

Sultansazlığı Sulak Alanı İçin Buharlaşma Yöntemlerinin Karşılaştırılması

F. Ebru YILDIZ^{1,*}, İbrahim GURER²

¹*İller Bankası Genel Müdürlüğü A.Ş., Proje Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara, TURKEY*
²*Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Ankara, TURKEY*

Başvuru:18/07/2014 Kabul:09/08/2014

ÖZET

Sultansazlığı Sulak Alanı Kayseri ilinin 70 km güneyinde bulunmakta olup, Develi Kapalı Havzası'nın ortasında yer almaktadır. Sultansazlığı Sulak Alanında; tatlı su içeren Güney (Örtülüakar) ve Kuzey (Kepir) Sazlık Alanları ile yarı tuzlu Yay Gölü ve sulak alanın kuzeybatı köşesinde yer alan, Yay Gölü ile bağlantılı, çok tuzlu su içeren Çöl Gölü bulunur. Bu çalışmanın amacı farklı buharlaşma hesabı yöntemleriyle Sultansazlığı Sulak Alanı'ndan gerçekleşen buharlaşmayı hesaplayarak hesap sonuçlarını karşılaştırmak ve Sultansazlığı Sulak Alanı'nda tuzlu ve yarı tuzlu sudan gerçekleşen buharlaşma miktarlarını karşılaştırmaktır. Çalışma kapsamında Sultansazlığı'nda serbest su yüzeyinden gerçekleşen buharlaşmanın hesabı için Penman ve Yapay Sinir Ağları Metotları kullanılmış olup hesaplanan buharlaşma değerleri gerçek buharlaşma gözlemleri ile karşılaştırılmıştır. Ek olarak Yay Gölü (Yenihayat) istasyonunda ölçülmüş olan tuzlu ve tatlı su buharlaşma değerleri karşılaştırılmış ve gözlem süresi içinde yıllık toplam tatlı su buharlaşmasının yıllık toplam tuzlu su buharlaşmasından maksimum %5,1 daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Sultansazlığı, buharlaşma, Penman, Class A Tavası, Yapay Sinir Ağları*

ABSTRACT

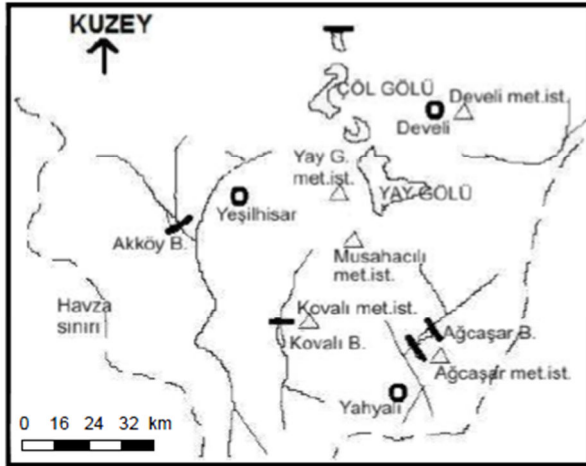
Sultansazlığı Wetland is located at 70 km south of Kayseri city and it is placed at the center of Develi Closed Basin. South (Örtülüakar) and North (Kepir) Reedfields, Yay Lake and Çöl Lake are placed at Sultansazlığı Wetland. South and North reedfields have fresh water, Yay Lake has salty water, Çöl Lake which is placed at the Northwest of Sultansazlığı has very salty water. Aim of this study is to compare the evaporation from Sultansazlığı Wetland by using the different evaporation calculation methods and to compare the evaporation observations from fresh water and salty water. In the content of the study; evaporation from free water surface of Sultansazlığı had been computed by using Penman and Artificial Neural Network Model then the evaporation results were compared with the real evaporation observations. Additionally evaporations from salty and fresh water at Yay Lake (Yenihayat) Station are compared and it is determined that total annual evaporation of fresh water is 5.1% more than the total annual evaporation of salty water.

Keywords: *Sultansazlığı, evaporation, Penman, Class A Pan, Artificial Neural Network*

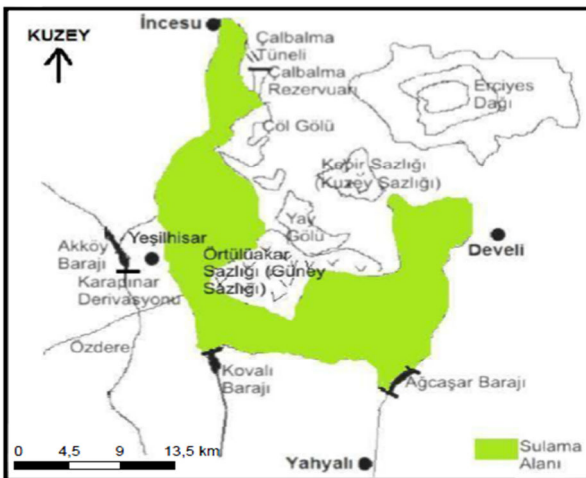
*Corresponding author, e-mail: februyildiz@yahoo.com

