

SU, İKLİM DEĞİŞİMİ VE ORTAK GELECEĞİMİZ



TURKISH WATER INSTITUTE
SUEN
TÜRKİYE SU ENSTİTÜSÜ

SU, İKLİM DEĞİŞİMİ VE ORTAK GELECEĞİMİZ

Su ve İnsanlığın Geleceği

İklim Değişimi ve Su Kaynaklarına Etkisi

Su, Çevre, Gıda ve Enerji İlişkisi

Türkiye’de Su ve Atıksu Yönetimine Genel Bakış

Türkiye Su Enstitüsü (SUEN)

**Su, İklim Değişimi ve Ortak Geleceğimiz
(2. Baskı - Aralık 2020)**

ISBN: 978-605-7599-23-0

Başyazar:
Prof. Dr. İzzet Öztürk

Baskı

Ekaform Matbaa Reklam Ajans Org. San. ve Tic. Ltd. Şti.
Esenkent Mah. Azade Sok. No: 1 Ümraniye / İstanbul
Sertifika No: 41753

Türkiye Su Enstitüsü (SUEN)

Küçükçamlıca Mah. Libadiye Cad.
No: 54 Üsküdar / İstanbul

T: 0(216) 325 4992

F: 0(216) 428 09 92

Web: www.suen.gov.tr

E-posta: info@suen.gov.tr

© 2020, SUEN.

Bu kitabın bütün yayın hakları Türkiye Su Enstitüsü (SUEN)'ne aittir.

TAKDİM

Yaşamın kaynağı olan su, sadece insanlar için değil, ekosistemi oluşturan tüm canlılar için vazgeçilmez ve yeri doldurulamaz bir değerdir. Dünya yüzeyinin dörtte üçü sularla kaplı olmasına rağmen (yaklaşık 1,4 milyar km³), mevcut suyun %1'den daha az bir kısmı ekosistem ve insan kullanımına uygun tatlı su kaynaklarından oluşmaktadır.

Sağlıklı ve yeterli içme suyu temininin yanı sıra su, enerji üretimi, tarımsal ve endüstriyel üretimin artırılması, sanitasyonun sağlanması ve ekosistemin korunması gibi pek çok alanda hayati ve iyi yönetilmesi gereken bir kaynaktır. Ancak küreselleşme, hızlı nüfus artışı (son yüzyılda dünya nüfusu 3 kat artmıştır) ve kentleşme ile birlikte artan talep ve insan faaliyetleri sonucu meydana gelen kirlilik sebebiyle su kaynakları üzerindeki baskı giderek artmakta, iklim değişikliğinin de etkisiyle suyun sürdürülebilir yönetimi tüm dünya için gittikçe artan bir önem kazanmaktadır.

Günümüzde yaşanan ve gelecekte yaşanabilecek su problemlerine karşı hazırlıklı olmamız gerektiği gerçeği su ile ilgili konularda işbirliğini her zamankinden daha da önemli hale getirmektedir. Su kaynakları ülke sınırlarını aştığından, ülke içinde olduğu kadar küresel anlamda da başarı hikayelerine her geçen gün daha fazla ihtiyacımız vardır. Bu bakımdan, ulusal su politikalarımızı şekillendirirken uluslararası düzeydeki gelişmeleri takip etmek elzem hale gelmiştir.

4 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinin Türkiye Su Enstitüsü (SUEN)'nün görevlerini düzenleyen 470. maddesinin (b) ve (ç) bentleri uyarınca *“su ile ilgili ulusal ve uluslararası kuruluşların çalışma, bilgi üretimi ve istatistik faaliyetleri ile diğer dış gelişmeleri takip etmek”* ve *“sürdürülebilir su politikalarının geliştirilmesi ve küresel su meselelerinin çözülmesi yönünde stratejiler üretilmesi için gerekli imkân ve araçların geliştirilmesine katkı sağlamak”* SUEN'in görevleri arasında yer almaktadır.

Bu itibarla, su ile ilgili uluslararası düzeydeki kavramlar ve gelişmeler ile ülkemizdeki yansımalarını sunmak üzere hazırlanan bu kitabın faydalı olmasını temenni eder, kitabın hazırlanmasında başta Prof. Dr. İzzet Öztürk olmak üzere emeği geçen tüm uzmanlara teşekkürlerimi sunarım.

Prof. Dr. Ahmet Mete Saatçı
Türkiye Su Enstitüsü (SUEN) Başkanı

ÖNSÖZ

İklim değişiminin su kaynakları ile tarım sanayi ve hizmet sektörüne etkileri bu yüzyılda en çok tartışılan konulardan biridir. Su, İklim Değişimi ve Ortak Geleceğimiz başlıklı bu kitap, üniversitelerimizin Çevre, İnşaat ve Meteoroloji Mühendisliği Bölümü öğrencileri ile kamu ve özel sektörde çalışan meslektaşlarımız için İklim Değişimi-Su Kaynakları etkileşimine ışık tutan, yardımcı bir kaynak eser olması gayesi ile kaleme alınmıştır. Toplam 9 bölümden oluşan bu eserde, konu ile ilgili çok sayıda kitap, teknik rapor, proje ve bilimsel makale incelenerek, uygulamalara yön gösterecek bilimsel ve teknik hususlar verilmiştir. Kitapta, su ve çevre mühendisliği alanında çalışan teknik uzmanların ihtiyaç duyduğu, Türkiye'ye özgü yerel/bölgesel ve uluslararası verilere de geniş ölçüde yer verilmiştir.

Kitapta özellikle Braga vd. (2014), Brown ve Ward (2013), Olsson (2012), Lazarova vd. (2012), Bilen (2009) ve OECD Türkiye Çevresel Performans İncelemeleri Raporu (2019)'ndan geniş ölçüde istifade edilmiştir. Bu yüzden ilgili kitapların yazarları ve yayınevlerine şükranlarımı sunarım. Kitaptaki bazı hususların daha kapsamlı olarak incelenmesi için öncelikle bu kaynaklara başvurulması gerekecektir. Bütün çabamıza rağmen yine de bulunması kaçınılmaz olan yazım/dizgi hataları dolayısıyla anlayışınızı rica ederim.

Kitabın derlenmesi ve belirli bölümlerdeki katkıları dolayısıyla Doç. Dr. Hale Özgün, Y.Müh. Aslı Özabalı Sabuncugil, Çev. Müh. Büşra Çiçekalan, Çev. Müh. Elif Zeynep Deneri, Dr. Gökhan Cüceloğlu ve SUEN Koordinatörü Mustafa Salih Sarıkaya'ya, kitabın son okuması için SUEN Uzmanı Ayşe Aydın ile kıymetli hocam Prof. Dr. Hasan Zuhuri Sarıkaya'ya teşekkür ederim. Kitapta kullanılan pek çok veride emeği olan yüksek lisans öğrencilerim ile diğer meslektaşlarıma, ayrıca kitabın yazım sürecindeki büyük sabır ve anlayışları dolayısıyla aileme en kalbi sevgilerimi sunarım. Onların destekleri olmaksızın bu eserin tamamlanması mümkün olamazdı.

Kitabın üniversite dışında basımına izin veren İTÜ Rektörü Prof. Dr. Mehmet Karaca ve İnşaat Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Ünal Aldemir'e teşekkür ederim.

Bu eserin basımını sağlayan Türkiye Su Enstitüsü (SUEN) Başkanı Sayın Prof. Dr. Ahmet Mete Saatçı'ya, Çevre Mühendisliği eğitim ve uygulamalarına katkıları dolayısıyla şükranlarımı sunarım.

Prof. Dr. İzzet Öztürk
Sarıyer, 2019

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	II
1 SU VE İNSANLIĞIN GELECEĞİ	1
1.1 Suyun Dünyadaki Dağılımı.....	1
1.2 Küresel Su Tüketiminin Nüfus, Gelir Düzeyi ve Sektörlerle İlişkisi	2
1.3 Nüfus Artışı Dinamiği	4
1.4 Küresel Ekonomik Durum	6
1.5 Küresel Su Talebi Tahmini.....	7
1.6 Su Stresi ve Kıtlığı	10
1.7 Türkiye’de Su Kullanımı	11
1.8 Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ve Su	13
1.9 Türkiye’nin SKA-6 2030 Hedefleri.....	18
2 SU TALEBİNİ KONTROL EDEN ETKENLER VE SONUÇLARI	22
2.1 Geleceğe Bakış	22
2.2 Kalkınma, Çevre ve Su	22
2.3 Su Krizine Doğru	24
2.4 Su Kullanımının Kontrolü ve Sürdürülebilir Refah	27
2.5 Gelecekteki Önemli Su Meseleleri	27
2.6 Küresel Ölçekte Su Yönetimi.....	28
3 İKLİM DEĞİŞİMİ VE SU KAYNAKLARINA ETKİLERİ	34
3.1 İklim Bilimi Esasları	34
3.1.1 İklim Değişimi Değerlendirme Süreci.....	34
3.1.2 Tarihsel Verilerin Derlenmesi ve Analizi	35
3.1.3 Senaryoların Geliştirilmesi	35
3.1.4 Modelleme	36
3.2 İklim Değişimi ve Su Yönetimi.....	38
3.2.1 Rezervuar (Baraj Haznesi) Yönetimi.....	38
3.2.2 İklim Risk ve Fırsatlarının Yönetimi ile İlgili Diğer Yöntemler	41
3.3 İklim Değişiminin Su Kaynaklarına Etkileri.....	43
3.3.1 Dünyanın Enerji Dengesi ve Suyun Hidrolojik Döngüsü.....	43
3.3.2 Sıcaklık ve Yağışta Gözlenen Değişimler	44
3.3.3 Su Potansiyelinin Değişimi.....	44
3.3.4 Hidrolojik Ekstremler	45
3.3.5 Su Durumundaki Muhtemel Değişimler.....	45
3.3.6 İklim Değişiminin Su Talebine Etkileri.....	47
3.4 İklim Değişimi Dolayısıyla Deniz Seviyesi Yükselmesi	48
3.4.1 Geçmişteki Deniz Seviyesi Değişimleri	48
3.4.2 Deniz Seviyesi Değişimi.....	48
3.4.3 Küresel Ortalama Deniz Seviyesi Yükselme Projeksiyonları	49
3.4.4 Bölgesel Deniz Seviyesi Değişimi Projeksiyonları	49
4 SAĞLIKLI BİR ÇEVRE VE SU	53
4.1 Ekosistemler, Çevre ve İnsan	53
4.1.1 Doğal Su Kaynaklarının Kullanımı ile ilgili Kısıtlamalar	53
4.1.2 Ekosistem Hizmetleri ve Kıtık	55
4.1.3 Çevresel Akış	56
4.2 Çevreye İnsan Etkisi	56
4.2.1 Tarım.....	56
4.2.2 Kentleşme ve Sanayileşme	57

4.2.3	Çoraklaşma ve Çölleşme	58
4.2.4	Kıyı Bölgeleri	58
4.3	Su Yönetimindeki Yaklaşım Değişimleri	60
4.3.1	Bütünleşik Su Kaynakları Yönetimi Yaklaşımı ile Ekosistem Yönetimi..	60
4.3.2	Kazan-Kazan Yaklaşımı	61
4.3.3	Tasarlanmış (Yapay) Ekosistemler.....	62
4.4	Su ile Ekosistem Değerleme ve Tahsisi.....	66
4.4.1	Yeşil Ekonomi	67
4.4.2	Takas Sistemi.....	67
5	SU VE GIDA İLİŞKİSİ.....	69
5.1	Gıda Güvenliği Sorununun Tarihsel Gelişimi	69
5.2	Yeni Gıda Denklemi	72
5.3	Toprağa Açlık Suyu Susuzluk	73
5.4	Tarım Yüzyılı.....	75
5.5	İklim Değişimi Etkileri.....	78
5.6	Su Ayak İzi ve Sanal Su	80
5.7	Gıda Üretiminin Sürdürülebilirliği	81
6	SU VE ENERJİ ETKİLEŞİMİ.....	82
6.1	Enerji İletimi ve Dönüşümü Faaliyetlerinin Su Ayak İzi	82
6.1.1	Küresel Enerji Görünümü.....	82
6.1.2	Birincil Enerji Kaynakları Üretim Faaliyetleri Su İhtiyacı.....	84
6.1.3	Elektrik Enerjisi Üretimi Su İhtiyacı	84
6.1.4	Hidroelektrik Enerji Üretimi Su Ayak İzi	86
6.2	Su ve Atıksu Arıtma Faaliyetlerinin Enerji/Karbon Ayak İzleri	87
6.2.1	Su Tesislerinin Enerji İhtiyacı	87
6.2.2	Atıksu Tesislerinin Enerji İhtiyacı.....	89
6.2.3	Atıksu Toplama ve Arıtma Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları	94
6.2.4	Enerji Tasarrufu	94
7	TÜKETİCİ DAVRANIŞLARI YÖNETİMİ	96
7.1	Evsel Su Kullanımı	96
7.2	Ev (Bina) İçi Su Kullanımı	97
8	SINIR AŞAN SULAR.....	101
8.1	Sınıraşan Su Kavramı.....	101
8.2	Su ve Enerji İle İlgili Rekabet ve Sorunlar	102
8.3	Türkiye'nin Sınıraşan Suları.....	104
8.4	Uluslararası Hukuki Çerçeve.....	106
8.4.1	Sınıraşan Su Anlaşmalarının Analizi.....	108
8.4.2	Fırat Dicle Suları ile İlgili Protokol ve Taahhütler	111
9	TÜRKİYE'DE SU VE ATIKSU YÖNETİMİNE GENEL BAKIŞ.....	114
9.1	Türkiye'nin Su Potansiyeli Projeksiyonu.....	114
9.1.1	Türkiye'nin Su Potansiyeli	114
9.1.2	İklim Değişiminin Türkiye Su Kaynaklarına Etkisi	116
9.2	Suyla Üretilen Sektörel Katma Değerler	137
9.2.1	Suyun Sektörel Tahsisinde Gözetilecek Hususlar	138
9.2.2	Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı	140
9.3	Türkiye'de Su, Atıksu ve Yağmursuyu Yönetimi	141
9.3.1	Su Kaynakları Yönetimi	141
9.3.2	Havzalarda Su Kalitesi Durumu	147
9.4	Yönetişim Çerçevesi	154
9.4.1	Kurumsal (İdari) Düzenlemeler.....	154

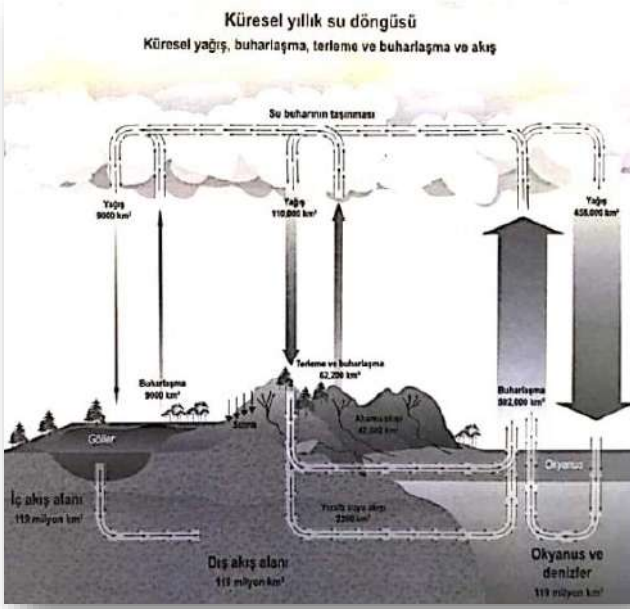
9.4.2	Ulusal / Yerel Düzeyde Kurumlar Arası Eşgüdüm ve Yaşanan Sorunlar	155
9.4.3	Düzenleyici Çerçeve	159
9.5	Politikalar ve Araçlar	160
9.5.1	Kilit Stratejiler ve Politika Hedefleri	160
9.5.2	Ekonomik Araçlar ve Teşvikler	161
9.5.3	Bilgi Temelli Araçlar	162
9.5.4	Su Hizmeti Veren Kamu Kurumlarının Performansı	163
9.6	Yatırım ve Finansman	163
9.6.1	Yatırım İhtiyaçları	163
9.6.2	Finansman Stratejisi ve Kapasitesi	165
9.6.3	Finansman İhtiyaçlarını Karşılama Seçenekleri	167
KAYNAKLAR		171
DİZİN		178

KISALTMALAR

AAT	: Atıksu Arıtma Tesisi
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AR-GE	: Araştırma ve Geliştirme
BM	: Birleşmiş Milletler
CAD	: Kanada Doları
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DSİ	: Devlet Su İşleri
EN	: Eşdeğer Nüfus
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
GAP	: Güneydoğu Anadolu Projesi
GCM	: Küresel İklim Modelleri (General Circulation Models)
GSYİH	: Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (Gross Domestic Product-GDP)
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
IWMI	: Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü
İSKİ	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
KM	: Katı Madde
L	: Litre
MDG	: BM Binyıl Kalkınma Hedefleri (Millenium Development Goals)
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
N	: Nüfus
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
OSİB	: Orman ve Su İşleri Bakanlığı (mülga)
RCP	: Temsili Konsantrasyon Yolu
SKA	: BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri
SKKY	: Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği
SUEN	: Türkiye Su Enstitüsü
SUKİ	: Su ve Kanalizasyon İdaresi
SYGM	: Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
T.C.	: Türkiye Cumhuriyeti
TL	: Türk Lirası
TOB	: Tarım ve Orman Bakanlığı
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UÇES	: AB Çevre Entegre Uyum Stratejisi
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UN WWAP	: Birleşmiş Milletler Dünya Su Değerlendirme Programı
UNESCO IHP	: Birleşmiş Milletler Hükümetlerarası Hidroloji Programı
US EPA	: ABD Çevre Koruma Ajansı
USD (\$)	: Amerikan Doları
WB	: Dünya Bankası (World Bank)
WCED	: Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu
WEC	: Dünya Enerji Konseyi
WHO	: Dünya Sağlık Teşkilatı

1 SU VE İNSANLIĞIN GELECEĞİ

Yeryüzündeki yaşamın ana unsuru olan su; katı, sıvı ya da gaz şeklinde bulunabilecek çok gerekli ve değerli bir doğal nimettir. Su, yaşamın, geçim kaynaklarının ve refahın bir kaynağı; okyanus, atmosfer ve toprak arasında sürekli akan ve sonu olan bir değerdir. Artan taleple birlikte su gittikçe daha zor bulunur bir hale geldiğinden, su güvenliğini sağlamak için su kaynaklarını geliştirmek ve yönetmek; büyüme, sürdürülebilir kalkınma ve yoksullukla mücadelenin de merkezinde yer almaktadır. Bu, sadece gelişmekte olan ülkeler için değil aynı zamanda gelişmiş ülkeler için de geçerlidir.

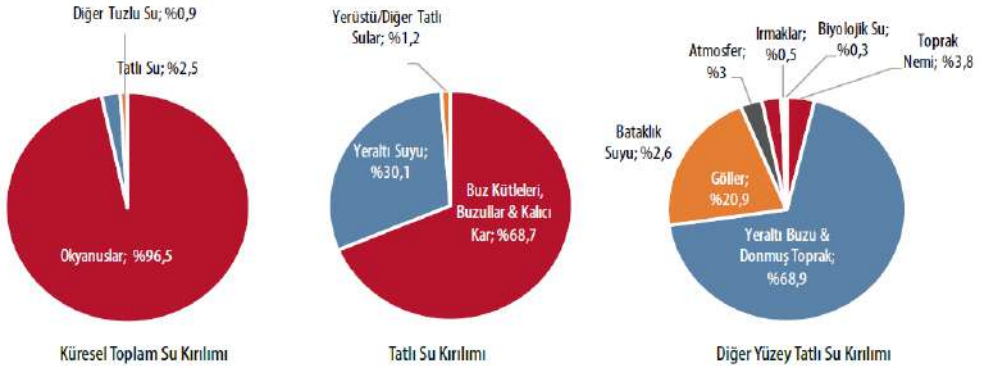


Şekil 1-1. Yıllık Küresel Su Döngüsü (Gautier, 2014)

1.1 Suyun Dünyadaki Dağılımı

Yeryüzündeki tatlı su; buzullar, göller, akarsular ve akiferlerdeki yer altı suyundan oluşmaktadır. İzometrik (hidrolojik çevrim) su döngüsü (Şekil 1-1) suyun yüzeyden nasıl buharlaştığını, atmosfere nasıl yükseldiğini, nasıl soğuduğunu, bulutları oluşturmak için nasıl yoğunlaştığını ve yağışlarla dünyaya döndüğünü açıklamaktadır.

Su; karada, genellikle topraktan, bitkilerden (terleme yoluyla) ve göller ile akarsulardan buharlaşır. Aslında, atmosfere giren suyun yaklaşık %15'i, dünyanın kara yüzeylerinin ve bitkilerin terleme yoluyla buharlaşmasından oluşmaktadır. Buharlaşma, dünyanın yüzeyini ve aşağı atmosferi serinletmeye, aynı zamanda bulutların oluşması için atmosfere su sağlamaya yardımcı olmaktadır. Yeryüzünde bir yılda oluşan yağış, o yıl içinde buharlaşarak havaya geri dönen su miktarına eşittir. Yıllık ortalama suyun (~100 cm'lik yıllık yağış) ~1/3'ü akarsularla denizlere iletilir (Bayazit, 2001).



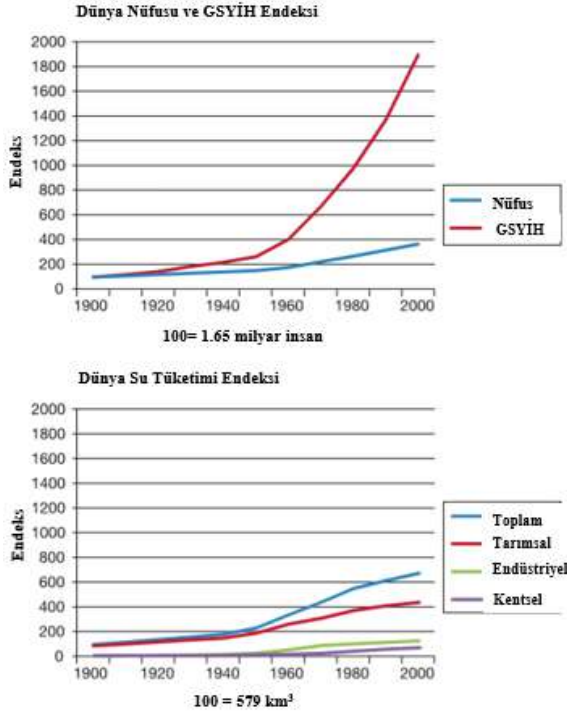
Şekil 1-2. Yeryüzündeki Su Kaynakları (Hakyemez, 2019)

Şekil 1-2 'de gösterildiği üzere:

- Tatlı suyun hemen hemen tümü buzullarda veya toprakta kalmaktadır,
- Tatlı suyun sadece %1,2'si yeryüzünde bulunmaktadır ve
- İnsanların ihtiyacı olan suyun temin edildiği göller ve akarsulardaki su miktarı, yeryüzündeki tatlı suyun sadece %21'den biraz fazlasını oluşturmaktadır.

1.2 Küresel Su Tüketiminin Nüfus, Gelir Düzeyi ve Sektörlerle İlişkisi

Küresel ölçekte su çekim tahminleri mükemmel olmasa da, son asırda akarsu, göl ve yeraltı su kütlelerinden çekilen (alınan) su miktarı ~8 kat artmıştır (Shiklomow, 2003). Aynı dönemdeki nüfus artışı da ~4 kattır. Gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) cinsinden mal ve hizmetlerdeki artış ise 1900 yılına göre ~1,9 kat olmuştur (Şekil 1-3). Geçtiğimiz yüzyılda küresel ekonomideki yıllık büyüme de ortalama %3 olarak gerçekleşmiş olup yıllık nüfus artış hızının üzerindedir (IMF, 2000). Yirminci yüzyıldaki toplam mal ve hizmet üretimi, 1900 öncesi dönemlerdeki üretimi aşmıştır (IMF, 2000). Küresel ekonomi, 2008-2009 döneminde, 1800 yılına göre 68 kat daha büyük bir değere ulaşmış olup 2100 yılı için beklenen GSYİH'nin 1950'lere göre ~80 kat daha büyük olacağı öngörülmektedir (Jackson, 2011).

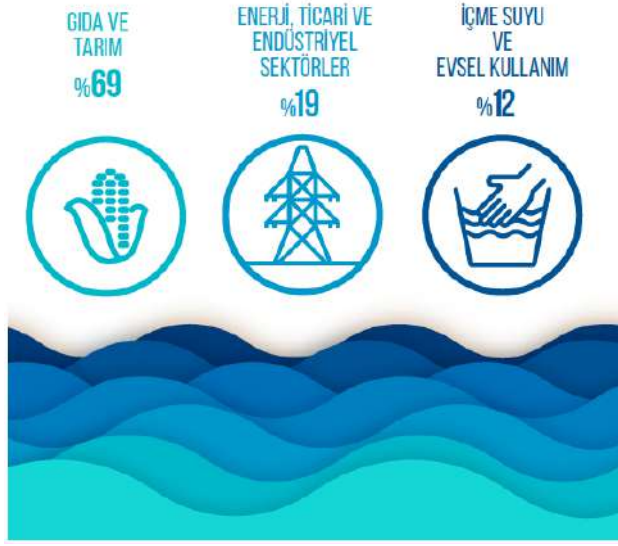


Şekil 1-3. Dünya Nüfus Artışı, GSYİH ve Sektörel Su Kullanımları Endeksi (Braga vd., 2014)

Şekil 1-3'te; GSYİH, Nüfus ve Su çekimleri artışlarındaki kırılma noktasının 1950 yılında gerçekleştiği görülmektedir. Ekonomik büyüme hızı değerini korumakla birlikte, su çekim hızlarında 20. yüzyıl sonuna doğru göreceli bir azalma olduğu gözlenmektedir. Dünyanın bazı bölgelerinde su çekimleri belli bir dengeye ulaşmış ve örneğin ABD'de 1980'lerden itibaren azalma trendine geçilmiştir (Gleick vd., 2003).

Baraj ve gölet gibi yeni su biriktirme yapısı sayıları 1970'li yıllarda zirveye ulaşmıştır. Daha sonraki yıllarda yeni depolama tesisi sayısında gözlenen azalma, su talebinin azalmasından ziyade yeraltı suyu bağımlılığın artışı ile ilgilidir. Günümüzde sulama için yeraltı suyu kullanımı (650 km³/yıl), toplam sulama suyu çekiminin ~ %20'si civarındadır. Yoğun yeraltı suyu kullanımının %70'ten fazlası beş ülkede (Hindistan, ABD, Çin, Pakistan ve İran) gerçekleşmektedir.

Su, genellikle tarımda (sulama), enerji sektöründe, sanayi tarafından ve hanehalkı kullanımı ile tüketilmektedir. Küresel olarak su kaynaklarının yaklaşık %69'u tarımsal amaçlarla kullanılmaktadır. Bu miktarı %19 ile sanayi sektörü (enerji ticari ve endüstriyel sektörler) ve %12 ile hanehalkı kullanımı izlemektedir (Şekil 1-5).



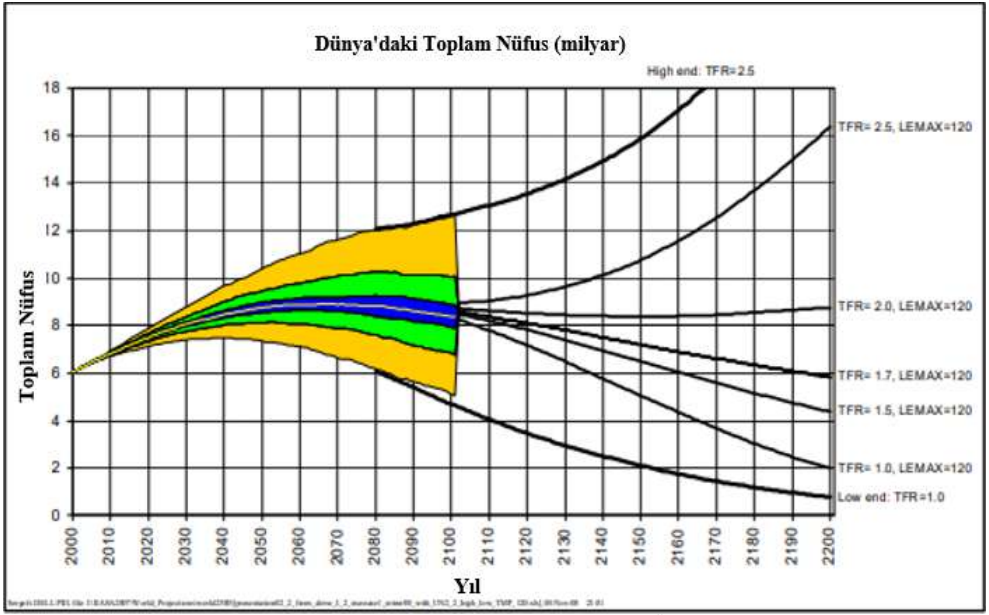
Şekil 1-4. Sektör Bazında Küresel Su Tüketimi (Hakyemez, 2019)

Birleşmiş Milletler (BM)'e göre, küresel su tüketimi son 100 yılda yaklaşık 8 kat artmıştır (Wada vd., 2016). Su tüketiminin nüfus artışının yanı sıra ekonomik gelişmeler, değişen tüketici yapısı ve bazı diğer faktörlere bağlı olarak artmaya devam etmesi beklenmektedir.

1.3 Nüfus Artışı Dinamiği

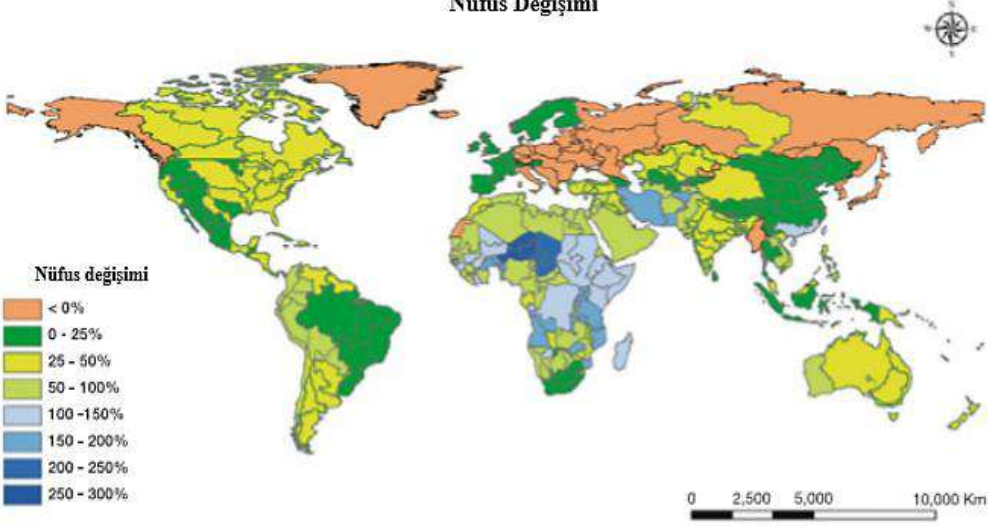
Nüfus büyüklüğü ve nüfusun mekânsal dağılımı doğal olarak su talebi ve kullanımını etkiler. Geleceğe dönük nüfus tahminleri çok değerli bilgiler içerir. BM Nüfus Birimi, önümüzdeki birkaç on yıllık dönemdeki (2050 yılına kadar) dünya nüfusu hakkında 3 farklı senaryo için tahminler yayınlamıştır: ~8 milyar (düşük hızlı artış), 9,2 milyar (orta hızlı artış) ve 10,5 milyar (yüksek hızlı artış). Nüfus tahminleri esas itibarıyla uzun dönem doğurganlık seviyeleri ile ölüm oranlarından etkilenir. Şekil 1-6'ten görüldüğü üzere, doğurganlık oranındaki sınırlı bir değişim bile uzun dönemli nüfus değerleri üzerinde büyük etkiye yol açabilmektedir. Dünya nüfusu 2011 sonbaharında 7 milyar sınırını aşarak sadece on yıllık sürede 0,8-0,9 milyar kişilik artış göstermiştir. Mevcut nüfus artışı dinamiği ve çoğu ülkedeki yüksek doğurganlık oranı dikkate alındığında, Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar ~2 milyarlık artış göstermesi beklenmektedir. Bu yüzyılın sonunda ise Dünya nüfusunun, gelecekteki doğurganlık oranına bağlı olarak, 10-12 milyara ulaşabileceği öngörülmektedir. Dünya nüfusunun neredeyse yarısını barındıran Çin, Hindistan ve Pakistan'da kadın başına düşen çocuk sayısı (1,6-3,5) azalmaktadır. Lutz ve Samir (2010) tarafından, geniş bir aralıkta değişen doğurganlık oranı verisi ile hesaplanan nüfus tahmini sonuçları Şekil 1-6'te görülmektedir (Braga vd., 2014).

Öte yandan, su kaynakları bakımından fakir durumdaki bazı bölgelerde ise doğurganlık oranları daha yüksektir. Özellikle bazı Sahraaltı ve Orta Afrika ülkelerindeki kadın başına düşen çocuk sayıları 4,6-5,9 arasında değişmektedir (Şekil 1-7) (Lutz ve Samir, 2010).



Şekil 1-5. Dünyadaki Toplam Nüfus (Milyar) Öngörüsü
Sarı %95 aralığı, Yeşil %60 aralığı, Mavi %20 aralığı, TFR: Toplam Doğurganlık Oranı (Braga vd., 2014)

Normal Senaryoya Göre 2010-2050 Yılları Arası Nüfus Değişimi



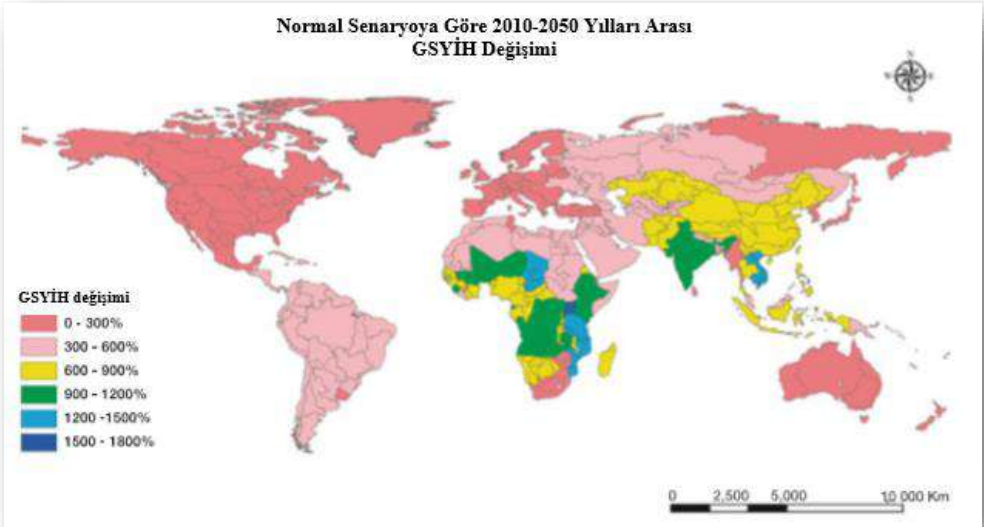
Şekil 1-6. 2010-2050 Yılları Arasında Nüfus Değişimi (%) (Braga vd., 2014)

İnsanlık tarihi için önemli bir eşik olan kentsel/kırsal nüfus oranı 2010 yılında 1 değerini aşmıştır. Dolayısıyla dünya genelindeki kentsel nüfus artık kırsal nüfusu geçmiştir. Kentsel nüfusun birim su, mal ve hizmet talebi kırsal nüfusa göre daha fazla olduğundan, bu durum kırsal nüfusun su, arazi ve enerji kullanımını doğrudan etkileyecektir.

1.4 Küresel Ekonomik Durum

Önceki yüzyılda dünya ekonomisinde, OECD ülkelerinin başı çektiği hızlı ve şaşırtıcı bir değişim yaşanmıştı. Mevcut ekonomik göstergeler, dünya ekonomisi atlasının adeta alt üst olacağını göstermektedir. (Şekil 1-8) Yüksek gelirli ülkelerde, ekonomik büyüme hızının azalması beklenirken, Sahraaltı Afrika ülkelerindeki büyüme hızlarının %5-5,5'lere ulaşacağı öngörülmektedir (Dünya Bankası, 2012).

Kısa süreli konjonktürel dalgalanmalara oldukça hassas olduğu için, ekonomik büyüme projeksiyonları, nüfus tahminlerine göre daha büyük belirsizlikler içermektedir. Nüfustaki artış ile GSYİH artış hızlarının farklı biçimde yorumlanmaları gerekir. En basit haliyle 2 kişi 1 kişinin 2 katı olduğu halde, GSYİH'nin 2 katına çıkması tüketim harcamalarının da iki katına çıkacağı anlamına gelmemektedir. Nüfus artış dinamiklerindeki farklılığın, gelir dağılımı üzerindeki etkisinin ne olduğunun bilinmesi de ayrıca önem taşımaktadır.



Şekil 1-7. Normal Senaryoya göre 2010-2050 Yılları Arasında GSYİH Değişim Yüzdeleri (Braga vd., 2014)

Dünya nüfusunun %20'sinden fazlası fakirlik sınırı altı gelire (1,25 \$/kişi.gün) sahiptir (Shah, 2010). Dünya nüfusunun neredeyse yarısı fakirlik limitinin 2 katı (2,5 \$/kişi.gün) tüketim harcaması yapabilmektedir. Beş milyardan daha fazla kişi de günlük 10 \$ düzeyinde tüketim harcaması yapabilecek gelire sahiptir. Bu veriler, dünya nüfusunun büyük çoğunluğunun istediği mal ve hizmetlere rahatça ulaşabilecek gelirden yoksun olduğunu göstermektedir.

Gelir dağılımı, demografik özellikler ve sosyo-politik durumlar bir bütün olarak su ve diğer kaynaklar üzerinde baskı oluşturmaktadır. Su ve diğer (doğal) kaynaklara olan talebin artmasıyla; kentsel, endüstriyel ve hizmet sektörlerinin büyük oranda etkilenmesi beklenir.

1.5 Küresel Su Talebi Tahmini

Geleceğe dönük su ihtiyaçlarının tahmininde çeşitli araştırma merkezlerince geliştirilen modellerden yararlanılmaktadır (Reilly ve Willenbockel, 2010). Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü (IWMI)'nce geliştirilen WATERSIM modeli, nüfus artışı ve GSYİH trendlerini esas almaktadır. Söz konusu modelleme çalışması ile nüfus artışı ve ekonomik büyüme (GSYİH artışı) parametrelerinin 3 farklı kombinezonuna dayalı simülasyon sonuçları elde edilmiştir: düşük nüfus artışı ve yüksek GSYİH artışı (iyimser); yüksek nüfus artışı ve düşük GSYİH artışı (kötümser); ve normal senaryo (mevcut durum senaryosu).

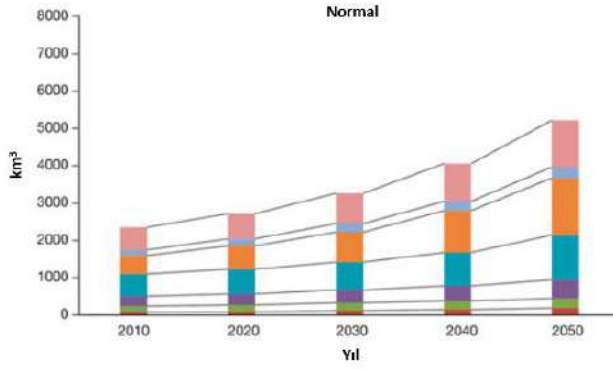
Dünya'nın 7 farklı bölgesi için bu modelden tahmin edilen 2010-2050 dönemi su ihtiyaçları (tüketimleri) Şekil 1-9- Şekil 1-11'da verilmektedir. Şekil 1-12- Şekil 1-14'te ise, aynı veriler bir kez de ana sektörlerin ihtiyaçları itibarıyla ayrıştırılarak verilmiştir.

Şekil 1-12- Şekil 1-14'te, iyimser senaryo durumu için 2050 yılı sulama suyu ihtiyacının azaldığı görülmektedir. Bunun ana sebebi, yüzeysel ve yeraltı suyu kaynaklarının bütün sektörlerin ihtiyacını karşılamaya yetmeyecek olmasıdır. Hesaplarda çevresel akış da dikkate alınmıştır. Toplam su ihtiyacı mevcut emniyetli su potansiyelini aştığında, ilk iki öncelik evsel ve endüstriyel su taleplerine verilmelidir.

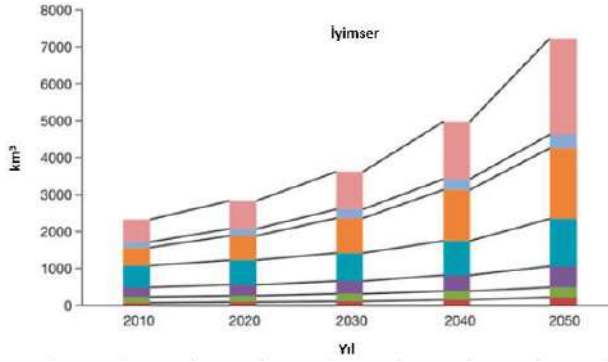
Sulama suyu ihtiyacı iklim şartları ve sulanacak alana göre belirlenmektedir. Şekil 1-9- Şekil 1-14'te verilen 3 senaryoda, 30 yıllık bir dönem için iklim şartlarının değişmeyeceği kabul edilmiş olup sulanacak alan büyüklüğündeki sınırlı değişim esas itibarıyla su kıtlığı veya fiyat oynaklığı ile açıklanabilir.

Yağışın üretimde kullanım verimliliğinin artırılması için kullanılabilecek seçeneklerden biri, daha fazla yüzeysel ve yeraltı suyu çekimi yoluna gidilmesidir. Şekil 1-9- Şekil 1-14'te görüldüğü üzere, evsel ve endüstriyel sektörler için büyük ihtimalle daha fazla su temini gerekecektir. Ancak söz konusu ilave suyun nereden ve nasıl sağlanacağı sorusu kritik önemdedir. Akarsu ve diğer su kütlelerindeki fiziki kısıtlar, belli bir miktardan daha fazla su çekimine imkân vermeyebilir.

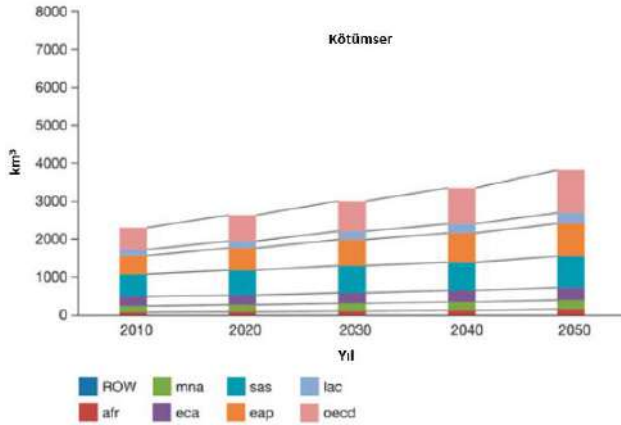
Tarım için iki temel seçenek (imkân) bulunmaktadır. Birinci seçenek sulama suyu kullanım verimliliğinin artırılmasıdır. Tamamlayıcı bir diğer strateji ise mümkün olduğunca yağışın daha iyi değerlendirilmesidir (Wani vd., 2011). Gıda güvenliği için üçüncü bir seçenek ise tarladan sofraya gıda tedarik zincirindeki %30-50 oranındaki kayıp ve israf ile içme suyu dağıtım şebekelerindeki > %50'lere ulaşan fiziki kayıp ve kaçakların azaltılmasıdır (Gustavsson vd., 2011).



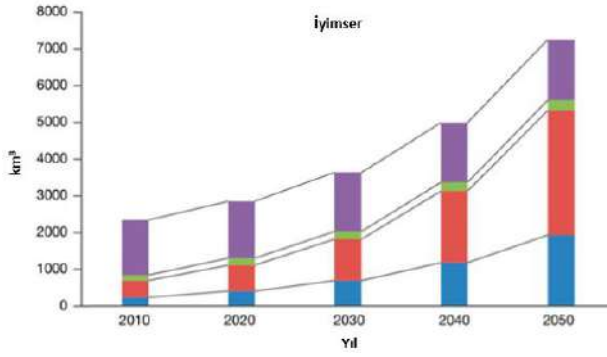
Şekil 1-8. Tüketilebilecek Su Miktarı Projeksiyonu (Normal Senaryo) (Braga vd., 2014)



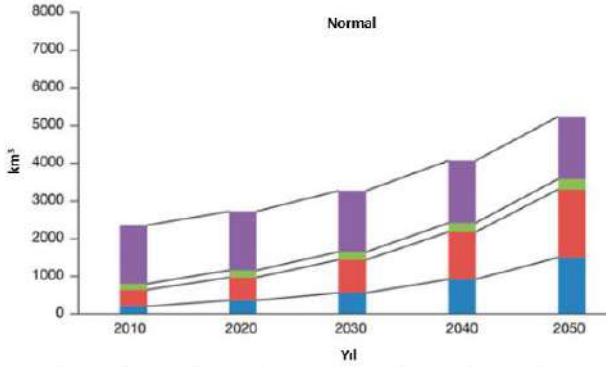
Şekil 1-9. Tüketilebilecek Su Miktarı Projeksiyonu (İyimser Senaryo) (Braga vd., 2014)



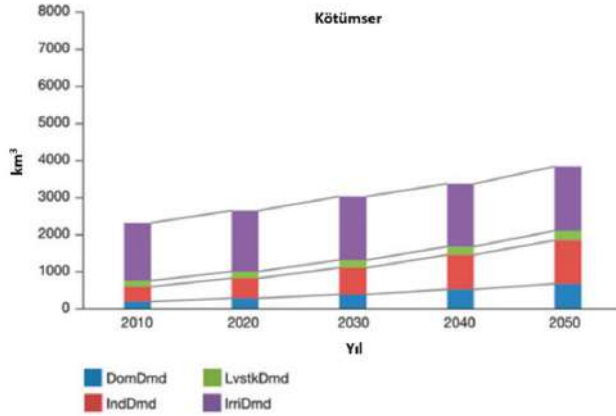
Şekil 1-10. Tüketilebilecek Su Miktarı Projeksiyonu (Kötümser Senaryo) (Braga vd., 2014)



Şekil 1-11. Su Talebi Projeksiyonu (İyimser Senaryo) (Braga vd., 2014)

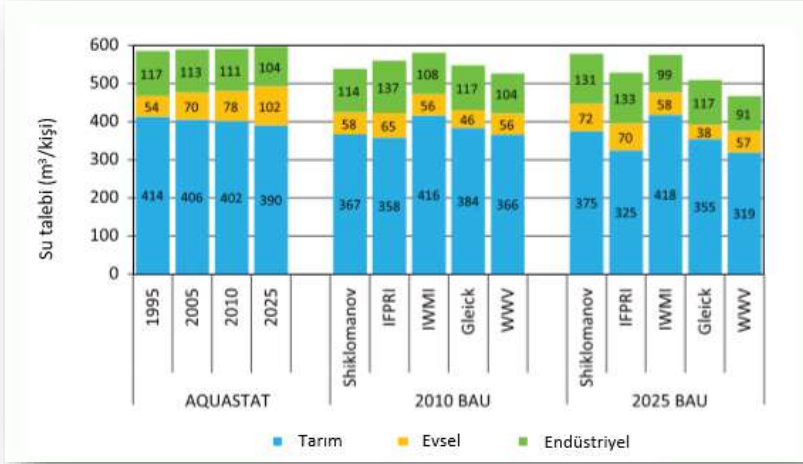


Şekil 1-12. Su Talebi Projeksiyonu (Normal Senaryo) (Braga vd., 2014)



Şekil 1-13. Su Talebi Projeksiyonu (Kötümser Senaryo) (Braga vd., 2014)

Küresel ölçekte su sektörü talep projeksiyonu ile ilgili olarak, 1990-2005 dönemi verilerinden hareketle 2010-2025 dönemi için yapılan oldukça kapsamlı bir başka modelleme senaryo sonuçları Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü (IWMI)'nın 156 no'lu Araştırma Raporu'yla paylaşılmıştır (Amarasinghe ve Smakhtin, 2014). Anılan raporda; AQUASTAT 1995-2005 verileri ile mevcut durum trendi korunarak, beş farklı modelleme yaklaşımı ile (Shiklomanov ve Balanishnikova, 2003; Cosgrove ve Rijsberman, 2000; Rosegrant vd., 2002; Seckler vd., 1998; Gleik, 1998) 2010-2025 dönemi küresel su sektörü talep tahminleri yapılmıştır (Şekil 1-15).



Şekil 1-14. Gerçek (1995-2010) ve Tahmin Edilen (2025) Kişi Başına Sektörel Su Çekim Değerleri (Amarasinghe ve Smakhtin, 2014)

Şekil 1-15'ten görüldüğü üzere, AQUASTAT verileri ile 2010-2025 dönemi su sektörü talebinin çok sınırlı bir artışla ~600 m³/kışı'ya ulaşacağı öngörülmektedir. AQUASTAT verileri ile 2025 yılı için tahmin edilen tarım, evsel ve endüstriyel su talepleri sırası ile 390 (%65), 102 (%18) ve 104 (%18) m³/kışı'dır. Beş farklı modelleme yaklaşımı ile 2025 yılı için tahmin edilen küresel su talepleri ise; tarım sektörü ihtiyacı: 325-418 m³/kışı, evsel ihtiyaç: 38-72 m³/kışı, endüstriyel ihtiyaç: 91-133 m³/kışı olarak verilmektedir. Modelleme senaryolarında, 2025 yılı toplam su talebinin <500 m³/kışı'ya ineceği öngörülmektedir.

1.6 Su Stresi ve Kıtılığı

Su, tüm sosyo-ekonomik gelişim ve sağlıklı ekosistemin devamlılığı için gerekli bir kaynaktır. Yeryüzündeki su miktarı yıllar içinde sabit kalmaktadır. Nüfus, tarımsal ve endüstriyel su kullanımı arttıkça, su kaynakları üzerindeki baskı da artmaktadır. Arz ve talep arasındaki dengesizlikler su kıtlığı adı verilen küresel bir sorunu ortaya çıkarmaktadır.

Su kıtlığı dünyada önemli bir konu haline gelirken, yaygınlaşması ve daha geniş bir nüfusu etkilemesi beklenmektedir. Bu nedenle son 10 yılda, hem kamu hem özel sektör su kıtlığı üzerine yapılan araştırmaları artırmışlardır. Bu çalışmalar çerçevesinde, dünyadaki su kıtlığının durumunu göstermek için geliştirilen çeşitli göstergeler bulunmaktadır.

İsveçli su uzmanı Malin Falkenmark, su stresini ölçmek için en yaygın kullanılan göstergelerden biri olan Falkenmark Göstergesini (Falkenmark, 1989) geliştirmiştir. Belirli bir ülke/bölge için Falkenmark Göstergesi, ilgili ülke/bölgenin mevcut su kaynaklarının, ilgili ülkede/bölgede yaşayan insan sayısına oranıyla hesaplanır.

Çizelge 1-1'deki sınıflar, su stresi ve kıtlığını tanımlamak için Falkenmark tarafından belirlenmiştir.

Çizelge 1-1. Falkenmark Göstergesi Sınıfları (UN, 2018)

<i>Falkenmark Göstergesi (m³/kişi/yıl)</i>	<i>Sınıf</i>
<i>>1.700</i>	<i>Stressiz</i>
<i>1.000-1.700</i>	<i>Su Stresi</i>
<i>500-1.000</i>	<i>Kıtlık</i>
<i><500</i>	<i>Mutlak Kıtlık</i>

Falkenmark Göstergesi = Mevcut Su Kaynakları/Nüfus

1.700 m³/kişi/yıl miktarından daha fazla su mevcudiyeti, su azlığının yalnızca düzensiz veya yerel olarak gerçekleştiği eşik olarak tanımlanmaktadır. Göstergenin bu miktarın altında olması durumunda, su kıtlığı farklı şiddet derecelerinde sınıflandırılmaktadır. 1.700 m³/kişi/yıl'dan daha az su mevcudiyetinde su stresi düzenli olarak ortaya çıkmakla beraber 1.000 m³/kişi/yıl değerinin altı, su kıtlığının ekonomik kalkınma, insan sağlığı ve refahı için bir limiti olarak önümüze çıkmaktadır. 500 m³/kişi/ yıl'dan daha az bir su mevcudiyeti ise yaşam için temel bir kısıtlamadır.

1.7 Türkiye'de Su Kullanımı

Küresel su kullanımına paralel olarak, Türkiye'de de su, çoğunlukla tarımsal sulamada tüketilmektedir. 2016 yılı Türkiye su kullanımı 60,4 milyar m³ olarak gerçekleşmiştir. 2016 yılında Türkiye'de kullanılan toplam suyun %18,4'ü sanayi ve %10,3'ü hanehalkı tarafından tüketilmiştir. Aynı yıl, hem yeraltı suyu hem de yüzey suyu kullanımlarını kapsayan tarımsal sulama, Türkiye'deki toplam su kullanımının %71,3'üne tekabül etmektedir (DSİ, 2016a)

Çizelge 1-2'de de görüldüğü gibi, 2004 ve 2016 yılları arasında su kullanımında yaklaşık %50 artış gerçekleşmiştir. Mevcut nüfus ve ekonomik büyüme oranının etkileri de göz önünde bulundurulduğunda, gelecekte Türkiye'nin su kaynakları üzerindeki baskının daha da artması beklenmektedir. Bu nedenle, Türkiye'nin gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli miktarda su aktarması için su kaynaklarını koruması ve verimli kullanması elzemdir.

Çizelge 1-2. Türkiye'de Su Kullanımı (Hakyemez, 2019)

<i>Yıl</i>	<i>Sulama (m³)</i>	<i>Hanehalkı (milyar m³)</i>	<i>Sanayi (milyar m³)</i>	<i>Toplam (Milyar m³)</i>
1990	22,0	5,1	3,4	30,5
2004	29,6	6,2	4,3	40,1
2008	33,8	5,8	6,0	45,6
2010	38,2	5,8	6,0	49,9
2012	41,6	6,0	8,4	56,0
2014	35,9	5,7	9,1	50,7
2016	43,1	6,2	11,1	60,4
2023	72,0	18,0	22,0	112,0

Kaynak: Devlet Su İşleri (DSİ) TÜİK, TSKB Ekonomik Araştırmalar

Tarımsal sulamada Türkiye, son 15 yıldaki büyük gayretler ve yatırım teşviklerine rağmen ağırlıklı olarak suyun verimli kullanılmasını önleyen geleneksel yöntemler kullanmaktadır. Türkiye'de sulanan alanların ~%90'ında geleneksel yüzey sulama sistemi kullanılırken, modern yağmurlama ve damla sulama sistemleri geri kalan %10'a uygulanır.

Küresel eğilimlere benzer şekilde, Türkiye'de de artan enerji talebiyle birlikte, enerji üretimi için su kullanımı artmaktadır. Türkiye'de sanayide su kullanımının payı, yıllar ilerledikçe yükselmektedir. 2004 yılında %11 olan sanayide su kullanımının payı 2016 yılında %18'e yükselmiştir. Ülkede en çok su kullanan sanayi sektörleri arasında kimya, petrokimya, demir çelik, tekstil, kâğıt ve gıda bulunmaktadır.

Türkiye'nin 2023 yılı hedefleri arasında 112 milyar m³lük su potansiyelinin tamamını kullanmak bulunmaktadır. Buna ek olarak, toplam sektörel su kullanımı paylarının tarımda %64, sanayi sektörlerinde %20 ve hanehalkında %16 olarak hedeflenmektedir. Yeni sulama tekniklerinin kullanımı dâhil olmak üzere, tarımsal sulamada 72 milyar m³ su tüketilmesi öngörülmektedir. Nüfus artışı, kentleşme ve hızla gelişen turizm sektörü göz önüne alındığında, hanehalkı su kullanımının 2023 yılında 18 milyar m³ civarında olacağı tahmin edilmektedir. Sanayi sektörlerinde ise, 2023 yılı toplam su tüketiminin 22 milyar m³ olması beklenmektedir.

Türkiye'de Bölgesel Falkenmark Göstergesi

Türkiye, toplam 780 bin kilometrekare alana sahip 25 nehir havzasından oluşmaktadır. Yıllık olarak, bu nehir havzalarında ortalama 186 milyar m³ su akmaktadır (DSİ, 2016a).

Türkiye'deki, bazı nehir havzalarının “**su zengini**”, bazılarının ise “**su fakiri**” olduğu bilinmektedir. Türkiye'nin kullanılabilir su potansiyeli 112 milyar m³ iken 2015 yılı nüfusu yaklaşık 78,75 milyondur. Bu değerler neticesinde, Türkiye'nin Falkenmark Göstergesi **2015 yılında 1.422,23 m³/kişi/yıl** olarak gerçekleşmiş ve bu Türkiye'yi “**Su Stresi**” olan bir ülke haline getirmiştir (Çizelge 1-3). 2018 yılında, nüfus artışı nedeniyle bu değer 1.365 m³/kişi/yıl'a gerilemiştir (Hakyemez, 2019).

TSKB tarafından 2015 yılı verilerini kullanarak yapılan hesaplara göre, Türkiye'de “**Mutlak Kıtlık**” sorunu yaşayan 5 nehir havzası bulunmaktadır. Bu nehir havzaları; Marmara, Gediz, Küçük Menderes, Burdur ve Akarçay havzalarıdır.

Çizelge 1-3. Bölgesel Falkenmark Göstergeleri (2015) (Hakyemez, 2019)

<i>Havza Adı</i>	<i>Nüfus</i>	<i>Kullanılabilir Su Potansiyeli (milyar m³/yıl)</i>	<i>Falkenmark Göstergesi (m³/kişi/yıl)</i>	<i>Tanım</i>
<i>Meriç-Ergene</i>	749.510	0,76	1.014	<i>Su Stresi</i>
<i>Marmara</i>	17.608.408	2,84	161,06	<i>Mutlak Kıtlık</i>
<i>Susurluk</i>	3.793.746	2,57	677,43	<i>Kıtlık</i>
<i>Kuzey Ege</i>	1.112.098	0,88	791,3	<i>Kıtlık</i>
<i>Gediz</i>	1.588.561	0,79	497,31	<i>Mutlak Kıtlık</i>
<i>Küçük Menderes</i>	4.168.415	0,46	109,15	<i>Mutlak Kıtlık</i>
<i>Büyük Menderes</i>	1.346.490	1,7	1.262,54	<i>Su Stresi</i>
<i>Batı Akdeniz</i>	908.877	3,87	4.258	<i>Su Zengini</i>
<i>Antalya</i>	3.341.962	7,03	2.103,55	<i>Su Zengini</i>
<i>Burdur</i>	680.105	0,17	244,08	<i>Mutlak Kıtlık</i>
<i>Akarçay</i>	709.015	0,31	437,23	<i>Mutlak Kıtlık</i>
<i>Sakarya</i>	7.262.833	4,03	554,88	<i>Kıtlık</i>
<i>Batı Karadeniz</i>	1.879.209	5,09	2.705,93	<i>Su Zengini</i>
<i>Yeşilirmak</i>	2.721.221	3,1	1.139,19	<i>Su Stresi</i>
<i>Kızılırmak</i>	3.715.291	3,95	1.063,17	<i>Su Stresi</i>
<i>Konya Kapalı</i>	3.105.368	4,9	1.577,91	<i>Su Stresi</i>
<i>Doğu Akdeniz</i>	1.745.221	4,8	2.747,50	<i>Su Zengini</i>
<i>Seyhan</i>	2.183.167	3,55	1.626,08	<i>Su Stresi</i>
<i>Asi</i>	1.533.507	1,18	769,48	<i>Kıtlık</i>
<i>Ceyhan</i>	1.609.483	3,81	2.367,22	<i>Su Zengini</i>
<i>Dicle-Fırat</i>	12.646.409	37,48	2.963,81	<i>Su Zengini</i>
<i>Doğu Karadeniz</i>	2.404.480	9,36	3.892,73	<i>Su Zengini</i>
<i>Çoruh</i>	246.920	4,46	18.064,15	<i>Su Zengini</i>
<i>Aras</i>	584.360	3,28	5.609,62	<i>Su Zengini</i>
<i>Van Gölü</i>	1.096.397	1,65	1.504,93	<i>Su Stresi</i>
<i>Türkiye (2015)</i>	78.741.053	112	1.422,23	<i>Su Stresi</i>

1.8 Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ve Su

Birleşmiş Milletler (BM, UN)’e üye 193 ülke, Eylül 2015’teki Genel Kurul’da, Dünya’nın “Sürdürülebilir Kalkınma 2030 gündemi (Gündem 2030)” ile dönüştürülmesi hususunda mutabık kalmışlardır. Gündem 2030; insanlık, gezegenimiz ve refah için bir eylem planıdır. BM’e üye ülkeler, “hiç kimse arkada bırakılmaksızın” fakirliğin her türünü ortadan kaldırmak üzere, dünyanın sürdürülebilir ve muhkem bir istikamette dönüştürülmesi arzu ve kararlılığını göstermişlerdir.

Gündem 2030, 17 Sürdürülebilir Kalkınma Amacı ve 2015-2030 döneminde beklenen çıktı ve uygulamalarla ilgili 169 küresel göstergesi içermektedir. Gündem 2030 uygulama hedef ve göstergeleri, sürdürülebilir kalkınmanın sosyal, ekonomik ve çevresel unsurlarıyla sağlanabilmesini mümkün kılmak üzere tasarlanmıştır.

20 Haziran 2010 tarihli Birleşmiş Milletler Genel Kurul Kararı’na (64/292) göre tüm insanların su ve atıksu hizmetlerine erişimi temel insani haklardan biridir. Temiz, güvenli, makul fiyatlı, erişilebilir içme suyunun herkese sağlanması gerekmektedir (UN, 2014). Dünya Sağlık Örgütü’nün 2003 yılında yayınladığı “Su Hakkı” raporuna göre, bir insanın suya temel (asgari) düzeyde erişmesi için gerekli miktar 20 L/kişi.gün; orta derecede erişimin sağlanması için gerekli su miktarı 50 L/kişi.gün ve optimum düzeyde erişimi için gerekli miktar ise 100-200 L/kişi.gün’dür (WHO, 2003).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSKİ'nin Mayıs 2019 toplantısında Türkiye'de ilk defa su tarifelerinde "İnsani Su Hakkı" uygulamasını başlatmıştır (Çerçeve 1-1).

Çerçeve 1-1. İBB İSKİ'nin Su Tarifelerinde "İnsani Su Hakkı" Uygulaması	
<i>İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) Meclisi, Hukuk ve Tarife Komisyonu'nun 15.05.2019 tarih ve 2019/386 sayılı önerisi uyarınca, Mayıs 2019 İSKİ Genel Kurul Toplantısı'nda; Türkiye'de bir ilki gerçekleştirerek, İstanbul'da konut abonelerince hanelerde aylık olarak tüketilen 30 m³'e kadar suyun, her 2,5 m³'ü başına 0,5 m³'lük kısmının, "İnsani Su Hakkı" olarak su faturasından düşülerek ücretlendirilmeye dâhil edilmemesi kararını almıştır.</i>	<i>Bu durumda örneğin, aylık su kullanımı (tüketimi) 15 m³ olan bir hanenin ücretlendirmeye esas tüketimi, $15 - (\frac{15}{2,5}) \times 0,5 = 15 - 3 = 12 \text{ m}^3$ olmaktadır. Konutlarda iki kademeli su ve atıksu tarife uygulamasında, 1. Kademe: 0- 15 m³/ay 2. Kademe: $\geq 16 \text{ m}^3/\text{ay}$ Tüketim değerleri esas alınmaktadır. İstanbul'da konut abonelerinin yaklaşık %90'ı 1. kademede yer almaktadır.</i>
Kaynak: İSKİ, 2019.	

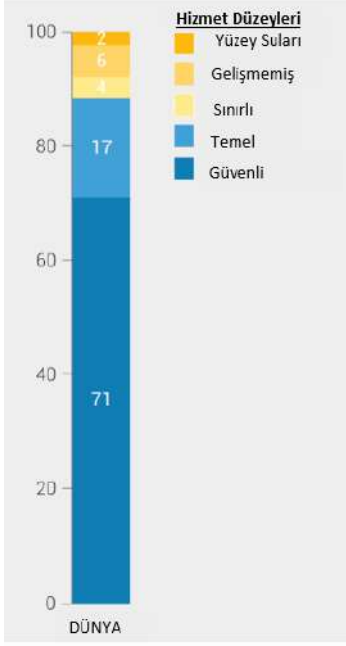
Sürdürülebilir Kalkınma Amacı 6 (SKA-6), herkesin temiz su ve yeterli kanalizasyon hizmetlerine eksiksiz olarak erişiminin sağlanması ile ilgili olup bu konulardaki ilgi ve duyarlılığın küresel politik gündemdeki yerinin canlı tutulmasını gaye edinmektedir.

SKA-6 evrensel kabul ve destek gören 8 küresel alt hedefe ulaşılmasını öngörmektedir. Su döngüsünün bütününe kapsayan bu hedefler;

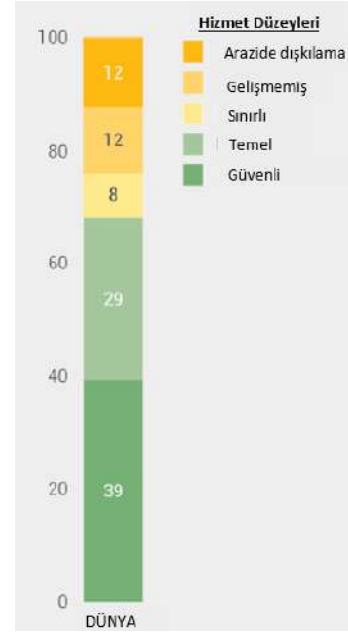
- (6.1) 2030'a kadar herkes için güvenilir ve satın alınabilir içme suyuna evrensel ve adil biçimde erişimin elde edilmesi
- (6.2) 2030'a kadar herkes için yeterli ve adil kanalizasyon hizmetleri ile sıhhi koşullara erişimin sağlanması ve kadınların, kız çocuklarının ve kırılgan durumda olan kişilerin ihtiyaçlarına özel ilgi göstererek kamuya açık alanlarda dışkılamanın sona erdirilmesi
- (6.3) 2030'a kadar, kirliliği azaltarak, çöp dökimünü engelleyerek, zararlı kimyasalların ve maddelerin suya karışımını en aza indirgeyerek, arıtılmamış atıksu oranını yarıya indirerek, geri dönüşümü ve güvenli tekrar kullanımı dünya çapında büyük ölçüde artırarak su kalitesinin yükseltilmesi
- (6.4) 2030'a kadar tüm sektörlerde su kullanım verimliliğinin büyük ölçüde artırılması, su kısıtlılığı sorununu çözmek için sürdürülebilir tatlı su tedarikinin sağlanması ve su kısıtlılarından mağdur insan sayısının önemli ölçüde azaltılması
- (6.5) 2030'a kadar uygun olduğu takdirde sınır ötesi işbirliği dâhil olmak üzere her düzeyde entegre su kaynakları yönetiminin uygulanması
- (6.6) 2020'ye kadar dağlar, ormanlar, sulak alanlar, nehirler, akiferler ve göller dâhil olmak üzere suyla ilgili ekosistemlerin korunması ve eski haline getirilmesi
- (6.6.a) 2030'a kadar, gelişmekte olan ülkelerde su toplama, tuzdan arındırma, su verimliliği, atıksu arıtma, geri dönüşüm ve tekrar kullanım teknolojilerini de içerecek şekilde su ve atıksu ile ilgili eylemler ve programlar konusunda uluslararası işbirliğinin ve kapasite artırma desteğinin genişletilmesi
- (6.6.b) Su ve atıksu yönetiminin iyileştirilmesi için yerel katılımın desteklenmesi ve güçlendirilmesi

olarak ifade edilmiştir.

Birleşmiş Milletlere üye ülkelerin yarısından azı SKA-6 hedefleriyle ilgili gelişmelerin izlenebileceği sağlıklı istatistiki veriye sahiptir. Ülkelerin %60'tan fazlasında dört ve daha fazla SKA-6 hedefini izlemeye imkân veren veri bulunmamaktadır. Su, kanalizasyon ve hijyen (tuvalet/el yıkama) hedefleri ile ilgili veriler BM (UN) Binyıl Kalkınma Hedefleri kapsamında 2000 yılından itibaren biriktirilmiş olup diğerleri ile ilgili istatistiki verilerin çok kısa bir geçmişi bulunmaktadır.



Şekil 1-15. 2015 Küresel Ölçekte İçme Suyu Temini Hizmetleri Durumu (%) (WHO, 2017)



Şekil 1-16. 2015 Verileriyle Küresel Ölçekte Kanalizasyon (Sanitasyon) Hizmetleri Durumu (WHO, 2017)

BM (UN) Su Birimi, SKA-6 göstergelerinin 2015-2030 dönemi başındaki mevcut durumu ile ilgili bir değerlendirme (sentez) raporu yayınlamıştır (UN Water, 2018). Bu raporda ortaya çıkan dünya görünümü aşağıda özetlenmiştir:

SKA 6.1 Hedefi: Temel ve güvenli düzeylerde yönetilen su temin hizmeti verilen nüfus oranı 2000-2015 döneminde, %81'den %89'a yükselmiştir. Ancak dünya genelinde hâlâ 844 milyon kişi henüz temel su temin hizmeti alamamakta, 2,1 milyar kişi de istediğinde güvenli (temiz) su temini hizmetlerine erişimden yoksun bulunmaktadır (Şekil 1-15). Buradaki hizmet düzeyleri;

- *Yüzey suları:* İçme suyunun doğrudan bir akarsu, baraj, göl, kanal veya sulama kanalından sağlanması;
- *Geliştirilmemiş:* İçme suyunun korunmayan bir kazma (keson) kuyu veya pınar kaptajından sağlanması;

- *Sınırlı: İçme suyunun > 30 dakika yürüme mesafesindeki geliştirilmiş (korunan) bir su kaynağından sağlanması;*
- *Temel: İçme suyunun <30 dakika yürüme mesafeli geliştirilmiş bir kaynaktan sağlanması;*
- *Güvenli: İçme suyunun istendiği yer ve zamanda temiz bir kaynaktan temin edilebilmesi;*

durumlarına karşılık gelmektedir.

SKA 6.2 Hedefi: Temel kanalizasyon ve hijyen hizmetinden yararlanan nüfus oranı da 2000-2015 döneminde %59'dan %68'e yükselmiştir. Ancak dünya genelindeki 2,1 milyar kişi (%70'i kırsal kesimlerde yaşamakta) hâlâ başka hane halkı ile ortak tuvaletleri kullanmaktadır (Şekil 1-16). Buradaki kanalizasyon (sanitasyon) hizmet düzeyleri;

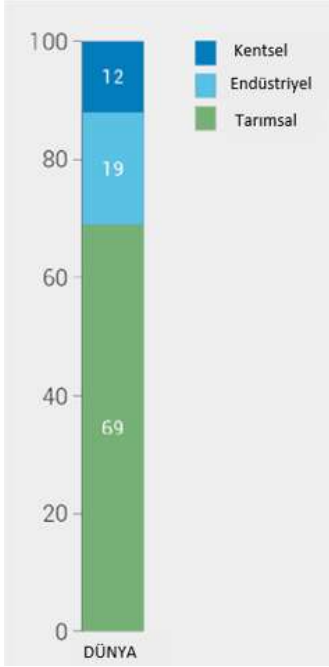
- *Güvenli: Başkalarıyla paylaşılmayan, bağımsız, insan dışkılarının foseptik veya kanal şebekesi ile arıtılıp uzaklaştırılması;*
- *Temel: Başkalarıyla paylaşılmayan gelişmiş atıksu tesislerinden yararlanma;*
- *Sınırlı: İki veya daha fazla hane tarafından paylaşılan gelişmiş atıksu tesislerinden yararlanma;*
- *Gelişmemiş: Kuru tuvalet veya asılı bidonlarda ihtiyaç giderme (dışkılama);*
- *Arazide dışkılama: Açık arazi, tarla, mera, orman, akarsu kenarı vb. yerlerde ihtiyaç giderme*

durumlarını ifade etmektedir.

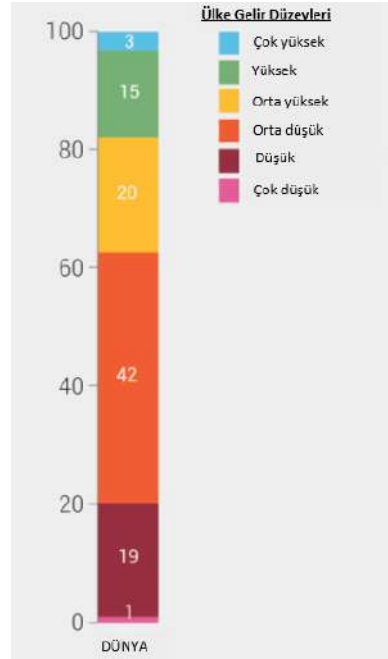
Dünya genelinde 4,5 milyar kişi, hâlâ temiz/hijyenik ve bağımsız tuvalet imkanından yoksundur. Orta ve Güney Asya ile Sahraaltı Afrika'nın kırsal kesiminde yaşayan 892 milyon kişi tuvalet ihtiyacını açık arazide gidermektedir. Az gelişmiş ülkelerde yaşayanların %27'si sabunla el yıkama imkânından yoksundur.

SKA 6.3 Hedefi: Yüksek ve orta-yüksek gelirli ülkelerde, evsel atıksuların ~%59'u iyi derecede arıtılmaktadır. Bu ülkelerdeki kanalizasyon şebekesine bağlı nüfusun atıksu akımlarının %76'sı, kanalizasyona bağlı olmayan bağımsız hanelerdeki atıksuların ise %18'i yeterli arıtmadan geçirilmektedir. Atıksu arıtımının orta-yüksek gelirli ülkelerde bile hâlâ tam olarak sağlanamaması su kalitesini olumsuz etkilemektedir.

SKA 6.4 Hedefi: Suyla üretilen katma değer, küresel ölçekte çok geniş bir aralıkta (2~1000 \$/m³) değişmekte olup ortalaması ~15 \$/m³ olarak tahmin edilmektedir. Katma değeri düşük olmasına rağmen, tarım sektörü su kullanımı dünya ölçeğinde toplam kullanılabilir su potansiyelinin %70'i (ortalama) civarında seyretnmekte, kurak iklimli ülkelerdeki oran %90'lara kadar çıkabilmektedir (Şekil 1-17). İçme-kullanma, hizmet ve sanayi sektörlerine daha fazla su aktarılabilmesi için arıtılmış atıksuların daha yüksek oranlarda sulamada kullanımı ile modern/kapalı sulama teknolojilerinin yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır.



Şekil 1-17. 2017/2018 IWRM Uygulamaları Durumu (%) (UNDP- DHI Center, 2018)



Şekil 1-18. 2010'da Dünya Geneline Sektör Bazlı Su Dağılımı (FAO, 2016)

SKA 6.5 Hedefi: Bütünleşik nehir havzaları yönetiminin (IWRM) küresel ölçekte, OECD'ye üye ülkelere uygulanma oranı 2015 yılı itibarı ile ~%48 olmakla birlikte, ülkeden ülkeye büyük farklılıklar gözlenmektedir (Şekil 1-18). Mevcut durum ve uygulama trendi ile bu konudaki 2030 yılı hedefine ulaşılması oldukça zor görülmektedir.

SKA 6.6 Hedefi: Suyla ilgili ekosistemler diğer SKA'ları destekleyen ve yeterince korunup restore edilmedikçe diğer hedeflere ulaşılmasının mümkün olamayacağı doğal çevresel değerlerdir. Önceki yüzyılda dünyadaki doğal sulak alanların %70'i, tatlı su canlıları ile birlikte kaybedilmiştir. Doğal ve yapay sulak alanların iyi korunup restorasyonu ve geliştirilmeleri konularında bütün ülkelere büyük görev ve sorumluluklar düşmektedir.

SKA 6.a Hedefi: BM Küresel İçme Suyu ve Kanalizasyon Hizmetleri 2016/17 Değerlendirme Raporu'nda, değerlendirmeye katılan üye ülkelerin %80'i SKA-6 ile ilgili hedeflere ulaşabilmesi için finansal kaynakların artırılması görüşündedir. Su sektörü resmi geliştirme harcamaları 2011-2016 yılları arasında 7,4 milyar \$'dan 9,0 milyar \$'a çıkmakla birlikte SKA 6.1-6.6 ile ilgili 2030 hedeflerinin yakalanabilmesi için yeterli değildir. Dünya Bankası'na göre SKA 6.1 ve 6.2 hedeflerine 2030 yılına kadar ulaşılabilmesi için gerekli yıllık yatırım ihtiyacı ~114 milyar \$'dır.

SKA 6.b Hedefi: Etkin ve sürdürülebilir su yönetimi en geniş ölçüde paydaş katılımı ile sağlanabilmektedir. BM Küresel İçme Suyu ve Kanalizasyon Hizmetleri 2016/17 Değerlendirme Çalışması'nda yer alan ülkelerin >%75'i, bu alandaki planlama ve yönetim

çalışmalarında müşteri ve diğer toplum kesimlerinin ilgili süreçlere mutlak katılımlarının sağlanmasında mutabıktırlar.

İklim değişimi, tatlı su sistemleri ve yönetimi üzerinde önemli etkilere sahiptir. 1990-2005 yılları arasında doğal afetlerden 1,6 milyon kişinin öldüğü ve toplam 5,5 milyon insanın etkilendiği bilinmektedir. Suya bağlı afetler, doğal afet ölümlerinin %62'sinden, bu tür afetlerden etkilenen nüfusun %96'sından ve maddi kayıpların ise (~2,5 trilyon USD) %75'inden sorumludur (UN, 2018).

1.9 Türkiye'nin SKA-6 2030 Hedefleri

Türkiye'nin Onbirinci Kalkınma Planı'nda Kentsel Altyapı için öngörülen 2019-2023 hedeflerine göre;

- İçme suyuna erişen belediye nüfusunun toplam belediye nüfusuna oranı %100,
- Atıksu kanalizasyonu şebekesiyle hizmet verilen belediye nüfusunun toplam belediye nüfusuna oranı %95,
- Atıksu arıtma tesisiyle hizmet verilen belediye nüfusunun toplam belediye nüfusuna oranı ise %100'dir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 'nca hazırlanan AB Çevre Entegre Uyum Stratejisi (UÇES, 2016-2023)'ne göre ise;

- Cumhuriyetimizin 100. Kuruluş yılında (2023), belediyelerde yaşayan nüfusun %100'ünün atıksu arıtma ve düzenli katı atık depolama hizmetine kavuşmasının sağlanması hedeflenmektedir (ÇŞB, 2016).

Türkiye'de UÇES (2016-2023) döneminde Su ve Atıksu Yönetimi (Su Kalitesi) Sektörü için öngörülen toplam bütçe ~11,17 milyar Avro olup yıllık yatırım ihtiyacı 0,95-2,1 milyar Avro/yıl aralığında değişmektedir.

TÜİK 2018 Çevre İstatistiklerine göre Türkiye'de 2016 yılı itibarı ile;

- İçme suyu şebekesi ile, temiz ve güvenli içme suyu hizmeti verilen nüfusun toplam belediye nüfusuna oranı %98 (UÇES 2023 hedefi %100),
- Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen belediye nüfusunun toplam belediye nüfusuna oranı %90 (UÇES 2023 Hedefi %100)
- Atıksu arıtma tesisi ile hizmet verilen belediye nüfusunun toplam belediye nüfusuna oranı %75 (UÇES 2023 Hedefi %100)

olarak verilmektedir.

Belediye sınırları dışındaki (İl Özel İdareleri sorumluluk alanında bulunan) kırsal (köy) yerleşimlerdeki güvenli içme suyuna erişim ile kanalizasyon ve foseptik sisteminden yararlanma oranlarının ise sırası ile ~%90 ve ~%65 civarında olduğu tahmin edilmektedir (UN, 2018).

Yukarıda verilen istatistiki bilgilerle, Türkiye'nin BM SKA 6.1-6.3 2030 yılı hedeflerini OECD ülkeleri ortalamalarına yakın seviyede karşılayabildiği görülmektedir.

Türkiye, SKA 6.4 ve 6.5 hedeflerinin karşılanması ile ilgili olarak da; tarımda kullanılan su oranlarının %65'in altına çekilmesi ve Bütünleşik Nehir Havzaları Yönetimi (IWRM) planlama/uygulamaları (25 Havzada Havza Koruma Eylem Planları tamamlanarak uygulamaya geçilmiş, havzaların ~%35'inde ise Nehir Havzası Yönetim Planları hazırlanmıştır) ile OECD üyesi ülke ortalamalarına yaklaşmaktadır. Türkiye her yıl Milli Geliri'nin ~%1,2-1,5'ini düzenli olarak Çevre Koruma Sektörü'ne harcayarak SKA 6.a hedefi için gerekli finansmanı ayırmaktadır. Türkiye'de 2008-2015 yılları arasında yapılan kamu ve özel sektördeki çevre koruma harcamalarının 2018 yılı itibarıyla karşılığını, cari ve yatırım harcamalar arasındaki dağılımı ve Avrupa Birliği (AB) ve Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) ülkeleri tarafından yapılan kamu ve özel sektördeki bu harcamaların gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) içerisindeki oranlarının Türkiye'deki oran ile karşılaştırılmasını içeren çalışma Çerçeve 1-2'de özetlenmiştir.

Mevcut gösterge ve trendler, Türkiye'nin BM SKA 6, 2030 yılı hedeflerine zamanından önce ulaşacağı yönündedir (Çiçekalan vd., 2019).

Çerçeve 1-2. Türkiye'nin Çevre Koruma Harcamaları

Çevre koruma harcamalarının gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) içerisindeki payı, çevre yönetiminin önemini ortaya koyan önemli bir göstergedir.

Çiçekalan vd. (2019), özel ve kamu sektöründe 2008-2015 yılları arasında yapılan çevre koruma harcamalarını analiz ederek bir mukayeseli değerlendirme çalışması yapmıştır. Bu çalışma kapsamında; Türkiye'deki çevre koruma harcamalarını AB ve OECD ülkeleri ile karşılaştırmak amacıyla bu harcamaların GSYİH içerisindeki oranı hesaplanmıştır.

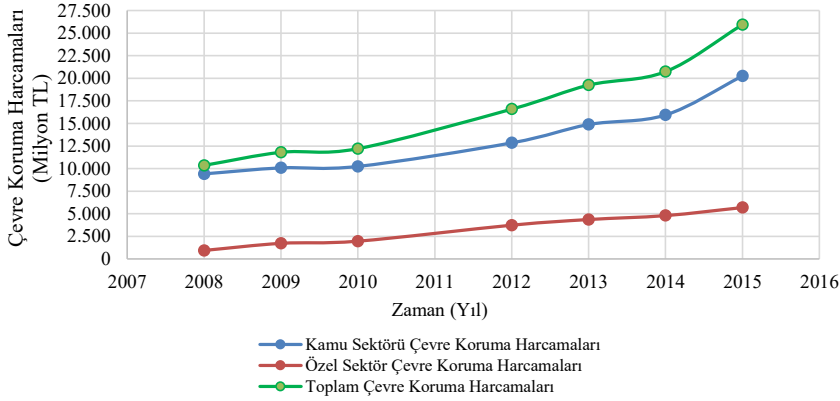
Kamu sektörü için Kamu Kuruluşları, İl Özel İdareleri ve Mahalli İdari Birlikleri ile belediyelerin çevre koruma harcamalarının yıllara göre değişimi incelenmiştir. İnceleme sonuçlarına göre; belediyeler tarafından yapılan toplam çevre koruma harcamalarının; kamu kuruluşları, İl Özel İdareleri ve Mahalli İdari Birlikleri tarafından yapılan harcamaların yaklaşık 4-5 katı seviyelerinde olduğu görülmüştür.

2008-2015 yılları arasında kamu ve özel sektörünün çevre koruma harcamalarının değişimi Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde; kamu sektörü çevre koruma harcamalarının özel sektör çevre koruma harcamalarından oldukça yüksek seviyede olduğu görülmektedir. 2015 yılında toplam çevre koruma harcamaları kamu sektöründe 20.249 milyon TL iken, özel sektörde 5686 milyon TL'dir.

2018 yılına ötelenmiş çevre koruma harcamaları, kamu ve özel sektör toplandığında yaklaşık 200 milyar TL olup, bu değer %67'si cari harcamalar, %33'ü ise yatırım harcamalarından oluşmaktadır.

Türkiye'de 2014 yılı için kamu sektöründeki çevre koruma harcamalarının GSYİH içerisindeki oranı (%0,88), AB ve OECD ülkelerinin ortalama değerlerine (AB: %0,80; OECD: %0,77) göre yüksek seviyelerde kalmaktadır. 2014 yılı için 28 AB ülkesinde en yüksek orana sahip ülke %1,50 ile Hollanda ve Yunanistan olup, en düşük orana sahip ülke ise %0,50 ile İrlanda'dır (Şekil 2).

