

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİYEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANABİLİM DALI

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM SÜRECİNDE KENTLERDE
SÜRDÜRÜLEBİLİR SU YÖNETİM STRATEJİSİNİN GELİŞTİRİLMESİ:
BİLECİK(MERKEZ) ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEVGİ AKKOY

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. EDİP AVŞAR

BİLECİK, 2025

10721182

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİYEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ANABİLİM DALI

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM SÜRECİNDE KENTLERDE
SÜRDÜRÜLEBİLİR SU YÖNETİM STRATEJİSİNİN GELİŞTİRİLMESİ:
BİLECİK(MERKEZ) ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEVGİ AKKOY

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. EDİP AVŞAR

BİLECİK, 2025

10721182

BEYAN

“İklim Değişikliğine Uyum Sürecinde Kentlerde Sürdürülebilir Su Yönetim Stratejisinin Geliştirilmesi: Bilecik (Merkez) Örneği” adlı yüksek lisans tezinin hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın,			
Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.			
DESTEK ALINMIŞTIR		DESTEK ALINMAMIŞTIR	X
Destek alındı ise;			
Destekleyen kurum;			
Desteğin Türü		Proje Numarası	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)			
2- TÜBİTAK			
Diğer;.....			
ETİK KURUL onayı var ise;			
ETİK KURUL karar tarih/sayı:		/...	

Sevgi AKKOY

Tarih

İmza

ÖN SÖZ

“Bir milletin gelişmesinde en önemli yol bilim ve akıldır” diyerek bizlere ışık tutan Gazi Mustafa Kemal Atatürk’ün izinde ilerlemek, bu çalışmanın temel motivasyonlarından biri olmuştur. Doğaya, insana ve geleceğe duyduğum sorumluluk duygusuyla çıktığım bu yol, yalnızca akademik bir sürecin değil, içten bir farkındalık ve çaba serüveninin de ifadesidir. İklim değişikliği gibi küresel bir tehdidin, küçük bir şehirdeki yaşamı bile nasıl etkileyebileceğini görmek ve buna çözüm aramak, beni hem düşündürdü hem de derinden etkiledi. Bilecik Merkez örneği üzerinden yürütülen bu çalışmanın, doğaya daha saygılı, kaynaklara daha bilinçli yaklaşan bir toplum için küçük de olsa bir katkı sağlamasını yürekten diliyorum. Bu süreçte her zaman yanımda olan, desteğini ve sabrını hiç esirgemeyen kıymetli aileme ve dostlarıma sonsuz teşekkür ederim. Yolumu aydınlatan, bilgisi ve desteğiyle bana güç veren değerli danışmanım Prof. Dr. Edip Avşar’a en içten şükranlarımla...

Cumhuriyetimizin kurucusu Mustafa Kemal Atatürk’ün “Dünyada her şey için, medeniyet için, hayat için, başarı için en gerçek yol gösterici ilimdir, fendir” sözünü kendime ilke edinerek bu çalışmayı onun aziz hatırasına ithaf ediyorum.

Sevgi AKKOY

2025

ÖZET

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM SÜRECİNDE KENTLERDE SÜRDÜRÜLEBİLİR SU YÖNETİM STRATEJİSİNİN GELİŞTİRİLMESİ: BİLECİK(MERKEZ) ÖRNEĞİ

Su, dünya ve insanlık için hayati bir kaynaktır ve sürdürülebilir kalkınma için olmazsa olmaz bir konudur. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine göre, ihtiyaç duyulan miktar ve kalitede suya erişim herkesin en temel hakkıdır. Çalışmanın temel amacı, Bilecik şehir merkezinde sürdürülebilir su kaynakları yönetimini sağlamaktır. Çalışma kapsamında, hızla artan su talebini karşılamak için kaynakların daha verimli nasıl kullanılacağı, şehir merkezindeki su kaynaklarının nüfus artışından nasıl etkileneceği, alternatif kaynak ve yönetim ihtiyacının nasıl yapılacağı, suyun geri kazanımı ve yeniden kullanımı için stratejilerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Yapılan araştırmaya göre kişi başına çekilen günlük ortalama su miktarı 228 litre olarak hesaplanmıştır. Üç büyük ilde kişi başına çekilen ortalama su miktarı İstanbul için 190 litre, Ankara için 246 litre, İzmir için 221 litre olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda, illere yönelik geliştirilen ve uygulanan stratejiler Bilecik (Merkez) özelinde değerlendirilmiştir. İlin tüm içme suyu Karasu Deresi'nden sağlanmaktadır. Bilecik nüfusunun %99'una içme ve kullanma suyu şebeke hizmeti verilmektedir (Bilecik Belediyesi Performans Programı, 2023). Bilecik Belediyesi yetkilileriyle yapılan görüşmede, Bilecik ilinde 2023 yılında kişi başına düşen günlük su miktarının 181 litre olduğu öğrenilmiştir. Elde edilen verilere göre, Bilecik (Merkez) kişi başına çekilen ortalama su miktarının altında kalmaktadır. Bilecik ilinde önümüzdeki yıllarda sanayinin artmasıyla nüfusun düzenli olarak artacağı düşünüldüğünde, yakın zamanda ilde su temini sorunu yaşanabilir. Kentsel alanlarda su kaynaklarının etkin kullanımını artırmak için stratejik kalkınma hedefleri belirlenmeli ve bunları destekleyecek projeler hayata geçirilmelidir. Su kaynaklarının kalitesini artırmada ve su kayıplarını azaltmada bir diğer önemli konu ise su ve atık su altyapısının iyi tasarlanmasıdır. Bu nedenle Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, valilik ve yerel yönetimlerin su krizini önlemek için acilen bir B planı geliştirmeleri öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bilecik, Su, Su Yönetimi, Sürdürülebilirlik, Su Kaynakları.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT STRATEGY IN CITIES DURING THE ADAPTATION PROCESS TO CLIMATE CHANGE: THE CASE OF BİLECİK(CENTER)

Water is a vital resource for the world and humanity and is an essential issue for sustainable development. According to sustainable development goals, access to water in the required quantity and quality is everyone's most fundamental right. The main goal of the study is to ensure sustainable water resources management in Bilecik city center. Within the scope of the study, it aims to determine how the resources will be used more efficiently to meet the rapidly increasing water demand, how the water resources in the city center will be affected by the population growth, how the need for alternative resources and management will be done, and strategies for water recovery and reuse. According to the research conducted, the average daily amount of water drawn per person was calculated as 228 liters. In three major cities, the average amount of water drawn per capita was determined to be 190 liters for Istanbul, 246 liters for Ankara, and 221 liters for Izmir. In this context, the strategies developed and implemented for cities were evaluated specifically for Bilecik (Center). All the city's drinking water is provided by the Karasu Stream. Drinking and utility water network service is provided to 99% of Bilecik's population. (Bilecik Municipality Performance Program, 2023). It was obtained from the interview with Bilecik Municipality officials that the instantaneous daily water amount per capita in Bilecik (Center) was 181 liters in 2023. According to the obtained data, Bilecik remains below the average amount of water drawn per capital. Considering that the population will increase regularly with the increase in industry in the coming years in Bilecik province, there may be a water supply problem in the city soon. Strategic development targets should be determined in order to increase the efficient use of water resources in urban areas and projects that will support them should be implemented. Another important issue in increasing the quality of water resources and reducing water losses is that the water and wastewater infrastructure should be well designed. Therefore, it is envisaged that General Directorate of State Hydraulic Works governorships and local governments urgently develop a B plan to prevent a water crisis.

Keywords: Bilecik, Water, Water Management, Sustainability, Water Resources.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖN SÖZ.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR LİSTESİ	viii
1.GİRİŞ.....	1
2.MEVCUT LİTERATÜR	3
2.1. Dünya’da ve Türkiye’den Örneklerle Kentlerde Su Yönetim Çalışmaları (2008-2024).....	3
3.TEMEL KAVRAMLAR VE TEORİK ÇERÇEVE	9
3.1. Su Kaynaklarının Verimli Kullanımı	9
3.1.1. Sürdürülebilirlik Kavramı ve Sürdürülebilir Su Yönetimi	9
3.1.2. Su Döngüsü.....	12
3.1.3. Su Hakkı	14
3.1.4. Su Hukuku.....	14
3.1.5. Su Verimliliği.....	15
3.1.6. Su Stresi	16
3.1.7. Kentler ve Sürdürülebilir Su Yönetimi	18
4.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE GENEL BİR BAKIŞ VE DÜNYA’DA SU YÖNETİMİNDEN ÖRNEKLER.....	20
4.1. İklim, İklim Değişikliği ve İklim Değişikliği Politikaları	20
4.1.1. İklim Değişikliği ve Su Yönetimi	21
4.1.2. İklim Değişikliği ve Kentler.....	22
4.1.3. Dünya’da Suyun Durumu	24
4.1.4. Dünya Ülkelerinden Kentlerde Su Yönetimi	27
4.1.5. Kentlerde Uygulanan Su Yönetimi Modelleri	30

5.TÜRKİYE’DE SU YÖNETİMİ	43
5.1.Türkiye’de Su Yönetimi.....	43
5.1.1. Türkiye’de İçme Suyu ve Atık Su Hizmetleri	44
6.MATERYAL/METOT.....	52
6.1.Bilecik İli	52
7.BİLECİK’TE SU YÖNETİMİ.....	54
7.1. Bilecik İli Su Kaynakları	54
7.1.1.Bilecik İlinde Su Yönetimine İlişkin Çalışmalar	62
7.2. Bilecik İli (Merkez) Sürdürülebilir İklim Kapsamında Su Yönetimi Çözümleri ..	65
8.SONUÇ.....	67
8.1.Tartışma	69
8.2.Öneriler	70
KAYNAKÇA	72

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Falkenmark İndeksi	16
Tablo 3.2. Bölgesel Falkenmark Göstergeleri (2015)	17
Tablo 5.1. Türkiye'nin Su Potansiyeli ve Kullanım Alanları	44
Tablo 5.2. 2014-2018 Yılları Aralığında Türkiye Geneli Nüfus ve İçme Suyu Verileri.....	46
Tablo 5.3. Türkiye Gelecek Yıllarda Su Tüketim Hesabı	49
Tablo 5.4. Türkiye 2003 ve 2030 Su Kullanım Oranları	49
Tablo 7.1. Bilecik İli Su Kaynakları Miktarı	54
Tablo 7.2. Yıllara Göre Bilecik İli Barajlar Doluluk Oranları	54
Tablo 7.3. Bilecik(Merkez) Atık Su Arıtılmış Kapasitesi	57
Tablo 7.4. Bilecik İlindeki Atık Su Arıtma Tesisleri.....	58
Tablo 7.5. Bilecik Karasu Su Kalite Analiz Sonuçları	63
Tablo 7.6. Bilecik İlinde Kişi Başına Düşen Su Miktarı	63

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Sürdürülebilirliğin Tarihsel Gelişimi	10
Şekil 3.2. Sürdürülebilirliğin Boyutları.....	11
Şekil 3.3. Su Yönetiminin Sağlamasında Su Tasarrufu Uygulamaları	11
Şekil 3.4. Su Ayak İzi	12
Şekil 3.5. Su Döngüsü.....	13
Şekil 4.1. 1860 -2020 Yılları Arası Sıcaklık Değişimi	21
Şekil 4.2. İklim Değişikliğinin Tatlı Sular Üzerinde Etkisi	22
Şekil 4.3.2030 Karbon Emisyon Hedefi.....	24
Şekil 4.4. Dünya’da Su Kıtık Durumu	24
Şekil 4.5. Su Kaynaklarının Kıtalar ve Nüfusa Göre Dağılımı	27
Şekil 4.6. Sünger Kent İşleyiş Şeması	31
Şekil 4.7. Çatı Yağmur Suyu Hasadı Sisteminin Basit Şeması.....	34
Şekil 4.8. Yaşam Döngüsü Analizi Çerçevesinde Kentlerde Su Yönetimi Çerçevesi.....	37
Şekil 4.9. Geçirimli Asfalt İşleyişi	39
Şekil 5.1. Falkenmark Su Stres İndeksine Göre Havzalarda Kişi Başına Düşen Su Potansiyeli	45
Şekil 5.2. 2020-2022 Yılları Türkiye’de Kaynağına Göre Çekilen Su Miktarları.....	47
Şekil 5.3. 2020-2022 Kaynaklarına Göre Belediye İçme ve Kullanma Suyu Şebekesine Göre Dağılımı.....	47
Şekil 5.4. 2010-2022 Yılları Türkiye’de Sulama ve İçme Kullanma Sanayi.....	48
Şekil 5.5. Su Kayıp-Kaçak Oranları (2014-2023).....	48
Şekil 5.6. 2016 yılı Belediye Bazlı Kullanım Mevcudiyet Oranı	50
Şekil 5.7. Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin HadGEM2-ES Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10’ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi.....	51
Şekil 6.1. Bilecik İli Lokasyonu.....	52
Şekil 6.2. Araştırmanın Yöntemi Şeması	53
Şekil 7.1. Bilecik İklim Verisi.....	59
Şekil 7.2. Bilecik’te Kanalizasyon Şebekesi Tesisi ile Toplam Nüfusa Oranı	63

KISALTMALAR LİSTESİ

- AB:** Avrupa Birliği
- BEBKA:** Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı
- BM:** Birleşmiş Milletler
- ÇSB:** Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
- CMIP5:** Eşleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi
- COP28:** Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı
- ÇED:** Çevresel Etki Değerlendirme
- DSİ:** Devlet Su İşleri
- ESA UN:** Avrupa Uzay Ajansı
- FAO:** Gıda ve Tarım Örgütü
- FRM:** Sel Riski Yönetimi
- GIS:** Coğrafi Bilgi Sistemi
- GRI:** Küresel Raporlama Girişimi
- İSKİ:** İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
- IUWM:** Entegre Kentsel Su Yönetimi Tekniği
- IPCC:** Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
- KGK:** Kamu Gözetim Kurumu
- NNBS:** Doğa Temelli Çözümler
- NDC:** Ulusal Katkı Beyanı
- OECD:** Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
- TMMOB:** Türk Mühendis ve Mimarlar Odası Birliği
- TOB:** Tarım ve Orman Bakanlığı
- TÜİK:** Türkiye İstatistik Kurumu
- UN-HABİTAT:** Birleşmiş Milletler İnsan Yerleştirme Programı
- UNDP:** Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı

UN GLOBAL COMPACT: Küresel İlkeler Sözleşmesi

RCP: Temsili Konsantrasyon Rotaları

WBCSD: İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Konseyi

WWF: Doğal Hayatı Koruma Vakfı



1.GİRİŞ

Çevresel problemlerin temelindeki etkenlerden biride önlenemez nüfus artışıdır. Yapılan çalışmalar yaşanabilir bir evren için dünya nüfusunun gelecek yıllardaki 11 milyarı aşacağı yönündedir (Sevinç ve Aktuğ,2023). Bu durumu ise ekolojik dengenin bozulması, çarpık kentleşmenin artması ve yok olan açlık, barınma ve yoksulluk gibi sorunlarını da beraberinde getireceği düşünülmektedir (Torunoğlu,2018). Ekosistemlerin tahribatında diğer önemli bir sebepte suyun ticarileştirilmesidir. Plansız ve yoğun gerçekleştirilen faaliyetlerin su havzalarındaki canlı yaşamını tehdit ettiği ve bu havzalardaki ekosistemin yok olmasına sebep olacağı yönünde endişeler her geçen gün artmaktadır (TMMOB,2009).Dünya çapında artan kirlilik ve su kaynaklarına olumsuz etkileri ilk kez 1992 yılında Uluslararası Su Konferansı'nda kullanılan "sürdürülebilir su yönetimi" kavramını ortaya çıkarmıştır. Su Yönetimi 4 esasa dayanmaktadır. Bunlar; Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için tatlı su kaynaklarının verimli kullanılması, başarılı bir su yönetiminin sağlanması için ilgili tüm paydaşların katılımı sağlanması, kadınların suyun temini ve yönetimi konusunda rol üstlenmesi ve suyun ekonomik bir değere sahip olması bu bağlamda önemlidir (Orhon,2002). Başarılı bir su yönetimi sürecinde şehirlerde su verimliliğini etkileyecek sosyal, ekonomik ve çevresel anlamda birçok faaliyet bulunmaktadır. Şehrin nüfusu, küresel iklim değişikliği etkileri, kentsel su hizmetleri şehirdeki su yönetimini doğrudan etkilemektedirler (Massarutto, 2011).

20.yüzyılda sürdürülebilir kalkınma, ekonomik gelişmelerin yanı sıra sosyal ve çevresel etmenleri de ele alan bir kalkınma modelidir. Son yüzyılda endüstrinin her alanında olan ve halkın eşit katılımına önem veren sürdürülebilir kalkınma modeli açıklık ve eşitliği savunan bir yaklaşım modelidir. Model kısaca toplumun ihtiyaçlarını en elverişli düzeye getirmektir (Şehir Planlama Odası Su Komisyonu, 2006). Kentler sayısız ekonomik, sosyal, kültürel, kurumsal ve doğal yapının ve çok çeşitli risklerin iç içe geçtiği karmaşık bir sistemdir. Kasım 2022'de 8 milyara varan dünya nüfusunun %56'sının, kentlerde yaşamaktadır. Kentlerde yaşayan nüfus giderek artmaktadır (UN-HABITAT, 2022). Kentler küresel iklim eyleminin merkezinde yer almalıdır. Çünkü kritik bir tehdit altındalar. Kentler, net sıfır hedeflerine doğru ilerlerken aynı anda iklim değişikliğiyle ilişkili aşırı hava olaylarına ve şoklara karşı direnç geliştirmelidir. İklim adaleti, özellikle de gecekondü ve gayri resmi yerleşimler için kentsel iklim eyleminin merkezinde yer almalıdır. Sürdürülebilir su yönetiminin sağlanabilmesi için adil bir iklim geçişi, yapısal kırılmalıkları ele alarak,

hiçbir yerin ve hiç kimsenin geride bırakılmamasını sağlamalıdır (Marmara Belediyeler Birliği, 2024).

Kentlerde su verimliliği içme ve kullanma suları, bireysel su verimliliği, atık suyun arıtımı ve suyun verimli kullanımını teşvik eden fiyatlandırmayı kapsamaktadır. Su temininde temel nokta istenilen miktar ve kalitede su kullanıcıya iletilmesidir. Bu noktada su kayıplarının önüne geçilmesi önemlidir. Özellikle yerel yönetimlerin su şebekelerinde meydana gelen kayıp-kaçak oranlarının kontrol altına alması suyun verimli kullanımı için önemlidir (Su Verimliliği Genel Müdürlüğü, 2013).

Yapılan araştırmalara göre kişi başına çekilen günlük ortalama su miktarı 228 litre olarak hesaplanmıştır. Üç büyük şehirde ise kişi başına çekilen ortalama su miktarının İstanbul için 190 litre, Ankara için 246 litre ve İzmir için 221 litre olduğu tespit edilmiştir (TÜİK, 2020). Bu bağlamda kentler için geliştirilen ve uygulanması gereken stratejiler Bilecik (Merkez) temelinde değerlendirilmiştir. Şehrin içme suyunun tamamı Karasu Deresi'nden sağlanmaktadır (Bilecik Belediyesi Performans Programı, 2023). 2023 yılında Bilecik (Merkez)'de nüfusa göre kişi başına düşen günlük su miktarının 181 litre olduğu Bilecik Belediyesi yetkilileri ile yapılan görüşmeden elde edilmiştir. Ulaşılan verileri doğrultusunda Bilecik (Merkez) kişi başına çekilen ortalama su miktarının altında kalmaktadır. Bilecik ilinde gelecek yıllarda sanayinin artmasıyla düzenli olarak nüfus artışı yaşanacağı düşünülürse şehirde yakın bir gelecekte su teminin problemi olabilir. Çalışmada kentlerde su verimliliğine dayalı kentler için geliştirilen ve uygulanması gereken stratejiler özelinde değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda gelecek yıllarda Bilecik ilinin su krizi ile karşılaşacağı düşünülmektedir.

2.MEVCUT LİTERATÜR

2.1. Dünya’da ve Türkiye’den Örneklerle Kentlerde Su Yönetim Çalışmaları (2008-2024)

Su azlığının yaşanması su tüketiminde dikkatli davranmayı gerektirmektedir. Kentlerde su yönetimi alanında yapılan önceki yıllara ait birçok çalışma bulunmuştur. Bu çalışmalardan iklim değişikliği ve kentler bazında tez konusuna yakın olan ve son yıllarda yapılmış olanlar aşağıda verilmiştir.

Büyükerşen ve Efelerli (2008) çalışmalarında DSİ tarafından yaptırılan “Havza Su Yönetim Planı” çalışması ve Eskişehir Büyükşehir Belediyesi tarafından yaptırılan Porsuk Nehri ıslahı projeleri ve çevre raporları, Porsuk Nehri kirliliğine dair değerlendirmeler ele alınarak değerlendirilmiştir. Çalışmada Porsuk nehri su potansiyeli daha verimli kullanılmaya başlamasına rağmen su kirliliği konuları da öne çıkmış bulunmaktadır. Çalışma sonucunda Porsuk havzasında da suyun havza yönetim anlayışı ile yönetilmesi gerektiğini ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışma da suyun verimli kullanımının gerekliliğini ve Porsuk havzasında yapılması gerekenleri belirtmektedir.

Whitehead vd., (2009) çalışmalarında Birleşik Krallık yüzey suyu kalitesi iklim değişikliği süreci kapsamında incelemişlerdir. Son yıllarda ses getiren iklim değişikliği senaryoları yaz aylarında daha sık kuraklık ve ani sel olacağını ve bunun da kentsel alanlardan alıcı su yollarına ve haliçlere kontrolsüz deşarjlara yol açacağını ileri sürmektedir. Daha düşük akışlar, azalan hızlar ve dolayısıyla nehirlerde ve göllerde daha yüksek su kalma süreleri, toksik alg patlamaları potansiyelini artıracak ve çözünmüş oksijen seviyelerini azaltacağı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma sonucunda biyoyakıtların büyümesi veya emisyon kontrolleri gibi iklim değişikliğine yönelik politika yanıtları, tatlı su kalitesini daha da etkileyeceği ve yabancı türlerin istilas ve Birleşik Krallık içinde değişen sıcaklıklara ve akış rejimlerine uyum sağlayan türlerin göç etmesinin olacağı sonucuna varılmıştır.

Torun ve Yasin (2010) araştırmalarında İstanbul ile eş değer nüfusa ve coğrafyaya sahip olan Moskova şehrinin su yönetim modellerini incelemiştir. Çalışma kapsamında, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) ile Moskova Su ve Kanalizasyon İdaresi ile anket çalışması yapılmıştır. Elde edilen veriler bir model dahilinde değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda sorgulama cetveli oluşturulup temiz ve atık suda yönetim anlayışları değerlendirilerek, su yönetiminde sorumlu ilgili kurumların performansları ölçülmeye çalışılmıştır.

Belete (2011) çalışmasında yol ve kentsel yağmur suyu drenaj altyapısının entegrasyonunu ve Addis Ketema Alt Kenti'ndeki her yolun ve drenajın durumu, kaldırım türü ve hiyerarşisi değerlendirilmiştir. Bu çalışma, özellikle Addis Ababa Belediyesi (Doğu), Addis 'Ketema' Lisesi ve Genel otobüs terminali (Batı), 'Yohannes' Kilisesi (Kuzey-Doğu) ve Bethel Lisesi (Kuzey-Batı) arasında sınırlanmıştır. Çalışmanın hedefleri, taşkın sorunlarına en yatkın yerleri belirlemek, yol ve kentsel yağmur suyu drenaj altyapısının mevcut durumunu değerlendirmek, yol projelerinde kentsel yağmur suyu drenaj altyapısının entegrasyon kapsamını belirlemek, kentsel yağmur suyu drenaj altyapısı entegrasyonunun yol performansı ve ilgili çevre sorunları üzerindeki etkilerini incelemek ve yol ve kentsel yağmur suyu drenaj altyapısı entegrasyonu ve bunların sağlanması ve yönetimi konusunda önerilerde bulunulmuştur. Çalışmanın sonucunda drenajların tıkanması sonucu oluşan taşkınları önlemek için yol ve kentsel yağmur suyu drenaj altyapısının entegrasyonunun ve entegre katı atık yönetiminin iyileştirilmesi önerilmiştir.

Aall (2012), iklim değişikliğine bağlı hava olaylarından dolayı Asya şehirlerinde iklim değişikliğine bağlı uyum ve yönetim açısından yılları verilerini kullanarak iklim değişikliğine uyum planlaması ve yönetimine dayalı bir araştırma yapmıştır. Araştırma sonucunda kentsel iklim değişikliği ve adaptasyon sonucunda faaliyetlerin çoğu yalnızca tek sektörde yoğunlaştığı ve Asya'daki şehirlerin ihtiyacının proaktif ve reaktif adaptasyonunun optimum sonucu olduğu sonucuna varılmıştır.

Ünal vd., (2013) çalışmalarında Türkiye'nin batı kısmını çalışma alanı olarak seçmişlerdir. Çünkü Türkiye için iklim değişikliği projeksiyonları, bu bölgede yaz aylarında en yüksek sıcaklık değişikliğinin beklenebileceğini göstermektedir. 1965-2006 yaz ayları (Haziran-Ağustos) için frekanslarını belirlenen sıcak hava dalgalarını tanımlamak için görünür sıcaklıkları kullanmışlardır. Çalışma sonucunda sıcak günlerin, sıcak hava dalgalarının ve sıcak hava dalgası sürelerinin sayısının 1965 ile 2006 yılları arasında Türkiye'nin batı kesiminde arttığını bulmuşlardır. Ayrıca son on yılda değişim oranları daha yüksektir ve aşırılıklar 1998'den sonra sıklıkla gözlenmektedir. Bölgesel dağılımlar, sıcak hava dalgası olaylarının sayısının alanın güney enlemlerine doğru artma eğilimi gösterdiğini göstermektedir. Çalışmada Türkiye'nin Batı'sındaki sıcak gün sayısının Doğu Akdeniz ve Karadeniz'deki ortalama deniz yüzey sıcaklıklarıyla daha iyi korelasyona sahip olduğu ve sıcak hava dalgası sayısının çoğu istasyon için yangın olayları ile önemli ölçüde korelasyona sahip olduğu bulunmuştur.

Jørgensen vd., (2014), CLUVA projesi (Climate Change and Urban Vulnerability in Africa) kapsamında Afrika'da ki kentsel yönetim ve iklim değişikliğine uyumun planlama yönlerini ele almışlardır. Araştırmaları kapsamında kentsel yönetim ve iklim değişikliğine uyumun planlama yönlerini ele alarak stratejik uyum planı oluşturmuşlardır. Çalışma sonucunda CLUVA örnek şehirlerinde birçok uyum faaliyetinin gerçekleştiğini, ancak stratejik uyum planları oluşturmak için şehir düzeyinde entegrasyona ihtiyaç duydukları sonucuna varmaktadır.

Leeuwen ve Sjerps (2015)'de araştırmalarında Amsterdam'daki entegre su kaynakları yönetiminin sürdürülebilirliği City Blueprint yaklaşımı kullanılarak incelenmiştir. City Blue Print yaklaşımı, su güvenliği, su kalitesi, içme suyu, sanitasyon, altyapı, iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik ve kamu katılımı da içeren 24 özel göstergen oluşan bir kümedir. 2006 yılında Amsterdam'daki çeşitli kentsel su ile ilgili hizmetler tek çatı altında toplanarak Waternet adlı şirket adlı kurulmuştur. Araştırmada Waternet yüzeysel su, içme suyu, yer altı suyu ve atık su arıtımından sorumludur. Bu şirketin çalışma tarzının şehrin su yönetiminde oldukça etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda Amsterdam Avrupa Yeşil indeksinde 1. sırada ayrıca 2015'e kadar değerlendirilen 30 şehir arasında su yönetimi açısından en iyi performans gösteren şehir olmuştur.

Bahria vd., (2016) İklim değişikliği ile mücadele sürecinde Afrika'da gelecek 30 yılda ciddi sorunları yaşanacağı düşünüldüğünden dolayı kentlerde IUWM tekniğini kullanarak entegre su yönetiminin uygulanacağını belirtmişlerdir. Afrika Su Tesisi'nin Seyş Eller, Zimbab ve Kongo Demokratik Cumhuriyet'indeki 3 projeyi uygulama deneyimlerini açıklamışlardır. Araştırmalarında güçlü liderlik, hükümetin ve ilgili kurumlarının taahhüdü ve mevcut kapasiteyi geliştirmeyi ve teknik yardım programı da dahil olmak üzere kritik sorunları belirleyebilmek adına Afrika şehirlerinde bu programların uygulanması gerektiği vurgulanmaktadır.

Buurman vd. (2017), kentlerde kuraklıktan kaynaklanan su kıtlığı riskini azaltmak için kentlerde su temin sistemlerinde yeni öneriler sunmuşlardır. Bu önerileri yakın zamanda kuraklıkla karşı karşıya kalan 10 şehre uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda uygulanan yeni stratejiler şehirlerde uygulanan uzun vadeli su stresini azaltmada ve aşırı kuraklığını sınırlandırmada yardımcı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Mehran vd. (2017), çalışmalarında Güneydoğu Avusturalya'da gelecek yıllarda su kullanılabilirliğini tahmin etmek için Eşleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi Aşama 5'ten

(CMIP5; kaynak 63) günlük yağış ve sıcaklığın gelecekteki simülasyonları kullanmışlardır. CMIP5, Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC, 2013) değerlendirme raporunda bildirildiği gibi, sera gazı emisyonlarına veya konsantrasyon senaryolarına tabi tutulan bir dizi geçmiş ve gelecek iklim simülasyonu içerir. Üstel olarak artan 21. yüzyıl CO₂ emisyonları veya konsantrasyonlarının RCP 8.5 senaryosunun CMIP5 simülasyonlarını seçmişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda Avustralya'da iklim değişikliği ve su talebinin bazı kombinasyonları için bölgenin epik Milenyum Kuraklığına benzer veya su stresi yaşayabileceğini görülmüştür. Milenyum kuraklığı 2000'li yıllarda yaşanan en şiddetli kuraklıktır.

Li ve Bergen (2018) su yönetimine yeni yaklaşımlarıyla ünlü beş şehrin kentsel su yönetimi uygulamalarını araştırmışlardır. Seçilen beş şehir Çin, Singapur, Berlin, Melbourne ve Tianjin'de sürdürülebilir kentsel su yönetimi bazında yaptıkları çalışmaları incelenmiştir. Çalışma sonucunda sürdürülebilirliğe geçiş için kentsel su yönetimi bazında yeşil çözümler, stratejiler ve projelere yer verilmiştir.

