



TÜRKİYE’NİN SU POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

A RESEARCH ON DETERMINATION OF WATER POTENTIAL OF TURKEY

Ayhan USTA^{a*}

^aKaradeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü 61080 Trabzon
austa@ktu.edu.tr

Özet

Son yıllarda, özellikle AB Su Çerçeve Direktifi uyarınca su yönetiminin havza bazlı yürütülmesi gereği dikkate alınarak, DSİ Bölge Müdürlükleri'nce su bütçesinin 25 ana havza için güncel verilerle hesabı çalışmaları başlatılmıştır. Bu amaçla, Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından işletilen akım ölçme istasyonlarında 25 akarsu havzası için akım değeri ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Ancak, bazı iklim analiz yöntemlerine göre de su potansiyelinin tahmini yapılabilmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'deki toplam 278 meteoroloji istasyonu verilerine, Thornthwaite yöntemine göre iklim analizi yapılarak Türkiye'nin su potansiyeli belirlenmiştir. Çalışmada, Türkiye'nin su potansiyelinin belirlenmesine yönelik farklı bir yaklaşım kullanılmıştır. Çalışma kapsamında, Türkiye'deki 25 akarsu havzası için hesaplanan veriler (yağış, GET ve su fazlası) ile her bir havzadaki akarsuların akım değerleri arasındaki farklar ortaya koyulmuştur. DSİ'nin akarsular üzerindeki rasat ölçüm istasyonlarıncı 1980, 2000 ve 2012 yıllarında yapılan ölçümlere göre Türkiye'nin su miktarı ortalama 181,49 milyar m³tür. Bu çalışmada Türkiye'nin su potansiyeli Thornthwaite yöntemine göre 180,66 milyar m³ olarak hesap edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Thornthwaite yöntemi, su potansiyeli, yağış, gerçek evapotranspirasyon

Abstract

In recent years, especially considering need to conduct the watershed-based of water management in accordance with the EU Water Framework Directive, The Regional Directorates of State Hydraulic Works (DSI in Turkish acronym) start a work for count with current data for 26 main watershed of water budget. Measurements for 26 main watersheds in current observation stations operated by electric power resources survey and development administration (EIE in Turkish acronym) are performed. However, according to some climate analysis can be estimate water potential. In this study, Turkey's water potential was determined. by performing Thornthwaite climate analysis for a total of 278 meteorological station. In scope of the study was used a different approach for the determination of Turkey's water potential. It has been revealed differences between The data calculated for the 26 river basins in Turkey (precipitation, AET and water surplus) and the current values of each river watershed. Turkey's average water amount is 181,49 billion m³ (average of 1980, 2000 and 2012 years) according to measurements of DSI observation

stations. In this study, Turkey water potential was calculated 180,66 billion m³ according to Thornthwaite method.

Key Words: Thornthwaite method, water potential, precipitation, actual evapotranspiration

1. GİRİŞ

Günümüzde hızla artan su talebi karşısında, iklim değişimi ile birlikte kullanılabilir durumdaki su kaynaklarının giderek azalması, suyu uluslararası gündemde ilk sıraya taşımıştır [1]. Türkiye, hükümetler arası iklim değişikliği paneli (IPCC) dördüncü değerlendirme raporu tarafından iklim değişikliğine karşı en savunmasız bölgelerinden biri olarak tanımlanan Akdeniz Havzası'nda yer almaktadır. Raporla Türkiye'nin bulunduğu kuşakta 21. yüzyılın orta ve son dönemleri için yapılan iklim değişikliği senaryolarında sıcak hava dalgalarının ve şiddetli yağışların daha sık görüleceği, buna karşın kuraklığın artacağı, yağış miktarlarında Akdeniz havzasında azalış, Karadeniz havzasında ise artış olacağı öngörülmektedir [2].

Kara ekosistemlerindeki su kaynaklarının miktarını oluşturan ve besleyen doğal olarak yağışlardır. Yeryüzüne düşen yıllık toplam yağışın 119.000 km³ olduğu, bunun 42.600 km³'ünün yüzeysel akışla nehirlerle, denizlere ve göllere ulaştığı; 2.200 km³'ünün ise yeraltı suyunu beslediği ifade edilmektedir [3]. Türkiye'de 501 milyar m³ yıllık yağış toplamı elde edilmektedir. Bu suyun 274 milyar m³'ü evapotranspirasyonla tekrar atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³'lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m³'lük kısmı ise akışla akarsular vasıtasıyla denizlere ve göllere boşaldığı ifade edilmektedir [4, 5]. Ekonomik olarak kullanılabilir su miktarının 38,9 milyar m³ / yıl bölümü 4.6 milyon ha'lık sulu tarım alanını sulamakta kullanılabilmektedir. Geri kalan 4,4 milyon ha'lık sulanabilir tarım alanını sulamak ve diğer amaçlar için kullanılabilecek 68,3 milyar m³/yıl miktardaki su akıp gitmektedir. Isınma/kuraklaşma sürecinde ekonomik olarak kullanılabilir suyun ortalama miktarının hesabı yeterli bir izleme süresini gerektirmektedir [6].

