	511	Su Yolları	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30
	512	Su Kütleleri	4,26	2,65	4,26	2,65	4,26	2,65	4,26	2,65	4,26	2,64	4,26	2,64	4,26	2,64	4,26	2,64

Önceki yıla göre: *Artış* *Azalış*



Şekil 4.3: Alibeyköy Havzası CORINE sınıflandırmasına göre arazi örtüsü/arazi kullanımları, Senaryo-II; **a.)** Yıl: 2030, **b.)** Yıl: 2040, **c.)** Yıl: 2050, **d.)** Yıl: 2060, **e.)** Yıl: 2070, **f.)** Yıl: 2080, **g.)** Yıl: 2090 ve **h.)** Yıl: 2100**.**

Senaryo-II için oluşturulan arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarının alansal ve yüzde dağılımları (**Tablo 4.6**) ve bu sınıfların CN, yüzey geçirimlilik verileri (**Tablo 3.2**) göz önünde bulundurularak, Alibeyköy Havza'sının Senaryo-II kapsamı için muhtemel ağırlıklı CN değerleri ile geçirimsiz yüzey alanları hesaplanarak **Tablo 4.7**'de verilmiştir. Bu değerler, hidrolojik model aşamasında kalibre edilerek taşkın modelinde kullanılmıştır.

Tablo 4.7: Senaryo-II'nin arazi örtüsü/arazi kullanımına göre hesaplanan ağırlıklı CN ve geçirimsiz alan yüzdesi değerleri.

Yıllar	CN_{ort}	Geçirimsiz Alan (%)
2030	77,4459	31,66
2040	78,6863	34,42
2050	78,1887	36,66
2060	79,1887	38,78
2070	79,7142	40,78
2080	80,4258	43,03
2090	81,0833	45,24
2100	81,8460	47,28

4.1.3. Senaryo-III

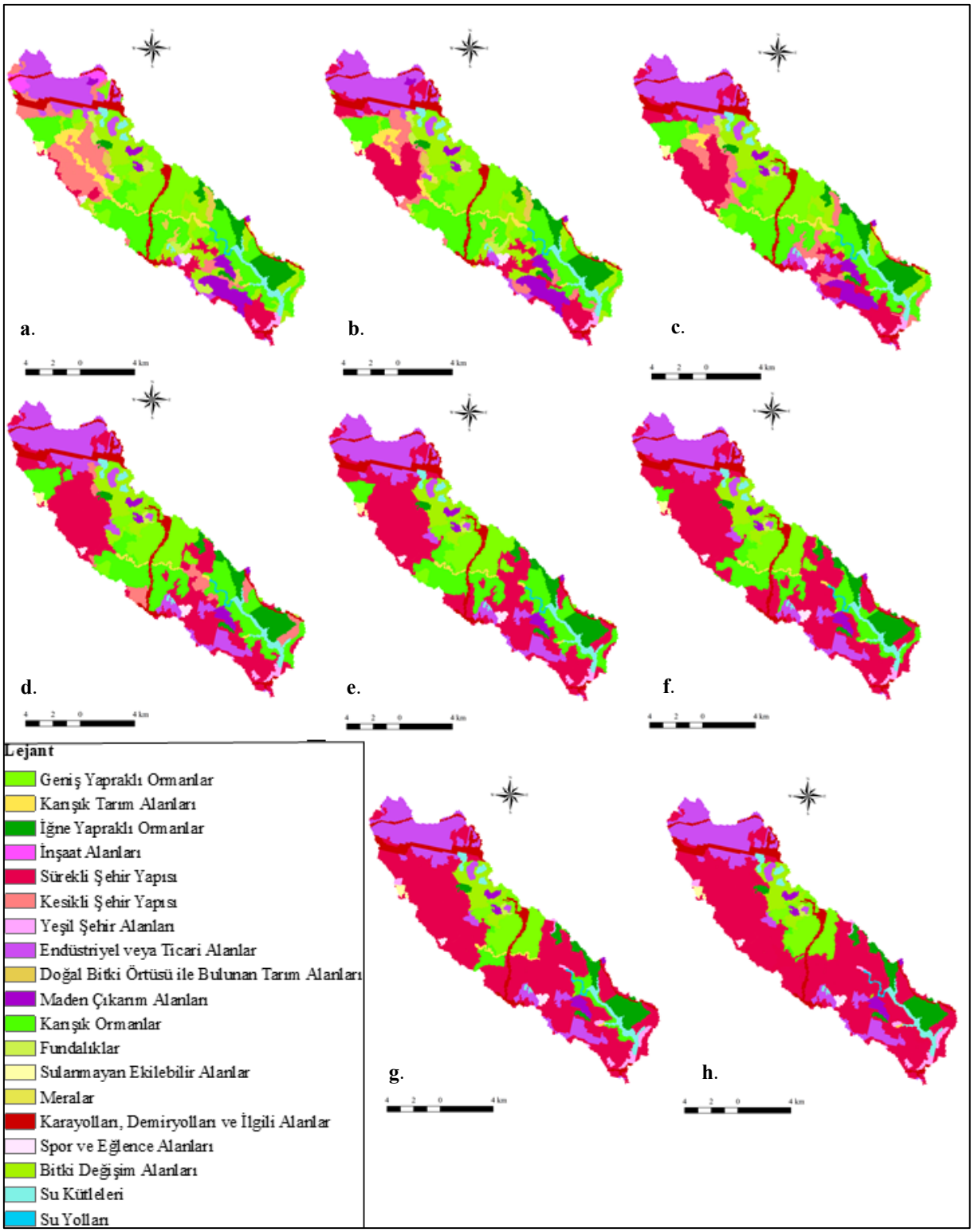
Senaryo-III, **hızlı kentleşmenin ve geçirimsiz arazi miktarındaki en büyük artışı gösteren senaryodur**. Kentleşmenin taşkınlar üzerindeki olumsuz etkisi dikkate alındığında birinci senaryoyu iyimser bu senaryoyu da kötümser senaryo olarak tanımlayabiliriz. Bu senaryo arazi örtüsü/arazi kullanımlarında her 10 yılda bir ciddi farklılıklar meydana gelecek şekilde kurgulanmıştır. "Yapay Bölgeler" kapsamında ve bilhassa da "Sürekli Şehir Yapısı" sınıfında sürekli bir artış varsayımı yapılmıştır. **Tablo 4.8**'de görüldüğü üzere, "Tarımsal Alanlar" ile "Orman ve Yarı Doğal Alanlar"ın zamanla "Yapay Bölge" arazi yapısına evrildiği varsayılmıştır. Değişimlerin havza üzerindeki sınıfsal dağılımı zamansal ve mekânsal olarak **Şekil 4.4**'de verilmiştir.

Bu senaryo kapsamında, tarım alanları ile orman ve yarı doğal alanların 2030 yılı itibariyle azalmaya başlayacağı kabul edilmiştir. İlk iki senaryoda özellikle 2050 yıllarına kadar, azalmayan veya kontrollü azalan doğal alanlar, bu senaryoda daha kontrolsüz ve hızlı bir şekilde azalmaktadır. Doğal alanlar çok daha hızlı bir şekilde yerlerini yapay alanlara bırakmaktadır. Tarım arazileri hemen hemen yok olmuş ve ormanlarda ciddi azalmalar meydana gelmiştir. 2030 yılında yaklaşık %39'u yapay olan Alibeyköy Havzası için bu değer 2100 yılında yaklaşık %75,5 seviyesine yükselmiştir.

Tablo 4.8: Senaryo-III'e göre Alibeyköy Havzası'nda meydana gelmesi beklenen arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarındaki değişim.

			3. Senaryo Yılları															
			2030		2040		2050		2060		2070		2080		2090		2100	
Sınıf	**Kod**	**Alt Sınıf**	**km²**	**%**	**km²**	**%**	**km²**	**%**	**km²**	**%**	**km²**	**%**	**km²**	**%**	**km²**	**%**	**km²**	**%**
1. Yapay Bölgeler	111	Sürekli Şehir Yapısı	8,94	5,55	26,39	16,37	30,74	19,07	46,38	28,77	58,74	36,44	68,06	42,22	80,32	49,82	87,94	54,55
	112	Kesikli Şehir Yapısı	17,88	11,09	5,54	3,44	10,77	6,68	7,34	4,55	0,28	0,17	0,28	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
	121	Endüstriyel veya Ticari Alanlar	15,90	9,86	18,48	11,46	21,56	13,37	21,56	13,37	21,56	13,37	21,56	13,37	21,56	13,37	21,56	13,37
	122	Karayolları, Demiryolları ve ilgili alanlar	9,37	5,81	9,37	5,81	9,01	5,59	9,01	5,59	9,01	5,59	9,01	5,59	9,01	5,59	9,01	5,59
	131	Maden Çıkarım Alanları	7,11	4,41	7,11	4,41	6,77	4,20	6,35	3,94	6,35	3,94	6,35	3,94	5,75	3,57	5,75	3,57
	133	İnşaat Alanları	2,42	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	141	Yeşil Şehir Alanları	0,92	0,57	0,92	0,57	0,92	0,57	0,92	0,57	0,92	0,57	0,92	0,57	2,38	1,48	2,38	1,48
	142	Spor ve Eğlence Alan	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53	0,86	0,53
2. Tarımsal Alanlar	211	Sulanmayan Ekilebilir Alan	0,58	0,36	0,58	0,36	0,58	0,36	0,58	0,36	0,58	0,36	0,58	0,36	0,58	0,36	0,58	0,36
	231	Meralar	0,72	0,45	0,72	0,45	0,59	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	242	Karışık Tarım Alanları	6,07	3,76	5,25	3,26	2,79	1,73	2,25	1,40	2,25	1,40	2,25	1,40	1,90	1,18	1,27	0,79
	243	Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları	3,23	2,01	2,76	1,71	0,13	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Orman ve Yarı Doğal Alanlar	311	Geniş Yapraklı Ormanlar	19,31	11,98	17,93	11,12	17,50	10,85	17,50	10,85	17,50	10,85	16,65	10,33	15,97	9,90	8,98	5,57
	312	İğne Yapraklı Ormanlar	8,53	5,29	8,53	5,29	8,53	5,29	8,53	5,29	8,53	5,29	8,53	5,29	8,53	5,29	8,53	5,29
	313	Karışık Ormanlar	31,49	19,53	31,49	19,53	31,30	19,41	24,73	15,34	20,28	12,58	11,80	7,32	0,00	0,00	0,00	0,00
	321	Fundalıklar	3,12	1,94	2,32	1,44	1,32	0,82	1,32	0,82	1,32	0,82	1,32	0,82	1,32	0,82	1,32	0,82
	324	Bitki Değişim Alanları	20,03	12,43	18,22	11,30	13,12	8,14	9,15	5,67	8,29	5,15	8,29	5,15	8,29	5,15	8,29	5,15
5. Su Yapıları (Su Kütleleri)	511	Su Yolları	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30
	512	Su Kütleleri	4,26	2,65	4,26	2,65	4,26	2,65	4,26	2,65	4,26	2,65	4,26	2,65	4,26	2,65	4,26	2,65

Önceki yıla göre: *Artış* *Azalış*



Şekil 4.4: Alibeyköy Havzası CORINE sınıflandırmasına göre arazi örtüsü/arazi kullanımları, Senaryo-III; **a.)** Yıl: 2030, **b.)** Yıl: 2040, **c.)** Yıl: 2050, **d.)** Yıl: 2060, **e.)** Yıl: 2070, **f.)** Yıl: 2080, **g.)** Yıl: 2090 ve **h.)** Yıl: 2100.

Senaryo-III için oluşturulan arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarının alansal ve yüzde kullanımları (**Tablo 4.8**) ve bu sınıfların CN, yüzey geçirimlilik özellikleri (**Tablo 3.2)** göz önünde bulundurularak, Alibeyköy Havza'sının Senaryo-III kapsamındaki muhtemel ağırlıklı CN değerleri ile geçirimsiz yüzey alanları hesaplanarak **Tablo 4.9**'da verilmiştir. Elde edilen bu değerler hidrolojik model aşamasında kalibre edilerek daha sonra taşkın modelinde kullanılmıştır.

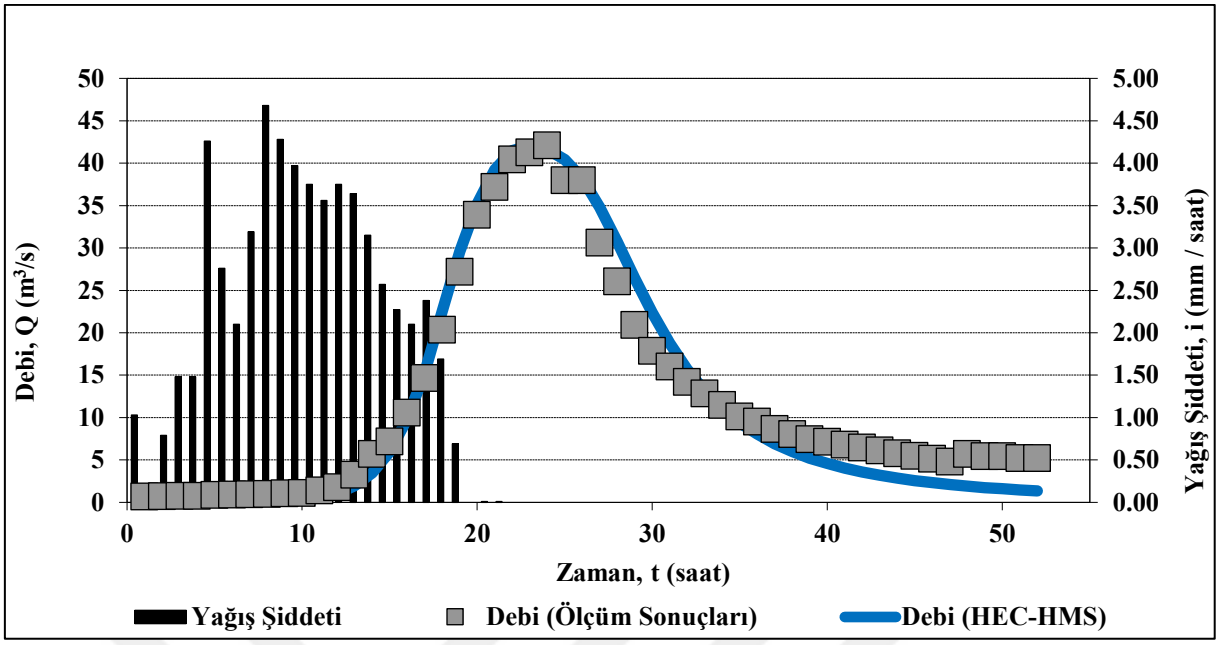
Tablo 4.9: Senaryo-III'ün arazi örtüsü/arazi kullanımına göre hesaplanan ağırlıklı CN ve geçirimsiz alan yüzdesi değerleri.

Yıllar	CN_{ort}	Geçirimsiz Alan (%)
2030	78,3378	35,17
2040	79,1956	38,84
2050	80,4263	42,63
2060	82,0535	48,18
2070	82,8921	51,57
2080	84,1060	59,19
2090	85,6919	61,92
2100	86,6487	65,68

4.2. HİDROLOJİK MODEL SONUÇLARI

4.2.1. Kalibrasyon Sonucu

Ağırlıklı CN ve geçirimsiz alan yüzdesi ile kalibrasyonu yapılan modelin ölçüm ve HEC-HMS analiz sonuçları **Şekil 4.5**'de verilmiştir. Modelin kalibrasyon için uygunluğunu değerlendirmek için istatistiksel hesaplar yapılmıştır. Belirleme katsayısı (R^2) ve Nash katsayısı (ENS) değerlerine bakıldığında sırasıyla 0,98 ve 0,97 sonuçlarına ulaşılmıştır. Pik debiler arasındaki mutlak yüzde hata değeri (APE) ise 0,05 olarak tespit edilmiştir. 1990-2020 yılları arazi örtüsü/arazi kullanımı haritalarından elde edilen ağırlıklı CN ve geçirimsiz alan yüzdesi değerlerinin kalibrasyon sonrası aldığı değerler **Tablo 4.10**'da gösterilmiştir. Daha sonra kalibre edilen değerler senaryoda oluşturulan değerlere de yansıtılmış ve yeni hesaplanan değerler **Tablo 4.11**, **Tablo 4.12** ve **Tablo 4.13**'de verilmiştir.



Şekil 4.5: Model kalibrasyonu için kullanılan HEC-HMS ve ölçüm sonuçları.

Tablo 4.10: Alibeyköy Havzası 1990-2020 yılları için kalibrasyon sonrası alınan düzeltilmiş değerler.

Yıllar	CN_{ort}	Geçirimsiz Alan (%)
1990	68,7778	15,80
2000	70,9129	19,44
2010	69,3028	20,33
2016	70,1500	23,16
2020	71,3616	26,45

Tablo 4.11: Senaryo-I'in arazi örtüsü/arazi kullanımına göre hesaplanan CN ve geçirimsiz alan yüzdesi değerlerinin kalibrasyon sonrası aldığı düzeltilmiş değerler.

Yıllar	CN_{ort}	Geçirimsiz Alan (%)
2030	71,3937	26,59
2040	71,4641	26,91
2050	71,6296	27,48
2060	71,9339	28,74
2070	72,1868	29,90
2080	72,5502	30,98
2090	73,2630	32,96
2100	73,3217	33,32

Tablo 4.12: Senaryo-II'nin arazi örtüsü/arazi kullanımına göre hesaplanan CN ve geçirimsiz alan yüzdesi değerlerinin kalibrasyon sonrası aldığı düzeltilmiş değerler.

Yıllar	CN_{ort}	Geçirimsiz Alan (%)
2030	71,6073	27,12
2040	72,3174	29,48
2050	72,7542	31,40
2060	73,2188	33,19
2070	73,7047	34,93
2080	74,3626	36,86
2090	74,9703	38,78
2100	75,6758	40,50

Tablo 4.13: Senaryo-III'ün arazi örtüsü/arazi kullanımına göre hesaplanan CN ve geçirimsiz alan yüzdesi değerlerinin kalibrasyon sonrası aldığı düzeltilmiş değerler.

Yıllar	CN_{ort}	Geçirimsiz Alan (%)
2030	72,4320	30,12
2040	73,2252	33,27
2050	74,3631	36,51
2060	75,8676	41,28
2070	76,6430	44,17
2080	77,7654	48,13
2090	79,2311	53,04
2100	80,1164	56,26

4.2.2. Kentleşmenin Hidrolojik Etkileri

Oluşturulan her bir senaryo için HEC-HMS programında analizler yapılmıştır. Bu analizler sonucu elde edilen her bir yıl için havza çıkış hidrografları grafikleri **Şekil 4.6**, **Şekil 4.7** ve **Şekil 4.8**'de verilmiştir.

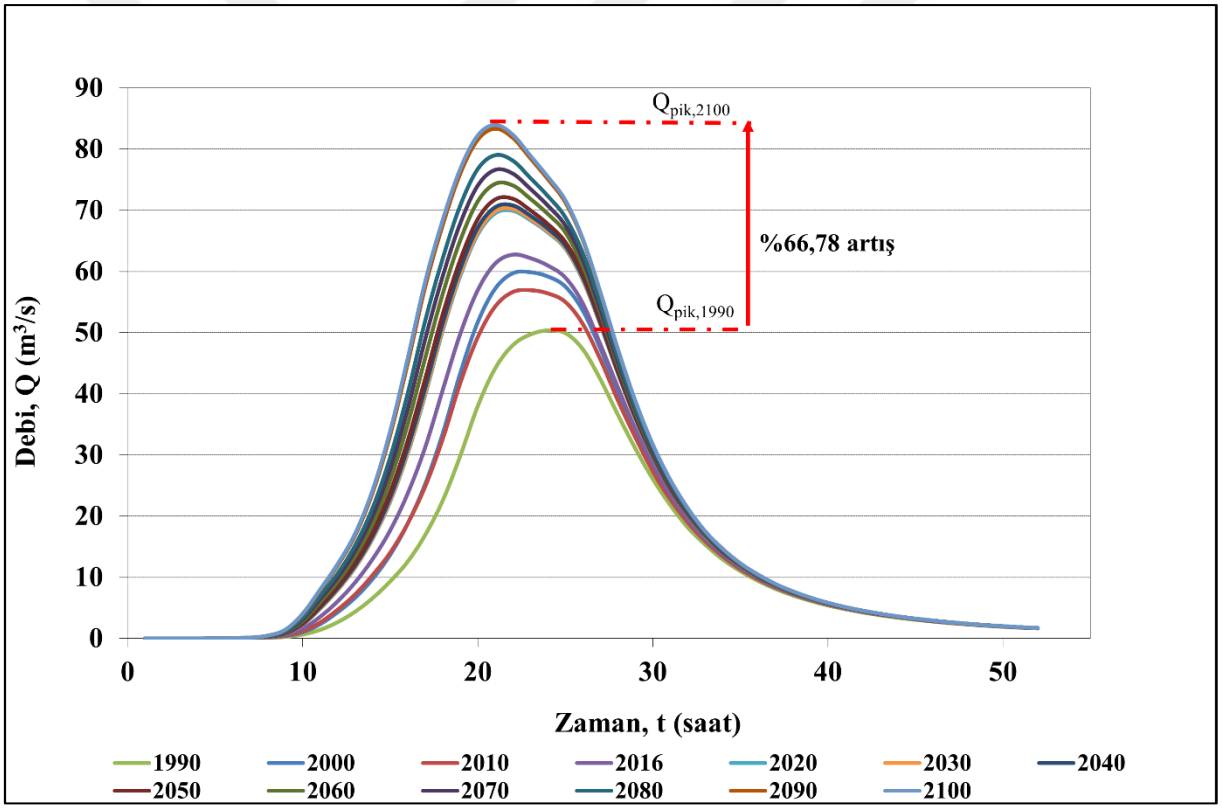
Arazi örtüsü/arazi kullanımına göre oluşturulan senaryolar 2030 yılı itibariyle farklılaşmaya başlamaktadır. Bu yüzden, elde edilen grafiklerin (**Şekil 4.6**, **Şekil 4.7** ve **Şekil 4.8**) 1990-2020 yılları için verilen değerleri aynıdır. 1990 yılından 2020 yılına kadar ağırlıklı CN'nin %3,75 ve geçirimsiz toplam alanın %10,65 artış gösterdiği yapılan hesaplamalar ile elde edilmiştir. Kentleşmeye bağlı olarak meydana gelen bu artış, havza çıkış hidrograf sonuçlarını ve pik debileri etkilemiştir. 1990 yılında 50,34 m^3/s olan pik debi, 2020 yılında 69,94 m^3/s olarak yaklaşık %39 artış göstermiştir.

İyimser bir kentleşme durumunu temsil eden Senaryo-I kapsamında havzanın, 2030-2100 yılları içerisinde 10'ar yıllık aralıklarda CN değerlerinde ortalama 0,2'şer ve geçirimsiz alan yüzdelerinde ortalama 0,87'şer artış olacağı varsayılmıştır. Buna göre ortalama CN değeri 1990'dan 2100 yılına kadar yaklaşık %7,5 artarken, geçirimsiz alanlar %17,72 artmıştır. Söz konusu kentleşme durumunda, 1990 yılında 50,34 m^3/s olan pik debi 2100 yılına gelindiğinde %66,78 artarak 83,95 m^3/s olmuştur (**Şekil 4.6**).

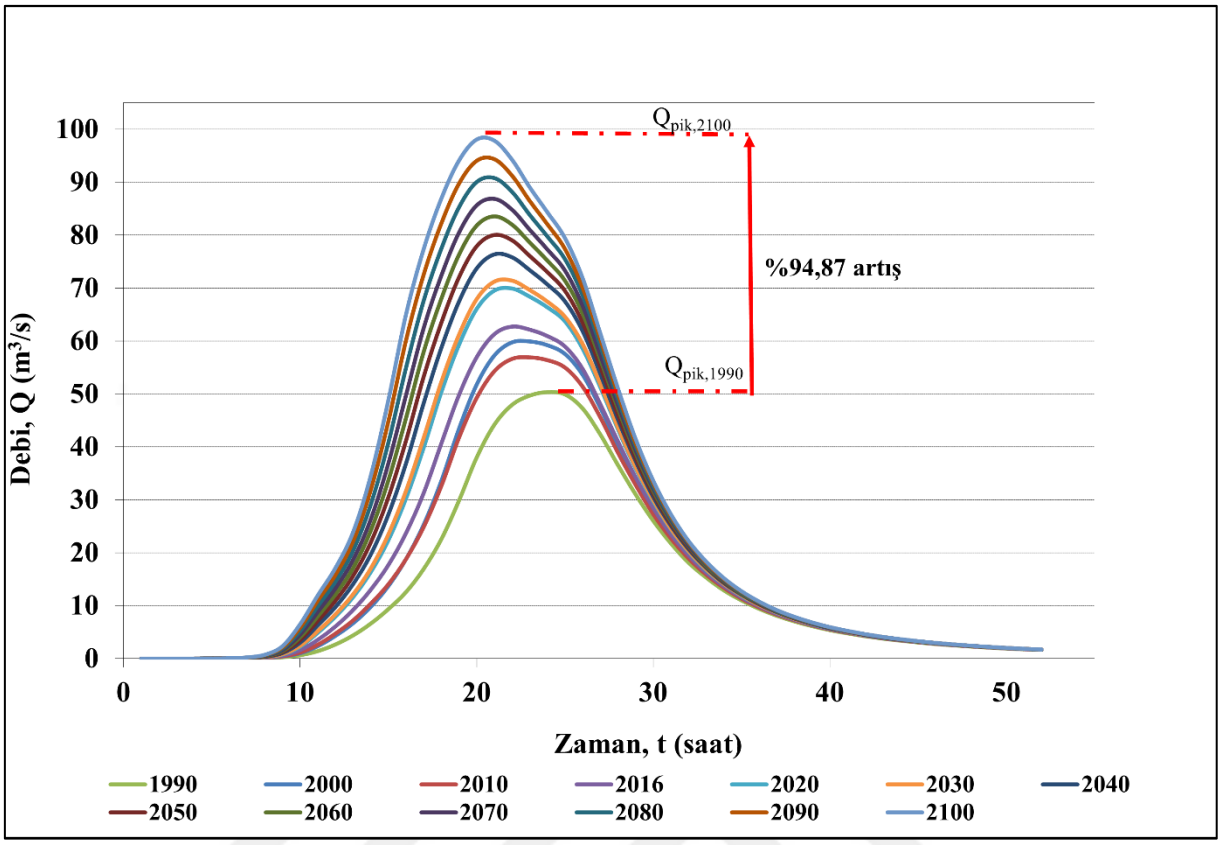
Senaryo-II kapsamında havzanın, 2030-2100 yılları içerisinde 10'ar yıllık aralıklarda CN değerlerinde ortalama yaklaşık 0,6'şar ve geçirimsiz alan yüzdelerinde ortalama 2'şer artış olacağı varsayılmıştır. Buna göre ortalama CN değeri 1990'dan 2100 yılına kadar yaklaşık %10,17 artarken, geçirimsiz alanlar %24,7 artmıştır. Söz konusu kentleşme durumunda, 1990 yılında 50,34 m^3/s olan pik debi 2100 yılına gelindiğinde %94,87 artarak 98,09 m^3/s olmuştur (**Şekil 4.7**).

Kötümser kentleşme durumunu temsil eden Senaryo-III kapsamında havzanın, 2030-2100 yılları içerisinde 10'ar yıllık aralıklarda CN değerlerinde ortalama 1,1'er ve geçirimsiz alan yüzdelerinde ortalama 3,7'şer artış olacağı varsayılmıştır. Buna göre ortalama CN değeri 1990'dan 2100 yılına kadar yaklaşık %16,5 artarken, geçirimsiz alanlar %40,46 artmıştır. Söz konusu kentleşme durumunda, 1990 yılında 50,34 m³/s olan pik debi 2100 yılına gelindiğinde %148,97 artarak 125,33 m³/s olmuştur (**Şekil 4.8**).