Solak vd., (2019) Bursa ilinde ilinin mevcut su durumunu ortaya dökerek kentlerde su ve su kullanımının önemini vurgulamışlardır. Çalışmada şehrin mevcut su kaynakları değerlendirilip ardından şehirde su kullanımına yönelik bir tutum anketi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda kentlerde su yönetiminin uygulanması için öneriler sunulmuştur.

Goss vd., (2020) araştırmalarında Kaliforniya'da aşırı sonbahar orman yangınlarına neden olan meteorolojik faktörlerin oluşumunda ve büyüklüğünde gözlemlenen değişiklikleri niceliksel olarak belirlemişlerdir. Bu değişikliklerin insan kaynaklı iklim değişikliğine atfedilebilir olup olmadığını belirlemek için iklim modeli simülasyonlarını kullanmışlardır. Son kırk yılda eyalet genelinde sonbahar sıcaklığındaki (1°C) artışların ve sonbahar yağışlarındaki (%30) azalmaların toplam yangın hava endekslerindeki artışlara (%20) katkıda bulunduğunu gösterdik. Araştırmada aşırı (yüzde 95'lik) yangın havası olan sonbahar günlerinin gözlemlenen sıklığı Kaliforniya'da 1980'lerin başından bu yana iki kattan fazla arttığı sonucuna ulaşmışlardır.

He vd., (2021) 2016-2050 küresel kentsel su kıtlığını sosyoekonomik ve iklim değişikliği senaryosu adı altında araştırmışlardır. Çalışmalarında su kıtlığı ile karşı karşıya kalan ülkeleri araştırmışlardır. Su kıtlığı çeken kentsel nüfus artışı açısından en ciddi şekilde etkilenen ülkenin Hindistan olması öngörüldüğü (153-422 milyon kişi artış). Su kıtlığına maruz kalan büyük şehir sayısının 10-20 mega kent dahil olmak üzere 193'ten 193-284'e

çıkması öngörülüyor. Su kıtlığı çeken şehirlerin üçte ikisinden fazlası altyapı yatırımlarıyla su kıtlığını giderebilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Yin vd., (2022) sünger şehir inşaatının başlangıcından sistematik gösterimine kadar bir inceleme sunmaktadır. Çin'in sünger şehir inşaatı, kaynak kontrolü veya bir drenaj sistemi tasarımını içerir. Araştırmada Çin'deki sünger şehir pilot projelerini tanıtmakta ve gelecekteki sünger şehir uygulamaları için değerli olan elde edilen başarıları ve öğrenilen dersleri özetlemektedir. Özellikle, inşaat modları, başarılar, pilot keşif aşamasında öğrenilen dersler tanımlanmakta ve analiz edilmektedir. Ardından, özellikle farklı ölçeklerdeki çalışma içerikleri ve çeşitli paydaşların yükümlülükleri olmak üzere sünger şehir sistematik gösteriminin tanıtımı için bir rehber olabilecek bir sonraki aşama çalışmasının görünümünü sağlamaya çalışılmıştır.

Han vd., (2023) Çin'de artan su kıtlığı ve sel baskınlarına çözüm bulmak amacıyla sünger şehir konseptini tasarladılar. Sünger şehirler; sel niteliğinde su bakımlarında yağmur suyunu sünger gibi emerek depolar ve arıtmak için mevcut kentsel drenaj boru hattı sistemlerine daha doğal yeşil bir altyapı entegre ederek yapmayı tasarlamışlardır. Araştırmada sünger şehirlerin ve kentsel yağmur suyu yönetimi için diğer benzer stratejilerin ilkelerini, tasarım yönergelerini, inşaat öğelerini ve değerlendirme gereksinimlerini incelenmiştir. Çin'deki hem yeni inşa edilen hem de yenilenen kentsel bölgelerdeki sünger şehirlere ilişkin dört vaka çalışması sunulmuştur. Çalışma sonucunda, Çin'in sünger şehirleri, şehirleri su kıtlığından, yıkıcı sellerden ve kentsel ısı adası etkilerinden kurtarmak, aynı zamanda kentsel doğal ortamların ekolojik işlevlerini ve estetiğini yeniden canlandırmak için yeşil kentleşme açısından umut verici görünüyor.

Rosenweig vd., (2024) New York Şehri'nin karşı karşıya olduğu farklı sel tehlikelerinin (yağmur, nehir, kıyı, yeraltı suyu ve bileşik) kapsamlı bir tanımını sunar ve Sel Riski Yönetimi'ni desteklemek için iklim değişikliği projeksiyonlarıyla birlikte kullanılabilecek iklimsel değişikliği ile mücadele bağlamında araştırma yapmışlardır. Çalışmalarında İklim Değişikliği Paneli 4 (NPCC4) raporunun bu bölümü, New York Şehri'nin karşı karşıya olduğu farklı sel tehlikelerinin (yağmur, nehir, kıyı, yeraltı suyu ve bileşik) kapsamlı şekilde incelemişlerdir. Önceki NPCC raporları ayrıca selin altyapı ve şehrin sakinleri üzerindeki etkilerini ele almış ancak selin şehrin Doğal ve Doğa Tabanlı Sistemleri (NNBS) üzerindeki etkilerini incelememiştir. Çalışmanın sonucunda New York şehrinde dört sel türünün iklimsel olarak farklılık gösterdiği ve sel riskinin gelecek yıllarda olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Seçilmiş literatür incelemesi sonucunda kentlerde su yönetimi çalışmalarının incelenmesi sonucunda Türkiye’de Bilecik (Merkez) özelinde sürdürülebilir kalkınmanın temel unsurlarından olan herhangi su yönetimi çalışması olmaması konuyla ilgili ilgili yeni bir çalışmanın yapılmasına yol açmıştır. Bu doğrultuda Bilecik (Merkez)’de iklim değişikliğine uyum sürecinde su yönetiminin incelenmesi literatüre önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



3.TEMEL KAVRAMLAR VE TEORİK ÇERÇEVE

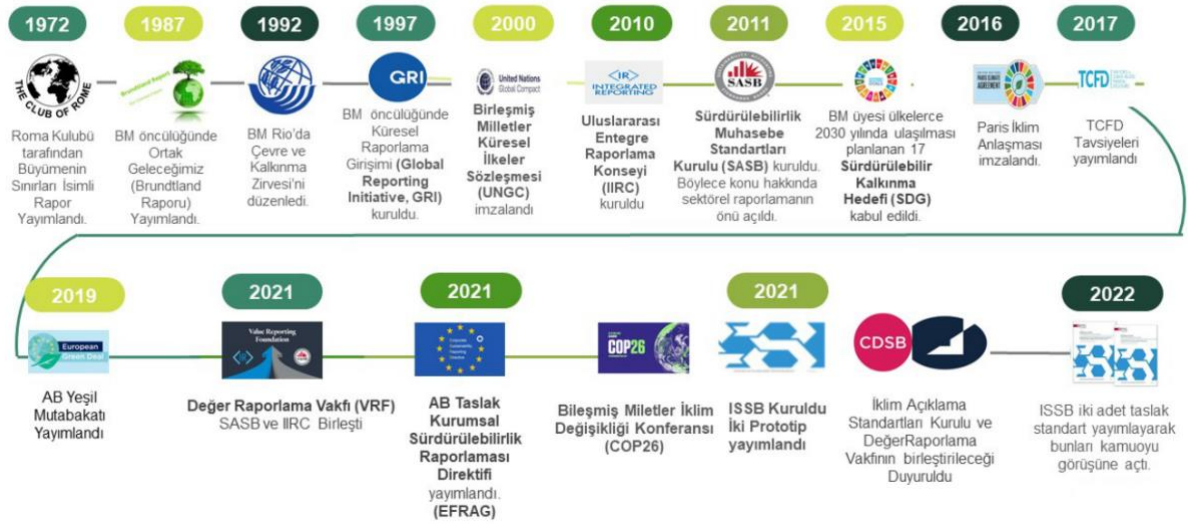
3.1.Su Kaynaklarının Verimli Kullanımı

Su, ekosistem döngüsünün vazgeçilmez bir bileşeni olarak; atmosferde gaz (su buharı) formunda, bulutlar ile yeraltı ve yeryüzü sistemlerinde sıvı formda, kar örtüsü ve buzullarda ise katı (buz) formda bulunmaktadır (Kurnaz & Şahin, 2014). Doğada çeşitli şekillerde var olan su, belirli bir döngü içerisinde hareket ederek yeryüzünün devamlılığını sağlamaktadır. Dünya nüfusunun artışı, kentleri büyümesi ve kaynakların gün geçtikçe azalmasıyla beraber su kaynaklarının azalması sosyal, ekonomik ve çevresel alanda yıkıcı sonuçların meydana gelmesine neden olmuştur. Öncelikle su kaynaklarının azalması canlı yaşamını tehdit etmekte ve yaşam alanlarını daraltmaktadır (Şahin vd., 2023). Su kaynaklarının korunabilmesi, iyi bir su yönetim sisteminin kurulmasına bağlıdır. Su yönetim sistemi, su kaynaklarının korunması, kullanılması ve kullanım sonrası ortaya çıkan kirlilikten suların yeniden arındırılmasına kadar geniş bir alanı kapsamaktadır. Bugün su sıkıntısının en çok görüldüğü gelişmekte olan ülkelere önerilen su yönetim sistemi ise, sorunları çözmekten öte, daha çok sorun yaratacak niteliktedir

3.1.1. Sürdürülebilirlik Kavramı ve Sürdürülebilir Su Yönetimi

Sürdürülebilirliğin ilk temelleri 1972 yılında Roma Kulübü tarafından “Büyümenin Sınırları” adlı raporla işletmelerin sosyal, çevresel ve ekonomik yönetim performanslarını açıklamada kullanılmıştır. Ardından 1987 yılında Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonunca yayımlanan Ortak Geleceğimiz (Brundtland) raporudur. Özellikle Küresel Raporlama Girişiminin (GRI) 1997 yılında ilk rehberini yayımlaması ile yaygınlığını göstermiştir (KGK, 2022).

Sürdürülebilirlik kavramı ortaya atıldığından beri çok defa ve farklı biçimlerde tanımlanmıştır. Bu durum, kavramın belirsizleşmesine neden olmuştur. Sürdürülebilirlik kavramı her şeyden önce bir düzeltici, bir dengeleme ve doğrudan iklim değişikliğine bağlı olarak kullanılan ancak birçok hükümetin de kullanmaktan kaçınmak isteyebileceği bir terim olarak özellikle 1980’li yıllardan sonra daha yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Akkoy vd.,2024).

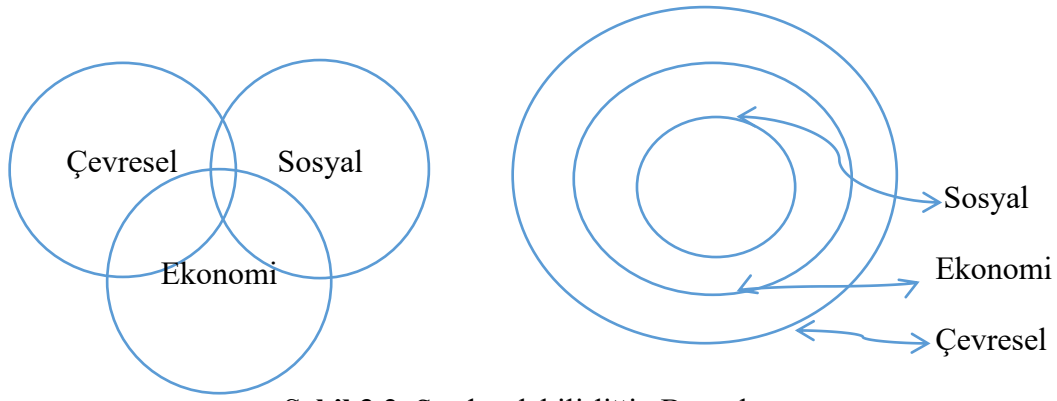


Şekil 3.1. Sürdürülebilirliğin Tarihsel Gelişimi

Kaynak: (KGK,2022).

Artan nüfusla birlikte çevrenin doğal yapısı ve ekolojik dengesi bozulmaya başladı. Çevre kirliliği tüm dünya ülkelerinin uğraşmak zorunda kaldığı bir ekolojik problem haline gelmeye başladı. 1960'lı yıllardan itibaren çevre sorunları dünya ülkeleri tarafından algılanmaya başladı ve çevre politikaları üretilmeye başlandı. Çevre politikaları ülkeler bazında farklılık gösterse de ortak çıkan temel kavram 'sürdürülebilir kalkınmadır'. Sürdürülebilir kalkınma ile sosyal, ekonomik ve çevresel kalkınma kaydedilirken, doğal kaynaklar korunarak gelecek nesillerin yararlanmasına imkân sağlayan insan baskısı azaltılması hedeflenir (ÇSB, 2023). Sürdürülebilirlik; ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik olarak tanımlanabilecek üç boyuttan oluşmaktadır. Bu boyutlardan birincisi adil paylaşımı, ikincisi katılımı, üçüncüsü ise doğal kaynakların korunmasını ifade etmektedir.

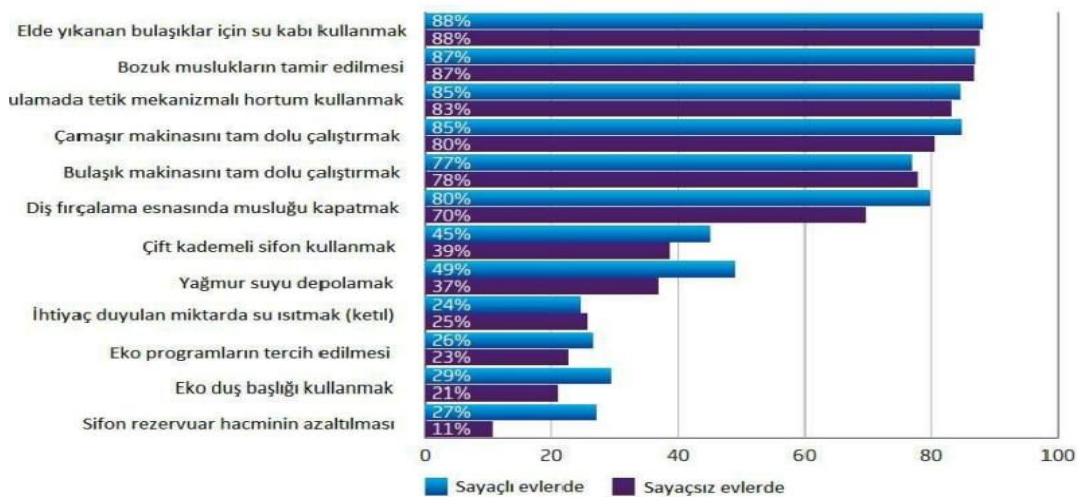
Sürdürülebilirliğin inşa edilebilmesi ancak ekonomik, sosyal ve çevresel bu üç boyutun aynı paralellikte ve zamanda gerçekleşebilmesiyle sağlanabilir (Haştemoğlu, 2006). Sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için ekonomik sosyal ve çevresel boyutlarının hayatımızın her alanında bu süreçlerin bir bütün olarak değerlendirilebilmesi ve politika yaparken amaç ve hedeflerin tam anlamıyla uygulanması gerekmektedir.



Şekil 3.2. Sürdürülebilirliğin Boyutları

Kaynak:(Arya vd., 2020).

Çevresel sürdürülebilirlik ise ekosistemde var olan sorunların çok boyutlu ortaya koyularak insan kaynaklı faaliyetlerin çevrenin etkilenmesini en aza indirmeyi hedeflemektedir. Sürdürülebilirliğin sağlanması kentlerde suyun yönetimi oldukça önemlidir. Kullanılan suyun değerlendirilmesi, yağmur suyu hasadı gibi uygulamalar geçmişten günümüze farklı teknik ve projelerle toplumlarda uygulanmaktadır. Bu tez çalışmasında kentlerde suyun varlığı, suyun doğru yönetimi ve örnek projeler kapsamında araştırmalar yapılmıştır. Su yönetiminin temel prensiplerinden biri de fazla su tüketimine neden olan uygulamalardan vazgeçmektir. Bu noktada kişisel bilinç ve eğitimin verilmesi şarttır. Öncelikle su yönetiminin sağlıklı bir şekilde yapılması için kişinin kendi su yönetimini yapması gerekir. Bu bağlamda alt yapı sistemleri ve teçhizat sistemlerinin bağlanması önemlidir. Gri su artımı, yağmur suyu arıtımı ve arıtılan suların yeniden kullanılması su yönetimin sağlanması anlamında birinci adımdır (Şahan, 2022).



Şekil 3. 3. Su Yönetiminin Sağlamasında Su Tasarrufu Uygulamaları

Kaynak: (Şahan, 2022).

Son zamanlarda sürdürülebilirlik kavramının değerlendirilmesi amacıyla farklı disiplinlerin bir araya gelmesiyle su ayak izi gündeme gelmiştir. Su ayak izi genel anlamda bir ürünün yeterli tatlı su miktarının tüm tedarik zincirleri içerisinde ölçümünü ifade etmektedir. Bu kavram ilk kez Water Footprint Network-WFN tarafından geliştirilmiştir (Hoekstra ve Wiedmann, 2012). Hoekstra, 2003'e tüketilen su miktarını inceleyen alternatif bir göstergedir. Mavi, yeşil ve gri su ayak izi suyun kalitesini gösteren 3 ögedir.

Mavi Su Ayak İzi	Yeşil Su Ayak İzi	Gri Su Ayak İzi
• Bir ürünün üretimi için ihtiyaç duyulan tatlı su kaynağın toplam hacmi • Su denildiğinde aklımıza ilk gelen su kaynağı	• Bir ürünün üretimin de kullanılan toplam yağmur suyu • Buradaki yağmur suyu kaybolmaz ve yer altı sularına karışmaz	• Kirliliğe yönelik göstergedir. • Mevcut su miktarının bertaraf edilmesi ya da azaltılmasıdır. • Endüstri ve sanayiye temsil eder.

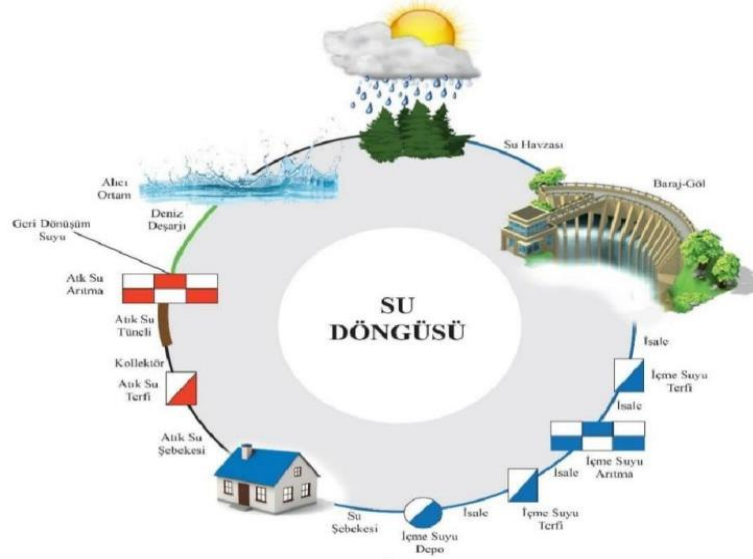
Şekil 3.4. Su Ayak İzi

Kaynak: (Water Footprint Network, 2012).

Araştırmalar incelendiğinde bir ülkedeki su ayak izi sadece o ülkenin ne kadar su kaynağını kullandığını bizlere göstermektedir. Ülkemize bakıldığında Türkiye'deki su ayak izi hesaplamaları üretim ve tüketimin %80'inin iç kaynaklara dayandığını bizlere göstermektedir. Türkiye'nin su ayak izi hesaplamaları, ülkedeki üretimin ve tüketimin yüzde 80'inin iç su kaynaklarına dayandığını ortaya koymaktadır. Bu durum, tatlı su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin ülke ekonomisini doğrudan etkilediğini gösterir.

3. 1.2. Su Döngüsü

Su Döngüsü, suyun dünya içerisinde farklı ortamlarda ve hallerde yaptığı harekettir. Okyanuslar, denizler, göller ve nehirler güneşten gelen ısı sayesinde sıvı halden yükselerek gaz olarak atmosfere yükselir ve buharlaşma meydana gelir. Buharlaşan su gökyüzünde sıcaklığın azalması ve rüzgarın etkisiyle yoğunlaşarak tekrardan sıvı hale geçer. Yoğunlaşan su yağmuru tekrar yeryüzüne düşerek okyanus, deniz nehir ve göllere karışır. Daha soğuk durumlarda ise kar yağışı olarak yeryüzüne iner (Su Verimliliği, 2024). Sürekli tekrarlanan ve devamlılık arz eden bu olay ise "su döngüsü" olarak ifade edilmektedir.



Şekil 3. 5.Su Döngüsü

Kaynak: (Vural, 2018).

Şekil 3.5’te genel hatlarıyla gösterilen su döngüsünde suyun arıtılarak tekrardan son kullanıcıya ulaşması ve tekrar arıtmadan geçirilerek doğaya geri dönme sürecini anlatmaktadır. Endüstri devriminden itibaren sağlıklı ve güvenilir su kıt bir mala dönüşmüştür. Kapitalizmin arttığı evrende suyun büyük yatırımlar dahilinden geçmesi suyun kullanımını kısıtlamıştır. Ekonomik anlamda kar elde edebilmek için artan rekabet su dünyasına bir şekilde girerek su piyasasını yeniden şekillendirmiştir (YAYED, 2012).

İklim değişikliği sonucunda su döngüsünde meydana gelebilecek değişiklikler şu şekilde sıralanmaktadır;

- Yağışların mevsimsel değişikliği,
- Kıyı alanlarda hidrolik etkiler,
- Yer altı sularında etkiler,
- Yıllık ortalama yüzey akışındaki değişiklikler,
- Taşkın ve kuraklık etkisi artışı,
- Buzullaşmanın azalması, kar yağışı azalması ve çeşitli yağış desenlerinin görülmesi tüm ekosistemi doğrudan ya da dolaylı olarak etkilemektedir.

İklim değişikliği küresel ölçekten kent ölçeğine kadar tüm sistemleri doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Akdeniz Havzası’nda yer alan Türkiye iklim değişikliğinden etkilenme seviyesi yüksek bir ülkedir. Türkiye, gibi küresel sera gazı emisyonlarına katkısı az,

ancak etkilenme seviyesi yüksek bir ülkede değişen iklime uyum sağlamak büyük önem arz etmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023).

3.1.3. Su Hakkı

Dünya üzerinde 6 milyar insanın 1,2 milyarı güvenilir içme suyundan yoksun, 2,4 milyar insan da sağlık koşullarına uygun suya erişememektedir (UN, 2003). Her gün suyun erişilemez olması nedeniyle 14-30 bin kişi yaşamını yitirmektedir (Scalon vd., 2004). Suyun önemi gün be gün tüm ülkeler için artmaktadır. Su, küresel ısınma tartışmaları nedeniyle de en popüler tartışma konularından birine dönüşmüştür. Türkiye’de son dönemde su kesintileri, belediyelerde su yönetimi ile ilgili yaşanan yolsuzluklar, 10. Dünya Su Forumu’nun ilgi alanına giren tartışmalarla yerel bazda ve ülke genelinde su politikaları gündeme gelmeye başlamıştır.

Su hakkı İnsan Hakları Evrensel Bildirgesi’nin 3. Maddesinde yer alan yaşam hakkı kapsamında suya erişimi içermektedir. 1994 Uluslararası Nüfus ve Kalkınma Konferansı Eylem Programı’nda herkesin yeterli standartlarda yaşama hakkı içinde su ve sağlığın korunması da yer almıştır. 1999’da Genel Toplantı Kararı (53/175) temiz suyu temel insan haklarından bir olarak tanımıştır (Kartal, 2006). 26 Kasım 2002’de Birleşmiş Milletlerin Açıklamasına göre herkesin yeterli, güvenli, fizikî olarak ulaşılabilir ve bedeli ödenebilir suya erişim hakkı vardır. Bir ailenin gelirinin % 2’sinden fazlasını su faturası oluşturamaz. Su hakkı ile ilgili devletin yükümlülüğü tam olarak tanımlanmamış olsa da devlet, su hakkı açısından güvenli, ulaşılabilir su temin etmekle sorumludur. Devlet, toplumun tüm kesimlerine güvenli ve sağlıklı su sağlamakla yükümlüdür.

3.1.4. Su Hukuku

Endüstri devrimi sonrasında suyun önemi artmıştır. Su hukuku kavramı BM’in sözleşmesinde yer alması su hukukunun günümüze ulaştığı noktada ABD ve AB su hukuklarının günümüzdeki öneminin kavramında oldukça etkili olduğu görülmektedir. Literatürde AB ve ABD su hukuku kavramları, bu konuyla ilgili çalışmalar sıklıkla ele alınmıştır. Türkiye’de su hukuku kavramı ise genel anlamda değerlendirildiğinde ABD ve AB su hukuku karşısında daha iyi konumda olduğu görülmektedir (Perçin ve Güneş, 2014). Su hukuku, su yönetimi ekosistemin ayrılmaz bir bütünüdür. Su sisteminde birleştirici su hukunun bulunması gerektiğinin ve dere kıyı zonlarının havza ölçeğinde ayrılmaz bir parçası olduğuna dair planlama halkın bilinçlenmesi amacıyla yerel ve ulusal basında yer alması gerekmektedir (Dinç, 2019).

3.1.5. Su Verimliliği

Su kaynaklarının yönetiminde sürdürülebilirlik ekosistemin devamlılığı için tüm öğelerinin (su, bitki örtüsü, toprak vb.) bağlı bulundukları sistemin işleyişinde en iyi koşullarda gelecek nesillere devredilmesi anlayışını içermektedir. Sürdürülebilirliğin üç kümesi olarak bilinen sosyal, ekonomik ve çevresel kolları sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi ve buradan doğabilecek krizlerin önlenmesi açısından oldukça önemlidir. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri 2015 yılında Birleşmiş Milletler tarafından 2030 yılına kadar yoksulluğu sona erdirmek, iklim değişikliğini düzeltmek ve tüm insanların barış ve refah içinde yaşamasını sağlamak için evrensel bir eylem çağrısı olarak kabul edilmiştir. Birleşmiş Milletler, Türkiye’de dahil olmak üzere sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşılması için birbiri ile bağlantılı 17 ana hedef ve 232 gösterge belirleyerek dünyadaki insanların karşı karşıya kaldığı ana sorunların çözümünü hedeflemektedir. Türkiye’de bu amaçlara 2030 yılına kadar erişilmesi için çalışmalarını sürdürmektedir. Ayrıca tüm herkesin bu çağrıları duyması ve duyurması gerekmektedir (Şahin vd.,2023).

Dünya’daki su yönetimini adil paylaşımı ve su güvenliğinin sağlanması için yerel yönetimler, kamu kurumları ve sivil toplum kuruluşları faaliyet göstermektedir. Suyun sürdürülebilirliği ve verimliliği adına Birleşmiş Milletler (BM)’in çeşitli programları ve kurumlar ile iş birlikleri bulunmaktadır. BM Millet bünyesinde bulunan FAO (Gıda ve Tarım Örgütü), UN Global Compact (Toprak ve Su Birimi ile ilgili Küresel İlkeler Sözleşmesi ve CEO Su Uygulamasının faaliyetleri bulunmaktadır. Ayrıca WWC (Dünya Su Konseyi), WBCSD (İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Konseyi) ve AB (Avrupa Birliği) diğer örgütler gibi bu alanda faaliyet göstermektedir (Muluk vd.,2013).

Türkiye, küresel iklim değişikliği etkilerinin yoğun olarak hissedildiği Akdeniz havzasında yer almakta olup iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden en fazla etkilenecek bölgeler arasında yer almaktadır. Havzalardaki su varlığının iklim değişikliğine bağlı olarak gelecekte nasıl etkileneceğine ilişkin veriler mevcut su kaynaklarının önümüzdeki yüz yıl içerisinde %25 oranında azalacağı düşünülmektedir.

Gelecek yüzyıllarda iklim projeksiyonlarının sonuçlarına göre Türkiye’yi bekleyen kuraklık ve su kıtlığı riski su kaynaklarımızın sürdürülebilir su yönetimi ile yönetilmesini zorunlu kılmaktadır. Su verimliliği kavramı bir ürün ve hizmetin sağlanmasında en az miktarda suyun kullanımı olarak ifade edilmektedir. Su verimliliği yaklaşımı ise suyun miktar

ve kalite bakımından korunarak sadece insan yararına değil ekosistemin yararını da göz ederek tüm canlıların gereksinimlerini ele alarak tüm sektörlerde suyun verimli ve etkin kullanımını esas almaktadır (Su Verimliliği Rehber Dokümanı, 2023).

3.1.6.Su Stresi

Su kıtlığı kavramı 1980'lerin ortasında uluslararası Ambigo dergisindeki bazı makalelerde ortaya çıkmıştır. Su kıtlığı tartışmaları yaklaşık 40 yıldır süregelen ve hala daha Dünya'nın bazı bölgelerinde yoğun olarak görülmektedir. Bu kıtlığın temel sebebinin iyi yönetimin eksiliği olduğu kanısına varılmıştır. UNDP'nin 2006 yılında yayınladığı İnsan Gelişimi Raporu, "Kıtlığın Ötesinde: Güç, yoksulluk ve küresel kriz" de kıtlığa 2 farklı bakış açısıyla bakılmıştır. Güvenli su tedarik hizmetlerinin eksikliği ve kıt su kaynakları, dünyanın su krizinin fiziksel su bulunabilirliği krizi olmadığı, bunun yerine asimetrik güç ilişkileri, yoksulluk ve ilgili eşitsizliklerde kök saldığı sonucuna varmıştır. Güvenli su tedarik hizmetlerinin eksikliği ve kıt su kaynakları, dünyanın su krizinin fiziksel su bulunabilirliği krizi olmadığı, bunun yerine asimetrik güç ilişkileri, yoksulluk ve ilgili eşitsizliklerde kök saldığı sonucuna vardı (Brief ve Falkenmark, 2007).

Tablo 3.1. Falkenmark İndeksi

Su (m ³ /kişi.yıl)	Sınıflandırma
1700 ve üstü	Su Stresi Yok
1700-1000	Su Stresi
1000-500	Su Kıtlığı
500 ve altı	Mutlak Su Kıtlığı

Kaynak: (Falkenmark, 1989)

Falkenmark Göstergesi, bir bölgenin kişi başına düşen su potansiyelini hesaplar. Kullanılabilirlik Oranı, her belediyede suyun ne kadar verimli kullanıldığına dair bilgi sağlar. Falkenmark İndeksine göre, bir ülkede kişi başına su arzı 1700 m³/yıl'ın üzerinde ise su stresi yoktur. 1000-1700 m³/yıl arasında ise su stresi yaşanmaktadır. 1000 m³/yıl'ın altında ise su kıtlığı yaşanmaktadır (Kavurucu vd., 2024).

