

Kızılırmak Havzası Barajlarının Kuraklığa Etkisi

Ahmet Buğra CAN^{1}, Davut YILMAZ²*

¹ Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Ankara/Türkiye. ORCID: 0009-0003-0576-507X

² Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Ankara/Türkiye. ORCID: 0000-0002-9981-7875

Sorumlu Yazar: canahmetbugra28@gmail.com

Geliş Tarihi:31.03.2023

Kabul tarihi:29.08.2023

Özet

Kuraklık, insan hayatını olumsuz etkileyen temel faktörlerden biridir ve doğrudan veya dolaylı olarak bir dizi olumsuz sonuç doğurur. Su, tarım, sanayi, sağlık ve birçok diğer alandaki sıkıntılara yol açabilecek önemli bir kaynaktır. İnsan yaşamı için vazgeçilmez olan suyun varlığının korunması, insanlığın geleceği için kritik bir öneme sahiptir. Su kaynaklarının depolanması ve ardından sulama, elektrik üretimi ve içme suyu temini gibi amaçlarla kullanılmasında barajlar önemli bir rol oynamaktadır. Ancak bu yapıların dezavantajı, su rezervuarlarının yüzeyinin artmasıyla birlikte buharlaşma kayıplarının artmasıdır. Ayrıca sulama ve içme suyu talebinin artması, barajlardaki su rezervlerinin azalmasına neden olmaktadır. Buharlaşma kayıplarını önlemek ve su kaynaklarını sürdürülebilir bir şekilde yönetmek için, özellikle Kızılırmak Nehri yan kolları üzerindeki barajların inşası veya genişletilmesi konusunda optimizasyonlar yapılması gerekmektedir. Su bütçesi metodu analizleri, bu optimizasyonların özellikle kurak iklimi nedeniyle Delice alt havzasında daha fazla su stresinin olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, bölgede buharlaşma kayıplarını azaltma, su kaynaklarını koruma ve geleceğe dayanıklı bir şekilde hazırlık yapma aciliyetini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kızılırmak Nehri, Kuraklık, Buharlaşma, Yağış

Effect of the Dams in Kızılırmak Basin's Drought

Abstract

Drought stands as a pervasive threat to human life, casting a broad shadow of negative consequences across various facets of existence, including agriculture, industry, health, and more, given the indispensable role of water. Dams serve as critical reservoirs, storing water for essential purposes such as irrigation, electricity generation, and drinking. However, the downside of these structures lies in the increased surface area, which contributes to water loss through evaporation. This issue is exacerbated by the escalating demands for water, particularly for irrigation and drinking purposes, resulting in a gradual depletion of water reserves within dams. To address this challenge, it becomes imperative to optimize dam construction and expansion, particularly along the tributaries of the Kızılırmak river. Conducting water budget analyses, specifically tailored to the Kızılırmak basin, reveals that the Delice sub-basin faces heightened water stress due to its arid climate. These findings underscore the urgency of mitigating evaporation losses, preserving water resources, and ensuring sustainable water management practices in the region to secure a resilient future.

Keywords: Kızılırmak River, Drought, Evaporation, Precipitation

1. GİRİŞ

Kuraklık, yağışların kaydedilen normal düzeylerinin önemli ölçüde altına düştüğü zaman meydana gelen doğal bir olaydır. Bu durum, arazi ve kaynak üretim sistemlerini olumsuz yönde etkileyerek ciddi hidrolojik dengesizliklere neden olabilir [1]. Kuraklık bir doğal afetdir ancak diğer doğal afetler gibi hızlı sonucunu göremeyiz,

zaman içerisinde süregelen olaylar ve yapılan yanlışlar bütünü birleşince uzun süreçler sonucunda kuraklık oluşmaktadır.

Kuraklık yavaş, sessiz afettir. Bu sebepten havza için gerekli erken teşhislerin yapılması, meydana gelebilecek en kötü durumlar göz önüne alınarak gerekli acil durum senaryoları oluşturulması ve etkili müdahaleler gerekmektedir. Kuraklık beraberinde sanayi, sağlık, tarım gibi ana başlıklar için ciddi bir problemidir. Gıda güvenliği ve insan sağlığı ise direkt ve ilk etkilenecek alanlardır.

