

Bu yayına ilişkin tartışmaları, istatistikleri ve yazar profillerini şu adreste görebilirsiniz:<https://www.researchgate.net/publication/267148233>

İklim değışikliğinin Türkiye'deki su kaynaklarına etkileri

Madde*çinde*Çevre Mühendisliği ve Yönetim Dergisi · Nisan 2014

DOI: 10.30638/eemj.2014.092

ALINTILAR

25

OKUR

4.327

1 yazar:



Özgür AktaS

İstanbul Medeniyet Üniversitesi

44YAYINLAR**1.718**ALINTILAR

PROFİLİ GÖRÜNTÜLE



"Gheorghe Asachi" Iasi Teknik Üniversitesi, Romanya



İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SU KAYNAKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ TÜRKİYE'DE

Özgür Aktaş

İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Biyomühendislik Bölümü, D-100 Karayolu Merdivenköy Mevkii, Kadıköy,
İstanbul Türkiye

E-posta: aktasozg@gmail.com , ozgur.aktas@medeniyet.edu.tr ; Telefon: +90216 2803210; Faks: +90 216 2803232

Soyut

Küresel iklim değişikliği sıcaklık ve yağış etkiler. Bu değişiklikler bölgesel bazda su kaynaklarının mevcudiyeti üzerinde ciddi etkilere sahiptir. Akdeniz Havzasında yer alan Türkiye'nin, özellikle su kaynakları açısından küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden ciddi şekilde etkilenmesi öngörülmektedir. İklim değişikliğine uyum için rasyonel önlemler sağlamak amacıyla, antropojenik iklim değişikliğinin neden olduğu su kıtlığı açısından ülkenin durumunu anlamak önemlidir. Makale, geçmiş gözlemleri ve gelecekteki tahminleri dikkate alarak ilgili literatürü bir araya getirerek iklim değişikliğinin Türkiye'deki su kaynakları üzerindeki etkisini ulusal düzeyde araştırmaktadır. Türkiye'nin iklim değişikliği açısından yasal durumu, Türkiye'den kaynaklanan sera gazı emisyonları, iklim değişikliğinin Türkiye'deki sıcaklık ve yağış üzerindeki etkileri, iklim değişikliğinin su kaynakları potansiyeli üzerindeki etkileri, Türkiye'deki deniz seviyesinin yükselmesi ve seller, ülkenin farklı bölgelerinden örnekler ve iklim değişikliği etkilerine uyum önlemleri kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: uyum, iklim değişikliği, sera gazı emisyonları, Türkiye, su kaynakları

Alındı: Ağustos 2011; Gözden geçirilmiş son hali: Haziran 2012; Kabul edildi: Temmuz 2012

1. Giriş

İklim değişikliği, ciddi çevresel ve sosyoekonomik sonuçlara yol açabilecek çok boyutlu ve karmaşık bir sorundur. İklim değişikliği ülkelerin ulusal güvenliklerini ve gelecek nesillerin hayatlarını tehdit edebilir. İklim değişikliği esas olarak atmosferdeki sera gazlarının artışından kaynaklanır. Sera gazları, antropojenik faaliyetlerin yanı sıra doğal süreçler sonucunda da salınır. Özellikle fosil yakıtlı santrallerden kaynaklanan karbondioksit emisyonları, sera gazlarının başlıca antropojenik kaynakları olarak kabul edilir. Atmosferdeki sera gazı konsantrasyonu, özellikle son on yıllarda sürekli olarak artmaktadır. Atmosferik CO₂ yaklaşık 280 ppm'lik sanayi öncesi konsantrasyonundan şu anda yaklaşık 385 ppm'ye yükselmiştir. IPCC (İklim Değişikliği Hükümetlerarası Paneli) tarafından üretilen çeşitli senaryolara dayalı gelecek projeksiyonları önemli artışlar öngörüyor

karbondioksit emisyonlarında ve atmosferdeki konsantrasyonunda, küresel ortalama sıcaklıklarda artışlarda, dünya genelinde iklim değişikliklerinde ve deniz seviyesinin yükselmesinde. İklim değişikliğinin yağış, deniz seviyesinin yükselmesi, kıyı alanları, su kaynakları, tarım, biyolojik çeşitlilik, ormancılık, çölleşme, kuraklık, seller ve insan sağlığı üzerinde doğrudan veya dolaylı etkileri vardır.

İklim değişikliği ile mevcut su kaynakları arasındaki ilişkinin incelenmesi, verimli su kaynakları yönetimi için faydalıdır. İklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki olası etkilerinin tahmin edilmesi, özellikle su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve uzun vadeli planlaması açısından önemlidir. Hidrolojik süreçleri, su kaynaklarının mevcudiyetini ve su eksikliğinin nedenlerini incelemek önemlidir. Bu araştırmalara dayanarak su kaynaklarının geleceği planlanmalıdır.

Türkiye'nin jeolojik konumu onu iklim değişikliğinin etkileri açısından önemlidir

Ülkenin çeşitli iklim koşulları nedeniyle. Türkiye, gelişmiş su zengini Kuzey Akdeniz ülkelerinin ve gelişmekte olan su kıtlığı çeken Güney Akdeniz ülkelerinin özelliklerini bir araya getiriyor (Yıldız ve Özgüler, 2005). Literatürde, iklim değişikliğinin Türkiye'deki su kaynakları üzerindeki etkisine ilişkin birkaç bireysel ve bölgesel çalışma bulunmaktadır. Ancak, Türkiye'deki durumun genel görünümü daha önce literatürde incelenmemiştir. Bu nedenle, bu makale, ilgili geçmiş araştırmaları bir araya getirerek iklim değişikliğinin Türkiye'deki su kaynakları üzerindeki etkisini ulusal düzeyde araştırmayı amaçlamaktadır.

2. Türkiye'nin iklim değişikliği ve sera gazı emisyonları açısından hukuki durumu

Türkiye'nin ekonomik, sosyal ve sera gazı emisyon göstergeleri UNFCCC'nin (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi) Ek 1'inde listelenen gelişmiş ülkelere benzememektedir. Öte yandan, toplam sera gazı emisyonları %119 artarken, GSYİH (Gayri Safi Yurt İçi Hasıla) 1990-2007 yılları arasında %85 artmıştır. Bu, kişi başına sera gazı emisyonlarındaki artışın (%77), kişi başına GSYİH'daki artıştan (%44) çok daha fazla olduğu anlamına gelir. Aynı dönemde toplam elektrik üretimindeki artış %233 ve ekonominin karbon yoğunluğundaki artış %294 olmuştur. Bu veriler, Türkiye'deki kalkınmanın giderek enerji yoğun ve fosil yakıta bağımlı hale geldiğini göstermektedir.

Türkiye, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) ve uygulama aracı Kyoto Protokolü olmak üzere iki uluslararası anlaşmanın her ikisine de taraf olmuştur. 2001 yılında UNFCCC çerçevesinde alınan 26/CP.7 sayılı kararla Türkiye'nin konumu, Sözleşmenin Ek 1'inde listelenen diğer ülkelerden farklı ve benzersiz olarak kabul edilmiştir. Türkiye, Protokolün Ek-B listesinde yer almadığından sera gazı azaltımı konusunda herhangi bir niceliksel taahhüdü bulunmamaktadır. Ancak Türkiye, konumu nedeniyle Kyoto Protokolü'nün esneklik mekanizmalarından yararlanamamaktadır.