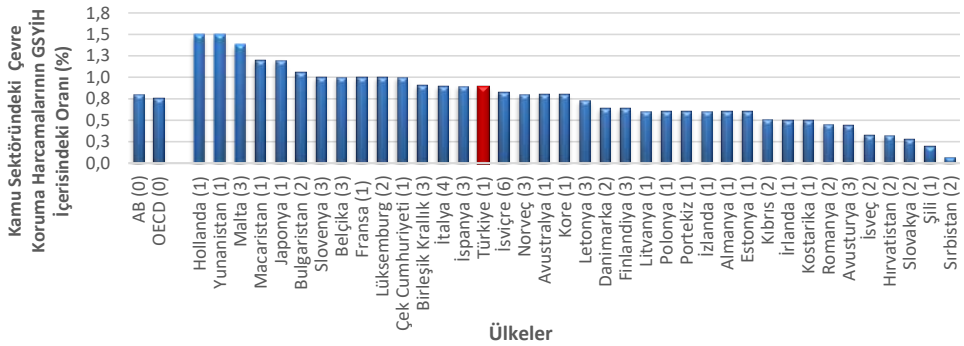
Çerçeve 1-32. Türkiye'nin Çevre Koruma Harcamaları (devamı)



Şekil 1. 2008-2015 Yılları Arasında Kamu ve Özel Sektörde Çevre Koruma Harcamalarının Değişimi (Çiçekalan vd., 2019)

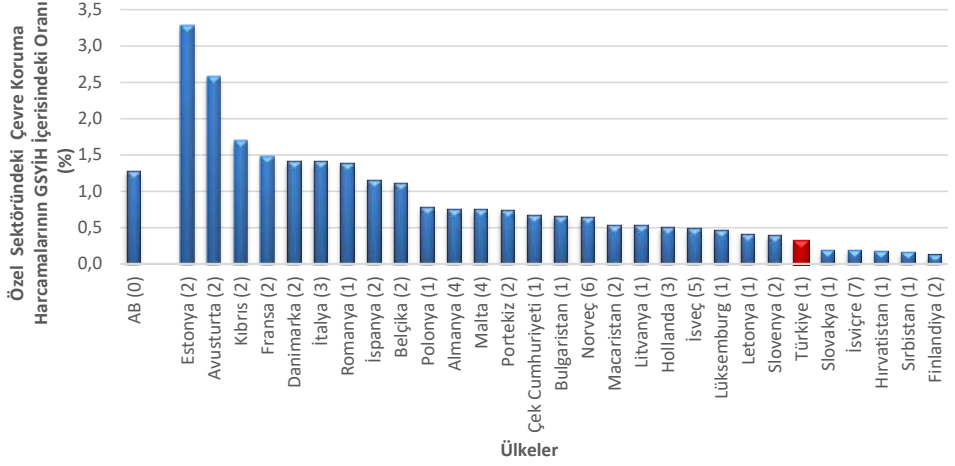
Özel sektör çevre koruma harcamaları incelendiğinde; İrlanda, Yunanistan ve Birleşik Krallık dışındaki AB ülkelerinde GSYİH içerisindeki özel sektör çevre koruma harcamalarının oranı 2014 yılı için ortalama %1,28 olup Türkiye'de bu oran yaklaşık %0,31 seviyelerindedir (Şekil 3). Bu sonuçlar, Türkiye'de kamu sektöründeki çevre koruma harcamalarının GSYİH içerisindeki oranının

AB ve OECD ülkelerine göre yüksek kaldığını, özel sektörde ise bu oranın AB ülkelerine göre oldukça düşük seviyelerde kaldığını göstermektedir. Türkiye'de özel sektörde yapılan çevre yatırımlarının daha önceki yıllarda tamamlanmış olması, özel sektördeki bu oranın AB ülkelerine göre oldukça düşük seviyelerde kalmasına neden olmuştur.



Şekil 2. Türkiye, AB (Eurostat, 2018a; Eurostat, 2018b) ve OECD Ülkelerinde (OECD, 2018) Kamu Sektöründeki Çevre Koruma Harcamalarının GSYİH İçerisindeki Oranı (Çiçekalan vd., 2019)

Çerçeve 1-2. Türkiye'nin Çevre Koruma Harcamaları (devamı)



Şekil 3 Türkiye ve AB Ülkelerinde (Eurostat, 2013; Eurostat, 2018b; Eurostat, 2018c) Özel Sektördeki Çevre Koruma Harcamalarının GSYİH İçerisindeki Oranı (Çiçekalan vd., 2019)

Kaynak: Çiçekalan, 2019.

2 SU TALEBİNİ KONTROL EDEN ETKENLER VE SONUÇLARI

2.1 Geleceğe Bakış

Geçmişini anlayabilmek, bugünü tanımlayabilmek ve geleceği analiz edebilmek için, “Biz kimiz?”, “Nereye gidiyoruz?” ve “Neden?” sorularına doğru cevaplar bulabilmemiz bize yol gösterir. Uzun insanlık tarihinin içinde bulunduğumuz bu benzersiz döneminde, geleceği tahmin etmeye çalışmak, çevresel sorunların kayda değer ölçüde arttığı göz önüne alındığında özellikle önem arz etmektedir. Çevre ve toplum üzerinde artan baskılar, sadece hayatın getirdiklerine tepki vermek ve sonuçlarına katlanmaktan ziyade, sürece müdahil aktif bir yönlendirici olmayı da gerektirmektedir. Bu noktada, iki önemli husus öne çıkar; öncelikle, insanlık nesli için nasıl bir geleceğe sahip olmak istediğimizi tüm boyutlarıyla tartmalı, ardından en iyi gelecek senaryolarına erişebilmek için bugünden itibaren hangi eylemlerin gerçekleştirileceğine karar verilmelidir. İnsanlık tarihi boyunca iklim ve hava şartları çok önemli unsurlar olmuştur. Günümüzde de, fosil yakıtların tüketimi ve arazi kullanımının değişmesi neticesinde, iklimde daha önce görülmemiş, çok önemli değişikliklere şahit oluyoruz. Bununla birlikte, bilim ve teknoloji de artan ölçekte yeni bilgi ve araçlar sağlayabiliyor.

Bu noktada altı çizilmesi gereken husus, suyun, ayrılmaz bir biçimde insanlığın geleceği ile bağlantılı olduğudur. Dünyanın tüm fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçleri ile, insanoğlunun sosyal ve ekonomik faaliyetleriyle olan güçlü etkileşim sebebiyle su, devam eden bu değişim sürecinde çok önemli bir role sahiptir (Braga vd., 2014).

2.2 Kalkınma, Çevre ve Su

II. Dünya Savaşı’nın sona ermesinin ardından küresel ölçekte pek çok değişim gerçekleşmiştir. Bilim ve teknolojinin gelişimi ile mal ve hizmetlerin arz ve üretimindeki artış, kayda değer olumlu gelişmelerdir. Genel itibarıyla siyasi ve sosyal koşulların düzelmesi ile yaşam standartlarının iyileşmesi, yüz milyonlarca insan için önemli bir gelişme/somut bir sonuç olmuştur.

Büyük Hızlanma adı verilen bu tarihsel dönem, nüfus artışı, artan üretim-tüketim, bol miktarda ucuz enerji mevcudiyeti ve siyasal ekonomileri liberalleştirmekten oluşan bir sistem oluşturmuştur. Bunun merkezinde, 1960’lı yıllarda (Altın Altmışlar), bilimin, dünyadaki tüm sorunları çözebileceğine dair inanış yer almaktadır. Ancak 1970’lerde bu inanç, 1973’teki petrol krizi, toprak, akarsu ve denizlerin kirlenmesi ile silahlanma yarışını takiben sarsılmıştır. Bu gelişmelerin neticesinde ise, 1992 Rio Zirvesi, küresel ölçekte büyük bir çevresel (ekolojik) farkındalık oluşturmuştur.

1980’lerin sonlarında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) tarafından yayınlanan Brundtland Raporu (1987), akademisyenler ve politikacıların yanı sıra, sıradan vatandaşlar arasında dahi kullanılan bir slogana dönüşen *sürdürülebilir kalkınma* kavramını tanıtmış oldu. Bununla birlikte, sürdürülebilir kalkınmanın günümüzde halen tam manasıyla uygulanamıyor oluşu, bu kavramın gücünü de ortaya koymaktadır. Halihazırda erişilebilir ucuz petrol rezervlerinin tükenmesi, iklim değişiminin küresel ölçekteki olumsuz etkileri, çevre kirliliğindeki büyük artış, biyoçeşitliliğin dramatik şekilde azalması ve doğal kaynakların kayda değer ölçüde tükenmesi, batı ülkelerinin refah döneminin sona ermekte olduğuna dair belirtiler göstermektedir. Bu noktada su, insan ve ekosistemlerin yaşam döngülerinin yanı sıra, sosyal ve

ekonomik kalkınma ile de yakinen bağlantılı olduğundan, başlı başına bir endişe unsuru oluşturmaktadır.

Bundan tam iki yüzyıl önceki sanayi devriminin başlangıcından itibaren, sanayileşme yeni bir medeniyet modelini ortaya çıkarmıştır. Sanayi devriminin başlıca itici güçleri olan teknolojik gelişme, tarım, kentleşme ve ulaşım unsurlarının her biri, gerek nüfus artışına, gerekse kişi başına düşen birim talep artışına cevap verebilmek için –günümüzde sürdürülemez olduğu artık anlaşılmış olan- *su odaklı (su yoğun)* mal ve hizmet tüketimini çok büyük ölçüde artırmıştır. Ne yazık ki çağın gerçeği olan iklim değişimi de suyu sınırlayarak, durumu daha da içinden çıkılmaz bir hale sürüklemiştir. Birçok doğal kaynak, mevcut durumda yenilenebileceğinden daha hızlı olarak tükenmekte veya azalmaktadır. Daha açık bir ifadeyle, esasen doğal sermayemizi tüketiyor ve kendi gelecek refahımızı riske atıyoruz; eylemlerimizin geri bildirim mekanizmalarının kontrolünü de kaybediyoruz. İklim değişimini buna çok iyi bir örnek olarak değerlendirecek, dünyada birikmesi milyonlarca yıl almış olan hidrokarbonların çok büyük bir kısmını, ne yazık ki sadece son iki yüzyılda -gaz ve ısı formunda- atmosfere aktarmış bulunuyoruz.

Zengin ve yoksul kesimler arasındaki eşitsizlik giderek artmakta iken, modern iletişim kanalları da bu uçurumu daha belirgin kılmakta ve maddiyatçı bir kültür oluşumu dev ekonomiler ile büyük sektörlerce teşvik edilmektedir. Yirminci yüzyılın sonlarına doğru, Büyük Hızlanma'nın dünya çapında eşikleri aşma ve istenmeyen değişimleri tetikleme risklerini artırmadan, mevcut haliyle devam edemeyeceğine dair işaretler ortaya çıkmıştır. Bu noktada yeni enerji sistemlerine geçiş zaruri gözükmektedir. Aynı zamanda iklim de, karbondioksitteki artışlara karşı eskisinden daha duyarlı bir hale gelmiş ve tahmin edilenden daha fazla ataletle sahip olabilir. Tüm bunlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, küresel ısınma hızlı ve geri döndürülemez küresel değişikliklere sebep olarak, doğal kaynakları -özellikle su kaynaklarımızı- olumsuz yönde etkileyebilecektir.

Crutzen (2002), son iki yüzyıl boyunca, insanların küresel çevre üzerindeki etkilerinin arttığını kaydetmiştir. Bu sebeple, antropojenik (insan kaynaklı) CO₂ emisyonlarının neden olduğu küresel iklim değişiminin, gelecekteki bin yıllar boyunca dahi doğal trendinden uzak seyredebileceği öngörülmektedir. Birçok yönden insan egemen olan şimdiki zamanı (günümüzü) *Antroposen* terimi ile tanımlamak, iklimin son derece istikrarlı bir şekilde süregeldiği son 11.700 yıllık *Holosen* jeolojik dönemini takiben, oldukça uygun görünmektedir. Antroposen, dünya sisteminin dinamik bir hali olup küresel çevre değişimleriyle karakterize edilir; bu durumun Antroposen dönemi Holosen'den ayırt etmek için kayda değer kılmasının yanı sıra, çok hızlı bir ivmeyle giderek Holosen'den daha da farklılaştığının altı çizilmelidir (Steffen vd., 2011).

Crutzen (2002) Antroposen dönemin başlangıcını, kutuplardaki buzulların içine hapsolmuş hava analizinin neticesinde -küresel karbondioksit ve metan gazı konsantrasyonları ışığında- 18. yüzyılın ikinci yarısına denk geldiğini belirtir. Dünya artık eskisi gibi işlev görmemektedir, aksine yeni ve beklenmedik bir tehlike ile karşı karşıyadır; endemik ve istilacı bir tür olan insanoğlunun çoğalarak gezegene egemen olmasıyla, atmosfer dönüşüm geçirmekte, biyosfer fakirleşmekte, litosfer değişmekte ve hidrosfer olumsuz etkilenmektedir.

Yine bu noktada suyun, Antroposen döneminde çok önemli (merkezi) bir konuma geldiği açıktır. Değişim sadece tatlı sular ve geçiş sularında değil, aynı zamanda okyanuslarda ve takiben iç sularda da gözlenmektedir. Küresel iklim değişiminin etkileri, su miktarını (kullanılabilirlik ve talep) ve su kalitesini paralel olarak etkilemekte, ayrıca deniz seviyesinin

yükselmesine neden olmaktadır; bu durum iç sular (yüzeysel ve yeraltı suları) ile birlikte haliçler ve kıyı sularını da kaçınılmaz olarak etkilemektedir. Ayrıca, iklim değişimi yağış döngülerini etkilemekte, sel ve kuraklık gibi ekstrem doğa olaylarının görülme sıklığını artırmaktadır (IPCC, 2012).

Tatlısular, *sınırlı* ve -çoğunlukla- yenilenebilir bir kaynak olup giderek daha fazla tehdit altında kalmaktadır. Sadece akarsu, göl ve akiferleri kirletmekle ve kalitesini düşürmekle kalmıyor, aynı zamanda nüfus artışı ve hayat standartlarının gelişimi gibi gerekçelerle talebi karşılayabilmek için bu kaynaklardan giderek artan miktarlarda su çekiyoruz. Öte yandan, iklim değişimi ve potansiyel sel (taşkın) bölgelerinin oluşumu, suya ilişkin doğal felaketlerin görülme sıklığını ve etkisini de artırıyor. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre, yüzyılın son on yılında yaklaşık iki milyar insan, doğal felaketlerin kurbanı olmuştur; söz konusu felaketlerin % 85'ini sel ve kuraklığın oluşturduğu unutulmamalıdır.

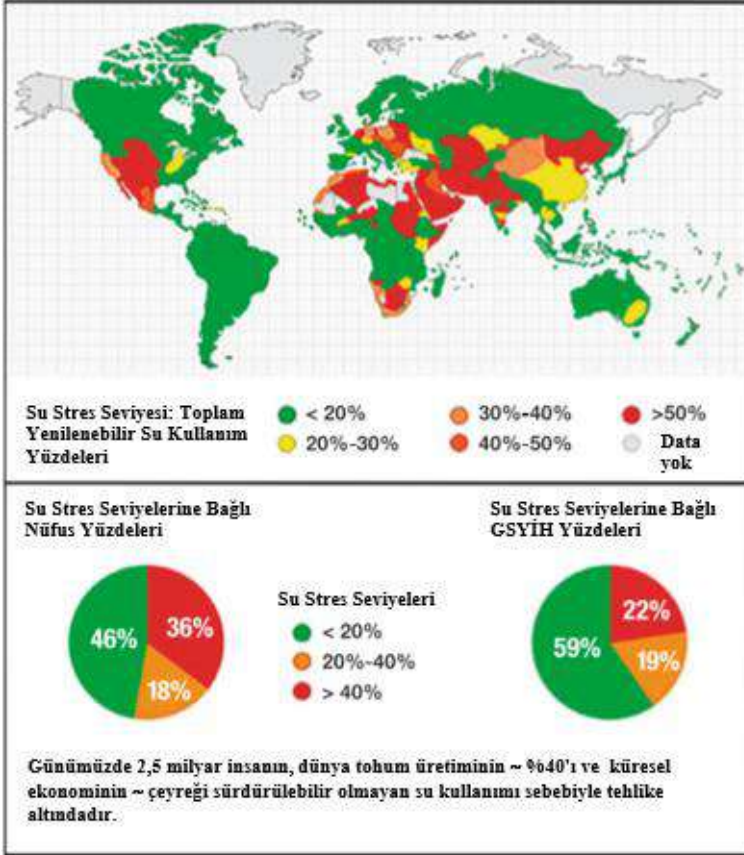
2.3 Su Krizine Doğru

Yıllar boyunca, özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısından bu yana, küresel ölçekte su kullanımındaki artış, nüfus artışının iki katından fazla olmuştur. Bu eğilimlerin belirsiz doğasının gelecek tahminlerini güçleştirmesi bir yana, mevcut durumda nüfus ve gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYİH) öngörülen büyümesi ile, dünyada daha geniş bölgelerin su stresine maruz kaldığı görülmektedir. Bir başka deyişle, mevcut durumun bu şekilde (hız kesmeden) devamı halinde, sürdürülemez su kullanımlarına varacağı açıktır.

Bugün, dünyanın birçok bölgesi halihazırda nüfus ve ekonomik büyüme sebebiyle su baskısı altındadır. Ayrıca bu bölgelerde dünya nüfusunun takribi % 36'sı (2,5 milyar insan!) yaşamakta ve küresel GSYİH'nin % 22'si su kıtlığı olan riskli alanlarda üretilmektedir. Bu durum bölge nüfusunu daha da olumsuz etkilemekte ve su kullanımındaki rekabetin gelişmesiyle birlikte şirketlerin itibarını zedeleyerek üretimi de azaltabilmektedir. Şekil 2-1'de günümüzdeki su stres seviyelerine bağlı nüfus ve GSYİH yüzdeleri gösterilmektedir.

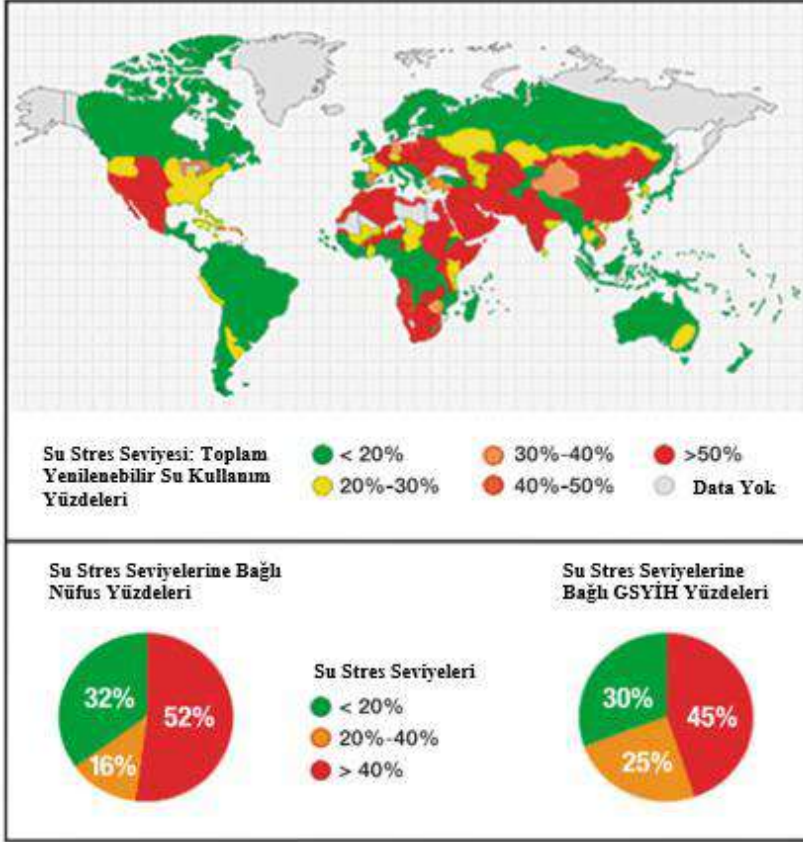
Kişi başına doğrudan kullanılan (birim) su miktarı, ülkeden ülkeye önemli ölçüde değişkenlik gösterir. Gelişmiş batı ülkelerinde, kişi başına günde 200 L olarak kabul edilen ortalama değer, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) için düşük kalabilmektedir. Temel su ihtiyacının karşılanması için gerekli olan su miktarı, uluslararası literatürde uzun yıllardır kişi başına günde ~50 L olarak kabul görmüştür (Gleick, 1998). Dolaylı olarak kullanılan su miktarı ise, beslenme alışkanlıkları gibi birçok faktöre bağlı olarak değişerek, kişi başına günde 3.000~5.000 L mertebesinde seyreder. Ancak bu değer en çok tarımsal üretimde kullanılan sudan etkilenmektedir. 2050'lerde dünyanın bugünküne ilave 2-2,5 milyar insanı daha beslemesi gerekeceği düşünülmektedir. Bu ek nüfusun beslenme ihtiyaçlarını karşılayabilmek için, farklı ürünlerin ve özellikle de tarımsal gıdaların üretiminde kullanılan suyun miktarı ayrıca dikkate alınmalıdır. 2050 yılı için tahmin edilen su stres seviyelerine bağlı nüfus ve GSYİH yüzdeleri Şekil 2-2'de gösterilmektedir.

Burada kritik olan dört ana faktör; su, enerji, gıda güvenliği ve iklim değişimidir. Bunların her biri etkileşimler ve geri bildirimlerle birbiriyile ilişkilidir.



Şekil 2-1. Günümüzde Su Stres Seviyeleri (Braga vd., 2014)

Geniş bir çerçeveden bakıldığında, suyun etkin ve verimli kullanımının artışı ile dünyada hala büyük kazançlar elde edilebileceği görülmektedir. Buna göre, evsel ve endüstriyel su kullanım verimliliği, mevcut ve öngörülebilir teknolojik gelişmeler ile iyileştirilebilir. Tarım sektöründe de su kullanım verimliliğinde önemli gelişmeler için hâlâ imkan bulunmaktadır. Tarımsal sulama küresel ölçekte su tahsislerinin ~%70'ine (düşük ila orta gelirli ülkelerde > % 80) tekabül ettiğinden, bu hususun önemi aşikârdır. Bununla birlikte, tarımda evapotranspirasyon (terleme ve buharlaşma yoluyla önemli miktarda su kaybedilmektedir. İklim değişimi ile nüfus artışı ve/veya ekonomik gelişmelerin de su açığını artıracak tahmin edilmektedir.



Şekil 2-2. Güncel Su Yönetimi ve Tüketimine Bağlı 2050 Yılında Tahmin Edilen Su Stres Seviyeleri (Braga vd., 2014)

Su üzerindeki artan baskılar, şu anda yeterince dikkate alınmasa dahi, zamanla iklim değişimi zararlarını hafifletmek ve bilim ve teknolojiyen destek alarak iklim değişimi etkilerine uyum sağlamak için yeterli önlemler alınmasına olanak sağlar. Son yıllarda bazı tarım bölgelerinde kaydedilen su kullanım verimindeki iyileşmenin zamanla genele yayılabileceği ve tedarik zinciri verimliliğinde önemli düzenlemelerin yapılabileceği kabul edilerek, mevcut su kaynaklarının dünya nüfusunda gelecek 40 yıl içinde öngörülen % 35'lik artışa çıkabileceği düşünülebilir. Bununla birlikte, su üzerinde muhtemel yeni baskılar da beklenmektedir; zira gelişmekte olan ülkelerdeki nüfusun büyük kesimi yaşam standartlarını zamanla daha da yükseltecektir.

2.4 Su Kullanımının Kontrolü ve Sürdürülebilir Refah

Ekonomi sektöründe yaygın olarak kullanılan *refah* terimi, maddi kaynakların yeterliliğinin yanı sıra, mutluluk, sağlık, bolluk ve ferahlık gibi servetten bağımsız diğer insani faktörleri de içermektedir. Refah, sayısal olarak ifade edilirken, genel itibarıyla kişi başına düşen GSYİH artışıyla ölçülür. Bu, dünya nüfusunun en fakir kesimleri için yaklaşık olarak doğru kabul edilebilir. Ancak, daha varlıklı toplumlar ve gelişmiş ekonomiler için durum daha farklı ve bütünsel olarak ele alınmalıdır. Jackson (2011)'in belirttiği gibi, belli bir noktanın ötesinde, ekonomik büyüme arayışları toplumsal huzurun önüne geçebilmektedir.

Esas itibarıyla refah, bazı sınırları daha en başından dikkate almayı gerektirir. Son dönemde dünyada benimsenen ekonomik büyüme, gezegendeki mevcut kaynakların, özellikle de suyun sınırlı olduğu gerçeği ile uyumlu değildir. Gleick ve Palaniappan (2010), su tüketimini ciddi şekilde kısıtlayabilecek artan su kıtlığı tehditleri hakkında uyarılarda bulunmuş ve *pik su* tanımı yapmıştır. Doğal bir hidrolojik döngüde “yenilenebilir” kaynak olarak addedilen su, esasen dünyadaki toplam miktarı sabit olduğundan “sınırlı” bir kaynaktır. Demografik baskılar ve kişi başına düşen birim su talebinin artmasının yanı sıra doğanın taşıma kapasitesi de zamanla aşıldığından, bu gerçek daha belirginleşmektedir.

Birleşmiş Milletler (BM) Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu'nun “Tatlı Su Yönetiminde Stratejik Yaklaşımlar” metnini kabulüyle su, 1998'den beri sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir unsuru olarak görülmeye başlamıştır (UN, 1998). Gelecekte, küresel, bölgesel ve yerel ölçekte su ile ilgili sorunlar giderek karmaşıklaşacak ve suya erişim koşulları giderek eşitsizleşecektir. Su, toplumlar için yeni yeni kritik bir konu halini almakta olup ortaya çıkan sorunlar yenilikçi sosyal, teknolojik ve ekonomik çözüm arayışında başlangıç noktası teşkil edecektir. Karmaşık su sistemleri, belirli bir ölçüye kadar değişen insan baskılarına uyarlanabilir, ancak bazı durumlarda karmaşık olan bu yapılar daha hassas nitelikler de sergileyebilirler. Su ekosistemleri su sistemindeki değişikliklere yavaş tepki gösterebilir veya belli bir baskı seviyesinin üzerinde bir anda kırılma noktasına ulaşabilir; bir başka deyişle görünürde kararlı bir durumdan kararsız olana hızla dönüşebilir.

Mevcut küresel değişimler ışığında, ekosistemlerin kırılgan savunma mekanizmaları, tarımsal kalkınma, sanayileşme, kentleşme ve iklim değişimi gibi faktörler nedeniyle giderek zayıflar, böylece su ve ekosistemlerin yönetimi de daha zorlaşır.

2.5 Gelecekteki Önemli Su Meseleleri

Günümüzün giderek artan gelişim hızı yanında, su kaynakları gibi karmaşık sorunları yönetme konusundaki atalet dikkate değerdir. *Yönetişim* politikalarımızı veya altyapı sistemlerimizi geliştirirken, gerçek değişimler yıllar ve hatta on yıllar mertebesinde uzun zaman dilimlerine ihtiyaç duymaktadır.

Uygulama için gerekli bu faz farkı, dünya nüfusunun ve küresel tahıl üretiminin yaklaşık yarısının, 2050 yılına kadar su stresi altında olacağı dikkate alındığında özellikle rahatsızlık vericidir. Ek olarak, toplam GSYİH'nin de yaklaşık yarısı (~% 45) aynı döneme kadar su baskısı nedeniyle risk altında olacaktır (IFPRI, 2012).

Birkaç on yıl içinde, su kıtlığının dünya nüfusunun $\frac{2}{3}$ 'ünü etkileyebileceği öngörülmektedir. Pek çok ülkede, su kıtlığı ile baş etmek için su arzını artırma eğilimi gözlenmektedir; yüzeysel

ve yeraltı su kaynaklarına erişimin artırılması, yeni altyapı inşası ile depolama kapasitesinin geliştirilmesi, tuzlu su arıtımı, atıksuların yeniden kullanımı, akiferlerin beslenmesi vb. Bu yaklaşım, su arzını artırmaktan ziyade su talebini azaltmaya çevrilmelidir; su kullanım teknolojilerini değiştirmek, suyun genel verimliliğini artırmak, dağıtım sistemlerinde kayıpları önlemek, yeni tarife uygulamalarıyla düşük su talebini teşvik etmek vb.

Su talebini azaltmak, su ile doğrudan ilgili olmayan ancak aynı derecede önemli olan diğer hususların kontrol edilmesiyle de sağlanabilir; demografik büyümenin kontrol altına alınması, üretim süreçlerinde ve tedarik zincirinde su tüketim (özellikle gıda ürünleri) verimliliğinin artırılması, uygun arazi kullanımının teşvik edilmesi, uyum stratejileri ile iklim değişimi etkilerinin en aza indirilmesi vb.

Bu değişiklikler bağlamında, belirli bir nehir havzasını paylaşan ülke ve ülke gruplarının, su talebini sürdürülebilir bir şekilde karşılamak ve su talebi ile su arzı arasında bir denge sağlamanın yanı sıra, gerek yüzey suları gerekse yeraltı sularının dengeli bir şekilde kullanılmasını sağlamak için de, su yönetimi stratejilerini gözden geçirmeleri çok önemlidir. Bu noktada sınıraşan akarsu havzaları özel önem arz etmektedir; su, sınırlar üstü bir kaynak olduğundan, geleneksel ve siyasi sınırları aşan karar mekanizmalarının varlığı ile komşu veya düşman ülkeler arası işbirliğinin sağlanabilmesi hayatidir.

Sürdürülebilir kalkınma modelleri çerçevesinde, sosyal ve ekolojik sistemlerin dayanıklılığı da göz önünde bulundurularak, su ve ekosistemleri yönetme kapasitemizi artırmak çok önemli bir gelecek mücadelesi olacaktır.

2.6 Küresel Ölçekte Su Yönetişimi

Ekonomik olarak verimli, sosyal olarak eşit ve çevresel olarak sürdürülebilir su kaynakları yönetimi politikasının uygulanması ancak iyi yönetim yoluyla sağlanabilir. Son zamanlarda, etkili su yönetişimi kavramı önem kazanmış ve su gündeminin genişlemesine yol açmıştır; böylece, yoksul ve zengin ülkeler ile zengin ve fakir halklar arasındaki demokratikleşme süreçleri ile yolsuzluk ve güç dengesizliklerinin dikkate alınması gündeme gelmiştir.

Tarihsel olarak, mevcut durumdaki su yönetişimi kavramı 2000 yılında Lahey'deki İkinci Dünya Su Forumu 'nda (WWC 2000) ilk kez ortaya atılmıştır. Ancak Forum Bildirgesi su yönetişimini, kamu yararı ve paydaş katılımını içeren su kaynakları yönetimi olarak tanımlamakta olup, esasen bu tanım yetersiz kalmıştır. Bu sebeple forumdan sadece bir yıl sonra, Bonn Tatlı Su Konferansı'nda (GIZ 2001), su yönetimi kavramı, kurumsal reform, yasal çerçeve, adil erişim ve entegre su kaynakları yönetimini içererek şekilde genişletilmiştir. O günden bu yana *su yönetişimi* su alanında çalışan uzmanlar ve akademisyenler aracılığıyla su sektöründe yaygın olarak kullanılan bir kavram haline gelmiştir.

2003 yılındaki Küresel Su Ortaklığı tarafından ortaya atılan açıklamaya göre, su yönetişimi “toplumun farklı seviyeleri için su kaynaklarını geliştirmek ve yönetmek üzere mevcut olan politik, sosyal, ekonomik ve idari sistemler ile su hizmetlerinin sunumu”nu ifade etmektedir (Rogers ve Hall, 2003). Özetle su yönetişimi, suyun nereden, ne zaman ve nasıl temin edildiği ile suyu kimin içeceğini belirler, bir başka deyişle su kullanım hakkına sahip olanları ve su sağlayıcılarının görevlerini ortaya koyar. Bu sebeple su krizlerinin, fiili su kıtlığından ziyade, yetersiz su yönetişiminin sonucu olduğu söylenebilir.

Su yönetişiminin, sosyal, ekonomik, çevresel ve politik olmak üzere, BM tarafından belirlenen dört farklı boyuta sahip olduğu düşünülmektedir (UN WWP, 2006).

Sosyal boyut, su kaynaklarının adil kullanımına işaret etmektedir. Zamansal ve mekansal dağılım dengesizliğinin yanı sıra su, hem kırsal hem de kentsel alanlarda toplumun çeşitli sosyo-ekonomik katmanları arasında eşitsiz şekilde paylaştırılmaktadır. Su miktarı ve kalitesi ile suyla ilgili hizmetlerin nasıl sağlandığı, insanların sağlık ve geçim kaynaklarını doğrudan etkilemektedir.

Su kaynakları ve hizmetlerinin yönetimini kapsayan su yönetişimi esaslarının çoğu, aşağıdaki ortak temellere dayanmaktadır: (OECD, 2011):

- Meşruiyet
- Şeffaflık
- Hesap verebilirlik
- Kapsayıcılık
- Adillik
- Entegrasyon
- Kapasite
- Uyum

Ekonomik boyut, su kaynaklarının verimli kullanımına ve ekonomik büyümede suyun rolüne dikkat çekmektedir. Aşırı yoksulluğun azaltılması ve ekonomik büyümeye yönelik beklentiler, suya ve diğer doğal kaynaklara büyük ölçüde bağımlıdır. Çalışmalar, kişi başına düşen gelir ile yönetim kalitesi arasında güçlü ve pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Çevresel boyut, daha iyi su yönetişimin, su kaynakları ve ekosistem bütünlüğünün sürdürülebilir kullanımını artırdığını göstermektedir. İyi kalite ve uygun akarsu rejimleri, ekosistem işlevi ve hizmetlerini sürdürmenin yanı sıra, yeraltı suları, sulak alanlar ve diğer vahşi yaşam habitatlarını sürdürmek için kritik öneme sahiptir.

Siyasi boyut, su paydaşları ile vatandaşlara, politik süreçleri ve sonuçları etkilemek ve izlemek hususlarında eşit demokratik haklar tanımak demektir. Hem ulusal hem de uluslararası düzeyde, kadınlar, yerel halk ve gecekondü sakinleri gibi pozitif ayrımcılık uygulanması gereken kesimler, karar alma mekanizmalarında meşru paydaşlar olarak fiilen yer almaktadır.

Burada açıkça görülmektedir ki, paydaşların rolü su yönetişiminin yukarıda belirtilen boyutlarını da etkilediğinden oldukça önemlidir.

OECD, 2010 yılından itibaren su politikalarının düzenlenmesine mani olan temel yönetim eksikliklerini belirlemek ve gidermek için çözüm önerileri geliştirmeye yoğunlaşmıştır. OECD “Çok Katmanlı Yönetişim Çerçevesi: Eksikliklerin Farkına Varmak, Eksiklikleri Kapamak”, bütün ülkelerin etkilendiği yönetim sorunlarını belirlemek ve çözüm önerileri geliştirmek için bir araç niteliğindedir (Şekil 2-3) (OECD, 2015).



Şekil 2-3. Çok Katmanlı Su Yönetişim Çerçevesi (OECD, 2015)

Daha iyi su yönetişimi, artık dünya çapında daha adil, daha temiz ve daha yeşil bir ekonomi için temel bir ön koşul olarak kabul edilmektedir. OECD verilerine göre, 2050 yılında; su talebi %55 oranında artacak ve 240 milyon insanın temiz suya, 1,4 milyon insanın ise temel hıfzıssıhha imkanlarına erişimi sağlanamayacaktır (OECD, 2012). Netice itibarıyla artık dünya üzerindeki tüm ülkeler, su kıtlığı çeken ülkelerin yanı sıra suyun bol olduğu ülkeler de dahil olmak üzere, daha az kaynak ile daha fazlasını üretmeyi öğrenmek durumundadır (OECD, 2015).

Su yönetişimi, farklı coğrafi kümelenmeleri dikkate alır:

- Yerel düzey; yerel ihtiyaçlar ve paydaş görüşleri
- Havza düzeyi; doğal akarsu sınırlarının önemi
- Bölgesel düzey; ulusal bir perspektif, arazi kullanım planlaması, havzalararası su kullanımı
- Küresel düzey; su mevcudiyeti ve tüketiminin uzun mesafe etkileri

Farklı ürünlerin üretiminde kullanılan su miktarı, mahsul çeşidine ve üretildiği şartlara bağlı olarak büyük değişkenlik gösterir. Örneğin, 1 kg'lık buğday üretimi 1.300 L'lik su, 1 kg'lık kahve üretimi ise 21.000 L'lik su gerektirir. Et ürünlerini ele aldığımızda, 1 kg tavuk 4.000 L su kullanımına ihtiyaç duyarken, tahılla beslenen sığır etinin 1 kg'ı toplamda 15.000 L su gerektirir. Bir ülkede veya bölgede su dengesi kurulurken, genellikle yağış miktarı ile meydana gelen su miktarı ve komşu ülkelerden gelen yüzeysel sulardan bahsedilir. Ancak bu denge, mahsullerin üretiminde kullanılan suyu kapsıyorsa, üretim için yapılan su ithalatı ve ihracatı da hesaba katılmalıdır. Hoekstra ve Mekonnen'e (2012) göre, en büyük sanal su ihracatı yapılan bölge Kuzey Amerika iken, en büyük ithalatçılar Orta Amerika ve Güney Doğu Asya'dır.

Su Yönetişimi İlkeleri

Su sektörü, kendine has özellikleri sebebiyle karmaşık yapıdadır ve çevre, sağlık, tarım, enerji gibi önemli alanlarla bağlantılıdır. Su problemleri için her ülkeye uygun tek bir çözüm yoktur, aksine her bölgenin kendi imkanlarına bağlı değişen, bölgelere özel yönetişim politikaları ve uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple geliştirilen *su yönetişimi ilkeleri*, su

yönetişim sistemlerinin bölgeye özel geliştirilmesini sağlamayı, bölgelerdeki suyun sürdürülebilirliğini korumak için entegre bir sistemle, ekonomik bir biçimde belli bir süre içinde suyun verimli yönetilmesini amaçlamaktadır.

Su Yönetişimi İlkeleri (12 adet), OECD Bölgesel Kalkınma Politikası Komitesi'nin 29-30 Nisan 2015 tarihinde düzenlenen 33. toplantısında müzakere edilmiş ve 11 Mayıs 2015'de ilgili Komite tarafından yazılı usul ile kabul edilmiştir. OECD Konseyi 13 Mayıs 2015'te İlkeleri onaylamış ve 4 Haziran 2015'te Bakanlar Konseyi'nde desteklerini almak üzere ilgili bakanlara iletmiştir.

Su yönetim ilkeleri, su yönetişiminin 3 temel boyutunu dayanak noktası olarak görmektedir:

- *Etkililik*: Su politikası hedeflerinin belirlenmesi, uygulanması ve hedeflere erişilmesi hususunda yönetişimin sağlayacağı katkısı,
- *Verimlilik*: Asgari bedelle, sürdürülebilir su yönetimini sağlamak için yönetişimin sunduğu katkısı ve
- *Güven ve bağlılık*: Kamusal güvenin temini ve paydaşların katılımının güvence altına alınmasında yönetişimin sağladığı katkısı

ifade eder. Şekil 2-4'te bahsi geçen 3 boyutun ayrıntılı gösterimi bulunmaktadır (OECD, 2015).



Şekil 2-4. Su Yönetişim İlkelerinin Genel Değerlendirmesi (OECD, 2015)

Su Yönetişiminin Etkililiğinin Artırılması

İlke 1: Su politikalarının geliştirilmesi (önceliklerin tespiti ve stratejik olarak planlanması, bütçe değerlendirmesi, paydaş katılımı ve kapasite artırımı), yönetimi (hizmet sistemleri, altyapı yatırımları) ve düzenlenmesi (tarife belirleme, standartlar, izleme, lisanslama) amacıyla tüm yönetim düzeylerinde görev ve sorumlulukların açıkça tanımlanması, ilgili kurumlara paylaştırılması ve düzeyler arasında bağlantı kurulmasını kapsamaktadır.

İlke 2: Suyun havza bazında entegre bir şekilde yönetimini temin etmek ve bölgelere bağlı değişen şartlara uyulanabilir su yönetişimini sağlamak için farklı ölçeklerde su yönetişimi

sistemleri geliştirilmelidir. Bu ilke kapsamında; içme suyu, temini, atıksu arıtımı ve uzaklaştırılması aşamalarında hidrolojik çevrimin kurulması; yerel şartlara uygun ve ulusal politikaların desteklediği havza yönetim planlarıyla gerekli görülen eylem ve önlemlerin sağlanması amaçlanmaktadır. Ayrıca; kullanıcı, paydaş ve tüm yönetim düzeylerinde desteklenecek işbirliğinin yanında sınıraşan sular konusunda komşu ülkeler arası işbirliğinin teşvik edilmesi de hedefler arasında yer almaktadır.

İlke 3: Su, çevre, tarım, sanayi, sağlık gibi temel sektörler arası koordinasyonun verimli bir şekilde sağlanmasıyla; su kalitesi, talebi ve suya erişilebilirlik gibi önemli konular dikkate alınarak su kaynaklarının korunması; etkili izleme sistemlerinin kurulması; raporlama ve değerlendirmelerin eksikleri doğru şekilde tespit etmesinin temini; sektörler arası çatışmaları ve tutarsızlıkları önlemek için sektörel stratejilerin su yönetimini destekler konumunda olmasını amaçlamaktadır.

İlke 4: Sorumlu idarelerin; su tehditleri ve sorumluluk almadaki yetkinliklerini artırmak ve entegre su yönetimini temin etmek amacıyla planlama, proje yönetimi, finans, veri toplama, analiz etme ve izleme, risk yönetimi ve durum değerlendirmesi konularında ihtiyaçların belirlenmesi ve gerekli düzenlemelerin yapılmasını kapsar.

Su Yönetişiminin Verimliliğinin Artırılması

İlke 5: Su verilerinin doğru paylaşımı için yöntemlerin tanımlanması, veri üreten kurumlarla kullanıcılar arasındaki koordinasyonun teşvik edilmesi ve veri yükü incelenmesi adımlarıyla verilerin üretilmesi, güncellenmesi ve su politikalarında doğru kullanılmasını kapsar.

İlke 6: Yönetişimde su finansmanının etkin bir şekilde kullanımının sağlanması maksadıyla kirlenen öder gibi ilkelerin öne çıkarılması, su yatırımlarının kısa, orta ve uzun vadeli olmaları göz önünde bulundurularak mali planlamaların somut ve şeffaf bütçelemeyle düzenlenmesini ve gerekli olmayan kamu harcamalarının asgari düzeye indirilmesini kapsar.

İlke 7: Bölgelere özel su yönetimi mevzuatının, mevzuatla alakalı süreçlerin kalitesinin artırılması ve sonuçların kamunun erişimine açılması, şeffaf ve orantılı uygulama kurallarının, teşviklerin ve araçların tespit edilmesi yoluyla teminini içermektedir.

İlke 8: Yenilikçi su yönetişimi uygulamalarının pilot ölçeklerde denenmesinin teşviki, sosyal medya, bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla su yönetişimi uygulamalarının kamu özelinde öğretiminin sağlanması, daha kapsamlı ve doğru su yönetişimini sağlamak için bilimsel bulgularla desteklenen güçlü bir bilim-politika etkileşiminin teşvik edilmesini içermektedir.

Su Yönetişiminde Güven ve Katılımın Artırılması

İlke 9: Karar verme aşamasında daha geniş güven ve izlenebilirlik sağlamak maksadıyla, su politikaları ve su yönetişiminde açık denetim ve kontrol sistemlerinin temin edilmesini, şeffaflıkla alakalı kuralların uygulanma aşamasındaki kontrolünün sağlanması, şeffaflık için çok paydaşlı yaklaşımların ve eylem planlarının hazırlanması yollarıyla doğruluk ve şeffaflık uygulamalarının yaygınlaştırılmasını kapsar.

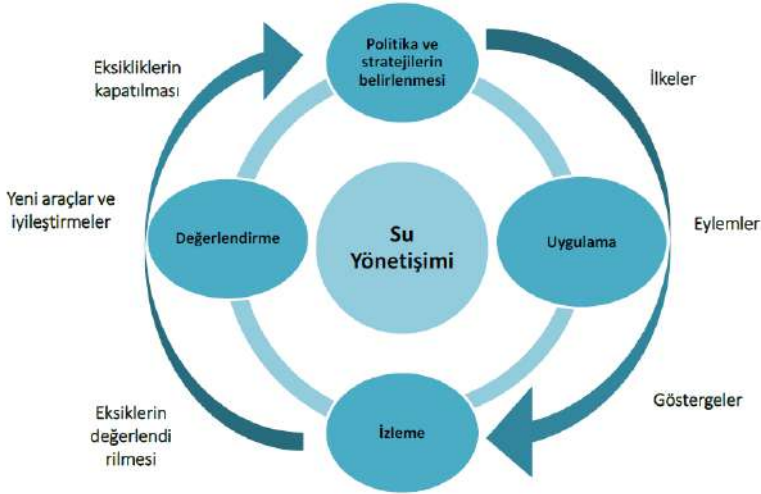
İlke 10: Su politikalarının planlama ve uygulanması aşamalarında paydaş katılımını artırmak için suyla ilgili kararları etkileyen, kararların tesirinde kalanların etkileşimlerinin tespit

edilmesi; toplumda temsil edilemeyenlere hususi alaka gösterilmesi, paydaş katılımının ihtiyaca yönelik ayarlanması ve değişen koşullara uyum sağlayacak şekilde olmasını kapsar.

İlke 11: Ayrım yapmaksızın karar verme aşamasında katılımın desteklenmesi, daha iyi finansman ve sürdürülebilirliğin sağlanması için farklı su kalitesi seviyeleri (çok fazla, çok az, çok kirletilmiş su) ile alakalı risk ve maliyetler hakkında kamusal tartışmanın teşvik edilmesini kapsar.

İlke 12: Su yönetişiminin; su politikalarının öngörülen sonuçlarını hangi ölçüde sağladığını tespit için düzenli izleme ve değerlendirmenin teşvik edilmesi, sonuçların kamuoyuyla şeffaf şekilde paylaşılması, yeni bilgiler ışığında stratejilerin güncellenmesini kapsar (OECD, 2015).

Yukarıda açıklanan su yönetim ilkelerinin, Su Yönetişim Döngüsü'nde bulunan politika ve stratejilerin belirlenmesi aşamasından uygulama aşamasına geçişte fayda sağlayacağı düşünülmektedir (Şekil 2-5).



Şekil 2-5 Su Yönetişim Döngüsü (OECD, 2015)

3 İKLİM DEĞİŞİMİ VE SU KAYNAKLARINA ETKİLERİ

3.1 İklim Bilimi Esasları

3.1.1 İklim Değişimi Değerlendirme Süreci

İklim değişimi değerlendirmesinin başlıca adımları, esas itibarıyla su kaynakları yönetiminde kullanılan adımları izler:

- I. Gözlem verilerini derleyerek, mevcut durumu, zaman içindeki eğilimleri ve bu eğilimlerin nedenlerini analiz etme,
- II. Sosyo-ekonomik ve biyo-fiziksel yapılar açısından geleceğin nasıl görüldüğünü resmetme,
- III. Mevcut durumu ve onu oluşturan faktörleri sayısallaştırma
(İklim değişimi durumunda, emisyon seviyelerini etkileyen sosyo-ekonomik ve biyo-fiziksel değişiklikleri sayısallaştırmak ve ardından söz konusu emisyon seviyeleri ile çıkan atmosferik konsantrasyonları hesaplamak manasına gelir),
- IV. İklim değişimi projeksiyonunu (salınımlarını) ortaya koyma,
- V. Sonuçlar ile birlikte iklim değişimi yönetimi seçeneklerini değerlendirme.

Burada tarif edilen 5 adım, gerektiğinde bir dizi ek aşamaya bölünebilir. İklim modellerinden elde edilen sonuçlar henüz her türlü etkiyi değerlendirmek için doğrudan kullanılamadığından, bu ilave adımlar iklim değişimi etkisi altındaki su kaynakları ile ilgili değerlendirmeler için gerekli olmuştur. Söz konusu adımlar aşağıdaki bileşenleri içerebilmektedir:

- İklim senaryoları dahilindeki muhtelif senaryoların daha detaylı tanımlanması ve/veya iyileştirilmesi
- İklim verilerinde ölçeklendirilme (ölçek küçültme) uygulanması
- Etki değerlendirmeleri için ek veri ve modellerin kullanılması

IPCC raporlarında da kullanılan iklim ve su bilgisi zinciri, sosyo-ekonomik sistemin gelecekte nasıl gelişebileceğine (evrileceğine) dair temel senaryolar olan A1, A2, B1 ve B2 başlıklı emisyon senaryolarına dayanmaktadır. Farklı sosyo-ekonomik varsayımlar, emisyonlara ilişkin mevcut bilgilere de dayandırılarak, farklı sera gazı salım ihtimalleri ile sonuçlanır. Değişen emisyonlardan etkilenen söz konusu gazların atmosferik konsantrasyonları da modeller aracılığıyla hesaplanır. Sıcaklık ve yağış değişiklikleri, deniz seviyesi yükselmesi ve çok daha ötesi sonuçlara yol açan iklim değişimi, esasen bu yeni konsantrasyonların enerji dengesinde yol açacağı değişiklikler (radyatif zorlama) neticesinde gerçekleşir. Tüm bu değişimler, niteliksel ve niceliksel olarak iklim modelleri vasıtasıyla ortaya konur (Brown ve Ward, 2013).

Modelleme çalışmalarında her aşamada bazı hatalar ve belirsizlikler mevcut olup bunlar çoğunlukla aşağıdaki etkenlerden kaynaklanırlar:

- Orijinal veriler (gözlem verileri)
- Muhtemel gelecek senaryolarının çok fazla olması
- Senaryo göstergelerinin sayısallaştırılması
- Model hata payı ve yanlışlığı (iklim modelleri, ölçek küçültme metodolojileri ve etki modelleri)
- Sonuçların yorumlanması ve değerlendirilmesi

İklim bilimi ile hidroloji bilimi uzmanları, modelleme adımlarının her birinde söz konusu hata ve belirsizlikleri gidermek için halen çalışmaya devam etmektedirler.

3.1.2 Tarihsel Verilerin Derlenmesi ve Analizi

Sera gazı emisyonlarının hidrolojik döngü ve su yönetimi üzerindeki etkilerini analiz etmek için, gelecekteki muhtemel rotalarımızın karşılığı olan muhtelif senaryoların geliştirilmesi gerekmektedir. Ancak, neler olabileceğine dair makul senaryolar geliştirmek için de, öncelikle şimdi neler olduğunu, bir başka deyişle mevcut durumumuzu, daha net anlamamız gereklidir. Nüfus, enerji ve arazi kullanımına sirayet eden sosyal, ekonomik ve teknolojik değişikliklerinin geçmiş eğilimleri gibi karar verme süreçlerini etkileyebilecek parametreler ortaya konmalıdır. Bu durum, iklim değişiminin küresel ölçekte ortaya konulabilmesi için küresel verilerin derlenmesini gerektirir.

Gözlem verileri, halihazırda hata ve tutarsızlık içerebilir; bunlar genellikle aşağıda sıralanan etkenlerden kaynaklanır:

- Ölçüm hataları
- Ölçümlerin kaydedilmesindeki hatalar
- Zamana ve ülkelere göre değişen ölçüm yöntemleri ve teknolojileri
- Ölçüm noktalarındaki mekansal değişiklikler/arazi değişimi
- Ölçüm noktaları çevresindeki değişiklikler
- Veri boşlukları vb.

Bu nedenle gözlem verileri, derlemenin akabinde detaylı analiz, boşluk analizi ve hataların kontrolü suretiyle, tutarlı veri kümelerine dönüştürülmelidir. Burada kayda değer olan bir husus, en azından iklim verileri için bu çalışmanın uluslararası gayretlerle yapılmış olması neticesinde, düzeltilmiş iklim veri setinin halihazırda mevcut olmasıdır. Daha fazla veri ve bilgi elde etmek, mevcut veri tabanlarını eleştirel bir gözle incelemek ve iyileştirmek, ölçülen verilerdeki belirsizliği göstermek ve gidermek için bu gayretler durmaksızın devam etmektedir.

Demografi, enerji, gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH), temel arazi kullanımları, tarımsal üretim potansiyelleri ve fiili tarımsal üretim miktarlarına ilişkin mekansal detayda ve tutarlı bilgiler mevcuttur. Bu tür verileri sağlayan kurumlar aşağıda örneklenmiştir:

- Demografi - BM Nüfus Bölümü, Uluslararası Uygulamalı Sistemler Analizi Enstitüsü (IIASA)
- GSYİH - Dünya Bankası
- Enerji - IIASA Küresel Enerji Değerlendirmesi, Uluslararası Enerji Ajansı
- Arazi kullanımı - Hollanda Çevresel Değerlendirme Ajansı Küresel Çevre Veri Tabanı, Ramankutty, IIASA Dünyada Tarımsal Ekoloji Bölgeleri (GAEZ)
- Tarımsal üretim - IIASA GAEZ, McGill Üniversitesi Arazi Kullanımı ve Küresel Çevre Laboratuvarı

3.1.3 Senaryoların Geliştirilmesi

Geleceği bilmemekle birlikte, geçmişe dair bilgimizi, gelecekle ilgili makul senaryolar geliştirmemize yardımcı olmak amacıyla kullanabiliriz. Basit bir senaryo örneği, nüfus artışı gibi temel bir değişkenin yanı sıra, bilinen büyük (bölgesel) planlamaların da dahil edilmesiyle, geçmiş eğilimlerin gelecek izdüşümünün çıkarılmasıdır. Genellikle mevcut durum senaryosu

(temel senaryo) olarak adlandırılan bu tarz projeksiyonlar, çoğunlukla planlamaya yardımcı olmak amacıyla yapılmış olup tahminler revize edilebildiği ölçüde, kısa ve orta vadeli planlamalar için oldukça kullanışlıdır. Ancak, uzun vadeli planlamalar ve büyük altyapı değişimleri, geçmiş eğilimleri geleceğe yansıtmamanın yetersiz kalmasına yol açabilir. Su kaynaklarının iklim değişimi etkisi altında yönetilmesindeki en büyük belirsizlik, veri veya model projeksiyonları değil, geleceğin kendisidir. Bu belirsizliği mümkün olduğunca azaltmak, çok sayıda ve makul gelecek rotalarının geliştirilebilmesinden geçer. Ardından bu geniş yelpazedeki değişim ihtimalleri, iklim değişimine yön veren ve dolayısıyla su kaynaklarını etkileyen sosyo-ekonomik ve biyo-fiziksel güçler bağlamında, kapsamlı olarak değerlendirilir.

IPCC Değerlendirme Raporlarında farklı emisyon salım düzeylerini temsil eden farklı senaryolara yer verilmiştir; buna göre sera gazı konsantrasyonlarını temsilen, dört temel *temsili konsantrasyon yolu/rotası* (RCP) mevcuttur. Söz konusu RCP'ler temelde iklim modellerini çalıştırmak için kullanılır. Ancak belirleyici etkenler çok çeşitli olduğu için, iklim ve/veya su kaynakları uzmanlarının bu senaryoları tek başlarına geliştirmesi beklenmez. Artık, idareciler/karar vericiler de dahil olmak üzere, birçok farklı sektörden paydaşın müdahil olduğu, disiplinlerarası ekiplerin gerektiği kabul edilmektedir.

3.1.4 Modelleme

Matematiksel modeller, niteliksel senaryoların geliştirilmesini müteakiben, sonuçları nicel olarak analiz etmeye de yardımcı olur. Küresel iklim modelleri (GCM) olarak bilinen modeller, tarihsel ve gelecek dönemdeki iklimi incelemek için geliştirilmiş olup, bir başka deyişle GCM'ler *dünya sisteminin* matematiksel bir karşılığı veya temsidir. Burada modellerin esas amacı, dünyanın enerji dengesini hesaplamaktır; dünyaya giren ve çıkan enerji miktarları ile dünyada kalan (tutulan) enerjinin dönüşümü ile ilgilenirler. Enerji dengesini anlamak, tüm iklim sistemini anlamak manasına gelir. GCM'ler, iklim sistemini modellemek için mümkün olduğunca bu sistemin fiziksel ve biyo-jeokimyasal süreçlerini içermekte olup, enerji dengesini tamamlayarak hesap yaparlar.

Gelecekteki sera gazı konsantrasyonları, farklı emisyon senaryolarına dayanmaktadır. GCM'ler de, sera gazı ve aerosollerin farklı konsantrasyonları için çalıştırılır. İşlevselliklerini kontrol etmek amacıyla farklı GCM'ler tarihsel dönemler için çalıştırılarak, sonuçları ölçüm verileri ile mukayese edilir. İklim modellerinin performansı son yıllarda oldukça artmış olup, ortalama sıcaklıktaki değişiklikler gibi, büyük ölçekli süreçleri modeller vasıtasıyla simüle edebilmek mümkündür. Öte yandan, yağış modellemesinde hala sistematik hatalar veya yanlışlıklar mevcuttur. Bu nedenle GCM'lerin yağış çıktıları, doğrudan hidrolojik veya su kaynakları modellerini çalıştırmak veya girdi teşkil etmek için kullanılamaz (Hansen vd., 2006). İklim değişiminin su kaynakları ve ekstrem hidrolojik olaylar üzerindeki etkilerinin doğru analizini yapmak için bu yanlışlıkları en aza indirmek elzemdir.

Burada bahsedilen model yanlışlığının bir kısmının, kaba model çözünürlükleri (örn. 200-300 km) sebebiyle ortaya çıktığı da bilinmelidir. GCM'ler gerek modelleme kapasiteleri, gerekse çözümleyebildikleri fiziksel süreçler açısından sürekli olarak geliştirilmektedirler. Son dönemlerde, ekvator kuşağında 20 ila 50 km kadar düşen yatay çözünürlüklerde çalışmalar da gerçekleştirilebilmiştir.

Bununla birlikte model mukayeseleri ve çok modellenli topluluklar, yanlılıkla (iklimsel değişkenlerin tutarlı bir şekilde çok yüksek veya çok düşük olmasıyla sonuçlanan sistematik hatalar) ilgilenmezler veya etki değerlendirmesi için gerekli çözünürlüğü sağlamazlar. Bunun için muhtelif ölçek küçültme ve yanlılık düzeltme yöntemleri geliştirilmiş olup bu yöntemleri iki ana grupta toplamak mümkündür: istatistiksel ölçek küçültme ve dinamik ölçek küçültme (Jacob ve van den Hurk, 2009).

Dinamik ölçek küçültme, GCM içinde yer alan yüksek çözünürlüklü bölgesel iklim modellerini (RCM) kullanır. RCM'ler, topografik yapı, kıyı şeridi ve arazi kullanımı hakkında daha ayrıntılı bilgiler içermektedir. Bu yöntemin temel eksikliği, yüksek hesaplama maliyeti ve eğitilmiş modelleme personeli ihtiyacıdır.

İstatistiksel ölçek küçültme teknikleri ise, GCM'ler ile daha iyi temsil edilen büyük ölçekli meteorolojik olaylarla yerel olarak gözlemlenen değerler arasındaki ilişkileri kullanır (örn. yağış ve sıcaklık korelasyonu). Bu ilişkiler daha sonra GCM'de modellenen değişikliklere dayandırılarak, yerel yağış ve sıcaklıktaki değişimleri tahmin etmekte kullanılır. Bu sistemin üstünlüğü, istasyon (nokta) ölçeğinde, gelecek zaman serilerini oluşturabilmesidir. Etki modelleri genellikle bir veya daha fazla istasyondan gelen iklim verileri ile kalibre edilir. İstatistiksel bir ölçek küçültme yöntemi kullanarak, aynı istasyon(lar) için gelecekteki meteorolojik veriler aracılığıyla iklim değişiminin etki analizini yapmak da mümkündür. İstatistiksel ölçek küçültmenin en sorunlu kısmı, küresel ısınmanın bir sonucu olarak farklı meteorolojik olaylar arasındaki ilişkilerin değişmesidir. İstatistiksel ölçek küçültme sürecinde, meteorolojik değişkenler arasındaki fiziksel tutarlılık korunmaz. Tek bir değişkenin mekansal tutarlılığı da, özellikle geniş alanlarda korunamaz.

Ölçek küçültme uygulandıktan ve yanlılık giderildikten sonra, iklim değişiminin su kaynakları üzerindeki etkilerini analiz etmek için hidrolojik modeller devreye girer. Bu noktada hidrolojik modelleme uzmanları, tıpkı iklim modelcilerinkine benzer zorluklar ve kısıtlamalar yaşarlar:

- Veri kalitesi ve mevcudiyeti
- Su kaynaklarının farklı kullanım alanlarını ve ihtiyaçların çeşitliliğini yansıtan gerçekçi senaryoların geliştirilmesi ile gelecekteki su potansiyeli ve kullanımı olasılıklarının çeşitliliği
- Modellerle temsil edilen sosyal ve fiziksel süreçlerin yeterliliği
- Analiz için uygun çözünürlük

Modellemede, kesinlik ve doğruluk arasında her zaman bir takas mevcuttur. Karmaşık sosyal ve fiziksel süreçleri eklemek model kesinliğini artırırken, modeli parametrelendirmek ve çalıştırmak daha zorlaştığı gibi, bu süreçler hakkında yeterli veri girilmeden modelin doğruluğu geliştirilemeyebilir, hatta azalabilir.

Mühendislik ve istatistikte, bir ölçüm sisteminin doğruluğu, bir niceliğin ölçüm değerinin asıl değere olan yakınlık derecesidir. Bir ölçüm sisteminin kesinliği ise, aynı şartlardaki ölçümlerin aynı sonucu verme derecesidir.

Son olarak, su kullanımı ve su yönetimi eğilimlerinin matematiksel karşılıklarını veya temsillerini içeren, pek çok hidrolojik model geliştirilmiş olup sürekli olarak geliştirilmeye devam etmektedir. Birçok model ve yöntem artık halihazırda mevcut olduğundan, modellerin belirsizlik aralıklarını değerlendirmek amacıyla birden fazla sayıda modelin karşılıklı mukayesesi de mümkün hale gelmiştir. İklim ve hidroloji modellerinde yer alan arazi yüzeyi modelleri arasında dahi model karşılaştırmaları yapılabilir. Bu noktada çok modellenli topluluklar vasıtasıyla, sadece ortalama değerlerdeki farklılıklar değerlendirilmeye kalmayıp, daha gelişmiş yanlılık düzeltme ve model iyileştirme yöntemleri sayesinde ekstrem olaylar da artık daha detaylı olarak değerlendirilebilmektedir.

3.2 İklim Değişimi ve Su Yönetimi

İklim değişkenliği; su varlığı, su güvenliği ve sulak alan ekosistemleri üzerinde oldukça önemli etkilere sahiptir. Her yıl milyonlarca insan kuraklık ve sel gibi ekstrem doğa olaylarından etkilenmektedir. İklim değişimi nedeniyle bu tür ekstrem olayların sıklığı (frekansı) ve büyüklüğü artmaktadır (Bates vd., 2008).

İklim değişimi, yağış ve buharlaşma üzerindeki etkileri dolayısıyla su potansiyelini değiştirir, ancak değişiklikler her yerde benzer olarak gözlenmeyecektir. Dünyanın bazı bölgelerinde su potansiyeli artarken, başka bölgelerde insani kullanım ve ekosistem için gerekli su azalır. Tarım, suya en büyük miktarda ihtiyaç duyan sektör olmaya devam ederken, artan nüfus dolayısıyla tarımsal üretim için gerekli su miktarı gelecekte daha da artacaktır. Bununla birlikte, evsel ve endüstriyel su talepleri de bazı bölgelerde son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkelerinin çoğunda tarımsal talepler halihazırda aşılmış bulunmaktadır. Su varlığı ve talebindeki bu salınımlar, özellikle yarı kurak bölgelerde ciddi su kıtlığına neden olmakta ve tatlısu küresel ölçekte daha da nadir erişilebilen bir meta haline gelmektedir (Brown ve Ward, 2013).

Su kaynakları planlamasında görev alan uzmanların çoğu, küresel ısınmanın neticesinde hidrolojik döngünün farklılaştığının ve iklim değişiminin su kaynakları yönetimini etkileyeceğinin bilincindedir. Bununla birlikte, geleceğin planlanmasında iklim değişimi projeksiyonları ve senaryolarının kullanımı kolay değildir; iklim değişiminin su potansiyelini ve ekstrem hava olaylarını nasıl etkileyeceği hala belirsizdir. Bu belirsizlikler, iklim değişimine ilişkin bilgi birikiminin, su yönetimine aktarılmasını ve entegre bir yaklaşımı güçleştirmektedir.

3.2.1 Rezervuar (Baraj Haznesi) Yönetimi

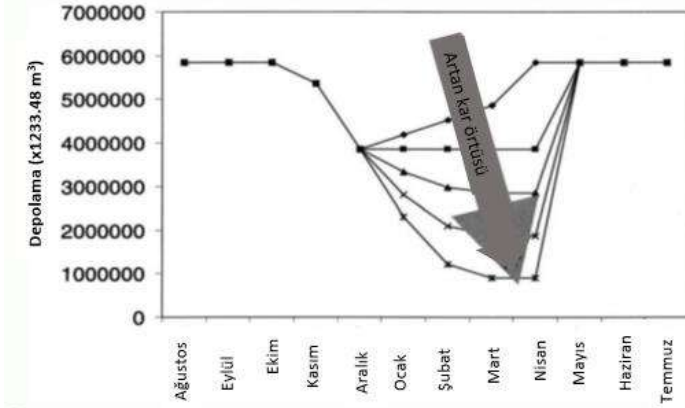
Birçok rezervuar, yılın farklı zamanları için hedeflenen seviyelerde su depolamasını sağlamak üzere tanımlanmış olan işletme eğrileri ile işletilmektedir. Rezervuar işletimindeki temel amaç; özellikle kurak dönemlerde ihtiyaç debisini sağlarken, yağışlı dönemlerde işletme eğrisine uygun olarak rezervuarın belirlenen su seviyesine kadar doldurulmasını sağlamaktır. Geçmişte işletme eğrileri deneme yanılma yoluyla belirlenirken, günümüzde çeşitli optimizasyon teknikleri ile belirlenmektedir. Bu yöntemlerin çoğu gerekli su depolama hacmi ihtiyacının belirli bir güvenilirlik düzeyinde karşılanması esasına dayanır (Brown ve Ward, 2013).

Rezervuar işletme sürecinde, su seviyesinin işletme eğrisinin altında kalması durumunda barajdan bırakılan su miktarında kesintiler yapılabilir. Ancak işletme eğrileri tek başına bir rezervuarın işletilmesi ile ilgili tüm kuralları içermez. Çünkü depolama seviyesi hedef seviyeden farklılaştıkça bırakılması gerek suyun miktarının belirlenmesi için tek bir çözüm

bulunmaz, birden fazla kısıt, bırakılacak su miktarını etkiler. Barajdan bırakılacak su miktarının belirlenmesinde hem işletme eğrileri hem de gerekli diğer kısıtlamalar dikkate alınmalıdır. Örneğin bir rezervuardaki su seviyesinin istenilen seviyenin altında düşmesi durumunda kullanıcıların su ihtiyaçları için bırakılacak su miktarı tamamen kesilmeyip belli bir kısıtı ile su sağlanmaya devam edilir.

Her ne kadar başlangıç koşulları, baraj gölüne giren toplam akım miktarı ve kullanıcı ihtiyaçları zaman içerisinde önemli değişkenlikler gösterse de rezervuarlar genellikle yıldan yıla değişmeyen statik işletme kurallarına göre işletilirler. Bu kurallar en kötü senaryo altında gerçekleşebilecek su ktlığına göre belirlenmiş olup, operatörler rezervuarları bu kurallar çerçevesinde işlettikleri sürece kendilerini güvende hissediler. En kötü durum senaryoları her ne kadar geçmişteki tecrübelerden elde edilmiş olsalar da sistemdeki tüm değişkenliği temsil etmezler. Ayrıca rezervuarların yalnızca en kötü senaryo olasılığına göre işletilmesi durumu, su kaynakları sisteminin en iyi şekilde işletilmesi koşullarında elde edilebilecek fırsatların (daha fazla elektrik üretimi vb.) kaybedilmesine yol açabilir. Bu gibi durumların kısmen üstesinden gelmek için rezervuarın mevcut işletme eğrileri düzenlenerek rezervuar için farklı hidroklimatik koşulları da dikkate alan birden çok işletme eğrisi kullanılabilir. Bu işletme eğrilerine koşullu veya uyarlanabilir işletme eğrileri adı da verilmektedir.

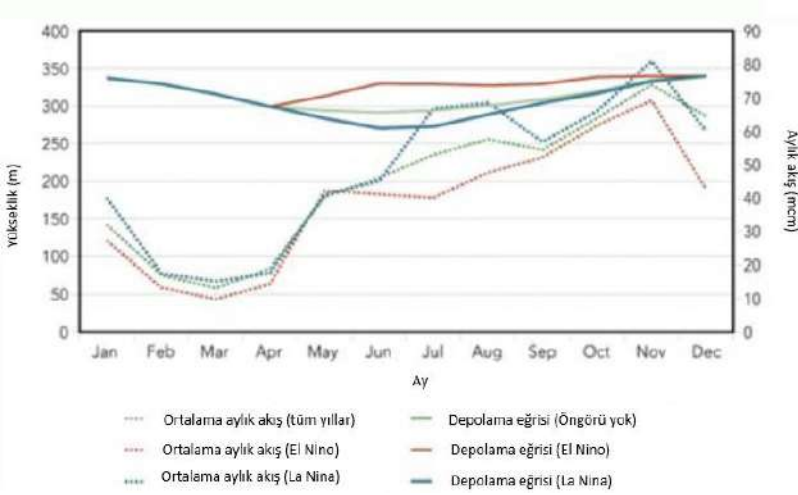
Koşullu işletme eğrileri farklı büyüklük ve indisleri dikkate alınarak elde edilir. Ardışık büyüklükler (örneğin son 15 gündeki yağışlı günler) veya tahmin edilmiş akım verileri bu büyüklüklere örnek olarak verilebilir. Ayrıca kurak ve yağışlı zamanlar için elde edilmiş farklı işletme eğrileri de kullanılabilir.



Şekil 3-1 Taşkın Amacıyla Kullanılan Bir Rezervuar için Elde Edilen Koşullu İşletme Eğrileri (Brown ve Ward, 2013)

Şekil 3-1’de farklı kar yüksekliklerine göre Ocak-Mayıs aylarında rezervuarda depolanması istenilen su hacimleri gösterilmiştir. Taşkın amacı ile kullanılan bu rezervuarda, yıl içerisinde hidroklimatik koşullarına bağlı olarak artan kar yüksekliği ile rezervuarın işletme eğrisindeki depolama seviyesi düşmektedir. Kar yüksekliğinin artması ile birlikte baraj gölüne gelen akımlar ile barajın maksimum depolama hacmini aşması tehlikesine karşın rezervuardaki su hacmi belirli bir güvenilirlik seviyesinde minimumda tutulmaktadır. Taşkın kontrol amaçlı koşullu işletme eğrisine göre işletilen bu rezervuarda olduğu gibi su temin amacı ile kullanılan bir rezervuar için de uygun koşullu işletme eğrileri elde edilebilir. Çoklu (birden fazla) rezervuarın olduğu sistemlerde toplam depolama kapasitesine göre işletme eğrisi elde edilerek

su kaynakları sistemi bu kurallar altında işletilebilir. Yine benzer şekilde farklı hidroklimatik koşullar (kurak ve yağışlı dönemler) için geliştirilmiş işletme eğrileri iklim tahminlerine bağlı olarak uygulanabilir. İklim tahminleri, mevsim normallerinden daha kurak bir dönem dolayısıyla rezervuara daha az akış öngörüyorsa, rezervuar kurak dönemde güvenilir su miktarını sağlayabilmek için bu dönem öncesinde daha fazla su depolayabilir. Şekil 3-2’de farklı hidroklimatik koşullar altında (El Nino, La Nina) rezervuara ulaşan aylık ortalama akım miktarlarına bağlı olarak üretilmiş baraj işletme eğrilerini gösterilmektedir.



Şekil 3-2 Farklı Aylık Akım Değerlerine göre Elde Edilmiş İşletme Eğrileri (Brown ve Ward, 2013)

Su kaynakları yönetiminin iyileştirilmesi için, hidroklimatik bilgilerin karar verme sistemine entegre edilmesi gerekir. Bu entegrasyon, iklim temelli tahminleri girdi olarak kullanan su tahsisi karar destek modelleri ile sağlanabilir. Geliştirilen karar destek sistemi, temelde iklim bilgilerini kullanarak elde edilen muhtemel rezervuar akışlarına ait olasılık aralığını daraltarak su tahsis kararlarının iyileştirilmesine olanak sağlar. Geçmişte kullanılan geleneksel su tahsis modellerinin büyük çoğunluğu deterministik modellerdi, ancak son yıllarda su yöneticileri ve araştırmacılar stokastik akış tahminleri üzerine yoğunlaşmaktadır.

Sankarasubramanian vd. (2009) tarafından geliştirilen deterministik bir su tahsis modeli içme suyu ve tarımsal sulama ihtiyacı ile hidroelektrik enerji üretimi amacıyla kullanılan bir rezervuarın su tahsisini stokastik akım tahminleri kullanarak gerçekleştirmektedir. Bu model, belirli iklim koşulları altında belirlenmiş akımların dağılımını girdi olarak kullanacak şekilde değiştirilmiştir. Böylece geliştirilen model yardımı ile rezervuara ait su tahsis simülasyonları; mevsim sonunda işletme eğrisi koşullarını sağlayacak şekilde rezervuardaki suyun önce içme suyu, sonra tarım ve son olarak da hidroelektrik enerji üretimine aktarılacak üzere tahsisi gerçekleştirilmektedir. İklim tahminlerine dayanan karar destek araçlarının geliştirilmesi ve uygulanması esnasında ilgili sistemin olası faydaları ve eksiklerinin birlikte değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

3.2.2 İklim Risk ve Fırsatlarının Yönetimi ile İlgili Diğer Yöntemler

Tek bir kaynağa bağlı olan sistemler, bu su kaynağının maruz kalacağı bir tehlike altında oldukça kırılgandırlar. Tek bir kaynağa bağlı su temin sistemlerinin kuraklıktan etkilendikleri durumlarda, gerekli su ihtiyacının karşılanması son derece güçtür. Bu tehlikelerin yaşandığı durumlarda karar vericiler su kesintilerine başvurmak zorunda kalabilirler. Bu nedenle özellikle kurak dönemlerde su taleplerinin güvenilir bir şekilde sağlanabilmesi için çoklu su kaynaklarının araştırılması ve belirlenmesi oldukça önemlidir.

Uzun süreli ve şiddetli kuraklıkların yaşandığı hallerde yeraltı su kaynaklarının yüzeysel su kaynakları ile birlikte kullanılması ile güvenilir bir su temin sistemi oluşturulabilir. Yüzeysel su kaynakları hidroklimatik koşullardan doğrudan etkilendikleri için yeraltı sularına göre daha kırılgan kaynaklardır. Hidroklimatik koşulların yeraltı sularına etkisi daha yavaş bir hızda gerçekleşmektedir. Özellikle uzun süreli kurak dönemlerde yeraltı suları oldukça güvenilir kaynaklardır.

Su temin sisteminin diğer kaynaklar ile olan bağlantılarının artırılmasıyla sistem daha güvenli hale getirilebilir. Bu durum; yeni altyapı yatırımları, tünel, kanal, isale hatları gibi altyapı yatırımları ile sağlanabilir. Su temin sistemine entegre edilecek su kaynaklarının belirlenmesinde diğer faktörlerin yanı sıra hidroklimatik koşullar da önem taşımaktadır. Su temin sisteminin güvenilirliği ve mevcut su potansiyelinin kullanıcılar arasında eşit bir şekilde dağıtılabilmesi için büyük ölçekli altyapı projeleri ile birlikte merkezi olmayan küçük ölçekli yüzeysel depolama tesisleri (göletler) birlikte kullanılabilir.

Su temin sisteminin güvenilirliğin sağlanmasında su yöneticilerinin elinde farklı su kaynağı alternatiflerinin bulunması önem taşımaktadır. Örneğin, farklı su kaynaklarının tamamının aynı kuraklıktan etkilendiği hallerde, yeterli su miktarı sağlanamayacağı durumlar gerçekleşebilir. Dolayısıyla su temini sistemini, mümkünse farklı nehir havzalarından, farklı iklim bölgelerinden ve farklı yer altı akiferlerinden suya erişebilecek şekilde tasarlamak su yönetimi açısından oldukça faydalı olacaktır. Bu kapsamda İstanbul Büyükşehir Belediyesi Su Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) tarafından 2053 yılına kadarki dönemi kapsayan su arz ve projeksiyon planlaması Çerçeve 3-1'de verilmiştir.

Sıralanan yöntemlerin yanı sıra tarife seçenekleri da su kaynaklarının yönetiminde etkin bir rol oynamaktadır. Örneğin, su fiyatlarının kurak dönemlerde artırılması, aşırı su kullanımını engelleyerek su tasarrufu sağlar ve kullanılan gerçek su miktarını azaltmaya yardımcı olabilir. Ancak kurak dönemlere ait fiyatlandırma politikası belirlenirken temel su kullanım seviyesi (~20 L/kişi.gün) kuraklık fiyatlandırmasından muaf tutulmalıdır. Böylece tüm su kullanıcıları, ödeme güçleri ne olursa olsun, temel su kullanım ihtiyacına erişebileceklerdir.

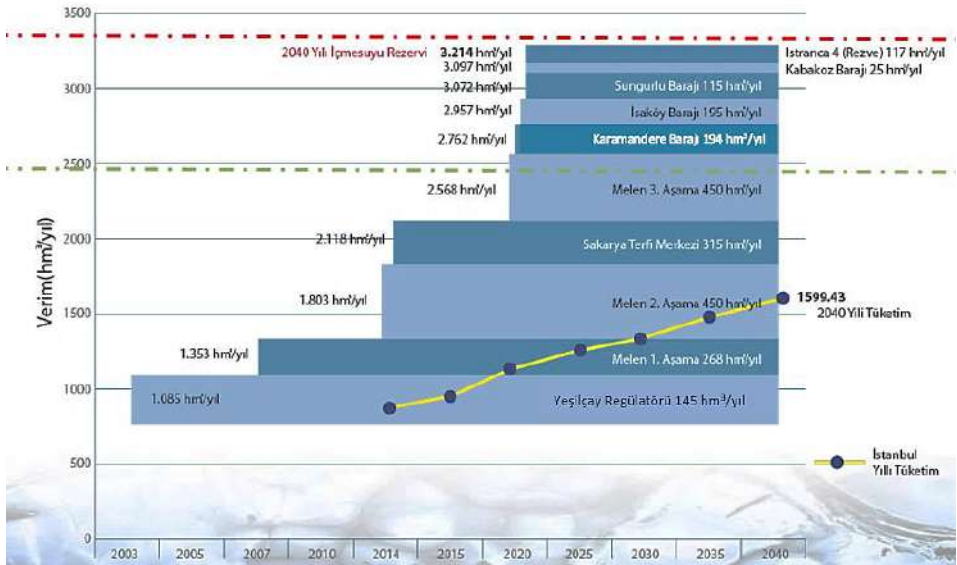
Çerçeve 3-1. İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSKİ Genel Müdürlüğü'nün 2015-2040 Dönemi Su Temini Arz ve Talep Projeksiyonu

İSKİ, 2018 yılı sonu itibarıyla İstanbul ili tamamında yaşayan ~15,7 milyon kişiye su temini, atıksu ve yağmursuyu hizmetleri vermektedir. Toplam 12.800 kişinin çalıştığı İSKİ, İstanbul'a günde 2.852.000 m³ güvenli içme suyu vermekte ve ~3.914.000 m³ arıtılmış atıksuyun uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Bu verilerle İstanbul'da,

- Kişi başına brüt ve net su kullanımları sırası ile 182 ve 142 (182 x 0,78) L/kişi.gün
- Kişi başına atıksu miktarı (infiltrasyon dahil) ~ 250 L/kişi.gün

civarındadır. İSKİ ~1,5 milyar USD'lik yıllık bütçesinin ~%40-45'ini yatırımlarının finansmanına ayırmaktadır. İstanbul Master Plan Konsorsyumu (IMC) tarafından 1999 yılında tamamlanan İSKİ Master Planı'nda

İstanbul'un 2040 yılı su ihtiyacı ~ 1,6 milyar m³ olarak tahmin edilmiştir. Bu miktar suyu karşılamak üzere, ~ 750 milyon m³/yıl su temin kapasiteli mevcut su kaynaklarına (Terkos, Alibeyköy, Büyükçekmece, Sazlıdere, Kazandere ve Pabuçdere barajları ile Istanraça Yıldız Dereleri) ilaveten (2000 yılı sonrası) Yeşilçay Regülatörü, Büyük Melen Regülatörü, 1. ve 2. aşamaları ile Sakarya Regülatör ve Terfi Sistemi ve B. Melen Barajı ile 3. isale hattı projelerinin geliştirilmesi sağlanmıştır (Şekil 1). Böylece İstanbul'a 2040 yılı öncesi temin edilebilecek yıllık su miktarı ~ 2,6 milyar m³'e ulaşmaktadır. Bu durumda İstanbul'un 2040 yılı için su temini arzı/su talebi oranı 2,6/1,6 = 1,625 olmaktadır. İstanbul'a civardaki diğer kaynakların da geliştirilmesi ile 2040 sonrası yıllık su temin kapasitesinin 3,2 milyar m³'e çıkarılabileceği öngörülmektedir.



Şekil 1. İSKİ'nin İstanbul için Öngördüğü Su Arz-Talep Projeksiyonu

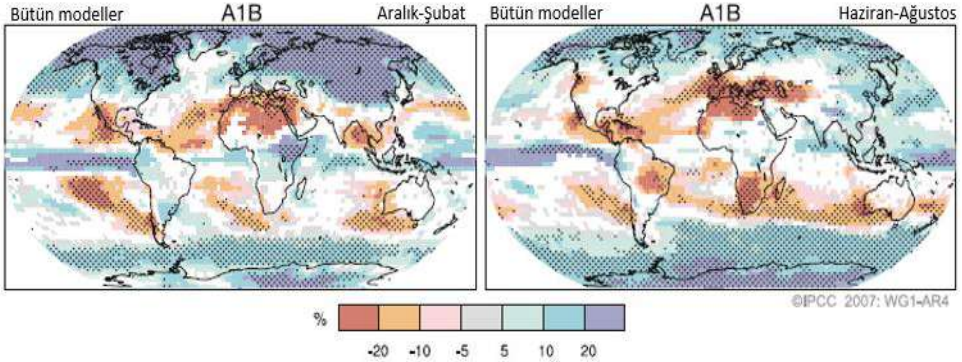
2040 Yılı Su Temini Arz Talep Oranı = 1,625

Kaynak: IMC, 1999.

3.3 İklim Değişiminin Su Kaynaklarına Etkileri

3.3.1 Dünyanın Enerji Dengesi ve Suyun Hidrolojik Döngüsü

Hidrolojik döngü için dünyaya ulaşan güneş enerjisinin büyük bir kısmı kullanılır. Gelen güneş enerjisinin yaklaşık %25'i, dünyanın yüzeyine ulaşan güneş enerjisinin ise yaklaşık yarısı buharlaşma için kullanılır; bu suretle daha sonra yağış olarak geri gelecek olan su buharı üretilmiş olur. Güneş enerjisinin geri kalanı, okyanus akıntılarını ve atmosferik akımları harekete geçirirken, bu durum da yağışların nerelere düştüğünü belirler (Lindsey, 2009). Daha yüksek sera gazı konsantrasyonlarının bir neticesi olarak dünya yüzeyinde hidrolojik döngüyü hızlandıran ek enerji de mevcuttur (IPCC, 2007; Ludwig ve Moench, 2009). İklim değişiminin yağış rejimleri üzerinde oldukça büyük bir etkisi vardır ve bu nedenle artan sera gazı emisyonları sonucunda yağışlarda da değişiklikler beklenmektedir. Global iklim değişimi projeksiyonlarından bazıları, ek yağış alacak beklenmedik bölgelerin yanı sıra, tropikal kuşak-altı bölgelerde daha az yağış gözleneceğini de göstermektedir. Hidrolojik döngünün hızlanması dikkate alındığında, kuraklık ve seller gibi ekstrem hava olayları da daha sık görünür hale gelecektir. Bu değişimlerin insan faaliyetleri üzerinde büyük etkileri olması da muhtemeldir.



Şekil 3-3. 1980-1999 Referans Dönemini Esas Alan 2090-2099 Dönemi Yağışları Arasındaki Değişimler (%)*

* Değerler Bütün Modeller için Özel Emisyon Senaryosu Raporu (SRES)'nden alınmıştır. [Aralık-Şubat (soldaki), Haziran-Ağustos (sağdaki) A1B senaryoları]. Beyaz bölgeler (modellerin %66'sından azı) ve renkli ve siyah noktalı bölgeler (modellerin %90'ından fazlası) değişimi göstermektedir. (IPCC, 2007)

Küresel iklim her zaman değişken olmuştur ve iklim değişimi birçok farklı ölçekte gerçekleşmektedir. Sıcaklık, yağış ve diğer iklim değişkenleri küresel, bölgesel ve yerel ölçekte sürekli değişmektedir (Şekil 3-3). Bekleneceği üzere, iklim değişkenliği su sektörü üzerinde kayda değer bir etkiye sahiptir. Su kaynaklarını ve ekstrem iklim olaylarını yönetmek için önem arz eden dört farklı zaman çizelgesi tanımlanabilir (Jacob ve van den Hurk, 2009):

- Sinoptik/anlık zaman çizelgesi; münferit hava olaylarının sel gibi hidrolojik ekstremlikleri etkileyebileceği zamandır.
- Mevsimsel zaman çizelgesi, su yönetimini; taşkın, kuraklık veya mevsimsel su kıtlığı ile sonuçlanabilecek, daimi daha yüksek veya daha düşük yağışları etkiler. Mevsimsel hava durumu modelleri ve tahminleri, tarımsal planlama ve yönetim için oldukça önemlidir.
- On yıllık zaman ölçeğinde; ortalama yağıştan daha yüksek veya daha düşük bir projeksiyon, politika ve altyapıya yönelik uyarlamalar yapmak gibi su kaynakları planlama önlemlerine yardımcı olabilir.

- Birkaç on yıllık ila yüzyıllık değişikliklere ilişkin bilgiler; su depolama ve temini ile taşkın korumaya yönelik su altyapısının tasarlanmasına ve planlanmasına yardımcı olabilir.

