
SERİ **B**

CİLT **34**

SAYI **4** **1984**

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



DÜNYA'NIN VE TÜRKİYE'NİN SU BÜTÇESİ

Doç. Dr. Süleyman ÖZHAN'

Kısa Özet

Canlı yaşamı için vazgeçilmez bir madde olan sudan yararlanma uygarlığın gelişmesiyle birlikte artmış ve gerekli olan suyu sağlamak için yoğun çabalar sarfedilmeye başlanmış bulunmaktadır. Su ile ilgili sorunların çözümü ve su kaynaklarının planlanmasında su bütçesi önemli bir konu olarak görülmektedir. Bu yazıda su bütçesi ve bazı denklemler tanıtılmakta, bu arada Dünya'nın ve Türkiye'nin su bütçesine ilişkin değerler verilmektedir.

GİRİŞ

Canlı yaşamı için vazgeçilmez bir madde olan su ile insanların ilgilenmesi kuşkusuz ki insanoğlunun yeryüzünde görülmesiyle başlamıştır. Önceleri sadece gereksinimi olan suyu sağlamakla yetinen insan, zamanla onu değişik açılardan ele almaya yönelmiştir. Tarımsal üretimi artırmak için sulama suyu gereksinimini karşılamak ve arazide fazla miktarda bulunan suyu uzaklaştırmak amacıyla çeşitli sulama ve drenaj tesisleri geliştirilmeye başlanmıştır.

Bu dönemi izleyen devrelerde sel ve taşkınlardan korunma, içme ve kullanma suyunu sağlamak için barajların yapıldığı görülmektedir. Aynı dönemlerde denizde olduğu gibi kara içinde de ulaşımında su bir araç olarak kullanılmak istenmiş ve ulaşım amacıyla su kanalları açılmıştır.

Uygarlığın gelişimine paralel olarak sudan yararlanma alanı daha da genişlemiş, endüstriyel ürün üretimi ve kullanma için suya duyulan gereksinim hızla artmış; sudan elektrik üretiminin keşfedilmesi ise su kaynaklarına verilen önemi doruk noktasına ulaştırmıştır.

Böylece çeşitli alanlarda suya duyulan gereksinim yanında, erozyon, taşkın ve su kirlenmesi gibi çevre sorunlarının çözümü yönünden de su ve su kaynakları üzerinde durulması başta gelen konular arasında yer almıştır.

İşte tarihsel süreç içerisinde insanların su ile ilgilenme alanı genişledikçe hidrolik, hidroloji, havza amanjmanı gibi bilim dalları gelişmiş ve su konusunda karşılaşılan sorunlar çözümlenmeye çalışılmıştır.

Su ve su kaynakları ile ilgili sorunların çözümünde su bütçesinin bilinmesi büyük bir önem taşımaktadır. Bugün bir hidrolojist bir alanın su durumu konusunda çalışırken ya-

pacağı ilk işlerden birisi orasının su bütçesini ortaya koymaktır (Leopold, 1974). Aynı durum, tarımda sulama suyunun saptanması çalışmalarında da izlenmektedir. Yine havza amenajmanı araştırmalarında havzada sürdürülen uygulamaların su verimi üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak için su bütçesini belirlemek gerekmektedir.

İşte çeşitli amaçlarla belirlenmeye çalışılan su bütçesini ortaya koymak için, ele alınan bir havzanın yada alanın büyüklüğüne ve elde edilebilecek verilere göre genelde aynı fakat içerdiği öğeler bakımından farklı bir çok su bütçesi denklemi yazılmıştır. Bu yazıda söz konusu denklemlerden bazıları tanıtılmaya çalışılacak ve bu arada Dünya'nın ve Türkiye'nin su bütçeleri verilecektir.

2. SU BÜTÇESİ DENKLEMLERİ

Su bütçesi, «bir ekosistemde belirli bir süre içinde giren su ile çıkan ve depolanan suyun denge durumu yani birbirine eşit olması» şeklinde tanımlanabilir. Bir yerin su bütçesi genel olarak aşağıdaki denklemle gösterilebilir.

$$\text{Giren su} = \text{Çıkan su} \pm \text{Depolama farkı}$$

Burada giren su; yağış, dere veya taban suyu yoluyla gelen su ve sulama suyu gibi girdileri kapsamakta,

Çıkan su; buharlaşma, dere akışı, yeraltı kaçak suyu gibi su bütçesinin uygulandığı alanı terkeden suları içermektedir.

