

Türkiye'nin Su Potansiyelinin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım

A new approach for determining the water potential of Turkey

İhsan Çiçek^{1*}, Murat Ataoğlu²

¹Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara

²Doğa Derneği

Öz: Türkiye'de meteorolojik gözlemler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMI) ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından gerçekleştirilmektedir. Ancak farklı amaçlarla ölçüm yapan bu iki kurumun yayınlarında, yıllık ortalama yağış tutarlarında farklılıklar görülmektedir. Türkiye'nin yıllık ortalama yağış tutarını DMI 626.6 mm (1971–2000 ortalaması), DSİ ise 643 mm olarak hesaplamaktadır. DSİ bu ortalama yağış tutarını temel alarak Türkiye'ye düşen toplam yağış miktarını ve buna göre de su potansiyelini hesaplamaktadır. Bu çalışmada DMI tarafından işletilen 252 istasyonun uzun yıllık ortalama yağış tutarları hesaplanmış ve Türkiye'nin topografyası dikkate alınarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımı ile yeni bir yağış dağılım haritası yapılmıştır. Gerek tüm ülkenin gerekse 26 yağış havzasının yıllık ortalama yağış tutarları hesap edilerek su potansiyelleri yeniden belirlenmiştir. Bu yeni hesaba göre Türkiye'nin yıllık ortalama yağış tutarı 727 mm, toplam yağışı 567 milyar m³ olarak bulunmuştur. Bu değerler DSİ'nin yıllık ortalama yağış tutarından 84 mm, yıllık toplam yağış tutarından 66 milyar m³ daha fazladır. Buna göre Türkiye'nin yıllık kullanılabilir su potansiyel 112 milyar m³'ten 127 milyar m³'e çıkmaktadır

Anahtar Kelimeler: Türkiye, yıllık yağış ortalaması, yıllık su potansiyeli, akarsu havzası

Abstract: In Turkey, meteorological observations are performed by State Meteorological Service (SMS), General Directorate of State Hydraulic Works (SHW). These two state organizations perform the measurements for different purposes. The annual average precipitation amount calculated and published by these organizations are different. Turkey's annual average precipitation for period of the 1971-2000 was calculated as 624.6 mm by SMS and 643 mm by SHW. Based on this annual average precipitation, SHW calculates the water potential of Turkey. In this study, using the data recorded by SMS at 252 stations, the annual average precipitation amounts have been calculated by utilizing the Geographic Information Systems (GIS) considering the topography of Turkey, and a new precipitation distribution map was formed the water potential of Turkey was determined calculating the annual average precipitation of whole country and 26 different precipitation basins. Based on these new calculation, the annual average precipitation amount of Turkey was found as 727 mm, and the total annual precipitation amount was found as 567 billion cubic meter. These values are different from the values calculated by SHW. The annual average precipitation of 84 mm and the total annual precipitation of 66 billion cubic meter calculated in this study are higher than that are calculated by SHW. According to this new calculation, the annual useable water potential of Turkey is 127 billion cubic meter. SHW calculates the annual useable water potential as 112 million cubic meters.

Keywords: Turkey, annual average precipitation, annual water potential, river catchments

1.Giriş

510 milyon km² alana sahip yeryüzünde toplam su miktarı 1.2 milyar km³'tür. Bu suyun yaklaşık olarak % 97.5'ini deniz ve okyanuslardaki tuzlu sular oluşturmaktadır. Geriye kalan % 2.5'lik kısım ise tatlı sulara aittir. Ancak bu tatlı suların çok küçük bir kısmından yararlanılabilmektedir. Tatlı

* İletişim yazarı: İ.Çiçek, e-posta: cicek@humanity.ankara.edu.tr

suların % 79'unu (tüm suların % 2,39'u) buzullar, % 20'sini (tüm suların %0,6'sı) yeraltı suları ve % 1'ini (tüm suların % 0,03'ü) yerüstü ve atmosferdeki sular oluşturmaktadır.

Dünya üzerindeki tatlı sular çok sınırlıdır. Bu sınırlılık yanında kullanılabilir su kaynakları da dengesiz bir dağılıma sahiptir. Bu su varlığının % 36'sı Asya, % 25'i Güney Amerika, % 15'i Kuzey Amerika, % 11'i Afrika, % 8'i Avrupa ve % 5'i Okyanusya kıtalarına dağılmıştır. Bu dağılım incelendiğinde Asya kıtasının şanslı olduğu düşünülse de dünya nüfusunun % 60'ını barındırması su potansiyelinin yeterli olmadığını göstermektedir. Dünya üzerinde eşit dağıtıldığında yılda kişi başına 5000–6000 m³ su düşer (UN 2007). Falkenmark vd (1989) su kıtlığı eşliğini tanımlamak için “*Falkenmark su stres indisi*” adını verdikleri bir gösterge geliştirmişlerdir. Bu göstereye göre bir ülkede kişi başına yıllık su arzı 1700 m³ altında ise o ülkede su kıtlığı var demektir. Eğer su arzı bu miktarın üzerinde ise su kıtlığı çok nadirdir veya bu problem sadece birkaç küçük alanda görülmektedir. Su arzı kişi başına yılda 1700 m³'ün altında olan bir ülke ise mevsimlik veya sürekli su stresi ile karşı karşıyadır. Eğer su arzı 1000 m³'ün altına düşerse insanın yaşam koşullarında sıkıntılar ve su kıtlığı baş gösterir. Eğer su arzı 500 m³'ün altına düşerse insan yaşamında ciddi sıkıntılar ortaya çıkar ki, bu mutlak su kıtlığı olarak nitelendirilmektedir. Falkenmark vd (1989) tarafından yapılan bu sınıflama uzun hesaplamalar gerektirmedikinden pek çok çalışmada kullanılmaktadır. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı tarafından 2006 yılında hazırlanan “İnsani Kalkınma Raporu 2006: Güç, Fakirlik ve Küresel Su Krizi” isimli raporda da Falkenmark su stres indisi kullanılmıştır (UNDP 2006).

Çizelge 1. Dünya’da kişi başına kullanılabilir su potansiyelindeki değişimler

Yıl	Ortalama kullanılabilir su (m ³ /yıl/kişi)	Dünya Nüfusu (milyar)	Su Arzında Yeterlilik (>1700 m ³ /yıl/kişi) Oranı (%)	Su Arzında Stres (1000–1700 m ³ /yıl/kişi) Oranı (%)	Su Arzında Kıtık (<1000 m ³ /yıl/kişi) Oranı (%)
1950	16000	2.50	97	3	0
1995	7000	5.75	92	5	3
2025	5000	8.00	64	26	10
2050	4000	9.50	58	24	18

Kaynak: <http://www.scribd.com/doc/6038282/waterwater-every-where>

Çizelge 1’de de görüldüğü gibi 1950 yılında dünya nüfusunun ancak % 3’ü su stresi çekmiş, % 97’sinde ise su stresi yaşanmamıştır. Dünya nüfusunun hızla artmasına bağlı olarak su arzında sıkıntı yaşamayan nüfus oranı hızla azalmıştır. Su stresi ve kıtlığı yaşayan nüfus oranı ise artmıştır. Eğer dünya nüfusu bu şekilde artmaya devam ederse 2025 yılında su sıkıntısı çekmeyen insan oranı % 64’e, 2050 yılında ise % 58’e düşecektir. Buna karşın su sıkıntısı yaşayanların oranı 2025’te % 36, 2050’de ise % 42’ye çıkacaktır. 1950’de su kıtlığı yaşayan nüfus bulunmazken, 2050’de su sıkıntısı çekenlerin oranı % 18’e çıkacaktır. Bu durumda yaklaşık 2.3 milyar kişi su stresi, 1.7 milyar kişi ise su kıtlığı yaşayacaktır. Günümüzde 43 ülkede 700 milyon insan su stresi ve su kıtlığı çekmektedir. Dünyada su stresinin yaşandığı bölgelerden biri olan Ortadoğu’da kişi başı yıllık su ortalaması 1200 m³’tür. Kişi başı su varlığı bu değeri aşan bölge ülkeleri sadece İran, Irak, Lübnan ve Türkiye’dir. Filistin, özellikle Gazze kişi başına yılda 320 m³ ile su kıtlığını en şiddetli yaşayan ülkedir (UNDP 2006).

