



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ DİRENÇLİLİK SENARYOSU:
ARTAN SEL RİSKİ ÇERÇEVESİNDE BURSA ALAN ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşe Sena ÇILDIR

Kentsel Tasarım Anabilim Dalı

Kentsel Tasarım Programı

OCAK 2023

T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ DİRENÇLİLİK SENARYOSU:
ARTAN SEL RİSKİ ÇERÇEVESİNDE BURSA ALAN ÇALIŞMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşe Sena ÇILDIR
19324817015

Kentsel Tasarım Anabilim Dalı

Kentsel Tasarım Programı

Tez Danışmanı: Dr. Didem Güneş YILMAZ

OCAK 2023

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 19324817015 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ayşe Sena ÇILDIR, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ DİRENÇLİLİK SENARYOSU: ARTAN SEL RİSKİ ÇERÇEVESİNDE BURSA ALAN ÇALIŞMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Dr. Didem Güneş YILMAZ**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Anıl AKIN TANRIÖVER**
Bursa Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Tülin VURAL ARSLAN
Uludağ Üniversitesi

Teslim Tarihi : 01 Şubat 2023
Savunma Tarihi : 24 Ocak 2023



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, Bursa Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünün 210Y011 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Ayşe Sena ÇILDIR

İmzası :

XXXXXX

ÖNSÖZ

Çalışmam boyunca bilgi ve tecrübeleri ile rehberlik eden, beni destekleyen kıymetli hocam Dr. Didem Güneş YILMAZ'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Beni bugünlere getiren, bana güvenen, sadece tez sürecimde değil her zaman sevgi ve sabır ile beni destekleyen annem Semra ÇILDIR'a, babam Bahri ÇILDIR'a, kardeşlerim Faruk Giray ÇILDIR ve Zeynep Serra ÇILDIR'a teşekkür ederim. Ayrıca başta dedem Servet KARAOĞLAN ve anneannem Hatice KARAOĞLAN olmak üzere her zaman yanımda olan tüm aile büyüklerime şükranlarımı sunarım.

Beni destekleyen tüm arkadaşlarıma dostlukları için teşekkür ederim.

Ocak 2023

Ayşe Sena ÇILDIR
(Mimar)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	x
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xviii
1. GİRİŞ	1
1.1 Problem	1
1.2 Araştırmanın Konusu	2
1.3 Kısıtlar ve Fırsatlar	3
2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KENTLER.....	5
2.1 İklim Değişikliği ve Kentlere Etkileri	5
2.2 İklim Değişikliği ve Sel Felaketleri	7
2.2.1 Dünyada artan sel felaketleri	8
2.2.2 Türkiye’de artan sel riski ve sel baskınları	13
2.3 İklim Değişikliği ve Dirençlilik, Dirençli Kent Kavramı	17
2.3.1 Kentsel riskler ve tehlikeler	18
2.3.2 Dirençli kent kavramı	19
2.3.3 Azaltma ve uyum çalışmaları.....	20
2.4 Sel Felaketlerine Karşı Kentlerde Dirençlilik Çalışmaları.....	28
2.4.1 Drenaj altyapısı iyileştirme	29
2.4.2 Yeşil çatı	30
2.4.3 Kentsel yeşil alanların genişletilmesi	31
2.4.4 Su tutma havzaları.....	34
2.4.5 Yağmur suyu bahçeleri	36
2.4.6 Sarnıç sistemi	37
2.4.7 Geçirimsiz yüzeylerin alanlarını azaltmak ve geçirgen kaplama kullanmak.	38
2.4.8 Sünger şehir	40
3. ARAŞTIRMA ALANI VE YÖNTEM.....	43
3.1 Bursa Kenti.....	43
3.1.1 Bursa kenti iklim koşulları ve yağış rejimi	44
3.1.2 Bursa kenti iklim değişikliği etkileri ve sel felaketleri	47
3.1.3 Bursa için sel riski azaltım ve uyum stratejileri.....	50
3.2 Çalışma Alanı.....	52

3.2.1 Demografik yapı	52
3.2.2 Yapılı çevre	54
3.3 Çalışmanın Araç ve Yöntemi	57
3.3.1 Coğrafi bilgi sistemleri	57
3.3.2 Çok kriterli karar verme yöntemi: AHS (analitik hiyerarşi süreci)	60
3.4 Sel Riskini Artıran Kriterlerin Önem Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	65
3.5 Mevcut Sel Riskinin Hesaplanması.....	70
3.5.1 Çınarönü Mahallesi	77
3.5.2 Hacivat Mahallesi	79
3.5.3 Arabayatağı Mahallesi	82
3.5.4 Yavuzselim Mahallesi.....	84
3.5.5 Duaçınarı Mahallesi	86
3.5.6 152 Evler Mahallesi	88
3.5.7 Eğitim Mahallesi.....	91
3.5.8 Değirmenlikızık Mahallesi.....	93
3.5.9 Akçağlayan Mahallesi.....	97
3.5.10 Kaplıkaya Mahallesi	99
3.5.11 Ertuğrulgazi Mahallesi.....	100
3.5.12 Selçukbey Mahallesi	102
3.5.13 Ortabağlar Mahallesi.....	104
3.5.14 Güllük Mahallesi.....	106
3.5.15 Mimar Sinan Mahallesi	108
3.5.16 Siteler Mahallesi	111
3.5.17 Fidyekızık Mahallesi.....	112
3.5.18 Bağlaraltı Mahallesi	114
3.5.19 Erikli Mahallesi.....	118
3.5.20 Genel alan riski	119
3.6 Dirençliliğe Yönelik Risk Azaltım Senaryolarının Oluşturulması	121
3.6.1 Senaryo 1: yeşil direnç.....	126
3.6.2 Senaryo 2: kentsel yeşil alan ve geçirimli zemin.....	126
3.6.3 Senaryo 3: sarnıç.....	127
4. BULGULAR	131
4.1 Çınarönü Mahallesi	131
4.2 Erikli Mahallesi	132
4.3 Bağlaraltı Mahallesi	133
4.4 152 Evler Mahallesi	135
4.5 Akçağlayan Mahallesi	136
4.6 Mimar Sinan Mahallesi	137
4.7 Değirmenlikızık Mahallesi	139
4.8 Eğitim Mahallesi	140
4.9 Ertuğrulgazi Mahallesi	141
4.10 Fidyekızık Mahallesi	142
4.11 Güllük Mahallesi	143
4.12 Kaplıkaya Mahallesi.....	144
4.13 Ortabağlar Mahallesi	145
4.14 Selçukbey Mahallesi	146
4.15 Siteler Mahallesi.....	147

5- SONUÇ VE ÖNERİLER.....	149
KAYNAKLAR	152
ÖZGEÇMİŞ.....	160



KISALTMALAR

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AHS	: Analitik Hiyerarşi Süreci
BBB	: Bursa Büyükşehir Belediyesi
BBC	: Britanya Yayın Kuruluşu
BM	: Birleşmiş Milletler
BTÜ	: Bursa Teknik Üniversitesi
BUSECAP	: Bursa Sürdürülebilir Enerji ve İklim Değişikliği Uyum Planı
BUSKİ	: Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CRED	: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters Afetlerin Epidemiyolojisi Araştırma Merkezi
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DESA	: Department of Economic and Social Affairs
DEM	: Dijital Yükseklik Modeli
DHA	: Demirören Haber Ajansı
EM-DAT	: The International Disasters Database (Uluslararası Afet Veritabanı)
EPA	: Environmental Protection Agency (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı)
GPM	: Global Precipitation Measurement
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükûmetler arası İklim Değişikliği Paneli)
İHA	: İhlas Haber Ajansı
MAUT	: Multi Attribute Decision Making
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

NCEI	: National Centers for Environmental Information (Ulusal Çevresel Bilgi Merkezleri)
OFDA	: Office Of Foreign Disaster Assistance (Amerika Birleşik Devletleri Dış Afet Yardım Ofisi)
REGKLAM	: Development and Testing of an Integrated Regional Climate Change Adaption Programme for the Model Region Dresden (Dresden Model Bölgesi için Entegre Bölgesel İklim Değişikliğine Uyum Programının Geliştirilmesi ve Test Edilmesi)
TOKİ	: Toplu Konut ve Kamu Ortaklığı İdaresi Başkanlığı
TRT	: Türkiye Radyo Televizyon Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UN-HABITAT	: Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Programı
vb	: ve benzeri
WMO	: World Meteorological Organization (Dünya Meteoroloji Örgütü)
yy	: Yüzyıl

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Kaydedilen en sıcak 10 yılın her biri için küresel birleşik kara ve okyanus yıllık ortalama sıcaklık sıralamasını ve anormali (NCEI, 2021).	5
Çizelge 2.2 : İklim değişikliği riskleri ve etkileri (Uncu, 2019).	18
Çizelge 2.3 : İklim değişikliği etkilerine karşı uygulanan azaltma ve uyum stratejileri (UN-Habitat, 2014)	22
Çizelge 3.1 : Seçilen alandaki mahallelerin nüfus bilgileri (TÜİK 2021 verileri esas alınmıştır).	53
Çizelge 3.2 : Çok kriterli karar verme yöntemleri.	61
Çizelge 3.3: Kriterlerin karşılaştırma matrisi.	63
Çizelge 3.4 : Saaty'nin temel ölçek sistemi.	63
Çizelge 3.5 : Ana kriterlerin Saaty'nin temel ölçek sistemine göre puanlanması.	66
Çizelge 3.6 : Eğimin alt kriterlerinin Saaty'nin temel ölçek sistemine göre puanlanması.....	66
Çizelge 3.7 : Yağış alt kriterlerinin Saaty'nin temel ölçek sistemine göre puanlanması.....	67
Çizelge 3.8: Arazi kullanımı alt kriterlerinin Saaty'nin temel ölçek sistemine göre puanlanması.....	68
Çizelge 3.9 : Akarsuya uzaklık alt kriterlerinin Saaty'nin temel ölçek sistemine göre puanlanması.....	68
Çizelge 3.10 : Bakı alt kriterlerinin Saaty'nin temel ölçek sistemine göre puanlanması.....	68
Çizelge 3.11 : Kriterlerin ve alt kriterlerin ağırlık değerleri.....	69
Çizelge 3.12 : Mevcut sel riski hesaplanması aşamaları	70
Çizelge 3.13 : Çınarönü Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.	77
Çizelge 3.14 : Çınarönü Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar	79
Çizelge 3.15 : Hacivat Mahallesi gözlemler ve örnek görseller	80
Çizelge 3.16 : Çınarönü Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar	82
Çizelge 3.17 : Arabayatağı Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.....	83
Çizelge 3.18 : Arabayatağı Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.....	84
Çizelge 3.19 : Yavuzselim Mahallesi gözlemler ve örnek görseller	85
Çizelge 3.20 : Yavuzselim Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar	86
Çizelge 3.21 : Duaçınarı Mahallesi gözlemler ve örnek görseller	87
Çizelge 3.22 : Duaçınarı Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar	88
Çizelge 3.23 : 152 Evler Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.....	89
Çizelge 3.24 : 152 Evler Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.....	90
Çizelge 3.25 : Eğitim Mahallesi gözlemler ve örnek görseller	91
Çizelge 3.26 : Eğitim Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar	92

Çizelge 3.27 : Değirmenlikızık Mahallesi gözlemler ve örnek görseller	95
Çizelge 3.28 : Değirmenlikızık Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar	96
Çizelge 3.29 : Akçağlayan Mahallesi gözlemler ve örnek görseller	97
Çizelge 3.30 : Kaplıkaya Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar	99
Çizelge 3.31 : Ertuğrulgazi Mahallesi gözlemler ve örnek görseller	101
Çizelge 3.32 : Ertuğrulgazi Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar	102
Çizelge 3.33 : Selçukbey Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.....	103
Çizelge 3.34 : Selçukbey Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.....	104
Çizelge 3.35 : Ortabağlar Mahallesi gözlemler ve örnek görseller	105
Çizelge 3.36 : Ortabağlar Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar	106
Çizelge 3.37 : Güllük Mahallesi gözlemler ve örnek görseller	107
Çizelge 3.38 : Güllük Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar	108
Çizelge 3.39 : Mimarsinan Mahallesi gözlemler ve örnek görseller	109
Çizelge 3.40 : Mimarsinan Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar	110
Çizelge 3.41 : Siteler Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar	111
Çizelge 3.42 : Fidyekızık Mahallesi gözlemler ve örnek görseller	112
Çizelge 3.43 : Bağlaraltı Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar	114
Çizelge 3.44 : Bağlaraltı Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar	116
Çizelge 3.45 : Erikli Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar	118
Çizelge 3.46 : Doğaya dayalı çözümler ve mavi yeşil altyapı.....	123
Çizelge 3.47 : Dirençlilik senaryolarına göre zemin kullanımı alt kriterlerinin Saaty'nin temel ölçek sistemine göre puanlanması	129
Çizelge 4.1 : Çınarönü Mahallesi uygulanan senaryo	131
Çizelge 4.2 : Erikli Mahallesi uygulanan senaryo	133
Çizelge 4.3 : Bağlaraltı Mahallesi uygulanan senaryo	134
Çizelge 4.4 : 152 Evler Mahallesi uygulanan senaryo	136
Çizelge 4.5 : Akçağlayan Mahallesi uygulanan senaryo	137
Çizelge 4.6 : Mimar Sinan Mahallesi uygulanan senaryo	138
Çizelge 4.7 : Değirmenlikızık Mahallesi uygulanan senaryo.....	140
Çizelge 4.8 : Eğitim Mahallesi uygulanan senaryo	141
Çizelge 4.9 : Ertuğrulgazi Mahallesi uygulanan senaryo	141
Çizelge 4.10 : Fidyekızık Mahallesi uygulanan senaryo	142
Çizelge 4.11 : Güllük Mahallesi uygulanan senaryo	143
Çizelge 4.12 : Kaplıkaya Mahallesi uygulanan senaryo.....	144
Çizelge 4.13 : Ortabağlar Mahallesi uygulanan senaryo	145
Çizelge 4.14 : Selçukbey Mahallesi uygulanan senaryo	146
Çizelge 4.15 : Siteler Mahallesi uygulanan senaryo.....	147

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Şiddetli yağmurlar, New York (Shanahan & Wong, 2021).	7
Şekil 2.2 : 1980-2010 yılları arasında dünyada görülen doğal afetlerin türleri ve oluşum sayılarının zamansal değişimleri (Kadıoğlu, 2012).	8
Şekil 2.3 : Yükselişte olan doğal afetler (Natural disaster risks: Losses are trending upwards, tarih yok).	9
Şekil 2.4 : Bildirilen sel olaylarının sayısı (Kadıoğlu, 2019).	9
Şekil 2.5 : 2018, Japonya şiddetli yağış sonrası (BBC, 2018).	10
Şekil 2.6 : Temmuz 2021, Hindistan (Hindistan'ı sel ve heyelan vurdu: 36 ölü, 2021)	10
Şekil 2.7 : Zhengzhou, Çin, Temmuz 2021 (Çin'de sel felaketi, 2021).	11
Şekil 2.8 : Belgium, Temmuz 2021 (Batı Avrupa'da sel felaketi, 2021).	11
Şekil 2.9 : Altenahr, Germany, July 2021 (Probst, 2021).	12
Şekil 2.10 : Eylül 2021, Fransa (Fransa'da sel felaketi, 2021).	12
Şekil 2.11 : 1940-2017 Arası Uzun Yıllara Göre Sel Olay Sayıları (MGM, 2018) ..	14
Şekil 2.12 : İstanbul, 18 Temmuz 2017 (Baltacı, 2018).	14
Şekil 2.13 : 9 Haziran 2021 Ankara, sel felaketi (Özalp & Kankal, 2021).	15
Şekil 2.14 : 3 Temmuz 2012 Samsun sel felaketi (TRT Haber, 2012).	16
Şekil 2.15 : 24 Ağustos 2020, Giresun (Kömüşçü, ve diğerleri, 2021).	16
Şekil 2.16 : Ağustos 2021, Kastamonu, sel felaketi (Kahyaoğlu, 2021).	17
Şekil 2.17 : Kent sistemi ve dayanıklılık ilişkisi	20
Şekil 2.18 : Bir fidanlıkta görülen mangrovlar, Cibuti kıyılarını selden korumak için kullanılıyor (Birleşmiş Milletler, tarih yok).	23
Şekil 2.19 : San Salvador'da toprak kayması (Sponge City, tarih yok).	23
Şekil 2.20 : Deniz seviyesinin yükselmesi nedeniyle Norfolk, Virginia'da daha sık meydana gelen küçük sokak taşkınlarına örnek (Davson vd. 2017).	25
Şekil 2.21: Sünger şehirler (Kadıköy Belediyesi Akademi, 2015).	27
Şekil 2.22 : Paris'te sel, Seine Nehri (Shanahan & Wong, 2021).	29
Şekil 2.23 : Şangay'daki yeşil çatılar (Xianmin, 2013).	30
Şekil 2.24: Zero-emission Boutique Hotel Stadthalle, Vienna (Enzi vd., 2017).	31
Şekil 2.25 : Şikago şehri Northside College hazırlık okulundaki nehir kıyısının restore edilmesi (City of Chicago, 2008).	32
Şekil 2.26 : Windberg Park, Freital, Almanya ve otopark ağaçlandırma, Dresden-Gorbitz (REGKLAM, 2012).	32
Şekil 2.27 : Gorbitz örnek mahalle (Saxon state capital Dresden, Landeshauptstadt Dresden, 2022).	33
Şekil 2.28 : İzmir'de 35 yaşayan park (İzmir/Cumhuriyet, 2021).	33

Şekil 2.29 : Parc de Joan Raventós, yağmur suyunu emen yeşil bir alan (Master Urban Resilience Design and Management, 2021).....	34
Şekil 2.30 : Rotterdam su meydanı Benthemplein (De Urbanisten, tarih yok).	35
Şekil 2.31 : Tåsinge Plads, Copenhagen (Achiam, tarih yok).	36
Şekil 2.32 : Tanner Springs Park, Portland, US (GreenWorks, tarih yok).	37
Şekil 2.33 : Otopark altı sarnıç kullanımı (The Atlas Community Team, 2011).	37
Şekil 2.34 : Japonya sarnıç kullanımı (Yapı, 2014).	38
Şekil 2.35 : Geçirimli beton uygulamaları (Hazır Beton, 2018).....	39
Şekil 2.36 : Chicago'nun geçirgen malzeme ile kaplanan sokağının öncesi ve sonrası (City of Chicago, 2008).....	39
Şekil 2.37 : Yeşil otopark, Kopenhag (Copenhagen: Green City, Green Parking, tarih yok).	40
Şekil 2.38 : Meishe River Greenway and Fengxiang Park, Haikou, China (Turenscape, 2016).....	41
Şekil 2.39 : The Transformed Stormwater Park: Qunli National Urban Wetland (Turenscape, 2011).....	42
Şekil 3.1 : Bursa kenti konumu.....	43
Şekil 3.2 : Bursa kentsel büyüme deseni 1980-2014 (Moradi & Tamer, 2017).	44
Şekil 3.3 : Şehirleşme- yağış ilişkisi (Kadioğlu, 2012).	45
Şekil 3.4 : Bursa yıllık alansal yağış (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2019).....	46
Şekil 3.5 : Bursa yıllık maksimum yağış (Meteoroloji Genel Müdürlüğü,2019).....	46
Şekil 3.6 : 1862 Suphi Bey Haritası (Kaplanoğlu, 2006).	47
Şekil 3.7 : 14 Ekim 2010, Alacahırka Bursa (Bursa'da sel, 2010).	47
Şekil 3.8 : Bursa Valiliği resmî sitesi (Bursa'da Yaşanan Sel Felaketi, 2020).	48
Şekil 3.9 : Bursa Nilüfer, Mayıs 2018 (Öncü, 2018).....	49
Şekil 3.10 : Bursa Fidyekızık mahallesi, 2015 (DHA, 2015).	49
Şekil 3.11 : Bursa, Mudanya İlçesi (İHA, 2022).	50
Şekil 3.12 : Hacıvat metro alt geçiti (Bursa Yıldırım'da sel felaketi, 2021).....	50
Şekil 3.13 : Bursa Yıldırım altyapı çalışması (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2022).	51
Şekil 3.14 : Bursa ili ve Yıldırım ilçesi konumu.	52
Şekil 3.15 : Yıldırım/Bursa yıllara göre nüfus artışı (2021 TÜİK verileri esas alınarak hazırlanmıştır).	53
Şekil 3.16 : Yıldırım ilçesi ve çalışma alanında bulunan Kaplıkaya Deresi konumu (2021 Google Earth görüntüsü üzerine işlenmiştir).	55
Şekil 3.17 : Seçilen alanın dokusu ve mahalle sınırları.	56
Şekil 3.18 : Nilüfer Çayı ile birleşen Kaplıkaya Deresi (Bozdemir, 2019)'dan alınarak düzenlenmiştir).	56
Şekil 3.19 : Kaplıkaya Deresi rehabilite çalışmaları.	57
Şekil 3.20 : Hiyerarşik şema.	62
Şekil 3.21 : Akarsuya uzaklık analizi	72
Şekil 3.22 : Eğim analizi.....	73
Şekil 3.23 : Bakı analizi.....	74
Şekil 3.24 : Yağış analizi.....	75
Şekil 3.25 : Mevcut arazi kullanımı özelliği çizimi.....	76
Şekil 3.26 : Çınarönü Mahallesi mevcut sel riski analizi.	77

Şekil 3.27 : Hacivat Deresi yatağı düzenleme çalışmaları (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2012).....	79
Şekil 3.28 : Hacivat Mahallesi mevcut sel riski analizi.....	80
Şekil 3.29 : Arabayatağı Mahallesi mevcut sel riski analizi.....	82
Şekil 3.30 : Yavuzselim Mahallesi mevcut sel riski analizi	84
Şekil 3.31: Duaçınarı Mahallesi mevcut sel riski analizi	86
Şekil 3.32 : 152 Evler Mahallesi mevcut sel riski analizi.	88
Şekil 3.33 : Eğitim Mahallesi mevcut sel riski analizi	91
Şekil 3.34 : Dalyan Sokak'ın ortasından geçen Akçalar Deresi kapatma çalışmaları (Bursa'da Altyapı Yenileniyor, 2012)	94
Şekil 3.35 : Değirmenlikızık Mahallesi mevcut sel riski analizi	94
Şekil 3.36 : Akçağlayan Mahallesi mevcut sel riski analizi	97
Şekil 3.37: Akçağlayan Mahallesi çok yüksek riskli alan fotoğraf, Mahalledeki konutlar ve sokaklar (Yandex haritalar, 2022).....	98
Şekil 3.38 : Kaplıkaya Mahallesi mevcut sel riski analizi.....	99
Şekil 3.39: Ertuğrulgazi Mahallesi mevcut sel riski analizi.	100
Şekil 3.40: Selçukbey Mahallesi mevcut sel riski analizi.	102
Şekil 3.41: Ortabağlar Mahallesi mevcut sel riski analizi	104
Şekil 3.42: Güllük Mahallesi mevcut sel riski analizi	106
Şekil 3.43: Mimarşinan Mahallesi mevcut sel riski analizi.....	108
Şekil 3.44 : Kaplıkaya- Hacivat Deresi	109
Şekil 3.45 : Siteler Mahallesi mevcut sel riski analizi.....	111
Şekil 3.46 : Fidyekızık Mahallesi mevcut sel riski analizi	112
Şekil 3.47 : Bağlaraltı Mahallesi mevcut sel riski analizi	114
Şekil 3.48 : Mimar Sinan Deresi (Ağustos, 2021).....	117
Şekil 3.49 : Bağlaraltı Mahallesi (Ağustos 2021).....	117
Şekil 3.50 : Erikli Mahallesi mevcut sel riski analizi	118
Şekil 3.51 : Tüm alan riski.....	120
Şekil 3.52 : Portland kenti yeşil sokak kurulumları, Multnomah County Ecoroof, Foster Floodplain doğal alanı (Thorne, vd, 2015).	122
Şekil 3.53 : Genel senaryo önerileri.	125
Şekil 3.54 : Cromwell Park, Washington (EPA, 2017).	127
Şekil 3.55 : Arazi kullanımı katmanı senaryo çizimi.	128
Şekil 3.56 : Mevcut arazi kullanımı katmanı çizimi ve senaryo arazi kullanımı katmanı çizim	129
Şekil 3.57 : Senaryo sonrası sel riski.	130

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ DİRENÇLİLİK SENARYOSU: ARTAN SEL RİSKİ ÇERÇEVESİNDE BURSA ALAN ÇALIŞMASI

ÖZET

Sanayileşme ile birlikte artan iklim değişikliğinin etkisi giderek daha fazla hissedilmektedir. Küresel bir sorun olan iklim değişikliğinin kuraklık, sel, fırtına vb. gibi afetlerin artmasında büyük rolü vardır. Kentler iklim değişikliği etkilerinin sıklıkla görüldüğü ve afetlerin yaşandığı yerler haline gelmiştir. Özellikle hızlı kentleşmenin sonucu olan plansız yapılaşma, iklim değişikliği sonucunda artan afetlerin boyutunun artmasına neden olmaktadır. İklim değişikliğinin kentlerdeki etkilerine ve azaltım araştırmalarına literatürde daha çok yer verilmelidir.

Literatürde özellikle ülkemizde iklim değişikliği ve sel riski konusunda yapılmış çalışmaların artırılmasına ve geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Dünyada ve Türkiye’deki literatür araştırılmış olup ayrıca ülkelerin azaltım politikaları ve uygulamaları hakkında da araştırmalara yer verilmiştir. Tez kapsamında, iklim değişikliğinin arttırdığı sel felaketleri konusu ve Bursa kentinde iklim değişikliği dirençlilik senaryosu çalışılmıştır. Kentte yaşanan ani yağışlar kentteki geçirimsiz yüzeylerin fazla olması sebebiyle yüzey akışına geçmekte ve sel felaketlerine neden olmaktadır. İklim değişikliğinin sel etkisine karşı kentlerde dirençliliğe yönelik planlamalar yapılmalıdır. Bu çalışmanın amacı Bursa kenti için seçilen bir alanda mevcut sel riski analizi yapılması, riskli bölgeler için dirençlilik senaryo önerileri geliştirilmesi ve dirençlilik senaryolarının da analize dahil edilerek senaryoların sel riskini azaltma durumunun değerlendirilmesidir.

Çalışma kapsamında iklim değişikliğinin artırdığı sel riski hakkında dünyadan, Türkiye’den ve Bursa kentinden örnekler verilmiş ve kentsel uygulamalar hakkında literatür araştırmasına yer verilmiştir. Bursa kentinde seçilen alan için analitik hiyerarşi süreci yöntemi kullanılmış ve coğrafi bilgi sistemi programı olan ArcGIS’te ağırlıklı sel riski analizi yapılmıştır. Risk analizi sonucunda Bursa kentinde 19 mahalleyi kapsayan alanda, riskli çıkan bölgeler için senaryo önerileri geliştirilmiştir. Senaryo önerileri (yeşil drenaj, kentsel yeşil alan ve geçirimli zemin, sarnıç) ArcGIS programında sayısallaştırılmış ve senaryo sonrası risk analizi yapılmıştır. Risk analizi sonrasında mahallelerdeki risk durumları tekrar değerlendirilmiştir. Sonuç olarak risk değerlendirmesinde, coğrafi faktörlerin yanında kentsel alandaki yapılaşmanın ve zemin geçirimsizlik özelliğinin sel riskine etkisi okunabilmektedir. Bursa’da seçilen alan için eğim faktörünün etkili olduğu, fakat senaryo önerileri ile sel riskinde etkili bir azaltım sağlanabileceği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: İklim değişikliği, Kentsel sel riskli, Dirençlilik senaryosu, Coğrafi bilgi sistemleri, Analitik hiyerarşi süreci

CLIMATE CHANGE RESILIENCE SCENARIO: BURSA FIELD STUDY IN THE FRAMEWORK OF INCREASING FLOOD RISK

SUMMARY

The impact of climate change, which has increased with industrialization, is being felt more and more. Climate change, which is a global problem, has a great role in the increase of disasters such as drought, flood and storm. Cities have become places where the effects of climate change are frequently seen and disasters are experienced. Especially unplanned construction, which is the result of rapid urbanization, causes an increase in the size of disasters that increase as a result of climate change. The effects of climate change on cities and reduction studies should be given more space in the literature.

There is a need to increase and develop studies on climate change and flood risk in the literature, especially in our country. The literature in the world and in Turkey has been researched and also researches on the reduction policies and practices of countries are included. Within the scope of the thesis, the subject of flood disasters increased by climate change and the climate change resilience scenario in the city of Bursa were studied. Sudden precipitation in the city passes to the surface flow and causes flood disasters due to the excess of impermeable surfaces in the city. Plans should be made for resilience in cities against the flood effects of climate change. The aim of this study is to analyze the current flood risk in a selected area for the city of Bursa, to develop resilience scenario suggestions for risky regions and to evaluate the flood risk reduction status of the scenarios by including resilience scenarios in the analysis.

Within the scope of the study, examples from the world, Turkey and the city of Bursa about the flood risk increased by climate change are given and a literature review about urban practices is included. Analytical hierarchy process method was used for the selected area in Bursa city and weighted flood risk analysis was performed in ArcGIS, a geographic information system program. As a result of the risk analysis, scenario suggestions were developed for the risky regions in the area covering 19 neighborhoods in the city of Bursa. Scenario suggestions (green drainage, urban green area and permeable surface, cistern) were digitized in the ArcGIS program and risk analysis was made after the scenario. After the risk analysis, the risk situations in the neighborhoods were re-evaluated. As a result, in the risk assessment, besides the geographical factors, the effect of the construction in the urban area and the ground permeability feature on the flood risk can be read. It has been observed that the slope factor is effective for the selected area in Bursa, but an effective reduction in flood risk can be achieved with scenario suggestions.

Keywords: Climate change, Flood risk, Urban resilience scenario, Geographical information systems, Analytical hierarchy process

1. GİRİŞ

1.1 Problem

Sera gazı emisyonlarının neden olduğu küresel ısınma ve iklim değişikliği küresel gündemde ilk sıralarda yer almaktadır (UN-HABITAT, 2011, IPCC, 2014). 2014 İklim Zirvesi, 2015'te Paris'te anlamlı bir evrensel iklim anlaşması için siyasi ivmeyi artırmayı ve emisyonları azaltmak ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı direnç oluşturmak için tüm ülkelerde dönüştürücü eylemi harekete geçirmeyi amaçlamaktadır. İklim değişikliğinin neden olduğu sorunların yanı sıra, şehirler ayrıca yapılı çevre ve bölgesel iklim arasındaki etkileşimlerdeki değişikliklerle karakterize edilen kentsel iklim sorunlarıyla da karşı karşıyadır (WMO, 1983).

İklim değişikliğinin kentlerde kuraklık, sel, fırtına, deniz seviyesinde yükselme gibi etkileri bulunmaktadır. Coğrafi etkiler, yönetim ve kentsel yapılaşmadaki plansızlıklar sonucunda bu etkilere karşı dirençlilik sağlanamamaktadır. Özellikle şehirlerin hızla büyüdüğü ve kentsel nüfusun büyük bir kısmının ekonomik sıkıntılar yaşayan veya iklimle ilgili aksamalara karşı savunmasız olduğu gelişmekte olan ülkelere, iklim değişikliğinin kentsel alanlar üzerindeki etkilerinin nasıl ele alınacağına dair artan uluslararası endişeler bulunmaktadır (Balk ve diğ. , 2009 ; Satterthwaite, Huq, Pelling, Reid ve Lankao, 2007 ; Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Programı, 2011; Wilbanks & Sathaye, 2007). Literatür, öngörülen iklim etkilerine uyum sağlamak için altyapı ve kapasiteye yatırım da dahil olmak üzere, önlemlere duyulan ihtiyaca işaret etmektedir.

İklim değişikliği etkilerinin giderek hızlanması doğal afetler ile sıklıkla karşı karşıya gelinmesine neden olmaktadır. Dünyada ve Türkiye’de bu etkiler yaşanan afet sayılarının artması şeklinde somut örnekler ile karşımıza çıkmaktadır. Kentler, iklim değişikliği gibi birçok etkinin düşünülmeden yapılaştığı yerler haline geldiğinde ise kırılganlığı artmakta, olumsuz etkiler ile başa çıkamamaktadır. Bu durum kentlinin yaşamını doğrudan etkilemekte, can ve mal kayıplarına neden olabilmektedir.

Kentler iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden etkilendiği gibi bu etkilerle başa çıkma gücüne de sahiptir. Bunun için yönetim, planlama gibi eksikliklerin giderilmesi

gerekmekte, ayrıca etkilerle nasıl başa çıkılacağına dair araştırmaların iyi yapılması, dünyadaki örneklerin analiz edilmesi gerekmektedir.

Kentlerde iklim değişikliğinin neden olduğu kırılganlığı azaltmak için dirençli kent kavramına önem verilmelidir. Dirençlilik kavramı disiplinler arası bir kavram olarak gelişmiştir. Kentsel dirençliliği anlayabilmek için temel çerçeveler mevcuttur. Doğal afetlere yönelik bu çerçevelerin her biri, dayanıklılığı farklı bir şekilde entegre etmeye veya ele almaya çalışmıştır. Örneğin, 1990'lardaki literatür, dirençliliği bir felaket döngüsünde kriz sonrası iyileşme aşamasının bir parçası olarak kabul etmektedir. Norris ve ark. (2008) ve Cutter ve ark. (2010) dirençliliği bir süreç olarak sunarak afet sürekliliği yaklaşımı üzerine geliştirilmiş çoklu kriz olasılığını, hazırlık veya hafifletme önlemlerinin alınabileceğini ve uygulanabileceğini varsaymışlardır. Böylece, toplum bir sonraki kriz meydana geldiğinde daha dayanıklı olmaktadır. Çoğu durumda, bir şehirde kırılganlığa yol açan ve dayanıklılığı azaltan çeşitli engellerin üstesinden gelmek için ideal bir fırsatı temsil etmektedir. Kriz sonrası ortam, böyle bir krizin ortaya çıkmasına izin veren altta yatan riskleri azaltmak için kullanılabilir. Direnç, birden çok aşamadan geçerek, ardı ardına daha derin bir krize dönüşmesini önleyebilir, krizin derinliğini azaltabilir ve daha hızlı iyileşmeye olanak sağlayabilir (Patel & Nosal, 2016). İklim değişikliğine karşı kentlerde dirençlilik üzerine çalışmalar yapılmalıdır. Kentsel dirençlilik kazanabilmek için yönetim eksiklikleri giderilmelidir. Ayrıca dünya çapında örnek uygulamalar araştırılarak kentsel planlamalarda yerini almalıdır.

1.2 Araştırmanın Konusu

İklim değişikliği ile artan kentlerdeki sel etkisi giderek daha fazla hissedilmektedir. Kentlerdeki ani yağışların ve sel felaketlerinin artışı bu durumun göstergesidir. Sellerden kaynaklanan kayıplar, büyük ölçüde artmıştır. Son birkaç on yılda yağmur kaynaklı en yüksek akış eğilimlerini antropojenik iklim değişikliğine bağlamak mümkün değildir. İklim modellerine dayalı olarak şiddetli yağışın sıklığı ve yoğunluğunda öngörülen artışlar, yağış kaynaklı yerel sellerin (örneğin ani sel ve kentsel sel) artışına neden olmaktadır.

Artan sel riskine karşı gerekli önlemleri alabilmek için öncelikle mevcut sel riskinin analiz edilmesi gerekmektedir. Daha sonra dünyadaki uyum ve azaltım planlamaları ve uygulamaları araştırılmalıdır. Araştırmalar ve literatür ışığında, sel riski yapılan

bölge için sel riskine karşı dirençlilik önerileri geliştirilmelidir. Tez kapsamında Bursa kentinde seçilen alan için sel riski analizi yapılmış ve dirençlilik senaryoları geliştirilmiştir. Literatürde yapılan sel riski analizlerinden farklı olarak ise senaryo önerileri geliştirildikten sonra senaryoların da analiz edilmesidir. Bu sayede senaryo önerilerinin sel riskini ne kadar düşürdüğü hakkında yorum yapma fırsatı oluşmuştur. Çalışma, kentsel planlama için yararlı olabilecek sonuçlar vermektedir.

Sel riskine neden olan kriterler belirlenmiş, ardından analitik hiyerarşi süreci (AHS) yöntemi ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak sel riski analizi yapılmıştır. Kentlerde sel riskine neden olan birçok etmen bulunmaktadır. Tüm nedenleri bir arada analiz edebilmek için detaylı kaynaklara ulaşabilmek gerekmektedir. Örneğin sel riski kapsamında kentsel alanda geçirimsiz yüzeylerin veya yapılaşmaların altındaki toprak özellikleri, geçirimsizlik durumları ve jeolojik özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Bu verilere ulaşılamıyor ise örnek numuneler alınarak toprağın geçirim düzeyinin analizinin yapılması gerekmektedir. Tüm bunlar zaman ve maliyet gerektiren aşamalar olduğundan tez kapsamında kentsel alan, ana kriterler çerçevesinde değerlendirilmiştir. Kentsel alan geçirimsiz yüzeyler ve geçirimsiz yüzeyler olarak sel riski analizine ve senaryo analizine dahil edilmiştir.

1.3 Kısıtlar ve Fırsatlar

Literatürde önemli araştırma boyutları bulunan, kapsamlı ve disiplinler arası bir konu olan iklim değişikliği konusunun kentlerdeki sel etkisi ele alınmıştır. İklim değişikliği dünyamızı etkilemeye devam ettiğinden araştırma konusu olmaya devam edecektir.

Kentlerde oluşturduğu sel riski konusu çerçevesinde ise henüz yeterli sayıda ve detaylı araştırmalar bulunmamaktadır. Dünyada ve Türkiye’de iklim değişikliğinin kentlerdeki etkilerinin azaltımı ve etkilere uyum üzerine kılavuzlar, yönetim planları ve uygulamalar bulunmaktadır. İklim değişikliğine yönelik düşünülen planlamaların detaylandırılmaya ihtiyacı olduğu gibi planlanan maddelerin uygulanması gerekmektedir. Uygulanan uyum ve azaltım çalışmalarının ise analizlerinin yapılmaya devam edilmesi gerekmekte, kente katkıları ortaya konmalıdır. Fakat hızlı yapılaşmadan dolayı günümüzde kentlerde büyük ölçekli uygulamaları hayata sokmak zordur. Bunun için uygulanacak senaryolar önceden analiz edilerek planlaması yapılabilir. Literatürde analitik hiyerarşi süreci yöntemi ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak sel riski analiz çalışmaları bulunmaktadır. Fakat riski azaltmaya yönelik

kentsel planların ve senaryoların analiz edildiği çalışma az sayıdadır. Bu tez kapsamında seçilen kentsel alanda sel riskini azaltmaya yönelik senaryo nerileri geliştirilmiştir. Literatürdeki boşluğu doldurmaya yönelik sel riski analizi ve senaryo sonrası sel riski analizi ortaya koyarak karşılaştırılması yapılmıştır.

Tez kapsamında sırasıyla; iklim değişikliğinin kentlerdeki etkilerine, artırdığı yağışlara ve ani yağışların neden olduğu sel felaketlerinin dünyadan ve Türkiye’den örneklerine yer verilmiştir. Dünyadaki ve Türkiye’deki azaltma ve uyum planlamalarına ve çalışmalarına yer verilmiştir. Daha sonra tezin araştırma yöntemi olan analitik hiyerarşı sürecinin anlatımı yapılmış ve coğrafi bili sistemi programı olan ArcGIS programı ile sel riski analizi yapılmıştır. Araştırmanın son aşamasında ise sel riski azaltımına yönelik senaryolar belirlenmiş ve ArcGIS programında senaryo analizleri yapılmıştır. Son olarak senaryoların sel riskini ne kadar azaltabildiği ile ilgili bulgulara yer verilmiştir.

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KENTLER

2.1 İklim Değişikliği ve Kentlere Etkileri

İklim değişikliği, sıcaklıklarda ve hava düzenlerinde uzun vadeli değişimleri ifade eder. Bu değişimler, güneş döngüsündeki değişimler gibi doğal olabilmektedir. Ancak 1800'lerden itibaren sanayi devrimi ile artan insan faaliyetleri, özellikle kömür, petrol ve gaz gibi fosil yakıtların yakılması nedeniyle iklim değişikliği hızlanmıştır (United Nations, 2021).

Emisyonların artmaya devam etmesiyle Dünya günümüzde 1800'lerin sonunda olduğundan yaklaşık 1,1°C daha sıcak durumdadır (BM, 2021). Kayıtlar özellikle 2010 yılında itibaren dünyadaki en sıcak dönemin yaşandığını göstermektedir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 : Kaydedilen en sıcak 10 yılın her biri için küresel birleşik kara ve okyanus yıllık ortalama sıcaklık sıralamasını ve anormali (NCEI, 2021).

Sıra No	Yıl	Anormallik °C
(En sıcak yıl 1. Sırada)		
1	2016	1.00
2	2020	0.98
3	2019	0.95
4	2015	0.93
5	2017	0.91
6	2018	0.83
7	2014	0.74
8	2010	0.72
9	2013	0.68
10	2005	0.67

İklim değişikliği genellikle yüksek ve artan sıcaklıklar olarak düşünülmektedir. Ancak sıcaklık artışı iklim değişikliğinin sadece başlangıcıdır. İklim değişikliğinin sonuçları

arasında yoğun kuraklıklar, su kıtlığı, şiddetli yangınlar, yükselen deniz seviyeleri, sel, eriyen kutup buzları, yıkıcı fırtınalar ve azalan biyoçeşitlilik yer almaktadır.

2018 BM raporunda, bilim insanları ve yöneticiler küresel sıcaklık artışını 1,5°C'den fazla olmayacak şekilde sınırlamanın kötü iklim etkilerinden kaçınmak ve yaşanabilir bir iklimi korumamıza yardımcı olacağı konusunda uyarıda bulunmuşlardır (McGrath, 2021). Fakat mevcut karbondioksit emisyonundan dolayı, yüzyılın sonuna kadar küresel sıcaklıkları 4°C kadar artacağı düşünülmektedir.

İklim değişikliği kentleri pek çok açıdan etkilemektedir. Kıyı ülkeleri, ada ülkelerinde ve gelişmekte olan ülkelerde yaşayan insanlar iklim etkilerine karşı daha savunmasız durumdadır. Deniz seviyesinin yükselmesi gibi nedenlerden dolayı kıyı ülkeleri savunmasız durumdayken; ısı adası, sel ve taşkın risklerinden dolayı gelişmekte olan ve plansız kentleşme yaşamış şehirler ve ülkeler savunmasız konumdadır.

Dünyadaki toplam karbon salımının %75'i kent kaynaklıdır (Birleşmiş Milletler, 2021). İklim değişikliği ile kentler arasında sebep-sonuç-mücadele ilişkisi mevcuttur (Aygün & Torlak, 2020). Kentler; arazi kullanım kararlarıyla, tüketimlerle ve atıklarla ekosistem dengesini bozmakta ve iklim değişikliğine neden olmaktadır. İklim değişikliği ise aşırı sıcaklar, seller, aşırı hava olayları, hava kirliliği olarak kentleri etkilemektedir. Artan yağışların şehirlere doğrudan ve dolaylı etkileri bulunmaktadır. Doğrudan etkileri, artan sel, tehlikeli yamaçlarda artan heyelan veya çamur kayması riskidir. Dolaylı etkileri ise; yükselen gıda fiyatları, ev ve işletmelerde mülk hasarı, yaşanan olaylara dayanıksız ve gerekli standartlarda tasarlanmamış altyapı hasarı, kırsal alanlardaki sel nedeniyle şehirlere göç sıkıntısı, dik yamaç tehlikesi olan araziler üzerine inşa edilen gayri resmi yerleşim yerlerinden yer değiştirme ve nüfus hareketi, artan hastalıklar gibi sıralanabilir (UN-Habitat, 2014).

Bunlarla başa çıkmak için bu etkileri azaltma ve etkilere uyum sağlama faaliyetlerinde bulunulmalıdır. Şehirler, küresel azaltma çabaları için çok önemlidir. Uluslararası Enerji Ajansı, en son anketinde kentsel alanların küresel enerjiyle ilgili karbon emisyonlarının %71'inden sorumlu olduğunu tahmin etmektedir, ancak rakamlar şehirlerin veya kentsel alanların nasıl tanımlandığına bağlı olarak büyük ölçüde değişmektedir (Uluslararası Enerji Ajansı, 2016). Kentleşme eğilimleri devam ettikçe bu yüzde artacaktır. Birleşmiş Milletler, 2050 yılına kadar dünyanın kentsel nüfusunun neredeyse ikiye katlanarak 3,4 milyardan 6,3 milyara çıkacağını tahmin etmektedir ve

bu, o zamandaki küresel nüfus artışının çoğunu temsil etmektedir (Department of Economic and Social Affairs, 2018). Şehirler aynı zamanda zenginlik ve yeniliğin merkezleridir ve dolayısıyla iklim değişikliği sorunlarının üstesinden gelmek için gerekli araçlara ve kaynaklara sahiptir.

Örneğin ABD'nin kuzeydoğusunda, yüksek katlı ve yoğun kent dokusuna sahip New York, bugün iklim değişikliğinin etkilerinin en çok hissedildiği şehirler arasında yer almaktadır (Şekil 2.1). 2019 yılı itibariyle 8,4 milyon nüfusa sahip kentte şiddetli ve ani hava olayları yaşanmaktadır. Kentin, iklim değişikliğine uyum sağlama ve direncini artırma çalışmaları başarılı bir şekilde yürütülmektedir.



Şekil 2.1 : Şiddetli yağmurlar, New York (Shanahan & Wong, 2021).

2.2 İklim Değişikliği ve Sel Felaketleri

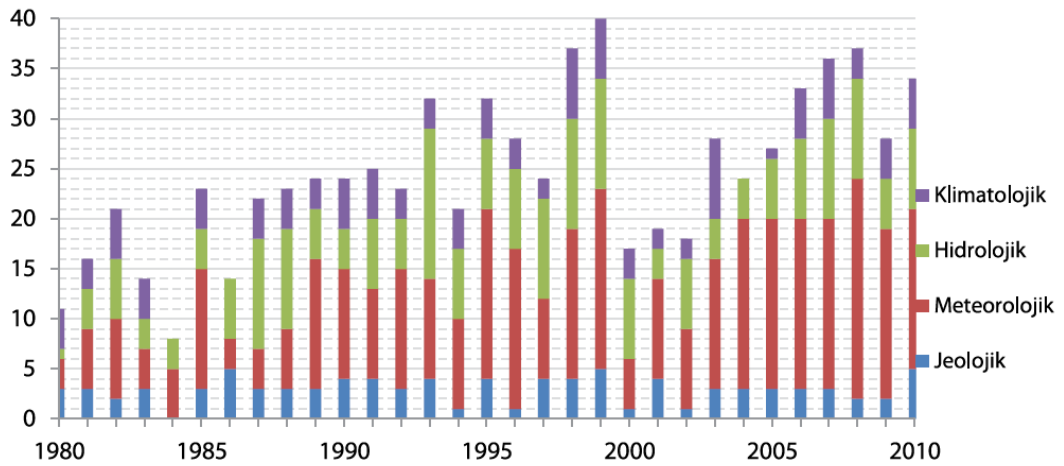
İklim koşullarındaki değişiklikler, ortalama sıcaklıklardaki büyük farkların yanı sıra yağış miktarı ve şeklindeki değişiklikler şeklinde meydana gelmektedir. Yağışların düzensizleşmesi, ani sel baskınlarına ve düzensiz, mevsim dışı ve uzun süreli kuraklıkların oluşmasına neden olmaktadır. Bu felaketler, kentler üzerinde su kıtlığı, gıda krizlerini, selleri ve maddi manevi zararları tetiklemektedir.

Düzensiz yağışlar sonucunda ani sel ve taşkınlar yaşanabilmekte, bunun sonucunda can kayıpları ve yaralanmalar yaşanmaktadır. Sosyal sonuç olarak; tarımsal üretimde düşüş sonucunda kentlerde gıda kıtlığı kentteki dezavantajlı grupların gıdaya erişim

zorluklarını daha fazla oranda yaşaması ve sosyal eşitsizliklerin derinleşmesi gibi etkiler görülmektedir. Ekonomik yönden ele alırsak, kar, dolu, yağmur gibi farklı yağış tiplerinin beklenmedik zaman ve şiddette olmasının kent altyapısına ve yapılara verdiği zararların maliyeti ve gıda fiyatlarında artış gibi etkiler sıralanabilir. Çevresel açıdan ele alınırsa sel ve kuraklık sonucunda toprak yapısında değişim, kuraklık ve su rezervlerinde düşüş şeklinde sonuçlarla karşılaşmaktadır.

2.2.1 Dünyada artan sel felaketleri

Dünya genelinde, sel, kasırga, kuraklık ve orman yangını gibi hava olaylarına bağlı afetlerin sayısında ve şiddetinde rekor artışlar olmaktadır (Global Precipitation Measurement, 2021). Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak dünyada 1980 yılından bu yana hidrometeorolojik karakterli büyük çaplı doğal afetlerin sayısında sürekli ve önemli bir artış yaşanmaktadır (Şekil 2.2).

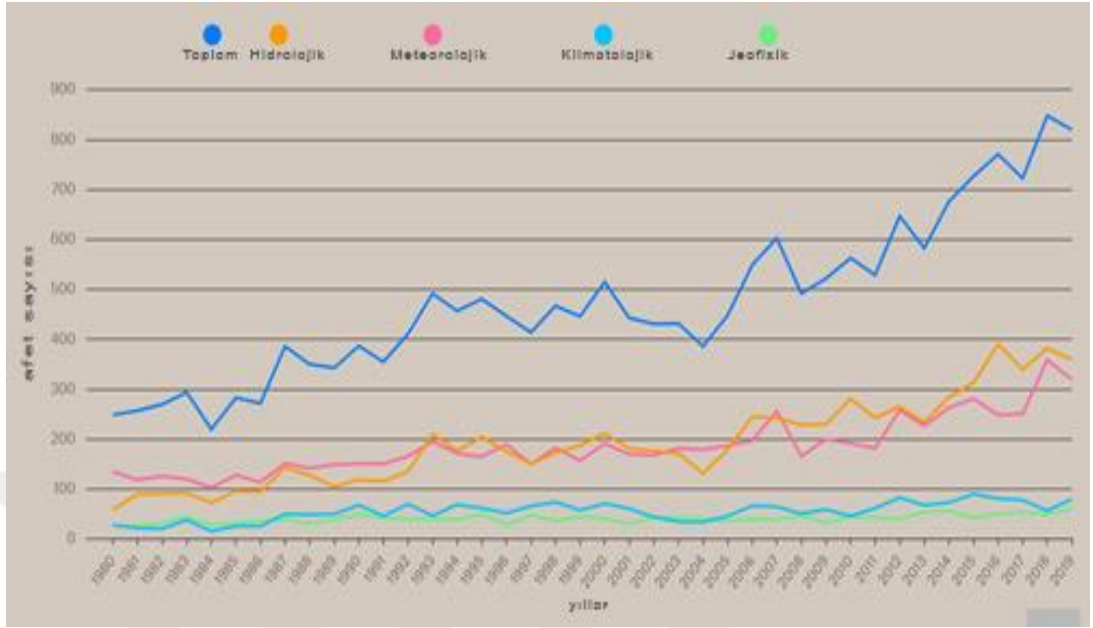


Şekil 2.2 : 1980-2010 yılları arasında dünyada görülen doğal afetlerin türleri ve oluşum sayılarının zamansal değişimleri (Kadıoğlu, 2012).