Küresel ısınma sonucu nehir akımlarında azalma, yükselen sıcaklıklar nedeniyle rezervuarlardan artan buharlaşma kayıpları, artan nüfus ve sanayi üretimi nedeniyle su talebinin artması ve azalan sulama suyu miktarı gibi faktörler su kullanımını daha verimli hale getirme ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bu amaçla, suyu tasarruflu kullanmak, doğal akiferlerde su depolamayı öncelikli hale getirmek, baraj yapımını yeraltı suyu beslenimini engelleyen yerlerde yapmamak ve su buharlaşmasını artıran yüzey depolamaları gibi çözümleri yeniden değerlendirmek gerekmektedir. Baraj göllerinde su yüzeyinin azaltılması gibi yöntemlerle buharlaşma kayıplarını azaltmak da mevcut durumun kötü hale gelmesinin önüne geçebilmek adına önemli bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, Kızılırmak Havzası'nda bulunan mevcut barajlar için rezervuarlardaki su yüzeylerinin kontrol edilmesinin gerekliliği konusunda bir araştırma yapmaktır. Bu kontrollerin amacı, su kaynaklarının etkin ve dengeli bir şekilde kullanılmasını sağlamak, taşkın riskini azaltmak, enerji üretimi, tarımsal sulama ve içme suyu temini gibi çeşitli ihtiyaçları karşılamaktır. Literatür taramaları [9,10] barajlardaki genel buharlaşma üzerine odaklanmış olsa da bu çalışmada olduğu gibi belirli bir havzanın analizi yapılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışma analiz sonuçlarının yorumlanması açısından daha faydalı ve gerçekçi veriler sunmaktadır.

Diğer yandan, çalışma aynı zamanda yapılacak olan yeni barajların inşaatının buharlaşma açısından gerekli olup olmadığının tartışılmasını da kapsamaktadır. Buharlaşma, su rezervuarlarında su kaybına neden olan doğal bir süreçtir. Yeni bir baraj inşa etmek, rezervuar suyunun daha fazla yüzey alanına yayılmasına ve dolayısıyla buharlaşma kaybının artmasına neden olabilir. Bu nedenle, yapılması planlanan yeni barajların, buharlaşma kaybını en aza indirecek yöntemlerle birlikte değerlendirilmesi önemlidir. Bu çalışmada, Kızılırmak havzasında inşa edilecek olan barajların su kaynakları üzerindeki etkisi, su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve alternatif çözümler göz önünde bulundurularak detaylı bir şekilde su metodu yöntemi ile analiz edilecektir.

Sonuç olarak, bu çalışma, Kızılırmak Havzası'nda bulunan mevcut barajlar için su yüzeyi kontrol yöntemlerini araştırmayı ve yeni barajların buharlaşma açısından gerekli olup olmadığını tartışmayı amaçlamaktadır. Bu çalışma, su kaynaklarının etkin yönetimi, çevresel koruma ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği konularında önemli bir bilgi sağlamayı hedeflemektedir.

2. ÇALIŞMA ALANI ve VERİLER

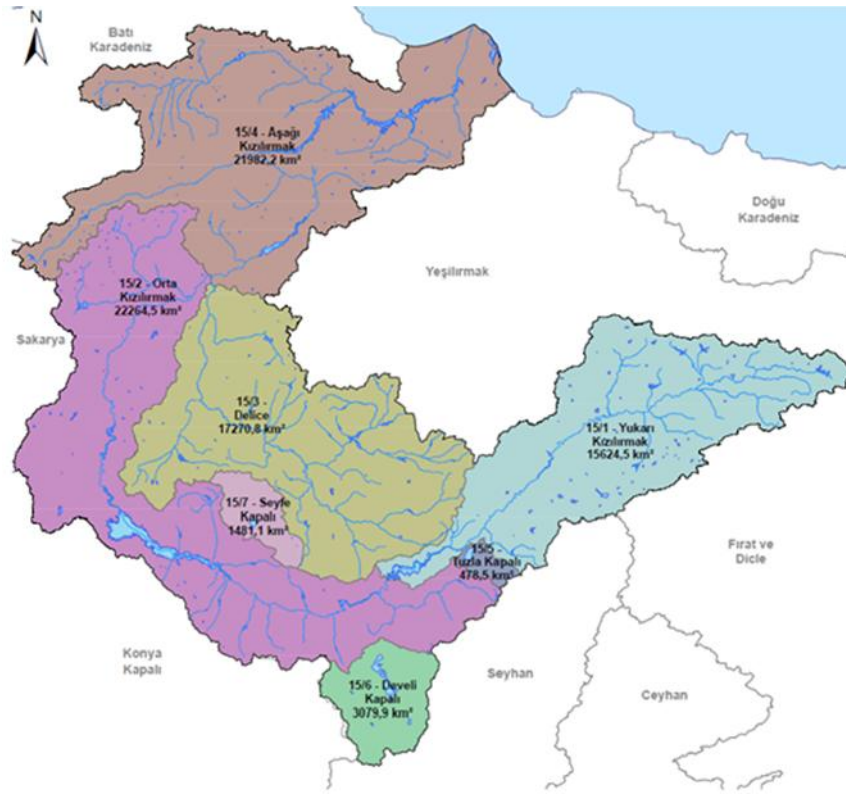
Kızılırmak havzası, 37° 58'- 41° 44' kuzey enlemleri ile 32° 48'- 38° 22' doğu boylamları arasında yer alır. Yıllık ortalama 6,48 milyar m³ akış hacmi ile Türkiye toplam su potansiyelinin ise %3,5'ini oluşturur [11].