Bir ülkenin su potansiyeline etki eden en önemli unsur yağıştır. Türkiye’de yağış miktarı ve yağış dağılışı üzerinde hava kütleleri-cephe sistemleri, yerçekilleri, coğrafi konum gibi faktörler etkili olmaktadır. Türkiye konumu itibariyle yıl içinde farklı hava kütlelerinin etkisi altında kalmaktadır. Hava kütleleri ve cephelerin sıklıklarında mevsimsel olarak değişimler görülür. Bu durum yağış miktarı ve dağılışı üzerinde etkili olur. Bunun yanında hava kütleleri, yerçekillerinin yükseltisi, uzanış doğrultusu ve zemin koşullarından etkilenerek termik - dinamik değişime uğrarlar, dolayısıyla yağış üzerinde etkili olurlar.

Türkiye’de genel olarak kışın, ekim ayı sonundan mayısa kadar olan dönemde farklı bölgelerden Akdeniz havzasına ulaşan hava kütleleri ve bunlara bağlı cephe sistemleri yağış ve sıcaklık koşulları üzerinde etkili olur. Bu dönemde Orta ve Doğu Avrupa’dan Doğu Akdeniz havzasına inen soğuk karakterli maritim polar ve kontinental polar hava kütleleri ile güneyden gelen

daha sıcak karakterli maritim tropikal ve kontinental tropikal hava kütleleri etkili olur. Bu hava kütleleri ile bağılı cephe sistemleri, Türkiye'nin batısında ve kıyı bölgelerinde genel olarak yağışlı, ılık dönemlerle, serin-soğuk ve yağışsız dönemlerin birbirini izlemesine neden olur. Buna karşılık Doğu ve İç Anadolu bölgeleri kışın uzun bir süre Hazar havzasından kaynaklanan soğuk karakterli kontinental polar hava kütlelerinin etkisi altında bulunur. Bu durum iç bölgelerde kış yağışlarının azlığına neden olur.

Doğu Avrupa'nın ısınmaya başlaması ve Azor antisiklonunun kuzeye doğru yer değiştirerek Avrupa üzerinde yayılmasıyla birlikte, Akdeniz havzası ve Türkiye tropikal hava kütlelerinin etkisi altına girer. Böylece Akdeniz havzası üzerinde cephe ve yağış oluşum koşulları ortadan kalkar. Ancak, Karadeniz Bölgesi ve Kuzeydoğu Anadolu, kuzey ya da kuzeybatıdan gelerek Karadeniz üzerinden geçen depresyonların etkisi ile yaz yağışları alabilmektedir. Bu mevsimde kuzey ve kuzeybatıdan gelen hava kütleleri güneye doğru hareketleri sırasında alttan ısınır, bağılı nemliliği gittikçe azalır ve dolayısıyla yaz yağışlarına imkân vermez (Koçman 1993, Erinç 1984).

Türkiye'de yağış miktarı üzerinde bu sistemler etkili olurken, sistemlerin sıklıklarında, yıllar arası değişimler ve atmosferik salınımlar rol oynayarak yıllık yağış tutarlarında değişikliklere sebep olurlar. Demir vd (2008) tarafından yapılan araştırmada yıllık standardize (1961–1990 yılları ortalamalarına göre normalleştirilmiş) yağış dizilerinde çok belirgin bir eğilim belirlenmemiştir. Karadeniz ve Doğu Anadolu'nun kuzey kesimlerinde belirlenen artış eğilimleri, bazı istasyonlarda anlamlı çıkarken, bu alanların dışında anlamlı olmayan azalma eğilimleri saptanmıştır. Yağış bölgeleri alansal olarak değerlendirildiğinde, Karadeniz ile karasal Doğu Anadolu bölgelerinde yağışta artış eğilimi; Akdeniz, Akdeniz Geçiş, Karasal Akdeniz bölgelerinde ise azalma eğilimi bulunmamıştır. Karasal İç Anadolu ve Marmara bölgelerinde ise artış ya da azalış eğilimi yoktur. Bu sonuçlar Türkes (1996) ve Türkes vd (2008) tarafından yapılan çalışmalarla da uyumludur. Demir vd (2008) İngiltere Meteoroloji Servisi Hadley İklim Tahmin ve Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen Bölgesel İklim Modeli'ni kullanarak, A2 senaryosuna göre gelecekte Türkiye yağışlarında bölgeler arasında farklılıklar olmakla birlikte, azalma yönünde değişiklikler olacağını öngörmektedir. Bu çalışmaya göre Doğu Karadeniz, Ege, Akdeniz ve Toros Dağları boyunca yıllık toplam yağış miktarında 100–400 mm/yıl oranında düşüşler beklenmektedir. Yağıştaki değişimler yüzde olarak hesaplandığında, doğudan batıya doğru gidildikçe azalma yüzdelerinin büyüdüğü dikkati çekmektedir. Ege, Trakya, Batı ve Orta Akdeniz, Güneydoğu Anadolu'nun bir kısmı ile İç Anadolu bölgesinde yağışlar %30–40 oranında azalacaktır. Doğu Anadolu ile Doğu Karadeniz'de bu oran daha az (%5) beklenmektedir Demir vd (2008).

DSİ tarafından yapılan hesaplara göre Türkiye'deki yıllık ortalama yağış tutarı yaklaşık 643 mm'dir. Bu yağış miktarı ile Türkiye'nin yüzölçümü çarpıldığında 501 milyar m³ yıllık yağış toplamı elde edilmektedir (Çizelge 2). DSİ (2006)'ye göre bu suyun 274 milyar m³'ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³'lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m³'lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır.

Çizelge 2. DSİ'ye göre Türkiye'nin su potansiyeli

Yıllık Ortalama Yağış: 643 mm			
Toplam Yağış	: 501 milyar m ³		
Yüzey Su Potansiyeli		Yeraltı Su Potansiyeli	
Yıllık Akış	1	Çekilebilir Yıllık Su Pot.	1
	93.0		4.0
Kullanılabilir Su Pot.	9	Geliştirilen Potansiyel	9
	5.00		.0
Fiili Yıllık Tüketim	3	Fiili Yıllık Tüketim	6
	1.49		.0

Kaynak: DSİ, 2006

Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m³lük suyun 28 milyar m³'ü kaynaklar yoluyla yerüstü suyu tekrar katılmaktadır. Ayrıca, sınır aşan akarsular yoluyla komşu ülkelerden Türkiye'ye yılda ortalama 7 milyar m³ su gelmektedir. Bu durumda Türkiye'nin yerüstü suyu potansiyeli yaklaşık 193 (158+28+7) milyar m³ olmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 41 milyar m³ de hesaba katıldığında, Türkiye'nin yıllık toplam yenilenebilir su potansiyeli yaklaşık 234 milyar m³'tür. Ancak, bu su potansiyelinin tümünü kullanabilmek olası değildir. Gerek ekosistemin korunması, gerek sınır aşan sular, gerekse de kullanımı kısıtlayan teknolojik ve ekonomik koşullar nedeniyle, tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 milyar m³, sınır aşan akarsulardan gelen 3 milyar m³ olmak üzere yılda ortalama toplam 98 milyar m³'dür. Kullanılabilir yeraltı suyu potansiyeli ise 14 milyar m³ olarak hesaplanmaktadır. Bu durumda, Türkiye'de sorun yaratmadan kullanılabilir yerüstü ve yeraltı suyu potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³'tür (DSİ 2006).