1. GİRİŞ

Sultansazlığı Sulak Alanı Develi Kapalı Havzası'nda, Erciyes Dağı'nın güneybatısında olup, Türkiye'nin en önemli sulak alanlarından. Sultansazlığı Sulak Alanı 15 Mart 1994 tarihli ve 5434 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile uluslararası RAMSAR Sözleşmesi kapsamına alınmıştır. Sultansazlığı, mevsimlere göre 8000-13 000 hektar arasında değişen bir alan kaplamaktadır [1]. Küresel ısınmaya bağlı iklim değişiklikleri ve sulama suyu olarak yüzey suyunun aşırı tüketimi sebebiyle Sultansazlığı Sulak Alanı'nda kuraklık söz konusudur [2]. Şekil 1'de Develi Kapalı Havzası'nda bulunan meteoroloji istasyonları görülmektedir. Develi Kapalı Havzası ve Sultansazlığı Sulak Alanı Şekil 2'de gösterilmiştir. 2003-2005 yılları arasında yapılan arazi etütleri sırasında Yay Gölü-Musahacılı-Ağcaşar-Kovalı istasyonları DSI'ye ait yağış-buharlaşma ölçümü yapılan istasyonlar olup, Develi istasyonu ise DMİ tarafından işletilmekte olan meteoroloji istasyonudur. Havzada ayrıca DSI ve eski EİEİ tarafından akarsu kollarına kurulmuş olan akış gözlem istasyonları da mevcuttur. Develi DMİ (Büyük Klima) İstasyonunun halen işletilmekte olmasına rağmen Yeşilhisar ve Yahyalı DMİ İstasyonları 1996 ve 1997 senelerinde kapatılmıştır.



Şekil 1. Develi Kapalı Havzasında bulunan meteoroloji ve akış gözlem istasyonları

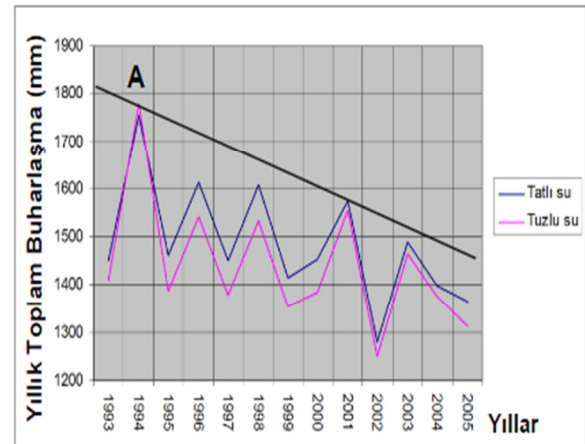


Şekil 2. Develi Kapalı Havzası ve Sultansazlığı

DMİ gözlemlerine göre uzun dönem yıllık ortalama bağıl nem Develi'de %58, Yahyalı'da %62 ve Yeşilhisar'da %63 olarak belirlenmiştir [3]. Bu çalışma kapsamında DMİ tarafından işletilmekte olan Develi meteoroloji istasyonuna ve 1996 yılı sonunda kapatılmış olan Yeşilhisar ve 1997 yılı sonunda kapatılmış olan Yahyalı meteoroloji istasyonuna ait uzun dönem günlük ortalama hava sıcaklığı, yağış ve buharlaşma verileri DMİ Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Develi Kapalı Havzası'nda DSI tarafından işletilmekte olan Yeniheyat (Yay Gölü) meteoroloji istasyonunda, Ağcaşar ve Kovalı barajları ile ve Musahacılı meteoroloji istasyonunda buharlaşma ölçümü yapılmaktadır. Ayrıca Akköy DSI meteoroloji istasyonunda da 1969-1996 yıllarında buharlaşma ölçümü yapılmıştır. Meteoroloji istasyonlarından elde edilen tüm veriler için Run Testi uygulanarak verilerin homojenliği istatistiksel olarak kontrol edilmiştir.

2. SULTANSAZLIĞINDA TUZLU VE TATLI SU BUHARLAŞMASININ KARŞILAŞTIRILMASI

Sultansazlığı Sulak Alanı'na çok yakın bir konumda olan Yeniheyat Köyü'nde, DSI tarafından işletilmekte olan Yay Gölü (Yeniheyat) Meteoroloji İstasyonu bulunmaktadır. Bu istasyonda yağış ile tuzlu ve tatlı sudan gerçekleşen buharlaşma yüksekliği değerleri Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında Class A buharlaşma tavaşıyla ölçülmektedir. Yay Gölü (Yeniheyat) DSI Meteoroloji İstasyonundan, 1993-2005 zaman dilimini kapsayan, tuzlu göl suyuna ve tatlı suya ait günlük buharlaşma verileri temin edilmiştir. Günlük buharlaşma verilerinden aylık ortalama buharlaşma yükseklikleri hesaplanmıştır. Yay Gölü (Yeniheyat) Meteoroloji istasyonunda ölçülmüş olan günlük tuzlu ve tatlı su buharlaşmaları esas alınarak hesaplanan yıllık ortalama buharlaşma yükseklikleri Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde maksimum buharlaşma farkı olarak; 1995 yılında yıllık toplam tatlı su buharlaşması yıllık toplam tuzlu su buharlaşmasından %5,1 daha fazladır, minimum buharlaşma farkı olarak ise 2001 yılında yıllık toplam tatlı su buharlaşması yıllık toplam tuzlu su buharlaşmasından %1,19 daha fazladır. 2001 yılı Ağustos ayı tatlı su günlük buharlaşma verileri ile 2001 yılı Eylül ayı tuzlu su günlük buharlaşma verileri eksiktir.



Şekil 3. Yay Gölü (Yeniheyat) Meteoroloji İstasyonunda Tuzlu ve Tatlı su için Yıllık Ortalama Buharlaşma Yükseklikleri

Bu iki aya ait aylık ortalama buharlaşma verileri regresyonla hesaplanmıştır. Bu yüzden 2001 yılında tuzlu ve tatlı su buharlaşma verileri birbirine çok yakın çıkmıştır.