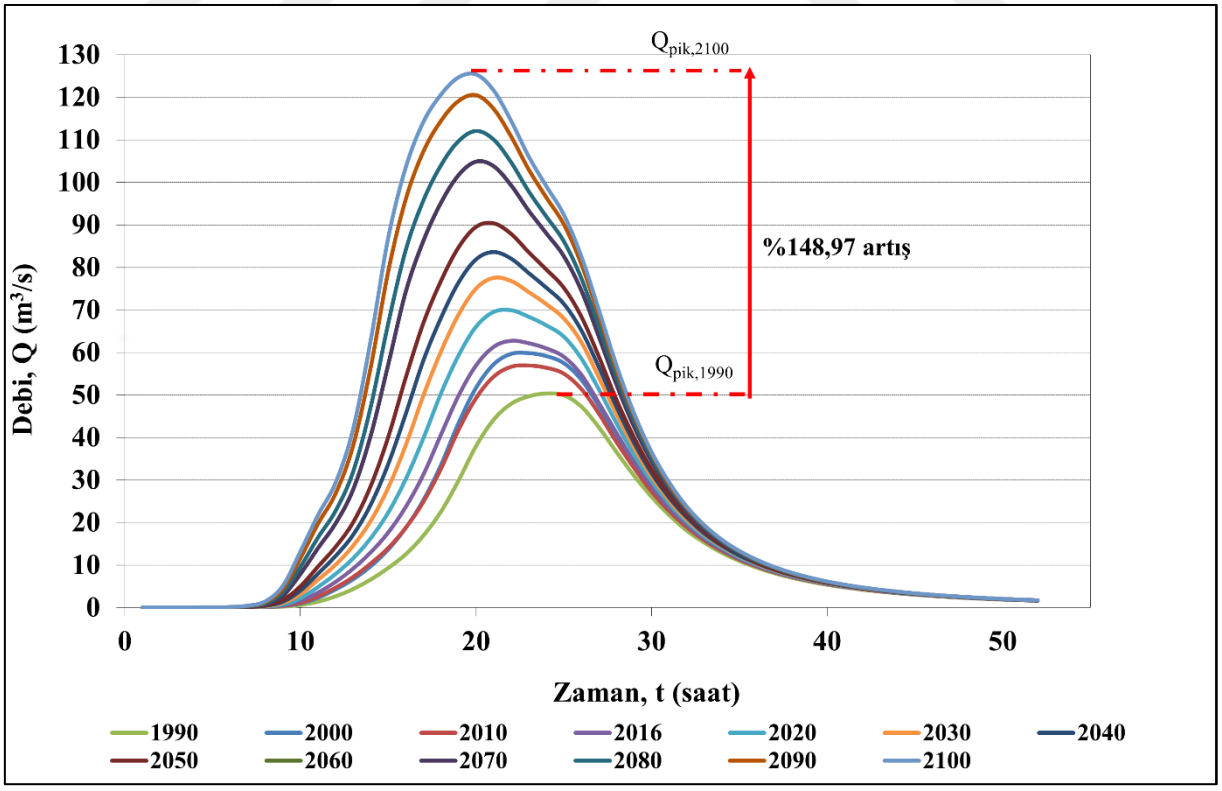
Elde edilen çıkış hidrograflarına bakıldığında, ağırlıklı CN ve geçirimsiz alan yüzdesinde artışa bağlı olarak pik debilerin bu artışlara orantılı olarak arttığı görülmektedir. Elde edilen grafiklerin eğri şekilleri birbirine benzerdir. Çünkü, sabit yağış altında yalnızca arazi özelliklerindeki değişiklikler programa tanımlanarak analiz edilmiştir.



Şekil 4.6: Senaryo-I arazi örtüsü/arazi kullanımına göre çıkış hidrografları.



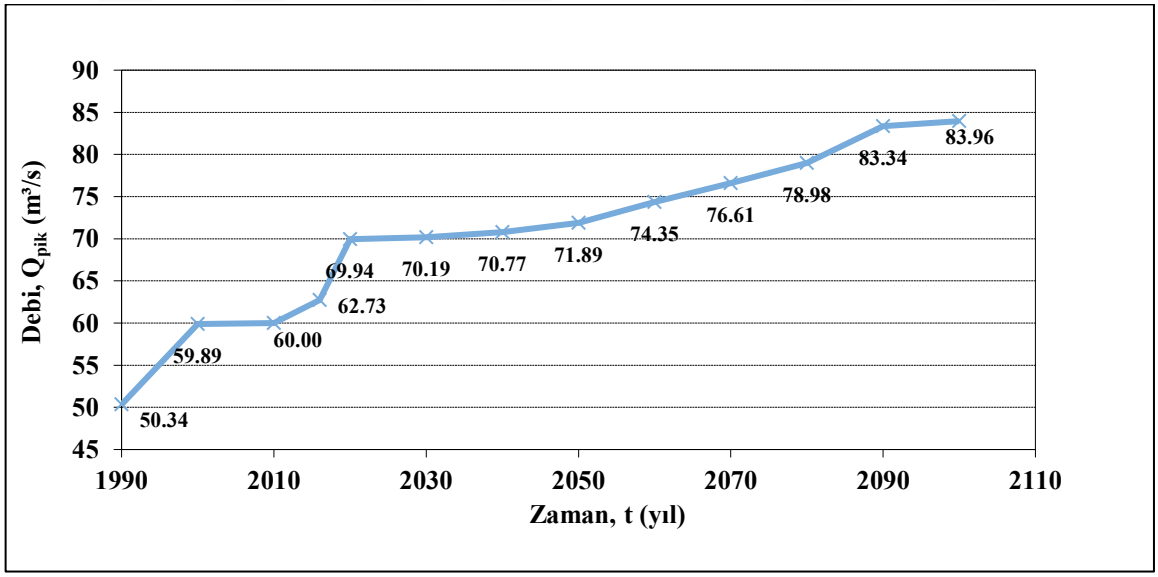
Şekil 4.7: Senaryo-II arazi örtüsü/arazi kullanımına göre çıkış hidrografları



Şekil 4.8: Senaryo-III arazi örtüsü/arazi kullanımına göre çıkış hidrografları

Her bir kentleşme senaryo için elde edilen hidrograflardan, yıllara göre Pik debi-zaman (Q_{pik}-$t_{yıl}$) grafikleri oluşturularak **Şekil 4.9, Şekil 4.10** ve **Şekil 4.11**'de verilmiştir. Bu grafikler, kentleşmenin büyüklüğü ve kentleşmenin hızına bağlı olarak zamanla pik debilerde meydana gelecek değişimleri özetlemektedir. Grafiklerin 1990-2020 yılları arasındaki eğilimlerinin lineer olmadığı görülmektedir. 2000 ve 2020 yıllarında ani yükselmeler olmuştur. Çünkü, 1990 yıllında geçirimsiz alan yüzdesi 15,80 olan havzanın geçirimsizliği 2000 yılında %23 artmıştır. Bu yüzden pik debide yaklaşık %19 artış meydana gelmiştir. 2010 yılında etkili bir kentleşme hareketliliği yaşanmadığı için pik debi değerinde fazla bir artış görülmemektedir. Ancak 2020 yılına gelindiğinde, başta İstanbul Havalimanı'nın inşaatı olmak üzere çeşitli yol ve endüstriyel kentsel faaliyet dolayısıyla kentleşme 2010'dan 2020 yılına kadar %6,12 oranında artmıştır.

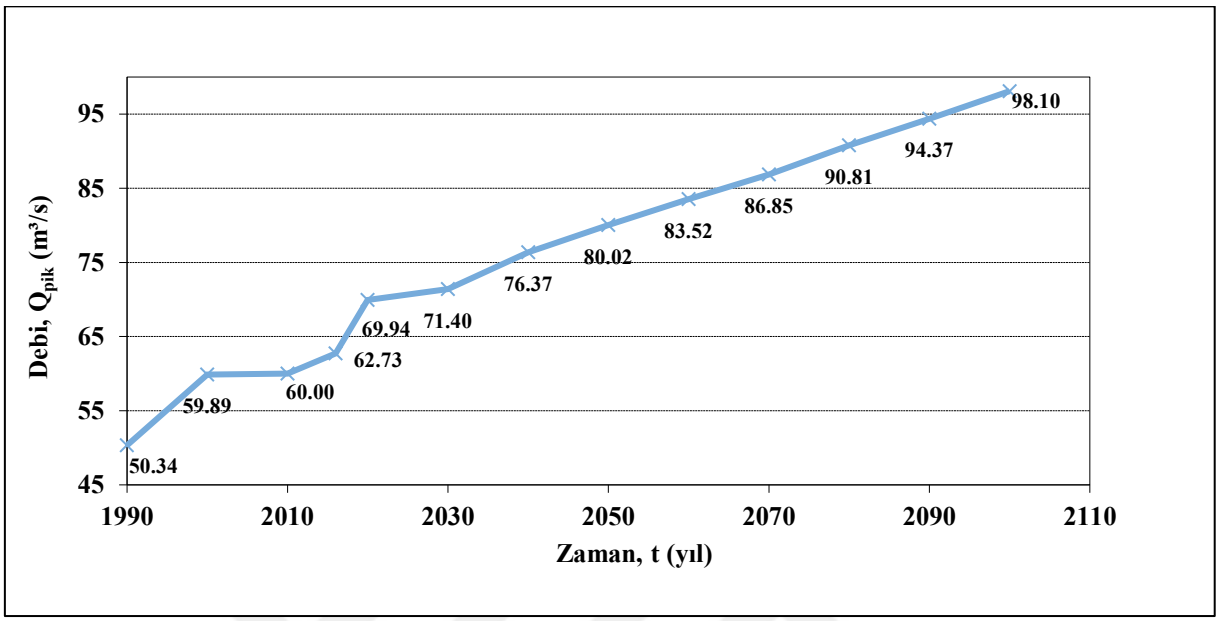
Senaryo-I'in iyimser kentleşme senaryosu olduğu daha önce ifade edilmişti. Buna göre, **Şekil 4.9**'dan da görüldüğü üzere, kentleşme faaliyetlerinin devam ettiği havzada, 2030 yılı itibariyle zaman göre pik debilerdeki artış düşük oranlarda gerçekleşmiştir. Araştırma yıllarının başlangıç ve bitiş yılları olan 1990 ve 2100 kapsamında incelendiğinde; havzanın %15,80'i kentleşmiş iken 50,34 m³/s olan pik debi, %33,32 kentleşme durumunda %66,78 artarak 83,96 m³/s'ye ulaşmıştır.



Şekil 4.9: Senaryo-I gereği yıllara göre pik debide meydana gelen değişim.

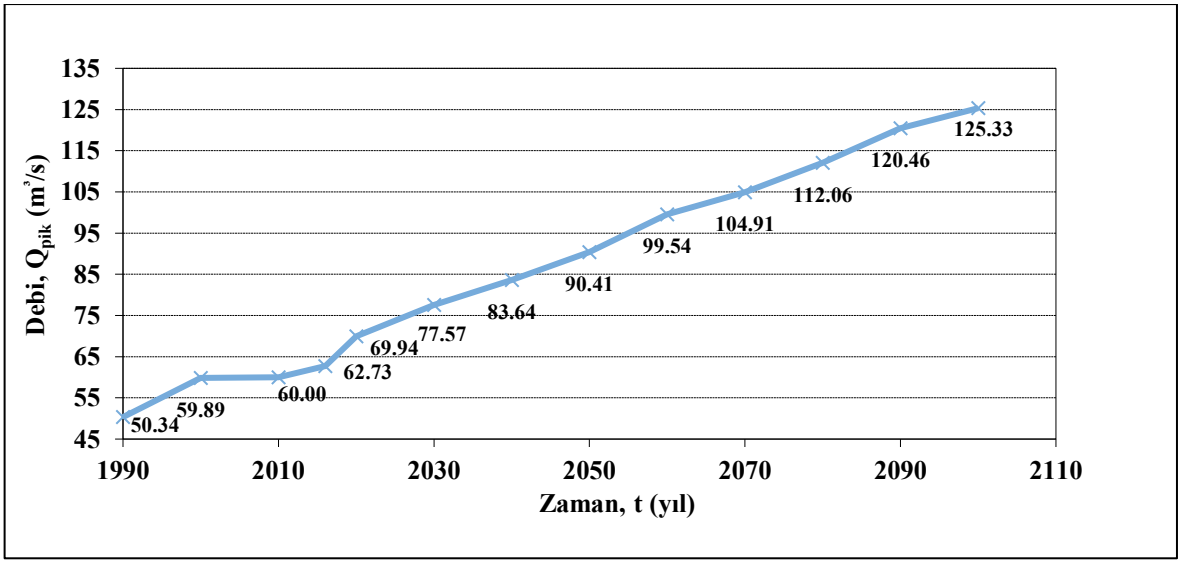
Senaryo-II için oluşturulan Q_{pik}-$t_{yıl}$ grafiği (**Şekil 4.10**) incelendiğinde, pik debilerde Senaryo-I'e göre daha lineer ve dik artış olduğu görülmektedir. 2030 yılı itibariyle kentleşme hızlı ve ortalama aynı oranlarda meydana geldiği için grafikte lineer bir artış görülmektedir.

2100 yılında %40,50'si kentleşen havzadaki pik debi 98,10 m³/s'dir. Bu değer 1990 yılında elde edilen pik debiden %66,78 daha fazladır.



Şekil 4.10: Senaryo-II gereği yıllara göre pik debide meydana gelen değişim.

Kötücül bir kentleşme yaklaşımı olarak tasarlanan Senaryo-III' ait Q_{pik}-$t_{yıl}$ grafiği (**Şekil 4.11**) incelendiğinde, önceki senaryolara göre pik debilerde daha lineer bir artış olduğu görülmektedir. 2100 yılında %56,26'sı kentleşen havzadaki pik debi 125,33 m³/s'dir. Bu değer 1990 yılında elde edilen pik debiden %148,97 daha fazladır.

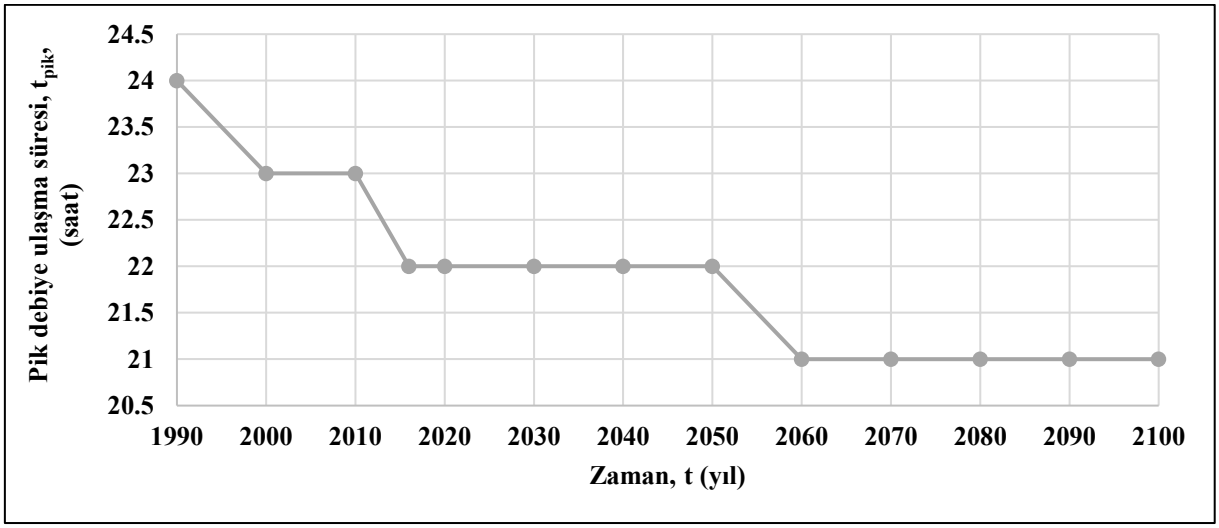


Şekil 4.11: Senaryo-III gereği yıllara göre pik debide meydana gelen değişim.

Kentleşme ile arazi örtüsü/arazi kullanımı açısından geçirimsizliği yüksek alanların havza üzerindeki dağılımı artmaktadır. Buna bağlı olarak, yağışla havzaya düşen suların akışa geçiş süreleri kısalmaktadır. Bunun havza çıkış hidrograflarındaki karşılığı, pik debiye ulaşma sürelerinin kısalması şeklindedir. Arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarındaki değişimlere bağlı olarak meydana gelen kentleşmenin araştırıldığı bu çalışmada, yıllara göre pik debiye ulaşma sürelerine dair elde edilen grafikler her bir senaryo için **Şekil 4.12**, **Şekil 4.13** ve **Şekil 4.14**'de gösterilmiştir.

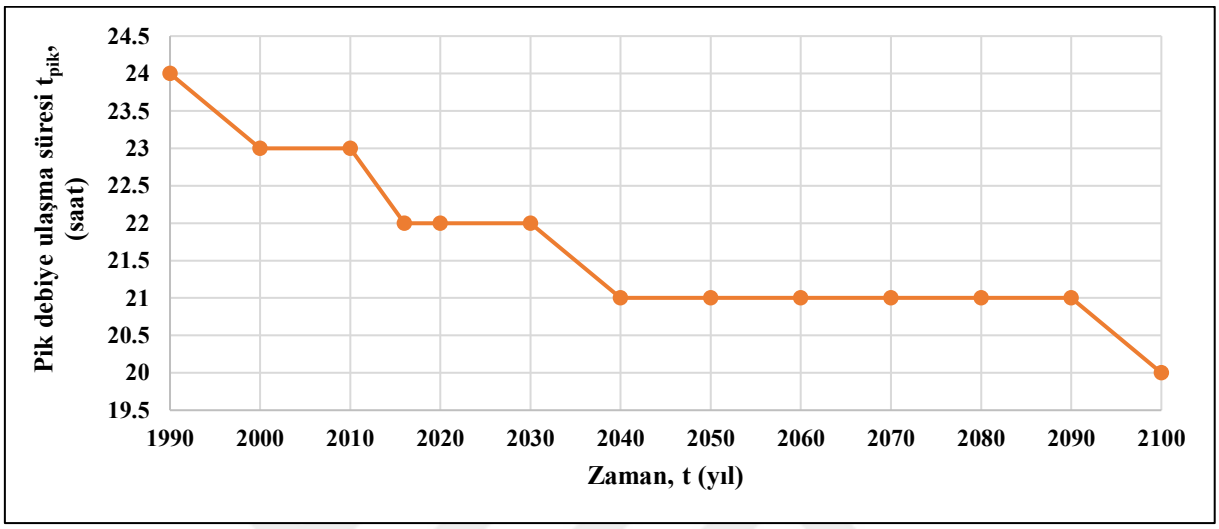
Havza üzerindeki pik debiye ulaşma sürelerinde meydana gelebilecek olan değişimler, havzanın yüzeysel akışında düzensizlikler meydana gelmesine neden olur. 1990-2000 yılları arasındaki %3,64'lük kentleşme artışı dolayısıyla, bu süre 1 saat kısalmıştır (**Şekil 4.12**, **Şekil 4.13** ve **Şekil 4.14**). 2000-2010 yılları arasındaki kentleşme artışının yalnızca %0,89 olması dolayısıyla, pik debiye ulaşma sürelerinde değişiklik olmamıştır. Kalibrasyon yılı olan 2016'ya gelindiğinde, 2010 yılına göre havzanın %2,83'ü daha kentleşerek söz konusu pik debiye ulaşma süresinin 1 saat daha düşürmüştür.

Kentleşme hızının düşük olduğu Senaryo-I'de, 2016-2050 yılları için pik debiye ulaşma süreleri sabittir. 2016'dan 2060 yılına gelindiğinde havzanın %5,58'inin daha kentleşmesine bağlı olarak, pik debiye ulaşma süresi 1 saat daha kısalmıştır. 2060 yılından sonra da bu sürede sabitlenmiştir (**Şekil 4.12**).



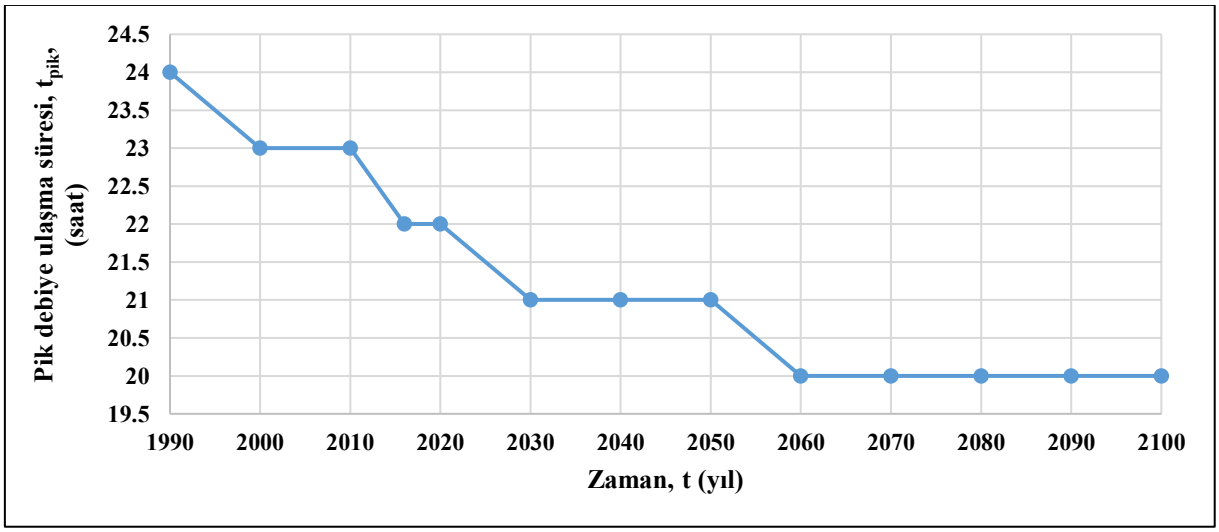
Şekil 4.12: Yıllara göre pik debiye ulaşma süreleri (Senaryo-I).

Senaryo-I'e göre daha hızlı bir kentleşmenin incelendiği Senaryo-II'de, pik debiye ulaşma süresi 2040 itibariyle 1 saat kısalmaya başlamıştır (**Şekil 4.13**). Grafik üzerinki bir sonraki kısalma 2100 yılında görülmektedir. 2040 yılından 2100 yılına gelindiğinde havzanın %11,02'si daha kentleşerek toplamda %40,50'sinin kentsel yapıda olduğun bir hale gelmiştir.



Şekil 4.13: Yıllara göre pik debiye ulaşma süreleri (Senaryo-II).

Daha önce de kötücül kentleşme senaryosu olarak ifade edilen Senaryo-III'de, pik debinin kısalması hemen senaryo başlangıcında meydana gelmiştir (**Şekil 4.14**). 2020'den 2030'a kadar meydana gelem %0,67 kentleşme artışı sonucunda pik debiye ulaşma süresi 1 saat kısalmıştır. Pik debiye ulaşma sürelerinde 2030-2050 yılları arasında değişim oluşmazken 2060 yılında 1 saat daha kısalmıştır. 2050'den 2060'a kadar havza alanının %1,79'u daha kentleşmiştir.



Şekil 4.14: Yıllara göre pik debiye ulaşma süreleri (Senaryo-III).

4.3. HİDROLİK MODEL SONUÇLARI

Havzanın kentleşme durumuna göre HEC-HMS'den elde edilen akım hidrografları hidrolik analizler için HEC-RAS'a tanımlanmıştır. Alibeyköy Havzası'nın yıllara göre sahip olduğu ve olması beklenen yüzey Manning pürüzlülük katsayıları, ağırlıklı CN değerleri ve geçirimsiz alan yüzdeleri hesaplara katılarak, 2-B taşkın analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda taşkın yayılım haritaları elde edilerek, toplam taşkın yaylım yüzey alanları hesaplanıp kaydedilmiştir (**Tablo 4.14**). **Tablo 4.14**'de verildiği üzere, üç farklı kentleşme senaryosunun incelendiği çalışmada, 1990-2020 aralığını temsil eden yıllar her bir senaryo için ortaktır.

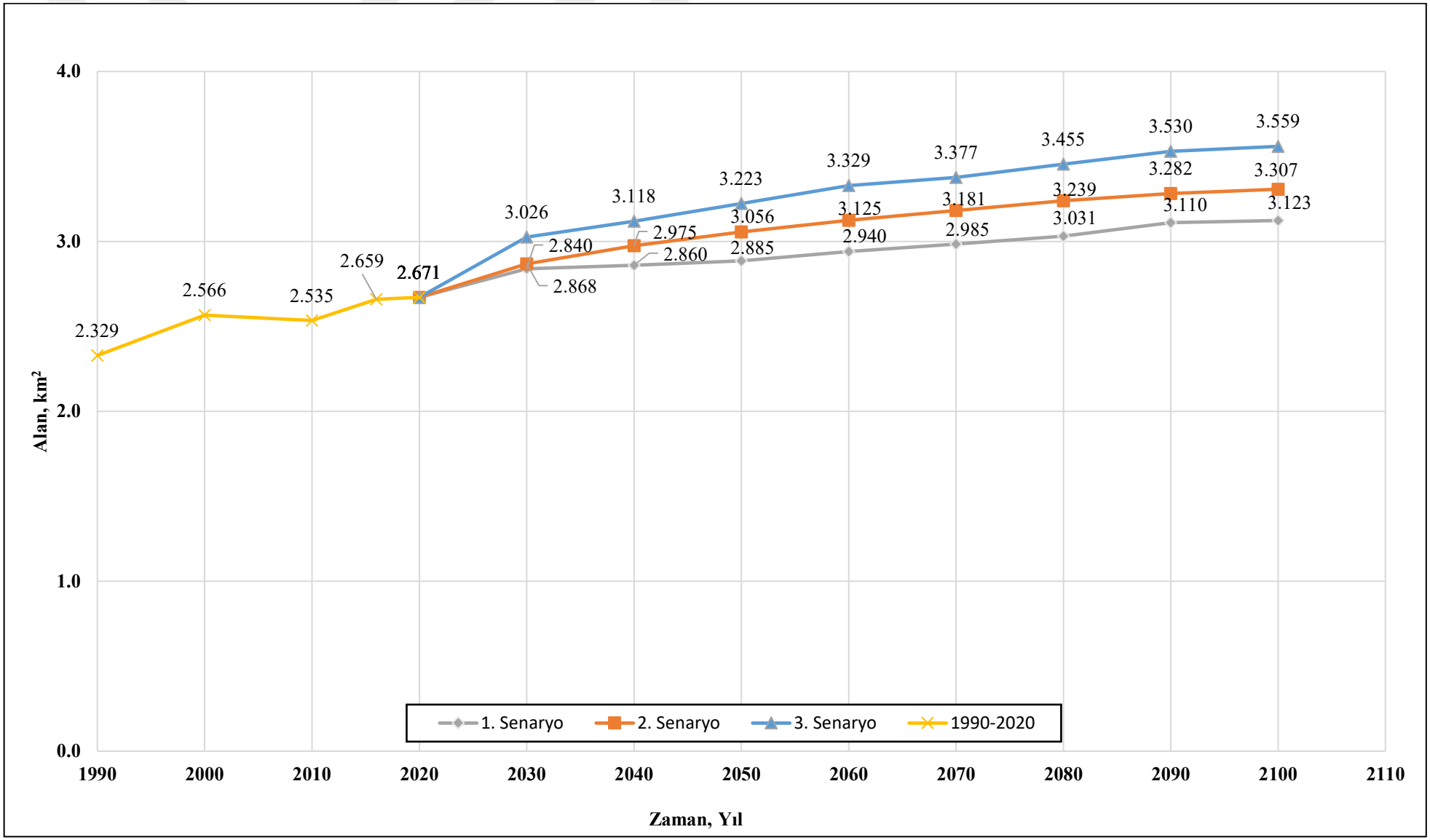
Tablo 4.14: Alibeyköy Havzası senaryo sonuçlarında edilen taşkın yayılım miktarları.

	Yıllar	Yüzey Manning Pürüzlülük Katsayısı, n	Kalibre Edilmiş CN_{ort}	Kalibre Edilmiş Geçirimsiz Alan Yüzdesi	Taşkın Yayılım Yüzey Alanı, km^2
Ortak Yıllar	1990	0,0730	68,7778	15,80	2,329
	2000	0,0670	70,9129	19,44	2,566
	2010	0,0670	69,3028	20,33	2,535
	2016	0,0630	70,1500	23,16	2,659
	2020	0,0590	71,3616	26,45	2,671
Senaryo-I	2030	0,0585	71,3937	26,59	2,840
	2040	0,0585	71,4641	26,91	2,860
	2050	0,0582	71,6296	27,48	2,885
	2060	0,0573	71,9339	28,74	2,940
	2070	0,0563	72,1868	29,90	2,985
	2080	0,0550	72,5502	30,98	3,031
	2090	0,0532	73,2630	32,96	3,110
	2100	0,0532	73,3217	33,32	3,123
Senaryo-II	2030	0,0581	71,6073	27,12	2,868
	2040	0,0558	72,3174	29,48	2,975
	2050	0,0549	72,7542	31,40	3,056
	2060	0,0539	73,2188	33,19	3,125
	2070	0,0525	73,7048	34,93	3,181
	2080	0,0506	74,3626	36,86	3,239
	2090	0,0487	74,9703	38,75	3,282
	2100	0,0457	75,6758	40,50	3,307
Senaryo-III	2030	0,0540	72,4320	30,12	3,026
	2040	0,0530	73,2252	33,27	3,118
	2050	0,0500	74,3631	36,51	3,223
	2060	0,0460	75,8676	41,28	3,329
	2070	0,0430	76,6430	44,17	3,377
	2080	0,0380	77,7654	48,13	3,455
	2090	0,0320	79,2311	53,04	3,530
	2100	0,0280	80,1164	56,26	3,559

Alibeyköy Havzası'nın 1990-2100 yılları için hesaplanan zamana göre taşkın yayılım alanları **Şekil 4.15**'deki grafikte verilmiştir. Bu grafiğin, *x* ekseni araştırma yıllarını, *y* ekseni ise toplam taşkın yayılım alanlarını (km²) temsil etmektedir. Grafik, sarı bir çizgi ile başlayarak 2030 yılı itibariye üç kola ayrılmaktadır. Senaryoların farklılıkları ve özellikleri 2030'dan sonra kendini göstermeye başlamaktadır.