Çizelge 3. Türkiye'de 2003 ve 2030 yıllarındaki su kullanımı

Sektör	2003 su kullanımı (milyar m ³)	2030 su kullanımı (milyar m ³)
Sulama	29.6	72.0
İçme suyu	6.2	18.0
Sanayi	4.3	22.0
Toplam	401	112.0

Kaynak: DSİ, 2006

Türkiye'de bugün DSİ tarafından hesaplanan su potansiyelinin 1/3'ü kullanılmaktadır. 2030 yılında ise su potansiyelinin tamamı kullanılacaktır (DSİ 2006, Çizelge 3). Buna göre Türkiye'yi 2030 yılından sonra su sıkıntısı beklemektedir. 112 milyar m³'lük kullanılabilir su potansiyeli ve 70 586 000 kişilik nüfusa (2007 nüfus sayımı) göre kişi başına düşen su miktarı yaklaşık 1586.7 m³'tür. Kişi başına düşen bu su varlığı ile Türkiye su stresi çeken ülkeler arasına girmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu kestirimlerine göre Türkiye nüfusu 2025 yılında 87 756 000 ve 2050 yılında 96 498 000 kişi olarak öngörülmektedir. Bu nüfus miktarlarına göre kişi başına yıllık kullanılabilir su miktarı sırasıyla 1276.3 ve 1160.6 m³'e düşecektir. 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 yaratmış ve ekonomik kayıplara neden olmuştur. Küresel iklim değişimine bağlı olarak yaşanacak iklim kararsızlıkları, su problemi sosyal ve ekonomik sorunların katlanarak artmasına neden olacaktır. Bu nedenle Türkiye'nin su potansiyelinin doğru olarak hesaplanması ve en uygun kullanımı geleceğin planlanmasında çok büyük öneme sahiptir.

Türkiye'de meteorolojik ölçümler Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından yapılmaktadır. DMİ sinoptik, büyük klima, küçük klima ve yağış istasyonu tipinde olmak üzere toplam 451 meteorolojik istasyonla, DSİ ise 452 meteorolojik istasyonla gözlem yapmaktadır. Bu ağ sıklığı ile 863.8 km²'ye bir istasyon düşmektedir. Diaz ve Karl (1994) yağış istasyon sıklığı bakımından bölgeleri üçe ayırmışlardır. Araştırmacılara göre 25 ile 250 km²'lik alana bir istasyon düşen bölgeler yoğun, 250 ile 2500 km²'lik alana bir istasyon düşenler orta ve 2500 km²'den büyük bir alana bir istasyon düşenler ise düşük istasyon yoğunluğuna sahiptir. Türkiye bu durumda orta derecede istasyon yoğunluğuna sahiptir. Bunun yanında Türkiye'de istasyonların dağılımında bölgeler arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Türkiye'de istasyon dağılımları genellikle yerleşmelerin yakınına kurulmuştur. Bu nedenle batı bölgelerinde istasyon sıklığı daha yüksek doğuda ise daha düşüktür. Ayrıca Türkiye'de topografya kısa mesafede hızla değişmektedir. Bu meteorolojik parametrelerin kısa mesafede büyük farklılıklar göstermesine neden olmaktadır. Türkiye'de yüksek dağlık alanlarda çok az sayıda meteorolojik istasyon bulunmaktadır. Oysa yüksek dağlık alanlarda yağın kar su potansiyelimiz için hayati önem taşımaktadır. Bu durumda Türkiye'nin yüzölçümüne oranla sahip olduğu meteoroloji istasyonlarının sayısının yeterli olmadığı rahatlıkla söylenebilir.

Bu alışmada Türkiye'nin su potansiyelinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımı ile yeniden hesaplanması ve su potansiyelinin yeniden değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

2. Veri ve Metodoloji

Bir alanın su potansiyelinin hesaplanabilmesi için en önemli girdiyi yağış verisi oluşturmaktadır. Bir ülkenin tümüne veya bir yağış havzasına düşen yıllık ortalama yağış bilindiği zaman, düşen toplam yağışı hesaplamak mümkündür. Ancak bir alana düşen yağış üzerinde o alanın topografyası çok önemli rol oynamaktadır. Çünkü yağışın yükseltiye bağlı olarak arttığı bilinen bir gerçektir. Bu nedenle yağışın alana dağılışı ve bu dağılışa bağlı olarak yıllık toplam yağışın hesaplanması doğru bir su potansiyeli için olmazsa olmaz koşullardan biridir. Ancak yağış ölçümü yapan iki kurum birbirinden farklı yıllık ortalama toplam yağış değerleri vermektedirler. DMİ'ye göre Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağış değeri 626.2 mm (1971–2000 ortalaması), DSI'ye göre 643 mm'dir. Türkiye'nin su potansiyeli DSI'nin verisine göre hesaplanmaktadır.

Bu çalışmada DMİ tarafından işletilen 252 adet meteoroloji istasyonu kullanılmıştır. Koordinatları belirlenen istasyonlar noktasal veri olarak CBS ortamına aktarılmış ve tüm istasyonların kurulduğu yıldan 2003 yılına kadar olan yıllık ortalama yağış tutarları hesaplanarak bu noktalara değer verilmiştir (Şekil 1).

Doğuya doğru gidildikçe yükseltinin arttığı, dağ kuşaklarının geniş yer kapladığı Türkiye'nin tüm yükseklik gruplarının yeterince iyi temsil edilebilmesi için CBS ortamında 0,2 derecelik eşit aralıklarla (yaklaşık yirmişer kilometre aralıklarla) noktalar oluşturulmuştur. 252 meteoroloji istasyonundan örnekleme yapmak için oluşturulan bu noktaların 2038 adedi Türkiye sınırları içerisinde kalmıştır (Şekil 2).

CBS'nin sağladığı analiz yeteneklerinden faydalanılarak noktalar arası komşuluk ilişkilerini içeren yakınlık analizi ile her bir istasyonun etki alanı oluşturulmuştur. 2038 örnekleme noktası bu poligonların üzerine oturtularak en yakın istasyonun yağış verisini referans olarak alması sağlanmıştır (Şekil 3).

Havza sınırları dikkate alınarak özellikle Doğu Karadeniz ile Akdeniz havzalarında, en yakın meteoroloji istasyonunun başka havzada olması durumunda örnekleme noktalarından birkaçına, en yakın meteoroloji istasyonu yerine kendi havzasındaki en yakın meteoroloji istasyonunun yağış değeri elle girilmiştir. Trakya yöresinde Yıldız Dağları'nın Karadeniz'e bakan yamacında meteoroloji istasyonu bulunmadığından buradaki noktalara Şile meteoroloji istasyonunun yağış verisi girilmiştir. Yağış verisi elle girilen noktaların sayısı binde 5'i geçmemektedir.

Endeavour uzay mekiği radar sistemi ile 2000 yılında elde edilmiş 90 m çözünürlüğe sahip sayısal yükselti modeli (Shuttle Radar Topography Mission-SRTM) kullanılarak meteoroloji istasyonları ve 2038 örnekleme noktasının yükseklik bilgileri yine CBS uygulamaları yardımıyla sayısal yükselti modelinden bu noktalara aktarılmış, en yakın meteoroloji istasyonu ile örnekleme noktaları arasındaki seviye farkı da otomatik olarak hesaplanmıştır (Yağış verisi elle girilen noktalar için yağış verisini aldığı meteoroloji istasyonunun yükseklik verisi temel alınmış ve istasyon ile arasındaki seviye farkı da elle girilmiştir) (Şekil 4).