Diğer taraftan, su kaynaklarının yeryüzündeki konumsal dağılımı eşit değildir. Su kaynağı varlığı olarak Amerika kıtası, Asya'nın kuzeyi, Avustralya ve Orta Afrika ön plana çıkarken, Kuzey Afrika, Ortadoğu ve Güneydoğu Asya'da ciddi su problemleri yaşanmaktadır. Ayrıca, su kaynaklarının dağılımının ülkeler bazında veya bölgesel olarak da eşit olmadığı söylenebilir. Örneğin, Güney Amerika'da genel anlamda yeterli su varlığından söz edilirken, bazı bölgelerinde (Paraguay, Arjantin) su stresi yaşanabilmektedir.

Benzer durum ülkemiz için de söz konusudur. Toplam yıllık su akış miktarının yaklaşık olarak yarısı 26 büyük havzanın beşinde (Fırat, Dicle, Doğu Karadeniz, Doğu Akdeniz ve Antalya) bulunmaktadır. Bu havzaların dışındaki 21 havza toplam su akışının geri kalan yarısını paylaşmaktadır. Sadece Fırat ve Dicle havzalarının payı, toplam akışın yaklaşık % 30'una karşılık gelmektedir [4].

Bir ülkenin iklimi ve dolayısıyla su potansiyeli, bulunduğu coğrafi konumun enlemine, boylamına, jeolojik-topoğrafik yapısına ve bitki örtüsüne göre değişebilmektedir. Ülkemizin jeolojik, topoğrafik ve iklim özelliklerinin bölgelere ve yörelere göre farklı olması sebebiyle su potansiyelinde farklılıklar görülmektedir [7, 8]. Türkiye, konumu itibarıyla yıl içinde farklı hava kütlelerinin etkisi altındadır. Türkiye'de yağış miktarı ve dağılışı üzerinde hava kütleleri-cephe sistemleri, yer şekilleri, coğrafi konum gibi faktörler etkili olmaktadır. Hava kütleleri ve cephelerin sıklıklarında mevsimsel olarak değişimler görülür. Bu durum yağış miktarı ve dağılışı üzerinde etkili olur [9].

Türkiye, su kaynakları kullanımı ve değerlendirilmesi konusundaki faaliyetleriyle, bulunduğu coğrafyada sorunsuz ülkelerden biri olarak gözükmese de, özellikle kişi başına kullanılabilir su potansiyeline bakıldığında, durumun farklı olduğu ortaya çıkmaktadır. Günümüzde kişi başına düşen kullanılabilir su potansiyeli 1.500 - 1.600 m³ civarında olup, Türkiye kişi başına düşen kullanılabilir su varlığı endeksine göre su zengini olmayan ülkeler arasında yer almaktadır [3]. Öngörülen bu rakamlara göre Türkiye'de su stresi giderek artacak ve su sıkıntısı çeken ülkeler sınırına çok yakın bir konuma gelecektir. Türkiye'de özellikle son

yıllarda yaşanan kuraklık, suyun gerek tarım, gerekse evsel kullanımında önemli sorunlar ortaya çıkarmış ve ekonomik kayıplara sebep olmuştur. Küresel iklim değişimine bağlı olarak yaşanacak iklim anormallikleri, su probleminin sosyal ve ekonomik sorunlara yol açabileceğini göstermektedir [9]. Bu sebeple, Türkiye'nin su potansiyelinin doğru hesaplanması ve en uygun kullanımı, geleceğin planlanmasında çok büyük öneme sahiptir.

AB Su Çerçeve Direktifi uyarınca su yönetiminin havza bazlı yürütülmesi gereği dikkate alınarak, DSİ Bölge Müdürlükleri'nce su bütçesinin 26 ana havza için güncel verilerle hesabı çalışmaları başlatılmıştır. Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİEİ) tarafından açılan gözlem istasyonlarından elde edilen verilere göre Türkiye'nin su rezervi tahminleri yapılmaktadır. Bu amaçla, DSİ tarafından 1.114 nehir akım gözlem istasyonu, 120 göl seviye ölçüm istasyonu, 115 kar ölçüm istasyonunda; EİEİ tarafından ise 297 akım gözlem istasyonunda debi, göl seviyesi, kar kalınlığı ve karın su eşdeğeri ölçümleri gerçekleştirilmektedir [4, 10]. Bu ölçümler yanında, dünyada kabul gören ve daha kolay yapılabilir iklim analizleri ile su bilançosu hesabı da yapılabilmektedir. Bu iklim analizlerinden biri de Thornthwaite iklim analizi yöntemidir. İklim verilerini kullanmak suretiyle su bilanço hesabı yapabilen yöntemde, yağışın buharlaşmadan fazla olduğu yerlerde toprak doymuş haldedir ve bu yerlerde su fazlalığı vardır prensibine göre hareket edilir [11].