Depolama farkı ise su bütçesini hesaplamak istediğimiz belirli bir sürenin başlangıç ve bitiş tarihleri arasında toprak suyunda görülen değişimi ifade etmektedir.

Bir yerin su bütçesini ortaya koyabilmek için genel denklemde yer alan elemanların değerlerinin belirlenmesi gerekir. Belirlenebilen verilere ve kabul edilen bazı varsayımlara göre yukarıda belirtilen genel su bütçesi denklemi çeşitli araştırmacılar tarafından matematiksel olarak değişik biçimlerde ifade edilmektedir. Bunlardan bir kaçısı aşağıda verilmeye çalışılacaktır.

Baumgartner ve Reichel (1975) birim alanın su bütçesini şu şekilde açıklamaktadır :

$$P = E + D + R + U$$

Burada :

P = Yağış

E = Buharlaşma

D = Akış

R = Toprakta geçici depolama

U = Tüketilen su (kimyasal veya fiziksel olarak bağlanan su)

Evaporasyonu hesaplamak amacıyla su bütçesi denkleminde yararlanılan Rutter (1967) eşitliği şu şekilde vermektedir :

$$E = P \pm S + C - R$$

Burada;

E = Evaporasyon

P = Yağış

S = Kök zonunda meydana gelen toprak suyu değişimi

C = Taban suyundan kök zonuna doğru kapilarite ile yükselme

R = Yüzeysel akış veya taban suyuna olan drenaj

Rutter, araştırmanın yapıldığı koşulları dikkate alarak S ve R terimlerini ihmal etmiş ve denklemini aşağıdaki şekle dönüştürmüştür :

$$E = P + C$$

Konver (1956) evapotranspirasyonu belirlemek için su bütçesi denklemini :

$$E_v = P - RO \pm S$$

biçiminde ele almıştır. Burada :

E_v = Evapotranspirasyon (Intersepsiyon dahil)

P = Yağış

RO = Dere akışı

S = Yılın başında ve sonunda taban suyu depolamasında görülen fark

Benecke ve Mayer (1971) su bütçesi denklemini şu şekilde yazmıştır :

$$P = R + S + I + ET + \Delta ST$$

Burada;

P = Yağış

R = Akış

S = Sızıntı suyu

I = İntersepsiyon

ET = Evapotranspirasyon

St = Depolanan su

Tanner (1967) yüzeysel ve yüzeyaltı akışı ile sızıntı suyu gibi etkenleri de dikkate alarak su bütçesi denklemini aşağıdaki şekilde ifade etmiştir :

$$ET = P - (V_r - V_j + V_i + \Delta V_w + \Delta V_s) A$$

Bu denklemde;

ET = Evapotranspirasyon

P = Yağış

V_r = Yüzeysel ve yüzeyaltı akış

V_j = Alandan sızıntı yoluyla çıkan su

V_i = İntersepsiyon

V_w = Tabansuyu depolamasındaki değişim

V_s = Su tabakası üzerinde (toprakta) depolanan sudaki değişim

A = Alan (havzanın veya çalışma yerinin)

Özhan (1982) araştırma alanında sızıntı suyu yoluyla bir su kaçağının olmadığı varsayımından hareketle ve ölçmelerle belirlendiği elemanlardan yararlanmak suretiyle su bütçesi denklemini;

$$ET = Y - (i + Y_a + YA_a + TAS_a) \pm TOS_d$$

şeklinde yazmıştır.

Burada;

ET = Evapotranspirasyon

Y = Yağış

i = İntersepsiyon

Y_a = Yüzeysel akış

YA_a = Yüzeyaltı akış

TAS_a = Tabansuyu akışı

TOS_d = Toprak suyu depolamasındaki değişim

Yukarıda verilmiş bulunan denklemlerden anlaşılacağı üzere araştırma koşulları, araştırıcının varsayımları ve belirlenebilen elemanlar göz önünde tutularak su bütçesi denklemini esas itibarıyla aynı fakat kapsadığı elemanlar bakımından farklılıklar göstermektedir.