Genel kural olarak belirli bir yüksekliğe kadar çıkıldıkça yağış artar. Her 100 metrede 50 ile 400 mm arasında olan bu değişim (Erol, 1993) ekvatorial kuşakta, özellikle bu kuşakta yer alan adalarda çok fazladır. Bu yağış değişim oranı yeryüzünün farklı bölgelerinde değiştiği gibi mevsimler arasında da değişmektedir. Sevruk ve Nevenic (1998) Alp Dağları'nda yaptıkları çalışmada yağış değişim oranının kışın yamacın konumuna bağlı olarak 66 mm/100 m ile 26 mm/100 m arasında değiştiğini, yazın ise bu oranın 40–30 mm/100 m arasında olduğunu belirtmektedir. Singh ve Kumar (1997) Himalayalarda yağış değişim oranının rüzgâra dönük yamaçta 106 mm/100 m ile rüzgâr ardı yamaçta 10 mm/100 m arasında değiştiğini saptamışlardır. Türkiye'de yüksekliğe bağlı yağış değişim oranı tespitinde kullanılacak yüksek dağ istasyonu sayısı çok azdır. Bu amaçla kullanılacak olan Uludağ'da Bursa ve Uludağ Zirve istasyonları arasında 43.9 mm/100 m yağış değişim oranı vardır. Türkiye'de yağışın yüksekliğe bağlı değişiminin hesaplanmasında Schreiber tarafından geliştirilen formülün kullanılması fiziki coğrafya ve biyoiklim çalışanları tarafından önerilmektedir (Erinç 1984, Dönmez 1990, Akman 1990).

Schreiber formülü

$P_h = P_o + (54h)$ şeklinde olup formülde

P_h yükseltisi bilinen yağışı bulunacak bir noktanın yağışı (mm),

P_o yağış değeri ve yükseltisi bilinen karşılaştırma istasyonun yağış tutarı (mm)

h P_h ile P_o arasındaki yükselti farkını (hektometre) ifade etmektedir.

Yağışı bulunacak nokta yağışı ve yükseltisi bilinen istasyondan alçakta ise formülde toplama yerine çıkarma işlemi yapılmaktadır.

Bu formül ile birbirine eşit aralıktaki 2038 noktanın en yakınındaki meteoroloji istasyonundan yağış verisi alınıp, istasyon ile arasındaki yükselti farkına göre yağış miktarı her 100 metrede 54 mm arttırılarak (örnekleme noktası, yakınındaki meteoroloji istasyonundan daha alçakta ise azaltılarak) yağış miktarları yeniden hesaplanmıştır. Atmosferin kalınlığı 10.000 km'yi bulsa da su buharı atmosferin alt kesiminde yoğun olarak yer alır. Bu nedenle yükseklikle yağış artışı atmosfer içerisinde belirli bir yüksekliğe kadar gerçekleşmekte, ondan sonra düşmektedir. Yağışın düşmeye başladığı bu sınır oldukça değişkendir. Heney (1919) maksimum yağış kuşağının enleme bağlı olarak değiştiğini tropiklerde bu sınırın 1000 m altına inerken ılıman kuşakta en yüksek seviyeye eriştiğini ve ılıman kuşakta bu sınırın 1400–1500 civarında olduğunu belirtmektedir. Bu sınırın Kayalık Dağları ve Alp Dağları'nda 3000–4000 m'den, tropikal bölgelerde 1000–2000 metrelerden geçtiği belirtilmektedir (Barry ve Chorkey 2003, Erinç 1984). Hamon (1971) güneybatı Idaho'da yaptığı çalışmada kış yağışlarının 7000 feette ((2133 m) 4000 feettekinin (1220 m) dört katı olduğunu saptamıştır. Barry (1992) Alplerdeki yüksek dağ istasyon kayıtları ve gözlemler sonucunda yükseklik ile yağış artışının 3000–3500 m'ye kadar arttığını belirlemiştir. Higuchi vd (1982) Nepal Himalayalarında muson mevsimi süresince yağmur yağışlarını çalıştığı makalesinde yağmurun 2800–4500 m arasında azaldığını tespit etmişlerdir. Singh vd (1995) Himalayalar'da yaptıkları çalışma da yağmur şeklindeki yağışın maksimum seviyesinin bakı koşullarına bağlı olarak 1600–2200 m arasında değiştiğini bu seviyeden sonra azalarak 4000 m'den sonra ise ihmal edilebilir seviyeye indiğini belirtmektedirler. Yine aynı çalışmada maksimum kar yağışının bakı koşullarına bağlı olarak 1800–2500 m'de maksimum seviyeye ulaştığı 3000 m civarında katı ve sıvı şeklindeki yağışların yıllık yağışa aynı oranda katkı yaptıkları 3000 m'nin altında yağmurun, üstünde ise kar yağışlarının etkin olduğunu belirtmektedirler. Ohmura ve Reeh (1991) Batı Grönland'da 69 kuzey enleminde yaptığı çalışmada maksimum yağışın 2500 m civarında gerçekleştiğini tespit etmiştir. Akman (1990) ise Atlas Dağları'nda yağışın 2000–2500 metrede 900 mm iken, 4000 m'de 400 mm'ye indiğini, Toros Dağları'nda ise genellikle 1800 m'den sonra yağışın düştüğünü belirtmektedir. Türkiye'de çok nadir bulunan yüksek dağ istasyonlarından 1877 m'deki Uludağ Zirve istasyonu ile 100 m'deki Bursa istasyonu arasında yağışın düzgün bir şekilde arttığı ve Bursa'da 673.3 mm olan yağışın Uludağ Zirve istasyonunda 1453.3 mm'ye ulaştığı görülür. Yani Uludağ'da yüksekliğe bağlı olarak 1777 m'de yağış yaklaşık 2.2 kat artmıştır. Yine bu durum yağışın Türkiye'de en az 2000 m'ye kadar arttığını göstermektedir. Dünya üzerindeki örnekler, özellikle Alp Himalaya kuşağında yağışın 3000 m'ye kadar arttığı dikkate alındığında ve Türkiye'deki örneklerden yararlanarak bu çalışmada örnekleme noktaları arasında yükseltisi 2500 metreden alçak olan noktalarda yağış artışı hesaplanmış, yükseltisi 2500 m'yi aşan yerlerde ise bu noktadan sonra yağış tutarı düşürülmüştür.

3. Analiz Sonuçları

252 istasyonun verileri yardımıyla elde edilen 2038 noktanın yağış verileri ile Türkiye'nin yağış haritası elde edilmiştir (Şekil 5). Bu dağılışa göre Türkiye'nin yıllık ortalama yağış tutarı 727 mm'dir. Bu değer DSİ tarafından hesap edilen ve çizelge 2 ve 4'te görülen değerden (643 mm) 84 mm daha fazladır. Bu yıllık yağış tutarı ve 780.000 km²'lik yüzölçümü hesaba katıldığında Türkiye'nin yıllık su potansiyeli 567 milyar m³ olarak bulunur ve bu değer DSİ tarafından hesap edilen değerden 66 milyar m³ daha fazladır. DSİ tarafından hesaplanan yıllık su potansiyelinin buharlaşma, akış, sızma oranları yeni hesaba uygulandığında Çizelge 4'te belirtilen değerler elde edilir. Bu çizelgede de

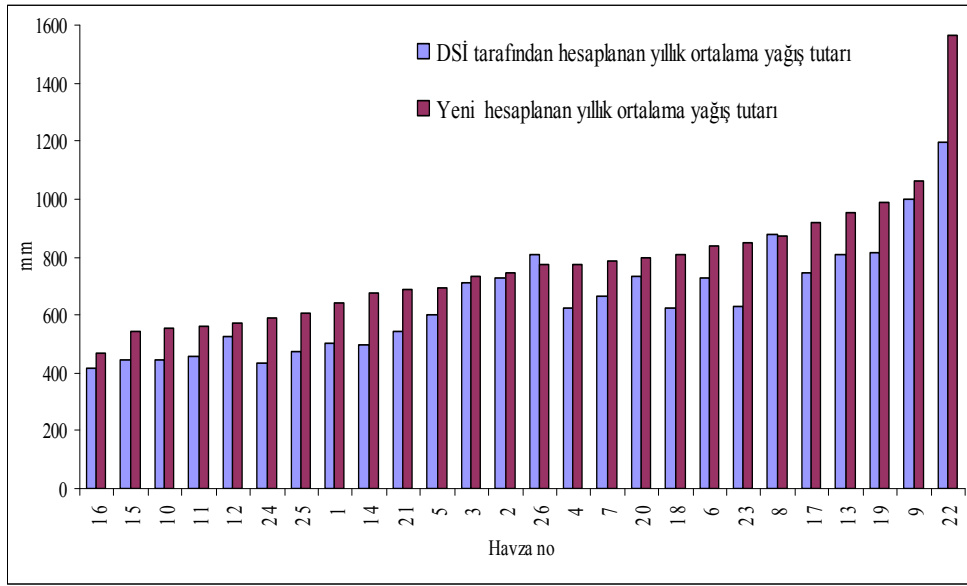
belirtildiği gibi Türkiye'nin yıllık kullanılabilir su potansiyeli 15 milyar m³'lik bir artış ile 127 milyar m³'e ulaşmıştır. Bu kullanılabilir su potansiyeline göre kişi başına düşen yıllık su miktarı 1586.7 m³'ten 1799.2 m³'e çıkmaktadır. Bu değere göre Türkiye su stresi çeken ülkelerin hemen üst sınırında bir su kaynağına sahiptir. Yine bu yeni hesaba göre kullanılabilir yüzey suyu 98 milyar m³'ten 111 milyar m³'e çıkmaktadır. Bu artış DSİ tarafından hesap edilen toplam kullanılabilir su potansiyelinin % 10'u kadardır. Yeraltı sularında ise artış 2 milyar m³ ile sınırlı kalmıştır.