3.3.2 Sıcaklık ve Yağışta Gözlenen Değişimler

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Raporu'nda sunulan sonuçlar (IPCC, 2012), küresel yüzey sıcaklıklarının 1970'ten bu yana arttığını ortaya koymuştur. Ancak, su sektörü için yağıştaki değişim, küresel ortalama sıcaklıklardaki değişimlerden daha önemlidir. Yağışın genellikle sıcaklığa nazaran yıllık zaman ölçütüne göre çok daha değişken olması nedeniyle gözlemlerdeki eğilimleri yakalamak daha güçtür. Dünyadaki birçok bölge için, yağışta istatistiksel olarak önemli eğilimler bulunmamaktadır. Bununla birlikte önemli istisnalardan bazıları; Batı Avustralya, Kuzey Avrasya ve Arjantin olup Batı Avustralya'da, yağış son 30 yılda %10-20 azalmıştır (Power vd., 2005; Ludwig vd., 2009). Bölgede kış yağışları hakim olmak üzere Akdeniz iklimi egemendir ve kış yağışlarının özellikle etkilendiği belirlenmiştir. Bu durum, akarsu akımları ve baraj girişlerinde %50'den fazla debi azalması ile neticelenmiştir. Arjantin'in Pampas bölgesinde ise tam tersi bir eğilim gözlemlenmiştir; yağışlar bazı meteoroloji istasyonlarında %20'den fazla artış göstermiş olup bölgedeki birçok nehir sistemi kar yağışlarına ve buzul erimesine bağlıdır. Son olarak dünyanın çoğu bölgesinde kar örtüsü ve kutup buzullarında, son 50 yılda düşüş eğilimi gözlenmiştir (IPCC, 2007).

3.3.3 Su Potansiyelinin Değişimi

İnsani faaliyetler ve iklim değişimi birlikte göz önünde bulundurulduğunda, su potansiyeli (rezervi) son yıllarda önemli ölçüde azalmıştır. Nüfus artışı ve ekonomik kalkınma, özellikle Asya'da su talebini ve su çekimlerini hızla artırmıştır. Akarsu debisi kayıtları ile gösterilen tarihsel yüzey su miktarları, iklim değişiminin etkilerini izlemeyi zorlaştıran onyıllık ve birkaç on yıllık değişiklikler göstermektedir. Akıştaki değişiklikler her zaman yağış değişimiyle tutarlı değildir; ancak küresel analizler Kuzey Amerika ve Avrasya nehir akışlarının yüksek enlemlerde artmakta olduğunu kaydetmektedir. Bunun aksine, Batı Afrika, Güney Avrupa ve Güney Amerika'nın daha kuru bölgelerinde ise yağış azalmaktadır (Milly vd., 2005; Bates vd., 2008). Bu durum, artan sıcaklık ve buharlaşma neticesinde beklenmesi gereken etkiler ile tutarlıdır. Burada genel bir kural olarak, kurak alanların buharlaşma nedeniyle daha da kuruyacak olması, doğal yağışların fazla olduğu alanların da, daha yoğun yağış meydana getiren artan buharlaşma nedeniyle, daha da fazla yağış alacak olmasından söz edilebilir (Brown ve Ward, 2013).

Akarsu akışlarındaki değişimlere ek olarak, kışın kar yağışlı bölgelerde akarsu akımlarının zamanlaması da önemli ölçüde değişmiştir (Barnett vd., 2005). Daha yüksek sıcaklıklarda kar, mevsimine göre daha erken erir ve kışın daha fazla yağış, kar yerine yağmur olarak düşer. Daha önceki kar erimesi ve daha yüksek kış yağışlarının birleşimi, (erken) ilkbaharda daha yüksek akarsu akımlarına, yaz aylarında ise daha düşük debilere sebebiyet verir. Çoğu zaman en yoğun su talebi yaz aylarında gözlenir; bu durum, su temini altyapısı ve yönetiminin buna göre planlanmamış olması halinde, yaz aylarında su sıkıntısına sebep olabilir. Bu yüzden akarsu akımlarındaki zamansal değişimlerin, su kaynakları yönetimi üzerinde büyük etkileri olabilir.

Daha yüksek sıcaklıklarda dünya çapında kar örtüsünde azalma ve buzul kütlelerinde küçülme gözlenmiştir (Oerlemans, 2005). Örneğin Peru'da buzulların kapladığı alan son otuz yılda %25 oranında azalmıştır (Barnett vd., 2005), And Dağları'nda buzulların yok olması su kaynakları için ciddi sonuçlar doğurabilir çünkü dağların batısında yaşayanlar su kaynakları için buzulla

beslenen nehir suyuna bağımlıdır (Mark ve Selzer, 2003). Son on yıllarda hem daha kısa kar yağışlı kış mevsimi, hem de daha sık kar kütleleri görülmüştür.

Bazı durumlarda azalan yağışlar, akarsu akış rejimlerinde kayda değer düşüşlere neden olmuştur. Bu durum özellikle, yağışlardaki küçük değişikliklerin yüzeysel akışta büyük etkilere sebep olabildiği yarı kurak bölgelerde geçerlidir. Bu doğrultuda en iyi belgelenen vakalardan biri, 1970'lerden beri giderek azalan yağışların, yüzeysel su kaynaklarında büyük azalmalara sebep olduğu Batı Avustralya'dır (Preston vd., 2008; Ludwig vd., 2009).

3.3.4 Hidrolojik Ekstremler

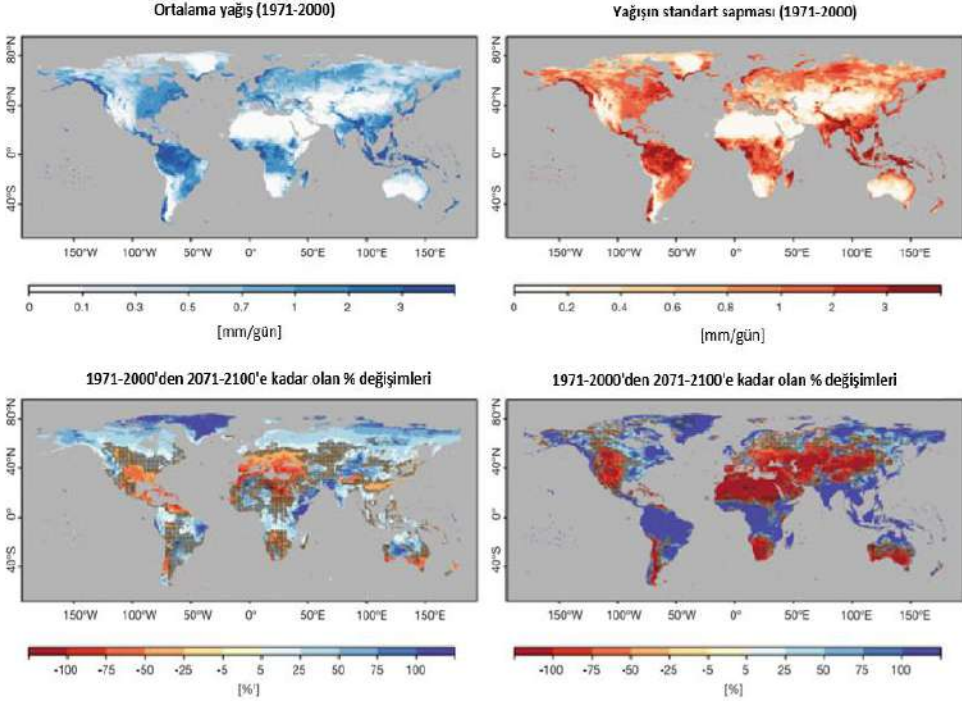
Antropojenik (insan faaliyetleri kaynaklı) iklim değişiminin bir sonucu olarak, ekstrem yağış olaylarının artması beklenmektedir (IPCC, 2007). Ekstrem olaylar, tanım gereği nadirdir ve birçok bölgede ekstrem yağış vakalarının meydana gelmesi büyük doğal değişkenlikler içerdiğinden, net eğilimleri belirlemek genellikle zordur. Bununla birlikte, küresel ölçekte, ekstrem yağış olaylarının sıklığı ve yoğun kasırgaların sayısının son yıllarda artmış olduğu görülmektedir (Webster vd., 2005). Daha ekstrem olayların gözlemlendiği örnekler de Güney Afrika ve Kuzey Avustralya'da görülür. Ekstrem yağış olaylarının sayısındaki artışın, son zamanlarda artan taşkın sıklığında belirleyici bir rol oynadığı düşünülmektedir. Toplam sel vakaları ve bunlarla ilişkili ekonomik kayıplar son yıllarda hızla artmıştır. Arazi kullanımındaki değişiklikler, doğrudan yüzeysel akışının miktar ve hızını yükselterek, artan sayıda sel vakasının görülmesine sebep olmuştur. Bununla birlikte, insan kaynaklı iklim değişiminin, bu kadar yüksek sayıda taşkın oluşumu üzerinde ne ölçüde rolü olduğu hala net değildir. IPCC 4. Değerlendirme Raporu, bu trendin insan kaynaklı iklim değişimi ile ilgili olduğuna dair kesin bir kanıt bulunmadığı sonucuna varmıştır (IPCC, 2007).

Sel vakalarının yanı sıra, kuraklıkların sıklığı ve süresi de 1970'lerden bu yana artmış olup (IPCC, 2007) bu durum genellikle tropik ve tropik kuşak-altı bölgelerde kaydedilmiştir. Kuraklıklardaki artış, daha az yağış ve daha yüksek sıcaklıkların birleşiminden kaynaklanmaktadır. Söz konusu kuraklık, gerek sulu, gerekse kuru tarımı önemli ölçüde etkilemiştir. Tarım için mevcut su miktarı önemli oranda azalmış olup, birçok çiftçi bu yüzden iflas etmiştir. Tarımsal su tahsislerinin yanı sıra kuraklıklar, evsel ve endüstriyel su kaynaklarını da etkilemiştir. Buna örnek olarak, Avustralya'nın hemen bütün büyük şehirlerinde su temininde kısıtlamaların bulunması ve yoğun şekilde yeni su kaynakların aranması verilebilir.

3.3.5 Su Durumundaki Muhtemel Değişimler

İklim değişiminin muhtemel en önemli etkisi, akarsuların akışlarında gözlenir. Genel olarak söz konusu etkilerin doğru orantılı (paralel) olması beklenir; bir başka deyişle, artan yağışlar debi artışlarına neden olur ve yağış azaldığında debinin de azalması muhtemeldir. Öte yandan yağış ve akış arasındaki ilişki farklı iklimlerde oldukça değişkenlik gösterir. Yarı kurak bölgelerde, akarsu akımları yağıştaki dalgalanmalara karşı çok hassastır. Genellikle bu bölgelerde, yağışların sadece küçük bir kısmı akışa dönüşür çünkü yağışın çoğu buharlaşır veya toprağa sızar. Yağmur ve buharlaşma olayları arasındaki bu özel etkileşim sebebiyle, yağıştaki küçük bir azalma nehirlerin tamamen kurumasına dahi sebep olabilir. Örneğin Afrika'da, yıllık yağış miktarının 500 mm'den az olduğu bölgelerde, yağıştaki %10'luk bir azalma, akışta %50'lik beklenmedik bir düşüşe tekabül eder (De Wit ve Stankiewicz, 2006). Benzer şekilde, halihazırda sele maruz kalan bölgelerdeki yağış miktarındaki küçük artışlar, civar alanlarda da taşkın meydana gelmesine sebep olabilir. Yarı kurak bölgelerdeki birçok akarsuda akış, hem mevsimsel hem de yıllık ölçekte çok değişkendir. Bu gerekçelerle iklim değişiminin yağış

değişkenliğini de artırması beklenmektedir; bu durum da nihayetinde akış değişkenliğine yol açacaktır (Şekil 3-4). Toplum ve sanayide yüzeysel tatlı su, su akımlarına (akarsulara) bağımlı olduğundan, akım değişimlerinin toplumsal düzeyde etkileri olabilmektedir. Su tahsisinde; sulama suyu, sulak alanların korunması vb. konularda su baskısı arttığında sorunlar baş göstermeye başlar.



Şekil 3-4. Ortalama Yağış ve Aylık Yağış Standart Sapma Değerlerindeki Değişimler*

* Çok sayıda küresel hidrolojik model sonuçları ve küresel iklim modeli A2 iklim senaryosu için. Taralı alanlarda önemli değişimin olmayacağı öngörülmektedir. (Gudmundsson, 2011)

Soğuk iklimlerde, yıllık nehir akışının büyük bir kısmı kar erimesinden kaynaklanır. Bu tarz bölgelerde akışın doğal seyrinde kayda değer mevsimsel dalgalanmalar olağandır. Bununla birlikte iklim değişimi etkisinin bu durumu da şiddetlendirmesi muhtemeldir; örneğin 2050'ye kadar ABD'nin batı şeridinde, nehirlerdeki kar erimesi kaynaklı pik akışların yaklaşık alışlagelmiş zamanından yaklaşık 1 ay önce gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu durum da hidroelektrik potansiyeli ve su rezervlerinde önemli sonuçlar doğuracaktır (Barnett vd., 2005). Ren Nehri Havzası'nda da, iklim değişiminin, artan kar erimesi ve kış yağışının bir sonucu olarak çok daha yüksek kış dönemi/akışlarına sebep olması beklenmektedir (Middelkoop vd., 2001). Yazın ise, daha düşük miktarlardaki kar erimesi ve daha yüksek evapotranspirasyon miktarı nedeniyle akışlar azalacaktır. Tüm bu muhtemel değişimlerin su potansiyeli üzerindeki etkileri kaçınılmazdır.

Gelecekteki taşkın risklerini azaltmak amacıyla, havzaların üst kısmındaki su tutma (depolama) ve akarsu yataklarının hidrolik (akış) kapasiteleri artırılmalıdır. Sel-uyarı sistemlerinin iyileştirilmesine de muhakkak ihtiyaç vardır (Middelkoop vd., 2001). Yaz aylarındaki düşük akışlı dönemlerin de, evsel, endüstriyel, tarımsal ve ulaşım için su kullanımlarının yanı sıra bölgedeki su ekosistemleri (örn. balık ve sulak alanlar) üzerinde de etkileri olacaktır. Aynı

zamanda, daha yüksek sıcaklıklara bağılı iklim değişimi nedeniyle, yaz mevsiminde su taleplerinin artması da muhtemeldir.

Kutuplardaki hemen hemen tüm buzullar boyut olarak küçölümekte olup çoğunun önümüzdeki yüzyılda erimesi beklenmektedir. Örneğin, Tibet Platosu buzullarının 2035 yılına kadar 100.000 km² civarında azalacağı öngörölümektedir (IPCC, 2007). Hindistan’da 500.000, Çin’de ise 250.000 kişinin, yaşam ve/veya geçim kaynağı, doğrudan veya dolaylı olarak bu buzullardır (Stern, 2007). Buzulların erimesi öncelikle nehir akışının artmasıyla sonuçlanır, buz tümüyle kaybolduğunda ise akışlar yeniden azalır. Bu gibi durumlarda, iklim değişimine ilk hidrolojik tepki, geleceğe dair yanıltıcı bir izlenim de verebilir. Akıştaki bu ilk artış ve sonraki ani düşüş, özellikle Himalaya bölęesi için öngörölümektedir (Barnett vd., 2005).

3.3.6 İklim Değişiminin Su Talebine Etkileri

İklim değişimi sadece su kaynağı (arız) değişkenliğini ve kullanılabilirliğini etkilemekle kalmayacak, aynı zamanda su talebi ve kullanımı üzerinde de önemli etkiye sahip olacaktır. Daha sıcak havalarda -daha da fazla buharlaşma ile- insanlar ve hayvanlar daha fazla içme ve kullanma suyuna ihtiyaç duyacaktır. Daha fazla soğutma gereksinimleri ortaya çıkacak, evsel, ve tarımsal kullanımların yanı sıra sanayi ve enerji tesislerinde (termik santraller) kullanım için de daha fazla su gerekecektir. Mevcut durumda kömür, doğalgaz ve nükleer yakıtlı enerji santrallerinin soğutulması için dünya çapında yaklaşık 400 km³ su çekimi yapılmaktadır. Avrupa ve ABD’de termo-elektrik enerji sektörü, toplam su çekilmelerinin yaklaşık %40’ını oluşturan, başlıca su kullanıcılarındandır. Ne yazık ki iklim değişiminin de, soğutma suyu talepleri üzerinde önemli bir etkisinin olması kaçınılmazdır. Küresel ısınma, daha yüksek su sıcaklıklarına sebep olurken, soğutma kapasitesini azaltarak daha fazla soğutma suyu ihtiyaçı doğuracaktır. Ayrıca küresel ısınma neticesinde, klimaların daha yoğun kullanılması sonucunda yaz aylarındaki elektrik enerjisi talebinin artması da muhtemeldir. Akarsu sistemlerini korumak için, çekilebilecek su miktarı ile santraller tarafından bırakılan soğutma suyu sistemi deşarjı suyu sıcaklıkları üzerinde kısıtlamalar mevcuttur. Nispeten daha düşük nehir akışlarına sahip sıcak dönemlerde, genellikle su kalitesi ve alıcı ortamların doğal akış gereksinimleri (çevresel ihtiyaç debisi) ile düşük kapasiteye elektrik enerjisi üretiminin ekonomik etkileri arasında sorunlar ortaya çıkmaktadır (Brown ve Ward, 2013).

Daha önce de belirtildiği üzere tarım, toplamda %70’lik bir oran ile küresel ölçekte en büyük sektörel su kullanıcısıdır. Ekilebilir alanların toplamda sadece %17’si sulanmakta iken bu değer esasen dünya tarımsal üretiminin %40’ına tekabül eder (FAO, 2002). Bu durumda, iklim değişimi gerekçesiyle tarımda yapılabilecek herhangi bir değişikliğin (düzenlemenin), su kaynakları üzerindeki etkisi oldukça büyük olabilir; iklim, tarım ve tarım sektörünün su talebini muhakkak etkileyecektir. Tarımsal ürünlerin su talepleri, daha yüksek sıcaklıklarla artar ve mevsimlerin uzamasıyla bu talep daha uzun süreler için geçerliliğini korur. Bu durumda daha yüksek verimli mahsul çeşitleri tercih edilmeli veya aynı arazide yıl içerisindeki farklı dönemlerde (mevsimlerde) daha farklı ürünler yetiştirilmelidir. Küresel iklim değişimi etkilerinin modellendiği bir çalışmada, 2080 yılında sulama suyu gereksinimlerinin, iklim değişimi etkilerinin yer almadığı mevcut durum senaryosuna göre, %20 mertebesinde artacağı öngörölümüştür (Fischer vd., 2007). Bu durumda, farklı ürün türlerine uygun alanlar yeniden değerlendirilmeli ve ürün deseni/ürün türleri karışımını değiştirilmelidir. Ürünlerin yetiştirildiği alanlar ile yetiştirilen ürün çeşitleri değiştiğinde, su talepleri ve tahsisi de değişecektir.

Çoğu durumda, tarımsal faaliyetlerin yüksek enlemlerde yapılması daha uygun hale gelirken, kurak bölgeler daha elverişsiz bir hal alır. Aynı mahsullerin aynı alanda yetiştirilmeye devam

etmesi halinde, tarımsal su tüketimi sıcaklığın yanı sıra buharlaşma ve terlemeden de etkilenir. Artan sıcaklıklar evapotranspirasyonu artırır; ancak oluşan ilave karbondioksit, bitki büyümesini hızlandırırken daha az su gerektirdiğinden, bir tür gübreleme etkisine sahip olur. Yine de söz konusu karbondioksit etki mekanizmasının, büyük ölçekli tarımsal alanlardaki etkisinin henüz tam olarak bilindiği söylenememektedir.

Su tüketimi, enerji kullanımı, beslenme alışkanlıkları, su kullanım verimliliği, teknolojik ilerlemeler, çevresel farkındalık gibi pek çok konudaki toplumsal ve davranışsal değişiklikler, zamanla suyun ne ölçüde kullanıldığını etkileyecektir. Örneğin, enerji için kullanılan su, uygulanan soğutma teknolojisine bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir, tarımsal su kullanımı da büyük ölçüde ne yemeye (tüketmeye) karar verdiğimizize bağlıdır ve su temini için depolama alanları (rezervuarlar) yüzeyinde gözlenen buharlaşma, yenilenebilir hidrolik kaynakların büyük bir oranına tekabül edebilir.

Netice itibarıyla arazi kullanımındaki değişiklikler, buharlaşma mekanizmalarını değiştirecek ve bu durum tüm hidrolojik döngüyü etkileyerek hava durumu ve yağış düzenlerini değiştirecektir. Bu nedenle iklim değişiminin, hidrolojik sistem üzerinde, gerek arz gerekse talepleri etkilemek suretiyle, oldukça karmaşık sonuçlara yol açması beklenmektedir.

3.4 İklim Değişimi Dolayısıyla Deniz Seviyesi Yükselmesi

3.4.1 Geçmişteki Deniz Seviyesi Değişimleri

Üç milyon yıllık dönemdeki Paleo deniz seviyesi değişimi kayıtları incelendiğinde, küresel ortalama sıcaklığın sanayileşme öncesi döneme nazaran 2°C (orta derecede doğruluk¹) arttığı, küresel ortalama deniz seviyesinin ise günümüze nazaran 5 m (çok yüksek doğruluk¹) daha yüksek olduğu görülmektedir. Küresel maksimum deniz seviyesinin son buzul çağında, günümüze nazaran en az 5 m (çok yüksek doğruluk¹) ve en çok 10 m (yüksek doğruluk ile) daha yüksek olması, Grönland ile Antartika buz tabakalarını önemli ölçüde etkilemiştir. Deniz seviyesindeki bu değişim farklı yörünge kuvvetleri ile yüksek enlemlerdeki yüzeysel sıcaklıklar sebebiyle gerçekleşmektedir (yüksek doğruluk¹).

Deniz seviyesi verileri, 19. yy sonları ile 20. yy başları döneminde, iki bin yıllık dönemdeki düşük artış oranlarından nispeten daha yüksek artış oranlarına çıktığını göstermektedir (yüksek doğruluk¹). 20. yy başlarından itibaren küresel ortalama deniz seviyesi yükselmesi 0,002~0,002 (ort: 0,000) mm/yıl² 0,007~0,019 (ort: 0,013) mm/yıl² aralığında değişmektedir. 1901-2010 yılları arasında küresel ortalama artış 1,7 mm/yıl iken, toplam deniz seviyesi yükselmesi 0,17~0,21 (ort: 019) m olup 1993-2010 döneminde bu değer 2,8-3,6 (ort: 3,2) mm/yıl'a kadar yükselmiştir (IPCC, 2013).

3.4.2 Deniz Seviyesi Değişimi

20. yy'da küresel deniz seviyesi yükselmesindeki temel sebepler; okyanusun ısı olarak genişlemesi ve buzul kütlelerinin erimesidir. 1971'den bu yana yapılan incelemelerde, söz konusu okyanus ısınması ve buzul erimesinin, deniz seviyesi yükselmesinde %75'lik paya

¹ Verilerin doğruluk düzeylerini tayin eden bir ölçü çok düşük, düşük, orta derecede, yüksek, çok yüksek doğruluk olarak sınıflandırılır.

sahip olduğu görülmüştür (yüksek doğruluk¹). Grönland ve Antartika buz tabakalarındaki erime, komşu okyanus sularındaki ısınma sebebiyle, 1990'ların başından beri artmaktadır. Karasal doğal ve yapay su kütlelerindeki değişimlerin yeraltı suyu seviyesindeki etkileri sınırlıdır, çünkü yeraltı su seviyesindeki azalma çoğunlukla akifer beslenmesinden daha yüksek olmaktadır.

Modelleme çalışmalarında; ısı genişleme ve Grönland'taki yüzeysel su kütle dengesi için *yüksek doğruluklu*, buzul kütle kayıpları ve Antartika'daki yüzeysel su kütle dengesi için *orta derece doğruluklu* hesaplamalar mevcuttur.

3.4.3 Küresel Ortalama Deniz Seviyesi Yükselme Projeksiyonları

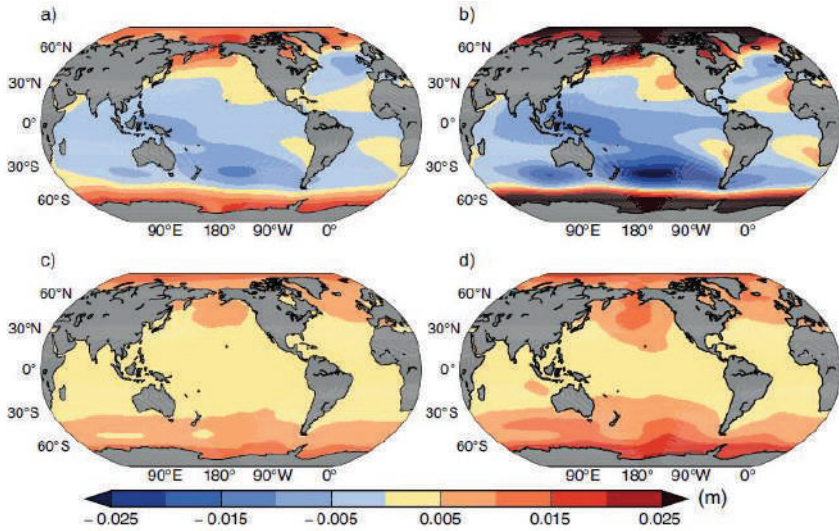
İklim değişimi modellerinde esas alınan çeşitli sera gazı salım (RCP) senaryoları için yapılan projeksiyonlar incelendiğinde; 21. yy. boyunca küresel ortalama deniz seviyesi yükselme oranı, 1971-2010 dönemine kıyasla, artış gösterecektir. 2081-2100 dönemi küresel ortalama deniz seviyesi yükselmesinin, 1986-2005 dönemine nazaran süreç bazlı (proses tabanlı) modelde %5-95 güven aralığı için (*orta derecede doğruluk*), 2100'e kadar 0,52-0,98 m artış göstereceği (RCP4.5 için 0,32-0,63 m ve RCP8.5 için 0,52-0,98 m) ve 2081-2100 dönemindeki küresel ortalama artışın ise 8-16 mm/yıl mertebesinde olacağı öngörülmektedir. Ancak mevcut değerlendirmeler ışığında, Antartika buzul tabakasının deniz üzerindeki kısımlarının parçalanması tetiklendiğinde, küresel ortalama deniz seviyesinin 21. yy için tahmin edilen bu aralığın da üzerine çıkmasının çok muhtemel olacağı öngörülmektedir.

Deniz seviyesi yükselmesinin 2100 döneminden sonra da yüzyıllar boyunca devam edeceği neredeyse kesin olup, dünyanın bazı kesimleri, özellikle alçak kotlu olan bölgeler, bu etkiyi çok daha fazla hissedecektir. Uzun vadeli deniz seviyesi artış oranları gelecekteki kirletici emisyon salımlarına bağlı olacaktır.

3.4.4 Bölgesel Deniz Seviyesi Değişimi Projeksiyonları

İklim değişiminin bir sonucu olarak bölgesel deniz seviyesi değişim oranları, küresel ortalama değerlerden %100'e varan oranlarda farklılık gösterebilir.

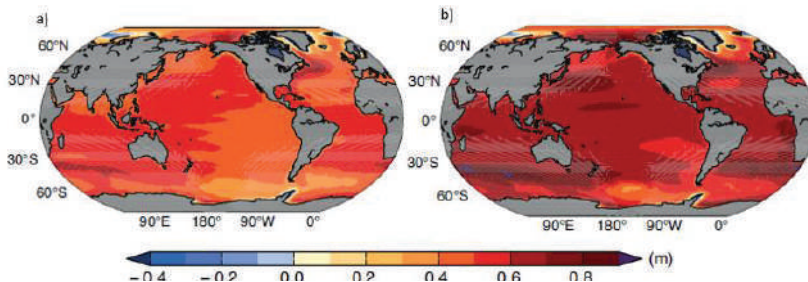
Bölgesel deniz seviyesi, okyanustaki anlık ortalamaya göre, atmosferik deniz seviyesi basıncındaki bölgesel değişikliklere bağlı olarak değişir (uyum gösterir). Zaman aralığı birkaç günden fazla olursa, bu uyum neredeyse izostatiktir. Deniz seviyesindeki basıncın sub-tropik ve orta enlemlerde artması (deniz seviyesinin azalması) ve özellikle Kuzey Kutbu gibi yüksek enlemlerde ise azalması (deniz seviyesinin yükselmesi) öngörülmektedir. Bu değişimlerin kuzey kutbunda deniz seviyesi artışında RCP4.5 ve RCP8.5 için sırasıyla 1,5 cm ve 2,5 cm'lik seviye yükselmesine yol açacağı öngörülmektedir (Şekil 3-5) (IPCC, 2013).



Şekil 3-5. 1985-2005 ve 2081-2100 Arası için Atmosferik Basınc Değişiminden Kaynaklanan Ortalama Deniz Seviyesi Değişimi Tahminleri (metre) (a) RCP4.5 (b) RCP 8.5 (eşyükseleti eğrisi aralığı: 0,005 m) Atmosferik Basınc Değişimindeki Standart Sapma (c) RCP4.5 (d) RCP8.5 (eşyükseleti eğrisi aralığı: 0,005 m) (IPCC, 2013)

Bölgesel deniz seviyesi değişimi tahminleri okyanuslardan ve atmosferik basınçtan etkilenmektedir. Dünya genelinde bölgesel deniz seviyesi değişimlerinde doğal değişimlere bağlı dinamik değişkenlerin (kütle dağılımı ve yapısal bileşenler) baskın olması beklenir. Buna rağmen, hızla eriyen buzul tabakalarının olduğu bölgelerde, statik etkiler daha ön planda olacaktır. 21. yy. sonlarında bölgesel etkilerin diğer bileşenlerin etkilerini geçmesi ve doğal değişkenlik üzerinde hakim olması öngörülmektedir.

Ortalama deniz seviyesi değişimi tahminleri incelendiğinde, 2081-2100 aralığında, 1986-2000 dönemine göre, düşük ve orta enlemlerde maksimum yükselme oranlarına yol açacak önemli bölgesel değişimler beklenmektedir. Hu v.d. (2011) ve Sallenger v.d. (2012) tarafından, yapısal ve dinamik deniz seviyesi değişimlerinin Kuzey Amerika'nın kuzeydoğu kıyıları ve Batı Pasifik'te artacağı öne sürülmüştür. Şekil 3-6'da RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için 1986-2005 ve 2081-2100 aralıklarında öngörülen deniz seviyesi değişimleri gösterilmektedir (IPCC, 2013).



Şekil 3-6. Atmosferik Yük, Buz Kütleli Buzul İzostatik Durum ve Karasal Su Kaynakları Etkilerini İçeren 21 CMIP5 Modeliyle Oluşturulan 1986-2005 ve 2081-2100 Aralığındaki Bölgesel Deniz Seviyesi Değişimi (metre) (a) RCP4.5 Senaryosu (b) RCP8.5 Senaryosu (IPCC, 2013)

Dünyada deniz seviyesi değişiminden en çok etkilenecek bölgeler

İklim değişimi sebebiyle deniz seviyesi yükselmelerinde Avrupa'da en çok etkilenecek ülke olan Hollanda'nın yaklaşık yarısı şu an deniz seviyesinin altında bulunmaktadır. 2070'li yıllarda Hollanda'nın kuzey kıyısında yer alan Leeuwarden kentinin tamamen sular altında kalacağı öngörülmektedir. 2100 yılında ülkenin Zwolle şehrinde deniz kabarması ve kış yağışlarının yağmur şeklinde düşmesi sebebiyle sel ve taşkın riskinin oldukça yüksek olması beklenmektedir. Çevresine göre daha alçak seviyede bulunan Güney Asya'daki Bangladeş'te iklim değişimi sebebiyle 2050 yılına kadar 20 cm'lik deniz seviyesi yükselmesinin görüleceği, ülkedeki su seviyesi artışı sebebiyle oluşan toprak kaybının ülke topraklarının %12-28'ine ulaşacağı tahmin edilmektedir (TÜDAV, 2017). Bangladeş'te Himalayalardaki karların erimesi ve yılda bir yaşanan tropikal muson yağmurları sebebiyle her sene seller görülmektedir. Günümüzde, Bangladeş'te fırtınalar sebebiyle deniz 6,7 m'den fazla yükselmektedir. Hollanda'da inşa edilen altyapı sistemleri, setler ve barajlar sayesinde deniz yükselmelerinin ülkeye zararının önüne geçilebilirken, ekonomik koşullar yüzünden Bangladeş'te bu tesisler yapılamadığı için ciddi nüfus yer değiştirmesi görülmektedir (Ward, 2014).

Dünyada deniz seviyesi altında kalan topraklara sahip 33 ülke bulunmaktadır. Bu alanların çoğu levha tektoniklerine bağlı olarak çökmüştür. Bu çöküntü alanlarının bazıları New Orleans ve Bangkok gibi büyük şehirlerdir. Deniz seviyesi yükselmelerinin dışında çevresel etkilerden kaynaklanan sellere maruz kalan kentler (Venedik ve New Orleans), tehlikenin gün geçtikçe arttığını göstermektedir. Venedik'te deniz kabarmasına bağlı tahribatın önlenmesi için kurulan engelleyici sistemlerin etkisi, deniz seviyesi yükselmesi ile doğrudan alakalıdır. Söz konusu sistemler 21. yüzyıl için 25-61 cm'lik yükselme tahminine göre kurulmuştur, fakat bu miktardaki bir yükselmenin 40 yıl gibi bir sürede gerçekleşebileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca kurulan sistemin sele dayanıklı olmadığı yalnızca deniz kabarmasına çözüm olabileceği ve bu yüzden Venedik'in sular altında kalacağı öngörülmektedir. Meksika Körfezi'nde bulunan Louisiana sahil şeridi ve Florida da önümüzdeki yıllarda kasırgalar açısından tehlike altındaki bölgelerdendir.

İklim Değişimi Dolayısıyla Türkiye'de Deniz Seviyesi Yükselmesi Tahminleri

Geymen (2016), IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda geçen yüksek olasılıklı senaryo aralığının maksimum değerleri için Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanarak, Türkiye kıyılarındaki deniz seviyesi değişimlerini tespit etmiştir. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) sayısal yükseklik modeli ile yapılan deniz seviyesi analizinde 2100-2200-2300-2400-2500 yılları için öngörülen senaryo değerleri kullanılmış ve Türkiye genelindeki deniz seviyesi değişiminin alansal etkisi ve Türkiye yüzölçümüne oranı Çizelge 3-1'de verilmiştir.

Çizelge 3-1. Deniz Seviyesi Değişiminin Türkiye Genelindeki Alansal Etkisi (Geymen, 2016)

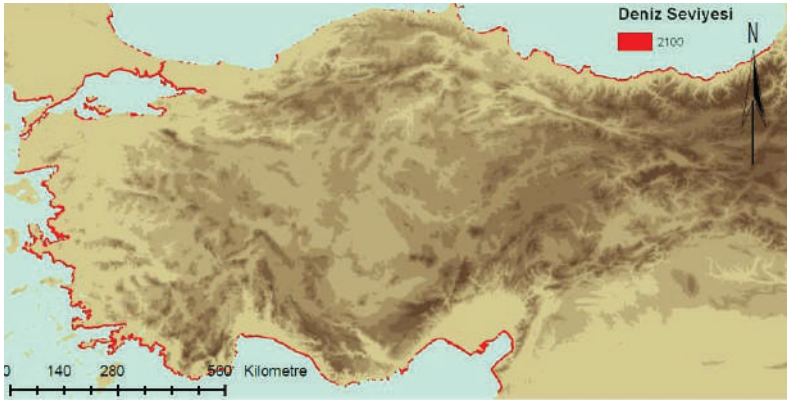
<i>Senaryo Yılı</i>	<i>Deniz Seviyesi Değişimi (m)</i>	<i>Türkiye'nin Yüzölçümü (km²)</i>	<i>Deniz Seviyesi Etki Alanı (km²)</i>	<i>Etki Alanının Toplam Yüzölçümüne Oranı</i>
2100	0,83	780043	1249	0,16
2200	2,03	780043	2124	0,27
2300	3,59	780043	3162	0,40
2400	5,17	780043	4620	0,59
2500	6,63	780043	5481	0,70

Kıyı bölgeleri için yapılan analizde, ülkede denize kıyısı olan 28 ilden her bir bölge için deniz seviyesi artışından etkilenecek muhtemel iller belirlenmiş ve Çizelge 3-2’de gösterilmiştir.

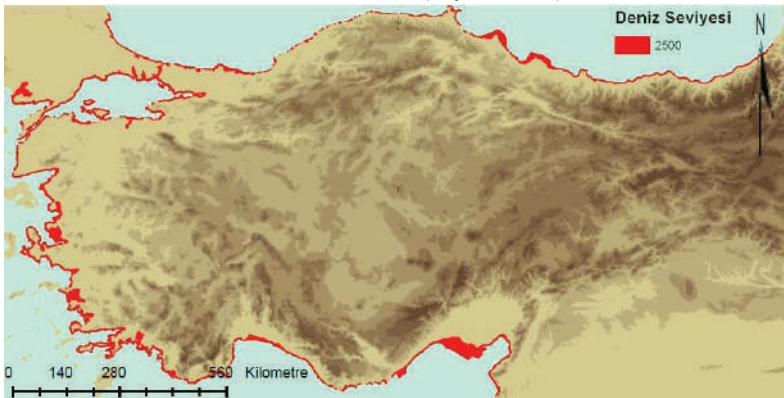
Çizelge 3-2. Deniz seviyesi değişiminin en çok etkilediği kıyı illerine olan alansal etkisi (Geymen, 2016)

İl	Yüzölçümü (km ²)	2100	2200	2300	2400	2500
Adana	13844	113	382	652	899	1013
İzmir	11891	163	247	350	530	631
Samsun	9725	31	140	290	499	628
Edirne	6145	55	62	118	234	296

Şekil 3-7 ve Şekil 3-8’de 2100 ve 2500 yıllarında, Türkiye kıyılarındaki deniz seviyesi değişimlerinin alansal etki haritalarında gelecekte hangi bölgelerin risk altında olacağını gösterilmektedir. Çalışmaya göre deniz seviyesi değişimi nedeniyle meydana gelen alansal değişimlerden en çok etkilenecek olan il Adana’dır. Adana iline ait alansal değişim değerlerinin yüksek çıkmasının sebebi kıyıdan denize dökülen büyük akarsuların oluşturduğu delta ovasının bulunması ve düşük eğimli ovalara sahip olmasıdır (Geymen, 2016).



Şekil 3-7. 2100 Yılı Senaryosuna göre Deniz Seviyesi Değişiminin Türkiye Kıyılarındaki Alansal Etki Haritası (Geymen, 2016)



Şekil 3-8. 2500 Yılı Senaryosuna göre Deniz Seviyesi Değişiminin Türkiye Kıyılarındaki Alansal Etki Haritası (Geymen, 2016)

4 SAĞLIKLI BİR ÇEVRE VE SU

4.1 Ekosistemler, Çevre ve İnsan

Ekosistem, birbiriyle etkileşim içinde olan bileşenlerden oluşmaktadır. Refahın sağlanması, ekosistemin önemli bir bileşeni olan insan ile diğer tüm bileşenlerin sürdürülebilir ve dengeli bir ilişki içerisinde olmasına bağlıdır. Bu ifade, 1982 yılında Birleşmiş Milletler (BM) Genel Kurulu'na kabul edilen Dünya Doğa Şartı'nda yer almakta olup çevre politikasının oluşturulmasında temel bir prensiptir. Dünya Doğa Şartı'nın giriş ve genel ilkeleri Çerçeve 4-1'de özetlenmektedir (Braga vd., 2014).

Çerçeve 4-1. Dünya Doğa Şartından Alıntılar

Giriş Bölümü'nden alıntılar;

- İnsan, doğanın bir parçasıdır ve yaşam, enerji ve besin teminini sağlayan doğal sistemlerin kesintisiz işlemesi gerekir.
- İnsan faaliyetleri sonucunda doğal kaynaklar tüketilebilir ve bu nedenle doğal kaynakları korumanın önemi ve aciliyeti iyi anlaşılmalıdır.

Genel İlkeleri'nden alıntılar;

1. Doğaya saygı gösterilecek ve onun işleyiş süreci bozulmayacaktır.
2. Yeryüzündeki genetik canlılık tehlikeye sokulmayacaktır; vahşi ve evcilleştirilmiş tüm yaşam formlarının popülasyon seviyeleri hayatta

kalabilmeleri için, en azından yeterli olmalıdır ve bu amaçla gerekli habitatlar korunacaktır

3. Yeryüzündeki tüm alanlar, hem kara hem de deniz, bu koruma ilkelerine tabi olacaktır; hassas bölgelerde, tüm farklı ekosistem türleri ve nadir veya nesli tükenmekte olan türlerin habitatlarının temsili örneklerine özel koruma sağlanacaktır.
4. Ekosistemler ve organizmaların yanı sıra arazi, deniz ve atmosferik kaynaklar, optimum sürdürülebilir üretkenliği elde etmek üzere yönetilecek, ancak birlikte yaşadıkları diğer ekosistemlerin veya türlerin bütünlüğünün tehlikeye sokulmasına izin verilmeyecektir.

Kaynak: UN GA, 1982.

4.1.1 Doğal Su Kaynaklarının Kullanımı ile ilgili Kısıtlamalar

Dünyadaki tüm yaşam suya bağlıdır. Yaklaşık 3,5 milyar yıl önce ortaya çıkan tek hücreli organizmaların gelişmek ve çoğalmak için su ve enerji tüketmesi, suyun canlılar için hayati bir değere sahip olduğunun önemli bir kanıtıdır. Dünyamızın jeolojik tarihi incelendiğinde, yaşam ihtiyaçları ile mevcut su arasında bir denge olduğu görülmektedir. İnsanoğlu ilk başta suyu kendi besinlerini yetiştirmek amacıyla kullanmış ve bunun üzerine medeniyetler inşa etmiştir. Nüfusun artmasıyla birlikte, daha fazla su talep edilmeye başlamıştır. Günümüzün neredeyse tüm tatlısu kaynaklarının yarısı, insani talebi karşılamak için kullanılmaktadır. Doğal ekosistemin korunması için de su elzemdir. Suyun ikamesi olmadığından, mevcut su kaynaklarının talepleri karşılamak için ne ölçüde kullanılacağı doğal ekosistemin korunmasında oldukça kritik bir konudur. Bu yüzden, özellikle su kıtlığının yaşandığı ve su talebinin yüksek olduğu bölgelerde su kaynaklarının iyi yönetilmesi gerekmektedir.

Su, toplum ile doğayı birbirine bağlaması itibarıyla biyosferin en önemli parçasıdır. Biyosferdeki mevcut tatlısu miktarı sınırlı olmasına karşın, bu kaynaklardan çekilen su hacmi gün geçtikçe artmaktadır. Nehir, göl ve topraktaki su; balıkçılık, ulaşım, turistik faaliyetler, sucul bitkiler, sulama, endüstriyel ve evsel kullanım gibi sayısız fayda sunmaktadır. Son yıllarda, suyun çevre veya ekosistem bütünlüğünün korunmasında önemli bir yere sahip

olmasının yanı sıra insanlara yarar sağlayan diğer hizmetler sunarak da insan ihtiyaçlarını desteklediği görüşü benimsenmiştir. Suyun ekosistemlerdeki rolüne dair çalışmalar, ekosistemin ekonomik değerini, büyük ölçekli ve uzun vadeli ekosistem süreçlerini ve ihtiyaç duydukları su akışlarını anlamaya yöneliktir.

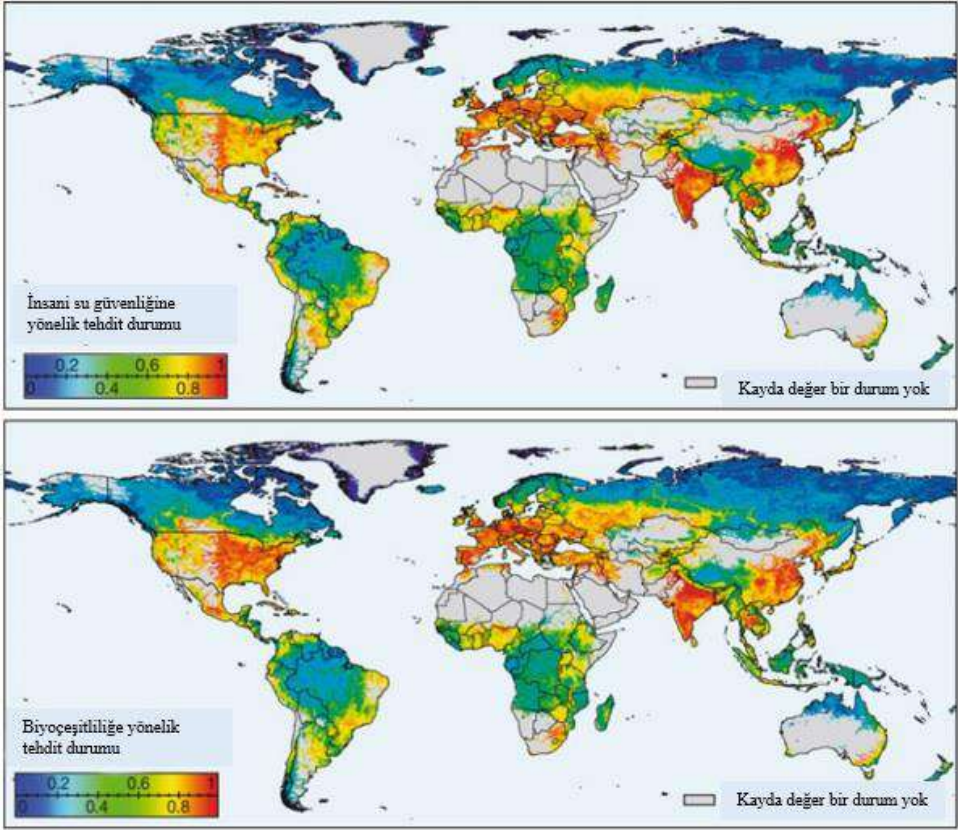
Suyun ekosistemlerde yer alan biyofiziksel ve kimyasal süreçlerdeki rolünün anlaşılması, bu süreçlerin sürdürülebilir ve sağlıklı olmasında önemli bir ilk adımdır. Ekosistemlerde su miktarı kadar su kalitesi de mühim olduğundan, kalitedeki küçük değişiklikler büyük ekosistem değişikliklerine neden olabilmektedir (kelebek etkisi). Ekosisteme devamlı kirlenici girdisinin olması, zamanla ekosistemin özümleme kapasitesinin aşılması sonucunda geri dönüşü olmayan hasarlara yol açabilir. Özellikle hassas tatlı su kaynaklarından biri olan yeraltı suyunun kirlenmesini takiben, sistemin iyileştirilmesi oldukça zor ve maliyetlidir.

Ekosistemin doğal bir parçası olan taşkın ve kuraklıkların, sulak alan ve orman ekosistemleri üzerinde çok önemli bir etkisi vardır. Taşkınlar ve taşkın kaynaklı sediment birikimi, bitkiler için daha bol miktarda su sağlarken verimli toprak ve besin maddeleri sağlayan doğal ekosistemleri de besleyebilir. Kentleşme ve arazi kullanımındaki diğer değişiklikler, kötü tarım uygulamaları ve plansız sanayileşme ise, ekosistemlerdeki su miktarı ve kalitesini değiştirebilen, dolayısıyla ekosistemleri tersine çeviren faaliyetler arasındadır.

Ekosistemler, sosyo-ekonomik gelişim için insanlara önemli hizmetler sağlamaktadır. Karasal veya sucul doğal ekosistemler çeşitli faydalara sahiptir. Biyoçeşitlilik, sulak alanlar, akarsular, nehirler ve göllerdeki taşkın alanları, geçiş bölgeleri, kıyı şeritleri ve haliçler boyunca ekosistemlerin işleyişini ve kabiliyetini desteklemektedir. Yeterli çevresel akış rejimlerinin sağlanamaması da, ekosistem biyoçeşitliliğini olumsuz yönde etkilemektedir.

Su, mevcut tüm ekosistemler üzerinde önemli bir yere sahiptir; çöl ekosistemi bile suya bağımlıdır. Orman, bataklık veya otlak gibi bazı ekosistem türleri de yağmur suyuna bağlı iken bazı sulak alanlar gibi kıyı ekosistemleri ise yeraltı suyuna veya tatlı su - tuzlu su karışımlarına bağımlıdır.

New York Şehir Üniversitesi (CUNY) ve Uluslararası Koruma Sivil Toplum Kuruluşu'nun su kalitesi, akış stabilitesi ve taşkınlar üzerine yaptığı çalışmalar, ekosistem hizmetlerinin küresel ölçekte değerlendirilmesine imkan sağlamıştır. Yapılan çalışma sonucunda, tatlı su sistemlerindeki biyoçeşitliliğe ve insani su güvenliğine yönelik tehditler Şekil 4-1 ile verilmiştir. Bu çalışmalar, bölgelere özgü iyileştirme faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi gerektiğini ve su güvenliği ile biyoçeşitliliğin korunmasında nüfus yoğunluğunun önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 4-1. Tatlı Su Sistemlerinde İnsani Su Güvenliğine ve Biyoçeşitliliğe Yönelik Tehdit Durumu (Braga vd., 2014)

4.1.2 Ekosistem Hizmetleri ve Kıtlık

Birleşmiş Milletler (BM) ve Dünya Bankası (WB) çalışmaları, düşük gelirli kesimin, yakın çevresi ile ekosistemden temin edilen gıdaya daha fazla bağımlı olduğunu göstermekte olup, benzer şekilde geniş bir deniz ve kıyı ekosistemi hizmetlerinden de ekonomik fayda sağlamaktadır.

Binyıl (Millennium) Ekosistem Değerlendirme Raporu (UNEP, 2006) tarafından tanımlanan ekosistem hizmetleri kapsamında dört temel bileşen bulunmaktadır; destekleyici, tedarik edici, düzenleyici ve kültürel olarak tanımlanan bu ekosistem türleri Çizelge 4-1 ile özetlenmektedir.

Çizelge 4-1. Kıyı Sakinlerinin Refahına Katkıda Bulunan Kıyı ve Deniz Ekosistemlerince Sunulan Ekosistem Hizmetleri (Braga vd., 2014)

Ekosistem Hizmet Türü	Ekosistem Hizmeti	Hizmet Sunan Anahtar Ekosistemler
<i>Destekleyici</i>	<i>Habitat</i>	<i>Mercan kayalıkları, mangrov*, deniz otu</i>
	<i>Sucul yaşam için</i>	<i>Açık okyanus akıntıları</i>
	<i>Hidrolojik döngü</i>	<i>Kıyı ormanları, sulak alanlar, mangrov</i>
	<i>Besin döngüsü</i>	<i>Çeşitli kıyı ekosistemleri</i>
<i>Tedarik</i>	<i>Yapı malzemeleri</i>	<i>Mangrov, mercan kayalıkları</i>
	<i>Yakıt (odun ve odun kömürü)</i>	<i>Mangrov, kıyı ormanları</i>
	<i>Balıkçılık</i>	<i>Bütün deniz habitatları</i>
	<i>Su ürünleri</i>	<i>Kıyı alanları, mangrovlar</i>
	<i>Tarım ürünleri</i>	<i>Kıyı alanları</i>
	<i>Diğer doğal ürünler (örn. bal)</i>	<i>Mangrov, kıyı ormanları</i>
	<i>İstihdam ve gelir</i>	<i>Temel hazırlığı sağlayan sistemler</i>
	<i>Tatlısu</i>	<i>Şığ lagün</i>
	<i>Deniz yosunu üretimi</i>	<i>Mercan kayalıkları, plajlar</i>
	<i>Turizm geliri</i>	
<i>Düzenleyici</i>	<i>Erozyondan korunma</i>	<i>Çamurlu kıyı bankaları</i>
	<i>Fırtına ve taşkın koruma</i>	<i>Mangrovlar, kıyı bitki örtüsü</i>
	<i>Hava ve su kalitesinin korunması</i>	<i>Mangrov, kıyı ormanları, mercan kayalıkları</i>
	<i>Atık bertarafı</i>	<i>Açık deniz ve gelgit akımları</i>
	<i>İklim düzenlemesi</i>	<i>Çeşitli kıyı ekosistemleri</i>
<i>Kültürel</i>	<i>Zararlı böcek ve hastalık kontrolü</i>	
	<i>Kıyı geçim kaynakları ile ilgili kültürel kimlik</i>	<i>Çeşitli kıyı ekosistemleri</i>
	<i>Eğitim ve araştırma</i>	
	<i>Miras değeri</i>	
	<i>Rekreasyon</i>	

* Mangrov, gelgit sonucu oluşan haliçlerde, tuzlu bataklıklarda ve çamurlu kıyılarda sık ormanlar oluşturan bazı ağaç ve çalı türlerine ve oluşturdıkları ormanlara verilen addır.

Balıkçılık, ekonomik zenginliğin veya doğal sermayenin önemli bir bileşeni olup iyi yönetildiğinde, ekonomik büyüme ve yoksulluğun azaltılmasında önemli bir rol oynayabilmektedir. Küçük ölçekli balıkçılık faaliyetleri, kıyıda yaşayan düşük gelirli kesime değerli protein ve geçim kaynağı sağlamaktadır.

4.1.3 Çevresel Akış

Sağlıklı bir ekosistem işleyişi için ihtiyaç duyulan su miktarı, “çevresel akış” olarak adlandırılmakta olup hem yüzeysel su, hem de yeraltı suyu bileşenlerinden oluşmaktadır. Bu hususta kritik adımlar; çevresel akışı temin ve tahsis etme sorumluluğunun kimde olacağı ile akış miktarı vb. kararların hangi mekanizmalarla ve nasıl verileceğinin tanımlanmasıdır.

4.2 Çevreye İnsan Etkisi

4.2.1 Tarım

Dünya genelinde suyun en çok kullanıldığı alan tarımsal sulamadır. 2000 yılında toplam arazi örtüsünün ¼’ü ekilebilir tarım alanı olarak tarıma tahsis edilmiş olup bu arazilerin çoğunda sulu tarım yapılmıştır. Çerçeve 4-2’de “Tarımda Suyun Kapsamlı Olarak Değerlendirilmesi” ile ilgili detaylı bilgiler bulunmakta ve tarımda su tüketimini azaltmanın yolları açıklanmaktadır. Ayrıca, tarımda gereğinden fazla (aşırı) su kullanımının, akarsu ve denizlere taşınım yoluyla, su ekosistemleri üzerinde giderek artan ölçekte besi maddesi kirliliğine yol açtığı unutulmamalıdır.

Çerçeve 4-2. Tarım ve Ekosistem Arasındaki İlişki

Artan besin talebini karşılamak amacıyla tarım arazilerinin verimliliğini arttırabilecek uygulamalar mevcut olup, bu uygulamaların ekosistem üzerinde kaçınılmaz etkileri de bulunmaktadır. Bu nedenle tarım arazileri ile ilgili düzenlemelerde akıllı teknolojilerin kullanımı ve ekosistemine öncelik verilmesi önemlidir. Bu kapsamda yapılabilecek çalışmalar;

Bitki ve hayvanların dağılımını değiştirmek: Konu ile ilgili düzenlemelerin en belirgin olanı, doğal bitki örtüsünün temizlenmesi ve mevsimsel veya yıllık ekilen ekinler ile değiştirilmesi, ve yabancı hayvanların evcil hayvanlarla değiştirilmesidir.

Bitkiler için gerekli suyun korunması amacıyla iklim değişimi ile mücadele etmek: Su, fotosentez için önemli olduğundan, mahsul verimliliği ve büyümeyi sağlamak için suyu güvenli bir şekilde temin etmek gerekir. Su güvenliğini dikkate alırken üç farklı zaman ölçeğinin hesaba katılması gerekmektedir: Mahsullerin büyümesi ve ek mahsullerin ekilmesi için gerekli olan sulama ihtiyacını karşılayabilecek su potansiyelindeki mevsimsel olarak su eksikliklerinin yaşandığı

dönem; küçük ölçekli alanlarda bile güvenli hale getirilebilen özel sulama sistemleri ile sulama ihtiyacının karşılanabildiği çorak dönemler; tekrarlayan kurak dönemler.

Toprak verimliliğini sürdürmek: Zemin boşluklarının suyla dolmasını önlemek (kök bölgesinde yeterince hava sağlamak). Erozyon ve güçlü rüzgarlar ve şiddetli yağmur nedeniyle verimli toprağın kaldırılması gibi etkiler, minimum toprak işleme uygulamaları gibi toprak koruma eylemlerine odaklanılarak sınırlandırılabilir.

Bitkisel besin ihtiyaçları ile mücadele etmek: Tarımsal toprakların beslenmesi genellikle gübre ya da kimyasal gübrelerin uygulanması ile olur. Ancak aşırı gübre kullanımı nehir ve göllerde besi maddesi kirliliğine sebep olabileceği için kullanılan gübre miktarına dikkat edilmelidir.

Sürdürülebilir çevre düzenlemeleri yapmak: Doğal ekosistemler tarım alanlarına dönüştürüldüğünde, arazi parçalarını birbirine bağlayan bazı ekolojik süreçler (türlerin hareketliliği ve yüzey suları gibi) kesintiye uğrayabilir.

Kaynak: IWMI, 2007.

4.2.2 Kentleşme ve Sanayileşme

2010 yılında, ilk kez dünya nüfusunun yarıdan fazlasının kentsel alanlarda yaşadığı tespit edilmiştir. Şehirlerin bu şekilde büyümeye devam etmesi durumunda, 2050 yılında şehirde yaşayan nüfusun, dünya nüfusunun yaklaşık %60'ını oluşturacağı öngörülmektedir. Sanayileşme ile ekonomik büyümenin sağlanması, genel itibariyle hayat kalitesini iyileştirilmesine karşın bazı olumsuz etkilere de yol açabilmektedir. İnsan ve çevre sağlığını tehdit eden kimyasal bileşiklerin (toksinlerin) çevreye salımı ve dünya genelinde sera gazı emisyonlarının artması bu durumun mahsurları arasında yer almaktadır.

Gerek kırsal, gerekse kentsel alanlarda yaşayan insanlar, ihtiyaçlarını karşılayabilmek için toprak, su ve bitki örtüsünden faydalanmaktadır. Bu kaynakların doğal süreçlerin kapasiteleri üzerinde tüketimi, tabiatın değişerek bozulmasına neden olabilmektedir. Bu tür faaliyetlerin hidrolojik döngü üzerindeki olumsuz etkilerinin geriye dönük olarak azaltılması oldukça zor olmaktadır.

4.2.3 Çoraklaşma ve Çölleşme

Ormansızlaşma, yangınlar ve kötü tarım ve hayvancılık uygulamaları gibi bazı arazi kullanım değişiklikleri, su havzalarının bozulmasına ve çoraklaşmasına yol açabilmekte olup kullanılabilir güvenli ve temiz su miktarının azalmasına yol açmaktadır. Nehir ve baraj haznelerindeki (rezervuarlardaki) silt birikintilerinden dolayı toprak erozyonunu artırabilmekte, toprağın su tutma kapasitesini azaltabilmekte ve yeraltı suyu beslenmesini engelleyebilmektedir. Sulak alanların kurutulması, yeraltı suyunu besleyen su kaynaklarının azalması neticesinde uzun vadede su kıtlığına neden olabilmektedir. Dünya çapında ~2 milyar hektarlık alan ciddi şekilde bozulmuş olup bu arazilerden bazılarında hasarın iyileştirilmesi mümkün değildir. Dünya Su Değerlendirme Programında (UN WWAP, 2012), sadece 1981-2003 döneminde küresel ölçekte toplam arazi alanının yaklaşık ¼'ünün çoraklaştığı/çölleştiği, bu durumun ise ~1,5 milyar insanı etkilediği bildirilmiştir.

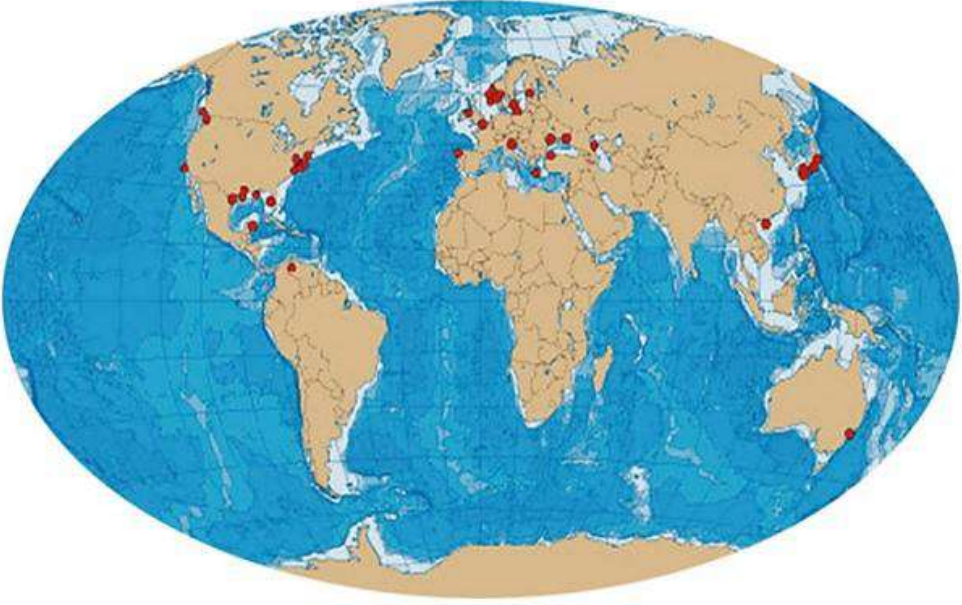
Çoraklaşmanın/çölleşmenin, arazi bozulmasının ve kuraklıkların en önemli etkilerinden biri, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki kurak bölgelerde, topluluklar arasında güvenilir gıda temininin zorluğu ve açlık sorununun yaşanmasıdır. Kurak ülkelerde çoraklaşma/çölleşme ile arazi bozulması ve kuraklıkların su kaynakları üzerindeki etkileri azaltılıp, güvenli su temini eldesiyle insanların güvenli gıdaya erişimi sağlanabilir.

Çoraklaşma/çölleşme ile mücadelede çeşitli önlemler uygulanmaktadır. Asya'nın dağlık bölgelerdeki pirinç tarlalarında, su erozyonunu önlemek amacıyla arazi teraslama çalışmaları ile az eğimli arazilerde kontur şeridiyle uyumlu çiftçilik uygulamaları mücadele çalışmalarına örnek olarak verilebilir. Ancak henüz küresel ölçekte çölleşmenin önüne geçilebileceğini söylemenin imkanı yoktur.

4.2.4 Kıyı Bölgeleri

Bazı su ekosistemlerde, orta derecede (makul) besi maddesi artışı nadiren ekonomik olarak değerli balık popülasyonlarında artış sağlayabilmektedir. Öte yandan, aynı sularda dahi olsa, daha yoğun bir besi maddesi artışı, ciddi balık kayıplarına ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına yol açabilmektedir. Kıt besin kaynağına sahip göl, nehir veya kıyı sularına azot veya fosfor verilmesi (girişi), sucul gıda ağının tabanını oluşturan alg (fitoplankton) üretimini artırır. Su ekosistemlerinde aşırı alg çoğalması, oksijen tükenmesi başta olmak üzere olumsuz etkilere neden olan “*ötrofikasyon*”a yol açar. Sucul ortamda besi maddesi, ışık geçirgenliği ve oksijen konsantrasyonunda meydana gelen bu temel değişiklikler, fitoplankton ve zooplanktonlar ile dip bölgede yaşayan bentik organizmaları etkilemektedir. Temel olarak su ekosistemlerinde oksijen azalmasının, doğrudan ve dolaylı olarak balık ölümlerine ve “*ölü bölgeler*”in oluşumuna neden olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla, bir plankton topluluğu veya diğer ekolojik faktörlerdeki küçük değişimler, balıkçılık faaliyetlerinin azalmasına sebebiyet verebilmektedir.

Kıyı ekosistemleri ötrofikasyona karşı oldukça savunmasızdır; bu sebeple besi maddesi girdilerindeki küçük artışlar dahi kıyı ekosistemine ciddi zararlar verebilmektedir. Özellikle mercan kayalıkları ve deniz çayırı yatakları, değişen çevresel koşullara karşı oldukça hassastır. Dünya genelinde kıyı şeridinde tespit edilen ölü bölgeler Şekil 4-2 ile gösterilmektedir.



Şekil 4-2. Kıyı Bölgesindeki Ölü Bölgeler

(Kaynak: DEAD ZONES-GES DISC Goddard Earth Sciences, Data & Information Services Center:
<http://daac.gsfc.nasa.gov>)

Meksika Körfezi bu ölü bölgelerin önemli bir örneğidir. Çözünmüş oksijen (ÇO) seviyesindeki mevsimsel düşüş, her yıl bahar döneminin sonlarında ve takip eden yaz aylarında, Mississippi Nehri'nden Meksika Körfezi'ne yüksek miktarda tatlısu ve besi maddesi girişinin neticesinde gerçekleşir. Tarımda yaygın olarak kullanılan kimyasal gübre, oksijen tükenmesine neden olan başlıca nitrat kaynağı olmakla birlikte, diğer azot kaynakları arasında hayvansal gübre, soya fasulyesi ve yonca (alfalfa) üretimi, toprak azotu, evsel atıksular ve son olarak atmosferik çökeltme yer almaktadır.

Kıyı şeridinde yer alan dünyanın büyük şehirlerinin çoğunda, sucul ortamdaki besi maddesi artışı, kentleşme hızı ve atıksu deşarjları, gelecekte daha da ciddi sorunlara neden olacaktır. Öte yandan bir başka tehdit ise deniz seviyesi yükselmesidir. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), ortalama deniz seviyesinin 1870'ten bu yana 20 cm yükseldiğini ve yükselme hızının artmaya devam ettiğini kaydetmiştir. Bu artışın devam etmesi halinde, deniz seviyesinin 2100 yılında, 1990 baz yılına göre ~31 cm yükseleceği tahmin edilmektedir. Kimi bölgelerde, iklim, yüksek gelgit ve kara rüzgarları koşullarına da bağlı olarak, deniz seviyesi yükselmesinin daha da yüksek olarak gözlenebileceği öngörülmektedir. “İnsani Gelişme Raporu’nda (UNDP, 2011) ise, 2050 yılına kadar bazı bölgelerde görülecek olan 50 cm’lik bir deniz seviyesi yükselmesin, ~1 milyon m² ve 170 milyon insanı etkileyeceği belirtilmiştir. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde, kıyı suları ve ekosistemlerdeki ölü bölgelerin çoğalması da kaçınılmazdır.

4.3 Su Yönetimindeki Yaklaşım Değişimleri

Dünya sayısız ve benzersiz birçok organizmayı bünyesinde barındırır. Öte yandan insanoğlu içinde yer aldığı ekosisteme ve yaşadığı çevreye, bilerek veya bilmeden zarar verebilecek ölçekte bir güç barındırır.

Günümüzde, sağlıklı ve doğal ekosistem hizmetlerinden yararlanan “yeşil” stratejilerin, kentsel yaşam alanlarındaki uygun altyapı seçenekleriyle birlikte, daha iyi ve daha uygun maliyetli, orta ve uzun vadeli riskleri yönetecek şekilde nasıl tasarlanacağı ve uygulanacağı üzerine odaklanılmaktadır.

4.3.1 Bütünleşik Su Kaynakları Yönetimi Yaklaşımı ile Ekosistem Yönetimi

Küresel Su Ortaklığı kapsamında yaygın olarak kabul edilen Bütünleşik (Entegre) Su Kaynakları Yönetimi tanımı şu şekildedir:

“Çevresel sistemin sürdürülebilirliğinden ödün vermeksizin, ekonomik ve sosyal refahı en üst düzeye çıkarmak amacıyla, su, arazi ve diğer ilgili doğal kaynakların koordineli olarak geliştirilmesi ve yönetilmesidir.”

Binyıl Ekosistem Değerlendirmesi Raporu (2006)’nda, hem *Bütünleşik Ekosistem Yönetimi*, hem de *Bütünleşik Nehir Havzası Yönetimi* konularına değinilmiş olup iyi yönetilen su ve havza bazlı kaynakların, yüksek düzeyde ekosistem hizmeti sağlayacağı vurgulanmıştır.

Çin’in “medeniyetinin beşiği” olarak anılan ve ikinci büyük nehri olan Sarı Nehir, dünyanın en yüksek ortalama yıllık sediment taşınım hacmine sahiptir. Sarı Nehir, 1990’lardan bu yana, su kıtlığı ve havzadaki ekolojik sistemlerin bozulması gibi ciddi sorunlar ile karşı karşıya kalmıştır. 2007 yılı sonunda nüfusun yaklaşık 113 milyon olduğu Sarı Nehir Havzası’nda, toplam gıda üretiminin %60’ının sulu tarımdan elde edildiği kaydedilmiştir. 2006 yılında kömür, elektrik, petrol ve doğalgaz gibi enerji sektöründen elde edilen sanayi geliri ~100 milyar USD olup bu değer havzanın GSYİH’sının yaklaşık %36’sı ve Çin’in toplam sanayi üretiminin %9’una karşılık gelmektedir. Çin su kaynaklarının sadece %2’si ile tarım alanlarının %15’i sulanmakta ve ülke nüfusunun %12’sine su temin edilebilmektedir. Sarı Nehir Havzası Komisyonu, su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamak ve su talebini yönetebilmek için politikalarını güncellemiş olup bu kapsamda yapılan değişiklikler Çerçeve 4-3’te açıklanmaktadır.

Çerçeve 4-3. Sarı Nehir Havzasına Ait Bütünleşik Su Kaynakları Yönetimindeki Çevresel Akış Sorunları ve Çözümleri

Sarı Nehir Havzası, kuraklığın sıklıkla yaşanması yüzünden çevresel akış rejimini korunmasında ciddi zorluklarla karşı karşıya kalmıştır. 1972 yılından günümüze kadar devam eden kuraklık olayları havzada su kıtlığına yol açmıştır.

1972'den 1999'a kadar olan kayıtlar incelendiğinde, aşağı Sarı Nehir'de yaşanan kuraklığın süresi toplamda 21 yıldır. En şiddetli kuraklık dönemi, 1997 yılında Bohai Denizi'ne (Bo Sea) akan nehir ağzında 330 gündür. Etkilenen nehrin maksimum uzunluğu 704 km'dir. Bu, aşağı Sarı Nehir kesiminin toplam nehir uzunluğunun yaklaşık %90'ına karşılık gelmektedir.

Ekosistem dengesini korumak, tarım ve endüstri için suyun çoklu kullanımlarını dengelemek amacıyla, Sarı Nehir Koruma Komisyonu (YRCC) bütünleşik su kaynakları yönetimini benimseyerek, mevcut politikalarını değiştirmiştir.

Bu bütünleşik su tahsis politikası, su varlığını, sosyal, ekonomik ve ekolojik gelişmelerle dengelemeyi amaçlamaktadır. Böylece, geliştirilmiş, daha güvenilir bir su kaynağı ile hem havzada, hem de nehrin hizmet verdiği bölgelerde 100 milyondan fazla insanın yaşam kalitesi artırılmıştır. Bu politika sayesinde, Sarı Nehir Deltası'nda büyük sulak alanlar ve biyoçeşitlilik alanları restore edilerek, nehrin canlılık getirilmiştir.

~5.500 km'lik nehir boyunca dokuz il ve bölgede YRCC, suyun yerel, endüstriyel ve tarımsal kullanımlarda eşit olarak tahsis edilmesi amacıyla yerel yönetimleri ve insanları destekleyen bir yaklaşım benimsemiştir. Rezervuarları izlemek ve kontrol etmek için gerçek zamanlı nehir sistemi bilgilerini toplayan bir otomasyon sistemi geliştirilmiştir.

Kaynak: Braga vd., 2014.

4.3.2 Kazan-Kazan Yaklaşımı

Son yıllarda ülkelerin ekonomik gelişiminde önemli bir yere sahip olan ekosistem hizmetleriyle ilgili olarak yokluk, kıtlık, su temini ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi gibi meseleler ortaya çıkmıştır. Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi ile ilgili artan kaygılar, su temini üzerindeki baskıyı da artırmaktadır. Birçok sektörde su kalitesinin bozulması, doğal su kaynaklarının korunması ve daha iyi ve daha ekonomik su ve atık su arıtma teknolojilerinin kullanılması ihtiyacı doğurmuştur.

İsrail'deki tek büyük yüzey su kaynağı olan Kinneret Gölü tarım ve turizm amacıyla yoğun olarak kullanılmakta ve ülkenin tatlı su kaynaklarının %30'unu oluşturmaktadır. Su havzasındaki kirlilik ve gölden suyun terfi edilmesi gölün su kalitesi ile ilgili bir takım kaygılara neden olmaktadır. Göl ve su havzasının yönetilmesi ve izlenmesi için teknik planlamaların yapılması, alternatiflerin belirlenmesi ve en uygun alternatifin seçilmesi gerekmiştir. İsrail, 1999 yılından bu yana izleme ve yönetim sistemlerinde bazı yapısal, teknik ve lojistik değişiklikler yaparak Bütünleşik İzleme Sistemi'ni uygulamaya başlamıştır. Göl havzasında uygulanan Bütünleşik İzleme Sistemi kapsamında, bir izleme ekibi tüm kuruluşların çalışmalarını koordine etmekte ve sistemin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Böylece havzadan göle giren besin maddesi miktarının azaltılması amaçlanmaktadır.

Çevre ve halk sağlığı ile ilgili su kalitesi sorunları, fakir ülkelerde bile ekosistem kalitesini önemli ölçüde etkileyen sosyo ekonomik bir sorun olarak kabul edilmektedir. Kolombiya'da nehirleri ve su havzalarını korumak amacıyla borç alma stratejileri geliştirilerek, bir güven fonu

oluşturulmuş ve bu fon kullanılarak ülkenin başkenti Bogota'ya temiz içme suyu temin edilmiştir.

Bir diğer çevre sorunu ise taşkındır. Taşkına karşı korunma önlemlerinin alınması amacıyla yüksek maliyetli mühendislik çalışmaları yapılmaktadır. Alınan bu önlemler oldukça faydalıdır, ancak bazı durumlarda bu önlemler dahi yeterli olmayabilmektedir.

Kanada'daki Winnipeg Gölü, dünyanın en büyük onuncu tatlı su gölü ve Kuzey Amerika'daki en büyük ikinci su havzasıdır. Havza; altı milyon insana ev sahipliği yapmakta, yaklaşık 55 milyon hektar tarım arazisini kapsamakta, 17 milyon çiftlik hayvanı bulunmaktadır ve tarıma dayalı endüstrisinin değeri yaklaşık 20 milyar CAD'dır. Ayrıca, havzadaki karasal alanların göl yüzey alanına oranı, dünyadaki diğer tatlı su göllerine göre en yüksek seviyededir. Yaz döneminde ölçülen klorofil seviyeleri incelendiğinde, Winnipeg Gölü'nün dünyanın en büyük ötrofik gölü olduğu anlaşılmaktadır. Göldeki fosfor yükünün %66'sı ve azot yükünün %43'ü ABD'nin kuzeyinden akan Kızıl Nehir'den kaynaklanmaktadır. Gölün girişinde, Kanada'daki en büyük tatlı su kıyı sulak alanlarından biri olan Netley-Libau Bataklığı yer almaktadır. Bataklığın özümleme kapasitesi, son yıllarda deşarj, taşkın, dip taraması ve çevre düzenlemelerindeki değişikliklerden ciddi ölçüde etkilenmiştir. 2006 yılından beri yenilikçi bir biyo-ekonomi projesi üzerinde Manitoba Üniversitesi ve Ducks Unlimited Canada arasında işbirliği yapılmaktadır. Pilot projede, Kuzey Amerika'da yetişen ince yapraklı uzun boylu bataklık bitkileri hasat edilmiş, sıkıştırılmış ve biyoenerji için yakılmıştır. Bu yaklaşımın başlıca yararları, besi maddelerinin giderimi, biyoenerji üretimi, fosfor geri kazanımı ve habitatın iyileştirilmesidir. Her bir uygulama için ekonomik ve çevresel koşullara bağlı olarak, Netley-Libau Marsh'taki başarılı uygulamalar Winnipeg Gölü'nün diğer kıyı bölgelerinde de tekrarlanabilir. Sonuç olarak, su kalitesi ve toplum ekonomik durumu iyileştirilebilir. Bu yaklaşımı desteklemek için yakın havzada paydaşlar ile iş birliği yapılması gerekmektedir.

4.3.3 Tasarlanmış (Yapay) Ekosistemler

Günümüzde birçok ekosistem hizmeti mühendislik altyapısı ile ilişkilidir. Sadece su sistemi düşünüldüğünde, temiz su temini, atıksuların toplanması ve arıtımı ile bertarafı, taşkın kontrolü, rekreasyon tesisleri gibi hizmetlerde mühendislik altyapısı kullanılmaktadır. Özellikle kentsel alanlarda daha etkin yaşam ve çalışma ortamının oluşturulması için planlanan alternatifler arasından en ekonomik olanı, kurulmuş (inşa edilmiş/yapay) ve doğal altyapıların bir araya getirilmeye çalışılmasıdır. Altyapı geliştirmenin ana sebeplerinden biri, geleneksel dış yatırımlardan daha düşük maliyetle olumsuz dışsallıkları en aza indiren sistemleri tasarlamak, işletmek ve sistemin sürdürülebilirliğini sağlamaktır.

Kamu politikaları, çevresel sürdürülebilirliğin sosyal faydalarını ve çeşitli çevresel koruma maliyetlerini içeren yatırım ve tüketim ile ilgili olarak özel sektöre teşvikler sunabilmektedir. Küresel ölçekte, çevresel araştırma ve geliştirmeyi (Ar-Ge) artırma ve daha yeşil teknolojilerin uluslararası transferini teşvik etme ihtiyacı vardır. Bu kapsamda yapılan “Yeşil Ekonomi Gündemi”, sürdürülebilir kalkınmanın ilerlemesini destekleyen bir çalışmadır. Bu Gündem, su altyapıları için daha verimli kaynak kullanımını teşvik eden ve daha az doğal kaynak tüketen alternatifler üzerine odaklanmayı amaçlamaktadır.

Karlılık amacı güden bir firmanın, topluluklar ve çevre için ek bir su rezervi oluşturarak gelecekteki su kıtlığıyla ilgili risk ve belirsizliklerin azaltılmasına yönelik yapılan çalışma Çerçeve 4-4'te özetlenmiştir.

Çerçeve 4-4. Kurak Bir Bölge İçin Su Temini Restorasyonu: Italcementi

Sitapuram kalker minerali, Zuari Cement Ltd (İtalyan Italcementi Group) tarafından işletilen bir açık ocak madeni, Hindistan'ın güneydoğusundaki Nalgonda Bölgesi'ndeki Dondapadu'da yer almaktadır.

Firmanın amacı kireç taşıını çıkardıktan sonra kazılan bölgeyi bir göle (madencilik alanının %75-80'i) dönüştürmek ve daha sonra çevresinde bir rekreasyon alanı oluşturmaktır. Ayrıca firma, toprağı, flora ve faunayı korumak amacıyla göl çevresinde yeşil bir kuşak geliştirmeyi planlamaktadır.

Kazılan alanın bir göle dönüştürülmesi ile, su kalitesinin izlenmesine ek olarak küçük havuzlar ve daha büyük su kütleleri oluşturulacaktır. Madencilik alanından gelen silt ve sedimentler için tahliye sistemi inşa edilmiştir. Bu sayede, madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan potansiyel kirliliğin azaltılması amaçlanmıştır.

Madencilik sahasının sınırları boyunca geliştirilen yeşil kuşak; çevre koruma alanı, madencilik faaliyetlerinin yarattığı toz ve gürültüyü engelleyen bir bariyer görevi

görmektedir. Madencilik sahasında, 9 hektarlık alanda, Jatropha bitkileri (biyodizel için) yetiştirilmesi düşünülmektedir. PVC boru hatları ile taş ocağı göletinden ağaçlara kalıcı su temini sağlanacaktır.

Çalışma sonuçları aşağıda özetlenmiştir;

- *Ocak sahasında, büyük bir su kütlesi (rezervuarı) oluşturulmuştur. Bu su kütlesi; ekolojik ortamın korunmasına katkıda bulunmakta, ayrıca su kıtlığı, tarımsal sulama ve balık yetiştiriciliği için rezervuarı kullanabilen yerel topluluklara da fayda sağlamaktadır.*
- *Alan çevresindeki su tabakası yükseltilerek alttaki akiferin beslenmesi sağlanmıştır.*
- *Sedimentlerin maden alanından çevreye taşması ve bunun sonucunda yerel flora ve faunanın bozulması engellenmiştir.*
- *Maden etrafındaki yeşil alanların çoğaltılması, ağaçların ve çalılarının ekimi nedeniyle toprağın korunması ve atmosferdeki CO₂ seviyelerinin azaltılması sağlanmıştır.*

Kaynak: UN WWAP, 2012.

Ulusal düzeyde, Kore Dört Nehir Projesi, su kaynakları yönetiminin yeşil büyüme için nasıl bir itici güç olabileceğini gösteren başlıca bir uygulama olup, konu ile ilgili detaylı bilgiler Çerçeve 4-4-Çerçeve 4-5'te yer almaktadır.

Dünyanın en güzel tabii limanlarından biri olan Haliç'te, evsel ve sanayi kaynaklı atıksular, katı atıklar, çöpler, derelerden ve yamaçlardan gelen sürüntü malzemeleri, Haliç'e bağlı derelerden gelen kirleticiler, gemilerden dökülen sintine ve balast suları ve Haliç taban çamuru başta olmak üzere bir takım sebeplerden dolayı su kirlenmesi yaşanmıştır. Haliç'in kirliliğinden kurtarılması ve yaşanabilir bir çevreye kavuşması için yürütülen Muazzam Haliç Çevre Koruma Projesi ile ilgili detaylı bilgiler Çerçeve 4-6'da verilmiştir.

Çerçeve 4-5. Güney Kore Dört Nehir Projesi

Ekonomik bir krizin ardından Güney Kore, kısa vadeli ekonomik sorunları çözmek ve iş olanakları oluşturmak amacıyla, yeşil yatırım için 2009-2013 döneminde GSYİH'nın % 2'sini (86 milyar dolar) ayırmaya karar vermiştir. Yeşil yatırım bütçenin yüzde yirmisi olan 17,6 milyar ABD Doları, Dört Nehir Restorasyon Projesi (4RR) için kullanılmıştır.

Bu projenin amaçları, su temini (1,3 milyar m³), taşkın ve kuralık yönetimi, su kalitesinin iyileştirilmesi (BOİ: 3 mg/l), su ekosisteminin iyileştirilmesi ve çevresindeki bölgelerin geliştirilmesidir.

% 95 oranında tamamlanan proje ile, 570 milyon m³ sedimentin taranması, 16 yeni küçük boyutlu çok amaçlı gölet ve rezervuar yapılması ve çiftlik alanları dahil olmak üzere kirlenici maddelerin giderimi gerçekleştirilmiştir.

Hükümet, bu projenin 32,8 milyar ABD doları değerinde pozitif ekonomik fayda sağlamasını ve istihdam yaratmasını beklemektedir. Sonuç olarak, projede geliştirdiği deneyimler ve teknolojiler sayesinde Güney Kore Hükümeti, G. Kore'nin ülke ekonomisine katkıda bulunan ve su yönetimi sektörünün önde gelen ülkelerinden biri haline gelmesini amaçlamaktadır.

Kaynak: OECD, 2012.

Çerçeve 4-6. İBB Haliç Rehabilitasyon (Tarama ve Islah) Projesi (1997-99)

Haliç, nüfusun hızlı artışı, plansız sanayileşme ve şehircilik kaidelerine uymadan gelişigüzel kurulan yanlış yerleşme merkezleri sebebiyle hızlı bir şekilde kirlenerek Türkiye'de çevre ve su kirlenmesinin kronikleştiği bir ortam haline gelmiştir. Özellikle evsel atıksuların Boğaz'ın ve Haliç'in çeşitli noktalarından deşarj edilmesi, bu bölge içinde denize karışan derelerin açık kanal olarak diğer bölgelerindeki kirlilik yüklerini bu bölgelere taşıması ve çevreyi kirlenici nitelikte sanayinin buradaki düzensiz yerleşimi Haliç ekosisteminin bozulmasına neden olmuştur.

Haliç'in kirli görüntüsünden kurtarılması ve yaşanabilir bir çevreye kavuşması amacıyla Haliç Rehabilitasyon (Tarama ve Islah) Projesi (1997-99), yaklaşık 20 milyon USD bedelle bir Türk-Amerikan ortak girişimi tarafından gerçekleştirilmiştir.

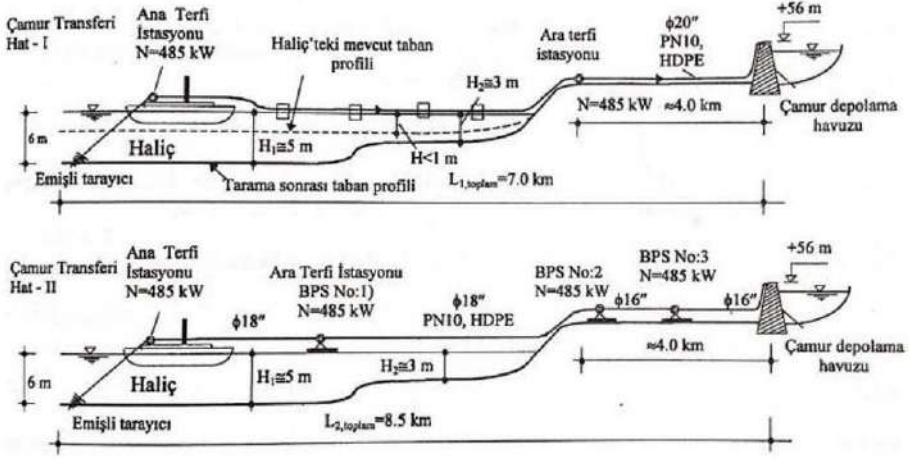
Proje kapsamında, Haliç'in Balat-Hasköy ile Eyüp-Sütlüce arasındaki kısmında asgari 5 m ve Sütlüce-Eyüp hattı ile Silahtar arasındaki bölgede ise 4 m derinlikte tarama çalışmaları yapılması amaçlanmış olup, tarama çalışmaları Mayıs 1997'de başlatılarak 1998 sonunda bitirilmiştir.