3. DÜNYA'NIN SU BÜTÇESİ

Dünya'da su rezervinin uzun bir süre için değişmemiş olduğu kabul edilebilir (Baumgartner ve Reichel, 1975). Bu durumda Dünya'da hidrolojik devre içerisinde buharlaşan su

miktarının düşen yağış miktarına eşit olduğu söylenebilir. O takdirde Dünya'nın su bütçesi :

$$P_G = E_G \text{ Şeklinde yazılmaktadır (Baumgartner ve Richel, 1975)}$$

Burada;

$$P_G = \text{Dünya yüzeyine düşen yağış}$$

$$E_G = \text{Dünya yüzeyinden buharlaşma'dır.}$$

Fakat bu durum, yağış, buharlaşma ve yüzeysel akışın kara ve su yüzeylerinde eşit olduğu anlamına gelmemelidir.

Okyanuslar üzerinde buharlaşma miktarı yağış miktarını geçmekte olup aradaki fark, kara yüzeyine gelen buhar akımını oluşturmakta ve bu olay şu eşitlikle gösterilmektedir :

$$D_s = E_s - P_s$$

Burada;

$$D_s = \text{Okyanuslardan kara yüzeyine gelen buhar akımı}$$

$$E_s = \text{Okyanuslardan meydana gelen buharlaşma}$$

$$P_s = \text{Okyanuslar üzerine düşen yağış}$$

Karalar üzerinde ise düşen yağış miktarı buharlaşma miktarından daha fazla olup aradaki fark kara yüzeylerinden okyanuslara doğru su akışı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durum aşağıdaki eşitlikle açıklanmaktadır :

$$D_L = P_L - E_L$$

Bu eşitlikte :

$$D_L = \text{Kara yüzeylerinden okyanuslara doğru su akışı}$$

$$P_L = \text{Kara yüzeyine düşen yağış}$$

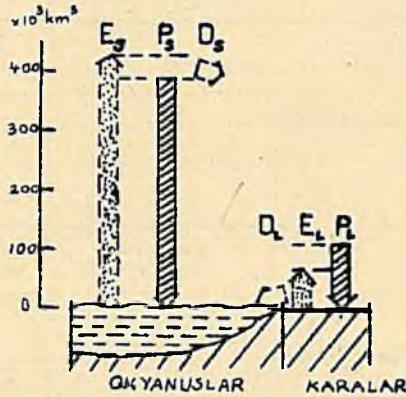
$$E_L = \text{Kara yüzeyinde meydana gelen buharlaşma.}$$

Tablo — 1
Çeşitli Yazarlara Göre Dünya'nın Su Bütçesi

	P_L	E_L	$D_L = D_B$	P_S	E_S	$P_G = E_G$	$P_G = E_G$
	(x10 ³ km ³)				(mm)		
Jacobs (1951)					379	449	880
Aibrecht (1960)					418	488	955
Privett (1960)					428	498	975
Knoch (1961)				396		506	990
Mira Atlas (1964)	108	72	36	412	448	520	1020
Budyko (1970)				412	455	519	1020
Mather (1970)	106	69	37	382	419	488	955

- P_L = Karalar yüzeyine düşen yağış
 E_L = Karalar yüzeyinden meydana gelen buharlaşma
 D_L = Kara yüzeylerinden okyanuslara doğru su akışı
 D_B = Okyanuslardan kara yüzeyine gelen buhar akımı
 P_B = Okyanuslar yüzeyine düşen yağış
 E_B = Okyanuslardan meydana gelen buharlaşma
 P_G = Dünya yüzeyine düşen yağış
 E_G = Dünya yüzeyinden meydana gelen buharlaşma
 Dünya yüzeyi = $510.0 \times 10^6 \text{ km}^2$
 Kara yüzeyi = $148.9 \times 10^6 \text{ km}^2$
 Okyanus yüzeyi = $361.1 \times 10^6 \text{ km}^2$

Böylece okyanuslar üzerindeki buharlaşma ve yağış değerleri arasındaki farkı, karalar üzerinde meydana gelen yağış ve buharlaşma arasındaki fark kapatmaktadır. Dünya yüzeyinde söz konusu olan bu denge Şekil — 1 de görülmektedir.