Ek olarak 1994 yılı günlük tuzlu ve tatlı su buharlaşma değerlerinde eksik veri olmamasına rağmen Şekil 3’de görüldüğü gibi yıllık toplam tuzlu su buharlaşması yıllık toplam tatlı su buharlaşmasından daha yüksek çıkmıştır. (Şekil 3 üzerinde “A” noktası ile gösterilmiştir. Tuzlu su için 1778,85 mm, tatlı su için 1753,61 mm). Tuzlu su buharlaşmasının tatlı su buharlaşmasından fazla çıkmasının sebebinin 1994 yılında tuzlu su buharlaşma ölçümlerinde yapılan ölçüm hatalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yay Gölü (Yenihayat) meteoroloji istasyonunda tuzlu ve tatlı su buharlaşma ölçümleri nisan-ekim ayları arasında Class A Buharlaşma tavaşı ile yapılmaktadır. 1993-2005 yılları arasında Yay Gölü (Yenihayat) meteoroloji istasyonunda tuzlu ve tatlı su buharlaşma tavalardan ölçülmüş olan günlük

Buharlaşma verilerinin homojenliğini kontrol etmek için istatistik yöntemlerinden birisi olan “Run Testi” tuzlu ve tatlı sudan gerçekleşen buharlaşma verilerine uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre Yay Gölü (Yenihayat) Meteoroloji istasyonunda ölçülmüş olan hem tuzlu hem de tatlı sudan gerçekleşen buharlaşma verilerinin homojen oldukları belirlenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda 1993-2005 yıllarını kapsayan uzun dönemde; Yay Gölü Meteoroloji İstasyonunda ölçülen, tatlı sudan gerçekleşen uzun dönem yıllık ortalama buharlaşma 1486 mm, tuzlu sudan gerçekleşen uzun dönem yıllık ortalama buharlaşma 1441 mm olarak belirlenmiştir.

3. SULTANSAZLIĞI SULAK ALANINDA SERBEST SU YÜZEYİNDEN GERÇEKLEŞEN BUHARLAŞMANIN HESABI

3.1. Penman Metodu

Türkiye’de meteoroloji istasyonlarında buharlaşma yüksekliğinin ölçümü genellikle Class A buharlaşma tavaşı ile yapılmaktadır. Ancak buharlaşma tavaşı ile sadece Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında ölçüm yapılmasından dolayı buharlaşma ölçümleri yıl boyu serbest su yüzeyinden gerçekleşen buharlaşmayı tam olarak yansıtmamaktadır [4]. Develi Kapalı Havzası’da DSİ tarafından işletilmekte olan Musahacılı ve Yenihayat Meteoroloji istasyonları için aylık tava katsayılarının ortalaması 0,62 olarak bulunmuştur [3]. Benzer bir yöntem Beyşehir Gölü için [5] çalışmada uygulanmıştır. Bu çalışmada da Beyşehir Gölü için Penman Metodu ile hesaplanarak bulunan değerler tava buharlaşma gözlem değerlerine bölünmüş ve buharlaşma tava katsayısı tahmin edilmiştir. Tava katsayıları 0,6 ile 0,8 arasında değişmekte olup yıllık buharlaşma için ortalama olarak 0,7 değerini kullanmak hatayı %15’lerde tutmaktadır [6]. Sultansazlığı Sulak Alanı’nda serbest su yüzeyinde gerçekleşen buharlaşmanın Penman metodu ile hesabı Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2’den de görülebileceği gibi Penman yöntemi ile buharlaşma yüksekliği hesaplamaları Class A Buharlaşma tavaşı ile ölçüm yapılan nisan-ekim aylarını kapsayan dönem için yapılmıştır.

Tablo 1. Develi Kapalı Havzası’nda yer alan yağış-buharlaşma istasyonları [3]

İst. Adı	İşleten	Kotu	Tipi	Rasat Yılları
Develi	DMİ	1180	Sifonlu plüviyograf	1966 -
Yeşilhisar	DMİ	1150	Plüviyometreli	1957-1996
Yahyalı	DMİ	1260	Plüviyometreli	1964-1997
Akköy Barajı	DSİ	1250	Terazili plüviyograf	1969-1999
Musahacılı	DSİ	1076	Plüviyometreli	1973-
Yenihayat (Yay G.)	DSİ	1074	Plüviyometreli	1993 -
Ağcaşar Barajı	DSİ	1123	Plüviyometreli	1989 -
Kovalı Barajı	DSİ	1188	Plüviyometreli	1989 -

Tablo 2. Penman Metodu ile Sultansazlığı Sulak Alanı'nda Buharlaşma Hesabı

AYLAR	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim
Sıcaklık	12,6	15,47	20,67	24,96	25	19,78	13,8
Δ/γ	1,5	1,75	2,3	2,85	2,9	2,2	1,6
H=Rc-Rb	3,94	5,09	6,31	6,89	6,04	3,98	2,14
Ea	1,948	2,076	2,964	4,290	3,949	2,640	1,655
Rc	6,43	7,88	9,32	9,99	9,19	7,29	5,13
Rb	2,49	2,79	3,01	3,11	3,15	3,31	2,99
Ra	14,5	16	16,7	16,3	15	12,6	10
n	6,87	8,75	10,95	12,25	11,5	9,7	7,35
N	13,17	14,23	14,77	14,48	13,61	12,43	11,23
ra	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
σT_a^4	13,5	14,1	15	15,98	16	14,9	13,7
ed	6,9	8,2	11,0	13,8	13,5	9,9	7,3
ea	10,93	13,2	18,31	24,64	23,75	17,32	11,83
Rh	0,63	0,62	0,60	0,56	0,57	0,57	0,62
U₂ (m/sn)	1,78	1,53	1,50	1,47	1,43	1,31	1,36
E (mm/gün)	3,145	3,994	5,298	6,211	5,501	3,560	1,956
Gün Sayısı	30	31	30	31	31	30	31
E(mm)*	94,34	123,80	158,94	192,56	170,54	106,80	60,64
Etava (mm)**	139,40	183,65	242,98	309,36	272,53	188,59	110,39