Tarama projesinde Haliç içinde bulunan tarihi adalar aynen korunmuştur. Silahtar'ın

memba tarafında 100 m genişliğinde su kanalları oluşturulmuş ve bu kanal kıyılarında seddeler inşa edilerek arka kısmında çamur dolgu ve peyzaj alanları teşkil edilmiştir. Haliç sahilindeki depo alanlarında 1 Temmuz 1997 itibarıyla 150.000 m³ oldukça katı yapıda çamur depolanmıştır. Bu alanlar, depolanan çamurun kurumasını müteakip yeşil alan olarak düzenlenmiştir. Tarama ve düzenleme çalışması yapılan kısmın uzunluğu ~5 km ve genişliği ortalama 200 m'dir. Takribi 1.000.000 m² tarama alanından ortaya çıkan yaklaşık 5 milyon m³ % 10-15 KM'li çamur-su karışımının büyük kısmı basınçlı iki paralel boru hattı ile Küçükköy-Cebeci bölgesindeki terkedilmiş taş ocaklarında inşa edilen çamur barajına basılmıştır.

Haliç'te yıllardır biriken 5 milyon m³ çamurun (%10-15 KM'li çamur-su karışımının) sıyırılmasında, çamur özel tarama gemileriyle emilerek Alibeyköy'de eski bir taş ocağından istifade edilerek inşa edilen çamur barajına borularla iletilmiştir. Böylece, Haliç 4 ila 5 m derinliğe kadar taranmıştır. Ayrıca, Haliç'e dev bir fiskiye yapılarak hem estetik bir görünüm hem de Haliç suyuna oksijen kazandırılmıştır. Haliç'in oksijen kazandırma hızını artırmak için hareketli ve yüzer havalandırıcılardan da yararlanılmıştır. Haliç tarama ve çamur uzaklaştırma ile ilgili teknik bilgiler Şekil 1'de verilmiştir.

Çerçeve 4-6. İBB Haliç Rehabilitasyon (Tarama ve Islah) Projesi (1997-99) (devamı)



Şekil 1. Haliç tarama ve çamur uzaklaştırma ile ilgili teknik bilgiler

Taş ocaklarının ağzında kret kotu 60 m'ye ulaşan çamur barajı yapılmıştır. Bu barajın depolanan çamurun konsolidasyon süresini azaltmak için tabandan sızıntı suyu alınmış ve bu şekilde barajda çökelen çamurdan süzülen su Küçükköy Deresi üzerinden tekrar Haliç'e verilmiştir. Çamur depolama barajında susuzlaştırmanın daha kolay olması için geotekstil ile donatılmış özel dren elemanları kullanılmıştır. Susuzlaştırma tamamlandıktan sonra çamur yeterince konsolide olduktan sonra alanın üzeri (bugünkü Vialand Eğlence/Alışveriş Merkezi sahası) bitkisel toprakla örtülerek bitkilendirilmiştir.

Haliç Islah (Rehabilitasyon) Projesi kapsamında tarama, peyzaj ve çevre düzenleme ile İSKİ'nin çevre koruma altyapı tesislerinin yapımı dahil yapılan yatırımların bedeli, 2000 yılı itibarı ile ~470x10⁶ USD'dir.

Haliç Rehabilitasyon Projesi, Dünya Büyükşehir Belediyeleri Birliği'nin 2002 yılı en iyi Çevre Koruma Projesi (Metropolis Award 2002)'ne layık görülmüştür.

Kaynak: Eroğlu vd., 2003.

Mühendislik yapılarının sağlayacağı bir diğer fırsat ise, iklim değişimine uyum sürecinde doğal ekosistem ihtiyaçlarının ve faydalarının daha iyi belirlenebilmesidir. Örneğin, birçok yerde, yağışın yoğun olduğu durumlar için karayolları ve demiryolları kenarları ile altındaki drenaj kanalları ve menfezlerin değiştirilmesi gerekmektedir. Bu süreçte mühendisler, su canlılarının geçişini kolaylaştırmak amacıyla olası su seviyeleriyle uyumlu yapılar inşa ederek bölünmüş habitatları yeniden kurgulayabilirler. Başka bir durum ise, değişen yağış rejimlerine uygun olarak rezervuarlardaki su seviyesi değişimlerini yöneten işletme kurallarını yeniden gözden geçirilmesi ve bu kuralların iyileştirilmesidir.

4.4 Su ile Ekosistem Değerleme ve Tahsisi

Birleşmiş Milletler Binyıl Kalkınma Hedefleri'nin (MDG) 7. Hedefi “sürdürülebilir kalkınma prensiplerinin ülke politikalarına ve programlarına entegre edilerek doğal kaynakların tüketilmesinin engellenmesi”ni öngörmektedir.

Su temini, arıtımı ve dağıtımı için gerekli altyapı maliyeti, ödenebilecek miktardan yüksek ise bu ekonomik açıdan kıtlık olarak tanımlanır. Politik faktörler, toplumun ek suyu depolamak ve bunlara erişmek için fiziksel altyapısını genişletebilme yeteneğini de kısıtlayabilir. Çekilebilir ya da kullanılabilir su miktarı, çevrede ne kadar su kalması gerektiğine ilişkin asgari standartları belirleyen yeni politikalar ile de sınırlandırılabilir.

Su hakları, su tahsisi, su dağıtımı ve su kullanımı dinamik olarak su varlığı ile ilişkilidir. Ekosistem hizmetlerinin sağladığı faydaların belirlenmesi ve bu faydaların ekonomik değerinin ölçülmesi, karar vericilerin su ve ekosistemleri yönetmek için alternatifler arasında daha kolay seçim yapmasına imkan vermektedir. Ancak tüm paydaşların aynı fikirde olması her zaman mümkün değildir. Su ile ilgili birçok ekosistemin korunması, sadece güvenilir bir ekolojik alternatif olmayıp aynı zamanda ekonomik açıdan da faydalıdır.

Suyun ekonomik değerinin belirlenmesi ile ilgili çeşitli bakış açıları söz konusu olup, 2002 yılında Lahey'deki ikinci Dünya Su Zirvesinin Bakanlar Deklarasyonu'nda bu konu ile ilgili olarak yapılan açıklama şu şekildedir:

Suyun ekonomik değerinin belirlenmesi ile, suların ekonomik, sosyal, çevresel ve kültürel değerlerini yansıtan bir yönetim şeklinin oluşturulması amaçlanmalıdır.

Su kaynaklarının bir ekonomik değerinin olduğunu kabulü ile, hükümetler kullandıkları su için kullanıcıları ücretlendirmektedir. Örneğin Brezilya'da, enerji üretmek için kullanılan suyun karşılığı olarak 6,50 USD / GWh'lik bedel alınmaktadır.

Suyun farklı kullanımları ve özellikle ekosistem faydalarını sürdürmek için ekonomik değerinin belirlenmesinde karşılaşılan en büyük sorunlardan biri, farklı değerlendirme teknik ve yöntemlerinin olmasıdır. Doorn ve Dicke'nin (2012) belirttiği gibi: “Su yönetiminde, bazı ekonomik değerler paydaşlar tarafından belirlenebilir, ancak bazı değerlerin bir temsilci veya konsey tarafından belirlenebilmesi mümkün değildir. Ancak, bu ekonomik değerlerin belirlenmesi, mevcut ve gelecekteki su yönetimi için oldukça önemlidir”. Suyun ekonomik değerinin belirlenmesi tartışmalı, yüksek veri gereksinimlerine ihtiyaç duyulan, karmaşık ve teknik ve ekonomik beceriler gerektiren bir konudur. Farklı kullanım ve politika amaçları için farklı değerlendirme teknikleri uygulanabilmektedir.

Sürdürülebilir bir ekosistem için, su kaynakları planlama, geliştirme ve entegre yönetimi temel prensipleri esas alınmalıdır.

4.4.1 Yeşil Ekonomi

BM Genel Kurulu, küresel eylemlerin ulusal düzeydeki tepkileri artırdığını kabul etmektedir. Binyıl Kalkınma Hedefleri'nin sekizinci hedefi “kalkınma için küresel bir ortaklık geliştirmek”tir. Uluslararası düzeyde ortak olan, yani tüm ulusların deneyimlediği çevresel zorlukları ele alan kurumsal düzenlemelere gerek duyulmaktadır.

Rio + 20 Zirvesi'nde su kullanım verimliliği ve talep yönetiminin yeşil büyüme stratejilerinin temel unsurları olması gerektiği ifade edilmiştir. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) tarafından önerilen, su hizmetlerinin ekonomik değerini belirleyen bir dizi politika yönelimi Çerçeve 4-7'de özetlenmiştir.

Çerçeve 4-7. Yeşil Büyüme İçin OECD Politika Yönelimleri

Bazı politikalar, su yönetimini büyüme için sistematik olarak kullanabilmektedir:

- **Su kıtlığı olan bölgelerde su depolama ve su dağıtım sistemlerine yatırım yapılması:** Yeşil büyüme stratejileri için kaynak güvenilirliği şarttır. Bununla birlikte, su depolama teknolojileri ve altyapıları ekosistem dengelerini bozabilir. Su kıtlığı olan bölgelerde, teknik veya fiziki olmayan (hafif) altyapılar (ör., sulak alanlar, taşkın alanı ve yeraltı suyu beslemesi vb.), küçük ölçekli barajlar, yağmur suyu hasadı veya uygun şekilde tasarlanmış altyapılar tercih edilebilir.
- **Suyun ekonomik değerinin belirlenmesi, kullanıcıların belirlenmesi ve kullanıcıların ödeme gücünün belirlenmesi:** Su ve su ile ilgili hizmetler üzerinde sürdürülebilir bir fiyat belirlemek, kaynağın değerini belirtmek ve talebi yönetmek için etkili bir yoldur.

- **Ekonomik kazanç en yüksek olacak şekilde suyun tahsis edilmesi:** Burada amaç, su kullanımındaki kiralari önlemektir. Bu, su kullanıcıları arasında (örneğin çiftçilerden şehirlere) yeniden su tahsis politikaların oluşturulmasına yol açabilir. Bazı OECD ülkeleri, bu bağlamda düzenlemelere (su kıtlığı yansıtan su çıkarma ruhsatları), piyasa mekanizmalarına (örneğin, ticarete açık su hakları) ve bilgi tabanlı araçlara (akıllı ölçüm) ilişkin deneyim kazanmıştır. Bu tür ekonomik araçlar, çevresel ve sosyal perspektiflere uygun bir şekilde ağırlık verilmesi ile etkili olabilir.
- **Su temini ve su/atıksu hizmetleri için altyapı yatırımları yapılması:** Özellikle gecekondü yerleşimlerdeki su ve atıksu hizmetleri açığının giderilmesi halk sağlığı bakımından önem taşır.

Kaynak: OECD, 2012.

4.4.2 Takas Sistemi

Artan su taleplerin karşılanması ve su kullanımından kaynaklanan ekosistem hizmetleri üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılması arasında takas söz konusudur. Toplumun tatmin olacağı sosyal faydalar ile çevre hizmetlerinin korunması arasında sosyal bir denge oluşturulmalıdır. Örneğin; su, enerji üretiminde (biyo-yakıtlar, jeotermal, termik ve nükleer santraller için suyla soğutma teknikleri) önemli bir bileşendir. Enerji, suyun taşınmasında ve alternatif su kaynaklarının kullanılmasında kritik bir girdidir.

Düşük gelirli kesimin temel ihtiyaçlarından biri olan gıda üretiminin artırılması için doğal bitki örtüsünün tarıma elverişli topraklara dönüştürmesi, biyoçeşitlilik ve arazi örtüsü ile ilgili bir dizi ekosistem hizmetlerinin değer kaybetmesine neden olabilmektedir. Su biriktirme amacıyla

inşa edilen bir baraj, ihtiyaç duyulduğunda tatlı su tedarikini artırabilir; ancak aynı zamanda nehir için gerekli olan bazı hidrolojik süreçlerin, verimli arazilerin veya kültürel alanların bozulmasına da neden olabilir. Takastan kaynaklı bu tür olumsuz etkiler, hemen gözlemlenemeyebilir. Bu etkiler zaman içinde ortaya çıkabilir veya ana alandan uzak bölgelerde gözlemlenebilir. Takas sürecinde, düşük gelirli kesimler çoğunlukla karşısındakine karşı direnme gücüne sahip olmadıkları için “kaybedenler” sınıfındadır.

Örneğin, iklim değişimi etkilerinin hafifletilmesi veya iklim değişimi etkilerine uyum sağlanması için yapılan bir takım çalışmalar ile taşkın bölgelerindeki tarım arazilerinin iyileştirilmesi kolaylaştırılabilir. Bu çalışmalardan en önemlileri, taşkın olayının etkilerinin azalması, su kalitesinin iyileştirilmesi, biyoçeşitliliğin yeniden canlandırılması ve ek sera gazı salımının azaltılması amacıyla yapılan ağaçlandırma faaliyetleridir. Böylece, hizmet düzeyinin iyileştirilmesi için pozitif sinerji yaratan bir takas sistemi geliştirilmiş olmaktadır. Özellikle belirsizliklerin olduğu durumlar için geliştirilen takas sistemlerinin bilimsel kanıtlara dayandırılması gerekmektedir.

5 SU VE GIDA İLİŞKİSİ

Küreselleşmeyle birlikte, dünyanın öncelikli hedeflerinden biri haline gelen tüm insanlar için temiz su temini ve doğal kaynakların israf edilmeden kullanımı ilkelerinin en önemli gerekçesi, nüfus artışı ve buna paralel olarak su ve gıda ihtiyacının artmasıdır. Aynı zamanda, su ve diğer doğal kaynaklar ve nüfus artışının gıda güvenliği açısından sınırlayıcı parametreler oluşu, insanlığa sürdürülebilir su ve gıda sağlama ihtiyacını doğurmuştur. İklim değişimi, gıda fiyatlarındaki değişimler, tarım ürünlerinin insan tüketimi dışında başka amaçlarla kullanılması ve buna bağlı olarak kişi başına düşen gıda miktarındaki düşüslere çözüm olabilecek yeni teknolojilerin geliştirilmesi ile üretici, satıcı ve tüketici arasındaki koordinasyonun artırılması ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır (Braga vd., 2014). Tüm bu hususlar dikkate alınarak, kitabın bu bölümünde gıda güvenliği, gıda denklemleri, iklim değişiminin gıda üretimine etkisi, doğal kaynakların verimli şekilde kullanılması, su ayak izi, sanal su ve dünyadaki her insan için sürdürülebilir gıda temini gibi konulara değinilmiştir.

5.1 Gıda Güvenliği Sorununun Tarihsel Gelişimi

1974 yılında düzenlenen ‘Dünya Gıda Konferansı’nda *gıda güvenliği*, “gıda tüketiminin sabit bir ivmeyle sürdürülebilmesi ve gıda fiyatlarında denge sağlanması için yeterli besinin mevcudiyeti” olarak tanımlanmıştır. Yüzyıllar boyunca, gıda güvenliğinin önemi birçok medeniyet tarafından kayda değer görülmüş ve son 50 yılda gıda güvenliğinin kamusal ölçekte ele alınışı, teknik ve politik birtakım sorunlarına ilişkin farkındalığı öne çıkarmıştır.

Yüksek getirili modern ürün çeşidinin geliştirilmesini sağlamak maksadıyla, tohum ıslahı, makineleşme, suni gübre ve pestisit uygulamaları ile sulama gibi teknolojilerin tarımda kullanılması manasına gelen *Yeşil Devrim* hareketi, 1960-70’lerde gıda üretiminde ciddi bir büyüme için dayanak noktası olmuştur. 1970-90 döneminde, dünyada sulanan arazi alanı üç katına çıkmış; tahıl ürünleri 1960’larda hektar başına 1,4 ton üretilirken, 1989-1991 yıllarında verim 2,7 ton/hektara ulaşmıştır. Dünya genelinde zirai üretim ikiye katlanırken, tarımsal ticaret üç katına çıkmıştır. Son 50 yıl içerisinde ürün miktarındaki sürekli yükseliş, nüfus artışını geride bırakmıştır. Tüm bunlara rağmen, yeşil devrimin bu başarısı, yoksulluk ve yetersiz beslenme gibi problemlere çözüm getirmemiştir. Bu durum, gıdaya etkili erişimin, gıdanın mevcudiyeti kadar önemli olduğunu ortaya koymuştur. Bu sebeple, 1983 yılında, Birleşmiş Milletler Tarım ve Gıda Örgütü (FAO), “tüm insanlara her zaman, gerek fiziksel, gerek ekonomik olarak ihtiyaç duyulan temel gıdaya erişilebilirlik”in sağlanması adına çalışmalara yoğunlaşmıştır. Fakat kıtlık ve açlığın nedenleri yalnızca gıdanın mevcut olmaması ya da temel yiyecek maddelerine erişimin sağlanamaması ile sınırlı kalmamıştır. Aynı zamanda ulusal ve uluslararası politikalar sebebiyle gıda satın alma özgürlüğü kısıtlanmıştır. Kıtlık tesiri altındaki ülkelerde üretilen gıdanın, ülkede yaşayan düşük gelirli kesim tarafından satın alınamayacağı gerekçesiyle, bu tip ülkelerde üretilen gıdanın ihracatının yüksek olması kıtlık problemini artıran sebeplerden biri olmuştur. Bunun sonucunda, açlıkla mücadele ve gıda üretimi yaklaşımının gelişmesinde; fakir kesimin karmaşık ekonomik dengelere rağmen hayatta kalmasına odaklanılmıştır.

Neredeyse 1980’lerin ortalarına kadar, çoğu ülke gıda ihtiyacını kendi yerel üreticisinden tedarik etmeye çabalamıştır. Ülkelerin gıdada kendine yetebilme yolunu seçmesinin başlıca sebepleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1970'lerin başındaki Yeşil Devrimden önce, gıda krizi ve kıtlık, dünyanın birçok bölgesinde özellikle Asya'da büyük tepkilere sebep olmuştur.
- Yeşil Devrimle artan ürün miktarı ve üretkenlik sonucunda bazı ülkelerde yetersiz beslenmede düşüş ve gıda arzında artış sağlanmış; insanların genel memnuniyeti artmıştır.
- 1960'larda 870 milyon insan yetersiz beslenme problemi yaşıyorken, bu değer 1995-1996 yıllarında 770 milyona gerilemiştir.
- “Soğuk Savaş ve Yiyecek Ambargosu Tehdidi” sebebiyle ülkeler, politik bağımsızlıklarını kazanmayı tercih ederek, gıdalarını kendileri üretmeye odaklanmıştır.

Bu gelişmeler neticesinde, üretilen yerel ürünlerin yalnızca bir kısmının ihraç edilmesi, yüksek ölçekte ihracat yapan sınırlı sayıda ülkenin, uluslararası pazara egemen olmasına ve dünya piyasasındaki fiyat değişimlerini kontrol etmelerine yol açmıştır. Bu sebeple tarımsal ürünler ticareti kısmen sınırlı olsa dahi, küreselleşme ve uluslararası tarım ticaretindeki büyüme, 1980'lerde çoğu ülkeyi kendi gıdasını üretmeye ve uluslararası pazarda daha çok söz sahibi olmaya teşvik etmiştir.

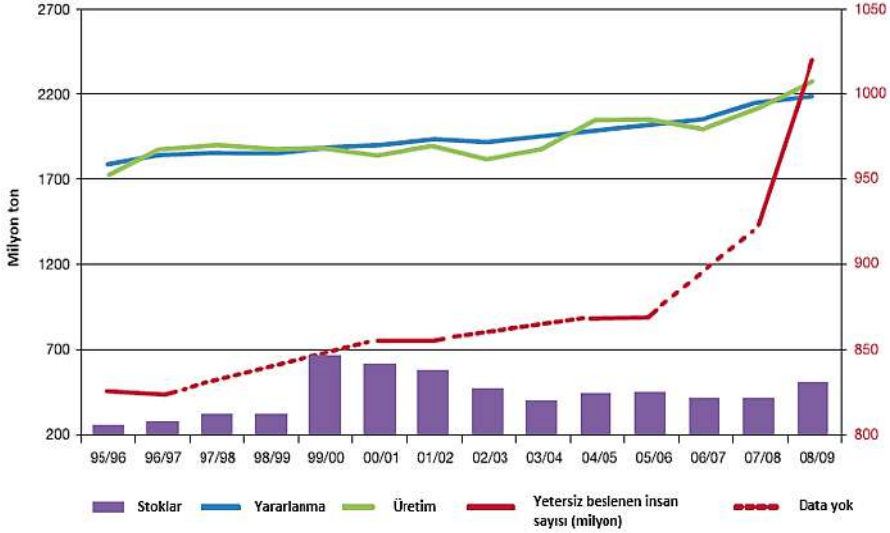
Tarımsal ticaretteki serbestleşme sonucunda ülkeler su kaynaklarını daha etkili bölüştürmeye çaba harcamıştır. Bununla birlikte ticari politikalar, tarım sektöründeki ekonomik rekabetçiliğin artmasına sebep olmuştur. Üretim ve üretkenliğin düşük olduğu bölgelerde, üretkenliği artırmak ve kaliteyi yükseltmek için diğer önemli bileşenler teknoloji ve altyapıda yoğun yatırımlara yönelimi artmıştır.

Gelişmekte olan ülkelerdeki tarım, iş imkânı ve bölgesel istikrar sağladığından ulusal ekonomiler için önemli rol oynamıştır. Küreselleşme ise, küçük çiftçileri uluslararası ticaret yarışına sokarak, geleneksel mahsuller için dahi düşük fiyatları zorlamıştır. Küçük çiftçiler, pazarda kalite ve gıda güvenliği talepleri açısından süpermarketler ve büyük ihracatçılar ile yarışmak zorunda kaldıklarından, yüksek kalitede ürün çeşitlemekte zorlanmışlardır.

2007-2008 yıllarındaki gıda krizi, yağ ve yağ ürünlerindeki fiyatları yükseltmiş ve gıda ihracatına yasaklama getirilmiştir. Bu durum, üretim ve dağıtımda kayda değer fiyat artışlarına sebep olmuştur. Bununla birlikte, uluslararası gıda fiyatlarında ciddi değişimler de görülmüştür. Ürün fiyatları, neredeyse tüm tarımsal ürünler için önemli ölçüde ve ani şekilde artmıştır. Örneğin 2008'de, dünya genelinde buğday ve mısır fiyatları 2003 yılındakinin iki katı, pirinç fiyatlarıysa 2003 yılındakinin üç katından fazla olmuştur. Plansız ve korumacı hükümet tutumları küresel gıda sisteminde büyük verimlilik kaybına sebep olurken, düşük gelirli kesim zor durumda kalmıştır. Gıda fiyatları yükselince, büyük üreticiler evsel fiyatlardaki artan baskıyı düşürebilmek için tarımsal ürünlere kısıtlama getirmiştir. Pazarda karşı artan güvensizliğin sonucu olarak da ülkeler, kendilerine yetebilmek amacıyla ulusal stoklarını yeniden inşa etmiştir.

Uluslararası tarım politikalarında gıda güvenliğini sağlamak üzere neler yapılması gerektiği doğru tespit edilmiş, fakat uygulamada sadece üretimin artmasına odaklanılmıştır. Uluslararası politikada beyan edilen öncelikli amaç ise açlığın ve yoksulluğun azaltılması olmuştur. Fakat markette yer alan yiyecekleri satın alma gücüne sahip olamayan insanların gıda erişiminin nasıl artırılacağı meselesine yeterli duyarlılık gösterilmemiştir.

Bunun akabinde, Birleşmiş Milletler Binyıl Kalkınma Hedeflerinin ilki, aç ve fakir insan sayısını 2015 yılı itibarıyla yarıya düşürmek olmuştur. Fakat son on yılda yetersiz beslenen insanların sayısındaki azalışı sağlamada da yanlış bir yol izlenmiştir. 1960 ve 1990'ların ortası arasında açlık oranı düşerken, dünyada yaklaşık olarak 1 milyar insan kronik açlıkla mücadele etmektedir. Buna rağmen, 20 yaş ve üzeri 1,5 milyar insan aşırı kilolu ve obezite ile ilişkili hastalık riski taşımaktadır (Şekil 5-1) (Braga vd., 2014).



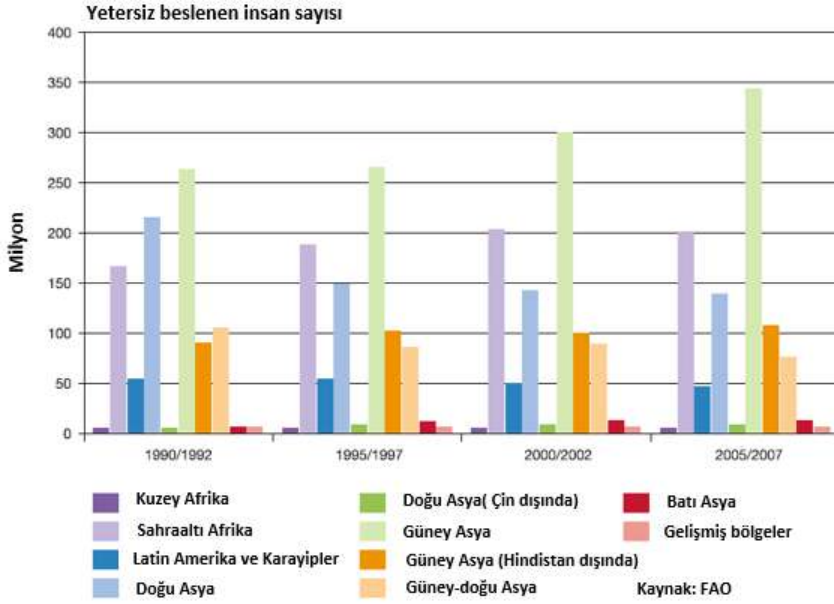
Şekil 5-1. 1995-2009 Yılları Arasında Yetersiz Beslenen İnsan Sayısı, Stoklar, Üretim ve Tüketim (Braga vd., 2014)

Bugünlerde, gıda güvenliği önemli bir meseledir. Gıda tercihleri sosyo-kültürel ortamdan etkilenmiştir. Gıda üretimindeki değişimler, nüfus ve diğer sosyo-ekonomik değişiklikler; yerel kaynaklar vasıtasıyla erişilen gıda güvenliği seviyesinden oldukça farklı sonuçların ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

1996'da düzenlenen 'Dünya Gıda Zirvesi'nde *gıda güvenliği* tanımı, "bireysel, evsel, yerel, ulusal ve küresel seviyede; tüm zamanlarda tüm insanların yeterli, güvenli, besleyici yiyeceğe, hem fiziksel, hem de ekonomik anlamda erişimi ile aktif ve sağlıklı bir yaşam için gıda tercihlerini kendileri yapabilmeleri" olarak genişletilmiştir. Bu kapsamda, gıda güvenliği, 4 seviyede ele alınabilir:

- Gıdanın mevcudiyeti
- Gıdaya erişilebilirlik
- Gıda dengesi
- Gıdanın güvenli ve sağlıklı tüketimi

1990-2007 yılları arasında dünyada yetersiz beslenme sorunu yaşayan insanların gösterildiği Şekil 5-2'de görüldüğü üzere, çok sayıda insan yetersiz beslenme sorunuyla mücadele etmektedir. 2010'da, Asya Pasifik Bölgesi'nde 578 milyon, Sahraaltı Afrika bölgesinde 239 milyon, Latin Amerika'da 53 milyon, Kuzey Amerika'da 37 milyon ve gelişmiş ülkelerde 19 milyon kişi açlık çekmişlerdir. İklim değişimi; ekonomik, politik dengesizlik ve eşitsizlik, yüksek gıda fiyatları ve hızlı nüfus artışı gibi etkenler, yetersiz beslenen kişi sayısında artışa sebep olmuştur. Tüm bu hususlar dikkate alındığında, bütüncül gıda güvenliği sağlamada ciddi çözümlere olan ihtiyaç artmış ve gün geçtikçe artmaktadır (Braga vd., 2014).



Şekil 5-2. Bölgelere göre Yetersiz Beslenen İnsan Sayısı (Braga vd., 2014)

5.2 Yeni Gıda Denklemi

Günümüzde, gıda tüketimini iki yönlü bir mesele haline getiren etkenler yetersiz beslenme sorunu yaşayanlar ile aşırı beslenen insanların sayıca ciddi boyutlarda olmasıdır. Yetersiz beslenen insanlar, ihtiyaç duydukları seviyedeki gıdadan mahrum kaldıkları için sağlık sorunları yaşarken, işyerlerinde de istenilen verimlilikte çalışmamaktadırlar. Bununla birlikte, aşırı beslenen kesimde de; iş verimlilikleri azalmakta ve çocukların zihinsel kapasitelerinde düşüş görülmektedir.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre, üretilen gıdanın %30-50'lik kısmı, satışa sunulmadan kaybolmakta veya tedarik zincirinin sonunda atılmaktadır. Bu durumda, sağlıklı beslenme için yeterli olabilecek su ve diğer kaynakların kullanımına olan eğilim artmakta, dolayısıyla gıda güvenliği için belirlenen politika, yararlı tüketim gibi çeşitli açılardan dikkate alınma önem arz etmektedir.

Düşük seviyede üretim ve üretkenliğin temel sebepleri yetersiz kapasite ve uygun olmayan teknolojilerin kullanımıyla birlikte, elverişsiz yerel koşulların var olmasıdır. Aynı zamanda, savaşlar ve sivil mücadeleler, talebi karşılamayacak ölçüde düşük seviyede gıda teminine sebep olmaktadır. Tüm bunların yanında, bölgenin coğrafik, ekonomik ve jeopolitik özelliklerine göre gıda ihtiyacı çeşitlilik göstermektedir. Örneğin, hayvancılık faaliyetlerinin yoğun olduğu geniş coğrafyalarda, tahılların %35-37'si hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (FAO, 2009). Aynı zamanda, tahılların %5 ila 10'unun biyo-yakıt olarak kullanılması, doğrudan insan kullanımına sunulan tahıl miktarının azalmasına ve gıda fiyatlarında artışa sebep olmaktadır. Üretici için olumlu kabul edilebilecek bu durum, düşük gelirli kesim için olumsuz sonuçlar doğurabilir. Kısacası, gıda dağılımı ve gıdaya erişimdeki eşitsizlik sebebiyle, su ve diğer doğal kaynakların artışı insan refahını aynı ölçüde iyileştirememektedir.

Bugün itibarıyla dünyanın evrensel gıda güvenliği meselesinin boyutu, ileride daha büyük sorunların ortaya çıkabileceğinin habercisi olmuştur. Sınırlı doğal kaynaklar ve bu kaynakların yönetimindeki temel eksiklikler yeni sorunlara yol açmaktadır. Nitekim 21. yüzyılın ilk on yılındaki bazı olaylar, gelecekte gıda güvenliği sorunu görüleceğinin kanıtı olmuştur. Örneğin, 2008'de yükselen gıda fiyatları, toplum refahının ve sosyal uyumun tehdit altında bulunduğu çoğu ülkede politik değişikliklere ve gıda isyanlarına sebep olmuştur. Dünya gıda denkleminde yeni ve ciddi değişiklikler; gıda talebi, üretimi ve satışında yeni yolların bulunmasını sağlamıştır.

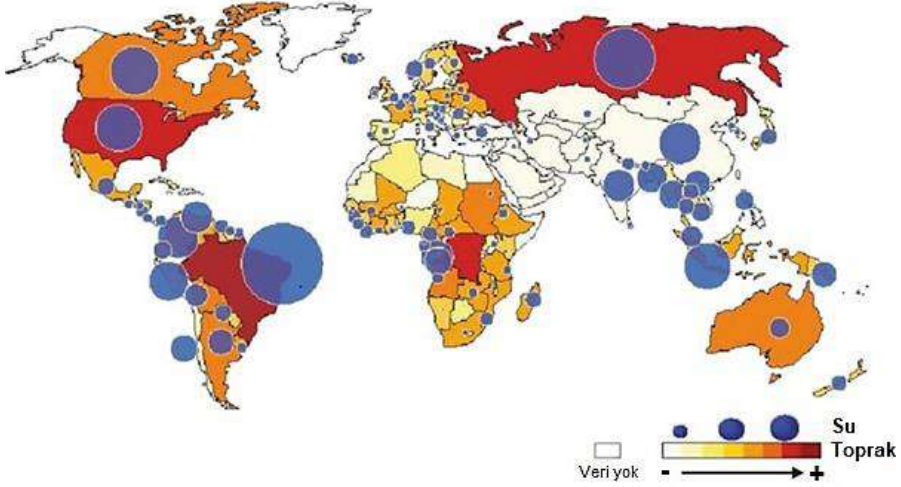
Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü'nün yaptığı çalışmalara göre, 2050 yılında evrensel tahıl talebindeki artış buğday için %34, mısır için %53 ve pirinç için %28 iken, et tüketiminde özellikle kanatlı ve büyükbaş hayvan talebi ile süt ürünlerinde ciddi bir artış olması öngörülmektedir. Bu talep artışı sonucu, gıda ürünleri fiyatlarındaki artışın; buğday için %164, mısır için %133 ve pirinç için %157 olması beklenmektedir (Braga vd., 2014).

Zirai ürünlerin fiyatlarında ve ürünlere olan talepte beklenen bu artışa rağmen, üretimdeki büyümenin, artan gıda talebini karşılamada yetersiz kalması beklenmektedir. Taleple kıyaslandığında yetersiz düzeydeki bu üretimin uzun dönem için temel sebepleri toprak ve su için rekabetin artması kaynakların hızla tüketilmesi olarak gösterilmektedir. Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü-Gıda ve Tarım Örgütü'nün 2012'de hazırladığı rapora göre, yıllık tarım yatırımlarının 1975-1990 yılları arasındaki %1,1'den 1991-2007 arasında %0,5'e gerilemesinin, gelecekte tarımsal ürün kalitesinde düşüş ile verimlilik ve sürdürülebilirliğin azalmasına yol açması beklenmektedir (Braga vd., 2014).

5.3 Toprağa Açlık Suyu Susuzluk

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nın Kasım 2009'da düzenlediği Gıda Güvenliği Dünya Zirvesi'nde, 2050'de dünya nüfusunun 9 milyara ulaşmasının beklendiği ve bu sayıda insanın yeterli beslenmesini sağlayabilmek için tarımsal üretimin %70 artması gerekliliğine vurgu yapılmıştır. Bu durumda, düşük gelirli insanların, devlet yardımı olsa dahi kendilerine yetecek gıdayı üretememeleri ve ihtiyaç duydukları yiyecekleri almakta güçlük çekmeleri beklenmektedir. Ayrıca, Gıda Güvenliği Dünya Zirvesi'nde daha verimli tedarik zinciri sağlama ile kayıpları ve atık üretimini azaltma tavsiyeleri sunulmaması, sorunlara çözüm bulabilmek için daha gerçekçi politikaların takip edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Günümüzün gıda açısından önemli meselelerinden biri, dünyadaki artan nüfusun ihtiyacını karşılayabilecek düzeyde gıdayı yetiştirmek için kara ve su kaynaklarını verimli bir şekilde kullanarak sürdürülebilir bir sistem oluşturmaktır. Dünyaki bölge ve ülke bazında karasal alan (kaynak) potansiyeli Şekil 5-3'te gösterilmektedir. Gıda üretimindeki artan ihtiyaçları karşılayabilmek üzere kullanılacak arazi ve su kaynağının sınırlı olması, çoğu ülkenin kullanılmayan kaynaklarının düşük oranda kalması gibi sebeplerle, yağmur suyuyla beslenen, arazi potansiyeli bol olan ve yenilenebilir su hissesi önemli ölçüde azalan Kuzey Asya, Yakın Doğu ve Kuzey Afrika'daki bazı bölgelerde kaynak kıtlığı artmaktadır. Bunun yanında, 1,2 milyardan fazla insan su kıtlığı yaşanan nehir havzalarında hayatlarını sürdürmektedir. Bitki yetiştiriciliğinin Sahraaltı Afrika'da ve Latin Amerika'da artması mümkündür fakat bunu sağlayabilmek için yeterli zirai uygulamalar, yatırımların artırılması ile doğal kaynakların sürdürülebilir şekilde yönetimi gereklidir.



Şekil 5-3. Bölge ve Ülke Bazında Karasal Alan (Kaynak) Potansiyeli (Braga vd., 2014)

Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü'nün yaptığı çalışmaya göre, 2010'da 2.400 km³ olan küresel ölçüde tüketilebilecek su miktarının 2050'de 5.250 km³ olması beklenmektedir. Sosyoekonomik ve iyimser senaryoya göre bu oranın 2050'de 7.230 km³, kötümser senaryoya göre ise 3.820 km³'ü aşmaması öngörülmektedir. (Şekil 1-9, Şekil 1-10, Şekil 1-11).

Artan su kıtlığı dünyadaki en önemli tarım alanlarında kullanılan sulama suyu için tehdit oluşturmaktadır. Tarım ve diğer alanlardaki artan su talebi çevresel meselelere, sosyoekonomik gerilime ve su rekabetine sebep olmaktadır. Yağmurun yetersiz olduğu ve sulama altyapılarının yapımının güç olduğu bölgelerde tarımsal üretimin sınırlayıcı faktörü, toprak verimliliğinden ziyade su kıtlığıdır.

Doğal kaynakların yeterli olduğu bölgelerde, tarımsal üretim artan ihtiyaçları karşılamak için, suya ihtiyaç duyulan diğer sektörlerle yarışmak zorundadır. Su temininde; büyüyen şehirler, endüstriler ve hizmet sektörü önceliklidir. Evsel ve endüstriyel su talebi, tarımsal su talebinden daha hızlı artış gösterdiği için diğer su kullanımları ile tarımsal su ihtiyacını birbirinden ayırmak

gerekir. Dünya ölçeğinde su talebinin iyimser, normal ve kötümser senaryolardaki dağılımı, Şekil 1-12, Şekil 1-13 ve Şekil 1-14 ile gösterilmektedir (Braga vd., 2014). Şehirlerin ve endüstrilerin su talebi son 20 yılda iki katına çıkarken, 2000 yılında 900 km³ olan talebin 2050’de 1.963 km³’e yükselmesi beklenmektedir.

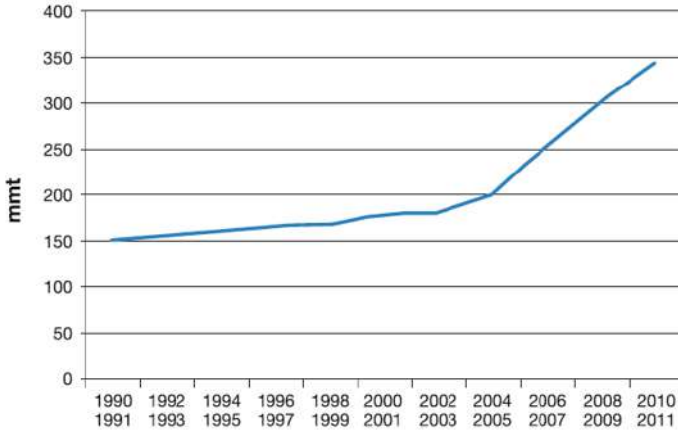
Hindistan’ın belli bölgeleri ile Çin’in de içinde bulunduğu Doğu ve Güney Asya’da tarımsal üretim için nüfus ve tarımsal ürün talebi, sınırlı kaynakların da tesiriyle, çok ciddi baskı unsurları olmaktadır. Sahraaltı Afrika, özellikle Nijerya ve Doğu Afrika’da miras yoluyla arazi parçalanması, üretilen mahsulün çiftçilere bile yeterli olamadığı bir seviyede seyretmesiyle neticelenmektedir. Dünyada şehirleşmenin giderek artması nedeniyle, kentsel alan, altyapı sistemleri için gerekli alanlar ve tarım dışı arazi kullanımının yükselmesi beklenmektedir.

“Toprağa Açlık, Suya Susuzluk” sorununun uzun dönem sonuçları şu şekilde sıralanabilir:

- Asya ve Yakın Doğu/Kuzey Afrika en büyük gıda ithalatçıları olacaktır.
- Sahraaltı Afrika bölgesinde kişi başına düşen gıda miktarı düşük oranda artacaktır.
- Latin Amerika (Brezilya ve Arjantin) önemli ihracatçılar olacak, fakat bu durumun öne çıkan ekolojik riskleri olacaktır.
- Kanada ve Rusya’daki ihracat kapasitelerinde artış gözlemlenecektir.

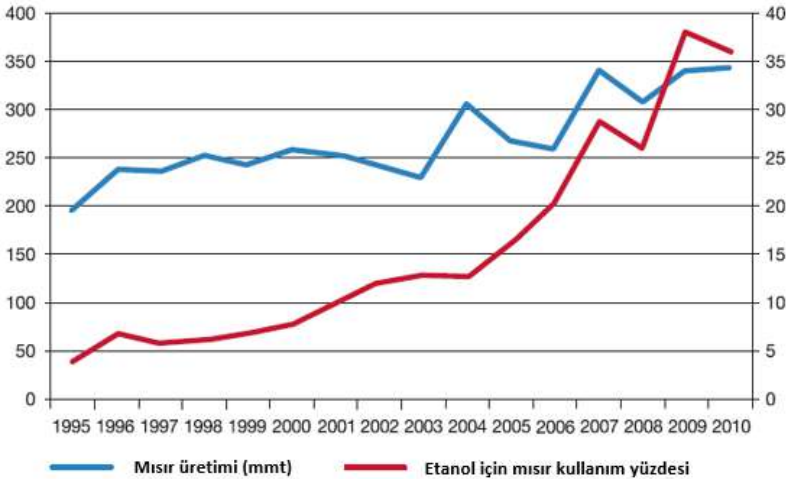
5.4 Tarım Yüzyılı

21. yüzyıl tarım yüzyılı olarak kabul edilmektedir. Bu dönemde üretilen gıda; hayvan yemi, besicilik, biyoenerji üretimi, iplik üretimi ve diğ er endüstriyel ürünler gibi besin-dışı amaçlarla da kullanılmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak için milyonlarca çiftçi talebin fazlasını üretmektedir. Buna bağı lı olarak, su kaynaklarının kullanımı üretim aşamasında gıdanın tüketim çeşidine bağı lı olarak çeşitli alanlarda dağı lım göstermektedir. Genel olarak, dünyada toplam mahsulün %62’si insan tüketimi için ayrılmış durumdayken %35’i hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Kalan %3’lük kısım ise biyoenerji ve diğ er endüstriyel tahı llar için ayrılmış tır. Doğ rudan insan tüketimi, bölgelere göre değı şiklik göstermekte olup, Kuzey Amerika ve Avrupa’da insanlar tarafından tüketilen mahsul oranı %40 iken Afrika ve Asya’da bu oran %80 civarındadır. Şekil 5-4’te, 2004-2010 yılları arasında mısır kullanımının gıda, tohum ve endüstriyel alanlardaki hızlı artışı gösterilmektedir (Braga vd., 2014).



Şekil 5-4. Dünya Genelinde Gıda, Tohum ve Endüstriyel Alanlardaki Mısır Kullanımı (Braga vd., 2014)

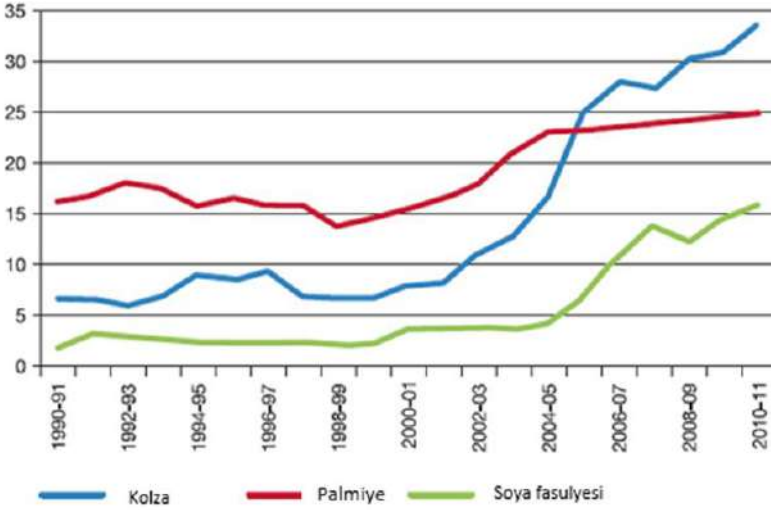
Üretilen tahılların bir kısmı biyoenerji elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) verilerine göre, 2030’da dünya çapında taşımacılığın %10’unu karşılayabilecek biyo-yakıt miktarı için 118-501 milyon hektar gerekli olacaktır. Biyo-yakıt üretiminde mısır ve yağlı tohum bitkileri kullanımı hızlı bir şekilde artmaktadır. BM Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)’ne göre, 2007-2019 arasında biyo-yakıt üretimi şu anki miktarın 2 katından fazla artarken, 2008-2035 arasında bu talebin dört katına çıkması beklenmektedir. Günümüzde, Amerika’da üretilen mısırın %35’lik kısmı biyo-yakıt (biyo-etanol) üretiminde kullanılmaktadır. Şekil 5-5’te, 1995-2010 yılları arasında Amerika’da, mısır üretimi ve biyo-etanol için kullanılan mısır yüzdesi gösterilmektedir.



Şekil 5-5. 1995-2010 Yıllarında Amerika’daki Mısır Üretimi ve Etanol için Kullanılan Mısır Yüzdesi, (%) (Braga vd., 2014)

Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Bilimler Akademisi'nin yaptığı bir çalışmaya göre, 2005'te Amerika'da üretilen soya fasulyesi ve mısırın tamamı biyo-etanol üretimi için kullanılırsa; üretilen toplam biyo-yakıt miktarı, ülkenin benzin ihtiyacının %12'si ve dizel ihtiyacının ise sadece %6'sını karşılamaya yeterli olmaktadır.

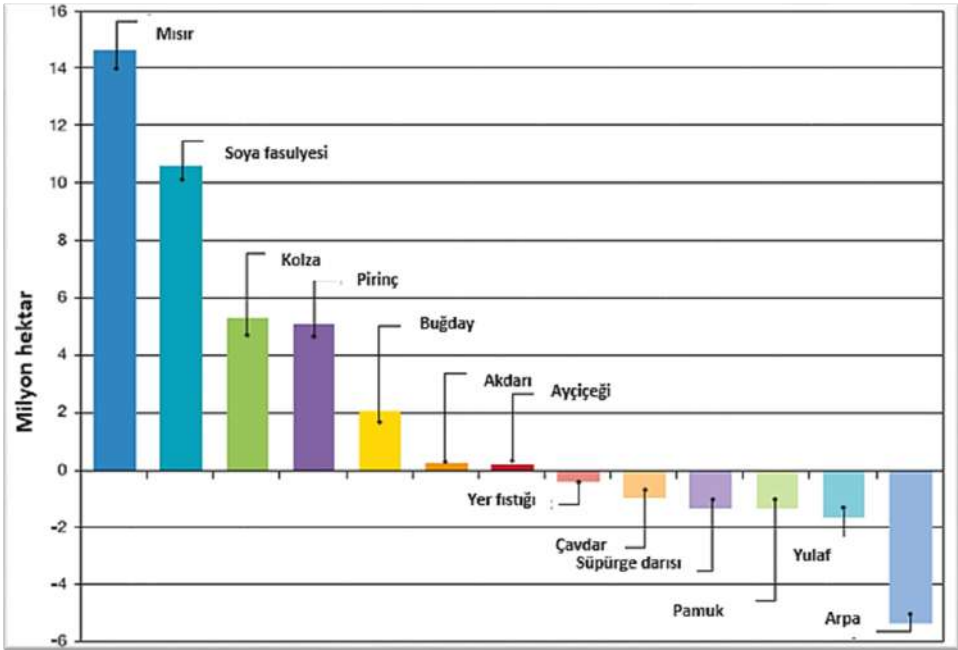
Son yıllarda, biyo-dizel üretimi için bitkisel yağların, hayvancılık için yağlı tohum küspesinin, insan tüketimi için ise bitkisel yağların kullanımını kapsayan yağlı tohuma olan talep de artmaktadır. Şekil 5-6, endüstriyel amaçlı kullanım ve biyo-dizel üretimi için kullanılan yağın 1990-2011 arası yıllara bağlı olarak artışını göstermektedir (Braga vd., 2014).



Şekil 5-6. 1990-2011 Yılları Arasında Biyo-Dizel ve Endüstriyel Amaçlı Kullanılan Yağ Miktarları (Braga v.d, 2014)

Dünya genelinde, yağın 2000'lerin ortasına kadar biyo-dizel ve endüstriyel amaçlı kullanımı hızla artmıştır. Bununla birlikte, Avrupa'da biyo-dizel için kolza kullanımı da artmıştır. 2004/2005 yıllarında üretilen kolzanın endüstriyel amaçla kullanımı %17 civarındayken günümüzde bu oran %33'e yükselmiştir. Ayrıca, soya fasulyesi yağının endüstriyel amaçlarla kullanımı 2004-2005 yıllarında sadece %4 iken, 2010-2011 yıllarında %16'ya çıkmıştır.

Dünyadaki hızlı talep değişimleri karşısında çiftçiler ürettikleri tahılın miktarı ve türünde değişikliğe gitmekte ve daha fazla toprağı tarımsal amaçla kullanmaktadırlar. 2005-2006 yıllarına kadar, 13 önemli tahıl için kullanılan tarım alanı 27 milyon hektar artmıştır (Şekil 5-7). Bu artışın 24 milyon hektarlık kısmı Çin, Sahraaltı Afrika, Sovyetler Birliği, Arjantin, Hindistan ve Brezilya'da bulunmaktadır. Bununla birlikte, büyüyen talebi karşılayabilmek amacıyla, günümüzde mısır, soya fasulyesi ve kolza için tarımsal alan dünya genelinde 30,5 milyon ve pirinç yetiştirilen alan ise 5 milyon hektar artmıştır (Braga vd., 2014).

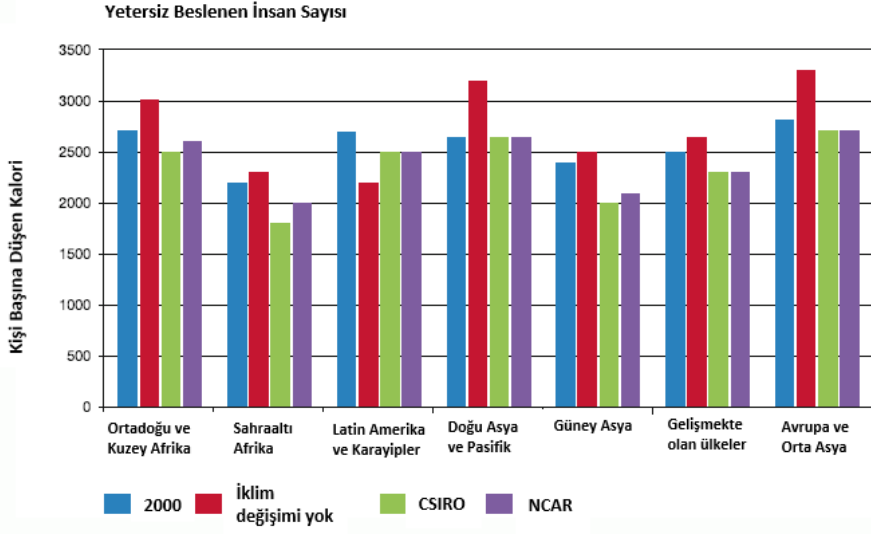


Şekil 5-7. Önemli Tahıl için Kullanılan Tarım Alanındaki Artışlar (Braga vd., 2014)

Uluslararası Gıda Politikaları Araştırma Enstitüsü'nün yapmış olduğu bir çalışmaya göre, 2020'ye kadar biyo-yakıt kullanımı artışı, 2005'teki fiyatlarla kıyaslandığında, mısır fiyatlarında %26, yağlı tohum fiyatlarında %18 artışa sebep olmaktadır. Enerji elde etmenin yollarından birinin tarımsal ürün kullanımının olması, tarımsal ürünlerin fiyatları ile enerji fiyatı arasında ilişkiye yol açmaktadır. Enerji fiyatlarındaki belirsizlik ve değişkenlik ise gıda fiyatlarının değişimini yüksek oranda etkilemektedir. 2. nesil biyo-yakıt teknolojilerinin gelişmesi gıda ve yakıt fiyatları arasındaki bağı azaltmaktadır. Gün geçtikçe kısıtlayıcı olan toprak ve su kaynaklarının tesiriyle; gıdaya, hayvansal yeme, yakıta karşı artan talebin karşılanması; çiftçi gelirlerinin artışı, yoksulluğun azalması ve çevrenin korunmasının nasıl sağlanacağı konusu, 21. yüzyılda büyük bir mesele olmaya devam edecektir (Braga vd., 2014).

5.5 İklim Değişimi Etkileri

Tarım, iklim değişiminin yüksek sıcaklık, mevsimlerde kayma, daha sıklıkla görülen hava olayları, kuraklık ve sel felaketleri gibi sonuçlarından etkilenmektedir. İklim değişimi sebebiyle, küresel gıda üretim potansiyeli ile buğday ve mısır gibi temel tahılların üretiminde dünya genelinde düşme beklenmektedir. Bu düşüşün genel olarak düşük enlemlerde görüleceği tahmin edilmektedir. Örneğin, Afrika, Asya ve Latin Amerika'da ürün miktarındaki azalışın %20-40 olması öngörülmektedir. Bunun yanında, kuraklık ve sel gibi ciddi afetlerin de büyük oranda tahıl ve besli hayvanı kaybına sebep olması beklenmektedir. Tüm bunlarla birlikte, iklim değişiminin, en önemli tahıllardan olan pirinç, buğday, mısır ve soya fasulyesinin fiyatlarında ilave artışa sebep olacağı tahmin edilmektedir. Şekil 5-8'de, kişi başına düşen kalori miktarları farklı senaryolara bağlı olarak gösterilmektedir.



Şekil 5-8. Farklı Senaryolar Altında Yetersiz Beslenen Kişi Sayısı- Kişi Başına Düşen Kalori Miktarları, (Braga vd., 2014)

İklim değişimi ve küresel ısınmanın gıda güvenliğini belirsizlik ve risk açısından etkileyerek aşağıda belirtilen sonuçlara yol açması beklenmektedir:

- Bazı bölgelerde azalan su kaynakları ve olumsuz iklim koşullarından kaynaklı oluşan kıtlık sebebiyle, gıdaya erişim düzensiz olacaktır. Gıda talebindeki değişim ve beslenme veya yakıt için kullanılan tahıl miktarı da gıda teminini etkileyecektir.
- Düşük gelir grubunun gıdaya erişimi, maaş ve gıda fiyatları arasındaki farkın fazlalığı ve tarımda kullanılan pahalı yöntemler yüzünden azalacaktır.
- Hastalıkların artışı, gıda fiyatlarındaki belirsizlik ve yerli ekonomiyi koruma politikaları sebebiyle, küresel ölçekte istikrarlı gıda temini tehlikeye girecektir.
- Güvenli ve sağlıklı gıda tüketiminin azalması beklenmektedir. Önemli mikro-besleyicilerin eksik olduğu gıda tüketimi sebebiyle çocuklarda yetersiz beslenme sorunları artacaktır.
- Artan gıda güvensizliği sonucu su kaynaklarında rekabet büyüyecek, şehirlerde göç ve su temini gibi sıkıntılar olacaktır.
- Tüm bunların en nihayetinde uluslararası barış ve istikrarın bozulma riskini artırması beklenmektedir (Braga vd., 2014).

5.6 Su Ayak İzi ve Sanal Su

Su Ayak İzi

İlk defa 2002 yılında UNESCO-IHP’de Arjen Hoekstra tarafından ileri sürülen su ayak izi, bir bireyin ya da toplumun kullandığı malların, kendisine sunulan hizmetlerin üretimi için tüm tedarik zinciri içinde kullanılan toplam temiz su kaynağı hacmi ve bu suyun ne zaman nerede kullanıldığını ifade eden çok boyutlu bir gösterge olmuştur. Bir ürünün/hizmetin üretiminde, birim zamanda harcanan veya kirletilen su miktarı ile ölçülmektedir (WWF, 2014). Su ayak izi üç bileşenle tanımlanmaktadır: Mavi su ayak izi, bir malı üretmek için nehir, göl ve yeraltı suyundan çekilen temiz su olarak tanımlanırken; yeşil su ayak izi bir malın üretiminde kullanılan toplam yağış suyunu ifade etmektedir. Gri su ayak izi ise kirliliğe yönelik bir tanım olup güncel su kalitesi standartlarına bağlı olarak kirlilik yükünün ortadan kaldırılması ya da azaltılması için kullanılan tatlısu hacmini belirtmektedir (Olsson, 2012).

Sanal Su

Sanal su (gömülü su), yalnızca ürünün içerisindeki saklı suyu ve kullanılan suyun miktarını ifade etmektedir. Bu kavram, bölge içinde ya da uluslararası düzeydeki su akışlarını tanımlamakta kullanılmaktadır.

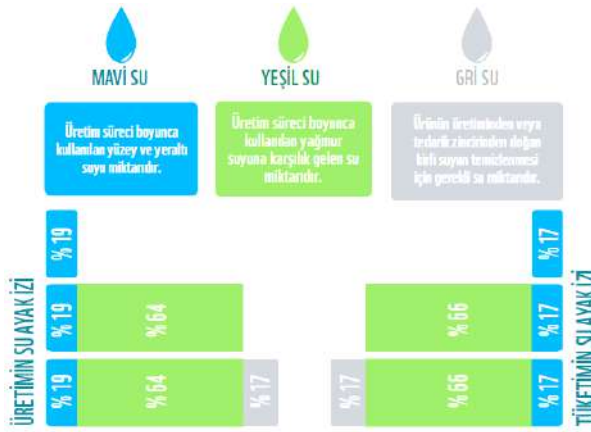
Bir ülkede bir ürünün ithalatı ya da ihracatı söz konusuysa bu ürünün üretiminde kullanılan suyun, sanal olarak ithalatı/ihracatı söz konusu olmaktadır. Buna, sanal su ticareti denilmekte olup; Avrupa, Asya ve Avustralya gibi ülkeler sanal su ithalatçısı konumundadır, Kuzey ve Güney Amerika ve Afrika ise sanal su ihracatçılarıdır. Gıda ve sanal su ticaretinin dünya çapında artışı ulusal gıda güvenliği için daha iyi beklentilerin oluşmasına sebep olurken aynı zamanda su stresini artırmakta veya hafifletmektedir.

Bir üretici veya tüketici için sanal su muhtevassından ziyade, su ayak izinden bahsetmek mümkündür (Olsson, 2012).

Türkiye’nin Su Ayak İzi

Türkiye su zengini bir ülke değildir. Artan nüfusu, gelişen sanayisi ve hızla büyüyen kentleriyle Türkiye’nin 2030 yılında su sıkıntısı çeken bir ülke olacağı tahmin edilmektedir. Bu açıdan, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi çok önemlidir.

Türkiye’de üretim ve tüketimdeki su ayak izlerinin yaklaşık olarak eşit olması ve benzer şekilde; ülkeye ithal edilen sanal su ile ülkeden ihraç edilen sanal su miktarlarının denkliği, sanal su bütçesinin denkliği olarak belirtilmektedir. Su ayak izi ölçümleri ve hesaplamaları neticesinde, üretimde ve tüketimde kullanılan su miktarı ve bu suyun bileşenleri aşağıdaki şekilde özetlenmektedir (Şekil 5-9). Buna göre, Türkiye’de yeşil su ayak izinin büyük oranda olması, ülkenin üretim ve tüketim oranlarının yağışlara ve iklim koşullarına bağlı olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır (WWF, 2014).



Şekil 5-9. Türkiye’de Üretim ve Tüketime Su Ayak İzi Yüzdeleri (WWF, 2014)

5.7 Gıda Üretimine Sürdürülebilirliği

Günümüzde, insanların tahıl ürünleri üretimi için kaynakları daha yüksek yoğunlukta kullanmaları sonucunda çevresel etkiler artmıştır. Bunun yanında, 1 milyar insan kronik açlıkla mücadele verirken, sağlıksız yiyecek tüketimi obezite ve kalp hastalıklarına sebep olmaktadır. Ayrıca tip-2 diyabet, 2 milyar insanı etkiler vaziyettedir (Braga vd., 2014).

Kullanılabilir tarım alanındaki düşüş, su kıtlığı, doğal felaket riskinin artması, biyo-çeşitlilikteki kayıplar gibi kısıtlar sebebiyle artan gıda kıtlığı riskine karşı önlem alınması gerekmektedir. Bununla birlikte gıda güvenliğinin yeterli ölçüde sağlanmadığı yerlerde insanların yaşadıkları problemler, kaynak kıtlığı çekilen yerlerdeki olumsuz bakış açısı ve artan belirsizlikler sebebiyle acil çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Daha iyi kaynak yönetimi sağlamak, gıda güvenliğini artırmak, üretici ve tüketicinin geçimini sağlamak için yeni seçenekler ortaya konmalıdır.

Gıda üretim ve tedarik sistemindeki sorunların bütüncül olarak çözülmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir tarımsal prosesler, sistemler ve teknolojilerin kurulmasının yanında diğer alanlarda da sürdürülebilir su kullanımı sağlanmalıdır. Ayrıca, makro-ekonomik politikalar, tarım, su temini, hijyen ve ticaret politikaları ile kırsal kalkınma ve çevre politikalarının bütünlük bir yaklaşımla ele alınmaları gerekmektedir.

Gıda güvenliği için, büyük ölçekte sulama sistemlerinde modernleşmeye geçmeden yağışa bağımlı tarımda; besicilikten balıkçılık aktivitelerine kadar tarımsal su yönetiminin her aşamasında etkili çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Yoksullukta azalma, ekonomide büyüme ve gelişmeyi etkileyen tarımsal su kullanımı sektörünün tartışmaya ve işbirliğine ihtiyacı vardır. Bunu sağlayabilmek için yüksek düzeyde siyasal irade gereklidir. Uluslararası tarım ticareti, küresel gıda güvenliğini sağlayarak ekonomik ve çevresel kazanımları yansıtmalıdır. Besin zincirindeki kayıplar, kişi bazından küresel seviyeye kadar bütüncül bir bakışla azaltılmalıdır (Braga vd., 2014).

İnsanların yaşaması, refahı ve kültürü; gıdanın nerede ve nasıl üretildiği, nasıl elde edildiği, nasıl hazırlandığı ve tüketildiğiyle yakından ilgilidir. İnsanlığın geleceği gıdanın nasıl sağlandığı ve üretildiğine bağlıdır.

6 SU VE ENERJİ ETKİLEŞİMİ

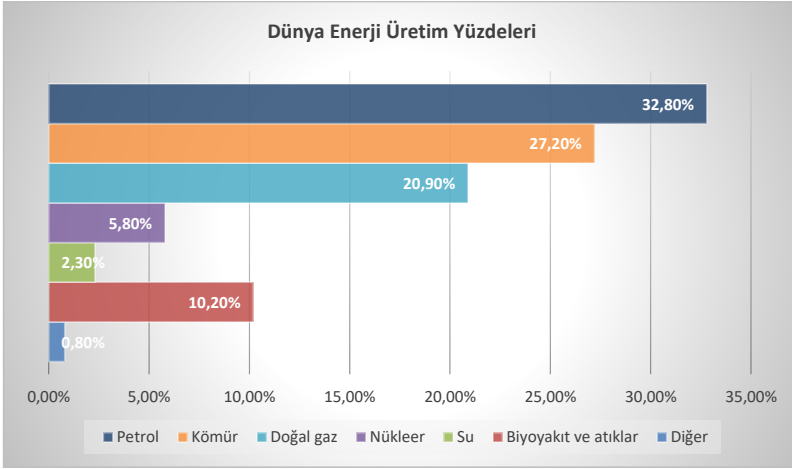
6.1 Enerji İletimi ve Dönüşümü Faaliyetlerinin Su Ayak İzi

6.1.1 Küresel Enerji Görünümü

Birincil enerji kaynakları, fosil yakıtlar (kömür, petrol, sıvılaştırılmış ve kuru doğalgaz), uranyum ve suyun potansiyel enerjisi (hidroelektrik güç) ile çeşitli biyo-yakıtlardan oluşur. Rüzgar ve güneş enerjisi de diğer (yenilenebilir) enerji kaynaklarıdır. Birincil (baz) enerji kaynaklarının içerdikleri enerji, katı ve nükleer yakıtlı santraller veya hidroelektrik santraller vasıtası ile elektrik enerjisine çevrilir (Olsson, 2012).

Birincil Enerji Kaynakları

Dünyadaki toplam enerji kullanımı 100.000 TWh civarındadır. Küresel enerji üretiminin enerji kaynaklarına göre dağılımı Şekil 6-1'de gösterilmektedir. Dünya genelinde enerji üretiminin %80'i petrol, kömür ve doğal gazdan sağlanmaktadır. Toplam tüketim ise üç sektör (ulaştırma, sanayi ve meskûn mahaller) arasında paylaşılmaktadır. Fosil yakıtlar hâlâ ağırlıklı birincil enerji kaynağı olup gelecek on yıllar boyunca da mevcut ağırlık ve önemlerini korumaları beklenmektedir. Kömür, petrole göre daha büyük miktarlarda bulunmaktadır. Mevcut üretim kapasitesi ile dünyadaki mümkün kömür rezervlerinin daha birkaç yüzyıl süreyle işleme imkân vereceği öngörülmektedir. Toplam enerji üretimindeki payı giderek göreceli olarak azalma eğiliminde olsa da, petrol hala dünyadaki en yaygın birincil enerji kaynağıdır.

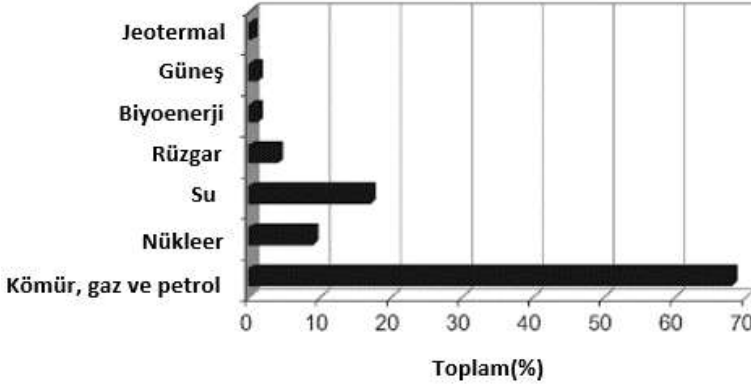


Şekil 6-1. Küresel Enerji Üretiminin Enerji Kaynaklarına göre Dağılımı (Olsson, 2012)

Fosil yakıtlardaki enerjiden faydalanabilmek için bu tür yakıtların araç motorlarında veya termik güç santrallerinde yakılarak mekanik/elektrik (+ısı) enerjisine çevrilmesi gerekmektedir. Fosil yakıtların çıkarılma, taşınma, zenginleştirilme ve enerji üretimi safhalarında belli miktar ve maliyeti (bedeli) olan suya ihtiyaç vardır.

Elektrik Enerjisi

Dünya genelinde 2010 yılı itibarı ile üretilen (ve tüketilen) elektrik enerjisi miktarı 20.300 Twh olup bunun enerji kaynaklarına göre dağılımı Şekil 6-2'deki gibidir. Şekilde de görüldüğü üzere, söz konusu üretimin $\frac{2}{3}$ 'ü kömür, doğal gaz ve mazot/fuel oil ile beslenen termik güç santrallerinden sağlanmaktadır. Hidroelektrik güç santrallerinin toplam üretimdeki payı %17'dir.



Şekil 6-2. Elektrik Enerjisi Üretiminin Enerji Kaynaklarına göre Dağılımı (Olsson, 2012)

Dünya genelindeki elektrik enerjisi üretimi/kullanımı 600 ~ 12.000 KWh/N.yıl gibi geniş bir aralıkta değişim göstermekte olup ortalama değer ~3.000 kWh/N.yıl'dır. Zengin ülkeler, en fakir ülkelere göre ~ 1.000 kat daha fazla enerji kullanmaktadır. Dünyada ~2,5 milyar kişi yemek, gıda işleme ve ısınma ihtiyaçlarını odun, odun kömürü ve bitki artıklarından karşılamaktadır. 1,4 milyar kişi de elektriğe ulaşım imkanlarından yoksundur. Uluslararası Enerji Ajansı 2011 yılı dünya enerji durumu verilerine göre, dünyadaki herkesin elektriğe erişiminin sağlanabilmesi için, 2030 yılına kadar (~20 yıl süreyle) her yıl ~ 40 milyar dolarlık yatırım yapılması gerekmektedir. Söz konusu miktar, 2030 yılına kadarki küresel enerji yatırımlarının %3'üne karşılık gelmektedir.

Enerji Sektörü Su Ayak İzi

Birim enerji üretimi başına tüketilen su miktarı (m^3/GJ veya L/MJ) olarak tanımlanan su ayak izi çok sayıda farklı aktör tarafından tahmin edilmektedir. Genelde sanayileşmiş ülkelerde konuyla ilgili yeterli ve güvenilir istatistikler mevcut olup gerekli hesaplar kolayca yapılabilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde ise yeterli ve güvenilir veri mevcut değildir, zira enerjinin önemli bir kısmı ölçülmesi çok zor olan biyokütle kaynaklı enerjiye dayanmaktadır.

Kullanılan suyun sadece miktarının ölçümü yeterli değildir. Enerji üretim ve dönüşüm faaliyetlerinin su kalitesine etkisinin de dikkate alınması gerekir. Yeraltı suyu seviyesi düşümü, su sıcaklığı artışı, biyoçeşitlilik kaybı, balıkçılık ve tarım faaliyetlerinde azalma vb. çevresel ve ekolojik etkilerin de ölçülerek değerlendirilmesine ihtiyaç vardır.

6.1.2 Birincil Enerji Kaynakları Üretim Faaliyetleri Su İhtiyacı

Neredeyse her tür birincil enerji kaynağı için, çıkarma faaliyetleri su gerektirir. Ham petrol için gerekli su ihtiyacı, dünya birincil enerji üretimi toplam su ihtiyacının %10'u civarındadır. Ham petrol üretim (çıkarma) faaliyetleri için $\sim 1 \text{ L/MJ}$ ($\sim 40 \text{ L}_{\text{su}}/\text{L}_{\text{petrol}}$) suya ihtiyaç vardır. Kömür üretimi (yıkama ve eleme/ayırma dâhil) için gerekli su ihtiyacı $0,16 \text{ L/MJ}$ ($\sim 4 \text{ L}_{\text{su}}/\text{kg}_{\text{kömür}}$) olup dünya ölçeğinde birincil enerji üretimi toplam su ihtiyacının $\sim \%2$ 'sidir.

Geleneksel yöntemlerin dışındaki tekniklerle (hidrolik, çatlatma vb.) ham petrol üretimindeki su ihtiyacı 3~4 kat daha fazladır. Dünya Enerji Konseyi 2010 verilerine göre birincil enerji kaynaklarının çıkarılma faaliyetlerinin özgül su ihtiyaçları Çizelge 6-1'de topluca verilmiştir.

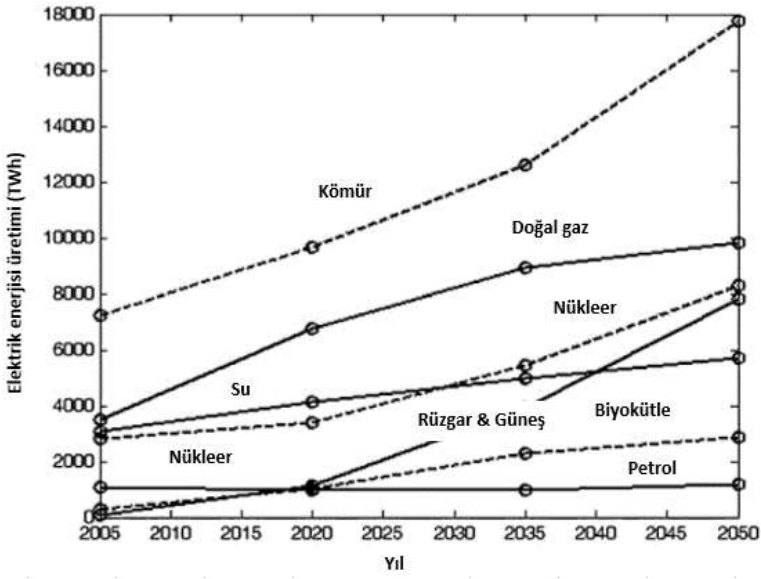
Çizelge 6-1. Birim Yakıt Başına Su Tüketimi (Olsson, 2012)

<i>Enerji Kaynağı</i>	<i>Litre/MJ</i>	<i>Enerji İçeriği</i>	<i>Birim Yakıt Başına (L veya kg) Su (L) Tüketimi</i>
<i>Ham petrol</i>	<i>1,1</i>	<i>37 MJ/l</i>	<i>$\cong 40 \text{ /su/l petrol}$</i>
<i>Konvansiyonel olmayan petrol</i>	<i>3-4</i>	<i>37 MJ/l</i>	<i>$\cong 90-150 \text{ /su/petrol}$</i>
<i>Kömür</i>	<i>0,16</i>	<i>24 MJ/kg</i>	<i>$\cong 4 \text{ /su/kg kömür}$</i>
<i>Doğal gaz</i>	<i>0,11</i>	<i>54 MJ/kg</i>	<i>$\cong 6 \text{ /su/kg gaz}$</i>
<i>Biyokütle</i>	<i>45</i>	<i>24 MJ/l (etanol)</i>	<i>$\cong 1100 \text{ /su l etanol}$</i>

Ham petrol rafinasyonu faaliyetleri için gerekli su ihtiyacı $0,5\sim 1 \text{ L}_{\text{su}}/\text{L}_{\text{benzin}}$ aralığında değişmektedir. Uranyum hazırlama (madencilik, dönüştürme ve işleme dahil) faaliyetlerinin su ihtiyacı ise $\sim 0,09 \text{ L/MJ}$ civarındadır.

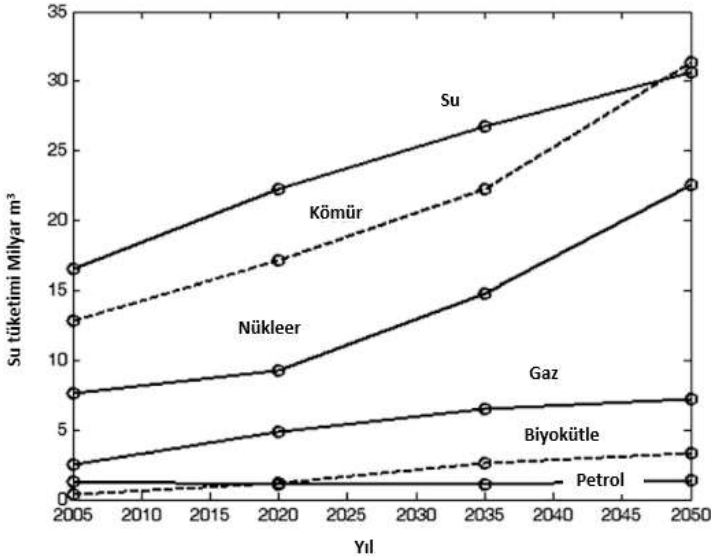
6.1.3 Elektrik Enerjisi Üretimi Su İhtiyacı

Önümüzdeki 30 yıllık dönemde dünya ülkeleri elektrik enerjisi üretiminde önemli oranda artış beklenmektedir. Dünya Enerji Konseyi (WEC) tarafından 2005-2050 dönemi için yapılan dünya elektrik enerjisi üretimi projeksiyonunda, özellikle 2020 yılından itibaren rüzgar ve güneş enerjisi üretiminde gözlenen çok ciddi artış trendine rağmen, kömür ve doğalgazın birincil/fosil enerji kaynakları olarak ilk sıradaki yerlerini koruması beklenmektedir (Şekil 6-3).



Şekil 6-3. 2005-2050 Arasında Tahmin Edilen Kaynaklara göre Elektrik Üretim Miktarları (Olsson, 2012)

Dünya Enerji Konseyi tahminlerine göre, petrol hariç diğer enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretimlerinin 2020-2050 döneminde farklı hızlarla artacağı öngörülmektedir. Şekil 6-4'te gösterildiği üzere önümüzdeki 30 yıllık dönem ve sonrasında birincil enerji kaynağı olarak kömür, doğalgaz ve nükleer yakıtların elektrik enerjisi üretimindeki ağırlıklı konumlarını koruması beklenmektedir.



Şekil 6-4. 2005-2050 Yılları Arasında Elektrik Santralleri için Tahmin Edilen Toplam Su Tüketim Değerleri (Olsson, 2012)

Elektrik enerjisi üretimi ile su kullanımı ilişkisi Çizelge 6-2’de özetlenmiştir.

Çizelge 6-2. Elektrik Üretimi için Su Kullanımı (Olsson, 2012)

	Su Miktarıyla Bağlantısı	Su Kalitesiyle Bağlantısı
<i>Termoelektrik (Fosil, Biyokütle, Nükleer)</i>	<i>Soğutma ve temizleme için yüzey suları ve yeraltı suları</i>	<i>Yüzey sularına ve ekolojiye termal ve hava emisyon etkisi</i>
<i>Hidroelektrik</i>	<i>Baraj göllerinden buharlaşma ile büyük miktar su kayıpları</i>	<i>Su sıcaklığı, kalitesi ve ekolojiye etkileri</i>
<i>Güneş ve Rüzgâr</i>	<i>İşlem yapılmadığı sürede panel ve kanat yıkaması için asgari su kullanımı</i>	<i>İşlem yapılmadığı sürede panel ve kanat yıkaması için asgari su kullanımı</i>

Termik santrallerde soğutma maksatlı çok büyük miktarlarda su kullanılır (Çizelge 6-3)

Çizelge 6-3. Farklı Elektrik Üretimlerine göre Su Kullanımı (Olsson, 2012)

Güç Kaynağı	Ortalama (L/kWh)
<i>Nükleer</i>	<i>3-7</i>
<i>Kömür</i>	<i>2-6</i>
<i>Doğal gaz</i>	<i>0,5</i>
<i>Hidroelektrik</i>	<i>5,4</i>
<i>Güneş</i>	<i>4</i>
<i>Jeotermal</i>	<i>11</i>
<i>Biyokütle</i>	<i>1,5</i>

Termik santrallerde genel olarak açık devre soğutma sisteminde kullanılan suyun çok büyük kısmı, sıcaklığı 6-10°C artmış halde alıcı ortama geri verilir, tipik olarak %3 civarındaki suyun buharlaşmayla eksildiği kabul edilebilir. Dünya Enerji Konseyi’ne göre 2020-2050 döneminde elektrik enerjisi üretilen termik santrallerdeki su kullanımının iki katına çıkması (%100 artış) beklenmektedir.

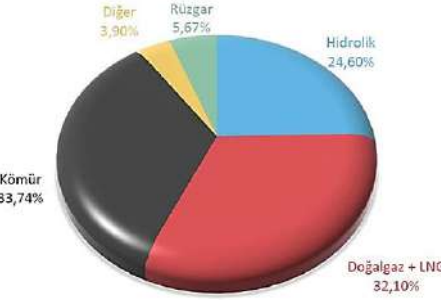
6.1.4 Hidroelektrik Enerji Üretimi Su Ayak İzi

Hidrolik güç, elektrik üretimi için muhtelif sebeplerle oldukça cazip bir seçenektir. Elektrik dağıtım şebekesi işletimi bakımından hidrolik güç fevkalade bir enerji kaynağıdır. Hidroelektrik santralde üretilen elektrik enerjisi miktarı ya da işletmedeki santral güç, istendiğinde bir dakikadan kısa sürelerde değiştirilebilir. Rüzgâr ve güneş santralleri enerji dağıtım şebekesine enerji beslemeye başladığında, hidroelektrik santral kapasitesi azaltılarak (bir kısım türbinler devre dışı bırakılarak) baraj haznesinde daha fazla su biriktirmesi sağlanabilir. Barajda biriktirilen ilave su, rüzgâr ve güneş santralleri üretim kapasitesinin düştüğü dönemlerde, ihtiyaç duyulan enerji açığının giderilmesinde kullanılabilir. Hidroelektrik santraller, günümüz elektrik dünya enerjisi üretiminin ~1/6’sını (%16-17) sağlamakta olup yenilenebilir enerjideki payı ~%70 civarındadır. Dünya 2010 yılı hidroelektrik enerji üretiminin (~3.300 TWh/tıl), 2050 yılı sonunda ~%80 oranında artacağı öngörülmektedir. Türkiye’deki hidroelektrik enerji durumu Çerçeve 6-1’de gösterilmektedir.

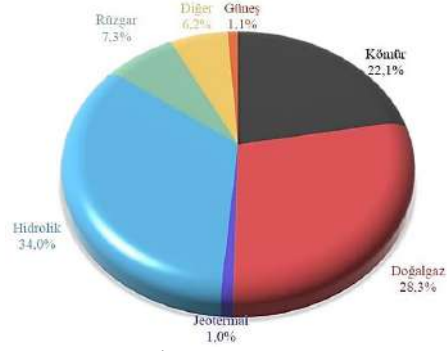
Çerçeve 6-1. Türkiye’deki Hidroelektrik Enerji Durumu

Ülkemizde, enerji sektöründe rekabete dayalı piyasaların oluşturulması stratejisi çerçevesinde, elektrik, doğalgaz ve petrol sektörlerinde sürdürülebilir bir büyümeyi temin edecek yatırımlarının oluşturulması ve mevzuat altyapısının hazırlanması ile birlikte özel sektör tarafından gerçekleştirilen enerji yatırımları ivme kazanmıştır. Özel sektörün elektrik üretiminde payı 2016 sonu itibarıyla %83 düzeyine ulaşmıştır.

Elektrik enerjisi kurulu gücümüz 2016 yılı sonu itibarıyla 78.500 MW’ye yükselmiştir. Aynı dönemde ülkemiz elektrik enerjisi kurulu gücü içerisinde hidrolik kaynakların oranı %34,0 iken, doğalgaz %28,3, kömür %22,1 ve rüzgar + güneş + jeotermal %9,4, diğer kaynakların payı ise %6,2’dir.



Şekil 1. 2016 İtibarıyla Kaynak Bazında Elektrik Enerjisi Üretim Dağılımı



Şekil 2. 2016 İtibarıyla Kaynak Bazında Kurulu Güç Dağılımı

Kaynak: DSİ, 2016b.

6.2 Su ve Atıksu Arıtma Faaliyetlerinin Enerji/Karbon Ayak İzleri

Su ve atıksu tesislerinde potansiyel enerji tasarruf ve geri kazanım imkânları;

- Su temin (üretim) ve dağıtımında olabildiğince az enerji kullanımı
- Evlerdeki sıcak su üretiminde en az enerji kullanımı
- Atıksu toplama ve arıtımında en az enerji kullanımı

olarak sıralanabilir.

Esasen bütün atıksu arıtma tesisleri “enerji yeterli” (enerji nötral) olarak, ilave dış enerji girdisi olmadan) işletim potansiyeline sahip olup >100.000 EN’lu büyük tesisler ise enerji fazlası (enerji pozitif) modunda tasarlanıp işletilebilir.

6.2.1 Su Tesislerinin Enerji İhtiyacı

Ulusal düzeyde, su ve atıksu tesislerinin elektrik enerjisi tüketimi oldukça azdır. Örneğin Avrupa’daki atıksu arıtma tesislerinin tipik elektrik gücü seviyesi ülke kullanımının %1’i seviyesinde veya 5~7 W/N aralığındadır. Su sektöründeki enerji tasarrufunun küresel enerji krizinin çözümünde fazla anlamı olmadığı sonucuna varılsa da, su/atıksu tesisleri işletme giderlerinin en önemli bileşeninin elektrik enerjisi giderleri olması enerji tasarrufunu anlamlı kılmaktadır.

Çeşitli su kaynaklarından temiz su üretiminin maliyeti Çizelge 6-4’te özetlenmiştir. Su ve atıksu arıtma tesislerindeki enerji kullanımını ölçmek için bazı temel performans göstergelerinin gözetilmesi gerekir. Söz konusu temel performans göstergeleri Çizelge 6-5’te verilmiştir.

Çizelge 6-4. Temiz Su Üretim Maliyetleri (Olsson, 2012)

<i>Su Temini Türü</i>	<i>Su Temini ve Arıtımın Enerji Ayak İzi (Kwh/m³)</i>
<i>Yüzey suları</i>	<i>0,5-4</i>
<i>Geri kazanılmış su</i>	<i>1-6</i>
<i>Desalinasyon</i>	<i>4-8</i>
<i>Şişelenmiş su</i>	<i>1000-4000</i>

Çizelge 6-5. Su ve Atıksu Arıtma Tesislerini Enerji Kullanımını Ölçmek için Bazı Temel Performans Göstergeleri (Olsson, 2012)

<i>Enerji (kWh/m³ su)</i>	<i>Isı Üretimi (MWh/yıl)</i>
• <i>Toplam</i>	• <i>Çıkış suyundan ısı içeriğini çıkartmak</i>
• <i>Yüzey ya da yeraltı suyundan ham su pompalama</i>	• <i>Biyogaz</i>
• <i>Ham atıksu pompalama</i>	* <i>Üretilen hacim</i>
• <i>Havalandırma</i>	* <i>İç ısı üretimi</i>
• <i>Karıştırma</i>	* <i>Elektrik enerjisi üretimi</i>
<i>Atıksu için enerji (kWh/kg)</i>	<i>Kimyasal Kullanımı</i>
• <i>Nitrojen giderimi</i>	• <i>Kullanılan kimyasal miktarı (g) başına fosfor giderimi (g)</i>
• <i>BOİ giderimi</i>	
• <i>KOI giderimi</i>	

Su Terfi (Pompaj) İşlemleri

Terfi, her tür su ve atıksu iletim ve arıtma işlemlerinin en temel işlemidir. Örneğin Kaliforniya (ABD)'de ortalama yeraltı suyu pompaj (çıkarma) enerjisi miktarı 0~60 kWh/m³ düzeyindedir. İngiltere'de de pompaj su arıtma işlemleri toplam enerji miktarının ~%60'ıdır. Çeşitli ülkelerdeki ham su pompajı birim enerji miktarları Çizelge 6-6'da verilmiştir. Çizelgedeki veriler, pompaj enerjisi miktarlarının yerel şartlara göre ne denli değişken olduğunu göstermektedir.