Çizelge 4. Türkiye'nin su potansiyelinin karşılaştırması

	DSİ tarafından hesaplanan su potansiyeli	Yeniden değerlendirilen su potansiyeli
Yıllık ortalama yağış (mm)	643	727
Türkiye'nin yüzölçümü (km ²)	780.000	780.000
Yıllık yağış miktarı (milyar m ³)	501	567
Buharlaşma (milyar m ³)	274	310
Yeraltına sızma (milyar m ³)	41	46
Yıllık yüzey su akışı (milyar m ³)	186	210
Kullanılabilir yüzey suyu (milyar m ³)	98	111
Yıllık çekilebilir yeraltı suyu miktarı	14	16
Toplam kullanılabilir su (net) (milyar m ³)	112	127
Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı (m ³)	1586.7	1799.2

Türkiye genelinde yapılan hidrolojik çalışmalar, 26 ana akarsu havzası temel alınarak yapılmaktadır. Bu çalışmada da aynı bölümlere kullanılmış ve elde edilen yeni yağış değerleri temel alınarak havzaların yıllık ortalama yağış miktarları ve yıllık toplam su miktarları Çizelge 5 ve 6'da gösterilmiştir. Yağışın havzalara dağılışı incelendiğinde yıllık ortalama yağış tutarı en fazla artan havza topografyasındaki ani değişimler nedeniyle Doğu Karadeniz Havzasıdır (Çizelge 5, Şekil 6). Bu havzadaki yıllık ortalama yağış DSİ tarafından 1198.2 mm olarak hesaplanmıştır. Yeni hesaplamada ise bu değer 1564.7 mm olarak hesaplanmıştır. Yıllık ortalama yağış tutarındaki artış 336.5 mm'dir. Benzer artışlar Aras, Yeşilirmak, Seyhan Çoruh, Van Gölü havzası gibi topografyanın etkili olduğu havzalarda da görülmektedir. Yağış üzerinde topografik etkinin azaldığı Marmara, Susurluk, Sakarya, Antalya, Konya Gölü Kapalı Havzası gibi havzalarda ise yıllık ortalama yağış tutarındaki artış sınırlı kalmaktadır. Bu havzalar aynı zamanda su talebinin de en fazla olduğu havzalardır. Bu nedenle adı geçen havzaların sürdürülebilir su planlamalarının bir an önce yapılması gerekmektedir. Yıllık ortalama yağış tutarı azalan havzalar ise Batı Akdeniz ve Dicle havzalarıdır. Bu havzaların yıllık ortalama yağış tutarı sırasıyla 3.8 (% 0.4) ve 35.2 mm (%4.4) azalmıştır. Bunda bu havzaların topografyası rol oynamıştır. Etrafı yüksek dağlarla çevrili olan Van Gölü Kapalı Havzası dışındaki kapalı havzalar ve Kızılırmak Havzası Türkiye'nin yıllık ortalama yağış tutarı en düşük havzalarını oluşturmaktadırlar. Ankara'nın da içinde yer aldığı Sakarya havzası bu havzaları takip etmektedir (Çizelge 5, Şekil 6).

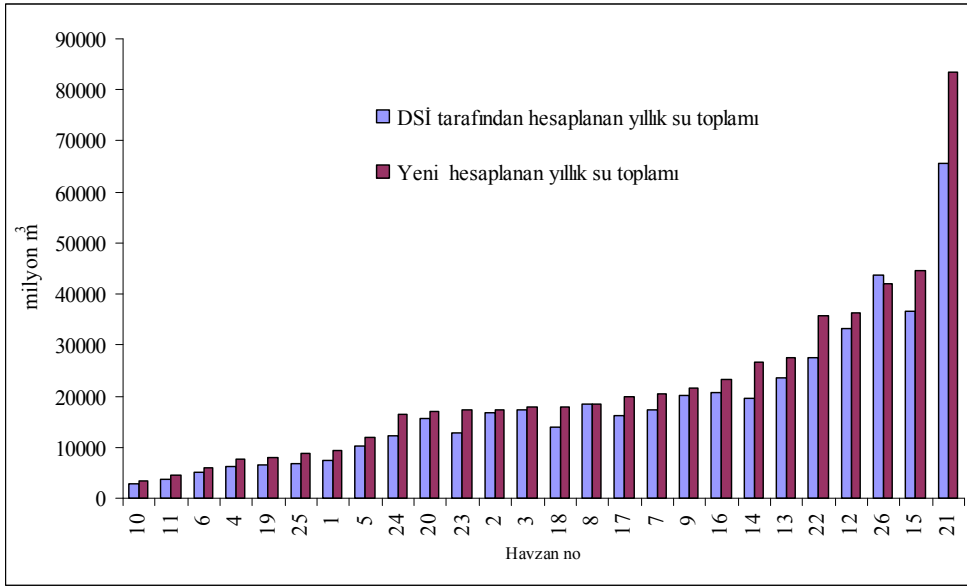
Havzalara düşen yıllık su toplamları incelendiğinde en düşük su toplamına Burdur Gölü Kapalı Havzası'nın, en yüksek su toplamının ise Fırat Havzası'nın sahip olduğu görülür. Sıralama her iki hesaba göre değişmemektedir. Ancak Batı Akdeniz Havzası'nda su toplamında 80.3 milyon m³'lük, Dicle Havzası'nda ise 1911.7 m³'lük azalma hesap edilmiştir (Çizelge 6, Şekil 7). Havzalara düşen yıllık su toplamları hesap edildiğinde bunun yıllık toplam yağıştan düşük olduğu görülür. Bu durum adalar, göl ve baraj alanlarının hesaba katılmaması ile ilgilidir



Şekil 6. Havzalara düşen ortalama yağış miktarı (mm)

Çizelge 5. Havzalara düşen ortalama yağış miktarı (mm)