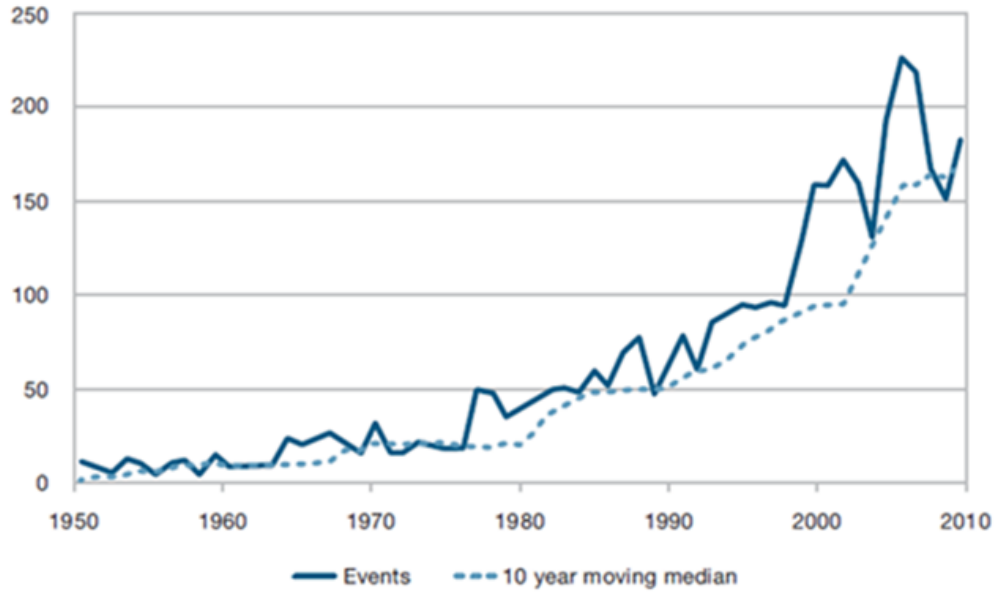
Dünya Meteoroloji Örgütü, dünyayı vuran hava kaynaklı afetlerin sayısının son 50 yılda beş kat arttığını söylemektedir. Avrupa Çevre Ajansı'na göre, yıllık sel kayıplarının 2050 yılına kadar beş kat, 2080 yılına kadar ise 17 kat artması beklenmektedir (Jha, Bloch, & Lamond, 2011).

Hidrolojik afetler taşkın, ani yağış, aşırı rüzgâr, kıyı taşkını, toprak kayması şeklinde gerçekleşen olaylardır. Meteorolojik afetlere ise, kasırga, ekstrem sıcaklıklar, kuraklık ve yangın örnek verilebilir. Tüm afetlerde bir artış varken hidrolojik ve meteorolojik

afetlerdeki artışın ivmesi daha fazladır (Şekil 2.3). 1980 tarihi itibariyle afetlerin sayısında artış görülmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.3 : Yükselişte olan doğal afetler (Natural disaster risks: Losses are trending upwards).



Şekil 2.4 : Bildirilen sel olaylarının sayısı (Kadıoğlu, 2019).

Sel afeti dünyada ve ülkemizde sıkça yaşanan ve büyük maddi manevi kayıplara neden olan afet türüdür. Bu bölümde dünyada gerçekleşen sel felaketlerinden örneklere yer verilmiştir.

Japonya’da 2018’de yaşanan sel felaketinde 220 kişi hayatını kaybetmiştir (şekil 2.5). Ayrıca 2 milyon kişi evini kaybetmiştir (Baclagon, ve diğerleri, 2018). Bu felaket Japonya’nın son 30 yılda yaşadığı en büyük sel felaketi olmuştur (BBC, 2018).



şekil 2.5 : Japonya şiddetli yağış sonrası (BBC, 2018).

Hindistan’ın Maharaştra eyaletinde 2021’de Muson yağımurları sonucunda sel ve heyelan meydana gelmiştir (şekil 2.6). Can ve mal kayıpları yaşanmıştır. Hindistan’da yaşanan sel felaketi Asya ülkelerinde de sıkça yaşanan muson yağışlarının etkisiyle meydana gelmiştir.



şekil 2.6 : Temmuz 2021, Hindistan (Hindistan sel ve heyelan, 2021)

27 Temmuz 2021 tarihinde Çin’de aşırı ve ani yağış sonucunda sel felaket meydana gelmiştir (Şekil 2.7). Yetkililerce Sarı Nehri’nde bir yılın toplamından daha fazla suyun biriktiği belirtilmiştir. Kentte karayolu ve tren yolu ulaşımında sıkıntılar yaşanmış, kentlinin hayatı olumsuz etkilenmiştir.



Şekil 2.7 : Zhengzhou, Çin, Temmuz 2021 (Çin’de sel felaketi, 2021).

Belçika’da yaşanan sel nedeniyle evler ve yollar su altında kalmıştır (Şekil 2.8). Selden zarar gören kentlerde arama kurtarma çalışmaları bir süre devam etmiş ve selden etkilenen bazı kesimlerde ise dere yataklarındaki tehlike selden birkaç gün sonra devam etmiştir.



Şekil 2.8 : Belgium, Temmuz 2021 (Batı Avrupa’da sel felaketi, 2021).

Almanya'nın Insul kentindeki Ahr Nehri'nde, 15 Temmuz 2021'deki yoğun yağıştan sonra taşkınla birlikte sel meydana gelmiştir (Şekil 2.9). Bilim adamları, yağış rekorlarının kırıldığı Almanya'daki Ahr ve Erft nehirleri ile Belçika'daki Meuse nehirlerinin etrafındaki alanlara odaklanarak bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Dünya ısındıkça yağmur olaylarının sıklaşacağı ve yoğunlaşacağı konusunda uyarılmışlardır. Küresel sıcaklıklar sanayi öncesi seviyelerin 2 santigrat derece üzerine çıkarsa, tek bir günde yağmurun yoğunluğu %0,8 ila %6 oranında daha artacak ve tahminlere göre sel gerçekleşme olasılığı 1,2 ila 1,4 kat daha fazla olacaktır (Dewan, 2021).



Şekil 2.9 : Altenahr, Germany, July 2021 (Probst, 2021).

15 Eylül 2021 tarihinde Fransa'nın Gard bölgesinde yaşanan şiddetli yağışlar nedeniyle sel felaketi meydana gelmiştir (Şekil 2.10). Şehir içi ve şehirler arası yollarda ulaşım aksamış ve bu durumdan yaklaşık 60 kent etkilenmiştir.



Şekil 2.10 : Eylül 2021, Fransa (Fransa'da sel felaketi, 2021).

İklim değişikliğine bağlı olarak düzensizleşen yağmurlar sonucunda seller ve taşkınlar kentlerin hemen hepsini tehdit etmektedir. Dünya çapındaki seller incelendiğinde aşırı yağışların iklim değişikliği nedeniyle sıkça yaşanmaya başladığını görmekteyiz. Asya'daki sel felaketleri genellikle muson yağmurları nedeniyle oluşurken, kıyı bölgelerde deniz seviyesinin yükselmesiyle gerçekleşmektedir. Avrupa'da kentsel geçirimsiz alanların fazlalığı ve nehirlerin taşması ile meydana gelmektedir. Amerika'da ise fırtına, kasırga ve seller bir arada gerçekleşebilmektedir.

Uzun vadede düzenli şekilde yağması gereken yağışlar ani yağış olarak kentlere, yerleşim alanlarına düşmektedir. Bunun sonucunda, ani yağışı kaldıramayan kentsel altyapı ve iklim değişikliği etkilerine hazırlıksız yakalanan kentler, felaket görüntülerine neden olmaktadır. Kent selleri sonucunda burada kentlinin yaşamı olumsuz etkilenmekte ve durabilmektedir. Ayrıca yaralanmalar ve ölümler yaşanmaktadır.

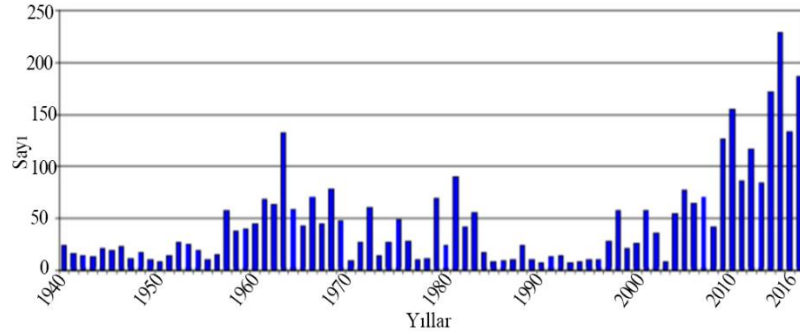
2.2.2 Türkiye'de artan sel riski ve sel baskınları

Seller, Türkiye'de depremlerden sonra en yıkıcı doğal afet türüdür. Ülkedeki tüm doğal afetlerin yaklaşık %30'u sel olaylarından kaynaklanmaktadır. (EM-DAT, 2012). EM-DAT'a göre Türkiye'de 1950-2007 yılları arasında 34 sel olayı meydana gelmiş, 1.016 kişi hayatını kaybetmiş ve yaklaşık 1,5 milyon kişi etkilenmiştir.

Ülkemizde de iklim değişikliğine bağlı olarak sellerin neden olduğu ekonomik kayıplar depremlerin neden olduğu ekonomik kayıplara eşit hale gelmiştir (Kadıoğlu, 2012).

Seller, düşük frekanslı ama fiziksel altyapıya, insan güvenliğine ve sosyo-ekonomik etkinliklere yüksek etkisi olan afetlerdir. OFDA, CRED ve EM-DAT'ın 2005 yılında yaptığı bir değerlendirmede 1992'den 2001 yılına kadar 2257 adet sıcak hava dalgası, seller, orman/maki yangınları, tayfun ve fırtınalar, kuraklık veya kıtlık nedeniyle oluşan afetler rapor edilmiştir. En sık görülen hidro-meteorolojik afet ise %43 oran ile seller olmuştur. Bu sellerde de yaklaşık 100.000'den fazla kişi ölmüş ve bu sellerden 1,2 milyar kişi de değişik şekillerde etkilenmiştir. Dünyanın birçok yerinde olduğu gibi Türkiye'de de peş peşe gelen şiddetli sağanak yağışlar veya uzun süren hafif yağışlar sonucunda oluşan seller ve bunlardan dolayı büyük can kayıpları ve ekonomik kayıplar olmaktadır (Kadıoğlu, 2012).

Türkiye gibi tropikal iklimin dışında kalan ülkelerde de şiddetli gök gürültülü sağanak yağışlar nedeniyle şehirlerdeki sel sayısı ve şiddeti de artmaktadır (Şekil 2.11). Hızla artan çarpık yerleşim alanlarında deprem, sel vb. tehlikeler daha büyük felaketlere dönüşebilmektedir.



Şekil 2.11 : 1940-2017 arası uzun yıllara göre sel olay sayıları (MGM, 2018).

Özellikle son yıllarda ülkemizde sel taşkın felaketlerini çeşitli şekillerde yaşanmaktadır. Bu felaket kıyı bölgelerinde deprem sonrası tsunami ve denizin taşması şeklinde görülürken, Karadeniz bölgesinde ve diğer bazı kentlerde aşırı ve ani yağışlar sonrasında derelerin taşması veya kentsel alanda yüzey akışının hızlanması gibi nedenlerle meydana gelmektedir. Bu kısımda Türkiye’de son yıllarda yaşanan sel felaketlerine yer verilmiştir.

İstanbul’da 2017’de yaşanan şiddetli yağışlardan dolayı metro istasyonlarını su basmış ve araçlar yolda kalmıştır (Şekil 2.12). 18 Temmuz ve 27 Temmuz’da gerçekleşen felaketlerde ani yağışlar yağmur ve dolu şeklinde gerçekleşmiştir. Bu felaketler kıyamet olarak değerlendirilmiştir (Vikipedi, 2022).



Şekil 2.12 : İstanbul, 18 Temmuz 2017 (Baltacı, 2018).

İstanbul’da yaşanan sel geçirimsiz yüzeylerin fazla olmasından kaynaklı olarak yağmur suyunun kentsel alanda yüzey akışına geçmesi ve birikmesi şeklinde gerçekleşmiştir.

Ankara’da Mamak ilçesinde ani yağış sonrasında sel felaketi meydana gelmiştir (Şekil 2.13). Dereboyu Caddesi’nde sel oluşmuş ve ulaşım olumsuz etkilenirken birçok araç sürüklenmiştir. Bazı binaları ve işyerlerini su basmıştır ve kentliler zor anlar yaşamıştır.



Şekil 2.13 : 9 Haziran 2021 Ankara, sel felaketi (Özalp & Kankal, 2021).

Ankara’da yaşanan sel ani yağış sonrası kentte geçirimli yüzeylerin az olması nedeniyle suyun geçirimsiz yüzeylerde birikmesi ve yüzey akışına geçmesi şeklinde gerçekleşmiştir.

Samsun’da 3 Temmuz 2012’de sel felaketi yaşanmıştır (Şekil 2.14). 13 kişinin ölümüne sebep olan sel felaketinde TOKİ konutlarını su basmıştır. Konutlar dere yatağının güzergahı değiştirilerek elde edilen alanda inşa edilmesinden kaynaklı olarak sel felaketlerine açık durumdadır. Burada gerçekleşen sel felaketi zararlarının nedeni dere yatağında yapılaşma bulunmasıdır.



Şekil 2.14 : 3 Temmuz 2012 Samsun sel felaketi (TRT Haber, 2012).

Giresun’da şiddetli yağmur sonucunda sel ve heyelan felaketi yaşanmıştır (Şekil 2.15). Dereli ’de su 2 metrenin üzerine yükselmiştir. Giresun’da yaşanan sel felaketi yine yağış miktarının fazla olmasından kaynaklı olarak yaşanmıştır. Fakat yerleşim bölgelerinin uygun olmayan arazilerde bulunması sonucunda kentlileri olumsuz etkilemiş, can ve mal kayıplarına neden olmuştur.



Şekil 2.15 : 24 Ağustos 2020, Giresun (Kömüşçü, ve diğerleri, 2021).

11 Ağustos 2021 tarihinde Kastamonu’nun Bozkurt ilçesinde şiddetli yağış sonucunda can ve mal kayıpları yaşanmıştır (Şekil 2.16). Aynı zamanda sel felaketi kentte büyük hasara sebep olmuştur. Batı Karadeniz’de yer alan Kastamonu ilinde aşırı yağış sonucunda seller sıklıkla yaşanmaya başlamıştır. Dere kenarlarında ve imara uygun olmayan arazilerde bulunan yapılaşmalar selden ciddi zararlar görmektedir. Eğimli arazilerde bulunan yapılaşmalar aşırı yağış sonrasında heyelan felaketi yaşayabilmektedir.



Şekil 2.16 : Ağustos 2021, Kastamonu, sel felaketi (Kahyaoğlu, 2021).

Sel ve su taşkınları, Türkiye’de en sık görülen afetlerin başında gelmektedir. AFAD’a göre 2020 yılında 177 sel afeti, 107 heyelan görülmekle birlikte, afetlerin yaklaşık yüzde 20’si sel ve su baskınları, yüzde 12’si ise heyelandır. Türkiye’de, en çok yağış alan bölge olan Karadeniz’de sel felaketleri yaygındır (Altuntaş, 2021). İklim değişikliğinin etkisiyle de giderek sıklaşan sel felaketleri özellikle Karadeniz bölgesinde ciddi yıkımlara sebep olmaktadır. Fakat sadece Karadeniz bölgesi değil tüm bölgelerde tüm kentler ani yağış sonrasında oluşabilecek bir sel felaketi ile karşı karşıyadır.

Türkiye’deki sel felaketleri daha çok Avrupa’da yaşanan sel felaketleriyle benzerlik göstermektedir. Dünya’ya bakıldığında kıyı bölgeleri suların yükselmesi gibi nedenlerle risk altındayken, Asya ülkelerinde muson yağmurları nedeniyle büyük hasara yol açan seller yaşanmaktadır. Avrupa ve Türkiye’de ise ani yağışlar sonrasında, kentsel geçirimsiz yüzeylerin fazla olması sonucunda seller yaşanmaktadır.

2.3 İklim Değişikliği ve Dirençlilik, Dirençli Kent Kavramı

Direnç kavramı, şehirler ve iklim değişikliği literatüründe giderek önem kazanmaktadır. İklimle dirençli, iklimle dayanıklı ve dayanıklı şehir gibi sık kullanılan terimler, şehirlerin, kentsel sistemlerin ve kentsel seçmenlerin iklimle ilgili şoklardan ve streslerden hızla uzaklaşmaları gerektiği fikrini vurgulamaktadır (Leichenko, 2011). Dayanıklılığın artırılması, şehirlerde ve kentsel bölgelerde hem

uyum hem de hafifletme çabaları için anahtar bir hedef olarak yaygın şekilde belirtilmektedir.

İklim değişikliği, şehirlerin karşılaştığı birçok şok ve stres türünden biridir ve iklim değişikliğine bağlı şoklar diğer çevresel, ekonomik ve politik streslerle birlikte meydana gelir. Dolayısıyla, iklim değişikliğine karşı kentsel dayanıklılığın teşvik edilmesi, şehirlerin karşılaştığı şoklara ve streslere dirençli hale gelmesini gerektirecektir.

2.3.1 Kentsel riskler ve tehlikeler

Literatürde kentsel tehlikeler zarar verme potansiyeli olan tüm olaylar olarak tanımlanırken, risk ise tehlike anında zararın gerçekleşme olasılığı olarak tanımlanır. Yani tehlikeler risk doğurabilmektedir. Kentleşmenin artması sonucunda kentsel alanlarda afetler daha çok görülmeye başlanmıştır ve bu durum kentsel riski artırmaktadır (Wamsler, 2006).

Gerek coğrafi özellikler gerekse risk faktörlerinden dolayı yerleşilmemesi gereken araziler çeşitli sosyoekonomik nedenlerle yerleşim yeri haline gelmektedir. Bu durum iklim değişikliğinden kaynaklı olarak doğan riskleri artırmaktadır. İklim değişikliğinin başlıca riskleri ve etkileri kentlerde giderek daha çok hissedilmektedir (Çizelge 2.2). Çarpık kentleşme ile bu risk daha da katlanmaktadır.

Çizelge 2.2 : İklim değişikliği riskleri ve etkileri (Uncu, 2019).

İklim Değişikliği	İklim Değişikliği Riski	Fiziksel Etkileri
Atmosferdeki yağış değişimi	• Taşkın • Ani Yağış • Yeraltı su seviyesinde değişiklikler • Nem döngülerinde değişiklikler	• Yetersiz su uzaklaştırma ve drenaj sistemleri dolayısıyla kentsel sorunlar ve olumsuz sonuçlar • Toprak değişiminden kaynaklı zemin kabarması ve çökmesi

Çizelge 2.2 (devam) : İklim değişikliği riskleri ve etkileri (Uncu, 2019).

İklim Değişikliği	İklim Değişikliği Riski	Fiziksel Etkileri
Sıcaklık değişimi	• Aşırı olaylar (sıcaklık dalgaları, kar yükselmesi) • Donma erime zamanlarında değişim	• Kentsel altyapının biyokimyasal olarak bozulması • Yapıların bu değişime ayak uydurmaması uygun olmayan adaptasyon
Deniz seviyesinde yükselme	• Kıyı taşkınları • Deniz suyu baskını	• Kıyı erozyonu • Nüfus göçü
Rüzgâr	• Rüzgâr, fırtına yön değişiklikleri • Rüzgâr kaynaklı yağmur	• Altyapının statik olarak aşırı yüklenmesi • Yapısal hasar artışı
Çölleşme	• Kuraklık sıcaklık dalgaları • Su seviyesinde düşme	• Erozyon • Göç

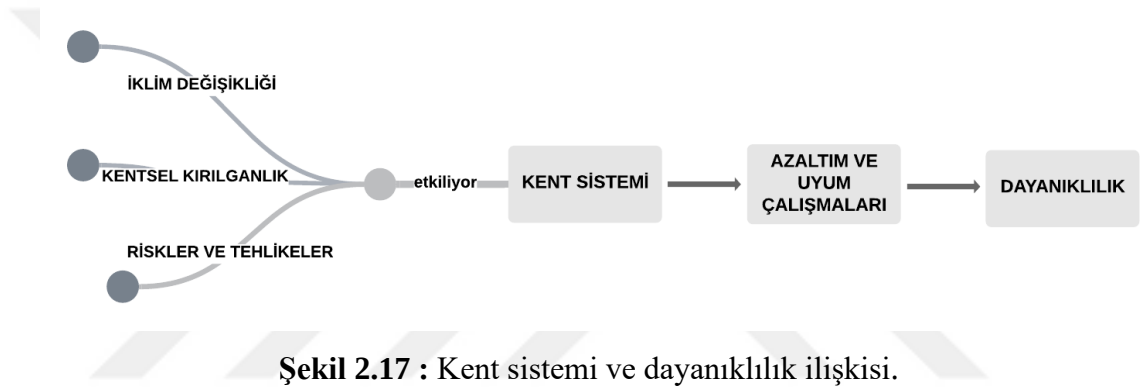
Günümüzde dünya nüfusunun yarısından fazlası kentlerde yaşamaktadır. Özellikle gelişmekte olan kentler bu durumdan fazlaca zarar görmektedir. Plansız ve çarpık kentleşme sonucunda kentler afetlere karşı daha riskli bölgeler haline gelmektedir. Burada çarpık kentleşme kavramı kullanılırken daha çok gelecekte olabilecek afetler, tehlikeler düşünülmeden oluşmuş yerleşimler kastedilmektedir. Doğal tehlikelerin kentlerde meydana gelmesi sonucunda var olan afet riski katlanmakta ve zarar görülebilirlik düzeyi artmaktadır.

2.3.2 Dirençli kent kavramı

Kentsel dayanıklılık genellikle bir şehir veya kentsel sistemin çok çeşitli şoklara ve streslere dayanma yeteneğini ifade eder. Dolayısıyla iklim değişikliği, şehirlerin karşılaştığı birçok stresten sadece bir tanesidir. Kentsel dayanıklılık çalışmaları, genel olarak literatürde dört konuda ele alınmaktadır. Bunlar; kentsel ekolojik dayanıklılık,

kentsel tehlikeler ve afet riskinin azaltılması, kentsel ve bölgesel ekonomilerin dayanıklılığı ve kentsel yönetim ve kurumlar aracılığıyla dayanıklılığın teşvik edilmesi şeklindedir (Leichenko, 2011).

Kentsel tehlikeler ve afet riskini azaltma literatüründe hem doğal hem de insan kaynaklı tehlikelerden hızlı ve etkili bir şekilde kurtulmak için şehirlerin, altyapı sistemlerinin ve kentsel nüfus ve toplulukların kapasitesini artırmaya vurgu yapılmaktadır. İklim değişikliği de kentsel alanların direnç geliştirmesi gereken birçok tehditten biri olarak kabul edilmektedir. Kentler azaltım ve uyum çalışmaları ile riskler ve kentsel kırılganlıklarla başa çıkarak dayanıklılık elde edebilmektedirler (Şekil 2.17).



Şekil 2.17 : Kent sistemi ve dayanıklılık ilişkisi.

Özellikle gelişmekte olan, hızla ve çarpık büyüyen, kentsel nüfusun refah seviyesinin yüksek olmadığı kentsel alanlarda iklim değişikliğine karşı hassasiyet ve kırılganlık oldukça yüksek seviyededir. İklim değişikliği tehdidine karşı riskleri azaltmak, toplumların sağlık, refah ve güvenliğini sağlamak için kentlerin bu etkilere karşı hazırlıklı olması ve dayanıklılıklarını arttırmaları gerekmektedir.

2.3.3 Azaltma ve uyum çalışmaları

IPCC (2014), iklim değişikliğine karşı izlenmesi gereken yolu azaltım ve uyum stratejilerinin geliştirilmesi olarak iki temel bileşen üzerinden tanımlamıştır. Azaltma çalışmaları, iklim değişikliği etkilerini en aza indirmek amacıyla yapılan tüm politikalar ve çalışmalar şeklinde tanımlanabilir. Kentlerde enerji ve ulaşım da farklı alternatiflere ve tasarruflara gidilerek karbon emisyonunu azaltma, sıcaklık değişimini azaltma, iklim değişikliğinin kentsel etkilerini azaltma gibi stratejiler sıralanabilir. Uyum çalışmalarında ise; şehirler sadece önleyici tedbirler almayı değil, aynı zamanda en kötü senaryoyu telafi etmeyi planlamalı anlayışı vardır. Şehirlerin savunmasızlığı

azaltmak için literatürde acilen uyum önlemleri alması gerektiği konusunda bir fikir birliği vardır. İklim değişikliğine dayanıklılık genellikle insanların, kuruluşların ve sistemlerin tehlikelere hazırlıklı olma, müdahale etme, bunlardan kurtulma, tehlikeler karşısında gelişme ve sürekli değişime uyum sağlama kapasitesi olarak tanımlanır.

İklim değişikliğinin sel etkisine karşı sel riski tahmini ve haritalama, kentsel sulak alanları ve taşkın yataklarını rehabilite etmek, altyapı yükseltmeleri ve onarımı (setler, yönlendirme kanalları, rezervuarlar), sel tehlikesi olan bölgelerde (su, enerji, tıbbi tesisler) iklime dayanıklı altyapı gibi uyum eylemleri uygulanabilir (Kadioğlu, 2019).

Uyum sağlama ve kırılganlıkları azaltma stratejileri birlikte uygulanarak kentlerin dayanıklılığı artırmalı ve riskleri azaltmalıdır. Nüfus, demografik yapı, kentsel altyapı, kentin iklim riskleri karşısındaki yapısal ve sosyal özellikleri kentin dirençliliğini etkileyen faktörlerdir. Bu faktörler aynı zamanda kentin kırılganlığını da etkilemektedir. Kırılganlık ve dirençlilik ters orantılı olarak değişmektedir. Kentte kırılganlık arttıkça dirençlilik azalmaktadır (Torlak ve Aygün, 2020).

İklim değişikliği etkilerine karşı dirençli kentler elde edebilmek, riskleri en aza indirebilmek ve iklim değişikliğine uyum sağlamak için kentler çeşitli politikalar ve uygulamalarda bulunmaktadır (Çizelge 2.3). Bu politikalar, projeler ve uygulamalar coğrafyaya göre farklılık göstermektedir. Bu kısımda dünyadaki bazı kentlerin eylem planları ve stratejilerine yer verilmiştir.

Küresel ölçekte enerji kullanımını daha sürdürülebilir hale getirmek ve teknolojinin desteğiyle sıfır karbon salımına ulaşmak amaçlanmaktadır ve buna yönelik politikalar uygulanmaktadır. Ayrıca dünyada küresel bir sıcaklık artışı olduğundan artan sıcaklıkları düşürmek temel maddelerden bir tanesidir. Asya, Afrika ve Güney Amerika kentlerinde sıcaklık artışının yanı sıra iklim değişikliği etkilerinden sel ve fırtına yaşanmaktadır. Bunun için politikalarında sel duvarı inşası, erken uyarı sistemleri, sünger şehir projeleri, kıyı düzenlemeleri ve yeşil alanların artırılması gibi seçeneklere yer verilmektedir. Avrupa kentlerinde ise enerjiyi sürdürülebilir hale getirmek, güneş enerjisinden yararlanmak ve karbon emisyonunu sıfıra indirmeye yönelik politikalar daha çok konuşulmaktadır. Bunun yanında Fransa ve Almanya gibi zaman zaman nehir taşkınları ve seller yaşanan ülkelerde riski önlemeye yönelik stratejiler önerilmektedir. Barcelona gibi Avrupa kıyı kentleri ise deniz seviyesi yükselmesinden dolayı riskli noktaların tespiti gibi çalışmalar yapılmaktadır.

Çizelge 2.3 : İklim Değişikliği Etkilerine karşı uygulanan azaltma ve uyum stratejileri (UN-Habitat, 2014).

İklim Etkisi	Değişikliği	Seçenekler (Politikalar, Programlar, Projeler ve Diğer Eylemler)
Yeraltı suyunun tükenmesi		-Altta yatan nedenleri araştırmak (Ormansızlaşma veya diğer arazi kullanım değişiklikleri nedeniyle artan yüzey akışı) - Yeraltı suyu şarjı - Altyapı iyileştirmeleri ve onarımı (Yer altı suyu doldurma / su tutma alanları) - Afet Riski Azaltma Planı
Su kıtlıkları		- Su yönetimi planı - Su tasarrufu ve bilinçlendirme programı - Yağmur suyu hasadı, yeraltı suyu şarjı ve iyileştirilmiş sızma - Sistem sızıntılarını ve diğer su kayıplarını en aza indirmek (Yüzey rezervuar buharlaşması) - Genişletilmiş veya yeni rezervuar kapasitesi - Altyapı yükseltmeleri ve onarımı (Rezervuarlar, su şebekesi)
Kıyı şeridinde artan sel ve erozyon		- Sel riski tahmini ve haritalama - Kentsel sulak alanları ve taşkın yataklarını rehabilite etmek - Altyapı yükseltmeleri ve onarımı (Setler, yönlendirme kanalları, rezervuarlar) - Sel tehlikesi olan bölgelerde (Su, enerji, tıbbi tesisler) iklime dayanıklı altyapı
Artan kıyı sel ve erozyon		-Kıyı sel riski tahmini ve haritalama - Kıyı ekosistemlerinin rehabilitasyonu ve korunması - Tehlikeli bölgelerde (Su, elektrik, tıbbi tesisler) iklime dayanıklı altyapı - Afet olayları için erken uyarı sistemi ve tahliye planı
Artan ani seller		-Mevcut drenajı temizlemek ve onarmak -Kentsel sulak alanları ve taşkın yataklarını rehabilite etmek - Sel riski tahmini ve haritalama
Kuraklık nedeniyle şehirlere / kasabalara göç		-Şehir genişletmeleri için arazi kullanım planı -Afet müdahale planı

Cibuti'deki topluluklar sel duvarları inşa ederek güvende kalmaya çalışmaktadır. Ayrıca deniz seviyesinin yükselmesine karşı koruma sağlayan, insanlar için yiyecek sağlayan ve bitki ve hayvanlar için bir sığınak sunan mangrov ormanlarını da restore etmektedirler (Şekil 2.18).



Şekil 2.18 : Bir fidanlıkta görülen mangrovlar, Cibuti kıyılarını selden korumak için kullanılıyor (Birleşmiş Milletler, tarih yok).

Doğa temelli çözümler sadece kırsal kesim için değildir. Aynı zamanda şehirler de doğaya yönelerek dayanıklılığı da artırmaktadır. El Salvador'da, başkent San Salvador, toprak kaymalarını ve taşkınları sınırlamak için çevredeki ormanları restore etmektedir (Şekil 2.19). Ayrıca doğal akarsuları ve nehirleri taklit edecek şekilde drenajı geliştirerek bir "sünger şehir" olmayı hedeflemektedir (Birleşmiş Milletler, tarih yok).



Şekil 2.19 : San Salvador'da toprak kayması (Sponge City, tarih yok).

2.3.3 Azaltma ve uyum çalışmaları

Bu bölümde dünyadan, çeşitli ülkelerden azaltım ve uyum politikalarına ve yönetmelerine yer verilmiştir.

- Barselona Kent Konseyi 2018- 2030 İklim Planı

Barselona'nın 2018 eylem planında enerji yoksulluğunu ortadan kaldırmak, bina, ev ve kamu tesislerinin enerji performansını izlemek ve denetlemek yer almaktadır (Barselona Kent Konseyi, 2018). Ayrıca artan sıcaklıklara karşı kentlileri rahatlatabilmek için serin alanlardan iklim sığınakları oluşturmak, ağaçlarla kaplı alanları 2037 yılına kadar %5 oranında artırmak ve yeşil çatı ve duvarların toplam yüzölçümünü 34 bin metrekareye çıkarmak amaçlanmaktadır. Barselona'nın yüzleşmesi gereken en büyük iklim değişikliği zorlukları; artan sıcaklıklar, azaltılmış su mevcudiyeti, artan sel, daralan plajlar ve deniz seviyesindeki yükselmelerdir.

Deniz seviyesindeki yükselmenin neden olduğu sel, su seviyesine bakılarak hesaplanmaktadır. Bu, üç parametre tarafından belirlenmektedir; ortalama deniz seviyesindeki kalıcı taşkınlara neden olan artış; potansiyel sele neden olan rüzgâr basıncındaki gelgit ve değişiklikler ve son olarak, aşırı sele neden olan şişme etkisi.

Güçlü dalgalar, aşırı fırtına dönemlerinde Barselona kıyı şeridindeki sorunlardan sorumludur. Günümüz koşullarında da Barselona'nın sekiz plajı deniz fırtınaları açısından yüksek risk altındadır. Barselona kıyı şeridi dışındaki yüzey alanlarının %80'i bu riskten etkilenmektedir.

- Norfolk

Norfolk'ta kasırgalar ve fırtınalar sonucunda fazlaca sel felaketi yaşanmaktadır (Şekil 2.20). Norfolk yönetimi artan sel için ve kıyı bölgeler için resmi planlama yapmaya yönelmiştir.



Şekil 2.20 : Deniz seviyesinin yükselmesi nedeniyle Norfolk, Virginia'da daha sık meydana gelen küçük sokak taşkınlarına örnek (Davson vd. 2017).

Norfolk yönetimi, üç aşamalı bir yaklaşım kullanmaktadır (Norfolk, 2013):

1- Hazırlanma: Doğa ve felaketler çoğu zaman tahmin edilemezdir. Norfolk sakinleri ve hükümeti, bu öngörülemezliğe karşı dikkatli bir hazırlık yapmaktadır. Topluluk hazırlık kaynakları, topluluk müdahale ekiplerini, ayrıntılı ulaşım ve tahliye stratejilerini, sağlam planlama uygulamalarını ve hazırlık kavramlarını ve ilkelerini incelemek için Ulusal Olay Yönetim Sisteminin kullanımını içerir.

2- Riskleri Azaltma – Diğer kıyı şehirleri gibi Norfolk da deniz seviyesinin yükselmesinin neden olduğu artan şiddetli fırtınalara ve sel baskınlarına karşı savunmasızdır. Acil ve uzun vadeli çözümler, yeterli yağmur suyu drenajına izin veren basit peyzaj teknikleri ve suyu yeniden yönlendirmek için tasarlanmış karmaşık mühendislik projeleri risk azaltma uygulamaları olarak hedeflenmektedir.

3- İletişim kurma: İletişime Norfolk'un sel stratejisinin uygulanmasında kritik bir önem verilmektedir. Gelecekteki olaylara hazırlanmak ve bir olay sırasında başa çıkmak için hükümet ve vatandaşlar arasında doğrudan ve zamanında iletişim esastır.

2014 yılında Norfolk, Rockefeller Vakfı tarafından 100 dayanıklı şehirden biri olarak seçilmiştir (Norfolk, 2014).

- Paris

Paris'in 2018 eylem planında, 2050 yılına kadar Paris'teki çatıların en az %20'sine güneş panellerinin yerleştirilmesi ve kent içi ulaşımının tamamında biyogaz ve

yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik kullanımı hedeflenmektedir. Yenilenebilir enerjiye dayanan, yeşil altyapıya ve alanlara maksimum düzeyde yer veren ve herkesin kullanımına açık ortak alanların oluşturulması öncelikler arasındadır. 2030 yılına kadar %60'ını, 2050 yılına kadar da %100'ünü yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayacak şekilde inşa edilmeleri için planlamalar yapılmaktadır.

İklim bozulması nedeniyle zaman zaman sel felaketleri yaşanabilmektedir. 2018 yılında Paris'te, 1910'daki sele benzer hatta daha yüksek seviyelere ulaşan Seine seli yaşanmıştır. Metro tünellerini ve elektrik şebekelerini su basmıştır. Sonuçları toplum için felaket olmuştur. Bu nedenle toplama alanı düzeyinde önleme, şehrin altyapısının yenilenmesi ve nüfusun hazırlanması gibi özel önlemler hedeflenmektedir.

- Seul

Seul hükümeti iklim değişikliğine karşı önlem olarak sera gazı salımlarını 20 milyon ton aşağı çekmeyi, enerji tüketiminin en az %14'ünü yenilenebilir kaynaklardan sağlamayı, motorlu araç ulaşımını azaltmayı, yürüyüş bisiklet gibi alternatif ulaşım yollarını teşvik etmeyi ve sıcak hava dalgalarına karşı “serin alan” oluşturmayı amaçlamaktadır.

- New York

New York 2050'de karbon nötr şehir olmayı hedeflenmektedir. Çatılarda solar enerji kullanarak elektrik enerjisi üretilmesi, fosil yakıtlarla olan bağı sona erdirmek ve %100 temiz elektrik sağlamak hedeflenmektedir. Ayrıca NYC CoolRoofs programı ile, yerel sıcaklıkları düşürmeye ve kentsel ısı adası etkisini hafifletmek amaçlanmaktadır.

- İskoçya

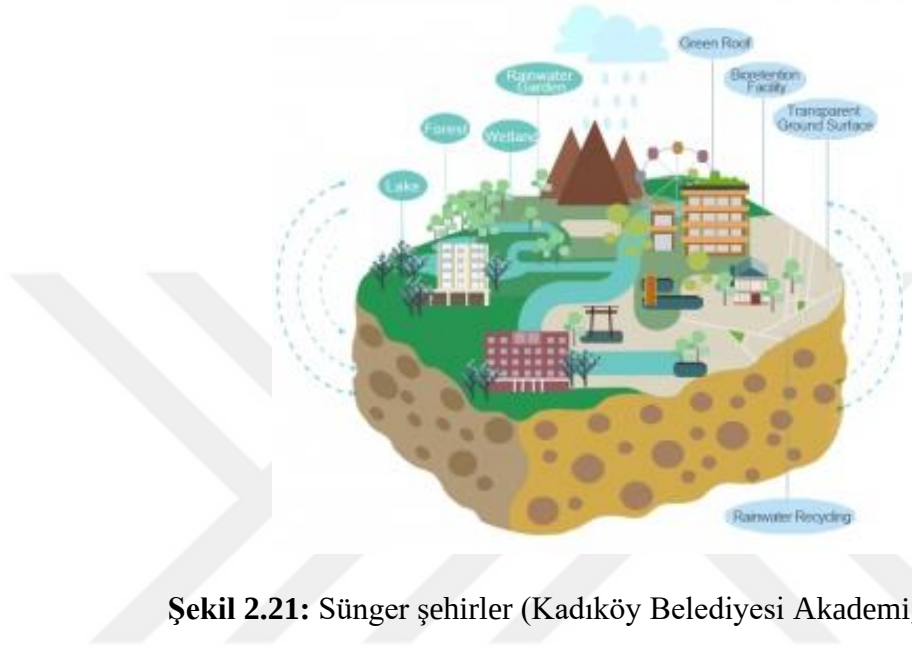
Çatıların yeşil alan olarak yeniden tasarlanması, bina cepheleri ve çatı üstleri, elektrik ve ısı üretimi için kullanılması, karbonun emilmesine ve su akışının kontrol edilmesi için sokak ağaçlarının dikilmesi ve yağmur bahçelerinin kurulması ve yağmur bahçelerinin ve hendeklerin yağmur suyunu depolaması ve temizlemesi amaçlanmaktadır.

- Çin

Yeniden ağaçlandırma ve ormansızlaşmanın önlenmesi gibi uygun maliyetli doğal iklim çözümlerini kullanarak sera gazı emisyonlarını azaltmayı hedeflemektedir. Bunu yaparak, 2030 yılına kadar küresel ısınmayı 2 santigrat derecenin altında tutmak için

gereken sera gazı emisyon azaltımlarının üçte birinden fazlasını sağlamayı hedeflemektedir (The Nature Conservancy, 2022).

Çin güneyde artan sel felaketleri gibi, değişen iklimin birçok somut etkisini görmektedir. Çin sünger şehir girişimi ile geçirgen yüzeyler ve yeşil altyapılar kullanarak iklim değişikliği etkilerini azaltmayı amaçlamaktadır (Şekil 2.21).



Şekil 2.21: Sünger şehirler (Kadıköy Belediyesi Akademi, 2015).

Çin'in kentsel drenaj sistemleri, uzun süredir nüfus artışına ve kentsel genişlemeye ayak uyduramamıştır. Yağmur suyu yönetim tesisleri altyapı için yeterli değildir. Sürdürülebilir olmayan kentsel gelişim, iklim değişikliği ve kentleşmenin getirdiğı zorluklarla baş edememektedir. Bu yüzden Çin'de kentsel sel riski artmaktadır ve son yıllarda Çin'de birçok sel yaşamaktadır (Jiang vd. 2018).

Çin hükümeti, kentsel alanlarda artan sel baskınlarına karşı drenaj sistemlerinin gelişimini hızlandırmak ve güçlendirmek için bir grup politika ve program benimsemiştir. En önemlisi, 2014'te hükümet, çevreyi iyileştirirken kentsel sel baskınlarıyla başa çıkmak için bütünsel bir strateji olarak sünger şehirler olarak adlandırılan ulusal bir girişimi resmi olarak duyurmuştur.

Örneklerde de görüldüğü gibi iklim değişikliği yerel çözümler beklemektedir. İklim değişikliğinin tek nedeni yoktur. Temel etkileri aynı olsa da coğrafyaya göre alınması gereken tedbirler farklıdır. Bu yüzden azaltım ve uyum stratejileri ülkelere ve kentlere göre farklılık göstermektedir.

Yerel yönetimler strateji, politika ve proje üretmek için önemli bir roledir ve gün geçtikçe mücadele için çalışan yönetimlerin sayısı artmaktadır. Avrupa Birliği'ne üye kentlerin içte ikisi uyum planı ve azaltma çalışmaları bulunmakta olup, Dünya genelinde ise yaklaşık 20 bin proje ve uygulama bulunmaktadır (Uncu, 2019).

2.4 Sel Felaketlerine Karşı Kentlerde Dirençlilik Çalışmaları

Seller ve taşkınlar iklim değişikliğinin etkisiyle tüm kentleri tehdit etmektedir. Şu anda kentlerdeki su sistemi, yağmur sularını borular ve kanalizasyon ile taşımak ve uzaklaştırmak üzerine kurulmuştur. Fakat iklim değişikliği etkisiyle yağışlar düzensizleşmiş olup şehirlerdeki su sistemleri giderek daha yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle kent selleri sıklıkla yaşanmaktadır.

Kentlerimizdeki bir diğer önemli sorun ise geçirimsiz yüzeylerin yani asfalt, beton gibi zemin malzemelerinin kullanılmasıdır. Çünkü bu malzemeler yağmur suyunun toprak tarafından emilimini engellemekte ve yüzey akışını artırarak sellere neden olmaktadır. Bu durumu engelleyebilmek için yeşil altyapı kullanarak suyun toprak ve bitkiler tarafından emilimi sağlanmalıdır. Yeşil altyapı sel riskini azaltmanın yanında yağmur suyu toplanmasına olarak sağladığından su kıtlığı yaşayan bölgeler için de önemlidir (Çevre Koruma Ajansı, 2021).

Sel ve taşkın riski barındıran bölgelerde öncelikle risk tespiti yapılması daha sonra kaçak yapılaşmanın önlenmesi gerekir. Ani yağış durumlarına hazırlıklı olabilmek ve yağış yükünü hafifletmek için alternatif yağmur suyu toplama yöntemleri izlenmelidir. Bunlar, su toplayıcı güzergahlar tasarlanması ve sert zeminler yerine geçirimli malzemelerin seçilmesi gibi yöntemlerdir (Sz  raz, 2014). Dünyada uygulanmakta olan başlıca mavi-yeşil altyapı araçları:

- Yeşil   atılar
- Yağmur suyu hasadı
- Açık yağmur olukları
- Yağmur bahçeleri
- Yeşil otoparklar
- Geçirimli Yüzeyler/Kaldırımlar
- Yeşil sokaklar, geçitler ve otoyollar

- Kent içi alanlara parkletlerin yapılması
- Su geçirgenliği yüksek malzeme kullanımının zorunlu olması
- Kuru dere yataklarının yeşil koridora dönüştürülmesi
- Kıyı bandının tamamen yeşile bırakılması ve bu alandan itibaren 100 metrelik alanın bu banda dahil edilmesidir.

Bu bölümde kentsel alanlarda kullanılabilecek dirençlilik çalışmalarına yer verilmiştir. Sel riskini azaltacak dirençlilik çalışmaları daha çok kentsel yeşil altyapı ile mümkün olmaktadır. Yağmur suyunun toprağa ulaşmasında, kentsel yeşil alanlar ve yeşil altyapı önemli rol oynamaktadır. Ağaçlar ve yeşil alanlar sel ve taşkınların önüne geçilmesine yardımcı olmaktadır.

2.4.1 Drenaj altyapısı iyileştirme

Dünyada ve ülkemizde meydana gelen nüfus artışının sonucu olarak şehirleşme oranı hızla artmakta bu da kentsel alanların geçirimsizlik yüzdelерinin artmasına neden olmaktadır. Artan bu geçirimsiz yüzeyler yağışın yeteri kadar sızamamasına ve daha fazla yüzeysel akışa geçmesine dolayısıyla taşkın olaylarının sıklığında ve suyun kirlilik derecesinde artışa sebep olmaktadır (Butler ve Davis, 2004).

Paris, şiddetli yağışların neden olduğu sel baskınları yaşamaktadır (Şekil 2.22). Bu yüzden Paris Yağmur Planı oluşturmaktadır.



Şekil 2.22 : Paris'te sel, Seine Nehri (Shanahan & Wong, 2021).

Paris'teki bazı hassas bölgelerde gök gürültülü fırtınalar sırasında şebekenin doygunluğu nedeniyle taşma risklerini azaltmayı planlamaktadır. Zemin geçirgenliğini artırma ve şehri yeşillendirme tedbirlerine ek olarak, Paris şehri geçirimsiz taşkın suyu tutma alanları, değişken su seviyelerine sahip rezervuarlar, taşkın ovaları olarak hizmet veren esnek parklar ve yağmur suyu depolama tankları gibi yağmur suyu yönetim yapıları inşa etmeyi planlamaktadır.

2.4.2 Yeşil çatı

Yeşil çatılar düz veya eğimli çatı üzerine uygulanabilmektedir. Çatı üzerine yerleştirilen su yalıtımı ve bitki örtüsü tabakasından oluşmaktadır (W.C. & K.K.A., 2014). Yeşil çatılar kentin hava kalitesini iyileştirir, kent ekolojisini dengeler, yağmur suyu hasadına olanak sağlayarak yağmur suyunun oluşturabileceği sel riskini azaltır.

Asya ülkeleri sel felaketlerinin sıklıkla yaşanmasıyla ve kente göçün artmasıyla mücadele etmektedir. Kentin yoğunlaşmasıyla birlikte düzensiz yapılaşma artmaktadır. Sel ile daha iyi mücadele edebilmek için Şangay'da yeşil çatıları artırma projesi devam etmektedir (Şekil 2.23). Alışveriş merkezi binaları, kamu binalarından sonra konut yapılarında da yeşil çatı kullanımı artmaktadır.



Şekil 2.23 : Şangay'daki yeşil çatılar (Xianmin, 2013).

Viyana’da bulunan Hotel Stadthalle sıfır enerji dengesine sahiptir (Şekil 2.24). Kontrollü ısıtma ve soğutma bulunmaktadır. Sürdürülebilir bir tasarıma sahip olan hotel yağmur suyunu depolamakta, bu suyla tuvaletleri yıkamakta ve bahçeyi sulamaktadır (Vikipedi, tarih yok).



Şekil 2.24 : Zero-emission Boutique Hotel Stadthalle, Vienna (Enzi vd., 2017).

2.4.3 Kentsel yeşil alanların genişletilmesi

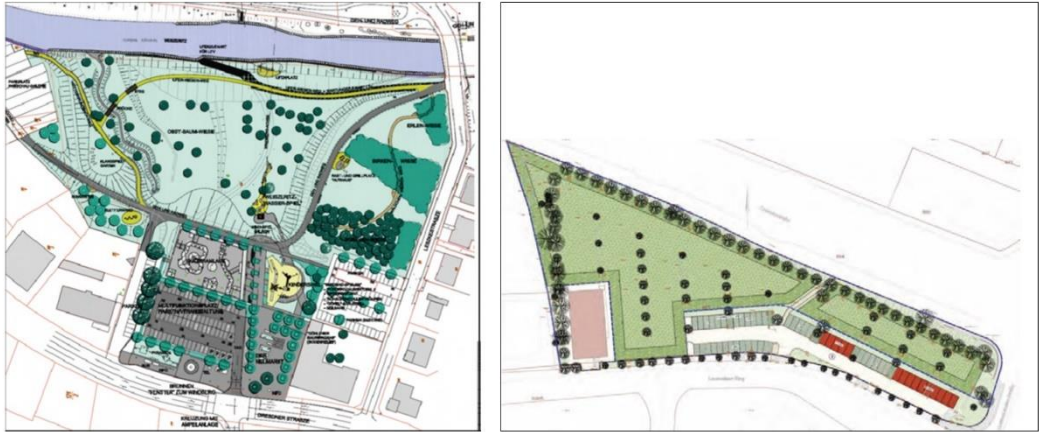
Kentlerdeki yeşil çatı ve duvar içeren yapılar, kentsel mikro iklim sorunları, yağmur suyu ve kentsel ısı adası etkisi ile mücadele etmektedir. Yağmur suyu yönetimi ve rekreasyon noktasında kente olumlu katkı sağlamaktadır.

Şikago yönetimi kentteki yeşil alanı artırmayı amaçlamaktadır (Şekil 2.25). 2008’de Kent Tasarımına Yeşili Ekleme, 2009 yılında ise Kent Ormanı Gündemi programlarını uygulamaya koymuştur. Kentteki binaların çatı, cephe ve etrafındaki alanların yanı sıra sokak, kaldırım ve otoparklarda yeşil miktarını artıracak uygulamalarda bulunmaktadır. 2014 yılında yeşillendirilen toplam çatı alanı 650 bin metrekareye, yeşil sokak sayısı 120’ye ulaşmıştır.



Şekil 2.25 : Şikago şehri Northside College hazırlık okulundaki nehir kıyısının restore edilmesi (City of Chicago, 2008).