Tablo 3.2. Bölgesel Falkenmark Göstergeleri (2015)

Havza Adı	Nüfus (2015)	Kullanılabilir Su Potansiyeli (milyar m³/yıl)	Falkenmark Göstergesi (m³/kişi.yıl)	Gösterge
Meriç-Ergene	749.510	0,76	1,014	Su Stresi
Marmara	17.608.408	2,84	161,06	Kesin Kıtlık
Susurluk	3.793.746	2,57	677,43	Kıtlık
Kuzey Ege	1.112.098	0,88	791,3	Kıtlık
Gediz	1.588.561	0,79	497,31	Kesin Kıtlık
Küçük Menderes	4.168.415	0,46	109,15	Kesin Kıtlık
Büyük Menderes	1.346.490	1,7	1.262,54	Su Stresi
Batı Akdeniz	908.877	3,87	4.258	Su Zengini
Antalya	3.341.962	7,03	2.103,55	Su Zengini
Burdur	680.105	0,17	244,08	Kesin Kıtlık
Akarçay	709.015	0,31	437,23	Kesin Kıtlık
Sakarya	7.262.833	4,03	554,88	Kıtlık
Batı Karadeniz	1.879.209	5.09	2.705,93	Su Zengini
Yeşilırmak	2.721.221	3,1	1.139,19	Su Stresi
Kızılırmak	3.715.291	3,95	1.063,17	Su Stresi
Konya Kapalı	3.105.368	4,9	1.577,91	Su Stresi

Tablo 3.2. Tablonun Devamı

Doğu Akdeniz	1.745.221	4,8	2.747,50	Su Zengini
Seyhan	2.183.167	3,55	1.626,08	Su Stresi
Asi	1.533.507	1,18	769,48	Kıtlık
Ceyhan	1.609.483	3,81	2.367,22	Su Zengini
Dicle – Fırat	12.646.409	37,48	2.963,81	Su Zengini
Doğu Karadeniz	2.404.480	9,36	3.892,73	Su Zengini
Çoruh	246.920	4,46	18.064,73	Su Zengini
Aras	584.360	3,28	5.609,62	Su Zengini
Van Gölü	1.096.397	1,65	1.504,93	Su Stresi
Türkiye(2015)	78.741.053	112	1.422,23	Su Stresi

Kaynak:(Tanık ve Hanedar,2015).

Tabloya 3.2'ye göre, Türkiye'de su konusunda farkındalığı oluşturmak amacıyla TSKB Ekonomik Araştırmalar Türkiye'de her havza için Falkenmark hesaplaması yapmıştır. 2015 yıl verilerine göre yapılan bu hesaplamada 5 nehir havzası mutlak kıtlık içindedir. Bu havzalar şu şekildedir. Marmara,Gediz, Küçük Menderes, Burdur ve Akarçay'dır. Kıtlık yaşayan havzalar Susurluk, Kuzey Ege, Sakarya ve Asi havzalarıdır. 2006 yılından itibaren 2015 yılına kadar kişi başına düşen su miktarında ciddi bir azalma görülmektedir. Türkiye'de Falkenmark indeksine göre değerlendirildiğinde Türkiye'de su stresi yayan ülkeler arasında görülmektedir

3.1.7. Kentler ve Sürdürülebilir Su Yönetimi

Kentler, insanın doğal çevreye uyum sağlamasının ve değişiminin bir göstergesi olup çevresel sistemleri yönlendirme kapasitene sahiptir (Garmestani, 2014). Kentsel ekoloji ekosistem ve toplumların kentleşmesi ve buna bağlı olarak çevreyi anlayabilmek adına doğal ve sosyal bilimleri birleştirmektedir (Grimm vd., 2008). Tarihte ilk kez, 3,5 milyar insan olan dünya nüfusunun yarısından fazlası kentsel alanlarda yaşıyor. Bu kentsel kesim 2030'a kadar

neredeyse %60'a ve 2050'ye kadar %70'e çıkacak (ESA-UN, 2007). Büyük çapta kentleşme için şehirleri inşa etmek, beslemek ve yakıt sağlamak için büyük miktarda kaynak gerekmektedir (Girardet, 2003; Akkoy ve Avşar, 2024).

Şehirler sürekli dinamik halde bulunan karmaşık sistemlerdir. Boyutları, sosyal yapıları, ekonomik sistemleri, jeopolitik konumları ve teknolojinin gelişimiyle karmaşık şekillerde evrimleşirler (Kennedy vd., 2007). Dinamik halinin süreğenliğini sağlayabilmek için çok miktarda kaynağa ihtiyaç duyarlar, çeşitli desenler, kümelenme ve diğer arazi kullanımlarıyla alan için yoğun rekabet gösterirler (Batty, 2008). Geçmişte, en yakın ve en erişilebilir kaynakların tükenmesi şehirlerin büyümesi üzerinde bir kısıtlama haline gelmiştir (Tainter, 2000). Ancak bu durum, teknolojik ve altyapısal yenilikler kentsel girdi ve çıktılarındaki artışları yönlendirmiştir (Krausmann vd., 2008). Geçmişten günümüze nüfusun artması, kentleşmenin çoğalması ve teknolojinin gelişimiyle beraber en fazla suya olan ihtiyaç artmıştır.

Su, kentin gelişiminde önemli rol oynamaktadır. Su bulunabilirliği kalite ve nicelikteki eksiklikler ile giderek kısıtlanırken, kentlerde su yönetimi sürdürülebilirlik planlamasının merkezinde yer almaktadır. Kentlerde su döngüsü, içme ve evsel su temini, belediye, ticari ve endüstriyel kaynaklar ve hammaddeler, sanal su ürünleri ve sulama ile atık su hacmi olarak tanımlanan su hizmetlerinin etkisinin artmasıyla geçmişteki yöntem ve tekniklerden ayrılmaktadır (Shuster ve Garmestani, 2015). Dünya'nın belirli bölgelerinde su yönetiminde büyük zorluklar yaşanmaktadır. Dünya Ekonomi Forumu Küresel Risk Raporu'nu su krizleri alanında tamamlamıştır. Rapora göre önümüzdeki yıllarda küresel çapta büyük çapta afet niteliğinde su baskınlarının olacağı düşünülmektedir.

Kentlerde ekosistemin insanın varlığını sürdürebilmesi için sunmuş olduğu süreç, fayda ve ürünlere yani ekosistem hizmetlerine bağlı bir ortam söz konusudur. Söz konusu kaynaklar içinde suyun ayrıcalıklı bir yeri vardır. İklim, gıda, enerji ve ekosistem güvenliğinin sağlanması için suyun varlığı bir önkoşuldur. Özellikle kentlerde suyun sürdürülebilir yönetimi, iklim değişikliğine dayanıklı bir kente ulaşmak doğrultusunda sağlanmalıdır. İklim değişikliğine dayanıklı bir kentin en önemli özelliklerinden biri de etkin su yönetiminin sağlanması ve hemşerilerine kaliteli su sunumu yapabilmesidir. Kentsel bir yerleşmede sürdürülebilir nitelikli, sağlıklı içme suyu temini için ele alınabilecek çok farklı yaklaşımlar ve tedbirler söz konusudur (Tuğaç, 2018).

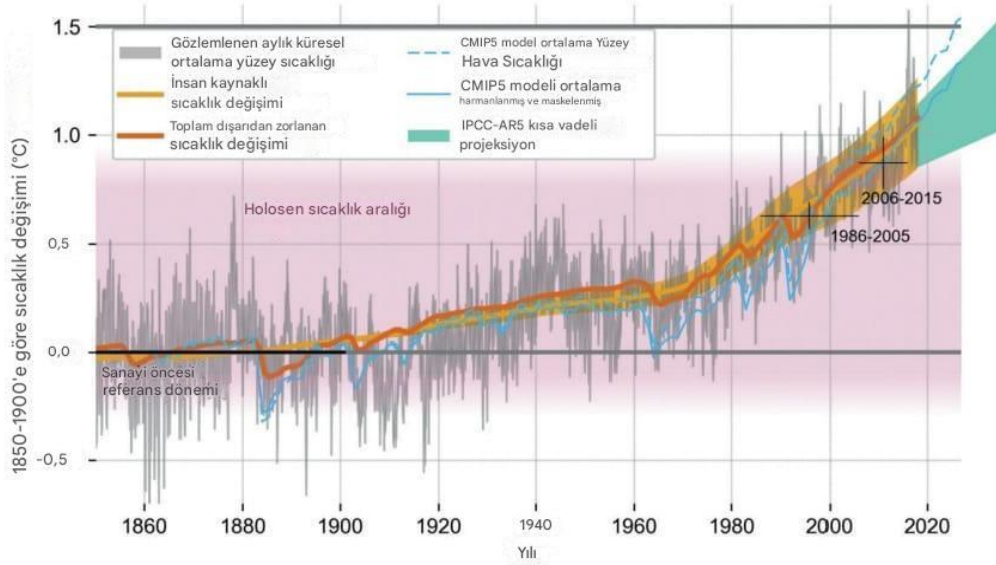
4.İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE GENEL BİR BAKIŞ VE DÜNYA'DA SU YÖNETİMİNDEN ÖRNEKLER

4.1. İklim, İklim Değişikliği ve İklim Değişikliği Politikaları

İklim yeryüzünün herhangi bir bölgesinde yaşanan veya gözlemlenen tüm hava koşullarının uzun yıllar etkisinin sistematik veya uzun süreli istatistiklerle tanımlanmasıdır (Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Başkanlığı, 2024). İnsanın iklim üzerindeki etkisi, 20.yy'ın ortalarından bu yana gözlemlenen ısınmanın baskın bir nedeni olmuştur.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneline (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC)'ye göre küresel ortalama yüzey sıcaklığı 1881-2012 yılları arasından 0.85 °C artmıştır. Dünya'nın birçok bölgesinde halihazırda bölgesel düzeyde daha fazla ısınma yaşanmaktadır. Küresel nüfusun %20-40'ı en az bir mevsimde 1,5°C'nin üzerinde ısınma yaşanmaktadır. Bugüne kadarki sıcaklık artışı, kuraklık, sel ve aşırı hava olaylarındaki artışların sebebi insan ve insan faaliyetleridir (IPCC, 2012a). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine göre iklim değişikliği karşılaştırılabilir zaman diliminde gözlenen doğrudan ya da dolaylı olarak atmosferin bileşimini bozma insan faaliyetlerinin tümüdür (İklim Değişikliği ve Sıfır Atık Müdürlüğü, 2024).

İklim değişikliği ve etkilerinden en çok etkilenenler düşük ve orta gelirli ülkelerdir. Bu da kısmen artan göç ve yoksulluğa bağlıdır (Albert, 2017). Sürdürülebilir kalkınma ve yoksulluğun ortadan kaldırılmasının iklim eylemi anlamında destekleyici ve başarılı bir anlaşma olmasının uluslararası hukuk araçları ile desteklenmesidir (Denton vd., 2014). Dünya devletleri iklim krizine çare bulabilmek adına son 30 yıldır Birleşmiş Milletler çatısı altında 1994 yılında yürürlüğe giren İklim Değişikliği ile Mücadele Çerçeve Sözleşmesi(UNFCCC) 2004 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü ve son olarak 2016 yılında yürürlüğe giren Paris İklim Anlaşması kapsamında iklim değişikliği etkilerine karşı yeterli uyum sağlamak amacıyla küresel sıcaklık ortalamasının 2°C'nin altında ve mümkünse 1,5°C'de dizginlenmesini amaçlamakta ve her taraf ülke bu hedefe ulaşmada izleyeceği yöntemi ulusal katkıları (NDC) ile belirlemektedir. Paris İklim Anlaşması iklim değişikliği etkilerine karşı yeterli uyum sağlamak amacıyla toplumda dirençliliğin güçlendirilmesi, uyum kapasitesinin artırılması ve bu hedefler doğrultusunda 2015 yılında kabul edilen Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma hedeflerini toplumların gerçekleştirmesine ön ayak olarak kentlerde iklim dirençliliğinin artmasına yönelik küresel çabalara katkı sağlamaktadır (Akten ve Gül, 2024).



Şekil 4.1. 1860 - 2020 Yılları Arası Sıcaklık Değişimi

Kaynak: (IPPC, 2020)

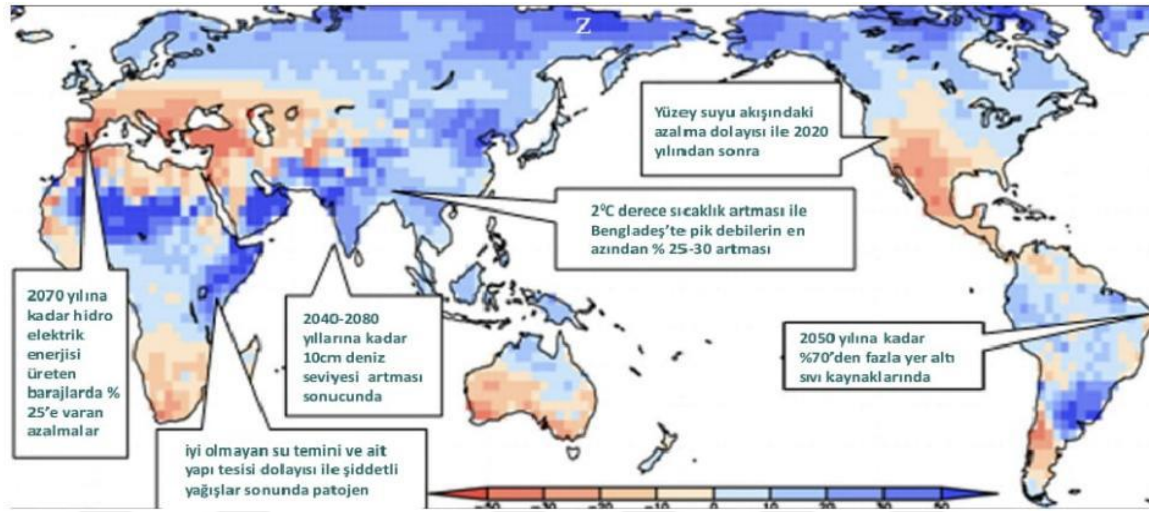
1860-1900'lü yıllar arasındaki sıcaklık değişimine bakıldığında gri gölgeli çizgiler sıcaklık artışlarında belirli zamanlarda sapmalar olduğu gözlemlenmiştir. Grafik 4.1.'de gösterilen siyah ve turuncu çizgiler ise insan kaynaklı ısınmadan kaynaklı ısınmanın seviyesinde %20'lik artışı göstermektedir. İnce mavi çizgiler ise yüzey hava ve deniz yüzey sıcaklığını göstermektedir. Yaklaşık son 100 yılda belirgin şekilde sıcaklık artılıının olduğu 1940'lı yıllarda ise bu artışın belirli bir şekilde arttığı görülmektedir.

4.1.1. İklim Değişikliği ve Su Yönetimi

İklim değişikliği toplum özelinde sıcaklık artışı ve küresel ısınma olarak düşünülse de yağış rejiminin değişmesi nedeniyle gerçekleşen etkilerdir. Dünya'da şehirlerde yaşayan 2 milyardan fazla insan, 2040 yılına kadar en az 0,5 °C ek bir sıcaklık artışına maruz kalabilir. Küresel şehir nüfusunun %36'sı, yıllık ortalama 29 °C veya daha yüksek sıcaklıklara maruz kalabilir. 2040 yılı itibarıyla, 5 metreden daha az deniz seviyesinde yer alan alçak kıyı bölgelerinde 2.000'den fazla şehir bulunacağı bu sayı, 10 metreden daha az yükseklikte 2.620 şehre ulaşacak. Bu şehirlerde şu anda 1,4 milyar insan yaşamakta ve bu sayının 2040'a kadar artması bekleniyor. 2025 yılı itibarıyla, 100 yıllık dönüş periyoduna sahip nehir taşkınlarına yatkın bölgeler yaklaşık 1 milyar insanı barındıracaktır (Marmara Belediyeler Birliği, 2024).

Hidrolojik sistem dünyadaki iklim koşullarından doğrudan ve dolaylı olarak etkilenmektedir. Yağışlardaki değişimler, taşkın ve kuraklık olaylarının zaman ve şiddetinde

ve yüzeysel akış rejimi, yeraltına sızan su miktarı, bitki deseni ve büyüme hızlarında değişikliğe yol açmaktadır (Ragap ve Prudhomme, 2002).



Şekil 4.2. İklim Değişikliğinin Tatlı Sular Üzerinde Etkisi

Kaynak: (Şen, 2022).

4.1.2. İklim Değişikliği ve Kentler

İklim değişikliğinin etkilerinden en fazla zarar gören alanlardan biri de kentlerdir. Bunun ana sebebi ise hızlı nüfus artışı ve toprak erozyonu ve toprak kaybıyla beraber betonlaşmanın da artmasıdır. Kent nüfus oranları incelendiğinde 1900’lü yıllarda halkın %14’ü, 2000’li yıllara gelindiğinde %47’si 2024 yılı itibariyle %50’si 2050 yılında ise bu oranın %66’ya çıkması beklenmektedir (Çobanoğlu ve Yüksel, 2013) .

Kentlerde oluşan kentsel ısı adası etkisi ile sıcaklıklar daha da artmakta ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Afet yönetimi olmayan kentlerde ani hava hareketleri yıkıcı sonuçlara sebep olmaktadır. Aşırı yağışlar ile deniz seviyesi yükselmekte ayrıca taşkın ve sellere de yol açmaktadır. Bu durum zaten su kıtlığı yaşayan dünya için su kirliliği ve gıda temininde zorluklar yaratmaktadır. Yapılan birçok araştırmada kentlerdeki iklim değişikliğinin artması ile meteorolojik, hidrolojik ve iklimsel tehlikelerin artacağı belirtilmiştir (CRED, 2009).

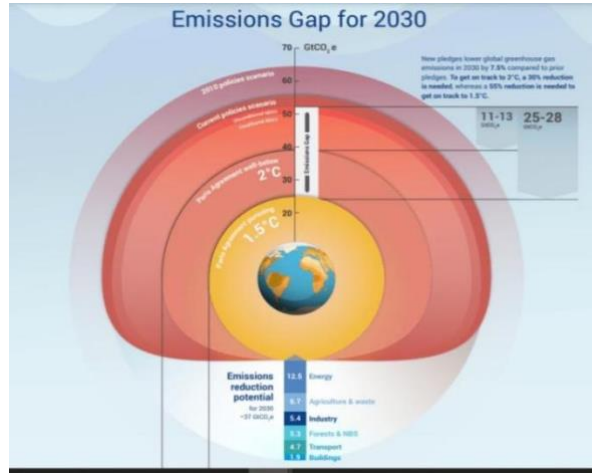
Kentler sayısız ekonomik, sosyal, kültürel, kurumsal ve doğal yapının ve çok çeşitli risklerin iç içe geçtiği karmaşık bir sistemdir. Kasım 2022’de 8 milyara varan dünya nüfusunun % 56’sı kentlerde yaşamaktadır. Kentlerde yaşayan nüfus giderek artmaktadır. (UN-HABITAT, 2022:43). Nüfus yoğunluğu ve sanayinin kentlerde konumlanmasıyla, kentler %75 oranında doğal kaynakların, %60-80 oranında enerjinin tüketiminden dolayısıyla

en az %70 oranında sera gazı emisyonundan sorumludur (IRENA, 2021-a). Yani iklim değişikliğinde etken olan hususlar; aşırı nüfus artışı ve çarpık kentleşme, endüstriyel faaliyetler, enerji tüketimindeki artış, ekosisteme zarar verilmesi ve sera gazı etkisi yaratan gazların atmosfere kontrolsüz salınması olarak özetlenebilir (Tyler ve Moench, 2012).

İklim değişikliğinde sürecinde mücadelede kentler dirençli ve uyumlu olabilirler. 21.yüzyılın kilit anlaşmalarıyla bunlar; Sürdürülebilir Kalkınma, Paris Anlaşması ve Kyoto Protokolü sürdürülebilir kalkınma için önemli görülmektedir. Kentlerde sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesi yolunda sera gazı emisyonunun azaltmaya yönelik yeşil ekonomi, yeşil büyüme, yeşil işler, yavaş şehir stratejisi, biyo-tabanlı ekonomi gibi stratejiler enerji verimliliğinin sağlanması önemli görülmektedir (Gültekin, 2022).

2015 yılında gerçekleştirilen Paris Anlaşması'nda ve 2030 Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ile ekonomik ve sosyal kalkınma, eğitim ve daha az kaynakla birlikte iklim politikaları, uluslararası iklim finansmanı ve temiz enerjiye erişim gibi ek paketlerle genişletilmiştir.

Ekim 2019 tarihli 14. Enerji, Su ve Çevre Sistemlerinin Sürdürülebilir Gelişimi Konferansında bu kapsamında; Akıllı Topluluklar ve CO₂'den arındırılması zor sektörlerle karşı, temeli yenilenebilir enerji ve biyolojik kaynaklardan elde edilen malzeme ve enerji olan biyo-tabanlı ekonomi öngörülmüştür (Gjorgievsk vd., 2021). 2030 yılında sera gazı emisyonunun %7,5 oranda azaltılması hedeflenmektedir. 2 °C'ye ulaşmak için %30'luk bir düşüşe ihtiyaç duyulurken 1,5 °C dereceye ulaşmak için %55'lik bir azalmaya ihtiyaç vardır. 2030 yılı için binalarda %1,9'luk bir emisyon azaltımı hedeflenmektedir. Düşük karbonlu kaynakların temin edilmesi temel hizmetlerin teşvik edilmesi, iklim eylemi için büyük faydalar sağlar. Böylece kentsel altyapıya yapılan yatırımların, planlama, uygulama ve bakım süreçlerine iklim unsurlarını entegre etmesi gerekmektedir. Şehirler ve diğer kentsel alanların, 2030'a kadar ulaşım, enerji, su ve atık, Telekom projelerini kapsayan yeni veya yenilenmiş iklim dirençli altyapı yatırımları için yıllık 4,5-5,4 trilyon ABD doları arasında bir miktara ihtiyaçları var. Ancak 2021-2022 yıllarında şehirler, iklim eylemi için yalnızca yıllık 831 milyar ABD doları temin edebildi (Marmara Belediyeler Birliği, 2024). Bu yüzden acilen kentlerde karbon sıfır hedefi önceliklendirilerek sürdürülebilirliğin her alanında net sıfır karbon hedefi uygulanmalıdır.



Şekil 4.3.2030 Karbon Emisyon Hedefi

Kaynak: (IPCC, 2012)

BM'nin COP28 öncesinde yenilenebilir enerji hedefleri gözden geçiriliyor ve enerji kaynaklarında verimliliğin 2030 yılına kadar üç katına çıkarılması hedefi ortaya çıkıyor (Fawzy, Osman, Doran ve Rooney, 2020).

Kentlerde suyun verimli kullanımı kuraklık gibi olumsuz etkilerin azalmasına katkı sağlar. Ayrıca verimli su kullanımı daha az atık su hizmetlerine yol açan alt yapı maliyetlerinin düşmesini sağlar. Doğal çevrenin bizlere sunduğu kaynaklar insan faaliyetleri sonucunda her geçen gün daha da azalmaktadır. Çevrenin kendini yenileyebilmesi için insanların ona kendini yenileyebilecek olanaklar sağlaması gerekmektedir. Bu yüzden sürdürülebilir kalkınma oldukça önemli bir yeri vardır. Toplumların sürdürülebilir kalkınmayı gerçekleştirmelerinin merkezinde su verimliliği vardır (Kreller, 2000). Su dağıtımının sürdürülebilirliği ve alışveriş ilişkileri, kamu ve özel sektör arasında doğrudan veya aktarıma giren birçok veriyi kapsama alanındadır. Bu işbirliği sağlanmazsa 2030 yılında dünyadaki su talebi %40'ı aşacağı düşünülmektedir (WRF 2030, 2021).

İklim değişikliği orman ve sulak alan ekosistemlerini etkilemektedir. Ekosistemlerin zarar görmesi yalnızca biyoçeşitliliğin azalmasına değil suların temizlenmesi, karbon yakalama ve depolama, doğal taşkın koruma ile tarım, su ürünleri üretimi ve rekreasyon için su temini gibi su ile ilişkili ekosistem hizmetlerinin sürdürülmesini de etkileyeceği düşünülmektedir (UNESCO, UN-Water, 2020).

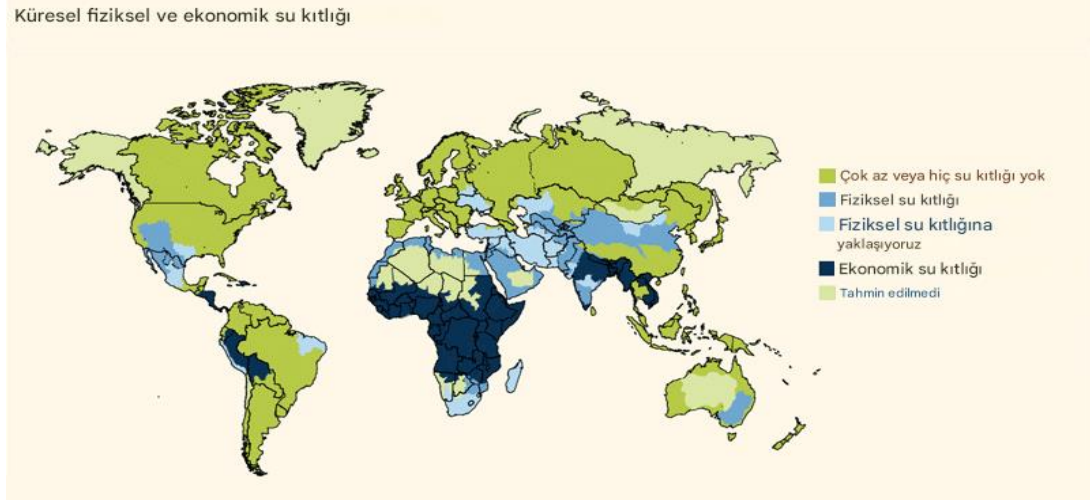
4.1.3. Dünya'da Suyun Durumu

Dünya'da suların büyük bir kısmı deniz ve okyanuslarda bulunmaktadır. Dünya'da %97's'i deniz ve okyanuslarda tuzlu su halde bulunmaktadır. Bunlardan sadece %2'lik kısmı

tatlı su kaynağıdır. Tatlı su kaynaklarının ise %68'i buzulları oluşturmaktadır. Yer altı suları da buzullar hariç tatlı suların %95'ini oluşturur. Elde edilen verilere göre tatlı su kaynaklarının evrendeki su kaynaklarına oranı oldukça az olmasına rağmen verimli kullanıldığında tüm canlı yaşamının hayatını idame etmesini sağlamak için yeterlidir (Gleick, 1996). Dünyadaki su kaynakları dünyanın üçte ikisini kaplarken, su kaynaklarının dünya üzerindeki dağılımı değişmektedir; iklim krizi ve kirlilik nedeniyle temiz su kaynakları her geçen gün azalmaktadır. Tarım, sanayi ve evsel kullanımda rekabetin artmasıyla su kaynakları üzerindeki baskı her geçen gün artmaktadır.

Son yüzyılda insanlık sık sık su krizleri ile karşı karşıya kalmaktadır. Günümüzde ise teknolojik olanaklar sayesinde su ve hijyen alanında altyapı sağlanmıştır. İnsanları son 30 yılda suya ulaşmaları daha kolaylaşmıştır. Yapılan araştırmalara göre son yüzyılda dünyada su kullanımı Dünya nüfusunun iki katı hızında artmıştır (World Water, 2023). Dünyada toplamda 1,4 milyar km³ su rezervinin olduğu kabul edilmektedir. Tatlı suların büyük bir kısmı kutuplarda ya da dağ yamaçlarında donmuş halde bulunmaktadır. Ancak dünyada tatlı sular eşit olarak dağılmadığı için bazı bölgelerde daha fazla su kaynağı varken bazı bölgelerde daha az su kaynağı bulunmaktadır (Shiklomanov vd,2003).

Günümüzde su krizinin başlıca sebeplerinden biri de küresel ısınmanın yaşanmasıdır. Küresel ısınmayla birlikte yağışların düzensizliği, iklimlerin değişmesi ve yaygın ve uzun süreli kuraklıkların yaşanmıştır. Böylece dünya genelinde su kıtlığı yaşanmaktadır. İklim değişikliği, coğrafi konumu ne olursa olsun tüm ülkeleri etkileyen küresel bir krizdir. Değişen hava koşulları, yükselen deniz seviyeleri ve artan sıcaklıklar, yalnızca insanların yaşamını tehdit etmekle kalmıyor, aynı zamanda dünya ekonomisini olumsuz etkilemektedir. 2023 yılı itibarıyla fosil yakıt sübvansiyonları 7 trilyon dolara ulaşmış durumdadır. Bu durum, iklim krizine karşı etkili bir mücadele için mevcut üretim ve tüketim modellerinin değişmesini zorunlu kılmaktadır. Gezegenimizi geleceğe taşıyabilmek adına ekonomik yapının dönüştürülmesi, emisyonların hızla azaltılması ve kirliliğin önlenmesi kritik önem taşımaktadır (SDG Action Compaing, 2025).

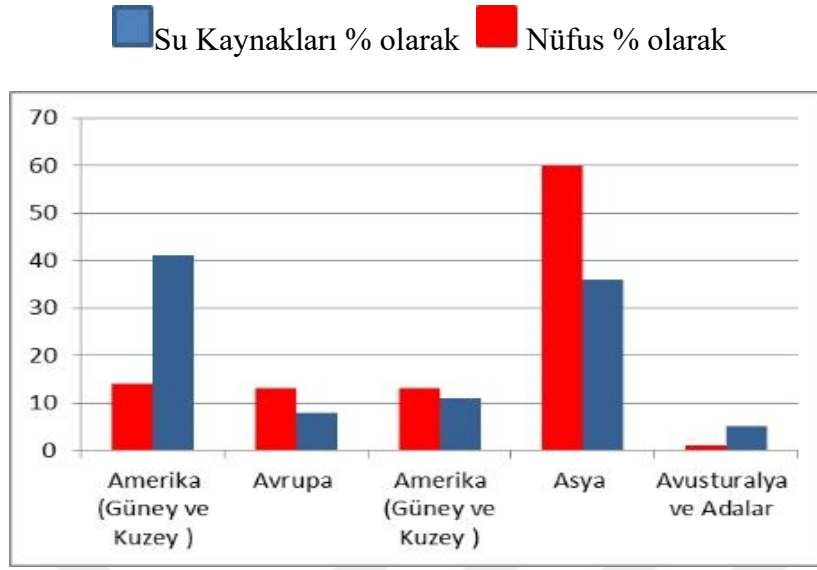


Şekil 4.4.Dünya’da Su Kıtlık Durumu

Kaynak: (United Nations, 2021).