3.2. Yapay Sinir Ağları ile Sultansazlığı Sulak Alanında Buharlaşma Tahmini

Yapay Sinir Ağları Metodu (YSA) insan beyninin çalışma sistemi esas alınarak ilk olarak 1943 senesinde Mc.Cullogh ve Pitts'in çalışmaları ile geliştirilmiştir. Hebb ise 1949 senesinde yaptığı çalışmada YSA Metodu için bugün hala geçerli olan birçok öğrenme kurallarını geliştirmiştir [7]. YSA Metodunda girdi birimleri, gizli birimler ve çıktı birimleri olmak üzere üç ayrı birim (nöron) bulunmakta ve bu birimler arasındaki ilişki YSA Metodunda hesaplamalar sırasında belirlenen ağırlık katsayıları ile sağlanmaktadır. YSA Metodu hesaplamalarında girdi ve çıktı değerlerinin yanı sıra ağırlık katsayıları, net (toplam) fonksiyonu ve aktivasyon fonksiyonu olarak isimlendirilen elemanlar da kullanılmaktadır. Ağırlık katsayıları ile çarpılmış girdilerin ve sabit terimlerin toplamı *net fonksiyonu* olarak adlandırılır ve Eş.(1)'deki gibi ifade edilmektedir.

$$net = \sum_{i=1}^n (x_i w_{ij} + b) \quad (1)$$

Burada x_i girdi değeri, w_{ij} ağırlık katsayısı, b ise sabit eşik değeri olarak isimlendirilmektedir. Gizli birim hücrelerine gelen ağırlıklı girdiler, net fonksiyonu ile hesaplandıktan sonra aktivasyon fonksiyonu (transfer) ile çıktı birimlerine dönüştürülmektedir. Aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid, hiperbolik, tanjant, lineer gibi çeşitli fonksiyonlar kullanılabilir [7]. Giriş katmanındaki girdi hücreleri giriş verilerinin gizli katmandaki hücelere dağıtılmasını sağlarlar [8]; [9]. Bu çalışmada YSA çalışmalarında sıklıkla kullanılan sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Sigmoid fonksiyonu Eş.(2)'de verilmiştir.

$$y_i = f(net) = \frac{1}{1+e^{-net}} \quad (2)$$

Burada $f(net)$ aktivasyon fonksiyonu ile çıktı birimi y hesaplanmaktadır. Bu çalışmada çok katmanlı YSA

modeli kullanılmıştır. Çok katmanlı YSA modeli Şekil 4'de görüldüğü gibi girdi ve çıktı sinir hücreleri arasında bir veya birden fazla gizli tabaka bulunan ağdır. İki komşu tabaka arasında ağırlıklı bağlantılar vardır. Tek tabakalı modelin çözüm üretmediği doğrusal olmayan ilişkiler söz konusu olduğu zamanlarda çok tabakalı YSA modelleri kullanılmalıdır [10]. Çok katmanlı yapay sinir ağı modelinde net girdi değerlerinin aktivasyon fonksiyonunda kullanılması ile üretilen gizli katman değerlerinin çıktıları bir sonraki katmanın girdi değerlerini oluşturmada benzer işlemler tüm katmanlarda tekrarlanmakta çıktı katmanının tüm çıktıları hesaplandığında ise ileri doğru hesaplama aşaması tamamlanmaktadır [10]. Bu çalışmada kullanılan çok katmanlı yapay sinir ağı modeli Şekil 4'de görülmektedir.

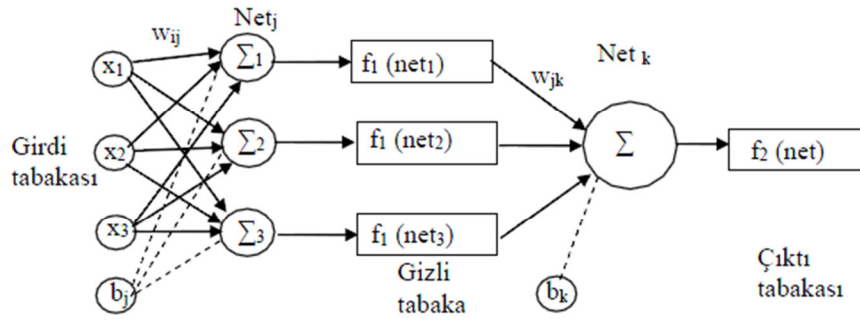
Bu çalışmada [11] çalışmasında olduğu gibi tek gizli katmanı bulunan çok katmanlı YSA modeli kullanılmış ve çıktı olarak (y) serbest su yüzeyinden gerçekleşen buharlaşmanın hesabı Eş (3)'de verildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$y_k = f_2 \left\{ \sum_{j=1}^k \left[f_1 \left(\sum_{i=1}^n x_i w_{ij} + b_j \right) \right] w_{jk} + b_k \right\}$$

(3)

Burada $f_1(\sum_{i=1}^n x_i w_{ij} + b_j)$ gizli katmanın çıktı değeri olup aynı zamanda çıktı katmanına giren girdi değerini oluşturmaktadır. Çıktı katmanı için belirlenen ağırlık katsayıları ve sabit sayının toplamı ile bulunan net değer f_2 aktivasyon fonksiyonunda kullanılarak serbest su yüzeyinden gerçekleşen buharlaşma hesaplanmaktadır.