Bu çalışmada, Türkiye'deki toplam 278 meteoroloji istasyonu için Thornthwaite iklim analizi yapılarak, Türkiye'nin su potansiyeli tahmin edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmayla Türkiye'nin su potansiyelinin belirlenmesine yönelik çalışmalara alternatif olabilecek farklı bir yaklaşım kullanılmıştır. Çalışma kapsamında Türkiye'deki tüm meteoroloji istasyonlarına iklim analizi uygulanmış, 25 akarsu havzası (Dicle ve Fırat havzaları birleştirilmiş) için ortalama yağış, gerçek evapotranspirasyon ve su fazlası miktarları hesaplanmıştır. Daha sonra, her bir havza için hesaplanan yıllık su fazlası miktarları ile akarsu akım değerleri arasındaki farklar ortaya koyulmuştur.

2. THORTHWAITE YÖNTEMİ

C.W. Thornthwaite 1899-1963 yılları arasında yaşamış Amerikalı bir iklim bilimcisidir. Ortaya koymuş olduğu sistemin esası sıcaklık ve yağışla evapotranspirasyon (buharlaşma) arasındaki ilişkiye dayanır. Thornthwaite yöntemine göre bir yerin su bilançosuna ait tablo, o yerin aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama yağış ve aylık evapotranspirasyon değerlerinden faydalanılarak hazırlanır. Bu elemanlar kullanılarak elde edilen su bilançosuna ait tablo, toprakta yıl içinde depo edilen suyu, depo edilen suyun aylık değişimini, yıllık gerçek evapotranspirasyon miktarlarını, topraktaki su fazlasını, su noksanını, yüzeysel akışı ve nemlilik oranını gösterir. Evapotranspirasyon aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanır [11].

$$PE=1.6 \left(\frac{10t}{I}\right)^a G \quad (2.1)$$

$$i=\left(\frac{t}{5}\right)^{1.514} \quad I=\sum_1^{12} i \quad (2.2)$$

$$a=(6.75 \times 10^{-7})I^3-(7.71 \times 10^{-5})I^2+(1.792 \times 10^{-2})I+0.4929 \quad (2.3)$$

PE : Aylık potansiyel evapotranspirasyon (cm)

t : Aylık sıcaklık ortalaması (°C)

I : Yıllık sıcaklık indeksi olup 12 ayın indekslerinin toplamına eşittir.

G : Enlem düzeltme katsayısı

İklim analizinde hesaplamalara ocak ayından ziyade, kurak aylar sonrası gelen ilk nemli aydan itibaren başlanır. Aylık evapotranspirasyon yukarıdaki formüller yardımı ile hesaplandıktan sonra, gerçek evapotranspirasyonun hesabına geçilir. Bunun için,

1. Herhangi bir ay için yağış miktarı (P), potansiyel evapotranspirasyondan (PE) fazla ise ($P > PE$);
 - a. O ayın gerçek evapotranspirasyon (GET) miktarı, PE miktarına eşit olur.
 - b. P ile PE arasındaki fark toprakta suyun miktarını artırır.
 - c. Toprak suya doyduktan sonra suyun fazlası yüzeysel akışa geçer.
2. Herhangi bir ay için yağış miktarı (P), potansiyel evapotranspirasyondan (PE) az ise ($P < PE$);
 - a. PE, o ayın P değeri ile topraktaki mevcut suyun bir kısmının veya hepsinin toplamına eşit olur.
 - b. Toprakta suyun azalması ve toprağın kuruma noktasına ulaşması ile PE miktarı P miktarına eşit olur ($PE = P$).

Çalışma kapsamında, büyük akarsu havzalarının sınırları içinde kalan meteoroloji istasyonları belirlenmiş ve her havza için yıllık ortalama su fazlası (mm) miktarı hesap edilmiştir. Bu amaçla, Türkiye'deki 278 adet meteoroloji istasyonunun 1975-2005 yıllarına ait ortalama yağış (mm), ortalama sıcaklık ($^{\circ}C$) ve meteoroloji istasyonunun bulunduğu enlem değerleri kullanılmak suretiyle Thornthwaite yöntemine göre iklim analizi yapılmıştır. Meteoroloji istasyonlarının konumu Şekil 1'de verilmiştir. İklim analizi sonucunda su potansiyelinin tahmininde kullanılmak üzere su fazlası, GET (Gerçek Evapotranspirasyon) değerleri hesaplanmıştır.