Çizelge 6-6. Çeşitli Ülkeler için Ham Su Pompajı Birim Enerji Miktarları (Olsson, 2012)

<i>Su Dağıtım Kaynağı</i>	<i>Birim (kWh/m³)</i>
<i>İsveç ortalaması</i>	<i>0,24</i>
<i>İsveç (minimum-maksimum)</i>	<i>0,04-0,64</i>
<i>Melbourne, Avustralya</i>	<i>0,09</i>
<i>Adelaide, Avustralya</i>	<i>1,9</i>
<i>Kuzey Kaliforniya</i>	<i>0,04</i>
<i>Güney Kaliforniya</i>	<i>2,3</i>
<i>Kaliforniya (minimum-maksimum)</i>	<i>≅ 0-4,2</i>
<i>Yohanesburg, Güney Afrika</i>	<i>1,37</i>
<i>Cape Town, Güney Afrika</i>	<i>0,17</i>

Su Arıtımı

Genel itibarıyla, 1 m³ içme suyu temini için (pompaj ve arıtma dahil) ortalama enerji ihtiyaçları;

- İngiltere'de ~ 0,59 kWh
- Hollanda'da ~0,47 kWh
- İsveç'te ~0,24 kWh (%50'si su arıtma)

düzeyindedir.

Su Dağıtımı

Elektrik enerjisi, su dağıtım şebekelerindeki basıncı belli bir seviyede tutmak için gereklidir. Şebekelerdeki enerji ihtiyacı, topografik yapı ve nüfus yoğunluğuna (kat yüksekliğine) bağlı olarak geniş bir aralıkta değişim gösterebilir. Örneğin İsveç'te ülke genelinde yürütülen bir çalışmada yıllık ortalama enerji kullanımı 1,4~38 kWh/kişi (ort: 10,4, med: 8) olarak rapor edilmiştir. Söz konusu araştırmada şebekede dağıtılan kişi başı yıllık su miktarının 110-114 m³/kişi.yıl aralığında kaldığı ifade edilmektedir.

6.2.2 Atıksu Tesislerinin Enerji İhtiyacı

Enerji ve Su

Su için Gerekli Enerji: Su temini ve atıksu uzaklaştırmada kullanılan enerji iki ana grup altında toplanabilir: Su temini, iletimi, arıtımı ve dağıtımı ile atıksu toplama, arıtma ve uzaklaştırma (deşarj). Su döngüsündeki enerji tüketimi bütün olarak ele alınmak istenirse, son kullanıcıların özel enerji tüketimleri (çoğunlukla sıcak su üretiminde kullanılan enerji de dikkate alınmalıdır. Endüstriyel son kullanıcıların düşük miktardaki enerji tüketimleri ise genelde ihmal edilir.

Kaliforniya (ABD) ve Almanya'da, su döngüsündeki çeşitli son kullanıcıların enerji tüketimleri Çizelge 6-7'de verilmiştir.

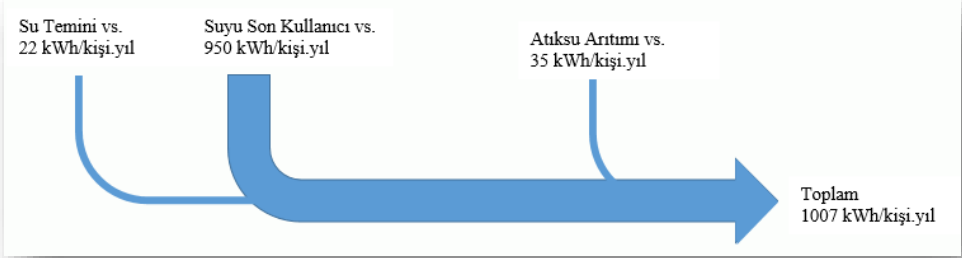
Çizelge 6-7. Kaliforniya ve Almanya'da Su Döngüsünde Enerji Tüketim Oranları (Lazarova, 2012)

<i>Suyun Son Kullanıcısı</i>		<i>Kaliforniya (ABD)</i>		<i>Almanya</i>	
		<i>kWh/m³</i>	<i>kWh/kişi.yıl</i>	<i>kWh/m³</i>	<i>kWh/kişi.yıl</i>
<i>Su</i>	<i>Temin</i>	0,00-1,06	0-106	0,12-1,13	5-50
	<i>İletim</i>	0,03-4,23	3-423		
	<i>Dağıtım</i>	0,18-0,32	18-32	0,03-0,58	1-26
<i>Son kullanıcı</i>	<i>Özel ev</i>	~11	~2000	~21*	~950*
<i>Atıksu</i>	<i>Toplama, arıtma</i>	0,29-1,22	29-122	0,39-0,83	32-75

* Almanya'da, Özel konutlarda su ısıtma amaçlı kullanılan toplam enerjinin 2007'de belediye su tüketimine ve nüfusa bölümü. (BDEW, 2008; Federal İstatistik Ofisi, Almanya, 2009)

Kaliforniya Enerji Komisyonu Raporu'na (CEC, 2005) göre, artırılmış atıksuları evsel/endüstriyel kullanım kalitesine getirerek ayrı bir şebeke (sarı/ mor şebeke) ile dağıtım için gerekli ilave enerji 0,1-0,3 kWh/m³ aralığında değişmektedir. Kaliforniya ve Almanya'da su temini, arıtımı ve şebekeyle dağıtımı için harcanan enerjiler ise sırası ile 0,21-5,61 kWh/m³ ve 0,25-1,71 kWh/m³ olarak verilmektedir. Bu veriler, artırılmış atıksulardan su geri kazanımındaki artışın su kaynaklarının korunmasının yanında enerji kullanımı ve sera gazı emisyonu azaltımına da hizmet edeceğini göstermektedir.

Üretim prosesine bağlı olarak, su temini kullanımı ve arıtımı için gerekli enerji ihtiyacı önemli ölçüde artış gösterebilir. Evsel su temini işlem ve faaliyetinin en genel manadaki tipik özgül enerji tüketimleri için Şekil 6-5'teki değerler (Almanya verileri) mukayeseli analizlerde esas alınabilir.



Şekil 6-5. Almanya Su Sektöründe Tipik Özgül Enerji Tüketim Değerleri (Lazarova, 2012)

Şekilden de görüldüğü üzere toplam ~1.007 kWh/kişi.yıl düzeyindeki enerji tüketimindeki en büyük pay ~950 kWh/kişi.yıl (%94) ile bireysel son kullanıcılardır (konutlarda sıcak su üretimi).

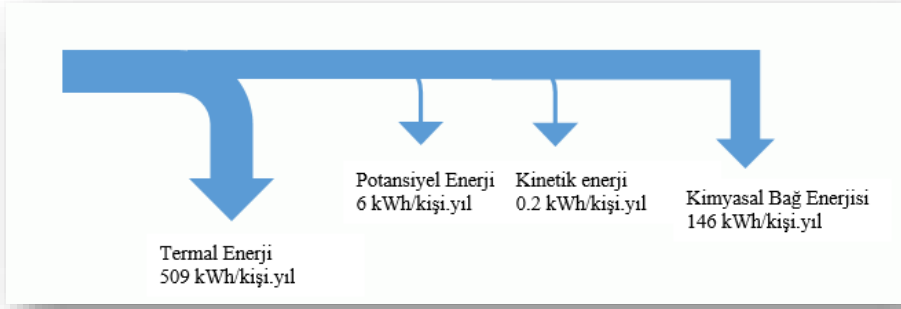
Sudan Enerji Geri Kazanımı

Su ve özellikle atıksu başlıca aşağıdaki türlerde enerji içerir:

- Kinetik enerji
- Potansiyel enerji
- Termal enerji
- Kimyasal olarak bağlı enerji

Söz konusu enerji türleri ile enerji içerikleri aşağıda ana hatları ile açıklanmıştır.

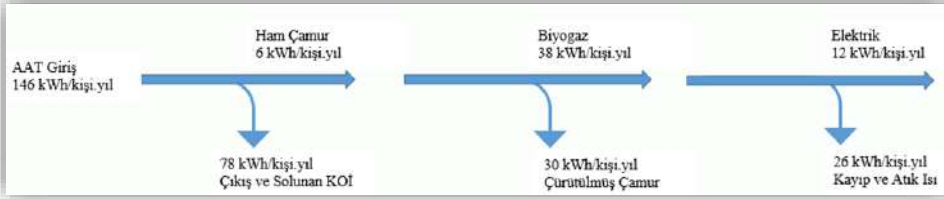
Kinetik enerji, su ve atıksu akımlarının hızı dolayısıyla içerdikleri enerjidir. Ancak su ve atıksu iletim hatları ile şebekelerindeki akış hızları < 5 m/s olduğundan kinetik enerji içeriği çok düşüktür. Sürtünme kayıpları ihmal edildiğinde, potansiyel enerji kot (seviye) farkı ile doğru orantılıdır. Bununla birlikte, $H=50$ m'lik kot farklarında bile özgül potansiyel enerji içeriği ($E_p=m.g.H$) ~6 kWh/kişi.yıl gibi oldukça düşük mertebelerdedir. Atıksuda depolanan termal enerji sıcak su üretimi için kullanılan ısı enerjisinden kaynaklıdır. Bu yüzden en önemli enerji geri kazanım potansiyeli; duş, banyo, çamaşır makinaları ile kısmen mutfaktaki sıcak su akımlarındadır (gri su). Termal enerji eşitliğine ($E_{ter}=m.C_p.\Delta T$) göre gri su akımlarından geri kazanılabilecek enerji hesaplanabilir. Özgül gri su üretimi 40 L/kişi.gün ve $\Delta T= 30^{\circ}K$ ısı grandyanı için geri kazanılabilecek termal enerji ~509 kWh/kişi.yıl civarındadır. Bu miktar yukarıda verilen potansiyel enerji içeriğine göre çok yüksektir. Kimyasal olarak bağlı enerji, atıksuyun karbon (KOİ) içeriğine bağlı olarak hesaplanabilir. Standart şartlarda ($0^{\circ}C$ ve 1 atm) 1 kg biyobozunur KOİ, 0,35 m³ CH₄ veya 3,49 kWh/kg KOİ eşdeğeridir. Evsel atıksularda kişi başına KOİ değeri 110~120 gr kabulü ile, atıksuyun maksimum yıllık bağlı enerji içeriği 400 Wh/kişi.gün (146 kWh/kişi.yıl) alınabilir. Atıksuyun içerdiği enerji türlerinin genel tipik kıyaslaması Şekil 6-6'da verilmiştir (Meda vd., 2010).



Şekil 6-6. Teorik Atıksu Enerji Potansiyeli

(Tahmin: Su Tüketimi 122 L/kışı.gün, Akış Hızı: 5m/s, H=50 m, Gri Su= 40 L/kışı.gün $\Delta T=15K$, 115 g KOI/kışı.gün)

Atıksu kanal şebekesindeki kayıplar sebebiyle, termal enerjinin kaynağına en yakın noktada (bina içinde gri su ayrımıyla), kimyasal bağlı enerjinin ise (kanal şebekesinde hemen hemen hiç kayba uğramadığı için) AAT Çamur Çürütücülerinde geri kazanılması gerekir. Enerji eşdeğerleri cinsinden ifade edildiklerinde, ham evsel atıksuyun ~146 kWh/kışı.yıl düzeyindeki bağlı enerji içeriğinin 68 kWh/kışı.yıl'lık kısmı birincil çamur halinde çamur çürütücülere aktararak ~38 kWh/kışı.yıl eşdeğeri CH₄ geri kazanılabilir. Biyogazdan elektrik enerjisine dönüşüm verimi %32 alınarak sadece birincil çamurlardan geri kazanılabilecek özgül enerji miktarı 12 kWh/kışı.yıl olur (Şekil 6-7) (Cornel vd., 2011).



Şekil 6-7. Atıksu Arıtma Tesisinde Özgül Enerji Değerleriyle Hazırlanmış, Basitleştirilmiş KOİ Dengesi (Cornel vd., 2011)

Evsel atıksuların 0,5~1 kWh/kışı.gün aralığındaki enerji içeriği, geleneksel biyolojik arıtma prosesleri için gerekli 0~0,20 kWh/kışı.gün enerji ihtiyacının 3-5 kat üzerindedir. Bu yüzden enerji pozitif (fazlası olan) atıksu arıtma mümkündür (Öztürk vd., 2015).

Atıksu Arıtma Proseslerinin Enerji İhtiyacı

Çeşitli atıksu arıtma proseslerinin özgül enerji ihtiyaçları, tesis büyüklüklerine (kapasite) bağlı olarak Çizelge 6-8'de verilmektedir (Meda vd., 2010).

Çizelge 6-8. Bazı Biyolojik Arıtma Seçeneklerine göre Enerji İhtiyacı Aralıkları (Meda vd., 2010)

<i>Arıtma Prosesi</i>	<i>Tesis Boyutu</i>	
	<i>Küçük¹ (kWh/m³)</i>	<i>Büyük¹ (kWh/m³)</i>
<i>Havalandırılmış Atıksu Havuzu</i>	0,34	0,29
<i>Biyolojik Disk</i>	0,23	0,25
<i>Damlatmalı Filtre</i>	0,31	0,17
<i>Aktif Çamur + Aerobik Stabilize Çamur</i>	0,61	0,31 ²
<i>Aktif Çamur + Besin Giderimi</i>	0,48	0,30 ²

¹ Küçük < 1.000 EN; Büyük < 5.000 EN

² Büyük Arıtma Tesisi 10.000-100.000 EN için.

Aerobik biyolojik arıtmada uygulanan proses ve tesis kapasitesine bağlı olarak 0,17-0,61 kWh/m³ aralığında enerji kullanılır. Dezenfeksiyon için (O₃, UV veya Membran Filtrasyon) ilave 0,035-0,4 kWh/m³ enerji düşünülmelidir. Bieker vd. (2009)’a göre, dezenfeksiyon hariç gri su arıtımı (aktif çamur veya MBR ile) özgül maliyeti 0,6-1,2 kWh/m³’tür. Biyolojik olarak arıtılmış atıksuları içilebilir su haline getirmek üzere (Mikro Filtrasyon+TO+UV/H₂O₂) gerekli ilave arıtma için de 0,9-1,2 kWh/m³ ilave enerji kullanımı gerekmektedir.

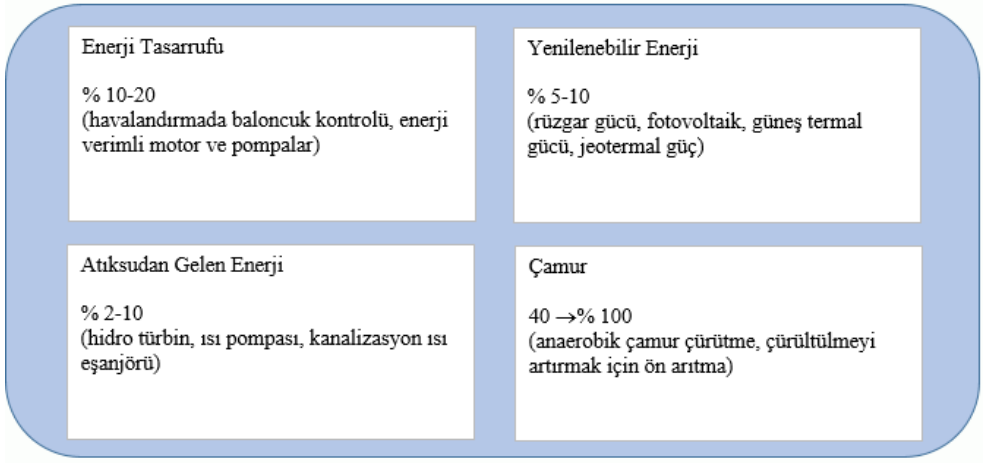
Enerji Yeterli (Nötral) AAT Konsepti

Atıksu arıtımı karbon ayak izinin küçültülmesi için, “enerji yeterli” hatta “enerji fazlası olan” AAT konsepti giderek yaygınlaşan bir hedef veya vizyon halini almaktadır (GWRC, 2008, 2010, 2011). Enerji fazlası olan AAT’inde enerji verimliliğinin artırılabilceği 4 ana seçenek bulunmaktadır (Şekil 6-8):

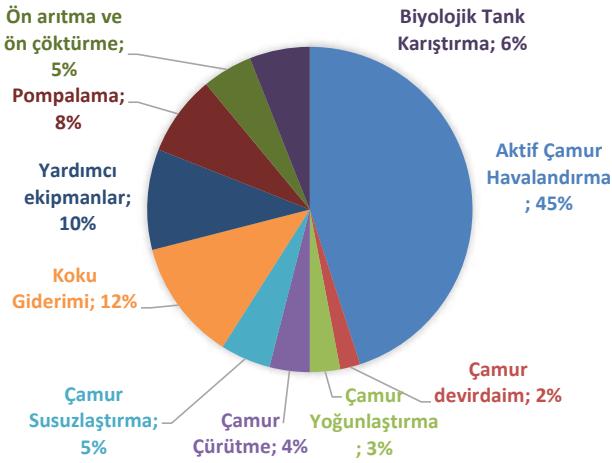
- Enerji tasarrufu
- Ham atıksudan enerji gerikazanımı
- Arıtma çamurlarından biyometan gerikazanımı
- Arıtmada yenilenebilir enerji kullanımının artırılması

Enerji verimliliği denetimi uygulanarak enerji kullanımı optimizasyonu ile mevcut AAT’inde %20-50 oranlarında enerji tasarruf edilebileceği gösterilmiştir (Lindtner vd., 2004, 2008; Jonasson, 2007; Wett vd., 2007; Öztürk vd., 2015).

Fransa’daki 100.000 EN’lu biyolojik AAT’lerindeki (A²O prosesi) tipik enerji kullanımı dağılımı Şekil 6-9 ’da verilmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere AAT’lerinde enerji tasarrufu için öncelikli birim ve ekipmanlar, havalandırıcılar, pompa ve karıştırıcılar ile çamur işleme birimleridir.



Şekil 6-8. Enerji Pozitif Bir Tesisinin Atıksu Arıtımında Enerji Verimliliğini Artırmak için Önemli Bileşenleri (Lazarova vd., 2012)



Şekil 6-9. Atıksu Arıtma Tesisi Genel Enerji Tüketim Yüzdeleri (Lazarova vd., 2012)

Avusturya'daki Strass AAT (220.000 EN) ve Wolfgangsee–Ischl AAT (50.000 EN), enerji yeterli AAT'lere örnek olarak gösterilmektedir (Wett vd., 2007; Novak vd., 2011). Bu tesislerde, iki kademeli arıtma (AB) prosesi uygulanıp yüksek verimli mezofilik çamur çürütme ve biyogazdan enerji geri kazanımı (>%35 dönüşüm verimi) ile çürütücü yan akımlarının yenilikçi (düşük O₂ sarfıyatlı) azot giderim prosesleri kullanılmaktadır. Anılan tesislerde ayrı toplanmış lokanta atıkları ile yağ tutucu ve tarihi geçmiş gıda ürünlerinin doğrudan çürütücülere beslenmesi de, enerji fazlalığını destekleyen unsurlardır (Öztürk vd., 2015).

6.2.3 Atıksu Toplama ve Arıtma Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları

Atıksu toplama ve arıtma işlemlerinde kullanılan elektrik enerjisi önemli bir CO₂ emisyonu kaynağıdır. Bunun dışında kanal şebekesinde oluşan metan (CH₄) ile aktif çamur sistemlerindeki nitroz oksit (N₂O) yan ürünü de diğer önemli sera gazı emisyonu kaynaklarıdır.

Atıksu Kanal Şebekesinden Salınan CH₄ Emisyonu

Atıksu kanal şebekesinden salınan CH₄ emisyonu, atıksu arıtma tesislerinden salınan toplam sera gazı emisyonunun asgari %20'si düzeyindedir. Kanal şebekesinde oluşan CH₄, kentsel atıksuların karbonlu organik madde içeriğini (KOİ) düşürdüğü için AAT'nin besi maddesi giderim verimini (denitrifikasyon) de olumsuz yönde etkileyebilir. Ham atıksudaki bu KOİ düşüşü, atıksuyun enerji içeriğini ve anaerobik arıtma yoluyla biyometan üretim potansiyelini de azaltır. Kanal şebekelerinde CH₄ oluşum süreci mekanizması ile ilgili bilgi düzeyi sınırlı olup bu alandaki araştırmalar devam etmektedir.

Aktif Çamur Sistemlerinden Salınan N₂O Emisyonu

Nitroz oksit (N₂O), biyolojik arıtma esnasında açığa çıkan önemli bir gazdır, bu yüzden biyolojik AAT tesislerinin işletiminde N₂O salınımının en az seviyede tutulmasını sağlayacak stratejilerin uygulanması önem taşır. Küresel ölçekteki toplam insan etkileri kaynaklı N₂O emisyonu oranı olan %4,8'lik değerin %2'si (~%40'ı) biyolojik atıksu arıtma tesislerinden salınmaktadır.

Biyolojik AAT'lerine gelen oldukça değişken nitelikteki kirlilik yüklerine bağlı olarak, N₂O emisyonları tesise gelen toplam azot yükünün %0~15'i aralığında değişmektedir. N₂O emisyonları nitrifikasyon ve özellikle denitrifikasyon süreçleri ile ilgilidir. Anoksik şartlar altında gerçekleşen denitrifikasyon prosesinin tam olarak gerçekleşmediği durumlarda, 4 kademeli denitrifikasyon sürecinin ara ürünü olarak N₂O oluşur. Örneğin kolay ayrılan karbonlu madde yetersizliği tam denitrifikasyona mani olur ve N₂O atmosfere salınır.

6.2.4 Enerji Tasarrufu

Su sektöründe enerji tasarrufu ve verimliliğinin artırılması konusu üç ana başlık altında ele alınabilir:

Su Tasarrufu

Suyun tasarrufu aynı zamanda enerji tasarrufudur. Su tasarrufu, endüstride temiz (az su ve kimyasal kullanılan) endüstrilerin yaygınlaştırılması, su dağıtım şebekelerinde kayıp/kaçak azalımı ile evlerde tasarruflu armatür ve donanımların kullanımı yoluyla sağlanabilir.

Suyla İlgili Faaliyetlerde Verimlilik Artışı

Bu konuda iki temel seçenek söz konusudur; ekipman yenileme ve/veya kontrol ve otomasyon kullanımı, kontrol ve otomasyon uygulaması, aynı zamanda enstrümantasyona (armatürler: pompa ve üfleyiciler için) ve bilgisayarla kontrol sistemlerine yatırım yapılmasını gerektirir. Tesisleri büyütmeden önce mevcut sistem verimliliğinin artırılması değerlendirilmelidir.

Atıksulardaki Kaynakların Etkin Kullanımı

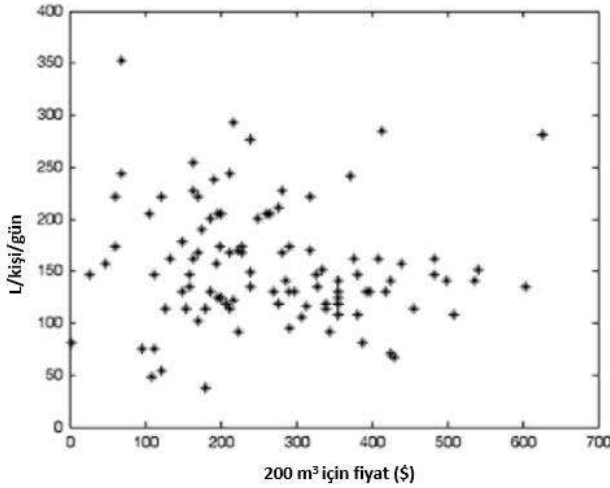
Atıksuyun ısı içeriği, barındırdığı besi elementleri (N, P, C) ve biyometan potansiyelinin azami derecede kullanımı ile enerji nötral veya pozitif atıksu arıtma mümkün hale gelmiştir. Küresel Enerji Araştırmaları Koordinasyonuna göre, proses optimizasyonu ve yenilikçi teknikleri uygulayarak su/atıksu faaliyetlerinde ~%20 düzeyinde enerji tasarrufu mümkündür. Daha fazla enerji tasarrufu için mevcut anlayış veya paradigmada değişikliğe gidilmesi gerekir.

7 TÜKETİCİ DAVRANIŞLARI YÖNETİMİ

İngiltere’de yapılan bir araştırma, su kullanıcılarının kendi su tüketimleri hakkında duyarsız olduklarını ve bireysel farkındalık algısının alışkanlıklar ile bilgisizlik gibi etkenlerce sınırlandırıldığını göstermektedir. Anılan çalışmada, merkezi ve yerel yönetimler ile su ve kanalizasyon idareleri veya şirketlerinin su kullanıcılarındaki alışkanlık ve duyarsızlıkların değiştirilmesi ile ilgili çok yönlü çaba göstermeleri öngörülmektedir.

7.1 Evsel Su Kullanımı

Su kullanımının bir enerji gideri vardır ve enerji ile su kullanımları sürdürülebilir olmalıdır. Son yıllarda yaşanan kuraklıklar bazı ülkelerdeki su kullanımlarına odaklanılmasına yol açmıştır. Şekil 7-1’de 104 ülkedeki kişi başına düşen su kullanımlarının durumu görülmektedir.



Şekil 7-1. 104 Ülkede Kişi Başına Düşen Su Kullanımının Durumu (Olsson, 2012)

Su tüketimleri ve maliyetlerinde geniş bir aralıkta 24~650 L/kişi.gün (0,015~3,13 \$/m³) değişim gözlenmektedir. Bazı ülkelerdeki kişi başı ve sektörel su kullanımları Çizelge 7-1’de verilmiştir. Çizelge 7-1’e göre kişi başına yıllık ortalama su kullanımı genelde 90~160 L/kişi.gün aralığında değişim göstermektedir. Sektörel kullanımlarda ise tarımsal sulama öne çıkmaktadır (Çizelge 7-2).

Çizelge 7-1. Bazı Ülkelerin Kişi Başı Su Kullanımları (Olsson, 2012)

Ülke	Yıllık Su Tüketimi (m³)	Günlük Su Tüketimi (l)
ABD	193	530
Avustralya	409	1120
Kanada	260	710
Çin	52	140
Almanya	57	155
Hollanda	33	90

Çizelge 7-2. Bazı Ülkelerin Kişi Başı Sektörel Su Kullanımları (Olsson, 2012)

Ülke	Su Kullanımı (l/kişi/gün)		
	Evsel	Tarımsal	Endüstriyel
ABD	600	1900	2100
Avustralya	500	2600	340
Kanada	800	480	2800
Çin	85	910	345
Almanya	190	310	1060
Hollanda	80	460	820
Hindistan	140	1500	95

Suyun fiyatı (tarife), tüketimi belirleyen en temel etkenlerden biridir. Genelde abonelerin ödedikleri su faturası bedeli su tüketimini doğrudan kontrol eden en önemli göstergedir. Özellikle su faturası bedelinin harcanabilir hane halkı gelirin yüzdesi cinsinden karşılığı ödeme gücünü de yansıtan en önemli göstergedir. Söz konusu gösterge büyüklük, ABD’de ~%0,006, İngiltere’de ~%0,013, Pakistan’da %1,1 ve Tanzanya’da ~%5,7’dir. Genelde fakir kesimin suya daha fazla para ödediği gerçeği geçerlidir. ABD ve Almanya’nın ortalama birim su bedelleri sırası ile 0,5 ve 1,9 \$/m³ olup bazı fakir ülkelerdeki tipik su tarife bedelleri, gelir düzeylerine kıyasla çok daha yüksektir; Manila’da 4,7 \$/m³ Phnom Den’de 1,6 \$/m³ ve Dakka’da 0,48 \$/m³.

Türkiye’deki 10 büyük şehirin su tarifeleri ile su ve atıksu faturasının hanehalkı gelirindeki ortalama payı Çerçeve 7-1’de gösterilmiştir.

Kademeli tarife ucuz tekdüze tarifeye göre aboneleri suyu verimli kullanmaya teşvik eden bir uygulamadır. Su tasarrufu hem su hem de enerji tasarrufu sağlar.

7.2 Ev (Bina) İçi Su Kullanımı

Ev içi su kullanımı dünya genelinde büyük farklılıklar gösterir. ABD ve Avustralya’daki müstakil bir konutun yıllık ortalama su kullanımlarının dağılımı Çizelge 7-3’te verilmiştir. Çizelge’de ABD’deki konutlardaki bina dışı (bahçe sulaması, havuz vb.) kullanımın fazlalığı dikkat çekmektedir. Bina içi kullanım da ABD’de Avustralya’ya kıyasla ~%30 daha fazladır.

Çizelge 7-3. ABD ve Avustralya’da Müstakil Konutların Su Kullanımları (Olsson, 2012)

Su Kullanımı	ABD (l/kişi/gün)	ABD (%)	Avustralya (l/kişi/gün)	Avustralya (%)
Musluk	39	18,5	21	13
Duş	42	20	46	29
Banyo	6,8	3	8	5
Çamaşır Makinesi	54	30	40	25
Bulaşık Makinesi	3	1,5	3	2
Tuvaletler	63	30	42	26
Toplam bina içi	208	100	160	100
Kaçak	30	12,6	-	-
Bina dışı	313	132	-	-
Toplam	551	244,6	-	-

Çerçeve 7-1. Türkiye'deki Su Tarifeleri

SUEN tarafından, 2017 verileri ile, 27 Su ve Kanalizasyon İdaresine ait verilerle gerçekleştirilen Mukayeseli Değerlendirme (Benchmarking) çalışmasında; idarelerin %60'ında blok (kademelendirilmiş) tarifelendirme yapısının kullanıldığı tespit edilmiştir (SUEN, 2019).

İdarelerin evsel abonelere 10 m³'lük aylık tüketim için uyguladıkları 1 m³ başına ağırlıklı ortalama su tarifesinin 3,4 TL/m³ olduğu, en düşük ve en yüksek değerlerin ise 1,6 ve 5,5 TL/m³ olduğu görülmüştür.

10 Büyükşehir'in su tarifeleri ve Su ve Atıksu Faturasının Hanehalkı Gelirindeki Ortalama Payı incelendiğinde (Şekil 1); bu değerlerin ortalama 3,87 TL/m³ ile %1,02 olduğu görülmekte olup, 10 büyükşehirdeki su ve atıksu tarifesinin 2,10 ve 5,47 TL/m³ aralığında değiştiği görülmüştür. Su ve atıksu faturasının hanehalkı gelirindeki ortalama payının en düşük ve en yüksek değeri ise %0,65 (ASAT ve KOSKİ) ve %2,04 (GASKİ)'tür. ABD Çevre Koruma Ajansı (US-EPA); su masraflarını, hanehalkı giderlerinin %2'sini geçtiği durumlarda "çok masraflı" kategorisinde değerlendirdiklerini belirtmişler. Bu kapsamda 10 Büyükşehir'e ait değerler incelendiğinde; 1 idare dışındaki (GASKİ) tüm idarelerindeki bu değerlerin %2'nin altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 1. Evsel (Konut) Abonelerin 10 m³'lük Aylık Tüketim İçin 1 m³ Başına Ağırlıklı Ortalama Su ve Atıksu Tarifesi (TL/m³) ile Su ve Atıksu Faturasının Hanehalkı Gelirindeki Ortalama Payı (%)

Kaynak: SUEN, 2019.

Basit ev içi su tasarruf kuralları

Su ve enerji tasarrufunda başarı için müşterilerin bilgilendirilerek farkındalığın artırılması kritik önemdedir. Evlerde uygulanabilecek bazı basit su tasarruf yöntemleri aşağıda özetlenmiştir:

Tuvaletler: Çizelge 7-3'ten de görüldüğü üzere tuvaletler en önemli su kullanım noktalarından (toplam ev içi su kullanımının ~%25~30'u) biridir. Kişi başı günlük tuvalet kullanımı 5 alınmıştır. Her kullanım başına 20~40 litre arası su kullanımı söz konusudur. Alafranga tuvalet sifon haznesi hacminin 5 litreyi geçmemek üzere küçültülmesi önemli oranda su tasarrufu sağlar. Eski tuvaletlerde de su haznesi hacmi, içeriye su dolu poşet ya da pet şişe bırakılarak azaltılabilir.

Musluk/Şamandıra Sızıntıları: Arızalı musluk ve şamandıra sızıntıları, zamanında müdahale edilmezse, yüzlerce litre su kaybına yol açabilir.

Duşlar: Tasarruflu duş başlıkları kullanımı ve duş alma süresinin kısaltılması önemli su tasarrufu sağlar.

Bulaşık ve Çamaşır Makinaları: Bulaşık ve çamaşır makinaları tam kapasite (~%100 dolu) çalıştırılmalıdır. Çamaşırın, yeni nesil deterjanlarla, 30°C’de yıkanması enerji tasarrufu sağlar. Yeni nesil bulaşık makinaları ile eski tip makinalara göre ~5’te 1 oranında (~10 L) ile etkili bir yıkama yapılabilir.

Bina Dışı Kullanım: Bahçede suyu açık bırakılan bir sulama hortumu 1 saatte bir günlük ev içi tüketime eşdeğer su harcayabilir. Bu yüzden hortum yerine özel yağmurlama sulaması başlıkları kullanımı ciddi oranda su tasarrufu sağlar. Sonuçta biriktirilen yağmur suları da kullanım suyu talebini düşürür.

Su Sayacı Kullanımı Önemlidir. Kullanılan suyun ölçümü evlerdeki su tüketimini azaltır. Sayaçlar bina içi su kaçaklarının tespitinde de kullanılabilir. Özellikle su kullanımının olmadığı gece vakitlerinde, ~2-3 saat süre başı ve sonundaki sayaç okumaları arasındaki farka bakılarak ev içi kaçaklar tespit edilebilir.

Ambalajlı Su: Özellikle son 30 yıllık dönemde ambalajlı su talebinde adeta patlama yaşanmıştır. Bu durum şebeke (musluk) suyu kalitesi çok iyi olan ülkelerde bile görülmektedir. Küresel ölçekte ambalajlı su sektörü büyüklüğü ~60 milyar \$ olup ambalajlı su tüketiminin 200 milyar şişeyi aşması beklenmektedir. Dünya genelinde, ambalajlı suyun birim (m³) fiyatı kaliteli musluk/şebeke suyuna göre 240 ~ 10.000 kat daha pahalıdır. Türkiye’de de ambalajlı sular, 0~10 m³/ay tüketim sınıfı şehir şebeke suyu tarife bedeline göre 400-500 kat daha yüksek bedelle satılmaktadır.

Ambalajlı su satış bedelinin %90’ından fazlası şişeleme, ambalaj, nakliye, dağıtım ve pazarlama giderlerinden oluşmaktadır. Ambalajlı sularla ilgili pek çok çevresel kaygılar bulunmaktadır. Çok büyük miktarlardaki plastik ambalajın üretim ve dağıtımında kullanılan fosil yakıt, önemli miktarda sera gazı salımına yol açmakta, plastik ambalajların geri dönüşüm ve bertarafında da ciddi sorunlar yaşanmaktadır.

Ambalajlı sularla ilgili net mesaj, temiz ve güvenli olduğu sürece şebeke suyunun içilmesi olmalıdır.

Sıcak Su Kullanımı: Suyun ısıtılmasında kullanılan enerji, ev içi enerji tüketiminde önemli yer tutar. Ev içi enerji ihtiyacı, suyun temini, arıtma ve şebekede dağıtılması için gerekli enerjiden çok daha fazladır. Örneğin Kaliforniya (ABD) özelinde, ev içi su ısıtma, çamaşır/bulaşık yıkama ve kurutma için harcanan enerji, toplam elektrik tüketiminin ~%14’ü, doğalgaz tüketiminin ise ~%31’ine karşı gelmektedir. Avustralya’daki bir tekil ailenin tipik ev içi soğuk ve sıcak su kullanımının tüketim alanlarına göre durumu Çizelge 7-4’te görülmektedir. Sıcaklığı 15°C olan 1 m³ suyu 60°C’ye ısıtmak için gerekli net enerji 188 MJ veya 52 kWh alınabilir. Isıtma sırasında yaşanan kayıplar dikkate alınırsa bu miktarın bir misli artırılması gerekir. (~108 kWh/m³).

Çizelge 7-4. Ev İçi Su Kullanımları (Olsson, 2012)

Su Kullanımı	Soğuk Su (18°C) L/ev/gün	Sıcak Su (60°C) L/ev/gün
<i>Mutfak ve banyo muslukları</i>	19	20
<i>Duş</i>	41	46
<i>Banyo</i>	7	8
<i>Çamaşır makinesi</i>	61	15
<i>Bulaşık makinesi</i>	4	1
<i>Tuvaletler</i>	78	0
<i>Toplam</i>	210	90

Tasarruflu musluk/duş başlıkları, çamaşır/bulaşık makinaları ve tuvalet sifonları kullanılarak önemli oranda sıcak su tasarrufu sağlanabilir. Güneş enerjisi ile ısıtma kullanılarak büyük miktarda fosil yakıt kullanımı kaynaklı karbon emisyonu salınımının önüne geçilebilir.

Bina Dışı Su Kullanımı

Bina dışı (bahçe/yeşil alan) sulaması için de enerjiye ihtiyaç vardır. Çim/bahçe bitkileri yetiştiriciliğinde gübre ile böcek/ot öldürücü kimyasalların kullanılması gerekir. Söz konusu kimyasalların üretimi için fosil yakıt kaynaklı enerji kullanılır. Bazı hallerde çim biçme makineleri bir otomobilden daha fazla emisyon salabilir.

Daha önce Çizelge 7-3'te belirtildiği üzere, tipik bir Amerikan evinde kullanılan toplam suyun %55'ten fazlası bina dışı kullanımlarda (bahçe sulaması) harcanır. Sulamada meteorolojik şartları dikkate alan akıllı ve modern sulama sistemlerinin kullanımı ile dinamik/değişken tarife uygulamaları yoluyla önemli oranda su tasarrufu sağlanabilir. Kentsel yeşil alan ve özel bahçe sulamalarında artırılmış evsel atıksuların kullanımı ile yağmur suyu hasadının teşvik edilerek yaygınlaştırılması da kentsel su temin sistemi üzerindeki baskıyı azaltılacaktır.

8 SINIR AŞAN SULAR

8.1 Sınıraşan Su Kavramı

Su havzalarının dağılımı ülkelerin fiziki sınırlarından bağımsızdır. Yerkürede, iki veya daha fazla ülkenin sınırlarından geçen yaklaşık 276 adet su havzası bulunmaktadır (UN, 2013). Modern dünyada, 19. yüzyılın başından itibaren, söz konusu su kaynaklarından faydalanma noktasında kıyıdaş ülkeler arasında anlaşmazlıklar ortaya çıkmaya başlamıştır. Çözüm arayışları ile birlikte “sınıraşan”, “sınır oluşturan” ve “uluslararası” su – nehir – havza kavramları sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır.

Yirminci yüzyılın ilk çeyreğinde sınıraşan sular, uluslararası nehir kavramı ile ifade edilmiştir. Uluslararası Adalet Divanı, 1929 yılında Oder Nehri Olayı’nda, uluslararası nehir kavramını ilk kez tanımlamıştır. Divan, olayla ilgili kararında, bu kavramı nehrin ulaşım elverişli olması ve nehrin iki veya daha fazla devletin topraklarından geçmesi ya da iki veya daha fazla devlet arasında sınır oluşturmaya şartlarına bağlamıştır. İlerleyen süreçte devletlerin tüketim ve koruma amaçlarını bağdaştırmak üzere Uluslararası Hukuk Komisyonu tarafından sınıraşan sular kavramı kabul görmüştür (İnan, 1994). Birleşmiş Miller Avrupa Ekonomik Komisyonu (BM AEK) tarafından 1992 yılında imzaya açılan ve 1997 yılında yürürlüğe giren “Sınıraşan Sular ve Uluslararası Göllerin Kullanımı ve Korunması” sözleşmesinde, 2000 yılında yayımlanan Avrupa Birliği (AB) “Su Çerçeve Direktifi”nde ve sonrasında gerçekleştirilen birçok düzenlemede doğrudan doğruya sınıraşan su ifadesi yer almaktadır (Köle, 2017).

En genel hali ile **sınıraşan su**, ülkelerin coğrafi konumları nedeni ile fiziki sınırlarından bağımsız olarak, en az iki devletin ortak sınırını kesen, fiziksel ilişkiler içinde bir bütün oluşturan (aynı havzaya ait olan) ve bu şekilde bir alıcı ortama (deniz, göl vb.) ulaşan yerüstü ve yeraltı suları olarak tanımlanabilir. Sınıraşan su en az iki devletin ortak sınırını oluşturuyor ise söz konusu su, aynı zamanda sınır oluşturan su konumundadır. Sınıraşan suyun drenaj alanı ise sınıraşan su havzası olarak tanımlanabilir.

Günümüzde sınıraşan sularla ilgili olarak farklı düzenlemeler olmasına rağmen, genel kabul görmüş bir uluslararası hukuk düzenlemesi bulunmamaktadır. Bu nedenle, ülkeler arasında su konusundaki uyuşmazlıklar, hala büyük ölçüde siyasi pazarlıklar yoluyla çözülmeye çalışılmaktadır. Devletler sınıraşan sulardan faydalanma konusunda yaptıkları faaliyetleri hukuki bir zemine oturtma arayışı içindedirler. Devletler arasında karşılaşılan problemler, havzaya özgü olarak kıyıdaş ülkeler arasında çözülmeye çalışılmaktadır (Bilen, 2009).

Sınıraşan sulardan faydalanma konusunda ileri sürülen farklı görüşler çözüm arayışlarında sıklıkla kullanılmaktadır. Sınıraşan suların geliştirilmesi hususunda, dört temel yaklaşım bulunmaktadır (Toklu, 1999; Öziş vd., 2004). Bunlar:

- Bir ülkenin kendi topraklarından kaynaklanan suları dilediği gibi kullanabileceği esasına dayanan "**Mutlak Egemenlik**" görüşü.
- Bir ülkede akan suların, o ülke toprağının ayrılmaz bir parçası olduğu ve membadaki ülkelerin bu suyun doğal nicelik ve niteliğini değiştirme hakkı olmadığı esasına dayanan "**Alansal Bütünlük**" görüşü.

- Mansap ülkelere belirgin zarar vermemek üzere, akarsuyun her bir ülkedeki yağış alanı, sağladığı debi, geçmiş ve mevcut kullanımı, gelişme ihtiyacı, sosyal ve ekonomik koşullar, su tasarrufu, diğer seçenekler, dengeleme olanakları gibi bir dizi etkenin dikkate alınarak su tahsisini öngören, diğer ülkelere önemli zarar vermeden "**Hakça ve Makul Yararlanma**" görüşü.
- Ülkeler arasındaki sınırları gözetmeden, bir akarsudan "**Havza Bütününde En İyi Yararlanma**" görüşü.

8.2 Su ve Enerji İle İlgili Rekabet ve Sorunlar

Birleşmiş Milletler verilerine göre dünya genelinde 300 civarında su kaynakları ile ilgili potansiyel anlaşmazlık bulunmaktadır (Çizelge 8-1).

Çizelge 8-1. Sınırşan Nehir Havzaları (Gleick, 2000)

<i>Kıta</i>	<i>Sınırşan Nehir Havzası Sayısı</i>
<i>Afrika</i>	<i>60</i>
<i>Kuzey ve Orta Amerika</i>	<i>39</i>
<i>Güney Amerika</i>	<i>38</i>
<i>Asya</i>	<i>53</i>
<i>Avrupa</i>	<i>73</i>
<i>Toplam</i>	<i>263</i>

Küresel iklim değişimi, su arz ve talebinin yönetimini daha sorunlu ve belirsiz bir hale getirmektedir. Suyun kıt/yetersiz olduğu yerlerde, sınırlı su kaynakları için yaşanan rekabet ülkelerin suya erişimini, bir tür ulusal güvenlik sorunu olarak görmelerine yol açmaktadır.

Çoğu nehir, göl ve akifer iki veya daha fazla ülke tarafından paylaşılmaktadır. Bu coğrafi olgu, ülkeler arası anlaşmazlıklara yol açabilmektedir. UNDP İnsani Gelişme Raporu (2006)'na göre, dünya nüfusunun ~%40'ı sınır aşan nehir havzalarında yaşamaktadır. Sınır aşan havzalar dünya kara yüzeyinin ~%45'ini kaplamakta ve küresel su akışının ~%60'ını oluşturmaktadır. Dünyada ~800 milyon kişinin yaşadığı 39 ülkenin sularının takriben %50'sinin ülke dışından geldiği bilinmektedir (Çizelge 8-2).

Çizelge 8-2. Sularının Büyük Bölümü Ülke Dışından Gelen 39 Ülke (Yıldız, 2010)

<i>Bölge</i>	<i>Sularının %50-%75'i Ülke Dışından Gelen Ülkeler</i>	<i>Sularının %75'ten Fazlası Dışarıdan Gelen Ülkeler</i>
<i>Arap Ülkeleri</i>	<i>Irak, Somali, Sudan</i>	<i>Bahreyn, Mısır, Kuveyt</i>
<i>Doğu Asya ve Pasifik</i>	<i>Kamboçya, Vietnam</i>	
<i>Latin Amerika ve Karabian</i>	<i>Arjantin, Bolivya, Paraguay, Uruguay</i>	
<i>Güney Asya</i>		<i>Bangladeş, Pakistan</i>
<i>Aşağı Afrika</i>	<i>Benin, Çad, Kongo, Eritre, Gambiya, Mozambik, Nambiya</i>	<i>Botswana, Moritanya, Nijer</i>
<i>Orta ve Doğu Avrupa ve Eski Sovyet Ülkeleri</i>	<i>Azerbaycan, Hırvatistan, Latviya, Slovakya, Ukrayna, Özbekistan</i>	<i>Macaristan, Moldovya, Romanya, Sırbistan ve Karadağ</i>
<i>OECD</i>	<i>Lüksemburg</i>	<i>Hollanda</i>
<i>Diğer</i>	<i>İsrail, Türkiye</i>	

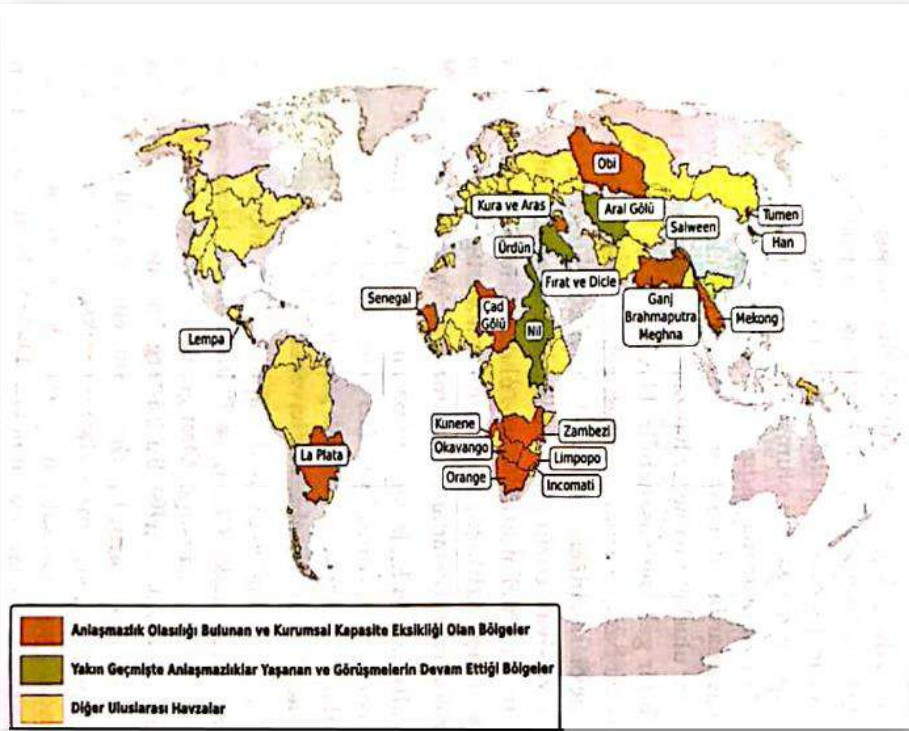
Beşinci Dünya Su Forumu (2009)'nda sunulan verilere göre, dünyada 273 adet sınır aşan akifer (yeraltı suyu havzası) bulunmaktadır. Birleşmiş Milletler kararlarına göre sınır aşan akiferlerin de yüzeyel sularla aynı koşullara tabi olduğu belirtilmektedir.

Risk altındaki sınıraşan nehir havzaları:

Dünyada risk altında olan uluslararası nehir havzalarını belirlemek için Wolf, A., Yoffe Shira, B. ve Giordano M. (2003) tarafından yapılan araştırmada sınıraşan sular konusunda belirli tarihsel olayların oluşumu incelenmiş ve böylece gelecek on yılda ihtilaf oluşması açısından en fazla risk altında olan havzalar belirlenmiştir. Bu çalışma iki bölüme ayrılmıştır: İlk bölümde sosyoekonomik, jeopolitik ve küresel coğrafi bilgi sistemi verileri kullanılarak gelecek on yılda risk altındaki havzalar belirlenmeye çalışılmıştır.

Anılan çalışmalarda su ihtilafı yaratabilecek parametrelerin anlaşmazlıklarla çok ilintili olmadığı belirlenmiştir. Bu parametreler iklim, su kısıtı, nüfus, hidro-enerji bağımlılığı, baraj yapımı, gelişmişlik düzeyi, su kalitesinin zamanla azalması veya hidrolojik koşullarda değişkenlik, iklim düzensizliği gibi “yavaş değişiklikler” olarak tanımlanabilecek parametrelerdir. Söz konusu çalışmada, bir havzada kurumsal kapasite geliştirilmesinin ülkelerin fiziksel veya kurumsal altyapılarına bağlılıktan daha çok genelde olumlu uluslararası ilişkilere bağlı olduğu kabul edilmiştir. Bu ilişkilerin ise şu şekilde gelişeceği varsayılmıştır: ilk olarak ihtilaf olasılığı ve ihtilafın büyüklüğü, kurumsal yapının havzadaki olumsuzlukları engellemekte yetersiz kalmasından sonra artmaktadır. Sonra en hızlı değişiklikler “uluslararası havzalarda” olmaktadır. Ortak bir teknik komisyonun olmadığı bir uluslararası nehir havzasında su konusunda hızlı ve tek taraflı bir gelişme yaşanması mümkündür. Havzadaki en hızlı değişiklik ise büyük bir baraj ve sulama projesi geliştirilmesiyle ortaya çıkabilir. Sonuç olarak ülkeler arasındaki büyük husumet ve/veya ortak teknik ve siyasi çözüm kurumlarının olmayışı, ihtilaf ve çatışma oluşumunu hızlandırabilirken, olumlu uluslararası ilişkiler ve/veya anlaşmazlık çözen kurumların varlığı bu projelerin olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılmasına katkı sağlayabilmektedir (Yıldız, 2010).

Bu çalışmanın sonuçları Dicle ve Fırat Havzası’nın risk altındaki havzalar arasında sayılmadığına dikkat çekmektedir. Ancak Oregon State Üniversitesi Jeoloji Bilimleri Bölümü tarafından 2003 yılında hazırlanan Şekil 8-1’de verilen haritada risk altında olan uluslararası nehir havzaları arasında Fırat ve Dicle Havzası’nın da yer aldığı görülmektedir.

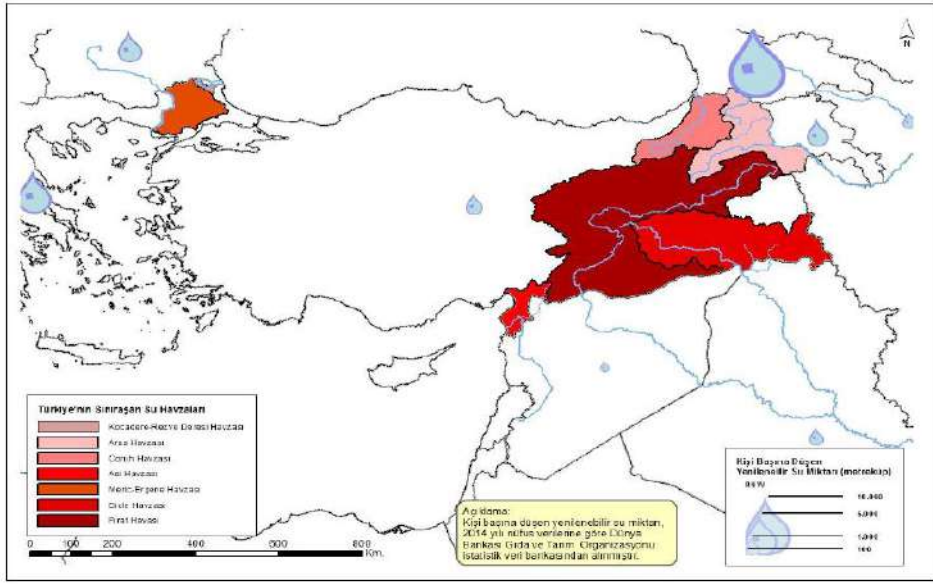


Şekil 8-1. Risk Altındaki Uluslararası Nehir Havzaları (Transboundary Freshwater Dispute Database, 2003)

8.3 Türkiye'nin Sınıraşan Suları

Kara sınır uzunluğu 2.753 km olan Türkiye'nin, kara sınırlarının 615 km'si akarsular tarafından çizilmiş durumdadır (Bilen, 2009). Söz konusu uzunluk kara sınırlarının yaklaşık % 22'sini oluşturmaktadır. Türkiye'nin; Yunanistan, Bulgaristan, Suriye, Irak ve eski Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği (SSCB) ülkelerinden Ermenistan, Gürcistan ve Azerbaycan (Nahcivan) ile sınıraşan sular nedeni ile su kaynakları paylaşımı söz konusudur (Şekil 8-2).

Türkiye'nin ulusal akarsuları dışında kalan bütün akarsuları ya da kolları iki veya daha çok devleti kesip geçen, sınıraşan sular konumundadır (Toklu, 1999).



Şekil 8-2. Türkiye ve Komşularına Ait Yenilenebilir Su Miktarları ve Türkiye'nin Sınıraşan Havzaları (Köle, 2017)

Cizelge 8-3. Türkiye'de Sınır Oluşturan Sular (Köle, 2017)

Akarsu Adı	Oluşturduğu Sınır	Türkiye'nin Konumu	Bulunduğu Havza
Meriç Nehri	Türkiye – Bulgaristan – Yunanistan	Mansap	Meriç – Ergene Havzası
Aras Nehri	Türkiye – Azerbaycan – İran – Ermenistan	Memba	Aras Havzası
Kura Nehri	Türkiye – Gürcistan	Memba	Aras Havzası
Posof Çayı	Türkiye – Gürcistan	Memba	Aras Havzası
Arapçay (Aras Nehri Kolu)	Türkiye – Ermenistan	Memba	Aras Havzası
Karasu (Aras Nehri Kolu)	Türkiye – İran	Memba	Aras Havzası
Asi Nehri	Türkiye – Suriye	Mansap	Asi Havzası
Karasu Çayı (Asi Nehri kolu)	Türkiye – Suriye	Memba	Asi Havzası
Hezil Çayı (Dicle Nehri kolu)	Türkiye – Irak	Memba	Dicle Havzası
Habur Çayı (Dicle Nehri kolu)	Türkiye – Irak	Memba	Dicle Havzası
Hacıbey Suyu (Dicle Nehri kolu)	Türkiye – Irak	Memba	Dicle Havzası
Kocadere	Türkiye – Bulgaristan	Memba	Kocadere – Rezve Havzası
Mutlu Deresi (Rezve)	Türkiye – Bulgaristan	Memba	Kocadere – Rezve Havzası

Türkiye sınıraşan su kaynakları Fırat, Dicle, Çoruh, Aras, Asi ve Kocadere – Rezve Deresi havzalarında yoğunlaşmaktadır (Şekil 8-2). Özellikle havza içerisindeki ana nehirler ile adlandırılan Fırat, Dicle ve Çoruh havzalarında yüksek miktarda su akışı gerçekleşmektedir. Coğrafi konumu nedeniyle Türkiye; Meriç – Ergene ve Asi havzalarında mansap; Kocadere - Rezve, Çoruh, Aras, Fırat ve Dicle havzalarında ise memba ülke konumundadır (Şekil 8-1). Söz konusu havzalarda yer alana sınır aşan ve sınır oluşturan sular Çizelge 8-3’te verilmiştir. Bir başka ifade ile Türkiye; Meriç ve Asi nehirleri ve yan kollarında mansap ülke; Fırat, Dicle, Çoruh nehirleri ve yan kollarında ise memba ülke konumundadır (Çizelge 8-3. Türkiye’de Sınır Oluşturan Sular (Köle, 2017)Çizelge 8-3 ve Çizelge 8-4).

Türkiye’nin memba ülkesi olduğu durumda, sınıraşan sular Türkiye’nin yenilebilir su potansiyelinin yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır. Özellikle Fırat, Dicle ve Çoruh havzaları su miktarları ile öne çıkmaktadır. Havzalar Türkiye’nin yenilenebilir su potansiyelinin sırası ile % 16,99, % 11,46 ve % 3,39’u oluşturmaktadır. DSİ (2009) verilerine göre Fırat, Dicle ve Çoruh havzaları Türkiye hidroelektrik potansiyelinin sırası ile %38,10, %12,94 ve %8,34’ünü oluşturmaktadır.

Türkiye’nin mansap ülkesi olduğu durumda, sınıraşan sular Türkiye yenilebilir su potansiyelinin % 1,34’ünü oluşturmaktadır (Çizelge 8-4).

8.4 Uluslararası Hukuki Çerçeve

Sınıraşan su havzalarında ortaya çıkan sorunların uluslararası hukuk açısından çözümlenmesinde anlaşmalar, teamüller, genel hukuk ilkeleri ve hukuk otoritelerinin görüşleri gibi unsurlar etkili olmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yapılan araştırmalarda MS 805 ile 1984 yılları arasında sınıraşan sular konusunda yaklaşık 3600 anlaşmanın bulunduğu belirlenmiştir. Sınıraşan ya da sınır oluşturan sular konusunda uluslararası ortamda bütün devletleri bağlayıcı hukuki esaslar ise henüz oluşturulamamıştır. Birleşmiş Milletler Uluslararası Hukuk Komisyonu’nun (UN-ILC) 1970’lerde başlattığı veya yıllar süren çalışmalar sonucunda 1996 yılında tamamlanan taslak, ilgili üye ülkelerden oluşan çalışma gruplarının mesaisiyle nihai taslağa dönüştürülmüş ve “Uluslararası Su Yollarının Ulaşım Dışı Amaçlarla Kullanılmasına İlişkin BM Çerçeve Sözleşmesi” başlığıyla 21 Mayıs 1997’de BM Genel Kurulu’nda oylanarak 103 ülkenin kabul, 3 ülkenin red (Türkiye, Çin, Brundi) ve 21 ülkenin çekimser oyuyla kabul edilmiştir. Yürürlüğe girmesi için 35 ülke tarafından onaylanması öngörülen bu sözleşme, ancak 17 yıl sonra 19 Mayıs 2014 tarihinde Vietnam’ın sözleşmeyi imzalamasıyla yürürlüğe girmiştir. Bu sözleşme aslında çok taraflı bir sözleşme olup çevre koruma ve havza bazında su yönetimi konusundaki hükümleri ve bu hükümlerin tüm havzalara uygulanabilirliği açısından çok zayıf kalmıştır. Bu sözleşme uluslararası toplumun bütününe iradesinin yansıtılmaktan uzaktır.

Uzun zamandır BM’de yapılan çalışmalara rağmen, sınıraşan yüzey ve yeraltı suları konusunda kıyıdaş devletlerin haklarını ve yükümlülüklerini belirleyen kapsamlı ve tüm uyumsuzluklara uygulanabilen nitelikte uluslararası kurallar oluşturulamamıştır.

Çizelge 8-4. Türkiye'nin Sınırtaşan Suları (Köle, 2017)

<i>Akarsu Adı</i>	<i>Kıyıdaş Ülkeler</i>	<i>Türkiye'nin Konumu</i>	<i>Bulunduğu Havza</i>	<i>Türkiye Yenilenebilir Su Potansiyeli İçindeki Oranı</i>
<i>Kocadere (Vekela)</i>	<i>Türkiye - Bulgaristan</i>	<i>Memba</i>	<i>Kocadere – Rezve</i>	<i>% 0,10</i>
<i>Tunca Nehri</i>	<i>Türkiye - Bulgaristan</i>	<i>Mansap</i>	<i>Meriç – Ergene</i>	<i>% 0,71</i>
<i>Arda Nehri</i>	<i>Türkiye- Yunanistan</i>	<i>Mansap</i>	<i>Meriç – Ergene</i>	<i>% 0,71</i>
<i>Çoruh Nehri</i>	<i>Türkiye - Gürcistan</i>	<i>Memba</i>	<i>Çoruh</i>	<i>% 3,39</i>
<i>Posof Çayı</i>	<i>Türkiye - Gürcistan</i>	<i>Memba</i>	<i>Aras</i>	<i>% 2,49</i>
<i>Kura Nehri</i>	<i>Türkiye – Gürcistan - Azerbaycan</i>	<i>Memba</i>	<i>Aras</i>	<i>% 2,49</i>
<i>Aras Nehri</i>	<i>Türkiye – Azerbaycan – İran - Ermenistan</i>	<i>Memba</i>	<i>Aras</i>	<i>% 2,49</i>
<i>Efeler Çayı</i>	<i>Türkiye - Gürcistan</i>	<i>Memba</i>	<i>Aras</i>	<i>% 2,49</i>
<i>Uğur (Merani) Dere</i>	<i>Türkiye - Gürcistan</i>	<i>Memba</i>	<i>Aras</i>	<i>% 2,49</i>
<i>Hayisman Dere</i>	<i>Türkiye Gürcistan</i>	<i>Memba</i>	<i>Aras</i>	<i>% 2,49</i>
<i>Sarısu (Gürbulak Sınır Kapısı)</i>	<i>Türkiye - İran</i>	<i>Memba</i>	<i>Aras</i>	<i>% 2,49</i>
<i>Çaybağı (Kotur) Deresi</i>	<i>Türkiye - İran</i>	<i>Memba</i>	<i>Aras</i>	<i>% 2,49</i>
<i>Asi Nehri</i>	<i>Türkiye – Suriye - Lübnan</i>	<i>Mansap</i>	<i>Asi</i>	<i>% 0,63</i>
<i>Sabun Suyu (Afrin Kolu)</i>	<i>Türkiye – Suriye</i>	<i>Memba</i>	<i>Asi</i>	<i>% 0,63</i>
<i>Afrin Çayı</i>	<i>Türkiye – Suriye</i>	<i>Mansap ve Memba</i>	<i>Asi</i>	<i>% 0,63</i>
<i>Nazlıca Deresi</i>	<i>Türkiye – Suriye</i>	<i>Memba</i>	<i>Asi</i>	<i>% 0,63</i>
<i>Sinnep Suyu</i>	<i>Türkiye – Suriye</i>	<i>Memba</i>	<i>Asi</i>	<i>% 0,63</i>
<i>Balık Suyu</i>	<i>Türkiye – Suriye</i>	<i>Memba</i>	<i>Asi</i>	<i>% 0,63</i>
<i>Bağırşak Dere (Sacir Suyu)</i>	<i>Türkiye – Suriye</i>	<i>Memba</i>	<i>Fırat</i>	<i>% 16,99</i>
<i>Fırat Nehri</i>	<i>Türkiye- Suriye - Irak</i>	<i>Memba</i>	<i>Fırat</i>	<i>% 16,99</i>
<i>Cullap Deresi</i>	<i>Türkiye – Suriye</i>	<i>Memba</i>	<i>Fırat</i>	<i>% 16,99</i>
<i>Habur Çayı (Circup Suyu – Resul Aynın Planları)</i>	<i>Türkiye – Suriye</i>	<i>Memba</i>	<i>Fırat</i>	<i>% 16,99</i>
<i>Zerkan Suyu</i>	<i>Türkiye – Suriye</i>	<i>Memba</i>	<i>Fırat</i>	<i>% 16,99</i>
<i>Nusaybin Deresi (Çağçasıyusu)</i>	<i>Türkiye – Suriye</i>	<i>Memba</i>	<i>Fırat</i>	<i>% 16,99</i>
<i>Dicle Nehri</i>	<i>Türkiye – Suriye – Irak</i>	<i>Memba</i>	<i>Dicle</i>	<i>% 11,46</i>
<i>Habur Çayı</i>	<i>Türkiye - Suriye</i>	<i>Memba</i>	<i>Dicle</i>	<i>% 11,46</i>
<i>Büyük Zap (Çiğli) Suyu</i>	<i>Türkiye- Irak</i>	<i>Memba</i>	<i>Dicle</i>	<i>% 11,46</i>
<i>Uzundere</i>	<i>Türkiye- Irak</i>	<i>Memba</i>	<i>Dicle</i>	<i>% 11,46</i>
<i>Rubarisin Dere</i>	<i>Türkiye- Irak</i>	<i>Memba</i>	<i>Dicle</i>	<i>% 11,46</i>
<i>Şemdinli Dere</i>	<i>Türkiye- Irak</i>	<i>Memba</i>	<i>Dicle</i>	<i>% 11,46</i>
<i>Hacıbey Suyu</i>	<i>Türkiye- Irak</i>	<i>Memba</i>	<i>Dicle</i>	<i>% 11,46</i>

Sınıraşan sular konusunda hukuksal olarak bağlayıcı olan bir bölgesel sözleşme BM Avrupa Ekonomik Komisyonu (AEK) tarafından hazırlanan ve 1992’de yürürlüğe giren “Sınıraşan Sular ve Uluslararası Göllerin Korunması ve Kullanımı Sözleşmesi”dir. AEK Sözleşmesi, sınıraşan su kaynaklarının söz konusu su kaynağı havzasında yer alan ülkeler tarafından oluşturulacak ortak bir kuruluş marifetiyle yönetilmesini öngörmektedir. Ayrıca, mamba ülkelerin su kaynaklarının geliştirilmesine ilişkin olarak gerçekleştirecekleri projeler konusunda mansap ülkelerini önceden haberdar etme ve onaylarını alma zorunlulukları bulunmaktadır.

1998’de Aarhus’ta imzalanan “Çevre Konularında Bilgi Alma, Karar Vermede Toplumun Katılımı ve Hak Arama Sözleşmesi”, sulardan yararlanma ve korunma konularında yapılacak uygulamaların çevresel etkisinin değerlendirilmesinde sivil toplum örgütlerinin katılımı açısından ilginç boyutlar getirmektedir. Ülkemiz bu sözleşmeye de taraf değildir.

8.4.1 Sınıraşan Su Anlaşmalarının Analizi

Literatürde iki veya daha çok ülke tarafından paylaşılan nehir havzalarında MS. 805 yılından bu yana 3600’den fazla anlaşma imzalandığı yer almaktadır. Bu anlaşmaların büyük bölümü, tarihsel olarak suyun, ülkeler arasında çatışmadan daha çok bir işbirliği aracı olduğunu göstermektedir (Yıldız, 2010).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), MS. 805 ile 1984 yılları arasında sınıraşan su kaynakları konusunda yapılan ve büyük bir bölümü su taşımacılığı ile ilgili olan bu 3600’den fazla anlaşma üzerinde incelemeler yapmıştır. Hammer ve Wolf tarafından hazırlanan sınıraşan su anlaşmazlıkları veri tabanında yer alan ilk 145 anlaşmanın %39’unun hidroelektrik enerji üretimi, %37’sinin ise su temini ve kullanımı ile ilgili olduğu tespit edilmiştir.

İncelenen 145 anlaşmanın 75 adedinde (%54) gözlem (monitoring) yapılması için bazı kuralların yer aldığı görülmüştür. Bu anlaşmalarda gözlem kuralının yer alması ülkelerin veri toplaması ve toplanan bu verilerin paylaşılması anlamına gelmektedir.

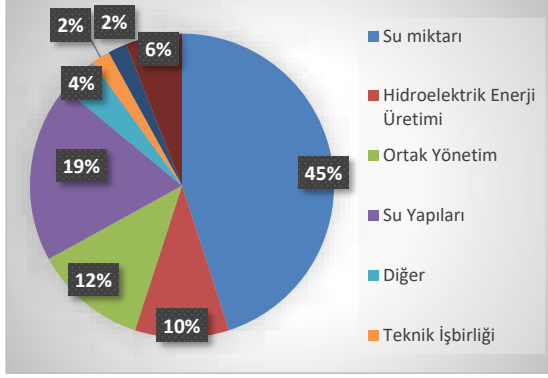
ABD’deki Oregon State Üniversitesi’nce yapılan bir çalışmada 228 adet doküman gözden geçirilmiştir. Su kalitesi konusunda çeşitli maddelerin yer aldığı her bir anlaşma ile ilgili kapsamlı bilgiler bir araya toplanmıştır. Bu maddelerin yer aldığı anlaşmalar, 3 ana grupta toplanmıştır:

- İlk grup su kalitesinin standartları veya su kalitesi yönetimi için belirli kurallar koyan anlaşmalardır.
- İkinci grup genel su kalitesi amaçlarına ve programlarına gönderme yapılan anlaşmalardır.
- Son olarak da, suyun kirlenmesini kontrol etmek, kirliliği azaltmak ve önlemek için açık ve kesin olmayan kurallar içeren anlaşmalardır.

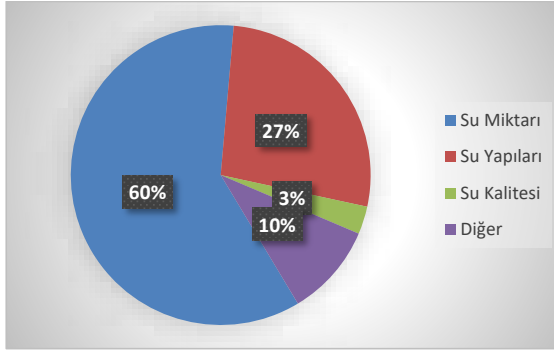
Bu anlaşmaların incelenmesiyle elde edilen sonuçlardan yapılan çıkarımlara göre gözden geçirilen 228 anlaşmanın sadece 63’ünde (%28) su kalitesi ile ilgili kurallardan söz edilmiştir. Bunlardan 7 adedi yukarıda açıklanan 1. grupta, 40 adedi 2. grupta, 16 adedi de 3. grupta yer almıştır.

Wolf (1998) tarafından yapılan bir çalışmada ele alınan 1831 vaka arasında, 1228 adedi (%67) anlaşmayla sonuçlanmıştır. Bu sayı, anlaşmazlık ile sonuçlanan 507 adet vakanın (%28)

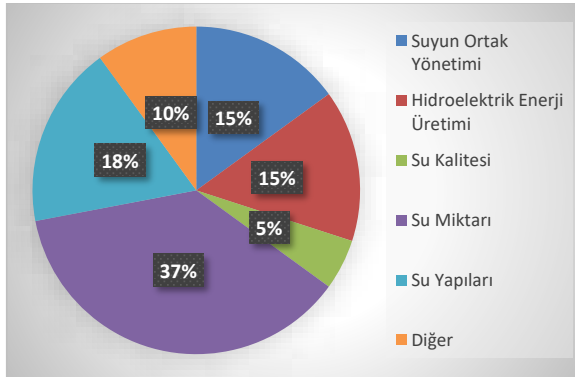
yaklaşık iki katıdır. İncelenen 1.831 adet olayın %96'sı ise değerlendirmeye gerek görülmeyen vakalar olarak belirlenmiştir (Şekil 8-3- Şekil 8-5).



Şekil 8-3. Toplam Anlaşmazlıkların Kaynaklandığı Alanlara göre Dağılım (Wolf, 1998)



Şekil 8-4. Su Anlaşmalarına göre Sorun Oluşturan Alanlar (UNDP, 2006)



Şekil 8-5. Su Anlaşmalarına göre İşbirliği Alanları (UNDP, 2006)

İncelenen vakaların %43'ü olan 784'ü ılımlı uyarı kategorisinde yer almıştır. Bu vakaların %62'sini oluşturan 1.138'i ise resmi sözlü uyarı kategorisinde yer almıştır. Bir diğer deyişle incelenen vakaların yaklaşık üçte ikisi sadece sözlü uyarı şeklinde gerçekleşmiştir. Bu vakaların üçte ikisinin ise, hiçbir resmi yaptırımını içermediği anlaşılmıştır.

İncelenen kayıtlardaki şiddetli anlaşmazlıklarda bile şiddete başvurulması yakın geçmişte yaygın bir şekilde görülmemiştir. İncelenen kayıtlardaki 37 adet şiddetli anlaşmazlığın 30'u İsrail ve komşuları arasında olmuştur. Bu alandaki silahlı şiddet ise, 1970'li yıllarda sona ermiştir. Bu kategoride yer alan Ortadoğu dışındaki olay sayısı ise sadece 5 olarak tespit edilmiştir.

İncelenen anlaşmazlıkların , kaynaklandığı alanlara göre dağılımı aşağıdaki grafikte verilmiştir. Bu şekil incelendiğinde olayların %64'ünün birbiriyle ilişki içinde olan su miktarı ve su yapıları alanında olduğu görülmektedir. Su kalitesi ile ilgili olaylar ise sadece %6 gibi düşük bir oran oluşturmaktadır.

UNDP İnsani Gelişme Raporu (2011)'na göre şiddete yönelik sudan kaynaklı anlaşmazlıkların büyük bir bölümünün nedenleri yeni su yapılarının inşası ile bırakılan su miktarındaki azalma, gelecekte verilecek suyun miktarı ve suyun verilme süresi olarak ortaya çıkmıştır. Geçen yarım yüzyıla bakıldığında sudan kaynaklı sorunların çözümünde artış olduğu ve havza su yönetimi komite veya komisyonlarının uzun süre aktif ve etkili görevler yaptığı görülmüştür.

Su sorunlarının çözümü konusunda küresel ölçekte şimdiye kadar Helsinki Kuralları'nda kabul edilen İnsani Gelişme Amaçları, BM'nin Binyıl Kalkınma Hedefleri, BM'nin 1997 Su Yolları Sözleşmesi'nde yer alan maddeler ve nehir havzalarındaki su işbirliği konularında çok uzun bir yol alınamamıştır. Halen 263 sınıraşan nehir havzasının 157'sinde hiçbir işbirliği çerçeve anlaşması yoktur. Anlaşma gerçekleşen havzalarda ise anlaşmalar daha çok ikili anlaşmalar olarak yapılmıştır. Üçte ikisinde üç ya da daha fazla ülkenin yer aldığı ve su kurumlarının bulunduğu 106 nehir havzasında da henüz sadece 5 anlaşma çok taraflı olarak imzalanmıştır. Aslında çok taraflı anlaşmalara konu olan nehir havzalarında bile Ürdün Nehir Havza'sında olduğu gibi ikili anlaşmalar yapılmaktadır (Suriye-Ürdün, Ürdün-İsrail, İsrail-Filistin gibi)

Ülkeler arasında su kullanımı konusunda daha kapsamlı anlaşmaların yapılmasının önündeki en önemli engellerden birisi, bir ülkenin su hakkını bir ulusal bağımsızlık konusu olarak görmesidir. Bunun yanı sıra zayıf siyasi irade, ülkelerin gelişmişlik ve güç farkı gibi durumlar da diğer etkili nedenler olarak sayılabilir. Sınıraşan sularla ilgili en kapsamlı anlaşmalardan biri olan ABD ile Meksika Arasındaki Colorado Nehri Suları Paylaşımı Anlaşması Çerçeve 8-1'de verilmiştir.

Çerçeve 8-1. ABD ile Meksika Arasındaki Colorado Nehri Suları Paylaşımı Anlaşması

ABD'nin güneybatısında yer alan 2.330 km uzunluğundaki Colorado Nehri 632.000 km²'lik çok büyük bir su toplama havzasına sahiptir. ABD'nin 7 eyaletinden geçerek Meksika'ya giren nehir, Pasifik Okyanusu'ndaki Kaliforniya Körfezinde büyük bir delta yaparak denize dökülmektedir.

Colorado Nehri'nin denize döküldüğü yerdeki yıllık ortalama doğal akım 18,5 milyar m³ (586 m³/s)'tür. Rocky (kayalık) dağları ve yüksek platolardaki karlarla beslenen bu nehir, Utah, Wyoming ve New Mexico eyaletlerinden sonra çöl karakterindeki Nevada ve Arizona eyaletleri ile Güney Kaliforniya'dan geçmektedir. Colorado Nehri Amerikalılarca ABD'nin Nil'i olarak kabul edilmektedir (Bilen, 2009).

Anılan 7 eyalet arasında 1922 yılında imzalanan Su Tahsis Anlaşması'na göre, havza su potansiyeli yukarı (Utah, Wyoming, Colorado ve New Mexico) ve aşağı (Arizona, Nevada ve Güney Kaliforniya) havza eyaletleri arasında eşit olarak (yarı yarıya, 9,25 milyar m³/yıl) paylaşılmıştır. Eyaletler arası su tahsisi anlaşmasında mansaptaki Meksika'nın su hakları dikkate alınmamıştır.

ABD ile Meksika arasında 1924 yılında kurulan Colorado Nehri Suları Komisyonu'na yürütülen ve yaklaşık 40 yıl süren görüşmeler sonunda (1944) varılan anlaşma ile ABD Meksika'ya yılda 1,85 milyar m³ su tahsisini (bırakılmasını) kabul etmiştir.

Bu miktardaki suyun her sulama mevsimi başında, önceden Meksika tarafından bildirilen aylık su planına göre verilmesi kararlaştırılmıştır.

ABD yağışlı yıllarda 1,85 m³'e ilave olarak yılda 250 milyon m³ su tahsis etmeyi (toplam 2,1 milyar m³ kabul etmeyi) de kabul etmiştir. Ancak kurak dönemlerde ve sulama sistemlerindeki arıza hallerinde, ABD tarafında uygulanacak su tahsis kısıtlarının, Meksika'ya bırakılacak su miktarına da aynı oranda yansıtılması öngörülmüştür.

ABD'nin 1944 tarihli Ülkeler Arası Su Tahsis Anlaşması ile Meksika'ya Colorado Nehri'nden bırakmayı taahhüt ettiği 1,85 milyar m³/yıl su, nehrin su akış potansiyelinin %10'u olup, sulama sistemi deşarj sularını da kapsamaktadır. Bu sebeple, ilgili anlaşma ile gerçekte Colorado Nehri toplam doğal akımlarının ancak %5'i Meksika'ya bırakılmış olmaktadır.

Colorado Havzası'ndaki ABD eyaletlerindeki 800.000 hektarlık çok geniş sulama alanlarından gelen tuzlu dönüş suları ve baraj göllerinde tuzlu jeolojik formasyonlarla temas sonucu Meksika'ya bırakılan sudaki tuzluluk 1600 ppm değerine yükselmiş ve Meksika'daki tarım alanlarında büyük verim düşüşleri gözlenmiştir. Bunun üzerine Ağustos 1973'te ABD ile Meksika arasında imzalanan yeni bir anlaşma ile Meksika'ya bırakılan sudaki tuzluluğun, sınıra en yakın konumdaki Imperial Barajı membasındaki tuzluluğun ortalama 115 ppm (145 ppm azami) üzerinde olabileceği kararlaştırılmıştır. Bu suretle, Colorado Nehri'nden Meksika'ya tahsis edilen su gerek miktar gerekse kalite olarak belirli esaslara bağlanmıştır.

Kaynak: Bilen, 2009.

8.4.2 Fırat Dicle Suları ile İlgili Protokol ve Taahhütler

Fırat Nehri, sulama ve hidroelektrik üretimi bakımından, Türkiye'nin en büyük su debisine sahip nehridir. Nehrin ortalama debisi 909 m³/sn'dir. Türkiye'nin en büyük bölgesel kalkınma projesi olan Güneydoğu Anadolu Projesi'nin (GAP) büyük bir kısmı bu nehir üzerinde gerçekleştirilmektedir. Fırat, Karasu (Batı Fırat) ve Murat Suyu ile çok sayıda küçük sudan meydana gelmektedir. Yukarı kaynağı Türkiye'de, orta ve aşağı kaynağı sırasıyla Suriye ve Irak'tadır. Fırat Nehri, Dicle ile birleştikten sonra Şatt-ül Arap adını alarak, Basra Körfezi'ne dökülmektedir. Toplam 2.780 km uzunluğunda olan Fırat, 720 bin km²'lik bir havzaya sahiptir. Türkiye'deki uzunluğu, Karasu kaynağından Suriye sınırına kadar 971 km, Murat Suyu kaynağından ise 1.263 km'dir. Türkiye sınırındaki havza kesimi 101 bin km²'dir. Fırat

Nehri'nin yıllık ortalama su potansiyeli yaklaşık 34 milyar m³ olup, bunun 33 milyar m³'ü Türkiye'den toplanmaktadır (Müftüoğlu, 1997). Fırat Nehri'nin meydana getirdiği havzanın ekonomisi büyük ölçüde tarıma dayalıdır. Altı aya yaklaşan bir kuraklık dönemi vardır. Bu nedenle havzada kuru tarım tekniği yaygın olup, yapılan tarımda da çeşitlilik yoktur (Dursun, 2006).

Dicle Nehri'nin Basra Körfezi'ne kadar toplam uzunluğu 1.900 km olup, Türkiye sınırları içerisinde kalan uzunluğu 523 km'dir (Demir ve Pamukçu, 1996). Dicle Nehri, 30 km kadar, Türkiye-Suriye sınırını oluşturduktan sonra, Irak'a girmektedir. Dicle'nin yan kolu durumunda olan Hezil Suyu ve Hakkâri'de doğan Büyük Zap Suları ise, Irak topraklarında Dicle Nehri ile birleşmektedir (Bilen, 2009). Irak topraklarında; Adhaim, Diyale, Büyük Zap ve Küçük Zap gibi kollardan beslenen Dicle, Basra Körfezi yakınlarında Fırat Nehri ile birleşerek, 179 km uzunluğundaki Şatt-ül Arap suyunu oluşturmakta ve Basra Körfezi'ne dökülmektedir. Dicle Havzasının %12'si Türkiye, %0,2 Suriye, %54'ü Irak ve %34'ü İran sınırlarındadır. Dicle Nehri'nin sularına kaynak oluşturan alanların %21'i Türkiye'de, %0,3'ü Suriye'de, %31'i Irak'ta ve %48'i İran'da bulunmaktadır. Dicle Nehri'nin yıllık su hacmine Türkiye'nin katkısı %51, Irak ve İran'ın katkıları ise sırasıyla %39 ve %10'dur (Durmazuçar, 2002). Suriye ve Irak, nehirlerle katkıları oranında değil; kendi çıkarları doğrultusunda daha fazla su istemektedir. Bu tutum, ülkeler arasında bir çatışma nedenine dönüşmektedir (Akbaş, 2015).

Çizelge 8-5. Ortalama Yıllık Akımlar, Kıyıdaş Ülkelerin Katkıları ve Talepleri (milyar m³) (Akbaş, 2015)

Nehir	Ortalama Yıllık Akım	Ülkelerin Suyu Katkısı			Ülkelerin Talepleri		
		Türkiye	Suriye	Irak	Türkiye	Suriye	Irak
Fırat	35	31,6 (%90)	3,4 (%10)	0	%52	%32	%65
Dicle	49	25,4 (%52)	0	23,6 (%48)	%14	%5,4	%92,5
Toplam	84	57 (%68)	3,4 (%4)	23,6 (%28)	%66,1	%37,4	%57,5

Türkiye, Fırat'ın suyunun yıllık %88,7'sine (31,58 milyar m³) kaynaklık ederken; toplam suyun %51,8'ini (18,42 milyar m³) istemekte, Dicle'nin ise %51,8'ine (25,24 milyar m³) kaynaklık etmesine rağmen; toplam suyun sadece %14,2'sini (6,87 milyar m³) istemektedir. Buna karşın Suriye, Fırat'ın %11,3'üne (4 milyar m³) kaynaklık etmesine rağmen; toplam suyun %32,3'ünü (11,50 m³) istemektedir. Dicle'ye hiç su vermeyen Suriye, toplam suyun %5,3'ünü (2,6 milyar m³) istemektedir. Irak ise Fırat'a hiç su katkısı yapmamakla beraber, toplam suyun yıllık %64,4'ünü (23 milyar m³) istemekte ve %48,2'sini (23,43 milyar m³) verdiği Dicle'den de toplam suyun %92,5'ini (45 milyar m³) istemektedir (Çizelge 8-5). Yani sonuç olarak, yıllık toplam suyu 84,25 milyar m³ olan her iki nehirden iki ülkenin su talebi yıllık toplam 107,39 milyar m³ olmaktadır (Denk, 1997). Çizelge 8-5'ten, talep edilen su miktarının, yıllık su potansiyelinin çok üzerinde olduğu görülmektedir (Akbaş, 2015).

Türkiye-Suriye ve Irak arasında sınıraşan suları kapsayan ilk uluslararası anlaşma Lozan Anlaşması'dır. Bu anlaşmanın 109. maddesinde, “anlaşmanın imzalandığı tarihte yeni bir sınır çizilmesi yüzünden bir devletin su sistemi diğer bir devletin ülkesinde yapılacak işlere bağlı kaldığı veya bir devletin ülkesinde, harpten önceki teamül gereğince diğer bir devletin ülkesinde bulunan sular veya su kuvveti kullandığı takdirde, ilgili devletler arasında birbirinin menfaatlerini ve müktesep haklarını muhafaza edecek bir anlaşma yapılması” gerektiği belirtilmektedir; ancak bugüne kadar böyle bir anlaşma imzalanmamıştır. 1946 yılında

imzalanan Türk-İrak Dostluk ve İyi Komşuluk Anlaşmasının 1 No'lu protokolünde “Fırat ve Dicle Nehirleriyle kolları sularının düzene konulması için Türkiye tarafından yapılacak tesislerin her iki ülkenin yararına olacağı kabul edilmekte, Türkiye'nin inşa edeceği tesislerden Irak'ı haberdar etmesi gereği” belirtilmektedir. Daha sonra Türkiye ile Irak arasında 1980 yılında imzalanan Karma Ekonomik Komisyon Protokolü'ne göre oluşturulan Ortak Teknik Komite'ye (OTK) “... her ülkenin sınıraşan sulardan ihtiyacı olan makul ve uygun su miktarının tanımlanmasını sağlayacak metodu kararlaştırmak...” görevi verilmiştir. Belirtilen görev tanımı çerçevesinde OTK ilk toplantısını 1982 yılında, Türkiye ve Irak'ın katılımı ile yapmış, 1983 yılında Suriye'nin de iştiraki ile toplantılar üçlü olarak yürütülmüştür. Üçlü görüşmeler; 1990 yılında Körfez Savaşı'nın başlamasına kadar 7 yıl devam etmiş, Irak-Kuveyt Savaşı sonunda ortaya çıkan şartlar nedeniyle müzakereler kesilmiştir (Yıldız, 2010).