YSA Metodunda ağırlık öğrenmesi yani girdilere karşılık olarak ağırlık beklenen çıktıları (gözlenen değerler) üretmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla "İleriye Doğru Beslemeli Geriye Yayımlı YSA, Radyal Tabanlı YSA



Şekil 4. Bu çalışmada kullanılan çok katmanlı yapay sinir ağı modeli

ve Genelleştirilmiş Regresyon YSA” yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada “İleriye Doğru Beslemeli Geriye Yayınımı YSA Metodu” kullanılmıştır. Bu metotta girdiler ağa aktarılacak net ve aktivasyon fonksiyonları yardımıyla bu girdilere karşılık gelen çıktılar üretilir bu hesaplama ileriye doğru hesaplama yapılır. Daha sonra ise hesaplanan çıktı ile beklenen çıktı (gözlenmiş değerler) karşılaştırılarak aradaki hata geriye doğru dağıtılarak ağırlık katsayıları ve sabit eşik değerleri iterasyonla değiştirilir. Bu hesaplama ise “geriye doğru hesaplama” olarak isimlendirilir [12]. Çok katmanlı yapay sinir ağlarında en küçük kareler yöntemine bağlı hata fonksiyonu kullanılarak model hatasını en aza indirecek ileri beslemeli geriye yayınlı YSA Modeli geliştirilebilir [8]. Her girdi grubu için hata karelerinin toplamı Eş.(4)’de verilmiştir.

$$E = \left(\frac{1}{2}\right) \sum_{n=1}^m (T_n - y_n)^2 \quad (4)$$

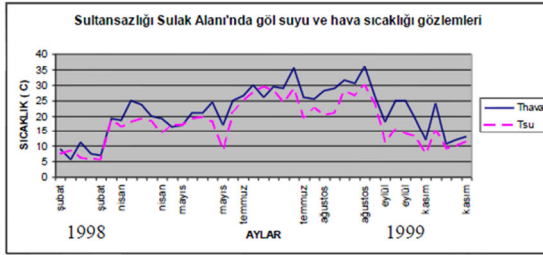
Eş.(4) de T_n gözlenmiş değerden oluşan hedef değer, y_n ise sistemde üretilen çıktı değeridir. Bu çalışmada Sultansazlığı Sulak Alanı’nda serbest su yüzeyinden gerçekleşen buharlaşmanın hesaplanması için [11] çalışmasında da uygulandığı gibi kısa dalga boylu net radyasyon, hava sıcaklığı ve su sıcaklığı değerleri YSA modelinde girdi olarak kullanılmıştır. DMİ tarafından işletilmekte olan Develi meteoroloji istasyonuna ait uzun dönem kısa dalga boylu net radyasyon değerleri YSA Modelinde kullanılmıştır. 1996 ve 1997 de kapatılan Yeşilhisar ve Yahyalı meteoroloji istasyonlarında kısa dalga boylu net radyasyon değerleri ölçülmediği için Sultansazlığı Sulak Alanı’nın çevresinde bulunan Develi, Yeşilhisar ve Yahyalı meteoroloji istasyonlarının ölçümlerini kullanarak regresyon denklemi ile Sultansazlığı Sulak Alanı için günlük ortalama kısa dalga boylu net radyasyon değerlerini tahmin etme imkanı kalmamıştır. Sultansazlığı Sulak Alanında bulunan ve DSİ tarafından işletilmekte olan Ağcaşar Barajı, Kovalı Barajı, Musahacı ve Yay Gölü meteoroloji istasyonlarında günlük olarak sadece yağış ve Class A buharlaşma tavaşından buharlaşma ölçümü yapılmakta olup hava sıcaklığı ölçümleri yapılmamaktadır. Develi, Yeşilhisar ve Yahyalı DMİ Meteoroloji istasyonlarında

ölçülen son 1970-2003 yıllarına ait hava sıcaklıkları değerleri DMİ Genel Müdürlüğünden temin edilerek bu veriler Sultansazlığı Sulak Alanı’ndaki hava sıcaklığı değerlerinin tahmin edilmesinde kullanılmıştır. Sadece Class A buharlaşma tavaşının ölçüm yaptığı nisan-ekim aylarını kapsayan dönem içindeki eksik veriler tamamlandıktan sonra verilere Run Testi uygulanarak bu verilerin homojenliği kontrol edilmiştir. Develi, Yeşilhisar ve Yahyalı DMİ Meteoroloji istasyonları için aylık ortalama hava sıcaklıkları ve istasyon kotları kullanılarak regresyon denklemleri oluşturulmuş ve Sultansazlığı Sulak Alanı’nın kotu kullanılarak Sultansazlığı Sulak Alanı’nın hava sıcaklığı tahmin edilmiştir. Sultansazlığı Sulak Alanı’nda düzenli olarak göl suyu sıcaklığı ölçümü de yapılmamaktadır. Çevre Bakanlığı’na Sultansazlığı Sulak Alanı’nın korunması ile ilgili proje hazırlayan Encon Firması 1998-1999 senelerinde, DSİ ise 1983-2003 döneminde belirli aralıklarla Sultansazlığı Sulak Alanı’nı temsil eden Eğri Göl, Sap Göl, Camız Gölü, Çöl Gölü ve Yay Gölü’nden su kimyası analizleri için su örnekleri almış ve su örnekleri alırken de göl sularının sıcaklıklarını ölçmüşlerdir [3], [13]. Encon raporundan ve DSİ Genel Müdürlüğünden temin edilen Sultansazlığı için 1983-2003 yılları arasında ölçülen göl suyu sıcaklıkları Şekil 5’de verilmiştir. Şekil 5 incelendiğinde 1989 ile 1997 arasında ölçüm yapılmadığı ve 1997’den itibaren küresel ısınmanın da etkisi ile göl suyu sıcaklıklarında bir artış görülmektedir.