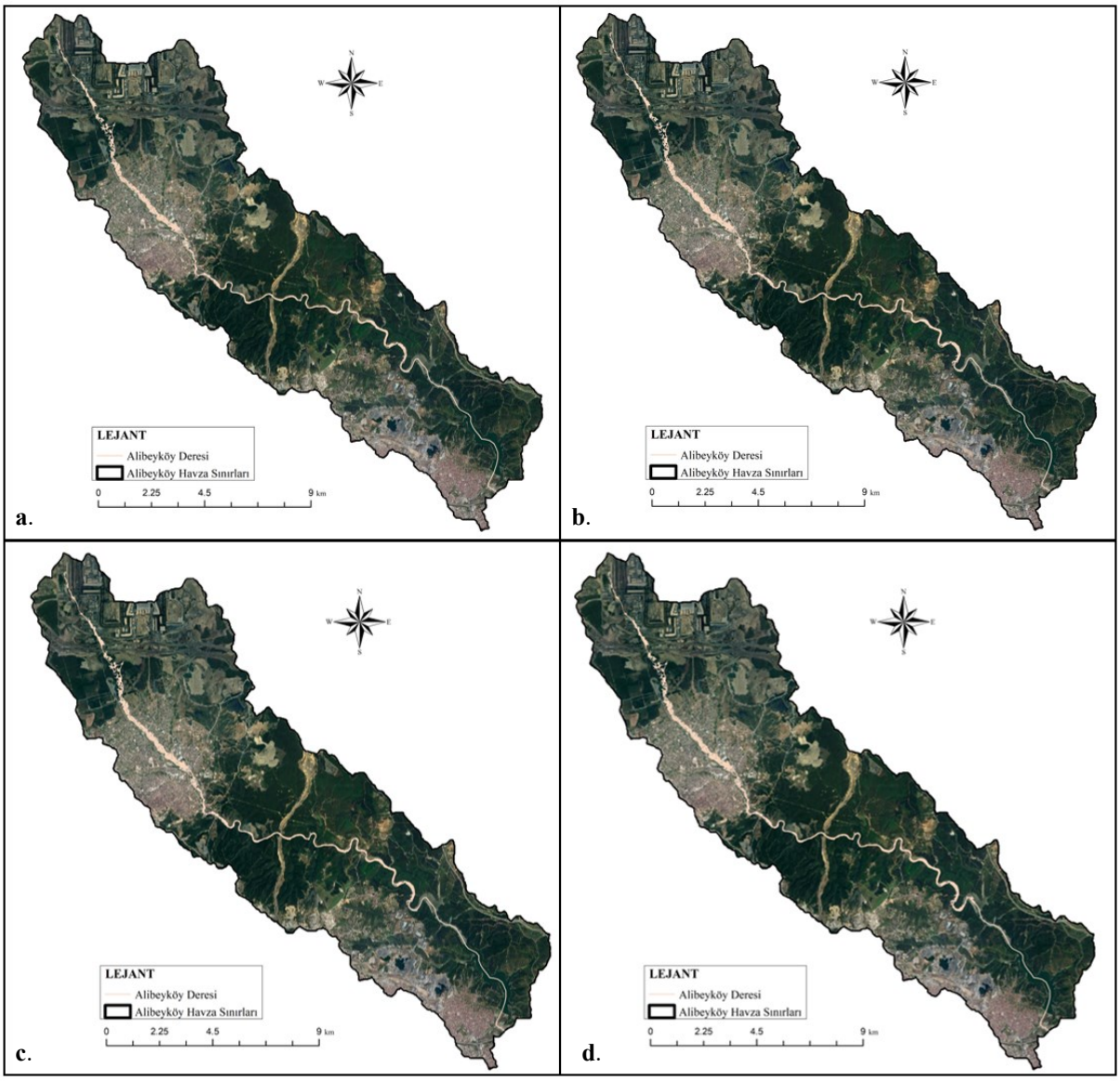
1990 yılında, havzanın %15,80'inin kentleşmiş olması durumunda taşkın sularının 2,329 km² yüzey alanına yayılım gösterdiği görülmektedir. 2000 yılından önceki 10 yıla göre kentleşmenin %3,64 oranında artması neticesinde taşkın yaylım alanında %10,18 oranında artış meydana gelerek 2,566 km²ye ulaştığı görülmektedir. Ancak 2010 yılında, taşkın yayılım alanının 1990'a göre arttığı, 2000 yılına göre azaldığı görülmektedir (**Tablo 4.14** ve **Şekil 4.15**). Çünkü, 2010 yılı arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarında, tarımsal kullanımda bir miktar artış görülmüştür. Söz konusu artış taşkın yayılım grafiğine bu şekilde etki etmiştir. Yıllara göre kentleşmedeki büyümelere bağlı olarak taşkın yayılım alanlarının da arttığı görülmektedir. Bu artış, kentleşme hızına ve büyüme şekline göre değişiklik göstermektedir.

Şekil 4.15'de görüldüğü üzere, kentleşme hızının nispeten yavaş olduğu, kontrollü olarak arttığı Senaryo-I'in eğimi daha düşüktür. Senaryo-I'e göre, 2100 yılında %33,32'si kentleşen havzada, %17,48'lik kentleşme artışına karşılık, taşkın yayılım alanlarında %34,09 oranında artış görülmektedir. Senaryo-II'ye göre, 2100 yılında %40,50'si kentleşen havzada, %24,7'lik kentleşme artışına karşılık, taşkın yayılım alanlarında yaklaşık %42 oranında artış görülmektedir. Senaryo-III'e göre, 2100 yılında %56,26'sı kentleşen havzada, %40,49'luk kentleşme artışına karşılık, taşkın yayılım alanlarında yaklaşık %52,81 oranında artış görülmektedir.



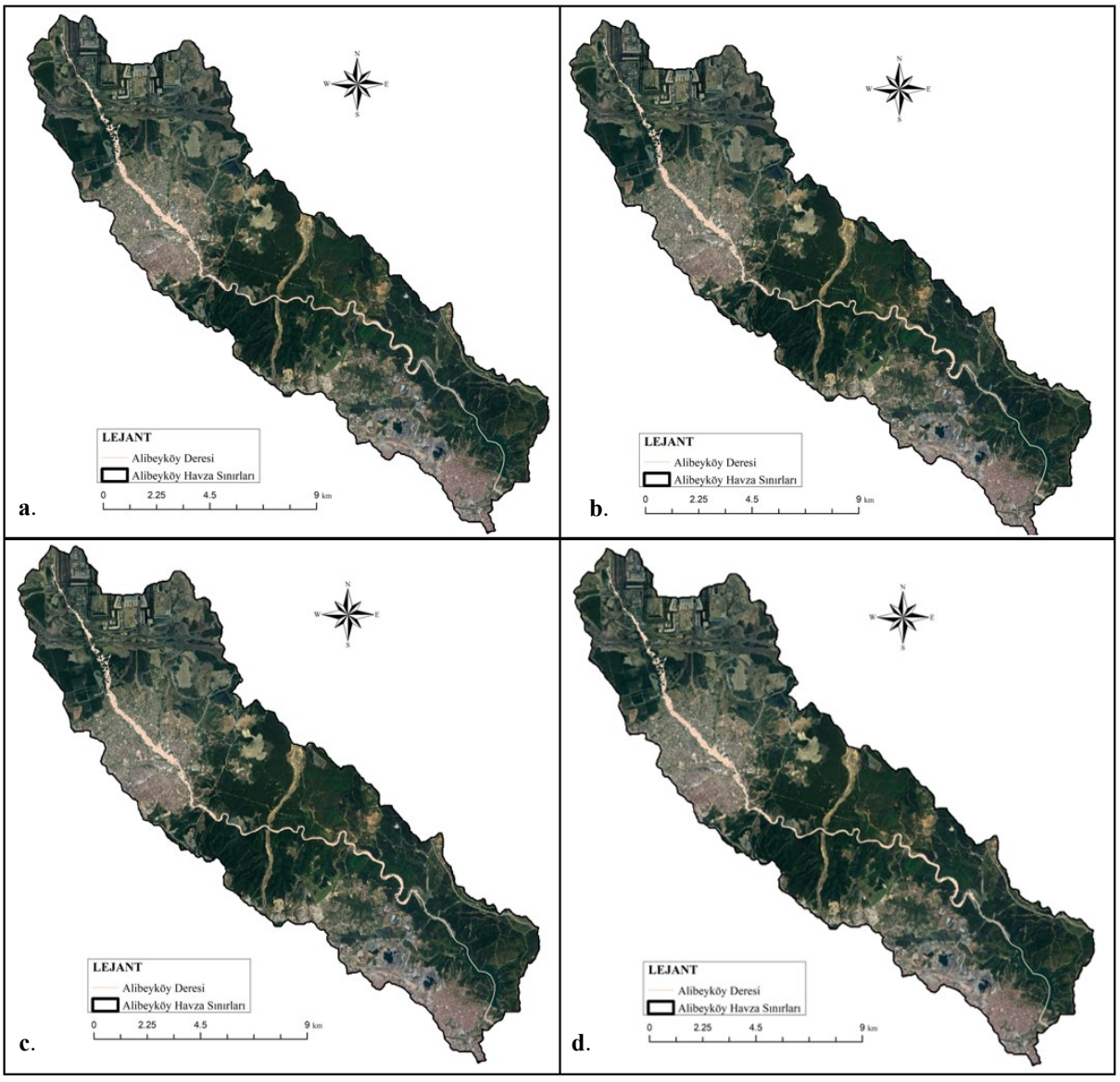
Şekil 4.15: Alibeyköy Havzası 1990-2100 yılları için hesaplanan taşkın yayılım alanları.

500 yıl tekerrürlü yağış debilerine göre 1990-2020 yılları için elde edilen taşkın yayılım haritaları oluşturulmuştur (**Şekil 4.16)**. 1990 yılında havza geneli geçirimsiz yüzey alan %15,80 iken 2020 yılına kadar devamlı bir artış göstermektedir. Buna bağlı olarak da taşkın yayılım alanlarında yıllar içerisinde azar azar artışların meydana geldiği görülmektedir. 1990 yılında %15,80 yüzey geçirimsizliği varken toplam taşkın yüzey alanı 2,329 km^2 olarak hesaplanmıştır. 2020 yılında %26,45 geçirimsiz alana karşılık taşkın yayılım yüzey alanı 2,671 km^2ye çıkmıştır.



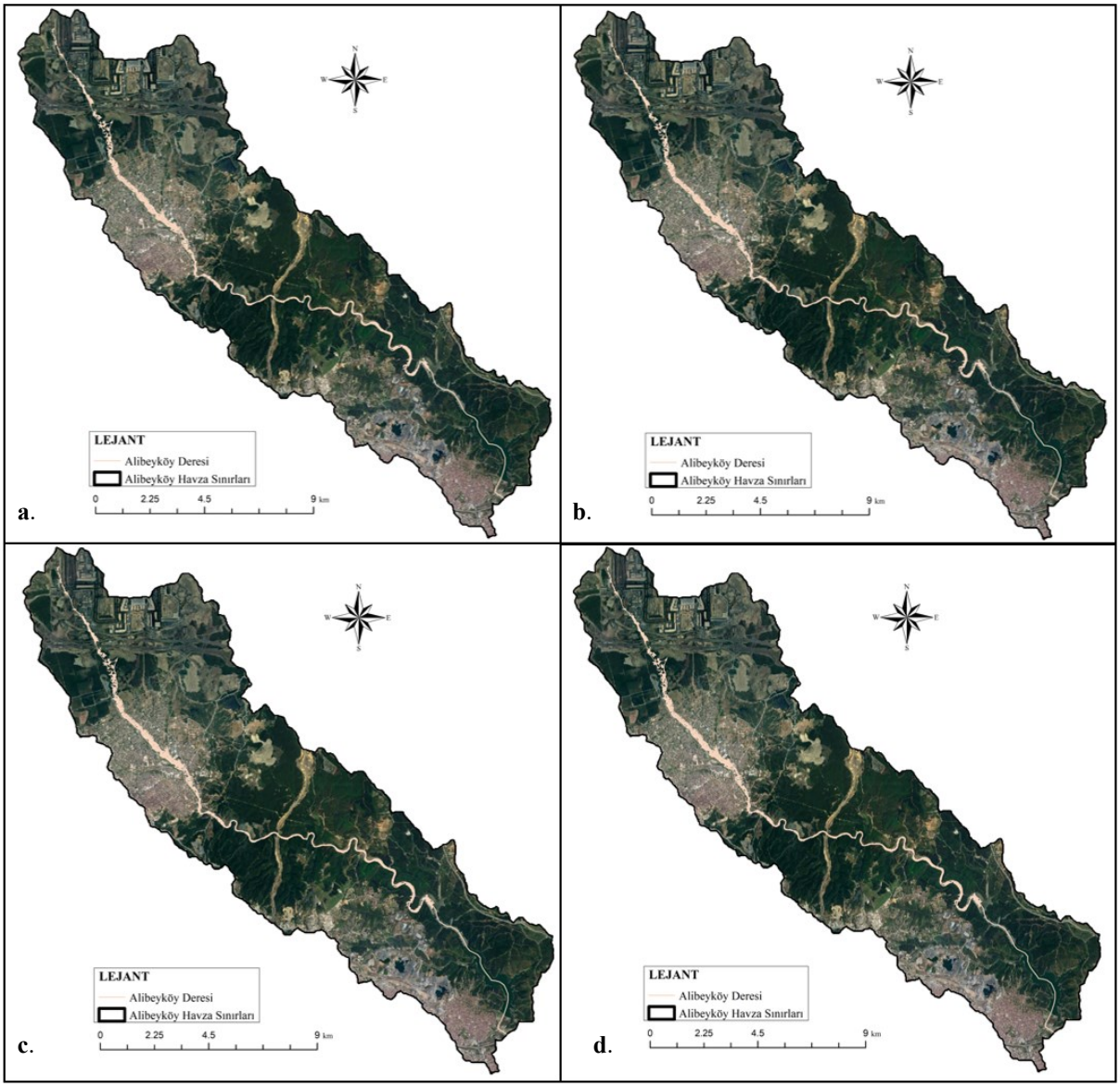
Şekil 4.16: Alibeyköy Havzası taşkın yayılım haritaları; **a.)** Yıl: 1990, **b.)** Yıl: 2000, **c.)** Yıl: 2010, **d.)** Yıl: 2020

500 yıl tekerrürlü yağış debilerine göre 2030-2060 yılları için Senaryo-I kapsamında elde edilen taşkın yayılım haritaları **Şekil 4.17**'da verilmiştir. Geçirimsiz yüzey alanlarındaki artışın çok kontrollü ve sınırlı bir şekilde artması kabulünden ötürü, taşkın yayılım alanlarındaki artış harita üzerinden gözle görünür çarpıcılıkta ilerlememektedir. Ancak sürekli bir artış mevcuttur. 2030, 2040, 2050 ve 2060 yıllarındaki toplam kentsel alana karşılık havzada meydana gelmesi beklenen taşkın yayılım alanları sırasıyla, 2,84 km², 2,80 km², 2,885 km² ve 2,940 km² olarak hesaplanmıştır.



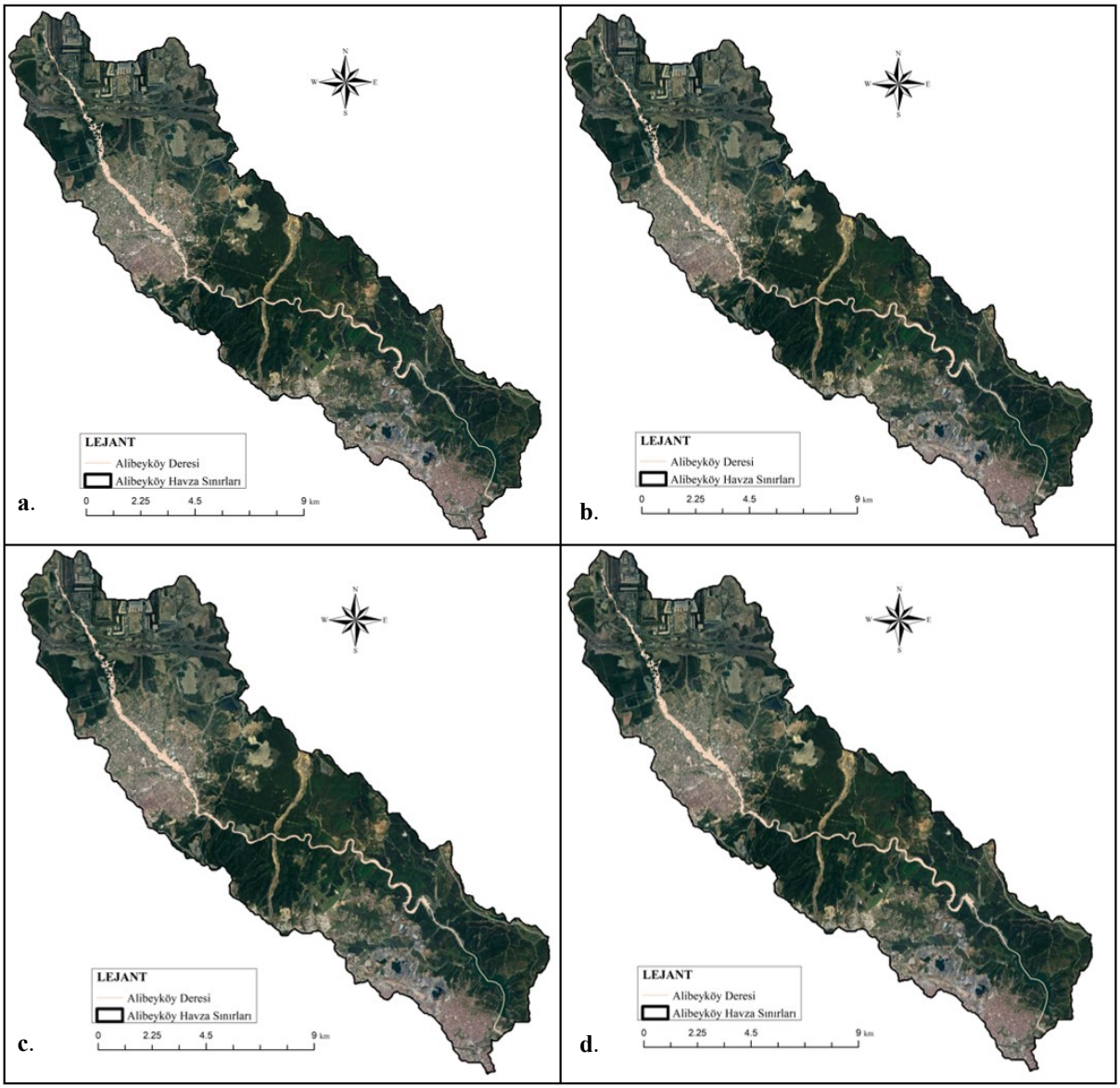
Şekil 4.17: Alibeyköy Havzası Senaryo-I kapsamındaki taşkın yayılım haritaları; **a.)** Yıl: 2030, **b.)** Yıl: 2040, **c.)** Yıl: 2050, **d.)** Yıl: 2060.

Senaryo-I kapsamında elde edilen 2070-2100 yıllarına ait taşkın yayılım haritaları ise **Şekil 4.18**'de verilmiştir. Geçirimsiz yüzey alanlarındaki artışın çok kontrollü bir şekilde arttığı bu haritalarda, taşkın sularının dağılımlarının detaylı gözle incelenmesi zorluk göstermektedir. 2070, 2080, 2090 ve 2100 yıllarındaki toplam kentsel alana karşılık havzada meydana gelmesi beklenen taşkın yayılım alanları sırasıyla, 2,985 km², 3,031 km², 3,110 km² ve 3,123 km² olarak hesaplanmıştır.



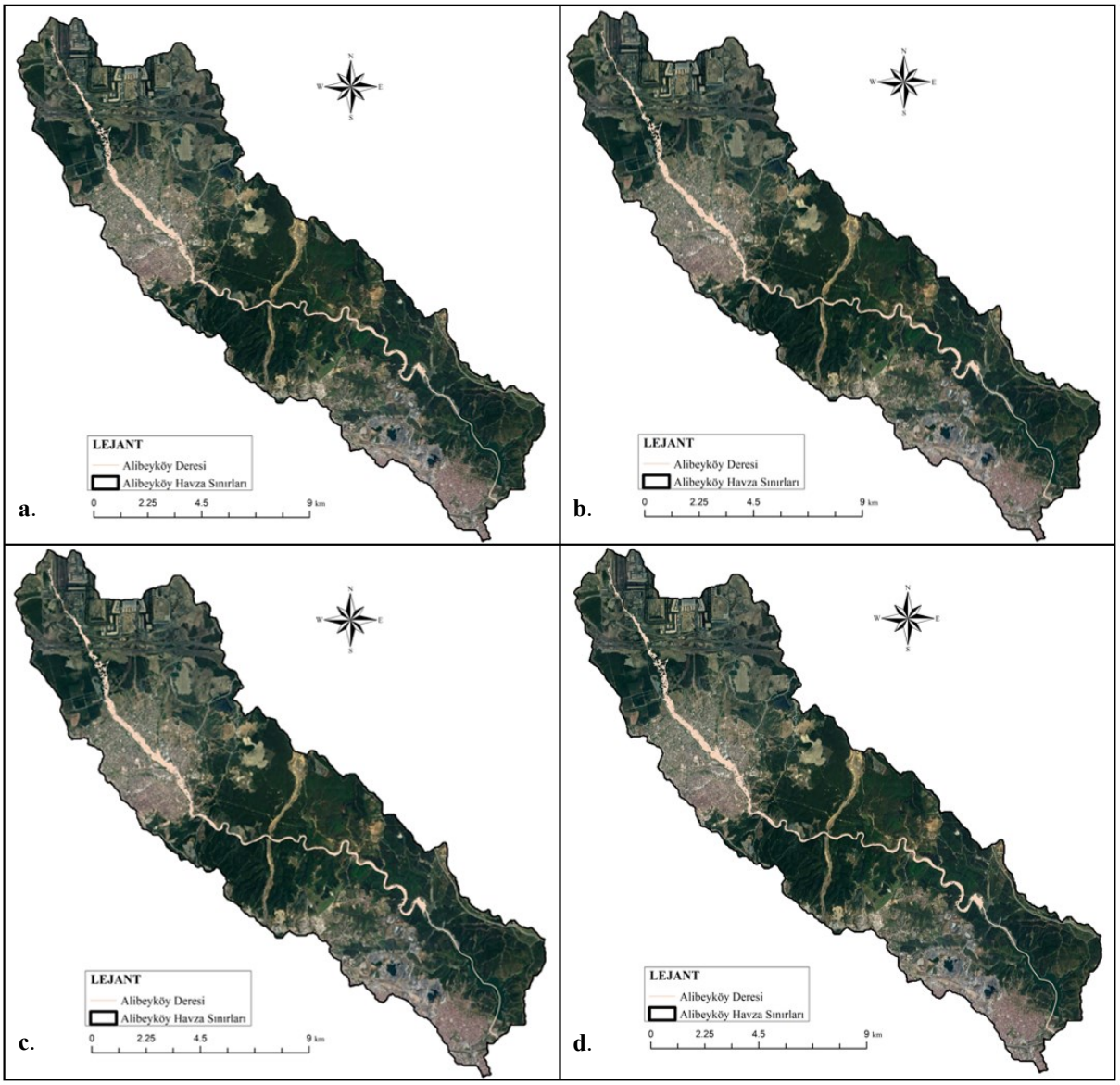
Şekil 4.18: Alibeyköy Havzası Senaryo-I kapsamındaki taşkın yayılım haritaları; **a.)** Yıl: 2070, **b.)** Yıl: 2080, **b.)** Yıl: 2090, **d.)** Yıl: 2100.

500 yıl tekerrürlü yağış debilerine göre 2030-2100 yılları için Senaryo-II kapsamında elde edilen taşkın yayılım haritaları oluşturulmuştur. Senaryo-I'e göre yayılımdaki farklar daha fark edilir mertebededir. Bu haritalardan 2030-2060 yıllarını için olanlar **Şekil 4.19**'da verilmiştir. 2030, 2040, 2050 ve 2060 yıllarındaki toplam kentsel alana karşılık havzada meydana gelmesi beklenen taşkın yayılım alanları sırasıyla, 2,868 km², 2,975 km², 3,056 km² ve 3,125 km² olarak hesaplanmıştır.



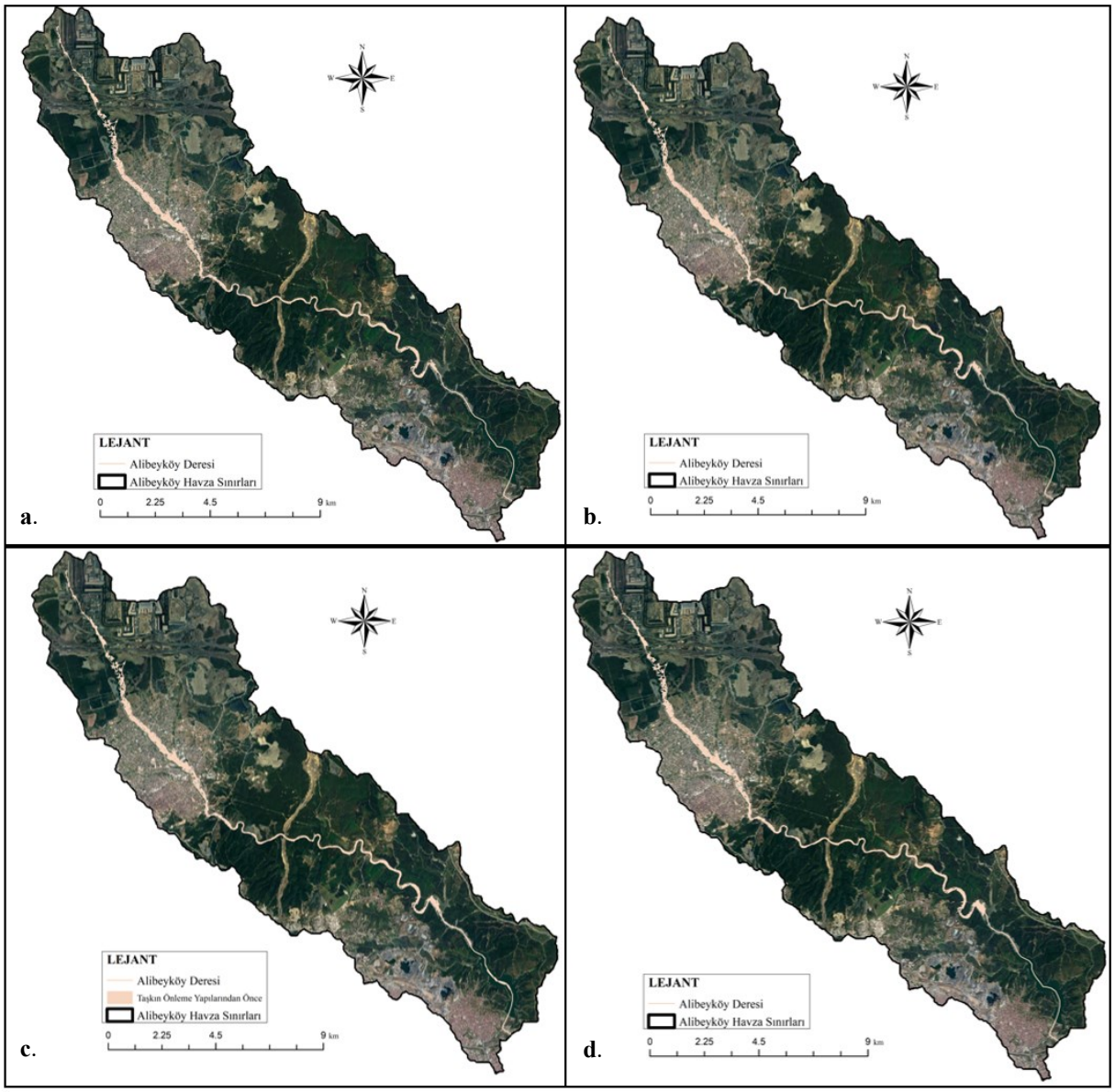
Şekil 4.19: Alibeyköy Havzası Senaryo-II kapsamındaki taşkın yayılım haritaları; **a.)** Yıl: 2030, **b.)** Yıl: 2040, **c.)** Yıl: 2050, **d.)** Yıl: 2060.