Fırat havzasından sonra ikinci büyük havza olan Kızılırmak havzası, 28.185,5 km²'lik alanı ile Türkiye Cumhuriyeti topraklarının yaklaşık %11'ini kapsamaktadır. Havzaya da adını verdiği, 1.151 km'lik uzunluğu ile ülkenin en uzun nehri olan Kızılırmak Nehri bu havzada bulunmaktadır. Kızılırmak Nehri, Türkiye sınırları içerisinde doğarak tekrardan ülke içerisinde Karadeniz'e dökülmektedir. Kızılırmak Nehri, Sivas-İmranlı Kızıldağ'dan doğarak sırasıyla Kayseri, Nevşehir, Aksaray, Kırşehir, Ankara, Kırıkkale, Çankırı, Çorum, Sinop ve Samsun il topraklarından geçerek Karadeniz'e dökülmektedir.

Kızılırmak havzası Şekil.1'de görüldüğü üzere 7 alt havzadan oluşmaktadır: 15.624,5 km²'lik alanı ile Yukarı Kızılırmak alt havzası, 22.2645 km²'lik alanı ile Orta Kızılırmak alt havzası, 17.270,8 km²'lik alanı ile Delice alt havzası, 21.982,2 km²'lik alanı ile Aşağı Kızılırmak alt havzası, 478,5 km²'lik alanı ile Tuzla Kapalı alt havzası, 3.079,9 km²'lik alanı ile Develi Kapalı alt havzası, 1.481,1 km²'lik alanı ile Seyfe Kapalı alt havzasıdır [11].

Kızılırmak Havzası alan itibari ile büyük olduğunda dolayı bölgesel olarak farklı iklimsel özelliklere sahiptir. Bu farklılıklar, havzada bulunan sıcaklık ve yağış gözlem istasyonları ile ölçülen değerlerde görülmektedir. Havzada büyük oranda karasal iklim görülmektedir.

Kızılırmak Nehri 1.151 km'lik uzunluğu ile Türkiye'nin en uzun nehridir. Ana kol ve yan kollar olmak üzere üzerinde birçok baraj, gölet ve regülatör bulundurmaktadır ve dahası da planlanmaktadır. Ana kol üzerinde bulunan en önemli barajlar: İmranlı Barajı, Yamula Barajı, Bayramhacılı Barajı, Hirfanlı Barajı, Kesikköprü Barajı, Kapulukaya Barajı, Obruk Barajı, Boyabat Barajı, Altınkaya Barajı, Derbent Barajıdır.



Şekil 1. Kızılırmak havzası hidrolojik alt havzaları [11]

3. METOT

Baraj göllerinde buharlaşma hesaplarının yapılması için baraj gölü yüzey alanının hesaplanması gerekmektedir. Baraj gölü hacimsel olarak sürekli değişkenlik göstereceğinden dolayı, buharlaşma hesapları için oluşturulmuş paket programlar mevcuttur. Bu bölümde paket programlar olmadan buharlaşma hesabının mantığını anlamak adına pratik olarak hesaplamaların nasıl yapılacağı açıklanmaktadır. Buharlaşma hesabını yapmak, hesabı etkileyen birçok parametrenin olmasından dolayı zordur. Baraj gölündeki buharlaşacak su miktarı kesin olarak ölçülememektedir. Bu duruma karşın buharlaşma hakkında ortalama bir yorum yapmak mümkündür. Bu çalışmada ise 1 yıllık ortalama buharlaşma verileri kullanılmaktadır.

Buharlaşma hesaplarını yapmak için farklı yöntemler bulunmaktadır: Su bütçesi, enerji bütçesi, kütle transfer metotları, kombinasyon metotları ve empirik formül. Enerji bütçesi ve kütle transfer metodu için kullanılan malzemeler pahalı ve gözlemleri yapmak için gereken maliyet fazladır. Buna karşın su bütçesi metodu ucuz maliyeti ile yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Kullanılan malzemelerin pahalı olmasının sebebi; metotta kullanılacak verileri ölçen aletlerin hassas değerleri ölçmesinden kaynaklanmaktadır.