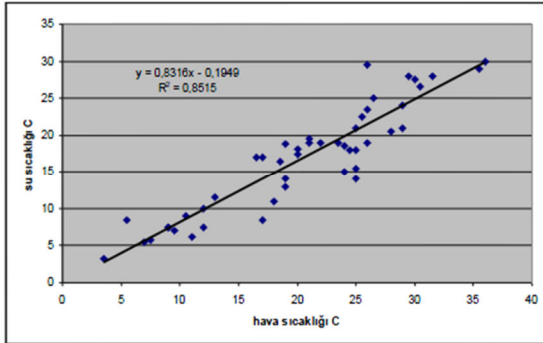
Encon firması 1998 ve 1999 senelerinde Sultansazlığı Sulak Alanı’nda yaptığı su kimyası çalışmalarında göl suyu sıcaklıklarını haziran ve ekim aylarında ölçmemiştir. Bu çalışma kapsamında tüm eksik göl suyu verileri regresyon ile tamamlanmıştır. Hava sıcaklığına bağlı olarak Sultansazlığı Sulak Alanı’nda günlük göl suyu sıcaklığını tahmin edebilmek için Encon firmasının aynı anda ve aynı yerde ölçtüğü günlük hava sıcaklığı değerleri ile göl suyu sıcaklığı değerleri kullanılarak her iki sıcaklık arasında bir regresyon denklemi oluşturulmuştur. Encon firmasının göl suyu ve hava sıcaklıkları ölçümleri grafiği Şekil 6’da, regresyon denklemi grafiği ise Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 5. Sultansazlığı Sulak Alanı'nda ölçülen göl suyu sıcaklıkları



Şekil 6. Sultansazlığı Sulak Alanı'nda ölçülen göl suyu ve hava sıcaklıkları



Şekil 7. Sultansazlığı Sulak Alanı için göl suyu ve hava sıcaklıkları ile oluşturulan regresyon denklemi

Sultansazlığı Sulak Alanında serbest su yüzeyinden gerçekleşen buharlaşmanın YSA modeli ile tahmin edilebilmesi için kullanılan girdi verileri (uzun dönem ortalama hava ve göl sıcaklıkları ile net radyasyon) ve YSA modeli ile üretilen buharlaşma değerleri Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3. YSA modelinde kullanılan uzun dönem aylık ortalama girdi ve çıktı değerleri

AYLAR	Ta*	Tw**	Rc***	E****
Nisan	12,60	12,95167	499,33	123,5348
Mayıs	20,20	16,8	596,27	167,9839
Haziran	20,67	20,33333	678,47	196,2176
Temmuz	24,96	23,59811	701,39	296,6098
Ağustos	28,00	20,5	627,475	267,6421
Eylül	19,78	19,62402	518,08	190,3163
Ekim	13,80	11,28118	369,72	134,6005

Ta: hava sıcaklığı (C°), **Tw: su sıcaklığı (C°), ***Rc : kısa dalga güneş radyasyonu
****E: YSA ile tahmin edilen serbest su yüzeyinden gerçekleşen buharlaşma (mm)

Bu çalışmada [11] çalışmasında da uygulandığı gibi girdi hücre sayısı 3 (net radyasyon, su ve hava sıcaklıkları), gizli katmandaki hücre sayısı 6 ve çıktı hücre sayısı 1 (buharlaşma) olarak seçilmiştir. DSI'den temin edilmiş olan 2003 yılına ait buharlaşma verileri modelin test edilmesinde kullanılmıştır. Girdi verilerini boyutsuz hale getirmek için Eş.(5) kullanılmıştır.

$$F = (F_i - F_{min}) - (F_{max} - F_{min}) \quad (5)$$

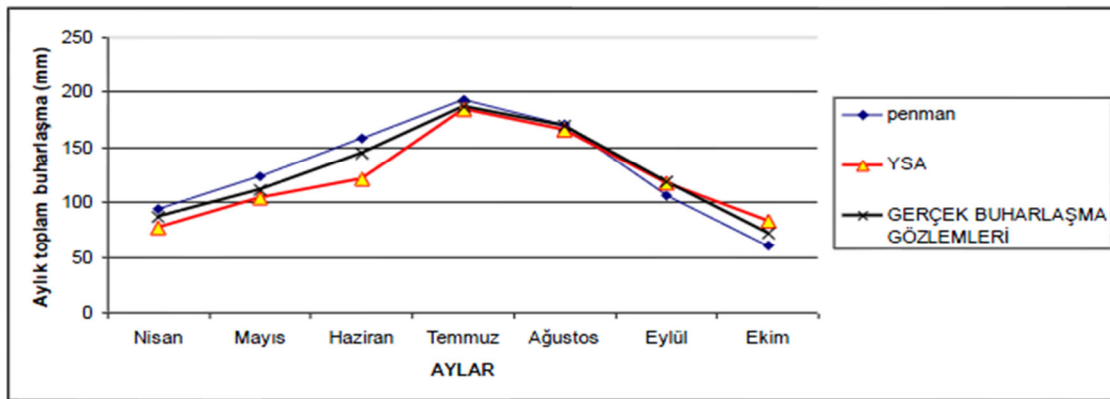
Eş.(5)'de F boyutsuz girdi değeri, F_i ölçümlerdeki i.değer, F_{max} girdi setindeki maksimum değer, F_{min} ise girdi setindeki minimum değerdir. Sultansazlığı Sulak Alanı için belirlenen aylık ortalama kısa dalga boyulu net radyasyon, hava ve göl suyu sıcaklığı verileri Eş.(5) ile boyutsuz hale getirildikten sonra YSA Modelinde girdi olarak kullanılarak Eş.(1) yardımı ile gizli katmandaki 6 adet hücre için net değerleri ve Eş.2 ile f(net) değerleri belirlenmiştir. 6 adet f(net) değeri, çıktı katmanındaki hücrenin girdi değeri olarak kullanılarak yeni bir net değeri hesaplanmış ve yeni hesaplanan net değerinin aktivasyon denkleminde Eş.(2) kullanılması ile günlük buharlaşma değeri hesaplanmıştır. Günlük buharlaşma değerleri her ayın gün sayısı ile çarpılarak aylık ortalama buharlaşma hesaplanmıştır. YSA Modeli ile üretilen uzun dönem aylık ortalama buharlaşma değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Class A Buharlaşma tavası ile kasım, aralık, ocak, şubat ve mart aylarını kapsayan ıslak dönemde

buharlaşma ölçümü yapılmadığı için YSA Metodu ile de bu aylara ait buharlaşma hesabı yapılmamıştır.