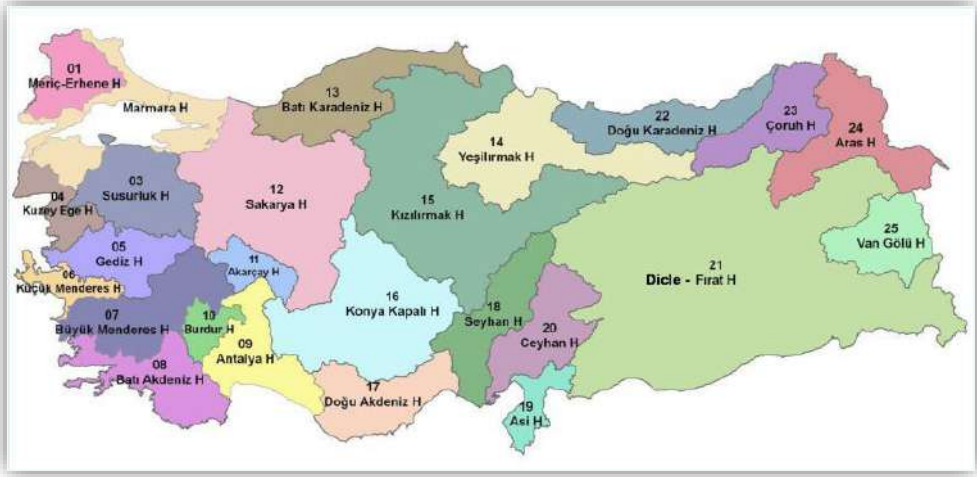
Ortak Teknik Komite görüşmelerine devam ederken, 1987 yılında Türkiye ve Suriye Başbakanları Başkanlığı'nda Karma Ekonomi Komisyonu (KEK) toplantısı yapılmıştır. Bu toplantıda, “Fırat Sularının nihai tahsisine kadar, Türkiye-Suriye sınırından yıllık ortalama 500m³/s su bırakılması ve aylık akımın 500 m³/s'nin altına düştüğü durumlarda farkın gelecek ay kapatılması” hususlarında mutabakat sağlanmıştır. Bu mutabakatı takiben, Suriye ve Irak arasında Türkiye tarafından bırakılan suyun %42'sinin Suriye ve %58'inin Irak tarafından kullanılmasını öngören bir protokol yapılmıştır.

9 TÜRKİYE'DE SU VE ATIKSU YÖNETİMİNE GENEL BAKIŞ

9.1 Türkiye'nin Su Potansiyeli Projeksiyonu

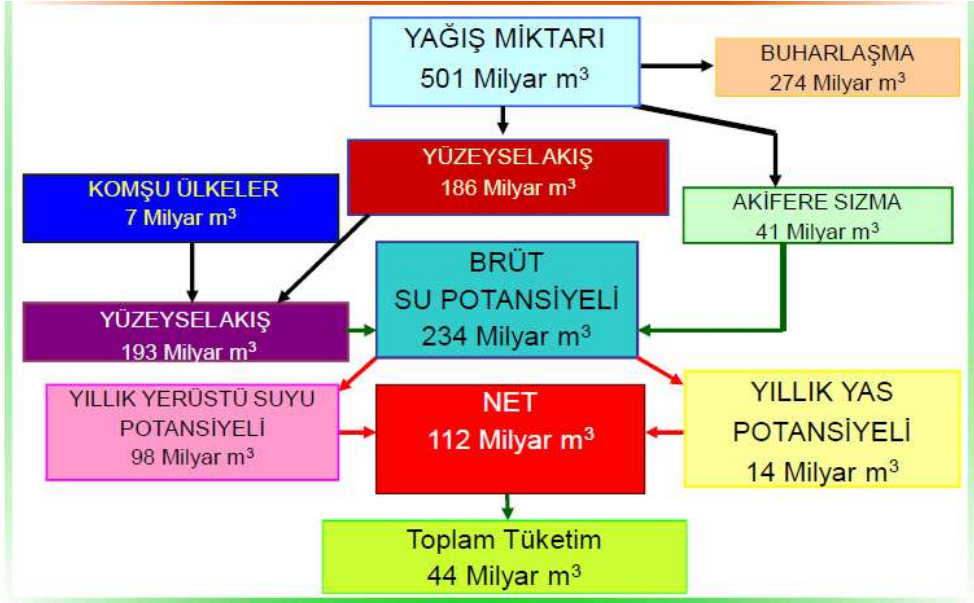
9.1.1 Türkiye'nin Su Potansiyeli

Türkiye, Şekil 9-1 ile de görüldüğü üzere 25 hidrolojik havzaya bölünmüş olup, bu havzalardan toplam ortalama yıllık akış 186 milyar m³'tür (Ormancılık ve Su Şurası Raporu, 2017). Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü verilerine göre bu değerin yaklaşık %30'u, ülkenin doğusunda yer alan en büyük alansal büyüklükteki Fırat-Dicle Havzasına aittir. Fırat-Dicle'yi alansal büyüklük olarak Kızılırmak ve Sakarya Havzaları, ortalama yıllık akış miktarı bakımından ise Doğu Karadeniz, Doğu Akdeniz ve Antalya Havzaları takip etmektedir.



Şekil 9-1. Türkiye'de Akarsu Havzaları (OSİB, 2016)

Ülkemizin su potansiyelinin 25 havza arasında dağılımı Şekil 9-2 ile şematik olarak gösterilmektedir (Ormancılık ve Su Şurası Raporu, 2017). Türkiye'de çeşitli maksatlara yönelik su kullanımlarında, teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir yerüstü (yüzeysel) ve yeraltı suyu miktarı (net su potansiyeli), DSİ tarafından (234 milyar m³/yıl'lık brüt su potansiyelinin ~%48'ine karşı gelmek üzere) toplam 112 milyar m³ olarak belirlenmiştir. Toplam 112 milyar m³'lük net su potansiyelimizin 98 milyar m³'ü (~%88'i) yüzeysel, 14 milyar m³'ü (~%12'si) yeraltı suyu potansiyelinden oluşmaktadır.



Şekil 9-2. Türkiye'nin Su Potansiyeli ve Dağılımı (OSİB, 2016)

Türkiye'nin 1951-2000 dönemi hidro-meteorolojik verileri ile ortalama yağış yüksekliği 643 mm/yıl olup yılda ortalama $501 \times 10^9 \text{ m}^3$ suya karşılık gelmektedir. Düşen yağışın yaklaşık %55'i ($274 \times 10^9 \text{ m}^3$) buharlaşma ve terleme yoluyla atmosfere geri dönmekte, $69 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'lük kısmı (~%14'ü) yüzey altı ve yeraltı sularını beslemekte, $158 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'lük (%31) kısmı ise akışa geçerek akarsular vasıtası ile denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır (Ormancılık ve Su Şurası Raporu, 2017). Yüzeysel ve yeraltı sularını besleyen $69 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'lük suyun $28 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'lük kısmı (~%41) pınarlar vasıtası ile tekrar yüzeysel sulara katılmaktadır. Böylece yıllık toplam akış veya yüzeysel su potansiyeli $(158+28) \times 10^9 \text{ m}^3 = 186 \times 10^9 \text{ m}^3$ olmaktadır. Ayrıca ülkemize komşu ülkelerden gelen yaklaşık $7 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yıl}$ su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin **brüt yüzeysel su potansiyeli** $193 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'e ulaşmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen $41 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'lük dinamik (yenilenebilir) rezerv de dikkate alınmakla ülkenin **toplam yenilenebilir su potansiyeli**, $234 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olmaktadır. Türkiye'deki 25 havzada ölçülen ve uzun yıllar ortalama akışları esas alınarak yürütülen çalışmada yıllık ortalama akış miktarı (brüt yüzeysel su potansiyeli) $\sim 186,05 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak bulunmuştur.

Şekil 9-2 ile görüldüğü üzere, Türkiye'nin teknik ve ekonomik kısıtlar çerçevesinde çeşitli maksatlar için kullanılabilir yüzeysel (net) su potansiyeli, komşu ülkelerden gelen akarsulardaki $7 \times 10^9 \text{ m}^3$ su ile birlikte yıllık ortalama olarak $98 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'tür. Teknik ve ekonomik olarak çekilebilir yeraltı suyu potansiyeli de $14 \times 10^9 \text{ m}^3$ (toplam YAS potansiyelinin ~%34'ü)'tür. Ülkemizde mevcut durumda, 112 milyar m^3 'lük kullanılabilir yüzeysel ve yeraltı suyu potansiyelinin ancak $44 \times 10^9 \text{ m}^3$ 'ü (~%40'ı) kullanılmaktadır.

Ayrıca, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Strateji Planı'nda, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından havzaların mevcut kirlilik durumları ve kirlenme potansiyelleri dikkate alınarak yapılan havza öncelik sırası aşağıda verilmektedir:

1 Akarçay Havzası	14 Batı Karadeniz Havzası
2 Meriç-Ergene Havzası	15 Batı Akdeniz Havzası
3 Gediz Havzası Havzası	16 Antalya Havzası
4 Küçük Menderes Havzası	17 Yeşilırmak Havzası
5 Marmara Havzası	18 Doğu Akdeniz Havzası
6 Kızılırmak Havzası	19 Ceyhan Havzası
7 Büyük Menderes Havzası	20 Seyhan Havzası
8 Konya Kapalı Havzası	21 Van Gölü Havzası
9 Susurluk Havzası	22 Fırat-Dicle Havzası
10 Sakarya Havzası	23 Doğu Karadeniz Havzası
11 Kuzey Ege Havzası	24 Çoruh Havzası
12 Asi Havzası	25 Aras Havzası
13 Burdur Havzası	

9.1.2 İklim Değişiminin Türkiye Su Kaynaklarına Etkisi

İklim değişiminin Türkiye üzerindeki muhtemel etkileri çeşitli yönleri ile farklı çalışmada değerlendirilmiştir. Konu ile ilgili analizler ve geleceğe yönelik tahmin çalışmalarının büyük çoğunluğunda en önemli iklim parametreleri olan sıcaklık yağış ve ekstrem olaylar üzerine odaklanılmıştır. İklim projeksiyonları, sıcaklık artışlarının içinde bulunduğumuz yüzyılın sonuna kadar (2010-2100 dönemi) çok daha yükseleceğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle Güneydoğu Avrupa ve Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan Türkiye'de iklim değişiminin su kaynaklarına etkisinin değerlendirilmesi açısından, geleceğe yönelik projeksiyonların gelişmiş modellerle farklı senaryolar için gerçekleştirilerek yüksek çözünürlüklü simülasyonlarla elde edilmesi büyük önem arz etmektedir.

İklim değişimi öncelikli olarak sıcaklıklardaki artış ve küresel ısınma olarak düşünülse de, iklim değişimi kaynaklı etkilerin en önemlileri yağış rejiminin değişmesi nedeniyle gerçekleşecek etkilidir. 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.

Türkiye 25 hidrolojik havzaya bölünmüş durumdadır. Dünyanın yarı-kurak iklim kuşağında bulunan Türkiye'nin yağış rejimi, mevsimlere ve bölgelere göre büyük farklılıklar göstermekte olup, bazı akarsu havzalarında su ihtiyaçlarının, kaynakların potansiyelini aşmış durumdadır.

9.1.2.1. Çeşitli Sera Gazı Salım Senaryoları için İklim Değişimi Modellemesi Sonuçları

Sıcaklık Projeksiyonları

Türkiye genelinde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerine dayalı RegCM4.3 bölgesel iklim model çözümlerinin dört mevsime ait 10'ar yıllık sonuçları görselleştirilmiş, örnek olarak RCP4.5 senaryosu HadGEM2-ES modeli Şekil 9-3 ile verilmiştir. Her üç model de projeksiyon dönemi boyunca (2015-2100)

RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre her üç modele ait ortalama sıcaklık anomali değerleri dört mevsim için de referans dönemine göre pozitif sonuçlar vermektedir.

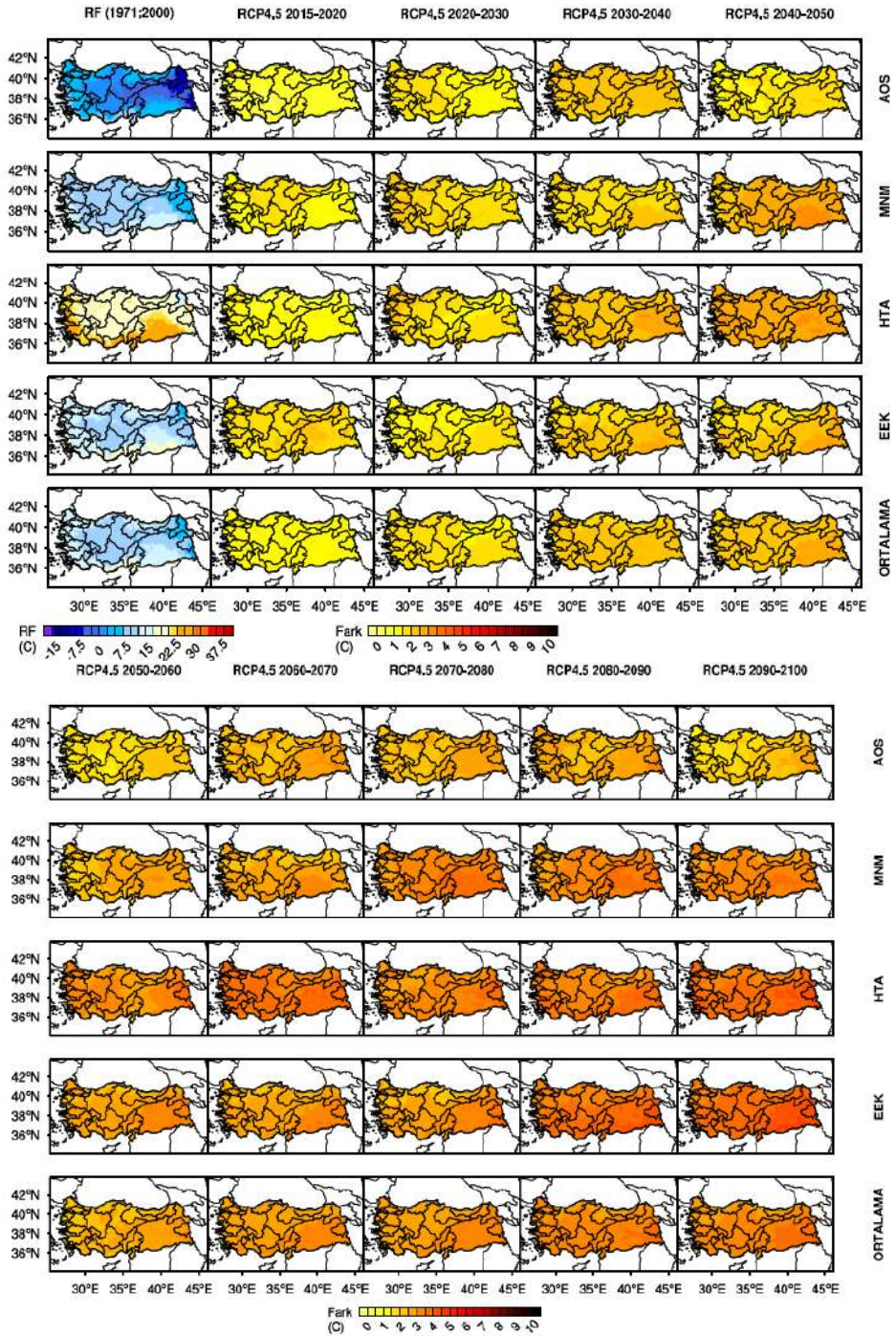
Üç küresel iklim modeline ve her iki emisyon senaryosuna dayalı simülasyonların tamamının 2015-2100 projeksiyon döneminde mevsimsel ve yıllık ölçeklerde Türkiye üzerinde önemli bir ısınmayı işaret ettiği görülmektedir. 2015-2100 periyodunun ilk yıllarında bazı bölgelerde çok daha küçük sıcaklık değişimleri ve hatta bazı yıllarda soğumalar görülmekle birlikte ilerleyen yıllarda sera gazlarındaki artışın yarattığı iklim zorlamaları bölgesel iklim değişkenliğinden daha baskın şekilde sıcaklıkların artışını hızlandırmaktadır. Her iki senaryo durumunda da kış mevsimi sıcaklıklarının 2050 yıllarından sonra 1970-2000 dönemine nazaran en az 1°C fazla seyredeceği her üç model tarafından da öngörülmektedir. Türkiye üzerinde özellikle 2091-2100 yılları arasında RCP4.5 senaryosunda sıcaklık artışları HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri ile kuple edilen RegCM4.3 için sırasıyla 3,4°C, 2°C ve 2,5°C olarak bulunmuştur. Daha yüksek emisyon senaryosu olan RCP8.5 de ise bu sıcaklık artış değerleri sırasıyla 5,9°C, 4,5°C ve 4,3°C'dir. Türkiye genelinde sıcaklık artışları RCP8.5 senaryosunda 2050'li yıllara kadar RCP4.5 senaryosunun biraz üzerinde seyretmesine karşın 2050'li yıllardan sonra RCP8.5 senaryosu daha yüksek sıcaklık artışlarını göstermektedir. Sıcaklık artışları yaz ve ilkbahar mevsimlerinde kış ve sonbahar mevsimlerinden daha yüksektir.

Her üç model için 25 havzada ortalama sıcaklıkların 30 yıllık değişimleri HadGEM2-ES modeline göre 2015-2100 periyodu sürecince her iki senaryo için de sıcaklık artışlarının, Türkiye'nin güneyinden kuzeyine gidildikçe artmakta olduğu dikkati çekmektedir. Örneğin en yüksek sıcaklık artışlarının Türkiye'nin Güney Doğusunda ve Akdeniz boyunca meydana geldiği görülmektedir. Özellikle yüksekliğin hakim olduğu topoğrafya içerisinde Fırat Dicle Havzası üzerinde yaz aylarındaki beklenen sıcaklık artışları diğer mevsimlere göre daha yüksek ve diğer bölgelere göre ise daha hızlıdır. Sıcaklık artışlarının 2100'lere doğru, özellikle Türkiye'nin doğu ve güneydoğusunda 4-6°C'ye ulaşacağı beklenmektedir. Artan sıcaklıklar nedeniyle kış aylarında yağış tipinin daha sık olarak kardan yağmura dönmesi karla kaplı alanların azalmasına ve ilkbahar aylarında ise karın daha erken erimesine sebep olmaktadır. Karla kaplı yüzeylerdeki azalma yüzeyin albedosunun azalmasını ve dolayısıyla yüzey tarafından soğurulan güneş radyasyon miktarının artmasını sağlayarak sıcaklıkları diğer bölgelerden daha hızlı yükseltmektedir.

Toplam Yağış Projeksiyonları

Türkiye genelinde yağışın bölgesel, mevsimsel ve yıllık değişimlerinin HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerine dayalı RegCM4.3 bölgesel iklim model çözümlerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları altında 2100 yılına kadar 10'ar yıllık sonuçları görselleştirilmiştir. Örnek olarak RCP4.5 senaryosu MPI-ESM-MR modeli ile Şekil 9-4 verilmiştir.

RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerine ait yağış projeksiyonları yer sistem modellerine bağlı olarak projeksiyon dönemi boyunca (2015-2100) bölgesel olarak yağışlarda artış ve azalışların meydana geleceğini göstermektedir. Genel olarak projeksiyon dönemi boyunca on yıllık mevsimsel yağış ortalamalarında RCP4.5 senaryosu için -50 mm ile 40 mm arasında RCP8.5 senaryosuna için ise -60 mm ile 20 mm arasında değişimler öngörülmektedir.

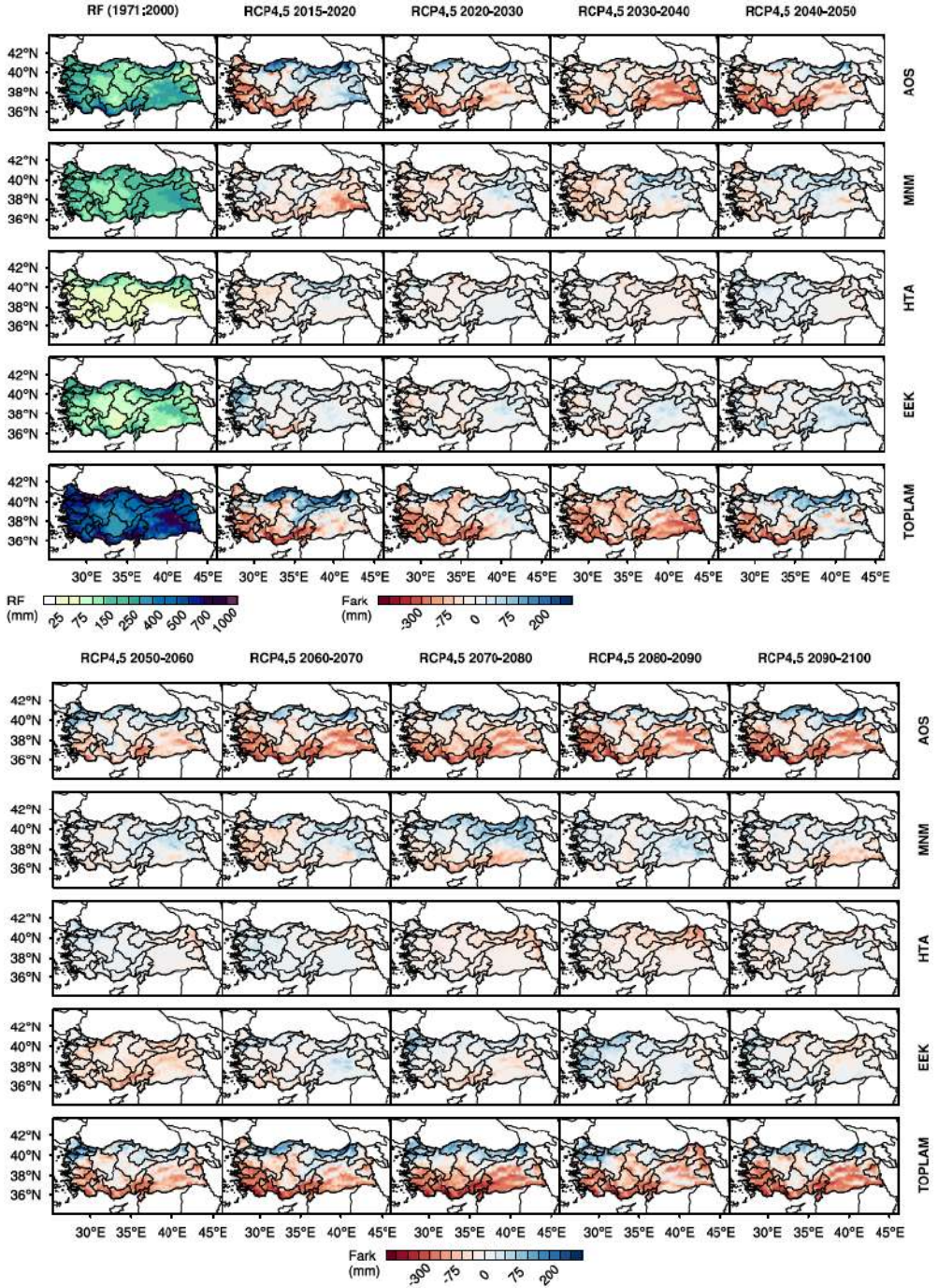


Şekil 9-3. Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin HadGEM2-ES Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi (OSİB, 2016)

Yağışta meydana gelen bu değişimler, göz önüne alınan dönemler ve RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına bağlı olarak birbirinden önemli farklılıklar da gösterebilmektedir. Örneğin MPI-ESM-MR modeli 2015-2100 arasında dönemsel olarak Türkiye genelinde 10'ar yıllık ortalamalar bazında 10,6 mm yağış artışlarının yanı sıra 7,7 mm ile 28 mm arasında değişen yağış düşüşlerinin meydana geleceğini işaret etmektedir. Bunun yanı sıra 2015-2040 döneminde modeller arasında uyum bulunmazken, 2041-2070 projeksiyon döneminde HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri her iki emisyon senaryosuna göre yağışta azalmalar öngörmektedir. RCP8.5 durumunda bu yağış azalmaları şiddetlenmektedir. Projeksiyon döneminin son otuz yılında ise Türkiye genelinde benzer yağış düşüşleri gerçekleşmektedir.

Model simülasyonları Türkiye'nin kuzeyinde yer alan havzalarda iklim rejiminin referans döneminden daha yağışlı olacağını öngörmektedir. Örneğin RCP8.5 senaryosu 2050'li yıllardan itibaren havzalardaki kuraklığın kuzeyden güneye doğru gidildikçe şiddetleneceğini ve havza bazındaki on yıllık ortalama yıllık yağış toplamalarının 150 mm'lere düşeceğini ortaya koymaktadır. En şiddetli kuraklık öngörülleri MPI-ESM-MR modeline en ılıman kuraklık öngörülleri ise CNRM-CM5.1 modeline aittir. Havzalar bazında yağış değişimleri yıllık toplam yağışın yüzdesi olarak incelendiğinde en fazla değişimlerin azalma yönünde Doğu Akdeniz, Batı Akdeniz ve Ceyhan havzalarında olduğu görülmektedir. RCP4.5 senaryosunda bu havzalardaki yıllık yağış toplamlarındaki azalmalar yüzyılın son on yılında HadGEM2-ES için %12; MPI-ESM-MR için %15 mertebesinde iken RCP8.5 senaryosunda HadGEM2-ES için %20; MPI-ESM-MR için %25'lere ulaşmaktadır. Fırat Dicle Havzası'nda ise her iki senaryodaki yıllık toplam yağışların %3 ile %8 arasında azalacağı beklenmektedir. Türkiye genelinde 2015-2100 yılları arasında tahmin edilen en düşük yağış değerleri Konya Kapalı Havzası'ndadır. Konya Kapalı Havzası'nda RCP4.5 senaryosunda HadGEM2-ES modeli 2015-2100 arasındaki üç dönem ortalamalarında yağışta 10 ile 30 mm arasında değişen düşüşler öngörmektedir. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarının her üç model üzerindeki etkisi Türkiye'nin batısında yer alan Meriç-Ergene, Marmara Kuzey Ege, Susurluk, Gediz, Küçük Menderes ve Büyük Menderes Havzaları'nda farklılık göstermektedir. RCP4.5 senaryosunda HadGEM2-ES ve CNRM-CM5.1 model simülasyonları Marmara, Kuzey Ege, Meriç-Ergene, Küçük Menderes Havzaları iklim rejiminin referans döneminden daha yağışlı olacağını; MPI-ESM-MR ise Doğu Karadeniz, Batı Karadeniz, Marmara, Yeşilırmak Havzaları'nın daha yağışlı olacağını öngörmektedir.

Kar projeksiyonları genel olarak değerlendirildiğinde ise, Türkiye genelinde kar yağış miktarlarının her iki senaryoda da 2015-2100 yılları arasında giderek azalacağı öngörülmektedir. Yüzyılın başlarında günümüz Türkiye iklim rejimine benzer olarak normalin biraz üzerinde veya altında kar yağışları tespit edilmesine karşın sera gazı salım senaryolarının bölgenin doğal iklim değişkenliğinde daha baskın olması nedeniyle hızla azalmıştır. Sıcaklıkların artması sonucu yağışların tipinin kar şeklinde olması hidrolojik açıdan önem arz etmektedir. Zira biriken kar bir su rezervuarı işlevi görmek ve özellikle bahar ve yaz aylarının başlarında artan sıcaklıkların bir sonucu olarak eriyerek nehir sistemlerine su girişi sağlamaktadır. Dolayısıyla yüksek alanlardaki kar örtüsü bölgesel hidrolojik döngüde önemli bir role sahiptir. Özellikle Doğu Anadolu bölgesinde ve Doğu Toroslar'da kar örtüsündeki azalmanın Fırat Dicle Havzası'nın hidrolojik döngüsünü değiştireceği beklenmelidir.



Şekil 9-4. Toplam Yağış Anomali Değerlerinin MPI-ESM-MR Modeli RCP4.5 Senaryosu için 10'ar Yıllık Dönemlerde ve Mevsimlik Değişimi (OSİB, 2016)

İklim İndisleri

Ekstrem hava olayları bakımından sıcaklık aşırımları için en önemli göstergelerden biri sıcak hava dalgasına (WSDI) ait indis değerleridir. WSDI indisi her takvim gününün maksimum sıcaklığının referans döneminin %90'ından daha fazla olduğu günleri göstermektedir. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryosuna ait 2015-2040 dönemi indis sonuçları Güneydoğu Anadolu Bölgesi dışında referans dönemi ile büyük ölçüde örtüşmektedir ve tüm yer sistem modelleri birbirine benzer olarak sıcak hava dalgalarının Türkiye'nin güney enlemlerinden kuzeye doğru her 30 yıllık periyotta artacağına işaret etmektedir.

Özellikle 2041 yılından sonra RCP4.5 senaryosuna dayalı en yüksek sıcak hava dalgası indis değerleri Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde öngörülmektedir. Son projeksiyon döneminde ise ülkenin tamamen güney bölgelerinde 80-120 gün arasında değişen bu indis değerlerinin hakim olacağı anlaşılmaktadır. RCP8.5 senaryosunda bu indis değerlerinde daha büyük artışlar öngörülmektedir. Maksimum ve minimum sıcaklıkların yüzyılın sonuna doğru artması beklenirken özellikle Akdeniz Bölgesinde, Güney ve Doğu Anadolu Bölgelerinde bu artışların daha yüksek olacağı tespit edilmiştir. Gündüz sıcaklıklarının yüksek seyretmesi sıcak hava dalgası sıklıklarında ve şiddetinde bu bölgelerde artışlar yaratacaktır. Buna ek olarak gece sıcaklıklarının da yüksek olması insan ve hayvanların gece rahatlamasını sınırlayacağı için sıcak hava dalgasının yaratacağı zararların artmasına neden olacaktır. Ayrıca gündüze ilave olarak gece de ortam soğutması için kullanılacak enerji talebini de artıracaktır. Beklenen yağış eksiklikleri ile beraber buharlaşma hızının artması su kaynaklarında ve tarımsal sektörde stresi yükseltecektir. Akdeniz kıyı şeridinde ise turizm sektöründe yeni bir yapılanma içine girilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu durumu yağışın 1 mm'den az olduğu ardışık günlerin sayısını veren CDD iklim indisinin Türkiye genelindeki davranışları da desteklemektedir. CDD indisi her üç modelde de artış gösterirken, yağışın 1 mm'den fazla olduğu ardışık ıslak gün sayısını veren CWD indis değerinde önemli bir değişim tespit edilmemiştir.

Marmara Bölgesinde, Ege (özellikle güney Ege) ve Karadeniz kıyı şeridinde, İç Anadolu Bölgesinde ve Fırat Dicle Havzası'nda yüzyılın sonuna doğru R20 çok şiddetli yağışlı gün sayısı iklim indisinde artışlar öngörülmektedir. Yağışın yüksek olduğu günlerin sayısı ile ilgili indisler olan gerek R20 (yağışın 20 mm'den yüksek olduğu günler) ve gerekse de R25 (yağışın 25 mm'den yüksek olduğu günler) indis değerleri Türkiye'de projeksiyon dönemi boyunca önemli bir değişim göstermemekle birlikte Marmara, Batı Karadeniz, Güney Ege ve Van Gölü civarında 20 mm'den fazla yağışlı gün sayılarında küçük artışlar olacağı tüm modeller ve senaryolarca beklenmektedir. 2015-2100 yılları arasında pozitif yağış anomalilerinin görüldüğü Karadeniz ve Marmara Bölgesi'nde aşırı yağış olasılıklarının artması bu bölgelerde özellikle şehir ortamlarında sellerin oluşum sıklığını ve buna bağlı ekonomik kayıpları artırabilir. Yıllık toplam yağışların 100-400 mm arasında artması dolayısıyla bu bölgelerdeki yağış rejiminin değişeceği veya hali hazırda değişmekte olduğu açıktır.

9.1.2.2. İklim Değişimi Modellemesi ile Entegre Hidrolojik Modelleme Sonuçları

Su Potansiyeli Projeksiyonları

DSİ verilerine göre Türkiye’de çeşitli maksatlara yönelik su kullanımlarında, teknik ve ekonomik anlamda kullanılabilir yüzeysel ve yeraltı suyu miktarının (potansiyel) toplam 112 milyar m³ olduğu belirlenmiştir. Kullanılabilir yüzeysel su potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 milyar m³, komşu ülkelerden yurdumuza gelen akarsulardan 3 milyar m³ olmak üzere, yılda ortalama toplam 98 milyar m³’tür. 14 milyar m³ olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin kullanılabilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ olup, 44 milyar m³’ü kullanılmaktadır.

Proje kapsamında Türkiye’nin su potansiyeli, birçok kaynaktan verilen 112 milyar m³’e de yakın bir değer olarak, yaklaşık 108,5 milyar m³ olarak hesaplanmıştır. Kullanılabilir su potansiyelinin hesaplanmasının ardından, her havzadaki suyu tüketecek olan temel sektörler ortaya konmuştur. Söz konusu su potansiyeli, 4 ana sektör arasında (içme ve kullanma suyu, sanayi suyu, sulama suyu ve ekosistem hizmetleri ihtiyacı) dağılmaktadır. Buna göre, havzalar özelindeki nüfus, endüstri ve tarım faaliyetlerinin yanı sıra ekosistem hizmetleri ihtiyaçlarının da 2100 yılına kadarki değişimleri öngörülmüştür. Havzalardaki muhtemel su fazlası veya açığı hesaplanırken, havza bazlı nüfus artış eğilimleri ve havza özelinde bilinen önemli yatırım planları dikkate alınmıştır. Benzer şekilde, havza bazında endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerin değişimlerinin seyri ile birlikte ekosistem hizmetlerinin gereklilikleri de dikkate alınmıştır.

Türkiye geneli brüt ve net su potansiyeli tahminleri incelendiğinde 30’ar yıllık ortalamalarda en düşük değerler her iki senaryo (RCP4.5 ve RCP8.5) için HadGEM2–ES modeli ile üretilmiştir.

Her üç iklim modeli ve iki senaryo sonuçlarına göre Türkiye’de toplam akışın referans döneme göre azalacağı öngörülmektedir. Hem RCP4.5 hem de RCP8.5 senaryosu sonuçları için en düşük toplam akış tahminleri HadGEM2–ES modeli ile üretilmiştir. MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modeliyle tüm dönemler boyunca birbirine yakın sonuçlar üretilmiştir. RCP4.5 senaryosu ile yapılan toplam akış tahminlerinin RCP8.5 senaryosu sonuçlarına göre biraz daha fazla olduğu göze çarpmakla birlikte, model tahminlerinin tamamı referans dönemi değerinden (~186.000 milyon m³/yıl) düşük kalmaktadır. 30’ar yıllık ortalama tahminler referans döneme göre daha düşük olmasına rağmen her üç model için de aynı modelin aynı senaryosu için 30 yıllık dönem değerinin çok fazla değişmediği görülmektedir.

HadGEM2-ES iklim modeli çıktılarıyla yönetilen simülasyonlarda, en az 3 on yıllık dönemde su açığı ~6.000 milyon m³/yıl düzeyinde olabileceği tahmin edilmektedir. HadGEM2-ES modeli ile RCP8.5 senaryosu için yürütülen hidrolojik modelleme simülasyonlarında da, asgari 6 on yıllık dönemde ~7.000 milyon m³/yıl (maks: ~15.000 milyon m³/yıl) düzeyinde su açığı beklentisi bulunmaktadır. MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin her iki senaryo için ürettiği sonuçlar benzerlik göstermekte ve 2015-2100 döneminde ülkemizin toplam su ihtiyacının karşılanabileceği ve su açığı olmayacağı öngörülmektedir.

Türkiye geneli için model sonuçlarının değerlendirilmesi kapsamında, özet çalışma mahiyetinde bir istatistiki analiz yapılmıştır. İklim modelleri çıktılarıyla WEAP destekli SWAT hidrolojik modeliyle gerçekleştirilen simülasyonlarda, 3 alt projeksiyon dönemi için tahmin edilen medyan brüt su potansiyellerinin referans dönemi medyan değerine göre durumu karşılaştırılmıştır. Buna göre, HadGEM2-ES iklim modeli çıktılarına dayalı hidrolojik

modelleme ile 2015-2100 dönemindeki 3 alt dönem için medyan brüt su potansiyellerinin, referans dönemi medyan değerine göre %40-45 azalacağı tahmin edilmektedir. Aynı şartlarda MPI-MSM-MR iklim modeli çıktılarıyla gerçekleştirilen hidrolojik model projeksiyonlarından elde edilen medyan brüt su potansiyeli azalma oranının %15-20 aralığında kalacağı tahmin edilmektedir.

İklim Değişimi ve Hidrolojik Modelleme Çalışması

Türkiye’de iklim değişimi ve su kaynaklarına etkileri konusundaki en kapsamlı çalışma “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkileri Projesi”dir (OSİB, 2016). Projede öncelikle projeksiyon çalışmalarının ilk aşaması olan iklim projeksiyonları, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)’nin 5. Değerlendirme Raporu’nun tabanını oluşturan CMIP5 arşivinden seçilmiş üç küresel modelin (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-5.1) çıktıları ve RCP4.5 ve RCP8.5 emisyon salım (zorlama) senaryoları ile, tüm Türkiye’yi kapsayacak şekilde RegCM4.3 bölgesel iklim modeli çalıştırılmıştır. Model simülasyonları aracılığı ile toplam 8 parametre ve ekstrem durumları temsil eden 17 iklim indisine ait projeksiyonlar tüm havzalar (25 havza) ölçeğinde oluşturulmuş, incelenen parametrelerin 1971-2000 yılı simülasyonları olarak kabul edilen referans dönemine göre 2100 yılına kadar farkları, 10’ar ve 30’ar yıllık dönemler için mevsimlik ve yıllık ortalamalar halinde hesaplanmıştır. İlk kez bu projede Türkiye için 10x10 km çözünürlükte 3 küresel iklim modeli 2015-2100 dönemi simülasyon sonuçları elde edilmiştir (OSİB, 2016).

İklim değişikliği projeksiyonları kapsamında öncelikle referans periyodu için başlangıç ve sınır koşulları (ERA-40 reanaliz verileri) kullanılarak önce 50x50km sonra 10x10km çözünürlükte iklim simülasyonları elde edilmiştir. Daha sonra CMIP5 veri tabanından seçilen HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-5.1 küresel iklim modellerinin 10x10km çözünürlüğe sahip referans dönemi iklim simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Küresel modelin referans dönemi simülasyonları gözlem verisi kullanılarak yapılan simülasyonlarla karşılaştırılarak, küresel modelin iklim simülasyonlarındaki yanlışlığı araştırılmıştır. Her üç küresel iklim modelinin 2100 yılında 4,5 W/m² ve 8,5 W/m² iklim zorlamalarına karşı gelen RCP4.5 ve RCP8.5 temsili konsantrasyon rotalarına dayanan simülasyonlar ile RegCM4.3 bölgesel iklim modeli ile 2015-2100 yılları arasında 10x10km çözünürlükteki iklim simülasyonları elde edilmiştir.

Projeksiyon çalışmalarının ikinci aşaması olan hidrolojik projeksiyonlar kapsamında ise, Türkiye’de ilk kez tüm havzaların su potansiyellerinin WEAP destekli SWAT yazılımı ile hesaplanması sağlanmıştır. İklim modellerinin çıktılarıyla hidrolojik modeller çalıştırılarak, yağış değerleri akış değerlerine çevrilmiş, tüm havzalarda yüzey ve yer altı su kaynaklarının mevcut durumu ve projekte edilen dönemler için tahmin edilen durumu dikkate alınarak su potansiyeli modelleme/hesaplama çalışması gerçekleştirilmiştir.

Hidrojeolojik çalışmalar kapsamında havza bazında akifer ortamları jeolojik ve hidrojeolojik olarak tanımlanmış, yeraltı su seviyesi gözlemleri, mevcut ve planlanan kuyu bilgileri gibi özellikler havza ölçeğinde değerlendirilerek mevcut yeraltı suyu potansiyeli hesaplanmıştır. Mevcut yeraltı su potansiyeli verisi ile iklim değişimi projeksiyonları sonucunda değişen yağış buharlaşma ve sıcaklık verisi eklenerek projeksiyon dönemi için havzalar ölçeğinde yeraltı su potansiyeli miktarları hesaplanmıştır. Türkiye’nin statik yeraltı suyu rezervi ilk defa bu proje kapsamında hesaplanmıştır. Dinamik ve statik rezervin birlikte değerlendirilmesi ile yeraltı su seviyesindeki olası değişimler öngörülebilmektedir.

İklim Değişiminin Türkiye Brüt Su Potansiyeline Etkilerinin Tahmini

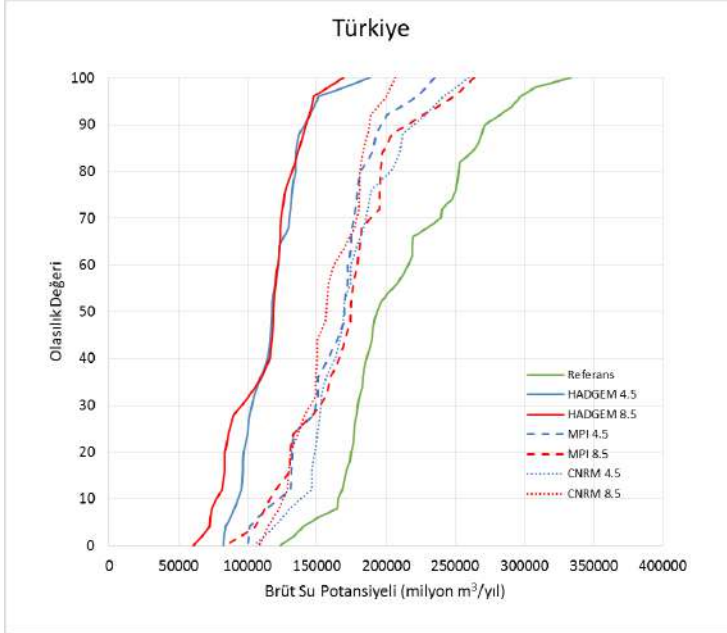
İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkileri Projesi (OSİB, 2016) kapsamında Türkiye geneli için iklim ve hidrolojik modelleme senaryo sonuçları dikkate alınarak bir istatistiki analiz yapılmıştır. Konuyla ilgili literatürde de yer aldığı üzere, ülke ölçeğinde brüt su potansiyeli projeksiyonları, hidrolojik modelleme neticesinde ortaya çıkan brüt su potansiyelleri eklenik olasılık dağılım fonksiyonları (*S-eğrisi grafikleri*) ile gösterilebilmektedir. Tahminlerdeki değişkenlikler sönümlenmeksizin bilimsel açıdan daha anlamlı değerlendirmelerin yapılabilmesi bakımından, eklenik dağılım fonksiyonu (S-eğrisi) grafikleri, tüm projeksiyon dönemi (2015-2100) için 30'ar yıllık alt dönemler halinde Weibull eşitliği ile oluşturulmuştur.

Bilindiği üzere x rastgele değişkeninin x_0 gibi belli bir değerden küçük olma olasılığı, $P(x \leq x_0)$ olarak tarif edilen eklenik olasılık fonksiyonu, $F(x)$; eldeki N elemanlı veri seti küçükten büyüğe doğru sıralanıp en küçük veri sıra no'su $m=1$, en büyük veri sıra no'su ise $m=N$ olmak üzere $F(x_m) = m/(N+1)$ Weibull eşitliği ile hesaplanmaktadır. Bu şekilde hesaplanan $P(x \leq x_m) = F(x_m)$ eklenik (toplam) olasılık değerleri düşey, x_m değerleri ise yatay ekseninde olmak üzere Brüt Su Potansiyellerinin eklenik olasılık grafikleri (S eğrileri) çizilmiştir. Buna göre, Türkiye geneli için 3 modelleme iklim projeksiyonu senaryosuna göre elde edilen brüt su potansiyeli değerlerinin eklenik olasılık dağılım fonksiyonları 2015-2040, 2041-2070 ve 2071-2100 dönemleri için sırasıyla Şekil 9-5, Şekil 9-6 ve Şekil 9-7'de gösterilmektedir. Söz konusu grafiklerdeki brüt su potansiyeli değerlerinin, %50 (*medyan*) ve %90 ihtimalle görülmeye olasıları Çizelge 9-1'de ayrıca toplu olarak özetlenmiştir.

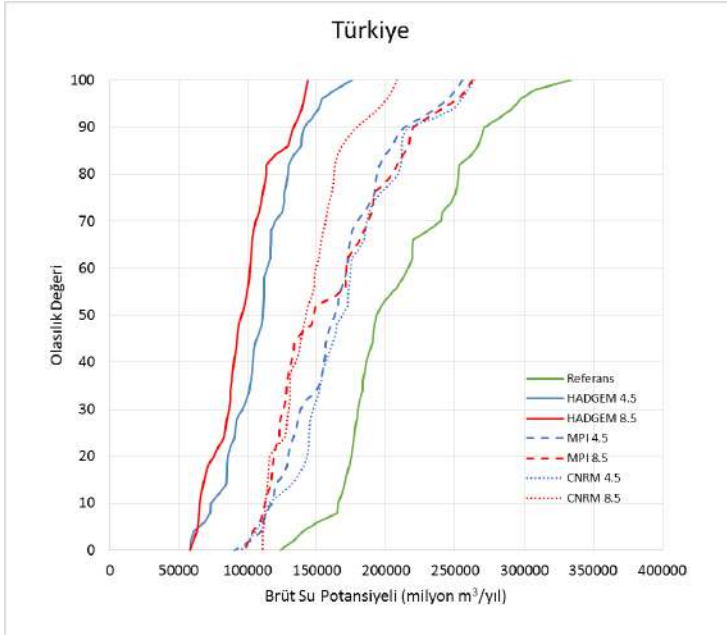
İklim modelleri çıktılarıyla WEAP destekli SWAT hidrolojik modeliyle gerçekleştirilen simülasyonlarda, 3 alt projeksiyon dönemi için tahmin edilen *medyan* brüt su potansiyellerinin referans dönemi medyan değerine göre rölatif sapma durumları da Çizelge 9-2'de verilmektedir. Çizelge 9-1'de görüldüğü üzere, her 2 senaryo (RCP4.5 ve RCP8.5) ve 3 alt projeksiyon döneminde, en düşük brüt su potansiyeli tahminleri HadGEM2-ES iklim modeli çıktılarıyla elde edilmiştir. Diğer 2 iklim modelinin (MPI-MSM-MR ve CNRM-CM5.1) çıktılarına dayalı olarak yapılan hidrolojik modelleme sonucu elde edilen brüt su potansiyelleri birbirine oldukça yakın olmasına karşın, her 3 dönem için yine referans dönemi değerlerinin altında kalmıştır.

Yine çizelgeden görüldüğü üzere, HadGEM2-ES RCP4.5 senaryosu için hidrolojik modellemeyle 2041-2070 dönemi için tahmin edilen medyan su potansiyelinin, %50 olasılıkla 111.000 milyon m^3 'e eşit veya küçük olması beklenmektedir. Sadece medyan değerleri referans dönemi ile mukayesesini veren Çizelge 9-2 ile görüldüğü üzere, HadGEM2-ES iklim modeli çıktılarına dayalı hidrolojik modelleme ile 2015-2100 dönemindeki 3 alt dönem için medyan brüt su potansiyellerinin, referans dönemi medyan değerine göre %40-45 (kötümser durum) azalacağı tahmin edilmektedir. Aynı şartlarda MPI-MSM-MR iklim modeli çıktılarıyla gerçekleştirilen hidrolojik model projeksiyonlarından elde edilen medyan brüt su potansiyeli azalma oranının %15-20 aralığında kalacağı (iyimser durum) tahmin edilmektedir.

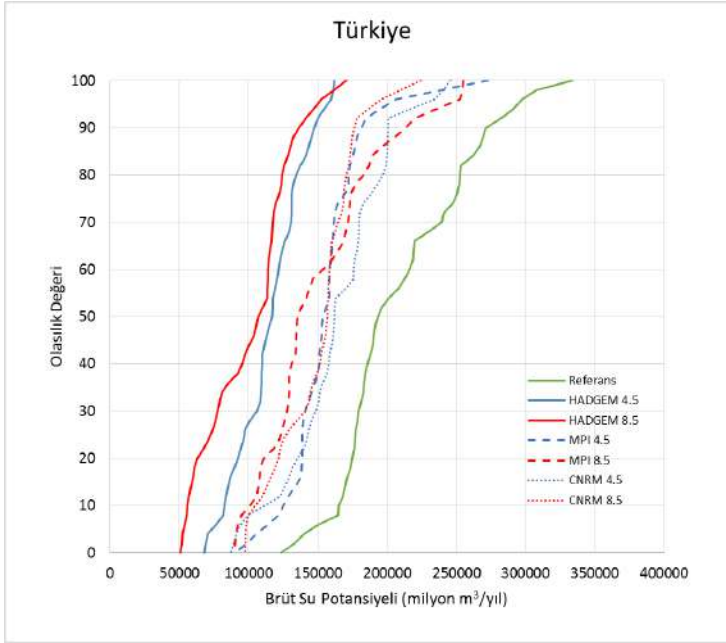
Her üç model için RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında, 25 havzada brüt su potansiyelinin 30 yıllık dönemlerdeki değişimleri Şekil 9-8'de gösterilmiştir.



Şekil 9-5 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları Senaryolarına göre 2015-2040 Dönemi Brüt Su Potansiyelinin Eklilik Olasılık Dağılım Fonksiyonlarını Gösteren S Eğrileri (OSİB, 2016)



Şekil 9-6 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları Senaryolarına göre 2040-2070 Dönemi Brüt Su Potansiyelinin Eklilik Olasılık Dağılım Fonksiyonlarını Gösteren S Eğrileri (OSİB, 2016)



Şekil 9-7 Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları Senaryolarına göre 2070-2100 Dönemi Brüt Su Potansiyelinin Eklemlik Olasılık Dağılım Fonksiyonlarını Gösteren S Eğrileri (OSİB, 2016)

Çizelge 9-1. Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonlarına göre Hidrolojik Modellemeyle Üretilen Brüt Su Potansiyellerinin Görülme Olasılıkları (OSİB, 2016)

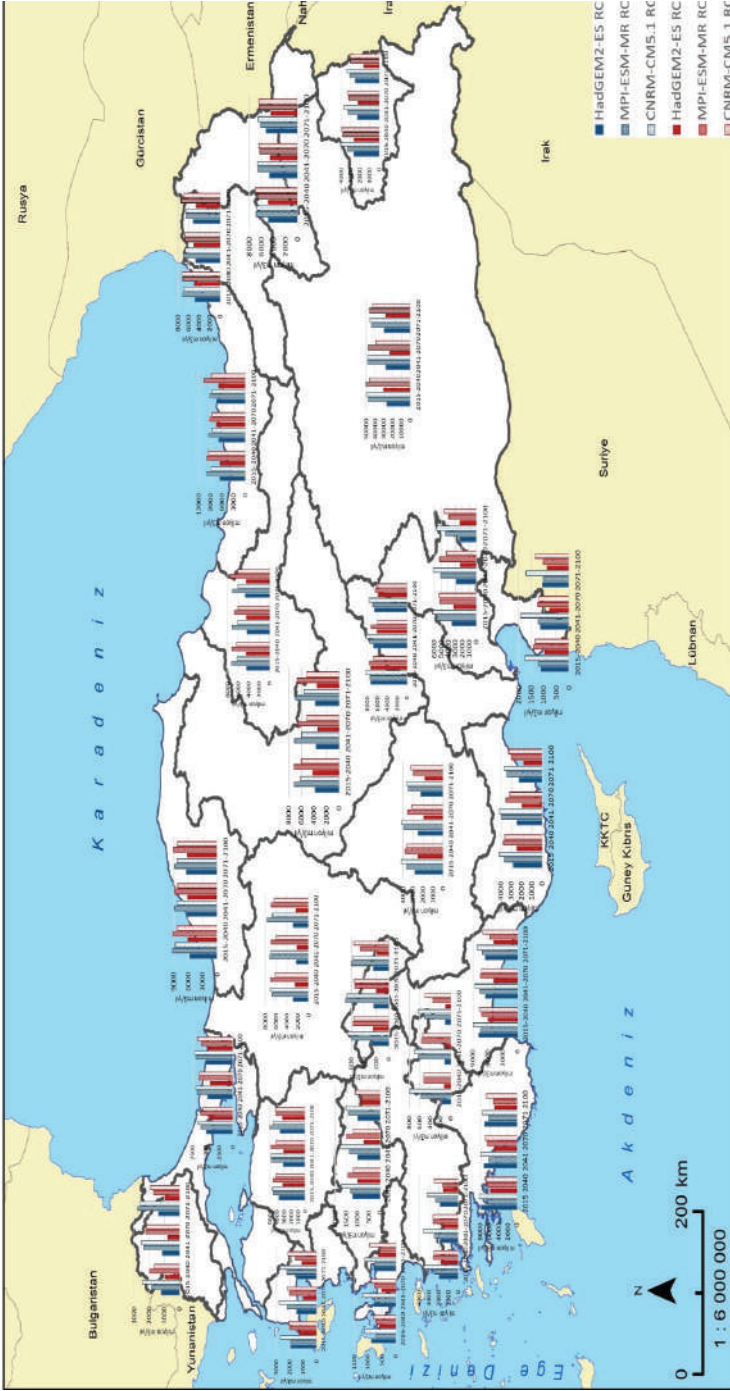
Projeksiyon Dönemi	Görülme Olasılığı (%)	Brüt Su Potansiyeli (milyon m ³ /yıl)						
		Referans Dönemi	HADGEM RCP4.5	HADGEM RCP8.5	MPI RCP4.5	MPI RCP8.5	CNRM RCP4.5	CNRM RCP8.5
2015-2040	50	193.499	117.508	118.864	169.903	174.607	169.353	156.950
	90	271.307	141.081	142.539	196.715	215.517	220.161	187.847
2041-2070	50	193.499	111.015	95.687	162.900	147.515	168.470	142.114
	90	271.307	140.465	132.900	212.991	219.495	215.963	178.743
2071-2100	50	193.499	117.363	107.045	153.613	135.158	161.939	156.869
	90	271.307	147.596	136.372	181.192	213.077	200.876	176.317

Çizelge 9-2. Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonlarına göre Hidrolojik Modellemeyle Üretilen Brüt Su Potansiyelleri Medyan Değerlerinin* ve Referans Dönemi Medyan Değerlerinden Sapmaları (OSİB, 2016)

Projeksiyon Dönemi	Brüt Su Potansiyeli (milyon m ³ /yıl)						
	Referans Dönemi	HADGEM2-ES RCP4.5	HADGEM2-ES RCP8.5	MPI RCP4.5	MPI RCP8.5	CNRM RCP4.5	CNRM RCP8.5
2015-2040	193.499	117.508 (-39%)**	118.864 (-39%)	169.903 (-12%)	174.607 (-10%)	169.353 (-12%)	156.950 (-19%)
2041-2070	193.499	111.015 (-43%)	95.687 (-51%)	162.900 (-16%)	147.515 (-24%)	168.470 (-13%)	142.114 (-27%)
2071-2100	193.499	117.363 (-39%)	107.045 (-45%)	153.613 (-21%)	135.158 (-30%)	161.939 (-16%)	156.869 (-19%)

* %50 görülme olasılığı

**Parantez içindeki değerler referans dönemi değerinden rölatif sapma oranlarını göstermektedir.



Şekil 9- için İklim Projeksiyonları Senaryolarına göre 30'ar Yıllık Brüt Su Potansiyeli Haritası

Türkiye'nin Net Su Açığı/Fazlası Durumu

Türkiye'de akarsu havzalarının 2015-2100 dönemi için net su açığı/fazlası durumu tematik harita formatında üç model ve iki senaryo için ayrı ayrı hazırlanmış olup, örnek olarak MPI-ESM-MR modeli RCP4.5 senaryosu ile aşağıda sunulmaktadır (Şekil 9-9 - Şekil 9-11). Su fazlası/açığını gösteren tematik haritalar, gelecekte komşu havzalar arasında olası su transferini belirleme amacıyla da kullanılabilir. Bütün dönemlerde en kayda değer su açığının gözlemlendiği havzalar ise genel itibarıyla Fırat Dicle, Doğu Akdeniz ve Konya Kapalı Havzalarıdır.

HadGEM2-ES modeli RCP4.5 senaryosuna göre, tüm dönemlerde su fazlası olan havzalar Doğu Karadeniz ve Çoruh Havzaları olarak gözükmemektedir. Benzer şekilde tüm projeksiyon dönemlerinde Marmara, Susurluk, Kuzey Ege, Batı Karadeniz, Yeşilırmak, Antalya, Aras ve Van Gölü Havzalarında da öngörülen net su miktarının tahmini su kullanımları için yeterli olduğu gözlemlenmiştir. Fırat-Dicle havzasının projeksiyon dönemi başlangıcından itibaren, Doğu Akdeniz ve Konya Kapalı Havzalarında ise, özellikle 2041-2100 döneminde (tedbir alınmadığı takdirde) hissedilir derecede su açığı yaşanması muhtemeldir. Geriye kalan diğer havzalarda, tüm dönemlerde düşük mertebede su açıkları gözlemlenebilir. Ülke genelinde su mevcudiyeti açısından en kritik 30 yıllık projeksiyon dönemi, 2041-2070 arası (orta dönem) olarak göze çarpmaktadır. HadGEM2-ES iklim modelinin RCP8.5 senaryoları, RCP4.5 senaryoları ile büyük ölçüde paralel sonuçlar vermekte olup, daha kritik iklim şartlarını gösterdiğinden, havzalar genelinde göreceli olarak bir miktar daha fazla su açığına işaret etmektedir.

MPI-ESM-MR modeli genel olarak HadGEM2-ES modeline göre havzalarda nispi olarak daha fazla su olacağına işaret etmektedir. Buna göre, yukarıda da tariflenen kayda değer ölçekte su fazlası olması beklenen, Doğu Karadeniz ve Çoruh Havzalarına ilaveten, Batı Karadeniz ve Yeşilırmak Havzalarında da büyük oranda su fazlası olacağı tahmin edilmektedir. Öte yandan, yine su açığı olması muhtemel Fırat-Dicle, Konya Kapalı ve Doğu Akdeniz Havzaları modelin bu senaryosunda öne çıkmaktadır. Tüm projeksiyon dönemleri boyunca yine Marmara, Kuzey Ege, Susurluk, Sakarya, Kızılırmak, Aras ve Van Gölü Havzaları, tüm kullanımlar ve tahsisler için yeterli suyun olması beklenen havzalardır. MPI-ESM-MR modeli RCP8.5 senaryosu RCP4.5 senaryosu ile büyük ölçüde paralellik arz etmekle birlikte, 2071-2100 dönemi için Doğu Akdeniz Havzası için tahmin ettiği büyük ölçekli su açığı dışında genel itibarıyla çok kritik sonuçlar üretmemiştir. Ayrıca söz konusu senaryo yine sadece 2071-2100 döneminde Büyük Menderes ve Seyhan Havzaları için kayda değer ölçüde artan su açıklarına işaret etmektedir. Diğer iklim modeli olan CNRM-CM5.1 tahminleri, MPI-ESM-MR modeli çıktılarına oldukça yakın sonuçlar üretmiştir.

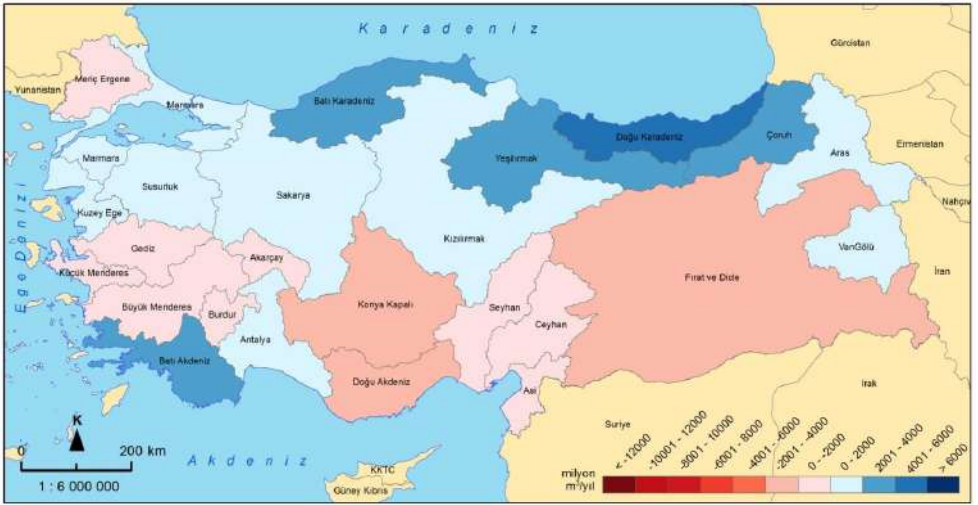
Türkiye'nin Fırat-Dicle Havzasından mansap ülkelerine su bırakmayı taahhüt ettiği miktarlar tematik haritalarda dikkate alınmıştır. Her üç model çıktıları, Fırat-Dicle Havzasında 2015-2100 döneminde 2-12 milyar m³/yıl'a ulaşan mertebelerde su açığının beklendiğini göstermektedir. Bu veriler, Türkiye'nin daha önce havzadan mansap ülkelere bırakmayı deklare ettiği su miktarları ile ilgili yeni bir değerlendirme yapması gerektiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 9-9. Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığını Gösterir Tematik Harita (2015-2040) (OSİB, 2016)

Fırat Nehri Alt Havzası için mansap ülkelerine su bırakma taahhüdü olan 500 m³/s dikkate alınmıştır.

Dicle Nehri Alt Havzası için mansaba bırakılan 2011-2015 yılları arası ortalama debi değeri 342 m³/s dikkate alınmıştır (DSİ verisi).



Şekil 9-10. Türkiye Geneli için İklim Projeksiyonları MPI-ESM-MR RCP4.5 Senaryolarına göre Havza Bazlı Su Fazlası/Açığını Gösterir Tematik Harita (2041-2070) (OSİB, 2016)

Fırat Nehri Alt Havzası için mansap ülkelerine su bırakma taahhüdü olan 500 m³/s dikkate alınmıştır.

Dicle Nehri Alt Havzası için mansaba bırakılan 2011-2015 yılları arası ortalama debi değeri 342 m³/s dikkate alınmıştır (DSİ verisi).



görülmektedir; diğer iki model de her iki senaryo için birbirine benzer sonuçlar üretmektedir. Bu havzaya içme kullanma suyu ihtiyacı kadar bir su transferi söz konusu olmasına rağmen, özellikle 2051 yılından itibaren her iki senaryo sonuçlarına göre su açığı artmakta ve 2100 yılına kadar aynı miktardaki açık, su ihtiyacına paralel olarak kararlı bir durumda devam etmektedir. İklim modelleri sonuçlarına göre en yüksek su açığı HadGEM2-ES modeli tarafından üretilmekte olup, RCP4.5 senaryosuna göre 2061-2070 döneminde, RCP8.5 senaryosuna göre 2061-2070 döneminde görülmesi beklenmektedir. Konya Kapalı Havzası'nda, su ihtiyacının %85'ine varan oranlarda su açığı görülebileceği tahmin edilmektedir.

Doğu Akdeniz Havzası Örneği

İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (OSİB, 2016) kapsamında, Doğu Akdeniz Havzası için 2015-2100 dönemi için yapılmış olan iklim değişimi projeksiyonlarına göre, ortalama sıcaklıklarda sürekli bir artış olması beklenmektedir. 1971-2000 yılları gözlem verilerine göre ortalaması 16°C olan havza geneli ortalama sıcaklığında, 2071-2100 döneminde en az 2°C, en fazla 5,1°C civarında artış yaşanması beklenmektedir.

1971-2000 yılları gözlem verilerine göre havzanın referans dönemi ortalama yıllık yağış miktarı 629,1 mm olarak belirlenmiştir. Yapılmış olan projeksiyon sonuçlarına göre, toplam yağışların referans döneme (1971-2000) göre azalma eğiliminde olduğu görülmekte olup havzanın 2071-2100 döneminde referans döneme göre %26 oranında daha az yağış alacağı öngörülmektedir.

Hidrolojik model çalışmaları için DSİ verisi kullanılmış olup referans dönemine ait havzanın ortalama brüt su potansiyeli 11.167 milyon m³/yıl olarak belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ile 2071-2100 döneminde havzanın brüt su potansiyelinde %60'lara varan azalma meydana gelebileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, aynı dönemde yıllık kullanılabilir su miktarının toplam su ihtiyacı karşılamayacağı beklenmektedir.

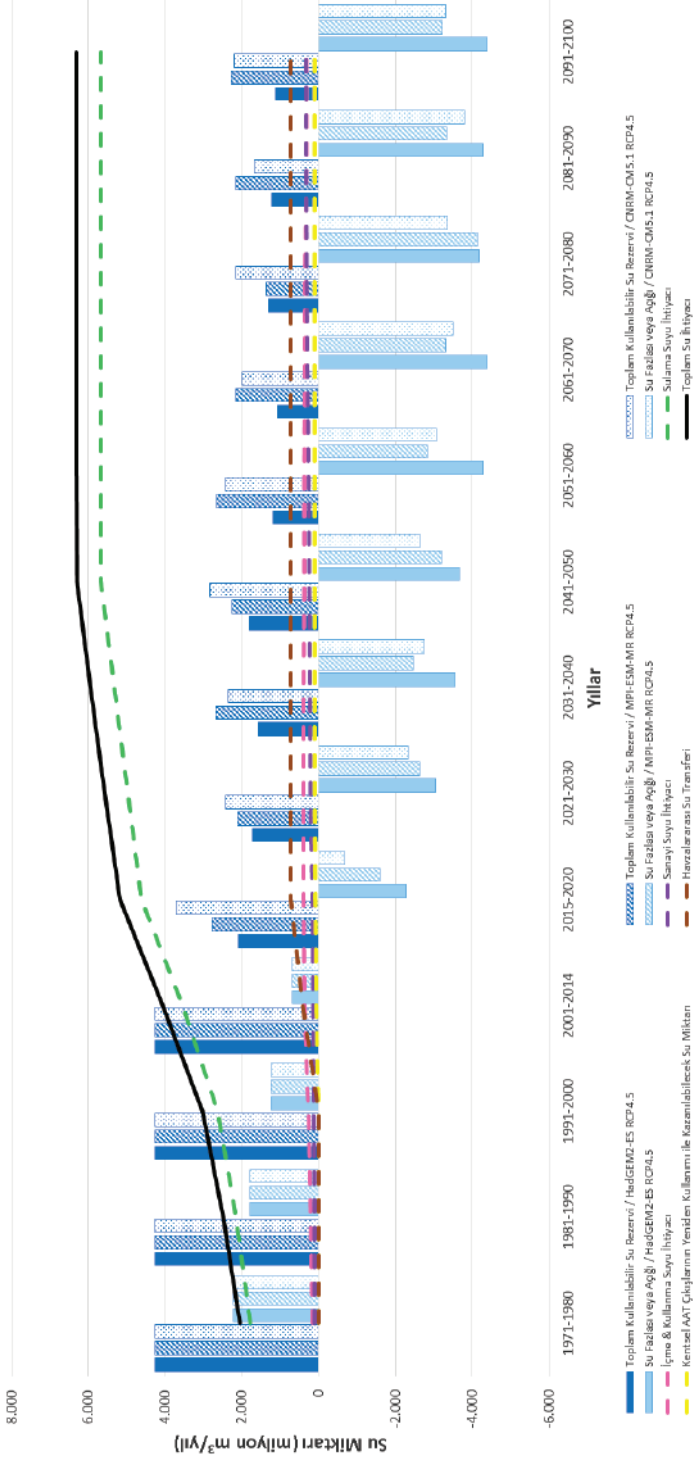
Hidrojeolojik çalışmalar neticesinde havzanın yeraltı suyu hidrojeolojik rezervi 10 km³ olarak belirlenmiştir. Bu rezervin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir miktarı, mümkün rezervi 6 km³ olarak hesaplanmıştır. İklim değişikliği etkileri altında yüzyılın sonunda havzanın hidrojeolojik rezervinde %10, mümkün rezervinde ise %13 oranında azalma beklenmektedir.

Doğu Akdeniz Havzası'nda toplam su ihtiyacının büyük kısmının sulama suyu olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının düşük seyrettiği 2015'ten itibaren projeksiyon dönemi sonrasına kadar su ihtiyacının havzada hiçbir şekilde sağlanamadığı ve su açığının tüm dönemler boyunca tüm model senaryo sonuçlarına göre hissedilir bir şekilde devam ettiği görülmektedir (Şekil 9-14 ve Şekil 9-15). En yüksek su açığı HadGEM2-ES modelinin her iki senaryo sonuçlarında görülmektedir, diğer iki model de genel itibarıyla bazı istisnalar hariç olmak üzere her iki senaryo için birbirine benzer sonuçlar üretmektedir. Özellikle su açığının 2050'li dönemlerden itibaren her iki senaryo için tüm modeller dikkate alınarak daha da önemli hale gelebileceği söylenebilir. Bu havza havalarası su transferi yaparak havza dışına su veren konumda olduğundan su açığı/su fazlası hesaplamalarında bu durum göz önüne alınmıştır.

İstanbul Havzaları Örneği

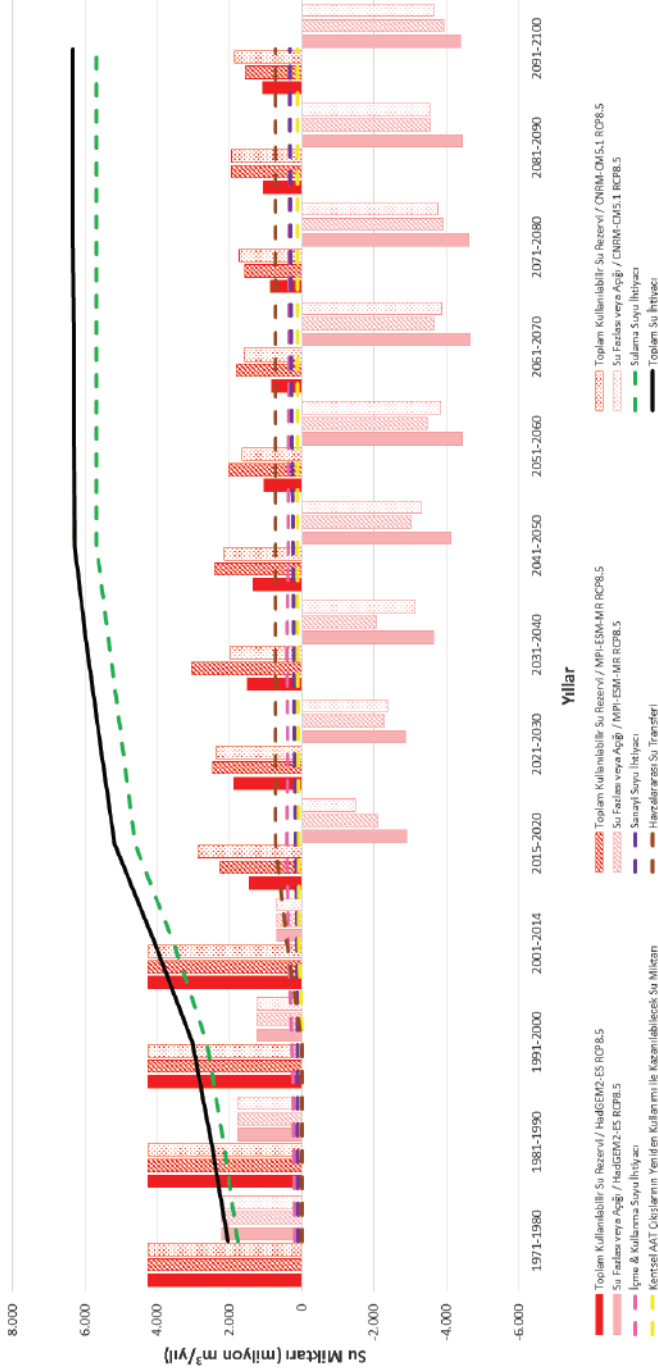
İstanbul'da iklim değişiminin İSKİ'nin yüzeysel su havzalarının toplam akım potansiyeli üzerindeki olası etkileri bir doktora tezi kapsamında çalışılmıştır. Cüceoloğlu (2019) tarafından yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Çerçeve 9-1'de özetlenmiştir. Buna göre kötümser senaryo durumunda İSKİ'nin yüzeysel su potansiyelinde %25 civarında azalma beklenmektedir.

KONYA KAPALI HAVZASI - RCP4.5 SENARYOSU



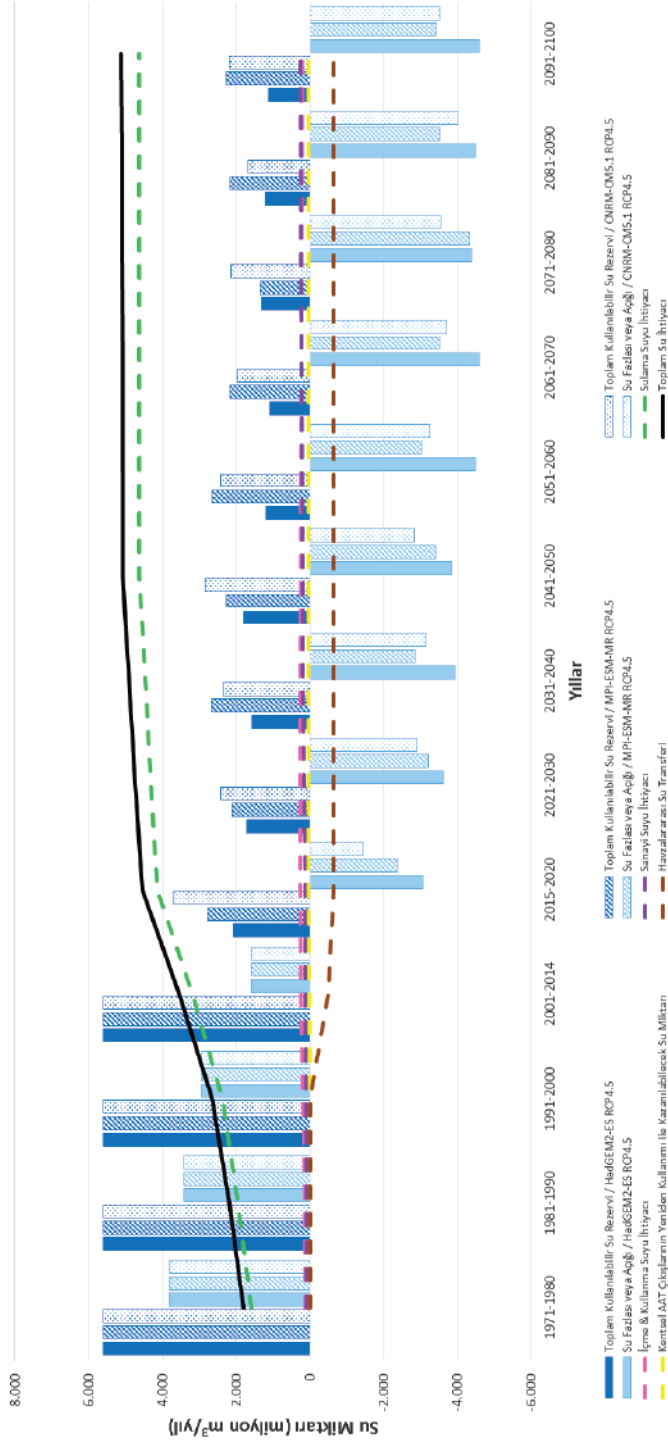
Şekil 9-12. İklim Değişikliği Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Su Fazlası/Açığının Değişimi (OSİB, 2016)

KONYA KAPALI HAVZASI - RCP8.5 SENARYOSU



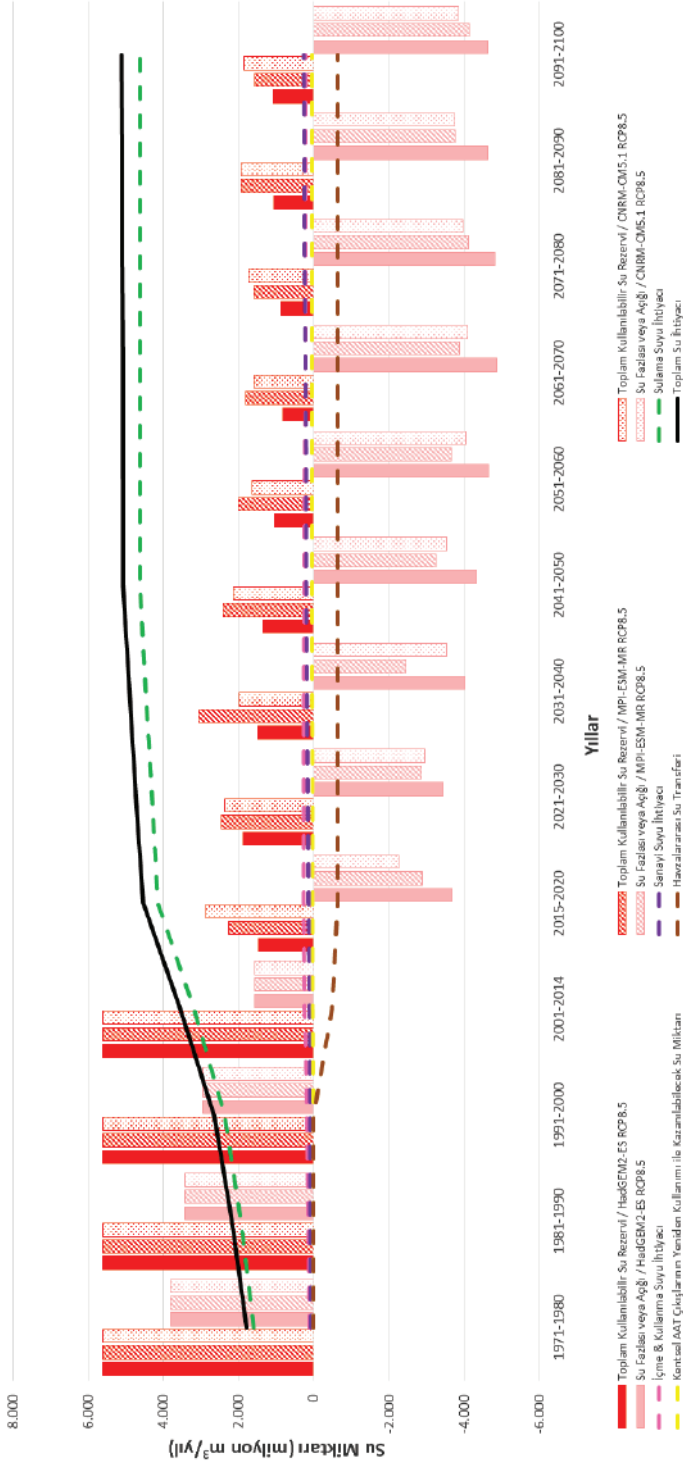
Şekil 9-13. İklim Değişikliği Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Su Fazlası/Açığının Değişimi (OSİB, 2016)

DOĞU AKDENİZ HAVZASI - RCP4.5 SENARYOSU



Şekil 9-14. İklim Değişikliği Projeksiyonları RCP4.5 Senaryosuna göre Su Fazlası/Açığının Değişimi (OSİB, 2016)

DOĞU AKDENİZ HAVZASI - RCP8.5 SENARYOSU



Şekil 9-15. İklim Değişikliği Projeksiyonları RCP8.5 Senaryosuna göre Su Fazlası/Açığının Değişimi (OSİB, 2016)

Çerçeve 9-1. İklim Değişiminin İstanbul'un Yüzeysel Su Potansiyeline Muhtemel Etkileri (Cüceloğlu, 2019)

Cüceloğlu (2019) tarafından doktora tezi olarak yürütülen bir çalışmada; içme-kullanma suyunun çoğunlukla yüzeysel kaynaklardan sağlandığı İstanbul'da, iklim değişiminin yüzeysel su potansiyeline etkileri ve ileride karşılaşılabilecek krizlerde risklerin azaltılması konusu incelenmiştir. Bu kapsamda, İstanbul'un yüzeysel su kaynaklarının hidrololik modellemesi yapılarak yüzeysel su potansiyeli belirlenmiş, iklim değişiminin su kaynaklarına olası etkileri araştırılmış; su temin sistemi ile su arz ve talepleri iklim değişimi senaryolarına bağlı olarak çalışılmıştır.

İklim değişiminin su kaynaklarına etkisinin araştırılması için 2 farklı senaryo (RCP8.5 (kötümser senaryo) ve RCP4.5 (iyimser senaryo)) altında 5 farklı iklim modeli ile araştırılmış (GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROC ve NoerESM1-M) ve bu senaryolara ait model çıktıları istatistiksel ölçek küçültme yöntemi ile çalışma bölgesine uyarlanarak değerlendirilmiştir.

Yaklaşık 3 milyon m³/gün'lük ham su ihtiyacının neredeyse tamamı şehir ve çevresindeki yüzeysel su kaynaklarından temin edilen İstanbul'da içme-kullanma suyu temini amacı ile kullanılan havzaların su bütçesi Soil and Water Assessment Tool (SWAT) modeli ile belirlenmiş; model, kalibrasyon ve belirsizlik analizi için ise SWAT-

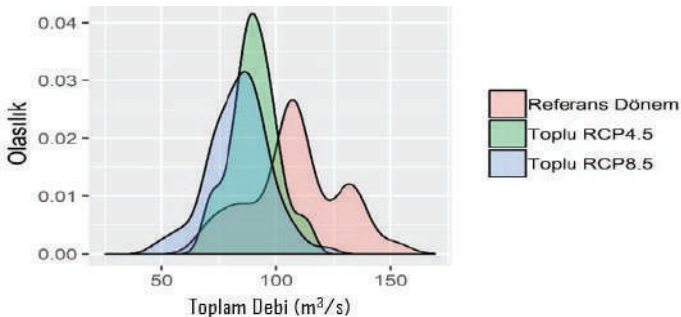
CUP programı kullanılarak kalibre edilmiştir. Referans dönemi olarak seçilen 1980-2013 verileri kullanılarak SWAT modeli çalıştırılmış, iklim değişimi projeksiyonları ise 2020-2099 dönemi için yapılmıştır. Referans dönem için ortalama akım değerinin 108 m³/s olarak hesaplandığı model sonuçları Şekil 1 ve Tablo 1'de özetlenmiştir.

Hidrolojik model sonuçlarına göre Melen Havzası ile birlikte İstanbul'un 1980-2013 referans dönemi için mavi su potansiyeli 3,5 m³/yıl, yeşil su akışı 2,9 m³/yıl ve yeşil su deposu 0,9 milyar m³/yıl olarak belirlenmiştir. Model sonuçlarına göre Melen Havzası 1,5 milyar m³/yıl'lık su potansiyeli ile şehrin su ihtiyacının %45'ini karşılayabilecek potansiyeldedir ve İstanbul için önemli su kaynağı konumundadır.

Su bütçesi simülasyonlarına göre, Melen Barajı'nın devreye alınmaması ve yalnızca regülatörden su transferinin gerçekleşmesi durumunda İstanbul'un içme-kullanma su ihtiyacının karşılanmasında 2030'ların başından itibaren sorun yaşanabilecektir. Melen Barajı'nın tamamlanması ile birlikte toplam su depolama kapasitesi önemli ölçüde artacağı için, geliştirilen su temin sisteminin 2070 yılına kadar şehrin su ihtiyacını karşılayabilecek potansiyele sahip olacağı öngörülmektedir.

Tablo 1. RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryoları için Baraj Göllerine Ulaşan Toplam Akım Değerleri

Senaryo	1980-2013 (Referans) Dönemi	2020-2049 Dönemi Ortalama Debi (m ³ /s)	2070-2099 Dönemi Ortalama Debi (m ³ /s)	2020-2049 Dönemi Değişim (%)	2070-2099 Dönemi Değişim (%)
RCP 4.5	108	95	88	12	19
RCP 8.5	108	92	76	15	30



Şekil 1. Referans Dönem, RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryoları için Baraj Göllerine Ulaştığı Öngörülen Toplam Akım (Yüzeysel Su Potansiyeli) Değerleri

Kaynak: Cüceloğlu (2019)

9.2 Suyla Üretilen Sektörel Katma Değerler

Suyun sektörel tahsisi, ekonomik etkinliği sağlayacak ve ulusal gelişmeyi destekleyecek şekilde yapılmalıdır. Ekonomide değer; bir iktisadi ajana bir mal veya hizmet ile sağlanan faydanın ölçümü olup, genellikle para birimine bağlı olarak ifade edilmektedir. Su verimliliğinde dikkate alınması gereken en temel faktör, farklı sektörler için 1 m³ suyun ülke ekonomisine sağladığı katma değerdir. Bu değer, sektörel bazda su kullanımları (tarım, içme ve kullanma ve sanayi) ve gayrisafı yurt içi hasıla kullanılarak hesaplanabilir. Bakker (1998) suyla üretilen katma değerın hesaplanmasında aşağıdaki formülü kullanmıştır.

$$\text{Suyula Üretilen Katma Değer} = \frac{\sum (P_j \times Q_j - C_j \times I_j)}{m^3}$$

P_j : Ürün fiyatı
Q_j : Ürün miktarı
C_j : Ürün üretmek için gerekli olan hammadde fiyatı
I_j : Ürün üretmek için gerekli olan hammadde miktarı
j : Ürün (pirinç, canlı hayvan vb.)