Havza No	Havza Adı	DSİ tarafından hesaplanan yıllık yağış miktarı (mm)	Yeni hesaplanan yağış miktarı (mm)	Fark (mm)	Fark (%)
16	Konya Kapalı Havzası	416.8	468.5	51.7	12.4
15	Kızılırmak Havzası	446.1	543	96.9	21.7
10	Burdur Gölü Kapalı Havzası	446.3	553	106.7	23.9
11	Akarçay Havzası	455.8	560.6	104.8	23.0
12	Sakarya Havzası	524.7	573.1	48.4	9.2
24	Aras Havzası	432.4	588.1	155.7	36.0
25	Van Gölü Havzası	474.3	606.7	132.4	27.9
1	Meriç-Ergene Havzası	504	639.5	135.5	26.9
14	Yeşilirmak Havzası	496.5	674.9	178.4	35.9
21	Fırat Havzası	540.1	686.4	146.3	27.1
5	Gediz Havzası	603	695.3	92.3	15.3
3	Susurluk Havzası	711.6	732.5	20.9	2.9
2	Marmara Havzası	728.7	743.9	15.2	2.1
26	Dicle Havzası	807.2	772	-35.2	-4.4
4	Kuzey Ege Havzası	624.2	776.7	152.5	24.4
7	Büyük Menderes Havzası	664.3	784.8	120.5	18.1
20	Ceyhan Havzası	731.6	795.4	63.8	8.7
18	Seyhan Havzası	624	810.8	186.8	29.9
6	Küçük Menderes Havzası	727.4	837.1	109.7	15.1
23	Çoruh Havzası	629.4	848.3	218.9	34.8
8	Batı Akdeniz Havzası	875.8	872	-3.8	-0.4
17	Doğu Akdeniz Havzası	745	918.5	173.5	23.3
13	Batı Karadeniz Havzası	811	954.5	143.5	17.7
19	Asi Havzası	815.6	987.6	172	21.1
9	Antalya Havzası	1000.4	1061.8	61.4	6.1
22	Doğu Karadeniz Havzası	1198.2	1564.7	366.5	30.6



Şekil 7. Havzalara düşen yıllık toplam su (m³)

Çizelge 6. Havzalara düşen yıllık toplam su (000 000 m³)

Havza No	Havza Adı	DSİ tarafından hesaplanan yıllık su toplamı	Yeni hesaplanan yıllık su toplamı	Fark
10	Burdur Gölü Kapalı Havzası	2800	3469.4	669.4
11	Akarçay Havzası	3625.7	4462.4	836.7
6	Küçük Menderes Havzası	5111.5	5881.6	770.1
4	Kuzey Ege Havzası	6219.3	7741.7	1522.4
19	Asi Havzası	6446.7	7809.4	1362.7
25	Van Gölü Havzası	6816.9	8724.1	1907.2
1	Meriç-Ergene Havzası	7313.4	9272.4	1959
5	Gediz Havzası	10239.8	11802.1	1562.3
24	Aras Havzası	12125	16488.2	4363.2
20	Ceyhan Havzası	15716.7	17078.7	1362
23	Çoruh Havzası	12751.5	17180.3	4428.8
2	Marmara Havzası	16842.9	17196.6	353.7
3	Susurluk Havzası	17294.9	17815	520.1
18	Seyhan Havzası	13803.4	17940	4136.6
8	Batı Akdeniz Havzası	18506.7	18426.4	—80.3
17	Doğu Akdeniz Havzası	16204.6	19989.4	3784.8
7	Büyük Menderes Havzası	17283.2	20423.4	3140.2
9	Antalya Havzası	20260	21507.5	1247.5
16	Konya Kapalı Havzası	20759.9	23358.7	2598.8
14	Yeşilırmak Havzası	19671.4	26743.7	7072.3
13	Batı Karadeniz Havzası	23493.4	27635.9	4142.5
22	Doğu Karadeniz Havzası	27410.2	35801.1	8390.9
12	Sakarya Havzası	33183.6	36238.2	3054.6
26	Dicle Havzası	43839.2	41927.5	—1911.7
15	Kızılırmak Havzası	36617	44570.8	7953.8
21	Fırat Havzası	65660.6	83397.9	17737.

4. Sonuç ve Değerlendirme

Bir ülkenin su varlığının gerçeğe yakın olarak hesaplanması, ortalama yağış tutarı ve yağışın alansal dağılımının iyi bilinmesiyle mümkündür. Ancak, Türkiye’de istasyon ağının özellikle dağlık alanlarda yetersiz olması, bu değerlerin hesaplanmasında en önemli sorunu oluşturmaktadır. Bu çalışmada, istasyon ağının yetersizliğini ortadan kaldırmak için CBS’nin getirdiği olanaklardan faydalanılarak sanal istasyon noktaları yaratılmış ve yapılan analizler sonucunda gerçeğe daha yakın hesaplamalarla Türkiye’nin yağış dağılım haritası elde edilmiştir. Türkiye’nin su potansiyelini hesaplamada temel oluşturan ortalama yağış değeri 643 mm iken, bu yöntemle elde edilen ortalama yağış değeri 727 mm’dir. Bu değere göre Türkiye’nin kullanılabilir su potansiyeli de 15 milyar m³ artarak 127 milyar m³ olarak hesap edilmiştir.

Bu çalışma sonucunda Türkiye’nin bilinenden daha fazla suya sahip olduğunu söylemek mümkün olsa da, tüm havzalar için aynı şeyleri söylemek mümkün değildir. Topografyanın etkisinin belirgin olduğu Karadeniz ve Akdeniz havzaları ile kış mevsiminde yükseltisi sayesinde büyük miktarda kar birikimine sahip olan Fırat Havzası’nın su potansiyelinde önemli artışlar saptanmıştır.

Yeni hesaba göre topografyanın etkisinin belirgin olmadığı Dicle ve Batı Akdeniz havzalarında ise hem yağış, hem de su potansiyelinde düşme saptanmıştır. Bu durum Dicle Nehri gibi sınır aşan akarsular konusunda uluslararası görüşmelerde daha hassas davranılması gerektiğini göstermektedir.

Türkiye’nin kullanılabilir yeraltı su potansiyeli 16 milyar m³ olarak hesaplanmıştır. Bu değer DSİ’nin hesabından 2 milyar m³ fazladır. Ancak Türkiye’de Ergene havzasında doküman sanayi ve Konya havzasında ise sulamalı tarım nedeniyle yeraltı suyu aşırı kullanılmakta ve su tablasının seviyesi hızla düşmektedir. Bu durum yüzeysularının yeraltı sularından beslenmesini de olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle aşırı yeraltı suyu kullanımı düzenlemeler ile engellenmeli ve kontrollü su kullanımı mutlaka sağlanmalıdır.

Türkiye’nin kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı su stresi sınırının çok az üzerindedir. Ancak nüfus artışı düşünüldüğünde yakın gelecekte Türkiye’yi yine su stresi beklemektedir. Yıllık kişi başına kullanılabilir su miktarı nüfus projeksiyonlarına göre 2025 yılında 1477.2 m³, 2050 yılında 1316.1 m³e inecektir. Suyun bol olduğu havzalardan su kıtlığı çekilen havzalara su transferlerinin yapılabileceği düşüncesi bir çözüm gibi görülse de havza ekosistemlerinde yaratacağı sorunlar çok iyi analiz edilmelidir.

Hükümetlerarası 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 bunun yanında Türkiye’nin de içinde bulunduğu Akdeniz havzasında yağışta azalış buna karşın kuraklıkta artış olacaktır (IPCC 2007). Bu durum Türkiye’de yüzey sularının akış oranı değişimine, siltasyonun artışına, su kalitesinin değişimine, yeraltı sularının beslenmesine etki edecektir. Ayrıca bu durum Türkiye’de su stresini arttıracaktır.