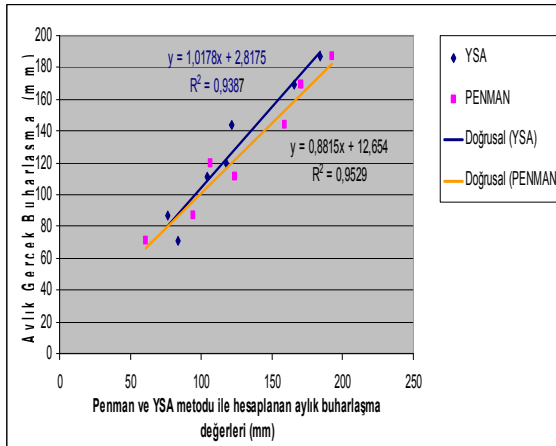
3.3. Penman ve Yapay Sinir Ağları Metotları (YSA) ile Hesaplanan Buharlaşma Değerlerinin Gerçek Buharlaşma Değerleri İle Karşılaştırılması

YSA Metodu ve Penman Metodu ile hesaplanan günlük buharlaşma yüksekliği değerleri uzun dönem aylık ortalama buharlaşma yüksekliği değerlerine çevrilerek Sultansazlığı Sulak Alanı'nda DSİ tarafından işletilmekte olan Musahacılı ve Yay Gölü meteoroloji istasyonlarında ölçülen ve tava katsayısı ile çarpılan Class A Buharlaşma tavaşı gözlemleri ile karşılaştırılmıştır. DSİ Genel Müdürlüğü'nden Musahacılı ve Yay Gölü meteoroloji istasyonlarının 1974-2006 periyoduna ait aylık Class A

Buharlaşma tavaşı ölçümleri temin edilmiş, eksik veriler tamamlanmış ve tava katsayısı ile çarpıldıktan sonra YSA Metodu ve Penman Metodu ile hesaplanan buharlaşma değerleri ile birlikte Şekil 8'de karşılaştırılmıştır. Şekil 8 incelendiğinde Penman ve YSA Metotları ile hesaplanan buharlaşma değerlerinin gerçek gözlemler ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Sadece haziran ayında YSA ile hesaplanan değer gerçek buharlaşma değerinden farklılık göstermektedir. Şekil 6'da da görülebildiği üzere 1998 haziran ayında su ve hava sıcaklığı ölçümleri arasında önemli derecede fark görülmektedir. Şekil 8'de haziran ayı için YSA Metodu ile üretilen değer ile gerçek buharlaşma gözlemi arasındaki farkın 1998 senesinde Sultansazlığı'nda haziran ayı için göl suyu ölçümlerinde yapılan hatadan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 8. Uzun dönem aylık ortalama gerçek buharlaşma değerleri ile YSA ve Penman ile hesaplanan uzun dönem aylık ortalama buharlaşma değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 9'da da Penman ve YSA ile hesaplanan buharlaşma değerleri gerçek buharlaşma değerlerine karşılık olacak şekilde saçılma grafiği çizilmiştir.

Bu grafiğin amacı Penman ve YSA ile hesaplanan buharlaşma yüksekliği değerlerinin gerçek buharlaşma yüksekliği gözlemlerinden ne kadar farklı olduğunu belirlemektir. Saçılma grafiği üzerinde Penman Metoduyla hesaplanan buharlaşma için korelasyon katsayısı $r^2=0,9529$ ve YSA Metoduyla hesaplanan buharlaşma için korelasyon katsayısı ise $r^2=0,9387$ olarak

belirlenmiştir. Her iki metotta gerçek değerlere yakın sonuçlar vermektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ilk olarak Sultansazlığı Sulak Alanı'nda Yay Gölü DSİ meteoroloji istasyonunda tuzlu ve tatlı su içeren buharlaşma tavalarda ölçülen buharlaşma miktarları karşılaştırılmış ve uzun dönem yıllık toplam tuzlu su buharlaşmasının uzun dönem yıllık toplam tatlı su buharlaşmasından daha düşük olduğu belirlenmiştir. 1993-2005 yıllarını kapsayan dönemde; Yay Gölü Meteoroloji İstasyonunda ölçülen, tatlı sudan gerçekleşen uzun dönem yıllık ortalama buharlaşma 1486 mm, tuzlu sudan gerçekleşen uzun dönem yıllık ortalama buharlaşma 1441 mm'dir. Tuzlu bir göldeki buharlaşma gölün tuz konsantrasyonuna bağlıdır. Tuzlu bir gölün yüzeyi üzerindeki doymuş buhar basıncı tatlı bir gölün yüzeyindeki doymuş buhar basıncından daha az olduğu için tuzlu göllerde buharlaşma tatlı göllerdeki buharlaşmadan daha azdır. Göl suyundaki buharlaşma devam ettikçe göldeki su miktarı azalır (göl sığlaşır) ve göldeki tuz konsantrasyonu artar, göl suyu tuza doymuş hale gelince tuz kristalleşerek göl tabanına çöker. Sultansazlığı'nda sürekli olarak Yay Gölü ve Musahacılı DSİ Meteoroloji istasyonlarında buharlaşma ve yağış gözlemleri yapılmakla birlikte eksik veri çok fazladır. Bu çalışmada Sultansazlığı'nda ampirik metotlar ile serbest göl suyu yüzeyinden gerçekleşen buharlaşmanın tahmin