Yeryüzünde su kaynaklarının su dağılımı eşit değildir. Tatlı su kaynaklarının %32’si Asya’da,%28’i Güney Amerika’da %7’si Avrupa’da ve %6’sı da Avustralya’da bulunmaktadır. Ekonomik anlamda su kıtlığı yaşayan kıta Afrika iken su stresi yaşamayan kıtalar ise Asya, Güney Amerika ve Kuzey Amerika’dır. Ayrıca yeryüzünde su kaynaklarının bölgesel anlamda da eşit dağıtılmadığı görülmektedir.

Su tüketimi temel olarak beş farklı alanda görülmektedir. Bunlar; Gıda ve tarım, enerji, sanayi, evsel kullanım ve içme suyu amaçlı kullanımlardır (Muluk vd, 2013). Her bir kullanım alanı birçok farklı faktör üzerinden ele alınmaktadır bunlar; teknolojik gelişme, ekonomik büyüme, beslenme ve kentlerdeki altyapı çalışmaları olarak ele alınmaktadır. Dünya’da hızla artan nüfus sonucunda su talebinin git gide artmasıyla ekonomi, siyasi ve çevresel konularda çekişmelerde git gide arttığı görülmektedir. Su kaynaklarının verimli kullanılması durumu tüm sektörlerde kullanım açısından ciddi sorunla karşı karşıyadır (Aksungur ve Firidin, 2008).



Şekil 4.5.Su Kaynaklarının Kıtalar ve Nüfusa Göre Dağılımı

Kaynak: (Şahin, 2020)

Ülkelerin yılda kişi başına düşen su miktarına bakıldığında 1000 m³'den az olan ülkeler su fakiri çeken ülkeler, 2000-8000 m³ arasında olan ülkeler su sıkıntısı çeken ülkeler ve 8000 m³'ten fazla olan ülkeler ise su zengini olan ülkeler olarak kabul edilmektedir (DSİ,2014).

4.1.4. Dünya Ülkelerinden Kentlerde Su Yönetimi

Dünya'nın farklı bölgelerinde uygulanan kentlerde su yönetimi uygulamalarına bakıldığında sel olayları kent bölgelerinde geçmiş yıllara göre daha fazla meydana gelmektedir. Meteorolojik etkilere bakıldığında ise sel niteliğinde yağışların gelecek yıllarda daha da fazla meydana geleceği tahmin edilmektedir. Avrupa'da taşkın riskinin yanı sıra su kıtlığının da olası etkileri endişe yaratmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalara göre Avrupa'da 4 şehirden 1'nin su stresi altında olduğu ve iklim değişikliği ve kentleşmenin kent çevresindeki nehir havzalarında su kıtlığı riskinin artacağını göstermektedir (McDonald vd., 2014).

Gelişen teknolojiyle birlikte suyun verimli kullanımının farklı yöntemleri bulunmuştur. Suyun verimli kullanımı ile ilgili birçok ülke farklı çalışmalar yapmaktadır. Bu bağlamda Dünya'da farklı ülkelerinden kentsel su yönetimi örneklerine yer verilmiştir.

4.1.4.1.Singapur

Singapur'da suyun verimli kullanımı ile ilgili 1974 yılında itibaren çalışmalar yapılmaktadır. Ülkede 1998 yılından itibaren Çevre Su Kaynakları Bakanlığı tarafından su verimliliği alanında çalışmalar başlatıldı. Bakanlık su ile ilgili işleri yürütmek adına Ulusal Su Ajansı'nı kurmuştur (Ekoyapı, 2022). Bu çalışmayla beraber New Water projesinin amacı Singapur'un su ihtiyacını karşılamak için su kaynaklarının çoğu yağmur sularından ve Malezya'dan almış olan ülke başka ülkelere bağımlılığını azaltmak için bugüne kadar denizden alınan tuzlu suyu ve kanalizasyon suyunu arttırma içeren sistemlere yatırım yapmıştır. Ülkenin farklı alanlarında New Water merkezli su arıtma sistemi 4 farklı engellerden geçerek son halini almaktadır. Öncelikle atık su arıtma sistemi kullanılarak su değerlendirme merkezlerinde işleyip ardından suyun içerisindeki virüsler ve bakteriler ultra filtrasyon yöntemi ile ayrılmaktadır. Bir sonraki aşamada ters ozmoz yöntemi ile yarı geçirgen zar yöntemi ile istenmeyen ağır metaller, nitrat, sülfat, klor ve çeşitli pestisitler gibi atık maddeler sudan ayrılmaktadır. Böyle su ilk üç engelden geçerek zararlı virüs ve bakterilerden tamamı ile ayrılmış bulunmaktadır. Son olarak suyun pH seviyesine bakılarak su kullanıma hazır hale getiriliyor. Bugün ülkede su depolamak için 17 su toplama alanı, atık su arıtma politikası ve su ihtiyacının %30'unu karşılayacak içme suyu politikası bulunmaktadır (Yeşil Yaşam Sitesi, 2023).

4.1.4.2. Kanada (Vancouver Şehri)

Vancouver şehrinde içme suyu, yağmur suyu, atık su, yer altı suyu ve su kütleleri gibi birbirine bağlı suyu entegre etmek için Tek Su yaklaşımı kullanılır. İçme suyunu, yağmur suyunu, atık suyu ve yeraltı suyunu yönetmek için plan ve projeler yapılmaktadır. Örneğin şehrin bazı bölgelerinde binaları ısıtmak için atık olan kanalizasyonda elde edilen ısı yeniden kullanılmaktadır. Şehirde yeşil yağmur suyu altyapısı oluşturulmuştur. Bu alt yapı sistemi ile şehre düşen yağmur çatılardan ve yollardan geçen su çevremizi kirleten birçok kirletici maddeyi toplar (Vancouver, 2023).

Son yüzyılda yaşanan iklim değişikliğiyle beraber sel niteliğinde yaşanan su baskınları şehrin genelinde hasar oluşturduğu için yağmur suyu yönetimine yönelik yeşil yağmur suyu altyapısı gibi doğa bazlı çözümler, su baskınlarını azaltmak ve zararlı maddelerin su yollarımıza girmesini engellemek amacıyla yağmur suyunu yakalamak ve temizlemek için bitki ve toprağı kullanır. Şehirde 300'den fazla yağmur suyu hattı oluşturulmuştur (Vancouver, 2023).

4.1.4.3. İspanya (Madrid)

İspanya, Avrupa'nın en kurak bölgesi üzerine kurulmuştur. Ülkede son yüzyılda tarım, çevre ve turizm alanında yaşanan rekabet nedeniyle su kıtlığı ciddi boyutlara ulaşmıştır. Diğer yandan şehrin federal yapıya sahip olması ve 1926'dan bu yana nehir Havzası Otoriteleri tarafında yürütülmektedir. Ülkede kentsel su tüketiminde yeraltı suyunun payı en düşük olan ülkelerden biridir (Anadolu Ajansı, 2023). Yapılan yanlış uygulamalar toprakta tuzlanmaya ve çölleşmeye sebep olmaktadır. İspanya'da 2002 yılında yürürlüğe giren Ulusal Sulama Planının temel esasları şu şekildedir;

- Su kaynaklarının bütüncül yönetimi,
- Su kaynakları yönetiminde esas birimin Su Havzası olarak kabul edilmesi,
- Halkın su yönetiminde söz alması, bu doğrultuda sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesi için adımların atılması,
- Merkezi hükümet tarafından Ulusal Hidrolojik Planının hazırlanması,
- Şehirde endüstri ve tarımsal alanlarda çevrenin korunması ve tarımsal ihtiyacın karşılanması için rasyonel su yönetimi politikaları oluşturulması amaçlanmaktadır. Ancak proje mevcut hükümet tarafından rafa kaldırılmıştır. Çevreci aktivistlerin ve çiftçilerin çoğu bu projeyi desteklemektedir (Jose, A, vd.2003).

İspanya AB su politikalarına uyum anlamında 2000'li yıllardan itibaren 20 yılı aşkın bir süredir yol katletmiştir. Bu süreç içerisinde çevreye olan duyarlılık artmış, çevreci aktörlerin katılımıyla su kaynakları yönetiminde merkezi hükümetin hakimiyeti ortadan kalkmıştır (Kibaroglu vd., 2023).

4.1.4.4. İngiltere

İngiltere'de suyun verimli kullanımına yönelik uzun yıllardan itibaren yapılmaktadır. İngiltere'de 1930 yıllarında itibaren atık su yönetimi ile ilgili araştırmalar yapılmaya başlanılmış olup bu kapsamda Drenaj Kanunu çıkarılmıştır. Şehirdeki atık su yönetimi 1972-1989 yılları arasında yerel yönetimler tarafından sağlanmıştır. Ardından şehrin su yönetimi yaşanan finansal sıkıntılardan dolayı özel sektöre aktarılmıştır. Ancak denetimleri devletin yetkili birimleri yapmaktadır. Ülkede 1991 yılında Endüstride ve Su Kaynakları Yasası ile ülkede su ile ilgili yapılan çalışmalar denetlenmeye çalışılmıştır (Rahmanlar, 2017). 2010 yılına gelindiğinde ülkeye kanalizasyon suyu ile hizmet verildiği görülmektedir. Ülkede 9 bin

adet atık su tesisi bulunmaktadır. Bu arıtma tesislerinden atık su çamuru elde edilmektedir. Üretilen çamurların çoğu gübre ve yakıt olarak kullanılmaktadır (Waste Water Treatment in The United Kingdom, 2012).

4.1.4.5. ABD

Ülkede atık su ile ilgili çalışmalar endüstri devrimine kadar dayanmaktadır. Bu yıllarda kanalizasyon deşarjı, su havzaları ve çevre üzerinde olumsuz etkileri fark edilmeye başlanmıştır. 1900'lü yıllarda 60 atık su arıtma tesisi yapılmış ardından su verimliliğinin ölçülmesi için Federal Su Kirliliği Kanunun çıkarılmıştır. Bu atık su tesisleri yaklaşık olarak ülke nüfusunun yarısına hizmet vermeyi başarmıştır (History of Wastewater Treatment In The US, 2023). Son 10 yılda ABD'deki kanalizasyon atık su arıtma tesisi ile çalışmalara bakıldığında hala daha insanlara su temininin %76'sının kanalizasyon sistemleri ile verildiği ve %14'lük kısmın hala daha bu sistemin dışında kaldığı görülmektedir. Ayrıca bu sisteme 2032 yılında 50 milyon daha vatandaşın ekleneceği tahmin edilmektedir. Ülkede aynı zamanda üretilen arıtma tesislerine 14478 adet atık su arıtma tesisi bağlanarak biyolojik arıtma yolu ile suyun kalite standartları yükseltilmeye çalışılmaktadır (OECD, 2023).

4.1.5. Kentlerde Uygulanan Su Yönetimi Modelleri

Son yüzyılda kentlerde artan nüfus ve imar çalışmaları geçirimsiz yüzeylerin artmasına ve böylelikle suyun toprağa sızmasına engel olmaktadır (Xu vd., 2023). Son yüzyılda gerçekleşen iklim değişikliği yağış rejimini oldukça etkilemektedir. Son 20 yılda Dünya'da 163 sel felaketi gerçekleşip 2021 yılında 223 sel felaketi ile ekosistem olumsuz yönde etkilenmiştir (Raimondi vd., 2023). Oluşan felaketler sonucunda binlerce insan hayatını kaybetmiştir. Bu tür doğal afetlerin yeniden gerçekleşmemesi adına kentlerde birçok su yönetimi modeli uygulanmaya başlanmıştır. Bu modeller takip eden sayfalarda açıklanmıştır.

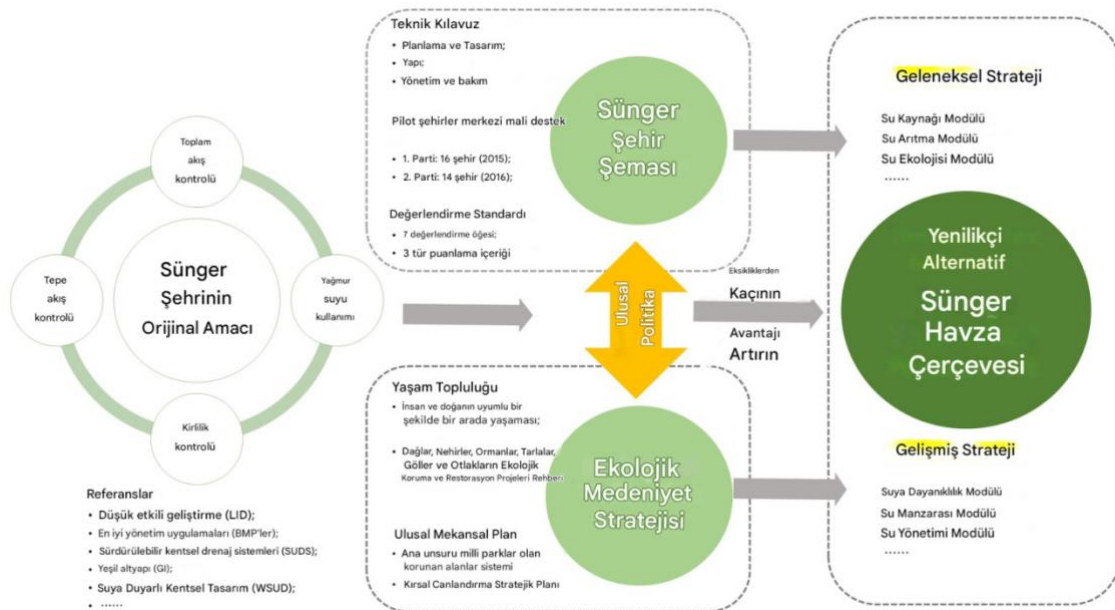
4.1.5.1. Sünger Kentler

2013 yılında yaşanan sel felaketlerini önleyebilmek adına Çin'de kentsel yağmur suyunun etkili bir şekilde yönetilmesini amaçlayan sünger şehir fikri ortaya atılmıştır. Bu kavram kentsel planlama ve inşaatta ekosistemin işlevinin suyun korunmasına ve verimli kullanılmasına öncelik vermektedir. Sünger şehir kentteki alt yapı sistemini ekolojik açıdan sağlıklı şekilde kullanabilmeyi sağlamaktadır (Eslamian ve Eslamian, 2021). Ayrıca modelde şehrin su sorunlarıyla başa çıkabilmek için drenaj sistemlerinin geliştirilmesi, yağmur suyu ve kanalizasyon boru hattının ayrılması ve su sistemlerinin bağlantılarının iyileştirilmesi önerilmektedir. Sünger şehirler inşa edilerek şehirlerde sızma, depolama arıtma, deşarjı içeren

birçok bütünleşik yağmur suyu yönetiminin sağlanması ve yağmur suyu yönetiminin sağlanması beklenmektedir (Yu, 2015). Sünger şehirler kavramı; sel, su baskını ve su baskını kaynaklı hasarı azaltım amacıyla ortaya çıkmıştır. Sünger şehirler yağmur suyunu toprak tarafından emilmesi esas alınır. Kentsel alanlarda suyun depolanıp kullanılması, toprak tarafından emilmesi afet ve sel boyutunun yanında suyun tedariki açısından da fayda sağlamaktadır (Eko Yapı, 2022). Kentler kendi su ihtiyacının bir kısmını yağışlardan elde ederek kullanmaktadır. Sünger şehirlerin amacı da sel, su baskını ve çeşitli can ve al kayıplarını engellemektir. Ayrıca uygulamanın faydalarından biri de bireysel su kullanımlarında tuvalet, bahçe sulaması vb. alanlarda su tedariki sağlayabilmektedir (Eko Build, 2023).

Sünger şehir teorisini geliştirilmesinin üç temel ögesi vardır. Bunlar;

- Koruma, kentteki mevcut nehir, göl ve hendekleri ele alır. Yok edilen veya hasarlı olan kent alanlarını düzenler,
- Restorasyon önlemleri, ekolojik alanların belirlenmesini, eko-segmentlerin oluşturulmasını, bir ağ oluşturulmasını ve su ekosistemlerinin yeniden oluşturulması ele alır,
- Ekolojik alanları korumak, depolama kapasitesini korumak, kaynakların kontrolünü sağlamak ve kentsel yeşil alanlara, kamusal su sistemlerine, yerleşim alanlarına ve belirli binalara gerekli önlemler uygulanır (Qian ve diğerler, 2015).



Şekil 4.6. Sünger Kent İşleyiş Şeması

Kaynak: (Mao vd., 2015).

Spesifik olarak sünger şehirler havza sorunlarına ve kentsel su direncine ilişkin kapsamlı göstergeleri ele alacak yenilikçi bir çerçeve oluşturulabilir. Sünger şehirler altı kategoriye ayrılmaktadır;

- 1.Suya Dayanıklılık Modülü
- 2.Su Kaynağı Modülü
- 3.Su Ekolojisi Modülü
- 4.Su Arıtma Modülü
- 5.Su Manzarası Modülü
- 6.Su Yönetimi Modülü (Wang vd., 2021).

Suya dayanıklılık modülü, bu çerçevenin temelini oluşturmaktadır. Bu modülün alt başlıklarını mekânsal kısıtlama, ağ bağlantısı, toplam akış kontrolü ve tepe akış kontrolü oluşturmaktadır. İkinci adımda su kaynağı modülü ve su arıtma modülü teknik bir bölümdür. Burada yağmur suyu ve geri kazanılan suyun kullanımı yer almaktadır. Su kaynağı modülü ve su arıtma modülü, yağmur suyu arıtma ve kullanımına, geri kazanılmış su arıtma ve kullanımına ve ekolojik taban akışının yenilenmesini içeren bölümdür. Üçüncü bölümde ise su ekolojisi modülü ve su manzarası modülü yer almaktadır. Bu modülde ekosistem restorasyonu ve ekolojik koridor inşaatı ile birbiriyle ilişkilidir ve çevresel değeri paylaşarak insan sağlığını ve refahını destekler. Son olarak, su yönetimi modülü, su altyapısı için arazi geliştirme, sünger şehir inşaatı için izleme sistemi ve çevresel etkinlik ve sosyal fayda için POE çalışmasına yakın ilgi göstererek planlama, inşaat ve bakım döngüsünü kapatır.

2014 yılında Sünger Şehir projesinin uygulanması için farklı bölge, iklim ve yağış dağılımı gösteren 30 şehir seçilmiştir. İlgili bölgesel özellikler ve kentsel gelişim hedefleri doğrultusunda, her pilot şehir, ulusal düzenlemeler kapsamında sünger şehir pilot inşaat performansı değerlendirme gerekliliklerini uygulamak için yerel sünger şehir planlama ve tasarım kılavuzları ve inşaat teknik standartları yayınlamıştır (CUPDI,2015). Bu yerel yönergeler ve standartlar, kentsel su birikintisinin hafifletilmesi, akış kirliliği yükünün azaltılması, yağmur suyu kaynaklarının seviyesinin iyileştirilmesi, yağmur fırtınası su birikintisi kontrolünün maliyetinin azaltılması dahil olmak üzere sürdürülebilir ve sağlıklı bir su sirkülasyon sistemi oluşturmak için benzer hedeflerle bölge ve inovasyona ilişkin farklı perspektifleri temsil etmektedir. Kentsel peyzajın iyileştirilmesi vb. politika önerileri sunulmuştur (CMFB, 2018).

4.1.5.2. Yağmur Suyu Hasadı

Yağmur suyu hasadı özellikle su kaynaklarının az ya da erişimi zor olan yerlerde dünyanın birçok yerinde binlerce yıldır uygulanan yöntemdir. Geçmiş yüzyıllardan beri yağış toplamak, kurak ya da yarı kurak bölgelerde yaşayan insanlar için oldukça önemlidir (Al-Batsh vd., 2019). Yağmur suyunun kullanımı Neolitik Çağ'a kadar uzanmaktadır (Mays vd.,2013). Geçmiş dönemlerde toplumlar yağmur suyu hasadını, yoğun yağış dönemlerinde tatlı suyun tutulup toprağa emilmesine ya da depolanarak birikmesi amacıyla kullanmışlardır. Hasat dönemlerinde su varilini yağmur suyu iniş borusuna bağlamak gibi basit yöntemlerle birçok topluma hizmet etmiştir. Ancak sanayi devriminin gerçekleştirilmesiyle beraber mühendislik becerilerinin de geliştirilmesiyle büyük miktarda su tedariki yöntemiyle bu yöntemin uygulanması oldukça zorlaşmıştır (Yannopoulos vd.,2019). Günümüzde yağmur suyu hasadı uygulamalarında geçmişteki kullanılan teknik ile günümüz teknolojisi birleştirilerek uygulanmaya devam etmektedir. Yağmur suyu hasadının temel amacı suyu yavaşlatıp yayarak ya depolamak ya da toprağın emmesini sağlamaktır (WWF, 2020).

Yapılan araştırmalar, evlerde kullanılan temiz suyun $\frac{1}{4}$ 'ünün tuvalet rezervuarında $\frac{3}{4}$ 'ünün ise mutfak, lavabo ve banyoda kullanıldığı, evlerde kullanılan suyun %75'nin basit bir arıtma ile yeniden kullanılabilirliği, arıtılan suyun wc rezervuarlarında, bina ısıtma ve soğutma sistemlerinde, bahçe sulamada, süs havuzlarında, yangın hidrantlarında ve genel temizlik vb. birçok alanda değerlendirildiği, kaynağında yapılan ayrıştırma neticesinde şehrin atık su şebeke ve kentsel atık su arıtma tesislerine gelen atık su miktarını da düşüreceğinden yağmur suyu hasadı yapılmasının kentlerde su verimliliğinin sağlanmasında önemli derecede su verimliliğini sağladığı görülmüştür (İSKİ, 2020).

Dünya'da yağmur suyu hasadı birçok farklı teknik ve uygulama ile kullanılmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde Hindistan, Kenya, Afrika ve Bangladeş gibi ülkeler su yönetimini planlı bir şekilde yapabilmek adına yağmur suyu hasadını kullanmaktadırlar. Diğer bir taraftan ABD, Fransa, Japonya ve Çin gibi gelişmiş ülkeler ise ülkelerde yağmur suyu özellikle bahçe sulama, araba yıkama vb. amaçlarla kullanılmaktadır (Tanik ve Hanedar, 2024).

Nüfus artışı, kentleşme, sanayi faaliyetlerinin genişlemesi ve iklim değişikliğine bağlı olarak artan su temin baskılarını hafifletmek amacıyla, birçok ülkede yağmur suyu hasadı uygulamaları teşvik edilmektedir (Amos et al., 2016). Örneğin; Avustralya, Çin ve Ürdün gibi ülkelerde, yeni yapılaşmalarda yağmur suyu hasadı sistemlerinin kullanımı yasal zorunluluk haline getirilmiştir (Abdulla & Al-Shareef, 2009).

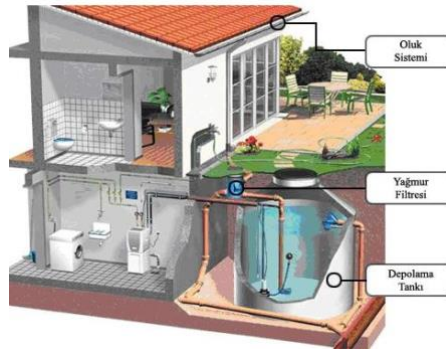
Yağmur Suyu Hasadı yağış olayları sırasında çatı, teras ve avlu gibi alanlarda biriken yağmur suyunu toplar. Ardından iç veya dış mekanlardaki su talebini sağlayabilmek için sarnıç ya da tanklarda depolanır (Zhang vd., 2019) Hasat edilen yağmur suyu içilebilir olmayan (araba yıkama, tuvalet, çamaşır yıkama vb.) veya içilebilir su kullanımları (içme ya da yemek pişirme) için kullanılmaktadır (Pavolova vd., 2019). Yapılan çalışmalara göre bu kullanımlar kentlerdeki toplam evsel su tüketiminin %80-90'nını oluşturmaktadır. Bu nedenle yağmur suyu hasadı kentlerde önemli derecede su tasarrufunu sağlamaktadır (Silva vd.,2015).

Su hasadı teknikleri dört grup altında incelenmektedir.

- Çatı Yüzeyinden Su Hasadı
- Mikro Havza Su Hasadı
- Makro Havza Su Hasadı
- Taşkın Hasadı (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023).

4.1.5.2.1.Çatı Yüzeyinden Su Hasadı

Çatı üstü yağmur suyu hasadı, yağmur suyunun düştüğü yerde toplanması ve yağmur suyunun evlerin veya binaların çatı toplamalarından tutularak tanklarda depolandığı bir yöntemdir. Toplanan sular zemin çökmesini önlemek, yer altı su kaynaklarını beslemek vb., amaçlar için yeraltına da sızdırılmaktadır. Bu teknik Asya ve Afrika ülkelerinde antik çağdan beri kırsal alanlarda içme suyu temini amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (UNEP-IETC, 1998)



Şekil 4.7. Çatı Yağmur Suyu Hasadı Sisteminin Basit Şeması

Kaynak: (AçıkdereAnkara,2024).

4.1.5.2.2.Mikro Havza Su Hasadı

Toprak yüzeyinde oluşan yüzey akış toplanır. Yüzey akış alanının ve ekim alanının boyutları 1-1000 m² arasında değişiklik göstermektedir. Yüzey akış ve ekim alanı birbirine bitişiktir, Su bitki kök bölgesinde depolanır. Bu yöntemle ağaç, çalı ve tek yıllık bitkiler

yetiştirilebilir, fazla su için bir önlem alınmaz (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023). Mikro havza su hasadı yöntemi; yıllık yağış miktarının 200 mm olduğu yerlerde ağaçlar için, 300 mm/yıl yağış alan alanlarda ise tek yıllık bitkiler için uygulanmaktadır (Ankara Üniversitesi Açık Ders Notu, 2024).

Mikro Havza Su Hasadı Teknikleri şu şekildedir;

- Doğal çukur alanları
- Kontur kuşakları sıra arası su hasadı
- Teras
- Yarım daire ve üçgen bantlar
- Cep seki teraslar
- Vallerani çukurlar
- Meskat
- Negarim (Mengü ve Akkuzu,2008).

4.1.5.2.3.Makro Su Toplama Alanı ve Su Taşkın Sistemleri

Makro havza su hasadı yönteminde, mikro havza su hasadı yönteminde olduğu gibi, toprak yüzeyinde meydana gelen akış toplanır. Taşkın suyu hasadı akarsu yataklarında akış suyunun aktığı baraj ve dağıtım şebekelerini gerektiren sistemleri içine alır (Prinz,2010). Taşkın yönteminde mevsimsel akarsu akışı depolanır ve fazla olan su uzaklaştırılarak su, havuz rezervuar ya da toprakta depolanır. Bu yöntem ani su baskınlarını önüne geçer. Yıllık yağış miktarının ortalama 300 mm'den fazla olduğu yerlerde uygulanmaktadır (Pamukmengü vd, 2008).

4.1.5.2.4.Taşkın Hasadı

Taşkın hasadı yöntemi düzensiz ve mevsimler yağışların olduğu bölgelerde akarsu sularının toplanmasını sağlayan bir yağmur suyu hasadı tekniğidir. Burada fazla su havuz veya toprakta depolanır. Bu teknik ani su baskınlarının olacağı zamanlarda kullanılmasının yanı sıra aynı zamanda bitkisel üretim için toprağın yeterli düzeyde nemli kalmasını sağlamak amacıyla da kullanılmaktadır. Bu yöntem genellikle yıllık yağış miktarı 300 mm'den fazla olan yerlerde kullanılmaktadır. Anacak suyun depolanabilmesi için bu alanlarda yıllık yağış miktarının 150 mm'den fazla olması gerekmektedir (Çevre, Şehir ve İklim Dergisi, 2024).

Dünya genelinde birçok ülke yağmur suyu hasadı konusunda çalışmalar yapmaktadır. Afrika bölgesinde 1,87 hektar alanın bulunması halkın büyük çoğunluğunun geçim kaynağı sağlaması açısından önemlidir. Bu yüzden bölgede suyun depolanması gerektiğinden yağmur

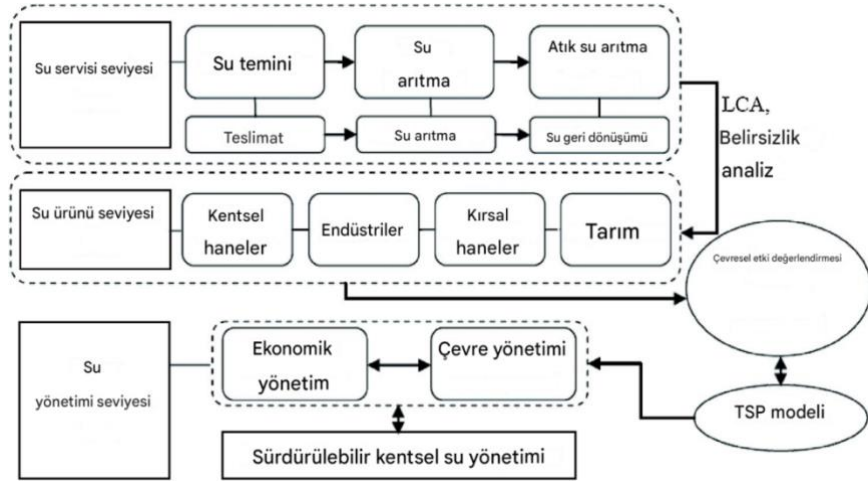
suyu hasadının sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) aracılığı ile yağmur suyu hasadının Afrika'nın farklı bölgelerinde yerel tarım ve ekonomiye katkı sağladığı görülmektedir (Mati vd., 2006).

Asya'ya bakıldığında Japonya'da 1980'li yıllarından başlarından itibaren yerel yönetimleri ani su baskınlarını önlemek amacıyla yağmur suyu hasadını teşvik etmeye başladığı görülmektedir. Japonya'da 1980'li yıllardan beri kamu ve özel binalarında yağmur suyu hasadı aktif olarak kullanılmaktadır (Campisano vd., 2017). Güney Kore'de kentsel alanlarda aşırı iklim olaylarına karşı uyum konusunda büyük ölçekli yağmur suyu hasadı projeleri kullanılmaktadır (Pataki vd., 2011). Tayland'da ise düşük maliyetle uygulanması desteklenmektedir. Tayland hükümeti kavanoz tank sistemi ile ulusal su hasadı programı belirleyerek birçok köyde yağmur suyu ile altı ay yetecek düzeyde içme suyu temin edilmiştir (Dwyer vd., 1992).