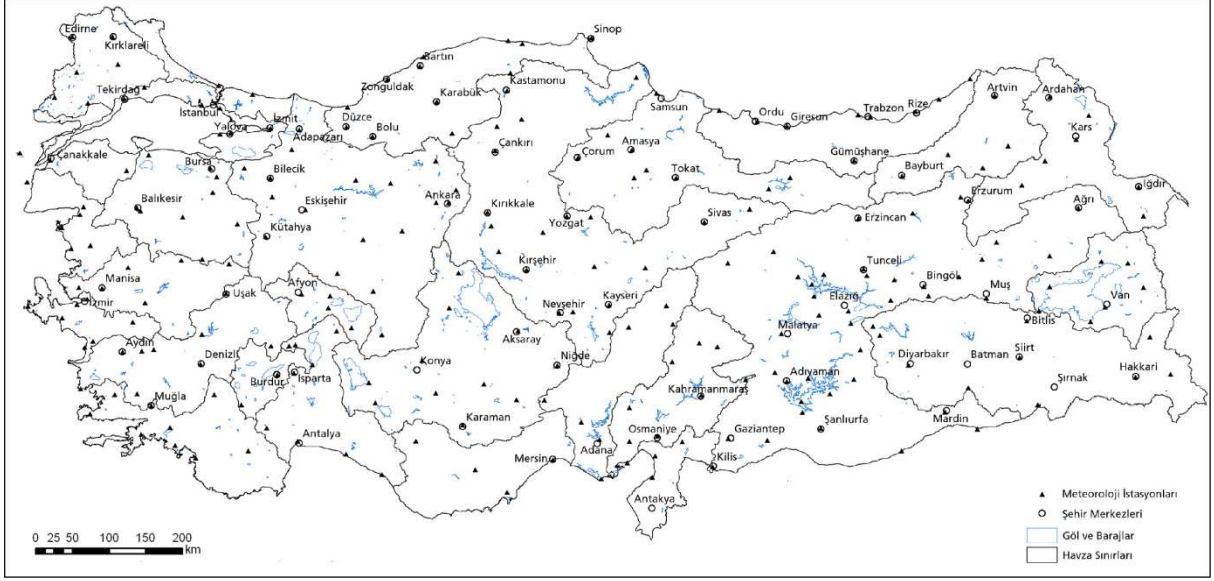
Ülkelerin yağış miktarını güvenilir ve istenilen oranda artırmak, bugünkü bilgi birikimi ve teknoloji ile yakın zamanda mümkün olmadığına göre, su sıkıntısı çekmemenin tek yolu iyi bir planlama ve su tasarrufudur. Türkiye’nin sektörel su kullanımında en önemli payı günümüzde tarım almaktadır. Bu gelecekte de böyle olacaktır. Bu nedenle tarımda su kullanımının etkin ve tasarruflu kullanımını sağlanması için gerekenler mutlaka yapılmalıdır.

Su potansiyeli hesap edilirken topografyanın çok daha iyi değerlendirilmesi gerekir. Bu çalışmada etkisi direkt olarak hesaba katılmayan bakı faktörünün dikkate alınması daha doğru sonuçlara ulaşmayı sağlayacaktır. Ancak bunun için istasyon sayısının, özellikle yüksek dağ istasyonlarının fazlaştırılması gerekmektedir.

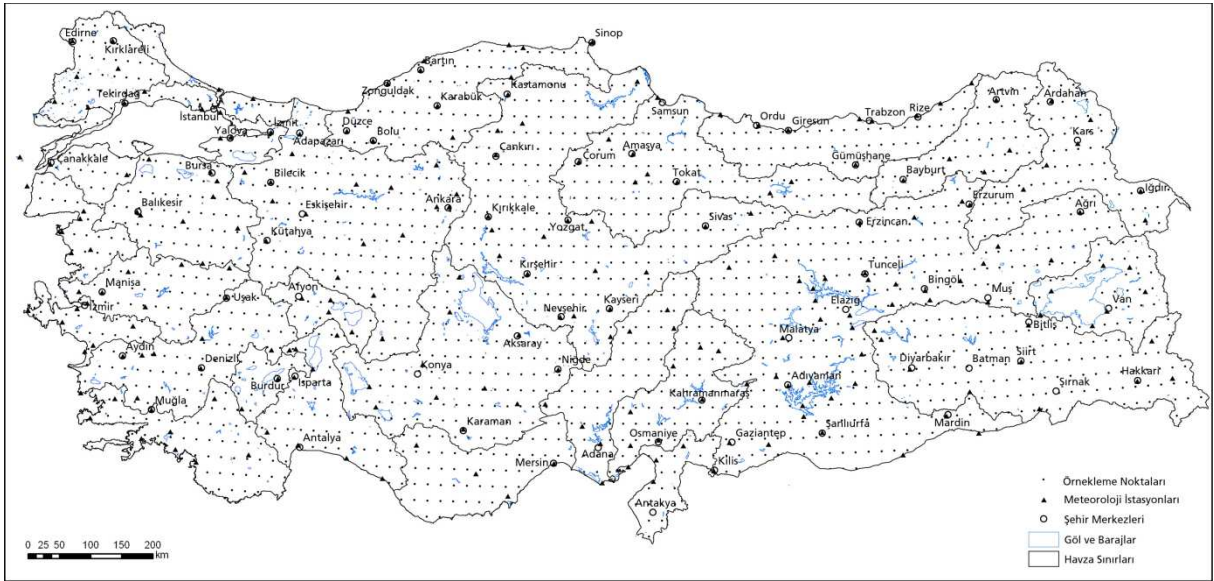
Su potansiyelimizin doğru olarak hesaplanması, Türkiye’nin tarım, sanayi ve içme suyu kullanımının doğru planlanması ve barışçıl bir dış politika için yaşamsal öneme sahiptir.

Referanslar

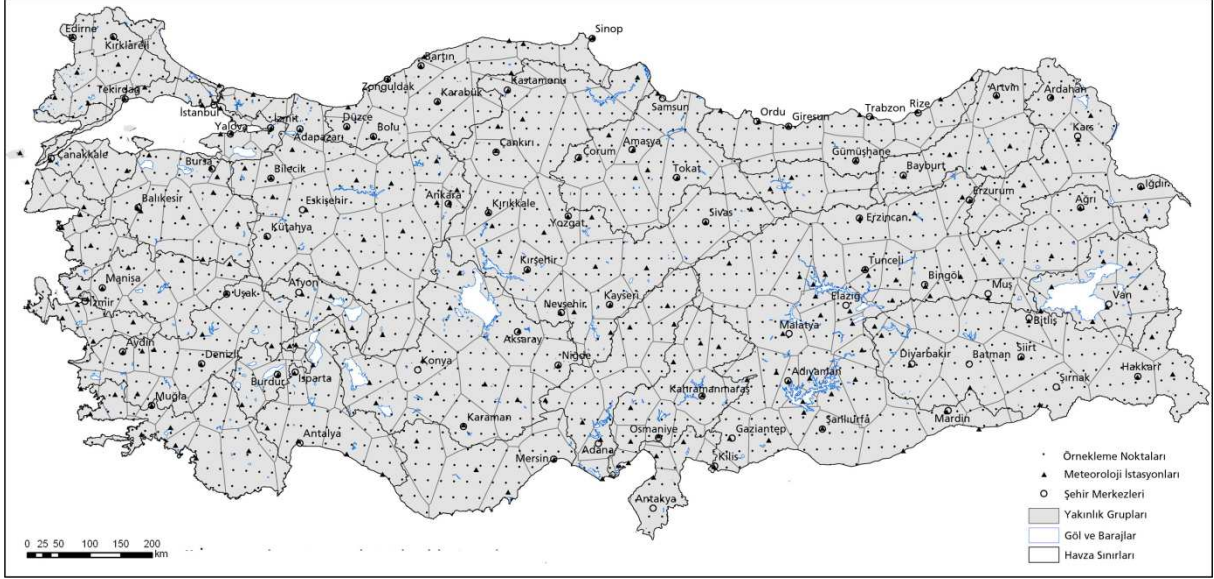
- Akman Y. (1990) *İklim ve Biyoiklim* Palme, Yayın Dağıtım, Ankara.
- Barry, G. B. (1992) *Mountain Weather & Climate*, 2nd Edition, Routledge, New York.
- Barry R.G.; Chorley R.J. (2003) *Atmosphere, Weather and Climate*, (8. Baskı), Routledge, London.
- Demir, İ.; Kılıç, G.; Coşkun, M.; Sümer, U.M. (2008). "Türkiye'de maksimum, minimum ve ortalama hava sıcaklıkları ile yağış dizilerinde gözlenen değişiklikler ve eğilimler" İçinde. *TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, TMMOB adına TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası, 13-14 Mart 2008, 69-84.*, Ankara.
- Demir, İ.; Kılıç, G.; Coşkun, M. (2008). "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.
- Diaz, H.F.; Karl T.R. (1994) "Information needs for precipitation-sensitive systems" *NOAA Environmental Watch Reprt 94:1, U.S. Dept. Of Commerce, National Ocean and Atmospheric Administration.*
- Dönmez Y. (1990) *Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları*, İst. Üniv. Yay No:3648, Ed. Fak. Yay. No: 3248, İstanbul.
- DSİ (Devlet Su İşleri) (2006) *DSİ Genel Müdürlüğü 2006 Yılı Faaliyet Raporu.*
- Erinç S. (1984) *Klimatoloji ve Metodları*, İst Üniv. Yay. No: 3278, Deniz Bilimleri ve Coğ. Enst Yay. No:2, İstanbul.
- Erol, O. (1993). *Genel Klimatoloji*, Gazi Büro Yayıncılık, (4. Baskı), Ankara.
- Falkenmark, M; Lundqvist, J.; Widstrand C. (1989). "Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches: Aspects of vulnerability in semi-arid development". *Natural Resources Forum* 13 (4): 258-267.
- Hamon, W. R. (1971) "Reynolds Creek, Idaho Agricultural . Research. Precipitation Facilities and Related Studies", *United States Department of Agritulture Agricultural Research Service*, 41-176.
- Heney A. J. (1919) Increase of precipitation with altitude. *Monthly Weather Review* 47:1, 33-41.
- Higuchi, K.; Ageta, Y.; Yasunari, T.; Inoue, J. (1982) Characteristics of precipitation during monsoon season in high mountain areas of the Nepal Himalayas, *Hydrological Aspects of Alpine and High Mountain Areas, International Association of Hydrological Sciences Publication No. 138*, . 21-30.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change) (2007) *Climate Change 2007: Synthesis Report* Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Editör.) IPCC, Geneva, Switzerland.
- Koçman A. (1993) *Türkiye İklimi* Ege Üniv. Ed. Fak. Yay. No: 72.
- Ohmura, A.; Reeh, N. (1991). "New precipitation and accumulation maps for Greenland". *Journal of Glaciology.*, 37:125, 140-148.
- Sevruk B.; Nevenic M. (1998) "The geography and topography effects on the areal pattern of precipitation in a small prealpine basin" *Water. Science. Technology* 37:1, 163-170.
- Singh, K.; Ramasastri S.; Kumar N (1995) "Topographical influence on precipitation distribution in different ranges of Western Himalayas" *Nordic Hydrology*, 26, 259-284.
- Singh P.; Kumar N. (1997) "Effect of orography precipitation in the western Himalayan region" *Journal of Hydrology* 199 183-206.
- Türkes M (1996) "Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey". *International Journal of Climatology* 16:1057-1076.
- Türkes M.; Koç, T.; Sariş F., (2008) "Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey" *International Journal. Climatology*. DOI: 10.1002/joc.1768.
- UN.(United Nations)(2007) *Coping with water scarcity - challenge of the twenty centur* World water day 22 March 2007 United Nations – Food and Agricultural Organization.
- UNDP (United Nations Development Programme) (2006) *Human Development Report 2006 Beyond scarcity: Power, poverty, and the global water crisis.*