2001 yılında İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu'nun (İDKK) kurulması ve 2010 yılında Çevre ve Orman Bakanlığı'nda İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı'nın kurulması, Türkiye'nin kamu kurumsal yapısında önemli gelişmeler olarak değerlendirilebilir. Türkiye'nin "Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi", eski Çevre ve Orman Bakanlığı'nın koordinasyonunda Türkiye'nin önceliklerini tanımlamak için Mayıs 2010 itibarıyla yürürlüğe girmiştir. Ancak, bu temel strateji belgesinde, 2020 itibarıyla enerji üretim sektörünün sera gazı emisyonlarında her zamanki senaryoya kıyasla %7'lik sınırlama dışında, sera gazı emisyonlarının azaltılması konusunda nicel hedefler tanımlanmamıştır.

İstatistik Enstitüsü, Türkiye'nin UNFCCC'ye karşı yükümlülükleri arasında yer alan Ulusal Sera Gazı Envanterinin geliştirilmesi ve raporlanmasından sorumludur. Bilimsel ve teknolojik çalışmaların planlanması, koordinasyonu ve uygulanmasının odak noktası Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'dur (TÜBİTAK).

Türkiye'nin iklim değişikliğine uyum stratejisi Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi'nde (TRMEF, 2009) bildirilmiştir. Türkiye, küresel iklim değişikliğiyle mücadele ve uyum konusunda kapsamlı ve işlevsel bir uluslararası işbirliği mekanizması kurmak amacıyla yürütülen müzakerelere aktif olarak katılmayı; "Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi" ile uyumlu dinamik bir yaklaşımla "Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı"nı geliştirmeyi; İklim Değişikliği için örgütsel yapıyı gözden geçirmeyi; süreçte 'Bilgi Yönetimi' ve değişim yaklaşımını ve metodolojisini uyarlamayı ve ulusal bir portal oluşturmayı kararlaştırmıştır.

3. Türkiye'deki sera gazı emisyonları

Türkiye'de toplam sera gazı emisyonları 1990-2008 döneminde istikrarlı bir şekilde artmıştır. 2008 yılı emisyonları (365,5 milyon ton) 1990 yılı emisyonundan (187,03 milyon ton) %96,0 (neredeyse iki katı) daha fazladır. 2008 yılı itibarıyla enerji sektöründen kaynaklanan emisyonlar %75,8 ile en büyük paya sahipken, atık bertarafından kaynaklanan emisyonlar %9,3 değeriyle ikinci en büyük paya sahipken, endüstriyel proseslerden kaynaklanan emisyonlar %8,1 ile üçüncü sırada yer almıştır. Sera gazı emisyonlarında, karbondioksitin yutağı görevi gören arazi kullanımı ve arazi kullanım değişikliği ile ormancılık da dikkate alınmalıdır. 1990-2008 döneminde sera gazlarındaki istikrarlı artış, esas olarak enerji sektöründe ve endüstriyel proseslerde meydana gelen değişikliklerin sonucudur. Atıklardan kaynaklanan emisyon diğer sektörlerle kıyasla sabit kalmıştır. Ancak aynı dönemde tarımsal emisyonlarda tersine bir azalma görüldü (TÜİK, 2010).

4. İklim değişikliğinin Türkiye'de sıcaklık ve yağış üzerindeki etkileri

İklim değişikliği suyun bulunabilirliğini, kalitesini ve dağıtımını etkiler. Akıştaki ve bir bölgenin yenilenebilir su kaynağındaki değişiklikler, sıcaklıktan güçlü bir şekilde etkilenen yağış ve buharlaşmadaki değişikliklerin doğrudan sonuçlarıdır. Türkiye, birkaç iklim bölgesinin varlığı nedeniyle iklim değişikliğinin etkilerine karşı çok hassas bir ülke olarak düşünülebilir (Şekil 1). Ancak, çok çeşitli bir iklime sahip Türkiye gibi nispeten büyük bir ülke için tüm ülke yerine yerel koşulları dikkate almak önemlidir. Orta ve Güneydoğu Anadolu gibi kurak ve yarı kurak bölgeler çölleşme riski altındadır. Öte yandan, yarı nemli

Ege ve Akdeniz bölgeleri de su kaynaklarının yetersizliğinden etkilenecek. Ülkenin farklı bölgeleri iklimsel farklılıklardan dolayı farklı şekillerde etkilenecek.



Şekil 1 Türkiye'nin iklim bölgeleri

Sıcaklık ve yağış değişiklikleri, iklim değişikliğinin önemli bileşenleridir. Küresel sıcaklık değişikliklerine benzer şekilde, Türkiye'deki ortalama ortam sıcaklıkları da artma eğilimindedir. Türkiye'deki ortalama sıcaklıklar, 1941-2007 yılları arasında 0,64 °C/100 yıllık bir eğilimle istikrarlı bir şekilde artmıştır. Özellikle İstanbul ve İzmit gibi oldukça kentleşmiş alanlar ile Türkiye'nin güney ve güneydoğu bölgeleri, ortalama sıcaklıklarda önemli bir artış eğilimine sahiptir (TRMEF, 2008). Önceki bir çalışmada, 1939-1989 dönemi (50 yıl) için ısınma miktarı, yıllık ortalama sıcaklıklar açısından 0,32 °C olarak tahmin edilmişti, ancak farklar istatistiksel olarak anlamlı değildi (Kadıroğlu, 1997).

Orta enlemlerde ve yarı kurak düşük enlemlerde, İklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkileri, su bulunabilirliğini azaltmak ve kuraklıkları artırmaktır. Özellikle Güney Avrupa'da, iklim değişikliğinin halihazırda savunmasız olan bölgelerde yüksek sıcaklıklara ve kuraklığa yol açan koşulları olumsuz etkilemesi bekleniyor. İklim değişikliği, su bulunabilirliğini, hidroelektrik potansiyelini, yaz turizmini ve ürün verimliliğini azaltır. Avrupa'daki yıllık ortalama sıcaklıkların küresel ortalamadan daha fazla artması muhtemeldir.

Güney ve Orta Avrupa'da en yüksek yaz sıcaklıklarının ortalama yaz sıcaklığından daha fazla artması bekleniyor. Ayrıca, Akdeniz bölgesindeki ısınmanın yazın en büyük olması muhtemel. Örneğin, Güney İtalya'daki bir Akdeniz Havzası için yapılan bölgesel bir çalışma, yıllık sıcaklıkta 3,5-3,9 santigrat derecelik bir artış, kümülatif yıllık yağışta %9-21'lik bir düşüş ve yüzey akışında %25,4-41,2'lik bir azalma öngördü (Senatore ve diğerleri, 2011).