Su bütçesi metodu kullanılarak buharlaşma ise baraj gölündeki ölçülmüş su kayıp ve kazançlarının aynı zaman periyodu içinde, hacimdeki değişimin kıyaslanması ile hesaplanır [6]. Metot süreklilik esasına dayanmaktadır ve buhar hesabı için faydalıdır.

$$E = I - O - \Delta S \quad (1)$$

E = buharlaşma

I = içeri akış

O = dışarı akış

ΔS = rezervardaki değişim

Yer yüzeyindeki değişimler sonucu yazılan 1 nolu denkleme yer altındaki değişimlere etki eden sızma ve yer altı suyu akışı eklenirse 2 nolu denklem yazılabilmektedir.

$$E_s = P + R_1 - R_2 - R_g - T_s - F - \Delta S_s \quad (2)$$

E_s = rezervardaki buharlaşma

P = yağış

R_1 = rezervuar içine gelen yüzey akışı

R_2 = rezervuardan giden yüzey akışı

R_g = yer altı suyu akışı

T_s = terleme kaybı

F = sızma

ΔS_s = depolama değişim

Eğer ki net sızıntı $R_g - F = O_s$ ve $T_s = 0$ ise 2 nolu denklemi yeniden düzenleyerek 3 nolu denklem yazılabilmektedir.

$$E_s = P + R_1 - R_2 + O_s - \Delta S_s \quad (3)$$

Bütün birimler zamansal periyoda bağlı olarak (1 haftadan az olmamak koşulu ile) hacimsel birimlerdir [8].

Teorik olarak basit işlemlerden oluşmasının avantajına rağmen, 3 nolu denklemdeki parametrelerin ölçümünde hatalar olması muhtemeldir. Ancak metot direkt olarak buharlaşma miktarını hesaplayabilir. Hata payını azaltmak için zamansal periyodun ise 1 aydan düşük olması tavsiye edilmemektedir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Veriler, buharlaşmanın ölçülmesi için kullanılan metotlardan su bütçesi metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Buharlaşma verileri, baraj/gölet bazlı ve yıllık ortalama olarak ana kol üzerindeki barajlar ve yan kol üzerindeki barajlar ayrımı yapılarak verilmiştir.

Kızılırmak ana kolu üzerinde; Derbent Barajı, Altinkaya Barajı, Boyabat Barajı, Obruk Barajı, Kapulukaya Barajı, Kesikköprü Barajı, Hirfanlı Barajı, Bayramhacılı Barajı, Yamula Barajı, Sedilli Barajı, Müslimabad Barajı ve İmranlı Barajı olmak üzere 12 adet baraj bulunmaktadır.

Kızılırmak yan kolları üzerinde ise 229 adet baraj/gölet mevcuttur. 136 yeni baraj/gölet yapımı planlanmaktadır. Tablo 2 ve Tablo 3'te buharlaşmanın havza su bütçesine oranları alt havza bazlı gösterilmektedir. Tablo 1'de alt havzalar bazında, Kızılırmak havzasında doğal, mevcut ve mutavasser/gelişmeli durum akımları gösterilmektedir. Buharlaşmanın havza su bütçesine oranını anlayabilmek için kullanılacaktır.

Kızılırmak havzasındaki su potansiyelinin %4,85'i (261 hm³) Kızılırmak Nehri'ne bağlanan yan kollar üzerindeki mevcut barajlar ve göletler nedeniyle buharlaşmaktadır. Bir insanın günlük su harcaması ortalama olarak 200 L (0,2 m³) olarak ele alındığında, 1 insanın 1 yıl için harcayacağı su miktarı yaklaşık olarak 72 m³'tür. Hesaplanan 261 hm³ (261 x 10⁶ m³) olan su buharlaşması engellendiği takdirde yaklaşık olarak 3 641 667 kişinin 1 yıllık su ihtiyacı karşılanabilmektedir. Yan kollar üzerinde yapılması planlanan baraj ve göletler; Kızılırmak havzasına ekstra olarak %3,66'lık (141,68 hm³) bir buharlaşma getirecektir. Benzer hesapla bu ekstra buharlaşmanın engellenmesi ile yaklaşık 1.967.778 kişinin 1 yıllık su ihtiyacını karşılanabilmektedir.

Havza içerisinde bulunan illerin nüfus artışları göz önüne alındığında, havza su potansiyelinin %11,55'i olan 777,23 hm³ suyun buharlaşması, havza su stresini artırmaktadır. Kızılırmak Nehri yan kolları üzerinde yapılması planlanan baraj veya göletler mevcut buharlaşmaya ek buharlaştırma oluşturmaktadırlar. Oluşması beklenen su stresini azaltmak için mevcut suların buharlaşmasını önlemek gerekmektedir.