Freital'daki Windberg Park ile sel güvenliği konsepti ve yeşil alan oluşturmuştur (Şekil 2.26). Ayrıca mikro iklimi iyileştirmiş ve kentlilere rekreasyon alanı kazandırmıştır. Yeşil alanlar özellikle yerleşim alanları için hayati önem taşımaktadır. Yağmur suyu akışını yakalarken aynı zamanda daha hoş bir iklim sağlarlar.



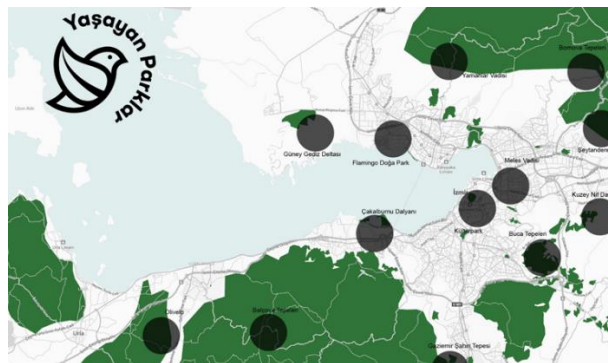
Şekil 2.26 : Windberg Park, Freital, Almanya ve otopark ağaçlandırma, Dresden-Gorbitz (REGKLAM, 2012).

Almanya Dresden'deki Gorbitz'de daha önce 300 arabanın park ettiği alan yeşil araziye ve rekreasyon alanına dönüştürülmektedir. Dresden belediye meclisi tarafından 5.000 ağaç ve çalı dikilmektedir. Gorbitz'deki örnek mahalle, Almanya'nın Sakson eyaletinin başkenti Dresden'in batı kesiminde yer almaktadır. Alan, Zschonergrund ve Plauenschem Grund arasındaki manzaraya gömülüdür. Yaklaşık

200 hektarlık bir alanı kaplamaktadır. Mahalleden göçlerin yaşanmasıyla birlikte mahallede dirençli kent olmak için dönüşüm yaşanmaktadır. Açılan boşluklarda parklar düzenlenmekte ve konut yapıları yenilenmektedir (Şekil 2.27).



Gorbitz’de mikro iklimi düzenlemek seli önlemek için mahalle planında parklara ve yeşil alanlara yer verilmiştir. Gorbitzer Parkı, Obergorbitzer mezarlığı, Wilsdruffer Ring ile Ebereschenstrabe arasındaki yeşil alan aynı zamanda ısı düzenleyici etki de göstermektedir.



2.4.4 Su tutma havzaları

Kentsel alandaki yoğunluk arttıkça suyun drenajı ve yönlenmesiyle ilgili sorunlar artmaktadır. Yağmur suyu akışına şehir kanalizasyonları yetersiz kalabilir ve akarsu ve nehirlerde taşkınlara neden olabilir. Bu yüzden yağmur suyu akışını azaltmak amaçlı yağmur suyunu yerinde toplamak ve kullanmak daha yararlı bir uygulamadır. Yağmur suyunu yönetmek için yaygın bir yöntem, bir havza inşa etmektir.

Parc de Joan Raventós 20.000 m² yüzölçümüne sahiptir. Eski Riera de les Monges nehir yatağının ıslah edilmesinin ardından 2009 yılında açılmıştır. Yenilikçi, sürdürülebilir bir drenaj sistemi ile inşa edilen bu sistem, çeşitli drenaj yüzeyleri aracılığıyla yağmur suyunu toplar, bu da suyu filtrelerken suyu arıtır ve sonunda toprağa ulaşmasını sağlar (Şekil 2.29). Sağanak yağış durumunda su tutma alanında veya bu amaçla oluşturulan taşkın önleyici alanlarda tutulur.



Şekil 2.29 : Parc de Joan Raventós, yağmur suyunu emen yeşil bir alan (Master Urban Resilience Design and Management, 2021).

Rotterdam su meydanı, su depolama ve kentsel kamusal alanın kalitesinin iyileştirilmesiyle işlevlerini sağlamaktadır (Şekil 2.30). Su meydanı suyu depolarken, aynı zamanda meydana estetik bir görüntü sunmaktadır. Aynı zamanda mahallelerdeki

merkezi mekanlara çevresel kalite ve kimlik yaratma fırsatları da yaratmaktadır. Su meydanı kuru zamanlarında eğlence alanı olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2.30 : Rotterdam Su Meydanı Benthamplein (De Urbanisten, tarih yok).

Meydanda üç havza yağmur suyu toplamaktadır. İki derin olmayan havza yağmur yağdığında su alır, daha derin olan havza sadece sürekli yağmur yağdığında su alır. Yağmur suyu, büyük paslanmaz çelik oluklar vasıtasıyla havzalara taşınır. Oluklar patenciler için uygun büyük boy çelik elemanlardan oluşmaktadır.

Yağmurdan sonra, iki derin olmayan havzanın suyu bir yeraltı sızma cihazına akar ve buradan yavaş yavaş yeraltı suyuna geri sızar. Böylece yeraltı suyu dengesi sabit tutulur. Bu durum, şehirdeki ağaçların ve bitkilerin iyi durumda tutulmasına yardımcı olur ve kentsel ısı adası etkisini azaltmaya yardımcı olur. Derin havzanın suyu, halk sağlığını sağlamak için maksimum 36 saat sonra şehrin açık su sistemine geri akmaktadır. Tamponlanan tüm yağmur suyu artık karma kanalizasyon sistemine akmamaktadır. Her müdahalede yağmur suyunu kademeli olarak kara su sisteminden ayırmakta ve tüm sistem adım adım şehirdeki açık suyun genel kalitesinin iyileştirilmesine doğru ilerlemektedir (De Urbanisten, tarih yok).

2.4.5 Yağmur suyu bahçeleri

Yağmur bahçesinin daha az yağmur akışı, daha az kirlilik, yeraltı suyu kaynaklarını yenilemek için daha fazla su ve iyileştirilmiş manzara gibi faydaları bulunmaktadır (Jaber vd, 2011).

Kopenhag'daki Tåsinge Plads olarak bilinen meydan, daha önce otopark olarak kullanılmaktaydı. Yapılan düzenlemelerle diğer yeşil parklardan farklı gözükmemektedir. Park dünyanın ilk iklim dirençli mahalle alanını yapma planının temel taşıdır (Şekil 2.31).



Şekil 2.31 : Tåsinge Plads, Copenhagen (Achiam, tarih yok).

Parkta birçok farklı kentsel donatı bulunmaktadır. Şiddetli yağmurlar sırasında çiçek tarhları suyla doldurulur ve fırtınanın dinmesini bekler. Ters şemsiyeler suyu toplamaktadır ve ardından bitkileri beslemek için kullanılmaktadır. Peyzaj elemanları, yağmur suyunu büyük yeraltı suyu depolama tanklarına yönlendirmektedir. Bu tanklar, çocukların zıplamayı sevdiği zıplayan zemin panellerine sahiptir. Çocuklar bu panellere zıplarken çıkan enerjiyle aşağıdaki borulardan su pompalanmaktadır.

Tanner Springs Park, aktif ve pasif yeşil alanlar içerir. Yeşil alanların bir kısmı yağmur suyu sızma ve tutma işlevini gerçekleştirmektedir (Şekil 2.32). Park yollarının bir kısmı sulak alan içermektedir. İlçede yaşayan insanları ekolojiye bağlar ve bölgenin yerel tarihini anlatır.



Şekil 2.32 : Tanner Springs Park, Portland, US (GreenWorks, tarih yok).

Çim alanlar aktiviteler için tasarlanmıştır. Sokak seviyesine yerleştirilen yağmur suyu pavyonu, yağmur suyunu yakalamaya bir örnektir. Pavyonun yaprak şeklindeki çatısına yağmur yağdığında, birden fazla kanala ve oluğa yönlendirilir. Sonunda basamaklardan damlayan yağmur suyu Tanner Springs Park'a girmektedir. Aynı zamanda park sokaktan da yağmur suyu almaktadır.

2.4.6 Sarnıç sistemi

Rotterdam şehrinin %90'ı deniz seviyesinin altında olduğundan, ani sel olaylarına karşı savunmasızdır. Şehir merkezinde yalnızca daha fazla park yeri sağlamakla kalmayıp aynı zamanda taşkın koruması sağlayan bir sarnıç işlevi gören bir yeraltı otoparkı oluşturmuştur (Şekil 2.33).



Şekil 2.33 : Otopark altı sarnıç kullanımı (The Atlas Community Team, 2011).

Yeraltı otoparkı şehir merkezinde selin önlenmesi için bir çözüm sunmaktadır. 10 milyon litre su kapasitesi, dört adet olimpik yüzme havuzunun içeriği ile bu depolama, yoğun yağış durumunda şehir merkezinde selin minimumda tutulmasını sağlamaktadır.

Kısacası yeraltı otoparkı şu faydaları sağlamaktadır;

- Otopark tarafından sağlanan 1.150 yeni park yeri ile ziyaretçiler ve vatandaşlar için artan park yeri
- Ani bir sel olayı durumunda Rotterdam şehrini koruyan 10.000 m³ yağmur suyu yakalama
- Otopark ve su deposunu birleştirerek Rotterdam'da birkaç milyon Euro tasarruf

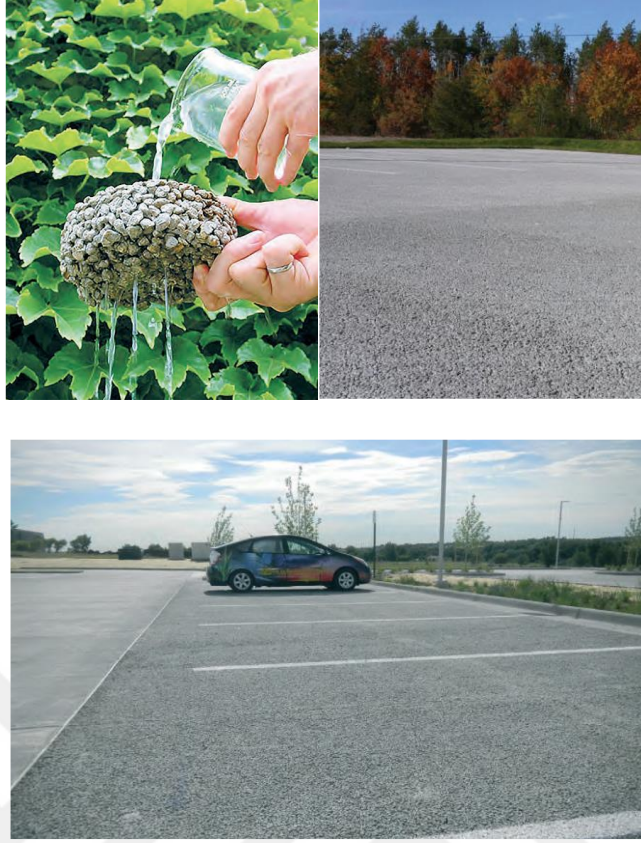
Japonya'da şehrin altında devasa tünellerden oluşan bu büyük sarnıç projesi 1992'de başlatılmış olup, yapımı 2009'da tamamlanmıştır (Şekil 2.34). Tokyo'da yaşanan şiddetli yağış sonrasındaki sel felaketlerinin durdurulmasını amaçlayan proje 177 metre uzunluğunda ve 78 metre genişliğindedir.



Şekil 2.34 : Japonya sarnıç kullanımı (Yapı, 2014).

2.4.7 Geçirimsiz yüzeylerin alanlarını azaltmak ve geçirgen kaplama kullanmak

Kentlerimizde ani yağış durumlarında selin önlenmesi için geçirimsiz yüzeyleri azaltmak gereklidir. Bu yeşil alanı çoğaltmak yani yumuşak zemini artırmak şeklinde olabileceği gibi, kentin sert zemine ihtiyaç duyulan kısımlarında geçirimli asfalt veya beton malzemelerin kullanılması şeklinde de yapılabilir (Şekil 2.35).



Şekil 2.35 : Geçirimli beton uygulamaları (Hazır Beton, 2018).

Geçirimli beton genellikle kaldırımlar ve yollar otoparklar, yağmur bahçeleri, seralar, şev stabilizasyonu, kaldırım kenarına drenaj, kıyı duvarı, spor tesisleri alt yapısı, peyzaj düzenlemeleri ve diğer dekoratif amaçlı kullanımlarda kullanılabilir. Chicago’da bir sokak geçirgen malzeme ile kaplanarak yenilenmiştir (Şekil 2.36). Bu yeni tasarım, yağmur suyunun sokağın altındaki topraklara sızmasına izin vererek drenajı iyileştirmektedir (City of Chicago, 2008).



Şekil 2.36 : Chicago'nun geçirgen malzeme ile kaplanan sokağının öncesi ve sonrası (City of Chicago, 2008).

Kopenhag bir çevre lideri olarak yeşil otoparklar inşa etmektedir (Şekil 2.37). Kopenhag Üniversitesi, Danimarka Kraliyet Güzel Sanatlar Akademisi ve Lyngby'deki Danimarka Teknik Üniversitesi'nde geçirgen döşemelere sahip peyzajlı otoparklar ziyaretçiler ve öğrenciler için dikkat çekici bir otopark olma özelliğini taşımaktadır.



Şekil 2.37 : Yeşil otopark, Kopenhag (Copenhagen: Green City, Green Parking, tarih yok).

Asfalt otoparklarla karşılaştırıldığında gözenekli döşemeye sahip otoparklar yağmur suyu akış miktarını ve akıştaki kirli madde miktarını azaltır. Bu da su kalitesini iyileştirmektedir ve taşkınların önlenmesine yardımcı olmaktadır.

2.4.8 Sünger şehir

Sünger şehir ekolojik altyapı ve drenaj sistemlerinin güçlendirilmesini önermektedir ve taşkın yönetimi için yeni bir kentsel yapı modelidir. Kent selleri, su kaynakları kıtlığını ve kentsel ısı adası etkisini hafifletebilir. Yağmur suyunu emip yakalayarak ve taşkınları azaltmak için kullanarak ekolojik çevreyi ve biyolojik çeşitliliği iyileştirebilir. Toplanan yağmur suyu, sulamada ve evde yeniden kullanılabilir. Kentsel ölçekte sürdürülebilir bir drenaj sisteminin bir şeklidir. Sünger şehir politikaları, suyu yakalamak, depolamak ve temizlemek için doğal manzaraları kullanan bir dizi doğa temelli çözümdür (Sponge City, tarih yok).

Sünger şehir oluşturmak için tasarlanmış birçok park bulunmaktadır. Bunlardan biri "Meishe River Greenway ve Fengxiang Park, Haikou, Çin" projesidir (Şekil 2.38).



Şekil 2.38 : Meishe River Greenway and Fengxiang Park, Haikou, China (Turenscape, 2016).

Sünger şehir oluşturmak için tasarlanmış birçok park bulunmaktadır. Bunlardan biri "Meishe River Greenway ve Fengxiang Park, Haikou, Çin" projesidir (Şekil 2.38). Haikou, Güney Çin'in tropikal bölgesinde muson iklimine sahip bir turizm şehridir. Proje, 80 hektar büyüklüğünde önemli bir park olan Fengxiang Park'ı ve yoğun bir şekilde inşa edilmiş alandan geçen 13 kilometre uzunluğunda doğrusal bir nehir koridorunu içeriyor. Arazi kullanımına ve hidrolojik sürece dayalı olarak, yağmur suyunu kanalizasyondan ayırmak, nehir ve tüm inşa edilmiş ve potansiyel yeşil alanları entegre etmek için yağmur suyu drenaj merkezli bir yeşil sistem (yeşil sünger) planlandı. Beton sel duvarları, çevre dostu bir nehir kıyısı ile değiştirildi. Engellenen su yolu, gelgitlerin şehre tekrar girmesine izin vermek için okyanusa yeniden bağlanır; nehir boyunca sulak alanlar ve sık kıyılar yeniden inşa edildi.

Bu proje, kentsel park tasarımına yönelik bir ekosistem hizmetini ve su şehirciliği yaklaşımını göstermektedir (Turenscape, 2017).

Bir diğ er Sünger Şehir park  rneği de ‘‘Qunli Yağmursuyu Parkı’’dır (Şekil 2.39). 2006'dan başlayarak, yeni bir kentsel bölge olan Qunli New Town'un Kuzey Çin'de geliştirilmesi planlandır. Bir milyon nüfusun üçte birinden fazlasının yeni Şehirde yaşaması beklenmektedir.



Şekil 2.39 : The Transformed Stormwater Park: Qunli National Urban Wetland (Turenscape, 2011).

Geliştirilebilir arazinin sadece yaklaşık %16,4'  geçirgen yeşil alan olarak imar edilirken, eski düz ovanın çoğunluğu geçirimsiz betonla kaplanacaktır. Bu bölgede tarihte birçok sel yaşanmıştır. Turenscape, 34.2 hektarlık bir park tasarlamak için g revlendirilmiŐtır. Bu eski sulak alan için su kaynakları kesilmiŐ ve sulak alan yok olma tehdidi altındadır. Turenscape'in stratejisi, ölmekte olan sulak alanı bir kentsel yağmur suyu parkına dönüŐtürmektir (Turenscape, 2019). Yağmur suyu parkı artık ulusal bir kentsel sulak alan parkı olarak listelenmiŐtır. Bu proje bir su Şehirciliği yaklaşımını göstermektedir.

3. ARAŞTIRMA ALANI VE YÖNTEM

3.1 Bursa Kenti

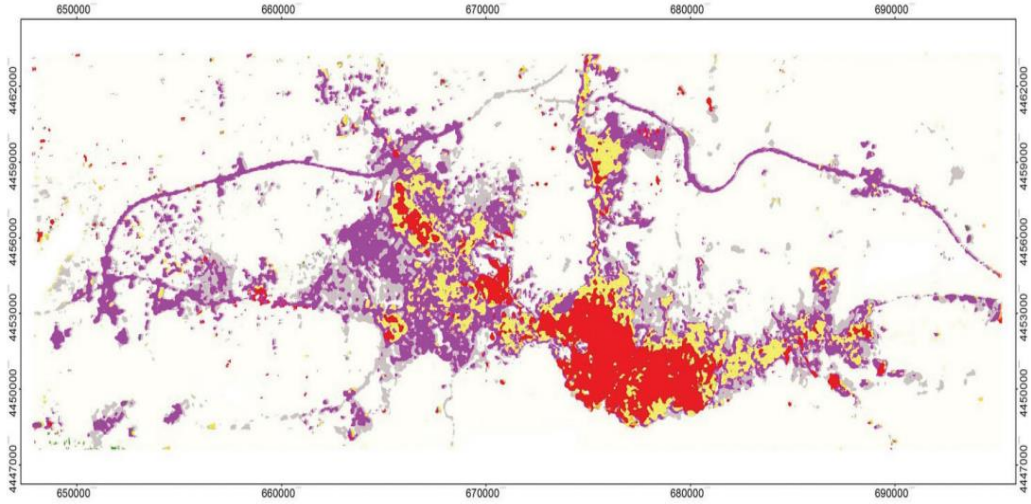
Bursa Marmara Bölgesi'nde önemli bir konumda bulunmaktadır (Şekil 3.1). Ayrıca kentleşmenin yoğun olduğu, sanayi ve endüstri faaliyetlerinin hızla arttığı bir kenttir.



Şekil 3.1 : Bursa kenti konumu.

Bu özelliklerle birlikte, özellikle düşük gelirli ailelerin kaçak yapılaşma olan alanlara yerleşmesi, konut talebinin artması, kentin hem doğal değerlerini tehdit etmekte hem de yapısını değiştirmektedir. Bursa'da geçmiş dönemlerde meydana gelen sel felaketleri birçok kayıp ve zararı da beraberinde getirmiştir. Bu sebeple sel ve taşkın riskini azaltmak için yapılan çalışmaların yeterli olup olmadığı tartışılmalı, daha kapsamlı çalışmalar hayata geçirilmelidir.

Bursa ilinin kentsel büyüme deseni, hızlı bir değişim yaşandığını ve kentsel saçaklanmanın yaşandığını göstermektedir (Şekil 3.2). Bu durumun sonucu olarak, önümüzdeki senelerde, iklim değişikliği nedeniyle oluşacak olumsuz etkilerin Bursa kentinde de daha çok gözlemlenebilir hale geleceği kaçınılmaz bir durumdur.



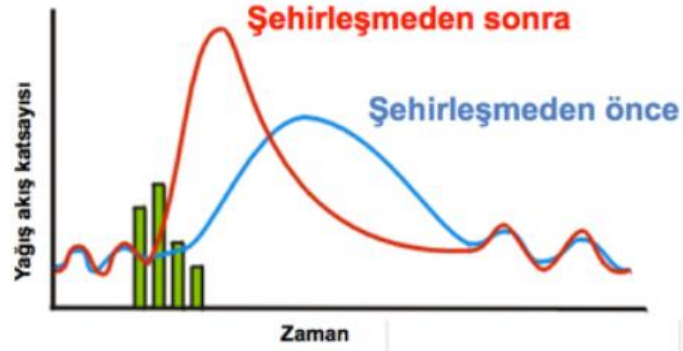
Şekil 3.2 : Bursa kentsel büyüme deseni 1980-2014 (Moradi & Tamer, 2017).

İklim değişikliği ve kentsel büyüme deseni arasında ilişki bulunmaktadır. Ormansızlaşma ve yerleşim alanlarının genişlemesi sonucu arazi kullanımının değişmesi, iklim sistemini olumsuz etkilemektedir. Bursa örneğindeki gibi, mekânsal planlamadaki sıkıntılar, kentin iklim değişikliğine karşı kırılganlığını arttırmaktadır (Moradi & Tamer, 2017).

3.1.1 Bursa kenti iklim koşulları ve yağış rejimi

Bursa kentinin Marmara Denizi'ne 115 km kıyısı bulunmaktadır. Ayrıca su kaynakları (yüzeysel su kaynakları, yeraltı su kaynakları ve pınarlar) bakımından oldukça zengindir (Solak, Kılıç, & Solmaz, 2019).

İklim değişikliği etkisinin yağış miktarları üzerinde yarattığı olumsuz etkiler sonucunda sel-taşkın ve kuraklık gibi olumsuz durumlar ortaya çıkmaktadır. Bursa'da yaşanan ani yağış değişimleri geçmiş dönemlerde sel-taşkın durumuna sebep olmuştur. Yaşanan sel felaketleri çarpık yapılaşma, bilimsel gerçeklikten uzak planlama anlayışı ve kontrolsüz büyüme sonucu can ve mal kayıplarıyla sonuçlanmaktadır (Şekil 3.3). Bu tarz kayıpların verilmemesi ve riskin minimum düzeye çekilmesi için iklim değişikliği etkilerine göre oluşturulan bir planlama anlayışıyla hareket edilmesi gerektiği ortadadır.



Şekil 3.3 : Şehirleşme- yağış ilişkisi (Kadıoğlu, 2012).

Sel ve taşkın riskinin ortadan kaldırılması için altyapı durumu iyileştirilerek geliştirilmeli, doğaya uyumlu kentsel dönüşüm projeleri hızlandırılmalı, nehir ve dere ıslah projeleri iklim uyum stratejilerine göre yapılmalıdır. En kritik ve önemli noktayı ise özellikle kent merkezinden geçen dere yataklarının yeşil ile ilişkisi oluşturmaktadır (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2017).

Kent merkezlerinde yeşil alanların azalması, betonlaşmanın artması yağışlarda suyun emilimini önemli ölçüde olumsuz etkilemektedir. Artan yüzeysel akışa karşı alınan önlemler her zaman yeterli olamamaktadır. Yanlış ya da yetersiz uygulamalar taşkınların önüne geçemediği gibi yağışlar yeraltı su rezervlerini besleyememektedir.

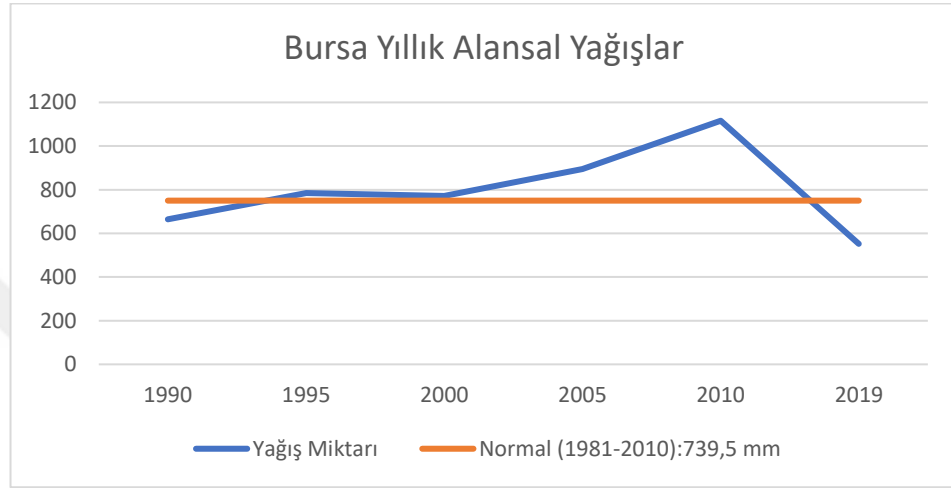
İklim değişikliği etkilerini incelediğimizde ve Bursa üzerinden inceleme yaptığımızda şu etkilerin Bursa’da yaşandığını ve yaşanmakta olduğunu belirtmek doğru olur (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2017):

- Akarsu akış hızlarındaki belirgin değişimler,
- Yağış değişiminden kaynaklı akarsu akış hızı ve yeraltı sularının dolum sürelerinin değişmesi,
- Sel sıklığının ve sel miktarının artması.
- Artan nüfustan kaynaklı olarak su talebinin artması.
- Su kaynakları yönetim planlaması bulunmayan yerleşim alanların iklim değişikliğinden daha fazla etkilenmesi.

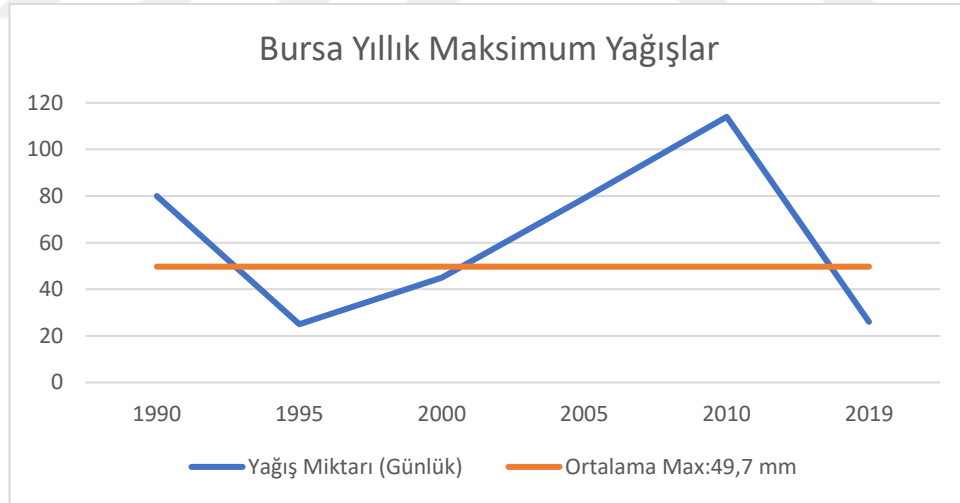
Bursa’nın ilk yerleşim yeri Uludağ etekleri olmakla birlikte 1960’lı yıllardan sonra kentleşmenin ile birlikte yapılaşma Uludağ etekleri ve ovalarda artmıştır. Kentleşme arttıkça yeşil alan miktarları azalmıştır.

Bursa’da Akdeniz iklimi etkisi görülmektedir fakat iklim değışikliğı etkileriyle son yıllarda Karadeniz iklim etkileri görülmektedir. Güneyde Uludağ’da sert iklim etkileri görülmektedir. Kuzeyde ise Marmara Denizi’nden kaynaklı olarak ılıman iklim etkileri görülmektedir.

Plansız yapılaşma, kentleşme hızı ve sanayileşme sonucunda Bursa’nın ikliminde son 20 yılda değışimler yaşanmaktadır (Şekil 3.4 ve Şekil 3.5).



Şekil 3.4: Bursa yıllık alansal yağış (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2019).



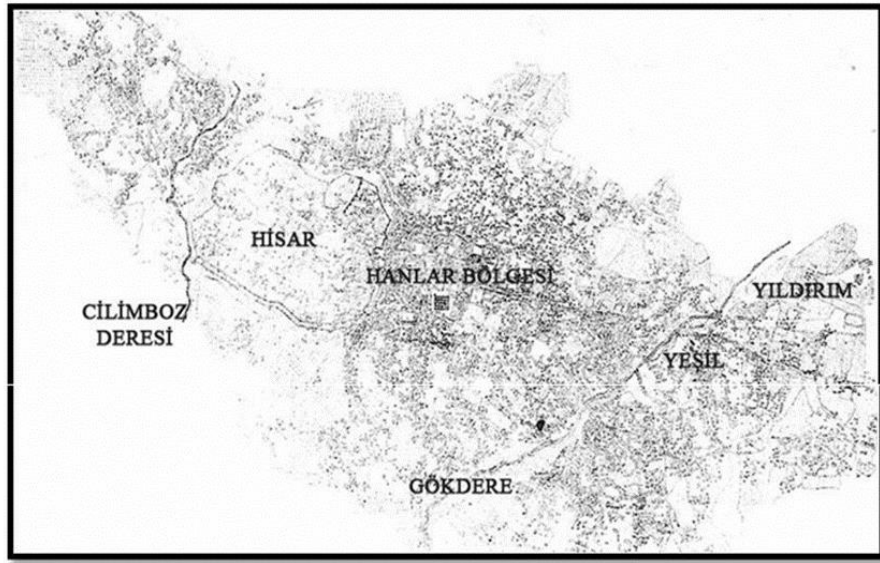
Şekil 3.5 : Bursa yıllık maksimum yağış (Meteoroloji Genel Müdürlüğü,2019).

Yağış miktarı kadar bu miktarın ne kadar sürede gerçekleştiğı de büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle maksimum yağışlar ve bu yağışların ne kadar sürede gerçekleştiğı o bölgenin yağış rejimini yorumlamak, sel ve taşkın afetlerinin sebeplerinin araştırılması ve yeraltı su yapılarının oluşturulması açısından büyük önem arz etmektedir. Bursa ilinde en yüksek yağış 2010 yılında yaşanmış olup 114 mm

olarak gerçekleşmiştir. 2010 yılında yaşanan bu yağış, Bursa'nın aylık ortalama yağış miktarının 2 katından fazladır (Demir, 2020).

3.1.2 Bursa kenti iklim değişikliği etkileri ve sel felaketleri

Bu bölümde son yıllarda Bursa'da ani yağışlar sonucunda gerçekleşen büyük sel felaketlerine yer verilmiştir. Uludağ'dan doğan ve kente doğru akan akarsuların taşması sel felaketlerinde sıklıkla karşımıza çıkmaktadır (Şekil 3.6). Cilimboz Deresi'nin taşmasıyla 2010 yılında taşkın felaketi yaşanmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.6 : 1862 Suphi bey haritası (Kaplanoğlu, 2006).



Şekil 3.7 : 14 Ekim 2010, Alacahırka Bursa (Bursa'da sel, 2010).

Şekilde 2010 senesinde meydana gelen sel-taşkın felaketinden zarar gören Panayır ve Alacahırka alanları gösterilmektedir. Bu yerleşim alanlarında düşük gelirli nüfusun yaşadığı ve kaçak yapılaşmanın yoğun olduğu bilinmektedir.

Yıldırım ve Osmangazi İlçeleri'nde Alacahırka, Panayır, Yavuzselim ve Ovacık mahallelerinin selden yoğun biçimde etkilenmiştir. Şehirde 300'e yakın ev ve işyerini sel basmış durumda. 1 kişi hayatını kaybetmiştir. Sel, şiddetli yağışın etkisiyle Cilimboz Deresi'nin taşmasıyla meydana gelmiştir. Cilimboz vadisinde bulunan Cilimboz Deresi kent merkezindeki Alacahırka ve Pınarbaşı mahalleleri arasındadır. Yaşanan sel felaketinden sonra bu bölgede ıslah çalışmalarına başlanmıştır.

Bursa'da 21 Haziran 2020 tarihinde meydana gelen şiddetli yağış, Kestel, Orhangazi, İznik, Yenişehir ve İnegöl ilçelerinde etkili olmuştur (Şekil 3.8). Dağlık bölgeden Bursa merkeze gelen sel suları hayatı durma noktasına getirmiştir. Sel nedeniyle 5 kişi hayatını kaybetmiştir. Tarım arazisi sular altında kalmış, hasar görmüş ve birçok hayvan telef olmuştur. Sel suları ile sürüklenerek çok sayıda otomobil ve araç hasar görmüştür.



Şekil 3.8 : Bursa Valiliği resmî sitesi (Bursa'da Yaşanan Sel Felaketi, 2020).

Nilüfer ilçesine bağlı Doğancı Köyü güzergâhında 2 evin yıkıldığı, 10 ev ile 1 akaryakıt istasyonunun ise ağır hasar gördüğü belirlenmiştir (Şekil 3.9). Selin en fazla zarar verdiği Doğancı köyünde 100 dekar arazinin de sular altında kaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.9 : Bursa Nilüfer, Mayıs 2018 (Öncü, 2018).

2015 yılında Fidyekızık Mahallesi'nde şiddetli yağışların ardından derenin taşması sonucu sel felaketi yaşanmıştır (Şekil 3.10) ve olay yerinde 100 civarında kişi mahsur kalmıştır. Mahsur kalan vatandaşlar kurtarma ekipleri ile kurtarılmışlardır.



Şekil 3.10 : Bursa Fidyekızık mahallesi, 2015 (DHA, 2015).

Bursa'nın Mudanya ilçesinde Temmuz 2022'de şiddetli yağış sonucu sel felaketi meydana gelmiştir (Şekil 3.11). Bu durum yayaları zor durumda bırakırken araçlar sürüklenmiştir.



Şekil 3.11 : Bursa, Mudanya İlçesi (İHA, 2022).

Bursa Yıldırım ilçesi'nde Temmuz 2022'de ani yağış sonrası sel felaketi yaşanmış olup Hacivat mahallesinde metro altgeçitini su basmıştır (Şekil 3.12). Bu durum kentliler için zor anlar yaşanmasına sebep olmuştur.



Şekil 3.12 : Hacivat metro alt geçiti (Bursa Yıldırım'da sel felaketi, 2021).

3.1.3 Bursa için sel riski azaltım ve uyum stratejileri

Azaltım politikalarının yanı sıra BBB, kentin iklim değişikliğine bağlı oluşan afetlere karşı daha dirençli hale getirilmesine yönelik iklim değişikliği uyum stratejileri geliştirilmiştir. Bu çerçevede Bursa, ulusal düzeyde iklim değişikliği uyum

stratejilerini geliştiren ilk kent olmuştur. Bu kapsamda kentsel ısı adası etkilerinin azaltılması, kent içi su alanları, halk sağlığı ve yeşil alanlar başlıklarında uyum hedefleri belirlenmiştir.

BUSECAP’nda; envanter verilerine göre yüzde 62 ile en fazla pay bina, tesis ve sanayide enerji tüketimlerinden kaynaklanmaktadır. Yenilenebilir enerji uygulamaları, iklim değişikliğine dirençli kent uygulamaları doğrultusunda eylemler olarak değerlendirilebilecek; tarımsal sulamada güneş enerjisi sistemlerinin kurulması, tarım ve hayvansal atıklardan enerji üretimi gibi eylemlerle öne çıkmaktadır. Eylemlerde ağırlıklı olarak enerji tasarrufu, yeşil alanların artırılması, etkin su yönetimi ve halkın bilinçlendirilme çabaları dikkat çekmektedir.

Sağlıklı bir altyapı oluşturabilmek adına, Bursa Büyükşehir Belediyesi BUSKİ Genel Müdürlüğü kanalizasyon ve yağmur suyuna ait altyapıların ayrıştırılma çalışmaları yapmaktadır (Şekil 3.13). Bursa Yıldırım Teferrüç Mahallesi’nde taşkın riskini azaltmak amacıyla altyapı eksiklikleri tamamlama çalışmaları yapılmıştır.



Şekil 3.13 : Bursa Yıldırım altyapı çalışması (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2022).

Kentsel tasarım uygulamalarında, kentte yaşayanlar için doğal ve kültürel yaşam konforunu gözeterek Su-duyarlı kentsel tasarım, eko-kent tasarım rehberi, yeşil bina ve mahalle değerlendirme sistemleri, yeşil altyapı, doğa-esaslı çözümler gibi tasarım yaklaşım ve araçlarının planlama sürecine entegrasyonu önem taşımaktadır. Bursa İklim Uyum Stratejisi bu kapsamda tasarım ilkelerinin oluşturulmasında ve uygulamaların yönlendirilmesinde de anahtar olacaktır. Kentler iklim değişikliği sonucunda ekstrem olaylardaki artıştan dolayı daha fazla etkilenecektir. Bu bağlamda, kentlerin sürdürülebilirliği için parklar ve rekreasyon alanları günümüzün kırılgan ve değişken kent ortamında muhafaza edilmelidir.

3.2 Çalışma Alanı

Seçilen alan Bursa'nın doğusunda Yıldırım ilçesinde 19 mahallelik ve yaklaşık 9 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Yıldırım ilçesi (Şekil 3.14) Bursa'nın merkezinde 1987'de Uludağ'ın eteklerinde kurulmuştur. Doğusunda Kestel ve Gürsu ilçeleri, kuzeyinde ve batısında Osmangazi ilçesi bulunmaktadır (T.C. Bursa Valiliği, tarih yok).



Şekil 3.14 : Bursa ili ve Yıldırım ilçesi konumu.

İlçede ılıman Marmara iklimi görülmekle birlikte sıcaklık ortalaması 14,4 santigrat derecedir. Yağmur en fazla kış aylarında ve mart-nisan aylarında yağmaktadır. İlçede Uludağ'ın eteklerindeki yüksek kesimlere kar daha çok yağar ve daha uzun süre kalır (Yıldırım, Bursa, tarih yok).

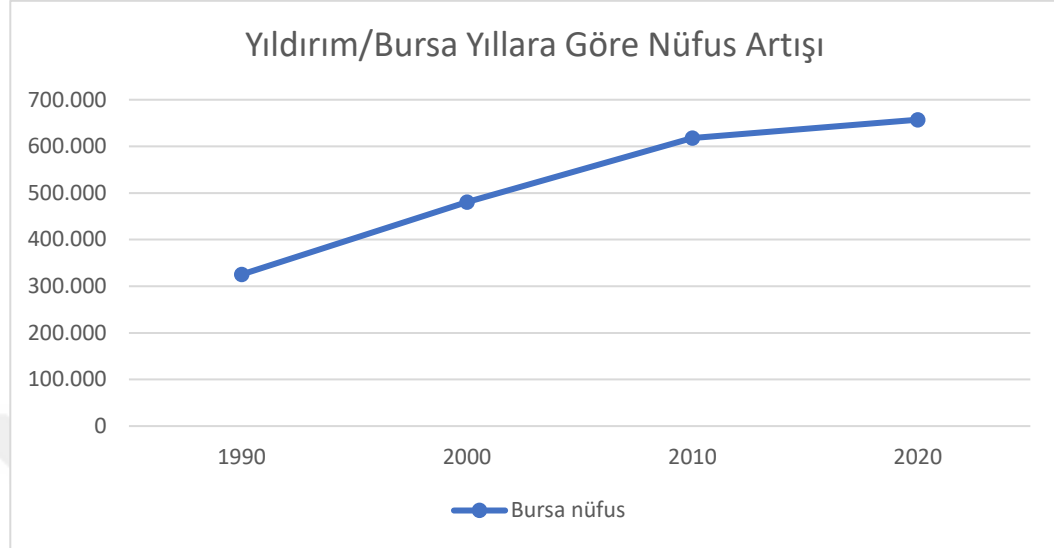
Yıldırım ilçesinde Bursa Teknik Üniversitesi lise ilköğretim okulu ve anaokulu gibi eğitim kurumları bulunmaktadır. Ayrıca devlet hastanesi, sağlık kuruluşları ve huzur evi gibi kamu kurumları bulunmaktadır.

3.2.1 Demografik yapı

2021 TÜİK verilerine göre, Bursa nüfusu 3.147.818'tür. Nüfusun %21'i Yıldırım ilçesinde yaşamaktadır. Yıldırım nüfusu 2020 yılına göre 653.307'dir. Bu nüfus, 328.609 erkek ve 324.698 kadından oluşmaktadır. Yüzde olarak ise %50,23 erkek, %49,77 kadındır. Bursa'da nüfus yoğunluğu 285 /km²'dir.

Bursa'da nüfus artışı yıldan yıla devam etmektedir. Çalışma alanının bulunduğu Yıldırım ilçesinde de bu durum aynıdır (Şekil 3.15). Daha çok ülke içi göçler ile bu ilçenin nüfusu artmaktadır. 1990-2000 yılları arasında daha büyük bir ivme ile nüfus

artışı yaşanmıştır. Bu artış hızını çok fazla düşürmeden 2010 yılına kadar devam etmiştir. 2010 yılından 2020 yılına kadar ise artış hızı düşmüştür fakat nüfus artışı devam etmektedir.



Şekil 3.15 : Yıldırım/Bursa yıllara göre nüfus artışı (2021 TÜİK verileri esas alınarak hazırlanmıştır).

Çalışma alanı içindeki 19 mahalle incelendiğinde nüfus olarak en fazla olan mahalle Arabayatağı mahallesidir. Burada sık ve plansız bir yapılaşma mevcuttur. İkinci sırada ise Bağlaraltı mahallesi bulunmaktadır. Bağlaraltı mahallesinde planlı ve plansız karma bir yapılaşma mevcuttur. Yeni yapılan konut yapıları genellikle yüksek katlı olduğundan nüfusun yoğun ancak yapılaşma dokusunun alandaki diğer mahallelerden daha seyrek olduğu söylenebilir. Çalışma alanındaki mahallelerde erkek-kadın nüfus dengesi bulunmaktadır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 : Seçilen alandaki mahallelerin nüfus bilgileri (TÜİK 2021 verileri esas alınmıştır).

Mahalle	Nüfus	Erkek	Kadın
Arabayatağı	27.436	14.032	13.404
Akçağlayan	16.215	8.126	8.089
Bağlaraltı	18.301	9.153	9.148
Çınarönü	14.778	7.651	7.127
Değirmenlikızık	16.250	8.295	7.955
152evler	9.136	4.564	4.572

Çizelge 3.1 (devam) : Seçilen alandaki mahallelerin nüfus bilgileri (TÜİK 2021 verileri esas alınmıştır).

Mahalle	Nüfus	Erkek	Kadın
Duaçınarı	2.997	1.514	1.483
Eğitim	11.313	5.743	5.570
Erikli	12.619	6.249	6.370
Ertuğrulgazi	8.837	4.175	4.662
Fidyekızık	5.242	2.582	2.660
Güllük	9.793	4.890	4.903
Hacivat	16.104	8.230	7.874
Kaplıkaya	3.707	1.796	1.911
Mimarsinan	12.817	7.043	5.774
Ortabağlar	15.571	7.772	7.799
Selçukbey	11.428	5.670	5.758
Yavuzselim	15.160	7.809	7.351
Siteler	5.163	2.424	2.739

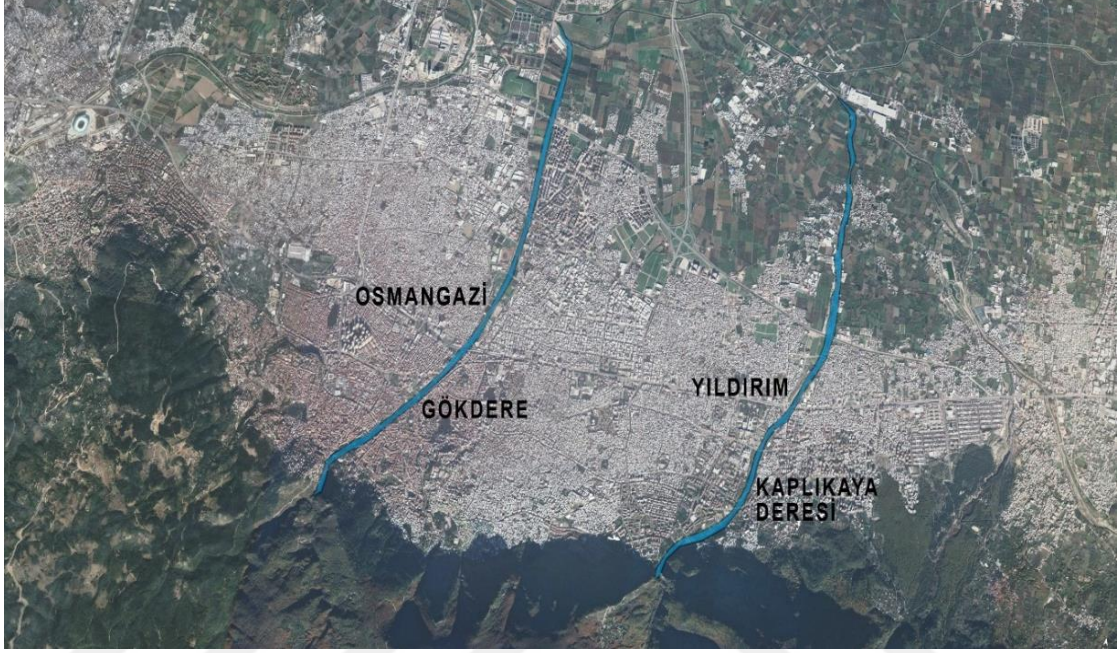
3.2.2 Yapılı çevre

19. yy.dan itibaren sanayinin hızla gelişmesi ve 1962’de Türkiye’deki ilk organize sanayinin kurulmasıyla birlikte hızlı kentleşme süreci başlamıştır. Otomobil fabrikalarının açılmasıyla kırdan kente doğru göç yaşanmış ve kentin sınırlarının ovaya doğru ilerlediği görülmüştür. Bu yıllarda yaşanan hızlı kentsel büyüme, plansız büyümeye neden olmuştur (Koyunlular, 2006. Kaplanoğlu, 2008 Yılmaz ve Varol, 2014).

Hızlı kentleşme sonucunda özellikle kentin doğusunda gecekondu alanları oluşmuştur ve imar planları ile yasalaştırılmışlardır. Kentin batısı ise orta ve üst gelir grubuna hitap edecek şekilde yapılaşmıştır (Ataç ve Işık, 2011. Türkoğlu, 2011).

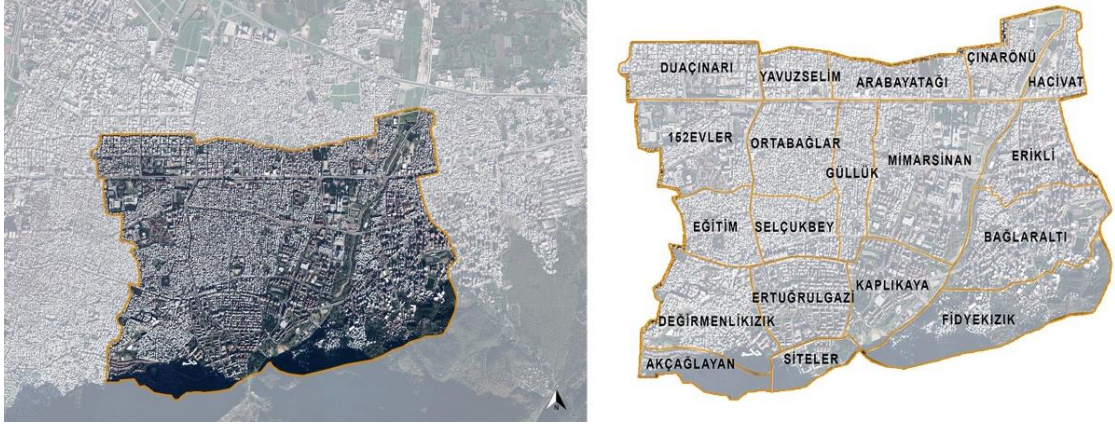
Bursa’da yerleşimin ana yollar boyunca lineer olarak geliştiği, yerleşimin batısında planlı gelişen, doğusunda ise plansız ve kaçak yapılaşmalarla gelişen alanların yer aldığı görülmektedir. Yine kentin doğu ve batısında saçaklarda kalan bölgelerin kırsal niteliğini henüz yitirmediği görülmektedir.

Çalışma alanı da kentin doğusundaki Yıldırım ilçesinde yer almakta ve plansız yapılaşmalar barındırmaktadır. Uludağ eteklerinde bulunmasından dolayı eğim yüksektir. Ayrıca alanda Kaplıkaya deresi bulunmaktadır ve üzeri kapatılmış dere yatakları bulunmaktadır (Şekil 3.16). Tüm bu faktörler çalışma alanında sel riskinin bulunmasına neden olmaktadır. Plansız yapılaşma ise kırılganlığı artırmaktadır.



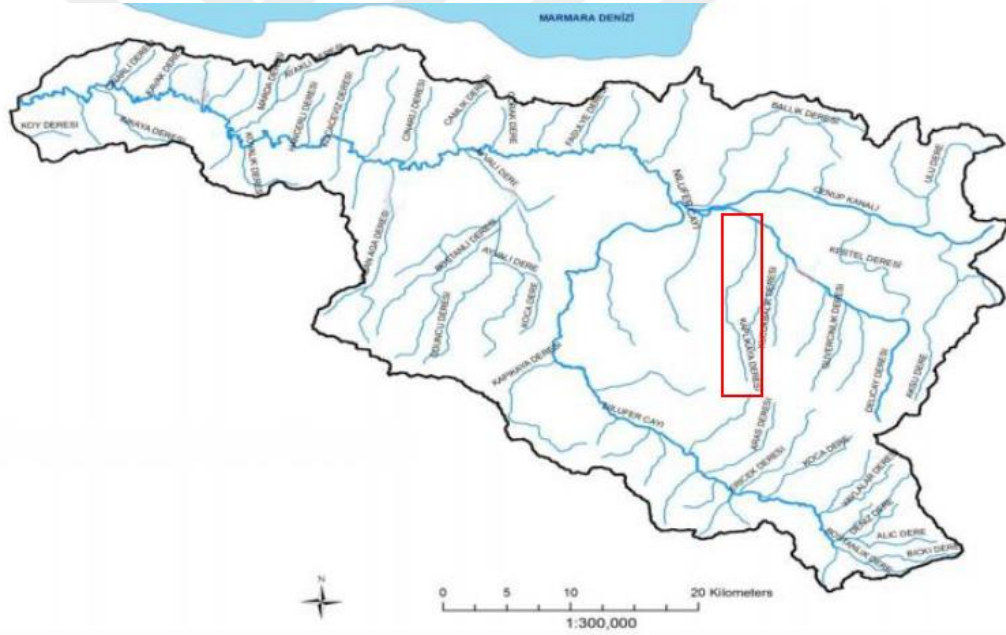
Şekil 3.16 : Yıldırım ilçesi ve çalışma alanında bulunan Kaplıkaya Deresi konumu (2021 Google Earth görüntüsü üzerine işlenmiştir).