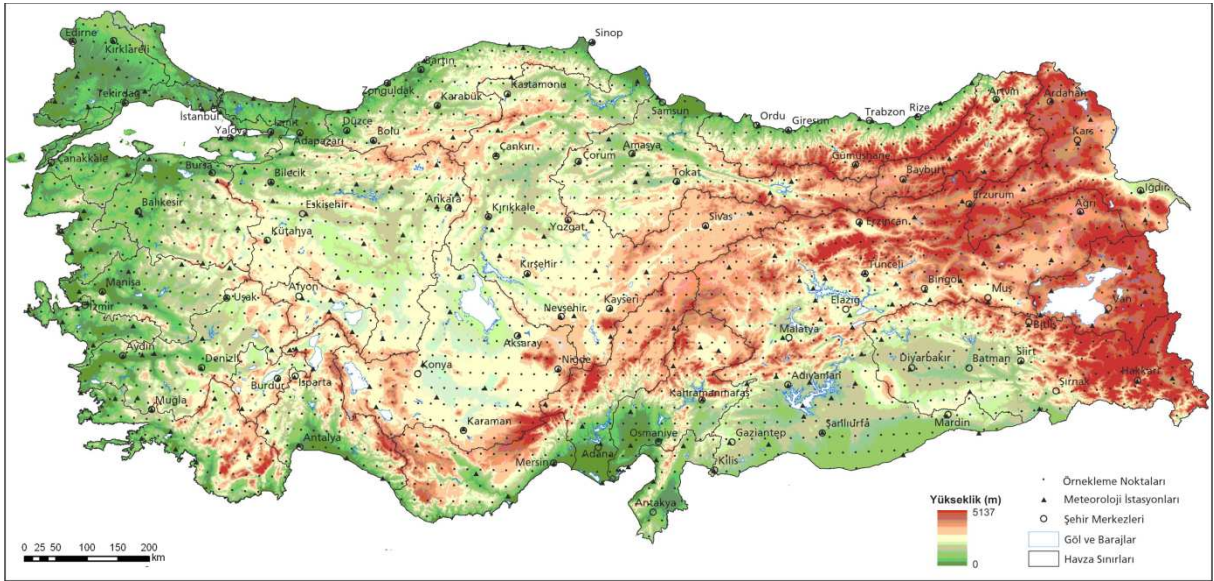
Şekil 1. Kullanılan meteoroloji istasyonlarının dağılımı



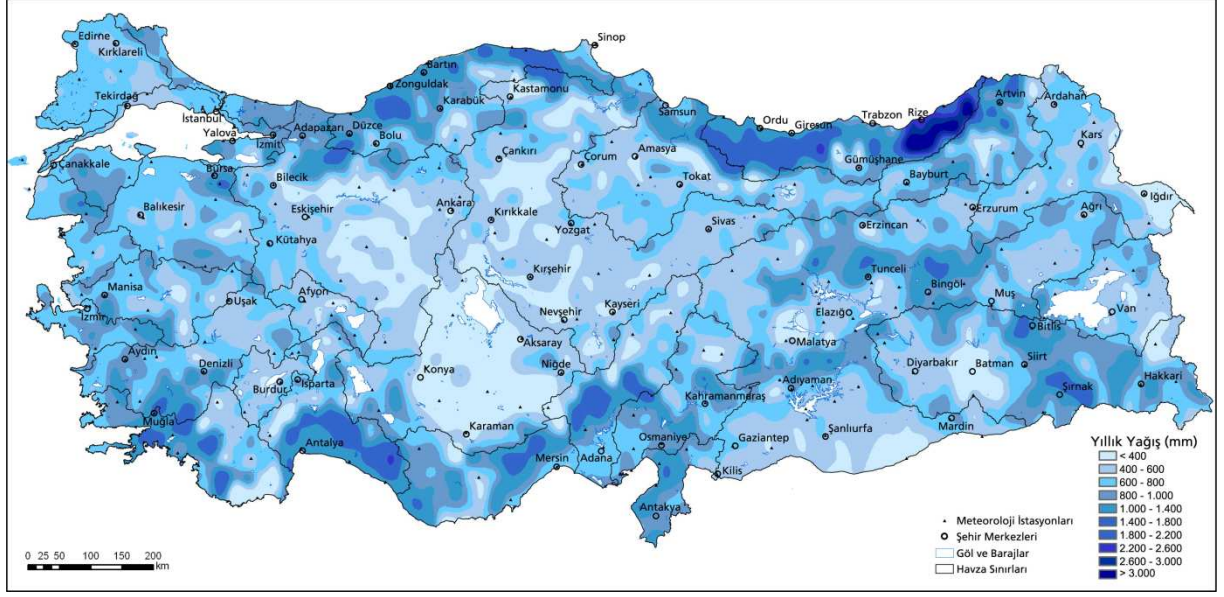
Şekil 2. CBS ile üretilen örnekleme noktaları



Şekil 3. Meteoroloji istasyonları arasında istasyon gruplandırması



Şekil 4. Türkiye'nin sayısal yükselti modeli



Şekil 5. Yeniden üretilen Türkiye'nin yağış dağılışı haritası