Senaryo-II kapsamında elde edilen 2070-2100 yıllarına ait taşkın yayılım haritaları ise **Şekil 4.20**'de verilmiştir. Geçirimsiz yüzey alanlarındaki artışın çok kontrollü bir şekilde arttığı bu haritalarda, taşkın sularının dağılımlarının detaylı gözle incelenmesi zorluk göstermektedir. 2070, 2080, 2090 ve 2100 yıllarındaki toplam kentsel alana karşılık havzada meydana gelmesi beklenen taşkın yayılım alanları sırasıyla, 3,181 km², 3,239 km², 3,282 km² ve 3,307 km² olarak hesaplanmıştır.



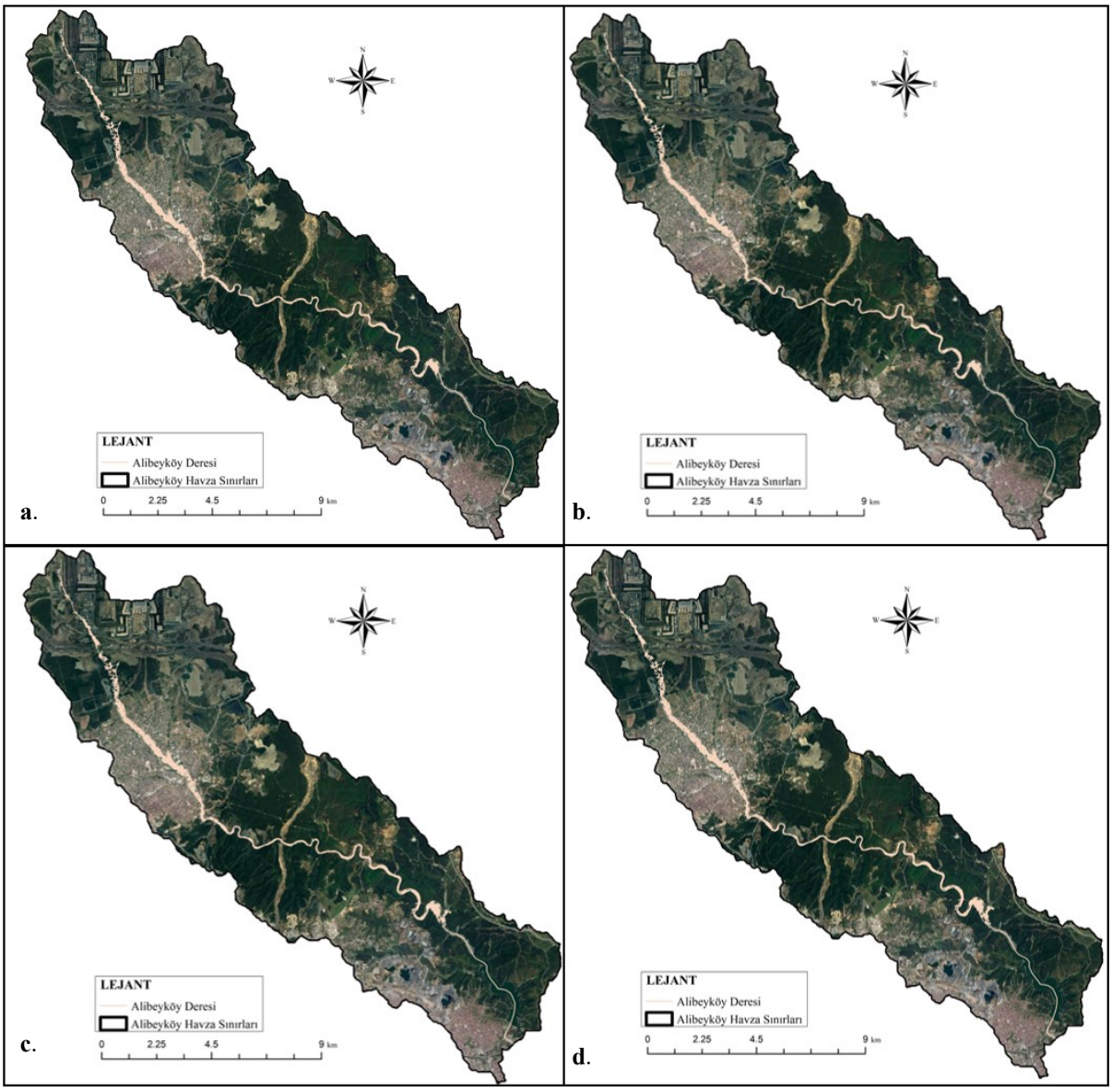
Şekil 4.20: Alibeyköy Havzası Senaryo-II kapsamındaki taşkın yayılım haritaları; **a.)** Yıl: 2070, **b.)** Yıl: 2080, **c.)** Yıl: 2090, **d.)** Yıl: 2100.

500 yıl tekerrürlü yağış debilerine göre 2030-2100 yılları için Senaryo-III kapsamında elde edilen taşkın yayılım haritaları oluşturulmuştur. Üç senaryo içerisinde kentleşme baskısını havza üzerinde en keskin gösteren senaryodur. Bu haritaların 2030-2060 yılları için olanları **Şekil 4.21**'de verilmiştir. 2030, 2040, 2050 ve 2060 yıllarındaki toplam kentsel alana karşılık havzada meydana gelmesi beklenen taşkın yayılım alanları sırasıyla, 3,026 km², 3,118 km², 3,223 km² ve 3,329 km² olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.21: Alibeyköy Havzası Senaryo-III kapsamındaki taşkın yayılım haritaları; **a.)** Yıl: 2030, **b.)** Yıl: 2040, **c.)** Yıl: 2050, **d.)** Yıl: 2060.

Senaryo-III kapsamında hazırlanan taşkın yayılım haritalarının 2070-2100 yılları için olanları **Şekil 4.22**'de verilmiştir. 2070, 2080, 2090 ve 2100 yıllarındaki toplam kentsel alana karşılık havzada meydana gelmesi beklenen taşkın yayılım alanları sırasıyla, 3,377 km², 3,455 km², 3,530 km² ve 3,559 km² olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.22: Alibeyköy Havzası Senaryo-III kapsamındaki taşkın yayılım haritaları; **a.)** Yıl: 2070, **b.)** Yıl: 2080, **c.)** Yıl: 2090, **d.)** Yıl: 2100.

4.4. TAŞKINLAR İÇİN ÖNERİLEN ÖNLEMLER

Çalışmanın önceki bölümlerinde Alibeyköy Havzası'nın 1990-2020 yılları arası arazi örtüsü/arazi kullanımı yapısında meydana gelen değişimler incelenmiştir. İnceleme neticesinde 2030-2100 yılları için çeşitli senaryolar oluşturularak arazi örtüsü/arazi kullanımında olması

muhtemel değişimler hesaplanmıştır. Bunlara göre, havza genelinde zamanla geçirimsiz yüzey alanın arttığı ve yüzey Manning pürüzlülük katsayısının azalma eğilimi gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu artış ve azalışlardaki fark Senaryo-I'de diğer iki senaryoya göre daha azdır. 100 yıllık süreçte, havza üzerindeki toplam geçirimsiz yüzey alan Senaryo-I'de %110,9 ve Senaryo-III'de %256,1 artmıştır. Zira kentleşme yoğunlukları farklı kurgulanmıştır. Ancak her hâlükârda taşkın yayılım alanlarında artışlar olacağı analiz edilmiştir. Bu artış, Senaryo-I için %34,09 iken Senaryo-III'de %52,81'dir.

Tezin bu bölümünde, taşkın yayılım haritaları göz önünde bulundurularak tehlike altındaki önemli yerleşim yerleri tespit edilmiştir. Tespit edilen yerler için birtakım taşkın önleyici yapısal tedbirler geliştirilmiştir. Taşkınlara karşı koruma ve önleme ihtiyacına karşılık, uygulanabilecek yöntemler araştırılarak birtakım çözüm önerileri düşünülmüştür. Bu çözüm önerilerinin etkinlikleri, HEC-RAS modeli üzerinde uygulamalar yapılarak analiz edilmiştir. Tedbirlerin etkileri, olabilecek en olumsuz arazi örtüsü/arazi kullanımı şartlarına göre değerlendirilmiştir. Bu nedenle "Senaryo-III"de elde edilen havza çıkış hidrografları ile arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarına ait değerler kullanılmıştır. Ayrıca, güncel kentleşme araştırmalarından oluşturulan ön görülerde genellikle 2050 yılına atıf yapıldığı için bu yıla ait muhtemel taşkınları önlemeye yönelik çözüm önerileri sunulmuştur. Makul oranda uzak bir yakın gelecek olması dolayısıyla 2050 yılı için çalışılmıştır.

4.4.1. Önlemlerin Kapsamı

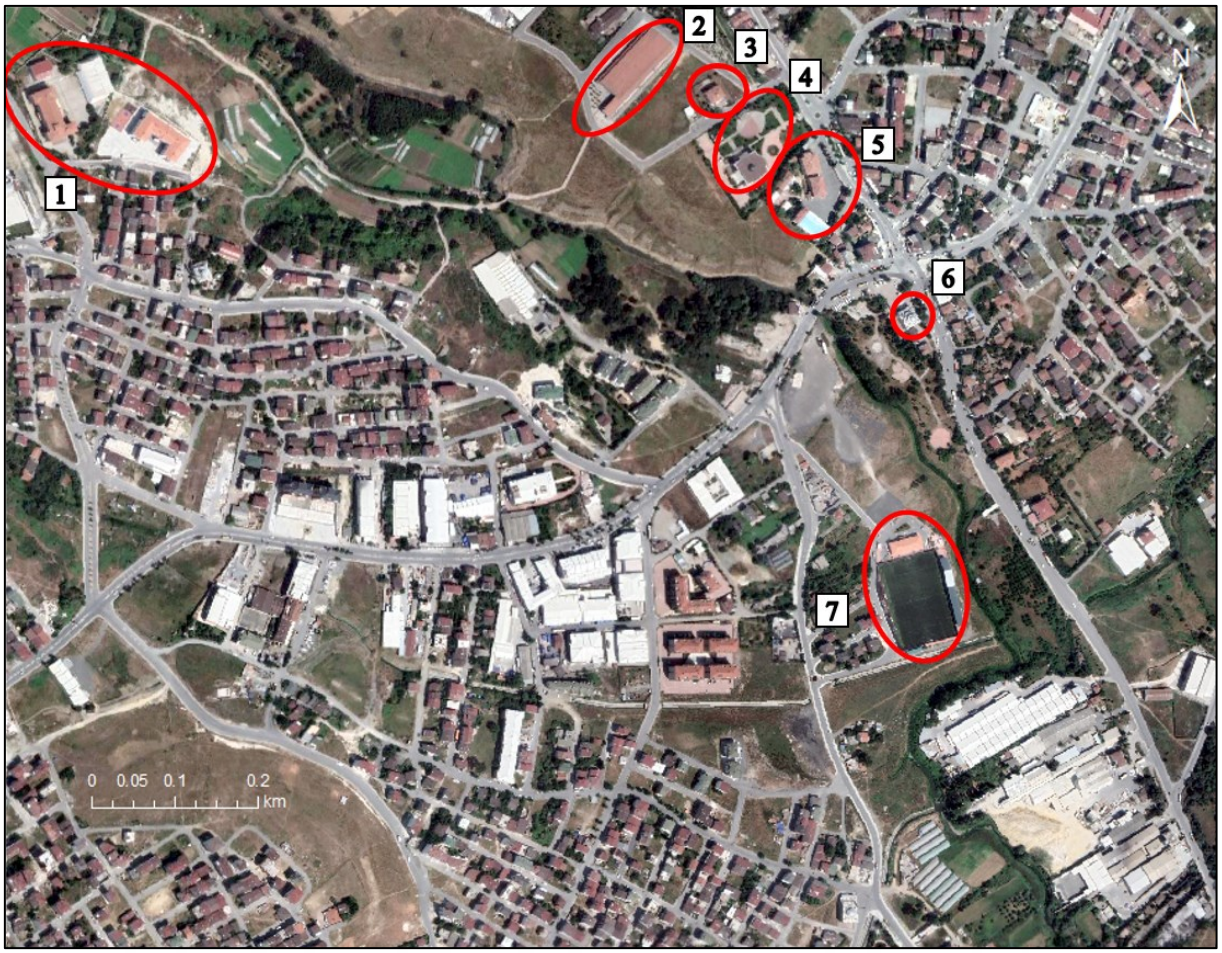
500 yıl tekerrürlü yağış verileri ile elde edilen taşkın debileri göz önünde bulundurulduğunda, Alibeyköy Deresi'nin yatak kapasitesinin genel olarak yeterli olmadığı tespit edilmiştir. Muhtemel taşkın senaryolarında canlı yaşamı risk altında görülmektedir. Çeşitli konut, işyeri ile tarım arazileri üzerinde ekonomik kayıpların meydana gelme ihtimali vardır. Bu yüzden taşkın önleme tesislerine ihtiyaç duyulmaktadır. Havzanın güncel (2022 yılı) yerleşim durumu ve artış eğilimi gösteren nüfusu göz önünde bulundurularak Bolluca Mahallesi, Boğazköy Mahallesi ve Pirinççi Köyü mevkileri (**Şekil 4.23**) için yapısal taşkın önleme önerileri geliştirilmiştir. Seçilen bu bölgeler havzada en riskli alanlar olarak belirlenmiştir. Alınan önlemlerin etkisi 20 yıl aralıklarla izlenmiştir. Meydana gelen taşkın yayılımlarındaki farkın haritalarda daha iyi gözlemlenebilmesi için bu zaman aralığı seçilmiştir.



Şekil 4.23: Taşkın önleme çalışmalarının gerekli görüldüğü öncelikli üç konum.

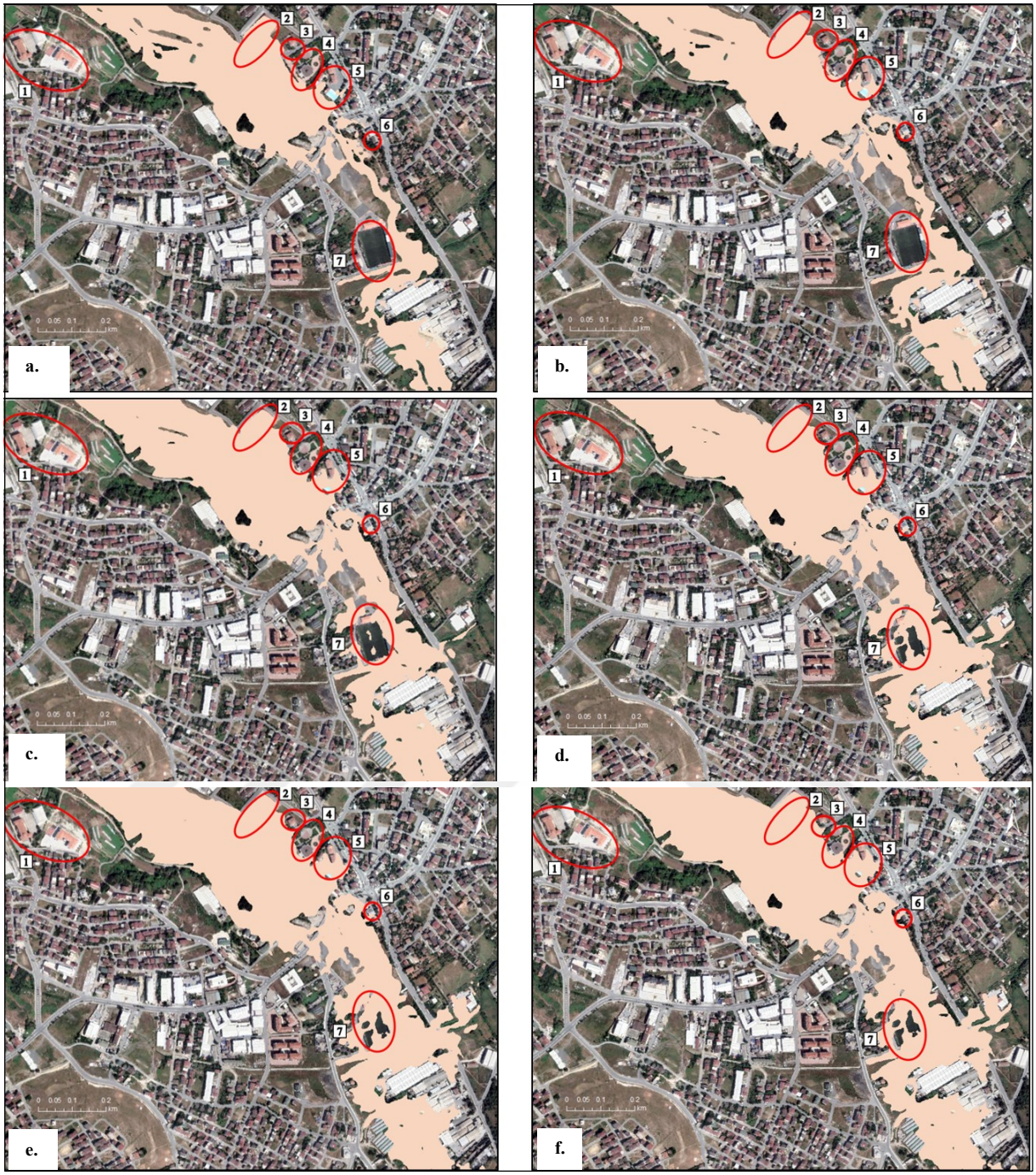
4.4.1.1. Bolluca Mahallesi

Alibeyköy Havzası sınırları içerisinde bulunan ve Alibeyköy Deresi güzergahındaki Bolluca Mahallesi, Arnavutköy ilçesindedir. Gerek yıllar içerisindeki nüfus artışı gerekse arazi kullanımlarında meydana gelen ve gelmesi beklenen değişimler sebebiyle dikkate değerdir. Dere güzergahı üzerinde genellikle tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin olmasının yanı sıra **Şekil 4.24**'de görülen pek çok konut ve Bolluca Mesleki Teknik ve Anadolu Lisesi (1), Kapalı Pazar (2), Aile Sağlığı Merkezi (3), Arnavutköy Belediyesi Bolluca Hizmet Binası (4), Sabri Akın İlkokulu (5), Bolluca Cami (6), Bolluca Stadyumu (7) gibi kamusal binalar da bulunmaktadır. Bu çalışmada daha önceki bölümlerde elde edilen taşkın yayılım haritalarından, dere yatağına yakın mesafelerde bulunan bu yapıların risk altında olduğu görülmüştür.



Şekil 4.24: Bolluca Mahallesi genel Google Earth görüntüsü.

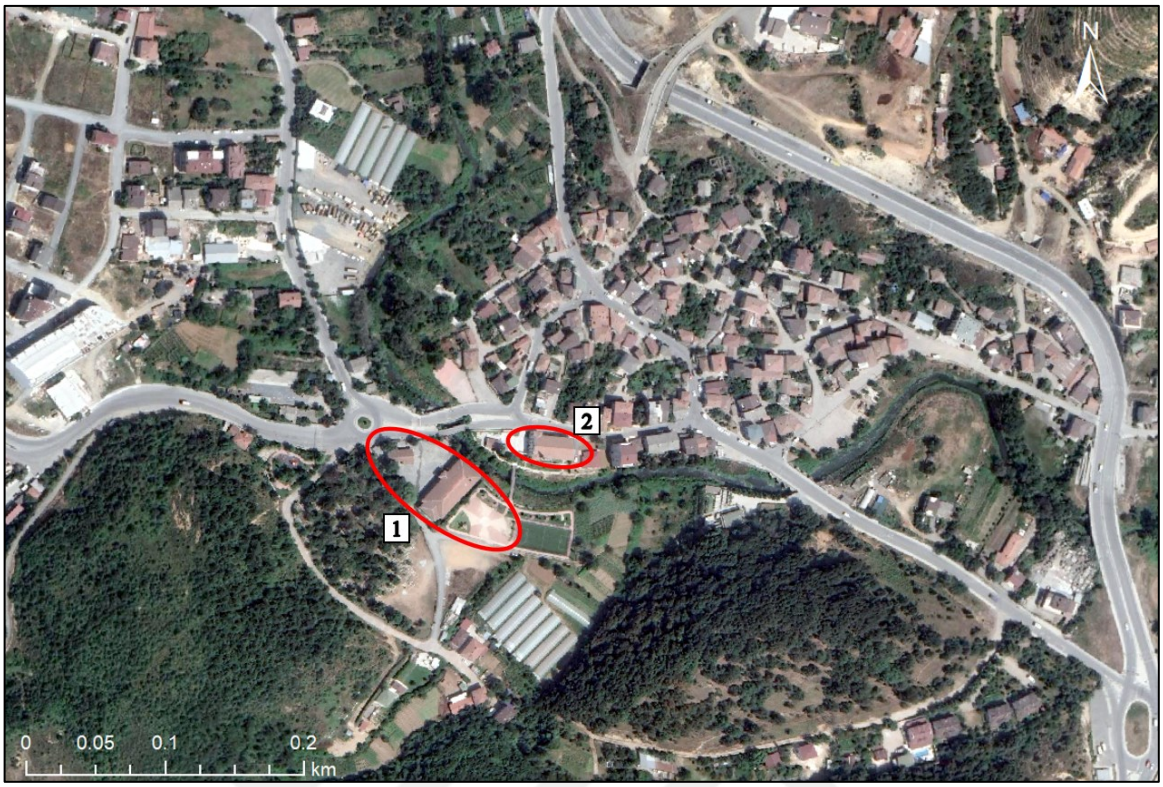
Bolluca Mahallesi'nin risk altında görülen yerlerinin 1990, 2010, 2030, 2050, 2070 ve 2090 yıllarına ait taşkın yayılım haritaları **Şekil 4.25**'de verilmiştir. Arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıfı bakımından yüzey geçirimsizliğinin artışına bağlı olarak taşkın sularının etki alanının yıllar içerisinde arttığı görülmektedir. Taşkın suları çeşitli tarım arazilerinde ve konutlarda etkisini göstermektedir. Bu yüzden, riskli bölge olarak belirlenen bu mahalle için muhtemel taşkın zararlarının önlenmesi için çalışmalara ihtiyaç duyulduğu görülmüştür. Bölgede meydana gelebilecek taşkınları önlemek veya koruma sağlamak adına Bolluca Mahallesi çalışma kapsamına alınmıştır.



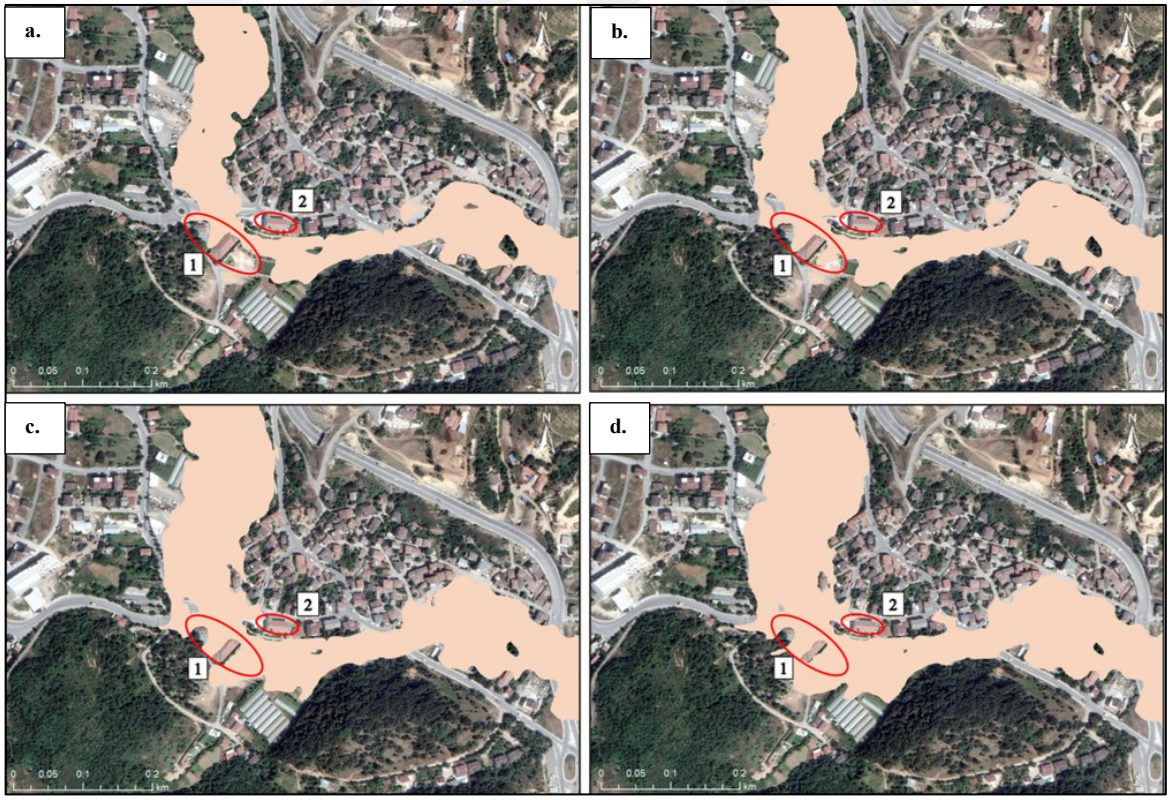
Şekil 4.25: Bolluca Mahallesi 1/7000 ölçekli taşkın yayılım haritaları, **a.)** Yıl: 1990, **b).** Yıl: 2010, **c.)** Yıl: 2030, **d.)** Yıl: 2050, **e.)** Yıl: 2070 **f.)** Yıl: 2090.

4.4.1.2. Boğazköy Mahallesi

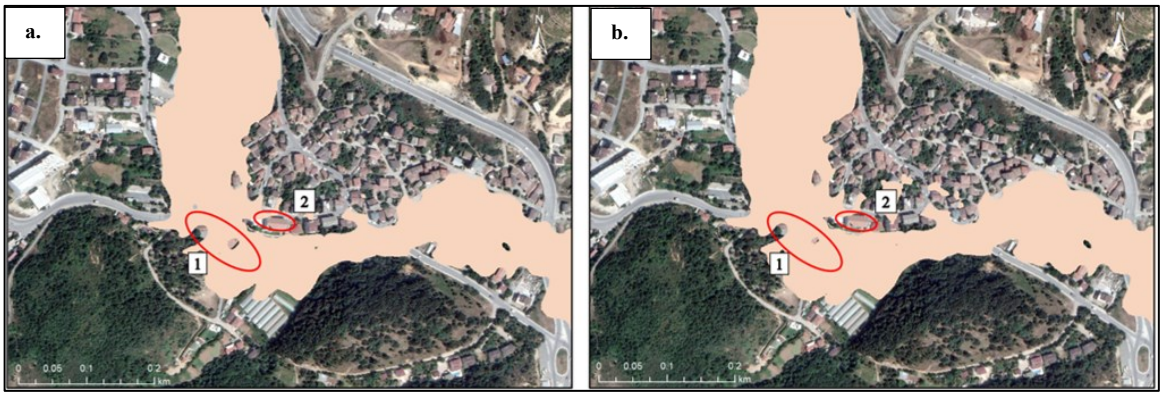
Arnavutköy ilçesinde bulunan Boğazköy Mahallesi, Alibeyköy Deresi güzergahı üzerindedir. Dere yatağı yerleşim yerlerinin içerisinden geçmektedir. Çeşitli fabrika, iş yerleri, konut ile Boğazköy İlkokulu (1) ve Boğazköy Cami (2) gibi kamusal alanlarla iç içedir (**Şekil 4.26**). Bölgenin 1990, 2010, 2030 ve 2050 yıllarına ait taşkın yayılım alanlarında meydana gelen değişimler **Şekil 4.27** ve **Şekil 4.28**'deki haritalarda gösterilmiştir.



Şekil 4.26: Boğazköy Mahallesi genel Google Earth görüntüsü.



Şekil 4.27: Boğazköy Mahallesi 1/7000 ölçekli taşkın yayılım haritaları, **a.)** Yıl: 1990, **b.)** Yıl: 2010, **c.)** Yıl: 2030, **d.)** Yıl: 2050.



Şekil 4.28: Boğazköy Mahallesi 1/7000 ölçekli taşkın yayılım haritaları, **a.)** Yıl: 2070 **b.)** Yıl: 2090.

4.4.1.3. Pirinççi Köyü

Pirinççi Köyü, Eyüp ilçesinde ve Alibeyköy Deresi güzergahındadır (**Şekil 4.29**). Taşkın yayılım haritaları göz önünde bulundurulduğunda, yatak kapasitesinde yetersizlikler görülmektedir. Daha önce elde edilen taşkın yayılım haritalarından bölgenin risk taşıdığı belirlenmiştir. Bölgenin taşkın tehlike durumunu gözlemleyebilmek adına Pirinççi İlkokulu (1) ile Şahin Tepe Cami (2) yapıları referans konumlar olarak seçilerek yıllara göre taşkın yayılımlarındaki değişimler incelenmiştir **(Şekil 4.30)**.



Şekil 4.29: Pirinççi Köyü genel Google Earth görüntüsü.