Doğu Akdeniz ve Orta Doğu Bölgesi için bölgesel bir iklim modeli de yüzyılın hem ortasında hem de sonunda yağışta yaklaşık %10'luk bir azalma gösterdi ve yerel alanlar arasında önemli farklılıklar vardı (Chenoweth ve diğerleri, 2011). Aşırı sıcaklık ve yağış olaylarına odaklanan Doğu Akdeniz Bölgesi için başka bir bölgesel iklim modeli simülasyonu,

Ürdün Nehri Bölgesi'nde daha uzun kurak dönemler ve yoğun yağışlardaki artışlarla birlikte günlük maksimum sıcaklığın 2,5-3 derece artması ve yağış uçlarının artması bekleniyor (Samuels vd., 2011). Ancak, bu değişikliklerin bölgeler arasında büyük ölçüde değişebileceğini belirtmek önemlidir. Örneğin, Türkiye'nin doğusunda bulunan İran'ın Doğu Azerbaycan Eyaleti'ni ele alan bir çalışmada, 2,3 derecelik bir sıcaklık artışı öngörülmesine rağmen, bu yüzyılın ortasına kadar yağışta yalnızca %3'lük bir azalma öngörülmüştür (Zarghami vd., 2011). Türkiye'deki durum, aşağıda ayrıntılı olarak görüldüğü gibi bölgedeki diğer ülkelerle benzerlik göstermektedir. Ancak, diğer kıtalarda, yüzyılın ortasına doğru Malezya'nın bazı havzalarında genel ortalama aylık akarsu akışlarının artması öngörüldüğü gibi, iklim değişikliği nedeniyle ters bir durum meydana gelebilir (Shaaban vd., 2011). Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nde de yıllık yağış ve yıllık yağışlı gün sayısının azalması beklenmektedir (Özkul, 2009).

Türkiye'de 1930-1993 yılları arasındaki yağışların istatistiksel analizi, bu dönemde yıllık ortalama yağışın hafifçe azaldığını, ancak ülkenin Akdeniz bölgesinde bulunan bazı istasyonlarında yıllık yağıştaki azalma eğiliminin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ortaya koymuştur (Türkeş, 1996). Ancak 1990'lardan sonra yağıştaki azalma daha belirgin olmuştur. Akdeniz Havzası'ndaki yağış son 25 yılda %20 oranında azalmıştır. Azalma eğiliminin devam etmesi ve Türkiye'nin yarı kurak Akdeniz, Ege ve Orta Anadolu bölgelerinde yağışta ciddi bir düşüş ve yıllık ortalama sıcaklıkların artması öngörülmektedir. Daha yakın tarihli bir çalışmada, ülke genelinde 165 istasyonda 1961-2008 dönemini kapsayan yağış zaman serileri dikkate alınarak beklenen uzaysal-zamansal değişimler incelenmiştir (Toros, 2012). Çalışmada, yıllık, yağışlı dönem ve kış mevsimi toplam yağışlarında tüm istasyonlarda sırasıyla yaklaşık %12, %13 ve %35 oranında önemli bir azalma olduğu gösterilmiştir. Öte yandan, sonbahar mevsiminde %19 oranında artışlar meydana gelmiştir.

Küresel iklim değişikliğinin Akdeniz Havzası'ndaki en belirgin etkisinin daha fazla kuraklık koşulları olarak beklenmesi. Yaz kuraklığı havzanın normal bir iklim özelliği olarak kabul edilmesine rağmen, yaz kuraklığı riskinin Akdeniz bölgesinde artması muhtemeldir. İklim değişikliğinin Türkiye'nin su kaynakları üzerindeki etkisi birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Demir ve diğerleri (2007), iklim değişikliğinin Türkiye'deki sıcaklık ve yağış üzerindeki etkilerini araştırmıştır.

Yaz mevsiminde sıcaklık artarken, toplam yıllık yağış miktarlarındaki değişimlerin genel olarak azalan bir eğilime sahip olduğunu buldular. Mengü ve diğerleri (2008), iklim değişikliğinin Türkiye'nin tarımı ve su kaynakları üzerindeki etkilerini incelediler. Beklenen 1-3-C'lik bir sıcaklık artışıyla birlikte, yıllık yağışın özellikle kışın önemli bir azalma gösterdiği sonucuna vardılar ve

akarsu akışı önemli ölçüde düştü. Türkiye'de yaz sıcaklıklarının 3°C, kış sıcaklıklarının ise 1-2°C artacağı tahmin ediliyor.

Genel Dolaşım Modeli (GCM) sonuçlarına göre, güney bölgelerdeki kış yağışları önemli ölçüde azalacaktır. Benzer şekilde, Türkiye'nin birçok yerinde yaz sıcaklıkları 3-5°C artacak ve ilkbahar yağışları 5-50 mm artabilirken, yaz yağışları 5-20 mm azalabilir.

Kurak alanlardaki iklim değişikliklerinin tarımsal üretim üzerindeki etkileriyle ilgili bir proje (ICCAP), Türkiye'deki kış yağışlarının 2070'lere kadar %42-46 oranında azalacağını, ancak ürün gereksinimlerinin %5-10 oranında artacağını öngörmüştür (Mengu vd., 2008). Su kaynakları üzerine yapılan çalışmalar, Türkiye'nin birçok su toplama alanının ciddi su sıkıntısı yaşayacağını göstermiştir. 1951-2004 yılları arasındaki yıllar için 103 meteoroloji istasyonunun gözlenen ve doğrulanan verileri üzerinde yapılan eğilim analizleri, yaz sıcaklıklarının Türkiye'nin batı ve güneybatı kesimlerinde en fazla arttığını ve Türkiye'nin batı illerindeki kış yağışlarının son elli yılda önemli ölçüde azaldığını göstermiştir (Özkul, 2009).

Türkiye için 21. yüzyılın sonuna kadar yıllık ortalama sıcaklık artışının 2-3 °C civarında olacağı tahmin edilmektedir. 21. yüzyıl. Genellikle yağış Ege ve Akdeniz kıyılarında azalır ve Karadeniz kıyılarında artar. Kar suyu eşdeğerindeki değişime göre, azalmanın Doğu Anadolu'nun yüksek ovalarında ve Karadeniz Dağları'nın doğu kesiminde 200 mm'ye kadar olması bekleniyor (Özkul, 2009). IPCC tarafından geliştirilen senaryolara göre, 21. yüzyılda Türkiye'de hem kış hem de yaz aylarında yağışta %20'den fazla azalma öngörülmüyor. 21. yüzyıl.

5. İklim değişikliğinin Türkiye'deki su kaynakları potansiyeli üzerindeki etkisi

Uluslararası ülkeler kategorisinde, Türkiye hala yanıltıcı bir şekilde düşük su stresi altında olarak kabul ediliyor. Ancak, Türkiye su zengini bir ülke değil. Küresel iklim değişikliği nedeniyle Türkiye'deki su kaynağı stresi her geçen gün artıyor. İklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki en olumsuz etkilerinin Akdeniz Bölgesi ve Orta Doğu çevresinde meydana gelmesi bekleniyor. Bu nedenle, Türkiye'nin ciddi şekilde etkilendiği düşünülüyor. 1970 ile 2000 yılları arasında, Türkiye'de toplam akış ve yağış miktarının sırasıyla %21 ve %19,3 oranında azaldığı tahmin ediliyor. Akıştaki azalmalar hem azalan yağışa hem de artan buharlaşmaya bağlanabilir.

Hem yağış hem de buharlaşma kesinlikle iklim değişikliğinden etkileniyor. Su bulunabilirliği (m³/yıl/kişi) Türkiye'de 1990'da 3070'ten 2050'ye kadar en az 700'e veya en fazla 1910'a düşeceği tahmin ediliyordu (Odemis ve Evrendilek, 2007). Başka bir çalışma %40'ı tahmin etti

Su kaynakları potansiyeli ve nüfus artışına ilişkin yapılan projeksiyonlara dayanarak, Türkiye'de 1998-2050 yılları arasında kişi başına düşen su kaynaklarındaki azalma (Angelakis ve Kosmas, 2000).