Çalışma alanı olarak Bursa'nın doğusunda bulunan ve merkez ilçelerinden olan Yıldırım ilçesinde 19 mahallelik bir alan seçilmiştir (Şekil 3.17). Selçukbey, Ertuğrulgazi, Siteler, Ortabağlar, Güllük, 152Evler, Eğitim, Değirmenlikızık, Akçağlayan, Kaplıkaya, Mimarsinan, Erikli, Bağlaraltı, Fizdyekızık mahalleleri ve Duaçınarı, Yavuzselim, Arabayatağı, Çınarönü, Hacivat mahallelerinin bir kısmı çalışma alanına dahil edilmiştir. Bu alanın seçilme sebebi alanın Uludağ'ın eteklerinde bulunması, zaman zaman ekstrem yağışlar yaşanması, dere yataklarının bulunması ve eğimin yüksek olmasından kaynaklı olarak sel riskinin fazla olmasıdır. Yapılaşma olarak farklı yapılaşma dokusuna sahip mahalleler bulunması, mahalleler arasında sel riski karşılaştırmasına olanak sağlamaktadır.



Şekil 3.17 : Seçilen alanın dokusu ve mahalle sınırları.

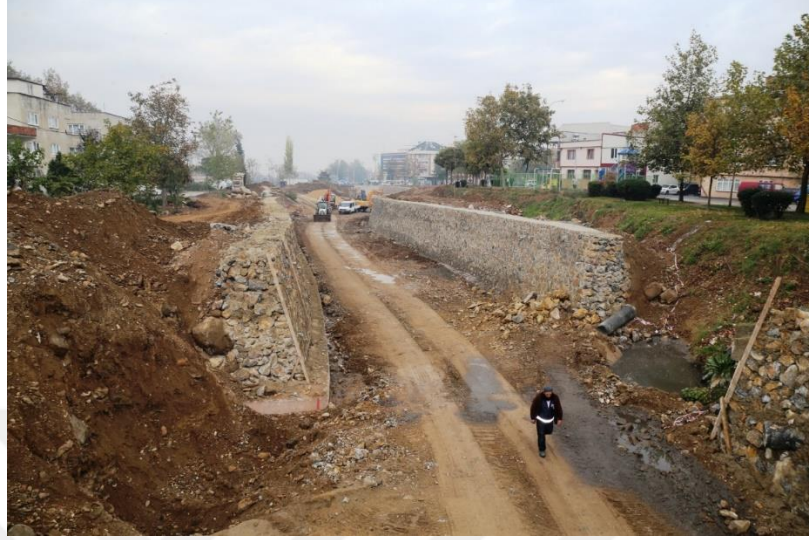
Alanda bulunan en önemli su varlığı Kaplıkaya deresidir. Kaplıkaya vadisinde bulunup Uludağ'dan doğarak Yıldırım ilçesinden geçerek ve Nilüfer Çayı'na bağlanmaktadır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18 : Nilüfer Çayı ile birleşen Kaplıkaya Deresi (Bozdemir, 2019)'dan alınarak düzenlenmiştir).

Nilüfer Çayı, şehrin çeşitli noktalarında Değirmendere, Yaylacıkdere, Gökdere, Sultaniye Deresi, Ayvalıdere, Kaplıkaya Deresi, Hasanağa Deresi, Panayır Deresi, Cilimboz Deresi, Kurtkaya Deresi ve Deliçay gibi birçok dere ve su kaynağı ile birleşmektedir (Demir, 2012). Adı geçen bu su kaynaklarının bir kısmı yoğun kentleşme baskısı altındadır (Akın, 2017).

Kaplıkaya Deresi Kaplıkaya vadisinden başlayarak Hacivat mahallesine kadar uzanan ve daha sonra Nilüfer çayına katılan deredir. Bu dere boyunca Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından rehabilite çalışmaları yapılmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 : Kaplıkaya Deresi rehabilite çalışmaları.

3.3 Çalışmanın Araç ve Yöntemi

3.3.1 Coğrafi bilgi sistemleri

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yeryüzündeki coğrafi verileri bir amaç doğrultusunda toplayan ve analiz eden sistemin adıdır. İlk olarak verilerin toplandığı daha sonra işlendiği ve haritalandırmasını yapan sayısal bir bilgi sistemidir (Ulugtekin, N., Bildirici, Ö. İ., 1997).

Değişik amaçlarla, geniş yelpazede kullanım alanı olan bir sistemdir (Balcı, İ., vd., 2000). Kentsel risklerin hesaplanması, afetlerin planlanması ve yönetimi gibi alanlarda coğrafi bilgi sistemleri sıkça kullanılmaktadır. Örneğin, Demir ve Kemeç (2022), Van Erciş'te yaptıkları afet riski değerlendirme çalışmasını CBS ortamında yapmışlardır. Pektezel (2015), deprem riski bulunan Gelibolu bölgesi için maddi kayıplara neden olan etkileri analiz etmiştir. Çalışmasında CBS ve Analitik Hiyerarşi yönteminden yararlanmıştır. Bölgenin afet riski içerdiğinden dolayı yerleşime uygun olmadığı sonucuna ulaşmış ve arazi kullanımının afeti dikkate alarak yapılması gerektiğini vurgulamıştır. Rahman vd. (2015), Bangladeş'in Dhaka kentinde riskli bölgelerin tespiti, yerleşim stratejilerinin belirlenmesi ve risksiz alanlarda yerleşimin önerilmesi amacıyla CBS ortamında çalışma yapmışlardır. Çin'de Dongting Gölü bölgesinde

yapılan bir başka çalışmada taşkın riski bulunan alanların tespiti yapılmıştır ve yerleşime uygun ve uygun olmayan alanların belirlenmesinde, kentsel stratejilerin oluşturulmasında CBS'nin önemi vurgulanmıştır (Wang vd, 2011).

Dünyada yaşanan doğal afetler her yıl binlerce insanın can ve mal kaybına uğramasına neden olmaktadır. Afet yönetim ve planlamalarında CBS teknikleri sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle doğal kaynaklı deprem, sel, heyelan, volkanizma, fırtına ve yangınlarda CBS tekniklerinin kullanılması, afetlerin gözlemlenmesi ve etkilerinin belirlenmesinde etkilidir. Ayrıca afet öncesinde planlama yapılmasında ve sonrasındaki analizlerin yapılmasında oldukça etkili bir araçtır.

Bursa'da sel, iklim değişikliğinin etkisiyle giderek daha sık yaşanmaktadır. Yaşanan seller altyapısız ve plansız kentsel bölgelerde çokça hasara neden olmaktadır. Bu nedenle sel riskini hesaplamak ve sel riskini azaltmak için iyi sel yönetimi önemlidir. Bu tezde de mevcut sel riskini hesaplamak, dirençlilik senaryoları oluşturmak ve sel riskini azaltacak senaryoları hesaplamaya dahil etmek amacıyla coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılmıştır.

CBS uygulamaları taşkın gibi doğal afetlerin araştırılmasında çok önemli avantajlar sağlamaktadır. Literatürde taşkın ve sel riski hesaplamaları yapılırken coğrafi bilgi sistemlerinden sıklıkla faydalanılmıştır. Uydu görüntülerinin, coğrafi özelliklerin ve riski artıran her kriterin işlenmesi ve riskin hesaplanması çeşitli CBS yazılımları ile yapılabilmektedir. Bu yazılımlardan literatürde en sık kullanılanı ArcGIS programıdır. Bu yazılım sayesinde DEM (dijital yükseklik modeli) verisini ve uydu görüntülerini işleyerek hidroloji, eğim, bakı, yağış analizleri yapmak mümkündür. Literatürde sıklıkla kullanılması, ulaşılmak istenen analizleri sağlayabilecek olması ve programdaki analizlerin nasıl yapılacağına dair çokça kaynağa ulaşılabilmesi Bursa alan çalışmasında ArcGIS yazılımının kullanılması nedenleridir.

Taşkın risk yönetimi için bilgi sağlamak için bir dizi yaklaşım kullanılmıştır. Çoğu çalışma, alçakta kalan ve sele eğilimli alanlarda sel akışını ve yüzey akışını simüle etmek için hidrolojik ve hidrolik modeller uygulamıştır. Brimicombe ve Bartlett (1996), su baskını alanını ve derinliğini haritalamak için CBS ve DEM ile birleştirilmiş hidrolik modelleri kullanarak taşkın risklerini değerlendirmiştir. Bu tür taşkın riski değerlendirmesi, taşkın yönetimi için taşkın meydana gelme olasılığı, olayın büyüklüğü, taşkın yeri ve derinliği hakkında bilgi sağlamaktadır.

Oğuz vd. (2016), ArcGIS yazılımında yağış, jeoloji, eğim, bakı, toprak ve arazi kullanım haritaları oluşturularak çok kriterli karar verme yöntemi ile taşkın risk alanları belirlenmiştir. Samanta vd. (2016), yükseklik, eğim, nehre uzaklık ve arazi kullanımı / arazi gibi farklı veri setleri kullanılarak çok kriterli karar yaklaşımına dayalı risk haritası oluşturmuştur. Kourgialas N. ve Karatzas G. (2011), CBS kullanarak eğim, bakı, akarsuya uzaklık, yağış gibi faktörler için ayrı ayrı risk haritaları oluşturmuştur. Daha sonra bu risk faktörlerinin ağırlıklı hesaplamasına dayalı sel riski haritası oluşturmuştur.

Shinde ve Gaikwad (2016), Hindistan'ın Khatav bölgesinde Google Earth görüntüsü ve ArcGIS yazılımı kullanılarak uygun çatı yüzeyleri, yollar ve açık alanlar şeklinde kategorize edilmiş ve toplanabilecek yağmur suyu miktarı hesaplanmıştır. Adugna vd. (2018), Etiyopya'da Addis Ababa kentinde 588 kamu binasının çatısını ArcGIS yazılımında sayısallaştırarak yağmur suyu toplama potansiyelini aylara göre hesaplamıştır. Kent ölçeğinde harcanan toplam suyun %2,3'ünün kamu binalarından toplanan su ile karşılanabileceği sonucuna varılmıştır. Yükselir, Ağaçasapan ve Çabuk (2019), Eskişehir Teknik Üniversitesi İki Eylül Kampüsünde yağmur suyu toplama kapasiteleri Coğrafi bilgi sistemleri ortamında analiz edilmiştir. Uydu görüntüleri, insansız hava aracı ve CBS kullanılmıştır. Yapılan analizler ile aylara göre toplanabilecek su miktarları bulunmuştur.

Risk hesaplama ve kentsel fiziksel planlama yaklaşımları için CBS kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda ortak nokta, kullanılan verideki çeşitlilik ve analize sokulan verilerin birbiriyle ilişkilendirilmesidir. Örneğin sel riski hesaplamalarında kullanılan eğim, bakı, yağış, akarsuya uzaklık, jeoloji ve toprak parametreleri kendi içinde değerlendirilerek veya sınıflandırılarak daha sonra bu parametreler çakıştırılmaktadır. Verilerin bir araya getirilmesi ise coğrafi bilgi sistemlerinin sınıflama ve çakıştırmayı kapsayan Spatial Analysis yönemi ile kolayca yapılabilir (Engelen vd, 1999).

Literatürde görüldüğü üzere, CBS kullanılarak afet riski hesaplamaları, afet odaklı kentsel planlamalar, sel ve taşkın analizi, aşırı yağışlarda risk barındıran bölgelerin tespiti mümkündür. Bu bağlamda tezde; sel riski hesaplaması, dirençli kentsel bölge çalışması, sel riskinin önlenmesine yönelik öneriler geliştirilmesi ve yağmur suyu hasadı hesaplamaları için uydu görüntüleri ve CBS kullanılmıştır. Alan çalışması kapsamında öncelikle alandaki sel riski hesaplanmıştır. Sel riski hesaplanırken literatürdeki sel riski çalışmalarında eğim, yağış, akarsuya uzaklık, bakı ve zemin

toprak özelliği katmanlarının kullanıldığı görülmüştür. Bu tez kapsamında ise çalışma alanı kentsel bir alanda bulunduğundan toprak özelliği katmanı yerine arazi kullanımı katmanı oluşturulmuştur. Bu katman oluşturulurken alandaki geçirimli ve geçirimsiz zeminlerin ayırt edilmesi amaçlanmıştır. Mevcut sel riski hesaplanmasının ardından, iklim değişikliğinin arttırdığı sel riskine karşı dirençliliğin nasıl sağlanabileceği tartışılmış ve dirençli bir alan senaryosu oluşturulmuştur. Örneğin rehabilite edilmemiş alanların planlanması, dere yatağından uzaklaşılması (kaybolmuş dere yatakları dahil), geçirimsiz kentsel yüzeylerin geçirimli hale getirilmesi, bazı yapı adalarının kaldırılması gibi senaryolar geliştirilmiştir. Senaryolara literatürdeki örneklere, dünyadaki uygulamalara ve mahallelerdeki risk faktörlerine göre karar verilmiştir. Alanda önerilen senaryolar neticesinde iklim değişikliğine bağlı sel risklerinin etkilerinin ne oranda azaltılabileceği ve iklim değişikliğine bağlı aşırı yağışlara karşı nasıl uyum sağlanabileceği tartışılmıştır. Bu senaryolar CBS ortamında ayrı ayrı işlenmiş ve hesaplama dahil edilmiştir.

3.3.2 Çok kriterli karar verme yöntemi: AHS (analitik hiyerarşi süreci)

Literatürde çok kriterli karar verme (ÇKKV) olarak bilinen problemlerin çözümü amacıyla araştırmacılar tarafından pek çok yöntem kullanılmaktadır. ÇKKV, birden fazla ve aynı anda uygulanan kriterlerin içerisinde en iyi tercihin seçilmesini sağlayan yöntemdir. Karar vericiler açısından ele alınacak olursa da çok fazla sayıda birbirinden bağımsız faktörün ne derecede etkili olduğunu dikkate alarak, probleme ve faktörlere göre en uygun kararın verilmesine ışık tutan yöntemlerdir (Arslankaya ve Göraltay, 2019, 12).

Karar verici, çok kriterli karar verirken sayılabilir sonlu ya da sayılamaz sayıda seçenekten oluşan bir küme içinde en az iki kritere dayalı değerlendirme yaparak seçim yapar (Korhonen et al., 1992; Dyer et al., 1992). ÇKKV'nin amacı karar vericiye seçenekleri kriterlere göre değerlendirip sorununa en istediği çözümü ararken yardım etmek ve yol göstermektir (Stewart, 1992). Çok kriterli karar verme yöntemleri ile kriterler vasıtasıyla seçenekler arasında seçim, derecelendirme, sınıflandırma ve tanımlama yapmak mümkündür. Her bir amaç için birden fazla çok kriterli karar verme yöntemi mevcuttur (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 : Çok kriterli karar verme yöntemleri.

SEÇENEKLER ARASINDA SEÇİM	DERECELENDİRME	SINIFLANDIRMA
AHS	AHS	AHS Short
AAS	AAS	UTADIS
MAUT	MAUT	FlowSort
UTA	UTA	ELECTRE-Tri
MACBETH	MACBETH	
PROMETHEE	PROMETHEE	
ELECTRE I	ELECTRE III	
TOPSIS	TOPSIS	

AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemler arasında en sık tercih edilen yöntemlerden biridir. Diğer ÇKKV yöntemlerine göre daha anlaşılabilir olduğundan ve daha basit matematiksel işlemler içerdiğinden kullanıcılara kolaylık sağlamaktadır. AHS, 1970 yıllarında Thomas L.Saaty tarafından geliştirilmiştir (Uludağ ve Doğan, 2016). AHS kriterler arasında hiyerarşik bir düzen kurulmasına olanak sağlamaktadır (Saaty, 2000, 151).

Sonuç olarak, Analitik hiyerarşi süreci (AHS), karar üretmenin karmaşıklığıyla başa çıkmak için kullanılan yöntemlerden biridir. Bilginin organizasyonu, konuyu anlamak için basitleştirilmiş yapılar ve tutarlılık sunmaktadır. Analitik hiyerarşi süreci (AHS), bir konunun karmaşıklığını öğelere ayırmaya ve tüm öğeleri karmaşık sistemi modelleyen hiyerarşik bir düzende yapılandırmaya yardımcı olabilecek bir çerçevedir. Her öğenin ayrıca, öğenin bir sistemdeki diğer öğeler üzerindeki etkisini karakterize eden, diğerleri için önem düzeyinin olasılığının bir yargısını temsil eden belirli bir değeri vardır (Saaty, 2001). AHS'nin karmaşık bir sorunu analiz etme, yapılandırma ve önceliklendirme yeteneğinden dolayı, Bursa'da kentleşmiş bir alanda sel riskini ölçmek için bu tezde AHS yöntemi uygulanmıştır.

AHS modelini uygulamak birkaç aşamaya ayrılmaktadır. Bunlar:

a) Hedefi/hedefleri belirlemek

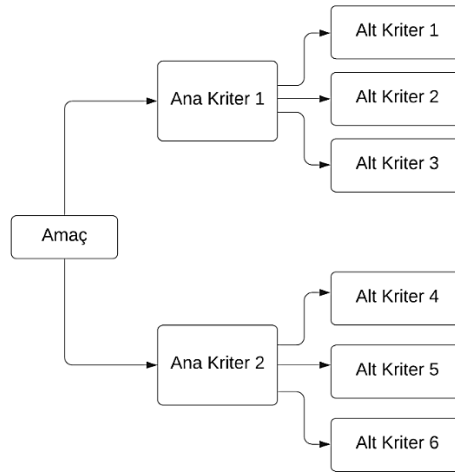
Hiyerarşi modelinin, genel amaç ve alt hedefler gibi gerektiğinde birkaç düzeye ayrılacak olan amacı veya hedefleri olmalıdır. Bu aşama, tüm hedefleri belirlemek ve listelemek, onları ana hedefe atıfta bulunan bir yapı içinde organize etmektir. Bodily

(1985), hedeflerin test edilmesinde kullanılabilecek hiyerarşi hedeflerini ölçmek için bir yöntem tanımlar. AHS modelini oluşturan bir araştırmacı, aşağıdakileri yapmayı hedeflemelidir:

- Hedeflerin tam olduğundan emin olunmalı (tüm önemli faktörler dahil edilmeli)
- Her ögedeki gereksiz hedefleri en aza indirilmeli
- Her ögedeki belirsizlik en aza indirilmeli (kapsamlı olup olmadığını kontrol edilmeli)
- Her ögenin ölçülebilir olduğundan emin olunmalı

b) Hiyerarşiyi yapılandırma

Hedef listesi oluşturulduktan sonra, sonraki adım hiyerarşiyi geliştirmek veya hiyerarşiyi yapılandırmaktır; bu, tüm hedefleri organize etmek ve analizin nasıl olacağını netleştirmek için bunları daha ayrıntılı bileşenlere ayırmak anlamına gelir. Temel hedefler belirlendikten sonra, bir sonraki adım ana hiyerarşiyi geliştirmektir. Hiyerarşinin tepesinde veya tepede genel amaç bulunurken, daha düşük seviyeler üst hiyerarşi seviyesinin önemli bileşenlerini tanımlayacaktır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 : Hiyerarşik şema.

c) Öncelikleri belirlemek

Hiyerarşiyi yapılandırdıktan sonraki adım, bu araştırmada algı olarak da adlandırılan yargıya dayalı olarak her bir bileşenin önceliklerini belirlemektir. Saaty (2001), karmaşık bir modelde öncelik yargılarıyla başa çıkmak için ikili eleman karşılaştırmasının kullanılmasını önermiştir. Bu tür bir karşılaştırma, her bir unsur arasında temel bağlantıların bulunmasına yardımcı olmaktadır. İkili karşılaştırma,

hiyerarşi modelinin tepesinden başlayacak ve karşılaştırılacak tüm öğeler, Çizelge 3.3'te gösterildiği gibi bir karşılaştırma matrisinde düzenlenecektir.

Çizelge 3.3: Kriterlerin karşılaştırma matrisi.

	A	B	C	D	E	F
1	X_i / X_j	X_1	X_2	...	...	X_n
2	X_1	1	X_1/X_2	...	...	X_1/X_n
3	X_2	X_2/X_1	1	...	...	X_2/X_n
4	...	...	...	1	...	...
5	...	...	...	...	1	...
6	X_n	X_n/X_1	X_n/X_1	...	...	1

Karşılaştırılacak elemanlar X_i 'den X_n 'ye kadar temsil edilmektedir. Her hücre bir çift karşılaştırma yargısını temsil eder. Her hücredeki sayı, satır öğesinin sütun öğesi üzerindeki baskınlığını temsil eder.

d) Temel ölçek

Her bir öğe arasındaki ikili karşılaştırmada sağlam ve tutarlı kararlar esastır. Tutarlı bir yargıya varabilmek için, bu model ikili karşılaştırma için AHS temel ölçeğine dayanmaktadır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4 : Saaty'nin temel ölçek sistemi.

Önem düzeyi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önem	İki unsurun hedeflere eşit katkısı vardır.
3	Orta derecede önem	Bir öğe, diğer öğeden biraz daha fazla öneme sahiptir.
5	Güçlü önem	Deneyim ve yargı, bir öğeyi diğerine güçlü bir şekilde tercih eder.
7	Çok güçlü veya kanıtlanmış önemi	Bir unsur diğerine çok güçlü bir şekilde tercih edilir (baskınlığa sahiptir).
9	Aşırı önem	Bir element, diğer elemente kıyasla en yüksek baskınlığa sahiptir veya en önemlisidir.

Her kriter diğer kriterlerle karşılaştırılırken önem durumuna göre bu puanlama sistemine göre puanlanır. 2,4,6,8 ise ara değerlerdir. Kriterler puanlandıktan sonra ağırlık değerleri bulunur ve hesaplama dahil edilir.

Karar vericiler, faktörleri hiyerarşik bir çerçeve içinde yapılandırarak karmaşık problemleri çözen AHS gibi çok kriterli analiz yöntemleri aracılığıyla problemleri inceleyebilir ve anlayabilir (Saaty 1980). AHS, çeşitli problemlerin çözümü için yaygın olarak kullanılmaktadır (Golden ve ark. 1989). Örneğin, Willett ve Sharda (1991) tarafından Miami, ABD'deki Grand River ve Tar Creek için optimal taşkın kontrol projelerini seçmek için kullanılmıştır.

Taşkın riski, hidrolik ve hidrolojik modeller tarafından oluşturulan taşkın derinliğinin çok kriterli analizi ile de değerlendirilebilir. Bu yaklaşımın bir örneği, sel hasarını tahmin etmek için hidrolojik veya hidrolik modellerin kullanımını Çok Nitelikli Fayda Teorisi (MAUT) (Meyer ve diğerleri 2009) veya Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile birleştirmektir (Wang ve diğerleri 2002). Çok kriterli analiz yöntemleri, 'karmaşık bir karar probleminin öğelerinin tanımlanmasına ilişkin farklı görüşleri ele alabilen, öğeleri hiyerarşik bir yapı içinde organize edebilen ve problemin bileşenleri arasındaki ilişkileri inceleyen bir çerçeve sağlamaktadır. (Borouhaki ve Malczewski 2010).

AHS kullanan ve CBS ile haritalanan başka bir taşkın riski analizi, Hindistan'daki Kosi Nehri Havzası'na uygulanmıştır (Sinha ve diğerleri 2008). Vaka çalışmasında sel riski, can ve mal kaybı ile birlikte su baskını duyarlılığı olarak tanımlanmıştır. Ek olarak, AHS matrisinin taşkın riski için karar faktörleri arasında yükseklik, arazi örtüsü, aktif kanallara olan mesafe ve nüfus yoğunluğu yer almaktadır. Sinha ve diğerlerinin sel riski analizi (2008), nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde su baskınlarının neden olduğu sel hasarının can ve mal kaybı olarak değerlendirilebileceğini varsaymıştır. AHS, sel indeksi olan can kaybı ve farklı özelliklerin önemini sıralamak için kullanılmıştır (Sinha vd. 2008; Cheng ve Wang 2004). Olası hasar endeksinin toplam sıraları daha sonra CBS kullanılarak haritalanmıştır. Taşkın haritaları, taşkın kontrol planlayıcılarının maddi harcanma gereken yerlerde uygun maliyetli kararlar vermeleri için çok yararlı olabilir.

Literatürde görüldüğü gibi risk hesaplaması gibi birden çok kriterin değerlendirilmesi, sınıflandırılması ve karşılaştırılması gereken çalışmalarda AHS yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş, ardından CBS ortamında karşılaştırma yapılarak risk

haritası elde edilmiştir. Bursa alan çalışmasında da CBS'den yararlanılmış ve AHS yöntemi kullanılmıştır. Kentlerde sel riskini doğuran birden çok kriter bulunduğundan kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi, kriterlerin ve alt kriterlerin hiyerarşisinin sağlanabilmesi için literatürde de sıkça kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHS kullanılmıştır. Daha sonra ağırlık değerleri CBS ortamında risk analizi ve dirençlilik senaryoları hesaplamalarında kullanılmıştır.

3.4 Sel Riskini Artıran Kriterlerin Önem Ağırlıklarının Belirlenmesi

Sel riskini artıran birden çok faktör bulunmaktadır. Özellikle kentlerimizdeki çarpık kentleşmenin yaşanması ile plansız ve altyapısız alanlar oluşmaktadır. Ayrıca yerleşime uygun olmayan alanlara yapı yapılması da risk doğurmaktadır.

Literatürde AHS yöntemi ve CBS kullanarak sel riski hesaplayan çalışmalar genellikle kentsel alanların dışında çalışmalar yapmışlardır. Literatürdeki çalışmalarda kullanılan kriterler genellikle yağış, eğim, bakı, akarsuya uzaklık, toprak, jeoloji, arazi kullanımı şeklindedir. Örneğin Oğuz vd. Artvin ilinde CBS kullanarak taşkın riski hesaplaması yaparken AHS yöntemini kullanmıştır. Sel riski için belirlenen kriterleri eğim, bakı, yağış, toprak, jeoloji, arazi kullanımı ve akarsuya uzaklık şeklindedir. Rahmati vd. İran'ın Yasooj bölgesi için sel riski analizi yapmışlardır. Bu analizde eğim, yükseklik, akarsuya uzaklık, arazi kullanımı/ bitki örtüsü kriterlerini hesaplamaya dahil etmişlerdir. Kourgialas ve Karatzas Koiliaris nehri havzasında sel riski analizi yapmışlardır ve yükseklik, arazi kullanımı, jeoloji, eğim, yağış yoğunluğu, akış birikimi kriterlerini hesaplamalarında kullanmışlardır. Samanta vd. yükseklik, eğim, akarsuya uzaklık, arazi örtüsü kriterlerini kullanarak analiz yapmıştır.

Yapılan analiz çalışmalarında görüldüğü gibi sel ve taşkın analizleri için önemli faktörler yağış, akarsuya uzaklık, eğim, bakı, arazi örtüsü şeklinde sıralanabilir. Bursa alan çalışması yapılaşmanın yoğun olduğu kentsel bir alanda yapılacağından arazi örtüsü kriteri arazi kullanımı olarak değiştirilmiş olup kentsel alandaki geçirimli – geçirimsiz yüzeylerin ayrımının sağlanması ve yapılaşma bölgelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kriterin alt kriterleri yol, geçirimsiz yüzey, tasarlanmamış alan, bina yerleşimi, yeşil alan şeklinde belirlenmiştir.

Hangi ana kriterlerin kullanılacağı ve ana kriterlerin alt kriterleri belirlendikten sonra bu kriterlerin AHS yöntemine göre kriterlerin hiyerarşisinin belirlenmesi ve puanlanmasının yapılması gerekmektedir. Kriterlerin puanlanması yapılırken, 3.3.1 ve

3.3.2 bölümlerinde bahsedilen literatürdeki örnekler incelenmiştir. Ayrıca alanın coğrafi özellikleri göz önüne bulundurulmuştur. Bu çalışmada da ana kriterler eğim, yağış, zemin özelliği, akarsuya uzaklık ve bakı olarak belirlenmiş olup, öncelikle ana kriterlerin hiyerarşisi belirlenmiş ve puanlanması yapılmıştır (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5 : Ana kriterlerin Saaty'nin temel ölçek sistemine göre puanlanması.

	Eğim	Yağış	Zemin Özelliği	Akarsuya Uzaklık	Bakı
Eğim	1	3	5	7	9
Zemin Özelliği	1/3	1	3	5	7
Yağış	1/5	1/3	1	3	5
Akarsuya Uzaklık	1/7	1/5	1/3	1	3
Bakı	1/9	1/7	1/5	1/3	1

Alanda daha önce yaşanmış sel felaketlerine bakıldığında eğimden kaynaklı olarak riskin daha fazla olduğu görülmektedir. Dağ yamacındaki Fidyekızık Mahallesi eğimin en fazla olduğu nokta olduğundan sellerden daha fazla etkilenmektedir. Ayrıca eğimden kaynaklı olarak Fidyekızık mahallesinden alt mahallelere doğru yüzey akışının hızlanması, devam etmesi söz konusudur.

Eğim kriteri %0-3, %3,01-7, %7,01-10, %10,1-16, %16,1-23, %23,1-43 şeklinde altı alt kritere ayrılmıştır. Bu kriterler Saaty'nin puanlama sistemine göre puanlanmıştır (Çizelge 3.6). Eğimin en yüksek olduğu noktalarda risk en fazla olduğundan puanlamada %23,1- 43 eğimindeki yerler en yüksek puanı almıştır. Eğimin azalmasıyla birlikte risk azaldığından önem dereceleri yani puanlar azalmaktadır.

Çizelge 3.6 : Eğimin alt kriterlerinin Saaty'nin temel ölçek sistemine göre puanlanması.

	%23,1-43	%16,1-23	%10,1-16	%7,01-10	%3,01-7	%0-3
%23,1-43	1	2	3	5	8	9
%16,1-23	1/2	1	2	4	7	8
%10,1-16	1/3	1/2	1	3	5	7
%7,01-10	1/5	1/4	1/3	1	3	5
%3,01-7	1/8	1/7	1/5	1/3	1	3
%0-3	1/9	1/8	1/7	1/5	1/3	1

İkinci önemli kriter ise iklim değişikliğinden kaynaklı ani yağışlardır (Çizelge 3.7). Ani yağışlar sonucu bölgede daha sık sel felaketi yaşanması olasıdır.

Çizelge 3.7 : Yağış alt kriterlerinin Saaty'nin temel ölçek sistemine göre puanlanması

	326- 352 mm	304- 326 mm	285- 304 mm	270- 285 mm	257- 270 mm	246- 257 mm	237- 246 mm	229- 237 mm	220- 229 mm	209- 220 mm
326- 352 mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9
304- 326 mm	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
285- 304 mm	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8
270- 285 mm	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7
257- 270 mm	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6
246- 257 mm	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5
237- 246 mm	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4
229- 237 mm	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3
220- 229m m	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2
209- 220m m	1/9	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1	1

Üçüncü önemli kriter ise zemin özelliğidir (Çizelge 3.8). Alanda çokça bulunan sert zemin eğimin de etkisiyle yüzey akışını hızlandırmaktadır. Sert zemin daha çok yollar ve geçirimsiz yüzey şeklinde bulunmaktadır. Geçirimsiz yüzeyler kamu kurumlarının, eğitim yapılarının ve site tarzındaki konutların bahçelerinde bulunmaktadır. Yollardaki sert zemin yüzey akışına ve çeşitli noktalarda su birikmesine neden olmaktadır. Diğer geçirimsiz yüzeylerde de su birikmeleri meydana gelmektedir.

Çizelge 3.8 : Arazi kullanımı alt kriterlerinin Saaty'nin temel ölçek sistemine göre puanlanması.

	Yol	Geçirimsiz Zemin	Bina	Tasarlanmamış Alan	Yeşil Alan	Akarsu Yatağı
Yol	1	2	3	5	8	9
Geçirimsiz Zemin	1/2	1	2	4	7	8
Bina	1/3	1/2	1	3	5	7
Tasarlanmamış Alan	1/5	1/4	1/3	1	3	5
Yeşil Alan	1/8	1/7	1/5	1/3	1	3
Akarsu Yatağı	1/9	1/8	1/7	1/5	1/3	1

Dördüncü kriter ise akarsuya uzaklıktır (Çizelge 3.9). Akarsuya uzaklık kriteri 20m, 50m, 70m, 100m şeklinde alt kriterlere ayrılmıştır. Akarsudan uzaklaştıkça risk azalmaktadır.

Çizelge 3.9 : Akarsuya uzaklık alt kriterlerinin Saaty'nin temel ölçek sistemine göre puanlanması.

	20 m	50 m	70 m	100 m
20 m	1	3	5	7
50 m	1/3	1	3	5
70 m	1/5	1/3	1	3
100 m	1/7	1/5	1/3	1

Son kriter ise bakı kriteridir (Çizelge 3.10). Yüzey akışı güneyden kuzeye doğru olduğundan kuzey yamaçlar daha fazla risk içermektedir.

Çizelge 3.10 : Bakı alt kriterlerinin Saaty'nin temel ölçek sistemine göre puanlanması.

	Güney	Doğu-Batı	Kuzey
Güney	1	3	1/3
Doğu-Batı	1/3	1	1/5
Kuzey	5	3	1

Çizelge 11’de puanlamalar sonrası ağırlık değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.11 : Kriterlerin ve alt kriterlerin ağırlık değerleri

Kriterler	Ağırlık	Alt Kriterler	Ağırlık
Eğim	0,503	%23,1-43	0,377
		%16,1-23	0,297
		%10,1-16	0,165
		%7,01-10	0,088
		%3,01-7	0,047
		%0-3	0,026
Arazi Kullanımı	0,260	Yol	0,377
		Geçirimsiz zemin	0,297
		Tasarlanmamış alan	0,165
		Bina	0,088
		Yeşil Alan	0,047
		Akarsu Yatağı	0,026
Yağış	0,134	326-352mm	0,288
		304-326mm	0,210
		285-304mm	0,152
		270-285mm	0,110
		257-270mm	0,079
		246-257mm	0,057
		237-246mm	0,040
		229-237mm	0,029
		220-229mm	0,019
		209-220mm	0,017
Akarsuya Uzaklık	0,068	20 m	0,558
		50 m	0,263
		70 m	0,122
		100 m	0,057
Bakı	0,035	Kuzey	0,633
		Güney	0,260
		Doğu- Batı	0,106

3.5 Mevcut Sel Riskinin Hesaplanması

Sel riski hesaplamasının aşamaları Çizelge 3.12’de anlatılmıştır.

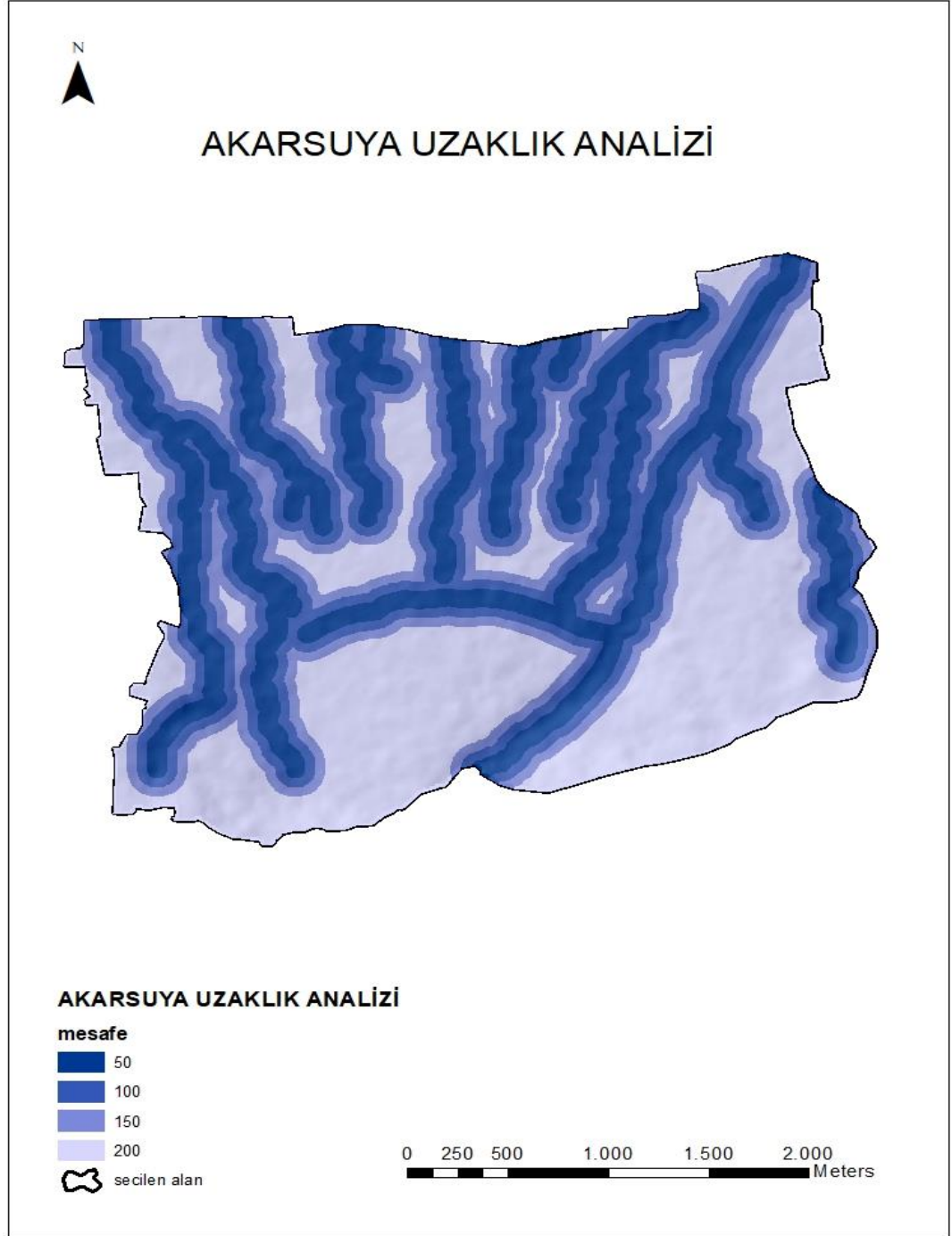
Çizelge 3.12 : Mevcut sel riski hesaplanması aşamaları.

1	Sayısal Yükseklik Modelini (DEM) Hazır Hale Getirme	- DEM verisi Bursa alan çalışması için seçilen bölgeyi kapsayacak şekilde yüksek çözünürlük sağlayacak şekilde (13 metre çözünürlüklü) “https://earthexplorer.usgs.gov/” sitesinden elde edilmiştir. - Seçilen mahalle sınırlarını içerecek şekilde DEM verisi kırpma işlemi gerçekleştirilmiştir.
	Çalışma Alanı Verilerini Düzenleme	Çalışma Alanındaki “Akarsuya Uzaklık” Haritası Oluşturma: Open Street Map verileri kullanılarak mevcut akarsu veriler vektörel olarak indirilmiştir. DEM verisinden yola çıkılarak hidroloji analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu ile indirilen vektörel veri çakıştırılarak sürekli akarular ve mevsimlik akarsular belirlenmiştir. 50,100,150,200 metre mesafeler belirlenerek 4 kategoride akarsuya uzaklık haritası oluşturulmuştur. Çalışma Alanındaki “Eğim” Haritasını Oluşturma: ArcGIS programında Sayısal Yükseklik Modeli üzerinde “Slope” aracı kullanılarak eğim haritası oluşturulmuştur. Çalışma Alanındaki “Bakı” Haritasını Oluşturma: ArcGIS programında Sayısal Yükseklik Modeli üzerinde “Aspect” aracı kullanılarak bakı haritası oluşturulmuştur. Çalışma Alanındaki “Yağış” Haritasını Oluşturma: ArcGIS programında Sayısal Yükseklik Modeli üzerinde “Create Random Points” aracı kullanılarak veri üzerinde gelişigüzel noktalar oluşturulmuştur. “Extract Multi Value Points” aracı kullanılarak oluşturulan noktalar üzerine yükseltiye göre yükselti değerleri atanmıştır. Daha sonra Attribute table kısmında yağış sütunu

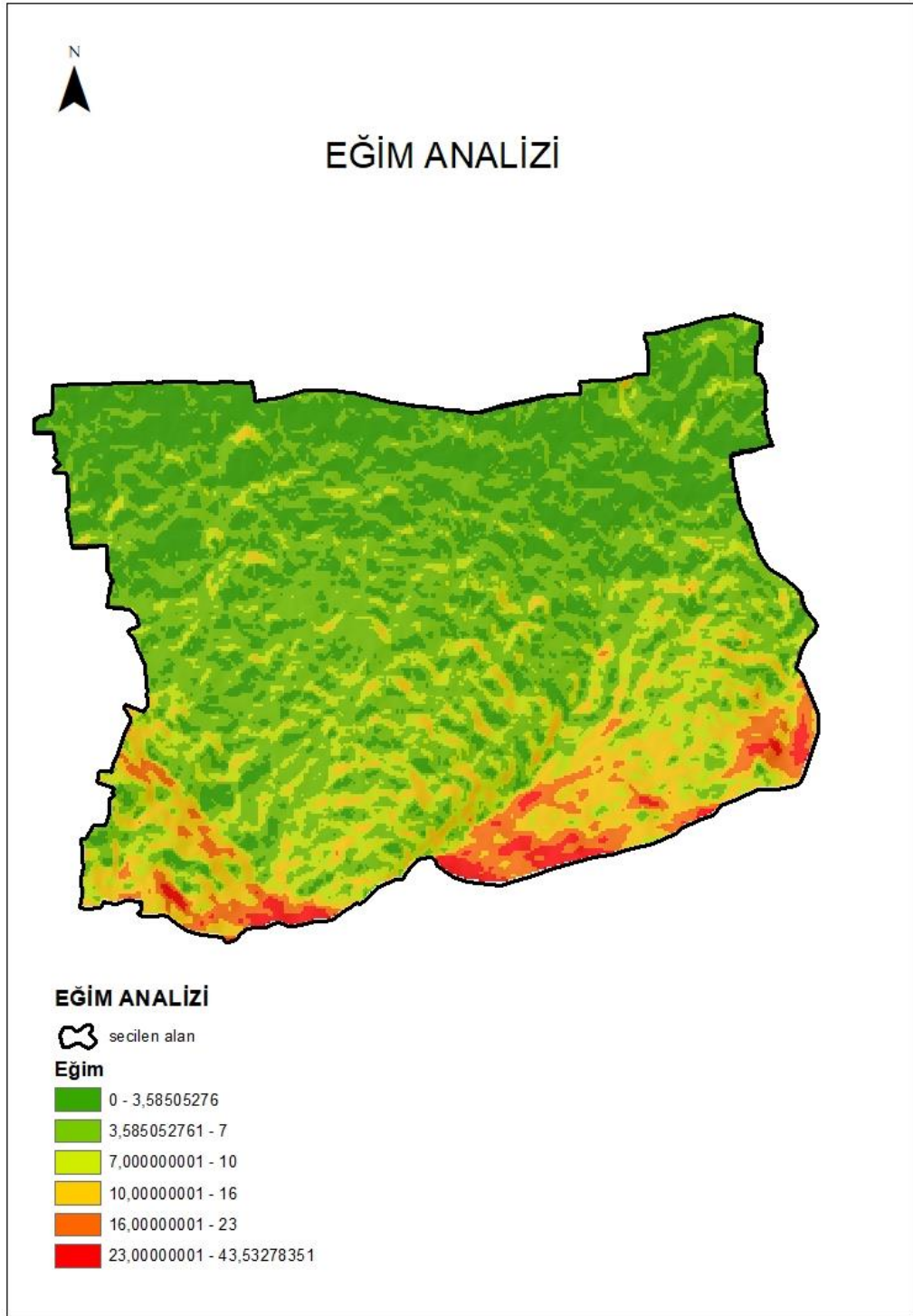
Çizelge 3.12 (devam) : Mevcut sel riski hesaplanması aşamaları.

2	Çalışma Alanı	- oluşturulmuştur. ArcGIS’te “Field Calculator” aracı kullanılarak “Yağış miktarı+ ((Yükselti-Rakım) x 54) / 100” formülü yazılarak oluşturulan noktaların yükselti durumuna göre yağış miktarı sayısal olarak belirlenmiştir. Yağış verisi Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün sitesinden elde edilmiş ve Bursa rakım bilgisi 155m (https://tr.wikipedia.org/wiki/Bursa) olarak kullanılmıştır. Yağış verisi olarak 02.07.1942 tarihinde yaşanan ve Bursa’daki en yüksek yağış miktarı olan 200.9 mm kullanılmıştır (MGM, tarih yok). Field Calculator aşamasında formül yazılırken Schreiber formülü (Her 100 metre yükselişe karşılık yıllık yağışın 54 mm arttığı) göz önünde bulundurulmuştur. - Çalışma Alanındaki Arazi Kullanımı Haritasının Oluşturulması: Arazi kullanımını gösterir harita Akarsu, Yol, Geçirimsiz Zemin, Bina, Tasarlanmamış Kentsel Alan ve Yeşil alan olmak üzere 6 katman oluşturularak uydu görüntüsü üzerinden 19 mahallelik alanın çizimleri ArcGIS programında tamamlanmıştır.
	Verilerini Düzenleme	
3	Analitik Hiyerarşi Süreci	Bu aşamada 3.4 numaralı bölümde bahsedilen tablolardaki ağırlık değerleri ArcGIS programına girilmiştir. Oluşturulan akaruya uzaklık, eğim, bakı, yağış ve arazi kullanımı katmanı için alt kriterlerin ağırlık değerleri de ArcGIS programına işlenmiştir.
4	Ağırlıklı Analiz	Elde edilen çalışma alanına ait eğim, bakı, yağış, akarsuya uzaklık, arazi kullanımı katmanı feature to raster arazıcı ile raster veriye dönüştürülmüştür. Daha weighted sum aracı kullanılarak sonra ağırlık değerleri girilerek analiz tamamlanmıştır.

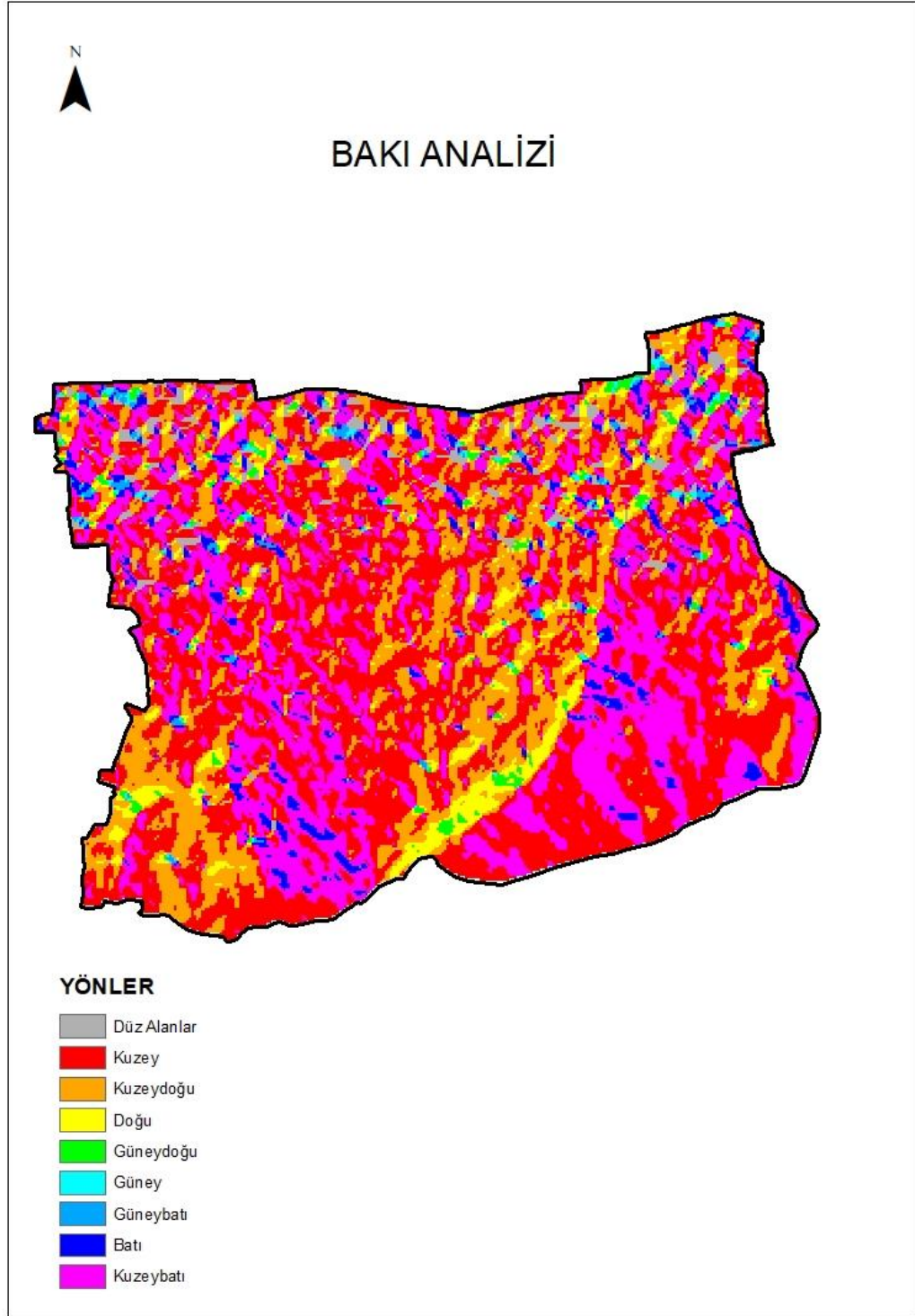
Analiz sonucunda elde edilen 13 metre çözünürlüklü katmanlara ait haritalar akarsuya uzaklık (Şekil.3.21), Eğim (Şekil 3.22), Bakı (Şekil 3.23), Yağış (Şekil 3.24), Arazi Kullanımı (Şekil 3.25) aşağıda verilmiştir;



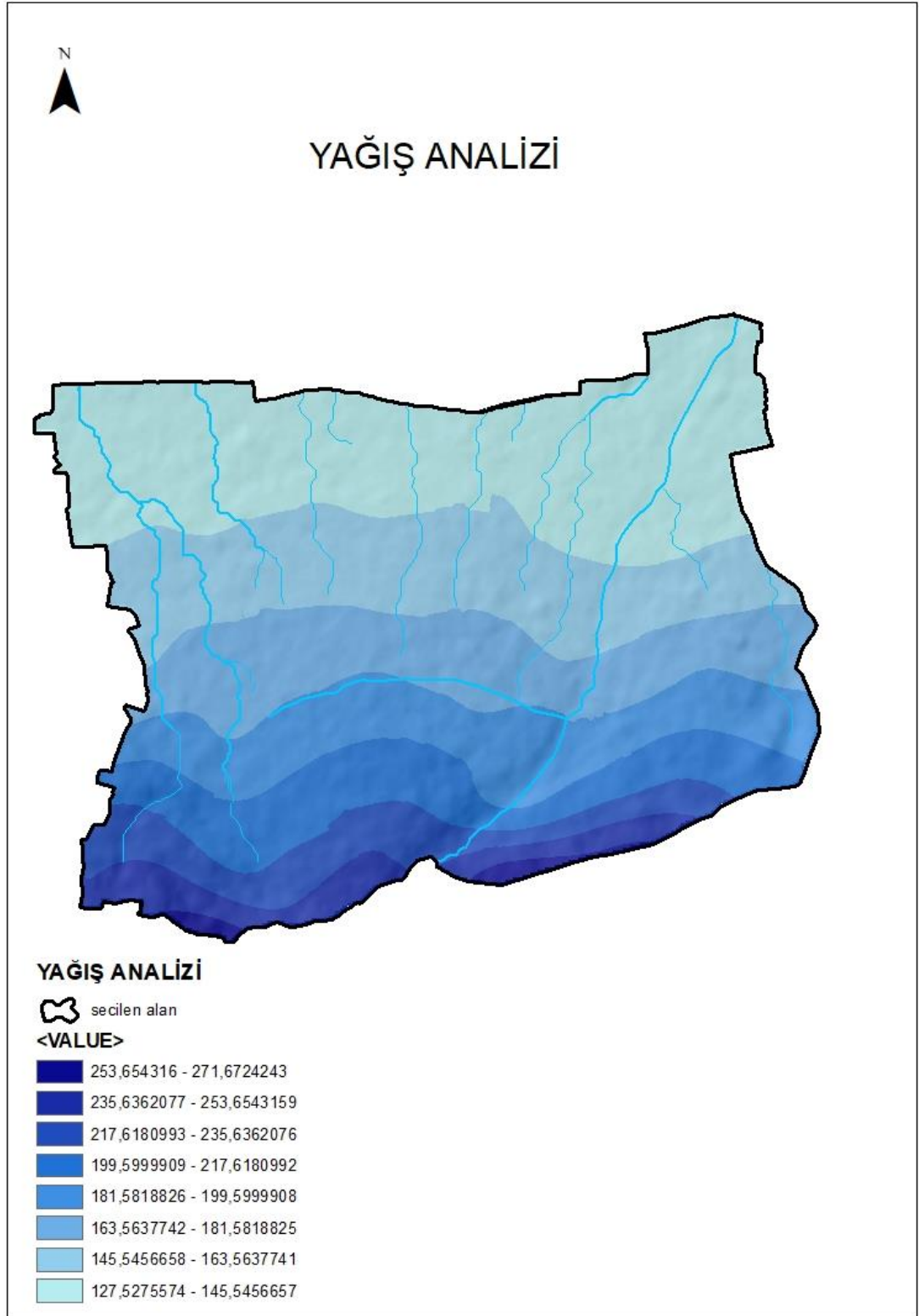
Şekil 3.21 : Akarsuya uzaklık analizi.