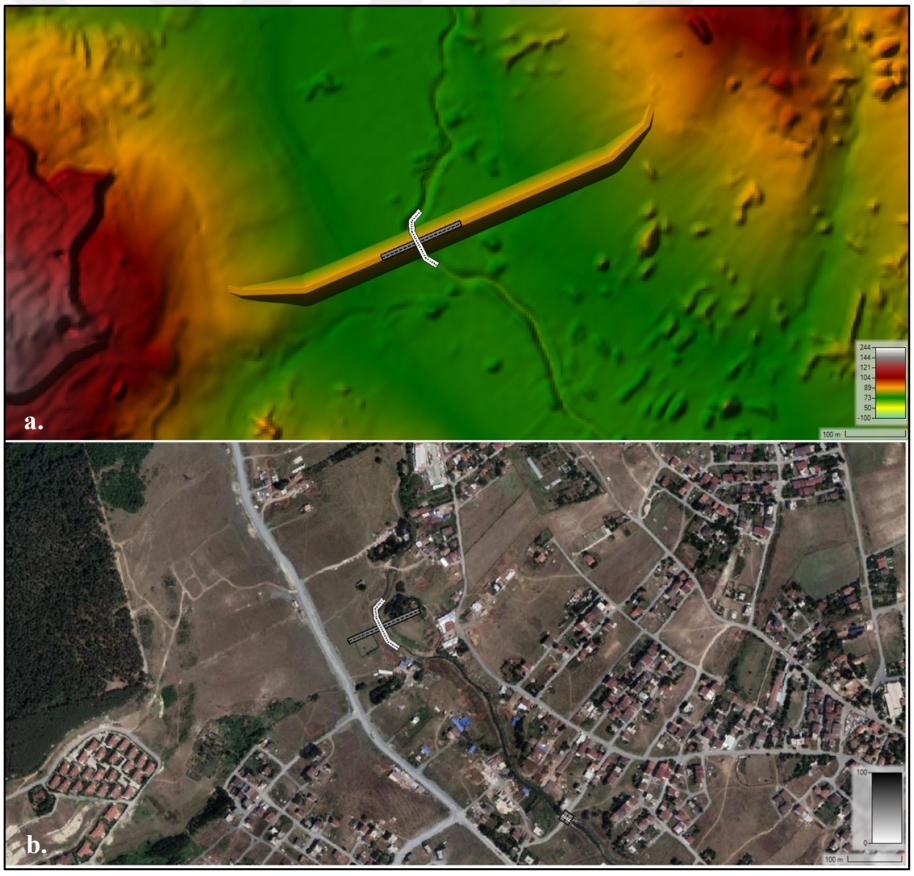
Şekil 4.30: Pirinççi Köyü 1/5000 ölçekli taşkın yayılım haritaları, **a.)** Yıl: 1990, **b.)** Yıl: 2010, **c.)** Yıl: 2030, **d.)** Yıl: 2050, **e.)** Yıl: 2070, **f.)** Yıl: 2090.

4.4.2. Önerilen Yapısal Tedbirler

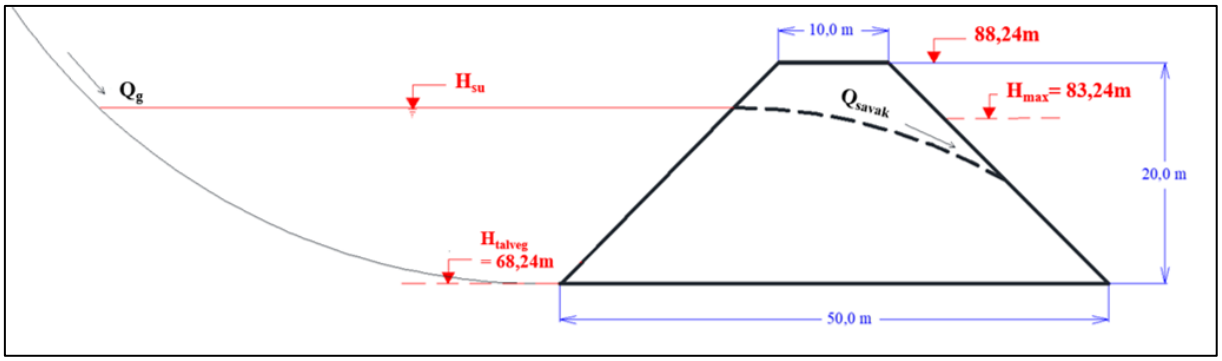
Alibeyköy Havzası için alınabilecek en temel ve kesin çözüm niteliğindeki tedbir; akarsu yatağının ıslahıdır. Ancak, halihazırda derenin uzunluğu ve havzanın büyüklüğü dikkate alındığında, uzun ıslah süreci, yüksek maliyetler ve doğal yapıya fazla müdahale söz konusudur. Bu sebeple HEC-RAS programı üzerinde birtakım yapısal tedbirler geliştirilerek önerilmiştir. Senaryo-III'ün meydana gelmesi durumunda, 2050 yılı için ön görülen hidrolojik ve hidrolik durumlara göre analizler yapılarak üç farklı kombinasyonda öneriler sunulmuştur.

4.4.2.1. Tedbir-I

Tedbir-I kapsamında, **Şekil 4.31**'de görüldüğü üzere havzanın membasında bir sel kapanının faaliyete geçirilmesi planlanmıştır. Suların bir haznede birikerek, akarsu yatağında akışa geçmesi engellenmektedir. Tip-I olarak isimlendirilen bu taşkın önleme yapısına ait şematik görüntü **Şekil 4.32**'de verilmiştir.

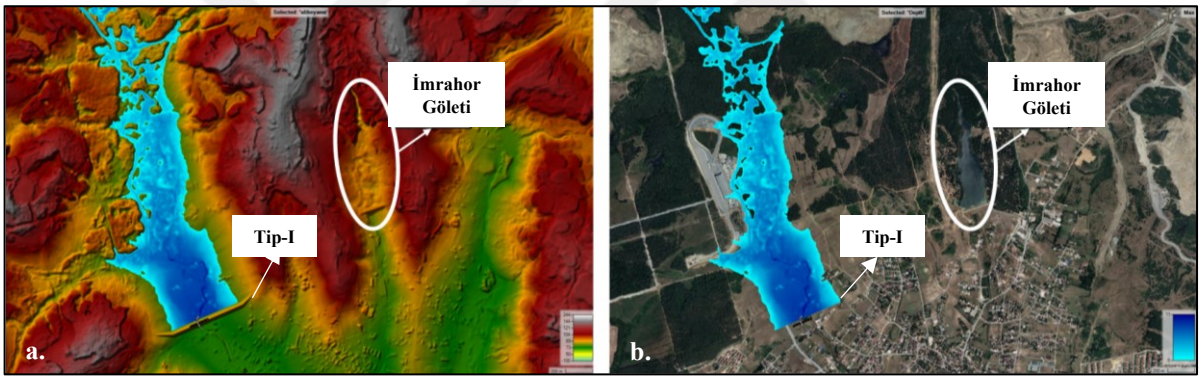


Şekil 4.31: Tedbir-I kapsamında planlanan sel kapanı yapısı **a.)** SYM görüntüsü, **b.)** Google Earth uydu görüntüsü.



Şekil 4.32: Tip-I şematik görüntü.

20 m gövde yükseklinde planlanan sel kapanında, dolu savak yüksekliği 15 m olarak planlanmıştır. Bu bakımdan, İmrahor Göleti'ne paralel yeni bir su rezervuarı da oluşturulmuştur (**Şekil 4.33**). HEC-RAS' ta karasız akım ile yapılan analiz sonuçları incelenmiştir. Maksimum 11 m derinliğe kadar su birikimi sağlanarak, havzanın geri kalanındaki taşkın riski ortadan kaldırılmaktadır.

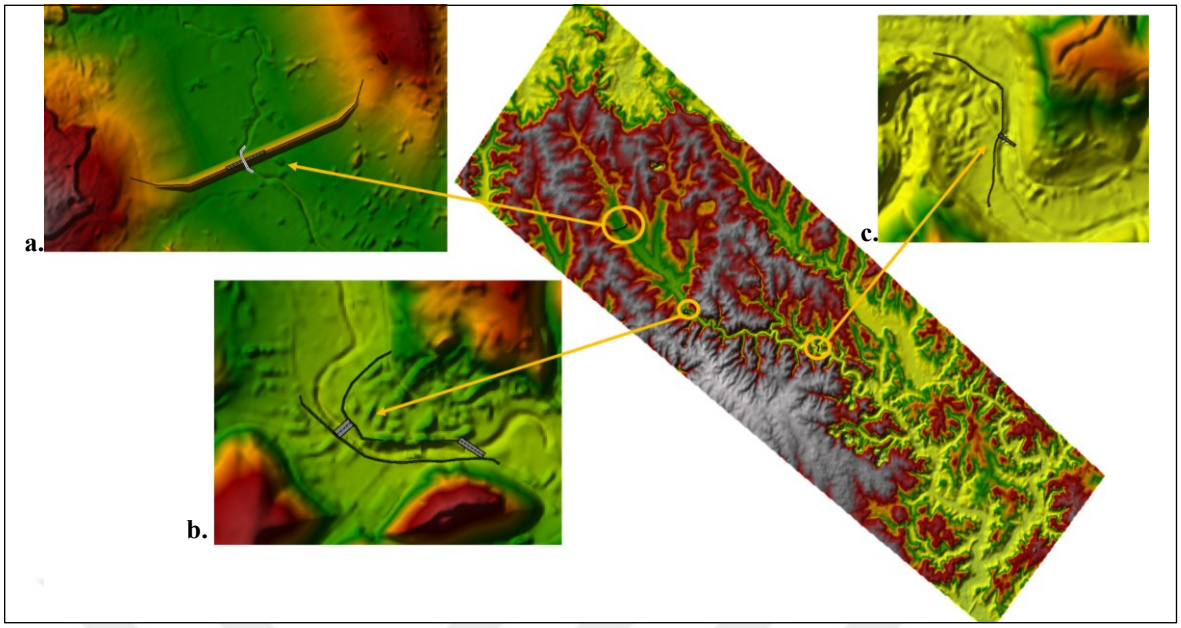


Şekil 4.33: Tedbir-I kapsamında tanımlanan Tip-I ile İmrahor Göleti genel görüntüleri **a.)** SYM görüntüsü, **b.)** Google Earth uydu görüntüsü.

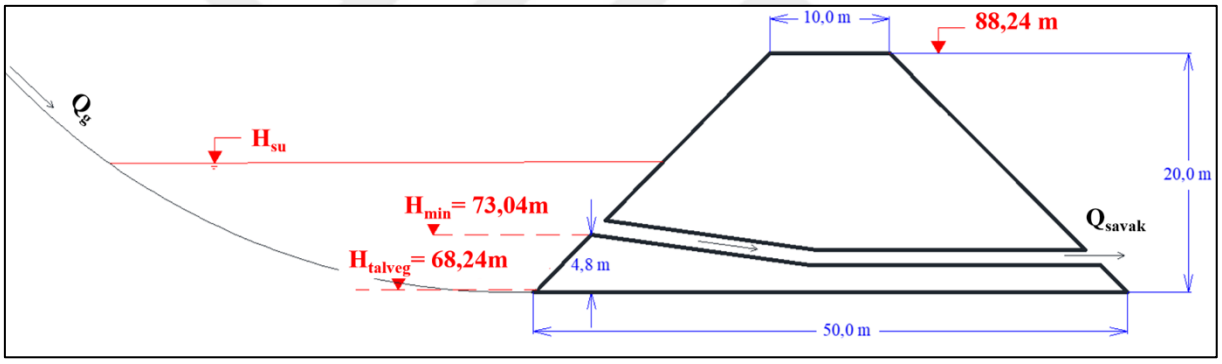
4.4.2.2. Tedbir-II

Tedbir-II kapsamında, bir adet sel kapanı ile her biri 3 m yükseklikte olacak şekilde Boğazköy Mahallesi ve Prinççi Köyü konumlarında taşkın duvarlarının yapılması önerilmektedir. Tedbir kapsamında önerilen yapıların konumları **Şekil 4.34**'te verilmiştir. Bu öneride tanımlanan sel kapanı Tip-II olarak isimlendirilmiştir. Tip-II'ye ait şematik görüntü **Şekil 4.35**'te verilmiştir. HEC-RAS detay görüntüsü ise **Şekil 4.36**'da gösterilmektedir.

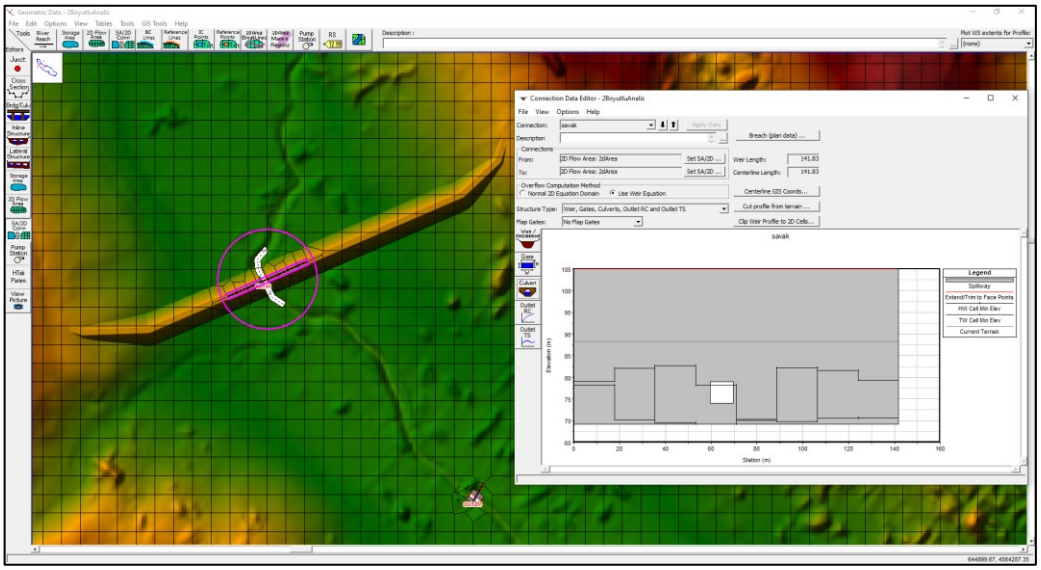
Boğazköy İlkokulu ile Boğazköy Cami'nin dere yatağı üst şevlerine 3 m yükseklikte taşkın duvarları tanımlanmıştır. Duvarlar trapez kesittir. Benzer şekilde Pirinççi İlkokulu ile dere yatağı arasında da taşkın yatağı boyunca uzanan, 470 m uzunluğunda trapez kesit taşkın duvarı tanımlanmıştır (**Şekil 4.37**).



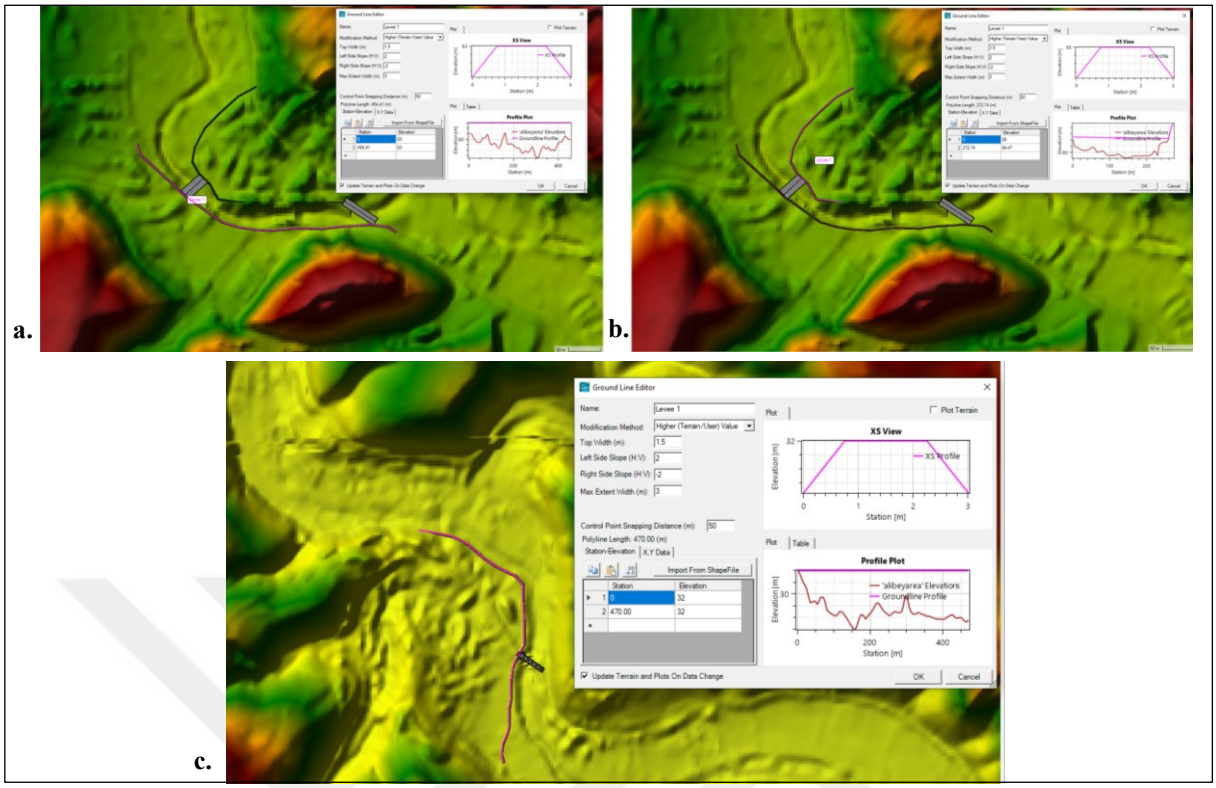
Şekil 4.34: Tedbir-II kapsamında havza üzerinde önerilen taşkın önleme yapıları ve konumları **a.)** Tip-II sel kapanı yapısı, **b.)** Boğazköy Mahallesi taşkın duvarları, **c.)** Pirinççi Köyü taşkın duvarları.



Şekil 4.35: Tip-II şematik görüntü.

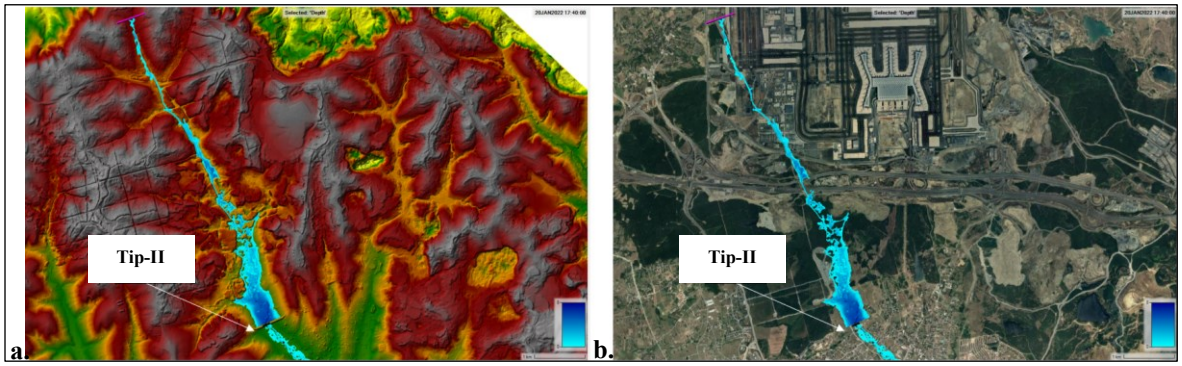


Şekil 4.36: Tip-II, dip savak için HEC-RAS geometrik detay görüntüsü.

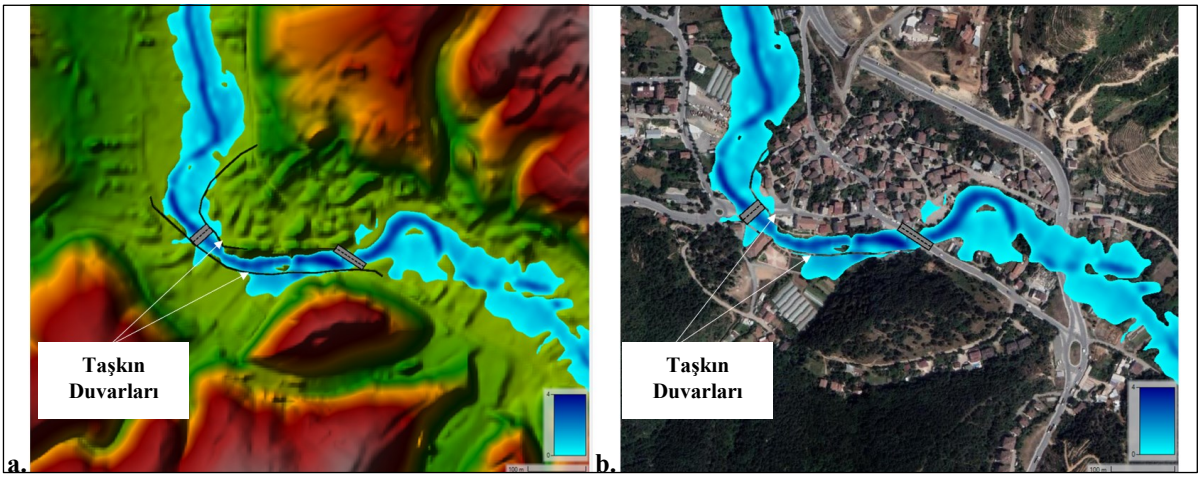


Şekil 4.37: Tedbir-II kapsamında tanımlanan taşkın duvarları, **a-b.)** Boğazköy Mahallesi, **c.)** Pirinççi Köyü.

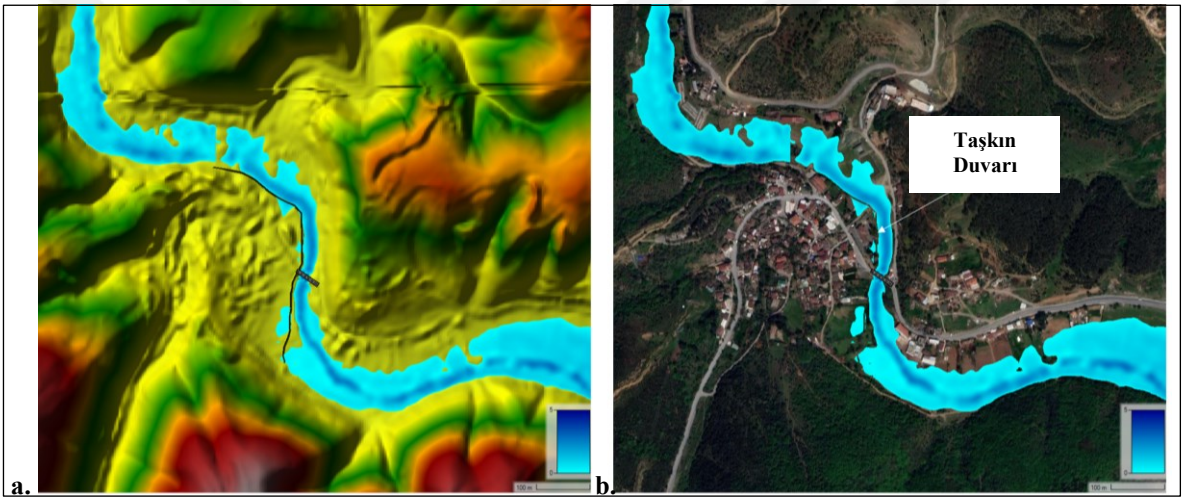
Tedbir-II'nin uygulaması sonrasında havzada yapılan analizler sonucunda alınan tedbirlerin referans noktalar üzerinde oluşturduğu etkiler incelenmiştir. **Şekil 4.38**'de Tip-II olarak isimlendirilen sel kapanı yapısı, **Şekil 4.39**'da Boğazköy Mahallesi ve **Şekil 4.40**'da Pirinççi Köyü konumlarına yerleştirilen taşkın duvarlarının etkisi incelenmiştir.



Şekil 4.38: Tedbir-II uygulaması sonrası sel kapanı, **a.)** SYM görüntüsü **b.)** Google Earth uydu görüntüsü.



Şekil 4.39: Tedbir-II analiz sonrası Boğazköy bölgesinde tanımlanan taşkın duvarları **a.)** SYM görüntüsü **b.)** Google Earth uydu görüntüsü.

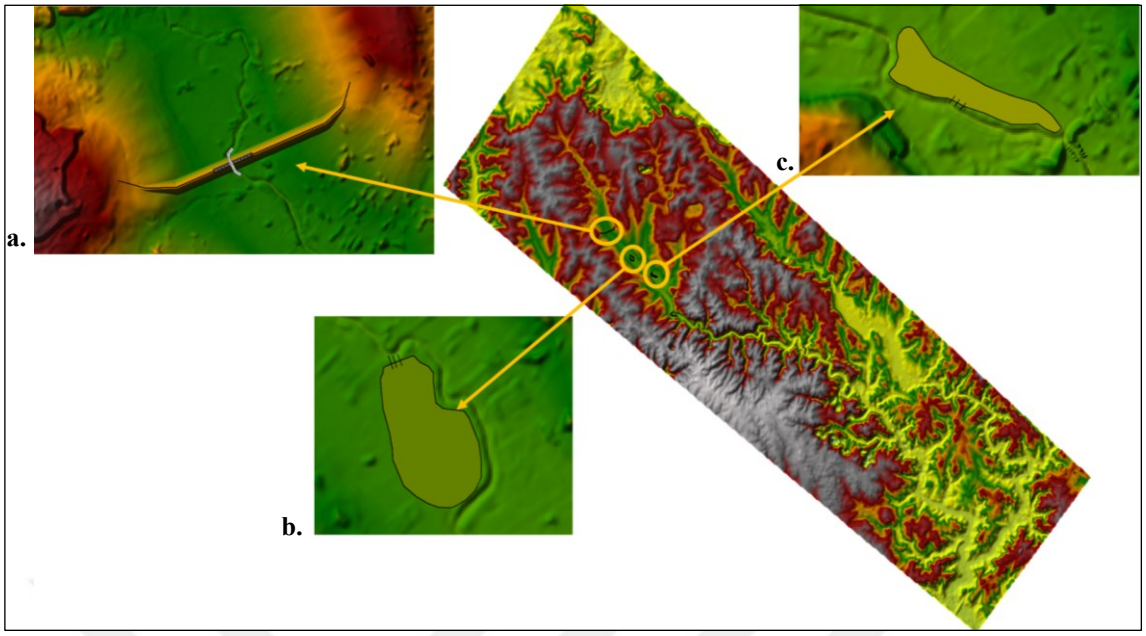


Şekil 4.40: Tedbir-II analiz sonrası Pirinççi Köyü'nde tanımlanan taşkın duvarları **a.)** SYM görüntüsü **b.)** Google Earth uydu görüntüsü.

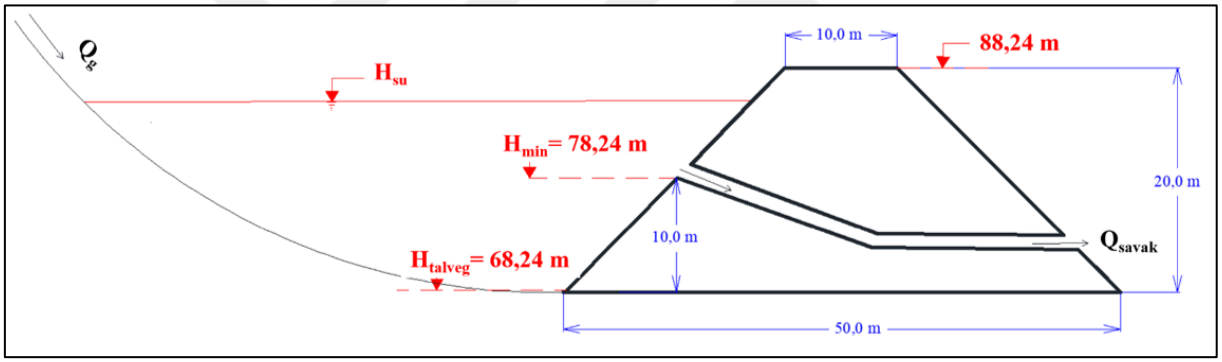
4.4.2.3. Tedbir-III

Tedbir-III kapsamında, bir adet sel kapanı projelendirilerek Arnavutköy ilçe sınırlarında iki adet taşkın geciktirme havuzunun yapılması önerilmektedir (**Şekil 4.41**). Bu tedbir kapsamında önerilen sel kapanı yapısı Tip-III olarak isimlendirilmiştir. Tip-III'e ait şematik görüntü **Şekil 4.42**'de verilmiştir. Tip-III'ün HEC-RAS üzerindeki geometrik detayı ise **Şekil 4.43**'da verilmiştir.