Yakın Doğu Bölgesi'nin büyük bölümünde (Türkiye dahil) su bulunabilirliğinde yılda 40 mm'ye kadar bir azalma olacağı, bu azalmanın Türkiye'nin Anadolu Platosu'nda yılda 80 mm olacağı tahmin edilmektedir (Çakmak vd., 2009).

Türkiye'de yıllık ortalama yağış miktarı 501 milyar metreküpe denk gelen 643 mm civarındadır. 3 su. 274 milyar m³ buharlaşma yoluyla kaybolur. 158 milyar m³ yüzey akışlarını ve 69 milyar m³'ü oluşturur. 3 su, 28 milyar m³'ün yer altı suyunu beslediği. 3 bunun yüzey sularına yeniden katılması. 7 milyar m³ dahil. 3 Diğer ülkelerden gelen su ile ülkenin yenilenebilir su potansiyeli 234 milyar metreküptür. 3 Toplamda, 2050 yılına kadar yıllık yağış miktarının 325 milyar m³'e düşmesi bekleniyor. 3 ve yüzey akışının 130 milyar metreküpe düşmesi bekleniyor. 3 193 milyar m³'lük bugünkü değerden. 3 (Sen, 2009a). Tablo 1, Türkiye'deki su kaynakları potansiyelini ve kullanımını göstermektedir. Türkiye'deki kullanılabilir su miktarı yaklaşık 1500 m³'tür. 3 kişi başına. 1000 m³'e düşmesi bekleniyor. 3 Nüfus artışı ve iklim değişikliğinin etkisi sonucu 2050'de. Türkiye'de şu anda mevcut su kaynaklarının yalnızca %36'sı kullanılıyor (yaklaşık 40 milyar m³ toplam 112 milyar m³). DSİ (Devlet Su İşleri) bu oranın artırılmasını hedeflemektedir (TRMEF, 2008).

Türkiye'de en büyük su kullanıcısı %74'lük payla tarımdır, bunu %15'lik konut sektörü ve %11'lik sanayi sektörü takip etmektedir. Sanayi sektörü 4,2 milyar m³ su kullanmıştır. 3 2000 yılında su ihtiyacı %4 oranında artarak sanayi sektörünün su talebi 13,2 milyar m³'e ulaşacak. 3 2030 yılında 29,3 milyar m³ tarımsal su kullanımı. 3 71,5 milyar m³'e çıkması bekleniyor. 3 ve yurtiçi kullanım 5,8 milyar m³'ten 35,3 milyar m³'e çıkacak. 3 2030 yılında (Tahmiscioğlu vd., 2006). Suyun en büyük kullanıcısı olan tarım sektörünün iklim değişikliğinden en çok etkilenmesi bekleniyor. Verimsiz sulama yöntemlerinin yaygın kullanımı, öngörülen gelecekteki su kıtlığının önemli bir nedeni olarak kabul ediliyor.

Türkiye'de tarımsal sulama %94 oranında yüzey sulama yöntemleri, %6 oranında yağmurlama sulama ve damla sulama ile uygulanmaktadır. Ancak son yıllarda sulama verimliliğinin artırılmasına büyük önem verilmiş ve daha verimli sulama yöntemlerinin uygulanmasında önemli gelişmeler kaydedilmiştir (Mengu vd., 2008). Su kıtlığına ek olarak, arazi kullanımı ve kapsamı da iklim değişikliğinden etkilenecektir (UNDP, 2007). Türkiye'nin küresel iklim değişikliğinin bir sonucu olarak tarımsal üretimde ciddi kayıplar yaşayacağı tahmin edilmektedir (Mengu vd., 2008).

Genel olarak, Türkiye'deki 25 havza, 1995 ile 2002 yılları arasında yüzey suyu akış oranlarında yaklaşık 4 m³'lik ortalama yıllık oranda %16'lık doğrusal bir düşüş eğilimi yaşadı. 3 S-1.

Tablo 1. Türkiye'de su kaynaklarının potansiyeli ve kullanımı (Çakmak ve diğerleri, 2009'dan uyarlanmıştır)

	<i>Yüzey suyu</i>	<i>Yeraltı suyu</i>	<i>Toplam</i>
Yenilenebilir su potansiyeli (km ³)	193	41	234
Kullanılabilir su potansiyeli (km ³)	98	14	112
Tüketim (km ³)	31	12	43

Benzer şekilde, nehir suyu sıcaklığında yıllık ortalama yaklaşık 0,2 °C oranında doğrusal olarak artan bir eğilim olduğu görülmüştür. Daha yüksek buharlaşma potansiyeline ek olarak, daha sıcak su yüzey sularında daha düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonlarına yol açabilir. Dolayısıyla, artan sıcaklıklar nehir suyunun hem kalitesini hem de miktarını bozar (Odemiş ve Evrendilek, 2007). Ancak, yüzey sularındaki bu azalmaların yalnızca iklim değişikliğinden kaynaklanmadığını; bunun yerine artan su çekimi ve arazi kullanımındaki değişikliklerden kaynaklanma olasılığının daha yüksek olduğunu belirtmek önemlidir.

İklim değişiklikleri hidroelektrik üretiminde de dalgalanmalara neden olur. Genel su mevcudiyetini azaltan iklim değişiklikleri sonunda hidroelektrik tesislerinin üretkenliğini azaltacaktır (Sen, 2009b). Bu, nispeten yüksek miktarlarda elektrik için hidroelektrik gücü kullanan Türkiye için özellikle önemlidir.

İklim değişikliği suyun kalitesini ve miktarını da etkileyebilir. İçme suyu kalitesinde bozulma eğilimi vardır ve bu da özellikle aşırı meteorolojik olaylar sırasında potansiyel sağlık etkileri açısından risk artışına yol açar. Su kalitesi parametreleri arasında çözünmüş organik maddeler, mikro kirlenimler ve patojenler, ılıman ülkelerde sıcaklık artışı (su, hava ve toprak) ve yoğun yağışlar sonucu konsantrasyon veya sayı olarak artmaya eğilimlidir (Delpla ve diğerleri, 2009). Ancak, iklim değişikliğinin Türkiye'deki içme suyu kaynaklarının kalitesi üzerindeki etkisine ilişkin bilgi eksikliği vardır.

6. İklim değişikliğinin Türkiye'de deniz seviyesinin yükselmesi ve seller üzerindeki etkisi

İklim değişikliğinin popüler bir etkisi deniz seviyesinin yükselmesidir. Türkiye'nin kıyıları çoğunlukla 1-2 mm/yıllık genel deniz seviyesi yükselmesinden etkilenmiştir. Deniz seviyesi yükselmesinin başlıca etkileri erozyon, kıyı bölgelerindeki seller ve tuzlu su girişidir. Büyük nehirlerin deltalarında daha yüksek deniz seviyesi yükselmeleri gözlemlenmiştir. Kızılırmak, Yeşilırmak, Gediz, Seyhan ve Ceyhan Deltalarında sel ve sedimantasyon riskleri mevcuttur (UNDP, 2007). Akdeniz'deki deniz seviyelerinin 2050 yılına kadar 20-40 cm yükselmesi beklenmektedir ve bu durum gelecekte özellikle Türkiye'de nehir deltalarını daha etkili bir şekilde etkileyecektir (Mengu vd., 2008).