Tablo 1. Kızılırmak havzası su bütçesi 2001-2013 yılları için [12]

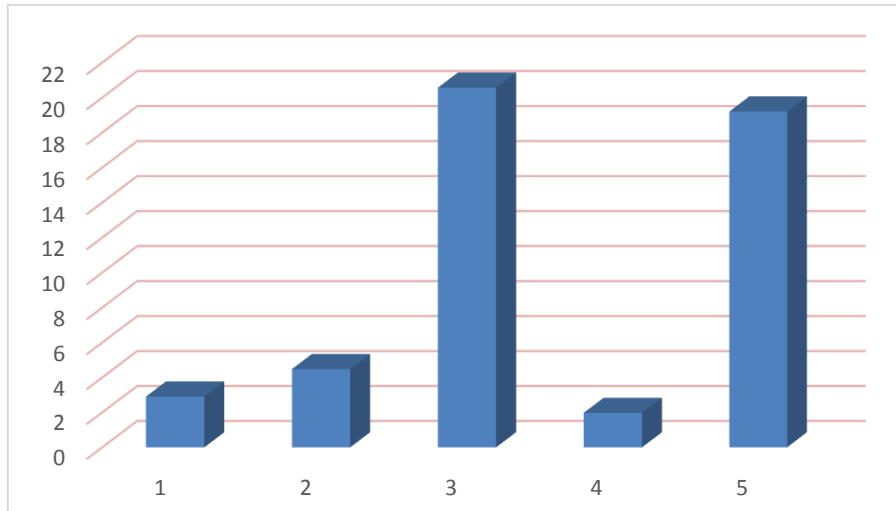
Alt Havza	Toplam Yağış Alanı	Toplam Doğal Akım	Mevcut Durum Çıkış Akımı	Gelişmeli Durum Çıkış Akımı
	km ²	hm ³ /yıl	hm ³ /yıl	hm ³ /yıl
Yukarı Kızılırmak	15.624,5	1.870,9	1.528,0	1.057,7
Orta Kızılırmak	37.889,0	2.903,4	1.898,3	1.077,5
Delice Çayı	17.270,8	569,6	372,0	343,4
Aşağı Kızılırmak	77.142,0	5.363,2	3.710,6	2.664,2
Develi Kapalı	3.079,9	194,5	138,3	148,0
Seyfe Kapalı	1.481,1	56,0	43,5	54,7
Tuzla Kapalı	478,5	20,2	17,6	21,6
Toplam	82.181,5	5.633,8	3.909,9	2.888,5

Ana kol buharlaşmaları ana kol üzerindeki barajların gerekliliği düşünüldüğü için buharlaşma verileri gösterilmemektedir. Yan kol buharlaşmaları ise ayrı ayrı alt havza mevcut durum akımlarına oranlanarak, baraj gölü buharlaşmasının havza için ne kadarlık bir etki oluşturduğu Tablo 2 ve Tablo 3'te görülmektedir.

Tablo 2. Yan kol üzerindeki mevcut baraj gölleri için buharlaşma oranı

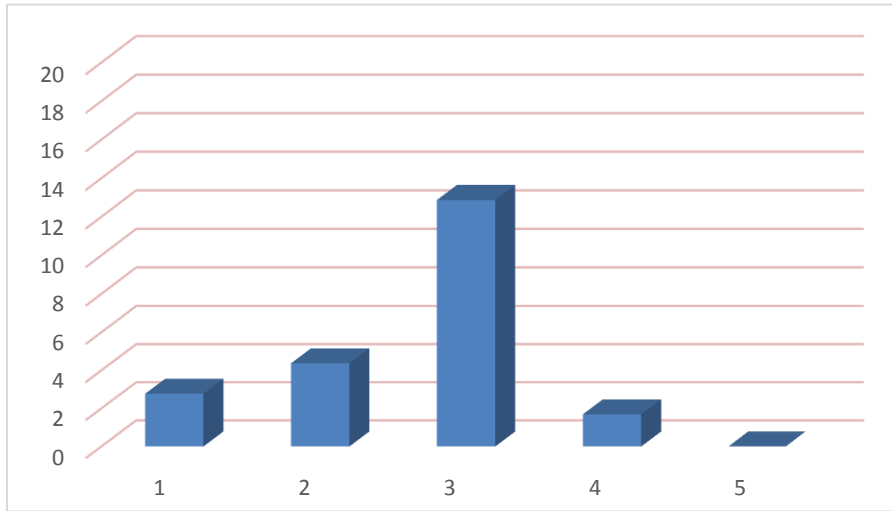
	Mevcut durum akım (hm ³)	Buharlaşma (hm ³)		Alt havza buharlaşma oranı
Yukarı Kızılırmak alt havzası (1)	1528,00	44,44	%	2,91
Orta Kızılırmak alt havzası (2)	1898,30	85,12		4,48
Delice alt havzası (3)	372,00	76,50		20,56
Aşağı Kızılırmak alt havzası (4)	1439,70	28,38		1,97
Develi alt havzası (5)	138,30	26,56		19,20
Total	5376,3	261,00		
Total buharlaşmanın total mevcut akıma oranı		%	4,85	

Kızılırmak havzası geneli itibari ile Tablo 2 ve Tablo 3'te detaylı açıklandığı üzere Orta Kızılırmak ve Delice alt havzasındaki buharlaşma diğer alt havzalara göre fazladır. Buharlaşmanın fazla olması kuraklığı tetikler ve su stresi oluşumunu artırır.