Aşağıda su fazlasının hesaplanmasında verilen formülde su fazlası yerine su potansiyeli konularak, bu formül yardımıyla Türkiye'nin su potansiyeli tahmin edilmeye çalışılmıştır.

$$\text{Su Potansiyeli (mm)} = \text{Ort. Yağış (mm)} - \text{Gerçek Evapotranspirasyon (mm)} \quad (2.4)$$

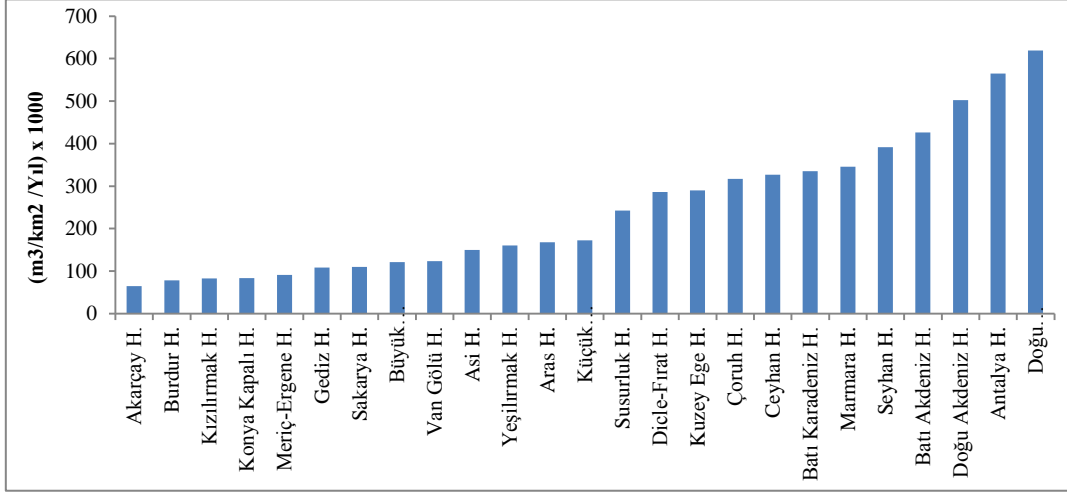


Şekil 1: Büyük akarsu havzaları ve meteoroloji istasyonlarının konumu

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

DSİ tarafından ölçülen 1980, 2000 ve 2012 yıllarına ait ortalama yıllık akış değerlerine göre akarsu havzalarında yıllık üretilen su miktarı en düşük Akarçay Havzası'nda, en yüksek Dicle-Fırat Havzası'ndadır. Akarsu havzalarının alanları dikkate alındığında, birim alanda yıllık üretilen su miktarı $64.430 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ile en düşük yine Akarçay Havzası'nda, $618.850 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ile en yüksek Doğu Karadeniz Havzası'ndadır (Şekil 2). Buna göre, Türkiye'de birim alanda üretilen su miktarı $246.485 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{yıl}$ 'dır.

Üretilen su miktarlarına göre bir sınıflandırma yapılacak olursa, birim alanda 100.000 m³/km²/yıl 'ın altında olan havzalar Meriç-Ergene, Kızılırmak, Konya Kapalı, Akarçay ve Burdur havzalarıdır. Buna karşın, 400.000 m³/km²/yıl'ın üstünde olan havzalar ise, Batı Akdeniz, Antalya, Doğu Akdeniz ve Doğu Karadeniz havzalarıdır (Şekil 3). Tüm havzalarda üretilen su miktarları dikkate alındığında birim alanda üretilen su miktarı en fazla Doğu Karadeniz havzasında gerçekleşmektedir.



Şekil 2: Akarsu havzalarında birim alanda üretilen yıllık su miktarları

Thornthwaite iklim analizine göre, havzaların yıllık ortalama yağışları 378,98 - 1331,97 mm arasında değişmekte, en düşük ve en yüksek yağış miktarları sırasıyla Konya Kapalı ve Doğu Karadeniz Havzaları'ndadır. Yıllık GET miktarları 302,80 - 645,81 mm arasında değişmekte, en düşük ve en yüksek GET miktarları sırasıyla Dicle-Fırat ve Doğu Karadeniz Havzaları'ndadır. Bu çalışmada Türkiye'nin su potansiyelini belirleyen su fazlası miktarları ise, 58,79 - 686,16 mm arasında değişmekte, en düşük ve en yüksek su fazlası miktarları sırasıyla Aras ve Doğu Karadeniz Havzaları'ndadır.