Türkiye'de ise yağmur suyu hasadı ile ilgili birçok mevzuat ve çalışma olduğu görülmektedir. Yağmur suyu hasadına ilişkin yerel yönetimlerde Ankara Büyükşehir Belediyesi tarafından 04.03.2022 tarihinde 2.000 m²'den büyük olan ada ve parsellere yapılan binalarda bahçe sulamalarında kullanılmak üzere yağmur suyu depolama sisteminin yapılması zorunlu hale getirilmiştir. Yine İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından 20.05.2018 tarihinden itibaren İstanbul İmar Yönetmeliği'nin 40. maddesinde 1.000 metrekarenin üzerindeki parsellerde, binaları zemin suyundan korumak, bahçe sulamak, oto yıkama vb. işlerde kullanmak üzere bir drenaj sistemi oluşturularak çatı ve zemin yüzeyi sularının tabii zemin altında tesis edilecek bir sarnıçta toplanmasının sağlanması belirtilmiştir (Şantiye Dergisi, 2023).

4.1.5.2.5.Çin'de Kentlerde Su Yönetiminin Sağlanmasında Yaşam Döngüsü Analizi Uygulaması

Yaşam döngüsü değerlendirmesinin (LCA) doğrudan ve sağlam karar vermeyi desteklemedeki uygulanabilirliğini iyileştirmek için, operasyonel araştırma ve belirsizlik analizi yöntemlerini genel bir Yaşam Döngüsü Analizi çerçevesine dahil ederek bütünleşik bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntem ardından Çin'in Dalian kentinde uygulandı. Uygulamada su temin şemalarına ilişkin yaşam döngüsü çevresel etkilerini yansıtmada hem yaşam döngüsü analizi hem de operasyonel araştırma yöntemleri kullanılmıştır.



Şekil 4.8. Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) Çerçevesinde Kentlerde Su Yönetimi Çerçevesi

Kaynak: (Cai vd., 2016)

Çalışma sonucu yaşam döngüsü çevresel etkileri açısından en büyük üç katkının Pulandian ve Zhuanghe ilçeleri ile şehrin Belediye bölgesi tarafından sağlandığını göstermiştir. Kentlerde Su Yönetimi yaşam döngüsü analizi kapsamında uygulama aşamaları şu şekildedir;

Adım 1: Su talebi projeksiyonu. Birçok su kaynağı (örneğin, yüzey, yeraltı, geri dönüştürülmüş ve tuzdan arındırılmış su) birden fazla kullanıcı (örneğin, tarım, endüstriyel ve belediye sektörleri) tarafından kullanılabilir. Bu aşamanın temel görevi, planlama döneminde birden fazla kullanıcı tarafından su talebini tahmin etmektir.

Adım 2: Toplam su talebi tahmin edildikten sonra her kullanıcı için su tahsis hedefleri belirlenir. Bu hedefler 1.adım kararı olarak düşünülmektedir. Bu aşamada asıl görev su kaynağı tahsisini planlamak ve planlama döneminde öngörülen talepleri karşılamak için su temin kapasitesini geliştirmektir.

Adım 3: Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi: Başlıca su kaynakları arasında nehirler ve su arıtma tesisleri bulunmaktadır. Mevcut kaynakların kullanıcıları il, ilçe sakinleri ve var olan çevredir.

Bu aşamada yaşam döngüsü analizi yapılırken aşağıdaki aşamalar dikkate alınmalıdır.

- Veri toplamayı kolaylaştırmak için bütünleşik ürün-hizmet sisteminin işlevsel birimleri olarak iki veya daha fazla ürün ele alınmalıdır.
- Su kaynakları ve hizmetler yaşam döngüsü analizi çerçevesinde ele alınmalıdır.
- Çevresel etkiler ISO 14000 kapsamında değerlendirilmelidir.

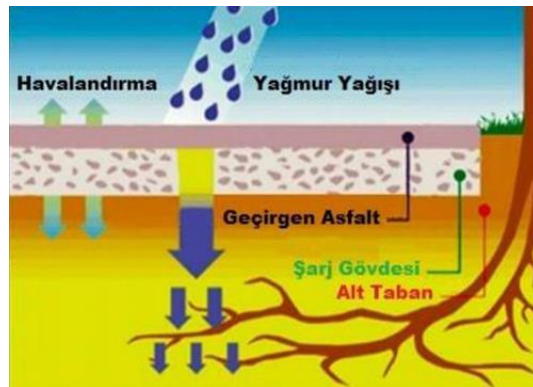
Adım 4: Yağış tahminleri yapılarak ilk aşamada beklenen değerden saptığında, ikinci aşamada bir karara başvurulmalıdır. Bu aşamada 2 tür başvuru yapılır. İlk başvuru mevcut tesislerin su temin kapasitesini arttırmaktır. İkincisi ise genellikle birinci aşamada su tahsisinin çevresel etkilerine kıyasla daha yüksek çevresel etkilere sahip olan diğer uzun mesafeli alanlardan su tahsis etmektedir. Ardından farklı senaryolarla su tahsis edilen kullanıcılara ve ikinci aşamada su iletiminin çevresel etkilerinin yaşam döngüsü analizinin yapılmasıdır.

Adım 5: Arz ve talep arasındaki soruna ek olarak birçok parametrede belirsizlik olabilir. Burada yaşam döngüsü analizinin belirsizliğini engellemek için Monte Carlo simülasyonu ile analiz edilmelidir.

Adım 6: İki aşamalı bir başvuru problemi için amaç fonksiyonu, iki aşamadaki su iletiminin çevresel etkilerini en aza indirmektir. Çıkar çatışması olan su kullanıcıları ve yağış olasılığı ana kısıtlamalar olmalıdır. Bu nedenle nihai çözüm, Çin'in Dalian şehrinde kentsel su yönetim sisteminin planlanmasını desteklemek için bir FITSP modeli geliştirilecek ve yaşam döngüsü analizi ile birleştirilmesidir.

4.1.5.2.6. Geçirimli Asfalt

Geçirimli asfalt süngerimsi geçirgen özelliği ile genellikle yağışlı bölgelerde drenaj kaplama malzemesi olarak kullanılır. Ve yüzey suyunu ve suyu emilimini etkili bir şekilde sağlamaktadır. Ancak, gözeneklerdeki suyun dağılımının ve göçünün drenaj kaplamalarının geçirgenlik özellikleri açısından büyük önem taşıdığını belirtmekte fayda vardır (Apeagyei vd., 2014; Hamed vd., 2016).



Şekil 4.9. Geçirimli Asfalt İşleyişi

Kaynak:(Çevre Mühendisleri Org, 2024).

Geçirimli asfalt, yağmur suyunun toprak tabakasına geçmesine dolayısıyla yeraltı sularının beslenmesine yardımcı olur. Kentsel peyzaj alanlarında çim ve çakıl veya gözenekli beton ve asfalt türleri kullanılarak geleneksel drenaj sisteminin yükünü azaltabilir. Parklarda, otoparklarda, yürüyüş yolları ve meydanlarda uygun türleri kullanılabilir (Karahana vd., 2024).

Geçirimli asfaltlar için kaplama teknolojisi kullanılmaktadır. Genellikle %18-20 aralığında boşluk içeriğine sahip kaplama karışımları sürtünmeli kaba (PFC) olarak bilinmektedir. Geçirimli asfaltlar alt tabana akacak şekilde tasarlanmış 10 cm kalınlığında bir kaplamadır (Rosen vd., 2012). Afet niteliğinde yağışlar gerçekleştiğinde yüzey suyunun hızlı bir şekilde emilmesini sağlayan bu yapının faydaları şu şekildedir;

- slak zeminlerde sürtünme direnci artırılarak yol tutuşu iyileştirilir.
- Suda kızaklama (aquaplaning) riski minimuma indirilir.
- Su sıçraması ve yola su püskürmesi azaltılarak görüş konforu sağlanır.
- Gece yol çizgilerinin görünürlüğü artar, böylece sürüş güvenliği desteklenir.
- Yağmur sularının toprakla buluşması kolaylaştırılır.
- İklim değişikliği nedeniyle artan ani ve yoğun yağışların su baskını riski azaltılır.
- Arıtılmış yağmur suları yerinde emilerek etkili yağmur suyu yönetimi gerçekleştirilir.
- Yüzeyde buzlanma oluşmasının önüne geçilerek kayma tehlikesi azaltılır ve trafik güvenliği sağlanır.
- Birleşik kanalizasyon sistemlerinde yağmur suyunun atık sularla karışması önlenir.
- Yer altı su kaynakları doğrudan beslenerek su döngüsü desteklenir.
- Kar yağışları yüzeyde birikmeden zemine geçiş yapar.
- Akarsular, su havzaları ve ekolojik sistemler korunmuş olur.
- Sulak alanlar kuraklıktan olumsuz etkilenmeden varlıklarını sürdürebilir.
- Kent içi doğal su kanalları ile ağaç kökleri ve peyzaj alanları sulanarak su verimliliği sağlanır; bitkiler daha sağlıklı büyür.
- Buzlanma riskinin azalmasıyla tuz kullanımı ciddi oranda düşer, böylece klorür kaynaklı çevresel kirlilik de azaltılır.
- Yağmur sularının toprağa ulaşmasıyla kökler oksijen alır, toprak daha iyi havalanır ve canlılık kazanır.
- Yüzeysel kaynaklı toplam azot, fosfor, askıda katı madde, hidrokarbonlar, motor yağları gibi kirleticiler %65 ile %95 arasında bir oranla filtrelenebilir, emilir, bağlanır veya biyolojik olarak parçalanır.

- Su geçirimli beton ve asfaltlar, geleneksel betonlara göre daha yüksek maliyetli olmakla birlikte, bakım ve onarım işlemlerinde sınırlamalar içermektedir. Türkiye’de henüz yaygın kullanılmayan bu tür kaplamalar, Avrupa’da pek çok ülkede tercih edilmektedir (Çevre Mühendisleri Org, 2024).

4.1.5.2.7.Dijital İkiz ile Simdeum Yöntemi

Son yüzyılda iklim değişikliği sonucunda meydana gelen su sıkıntısının artmasıyla beraber alternatif su kaynakları arayışı artmıştır. Alternatif su kaynaklarına ilişkin teknolojilerin kullanılması, su sıkıntısının etkilerinin giderek daha da hissedilmeye başlandığı son dönemde, tüm Dünya’da giderek daha da yaygınlaşmaktadır. Sahip olduğumuz su potansiyeli ve gelecek 20 yıl içerisinde öngörülen su miktarı henüz ülkemizde aktif olarak kullanımı yeterli düzeyde olmayan bu teknolojilerin bir an önce kullanılmaya başlanılmasını gerekli kılmaktadır. Günümüzde son teknolojik yöntemlerden biri olan dijital ikiz yönteminin en yaygın kullanımı fiziksel nesneleri ve süreçleri gerçek zamanlı ve sanal ortamda izlemektir. Örneğin akıllı bir konveyör, sanal temsili sayesinde, sistemin gerçek durumlarını anlamayı ve normalde ölçülmesi zor olan değişkenleri tahmin etmeyi mümkün kılmaktadır. Bu doğrultuda sanal temsil, ürün yaşam döngüsü boyunca çeşitli kaynaklardan gelen geniş bilgileri tutar. Elde edilen veriler karar verme sürecini hızlandırmak için çeşitli şekillerde sürekli olarak güncellenir ve görselleştirilir. Dijital ikizin bu avantajını kullanarak öncelikle seçtiğimiz pilot binada suyun su kullanımını tespit etmek istiyoruz. Ardından binalarda su korunumu için alınabilecek önlemleri; yenilikçi teknolojilere sahip sağlık gereçleri ve akış organları ile su tüketiminin azaltılması için SIMDEUM (KWR) modelini önerebiliriz. Araştırmalarımız binalarda suyun verimli kullanılması için şu alanlarda katkı sağlayabilir (KWRWater, 2024). SIMDEUM gerçekçi su talebi modellerini mikro ölçekte, son kullanım başına “örneğin bir tuvalet, duş veya musluk” simüle eder. Bu şekilde, suyun gerçekte ne için kullanıldığını ve dolayısıyla hangi sıcaklıkta ve hangi kalitede olması gerektiğini belirlemeye olanak tanır. Ayrıca bina tarafından kanalizasyon sistemine deşarj edilecek atık suyun sıcaklığı ve kalitesi hakkında da bilgi sağlar. SIMDEUM minimum su kullanım günlerinden maksimum su kullanım durumlarına kadar bir dizi gerçekçi su talebi üretir. Bu olası su talebi aralığından, belirli bir zaman diliminde maksimum akış ve maksimum sıcak su kullanımı gibi ilgili tasarım parametreleri çıkarılabilir (KWRWare, 2024). Yeni bir ev, apartman, otel veya ofis inşa edilmeden önce gerçekçi su talebi modellerine sahip olmak, tasarımcıya su kalitesinden veya konforundan ödün vermeden sürdürülebilir, hijyenik ve enerji tasarruflu bir içme suyu tesisatı yapma imkanı sağlar. Buna ek olarak, boruların boyutlandırılması için

maksimum anlık akış veya sıcak su tankının boyutlandırılması için 10 dakika ve 2 saat boyunca maksimum sıcak su kullanımı modelin düzenli çalışmasında önemlidir.

Model 5 adımda gerçekleşiyor;

Taleplerin anlaşılması = su döngüsünde anahtar

1. Talebi anlamak için (kavramsal) bir model gereklidir
2. Hedefiniz gerekli zamansal ve mekansal ölçeği belirler
3. Küçük ölçekten büyüğe doğru birleştirme mümkün, ancak tersi mümkün değil,
4. İdeal hidrolik / talep modelinin hayal edilmesi olarak model gerçekleşir.

Ayrıca bu model 2 alana katkı sağlamaktadır;

1. Dünyanın dört bir yanından farklı vaka çalışmaları, su talebi modelleme ve yönetim çalışmalarında hangi son kullanım özelliklerinin araştırılmasına öncelik verildiğini vurgulayarak her bir çalışmanın en ilgili bulgularının derinlemesine tartışılması;

2. Literatürde mevcut en yaygın sonuçları, yani kişi başına günlük son kullanım su tüketimini, son kullanım parametre ortalama değerlerini ve istatistiksel dağılımlarını, son kullanım günlük profillerini, son kullanım belirleyicilerini ve su tasarrufu sağlayan son kullanımların verimliliği ve yaygınlaştırılmasına ilişkin hususları niteliksel ve niceliksel olarak karşılaştırmak için çok düzeyli bir analizi içermektedir.

Projedeki bulgular; Son on yılda nihai su kullanımlarının hangi temel yönlerinin öncelikli olarak araştırıldığını anlamada ve su tasarruflu nihai kullanımların araştırılmasında destekleyebilir.

4.1.5.2.8.Kentsel Isı Adası Etkisini Azaltmada Sürdürülebilir Çözümler

Son yüzyılda meydana gelen iklim krizi sonucunda dünya ülkelerinde uygulanmaya başlayan kentsel ısı adası uygulamaları gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle küresel iklim değişikliğine bir önlem olarak kentsel ısı adaları oluşturulmaya başlanmıştır (TMMOB, 2023). Kentsel ısı adası etkisini azaltmanın yollarından biri de su geçirgenli kaldırımlardır. Su geçirgenli kaldırımlar gözeneklidir ve boşluk bırakılarak zemine döşenir. Suyun içinden ve etrafından geçmesine izin verir. Bu kaldırımlar suyun sızabileceği boşluklar tutan derzli tuğlalardan yapılmıştır. Bu kaldırımlara örnekler şu şekilde verilebilir; çim beton kaldırımlar, odun yongalar, çakıl veya taş agregası gibi malzemeler yağmur suyunun yer altına sızmasına

izin verir (Rooze vd., 2021). Yüzey su geçirimsizliği olan kaldırımlar ani su baskını ve sel nitelikli yağışların etkisini azaltmaya ve su döngüsünün kırılmamasına yardımcı olur. 5393 sayılı belediye kanunda belediyenin imar ve park ve park bahçeler müdürlüğüne kentin iklim krizine karşı mücadelesinde yetkiler verilmiştir. İklim krizine karşı mücadelelerde kentsel ısı adası çalışmalarında ilgili birimlerin kentin yerleşim planına uygun eş güdümlü çalışması gerekmektedir (Resmi Gazete, 2005). Bunun için kent il ve ilçe belediyelerin birimleri ile iletişime geçilerek kentsel ısı etkisi ve yüzey suyu geçirgenliğinin önemi hakkında bilgi verilmesi gereklidir (TMMOB, 2023).



5.TÜRKİYE'DE SU YÖNETİMİ

5.1.Türkiye'de Su Yönetimi

2000' yıllardan beri Türkiye'de "Su Yönetimi" konusunda kamu, özel sektör ve STK'larda çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Avcı, 2021). Yapılan çalışmalarda çoğunlukla Tarım Orman Bakanlığı'nın ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın çeşitli eylem planları hazırladığı görülmektedir. 2014 yılında Resmi Gazete'nin yaptığı açıklamaya göre Türkiye'de mevcut olarak 25 ana su havzası, 1.848 alt havza, 14.608 mikro havza bulunmaktadır (DSİ, 2018).

Falkenmark Su Stresi İndeksine göre Türkiye su stresi su sıkıntısı çeken bir ülke konumundadır. İklim değişikliği ile mücadelede öncelikle sıcaklık artışları ve dünyada küresel sıcaklığın artması olarak düşünülse de, iklimin değişmesinin en önemli nedenlerinden biri yağış rejiminin değişmesidir. Evren iklim koşullarından doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenmektedir. Yağışlardaki değişiklikler, taşkın ve kuraklık olayları taşkın ve kuraklık olaylarının yanı sıra yer altına sızan su miktarı, bitki deseni ve bitkilerin büyüme hızını doğrudan etkilemektedir (Ragap ve Prudhomme, 2002). İklim değişikliği öncelikle sıcaklıklardaki artış ve küresel ısınma olarak düşünülse de iklim değişikliğinin en önemli etkileri yağış rejiminin değişmesi nedeniyle oluşacak etkilerdir. İklim değişikliğinin Türkiye'deki Su Kaynakları üzerindeki etkileri genel anlamda şu şekildedir;

- Yağış örüntüsündeki değişimler,
- Ortalama yıllık yüzey akışı değişimleri,
- Kıyı çevresinde hidrolojik etkiler,
- Su kalitesindeki değişim,
- Yeraltı sularındaki değişim,
- Sel ve kuraklık üzerindeki etkiler,
- Su sıcaklıkları
- Su talebi (TÜBA, 2023).

Tablo 5.1.Türkiye'nin Su Potansiyeli ve Kullanım Alanları

Yıllık Yağış	450 milyar m ³
Kullanılabilir Yüzey Suyu Miktarı	96 milyar m ³
Kullanılabilir Yer Altı Suyu Miktarı	1550 m ³
Toplam Kullanılabilir Su Miktarı	112 milyar m³
Sulamalarda Kullanılan Su Miktarı	44 milyar m ³
Sanayi ve İçme Suyunda Kullanılan Su Miktarı	13 milyar m ³
Toplam Kullanılan Su Miktarı	57 milyar m³

Kaynak: (Tarım ve Orman Bakanlığı,2016).

5.1.1. Türkiye’de İçme Suyu ve Atık Su Hizmetleri

Türkiye’nin yıllık yağış miktarı 643 mm’dir. Bu değer ortalama 501 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Buradaki yağış miktarı 274 milyar m³ çay, nehir, göl ve deniz ile buharlaşarak atmosfere yeniden ulaşmaktadır. Türkiye’de içme suyu kaynak olarak göl, akarsu, baraj ve kuyulardan çekilmektedir.

- Türkiye’de su kaynaklarının kullanılmasında ve korunmasında belirli bir koordinasyon bulunmamaktadır. Bu konuda Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği, Yerel Yönetimler, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Tarım ve Orman Bakanlığı görev üstlenmiştir. Su kaynaklarının sınırlarını havza sınırları oluşturmaktadır. Türkiye’de su kaynakları ile ilgili güncel verilere ulaşmak her kurum açısından oldukça zordur. Su kaynaklarının kullanımı ile ilgili sorunlar şu şekilde açıklanabilir;
- Suyun aşırı tüketimi,
- Kaçak su kullanımı,
- Su iletim ve dağıtımlarında kayıp-kaçakların fazla olması,
- Koordinasyonlu su dağıtımının olmaması,
- Su iletim ve dağıtımının toprak ve beton kaplamalı ya da kanallarda yapılması olarak sıralanabilmektedir (Aküzüm vd., 2010).

2022 TÜİK verilerine dayanılarak Türkiye’de içme suyu olarak kullanılan göl, akarsu, baraj ve kuyulardan çekilmektedir. 2022 yılında toplam çekilen su miktarının 19,2 milyar m³ olduğu görülmektedir. Aynı zamanda Türkiye’deki belediyelerden 1390 belediyenin içme ve kullanma suyu şebekesi ile hizmet verdiği görülmektedir. Ülkemizde %98’i kanalizasyon şebekesi ile hizmet verdiği görülmektedir. Ayrıca toplam nüfusun sadece %34’ünün atık su arıtma tesisi ile hizmet verdiği görülmektedir. Bu rakam OECD (%64’ün) ve Avrupa ülkelerinin altında bir değerdir.

Yapılan son çalışmalar sonucunda ülkede toplam kayıp kaçağın %30-40 bandında olduğu görülmektedir (TÜİK, 2022).

2022 TÜİK verilerine dayanılarak Türkiye’de içme suyu olarak kullanılan göl, akarsu, baraj ve kuyulardan çekilmektedir. 2022 yılında toplam çekilen su miktarının 19,2 milyar m³ olduğu görülmektedir. Aynı zamanda Türkiye’deki belediyelerden 1390 belediyenin içme ve kullanma suyu şebekesi ile hizmet verdiği görülmektedir. Ülkemizde %98’i kanalizasyon şebekesi ile hizmet verdiği görülmektedir. Ayrıca toplam nüfusun sadece %34’ünün atık su arıtma tesisi ile hizmet verdiği görülmektedir. Bu rakam OECD (%64’ün) ve Avrupa ülkelerinin altında bir değerdir.

Yapılan son çalışmalar sonucunda ülkede toplam kayıp kaçağın %30-40 bandında olduğu görülmektedir (TÜİK, 2022).



Şekil 5.1. Falkenmark Su Stres İndeksine Göre Havzalarda Kişi Başına Düşen Su Potansiyeli
Kaynak: (SYGM, 2018).

2040 yılında Türkiye’nin 100 milyon nüfusu olacağı düşünülmektedir (TÜİK, Nüfus Projeksiyonları, 2018-2080). Falkenmark indeksine göre 2040 yılı için kişi başına düşen

kullanılabilir yıllık su miktarı 1120 m³ olacaktır. Bu değer gelecek yıllarda Türkiye'nin su kıtlığı çekeceğini göstermektedir.

Tablo 5.2. 2014-2018 Yılları Aralığında Türkiye Geneli Nüfus ve İçme Suyu Verileri

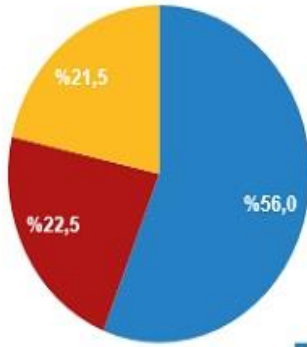
Yıl	Toplam Belediye Nüfusu	Toplam Çekilen Su Miktarı (1000 m ³ /yıl)	Dağıtılan Su Miktarı (m ³ /yıl)
2010	61.571.332	4.795.234	2.579.675
2014	63 743.047	4.936 341	2.801. 938
2016	72 505.107	5.237 406	3. 394.545
2018	74 911.343	5.838 561	3. 732. 875

Kaynak: (TÜİK, 2018).

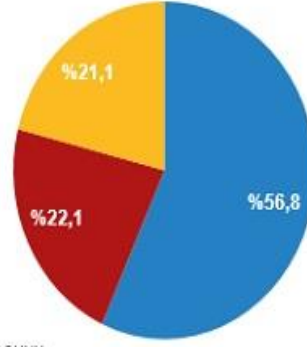
Tablo 5.2.'de görüldüğü üzere 2010 yılında nüfus oranı 2016 yılına kadar sürekli bir artış göstermiştir. Yine 2010 yılındaki verilere bakıldığında toplam çekilen su miktarı ve dağıtılan su miktarının yıllara göre artış olduğu elde edilen bilgiler arasında yer almaktadır. Böylece Türkiye'de 2'şer yıl ara ile su sistemlerinde çekilen su miktarı ve dağıtılan su miktarı belirlenmiş oldu.

2017 yılında yapılan çalışmalara göre Türkiye'de kayıp kaçak su oranının %46 olduğu belirlenmiştir (Silkin,2014). Türkiye'de 11. Kalkınma Plan'ı çerçevesinde suyun verim kullanılmayla ilişkili olarak İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği hazırlanmıştır. Yönetmeliğe göre su kayıpları Büyükşehir ve il belediyelerinde 2023 yılına kadar en fazla %30, 2028 yılına kadar ise %25 düzeyinde olmalıdır (Resmi Gazete, 2019).

Kaynağına göre çekilen su miktarının dağılımı, 2020



Kaynağına göre çekilen su miktarının dağılımı, 2022



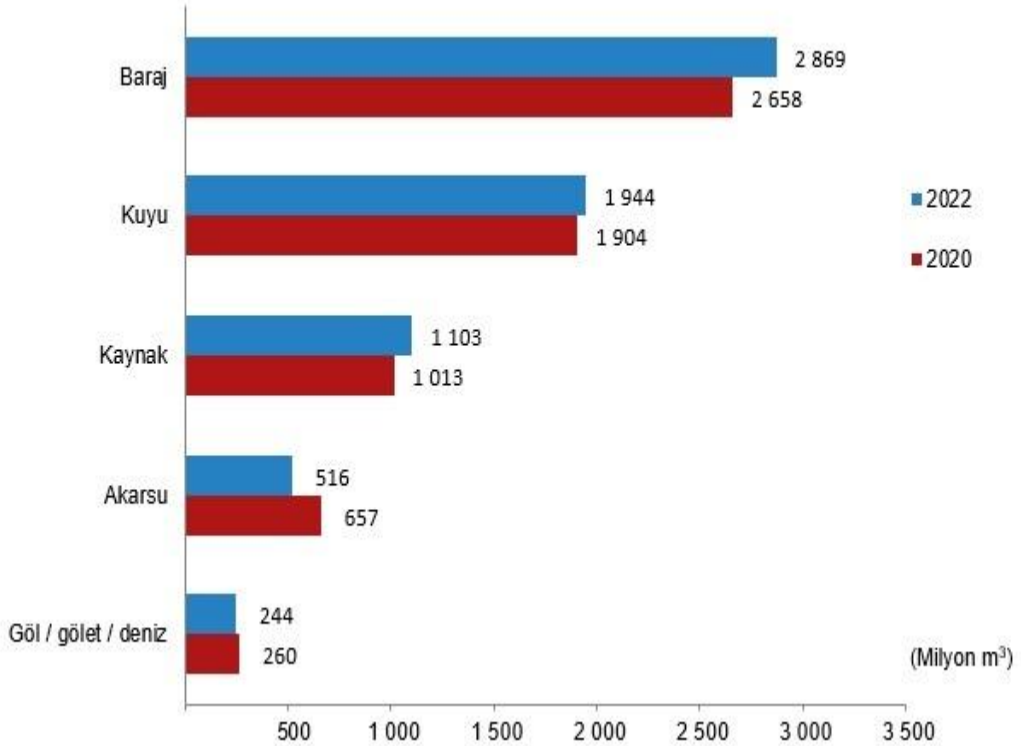
Deniz Yeraltı suyu Yüzey suyu

Şekil 5.2. 2020-2022 Yılları Türkiye’de Kaynağına Göre Çekilen Su Miktarları

Kaynak: (TÜİK, 2023)

TÜİK verilerine göre Türkiye’de 2022 yılında çekilen suyun %56,8’i denizden; %22,1’i yeraltı ve %21,1’i yüzey suları olmak üzere toplam %43,2’si tatlı su kaynaklarından temin edilmiştir.

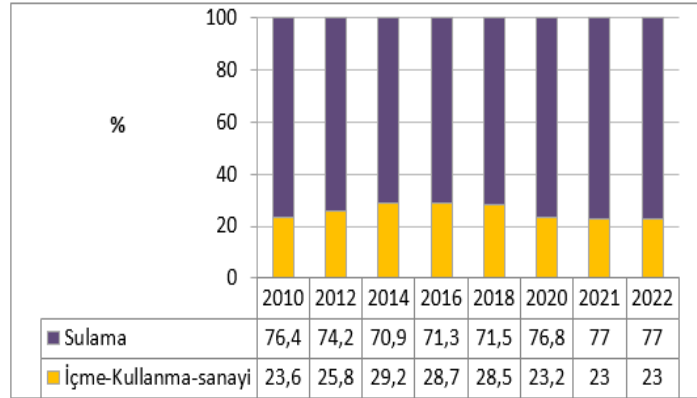
Kaynaklarına göre belediye içme ve kullanma suyu şebekesine çekilen su miktarları, 2020-2022



Şekil 5.3. 2020-2022 Kaynaklarına Göre Belediye İçme ve Kullanma Suyu Şebekesine Göre Dağılımı

Kaynak: (TÜİK, 2023).

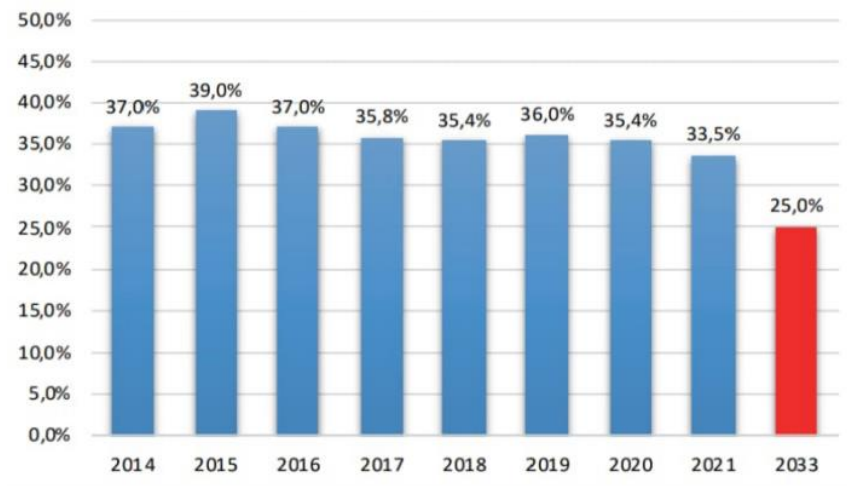
2020- 2022 yılları verilerine göre belediyeler tarafından su kaynaklarından 6,7 milyar m³ su çekildiği görülmektedir. Çekilen suyun %43'ü barajlardan, %29,1'i kuyulardan, %16,5'i kaynaklardan, %7,7'si akarsulardan ve %3,7'si göl, gölet veya denizlerden sağlanmıştır.