Şekil — 1 Dünya'nın Su Bütçesinin Şekil Halinde Gösterilişi.

(Baumgartner ve Reichel, 1975)

Dünya'nın su bütçesi çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiş ve bu araştırmacıların ortaya koyduğu veriler tablo 1 de gösterilmiş bulunmaktadır. Bu veriler, araştırmacıların dünya üzerine düşen yağış ve buharlaşan su miktarını birbirlerine göre farklı bulduklarını ve minimum değerini 880 mm, maksimum değerini ise 1020 mm, olduğunu göstermektedir.

Baumgartner ve Reichel ise bu verilerden yararlanmak suretiyle dünyanın su bütçesini tablo-2 de görüldüğü şekilde hesaplamışlardır (1975). Bu tablodaki değerler esas alınacak olursa karalar yüzeyine düşen yıllık ortalama yağış 745 mm., buharlaşma 477 mm., okyanuslar yüzeyinde ise yıllık ortalama yağış 1066 mm., ve buharlaşma 1177 mm. dir. Karalar yüzeyindeki yağışın buharlaşmadan fazla olması nedeniyle $40 \times 10^3 \text{ km}^3$ yani 268 mm. lik su akışı okyanuslara doğru olmakta, buna karşılık okyanuslar üzerinde aynı miktarda yani $40 \times 10^3 \text{ km}^3$ su (111 mm) buhar olarak karalara akmaktadır.

Tablo — 2
Baumgartner ve Reichel'e Göre Dünya'nın Su Bütçesi

Birim	P_r	E_r	$D_r = D_s$	P_s	E_s	$P_G = E_G$
$\times 10^3 \text{ km}^3$	111	71	40	385	425	496
mm	745	477	268 ¹ 111	1066	1177	973

(1) $40 \times 10^3 \text{ km}^3$ su kara yüzeyine dağıldığında 268 mm., Okyanus yüzeyine dağıldığında ise 111 mm. su yüksekliği meydana gelmektedir.

Tablo — 3
Dünya'nın Katı, Sıvı ve Gaz Haldeki Su Hacmi (Baumgartner ve Reichel, 1975)

	Hacim (km^3)	%
Okyanuslar	1348000000	97.39
Kutup buzulları, Aysberg ve glasiyerler	27820000	2.01
Taban suyu, toprak nemi	8062000	0.58
Göller ve nehirler	225000	0.02
Atmosfer	13000	0.001 ¹
TOPLAM	1384120000	100.00
Tatlı su	36020000	2.60
Tatlı suyun dağılımı (%)		%
Kutup buzulları, Aysberg ve glasiyerler		77.23
800 m. derinliğe kadar taban suyu		9.86
800 m. den 4000 m. derinliğe kadar taban suyu		12.35
Toprak nemi		0.17
Göller (tatlı su)		0.35
Nehirler		0.003 ¹
Minerallerdeki su		0.001
Bitki, hayvan ve insanlardaki su		0.003
Atmosfer		0.04
TOPLAM		% 100.00

1 Binde bir basamağındaki değerler toplama işleminde, alıntı yapılan orijinal tabloda dikkate alınmamıştır.

Bütün dünya yüzeyi gözönüne alındığında ise yıllık ortalama yağış ile buharlaşma miktarı eşit olup bunların değeri 973 mm. olmaktadır.

Öte yandan dünyada var olan katı, sıvı ve gaz halindeki su hacmi tablo — 3 de görülmektedir. Tablodan da izlenebileceği gibi dünya'da toplam 1.384.120.000 km³ su bulunmakta ve bunun sadece % 3.60 ını tatlı sular oluşturmaktadır. Geri kalan % 97.39 kısım ise okyanuslarda yer almaktadır. Tatlı sularda kendi içinde dağılım olarak % 77.23 kutup buzulu aysberg ve glasiye halinde; % 9.86 yüzeğe yakın taban suyu ve % 12.35 derin taban suyu halinde; % 0.17 toprak nemi durumunda; % 0.35 göllerde; % 0.003 nehirlerde; % 0.001 minerallerde; % 0.003 bitki, hayvan ve insanlarda; % 0.04 atmosferde bulunmaktadır.