Şekil 3: Türkiye'de yıllık üretilen suyun akarsu havzalara göre dağılımı

İklim analizine göre, Türkiye'nin yıllık ortalama yağış miktarı 636,5 mm olarak belirlenmiştir. Bu yağış miktarı ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla 177,1 mm, 62,3 mm, 154,4 mm ve 242,7 mm olarak gerçekleşmektedir. Buharlaştırma ile atmosfere geri dönen yıllık ortalama GET miktarı 380,5 mm olarak belirlenmiştir. Yıllık ortalama yağış

miktarlarına göre Türkiye'ye düşen suyun miktarı 496,47 milyar m³, buharlaşma ile atmosfere dönen miktar ise 296,79 milyar m³ olarak tahmin edilmiştir.

Ülkeler, yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarına göre su fakiri, su azlığı çeken ve su zengini şeklinde sınıflandırılır. Su miktarı 1.000 m³'ten az ise su fakiri, 1.000-2.000 m³ arasında su azlığı çeken, 2.000 m³'ten çok ise su zengini olarak değerlendirilir. Yapılan teknik hesaplamalara göre, çeşitli şekillerde yerüstüne çıkarılabilen su miktarı 14 milyar m³ civarındadır. Günümüz şartlarında yurdumuzun tüketilebilir yüzey ve yeraltı suyu potansiyelinin yılda ortalama 112 milyar m³ (98+14) olduğu ifade edilmektedir [12]. Ayrıca, Türkiye'de yıllık kişi başına 1.555 m³ suyun düştüğü ve su azlığı çeken ülkeler arasında olduğu belirtilmektedir [12, 13]. Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2014 sonuçlarına göre Türkiye nüfusu 77.695.904'tür (Tablo 1). Bu durumda yıllık kişi başına düşen su miktarının 1441 m³'e düşmesiyle giderek su fakiri ülkeler durumuna yaklaştığı görülmektedir. Tablo 1'de Türkiye için verilen bazı istatistiklere göre, 2008 - 2014 yılları arasında nüfusun yaklaşık 6 milyon arttığı, tarım alanı miktarlarının çok az olsa düştüğü, belediyelerde çekilen toplam suyun yaklaşık 700.000 m³ (% 15) arttığı görülmektedir.

Tablo 1: Türkiye'ye ait bazı istatistikler [14]

	2008	2010	2012	2014
Nüfus (kişi)	71.517.100	73.722.988	75.627.384	77.695.904
Tarım Alanı x1000 ha	39.122	39.011	38.399	38.558
Belediyelerde çekilen toplam su (1000 m ³ /yıl)	4.546.575	4.784.734	4.936.343	5.237.407
Baraj	1.810.188	2.252.421	2.416.018	1.886.617
Kuyu	1.275.691	1.273.822	1.395.957	1.423.751
Kaynak	1.060.963	1.015.865	948.133	984.869
Akarsu	173.928	159.472	78.282	652.370
Göl/Gölet/Deniz*	225.805	83.154	97.953	289.800

* : 2010 yılından itibaren deniz suyu arıtımı ile elde edilen içme suyu miktarları dahil edilmiştir.

Türkiye'de kentleşme ile birlikte nüfusun hızlı bir şekilde artması, su ihtiyacının sadece kaynak ve yeraltı sularından karşılanmasını imkansız hale getirmektedir. Bu sebeple hızlı büyüyen kentlerin su ihtiyaçları, kaynak ve yeraltı sularının yanı sıra, büyük bir kısmı akarsu, baraj ve göllerden arıtma yapılarak temin edilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca son yıllarda membran teknolojisindeki gelişmeler nedeniyle deniz suyundan arıtma yöntemiyle de içme suyu elde edilmektedir [8]. Nitekim, TÜİK verilerine 2010 yılından itibaren denizden çekilen su miktarı da dahil edilmeye başlanmıştır (Tablo 1).

Çalışmada, büyük akarsu havzalarının DSİ tarafından ölçülen 1980, 2000 ve 2012 yıllarına ait ortalama yıllık akış değerleri ile Thornthwaite iklim analizi yöntemine göre hesap edilen su potansiyelleri karşılaştırılmıştır (Tablo 2). Karşılaştırmada 1975 - 2005 yılları arası iklim verileri ile DSİ tarafından 1980, 2000 [15] ve 2012 [16] yıllarında ölçülen akış değerlerinin ortalamaları kullanılmıştır.