Şekil 5.4. 2010-2022 Yılları Türkiye’de Sulama ve İçme Kullanma Sanayi

Kaynak: (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022).

Türkiye’de yıllık ortalama yağış yaklaşık 574 mm olup, yılda ortalama 450 milyar m³ suya denk gelmektedir. Günümüzde tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yılda ortalama toplam 94 milyar m³’tür. 18 milyar m³ olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte Türkiye’de tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³, 57 milyar m³’ü kullanılmaktadır. Ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 2000 yılında 1 652 m³, 2009 yılında 1 544 m³, 2021 yılında ise 1 323 m³, 2022 yılında 1 322 m³ olmuştur (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022).



Şekil 5.5. Su Kayıp-Kaçak Oranları (2014-2023)

Kaynak: (SYGM,2017).

Türkiye’de su tüketimi son yılda belirli oranlarda artış göstermektedir. Büyükşehir belediyelerinin ve il belediyelerinin 2023 yılına kadar en fazla %30, 2028 yılına kadar en fazla %25 düzeyinde 2033 yılına kadar ise en fazla %25 düzeyine indirmekle yükümlüdürler (İller Bankası, 2023).

Tablo 5.3. Türkiye Gelecek Yıllarda Su Tüketim Hesabı

Yılar	Nüfus	Su Tüketim Hesabı (L/kişi.gün)
2020	83.614.362	189
2038	88.417.000	114
2053	93.475.000	142

Kaynak: (TÜİK, 2021).

Tablo 5.3.’e göre, 2020 yılında Türkiye’de nüfusa oranla su tüketiminin 189 L/s olarak hesaplanmıştır. Anlık su tüketim oranının nüfusa paralel olarak 2038 yılında 114 L/s olacağı ve 2053 yılında ise 142 L/s olacağı tahmin edilmektedir.

Tablo 5.4. Türkiye 2003 ve 2030 Su Kullanım Oranları

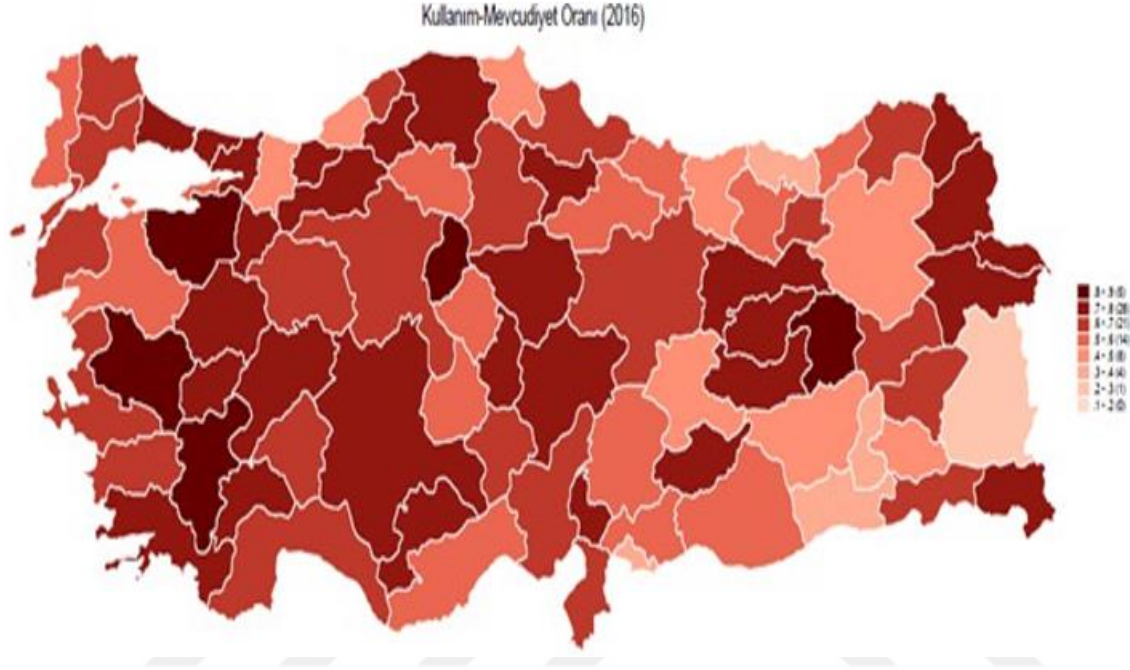
Sektör	2003 (m ³)	2030 (m ³)
Sulama	29,6	72,0
İçme Suyu	6,2	18,0
Sanayi	4,3	22,0

Kaynak: (DSİ, 2006)

Türkiye bugün su potansiyelinin 1/3’ünü kullanmaktadır. 2030 yılında ise su potansiyelinin tamamını kullanacağı düşünülmektedir. Bu da 2030 yılından sonra Türkiye’nin su stresi yaşayacağı beklenmektedir (DSİ, 2023).

Tarım ve Orman Bakanlığı’nın 2016 yılında gerçekleştirdiği çalışmaya göre, 2015–2100 yılları arasında Türkiye genelinde belirgin bir sıcaklık artışı beklenmektedir. Bu dönemin ilk yıllarında bazı bölgelerde sınırlı sıcaklık değişimleri, hatta bazı yıllarda kısa

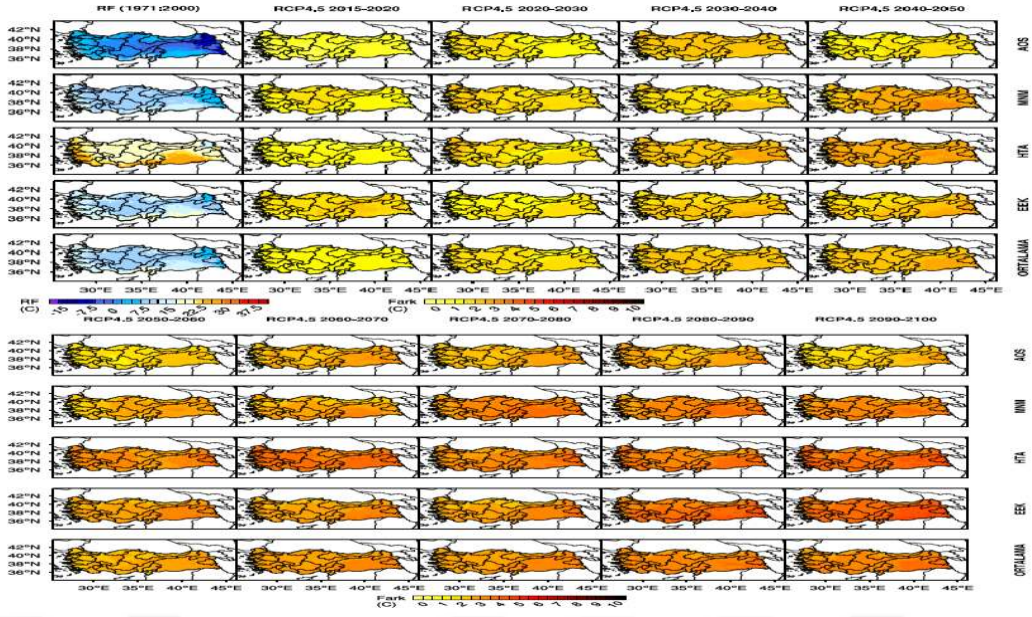
sürekli soğumalar yaşanabileceği öngörülmekle birlikte; uzun vadede sera gazı emisyonlarındaki artışın etkisiyle iklim üzerindeki baskı artmakta ve bölgesel iklim değişkenliğine kıyasla daha belirleyici bir faktör haline gelmektedir. Şekil 5.6’da, her bir belediyeye ait su kullanım miktarları hesaplanmıştır. Bu veriler, TÜİK’in Belediye Su İstatistiklerinden alınmıştır.



Şekil 5.6. 2016 yılı Belediye Bazlı Kullanım Mevcudiyet Oranı

Kaynak: (TSKB,2015).

2016 yılı verilerine göre, Türkiye'deki 46 belediyede kullanım mevcudiyet oranı %64,9 olarak hesaplanmıştır. Bu oran, söz konusu belediyelerin Türkiye geneli ortalamasının üzerinde bir değere sahip olduğunu göstermektedir. Şekil 5.6’da da görüldüğü üzere, 2016 yılında 81 belediyeden 76’sı “yüksek risk” kategorisinde yer almıştır. Ayrıca, 2016 yılında Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” başlıklı proje kapsamında; Türkiye’nin 1971–2000 yıllarını kapsayan referans dönemine göre, 2100 yılına kadar olan sürede 10’ar ve 30’ar yıllık dönemler için mevsimsel ve yıllık ortalama değişim projeksiyonları hesaplanmıştır. Bu projeksiyonlara ilişkin sonuçlar Şekil 5.7’de sunulmuştur.



Şekil 5.7. Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin HadGEM2-ES Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi

Kaynak: (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2016).

Şekil 5.7'de sunulan projeksiyon sonuçları, özellikle Türkiye'nin Güneydoğu kesiminde ve Akdeniz kıyıları boyunca sıcaklık artışlarının belirginleştiğini göstermektedir. Yüksek rakımlı topoğrafyanın hâkim olduğu bölgelerde, özellikle Fırat-Dicle Havzası üzerinde, yaz mevsimlerinde beklenen sıcaklık artışları hem diğer mevsimlere kıyasla daha yüksek, hem de ülke genelindeki diğer bölgelere göre daha hızlıdır. 2100 yılına doğru ilerleyen süreçte, özellikle Türkiye'nin doğu ve güneydoğu bölgelerinde sıcaklık artışlarının 4 ila 6°C arasında olacağı öngörülmektedir. Bu sıcaklık artışları, kış aylarında yağış rejiminin değişmesine neden olmakta; kar yağışı yerini daha sık yağmura bırakmaktadır. Bu durum, karla kaplı alanların azalmasına ve ilkbahar aylarında karların daha erken erimesine yol açmaktadır. Karla örtülü yüzeylerin azalması, yüzeyin albedo (yansıtılabilirlik) değerini düşürmekte ve bu da güneşten gelen radyasyonun daha fazla soğurulmasına neden olmaktadır. Bu süreç, yüzey sıcaklıklarının çevre bölgelere kıyasla daha hızlı artmasına katkı sağlamaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2016).

6.MATERYAL/METOT

6.1.Bilecik İli

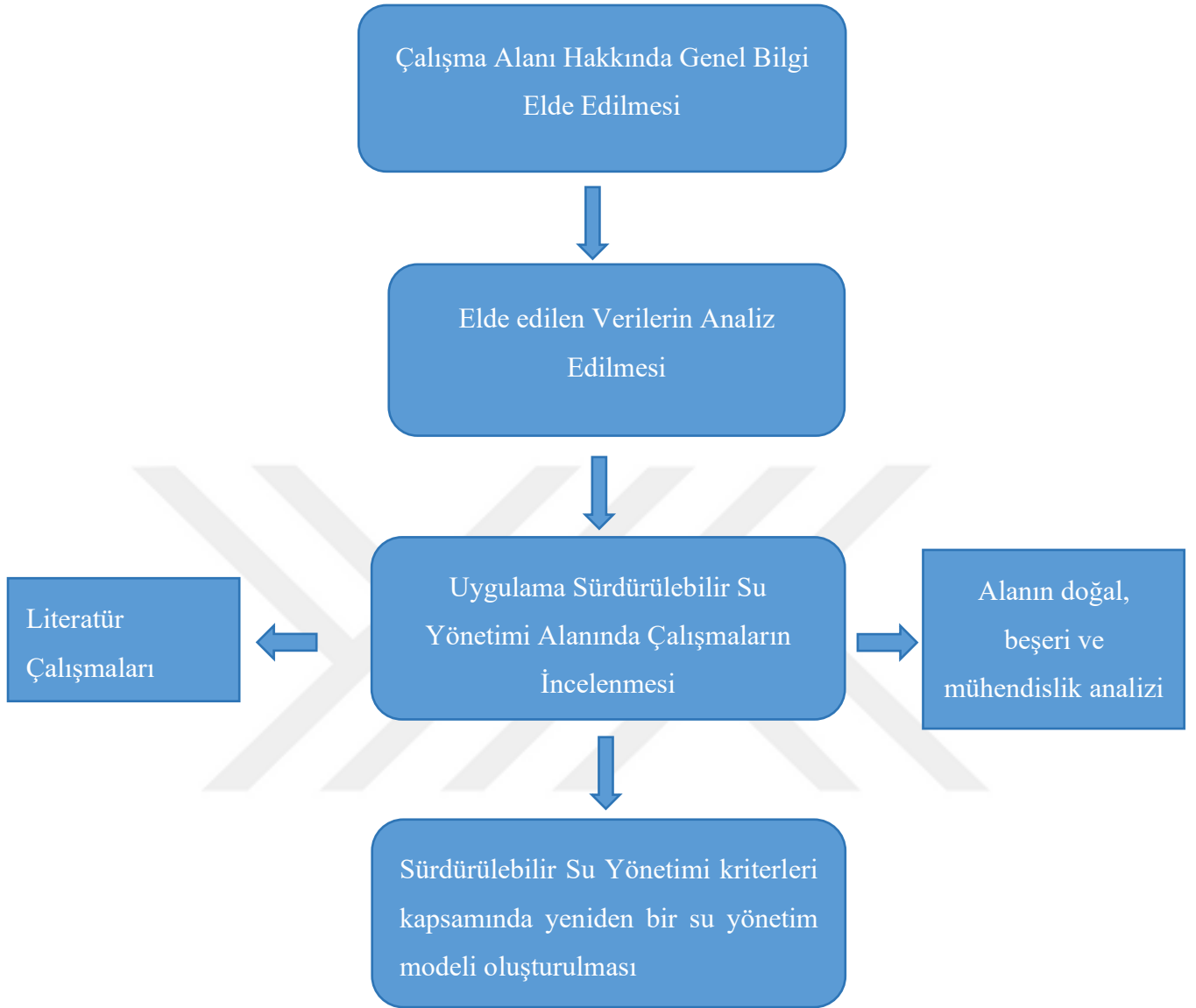
Figure-2: Location of Bilecik and its districts



Şekil 6.1. Bilecik İli Lokasyonu

Kaynak: (Coğrafya Harita, 2019).

Araştırma alanı olarak seçilen Bilecik (Merkez) dört bölgeyi içerisinde bulunduran Bilecik ili Marmara, İç Anadolu ve Ege Bölgesinin kesişiminde bulunmaktadır. İl Kütahya, Eskişehir, Bursa, Sakarya ve Bolu illerine komşu konumundadır. Şehir toplam 8 ilçe, 3 belde ve 61 mahalleden oluşmaktadır (Bilecik Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2007). Bilecik il merkezinde karasu içme ve kullanma suyu birliği vasıtası ile Karasu Su Kaynağından su temin edilmektedir. Bu durum yılın 365 günü izlemektedir. Ancak hatta oluşan arıza neticesinde Bilecik iline yerel su kuyularından su sağlanmaktadır. Bu oran yılda %30-40 arasında değişmektedir (ÇED, 2023). Bu yüzden Türkiye’de kişi başına düşen su miktarı, potansiyel üzerinden gidildiğinde 1400 m³, ancak kullanılabilir su üzerinden hareketle aslında sadece 500 m³’dür. Bu rakam Bilecik ili için toplam potansiyel üzerinden hareket edildiğinde 873 m³ olarak karşımıza çıkarken, kullanılabilir suyu ön plana çıkardığımızda 232 m³’e düşmektedir (DSİ, 2022). Söz konusu durum şehrin düzensiz gelişimine sebep olmaktadır.



Şekil 6.2. Araştırmanın Yöntemi Şeması

Araştırmada öncelikle alan çalışmaları (bilgi toplama, yerinde gözlem, kurumlarla görüşme) yapılmış ve dokümanlar oluşturulmuştur. Alandaki tüm fonksiyonlar, kentsel donatı elemanları, kullanılan malzemeler, mevcut su kaynakları, su yönetim stratejileri ve su yönetim uygulamaları detaylı şekilde incelenmiştir. Gerekli harita ve grafikler oluşturularak değerlendirmeler yapılmıştır. İlgili birimlerden durum raporları, plan ve programları temin edilmiştir. Araştırmanın son aşamasında kentlerde sürdürülebilir su yönetimi çalışmaları üzerinde durulmuş ve yerli ve yabancı birçok kaynak incelenmiştir. Sürdürülebilir su yönetimi kriterleri bu alan için irdelenirken, dünyadan örnek çözümlerle değerlendirmeler yapılmıştır. Alan bu kriterler doğrultusunda oluşturulan örnek su yönetim planı ile desteklenmiştir.

7. BİLECİK'TE SU YÖNETİMİ

7.1. Bilecik İli Su Kaynakları

Bilecik ili Sakarya ırmağı boyunca uzanan çok geniş olmayan ovalar il topraklarının şehrin %7'lik kısmını kaplamaktadır. Şehrin önemli su kaynaklarından biri Sakarya ırmağıdır. Şehrin diğer bir su kaynağı ise Karasu içme hattıdır. Hat Bozüyük'ten çıkmaktadır. İl sınırları içinde su kaynağı Karasu Boğazından geçmektedir (Bilecik Valiliği, 2023). Bölgede su üretim çiftliklerinin bulunmasıyla beraber 5 adet su üretim tesisi bulunmaktadır.

Tablo 7.1. Bilecik İli Su Kaynakları Miktarı

Su Kaynakları Potansiyeli	
Su kaynağı	Miktarı (hm ³ /yıl)
Yer Üstü Suyu	320,0
Yer Altı Suyu	54,7
Toplam	374,7

Kaynak: (ÇED, 2014).

İlin en büyük su kaynağını yer üstü suyu oluşturmaktadır. Yeraltı suyu ise toplamda su kaynağının %14,6'sını oluşturmaktadır. Ayrıca il genelinde kentsel kanalizasyon sistemi merkez ve ilçeler dahil olmak üzere toplam nüfusun %98'ine hizmet verilmektedir.

Tablo 7.2. Yıllara Göre Bilecik İli Barajlar Doluluk Oranları

Bilecik /Yıllar	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Darıdere(Dodurga)	23,50	25,60	3,60	51,60	45,50	22,0	13,80	7,30	3,20
Kızıldamlar	59,50	44,20	33,60	72,10	57,10	61,0	46,20	49,50	55,70

Tablo 7.2. Tablonun Devamı

Günyurdu	49,30	43,30	35,30	76,40	66,50	63,90	72,70	68,80	57,80
Mustafa									
Beydemir									

Kaynak: (DSİ, 2021).**Tablo 7.3.** Bilecik (Merkez) Atık Su Arıtılmış Kapasitesi

Şehir	Tesis	Çalışma Süresi	AAT Kapasite (m ³ /gün)	Atık su Miktarı (m ³ /gün)
Bilecik/Merkez	Vezirhan Çimento Madencilik Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi	300	6.000	60
Bilecik/Merkez	Bilecik 1.Organize Sanayi Bölgesi (Ortak Atık su Arıtma Tesisi)	356	300.000	3000
Bilecik/Merkez	Bien Yapı Ürünleri Sanayi Turizm ve Ticaret Anonim Şirketi	300	200.000	30
Bilecik/Merkez	Federal Mermer Madencilik Elektrik İnşaat Taahhüt Ticaret ve Sanayi A.Ş.	300	200.000	370
Bilecik/Merkez	Marmara Kâğıt ve Ambalaj San.ve Tic. A. Ş.	350	250.000	930

Tablo 7.3. Tablonun Devamı

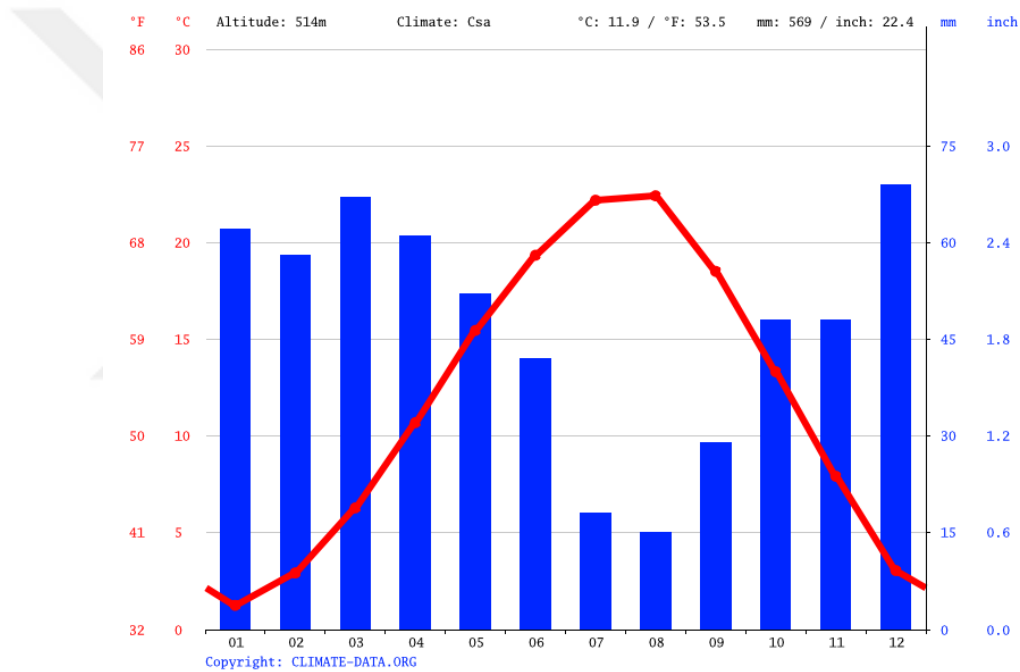
Bilecik/Merkez	Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Atık su Arıtma Tesis	300	200.000	200
Bilecik/Merkez	Türk YTONG San. A.Ş.	300	110,500	3600
Bilecik/Merkez	Erşan Et ve Et Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.	300	150,000	8
Bilecik/Merkez	Safi Çimento Üretim San. ve Tic. A.Ş. Bilecik 1. Şubesi	365	120,000	30
Bilecik/Merkez	Habaş Sınai ve Tıbbi Gazlar İstihsal End. A.Ş. Bilecik 1. Şubesi	300	380.400	23,4
Bilecik/Merkez	Habaş Sınai ve Tıbbi Gazlar İstihsal End. A.Ş. Bilecik 2. Şubesi	300	200. 500	20,5
Bilecik/Merkez	Bilecik Belediyesi Hürriyet Mahallesi Elektroflokülasyon Prosesli Evsel Atık su Arıtma Tesis	365	325,000	3525
Bilecik/Merkez	Bilecik 2. Organize Sanayi Bölgesi Atık Su Arıtma Tesis	360	300.000	500
Toplam Arıtılan Atık Su Miktarı (m ³ /gün)			4.462.855	

Kaynak:(Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Müdürlüğü, 2024).

Bilecik merkezde çevre şehircilik ve iklim değişikliği il müdürlüğünden alınan verilere göre 5 adet büyük çaplı arıtma tesisi mevcut olup bu tesislerin yıllık bazda arıtılmış atık su deşarjı 4462 milyon metre küp civarındadır.

Su kıtlığının derinlemesine yaşandığı günümüzde arıtılmış atık sular önemli bir kaynak olup maksimum düzeyde geri kazanım sağlanıp tekrar kullanılmalıdır. Bu şekilde suların tekrar kullanımı ile su kaynakları üzerindeki baskı azalabilir. Arıtılmış sular şehirlerde yol yıkama, araç yıkama, peyzaj vb. birçok alanda kullanılabilir. Bilecik ili Sakarya Havzası Yağış Parametresi Mann Kendall Eğilim Analizi sonuçlarına göre yağış rejimi sürekli olarak artış gösteren bir ildir. Bilecik ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 11,9 °C'dir.

Yıllık ortalama yağış miktarı: 569 mm'dir. İlin sıcaklık ölçüm periyotları aylık bazda Şekil 7.1'de verilmiştir. Bilecik Meteoroloji İstasyonu Müdürlüğü'nden alınan 1975-2024 yılları verilerine göre; en sıcak ay (temmuz) sıcaklık ortalaması 28,4 °C, yıllık en soğuk ay (Ocak) sıcaklık ortalaması -0,3 °C dir.



Şekil 7.1. Bilecik İklim Verisi

Kaynak: (Climate Data,2024).

Şekil 7.1'de görüldüğü üzere son 10 yılda barajlardaki su miktarı düzensiz olarak artış ve azalış göstermiştir. Tabloda son 5 yılda barajların doluluk oranı ilk yıllara göre belirli bir düşüşte olduğu görülmektedir.

Tablo 7.4. Bilecik İlindeki Atık Su Arıtma Tesisleri

OSB	Mevcut Durum	Ton/Gün	AAT Türü	AAT Çamur Miktarı (Ton/Gün)	Deşarj Ortamı
1. OSB	Aktif	5.500	Fiziksel Kimyasal Biyolojik	0,35	Pelitözü Kuru Deresi
2. OSB	Aktif	2.200	Biyolojik	0	Karasu Deresi

Kaynak: (ÇED,2017).

Tablo 7.4 incelendiğinde Pelitözü Göleti hakkında şu yorumlar yapılabilir; 1. OSB oldukça yüksek bir kapasiteyle çalışmakta ve farklı sektörleri barındırmaktadır. Fiziksel-kimyasal ve biyolojik arıtmanın tercih edilmesi, endüstriyel atık suların kompleks içeriğinin arıtılması açısından ve kirleticilerin alıcı ortama geçişinin engellenmesi açısından önem arz etmektedir. Çıkan çamur miktarının düşük olması ise çok gerçekçi olmayıp eldeki verinin güncel olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Deşarj ortamı olan Pelitözü Kuru Deresi ve ulaştığı Pelitözü Göleti, durgun su ekosistemidir ve bu tür sistemler kirliliğe karşı daha hassastır. Bu nedenle arıtma kalitesinin yüksek tutulması, göletin ekosistemi için hayati önem taşır. Düzenli olarak su kalite analizleri yapılmalı ve atıksu deşarj limitleri sıkı takip edilmelidir.

2. OSB’de ise biyolojik arıtma tercih edilmiştir. Zamanla firma portföyündeki değişikliklere göre atıksu arıtma tesisi ihtiyacı değişebileceği için tesise ek üniteler yapılma ihtiyacı olabilir. Biyolojik arıtma sistemi organik karbon giderimi orjinli çalışan bir sistem olup kompleks kirleticileri gidermez aynı zamanda toksik kirleticilerden hızlı şekilde etkilenip verim kaybına uğrayabilir. Çamur miktarının 0 olması ise teknik olarak mümkün olmayıp eldeki verinin eski olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Deşarj ortamı olan Karasu Deresi, akan bir su kaynağı olduğu için gölete göre daha fazla seyrelme imkânı sunar. Ancak yine de Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde belirtilen sınır değerlere uygun deşarj yapılması şarttır. Özellikle BOİ, KOİ, askıda katı madde ve azot-fosfor gibi besin maddeleri açısından dikkatli olunmalıdır.

Genel olarak her iki tesis de aktif durumdadır ve farklı yöntemlerle arıtma yapmaktadır. 1.OSB daha büyük bir yük taşımakta ve gölete deşarj yaptığı için gölet ekosistemine dikkat edilmelidir. 2.OSB ise daha düşük kapasiteli bir tesistir, biyolojik yöntem kullanarak organik yükleri hedef almıştır. Deşarj ortamlarında çevreye olabilecek etkileri düzenli izlenmeli ve su kalite analizleri sık sık güncellenmelidir. Atıksuların özelliklerine göre (örneğin metal, boya, deterjan, gıda atığı vs.) arıtma yöntemlerinin yeterliliği ve etkinliği gözden geçirilmelidir.



Tablo 7.5. Bilecik Karasu Su Kalite Analiz Sonuçları

Parametreler	02.08.2018	20.08.2019	24.08.2021	05.07.2022	12.07.2023
Sıcaklık (°C)	24,0	16,0	18,8	21,0	21,5
Elektriksel İletkenlik mS/m(25 C)	134,50	40,30	40,60	40,10	33,80
Sodyum, mg/L	2,75	1,10	-	1,15	1,34
Çözünmüş oksijen (mg/l)	61,6		95,07	0	0
pH	7,52	7,83	8,14	6,98	8,38
Klorür mg/L	98,44	1,14	>0,22	>1,504	1,63
Nitrit mg/L	3,0	2,2		nd	4,02
Nitrat mg/L	3,646	2,766	2,578	2,536	2,557
Florür mg/L	0,720	0,030	>0,072	>0,138	0,09
Toplam Org, Karbon, mg/L	2,38	2,14	2,00	2,37	1,29
Bulanıklık, NTU	0,17	0,21	0,20	2,50	2,53
Fenol (mg/l)	1,085	0	0,0	0,001	0,00

nd: tespit edilemedi.

Kaynak: (DSİ, 2024).

Karasu Kaynağının beslenme alanının büyük bir çoğunluğu Sakarya Havzası sınırları içerisinde bulunmaktadır. Şekil 5.7.'deki RCP4.5 senaryosuna göre, Sakarya Havzası'nda 2011- 2040 yılları arasında yağış miktarında %10 düşüş ve sıcaklıkta 1,5°C artış, 2041-2070 131yıllarında ise %5 yağış miktarı azalması ve 2°C sıcaklık artışı beklenmektedir. RCP8.5 senaryosunda ise, 2011-2040 arasında %5 yağış miktarı azalması ve 2,5°C sıcaklık artışı, 2041-2070 yılları arasında %5 yağış miktarı düşüşü ve 3°C sıcaklık artışı öngörülmektedir (Tanrıseven,2024).

Atık suların belirli aralıklara göre arıtıldıktan sonra uygun parametre değerlerine göre Karasu Deresi'ne deşarj edilmektedir. Atık Suların geri kazandırılması için Bilecik Merkez Atık Su Arıtma Tesisi inşaatı 2018 yılından itibaren hizmet vermeye başlamıştır (Bilecik İl Çevre Durum Raporu, 2017). Karasu Su Hattı, su sıcaklığı, ılıman iklim koşullarında bulunan sular için beklenen mevsimsel değişimi göstermiştir. Çözünmüş oksijen derişimi açısından gölet, Türk Çevre Mevzuatına göre (Anonim 1992), 1. sınıf (temiz sular) su kalitesindedir. Karasu Hattı, pH ve permanganat indeksi açısından Türk Çevre Mevzuatına göre (Anonim 1992), 1. sınıf (temiz sular) su kalitesindedir. Karasu Hattı amonyum azotu, nitrit azotu ve nitrat azotu açısından ise Türk Çevre Mevzuatına göre (Anonim 1992), 2. ve 3. sınıf (az kirli ve orta derecede kirli sular) su kalitesindedir. Wetzel (1983)'e göre toplam inorganik azot değerleri esas alındığında Karasu Hattı besin düzeyi açısından ötrofik sular sınıfına girmektedir. Toplam sertlik değerlerine göre, Karasu Hattı sert sular sınıfına girmektedir.