Genellikle iklim değişikliğinin olağandışı sellerin sayısını artırdığı düşünülür. İklim değişikliği zamanlamanın, bölgesel desenlerin ve yağış yoğunluğunun değişmesine neden olur. Özellikle yoğun ve şiddetli yağışlı günlerin sayısı artar. İklim değişikliği ayrıca

kar ve yağmurun göreceli miktarlarında ve kar erimesi ve akış zamanlamasında bir değişikliğe yol açması bekleniyor. İklim değişikliği, kardan yağmura doğru bir kaymaya yol açabilir ve bu da sonunda yılın başlarında sel olasılığını artırabilir ve sulama için en yüksek talep dönemlerinde suyun bulunabilirliğini azaltabilir (Sen, 2009b). Küresel iklim değişikliğinin olası bir bölgesel etkisi olarak, geçmişte sel bildirilmeyen bölgelerde son zamanlarda seller yaşanıyor.

Türkiye'nin bazı bölgelerinde aşırı sellerin meydana gelmesi daha sık olmuştur. Akışlardaki mevsimsel dalgalanmalar esas olarak Akdeniz bölgesindeki ısınmadan etkilenmektedir. Bu bölgede çok şiddetli yağışlar meydana gelebilir ve yıkıcı sel olaylarına neden olabilir. Türkiye sıklıkla doğal afetlerin etkilerine maruz kalmaktadır. Sel ve ani sel sayısı son on yıllarda Avrupa'daki artışa benzer şekilde artmıştır. Örneğin 1980-1983 döneminde Türkiye'de sadece 3 şiddetli sel bildirilirken, 1998-2002 döneminde bu sayı 22'ye çıkmıştır (Tahmiscioğlu, 2006).

7. Türkiye'nin farklı bölgelerinden örnekler

Özkul (2009), Ege iklim bölgesinde yer alan Büyük Menderes ve Gediz nehir havzalarında iklim değişikliği senaryolarının oluşturulması, havza hidrolojisinin modellenmesi ve yağış ve sıcaklıktaki değişikliklere karşı akışın duyarlılığının test edilmesini incelemiştir (Şekil 2). Su bütçesi modelinin simülasyon sonuçları, incelenen havzalardaki yüzey sularının yaklaşık %20'sinin 2030 yılına kadar azalacağını göstermiştir. Bu oran 2050 yılında %35, 2100 yılında ise %50 olacaktır. Yüzey suyundaki azalma tarımsal, evsel ve endüstriyel kullanımda su kıtlığına neden olacaktır. Ayrıca bitkilerin evapotranspirasyon yoluyla artan kayıpları (%10'u 2030'da, %20'si 2050'de) sulama suyuna olan ihtiyacı önemli ölçüde artıracaktır.

Durdu (2010), son 45 yılın (1963-2007) hidroloji, sıcaklık ve yağış verilerine dayanarak, Batı Türkiye'deki Büyük Menderes Nehri Havzası'ndaki su kaynakları üzerinde iklim değişikliğinin etkilerini karakterize etti. Son 45 yılda sıcaklık sadece yaklaşık 1-C arttı. Yıllık yağışın uzun vadeli eğilimi azalan bir eğilim gösterdi; ancak istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulundu. Yağış miktarı 1980'lerde, özellikle Afyon ve Uşak bölgelerinde -%6,8 değerinde azalmaya başladı. Ciddi su kıtlığı 1990'larda, özellikle Aydın bölgesinde -%14,4 değerinde ortaya çıkmaya başladı. Çine ve Akçay nehirlerinin akış hızı

özellikle 1985-1998 döneminde azalan bir eğilim göstermiştir. Akarsu akışının doğrusal olarak azalan eğilimi, sıcaklık ve yağıştaki değişikliklerle güçlü bir korelasyona sahipti. Büyük Menderes nehir havzasında sıcaklıkta artan bir eğilim ve yağışta ve akarsu akışında azalan eğilimler iklim değişikliğinin bir sonucu olarak yorumlandı.

Fujihara vd. (2007), Türkiye'nin Akdeniz bölgesinde yer alan Seyhan Nehri Havzası'nın su kaynakları üzerindeki iklim değişikliği etkilerini değerlendirmiştir (bkz. Şekil 1 ve 2). Günümüzle karşılaştırıldığında yağışın azalmasının beklendiğini ve bunun da akışta önemli bir azalmaya yol açacağını belirtmişlerdir. Fujihara vd. (2009), hem mevcut hem de alternatif rezervuar kurallarının Türkiye'deki Seyhan Nehri Havzası'na dinamik olarak küçültüldüğü, mevcut ve gelecekteki iklim koşullarında sel ve kuraklık risklerini simüle etmek için bir yaklaşım geliştirmiştir. Seyhan Havzası'ndaki paydaşlarla katılımcı bir toplantıda uygulanan bulanık bilişsel haritalama tekniğini kullanan daha yakın tarihli bir çalışma, katılımcıların iklim değişikliğinin artan etkisine yanıt olarak gelecekte su temini, su talebi ve su kullanımının azalacağını öngördüklerini göstermiştir (Çakmak vd., 2013).

Bu küçültülmüş veriler kullanılarak rezervuar modeli içeren hidrolojik modeller çalıştırıldı. Günümüze göre, iki simülasyon 2070'lerde ortalama yıllık sıcaklık artışlarının 2,0 ve 2,7°C, yağış düşüşlerinin 157 ve 182 mm ve yıllık akış düşüşlerinin 118 ve 139 mm olacağını öngördü. Su kaynaklarının analizi, su kullanımındaki değişiklikleri hesaba katarak ve akış ve su kullanımındaki öngörülen değişikliklerle başa çıkmak için alternatif rezervuar kurallarını inceleyerek gerçekleştirildi. Sonuçlar, su kullanımı artarsa ve rezervuarlar mevcut kurallar altında çalışmaya devam ederse, rezervuar güvenilirliğinin azalacağını ve kuraklık riskinin artacağını gösterdi. Alternatif kurallar rezervuar sistemindeki güvenilirlik kayıplarını azaltacaktır. Entegre bir su yönetimi önerildi, böylece işletme kuralları hidrolojik ve su kullanım koşullarını karşılayacak şekilde değiştirilebilir.

Son zamanlardaki kapsamlı bir proje (Sen, 2010), Marmara Havzası'ndaki İstanbul metropol şehrinin su rezervuarlarında 2050 yılına kadar yağış ve yüzey akışını tahmin etmeyi amaçlamıştır. Çalışma, çeşitli senaryolara göre, İstanbul'un su rezervuarlarındaki ortalama yağış ve yüzey akışında 2050 yılına kadar önemli azalmalar beklenmediğini, ancak 2040 yılından sonra bazı küçük azalmaların başlayabileceğini göstermiştir. Ancak, bölgede yoğun yağış ve aşırı seller beklenmektedir. Çalışma ayrıca Fırat, Dicle, Seyhan, Gediz, Susurluk ve Sakarya olmak üzere 6 nehir havzasındaki yağış ve yüzey akışını yaklaşık olarak tahmin etmiştir. Sonuçlar, Türkiye'nin iklim bölgelerinin çoğunda, özellikle Güneydoğu İklim Bölgesi'nde yağışta önemli azalmalar beklendiğini göstermiştir (Şekil 1).