**Şekil 2.** Ana kol üzerindeki barajların buharlaşmasının kendi hacmine oranı (%)

Tablo 3. Yan kol üzerindeki mutasavver/gelişmeli baraj gölleri için buharlaşma oranı

	Gelişmeli durum akım (hm ³)	Buharlaşma (hm ³)		Alt havza buharlaşma oranı
Yukarı Kızılırmak alt havzası (1)	1057,70	29,29	%	2,77
Orta Kızılırmak alt havzası (2)	1077,50	47,12		4,37
Delice alt havzası (3)	343,40	44,20		12,87
Aşağı Kızılırmak alt havzası (4)	1243,30	21,07		1,69
Develi alt havzası (5)	148,00	0		0,00
Total	3869,9	141,68		
Total buharlaşmanın total gelişmeli akıma oranı		%	3,66	

**Şekil 3.** Yan kol üzerindeki barajların buharlaşmasının kendi hacmine oranı (%)

Küresel ısınma yağışları azaltmakta ve buharlaşma kayıplarını da artırmaktadır. Bu nedenle yağışlardaki azalmaya nazaran nehir akımlarında, oransal olarak çok daha fazla azalma görülmektedir. Artan sıcaklıklar aynı zamanda göl alanlarından buharlaşmayı da artırmaktadır. DSİ mevcut su kaynaklarının tespitinde uzun yıllar verisini kullandığı için özellikle son 20-25 yıldır akışlarda meydana gelen azalmanın etkilerini tam olarak değerlendirememektedir [3]. Gelen su miktarında %30'a varan bu azalma buharlaşma kayıplarındaki artışla birleştiğinde sulamaya ve içme-kullanma suyuna verilebilecek su miktarlarında ciddi azalmalar olmaktadır. Esasen Kızılırmak Havzasında yaşanan su sıkıntısının temel nedeninin bu olduğu değerlendirilmektedir. Küresel ısınma ve nehir akımlardaki azalmaya karşı yalnızca Türkiye'nin kendi başına yapabileceği pek fazla bir şey yoktur. Ancak gelen suyun %20'sine ulaşan buharlaşma kayıplarını yan kollar üzerinde yapılmakta olan barajların bazılarında su tutularak azaltılabilir. Planlanan barajların bir kısmından da vazgeçilerek yan kollar üzerindeki buharlaşma kayıplarının %30'a varması önlenabilir. Bunun yanında suyun doğal akiferlerde yer altında depolanması sağlanarak da buharlaşma kayıpları azaltılabilir. Son söz olarak; kuraklığa önlem olarak daha fazla baraj yapmak kesinlikle bir çözüm değildir. Yapılmış barajların gözden geçirilmesi gerekmekte olup bazılarında da su tutulmayarak buharlaşma kayıpları azaltılabilir.

TÜİK tarafında yapılan nüfus projeksiyon çalışmaları; Kızılırmak havzasında bulunan yerleşim yerlerindeki nüfusun 2050 yılında, son nüfus sayımındaki (2014) nüfusun neredeyse 2 katı olacağını göstermektedir [5]. Nüfusun artması su ihtiyacının artırmaktadır. Su politikası; suyu tutmak ve kullanmak yerine suyu doğru bir şekilde depolayıp doğru bir yöntemle kullanmaktır. Suyun büyük yüzeyler oluşturarak depolanması suyun buharlaşarak kaybedilmesi demektir.

Birleşmiş Milletler'in yayımladığı bir rapora göre, 21. yüzyılda ülkeler arasında su kaynakları nedeniyle çatışmaların meydana gelebileceği belirtilmiştir. Bu raporda, global nüfusun %40'ını temsil eden yaklaşık 80 ülkenin ciddi su kıtlığı yaşadığına dikkat çekilmektedir. Günümüzde su kıtlığından etkilenen bireylerin sayısının 1,2 milyara ulaştığı aktarılmıştır. Ayrıca, 2025 yılı itibarıyla dünya nüfusunun 8,5 milyara erişeceği ve bu nüfusun en az üçte birinin su kıtlığıyla mücadele etmek zorunda kalacağı öngörülmüştür. 20. yüzyılın en stratejik kaynağı petrol iken, 21. yüzyılda su, hidrojen ve bor gibi elementler stratejik öneme sahip hale gelmiştir. Su, stratejik bir kaynak olarak öne çıkarken; tarımsal alanda da en kritik sektör halini almıştır [2].