Suyun katma değeri, yer ve zamana bağlı olarak değişiklik gösterebilir; dolayısıyla; rakamların kesin olmaktan çok temsil edici olmasına dikkat edilmelidir. Özellikle tarım sektöründe suyun katma değeri üç farklı düzey esas alınarak hesaplanabilir. Bu düzeyler; üretici bakış açısı, ulusal bakış açısı ve küresel bakış açısıdır. Üretici bakış açısı, su kullanımının etkisini tarla düzeyinde gösterir ve finansal maliyetleri kullanır. Ulusal bakış açısı; su kullanımının etkisini ulusal düzeyde dikkate alır ve ekonomik maliyetleri kullanır. Ulusal bakış açısında; dışsallıklar ve gölge fiyatların da kullanılması gerekir. Küresel bakış açısı ise; su kullanımının biyo-çeşitlilik ve göçmen kuşlar üzerindeki etkisi gibi uluslararası faktörleri dikkate alır. Bu etkilerin değerlerinin belirlenmesi oldukça zordur (Bakker, 1998).

Tarım ve sanayi için parasal olarak elde edilen katma değer, o sektörün su kullanımına bölünerek suyla üretilen katma değer belirlenir. Hizmetler sektörü için bu durum biraz daha karmaşıktır çünkü bu sektörde su kullanımının ne kadarının ekonomik amaçlı olduğunu belirlemek zordur. Hizmetler sektöründe su kullanımının çoğu; içme suyu, kişisel temizlik, yemek pişirme, temizlik ve tuvalet rezervuarını içerecek şekilde evsel amaçlıdır. Genel bir değerlendirme yapıldığında; hizmetler sektöründeki kişi başı su kullanımının evsel kişi başı su kullanımının %60'ını geçmeyeceği beklenmektedir. Hizmetler sektöründe çalışan kişiler çalışmadıkları zamanlarda evlerde de oldukça yüksek miktarlarda su kullanmaktadır. Kişi başı evsel su kullanımı için %60'lık bu oran kabul edildiğinde, hizmetler sektöründe çalışan kişi sayısından hizmetler sektöründeki su kullanımına geçmek mümkündür (Beaumont, 2000).

Beaumont (2000), Mezapotamya'da Bereketli Hilal'de su verimliliği ile ilgili çalışmasında su kullanımlarını incelemiş ve sanayi ve hizmetler sektöründe kullanılan 1 m³ suyun tarım sektöründeki su kullanımına göre en az 200 kat fazla fayda getirdiğini belirlemiştir (Çizelge 9-3). Su eksiklikleri arttıkça, kentsel su kullanımlarında artan ihtiyaca karşılık olarak, birçok ülkede sulama suyu kullanımlarının kentsel su kullanımlarına aktarılacağı belirtilmektedir (Beaumont, 2000). Qtaishat (2013) aynı şekilde tarımsal sulamada kullanılan suyun bir kısmını daha yüksek değerli içme ve kullanma ve sanayi suyu ihtiyaçlarına tahsis etmiştir. Tarımsal sulamada kullanılan suyun bir kısmının diğer sektörlerle tahsis edilmesi ile içme ve kullanma ve sanayi suyu taleplerinde ilerleyen 20 yılda meydana gelecek artışlar yeterli ve sürdürülebilir bir şekilde karşılanabilecektir.

Çizelge 9-3. Fırat-Dicle Havzası'ndaki Ülkelerde Sektörel Bazda Suyla Üretilen Katma Değerler (Beaumont, 2000)

Ülkeler	Tarım	Sanayi	Hizmetler
	\$/m ³	\$/m ³	\$/m ³
Türkiye	2,54	92,55	511,57
İran	1,22	92,55	511,57
Irak	-	-	-
Suriye	2,18	53,04	1512,00
Ortalama Değer	1,98	79,38	845,05
En Yüksek Değer	2,54	92,55	1512
En Düşük Değer	1,22	53,04	511,57

Bu noktada, suyun kısıtlı olduğu bölgelerde suyun tarımsal kullanımdan ziyade sanayi veya hizmetler sektörüne transfer edilmesinin ekonomik açıdan oldukça yararlı olduğu sonucu çıkarılabilir. Ancak özellikle fakir ülkelerde, insanların büyük bir kısmı geçimini ülke ekonomisinin geleneksel temelini oluşturan tarımdan sağlamaktadır. Birçok ülke için tarım halen ekonomide çok önemli rol oynamak olup, tarımsal sulamada kullanılan su, uzun dönemde çok düşük katma değer sağlayarak su kaynağının israf edilmesine yol açmaktadır. Bu durumda uygulanması gereken strateji, tarımın katma değer sağlama konusundaki kritik rolünün dikkate alınması ve sanayi ve hizmetler sektörünün gelişiminde yatırım amaçlı kullanılmasıdır. Tarımsal sulama, suyun israf edilmesine neden olduğu halde, geleneksel tarım ekonomisinden hizmetler ve sanayi sektörüne dayanan kentsel ekonomiye geçiş için gerekli olan katma değeri sağlayacak geçici bir gereksinimdir (Beaumont, 2000).

Tarım sektöründen diğer sektörler %20 oranında su tahsisi yapılması ile gayrisafi milli hasılaya katkı artacak, dolayısıyla su daha etkin olarak kullanılmaya başlayacaktır. %20 ile benzer büyüklükte farklı oranların (örneğin; %15 veya %30) kullanılması durumunda da gayrisafi yurt içi hasılaya katkıda artış gözlenecek ve su eksikliğine karşı farklı çözüm alternatifleri geliştirilmiş olacaktır. Suyun sektörler arası tahsisi ulusal düzeyde ekonomik gelişme sağlamak açısından oldukça önemlidir. Sektörel su tahsisinin sağladığı yararların ortaya konulmasını takiben üzerinde durulması gereken en önemli konu, bu yöntemin önündeki politik engellerin ortadan kaldırılması olmalıdır.

Tüm ülkelerde tarımda bol su kullanılmakta, kullanılan suyun hizmetler veya sanayi sektörüne yönlendirilmesi ciddi fiziksel sorunlar oluşturmamaktadır. Alınan tedbirler ile tarımsal alanlar azalacak ve kentsel alanlarda artış sağlanacaktır. Suyun hizmetler ve sanayi sektörlerine tahsisi bu sektörlerin gayrisafi yurt içi hasılaya katkılarında artışa yol açacak ve sanayi sektöründe istihdam artacaktır. Tarım sektöründen diğer sektörler çok düşük oranlarda (%5) yapılacak tahsis bile özellikle hizmetler sektörünün su tahsisini büyük oranda artıracaktır (Qtaishat, 2013). 20 yıl içerisinde ülkelerin en önemli sorumluluğu kentsel alanlarda artan nüfuslar için istihdam imkanları oluşturmak olmalıdır. Sanayi sektörünün, bu hızla artan büyük nüfusa yeterli istihdam sağlaması oldukça zordur. Bu nedenle; özellikle hizmetler sektörüne artan nüfusa istihdam olanağı sağlamada büyük rol düşmektedir. Su verimliliği açısından motive edici faktör, hizmetler sektöründe su kullanımının oldukça düşük seviyelerde olmasıdır (Beaumont, 2000).

9.2.1 Suyun Sektörel Tahsisinde Gözetilecek Hususlar

Hızlı nüfus artışı, çarpık kentleşme, su kirliliği, kuraklık ve taşkınlar gibi doğal afetler, çölleşme, ormansızlaşma ve suya olan talebin her geçen gün artması gibi etkenlerin yanı sıra, proje sonuçlarından da görüleceği üzere, iklim değişimi etkileri ile var olan su kaynaklarımız daha da kısıtlı hale gelmekte olup gelecekte bu sorunun daha büyük önem arz etmesi

kaçınılmazdır. Dolayısıyla mevcut su tüketiminin azaltılması ile suyun daha etkin ve verimli kullanılabilmesi, günümüzün dikkat çeken çevresel konularından biri olma özelliği taşımaktadır. Sürdürülebilir su kullanımı anlayışında tüketimin azaltılması, öncelikli ülke politikası olmalı; daha da özele inildiğinde, bölgesel ve hatta havza ölçeğinde uygulanmalıdır.

Sektörlerin, paylarına düşen suyu bilinçli ve kontrollü tüketmesi ile çağın gereklerine uygun olarak tasarruflu kullanması; örneğin, tarımda iklim şartları ile uyumlu ürün deseninin seçilmesi, modern sulama sistemlerine geçilmesi, yeşil alan sulamasında damla sulamanın tercih edilmesi ve mümkün olduğunda artırılmış atıksuların sulamada kullanılması; su kullanımını kayda değer oranda azaltan yöntemlerin başında gelmektedir.

Öte yandan endüstriyel kullanımlarda temiz üretim teknolojilerinin tercih edilmesi ile birlikte, su tüketiminin azaltılmasını sağlayacak tesis-içi (yerinde) kontrol tedbirlerinin alınması önceliklidir. Başta içme ve kullanma suyu olmak üzere, tüm evsel kullanımlarda tasarrufa gidilmesi ve/veya yağmur suyu hasadı, artırılmış atıksuların yeniden kullanımı, gri su kullanımı gibi alternatif su kaynaklarının kullanılması, günümüzde öne çıkan çalışma konularıdır.

Toplumsal bilinçlendirilmesinin yanı sıra, bölgesel ve yerel yönetimlerin suyu tasarruflu ve etkin kullanmalarını özendirecek ve teşvik edecek yönlendirmeler ile teknolojik gelişmelere paralel olarak alternatif su kaynaklarının çoğaltılması, temiz su kaynaklarının kullanımını en aza indirmiş olacaktır.

Dünya genelinde tarım, başta gıda arzı güvenliği olmak üzere bütün toplumu etkileyen, geniş istihdam sağlayan kritik bir sektör olarak hep pozitif ayrıcalık sağlanan, çeşitli teşvik ve sübvansiyonlarla himaye edilen bir sektör olarak dikkat çekmektedir. Tarım sektöründe m^3 su kullanımı başına üretilen katma değer artırılabilmesi için, sulama suyunun ölçülerek makul özgül kullanımların üzerindeki fazla kullanımların ($> 0,8 m^3/m^2.yıl$) ücretlendirilmesi; modern (kapalı) sulama teknolojilerine geçişin hızlandırılması; arazi toplulaştırılmasına gidilerek büyük kapasiteli makinalı tarıma geçilmesi; tarımda yüksek verimli ve kaliteli üretime imkân veren biyoteknoloji uygulamaları, ürün deseninin uygun teşvik ve sübvansiyon politikalarıyla optimum şekilde yönlendirilmesi vb. araçların kullanımı sağlanmalıdır. Bu tür iyi tarım ve modern sulama uygulamalarıyla, havzadaki tarım sektörü su ihtiyacında %10~30 (ort: 20) düzeyinde bir su tasarrufu sağlanabilir. Bu durumda tarım sektörünün %75-85 oranındaki su kullanımının, $0,80 \times (0,75 \sim 0,95) = 0,60 \sim 0,68$ (ort: %65) seviyesine çekilmesi sağlanabilir. Böylece elde edilecek tasarrufla, tarım sektöründen transfer edilen %20 oranındaki su, diğer sektörlerle aktarılabilir ve/veya iklim değişimi ile mücadele kapsamında, statik rezervlerinden aşırı su çekilen mevcut akiferlerin ve kısmen de olsa sulak alanların restorasyonunda kullanılabilir.

İçme ve kullanma suyu (hizmetler) sektörü su ihtiyacı da, doğru ücretlendirme (kademeli tarife uygulaması), şehir su şebekelerindeki kayıp/kaçak oranının mevcut %50'lik seviyelerden $< \%20$ 'lere çekilmesi ile ev/işyerlerinde su tasarrufu sağlayan armatür, WC sifonu ve ev aletleri kullanımı yaygınlaştırılarak ve artırılmış atıksuların özellikle kentsel yeşil alanların sulanmasında kullanımı sağlanmak suretiyle, asgari %30 düzeyinde azaltılabilir. Bu durumda $\sim \%10$ düzeyindeki içme ve kullanma (hizmetler sektörü) suyu ihtiyacı da $0,70 \times 0,10 = 0,07$ (%) seviyesine çekilebilecektir.

Sanayi sektörü su ihtiyacı da, özellikle yeraltı sularının ölçülmesi (kuyulara sayaç takılması) ve az su/kimyasal kullanan temiz üretim teknolojilerine öncelik verilerek asgari %30 civarında azaltılabilir. Bu durumda, havza geneli için sanayi sektörü mevcut su ihtiyacı kabaca %10

alınarak, gelecekteki su ihtiyacı $\sim 0,70 \times 0,10 = 0,07$ (%) olarak öngörülebilir. Sanayide temiz üretim uygulamaları, yatırım sübvansiyonu, elektrik enerjisi teşviki vb. ekonomik araçlarla desteklenmelidir.

Sonuç olarak tarım (sulama), sanayi ve hizmetler sektörünün mevcut durumdaki toplam 100 birimlik su ihtiyacı, yukarıda belirtilen tasarruf tedbirleri alınmak suretiyle gelecekte (orta ve uzun vadede) $\sim 65 + 7 + 7 = 79$ birime çekilebilir; bu da 3 temel sektörün toplam su talebinde ~ 21 'lik net azaltıma tekabül edecektir.

9.2.2 Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı

Dünya genelinde, atıksu geri kazanımı uygulamalarına bakıldığında, özellikle tarım faaliyetlerinde, arıtılmış su kullanımının yaygın olduğu ve sulama ihtiyacının yüksek olduğu bölgelerde, tarımsal sulama amaçlı uygulamaların ön plana çıktığı görülmektedir. Buna karşın, kentsel amaçlı kullanım, yeraltı suyu beslemesi, çevresel iyileştirme ve insani tüketim amaçlı uygulamaların yoğunluğu da dikkat çekicidir. Atıksu geri kazanımı uygulamalarının en avantajlı yanı kuraklığa dayanma gücünün artırılması, doğal su kaynaklarının kullanımının azaltılması ve pik içme-kullanma suyu ihtiyacının dengelenmesidir. Genel olarak, merkezi atıksu geri kazanımı uygulamaları daha yaygındır. Bununla birlikte, müstakil ve yerinde evsel atıksu geri kazanım uygulamaları ve gri su geri kazanım uygulamaları da mevcuttur.

Atıksu geri kazanımı amacıyla uygulama yönteminin seçimi, geri kazanılmış suyun kullanım amacı, uygulama yapılan yerin özellikleri, arazi şekli, su kaynaklarının durumu, kullanıcıların sosyo-ekonomik özellikleri gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Aynı zamanda, yerel yönetimlerin planlamaları, atıksu geri kazanım politikaları ve yasal düzenlemeler de önemlidir. Bu sebeple, atıksu geri kazanımı açısından, ülkeler hatta eyaletler arasında dahi ciddi uygulama farklılıkları görülmektedir (örn. Kaliforniya'da geri kazanılan atıksuların %48'i tarımsal sulama amacıyla kullanılırken, Florida'da geri kazanılan atıksuların %66'sı kentsel yeşil alanların sulanmasında, %14'ü yeraltı suyu beslenmesinde ve %13'ü endüstriyel amaçlı kullanılmaktadır).

Ülkemizde atıksuların geri kazanılarak yeniden kullanılması konusunda son yıllarda duyarlılık artmıştır. Atıksuların geri kazanımı dikkate alınarak mevcut atıksu arıtma tesisleri ihtiyaca göre modifiye edilmekte ve yeni yapılacak atıksu arıtma tesisleri yeniden kullanım imkanları dikkate alınarak planlanmaktadır. Arıtılmış atıksuların geri kazanımına ilişkin belirlenen hedef, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) Atıksu Arıtımı Eylem Planına, göre 2023 yılı için %5'tir.

Öte yandan endüstriyel kullanımlarda temiz üretim teknolojilerinin tercih edilmesi ile birlikte, su tüketiminin azaltılmasını sağlayacak tesis-içi (yerinde) kontrol tedbirlerinin alınması önceliklidir. Başta içme ve kullanma suyu olmak üzere, tüm evsel kullanımlarda tasarrufa gidilmesi ve/veya yağmur suyu hasadı, arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı, gri su kullanımı gibi alternatif su kaynaklarının kullanılması, günümüzde öne çıkan çalışma konularıdır.

Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanım Potansiyeli

Arıtılmış atıksuların tarımsal sulama, sanayi, akifer besleme ve evlerde tuvalet sifon suyu, yeşil alan sulaması vb. amaçlı yeniden kullanımı dünya genelinde giderek yaygınlaşmaktadır. Bazı ülkelerde arıtılmış atıksuların yeniden kullanım oranı %80'lere ulaşmış bulunmaktadır. Bu itibarla konu ülkemiz bakımından da büyük önem taşımaktadır.

Sızma dahil, kişi başına atıksu oluşumu ~200 L/kişi.gün alınmak ve atıksu arıtma tesislerinde ~%5'lik su kaybı kabulü ile, kentsel yerleşim AAT'lerinden geri kazanılabilecek atıksu potansiyeli, 2019 yılı itibarı ile;

$$Q_{GKAS} \approx 82.003.882 \text{ kişi} \times 0,2 \text{ m}^3/\text{kişi.gün} \times 365 \text{ gün/yıl} \times 0,95 \\ \approx 5,69 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

mertebesindedir. Prensipite bu miktar suyun $\frac{2}{3}$ 'ünün teknik ve ekonomik olarak yeniden kullanımının mümkün olduğu kabulü ile pratikte geri kazanılabilecek arıtılmış atıksu miktarı ~3,79 x 10⁹ m³/yıl'dır. Dolayısıyla arıtılmış atıksuların öncelikli olarak sulamada kullanımı sonucu, 2019 yılı itibarıyla ~3,79 x 10⁹ m³/yıl miktarında sulama suyunun evsel ve endüstriyel kullanıma tahsisi mümkün olabilecektir. Arıtılmış atıksuların yeniden kullanımında, kullanım amacının gerektirdiği su kalitesi kriterlerinin (ÇOB, 2010) sağlanması önem taşımaktadır.

9.3 Türkiye'de Su, Atıksu ve Yağmursuyu Yönetimi

9.3.1 Su Kaynakları Yönetimi

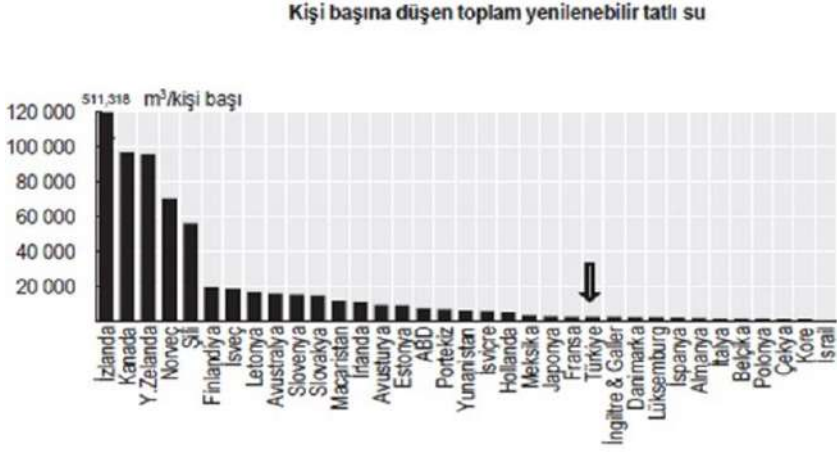
Türkiye, su zengini bir ülke statüsünde olmayıp su kaynakları da bölgeler arasında eşit dağılım göstermemektedir. Bu sebeple su kaynaklarının etkin ve bütünleşik yönetimi büyük önem arz etmektedir.

Ülke bazlı projeksiyon çalışmaları, suyun kullanımında artış, kişi başına düşen su miktarında ise düşüş beklendiğini göstermektedir (OECD, 2019). Şekil 9-16'da kişi başına düşen su miktarının ülkelere bağlı değişimi gösterilmektedir. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB)'nin hazırlamış olduğu 2019-2023 dönemini kapsayan Onbirinci Kalkınma Planı'nda (SBB, 2019) altı çizildiği üzere, havzalarda giderek artan su talebi, su kirliliği ve kuraklık dolayısıyla su ihtiyaçlarının karşılanmasında yetersiz kalınmaktadır.

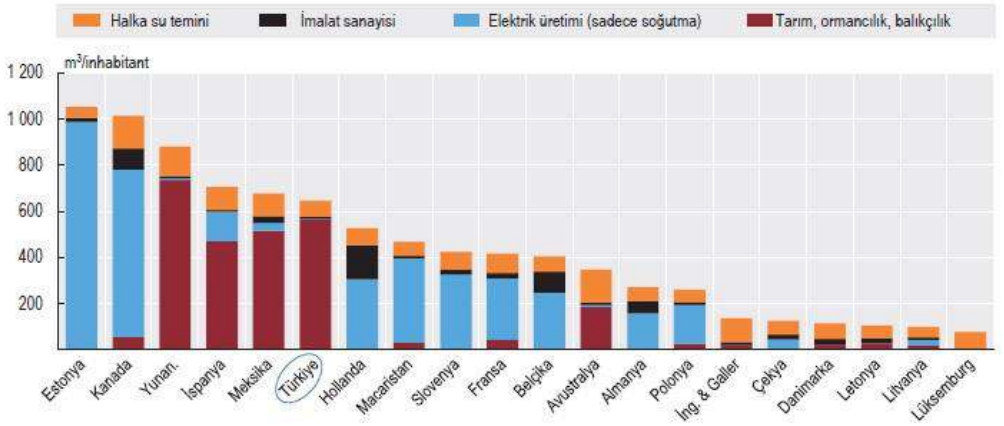
Türkiye genelinde su temini ve arıtımı gelişmekte olup henüz OECD standartlarının bir miktar altında seyretmektedir. İçme suyu hizmeti verilen belediye nüfusunun payı (köyler hariç), 2001-2018 döneminde %95'ten %98'e yükselmiştir. Onbirinci Kalkınma Planı'nda, 2023 yılı itibarıyla içilebilir suya erişimi olan belediye nüfusu oranının %100'e çıkarılması hedefine yer verilmiştir (SSB, 2019).

Yunanistan, İspanya ve Meksika gibi bazı OECD ülkelerinde olduğu gibi Türkiye'deki tarım sektörü, toplam su çekimlerinin neredeyse %70'ine tekabül eden, su kullanımındaki en baskın sektördür (Şekil 9-17).

Turizm ve tarım gibi sektörlerde giderek artan suya erişime ilişkin rekabetin, sulanacak alanlardaki artış, kentleşme ve iklim değişimi gibi faktörler ile beraber, daha da sorunlu hale gelmesi beklenmektedir. Ayrıca damla sulamanın son yıllarda artış göstermesine karşın, sulama suyu çekimlerinin %85-90'ı halen geleneksel yöntemlerle yüzey sulaması için kullanılmaktadır. Önümüzdeki yıllarda su kullanan tüm sektörlerde talep artışı beklenmektedir. (Sulama suyu ihtiyacında 40 milyar m³, içme suyu ve sanayide ise 7'şer milyar m³'lük artışlar) (ÇŞB, 2016).



Şekil 9-16. Su Sıkıntısı Çeken Bir Ülke Olarak Türkiye (OECD, 2019)



Şekil 9-17. Türkiye’de En Çok Su Tüketilen Alan olarak Tarımsal Sulama (OECD, 2019)

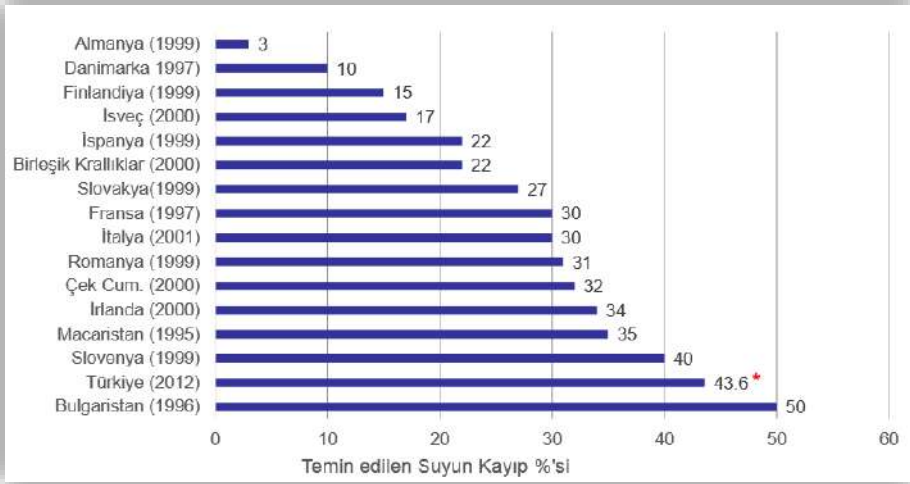
Türkiye’nin su stresi, insani tüketim amacıyla kullanılan suyun %40’ına tekabül eden şebeke kayıplarıyla şiddetlenmektedir (OECD, 2019). “İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği”ne (2014) göre, İdarelerin su kayıplarını nüfusları oranında belirli seviyelere çekmeleri ve yıllık olarak raporlamaları gerekmektedir. Yönetmelikte tedarik sistemlerindeki su kayıp ve kaçaklarının, Büyükşehir Belediyeleri için 2019 yılında %30 ve 2023’te en fazla %25, diğer belediyeler için ise 2023’te %30 ve 2028’de en fazla %25 seviyesine getirilmesine yönelik hedefler belirlenmiştir (Çerçeve 9-2).

Türkiye’de kanalizasyon sisteminden yararlanan nüfus oranı, 2004-2016 döneminde %68’den %84’e, atıksu arıtma tesislerinin hizmet verdiği belediye nüfusu oranı ise aynı dönemde %36’dan %70’e yükselmiştir (TÜİK, 2018). Atıksu arıtma kapasitesi de devam eden yatırımlar sayesinde artış göstermektedir.

Cerçeve 9-2. Türkiye’de Gelir Getirmeyen Su (Kayıp/Kaçak) Oranları

Ülkemizdeki su kayıpları oranına ilişkin net bir değer ifade edilmemekle birlikte birlikte Türkiye İstatistik Kurumu’nun (TÜİK) 2012 verilerine göre Gelir Getirmeyen Su Oranı %44’tür (Şekil 1). Gelir getirmeyen su (fiziki ve idari kayıplar toplamı) oranının belirlenmesi için öncelikle Sisteme Giren Su Miktarı tüm yıl boyunca hassas olarak ölçülmeli ve kaydedilmelidir. Ancak ülkemizdeki pek çok yerleşim yerinde Sisteme Giren Su Miktarı gerekli ölçüm ekipmanlarının eksik olmasından dolayı ölçülememektedir. Ayrıca, idareler genel

olarak yüksek seviyedeki su kayıplarını rapor etmekten kaçınmaktadırlar. Büyükşehir Belediyelerinin 2017 yılı yıllık mali raporlarında beyan edilen ortalama fiziki kayıp/kaçakların oranı %35 düzeyindedir. Dünya Bankası Sürdürülebilir Kentsel Su Temini ve Sanitasyonu Raporu’na (2016) göre ülkemizdeki gelir getirmeyen fiziki kayıpların yüzdesi 2004 yılındaki %60 seviyesinden, 2014 yılında %35’e düşmüştür. Bu durum, hızlı nüfus artışı dikkate alındığında, belediyelerin fiziksel su kayıplarını azaltmak için büyük bir çaba sarf ettiğini göstermektedir.



Şekil 1. İçme ve Kullanma Suyu Şebekelerinde Su Kayıp/Kaçak Oranı

Türkiye’de, içme-kullanma suyunun etkin kullanılması, israfının önlenmesi, su kaynaklarının korunması ve su kullanımında verimliliğin artırılması amaçlarıyla su temin ve dağıtım sistemlerindeki su kayıplarını kontrol etmek için düzenlenen “İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği”ne göre belediyeler için sırasıyla 2019, 2023 ve 2028 yılları için hedeflenmiş fiziki kayıp/kaçak oranları değerler Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. İçme Kullanma Suyu Şebekelerinde Fiziki Kayıp Kaçak Oranları Azaltım Hedefleri (%)

Yıl	Büyükşehirler	Diğer Belediyeler
2019	30%	-
2023	25%	30%
2028	-	25%

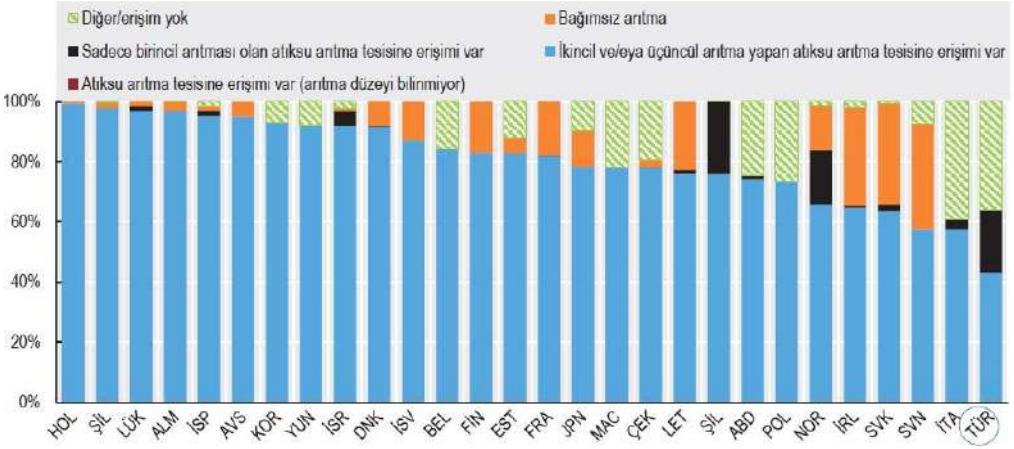
Kaynak: Dünya Bankası, 2016b; T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2014.

Onbirinci Kalkınma Planı’nda kanalizasyon ve AAT hizmeti sunulan nüfus oranının da sırasıyla %95 ve %100’e çıkarılması hedeflenmektedir. 2014-2023 dönemi için hazırlanan Atıksu Arıtımı Eylem Planı’na göre, 2023 yılına kadar tüm belediyelerde (evsel) AAT kurulması hedeflenmiştir (ÇŞB, 2016).

Su kalitesi, birkaç nedenle ciddi bir endişe kaynağıdır. Plansız ve hızlı kentleşme nedeniyle doğal kaynakların tüketilmesi, artırılmamış evsel ve endüstriyel atıksuların tatlı su kaynaklarına ve/veya denizlere verilmesi, atıksu arıtma tesislerinin yetersiz kalması ve tarım gibi yayılı kaynakların kontrolünün güçlüğü, su kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Evsel atıksuların yaklaşık %14'ü arıtılma uygulamaksızın alıcı ortama verilirken, bu değer endüstriyel atıksularda %38'i bulmaktadır (OECD, 2019). Tarım, ekonomi açısından önemi ve su kullanımının fazla olması nedeniyle su kirliliğine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Gübre kullanım yoğunluğu nispeten düşük olmasına rağmen yüzey sularının %20 ila %50'si, tarım ve hayvancılık kaynaklı azot (NO_3) ile kirlenmektedir. Bazı göllerde fosfor kirliliği de önemli seviyededir (OECD, 2019).

Kentsel Atıksu Toplama ve Arıtma Altyapısı

Büyükşehirlerde yaşayan nüfus için atıksu toplama ve arıtma kapasitesinin artırılması için büyük bir çaba gösterilmektedir. Nüfusun 7 milyon arttığı 2006-2014 döneminde Türkiye, kanalizasyon hizmetlerinden 14 milyon kişinin, atıksu arıtma hizmetlerinden ise 20 milyon kişinin yararlanmasını sağlamıştır. Ayrıca, arıtılmadan deşarj edilen atıksu oranı, 2006-2016 döneminde %36'dan %14'e düşürülmüştür (OECD, 2019). AAT'lere bağlı nüfus oranı, 2004-2016 döneminde %36'dan %70'e yükselmiş olmakla birlikte, ikincil veya üçüncül atıksu arıtımı oranı, OECD ülkelerine nazaran halen düşük kalmaktadır.



Şekil 9-18. Atıksu Arıtımına Erişim Artarken Türkiye, OECD Ülkeleri Arasında Son Sıralardadır
(Türkiye ile ilgili veriler, 2014 yılına aittir)

Türkiye'deki Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (2006), Kentsel Atıksu Arıtma Direktifi'nin (EU, 1991) gerekliliklerini de yansıtır niteliktedir.

İklim değişiminin kaynaklar üzerindeki etkileri ve enerji maliyetleri, mali açıdan uygun olduğu sürece artıran atıksuların yeniden kullanımını ve arıtma çamurlarının biyolojik olarak çürütülmesini teşvik etmektedir (OECD, 2019).

Çamur çürütme yoluyla biyogaz üretimi, çamur kompostlaştırma veya yeniden kullanımı ile arıtılan atıksuların yeniden kullanımı, Türkiye'de henüz yaygın olan uygulamalar değildir. Az sayıda öncü belediye (İstanbul, Ankara, Kayseri ve Konya Büyükşehir Belediyeleri gibi), bu tür yenilikçi uygulamalarda bulunmaktadır. Türkiye'de çamur bertarafı, büyük oranda katı atıklarla birlikte depolama veya çimento fabrikalarında yakma yöntemiyle

gerçekleştirilmektedir. Bu tür çözümler, daha sürdürülebilir yeniden kullanım imkanlarını engellemektedir. Benzer şekilde stabilize edilmiş çamurların kullanımı tarımsal üretimde, pek çok AB ülkesinin aksine Türkiye’de yaygın değildir. Çizelge 9-4’te AB üyesi ülkeler ve Türkiye’de kentsel su temini ve atıksu sistemleri ile ilgili temel istatistikler bulunmaktadır.

Çizelge 9-4. Kentsel Su Temini ve Atıksu Sistemleri ile İlgili Temel İstatistikler

Su Temini	AB Üyesi Ülkeler (2017)	Türkiye	
		TÜİK (2016)	Büyükşehirler (2017)
İçmesuyu			
İçme suyu tüketimi	111 m ³ /hane.yıl	136 m ³ /abone.yıl	114 m ³ /abone.yıl
	128 L/kişi.gün	130 L/kişi.gün	122 L/kişi.gün
Fiziki kayıp/kaçak	%23	%43	%40
Su temin sistemi varlıkları yenileme oranı	[%0,5-2,0 (1,0)] /yıl	-	%0-100 (14) (İçme Suyu Şebekesi Yenileme)
Su şebekesi uzunluğu	5-15 <10> m/kişi	-	0,8-10,4 (3,8) m/kişi*
Su (ve atıksu) tarifesi	200-550 (350) €/hane.yıl	1,97-5,25 (2,48) TL/m ³ (KDV Dahil)	1,6-5,5 (3,4) TL/m ³ (KDV hariç)
Atıksu			
Arıtma seviyesi:			
Birincil arıtma	%3,1	%24	%9 (Mekanik ve/veya 1. Kademe (Ön) AAT)
İkincil arıtma	%28,5	%32	%91 (Biyolojik / İleri Biyolojik AAT)
Üçüncül (İleri) arıtma	%68,4	%45	
Çamur yönetim seçenekleri:			
Tarımda kullanım	%49,2	%7	%15**
Yakma	%24,9	%31	
Araziye uygulama	%12,4	%2	
Düzenli depolama	%8,7	%28+%21 (düzensiz depolama)	%63**
Diğer	%4,9	%21	%22**
Atıksu sistemi varlıkları yenileme oranı	[%0,5-2(0,75)]/yıl	-	%0,19-100 (11) (Kanalizasyon Hattı Yenileme)
Atıksu şebekesi uzunluğu	4-10 <7,0> m/kişi	-	0,76-14,42 (3,29) m/kişi*
Belediye atıksu kanal/arıtma sisteminden dışarj edilen atıksu miktarı	-	183 L/N.gün	185 L/kişi.gün*

*Belediye nüfusu esas alınmıştır..

**2010 yılı verisi

Kaynak: EurEau (2017). Europe’s Water in Figures

TÜİK (2016.) Çevre İstatistikleri

SUEN (2019). Büyükşehir Su ve Kanalizasyon İdareleri arasında Mukayeseli Değerlendirme Çalışması

Öztürk, İ., Çallı, B., Arıkan, O.A., Altınbaş, A. (2014). Atıksu Arıtma Çamurlarının İşlenmesi ve Bertarafı El Kitabı, Türkiye Belediyeler Birliği, İstanbul, Türkiye.

Özgül, H., Çiçekalan, B., Öztürk, İ. (2018). Türkiye’de mevcut su ve atıksu yönetim sektörü için tarife ödeme gücü oranlarının karşılaştırılması değerlendirilmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (2), 806-815.

Yağmur Suyu Yönetimi

İklim değişiminin neden olduğu şiddetli yağışlar, artırılması gereken yağmur suyu miktarını da artıracaktır. Kentsel alanlarda yağmur suları, nutrientler, hidrokarbonlar, ağır metaller, pestisitler ve hayvan atıkları ile önemli ölçüde kirlenebilmektedir.

Türkiye'deki kanalizasyon sistemlerinin büyük bir kısmı, ayrık yapıda olmakla birlikte çoğu durumda birleşik sistem gibi çalışmaktadır. İstanbul, İzmir ve Antalya gibi büyükşehirlerde gerçek anlamda ayrık sistemler de bulunmaktadır. Birleşik kanalizasyon sistemlerinden dışarı edilemeyen atılmamış atıksu hacmi veya yıllık kanalizasyon taşkınlarının sayısı ile ilgili yeterli istatistik bulunmamaktadır. SÜEN tarafından 2019 yılında tamamlanan Su ve Kanalizasyon İdareleri arasında Mukayeseli Değerlendirme Çalışması kapsamında 23 idare tarafından paylaşılan 2017 yılı verilerine göre; Türkiye'de ortalama ayrık sistem yüzdesinin %59 olduğu belirlenmiştir. 6 idare %100 oranında ayrık sisteme sahip olduğunu beyan etmiştir (SÜEN, 2019).

İklim değişimi ile ilgili geleceğe yönelik sorunlar bağlamında Türkiye, yağmursuyu yönetimine öncelik vermektedir. Suya duyarlı kentsel tasarım, doğal su tutma sistemlerinden yararlanılması ve arıtma tesislerine bağlı kanalizasyon ağının daha iyi yönetilmesi neticesinde, yağmursuyu taşkınlarının kirlenme etkileri azalacaktır. Bu faaliyetler için ek yatırım gerekmekte olup Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği çerçevesinde, taşkınları azaltmak ve yağmursuyu altyapısını iyileştirici yatırımlar planlanmaktadır.

Temel Politikalar ve Stratejiler

Türkiye'nin AB müktesebatına uyum sürecinde "Havza Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve Takibi Yönetmeliği" 2017 yılında yayımlanmıştır. Ayrıca tüm havzalar için izleme programları da hazırlanmış olup tüm havzalara yönelik Havza Yönetim Planlarının 2023'e kadar tamamlanması beklenmektedir.

Ülkemizde, noktasal kirlenme kaynaklarının kısıtlandığı, su kalitesi bakımından "hassas bölgeler" tespit edilmiş bulunmaktadır. Su kalitesi standartları, nitrat kirliliği ve taşkın yönetim planlarına ilişkin ikincil mevzuatta yapılan değişiklikler neticesinde, AB mevzuatı ile kısmi uyum sağlanmış olup, sınıraşan sular hususunda ise henüz açıklar bulunmaktadır (OECD, 2019). Mevcut AAT'lerin iyileştirilmesi ve geri kazanılmış atıksuların tarımda kullanımına ilişkin çalışmalar devam etmektedir. Arıtılmış atıksular park ve bahçe sulamasında kullanıldığı gibi, turizm yatırımlarının yoğunlaştığı Ege ve Akdeniz bölgelerinde sulamada kullanılmak üzere mevsimlik biriktirme havuzlarında tutulmaktadır (ÇŞB, 2016).

Ülke genelinde su kaynakları, gerek mevsimsel gerekse mekânsal olarak homojen olmayan bir dağılıma sahiptir. İklim koşulları ve yüzey şekilleri farklılıkları sebebiyle, akarsu debileri çoğu zaman düzensizdir. Su kaynakları, Türkiye'nin kentleşmiş ve sanayileşmiş batı bölgelerinde özellikle sınırlıdır. Yapılan son çalışmalar, Türkiye'de sıcaklık ve kuraklığın giderek artacağı ve yakın zamanda yağışların düzensiz hale geleceğini ortaya koymaktadır (OECD, 2019). Nüfus artışıyla birlikte, pek çok bölgede su potansiyelinde azalma beklenmektedir. Bu sebeple suyun kullanımında verimliliğin, ileriye dönük su politikalarımızda önemli bir rol alması gerekmektedir. Su kaynaklarının nitelik ve niceliğinin korunması, ülkenin uzun vadeli büyümesi ve sürdürülebilirliği için elzemdir.

Kentsel yerleşim alanlarında görülen ani taşkınlar ve bileşik kanalizasyon sistemlerinin taşması, önemi giderek artan konulardır. AB'nin mali destek verdiği Türkiye'de İklim Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi projesi kapsamında, kentsel atıksu dahil olmak üzere iklim değişiminin ekolojik hizmetler ve hassas sosyo-ekonomik sektörlere etkisinin araştırılması beklenmektedir.

9.3.2 Havzalarda Su Kalitesi Durumu

Türkiye'de yer alan 25 nehir havzasında su kalitesi izlemeleri 1970'li yıllardan beri DSİ Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. 2014 yılı itibarıyla, izleme çalışmalarının belirli bir standartta yürütülmesinin ve uzun dönemli, sağlıklı su kalitesi izleme verilerinin elde edilmesinin sağlanması amacıyla, Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi gerekliliklerine uyumlu, biyolojik, kimyasal, fiziko-kimyasal ve hidro-morfolojik kalite unsurlarını kapsayan izleme programları hazırlanmıştır. Su kalitesi izleme çalışmaları, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından AB Su Çerçeve Direktifine uygun olarak hazırlanan izleme programları kapsamında, 2014 yılı itibarıyla 6 havza (Ergene, Konya Kapalı, Susurluk, Büyük Menderes, Sakarya ve Akarçay); 2015 yılı itibarıyla 7 havza (Yeşilırmak, Batı Karadeniz, Seyhan, Ceyhan, Doğu Akdeniz, Batı Akdeniz, Asi) ve 2016 yılı itibarıyla da 12 havzada (Marmara, Küçük Menderes, Burdur, Antalya, Gediz, Kuzey Ege, Aras, Çoruh, Van Gölü, Fırat-Dicle, Doğu Karadeniz ve Kızılırmak havzaları) izleme çalışmaları DSİ Bölge Müdürlüklerince yürütülmektedir. İzleme sonucunda elde edilen veriler, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre değerlendirilerek her havza için Su Kalitesi Raporları oluşturulmakta ve su kalitesi durumları ortaya konulmaktadır.

Aşağıda, Türkiye havzalarının su kalitesi durumu, ÇŞB'nin Atıksu Arıtımı Eylem Planı (2017-2023) verileri ile havza bazında özetlenmiştir. Buna ilaveten, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM, 2019) tarafından Büyük Menderes, Ergene, Susurluk ve Gediz Havzaları için Nehir Yönetim Planlarını hazırlatılmış olup tüm havzalar için ilgili planlarının tamamlanmasının ardından Türkiye geneli için mevcut su kalitesi durumu ortaya konabilecektir.

Akarçay Havzası, su kalitesi açısından genel olarak değerlendirildiğinde, kirli ya da çok kirlenmiş özellik taşımaktadır. Havza, organik kirliliği gösteren önemli parametreler olan KOİ ve BOİ ağırlıklı olarak Sınıf IV kalitesindedir. Yalnızca Akarçay'ın memba bölümündeki Akdeğirmen Barajında, öncesinde ve sonrasında KOİ açısından Sınıf I-II iken, BOİ parametresi bakımından Sınıf III-IV olarak değerlendirilmektedir. NH₄-N, Akarçay ve Eber Gölünde Sınıf IV olup, Akarçay'ın memba bölümü ile Akdeğirmen Barajında Sınıf II seviyesindedir. Havza genelinde NO₂-N parametresi Sınıf IV, NO₃-N ise Sınıf I olarak tespit edilmiştir. TP parametresi ise havza genelinde ağırlıklı olarak Sınıf IV seviyesindedir.

Antalya Havzası'nın, su kalitesi açısından ağırlıklı olarak Sınıf II seviyesinde olduğu, diğer bir deyişle az kirlenmiş su kalitesi özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Havzada organik kirliliği gösteren KOİ ve BOİ, özellikle akarsuların denize döküldüğü bölgelerde ağırlıklı olarak Sınıf I- Sınıf II'ye girmekte iken, Isparta Çayında ise bu parametreler Sınıf IV'e girmektedir. N parametreleri açısından havza genelinde su kalitesi Sınıf I- Sınıf II olmasına rağmen, Isparta ve Dereboğaz Çaylarında NH₄-N ve NO₂-N'in Sınıf IV olduğu, NO₃-N'in ise havza genelinde Sınıf I olduğu tespit edilmiştir. Havzanın temiz ya da az kirlenmiş olan güney kısımlarında ölçümü yapılmamış olan TP parametresi ise Isparta Çayında Sınıf IV, Aksu Çayında ise genellikle Sınıf II- Sınıf III'e girerken, özellikle Eğirdir Gölü çıkışı, Kovada Çayı, Karacaören I Barajı ve Karacaören II Baraj çıkışında Sınıf III seviyesindedir.

Aras Havzası'nın su kalitesi açısından az kirlenmiş veya temiz su özelliği gösterdiği söylenebilir. Özellikle organik kirlilik düşük seviyelerde olup evsel AAT'lerinin tamamlanmasıyla kirliliğinin önüne geçilmesi de kolay olacaktır. Aras Havzası'ndaki su kalitesiyle ilgili önemli sorunlar Bayburt Çayında organik kirlilik ve çözünmüş oksijenin azalması, Hasankale (Pasinler) Çayında düşük çözünmüş oksijen, Sarısu gölünde tuzluluk olarak sayılabilir. Havzada KOİ hiçbir istasyonda, BOİ ise çoğu istasyonda ölçülmez iken, BOİ ölçümlerinin yapıldığı istasyonlarda Sınıf I – Sınıf II'ye girmektedir. N parametreleri de Sınıf I-Sınıf II'ye girmekteyken, TP parametresi havzadaki istasyonlarda ölçülmemiştir.

Asi Havzası'ndaki istasyonlarda ağırlıklı olarak su kalitesinin Sınıf IV seviyesinde olduğu, diğer bir deyişle çok kirlenmiş su kalitesi özelliği gösterdiği söylenebilir. KOİ ve BOİ ağırlıklı olarak Sınıf I veya II'ye -temiz ve az kirlenmiş su sınıfına- girmektedir. Ancak Asi Nehri, Afrin Çayı ve Muratpaşa Çayı'nda BOİ parametresi yer yer Sınıf III'e, yani kirli su seviyesine düşmektedir. Önemli azot parametrelerinden $\text{NH}_4\text{-N}$, Asi Nehri, Afrin Çayı, Belen Çayı, Beyazçay (Bohşin Dere) ve Muratpaşa Çayında Sınıf IV, çok kirlenmiş su, Karasu Çayı, Büyük Karaçay Deresi ve Tahtaköprü Baraj Gölünde ise Sınıf III seviyesindedir. Havza genelinde $\text{NO}_2\text{-N}$ parametresi ağırlıklı olarak Sınıf IV, $\text{NO}_3\text{-N}$ ise Sınıf I olarak tespit edilmiştir. Toplam Fosfor parametresi ise havzadaki istasyonlarda ölçülmemiştir.

Batı Akdeniz Havzası'nda KOİ ve BOİ ağırlıklı olarak Sınıf I - Sınıf II kategorisindedir. Ancak, Mumcular ve Geyik Barajları çıkışlarında KOİ ve BOİ, Akgedik Barajı çıkışında ise BOİ parametresi açısından III. Sınıf olmaktadır. $\text{NH}_4\text{-N}$, havza genelinde Sınıf I - II iken, $\text{NO}_3\text{-N}$ parametresi havza genelinde Sınıf I karakterindedir. $\text{NO}_2\text{-N}$ parametresi, çoğu istasyonda I veya II. sınıfta olmasına rağmen, Çavdır Çayı, Dalaman Çayı, Namnam Çayı, Sarıçay, Kocadere, Esen Çayı ve Hamzabey Deresinde Sınıf III - Sınıf IV mertebesinde. TP parametresi ise çoğu istasyonda ölçülmemekle birlikte, Çavdır ve Dalaman Çayları ile Başpınar Kaynağında Sınıf II kalitesinde bulunmuştur.

Batı Karadeniz Havzası genel olarak değerlendirildiğinde Sınıf IV, III ve II düzeyindedir. Ancak özellikle demir, amonyum azotu, nitrit, toplam fosfor, çözünmüş oksijen, sodyum, klorür ve sülfat gibi parametreler nedeniyle bazı çaylarda su kalitesi kirli ya da çok kirlenmiş sınıfına düşmektedir. Havza KOİ ve BOİ parametreleri bakımından, ağırlıklı olarak Sınıf I (temiz) veya II'ye (az kirlenmiş) girmektedir. Ancak KOİ parametresi, Gerede Çayı Bahçedere'de Sınıf III'e (kirli su) düşmekte iken, BOİ parametresi ise Gerede Çayı, Büyüksu, Devrek Çayı, Markusa Deresi, Mudurnu Suyu, Ulusu Deresi ve Zonguldak Acılık Deresinde yer yer Sınıf III veya IV'e, yani kirli veya çok kirlenmiş su sınıfına kadar gerilemektedir.

Burdur Havzası, organik madde kirliliğini gösteren KOİ parametresi açısından, Burdur Çayı üzerindeki Burdur ve devamında Sınıf IV, diğer istasyonlarda ise Sınıf I olarak tespit edilmiştir. Azot kirliliğini gösteren $\text{NH}_4\text{-N}$ parametresi Burdur ve sonrasında Sınıf IV, diğer istasyonlarda Sınıf II, $\text{NO}_2\text{-N}$ tüm istasyonlarda Sınıf IV, $\text{NO}_3\text{-N}$ ise tüm istasyonlarda Sınıf I olarak kaydedilmiştir.

Büyük Menderes Havzası'nda, ana ve yan kolların çoğu su kalitesi ölçüm istasyonunda KOİ ve $\text{NH}_4\text{-N}$ parametrelerinin Sınıf II-III'e, $\text{NO}_2\text{-N}$ 'in Sınıf IV'e, $\text{NO}_3\text{-N}$ 'in ise Sınıf I'e girdiği tespit edilmiştir. Havzada su kalitesi açısından görülen en ciddi sorunlar, Gökpınar Çayı'nda Denizli'den kaynaklanan aşırı derecede organik madde, azot, pH ve ağır metal kirliliği ile oksijen azlığı, Çürüksu Çayı ve Büyük Menderes Nehri'nde Denizli-Sarayköy-Kuyucak hattından kaynaklanan organik madde ile azot kirliliğine eklenen tuzluluk problemi, Dokuzsele Deresi'nde (Banaz Çayı öncesi) Uşak'tan kaynaklanan aşırı derecede organik madde ve azot

kirliliği, tuzluluk ile oksijen azlığı; Gümüşçay'da ise önemli ölçüde tuzluluk, organik madde ve bor kirliliği olarak sıralanabilir.

Ceyhan Havzası'nda su kalitesi genel olarak organik maddeler, nitrat azotu ve inorganik parametreler açısından yüksek kaliteli su ya da az kirlenmiş su sınıfına girmekte, Ancak amonyum azotu cinsinden Kahramanmaraş sonrasında kirli su sınıfına dahil olmaktadır. Ayrıca havzada mineralli göl olması nedeniyle doğal olarak toplam çözünmüş madde, klorür, sülfat ve sodyum değerleri de yüzeysel su kirliliği açısından aşırı yüksektir. Havza KOİ parametresi açısından, genel olarak Sınıf I kalitesindedir. Ancak Kahramanmaraş'ın güneyinde endüstriyel deşarjlar sebebiyle Sınıf IV'e gerilemiştir. $\text{NH}_4\text{-N}$ parametresi bakımından Ceyhan'da Sınıf I, ve Sınıf III, kollarında ise Sınıf II olarak hesaplanmış olup Osmaniye Akça Çayında ise Sınıf IV'e yükselmektedir. Diğer azot parametreleri olan $\text{NO}_2\text{-N}$ açısından Sınıf III ve IV, $\text{NO}_3\text{-N}$ açısından ise Sınıf I mertebesinde bulunmuştur.

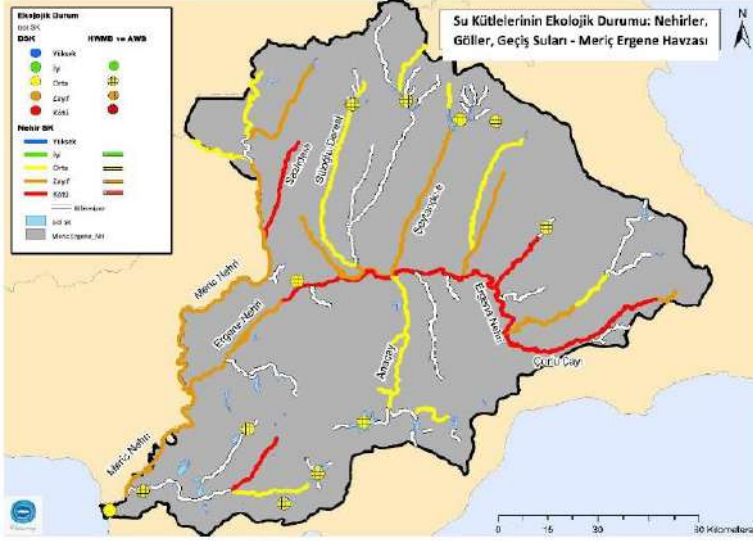
Çoruh Havzası su kalitesi açısından az kirlenmiş özellik göstermektedir. Havzadaki en önemli sorunlardan biri Murgul Çayı su kalitesinin bakır ve bazı ağır metaller açısından Sınıf III ya da IV, yani kirli ya da çok kirlenmiş sınıfına girmesidir. TP parametresinin Murgul Çayında çok kirlenmiş su, Çoruh Nehrinde kirli su kalitesinde olması gübrelerden kaynaklanan yayılı yüklerin etkisine bağlanabilir. Havza genelinde KOİ ve BOİ parametreleri, Sınıf I veya II'ye (temiz ve az kirlenmiş su) girmektedir. $\text{NH}_4\text{-N}$ yine Sınıf I veya II'ye girerken, $\text{NO}_3\text{-N}$ ise Sınıf I olarak tespit edilmiştir. Havza genelinde $\text{NO}_2\text{-N}$ parametresi Sınıf II ila III arasında değişmekte iken, Çoruh Nehrinde ağırlıklı olarak Sınıf III, Murgul Çayında ise Sınıf IV olarak tespit edilmiştir. TP parametresi ise havzadaki bazı istasyonlarda ölçülmüş, Çoruh Nehrinde Sınıf II ila III, Murgul Çayında ise Sınıf III ila IV (kirli ve çok kirlenmiş su) tespit edilmiştir.

Doğu Akdeniz Havzası su kalitesinin Sınıf II seviyesinde olduğu, diğer bir deyişle az kirlenmiş su kalitesi özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. KOİ ve BOİ parametreleri açısından Sınıf I yani temiz su kategorisine girmektedir. Azot parametreleri için değerlendirme yapıldığında havza su kalitesinin, $\text{NH}_4\text{-N}$ açısından Sınıf I veya II, $\text{NO}_2\text{-N}$ açısından Sınıf I, II veya III, $\text{NO}_3\text{-N}$ açısından ise Sınıf I'e girdiği tespit edilmiştir.

Doğu Karadeniz Havzası'nda birçok akarsuyun organik maddeler, amonyum ve nitrat azotu ve mikrobiyolojik açıdan temiz ya da az kirlenmiş özellik göstermektedir. Havzadaki en önemli sorun TP parametresinin havza genelinde kirli su seviyesine yol açması olarak görünmektedir. Bunun yanı sıra birçok derede pH ve çözünmüş oksijen de kirli su seviyesindedir. KOİ parametresi tüm su kalite gözlem istasyonlarında Sınıf I (temiz su) ve BOİ açısından da ağırlıklı olarak Sınıf I olarak belirlenmiş iken bazı istasyonlarda Sınıf II'ye (az kirlenmiş su) girmektedir. $\text{NH}_4\text{-N}$ ve $\text{NO}_3\text{-N}$ parametreleri ağırlıklı olarak Sınıf I iken bazı istasyonlarda ise Sınıf II'ye tekabül etmektedirler. Toplam Fosfor (TP) parametresi ise havzada ölçüm yapılan tüm istasyonlarda Sınıf III seviyesindedir.

Ergene Havzası 'nda KOİ ve BOİ parametreleri, Ergene Nehri, Çorlu Çayı ve Sazlıdere Olmuk çıkışında IV. Sınıfa girmektedir. Bunun yanı sıra BOİ parametresi Meriç Nehrinde ağırlıklı olarak Sınıf III'e, Karasaz su alma ağzında ise Sınıf IV'e karşılık gelmektedir. Bu iki parametre havzadaki diğer istasyonlarda ağırlıklı olarak Sınıf II mertebesinde. Önemli azot parametrelerinden $\text{NH}_4\text{-N}$, Meriç Nehri ve Çokal Barajı aks yerinde Sınıf III iken, Ergene Nehri ve Çorlu Çayı'nda Sınıf IV'e kadar düşmektedir. $\text{NH}_4\text{-N}$ parametresi havzadaki diğer istasyonlarda Sınıf II seviyesindedir. Ayrıca havza genelinde $\text{NO}_2\text{-N}$ parametresi Sınıf III veya IV, $\text{NO}_3\text{-N}$ ise Sınıf I olarak tespit edilmiştir. TP parametresi ise havzadaki hiçbir istasyonda ölçülmemektedir. Buna ilaveten Meriç-Ergene Nehir Havzası Yönetim Planı, 4 havza ile

birlikte (Büyük Menderes, Konya, Susurluk ve Gediz), SYGM tarafından tamamlanmış olup örnek bir ekolojik durumu gösterir harita aşağıda verilmektedir. Tüm havzalar için Nehir Yönetim Planlarının hazırlanması süreci henüz devam etmektedir (SYGM, 2019).

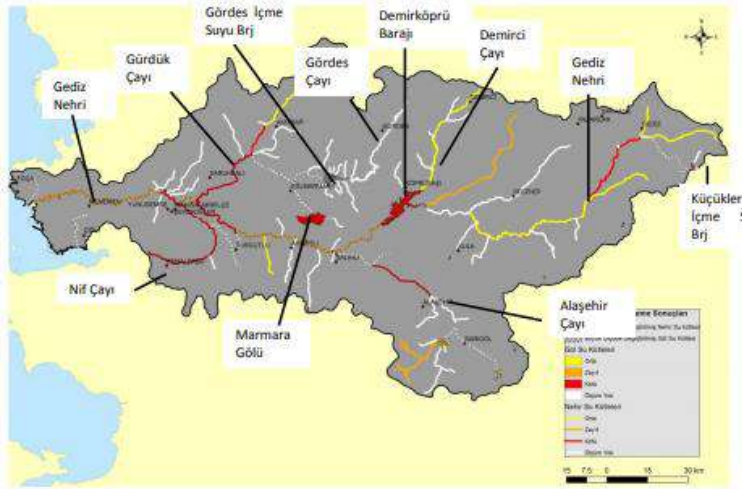


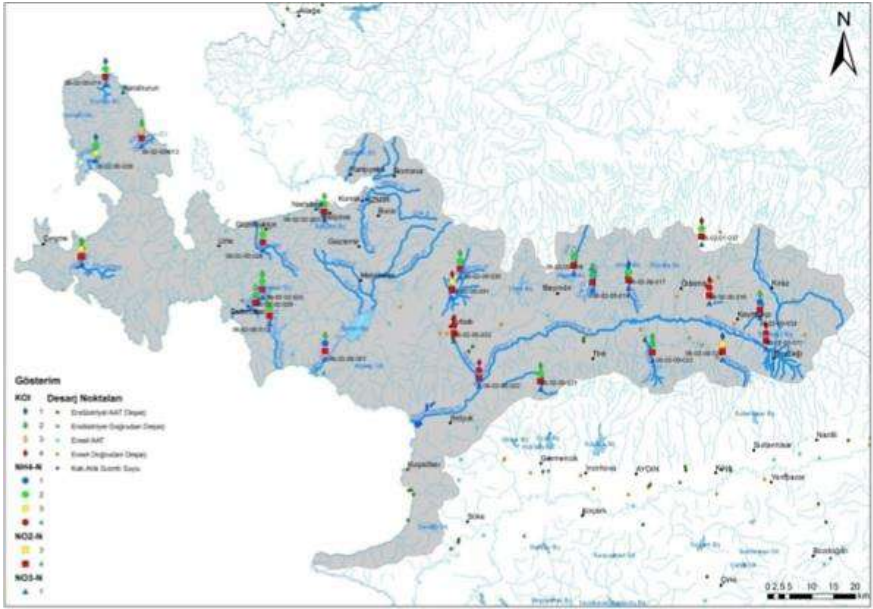
Şekil 9-19. Ergene Havzası Ekolojik Durum Haritası (SYGM, 2019)

Fırat-Dicle Havzası'nda, KOİ parametresi ağırlıklı olarak Sınıf I (temiz su) ya da Sınıf II (az kirlenmiş su) seviyesindedir. Bu parametre Nizip Çayı, Gaziantep OSB sonrası Samözü Deresi, Atatürk Barajını besleyen Şehir Deresi ve Eğriçay, Elazığ civarındaki Haringet Çayı ve Lülük Çayı'nda Sınıf IV; Sacır Suyu, Hancağiz Barajı çıkışında Akdere ve Atatürk Barajı'nı besleyen Sitalce Çayı'nda ise Sınıf III kalitesindedir. NH₄-N ise havza genelinde ağırlıklı olarak Sınıf I-Sınıf II kalitesinde olup Gaziantep OSB sonrasında ve Hancağiz Barajı çıkışında Sınıf IV olarak değerlendirilmiştir. Dicle Nehri havzasında ise NH₄-N Dicle Nehri'nde bazı noktalarda Sınıf III-IV iken, Dicle Nehri karışımı öncesinde bazı noktalarda Sınıf III, Ergani sonrasında ise Sınıf IV kalitesindedir.

Gediz Havzası'nda su kalitesinin ağırlıklı olarak Sınıf III ve Sınıf IV seviyesinde olduğu, diğer bir deyişle kirli ve çok kirlenmiş su kalitesi özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Havzada su kalitesi açısından en sıkıntılı akarsuların Gediz Nehri ve Nif Çayı olduğunu söylemek mümkündür. Gediz Nehri amonyum azotu, nitrit azotu, çözünmüş oksijen, pH ve renk parametreleri açısından çok kirli su (Sınıf IV) özelliği göstermektedir. Nif Çayı ise amonyum azotu, nitrit azotu, KOİ, BOİ, pH, renk, çözünmüş oksijen ve iletkenlik parametreleri açısından çok kirli su (Sınıf IV) seviyesindedir. Gediz Nehir Havzası Yönetim Planı ekolojik durum haritası aşağıda ayrıca verilmiştir (SYGM, 2019).

Kızılırmak Havzası, organik parametrelerden KOİ açısından Sınıf I ya da II'ye girerken, ana kol boyunca NH₄-N II ile IV, NO₂-N III ile IV, NO₃-N ise I ile II. sınıflar arasında değişmektedir. Toplam fosfor parametresi ise II ile IV. sınıflar arasındadır. Kızılırmak ana kolu A grubu parametreler açısından genelde IV.sınıfa girmektedir. Tuzluluğu gösteren sodyum, klorür, nitrit ve sülfat III-IV. Sınıf, toplam çözünmüş madde (TÇM) ise II ya da III. Sınıfa girmektedir. BOİ ve buna bağlı B grubu parametreler genelde bir alt sınıfa, bazı yerlerde de III. Sınıfa girmektedir. C grubu parametreler çoğunlukla III, bazı yerlerde II. Sınıfa girmektedir.





Şekil 9-21. Küçük Menderes Havzası Su Kalitesi Haritası (TÜBİTAK, 2014)

Marmara Havzası su kalitesi açısından görülen önemli sorunların başında İstanbul'daki Ömerli, Elmalı, Büyükçekmece Barajlarını ve Haliç'i besleyen derelerin azot, çözünmüş oksijen, toplam koliform, renk ve demir parametreleri açısından az kirli sınıfına girmesi gelmektedir. İznik Gölü'nü besleyen dereler ve gölü Marmara Denizi'ne bağlayan Gölöyağı, organik madde, azot ve fosfor açısından çok kirlenmiş durumdadır. Havza genelinde KOİ ve NH₄-N parametrelerinin Sınıf I'den IV'e kadar değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Diğer azot parametreleri olan NO₂-N genelde Sınıf III ya da IV'e girerken, NO₃-N ise çoğunlukla Sınıf I ya da II'ye girmektedir.

Sakarya Havzası'nda ana kol ve civarının kirli ya da çok kirli su kalitesine sahip olduğu söylenebilir. Sakarya Nehri özellikle Porsuk ve Ankara Çayları karışımı sonrasında organik madde, amonyum azotu, toplam fosforun yanı sıra iletkenlik ve SKKY'deki fiziksel inorganik parametreler, bor ve bazı metaller açısından kirli ya da çok kirli özellik göstermektedir. KOİ ve BOİ, Porsuk Çayı, Karasu Çayı ve Çarksuyu ile Kalburt Göksu Çayı ve onu besleyen derelerde ağırlıklı olarak Sınıf IV'e (çok kirlenmiş su) girmekte iken, Sakarya Nehri ve diğer kollarında ise ağırlıklı olarak Sınıf II (az kirlenmiş su) ya da Sınıf III (kirli su) seviyesindedir. NH₄-N ise Sakarya Nehri ve diğer kollarında genel olarak Sınıf II seviyesindedir. NO₃-N parametresi ise havza genelinde ağırlıklı olarak Sınıf I (temiz su) kalitesinde tespit edilmiştir. Toplam fosfor parametresi Sakarya Nehrinde Porsuk Çayı karışımı öncesinde Sınıf I-II iken, Ankara Çayı karışımı sonrasında ise Sınıf IV'e düşmektedir.

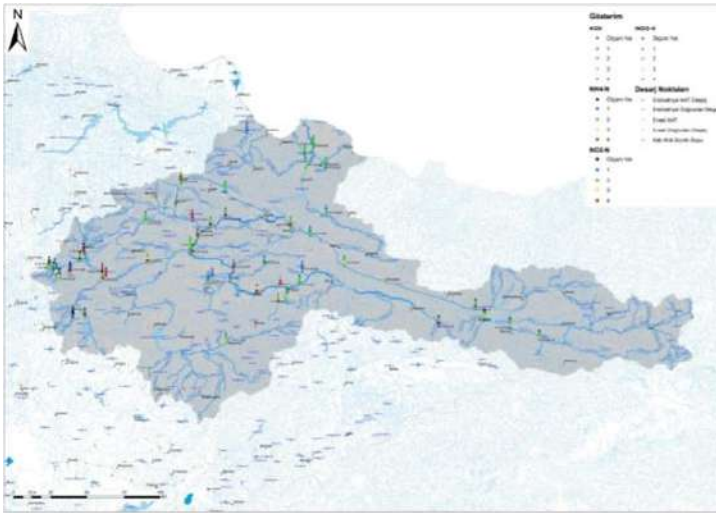
Seyhan Havzası, KOİ parametresi açısından genelde Sınıf I (Sınıf III olan Sarıçam Deresi hariç) olarak tespit edilmiştir. Zamanlı Irmağının Göktaş Barajı membaındaki kısmında KOİ ölçümleri yapılmamış olmakla birlikte, bu bölümde ırmağın BOİ açısından Sınıf II olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Adana sonrasında Seyhan Nehrinde BOİ Sınıf III'e düşmektedir. NH₄-N parametresi ise, kuzeyden besleyen çaylar ile Seyhan boyunca Adana'ya kadar Sınıf II veya III,

Adana'dan sonra Sınıf IV olarak hesaplanmıştır. Diğer azot parametreleri olan $\text{NO}_2\text{-N}$ açısından akarsular Sınıf III ve IV, barajlar Sınıf II, $\text{NO}_3\text{-N}$ (nitrat azotu) ise Sınıf I olarak bulunmuştur. Fosfor kirliliğini gösteren toplam fosfor da Sınıf II-IV olarak tespit edilmiştir.

Susurluk Havzası, Nilüfer Çayı'nda $\text{NH}_4\text{-N}$ 'in I-II, $\text{NO}_3\text{-N}$ 'in I, $\text{NO}_2\text{-N}$ 'in III-IV ve Toplam P'un III. sınıflara girdiği tespit edilmiştir. A grubu parametrelere göre su kalitesinin III ve IV'ncü sınıflara girdiği görülmektedir. Organik kirliliği gösteren BOİ parametresi genellikle II. Sınıf olup, TKN değerleri bazı yerlerde B grubunu III. Sınıfa çıkarmıştır. Özellikle $\text{NO}_2\text{-N}$ nedeniyle A grubu IV. Sınıf'a gerilemektedir. Susurluk Çaylarında KOİ genelde I-II. Sınıf, Balıkesir sonrası $\text{NH}_4\text{-N}$ IV. Sınıf, Simav Çayında II. Sınıf; $\text{NO}_2\text{-N}$ genel itibarıyla III-IV. Sınıf ve $\text{NO}_3\text{-N}$ Bigadiç öncesinde I.Sınıf, sonrasında ise III. Sınıf olarak tespit edilmişlerdir.

Van Gölü Havzası'nda, BOİ parametresi ağırlıklı olarak Sınıf II'ye yani az kirlenmiş su sınıfına girerken, önemli azot parametrelerinden $\text{NH}_4\text{-N}$ ise havza genelinde ağırlıklı olarak Sınıf II'ye, $\text{NO}_2\text{-N}$ parametresi Sınıf III ve IV, $\text{NO}_3\text{-N}$ ise Sınıf I'e tekabül etmektedir. Toplam Fosfor parametresi Van Gölü girişi, Van Gölü, Nazık Gölü çıkışı, Tatvan Kotum Deresi ve Sıhke Gölünde Sınıf IV, yani çok kirlenmiş su durumundadır.

Son olarak *Yeşilırmak Havzası*'nda (Şekil 9-22) yüzeysel su kirliliği açısından önem arz eden sorunların başında Tersakan ve Çorum Çayları'nın maruz kaldığı atıksu deşarjlarına bağlı yoğun organik madde ve amonyum azotu kirliliği gelmektedir. Özellikle Tersakan Çayı'nın Yeşilırmak'la birleşmesinden önce mansabına yakın olan Boğazköy mevkiinde, kayda değer organik madde kirliliği mevcuttur. Çorum Çayı'nda ise bunlara ek olarak çözünmüş oksijen, sülfat, toplam çözünmüş madde, sodyum, klorür, nitrat ve fosfat kirlilikleri de görülmektedir.



Şekil 9-22. Yeşilırmak Havzası Su Kalitesi Haritası (TÜBİTAK, 2010)

9.4 Yönetişim Çerçevesi

9.4.1 Kurumsal (İdari) Düzenlemeler

Türkiye, su sektörüne yönelik kurumsal, politika ve mevzuat çerçevesini yeniden düzenlemek üzere önemli adımlar atmaktadır. Geliştirilmiş yönetim, artan kurumsal kapasite ve atıksu yönetimine ilişkin altyapının iyileştirilmesi, Türk hükümetinin öncelikleri arasında yer almaktadır.

Merkezi yönetim ile mahalli idarelerin görevleri

Bakanlıkların su ile ilgili görev ve sorumluluklarının dağılımı, 2011 yılında yeniden düzenlenmiştir. Merkezi düzeyde Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB), Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) ve Sağlık Bakanlığı (SB), su sektöründen başlıca sorumlu kurumlardır (Şekil 9-23). TOB, su temini hizmetleri ile ilgili performans düzenlemesi ve izleme yaparken, ÇŞB ise atıksu yönetimi (sanitasyon) hizmetleri ile ilgili düzenleme ve izleme yapmaktadır. Sağlık Bakanlığı da, temin edilen su kaynakları ile yerleşim yerlerine dağıtılan içme/kullanma suyu kalitesi ve plaj suyu kalitesi ile ilgili standartların düzenleme ve izlemesini yapmaktadır. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı da karar verme sürecine iştirak etmektedir.

ÇŞB, atıksu arıtma tesislerine yönelik arıtma standartlarını belirleyip deşarj izinlerini vermekte ve atıksu tesislerinin performanslarını takip etmektedir. Ayrıca atıksu tarifelerini (Abone Hizmetleri Tarife ve Uygulama Yönetmeliği) ve mevzuatı düzenlemekte ve ilgili yatırımlar için faaliyet programı yürütmektedir.

TOB, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı için politikalar geliştirip su arzını düzenleyerek ulusal su yönetiminde eşgüdüm sağlamaktadır. TOB'a bağlı Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü ile Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) su kaynaklarının yönetimi konusunda en yetkili makamlardır.

DSİ Genel Müdürlüğü ülke genelindeki büyük su yapılarının (baraj, gölet, su temini, sulama ve taşkından koruma yapıları) planlama, yapımı ve işletimi ile yüzeysel/yeraltı suyu tahsisleri yapmakta ve nüfusu 100 bin kişi üzerindeki yerleşimlerin su temini projelerini geliştirmektedir.

2011 yılında kurulan SYGM, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir olması ve ilgili paydaşlarla birlikte nehir havza yönetim planlarının (NHYP) koordine edilip hazırlanması faaliyetlerini yürütmektedir. SYGM, ayrıca kentsel hassas bölgelerin ve nitrat bakımından hassas bölgelerin tespit edilip izlenmesinden sorumludur.

İl Bank

Türkiye'nin kalkınma ve yatırım bankası olarak görev yapan İl Bank (eski adıyla İller Bankası), belediyelere ödenek sağlayıp belediyelerin dış kredilerinin yönetiminde aracı olarak görev yapmaktadır. Büyük kısmı su temini ve atıksu yönetimi hizmetleri ile ilgili olan belediye yatırımları üzerinde de büyük bir etkisi bulunmaktadır. Banka ayrıca, tüm yerel yönetimlerin kredi itibarını ve kabul edilebilir borçlanma düzeylerini belirlemektedir.

Belediyelerin görev ve sorumlulukları

Belediyeler, su temini ve atıksu yönetimi hizmetlerinin yanı sıra yağmur suyu yönetimini de sağlamaktadır. İstanbul'daki su kıtlığı ve kanalizasyon sorunlarına pragmatik bir çözüm bulmak üzere 1981 yılında kentte yeni bir hizmet (Büyükşehir) modeline geçilmiştir. Bunun sonucunda, mülkiyeti belediyeye ait olan ancak bağımsız bir bütçesi olan bir kamu kuruluşu olarak Su ve Kanalizasyon İdaresi (SUKİ) kurulmuştur. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ)'ne, gerektiğinde uluslararası kredilerde kullanarak büyük çaplı su ve atıksu hizmeti yatırımlarını finanse etme görevi verilmiştir. Büyükşehir SUKİ'lerinin sayısı 2014 yılı öncesi 14'e ulaşmıştır.

Çizelge 9-5. Türkiye'de Su ve Atıksu Hizmetleri ile İlgili İdari Yapı

Kurum	Görevi	Sorumluluk Alanı
Büyükşehir Belediyeleri (SUKİ'ler)	Su Temini, Atıksu Pompalama Yağmursuyu Toplama ve Dere Islahları (İlçe Belediyeleri İle Birlikte)	İl Sınırları İçİ (Köyler Dahil)
Diğer İl ve İlçe Belediyeleri (Su Kanalizasyon Müdürlükleri)	Su Temini, Atıksu Pompalama, Arıtma ve Uzaklaştırma Yağmursuyu Toplama	Belediye Sınırları İçİ
İl Özel İdareleri	Su Temini, Atıksu Toplama, Arıtma ve Uzaklaştırma	Belediye Sınırları Dışı (Köyler)
DSİ Genel Müdürlüğü	Büyük Su Temini Projeleri	N> 100.000 Yerleşimler
İller Bankası AŞ	Su Temini ve Atıksu Projeleri, Proje/ Yatırım Finansmanı	Belediyeler

2014 yılına gelindiğinde 6360 sayılı Kanun'la Türkiye'de belli başlı illerdeki küçük belediyeler birleştirilerek 16 yeni büyükşehir belediyesi oluşturulmuş ve her biri için bir SUKİ kurulmuştur. Büyükşehir belediyelerinin (toplam 30 belediye) hizmet alanı, bütün ili kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Bunun sonucunda 30 SUKİ , nüfusun %77'sine su ve atıksu hizmet verir hale gelmiştir (Çizelge 9-5) (Dünya Bankası, 2016a). Büyükşehir statüsü bulunmayan diğer belediyeler, su temini ve atıksu hizmetlerini bir belediye birimi (Su ve Kanalizasyon Müdürlükleri) üzerinden vermektedir (847 belediye, nüfusun %16'sı). Belediyenin sorumlu olmadığı alanlarda ise hizmetler, ilgili il özel idareleri tarafından verilmektedir (kırsal nüfus yaklaşık 5 milyon) (TÜİK, 2014).

Hizmet alanları dışında da olsa drenaj ve su havzalarının korunmasından SUKİ'ler sorumludur. SUKİ yönetiminde Genel Kurul, yönetim kurulu ve denetçiler görev almaktadır. Büyükşehir Belediye Meclisi, SUKİ'nin Genel Kurulu olarak görev yapmaktadır. Beş yıllık yatırım planı, su/atıksu tarifeleri ve yıllık yatırım programlarının incelenmesi ve onaylanması, Genel Kurul'un önemli sorumlulukları arasında yer almaktadır.

9.4.2 Ulusal / Yerel Düzeyde Kurumlar Arası Eşgüdüm ve Yaşanan Sorunlar

Türkiye'de su yönetimi, pek çok kamu kurumu arasında paylaştırılmıştır (Çizelge 9-6). Bu kurumların her biri, su kirliliğinin kontrolü ve yönetimi ile ilgili plan, izleme sistemleri ve düzenleyici önlemler geliştirmiştir. Kurumların çakışan faaliyetlerinin yanı sıra, özellikle su kalitesi izlemenin kapsamında önemli boşluklar bulunmaktadır.

Çizelge 9-6. Türkiye'deki Su Yönetimi ile İlgili Ana Kurum ve Kuruluşlar

Kurum/Kuruluşlar	Sorumluluklar
Dışişleri Bakanlığı	<i>Sınır aşan ve sınır oluşturan sular, uluslararası sözleşmeler</i>
Tarım ve Orman Bakanlığı	<i>Su kaynakları yönetimi, politika belirleme, su yönetiminin ulusal ve uluslararası düzeyde koordinasyonu, nehir havza yönetim planlarının hazırlanması, yeraltı ve yüzeysel suların kalitesinin izlenmesi, sektörel su tahsisi, içme, sulama ve kullanma suyu getirme ile atıksu arıtma tesisleri proje, ihale ve yapım işleri, finansman, Ulusal Su Bilgi Sistemi'nin oluşturulması, Tarımda suyun etkin ve verimli kullanımının sağlanması, iç suların farklı maksatlarla (içme suyu, sulama, enerji vb.) kullanımı durumunda su ürünlerinin korunması için tedbirlerin alınması, sularda tarımsal kaynaklı yayılı kirliliğin izlenmesi, yaptırım, destekleme</i>
Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü	<i>25 Bölge Müdürlüğü ile su yönetimi, su kaynaklarının değerlendirmesi ve analizi, nehir havzasının geliştirilmesi, su ve atıksu arıtma tesislerinin planlanması, inşası ve finansmanı, yerüstü ve yeraltı sularının korunması, yeraltı suyunun tahsisi ve kayıt altında tutulması, sel kontrolü, sulama, evsel su arzı, hidroelektrik enerjisi ve çevre ile ilgili tetkik, planlama, tasarımı, inşaa ve işletme</i>
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	<i>Çevre mevzuatının uygulanması ve denetiminin yapılması, denetim, yaptırım, izleme (kısmi), ÇED, finansman, proje izni, arıtma tesisi onayı, içme ve kullanma suyu ile atıksu arıtma tesisi proje, ihale ve yapım işleri, finansman, Ulusal CBS politikasının tespit edilmesi, su ile ilgili istatistiklerin üretimi</i>
İlbank A.Ş.	<i>İçme suyu arzı ve arıtımı, kentsel atıksu arıtımı ile ilgili bayındırlık işlerinin tasarlanması ve finansmanı</i>
Sağlık Bakanlığı	<i>İçmesuyu ve yüzmeye suyu kalite izlemesi, çevre ve halk sağlığı ile ilgili tedbirlerin alınması, içilecek ve kullanılacak nitelikte su temini, kanalizasyon ve mecrâ tesisatı ile ilgili sağlık düzenlemelerinin yapımı ve denetimi</i>
İçişleri Bakanlığı (İl Özel İdaresi ve Köylere Hizmet Götürme Birlikleri)	<i>Belediye sınırları dışındaki yerleşimlere içme suyu, sulama, kanalizasyon ve atıksu arıtma hizmetlerinin sağlanması</i>
Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	<i>Standart belirlenmesi, teknoloji takibi, OSB'ler</i>
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	<i>Enerji yatırımları ve maden işleri</i>
Kültür ve Turizm Bakanlığı	<i>Turistik bölgelerde içme suyu temini, kentsel atıksu ve atık bertarafı hizmetlerinin verilmesi</i>
Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı	<i>Liman, barınak ve bunlarla ilgili teçhizat ve tesisleri, kıyı koruma yapıları, kıyı yapı ve tesislerinden, her türlü kamu kurum ve kuruluşu, belediye, il özel idaresi, tüzel ve gerçek kişilerce yaptırılacak olanların, proje ve şartnamelerinin incelenip tasdik edilmesi</i>
Büyükşehir Belediyeleri ve diğer belediyeler	<i>Kentsel alanlarda içme suyu, yağmur suyu ve atıksu sistemlerinin planlanması, inşası ve işletimi</i>
Su Kullanıcı Kuruluşları (Sulama Birlik ve Kooperatifleri)	<i>Sorumluluklarındaki tesislerin işletimi, bakımı ve yönetimi</i>
Araştırma Kuruluşları (Üniversiteler, SUEN, TÜBİTAK, Su Enstitüleri, STK'lar)	<i>Su ile ilgili araştırmaların yapılması ve veri üretimi</i>

Türkiye’de merkezi yönetim, su ve atıksu yönetiminin dağınık yönetim düzenini değiştirmek üzere adımlar atmaktadır. Bu doğrultuda sektörler arası eşgüdüm ve işbirliği sağlamak, bütünsel bir havza yönetim yaklaşımı benimsemek, Türkiye’nin ulusal hedeflerine ulaşması ve uluslararası taahhütlerini yerine getirmesi adına strateji ve planlar geliştirip önlemler almak için Tarım ve Orman Bakanlığı koordinasyonunda Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu oluşturulmuştur. Her bir Nehir Havzası Yönetim Planı (NHYP)’na yönelik önlemler programı, onaylanmak üzere Su Yönetimi Genel Müdürlüğü üzerinden kurula iletilmektedir (Şekil 9-23).

Şekil 9-23'te en genel haliyle verilen, Türkiye'deki Su Yönetimi idari yapılanmasından da görüldüğü üzere, "3046 sayılı Kanun ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Hükmünde Kararname" (KHK) ile Bakanlıkların yeniden yapılandırılması sonrası, özellikle suyla ilgili izin ve denetimler başta olmak üzere bazı görevlerin ÇŞB'de kalması, su yönetimi hizmetlerindeki arzu edilen bütünleşik yapıyı zedelemiştir. Bu yüzden, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) ile Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) faaliyet alanlarının, AB Su Çerçeve Direktifi (SÇD) ile uyumlu, havza bazında bütüncül su yönetimine imkan verecek biçimde Su Kanunu kapsamında yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

Atıksu Deşarjlarının İzlenmesi

Büyükşehir Belediyeleri (hizmet alanı içinde):

- Atıksu kanal şebekesine bağlı endüstriyel deşarjların izlemesi Su ve Kanalizasyon İdareleri'nce,
- Atıklarının doğrudan alıcı ortama deşarj eden endüstriyel tesislerin izlenmesi İl Çevre ve Şehircilik Müdürlükleri'nce,
- Belediye Kentsel AAT deşarjlarının izlenmesi İl Çevre ve Şehircilik Müdürlükleri'nce yürütülmektedir.

Büyükşehir hizmet alanı dışındaki ve diğer belediyelerde evsel ve endüstriyel AAT deşarjları İl Çevre ve Şehircilik Müdürlükleri'nce izlenmektedir.