Farklı modeller ve senaryo simülasyonları kullanan başka bir çalışmada, tüm senaryoların

Simülasyonlar, ülkenin güneydoğusunda bulunan tüm Fırat-Dicle Havzası'nda, özellikle yaylalarda 6,1°C'ye kadar ulaşan kış yüzey sıcaklıklarında artışlar olduğunu gösterdi. Ayrıca, tüm simülasyonlar, yaylalarda ve kuzey kesimlerde kış yağışlarında azalma ve havzanın güney kesimlerinde artış gösterdi.

Simülasyonlar işaret etti dışarı istatistiksel olarak

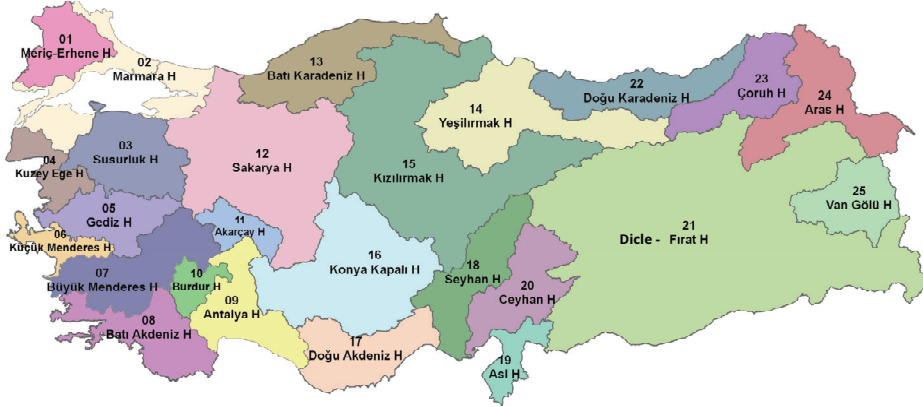
Yüksek kesimlerde kar suyu eşdeğerinde önemli azalmalar (%55-87) ve ana kaynak suları alanında yıllık yüzey akışında (%25-55) ısınmanın dikkate değer bir etkisi olarak önemli azalmalar (Bozkurt ve Sen, 2013). Üst üste bindirme haritalama eğilim analizi tekniğini kullanan yakın tarihli bir çalışma da, Euprates Havzası'ndaki birçok istasyon için minimum akışta azalan eğilimler ve yıllık ortalama ve maksimum sıcaklıkta ve yıllık ortalama ve maksimum nem parametrelerinde artan eğilimler gösterdi (Yenigün ve Ecer, 2013).

Türkiye'de ortalama yüzey akışının 2040 yılından sonra %15-20 oranında azalması beklenmektedir. Orta Anadolu'nun Konya Kapalı Havzası'nda bulunan Tuz Gölü (Şekil 2) gibi bazı önemli göller ciddi su stresi altındadır. İklim verileri ve uzaktan algılanmış ve işlenmiş uydu görüntüleri, Tuz Gölü'ndeki su ve tuz rezervinin kuraklık ve kontrolsüz su kullanımı nedeniyle 1987-2005 yılları arasında yaklaşık %30 oranında azaldığını göstermiştir. Tuz Gölü önümüzdeki birkaç on yıl içinde kuruma tehlikesiyle karşı karşıya kalabilir. Son yirmi yıldır kurak yaz mevsimi bölgeyi aşırı derecede etkilemiştir. Ayrıca, 1993-2005 dönemlerine ait meteorolojik verilerin analizi, ortalama yağışta eş zamanlı olarak 1,2 ila 11,6 mm arasında bir azalma olduğunu göstermiştir.

Bölgedeki su ve tuz kaynaklarının etkin bir şekilde yönetilebilmesi için Tuz Gölü çevresindeki su kaynaklarının, özellikle yeraltı sularının kullanımının kontrol altına alınması ve gölün güncel uzaktan algılama verileriyle düzenli olarak izlenmesi önerilmiştir (Ekercin ve Ormeci, 2010). Orta Anadolu'da özellikle sıg göllerin yağışlardaki azalmalardan ciddi şekilde etkileneceği öngörülmektedir. IPCC'nin A2 ve B1 senaryolarının göl-akifer simülasyon modeli yardımıyla analizi, iklim değişikliğinin Orta Anadolu'daki Mogan ve Eymir Gölleri'nin yüzyılın sonuna kadar geçici olarak kurummasına neden olma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir (Yagbasan ve Yazıcıgil, 2012).

İklim yeraltı suyunun sonuçları arasında yeraltı suyu seviyesindeki dalgalanma, toprak gözenek suyu basıncı üzerindeki etkiler, yeraltı suyu akış rejimlerinin değişmesi ve yeraltı suyu kaynaklarının hacmi ve kalitesindeki değişiklik yer alır. Sıcaklık ve yağıştaki değişiklik, yeraltı suyu akiferlerinin yeniden beslenmesini etkileyerek serbest akiferlerdeki su tablası seviyelerinde kaymalara neden olur.

İklim değişikliği nedeniyle yeraltı suyu seviyesindeki kısa veya orta vadeli dalgalanmalar, özellikle Orta Anadolu gibi yarı kurak bölgelerde önemli bir sorun oluşturmaktadır. Türkiye'de iklim değişikliğinin yeraltı suyuna etkisine ilişkin çok fazla çalışma bulunmamaktadır.



Şekil 2. Türkiye'de 25 hidrolojik havzanın yayılımı

Yeraltı suyu üzerine yapılan bir vaka çalışması, özellikle sığ akiferlerin iklim değişikliği etkilerine karşı hassas olduğunu göstermiştir (Apaydin, 2010). Halaçlı akiferi, yarı kurak iklim koşullarının hüküm sürdüğü Orta Anadolu'daki Kızılırmak Nehri havzasında yer almaktadır (Şekil 2). Hiçbir sömürü olmamasına rağmen yeraltı suyu seviyeleri 1989'dan 1997'ye kadar düşmüştür. Ancak 1998 yaz sezonunda sömürü başlatılmış olmasına rağmen su seviyeleri daha sonra yükselmeye başlamıştır. 2000'den sonra, bir yıldaki sömürü miktarı ve süresi sabit olmasına rağmen su seviyesindeki dalgalanma devam etmiştir. Sonuç olarak, Halaçlı akiferinin mevcut insan yapımı etkilerden ziyade iklim değişikliğine karşı daha hassas olduğu desteklenmiştir (Apaydin, 2010).

8. İklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkilerine uyum

Türkiye'de su stresinin demografik değişimler ve olumsuz küresel iklim ve ekonomik koşullarla birlikte artacağı öngörülmektedir. Gerekli politika önlemlerinin her düzeyde hızla uygulanması kamu kaynaklarının ve suyun daha verimli kullanılmasını sağlayacaktır. Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi (TRMEF), Türkiye'nin su kaynakları açısından iklim değişikliğine uyum sağlaması için alınması gereken çeşitli önlemleri içermektedir. Kısa vadeli (1 yıllık) faaliyetler, iklim değişikliği nedeniyle azalan su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik faaliyetlerin hızlandırılması; tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkilerini dikkate alan tarımsal uygulamaların geliştirilmesi; iklim değişikliği nedeniyle ısı ve buharlaşmanın artacağı bölgelerdeki sulama alanlarında tuzluluk seviyelerinin artmasını önlemek amacıyla toprak işleme, drenaj, sulama teknikleri, malçlama gibi önlemlere ilişkin projelerin geliştirilmesi; sel ve heyelan Risk Yönetim Planları için uygulama ve denetim kılavuzlarının hazırlanmasını içermektedir.