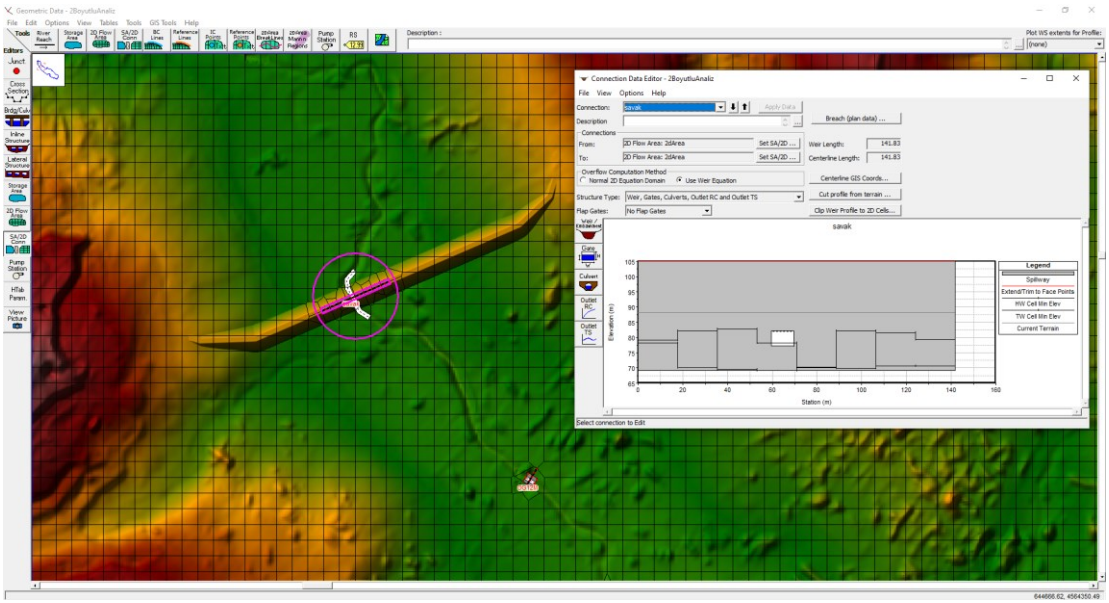
Tedbir-III'ün havzaya uygulanması sonrasında yapılan analizler sonucunda alınan tedbirlerin etkisi ve taşkın su derinlikleri incelenmiştir (**Şekil 4.44**). Geciktirme havuzlarından membaya yakın olanı 8 m derinliğe sahip olup yaklaşık 2,21 ha yüzey alan kaplamaktadır. Diğer havuz ise 12 m derinliğe sahip olup yaklaşık 3,51 ha yüzey alanına sahiptir. Uygulamanın detay görüntüleri **Şekil 4.44** ve **Şekil 4.45**'de verilmiştir.



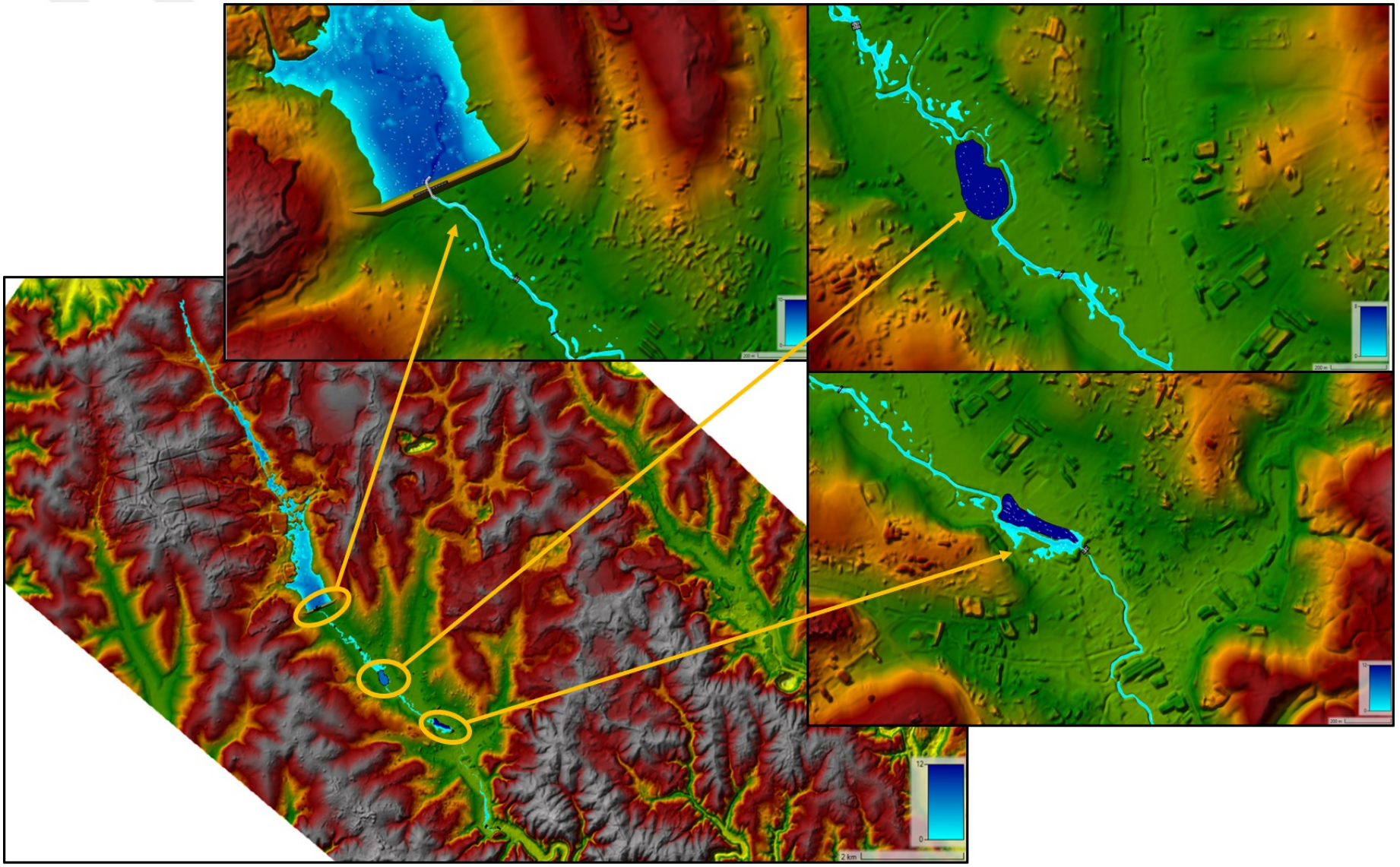
Şekil 4.41: Tedbir-III kapsamında önerilen taşkın önleme yapılarının havza modelindeki konumları, **a.)** Sel kapanı (Tip-III), **b.)** Taşkın geciktirme havuzu-I, **c.)** Taşkın geciktirme havuzu-II.



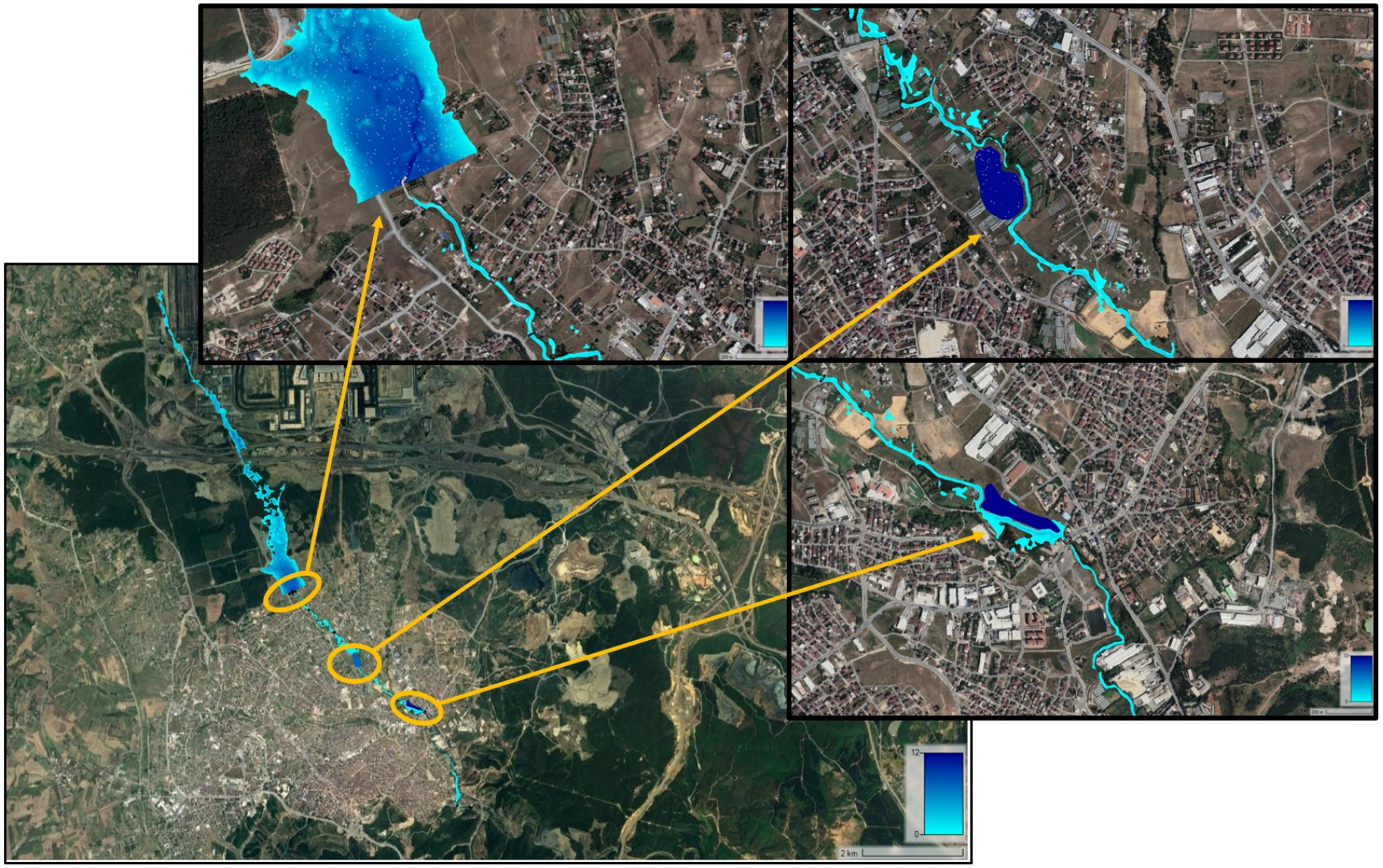
Şekil 4.42: Tip-III şematik görüntü.



Şekil 4.43: Tip-III, dip savak için HEC-RAS geometrik detay görüntüsü.



Şekil 4.44: Tedbir-III'ün RAS-Mapper'de SYM üzerinden analiz sonuçları.



Şekil 4.45: Tedbir-III'ün RAS-Mapper'de uydu görüntüsü altlığı üzerinden analiz sonuçları.

4.4.3. Önerilerin Değerlendirilmesi

2050 yılı için kentleşme açısından en olumsuz senaryo olan Senaryo III'ten edinilen sonuçlar göz önünde bulundurulmuştur. Buna göre havzanın yaklaşık 3,22 km^2lik yüzey alanı taşkın sularının etkisi altında kalmaktadır. Taşkınların önlenmesi veya meydana gelebilecek zararların en aza indirilebilmesi için **Tablo 4.15**'de verildiği üzere üç farklı tedbir başlığında çözüm önerileri geliştirilmiştir.

Tedbir-I kapsamında, Arnavutköy ilçesine Tip-I olarak isimlendirilen sel kapanının yapılması planlanmıştır. Kapan, konum olarak mevcut İmrahor Göleti'ne paralel olup 20 m gövde yüksekliğine sahiptir. Yapılan analizler sonucunda, Tedbir-I uygulaması ile taşkın yayılımını %63,8 oranında önleyerek, 1,17 km²ye düşürmek mümkün olmaktadır (**Tablo 4.15**).

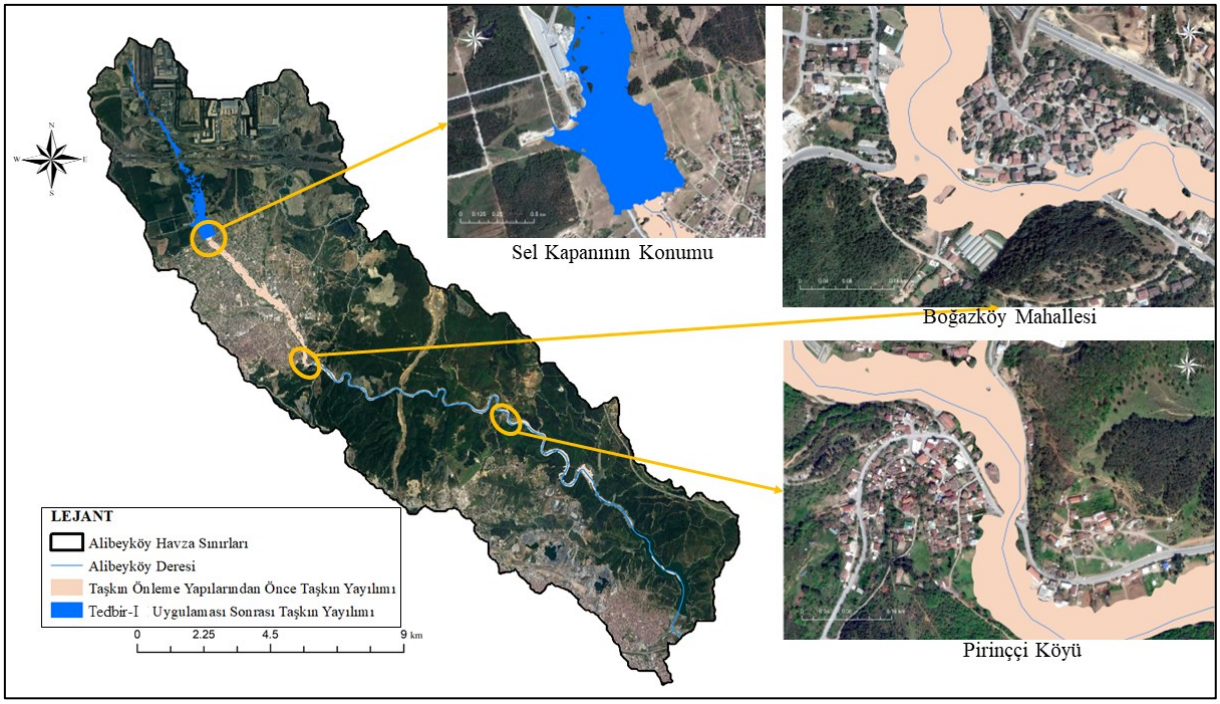
Tedbir-II kapsamında, Arnavutköy ilçesine Tip-II olarak isimlendirilen bir adet sel kapanı yapısı ile Boğazköy Mahallesi ile Pirinççi Köyü'nde 3'er metre yükseklikte trapez kesitlerde taşkın duvarları yapılması planlanmıştır. Bu yapılar taşkın sularının toplamda %18,5'lik bölümünün yayılmasını önlemiştir (**Tablo 4.15**). Geliştirilen bu öneri genel olarak taşkını önlememektedir. Ancak taşkın sularının özellikle insan hayatı üzerinde oluşturabileceği riskleri ortadan kaldırarak, meydana gelebilecek yıkıcı etkilerin azaltılması sağlamaktadır.

Tedbir-III kapsamında, Arnavutköy ilçesinde Tip-III olarak isimlendirilen bir adet sel kapanı ile birbirini takip eden 2 adet taşkın geciktirme havuzunun yapılması planlanmıştır. Tedbir-III uygulaması sonrası yapılan analizlerde, meydana gelmesi beklenen taşkın yayılımın %58,1 oranında azaltılarak, toplamda 1,35 km² düşürüldüğü görülmüştür.

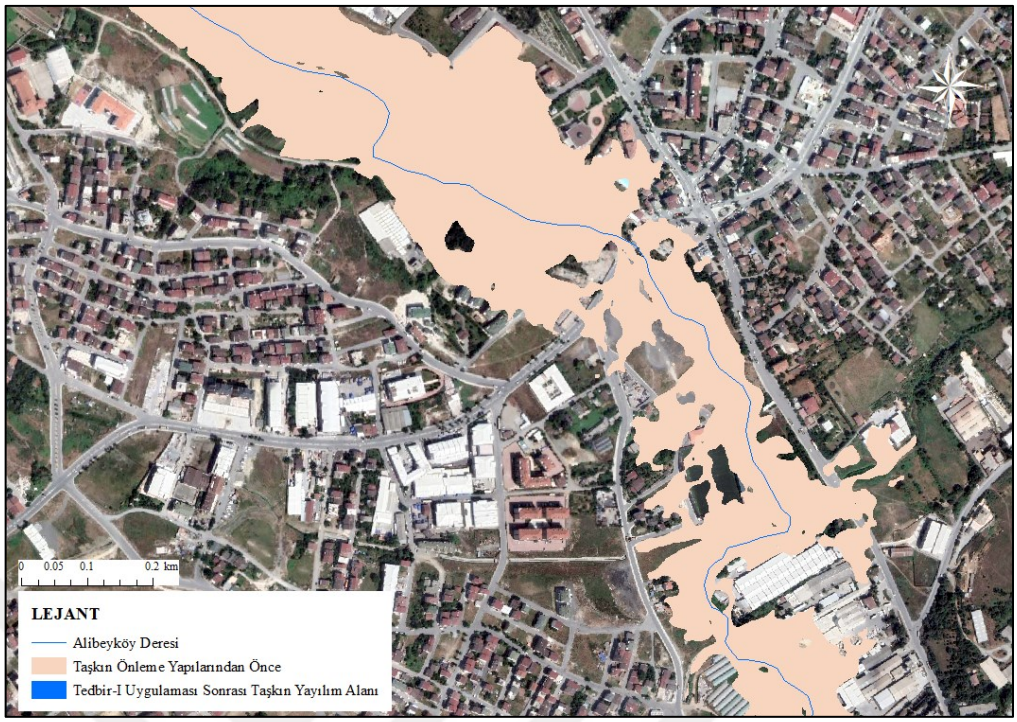
Tablo 4.15: Geliştirilen taşkın önleme tedbirlerinin genel özellikleri.

		Tedbir-I	**Tedbir-II**	**Tedbir-III**
Yapısal Önlemler	Sel Kapanı	Tip-I	Tip-II	Tip-III
	Taşkın Duvarı	-	Boğazköy ve Pirinççi Köyü'nde 3'er metre yüksekliğinde trapez kesitlerde	-
	Taşkın Geciktirme Havuzu	-	-	Arnavutköy ilçesinde 2 adet
Önlemler Sonrası	Taşkın Yayılım Yüzey Alanı (km^2)	1,17	2,63	1,35
	Önleme Oranı (%)	63,8	18,5	58,1

Tedbir-I'in araziye uygulanması sonucu havzanın taşkın yayılım haritası elde edilmiştir. Bu harita ile önleme yapısı olmadan önceki yayılım haritalarının üst üste çakıştırılmış hali **Şekil 4.46**'da detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere, taşkın sularının bir baraj görevi gören sel kapanında birikerek, hiçbir yerleşim yerine ulaşmadığı görülmektedir. Burada her türlü taşkın riskinin önüne geçilmiştir. Taşkın riski taşıması açısından önemli üç noktadan ikisi olan Boğazköy Mahallesi ile Pirinççi Köyü için taşkın tedbiri öncesi ve sonrasını yansıtan taşkın yayılım haritalarına ait detaylar **Şekil 4.46**'da görülmektedir. Tedbir-I'in kentsel yoğunluğu nispeten daha fazla olan, bir diğer riskli bölge Bolluca Mahallesi'nin üzerinki etkisi ise **Şekil 4.47**'de görülmektedir.



Şekil 4.46: Tedbir-I'in taşkın yayılımına etkisi.

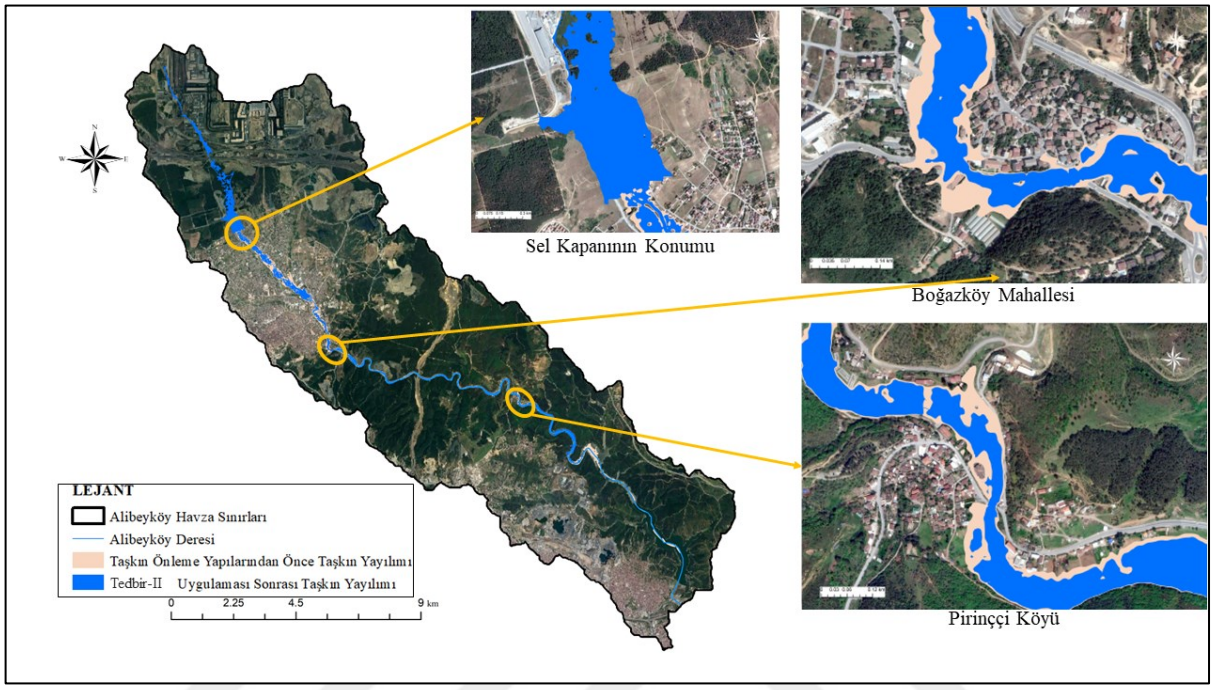


Şekil 4.47: Tedbir-I'in Bolluca Mahallesi üzerindeki etkisi.

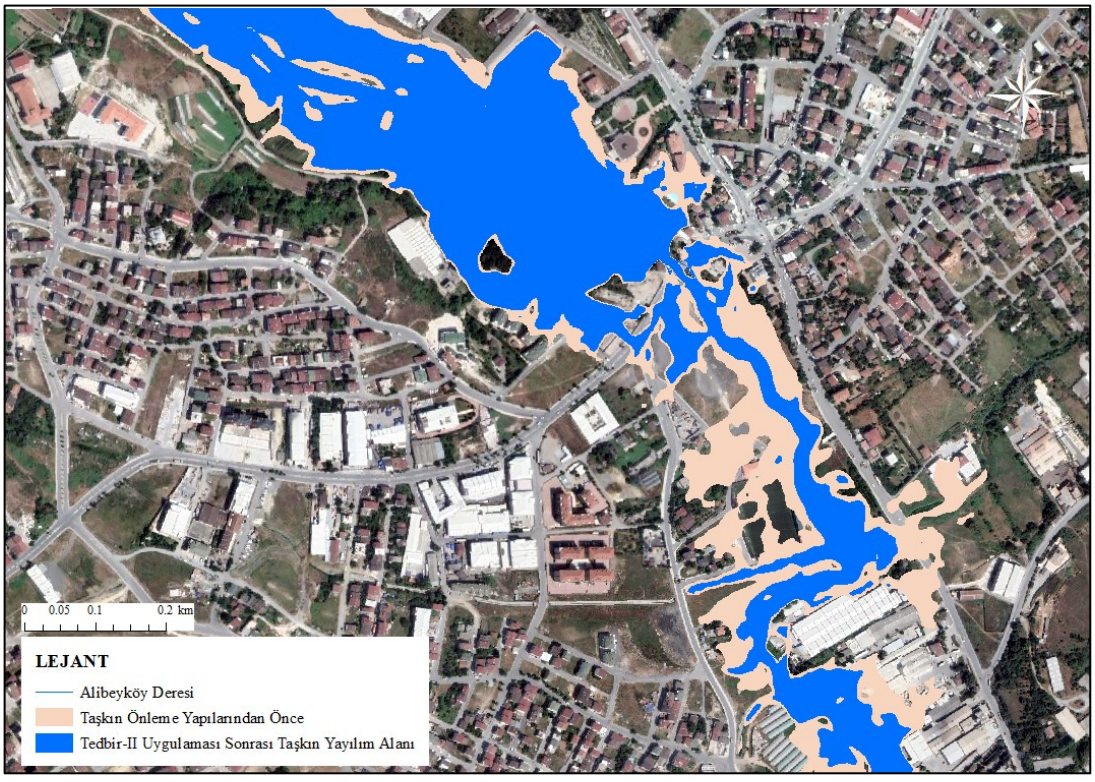
Tedbir-II'nin araziye uygulanması sonucu havzanın taşkın yayılım haritası elde edilmiştir. Elde edilen bu harita ile tedbir yapıları olmadan önceki yayılım haritalarının üst üste çakıştırılmış hali **Şekil 4.48**'de detaylı bir şekilde gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere, haritaların detaylarına bakıldığında taşkın yayılımlarında azalmalar olmasına karşılık, taşkın tamamen önlenmemiş olup havza genelinde etkisi görülmektedir. Bu kapsamda, geliştirilen yapısal önlemlerin Bolluca Mahallesi, Boğazköy Mahallesi ve Pirinççi Köyü mevkilerinde etkili olması beklenmektedir. **Şekil 4.48**'e bakıldığında, Tedbir-II'nin Boğazköy Mahallesi ve Pirinççi Köyü üzerindeki etkisi görülmektedir. Buna göre, taşkın yayılım alanındaki daralma ve kısmen önleme dikkat çekmektedir. Mansaba daha yakın olan Pirinççi Köyü'nün yerleşim yerleri açısından taşkın riskinin azaldığı söylenebilir. Kentsel yoğunluğu nispeten daha fazla olan Bolluca Mahallesi açısından taşkın riskinin tamamen ortadan kalkmadığı ancak etkisinde azalmanın olduğu **Şekil 4.49**'da görülmektedir.

Taşkın sularının yayılım haritalarına bakıldığında (**Şekil 4.48** ve **Şekil 4.49**), Tedbir-II'nin dere yatağı ıslahı, tahliye veya Tedbir-I kadar etkili olmadığı düşünülebilir. Ancak, yapılan analizler sonucunda taşkın sularının derinliğinin azaldığı görülmüştür. 2 ile 3 m arasında değişen su derinliklerinin 0,60-1,0 m mertebelerine düştüğü tespit edilmiştir. Özellikle kentsel alanlarda yıkıcı etkilerinin azaldığı görülmektedir. Önerilen geliştirilmesi kapsamında referans alınan alanlar bazında düşünüldüğünde, taşkın debilerinin yıkıcı etkisini yok etme

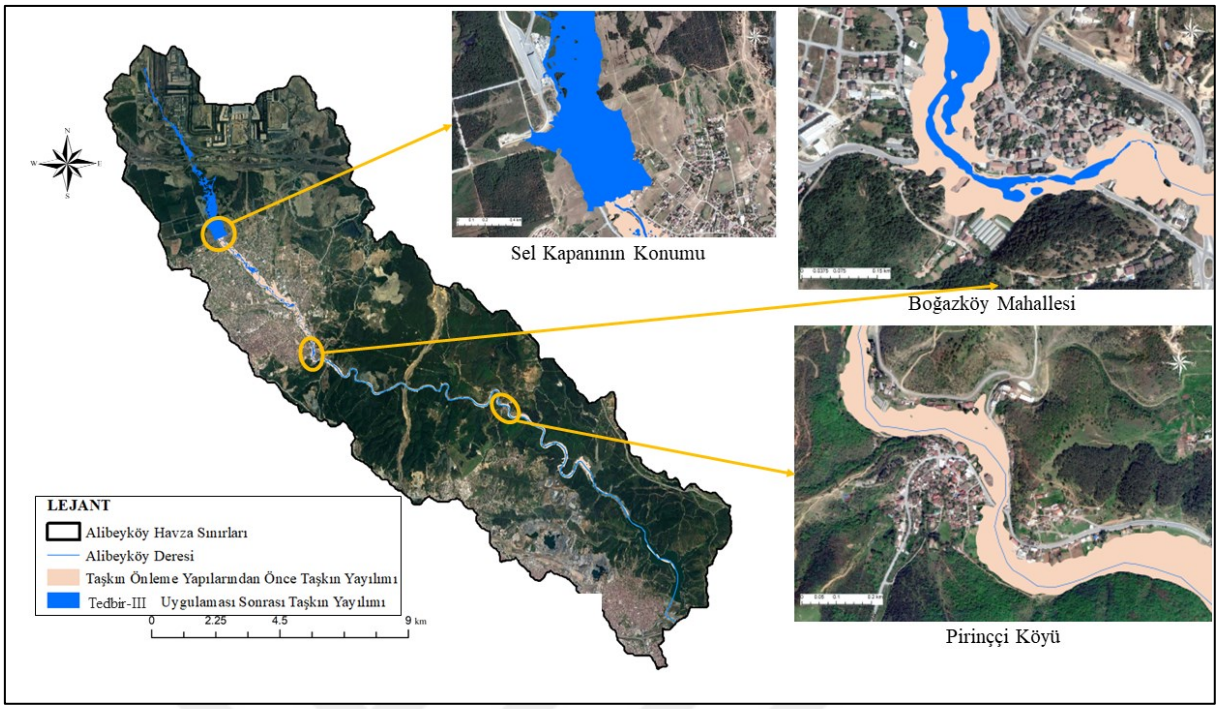
manasında etkili olduğu görülmektedir. Ancak, havza genelinde taşkının yaratacağı riski daha düşük seviyeye indirmek amacıyla Tedbir-III geliştirilerek, etkinliği incelenmiştir (**Şekil 4.50** ve **Şekil 4.51**).