edilebilmesi için Penman Yöntemi ve YSA metotları kullanılarak buharlaşma yüksekliği tahminleri yapılmıştır. Her iki yöntem için veri olarak aylık ortalama hava sıcaklığı, göl sıcaklığı, rüzgar hızı, kısa dalga boylu solar radyasyon, buharlaşma, güneşlenme süresi, bağıl nem gibi aylık ortalama veriler kullanılmış, eksik veriler regresyon ile tamamlandıktan sonra Run testi ile verilerin homojenliği test edilmiştir. Sultansazlığı'nda bulunan DSI istasyonlarında bağıl nem, rüzgar hızı, güneşlenme süresi gibi değerler ölçülmediği için sazlık çevresindeki Yahyalı, Yeşilhisar ve Develi İlçelerinde DMİ istasyonlarında ölçülen veriler DMİ Genel Müdürlüğü'nden temin edilerek Sultansazlığı Sulak Alanı için regresyon yapılmıştır. Penman Yöntemi ve YSA metotları ile mm/gün olarak hesaplanan ve aylık ortalama buharlaşma yüksekliği değerlerine çevrilen buharlaşma değerleri gerçek buharlaşma verileri ile karşılaştırılmış ve Sultansazlığı Sulak Alanı'ndaki buharlaşmanın tahmininde hem Penman hem de YSA Metotlarının kullanılabilmesi belirlenmiştir. Bağıl nem, rüzgar hızı, solar radyasyon gibi bazı meteoroloji verilerinin günlük olarak temin edilememesi sebebiyle aylık ortalama veriler ile çalışılmıştır. Sultansazlığı'nda günlük hava sıcaklığı, solar radyasyon, göl suyu sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar hızı, buharlaşma, güneşlenme süresi ölçümlerini yapan otomatik gözlem istasyonu kullanılabilirse regresyon yapmaya gerek kalmadan daha sağlıklı veriler ile Penman ve YSA Metotları ile serbest su yüzeyinden gerçekleşen buharlaşma tahmin edilebilir ve gerçek buharlaşma gözlemleri ile karşılaştırılabilir.

5. SEMBOLLER

b	: sabit eşik değeri,
Δ/γ	: doymuş su buharı basıncı eğiminin piskrometre sabitine oranı
E	: buharlaşma,
σT_a^4	: Boltzman sabit sayısı
f(net)	: sigmoid katsayısı,
U_2	: buharlaşma yüzeyinden 2 m yüksekte ölçülen rüzgar hızı
net	: toplam fonksiyonu,
ra	: buharlaşma yüzeyi yansıtma katsayısı
T_n	: gözlenmiş değerden oluşan hedef değer,
n	: ölçülen güneşlenme süresi
x_i	: girdi değeri,
N	: atmosferik güneşlenme süresi
w_i	: ağırlık katsayısı,
Rh	: havanın nisbi nemi,
Ea	: su buharı basıncı
y_n	: sistemde üretilen çıktı değeridir ,
ed	: doymuş su buharı basıncı
Σ	: Toplam,
Ra	: atmosferin üst sathına gelen güneş enerjisi

KAYNAKLAR

- [1] Gürer, İ., Yıldız, F.E., Ünsal, N., “Kayseri – Develi Ovasının Klasik Su Bütçesi Hesabı”, *II.Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu*, İzmir- Gümüşdüz, 95-105, 2005.
- [2] Bayarı, S., F.E. Yıldız, “Effects of the North Atlantic Oscillation and Groundwater Use on the Contraction of Sultansazlığı Wetland”, *Hydrogeology Journal*, Cilt:20: 369-383, 2011.
- [3] Yıldız, F.E., Kayseri - Sultansazlığı Sulak Alanı'nda yeraltı ve yerüstü suları ilişkisinin belirlenmesi, Doktora tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2007.
- [4] Gürer, İ., Yıldız, F.E., “Kayseri-Sultansazlığı Sulak Alanı İçin Buharlaşma ve Buharlaşma-Terleme Hesabı”, *V. Ulusal Hidroloji Kongresi*, Ankara, 429-438, 2007.
- [5] Keskin, M.E., Şorman, Ü., Terzi, Ö., “Aylık Tava Katsayılarının Penman Metodu Kullanılarak Belirlenmesi”, *İMO Teknik Dergi*, 3395-3403, Ankara, 2005.
- [6] Özbek, T., Hidroloji, *Gazi Üniversitesi Yayınları*, Ankara, 1989.
- [7] Şahin, M., Karadeniz Bölgesindeki Yağış-Akış İlişkisinin Farklı Yapay Sinir Ağları Metotlarıyla Belirlenmesi, Y.Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2007.
- [8] Okkan, U., Serbeş Z.A., Dalkılıç H.Y., “Yapay Sinir Ağları ve Ampirik Yöntemler ile Aylık Tava Buharlaşmasının Tahmini”, *DSİ Teknik Bülteni*, Sayı: 111, 2011.
- [9] Kayabaşı, A., Biçer, M.B., Akdağlı, A., Toktaş, A., “Computing Resonant Frequency of H.Shaped Compact Microstrip Antennas Operating at UHF Band By Using Artificial Neural Network” *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*” Vol: 26, No:4,833-840, 2011.
- [10] Fausett L., Fundamentals of Neural Networks: Architectures Algorithms and Applications, *Prentice Hall*, sayfa: 461, New Jersey, 1994.
- [11] Terzi, Ö., Keskin, E.M., “Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı Kullanılarak Günlük Tava Buharlaşması Tahmini”, *İMO Teknik Dergi*, 243: 3683-3693, 2005.
- [12] Öztemel, E., Yapay Sinir Ağları, *Papatya Yayıncılık*, İstanbul, 2003.
- [13] ENCON, Uluslararası Önemi Olan Sulak Alanların Biyolojik ve Ekolojik Yönden Araştırılması Projesi, *Alt Proje II. Nihai Rapor*, Çevre