Orta vadede (1-3 yıl) su mevzuatı iyileştirilecek ve iklim değişikliğine uyum kavramı mevzuata entegre edilecektir;

Türkiye'deki tüm yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının geliştirilmesi, çok amaçlı kullanımı ve korunması kapsamında 25 havza için Havza Ana Planları ve Havza Yönetim Planları'nın hazırlanması çalışmalarına başlanacak; iklim değişikliğinin su kaynakları (miktar ve kalite açısından) üzerindeki etkileri belirlenerek hassas bölgelerin adaptasyonuna yönelik uygulama önerileri geliştirilecektir. Uzun vadede Havza Ana Planları ve Havza Yönetim Planları tamamlanacak; Su kaynaklarının korunması ve verimli kullanımını sağlamak amacıyla hacim bazlı su fiyatlandırması konusunda çalışmalar yapılacaktır; Aşırı su tüketimine neden olan ve/veya ekonomik ömrünü tamamlayan sulama şebekeleri rehabilite edilecek ve/veya modern sistemlerle değiştirilecek ve ilgili projeler desteklenecektir; Kuraklık Eylem Planı kapsamında kuraklığın olumsuz etkilerinin önlenmesine yönelik çalışmalar desteklenecek ve ilgili maliyetler karşılanacaktır.

Tarım en büyük su kullanıcısı olduğundan, Sulama iyileştirilmelidir. Yüksek buharlaşma bölgelerinden başlayarak sulama altyapısından kaynaklanan su kayıplarını sınırlamak önemlidir. Daha verimli su uygulama teknolojilerinin benimsenmesinde hükümet sübvansiyonları ile iyileştirmeler yapılmıştır. Sulamacılar hacimsel fiyatlandırma uygulamalarına doğru kayarak bu teknolojileri kullanmaya zorlanabilirler (Çakmak, 2009). İklim Değişikliği ile İlgili Birinci Ulusal Bildirimde (UNDP, 2007), su kıtlığı ve çölleşme ile ilişkili sorunları çözmek için aşağıdakiler uyum önlemleri olarak belirlenmiştir; su kaynaklarının geleneksel kullanımından farklı yeni tekniklerin geliştirilmesi ve kuraklığa ve tuzluluğa dayanıklı, düşük kaliteli suyla yüksek kaliteli ürünler üretebilen yeni bitki örtüsünün geliştirilmesi.

Havzaların sürdürülebilir refahı, su kalitesi ve miktarı gibi en kritik sorunlara sahip havzaların belirlenmesine bağlıdır. Su kullanımının ve dağıtımının verimliliğini ve su kaynaklarının korunmasını sağlamak önemlidir. Bu nedenle, su

Türkiye'de şu anda uygulanan yönetim politikaları ve uygulamaları. Etkili arazi kullanım yönetimi programları, su dağıtımı ve sulama sistemlerindeki teknolojik iyileştirmeler ve su kullanıcıları arasında su talebi yönetimi çabaları, havza bazında beklenen gelecekteki iklim değişikliğine uyum sağlama araçları olabilir. Entegre havza yönetimi ve nehir havzası yönetim planları yakın gelecekte gerçekleştirilecektir. Kıyı alanlarını iklim değişikliği etkilerine adapte etmek için entegre bir kıyı bölgesi ve nehir havzası yönetimi gereklidir.

Su kaynaklarının iklim değişikliğine uyumunu sağlamak amacıyla devlet destekleri kapsamında düşünülen bazı tedbirler; kurak bölgelerde suyun kontrollü kullanımı için baraj ve göletlerin inşa edilmesi, etkin sulama için sulama eylem planının hazırlanması, modern sulama tekniklerine geçiş, havzalar arası su taşımacılığı, kentler için bütünleşik su yönetimi, atık su arıtma eylem planının hazırlanması ve Türkiye'de 25 havza için (Şekil 2) havza koruma eylem planlarının hazırlanması olarak özetlenebilir (TRMEF, 2008).

9. Sonuçlar

Makale, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkisi açısından Türkiye'nin durumunu özetlemektedir. Geçmişte özellikle belirli bölgelere yoğunlaşan birkaç çalışma olmuştur. Bu çalışmalar, Türkiye'nin genel olarak su bulunabilirliği açısından iklim değişikliğinden olumsuz etkileneceğini göstermiştir.

Ancak ülkedeki hidrolojik havzaların çoğu henüz değerlendirilmemiştir. Ülkenin tüm meteorolojik bölgeleri ve hidrolojik havzaları göz önünde bulundurularak, iklim değişikliğinin yerel düzeyde su kaynakları üzerindeki etkisinin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi için çok kapsamlı bir araştırma projesine ihtiyaç vardır.

Son yıllarda bazı uyum tedbirleri alınmış olsa da daha kapsamlı bir çalışmanın daha sağlam politikalar ortaya çıkarması ve bunun bölgedeki diğer ülkelere de yol gösterici olması mümkün olacaktır.

Referanslar

- Angelakis A., Kosmas C., (2000), *Su Kaynakları Akdeniz Bölgesinde Daha Fazla Bozulmaya Yönelik Tehdit ile İlgili Kullanılabilirlik*, Akdeniz'de Çölleşmenin Değerlendirilmesine Yönelik Göstergeler Üzerine Uluslararası Sem. Bildirileri, Porto Torres, İtalya, 18-20 Eylül 1998, 52-65.
- Apaydın A., (2010), Yeraltı suyunun iklime tepkisi varyasyon: Halacli akiferindeki (Çankırı, Türkiye) yeraltı suyu seviyesindeki ve kuyu verimindeki dalgalanmalar, *Çevresel İzleme ve Değerlendirme*, **165**, 653- 663.
- Bozkurt D., Sen OL, (2013), İklim değişikliğinin etkileri Fırat-Dicle Havzası'nın farklı model ve senaryo simülasyonlarına dayalı olarak, *Hidroloji Dergisi*, **480**, 149-161.
- Çakmak EH, Dudu H., Saraçoğlu S., (2009), *İklim Türkiye'de Değişim ve Tarım: Bir CGE Modellemesi*