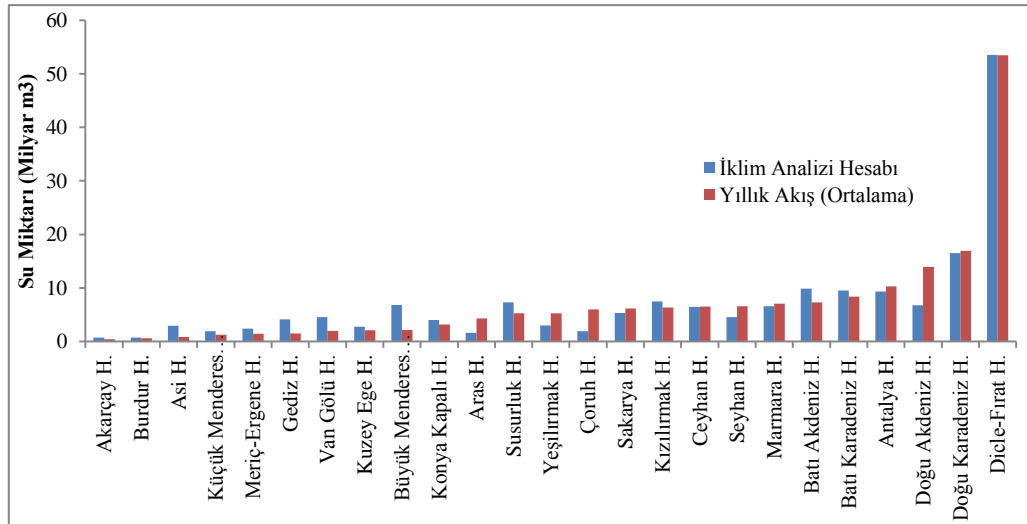
DSİ tarafından ölçümü yapılan yıllık akış miktarlarının ortalamasına göre, Türkiye'nin yıllık toplam su miktarı 181,49 milyar m³ olarak belirlenmiştir. İklim analizine göre bu miktar 180,66 milyar m³ olarak bulunmuştur. Bu iki sonucun karşılaştırılması durumunda 0,83 milyar m³'lük (% 0.45) bir fark ortaya çıkmaktadır (Tablo 2). Havzalardaki ortalama akış değerleri ile iklim analizine göre hesap edilen su potansiyelleri arasında yaklaşık olarak yakın sonuçlar bulunduğu gibi farklı sonuçlar da bulunmuştur (Şekil 4). Dicle-Fırat, Doğu Karadeniz, Batı Karadeniz, Marmara, Ceyhan, Kızılırmak ve Sakarya havzalarının akış değerleri ve hesap edilen su potansiyelleri birbirine yakın değerler vermiştir. Bu havzalara göre % 0.5 hata ile en yakın sonuç Dicle-Fırat havzasında gerçekleşmiştir (Tablo 2). Baran ve ark. [17] yaptıkları çalışmada, akarsu havzalarındaki yıllık akış değerlerinin hesaplanmasında, geçmişte yapılmış bazı çalışmalarda akım gözlemleri olmayan bölgelerin hesaba katılmaması; farklı değerlerin gözlemlerin uzun dönem ortalaması niteliğine dönüştürülmemesi; büyük sonuçların birim akış modülünün dikkate alınmasında karst pınar katkılarının düşülmemesi; çok büyük sonuçlar ise

Türkiye'yi su zengini ülke olarak gösterme çabalarından kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir. Aynı çalışmada, Türkiye su potansiyelinin 180 km³/yıl düzeyinde olduğu belirtilmiştir.