İçme suyu ile ilgili veriler incelendiğinde şu şekilde verilere ulaşılmıştır. Bilecik (Merkez)'de içme suyu ile ilgili yapılan deneysel çalışmalarda 300 mg CaCO₃/L orta sert su değerine sahip olduğuna ulaşılmıştır. Şehrin alt yapısında mermer fazla olduğu için doğal taşlar arası karstik boşluklar fazladır. Bu yüzden mevcut su kaynağı bu yapılar arasından geçerken mermer yapısındaki CaCO₃ çözünmesi meydana gelmektedir. Bu yüzden içme suyu üzerinde yapılan her türlü deneysel çalışmalarda su orta sertlikte çıkmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde Karasu Deresi'nin su kalite analizleri, özellikle çözünmüş oksijen seviyelerinin düşüklüğü, elektriksel iletkenlikteki dalgalanmalar ve azotlu bileşiklerin (nitrat/nitrit) varlığı gibi sorunlara işaret etmektedir. Bu durum, tarımsal ve sanayi kaynaklı kirliliklerin halen etkili olduğunu göstermektedir. Özellikle çözünmüş oksijen seviyesinin düşük olması, sucul yaşam için ciddi bir risk oluşturmaktadır. Genel olarak, düzenli kontrol ve iyileştirici önlemler alınması gerekmektedir.

7.1.1.Bilecik İlinde Su Yönetimine İlişkin Çalışmalar

Bilecik Merkez İlçede 1 Organize Sanayi Bölgesi dahilinde bulunan fabrikalara su temini, DSİ Genel Müdürlüğü su kaynaklarının dağıtımını izinli kuyulardan su çekimi yaparak dağıtmaktadır. Su temini genel anlamda atık suların tesiste toplanarak Organize Sanayi Bölgesi bünyesindeki arıtma tesisinde arıtılmaktadır. Yağmur suları ve endüstriyel su atıkları da ayrı bir şekilde sistemde toplanarak atık su tesisinde Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğe uygun bir şekilde Pelitözü'ne deşarj edilmesiyle işlem sonlanmaktadır (ÇED, 2016).

Şehrin sektörel anlamda yaptığı su kullanımlarına bakıldığında ise içme suyunun tamamı Karasu Deresinde sağlanmaktadır. Bilecik nüfusunun %99'una içme ve kullanma suyu şebekesi hizmeti ulaştırılmaktadır.

Bilecik Belediyesi'nin 2023 performans durum raporuna göre şehirde ayrıca atık su arıtma tesisi ve Tugay Komutanlığı atık su sisteminin bulunduğu yer almaktadır. Ancak şehir içinde bulunan bu arıtma tesisleri faaliyet halinde değildir. Bu tesislerin 2023 yılı içerisinde performans programında aktif hale getirilmek. Ayrıca içme suyu, atık su kayıp kaçak miktarlarının en aza indirilmesi için gerekli proje başvurularının yapılması gerçekleşmesi istenen hedefler arasında yer almaktadır (Bilecik Belediyesi Performans Programı,2023).

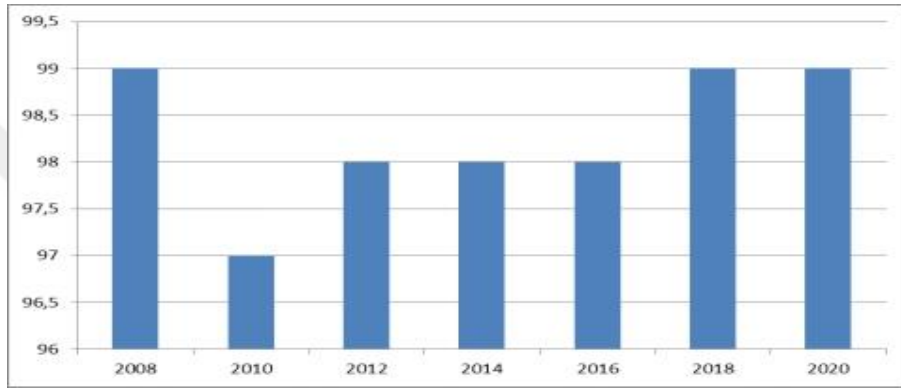
Bilecik Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü Su ve Atık Yönetimi Kapsamında stratejileri şu şekildedir;

- Atık su arıtma tesislerinde ulaştırılan atık suların yönetmelik standartlarında arıtılması ve analiz yapılması,
- Atık su bağlantı izin belgesi düzenlenmesi,
- Şehir şebekesine verilen suların, şehir şebekesinin en uç noktasına kadar belirli periotlarda numuneler alınması,
- Su saha kontrol analiz ekipmanları ile su analizi çalışmalarının yapılması,
- Su depolarının hijyen ve temizlik kontrolünün yapılması,
- Çevresel Kalkınma ve Yönetim Faaliyetleri kapsamında ise; içme suyu, kayıp kaçak miktarının en aza indirilmesi kapsamında gerekli plan ve projelerin yapılması yer almaktadır (Bilecik Belediyesi Stratejik Plan, 2023).

Bilecik Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğü Alt Yapı ve İmalat Çalışmaları kapsamında stratejilerini şu şekilde sıralamaktadır;

- İçme suyu ve kanalizasyon bağlantılarının yapılması,
- Su borularının hatta döşenmesi ve su patlak çalışmalarının yapılması (Bilecik Belediyesi Stratejik Plan, 2023).

2010 yılından itibaren il genelinde çekilen su miktarları incelendiğinde 2010 yılında çekilen suyun %91'i kaynaklardan çekilirken, 2014 yılında bu oran %13'ye düşmüştür. 2016 yılında ise bu oran %66'ya düşmüştür (ÇED,2021).



Şekil 7.2. Bilecik'te Kanalizasyon Şebekesi Tesisi ile Toplam Nüfusa Oranı

Kaynak: (TÜİK, 2022).

Tablo 7.6. Bilecik İlinde Kişi Başına Düşen Su Miktarı

Yıl	Nüfus (Merkez)	Su Miktarı (L/kişi.gün)
2023	84.243	181

Kaynak: (O.K, Kişisel Görüşme, 2023).

Tablo 7.6'da görüldüğü üzere şehirde kanalizasyon şebekesi 2008 yılından itibaren şehrin %90'ına hizmet verilmektedir. Şehrin ortalama olarak %95'den fazlasına kanalizasyon hizmeti verilmektedir.

Kişi başına düşen su miktarı 250 L/Kişi.gün olarak kabul edilmektedir (Varis, 2006). Bu veriye dayanarak 2023 yılında Bilecik'te (Merkez) nüfusa oranla kişi başı su miktarının 181 L/kişi.gün olduğu edilen görüşme sonucunda edinilmiştir. Bilecik'te kişi başı su miktarı

literatürdeki kabulün altında kalmaktadır. Dolayısıyla gelecek yıllarda düzenli olarak nüfus artışının olacağı düşünülürse Bilecik ilinde su krizi yaşanacağını sinyali vermektedir. Suyun kaliteli bir şekilde insanlara ulaşması için yeterli basınç, debi ve kalitede su dağıtımının olması, sürdürülebilir çevre ve ekonominin sağlıklı olması oldukça önemlidir (Resmi Gazete, 2007).

Bilecik ilinde yer altı suyunu sağlayan faktörler alüvyon ve neojen yaşlı formasyonlardır. Şehirde sadece ölçüm yapılan tek kuyu Gölpazarı ilçesinde bulunmaktadır. Şehirde mevsimsel yağışlardan ve su çekimlerine bağlı olarak su çekimlerine bağlı yağışlar bulunmaktadır. Şehirde su yönetiminin sağlanması ve toprak tahlillerinin aşırı kimyasal gübre ve ilaçlı tarım kullanılmadan yapılması için sadece kültürel önlemler içeren ve organik tarım kökenli uygulamalar yapılmaya başlanmıştır (Organik Tarım Nedir?, 2014). Bu uygulamalar toprağın korunması için oldukça önemlidir. Ayrıca şehirde mevcut su kaynaklarının büyük bölümü tarım arazilerinde kullanılmaktadır. Akıllı sulama sistemleri ile su verimli kullanılmakta bitki ve toprakta gelebilecek tahribatın önüne geçilmektedir (Turkishtime, 2023).

2023 yılında AB Entegre Çevre ve Uyum Stratejisi'nin Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü tarafından şehirde uygulanması istenmiştir, Projenin amacı şehirde sosyal, ekonomik ve çevresel anlamda uygulanmasını sağlamaktır.

Planın su sektörü alanındaki temel prensipleri şu şekilde sıralanmaktadır;

1. Yer altı yüzey ve kıyı sularının kirlenmesini önlemek,
2. Su kirliliği hakkında halkı bilinçlendirici sunumları yapmak,
3. Kentsel ve Atık Su Arıtma Yönetmeliğine uygun olarak kanalizasyon ve arıtma tesisleri kurmak,
4. Tarımsal da kullanılan kimyasal ilaçları en az seviyeye indirmek için gerekli çalışmaları yapmak,
5. Sürdürülebilir su kaynak sistemlerini hazırlayıp bir su çerçeve kanununun gerçekleştirmek,
6. İçme suyunun daha fazla kişiye ulaşmasını sağlamak ve içme suyu havza planını hazırlamak,
7. Doğal su kaynaklarının sürdürülebilir olarak kullanımını sağlayarak, jeotermal suların deşarjından kaynaklanan bor kirliliğini engellemek ve sulamadan kaynaklanan drenaj sularının kirliliğini önlemek,

8. Suya karışan tehlikeli maddeleri tespit edip önlemek ve kademeli olarak bu kirliliğini azaltmak (BEBKA,2018).

İl sınırları içerisinde su kirliliğine sebep olan temel faktörlerin atık sular, evsel ve endüstriyel atıklar olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda Bilecik ilinde kentleşmeden kaynaklanan suyun verimli olmasını engelleyen etmenlerin şehirde Evsel Arıtma Tesisinin bulunmaması, bazı organize sanayi bölgelerinde atık su arıtma tesisinin bulunmaması, yanlış tarım yöntemleri sebebiyle toprak ve suda nitratın birikmesi şehirde suyun verimli kullanılması yönünde oluşabilecek olumsuz etkenlerdendir.

7.2.Bilecik İli (Merkez) Sürdürülebilir İklim Kapsamında Su Yönetimi Çözümleri

Sürdürülebilir kent gelişiminin öncelik olarak alındığı günümüzde kentlerin gelişiminde temiz teknoloji, inşaat ve ulaşım sektörlerinde akıllı kent teknolojilerinin test edildiği ve geliştirildiği yaşayan bir laboratuvar olarak ele alındığı görülmektedir (Copenhagen Capacity, 2020c). Çalışmamızın ana hedefi de Bilecik şehir yönetiminin daha temiz ve sağlıklı hale getirerek sürdürülebilir su yönetiminde sağlıklı, temiz ve ekonomik sürdürülebilir çözümler sunmaktır.

Çalışma alanı olarak Türkiye'nin Güney Doğu Marmara Bölgesinde yer alan Bilecik il sınırları seçilmiştir. Bilecik İli'nde tarıma dayalı ekonomik yapının sanayi sektörüne yönelmesinin sonuçları ilin ülke içerisinde sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralamasına da yansımıştır. Yazdığımız tez sonucunda Bilecik'in coğrafi ve iklimsel yapısına uygun olarak kentsel su yönetiminde 7 farklı su yönetim modeli araştırdık.

Bilecik'te geçmişten günümüze birçok taşkın meydana gelmiştir. Bu taşkınların birçoğu il merkezinde meydana gelmektedir. 17.06.2019 tarihinde Bilecik (Merkez) Bahçelievler Mahallesi'nde sel niteliğinde bir yağış meydana gelmiştir. Bu yağış sonucunda mahallede bazı ev ve bahçeler sular altında kalmış trafiğin kilit noktası Kongre Merkezi kavşağında göl niteliğinde bir birikinti meydana gelerek etraftaki dükkan ve evlere maddi zarar gelmiştir. Sel niteliğinde yağışlar her yıl en az bir ya da iki kez düzenli olarak meydana gelmektedir (TRT Haber, 2019). Oluşan sel baskınları için Bilecik Belediyesi Yağmur Suyu Hattı Projesi ile önlemeye çalışmıştır. 2023 yılında belediyenin açıklamasına göre yapılan projeye rağmen hala daha Bahçelievler Mahallesi özelinde su baskınlarının devam ettiği görülmektedir. Bahçelievler Mahallesi'nin imara açılma planında dere yatağı üzerine yapılan binalaşma sonucunda evlerde su baskınlarının hala daha devam ettiği görülmektedir.

Açıklamada oluşan sel baskınlarının temel sebebinin özellikle Bahçelievler Mahallesi'nin dere yatağı bölgesinde yapılaşmış olduğu yönündedir. Suyunu sürekli kaybeden, denizlere teslim eden kentlerle uğraşmak yerine, kentlerin doğal drenaj kapasitesinin artırılması, tatlı su kaynaklarını kaybetmemesi, kentsel su döngüsünü kapatabilmesi, iklim değişikliğiyle gelecek olan susuzluk ve kuraklık problemine adaptasyon için bir çözüm yolu olarak görülmektedir. Suları taşkınlara ve sellere teslim ederek onları dert olarak görmek yerine onları bir kaynak olarak değerlendirmek ortak bir akıl yoludur (YeşilHaber,2024).

Son yıllarda “Sünger şehir” diye bir kavram geliştirildi. Kentlerdeki drenaj sistemlerinin gözenekli alanları ve depolama imkânlarıyla birlikte yağmursularını toplayabilme özelliğini anlatıyor. Bu amaçla kent içine dağıtılmış yağmur suyu toplama hatları, sellerin negatif etkilerini azaltarak, suyu koruyor, karbon emisyonlarını azaldığı görülmektedir (Tunçay,2022). Bu yüzden özellikle 512 m²'lik bu alana Çin'de uygulanmış ve başarılı sonuçlar elde etmiş proje olan sünger kent modelini bizlerde Bilecik (Merkez) Bahçelievler Mahallesinde uygulanması sonucunda başarılı sonuçlar elde edileceğini düşünmekteyiz. Böylece şehirde meydana gelebilecek olan sel ve su baskınlarına bu projenin çözüm olacağını düşünmekteyiz.

2020 yılın da şehirde sel nitelikli yağışların artmasıyla beraber Bahçelievler ve Hürriyet Mahallesinde su baskınları olduğu ve birçok zarara neden olduğu bilinmektedir. Bu konuyla ilgili belediye aynı yıl yağmur suyu hattı iyileştirme çalışmaları yapmıştır. Ve aynı yıl Toplam 2.350 metrelik yağmur suyu hattı replase, yapım ve onarım çalışmasıyla evlerin, dükkânların, parkların, cadde ve sokakların sel baskınlarının azaldığı görülmüştür (Bilecik Belediyesi, 2020). Bizlerde ilin tüm mahallelerinde yağmur suyu hasadı tekniklerinin uygulanması gerektiği düşünülmektedir. Böylece bölgede sel nitelikli yağışların yağmur suyu hasadı tekniğinin uygulanarak en aza ineceği düşünülmektedir.

Ayrıca şehrin ana hat güzergahında geçirimli asfalt işleminin uygulanmasıyla hem yağmurun çok yoğun yağdığı zamanlarda asfalt sürüş güvenliğini desteklemesi adına oldukça önemli olacaktır. Ayrıca suyun zemine doğru yol almasıyla sürüşün daha güvenli olması adına her şehrin güzergahında su çeken asfalt kullanılması önemlidir.

8.SONUÇ

Türkiye'de son 20 yılda su kirliliğini önlemek için birçok plan yapılmıştır. Ancak planlar hala başlangıç aşamasında dır. Türkiye’de yerel diplomasinin en önemli amacı insan hakları ve demokratikleşme konularında insani bir yaşama geçebilmek olmalıdır. İçinde yaşanması insana huzur veren, kişi başına düşen su miktarının fazla olduğu, yine kişi başına düşen yeşil alanların dünyada örnek gösterilen kentlerle yarıştığı, muslukların temiz su akan, modern toplu ulaşım sistemlerine sahip medeni kentler inşa edilebilir.

Yazılan tez çalışmasının Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları doğrultusunda, “Temiz Su ve Sanitasyon” ile “Herkes için Erişilebilir Su ve Atık Su Hizmetlerini ve Sürdürülebilir Su Yönetimini Güvence Altına Almak” olarak belirlenen 6. Hedefe, “Sürdürebilir Şehir ve Topluluklar” Şehirleri ve insan yerleşimlerini kapsayıcı güvenli dayanıklı ve güvenilir kılmak olarak belirlenen 11. Hedefe, “İklim Eylemi” ile iklim değişikliği ve etkileri ile mücadele için acilen eyleme geçmek olarak belirlenen 13. hedefe ulaşmaya yönelik katkı sağlayacaktır. Ayrıca, tez kapsamında Bilecik merkezde yer alan DSİ Bilecik Valiliği ve Bilecik Belediyesi için kaynağın sürdürülebilir yönetim planlamasına temel oluşturacak bilgiler elde edilmiştir. Tez özelinde kapsamlı saha çalışması akademik bir altlık sağlanmasının yanı sıra uluslararası literatür ve uygulamalara dair kaynak oluşturma niteliği taşıyan çalışmamızda yerel diplomasinin genel bir çerçevesi çizilmeye çalışılmıştır. Kentlerin hangi amaçla suyu kullandığı, hangi su yönetim modellerini kentlerine uyguladıkları ele alınan konulardan biri olmuştur. Sürdürebilirliğin saç ayağı kapsamında küresel sorunların çözümüne katkı ile temsil ve marka oluşturma çabalarının önemi vurgulanmıştır. Örnek olarak verilen kentlerin hangi özelliklerinin su yönetimi üzerinde etkili olduğu da analiz edilmiştir. Çalışma aynı zamanda dünyadaki su yönetimi stratejilerinin kentlere nasıl uyarlanabileceğini ele almaktadır. Son olarak küresel sistemde yaşanan değişimin kent diplomasine nasıl yandığı ele alınmaktadır.

Dünyada ve Türkiye'de Devlet Su İşleri, valilikler ve yerel yönetimlerin su verimliliği politikalarına önem vermesi çok önemlidir. Yapılan tez çalışma sonucunda Dünya ve Türkiye’deki su yönetiminde 1960-2013 yılları periyodunda yıllık toplam yağış miktarlarında azalma, yıllık ortalama sıcaklıklarda ise artış çok dikkat çekicidir. Yağış şekli ve yıl içindeki dağılışı değişmektedir. Kuraklık indeks değerleri Meteorolojik Kuraklık derecesinin giderek arttığını göstermektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda su kaynaklarının verimlerinin düşmesi doğal gelişme olacaktır. Buharlaşıma şiddetinin artması, barajlardaki suyun kullanım dışı kayıplarını arttıracaktır. Su kalitesinin kötüleşmesi kullanılabilir nitelikteki su miktarının

azalması anlamına gelecektir. Meteorolojik ve hidrolojik kuraklık doğal sonucu olarak tarımsal kuraklık kaçınılmaz olacağı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Bu çalışma Bilecik ili örneği üzerinden su yönetimi çalışmalarını incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışma da öncelikle su yönetimi alanında yapılan çalışmalar küresel olarak incelenmiştir. Daha sonra Türkiye'de su verimliliği konusu tanıtılmış ve Bilecik ilindeki çalışmalar derinlemesine incelenmiştir. Türkiye'de su kirliliği ile ilgili çalışmalar yatırım, kaliteli personel ve teknik donanım gerektirmektedir. Yerel belediyelerde su kaynaklarının verimli kullanımını arttırmak için stratejik planlar geliştirilmeli ve projeler uygulanmalıdır. Su verimliliği alanında su kayıpları azaltılmalı, su izleme ve altyapı çalışmaları özverili planlanmalıdır. Bunun için yerel belediyeler çevre, sağlık ve ekonomi üzerinde su kirliliğini en aza indirmelidir. Son yüzyılda artan su talebi ve şehirlerin su yönetimindeki önemi göz önüne alındığında, Bilecik ilinde su verimliliği alanında mevcut durumu değerlendirmek amacıyla mevcut su kaynakları, nüfusa göre su üretim ve tüketim oranları incelenmiştir. 2010-2020 yılları arasında mevcut su çekim oranlarının sürekli azaldığı, şehrin su tüketiminin arttığı ve su kaynaklarının yetersiz kalmaya başladığı görülmektedir.

Yapılan araştırmalar sonucunda il sınırları içerisinde su kirliliğinin başlıca nedenleri atık su, evsel ve endüstriyel atıklardır. Ayrıca 2023 yılında şehrin üniversitesinde su tasarrufu kapsamında çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Sıfır Atık Koordinatörlüğü tarafından yapılan çalışmalar ise şunlardır; Üniversite binalarında su tasarruf kartuşu sistemleri kullanılarak %50 daha fazla su tasarrufu sağlanmıştır (Bilecik Şeyh Edebali, Üniversitesi, 2023). Bu bağlamda Bilecik merkezde bulunan tüm idari binalarda su tasarruf kartuşu sisteminin kullanılması önerilmektedir. Ayrıca il yöneticilerinin üniversite ile birlikte şehrin geleceği için mahalli su planı hazırlamaları önerilmektedir. Devlet Su İşleri, valilik ve yerel yönetimlerin gerekli faaliyet ve performans raporları incelendiğinde acil durum planlarının olmadığı görülmektedir.

Yerel yönetimlerin il bazı nda kendi hizmetlerinde suyu verimli kullanarak vatandaşlara örnek olması çok önemlidir. Bu bağlamda su verimliliği konusunda broşürler hazırlanması, gerekli dokümanların hazırlanması, diğer yerel yönetim birimleriyle ortak çalışmalar yapılması, kentte suyun verimli kullanımı konusunda yapılan çalışmalardan diğer paydaşlara örnek olmalıdır. Belediyeler de su kullanımına ilişkin verilerini TÜİK'e sunarak yapılan çalışmaların ölçülmesine katkı da bulunmalıdır. Özellikle son 20 yıldır Bilecik merkezde kayıp-kaçak su bedellerinin sisteme düzenli olarak girilmemiş olması su yönetimi alanında çok önemli bir eksikliktir.

Yapılan bireysel görüşme sonucunda anlık debi oranının kişisel su tüketim oranının altında kaldığı görülmüştür. Bu durumda önümüzdeki yıllarda il sınırları içerisinde su krizi yaş anacağı düşünülmektedir. Bu nedenle su krizinin önüne geçmek için GDSH, valilik ve yerel yönetimlerin acilen B planı yapması öngörülmektedir. Ayrıca belediye bünyesinde Su ve Kanalizasyon Müdürlüğü kurulması ve müdürlük bünyesinde Su Kayıp-Kaçak Birimi açılması gerektiği düşünülmektedir.

8.1.Tartışma

Gelişmekte olan her ilde görüldüğü gibi Bilecik'te de tarımsal arazilerin azalması sürdürülebilirlik bakımından en büyük problemdir. Yapay alanların miktarlarındaki artışa nazaran tarım alanlarında ve orman arazilerinin miktarlarında ciddi azalmalar yıllar bazında gerçekleşmektedir. Planlı kentleşme ve kentsel dönüşüm projelerinin uygulanmasıyla arazi kullanımının daha nitelikli olarak gerçekleşmesi beklenmektedir.

Çalışma kapsamında içme suyu sistemlerindeki su kayıplarının önlenmesi için; coğrafi bilgi sistemi altyapısının oluşturulması, her aşamada ölçüm sistemlerinin kurulması, uzaktan izleme ve kontrol sistemlerinin yaygınlaştırılması, hidrolik modellerin kullanılması, bölgesel ölçüm ve basınç yönetim alanlarının oluşturulması, aktif sızıntı kontrolü ile sistemin düzenli olarak takip edilmesi, minimum gece debisi analizi uygulamalarının yapılması, izinsiz bağlantıların kayıt altına alınması, ihtiyaç duyulan yerlerde altyapı rehabilitasyonlarının sağlanması ve benzeri çalışmaların yerel yönetimler tarafından uygulamaya geçirilmesi önerilmektedir. Bu konuda, yerel yönetimlerin su kayıplarının azaltılmasına yönelik gelecek dönem ihtiyaçları ve planlamaları, Tarım ve Orman İl Müdürlüğü tarafından kayıt altına alınmalıdır. Çalışmada ayrıca su kaynakları üzerindeki iklim değişikliği, artan nüfus ve büyüyen ihtiyaçlar, hızlı sanayileşme ve benzeri baskılar da dikkate alındığında, suyumuzun bir damlasını bile boşa harcama ihtimalimiz olmadığı belirtilmektedir. Bu doğrultuda tüm kurum/kuruluşlarımızca gereken önlemlerin ivedilikle alınması gerekmektedir.

Son olarak, şehirlerde su verimliliği üzerine yapı lan çalışmalar, mühendislik ve ekonomik çözümlerin hakim olduğu teknolojik olarak da uygulanabilir. Bu nedenle, şehrin idari yönetim mekanizmalarının kurumsal bir değişim yapması ve sosyal sermayeye yatırım yapması gerekir. Kısa vadede önerilen öneriler zor görünse de, şehrin yönetiminde söz sahibi olan kurumların su yönetimi alanına yatırım yapması gelecekte çok değerli olacaktır.

8.2.Öneriler

- Bilecik'teki su yönetimiyle ilgili bazı öneriler, sürdürülebilir su kullanımı sağlamak, su kaynaklarını korumak ve suya olan talebi dengelemek amacıyla çeşitli stratejiler içerebilir. Bilecik ilinin su yönetimine dair öneriler şu şekilde sıralanabilir;

- Bilecik'teki su kaynaklarının durumunu düzenli olarak izlemek için yaşam döngüsü analizi kapsamında su yönetim sistemi oluşturulabilir. Burada (sensörler, uydu izleme, veri analiz sistemleri) kullanılabilir. Bu, kaynakların aşırı kullanımını veya kirlenmesini erken tespit etmeye yardımcı olabilir.

- Evlerde ve ticari yapılarda yağmur suyu toplama sistemleri kurulması teşvik edilebilir. Bu sular, sulama, temizlik veya tuvaletlerde kullanılabilir, böylece içme suyu tasarrufu sağlanabilir.

- Yağmur sularını depolamak için yerel yönetimlerin, tarım alanları ve açık alanlarda su depolama havuzları kurması faydalı olabilir.

- Halkın su tasarrufu konusunda bilinçlendirilmesi amacıyla yerel okullarda, belediye binalarında ve sosyal medyada eğitim programları düzenlenebilir.

- Su dağıtım ağlarında sızıntıların tespit edilmesi ve su kayıplarının en aza indirilmesi için akıllı sayaçlar ve sensörler kullanılabilir. Bu sistemler, suyun gerçek zamanlı takibini mümkün kılarak, su kaybının önüne geçilmesine yardımcı olabilir.

- Bilecik için özel su eylem planı oluşturulmalı ve planda suyun korunması ve yönetimi konusunda olmalıdır.

- Su havzaları korunmalı, orman alanları ve doğal ekosistemler üzerinde insan faaliyetlerinin olumsuz etkileri azaltılmalıdır. Su kaynaklarının çevresindeki ekosistemlerin sağlıklı olması, su kalitesinin korunmasına yardımcı olur.

- Kuraklık küresel olup, Bilecik'in su sıkıntısı çözümünün taşıma suya dayandırılması tartışmalıdır. Bu kapsamda temiz su ve atık su altyapı sistemlerinden kaynaklanan su kayıpları önlenmelidir.

- Topluma Tasarruflu su kullanımı eğitimi önemsenmelidir.

- Yerel yönetimler ve üniversite işbirliğinde kentte iklim değişikliği ve su yönetimine dair acil su eylem planları oluşturulup ulusal düzeyde halkı bilinçlendirmek adına su yönetimi ve iklim değişikliği alanında seminer ve paneller düzenlenmelidir.

- İl belediyesinde aktif bir İklim Değişikliği ve Sıfır Atık Müdürlüğü aktifleştirilerek sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda su yönetimi başta olmak üzere her alana yönelik çalışmalarını aktifleştirmelidir. Bu bağlamda her kamu kurumunda sürdürülebilirlik uzmanı bulundurulması gerekli olacaktır.

- Dezavantajlarına rağmen, deniz suyundan faydalanma alternatifi düşünülmeli, araştırılmalıdır.



KAYNAKÇA

- Anyanwu, E. C., & Kanu, I.** (2006). The Role Of Urban Forest İn The Protection Of Human Environmental Health İn Geographically-Prone Unpredictable Hostile Weather Conditions.
- Aksungur, N., & Firidin, Ş.** (2008). Su Kaynaklarının Kullanımı ve Sürdürülebilirlik. *Aquaculture Studies*, 2008(2).
- Arya, P., Srivastava, M. K., & Jaiswal, M. P.** (2020). Modelling Environmental And Economic Sustainability Of Logistics. *Asia-Pacific Journal Of Business Administration*, 12(1), 73-94.
- Antonio, M.** (2010). Urban Water Conflicts And Sustainability: An Ecological-Economic Approach. FORUM.
- Al-Batsh, N., Al-Khatib, I. A., Ghannam, S., Anayah, F., Jodeh, S., Hanbali, G., ... & Van Der Valk, M.** (2019). Assessment Of Rainwater Harvesting Systems İn Poor Rural Communities: A Case Study From Yatta Area, Palestine. *Water*, 11(3), 585.
- Aall, C.** (2012). The Early Experiences Of Local Climate Change Adaptation İn Norwegian Compared With That Of Local Environmental Policy, Local Agenda 21 And Local Climate Change Mitigation. *Local Environment*, 17(6-7), 579-595.
- Ankara Üniversitesi** (2014). *Organik Tarım Nedir?*, [Erişim Tarihi:21.09.2023. [Http://Cv.Ankara.Edu.Tr/DuzeNleme/Kişisel/Dosyalar/29122014111713.Pdf](http://Cv.Ankara.Edu.Tr/DuzeNleme/Kişisel/Dosyalar/29122014111713.Pdf)].
- Albiac, J., Uche, J., Valero, A., Serra, L., Meyer, A., & Tapia, J.** (2003). *The Economic Unsustainability Of The Spanish National Hydrological Plan. International Journal Of Water Resources Development*, 19(3), 437-458.
- Anadolu Ajansı** (2023). *İspanya’da Kuraklık ve Su Krizi* [Erişim Tarihi: 04.11.2023 <https://www.aa.com.tr/tr/dunya/İspanyada-Kuraklik-Ve-Su-Krizi-Ciftciler-İle-Hukumeti-Karsi-Karsiya-Getirdi/2785199>].
- Aküzüm, T., Çakmak, B., & Gökalp, Z.** (2010). Türkiye’de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (1), 67-74.
- Abdullah, F. A., & Al-Shareef, A. W.** (2009). *Roof Rainwater Harvesting Systems For Household Watersupply İn Jordan. Desalination*, 243(1-3), 195–207.