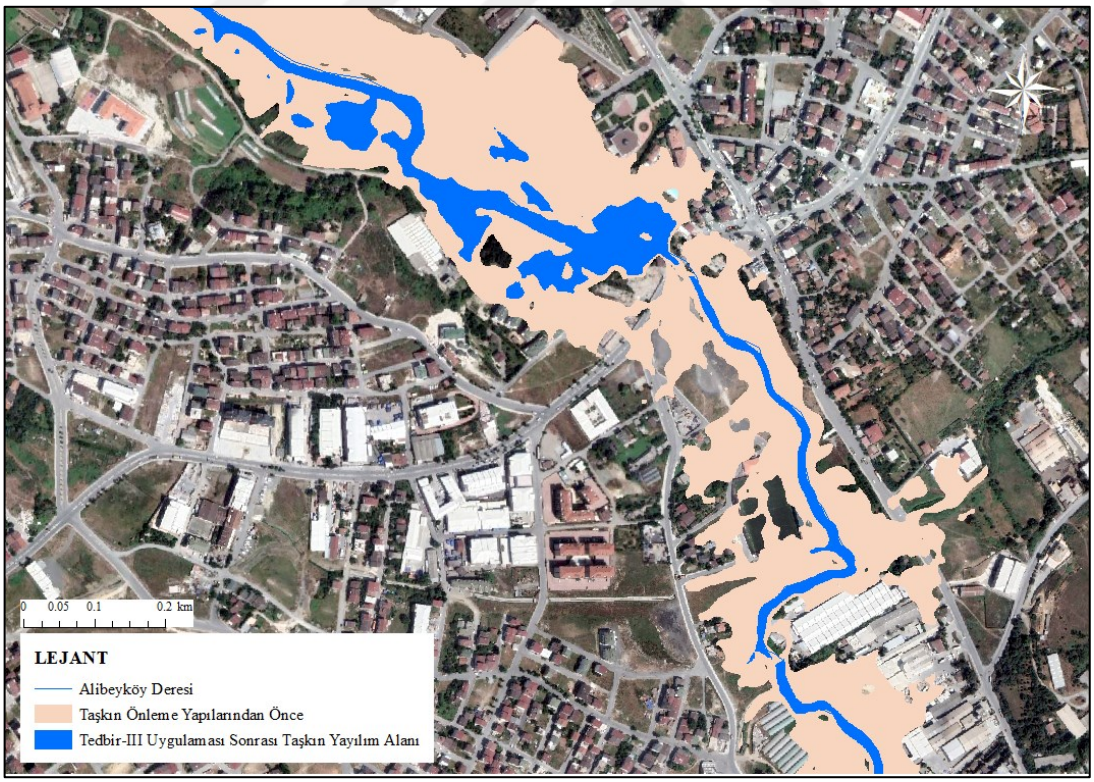
Şekil 4.48: Tedbir-II'nin taşkın yayılımına etkisi.



Şekil 4.49: Tedbir-II'nin Bolluca Mahallesi üzerindeki etkisi.



Şekil 4.50: Tedbir-III'ün taşkın yayılımına etkisi.



Şekil 4.51: Tedbir-III'ün Bolluca Mahallesi üzerindeki etkisi.

Havzadaki taşkınları önlemek adına önerilen üç tedbir için genel bir değerlendirme yapılarak, sahip oldukları üstünlük ve yetersizlikler **Tablo 4.16**'da özetlenmiştir.

Tablo 4.16: Önerilen tedbirlerin genel değerlendirmesi.

Tedbir-I	Tedbir-II	Tedbir-III
✓ Tip-I olarak isimlendirilen sel kapanı yapısı kullanılmıştır (**Şekil 4.32**). ✓ Sel kapanı membasında oluşan göldeki maksimum su derinliği:11 m. **Sağladığı Üstünlükler*:*** ✓ Muhtemel taşkın debisini biriktirerek, havzada büyük debilerde akışın meydana gelmesi engellenmektedir. ✓ Biriktirilen sular, elektrik üretimi, sulama veya içme suyu amaçlı projelendirilerek kullanılabilir. **Olumsuz Yönleri/Yetersizlikler:** ✓ Akarsuyun doğal yapısını bozmaktadır. ✓ Çok büyük debilerin akışına engel olunmasının yanı sıra, havza hidrolojisi açısından gerekli olağan döngüler de engellenmektedir. ✓ Akarsu yatağındaki doğal sürüklenme/sirkülasyon gerçekleşememekte, kirlilik birikimlerini meydana getirmektedir.	✓ Tip-II olarak isimlendirilen sel kapanı yapısı kullanılmıştır (**Şekil 4.35**). ✓ Sel kapanı membasında oluşan göldeki maksimum su derinliği: 8 m. ✓ Boğazköy ve Pirinççi Köyü'nde bazı yerleşim yerlerinin muhtemel taşkınların yıkıcı etkisinden korumak adına taşkın duvarları yapılmıştır. ✓ Standart olarak 3 m yükseklikte, trapez kesit tercih edilen duvarlar, büyük debilere karşı koruyucudur. **Sağladığı Üstünlükler*:*** ✓ Tedbir-I'deki gibi akarsu yatağının doğal yapısında çok büyük değişimler olmamıştır. ✓ Mevcut tehlike altında görülen yerleşim yerleri taşkına karşı korumaya alınmıştır. ✓ Taşkının yıkıcı etkileri ortadan kaldırılmıştır. ✓ Sel kapanında biriktirilen sular, sulama, elektrik vb. amaçlara yönelik kullanılabilecektir. **Olumsuz Yönleri/Yetersizlikler:** ✓ Taşkının havza üzerindeki etkisinin tamamen önüne geçilmemiştir. ✓ Yapılan yapılar sadece güncel yerleşim yerlerini korumaya yöneliktir.	✓ Tip-III olarak isimlendirilen sel kapanı yapısı kullanılmıştır (**Şekil 4.42**). ✓ Sel kapanı membasında oluşan göldeki maksimum su derinliği: 10 m. ✓ 2 adet taşkın geciktirme havuzu kullanılmıştır. ✓ Havuzlar membadan mansaba sırasıyla, 2,21 ha ve 3,51 ha yüzey alanı kaplamaktadır. ✓ 2,21 ha yüzey alana sahip havuz 8 m derinliğe kadar su biriktirebilmektedir. ✓ 3,51 ha yüzey alana sahip havuz, 12 m derinliğe kadar su biriktirebilmektedir. **Sağladığı Üstünlükler*:*** ✓ Tedbir-I'deki gibi akarsu yatağının doğal durumuna müdahale yoktur. ✓ Tedbir-II'ye göre daha fazla miktarda su biriktirilebilmektedir. ✓ Doğru bir planlama ile biriktirilen sular verimli bir şekilde kullanılarak, tasarruf sağlanabilir. ✓ Suların akarsu yatağını aşmalarına izin verilmemektedir. ✓ Havza genelinde taşkınların önüne geçilmiştir.

5. TARTIŞMA

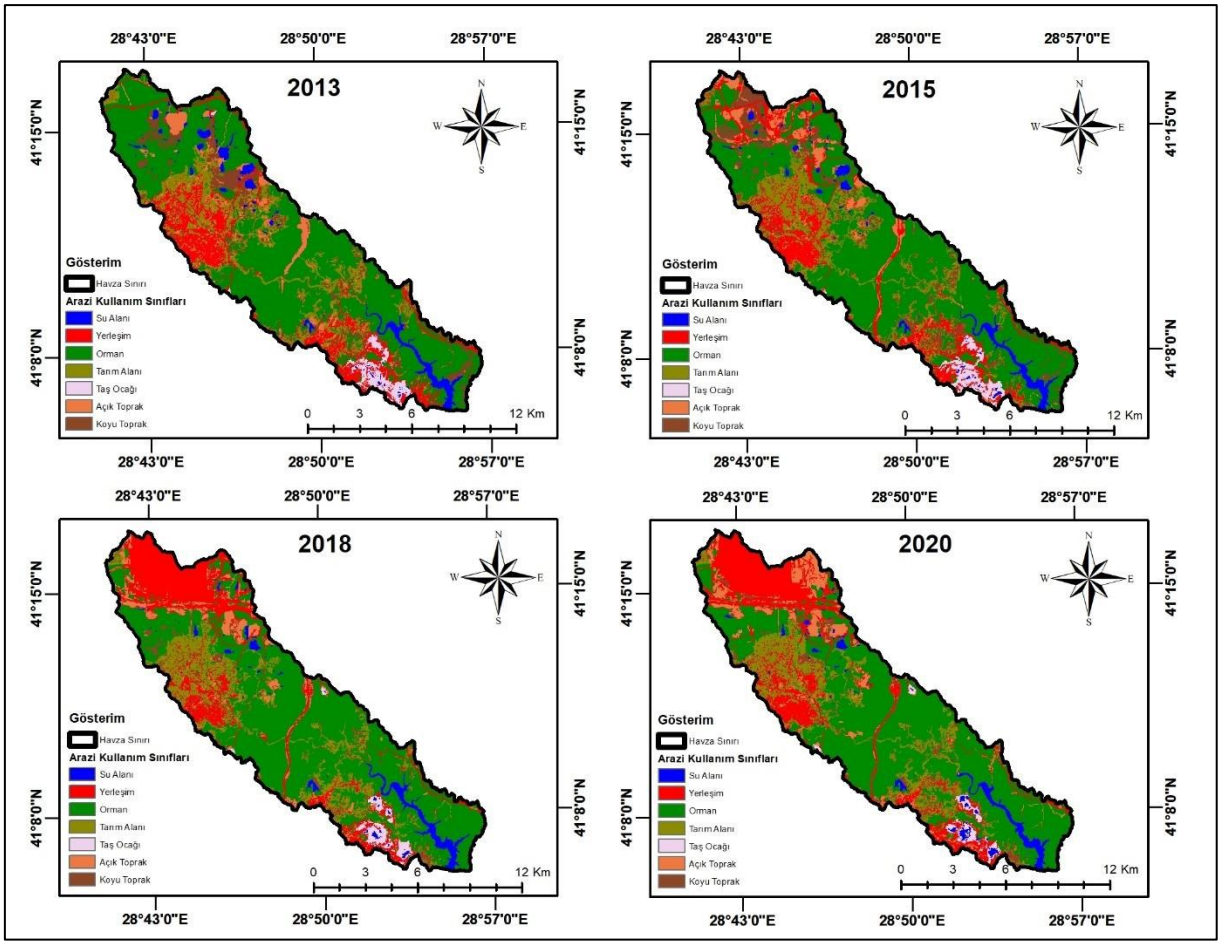
Literatürde pek çok araştırmacı, kentleşmenin fazla olduğu yerlerde, pik debinin arttığını ve pik debiye ulaşma sürelerinin kısaldığını (Campana & Tucci, 2001; Nirupama & Simonovic, 2007; Saghafian ve diğ. 2008; Liu ve diğ., 2014) ifade etmektedir. Hu ve diğ. (2020) ile Poudel ve diğ. (2020), çalışmalarında yüzeysel akışın, geçirimsiz yüzey artışı ile orantılı olarak arttığını ve geçirimsiz yüzeyin azalmaya başladığı durumlarda da azaldığını gözlemlemişlerdir. Kadıoğlu (2019)'nun tanımladığı üzere "*hızlı ve denetim dışı gelişen konut alanlarının tehdidi altında olan Alibeyköy Havzası"* üzerindeki kentleşme senaryolarından yürütülen bu çalışmada da literatür bilgisini destekler nitelikte bulgular elde edilmiştir. Havzanın pik debileri 10'ar yıllık periyotlarla analiz edildiğinde 1990'dan 2100'e kadar; Senaryo-I'de %66,78, Senaryo-II'de %64,87 ve Senaryo-III'de %148,97 oranlarında artış olduğu tespit edilmiştir. Yıllara göre devamlı kentleşme artışının ön görüldüğü havzada, pik debiye ulaşma süresinin kentleşme arttıkça düştüğü görülmüştür. Bu süreler, hızlı kentleşme senaryosunda daha erken kısalmaya başlamıştır. Bunların birer sonucu olarak, taşkın yayılım alanlarında da sürekli artışlar meydana geldiği analiz edilmiştir.

Ahi (2021), UA metotlarından yararlanarak Alibeyköy Havzası'nın 2013-2020 yılları için sahip olduğu arazi örtüsü/arazi kullanımı haritalarını elde etmiştir (**Şekil 5.1**). Ahi'nin elde ettiği haritalar ile bu çalışmada elde edilen haritalar karşılaştırıldığında iki yöntem sonuçlarının büyük oranda örtüştüğü görülmektedir. Aralarındaki farklılıklar ise, havza sınırlarının bu tezde bir miktar daha geniş alınmasından kaynaklanmaktadır. Sınıflandırma sistemi ve yöntem bazında farklılıklar olsa da 2020 yılı arazi örtüsü/arazi kullanımı haritaları incelendiğinde;

- Ahi tezinde "*Su Yapıları (Su Kütleleri)*" sınıfı için yüzey alanını 4,69 km^2 olarak bulurken bu çalışmada 4,74 km^2 olarak tespit edilmiştir.

- Ahi'nin tezinde "*Orman Alanları*" sınıfını yaklaşık 80 km^2 olarak tespit ederken bu çalışmada 89,28 km^2 olarak tespit edilmiştir.

- Ahi'nin tezinde 33,03 km^2 olan "*Yerleşim Alanları*" sınıfı bu çalışmada 34,51 km^2 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5.1: Alibeyköy Havzası için hazırlanan arazi kullanım haritaları (Ahi, 2021).

Ahi'nin farklı yöntemler ile oluşturduğu haritalar ile CORINE haritaları temelinde yönetilen bu çalışmanın bulguları incelendiğindeki sonuçların örtüştüğü görülmektedir. Özellikle 2012 ve 2018 yılı CORINE haritalarının güvenilir kaynaklar olduğu düşünülmektedir. Daha hassas çalışmalar açısından, yüksek çözünürlüklü ve düşük ölçeklerde elde edilmiş haritalar ile araştırmaların detaylandırılabileceği düşünülmektedir.

Bora & Onuşluel Gül (2019)'ün daha önce ifade ettiği gibi taşkınların meydana getireceği etkileri en aza indirmek için ön görülerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bunun için de taşkın modellerine ihtiyaç vardır. Farklı bölgeler için değişik zamanlarda üretilmiş çeşitli hidrolojik ve hidrolik modeller mevcuttur. Ancak bu çalışmalarda genel olarak kentleşmenin izlenmesine yer verilmediği görülmektedir. Esasınsa literatürdeki arazi örtüsü/arazi kullanımına yönelik çalışmalar genellikle peyzaj, coğrafya ve orman araştırmalarına konu olarak, arazinin en doğru nasıl kullanılacağı konusundadır (Hatipoğlu ve diğ., 2022). Bu tez kapsamında da kentleşmenin

taşkınlar ve özellikle kentsel taşkın üzerindeki etkinin incelenerek öneminin ortaya koyulması hedeflenmiştir.

Kentleşmenin havza bazlı takip edilerek, gerekirse belli başlı yaptırımlarla doğru bir biçimde planlanması gerekmektedir. Aksi takdirde artan yapılaşmaya yani kentleşmeye karşılık yağış-akış oranlarında feyezanlara sebep olacak sonuçlar meydana gelmektedir. Kentleşmeye bağlı olarak artan geçirimsiz yüzeyler, yüzeysel akışı 2 ile 6 kat arasında olacak şekilde arttırmaktadır (Yılmaz & Kaya, 2020). Aymama Deresi (İstanbul)'nin taşkını buna bir örnektir. 2009 yılında meydana gelen, 31 kişinin hayatını kaybetmesine neden olup, büyük maddi hasarlar bırakan taşkın, kentleşmenin kontrol altına alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır.1980'li yıllara ait hava fotoğraflarına bakıldığında yok denilecek kadar az yapı görülen Aymama Havzası'nın %68'i yapılaşmıştır (Özcan, 2017). Benzer şekilde geri dönüşü zor değişimlerin ve afetlerin başka havzalarda da meydana gelmemesi adına Alibeyköy Havzası örneği üzerinde bu çalışma yürütülmüştür. Kentleşme etkisinin ciddiyetine dikkat çekmeyi hedefleyen bu çalışma ile diğer havzaların planlamasında ve kontrol edilmesinde örnek teşkil etmesi hedeflenmiştir. Bu yüzden, kentleşme hızı açısından senaryo bazlı çalışılmıştır. Havzanın yaklaşık %15,80'inin geçirimsiz olması ile %56,26'sının olması arasındaki farklar ortaya koyulmuştur.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Kentleşmenin akarsu havzalarındaki yüzeysel akışa ve dolayısıyla taşkınlara etkisi incelenmiştir. Gerek artan nüfus gerekse İstanbul Havalimanı ve yeni yollar ile zamanla arazisi üzerinde değişimler görülen Alibeyköy Havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri temelli programlarla havza üzerinde meydana gelen arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarındaki değişiklikler incelenmiştir. 1990-2100 yılları için 10'ar yıllık periyotları temsil eden arazi modelleri geliştirilmiştir. Bu arazi modellerin HEC-HMS'de hidrolojik ve HEC-RAS'da hidrolik modelleri oluşturularak analizler yapılmıştır. Tez kapsamında yürütülen çalışmalar ve elde edilen sonuçlar özet olarak şu şekildedir:

- Alibeyköy Havzası'nın 1990, 2000, 2010, 2016 ve 2020 yılları içerisindeki arazi örtüsü/arazi kullanım sınıfları ve dağılımlarına ait haritalar CBS tabanlı ArcGIS'de incelenmiştir. Geçirimsiz yüzey alan miktarlarının her yıl bir önceki yıla göre ortalama %2,5 kadar artış gösterdiği görülmüştür. Benzer şekilde CN_{ort} değerleri de 2010 yılı istisna olmak üzere her sene ortalama 1,4'er artmıştır. Bunun sebebi 2010 yılında "Orman ve Yarı Doğal Alan" sınıfında önceki yıla göre meydana gelen artıştır. Ancak ileriki yıllarda tekrardan "Yapay Bölgeler" sınıfına dönüşümler olması CN_{ort} değerlerini yükseltmeye devam etmiştir.
- 2016 yılı arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarından hesaplanan CN_{ort} ve geçirimsiz yüzey alan yüzdeleri 2016 yılında havzada ölçülen yağış ve derede ölçülen akım verileri kullanılarak kalibre edilmiştir. Kalibrasyon sonuçlarının istatistiksel yakınlık oranlarına bakılmıştır. Bu kapsamda belirleme katsayısı (R^2) hesap sonucu yaklaşık 0,98 çıkarken, Nash katsayısı 0,97 olarak tespit edilmiştir. Pik debiler için mutlak yüzde hata değeri ise yaklaşık 0,05 olarak elde edilmiştir
- 10 yıllık periyotlarla oluşturulan arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarına ait CN_{ort} ve geçirimsiz yüzey alan yüzdeleri hidrolojik modelin kalibrasyonu sonrasında düzeltme katsayıları belirlenerek yeniden düzenlenmiştir. Düzeltme katsayıları, çalışmanın başında 2016 yılı için oluşturulan haritaların sahip olduğu CN_{ort} ve geçirimsiz yüzey alan değerleri ile kalibrasyon sonrası aslında olması gereken değerler arasındaki farktan belirlenmiştir. Buna göre, kalibrasyon öncesi her bir

yıl için elde edilen CN_{ort} ve geçirimsiz yüzey alan yüzdeleri sırasıyla 0,93 ve 0,86 ile çarpılmıştır.

- Geleceğe dönük oluşturulan nüfus projeksiyonları ve havzanın büyüme potansiyeli göz önünde bulundurularak 2030-2100 yılları için 3 adet kentleşme senaryosu geliştirilmiştir.
- Çalışmanın başlangıç ve bitiş yılları olan 1990 ve 2100 yıları için Alibeyköy Havzası'nın arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarına göre alansal dağılımları elde edilmiştir. Buna göre 161,21 km²lik Alibeyköy Havzası'nın 1990 yılında sadece 20,67 km²si "Yapay Bölge" statüsünde iken 2100 yılında Senaryo-I, Senaryo-II ve Senaryo-III için sırasıyla 68,96 km², 92,35 km² ve 127,5 km²ye yükseleceği varsayılmıştır. "Yapay Bölge" için meydana gelen bu artışa bağlı olarak, "Orman ve Yarı Doğal Alanlar" sınıfında zamanla alansal azalmalar meydana gelmiştir. 1990 yılında havzanın 116,58 km²sini oluşturan "Orman ve Yarı Doğal Alanlar", 2100 yılında Senaryo-I, Senaryo-II ve Senaryo-III için sırasıyla 78,46 km², 60,83 km² ve 27,12 km² olmuştur.

***Senaryo-I*:** İyimser bir kentleşme senaryosudur. "Orman ve Yarı Doğal Alanlar" neredeyse 2020 yılında olduğu gibi korunmuştur. CN_{ort} ve geçirimsiz alan yüzdeleri yavaş artmaktadır. Yüzey Manning pürüzlülük katsayısı da yıllara göre zamanla yavaşça azalmaktadır. Düzeltilmiş ve taşkın analizlerinde kullanılan değerlerine göre 1990 yılında CN_{ort} ve geçirimsiz yüzey alanları sırasıyla 68,7778 ve %15,80 olan havzanın 2100 yılında 73,3217 ve %33,32 olması durumu incelenmiştir. Havzadaki yüzeysel akış incelendiğinde, pik debinin %66,78 arttığı görülmüştür.

***Senaryo-II*:** Alibeyköy Havzası'nın nüfus artışı ve kentleşme potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda olması muhtemel olan orta hızlı senaryodur. "Orman ve Yarı Doğal Alanlar" sınıfındaki "Karışık Ormanlar, Bitki Değişim Alanları, Doğal Bitki Örtüsü ve Tarım Alanları, Fundalıklar" gibi sınıflar zamanla azalarak, "Sürekli Yerleşim, Kesikli Yerleşim ile Endüstriyel veya Ticari Alanlar" olarak isimlendirilen "Yapay Bölgeler"e dönüşmektedir. CN_{ort} ve geçirimsiz alan yüzdesi Senaryo-I'e göre daha hızlı artmaktadır. Yüzey Manning pürüzlülük katsayısı da yıllara göre daha hızlı azalmaktadır. Düzeltilmiş ve taşkın analizlerinde kullanılan değerlerine göre havzanın 2100 yılında CN_{ort} ve geçirimsiz yüzey alanlarının sırasıyla 75,6758 ve %40,50 olması durumu incelenmiştir. Havzadaki yüzeysel akış incelendiğinde, pik debinin 1990'dan 2100 yılına kadar %94,87 arttığı görülmüştür.

***Senaryo-III*:** Havza için kötümser bir kentleşme senaryosudur. "Orman ve Yarı Doğal Alanlar"ın "Yapay Bölgeler"e dönüşüm hızı Senaryo-II'ye göre daha hızlıdır. Arazi örtüsü/arazi kullanımı haritalarında 10'ar yıllık aralıklarda değişimler çok kolay bir şekilde fark edilebilmektedir. Düzeltilmiş ve taşkın analizlerinde kullanılan değerlerine göre havzanın 2100 yılında CN_{ort} ve geçirimsiz yüzey alanlarının sırasıyla 80,1164 ve %56,26 olması durumu incelenmiştir. Havzadaki yüzeysel akış incelendiğinde, pik debinin 1990'dan 2100 yılına kadar %148,97 arttığı görülmüştür.

- Arazi örtüsü/arazi kullanımının havza üzerindeki hidrolojik etkisi tespit edildikten sonra HEC-HMS'den elde edilen çıkış hidrografları 2-B HEC-RAS modeline tanımlanmıştır. Havzanın taşkın analizi yapılarak yayılım haritaları ile taşkın derinlikleri tespit edilmiştir. Havza genelinde bölgesel olarak görülen en büyük su derinliği 5 m'dir.

2-B taşkın analizleri sonucunda, 29 adet taşkın yayılım haritası elde edilmiştir. Bu haritalardan 5'i üç senaryo için de ortak olan 1990-2020 yıllarının 10'ar yıllık aralıklarına aittir. Diğer 24 harita, 2030-2100 yılları için oluşturulan kentleşme senaryolarının meydana gelmesi durumunda oluşabilecek taşkın yayılımlarını göstermektedir. Buna göre, kentleşme büyüdükçe yıllara göre taşkın yayılım alanlarında da artış görülmüştür. Sadece 2010 yılında bir önceki yıla göre azalma analiz edilmiştir. Çünkü, söz konusu yılda arazi örtüsü/arazi kullanımı bakımından geçirimli yüzey alanında artış meydana gelerek CN_{ort} azalmaktadır. Senaryo-I'in hidrolik analizine göre, 100 yıllık süreçte kentleşmede meydana gelen %17,52'lik artış taşkın yayılım yüzey alanını %34,09 arttırmıştır. Kentleşmede %24,7'lik artışın olduğu Senaryo-II'de, taşkın yayılım yüzey alanı %41,99 artmıştır. Senaryo-III'te ise %40,46'lık kentleşme artışına karşılık taşkın yayılım yüzey alanı %52,81 artmıştır.

- Alibeyköy Havzası'nın taşkın potansiyeli göz önünde bulundurularak havza için çeşitli yapısal tedbirler geliştirilmiştir.
- Gerekli noktalara sel kapanı, taşkın duvarı veya taşkın bekletme havuzlarının çeşitli kombinasyonlarından oluşan yapısal taşkın önleme önerileri geliştirilmiştir. Tedbir-I, Tedbir-II ve Tedbir-III olarak isimlendirilen önlemler sonucunda taşkın yayılım alanlarında azalmalar sağlanmıştır.
- Tedbir-I uygulaması sonrası taşkın yayılım alanlarında %63,8 azalma meydana gelirken bu değer, Tedbir-II'de %18,5 ve Tedbir-III için de %58,1 olarak analiz edilmiştir.

Yapılan çalışma ve edinilen bulgular neticesinde Alibeyköy Havzası'nın taşkın tehlikesi barındırdığı görülmektedir. Bu nedenle bu tez çalışması kapsamında detaylı şekilde incelenen ve modeller ile desteklenen yapısal önlemlerin değerlendirilmesi ve uygulanması gelecek yıllarda olması muhtemel taşkınların önlenmesi veya zararlarının azaltılması hususunda büyük önem arz etmektedir.

Ayrıca, gelecek yıllarda olması muhtemel taşkınların önlenmesi veya zararlarının azaltılması hususunda aşağıda yer alan önerilerde bulunulmuştur:

- Taşkın yatağına müdahale edilmemelidir.
- Havza üzerindeki kontrolsüz yapılaşmanın önüne geçilmelidir. Havzanın herhangi bir yerinde meydana gelen değişimin geriye kalan alanları da etkileyecek sonuçlar doğurduğu göz önünde bulundurulmalıdır.
- Küresel ısınmasının etkisiyle yağış rejimlerinde yaşanan değişiklikler neticesinde, akarsu ve taşkın yatağı ile ilgili yeniden düzenleme yapılmalıdır.
- Hem doğal kaynakların sürdürülebilirliği hem de can ve mal kayıplarının önünce geçmek adına arazilerin niteliğine uygun olarak kullanılması sağlanmalıdır. Arazi örtüsü/arazi kullanımına yönelik planlamalar yapılarak gerekirse kanuni sınırlandırmalar getirilmelidir.
- Belirlenen taşkın yatak sınırları göz önünde bulundurularak yerleşim yerlerinin yeniden geliştirilmesine dair planlamalar yapılmalıdır.
- Elde edilen taşkın yayılım haritaları göz önünde bulundurularak, mümkünse bu bölgelerin kalıcı tahliyesi sağlanmalıdır.
- Eğer kalıcı tahliye mümkün değilse, bölge halkı bilgilendirilerek taşkın bilinci oluşturulmalıdır.
- Erken uyarı sistemleri kullanılmalı ve gerekli durumlarda insan ve hayvanların tahliyesinin sağlanacağı bölgeler belirlenmelidir.
- Bölge halkının taşkın esnasında müdahale etmede ve sonrasında iyileştirme çalışmalarında aktif yer alabilmede olanak sağlayacak biçimde eğitim faaliyetleri düzenlenmelidir.
- Yağmur ve sel sularının biriktirilmesini sağlayacak yapılar tesis edilmelidir.