Tablo 2: Ölçülen ve hesap edilen su potansiyellerinin karşılaştırılması

Büyük Akarsu Havzaları	Havza Alanı (km ²)	Akış Durumu (milyar m ³)				İklim Analizi (milyar m ³)	Fark (milyar m ³)	Hata Oranı (%)
		1980	2000	2012	Ort.			
Akarçay H.	8.377	0,50	0,30	0,49	0,43	0,74	-0,31	0,46
Antalya H.	14.518	14,10	13,80	11,06	12,99	9,32	3,67	72,09
Aras H.	27.548	4,40	4,20	4,63	4,41	1,62	2,79	28,25
Asi H.	25.241	1,30	1,20	1,17	1,22	2,91	-1,69	63,27
Batı Akdeniz H.	22.615	7,40	6,70	8,93	7,68	9,88	-2,20	138,52
Batı Karadeniz H.	29.682	10,20	10,40	9,93	10,18	9,50	0,68	28,65
Burdur H.	8.764	0,70	0,50	0,50	0,57	0,71	-0,14	6,68
Büyük Menderes H.	24.903	3,40	2,90	3,03	3,11	6,83	-3,72	24,56
Ceyhan H.	21.222	7,40	7,20	7,18	7,26	6,47	0,79	119,61
Çoruh H.	19.894	6,10	6,20	6,30	6,20	1,90	4,30	10,88
Dicle-Fırat H.	172.406	53,30	53,60	52,94	53,28	53,56	-0,28	69,35
Doğu Akdeniz H.	22.484	8,50	8,20	11,07	9,26	6,76	2,50	0,53
Doğu Karadeniz H.	24.022	16,80	17,10	14,90	16,27	16,52	-0,25	27,00
Gediz H.	17.118	2,30	2,00	1,95	2,08	4,14	-2,06	1,54
Kızılırmak H.	78.646	6,30	6,40	6,48	6,39	7,47	-1,08	99,04
Konya Kapalı H.	56.554	1,50	1,50	4,52	2,51	4,01	-1,50	16,90
Kuzey Ege H.	9.032	2,30	1,90	2,09	2,10	2,73	-0,63	59,76
Küçük Menderes H.	7.165	0,90	0,80	1,19	0,96	1,91	-0,95	30,00
Marmara H.	24.100	6,60	6,40	8,33	7,11	6,57	0,54	98,96
Meriç-Ergene H.	49.482	1,50	1,40	1,33	1,41	2,40	-0,99	7,59
Sakarya H.	56.504	5,50	5,00	6,40	5,63	5,31	0,32	70,21
Seyhan H.	20.731	6,70	6,50	8,01	7,07	4,57	2,50	5,68
Susurluk H.	23.765	5,50	5,00	5,43	5,31	7,28	-1,97	35,36
Yeşilirmak H.	15.254	2,00	2,00	2,39	2,13	4,55	-2,42	37,10
Toplam/Ortalama		181,00	177,40	186,05	181,49	180,66	0,83	0,45

IPCC'e [2] göre, Türkiye'nin küresel ısınmadan en çok etkilenecek bölgelerden biri olan Akdeniz Havzası'nda yer alması, iklim değişikliğinin etkilerinin önlenmesi ve su kaynakları bakımından Türkiye'nin gelecekteki ikliminin tahmin edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.



Şekil 4: Yıllık akış miktarları ve hesap edilen su potansiyelleri

Türkiye için bölgesel düzeyde ayrıntılar içeren iklim değişikliği senaryolarına göre ortalama sıcaklıklarda Türkiye'nin kıyı bölgeleri dışında 5-6 °C olarak artışlar öngörülmektedir. Kış mevsiminde sıcaklıkların doğuda 4-6 °C, buna karşılık yaz mevsiminde batıda 6-7 °C, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ise ülke genelinde 4-5 °C'lik artışlar beklenmektedir [18].

Su kaynaklarının gelecekteki durumu için son derece önemli olan yağış rejimindeki değişikliklerde, doğudan batıya doğru gidildikçe % 40 azalma öngörülmektedir. Kış mevsiminde güney ve batı bölümlerde yağışlarda düşüşler, buna karşın Yaz mevsiminde artışlar beklenmektedir. Karadeniz ve Orta Anadolu bölümlerinde azalmalar öngörülmektedir. Sonbahar mevsiminde, diğer mevsimlere oranla, daha çok Türkiye'nin doğu kesimleri olmak üzere genelde artış beklenmektedir. Su bütçesi bakımından kar kalınlığı gelecekte, kar potansiyeli yüksek olan bölgelerimizden Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz'de azalacağı, bu sonucun, bölgedeki havzaların beslenmesine ciddi oranda olumsuz yansımaları olacağı öngörülmektedir. Yağıştaki azalma ve sıcaklıklardaki artışa paralel olarak buharlaşmadaki artış, su kaybını artırmaktadır. Yağış ve buharlaşma arasındaki farklılıklarda, gelecekte Türkiye genelinde alansal olarak geniş ölçekli belirgin değişiklikler göze çarpmamakla birlikte, Güney Marmara, Ege, Doğu Karadeniz, Güneydoğu Anadolu'nun kuzeyi ve Toros Dağları hattında azalmalar beklenmektedir [18].

4. SONUÇLAR

Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından açıklanan raporda Türkiye'nin bulunduğu kuşakta 21. yüzyılın orta ve son dönemlerine ait yapılan iklim değişikliği senaryolarında sıcak hava dalgalarının ve şiddetli yağışların daha sık görüleceği, Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz havzasında yağıştaki azalışa karşılık kuraklığın artış göstereceği tahmin edilmektedir.

Türkiye nüfusunun hızla artması yakın gelecekte su azlığı durumundan su fakiri ülkeler arasına girmesine yol açabilir. Günümüzde, Türkiye'de su kullanımında en fazla payı tarım alanları almaktadır. Bu sebeple tarım alanlarında daha etkin ve tasarruflu su kullanımının sağlanması için gerekli tedbirler mutlaka alınmalıdır.