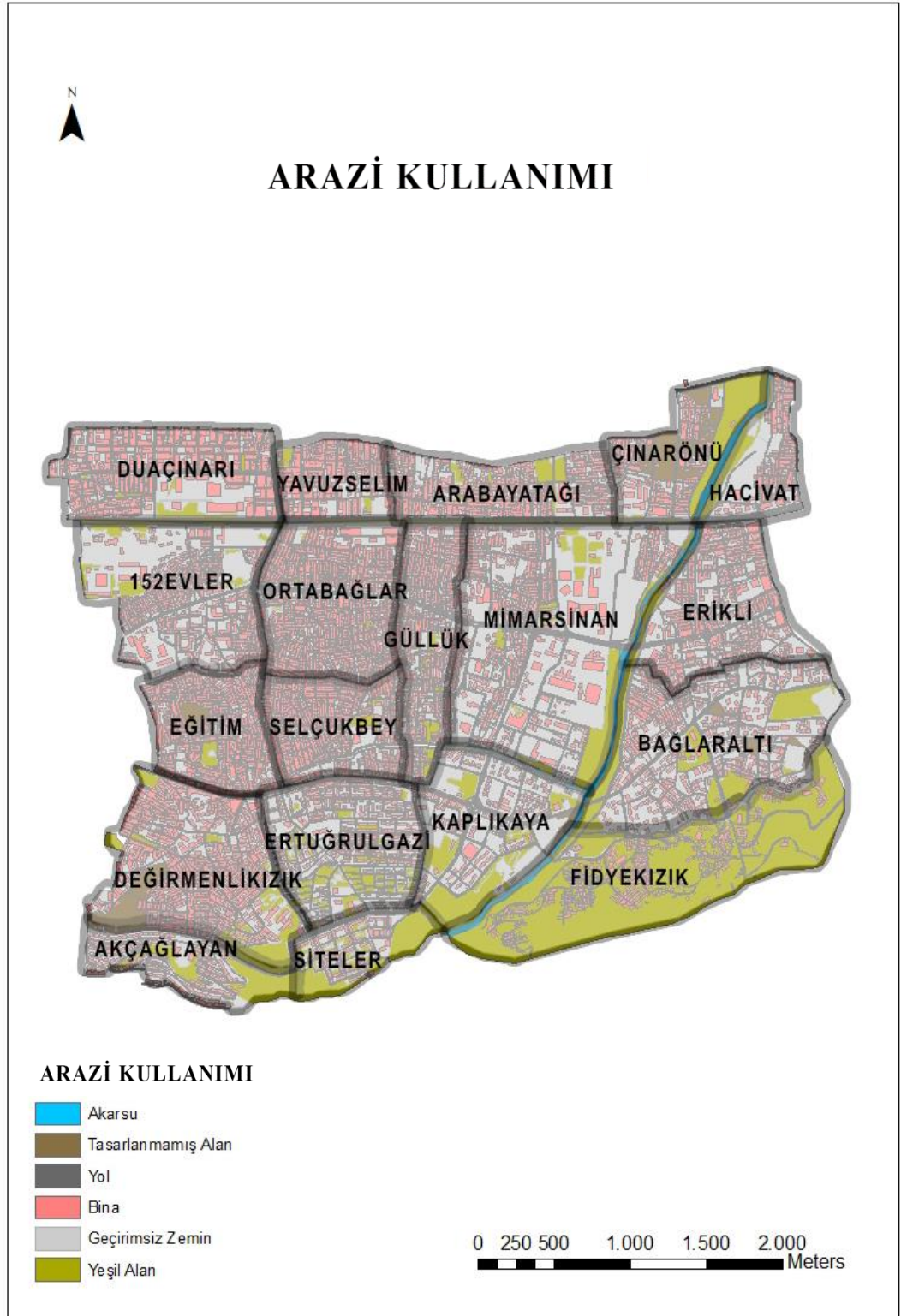
Şekil 3.22 : Eğim analizi.



Şekil 3.23 : Bakı analizi.



Şekil 3.24 : Yağış analizi.

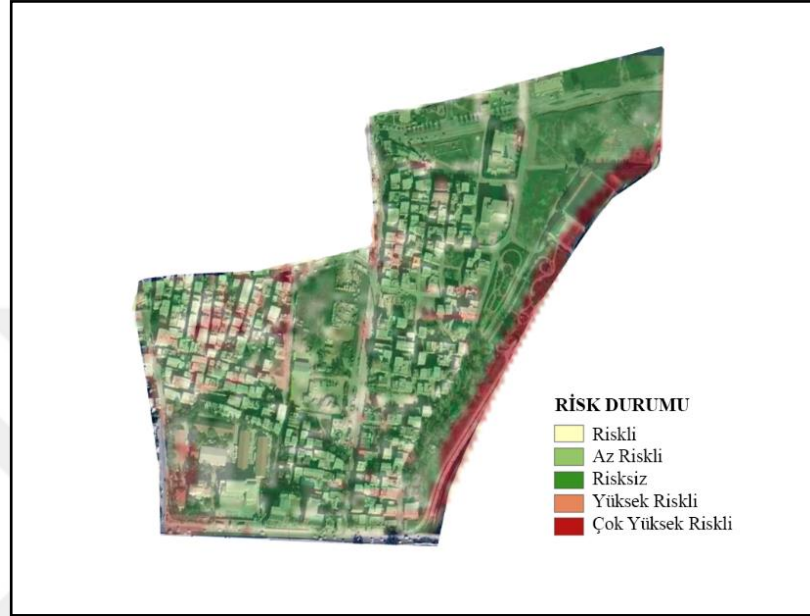


Şekil 3.25 : Mevcut arazi kullanımı çizimi.

Sıradaki bölümlerde mahalelere ait sel riski analizleri, gözlemler ve mahallelerdeki riskli alanlardan fotoğraflara yer verilmiştir.

3.5.1 Çınarönü Mahallesi

Çınarönü Mahallesi alanın kuzeyinde eğimin azaldığı noktada bulunmaktadır. Toplam nüfusu 14.778 kişidir. Erkek nüfusu 7.651 kişi iken kadın nüfusu ise 7.127 kişidir. Çınarönü Mahallesi'nde eğimin az olmasından kaynaklı olarak risksiz ve az riskli alanlar çoğunluktadır (Şekil 3.26).



Şekil 3.26 : Çınarönü Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Mahallede nitel gözlemler yapılmış olup (Çizelge 3.13), gözlemler sonucunda park veya yapılaşmanın olmadığı alanlar risksiz çıkarken yapılaşmanın olduğu kısımlar az riskli ve riskli çıkmaktadır (Çizelge 3.14).

Çizelge 3.13 : Çınarönü Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

	Gözlemler	Örnek görsel
Konut Tipi	Mahalle genelinde konut tipolojisi planlanmamış kaçak yapılaşma şeklindedir. Yapılar genellikle 2,3 ve 4 katlıdır yüksek katlı yapı bulunmamaktadır.	

Çizelge 3.13 (devam) : Çınarönü Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

	Gözlemler	Örnek görsel
Sokak	Sokaklar genellikle 3-4 m genişliğindedir. Kentsel ölçekte sokaklar birbirini takip etmemektedir. Plansız yapılaşma ortaya çıkmaktadır.	
Açık Alan	Yeşil Kullanılmayan, tasarlanmamış yeşil alanlar bulunmaktadır.	
Geçirimsiz Alan	Geçirimsiz alanlar, yollarda kullanılan geçirimsiz asfalt yüzeylerdir.	

Çizelge 3.14 : Çınarönü Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli	Yüksek riskli
	
4.Akarsu Sokak	1.Aydın Caddesi
	
4.Akasya Sokak	Çınarönü Caddesi ve 2. Yaren Sokak

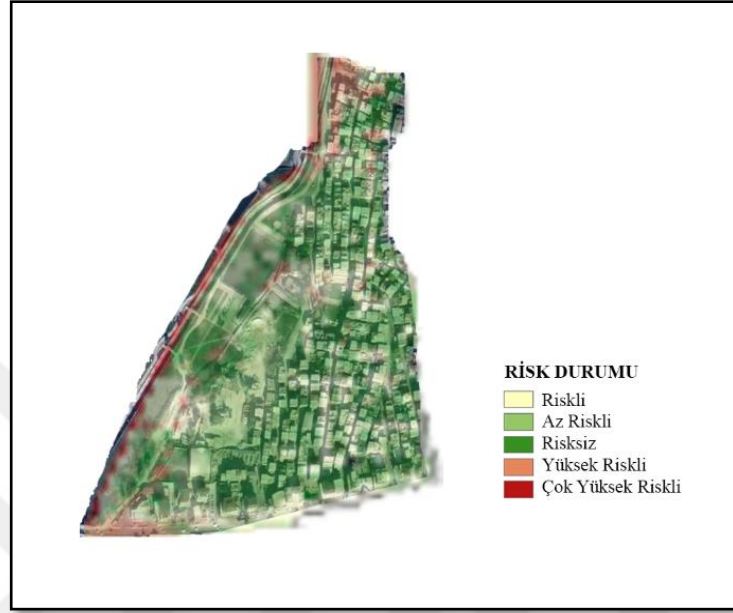
3.5.2 Hacivat Mahallesi

Hacivat Mahallesi seçilen alanın kuzeyinde eğimin azaldığı konumdadır. Toplam nüfusu 16.104 kişi iken erkek nüfusu 8.230 kadın nüfusu 7.874 kişidir. Mahalle ova bölgesinde yer aldığından aşırı yağış zamanlarında üst mahallelerden gelen suyun buraya akması ve birikmesinden kaynaklı olarak sel riski taşımaktadır. Bu nedenle riski azaltabilmek adına mahalleden geçen Hacivat Deresi'nde 2012 yılında belediye tarafından ıslah çalışmaları başlatılmıştır (Şekil 3.27). Ayrıca 40 bin metrekarelik alanda rekreasyon alanı oluşturulmuştur.



Şekil 3.27 : Hacivat Deresi yatağı düzenleme çalışmaları (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2012).

Hacivat Mahallesi'nde Hacivat Deresi'ne yakın olan kısımlarda risk çok yüksek çıkmıştır. Mahallenin geri kalan kısımları riskli, az riskli ve risksiz şeklinde çıkmaktadır (Şekil 3.28). Fakat risksiz çıkan noktalarda yüzey akışları sonucu su birikme riski olduğundan risk hiç yoktur denemez.



Şekil 3.28 : Hacivat Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Yapılan gözlemler sonucunda mahallenin kentsel yapısının, yollarının ve konut tipolojisinin kırılmalılığı fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 3.15).

Çizelge 3.15 : Hacivat Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

	Gözlemler	Örnek görsel
Konut tipi	Mahalle konut tipolojisi planlanmamış kaçak yapılaşma şeklindedir. Yapılar genellikle 2-3 katlıdır. Yüksek katlı yapı bulunmamaktadır.	

Çizelge 3.15 (devam) : Hacivat Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

Gözlemler	Örnek görsel
Sokak Sokaklar ortalama 3 metredir. Kentsel ölçekte sokaklar birbirini takip etmediğinden yapılaşma plansız gelişmiştir.	
Açık yeşil alan Kullanılmayan, tasarlanmamış yeşil alanlar bulunmaktadır.	
Geçirimsiz alan Geçirimsiz alanlar, yollarda kullanılan geçirimsiz asfalt yüzeylerdir.	

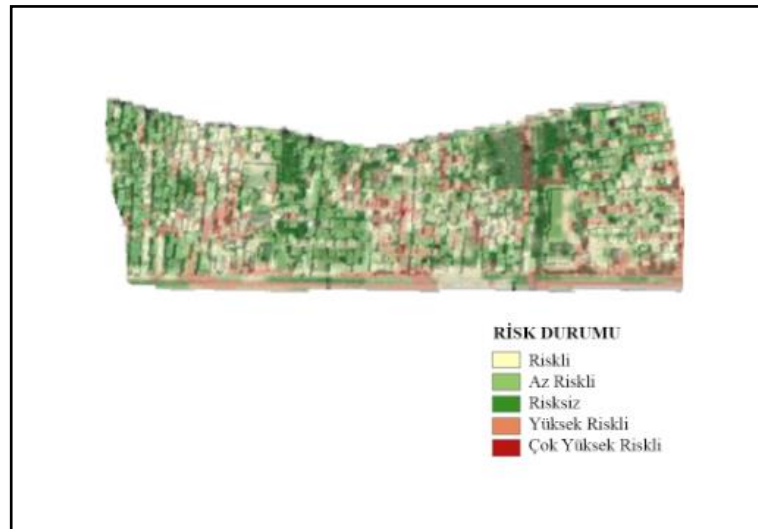
Mahalledeki riskli bölgeler gözlemlendiğinde geçirimsiz yüzeylerden oluşan alanların çok yüksek riskli ve yüksek riskli olduğu görülmektedir (Çizelge 3.16).

Çizelge 3.16 : Çınarönü Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli	Yüksek riskli
	
11. Cadde	Ankara Yolu, benzinlik
	
1.Cadde	A139. Sokak

3.5.3 Arabayatağı Mahallesi

Arabayatağı Mahallesi toplam nüfusu 27.436 kişi, erkek nüfusu 14.032 kişi ve kadın nüfusu 13.404 kişidir. Mahalle genelinde az riskli ve risksiz alanlar çoğunluktadır (Şekil 3.29). Arabayatağı Mahallesi'ne ait gözlemler, görseller (Çizelge 3.17) ve riskli noktalar (Çizelge 3.18) bu bölümde verilmektedir.



Şekil 3.29 : Arabayatağı Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Çizelge 3.17 : Arabayatağı Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

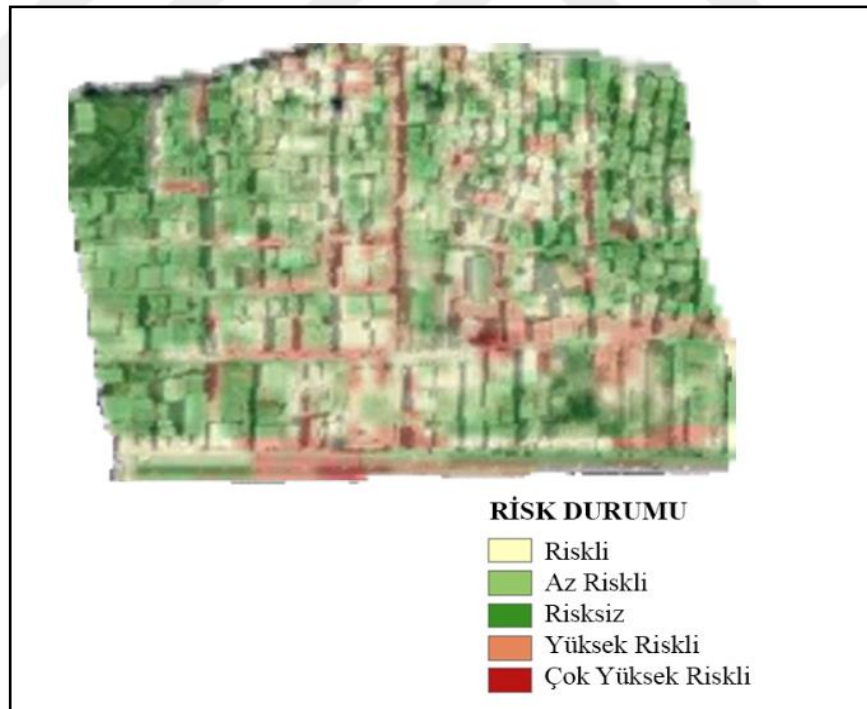
	Gözlemler	Örnek görsel
Konut tipi	Planlısız yapılaşma mevcuttur. Yapılar genellikle 2-3 katlıdır ve yüksek katlı yapı bulunmamaktadır.	
Sokak	Sokaklar ortalama 3 metredir. Kentsel ölçekte sokaklar birbirini takip etmediğinden yapılaşma plansız gelişmiştir.	
Açık yeşil alan	Küçük ölçekli şahış bahçeleri dışında yeşil alan bulunmamaktadır.	
Geçirimsiz alan	Geçirimsiz alanlar, yollarda kullanılan geçirimsiz asfalt yüzeylerdir.	

Çizelge 3.18 : Arabayatağı Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli	Yüksek riskli
	
Düzcan Sokak	3. Coşkun Sokak

3.5.4 Yavuzselim Mahallesi

Yavuzselim Mahallesi toplam nüfusu 15.160 kişi, erkek nüfusu 7.809 kişi ve kadın nüfusu 7.351 kişidir. Risk analizi sonucunda mahallede risksiz ve az riskli alanlar çoğunluktadır (Şekil 3.30). Yavuzselim Mahallesi'ne ait gözlemler, görseller (Çizelge 3.19) ve riskli noktalar (Çizelge 3.20) bu bölümde verilmiştir.



Şekil 3.30 : Yavuzselim Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Çizelge 3.19 : Yavuzselim Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

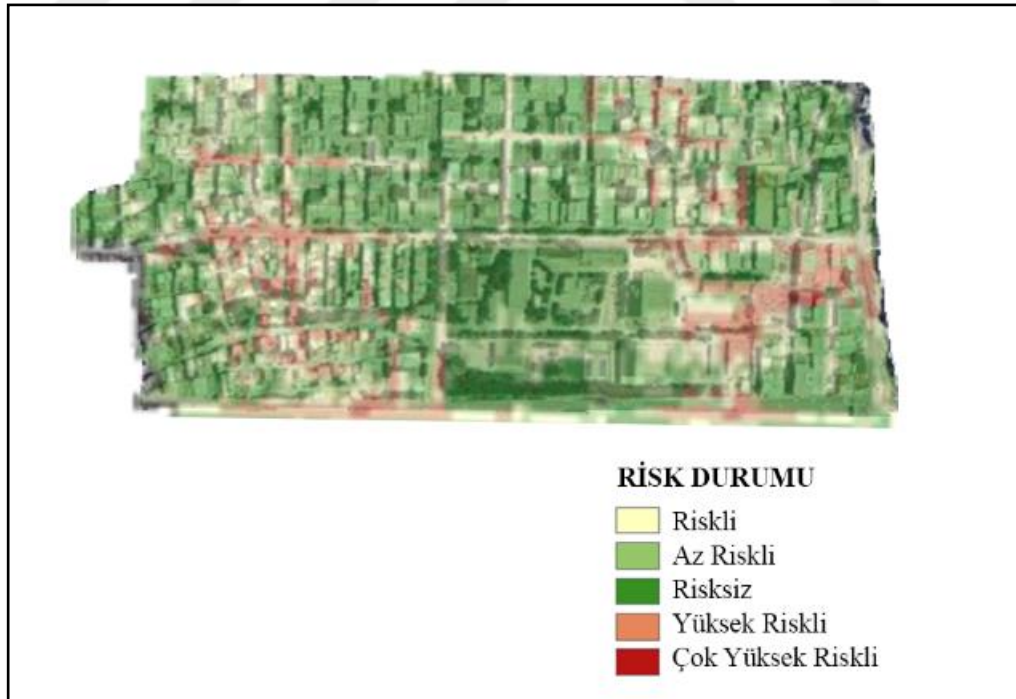
	Gözlemler	Örnek görsel
Konut tipi	Mahalle konut tipolojisi planlısız yapılaşma şeklindedir. Yapılar genellikle 2-3 katlıdır ve yüksek katlı yapı bulunmamaktadır.	
Sokak	Sokaklar ortalama 3,5-4 metredir. Kentsel ölçekte sokaklar birbirini takip etmediğinden yapılaşma plansız gelişmiştir.	
Açık yeşil alan	Mahalledeki en büyük park 4.800 m² olan Yavuz Selim Parkı'dır.	
Geçirimsiz alan	Geçirimsiz alanlar, yollarda kullanılan geçirimsiz asfalt yüzeylerdir.	

Çizelge 3.20 : Yavuzselim Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli	Yüksek riskli
	
9. Doğan Sokak	Kuleber Caddesi

3.5.5 Duaçınarı Mahallesi

Duaçınarı Mahallesi toplam nüfusu 2.997 kişi, erkek nüfusu 1.514 kişi ve kadın nüfusu 1.483 kişidir. Risk analizi sonucunda mahalledeki risksiz alanlar çoğunluktadır. (Şekil 3.31). Duaçınarı Mahallesi'ne ait gözlemlere, görsellere (Çizelge 3.21) ve riskli noktalara (Çizelge 3.22) bu bölümde yer verilmiştir.



Şekil 3.31: Duaçınarı Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Çizelge 3.21 : Duaçınarı Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

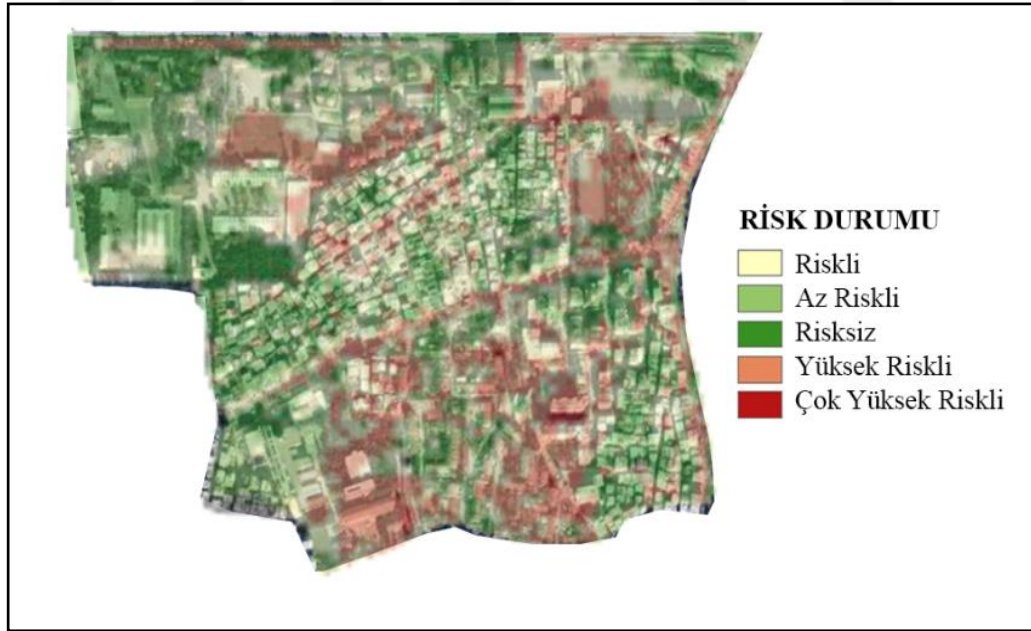
	Gözlemler	Örnek görsel
Konut tipi	Mahallede konut konutlar plansız yapılaşmıştır. Yapılaşma şekli ticaret+konut şeklindedir. Yapılar genellikle 2-3 katlıdır ve yüksek katlı yapı bulunmamaktadır.	
Sokak	Sokaklar ortalama 5 metredir. Kentsel ölçekte sokaklar birbirini takip etmemektedir.	
Açık yeşil alan	Devlet Su İşleri 1. Bölge Müdürlüğü'nün bahçesinde bulunan yeşil alanlar ve 2.300 m ² Duaçınarı Çocuk Parkı mahalledeki açık yeşil alanlar olarak sayılabilir.	
Geçirimsiz alan	Geçirimsiz alanlar araç yollarında yollarda kullanılan geçirimsiz asfalt yüzeyler ve kaldırımlar olarak söylenebilir.	

Çizelge 3.22 : Duaçınarı Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli	Yüksek riskli
	
Yeşim Sokak	Uzun Caddesi

3.5.6 152 Evler Mahallesi

152 Evler Mahallesi toplam nüfusu 9.136 kişi, erkek nüfusu 4.564 kişi ve kadın nüfusu 4.572 kişidir. Risk analizi sonucunda mahallede çok yüksek riskli alanlar bulunmaktadır. (Şekil 3.32). 152 Evler Mahallesi'ne ait gözlemlere, görsellere (Çizelge 3.23) ve riskli noktalara (Çizelge 3.24) bu bölümde yer verilmiştir.



Şekil 3.32 : 152 Evler Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Çizelge 3.23 : 152 Evler Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

	Gözlemler	Örnek görsel
Konut tipi	Mahalledeki konutlar genellikle 3-4 katlı planlanmamış yapılaşma şeklinde gelişmiştir.	
Sokak	Sokaklar genellikle 3-4 m genişliğindedir.	
Açık yeşil alan	Karayolları Genel Müdürlüğü'ne ait alandaki ağaçlandırmaların dışında büyük ölçekli açık yeşil alan bulunmamaktadır.	
Geçirimsiz alan	Karayolları Genel Müdürlüğü'ne ait alanda sert zemin fazladır.	

Çizelge 3.24 : 152 Evler Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli

Yüksek riskli



Yunus Emre İlkokulu bahçesi



1.Okul Sokak



Karayolları 14. Bölge Müdürlüğü
Bahçesi



53. Akıncılar Caddesi



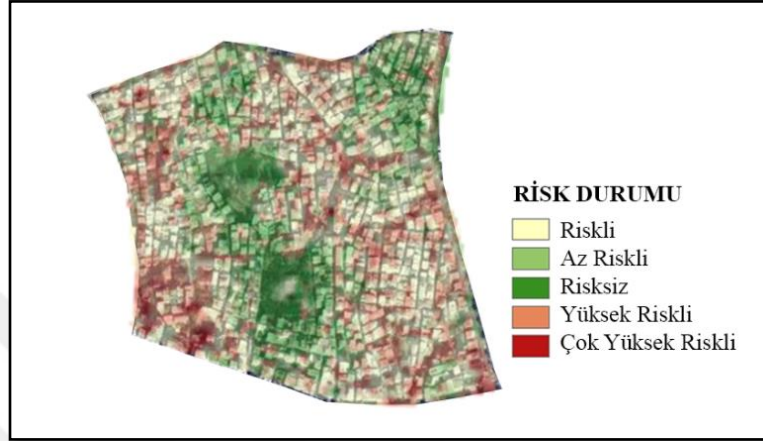
Hastane Sokak



Eğitim Caddesi

3.5.7 Eğitim Mahallesi

Eğitim Mahallesi'ndeki toplam nüfus 11.313 kişi, erkek nüfusu 5.743 kişi ve kadın nüfusu 5.570 kişidir. Risk analizi sonucunda mahallede çok yüksek riskli ve yüksek riskli alanlar bulunmaktadır. (Şekil 3.33). Eğitim Mahallesi'ne ait gözlemlere, görsellere (Çizelge 3.25) ve riskli noktalara (Çizelge 3.26) bu bölümde yer verilmiştir.



Şekil 3.33 : Eğitim Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Çizelge 3.25 : Eğitim Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

Gözlemler	Örnek görsel
Konut tipi Mahallede 3-4 katlı planlanmamış yapılaşmalar ve 5-6 katlı orta yaşlı apartmanlar bulunmaktadır.	
Sokak Sokaklar genellikle 3-4 m genişliğindedir.	

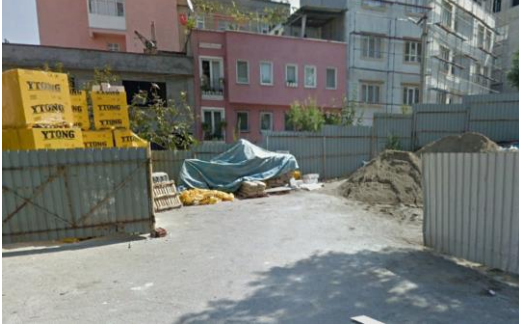
Çizelge 3.25 (devam) : Eğitim Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

	Gözlemler	Örnek görsel
Açık yeşil alan	Eğitim Parkı ve Yenikent Çocuk Parkı Mahallede bulunan açık yeşil alanlardır.	
Geçirimsiz alan	Yollardaki geçirimsiz kaplama mahalledeki sert zemini oluşturmaktadır.	

Çizelge 3.26 : Eğitim Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli	Yüksek riskli
	
Yıkılan Yeşilyayla Erkek Öğrenci Yurdu Alanı	Narlı Sokak

Çizelge 3.26 (devam) : Eğitim Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli	Yüksek riskli
	
1. Alp Sokak Depo Alanı	11 Bayırdır Sokak
	
	1. Kestaneli Sokak

3.5.8 Değirmenlikızık Mahallesi

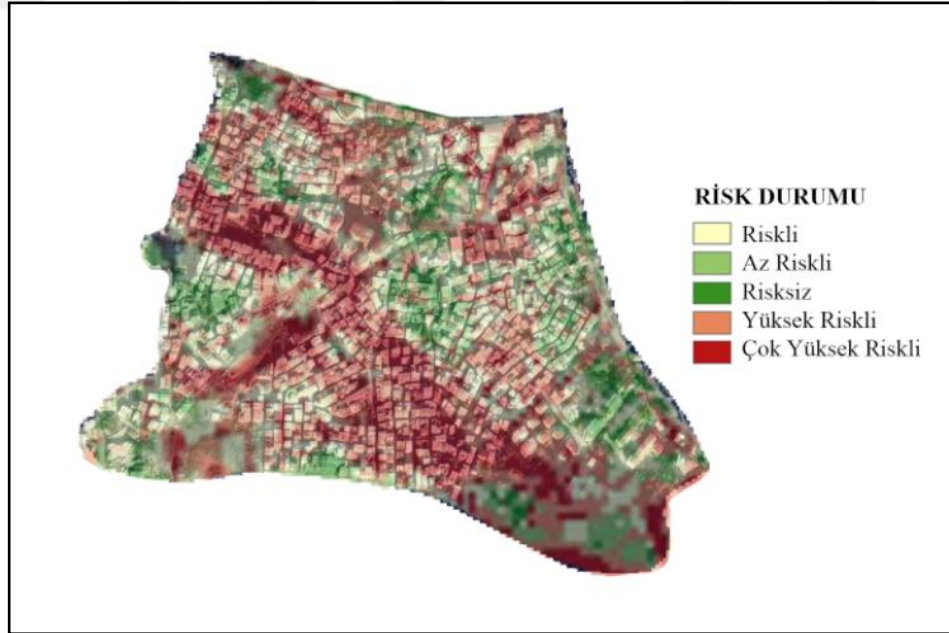
Değirmenlikızık Mahallesi toplam nüfusu 16.250 kişi, erkek nüfusu 8.295 kişi ve kadın nüfusu 7.955 kişidir.

Değirmenlikızık Mahallesi'nde bulunan dere 2012 yılında kapatılmıştır (Şekil 3.34). Kapatma çalışmaları trafiğin derenin iki tarafından ve dar sokaklardan akması nedeni öne sürülerek başlatılmıştır. Böylelikle sokağın genişletilmesi ve dereden kaynaklanan kokunun giderilmesi hedeflenmiştir. Derenin sokaktan geçen 180 metrelik bölümü kapalı baks ile kapatılmıştır.



Şekil 3.34 : Dalyan Sokak'ın ortasından geçen Akçalar Deresi kapatma çalışmaları (Bursa'da Altyapı Yenileniyor, 2012).

Değirmenlikızık Mahallesi'nde yapı yoğunluğu çok fazla olduğundan çok yüksek riskli alanlar fazladır (Şekil 3.35). Mahalle Uludağ yamaçlarında olduğundan eğim fazladır. Google Earth'ten faydalanılarak bulunan ortalama eğim %12,5'tir.



Şekil 3.35 : Değirmenlikızık Mahallesi mevcut sel riski analizi

Değirmenlikızık Mahallesi'ne ait gözlemlere, görsellere (Çizelge 3.27) ve riskli noktalara (Çizelge 3.28) bu bölümde yer verilmiştir.

Çizelge 3.27 : Değirmenlikızık Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

	Gözlemler	Örnek görsel
Konut tipi	Mahalle genelinde konut tipolojisi planlanmamış kaçak yapılaşma şeklindedir. Konutlarda çatılar genellikle kat çıkılabilecek şekilde bırakılmıştır. Yapılar genellikle 3-6 katlıdır.	
Sokak	Sokaklar genellikle 3 m genişliğindedir. Sokaklar birbirini takip etmemektedir. Plansız yapılaşma ortaya çıkmaktadır.	
Açık yeşil alan	Kullanılmayan, tasarlanmamış yeşil alanlar bulunmaktadır.	

Çizelge 3.28 : Değirmenlikızık Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli



6. Doğan Sokak



Dülger Sokak



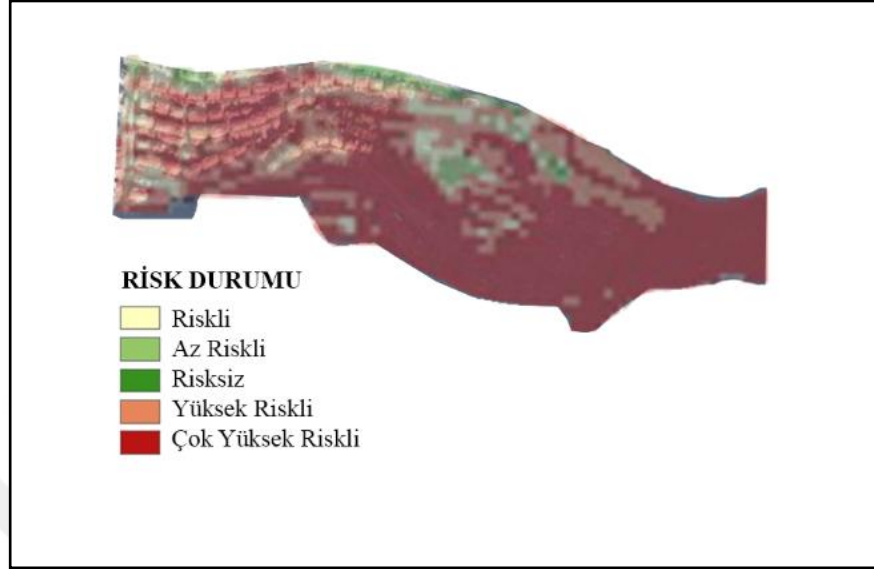
3.Eğitim Sokak



4.Şahin Sokak ve park

3.5.9 Akçağlayan Mahallesi

Akçağlayan Mahallesi toplam nüfusu 16.215 kişi, erkek nüfusu 8.126 kişi ve kadın nüfusu 8.089 kişidir.



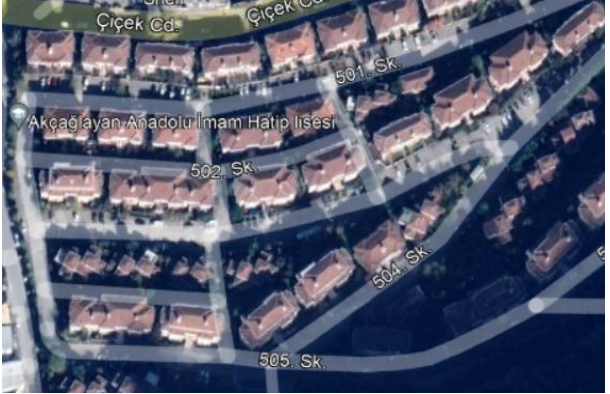
Şekil 3.36 : Akçağlayan Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Mahalle geneli çok yüksek riskli çıkmıştır (Şekil 3.36). Bunun nedeni Uludağ yamacında bulunan yüksek eğimli bir mahalle olmasıdır. Google Earth'ten faydalanılarak bulunan ortalama eğim %21'dir. Akçağlayan Mahallesi'ne ait gözlemlere, görsellere (Çizelge 3.29) ve riskli bölgeye (Şekil 3.37) bu bölümde yer verilmiştir.

Çizelge 3.29 : Akçağlayan Mahallesi gözlemler ve örnek görseller

Gözlemler	Örnek görsel
Konut tipi Seçilen alan içerisinde 3 katlı Akçağlayan TOKİ yapıları bulunmaktadır.	

Çizelge 3.29 (devam) : Akçağlayan Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

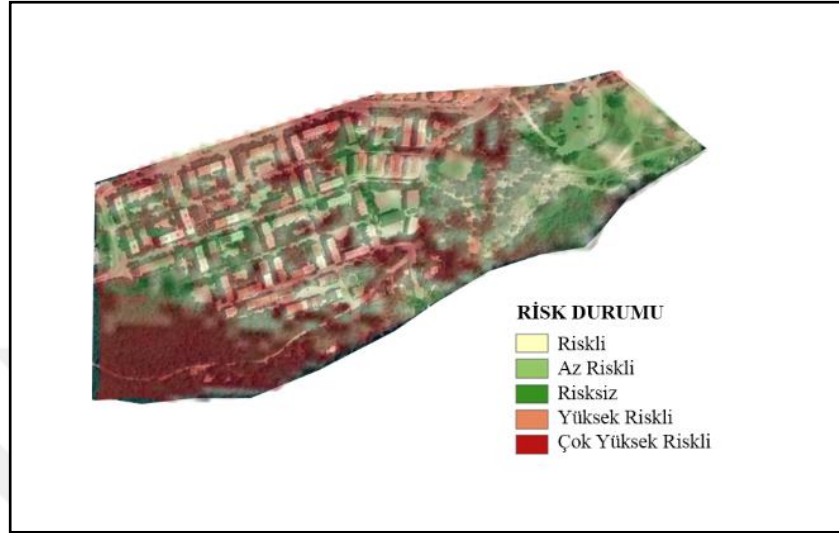
	Gözlemler	Örnek görsel
Sokak	Sokaklar genellikle TOKİ içerisinde kalmaktadır ve 8-10 m genişliğindedir.	
Açık yeşil alan	Açık yeşil alan bulunmamaktadır.	
Geçirimsiz alan	Mahalledeki yollar geçirimsiz alanları oluşturmaktadır.	



Şekil 3.37 : Akçağlayan Mahallesi çok yüksek riskli alan fotoğraf, Mahalledeki konutlar ve sokaklar (Yandex haritalar, 2022).

3.5.10 Kaplıkaya Mahallesi

Kaplıkaya Mahallesi'nde toplam nüfus 3.707 kişi, erkek nüfusu 1.796 kişi ve kadın nüfusu 1.911 kişidir. Şekil 3.38'de Kaplıkaya Mahallesi risk analizine yer verilmiştir. Analiz sonucunda çok yüksek riskli bölgeler dikkat çekmektedir.



Şekil 3.38 : Kaplıkaya Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Kaplıkaya Mahallesi'ne ait görsellere ve riskli alanlara Çizelge 3.30'da yer verilmiştir.

Çizelge 3.30 : Kaplıkaya Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli



Mahalle yerleşimin güneyi, ormanlık alan

Yüksek riskli



2.K1y1 Sokak Site otoparkı



Karanfil Sokak



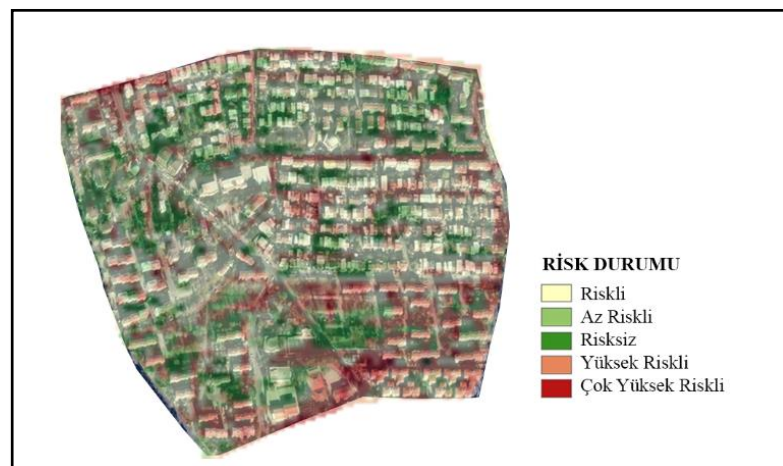
Kekik Sokak

Çizelge 3.30 (devam) : Kaplıkaya Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli	Yüksek riskli
	
5.Kanuni Caddesi	Peyami Sefa Ortaokulu bahçesi
	
2.Kıyı Sokak site otoparkı	

3.5.11 Ertuğrulgazi Mahallesi

Ertuğrulgazi Mahallesinde toplam nüfus 8.837 kişi, erkek nüfusu 4.175 kişi, kadın nüfusu ise 4.662 kişidir. Analiz sonucunda riskli alanlar bulunmaktadır (Şekil 3.39).



Şekil 3.39: Ertuğrulgazi Mahallesi mevcut sel riski analizi.

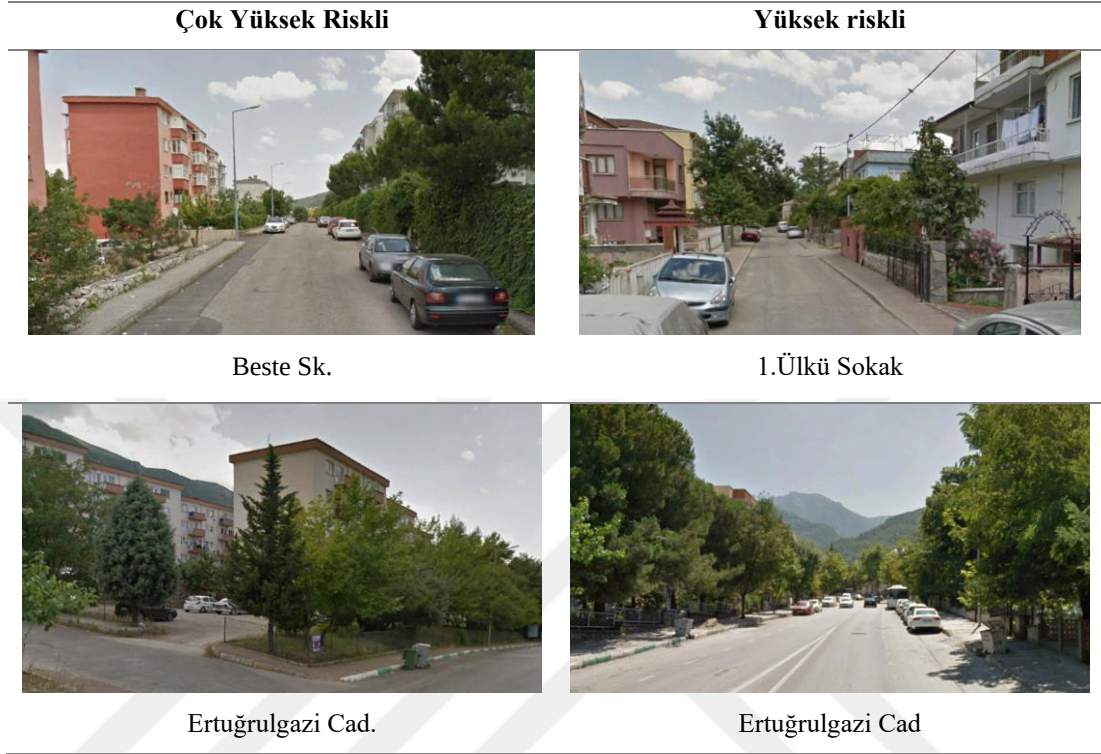
Mahallede yeni ve eski yapılaşmalar bulunmaktadır. Kentsel dönüşüm kapsamında yenilenen kısımlar mevcuttur. Mahalledeki gözlemlere Çizelge 3.31’de yer verilmiştir.

Çizelge 3.31 : Ertuğrulgazi Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

	Gözlemler	Örnek görsel
Konut tipi	Planlanmamış kaçak yapılaşma ve kentsel dönüşüm kapsamında yenilenen kısımlardan oluşmaktadır. Kat yüksekliği tek katlı evler ve 6-7 katlı yüksek konut yapıları şeklinde değişkenlik göstermektedir.	
Sokak	Konut yerleşimleri tek katlı eski bahçeli konut şeklinde geliştiğinden kentsel ölçekte sokaklar çalışma alanındaki diğer mahallelere göre daha düzenlidir.	
Açık yeşil alan	Küçük parklar, konut bahçelerinde yeşil alanlar ve yol kenarında-kaldırımlarda ağaçlar bulunmaktadır.	
Geçirimsiz alan	Mahalledeki yollar geçirimsiz alanları oluşturmaktadır.	

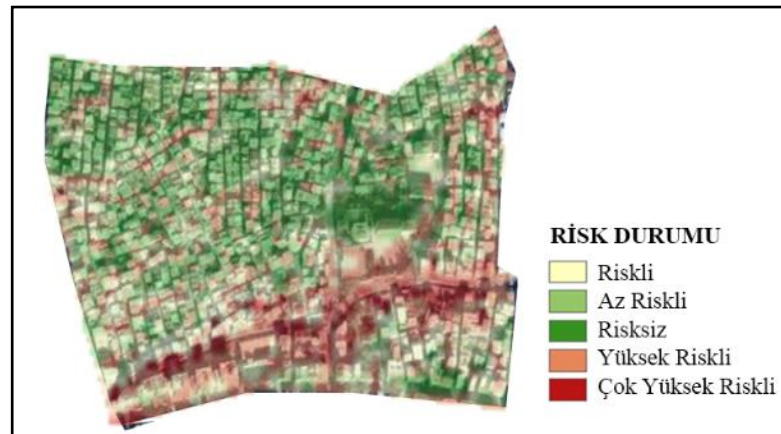
Ertuğrulgazi Mahallesi'nde riskli çıkan alanların geçirimsiz yüzeyler özellikle yollar olduğu görülmektedir (Çizelge 3.32).

Çizelge 3.32 : Ertuğrulgazi Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.



3.5.12 Selçukbey Mahallesi

Selçukbey Mahallesi'nde toplam nüfus 11.428 kişi, erkek nüfusu 5.670 kişi, kadın nüfusu ise 5.758 kişidir. Analiz sonucunda Kanal Caddesi çok yüksek riskli olarak en fazla dikkat çeken bölgedir (Şekil 3.40).



Şekil 3.40: Selçukbey Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Bu bölümde Selçukbey Mahallesi gözlemlerine (Çizelge 3.33) ve riskli alanlara yer verilmiştir (Çizelge 3.34).

Çizelge 3.33 : Selçukbey Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

	Gözlemler	Örnek görsel
Konut tipi	Mahalle genelinde konut tipolojisi planlanmamış kaçak ve yoğun yapılaşmadan oluşmaktadır. Genellikle 3-4 katlı konutlar bulunmaktadır.	
Sokak	Konut yerleşimleri tek katlı eski bahçeli konut şeklinde geliştiğinden kentsel ölçekte sokaklar çalışma alanındaki diğer mahallelere göre daha düzenlidir.	
Açık yeşil alan	Yoğun yapılaşmadan dolayı küçük parklar dışında yeşil alan bulunmamaktadır.	
Geçirimsiz alan	Mahalledeki yollar ve sık yapılaşma geçirimsiz alanları oluşturmaktadır.	

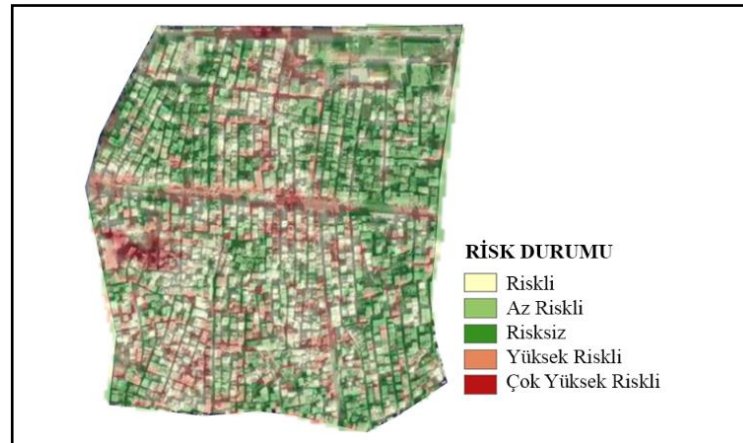
Çizelge 3.34 : Selçukbey Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli	Yüksek riskli
	
Ergene Sokak	Kanal Caddesi
	
Ender Sokak	Kanal Caddesi

Riskli noktaların özellikle yollar ve caddelerdeki geçirimsiz zeminlerden kaynaklandığı görülmektedir (Çizelge 3.34).