Azalan yağışlar, artan sıcaklıklara bağlı olarak yağışlardaki azalma oranından çok daha fazla oranda düşen nehir akımları, artan sıcaklıklara bağlı olarak baraj göllerinden oluşan buharlaşma kayıplarının artması, artan nüfus, yükselen sanayi üretiminin ihtiyaç duyduğu su miktarının da artması hektar başına düşen sulama suyu miktarını azalttığı gibi kişi başına düşen su miktarını da düşürmektedir [3]. Küresel ısınma kaynaklı sıcaklıkların artmasına ve buna bağlı olarak nehir akımlarının düşmesine ülke olarak yapabileceğimiz pek fazla bir şey yoktur. Ancak suyun tasarruflu kullanımı konusunda özellikle damlama sulama ve yağmurlama sulamaya geçilerek ortalama %50 su tasarrufu sağlamak mümkündür. Delice alt havzasının kurak iklime sahip olması, sıcaklık artışına bağlı olarak buharlaşma değerlerinin daha fazla olmasının nedenidir.

Kızılırmak havzası için HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri ve farklı senaryolar ile iklim projeksiyonları yapılmıştır. Projeksiyonlar göstermektedir ki, havza için sıcaklık artan bir trend göstermektedir. Elde edilen sonuçlar ile önümüzdeki 2031-2040 yılları arası periyodunda sıcaklık artışları yaklaşık 1,4°'dir. 2071-2080 yılları arası sıcaklık artış değerleri ise 3,73°'dir [7]. Sıcaklığın artması ise buharlaşmanın artmasına neden olmaktadır. Sıcaklıkların artışı ile baraj göllerimizde depoladığımız suların buharlaşması artmaktadır.

Yağış, havza için mm bazlı olarak azalan bir trend göstermektedir. Yapılan projeksiyonların sonuçları 2031-2040 yılları arası yağış azalış miktarı 12,5 mm'dir. 2061-2070 yılları arası yağış azalış miktarı 40,5 mm'dir. Özellikle 2050 yılından sonra yağışlarda ciddi oranda azalış beklenmektedir. Yağışların azalması buharlaşma kayıplarındaki oransal artışın daha fazla olması nedeniyle nehirlerdeki akımlarda çok daha fazla bir oranda azalışa neden olacaktır.

Bunun yanında, buharlaşma kayıplarının azaltılması açısından Küçük Menderes Havzası çalışmasında verildiği gibi [3] suyun doğal akiferlerde yer altında depolanmasına öncelik verilmesi gerekmektedir. Bunun yerine yer altı suyu beslenimini engelleyen yerlerde baraj yapılmaması gerekmektedir. Diğer yandan bu çalışmada gösterildiği gibi baraj göllerinden meydana gelen buharlaşma kayıpları gelen suyun azalmasına paralel olarak oransal olarak artmakta ve %20'ler seviyesine ulaşmaktadır [4]. Planlanan projelerle bu oranının toplam akımın 1/3'üne varacağı hesaplanmaktadır. Bu doğrultuda özellikle yan kollar üzerindeki yüzey depolamalarının yani barajların yapımının tekrar değerlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle sıcaklıklardaki artışın hesaplanan bu değerlere göre buharlaşma kayıplarını daha da artıracığı dikkate alındığında ana depolamaların üst havzalarında yeni barajların yapılması veya mevcut barajların bazılarında su tutulmasının gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bir başka deyişle buharlaşan su yüzeyi azaltılarak su buharlaşmasının azaltılması gerekmektedir. Buharlaşma kayıplarının azaltılmasına yönelik olarak baraj göl alanlarında bazı tedbirlerin de alınması mümkündür.

5. ÖNERİLER VE DEĞERLENDİRME

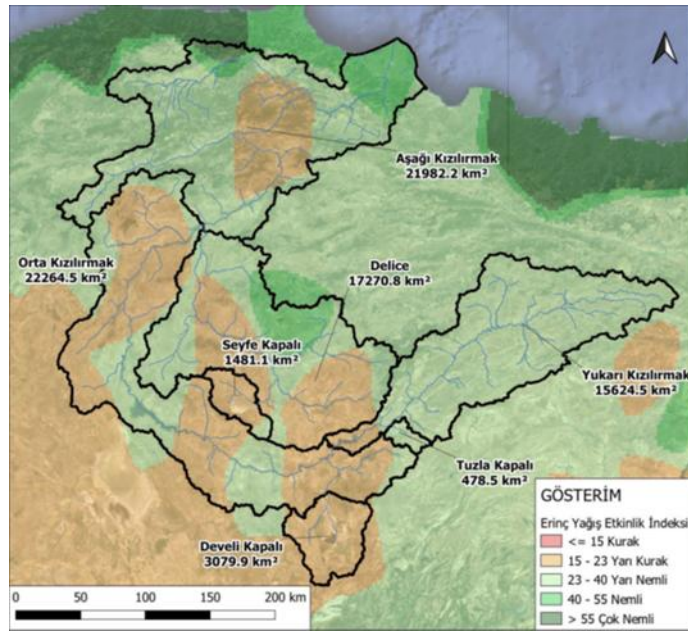
1. Mevcut barajlar ve göletlerin göl yüzeyi üzerini siyah polietilen (veyahut suda çözünmeyen bir madde) toplar ile kaplamak uygun görülebilmektedir. Örneği ABD, Kaliforniya'da Las Virgenes Rezervuarı'nda görülen bu uygulama sayesinde buharlaşma yaklaşık olarak %80-%90 oranında azaltılmıştır. Güneşin zararlı etkilerinin de engellenmesiyle, içme suyu için daha kaliteli bir su elde edilmiştir.