Dünya'da yer alan toplam su hacminin dünya hacmine (1.082 x 10¹² km³) oranı ise 1 : 781.7 veya 0.00128 dir (Baumgartner ve Reichel, 1975).

4. TÜRKİYE'NİN SU BÜTÇESİ

Bilindiği üzere ülkemizde yağış ve buharlaşma miktarı bölgeden bölgeye büyük ölçüde farklılıklar göstermektedir. En az 202 mm ile en çok 2340 mm arasında değişen yıllık ortalama yağışların (D.S.İ., 1983) Türkiye için ortalama değeri 652 mm. dir (D.İ.E., 1983). Bu miktarın akış durumuna geçen kısmı 236 mm. dir. Buna göre 416 mm ye eşdeğer bir su miktarı veya başka bir deyişle düşen yağışın % 64'ü buharlaşma, transpirasyon vb. nedenlerle akış durumuna geçmemektedir.

Akarsular ile göl ve denizlere ulaşan veya sınırlarımızı terkeden suyun filli tüketim oranı % 7.6 dir. Yani akarsularımızla göl ve denizlere giden suyun sadece % 7.6 sı tüketilebilmektedir. Oysa gerekli tesisler yapıldığı takdirde akarsularımızla taşınan suyun % 51 inin kullanılabilceği hesaplanmaktadır.

Öte yandan yeraltı sularımızın potansiyelini saptamak amacıyla D.S.İ. tarafından 1956 dan beri çalışmalar sürdürülmektedir. 1982 yılı sonu itibarıyla Türkiye'de saptanan faydalı yeraltı su rezervi 8877.7 milyon m³ tür (DSİ, 1983). Yapılan çalışmalar tamamlandığında bu miktarın 9.5 milyar m³ ü bulacağı sanılmaktadır.

Son olarak Dünya'nın ve Türkiye'nin su potansiyeli karşılaştırılırsa eldeki verilere göre her yıl ortalama olarak Dünya'daki toplam su hacminin on milyonda üçü oranında bir su miktarı Türkiye'ye yağış olarak düşmekte ve bunun da üçte biri, yani dünya su varlığının on milyonda biri kadar su nehirler yoluyla denizlere ve komşu ülkelere akmaktadır.

K A Y N A K L A R

BAUMGARTNER, A. ve REICHEL, E., 1975. *The World Water Balance*. R. Oldenbourg Verlag München Wien.

BENECKE, P. ve MAYER, R., 1971. *Aspects of Soil Water Behavior as Related to Beech and Spruce Stands. Some Results of Water Balance Investigations. Ecological Studies. Analysis and Synthesis, Vol 2 Ergebnisse des Sollingprojekts der DFG (IBP), Mitt. Nr. 25 Verlag, Berlin - New-York, 1971.*

D.S.İ., 1983. *Haritalı İstatistik Bülteni*. G. Yay. No. 930. Grup No. VIII, Özel No. 174.

E.J.E. 1982. *EİE Ondört Yıl 1968-1981.*

LEOPOLD, L.B., 1974. *Water and Primer.* W.H. Freeman and Company, San Francisco.

KOVNER, J. L., 1956. *Evapotranspiration and Water Yields Following Forest Cutting and Natural Regrowth.* Proceedings Society of American Foresters. Memphis, Tennessee.

OZHAN, S., 1982. *Belgrad Ormanındaki Bazı Meşcerelerde Evapotranspirasyonun Deneysel Olarak Saptanması ve Sonuçların Ampirik Modellerle Karşılaştırılması.* İ.Ü. Or. Fak. Yay. No : 311. İ.Ü. Yay. No : 2906, İstanbul.

RUTTER, A.J., 1967. *An Analysis of Evaporation from a stand of Scot Pine.* International Symposium on Forest Hydrology (Ed. by W.E. Sopper and H.W. Lull) Pergamon Press.

TANNER, C.B., 1967. *Measurement of Evapotranspiration.* In R.M. Hagan; H.R. Haise; T.W. Edminster (ed.) *Irrigation of Agricultural Lands.* American Society of Agronomy. Publisher, Madison, Wisconsin, U.S.A.