3.5.13 Ortabağlar Mahallesi

Ortabağlar Mahallesi'nde toplam nüfus 15.571 kişi, erkek nüfusu 7.772 kişi ve kadın nüfusu 7.799 kişidir. Analiz sonucunda çok yüksek riskli ve yüksek riskli bölgeler mevcuttur (Şekil 3.41).



Şekil 3.41: Ortabağlar Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Çizelge 3.35 : Ortabağlar Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

	Gözlemler	Örnek görsel
Konut tipi	Mahalle genelinde planlanmamış kaçak ve yoğun yapılaşma mevcuttur. Genellikle 3-4 katlı konutlar bulunmaktadır.	
Sokak	Mahalle geneli 3metre civarında dar sokaklardan oluşmaktadır.	
Açık yeşil alan	Yoğun yapılaşmadan dolayı küçük ölçekli mahalle parkları dışında yeşil alan bulunmamaktadır.	
Geçirimsiz alan	Mahalledeki yollar ve sık yapılaşma geçirimsiz alanları oluşturmaktadır.	

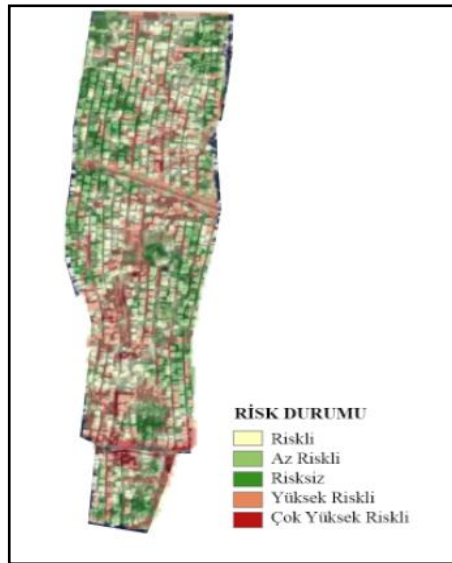
Gözlemlere göre mahallede dar sokaklar ve plansız yapılaşma söz konusudur (Çizelge 3.35). Riskli alanlar mahalledeki okul bahçeleri ve caddelerdeki geçirimsiz yüzeylerdir (Çizelge 3.36).

Çizelge 3.36 : Ortabağlar Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli	Yüksek riskli
	
Şerif Rabia Kutlucan Ortaokulu	Mimar Sinan Bulvarı
	
Ankara Caddesi	Huzur Caddesi

3.5.14 Güllük Mahallesi

Güllük Mahallesi'nde toplam nüfus 9.793 kişi, erkek nüfusu 4.890 kişi ve kadın nüfusu 4.903 kişidir. Risk analizi sonucunda çok yüksek riskli ve riskli alanlar bulunmaktadır (Şekil 3.42).



Şekil 3.42: Güllük Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Mahalledeki gözlemlere bakıldığında plansız yapılaşma ve dar sokaklar dikkat çekmektedir (Çizelge 3.37).

Çizelge 3.37 : Güllük Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

	Gözlemler	Örnek görsel
Konut tipi	Mahalle genelinde planlısız, yoğun ve kaçak yapılaşma mevcuttur. Genellikle 2-3 katlı konutlar bulunmaktadır.	
Sokak	Plansız yapılaşma olduğundan sokaklar dar ve düzensizdir.	
Açık yeşil alan	Küçük ölçekli mahalle parkları dışında yeşil alan bulunmamaktadır.	
Geçirimsiz alan	Mahalledeki yollar ve sık yapılaşma geçirimsiz alanları oluşturmaktadır.	

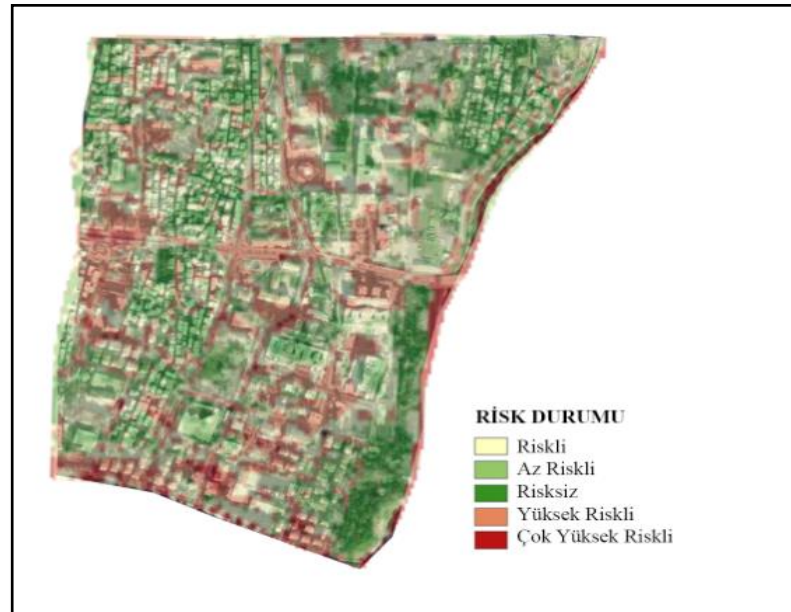
Sel riski analizinde riskli çıkan noktalar, caddelerdeki geçirimsiz yüzeylerdir (Çizelge 3.38).

Çizelge 3.38 : Güllük Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli	Yüksek riskli
	
Kanal Caddesi	Mimar Sinan Bulvarı

3.5.15 Mimarsinan Mahallesi

Mimarsinan Mahallesi'nde toplam nüfus 12.817 kişi, erkek nüfusu 7.043 kişi ve kadın nüfusu 5.774 kişidir. Analiz sonucunda, mahalledeki yapılaşma alanları ve yollarda çok yüksek riskli alanlar mevcuttur (Şekil 3.43).



Şekil 3.43: Mimarsinan Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Analizde önemli bir ağırlık değeri bulunan Kaplıkaya- Hacivat Deresi, Mimar Sinan Mahallesi boyunca Uludağ’ dan kuzey yönüne doğru akmaktadır (Şekil 3.44).



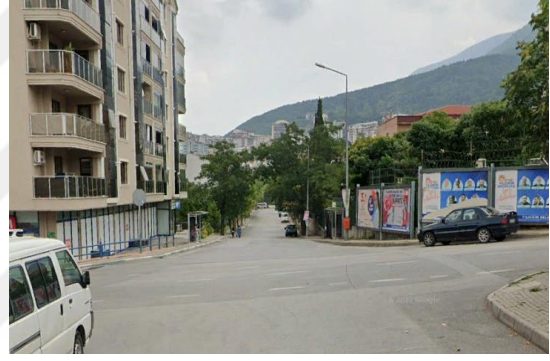
Şekil 3.44 : Kaplıkaya- Hacivat Deresi.

Dere kenarında büyük yeşil park alanı mevcuttur. Ayrıca mahallede planlı ve plansız yerleşim bir arada görülmektedir (Çizelge 3.39).

Çizelge 3.39 : Mimarsinan Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

Gözlemler	Örnek görsel
Konut tipi Mahallede planlı ve plansız, yoğun ve kaotik yapılaşma ile birlikte planlı ve site tipi yapılaşma da mevcuttur. 2-3 katlı ve 7-8 katlı konutlar bulunmaktadır.	
Sokak Plansız yapılaşma olan bölgelerde dar sokaklar bulunmakla birlikte, planlı gelişen bölgelerde 12-13 metrelik sokaklar mevcuttur.	

Çizelge 3.39 (devam) : Mimarsinan Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

	Gözlemler	Örnek görsel
Açık yeşil alan	Kaplıkaya-Hacivat Deresi bitişiğinde yer alan, 58.000 m ² alana sahip Mimar Sinan Parkı çevredeki mahalleler tarafından da oldukça aktif kullanılan bir park alanıdır.	
Geçirimsiz alan	Mahalledeki geniş yollar ve caddeler geçirimsiz alanları oluşturmaktadır.	

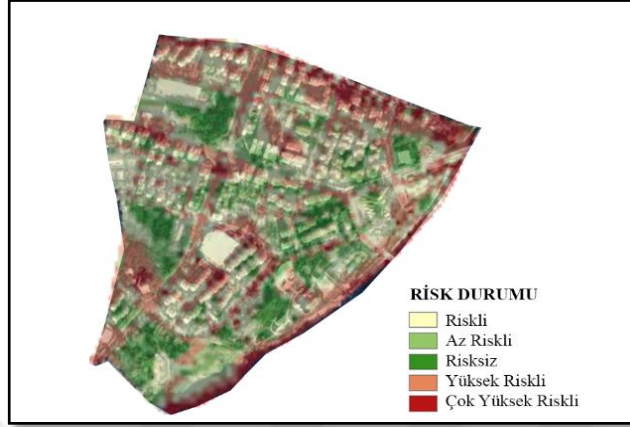
Yüksek risk faktörü olan dere çevresi ve bulunan kamu yapılarının bahçelerinde yüksek riskli alanlar bulunmaktadır (Çizelge 3.40).

Çizelge 3.40 : Mimarsinan Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli	Yüksek riskli
	
Kaplıkaya- Hacivat Deresi	BTÜ Mimar Sinan Yerleşkesi Bahçesi

3.5.16 Siteler Mahallesi

Siteler Mahallesi'nde toplam nüfus 5.163 kişi, erkek nüfusu 2.424 kişi ve kadın nüfusu 2.739 kişidir. Mahallede konut yapılaşmalarının olduğu alanlarda çok yüksek riskli çıkan kısımlar mevcuttur (Şekil 3.45).



Şekil 3.45 : Siteler Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Siteler Mahallesi konut yerleşimi komşu mahallelere göre daha planlı şekilde gelişmiştir. Yüksek katlı yapılar da mevcuttur (Çizelge 3.41).

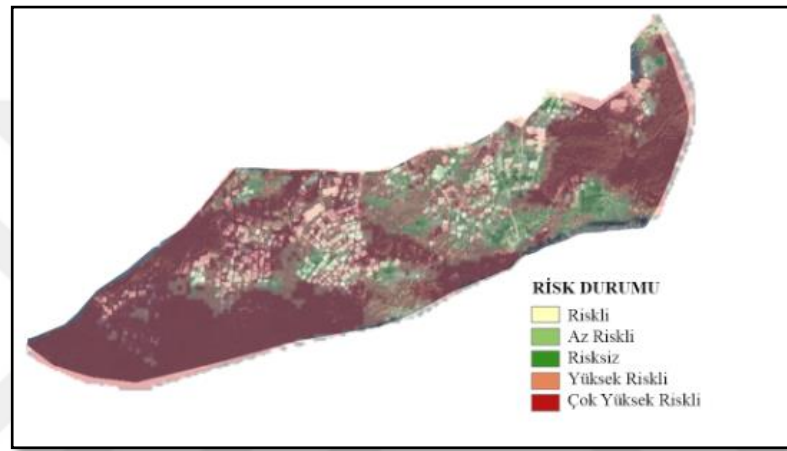
Çizelge 3.41 : Siteler Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli	Yüksek riskli
6. Sokak	Selçukbey Caddesi
Kanal Caddesi	Kaplıkaya Deresi kenarı rekreasyon alanı

Çizelge 3.41'deki görsellerden görüldüğü gibi mahallede geniş sokak ve caddeler bulunmaktadır. Bu durum geçirimsiz asfalt yüzeylerin fazla olmasına dolayısıyla riskin artmasına yol açmaktadır.

3.5.17 Fidyekızık Mahallesi

Fidyekızık Mahallesi'nde toplam nüfus 5.242 kişi, erkek nüfusu 2.582 kişi ve kadın nüfusu 2.660 kişidir. Çalışma alanının güneyinde bulunan ve Uludağ'a komşu olan bu mahalle eğimin en yüksek olduğu mahalle olmasından dolayı çok yüksek riskli alanlar oldukça fazladır (Şekil 3.46).



Şekil 3.46 : Fidyekızık Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Mahalleye ait gözlemler Çizelge 3.42'de verilmiştir. Nitel gözlemlere bakıldığında mahallede plansız yerleşim oldukça hakimdir.

Çizelge 3.42 : Fidyekızık Mahallesi gözlemler ve örnek görseller

Gözlemler	Örnek görsel
Konut tipi Mahalle genellikle 3-4 katlı planlanmamış yapılaşmalardan oluşmaktadır. Ayrıca 7-8 katlı yeni yapılaşmalar mevcuttur.	

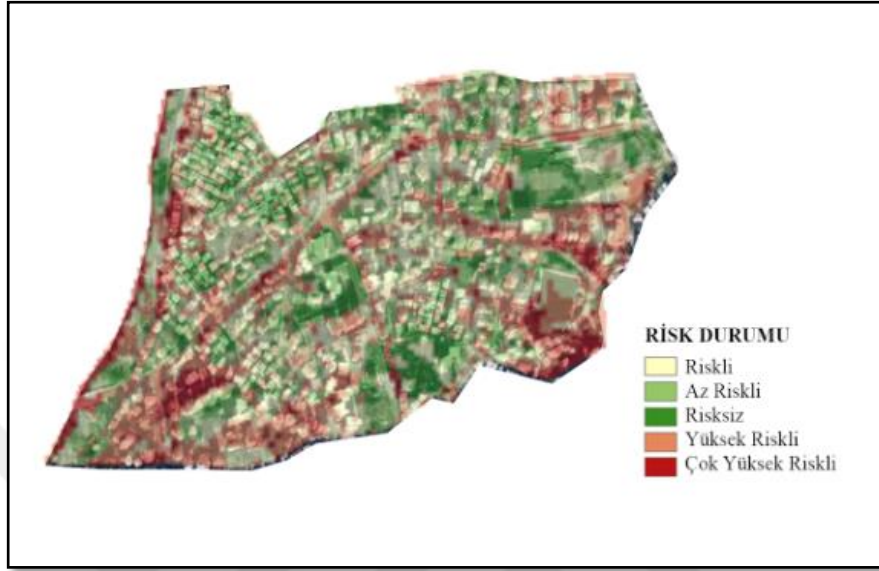
Çizelge 3.42 (devam) : Fidyekızık Mahallesi gözlemler ve örnek görseller.

	Gözlemler	Örnek görsel
Sokak	Sokaklar genellikle 3-4 m genişliğindedir.	
Açık yeşil alan	Uludağ yamacındaki ağaçlık alanlar dışında düzenlenmiş park ve açık yeşil alan bulunmamaktadır.	
Geçirimsiz alan	Sokak ve caddelerdeki geçirimsiz kaplama mahalledeki sert zemini oluşturmaktadır.	

Fidyekızık mahallesindeki yerleşim bölgelerinin tamamına yakını riskli çıkmıştır. Riskin yüksek çıkmasındaki en önemli nedeni eğim faktörüdür. Mahallede zaman zaman yaşanan sel felaketleri sel riski haritasını doğrulamaktadır.

3.5.18 Bağlaraltı Mahallesi

Bağlaraltı Mahallesi'nde toplam nüfus 18.301 kişi, erkek nüfusu 9.153 kişi ve kadın nüfusu 9.148 kişidir. Risk analizi sonucunda mahallede çok yüksek riskli alanlar görülmektedir (Şekil 3.47).



Şekil 3.47 : Bağlaraltı Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Mahalledeki gözlemlere bakıldığında mahallede planlı ve plansız yapılaşmanın bir arada olduğu görülmektedir. Geniş caddelere ve açık yeşil alana sahiptir (Çizelge 3.43).

Çizelge 3.43 : Bağlaraltı Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

	Gözlemler	Örnek görsel
Konut tipi	Mahallede 3-4 katlı planlanmamış yapılaşmalar ve 7-8 katlı yeni yapılaşmalar mevcuttur.	

Çizelge 3.43 (devam) : Bağlaraltı Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

	Gözlemler	Örnek görsel
Sokak	Dar sokakların yanında 10 metreyi bulan geniş sokaklar da mevcuttur.	
Açık yeşil alan	Mimar Sinan Parkı'nın Kaplıkaya- Hacivat Deresi'nin doğu yakasındaki devamı, mahallede bulunan büyük ölçekli açık yeşil alandır. (25.000 m ²)	
Geçirimsiz alan	Sokak ve caddelerdeki geçirimsiz kaplama mahalledeki sert zemini oluşturmaktadır.	

Mahalledeki riskli alanlara bakıldığında, riskin genel olarak geçirimsiz sert zeminin bulunduğu asfalt yollardan kaynaklandığı gözlemlenmektedir (Çizelge 3.44).

Çizelge 3.44 : Bağlaraltı Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli

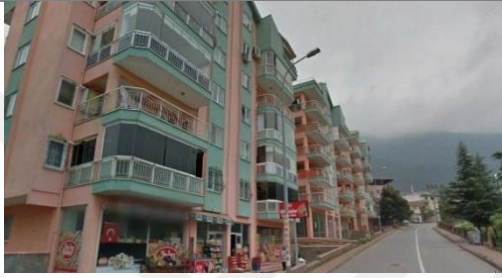


410.Sokak

Yüksek riskli



A216 Sokak



1.Cadde



4. Cadde



A114 Sokak



A116 Sokak



A108 Sokak

Şekil 3.48 ve Şekil 3.49’da görüldüğü gibi mahallede yaşanan ani yağışlar sonucunda yüzey akışındaki artış ve sert zeminlerde suyun birikmesi sonucu günlük yaşantıyı oldukça olumsuz etkilemektedir.



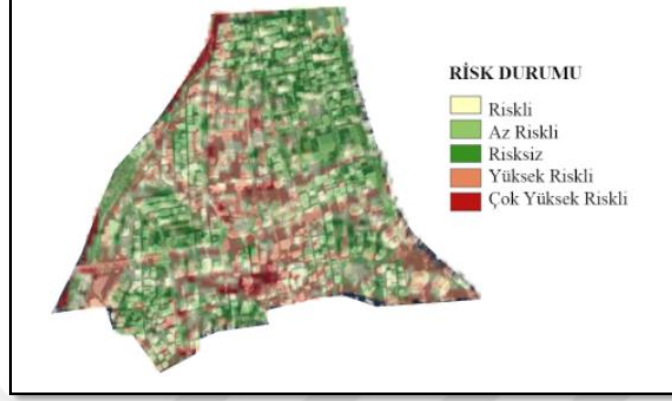
Şekil 3.48 : Mimar Sinan Deresi (Ağustos, 2021).



Şekil 3.49 : Bağlaraltı Mahallesi (Ağustos 2021).

3.5.19 Erikli Mahallesi

Erikli Mahallesi'nde toplam nüfus 12.619 kişi, erkek nüfusu 6.249 kişi ve kadın nüfusu 6.370 kişidir. Analiz sonucunda çok yüksek riskli ve yüksek riskli alanlar mevcuttur (Şekil 3.50).



Şekil 3.50 : Erikli Mahallesi mevcut sel riski analizi.

Erikli Mahallesi'nde riskli çıkan alanlar genellikle geçirimsiz yüzeye sahip olan sokaklardır (Çizelge 3.45).

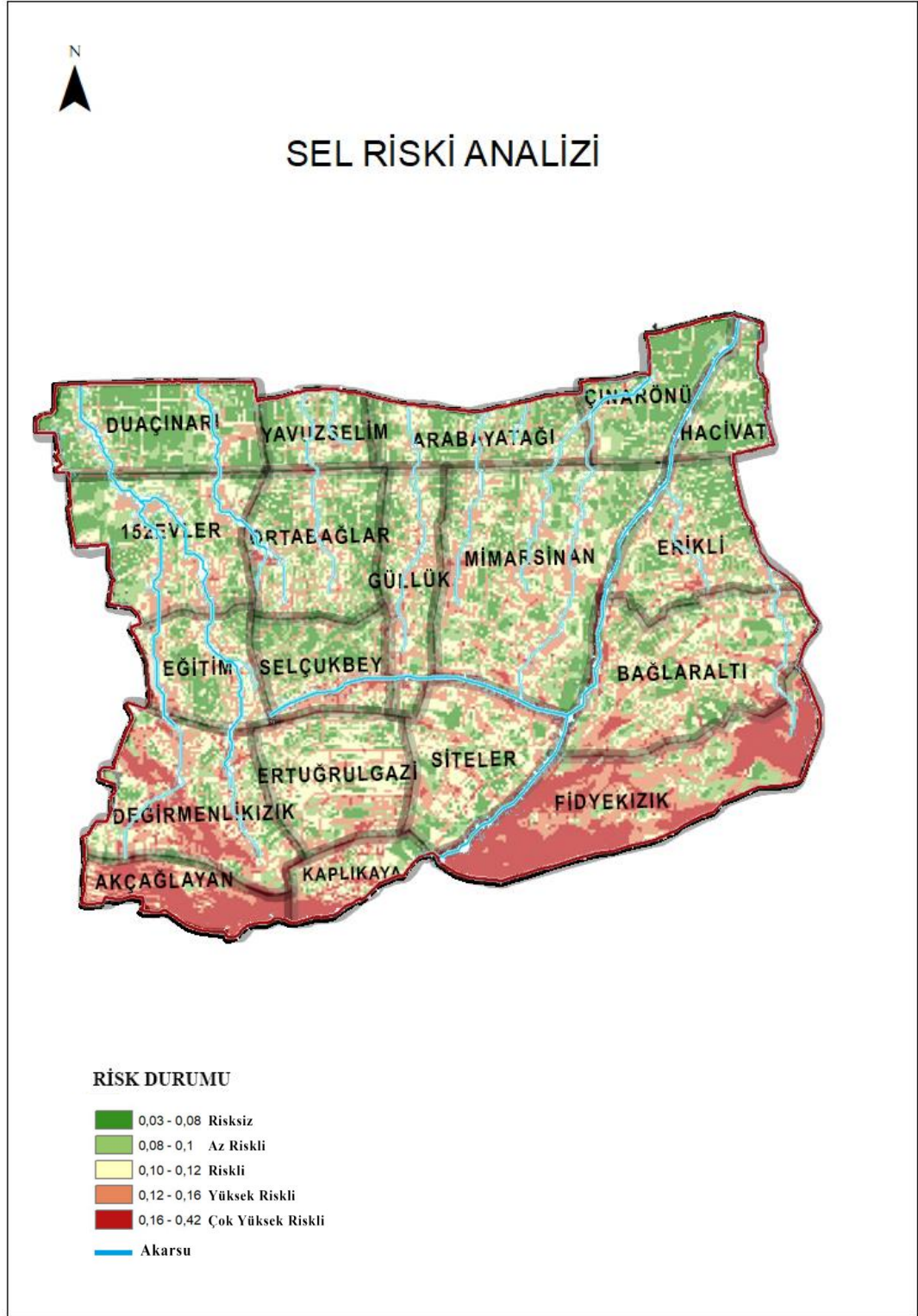
Çizelge 3.45 : Erikli Mahallesi riskli alanlardan fotoğraflar.

Çok Yüksek Riskli	Yüksek riskli
	
308.Sokak	2.Eda Sokak
	
Eğriyol Sokak	Eflak Caddesi

3.5.20 Genel alan riski

Alandaki sel riski analizi, seçilen kriterler ve alt kriterlerin seçilmesi, ağırlık değerlerinin hesaplanması ve ArcGIS programında ağırlık değerlerinin weighted sum aracı kullanılarak girilmesi ile hesaplanmıştır (Şekil 3.51). Analize göre eğimin yüksek olduğu kısımlar ve dere yataklarının çevresinde risk çok yüksek riskli, riskli ve az riskli olarak sıralanmıştır. Bu durum risk haritasında eğimin yüksek olduğu noktaların ve dere yataklarının gözle okunabilir olmasını sağlamıştır. Kaplıkaya-Hacivat Deresi'nin doğusunda bulunan 1.cadde, dereye olan yakınlığı nedeniyle çok yüksek riskli ve yüksek riski olarak kuzey-güney aksında devam etmektedir. Güneyde, eğimin yüksek olduğu Fidyekızık Mahallesi çok yüksek riskli iken Erikli Mahallesi yakınlarına gelindiğinde eğimin azalması ile birlikte risk azalarak yüksek riskliye evrilmektedir. En kuzeydeki mahallelere gelindiğinde ise sel riski, az riskli ve risksiz kadar düşmektedir.

Mahallelerde coğrafi etkilerin dışında riski etkileyen faktörler bulunmaktadır. Yüksek riskli çıkan bölgelerin fotoğrafları incelendiğinde geçirimsiz sert yüzeylerin çoğunlukta olduğu bölgeler ve asfalt yollar olduğu görülmektedir.



Şekil 3.51 : Tüm alan riski.

3.6 Dirençliliğe Yönelik Risk Azaltım Senaryolarının Oluşturulması

İklim değişikliğinin bir sonucu olarak, kentsel alanlar hem can hem de mal kaybı açısından yıkıcı etkilere neden olabilecek sel baskınlarına karşı giderek daha savunmasız hale gelmektedir. Bu nedenle, kentsel sel süreçlerinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve tehdit altındaki alanlarda afet öncesi iyileştirme stratejilerinin geliştirilmesi esastır. Şu anda, iklim değişikliği ve artan kentleşme ile ilgili olarak, sel, şehirlerin karşılaştığı en zorlu sorunlardan biridir (Yin vd. 2015). Sellerin doğal nedenleri son zamanlarda iklim değişikliğinin sonucudur (Jamshed et al. 2020), diğer nedenler ise kentleşme ile artmaktadır (Waghwalwa ve Agnihotri 2019).

İklim değişikliği nedeniyle yaşanan aşırı yağışlar sel riskini artırmaktadır. Fakat tek etken iklim değişikliği değildir. Şehirlerimizde risk faktörünün düşünülmeden kentleşmenin hızlanması yaşanan sel felaketlerinden etkilenme miktarını ve kırılganlığı artırmaktadır. Kentler risk oranını artırabildiği gibi düşürme potansiyelini de barındırmaktadır. Bursa alan çalışması kapsamında sel riski dirençlilik senaryosu kapsamında mavi yeşil altyapı ve doğaya dayalı çözümler üzerinde durulmuştur.

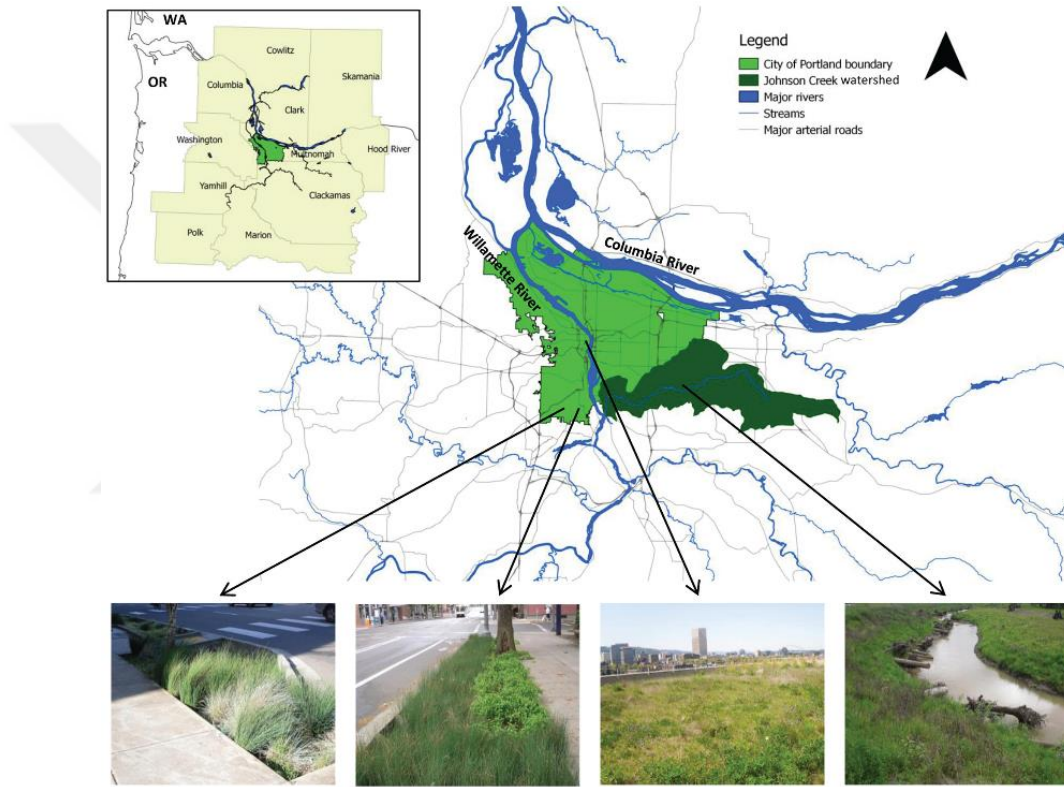
Genellikle, yeşil altyapı, şehirlerin içinde ve çevresinde iyileştirilmiş yaşam kalitesi veya su filtreleme ve taşkın kontrolü gibi ekosistem hizmetleri sağlayan park alanları, ormanlar, sulak alanlar, yeşil kuşaklar veya taşkın yollarıyla tanımlanmaktaydı. Son zamanlarda yeşil altyapı, şehirlerin doğal yaklaşımlarla ulaşmaya çalıştığı çevresel veya sürdürülebilirlik hedefleriyle daha sık ilişkilidir. Yeşil altyapı ve teknolojik uygulamalara yeşil, mavi ve beyaz çatılar; sert ve yumuşak geçirgen yüzeyler, yeşil sokaklar ve sokaklar; kentsel ormancılık, parklar ve sulak alanlar gibi yeşil açık alanlar ve binaları sel ve kıyı fırtına dalgalanmalarıyla daha iyi başa çıkacak şekilde uyarlamak örnek olarak verilebilir.

Gri altyapı, daha yoğun yağış olaylarından kaynaklanan akıştaki artışlarla başa çıkmak için daha fazla atık su arıtma tesisi inşa etmek de dahil olmak üzere, etkilerle başa çıkmak için daha geleneksel yaklaşımları ifade eder. Gri altyapı yaklaşımları, toplulukların iklime dayanıklılık geliştirmelerine yardımcı olmada yeşil altyapı yaklaşımlarını tamamlayabilir. Örneğin, geçirgen kaldırım gibi yenilikler yeşil ve gri altyapının bir karışımı olarak düşünülebilir.

Yeşil altyapı yaklaşımlarının uygulamaları, bireysel binalardan, arsalardan ve mahallelerden tüm şehirlere ve metropol bölgelerine kadar çeşitli ölçeklerde. Yeşil

altyapı stratejileri, büyük, merkezileştirilmiş kamu makro projeleri veya özel mülkiyet üzerindeki daha küçük, merkezi olmayan mikro uygulamalar yoluyla uygulanabilir.

Portland, yeşil yağmur suyu yönetiminde lider olarak tanınmaktadır, Portland'ın gri altyapının yanında yeşil altyapı kullanma deneyimi, gri altyapıya kıyasla yeşil altyapının maliyetinin önemli ölçüde daha düşük olduğunu göstermektedir. Griden Yeşile projesi yağmur suyu yönetimi için ağaç dikmek, eko çatılar kurmak, yeşil varlıklar yaratmak için arazi satın almak, menfezleri kaldırmak ve şehir çapında yeşil sokakların inşası gibi maddeleri içermektedir (Şekil 3.52).



Şekil 3.52 : Portland kenti yeşil sokak kurulumları, Multnomah County Ecoroof, Foster Floodplain doğal alanı (Thorne, vd, 2015).

New York'ta uygulanan, OneNYC 2050, yeşil ve doğal altyapının sağlığını ve dayanıklılığını artırmayı amaçlayan bir stratejidir. Su parkları ve bunların yeşil altyapıya entegrasyonu, OneNYC 2050 Building a Strong and Fair City raporunda yağmur suyu yönetimi için en çok bahsedilen Suya Duyarlı Kentsel Tasarım unsurları arasında yer almaktadır. Bahsedilen örnekler doğaya dayalı çözümler ve mavi- yeşil altyapı olarak literatürde yer almaktadır (Çizelge 3.46).

Çizelge 3.46 : Doğaya dayalı çözümler ve mavi yeşil altyapı.

Doğaya Dayalı Çözümler	Mavi- Yeşil Altyapı
Yağmur suyu toplama sistemleri	
Yeniden kullanım için çatılardan ve diğer asfalt yüzeylerden yağmur suyunu toplama ve depolamayı içerir.	Yeşil Çatı
Yeşil çatılar	
Yüzey akışını azaltan canlı bir yüzey oluşturmak için çatıda bir toprak tabakası oluşturmayı içerir.	Hendek
Geçirgen kaldırımlar	
Yağmur suyunun toprağa veya yeraltı deposuna sızmasını sağlarken yürümek veya araba kullanmak için sert bir yüzey görevi görür.	Kanal
Biyolojik tutma sistemleri	
Bitki örtüsü ve alttaki topraklardan süzülmeden önce geçici bir yüzey havuzunda akışı toplar.	
Örneğin yağmur bahçeleri:	
Yağmur bahçelerinin temel amacı, yağmur suyunu toplamak ve yerinde arıtmaktır. Yollardaki ve yaya caddelerindeki geçirgen kaldırımlar, yağmur suyunu toplar ve ardından su, biyolojik olarak tutulması için yağmur bahçelerine aktarılır.	Gölet
Ağaçlar	
Yağmur suyunu yakalarken aynı zamanda buharlaşma, biyolojik çeşitlilik ve gölge sağlar.	Sulak Alan
Hendekler	
Alıkoyma havuzları, tutma havuzları ve sulak alanlar su akışını yavaşlatan, sahadan tahliye ederken ve biyolojik çeşitliliği teşvik ederken akışı depolar ve arıtır.	

Barredo ve Engelen (2010), gelecek yıllara ait arazi kullanım senaryolarının taşkın riskine etkisini analiz etmiştir. Çalışma mekansal planlama ve taşkın riskinin azaltılması için bir yaklaşım önermekte olup, mekânsal ve teknik önlemlerin taşkın etkilerini hafifletmeyi amaçlayan farklı stratejilerin dikkate alınmasını sağlamaktadır. Kentsel gelişimin ve politika müdahalelerinin ön değerlendirmeleri, imar düzenlemesi, kentleşme eğilimleri, arazi kullanım senaryoları ve sellere maruz kalma gibi hususlar da dahil olmak üzere, mekansal planlama ve karar verme için güçlü bir araç sağlamaktadır. Nofal ve Lindt (2020), bina ölçeğinde sel riski hafifletme senaryolarının hesaplamalarını yapmıştır. Sel süresi senaryosu, pompalama senaryosu ve sel bariyeri senaryosunun ayrı ayrı değerlendirmesinin yapılmasının ardından, senaryoların ikisinin bir arada uygulanması veya üçünün aynı anda uygulanması kombinasyonlarındaki sel riski hafifletme durumu da incelenmiştir. Her hafifletme senaryosundaki sel kayıpları hesaplanmış ve mevcut durumla karşılaştırılmıştır.

Bursa’da seçilen bölgede, risk analizi tamamlanmış olup risk hafifletme senaryoları oluşturulmuştur. Hafifletme senaryoları oluşturulurken küresel ölçekteki doğaya dayalı çözümler ve mavi yeşil altyapı araştırılarak seçilen bölgede uygulanabilecek öneriler geliştirilmiştir. Doğaya dayalı çözümler ve mavi yeşil altyapı çözümlerinden çalışma alanı coğrafi özelliklerine uygun olan çözümler seçilerek hesaplama dahil edilmiştir. Senaryoların aynı zamanda CBS ortamında çizilebilir ve çakıştırma analizine katılabilir olması önemlidir. Çalışma alanında, geçirimli zeminin arttırılması önerisi ve eğim faktörü fazla olduğundan, yüzey akışındaki suyu hızlıca toplamak için sarnıç sistemini önerisi mevcuttur. Bu yüzden bölgede sel riski eğimin arttığı yerlerde yüksek, azaldığı kısımlarda ise düşük çıktığından bölge 3 kategoriye ayrılmış ve buna göre öneriler geliştirilmiştir (Şekil 3.53).

Şekil 3.53’de 3 numaralı alanda, eğim yüksek olduğundan risk fazla çıkmaktadır. Bu yüzden bu bölümde suyu hızlı toplamaya yönelik olarak sarnıç uygulaması düşünülmüştür. Ayrıca bu alanda tanımsız bırakılmış kullanılmayan boş araziler bulunmaktadır. Tanımsız kentsel alanlar yeşil direnç olarak senaryolaştırılmış ve CBS ortamına aktarılmıştır.

Şekil 3.53’de 2 numaralı bölgede, yoğun yapılaşma bulunmaktadır. Bu yüzden bu bölgede bazı yapı adaları iptal edilerek açık yeşil alanlar oluşturulmuştur. Yoğun yapı adalarının olduğu ve geçirgen zeminin neredeyse hiç olmadığı mahallelerde riskin

artmasından dolayı, bu senaryo önerilmiştir. Riski hafifletmek için Almanya Gorbitz örnek mahallesinde (Şekil 2.27) olduğu gibi, yeşil alanlara da yer verilmesi gerekmektedir. Bu yüzden yoğun yapılaşmanın olduğu ve riskin çok yüksek çıktığı noktalarda yapı adaları iptal edilerek geçirimli yeşil alanlar önerilmiş olup, senaryo sonrası analizlerde de riskin azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Buna ek olarak alanda yollar, sert zeminler ve otopark alanları bulunmaktadır. Bu bölgeler ise geçirgen zemin olarak senaryolaştırılmış ve analiz edilmiştir.

Şekil 3.53’de 1 numaralı bölgede, eğim azaldığından risk düşük çıkmaktadır. Bu bölge yüzey akışının toplandığı yer olduğundan yağmur suyunu toplamaya yönelik senaryo kullanılmalıdır. Bölgede tanımsız alanlarda yeşil alan kullanımı ile yeşil direnaj önerisi düşünülmüştür.



Şekil 3.53 : Genel senaryo önerileri.

3.6.1 Senaryo 1: yeşil direnaj

Yağmur bahçeleri ve yeşil direnaj; organik görünen infiltrasyon tesisleridir. Strom and Nathan'a (2003) göre; toprak drenajı iyi olan ya da drenaj özelliklerinin iyileştirilmesi mümkün olan toprakların bulunduğu, arazi zemini düşük kotta olan ve kısmen güneş alan alanlarda, bina temeli ve kanalizasyon sistemlerinin yakınında bulunmayacak şekilde tesis edilmektedir. Müftüoğlu ve Perçin'in (2015) bildirdiğine göre; yağmur bahçelerinde ilgili bölgenin doğal bitki örtüsünde yetişen bitki türlerinin kullanımı tercih edilmektedir (Diren, 2012). Ayrıca, yağmur bahçeleri, gerçekleşmesi muhtemel olan sel, su baskını durumlarını tolere edebilecek türler kullanılarak bitkilendirilmektedir ve yüzey akış kaynağına yakın olacak şekilde konumlandırılmaktadır (Strom and Nathan, 1993).

3.6.2 Senaryo 2: kentsel yeşil alan ve geçirimli zemin

Parklara sürdürülebilir yağış suyu yönetimi uygulamalarının entegre edilmesinin yanı sıra yeni kentsel yeşil alanlar üretilerek parklar tasarlanmakta ve yağışsuyu yönetiminde kentsel yeşil alanların sunduğu imkanlardan yararlanılmaktadır (Feldman vd, 2019). Bu parklardan biri Washington'daki Cromwell Park'tır (Şekil 3.54). Yaklaşık 3,5 ha büyüklüğündeki park, yağış suyunu rekreasyon olanaklarıyla buluşturmak amacıyla tasarlanmıştır. Mevcut sulak alana ek olarak yapay sulak alanlar, suyu tutmak ve filtre etmek için biriktirme havuzları, yağış suyunun toprağa sızmasına imkân tanımak üzere geçirimli döşemeler yapılmıştır. Bu geliştirmeler sayesinde geçmişte sıkıntı yaratan sel olaylarını kontrol etmek ve su kalitesini iyileştirmek hedeflenmiştir (EPA, 2017).

Bu senaryo kapsamında kentsel alanda yeni yeşil alanlar oluşturmak ve geçirimsiz sert zeminlerin geçirimli döşemeler ile geçirimli hale getirilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 3.54 : Cromwell Park, Washington (EPA, 2017).

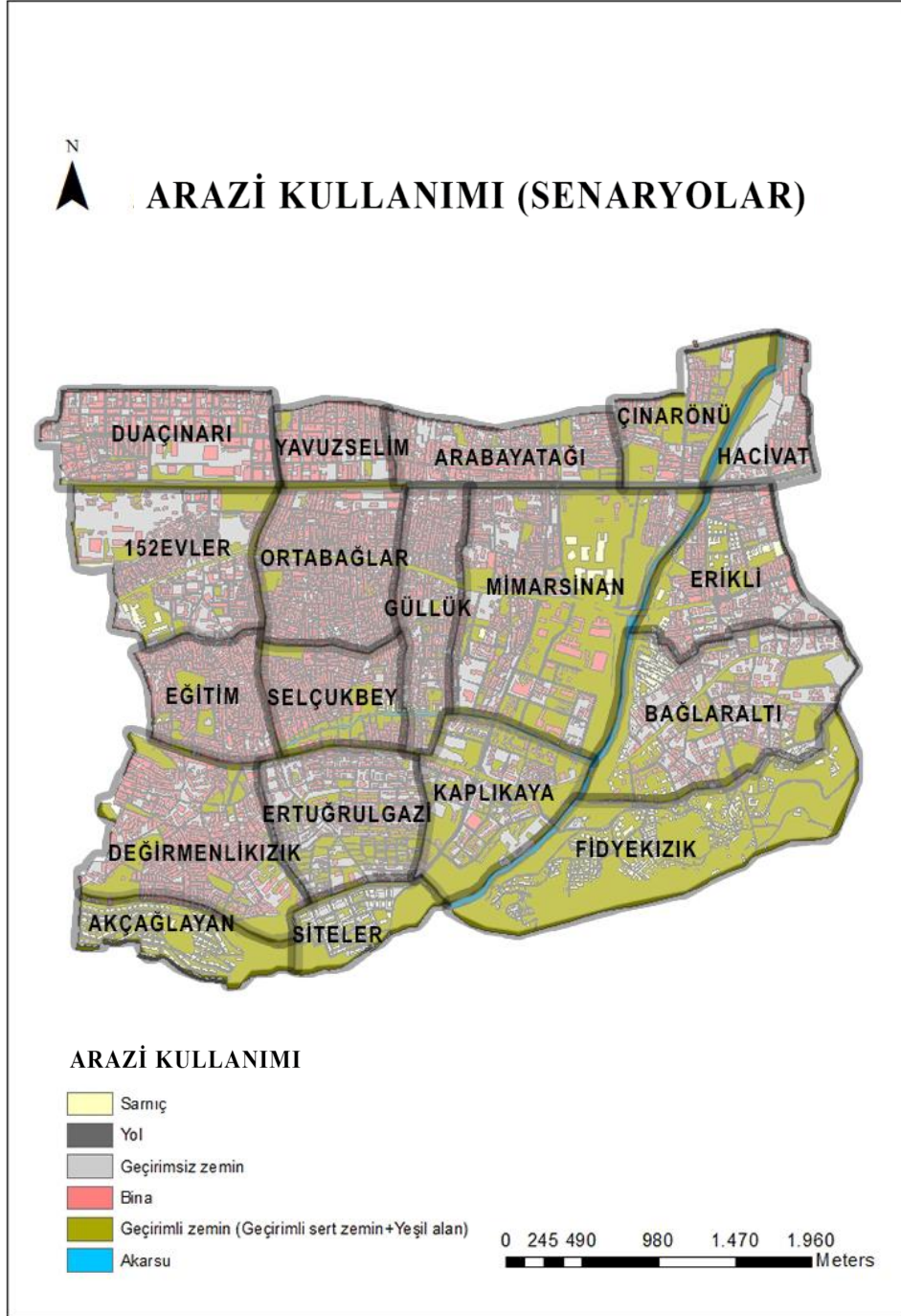
3.6.3 Senaryo 3: sarnıç

Genellikle, yapılarda su tüketiminin azaltılması amacıyla kullanılmaktadır. Günümüzde tatlı su kaynaklarının hızlı biçimde tüketilmesi ve kirlenmesi gibi sebeplerden ötürü alternatif bir kaynak olan yağmur suyunun kullanılması gündeme gelmiştir. Özellikle hava limanlarında, askeri bölgelerde, stadyumlarda, turistik tesislerde ve çatı alanı yeterince büyük olan binalarda yağmur sularının toplanarak, basit arıtma işlemlerinden geçirilip kullanıma sunulması binalarda su korunumu için alınabilecek önemli bir önlemdir. Ayrıca su toplayarak yüzey akışının azaltılması ve sel riskinin azaltılması amacıyla da kullanımı mevcuttur.

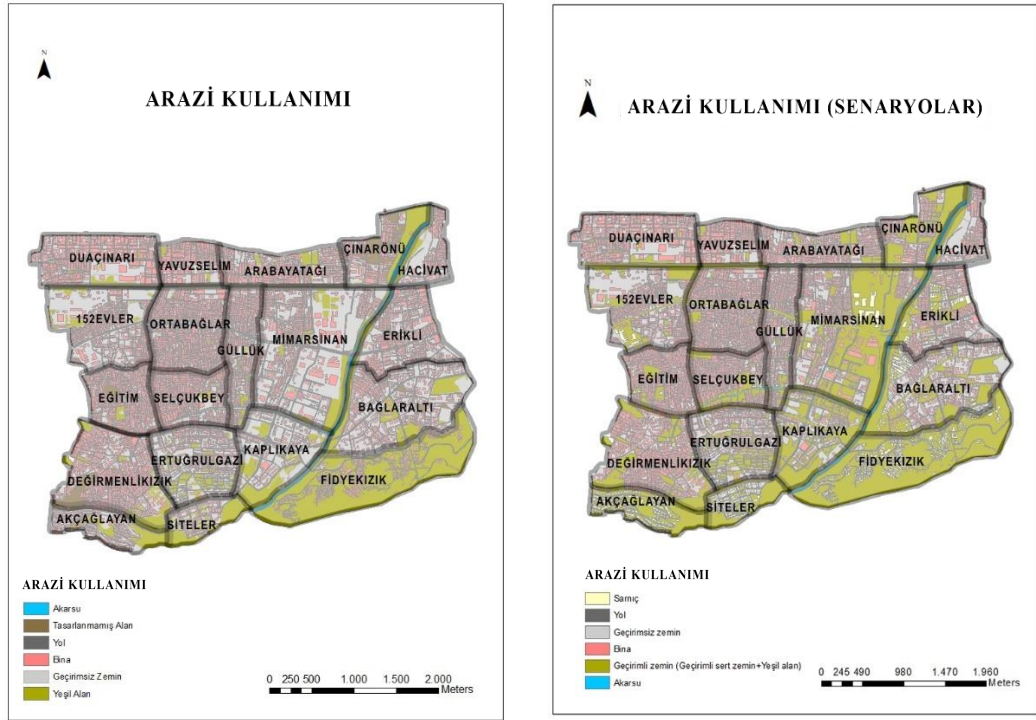
Sarnıçların kullanılabileceği yerler arasında kırsal alanlar, kıyı bölgeleri, kurak, yarı kurak alanlar, adalar ve dağınık yerleşimler yer almaktadır. Tipik bir sarnıç sistemi dört bileşenden oluşmaktadır. Bunlar;

- Yağmur suyunun binaların çatılarından veya zeminden toplanması,
- Oluk sistemi ile iletiminin sağlanması,
- Yağmur suyu deposunda biriktirilmesi,
- Arıtılarak bina içine iletilmesidir. (Alpaslan, Tanık ve Dölgen, 2008)

Senaryolar mahallelerdeki risk durumuna göre (özellikle çok yüksek riskli bölgelerde) uygulanmıştır. Şekil 3.52’de söz edilen zonlamanın dışında mahalle ölçeğinde gerekli başka senaryolar varsa senaryo çizimine dahil edilmiştir. Senaryo çiziminin son hali Şekil 3.55’te görüldüğü gibidir. Mevcut arazi kullanımı katmanı ve senaryo sonrası arazi kullanımı özelliği arasındaki fark ise Şekil 3.56’da görülebilir.



Şekil 3.55 : Arazi kullanımı katmanı senaryo çizimi.

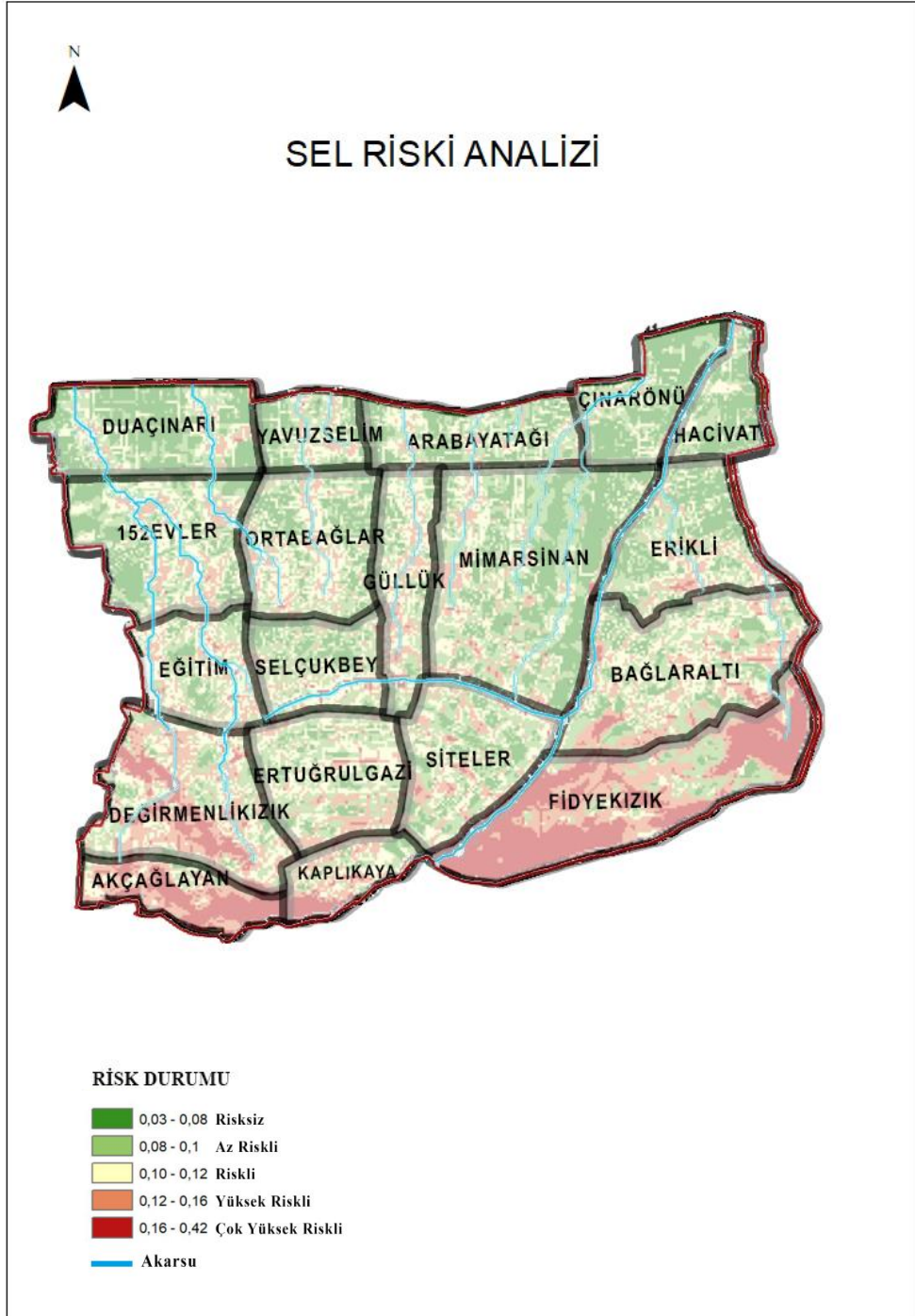


Şekil 3.56 : Mevcut arazi kullanımı katmanı çizimi ve senaryo arazi kullanımı katmanı çizim.