KAYNAKLAR

AFAD, 2020, AFET YÖNETIMI KAPSAMINDA 2019 YILINA BAKIŞ VE DOĞA KAYNAKLI OLAY İSTATISTIKLERI, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Erişim: https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Kurumsal-Raporlar/Afet_Istatistikleri_2020_web.pdf [Ziyaret tarihi: 10.12.2021].

AFAD, 2021, *2020 YILI DOĞA KAYNAKLI OLAY İSTATİSTİKLERİ*, https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Istatistikler/2020yilidogakaynakliolayistatistikleri.pdf [Ziyaret tarihi: 10.12.2021].

Ahi, S., 2021, *Uzaktan Algılama ve Cbs Kullanılarak Arazi Kullanımının Su Havzalarına Olan Etkilerinin İncelenmesi: Istanbul İli – Terkos ve Alibeyköy Havza Örnekleri*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

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, *Arabian Journal of Geosciences*, 12(9), 1-20.

Akçalı, E., 2018, Taşkın ve Rusubat Kontrolünde Yenilikçi Uygulamalar, *Natural Hazards and Disaster Management 04-06 MAY 2018 (ISHAD2018 Sakarya Turkey)*, 31-40.

Akman, M.U., 2021, Taşkın Koruma ve Kontrol Yapılarının Değerlendirilmesi, *Türk Hidrolik Dergisi*, 5(1), 25-31.

Ali Shaikh, T., Saher, R., Ahmad, S., Gerrity, D. & Stephen, H., 2020, Impacts of urban development on flooding: A Case Study of Flamingo and Tropicana Watershed, Clark County, *Watershed Management Conference 2020*, May 20-21, Handerson, Neveda, 233-244.

Anılan, T., Durmuş, H., Akçalı, E. & Yüksek, Ö., 2021, Taşkın Farkındalık ve Erken Uyarı Sistemleri Değerlendirmesi: Trabzon Beşikdüzü Örneği, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 1(1), 110-123.

Ansari, T.A., Katpatal, Y.B., & Vasudeo, A. D., 2016, Spatial evaluation of impacts of increase in impervious surface area on SCS-CN and runoff in Nagpur urban watersheds, India, *Arabian Journal of Geosciences*, 9(18), 1-15.

Ateka, M., Agegn, L. & Belayneh, A., 2022, Evaluating the effects of land use and land cover change on watershed surface runoff: Case of Abelti Watershed, Omo Basin, Ethiopia, *International Journal of Earth Sciences Knowledge and Applications*, 4(1), 32-42.

Azizi, S., Ilderomi, A.R., & Noori, H., 2021, Investigating the effects of land use change on flood hydrograph using HEC-HMS hydrologic model (case study: Ekbatan Dam), *Natural Hazards*, 109(1), 145-160.

Baduna Koçyiğit, M., Akay, H. & Babaiban, E., 2021, Temel bileşen analizi kullanılarak Doğu Akdeniz Havzası ani taşkın potansiyelinin morfometrik yaklaşımla değerlendirilmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(3), 1669-1686.

Bae, S. & Chang, H., 2019, Urbanization and floods in the Seoul Metropolitan area of South Korea: What old maps tell us, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 37, 101186.

Bang, H. N. & Burton, N. C., 2021, Contemporary flood risk perceptions in England: Implications for flood risk management foresight, *Climate Risk Management*, 32, 100317.

Bayazıt, Y., 2021, Bilecik İlindeki Şehirleşmenin Taşkın Riski Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *8*(1), 217-227.

Bayazıt, Y., Koç, C. & Bakış, R., 2021, Urbanization impacts on flash urban floods in Bodrum Province*, Turkey, Hydrological Scinece Journal*, 66(1), 118-133.

Begum, S., Stive, M. J., & Hall, J. W. (Eds.), 2007, *Flood risk management in Europe: Innovation in policy and practice*, Vol. 25, Springer Science & Business Media, Berlin.

Berkün, M., 2005, *Su Kaynakları Mühendisliği*, Birsen Yayınevi, İstanbul, ISBN: 975-511-411-X.

Bhandari, S., Kalra, A., Tamaddun, K., & Ahmad, S., 2018, Relationship between Ocean-Atmospheric Climate Variables and Regional Streamflow of the Conterminous United States, *Hydrology*, 5(2), 30.

Bora, E. & Onuşluel Gül, G., 2019, Modeling of floods in Güvenç Basin, Ankara using HEC-HMS, *Türkiye Su Bilimi ve Yönetimi Dergisi*, 3(1), 44-57.

Breuer, L., Huisman, J. A., Willems, P., Bormann, H., Bronstert, A., Croke, B.F.W., Frede, H.G., Graeff, T., Hubrechts, L., Jakeman, A.J., Kite, G., Lanini, J., Leavesley, G., Lettenmaier, D.P., Lindstroem, G., Seibert, J., Sivapalan, M. & Viney, N.R., 2009, Assessing the impact of land use change on hydrology by ensemble modeling (LUCHEM). I: Model intercomparison with current land use, *Advances in Water Resources*, 32(2), 129–146.

Burgan, H.İ., 2013, *Akarçay Havzası Taşkın Modellemesi*, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.

Campana, N.A., & Tucci, C.E., 2001, Predicting floods from urban development scenarios: case study of the Dilúvio Basin, Porto Alegre, Brazil, *Urban water,* 3(1-2), 113-124.

Chen, C., Kalra, A., & Ahmad, S., 2019, Hydrologic responses to climate change using downscaled GCM data on a watershed scale*, Journal of Water and Climate Change*, 10(1), 63-77.

Chow, V.T., 1959, *Open channel flow*, McGraw-Hill, New York, NY.

Çivi, A., Akgündüz, E., Kalaycı, K., İnan, Ç., Sarıca, E. & Serter, G., 2011, CORINE (COORDINATİON of INFORMATION on the ENVIRONMENT) PROJESİ, *TUFUAB 2011 6.Teknik Sempozyumu,* 23-26 Şubat, Antalya.

Copernicus, 2021, *Copernicus Land Monitoring Service CORINE Land Cover*, User Manual, Version 1.0, 7-12.

Copernicus, 2021, CORINE Land Cover, https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover , [Ziyaret Tarihi: 20.10.2021].

Dams, J., Dujardin, J., Reggers, R., Bashir, I., Canters, F., & Batelaan, O., 2013, Mapping impervious surface change from remote sensing for hydrological modeling, *Journal of Hydrology*, 485, 84-95.

Dan-Jumbo, N.G., Metzger, M.J., & Clark, A.P., 2018, Urban land-use dynamics in the Niger delta: the case of Greater Port Harcourt watershed, *Urban Science*, 2(4), 108.

Davis, K., 1965, The urbanization of the human population, *Scientific American*, 213(3), 40-53.

de Almeida, G.A.M., Bates, P., Ozdemir, H., 2018, Modelling urban floods at submetre resolution: challenges or opportunities for flood risk management?, *Journal of Flood Risk Managment*, 11, S855-S865.

Demir, V., Beden, N. & Keskin, A.Ü., 2021, Taşkın Modelleme Yöntemlerinin Gözden Geçirilmesi ve Karşılaştırılması, *European Journal of Science and Technology*, 28, 1013-1021.

Dernek, E., 2012, *Taşkın Yapıları Tasarımı ve Kayı Deresi Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

DHA, 2021, *Türkiye'de ilk kez Rize'de uygulandı: Taşkınlara karşı 'cam korkuluk'*, https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye/turkiyede-ilk-kez-rizede-uygulandi-taskinlara-karsi-cam-korkuluk,-Jvlm3GTgUKhlD9-5-gM0w/cdC2atk7BkGnjPuOTI8RiA, [Ziyaret tarihi: 18.03.2022].

Diakakis, M., Mavroulis, S. & Deligiannakis, G., 2012, Floods in Greece, a statistical and spatial approach, *Natural Hazards,* 62(2), 485–500.

Dikici, M. & Kazezyılmaz Alhan, C.M., 2018, Alibeyköy havzası için farklı hidrolojik modelleme yöntemleri ile taşkın debilerinin belirlenmesi, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 9(2), 919-928.

Dikici, M., 2016, *Alibeyköy Havzası'nın hidrodinamik modeli ve kentleşme süreci çerçevesinde taşkın risk haritalarının çıkarılması,* Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Doğan, S. & Buğday, E., 2018, Arazi örtüsü ve kullanımının zamansal ve mekânsal değişiminin yapay sinir ağları ile modellenmesi: Kastamonu Örneği, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(3), 653-663.

DPU, 2022, ArcGIS, https://birimler.dpu.edu.tr/app/views/panel/ckfinder/userfiles/2/files/program/arcgis.pdf, [Ziyaret tarihi: 24.02.2022].

Ekşi, A. & Kantarlı, İ.C., 2020, Su Taşkınlarına Karşı Stratejik Risk Yönetimi İzmir İli Örneği, *Hastane Öncesi Dergisi*, 5(1), 11-27.

Ertürk, E., Kaya, N. & Mercan, S., 2021, Taşkın Risk Haritasının Oluşturulması: Trabzon İli Vakfıkebir İlçesi Kirazlı Deresi Örneği, *Afet ve Risk Dergisi*, 4(1), 84-98.

Eryılmaz-Türkkan, G., 2021, Pürüzlülük Katsayısının Açık Kanal Akımına Etkisinin İncelenmesi, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(3), 61-68.

FCI, 2022, Flood Prevention Products, https://floodcontrolinternational.com/flood-prevention-products/, [Ziyaret tarihi: 18.03.2022].

Gao, Y., Chen, J., Luo, H. & Wang, H., 2019, Prediction of hydrological responses to land use change, *Science of the Total Environment*, 708, 134998. Digital Soil Map of the World

Gençer, M., Başyiğit, L. & Akgül, M., 2015, Eğirdir Gölü Koruma Zonları CORINE Arazi Kullanım Sınıflaması, Tarım Bilimleri Dergisi, 21(1), 26-38.

Gül, S. & Taşkya, S., 2019, ARCGIS Yazılımı ile Kıyı Bilgi Sistemi Sayısallaştırma Uygulaması, Gökova Örneği, *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi,* 1(1), 29-48.

Gülbaz, S., 2019, Sayısal modeller ile taşkın yayılım haritasının oluşturulması ve risk altında olan alanların belirlenmesi: Türkköse deresi örneği, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5(2), 335-349.

Gülbaz, S., Kazezyılmaz Alhan, C.M., Nasirzadehdizaji, R., & Dikici, M., 2017, A calibrated hydrological model for Alibeyköy Watershed in Istanbul, Turkey incorporating LID implementation, *Fresenius Environ. Bull*, *26*(10), 6112-6120.

Hatipoğlu, Ş.C. & Bahadır, M., 2020, Turnasuyu Havzası'nda (Ordu) Arazi Kullanımının Zamansal Değişimi, *Mavi Atlas*, 8(1), 169-188.

Hemmati, M., Ellingwood, B.R., Mahmoud, H. U., 2020, The role of urban growth resilience of communities under flood risk, *Earth's Future*, 8, e2019EF001382.

HGM, 2021, Türkiye Mülki İdare Sınırları, İndirilebilir veriler & dosyalar, https://www.harita.gov.tr/urun/turkiye-mulki-idare-sinirlari/232 [Ziyaret tarihi: 21 Ekim 2021].

Hu, S., Fan, Y., & Zhang, T., 2020, Assessing the effect of land use change on surface runoff in a rapidly urbanized city: A case study of the central area of Beijing. *Land*, 9(1), 17.

Hussain, S. N., Zwain, H. M., & Nile, B. K., 2022, Modeling the effects of land-use and climate change on the performance of stormwater sewer system using SWMM simulation: case study, *Journal of Water and Climate Change*, 13(1), 125-138.

Jonkman, S.N., 2007, *Loss of life estimation in flood risk assessment: theory and application*, IHE, Delft, 257-264, ISBN: 978-0-9021950-9.

Kadıoğlu, M., 2019, *Kent Selleri Yönetim ve Kontrol Rehberi,*Marmara Belediyeler Birliği Kültür Yayınları, İstanbul, ISBN: 978-605-80820-6-9.

Karakaş Özür, N. & Ataol, M., 2018, Türkiye'de CORINE verilerinin kullanılmasına dair değerlendirme. Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9(2), 110-130.

Kaşıkçı, Z., Çelik, N. & Sarıyılmaz, F. B., 2020, Çok zamanlı uydu görüntüleri ile arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişiminin belirlenmesi: Elmalı Havzası, İstanbul, *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(1), 16-21.

Kerim, A. & Süme, V., 2019, Taşkınlar ve Taşkın Koruma Yapıları, Rize İli'nde Örnek Çalışmalar, *Türk Hidrolik Dergisi*, 3(1), 01-13.

Koç, G. & Thieken, A.H., 2018, The relevance of flood hazards and impacts in Turkey: What can be learned from different disaster loss databases?, *Nat Hazards*, 91, 375-408.

Koday, S. & Kızılkan, Y., 2019, Çok Zamanlı Landsat Uydu Görüntülerinin LULC ve NDVI Analizleri ile Ünye İlçesinde Arazi Kullanımları Değişimlerinin Belirlenmesi, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(3), 1301-1312.

Kourgialas, N.N. & Karatzas, G.P., 2016, A flood risk decision making approach for Mediterranean tree crops using GIS; climate change effects and flood-tolerant species. Environmental Science & Policy, 63, 132–142.

Lendering, K.T., Jonkman, S.N., Ledden, M. & Vrijling, J. K., 2019, Defend or raise? Optimising flood risk reduction strategies, *Journal of Flood Risk Management*, 13, e12553.

Li, C., Liu, M., Hu, Y., Zong, M., Zhao, M., & Todd Walter, M., 2019, Characteristics of impervious surface and its effect on direct runoff: a case study in a rapidly urbanized area, *Water Supply*, 19(7), 1885-1891.

Liu, M., Xu, Y., Hu, Y., Li, C., Sun, F., & Chen, T., 2014, A century of the evolution of the urban area in Shenyang, China*, Plos one*, 9(6), e98847.

Lv, Y., Liu, S. & Zhong, G., 2021, Flood Risk Assessment in Small Watershed Based on Catastrophe Theory, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* , March (Vol. 691, No. 1, p. 012016), IOP Publishing.

Mai, T., Mushtaq, S., Reardon-Smith, K., Webb, P., Stone, R., Kath, J., & An-Vo, D.A., 2020, Defining flood risk management strategies, A systems approach. *International journal of disaster risk reduction*, *47*, 101550.

Masoud, M.H., 2016, Geoinformatics application for assessing the morphometric characteristics' effect on hydrological response at watershed (case study of Wadi Qanunah, Saudi Arabia), *Arabian Journal of Geosciences*, 9(4), 1-22.

Menteş, E.N., Kaya, Ş., Tanık, A. & Gazioğlu, C., 2019, Calculation of Flood Risk Index for Yeşilırmak Basin-TURKEY*, International Journal of Environment and Geoinformatics (IJEGEO),* 6(3), 288-299.

Musaoglu, N., Gurel, M., Ulugtekin, N., Tanik, A., & Seker, D.Z., 2006, Use of remotely sensed data for analysis of land-use change in a highly urbanized district of mega city, Istanbul. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, *41*(9), 2057-2069.

Nirupama, N., & Simonovic, S. P., 2007, Increase of flood risk due to urbanization: a Canadian example, *Natural Hazards*, 40(1), 25-41.

Nyaupane, N., Thakur, B., Kalra, A. & Ahmad, S., 2018, Evaluating future flood scenarios using CMIP5 climate projections, *Water*, 10(12), 1866.

Oğraş, S. & Önen, F., 2019, Dicle Nehri'nin taşkın analizinin HEC-RAS programı ile yapılması*, DÜMF Mühendislik Dergisi*, 10(3), 1087-1098.

Oğuz, E., Oğuz, K. & Öztürk, K., 2022, Düzce bölgesi taşkın duyarlılık alanlarının belirlenmesi, *Geomatik*, 7(3), 220-234.

Ongdas, N., Akiyanova, F., Karakulov, Y., Muratbayeva, A. & Zinabdin, N., 2020, Application of HEC-RAS (2D) for Flood Hazard Maps Generation for Yesil (Ishim) River in Kazakhstan, *Water*, 12(10), 2672.

ORNL DAAC, 2022, Global hydrologic soil groups, https://daac.ornl.gov/SOILS/guides/Global_Hydrologic_Soil_Group_Fig1.png, [Ziyaret tarihi: 25.02.2022].

Özcan, O., 2017, Taşkın Tespitinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi: Ayamama Deresi Örneği, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 3(1), 9-27.

Özdemir, Y. & Akar, İ., 2009, Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ve CBS ile Alibeyköy Barajı ve Yakın Çevresinin Arazi Kullanım Özelliklerinin Belirlenmesi, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2009*, 02-06 Kasım, İzmir.

Özdemir, Y., 2007, *Alibeyköy Deresinde Görülen Sel Baskınlarının Coğrafi Açıdan İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı.

Papaioannou, G., Efstratiadis, A., Vasiliades, L., Loukas, A., Papalexiou, S. M., Koukouvinos, A., Koukoubinos, A. & Kossieris, P., 2018, An operational method for flood directive implementation in ungauged urban areas, *Hydrology*, 5(2), 24.

Poudel, U., Ahmad, S. & Stephen, H., 2020, Impact of urbanization on runoff and infiltration in Walnut Gulch Experimental Watershed, *Watershed Management Conference 2020*, May 20-21, Handerson, Neveda, 2019-232.

Puno, G.R., Amper, R.A.L., Opiso, E.M. & Cipriano, J.A.B., 2019, Mapping and analysis of flood scenarios using numerical models and GIS techniques, *Spat. Inf. Res.*, 28(2), 215–226.

Rangari, V.A., Umamehesh, N.V. & Bhatt, C.M., 2019, Assesment of inundation risk in urban floods using HEC RAS 2D, Modeling *Earth Systems and Environment*, 5, 1839-1851.

Saghafian, B., Farazjoo, H., Bozorgy, B., & Yazdandoost, F., 2008, Flood intensification due to changes in land use*, Water resources management*, 22(8), 1051-1067.

Santillan, J.R., Amora, A.M., Makinano-Santillan, M., Gingo, A.L., & Marqueso, J.T., 2019, Analyzing the impacts of land cover change to the hydrologic and hydraulic behaviours of the Philippines' third largest river basin, *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 4(3), 41-48.

Sarıgül, O. & Turoğlu, H., 2020, Kahramanmaraş şehri sel ve taşkınlarının coğrafi analizi ve öngörüler, Coğrafya Dergisi, 40, 275-293.

Sarıyılmaz, F.B., Musaoğlu, N., Tanık, A. & Kılıç, F.G., 2015, İstanbul Sazlıdere Havzsı' nın zamansal değişim analizi, *TUFUAV VIII. Teknik Sempozyumu*, 21-23 Mayıs, Konya.

Savini, J. & Kammerer, J.C., Urban Growth and the Water Regimen; *US Govt. Print. Off.*: Arlington, VA, USA, 1961.

Schanze, J., 2006, *Flood risk management–a basic framework. In Flood risk management: hazards, vulnerability and mitigation measures,* 1-20, Springer, Dordrecht.

Şen, Z., 2018, *Flood modeling, prediction and mitigation*. Chapter 6, Springer International Publishing. ISBN: 978-3-319-52355-2.

Seto, K.C., & Kaufmann, R.K., 2009, Urban growth in South China and impacts on local precipitation, *Proceedings of the 5th Urban Research Symposium*, June, Marseille, France, pp. 28-30.

Shuster, W.D., Bonta, J., Thurston, H., Warnemuende, E., & Smith, D.R., 2005, Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review, *Urban Water Journal*, 2(4), 263-275.

Smith, K. & Petley, D.N., 2009, Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster, 5th edn., *Routledge*, Taylor & Francis Group, London, p383.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019, CORINE, *Arazi Örtüsü İstatistikleri*, https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/files/metaveri.pdf, [Ziyaret tarihi: 15/04/2022]

Tamaddun, K.A., Kalra, A. & Ahmad, S., 2019, Spatiotemporal variation in the continental U.S. streamflow in association with large-scale climate signals across multiple spectral bands, *Water Resources Management*, 33(6), 11947-1968.

Tanoue, M., Hirabayashi, Y., & Ikeuchi, H., 2016, Global-scale river flood vulnerability in the last 50 years, *Scientific reports*, 6(1), 36021.

Taş, E., 2018, Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknikleri Kullanılarak Taşkın Risk Potansiyelinin Değerlendirilmesi: Afyonkarahisar Çay Deresi Havzası, *İklim Değişikliği ve Çevre,* 3(1), 68-74.

Tu, H.M. & Chen, H. M., 2020, Effects of flood-control engineering on morbidity, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 52, 1018235.

TÜİK, 2021, *Merkezi Dağıtım Sistemi*, https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr, [Ziyaret tarihi: 21 Ekim 2021].

Turoğlu, H., 2019, *Şehir seli ve taşkını araştırmalarında sayısal yüzey modellemesi (SYM) ve insansız hava aracı (İHA) verisi kullanımı*, Coğrafya Araştırmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları, Akköprü, E. & Döker, M. F. (Edt), Bölüm 1, Pagem Yayınev, 01-28.

Uçar, İ., 2010, *Trabzon Değirmendere Havzası 'nda Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Bir Hidrolik Model Yardımıyla Taşkın Analizi Yapılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ülke, A., 2003, *Muskingum metodu kullanılarak taşkın ötelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

UNDRR, 2020, *The Human Cost of Disasters: an Overview of the Last 20 Years (2000-2019),* https://reliefweb.int/report/world/human-cost-disasters-overview-last-20-years-2000-2019 [Ziyaret tarihi: 10.12.2021].

UNISDR, 2018, Annual report, *United Nations Office for Disaster Risk Reduction*, https://reliefweb.int/report/world/unisdr-annual-report-2018, [Ziyaret tarihi: 21 Kasım 2021].

USACE, 1979, *Introduction and application of kinematic wave routing techniques using HEC-1*, Training Document 10, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.

USACE, 1993, *Introduction and application of kinematic wave routing techniques using HEC-1*, Training Document 10, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.

USACE, 2002, *Hydrologic Modeling System HEC-HMS Applications Guide*, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.

USACE, 2021a, HEC-RAS River Analysis System, *Hydraulic Reference Manual*, Chapter 5, Davis, CA.

USACE, 2021b, HEC-RAS River Analysis System, *Hydraulic Reference Manual*, Chapter 6, Davis, CA.

USACE, 2022a, *HEC-HMS Technical Refence Manual,* https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmstrm, [Ziyaret tarihi: 25.02.2022].

USACE, 2022b, *Theoretical Basis for One-Dimensional and Two-Dimensional Hydrodynamic Calculations,* HEC-RAS Hydraulic Reference Manual, Version 6.1, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA.

USDA, 1986, *TR-55*, Second Ed., June, Washington.

Üyük, A., Uzun, A. & Çardak, Ç., 2020, CORINE Verileri ile Değişim Analizi, Denizli İli Örneği, *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 97-107.

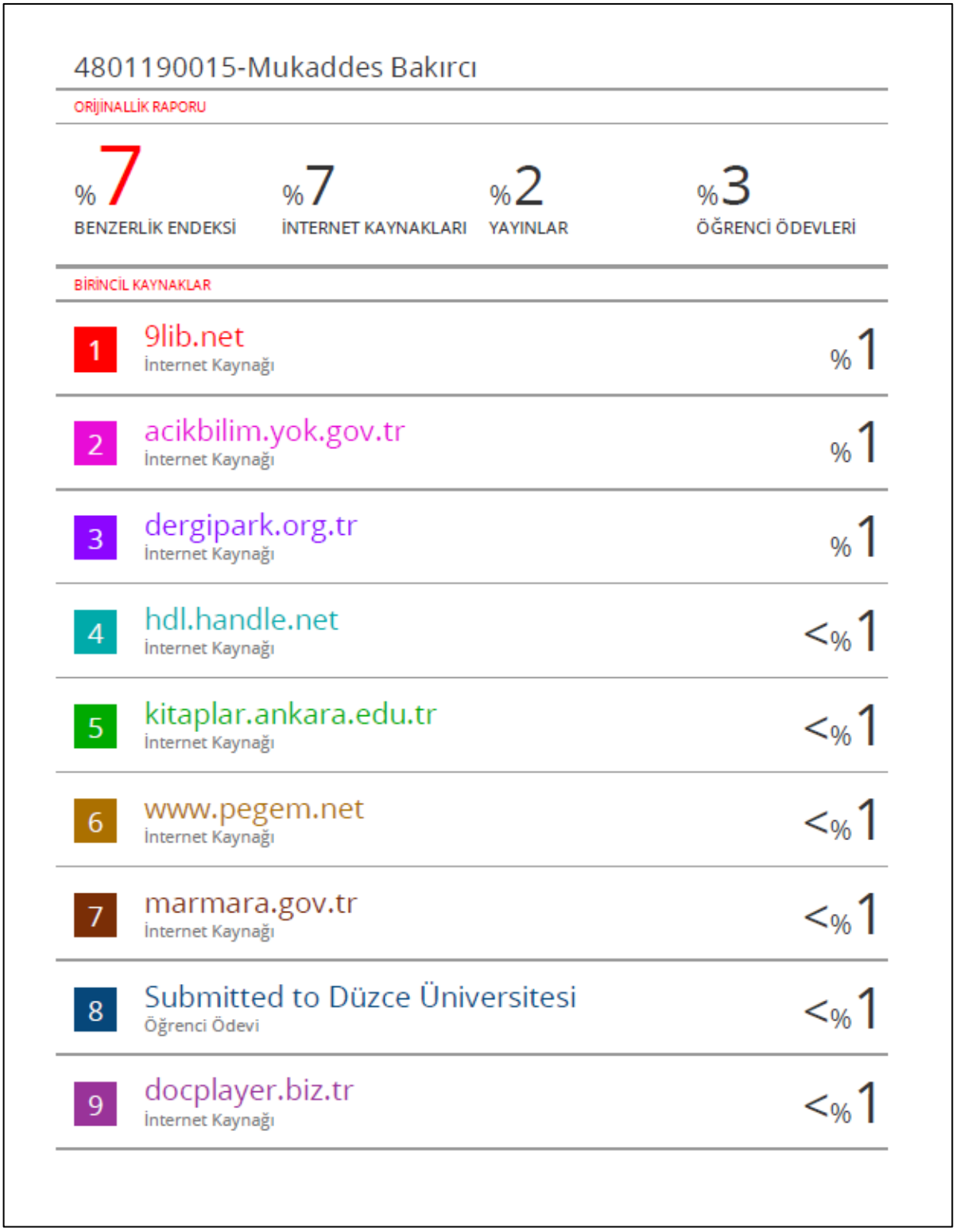
Wang, P., Li, Y., Yu, P. & Zhang, Y., 2021, The analysis of urban flood risk propagation based on the modified susceptible infected recovered model, *Journal of Hydrology*, 603, 127121.

Yılmaz, C. & Kaya, M., 2020, Şehir coğrafyası ve afet yönetimi bağlamında Samsun–Atakum sel ve taşkınları, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 25(44), 31-46.

Zafar, S. & Zaidi, A., 2019, Impact of urbanization on basin hydrology: a case study of the Malir Basin, Karachi, Pakistan*, Regional Environmental Change*, 19, 1815–1827.

Zotou, I., Bellos, V., Gkouma, A., Karathanassi, V. & Tsihrintzis, V.A., 2020, Using Sentinel-1 Imagery to Assess Predictive Performance of a Hydraulic Model*, Water Resources Management,* 34(14), 4415-4430.

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI



4801190015-Mukaddes Bakırcı

ORİJİNALLİK RAPORU

%7	%7	%2	%3
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	9lib.net İnternet Kaynağı	%1
2	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%1
3	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	%1
4	hdl.handle.net İnternet Kaynağı	<%1
5	kitaplar.ankara.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
6	www.pegem.net İnternet Kaynağı	<%1
7	marmara.gov.tr İnternet Kaynağı	<%1
8	Submitted to Düzce Üniversitesi Öğrenci Ödevi	<%1
9	docplayer.biz.tr İnternet Kaynağı	<%1

KURUM İZNİ YAZILARI

Uyarı: Canlı ve cansız deneklerle yapılan tüm çalışmalar için kurum izin belgelerinin eklenmesi zorunludur. Gizlilik ve mahremiyet içeren durumlarda kurum adı kapatılmalıdır.

☐ **Kurum izni gerekmektedir.**

☒ **Kurum izni gerekmemektedir.**

Mukaddes BAKIRCI
(İmza)