DSİ'nin akarsular üzerindeki rasat ölçüm istasyonlarınca 1980, 2000 ve 2012 yıllarında yapılan ölçümlere göre Türkiye'nin su miktarı ortalama 181,49 milyar m³ olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada Thornthwaite yöntemine göre 180,66 milyar m³ olarak hesap edilmiştir. Bu sonuç, Türkiye'nin su potansiyelinin tahmin edilmesinde Thornthwaite yönteminin doğru sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Su potansiyelinin doğru hesaplanması, Türkiye'nin tarım, sanayi ve içme suyu kullanımının doğru planlanması için hayati öneme sahiptir.

5. KAYNAKÇA

- [1]. T. AKÜZÜM, B. ÇAKMAK, Z. GÖKALP, *Türkiye'de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi*, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 3 (1) (2010): 67-74
- [2]. IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change), *Climate Change 2007: Synthesis Report Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Editör.) IPCC, Geneva, Switzerland (2007)*
- [3]. ANONİM, *Türkiye'de Su Yönetimi: Sorunlar ve Öneriler*, Türkiye Sanayi ve İşadamları Derneği, Eylül, TÜSİAD Yayın No: T/2008-09/469, İstanbul (2008)
- [4]. ANONİM, *Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2006 Yılı Faaliyet Raporu* (2006)
- [5]. G. GÜNAY, *Türkiye'nin Yüzey Suları ve Yeraltı Suları Potansiyeli*. Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim, S. 132, Şubat, (2011) 56-60.
- [6]. M. D. KANTARCI, *Isınma ve kuraklaşma sürecinde Türkiye'de su üretimi, su kullanımı ilişkisi ve Fırat, dicle, zap havzalarında ormanlar ile otlakların ıslahının suyun maliyeti ve doğal ekolojik denge/kamu yararı bakımından değerlendirilmesi*, Mühendislikte, Mimarlıkta ve Planlamada Ölçü Dergisi, Eylül (2007) (70 –76), İstanbul

- [7]. R. BİLGİN, *Türkiye’de su sorunları ve çözüm önerileri*, Meteoroloji Mühendisliği TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası Yayın Organı. Sayı 2: 18 (1997)
- [8]. H. ÖZGÜLER, *Su, su kaynakları ve çevresel konular*, Meteoroloji Mühendisliği TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası Yayın Organı Sayı 2: (1997) 57-63.
- [9]. İ. ÇİÇEK, M. ATAOL, *Türkiye’nin Su Potansiyelinin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım*, Coğrafi Bilimler Dergisi, CBD 7 (1), (2009) 51-64
- [10]. İ. GÜRER, *Küresel Isınma, Türkiye’nin Su Kaynakları, Olası Etkileşim*, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, 11-13 Nisan (2007), İTÜ, İstanbul
- [11]. C.W. THORNTHWAITE, *An approach toward a rational classification of climate*. Geographical review, 38(1), (1948) 55-94.
- [12]. S. BURAK, İ. DURANYILDIZ, Ü. YETİŞ, *Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynaklarının Yönetimi*. Odak Noktası Kuruluş: DSİ Genel Müdürlüğü (1997)
- [13]. A. ATALIK, *Küresel ısınmanın su kaynakları ve tarım üzerine etkileri*. Bilim ve Ütopya, 139: (2006) 18-21.
- [14]. ANONİM, www.tuik.gov.tr (2015)
- [15]. D. E. ÇOBAN, *1980-2000 Akışlılık Değişiminin Türkiye’nin Su ve Su Kuvveti Potansiyeline Etkileri*. İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidroloji ve Su Yapıları Bitirme Projesi No: 293, (2005) 71 s.
- [16]. ANONİM, *Yukarı Havza Sel Kontrolü Eylem Planı (2013-2017)*, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara (2013)
- [17]. T. BARAN, Y. DALKILIÇ, Y. ÖZDEMİR, Ü. ÖZİŞ, *Türkiye’nin su kuvveti potansiyelinin belirlenmesindeki aşamalar ve gelişmeler*, Türkiye 10. Enerji Kongresi: Dünya’da ve Türkiye’de Enerji-Uygulamalar ve Sorunlar : 27-30 Kasım 2006, İstanbul
- [18]. İ. DEMİR, G. KILIÇ, M. COŞKUN, *PRECIS bölgesel iklim modeli ile Türkiye için iklim öngörülleri: HadAMP3 SRES A2 senaryosu İçinde IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 25–28 Mart 2008 365–373.*, İstanbul.