Çizelge 3.47’de belirtilen arazi kullanımı katmanını alt kriter puanlamalarına göre senaryo sonrası sel riski analizi tamamlanmış olup senaryo sonrası sel riski analizi Şekil 3.57’de görülmektedir.

Çizelge 3.47 : Dirençlilik senaryolarına göre arazi kullanımı alt kriterlerinin Saaty’nin temel ölçek sistemine göre puanlanması

	Akarsu Yatağı	Yol	Geçirimsiz Zemin	Bina	Sarnıç	Geçirimsiz zemin, Yeşil alan, Yeşil direnaj
Akarsu Yatağı	1	3	5	7	8	9
Yol	1/3	1	1	3	5	7
Geçirimsiz Zemin	1/5	1	1	1	3	5
Bina	1/7	1/3	1	1	1	3
Sarnıç	1/8	1/5	1/3	1	1	1
Geçirimsiz zemin	1/9	1/7	1/5	1/3	1	1



Şekil 3.57 : Senaryo sonrası sel riski.

Senaryo sonrası sel riski değerlendirmeleri Bulgular kısmında yapılmıştır.

4. BULGULAR

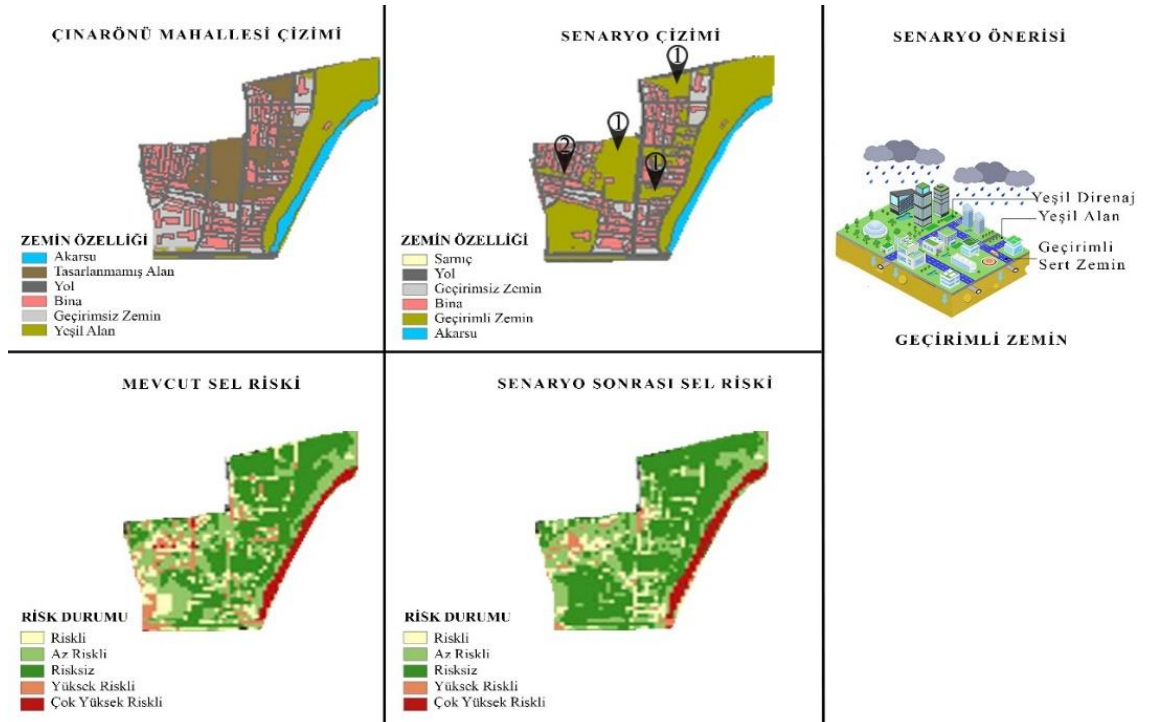
Bu bölümde, mahallelerdeki risk durumlarına göre geliştirilen senaryo önerileri neticesinde elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Mevcut sel riski ve dirençlilik senaryosu sonrası sel riski analizlerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

4.1 Çınarönü Mahallesi

Çizelge 4.1'deki numaralandırmalara göre risk analizlerinin ve senaryoların değerlendirilmesi şu şekildedir;

- 1- Mahallede bulunan 1 numaralı alanlarda riskli ve az riskli noktalar bulunduğundan tasarlanmamış alanlar geçirimli alan olarak senaryo analizine aktarılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde risksiz noktalarda artış görülmüştür.

Çizelge 4.1 : Çınarönü Mahallesi uygulanan senaryo.



- 2- Konutların bulunduğu 2 numaralı alanda çok yüksek riskli ve yüksek riskli noktalar bulunduğundan 2. Kurşun Sokak üzerinde bulunan 6 adet konut yapısı iptal edilerek yerine yeşil drenaj senaryo önerisi getirilmiştir. Senaryo sonrası sel riski analizinde az riskli noktalar artış göstermiştir.

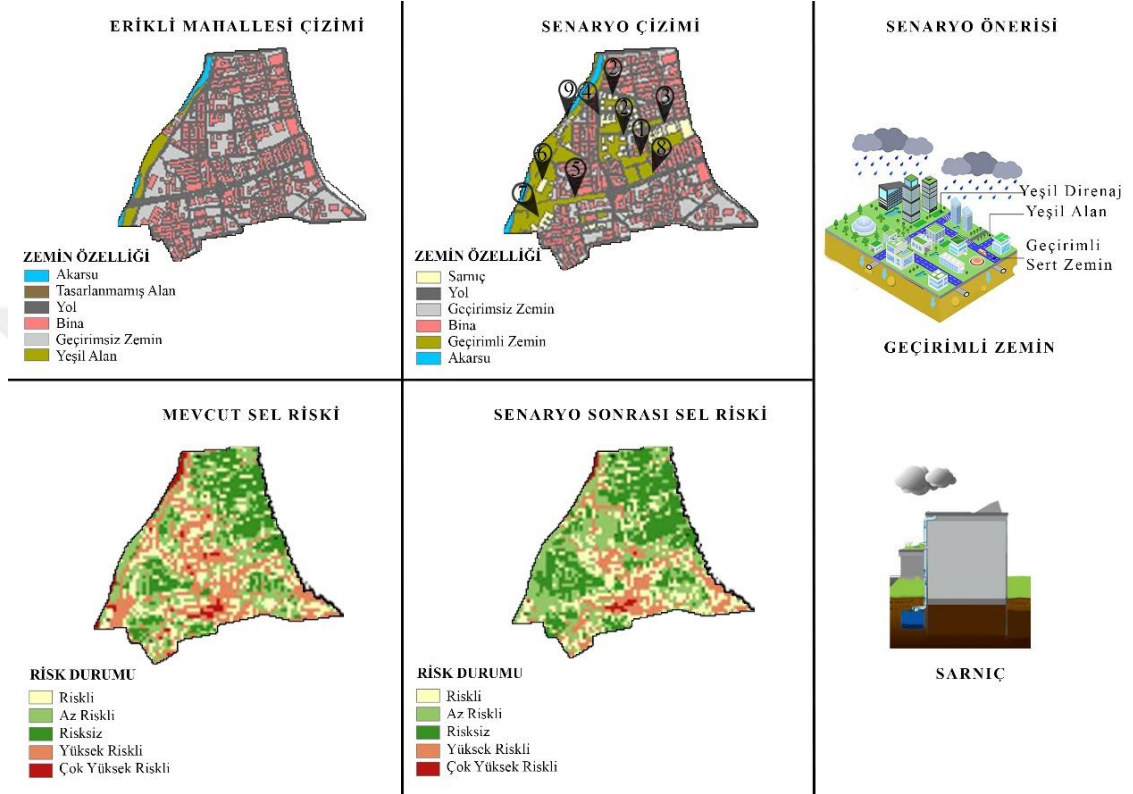
4.2 Erikli Mahallesi

Çizelge 4.2'deki numaralandırmalara göre risk analizlerinin ve senaryoların değerlendirilmesi şu şekildedir;

- 1- Eflak Caddesi kuzeyinde kalan Eda sokak geçirimsiz asfalt malzemesi ile kaplı olduğundan çok yüksek riskli ve yüksek riskli sel riskine sahip olduğundan sayısal çizime geçirimli zemin olarak aktarılmıştır. Senaryo sonrası sel riski hesaplamasında ise Eda sokak az riskli ve riskli sel riskine sahiptir.
- 2- Eflak Caddesi kuzeyindeki konut-site yapılarında çok yüksek riskli, yüksek riskli ve riskli sel riskine sahip olduğundan dolayı bu kesimlerde konut yapılarında sarnıç senaryosu, konut bahçelerinde ise geçirimli sert zemin senaryosu uygulanmıştır. Senaryo sonrası sel riskinde sel riski bölgenin çoğunluğunda az riskli olarak sonuç vermiştir.
- 3- Şehit Piyade Er Rahim Keskin Ortaokulu Bahçesi az riskli alanlar barındırdığından geçirimli sert zemin olarak senaryolaştırılarak az riskli kısımlar senaryo sonrası analizde risksiz hale getirilmiştir.
- 4- Şehit Bülent Aslan Okulu mevcut durumda yüksek riskli ve riskli olduğundan bahçesi geçirimli okul binası ise sarnıç olarak senaryolaştırılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde ise az riskli sel riski sonucu elde edilmiştir.
- 5- Eflak Caddesi mevcut durumda yüksek riskli çıktığından geçirimli sert zemin olarak senaryolaştırılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde ise yüksek riskli noktalar azalırken riskli kategorisindeki noktalar artış göstermiştir.
- 6- Kanuni Kız Anadolu İmam Hatip Lisesi sel riski analizinde riskli ve az riskli olarak çıktığından sarnıç olarak senaryo çizimine aktarılmıştır. Senaryo sonrası sel riskinde ise çoğunlukla risksiz bir alan elde edilerek sel riski azaltılmıştır
- 7- Turgay Ciner İlköğretim Okulu yüksek riskli sel riskine sahip olduğundan sarnıç olarak senaryolaştırılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde ise az riskli olarak risk azaltılmıştır.

- 8- Eflak Caddesi kuzeyindeki 8 numaralı alanda yüksek riskli ve riskli çıktığından konut alanları kaldırılarak geçirimli zemin olarak sayısal analize dahil edilmiştir. Senaryo sonrası sel riski analizinde ise az riskli olarak sonuç vermiş olup sel riski azaltılmıştır.

Çizelge 4.2 : Erikli Mahallesi uygulanan senaryo.



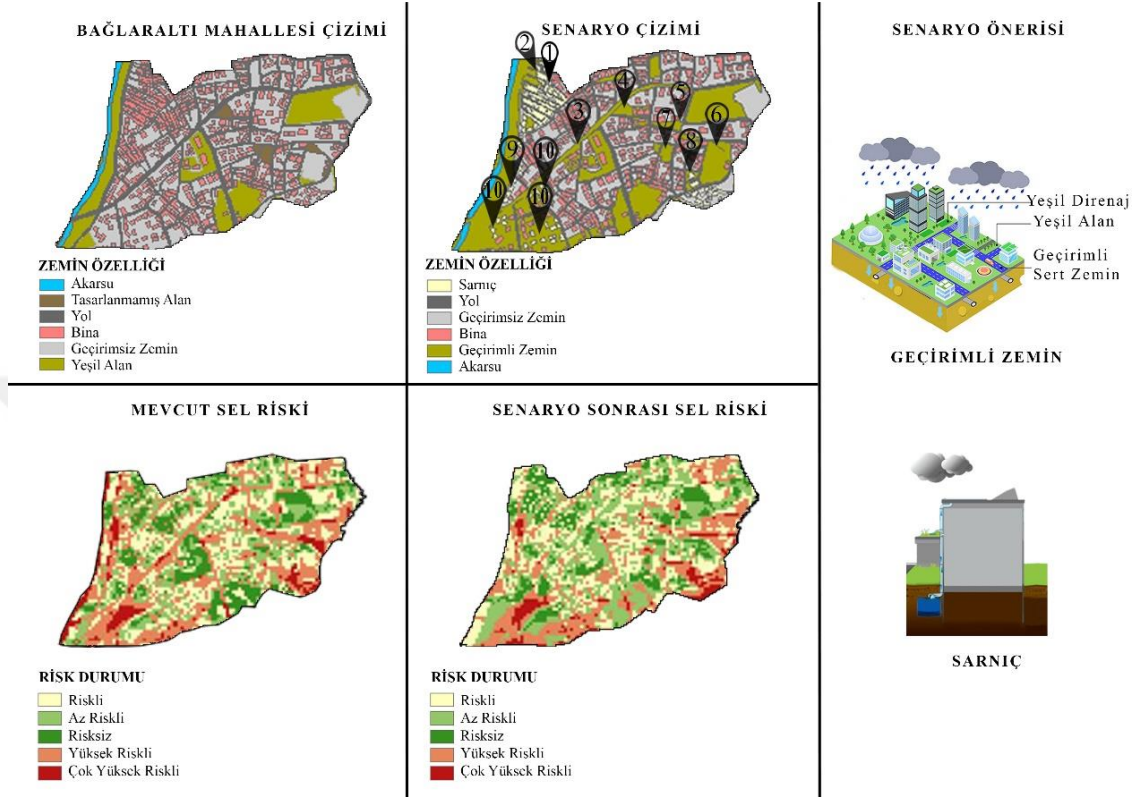
4.3 Bağlaraltı Mahallesi

Çizelge 4.3'teki numaralandırmalara göre risk analizlerinin ve senaryoların değerlendirilmesi şu şekildedir;

- 1- 1 numaralı alanda bulunan konut bölgeleri yüksek riskli ve riskli olduğundan sarnıç şeklinde senaryolaştırılarak senaryo sonrası sel riski analizinde risksiz ve az riskli şeklinde sonuçlandırılmıştır.
- 2- 2 numaralı alanda bulunan 1. Cadde çok yüksek riskli ve yüksek riskli çıktığından geçirimli sert zemin olarak senaryo çizimine aktarılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde yüksek riskli, riskli ve az riskli olarak sel riski azaltılmıştır.

- 3- 3 numaralı alanda bulunan 2. cadde çok yüksek riskli ve yüksek riskli olduğundan geçirimli yol şeklinde senaryolaştırılarak sel riski çoğunlukla az riskli olarak senaryo sonrası sel riskinde görülmektedir.

Çizelge 4.3 : Bağlaraltı Mahallesi uygulanan senaryo.



- 4- 4 numaralı alanda bulunan tasarlanmamış alan riskli ve az riskli olduğundan yeşil alan olarak tasarlanmıştır. Senaryo sonrası riskli alandan az riskliye evrilen bölgeler mevcuttur.
- 5- 410. Sokakta yer alan site yapısının otopark alanı çok yüksek riskli ve riskli olduğundan geçirimli sert zemin senaryo önerisi getirilmiştir. Senaryo sonrası sel riski analizinde sel riski çok yüksek çıkan alanlarda azalma olmuş yüksek riskli ve az riskli olarak risk analizi sonuçlanmıştır.
- 6- Fidyekızık Futbol Sahası ve kuzeyindeki isimsiz sokak yüksek riskli çıktığından bu alan geçirimli sert zemin olarak senaryolaştırılmıştır. Senaryo sonrası yapılan analize göre az riskli alanlar çoğunluktadır.
- 7- 7 numaralı tanımsız alan yeşil alan olarak senaryolaştırılmış ve çok yüksek riskli çıkan noktalar senaryo sonrası yüksek riskli olarak sonuçlanmıştır.
- 8- 8 numaralı alan çok yüksek riskli çıktığından bu alandaki konut yapıları sarnıç olarak senaryolaştırılmıştır. Fakat eğimin artması ile birlikte sel riskinin

artmasından kaynaklı olarak arazi kullanımında yapılan değişim burada etkili olmamış ve alan senaryo sonrası analizde çok yüksek riskli olarak sonuçlanmıştır.

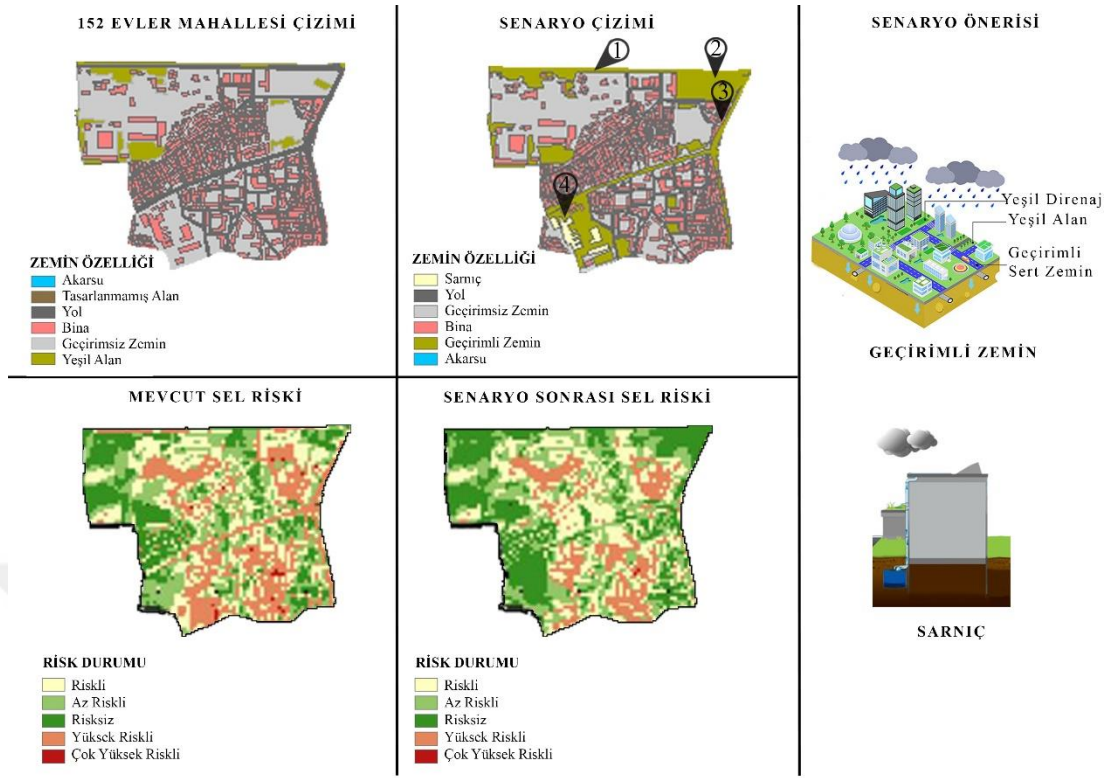
- 9- Bu alanda bulunan konut yapıları yüksek riske sahip olduğundan sarnıç senaryosu uygulanmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde alan riskli olarak sonuç vermiştir.
- 10- 10 numaralı alanlarda sel riski çok yüksek riskli, riskli ve az riskli şeklinde olduğundan burada bulunan konut yapılarında sarnıç senaryosu, konut bahçelerinde ise geçirimli sert zemin senaryosu uygulanmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde çok yüksek riskli gözükken bazı noktalar yüksek riskliye evrilirken az riskli gözükken bazı noktalar ise risksiz olarak sonuç vermiştir.

4.4 152 Evler Mahallesi

Çizelge 4.4'teki numaralandırmalara göre risk analizlerinin ve senaryoların değerlendirilmesi şu şekildedir;

- 1- 1 numaralı Ankara caddesi yüksek riskli ve riskli çıktığından Geçirimli sert zemin olarak senaryo analizine dahil edilmiştir. Senaryo sonrası sel riski analizinde az riskli ve risksiz olarak sonuçlanmıştır.
- 2- 2 numaralı alanda bulunan eski Yüksek İhtisas Hastanesinin yer aldığı boş arazi risksiz, az riskli ve riskli çıktığından bu alan geçirimli sert zemin ve yeşil alan olarak senaryo analizine aktarılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde risksiz alanların büyük oranda arttığı görülmüştür.
- 3- Prof Tezok caddesi yüksek riskli olarak çıktığından geçirimli sert zemin olarak senaryolaştırılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde riskli ve az riskli olarak sonuçlanmıştır.
- 4- 4 numaralı alanda bulunan BTÜ Yıldırım yerleşkesi az riskli olarak sonuçlanmıştır. Burada üniversite binası sarnıç olarak, üniversite bahçesi ise geçirimli sert zemin ve yeşil alan olarak senaryo analizine dahil edilmiştir. Senaryo sonrası sel riski analizinde alan çoğunlukla risksiz olarak sonuçlanmıştır.

Çizelge 4.4 : 152 Evler Mahallesi uygulanan senaryo.

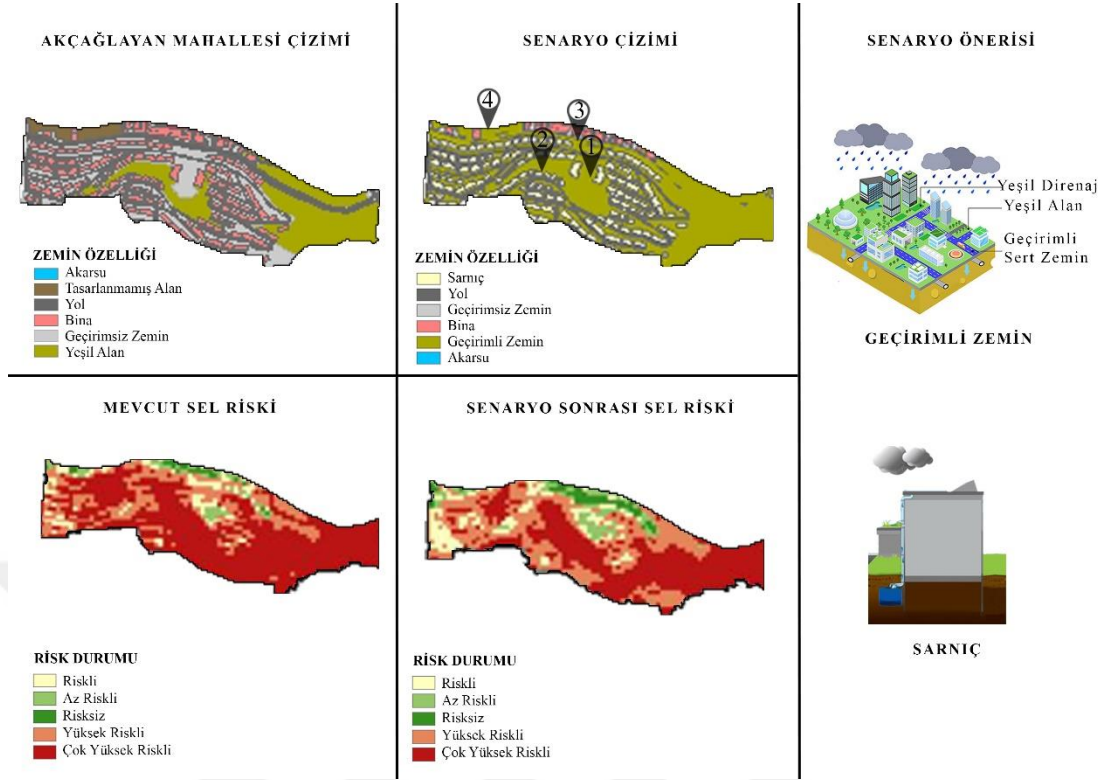


4.5 Akçağlayan Mahallesi

Çizelge 4.5'teki numaralandırmalara göre risk analizlerinin ve senaryoların değerlendirilmesi şu şekildedir;

- 1- 1 numaralı alanda (Akçağlayan TOKİ konutları bahçesi) çok yüksek riskli alanlar yoğunlukta olduğundan geçirimli sert zemin olarak senaryolaştırılmıştır ve senaryo sonrası sel riski analizinde çok yüksek riskli alanlar azalırken yüksek riskli ve az riskli noktalar artış göstermiştir.^{8 9 10 11 12}
- 2- Akçağlayan TOKİ konutları çok yüksek riskli alanlar yoğunlukta olduğundan sarnıç olarak senaryo analizine dahil edilmiştir. Senaryo sonrası sel riski analizinde yüksek riskli ve az riskli noktalar artış göstermiştir.
- 3- Çiçek Caddesi yüksek riskli olduğundan geçirimli sert zemin olarak senaryo analizine dahil edilmiştir. Senaryo sonrası sel riski analizinde risksiz noktalar çoğunluktadır.

Çizelge 4.5 : Akçağlayan Mahallesi uygulanan senaryo.

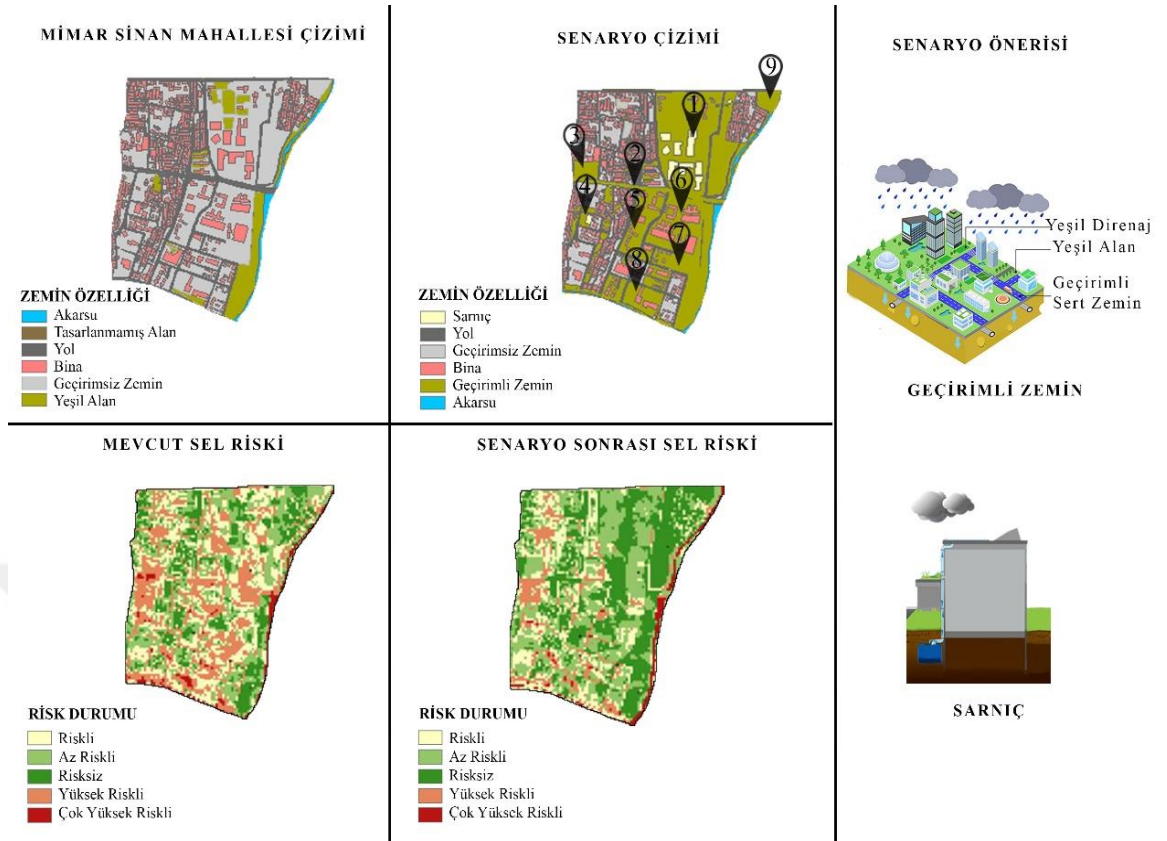


4.6 Mimar Sinan Mahallesi

Çizelge 4.6'daki numaralandırmalara göre risk analizlerinin ve senaryoların değerlendirilmesi şu şekildedir;

- 1- Mimar Sinan Mahallesi'nde bulunan BTÜ Mimar Sinan yerleşkesi yüksek riskli ve riskli çıktığından kampüsteki geçirimsiz sert zeminler geçirimli sert zemin olarak senaryo analizine dahil edilmiştir. Üniversite binasının bodrum katında ise sarnıç senaryo önerisi de senaryo çizimine dahil edilmiştir. Senaryo sonrası analizinde az riskli ve risksiz şeklinde sonuçlanmıştır.
- 2- Eflak Caddesi yüksek riskli çıktığından geçirimli sert zemin olarak senaryo analizine dahil edilmiştir. Senaryo sonrası risk analizinde ise risksiz ve az riskli şeklinde sonuçlanmıştır.
- 3- 3 numaralı konut bölgesinde çok yüksek riskli ve yüksek riskli noktalar yer aldığından geçirimli yeşil alan ve geçirimli sert zeminden oluşan bir park alanı önerisi senaryo analizine dahil edilmiştir. Senaryo sonrası risk analizinde bölge az riskli olarak sonuçlanmıştır.

Çizelge 4.6 : Mimar Sinan Mahallesi uygulanan senaryo.



- 4- Selçuk Hatun Ortaokulu ve bahçesi risk analizinde çok yüksek riskli ve riskli olarak sonuçlandığından okul binası sarnıç, bahçesi ise geçirimli sert zemin olarak senaryo analizine aktarılmıştır. Senaryo sonrası risk analizinde çok yüksek riskli ve riskli alanlar azalırken az riskli alanlar artmıştır.
- 5- Polis Akademisi'nin de dahil olduğu 5 numaralı alan çoğunlukla yüksek riskli çıktığından geçirimli sert zemin senaryo önerisi getirilmiştir. Senaryo sonrası risk analizinde alan az riskli ve risksiz olarak sonuçlanmıştır.
- 6- Bursa Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi bahçesi yüksek riskli ve riskli çıktığından geçirimli sert zemin olarak senaryo çizimine aktarılmıştır. Senaryo sonrası risk analizi riskli ve az riskli olarak sonuçlanmıştır.
- 7- Kaplıkaya- Hacivat deresinin batısında bulunan Mimar Sinan Spor tesisleri halı sahası yüksek riskli çıktığından geçirimli zemin olarak senaryo çizimine aktarılmıştır. Senaryo sonrası risk analizi az riskli olarak sonuçlanmıştır.
- 8- Mimar Sinan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi ile batısı ve kuzeyinde yer alan konut yapılarının bahçesi çok yüksek riskli, yüksek riskli ve riskli çıktığından geçirimli sert zemin olarak senaryo analizine dahil edilmiştir.

Senaryo sonrası risk analizinde bölgedeki çok yüksek riskli ve yüksek riskli alanlar azalış gösterirken az riskli ve risksiz alanlar artış göstermiştir.

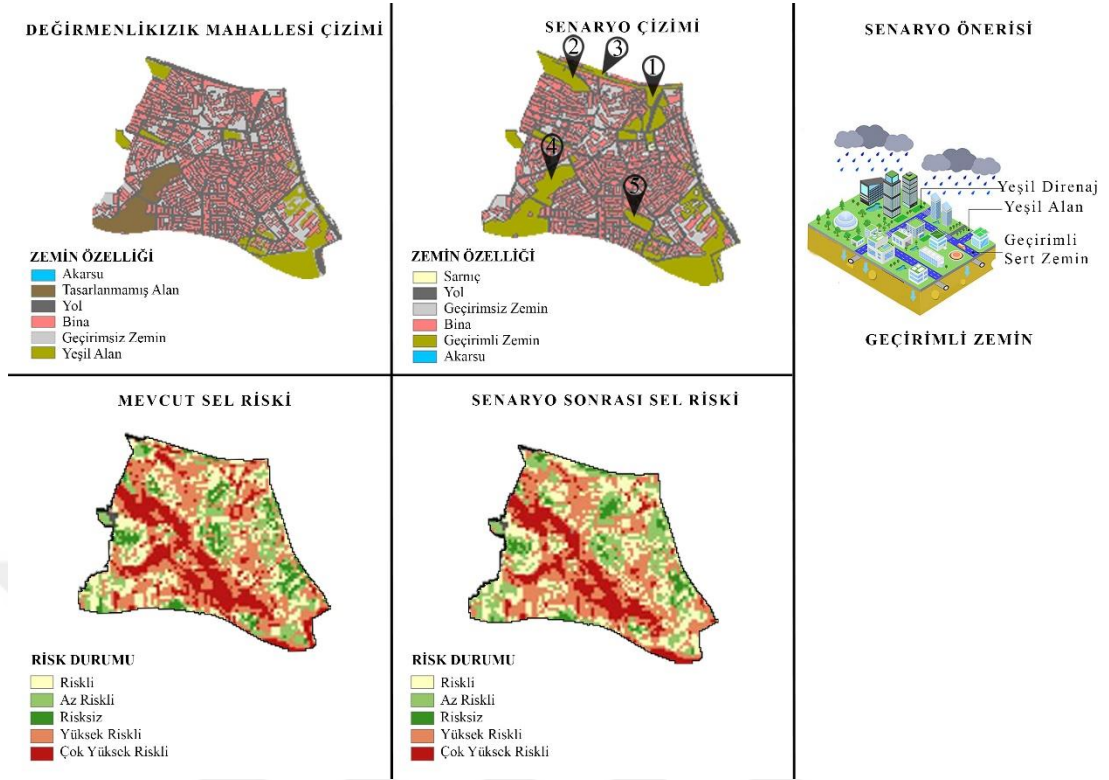
- 9- 9 numaralı alandaki boş arazi analizde riskli ve az riskli çıktığından genellikle otopark şeklinde kullanıldığından geçirimli sert zemin olarak senaryo analizine aktarılmıştır. Senaryo sonrası risk analizinde riskli alanlar azalış gösterirken risksiz alanlar artış göstermiştir.

4.7 Değirmenlikızık Mahallesi

Çizelge 4.7'deki numaralandırmalara göre risk analizlerinin ve senaryoların değerlendirilmesi şu şekildedir;

- 1- 1 numaralı alanda üzeri kapatılmış derenin bulunması, yüksek riskli ve riskli çıkmasından dolayı kapatılan derenin iki tarafında bulunan konut yapıları iptal edilerek geçirimli zemin olarak senaryolaştırılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde sel riski az riskli ve riskli şeklinde azalmıştır.
- 2- Değirmenlikızık mezarlığının doğusundaki parselde çok yüksek riskli alanlar barındırdığından buradaki konut yapıları kaldırılarak geçirimli yeşil alan olarak senaryo analizine aktarılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde çok yüksek riskli noktalar yüksek riskli ve riskli olarak sonuçlanmıştır.
- 3- Tayyareci Mehmet Ali caddesi yüksek riskli ve riskli olduğundan geçirimli sert zemin olarak senaryolaştırılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde az riskli ve riskli şeklinde sonuçlanmıştır.
- 4- 4 numaralı alandaki tasarlanmamış alanlar çok yüksek riskli çıktığından yeşil drenaj olarak senaryolaştırılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde çok yüksek riskli alanlarda azalma olarak yüksek riskli alana doğru evrilmiştir.
- 5- 5 Numaralı alan çok yüksek riskli noktalar barındırdığından konut bölgeleri iptal edilerek geçirimli zemin olarak senaryolaştırılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde yüksek riskli ve riskli olarak sonuçlanmıştır.

Çizelge 4.7 : Değirmenlikazık Mahallesi uygulanan senaryo.

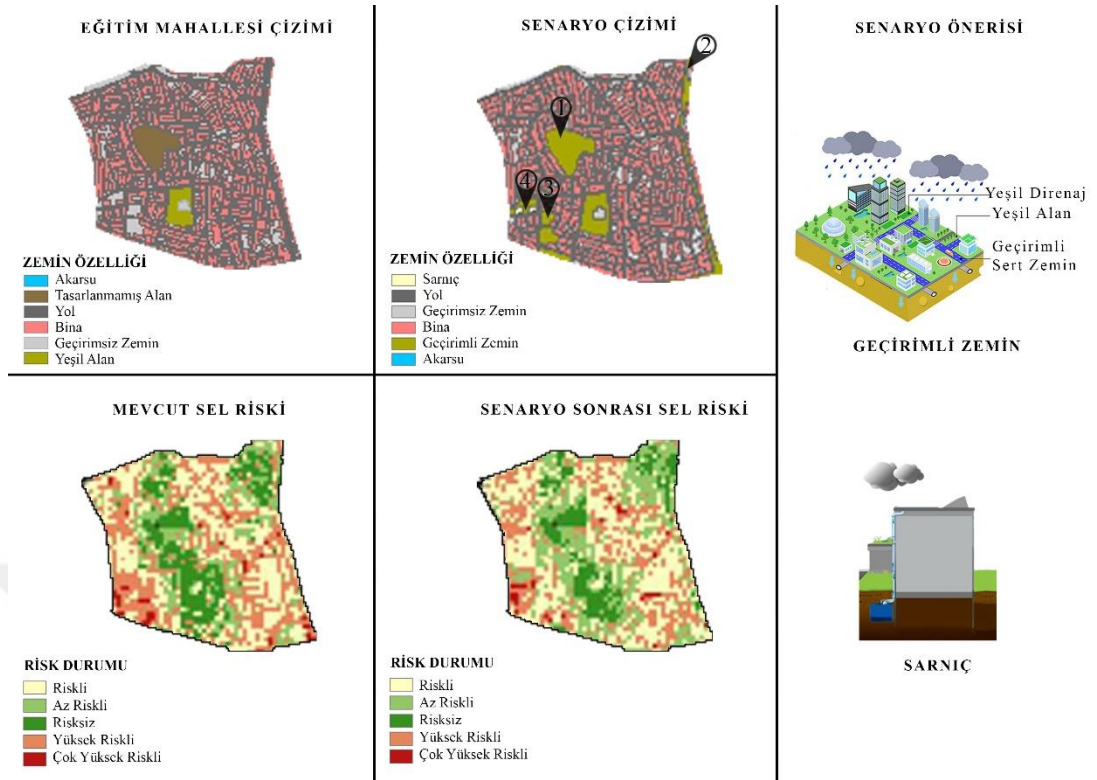


4.8 Eğitim Mahallesi

Çizelge 4.8'deki numaralandırmalara göre risk analizlerinin ve senaryoların değerlendirilmesi şu şekildedir;

- 1- 1 numaralı tanımsız alan az riskli ve risksizdir fakat tanımsız alan olduğundan yeşil drenaj olarak senaryo analizine dahil edilmiştir. Senaryo sonrası sel riski analizinde az riskliden risksize evrilen noktalar mevcuttur.
- 2- Prof Tezok caddesi yüksek riskli olarak çıktığından geçirimli sert zemin olarak senaryolaştırılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde riskli ve az riskli olarak sonuçlanmıştır.
- 3- 3 numaralı alandaki geçirimsiz zeminler yüksek riske sahip olduğundan geçirimli zemin olarak senaryo analizine aktarılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde riskli olarak sonuçlanmıştır.

Çizelge 4.8 : Eğitim Mahallesi uygulanan senaryo.



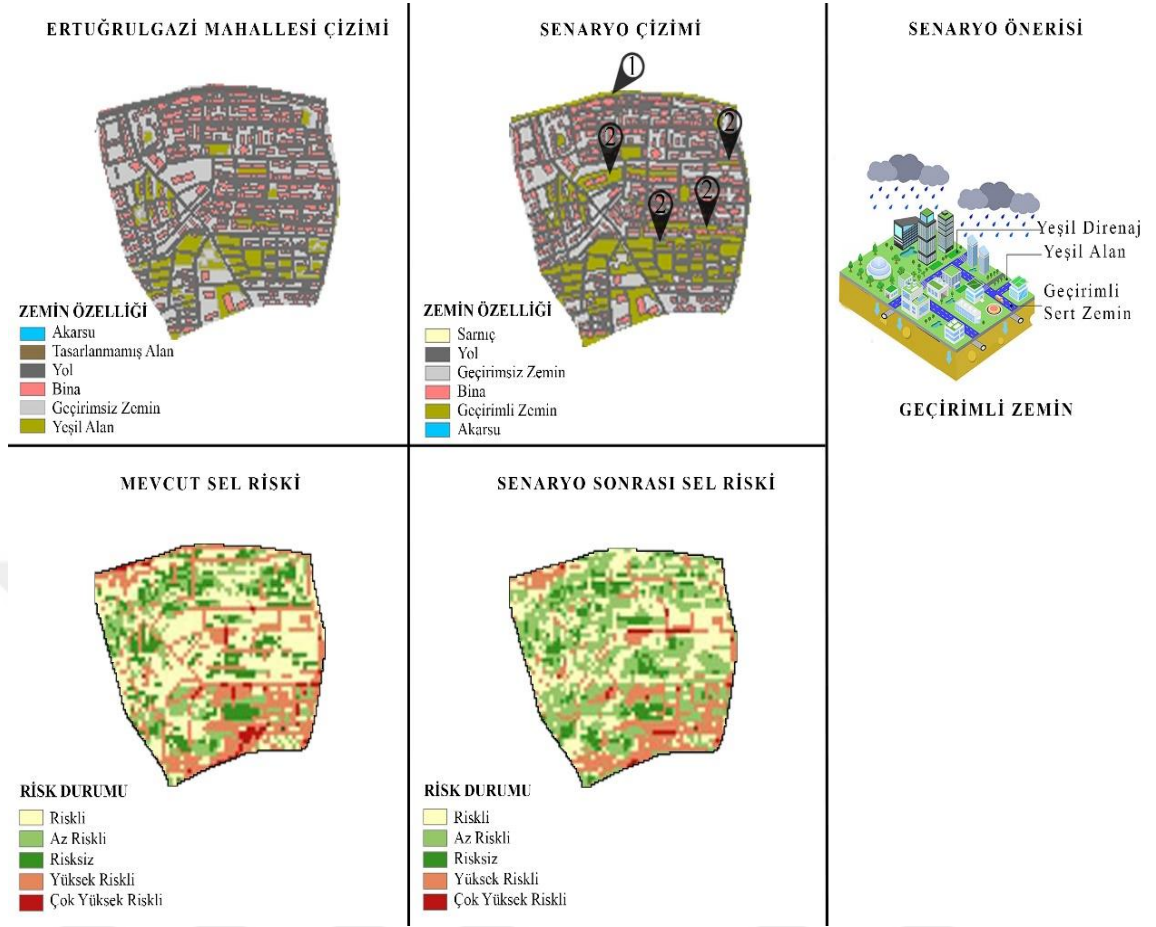
- 4- Ayşe Müzeyyen Tozluoğlu İlköğretim Okulu çok yüksek riskli ve riskli noktalar barındırdığından okul bahçesi geçirimli zemin ve binaları sarnıç olarak senaryolaştırılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde az riskli alanlar çoğunluktadır.

4.9 Ertuğrulgazi Mahallesi

Çizelge 4.9'daki numaralandırmalara göre risk analizlerinin ve senaryoların değerlendirilmesi şu şekildedir;

- 1- 1 numaralı Selçukbey Caddesi yüksek riskli olduğundan geçirimli sert zemin olarak senaryo analizine aktarılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde cadde az riskli ve risksiz şeklinde sonuçlanmıştır.
- 2- 2 numara ile belirtilen alanlarda çok yüksek riskli, yüksek riskli ve riskli alanlar bulunduğundan yeşil drenaj olarak senaryo analizine dahil edilmiştir. Senaryo sonrası sel riski analizinde riskli, az riskli ve risksiz olarak sonuçlanmıştır.

Çizelge 4.9 : Ertuğrulgazi Mahallesi uygulanan senaryo.

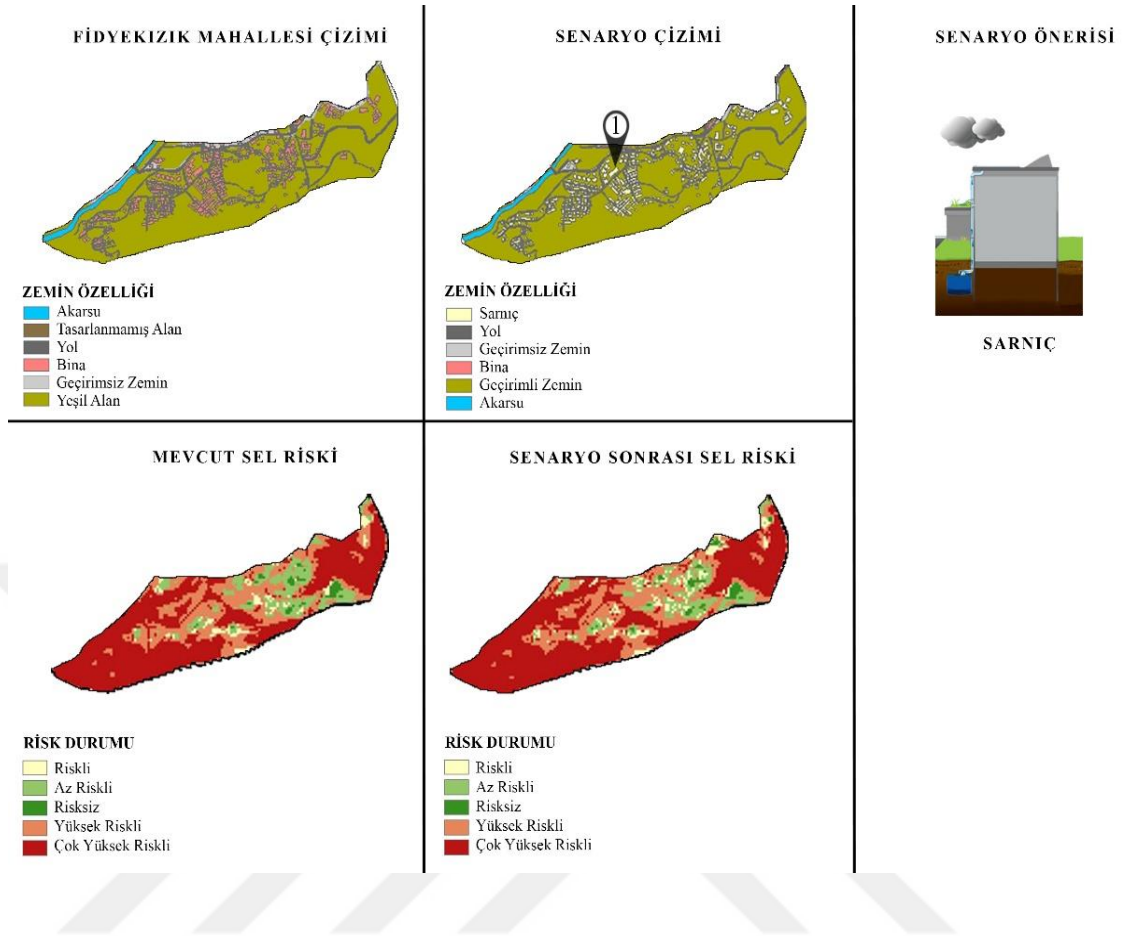


4.10 Fidyekızık Mahallesi

Çizelge 4.10'daki numaralandırmalara göre risk analizlerinin ve senaryoların değerlendirilmesi şu şekildedir;

- 1- Fidyekızık Mahallesi Uludağ yamacında eğimin yüksek olduğu bölgede bulunduğu için çoğunluğu çok yüksek riskli çıkmıştır. Mahalledeki konutlarda sarnıç senaryosu uygulanarak risk azaltılmaya çalışılmıştır fakat eğim faktörü bu mahallede etkili olduğundan senaryo sonrası sel riski analizinde çok riskli noktaların yoğunluğu azalmamıştır.

Çizelge 4.10 : Fidyekızık Mahallesi uygulanan senaryo.

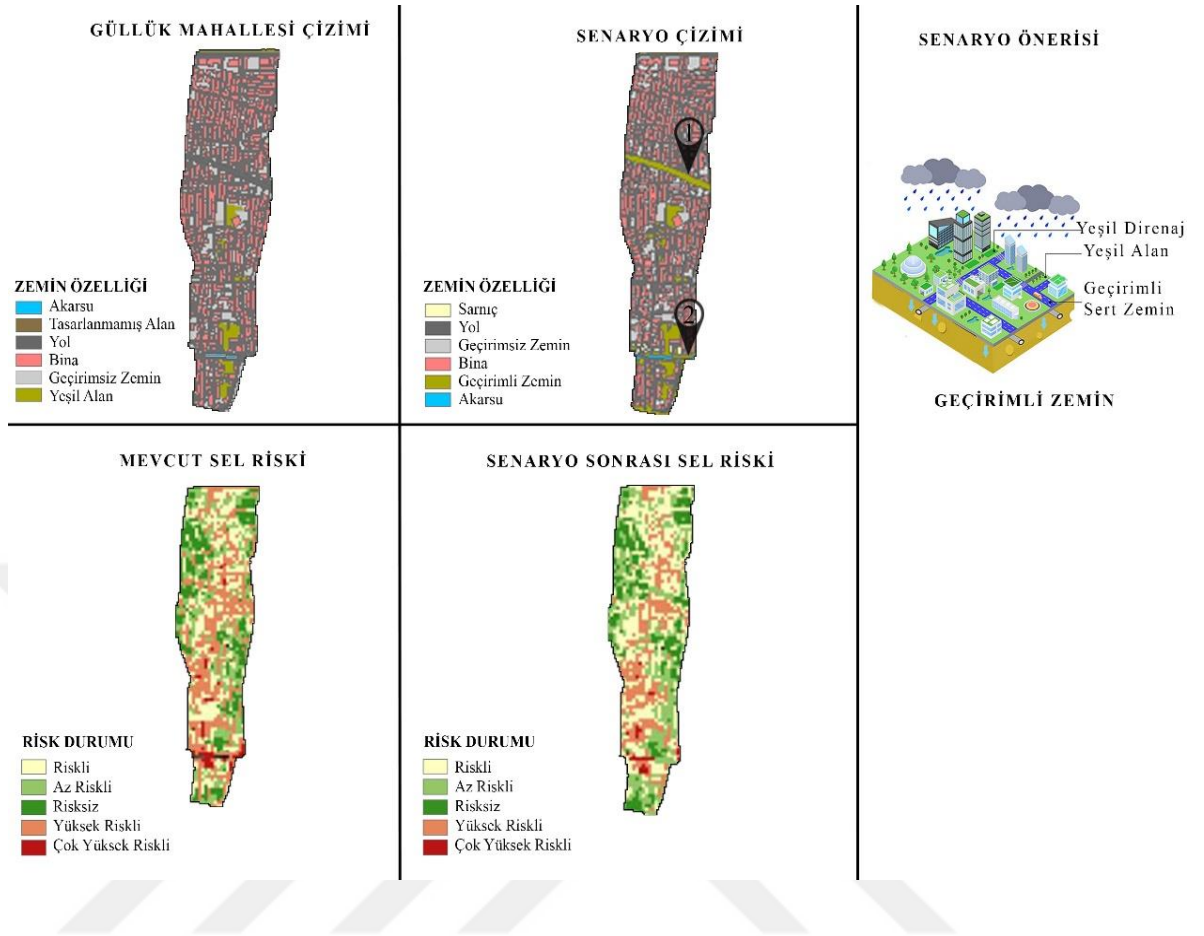


4.11 Güllük Mahallesi

Çizelge 4.11'deki numaralandırmalara göre risk analizlerinin ve senaryoların değerlendirilmesi şu şekildedir;

- 1- 1 numaralı Mimar Sinan Bulvarı sel riski analizinde yüksek riskli çıktığından geçirimli sert zemin olarak senaryo analizine dahil edilmiştir. Senaryo sonrası sel riski analizinde az riskli ve risksiz sonuçlanmıştır.
- 2- 2 numaralı Kanal Caddesi çok yüksek riskli çıktığından geçirimli sert zemin olarak senaryo analizine dahil edilmiştir. Senaryo sonrası sel riski analizinde yüksek riskli, riskli ve az riskli sonuçlanmıştır.