- Yaklaşmak*, EconAnadolu 2009: Anadolu Uluslararası Ekonomi Konferansı, 17-19 Haziran 2009, Eskisehir, Türkiye.
- Çakmak EH, Dudu H., Eruygur O., Ger M., Onurlu S., Tonguc O., (2013), Seyhan Havzası'ndaki suyun geleceğini değerlendirmek için katılımcı bulanık bilişsel haritalama analizi, *Su ve İklim Değişikliği Dergisi*, **4**, 131-145.
- Chenoweth J., Hadjinicolaou P., Bruggeman A., Lelieveld J., Levin Z., Lange MA, Xoplaki E., Hadjikakou M., (2011), İklim değişikliğinin Doğu Akdeniz ve Orta Doğu bölgesindeki su kaynakları üzerindeki etkisi: Modellenmiş 21. yüzyıl değişiklikleri ve etkileri, *Su Kaynakları Araştırması*, **47**, Delpa I., Jung AV, Baures E., Clement M., Thomas O., (2009), İçme suyu üretimiyle ilişkili olarak iklim değişikliğinin yüzey suyu kalitesi üzerindeki etkileri, *Çevre Uluslararası*, **35**, 1225-1233. Demir İ., Kılıç G., Coşkun M., (2007), *PRECIS Bölgesel Türkiye için İklim Modellemesi* (Türkçe (Türkçe), 1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi Bildirileri, İTÜ, İstanbul, Türkiye, 2007, 252-260.
- Durdu Ö.F., (2010), İklim değişikliğinin su üzerindeki etkileri Türkiye'nin batısındaki Büyük Menderes nehri havzasının kaynakları, *Türk Tarımsal Ormancılık Dergisi*, **34**, 319-332.
- Ekerin S., Ormeci C., (2010), İklim değişikliğinin değerlendirilmesi Çok zamanlı SPOT görüntüleri kullanılarak Türkiye'deki Tuz Gölü'ndeki su ve tuz kaynakları üzerindeki etkiler, *Çevresel İzleme ve Değerlendirme*, **163**, 361-368.
- Fujihara Y., Tanaka K., Nagano T., Watanabe T., Kojiri T., (2007), *Seyhan Nehri Havzası, Türkiye Su Kaynakları Üzerindeki İklim Değişikliğinin Etkisinin Değerlendirilmesi*, Uluslararası Nehir Havzası Yönetimi Kongresi Tutanakları, Cilt 1, Antalya, Türkiye, 453-463.
- Fujihara Y., Watanebe T., Nagano T., Tanaka K., Kojiri T., (2009), *Türkiye'deki Seyhan Nehri Havzası Su Kaynakları Sistemleri Üzerindeki İklim Değişikliği Etkilerine Uyum Sağlama*, içinde: *Kaynaklardan Okyanusa*, Taniguchi M., Burnett WC, Fukushima Y., Haigh M., Umuzawa Y. (Ed.), CRC Press, Kyoto, Japonya, 257-263.
- Kadioğlu M., (1997), Yüzey hava sıcaklığındaki eğilimler Türkiye genelindeki veriler, *Uluslararası İklim Bilimi Dergisi*, **17**, 511-520.
- Mengü GP, Şensoy S., Akkuzu E., (2008), *Etkileri Küresel iklim değişikliğinin tarım ve su kaynakları üzerindeki etkisi*, İşlem 3. Uluslararası Konferans BALWOIS, Ohrid, Makedonya Cumhuriyeti, 1-10.
- Ödemiş B., Evrendilek F., (2007), Su İzleme Türkiye'deki ulusal havzaların kalitesi ve niceliği, *Çevresel İzleme ve Değerlendirme*, **133**, 215-229.
- Özkul S., (2009), İklim değişikliğinin etkilerinin değerlendirilmesi Ege Havzaları: Gediz ve Büyük Menderes Havzaları örneği, *İklim Değişikliği*, **97**, 253-283. Samuels R., Smiatek G., Krichak S., Kunstmann H., Alpert P., (2011), Ürdün Nehri bölgesi için yüksek çözünürlüklü iklim değişikliği simülasyonlarında aşırı değer göstergeleri, *Jeofizik Araştırma Dergisi-Atmosferler*, **116**, 1-9.
- Sen Z., (2009a), *İklim Değişikliği, Tatlı Su Kaynakları ve Türkiye*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Sen Z., (2009b), Küresel ısınmanın su kaynakları üzerindeki tehdidi ve çevre: bir inceleme, *Çevre Jeolojisi*, **57**, 321-329.

- Sen Z. (Ed), (2010), *İklim Değişikliğinin Etkileri Projesi İstanbul ve Türkiye Su Kaynaklarının Geleceği Üzerine, Nihai Rapor* (Türkçe), İSKİ (İstanbul Su ve Kanalizasyon İşleri), İstanbul, Türkiye. Senatore A., Mendicino G., Smiatek G., Kunstmann H., (2011), Güney İtalya'daki Akdeniz havzası için bölgesel iklim değişikliği projeksiyonları ve hidrolojik etki analizi, *Hidroloji Dergisi*, **399**, 70-92.
- Shaaban AJ, Amin MZM, Chen ZQ, Ohara N., (2011), İklim değişikliğinin Malezya Yarımadası su kaynakları üzerindeki etkisinin bölgesel modellemesi, *Hidrolojik Mühendislik Dergisi*, **16**, 1040-1049.
- Tahmişçioğlu MS, Karaca O., Özdemir AD, Özgüler H., (2006), *Küresel İklim Değişikliğinin Türkiye'deki Su Kaynakları ve Taşkınlar Üzerindeki Olası Etkileri*, Uluslararası İklim Değişikliği ve Ortadoğu'nun Geçmişi, Bugünü ve Geleceği Konferansı, İTÜ, İstanbul, Türkiye, 20-23 Kasım 2006.
- TRMEF, (2009), Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi, Çevre ve Orman Bakanlığı, Türkiye Cumhuriyeti.
- TRMEF, (2008), İklim Değişikliği ve Başarılanlar Eserler (Türkçe), Çevre ve Orman Bakanlığı, Türkiye Cumhuriyeti.
- Toros H., (2012), Uzaysal-zamansal yağış değişimi Türkiye'ye ilişkin değerlendirmeler, *Uluslararası İklim Bilimi Dergisi*, **32**, 1310-1325.
- TSI, (2010), Türkiye Sera Gazı Envanteri 1990-2008, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında sunulmak üzere Yıllık Rapor, Ulusal Envanter Raporu, Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara, Türkiye. Turkes M., (1996), Yıllık iklim değişikliğinin mekansal ve zamansal analizi Türkiye'de yağış değişimleri, *Uluslararası İklim Bilimi Dergisi*, **16**, 1057-1076.
- UNDP, (2007), Türkiye'nin İlk Ulusal Bildirimi İklim Değişikliği Konusunda, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı, Türkiye, Çevrimiçi: <http://www.iklim.cevreorman.gov.tr>.
- Yagbasan O., Yazıcıgil H., (2012), Etkisinin değerlendirilmesi Orta Türkiye'deki Mogan ve Eymir Gölleri'ndeki iklim değişikliği seviyeleri, *Çevresel Dünya Bilimleri*, **66**, 83-96.
- Yenigun K., Ecer R., (2013), Kaplama haritalama eğilimi Fırat Havzası, Türkiye'de analiz tekniği ve uygulaması, *Meteorolojik Uygulamalar*, **20**, 427-438.
- Yıldız D., Özgüler H., (2005), Su sorunları İklim değişikliğinin etkileri altında Akdeniz'deki gelişmekte olan ülkeler. Akdeniz Havzasında Sürdürülebilir Kalkınma İçin Su Konulu Uluslararası Kongre, Cezayir, 21-23 Mayıs 2005.
- Zarghami M., Abdi A., Babaeian I., Hassanzadeh Y., Kanani R., (2011), Doğu Azerbaycan, İran'daki akışlar üzerinde iklim değişikliğinin etkileri, *Küresel ve Gezegensel Değişim*, **78**, 137-146.