2. Baraj göllerindeki üstteki sıcak su ile alttaki soğuk suyun yer değiştirmesinin sağlanması tabakalaşmanın önüne geçer. Bu sayede su sıcaklığı azaltılmış olur. Bu yöntem ile buharlaşma yaklaşık olarak %15 azaltılabilmektedir. Bu yöntem derin barajlarda (20 m derinliği olan barajlar) daha iyi sonuçlar verebilmektedir.

3. Tarımda sulama için yağmurlama sulama veya damlama sulama gibi su tasarrufu sağlayan uygulamaları seçerek azalan su miktarına karşı tedbir alınabilmektedir. Sulama suyu ihtiyacının, kaynaktan sapıtılarak sulama için kullanılan suya oranına sulama randımanı denir. Tarımda sulama randımanı oranı ülkemiz için çok düşüktür. 2005

yılı verilerine göre DSİ ve devredilen sulamalarda sulama oranı sırasıyla %23 ve %59'dur. Tarımda aşırı su kullanımı, Türkiye'de sulama randımanını düşüren en önemli faktördür. DSİ ve devredilen sulamalarda 2005 yılında 10.553 m³/ha su verilmiş ve sulama randımanı %43 olarak gerçekleşmiştir.

Klasik sulama sistemlerinde, sulama parsellerinin küçük olması, karık veya tava boyutlarının uygun seçilememesi su yönetimini güçleştirmektedir. Bu nedenle sulama randımanı düşmekte ve dolayısıyla tarla içi su kayıpları artmaktadır. Tava veya karık sulama yöntemleri kullanıldığında ideal koşullarda tarla su uygulama randımanı %60 civarındadır. Şebekedeki diğer kayıplar da (sızma, buharlaşma ve işletme kayıpları) ilave edilirse randıman %50'ye kadar düşmektedir. Klasik sulama yöntemleri yerine yüksek basınç ile yağmurlama ve damla sulama yöntemlerinin kullanılması, randımanı %60'dan %90'a kadar çıkabilmektedir. Bu da yaklaşık %30'luk bir su tasarrufu demektir.



Şekil 4. Erinç yağış etkinlik indeksi'ne göre havzadaki iklimsel sınıflar.

KAYNAKÇA

1. UNCCD. The United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. Geneva: United Nations Environment Programme (UNEP), 1995.
2. Şehsuvaroğlu, L. Su Barışı-Türkiye ve Ortadoğu Su Politikaları, Ankara, 2000.
3. Yılmaz, D., Kocabaş, İ. Küçük menderes havzası su kaynakları üzerinde barajların etkisi, 5th International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management, s. 59-81, 2021.
4. DSİ, Kızılırmak Havzası Master plan raporu, 2018.
5. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Nufus-Projeksiyonlari-2013-2075-15844#:~:text=Nüfus%202050%20yılına%20kadar%20vavaş.172%200088%20kisi%20olması%20beklenmektedir.&text=Demografik%20österreichlerdeki%20mevcut%20eğilimler%20devam%20ettiği%20takdirde%20Türkiye%20nüfusu%20yaşlanmaya%20devam%20edecektir> (Erişim tarihi 19.02.2023)
6. <https://www.mgm.gov.tr/genel/buharlasma.aspx?s=2> (Erişim tarihi: 19.02.2023).
7. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (İDSKEP), 2016.
8. Hacısalihoğlu S., Karaer F. Göllerde su bütçesi hesaplaması: Uluabat Gölü Örneği, Toprak Su Dergisi, 7 (2): (21-27), 2018.
9. Bayoğlu, S. "Küçük barajlarda buharlaşmanın azaltılması". Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University 0 (1964): 124-127.
10. Pınarlık, M. "Barajların buharlaşma ve sediment etkisi altında işletme performanslarının değerlendirilmesi". Doktora tezi Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 2020.

11. Kızılırmak Havzası Kuraklık Yönetim Planı, Stratejik Çevresel Değerlendirme Taslak Kapsam Belirleme Raporu, Ankara, Haziran 2022.

12. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Kızılırmak Havzası akım gözlem istasyonları (AGİ) verileri, 2001-2013.