Albert, S., Bronen, R., Tooler, N., Leon, J., Yee, D., Ash, J., ... & Grinham, A. (2018). Heading for the hills: climate-driven community relocations in the Solomon Islands and Alaska provide insight for a 1.5 C future. *Regional environmental change*, 18, 2261-2272.

Akten, S., & Gül, A. (2024). Kentlerin İklim Değişikliğine Uyum Sağlanmasında Yerel Yönetimlerin Rolü: The Role Of Local Governments in Adapting Cities To Climate Change. *Journal Of Protected Areas Research*, 3(1), 84-92.

Akkoy, S., & Avşar, E. (2024). Overview of Sustainable Water Management Policies in Cities in Terms of Preventing Climate Change Impacts: Center/Bilecik-Türkiye Case.

Akkoy, S., Kuzgun, M., Aslan, M., & Avşar, E. (2024). Assessment Of Wind Energy Potential In Cities In The Process Of Combating Climate Change (The Case Of Bitlis, Türkiye). *Assessment*, 9(11), 22-35.

Bakanlığı, T. (2016). *İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi*. [Erişimtarihi:16.10.2024https://Www.Tarimorman.Gov.Tr/SYGM/Belgeler/İklim%20de%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Finin%20su%20kaynaklar%C4%B1na%20etkisi/İklim_Nihai%20Rapor_Yoneticiozeti.Pdf].

Belete, D. A. (2011). Road And Urban Storm Water Drainage Network İntegration İn Addis Ababa: Addis Ketema Sub-City. *Journal Of Engineering And Technology Research*, 3(7), 217-225.

Buurman, J., Mens, M. J., & Dahm, R. J. (2017). Strategies For Urban Drought Risk Management: A Comparison Of 10 Large Cities. *International Journal Of Water Resources Development*, 33(1), 31-50.

Büyükerşen, Y., Belediyesi, E. B., & Efelerli, S. S. (2008). Porsuk Havzası Su Yönetimi ve Eskişehir Örneği. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*, 2, 451-459.

Brikké, F., & Vairavamoorthy, K. (2016). Managing Change To Implements Integrated Urban Water Management In African Cities. *Aquatic Procedia*, 6, 3-14.

Bilecik Valiliği (2023). *Bilecik İli* [Erişim: 20.09.2023 <Http://Www.Bilecik.Gov.Tr/>].

Bilecik Belediyesi Performans Programı (2023). *Bilecik Belediyesi Performans Raporu* [ErişimTarihi:03.10.2023Https://Www.Bilecik.Bel.Tr/Sources/Upload/Performansprogramlar/2023_Performans_Programi.Pdf].

Bilecik Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (2014). *Çevre ve Değerlendirme Etki Raporu*. [Erişim Tarihi: 03.11.2023 https://Webdosya.Csb.Gov.Tr/Db/Ced/Editorodosya/Bilecik_Icdr2014.Pdf].

Bilecik Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (2016). *Çevre ve Değerlendirme Etki Raporu*. [Erişim Tarihi: 02.11. 2023 <https://Bilecik.Csb.Gov.Tr/>].

Bilecik Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (2017) . *Çevre ve Değerlendirme Etki Raporu*. Erişim Tarihi: [04.11.2023 https://Webdosya.Csb.Gov.Tr/Db/Ced/İcerikler/B-Lec-K_-Cdr2017-20180611172347.Pdf].

Bilecik Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (2021). *Çevre ve Değerlendirme Etki Raporu*. [Erişim Tarihi: 03.11.2023. https://Webdosya.Csb.Gov.Tr/Db/Ced/İcerikler/B-Lec-K_-Cdr2021_20230120083114.Pdf].

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi (2023). *Yeşil Kampüs*. [Erişim Tarihi: 03.11.2023. <https://Www.Bilecik.Edu.Tr/>].

Brief, D. P., & Falkenmark, M. (1989). On The Verge Of A New Water Scarcity.

Batty, M., (2008). The Size, Scale, And Shape Of Cities. *Science* 319, 769-771.

Boogaard, F., Brolsma, R., & Rooze, D. (2024). Doorgroeibare Verhardingen in Praktijk.

CMFB (2018). Chongqing'deki Sünger Şehrinin İnşasının İdaresine Yönelik Tedbirler (Deneme); Chongqing Belediye Finans Bürosu: Chongqing, Çin, 2018; S. 4.

Campisano, A., D'amico, G., & Modica, C. (2017). Water Saving And Cost Analysis Of Large-Scale İmplementation Of Domestic Rain Water Harvesting İn Minor Mediterranean Islands. *Water*, 9(12), 916.

Christian Amos, C., Rahman, A., & Mwangi Gathenya, J. (2016). Economic Analysis And Feasibility Of Rainwater Harvesting Systems İn Urban And Peri-Urban Environments: A Review Of The Global Situation With A Special Focus On Australia And Kenya. *Water*, 8(4), 149.

Centre For Research On The Epidemiology Of Disasters (Cred). (2009). “Disaster Category Classification And Peril Terminology For Operational Purposes, Munich Reinsurance Company”, *Working Paper*

Çevre, Şehir ve İklim Dergisi (2024). *Kentlerde Sürdürülebilirlik*. [Erişim Tarihi:04.11.2023.<https://Webdosya.Csb.Gov.Tr/Db/Cis/Csidergisi/Ozelsayi2024/Index.Html#P=242>].

Cupdı (2015). Nanning Şehrinde Sünger Şehrinin Planlanması ve Tasarımına İlişkin Kılavuz; Nanning Belediyesi Halk Hükümeti: Nanning, Çin, 2015; S. 69.

Çobanyılmaz, P., & Yüksel, Ü. D. (2013). Kentlerin İklim Değişikliğinden Zarar Görebilirliğinin Belirlenmesi: Ankara Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(3), 39-50.

Cai, Y., Yue, W., Xu, L., Yang, Z., & Rong, Q. (2016). Sustainable urban water resources management considering life-cycle environmental impacts of water utilization under uncertainty. *Resources, Conservation and Recycling*, 108, 21-40.

Dinç, H. (2019). Arazi Kullanım Kararlarının Dere Sistemleri Üzerinde Fiziki Etkisinin Analizi ve Kentsel Yaşama Yansıması-İstanbul'da Su Baskını, Sel Ve Taşkın Risk Değerlendirmesi. *Journal Of Planning*, 29(2), 147-170.

Denton, F., Wilbanks, T. J., Abeyasinghe, A. C., Burton, I., Gao, Q., Lemos, M. C., ... & Warner, K. (2014). Climate-Resilient Pathways: Adaptation, Mitigation, And Sustainable Development. *Climate Change*, 1101-1131.

Dwyer, Jf, Mcpherson, Eg, Schroeder, Hw, & Rowntree, Ra. (1992). Assessing the Benefits and Costs of the Urban Forest. *Arboriculture and Urban Forestry (Auf)*, 18 (5), 227-234.

Ekobuild (2022) *Sünger Şehir ya da Yağmur Suyu Hasadı Nedir, Nasıl Çalışır?*[ErişimTarihi:1010.2024.<https://Www.Ecobuild.Com.Tr/Post/S%C3%Bcnger%C5%99fehir-Veya-Ya%C4%9fmur-Suyu-Ge%C3%A7irimli-%C5%99fehir-Nedir-VeNas%C4%B1l-%C3%A7al%C4%B1%C5%9f%C4%B1r>].

Eko Yapı (2022). *Mimaride Kentsel Isı Adası Etkisi*[Erişim 26.10.2023 <https://Www.Ekoyapidergisi.Org/>].

Eslamian, S., & Eslamian, F. A. (Eds.). (2021). Handbook Of Water Harvesting And Conservation. *John Wiley & Sons*, Incorporated.

European Commission DG Environment, “Study On Water Efficiency Standards”, Final Report (2009). *Çevre Su Etkisi*. [Erişim Tarihi: 14.09.2023]

[Http://Ec.Europa.Eu/Environment/Water/Quantity/Pdf/Water%20efficiency%20standards_St
udy2009.Pdf](http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/water%20efficiency%20standards_study2009.pdf)].

EPA (2000). Using Water Efficiently: Ideas For Communities. 25.11.2024 Tarihinde [Https://Www.Epa.Gov/Sites/Default/Files/2017-03/Documents/Ws-İdeas-For-Communities.Pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-03/documents/ws-ideas-for-communities.pdf) Adresinden Alındı

ESA-UN (2007). World Population Prospects: The 2007 Revision Population . [Erişim Tarihi: 14.09.2023 [Http://Esa.Un.Org/Unup](http://esa.un.org/unup/)].

Goss, M., Swain, D. L., Abatzoglou, J. T., Sarhadi, A., Kolden, C. A., Williams, A. P., & Diffenbaugh, N. S. (2020). Climate Change Is Increasing The Likelihood Of Extreme Autumn Wildfire Conditions Across California. *Environmental Research Letters*, 15(9), 094016.

Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global Change And The Ecology Of Cities. *Science*, 319(5864), 756-760.

Garmestani, A. S. (2014). Sustainability Science: Accounting For Nonlinear Dynamics İn Policy And Social–Ecological Systems. *Clean Technologies And Environmental Policy*, 16, 731-738.

Girardet, H. (2003). Cities, People Planet. In: Vertovec, S., Posey, D.A. (Eds.), Globalization, Globalism, Environment, And Environmentalism: Consciousness Of Connections. Oxford University Press, New York, Pp. 87e102.

He, C., Liu, Z., Wu, J., Pan, X., Fang, Z., Li, J., & Bryan, B. A. (2021). Future Global Urban Water Scarcity And Potential Solutions. *Nature Communications*, 12(1), 4667.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2009). Water Footprint Manual: State Of The Art 2009. Water Footprint Network, Enschede, *The Netherlands*, 255.

Hoekstra, A. Y., & Wiedmann, T. O. (2014). Humanity's Unsustainable Environmental Footprint. *Science*, 344(6188), 1114-1117.

Han, J., Wang, C., Deng, S., & Lichtfouse, E. (2023). China's sponge cities alleviate urban flooding and water shortage: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(3), 1297-1314.

IPCC (2012a) Summary For Policymakers. In: Managing The Risks Of Extreme Events And Disasters To Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V.R. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, And P.M. Midgley (Eds.)]. *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom And New York, NY, USA, Pp. 3–21.

İller Bankası (2023). *İçme Suyu Tesisleri Etüt, Hazırlanmasına Ait Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname*. [Erişim Tarihi:08.10.2024 <https://www.ilbank.gov.tr/storage/uploads/files/icmesuyu-etut-fizb-tekn-sart.pdf>].

İSKİ (2020). *İstanbul'da Yağmur Suyu Hasadı*. [Erişim Tarihi:08.10.2024 <https://www.iski.istanbul/web/assets/sayfalar/docs/YAGMURSUYUHASADI.PDF?>].

Jørgensen, G., Herslund, L. B., Lund, D. H., Workneh, A., Kombe, W., & Gueye, S. (2014). Climate Change Adaptation in Urban Planning in African Cities.

Karahan, Z., Aykal, F. D., & Özil, M. E. (2024). Yağmur Suyu Hasadının Sürdürülebilir Geri Dönüşüm Bağlamında Değerlendirilmesi.

Kartal, F. (2009). Suyun metalaşması, suya erişim hakkı ve sosyal adalet. *Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü*. Ankara.

Kavurucu, B., Ekmen, E., Yaman, Ö., Yazan, S. Y., Kanmaz, N., & Ünver, Ü. (2022). Türkiye’de Endüstriyel Su Tüketimi ve Arıtımı. *İleri Mühendislik Çalışmaları ve Teknolojileri Dergisi*, 3(1), 19-33.

Kennedy, C., Cuddihy, J., Engel-Yan, J. (2007). The Changing Metabolism Of Cities. *J. Ind. Ecol.* 11, 43-59.

Kelbaugh, D. (2019). The Urban Fix: Resilient Cities in The War Against Climate Change, Heat Islands And Overpopulation. *Routledge*.

KGK (2022). *Uluslararası Standartlarla Uyumlu Haziran 2022 Türkiye Sürdürülebilirlik Raporlama Standartlarının Belirlenmesi Ve Yayımlanması*. [Erişim Tarihi:12.12.2024.[Chromeextension://Kdpelmjpfafjppnhbloffcjeomlnpah/https://www.kgk.gov.tr/Portalv2/uploads/Files/Duyurular/V2/Tm](https://www.kgk.gov.tr/Portalv2/uploads/Files/Duyurular/V2/Tm)].

Kırtorun, E., & Karaer, F. (2018). Su Yönetimi ve Suyun Sürdürülebilirliği. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 1(2), 151-159.

- Kıbaroğlu, A., Sümer, V., Kaplan, Ö., & Sağsen, İ.** (2006). Türkiye'nin Su Kaynakları Politikasına Kapsamlı Bir Bakış: Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve İspanya Örneği. *TMMOB Su Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı*, 1, 184-194.
- Kılınç, E. A., Tanık, A., Hanedar, A., & Gorgun, E.** (2023). Climate Change Adaptation Exertions On The Use Of Alternative Water Resources İn Antalya, Türkiye. *Frontiers İn Environmental Science*, 10, 1080092.
- Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M., Schandl, H., Eisenmenger, N.** (2008). The Global Sociometabolic Transition: Past And Present Metabolic Profiles And Their Future Trajectories. *J. Ind. Ecol.* 12, 637e656.
- Mao, X., Jia, H., & Shaw, L. Y.** (2017). Assessing The Ecological Benefits Of Aggregate LID-Bmps Through Modelling. *Ecological Modelling*, 353, 139-149.
- Management, Routledge** (2008). Taylor & Francis Group, *International Journal Of Water Resources Development*, 22: 2, 377 – 394
- Marmara Belediyeler Birliği** (2024). *Şehir ve Toplum Dergisi 29. Ve 30. Sayı* [Erişim Tarihi:07.04.2025 <https://mbbkulturyayinlari.com/uploads/15-kent-2024.pdf>].
- Marmara Belediyeler Birliği** (2025). *Kent-Çözüm Üreten Kentler*. [Erişim Tarihi: 18.04.2025 <https://www.marmara.gov.tr/>].
- Mays, L., Antoniou, G. P., & Angelakis, A. N.** (2013). History Of Water Cisterns: Legacies And Lessons. *Water*, 5(4), 1916-1940.
- Mcdonald, R. I., Weber, K., Padowski, J., Flörke, M., Schneider, C., Green, P. A., & Montgomery, M.** (2014). Water On An Urban Planet: Urbanization And The Reach Of Urban Water İnfrastructure. *Global Environmental Change*, 27, 96-105.
- Mehran, A., Aghakouchak, A., Nakhjiri, N., Stewardson, M. J., Peel, M. C., Phillips, T. J., & Ravalico, J. K.** (2017). Compounding İmpacts Of Human-İnduced Water Stress And Climate Change On Water Availability. *Scientific Reports*, 7(1), 6282.
- Mengü, G. P., & Akkuzu, E.** (2008). Küresel Su Krizi ve Su Hasadı Teknikleri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2), 75-85.
- Muluk, Ç. B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan, M. A., Balkız, Ö., & Zeydanlı, U.** (2013). Türkiye'de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. *İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği-Doğa Koruma Merkezi*, 8(9).

Nordgren, J., Stults, M., & Meerow, S. (2016). Supporting Local Climate Change Adaptation: Where We Are And Where We Need To Go. *Environmental Science & Policy*, 66, 344-352.

Orhon, D., Sözen, S., Üstün, B., Görgün, E., & Karahan, G. Ö. (2023). Su Yönetimi ve Sürdürülebilir Kalkınma. *Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli*, İstanbul, 40.

Özcan, E., & Özen Turan, S. (2020). Ecological Urban Planning and Design Process with Strategic Planning Approach in Ünye City. In *Urban and Transit Planning: A Culmination of Selected Research Papers from IEREK Conferences on Urban Planning, Architecture and Green Urbanism, Italy and Netherlands (2017)* (pp. 31-44). Springer International Publishing.

Pamukmengü G., Akkuzu E. (2008), “Küresel Su Krizi ve Su Hasadı Teknikleri” *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5, (1).

Pataki, D. E, Carreiro, MM, Cherrier, J., Grulke, NE, Jennings, V., Pincetl, S., & Zipperer, WC. (2011). Kentsel Ortamlarda Biyojeokimyasal Döngülerin Birleştirilmesi: Ekosistem Hizmetleri, Yeşil Çözümler ve Yanlış Anlamalar. *Ekoloji ve Çevre Alanındaki Sınırlar*, 9 (1), 27-36.

Pavolová, H., Bakalár, T., Emhemed, E. M. A., Hajduová, Z., & Pafčo, M. (2019). Model Of Sustainable Regional Development With Implementation Of Brownfield Areas. *Entrepreneurship And Sustainability Issues*, 6(3), 1088.

Perçin, S., & Güneş, D. D. A. M. (2014). Genel Hatları İtibariyle ABD, AB ve Türk Su Hukuku.

Prinz, D. (2001). Water Harvesting For Afforestation İn Dry Areas. In *Proceedings, 10th International Conference On Rainwater Catchment Systems, Mannheim* (Pp. 195-198).

Qian, J., Peng, Y., Luo, C., Wu, C., & Du, Q. (2015). Urban land expansion and sustainable land use policy in Shenzhen: A case study of China’s rapid urbanization. *Sustainability*, 8(1), 16.

Ragab, R., & Prudhomme, C. (2002). Sw—soil and Water: climate change and water resources management in arid and semi-arid regions: prospective and challenges for the 21st century. *Biosystems engineering*, 81(1), 3-34.

Resmi Gazete (2007). *İçme ve Kullanma Suyu Dağıtım ve Değişimi HakkındaYönetmelik*. [ErişimTarihi:05.11.2023.<https://Www.Resmigazete.Gov.Tr/Eskiler/2017/10/20171012-1.Htm>].

Resmi Gazete (2005). *Su Yönetimi*. [Erişim Tarihi: 18.02.2025 [Chrome-Extension://Kdpelmjpfajppnhbloffcjpeomlnpah/Https://Www.Mevzuat.Gov.Tr/Mevzuatmeti.n/1.5.5393.Pdf](https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMeti.n/1.5.5393.pdf)].

Roseen, R. M., Ballester, T. P., Houle, J. J., Briggs, J. F., & Houle, K. M. (2012). Water Quality And Hydrologic Performance Of A Porous Asphalt Pavement As A Storm-Water Treatment Strategy In A Cold Climate. *Journal Of Environmental Engineering*, 138(1), 81-89.

Rosenzweig, B., Montalto, F. A., Orton, P., Kaatz, J., Maher, N., Kleyman, J., ... & Herreros-Cantis, P. (2024). *NPCC4: Climate Change And New York City's Flood Risk* (Vol. 1539, No. 1, Pp. 127-184).

Sevinç, M. Y., & Aktuğ, S. S. (2023). Nüfus Artışının Yol Açtığı Sorunlara Küresel Bakış, *Uluslararası Sosyal Bilimler Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği (USDAD)*.

Scanlon, J., Cassar, A., & Nemes, N. (2004). *Water As A Human Right?* (No. 51). Iucn.

Shuster, W. D., & Garmestani, A. S. (2015). Adaptive Exchange Of Capitals in Urban Water Resources Management: An Approach To Sustainability?. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17, 1393-1400.

Silkin, H. (2014). İklim Değişikliğine Uyum Özelinde Bazı Uygulamaların Türkiye Açısından Değerlendirilmesi. Orman ve Su İşleri Uzmanlık Tezi, TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.

Silva, C. M., Sousa, V., & Carvalho, N. V. (2015). Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences. *Resources, Conservation and Recycling*, 94, 21-34.

Solak, S., Kılıç, M. Y., & Solmaz, S. K. A. (2019). Bursa İlinde Sürdürülebilir Kentsel Su Yönetimi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 24(1), 111-124.

Şahan, B. (2022). Sürdürülebilir Su Yönetimi Kapsamında Yağmur Suyu ve Grı Su Arıtma Esasları ve Maliyet Analizlerinin Araştırılması, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Şahin, N. İ. (2010). Binalarda Su Korunumu (Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü).

Şantiye Dergisi (2023). *Yağmur Suyu Hasadı Yöntemleri*. [Erişim Tarihi: 12.02.2024 <https://www.santiye.com.tr/yagmur-suyu-hasadi-yontemleri-kullanım-alanlari-teknik-ve-i-sletme-esaslari-maliyeti-mevzuati>].

Şen, Z. (2022). İklim değişikliği ve Türkiye. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 1(1), 1-19.

Su Verimliliği Strateji Belgesi (2023). *Su Verimliliği Strateji Belgesi*. [Erişim Tarihi: 01.10.2024 <https://www.suverimliliği.gov.tr/Wp-Content/Uploads/2023/08/SU-VERIMLILIGI-STRATEJI-BELGESI-VE-EYLEM-PLANI-2023-2033.Pdf>].

Su Verimliliği (2024). *Su Döngüsü*. [Erişim Tarihi: 01.10.2024 <https://www.suverimliliği.gov.tr/Su-Dongusu/>].

Su Verimliliği Rehber Dokümanı (2023). *Su Verimliliği Rehberi*. [Erişim Tarihi: 31.10.2024 <https://suverimliliği.gov.tr/Pdf/13/04.Pdf>].

Tanrıseven, H. (2024). Karasu Kars Kaynağı (*Bilecik*) *Hidrojeolojik İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara

Tainter, J. A. (2000). Problem solving: Complexity, history, sustainability. *Population and Environment*, 22(1), 3-41.

Tanik, A., & Hanedar, A. (2024). Alternatif Bir Su Kaynağı Olarak Yağmur Suyu Hasadının Önemi ve Türkiye'deki Potansiyeli. *SOCIAL SCIENCES STUDIES JOURNAL (Sssjournal)*, 10(8), 1324-1335.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2022). *Tarım ve Orman Faaliyet Raporu*. [Erişim Tarihi: 11.12.2024 <https://cdniys.tarimorman.gov.tr/Api/File/Getfile/425/Sayfa/759/1107/Dosyagaleri/Dsi2022faaliyetraporu.Pdf>].

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2023) *Yağmur Suyu Hasadı* [Erişim Tarihi: 08.10.2024 <https://www.suverimliliği.gov.tr/Wp-Content/Uploads/2023/01/YAGMUR-SUYU-HASADI.Pdf>].

Teoman Meriç, B. (2004). Su kaynakları yönetimi ve Türkiye. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 28(1), 27-38.

The CLUVA (2024). Project. Resilience And Sustainability in Relation To Natural Disasters: A Challenge For Future Cities, 25-37.

The Partnership. (2005). *Canadian Municipal Water Conservation Initiatives*. [Erişim Tarihi: 25.11.2024 <https://Waterbucket.Ca/Wuc/2005/12/02/Canadian-Municipal-Water-Conservation-Initiatives/>].

TMMOB (2007). Şehir Plancıları Odası Su Komisyonu, “*Bölge ve Kent Planlama İle Su Tüketim İlişkisi*” [Erişim Tarihi: 25.11.2024 https://www.spo.org.tr/Resimler/Ekler/A2fd310dcaa8781_Ek.Pdf 2007/ 3-4].

TMMOB Su Raporu–Küresel Su Politikaları ve Türkiye (2009) Türk Mühendis Mimar Odaları Birliği Yayını, Ankara

TMMOB (2023). *Su Raporu*. [Erişim Tarihi: 04.02.2025 [Extension://Kdpelmjpfafjppnhbloffcjpeomlnpah/https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/015_6.Pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/015_6.Pdf)].

TMMOB (2023). *Su Yönetimine Genel Bakış*. [Erişim Tarihi: 18.02.2025 [Extension://Kdpelmjpfafjppnhbloffcjpeomlnpah/https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/015_6.Pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/015_6.Pdf)].

Torun, Y. (2010). Metropollerde Su Yönetimi ve İki Metropolde (İstanbul ve Moskova) Su Yönetiminin Değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Tosun, E. K. (2009). “Sürdürülebilirlik Olgusu ve Kentsel Yapıya Etkileri”, *Paradoks, Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi, (E-Dergi)*.

Turan, İ. (2011). The Water Dimension In Turkish Foreign Policy. Kramer, A, Kibaroglu, A. Ve Scheumann, W. (Ed.), *Turkey's Water Policy National Frameworks And International Cooperation* (179-195).

Turkish Time (2023). *Tarıma Yön Veren 10 Yeni Teknoloji*. [Erişim Tarihi: 21.09.2023]. <http://www.turkishtimedergi.com/Tarim/Tarimayon-Veren-10-Yeni-Teknoloji/>.

Tuğaç, Ç. (2018). Türkiye İçin İklim Değişikliğine Dayanıklı Kentsel Planlama Modeli Örneği: Eko-Kompakt Kentler. *Ataturk University Journal Of Economics & Administrative Sciences*, 32(4).

TÜBA (2024). İklim Değişikliği ve Türkiye İklim Ölçüm Ağı. *İklim Değişikliğinin Türkiye’deki Su Kaynaklarına Etkisi ve Uyum*. [Erişim Tarihi: 01.04.2025 [extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/raporlar/TUBA-978-625-8352-56-6_ch07.pdf](https://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/raporlar/TUBA-978-625-8352-56-6_ch07.pdf)].

TÜİK (2021). *Su ve Atık Su İstatistikleri*. [Erişim Tarihi: 05.11.2023] <https://www.tuik.gov.tr/>].

TÜİK (2022). *Su ve Atık Su İstatistikleri*. [Erişim Tarihi: 20.09.2023] <https://www.tuik.gov.tr/>].

TÜİK (2022). *Su ve Atık Su İstatistikleri*. [Erişim Tarihi:11.12.2024] <https://data.tuik.gov.tr/bulten/index?p=su-ve-atiksu-istatistikleri-2022-49607>].

Unal, Y. S., Tan, E., & Menten, S. S. (2013). Summer Heat Waves Over Western Turkey Between 1965 And 2006. *Theoretical And Applied Climatology*, 112, 339-350.

UN Press Release, “International Year Of Freshwater (2003). UN International Year Of Freshwater To Galvanize Action On Critical Water Problems”, <http://www.un.org/events/water/launchrelease>.

United States Geological Survey. *Su Ayak İzi*. [Erişim Tarihi: 14.09.2023] <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/where-earthswater>].

United Nations, “Water Scarcity”, Küresel Su Etkisi. (2023). [Erişim Tarihi: 26.09.2023] <https://www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml>].

Vancouver (2023). *Vancour Şehri*. [Erişim Tarihi: 02.11.2023] <https://vancouver.ca/>

Varis, O., Biswas, A. K., Tortajada, C., & Lundqvist, J. (2013). Megacities And Water Management. In *Water Management In Megacities* (Pp. 191-208). Routledge.

YAYED (2012). *Ulusal ve Yerel Ölçekte Su Politikaları*. [Erişim Tarihi:08.04.2024] <http://www.yayed.org/Id159-Yayed-Gorusu/Su-Politiktir-Kuresel-Su-Politikalarinin-Ulusal-Ve-Yerel-Olcekte%20yansimalari.Php>].

Vickers, A. (2002). “Water Use And Conservation”, Amherst, *MA Waterflow Press*, 5–16.

Vural, E. (2018). Dünya'da Su Yönetimi Özelleştirmeleri ve Türkiye'ye Uygulanabilirliği (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı).

Yannopoulos, S., Giannopoulou, I., & Kaiafa-Saropoulou, M. (2019). Investigation Of The Current Situation And Prospects For The Development Of Rainwater Harvesting As A Tool To Confront Water Scarcity Worldwide. *Water*, 11(10), 2168.

Yeşil Yaşam Sitesi (2023). *Yağmur Sularını Depolanarak Kullanılması*. [Erişim Tarihi: 02.10.2023 [Http://Ciseunluer.Blogspot.Com/2010/02/Yagmur-Sularnn-Depolanarak-Kullanlmas.Html](http://Ciseunluer.Blogspot.Com/2010/02/Yagmur-Sularnn-Depolanarak-Kullanlmas.Html)].

Yu, K. (2015). Key Technologies For Construction Of Water Ecological Infrastructures. *China Water Resources*, 22, 1-4.

Wang, J., Xue, F., Jing, R., Lu, Q., Huang, Y., Sun, X., & Zhu, W. (2021). Regenerating Sponge City To Sponge Watershed Through An Innovative Framework For Urban Water Resilience. *Sustainability*, 13(10), 5358.

Water Foot Print (2012). *Su Ayak İzi*. [Erişim Tarihi:12.12.2024 <https://www.waterfootprint.org/>].

Water, U. N. (2020). Water And Climate Change. The United Nations World Water Development Report.

Whitehead, P. G., Wilby, R. L., Battarbee, R. W., Kernan, M., & Wade, A. J. (2009). A Review Of The Potential Impacts Of Climate Change On Surface Water Quality. *Hydrological Sciences Journal*, 54(1), 101-123.

Williams, P.A. (2011). Turkey's Water Diplomacy: A Theoretical Discussion. Kramer, A, Kibaroglu, A. Ve Scheumann, W. (Ed.), *Turkey's Water Policy National Frameworks And International Cooperation* (197-214). Springer.

WRG 2030 (2021). *Sürdürülebilir Su Yönetimi*. [Erişim Tarihi:20.11.2024 https://2030wrg.org/Wp-Content/Uploads/2021/12/WRG-Annual-Report_2021_RV_Sprds_2_10_22.Pdf].

WWF(2020).*İklimTarım*. [Erişim Tarihi:08.10.2024 [.https://mobileapi.iklimtarim.org/Contentbuilder/Publication/Viewfile/Fb153f8b-7b7e-45ab-94b7-243e3c8c40a4/E322d7c8-E488-4a38-A71d-0892fe3b9d30.Pdf](https://mobileapi.iklimtarim.org/Contentbuilder/Publication/Viewfile/Fb153f8b-7b7e-45ab-94b7-243e3c8c40a4/E322d7c8-E488-4a38-A71d-0892fe3b9d30.Pdf)].

Zhang, S., Zhang, J., Yue, T., & Jing, X. (2019). Impacts Of Climate Change On Urban Rainwater Harvesting Systems. *Science of the Total Environment*, 665, 262-274.