Çizelge 4.11 : Güllük Mahallesi uygulanan senaryo.



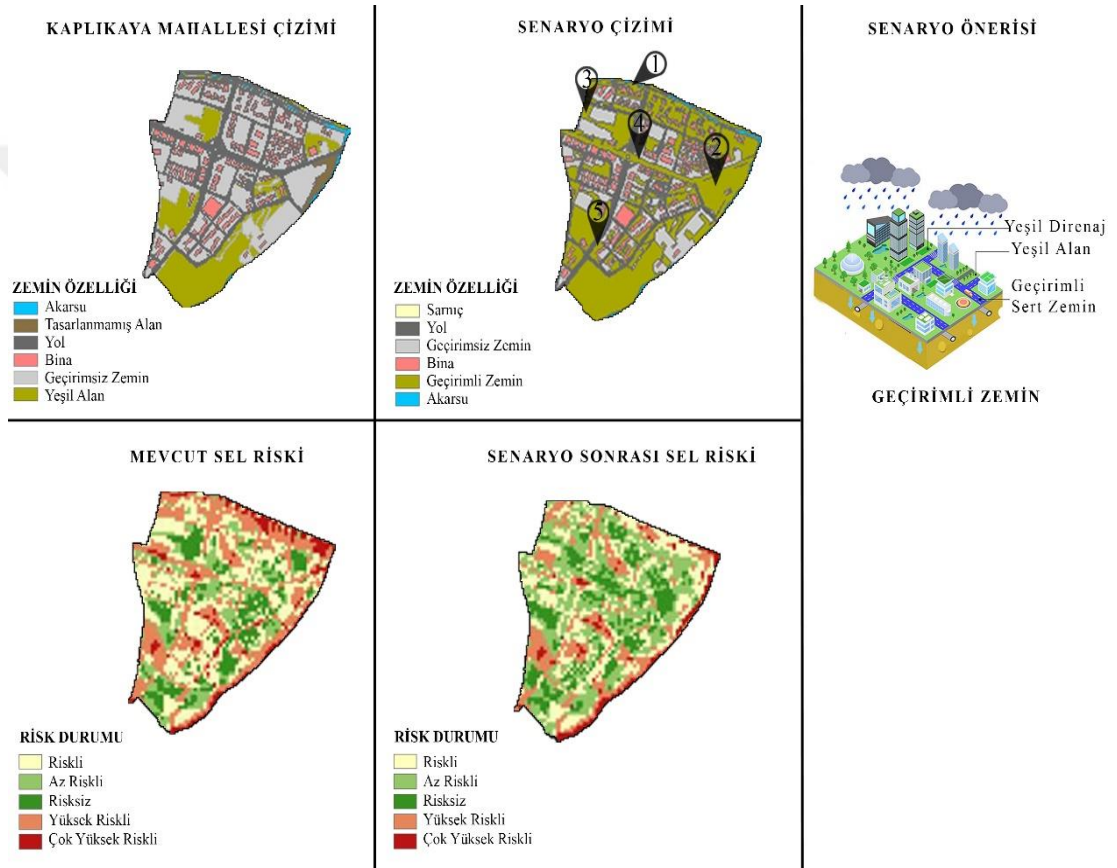
4.12 Kaplıkaya Mahallesi

Çizelge 4.12'deki numaralandırmalara göre risk analizlerinin ve senaryoların değerlendirilmesi şu şekildedir;

- 1- 1 numaralı Kanal Caddesi çok yüksek riskli ve yüksek riskli çıktığından geçirimli sert zemin olarak senaryo analizine dahil edilmiştir. Senaryo sonrası sel riski analizinde çoğunlukla riskli ve az riskli olarak sonuçlanmıştır.
- 2- 2 numaralı alanda bulunan otobüs durağı ve Pazar alanı geçirimsiz zemin olduğundan çoğunlukla riskli çıkmaktadır. Senaryo analizine geçirimli sert zemin olarak aktarılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde az riskli ve risksiz olarak sonuçlanmıştır.
- 3- 3 numaralı alanda bulunan park alanındaki rekreasyon alanları riskli çıktığından senaryo analizine geçirimli sert zemin olarak aktarılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde az riskli ve risksiz şeklinde sonuçlanmıştır.

- 4- 4 numaralı Selçukbey Caddesi çok yüksek riskli, yüksek riskli ve riskli çıktığından senaryo çizimine geçirimli sert zemin olarak aktarılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde az riskli ve risksiz olarak sonuçlanmıştır.
- 5- 5 numaralı alandaki konut bahçeleri riskli çıktığından senaryo çizimine geçirimli sert zemin olarak dahil edilmiştir. Senaryo sonrası sel riski analizinde az riskli ve risksiz şeklinde sonuçlanmıştır.

Çizelge 4.12 : Kaplıkaya Mahallesi uygulanan senaryo.



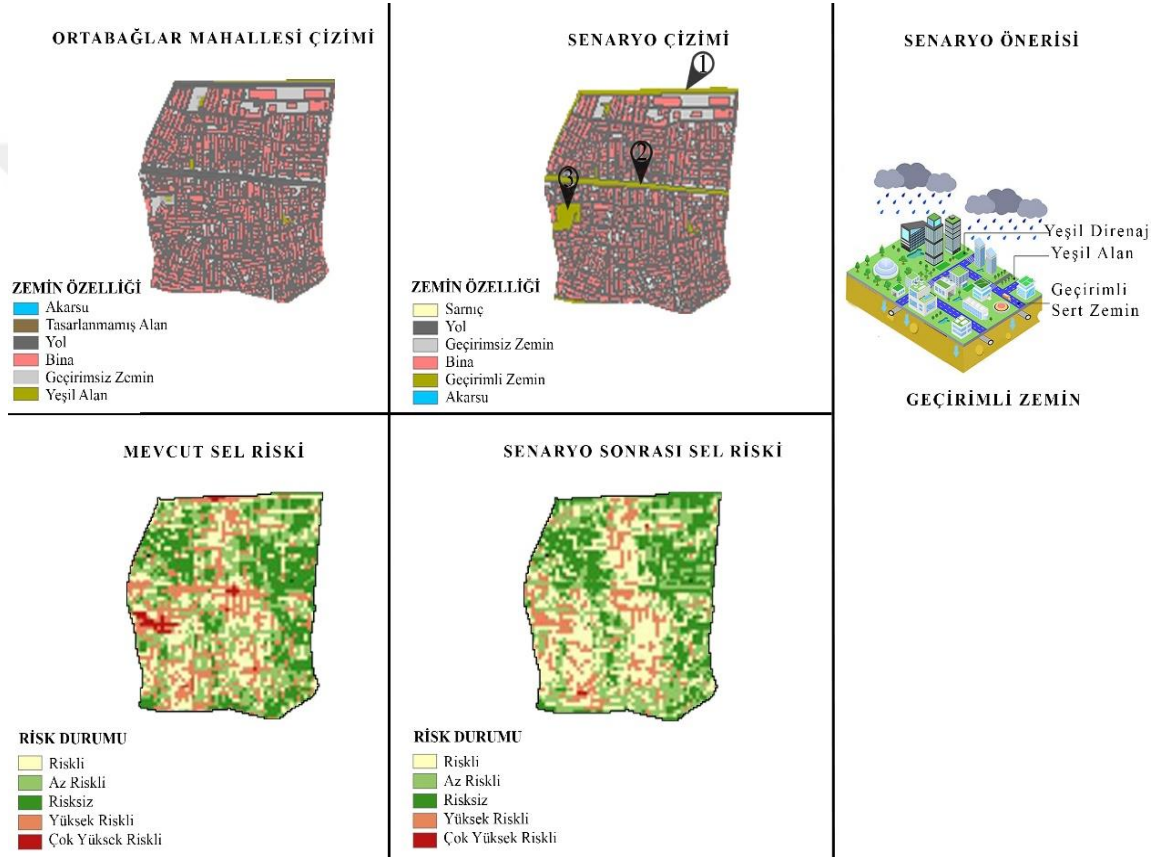
4.13 Ortabağlar Mahallesi

Çizelge 4.13'deki numaralandırmalara göre risk analizlerinin ve senaryoların değerlendirilmesi şu şekildedir;

- 1- 1 numaralı Ankara Caddesi yüksek riskli olduğundan geçirimli sert zemin olarak senaryo çizimine dahil edilmiştir. Senaryo sonrası sel riski analizinde çoğunlukla risksiz olarak sonuçlanmıştır.

- 2- Mimar Sinan Bulvarı Caddesi yüksek riskli çıktığından geçirimli sert zemin olarak senaryo çizimine aktarılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde risksiz ve az riskli alanlar çoğunluktadır.
- 3- 3 numaralı Şerif-Rabia Kutlucan Ortaokulu çok yüksek riskli olduğundan, yaklaşık 6300 m² olan okulun bahçesi geçirimli sert zemin olarak senaryolaştırılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde yüksek riskli olarak sonuçlanmıştır.

Çizelge 4.13 : Ortabağlar Mahallesi uygulanan senaryo.



4.14 Selçukbey Mahallesi

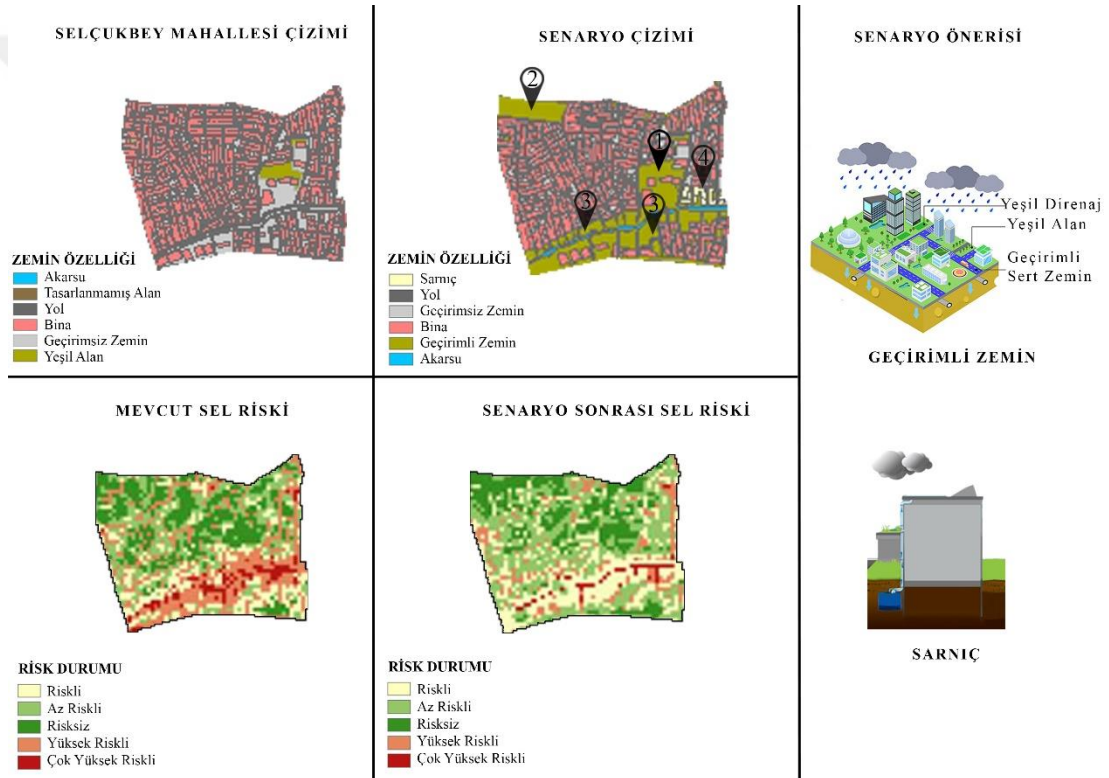
Çizelge 4.14'deki numaralandırmalara göre risk analizlerinin ve senaryoların değerlendirilmesi şu şekildedir;

- 1- 1 numaralı Ulubatlı Hasan Anadolu Lisesi bölgesi yüksek riskli ve riskli çıktığından senaryo çizimine geçirimli sert zemin olarak aktarılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde riskli ve az riskli olarak sonuçlanmıştır.
- 2- 2 numaralı alanda yüksek riskli ve az riskli alanlar bulunduğundan konut alanları iptal edilerek park alanı geçirimli sert zemin ve yeşil alandan oluşan

bir park alanı senaryosu oluşturulmuştur. Senaryo sonrası sel riski analizinde risksiz alanlar çoğunluktadır.

- 3- Kanal Caddesi boyunca yüksek riskli ve çok yüksek riskli alanlar yüksek olduğundan kanal çevresindeki konut bölgelerinde konutlar kaldırılarak yeşil alan önerisi getirilmiştir. Senaryo sonrası sel riski analizi riskli olarak sonuçlanmıştır.
- 4- 4 numaralı bölgedeki konut yapıları yüksek riskli çıktığından konutlarda sarnıç senaryo önerisi uygulanmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizi riskli ve az riskli olarak sonuçlanmıştır.

Çizelge 4.14 : Selçukbey Mahallesi uygulanan senaryo.



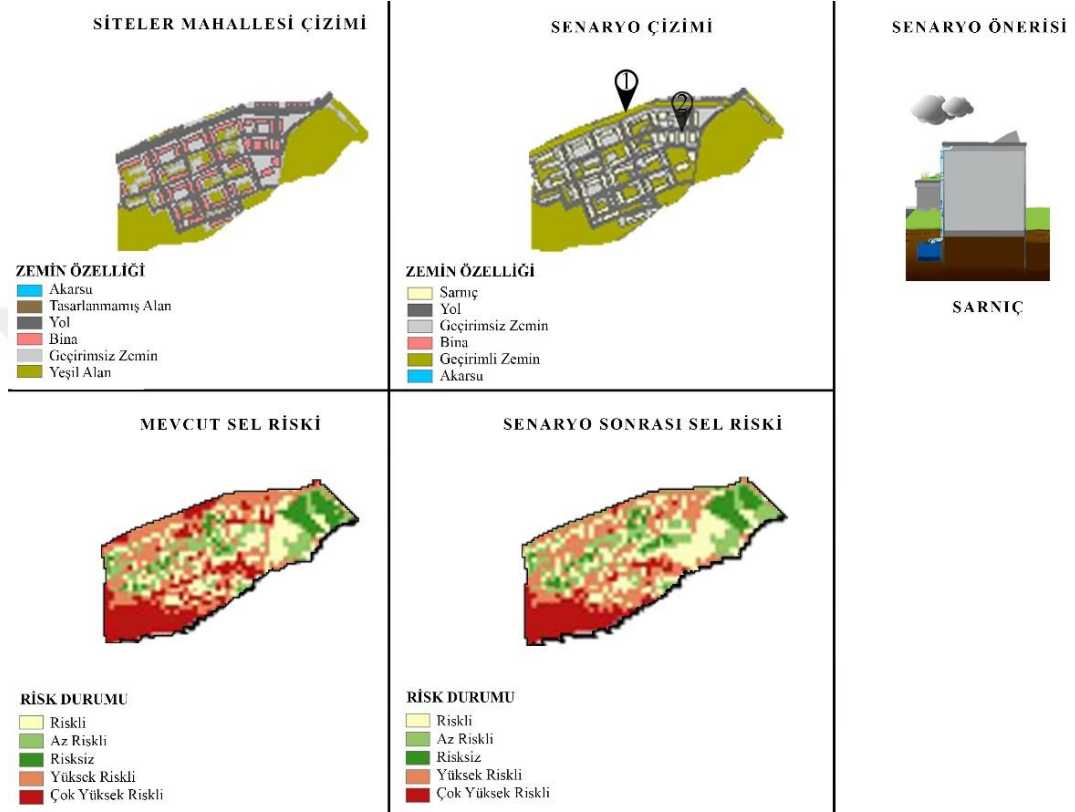
4.15 Siteler Mahallesi

Çizelge 4.15'deki numaralandırmalara göre risk analizlerinin ve senaryoların değerlendirilmesi şu şekildedir;

- 1- Kanuni Caddesi çok yüksek riskli ve yüksek riskli çıktığından geçirimli sert zemin şeklinde senaryolaştırılmıştır. Senaryo sonrası sel riski analizinde çok yüksek riskli kısımlar azalırken, çoğunlukla yüksek riskli olarak sonuçlanmıştır.

- 2- Siteler Mahallesi'nde çok yüksek riskli alanlar bulunduğundan site binaları sarnıç olarak, site bahçelerinde ise geçirimli sert zeminlere yer verilmiştir. Senaryo sonrası sel riski analizinde çok yüksek riskli noktalar azalış göstermiştir.

Çizelge 4.15 : Siteler Mahallesi uygulanan senaryo.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel bir sorun olan iklim değişikliğinin kentlerimiz üzerinde birçok etkisi bulunmaktadır. Bu etkilerden biri olan sel afeti son yıllarda kentlerimizi daha fazla tehdit etmeye başlamıştır. İklim değişikliği ile giderek artan ani yağışlar sel afetine neden olmaktadır ve kentlerin bu afete karşı dirençli olması gerekmektedir.

Dünyada ve ülkemizde özellikle 1980’li yıllardan itibaren sel afetleri artış göstermiş, 2000’li yıllardan sonra ise sel afetleri ivme kazanmıştır. Ülkemizin çeşitli kentleri sel afeti ile yüzleşmektedir. Kentlerin selden etkilenme şekilleri sahip olduğu coğrafi konum ve coğrafi özelliklere göre değişiklik göstermektedir. Coğrafi özelliklerin yanında yoğun ve plansız kentleşme gibi sorunlar riski artıran faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizin kıyı bölgelerinde iklim değişikliği dolayısıyla yağış miktarının düzensiz ve fazla olması sel felaketini etkili kılmaktadır. Eğimli yamaçlarda ve dere yataklarında gelişen plansız yerleşimler sel ve heyelan gibi felaketlerde büyük yıkımlara uğramaktadır. İstanbul ve Bursa gibi Marmara Bölgesi’nde yer alan hızlı kentleşmeye sahip kentlerimiz ise hem coğrafi faktörler hem de plansız kentleşme nedenleri ile artan sel riskinden etkilenmektedirler. Hızlı ve plansız yapılaşma olan şehirlerde geçirimsiz yüzeylerin fazlalığı, yeşil alanların azalması, altyapı eksikliği beraberinde yağmur sularının drenajının hızlıca yapılamaması gibi nedenlerle sel riski daha da artırmaktadır. Bursa kentinde ise yapılaşma ova ve Uludağ eteklerinde bulunduğundan, eğim faktörü sel riskini etkileyen başlıca faktörlerden olmaktadır. Bu yüzden Bursa kenti için yüksek eğimli ve plansız yapılaşmaya sahip Yıldırım ilçesinde belirlenen alanda sel riski analizi yapılmıştır ve iklim değişikliği dirençlilik senaryo önerileri getirilmiştir.

Çalışma Yıldırım ilçesinde, güneyinde Uludağ’ın bulunduğu 19 mahalleden oluşan bir bölgede yapılmıştır. Çalışma yöntemi olarak analitik hiyerarşi süreci kullanılmıştır. Eğim, bakı, yağış, arazi kullanımı, akarsuya uzaklık katmanları ArcGIS programında oluşturulmuş, ağırlık değerleri belirlenmiş ve ağırlıklı risk analizi yapılmıştır. Sel riski haritasındaki çok yüksek riskli ve yüksek riskli bölgeler öncelikli olmak üzere

mahallelerde sel riski dirençlilik senaryoları literatürden yararlanılarak belirlenmiştir. Senaryo öncesi arazi kullanımı katmanında 6 tane alt kriter (akarsu, yol, sert zemin, bina, tasarlanmamış alan, yeşil alan) bulunduğundan dirençlilik senaryoları belirlenirken arazi kullanımı katmanının karşılaştırılabilir olması açısından yine 6 kriter (akarsu, yol, sert zemin, bina, sarnıç, geçirimli zemin) belirlenmiştir. Geçirimli zemin alt kriteri geçirimli yeşil alan geçirimli sert zemin ve yeşil drenaj şeklinde düşünülmüştür. Bu 3 faktör ayrı ayrı alt kriter olarak alınması durumunda, senaryo öncesi sel riski ile karşılaştırılabilir bir sonuç çıkmadığından ve verimli sonuç alınamadığından geçirimli zemin adı altında toplanmıştır.

Risk analizi yapılan toplam 19 mahalleden 15 tanesinde senaryo önerisi geliştirilmiştir. Alanın kuzeyinde yer alan 4 mahallede (Duaçınarı, Arabayatağı, Yavuzselim, Hacıvat) sel riski yüksek çıkmadığından bu mahalleler için senaryo önerisi geliştirilmemiştir. Alanın güneyinde kalan ve yüksek riskli çıkan mahalleler için senaryo önerileri belirlenmiştir. Belirlenen senaryolar ArcGIS programında arazi kullanımı özelliği katmanında sayısallaştırılarak analiz edilmiştir. Bölüm 4'te mahallelerde uygulanan senaryolara ve riskli noktaların risk durumunun azalıp azalmadığıyla ilgili tablolara ve açıklamalara yer verilmiştir. Fidyekızık, Akçağlayan ve Siteler mahallesi eğimin en yüksek olduğu mahalleler olduğundan ve eğim faktörü alandaki en yüksek ağırlık değerine sahip olduğundan uygulanan senaryolardan sonra sel riski analizinde diğer mahallelere kıyasla daha az değişim gözlemlenmiştir. Değirmenlikızık, Ertuğrulgazi, Kaplıkaya ve Bağlaraltı mahallelerinde ise uygulanan senaryolar neticesinde senaryo öncesi ve senaryo sonrası sel riski haritalarındaki azalış daha net okunabilmektedir. Eğitim,152 Evler, Ortabağlar, Selçukbey, Güllük, Mimarsinan, Erikli ve Çınarönü mahallelerinde ise eğimin azalmasıyla birlikte uygulanan geçirimli zemin, sarnıç gibi senaryoların risk azaltımına etkisi daha net okunmaktadır. Buradan, kentsel alanda coğrafi faktörlerin etkili olduğu fakat dirençlilik senaryolarının risk azaltımına katkı sağladığı sonucu çıkarılabilmektedir.

Literatürde ArcGIS programı ile risk analizlerinin yapıldığı, fakat kentsel alanı değerlendiren çalışmaların sınırlı olduğu görülmüştür. Ayrıca risk analizine yönelik senaryo önerileri geliştirerek sel riski analizine dahil edilmesi, senaryo önerisi öncesi ile sonrasının karşılaştırma ve değerlendirmesinin yapılmasını içeren çalışmaya rastlanmadığından, çalışma bu noktada literatüre katkıda bulunmayı hedeflemiştir.

Sonuç olarak, literatürde gitgide daha çok önem kazanan iklim değışikliğı ve kentlerde artırdığı sel riski, Bursa kentsel alanında ele alınmıştır. Çalışmada literatürden farklı olarak dirençlilik senaryosu önerileri oluşturulmuştur ve öneriler sel riski analizine dahil edilmiştir. Bursa kentsel alanında yapılan bu çalışma başka kentsel alanlar için de uyarlanabilir ve geliştirilebilir. Bu tezin gelecek çalışmalara altlık oluşturması ve iklim değışikliğinin kentlerde sebep olduğu başkaca etkilerinin araştırılması ve analiz edilmesi için çalışmanın bir örnek teşkil etmesi amaçlanmıştır.



KAYNAKLAR

- Achiam, G. L.** *Tåsinge Plads*. Urbane Gewasser: <https://urban-waters.org/en/projects/tasinge-plads> adresinden alındı
- Adam, U. E.** (2014, Mayıs). Application Of Analytical Hierarchy Process (Ahp) To Flood Hazard Management For Makassar City, South Sulawesi-Indonesia. Makassar, Hawaii.
- Akın, A.** (2017). Bursa İli Örneğinde Ekolojik Kent Koridorlarının Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi. *2. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi*.
- Alpaslan, N., Tanık, A., & Dölgen, D.** (2008). Türkiye’de Su Yönetimi Sorunlar ve Öneriler. TÜSIAD.
- Altuntaş, Ö.** (2021, Ağustos 12). *Türkiye’deki sellerin tek nedeni iklim değişikliği mi?* BBCNews: <https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye-58171344> adresinden alındı
- Annual 2020 Global Climate Report.** (2021, Ocak). National Centers for Environmental Information: <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/202013> adresinden alındı
- Architecture and Design.** (2020). *Designing for a Changing Climate: Carbon Conscious Places*. İskoçya: Scottish Government.
- Aygün, A., & Torlak, S. E.** (2020). Denizli İli’nin İklim Değişikliğine Karşı Dayanıklılığının İncelenmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 648 - 664.
- Baclagon, C. vd.** (2018). *Halkın 1.5°C-Dosyası*. <https://350.org/>: <https://world.350.org/turkiye/files/2018/10/Halk%C4%B1n-1.5%C2%B0C-Dosyas%C4%B1-LQ.pdf> adresinden alındı
- Balk, D. vd.** (2009). *Population Dynamics and Climate Change*. UNFPA, IIED.
- Baltacı, H.** (2018). 18 Temmuz 2017 Tarihinde İstanbul’da Meydana Gelen Sel Olayının Meteorolojik Analizi. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, s. 55-60.
- Barredo, J. I., & Engelen, G.** (2010). Land Use Scenario Modeling for Flood Risk Mitigation Sustainability. s. 1327-1344. doi:<https://doi.org/10.3390/su2051327>
- Barselona Kent Konseyi.** (2018). *Climate Plan 2018*. Barcelona: Urban Ecology.
- Batı Avrupa’da sel felaketi.** (2021, Temmuz 18). Euronews: <https://tr.euronews.com/video/2021/07/17/bat-avrupa-da-sel-felaketi-almanya-da-141-belcika-da-en-az-27-can-kayb> adresinden alındı
- BBC.** (2018, Temmuz 10). *Japan floods: 155 killed after torrential rain and landslides*. BBC News: <https://www.bbc.com/news/world-asia-44775627> adresinden alındı

- Birleşmiş Milletler.** (2021). *Cities and climate change*. UN Environment Programme: <https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/cities-and-climate-change> adresinden alındı
- Birleşmiş Milletler.** (tarih yok). *Climate Adaptation*. United Nations: <https://www.un.org/en/climatechange/climate-adaptation> adresinden alındı
- Borouhaki, S., & Malczewski, J.** (2010). Measuring consensus for collaborative decision-making: A GIS-based approach. *Computers, environment and urban systems*, 34(4), 322-332.
- Bozdemir, S.** (2019). Nilüfer Çayı Su Kirliliğinin Yapay Sinir Ağı ile Değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Bursa.
- Brimicombe, A. J., & Bartlett, J. M.** (1996). Linking Geographic Information Systems with Hydraulic Simulation Modelling for Flood Risk Assessment: The Hong Kong Approach; Goodchild, MF, Ed.; GIS and Environmental Modelling.
- Bursa Büyükşehir Belediyesi.** (2012). *Hacıvat Deresi Yıldırım'a prestij katacak*. Bursa Büyükşehir Belediyesi: <https://www.bursa.bel.tr/haber/hacivat-deresi-yildirim-a-prestij-katacak-10662> adresinden alındı
- Bursa Büyükşehir Belediyesi.** (2017). *Bursa Sürdürülebilir Enerji ve İklim Değişikliği Uyum Planı BUSECAP 2017*. Bursa Büyükşehir Belediyesi: https://www.bursa.bel.tr/dosyalar/birimek/190306101119_Bursa-Surdurulebilir-Enerji-ve-iklim-Degisikligi-Uyum-Plani-BUSECAP-2017.pdf adresinden alındı
- Bursa Büyükşehir Belediyesi.** (2022, Haziran 23). *Su baskınları tarih olacak*. Bursa Büyükşehir Belediyesi: <https://www.bursa.bel.tr/haber/su-baskinlari-tarih-olacak-31740> adresinden alındı
- Bursa Yıldırım'da sel felaketi.** (2021, Temmuz 3). bgazete: <https://www.bgazete.com.tr/haber/7370198/bursa-yildirimda-sel-felaketi> adresinden alındı
- Bursa'da Altyapı Yenileniyor.** (2012, Ocak 8). Son Dakika: <https://www.sondakika.com/yerel/haber-bursa-da-altyapi-yenileniyor-3248557/> adresinden alındı
- Bursa'da sel.** (2010, Ekim 14). Sol Haber Merkezi: <https://haber.sol.org.tr/kent-gundemleri/bursada-sel-1-olu-haberi-34518> adresinden alındı
- Bursa'da Yaşanan Sel Felaketi.** (2020, Haziran 24). T.C. Bursa Valiliği: <http://www.bursa.gov.tr/bursada-yasanan-sel-felaketi> adresinden alındı
- City of Chicago.** (2008, Kasım 20). *Adding Green to Urban Design*. Chicago: https://www.chicago.gov/city/en/depts/dcd/supp_info/green_urban_design.html adresinden alındı
- Cheng, X. F., Shi, X. Z., Yu, D. S., Pan, X. Z., Wang, H. J., & Sun, W. X.** (2004). Using GIS spatial distribution to predict soil organic carbon in subtropical China. *Pedosphere*, 14(4), 425-431.
- China Climate Change Solutions: Mitigation.** (2021, 10 20). nature.org: <https://www.nature.org/en-us/about-us/where-we-work/asia-pacific/china/stories-in-china/china-climate-change-solutions--mitigation/> adresinden alındı

- City of Chicago.** (2008, Kasım 20). *Adding Green to Urban Design*. Chicago: https://www.chicago.gov/city/en/depts/dcd/supp_info/green_urban_design.html adresinden alındı
- City of Paris.** (2018). *Paris Climate Action Plan*. Paris: City of Paris, Green Parks and Environment Urban Ecology Agency.
- Copenhagen: Green City, Green Parking.** (tarih yok). build a better burb: <http://buildabetterburb.org/copenhagen-green-city-green-parking/> adresinden alındı
- Cutter, S. L., Burton, C. G., & Emrich, C.** (2010, Ocak). Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, s. 1-22.
- Çevre Koruma Ajansı.** (2021, 11 03). EPA. What is Green Infrastructure?: <https://www.epa.gov/green-infrastructure/what-green-infrastructure> adresinden alındı
- Çin'de sel felaketi.** (2021, Temmuz 21). Euronews: <https://tr.euronews.com/2021/07/21/cin-de-sel-felaketi-en-az-12-kisi-hayat-n-kaybetti> adresinden alındı
- Dawson, R. J., Khan, M. S., & Gornitz, V.** (2017). *Urban Areas in Coastal Zones*. New York: Cambridge University Press.
- De Urbanisten.** (tarih yok). *Office for Urbanism and Landscape Architecture*. DE URBANISTEN: <https://www.urbanisten.nl/wp/work/benthemplein> adresinden alındı
- Demir, A., Kemeç, S., & Dilek İlke, F.** (2022). Afet Riski Değerlendirmelerinde Çoklu Tehlike Analizi 'Erciş, Van Örneği'. *Resilience*(1). doi:10.32569/resilience.1013912
- Demir, B. A.** (2020). Bursa ilinin meteorolojik verilerinin incelenmesi. *Yayınlanmamış yüksek lisans tezi*. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Department of Economic and Social Affairs.** (2018, Mayıs 16). United Nations: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html> adresinden alındı
- Dewan, A.** (2021, Ağustos 24). *Germany's deadly floods were up to 9 times more likely because of climate change, study estimates*. CNN: <https://edition.cnn.com/2021/08/23/europe/germany-floods-belgium-climate-change-intl/index.html> adresinden alındı
- DHA.** (2015, Haziran 7). *Bursa'da Sel Nedeniyle Okuldaki Seçim Görevlileri Mahsur Kaldı*. Son Dakika: <https://www.sondakika.com/haber/haber-bursa-da-sel-nedeniyle-okuldaki-secim-gorevlileri-7396079/> adresinden alındı
- Engelen, G., Geertman, S., Smits, P., & Wessels, C.** (1999). Dinamic GIS and Strategic Physical Planning Support: a practical application to the IJmond / Zuid-Kennemerland region. *Geographical Information and Planning*, s. 87-111.
- Enzi, V., Cameron, B., Dezsényi, P., & Gedge, D.** (2017). Nature-Based Solutions and Buildings – The Power of Surfaces to Help Cities Adapt to Climate Change and to Deliver Biodiversity. 159-183.
- Fransa'da sel felaketi.** (2021, Eylül 15). Yenişafak: <https://www.yenisafak.com/dunya/fransada-sel-felaketi-turuncu-alarm-ilan-edildi-3702428> adresinden alındı

- Global Precipitation Measurement.** (2021). National Aeronautics and Space Administration: <https://gpm.nasa.gov/> adresinden alındı
- GreenWorks.** (tarih yok). *Tanner Springs Park*. Ramboll: <https://ramboll.com/projects/germany/tanner-springs-park> adresinden alındı
- Hapuarachchi, H. A. P., Wang, Q. J., & Pagano, T. C.** (2011). A review of advances in flash flood forecasting. *Hydrological processes*, 25(18), 2771-2784.
- Hazır Beton.** (2018, Mayıs 25). Geçirimli Beton Uygulama Kılavuzu. *Hazır Beton*, s. 57-70.
- Hindistan'ı sel ve heyelan vurdu: 36 ölü.** (2021, Temmuz 23). Haberler.com: <https://www.haberler.com/3-sayfa/hindistan-i-sel-ve-heyelan-vurdu-36-olu-14284116-haberi/> adresinden alındı
- İHA.** (2022, Ağustos 15). *Hürriyet*. Bursa'nın Mudanya ilçesinde sağanak yağış sele döndü, araçlar mahsur kaldı: <https://www.hurriyet.com.tr/galeri-bursanin-mudanya-ilcesinde-saganak-yagis-sele-dondu-araclar-mahsur-kaldi-42118898/4> adresinden alındı
- Impacts Global Warming.** (2021). <https://www.greenfacts.org/en/impacts-global-warming/12/index.htm> adresinden alındı
- IPCC.** (2014). *Climate Change 2014 Synthesis Report*. Geneva: IPCC.
- İzmir/Cumhuriyet.** (2021, Mart 19). *İzmir'in 'Doğayla Uyumlu Yaşam Stratejisi' yayınlandı*. Cumhuriyet: <https://www.cumhuriyet.com.tr/haber/izmirin-dogayla-uyumlu-yasam-stratejisi-yayinlandi-1821718> adresinden alındı
- Jaber, F., Woodson, D., LaChance, C., & York, C.** (2011). *Stormwater Management: Rain Gardens*. The Texas A&M University AgriLife.
- Jha, A. K., Bloch, R., & Lamond, J.** (2011). *Cities and Flooding : A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century*. Thailand: The World Bank.
- Jiang, Y., Zevenbergen, C., & Ma, Y.** (2018). Urban pluvialflooding and stormwater management: A contemporaryreview of China's challenges and“sponge cities”strategy. *Environmental Science and Policy*, 132-143.
- Kadıköy Belediyesi Akademi.** (2015, Kasım 2). *Sellere Karşı “Sünger” Kentler*. Kadıköy Belediyesi Akademi: <http://www.kadikoyakademi.org/sellere-karsi-sunger-kentler/> adresinden alındı
- Kadioğlu, M.** (2012). *Türkiye’de İklim Değişikliği Risk Yönetimi*. Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Kadioğlu, M.** (2019). *Kent Selleri Yönetim ve Kontrol Rehberi*. İstanbul: Kültür Yayınları.
- Kahyaoğlu, B.** (2021, Ağustos 31). *Bozkurt'taki sel felaketinin 20'nci gününde çalışmalar aralıksız sürüyor*. Anadolu Ajansı: <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/bozkurttaki-sel-felaketinin-20nci-gununde-calismalar-araliksiz-suruyor/2351279> adresinden alındı
- Kourgialas, N. N., Karatzas, G. P.** (2011). Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas—a case study. *Hydrological Sciences Journal—Journal des Sciences Hydrologiques*, 56(2), 212-225.

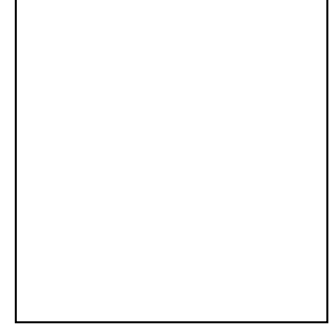
- Kömüşçü, A. Ü., Aksoy, M., Çelik, S., Cıba, Ö. F., Uğurlu, A., Turgu, E., & Ünal, E.** (2021, Mart 30). 22 Ağustos 2020 Tarihinde Giresun ve İlçelerinde Meydana Gelen Şiddetli Yağış ve Sel Olayının Meteorolojik ve Hidrometeorolojik Analizi. *Su Kaynakları*, s. 1-14.
- Leichenko, R.** (2011). Climate change and urban resilience. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 164–168.
- Lindt, O. M.** (2020). High-Resolution Approach to Quantify the Impact of Building-Level Flood Risk Mitigation and Adaptation Measures on Flood Losses at the Community-Level. *Elsevier*.
- Master Urban Resilience Design and Management.** (2021, Mart 4). *Nature based solutions are playing a huge part in Barcelona's resiliency*. Master Urban Resilience Design and Management: <https://masterurbanresilience.com/nature-based-solutions-are-playing-a-huge-part-in-barcelonas-resiliency-heres-how/> adresinden alındı
- McGrath, M.** (2021, Ağustos 10). *İklim değişikliği: BM İklim Raporu'ndan öğrendiğimiz 5 önemli konu*. BBC News Türkçe: <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-58146970> adresinden alındı
- MGM.** (tarih yok). *İllerimize Ait Genel İstatistik Verileri*. Meteoroloji Genel Müdürlüğü: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=BURSA> adresinden alındı
- Michael, E. A., & Samanta, S.** (2016). Landslide vulnerability mapping (LVM) using weighted linear combination (WLC) model through remote sensing and GIS techniques. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2, 1-15.
- Moradi, M., & Tamer, N. G.** (2017). Bursa Örneğinde Kentsel Büyümenin Yerel İklim Değişikliği Üzerine Etkisi . *Planlama*, s. 26-37.
- Natural disaster risks: Losses are trending upwards.** (tarih yok). Munich Re: <https://www.munichre.com/en/risks/natural-disasters-losses-are-trending-upwards.html> adresinden alındı
- Norfolk Rural Development Strategy Steering Group.** (2013). *Norfolk Rural Development Strategy*. Norfolk.
- Norris, F. H., Stevens, S. P., Pfefferbaum, B., Wyche, K. F., & Pfefferbaum, R. L.** (2008, Nisan). Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness. *American Journal of Community Psychology*, s. 128-150.
- Oğuz, K., Oğuz, E., & Coşkun, M.** (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Taşkın Risk Alanlarının Belirlenmesi: Artvin İli Örneği.
- Öncü, B.** (2018, Mayıs 28). *Bursa'da selin ağır bilançosu ortaya çıkıyor*. DHA: <https://www.dha.com.tr/gundem/bursada-selin-agir-bilancosu-ortaya-cikiyor-1582031> adresinden alındı
- Özalp, H., & Kankal, O.** (2021, Haziran 9). *Ankara'da yoğun sağanak sonrası sel*. Hürriyet: <https://www.hurriyet.com.tr/gundem/son-dakika-ankarada-yogun-saganak-sonrasi-sel-araclar-suruklendi-caddeler-su-altinda-kaldi-41828586> adresinden alındı

- Pandey, P., & Chakraborty, R.** (1999). Geographical Information System(GIS): Information technology for planning management and development of GOA tourism master plan in next millenium.
<http://www.gisdevelopment.net/application/miscellaneous/misc018.htm> adresinden alındı
- Parlak, E., & Atik, M.** (2020). Dünyadan ve Ülkemizden Mavi-Yeşil Altyapı Uygulamaları. *PEYZAJ - Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 86-100.
- Patel, R., & Nosal, L.** (2016, Aralık). Defining the Resilient City . *United Nations University Centre for Policy Research Working Paper 6*, s. 1-18.
- Pektezel, H.** (2015). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Ve Analitik Hiyerarşi Sistemine (AHS) Göre Gelibolu Yarımadası'nın Deprem Duyarlılık Analizi. *International Journal of Social Science*(36), s. 179-201.
- Plan Clima 2018-2030.** (2018). Barcelona: ajuntament de barcelona.
- Probst, M.** (2021, Temmuz 15). *Germany's deadly floods were up to 9 times more likely because of climate change, study estimates.* CNN:
<https://edition.cnn.com/2021/08/23/europe/germany-floods-belgium-climate-change-intl/index.html> adresinden alındı
- Rahman, N., & Islam, I.** (2015). GIS based mapping of vulnerability to earthquake and fire hazard in Dhaka city, Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, s. 291-300.
- REGKLAM.** (2012). *Managing risks, seizing opportunities The Dresden region faces up to climate change.* Strategy Concept of the Regional Climate Adaptation Programme for the Dresden Region: <http://www.regklam.de/ueber-regklam> adresinden alındı
- Satterthwaite, D., Reid, H., Huq, S., & Pelling, M.** (2007, Temmuz). Adapting to Climate Change in Urban Areas. *Human Settlements Discussion Paper Series*, s. 1-112.
- Saxon state capital Dresden, Landeshauptstadt Dresden.** (2022). *Example quarter Dresden-Gorbitz.* HeatResilientCity II:
<http://heatresilientcity.de/en/project/example-quarter-dresden-gorbitz/>) adresinden alındı
- Seoul Metropolitan Government.** (2019). *Promise of Seoul.* Seoul: Seoul Metropolitan Government.
- Shanahan, E., & Wong, A.** (2021, Temmuz). *Heavy Rains Pound New York City, Flooding Subway Stations and Roads.* The New York Times:
<https://www.nytimes.com/2021/07/08/nyregion/flooding-subways-nyc.html> adresinden alındı
- Shinde, Sambhaji D., Ve Vp Gaikwad.** (2016) "Application Of GIS For Mapping Rainwater Harvesting Potential: A Case Study Of Nidhal Village In Satara District, Maharashtra, India, IMPACT: *International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences*, Vol. 4, Issue 5
- Silva, A. D., Amaratunga, D., & Haigh, R.** (2022). Green and Blue Infrastructure as Nature-Based Better Preparedness Solutions for Disaster Risk Reduction: Key Policy Aspects. *Sustainability*, s. 2-28. doi:<https://doi.org/10.3390/su142316155>

- Sinha, R., Bapalu, G., Singh, L., Rath, B.** (2008). Flood risk analysis in the Kosi river basin, north Bihar using multi-parametric approach of analytical hierarchy process (AHP). *J Indian Soc Remote Sens* 36:335–349
- Solak, S., Kılıç, M. Y., & Solmaz, S. K.** (2019). Bursa İlinde Sürdürülebilir Kentsel Su Yönetimi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, s. 111-124.
- Sponge City.** (tarih yok). UN Environment Programme: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/sponge-city-san-salvador-uses-nature-fight-floods> adresinden alındı
- Száráz, L. R.** (2014). The Impact of Urban Green Spaces on Climate and Air Quality in Cities . *Geographical Locality Studies*, s. 326-354.
- T.C. Bursa Valiliği.** (tarih yok). Bursa Valiliği: <http://www.bursa.gov.tr/yildirim> adresinden alındı
- The Atlas Community Team.** (2011). *Rotterdam uses underground car park to increase accessibility and provide flood defense*. The Atlas: <https://the-atlas.com/projects/museum-park-car-park-flood-defense> adresinden alındı
- The City of New York.** (2019). *OneNYC 2050 Building a Strong and Fair City*. New York: oneNyc.
- The city of Norfolk.** (2021, 12 20). *The city of Norfolk*. Flooding Awareness & Mitigation: <https://www.norfolk.gov/1055/Flooding-Awareness-Mitigation> adresinden alındı
- The Nature Conservancy.** (2022). *China Climate Change Solutions: Mitigation*. The Nature Conservancy: <https://www.nature.org/en-us/about-us/where-we-work/asia-pacific/china/stories-in-china/china-climate-change-solutions--mitigation/> adresinden alındı
- Thorne, C., Lawson, E., Ozawa, C., Hamlin, S., & Smith, L.** (2015). Overcoming uncertainty and barriers to adoption of Blue-Green Infrastructure for urban flood risk management. *Journal of Flood Risk Management*, s. 960-970. doi: <https://doi.org/10.1111/jfr3.12218>
- TRT Haber.** (2012, Temmuz 4). *Samsun'da Sel Felaketi*. TRT Haber: <https://www.trthaber.com/haber/gundem/samsunda-sel-felaketi-47121.html> adresinden alındı
- Turenscape.** (2011). *The Transformed Stormwater Park: Qunli National Urban Wetland*. world-architects.com: <https://www.world-architects.com/fr/turenscape-haidian-district-beijing/project/the-transformed-stormwater-park-qunli-national-urban-wetland> adresinden alındı
- Turenscape.** (2016). chinese-architects.com: <https://www.chinese-architects.com/en/turenscape-haidian-district-beijing/project/turning-gray-into-green-meishe-river-greenway-and-fengxiang-park-haikou-china> adresinden alındı
- Uluslararası Enerji Ajansı.** (2016, Haziran 1). *Cities are in the frontline for cutting carbon emissions, new IEA report finds*. [iea.org: https://www.iea.org/news/cities-are-in-the-frontline-for-cutting-carbon-emissions-new-iea-report-finds](https://www.iea.org/news/cities-are-in-the-frontline-for-cutting-carbon-emissions-new-iea-report-finds) adresinden alındı
- Uncu, B. A.** (2019). *İklim İçin Kentler Yerel Yönetimlerde İklim Eylem Planı*. İstanbul: 350.org.

- UN-Habitat.** (2011). *Cities and Climate Change Global Report on Human Settlements 2011*. London: Earthscan.
- UN-Habitat.** (2014). *Planning for climate change: Guide - A strategic, values-based approach for urban planners*. Nairobi: UN-HABITAT.
- Vikipedi.** (2022, Temmuz 31). *2017 İstanbul Yağmur ve Dolu Felaketi*. Vikipedi: https://tr.wikipedia.org/wiki/2017_%C4%B0stanbul_ya%C4%9Fmur_ve_dolu_felaketi adresinden alındı
- Vikipedi.** (tarih yok). *Boutique Hotel Stadthalle*. Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/Boutiquehotel_Stadthalle adresinden alındı
- W.C., L., & K.K.A., Y.** (2014, Temmuz). A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective. *International Journal of Sustainable Built Environment*, s. 127-134.
- Wamsler, C.** (2006, Mayıs 10). Mainstreaming Risk Reduction in Urban Planning and Housing: A Challenge for International Aid Organisations. *Disasters*, s. 151-177.
- Wang, X., Zhenmin, F.** (2002). Sustainable development of rural energy and its appraising system in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6(4), 395-404.
- Wang Y., J. L.** (2008). An Integrated AHP-DEA Methodology For Bridge Risk Assessment. *Computers & Industrial Engineering*, 54(3), s. 513-525.
- Yükselir, H., Ağaçsapan, B., & Çabuk, A.** (2019). Cbs Tabanlı Çatıların Yağmur Suyu Toplama Kapasitesinin Hesaplanması. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies*, 1(2), 16-26.
- Watts, M.** (2021, Haziran 07). *Press Release: City of Paris passes its new Air Quality, Energy & Climate Action Plan*. C40 Cities: <https://www.c40.org/news/city-of-paris-passes-its-new-air-quality-energy-climate-action-plan/> adresinden alındı
- What Is Climate Change.** (2021). United Nations Climate Action: <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change> adresinden alındı
- Wilbanks, T. J., & Sathaye, J.** (2007, Mayıs 25). Integrating mitigation and adaptation as responses to climate change: a synthesis. *Mitig Adapt Strat Glob Change*, s. 957-962. doi:10.1007/s11027-007-9108-3
- World Meteorological Organization.** (1984). *Annual Report Of The World Meteorological Organization*. Geneva: Secretariat of the World Meteorological Organization.
- Xianmin, C.** (2013, Ağustos 27). *Metro Shanghai*. Global Times: <https://www.globaltimes.cn/content/806697.shtml> adresinden alındı
- Yapi.** (2014, Haziran 6). *İşte Tokyo'da Selleri Önleyen Yeraltı Sistemi*. yapi.com.tr: http://www.yapi.com.tr/haberler/iste-tokyoda-selleri-onleyen-yeralti-sistemi_121000.html adresinden alındı
- Yıldırım, Bursa.** (tarih yok). Vikipedi: https://tr.wikipedia.org/wiki/Y%C4%B1ld%C4%B1r%C4%B1m,_Bursa adresinden alındı

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Ayşe Sena ÇILDIR

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2019, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık
- **Yüksek Lisans** : 2023, Bursa Teknik Üniversitesi, Kentsel Tasarım Anabilim Dalı, Kentsel Tasarım Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 02/2022 – Devam Söğüt-Taşyapı Hafif Raylı Sistem İnsaatı Bursa Emek- Şehir Hastanesi Metro Hattı, Teknik Ofis Mimarı
- 11/2021 – 02/2022 Bursa Teknik Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, Kısmi Zamanlı Çalışma
- 07/2017 – 08/2017 Keygen Uluslararası Mühendislik, Şantiye Stajı
- 06/2015 – 08/2015 Engin Küçük Mimarlık, Ofis Stajı

DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- The 8 th International Conference on Architecture PROCEEDING The 8 th International Conference on Architecture and Built Environment with AWARDS, S.ARCH 2021, ISBN 978-3-9820758-7-7
- Increasing Flood Disasters with Climate Change and Urban Adaptation Strategies; Suggestions for Bursa City, Ocak 2022, DOI: 10.38027/ICCAUA2022TR0011