Alıcı Ortam Su Kalitesinin İzlenmesi:

Kıta içi su kaynakları (akarsu, göl, baraj, sulak alan ve yeraltı suları) akım, içme/kullanma ve sulama suyu kalitesi izlemesi:

- Nehir havzaları/göllerde Tarım ve Orman Bakanlığı,
- DSİ Bölge Müdürlükleri,
- Bazı Büyükşehir Su ve Kanalizasyon İdareleri (Barajlarda),

Kıyı (plaj), haliç ve geçiş sularında su kalitesi izlemesi:

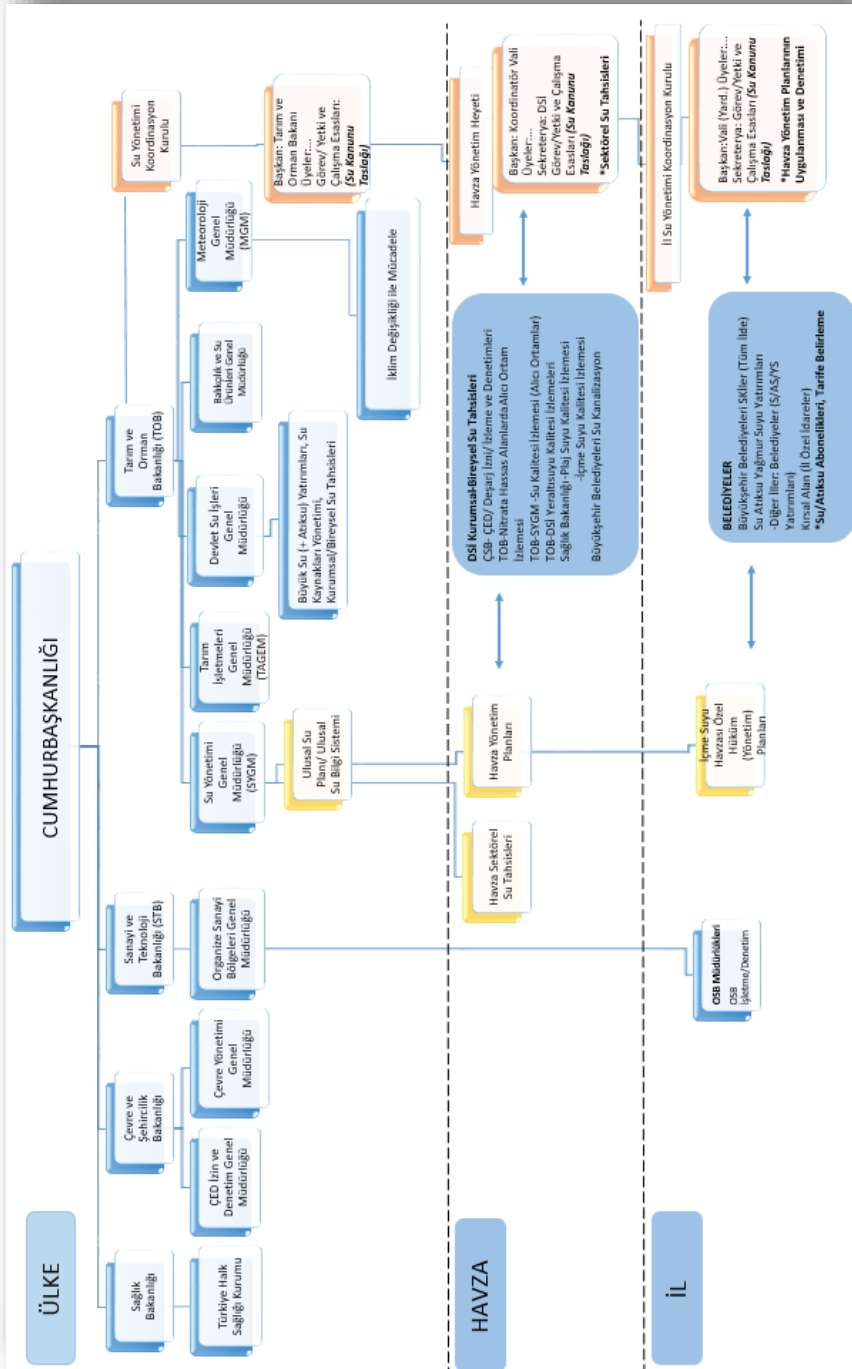
- TOB Su Yönetimi Genel Müdürlüğü,
- Bazı Büyükşehir Belediyelerinin SUKİ'leri (İSKİ, İSU, vb),
- İl Sağlık Müdürlükleri/İl Hıfzıssıhha Laboratuvarları

Su Ürünleri Üretimi yapılan sularda kalite izlemesi; Tarım ve Orman Bakanlığı Su Ürünleri Bölge Müdürlüğü,

İçme suyu şebekelerinde su kalitesi izlemesi:

- İl Sağlık Müdürlükleri,
- İl Hıfzıssıhha Müdürlükleri,
- Büyükşehir SUKİ'leri,

Tarım/hayvancılık faaliyetleri sonucu oluşan nitrat kirliliğinin izlenmesi, Tarım ve Orman İl Müdürlükleri'nce yapılmaktadır.



Şekil 9-23. Türkiye Su Yönetiminin Kurumsal Çerçevesi

Deşarj İzni/Cezai Yaptırımları Uygulama:

Deşarj standartlarının aşılması durumunda gerekli yaptırım, deşarj iznini veren kurumların üst düzey yöneticilerinin (Vali veya Büyükşehir Beeldiyesi Başkanı) onayı ile uygulanmaktadır.

- Büyükşehir görev alanı dahilinde: Büyükşehir SUKİ – Ruhsat Denetim ve Kontrol Daire Başkanlığı, Büyükşehir Atıksu Arıtma Tesislerine İl Çevre ve Şehircilik Müdürlükleri (Valilik onayı ile);
- Diğer Belediyelerde: İl Çevre ve Şehircilik Müdürlükleri / Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (Valilik/Kaymakamlık onayı ile).

Mevcut izleme sistemiyle ilgili olarak öne çıkan bazı hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Deşarj standartları alıcı ortamın su (kalitesi) durumu ile yeterince ilişkili değildir. Özellikle sudaki tehlikeli maddeler, renk ve biyolojik durum ile ilgili sorunlar yaşanmaktadır.
- AB Kentsel Atıksuların Arıtılması Direktifi'nin uygulanmaya başlanması (ÇŞB Kentsel Atıksuların Arıtılması Yönetmeliği) özellikle kentsel AAT deşarjlarından gelen noktasal yüklerin kontrolü ve Hassas Bölgelerin Korunması bakımından çok önemli bir adım olmuştur.
- Mevcut su ve atıksu yönetimi mevzuatı (öncelikle Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği) ile kurumsal ve teknik altyapısının, çıkarılacak Su Kanunu ve AB Su Çerçeve Direktifi ile uyumlu biçimde Entegre Havza Yönetim anlayışına göre yeniden yapılandırılması çalışmalarının sürdürülmesi gerekmektedir.
- Suyla ilgili izin, izleme, denetim ve yaptırım faaliyetlerinin, oluşturulacak Türkiye Su Ajansı yapılanması altında çok daha hızlı ve etkin biçimde yürütülmesi sağlanabilir.

9.4.3 Düzenleyici Çerçeve

Yönetmelikler ve Standartlar

Son döneme kadar su kirliliği denetimi ve kentsel atıksu arıtma düzenlemelerinde biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve askıda bulunan toplam katı maddeler (AKM) için farklı arıtma standartları söz konusu olmuştur. Bu durum, su hizmeti veren devlet kurumlarının ve özel işletmecilerin her bir parametre ile ilgili olarak iki yönetmeliğe de uyum sağlayabilmek için aralarından daha katı koşulları olanı seçmelerine neden olmuştur. Bu mesele, kentsel atıksu deşarjlarının sadece Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği'ne tabi hale geldiği 2018 yılında ele alınmıştır.

ÇŞB, su kütlelerinin ötrofikasyonunu önlemek adına en az 50.000 nüfusa sahip yerleşim yerleri için ikincil arıtma tesislerinde nitrojen ve fosfor giderme koşulunu getirecek güce sahiptir. Bu doğrultuda Türkiye, kara ve kıyı bölgelerini ötrofikasyon bakımından “hassas” veya “potansiyel olarak hassas” alanlar olarak belirlemiştir. Türkiye, ötrofikasyon tehlikesiyle karşı karşıya olan su kütlelerini tespit etmiştir. Ayrıca, AB Kentsel Atıksu Arıtma ve Nitrat Direktifleri'nin ilgili hükümleri ulusal mevzuata aktarılmıştır.

NHYP'lerin, atıksu toplama ve arıtma dengelerini gözetmesi gerekmektedir. Nütrient giderim koşulları, daha karmaşık ve pahalı arıtma sistemleri gerektirmektedir. Bu koşullar, elektrik ve kimyasal maliyeti nedeniyle işletme ve bakım masraflarını %40'a kadar artırabilmektedir.

TOB, tarifelerin yapısı ve düzeyi dahil olmak üzere su temini ve kanalizasyon hizmetlerine yönelik olarak karşılaştırmalı bir sistem kurulması için ilk adımlarını atmıştır. Bu çalışmalar, sürdürülmeye ve artırılmaya değerdir. Bu tür bir sistem, su temini ve sanitasyon hizmeti veren kuruluşların gerçek performanslarını ve hizmet maliyetlerini takip etme imkanı da sağlayacaktır. Bu da, sektör politikaları ve programlarının etkisini değerlendirme ve tarifeler ile kamu yatırımları için kamunun hesap verme sorumluluğunu yerine getirme anlamında kritik öneme sahiptir.

9.5 Politikalar ve Araçlar

9.5.1 Kilit Stratejiler ve Politika Hedefleri

Türkiye, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarını planlama belgeleriyle bütünleştirmeye başlamıştır. Onbirinci Ulusal Kalkınma Planı'nda, su kaynaklarının sürdürülebilir şekilde kullanımı ve etkin yönetimine ilişkin net amaçlar ve hedefler yer almaktadır. Bu plan, su ve sanitasyon mevcudiyet durumu ve sürdürülebilir şekilde kullanımına ilişkin 6. Amaç ile uyumludur. Planda, şehirlerde sanitasyon ve atıksu arıtma altyapısının iyileştirilmesine ve arıtılan atıksuların yeniden kullanımının teşvik edilmesine vurgu yapılmaktadır. Plan, ayrıca havza bazında planlama, nicelik ve nitelik önlemlerinin bütünleştirilmesi, farklı devlet kurumları arasında eşgüdümün geliştirilmesi ve su verimliliğinin artırılmasını da kapsamaktadır. Su sektöründe bütünlük planlama ve karar verme süreçlerine destek olmak üzere su ile ilgili tüm verilerin, Ulusal Su Bilgi Sistemi'nin yaygınlaştırılması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması beklenmektedir.

Ulusal Havza Yönetim Stratejisi de, havzaların sürdürülebilir şekilde yönetimine ilişkin politikalar belirlemeyi amaçlamaktadır. Söz konusu strateji, ilgili kurumlara ilişkin hedefleri tanımlayıp kamu ve özel sektör, STK'lar ve bilim kuruluşları arasında eşgüdümüne destek olmaktadır. Türkiye, "hassas su kütelleri, kentsel hassas alanlar ve nitrat bakımından hassas alanlar" olarak tanımlanan 25 hidrolojik havza tespit etmiş ve her biri için nehir havzası koruma eylem planını (NHYP'nin öncüsü) tamamlamıştır. Tüm havzalar için 2023'e kadar NHYP geliştirilmesi beklenmektedir.

Su yönetiminden sorumlu birçok kuruluş, su temini ve sanitasyon hizmetlerinin gelişimi ile ilgili kendi strateji veya planlarını geliştirmiştir. Ulusal Havza Yönetimi Stratejisi, Havza Koruma Eylem Planları, Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi ve Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı, bu çalışmalar arasında yer almaktadır. Bunların yanında, su kaynaklarının teknik, ekonomik, ekolojik ve sosyal ihtiyaçlara ve uluslararası yükümlülöklere en uygun şekilde yönetilmesini sağlamak üzere ulusal su politikasının ana unsurlarını kapsayan en üst ölçekteki plan olan Ulusal Su Planı, Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu tarafından Mayıs 2019'da onaylanarak yürürlöğe girmiştir.

ÇŞB, atık ve sanitasyon hizmetlerine ilişkin bir yatırım önceliklendirme çalışmasını tamamlarken TOB da, yerleşim yerlerine ilişkin bir İçme Suyu Eylem Planı hazırlamıştır. Her iki sektör için de fon tahsis kararları, Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından alınmaktadır.

Onbirinci Ulusal Kalkınma Planı, 2023 yılına ilişkin sanitasyon hedefleri belirlemiştir. Öncelikle "kanalizasyon hizmeti verilen belediye alanlarındaki nüfusun belediye alanlarındaki toplam nüfusa oranının" %95 olması hedeflenmektedir. İkinci olarak ise "bir atıksu arıtma

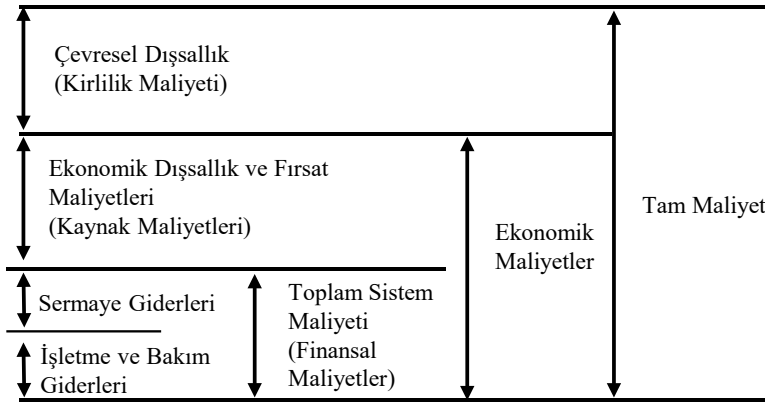
tesisinin hizmet verdiği belediye alanlarındaki nüfusun belediye alanlarındaki toplam nüfusa oranının” % 80 olması hedeflenmektedir (SBB, 2019).

9.5.2 Ekonomik Araçlar ve Teşvikler

Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yaşayan milyarlarca insan yeterli içmesuyu ve sanitasyon hizmetlerine erişim sağlayamamaktadır. Bu ülkelerde hükümetler ve su hizmeti sağlayıcıları mevcut varlıklarının yenilenmesini hızlandırmak, altyapılarını iklim değişikimine uyumlu hale getirmek ve daha sıkı sağlık ve çevre standartları uygulamak durumundadır. Bu durum, su ve atıksu hizmetleri için küresel düzeyde yapılması gereken acil ve çok büyük çaptaki yatırım ihtiyacını gerekli kılmaktadır.

Su sektöründe hizmet giderlerinin finansmanı temel olarak üç şekilde sağlanır (*3T kuralı*): Tarifeler (*Tariffs*), Genel Bütçeden Vergiler/Sübvansiyonlar (*Taxes*) ve/veya Uluslararası veya Mahalli Hibe Kuruluşlardan Hibeler (*Transfers*). Kredi ve hisse senedi (tahvil) ihracı gibi başka finansman kaynakları bulunsa da bunların geri ödemesi tarife, vergi veya hibe kaynaklarından biri ya da bunların kombinasyonu yoluyla sağlanmak durumundadır (OECD, 2009).

Su hizmetlerinin sürdürülebilir şekilde yürütülmesini sağlamak bakımından su hizmetlerinin finansmanın tarife gelirleri yoluyla karşılanması esas olmalıdır. “Kullanan ve kirlüten öder” ilkesi gereği su hizmetlerinin fiyatlandırılmasında, su kullanımının çevresel ve ekonomik negatif dışsallıkları da dikkate alınmalıdır. Buna göre fiyatlandırmada optimal ekonomik çözüm; su ve atıksu hizmetlerinin (i) toplam sistem maliyetini, (ii) su kaynaklarının kaynak maliyetini ve (iii) kirlilik maliyetlerinin hesaba katılarak tam maliyetin karşılanmasıdır (Şekil 9-24).



Şekil 9-24. Tam Maliyet Karşılanmasında Maliyet Bileşenleri (Agarwal vd., 2000)

Toplam sistem maliyeti; su hizmetlerinin verilmesinde katılan ve finansal nitelikteki yatırım ve işletme giderlerinin toplamını ifade ederken, kaynak maliyeti su kaynaklarının kısıtlı olduğu ve başka maksatlar için de kullanılabileceği gerçeği dikkate alınarak buna dair hesaplanan fırsat ve ekonomik dışsallık maliyetlerini içerir. Kirlilik maliyeti ise su temin hizmetlerine bağlı olarak doğaya salınan kirleticiler yoluyla oluşan çevresel dışsallık maliyetidir.

Bazı ülkeler su çekimi vergisi, su kirliliği vergisi gibi farklı şekillerde ücretlendirme yaparak finansal maliyetler dışındaki ekonomik ve çevresel maliyetleri de karşılamayı amaçlamaktadır (Çerçeve 9-3).

Su hizmeti maliyetlerinin karşılanması adına başta su ücretlendirmesi olmak üzere ekonomik araçlardan yararlanılması gerekmektedir. Ekonomik araçların, çeşitli kullanıcı gruplarına göre sürdürülebilir su kullanımı ile ilgili teşvikler sağlama ve gelirleri artırma gibi iki işlevi bulunmaktadır. Gelirlerin artırılması, su altyapısının işletme, bakım ve yeni yatırımlar için finansmana ihtiyaç duyduğu Türkiye’de bilhassa önemlidir. Uluslararası iyi uygulamalar, ekonomik araçların konuya özel tek bir hedefe yönelik olarak tasarlandığında en iyi sonuçları verdiğini göstermektedir (Çerçeve 9-3).

Türkiye, suyu ücretlendirirken maliyetin tam manasıyla karşılanmasına yönelik adımlar atma konusunda karardır. 2010 tarihli Atıksu Altyapı Tesisleri Tarifelerinin Belirlenmesinde Uyulacak Usul ve Esaslara İlişkin Yönetmelik uyarınca atıksu ücretleri, maliyetini karşılama esasına göre belirlenmektedir. Çevre Kanunu’nda “kirleten öder” ilkesine yer verilmektedir. Bu ilke doğrultusunda kirleten tarafın, ya gerekli temizliği yapması ya da temizlenmesi için ÇŞB’nin çıkardığı masrafları karşılaması esastır.

Çerçeve 9-3. Fransa’da Uygulanan Su Vergileri

Fransa’da su işlerinden sorumlu kurumlar, 2008 yılından bu yana aşağıdaki kategoriler kapsamında yedi çeşit vergi uygulamaktadır:

- **Su kirliliği vergisi**, haneler için fatura edilen yıllık su hacmine, besiciler için sürü büyüklüğüne, sanayi kuruluşları içinse yıllık deşarj hacmine bağlıdır.
- **Kanalizasyon sistemi vergisi**, bu sistemin tüm kullanıcıları tarafından ödenmekte olup temin edilen içme suyu hacmine bağlıdır.
- **Yayılı tarımsal kirlilik vergisi**, pestisit satan perakendeciler tarafından ödenmekte olup, vergi oranı maddenin toksik düzeyine göre değişiklik gösterir.
- **Su kaynaklarının çekilmesi vergisi**, yıllık çekilen su hacmine göre bütün su kullanıcıları tarafından ödenmektedir. Oranlar, su kullanımına ve su kütlesine bağlıdır.
- **Düşük seviyede suyun bulunduğu dönemlerde depolama vergisi**, su deposu sahipleri tarafından ödenmektedir.

• **Nehir üstü engeller vergisi**, nehrin akış profili gibi özelliklerini değiştirebilecek su kemerlerine benzer yapılar için uygulanmaktadır.

• **Su ortamının korunması vergisi**, balıkçılar tarafından sendikaları aracılığıyla ödenmektedir.

2012 yılında yerel yönetimlere, kentsel yağmur suyu yönetimini finanse etmek için vergi koyma yetkisinin verilmesi, Fransa’da sekizinci su yönetimi vergisinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

Ayrıca Fransa, politika hedeflerini sağlayabilmek için bazı değişiklikler planlamaktadır. Örneğin son dönemde yerel yönetimlere, sızdırmaz yüzeylerin şiddetli yağmur ve hızlı debi gibi sebeplerle genişlemesini engellemek ve yağmur suyu yönetim maliyetlerini finanse edecek kaynakları artırmak için geçirimsiz yüzeyleri ücretlendirme imkanı sunulmuştur.

Kaynak: OECD, 2012.

9.5.3 Bilgi Temelli Araçlar

Türkiye’nin mali su hesabı veya hibrit su hesabı bulunmamaktadır. Suyun ekonomik açıdan değerlendirilmesi ve su tahsisi ile ilgili stratejik kararlar alırken bunun göz önünde bulundurulması, su sektöründe bilinçli kararlar verilmesi adına önemli bir adım olacaktır (OECD, 2019). Parçalara ayrılmış bir izleme sistemi, kentsel atık yönetim performansının değerlendirilmesini sektöre ugratmaktadır.

Sürekli Atıksu İzleme Sistemleri Tebliği'nde (2015), kapasitesi 10.000 m³/gün veya üzerinde olan atıksu arıtma tesisleri için internet üzerinden izleme faaliyetlerine yönelik usuller belirlenmiştir. Çevrimiçi izleme istasyonları aracılığıyla yedi parametre (pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, debi, iletkenlik, KOİ ve AKM) ölçülmektedir. Tesislerden gerçek zamanlı olarak izleme sonuçları alınıp veriler merkezi bir sistemde kaydedilmektedir.

9.5.4 Su Hizmeti Veren Kamu Kurumlarının Performansı

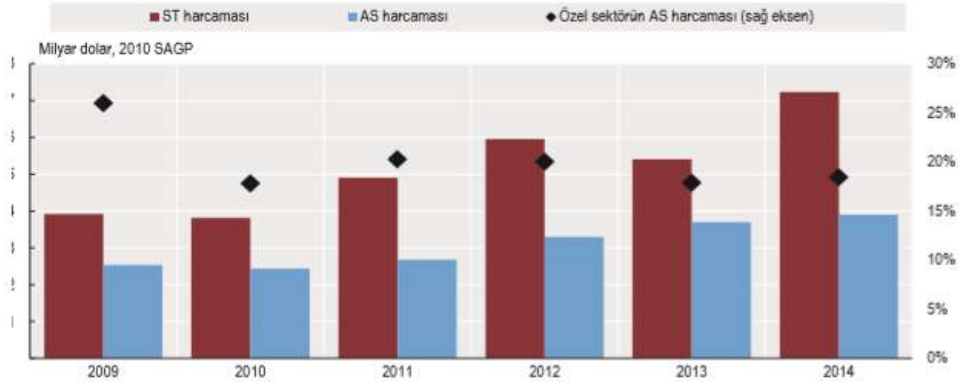
TOB'na bağlı SYGM, bu noktada karşılaştırmalı bir sisteme geçmiştir. Belediyelerin ve su kanalizasyon idarelerinin su kayıpları konusunda TOB'na her yıl bildirimde bulunmasını ve bu raporları bir yıl süreyle internette yayımlamalarını gerektiren tüzük, doğru yönde atılmış bir adım niteliğindedir.

Türkiye'deki 30 Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi, Türkiye Su Enstitüsü (SUEN) tarafından kapsamlı bir mukayeseli değerlendirme (benchmarking) analizine tabi tutularak, mali, idari ve çevresel vd. performansları belirlenmiştir. İlkine ait raporun 2017 yılında yayımlandığı bu çalışmanın 2 yıllık dönemlerle sürdürülmesi planlanmıştır (SUEN, 2017; SUEN, 2019), (Çerçeve 9-4).

9.6 Yatırım ve Finansman

9.6.1 Yatırım İhtiyaçları

Su hizmeti veren kuruluşların harcamaları, 2009-2014 döneminde hızla artmıştır (Şekil 9-25). Özel sektörün (özel işletmeciler ve yerel ticari finans kuruluşları) atıksu yönetiminin harcama finansmanı (örn; yap-işlet-devret projeleri) ile ilgili görevi, su temini ile ilgili görevinden daha önemlidir. Atıksu ağının genişletilmesi ve yeni atıksu arıtma tesislerinin devreye alınması nedeniyle harcamalar artmasına rağmen özel sektörün katılım payı, yaklaşık %20 ile sabit kalmıştır. Buna karşın su temini harcamaları, %100 kamu finansmanıya karşılanmaktadır.



Şekil 9-25. Su Temini ve Atıksu Arıtma Harcamaları (OECD, 2018)

Öngörülen su altyapı yatırım ihtiyaçları için sanayi, tarım ve kentsel altyapı dahil olmak üzere AB çevre müktesebatı ile uyum için gereken yatırım maliyetinin ne olduğuna yönelik olarak 2006 yılında yapılan tahmin, yaklaşık 110 milyar TL olmuştur (2017 kuruyla 17,6 milyar dolar). Su ve atıksu sektörlerinin, diğer sektörlerle oranla bilhassa yüksek sermaye yatırım maliyeti

bulunmaktadır. Su ve atıksu sektörüne yönelik toplam yatırımın, 2023 yılına kadar yaklaşık 9,8 milyar dolar olacağı öngörülmektedir (ÇŞB, 2016).

Kentsel atıksu altyapısı için 2023 yılına kadar yapılacak yatırımların toplam maliyetinin ise 27,5 milyar TL (2017 itibarıyla 4,4 milyar dolar) olacağı öngörülmektedir. Son dönemde yapılan bir çalışmada, Türkiye'nin AB Kentsel Atıksu Arıtma Direktifi'ne uyum sağlaması için 5,4-6,6 milyar dolar ek yatırım gerekeceği öngörülmüştür (Dünya Bankası, 2016a).

Çerçeve 9-4. Büyükşehir Su ve Kanalizasyon İdarelerinde Mukayeseli Değerlendirme (Benchmarking) Çalışması (SUEN, 2019)

Türkiye Su Enstitüsü (SUEN), su sektörünün çalışma, bilgi üretimi ve istatistiksel faaliyetlerini takip etmek, daha iyi bir su yönetişimi için stratejik fikir geliştirmek, kısa ve uzun dönemli stratejiler ile ulusal politikalar üretmek görevleri kapsamında ilk olarak 2017 yılında Mukayeseli Değerlendirme (Benchmarking) Çalışması yürütmüştür. 2019 yılında ise ikincisi tamamlanan bu çalışmada; ilk çalışmada elde edilen sonuçlar, deneyimler ve SUKİ'lerin geri bildirimleri de dikkate alınarak, Türkiye'de SUKİ'lerin hizmetlerinin sağlanmasına dair temel performans göstergeleri tanımlanıp analiz edilmiştir.

Çalışma kapsamında; 76 kurumsal, 47 içme suyu ve 58 kanalizasyon ile ilgili olmak üzere toplam 181 adet değişken belirlenmiştir. Belirlenen değişkenler doğrultusunda 27 SUKİ'den temin edilen veriler analiz edilerek; 152 adet performans göstergesi belirlenmiş olup, bu göstergeler kurumsal, ekonomik ve finansal, müşteri hizmetleri, enerji verimliliği, içme suyu hizmetleri, kanalizasyon hizmetleri ve çevresel olmak üzere yedi ana başlık altında sınıflandırılmıştır.

Performans göstergelerinin belirlenmesini takiben, genel amaca uygun olarak su ve atıksu yönetimi konuları kapsamlı olarak incelenmiş ve oluşturulan endeks dahilinde idareler toplam puana göre bir değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu çalışma kapsamında; Dünya Bankası

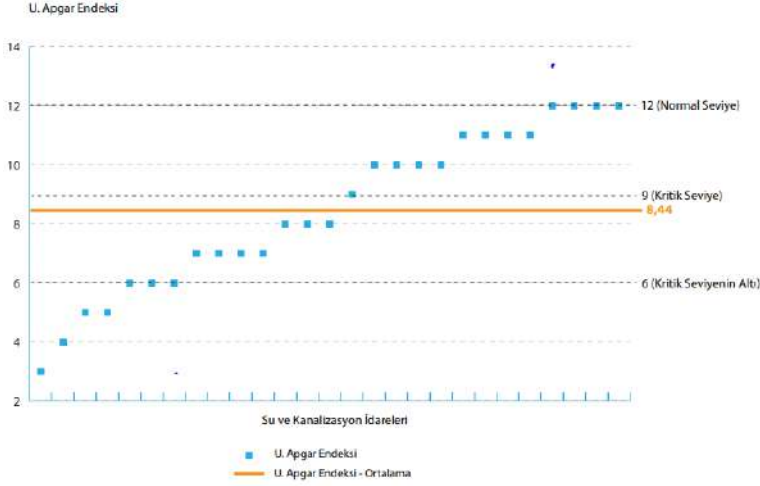
tarafından geliştirilen APGAR ve WUVI Endeksleri'nin Türkiye şartlarına göre revize edilmesi sonucu oluşturulmuş olan Uyarlanmış IBNET Apgar Endeksi kullanılmıştır.

Uyarlanmış IBNET Apgar İndeksinde; çalışma kapsamında belirlenmiş olan performans göstergelerinden Hizmet Verilen 1000 Abone Başına Düşen Personel Sayısı, Hizmet Gelirleri Tahsilat Oranı, Su ve Atıksu Faturasının Hanehalkı Gelirindeki Ortalama Payı, Faaliyet Gelirlerinin Faaliyet Giderlerini Karşılama Oranı, Su Kayıp Oranı, İçme Suyu Şebekesi Hizmeti Verilen Nüfus Oranı ve Kanalizasyon Hattı Hizmeti Verilen Nüfus Oranı göstergeleri, SUKİ'lerin değerlerine göre 0 ile 2 ölçeğinde derecelendirmiştir. Bu değerlendirme sonucunda İndeks puanı hesaplanmış olup, bu puan için 4 farklı eşik değeri bulunmaktadır. Bunlar;

- Toplam Uyarlanmış IBNET Apgar İndeks Puanı 6 ve 6'dan düşük ise Kritik Seviyenin Altında,
- Toplam Uyarlanmış IBNET Apgar İndeks Puanı 6 ile 9 arasında ve 9 ise Kritik Seviyede,
- Toplam Uyarlanmış IBNET Apgar İndeks Puanı 9 ile 12 arasında ve 12 ise Normal Seviyede
- Toplam Uyarlanmış IBNET Apgar İndeks Puanı 12' den büyük ise Normal Üzeri Seviyede

Çalışma sonucunda; ortalama U. Apgar Endeksi 8,44 olarak belirlenmiş olup, bu değer endeks skalasında kritik seviyeye karşılık gelmektedir. En düşük ve en yüksek U. Apgar Endeksleri ise sırasıyla 3 ve 12'dir. 3 kritik seviyenin altına, 12 ise normal seviyeye karşılık gelmektedir.

Çerçeve 9-4. Büyükşehir Su ve Kanalizasyon İdarelerinde Mukayeseli Değerlendirme (Benchmarking) Çalışması (SUEN, 2019) (devamı)



Şekil 1. Çalışma sonuçları (SUEN, 2019)

Kaynak: SUEN, 2019.

9.6.2 Finansman Stratejisi ve Kapasitesi

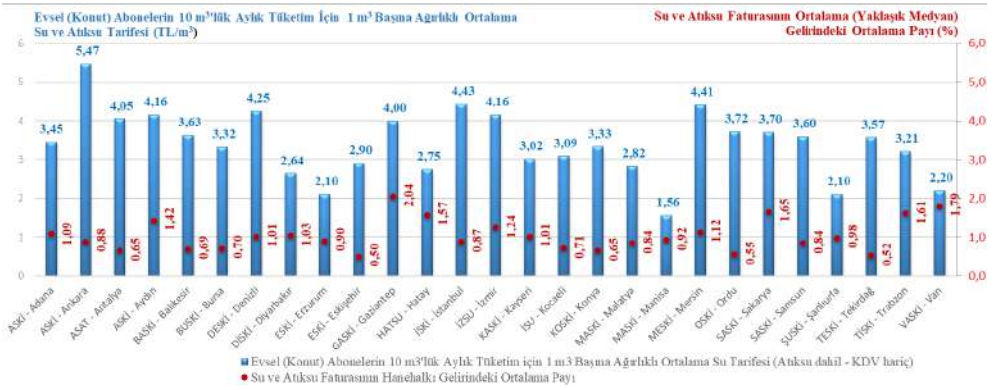
Atıksu tarifeleri: Maliyeti karşılama ve satın alma gücü

Türkiye’deki mevzuat, çevre altyapı hizmetlerinin sürdürülebilir olması amacıyla maliyeti karşılamak adına tüm atıksu altyapı idarelerine su ve atıksu kullanımlarını ücretlendirme yetkisi tanımaktadır (örn; kurulum, bakım, işletme ve izleme, atıksu arıtma tesislerinin izleme ve başka konularda verdiği hizmetleri kapsayan tarifeler).

Su ve atıksu tarifeleri, bir idareden diğerine önemli derecede farklılık göstermektedir (Şekil 9-26). Örneğin Gaziantep, Denizli, İstanbul, İzmir ve Mersin tarifelerin en yüksek olduğu iller arasında yer almaktadır.

Yeni büyükşehir belediyelerinde oluşturulan su ve kanalizasyon idarelerinin, mali sürdürülebilirliğinin daha kötü olduğu ve “eski” su ve kanalizasyon idarelerinin tarife gelir tahsilatının daha fazla olduğu ifade edilmektedir.

Atıksu ücretinin toplam su tedarik-sanitasyon tarifesinde payı, Türkiye’de pek çok OECD ülkesine oranla daha düşüktür (OECD ülkelerinde yarısından fazlasına tekabül etmektedir) (OECD, 2012). Bu da, kirlilik ve hizmet sunumu maliyetinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesiyle bu payın artabileceğini göstermektedir.



Şekil 9-26. Türkiye’deki SUKİ Evsel Abonelerinin Su ve Atıksu Tarifeleri (2017 yılı)

Türkiye’de bir belediye, sermaye yatırımlarını finanse etmek için kredi kullandığında tam maliyeti karşılama tarifesine borç çevirme hükmü de dahil olmaktadır. Ancak, ödeme kapasitesinin oluşturulması için tarife düzeyi belirlenirken müşteri alım gücünün hesaba katılması gerekmektedir. Metreküp başına belirlenen uygun fiyatlı bir tarifenin, mevcut tarife düzenlenmesi doğrultusunda su-kanalizasyon hizmet bölgesinin en yoksul beşte birlik kesiminin hane gelirinin %5’inden az olması beklenmektedir. Medyan hane halkı geliri için eşik değer ise $\leq \%2$ olmalıdır (Özgün vd. 2018). Bu eşğin ($\sim\%2$) tüm gelir gruplarına uygulanması, hanelerin su tasarrufunda bulunması ve maliyeti karşılama kapasitesinin oluşturulması için gerekli teşvikleri sağlamamaktadır (Dünya Bankası, 2016a). Türkiye Su Enstitüsü tarafından Büyükşehir Belediyeleri Su ve Kanalizasyon İdareleri için yaptırılan bir mukayeseli değerlendirme analizi çalışması sonuçları Çerçeve 9-4’te verilmiştir.

Dünya Bankası, Avrupa Yatırım Bankası, KFW (Alman Kalkınma Bankası) ve Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı tarafından Türkiye’deki belediyelere kredi ve hibe desteği verilmektedir. Avrupa Birliği de, AB uyum süreci kapsamında farklı alanlarda maddi destek sağlamaktadır. 2007-2013 bütçe döneminde, aday ve aday adayı ülkelere AB’nin sağladığı mali yardım mekanizmaları, tek bir çatı altında toplanarak Katılım Öncesi Mali Yardım Aracı (IPA) adını almıştır.

2011-2017 yılları arasında ÇŞB’nin Avrupa Birliği Yatırımları Daire Başkanlığı tarafından yapılan toplam su ve atıksu yatırımları 564 milyon dolara ulaşmıştır. Bu yatırımlara yönelik maliyetlerin %85’i, Avrupa Birliği tarafından karşılanırken geri kalan kısım ÇŞB ve belediyeler tarafından finanse edilmektedir. 2004-2014 dönemi için toplam azami katkısı 182 milyon Avro olan bir Çok Yıllı Çevre ve İklim Değişikliği Eylem Programı’na, 2014 yılında IPA2 kapsamında onay verilmiştir.

Belediyelere teknik ve mali destek vermek üzere İller Bankası (yeni adıyla İl Bank) kurulmuştur. Finansman, büyük oranda genel bütçeden karşılanmaktadır. İl Bank’ın 2003-2015 yılları arasında yaptığı yatırımların tutarı, 648 kanalizasyon projesi için 4,7 milyar TL’ye (2,1 milyar dolar), 182 atıksu arıtma projesi için ise 1,6 milyar TL’ye (1,1 milyar dolar) ulaşmıştır. Merkezi yönetim, nüfusu 25.000’in altında olan belediyeler için proje maliyetlerinin %50’sini karşılayan hibeler vermektedir. İl Bank, proje maliyetlerinin geri kalan %50’lik dilimi için belediyelere uzun vadeli kredi verip proje uygulamalarını denetlemektedir. İl Bank, aynı zamanda Yüksek Planlama Kurulu’nun vereceği karar doğrultusunda nüfusu 25.000’in üzerinde olan belediyelere de kredi verebilmektedir. 2011 yılından bugüne kadar 1028 proje

kapsamında belediyelere sağlanan toplam finansman desteği, yaklaşık 5,9 milyon TL (3,9 milyon dolar) olmuştur.

ÇŞB tarafından 2008-2017 döneminde 1060 atıksu altyapı projesine yaklaşık 220 milyon TL destek verilmiştir (belediyelere verilen toplam şartlı mali desteğin %18'i). Mevzuat doğrultusunda faaliyet gösteren atıksu arıtma tesislerinin enerji harcamalarının %50'ye kadarlık kısmı, ÇŞB tarafından karşılanmaktadır. Bu kapsamda, belediyelere 2016 yılında yapılan teşvik ödemeleri, 38 milyon TL (8,1 milyon dolar) civarında olmuştur.

9.6.3 Finansman İhtiyaçlarını Karşılama Seçenekleri

WHO (Dünya Sağlık Teşkilatı) tarafından 25 ülkede yapılan bir araştırmada, (WHO, 2017) su ve kanalizasyon hizmetleri ile ilgili yıllık toplam maliyetin %66'sı tarife gelirleri, %24'ü merkezi ve yerel yönetimlerce aktarılan vergi gelirleri, %2'si hibe ve bağışlar ve %8'i ise ticari kredilerle karşılanmaktadır. Türkiye'deki SUKİ'lerin gelir kalemleri de aynı tür kaynakları içermektedir. Türkiye'de su abonelerinin ödeme gücü değerlendirmesi çalışması Çerçeve 9-5'te özetlenmiştir.

Çerçeve 9-5. Türkiye'de Su Abonelerinin Ödeme Gücü Değerlendirmesi

Özgün vd. (2018), su ve atıksu sektörü için ödeme gücü oranlarını belirlemek üzere, Türkiye'nin 7 farklı bölgesini temsil edecek şekilde 21 il seçmiştir. Çalışma kapsamında seçilen iller için kullanılan kodlar Çizelge 1'de yer almaktadır. Her bir bölgeyi ikisi büyükşehir biri şehir olmak üzere üç il temsil etmekte olup, seçilen illerin toplam nüfusu, Türkiye nüfusunun yaklaşık %54'üne tekabül etmektedir.

Çizelge 1. Seçilen İller için Kullanılan Kodlar

Akdeniz Bölgesi	B.şehir	$A_{b,1}$
	Şehir	A_s
Doğu Anadolu Bölgesi	B.şehir	$D_{b,1}$
	Şehir	D_s
Ege Bölgesi	B.şehir	$E_{b,1}$
	Şehir	E_s
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	B.şehir	$G_{b,1}$
	Şehir	G_s
İç Anadolu Bölgesi	B.şehir	$I_{b,1}$
	Şehir	I_s
Karadeniz Bölgesi	B.şehir	$K_{b,1}$
	Şehir	K_s
Marmara Bölgesi	B.şehir	$M_{b,1}$
	Şehir	M_s

Çalışma kapsamında; medyan eşdeğer harcanabilir hanehalkı geliri (MHHG) ve en düşük %20'lik gelir dilimindeki medyan eşdeğer harcanabilir hanehalkı geliri (MHHGp) için iki farklı ödeme gücü oranı belirlenmiştir. MHHG için hesaplanan ödeme gücü oranı AR, MHHGp için hesaplanan düşük gelirli tüketici grubunun ödeme gücü oranı ise ARp ile gösterilmektedir. Değerlendirilecek illere ait kişi başı su tüketimi, hanehalkı büyüklükleri, kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH), medyan eşdeğer harcanabilir hanehalkı fert geliri (MHHFG) ne göre sıralı %20'lik gruplar itibarıyla yıllık eşdeğer harcanabilir hanehalkı fert gelirinin dağılımları ve bölgesel brüt kazanç verileri Türkiye İstatistik Kurumu tarafından temin edilmiştir (TÜİK, 2014). Türkiye geneli için gerçekleştirilen hesaplamalara göre; AR %1,82, ARp ise %4,33 olarak belirlenmiştir. Buna göre; 21 il için AR değerinin %0,61 ile %2,78, ARp değerinin ise %1,42 ile %4,88 aralığında değiştiği görülmektedir (Özgün vd., 2018). En yüksek AR değerine sahip il %2,78 değeri Eb,1'dir. Eb,1, Eb,2 ve Gb,2 illeri dışındaki illerde AR değerinin %2'nin altında olduğu görülmektedir. İncelenen illerin AR değerlerinin %2'nin altında olması finansal sürdürülebilirlik açısından olumlu bir gösterge olarak tanımlanabilir (Smets, 2009) En düşük AR ve ARp değerine sahip iller ise sırasıyla %0,61 ve %1,42 değerleriyle As'dir. ARp değerleri il bazında incelendiğinde; en yüksek değerlerin elde edildiği illerin sırasıyla

Çerçeve 9-5. Türkiye’de Su Abonelerinin Ödeme Gücü Değerlendirmesi (devamı)

Gb,2 (%4,88), Db,1 (%4,49), Eb,1(%4,38) ve Db,2 (%4,35) olduğu görülmektedir ARp değerinin yüksek olduğu illerde, ilerleyen dönemlerde tüketicilerin su ve atıksu hizmetlerinin bedelini karşılayamamaları muhtemeldir. Ödeme gücü oranının, harcanabilir gelirin %5’inden fazla olması, tüketicilerin su ve atıksu faturalarını ödemekte zorlanmalarının yanı sıra kurumların fatura tahsilatlarında da soruna neden olabilir (Özgün vd., 2018).

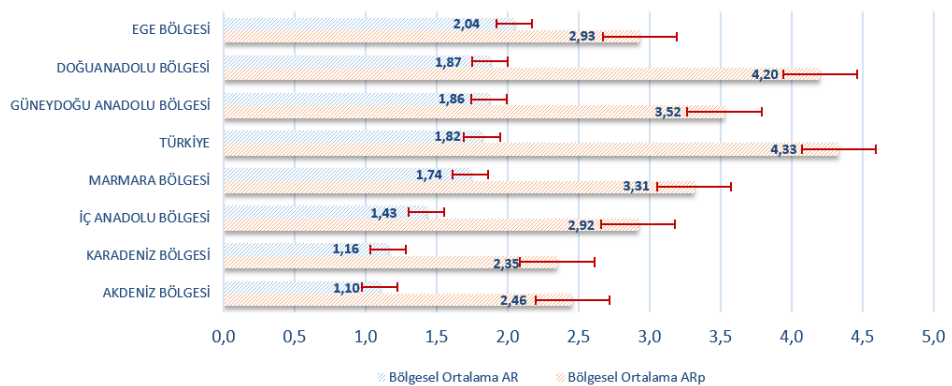
Bölgesel olarak incelendiğinde; MHHG’si Türkiye’den yüksek olan Ege Bölgesi’nde ortalama AR’nin en yüksek (%2,04) olması, özellikle Ege Bölgesi’nde büyükşehirlerde uygulanan su ve atıksu tarifelerinin oldukça yüksek olması ile ilişkilendirilebilir. Ortalama AR değerinin en düşük (%1,10) olduğu bölge ise Akdeniz Bölgesi’dir. 7 bölgenin ortalama AR değerleri incelendiğinde; Ege Bölgesi dışında diğer tüm bölgelerin orta fatura yüküne sahip olduğu söylenebilir (Raftelis, 2015; Özgün vd., 2018).

ARp açısından değerlendirme yapıldığında; en düşük ortalama ARp değeri %2,35 ile Karadeniz Bölgesi’nde elde edilmiştir. Ortalama olarak en yüksek değerlerin gözlendiği ilk üç bölge ise sırasıyla; Doğu Anadolu (%4,20), Güneydoğu Anadolu (%3,52) ve Marmara Bölgesi (%3,31)’dir (Şekil 1).

Dolayısıyla Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Marmara Bölgeleri’nde özellikle büyükşehirlerde kamu yönetimlerinin tüketiciye mali destek sağlaması gerekmektedir. Ayrıca, düşük gelir grubu için blok tarifenin ilk tarife değeri üzerinden ücretlendirme yapılabilir. Türkiye için, asgari ücretle çalışan tek kişinin gelirin bağlı aboneler için 36,5 m³/yıl (~3 m³/ay) ücretsiz su temin edilebilir (100 L/hane-gün* 365 gün). Bu durumda 10 m³’te %33’ü ücretsiz temin edilebilir. Bir başka yol ise, ilgili su ve atıksu idaresi tarafından %33 su tasarrufu sağlayacak şekilde armatür/WC aparatı dağıtılması ve bu şekilde su tasarrufu yapılarak fatura yükünün azaltılmasıdır (Özgün vd., 2018).

7 bölgenin AR ve ARp değerleri karşılaştırıldığında; özellikle Doğu Anadolu Bölgesi’nde, AR (%1,87) ve ARp (%4,20) arasında büyük fark olması, yüzdelik gelir dilimindeki harcanabilir hanehalkı gelir dağılımının eşitsizliğini göstermektedir. Ortalama değerler incelendiğinde; su ve atıksu hizmet bedelini ödemekte en çok zorlanan düşük gelirli tüketici grubu Doğu Anadolu Bölgesi’ndedir.

Büyükşehirlerin çoğunluğunda su ve atıksu faturası göreceli yüksek olup, bu şehirlerdeki tüketicilerin su ve atıksu faturalarını ödemek için harcanabilir hanehalkı gelirinden ayırdıkları pay daha yüksek olmaktadır



Şekil 1. Bölgesel ortalama AR ve ARp değerleri (Özgün vd., 2018)

Kaynak: Özgün vd., 2018.

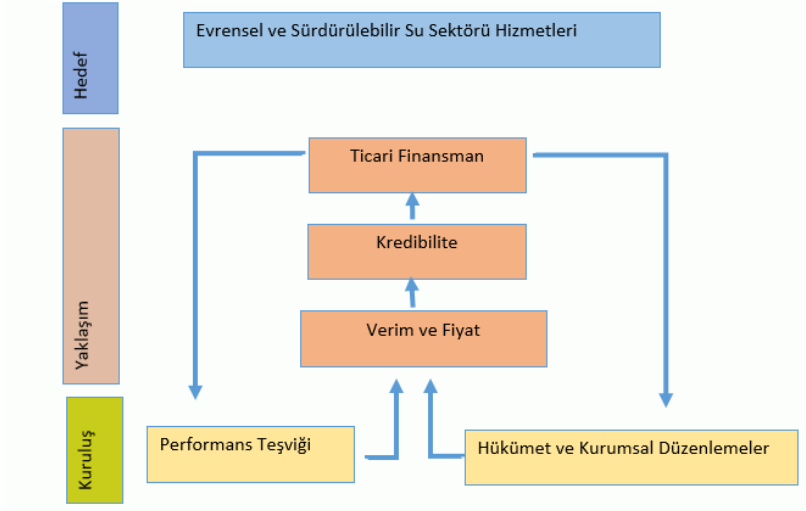
İşletme Verimliliğinin ve Yenilikçi Çözümlerin Artırılması

Çamur çürütme yöntemiyle biyogaz üretilmesi gibi teknik çözümler, enerji maliyetlerinin azaltılmasına yardımcı olacaktır. Ölçek ekonomisi oluşturmak ve daha büyük altyapı imkanlarından yararlanmak amacıyla küçük hizmet sağlayıcılarının birleştirilmesi, teknik olmayan çözümler arasında yer almaktadır. Bu doğrultuda Türkiye, 2014 yılında büyükşehir belediyelerinde su ve atıksu hizmetlerini tek çatı altında toplamaya başlamıştır.

Geleneksel mühendislik yaklaşımıyla atıksu sistemlerinin değiştirilmesi ve genişletilmesi, oldukça sermaye-yoğun bir iştir. Bu anlamda, atıksu arıtımı için yapay sulak alanlar gibi daha verimli ve maliyeti düşük alternatifleri araştırmaya değerdir. Bu seçenekler, maliyet-etkinlik analizinden yararlanarak birbiriyle karşılaştırılmalıdır. Tarife gelirlerine dayalı özgün bir finansman modeli olması dolayısıyla İSKİ tarafından uygulanan model, Çerçeve 9-6'da verilmiştir.

Özel sektör finansmanı

Su hizmeti veren işletmeler, finansörler (su hizmeti vermeyenler) ve gayri menkul geliştiren kuruluşlar, kentsel su yönetimini finanse etmek için yararlanılabilecek özel yatırım kaynakları arasında yer almaktadır. Özel işletmelerin verimlilik elde etme kapasitesi, finansman ihtiyaçlarının azaltılmasına yardımcı olabilir. Pek çok OECD ülkesi, belirgin yatırım ihtiyaçlarını karşılamak adına ek finansman kaynaklarından yararlanmak üzere özel sektörün bir şekilde sürece katılımını bir seçenek olarak değerlendirmektedir (Şekil 9-27).



Şekil 9-27. Su Sektörü Reformu Döngüsü (OECD, 2012)

Temiz suya erişmenin, tarifenin ötesinde ekonomik ve sosyal bir değer taşıdığının idrakinde olunması gerekmektedir. OECD suya erişim yolunda değer ve anlam taşıyan 4 prensibe dayalı bir çerçeve önermektedir (OECD, 2012):

- Kirleten öder prensibi, kirlenmeyi önleme veya arıtmanın pahalı bir iş olduğunu çağrıştırmaktadır. Bu kapsamda, kirlenmeyi önleyici/giderici maliyetler içselleştirilmelidir.
- Kullanan veya yararlanan öder prensibi, su kaynakları yönetiminin mali yükünün ilgili taraflarca paylaşılmasını gerektirir.
- Su yönetimi ile ilgili politikaların adalet ve hakkaniyeti esas alması gerekir.
- Su kaynaklarının korunması ve geliştirilmesi ile ilgili politikalar arasında sağlam bir tutarlılık olmalıdır.

Bu prensiplerin uygulanması ile ilgili iyi bir örnek su-enerji gıda ilişkisi (etkileşimi)'dir. Bu üç sektör arasındaki ilişkinin iyi anlaşılması, su kaynakları yönetimindeki takas süreçlerinin de izahını sağlayacaktır.

Başta yerel kaynaklar olmak üzere ticari finansmandan yararlanılması, su sektörüne daha fazla finansman çekmenin bir başka yolu olabilir.

Çerçeve 9-6. İSKİ'nin Su Tarife Gelirlerine Dayalı Finansman Temin Modeli

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) Planı'nda öngörülen takvime göre, tamamen su satış gelirinden sağlanacak gelirle finanse edilecek şekilde, önceliklendirilip ~10 yıllık bir süreye yayılarak gerçekleştirilmiştir (IMC, 1999).

İSKİ'nin 1999 yılında tamamlanan Master Planı'nda öngörülen su, atıksu ve dere ıslahı yatırımlarının finansmanı için gerekli tarife ~1-1,2 \$/m³ olup İstanbul'daki medyan hane halkı gelirin ~%1,5'ine karşı gelmektedir. İSKİ'nin uzman yönetim kadrosunca planlanıp uygulanan bu finansman modeli ile neredeyse hiç dış/ıç kredi kullanmadan bütün su ve atıksu yatırımlarının hemen hemen tamamı kurum özkaynaklarına (tarife gelirlerine) dayalı biçimde finanse edilebilmiştir. İSKİ modelinin büyükşehirlerde uygulanması, faiz ve ilave proje yönetimi giderlerini ortadan kaldırarak proje birim maliyetini en aza indirmektedir.

Atıksu yatırımları, 1999 yılından itibaren, İSKİ Master

Planı'nda öngörülen takvime göre, tamamen su satış gelirinden sağlanacak gelirle finanse edilecek şekilde, önceliklendirilip ~10 yıllık bir süreye yayılarak gerçekleştirilmiştir (IMC, 1999).

İSKİ'nin 1999 yılında tamamlanan Master Planı'nda öngörülen su, atıksu ve dere ıslahı yatırımlarının finansmanı için gerekli tarife ~1-1,2 \$/m³ olup İstanbul'daki medyan hane halkı gelirin ~%1,5'ine karşı gelmektedir. İSKİ'nin uzman yönetim kadrosunca planlanıp uygulanan bu finansman modeli ile neredeyse hiç dış/ıç kredi kullanmadan bütün su ve atıksu yatırımlarının hemen hemen tamamı kurum özkaynaklarına (tarife gelirlerine) dayalı biçimde finanse edilebilmiştir. İSKİ modelinin büyükşehirlerde uygulanması, faiz ve ilave proje yönetimi giderlerini ortadan kaldırarak proje birim maliyetini en aza indirmektedir.

Kaynak: IMC, 1999.

KAYNAKLAR

- Agarwal, A. (2000). "Integrated Water Resources Management." Global Water Partnership/Technical Advisory Committee Background Paper 4, Stockholm.
- Akbaş, Z. (2015). Türkiye'nin Fırat ve Dicle Sınırşan Sularından Kaynaklanan Güvenlik Sorunu ve Çatışma Riski, *Bilgi*, 72, 93-116.
- Amarasinghe, U. A.; Smakhtin, V. (2014). Global Water Demand Projections: Past, Present and Future. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 32p. (IWMI Research Report 156). doi: 10.5337/2014.212.
- Bakker, M. (1998). Valuing the Multiple Uses of Water. (Eds.: in Y. Matsuno, W. Van der Hoek, M. Ranawake) Irrigation Water Management and the Bundala National Park, *International Water Management Institute*, Colombo, Sri Lanka.
- Barnett, T. P., Adam, J. & Lettenmaier, D. P. (2005). Potential Impacts of a Warming Climate on Water Availability in Snow-Dominated Regions. *Nature*, 438 , 303-309.
- Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., and Palutikof, J.P. (2008). Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, *IPCC Secretariat*, Geneva, pp. 210.
- Bayazıt, M. (2001) Hydrology, Istanbul Technical University, *Birsan Publishing*, Istanbul, Turkey.
- BDEW (2008) Endenergieverbrauch in Deutschland 2007. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (2007'de Son Enerji Tüketim Değerleri, *Alman Enerji ve Su Endüstrileri Federal Birliği*, Berlin, Almanya.
- Beaumont, P. (2000). The Quest for Water Efficiency – Restructuring of Water Use in the Middle East. *Water, Air, and Soil Pollution*, Vol:123, 551-564.
- Bieker S., Cornel, P. Ve Wagner, M. (2009). Semicentralized Supply and Treatment Systems- Integrated Infrastructure Solutions for Fast Growing Urban Areas, *Conference Proceedings of the 6th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technology*, Singapore, 22-26/06/2009.
- Bilen, Ö. (2009). Ortadoğu Su Sorunları ve Türkiye, *TESAV Yayını*, Ankara.
- Braga B., Chartres, C., Cosgrove, W.J., da Cunha L.V., Gleick, P.H., Kabat, P., Kadi, M.A., Loucks, D.P., Lundqvist, J., Narain, S. & Xia, J. (2014). Water and the Future of Humanity: Revisiting Water Security, *Calouste Gulbenkian Foundation, Gulbenkian Think Tank on Water and the Future of Humanity*, Lisbon: Springer.
- Brown, C., & Ward, M. N. (2013). Managing Climate Risk in Water Supply Systems. IWA Publishing, London:UK.
- CEC (California Energy Commission) (2005). Integrated Energy Policy Report, CEC-100-2005-007CMF.
- Cornel, P., Meda A., ve Bieker S. (2011). Wastewater as a source of energy, Nutrients and Service Water. In: Treatise on Water Science, P. Wilderer (ed), *Elsevier Verlag*, Oxford, pp. 337-375
- Cosgrove, W.J.; Rijsberman, F.R. (2000). World Water Vision: Making Water Everybody's Business. London, UK: Earthscan Publications Ltd.
- Crutzen, P. J. (2002). Geology of Mankind, *Nature*, 415 (6867), 23, doi: 10.1038/415023a.
- Cüceloğlu, G. (2019). İklim Değişikliğinin İstanbul Yüzeysel Su Kaynaklarına Etkisi ve Kuraklık Dirençli Bütünleşik Su Yönetimi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı.
- Çiçekalan B., Özgün H., Öztürk, İ. (2019).Türkiye'de ve Dünyada Çevre Koruma Harcamalarının Mukayeseli Değerlendirmesi, *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, (Basım Aşamasında)
- De-Wit, M. and Stankiewicz, J. (2006) Changes in Surface Water Supply Across Africa with Predicted Climate Change. *Science*, 31, pp. 1917-1921 doi:10.1126/science.1119929

- Demir, A. F. ve Pamukçu, Ö. K. (1996). "Fırat Dicle Havzasında Türkiye'nin Su Politikası". Değişen Dünya ve Türkiye. Der. Faruk Sönmezoglu. İstanbul: Bağlam Yay. 267-286.
- Denk, E. (1997). Ortadoğu'da Su Sorunu Bağlamında Dicle ve Fırat. Ankara:Stratejik Araştırma ve Kültür Yay.
- DSİ. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yıllık Performans Raporları. Ankara.
- DSİ (2016a). Su ve DSİ. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- DSİ (2016b). DSİ 2016 Faaliyet Raporu, Ankara.
- Doorn, N., Dicke, W. (2012). Values of Water. Water Governance, Spraaakwater:2 (2), 53.
- Durmazucar, Vedat (2002). Ortadoğu'da Suyun Artan Stratejik Değeri. İstanbul: IQ Kültür Sanat Yay.
- Dursun, A. (2006). Kutsal Topraklar ve Paylaşılmayan Sular: Fırat ve Dicle, İstanbul: IQ Kültür Sanat Yay.
- Dünya Bankası (2016a). Dünya Bankası İstatistik Veri Tabanı. (<http://data.worldbank.org/country/turkey?locale=tr>)
- Dünya Bankası (2016b). Türkiye Sürdürülebilir Kentsel Su Temini ve Sanitasyonu Raporu, Rapor No. 110547-TR
- Eroğlu, V., Sarıkaya, H., Öztürk, İ., Yüksel, E., Eryılmaz, G. (2003). Haliç'in Dünyü, Bugünü ve Yeniden Doğuşu, *Dünyü ve Bugünü ile Haliç Sempozyumu*, 22-23 Mayıs 2003, İstanbul.
- EurEau (2017). Europe's Water in Figures
- Eurostat (2018a). Environmental Protection Expenditure Statistics, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Evolutionof_total_general_government_expenditure,_EU-28,_2002-2016,_%25_of_GDP_and_%25_of_total_expenditure.png, ziyaret tarihi: 20/07/2018.
- Eurostat (2018b) Environmental Protection Expenditure Statistics, <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>, ziyaret tarihi: 20/07/2018.
- Eurostat (2018c) Environmental Protection Expenditure Statistics, http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=File:Environmental_protection_expenditure_accounts_YB2018_V3.xlsx, ziyaret tarihi: 20 Temmuz 2018.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2002). Crops and Drops: Making the Best Use of Water for Agriculture. Rome, Italy: FAO.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2009). Crops Prospects and Food Situation . No. 2. Retrieved from: <http://www.fao.org/docrep/011/ai481e/ai481e04.htm>
- FAO (2016). Global Forest Resources Assessment 2015: How are the World's Forests Changing? Rome. Retrieved from: <http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf>
- Fischer, G., Tubiello, F. N., van Velthuizen, H., and Wiberg, D. A. (2007). Climate Change Impacts on Irrigation Water Requirements: Effects of Mitigation, Technological Forecasting & Social Change, 74, pp. 1083-1107, doi:10.1016/j.techfore.2006.05.021.
- Gautier, C. (2014). Petrol, Su ve İklim, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları. (Çeviri: Sevgi Genç)
- General Assembly of the United Nations (UN GA). (1982). United Nations General Assembly Resolution A/RES/37/7. Retrieved from: <http://www.un.org/documents/ga/res/37/a37r007.htm>
- Gleick, P.H. (1998). Water in Crisis: Paths to Sustainable Water Use. *Ecological Applications* 8(3): 571-579.
- Geymen, A., Dirican, A.Y. (2016). İklim Değişikliğine Bağlı Deniz Seviyesi Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Analiz Edilmesi. Harita Teknolojileri, Elek. Der., 8(1), 65-74. doi: 10.15659/hartek.16.04.308

- Gleick, P. H. (2000). The World's Water 200-2001: The Biennial Report on Freshwater Resources. *Island Press*, Washington, D. C.
- Gleick, P. H. (2003). Water Use. *Annual Review of Environment and Resources*, 28 , 275–314.
- Gleick, P. H., & Palaniappan, M. (2010). Peak Water Limits to Freshwater Withdrawal and Use, *PNAS*, 107(25), pp. 11155–11162. doi: 10.1073/pnas.1004812107
- GWRC (Global Water Research Coalition) (2008, 2010, 2011) GWRC Reports.
- Gudmundsson, L., Tallaksen, L., & Stahl, K. (2011). Projected Changes in Future Runoff Variability-A Multi-Model Analysis Using The A2 Emission Scenario. WATCH Technical Report 49.
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). Global Food Losses and Food Waste. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hakyemez, C. (2019). Su: Yeni Elmas, TSKB Tematik Bakış.
- Hansen, J., Sato M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D. W., Medina-Elizade, M. (2006). Global Temperature Change, *Proceedings of the National Academy of Science*, 103(39), pp. 14288–14293, doi: 10.1073/pnas.0606291103.
- Hoekstra, A. Y. & Mekonnen, M. M. (2012) The Water Footprint of Humanity, *Proceedings of the National Academy of Science*, 109(9), pp. 3232–3237 doi:10.1073/pnas.1109936109
- Hu, A., G. A. Meehl, W. Han, and J. Yin, (2011). Effect of the potential melting of the Greenland Ice Sheet on the Meridional Overturning Circulation and global climate in the future. *Deep-Sea Res. Pt. II*, 58, 1914–1926.
- IFPRI (International Food Policy Research Institute). (2012). Global Food Policy Report. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute. <http://dx.doi.org/10.2499/9780896295537>
- IMC (1999). İstanbul Su Temini, Atıksu ve Yağmursuyu Tesisleri Master Planı.
- IMF (2000). The World Economy in the Twentieth Century: Striking Developments and Policy Lessons. In *World Economic Outlook* (pp. 149–180). International Monetary Fund (IMF) Washington, DC, USA.
- IPCC (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report.
- IPCC (2012). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II, IPCC.
- IPCC (2013). Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Editors: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M. M. B., Allen, S. K. Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. M., Cambridge University Press.
- IWMI (International Water Management Institute). (2007). Water for Food, Water for Life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture . London, UK/Colombo, Sri Lanka: Earthscan/IWMI.
- İnan, Y. (1994). Sınırtaş Suların Hukuksal Boyutları (Fırat ve Dicle). *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, (49)1, 243-254.
- İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) (2019). İSKİ Genel Kurul Toplantısı Kararı. (İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) Meclisi Hukuk ve Tarife Komisyonu 15.05.2019 tarihli 2019/386 Sayılı Önerisi Uyarınca Alınan Karar)
- Jackson, T. (2011). Prosperity Without Growth. Economics for a Finite Planet. London, UK: Earthscan.
- Jacob, D., & van den Hurk, B. (2009). Climate Change Scenarios at Global and Local Scales. In F. Ludwig, P. Kabat, H. van Schaik, & M. van der Valk (Eds.), *Climate Change Adaptation in The Water Sector* (pp. 23–34). London, UK: Earthscan.

- Jonasson, M. (2007). Energy Benchmark for Wastewater Treatment Process- a Comparison Between Sweden and Austria. Depth of Industrial Electrical Engineering and Automation Lund University, Lund, Sweden.
- Köle, M. M. (2017). 1954- 2016 Dönemi Türkiye Sınırşan sular Politikası, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 35, 122-133.
- Lazarova, V., Choo, K.H, Cornel P. (2012) Water Energy Interaction for Water Reuse, *IWA Publishing*, London, UK.
- Lindsey, R. (2009). NASA: Earth Observatory. Retrieved from: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/EnergyBalance/>
- Lindtner S., Kroiss H., Nowak O. (2004). Benchmarking of Municipal Wastewater Treatment Plants (An Austrian Project), *Water Science and Technology*, 50 (7), 265-271.
- Lindtner S., Schaar H., Kroiss H. (2008). Benchmarking of Large Municipal Wastewater Treatment Plants Treating Over 100.000 PE in Austria (An Australian Project), *Water Science and Technology*, 57 (10), 1487-1493.
- Ludwig F. & Moench M. (2009). The Impacts of Climate Change on Water in: Climate Change Adaptation in the Water Sector (Eds. F. Ludwig, Pavel Kabat, H. van Schaik and M. van der Valk). pp. 35–51, Earthscan, London, UK:
- Lutz, W., & Samir, K. C. (2010). Dimensions of Global Population Projections: What Do We Know About Future Trends and Structures. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 365 , 2779–2791.
- Mark, B.G. and Seltzer, G.O. (2003) Tropical Glacier Meltwater Contribution to Stream Discharge: A Case Study in the Cordillera Blanca, Peru. *Journal of Glaciology*, 49, pp. 271-281, doi:10.3189/172756503781830746.
- Meda A., Cornel P. (2010). Energy and Water: Relationship and Recovery Potential. *IWA Water and Energy Conf.*, Amsterdam, 10-12 November 2010.
- Middelkoop, H., Daamen, K., Gellens, D., Grabs, W., Kwadjick, J. C. J., Lang, H., Parmet, B. W. A. H., Schadler, B., Schulla, J. & Wilke, K. (2001). Impact of Climate Change on Hydrological Regimes and Water Resources Management in The Rhine Basin, *Climate Change*, 49 (1-2), pp. 105-128.
- Milly, P. C., Dune, K. A., & Vecchia, A. V. (2005). Global Pattern Trends in Streamflow and Water Availability in a Changing Climate. *Nature*, 438, 347–350.
- Müftüoğlu, F. (1997). Ortadoğu Su Meseleleri ve Türkiye. İstanbul: Marifet Yay.
- Nowak O., Keil S., Fimml C. (2011). Examples of Energy Self-Sufficient Municipal Nutrient Removal plants. *Water Science and Technology*, 64(1), 1-6.
- OECD (2009), Managing Water for All: An OECD Perspective on Pricing and Financing, OECD Studies on Water, OECD Publishing, Paris, Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264059498-en>.
- OECD (2011). Water Governance in OECD Countries. A Multi-Level Approach. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Studies on Water. Paris, France.
- OECD (2012). Environment Outlook to 2050: Freshwater Chapter. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris, France.
- OECD (2015). Su Yönetişimi İlkeleri, OECD Bölgesel Kalkınma Politikası Komitesi, 11 Mayıs 2015.
- OECD (2018). The Organisation for Economic Co-operation and Development, <https://data.oecd.org/gga/general-government-spending.htm>, ziyaret tarihi: 16 Temmuz 2018.
- OECD (2019). Türkiye Çevresel Performans İncelemeleri Raporu.

- Oerlemans, J. H. (2005). Extracting a Climate Signal from 169 Glacier Records, 308(5722), pp. 675-677.
- Olsson, G. (2012). Water and Energy Threats and Opportunities, London: IWA Publishing
- Ormancılık ve Su Şurası. (2017). Sulama Çalışma Grubu Raporu. Ankara: Ormancılık ve Su Şurası.
- OSİB (2016). İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerindeki Etkileri Projesi. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Özgün, H., Çiçekalan, B., Öztürk, İ. (2018). Türkiye’de Mevcut Su ve Atıksu Yönetim Sektörü için Tarife Ödeme Gücü Oranlarının Karşılaştırılmalı Değerlendirilmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (2), 806~815.
- Öziş, Ü., Özdemir, Y., Dalkılıç, Y., Türkman, F. & Baran, T. (2004). Su Siyaseti Açısından Sınıraşan Fırat-Dicle Havzası, Silahlı Kuvvetler Dergisi, 382, 16-33.
- Öztürk, İ., Çallı, B., Arıkan, O.A., Altınbaş, A. (2014). Atıksu Arıtma Çamurlarının İşlenmesi ve Bertarafı El Kitabı, Türkiye Belediyeler Birliği, İstanbul, Türkiye.
- Öztürk, İ., Dereli, R. K., Erşahin E. (2015). Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Verimliliği ve İyi İşletim Pratikleri, İSTAÇ Teknik Kitaplar Serisi-5, İstanbul, Türkiye.
- Qtaishat T. (2013). Impact of Water Reallocation on the Economy in the Fertile Crescent, *Water Resources Management*, 27, 3765-3774.
- Preston, B., Smith, T., Brooke, C., Gorrard, R., Measham, T., Withycombe, G., et al. (2008). Mapping Climate Change Vulnerability in the Sydney Coastal Councils Group . Hobart, TAS, Australia: CSIRO Marine and Atmospheric Research.
- Power, S., Sadler, B., & Nicholls, N. (2005). The Influence of Climate Science on Water Management in Western Australia. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 86 (6), 839–844.
- Raftelis, G.A. (2015). Water and Wastewater Finance and Pricing. The Changing Landscape, 4. Baskı. Bölüm: 22. *CRC Press*, Taylor&Francis Group, ABD.
- Reilly, M., Willenbockel, D. (2010). Managing Uncertainty: A Review of Food System Scenario Analysis and Modelling, *Philosophical Transactions of The Royal Society B*, V 365, pp. 3049-3063, doi:10.1098/rstb.2010.0141
- Rogers, P. & Hall, A. W. (2003). Effective Water Governance, Global Water Partnership, ISBN: 91-974012-9-3, Sweden.
- Rosegrant, M.W.; Cai, X.; Cline, S.A. (2002). World Water and Food To 2025: Dealing with Scarcity. Washington, DC, USA: International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Sallenger, A. H., K. S. Doran, and P. A. Howd, (2012). Hotspot of accelerated sea-level rise on the Atlantic coast of North America. *Nature Clim. Change*, 2, 884-888.
- Sankarasubramanian A., Lall U., Devineni N. and Espinueva S. (2009). The Role of Monthly Updated Climate Forecasts In Improving Intraseasonal Water Allocation. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 48(7), 1464–1482.
- Seckler, D.; Amarasinghe, U.; Molden, D.; de Silva, R.; Barker, R. (1998). World water demand and supply, 1990 to 2025: Scenarios and issues. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute (IIMI). 47p. (IIMI Research Report 19).
- Shiklomanov, I.A.; Balonishnikova, J.A. (2003). World water use and water availability: Trends, scenarios, consequences. In: Water Resources Systems—Hydrological Risk, Management and Development. Proceedings of An International Symposium (Symposium HS02b) Held During IUGG 2003, the XXIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, at Sapporo, Japan, from June 30 to July 11, 2003, UK: IAHS Press. Pp. 258-264.
- Smets, H. (2009). Access to Drinking Water at An Affordable Price in Developing Countries. In: El Moujabber, M., Mandi, L., Trisorio-Liuzzi, G., Martín, I., Rabi, A., Rodríguez, R. (Eds.), *Technological*

Perspectives for Rational Use of Water Resources in the Mediterranean Region. Bari: CIHEAM. No.88, pp. 57-68.

Steffen, W. Persson, A., Deutsch, L., Zalasiewicz, J., Williams, M., Richardson, K., Crumley, C., Crutzen, P., Folke, K., Gordon, L., Molina, M., Ramanathan, V., Rockström, J., Scheffer, M., Schellnhuber, H. J., Svedin, U. (2011). The Anthropocene: From Global Change to Planetary Stewardship, *Ambio*, 40(7), pp.739-761, doi: 10.1007/s13280-011-0185-x.

Stern, N. (2007). The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

SUEN (2017). Büyükşehir Su ve Kanalizasyon İdareleri ile Mukayeseli Değerlendirme Çalışması-1. Aşama. Türkiye Su Enstitüsü, İstanbul.

SUEN (2019). Büyükşehir Su ve Kanalizasyon İdareleri ile Mukayeseli Değerlendirme Çalışması-2. Aşama. Türkiye Su Enstitüsü, İstanbul.

SYGM (2019). Havza Koruma Eylem Planlarının Nehir Havzası Yönetim Planlarına Dönüştürülmesi İçin Teknik Yardım Projesi – Nehir Havzası Yönetim Planları (Büyük Menderes, Ergene, Susurluk, Gediz, Konya), T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, 2019.

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB) (2019). Onbirinci Kalkınma Planı, 2019-2023, Ankara, Türkiye.

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı (2010). Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usüller Tebliği, T.C. Resmi Gazete No: 27527, Tarih: 20.03.2010.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2006). Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete No:26047, Tarih: 08.01.2006, Ankara.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2015). Sürekli Atıksu İzleme Sistemleri Tebliği, T.C. Resmi Gazete No: 29303, Tarih:22.03.2015

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2016). Avrupa Birliği Çevre Entegre Uyum Stratejisi (UÇES) 2016-2023 Raporu, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/uces-belges--20180125144313.pdf> adresinden alınmıştır.

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı (2014). İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete No:28994, Tarih: 08.05.2014

Toklu, V. (1999). Su Sorunu, Uluslararası Hukuk ve Türkiye. Ankara: Turhan Kitabevi.

Transboundary Freshwater Dispute Database (2003). Department of Geosciences, Oregon State University.

TÜBİTAK MAM (2010). 11 Öncelikli Havza için Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı adına TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze, Kocaeli.

TÜBİTAK MAM (2014). 14 Havza için Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı adına TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze, Kocaeli.

TÜDAV (2017). Türkiye Denizleri Raporu, <http://tudav.org/calismalar/yayinlar/raporlar/> adresinden alınmıştır.

TÜİK (2012, 2014, 2016 2018). Temel İstatistikler. (<http://www.tuik.gov.tr/Start.do>)

UN (1998). The United Nations Strategic Approaches to Freshwater Management, Economic and Social Council, Commission on Sustainable Development, 6th Session, 20 April - 1 May 1998, p. 23 (E/CN.17/1998/2), New York.

UN (2013). Water Security and the Global Water Agenda. Canada: United Nations University.

UN (2014). Water for Life Decade- Human Right to Water, Retrieved from: https://www.un.org/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml

UN (2018). Sustainable Development Goal 6 Synthesis Report on Water and Sanitation, Clean Water and Sanitation.

UN Water (2018). World Water Development Report- Nature Base Solutions for Water, Paris, France.

UN WWAP (2006). The United Nations World Water Development Report 2: Water a Shared Responsibility. United Nations (UN) World Water Assessment Programme, Paris, France.

UN WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). (2012). The United Nations World Water Development, Report 4. Managing water under risk and uncertainty. Paris, France: UNESCO.

UNDP (2006). Human Development Report 2006 Beyond Scarcity: Power, Poverty and The Global Water Crisis, New York, USA.

UNDP (2011). Human Development Report. Sustainability and Equity: A Better Future for All. United Nations Development Program (UNDP), New York, USA.

UNDP-DHI Centre Partnership (2018). IWRM Data Portal. Retrieved from: <http://iwrmdataportal.unepdhi.org/iwrmmmonitoring.html>

UNEP (2006). Marine And Coastal Ecosystems and Human Well-Being: A Synthesis Report Based on The Findings of The Millennium Ecosystem Assessment, Nairobi, Kenya: UNEP.

UN-WCED (1987). Our Common Future, The General Assembly as an Annex to Document A/42/427 - World Commission on Environmental and Development, Development and International Cooperation: Environment.

Wada, Y., Flörke, M., Hanasaki, N., Eisner, S., Fischer, G., Tramberend, S., Satoh, Y., van Vliet, M. T. H., Yillia, P., Ringler, C., Burek, P., and Wiberg, D.(2016). Modeling Global Water Use for The 21st Century: The Water Futures And Solutions (Wfas) Initiative And Its Approaches, *Geosci. Model Dev.*, 9, 175-222, <https://doi.org/10.5194/gmd-9-175-2016>.

Ward, P. D. (2014) Yerküre Sulara Gömülürken, (E. Soğancılar Çev.), TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara. (Orijinal kitap 2010'da basılmıştır.)

Wani, S. P., Rockström, J., & Venkateswarlu, B. (2011). New Paradigm to Unlock The Potential of Rainfed Agriculture in The Semiarid Tropics. In R. Lal & B. A. Steward (Eds.), *World Soil Resources And Food Security* (pp. 419–470). Baton Rouge, FL: CRC Press.

Webster, P. J., Holland, G., Curry, J. & Chang, H. R. (2005). Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment, *Science*, 309 (5742), 1844–1846.

Wett B., Bunchauer, K., Fimml, C. (2007). Energy Self-Sufficiency As A Feasible Concept for Wastewater Treatment Systems. *Proc. IWA Leading Edge Technology Conference*, Singapore, Sept. 2007, 21-24.

WHO (World Health Organization) (2003) The Right to Water, https://www2.ohchr.org/english/issues/water/docs/Right_to_Water.pdf

WHO (2017). UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-water (GLAAS) 2017 Report: Financing Universal Water, Sanitation and Hygiene under the Sustainable Development Goals. Geneva. Available from http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/glaas-report-2017/en/.

World Bank. (WB) (2012). Global economic prospects 2012. Uncertainties and vulnerabilities. Retrieved from: <http://go.worldbank.org/WI8LCZ6PT.0>

Wolf, A. T., Yoffe Shira B. ve Giordano M. (2003). International Waters: Identifying Basins at Risk. *Water Policy*, 5:29-60.

Wolf (1998). Conflict and Cooperation Along International Waterways, *Water Policy*, Vol.1, No.2, pp.251-265.

WWF (2014). Türkiye'nin Su Ayakizi Raporu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.

Yıldız, D. (2010). Su'dan Savaşlar, Truva Yayınları, İstanbul.

DİZİN

A

- AB Kentsel Atıksu Arıtma Direktifi, 159
AB Su Çerçeve Direktifi, 97, 142, 152, 154
Akifer, 98, 119, 135
AKM, 154, 158
Alg, 54
AQUASTAT, 10
Atıksu
 Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı, 134, 135
 Atıksu Altyapı Tesisleri Tarifelerinin Belirlenmesinde Uyulacak Usul ve Esaslara İlişkin Yönetmelik, 157
 Atıksu Arıtımı, 139, 151, 164
 Atıksu Arıtımı Eylem Planı, 135, 138, 142
 Atıksu Yönetimi, 14, 18, 149, 150, 151, 154, 158, 159
Azot, 54, 55, 58, 89, 90, 139, 143, 144, 146, 147, 148
 Nitrat Azotu, 144, 148
 Nitrit Azotu, 145

B

- Balıkçılık, 49, 52, 54, 77, 79
Baraj, 15, 39, 54, 63, 82, 99, 107, 146, 149, 152
Benchmarking, 94, 159, 160, 168, 169
Binyıl Kalkınma Hedefleri, VI, 15, 62, 63, 67, 106
Birleşmiş Milletler, VI, 4, 13, 27, 49, 51, 55, 62, 65, 67, 68, 69, 72, 98, 102, 104
Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı, 55, 72
Biyometan Potansiyeli, 90, 91
BOİ, 60, 84, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 154
Bütünleşik Nehir Havzaları Yönetimi, 17, 19

Ç

- Çevre Kirliliği, 22
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, VI, 18, 112, 135, 149, 151, 152, 154, 171

D

- Dezenfeksiyon, 88
Doğurganlık Oranı, 4
Dünya Bankası, VI, 6, 17, 35, 51, 138, 150, 159, 161, 167
Dünya Enerji Konseyi, VI, 80, 81, 82
Dünya Su Forumu
 Beşinci Dünya Su Forumu, 98
 İkinci Dünya Su Forumu, 28

E

- Ekosistem, 27, 29, 38, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 57, 58, 61, 62, 63, 118
Enerji
 Biyoenjerji, 58, 71, 72
 Enerji Gerikazanımı, 88, 89
 Enerji Yeterli, 83, 88, 89, 91
 Hidroelektrik Enerji Üretimi, 40, 104
 Yenilenebilir Enerji, 88
Enerji Verimliliği, 88
Evapotranspirasyon, 25, 46

F

- Falkenmark Göstergesi, 11, 12, 13
FAO, VI, 47, 68, 69, 72, 102, 104, 167
Foseptik, 16, 18
Fosfor, 54, 58, 84, 139, 143, 145, 147, 148, 154
 Fosfor Geri Kazanımı, 58

G

- Gelgit, 52, 55
Gıda Güvenliği, 7, 24, 65, 66, 67, 68, 69, 76, 77
GSYİH, VI, 2, 3, 6, 7, 19, 20, 21, 24, 27, 35, 56, 60, 162

H

- Haliç, 152
Haliç Rehabilitasyon (Tarama ve Islah) Projesi, 60, 61

Hanehalkı Kullanımı, 3

Havza

Akarçay Havzası, 112, 142

Antalya Havzası, 112, 142

Aras Havzası, 112, 143

Asi Havzası, 112, 143

Batı Akdeniz Havzası, 112, 143

Batı Karadeniz Havzası, 112, 143

Burdur Havzası, 112, 143

Büyük Menderes Havzası, 112, 143

Ceyhan Havzası, 112, 144

Çoruh Havzası, 112, 144

Doğu Akdeniz Havzası, 112, 124, 127, 144

Doğu Karadeniz Havzası, 112, 144

Ergene Havzası, 144, 145

Fırat-Dicle Havzası, 112, 133, 145

Gediz Havzası, 112, 145, 146

Konya Kapalı Havzası, 112, 115, 126, 127, 146

Kuzey Ege Havzası, 112, 146

Küçük Menderes Havzası, 112, 146, 147

Marmara Havzası, 112, 147

Meriç-Ergene Havzası, 112

Sakarya Havzası, 112, 147

Seyhan Havzası, 112, 147

Susurluk Havzası, 112, 148

Van Gölü Havzası, 112, 148

Yeşilırmak Havzası, 112, 148

Havza Koruma Eylem Planları, 19, 155

Hidroelektrik Santral, 82

Hidrolojik Döngü, 35, 53

I

IPCC, VI, 24, 34, 36, 43, 44, 45, 47, 119, 166, 168

İ

İçme Suyu, 16, 18, 136, 140, 151, 152, 165

İklim

İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına
Etkileri Projesi, 119, 120

İklim Değişimi, 18, 23, 24, 25, 26, 27, 28,
34, 36, 38, 44, 45, 47, 64, 65, 68, 74, 75,
112, 119, 127, 136, 141

İklim Modelleri, 34, 36

İnsani Su Hakkı, 14

İSKİ, VI, 14, 41, 42, 61, 150, 152, 164, 165

İSKİ'nin Su Tarife Gelirlerine Dayalı

Finansman Temin Modeli, 165

K

Karbon Ayak İzi, 88

Kazan-Kazan Yaklaşımı, 57

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği, 139, 141,
154

Kentsel Atıksu Arıtma Direktifi, 139

KOİ, 84, 86, 87, 90, 142, 143, 144, 145, 146,
147, 148, 154, 158

Kore Dört Nehir Projesi, 59, 60

Kuraklık, 24, 38, 41, 43, 45, 57, 74, 112, 115,
133, 136

Küresel Isınma, 23, 38, 47, 112

Küresel İçme Suyu ve Kanalizasyon
Hizmetleri, 17

M

Metan, 23, 90

Modelleme, 7, 10, 34, 35, 36, 37, 112, 118,
119, 120, 122, 126

Mutlak Kıtılık, 11, 12, 13

N

N₂O, 90

Nehir Havzası Yönetim Planı, 19, 144, 145,
151, 171

Nüfus Artışı, 2, 4, 7, 12, 22, 24, 25, 35, 65, 68,
133, 138

O

OECD, VI, 2, 6, 17, 19, 20, 29, 38, 60, 63, 98,
136, 137, 139, 141, 157, 160, 164, 165, 169

Oksijen, 54, 55, 60, 143, 144, 145, 146, 147,
148, 154, 158

Ö

Ödeme Gücü, 140, 162, 169

Türkiye'de Su Abonelerinin Ödeme Gücü
Değerlendirmesi, 162, 163

Ötrofikasyon, 54, 146, 154

P

Pik Su, 27

R

Rezervuar, 38, 39, 40, 60

S

Sanal Su, 76

Sarı Nehir, 56, 57

Sarı Nehir Koruma Komisyonu, 57

Sınırşan Sular, 32, 102, 141

SKA, VI, 14, 15, 16, 17, 18, 19

Su Anlaşmazlıkları, 97, 98, 99, 104, 106

Su Ayak İzi, 65, 76, 77, 78, 79, 82

Gri Su Ayak İzi, 76

Mavi Su Ayak İzi, 76

Yeşil Su Ayak İzi, 76

Su Baskısı, 24, 27, 46

Su Döngüsü, 1

Su Fakiri, 12

Su Güvenliği, 38, 50

Su İhtiyacı, 7, 42, 80, 127, 134, 135

Su Kalitesi, 47, 50, 57, 58, 59, 76, 104, 136, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 150, 152

Su Kaynakları, 2, 4, 10, 11, 14, 27, 28, 29, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 47, 54, 57, 59, 62, 75, 98, 104, 136, 141, 149, 152, 165

Su Kıtlığı, 7, 10, 11, 14, 24, 27, 30, 43, 56, 59, 63, 70, 77, 150

Su Mevcudiyeti, 11, 30, 124

Su Potansiyeli, 12, 37, 38, 44, 46, 107, 110, 111, 118, 119, 120, 126, 127

Su Rekabeti, 24, 69, 70, 75, 98, 136

Su Sektörü Reformu Döngüsü, 164

Su Stresi, 10, 11, 12, 13, 27, 137

Su Tahsisi, 46

Su Talebi, 3, 4, 28, 42, 44, 47, 70, 136

Su Temini, 7, 15, 41, 42, 44, 48, 54, 57, 58, 59, 60, 65, 75, 77, 85, 104, 136, 140, 149, 150, 151, 155, 158

Su Tüketimi, 4, 48

Su ve Atıksu Tarifeleri, 160

Su Vergileri, 157

Su Yönetimi, 17, 28, 35, 38, 41, 60, 62, 102, 106, 150, 151, 152, 157

Bütünleşik Su Kaynakları Yönetimi, 56
Türkiye'de Su, Atıksu ve Yağmursuyu Yönetimi, 136

Su Yönetişimi, 28, 29, 30, 32, 159

Su Zengini, 12, 76, 136

Sulak Alan, 29, 38, 50, 152

Sürekli Atıksu İzleme Sistemleri Tebliği, 158
SWAT, 118, 119, 120

T

Tarım Yüzyılı, 71

Tatlı Su, 1, 14, 17, 18, 50, 57, 58, 63, 139

U

Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü, VI, 7, 10, 69, 70

UNDP İnsani Gelişme Raporu, 106

W

WATERSIM, 7

WHO, VI, 13, 24, 162, 172

Y

Yeraltı Suyu, 3, 7, 11, 52, 54, 63, 84, 98, 110, 111, 118, 119, 126, 127, 135, 149

Yeşil Devrim, 65

Yeşil Ekonomi Gündemi, 58

Yüzeysel Su, 41, 44, 45, 52, 111, 118, 144, 148



TURKISH WATER INSTITUTE
SUEN
TÜRKİYE SU ENSTİTÜSÜ

